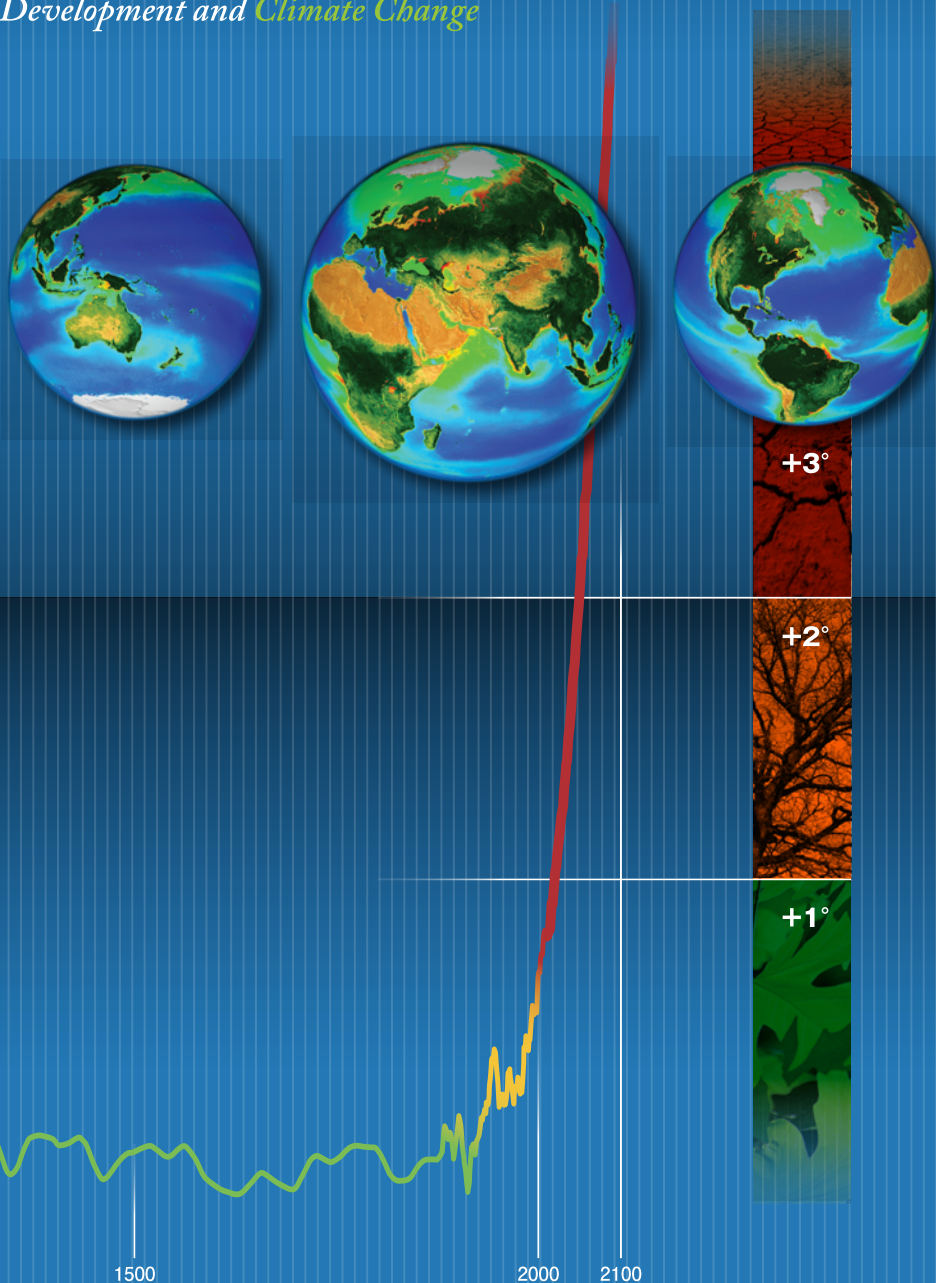


# 世界開発報告 2010

## 経済開発と気候変動 *Development and Climate Change*

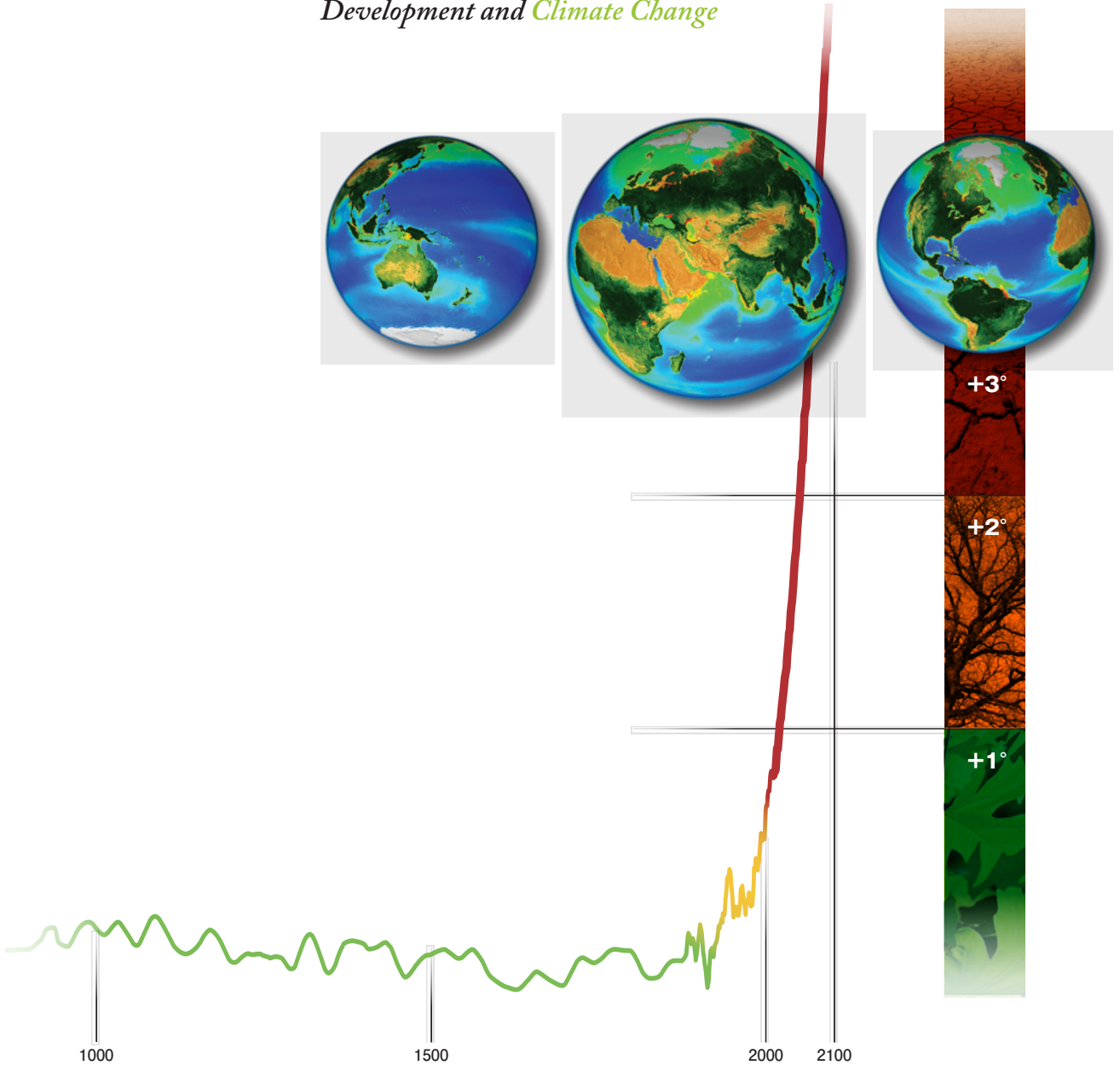
世界銀行 編著  
田村勝省 / 小松由紀子 訳



# 世界開発報告 2010

## 開発と気候変動

*Development and Climate Change*





This work was originally published by the World Bank in English as *World Development Report 2010: Development and Climate Change* in 2009. This Japanese translation was arranged by Ittoshia Incorporated. Ittoshia Incorporated is responsible for the quality of the translation. In case of any discrepancies, the original language will govern.

This volume is a product of the staff of The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. The findings, interpretations, and conclusions expressed herein are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the Executive Directors of The World Bank or the governments they represent.

The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this work. The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgement on the part of The World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries.

本報告書は2009年に世界銀行から World Development Report 2010: Development and Climate Change として出版された。本書の翻訳は株式会社一灯舎によりまとめられたものであり、翻訳の正確性については、株式会社一灯舎が責任を負う。翻訳と原文の間になんらかの矛盾がある場合は原文に従う。

本書は、世界銀行スタッフの制作による。本書の調査結果や解説、結論は、必ずしも世界銀行の理事会あるいは彼らが代表する国の見解を反映するものではない。

世界銀行は、本書中にあるデータの正確性を保証しない。地図にある境界線、色、名称、その他の情報は、いかなる領土の法的立場、あるいはそのような境界線の容認に関する世界銀行の判断を意味するものではない。

*World Development Report 2010: Development and Climate Change*

Copyright © 2009 by

The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank

1818 H Street NW Washington DC 20433, U.S.A.

世界開発報告 2010——開発と気候変動

Copyright © 2010 by 株式会社一灯舎

# 序文

気候変動は今世紀初めの時点で最も複雑な挑戦すべき課題のひとつである。どの国もそれを免れることはできない。どの国も気候変動が提起している相互関連した課題に単独で取り組むことはできない。それには議論を呼ぶ政治的な決定、気の遠くなるような技術の変化、広範で地球全体に及ぶ影響が含まれる。

地球温暖化に伴って、降水パターンが変化し、早魃や洪水、森林火災などの異常気象が頻発するだろう。人口密度の高い沿岸部や島嶼国では、海水面が上昇するにつれて何百万という人々が家を失うだろう。アフリカやアジアなどの貧困層は、作物の悲劇的な不作、農業生産性の低下、飢餓や栄養失調、疾病の増加に見舞われると予想されている。

包容的で持続可能な経済開発の達成を使命とする国際機関として、世界銀行グループはこのような相互関連を学際的に説明することを試みる責務を負っている。関連分野には、開発経済学、自然科学、エネルギー、生態学、技術、金融、有効で国際的な政策と統治などがある。186の加盟国を擁する世界銀行グループは、公益を達成するために極めて多様な諸国、民間部門、市民社会との間で協調関係を構築するという課題に日々直面している。この32回目となる『世界開発報告』では、研究の成果を組み合わせることによって、「開発と気候変動」に関する知識を深めることにその経験を適応することに取り組んだ。

気候変動がもたらす影響の矢面に立つのは、貧困を克服し、経済成長を推進しようと努力している途上国であろう。これらの諸国にとって、気候変動は脆弱性を高め、ようやく手に入れた利益を損ない、経済開発の展望を著しく阻害する懸念がある。ミレニアム開発目標を達成した上で、2015年以降についても安全で持続可能な将来を確保することがより困難になる。それと同時に、多くの途上国はエネルギー開発という重要な要請に対する制限、あるいは必要としている多くのもの（インフラや企業家精神など）を窒息させかねない新しいルールを懸念している。

気候変動の膨大で多面的な課題に取り組むためには、並外れた創意工夫の才と協調が必要とされる。「気候に関して賢明」な世界はわれわれが生きているうちに実現可能である。にもかかわらず、本書が主張しているように、そのような転換を実現するためには、今、一緒に、これまでとは異なる行動を起こす必要がある。

われわれは今行動を起こさなければならない。今行うことが将来の気候と未来を形成する選択の両方を決定するからである。現在われわれは温室効果ガスを排出しているが、それは何十年、いや何世紀にもわたって熱を大気圏に閉じ込めることになる。火力発電所、貯水池、住居、輸送システム、都市などを建設しているが、50年以上はもつ可能性がある。革新的な技術や今実験が行われている作物品種は、2050年までに増加が予想されている30億人の要求を満たすために、エネルギーと食料の供給源を作り上げることができる。

われわれは共に行動を起こさなければならない。気候変動は公共財の危機だからである。気候変動は各国が世界規模で協調しなければ解決は不可能である。エネルギー効率を向上させ、クリーン技術を開発して活用し、ガスを吸収することによって緑色に育つ自然の「吸収源」を拡大する必要がある。人間の生命と生態資源を保護する必要がある。さまざまな方法で、また公平な形で、共に行動する必要がある。過去の排出のほとんどは先進国によるものであり、1人当たりの排出水準も高い。したがって先進国は、カーボンフットプリント（炭

素足跡)を大幅に削減し、クリーンな代替エネルギーの開発・研究を刺激することに対して指導権をとるべきである。しかし将来的には、世界全体の排出のほとんどは途上国で生じることになるだろう。途上国が経済開発の展望を窮地に陥れることなく炭素削減の道を追求するためには、十分な資金と技術移転を必要とする。さらに、気候の不可避的な変動に適応するためには援助も必要としている。

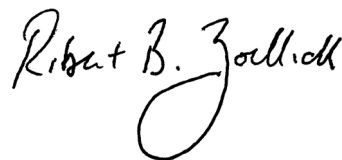
これまでとは違う行動を起こさなければならない。われわれは過去の気候に基づいて将来の計画を立てることはできないからである。将来の気候に対する備えを考えると、新たな条件に耐えることができ、人口の増加を支えるインフラを構築する必要がある。又、生態系を維持しながら、限られた土地と水を使って十分な食料とバイオマスを供給し、世界のエネルギー・システムを再構成する必要もある。そのためには、気温、降水、種の変化しつつあるパターンに関する新たな情報に基づいた適応措置が必要となるだろう。このような規模の変更には大幅な追加的資金が必要だろう。適応や軽減だけでなく、有望な取り組みの規模を拡大し、大胆な新しい発想を探求する戦略的な研究を推進しなければならないからである。

われわれは新たな弾みを必要としている。2009年12月のコペンハーゲンで開催される会議では、経済開発の必要性と気候にかかわる行動を統合した合意に達することが決定的に重要である\*。

世界銀行グループは各国が気候変動に対処するのを後押しするために、金融支援の構想をいくつか創設している。その概要は世界銀行の「気候変動対策戦略」で示した通りである。これには炭素基金や炭素に関する機関が含まれている。これらの機関は、エネルギー効率化と新しい再生可能エネルギーに対する資金の大幅な増加によって拡大が続いている。途上国が気候変動に関する制度からどのように利益を享受することができ、それをどのように支持することができるのかに関して、実際的な経験を積み上げる努力を続けている。これには森林伐採の回避に対して奨励金を提供する仕組みから、低炭素成長のモデルや適応と軽減を組み合わせた取り組みまで様々なものが含まれている。このような方法によって、われわれは「気候変動に関する国際連合枠組条約」(UNFCCC)のプロセスや、新しい国際的な行動の奨励、あるいは抑制を考案している諸国を後押しすることができる。

さらに多くのことが必要である。先行きを展望しながら、世界銀行グループは将来のためにエネルギーや環境に関する戦略を見直しており、さらに各国がリスク管理の実施を強化し、完全には軽減することができないリスクに対処するためにセーフティネットを拡充するのを支援しつつある。

『世界開発報告 2010』は気候問題について次のように行動することを訴えている。すなわち、もしわれわれが今、一緒に、これまでとは違う行動を起こすならば、そこには将来の包容的で持続可能な気候システムをグローバルに形成する真の機会がある。



ロバート・Z・ゼーリック  
世界銀行グループ総裁

\* 訳注：コペンハーゲンでの会議(COP15)は、結果的には破綻という形で幕を閉じた。

# 謝辞

本報告書は Rosina Bierbaum と Marianne Fay が率いた次の人たちで構成されるコアチームが作成した。Julia Bucknall, Samuel Fankhauser, Ricardo Fuentes-Nieva, Kirk Hamilton, Andreas Kopp, Andrea Liverani, Alexander Lotsch, Jan Noble, Jean-Louis Racine, Mark Rosegrant, Xiaodong Wang, Xueman Wang, Michael Jan Westpal. 重要な貢献をしたのは次の人たちである。Arun Agrawal, Philippe Ambrosi, Elliot Diringer, Calestous Juma, Jean-Charles Hourcade, Kseniya Lvovsky, Muthukumara Mani, Alan Miller, Michael Toman. 有益な助言とデータを提供してくれたのは次の人たちである。Leon Clarke, Jens Dinkel, Jae Edmonds, Per-Anders Enkvist, Brigitte Knopf, Volker Krey. チームを補佐したのは次の人たちである。Rachel Block, Doina Cebotari, Nicola Cenacchi, Sandy Chnag, Nate Engle, Hilary Gopnik, Hrishikesh Patel. さらに, Lidvard Gronnevet と John Strand が協力をしてくれた。

Bruce Ross-Larson が主任編集者を務めた。地図は Jeff Lecksell の指揮下で世界銀行の地図デザイン課が作成した。編集, デザイン, 組版, そして印刷のサービスを提供してくれたのは世界銀行の出版局であり, Mary Fisk と Andres Meneses が監督した。Stephen McGroarty が資料の収集を行った。

『世界開発報告 2010』は開発経済学局 (DEC) と持続的開発ネットワーク (SDN) が共同で後援している。作業は基本的に DEC の Justin Yifu Lin と SDN の Katherine Sierra の指導の下で遂行された。Warren Evans と Alan H. Gelb も貴重な助言をしてくれた。以下の方々に構成されるアドバイザーのパネルが報告書作成のあらゆる段階で, 広範囲にわたる素晴らしい助言をしてくれた。Neil Adger, Zhou Dadi, Rashid Hassan, Geoffrey Heal, John Holdren (2008 年 12 月まで), Jean-Charles Hourcade, Saleemul Huq, Calestous Juma, Nebojša Nakićenović, Carlos Nobre, John Schellnbuber, Robert Watson, John Weyant.

世界銀行の Robert B. Zoellick 総裁にもコメントや指針を提供していただいた。

世界銀行内外の大勢の人たちがコメントや提案で貢献してくれた。データの補遺に貢献し, 主要開発指標を担当してくれたのは開発データグループである。チームは広範な協議から多大な利益を得た。以下の世界各地で会議やワークショップが現地, あるいはビデオ会議システムを通じて (世界銀行の世界開発学習ネットワークを活用) 開催された。アルゼンチン, バングラデシュ, ベルギー, ベニン, ボツワナ, ブルキナファソ, 中国, コスタリカ, コートジボワール, デンマーク, ドミニカ共和国, エチオピア, フィンランド, フランス, ドイツ, ガーナ, インド, インドネシア, ケニア, クウェート, メキシコ, モザンビーク, オランダ, ニカラグア, ノルウェー, ペルー, フィリピン, ポーランド, セネガル, 南アフリカ, スウェーデン, タンザニア, タイ, トーゴ, チュニジア, ウガンダ, アラブ首長国, イギリス。チームはこのようなワークショップやビデオ会議に参加してくれた学者, 研究者, 政府関係者に感謝している。又, 非政府組織, 市民社会組織, 民間団体のスタッフに感謝している。

最後に、チームは以下から惜しみない補助金をいただいたことに謝意を表したい。ノルウェー政府、イギリス国際開発省、デンマーク政府、ドイツ政府（ドイツ技術協力公社〔GTZ〕を通じて）、スウェーデン政府（生物多様性センター／スウェーデン国際生物多様性プログラム〔SwedBio〕を通じて）、複数支援国によるプログラム型信託基金である「環境的・社会的に持続可能な開発のための信託基金」（TFESSD）、「変化のためのプログラム」（KCP）。

Rebecca Sugui はチームの上級エグゼクティブ・アシスタント（『世界開発報告書』とのかかわりは17年目に及ぶ）、Sonia Joseph と Jason Victor はプログラム・アシスタント、Bertha Medina はチーム・アシスタントとしてかかわった。リソース管理アシスタントは Evangeline Santo Domingo が担当した。

# 略語およびデータ注

## 略語

AAU	割当量単位
ARPP	ポートフォリオ・パフォーマンスに関する年次報告書
BRIICS	ブラジル・ロシア・インド・インドネシア・中国・南アフリカ
Bt	BT 菌（バルチス・チューリンゲンシス）
CCS	二酸化炭素回収貯留
CDM	クリーン開発メカニズム
CER	認証排出削減量
CGIAR	国際農業研究協議グループ
CIPAV	農業地域開発省（コロンビア）
CH <sub>4</sub>	メタン
CO <sub>2</sub>	二酸化炭素
CO <sub>2</sub> e	二酸化炭素換算
CPIA	国別政策制度評価
CTF	クリーン・テクノロジー基金
EE	エネルギー効率
EIT	体制移行国
ENSO	エルニーニョ・南方振動
ESCO	ESCO 事業（省エネ事業）
ETF-IW	環境変革基金 - 国際窓口
EU	欧州連合
FCPF	森林炭素パートナーシップ・ファシリティ
FDI	外国直接投資
FIP	森林投資プログラム
GCAA	世界気候変動同盟
GCS	グローバル気候サービス企業
GDP	国内総生産
GEO	地球観測グループ
GEOS	全地球観測システム
GEEREF	世界エネルギー効率化・再生可能エネルギー基金
GEF	地球環境ファシリティ
GEFDDR	世界災害削減復興防災基金
GHG	温室効果ガス
GM	遺伝子組み換え
Gt	ギガトン（10 億トン）
GWP	地球温暖化係数
IAASTD	開発のための農業科学技術国際評価
IATAL	国際航空適応税



IDA	国際開発協会
IEA	国際エネルギー機関
IFC	国際金融公社
IFCI	国際炭素イニシアティブ
IIASA	国際応用システム分析研究所
IMERS	国際海運排出削減制度
IPCC	気候変動に関する政府間パネル
IPR	知的財産権
kWh	キロワット時
JI	共同実施
LDCF	後進開発途上国基金
LECZ	低海拔沿岸地域
LPG	液化石油ガス
MEA	多国間環境協定
MRGRA	中西部温室効果ガス削減協定
MRV	測定, 報告, および検証可能
NAPA	国別適応行動計画
N <sub>2</sub> O	亜酸化窒素あるいは一酸化二窒素
NGO	非政府組織
O <sub>3</sub>	オゾン
O&M	運営・管理
OECD	経済協力開発機構
PaCIS	太平洋気候情報システム
ppb	パーツ・パー・ビリオンあるいはピーピービー (10億分の1)
PPCR	気候適応試験プログラム
ppm	パーツ・パー・ミリオンあるいはピーピーエム (100万分の1)
PPP	購買力平価
R&D	研究・開発
RD&D	研究・開発・実証
RDD&D	研究・開発・実証・配備
REDD	森林減少・森林劣化に伴う排出の減少
RGGI	地域温室効果ガス・イニシアティブ
SCCF	気候変動特別基金
SDII	単純日次降水強度指数
SD-PAMs	持続可能な開発のための政策・措置
SUV	スポーツ多目的車
toe	石油換算トン
TRIPS	知的財産権の貿易関連の側面
Tt	兆トン
UNFCCC	気候変動に関する国際連合枠組条約
UN-REDD	国連森林減少・劣化に伴う排出の削減プログラム
WCI	西部気候イニシアティブ
WGI	世界統治能力指標

WMO	国際気象機関
WTO	世界貿易機関

## データ注

本報告書の地域別および所得別のグループに含まれている諸国は、主要世界開発指標の冒頭にある「国の分類」に列挙されている。所得別の分類は1人当たり国民総所得（GNP）に基づいており、本年度版に使われた所得別分類の水準は主要世界開発指標の序に示されている。所得別グループを示している地図、図、表は（主要指標も含め）、2009年の所得別分類に基づいている。主要経済指標に掲載されているデータは2010年の分類に基づいている。図表中に示されているグループの平均値は特記がない限り、グループ内に属する諸国の単純平均値である。

経済圏について**国**という用語を使用しているが、世界銀行がその領域の法的ないしそのほかの地位について、何らかの判断をしているということを意味するものではない。**途上国**という用語は低所得国と中所得国を含み、したがって、便宜上、中央計画経済からの体制移行国を含むこともある。高所得国という意味で、**先進国**という用語が使われていることもある。

ドルの数字は特記がない限り、名目の米ドル表示である。ビリオン（10億）はミリオン（100万）の1,000倍、トリリオン（兆）はビリオンの1,000倍を意味する。

# 『世界開発報告 2010』の 重要なメッセージ

貧困の削減と持続可能な開発が引き続き世界全体における優先課題の核心である。途上国人口の25%はいまだに1日1.25ドル未満（約110円）で生活している。10億人が清潔な飲み水、16億人が電気、30億人が十分な衛生設備を利用できない状況にある。途上国ではすべての子供のうち25%が栄養失調である。気候変動によって開発が容易になるのではなく、一層難しくなることを認識しながらも、このような要求への取り組みが途上国と開発援助の両方にとって引き続き優先課題である。

にもかかわらず、世界的な気候変動には緊急に取り組まなければならない。気候変動はすべての国にとって脅威であり、特に途上国は最も脆弱である。推定によれば、気候変動がもたらす損害のコストのうち75-80%は途上国がこうむることになる。産業革命以前に比べて気温が2℃上昇するだけで——世界が経験することになる最低限——、アフリカやアジアではGDPが永久に4-5%減少する。ほとんどの途上国は気候リスクの増大を管理する財政的及び技術的な能力を欠いている。所得と厚生のために、これらの国は気候に敏感な天然資源により直接的に依存している。ほとんどの国がすでに極めて不安定な気候にさらされている熱帯や亜熱帯に位置している。

経済成長が引き続き炭素集約的で地球温暖化を促進するようであれば、経済成長だけで気候変動からの脅威に対抗することは、十分に迅速で公平であるとは思われない。したがって、気候に関する政策は成長か気候変動かという二者択一で策定することはできない。それどころか、開発を促進し、脆弱性を削減し、低炭素型の成長路線への移行を資金援助することこそ、気候に関して賢明で適切な政策である。

もし今、共に、過去とは違った行動を起こせば、気候に関して適切な世界はわれわれの手が届く範囲内にある。

- **今行動を起こす**ことがどうしても必要不可欠である。さもないと世界は、自らが高炭素の軌道に乗り、ほとんど不可逆的な温暖化に向かうことを認めることになる。選択肢は無くなりコストは増大するだろう。生活水準を引き上げ、ミレニアム開発目標を達成するという努力を気候変動は危ういものにし始めている。産業革命以前に比べて気温の上昇を2℃にとどめるためには——これは実現可能な上限であろう——、真のエネルギー革命が必要である。ただちにエネルギー効率を引き上げ、低炭素技術を使用するとともに、次世代技術への大規模な投資を実行しなければならない。さもないと、低炭素型の成長は達成不可能であろう。変わりつつある気候に耐えるために、そして現在の人々や生活基盤、生態系だけでなく将来に起こり得るより大きな気候変動に対する備えにかかるコストを最小化するためにも、即座に行動することが必要である。
- 世界全体が**共に行動する**ことが、コストを抑え、適応と緩和の両方に効果的に対処するための鍵となる。最初に行わなければならないのは、高所得国が自国の排出を削減するために積極的に行動することである。それは途上国のために若干の「汚染の余

地」を与えることになるだろうが、より重要なのは、それが新しい技術にかかわる革新と需要を刺激して、速やかな規模拡大を可能にすることになる、ということだ。又、十分に大きく安定した炭素市場の創出に役立つであろう。このような効果とともに、途上国が開発のために必要なエネルギー・サービスの利用を急速に増やしている中で、低炭素軌道への移行を手助けするのに極めて重要である。ただし、これには財政的支援による補完が必要であろう。しかし、より厳しい環境（気候リスクが増大して地域社会の適応能力を凌駕するようになるだろう）の下で開発を推進するためには、共に行動することがやはり極めて重要である。最も脆弱な人々を社会的扶助プログラムを通じて保護し、国際的なリスク分担の取り決めに発展させ、知識や技術、情報の交流を促進するためには、国家や国際社会の支援が必要不可欠であろう。

- 変貌を遂げつつある現在の世界のなかで持続可能な未来を可能とするためには、**今までとは異なる行動を起こす**ことが必要である。世界のエネルギー・システムは今後20-30年間で、全体で排出が50-80%減少するように転換されなければならない。インフラは新たな極限に耐えられるように建設する必要がある。すでにストレス下にある生態系を脅かすことなく、増加する30億人の人口が食べていけるようにするためには、農業生産性と水使用の効率性を改善しなければならない。食料、バイオ燃料、水力による発電、生態系サービスといった天然資源に対する需要の増加を満たすと同時に、生物多様性を保全し、土地や森林の炭素貯蔵を維持することができるのは、長期にわたる大規模で統合的な管理と柔軟な計画だけである。健全で強い経済的及び社会的な戦略というのは、不確実性の増大を考慮に入れるとともに、気候面で多種多様な未来への対応を高めるものでなければならない（過去の気候に「最適に」対処するだけでは不十分である）。有効な政策というのは、開発、適応、そして緩和にかかわる（すべてが人間・財政・自然という同じ有限の資源を利用する）措置を共同で評価するものになるだろう。

**気候に関する公平で効果的な国際的な取り決めが必要である。** そのような取り決めは、次のことを認めたものになるだろう。すなわち、途上国の様々な要求や制約の十分な認識、開発に関して増大している課題に対処するための資金や技術の支援、国際公共財に占める途上国のシェアが永久に低水準に留まるわけではないことの保証、気候変動の緩和が生じる場所とそのコストを負担する人たちを切り離す仕組みの確立、である。排出の増加のほとんどは今後は途上国で生じると考えられるからである。現状では途上国のカーボンフットプリントは不釣り合いに低く、又、貧困を削減するためには経済の高成長を必要としている。高所得国は途上国における気候変動への適応と低炭素型の成長の両方に対して、財政と技術の面で支援を供与しなければならない。適応と緩和に向けた現在の支援額は、2030年までに毎年必要とされる金額のわずか5%未満にとどまっている。ただし、不足分を革新的な融資の仕組みによって満たすことは不可能ではないだろう。

**成功は行動を変え世論を転換させることにかかっている。** 地球の未来は、私たち個人や市民、消費者が決定することになるだろう。気候変動のことを理解し、行動が必要だと考える人たちが増加してはいるものの、それを優先課題にしている人はまだあまりに少なく、あまりに多くの人が好機であるにもかかわらず行動を起こしていない。したがって、最大の挑戦課題は特に高所得国を中心に行動様式や制度を変えることにあるといえる。民間部門や市民が行動を起こすのを容易にし、より魅力的にするためには、（地方、地域、国、国際社会のすべての）公的政策を変更することが求められている。

# 目次

序文	iii
謝辞	v
略語およびデータ注	vii
『世界開発報告 2010』の重要なメッセージ	x
<b>概観——経済開発のために気候を変える</b>	<b>3</b>
行動を起こすことを支持する理由	6
もしわれわれが今、一緒に、違った行動を起こせば、気候に関してスマートな世界は手に届くところにある	12
実現に向けて：新しい圧力、新しい手段、新しい資源	22
<b>1 気候変動と経済開発との結び付きを理解する</b>	<b>31</b>
気候変動を緩和しないのであれば、持続可能な経済開発を実現することはできない	33
トレードオフを評価する	42
世界的な緩和に向けた取り組みを先送りするコスト	49
好機をとらえる：即座の刺激と長期的な転換	52
<b>フォーカス A 気候変動の科学</b>	<b>56</b>
<b>Part I</b>	
<b>2 人間の脆弱性を軽減する：人々の自助努力を支える</b>	<b>71</b>
適応的管理：気候変動と共に生きる	73
物理的リスクの管理：回避可能なリスクを回避する	75
金融リスクの管理：不測の事態に備える柔軟な手段	85
社会的リスクの管理：コミュニティが自己保護できるように支援する	89
2050年までを見通す：どのような世界になっているか？	96
<b>フォーカス B 気候変動下の生物多様性と生態系サービス</b>	<b>98</b>
<b>3 90億人を養い、自然のシステムを保護するために土地と水を管理する</b>	<b>107</b>
天然資源管理のファンダメンタルズを整備する	108
一定量の水からの生産量を増やすと同時に、水管理技術を向上させる	110
農業における生産性を向上させると同時に環境を保護する	119
漁業及び養殖水産の生産を増加させると同時に保全を改善する	131
柔軟な国際協定を締結する	133
信頼できる情報が、適切な天然資源管理には不可欠である	136
炭素、食料、そしてエネルギーの価格設定が踏み台になるだろう	141
<b>4 気候変動対策を犠牲にすることなく経済開発を促進する</b>	<b>151</b>
競合する目的をうまく調整する	153
世界が向かうべきところ：将来に向けて、持続可能なエネルギーへ転換する	158
エネルギー効率化によって節約を実現する	174
既存の低炭素技術を普及させる	181
革新と先進技術を加速化する	184
政策は統合しなければならない	185
<b>Part II</b>	
<b>5 経済開発を世界的な気候レジームに統合する</b>	<b>191</b>
気候レジームを構築する：気候と経済開発の間の緊張を克服する	191
途上国の行動を世界的なアーキテクチャーのなかに統合するための選択肢	198
途上国の緩和に向けた取り組みに対する支援	203

適応を気候に関してスマートな開発に統合する国際的な取り組みを促進する 205

**フォーカス C 貿易と気候変動 208**

**6 緩和と適応に必要な資金を調達する ..... 215**

ファイナンスの不足	216
既存の気候ファイナンスの手段における非効率性	221
気候変動資金の規模を拡大する	225
透明で、効率的な、そして公平な資金の利用を確実にする	235
必要とされる資金と資金源を適合させる	237

**7 革新と技術の普及を加速化する ..... 243**

ツールや技術、制度が適切であれば、気候に関してスマートな世界を実現できる	245
国際的な協力とコスト分担は、国内の取り組みを活用して革新を促すことを可能にする	249
公的なプログラムや政策、制度は革新とその普及を推進する	259

**8 行動様式や制度がもつ慣性を克服する ..... 271**

個人の行動様式の変化を活用する	272
国家を再び持ち込む	281
気候政策について政治的に考える	286
気候に関してスマートな経済開発は自宅から始まる	291

**注 ..... 293**

**参考文献 ..... 312**

**参考文献についての注 ..... 354**

**用語解説 ..... 356**

**主要指標 ..... 363**

表 A1 エネルギー関連の排出と炭素排出原単位	364
表 A2 土地ベースの排出	365
表 A3 一次エネルギー総供給	366
表 A4 自然災害	368
表 A5 土地、水、及び農業	369
表 A6 国富	370
表 A7 革新、研究、及び開発	371
出典と定義	372
記号と集計値	376

**主要世界開発指標 ..... 377**

データの出典と方法	377
国の分類と総括値	377
用語と対象国	378
テクニカル・ノート	378
記号	378
データの表示方法	378
表 1 主要開発指標	380
表 2 貧困	382
表 3 ミレニアム開発目標：貧困の撲滅と生活の改善	384
表 4 経済活動	386
表 5 貿易、援助、及び金融	388
表 6 その他諸国の主要指標	390
テクニカル・ノート	392
統計手法	397
世界銀行アトラス方式	397

**索引 ..... 399**



## ボックス

1	すべての途上国が気候変動がもたらす影響に脆弱であるが、理由はそれぞれ異なる	8
2	経済成長：必要だが十分ではない	9
3	「気候保険」のコスト	11
4	セーフティネット：所得扶助から気候変動に対する脆弱性の削減へ	16
5	農民と環境の両方にとって優れている有望なアプローチ	20
6	発明の才が必要：適応には新しい道具と新しい知識が必要	22
7	カーボンフットプリントを削減している都市	24
8	気候変動の管理に果たす土地利用、農業、及び林業の役割	28
1.1	女性の権利の強化が緩和と適応の結果を改善する	37
1.2	気候変動に対する緩和措置の費用便益にかかわる割引方法の基礎	43
1.3	自然と社会経済のシステムにおける正のフィードバック、転換点、閾値、非線形性	45
1.4	倫理と気候変動	48
FA.1	炭素循環	57
FA.2	海洋の健全な状態：サンゴ礁と酸性化	65
2.1	適応的管理の特徴	74
2.2	緑豊かで安全な都市を目指す計画：クリチーナ市の場合	77
2.3	気候変動への適応：アレキサンドリア、カサブランカ、チュニスの場合	77
2.4	緩和と適応の相乗効果を助長する	79
2.5	熱波に備える	81
2.6	逆境に打ち勝ち、機先を制する：異常気象のリスクを管理する	84
2.7	人工衛星のデータと地理情報はリスク管理に役立つ——しかも安価である	85
2.8	洪水のリスクを削減するために雇用を創出する	85
2.9	気候に関するリスクを負うための官民パートナーシップ：モンゴルの家畜保険	86
2.10	カリブ海諸国災害リスク保険機構：災害後の行政サービス中断を阻止するための保険	89
2.11	全国農村部雇用保証法に基づくインドの勤労福祉制度	93
2.12	今日の移住	94
FB.1	生物多様性とは？ 生態系サービスとは？	98
FB.2	生態系サービスおよび緩和サービスに対する支払い	103
FB.3	気候変動に関する先住民宣言からの抜粋	104
3.1	ロバスト型意思決定：水管理者の仕事のやり方を変更する	115
3.2	制度的な構造を整備する前に水利権の市場を創設するのは危険である	116
3.3	許容誤差の範囲内で水資源を管理する：チュニジア	117
3.4	パーム油、排出削減、森林伐採の回避	122
3.5	産物と市場の多様化：熱帯の限界的な農民にとって経済的及び生態的な代替策	127
3.6	バイオ作物は農民が気候変動に適応する助けになるだろう	130
3.7	バイオ炭は炭素を固定化し、大規模に収量を増加させることができるだろう	130
3.8	モロッコの政策立案者は穀物輸入について厳しいトレードオフに直面している	135
3.9	ケニアの農業における炭素ファイナンスの実験プロジェクト	146
4.1	金融危機は効率的でクリーンなエネルギーの好機になる	152
4.2	効率的でクリーンなエネルギーは経済開発にとって有益であろう	154
4.3	CO <sub>2</sub> e で 450ppm (2°Cの温暖化) を達成するためには世界のエネルギー・システムの根本的な変更が必要である	162
4.4	CO <sub>2</sub> e 450ppm を達成する (温暖化を 2°Cに抑制する) ための地域別エネルギー構成	164
4.5	再生可能エネルギー技術には膨大な潜在力があるが制約にも直面している	169
4.6	先進技術	172
4.7	緩和と経済開発という相乗利益の達成に都市政策が果たす役割	173
4.8	エネルギー効率化は数多くの市場性および非市場性の障害や失敗に直面している	175
4.9	炭素価格の設定だけでは不十分	177
4.10	カリフォルニアのエネルギー効率化、及び再生可能エネルギープログラム	178
4.11	世界銀行グループのエネルギー効率化ファイナンスにかかわる経験	180
4.12	エネルギー技術のコスト比較にかかわる困難：前提の問題	182
4.13	デンマークは排出を削減しながら経済成長を維持している	182
4.14	ドイツ、中国、及びアメリカにおける固定価格買取制度、利権、税額控除、再生可能エネルギー利用割合基準	183
4.15	中東と北アフリカにおける集光型太陽熱発電	186
5.1	現在の気候レジーム	192
5.2	負担の共有についての提案例	195
5.3	複数軌道アプローチは有効性と公平性で高い評価を得ている	200
FC.1	仮想炭素に対する課税	210
6.1	途上国において気候変動への適応に必要なとされるコストを計算する	219
6.2	CDM の相乗利益を評価する	224
6.3	炭素税と排出権取引	227
6.4	インドネシア財務省の気候変動問題への関与	228
6.5	農業土壌炭素を保全する	232
6.6	譲許的な開発ファイナンスの配分	236
6.7	気候に対する脆弱性 vs. と社会的能力	238
6.8	気候変動に対する脆弱性 vs. 適応能力	239
7.1	地球工学で世界を気候変動から救う	246
7.2	革新というのは複雑な過程である。あるひとつの複雑なシステムの複数部分に取り組む政策によってのみ革新を推進することができる	250
7.3	革新的なモニタリング：グローバル気候サービスと「システムのシステム」を創出する	252
7.4	ITER：エネルギー R&D のコスト分担問題で開始が遅延	254
7.5	CCS 技術には大規模な取り組みが必要である	255
7.6	超効率的な冷蔵庫：市場公約プログラムを推進した先駆者？	256
7.7	沿岸地域の適応にとって有望な革新	259
7.8	大学は革新的でなければならない：アフリカの事例	261

7.9	CGIAR：気候変動に対する手本？	262	8.6	学校カリキュラムに気候に関する教育を組み込む	279
7.10	改良型料理用レンジは煤を減らして、人間の健康とCO <sub>2</sub> 緩和に重要な利益をもたらす	268	8.7	中国とインドにおける気候変動のための制度改革に向かう道	283
8.1	気候行動の必要性についての誤ったコミュニケーション	273	8.8	国別適応行動計画	285
8.2	気候変動の力学の誤解が無頓着を奨励する	275	8.9	イギリスでは気候変動に対する政府の説明責任が大きくなっている	285
8.3	リスク認識はどのようにして政策を無効にするのか：洪水リスク管理	275	8.10	緑の連邦主義と気候変動政策	287
8.4	カリブ海諸国では地滑りリスク削減のために地域社会が徹底して関与	277	8.11	排出権取引への支援を保証する	290
8.5	気候変動に関する情報の伝達	278	8.12	民間部門は国の法律がなくても行動を変更しつつある	292
<b>図</b>					
1	不平等なカーボンフットプリント：低・中・高	4		循環をとおして感じられるだろう	111
2	バランスの見直し：アメリカでSUVから燃費の良い乗用車に乗り換えるだけで、16億人に電気を供給することに伴う排出が相殺できる	5	3.2	地球上の利用可能な水に淡水河川が占める割合は小さく、農業が水使用を支配している	114
3	高所得国は歴史的にみて世界の排出のほとんどを占めてきたし、現在でもそうである	5	3.3	肉は主要作物よりもずっと水集約的である	123
4	CO <sub>2</sub> は多すぎて測れない	6	3.4	集約的な牛肉生産は大量の温室効果ガスを排出する	123
5	将来はどうか？多数あるなかで2つの選択肢：平常通りか積極的な緩和か	13	3.5	農業生産性は気候変動を考えるとより一層急上昇しなければならないだろう	124
6	気候に与える影響は長続きする：CO <sub>2</sub> 濃度上昇に伴う気温と海水面の上昇	14	3.6	生態系はすでに広く農業に転換されている	126
7	世界の部門別CO <sub>2e</sub> 排出：エネルギーだけでなく、農業と林業も重要な排出源	17	3.7	コロンビアの集約的な土地利用に関するコンピュータ・シミュレーション	127
8	世界が2℃の軌道に乗るためには、特効薬ではなく、既存の措置と先進的な技術すべてを組み合わせる必要がある	18	3.8	水産養殖魚に対する需要は特にアジアとアフリカを中心に増加するだろう	132
9	太陽光発電は大きな需要が予想されるため大量生産が可能となり、そのおかげでコストが削減される	19	3.9	ウスター（南アフリカ西ケープ州）のブドウ園では、遠隔探知技術を使って水使用量に対する生産性を測定している	138
10	ギャップは大きい：現在の財源との比較でみた2℃の軌道に必要な追加的な年間コストの予想	26	3.10	インドのアンドラ・プラデシュ州では、農民は帯水層からの取水を調整するために、非常に単純な手段やツールを用いて独自の水文データを作成している	139
1.1	高所得国における個人の排出量は低所得国のそれを圧倒している	33	3.11	気候に適応した未来の理想的な農業地形：農民は新しい技術や農法を使って収量を最大化することができ、自然の生息地が農業にとって生産的な地形と一体化しているため、土地管理者は自然のシステムを保全することができるだろう	140
1.2	アメリカにおける炭素ベースのバイオ燃料は、ガソリンとの比較でCO <sub>2</sub> 排出と健康のコストを増やす	41	3.12	気候に関してスマートな未来の理想的な農業地形：柔軟な技術を使い、自然に関するインフラ、建築インフラ、市場メカニズムを通じて、気候が急変した際の衝撃を和らげる	141
1.3	気候に関する協定への部分的な参加に伴う純損失を評価する	51	3.13	世界の穀物価格は2050年までに50-100%の上昇が予想される	143
1.4	グリーンな景気刺激支出は世界全体で増加している	53	3.14	農業と土地利用変化に起因する排出への炭素税の適用は、天然資源の保全を促進するだろう	144
FA.1	世界全体の温室効果ガス排出は増加傾向にある	58	4.1	排出倍増の背後にある現実：エネルギーや炭素排出にかかわる原単位の改善だけでは、所得の上昇に伴うエネルギー需要増大を相殺するには不十分	155
FA.2	産業革命以降の気候に影響を与えている主要な要因	59	4.2	1850-2006年のエネルギー構成：1850-1950年までエネルギー消費は年1.5%増加しており、その中心は石炭。1950-2006年までは年2.7%増加したが中心は石油と天然ガス	156
FA.3	地球の年平均気温とCO <sub>2</sub> 濃度は上昇を続けている（1880-2007年）	60	4.3	途上国は1人当たりのエネルギー消費と排出が少ないにもかかわらず、将来的にはエネルギーとCO <sub>2</sub> 排出全体の増加のほとんどを占めるようになる	156
FA.4	グリーンランドにおける氷床の融解	61	4.4	温室効果ガス排出の部門別内訳：低・中・高所得国別	157
FA.5	濃淡で示したリスクの度合い：リスクと損害の評価は2001年から07年の間に高まっている	63	4.5	自動車保有台数は所得とともに増加するが、自動車利用は価格設定や公共輸送手段、都市計画、都市密度で抑制できる	158
FA.6	気候変動がもたらす影響に関する地域別予測	64			
FA.7	温暖化を産業革命以前の水準で2℃に抑制する方法	67			
2.1	気候変動に関連のある疾病に罹患する人々が増加している	83			
2.2	旱魃が生じやすいアフリカにおいても洪水が増加している	84			
2.3	途上国では保険が限定的	87			
2.4	先住民の知識や農民の活動、社会的学習によって砂漠化を押し戻す	91			
3.1	典型的な河川流域における気候変動の影響は水文				

4.6	世界はどこへ向かうべきか：エネルギーに関連した1人当たりのCO <sub>2</sub> 排出	159	原子力関係がほとんどを占めている	248
4.7	450 ppm CO <sub>2</sub> e (2°C) 近辺にとどまるのに必要な排出削減を達成することが可能であるとしているのは、エネルギー・モデルの半分にすぎない	160	7.3 エネルギーと気候変動にかかわる R&D 向けの年間支出額は補助金と比べて僅少	249
4.8	5つのモデルによるCO <sub>2</sub> eで450ppm(2°C)及び550ppm(3°C)を達成するために必要な緩和コストと炭素価格の推定値	166	7.4 低炭素技術の発明ペースは分野ごとにさまざまである	249
4.9	温暖化を2°C(450ppm)ないし3°C(550ppm)に抑制するためには世界規模での行動が不可欠。先進国だけではたとえ排出を2050年までにゼロに削減しても、世界を2°Cないし3°Cの軌道に乗せることはできない	167	7.5 政策は革新の連鎖のあらゆる結び付きに影響を及ぼす	251
4.10	世界が向かっているところと世界が向かう必要があるところの間の排出格差は膨大であるが、一連のクリーン・エネルギー技術は世界を450ppm CO <sub>2</sub> e (2°C)にとどめるのに役立つ	168	7.6 研究と市場の間にある「死の谷」	257
4.11	低炭素技術を未立証の概念から広範な利用と排出削減の増加に押しやるのが目標である	171	7.7 多くの途上国では工学専攻者の数は低水準にとどまっている	261
4.12	太陽光発電はR&Dと発電の大規模化に伴う期待需要増加のおかげで、時間とともに安価になりつつある	185	7.8 中国では今やEバイクが最も安く最もクリーンな通勤手段となっている	264
FC.1	高所得国と低・中所得国のエネルギー集約的な製品の輸入対輸出比率	211	7.9 中所得国は風力発電設備で世界の上位5社から投資を誘致しているが、知的財産権制度が不備なため技術移転やR&D能力は限定的である	266
6.1	気温の目標が厳しく到達の確実性が高くなるほど年間の緩和コストは上昇する	217	8.1 アメリカでは消費者の直接的な行動がCO <sub>2</sub> 総排出の3分の1を占めている	272
6.2	ギャップは大きい：2°C軌道のために必要な気候変動の資金の推計値と現行財源との比較	222	8.2 バランスの見直し：アメリカでSUVから燃費の良い乗用車に乗り換えるだけで、16億人に電気を供給することに伴う排出が相殺できる	273
7.1	世界の風力発電の能力は過去10年間に急増している	243	8.3 気候変動への対応に対する個人の意欲は国により異なり、常に具体的な行動につながるとは限らない	274
7.2	政府のエネルギーR&Dは最低水準に近く、しかも		8.4 気候変動はまだ優先課題になっていない	276

**地図**

1	気候変動で2050年にはほとんどの諸国で農業の収量が低下する(現在の農耕法と作物品種を前提にする場合)	7	2.5 中小貧困国は異常気象に対して財政的に脆弱	88
1.1	小さくなりつつあるヒマラヤの氷河には10億人以上もの人々が依存している	32	2.6 セネガル国内の移住者はダカール近郊の洪水危険地域に定住している	95
1.2	高所得国も異常気象の影響を受けている：ヨーロッパでは2003年の熱波で7万人以上の死者が発生	35	FB.1 生態系の変化が予測される地域の多くは亜寒帯あるいは砂漠地帯にあり、生物多様性のホットスポットにはなっていないが、その重複が懸念されている地域が依然として多い	100
1.3	ブラジルでは特に最貧地域を中心に、気候変動が原因で貧困が増大する可能性がある	36	FB.2 森林伐採のリスクが高く炭素蓄積の多い非保護地域。このような地域はREDDメカニズムから優先的に恩恵を受けるべきである。	103
1.4	中国における2008年1月の嵐は経済成長の柱である移動可能性に大混乱をもたらした	39	3.1 水の入手可能性は21世紀半ばまでには世界の多くの場所で激変するものと予測されている	112
1.5	アフリカには膨大な未開発の水力発電能力があるのに対して、アメリカの水力発電資源は少ないが、開発は進んでいる	40	3.2 世界は乾期の長期化と降雨の激化という両方の気象を経験することになるだろう	113
FA.1	過去30年間における世界の気候変化に見られる地域的な相違	62	3.3 現在の農業の手法と農作物品種を所与とすると、気候変動は2050年までにほとんどの諸国で農業収量を押し下げるだろう	120
FA.2	大きな変化が起こる可能性のある気候システムの要素：地球全体の分布	66	3.4 発展途上世界における集約農業は「死の海」の広がりに関与してきた	125
2.1	リスクと隣り合わせ：人々や巨大都市は海抜の低い沿岸部に集中し、海面の上昇や高潮に脅かされている	76	3.5 世界の穀物貿易は一握りの国による輸出に依存している	136
2.2	複合的な課題：気候変動下の南アジアと東南アジアにおいて都市の発展と洪水のリスクを管理する	78	3.6 先進国は水の監視について、多数のデータ収集地点と長期にわたる時系列データをもっている	137
2.3	高緯度に位置する都市も今や地中海性気候に備えることが必要	81	7.1 風に関する情報を表す地図の作成技術の進歩が新しい機会を開拓する	244
2.4	気候変動によって南北アメリカの Dengue 熱再流行が加速	82		

## 表

1	2°Cの軌道を維持するための追加的な緩和のコスト と関連するファイナンスの必要額：途上国は2030年 までにいくら必要か？	12	4.5	エネルギー効率化，再生可能エネルギー，及び輸送に 対する政策介入	178
2	長期的にコストはどうか？（2100年までの緩和 のコストの現在価値）	12	6.1	既存の気候変動のファイナンス手段	216
FA.1	気候システムにおける転換点：引き金，期間，及び影響	66	6.2	途上国における緩和向けの年間資金調達所要額の推計	218
FB.1	地球規模でみた主要な生態系サービスの現状評価	99	6.3	潜在的な地域別 CDM 実施と炭素収入（2012年まで）	220
4.1	温暖化を2°C近辺にとどめるのに必要な450ppm CO <sub>2</sub> e の原単位を達成するにはどうしたらいいか——例示的 なシナリオ	160	6.4	新しい二国間，及び多国間の気候基金	221
4.2	2030年に温暖化を2°C（450ppm CO <sub>2</sub> e）に抑制する ために必要とされる投資	166	6.5	クリーン開発メカニズムに対する適応課税の帰着 （2020年）	225
4.3	国によって状況は異なっており，それぞれの国に適した アプローチをとる必要がある	167	6.6	緩和及び適応に関する潜在的なファイナンス源	229
4.4	技術の成熟度に対応した政策手段	171	6.7	森林の伐採・劣化を削減する各国および多角的 イニシアティブ	232
			7.1	気候変動について技術指向型の国際的な合意	250
			7.2	革新のために重要な国内政策の優先課題	260

### 危険な領域へ向かって進んでいる

人間の活動によって、地球は温暖化しつつある。現在までの1000年の間、地球の平均気温は0.7°C以内の範囲で変化していた（下の図の緑色の領域）。しかし、人間の活動による温室効果ガスの排出は、過去100年の間に地球の平均気温の劇的な増加をもたらした（下の図の黄色の領域）。増加を続ける排出量によってこの先の100年で予想される温室効果ガスの増加は、産業革命以前と比べて地球の気温を5°Cまで上昇させるだろう（図の赤色の領域）。このような温暖化は、人類がまだ経験したことがないものであり、それによってもたらされる物理的な影響は、開発を厳しく制限することになるだろう。温室効果ガスの排出の抑制を目的とした緊急かつ野心的な行動によってのみ危険な温暖化を回避できるだろう。

現在までの1000年間における気温の変動の仕方は、過去の記録の代わりとなるものから得られる見積もりを基礎としている。例えば木の年輪や氷コアの分析から得られる情報であり、その情報は長期的な温度の変動を反映している。19世紀から始まった近代的な気象の観測によって、地球全体の気温をより正確に見積もることが可能になった。これにより、過去150年の間に、地球全体の気温は産業革命以前から1°C上昇していることが示された。地球気候モデルは、この先の温室効果ガスの排出について、いくつかの異なる成り行きが地球の気候に与える影響を予測している。又、今世紀中に起こる可能性がある気温の変化の幅を予測している。この予測は以下のことを示している。最も積極的な緩和に向けた取り組みでさえ、2°Cかそれ以上の温暖化をもたらす（これは既に危険であると考えられている変化である）、ほとんどのモデルは、緩和への取り組みが少なかった場合は3°Cから5°C、ある

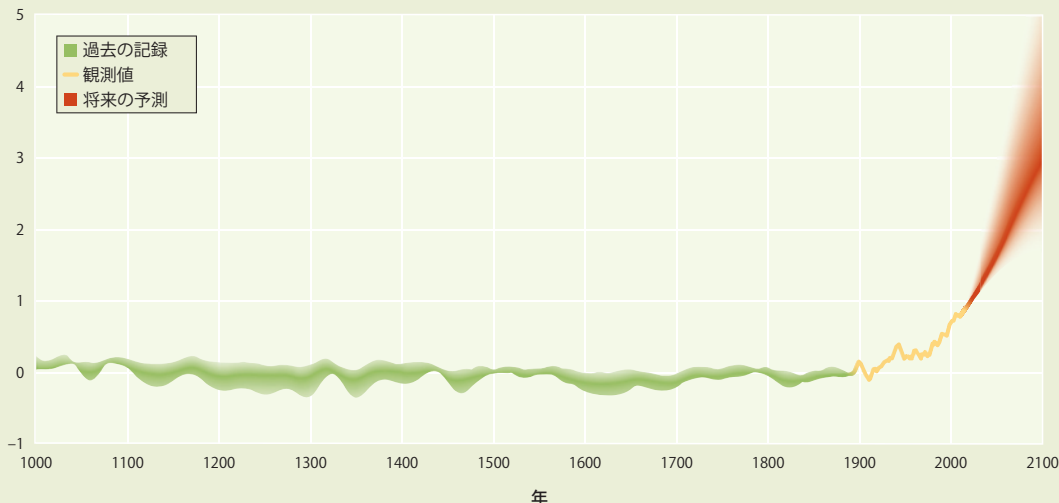
いはそれ以上（もっとも、このくらいの高さの気温の上昇については確実性は劣っている）の気温の上昇に到ると予測している。本書のカバーに描かれている3つの地球は、1998年から2007年の夏の間衛星によって集められたデータから作成されたものである。海の色はクロロフィルの濃度を示している。クロロフィルの濃度は、地球全体の海洋植物（植物プランクトン）の分布状況を計る際の尺度になる。濃い青色はクロロフィルの濃度が低い領域であり、一方、緑色、黄色、及び赤色は、濃度が高い領域を示している。陸の色は、植物の発育を表している。白、茶色、及び黄褐色は植物の生育が最小の領域を示しており、明るい緑から濃い緑は植物の生育がより活発であることを示している。陸上や海洋中の生物学的な過程は、地球の気温と炭素循環を一定に保つという点で重要な役割を果たしている。そして、ここに示されている地球の地図のような情報は、人口が増加し続けている世界における限られた自然資源を管理するという点で、欠くことのできないものである。

出 所： Jones, P. D., and M. E. Mann. 2004. "Climate Over Past Millennia." *Reviews of Geophysics* 42(2): doi:10.1029/2003RG000143.

Jones, P. D., D. E. Parker, T. J. Osborn, and K. R. Briffa. 2009. "Global and Hemispheric Temperature Anomalies—Land and Marine Instrumental Records." In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, TN. doi: 10.3334/CDIAC/cli.002

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.

産業革命前を基準とした温度の変化（°C）









## 概観——経済開発のために気候を変える

今から30年前、発展途上世界の人々の半数は極貧のなかで暮らしていたが、現在ではそれは4分の1にとどまっている<sup>1</sup>。栄養失調や早死のリスクにさらされている子供たちの割合は今はずっと小さくなっている。さらに、近代的なインフラの利用は一般化している。このような進歩によって決定的に重要なのは、技術革新と制度改革に牽引された高成長である。特に1人当たり所得が倍増して、現在は中所得国になっている諸国ではそうである。にもかかわらず、飢餓の状態にある人たちの数が今年歴史上初めて10億人の水準を超えるなかで、要求には依然として膨大なものがある<sup>2</sup>。これほど大勢の人々が引き続き貧困と飢餓に喘いでいることから、途上国にとって貧困削減が最優先課題であることに変わりはない。

気候変動はそのような課題への取り組みをより複雑にするだけである。第1に、気候変動の影響はすでに顕在化している。早魃や洪水、嵐、熱波などが増加して、個人や企業、政府に被害をもたらし、開発から資源を奪っている。第2に、気候変動が現在のペースで続けば、開発はますます深刻な挑戦課題に直面することになるだろう。産業革命以前と比べて5℃以上の温暖化が生じれば、現在とはまったく違った世界につながる可能性がある。異常気象が増え、ほとんどの生態系がストレスを受けて、多くの種が絶滅し、島嶼国家は全体が浸水する懸念があろう。われわれが最善を尽くしても、工業化以前に比べて2℃未満の気温上昇で安定化する公算は低いため、そのような温暖化に対しては大規模な適応策が必要になるだろう。

高所得国は自らのカーボンフットプリント（炭素足跡）を削減することができるし、そうしなければならない。大気圏という国際公共財のなかで、高所得国のみが不公正で持続不可能なシェアを占め続けることはできない。しかし、1人当

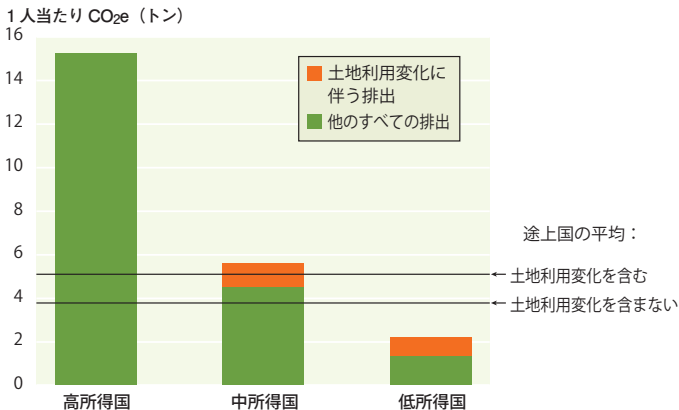
りの排出が高所得国の3分の1にとどまっている途上国は（図1）、エネルギーや輸送、都市システム、農業生産などについて大規模な拡大を必要としている。もし伝統的な技術と炭素排出原単位を使用して拡大を追求すれば、そのような是非とも必要とされている拡大は温室効果ガスをさらに生み出し、気候変動を大きくすることになるだろう。したがって問題は、経済開発をどのようにして気候変動に対して強靱なものにするかということだけではない。「危険な」気候変動を引き起こすことなく、どうやって成長と繁栄を追求するかが問題なのである<sup>3</sup>。

気候変動政策というのは「高成長と高炭素の世界」と「低成長と低炭素の世界」のどちらをとるかという単純な選択、言い換えれば、成長か地球の保全かという単純な問題ではない。多くの非効率性が今日の炭素排出原単位の高水準をもたらししている<sup>4</sup>。例えば、既存の技術と最善の慣行でも工業や電力部門におけるエネルギー消費を20-30%削減することが可能であり、成長を犠牲にすることなくカーボンフットプリントを縮減できる<sup>5</sup>。多くの緩和措置（温室効果ガス排出を削減するための措置）は、公衆衛生、エネルギー安全保障、環境の持続可能性、財政の節約といった面で著しい相乗利益をもたらしている。例えばアフリカでは、温室効果ガスを緩和する機会は土地と森林の持続可能な管理、クリーンなエネルギー（地熱や水力など）、持続可能な都市交通システムの創設と結び付いている。したがって、アフリカの緩和に向けた計画は経済開発の推進と両立する可能性が高い<sup>6</sup>。これはラテンアメリカについても同様である<sup>7</sup>。

富と繁栄の拡大も本質的に温室効果ガスを増加させるわけではない（ただし、過去においては両者は共に増加していた）。消費や生産の特定パターンがそうさせるのである。高所得国の1人



図1 不平等なカーボンフットプリント：低・中・高所得国における1人当たり排出（2005年）



出所：World Bank 2008c; Houghton 2009 に基づいて土地利用変化に伴う排出を織り込んでいる；WRI 2008.

注：温室効果ガスには二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、メタン (CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O)、地球温暖化係数の高いガス (F ガス) が含まれる。すべて二酸化炭素炭素換算 (CO<sub>2</sub>e) で表示している。これは同じ規模の温暖化をもたらす CO<sub>2</sub> の量である。2005 年について高所得国の土地利用変化に伴う排出は無視できる程度にとどまっていた。

当たり排出は産油国を除いても、スイスの二酸化炭素換算 (CO<sub>2</sub>e) で1人当たり7トン<sup>8</sup>から、オーストラリアやルクセンブルクの同27トンまでと4倍もの開きがある<sup>9</sup>。

さらに、代替物を発見するための取り組みが不十分なことを考えると、化石燃料への依存が不可避であるとは到底言い切れない。石油製品に対する補助金は世界全体で年間約1,500億ドルに達しているのに対して、エネルギーの研究、開発、及び配備 (RD&D) に対する公共支出は、石油危機後に一時的に上昇したのを除くと、ずっと年100億ドル程度にとどまっている (第7章参照)。それは公的 RD&D 全体の4%でしかない。民間部門のエネルギー RD&D も年400-600億ドル程度と売上高の0.5%にすぎない。通信 (8%) や医薬品 (15%) など革新的な産業の RD&D 投資と比べると極めて僅少にとどまっている<sup>10</sup>。

技術革新と補完的な制度改革による低炭素世界への転換は、先進国が持続不可能な自らのカーボンフットプリントを縮小させるために、ただちに積極的な行動を起こすということから始めなければならない。そうすれば、大気圏という国際公共財のなかに若干の余裕が生まれるだろう (図2)。より重要なのは、高所得国が排出を激減させるとい信用における公約をすれば、エネルギーや輸送、工業、農業などで必要とされる新しい技術やプロセスに対する RD&D がさらに刺激される

と予想される、ということだ。加えて、代替技術に対する予測可能な需要の拡大を受けた価格の低下によって、化石燃料との比較で競争力がもてるようになるだろう。競争力のある新技術でなければ、成長を犠牲にすることなく気候変動を抑えることは不可能である。

途上国にも、経済開発を阻害することなく低炭素軌道に転換できる余地はある。しかし、これは国によって様々であり、高所得国からの財政的及び技術的な援助の規模に依存するであろう。そのような援助は公正である——1992年の気候変動枠組条約 (UNFCCC) に合致している——と考えられる。世界人口の6分の1を占めるにすぎない高所

得国が、大気圏の温室効果ガスのほぼ3分の2について責任を負っているからである (図3)。それは効率的でもある。途上国における早期の緩和措置に対する資金援助——例えば、この先20-30年間にわたってインフラや住宅の建設を通じて——ことによる節約は、相当大きな規模になり、すべてにとって明確な経済的利益を生み出すだろう<sup>11</sup>。しかし、大規模で、安定した、予測可能な資源移転にかかわる国際的な合意というのは、その実現はおろか設計でさえ決して容易なことではない。

特に最貧国と最もリスクの高い国を中心とする途上国は、気候変動に適応するための援助が必要になるだろう。それらの諸国はすでに異常気象で最大の被害を受けている (第2章参照)。また、たとえ小幅でも温暖化がさらに進展すれば、開発政策の設計や実施の方法、人々の生活様式や生計手段、直面する危険と機会に大きな調整が必要になるだろう。

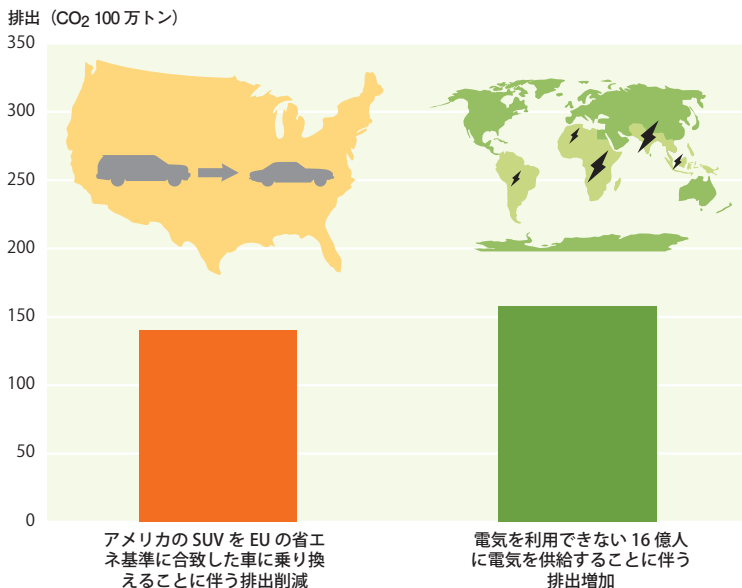
現在の金融危機が気候問題を後回しにする言い訳になってはならない。平均的には次のような推計がある。すなわち、金融危機は2年間弱続き、国内総生産 (GDP) は3%減少するが、その後の8年以上にわたる回復と繁栄の期間における20%以上の成長によって埋め合わされる<sup>12</sup>。したがって、金融危機というのは有害ではあるが、移り変わっていく一時的なものである。しかし、

気候変動がもたらす脅威の増大はそうではない。なぜなのか？

時間がわれわれの味方ではないからだ。大気圏に排出された温室効果ガスは何十年間も、いや何千年間もそこに残留するため<sup>13</sup>、「安全な」水準に戻すことがむずかしくなる。このような気候システムの慣性のために、現在のわずかな努力を将来における緩和の加速化によって埋め合わせることができる可能性が大きな制約を受ける<sup>14</sup>。対応が遅れるとコストも増える。経済が高炭素型のインフラや生活様式に固定化される一方で、温室効果ガスの影響が悪化して、安価な選択肢が消滅していくからである。

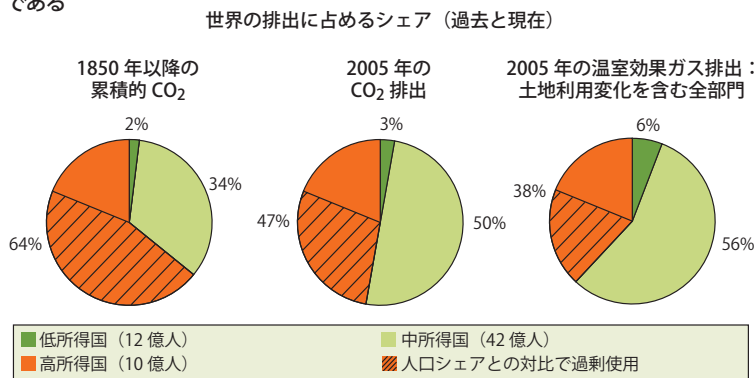
温暖化をできる限り2℃近辺に維持するためには、ただちに行動を起こすことが必要である。その程度の温暖化でさえも望ましくはないが、それがわれわれが何とか対処できる最善の結果であろう。それが経済的に最適かどうかについては経済学者の間でもコンセンサスがなない。しかし、2℃の温暖化を目標にするのは責任感のあることだということについて、政策当局や科学者の間ではコンセンサスができつつある<sup>15</sup>。本報告書もそのような立場を支持する。開発の観点からは、2℃以上の温暖化はまったく受け入れ不可能である。しかし、2℃で安定化させるためには、生活様式の大変な変更、真のエネルギー革命、土地や森林の管理方法の転換などが必要となるだろう。気候変動に対処するためには、人類がもっている革新と発

図2 バランスの見直し：アメリカでSUVから燃費の良い乗用車に乗り換えるだけで、16億人に電気を供給することに伴う排出が相殺できる



出所：BTS 2008に基づくWDRチームの試算。  
 注：推定はアメリカにある4,000万台のSUVが、総計で年4,800億マイル（1台当たり年1万2,000マイル）走行することを前提にした推計値。SUVの燃費は1ガロン当たり18マイル（約7.6km/ℓ）なので、年間のガソリン消費量は270億ガロン、排出は1ガロン当たり炭素2,421グラムとなる。EUで販売されている燃費の良い（EUでは平均的な燃費で、ガロン当たり45マイルの＝約19km/ℓ）乗用車に乗り換えると（ICCT 2007参照）、CO<sub>2</sub>が毎年1億4,200万トン（炭素は3,900万トン）削減される。途上国の貧困家計の電力消費は1人当たりで年170キロワット時と推計されている。また、電気は1キロワット時当たり炭素160グラム、すなわちCO<sub>2</sub>で1億6,000万トン（炭素で4,400万トン）という現在の世界の平均的な炭素濃度で提供されるという前提で推計している。世界地図のなかで、電気の記号は電気を利用できない人数に対応している。

図3 高所得国は歴史的にみて世界の排出のほとんどを占めてきたし、現在でもそうである



出所：DOE 2009; World Bank 2008c; Houghton 2009に基づいて土地利用変化に伴う排出を織り込んで拡大させているWRI 2008。  
 注：より近年に関しては200カ国以上についてデータがある。19世紀についてはすべての諸国についてデータが入り可能なわけではないが、当時の重要な排出国はすべて含まれている。エネルギーからのCO<sub>2</sub>排出にはすべての化石燃料の燃焼、ガス焼却、セメント生産が含まれる。温室効果ガスにはCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、Fガスが含まれる。部門にはエネルギー、生産プロセス、農業、用途の変更（Houghton 2009に基づく）、廃棄物が含まれる。人口シェアとの対比でみた大気という公共財の過剰使用は、1人当たりの排出が等しい水準からの乖離に基づく。2005年で見ると高所得国は人口で世界の15%を占めるが、1850年以降の平均で見ると現在の高所得国は約20%を占めている。

明のあらゆる才能を結集することが必要である。

慣性、公平性、創意工夫というのが、本報告書に一貫している3つのテーマである。慣性は気候のチャレンジに関する明確な特徴であり、われわれが今行動を起こすべき理由である。公平性は有効な国際協定や、この「全人類共通の悲劇」に対する効率的な解決策を見出すために必要な信頼性の鍵を握っており、われわれが今行動を起こすべきゆえんである。そして、創意工夫というのは政治的及び科学的に複雑な問題について唯一の可能な解答であり、われわれが過去とは違う行動をとることが可能になる部分である。今行動すること、一緒に行動すること、そして過去とは違う行動をすることが、気候に関して賢明な世界をわれわれの手の届く範囲にとどめておける措置である。しかし、まずは行動を起こさなければならないという主張を信じるが必要である。

### 行動を起こすことを支持する理由

地球の平均温度は工業化の初期からすでに1℃近く上昇している。「気候変動に関する政府間パ

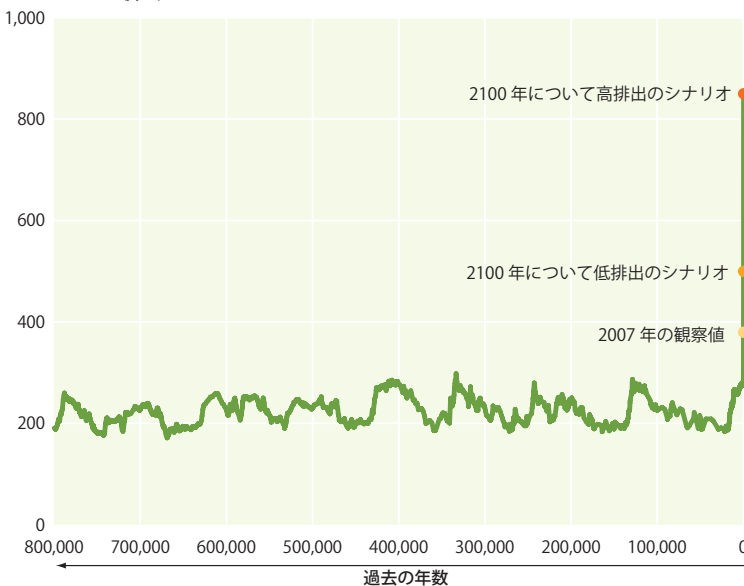
ネル」(IPCC)の第4次評価報告書——国連全加盟国を代表する2,000人の科学者が作成したコンセンサス文書——の言葉を借りれば、「気候システムの温暖化は疑いの余地がない」<sup>16</sup>。地球の大気のなかで最も重要な温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の濃度は、80万年間にわたって200-300パーツ・パー・ミリオン(ppm)で推移していたが、過去150年間には387ppmに急騰した(図4)。その主因は化石燃料の燃焼にあるが、農業と土地利用の変化にもある程度の責任がある。京都議定書が国際的な排出に限度を設定してから10年後、先進国が排出の厳格な計算をしなければならぬ第1期を迎えるなかで、大気中の温室効果ガスはいまだに増加を続けている。更に悪いことに、増加のペースが速まっている<sup>17</sup>。

気候変動の影響は大気や海水の平均気温の上昇、広範囲にわたる雪や氷の融解、海面の上昇といった目に見える形ですでに表れている。寒い日や寒い夜、霜の降りる日が少なくなる一方、熱波が増えている。世界的には、オーストラリア、中央アジア、地中海沿岸、サヘル(サハラ砂漠南部の大草原地帯)、アメリカ西部、その他多くの地域では、頻繁に厳しい早魃に遭遇しているのに、世界的には降水量が増加している。激しい降雨や洪水は日常化しており、嵐や熱帯性低気圧の被害が(およびおそらくその規模も)増加している。

気候変動は特に途上国を中心にすべての諸国にとって脅威である

気候変動が緩和されない場合に今世紀中<sup>18</sup>に起こり得る5℃以上の温暖化は、現在の気候と最後の氷河期との相違に相当する。その時期には氷河は中央ヨーロッパやアメリカ北部にまで達していた。しかし、そのような変化は数千年の期間かけて進行した。現在の気候変動は人間が引き起こしたも

図4 CO<sub>2</sub>は多すぎて測れない  
二酸化炭素濃度(ppm)



出所: Lüthi 他 2008.

注: 80万年前に遡る南極の氷床コアに閉じ込められた気泡を分析すると、地球におけるCO<sub>2</sub>濃度の変遷がわかる。このような長い期間にわたり、自然の要因から大気中のCO<sub>2</sub>濃度は170-300ppmの範囲で推移していた。気温関連のデータを見ると、このような変動が地球の気候を決定するのに中心的な役割を果たしてきたことは明らかである。人間活動を背景にした約387ppmという現在のCO<sub>2</sub>濃度は、少なくとも80万年間で最高だった水準を約30%も上回っている。強力な抑制措置がなければ、今世紀中に予想されている排出によってCO<sub>2</sub>濃度は過去80万年間以上にわたって経験してきた最高水準の2-3倍に達する。それは2100年について予測されている2つの排出シナリオを示した上図で明らかである。

ので、わずか1世紀の間に起こりつつあるため、人間社会や生態系はその速いペースに適応する時間的な余裕がほとんど与えられていない。気温がこのように激変すれば、人間の社会と経済にとって極めて重要な生態系に大きな混乱をもたらすだろう。例えば、アマゾンの熱帯雨林が枯れる、アンデス山脈やヒマラヤ山脈の氷河が完全に消滅する、海水の酸性化が急進して海洋生態系の混乱やサンゴ礁の死につながる、などが考えられる。変化のスピードと規模によっては、50%以上の種が絶滅に追い込まれるだろう。海水面は今世紀中に1メートル上昇して<sup>19</sup>、途上国に限っても6,000万人と2000億ドルの資産に脅威を与えるだろう<sup>20</sup>。農業生産性はたとえ農業手法の変更があっても、特に熱帯を中心に世界中で低下すると考えられる。さらに、300万人を超える人々が栄養失調で毎年追加的に死亡することになるだろう<sup>21</sup>。

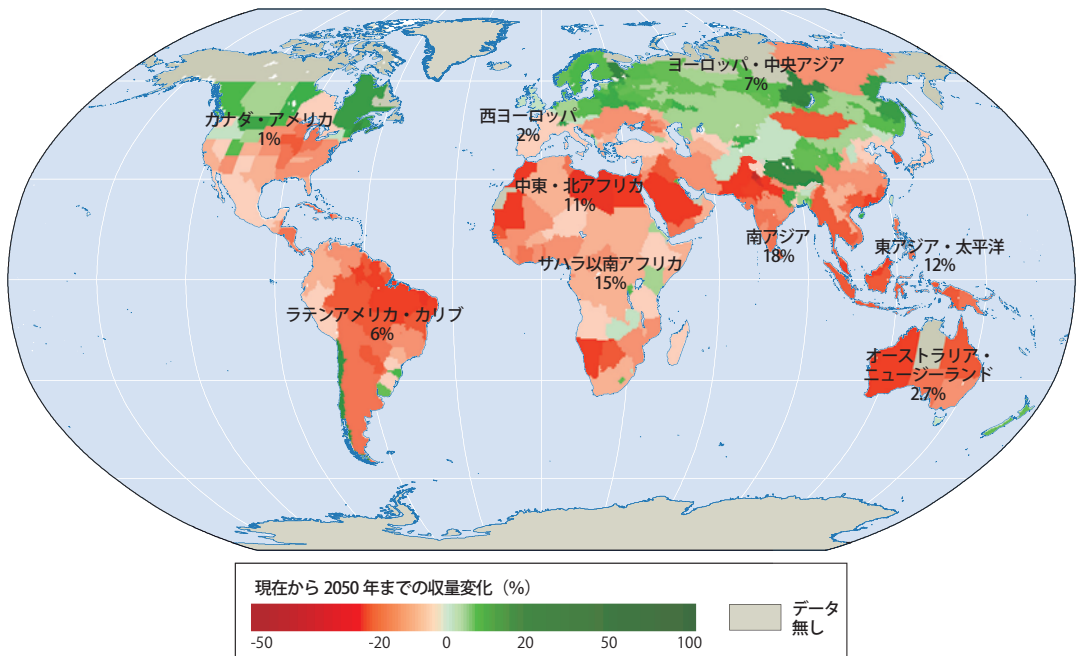
産業革命以前の気温を2℃上回る程度の温暖化でも、新しい気象パターンを生み出して世界的に悪影響をもたらす可能性がある。気象変動の幅が

増大し、激しい異常気象が頻繁になり、沿岸地域が高波に襲われる懸念が大きくなっているなかで、大惨事と修復不可能な影響につながる危険性が増大している。飢餓のリスクにさらされる人々が1-4億人増加する可能性がある<sup>22</sup>。さらに、必要とされる量を満たすのに十分な水のない人々が10-20億人増加する懸念もある<sup>23</sup>。

**途上国は気候災害のリスクが高いのに抵抗力がない。** 以上のような影響は途上国に不当にも多く振りかかるだろう。2℃の温暖化は、アフリカとアジアでは1人当たり所得が永久に4-5%も減少することにつながるが<sup>24</sup>、高所得国では最小限の減少にとどまり、世界のGDP減少は平均約1%で収まる<sup>25</sup>。このような損失の主因は農業への悪影響にあるが、アフリカと南アジアの経済にとっては、それこそまさに重要な部門である(地図1)。

損害額のほとんど——75-80%——は途上国が占めるものと推定されている<sup>26</sup>。それには理由がいくつかある(ボックス1)。途上国は農業部

地図1 気候変動で2050年にはほとんどの諸国で農業の収量が低下する(現在の農耕法と作物品種を前提にする場合)



出所: Müller 他 2009; World Bank 2008c.

注: 地図中の色は11の主要品種(小麦、コメ、トウモロコシ、キビ、エンドウマメ、テンサイ、サツマイモ、大豆、ピーナッツ、ヒマワリ、なたね)について、1996-2005年から2046-2055年までの期間に予測されている収量の%変化を示す。収量の変化率は5つの地球気候モデルで計算した3つの排出シナリオの中央値。ただし、CO<sub>2</sub>には施肥効果(周囲のCO<sub>2</sub>濃度が高いと、植物の成長を促進し、水利用の効率性を高める可能性がある)がないという前提を置いている。数字は各地域において農業がGDPに占める比率を示す(南アフリカを除くサハラ以南アフリカにおけるシェアは23%)。農業依存度が高い多くの地域で、大きな収量減少効果が予測されている。



### ボックス1 すべての途上国が気候変動がもたらす影響に脆弱であるが、理由はそれぞれ異なる

途上国に共通する問題——人的・金銭的な資源が限定されていることや制度が弱いこと——が脆弱性の原因である。しかし、地理や歴史に基づくその他の要因も大きい。

サハラ以南アフリカでは、自然の脆弱性要因が大きく（地表面積の3分の2が砂漠や乾燥地帯）、さらなる気候変動で増加が予想されている早魃や洪水にみまわれるリスクが高い。この地域の経済は天然資源への依存度が高い。国内の一次エネルギー供給源の80%はバイオマス（代替エネルギーの供給源としての植物）である。雨水農業がGDPの約23%（南アフリカを除く）を占め、人口の約70%を雇用している。インフラが未整備なことによって緩和に向けた努力が阻害されており、水資源は豊富なのに貯水は限定的である。この地域では今でも最大の死因であるマラリアは、これまで安全だった高地にも広がりつつある。

東アジア・太平洋では、脆弱さの最大の主因は沿岸や海拔の低い島に大勢の人々が居住しているという点にある。中国では1億3,000万人以上、ベトナムでは約4,000万人と、総人口の半分以上がそのような場所に住んでいる。2番目の原因は、特に貧困諸国を中心に、所得と雇用が農業に引き続き依存していることにある。土地や水、森林といった資源に対する圧力が強まるなかで——人口の増加、都市化、急速な工業化がもたらした環境の劣化を受けて——、気候の変動性や異常気象が増加すれば管理が困難になるだろう。メコン川流域では、雨季には豪雨が増える一方で、乾季は2カ月長くなるだろう。3つ目の原因は、この地域の経済が海洋資源に大きく依存していることにある。管理の行き届いたサンゴ礁の価値は東南アジアだけでも130億ドルに達する。産業がもたらす汚染、沿岸開発、魚の乱獲、農業用の殺虫剤や栄養素の流出などによって、それはすでに大きな緊張にさらされている。

東ヨーロッパ・中央アジアでは、気候変動に対する脆弱性は環境の管理に関するソビエトの後遺症とインフラが貧弱なことに主因がある。一例をあげてみよう。中央アジアでは気温の上昇と降水の減少を受けて、消滅しつつあるアラル海南部における環境面での大惨事（砂漠気候のなかで綿花栽培のために水を迂回させたことが原因）はさらに悪化するだろう。同時に、干上がった湖底の砂と塩分が中央アジアの氷河地帯に飛ばされて、高温が引き起こしている氷の融解を加速化しつつある。建設が不適切で維持が悪く、古いインフラと住宅——ともにソビエト時代と体制移行期からの遺産——は、嵐や熱波、洪水に対抗するには不向きである。

ラテンアメリカ・カリブでは、最も重要な生態系が脅威に

さらされている。第1に、アンデス山脈の熱帯氷河は消失するものと予測されている。数カ国が享受している水の利用可能な時期と流量が変化して、早ければ2020年に少なくとも7,700万人が水ストレスにさらされる結果となり、多数の南アメリカ諸国で半分以上の電力源となっている水力発電が脅威にさらされるだろう。第2に、海洋の温暖化と酸性化で白化作用が頻発し、おそらくカリブ海のサンゴ礁が枯れてしまう結果になるだろう。サンゴ礁は当該水域にいるすべての魚種の推定65%にとって魚場になっており、高潮に対して自然の保護を提供し、重要な観光資産となっている。第3に、メキシコ湾の湿地帯が損害を受けると、沿岸はもっと厳しくより頻繁に発生するハリケーンに対してさらに脆弱になるだろう。第4に、最も悲惨な影響はアマゾン熱帯雨林が立ち枯れて、広大な地域のサバンナ（大草原）に転換することである。そうなると地域の気候に——おそらくは世界の気候にも——甚大な結果をもたらすであろう。

世界で最も乾燥している地域である中東・北アフリカでは、水が最大の弱点である。1人当たりの水の入手可能性は気候変動の影響がなくても、2050年までに半減すると予想されている。この地域には貯水を増やすための魅力的な選択肢がほとんどない。というのは、淡水資源の90%近くがすでに貯水池に貯蔵されているからである。水不足が変動性の増大を伴いながら頻繁になると、水利用の85%程度を占めている農業を脅かすことになるだろう。人口と経済活動が洪水の起きやすい沿岸地帯に極度に集中していることや、資源不足を増幅させかねない社会的及び政治的な緊張を考えると、脆弱性はさらに大きくなっている。

南アジアはすでに疲弊し劣化した自然資源の領域で被害を受けている。それは主として地理的な要因に基づくものであり、それに高水準の貧困と人口密度が相まったものである。水資源は気候変動の影響を受ける可能性が大きい。それがモンスーンやヒマラヤ山脈の氷河の融解に影響するからである。モンスーンは4カ月間で年間降水量の70%を供給している。海水面の上昇はこの地域にとって大きな懸念事項である。同地域には人口密度の高い長い沿岸線、海水の浸入に脅かされている農地があり、海拔の低い諸島などが数多くある。より厳しい気候変動のシナリオでは、海面の上昇によってモルジブのほとんどは水面下に沈み、バングラデシュの国土の18%は湿地帯になる。

出所：de la Torre, Fajnzylber, and Nash 2008; Fay, Block, and Ebinger 2010; World Bank 2007a; World Bank 2007c; World Bank 2008b; World Bank 2009b.

門の生産に関して、特に生態系からの恵みと自然資本に対する依存度が高い。そしてこの部門は気候に関して敏感である。人口の多くは物理的に危険性が高く、経済的に不安定な条件下で生活している。さらに、適応するための財政的及び制度的な能力が限られている。一部の途上国では、政策立案者はすでに開発予算のなかで気象関連の緊急事態に対処するための配分を増やすよう注意を払っている<sup>27</sup>。

高所得国も若干の温暖化でもやはり影響を受けるだろう。1人当たりの損害は富裕国の方が大きくなる可能性が大きい。人口では世界の16%を占めるにすぎないが、損害コストの20-25%を占めるものとみられているからである。しかし、富が大きいおかげで、そのような影響にもうまく対処できるだろう。気候変動は至るところに被害をもたらすものの、先進国と途上国の格差を拡大させることになるだろう。

**成長は気候変動に対する強靭性を高めるのに必要であるが、それだけでは十分ではない。** 貧困国では成長は貧困削減のために必要であり、気候変動に対して強靭性を高めるための中心的な課題である。しかし、成長だけでは気候変動に対する解答にならない。成長が貧困国の助けになるほど高くなる可能性は低く、気候災害に対する脆弱性を高めることもある（ボックス2）。成長というのは最も貧しく最も脆弱な人々の保護を確実にするほど公平でないのが普通である。重要な制度がう

まく機能することを保証するものでもない。もしその成長が炭素集約的であれば、温暖化をさらに悪化させるだろう。

しかし、低炭素軌道が必ず経済成長を鈍化させるに違いないと考える理由はない。環境に関する多くの規制は、導入前に大規模な失職や企業倒産が発生するという警告に遭遇したが、その警告はほとんど実現しなかった<sup>28</sup>。しかし、移行にかかるコストが膨大なのは明らかである。特にエネルギーや輸送、住宅、都市化、農村発展を目的とした低炭素型の技術やインフラの開発には多大な努力が必要であろう。これに関しては2つの議論が聞かれることが多い。ひとつは、貧困国ではただちに実施すべき他の投資が緊急に必要なことを考えると、そのような移行に関わるコストは受け入れがたいというものである。もうひとつは、将来の、おそらくより豊かな世代のために、現在の貧困層の福祉を犠牲にすることがないように注意する必要があるというものである。このような懸念には確かに正当性がある。しかし、気候変動のための野心的な行動に関する力強い経済的な主張を行うことができるという点は変わらない。

**気候変動の経済学：気候リスクの削減は負担可能である**

気候変動はどのような政策を選択するにせよコストがかかる。緩和策に対する支出を減らすことは、適応策のための支出の増加や被害の増大を受

### ボックス2 経済成長：必要だが十分ではない

富裕国には気候変動の影響に対処するための資源が多数あり、教育水準が高く健康な人々は本来的により抵抗力が強い。しかし、成長の過程によっては気候変動に対する脆弱性が増大する懸念がある。北京周辺の早魃に弱い省におけるように、農業や工業、消費のために取水が増え続ければ、あるいは、インドネシアやマダガスカル、タイ、アメリカのメキシコ湾岸におけるように、保護の役割を果たすマングローブが観光やエビ養殖場のために伐採され続けられれば、確かにそうなるだろう。

低所得国にとっては、成長は富裕国が負担できるような保護措置をまかなえるほどには高くならない公算が大きい。バングラデシュとオランダは海水面が上昇すれば甚大な被害をこうむる。バングラデシュはすでに国民の脆弱性を削減しようと多大な努力を払っている。地域社会を基盤としたサイク

ロンの早期警告システムや、自国および国際的な専門知識を活用した洪水の予測と対応プログラムは極めて有効である。しかし、可能な適応の範囲は財源不足のために限界がある。同国における1人当たり所得は年450ドルにすぎない。一方、オランダ政府は次の世紀に向けて、国民1人当たり100ドルを毎年投資することを計画している。さらに、1人当たり所得がバングラデシュの100倍のオランダでさえ、海拔の低い地帯から選別的な転居を推進する計画に着手している。すべての場所における保護の継続を負担することはできないからである。

出所：Barbier and Sathirathai 2004; Deltacommissie 2008; FAO 2007; Government of Bangladesh 2008; Guan and Hubacek 2008; Karim and Mimura 2008; Shalizi 2006; Xia 他 2007。

け入れるということを意味するだろう。何か対策を講じるためのコストは何も行わない場合のコストと比較しなければならない。しかし、第1章で検討するように、その比較そのものが複雑である。というのは、将来的に利用可能となる技術（およびそのコスト）、社会や生態系が適応する能力（およびその価格）、温室効果ガス濃度の上昇がもたらす被害の程度、超えると破局的な影響が発生する閾値や臨界点となる気温（フォーカスA参照）、などに関する不確実性があまりにも大きいからである。また、比較は時間を越えた分配問題（ある世代による緩和はその後の幾世代にもわたって利益をもたらす）とスペースの問題（脆弱性は地域ごとに異なるため、世界的な緩和に向けた努力を積極的に支持する程度も違って来るだろう）でいっそう複雑になる。さらに、生命、生計手段、生物多様性や生態系サービスなど非市場性サービスの損失をどう評価するかという問題が加わるとさらに複雑になる。

経済学者は典型的には費用対便益の分析を使って、最適な気候政策の特定に努めてきた。しかし、ボックス3でみるように、その結果は残っている不確実性にかかわる前提と、分配や測定の問題に関して行われている標準的な選択に敏感である（技術に関する楽観論者は現在における控え目な行動を支持するだろう。というのは、気候変動のもたらす影響は比較的軽微で、長期的に徐々に発生すると考えており、将来的な発生の可能性を大幅に割り引くからである。技術に関する悲観論者はまったく逆になる）。したがって、経済学者は経済的ないし社会的に最適な炭素軌道に関して依然として意見の一致をみていない。しかし、一定の合意はできつつある。ほとんどのモデルでは、安定化の便益は2.5℃（必ずしも2℃でないことに要注意）の温暖化に伴う費用を凌駕する結果となっている<sup>29</sup>。また、すべての結果が「平常通り」（緩和に向けた取り組みをまったく行わない）では大惨事につながると結論付けている。

排出についてより漸進的な削減を主張している人たちの結論によれば、最適な目標——総費用（気候変動の影響への対応と緩和のための費用の合計）が最小になる目標——は3℃を超える可能性がある<sup>30</sup>。しかし、温暖化を2℃程度に維

持するための通増的な費用はGDPの0.5%程度と僅少であることも指摘されている（ボックス3参照）。換言すれば、2℃の選択肢にかかわる総費用はそれより野心さがずっと劣る経済的最適性にかかわるコストを大幅に上回ることはないということである。それはなぜか？ 緩和策を小規模にとどめることによる節約は、より深刻な影響あるいは適応策に対する支出の増加によってほとんど帳消しになることが一因である<sup>31</sup>。次のような原因もある。すなわち、気候変動について野心的な対策と控え目な対策の真の相違は将来的に発生するコストにあり、漸進主義者は大幅な割引を行っている。

気候変動に伴う潜在的な損失や破局的なリスクの可能性に関する大きな不確実性を考えると、単純な費用便益分析が示唆するよりも早期の積極的な行動の必要性が正当化されるだろう。この追加的な分は気候変動を科学者が安全地帯と考えている範囲内に維持するための保険料とみなすことができる<sup>32</sup>。GDPの0.5%以下を「気候保険」として支出するのは、社会的に受け入れ可能な提案であろう。現在、世界全体ではこの保険にGDPの3%が使われている<sup>33</sup>。

しかし、「気候保険」の問題を超えて、総合的な緩和のためのコストとそれに関連して必要となる資金がどの程度になるのかという問題がある。中期的にみて、途上国の緩和のためのコストは2030年までに年1,400-1,750億ドルに達すると推定されている。これは平常通りのシナリオとの対比では追加的なコストになる（表1）。

しかし、必要となる資金はより大きくなるだろう。再生可能エネルギーやエネルギー効率上昇の利益に伴って低下する運営コストの節約は、ほとんどが長期的に実現するものにすぎないからである。例えば、マッキンゼー社の推計によれば、2030年における追加的なコストは1,750億ドルかもしれないが、必要とされる先行投資は平常通りの投資ニーズとの比較では5,630億ドルにも達する。しかし、マッキンゼー社の指摘によれば、これは世界の平常通りの投資の約3%にすぎず、世界の金融市場がもっている能力の範囲内に収まる公算が大きい<sup>34</sup>。しかしながら、歴史的にみると、途上国では財政が制約となって、イン

**ボックス3 「気候保険」のコスト**

Hof, den Elzen and van Vuuren は気候に関する最適な目標が、次のような変数にかかわる前提にどの程度敏感であるかを検証している。時間枠、気候の感度（二酸化炭素濃度が工業化以前から倍増することに伴う温暖化の程度）、緩和にかかるコスト、予想損害額、割引率、である。そのために、彼らは総合的な評価モデル（FAIR）を実行した。多くの文献にみられる前提に合わせてモデルの環境をいろいろと変更することを試みた。そのなかには2人の著名な経済学者の文献が含まれていた。1人はニコラス・スターンで、早期の野心的な措置を主張している。もう1人はウィリアム・ノードハウスで、気候変動については漸進的なアプローチを支持している。

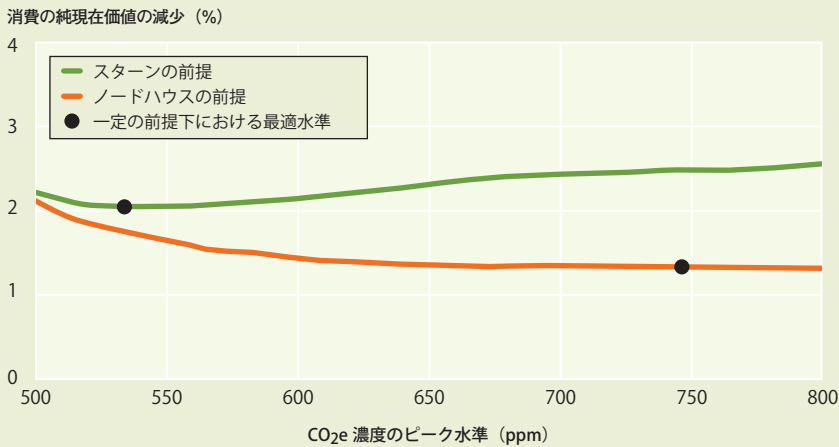
驚くに当たらないが、彼らのモデルの試算によれば、どちらの前提を使うかに応じて最適目標がまったく異なる結果となった（最適目標は世界全体の消費の現在価値が最小の減少幅にとどまる濃度と定義される）。「スターンの前提」（気候感度と気候損害は相対的に大きい、時間枠が長い、割引率と緩和コストは低い）を使うと、最適なピーク時のCO<sub>2</sub>e濃度として540ppmが得られる。「ノードハウスの前提」（気候感度と損害は小さい、時間枠は短い、割引率は高い）を使うと、最適水準は750ppmとなる。両方の場合とも、適応のためのコストは気候に関する損害関数のなかに暗黙裡に織り込まれている。

図はスターンとノードハウスの前提を用いて（モデルによる消費の現在価値と、気候変動がない場合に世界が享受する消費の現在価値の差として報告されている）、大気中の濃度を500-800ppmの範囲内に安定化するための最小コストを示したものである。図で明らかに重要な点は、消費損失曲線が広範なCO<sub>2</sub>eのピーク濃度に対して割合と平坦なことである。その結果、750ppmから550ppmに変化しても、ノードハウスの前提では消費の損失はわずか（0.3%）である。したがって、550ppmに対する予防的な緩和コストは小さい。スターンの前提では、550ppmの目標は750ppmの場合と比較して、消費の現在価値が約0.5%増加する結果となっている。

ピーク濃度に関して低い目標を設定する大きな理由は、地球温暖化に関連して破局的な結果を招くリスクを削減する点にある。この観点からすると、CO<sub>2</sub>eのピーク濃度に関して高い目標から低い目標に移行することは、気候保険のコスト、すなわち、大惨事のリスクを削減するために世界が犠牲にする福祉の量とみなすことができる。Hof, den Elzen and van Vuurenの分析は、気候保険のコストは、気候システムや気候変動を緩和するためのコストに関する極めて広範な前提の下でも、僅少にとどまることを示している。

出所：Hof, den Elzen and van Vuuren 2008.

**トレードオフをみる：さまざまなCO<sub>2</sub>e濃度について、消費損失を温暖化がないとした場合の世界と比較する**



出所：Hof, den Elzen and van Vuuren 2008, figure 10 に基づく。

注：曲線は消費の現在価値の損失率を気候不変の場合との比較で、CO<sub>2</sub>eのピーク濃度目標の関数として示したものの、「スターンの前提」と「ノードハウスの前提」は、本文で説明してあるように、「モデルの重要なパラメーターの値に関する選択」を意味する。図中の点は両方の前提について最適水準を示す。その最適水準は緩和コストと気候変動の影響による損害の合計がもたらす世界全体の消費損失を、最小化するような温室効果ガス濃度として定義される。



フラへの過少投資が生じてきただけでなく、エネルギーの選択においては資本投資の先行費用が低いものを偏重する結果につながってきていた。そのような選択をすれば、最終的には総合的なコストを押し上げる結果になることがわかっていたにもかかわらずにそうしたのである。したがって、適切な資金提供方法の探究を優先課題にしなければならない。

長期的にはどうだろうか？ 緩和コストは増加する人口と必要なエネルギーに対処するため、時とともに増加するだろうが、所得も増加する。その結果、2100年までの世界全体の緩和コストの

表1 2°Cの軌道を維持するための追加的な緩和のコストと関連するファイナンスの必要額：途上国は2030年までにいくら必要か？ 2005年不変ドル（10億ドル）

モデル	緩和のコスト	ファイナンスの必要額
IEA ETP		565
McKinsey	175	563
MESSAGE		264
MiniCAM	139	
REMIND		384

出所：IEA ETP—2008c; McKinsey—McKinsey & Company 2009 および 1 ユーロ = 1.25 ドルという為替相場を使って McKinsey (J. Dinkel) が 2030 年に関して提供した追加データ；MESSAGE—IIASA 2009 および V. Krey が提供した追加データ；MiniCAM—Edmonds 他 2008 および J. Edmonds と L. Clarke が提供した追加データ；REMIND—Knoph 他 (近刊) および B. Knoph が提供した追加データ。

注：緩和のコストとこれに関連するファイナンスの必要額はともに、平常通りのベースラインと比較した増加分。推定値は温室効果ガスを CO<sub>2</sub>e で 450ppm に安定化させる場合のもの。これは 2100 年までに温暖化が 2°C 未満にとどまる確率を 40-50% にする (Schaeffer 他 2008; Meinshausen 2006)。IEA ETP は国際エネルギー機関 (IEA) が開発したモデル、McKinsey はマッキンゼー社が独自に開発した手法、MESSAGE、MiniCAM、REMIND は、それぞれ国際応用システム研究所 (IIASA)、パンフィック・ノースウェスト国立研究所 (PNNL)、気候変動ポツダム研究所 (PIK) の専門家が査読しているモデル。McKinsey は全部門を含むが、他のモデルはすべてエネルギー部門の緩和措置のみ、MiniCAM は 2035 年に緩和コストを 2000 年不変ドルで 1,680 億ドルとしている。この数字を 2030 年まで内挿して 2005 年ドルに換算した。

表2 長期的にコストはどうか？ (2100年までの緩和のコストの現在価値)

モデル	CO <sub>2</sub> e で 450ppm に抑えるために 2100 年までに必要な緩和のコストの現在価値 (対 GDP 比%)	
	世界	途上国
DICE	0.7	
FAIR	0.6	
MESSAGE	0.3	0.5
MiniCAM	0.7	1.2
PAGE	0.4	0.9
REMIND	0.4	

出所：DICE—Nordhaus 2008 (表 5.3 と図 5.3 から推定)；FAIR—Hof, den Elzen, and van Vuuren 2008; MESSAGE—IIASA 2009; MiniCAM—Edmonds 他 2008 および個人的な交信；PAGE—Hope 2009 および個人的な交信；REMIND—Knoph 他 (近刊)。

注：すべてが同業者によって評価されているモデル。推定値は温室効果ガスを CO<sub>2</sub>e で 450ppm に安定化させる場合のもの。これは 2100 年までに温暖化が 2°C 未満にとどまる確率を 40-50% にする (Schaeffer 他 2008; Meinshausen 2006)。FAIR モデルの結果は温度が低い環境下での削減コストを報告したもの (Hof, den Elzen, and van Vuuren 2008 の表 3 を参照)。

現在価値は世界 GDP の 0.3-0.7% と、1% を大幅に下回るものと予想されている (表 2)。ただし、途上国の緩和のためのコストは同 GDP の 0.5-1.2% とやや高い比率になるだろう。

必要とされている適応のための投資に関しては推定値がほとんどなく、存在する推計値はそのままでは比較が不可能である。一部の推計は外国援助による耐気候型プロジェクトにかかわるコストの検討に終始している。特定部門だけを対象にした研究も多い。国全体のニーズを研究したものはほとんど存在しない (第 6 章)。このような問題に取り組むことを試みた世界銀行の最近の研究は、必要な投資額は途上国だけで 750-1,000 億ドルに達することを示している<sup>35</sup>。

## もしわれわれが今、一緒に、違った行動を起こせば、気候に関してスマートな世界は手に届くところにある

気候のリスクを削減するために必要な追加的なコストが僅少で、必要となる投資額が耐えられない程に高額でないとしても、工業化以前の気温を 2°C 程度上回る水準近くに温暖化を安定化させるということは非常に野心的である。排出は 2050 年までに 1990 年水準の 50% に減少し、2100 年までにはゼロないしマイナスになっている必要がある (図 5)。そのためには、極めて困難な努力がただちに必要となるだろう。世界の排出は今後 20 年間以内に、平常通りの軌道との比較で、現在の高所得国における総排出量と等しい分だけ減少しなければならない。加えて、2°C の温暖化に対してさえ高価な適応策も必要となろう。人々が備えているリスクの種類、住む場所、食べる物、農業生態系や都市システムにかかわる設計、開発及び管理の方法などを変えなければならないということである<sup>36</sup>。

したがって、緩和と適応の両面における挑戦課題は膨大である。しかし本報告書は、今、一緒に (あるいは世界的に)、違った行動を起こすことによる気候に関して賢明な政策を通じて、この課題に取り組むことが可能であるという仮説をとっている。気候システムと社会経済システムにはともに途方もない慣性があるため、今行動を起こさ

なければならない。コストを抑え、最も脆弱な層を保護するためには、共に行動しなければならない。気候に関して賢明な世界はエネルギーや食料生産、リスク管理体制の転換を必要とするため、これまでとは違った行動を起こさなければならない。

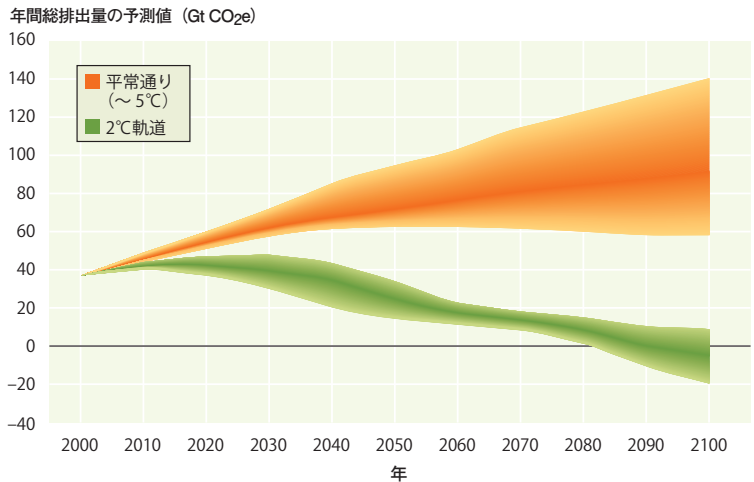
今行動する必要がある：慣性があるということは現在の行動が将来の選択肢を決定するということを意味する

気候システムには著しい慣性がある（図6）。これは濃度と排出削減の間には時間の隔たりがあるということである。CO<sub>2</sub>は大気圏に数十年ないし数世紀にわたり残留するため、排出の減少が濃度に影響するまでには時間がかかる。気温と濃度の間にも時間的な隔りがある。濃度が安定化した後でも気温は2-3世紀間にわたり上昇を続けるだろう。さらに、海水面と気温低下の間にも時間の隔りがある。気温の上昇に伴う海洋の熱膨張は1,000年以上にわたり持続し、氷の溶解に伴う海水面の上昇は数千年間継続する<sup>37</sup>。

したがって、気候システムの力学が示すように、現在やるべき努力を将来の緩和策で代替できる程度には制約があることになる。例えば、温暖化を2℃近く（CO<sub>2</sub>eで約450ppm）で安定化させるためには、世界全体の排出がただちに年約1.5%のペースで減少し始めなければならない。5年間の遅れはより急激な排出削減で相殺されなければならない。さらに、もっと遅れれば、それは結局もはや相殺不可能である。緩和が10年間遅れると、温暖化を2℃以下にとどめることが不可能になってしまう可能性が大きいのである<sup>38</sup>。

慣性は環境にもあてはまる。そのため温室効果ガスの削減や適応対策の柔軟な設計は制約を受ける。インフラへの投資には波があり、時期的に均等ではなくある時点に集中している<sup>39</sup>。また耐用期間も長い。工場や発電所の耐用期間は15-40

図5 将来はどうか？ 多数あるなかで2つの選択肢：平常通りか積極的な緩和か



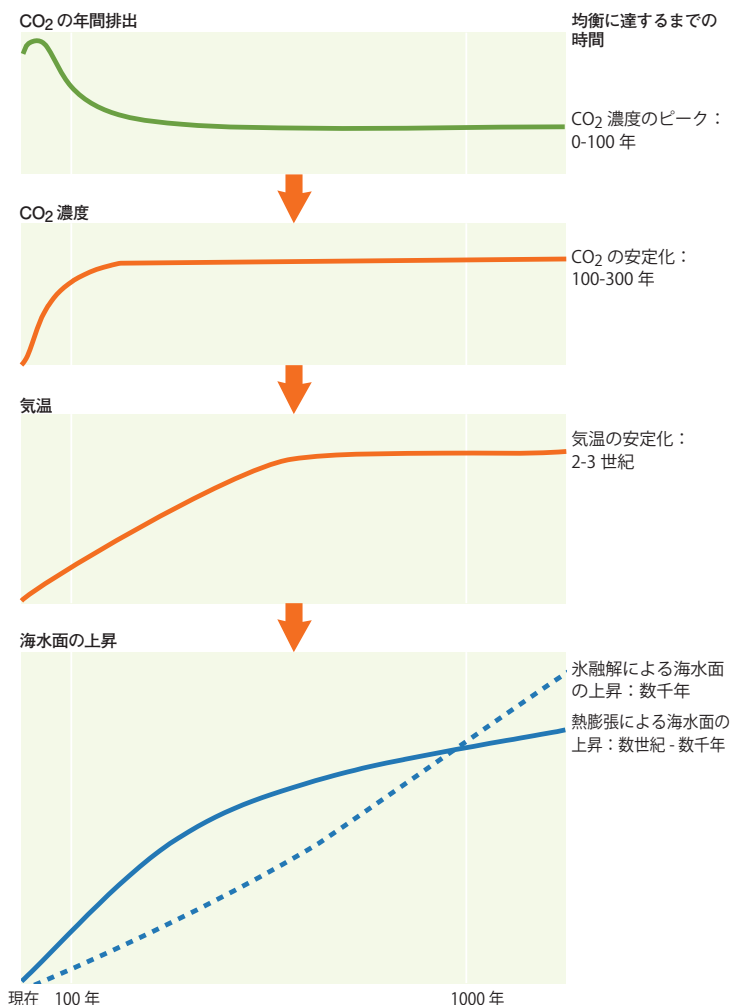
出所：Clarke 他（近刊）。

注：上部の帯は平常通りのシナリオ下における排出に関して、すべてのモデル（GTEM, IMAGE, MESSAGE, MiniCAM）の推定値の範囲を示す。下部の帯はCO<sub>2</sub>eで450ppmの濃度（温暖化を2℃未満に抑える確率50%）を達成するための軌道を示す。温室効果ガスにはCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oを含む。（2℃の軌道が最終的に要求している）マイナスの排出は、排出の年増加率が自然のプロセス（例えば植林）や工学的なプロセス（例えばバイオ燃料の栽培とその燃焼、CO<sub>2</sub>の地中固定化など）を通じた炭素の吸収貯留の伸び率を下回ることを意味する。GTEM, MESSAGE, MiniCAMはそれぞれ、オーストラリア農業資源経済局（ABARE）、国際応用システム分析研究所（IIASA）、パシフィック・ノースウェスト国立研究所（PNNL）の総合的な評価モデルである。

年、道路や鉄道、送電網は40-75年である。土地利用や都市形態——都市の構造と密度——にかかわる決定は、1世紀以上にわたって影響をもたらす。また耐用期間の長いインフラは、関連資本への投資（低密度都市向けの自動車、ガス・パイプラインに対応したガス暖房や発電能力など）を誘発して、経済を一定の生活様式やエネルギー消費のパターンに閉じ込める。

実物資本の慣性は、気候システムの慣性に比べれば足元にも及ばず、特定の排出が達成される可能性よりもそのコストに大きく影響する。しかも、その影響力はかなり大きい。高炭素から低炭素の資本ストックへ移行する機会は、時期的に均一に分布しているわけではない<sup>40</sup>。中国は建物のストックを2000-15年の間に倍増させるものと予測されている。また、今後25年間に世界中で計画されている石炭火力発電所はあまりに多く、その生涯にわたるCO<sub>2</sub>排出は産業革命初期以降の石炭燃焼活動をすべて合計したものに匹敵する程になるだろう<sup>41</sup>。炭素回収貯留装置を設置することができる施設は、貯留場所に十分近いところに立地しているものだけに限定されるだろう（たとえ同技術が商業的に利用可能になったと



図6 気候に与える影響は長続きする：CO<sub>2</sub> 濃度上昇に伴う気温と海水面の上昇

出所：IPCC 2001 に基づく WD チームの試算。

注：様式化した図であり、各パネルの規模は例示的なものにすぎない。

してもである。第4章と7章を参照)。これらの発電所を耐用期間が終了する前に廃棄するのは、たとえ気候変動がそのような措置を強制したとしても、極めて大きな出費を伴うものになるであろう。

慣性は研究・開発 (R&D) や新技術の活用における要素でもある。新しいエネルギー資源は歴史的にはその潜在力の半分を使うのに約50年を要している<sup>42</sup>。新しい技術が利用可能になり、近い将来に急いで市場に投入されるためには、相当なR&D投資が今必要である。そのためには年1,000-7,000億ドルが追加的に必要だろう<sup>43</sup>。革新は輸送や建物、水管理、都市設計、それ以外

の気候変動に影響を及ぼす分野でも必要である。これらの分野はやがて気候変動から影響を受けることになる。つまり、革新は適応措置にとっても決定的に重要な問題だということである。

慣性は個人や組織の行動様式にもみられる。世論の懸念が大きくなっているにもかかわらず、行動様式はあまり変わっていない。効果的でコスト的に適正である利用可能な省エネ技術が採用されていない。再生可能エネルギーのR&Dは資金不足に陥っている。農業は耕地を過剰に灌漑するインセンティブに直面しており、それが今度はエネルギー利用に影響している。というのは、水の供給と処理においてエネルギーは重要な投入物だからである。相変わらず災害を受けやすい地域で建設が行われており、インフラは依然として過去の気候を念頭に設計されている<sup>44</sup>。行動様式や組織の目標を変えるのは困難であり、通常は時間がかかる。ただし、かつて実現した事例もある(第8章参照)。

### 一緒に行動する：公平性と効率性のために

気候変動に効果的に取り組んで、緩和コストを削減するためには、集団的な行動が必要である<sup>45</sup>。また、特にリスク管理の改善と最も脆弱な人々を保護するためのセーフティネットを通じ、実現を円滑に行うことが必須である。

**コストを抑えて公正に分担する。** 負担の可能性は緩和策の費用効果的な実施にかかっている。前述した緩和コストを推計するに当たって、モデルの設計者は温室効果ガスの排出削減がどこであれ最も安い場所で、いつであれ最も安い時に、実施されるということを前提にしている。「どこであれ」というのは、緩和のためにエネルギー効率の

向上策や他のコストの低い選択肢を、チャンスがあればどの国あるいはどの部門でも追求するということを意味する。「いつであれ」というのは、コストを最小化し、経済が高炭素条件に閉じ込められて後の変更が高価になることを回避できるように、新しい機械、インフラ、農法、森林プロジェクトなどへの投資についてタイミングを計るということである。「どこでも、いつでも」というルールを緩めると——特に世界的な炭素価格が存在しないため現実の世界では必ずそうなるが——、緩和のコストは激増する。

これが意味しているのは、世界的な努力には相当な効果があるということだ。この点に関して研究者の意見は一致している。もしある国ないしあるグループの諸国が緩和策を講じなければ、他の諸国は一定の世界的な目標を達成するために、選択肢としてよりコストの高い緩和策に手を出さなければならなくなる。例えば、ある推定によれば、世界全体の排出の20%を占めているアメリカが京都議定書に非参加であれば、当初の目標を達成するためのコストは60%増加する<sup>46</sup>。

公平性と効率性はともに、緩和策を資金援助する側とそれが実施される側を切り離すような資金提供手段を開発する論拠となっている。さもなければ、実質的に途上国がもっている潜在的な緩和の能力（65-70%の排出削減は、2030年における世界全体の緩和への投資の45-70%に相当）<sup>47</sup>は十分に発揮されないため、一定の目標を達成するコストは著しく増加するだろう。極端な場合、途上国において資金の不足から緩和措置が2020年まで完全に延期されたとすると、気温の上昇幅を2℃程度に安定化させるコストは2倍以上になると予想されている<sup>48</sup>。今後1世紀にわたる緩和コストが4-25兆ドルに達すると予測されている状況下では<sup>49</sup>、そのような遅延が示唆する損失はあまりにも巨額である。そのため、高所得国は途上国における早期の行動を資金援助し、危険な気候変動を制限することに努力をした方が経済的な利益に適っている<sup>50</sup>。より一般的に言えば、緩和のための総コストは、うまく機能する炭素ファイナンス・メカニズム、財政移転、価格シグナルを通じて大幅に削減することができる。価格シグナルは「どこでも、いつでも」

という前提から生まれる結果を概算する助けになる。

**リスク管理を改善して最貧層を保護する。** かつては一般的ではなかったリスクが、多くの場所で普通のことになりつつある。洪水を考えてみると、アフリカではかつては稀であったが、最近では徐々に一般的になりつつある。又2004年に、南大西洋で記録に残っている限り初めてのハリケーンがブラジルを襲った<sup>51</sup>。このように気候が変動するなかでは、災害発生の危険性を削減することが重要になってきている。その方法としては、様々な措置に加えてコミュニティを基盤とした早期警告システム、気候の監視、インフラの安全性強化、地区制や建築基準の強化と取り締まり、などがある。金融や制度にかかわる革新も健康や生計に対するリスクを削減することができる。そのためには国内的な措置が必要であるが、その国内措置は国際的な金融や最善慣行の共有によって下支えされれば、効力は大幅に高まるであろう。

しかし、第2章で検討するように、積極的にリスクを削減するだけでは決して十分ではないだろう。というのは、必ず残余のリスクがあるためであり、これも事前の備えや対応の仕組みの改善を通じて管理しなければならない。これは、経済開発は気候や気象のリスクをもっと重視しながら違った形で遂行されなければならないだろう、ということの意味している。例えば、気候に関する情報の生成とそれを広い範囲にわたって入手可能にすること（第7章参照）、そして変化し続けより変動的になっている気候に対処する最善の方法の共有を通じて、国際協力は重要な役割を果たすことになる<sup>52</sup>。

保険も残余リスクを管理するもうひとつの手段であるが、限界がある。気候のリスクは増加の傾向にあり、地域全体ないし大きなグループの人々に同時に影響することが多いため、保険をかけるのがむずかしくなっている。また、たとえ保険をかけたとしても、破局的現象（広範囲にわたる洪水や旱魃など）に伴う損害は、個人や地域社会、民間部門では十分に吸収することができない。気候の変動が大きくなるまで、ますます政府が最後

#### ボックス4 セーフティネット：所得扶助から気候変動に対する脆弱性の削減へ

バングラデシュにはサイクロンと洪水の長い歴史があるが、それがより頻繁になったり、激しいものになったりする可能性がある。政府はセーフティネットを整備しているが、それを調整して気候変動の影響に対応できるようにするのは極めて簡単であろう。適例としては、脆弱層給食プログラム、仕事のための食料プログラム、新規雇用保証プログラムなどが考えられる。

脆弱層給食プログラムは恒常的に運営されており、通常は200万世帯以上を対象にしている。危機に対応して立ち上げられるように設計されている。2008年のサイクロンを受けて、このプログラムは1,000万世帯に拡張された。最下位レベルの地方政府で運営され、行政的に最下位のレベルが測定を行った対象の絞込みは、非常に優れていたと考えられている。

仕事のための食料プログラムは通常は農閑期に運営されており、危機の際には強化される。これも地方政府と協力して運営されており、多数の地域ではプログラムの管理は非政府組織に委託されている。仕事場に出頭してきた労働者は一般的に仕事を与えられる。しかし全員に行き渡るほど十分な仕事がないことが多く、仕事はローテーションで割り当てられる。

新規雇用保証プログラムは他に収入源（セーフティネット

の利用を含む）のない人々に、農閑期の農業賃金に連動した賃金で100日以下の雇用を提供する。保証の要素があるため、支援を必要とする人はそれを確保することができる。仕事が提供されない場合でも、その人は40日間は満額、60日間は半額の賃金をもらう権利がある。

バングラデシュのプログラムおよびインドや他の諸国におけるプログラムは以下のような教訓を示唆している。迅速な対応のためには、迅速な資金手当て、困窮者——慢性的な貧困層や一時的な困窮者——を特定するための対象絞込みのルール、災害が襲来するはるか以前に合意された手続きが必要である。「シャベルの準備ができた」（すぐに着手できる）一連のプロジェクトは、特に強靱性を増大するのに適切なものとして予め特定しておくことができるだろう（貯水、灌漑システム、植林、堤防など。堤防は低地帯では道路としての機能も果たすことができる）。インドとバングラデシュの経験は次のことも示唆している。すなわち、公共事業の選定や設計、実施や調達、供給に関しては専門家（エンジニア）の指導が必要である。

出所：Qaiser Khanの寄稿。

の保険者として、災害からの回復や復興に暗黙の責任を負うようになるだろう。そのためには、政府は危機の際にはみずからの流動性を保護する必要がある。特に気候変動の影響に関して財政的に脆弱な貧困国ないし中小国についてはそういえる。ハリケーン・イワンはグレナダのGDPの2倍に相当する損害をもたらした<sup>53</sup>。復興と回復のプロセスを速やかに開始するための手元資金があれば、災害が経済開発に及ぼす進行を妨げる効果を削減できる。

多国間のファシリティや再保険は助けになる。「カリブ海諸国災害損失リスク保険機関」はリスクをカリブ16カ国間に分散し、保険市場を活用して、破壊的なハリケーンや地震が発生した場合にはただちに当該国の政府に対して流動性を供給する<sup>54</sup>。このようなファシリティには国際社会からの援助が必要かもしれない。より一般的には、高所得国は、途上国が災害に襲われた際には必要な資金がすぐに利用可能になっていることを確保しておく点で重要な役割を担っている。そのようなファシリティを支援したり、緊急資金を直接に提供したりする必要があるということである。

しかし、保険や緊急資金供与はより幅広いリス

ク管理の枠組みの一環でしかない。人々が生計に対する頻繁で執拗な脅威に対処するのを後押しするためには、社会政策がますます重要になってくるだろう。社会政策は経済的及び社会的な脆弱性を削減して、気候変動に対する強靱性を高める。健全で教育程度の高い人たちが社会的保護を利用できれば、気候の影響や気候変動にもっとうまく対応できるだろう。社会的保護政策はそれが存在する諸国では強化し、それが存在しない諸国では考案して、災害発生後にはただちに拡張できるように設計しておかなければならない<sup>55</sup>。社会的セーフティネットはそれが存在しない諸国ではそれを確立することが極めて重要であり、バングラデシュは非常に貧しい国でもそれを実現できる方法を示している（ボックス4）。社会的セーフティネットについては、国際機関は成功モデルを普及させ、気候変動がもたらす要求に合わせて調整するのを後押しすることができるだろう。

**すべての国に十分な食料と水を保証する。** 気候変動と人口の増加の組み合わせが提起する水と食料にかかわる安全保障の課題に対処するには——農業生産性や水利用の効率性が改善しても——、国際的な行動が決定的に重要である。清潔な水

という世界の再生可能な資源の5分の1は各国間で共有されている<sup>56</sup>。それには国境を越えた河川流域261カ所が含まれる。そこは世界人口の40%にとっては故郷であり、150以上の国際条約によって統治されているが、必ずしもすべての河岸所有国が参加しているわけではない<sup>57</sup>。もし各国がこのような資源をもっと徹底的に管理するのであれば、新しい国際条約か、あるいは既存の条約の改訂を通じて、国際的な水資源にかかわる協力の規模拡大を図る必要があるだろう。変動性の増大を考えると水配分のシステムは見直しが必要であり、国際協調はすべての河岸所有国が参加し、水資源の管理に責任をもつことによって初めて有効になり得る。

同様に、異常気象が頻繁になり所得と人口が増加しているなかで、食料のうちのかなりの部分をすでに輸入している諸国では、乾燥の条件が強まっているために食料輸入の必要性がますます高まるだろう<sup>58</sup>。しかし、世界の食料市場は懐が浅く、食用作物を輸出している国は比較的少ない<sup>59</sup>。したがって、供給でも需要でも小幅な変化が価格に大きな影響をもたらし得る。また、市場支配力がほとんどない中小国は信頼できる食料輸入を確保するのが困難である。

万人のために十分な水と栄養を確保するために、世界は貿易システムを改善して、大きな価格変動にさらされないようにすべきである。途上国の市場参加を円滑にするためには、貿易障壁の削減、輸送手段の耐気候型への変更（例えば一年を通して通行可能な道路の利用拡大）、調達方法の改善、気候と市場指標の両方に関してより良い情報提供、によって、食料貿易は効率化し、価格の大きな変動を阻止することができるだろう。価格の高騰は重要な穀物や食料品の戦略的な備蓄やリスク・ヘッジ手段に投資することによっても防止できるだろう<sup>60</sup>。

### 違った行動をする：エネルギー、食料生産、そして意思決定システムを転換するために

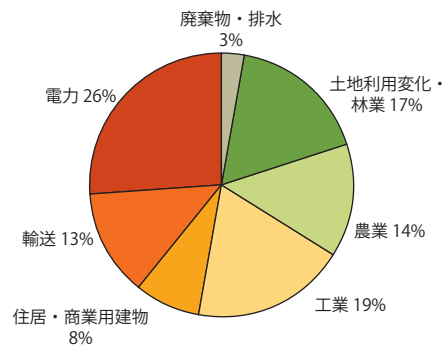
必要な排出削減を達成するためには、われわれのエネルギー・システムと農業、土地利用、森林にかかわる管理方法の両方を転換する必要がある（図7）。このような転換は気候変動に対して必要

な適応策も盛り込んでいなければならない。それがどの作物を植え付けるのか、あるいは水力発電をどれだけ開発するののかに関する決定を含んでいるとすれば、その決定は過去の気候に最適に適応するのではなく、将来のさまざまな気候条件に対して強いものでなければならない。

**真のエネルギー革命を引き起こす。** もし資金が利用可能であれば、排出は成長を犠牲にすることなく、目標とする値にまで十分に速く削減することができるだろうか？ ほとんどのモデルはそれが可能であることを示唆しているが、それが容易であるとしているものはひとつもない（第4章参照）。エネルギー効率を大幅に引き上げ、エネルギー需要の管理を強化し、既存の低CO<sub>2</sub>排出型の電力資源を大規模に開発すれば、世界を2℃の温暖化にとどまる軌道に乗せるのに必要な排出削減の約半分を達成することができる（図8）。多くの措置は潜在的に著しい相乗利益を伴うが、克服が困難な制度的及び財政的な制約でその実現が阻害されている。

つまり、既知の技術ややり方は規模の拡大を図ることができれば、時間を稼ぐことができる。それを実現するためには、適切なエネルギー価格設定が絶対必要である。補助金の削減や燃料税の

図7 世界の部門別CO<sub>2</sub>e排出：エネルギーだけでなく、農業と林業も重要な排出源

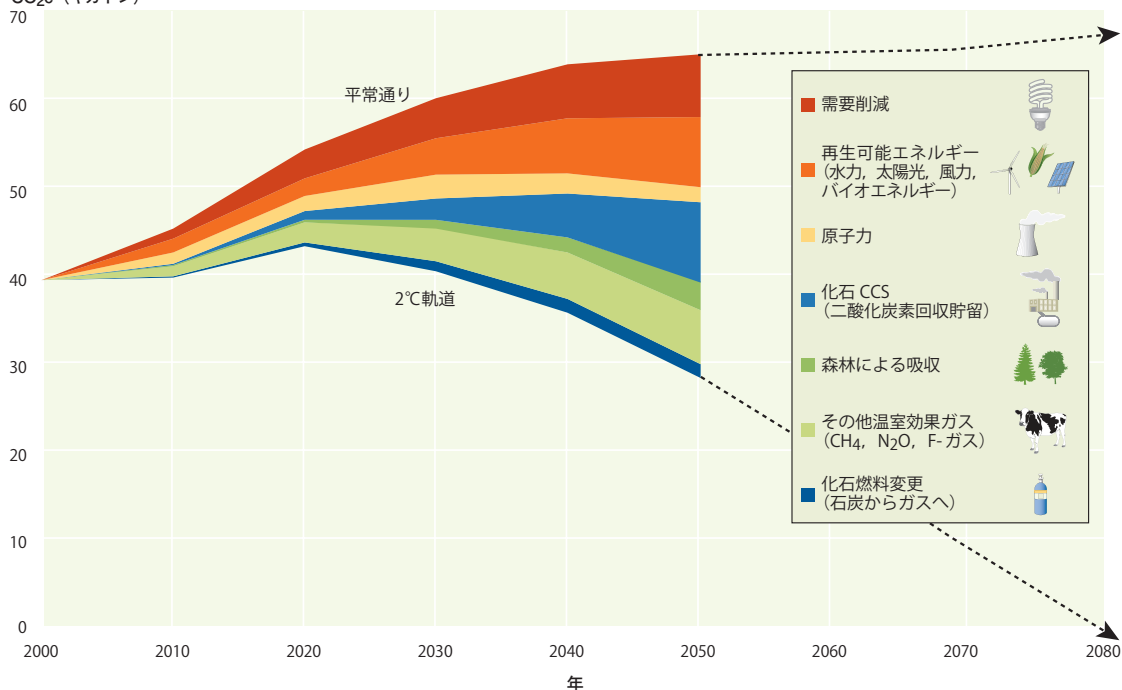


出所：IPCC 2007a, figure 2.1.

注：2004年における人為的な（人間が引き起こした）温室効果ガスのシェアをCO<sub>2</sub>eでみたもの（CO<sub>2</sub>eの定義は図1を参照）。土地利用とそれの変化に関連した排出（農業用肥料、家畜、森林伐採、燃焼など）は、温室効果ガス総排出の約30%を占める。森林、その他植物、土壌による炭素吸収は重要な「炭素の吸収源」となっているため、大気中の温室効果ガスを削減する取り組みにとっては土地利用管理の改善が必要不可欠である。



図8 世界が2°Cの軌道に乗るためには、特効薬ではなく、既存の措置と先進的な技術すべてを組み合わせる必要がある  
CO<sub>2e</sub> (ギガトン)



出所：IIASA 2009 のデータに基づく WDR チームの試算。

引き上げは政治的に困難ではあるが、最近の石油やガスの価格の大幅な上下変動はそうする好機を提供している。ヨーロッパ諸国は 1974 年の石油危機に乗じて、高水準の燃料税を導入した。その結果、燃料需要は、仮に価格がアメリカに近かった場合に予想される量に比べておよそ半分にとどまっている<sup>61</sup>。同様に、ヨーロッパでは電力価格はアメリカと比べて 2 倍、1 人当たりの電力消費は半分となっている<sup>62</sup>。ヨーロッパの 1 人当たり排出 (CO<sub>2e</sub> で 10 トン) がアメリカ (同 23 トン) の半分以下にとどまっている理由は価格で説明できる<sup>63</sup>。途上国におけるエネルギー補助金は、2007 年で総額 3,100 億ドルと推定されている<sup>64</sup>。それは高所得層に不当な利益をもたらしている。貧困層を対象を絞って、持続可能なエネルギーと輸送を奨励するために、エネルギー補助金を合理化すれば、世界の CO<sub>2</sub> 排出を削減し、他にもさまざまな利益をもたらすことができるだろう。

しかし、価格設定だけがエネルギー効率化の課題——市場の欠陥、取引コストの高さ、ファイナンスの制約などから停滞している——を推進する

ための手段ではない。規範、規制の改革、金銭的な動機なども必要であり、しかもその方が費用効果的である。効率性の基準やラベリング・プログラムは 1 キロワット時当たり約 1.5 セントのコストにすぎず、他のどの電力供給オプションよりもずっと低い<sup>65</sup>。一方、産業におけるエネルギー効率目標は革新に拍車をかけ、競争力を高めるだろう<sup>66</sup>。さらに、公益事業は住居や商業ビル、産業のエネルギー効率を高めるための有効な供給チャネルになる潜在力をもっているため、公益事業にはエネルギーを保全するインセンティブが与えられなければならない。公益事業の収益を総売上高から切り離して、代わりにエネルギー保全の成功度に応じて収益を増加するようにすれば、それが可能であろう。そのようなアプローチがカリフォルニアの注目すべきエネルギー保全プログラムの背景にはある。アメリカでは 2009 年の景気刺激策に基づいて、そのような手法の採用が、連邦のエネルギー効率化補助金を各州が受領できるための条件となっている。

再生可能エネルギーに関しては、独立的な生産者のために送電線網への公正で開かれたアク

セスを確保するような規制上の枠組みが必要だろう。このような枠組みに沿った長期の電力購入協定は投資家を引き付けることになるだろう。これはドイツやスペインにおけるように、固定価格（フィードイン・タリフといわれている）による再生可能エネルギーの強制的な買い上げを通じて、あるいはアメリカの多くの州で行われているように、再生可能エネルギーによって確保すべき電力について最低

限のシェアを義務付けている再生可能エネルギー利用割合基準を通じて実行が可能である<sup>67</sup>。重要なのは、予想される需要の増加で再生可能エネルギーのコストは低下する可能性が大きく、すべての諸国に利益をもたらすだろうということである。事実、経験が示すところによると、予想される需要の増加は価格低下に関して技術革新を上回る大きな効果をもたらす（図9）。

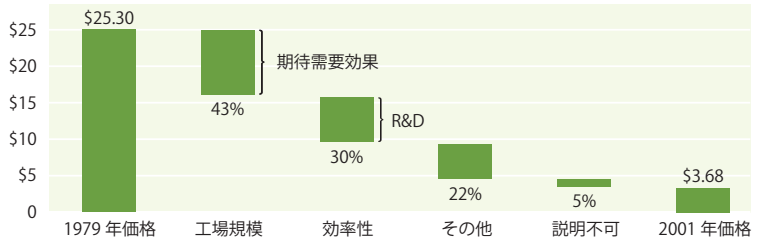
しかし、新しい技術は必要不可欠であろう。本報告書のためにレビューしたすべてのエネルギー・モデルは、エネルギー効率化と既存技術の普及だけでは、2℃の軌道に乗ることは不可能であると結論付けている。炭素の回収と貯留、第2世代バイオ燃料、太陽光発電など新技術ないし先端技術も決定的に重要である。

必要とされる新技術でただちに利用可能なものはほとんどない。継続している炭素回収貯留の実証プロジェクトは、現状では年間400万トンのCO<sub>2</sub>を貯留できるにすぎない<sup>68</sup>。さまざまな地域や条件下でこの技術の有効性を十分に実証するためには、約30もの一般的な規模の工場が必要であり、その総コストは750-1,000億ドルに達する<sup>69</sup>。また、2℃の温暖化に収めるためには2020年までに年間10億トンのCO<sub>2</sub>を貯留できる能力が必要である。

バイオ燃料に関する研究投資も必要である。現世代のバイオ燃料を用いて生産を拡大すると、広大な自然林や草原地帯を転換して、食料生産と競合することになるだろう<sup>70</sup>。非食料作物に依存する第2世代のバイオ燃料なら、より限界的な

図9 太陽光発電は大きな需要が予想されるため大量生産が可能となり、そのおかげでコストが削減される

要因別コスト削減（ドル/ワット）



出所：Nemet 2005 の翻案。

注：棒グラフは1979年から2001年にかけての太陽光発電のコスト削減幅を、工場の規模（期待需要が決定）や効率性の改善（R&Dによる革新が牽引）などの要因別にみたものである。「その他」には重要な投入物であるシリコンの価格低下やそれよりも小さい多数の要因（一定のエネルギー産出に要するシリコン量の減少、製造の誤りによる廃棄率の低下など）が含まれる。

土地を利用することによって農業との競合を削減できる可能性がある<sup>71</sup>。

気候に関して優れた技術の飛躍的な発展には、研究や開発、実証、配備のために、より大幅な支出が必要であろう。前述のように、世界全体でのエネルギーの研究、開発、及び実証（RD&D）に対する官民合計の支出は僅少にとどまっている。推定される必要度との対比でも、革新的な産業が投資している額との比較でもそういえる。支出額が少ないということは進歩が遅いということを意味し、再生可能エネルギーが依然としてすべての特許のうちわずか0.4%しか占めていないという状況につながっている<sup>72</sup>。加えて、途上国はこのような技術を利用することが必要であるが、そのためには技術移転の国際的な機構を強化するとともに、新技術を発見し適合させる国内の能力を高めることが必要となる（第7章参照）。

#### 土地と水の管理を転換し、競合する需要を管理する。

2050年までに世界は追加的な30億人に食料を提供するとともに、より豊かになった人たちの変化する食事需要に対処しなければならない（豊かな人々は肉をたくさん食べるが、これはタンパク質の摂取に関して資源集約的な方法である）。これを嵐や旱魃、洪水の増加という、より厳しい気候のなかで行わなければならない。それと同時に、緩和のための政策は農業も織り込んでいなければならない。というのは、農業自身が森林伐採の約半分を毎年引き起こしており、その結果排出総量の約14%に直接関与しているからで



## ボックス5 農民と環境の両方にとって優れている有望なアプローチ

### 有望な農法

無耕農法（畑を耕して種をまく代わりに土壌に直接種を入れる）などのような農法と残留物管理や適切な肥料使用を組み合わせると、土壌水分の維持、水の浸透の最大化、炭素保留の増大、栄養素の流出の最小化、そして収量の増加に役立つ。この農法は世界の耕地の約2%で使われており、拡大する可能性が大きい。無耕農法が採用されているのは高所得国が中心であるが、インドなどのような諸国でも急速に拡大している。2005年に、インドにあるガンジス平原のコメと小麦の農法システムで、農民は160万ヘクタールで無耕農法を採用し、インドの2州（ハリヤナ州とパンジャブ州）では、小麦の20-25%について最小耕起法が採用された。ブラジルでは、耕作地の約45%がこのような耕法を使った農業を行っている。

### 有望な技術

対象を絞って最適な時期に必要な最低限の肥料と水を供給する精密農業技術は、高所得国、アジア、ラテンアメリカの集約的で高投入の農民が排出や栄養素流出を削減し、水利用効率を上げるのに役立つ。ガス状窒素の排出を抑制する新しい技術としては、肥料微粒子の深層施肥による窒素放出の制御や、肥料への生物学的な抑制剤の添加などがある。土壌の水分や灌漑の必要性などに関する正確な情報を伝達するための遠隔探知技術は、不必要な水まきをなくすることができる。こ

のような技術のなかには、途上国の農民にとってまだ高価すぎるものもある（したがって、土壌炭素保全のためには支払い制度ないし水の価格設定の変更が必要かもしれない）。しかし、生物学的な抑制剤などの他の技術は、追加的な労働を必要としないため生産性が向上する。

### 過去から教訓を学ぶ

アマゾンの熱帯雨林の先住民が使っている技術に基づくもうひとつのアプローチは、土壌生産性を改善しながら、大規模な炭素の固定化が可能である。湿った作物残余あるいは堆肥（バイオマス）を、ほとんど酸素が存在しない環境下で低温燃焼すると、バイオ炭という高炭素含有の木炭型の固形物ができる。バイオ炭は土壌のなかでは非常に安定しており、単にバイオマスを燃焼させたり、あるいは分解させたりすることで放出されてしまう炭素を固定化する。工業においては、このプロセスは炭素の半分をバイオ燃料に、他の半分をバイオ炭に転換する。最近の分析によれば、バイオ炭は炭素を数世紀、あるいは、おそらく数千年にわたって貯留できる可能性が示唆されており、この属性を証明するための研究が継続中である。

出所：de la Torre, Fajnzylber, and Nash 2008；Derpsch and Friedrich 2009；Erenstein 2009；Erenstein and Laxmi 2008；Lehmann 2007；Wardle, Nilsson, and Zackrisson 2008。

ある。さらに、汚染や人口増加、過剰使用ですでに弱体化している生態系が、気候変動でいっそうの脅威にさらされている。温室効果ガスを削減しながら、より厳しい気候のなかで増産を図り、かつ保全を強化するというのは難題である。それには土地と水に対する農業、森林、その他の生態系、都市、エネルギーなどから生まれてくる競争的な需要を管理することが必要である。

したがって、農業はさらに生産性を上げて、1滴当たりと1ヘクタール当たりでより多くの作物を生産しなければならない。同時に、集約的農業に伴う現在の環境に関するコストを上昇させてはならない。また、社会は生態系を保護することにもっと努力しなければならない。さらに多くの土地を耕作し、「管理されていない」土地や森林に侵入していくことを回避するためには、農業生産性は気候変動がなかった場合の年1%に対して、おそらく年1.8%で上昇していかなければならないだろう<sup>73</sup>。その上昇のほとんどは途上国で生じなければならない。というのは、高所得国の農業は実現可能な収量の上限にすでに近いから

である。幸いなことに、新しい技術や手法が台頭しつつある（ボックス5）。一部は生産性と強靭性を改善するとともに、炭素を土壌内に固定化し、水界生態系に有害な栄養分の流出を削減する。しかし、その規模をどのようにして拡大すればよいかを理解するためには、さらなる研究が必要である。

種や生態系を保全するために強化されている試みは、食料生産（農業と漁業の両方において）との調整が必要である。保護地域（地球の土地についてはすでに12%を占めているが、海洋や淡水の生態系についてごく微小な割合を占めているにすぎない）だけでは、生物多様性を維持するための解決策にはなり得ない。というのは、種の生息域がそのような地域の境界の外へ移っていく可能性があるためである。そうではなく、生態系的な農業の地形（農民はそこで耕作地と自然の生息地のモザイクを作る）なら、種の移動を円滑にすることができるだろう。生態系農業の手法は農場の生産性と所得だけでなく、農業の気候変動に対する適応力も高める。中央アメリカでは、このよう

な手法を採用していた農場がハリケーン・ミッチで受けた損害は、他の農場の半分以下にとどまった<sup>74</sup>。

農業が気候変動に適応するためには、水管理の改善が必要不可欠である。気温の上昇で蒸発が増加しようとしている時に、河川流域では水や雪による自然の貯水が失われ、帯水層では水の補充が減少している。水は新旧両技術の組み合わせ、情報の改善、利用の合理化などを通じて、より効率的に利用することが可能である。さらに、それは貧困国でも中小農家の間でも実現可能である。インドのアンドラ・プラデシュ州では単純な制度のおかげで、100万人の農民が地下水の消費を持続可能な水準にまで削減することができた。その制度の下では、農民は雨と地下水を監視し、新しい農法や灌漑技術を学んだのである<sup>75</sup>。

水資源を増やすための取り組みにはダムが含まれる。しかし、ダムは解決策の一環でしかあり得ず、より変動性の多い降雨に対処できるよう柔軟な設計が必要である。他の手段としてはリサイクル水の利用や海水の淡水化がある。後者は高価ではあるが、特にそれが再生可能エネルギーを動力源として行われるのであれば、沿岸地域における高価値な用途には意味があるだろう（第3章参照）。

しかし、現行の手法や技術を変更するのは、特に貧しい農村部の孤立した環境下では達成が困難な課題である。このような場所で新しいやり方を導入するためには、踏みならされた道から離れたところに居住しており、さまざまな制約やインセンティブに取り囲まれている大勢のリスク回避的な人々と協働することが必要となる。助言や指導を行う機関は農民を支援するために限られた資源しかもっていないのが普通であり、訓練を受けた指導者ではなく、エンジニアや農業経済学者が配置されている。先端技術の活用は、農村地域の社会に高度な技術教育を施すことも要求することになるだろう。

**意思決定プロセスを転換する：リスクの高い複雑な環境に対処するためには適応型の政策決定が必要。** インフラの設計や計画、保険料の設定、多数の私的な決定——作付けや取り入れの日取りか

ら工場の立地や建物の設計に至るまで——は、長い期間にわたって定常性という概念を基盤としてきた。これは自然のシステムは変動性について一定の範囲内で上下動するという考えである。気候変動に伴って定常性は葬られた<sup>76</sup>。今や意思決定者は、すでに直面した複数の不確実性が組み合わさった気候変動と戦わなければならない。今後は、炭素制約の可能性は無論のこと、傾向の変化や変動性の増大という流れのなかで、決定を下さなければならない。

官民の諸機関、都市、オーストラリアからイギリスに至るまでの世界中の諸国が考案し適用しているアプローチは、将来の気候に関して高価で精緻なモデルがなくても、強靱性を高めることが可能だということを示している<sup>77</sup>。もちろん、予測がより正確で不確実性がより少ない方が望ましいものの、このような新しいアプローチは、単に特定の予測に対して最適であるだけにとどまらず、一連の将来のあり得る結果すべてに関して「ロバストな」戦略に焦点を当てようになっている（ボックス6）<sup>78</sup>。ロバストな戦略というのは、さまざまな気候の下でうまく生育する種子を選び出す、というような単純なものになり得る。

ロバストな戦略は典型的には能力に応じて、柔軟性や多様性、余裕を構築する（第2章参照）。これらは「後悔することのない」行動を支持するものであり、気候変動がなくても利益（水やエネルギーの効率化など）を提供する。また、誤った決定による出費をできるだけ低く抑えるために、可逆的で弾力的な選択肢を好む（沿岸地域における制限的な都市計画は緩和することが容易なのに対して、強制的な退避や保護の増大は困難で高価になり得る）。このロバストな戦略は強靱性を高めるための安全域を含んでいる（より高い所に位置する橋、あるいは水に浸かっても破壊されない橋の建設、または危機に瀕している人々向けにセーフティネットを拡張し適用すること、などにかかわる限界コストを負担する）。さらに、シナリオ分析と広範囲にわたるあり得る将来における戦略の評価に基づいて、長期計画を頼りにしている<sup>79</sup>。参加型の設計とその実施が決定的に重要である。既存の脆弱性に関して地元がもっている知識の活用を許容し、戦略について受益者の主体

## ボックス 6 発明の才が必要：適応には新しい道具と新しい知識が必要

緩和にむけた努力にもかかわらず、人類はあらゆるところで、また、多くのさまざまな分野で、気候の著しい変化に適応する必要がある。

### 自然資本

気候変動に対処し、生産的な農業や林業、漁業を確保するためには、さまざまな自然資本が必要になるだろう。例えば、旱魃、熱、CO<sub>2</sub> 増大の下でもうまく生育する作物品種が必要である。しかし、民間部門と農民主導による作物選択は、より温かい、より湿った、あるいはより乾いた環境下で、さらに高い収量を生み出すことができる品種ではなく、過去と現在の環境に適応した一様性を好む。既存の作物や品種、それらの野生の同系統のものについて、より広範な遺伝子資源のプールを保存するためには、品種改良プログラムを加速することが必要であろう。森林流域やマングローブ湿地帯など、これまで比較的手がつけられていない生態系は、気候変動がもたらす影響に対して緩衝材になるだろう。気候が変動するなかで、このような生態系もそれ自身がリスクにさらされているため、より積極的で適応的な管理の方法が必要であろう。種が気候の変化に応じて移動するのを円滑にするためには、緩和の回廊など自然保護区相互間の接続が必要かもしれない。

### 実物資本

気候変動はインフラに影響を与えるだろう。それは予測が容易ではなく、しかも地理に応じて大きく異なる形となる。例えば、低地帯のインフラはタンジール湾、ニューヨーク市、あるいは上海であろうと、河川の氾濫や海水面の上昇という

脅威にさらされる。熱波でアスファルトが柔らかくなり、道路の封鎖が必要になる。送電線の能力にも影響し、火力や原子力による発電所を冷却するのに必要な水を温めてしまう。同様に、電力需要も増加する。不確実性は投資決定だけでなく、将来の気候に対して強固なインフラの設計にも影響する可能性がある。水供給の利用可能性に関する同じような不確実性は、気候変動に対する回避手段として、統合的な戦略と水関連技術の改善の両方を必要とするだろう。気候変動を考えると、将来のインフラを設計するためには、技術的な知識と工学的な能力を増大させることが必要であろう。

### 人間の健康

保険制度の気候変動に対する適応の多くは、初期の段階では既存の知識に基づく実的な選択肢となるだろう。しかし、新しい技術も必要になるだろう。ゲノム研究の進展で、新しい感染症を探知できる診断ツールを設計することが可能になる。このようなツールは通信技術の進展と相まって、健康にかかわる新しい傾向を探知することができるので、医療関係者は早期に介入する機会ももてるだろう。一連の革新を受けて医療がすでに変質しつつある。例えば、携帯式診断装置やビデオによる医療相談の出現によって遠隔医療の展望が明るくなっており、孤立したコミュニティも世界の医療インフラにつながるのが容易になりつつある。

出所：Burke, Lobell, and Guarino 2009; Ebi and Burton 2008; Falloon and Betts (近刊) ; Guthrie, Juma, and Sillem 2008; Keim 2008; Koetse and Rietveld 2009; National Academy of Engineering 2008; Snoussi 他 2009.

性を育むからである。

適応策に関する政策決定それ自体も、情報の収集とモニタリングに基づいて定期的にレビューしながら、柔軟に調整されなければならない。これは技術が進歩したおかげで、低コストでの実現可能性がますます高まっているからである。例えば、水管理にかかわる重要な問題は、地下水に関する知識、あるいはだれが何を消費しているかに関する情報が欠如しているところにある。新しい遠隔感知技術のおかげで、地下水の消費を推定し、どの農民が水に関して生産性が低いのかを特定し、耕作地に影響を与えることなく生産性を最大化するために、いつ水の利用を増減させるかを指定することが可能になっている（第3章参照）。

## 実現に向けて：新しい圧力、新しい手段、新しい資源

前節では気候変動における挑戦課題を管理する

ために必要な数多くの措置を説明した。多くは開発経済学ないし環境科学の教科書にある標準的な内容のように読めるかもしれない。水資源管理を改善する、持続可能な農業手法を促進する、歪んだ補助金を廃止するなど書かれている。しかし、これは過去には実現がむずかしいことが判明しており、何があれば必要な改革と行動様式の変更を実現できるのかという問題が浮上している。その答えは新しい圧力、新しい手段、新しい資源の組み合わせにある。

新しい圧力は、気候変動とその現在および将来のコストに関して認識が高まっていることから生じている。しかし、認識が常に行動につながるわけではない。成功するためには、気候に関して賢明な開発政策によって個人や組織の惰性に取り組みなければならない。気候変動に関する国内の受け止め方は世界的な気候協定——その採択だけでなく施行も含む——の成否も決定するだろう。気候や経済開発に関する問題に対する答えの多くは

国家ないし地方のレベルにあるかもしれないが、行動のために新しい手段と新しい資源を創出するには世界的な協定が必要であろう（第5章参照）。したがって、新しい圧力は行動様式を変更し、世論を動かしながら、まず国内で発生しなければならないものの、行動は効率的で効果的な国際協定（経済開発の現実を考慮に入れた協定）によって実行に移されなければならない。

### 新しい圧力：成功は行動を変更し世論を変えることにかかっている

国際的な制度は国家の政策に影響を与えるが、それ自身は国内にある要因から生じたものである。政治規範、統治構造、既得権益が国際法の国内政策への翻訳を具体化させると同時に、国際的な制度を形作る<sup>80</sup>。また、世界的な強制を行う仕組みがないため、世界的な公約を達成するための動機付けは国内的なものとなっている。

気候に関して賢明な経済開発政策が成功するためには、このような国内の決定要因を盛り込んでいなければならない。ある国が実施する緩和政策は、エネルギー構成、現在および潜在的なエネルギー資源、国家主導型政策あるいは市場主導型政策のいずれを愛好するかなど、国内の要因に依存している。付随する国内の利益——清浄な空気、技術移転、エネルギーの安全保障など——を追求することが、十分な支持を獲得するためには決定的に重要なのである。

気候に関してスマートな政策は、個人や組織の行動様式にみられる慣性とも戦わなければならない。現代の経済を化石燃料から離れさせ、気候変動に対する強靭性を高めるためには、消費者や企業の指導者、意思決定者などの態度を変えさせることが必要であろう。染み付いた行動様式を変えることに挑戦するためには、非市場性の政策や介入を特に強調することが必要になるだろう。

災害リスク管理プログラムは世界中で、地域社会の危険に対する考え方を変えることに焦点を当てている。ロンドン市は対象を絞った広報と教育プログラムを「ロンドン温暖化行動計画」の主眼としている。また、全米の公益事業はエネルギー需要の抑制を奨励するために、社会規範やコミュニティの圧力を活用し始めている。単に家計に関

して他との比較でどうなっているかを示して、平均を下回る消費を是認するだけで、エネルギー使用の削減を奨励するのに十分なのである（第8章参照）。

気候という挑戦課題に取り組むためには、政府の運営方法も変更が必要になるだろう。気候政策は多数の政府機関の権限に関係してはいるが、どこにも属していない。緩和と適応の両方について必要とされる多くの措置には、選挙で選ばれたどんな政権をもはるかに超える長期的な視野が必要とされる。多数の諸国が、ブラジルや中国、インド、メキシコ、イギリスを含め、気候変動のために主導的な官庁を創設してハイレベルの調整機関を設置し、政策立案における科学情報の活用を改善している（第8章参照）。

市や県、行政区は、排出源に近い場所、あるいは気候変動の影響を受けやすい場所に、政治的及び行政的な領域を提供している。地方自治体は国家の政策や規則を実施し明確化することに加えて、緩和や適応（社会的保護、災害に対するリスクの削減、天然資源管理など）の鍵を握っている部門（輸送、建設、公共サービス、及び広報など）について、政策決定、規制、企画の機能を果たしている。地方政府は市民に近いため、世論の注意を喚起し、民間人を動員することができる<sup>81</sup>。また、政府と一般大衆が交差するところで、地方政府は適切な対応策に関する政府の説明責任を果たすことができる。これらが、気候行動に関しては多くの地方政府が中央政府に先行してきた理由である（ボックス7）。

### 新しい手段と新しい資源：世界的な協定の役割

ただちに包括的な行動を起こすことは、世界的な協調がなければ実現不可能である。その国際協調にはすべての関係者が公平であると考えた協定が必要であろう。高所得国は最も速やかで厳しい努力を払う必要がある。中所得国は大幅な緩和と適応を行う必要がある。低所得国では、激しくなりつつある気候変動はいうまでもなく、現在の条件に対する脆弱性に対処するためにも、技術的及び財政的な援助が優先課題である。国際的な取り決めは気候に関する目標の達成に有効でなければならない。巨額の国際的な資源移転を伴った他の国



### ボックス7 カーボンフットプリントを削減している都市

炭素に中立的な都市に向けた運動をみると、国際的な公約や国の厳格な政策がないなかでも、地方政府がどのようにして行動を起こしているかがわかる。京都議定書を批准していないアメリカでは、約1,000もの都市が「全米市長気候保全協定」に基づいて、京都議定書の目標を達成することに同意している。中国北部の人口300万人の日照という都市では、市政府が再生可能エネルギーの大規模な効率的利用を促進するため、奨励と法的手段を組み合わせている。高層建築は太陽光発電を使い、住宅の99%は太陽光発電で暖房している。ほぼすべての交通信号機、街灯、公園の照明は太陽電池で稼働している。合計すると、同市には湯沸かし用に50万m<sup>2</sup>分の太陽光パネルがある。それは電気湯沸し能力で0.5メガワットに相当する。このような努力の結果、エネルギー使用はほぼ3分の2、CO<sub>2</sub>排出は半分に減少している。

炭素中立型都市への動きを見せている都市の事例は、中国以外でも急増しつつある。シドニーは2008年に、エネルギー

効率化、再生可能エネルギー利用、炭素相殺を通じて、オーストラリアで初めての炭素中立型都市になった。コペンハーゲンでは2025年までに炭素排出をゼロにまで削減する計画である。その計画には、風力エネルギーへの投資や、駐車と充電を無料で行うことのできる電気自動車や水素自動車の利用促進が含まれている。

世界中で700以上の都市や地方政府が各地方で温室効果ガスを削減する政策を採択しており、定量的な措置を実施するため「気候変動防止都市キャンペーン」に参加している(<http://iclei.org>)。これらの都市は「世界大都市気候先導グループ」や「気候変動に関する世界市長・首長協議会」などと連携して、気候変動枠組条約のなかに都市や地方政府の権限と包含を求めるプロセスを打ち出している。

出 所：Bai 2006; World Bank 2009d; C40 Cities Climate Leadership Group, <http://www.c40cities.org> (2009年8月1日アクセス)。

際協定やその成否から得た教訓を織り込んでいくべきである。最後に、それは効率的でなければならない。そのためには十分な資金調達と金融手段——緩和が発生するところとだれがファイナンスするかを分離でき、したがって緩和が最小コストで達成できる方法——が必要である。

**公平な協定。** 気候変動への取り組みに必要なとされる規模の国際的な協調は、途上国の要請と制約に取り組む世界的な協定に基づいており、緩和が起ころころとその取り組みを負担する人とが分離でき、緩和を奨励し促進するファイナンス手段が工夫されて初めて可能になる。これは石炭は豊富なのに所得の面で貧しい諸国、あるいは歴史的にみて気候変動にはまったく、あるいはほとんど関与していない諸国についても当てはまる。このような諸国が持続可能な成長軌道に乗るかどうかは、高所得国が結集することのできる財政的及び技術的な支援に大きく左右されるだろう。もしそれができなければ、移行のためのコストは極めて高いものになるだろう。

しかし、国際協調は金銭的な支援を超えるものを必要とする。行動経済学や社会心理学が示すところによると、人々はたとえ恩恵が得られるにしても、自分にとって不正だと思われる協定なら拒絶する傾向にある<sup>82</sup>。したがって、協調がすべての人の利益に適用ということは成功を保証す

るものではない。途上国の間にある真の懸念は、気候と経済開発を統合する動きは緩和の責任を発展途上世界に転嫁することになるのではないかと、いうものである。

国際協定に公平性の原則を明記すれば、そのような懸念を払い去って信頼を生むのに大きな効果があるだろう(第5章参照)。1人当たりの排出に関する長期目標を一定の幅に収斂させれば、どの国も大気圏という国際公共財について不平等なシェアに閉じ込められることはないという保証になるだろう。最近、インドは1人当たりの平均排出で高所得国の水準を凌駕することは決してないだろうと述べた<sup>83</sup>。したがって、高所得国が自国のカーボンフットプリントを持続可能な水準にまで削減すべく、大胆な措置をとることが必要不可欠となる。それはリーダーシップを示すことになり、革新に拍車をかけ、すべての諸国が低炭素の成長軌道動に移行することが可能になるだろう。

途上国のもうひとつの重要な懸念は技術の利用可能性にある。気候関連の技術における革新は、途上国も存在感を示しつつあるが、依然として高所得国に集中している(中国は再生可能エネルギー関連特許のなかで7位を占め<sup>84</sup>、あるインド企業は道路用電気自動車で今や世界のリーダーになっている<sup>85</sup>)。加えて、途上国——少なくとも中小国ないし貧困国——は新しい技術を生み出

したり、それを自国の環境に適合させたりするには、援助を必要とする可能性がある。これは適応にとっては特にやっかいであろう。その技術は極めて場所に固有なものになり得るからである。

クリーン技術の国際移転はこれまでのところわずかなものにとどまっている。クリーン開発メカニズム（CDM）が資金供与を行ったプロジェクトについても、技術移転があったのはせいぜいその3分の1程度にすぎない。CDMは途上国の低炭素技術投資に資金を供与する重要な手段である<sup>86</sup>。地球環境ファシリティ（GEF）はこれまでに、気候緩和プログラムに約1億6,000万ドルを配分して<sup>87</sup>、130カ国における必要とされる技術の評価を支援している。新設されたクリーン技術基金（CTF）は、最近、途上国におけるクリーン技術に対する大規模でリスクの大きい投資を支援するために約50億ドルを公約したが、何がクリーン技術なのかをめぐって論争が生じている。

技術にかかわる合意を国際的な気候協定に組み込めば、技術革新を推進し、途上国の利用を保証することができるかもしれない。気候に関して優れた技術を開発し共有するためには、国際協力が決定的に重要である。炭素の回収や貯留など大規模で高リスクの技術については、生産面でコスト分担協定が必要である（第7章参照）。基準にかかわる国際協定は革新の市場を創出することにつながる。また、技術移転にかかわる国際支援は共同生産や技術共有といった形態をとることもできよう。あるいは、新しいクリーンな技術の採用に関しては、追加的なコストに対して財政支援を提供するという形も考えられる（これは「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書を実施するための多角的基金」を通じて行われたことがある）。

世界的な協定は高所得国にとっても受け入れ可能でなければならない。自分たちに課される金銭的な要求を懸念しており、財政移転が望ましい適応と緩和の成果をもたらすことを確実にしたいと考えている。また、途上国に行動の遅延を許容するという多層的なアプローチが、自分たちの中所得国と比較した競争力に悪影響をもたらすのではないかと心配している。

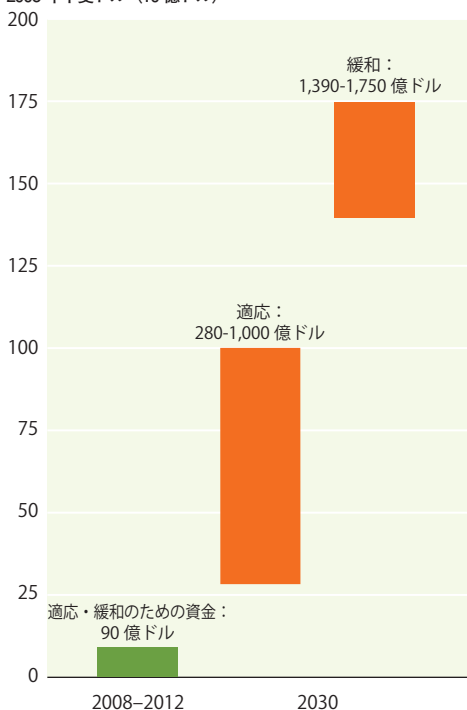
**効率的な協定：援助の有効性と国際協定からの教訓。** 気候に関する協定が効果的であれば、緩和と適応について合意した目標を達成することができるだろう。その設計は援助の有効性と国際的な取り決めの教訓に基づいて構築することができる。気候のための資金は援助のための資金ではないが、援助の経験が重要な教訓になるだろう。特に、公約というのは当該国の目的に合致していない限りほとんど尊重されない、ということが明確になっている。これは援助にかかわる条件と主体性の議論である。したがって、適応策や緩和策のための資金調達には、受益国の開発と低炭素型開発に関する政策にかかわる受益国の主体性を促進する過程によってまとめ上げるべきである。また、援助の経験が示すところによれば、資金調達源が多岐にわたっていると、受益国には多大な取引コストの重荷が発生して、有効性が低下する。さらに、資金調達源は分かれていても、適応や緩和にかかわる財源の支出は経済開発に向けた努力に完全に統合されていなければならない。

国際的な協定の経験は、多種多様な関係国を協定調印にまで持ち込むためには、重層的なアプローチが適切な方法であり得る、ということを示している。世界貿易機関（WTO）を考えてみる。途上国に関しては特別な異なる取り扱いをすることが、戦後期のほとんどを通じて多角的貿易システムの顕著な特徴であった。気候に関する交渉においても、UNFCCCのバリ行動計画で提示された複数軌道の枠組みに基づく提案が出てきている<sup>88</sup>。このような提案では、先進国は産出の目標（ここで「産出」とは温室効果ガスのことである）を公約する一方、途上国は排出の目標ではなく政策変更を公約することになる。

このアプローチは次の3つの理由から魅力的である。第1に、経済開発の相乗利益もなんらかの緩和の機会を増やす。第2に、途上国の事情に適合している。途上国では人口と経済の急拡大が資本ストック（閉じ込め効果の善悪を決定する機会）の急増を牽引しているため、エネルギーや都市、輸送などのシステムの低炭素軌道への移行は緊急性が高まっている。土地利用や土地利用の変化、森林伐採に伴う排出という測定が困難な部分の割合が大きい諸国にとっては、政策ベース



図 10 ギャップは大きい：現在の財源との比較でみた 2°Cの軌道に必要な追加的な年間コストの予想  
2005年不変ドル（10億ドル）



出所：20ページの表1と第6章の議論を参照。

注：途上国だけの緩和と適応のコスト。棒グラフは2°C軌道に関連した緩和と適応に向けた取り組みにかかわる追加的なコストの推計値の範囲を表す。ここに示した追加的なコストに関連した必要とされる緩和ファイナンスの額はもっと巨額で、2030年までに2,650-5,650億ドルの範囲に達すると予想されている。

の軌道なら適切な枠組みを提供することもできる。第3に、多くの諸国にとっては課題となる複雑なフローの監視が必要となる可能性は低い。とはいえ、このようなアプローチに関しては、単に有効性を理解するためだけであっても、何らかの総合的なモニタリングと評価が決定的に重要であろう<sup>89</sup>。

### 効率的な協定：気候ファイナンスの役割

気候ファイナンスは、気候に関する措置がとられるところとそれを負担する人を切り離すことによって、公平性と効率性の調和を図ることができる。十分な資金が途上国に流れれば——能力開発や技術の利用と共に——、低炭素型の成長と経済開発を支援することができる。もし緩和のための資金がそのコストが最低のところに向けられれば、効率性が高まるだろう。もし最も必要性の高いところに向かえば、不当な被害や損失が回避で

きるだろう。気候ファイナンスは気候変動に対処する際に、公平性や効率性、有効性を調和させる手段を提供する。

しかし、現行の気候ファイナンスの水準は予測可能な必要額を大きく下回っている。表1に示した推定によると、途上国の緩和コストは2030年までに年1,400-1,750億ドル、それに関連する必要とされるファイナンスは2,650-5,650億ドルに達する。ところが、緩和ファイナンスにかかわる現在の流れは、2012年まで年平均80億ドル程度であり、十分ではない。さらに途上国で適応のために必要になると推定される年300-1,000億ドルは、現状入手可能な10億ドル未満と比べて膨大である（図10）。

気候ファイナンスの不足に加えて、資金の創出と利用の方法について著しい非効率性がある。重要な問題としては、ファイナンス源が細切れになっていること、クリーン開発メカニズムなど市場メカニズムの実施コストが高いこと、適応のための資金の調達にかかわる手段が不十分で歪んでいることなどが指摘できる。

第6章では、現在提案されているか、あるいはすでに運用中の気候変動にかかわるさまざまな二国間および多国間の基金が20件近く存在していることが示されている。このような細分化にはコストが伴い、それは「援助効果に関するパリ宣言」で次のように指摘されている。すなわち、各基金に独自の統治方式があるため途上国にとって取引コストが高くなり、また資金源が小さいと各国の開発目標と合致しなくなる懸念がある。パリ宣言は他にも、次のように主張している。ファイナンスが細分化されていると、主体性、提供者間の調和、相互説明責任が犠牲になる。したがって明らかに、最終的には基金をもっと限定的な数に統合することが望ましい。

将来を展望すると、炭素ファイナンスの資金源を創出するとともに、その資金を効率的な機会に誘導するためには、炭素の価格設定（税金を通じるか、または排出権取引制度を通じるか）が最適な方法である。しかし、近い将来については、炭素相殺のためのCDMやその他の実績ベースのメカニズムが、途上国では緩和ファイナンスにとって重要な市場ベースの手段にとどまる可能性が大

きい。したがって、CDMや実績ベースのメカニズムは高所得国からの直接移転を補完するのに決定的に重要であろう。

CDMはいろいろな面で期待を凌駕している。そして急拡大しながら、学習を刺激し、緩和オプションの意識を高めている。又、能力強化にも役立っている。しかし、次のように多くの制約もある。経済開発面で相乗利益が小さい、追加性が疑わしい（CDMはベースラインとの比較で排出削減の炭素クレジットを創出するため、ベースラインの選択が常に問題視され得る）、統治が弱い、運営が非効率である、対象範囲が限定されている（輸送など重要な部門が対象外）、2012年以降の市場の存続性が不透明である、などの問題を抱えている<sup>90</sup>。気候に関する行動の有効性に関して、CDM取引は合意されている公約を超過して世界の炭素排出を削減することはない、ということを理解しておくことが重要である。それは単に削減がどこで（先進国ではなく途上国で）起こるかを変更し、緩和のコストを引き下げる（したがって効率性を引き上げる）だけなのである。

京都議定書に基づく適応基金は「認証排出削減量」（CDMが生み出した炭素相殺単位）について2%の課税という形で、新しい種類の融資手段を用いている。これは融資を押し上げ、他の資金源にとって追加的なものとなるが、第6章で指摘しているように、このアプローチには望ましくない特徴がいくつかある。この手段は悪（炭素排出）ではなく善（緩和ファイナンス）に課税しており、どんな税金でも同じであるが、不可避免な非効率性がある（死荷重）。CDM市場の分析によると、課税の結果として貿易によって失われる利益のほとんどは、炭素クレジットの提供者である途上国の肩に落ちることが示唆される<sup>91</sup>。適応ファイナンスについても、理想としては透明性、効率性、及び公平性の原則に基づく配分の仕組みが必要であろう。効率的なアプローチでは、最も脆弱な国の中で適応の管理能力が最大の諸国にファイナンスが向かうことになる。一方で、公平性のためには最貧諸国に対して特定のウェイトを付与することが必要となるだろう。

気候ファイナンス制度を強化し拡大するためには、既存の手段を改革し、新たな気候ファイナ

ンス源を開発することが必要であろう（第6章参照）。途上国におけるプロジェクトのために炭素ファイナンスを生み出すというCDMの役割を考えると、CDMの改革は特に重要である。審査と事務機能の格上げなどを含むプロジェクト承認の簡素化を通じたコスト削減を目的としている案もある。もうひとつの重要な提案はCDMをプロジェクトの支援だけに限定するのではなく、政策や計画の変更の支援も求めることに焦点をおいている。「部門別の失うものがない目標」は実績ベース制度の一例であり、部門別の排出について合意されたベースライン以下への立証可能な削減は、炭素クレジットの売却によって補償され、削減が達成できなくても罰金はないというものである。

林業も気候ファイナンスで排出削減ができる分野である（ボックス8）。森林炭素の価格設定については、現在の気候に関する交渉から追加的な仕組みが生まれてくる可能性が大きい。すでにいくつかのイニシアティブが（世界銀行の森林炭素パートナーシップ・ファシリティを含む）、財政インセンティブがどうしたら途上国の森林伐採を削減し、したがって、炭素排出を削減できるかを探求している。このような重要な課題には、森林の伐採や劣化に伴う排出を削減するために、国家的な戦略や実施の枠組み、排出にかかわる基準シナリオ、監視、報告、検証にかかわるシステムを開発することが含まれる。

土壌炭素の排出を削減する取り組み（例えば耕作の手法を変更させるインセンティブを通じて）も、財政刺激策の対象になり得る。又、自然保護区が食料やバイオ燃料の生産に転換されないようにするためには必須である。しかし、森林炭素に関しては方法論が成熟しておらず、広範な監視の問題を解決しなければならないだろう（ボックス8参照）。より強靱で持続可能な農業を奨励し、この部門に過去数十年間にわたって欠如していた資源と革新の両方を更に導入するためには、試験的なプログラムを速やかに開発しなければならない<sup>92</sup>。

各国で気候行動のためのインセンティブ（補助金、税金、上限、規制などを通じる）を生み出し、情報や教育を提供し、行動を阻害する市場の

**ボックス 8 気候変動の管理に果たす土地利用、農業、及び林業の役割**

土地利用、農業、及び林業は潜在的に大きな緩和能力をもっているが、気候変動に関する交渉では議論を呼んでいる。排出や吸収は十分正確に測定できるのか？ 気候変動に関連した火災に伴う成長や損害の自然な変動についてはどうするべきか？ 気候に関する交渉に先立つこと数十年、さらに数世紀も前にとられた措置について各国は排出枠をもらえるのか？ 土地ベースの活動に伴う排出枠で炭素市場が一杯になって炭素価格が低下し、さらなる緩和措置への動機が減退しないだろうか？ このよう問題の多くについて進展があり、IPCCは土地利用関連の温室効果ガスを測定するための指針を制定している。

世界の 2000-05 年における森林伐採は正味で年平均 730 万ヘクタールとなっており、年約 5.0 ギガトンの CO<sub>2</sub> 排出をもたらしている。それは必要とされる排出削減幅のほぼ半分に相当する。途上国における植林と森林の管理の改善によって、0.9 ギガトンの削減が可能である。しかし、途上国における森林管理の改善と森林伐採の削減は、現状では UNFCCC の国際的なクリーン開発メカニズムの対象にはなっていない。

農業が生み出す土壌炭素や他の温室効果ガスの管理の改善に対して、支払いの仕組みを創設することに関心が高まっている。技術的には、土壌耕起の削減、湿地帯や水田管理の改善、家畜や堆肥管理の改善などを通じて、CO<sub>2</sub>e で約 6.0 ギガトンの排出削減が可能である。炭素価格が CO<sub>2</sub>e で 1 トン当たり 20 ドルであれば、農業では年約 1.5 ギガトンの排出削減が可能である（図参照）。

林業と農業の緩和は多くの相乗利益をもたらすことができるだろう。森林を保全すれば、生計手段について多様な選択肢が残り、生物多様性が保護され、洪水や地すべりなど異常気象に対する緩衝材が確保される。耕起の削減や肥料管理の改善で生産性が向上する。このようにして生み出された財源は少なくとも森林が多い諸国では巨額になるだろう。インドネシアは、もし炭素市場が潜在力を最大限に発揮すれば、年 4-20 億ドル稼ぐことができるだろう。土壌炭素に関しては、炭素に乏しい土地が全大陸の半分をおおっているアフリカでさえ、土壌炭素固定化の潜在力は CO<sub>2</sub>e で年 1-4 億トンに達する。トン当たり 20 ドルとすると、それは現在のアフリカ向けの政府開発援助に匹敵する。

「熱帯雨林諸国連合」を形成している途上国グループが努力したことが主因で、土地の利用、土地の利用方法の変更、林業の算入が UNFCCC のアジェンダに再び取り上げられた。こ

のような諸国は、共通はしているが、それぞれ異なる責任の下で、排出削減に貢献し自国の森林システム管理を改善するために、炭素ファイナンスを確保する機会を求めているのである。「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」(REDD) として知られるようになったプログラムをめぐる交渉は継続しているが、REDD の要素の一部がコペンハーゲンで合意のなかに含まれるだろうというのが大方の予想である [訳注：実際に盛り込まれた]。

土壌炭素に関するイニシアティブはそれほど進展していない。農業における炭素固定化というのは、比較的安価な、単純で、効率的な技術を使う気候変動対策ではあるが、その市場を進展させるのは容易ではない。しかし、ケニアの実験プロジェクト（第 3 章参照）やシカゴ気候取引所における土壌炭素相殺はそのような機会を提示している。炭素固定化を漸進させるために役立つ 3 つの措置は次の通りである。

第 1 に、炭素モニタリングは「活動ベース」の手法をとるべきである。その場合、排出削減は非常に高価な土壌分析ではなく、農民が遂行している活動に基づいて推定されるべきである。個別の保守的な排出削減係数を農業生態学および気候帯の相違に応じて適用することもできる。その方が農民にとっては単純で予測可能であり、特定の活動について、支払いの額や罰金の可能性が事前にわかる。

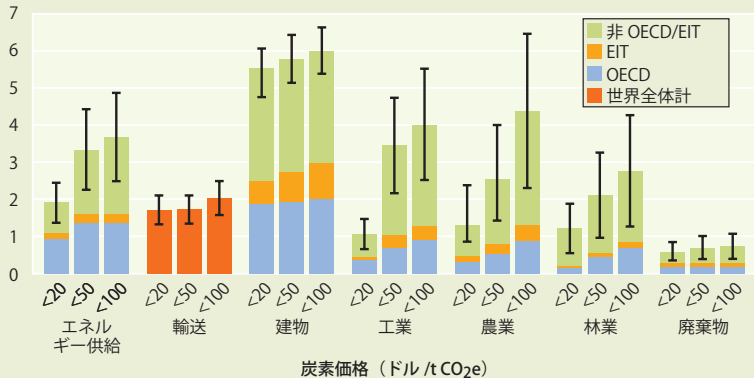
第 2 に、取引コストは「アグリゲーター」（とりまとめ業者）によって削減が可能である。アグリゲーターはケニアの実験計画でみるように、多数の小自作農の活動をとりまとめている。多数の農場と協働することによって、アグリゲーターは恒久的な緩衝材を築いたり、時折発生する固定化の逆戻りを平均的なものにするができる。一連のプロジェクトに実績に関して控え目な推定を加味すれば、土壌炭素の固定化は他の部門の CO<sub>2</sub> 削減と十分比肩し得るものとなる。

第 3 に、物流面での支援には、特に先払いの必要があるコストのファイナンスについて支援を必要とする貧しい農家を対象にしたものを向けを中心に、助言や指導サービスの強化策が含まれていなければならない。固定化の実践やファイナンスの機会に関する知識の普及にとつてはそれが重要である。

出所：Canadell 他 2007; Eliasch 2008; FAO 2005; Smith 他 2008; Smith 他 2009; Tschakert 2004; UNEP 1990; Voluntary Carbon Standard 2007; World Bank 2008c.

**単にエネルギーの問題ではない：炭素価格が高水準ならば、農業と林業を合わせた緩和の潜在力は他の個別部門を上回る**

排出削減の潜在力 (Gt CO<sub>2</sub>e/年)



出所：Barker 他 2007b, figure TS 27.  
注：EIT=体制移行国、各部門について評価された世界経済全体の潜在力にかかわる範囲が縦線で示されている。

失敗を緩和するためには、公的部門の役割が決定的に重要になるであろう。しかし、ファイナンスの大部分は、特に適応に向けた動きを中心に、民間部門から出てくるだろう。民間のインフラ・サービス提供者にとって、規制方法の柔軟性は気候変動に適応するための投資や運用に対して適切な刺激を与えるのに極めて重要であろう。個別の適応のための投資（例えば洪水防護施設など）向けの民間ファイナンスにとって公的部門が助けになることはあり得ようが、途上国のインフラに関する今日に至るまでの経験は、官民パートナーシップの範囲は限定的なものにとどまる可能性のあることを示唆している。

適応のために追加的なファイナンスを確保することが重要な優先課題である。次のような革新的な政策には毎年数十億ドルの新たな資金を調達できる潜在力がある。すなわち、割当単位量（AAU：UNFCCCに基づき各国が受け入れた拘束力をもつ排出量の上限）の競売、国際輸送の排出に対する課税、国際炭素税などである。緩和に関しては、課税ないし排出権取引制度のどちらかを通じて炭素に関して効率的な価格設定を行うことが革命的であることは明らかである。これが整備されれば、投資家や消費者が炭素の価格を考慮に入れるため、民間部門が必要な資金のほとんどを供給することになるだろう。しかし、各国の炭素税や炭素市場は必要とされている資金の流れを必ずしも途上国向けに提供することにはならないだろう。もし気候問題の解決策が公平でなければならいとすれば、次のような手段の方が途上国に対して資金を供与するのに適している。例えば、CDMや他の実績ベースの制度を改革する、各国の炭素市

場を結び付ける、AAUの配分・売却、財政移転などである。

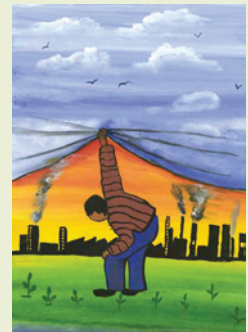
本報告書が印刷に回っている時、各国はUNFCCCの下で世界的な気候変動協定の交渉に入っている。これらの国々の多くは過去数十年間で最も厳しい金融危機と格闘している。財政困難と緊急に取り組むべき課題であることを考えると、単に長期的な脅威にすぎないと誤解されている問題に対して財源を支出することに各国が議会の同意を得るのは困難であろう。

にもかかわらず、多数の諸国が成長を回復するとともに、経済をグリーン化するための財政パッケージを採択している。その額は今後2-3年間にわたり世界全体で4,000億ドル以上に達しており、経済の刺激と雇用の創出が期待されている<sup>93</sup>。エネルギー効率化に向けた投資は、省エネ・排出削減・雇用増加という三重の配当をもたらすことができる。

現在の気候に関する交渉は2009年12月にコペンハーゲンで頂点に達するが、政治領域における惰性のために進展は遅々としている。本報告書で指摘したすべての理由で、すなわち気候システムの慣性、インフラの慣性、社会経済システムの慣性のゆえに、気候に関する協定が緊急に必要とされている。しかし、賢明な協定でなければならぬ。すなわち、効率的な解決のために、ファイナンスの流れのために、新技術開発のために、動機を生み出すものでなければならない。そして、それは公平な協定でなければならない。すなわち、途上国の課題や抱負を満たすものでなければならない。そういうものだけが経済開発のために適切な環境を作り出すことができる。

多くの人々が私たちの環境を保護するために行動を起こしています。チームとして動かなければ、変化をもたらすことはできないと私は思います。子供でも手助けのために一緒に参加することができます。なぜならば、次の世代と私たちは共同して、私たち自身の自然環境を愛しむべきだからです。

——Andrian Lau Tsun Yin（中国，8歳）



Anuoshka Bhari（ケニア，8歳）







# 気候変動と経済開発との結び付きを理解する

紀元前 2,200 年頃、地中海の偏西風が変化し、インド洋のモンスーンが減少したことによって、300 年間にわたって降水量の減少と気温の低下が生じ、エーゲ海からインダス川に至る地域の農業が被害を受けた。この気候の変化でエジプトのピラミッドを建設した古王国とメソポタミアのサルゴン大王の帝国は崩壊した<sup>1</sup>。降水量の減少が 20-30 年間続き、ユーフラテス川の北辺（アルカディア人の穀倉地帯）に立ち並んでいた都市は見捨てられた。ユーフラテス川北辺にあるテル・レイランという町では、記念碑の建設が途中で放棄された<sup>2</sup>。都市が寂れた後、風が運んできた泥の分厚い層が廃墟を覆った。

灌漑が整備された南部メソポタミアでさえ、洗練された官僚機構と複雑な配給制が整備されていたにもかかわらず、新しい条件への対応が素早いとはいえなかった。北部からの船による水田作物の出荷が止まり、灌漑が乾き切って溝として露出した。荒廃した北部の都市から押し寄せてくる移住者に直面し、帝国は崩壊した<sup>3</sup>。

社会は常に気候に依存していたが、気候が社会

の行動に左右されるという事実を理解するようになったのは最近のことである。産業革命以降、温室効果ガスの排出が急増したことが、人と環境の関係を変質させた。言い換えれば、気候が開発に影響を及ぼすだけでなく、開発も気候に影響を及ぼすということである。

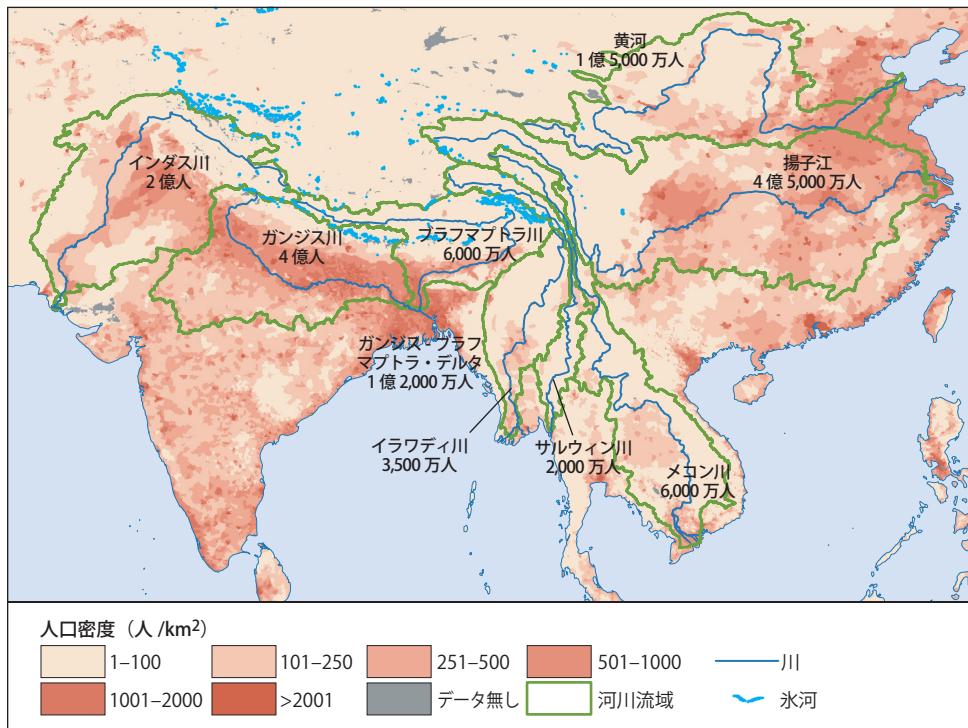
管理をしなければ、気候変動は経済開発の進展を後戻りさせて、現在そして将来の世代の福祉に害をもたらすだろう。地球の平均気温が未曾有の速度で上昇するのは確実である。その影響は至るところに現れるが、被害の多くは途上国で発生するだろう。海水面の上昇によって、定住地が水浸しになり、淡水が汚染される。このことによってバングラデシュからフロリダに至るまでの何百万という人々が被害をこうむるだろう<sup>4</sup>。半乾燥性のアフリカでは降水の変動性が大きくなり、旱魃が厳しさを増している。このことは食料の安全な確保を高めて栄養失調と戦うという取り組みを妨害するだろう<sup>5</sup>。ヒマラヤ山脈やアンデス山脈では氷河の消滅が加速化しており、それは農村部の生計と主要な食料市場を脅かすだろう（地図 1.1）<sup>6</sup>。氷河が川の流れを調節し、水力発電を可能にし、農場や都市にいる 10 億人もの人々に清潔な水を供給しているからである。

それらがただちに決然とした行動をとることが必要な理由である。気候変動緩和の費用便益に関する議論は継続しているが、管理が不可能になるような気温の上昇を回避するためにはただちに行動を起こすべきだとする主張には、有力な論拠がある。不可逆的で破局的になり得るような影響は容認しがたいことや、それがどのような形で、どれくらい早く起こるかに関して不確実性があることを考えると、大胆な行動が必須である。気候システム、建築された環境、個人や制度の行動様式などがもつ慣性は大きいことを考えると、この行動には緊急性と即時性が必要とされている。

## 重要なメッセージ

経済開発の目標は気候変動に脅かされているが、その影響が最も大きいのは貧困国と貧困層である。先進国と途上国の両方における成長が温室効果ガスの削減を伴わない限り、気候変動を抑制することはできない。われわれは今行動を起こさなければならない。各国の経済発展にかかわる決定が世界を特定の炭素排出原単位に閉じ込めて、将来の温暖化を決定付けてしまうからである。「平常通り」では今世紀中にも 5℃ 以上の気温の上昇につながるだろう。また、われわれは共に行動しなければならない。途上国が緩和措置を先送りすれば、緩和コストは倍増する可能性がある。巨額のファイナンスが動員できない限りこのことは十分に起こり得る。しかし、われわれが今行動を起こし、共に行動すれば、温暖化を 2℃ 程度に維持する追加的なコストは僅少であり、より大きな気候変動がもたらす損害を考えればこのコストは正当化できる。

地図 1.1 小さくなりつつあるヒマラヤの氷河には 10 億人以上もの人々が依存している



出所：Center for International Earth Science Information Network, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp> (2009年5月15日アクセス)；Armstrong 他 2005；ESRI 2002；WDR チーム。

注：ヒマラヤ山脈とチベット平原の氷河は一年を通して主要な河川流域の水供給を調節し、大規模な農業や都市人口を支えている。その融解水はガンジス川とインダス川の水流のそれぞれ3%と45%を供給している。氷や雪塊という水源による貯水が減少すると、水流が大きくなり、雨季には洪水、農業にとって水が最も必要な乾季には水不足が発生するだろう。地図には面積が1.5 km<sup>2</sup>以上の氷河だけが示されている。数字は河川流域に住んでいる人口を示す。

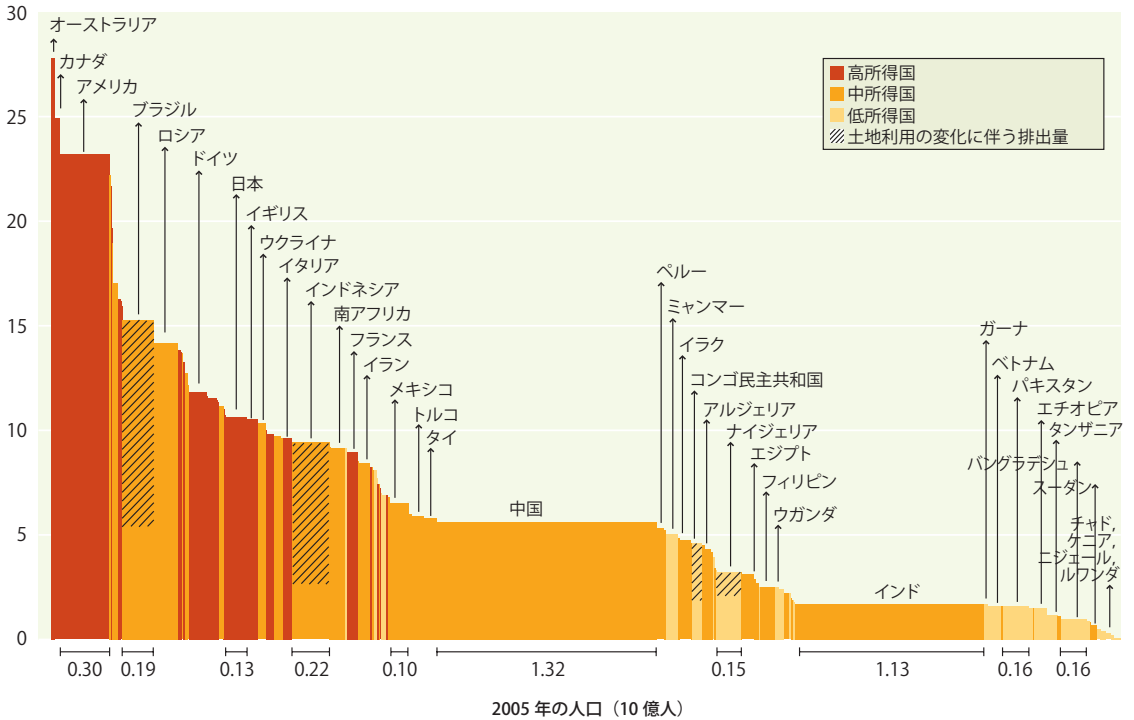
過去2世紀にわたって、炭素集約的な経済発展の直接的な利益は、主に現在の高所得国に集中してきた。過去と現在における排出および現在と将来における損害について、世界的な配分にみられる不平等は極めて明確である(図1.1。フォーカスAの図FA.6と概観も参照)。しかし、もし各国が進んで行動を起こす気があるのであれば、国際協定の締結に向けた経済的インセンティブは確かに存在する。

気候変動に対処し、経済発展を促進するのに適切な政策を選択できる機会の窓は閉じようとしている。各国が現在の排出軌道を進めば進むほど、そのコースを逆転させ、インフラや経済、生活様式を変更するのは困難になるだろう。高所得国はできあがった経済環境を再構成することによって、みずからの排出を削減する課題に真正面から取り組まなければならない。また高所得国は、途上国の低炭素型成長への移行を促進し、資金手当てを行う必要がある。この課題に立ち向かうため

には、既知の行動様式をうまく適用し、根本的な転換をはかる必要がある。これらのことは、天然資源管理、エネルギー供給、都市化、社会的セーフティネット、国際的な財政移転、技術革新、世界と各国双方の統治などにおいて必要である。

深刻な経済金融の危機が世界中で大混乱をもたらしている状況下では、世界の大多数の諸国にとっては、経済発展の持続可能性を損なわずに人々の機会と物質的な福祉を増大させることは依然として重要な課題である。金融市場を安定させ、実体経済や労働市場、脆弱なグループを保護することが当面の優先課題である。しかし、世界はこの国際協調と国内介入の好機を活用して、他の開発問題にも取り組まなければならない。そのなかでも最優先の課題が気候変動なのである。

図 1.1 高所得国における個人の排出量は低所得国のそれを圧倒している

CO<sub>2</sub> 換算温室効果ガス排出量 / 人 (トン)

出所：2005年の排出は WRI 2008; 土地利用変化に伴う排出量は Houghton 2009; 人口は World Bank 2009c.

注：幅は人口、高さは1人当たりの排出量、したがって面積は総排出量を示す。1人当たりの排出量が縦軸よりも大きいカタール (CO<sub>2</sub> 換算で 55.5 トン)、UAE (38.8)、バーレーン (25.4) は表示していない。もっと大きな国のなかで、ブラジル、インドネシア、コンゴ民主共和国、ナイジェリアはエネルギー関連の排出量は低い土地利用変化に伴う排出量が著しく、したがって、土地利用変化の分をハッチング (細かい斜線) で示している。

### 気候変動を緩和しないのであれば、持続可能な経済開発を実現することはできない

社会的、経済的、及び環境的に持続可能な開発は、地球温暖化がなくても取り組むべき課題である。経済成長は必要であるが、もし貧困が減少せず、機会の平等が拡大しないのであれば、成長は十分なものとはいえない。また、環境を保護しなければ、やがて経済的及び社会的な達成は脅かされることになる。このような指摘は新しいことではない。20年以上もの間、最も広く使われている持続可能な経済開発の定義として、いまだに鳴り響いているのは次の表現である。「将来の世代が自分たちの要求を満たす能力を損なうことなく、現在の世代がその要求を満たすことができる開発」<sup>7</sup>。つまり、定義からしても、気候変動が緩和されなければ持続可能な経済開発は実現されない。

### 気候変動は、開発によってもたらされる利益を逆転させようとしている

推定4億人が1990年から最新の推定年である2005年までの間に貧困から脱した<sup>8</sup>。しかし、世界的な金融危機の進展や2005-08年における食料価格の高騰によって、こうした改善の流れは近年では若干だが逆戻りしている<sup>9</sup>。1990年以降、幼児死亡率は1,000人当たり106人から83人に低下した<sup>10</sup>。にもかかわらず、途上国人口の半分近く(48%)は依然として貧困状態にあり、1日2ドル未満で暮らしている<sup>11</sup>。4分の1に相当する16億人が電気<sup>12</sup>、6人に1人が清潔な水を利用できない状況に置かれている<sup>13</sup>。さらに、約1,000万人の5歳未満児が呼吸器感染症、麻疹、下痢などの予防や治療可能な病気で毎年死亡している<sup>14</sup>。

過去半世紀の間に、天然資源(特に化石燃料)の利用は福祉の改善を下支えしてきたが、資源の劣化や気候変動を伴っているため、そのような利



用は持続可能とはいえない。成長の追求において自然環境を無視してきたため、人々はかえって自然災害に対して脆弱になっているのである（第2章）。そして、生計手段として天然資源への依存度が高いのは最貧層である。世界の極貧層の約70%は農村部に居住している。

世界人口は人口動態面で著しい変動がなければ、2050年には90億人に到達し、現在の途上国では25億人の増加が予想されている。人口増加は生態系や天然資源に対する圧力をいっそう強め、土地と水をめぐる競争を激化させる。又、エネルギー需要を増加させることになる。人口増加のほとんどは都市部で発生する。このことは資源の劣化と個人のエネルギー消費を抑制する手助けになる可能性はある。しかし、もし都市化の管理が不適切であれば、資源の劣化とエネルギー消費の両方が人間の脆弱性を伴って増大する懸念がある。

気候変動は開発に追加的な負担をもたらす<sup>15</sup>。その影響はすでに目に見えている。最新の科学的な証拠は、問題は急速に悪化しており、温室効果ガス（GHG）排出と海水面の上昇にかかわる現在の軌道はこれまでの予測を上回っていることを示している<sup>16</sup>。また、社会経済および自然のシステムに対する被害は今でも発生している。つまり、これまで考えられていたよりも早い時点で発生しているということである（気候変動の科学に関するフォーカスA参照）<sup>17</sup>。気温や降水量の平均値が変化し、気候の変動が大きく予測不可能、あるいは異常気象が頻繁に起こるようになれば、現在の収量、所得、健康、身の安全、最終的には将来の経済開発の軌道や水準も変更せざるを得ないだろう。

気候変動は多数の産業部門や生産環境に影響を及ぼすだろう。それには、先進国と途上国双方の農業、林業、エネルギー産業、沿岸地帯などが含まれる。途上国経済の方が大きな影響を受けるだろう。というのは、気候の影響を直接的に受ける部分が多く、適応能力が低いためである。しかし、影響を免れる国はひとつもない。2003年夏に起きた熱波によってヨーロッパ十数カ国では7万人以上が死亡した（地図1.2）。暖冬が一因となって西部カナダの森林ではマツクイ虫が大量発

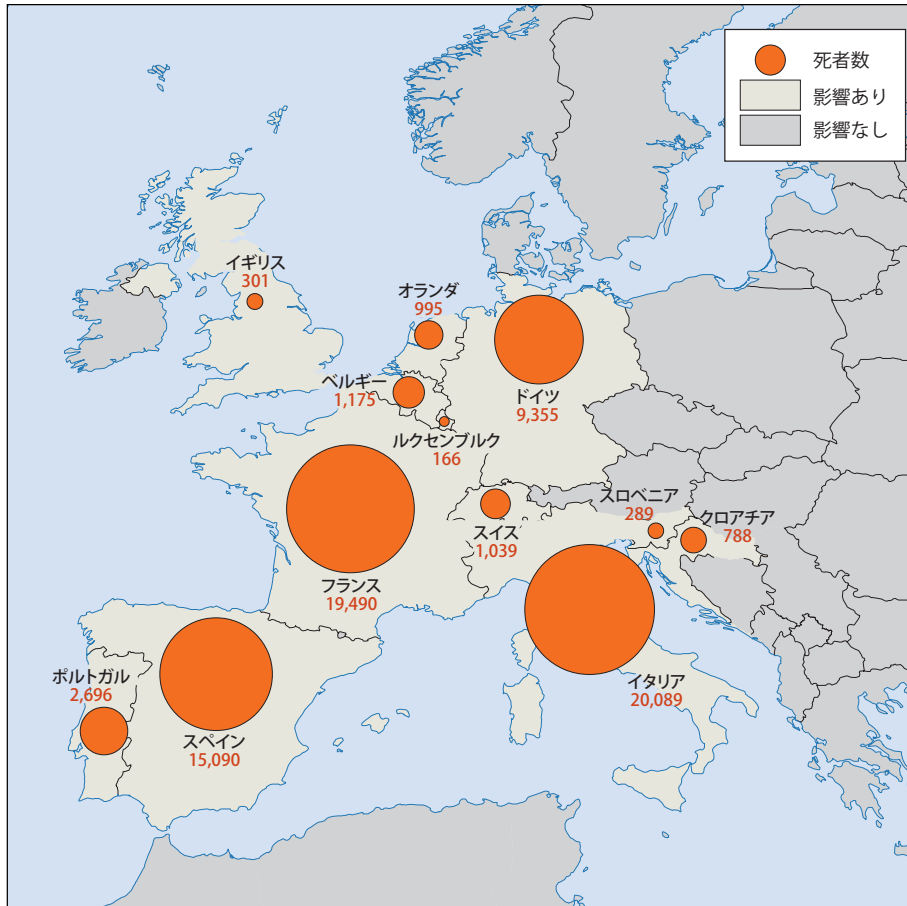
生して林業を荒廃させ、都市から離れたコミュニティの生計は脅威にさらされた。政府は調整と防止に数百万ドルの支出を余儀なくされた<sup>18</sup>。将来の同様な脅威に適応する試みは、人間と経済に確実に負担をもたらすだろう。しかし、先進国でも途上国でも、直接的な被害すべてを防止できるわけではない。

少なくとも貧困国では、温暖化は国内総生産（GDP）の水準と成長率の両方に大きな影響を及ぼす。気温の年ごとの変動性（自国の平均との比較）の調査は、途上国では異常に温暖な年があると、当該年のGDP水準とその後の成長率が低下することを示している<sup>19</sup>。温暖な年が連続すれば適応対策がとられることになり、温暖化が経済に与える影響はむしろ緩和すると期待してもよいが、実際には温暖化の傾向が顕著になっている途上国では成長率が低下している<sup>20</sup>。サハラ以南アフリカからは、大幅な増大が予測されている降水の変動性も、GDPを押し下げ、貧困を増加させることを示す証拠が得られている<sup>21</sup>。

農業の生産性は、途上国の脆弱性を高めることになる多数の要因のひとつである（第3章の地図3.3を参照）。北ヨーロッパや北アメリカでは、温暖化が小幅にとどまって、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の施肥効果が作用するために、作物の収量や森林の成長はむしろ増大する可能性がある<sup>22</sup>。しかし、中国や日本では主食であるコメの収量が低下し、中央および南アジアでは小麦やトウモロコシ、コメの収量は特に大きな打撃をこうむる可能性が大きい<sup>23</sup>。サハラ以南アフリカの半乾燥性の土地では、温暖化が産業革命以前を2-2.5℃上回る水準に達する前であっても、雨水を使う作物や家畜の見通しはやはり暗い<sup>24</sup>。

1980年以降、インドではコメの生産性上昇の速度が減速しており（1960年代の「緑の革命」期との対比で）、これはコメ価格の低下や前述の灌漑インフラの悪化だけでなく、同国の汚染や地球温暖化による異常気象にも原因がある<sup>25</sup>。過去における気候と農業生産との関係の年ごとの変動から推定すると、インドにおける主要作物の収量は短期的な適応措置を考慮に入れても、今後30年以内に4.5-4.9%減少すると予想される<sup>26</sup>。このような気候変動が貧困——およびGDP——

地図 1.2 高所得国も異常気象の影響を受けている：ヨーロッパでは 2003 年の熱波で 7 万人以上の死者が発生



出所：Robine 他 2008.

注：熱波による死者数は、平均的なベースラインの死亡傾向に基づいて、熱波がなくても発生する死者数を超過していると推定された数値。

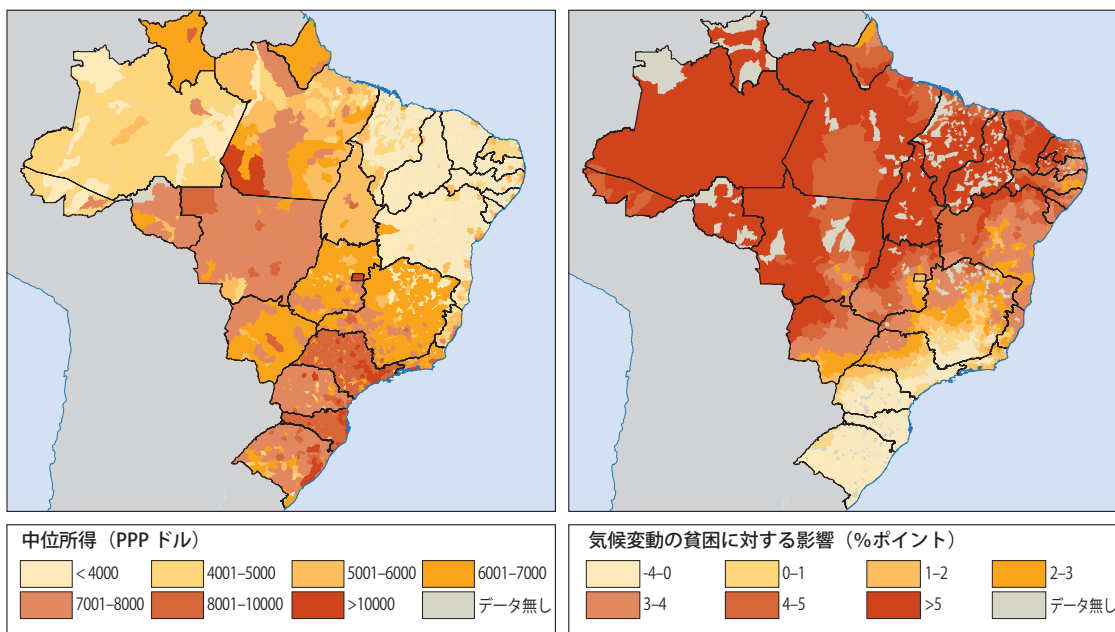
に対してもつ意味は、人口増加の予測と途上国における農業 GDP の 1% 増加が最貧 3 分位層の消費を 4-6% ポイント増加させるという事実を考えると、甚大なものになる可能性がある<sup>27</sup>。

健康に対する気候変動の影響が、特に途上国を中心として人的及び経済的損失に加わる。世界保健機関（WHO）の推計によれば、2000 年の障害調整生存年数でみてのべ 550 万人が命を失ったのは気候変動が原因であった。その 84% はサハラ以南アフリカと東・南アジアに集中している<sup>28</sup>。気温の上昇に伴って、マラリアやデング熱のリスクにさらされる人数が増加するだろう。そしてそれが最も顕著なのは途上国であろう<sup>29</sup>。サヘル（サハラ砂漠南部の大草原地帯）を初めとして至るところで増加が予想されている旱魃は、サハラ以南アフリカにおいては過去に髄膜炎の流行と強い相関関係があった<sup>30</sup>。一部の地域では農業収量の

減少によって、栄養失調が増加し、人々の病気に対する抵抗力が弱まるだろう。気候変動に伴う下痢性疾患だけでも、1 人当たり所得が 6,000 ドル未満の諸国では、2020 年までに 5% 程度増加すると予測されている。気温の上昇は特に熱帯だけでなく、緯度の高い（高所得）諸国でも、循環器系疾患の増加をもたらす可能性がある。そうになると、寒冷に関連した死亡者の減少を十二分に相殺してしまうかもしれない<sup>31</sup>。

望ましくない気候の動向や変動、気候がもたらす被害は所得による差別を伴ってはいないが、裕福な人々やコミュニティの方が被害にうまく対処できるだろう（地図 1.3）。1998 年にハリケーン・ミッチがホンジュラスを襲った際、富裕層の方が貧困層よりも影響を受けた世帯数が多かった。しかし、損害は貧困層の方が大きかった。被害を受けた世帯のなかで、貧困層は資産

地図 1.3 ブラジルでは特に最貧地域を中心に、気候変動が原因で貧困が増大する可能性がある



出所：Center for International Earth Science Information Network, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp> (2009年5月15日アクセス); Dell, Jones, and Olken 2009; Assunção and Chein 2008.

注：21世紀半ばについて予測されている農業収量の減少に基づけば、気候変動の貧困に対する影響は18%となっている。貧困の変化は%ポイントで表示されている。例えば、30%と推定されている北東部の貧困率(2000年のデータで1日1ドル未満の人々に基づく)は、4%ポイント上昇して34%に達する懸念がある。推定値は国内移住を考慮しており、移住者の貧困は出身地の貧困に算入されている。

の15-20%を失ったが、最富裕層の損失はわずか3%にとどまった<sup>32</sup>。長期的な影響にも大きなものがあつた。被害を受けたすべての世帯で資産蓄積の鈍化がみられたが、鈍化は貧困層の方が大きかった<sup>33</sup>。しかも、影響は男女別でも異なる(ボックス1.1)。男性が世帯主の家計は新しい住居や仕事の取得の機会に恵まれたおかげで、被災後の仮設住宅住まいの期間が、女性が世帯主の家計よりも短かった。後者は自立するのに苦闘しながら、仮設住宅住まいが長期にわたった<sup>34</sup>。

気候変動、環境の劣化、市場と制度の欠陥の組み合わせから、貧困層に転落するという循環が生じる懸念がある。漸進的な沿岸生態系の崩壊や降水予測可能性の低下、ハリケーンの激化などによって、この循環に拍車がかかる懸念がある<sup>35</sup>。大規模な自然災害は目に見える被害を引き起こすが、小規模でも繰り返し起こる被害、あるいは1年を通した降水の月別分布の微妙な変化によって、人々の生活が突然これまでとは異なったものになるということも起こり得る。

貧困の罠——一定の下限を永続的に下回る消費と定義されている——に関する実証データは錯綜

している<sup>36</sup>。しかし、被害を受けた後は貧困層の間で実物資産の回復や人的資本の成長が遅くなるという証拠が増えている。エチオピアでは、ある1シーズンに降水が極端に少なくなった。そのことが原因となって起きた消費の低迷は、4-5年たっても回復しなかった<sup>37</sup>。ブラジルでは旱魃の後、農村部の賃金が短期的に大幅に低下し、その影響を受けた労働者の賃金が同等の地位にある労働者の賃金水準にようやく追いつくまでには5年間も要した<sup>38</sup>。

さらに、信用や保険、担保の利用が制約されていることから、貧困家計は将来の気候変動に備える必要がある。そのため生産的な投資を行う機会が失われている、あるいは低リスク・低リターンの投資を選択せざるを得ない<sup>39</sup>。インド全体を通して、農村では貧困の状態がより厳しい農民は平均してリターンの少ない、しかし降水量の変動にあまり左右されない対象に資金や技術を投入することによって、気候の変動によるリスクに対応してきた。その結果、不平等のパターンから抜け出せなくなっている<sup>40</sup>。

気候変動は人々の健康や教育に永続的な影響を

### ボックス 1.1 女性の権利の強化が緩和と適応の結果を改善する

女性と男性では気候変動の影響が異なる。気候変動の影響や政策は性差にまったく中立というわけではない。緩和や適応の措置に関して、男女の責任、脆弱性、能力が異なるためである。脆弱性の性差によるパターンは、もっている資産の価値や権利、金融サービスの利用、教育水準、社会的ネットワーク、地方組織への参加などによって形成される。生計や身の安全に気候が与える打撃に対しては、女性の方が弱い場合がある。しかし、男女の経済的及び社会的な権利が平等であれば、被害には性差がないというデータもある。女性の権限の強化と意思決定への参加があれば、環境や生計の両面における改善という万人の利益につながり得る。

#### 女性の災害管理への参加が命を救う

異常気象が発生する前、その間、その後におけるコミュニティの福祉は、災害への備えやそれからの復興に女性を含めることで改善することができる。ホンジュラスのラマンカは1998年にハリケーン・ミッチに見舞われたが、多数の死者を出した他のコミュニティとは違って、その間もその後も死亡する犠牲者が出なかった。これはハリケーン襲来の6カ月前に災害庁が提供した性差に配慮した早期警戒システムと災害管理のおかげである。災害管理活動には男女とも参加していたものの、早期警戒システムの継続的な監視という仕事は最終的には女性が担当していた。彼女たちのリスク意識と管理能力が高まっていたおかげで、地方自治体は迅速な避難を実施することができたのである。災害後の復興から、食料配給システムの運営を女性に委ねると、不正が減少し、食料配給がより平等化する、という教訓が得られた。

#### 女性の参加は生物多様性を増やし水管理を改善する

2001年から06年にかけてチュニジアのザムールという地方では、野菜の栽培面積が増え、生物多様性の保全が進み、山岳生態系における土地の侵食が安定化した。これは反砂漠化プログラムの成果である。このプログラムでは協議の段階で女性を招いて意見を聴取し、水の管理については地元の女性がもっていた知識を取り込んだ。そして、実施は女性が担当した。このプロジェクトでは、革新的で効果的な取水及び保水方法が評価され適用された。その方法では灌漑水の蒸発を削減するために石のくぼみに作付けをしたり、侵食地を安定化させるために地

元種の果樹を植林したりすることが行われた。

#### 女性の参加は食料の安全確保を高め、森林を保護する

グアテマラ、ニカラグア、エルサルバドル、ホンジュラスの女性は、2001年以降40万本のマヤナツを植林している。女性とその家族は食料の安全な確保に加えて、気候変動の資金調達について恩恵をこうむることができる。スポンサーの均衡基金が欧米と炭素取引の機会を継続しているからである。ジンバブエの共有地に住んでいる80万戸の農家の半分以上では女性が世帯主になっており、その地域では女性のグループが森林資源と開発プロジェクトを管理している。植林、養樹場の開発、林地の所有と管理などを実施している。

世界の農業労働者の少なくとも半分は女性が占めており、水汲みと焚き木拾いの主たる責任は女性や少女が担当している。特に農業と林業における緩和と適応の潜在力は、天然資源に関する女性の知識なしには十分に実現することができない。その知識には伝統的な知識だけでなく、資源利用の効率化にかかわるものも含まれている。

#### 女性の参加は公衆衛生を支える

インドでは、先住民が薬用の草葉や灌木を知っていて治療に適用している。先住民の女性は自然の管理者として特に知識が豊富であり、ほぼ300種類もの有益な森林種を見分けることができる。

世界的にみると、中央アメリカ、北アメリカ、南アジア、あるいは南部アフリカなど至るところで、気候変動に対する性差を意識した適応と緩和のプログラムが明確な成果を上げている。すなわち、女性が意思決定に全面的に参加すれば、生命を救い、脆弱な天然資源を保護することができる。又、温室効果ガスを削減し、現在と将来の世代のために強靭性を築くことが可能である。災害防止、適応、緩和のためのファイナンス・メカニズムは、その設計、意思決定、及び実施に女性の完全な参加を取り込まない限り不十分なままにとどまるだろう。

出所：Parikh 2008 をベースにした Nilufar Ahmad の寄稿；Lambrou and Laub 2004；Neumayer and Plumper 2007；Smyth 2005；Aguilar 2006；UNISDR 2007；UNDP 2009；Martin 1996。

与えることもあり得る。降水パターンと子供の教育への投資の関係を調査したコートジボワールの研究によると、気象の変動性が通常を上回る地域では子供の就学率が男女ともに20%低下していた<sup>41</sup>。さらに、他の問題と組み合わせると、打撃を受けた環境は長期的な影響をもたらす。ジンバブエでは、生後12-24カ月という早期幼児期に洪水や市民暴動にさらされたことのある人々は、身長が3.4センチメートル低く、学校教育年数が1年近く短く、就学年令が約6カ月遅れる

という結果になっている。生涯賃金への影響は推定マイナス14%と、貧困線近辺にいる人にとっては大差が生じている<sup>42</sup>。

気候が変動するなかで成長のバランスをとり、政策を評価する

成長：カーボンフットプリント（炭素足跡）と脆弱性を変える。現在途上国で生活している人の多くが、2050年までに中流階級の生活スタイルを身に付けるだろう。しかし、地球は現在の平均



的な中流階級市民と同じカーボンフットプリントをもつ 90 億人もの人口を維持することはできない。年間の排出がほぼ 3 倍になる。さらに、すべての経済開発が強靱性を高めるとは限らない。成長が十分な速さで生じないため、これまでの脆弱性は減っても、新たな脆弱性が生み出される可能性もある。また、気候変動政策の設計が悪いと、それ自体が持続可能な経済開発にとって脅威になるだろう。

しかし、単に富裕層が先に頂点に到達したからといって、世界中の貧困層が所得の梯子を登る機会を拒否するのは倫理的及び政治的に受け入れることはできない。現在、途上国は世界人口のなかで約 85% も占めているのに、年間の温室効果ガス総排出に占める割合は約半分にすぎない。低・中所得国における平均的な市民のエネルギー関連のカーボンフットプリントは、二酸化炭素換算 (CO<sub>2</sub>e) でそれぞれ 1.3 および 4.5 メートルトンである。これに対して先進国は 15.3 メートルトンである<sup>43</sup>。さらに、過去の排出の大部分——したがって大気中に存在する温室効果ガスの現時点での蓄積の大部分——は、先進国に責任がある<sup>44</sup>。

気候変動が人間の福祉に及ぼす脅威を解消できるかどうかは、気候に関して賢明な経済開発——予測されている増加との比較で排出量を相対的に削減しながら、所得を押し上げる開発——だけに依存しているわけではない。それは途上国における気候に賢明な繁栄も必要としている。それには変動制に対する適応性の強化と排出量の絶対的な削減が伴っていなければならない。

所得が増加している時でも政策によってカーボンフットプリントは変化し得る、という証拠がある<sup>45</sup>。産油国や小さな島嶼国家を含めた富裕国において、市民の平均的なカーボンフットプリントには GDP のエネルギー原単位と同じく 12 倍もの開きがある<sup>46</sup>。これはカーボンフットプリントが必ずしも所得とともに増大するものではないということを示している。また、現在の途上国が使う 1 人当たりのエネルギーは、アメリカが同じような所得水準にあった時期に比べて、ずっと少なく、低炭素型成長が可能であることを示している<sup>47</sup>。

適応と緩和の措置は、強靱性を高め、さらなる温暖化の脅威を削減し、開発の成果を向上するような、気候に対してスマートな開発戦略に統合されている必要がある。適応と緩和の措置は開発を推進することができ、繁栄は所得を引き上げて、制度の改善を後押しすることができる。適切に建てられた家に住み、銀行ローンや社会保障を利用できる健康な人々は、変動する気候とその結果に対処する備えができているといえる。適応を促進し、変動に柔軟に対応できる災害に強い開発政策を推進することが今必要である。なぜならば、すでに始まっている気候の変動は短期的にももっと大きくなるからである。

経済的な繁栄の広がりには常に変化している生態的な条件への適応と絡み合ってきた。しかし、経済成長によって環境が変化し、その環境の変化が加速するのに伴って、成長と適応性を維持するためには、われわれは環境を理解し、新しい適応的な技術や手法を生み出し、それを広く普及させる能力を強化することが必要である。経済史家が述べているように、人類の創造力は変化する世界に適応することに向けられてきた<sup>48</sup>。しかし、適応は気候変動に関連したすべての影響に対処できるわけではない。特に長期にわたってより大きな変化が展開している際には、適応は不可能であろう (第 2 章参照)<sup>49</sup>。

各国は変化する気候に対抗できるほど急速な成長を遂げることによって、安全な場所に到着することはできない。また、一部の成長戦略は、それが政府主導か市場主導かとは無関係に、脆弱性を増幅することがある。特にそれが天然資源の過剰利用につながると、その懸念が生じることになる。ソ連の開発計画の下で、灌漑による綿花栽培は水ストレスのあった中央アジアで普及したためにアラル海は消滅寸前の状態となり、漁民や牧畜業者、農民の生計を脅かした<sup>50</sup>。集約的なエビ養殖あるいは住宅開発のために、嵐の際の高波に対して天然の防波堤となるマングローブを伐採したことが原因で、ギニアでもルイジアナでも沿岸居住地の物理的な脆弱性が高まっている。

気候がもたらす衝撃は、高成長国や高所得国においてさえ、通常なら十分なインフラに被害をもたらしたり、あるいはそれまで試練を受けていな

地図 1.4 中国における 2008 年 1 月の嵐は経済成長の柱である移動可能性に大混乱をもたらした



出所：ACASIAN 2008; Chan 2008; Huang and Magnoli 2009; United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, Commodity Intelligence Report, February 1, 2008, <http://www.pecad.fas.usda.gov/highlights/2008/02/MassiveSnowStorm.htm> (2009年7月14日アクセス); Ministry of Communications, Government of the People's Republic of China, "The Guarantee Measures and Countermeasures for Extreme Snow and Rainfall Weather," February 1, 2008, <http://www.china.org.cn/e-news/news080201-2.htm> (2009年7月14日アクセス).

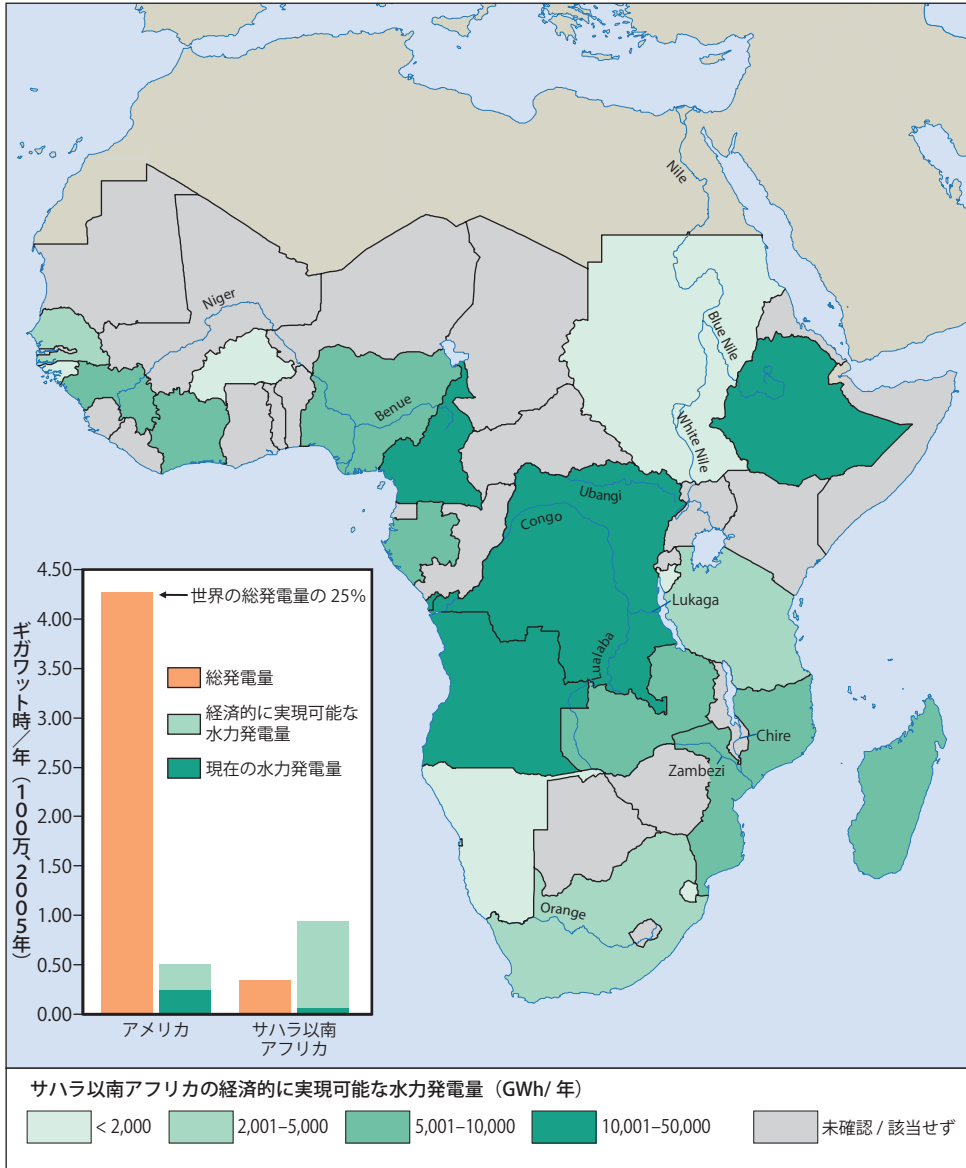
注：矢印の幅は労働移住フローの推定値を逆転させたものに基づいており、中国の旧正月の休暇シーズンにおける旅客フローの推定規模を反映している。国内の総移住者数は1億3,000-1億8,000万人と推定されている。嵐の影響の甚大さにかかわる評価は、1月中の累積降水量と嵐の際のニュースや政府の発表に基づく。

かった制度的な弱さを露呈したりすることがある。例えば、20年間にも及ぶ素晴らしい経済成長にもかかわらず、それに伴う労働市場の変化も一因となって、中国の何百万人という移住労働者は2008年1月に予期せぬ猛吹雪のなかで身動きが取れなくなった（地図1.4）。労働者が旧正月で帰郷しようとしていた時期に鉄道網が崩壊し、何百万人もの人が被害を受けた。一方、南部や中部の省では食料不足や停電という被害をこうむった。ハリケーン・カトリーナは、アメリカでは防災体制が整っていないことを明らかにし、たとえ着実な繁栄が何十年間続いたとしても、それ

が必ずしも健全な設計（とその延長線上で健全な適応措置）につながるわけではないことを示した。平均所得の上昇も最貧コミュニティに対する保護を必ずしも保証するものではない。

**緩和政策——善かれ悪しかれ。** 緩和政策は排出削減だけでなく経済的な相乗利益をもたらすために活用されれば、地方や地域に機会を創出することができる。バイオ燃料は、後にブラジルを世界のエネルギー供給で大国にすることができるだろう。バイオエタノールの生産は今世紀の初めに比べて3倍以上になっている<sup>51</sup>。水力発電につい

地図 1.5 アフリカには膨大な未開発の水力発電能力があるのに対して、アメリカの水力発電資源は少ないが、開発は進んでいる



出所: International Journal on Hydropower and Dams, World Atlas, 2006, <http://hydropower-dams.com>(2009年7月9日アクセス); IEA Energy Balances of OECD Countries 2008 and IEA Energy Balances of Non-OECD Countries 2007, [http://www.oecd.org/document/10/0,3343,en\\_21571361\\_3391-56\\_39154634\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/10/0,3343,en_21571361_3391-56_39154634_1_1_1_1,00.html)(2009年7月9日アクセス)。

注: アメリカは水力発電潜在力の50%を開発済みなのに対して、サハラ以南アフリカ諸国ではわずか7-8%にとどまっている。アメリカの総発電量は規模を示すために表示。

ては未開拓の潜在力が存在している、そのほとんどは特にサハラ以南アフリカを中心に途上国に集中している(地図 1.5)。北アフリカ・中東は通年で太陽光に恵まれているため、ヨーロッパにおける太陽エネルギー需要の増大から利益を享受できるだろう(第4章のボックス 4.15を参照)<sup>52</sup>。にもかかわらず、多くの諸国が再生可能エネルギー生産にかかわる比較優位性を依然として最

に活用していない。太陽光発電が北アフリカではなく、北ヨーロッパで広まっているのがその証拠である。

しかし、緩和政策は設計や実施の段階で相乗利益を考慮していないと失敗し、かえって福祉を削減することがある。よりクリーンなセルロース系エタノール生産との比較やガソリンとの比較でさえ、アメリカにおけるトウモロコシ・ベースのパ

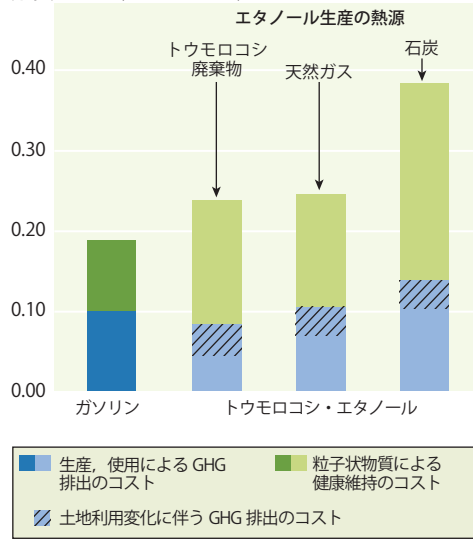
イオ燃料生産は、地方における汚染が原因で健康の維持にかかる費用を押し上げ、CO<sub>2</sub> 排出削減効果も疑わしいことが判明した(図 1.2)<sup>53</sup>。さらに、欧米のバイオ燃料政策は投入を食料から燃料の生産に移行させたため、世界的な食料価格の高騰の原因になった<sup>54</sup>。そのような価格の上昇は多くの場合貧困率を上昇させる<sup>55</sup>。貧困に対する総合的な影響は経済の構造に依存する。というのは、正味で生産者は価格高騰で利益を得るし、一方で買い手は損をするからである。しかし、アルゼンチン、インド、ウクライナを含め、多くの食料余剰国の政府は、輸出禁止やその他の保護的な措置という対応をとった。その結果、国内生産者の利益は制限され、穀物供給は減少した。又、将来の市場による解決の余地を狭めてしまった<sup>56</sup>。

貿易と緩和政策の相互関係は単純ではない。輸出品の炭素含有量を配送先の国の炭素計算に算入すべきであると提案されている。そうすることによって、輸出国が他国によって消費される工業製品によって罰せられるということとはなくなる。しかし、もし輸入国が炭素価格を一致させるために、製品の炭素含有量に対して国境税を賦課すれば、輸出国は競争力の損失を通じてやはり一部を負担することになる(貿易に関するフォーカスCを参照)。

**グリーン税。** 第6章で概要を示しているように、炭素税は炭素排出の抑制に有効な手段となり得る。しかし、環境コスト(グリーン税)を税体系のなかに取り込むという変更は逆進的になり得る。それは当該国の経済構造、対象絞込みの質、税負担の分布などに依存する。イギリスでは全世帯に等しく課された炭素税は逆進性が非常に強いとされており、それは他の OECD 諸国の状況とも整合的である<sup>57</sup>。その理由は、貧困世帯では富裕世帯よりもエネルギー支出が総支出に占めるシェアが大きいことにある。しかし、逆進効果は段階的な税率の設計、あるいは既存の社会政策の仕組みに基づく対象を絞ったプログラムを通じて相殺が可能であろう<sup>58</sup>。

さらに、中国に関する最近の研究で示されているように、途上国におけるグリーン税は累進的に

図 1.2 アメリカにおける炭素ベースのバイオ燃料は、ガソリンとの比較で CO<sub>2</sub> 排出と健康のコストを増やす  
非市場コスト(ドル/リットル)



出所: Hill 他 2009.

注: コストはガソリンないし同換算 1 リットル当たりのドル金額。健康のコスト(緑色)は追加的な 1 リットルのエタノールの生産と最終用途の燃焼に伴う粒子状物質排出を原因とするコストの推定値。GHG 排出コスト(青色)は炭素回収貯留にかかわると推定されるコストに基づき 1 トン当たり 120 ドルの炭素価格を前提としている。GHG 排出の一部(図中のハッチング)はトウモロコシ・エタノール生産に関連したもので、土地の開拓や転換、耕作に起因する。

さえなるだろう。中国のほとんどの貧困世帯は農村部に居住しており、裕福な都市部の世帯と比べて一般的に炭素集約度がずっと低い製品を消費している。もし炭素税の歳入が 1 人当たりで等しくなるように経済に還流されれば、累進効果はさらに大きくなるだろう<sup>59</sup>。

グリーン税に関する政治的支持を獲得し、それが貧困層に有害にならないことを確実にするのは容易ではないだろう。ラテンアメリカや東ヨーロッパでは歳入の再循環が極めて重要であろう。貧困層の多くが都市部に居住しており、グリーン税で直接的に打撃をこうむるからである。しかし、そのような歳入の再循環は、イギリスの研究で示された対象の絞込みと同じく、そのような政策の変更に関する強い公約を必要とする。しかし、それは多くの途上国では困難であろう。エネルギーやその他のインフラ・サービスに対する逆進的な補助金が政治的に定着しているからである。歳入の再循環がなければ、炭素価格ないしグリーン税の影響は、たとえ累進的であっても、貧困層にとって有害になる公算が大きいだろう。と



というのは、貧困世帯は所得の25%を電気や水、輸送手段に支出しているからである。政治的にも困難な可能性がある。なぜならば、平均的な世帯でさえ、このようなサービス向けに所得の約10%を支出しているからである<sup>60</sup>。

短期的には最貧層の実質所得も低下するだろう。よりグリーンなインフラの建設や運営、サービスの先払いの支出が上昇して、それが経済の供給サイドを襲うからである<sup>61</sup>。グリーン税は家計に対して直接的な効果（エネルギー価格が上昇する）と間接的な効果（生産コストの上昇に伴って消費者物価が上昇するため家計の総支出が増加する）の両方を発揮するだろう。マダガスカルに関する研究は、間接効果は、食料や繊維、輸送の価格高騰を通じて、福祉損失の40%にも達していることを示している<sup>62</sup>。インフラ・サービスの直接的な消費では中流階級が大きなシェアを占めているにもかかわらず、実質所得について最大の減少が予測されているのは最貧20%層であった。

コスト回収を増やすとともに貧困層の利益を対象を絞ることができるようなエネルギーの課税や補助金の設計に関しては、世界中で大いに改善の余地がある<sup>63</sup>。気候変動（およびグリーン税収）を考えると、現在は社会政策の一環としてエネルギーと水の価格設定に依存している諸国に所得扶助プログラムを拡大するのは、有意義であり、実現できる可能性があるだろう。エネルギー効率を上げればすべての人々にとって費用が削減される一方で、グリーン技術は炭素集約型技術よりもコストを減らすことが可能である。例えば、メキシコの農村部で木材燃焼による料理用レンジを改良型のものに置き換えれば、今後20年間で1億6,000万トンのCO<sub>2</sub>の削減が可能であり、CO<sub>2</sub>で1トン当たり8-24ドルの経済的な利益（直接的なエネルギー・コストの低下と健康の改善による）が各人にもたらされる<sup>64</sup>。

### トレードオフを評価する

気候変動に対する緩和措置の必要性を疑う人はほとんどいないが、緩和の程度と速度に関しては論争が続いている。世界の平均気温の変化を

「危険な」水準以下に抑えるのであれば（気候変動の科学に関するフォーカスAを参照）、排出を2050年までに予測されている水準から50-80%削減するために、ただちに世界規模で行動を起こす必要があるだろう。その行動はコストを伴うものになるだろう。

気候システムにおける慣性を考えると、ただちに大きな行動を起こす必要性はより一層大きくなっている、と主張する論文が増えている。換言すれば、温暖化とその影響の蓄積は緩慢であるが、相当な程度まで不可逆的なのである。このことは、建築された環境には慣性があり、もし排出の多い固定資本を今整備すると、将来的に排出を削減するコストが高くなるということを意味する。又、気温の上昇に関連して破局的な結末に至る危険性や不確実性を削減できるというメリットもある<sup>65</sup>。

気候変動に関してどんな対応策をとるにせよ、賛成と反対、長所と短所、費用と便益についてある程度の比較検討が必ず必要になる。問題はこの評価をどうやって行うかにある。優先課題が競合しているのに財源が限られているという避けられない状況下では、費用便益分析は政策評価にとって決定的に重要な手法である。しかし、費用便益を貨幣化するという手法では非市場性の環境にかかわる財やサービスが容易に排除される可能性があり、もし将来のリスク（およびリスクに対する態度）が極度に不確実な場合には計算が不可能になる。

総合的な目標と許容可能なリスクを設定するためには、費用便益分析を補完する追加的な意思決定手段が必要である。複数基準のアプローチは、すべてが金銭的に表現されるわけではないトレードオフに関して洞察を提供してくれる。リスク回避性と将来的な気候変動に関する不確実性に直面しているなかでは、「許容範囲」アプローチなら許容可能なリスクについて選択した範囲内にとどまる排出軌道を特定して、そうするためのコストを評価することができる<sup>66</sup>。「ロバスト型（頑健な）意思決定方式」は望ましくない将来の結果に対して、有効な回避策となる政策を明らかにすることができる<sup>67</sup>。

### ボックス 1.2 気候変動に対する緩和措置の費用便益にかかわる割引方法の基礎

時間をまたがる資源配分の価値評価は、応用経済学やプロジェクト管理において中心となるテーマである。このような価値評価は気候変動に対する緩和措置の費用便益問題を分析するために広く使われている。しかし、パラメーターの正しい値に関しては大きな意見の不一致が残っている。

社会的な割引率は将来的に享受する金銭的な費用便益を現在価値、すなわち現在の意思決定者にとっての価値で表現する。したがって、定義によって、世代間の福祉を分析する主たるツール——期待正味現在価値——は、長期的な福祉の分布を崩壊させてしまう。気候変動のような長期にわたる問題の場合、割引率の要素について適正な値を決定するためには、経済的及び倫理的に深い熟慮が必要である（ボックス 1.4 参照）。

3つの要因が割引率を決定する。第1の要因は、将来享受する福祉にどの程度のウェイトをおくかということである。両者の違いは享受するのがすぐではなく後になるというだけである。この純粋な時間選好率は「気の短さ」の指標と考えることができる。第2は、1人当たり所得の増加率である。もし増加率が高ければ、将来世代はより裕福になっているの

で、将来の気候が及ぼす被害に伴う損失に対して現在割り当てられている価値は、現在負担する緩和コストとの比較で減少する。第3の要因は、所得の上昇に伴って、消費の限界効用（追加的な1ドルがどの程度の喜びをもたらすかを示す測定値）がどの程度急角度で低下するかである<sup>a</sup>。

社会的な割引率を決定する3つの要因のそれぞれについて、どのようにして数値を選択するかについては、普遍的な意見の一致というものはない。時には、倫理的な判断と過去の行動様式との比較で評価を試みた実証研究が、組み合わせられて利用されている。緩和政策の費用はただちに負担され、その政策の大きな利益（被害の回避）ははるか将来に享受される可能性が大きいことから、社会的な割引率に対するパラメーターの選択は、気候政策の処方に強く影響する。

出 所：Stern 2007; Stern 2008; Dasgupta 2008; Roemer 2009; Sterner and Persson 2008.

a. 消費の限界効用は所得の上昇に伴って遞減する。なぜならば、1ドルの追加的な消費は、すでに大量に消費している人よりも貧しい人により大きな効用を提供するからである。変化の傾き——消費の限界効用の所得水準の変化に対する弾力性——もリスクと不平等にかかわる許容度を測定したものである。

### 費用便益論争：なぜ単に割引率だけの問題ではないのか

気候変動政策の費用便益分析に関する経済論争は、2007年に『気候変動の経済学に関するスターン・レビュー』が発行されて以来、特に活発になっている。同報告書は気候変動を緩和しなければ、その潜在的なコストは極めて高くなる（対GDP比で毎年5-20%の永続的な損失）と推定し、ただちに強い意志をもって行動を起こすべきであると主張した。この報告書の提言は、他の多くの漸進的な緩和の経済的妥当性を主張する「温暖化政策傾斜路」モデルとは対立することになった<sup>68</sup>。

適切な割引率——スターンの結果と他の結果の相違の主因となっている——をめぐる学術論争は、決して解決しない可能性が大きい（ボックス 1.2）<sup>69</sup>。スターンは非常に低い割引率を用いた。倫理的な論拠から一般的に正当化されているこのアプローチでは、将来世代は必ず豊かになっている可能性が大きいという事実が、将来の福祉を現在よりも低く価値評価する唯一の要因になる。それ以外のすべての面では、将来世代の福祉は現在世代の福祉と同等の価値をもつ<sup>70</sup>。高い割引率と低い割引率については、それぞれもっともな議

論を展開することが可能である。残念ながら、世代間の福祉に関する経済学はこの論争に決着を付ける助けにはならない。というのは、答えを出すどころか、問題をさらに提起するからである<sup>71</sup>。

にもかかわらず、温室効果ガス排出を緩和するための迅速かつ大胆な行動の要請は、割引率が低いことだけに依存しているわけではない。費用便益の相対的なウェイトを決定するのにそれが果たす役割は重要ではあるが、その他の要因が、割引率が高い場合でも、迅速かつ大胆な緩和の論拠を強める形で、緩和の利益（回避された損害）を押し上げている<sup>72</sup>。

**広範な影響。** 気候変動が与える影響に関する経済モデルのほとんどは、生物多様性に関連する生態系サービスの損失を十分には考慮に入れていない。これは逆説的な省略であり、個人の効用関数に環境財を含めないで、消費財と環境財のトレードオフを分析している<sup>73</sup>。失われた環境サービスの推定市場価値は計算がむずかしく、文化や価値体系によって異なるかもしれないが、そのような損失がコストになることは確かである。損失は環境サービスが相対的かつ絶対的に希少になるにつれて、その価格を押し上げる。環境の損失を標

準的な総合評価モデルに組み込むと、気候変動が緩和されない場合の総合的なコストが大幅に上昇する<sup>74</sup>。事実、生物多様性の損失を標準的なモデルに織り込むと、たとえ割引率が高くても、より迅速な緩和措置の実施を強く要請する結果が出てくる。

**より正確にモデル化したダイナミクス：閾値効果と慣性。** 費用便益分析においては、気温の変化とそれに伴う貨幣化した損害の関係をみる損害関数は、通常はスムーズに上昇していくものとしてモデル化される。しかし、次のことを示す科学的な証拠が増加している。すなわち、自然のシステムは正のフィードバックやティッピングポイント（転換点）、閾値などの結果として、気候変動に対して非線形の反応を示すことがある（ボックス1.3）。例えば、もし温暖化が永久凍土を融解して、それに含まれている大量のメタン（強力な温室効果ガス）を放出して温暖化を加速化させれば、正のフィードバックが生じる。閾値あるいは転換点は自然の（ないし社会経済的な）システムにおける比較的迅速かつ大規模な変化であり、深刻で不可逆的な損失につながる。正のフィードバックや転換点、閾値は、気候変動のペースと規模の両方をできるだけ低く抑えておくことには大きな価値があるということの意味する<sup>75</sup>。

気候変動がもたらす影響には正のフィードバック、閾値効果、不可逆性に関する懸念がある。このことに、さらに気候システムがもっている著しい慣性に加わる。科学者たちは、温室効果ガス濃度の上昇に起因する温暖化は、排出が停止してからも1,000年間ほとんど不可逆的であるということを見出している<sup>76</sup>。したがって、緩和を先延ばしにするのは低水準の温暖化軌道という選択肢を放棄するということにつながる。例えば、10年以上遅延すると、3℃未満の温暖化で大気を安定化できるという可能性は排除されるだろう<sup>77</sup>。さらに、気候システムは温室効果ガス濃度が安定化した後でも、数世紀にわたって変化を続けるだろう（概観を参照）。したがって、ただちに緩和措置をとることだけが、選択の価値を維持する、すなわち、安定化の結果にかかわる選択の喪失を回避することができる。

建設された環境——輸送、エネルギー、住宅、都市形態（都市の設計方法）——にも著しい慣性がある。この慣性に対応して、一部には次のような主張がある。すなわち、高コストで低炭素型の投資に不必要に閉じ込められるのを回避するためには、緩和投資を延期して、その代わりにより良い、それほど高価でない技術で速やかな緩和ができるようになり、社会が保護すべきリスクに関してより理解が深まるまで待つべきである。

しかし、経済開発を犠牲にしないで、インフラやエネルギー供給への重要な投資を先送りすることは実際には不可能である。エネルギー需要は途上国では2002-30年の間に3倍に増えると予想されている。加えて、高所得国では1950年代から60年代にかけて建設された多数の火力発電所が耐用期間の終わりに達しているため、需要が一定であったとしても今後10-20年の間に新しい発電所を数多く建設する必要があることが示されている。現状では、多くの諸国にとって石炭発電所が最も安価な選択肢であることに変わりはない（石炭埋蔵量が十分な国ではエネルギーの安全な確保も保証される）。もしこの先25年間に建設が予定されている石炭燃焼型発電所がすべて稼働したとすれば、その耐用期間にわたるCO<sub>2</sub>排出量は産業革命初期以降のあらゆる石炭燃焼活動に伴う全排出量に匹敵するだろう<sup>78</sup>。したがって、発電部門が排出削減について今強力な公約をしない限り、相対的に高い排出軌道に固定化されてしまうだろう。

そのような大規模な投資を費用効果的に変更することがコスト換算的に可能であるとは限らない。変更が常に可能であるとは限らないし、不可能な程に高価になる可能性がある。石炭の事例を続けると、炭素固定貯留技術——化石燃料を使う火力発電所が生み出すCO<sub>2</sub>を回収して、地下に貯留する技術——を利用するためには、発電所が適切なCO<sub>2</sub>貯留所から50-100マイル以内に位置していることが必要である。さもないと炭素を運搬するコストは非常に高価になる<sup>79</sup>。潜在的な貯留場所に恵まれた諸国にとっては、これは問題ではない。中国の火力発電所の約70%は偶然にも貯留所に十分近いところに立地しているため、技術が商業的に利用可能になった時に改良を

**ボックス 1.3 自然と社会経済のシステムにおける正のフィードバック、転換点、閾値、非線形性**

**気候システムにおける正のフィードバック**

正のフィードバックは温室効果ガスの影響を増幅する。そういった正のフィードバックのひとつに、地表の反射率あるいはアルベドの変化がある。氷や雪のように反射率の高い表面は地球を暖める太陽の光線を大気圏に跳ね返す。しかし、気温が上昇すると氷や雪が融解するため、より多くのエネルギーが地表に吸収されて、温暖化と融解がさらに進展する。

**自然システムにおける転換点**

たとえ連続的で緩やかな気候の変化であっても、超えると、突然の、おそらく加速度的で不可逆的な、最終的には非常に有害な変化をもたらすような点にいたる可能性がある。例えば、旱魃や害虫、気温の上昇が組み合わさると、広い範囲にわたって森林が激減する可能性がある。それらが組み合わさって生理的な限界を超過したのである。世界的な転換点として懸念されているのは、グリーンランドのほとんどを覆っている氷床の融解であろう。一定の温暖化水準を凌駕すると、夏に融解した氷が冬に凍結せず、融解率が急激に上昇して、海水面の6メートルの上昇につながる。

**社会経済システムにおける閾値**

直接的な影響による経済的なコストは強力な閾値効果を示す可能性もある。現在のインフラや生産手法が、これまで経験したことのある気象条件の変動性に対してのみ耐えられるように作られている、という事実から生じる結果である。これは次のことを示唆している。影響がどんなに拡大しようと

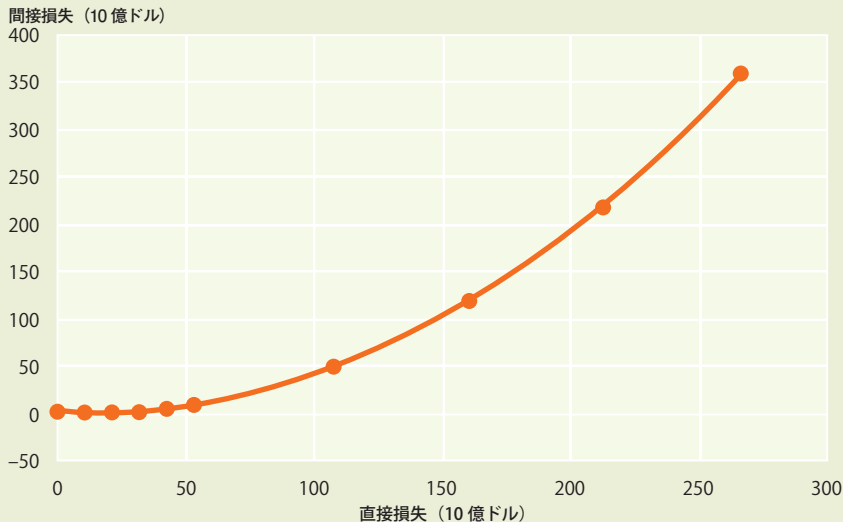
も、気象現象が過去の変動性の範囲内にとどまっている限り、影響の拡大は主として気候ではなく、人口と資産の集中が原因となっている。しかし、もし気候条件がそのような範囲を将来的に連続して超えるならば、その影響は急激に大きくなるだろう。

**非線形性と間接的な経済効果**

このような影響に対する経済的な反応それ自身が非線形である。気候変動の影響は適応の必要性を高めると同時に適応能力を低下させることが一因である。直接的な効果は間接的な効果（マクロ経済的なフィードバック、企業の混乱、供給チェーンの混乱など）も生むことがある。この間接的な効果は直接的な損害を上回ることもある。この効果は一部の自然災害で明らかになっている。ルイジアナにおける最近の証拠は、経済には、間接的な損失を最小限にとどめながら、500億ドルの直接的な損失を吸収する能力があったことを示している。しかし、間接的な損失は災害がより破壊的になれば急増する（図参照）。ハリケーン・カトリナによる直接的な損失は1,070億ドルに達すると同時に、間接的な損失も420億ドル発生した。2,000億ドルの直接的な損失をもたらす災害をシミュレーションすると、間接的な損失も追加的に2,000億ドルに達する。

出 所：Schmidt 2006; Kriegler 他 2009; Adams 他 2009; Hallegatte 2008; Stéphane Hallegatte との個人的な交信（2009年5月）。

**間接損失は直接損失が増加するのに伴って急増する：ルイジアナに関する推計**



出 所：Stéphane Hallegatte から Hallegatte 2008 に基づいて提供されたデータ。



することは理に適ったものになるだろう。しかし、インドや南アフリカを初めとするその他の多くの諸国はそういう状況にはない。新しい発電所が数少ない既存の貯留所の近くに立地していない限り、改良を行う余地はないことが明らかになるだろう（第4および7章を参照）。

既存のインフラが先進国よりも少ない途上国には柔軟性という利点があるため、一挙にクリーン技術へ飛躍できる可能性がある。先進国は新しい技術を市場に投入して、自らの使用経験から得られた知識を共有するために、リーダーシップを発揮しなければならない。排出軌道を変化させる能力は、適切で支払い負担が可能な技術の利用可能性に依存している。しかし、研究開発（R&D）への投資、普及、実地学習を今始めることなしには、将来のある時期までにそれが実現することはないだろう。

耐用期間の長い高炭素型の資本ストックから低炭素型の資本ストックに移行する機会は、いつでも同じように存在しているというわけではない<sup>80</sup>。もし必要とされる技術が利用可能ではなく、また十分な規模で支払い負担可能ではなく、さらに人々がその利用方法を理解していなければ、エネルギーと経済の両面でより効率的なシステムに転換する選択は実際には不可能である（第7章参照）<sup>81</sup>。エネルギー・システムを転換するための有効で支払い負担可能な新しい緩和技術は、潜在的な技術を費用と学習の曲線に沿って前進させる積極的な研究と実証のイニシアティブなしには、将来的にも利用可能にはならないだろう。そのためには、先進国は新しい技術を開発して市場に投入することと、自分たちの利用経験から得た知識を共有することについて、リーダーシップを発揮する必要がある。

**不確実性を説明する。** 気候変動に対する政策の経済的評価は、悪い影響が発生する規模と時期や、実現可能性、コスト、及び緩和への取り組みの定期的な予定にかかわる不確実性を織り込んでいなければならない。ほとんどの経済モデルが見過している重要な不確実性は、気候変動に伴う大きな破局的な事態が起こる可能性である（科学に関するフォーカスAを参照）。これは継続している

議論のなかで中心的なテーマになっている<sup>82</sup>。そのような破局的なリスクの基本的な確率分布はわかっておらず、わかりそうにもない。しかし、より積極的に緩和措置を実施すれば、その可能性が減少することはほぼ確実であろう。ただし、その程度を評価するのは非常にむずかしい。たとえ確率が極めて低いとしても、世界的な大惨事が発生する可能性があるとするれば、社会は惨事の回避に役立つように、より速やかで積極的な緩和措置の負担を喜んで支払うだろう<sup>83</sup>。

このような破局的なリスクを除いても、気候変動の生態的及び経済的影響をめぐっては著しい不確実性が残っている。温暖化について、その速度や最終的な規模はわかっていない。気候の変動性の変化と異常気象——単に平均気温の変化だけではない——が、自然のシステムや人間の福祉にどう影響するかも不確実である。人々の適応能力、適応にかかるコスト、不可避的なその他の損害の規模、などに関しては知識が限られている。新技術の発明や普及、採用の速さに関する不確実性も極めて大きい。

このような不確実性は温暖化のペースと規模とともに拡大の一途をたどる。それがただちに積極的な行動を起こす必要がある重要な論拠となっている<sup>84</sup>。不確実性が高まるにしたがって、いろいろな気候や結果に対処できる適応戦略が多数必要となる。そのような戦略は存在するが（後述）、完全な知識をもって設計できる戦略と比べると効率性が劣っている。つまり、不確実性は高価なのである。また、不確実性が高まるとコストも上昇する。

慣性と不可逆性がなければ、不確実性はそれほど問題ではないだろう。というのは、決定を撤回することができ、調整はスムーズでコストがかからないと考えられるからである。しかし、途方もない慣性のせいで（気候システム、建築された環境、個人や制度の行動様式に存在する）、新しい情報が明らかになった、あるいは新しい技術の発明の遅れという事情で、緩和措置をより厳しい方法に修正するのは、不可能ではないとしてもコスト高になるだろう。不確実性下における気候政策の決定がもつ潜在的にマイナスの意義は、慣性の存在によっても非常に大きくなる。また、不確実

性が慣性や不可逆性と組み合わせると、予防的な緩和措置の増大を求めることにつながる。

不確実性下における意思決定の経済学は、気候変動の影響に関する不確実性はより少ない緩和ではなく、より多くの緩和措置を要請すると主張している<sup>85</sup>。不確実性は目標選定について、積極的な姿勢から始めて、反復的アプローチを採用することを強く主張する。これは学習（不確実性に関するわれわれの評価を変えるような新しい情報を取得すること）の展望によって減じることはない。

**集計と価値に関する規範的な選択。** 気候変動政策は短期的な措置と長期的な利益、個人的な選択と世界的な結果との間でトレードオフを要求している。したがって、気候変動政策の決定というのは基本的に倫理的な選択に牽引されている。その決定はまさに他人の福祉に対する配慮にかかわるものなのである。

福祉に関する経済モデルのなかに非市場性の環境財——および将来世代のための環境財の存在——からの利益を直接含めるのは、このようなトレードオフを把握するためのひとつの方法である<sup>87</sup>。実際には、そのようなトレードオフを定量化できる能力は限定されている。しかしこのような枠組みは、所得の上昇に伴って社会が環境に大きな価値を認めるようになったことや、現在の消費と将来世代の福祉（および生存）を保護するための負担を伴う努力との間に存在するトレードオフについて、再考するための出発点を指し示しているのである<sup>88</sup>。

さらに、さまざまな所得水準の個人や国について、影響をモデルがどのように集計するかが、推定損失額に大きく影響する<sup>89</sup>。割引率の中に表現された世代間の懸念に加えて、公平性の側面を把握するためには、公平性のウェイトを適用することが可能である。1ドルの損失は貧困者の方が富裕者よりも意味が大きいということを反映させるためである。そのようなアプローチの方が人間の福祉（単なる所得ではなく）をうまく把握できるだろう。また、貧しい人や国の方が気候変動に影響を受けやすいので、このアプローチは気候変動に伴う損害総額の推計値を大幅に押し上げるこ

とになる。これに対して、世界の損害額を合計して世界GDPに対するシェアで表示するのは——総産出に対してどの程度関与したかで損害にウェイトを付けることを意味する——、貧困層の損害にずっと低いウェイトを付けることを意味する。

価値体系も環境政策の決定に一役買っている。近年、気候変動は人権問題になっている（ボックス1.4）。また、ほとんどの社会には倫理的及び宗教的な体系があり、それが自然を評価し、地球と天然資源の管理にかかわる人間の責任を認めている。ただし、現実の結果は信奉されている理想に届いていないのが通例である。1600年代の前半、日本は大規模な森林伐採によって環境的な破局に向かって猛進していた。しかし、早くも1700年になると森林地帯の管理について洗練された制度を整備した<sup>90</sup>。当時支配者であった徳川将軍が行動を起こす決意をした理由は、一族の将来世代に対する懸念——儒教文化の伝統に由来する懸念<sup>91</sup>——と、世襲制政治体制を維持したいという思いにあった。現在、日本の国土はその80%が森林におおわれている<sup>92</sup>。

### 意思決定のための代替的フレームワーク

不確実性や慣性、倫理は、危機に対する備えの必要性、したがって、より積極的な緩和措置をただちに実施する必要性を示している。しかし、どの位の政策が必要かに関する分析的な議論が経済学者や政治家の間で継続している。さまざまな費用便益分析の結論は、ベースラインのシナリオ、損害関数、割引率に関する初めの段階の前提に極めて敏感である。それにはモデルの式を作成する時に内在している暗黙裡の前提も含まれており、これは意思決定の麻痺に繋がる可能性がある<sup>93</sup>。

代替的な意思決定の枠組みは、より広い範囲を考慮に入れた費用便益評価や危険回避の加減、倫理的な判断の意義をうまく組み合わせたものになる。この枠組みは、様々な面での知識の不足や障害に直面している中で意思決定をより効率的に支持することができる。前述した価値評価（選択の価値、生態系サービス、不連続な事態が起こる危険性）の一部をより広範な費用便益分析に含めることが（困難ではあるが）望ましい。しかし、具体的な環境改善や開発の目標と政策を策定しよ

## ボックス 1.4 倫理と気候変動

気候変動の複雑性はいくつかの倫理問題を浮かび上がらせている。温室効果ガスの発生とその影響が時間的に長期にわたることと地理的に離れていることを考えると、公平と正当性の問題が特に重要である。気候変動の問題に関しては、少なくとも次の3つの重要な倫理の側面がある。すなわち、影響の評価、世代間の公平性の配慮、責任とコストの分担である。

### 影響の評価

経済学を含むいくつかの学問の主張では、政策評価においては福祉が最優先の基準である。しかし、「割引功利主義」という枠組みの下でも、どの割引率を使うべきかと、さまざまな個人の福祉コストを現在と将来についてどうやって集計するかということを中心に、大きな意見の不一致がある。共通するひとつの議論によれば、経済的及び人的な影響を、それが今から40年後、あるいは400年後に起こることが予想されているからといって、割り引いてよいという健全な理由はない。その反論は、もし他の投資の方が高いリターンをもたらさそうであれば、現行世代が将来の気候変動の緩和に資源を配分しなければならないというのは公平ではない、というものだ。つまり、多種多様な不確実な選択肢について費用と便益にウェイトを付けるという問題に帰着する。

最近の議論は影響の評価の基準として人権に焦点を当てている。人権のなかには——特に経済的及び社会的な権利は——、気候変動の影響とおそらくは一部の政策対応によって、窮地に陥るものが出てくるだろう。それには食料の権利、水の権利、住居の権利が含まれる。気候のもたらす打撃は市民権や政治的権利の行使と実現化に対して、直接的及び間接的な影響をもたらす可能性がある。しかし、因果関係や帰因関係を確立するのは深刻な問題であり、人権法を国際的及び国内的な対立に適用する余地は限られるだろう。

気候変動の原因は多岐にわたり、一国の排出と他国が受ける被害との直接的な結び付きは法廷では証明が困難である。責任と被害を法律用語で定義する際にもうひとつ障害になるのは、時間とともに排出が拡散していることである。場合によっては、被害の発生源が複数世代にわたって存在し、現在感じている被害が将来の数世代にわたって持続する可能性さえある。

### 世代間の公平性の配慮

世代間の公平性は気候変動の影響の評価において不可欠な部分となっている。世代間の公平性を基本的な経済モデルにどのようにして組み込むかということは大きな意味をもっている。ボックス 1.2 で述べたように、標準的な現在価値基準では、費用便益を割り引いて、長期にわたる福祉の分布を現時点に引き直す。代替的な定式化としては、現行世代の効用を最大化する、将来世代に対する利他的な懸念を組み込む、将来世代の生存に関する不確実性を考慮に入れるなどがある。

### 責任とコストの分担

おそらく最も議論の多い問題は、気候変動問題を解決するコストをだれが負担すべきかという問題であろう。ひとつの倫理的な反応は「汚染者負担」の原則である。責任は気候変動に対して各国あるいはグループがどの程度関わっているかに応じて配分されるべきだということである。この意見を変更したもとして、責任を確立する際には、累積的で歴史的な排出を考慮する必要がある、というものがある。これに対する反論によれば、「許容される無知」は過去の排出者に免責を与えている。なぜならば、自分の行為がもたらす結末を認識していなかったからである。しかし、この主張は温室効果ガスが気候に悪い効果をもたらすことは、相当前からわかっていたという論拠から批判を受けている。

責任に関するもうひとつの側面は、過去における温室効果ガスの排出で人々はどのような利益を享受してきたのかということである（概観の図3を参照）。このような利益を享受したのは明らかに先進国であり、それが現在の大気中のCO<sub>2</sub>のほとんどの原因になっている。途上国もそれに伴う繁栄で若干の恩恵をこうむっている。ひとつの対応策は、過去は無視して将来の排出に対する権利を1人当たりで平等に配分することであろう。別の意見は、究極的に重要なのは排出の配分ではなく、経済的な福祉の配分である、と認識している。それには気候変動の被害や緩和コストも含まれる。ということは、富の配分が不平等な現実の世界では、コストの大きな部分を富裕国が負担するというを意味する。ただし、この結論は高所得国が供与する対外ファイナンスを使って貧困国が緩和措置をとることを排除するものではない（第6章）。

出所：Singer 2006; Roemer 2009; Caney 2009; World Bank 2009b.

うとしている意思決定者に情報を提供するために、いろいろな政策選択の標準的な結果をできる限り透明にする必要がある。そうすれば現実世界で、費用と便益に対する無数の利害関係者の支持が得られるだろう。

ひとつの代替策は許容範囲アプローチ、ないし「ガードレール」のアプローチである。緩和目標の範囲、あるいは回避すべき範囲で囲まれた範囲を選択して、気温の変化や気温変化の割合を許容

水準と考えられる——帰納的に、あるいは専門家の判断に基づいて——値に制限する<sup>94</sup>。範囲はいくつかの気候に敏感なシステムから導かれる制約で定義されている。ひとつの制約は、気温変化の一定量と率に応じて、社会がもっている一定のGDP損失の回避で決定することができるだろう。2つ目の制約は社会的な対立や不公平な影響について社会がもっている回避性で定義できる。3つ目は、超えたら特定の生態系が崩壊するという温

暖化の閾値に関する懸念であろう<sup>95</sup>。

ガードレール・アプローチは被害について金銭的な推定値を要求しない。というのは、制約は各システムで許容可能と判断されるものによって決定されているからである（例えば、深刻な旱魃で避難を余儀なくされた人数をGDP計数に換算するのは困難であろう）。排出に関するガードレールの値の導出においては、閾値効果の潜在力に関する科学的な分析や、さまざまな緩和及び適応の戦略の下で残るリスク、脆弱性にかかわる非貨幣的な判断が考慮される。提示された一連のガードレールの範囲内に残ったコストは、さまざまなガードレールが提供する気候の安全性水準をめぐる判断の関係の中で検討される必要がある。このような複数の基準に基づく場合、意思決定者はガードレールを構築するのが最善かどうか（また、その評価を時とともに定期的に見直せるかどうか）について、情報に基づいて包括的な評価を行うことができる。

このアプローチは、評価が困難な不確実性に対処するために、ロバスト型意思決定のような決定支援手法によって補完することができる<sup>96</sup>。確率が未知で高度に不確実な将来については、ロバスト型戦略が「われわれとしては将来を予測できないという状況下で、望ましくない結果の可能性を許容可能な水準にまで削減するには、どんな措置をとるべきか？」という問題に答えを提供する<sup>97</sup>。気候変動の場合、その政策は伝統的な最適化の問題ではなく、不測の事態の問題になる。「可能性のある結果がいろいろあることを考えると、何が最善の戦略か？」という問題になる。このアプローチに関する知識の基盤は何も新しいものではない。「最大の後悔を小さくする」ことに関する1950年代のサベッジの業績（ミニ・マックス原理）にまで遡ることができる<sup>98</sup>。

単なる最適な戦略ではなくロバスト（頑健）な戦略の探求は、基本的にシナリオ・ベースの計画策定を通じて行われる。さまざまなシナリオを作成して、代替的な政策オプションをシナリオごとのロバストさ——一定の結果を回避する能力——に基づいて比較する。そのような分析には将来に影響を与える「形成行動」、将来の脆弱性を削減する「ヘッジング行動」、再評価ないし戦略変更

の必要性を指摘する「道標」が含まれる。ロバスト型意思決定分析はより正式な定量的なツールと共に用いることが可能である。探求的なモデル化を用いるアプローチにおいては、深刻な不確実性下での決定や結果を特徴付けるために数学的手法が用いられる。

ロバスト型意思決定においては、気候政策に内在する費用や便益、トレードオフがすべてのシナリオの下で評価される。この政策の規定は平均的に他の政策よりもパフォーマンスが良い「最適な」政策——効用の最大化という伝統的な意味で——を追求するためのものではない。そうではなく、予測不可能な将来においてロバストな形で耐えることのできる健全な政策を追求することにある。このような枠組みのなかでは、短期的な政策は、政策調整のコストに対するヘッジであると理解することができるだろう。低炭素の未来という選択肢を残しておくために、今日R&Dやインフラに投資する取り組みに手を貸すということである<sup>99</sup>。

### 世界的な緩和に向けた取り組みを先送りするコスト

現在の地球温暖化は圧倒的に富裕国の排出が原因である<sup>100</sup>。途上国が自らの成長に制限を課されることによる結果を懸念するのはもっともである。これは気候変動枠組条約（UNFCCC）に規定されている「共通ではあるが差異のある責任」の原則を支持するものである。この原則は次のように主張している。高所得国は歴史的な責任と現在の1人当たり排出が極めて高い、という2つのことを考えると、排出の削減を主導すべきである。さらに、先進国は金銭的、技術的な資源を多くもっていることから、緩和措置がどこで実施されるかにかかわらず、そのコストの大部分を負担すべきである。

しかし、富裕国による排出削減だけでは、温暖化を許容水準に制限するのに十分ではないだろう。累積的な1人当たりの排出は低所得国だけでなく中所得国でも僅少ではあるが<sup>101</sup>、中所得国におけるエネルギー関連のCO<sub>2</sub>排出は年間の合計で富裕国に追いついており、土地利用変化に



伴う現在の排出のうち最大のシェアを占めているのは熱帯の諸国である<sup>102</sup>。より重要なのは、中所得国で予測されている化石燃料利用の変化に関するものであり、CO<sub>2</sub>排出は増加を続けて、今後20-30年間で先進国の累積的な排出を凌駕するだろうということが示唆されている<sup>103</sup>。

このことがもつ意味は、UNFCCCとバリ行動計画で述べられているように<sup>104</sup>、世界の排出を削減する合意についてすべての諸国に役割があるが、その役割は各国の発展段階に釣り合ったものでなければならない、というものだ。このアプローチでは、先進国は大幅な削減の目標達成について主導権を発揮する。そして、途上国が低炭素の成長軌道に向かう土台を作り、国民が適応のために必要としているものを満たすのを援助する。また、UNFCCCは途上国が負担する追加的な緩和及び適応のコストについて、先進国に対して補償するよう要請している

世界的な行動のなかで極めて重要な点は、緩和措置をとる国がそれを負担する国とは違うことを許容する世界的な仕組みにある(第6章の主題)。国際的な財政移転の交渉によって、途上国が実施する緩和措置の(先進国による)直接的な資金援助が可能になるだろう(途上国では、緩和は排出の絶対水準の削減ではなく、将来の排出軌道をより持続可能な水準に修正するという結果になるのが普通である)。高所得国からの大規模な資金援助の道を開くのは大きな課題のようにみえる。しかし、もし高所得国が世界の総排出削減を公約しているのであれば、大幅な削減が途上国で生じるのを確保するために、資金を供与することは自分たちの利益にも適う。世界の緩和のためのコストの推定値は通常は緩和措置が最も安価な場所と時期に実施されるということを前提にしている。予測軌道との比較で排出を削減する多くの低コストな措置は途上国で計画されている。したがって、世界全体として最小コストの緩和軌道をとるということは、緩和措置についてだれが負担するかにかかわらず、途上国が常に最大のシェアを占めるということを示唆する<sup>105</sup>。

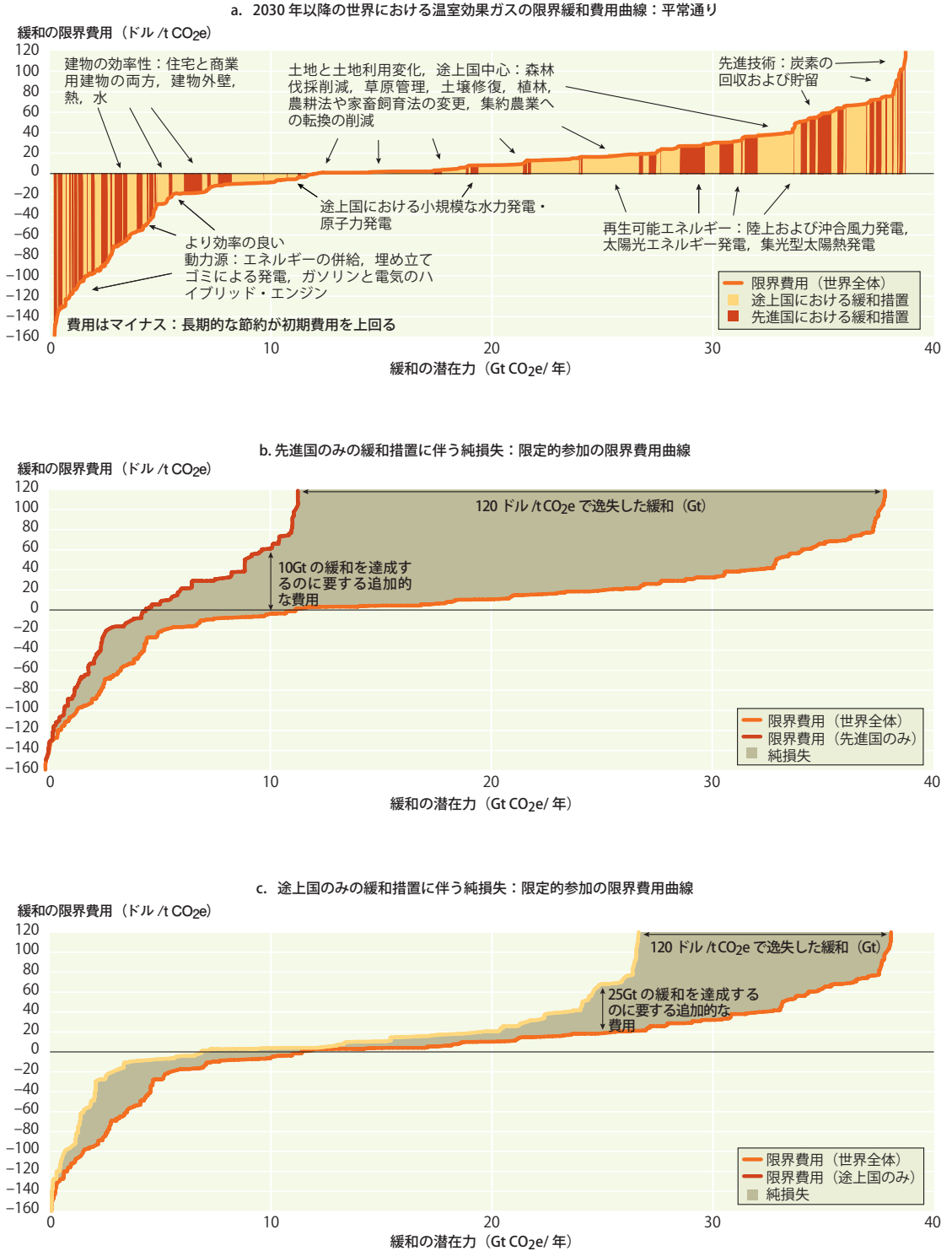
排出軌道を大幅に低下させる行動においては、どこかの国が遅れば、選択した一定の緩和目標にかかわる世界全体のコストが高くなるという

ことを意味する。例えば、途上国が緩和措置を2050年まで先送りしたとすれば、ある推計によると、一定の目標を達成するためのコストが倍増する<sup>106</sup>。別の推計によると、総排出が最も多い5カ国だけ(世界の3分の2が含まれる)を対象にした国際協定では、すべての諸国が参加した場合と比較して、一定の目標を達成するコストは3倍になるとされている<sup>107</sup>。この理由は、一定の目標を達成するために利用可能な緩和機会の共通の蓄えが縮小して、コストがマイナスや低い措置だけでなく、高いコストの措置も追求する必要が生じてくることにある。

先進国と途上国にはともに、コストがマイナスの(正味で利益になる)措置や高コストの措置に関しては同じような潜在力をもっているが、中間にくる低コストの緩和オプションはそのほとんどが途上国(多くは農業と林業)にある。利用可能なすべての措置を活用することが大幅な緩和を達成するには決定的に重要である。この点はマッキンゼー社の分析で例証されているが(図1.3a)、結果はそれだけにとどまらない。もし途上国が排出軌道を削減しなければ、選択された緩和措置の総コストはもっと高くなるだろう(途上国だけによる緩和の限界コスト——図1.3bの赤色の線——は、世界的な一連の選択肢——図1.3bのオレンジ色の線——を考慮した場合よりも常に高い)。高所得国における緩和を主体とするアプローチに由来する潜在的な緩和の効果の低下や世界的な緩和コストの増加は、どれか特定のモデルに依存しているというわけではない<sup>108</sup>。それは先進国と途上国の間の機会やコストの格差とは無関係である。仮に先進国が排出削減を拒否すれば、世界のコストは同じように増大して、緩和の潜在力の一部が失われることになるだろう(図1.3c)。

世界の緩和コストのこのような上昇は純粋な損失を意味する。追加的なコストが福祉の利益をまったく生まず、むだになるという意味である。そのような損失(図1.3bと1.3cにおける限界費用曲線の間にある影を付けた部分)を回避できれば、すべての参加者を豊かにすると同時に、緩和措置の場所とファイナンスを交渉するのに大きなインセンティブや余地が生まれるだろう。それぞれの国で行われている措置の組み合わせの全体に

図 1.3 気候に関する協定への部分的な参加に伴う純損失を評価する



出所：McKinsey & Company 2009; WDR チームに提供されたより詳細なデータ。

注：パネル a の棒グラフはさまざまな緩和措置を表し、幅は各措置が達成する排出削減量、高さは措置によって回避された排出 1 トン当たりの費用を示す。棒グラフの高さをつなげると、限界緩和と費用曲線ができる。パネル b と c は、緩和が先進国だけで行われる場合 (b) と途上国だけで行われる場合 (c) の限界緩和と費用曲線に加えて、そのシナリオに伴う純損失を示している。そのような純損失は次のような形で回避ないし最小化することが可能である。すなわち、だれが負担するのかと、だれが緩和するのかを切り離せるようなファイナンス・メカニズムを通じて、最も費用効果的な緩和措置が採用されることを確保する、というやり方である。

よって一定の緩和目標に到達する方がずっと安くつく。十分な数の諸国が世界の緩和目的にコミットするのであれば非常に安価になるため、先進国が途上国における大規模な措置をファイナンスするコストを今現在負担するのであれば、全体が豊かになるだろう。

先進国には非付属書 I 国向けに十分な財源を移転する手段とインセンティブがある<sup>109</sup>。それらの諸国は移転を受領して、緩和に向けた努力の規模をただちに拡大することによって、各国独自の目標や政策を段階的に実施に移す公約を 10 年以上先送りする場合と比較して、少なくとも同じ程度に豊かになることができる。一定の緩和目標にとって、その目的のために移転された金額は純損失を排除することによって、1 ドル当たり 3 ドル相当の福祉の利益を生み出すことができるだろう。それは交渉条件に従って共有可能な利益である。換言すれば、世界的な目標を合意するに当たって途上国の参加は大きな意味があるということである。回収された大きな純損失が共有できるということは、公平な協定への普遍的な参加にとって強力なインセンティブになる。それはゼロサム・ゲームではないのである<sup>110</sup>。

とはいえ、世界的な排出目標に関する協定の合意が困難であるということを通小評価しているわけではない。というのは、そのような合意は一種の国際的な「人類共通の悲劇」で行き詰まっているからである。国際協定への参加ですべての諸国は恩恵をこうむることができるのに、ほとんどの諸国にとって一方的な参加のインセンティブは弱い。すべての諸国がただ乗りして、コストを負担せずに、利益を享受したいと思っていることが唯一の理由ではない<sup>111</sup>。ほとんどの諸国は十分小さくて、たとえ一国が国際協定から離脱しても、協定そのものは崩壊しないからである。しかし、すべての諸国がそうすれば、この理由は協定がそもそも合意に達する可能性を台無しにしてしまう<sup>112</sup>。

実際問題として、さまざまな連合の構造や、消極的な参加者を連合のなかにとどまるよう説得するための国際的な資源移転を探究したシミュレーションから、世界の排出について大幅で高価な削減を実施するために安定した合意（自己利益と整

合的な合意）に到達することのむずかしさが明確になっている。もっと小幅であり高価でない排出削減ならば、安定的で有効な連合は可能であるが、そのような規模の削減では大きな気候変動がもたらす持続可能性に対する脅威に対処するには不十分であろう<sup>113</sup>。

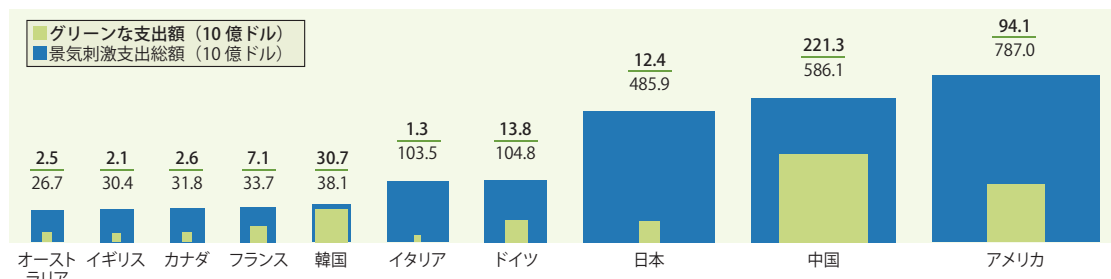
### 好機をとらえる：即座の刺激と長期的な転換

2008 年の世界経済は劇的なショックをもたらした。引き金はアメリカの住宅市場と金融市場の混乱にあったが、最終的には多くの諸国が巻き込まれた。このような金融及び経済の危機は、世界にとっては大恐慌以来のものであった。金融市場が収縮し、投資家が安全性を求めて避難したため、多数の通貨が調整を余儀なくされ、株式市場は急落した。金融市場の混乱がピークに達した際、アメリカの株式市場は 1 日で 1 兆 3,000 億ドルの価値を喪失した<sup>114</sup>。

世界中で実体経済や開発指標に生じた被害には甚大なものがあり、現在も依然として継続中である。世界経済は 2009 年については収縮が予測されている。失業は世界中で上昇している。アメリカだけに限っても、景気後退が始まった 2007 年 12 月から 09 年 3 月までの間に約 500 万人が職を失った<sup>115</sup>。一部の予測によると、途上国では 3,200 万人が失職している<sup>116</sup>。2009 年の不況が原因で、5,300-9,000 万人が貧困から脱却できなくなるだろう<sup>117</sup>。政府開発援助（ODA）は一部の提供国では公約目標をすでに大幅に下回っていたが、今後とも減少を続ける可能性が大きいだろう。これは先進国では財政状況が悪化し、関心が国内の優先課題に移るためである。

景気の悪化に伴って、一部の地域は将来の克服すべき課題に対して脆弱性が高まりつつある。サハラ以南アフリカ諸国は 21 世紀初めには急成長を遂げたが、商品価格と世界経済の崩壊がこの傾向に試練をもたらすであろう。先進国で働いている自国民からの送金に依存している世界中の国々とコミュニティは、このような金銭的な移転が減少するために大きな痛手を受けるだろう<sup>118</sup>。メキシコでは、送金は 2009 年 3 月ま

図 1.4 グリーンな景気刺激支出は世界全体で増加している



出所：Robins, Clover, and Singh 2009.

での6カ月間で9億2,000万ドルと14%も減少している<sup>119</sup>。

金融危機は開発に向けた取り組みにとっては追加的な負担を意味し、気候変動の緊急性から関心を逸らす可能性もある。個人やコミュニティ、国の気候変動に対する脆弱性は、経済成長の減速、歳入の減少、経済援助の縮小のなかでむしろ高まることになるだろう。経済の減速で排出は一時的に減少するだろうが、人々がすでに進行中の温暖化に脆弱であることに変わりはない。排出を成長から切り離す協調的な努力がない限り、景気回復が定着するにつれて排出は再び増加に転じるだろう。

先進国と途上国の両方で、多くの政府は公共支出を拡大して危機に対応しつつある。いくつかの国や地域が計画している景気刺激策は総額で2.4兆ドルに達する<sup>120</sup>。政府が期待しているのは、この支出の増加が有効需要を拡大させることによって、雇用を保護あるいは創出するだろうということである。景気の減速を阻止するためには、雇用が重要な優先課題のひとつとなっている。世界銀行は経済危機に伴う途上国の社会的コストを最小化するために、「脆弱性基金」に高所得国の刺激策の0.7%を振り向けることを提案している<sup>121</sup>。

### グリーン刺激策支持論

経済的な混乱にもかかわらず、気候変動に対して緊急に行動する必要があるという意見に対する支持は不変である。世界のさまざまな場所で起きている貧困や脆弱性の増大を考えると、いっそう切迫しているとさえいえる。したがって、最近の公開討論をみると、成長を回復させると同時に、

経済をグリーン化して気候変動と戦うことに財政を総合的に用いる可能性に焦点が当たっている。

どうしたら不況と気候変動の両方に財政刺激策で取り組めるだろうか？ 気候変動問題を解決するためには政府の介入が必要である。気候変動は大規模な負の外部性によって生み出されたことがその理由である。また、金融市場と実体経済における生涯に一度あるかないかというほど深刻な危機は公共支出を求めている。

気候変動対策向けの投資は経済危機に短期的に対処するのに有効であろう。低炭素技術は雇用の純増をもたらすことができる。なぜならば、高炭素部門よりも労働集約性が高いからである<sup>122</sup>。一部の推計によれば、アメリカでは10億ドルのグリーン・プロジェクト向けの政府支出は1年間に3万人の雇用を生み出す。これはインフラ投資の場合を7,000人上回っている<sup>123</sup>。別の推計によれば、1,000億ドルの支出ならばほぼ200万人の雇用を創出する。しかも、そのうちの半分は直接的に生み出される<sup>124</sup>。しかし、短期的な刺激策はどんなものでもそうであるが、雇用創出効果は長期にわたっては持続しない可能性がある<sup>125</sup>。

### 世界全体のグリーン支出

一部の政府は刺激策のなかに一定割合の「グリーン」投資を盛り込んでいる。それには低炭素技術、エネルギー効率化、研究開発、水や廃棄物管理などが含まれる(図1.4)。韓国は財政支出の80.5%をグリーン・プロジェクトに振り向ける予定である。アメリカの総合的な刺激策のうち1,000-1,300億ドルは気候変動関連の投資に配分されている。全体として、世界中の



財政刺激策の一環として 4,360 億ドル程度がグリーン投資として支出されることになっており、うち半分が 2009 年中に実施されるものと期待されている<sup>126</sup>。

このような投資の効率性は次の点に依存するだろう。すなわち、どれだけ速やかに実施されるか、どれだけ雇用創出と過少使用の資源を対象を絞ることができるか、どれだけ経済を耐用性のある低炭素型インフラや低排出化、強靱化の方向に変更できるかに左右される<sup>127</sup>。例えば、公共建物のエネルギー効率化に対する投資は魅力的である。というのは、通常は「すぐに着手できる」状態にあり、非常に労働集約的で、公共部門にとって長期的な節約をもたらすからである<sup>128</sup>。同様の利点は他の省エネ措置の資金を支援することによっても確保できる。そのようなものとしては、民間住宅に加えて、水や衛生設備や交通の流れにおけるエネルギーの社会的コストを削減することなどがある。

プロジェクトや投資の選択の組み合わせは、経済や雇用創出への要求に関する固有の条件に応じて国ごとに大きな差異がある。例えば、ラテンアメリカでは、ほとんどの景気刺激策パッケージは高速道路を含む公共事業に支出されることになっており、緩和の潜在力は限られている<sup>129</sup>。韓国では、今後 4 年間で 96 万人の雇用創出が期待されているが、投資のうち相当大きな部分——360 億ドルのうち 133 億ドル——が、次の 3 つのプロジェクトに配分される。それは河川の修復、大量輸送網と道路の拡張、村や学校におけるエネルギー保全であり、そこでは 50 万人の雇用創出が予測されている<sup>130</sup>。中国は 850 億ドルを鉄道輸送に充当する予定である。それは道路や航空輸送に代わる低炭素型の輸送手段であり、輸送のボトルネックの軽減にも役立つ。別途 700 億ドルが新しい送電線網に振り向けられることになっており、それは電気の効率性と入手可能性を改善する<sup>131</sup>。アメリカでは極めて割安な 2 つのプロジェクト——連邦政府の建物の改修に 67 億ドル、及び住宅の耐気候化に 62 億ドル——が、推定で年 32 万 5,000 人の雇用を生み出すものと期待されている<sup>132</sup>。

ほとんどの途上国では、刺激パッケージに盛り

込まれているプロジェクトには強力な排出削減の要素はないものの、気候変動に対する強靱性を改善し、雇用を創出することはできるだろう。例えば、コロンビアにおける水及び衛生ネットワークの改善は、水を媒介する疾病のリスクを削減すると同時に、投資額 10 億ドル当たり 10 万人の雇用を直接的に創出するものと期待されている<sup>133</sup>。途上国と先進国はともに適応措置も検討すべきである。例えば、河床や湿地帯の修復は特に労働集約的であるため、一部の人々の物理的及び財政的な脆弱性をともに削減することができる。それにかかわる挑戦課題は支出プログラムが終了した後も、適応措置の維持を確実にすることにあるだろう。

以上のような暫定的な数値は危機の展開に応じて変化するだろう。財政刺激策のなかのグリーンな要素が雇用の創出あるいは経済の炭素構成の変更に成功するという保証はない。さらに、最良の場合でも、財政による介入は高炭素に閉じ込められるリスクや気候に対する脆弱性を無くするには十分ではないだろう。しかし、グリーン投資を一挙に始動させて、低炭素経済に向けた土台を築く好機であることは事実であり、それはつかみとる必要がある。

### 中長期的な根本的転換

金融危機と戦うための、健全で低炭素型であり強靱性を高める投資の要素を財政拡大政策のなかに盛り込んでも、気候変動が提起する長期的な問題を阻止するには十分ではないだろう。社会的保護、炭素ファイナンス、研究開発、エネルギー市場、土地及び水管理については、根本的な転換が必要である。

中長期的に考えると、取り組むべき課題は経済開発の維持と気候変動の抑制という対になる目標を達成できる新しい方法を発見することにある。公平かつ公正な世界協定に合意することは、最悪のシナリオの回避に向けた重要なステップである。しかし、それには富裕国（そして至るところにいる富裕層）の炭素集約的な生活スタイルと、途上国の炭素集約的な成長軌道を転換することが必要である。そのためには補完的な社会経済面での変更も必要である。

低炭素型の生活スタイルを報奨するように社会規範を修正することが、成功のための大きな要素であることが判明するだろう（第8章参照）。しかし、行動様式の変更には、制度的な変化、追加的なファイナンス、不可逆的で破局的な気温の上昇を回避できる技術革新が必要である。どのケースでも、またどのシナリオの下でも、政府の強力な政策は、経済が不可避免的な気候変動の影響を吸収し、社会的損失を最小化し、最も損失が大きい人々の福祉を保護するのを支援することができる。

気候変動への対応は、いずれにしても必要な開発プロセスを改善し、福祉を高めるような改革を促進する弾みになり得る。例えば、エネルギー効率の向上と開発の促進を実現するための努力は、よりグリーンでより強靱な都市という形で、政策および物理的な表現を見出すことができるだろう。エネルギー効率を促進するために——例えば、公共輸送手段の促進や混雑手数料などを通じて——都市の設計を改善すれば、物理的な安全性と生活の質を向上させることができる。多くは、地球温暖化の脅威がもたらす政治的な変化の大きさと、国際的な技術及び財政両面での援助の増加を背景に、既存の不十分な制度的メカニズムや政策がどの程度強化ないし代替されるかに依存している。

個々の市民は解決策にかかわる公開討論とその実施の面で大きな役割を担うことになるだろう。

世論調査によると、世界中の人々が最近の金融危機のなかでも気候変動を心配していることが示されている<sup>134</sup>（ただし、アメリカの最近の動向に関する証拠はまちまちである<sup>135</sup>）。ほとんどの政府は少なくとも対話のなかでは、危険性の巨大さを認識している。また、国際社会が問題を認識していることは、2007年のノーベル平和賞が気候変動の科学的な評価と大衆への広報に対して授与されたことで例証されている。

意思決定者にとっての課題は、このような認識が制度や行動様式の改革に弾みを付け、最も脆弱な人々が必要としているものを提供することを実践にする点にある<sup>136</sup>。1990年代の金融危機はラテンアメリカで社会的セーフティネットを刷新する触媒となり、メキシコで貧困削減プログラム（Progresá）, ブラジルで学童基金（Escola-Bolsa）など、過去数十年間の社会政策で最良の革新をもたらした<sup>137</sup>。

現在の危機は、無規制の市場に対する信頼を陳腐化させた。その結果、規制の強化、介入の増加、政府の説明責任の増大が予想される。気候変動に取り組むためには、緩和と適応に革新的なアプローチを誘導するために、気候に関してスマートな規制が追加的に必要である。そのような政策は、気候変動という人類史上において最も大きな市場の失敗を是正するのに必要な、政府介入の規模と範囲に対して機会を与えるのである。

「あなたの地球を大切にしないで、  
その生き物の世話をしないで。  
死んでしまった地球を  
子供たちに残すことにはいけません。」

——Lakshmi Shree（インド、12歳）



気候は変動しつづける。それについては今や議論の余地はない。人間活動を主因に、世界がより暖かい場所になりつづけることに関しては、科学的にも合意ができています。「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)が第4次評価報告書で使っている言葉によれば、「気候システムの温暖化は明白である」<sup>1</sup>。産業革命から遡って約100万年にわたり、大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の濃度は170-280ppmの範囲内で推移していた。現在の水準は387ppmであり、その頃の水準をはるかに凌駕している。それは少なくとも過去80万年の間の最高水準を上回っており、しかもその増加の速度は速くなっている可能性がある<sup>2</sup>。CO<sub>2</sub>の多量の排出が継続するというシナリオの下では、CO<sub>2</sub>の濃度は21世紀末までには地球が何百万年にもわたって経験してきた水準をはるかに超過する可能性がある。

気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)の第2条は、目標を次のように設定している。「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させる」<sup>3</sup>。「危険な」干渉を阻止するという点に関しては、条約は次のように定義している。「生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができる」ような水準に排出を維持する。この目標の完全な達成が可能かどうかは明確ではない。というのも、今日までに観察されている温暖化は、すでに人類や自然のシステムを脅かしている早魃や洪水、熱波、森林火災、豪雨などの異常気象の増加と結び付いているからである。

社会や生態系が地球温暖化に適応できる能力は温暖化が2℃を超えると厳しい試練にさらされる、ということに関しては説得力のある証拠が存在する<sup>4</sup>。もし人間が引き起こした気温の上昇を産業革命以前を約2℃上回る水準に抑制することができれば、世界は次のようなことを成し遂げることが可能かもしれない。すなわち、グリーンランドや西北極海における氷床の著しい損失とそれに伴う海水面の上昇の抑制、多くの地域における洪水や早魃、森林火災の増加の抑制、感染性や下痢性疾患の拡散や厳しい暑さに伴う死亡や病気の増加の抑制、現在知られている種における4分の1の絶滅の回避、世界の食糧生産の大幅な減少の阻止、などである<sup>5</sup>。

しかし、たとえ地球の気温を産業革命以前の値を2℃上回る水準で安定化できたとしても、世界は大きく変わることになるだろう。地球は工業化以前の時代と比べて平均0.8℃暖かくなっており、緯度の高い地域では環境や文化の面ですでに混乱を経験している。温暖化が進展した場合、より大きな影響を受けることは避けられないだろう。2℃暖かくなると、異常気象はさらに頻繁かつ強力なものになると予想される。それには熱波、世界の多数の地域における水ストレス、多くの熱帯地域における食料生産の減少、生態系の被害(温暖化と海洋の酸性化に伴うサンゴ礁の幅

広い損失を含む)などが含まれる。

世界が排出軌道を変更するために素早く行動を起こさない限り、モデルの予測では、地球の平均気温は2100年までに産業革命以前の水準を2.5-7℃上回るだろう<sup>6</sup>。その範囲内のどこになるかは、増加するエネルギーの利用量とその増加の割合、エネルギー源としての化石燃料に対する制限、無炭素エネルギー技術の開発の速度などに依存する(第4章)。この気温上昇は季節的な変動と比べると僅少に思えるかもしれないが、この範囲の下限でもオスロからマドリッドへの転居に相当する。上限は最後の氷河期のピーク時以降に生じた温暖化に等しい。この間にヨーロッパ北部や北アメリカでは、2キロメートルにも及んでいた分厚い氷が融解した<sup>7</sup>。今後20-30年間について、地球の平均気温は10年間ごとに0.2-0.3℃ずつ上昇するものと予測されている<sup>8</sup>。これは種や生態系が変化に適応する能力に重い負担をかける速いペースの変化である(生物多様性に関するフォーカスBを参照)。

「危険な人為的干渉」の定義は科学的な決定ではなく、政治的な決定になるであろう。京都議定書から10年を経て、先進国の排出について厳格な第1約束期間を迎えるなかで、世界はこれからの数十年間にとるべき行動の方向について協議を行っている。それが、われわれの子供たちが約2℃の温暖化で安定している地球、それともさらに上昇する軌道に乗っている地球を継承するのかを大体において決定するだろう。「危険な」という言葉には、気候変動全体の規模、変動の速度、突然ないし急な変動のリスク、不可逆的で有害な限界を超える可能性、といった要素が含まれている。何が気候変動の危険な度合いとして決定されるかは、人間や自然のシステムへの影響とその適応能力に依存するものと予想される。このフォーカスでは、気候システムの仕組み、現在までに観察されている変化、2℃の温暖化と5℃以上の温暖化の違いが世界にとって意味すること、不可逆的な限界を超えるリスク、温暖化を2℃に抑制するための課題などについて検討する。

## 気候システムの仕組み

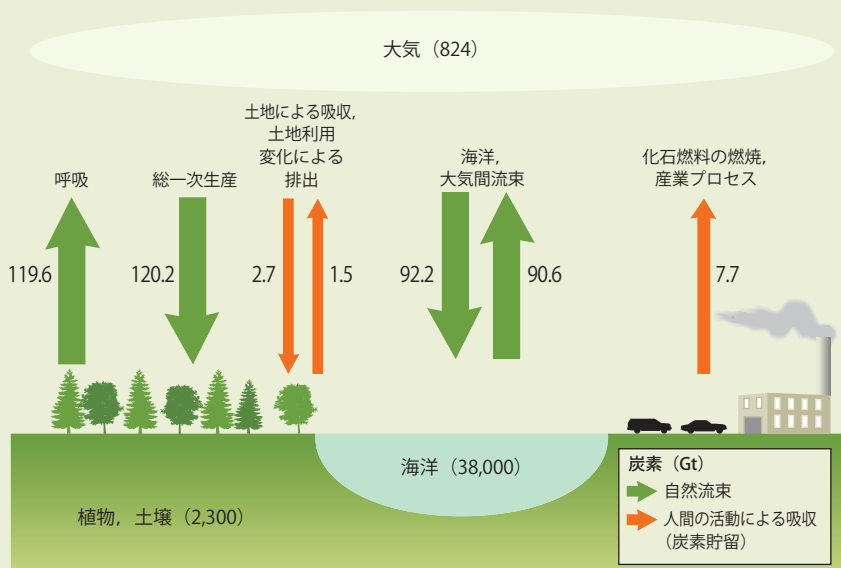
地球の気候は、太陽から入射するエネルギー、地球から放出されるエネルギー、大気・陸地・海洋・氷・生物の間におけるエネルギーの交換によって決定される。大気構成が特に重要である。それは一部のガスとエアゾール（微粒子）が入射太陽光と放射赤外線の流れに影響するからである。水蒸気、CO<sub>2</sub>、メタン（CH<sub>4</sub>）、オゾン（O<sub>3</sub>）、一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）などはすべて、大気中に自然に存在している温室効果ガス（GHG：Green House Gases）である。これらのガスは、エネルギーが赤外線として宇宙空間へ放出されるのを阻害しており、それによって地表を暖めている。このようなガスの自然な水準が生み出す温暖化効果

が「自然の温室効果」である。この効果のおかげで、世界はそれがなかった場合と比べて約 33℃暖かくなっており、世界の水のほとんどが液体の状態を維持し、赤道から極地の近くまで生命の生存が可能となっている。

人間活動から発散されたガスは自然の温室効果を著しく増幅している。地球の大気中における CO<sub>2</sub> 平均濃度は産業革命以降、特に過去 50 年間を中心に大幅に上昇している。20 世紀中に CO<sub>2</sub> 濃度は約 280ppm から 387ppm へとほぼ 40% も上昇した。その主な原因は炭素をベースとした燃料の燃焼にあるが、森林伐採と土地利用の変化もある程度関係している（ボックス FA.1）。石炭や石油、天然ガスの燃焼が今や毎年排出されている CO<sub>2</sub> の約 80%、土

### ボックス FA.1 炭素循環

大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の量は、海洋や陸地、動植物、大気の間で炭素を再配分する生物地球化学的な循環によって制御されている。現状では、大気は約 824 ギガトン（Gt）の炭素を含んでいる。2007 年に人間活動に起因する炭素の排出は合計で約 9Gt であり、そのうち 7.7Gt（CO<sub>2</sub> では 28.5Gt）は化石燃料の燃焼に由来し、残りは土地被覆の変化によるものである（1Gt は 10 億メートルトンに等しい。炭素の排出や流量を CO<sub>2</sub> 量に換算するには炭素量に 3.67 を掛け算する）。



出所：IPCC 2007b からの抜粋。

大気中の CO<sub>2</sub> 濃度は現在 1 年に約 2ppm の速度で上昇している。これは大気中の炭素荷重が 1 年に約 4Gt 増加していることに等しい。換言すれば、化石燃料からの CO<sub>2</sub> 排出のうち約半分が大気中濃度の長期的な上昇につながっている。それ以外の CO<sub>2</sub> 排出は「炭素の吸収源」と呼ばれる海洋と陸上の生態系によって吸収されている。海洋は年に約 2Gt の炭素を吸収している（数字で示唆されている 90.6 と 92.2 の差に、陸地から海洋への若干の流れを加えたもの）。海洋と陸上の生態系による炭素の全体としての吸収と、土地利用の変化と化石燃料の燃焼に伴う排出の推計値を合計すると、大気中の濃度は記録されているよりも高い結果となる。陸上生態系が現在余分に吸収していると考えられる。2.7Gt の「残余吸収」といわれているものは、土地被覆の変化（森林伐採を上回る植林や造林に伴う森林被覆の純増）と、CO<sub>2</sub> 濃度の上昇に反応して森林の成長が早まっていること（CO<sub>2</sub> 施肥効果）を反映し

た炭素吸収の増加が原因だとみられている。

陸上生態系は約 2,300Gt の炭素を保持しているが、うち地上のバイオマスが 500Gt、土壌がその約 3 倍に相当する残りを含有している。森林伐採の削減が排出の伸びを抑えるためのひとつの重要な要素になる必要がある。土地の炭素貯留を増やすためにあらゆる努力が払われるべきであるが、気候が変動し、火災や害虫の来襲、旱魃、熱ストレスの頻度が増加するなかでは困難な課題であろう。もし化石燃料の排出が平常通りの軌道をとるならば、排出に対する森林やその他の陸上生態系による吸収は鈍化ないし逆転する可能性さえあり、一部のモデルによれば、このような生態系は世紀末までに総計では排出源になるだろう。また、暖かくなった海洋は CO<sub>2</sub> の吸収が遅くなるため、化石燃料排出のうちより大きな部分が大気に残ることになるだろう。

出所：Fischlin 他 2007; IPCC 2000; IPCC 2001; Canadell 他 2007; Houghton 2003; Prentice 他 2001; Sabine 他 2004.



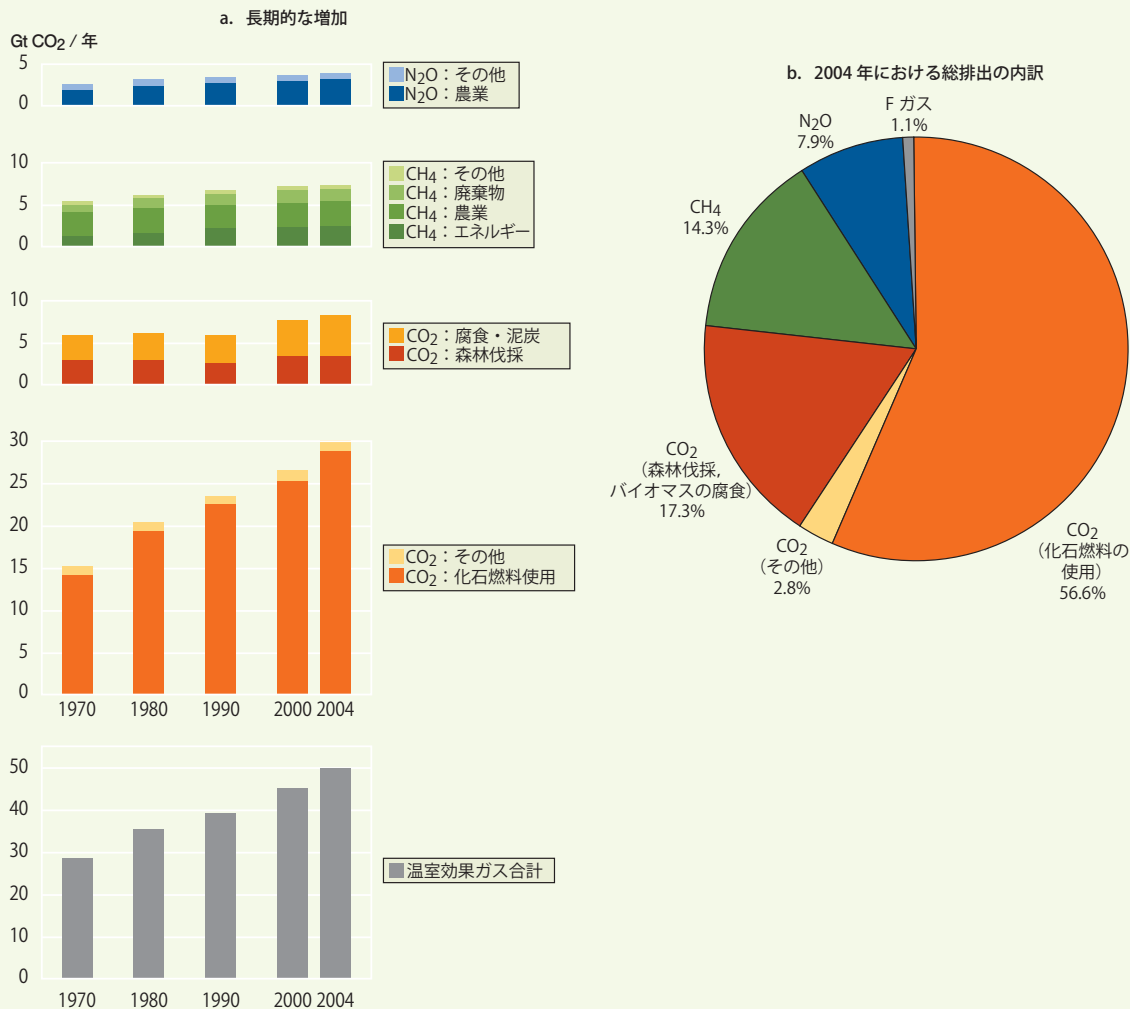
地利用変化と森林伐採が残りの 20%を占めている。1950 年頃には化石燃料と土地利用の関与の割合はほぼ等しかった。それ以降、エネルギーの利用は 18 倍に増えている。メタンや一酸化二窒素を含め、他の温室効果ガスも化石燃料の燃焼、農業や工業活動、土地利用の変化によって、大幅に増加している (図 FA.1) <sup>9</sup>。

人間が生み出した汚染物質のなかには、地球を温暖化するものもあれば冷却化するものもある (図 FA.2)。二酸化炭素、一酸化二窒素、ハロゲン元素を含む炭素化合物 (ハロカーボン) <sup>10</sup> は赤外線を閉じ込めることによって地球を暖めるが、このようなガスの濃度が何世紀にもわたって上昇してきたため、その温暖化効果が長期的な気候変動の原因となっている。これに対して、メタンの排出による温暖化効果はせいぜい 20-30 年しか続かず、エアゾールの

気候面での影響力——ブラック・カーボン (煤) のように温暖化効果か、あるいは反射性の硫酸塩のように冷却化効果のいずれか <sup>11</sup>——となると、わずかに数日間ないし数週間しか続かない <sup>12</sup>。したがって、今後数十年間における石炭の燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出は大幅に減少して長期的な温暖化は削減されるだろうが、それに関連した硫酸塩の排出 (石炭の燃焼が主因) がもっている冷却化効果の削減を考えると、おそらく 0.5℃の気温上昇につながるだろう。

現在の気温は産業革命以前との比較ですでに 0.8℃高くなっている (図 FA.3)。反射粒子 (硫酸塩エアゾールなど) の冷却化効果がもし存在しなかったら、又、それが海洋気温を赤外線の温暖化効果と均衡させるのに要した数十年間がもしなければ、人間活動を原因とした地球の平均気温の上昇は現在すでに約 1℃に達していただろう。つまり、現

図 FA.1 世界全体の温室効果ガス排出は増加傾向にある



出所: Barker 他 2007 から再録。

注: 本図は主要な温室効果ガスの中長期的な排出源と増加率を示したものである。化石燃料と土地利用変化が主要な CO<sub>2</sub> 排出源であるのに対して、エネルギーと農業は CH<sub>4</sub> の排出にそれぞれほぼ同程度の関与をしている。N<sub>2</sub>O の主たる排出源は農業である。図に示されていない他の温室効果ガスには、ブラック・カーボン (煤)、対流圏オゾン、ハロカーボンがある。異種ガスの排出量換算は 100 年間の地球温暖化係数 (GWP) に基づく。この説明については注 9 を参照。

在の高くなっている温室効果ガス濃度だけでも 2℃の温暖化がほぼ約束されているといえる。その水準を超えると、世界は非常に破滅的な、あるいは「危険な」結末を経験することになると予想される<sup>13</sup>。

**現在までに観察されている変化により、科学についてのわれわれの理解が変わったことが意味するもの**

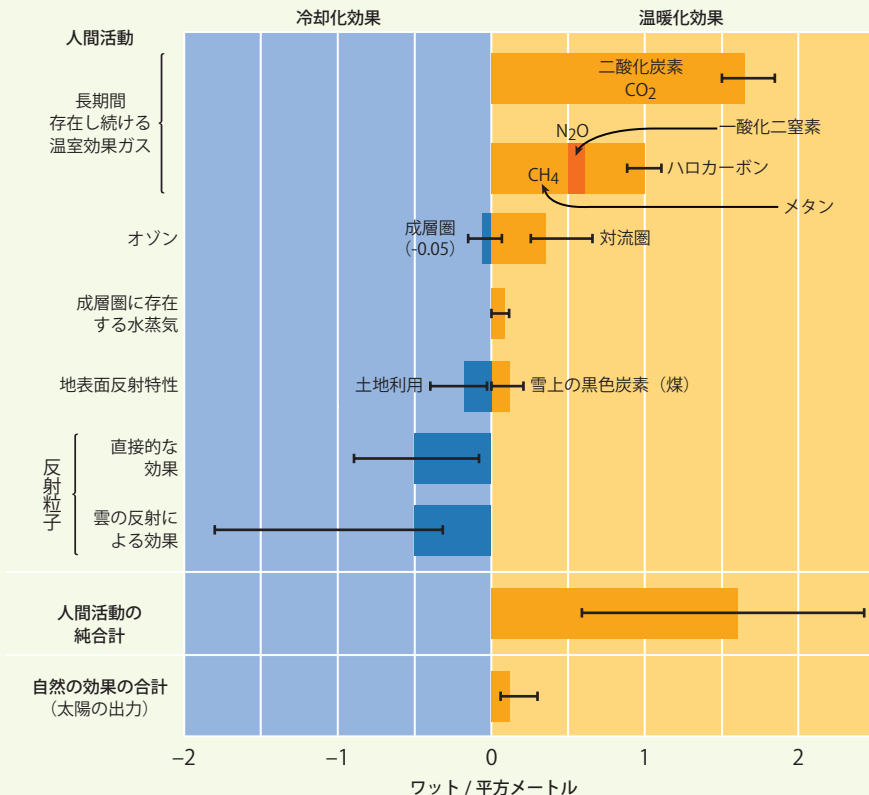
19 世紀以降における気候変動の影響は、現在、特に大気と海洋の平均気温の観測値、特に北極海とグリーンランドを中心に世界中で雪や氷の融解が広がっていること（図 FA.4）、世界的な海水面の上昇などにおいて明瞭である。寒い日、寒い夜、霜の発生は頻度が少なくなる一方で、熱波の頻度と強度は増加している。洪水と早魃の両方が頻繁に発生するようになってきている<sup>14</sup>。大陸の内奥部は総降水量の全体的な増加にもかかわらず、乾燥化が進展している。世界全体では降水量は増加している。これは地球の水循環

が気温の上昇によって速くなっているためである。ただし、サヘル（アフリカの大草原）や地中海沿岸地域では早魃の発生回数が増加し、厳しくなっている。激しい降雨や洪水がより一般的になっており、嵐や熱帯性低気圧の強度が高まっているという証拠がある<sup>15</sup>。

このような影響は地球全体にわたって均等に配分されているわけではない（地図 FA.1）。予想されているように、気温の変化は極地において最大になっており、北極地方の一部地域では過去 10 年間に 0.5℃の温暖化が生じている<sup>16</sup>。緯度が低い赤道に近い地域では閉じ込められていた赤外線エネルギーは水の蒸発に費やされ、温暖化を制限している。しかし水蒸気の量が増加しており、これらが対流性の嵐や熱帯性低気圧から豪雨となって降り注いでいる。

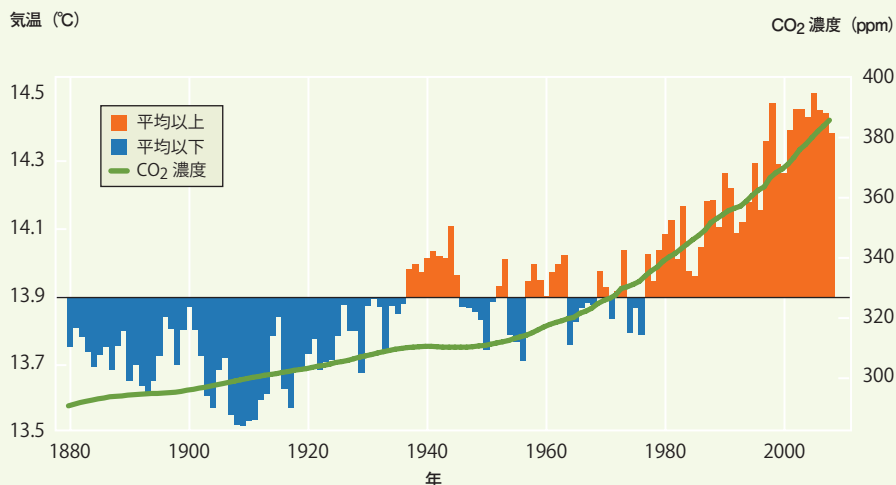
多くの生態系の変化に対する適応力は今後 20-30 年の間に、気候変動の影響とその他のストレス（生息地の劣化、新たに侵入する生物、大気や水の汚染などを含む）の組み

図 FA.2 産業革命以降の気候に影響を与えている主要な要因



出所：Karl, Mellillo and Peterson 2009 からの翻案。

注：本図は多種多様な要因が工業化（産業革命後）の始まり以降（1750 年頃～現在）に、地球の気候に及ぼした温暖化効果（オレンジ色の棒グラフ）あるいは冷却化効果（青色の棒グラフ）の規模を示したものである。図の上部には人間が誘発した主要要因が含まれ、下部には気候に長期にわたる効果をもつ唯一の主要な自然の要因である太陽が含まれている。個別の火山がもつ冷却化効果も自然の要因であるが、比較的短期間であるため（2-3 年）、その効果は本図には含まなかった。最下部に近い欄は、人間活動の効果の純合計（温暖化効果から冷却化効果を引いた結果）は大きな温暖化効果となっていることを示している。各種グラフに付いている細い線は不確実性の範囲を示す。

図 FA.3 地球の年平均気温と CO<sub>2</sub> 濃度は上昇を続けている (1880-2007 年)

出所：Karl, Melillo and Peterson 2009 からの翻案。

注：オレンジ色の棒グラフは各年の平均気温が 1901-2000 年の平均気温を上回り、青色の棒グラフはそれを下回ることを示す。緑色の線は CO<sub>2</sub> 濃度の上昇を示す。長期的な地球温暖化の傾向が明確にみとれるものの、すべての年について前年比上昇がみられるわけではない、変化の率も年によって大小がある。このような年ごとの気温変化は、エルニーニョ、ラニーニャ、火山噴火などの影響といった自然の過程に起因している。

合わせに圧倒される公算が大きい。気候変動によって動植物種にとって理想的な範囲が地理的に変化するため、生態系には重大な変化が生じるものと予想されている<sup>17</sup>。2万件のデータセットがすでに示しているところによれば、気温上昇の明らかな結果として、広範囲にわたる種が移動を始めており、その変化は平均すると 10 年間で 6 キロメートル極地に向かう、あるいは 6 メートル山岳地帯に向かう動きとなっている<sup>18</sup>。このような急速な変化は長らく確立していた捕食・被食関係の多くに時期の不一致をもたらしており、移動が早すぎたりあるいは遅すぎて伝統的な食料を見付けることができないう種中にはある。

過去 20 年間で、気候変動の科学に関するわれわれの理解は大幅に改善した。例えば、1995 年に IPCC は次のような結論を出している。「有力な証拠は、地球の気候において人間の影響が認められることを示している」<sup>19</sup>。2001 年には IPCC は次のように結論付けている。「近年得られた、より確かな事実は、最近 50 年間に観測された温暖化のほとんどは、人間活動に原因があることを示している」<sup>20</sup>。6 年後の 2007 年に IPCC は以下のような結論を述べている。「気候システムの温暖化には疑いの余地はない。20 世紀半ば以降の観察されている地球の平均気温の上昇のほとんどは、人間の活動が原因となっている温室効果ガス濃度について観察されている上昇に帰することはほぼ確実である」<sup>21</sup>。

科学者たちが共同で 2001 年と 07 年に気候変動の影響、あるいは 5 つの分野における懸念の理由を要約した。特

異的 / 危機的な状態にある生態系、極端な気象現象、影響及び脆弱性の分布、経済における集計的な総影響、大規模な特異事象、の 5 つである。「濃淡によってリスクの度合いを示す」図の中で、赤色の濃淡は、問題にしている影響に対する懸念の度合いを示している (図 FA.5)。左右のパネルの B 欄の比較から、入手可能な最良の情報が 2001 年から 2007 年の間に赤い領域を異常気象に対する 0 度の線の方へどのくらい移したかがわかる。すなわち、現在の地球の平均気温において、異常気象がすでに増加しつつあるということである。2 つの E 欄を比較すると、世界が現在の水準を上回ってさらに 2°C 温暖化する場合には、海洋のベルトコンベヤー熱配分システムの変化や、メタンの大量放出につながる北極海の破局的な融解などの不連続的な事象の脅威はかなり大きくなるのがわかる。

2007 年に IPCC が第 4 次評価報告書を完成してから、新しい情報によって科学的な理解はさらに進歩している。この情報には、気象における最近の変化を反映させた観測値、観測されている気候変動とそれが人間や自然によるものかどうかのより明確な説明、炭素循環のフィードバックに関する理解の改善、異常気象の将来的な変化と破滅的な変化の可能性に関する新しい予測などが含まれている<sup>22</sup>。様々な災害の起こる可能性が今やかつて考えられていたよりも大きいと評価されるようになってきている。特に今世紀中に海水面が大幅に上昇し、異常気象が増加するリスクは大きいと予測されている。

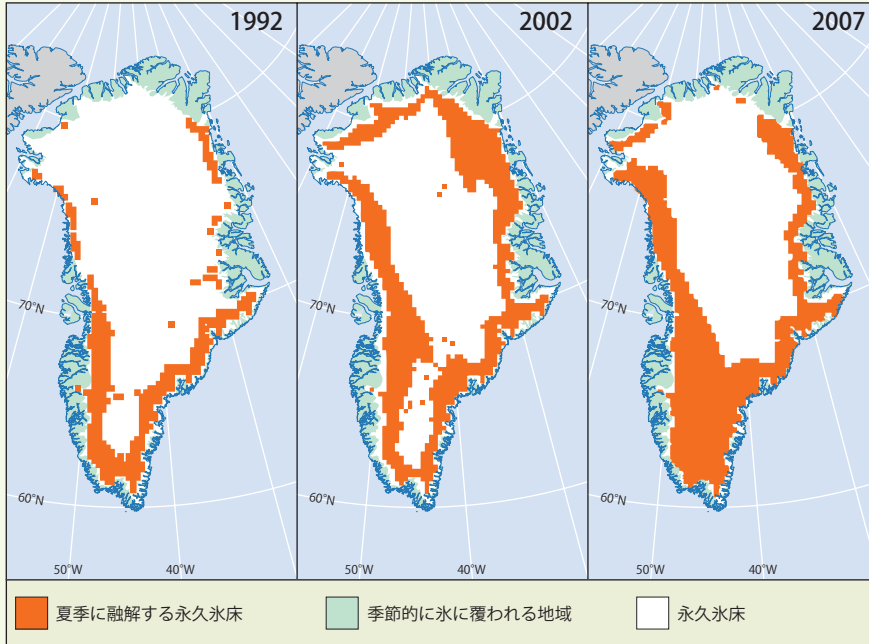
気温の上昇が2℃を超えた場合の将来における変化

将来の気候変動が人間や環境に及ぼす物理的な影響には、生態系に対するストレスの増大（あるいはその壊滅さえ考えられる）、生物多様性の損失、植物の生育期の時期的な変化、沿岸地域における侵食や帯水層の塩類化、永久凍土の融解、海洋の酸性化<sup>23</sup>、害虫や疾病の生息地域の変化などが含まれる。図FA.6はこれらがもたらす影響をさまざまな気温と地域について示したものである。

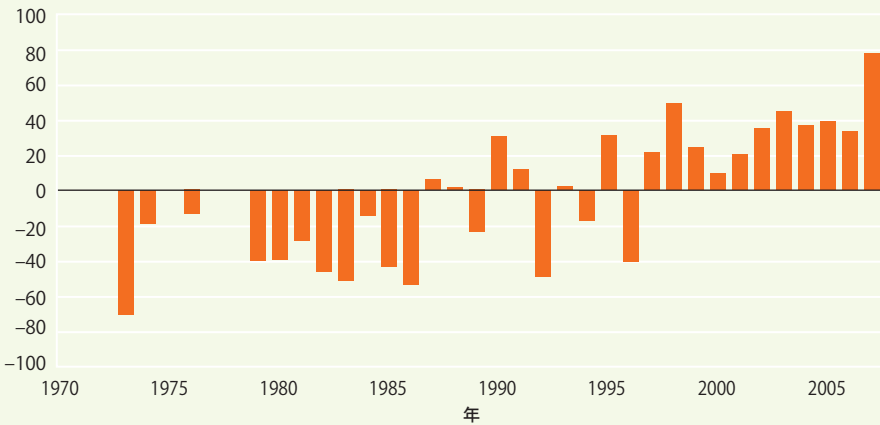
将来的な気候変動がもたらす物理的な効果は、気温の上昇の仕方や地域の違いによって、様々な影響を人や環

境に及ぼす（図FA.6）。もし気温が産業革命以前に比べて2℃高くなると、中緯度地方と半乾燥性低緯度地方では、追加的に4-17億人において水の入手可能性が低下する。極端な水不足の影響を受けるのは、主としてアフリカとアジアの人々であろう。このような高い温度においては、ほとんどのサンゴ礁は死滅する（ボックスFA.2）。気候変動が一般化した低緯度地方では、一部の作物、特に穀物を中心にうまく育てることができなくなるだろう。動植物種の約4分の1については絶滅するリスクが増大する公算が大きい（フォーカスB参照）<sup>24</sup>。地域社会は熱ス

図FA.4 グリーンランドにおける氷床の融解



季節的な融解の面積 (1,000km<sup>2</sup>)



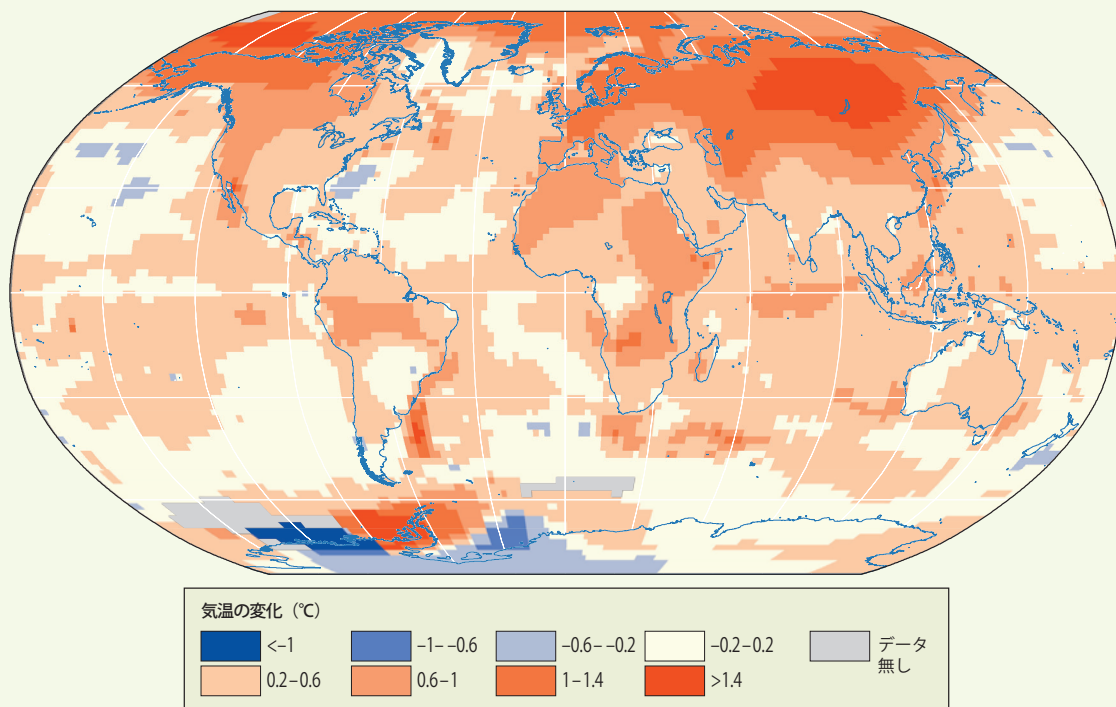
出所：上の図は次に掲載されている図を適用。ACIA 2005; Cooperative Institute for Environmental Sciences (CIRES), <http://cires.colorado.edu/steffen/greenland/melt2005/> (2009年7月アクセス)。下の図はMote 2007からの再録。

注：グリーンランドの地図のオレンジ色の地域は夏季に氷が溶ける範囲を示す。この範囲は近年著しく拡大している。2007年に失われた氷は05年比で10%増加している。棒グラフから、氷に覆われる地域は年ごとの変動にもかかわらず、10年間にわたって大幅な損失が生じていることがわかる。



地図 FA.1 過去 30 年間における世界の気候変化に見られる地域的な相違

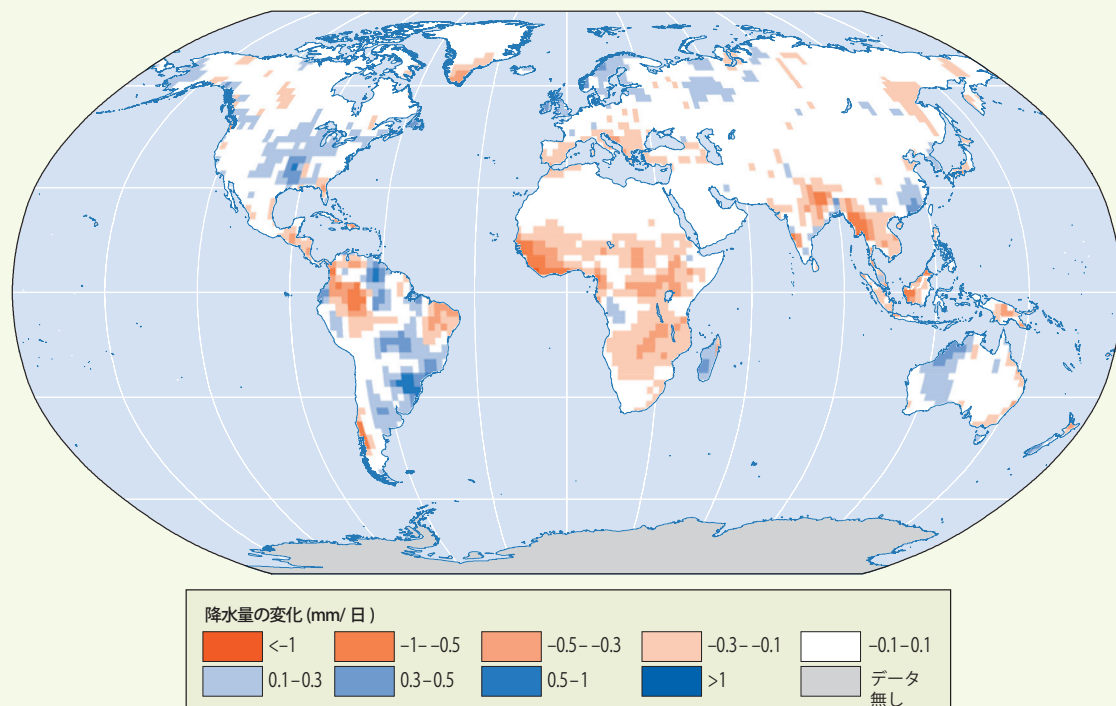
a. 気温



出所：Goddard Institute for Space Studies, [http://data.giss.nasa.gov/cgi-bin/gistemp/do\\_nmap.py?year\\_last=2009&month\\_last=07&sat=4&sst=1&type=anoms&mean\\_gen=07&year1=1990&year2=2008&base1=1951&base2=1980&radius=1200&pol=reg](http://data.giss.nasa.gov/cgi-bin/gistemp/do_nmap.py?year_last=2009&month_last=07&sat=4&sst=1&type=anoms&mean_gen=07&year1=1990&year2=2008&base1=1951&base2=1980&radius=1200&pol=reg) (2009年7月にアクセス).

出所：黄色、オレンジ色、赤色は 1980 年から現在までの平均気温とそれまでの 30 年間とを比較した上昇率を示す。温暖化は特に北半球を中心に高緯度地方で最大となっている。

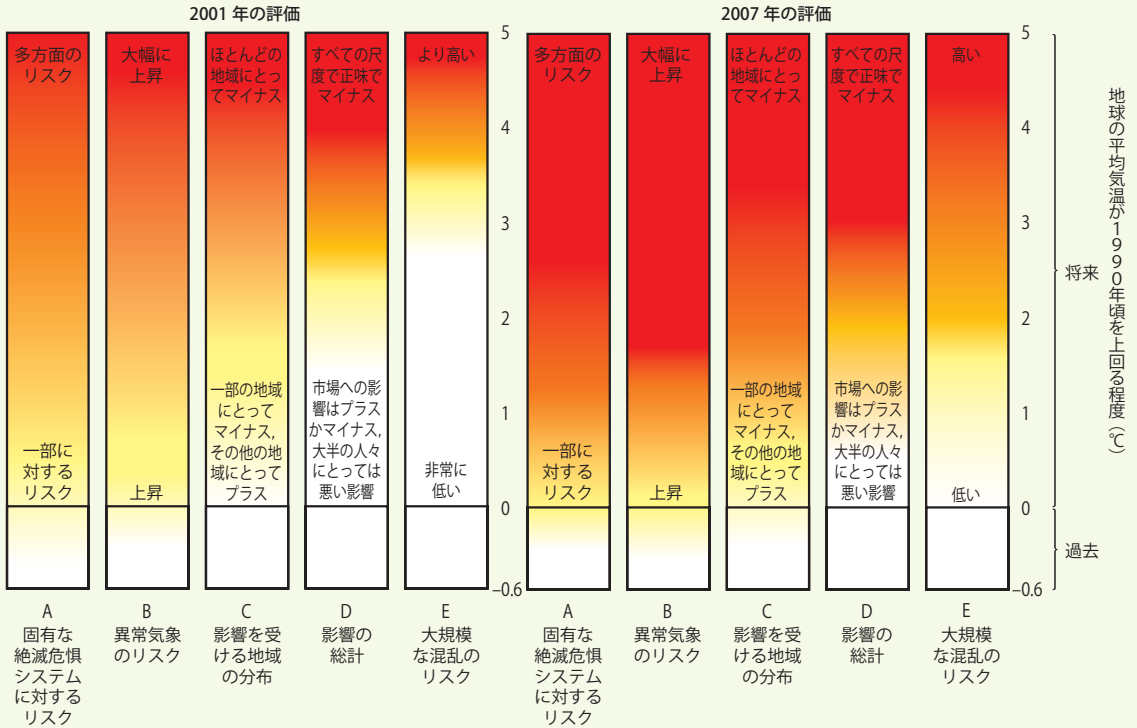
b. 降水



出所：[http://data.giss.nasa.gov/cgi-bin/precipru/do\\_PRCmap.py?type=1&mean\\_gen=0112&year1=1980&year2=2000&base1=1951&base2=1980](http://data.giss.nasa.gov/cgi-bin/precipru/do_PRCmap.py?type=1&mean_gen=0112&year1=1980&year2=2000&base1=1951&base2=1980) (2009年5月にアクセス).

注：オレンジ色は 1 日当たり降水量の減少を示す。青色は 1980 年から現在までとそれまでの 30 年間とを比較した増加を示す。乾燥化が最大なのは内陸部で、多くの沿岸地帯では降水量がかつてよりも増えている。降水の地理的な分布の変化は農業にとって深い意味合いをもっている。

図 FA.5 濃淡で示したリスクの度合い：リスクと損害の評価は 2001 年から 07 年の間に高まっている



出所：Smith 他 2009 からの再録。

注：本図は気候変動によるリスクを示したもので、2001年（左）とそれを修正した2007年（右）について比較できるようになっている。気候変動の結果は長方形で、地球の平均気温が現在の水準を何度（0-5℃）上回るかに応じて示されている。各長方形は特定の種類の影響に対応している。例えば、アルプスの草原地帯や北極圏の生態系など「固有な絶滅危惧システム」は最も脆弱で（Aに濃淡で示されている）、気温が少しでも変化すれば大きな損失につながる可能性がある。配色はリスクが漸進的に大きくなるにしたがって、黄色から赤色に変化するようになっている。1900-2000年の間に地球の平均気温は0.6℃（それ以降の10年間で約0.2℃）上昇しており、すでに一部の影響が顕在化している。2001年以降、損害のリスク評価は現在の水準を1℃（産業革命以前の水準比なら2℃）上回る気温の上昇についてさえ大きくなっている。

トレスに苦しみ、沿岸地帯は冠水が頻繁に発生するようになるだろう<sup>25</sup>。

産業革命以前の水準に比べて5℃上昇したらどうなるだろうか？ 約30億人の追加的な人々が水ストレスで苦しみ、サンゴ礁はほとんどが死に絶え、世界中の種の約50%が最終的には絶滅するだろう。また、温帯と熱帯の両地域における農作物の生産性の低下、沿岸湿地帯の約30%の冠水、地球規模で数メートルの海面上昇、栄養失調や下痢、心肺系疾患の増加に伴う人間の健康システムへの著しい負担などが起こる可能性がある<sup>26</sup>。陸上生態系は「炭素の吸収源」（貯留）から炭素の排出源に変化するだろう。この炭素が二酸化炭素あるいはメタンとして発散されると、やはり地球温暖化を促進すると考えられる<sup>27</sup>。多数の小さな島嶼国家や沿岸地域の平野は高波や大規模な氷床が減少することに伴う海面上昇で氾濫し、一方で、海水が後退するにしたがって北極地方の人々の伝統的な生活様式は失われるだろう。

最近のデータが示すところによると、海水の損失、グリーンランドと北極圏の氷床の融解、海面上昇、永久

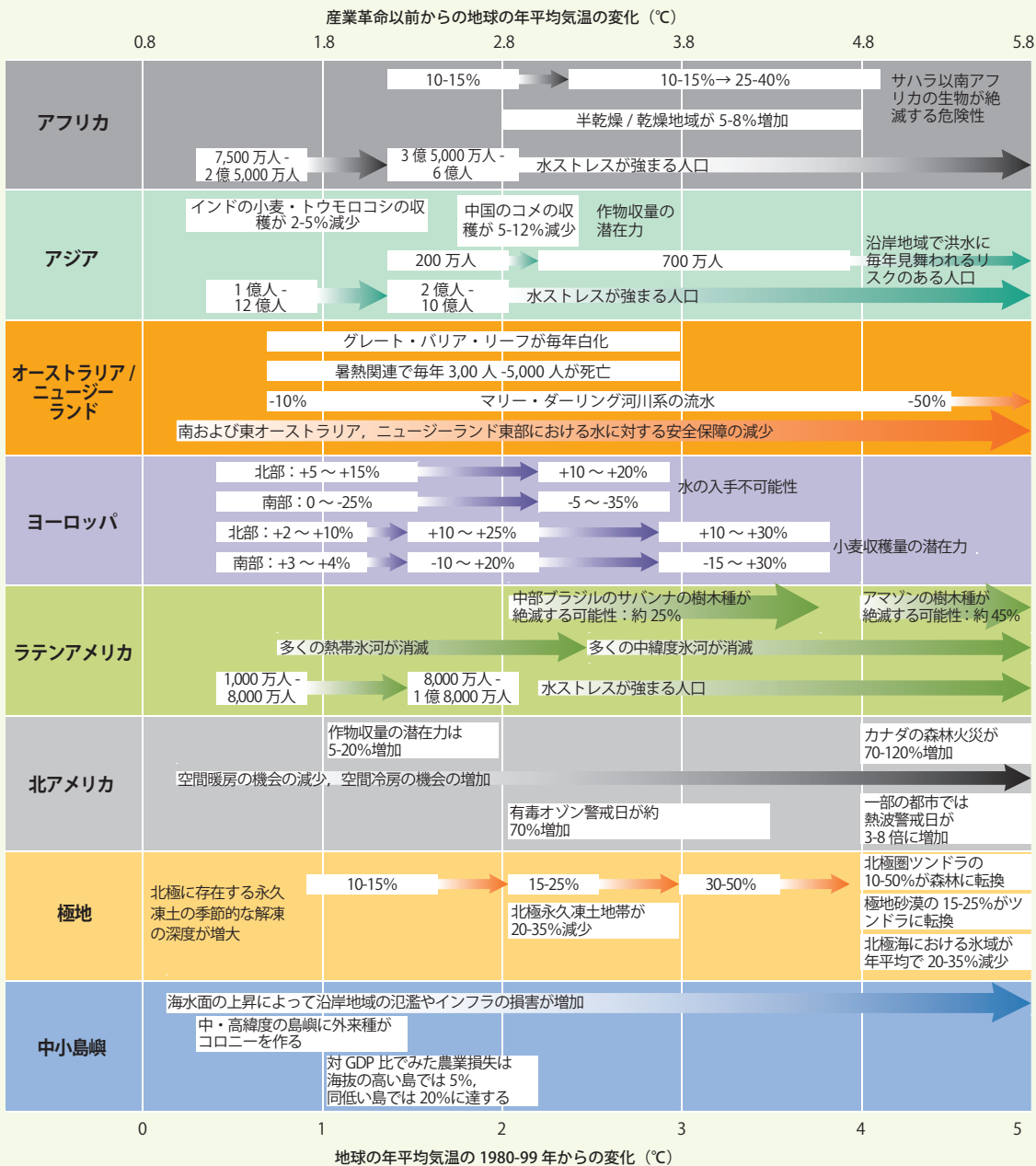
凍土と山岳氷河の融解は、IPCCが2007年に報告書を完成した時点で予想されていたよりも速い速度で進展している<sup>28</sup>。新しい分析は、西アフリカにおける旱魃<sup>29</sup>やアマゾン熱帯雨林の乾燥化<sup>30</sup>が起こる可能性はかつて考えられていたよりも高くなっていることを示している<sup>31</sup>。

科学的な不確実性は、気候変動を抑制するための行動を起こす前に、より多くの証拠が出てくるのを待つべき理由としてしばしば引き合いに出されている。しかしこのような最近の驚くべき事実は、すべてにおいて不確実性が逆に作用して、結果が予想外に悪くなり得るということを証明している。概観と第1章で強調したように、気候システム、インフラや技術の転換、社会経済システムにおける不可逆的な影響や慣性の可能性を考えると、不確実性の存在は予防的な対応策をとることを正当化している。

閾値を超える？

これらの影響は異常事象が増加する可能性と不確実性を十分とらえていないか、あるいは不可逆的で破局的な事象

図 FA.6 気候変動がもたらす影響に関する地域別予測



が発生する限界を明確にしていない。通常は、気候変動は地球の平均気温の漸進的な上昇として特徴付けられているが、この表現は少なくとも2つの面で不十分であり、誤解を招いている。

第1に、歴史学と古気候学の両方の記録は、気候に関して予測されている変化は漸進的ではなく、一挙に急激に起こり得ることを示している。既に述べたように、グリーンランドや西北極圏の氷床は地球温暖化で特に危険にさらされており、貯蔵している水の量が大规模かつ急激に変化

するメカニズムが存在していると考えられる<sup>32</sup>。両氷床に現在貯蔵されている氷の完全な融解が海面を最終的に約12メートル押し上げることを考えると、これは重要である。一部の分析は、この過程は温暖化が進行しつつある世界でゆっくりと進行し、数千年間を要するとしている。しかし最近の研究の指摘では、このような氷床は主として海面下に存在していて暖かくなっている水に取り囲まれているので、その融解はおそらく2-3世紀かもっと早い速度で起こり得る<sup>33</sup>。海洋循環の変化を伴うこのようない

## ボックス FA2 海洋の健全な状態：サンゴ礁と酸性化

高まり続ける大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の化学面における直接的な結果として、海洋は今後数十年間および数百年間の単位で徐々に酸性化していくだろう。過去 20 年間にわたる人為的な CO<sub>2</sub> 排出の約 3 分の 1 を吸収したことによって、表面海水の pH は 0.1 単位低下した。(pH は酸性ないしアルカリ性の度合いを示すもので、対数目盛で測定される。0.1 の低下は海洋の酸性度が 30% 増加したことを意味する。) 表面海水の pH について今後の 100 年について予測されている低下は 0.3-0.5 単位の範囲内にあるが、それは海洋の酸性度が数千万年間で一番高くなるということを示している<sup>34</sup>。海洋の酸性度の変化は、海洋光合成を行っている多くの有機体や動物に引き起こされる問題において最も重要な意味をもつ。そのような有機体や動物には、サンゴ虫、二枚貝、炭酸カルシウムから甲殻を作る一部のプランクトン種が含まれる。「石灰化」のプロセスは海水の酸性化によって阻害されるだろう。影響を受ける最も数の多い生命体は一部のプランクトンである。これは海洋の食物連鎖の基盤を形成しており、魚や海洋哺乳類にとっては主要な食料源になっている。入手可能な証拠によると、海洋の種や生態系がそのような海洋の化学的性質の急変に対応して順応ないし進化できるかどうかに関しては、著しい不確実性がある。海洋の CO<sub>2</sub> 濃度上昇がもたらす影響に関する研究は、現段階ではまだ初期段階にある。

しかし、サンゴ礁については、悪い影響がすでに明確になりつつある。サンゴ礁は気候や大気の変化に最も脆弱

な海洋生態系のひとつであり、人間の活動がもたらす影響と地球の気候変動の複合的な要因に脅かされている。その消滅は何百万という人々に直接影響するだろう。サンゴ礁は、熱帯でも深い冷水域でも、地球の生物多様性の宝庫であり、年間約 3,750 億ドル相当の財とサービスをほぼ 5 億人にもたらしている。世界の最貧層のうち約 3,000 万人は食料を直接的にサンゴ礁の生態系に依存している。

サンゴ礁は最近の気温上昇によって熱限界近くに押しやられている。海水面の温度が上昇するとサンゴのストレスとなって、サンゴの白化（共生藻の損失ないし死）を引き起こし、多くの場合大量死をもたらす。海洋温度の産業革命以前の水準比で 2°C 以上の上昇は、多くの地域で生態学的な「転換点」を超過する可能性が大きい。特に海洋の酸性化が炭酸塩の濃度を低下させて、サンゴ礁の形成を妨げるからである。サンゴが死ぬと、死んだ礁に大型藻類がコロニーを作って、サンゴの成長を阻害する。管理が悪いとこのような力関係が増幅されることがある。というのは、草食性の礁魚の乱獲は大型藻類のさらなる豊穡につながるからである。また、森林伐採や不適切な農耕法に伴う堆積物や流れ出した栄養素は、大型藻類の成長を促進して、サンゴに対する被害を一層悪化させる。

出所：Barange and Perry 2008; Doney 2006; Fabry 他 2008; Wilkinson 2008.

a. Monaco Declaration, <http://ioc3.unesco.org/oanet/Symposium2008/MonacoDeclaration.pdf> (2009 年 5 月にアクセス)。

ずれか、あるいは両方の氷床の融解速度の急な上昇は、温暖化しつつある世界の気候システムがもっているいくつかの臨界点のひとつを意味する可能性がある。これはこうした変化が後戻りできない点を通過するということであり、気候システムが違った状態に移移して、環境的及び社会的に大混乱が生じる潜在性も増大するということを示している<sup>34</sup>。

第 2 に、地球の平均気温にちょうど該当する場所に住んでいる人など一人もいない。気候変動の影響は場所によって著しく異なり、他の環境ストレスと相互作用し合うのが普通である。例えば、蒸発と降水はともに増加しており、世界的に今後とも引き続き増加するであろうが、大気循環が変わるためにそうした変化は地域によって異なることになり、雨が多くなる場所もあれば雨が少なくなる場所もあるだろう。起こる可能性のある追加的なものには以下のような事象が含まれるだろう。嵐の進路の変化、熱帯性低気圧の勢力の増加に伴う異常な降水、降雪線の上昇に伴う春の積雪の減少、山岳氷河の一層の減少<sup>35</sup>、冬期に降雪や海水でおおわれる面積の減少、土壌水分の蒸発速度の上昇に伴う早魃や火事の頻度の増加と大規模化、永久凍土の範囲の減少、大気汚染の事例の増加、などがある。世界のモンスーンや海洋大気振動の時期とパターンが変化する

可能性もある（エルニーニョ・南方振動や北大西洋振動にみられるように）。地図 FA.2 と表 FA.1 は一部のあり得る臨界点、その場所、変化と、考えられる災害の引き金になる気温を示したものである。

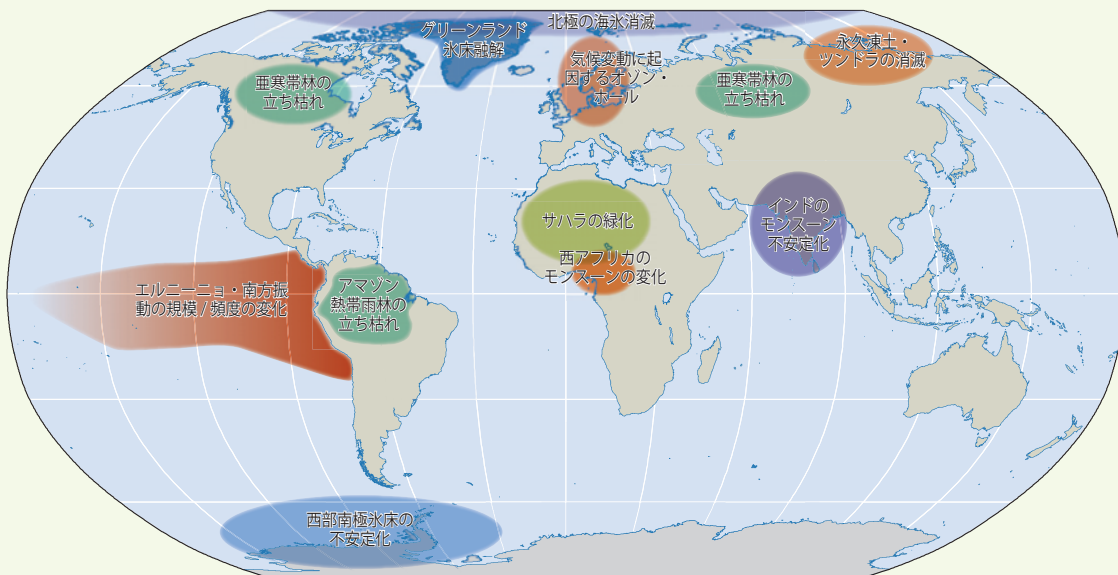
## 2°C の温暖化を目標として 5°C 以上の温暖化を回避することができるか？

多くの研究による結論によれば、温室効果ガスの大気中濃度を CO<sub>2</sub> 換算で 450ppm に安定化させれば、地球の平均気温を産業革命以前に対して 2°C 上回る水準に抑制できる確率が辛うじて 40-50% になる<sup>36</sup>。そこに至る排出量の推移の仕方は多数あるが、すべてに共通して、排出が今後 10 年間でピークを打って、2050 年までに世界全体として現在の水準の半分に減少し、その後もいっそう減少することが求められている。しかし、特定の気温を超過しないことについてより確かな確信をもつためには、排出削減は更に急ぐ必要がある。図 FA.7c で示されているように、2°C の軌道にかかわる「最善の推測」では、4°C になってしまう可能性を排除することができないからである。

問題をより確実に把握するためには、排出を割当量で考える方法がある。CO<sub>2</sub> だけに起因する温暖化を 2°C に抑え



地図 FA.2 大きな変化が起こる可能性のある気候システムの要素：地球全体の分布



出所：Lenton 他 2008 からの出典。

注：気候システムがもつ地域的なスケールという特性には転換点が存在する。言い換えると、転換点における気候のわずかな変化が、システム全体にとって突然で不可逆的な変化の引き金を引く。気候変動のペースと規模に応じてこのような引き金が今世紀中に引かれる可能性がある。

表 FA.1 気候システムにおける転換点：引き金、期間、及び影響

転換の要素	引き金となる温暖化の水準	過渡期間	主要な影響
北極夏季海水の消滅	+0.5-2°C	10 年程度 (速い)	温暖化の増幅、生態系の変化
グリーンランド氷床の消滅	+1-2°C	300 年未満 (遅い)	海水面が 2-7 メートル上昇
西部南極氷床の融解	+3-5°C	300 年未満 (遅い)	海水面が 5 メートル上昇
大西洋熱塩循環の崩壊	+3-5°C	100 年程度 (漸次)	ヨーロッパでの地域的な寒冷化
エルニーニョ・南方振動の継続	+3-6°C	100 年程度 (漸次)	東南アジア等における早魃
インドの夏季モンスーン	不明	1 年程度 (速い)	早魃
サハラ/サヘル/西アフリカのモンスーン	+3-5°C	10 年程度 (速い)	環境収容力の増大
アマゾン熱帯雨林の乾燥及び立ち枯れ	+3-4°C	50 年程度 (漸次)	生物多様性の損失、降雨の減少
亜寒帯林の北方への移動	+3-5°C	50 年程度 (漸次)	生物群系の転換
南極底層水の温暖化	不明瞭	100 年程度 (漸次)	海洋循環の変化、炭素貯留の減少
ツンドラの融解	進展中	100 年程度 (漸次)	温暖化の増幅、生物群系の転換
永久凍土の融解	進展中	100 年超 (漸次)	メタンと二酸化炭素の発散に伴う温暖化の増幅
海洋のメタンハイドレードの発散	不明瞭	千年-10 万年	メタンの発散に伴う温暖化の増幅

出所：Lenton 他 2008 からの出典。

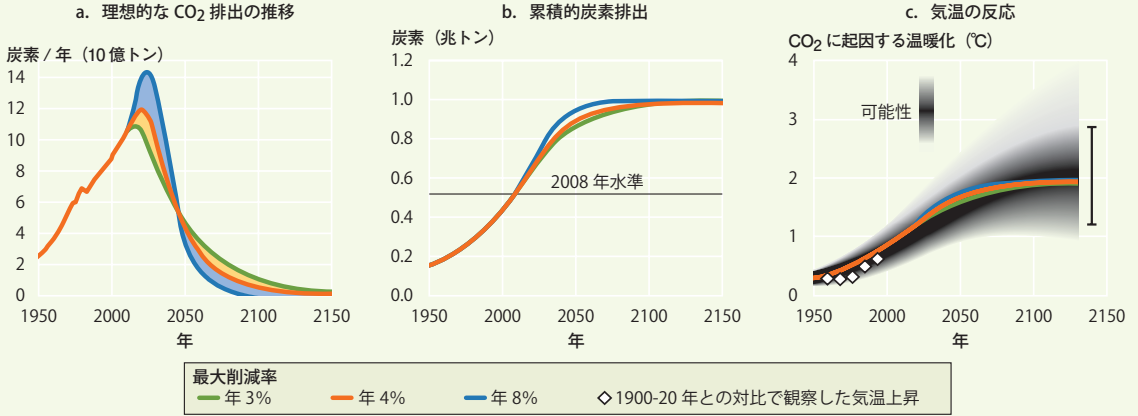
注：このようなシステムにおける転換点——西部南極氷床の融解、グリーンランド氷床の融解、アマゾンの乾燥化、海洋循環 (Kriegler 他 2009) ——を凌駕する確率に関して、2-4°Cの温暖化でこのような現象のひとつが発生する確率は少なくとも 16%と専門家は推計している。地球の平均気温が 2000 年比で 4°C以上上昇すれば、この確率は 50%を凌駕するだろう。多くの場合、このような数字は現在の気候災害評価で破局的な事象に割り当てられている確率を大幅に上回っている。例えば、Stern (2007) は 5°Cの温暖化の場合、氷床の 5-20%が損失する確立は 10%である、と仮定している。

るためには、累積的な CO<sub>2</sub> 排出を炭素で 1 兆トン (Tt)、CO<sub>2</sub> で 3.7 兆トンに抑制する必要がある<sup>37</sup>。世界は過去 2 世紀半でその量の半分をすでに排出している。21 世紀について、「平常通り」のシナリオでは、40 年間で残りの 0.5 兆トンを排出してしまい、それ以降の世代は基本的に炭素をまったく排出しない世界で生活しなければならない。

累積的な排出割当量の概念は目標を短期と長期の両方で考える枠組みを提供してくれる。例えば、2020 年の排出

が多ければ多い程、不変である 2050 年における排出量にとどまるためには排出をより少なくする必要がある。もし削減の開始を早めてさらに 20-40%の炭素排出の増加が許されたとすれば、炭素排出の割当量を守るためにはその後の削減率を年間 4% (図 FA.7a のオレンジ色の軌道) から 8% (青色の軌道) の間にする必要がある。比較のために、京都では富裕国は排出を 2008-12 年について 1990 年水準比で平均 5.2%削減することに同意した。しかし、温暖

図 FA.7 温暖化を産業革命以前の水準比で 2°C に抑制する方法



出所：Allen 他 2009a.

注：3 つの理想的な排出軌道（パネル a）は、1 兆トンの累積的な炭素総排出（パネル b）とそれぞれ整合的である。各軌跡は累積的な総計は影響を受けないという前提の下で、気候システムの反応にかかわる不確実性があるなかで（灰色の濃淡）、同一範囲の気温上昇予測値を生み出す（パネル c）。パネル a の青色、緑色、及び赤色の曲線はすべて 1 兆トンの排出枠と整合的であるが、排出のピークが高く、遅くなるほど、同じ排出枠内にとどまるために排出はより速く減少しなければならない。パネル c は 1900-1920 年との対比でみた気温の上昇を示したものである。2°C が最も可能性の高い結果ではあるが、産業革命以前の水準比で 4°C という大幅な気温上昇の可能性も否定し切れない。

化を約 2°C にとどめるためには、世界の総排出量は毎年 4-8% ずつ減少し続けなければならない。

メタン、ブラック・カーボン、一酸化二窒素など他の温室効果ガスに起因する温暖化——それらは現状では温暖化の約 25% を占めている——は、人間活動に伴う温暖化が 2°C 程度にとどまるためには CO<sub>2</sub> 排出の限度をさらに低くする必要があることを意味している。このような CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガスは、われわれの炭素排出量で残されている 5,000 億トンのうち約 1,250 億トンを占めている。このことは、排出可能な CO<sub>2</sub> は（炭素換算で）合計約 3,750 億トンにすぎないことを意味している<sup>38</sup>。メタン、ブラック・カーボン、対流圏オゾンなど、短命ではあるが温室効果の大きいガスについて 2020 年における排出を削減する

という短期的な措置をとれば、温暖化の速度を下げることになる。ブラック・カーボン を 50% 削減する、またはオゾン を 70% 削減する<sup>39</sup>、あるいは森林伐採を停止すれば、それぞれはほぼ 10 年間分の化石燃料の排出を相殺することに等しくなり、CO<sub>2</sub> 排出の削減と相まって温暖化の抑制に役立つだろう。過度な温暖化のリスクを本当に削減するためには、マイナスの排出に移行することも必要であろう。これは新しい排出がなく、大気中から CO<sub>2</sub> を除去するという意味する。これはエネルギーの供給にバイオマスを使い、さらに炭素を回収することによって達成可能になるだろう（第 4 章参照）。



PART

---

# 1







## 人間の脆弱性を軽減する： 人々の自助努力を支える

かつてバングラデシュでは洪水はたまに起きる災害であったが、今では2-3年に1度は起きるようになった。洪水に繰り返し襲われてもそこにとどまって、流された家や生計手段を再建した方がいいのか、それとも人々が密集する首都ダッカに行っておか暮らしてみる方がいいのか、人々は決断を迫られている。オーストラリア南部の高木の森林では、人々は史上最悪の山火事で失った自宅を建て直すべきかどうか悩んでいる。彼らは、記録が残っているなかでもっとも厳しく長い旱魃からまだ抜け出せずにいる。異常気象による損失が避けられない状況下で、社会は負担するリスクやその対応策を陰に陽に選択してきている。損失が巨額で、しかもその対応が不十分であったため、開発が阻害されることもあった。気候の変動に伴って、このような「適応不十分」と呼ばれる状態に陥る危険性が高い人々が増えている。

従来、気候に対する脆弱性を減らし、強韌性を高めることは各世帯や各コミュニティの責任であった<sup>1</sup>。それらは生計手段の選択、資産の配分、居住地の選択などによって行われた。今まで

の経験が示しているように、柔軟で強韌なコミュニティには地域の意思決定、多様性、社会的学習といった重要な特徴があり<sup>2</sup>、コミュニティの脆弱性そのものが創意工夫や適応策を模索する原動力になる<sup>3</sup>。しかし、今や気候変動は地域的な努力を圧倒する勢いであり、国家的及び世界的な支援システムがより一層必要になってきている。

人々の脆弱性は固定的ではなく、気候変動の影響は人々の多様な脆弱性を増幅することになるだろう。人々が密集した都市は危険な地域へと拡大している。近代的な農業によって自然のシステムはその姿を変えることを余儀なくされるだろう。ダムや道路といったインフラ整備は新たなチャンスを生むかもしれないが、人々にとっては新たなリスクともなり得る。気候変動がこのような変化に重なると、自然や人間、社会の各システムが受けるストレスはいっそう増えるだろう。状況の変化がほぼ確実とみられる状況の下で、人々は何とか生活を営んでいかなければならない。しかしその状況の変化を確実に予測することは不可能である。

どのような緩和の経路をたどろうと、今後数十年間、気温やその他の気候変動は似たような動きを示すだろう。気温は産業革命以前の時代と比べてすでに約1℃上昇しており、現実的なすべての緩和のシナリオでは今世紀の半ばまでにさらに1℃上昇する見込みが示されている。しかし、2050年以降の世界は現在とは大きく異なっているだろう（どの程度異なるかは緩和策に左右される）。現代の子どもたちと孫たちにとっての可能性を2つ考えてみよう。第1のシナリオでは、世界は産業革命以前の水準と比べて2-2.5℃の気温上昇に抑制できる軌道を進んでいる。第2のシナリオでは、排出が大幅に増えて、気温が産業革命以前の水準と比べて最終的に5℃以上上昇する<sup>4</sup>。

### 重要なメッセージ

気候変動がいつそう進行することは避けられない。気候変動によって人々は肉体的にも経済的にもストレスにさらされることになるが、とりわけ貧しい国ではそれが顕著であろう。適応するためには確固たる意思決定が必要である。長期的な視野で計画を立て、気候および社会経済のシナリオを幅広く考慮しなければならない。各国が変動性が著しい異常な気象に伴う物理的及び金融的なリスクを軽減することは可能である。最も脆弱な人々を守ることもできる。そのためには保険や社会保障といったすでに確立している仕組みをさらに拡充しなければならない。都市やインフラの計画は従来とは異なるやり方をしなければならない。これらの適応に向けた行動は気候変動が生じないとしても有益であろう。有望なイニシアティブも出現しつつあるが、それらを必要な規模で実行するためには資金、努力、創意工夫、そして情報が必要である。

たとえ気温の上昇が低い場合の軌道をたどったとしても、多くの生態系に対するストレスは増加し、病害虫や病気の発生パターンは変化し続けるだろう。農業は農耕法を大幅に変更するか、あるいは場所を移動しなければならないだろう。気温上昇が高い方の軌道をたどる場合、否定的な傾向のほとんどはいつそう悪化するだろう。寒冷地で農業生産性が上昇するといった若干の肯定的な傾向は帳消しにされてしまうだろう。農業は耕作法と場所の両面で大転換を余儀なくされると考えられている。暴風雨の激しさが増大するだろう。海水面は約1m上昇する可能性がある<sup>5</sup>。洪水、旱魃、異常な気温がより一般的なものになるだろう<sup>6</sup>。この10年間は記録的な猛暑だったが、2070年までには最も涼しい年ですら、現在よりもさらに暑くなる可能性がある。気候変動に伴う物理的及び生物学的なストレスが高まるにつれ、社会的緊張も高まると予想されている。

気温上昇が高い方の軌道をたどると、温暖化によって地球システムがもっているフィードバックが作用し始める可能性があり、そうなると緩和措置のいかににかかわらず、気温上昇を抑制することがいつそう困難になる。アマゾン川や亜寒帯の泥炭地について予測されているように、こうしたフィードバックは生態系を急速に破壊する可能性がある（フォーカスA参照）。このような世界では、人々は社会や経済の至るところで損失やコストが急増するのを目の当たりにすることになり、人類史上例を見ない規模での適応が必要となるだろう。資源をめぐる国際的緊張が高まり、被害が最も大きい地域からは人口流出が増えるだろう<sup>7</sup>。

気温上昇が低い場合のシナリオでも、適応することは困難な課題であり費用もかかるため、平常通りの開発ではまったく不十分となるだろう。有効性が判明した政策をさらに幅広く加速して実施することが最優先課題である。又、人々や制度、市場の創意工夫を利用して適応することも同様に重要である。気温上昇が高いシナリオの場合、温暖化が人間の適応可能な限界に近付きつつあるのか、あるいはすでに超えてしまっているのかということが問題になる<sup>8</sup>。人間の適応を制約するのは、物理的、生物学的、あるいは経済的な限界よりも、人々の倫理や文化、知

識、リスクに対する姿勢であるという説得力ある主張をする人もいる<sup>9</sup>。気候変動をどれほど有効に緩和できるのかによって、将来世代が担わなければならない適応に向けた取り組みが決まってくる。

環境に対する影響が少しずつ増加するのに伴って、将来の経済開発が受ける物理的な制約も大きくなるだろう。気候に関して賢明な政策は、環境がリスクにさらされ一層複雑化しているという課題に取り組まなければならない。開発の実施は、不完全な知識に対して変化に柔軟に対応できる戦略に基づき、さらに常に変化している基準により適合的なものでなければならない<sup>10</sup>。農作物に関する戦略は、変動の激しい気候条件下でもゆらぐことのないものでなければならない。これは、生産量を最大化するよりも、長期的に安定した生産が持続できる方法を模索することによって可能となるだろう。沿岸部の都市計画立案者は、人口動態の展開とともに海水面の上昇や洪水といった新たなリスクも考慮に入れる必要がある。公衆衛生に携わる者は、疾病の発生パターンが気候変動と結びついて予期せぬ変化を遂げることに備える必要がある<sup>11</sup>。リスクに対する計画や戦略を支えるために情報は極めて重要である。情報は優れた政策やリスク管理の改善の基礎といえる。

生態系とそのサービスの管理がいつそう重要になると同時にそれはますます困難になるだろう。地形の管理が行き届いていれば、洪水を緩和することが可能であろう。残されている沿岸湿地帯は、暴風雨被害の緩衝地帯となり得る。しかし、天然資源の管理は急速に変化する気候という障害に直面することになるだろう。すなわち、異常気象が増加し、生態系に対してかかる気象以外の負荷（土地利用や人口動態の変化など）もますます大きくなるだろう<sup>12</sup>。このような物理的なリスクの管理は気候に関してスマートな開発政策の一部になっていなければならない。このことは、回避可能な被害を避けるために必須の措置であるといえる。

しかし、すべての物理的な被害が避けられるわけではない。気候が変動している状況の下では、特に大規模な被害が発生する危険性を取り除くことは不可能であり、被害の発生する場所や時期が

不確定であることを考えると、そのような危険性を取り除くという試みは非常に高価なものになるだろう。気候による被害に対処するための財政的な備えが、家計にとっても政府にとっても非常に重要である。そのためにはリスク分散の柔軟な仕組みが必要となる。

第1章で検討したように、貧困層は物理的及び財政的なリスクを管理したり、適応策に関して長期的な判断をしたりする力が最も弱い。自給自足の生活をしているか、あるいは土地をもたず都市周辺の氾濫原に無断で居住しているかにかかわらず、気候の影響をより強く受ける。社会福祉や生産的資産、発言権などの欠如から生じる脆弱性は貧困層に特有なものではなく、他の社会的集団もその多くを共有している<sup>13</sup>。社会政策は物理的及び財政的なリスク管理を補完する重要な政策であり、最も脆弱な人々がこうむるリスクを管理したり、コミュニティに気候変動の管理を先導する権限を与えるためのツールとなる。

本章では、人々が変動性の大きい現在の気候と、これから数十年間にわたって生じる気候変動に対処するのを支援する措置に焦点を当てる。最初に、気候にかかわる不確実性に対してロバスタな戦略と、ダイナミックな条件に順応できる管理手法に基づいた政策の枠組みについて述べる。次に、物理的なリスク、財政的なリスク、社会的なリスクのそれぞれをどう管理するかについて論じる。

### 適応的管理：気候変動と共に生きる

気候変動は、意思決定者による管理に未知の要素を追加している。気候変動という問題がなくても、意思決定者は現実に不確実性下で日々方針を決定している。例えば、需要が予測できなくても利益が出るように、製造業者は生産量を柔軟に変えられる生産設備に投資している。軍の司令官は圧倒的な数の優位性が重要であると強調している。投資家は金融市場の変動から財産を守るために分散投資をしている。このような防衛手段を講じると、将来のあらゆる期待に対して最適以下の結果しか得られないかもしれないが、不確実な世界において手堅い方法なのである<sup>14</sup>。

人口動態や技術、市場、気象といった不確実性

が複合するなかでは、不十分で不完全な知識に基づいて政策や投資を決定する必要がある。地方および中央政府の政策決定者はより大きな不確実性を抱えている。なぜなら、より細かい尺度では予測の精度が失われてしまうからである。これは大まかな集計値によるモデルから規模を縮小する場合に固有の問題である。もし意思決定のために必要な変数の観察や測定ができないなら<sup>15</sup>、ベースラインが変化し続けて、断続的に障害<sup>16</sup>が起こるといふ世界においては、世界の現実を直接的に取り扱うロバスタ戦略（第1章参照）が確率の未知な状況下では適切な枠組みであろう。

不確実性が気候変動問題に固有のものであり、ロバスタ性が意思決定の基準であることを認めるということは、耐用期間の長い投資や長期にわたる計画については、意思決定の戦略を変更しなければならないということの意味する。つまり、未来は予測可能であるとする決定論的な世界を前提とした従来のアプローチは再考を迫られることになる。

第1に、後悔のない選択肢を最優先にするべきである。すなわち、たとえ気候変動がなくても有益な投資や政策を選択することである。このような選択肢はどのような分野にも存在する。水や土地の管理（第3章参照）、水によって媒介する疾病に対する衛生管理（下水道漏出の規制）、災害リスクの削減（高リスク地帯の回避）、社会的保護（貧困層に対する扶助の提供）などの分野である。しかし、こうした選択肢が実施されることは稀である。情報不足や取引コストが一因であるが、認識不足や政治的怠慢も原因のひとつとなっている（第8章参照）<sup>17</sup>。

第2に、新規の投資に「安全マージン」を設定しておけば、気候に対する強韌性を高めることができ、多くの場合それは低コストである。例えば、ダムを少し高く建設する、あるいは社会的保護政策の対象に新たな集団を加える、といった場合の限界費用は小さいだろう<sup>18</sup>。安全マージンの活用で気候変動によって生じ得る影響（より厳しい気象）のみならず、社会経済的動向にかかわる不確実性（需要の変化）にも対処できる。

第3に、可逆的で柔軟な選択肢を優先すべきである。間違った決定を下すこともあり得るとい



うことを認め、その決定を変更する際の費用をできるだけ低く抑えるためである。洪水の影響は不確定であることから、制限を課した都市計画は、計画を変更しても将来的にあり得る避難や保護といった選択枝よりも簡単で安上がりであろう。変化の方向性や程度が不確実な時は、保険がリスク管理や必要な投資を保護するための柔軟な方法を提供する<sup>19</sup>。灌漑用水に投資する代わりに早魃に強い品種を使用するようになった農民は、予想外の厳しい早魃下でも季節ごとに新しい種子に投資することに保険を用いることができる。暴風雨に見舞われやすい地域では早期警戒システムや避難計画、(おそらくは高額な)損害保険の組み合わせの方が、全沿岸地域のインフラを整備したり、いたずらに住民を移動させたりする方法よりも、生命の維持や住宅の再建に対して柔軟性の高い対応ができるだろう<sup>20</sup>。

第4に、長期計画を制度化するためには、将来を見通したシナリオ分析と将来に関する幅広い可能性の下での戦略評価が必要である。これは投資の定期的な見直し(もし必要なら修正)につながり、結果の反復学習によって政策とその実施が改善される。計画の範囲を空間的に広げることも、より長距離にわたって伝播する可能性のある変化に備えるためには非常に重要である。その変化の例としては、氷河の融解による何百キロも離れた都市部の水供給の変化、あるいは広範囲にわ

たる早魃がもたらす地域の穀物市場への影響、環境の悪化による農村と都市間での人々の移住の加速化、などが指摘できる。しかし、一般化している管理手法がもっている慣性が原因で、必要な構造改革は実施が困難かもしれない<sup>21</sup>。

適応的な管理によってこれらの戦略を遂行するためには、継続的なデータ開発、柔軟で変化に強い計画や設計、一般参加型の導入、フィードバックの監視と評価などが必要である。決定や管理は、河川流域や生態地域など環境的及び社会的な状況や変化の規模に合わせて調整されることになる。又、地域ないしコミュニティの管理システムによって運営を主導することも可能であろう<sup>22</sup>。そのことは、科学的及び地域の情報を取り込んだ管理の重要性を強調している。同時に、理解力の強化、学習、不確実な状況の下で決定を下す能力の強化などを行う政策の実験も必要である(ボックス2.1)<sup>23</sup>。

利害関係者が計画の段階から参加することによって、主体性が高まり、行動の持続性が高まるだろう<sup>24</sup>。ボストンとロンドンではともに気候変動戦略が策定されている。ボストンの戦略は研究主導型のプロセスであり、利害関係者の参加には一貫性が欠けていた。完成した報告書は過度に技術的になっており、ほとんど反響がなかった。一方、ロンドンの戦略はボトムアップ型で策定され、多くの利害関係者が参加した。『ロンドン温暖化報告書』が発表されると、利害関係者の組織は「気候変動パートナーシップ」に発展し、適応計画の立案を継続して行っている<sup>25</sup>。

気候変動に適応するためには、地域やコミュニティ、国家の適切な統治構造と、ロバスト性や長期的な計画を支えるリスク・ベースの意思決定モデルが不可欠である<sup>26</sup>。希少資源(土地、水)をめぐる攻防が激しさを増し、それが社会人口学的な大転換(人口増加、都市化、グローバル化)や気候の変化と結び付いている状況下では、リスクを放置しておく余裕はもうほとんどない。近代的で急成長している沿岸都市が暴風雨に襲われれば、人口も少なく、建物も密集していなかった昔と比べて、損害ははるかに大きくなる恐れがあるだろう。気候変動によって生じる不確実性の下では、ロバスト型の戦略と適応的な管理が物理的、

### ボックス 2.1 適応的管理の特徴

適応的管理とは不確実な状況下で介入策を実施するための方法である。政策実験や新たな科学情報及び技術知識の利用を通して具体的に学習しながら管理措置をとり、そうすることによって理解の向上、将来の決定に対する情報提供、結果のモニタリング、新たな実施方法の開発などを進めるというのが主たる考え方である。この枠組みによって、代替的なシナリオや構造的あるいは非構造的な政策を評価し、さまざまな前提を理解して吟味し、不確実性を明示的に検討するためのメカニズムを確立できる。適応的管理は計画策定や能力開発について長い時間枠を認め、特有な空間的広がりを有する生態系のプロセスと整合的である。こうすることによって、さまざまな行政レベルや部門、部署相互間の協力、問題解決および意思決定への利害関係者(研究所や非政府組織も含む)の幅広い参加、地方の行動を支援し新しい情報に対応できる柔軟な法律の制定などを可能にする枠組みが創造される。

財政的、そして社会的なリスクを削減するための適切な枠組みとなるだろう。

### 物理的リスクの管理：回避可能なリスクを回避する

自然のシステムは、管理が良ければ気候変動に対する人間の脆弱性を削減し、開発面で相乗利益をもたらす。又、貧困の削減や生物多様性の保全、炭素の固定化をすることができる。生態系ベースの適応——人間の脆弱性を削減するために、自然の生態系を保全あるいは修復する——は、気候変動のリスクの削減に対して費用効率が高く、多様な恩恵をもたらすアプローチである（フォーカスB参照）。例えば、植林された集水池がもっている水流の衝撃を緩和する効果は、中程度の雨量の場合、非植林集水池に比べてずっと大きい。しかし豪雨の場合はスポンジ状の土壌がすぐに吸収の限界に達し、ほとんどの雨水はたちまち域外に流れ出すことになる<sup>27</sup>。自然の排水システムで水を流すとともに、下流の湿地帯に十分な草木を生育させる必要があるかもしれない。しかし、農地や都市居住域に転用された湿地帯や、簡易化された排水システムは必然的に機能しなくなり、洪水が起きることになる。したがって、洪水を管理する総合的な対策は、集水域における被覆の維持、湿地帯と河道の管理、適切なインフラの立地や都市拡大計画などを含んだものになる。同様に、沿岸部のマングローブ林は高潮に対する防波堤になる。その役割が果たせるのは、ひとつには水勢を和らげることができるからであり、もうひとつにはマングローブ林の存在そのものが人間の居住地域を海から遠ざけているからである。

### 気候に関してスマートな都市の建設

今日、世界の人々の半分は都市に住んでおり、2050年にはその割合が70%になると予想されている<sup>28</sup>。都市人口の増加（毎月500万人が新たに都市住民になっている）は、途上国がその95%を占め、中小都市における増加が最も大きい<sup>29</sup>。都市部には人間も経済的資産も集中している。都市は歴史的にみて沿岸部や河川の合流地

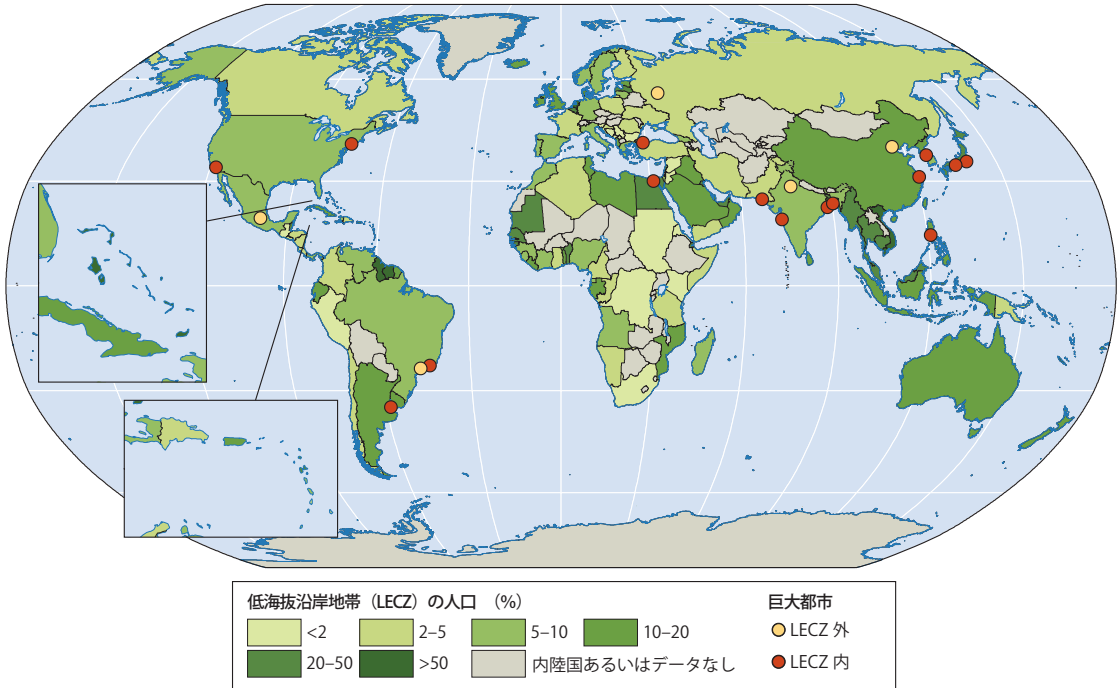
点で繁栄してきており、災害が発生しやすい地域に立地している。実際、海面の上昇や高潮のリスクにさらされている低海拔沿岸地帯に世界中で約6億人が住み、世界の巨大20都市のうち15がそういうところに立地している（地図2.1）<sup>30</sup>。

気候変動は都市の脆弱性を左右する多くの要因のうちの一つにすぎない。沿岸都市の多くは移民によって人口が増加しているため、海面上昇や高潮、洪水などの危険にさらされる人々が増えていることを意味する<sup>31</sup>。例えば上海では、年間の流入者の純増が人口の自然増の4倍以上になっている<sup>32</sup>。また、河川デルタ地帯にある多くの都市では、地下水が過剰採取されたり、上流に建設されたダムが土砂堆積物の減少をもたらした結果、地盤の沈下が進行している。地盤沈下は多くの沿岸都市（ニューオーリンズ、上海など）ですでに問題となっており、ハノイ、ジャカルタ、マニラでは新たな脅威となってきている<sup>33</sup>。都市開発が内陸部に広がると水の需要が上流でも増加し、ナイル川をはじめとする多くの河川は下流のデルタ地帯まで届かなくなっている。

都市化は適切に行われれば、気候に関連したリスクに対する強靭性を高めることができる。人口密度が高まれば、上下水道、ゴミ収集、その他のインフラや公共アメニティ施設のコストが1人当たりで低下する。健全な都市計画があれば、洪水危険地域の開発を制限し、重要なサービスへのアクセスを提供することができる。インフラ（土手や堤防）の整備は、多くの人々を物理的に守ることができる。気候変動でリスクが高まっている地域では安全マージンを追加することが必要となるだろう。通信網や交通機関、早期警戒システムを確立すれば、人々は迅速に避難できる。例えば、キューバではハリケーンが近づくと、常に80万人程度が48時間以内に避難させられている<sup>34</sup>。このような措置が採用されれば、都市住民は短期的には急な変化に対処する能力を、長期的には変動する気候に適応する能力を高めることができる<sup>35</sup>。

都市はダイナミックで適応力の高いシステムであり、環境問題に対して創意あふれるさまざまな解決方法を提示している。多くの国々が地域的な繁栄の広がりを目指して、新しい都市開発戦略を

地図 2.1 リスクと隣り合わせ：人々が巨大都市は海拔の低い沿岸部に集中し、海面の上昇や高潮に脅かされている



出所：United Nations 2008a.

注：2007年における巨大都市は次の通り。北京、ムンバイ、フエノスアイレス、カイロ、コルカタ、ダッカ、イスタンブール、カラチ、ロサンゼルス、マニラ、メキシコシティ、モスクワ、ニューデリー、ニューヨーク、大阪、リオデジャネイロ、サンパウロ、ソウル、上海、東京。巨大都市とは、1,000万人以上が住んでいる都市圏のことをいう。

検討している。例えば韓国では、経済活動を分散する方法として「革新都市」を開発する意欲的な計画を打ち出した<sup>36</sup>。こうした取り組みの多くは技術革新を重視しており、気候変動問題に対処するためにこの先の都市計画を見直す新たな機会を提供している。

しかしながら、公共政策の介入によって都市部の空間的なパターンを変えるという試みの結果は様々である。エジプトはカイロへの人口集中を緩和しようとして衛星都市を建設したが、目論見通りには人が集まらず、カイロの人口増加を阻止することはできなかった。その原因のひとつは地域的な統合を促進する政策が欠けていたことにある<sup>37</sup>。成功する政策は、都市化の初期に人口の集中と移動を促し、後期には都市相互間の接続性を促すことになる。インフラへの公共投資は、それが（公共サービスへのアクセス拡大を通じて）社会的公正を増し、（交通機関を通じて）都市空間を統合して初めて最も効果的になる<sup>38</sup>。

都市化は調和がとれていることは稀で、公害や

深刻な貧困の地域、社会的な混乱を生み出す。今日、途上国の都市部では7億4,600万人の人々が貧困線以下で暮らしている（全世界の貧困層の4分の1を占める）<sup>39</sup>。都市部の貧困層が苦しんでいるのは低所得や低消費だけではない。過密状態、不安定な雇用、地震や洪水が発生しやすい地域での不法な定住、非衛生、危険な住居、栄養不良、健康障害などが、都市部のスラム街に暮らす8億1,000万人の人々の脆弱性をいっそう増大させている<sup>40</sup>。

このように多種多様な脆弱性があることを考えると、都市計画や都市開発においては包括的な改善が必要である。政府機関、特に地方当局は、家計や企業の適応能力を育成することができる（ボックス2.2）。しかし、コミュニティ・ベースの非政府組織（NGO）による行動もまた非常に重要である。スラム街で生活する住民の団体のように、家を建てたり、サービスを直接提供したりする組織はとりわけ重要である<sup>41</sup>。健全な計画や規則は都市部のなかの高リスク地帯を指定することができ、低所得者層でも安全で手頃な住宅

### ボックス 2.2 緑豊かで安全な都市を目指す計画：クリチーバ市の場合

ブラジルのクリチーバ市は1950年から1990年の間に人口が7倍に増えたが、統治と社会的な連携が優れているおかげで、清潔で効率的な都市となっている。クリチーバの成功の基礎を形作ったのは、革新的な「基本計画」(Plano Diretor)である。1968年に採用され、「クリチーバ都市計画研究所」(IPPUC)によって実施された。IPPUCは地下鉄や高価なゴミ分別工場などハイテクを用いた都市インフラを整備するよりも、費用と実用性の両面において効果的な技術を追求めた。

土地利用と人の移動を一体的に計画し、市は放射状(あるいは軸に沿った形)に配置されて、車は中心部を迂回するようにしている(市の人口の4分の3は非常に効率的なバス路線網を利用している)。工業地帯は市の中心部に隣接して建設され、働く人々の通勤は最小限に抑えられている。多くの自

然保護区が工業地帯の周囲に配置され、洪水の緩衝地帯となっている。

市が成功したもうひとつの点はゴミ処理である。住民の90%は自分が出すゴミの少なくとも3分の2をリサイクルしている。通常のゴミ処理がむずかしい低所得地域では、「ゴミ購入」作戦を実施して、ゴミをバス乗車用のコイン、余剰食料、学校用のノートなどと交換している。

この成功を模倣する動きも出てきている。例えば、メキシコのフアレス市では、都市計画機関が住宅を新たに建設して、以前は住民が居住していた氾濫原を市の公園に変えつつある。

出所：Roman 2008。

を見つけることができるようになるだろう。例えばペルーのイロ市では、人口が1960年以来5倍に増えたが、イロ市当局は人々が安全に生活できるようにしてきている<sup>42</sup>。しかし、北アフリカの沿岸都市が防波堤や堤防を整備したように、ハード面のインフラ投資も市街地を保護するためには必要だろう(ボックス2.3)。

都市部にとって大きなリスクは洪水である。多くの場合、建物やインフラ、舗装道路などの水の浸透を妨げるものがその原因であり、排水システムが限界に達していることもさらなる悪化の要因となっている。管理の良い都市では洪水が問題化

することはめったにない。インフラの能力を超えるような異常気象に起因する洪水に対応できるように、都市構造に路面排水システムが組み込まれているからである(ボックス2.3)。これとは対照的に、固形廃棄物の管理や排水施設の保守管理が不適切だと排水溝がすぐに詰まるため、少しの雨でも局地的な洪水が発生する。ガイアナのジョージタウンはこのような状況にあったため、1990-96年の間に29回も局地的な洪水が発生した<sup>43</sup>。

気候変動に備えるためには都市の境界線を越えた検討もしなければならない。アンデス山系の都

### ボックス 2.3 気候変動への適応：アレキサンドリア、カサブランカ、チュニスの場合

人口300万人から500万人をかかえるアレキサンドリア、カサブランカ、チュニスは、予測されている気候変動の影響がどの程度かを査定し、地域研究を通じて2030年までの適応に関するシナリオを立案している。自らの脆弱性の高まりに対する各都市の初期の取り組み方が違うことが、適応への道が一様ではないことを示唆している。

アレキサンドリアでは最近、海岸沿いに6車線の高速道路を建設した。その結果、海岸の侵食が悪化し、海底が急勾配になった。それが市内にまで届く高潮を引き起こす原因となっている。海岸堤防は建設されたが、十分な土壌調査や関係機関の調整もないままに行われた。市近郊に自然の排水貯蔵池になっている湖があるが、急激に汚染されつつあり、建設用地として使用するという圧力が高まっている。

カサブランカでは最近の破壊的な都市部の洪水に対応するために、上流域管理を改善し、幹線排水路の幅を広げた。家庭向け配水管網の漏水を修繕した結果、80万人分の消費水量に相当する節水が実現した。しかし、建設や海浜からの砂の採取を制限する政策手段が限られているため、沿岸地帯の管理には懸念が残っている。

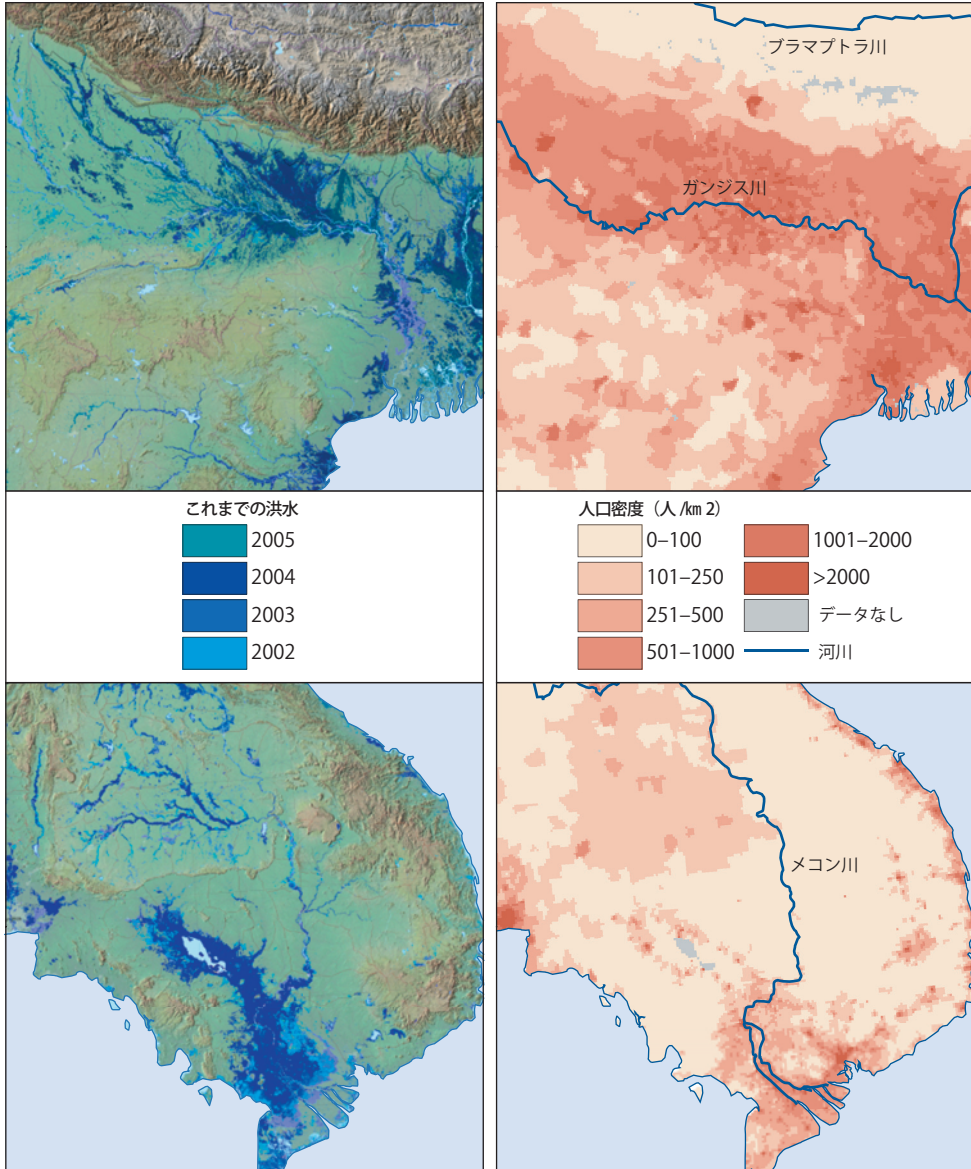
チュニスも、都市部の洪水に対処するために、排水路を改善し、一部の天然貯水池では周囲の私的な建設を規制している。最も危険な沿岸地域には護岸を建設し、新しい基本計画に基づいて都市開発は海岸から離れて行うように求めている。しかし、すでに海拔以下となっている市の中心部は沈下しており、港湾や物流施設、発電所や水処理施設が脅威にさらされている。主要な都市再開発プロジェクトが実施されれば、上昇する海面に対する脆弱性がさらに高まる危険性がある。

アレキサンドリア、カサブランカ、チュニスにおける気候変動への適応は、何よりもまず都市計画の改善を通じてなされるべきであろう。具体的には、脆弱性を最小化するような土地利用と都市発展のシナリオを確定する、港湾や道路、橋、水処理施設といった主要なインフラの脆弱性に取り組む、緊急事態への対応や管理を担当する諸機関の調整能力を高める。さらに、建物や市交通システムのエネルギー効率を高めることが、温室効果ガスを削減しながら気候変動に対する強靭性を高めることにつながるだろう。

出所：Bigio 2008。



地図 2.2 複合的な課題：気候変動下の南アジアと東南アジアにおいて都市の発展と洪水のリスクを管理する



出所：WDR チームによる分析。洪水データ—Dartmouth Flood Observatory 2009。人口データ—CIESIN 2005。

注：南アジアと東南アジアでは経済活動にも文化にも洪水のある暮らしが染み付いている。一部の大きな河川流域（上図ガンジス川、下図メコン川）の氾濫原には非常に多くの人々が集中しており、このような地域では農業や拡大する都市中心部が季節的な洪水のリスクにさらされている。気候変動はより深刻な洪水を引き起こす可能性がある。上流のヒマラヤ山系にある貯水域の氷河の融解や、モンスーンの雨が短期集中型になることも一因となって、この地域の洪水パターンは変化するだろう。同時に、これまで洪水に対して自然の保水機能を果たしていた農業地帯にまで都市部が急速に広がり始めており、将来の洪水管理と都市拡大の問題はさらに複雑な様相を呈するだろう。

市の多くは、水供給の設計を見直している。氷河が徐々に縮小して最終的には消滅することに適応するためである。氷河が融けてしまうと、乾季には水の供給源としてもは頼りにできなくなるため、失われる氷河がもっている貯水と調整の機能を埋め合わせるための貯水池が必要になる<sup>44</sup>。東南アジアのデルタ地帯では、バンコクやホーチミン市などの都市部郊外が急速に拡大しており、

水田地域を侵食しつつある。この結果、水田地帯の保水能力が低下し、洪水のリスクが高まっている<sup>45</sup>。上流の貯水地帯が限界に達して水を放出せざるを得なくなると、このリスクはさらに高まるだろう。南アジアや東南アジアの河川流域では、ピーク時における川の放水量が気候変動で増加するとみられており、下流の都市中心部を守るためには上流で対策を強化することが求められて

### ボックス 2.4 緩和と適応の相乗効果を助長する

都市の空間的構造あるいは都市形態によってエネルギーの消費と効率性が決まる。都市化や都市開発の初期段階では、人口の集中と消費は急速に進みがちである。人口が密集する都市の方がエネルギー効率は高まり、通勤距離は短くなる（第4章ボックス 4.7 参照）。しかし、人口密度の上昇、経済活動の活発化、インフラ整備の進展などによって、都市に対する気候の影響が増幅する。例えば、緑地は都市のヒートアイランド現象を緩和できるが、ビル建設の犠牲になり得る。同様に、人が密集して、水が浸透する地域が舗装されると、都市の洪水を緩和する排水機能が阻害される。

気候に関してスマートな都市設計をすれば、緩和と適応の相乗効果を助長することができる。再生可能エネルギー源の利用を促進すれば、エネルギー供給の分散化に役立つ。例え

ば、緑地は日陰を作って温度を下げるため、空調設備を設置したり、熱波の際に都市を脱出したりする必要性を削減するだろう。屋根を緑で覆うことによって、エネルギーが節約でき、大雨の勢いが弱まり、また温度も下がる。適応と緩和の相乗作用は通常、建物の高さ、配置、間隔、建設材料、遮光、換気設備、空調設備などとの関連性が高い。

環境保護の原則、社会的責任、エネルギー効率化を一体化した温暖化防止対策が上海の東灘地区を初めとする中国の多数の都市部で計画されている。しかし、そのほとんどはまだ設計図段階にある。

出 所：Girardet 2008; Laukkonen 他 2009; McEvoy, Lindley, and Handley 2006; Wang and Yaping 2004; World Bank 2008; Yip 2008.

いる（地図 2.2）<sup>46</sup>。

地方都市政府はリスク削減とリスク・ベース型の計画を推進することができる。対策の優先順位を定めて危険地域を指定するために、市民や企業、当局が協力して、リスク情報のデータ・ベースを開発することが第一歩となる。行政による命令や市の条例を通じて市の権限を確立すれば、こうした取り組みが社会の主流になっていくだろう。例えば、暴風雨や洪水の多い地域であるフィリピンのマカティ・シティは、市の災害リスク管理を災害調整評議会が担当している<sup>47</sup>。

地域開発を促進すると同時に、異常気象や災害に対する強靭性を高めるために市当局がとっている措置の多くは、適応対策と重なる部分が多い。例えば、水供給と衛生設備、排水、予防重視の医療、災害への備えなどである（ボックス 2.4）。このような対策は都市部の意思決定者にただちに利益をもたらすだろう（第8章参照）<sup>48</sup>。気候変動に対する取り組みが政治的に行き詰まっている時なら、適応指向型のイニシアティブがただちに都市の利益になることを示すのは容易であろう<sup>49</sup>。

気候に関してスマートな都市を建設するためには、先端技術をかなり大規模に導入しなければならないだろう。しかし、現在入手可能な技術的専門知識でさえ、途上国においてはその多くが中央政府に集中していて、地方政府はわずかな専門知識の蓄積から引き出すしかない状況にある<sup>50</sup>。都市部の大学はこのような状況において重要な役割を果たすことができる。カリキュラムや教育方

法を変更して、学生たちが現地の問題を解決するという実社会で活動する時間を増やせば、気候に関して適切な手段を採用して実施する都市の取り組みを支援することができるだろう。

### 人々の健康を守る

気候に関連して生じる疾病、すなわち栄養失調、下痢性疾患、生物媒介性疾病（特にマラリア）などは、アフリカや南アジアをはじめとする地域ではすでに健康への大きな負荷となっている。気候変動によってこの負荷はさらに増大し、最大の影響をこうむるのは貧困層であろう（第1章参照）<sup>51</sup>。この数十年間において、毎年15万人の 사람들이気候変動が原因で死亡しているという推計があるが、それは氷山の一角にすぎないだろう<sup>52</sup>。水と衛生設備、生態系、食料生産、人間の生活圏などによって広がる気候変動の間接的な影響は、かなり大きくなる可能性がある。とりわけ栄養失調や感染症（ほとんどが下痢性疾患）を抱えている子供たちは影響を受けやすい。これは将来の生産性に永久に影響する認知障害や学習障害を引き起こす悪循環の一環をなしている。ガーナやパキスタンでは、栄養失調と下痢性疾患に関連するコストは、今後の長期にわたる生産性の損失も計算に入れると、国内総生産（GDP）の9%にのぼると推計されている。このような状況に対する適応が遅れると、このコストは気候変動に伴って増加の一途をたどることになるだろう<sup>53</sup>。

2003年にヨーロッパで約7万人が死亡したよ

うに、最近の熱波の例をみると、高所得国ですら脆弱といえるだろう<sup>54</sup>。熱波は頻度と強度が増大する可能性が大きく（地図 2.3）<sup>55</sup>、都市部のヒートアイランドでは気温が周辺農村部よりも 3.5-4.5℃高くなるだろう<sup>56</sup>。こうした状況に対処するために熱波警戒システムを導入した国や大都市圏がいくつかある（ボックス 2.5）。

生物媒介性疾患が地理的に広がりつつあり、東ヨーロッパや中央アジアで再発している<sup>57</sup>。マラリアは熱帯地域の経済にとってすでに重荷になっている<sup>58</sup>。毎年ほぼ 100 万人（ほとんどが子供たち）がマラリアで死亡しており、2030 年までには気候変動が原因でアフリカだけでも 9,000 万人が罹患する（14%増）と予測されている<sup>59</sup>。デング熱も地理的に広がっており（地図 2.4）、気候変動によって 2070 年までに罹患患者数は世界人口の 30%から 60%に倍増する（人数でみれば 50-60 億人）と予想されている<sup>60</sup>。流行しやすい病気を探知して監視するために、各国の保健制度はこれまで以上に優れた監視と早期警告のシステムを導入する必要があるだろう<sup>61</sup>。今日、世界各地で行われている監視は、病気に関して新たな圧力を予想できないでいる。例えば、アフリカでは都市定住地域がマラリア感染地域にまで拡張したため、都市住民もマラリアに感染し始めている<sup>62</sup>。衛星によるリモートセンシングやバイオセンサーは監視システムの正確さや精密さを改善し、気候要素の変化を早期に発見することによって感染症の突然の流行を予防できるだろう<sup>63</sup>。先進的な季節別気象予報モデルは今ではマラリア伝染のピーク時期を予想することができ、アフリカの地域当局は早期警戒システムを運用するための情報や、より効果的に対応する時間的余裕を得た<sup>64</sup>。

これらの病気の予防策は目新しいものではないが、気候変動下では十分に確立された公衆衛生の手法をより良い形で実施することが急務となっている<sup>65</sup>。感染経路を断つために必要なのは、水の管理（都市の排水）、衛生設備と衛生状態の改善（下水道システム、衛生設備、手洗い）、病原体を媒介する虫の駆除あるいは根絶のための効果的な病原体コントロールである<sup>66</sup>。

このような対策には部署間の協調行動と財政支

出が必要である。水を媒介する病気に対しては保健機関や公共事業、公益事業会社が協力し合うべきである<sup>67</sup>。水、衛生設備、衛生状態、そして食の安全を一括して管理し、医療と災害の管理と統合すれば大きな成果が得られるだろう。民間部門も、その成果をさらに改善できるなら、参入が可能となる。アルゼンチンでは 1990 年代に水道事業を民営化したおかげで、水媒介性疾病を原因とする子供の死亡者数が激減した<sup>68</sup>。

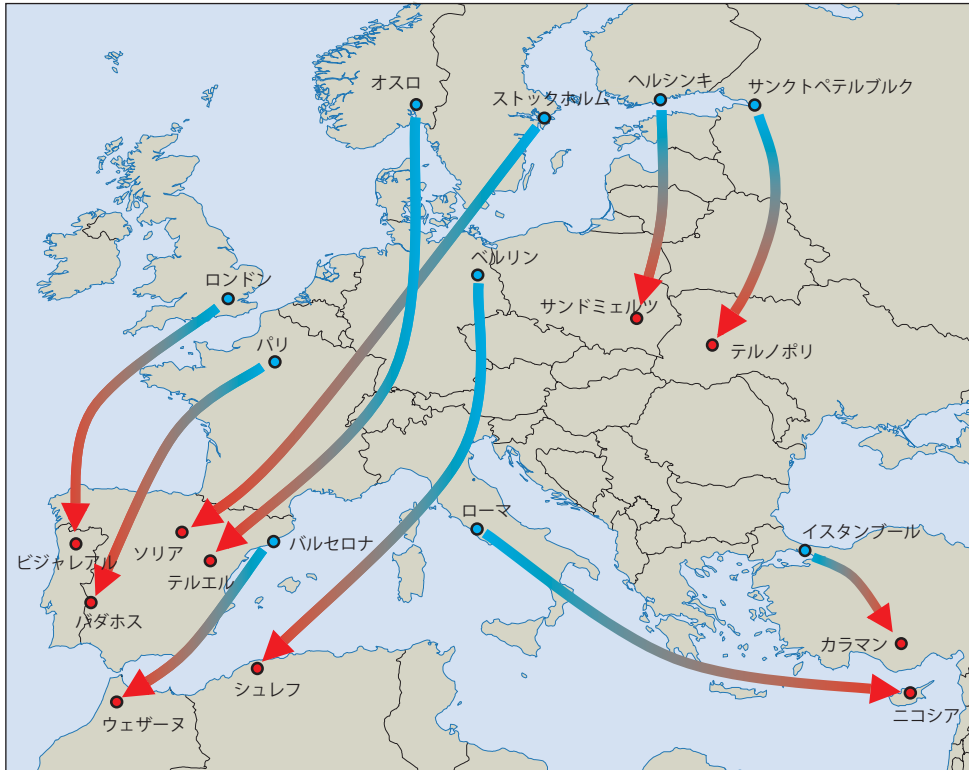
気候変動の健康への影響を監視及び管理するためには、新たな診断方法をもっと利用することが必要である。ゲノムの解析や情報技術の進歩によって、さまざまな診断手法が考案されるようになっており、病気の拡大や新たな病気の出現の監視に役立っている。また、新しい通信手段によって健康にかかわる情報を適時に収集、分析、そして伝達することが容易になるだろう<sup>69</sup>。しかし、このようなツールを手に入れるだけでは十分ではない。医療従事者を訓練する広範なプログラムも必要である。同様に、医療とその他の活動を統合するために諸機関の大規模な改革も必要である。例えば、学校は医療に関する情報や教育の拠り所であるだけでなく、基本的な保健医療の提供に関する中心的な機関にもなり得る。

### 異常気象に備える

自然災害はますます大きな経済的損害をもたらすようになっており、自然災害への取り組みを改善することが気候変動への適応には不可欠である。気象に関連する自然災害による死者数は減少傾向にあるが<sup>70</sup>、暴風雨や洪水、旱魃による経済的損害は増加を続けている（高所得国においては 1980 年代初めの年間 200 億ドルから 2000 年代初めの 700 億ドルへ、低及び中所得国においては同様に年間 100 億ドルから 150 億ドルへ増加）<sup>71</sup>。しかし、この増加は気候変動が原因というより、むしろ面積当たりでみて経済価値の損害額が大きくなっていることで説明できる<sup>72</sup>。被災者数（災害後に人道的な支援が必要な人々）が増え続けており、最大のシェアを占めているのは都市が急成長している下位中所得国である（図 2.1）<sup>73</sup>。途上国の経済的損害の約 90%は家計や企業、政府が負担し、残りは保険や援助資金でま



地図 2.3 高緯度に位置する都市も今や地中海性気候に備えることが必要



出所：WDR チーム、Kopf, Ha-Duong, and Hallegatte 2008 から転載。

注：世界の気温が上昇するにしたがって気候帯が北へ移動し、21世紀半ばまでには北部および中部ヨーロッパの都市は地中海地域のように「感じ」られるだろう。これは良いニュースではなく、主として次のようなことを意味している。すなわち、水道施設の管理計画の調整が必要となり、医療はさらに厳しい高温から生じる事態（2003年にヨーロッパを襲った熱波のような状況）に備えなければならない。オスロでは冬の寒い日に2-3度暖かくなるのはむしろ魅力的なことかもしれないが（この地図は現在と比べて世界の気温が1-2℃上昇するシナリオにほぼ対応している）、計画立案や公衆衛生管理、都市インフラなどはかなりの変更を余儀なくされるだろう。厳しい冬に耐えられるように設計されて建設された建物は、乾燥して暑い気候においても機能する必要がある、歴史的建造物は修復不可能な損傷をこうむるかもしれない、さらに問題なのは現在の新しい建物の建設である。これから先数十年間で根本的に変わってしまう状況に徐々に対応していけるよう柔軟な設計が強く求められる。

### ボックス 2.5 熱波に備える

2003年に熱波に襲われて以降、スペイン保健省とカタロニア保健サービス（CatSalut）は、今後の熱波が健康に与える影響を緩和するために、多くの関係省庁が一体となった行動計画を実施した<sup>a</sup>。これは熱波警戒システムによって警報が発令されれば、（あらゆるレベルの医療機関で）医療の対応と情報伝達が行われる仕組みである。

この仕組みでは夏期に以下の3つの行動をとることになっている。

- レベル0：6月1日に開始され、準備が中心となる。
- レベル1：7-8月に実施され、気象観測評価（毎日の気温と湿度の測定を含む）、疾病監視、予防措置の評価、リスクにさらされている人たちの保護などが中心となる。
- レベル2：気温が警報の基準値（沿岸部 35℃、内陸部 40℃）を超えた場合にのみ実施される。医療保護、社会的保護、緊急サービスが発動され実施される。

この行動計画と医療システムの対応は、その地域の一次医療センター（社会福祉も含む）が中心となって行う。センターは夏季の間は高温に弱い人たちを特定して住所を確認し、連絡を密にしたり、健康情報の普及に努めたりしている。また、健康に関するデータを集めて、熱波の健康に対する影響や対応策の効果を監視し、評価している。

同様のことが至るところで行われている。ウェールズでは熱波への備えと対応の枠組みが構築されている。高温で引き起こされる病気を防ぎ、治療する指針が作成されており、夏期には早期警戒システムが作動する。また、気象当局と情報をやり取りする手段も確立されている<sup>b</sup>。上海市では熱波警戒システムが複数災害管理計画の中に組み込まれている<sup>c</sup>。

出所：

a. CatSalut 2008.

b. Welsh Assembly Government 2008.

c. Shanghai Multi-Hazard Early Warning System Demonstration Project, <http://smb.gov.cn/SBOXWeb/English/Template/Default/index.aspx> (2009年3月13日アクセス)。



地図 24 気候変動によって南北アメリカのデング熱再流行が加速



出所：PAHO 2009.

注：生物媒介性感染症は世界中で新たな地理的広がりをみせている。南北アメリカでは人口密度の高まりと国際的な旅行や商取引が要因でデング熱が増加している。気候変動で生じた湿度と温度の変化がこの脅威を増幅し、媒介生物（蚊）がこれまで生存できなかった場所でも生息するようになった。Knowlton, Solomon, and Rotkin-Ellman 2009を参照。

かなわれている。

もし災害による被害を組織的に削減できなければ、過去の開発利益が損なわれる可能性がある。したがって、災害そのものへの対処から将来を見据えた災害リスク管理へ、また対応型ではなく予防的な対策へと重点が移ってきている。災害リスクの削減を目指す「兵庫行動枠組み」（2005年に国連によって採択された政策枠組み）に沿って、回復と再建の計画は人道的な課題と開発の課題を結び付けつつ、将来の災害のリスクを削減するように設計されている<sup>74</sup>。民間部門はこの枠組みのなかで、金融的な解決策（保険、リスク評

価）や技術的な解決策（通信、建設、サービス設備）を提供する役割を果たしている<sup>75</sup>。

気候変動下では、災害に対する備えを強化し損害を防止するために、異常気象への効果的な取り組みや災害リスク管理の必要性が著しく高まっている（ボックス 2.6）<sup>76</sup>。多くの地域で以前には稀だった危険な事態が一般的になってきている。例えば、アフリカでは洪水が急増し（図 2.2）、ブラジルは 2004 年に南大西洋のハリケーンを初めて経験した<sup>77</sup>。

異常気象の被害がどこで生じるか、その規模はどの程度かに関する情報を作成するためには、社

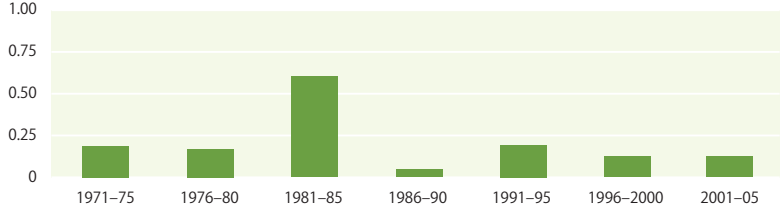
会経済的なデータ（人口密度や地価を示す地図）や物理的情報（降雨量など異常気象の記録）が必要である<sup>78</sup>。しかし、気候が変動する状況下では過去はもはや現在への序章ではなく（以前は稀であった事象が頻繁に生ずるかもしれない）、将来の気候の不確実性こそがリスク評価や計画決定の見直しにとって重要な要素となっている。同様に重要なのは、社会経済的データを監視して定期的に更新し、土地利用や人口動態の変化を反映させることである。衛星や地理情報に関する技術は、物理的及び社会経済的な情報を迅速かつ費用効率よく作成する強力な手段となる（ボックス 2.7、第3章と第7章も参照）。

多くの先進国では、洪水のリスクに関する詳細な地図が住宅所有者や企業、地方自治体に公共サービスとして提供されている<sup>79</sup>。中国では1976年以来政府がそのような地図を作成し、最も人口の多い河川流域における高リスク地域を明示した洪水リスク地図を公表している。このような地図があれば、住民はいつ、どこへ、どのように避難すべきかについて情報を得ることができる。また、こうした地図は土地利用の計画や建物の設計にも利用できる<sup>80</sup>。このようなサービスを地域のコミュニティに委ねれば、地域の対応策を促進できる。ボゴタでは、地震の起きやすい地域のリスクに関する同じような情報が、コミュニティの強靱性を強化することにつながっている<sup>81</sup>。

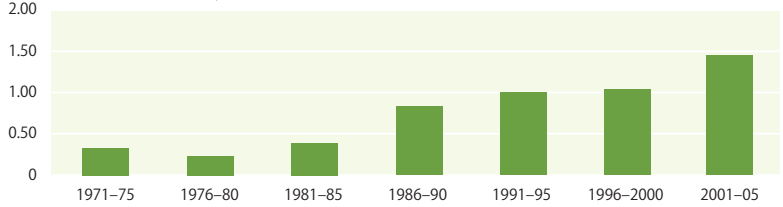
リスクというものには完全に排除できないため、人々を守るためには異常気象に対処できるよう備えておくことが必要不可欠である。警報システムや行動計画（た

例えば緊急時の避難計画）が生命を救い、本来回避し得る損害を防ぐことになる。コミュニティをこのような備えや緊急時の情報伝達に関与させることが、彼ら自身の生活を守ることになる。例えばモザンビークでは、ブジ川に沿ったコミュニティは無線を利用して、下流のコミュニティに洪水警報を出している<sup>82</sup>。人里から離れたコミュニティでも、地域的な行動によってリスクを軽減し、雇用を増やし、貧困に取り組むことができる（ボックス 2.8）。国家レベルでは、災害の際にただちに援助が提供できるように財政的な準備しておくことが、コミュニティの長期にわたる損害を避けるためには極めて重要である。

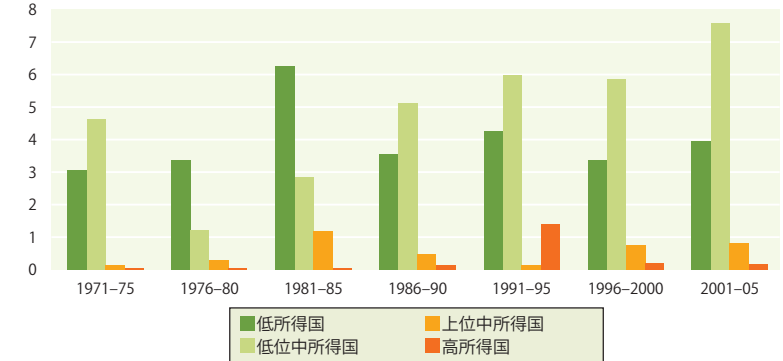
図 2.1 気候変動に関連のある疾病に罹患する人々が増加している  
死亡者数（5年間ごとの合計、単位：100万人）



罹患者数（5年間ごとの合計、単位：10億人）



対人口罹患率 (%)



出所：WDR チーム；CREED 2009。

注：この40年間で死亡者数は減少しているが、罹患者数は10年毎に倍増している（罹患者とは治療が緊急に必要な人々であり、強制退去させられた人や避難した人も含み得る）。低位中所得国では毎年人口の約8%が罹患している。増加原因がすべて気候変動に帰せられるわけではない。人口増加、インフラと接触する機会の増大、災害報告の改善といった要因も大きい。しかし、人々に影響を及ぼしているのは事実であり、今後気候によるストレスが増加することを見据えて、現在の適応が不十分であることに目を向けることが重要である。

### ボックス 2.6 逆境に打ち勝ち、機先を制する：異常気象のリスクを管理する

暴風雨や洪水、旱魃、山火事などの異常気象が頻発している。世界の多くの地域でその特徴がみられ、すでに気候システムの一部になっている。気候変動は異常気象のパターンを変化させるであろうが、体系的な危機管理によって悪影響を削減することができる。基本的な手順はリスク評価、リスク削減、リスク緩和である<sup>a</sup>。

リスク評価は危機管理の必須条件であり、情報に基づいた意思決定の基礎となる。行動と使用可能な資源に注目する。核心となるリスクを特定することが第1段階で、通常先進技術は必要とされない。アジアの米作農家は洪水危険地域をすぐに指摘できるだろう。貯水池の管理者は水位が低ければ、電力と水の競合的な需要双方に応えるのがむずかしいということを理解している。そして、コミュニティは異常気象が起きたら打撃を最初に受ける社会的集団あるいは個人を特定できる。

次の段階はリスクの数値化である。リスク評価の範囲にしたがってさまざまなアプローチが存在する。コミュニティは観察が容易な指標（旱魃期間中の主食作物の市場価格など）に基づいた単純な参加型手法を使って、家庭やコミュニティのレベルでの行動に着手する。又、コミュニティ・ベースで作成した地図を使って洪水危険地域を判断したりする。部門（農業や水力発電）や国家のレベルでのリスク評価には、通常はより体系的で定量的なデータ分析が必要である（農業の広がりや地域の水文学を示す地図の作製）。

リスクを理解するためには投資が必要である。自然災害や脆弱性を観察、記録、調査、分析、予測、そしてモデル化し、地図を作製できるような科学的、技術的、そして組織的な能力を高める投資が必要である。地理情報システムによってこれらの情報源を統合すれば、政府機関でも地方レベルでも意思決定者はリスクを理解する強力な手段をもつことができる。今や多くの低・中所得国がリスク評価を実施して、災害に取り組む能力を組織的に強化している<sup>b</sup>。

リスクを削減するためには総合的な開発戦略の枠組みのなかにリスクを組み込む必要がある。人口密度が高まり、インフラが増加している状況下では、これは今まで以上に重要なことである。1990年代後半以降、自然災害のリスクに多角的に取り組む必要性について認識が高まっている。すなわち、中期的な開発戦略の枠組み、法律や制度的な構造、部門別の

戦略と方針、予算の作成過程、個々のプロジェクト、監視と評価といった多様な分野において取り組みが必要である。リスクを開発に組み込むに当たっては、災害が政策や設計、計画に対してどのような影響を与える可能性があるか、また逆に災害に及ぼす影響はどうか、を分析する必要がある。

開発イニシアティブは必ずしも自然災害に対する脆弱性を削減するわけではなく、むしろ新たに意図せぬ脆弱性を作り出したり、既存の脆弱性を強めたりしてしまうことがある。したがって、開発と貧困を削減すると同時に、災害に対する強靭性を高めるような解決策を系統立てて追求することが必要である。災害のリスクの削減は強靭性を促進し、コミュニティが新たに強まっているリスクに適応するのを助ける。しかし、このことでさえ保障されているわけではない。例えば、現在の確率に基づいて設計された構造的な洪水管理への投資は、洪水の起きやすい地域の開発を促進するものによって、将来的に大規模な災害を発生しやすくしてしまうことによって、将来の損失を増幅させる懸念がある。したがって、現在の意思決定や長期計画策定の際には、気候変動に関する予測を考慮に入れなければならない。

リスク緩和というのは異常気象の直接の影響と直後の余波を最小限に食い止めることである。早期警報システムと監視システムは、情報技術と伝達システムを利用して、異常気象の際に事前警報を提供する。生命を救うためには、災害管理担当機関が実際に災害が生じるはるか以前に情報を得て、それをコミュニティに伝達できるような仕組みが必要である。そのためには組織的な準備訓練、能力強化と意識の向上、政府や地方、地域機関相互の連携が必要となる。同様に、災害後には迅速で対象が明確な行動が重要である。これには最も脆弱な人たちの社会的保護と回復や再建のための戦略などが含まれる。

出所：WDR チーム；Ranger, Muir-Wood, and Priya 2009; United Nations 2007; United Nations 2009; NRC 2006; Benson and Twigg 2007.

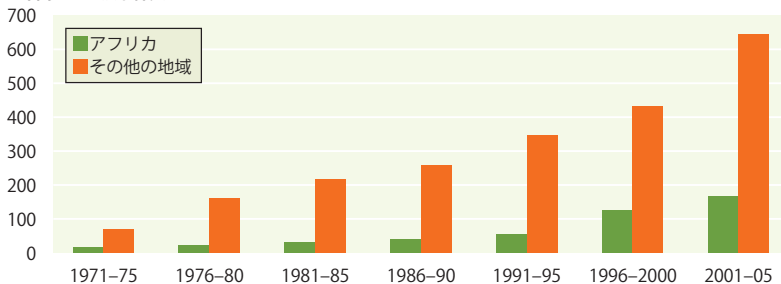
注：

a. ここでは緩和の意味は、脅威が差し迫っていると予想されるなかで即効性のある対策を講じて、異常気象による損害を回避すること。例えば、氾濫原から人々を避難させるなどである。

b. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, <http://www.gfdrr.org> (2009年3月15日アクセス); Prevention, <http://www.proventionconsortium.org> (2009年3月15日アクセス)。

図 2.2 旱魃が生じやすいアフリカにおいても洪水が増加している

5年間ごとの洪水件数



出所：CRED2009に基づくWDRチームの分析。

注：洪水は世界中で増加しているが、とりわけアフリカで増えている。新たに洪水に襲われるようになっただけでなく、洪水の間隔が短くなって回復する時間がない地域もある。洪水の報告状況が1970年代から向上してきているが、これが洪水増加の主因ではない。アフリカの他の災害、たとえば旱魃や地震は同じような増加傾向をみせていないからである。

### ボックス 27 人工衛星のデータと地理情報はリスク管理に役立つ——しかも安価である

人工衛星のデータと地理情報技術は通常無料ないし低価格で入手可能である。しかも、このような技術を利用するためのソフトやツールは一般のデスクトップ PC 上で操作できる。

人工衛星は水分と植生を観測することによって、農業指導助言サービスに貴重な情報を提供する。また、熱帯性低気圧を追跡して沿岸部のコミュニティに早期警戒情報を提供する。洪水の影響を地図にすることによって、回復や再建の活動を支援する。森林やバイオマスを地図にして、森林に居住する先住民を情報で支援する。高解像度センサーによって都市部が危険地域にまで広がっている状況を特定できる。調査に使用される全地球測位システム (GPS) は各家庭と自然環境とのかかわり方に関する新たな情報を明らかにすることができる。地理情報システム (GIS) も役立つ。これによってデータ管理を効率化し、

情報が必要な時にいつでも入手可能にすることができる。情報に基づいた政策決定のための知識基盤や、データや知識が現時的では限られている場所にかかわるリスクの分布を理解するための知識基盤の構築に関して、費用効率がよく機動性のある手段ともなる。

このようなサービスや技術を途上国で幅広くかつ効果的に利用するに際して、ハード面での投資は必要としない。教育の向上、制度的な能力開発、目的に焦点を絞った地域の研究センター、民間企業の促進などに対する投資が主要な要素となるだろう。

出所：ESA 2002; NRC 2007a, 2007b.

### ボックス 28 洪水のリスクを削減するために雇用を創出する

リベリアでは豪雨が日常的なものになっている。長期間その問題が見過ごされてきたことや内戦があったことなどから、排水システムは何十年も保守されてこなかった。その結果、都市部も農村部も度重なる洪水の災害に見舞われた。政府当局者も市民も財源がなかったため、下水管の清掃は優先課題ではなかった。国際的な非政府組織であるマーシー・コー (Mercy Corps) が労働を対価として現金を支払う方法を提起して、政府がこれを採用した。2006年9月、5カ国で排水シ

ステムを清掃し修復する1年プロジェクトが開始された。これにより排水される雨水が増加して洪水が減り、関連する健康被害も減少した。このプロジェクトで井戸が修復された。道路も清掃されて、小さな橋がかけられたおかげで、市場の利便性が向上した。

出所：Mercy Corps 2008.

## 金融リスクの管理：不測の事態に備える柔軟な手段

公的部門、民間部門、家計、そして個人の役割と責任を明確にする枠組みは、公的政策によって作られる。このような枠組みの核となるのは重層的な責任を伴うリスク管理手法の分布である。例えば、農作物生産に若干の損害を与える程度の規模の小さい早魃は、短期間内に何回も連続して起きない限り、コミュニティ・ベースの非公式なリスク分担制度を通して、世帯単位で解決が可能であろう (第1章参照)。10年に一度の大早魃なら、民間部門がもつリスク移転手段で解決できるかもしれない。しかし、最も厳しく広範囲にわたる早魃では、政府が最後の保険者として行動しなければならぬ。政府は壊滅的な状況から生じる債務に対処できるように準備を整えつつ、その一方でコミュニティが自助努力を払い、民間部門が採算が取れる形で積極的な役割を果たせるような枠組みを構築しなければならない。

## 重層的な保護の提供

保険メカニズムの利用とその支援に、適応という観点から注目があつまっている<sup>83</sup>。保険は異常気象で生じる損失を防ぎ、国際援助や政府、市民などではカバーできないコストを管理することができる<sup>84</sup>。市場では天候デリバティブやマイクロ保険などのまったく新しい金融商品が開発され検証される。例えばインドでは、小自作農のための天候指数保険があり、降雨量が非常に不足した場合には何十万人もの農民が補償されている。また、カリブ海諸国の共同保険プールは、災害の際には各国政府に対して迅速に流動性を提供する<sup>85</sup>。

しかし保険は特効薬ではない。幅広いリスク管理の枠組みにおいてはひとつの構成要素でしかない。リスク軽減を促すとともに (本来回避し得る損害を回避する)、健全なリスク管理方法に対して報いる (住宅保有者が火災報知機を設置することで保険料が安くなるように) というものである。もし、気候が予想可能な推移をたどるな



### ボックス 2.9 気候に関するリスクを負うための官民パートナーシップ：モンゴルの家畜保険

気候に関するリスクの管理を考える時に重要なのは、コミュニティや政府、企業がリスクを分担するという点である。モンゴルでは冬から春にかけて雪害（ソド）が発生して、家畜の大量死が周期的に起きている。2002年の例では家畜が17%（場所によっては100%）死亡し、損失は2億ドル（GDPの16%）にのぼった。牧畜業者や中央政府、保険会社は協力して、こうした状況から生じる金融リスクを管理するためのスキームを開発した。

このスキームでは、牧畜業者は損失が自分のビジネスや家計の存続を脅かさないほど小さい場合、自分で責任を引き受け、小規模な損失を軽減するためにコミュニティの仲間との取り決めを利用する。損失が大きい場合（10-30%）は、モンゴルの保険業者が提供する商業ベースの家畜保険で支援する。政府が提供する社会保険プログラムが利用されるのは、家畜が壊滅状態で牧畜業者も保険業者も立ち直れないほどの損失を被った時である。この多層的なアプローチでは、牧畜業者による自己保険、商業ベースの保険、社会保険というように、明確な枠組みが規定されているのである。

この革新的な制度で重要なことは、個別の家畜保険ではなく、指数保険が用いられている点である。個別保険の場合にはモラルハザードが原因となって個別の損失を証明すること

が困難となり、又、非常にコストが高いため、成果があがらなかった。しかし、この新しいタイプの保険では、牧畜業者は住んでいる地域の家畜の平均死亡率に基づいて保障されるため、個別損失の評価を必要としない。モンゴルの保険業者はそれまで商業ベースの保険を牧畜業者に提供することに消極的であったが、この工夫によってインセンティブが生じるようになった。

このスキームはすべての人々に利益をもたらす。牧畜業者は避けられない損失に対して保険をかけることができる。保険業者は農村部で事業を拡大すると同時に、農村部における金融サービスのインフラを強化することができる。政府はうまく工夫した社会保険を提供することによって、財政リスク管理の改善を図ることができる。破局的な事象が発生すれば政府は潜在的に大規模なリスクにさらされることにはなるであろうが、政府はそれまではもっと大きなリスクを吸収することを政治的に余儀なくされていたのである。政府が破局的な災害を付保してくれるため、死亡率が適度な事態向けに限定されていた商業保険は、牧畜業者にとって支払い可能な料率で提供されるようになった。

出所：Mahul and Skees 2007; Mearns 2004.

ら（例えば暑くなる一方であるとか乾燥化がますます進むとか）保険は成立しない。保険は影響がランダムで稀に生じるような場合にこそふさわしい。そのような状況下で、保険は家計や企業、政府がリスクを長期にわたって分散したり（コスト総額を一度に負担するのではなく保険料を定期的に支払うことによって）、地理的に分散したりする（リスクを他人と分担することによって）のを支援する。したがって保険は、リスクを排除するものではなく、保険という共同出資のなかで個人が負担する損害の差異を平準化するものであるといえる。

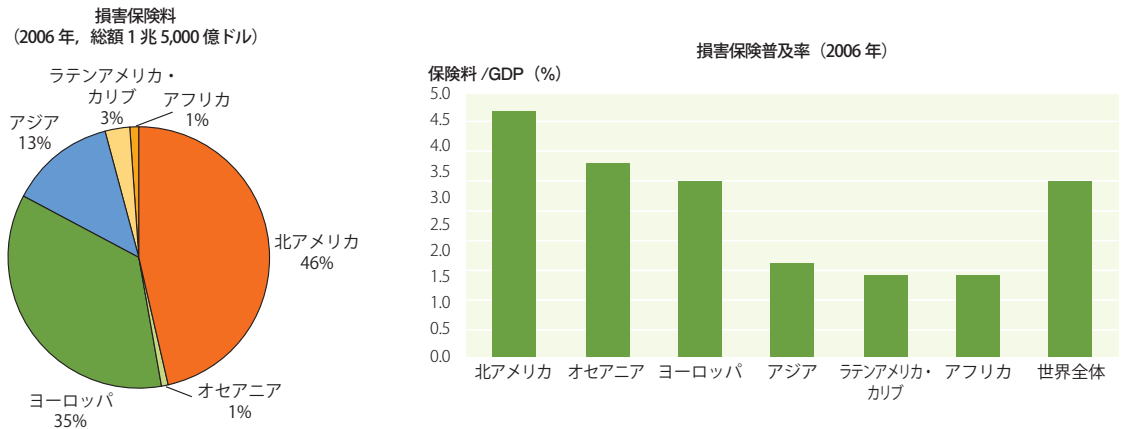
暴風雨や洪水、旱魃に対する保険は、政府向けであれ個人向けであれ、管理が困難である。天候リスクはある地域全体、あるいは大きな集団の人々に影響する傾向があるからである。例えば、モンゴルでは2002年夏に雨がほとんど降らず、しかもその年の冬は非常に寒かったため、何千人もの牧畜業者が大量の家畜を失った（ボックス2.9）。このような共変する事象が天候リスクの特徴であるため、保険金請求が一時に集中する。それを支えるには巨額な資金と事務的な取り組みが必要となることから、保険の提供は非常に困難に

なる<sup>86</sup>。これが重大な天候リスクが特に途上国を中心に、広範囲には保険でカバーされていない一因である。実際、マイクロファイナンスを供与している機関は、顧客が広範囲にわたる天候被害によって債務不履行に陥る場合に備えて、ポートフォリオに占める農業ローンの割合を制限している<sup>87</sup>。

気候変動とは無関係な理由で、金融サービスの提供は開発の分野では積年の挑戦課題となっている。途上国では保険商品の利用が総じてずっと低い（図2.3）。この事実は農村部では通常金融サービスの普及率が低いことにも反映されている。例えば「フィリピン農作物保険公社」は、比較的生産性が高く豊かな地域を中心に、約2%の農民にしかサービスを提供していない<sup>88</sup>。農村世帯の多くは貨幣経済に組み込まれておらず、その生計手段は天候に左右されるため、農村部の人々に金融サービスを提供することは課題も多しリスクが高い。都市部では人々は集中しているものの、非公式経済に従事している貧困層に金融サービスを行き渡らせるのは困難である。

気候変動は、天候に関連したリスクをますます保険に適さないものにしていく。気候変動を抑制

図 2.3 途上国では保険が限定的



出所：Swiss Re 2007.

注：保険料の地域別内訳 (左図) および損害保険の普及率 (GDPに対する保険料の割合, 右図) が示唆する通り, 保険市場は主に先進国を対象にしている。損害保険とは不動産, 事故, 賠償責任保険 (一般保険ともいう), 医療保険, 生命保険に含まれないその他の保険商品を含む。

しなければ, 天候リスクの多くは保険がかけられなくなるか, あるいは途方もない保険料になるだろう。保険が提供可能であるためには, 保険事故発生の可能性とその損害を特定し数量化 (少なくとも部分的に推計) できること, 保険料を設定できること, そして個人あるいは集団の相互間でリスクを分散できることが必要である<sup>89</sup>。これら3つの条件を満たせばリスクに保険をかけられるが, 必ずしも採算が取れるというわけではないため (農業保険プログラムの多くで保険料収入対保険金支払額の比率が低いことでもわかるように), 保険プログラム運営に関する取引コストは相当な額になるだろう<sup>90</sup>。気候変動によって生じる不確実性によって, 保険市場の土台である保険の数理的なプロセスがさらに複雑化する<sup>91</sup>。また, リスク分散はより一層困難になるだろう。気候変動によって被害は地球規模あるいは地域全域で, 同時にかつ広範囲にわたって全体的に発生し, 他の地域や他の保険市場の分野でこの損害を埋め合わせることは困難になるからである。

市場ベースで保険提供の可能性が減少するということは, 最後の保険者としての政府に対する依存が大きくなることを意味する。これは政府がこれまででも暗黙裡に果たしてきた役割である。しかし, 政府の実績は途上国でも先進国でもあまり輝かしいとはいえない。例えば, 2005年のハリケーン・カトリーナの際に, アメリカの洪水保険プログラムはその1年間の保険金請求額が創設

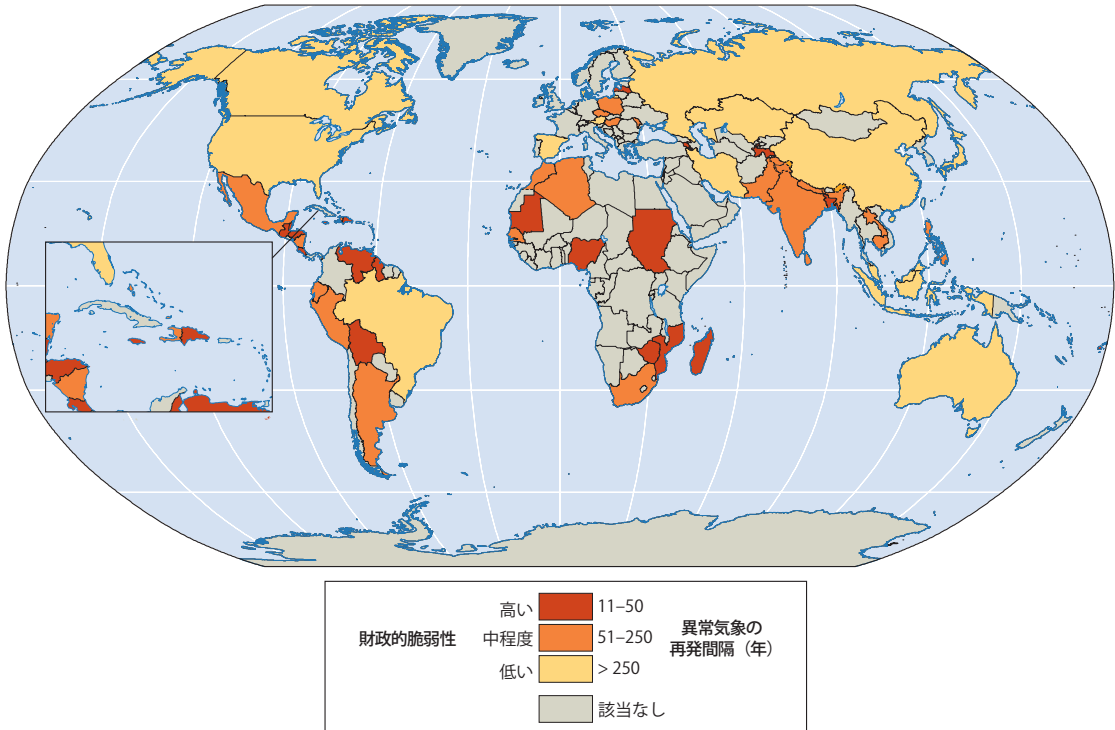
以来37年間の歴史における累計請求額を凌駕し, 保険料収入の10倍にも達して破綻した。また, 政府が後援している農作物保険制度のなかで, 多額の助成金なしに財政的に持続可能なものはほとんどない<sup>92</sup>。と同時に, 最近の破局的な事象に関連した損失の大きさが, 気候変動によって生じる将来の損失にかかわる保険の可能性について何らかの兆候であるならば, それが示しているのは, 民間部門の能力を超えた損害を吸収するのは明らかに公共部門の役割であるということだ<sup>93</sup>。

保険は気候変動への適応に対する万能薬ではなく, 気候変動に伴う被害の一部に取り組むための戦略のひとつにすぎない。保険は海面上昇や砂漠化のような長期にわたる不可逆的な影響には適していない。こうした傾向は保険業者に多大な損失を与えることになるので, 保険を付けることはできない。又, 保険は適切な土地利用規制や建築基準も含めた総合的なリスク管理や適応戦略の一環として検討されるべきであろう。そうすることで, 保険契約による保証があるがゆえの非生産的な行動や不適応 (例えば暴風雨危険区域である沿岸地帯に住み続ける) の発生が避けられる<sup>94</sup>。

#### 政府は流動資金を確保しておく

財政計画によって, 政府は破局的な気候の打撃に備え, 災害直後でも不可欠な行政サービスの維持を行うことができる<sup>95</sup>。事前に定められたファイナンスの取り決め (例えば, 異常災害準備金,

地図 2.5 中小貧困国は異常気象に対して財政的に脆弱



出所：Mechler 他 2009。

注：この地図は各国が洪水や暴風雨に対して財政的にどの程度脆弱であるかを示している。深刻な気象災害が生じた場合、政府は破壊されたインフラを再建して計画通りに開発を続けるための財政能力ももっている必要がある。例えば、濃い赤色で示された国々では、そのような財政的能力を超える深刻な気象災害がほぼ11-50年に1度生じているようである（1年当たりの確率は2-10%）。中小国は財政的に脆弱であるため、将来の災害に対する政府の適応力を高めるために不測の事態に備えて財政計画を立てる必要がある。この分析に含まれている国は、この30年間に洪水や暴風雨、旱魃によって対GDP比で1%以上の直接的な損失をこうむった74カ国のみである。

偶発信用枠、異常災害債券など）があれば、政府は速やかに対応し、社会的保護プログラムを拡大できる。人々が家や仕事を失い、生活基盤を喪失しても、家計やコミュニティが長期にわたって損失をこうむることが避けられる<sup>96</sup>。再建や回復のプロセスを始動させる資金が即時に入手可能なら、災害によって開発が頓挫する影響を抑えることもできる。

中小国の多くは大災害に対して財政的により一層脆弱である。災害関連損失の規模が自国の経済の規模に比して大きいからである（地図 2.5）。例えば、グレナダでは2004年のハリケーン・イワンの風害によって、損失がGDPの200%以上にのぼった<sup>97</sup>。常に国外からの援助がすぐに得られるとは限らないため、カリブ海の16カ国は金融面で優れた構造をもつリスク管理体制を構築している。そして緊急時の資金調達を合理化して、行政サービスの中断を最小限に抑えられるよ

うにしている。2007年から運営が開始されたこの体制は、破壊的なハリケーンや地震の後で、参加各国政府に対して迅速に流動性を提供している。国際的な再保険市場にアクセスするという革新的な手段を利用しているおかげで、リスクの国際的な分散とヘッジが可能となっている（ボックス 2.10）。

貧困国でも情報や市場、優れた計画、技術支援を利用すれば、気候リスクをより効果的に管理することができる。政府が保険業者や国際金融機関と協力関係を構築できれば、収益性の低い市場に資金や専門知識をコミットすることに民間部門が消極的になっている状況を克服できるだろう。2008年にマラウイはトウモロコシの国内生産が不足をきたすような旱魃（しばしば地域的な商品価格の変動をもたらす食料安全保障を脅かす）に対して自国を保護するため、天候ベースのリスク管理契約を世界に先駆けて締

**ボックス 2.10 カリブ海諸国災害リスク保険機構：災害後の行政サービス中断を阻止するための保険**

自然災害後に小さな島嶼国政府が直面する多くの問題のなかで最も緊急の課題は、迅速な復興活動を実施し、必要不可欠な行政サービスを維持するための現金を確保することである。これは脆弱性が増大し、巨額の債務を抱えるカリブ海諸国にとってはとりわけ深刻な課題である。

この新しい「カリブ海諸国災害リスク保険機構」(CCRIF)は、カリブ共同体の加盟国政府に対して「利益保険」(business interruption insurance)と類似の保険商品を提供し、ハリケーンや地震によって巨額の損失を被った場合、短期的な流動性を供給する。

長期的な復興資金を提供する金融商品は各種あるが、この新しい手法ではパラメーターを使用した保険によって短期的な資金不足を埋める。事前に取り決められたある災害が特定

の強度で発生した場合、現場での損失評価や公式な確認なしに資金が支払われる。災害強度の測定はほとんど即時に行われるため、通常このようなタイプの保険は費用が割安で、保険金もすぐに支払われる。参加各国はこの機構を通じて個々のリスクを共同で負担するため、一連のリスクはうまく分散されることになる。さらに、再保険市場の利用を容易にしておき、リスクは域外にも分散されている。

このような保険の仕組みは、異なったタイプの災害や確率を対象とする一連の商品を利用した包括的な金融戦略の一部となるべきであろう。

出所：Ghesquiere, Jamin, and Mahul 2006; World Bank 2008e.

結した。この契約では政府はある国際的な再保険会社に保険料を支払い、それと引き換えに、マウイ気象局の観測や発表を基準として、早魃が事前に決められた深刻な状況にあると判断された場合、政府に対して合意された金額が支払われる。世界銀行財務局は市場で信頼された仲介者としての役割を果たし、これによって、双方の取引の信頼性を高めた。支払いと早魃のパラメーターは事前に決められているので、この金融商品の支払いを迅速に行うことが可能となっており、政府は早魃が最も脆弱な人々に影響する前に、地域の商品市場でトウモロコシの先物を購入することもできるだろう。そうすれば、対策費用は大幅に削減され、国際社会からの援助に対する依存度を低下させることができる<sup>98</sup>。

こうしたイニシアティブが負担可能かつ持続可能であるためには、災害リスク削減を組織的に推進して、通常の損失にこのような金融取り決めを政府が利用するのを最小限に抑えなければならない。偶発的な資金手当ては機会費用がかかるため、対象は最も緊急な政府の資金ニーズと最も深刻な損失だけに限定すべきであろう。例えば、農業指導助言サービス、建築基準法の取り締まり、戦略的な都市計画などが、避けられるはずの被害や最も深刻な影響を軽減することができる政府行動の例である。同様に重要なのは早期警報システムであり、これがあれば事前に警告を発することによって人命や経済的損失を防ぐことができる。

政府が支援するこのようなシステムは劇的な成果を生むことがある。例えばバングラデシュでは、洪水や暴風雨による人命の損失が減少し、それによって政府としても損失をファイナンスする必要性を減らすことができた<sup>99</sup>。

**社会的リスクの管理：コミュニティが自己保護できるように支援する**

気候変動はすべての人々に平等に影響するわけではない<sup>100</sup>。気候ストレスがたとえ中程度であっても、貧困世帯にとっては人的及び物理的な資本損失が取り返しのつかないものになることがある<sup>101</sup>。子供たちへの影響は長期にわたり、教育の不足（災害時のショックで学校に行かなくなる）、健康被害（不衛生な状態と水や生物が媒介する疾病とが複合する結果）、発育障害などを通じて生涯収入が減少する<sup>102</sup>。途上国の女性たちも気候の影響を不当に受ける。家計における責任の中心は野生の産物を集めて売ることであり、それは気象の変動の影響を受けるからである<sup>103</sup>。家計やコミュニティは生計手段の選択、資産配分、居住地の選択を通じて適応するが、これらの決定はたいてい従来の知識に依存している<sup>104</sup>。しかし、もしコミュニティによる分担、公的社会保険（年金など）、民間が提供する融資や保険、公的セーフティネットなどが一体となった社会的支援体制があれば、人々は変化に対して積極的になるだろうし、またそれが可能になるだろう。



### 変動に強いコミュニティの構築

気候リスクを管理する際には、地域に根ざした伝統的な知識を基礎とすることが2つの理由から重要である<sup>105</sup>。第1に、多くのコミュニティ、特に先住民のコミュニティは、気候リスクに対処する方法に関して、地域の状況に即した知識や戦略をすでにもっている。アフリカでは長期間に及ぶ旱魃に対しても適応してきたように、人々は自分たちを取り巻くリスクにいつも対応してきている。脆弱なコミュニティが経済開発と気候への適応の両者をうまく結び付けようとする取り組みのなかで、先人の手法が役に立つだろう<sup>106</sup>。しかし、このような伝統的な対応や適応戦略では、認識されているリスクの一部に対する備えしかできない。気候変動によって生じる不確実で、これまでとは異質なリスクには対応できないであろう<sup>107</sup>。このような形でコミュニティはこれまで気候に十分適応してきたのであろうが、気候変動への適応能力はそれよりも劣るだろう<sup>108</sup>。第2に、適応措置には地域的な特性が含まれており、このことは都市部と農村部とは異なっている要求に応えるには、誰にでも合う一律の処方箋に基づく大まかな政策は適当ではないということの意味している<sup>109</sup>。

変動に強いコミュニティの構成要素——重要な機能を保持し、自己組織化し、変化にさらされた時に学習する能力——が、世界中で形成されつつあることが明らかになってきている<sup>110</sup>。ベトナム沿岸部では、高潮や海面上昇が災害に取り組む仕組みにとってすでに重荷となっている。1990年代後半に公共サービスの多くが削減されると、政府の計画やインフラに取って代わって、地域の集団的な意思決定や信用、交易ネットワークが社会資本や学習の機能を果たしている（しかし近年になって、政府はコミュニティの強靱性やインフラ整備を支援するみずからの役割を認識し、今では幅広い災害リスク管理の課題を推進している）<sup>111</sup>。

北極圏西部では、イヌイット族は海水の減少と野生生物の分布状態の変化を経験したため、自給自足の活動時期を調整し、狩猟の品種を増やすようにしている。食物を分け合い、お互いに交換するものを増やし、新たな制度を構築す

ることによって、コミュニティの強靱性を高めている<sup>112</sup>。同様に、途上国に位置する他の先住民のコミュニティも、例えば雨水の採取、農作物や生計手段の多様化、季節的移住の変更などを通して気候変動に適応しつつあり、悪影響を軽減する一方で新たなチャンスを生かそうとしている<sup>113</sup>。

コミュニティは地元における気候関連の危険とそれが資産や生産活動にどのような影響を与えるかに関して、時期や場所、事象別の知識が総じて豊富である。また、コミュニティは気候変動によって被害を受ける可能性のある社会的及び生態的關係を管理する能力が高い。開発や環境のプロジェクトは、外部の人々よりもコミュニティが実施する方が通常は費用負担が少なくなる（図2.4）。1万1,000カ所の魚場に関する最近の検討結果によると、総漁獲高の制限を止めて、個人別の譲渡可能な漁獲割当制を導入して各地域が取り締まるようにすれば、漁業資源崩壊の可能性を大幅に削減できることが明らかになった<sup>114</sup>。地元コミュニティと主要な利害関係者が漁業の共同管理に積極的に参加することが成功の鍵なのである<sup>115</sup>。

資源管理の分権化には、強靱性を高めるメリットだけではなく、緩和と適応にとっても相乗的な利益がある。例えば、熱帯地方における森林の共有的な管理は生活上の利益（適応）と炭素貯留上の利益（緩和）を同時に生み出している<sup>116</sup>。地域のコミュニティが自分たちの森林を所有し、意思決定に関して自律性を有し、広範な森林区域を管理する能力をもてるからである。途上国の多くでは、森林の統治は「共有資源の原則」に基づいて地方分権化されている。地方の人々に森林を管理し、時期や場所に関して固有で独自の知識を利用して適切なルールや制度を制定し、そのルールを政府機関と協力して施行する権限が与えられている<sup>117</sup>。メキシコやブラジルでみられるように、先住民の土地にかかわる権利を強化し、管理面で彼らの役割を保証したことで、森林や生物多様性資源の管理が持続的かつ費用効果的になってきている<sup>118</sup>。

社会的学習、すなわち、経験から得た知識を相互に交換し、その知識を科学技術的な情報に組み込むプロセスが、コミュニティ・ベースによる効

果的な適応の基盤となる<sup>119</sup>。例えば、人々が季節労働や自然災害を理由に都市部と農村部の間で移住する場合、それまで親戚や友人が移住していった流れの後を追うだろう<sup>120</sup>。また、新技術を取り入れたり、作付様式を変えたりする時には、人々は社会的ネットワーク内を流れている情報に基づいて判断するだろう<sup>121</sup>。違った分野を選択して技術や教育を向上させようとする場合、人々は学校仲間の判断を参考にするだろう<sup>122</sup>。

コミュニティや経験に基づく社会的学習は、かつては天候リスクに立ち向かう主要な方法であったが、気候変動に対応するには不十分な可能性がある。そこで、コミュニティ重視の気候適応戦略が効果的であるためには、コミュニティの長所（地域に関する能力と知識が豊富、社会資本が潜在的に蓄積されている、費用が少なくすむ）と短所（科学的知識が限定的、措置の対象範囲が狭い）のバランスをとらなければならない。

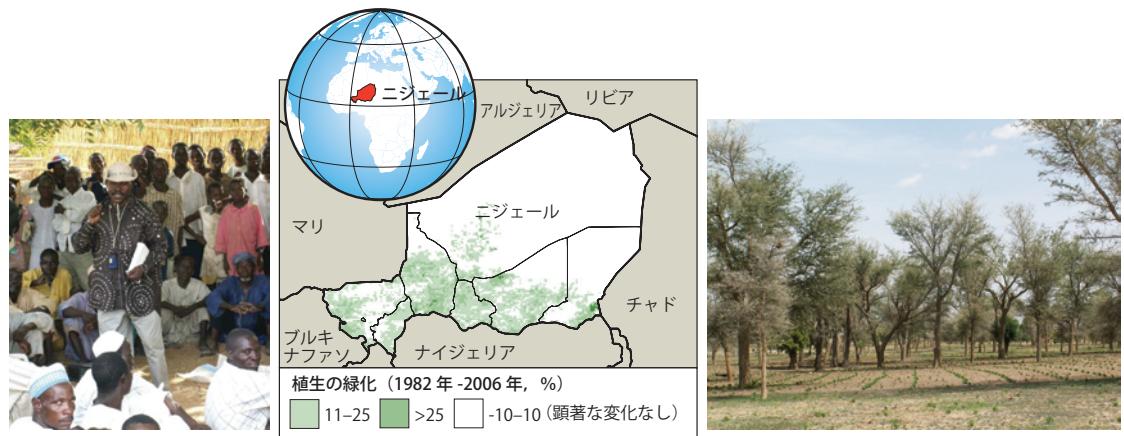
数多くのコミュニティ・ベースの適応活動がさまざまな NGO や仲介者によって支援されているが、リスクにさらされている人々のうちのほんのわずかな部分にしか届いていない。緊急の課題はその成功例をはるかに広い範囲にわたって模倣することである。規模の拡大が限られていたのは、大抵の場合、地域の利害関係者と政府

機関との間でつながりが弱く、時には緊張が生まれていたからである。権限や責任、資金の問題がしばしば協力の妨げになってきたのである。コミュニティ主導型開発の規模拡大を成功裡に行うためには、支持者と政府はプロジェクト以外のプロセスや、支援の資金が途絶えた時にプロジェクトが厳しい結末に陥らないようにするため、転換や移行を考えておく必要があるだろう。成功するための重要な能力にはやる気や深い関心なども含まれるため、あらゆるレベルで適切なインセンティブも必要になるだろう<sup>123</sup>。新しい「適応基金」は規模拡大のための支援を大幅に増加することができる。同基金は2012年までに運用資金が5-12億ドルに達し、すべてのレベルの政府、NGO、その他の仲介機関を直接支援することが期待されている<sup>124</sup>。

### 最も脆弱な層に対するセーフティネットの提供

気候変動によって脆弱性が増大し、より多くの人々がより頻繁に、より長く気候の脅威にさらされることになる。気候変動に伴って生活が徐々に破壊されかねない人々を社会政策によって支援する必要がある。異常気象が家計を直撃する可能性もあり、最も脆弱な人々が経済的に破綻することを防ぐためにセーフティネットが必要となる。気

図 2.4 先住民の知識や農民の活動、社会的学習によって砂漠化を押し戻す



出所：WRI 他 2008; Botoni and Reij 2009; Herrmann, Anyamba, and Tucker 2005.

注：ニジェールでは農民が砂漠化を押し戻した。1980年代に荒廃してしまった景観が今や木灌木や農作物でしっかりと覆われている。こうした変化は広域にわたっているため衛星からも観測できる。その効果は500万ヘクタール（コスタリカとほぼ同面積）に及び、ニジェールの耕作面積のほぼ半分当たる。緑化によって生み出された新たな経済機会は食料の確保や旱魃に対する強靱性という形で何百万もの人々に恩恵をもたらしている。この成功の鍵となったのは何世紀にもわたって継承されてきている森林地管理技術を現在に適合させた低費用の技術であり、農民管理による自然再生技術として知られている。1980年代にこの先住民の技術の再導入によって成功した例があったため、農民はその有益性を理解し、伝え広めたのである。社会的学習の効果は提供者が農民の研修旅行や農民同士の情報交換を支援したことで、さらに高まった。また、中央政府は土地所有権や森林に関する政策の改革において極めて重要な役割を果たした。

候問題の悪影響が長引くと（早魃の際はよくあることだが）、商品価格の上昇と乱高下が誘発され、最大の影響を受けるのが貧しく脆弱な人々になることは、2008年の食料危機の際にみられた通りである<sup>125</sup>。食料価格が高ければ、家族を養うために食料を購入しなければならない人々はさらに貧しくなり、栄養状態が悪化してしまう。また医療や教育サービスの利用を減らし、生産的な資産を消耗させてしまう<sup>126</sup>。途上国の一部では、食料不安とそれに伴う食料価格の乱高下がすでにシステミック・リスクの発生源となっているが、それは気候変動の進展に伴っていっそう大きくなるものと見込まれている<sup>127</sup>。

気候がもたらす被害には重要な特徴が2つある。第1に、厳密にどのような人及びどのような地域が影響を受けるかに関して不確実性がある。危機がかなり進行しないと影響を受けている人々の特定がむずかしく、特定できた時にはすでに速やかで有効な対応が困難になっていることが多い。第2に、地域が打撃を受ける可能性があっても、その時期を前もって知ることはできない。将来的な気候の脅威に対応して社会的政策を概念化して設計する際には、こうした2つの特徴を考慮に入れなければならない。社会的保護は単独の介入策ではなくシステムとして考えられるべきであり、早期に整備しておくべきである。セーフティネットには柔軟な資金調達方法と不測の事態への対応措置の対象範囲設定が必要であり、それがあれば突発的な被害にも効果的な対応ができるようになる<sup>128</sup>。

慢性的な脆弱性に関しては、さまざまなセーフティネット手段を組み合わせることによって、貧困世帯に現金や現物を提供する取り組みが可能である<sup>129</sup>。これらを効果的に利用できれば不平等の是正にすぐに効果があり、また、貧困に影響を与える商品価格上昇に対する最善のアプローチともなる。現金や現物を支給することによって、貧困世帯は将来の生活のために投資をしたり、負の対応策（たとえば早魃の際に家畜を売るなど）をとらずに危機に対処したりすることが可能になる。セーフティネットは設計次第では、各世帯が長期的に強靱性の強化につながるような人的資本（教育、訓練、栄養）に投資するのを奨励するこ

とができる。

セーフティネットが拡張可能な形で柔軟に設計されていれば、保険の機能ももち得る。通常セーフティネットは、災害直後の食料や衛生、清掃などの提供から、最終的な回復と再建、そして場合によっては災害防止や緩和策に至るまでの各段階で、優先課題を変化させながら段階的に発動される。セーフティネットが保険機能を果たすためには、反循環的で拡張可能な予算、一時的な困窮状態に陥った人々を選び出す対象絞り込みのルールが必要である。又、災害への素早い対応を可能にする柔軟な執行、基本的な組織上の手続きと責任に関して災害発生以前に合意しておくことが必要である<sup>130</sup>。季節ごとの気象に関する予測や報告による早期警報は、セーフティネットを早目に発動して、支援活動や食料配給に備えることが可能である<sup>131</sup>。

セーフティネットがすでに存在するところではそれを一層強化し、まだ存在していないところでは構築しなければならない。低所得国の多くは貧困層に恒久的な移転を行う余裕をもっていない。しかし、基本形態として無拠出保険という拡張可能なセーフティネットこそ、セーフティネットが通常利用されていない貧しい国々においてさえ、多数の死者や資源の枯渇を防ぐことができる重要な社会的保護制度であるといえる<sup>132</sup>。

例えば、エチオピアの「生産的セーフティネット」は、持続的な社会的援助（食料が欠乏した600万世帯を対象とした長期的勤労福祉プログラム）と、速やかに拡張できるセーフティネットとを組み合わせたものである。後者は、大規模な早魃時に何百万もの一時的な困窮世帯を支援するためのものである。ここでの重要な新機軸は天候の影響を観察することに基づいた指数を利用していることである。これにより食料不足の地域的絞りを絞った拡張的支援を即時に提供できる。また、臨時の資金を利用できる保険ベースの仕組みも提供されている<sup>133</sup>。

勤労福祉プログラムはセーフティネットによる対応の一環と考えることができる<sup>134</sup>。これは労働集約的な公共事業のプログラムで、対象となる人々に収入を対価として公共インフラの建設や維持に携わってもらうものである。こうしたプログ



### ボックス 2.11 全国農村部雇用保証法に基づくインドの勤労福祉制度

インドのマハラシュトラ州でかつて成功した仕組みに基づいて、インド政府は時間をかけて雇用保証プログラムを構築してきた。このプログラムは法定最低賃金による100日以内の自己選択による雇用をすべての家計の権利として確立している。各家計は窮状を証明する必要がなく、なかには仕事が提供されなくても支払われる賃金がある。

このプログラムでは、仕事の少なくとも3分の1が女性向けに確保され、また、職場での保育、業務上傷害に対する医療保険も提供される。仕事は即時に提供される必要があり、職場は可能な限り自宅から5km以内とされている。運営は透明であり、仕事や請負業者のリストは公開されている。又、ウェブサイトでも閲覧が可能となっている。このため人々は不正や非効率性を監視できる。2005年にこのプログラムが開始されてから、4,500万世帯が20億日分の労働を提供して、300万件の仕

事に就いた<sup>a</sup>。

適切なガイダンスがあれば、このプログラムは気候に関して適切な経済開発も支援することができる。このプログラムは規模が大きいため、水の保全や集水地の保護や植林などの適切な緩和のための業務に多くの労働力を振り向けることが可能だからである。また、さまざまなプロジェクトの設計と実施にかかわる活動や技術支援を完了するのに必要なツールなどを調達する資金も提供する。それゆえ、このプログラムは生産的で、天候に対して強靱性のある資産を創造して維持することによって、村落開発の中核になるだろう<sup>b</sup>。

出所：

a. National Rural Employment Guarantee Act 2005, <http://nrega.nic.in/> (2009年5月アクセス)。

b. CSE India, [http://www.cseindia.org/programme/nrml/update\\_january08.htm](http://www.cseindia.org/programme/nrml/update_january08.htm) (2009年5月15日アクセス); CSE 2007。

ラムはコミュニティの強靱性を高める社会的資産や高収益の活動、例えば、貯水や灌漑システム、堤防などに焦点を絞っている。しかし、このプログラムが十分に有効であるためには、明確な目的、適切でよく練り上げられたプロジェクト、予測可能な資金調達、選定と執行における専門家の指導、信頼できる監視と評価が必要である（ボックス 2.11）。

セーフティネットはエネルギー政策の改革も促進することができる。燃料価格の引き上げはエネルギー効率を高め、経済的利益をもたらす、財政の節約となるが、政治的及び社会的に大きなリスクをもたらす。セーフティネットは貧困層を高いエネルギー価格から守るだけでなく、膨大で煩わしく、逆進的で、気候変動に悪影響をもたらすエネルギー補助金を廃止するのに役立つ（第1章参照）<sup>135</sup>。エネルギー補助金は高い燃料価格に対する通常の対応であるが、非効率で対象が適切に絞れないことが多い。それでも廃止するのは通常は困難を伴う。そこで最近、中所得国のいくつかでは（ブラジル、中国、コロンビア、インド、インドネシア、マレーシア、トルコ）、化石燃料補助金の撤廃を進めるためにセーフティネットを利用している<sup>136</sup>。補助金撤廃後の現金移転の支払いは貧困層に対して正当に補填するよう慎重に絞り込まなければならない。インドネシアの改革では、対象の絞り込みにかなりの誤りがあったにもかかわらず、十分位数でみて人口の下から4割

までの人々は、現金支給が行われている間、差し引きプラスであったという結果が出ている<sup>137</sup>。

### 気候変動に対応して移住を促進する

通常、気候変動への対応として移住は効果がある。残念なことに、場合によってはその選択肢しかあり得ないこともある。2050年までに移住、立ち退き、強制移転などのリスクに直面する人の数は少なくとも2億人、多ければ10億人にのぼると推計されている<sup>138</sup>（ただしこの推計は高まるリスクにさらされる人々の大まかな評価に基づいており、人々が危機に直面して移住を選択するかどうかの分析に基づいているわけではない<sup>139</sup>）。そこで気候の影響を相殺して移住を阻止するためには、海岸保全などの適応策が必要となる<sup>140</sup>。

人々の現在の動きは近未来における移動の地理学に関しておおよその指針となる（ボックス 2.12）。気候変動に関連して生じる移住は、途上国においては農村部から町や都市部への移住が圧倒的に多くなるだろう。移住を推進する政策の策定に当たっては、移住者は世界的にみて自国内で移動しているということと、移住ルートは経済的な理由で移住する者でも非自発的に移住する者でもかなり重複しているということを考慮すべきである。

気候変動に起因する移住が紛争を引き起こしたり、拡大させたりするという主張はほとんど根拠



ボックス 2.12 今日の移住

気候変動によって引き起こされた移住の推計は、非常に不確実で曖昧である。短期的にみると、気候ストレスを受けてまったく新しい人々の流れができてきているというよりも、すでに存在する移住のパターン（左地図）を強める可能性が大きいだろう。世界の移住者の大半は自国内で移動している。例えば、中国だけでも国内の移住者は約1億3,000万人に達しており、2000年について1億7,500万人と推定される世界全体の海外移住者にほぼ匹敵する。国内の移住者はほとんどが経済的な理由により農村部から都市部に移動している。農村部から農村部への移住は、推計が不完全ではあるが、相当な数にのぼり、農村部労働市場の需要と供給を調整しており、農村部移住者の移動経路の一段階をなしている。

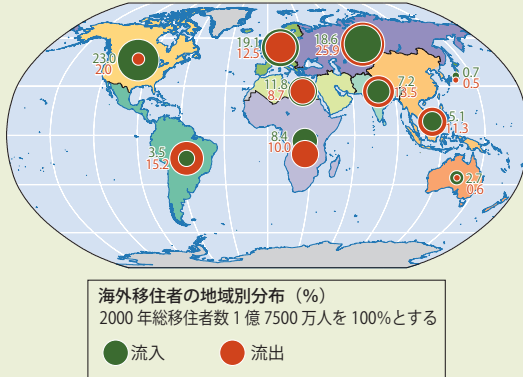
国際的な移住はほとんどが先進国における現象で、海外移住者の約3分の2は先進国間で移動している。新規流入者の伸びは途上国よりも先進国の方が高く、海外移住者の約半分は女性である。世界の海外移住者の出身国でみると、その半分は20カ国で占められている。迫害の恐怖によって国外脱出を余儀なくされた人（難民の定義）は、国際的移住者全体のわずか10%弱を占めるにすぎない。しかし、強制的な移住者の多くは国内避難者の分類に入り（右地図）、世界で2,600万人と推定されている。紛争、民族闘争、人権侵害から逃れる移住者が利用する経路や手段は、経済的移住者のそれとますます同じものになっている。入手可能な国際統計では環境問

題や自然災害による国内避難は明示されていないが、気候変動を理由とする強制的移住のほとんどは国内や地域内にとどまっていると考えられる。

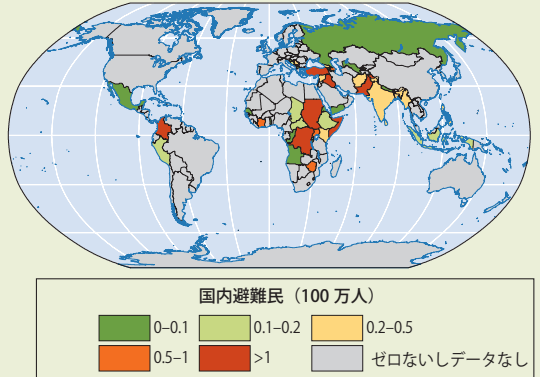
移住の流れはランダムではなくパターン化している。すでに移住している人々が移住先で生活を確立することが可能であり、将来の移住者が移住の障壁を乗り越えるのを手助けしてくれるということを立証している場合、その移住先の近辺に移住者の流れは集中する。このパターンは移動の障壁とそれを乗り越えるための要件でいたい説明がつく。障壁には資金の問題が含まれ、例えば、移住先までの交通費、到着後の住居費、新たな収入源を得られるまでの生活費などがある。観察が示唆するところによると、いわゆる「移民のこぶ」が存在する。国内で所得が上昇して最低限の生活に必要な水準が満たされると、コミュニティから海外への移住が増加し、その後、出身国の所得と移住先の所得の格差が縮小するにしたがって移住は減少している。「移民のこぶ」の存在によって、貧困者のなかでも極貧層は移住しないか、したとしても非常に近い場所にしか移住しない理由が理解できる。

出所：Tuñón 2006; World Bank 2008f; United Nations 2005; United Nations 2006; Migration DRC 2007; de Haas 2008; Lucas 2006; Sorensen, van Hear, and Engberg-Pedersen 2003; Amin 1995; Lucas 2006; Massey and Espana 1987; de Haan 2002; Kolmannskog 2008.

国際労働移住



国内避難民



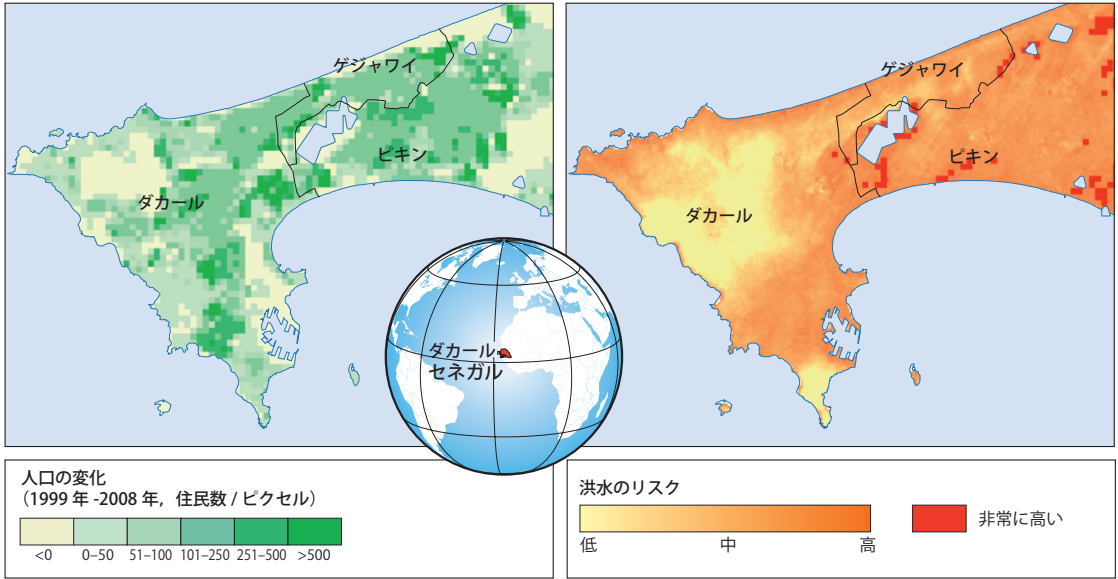
出所：Parsons 他 2007; IDMC 2008.

がないが、これは将来変わるかもしれない。環境変化を理由に移住する人々は力が弱まっており、紛争を引き起こす余力はほとんどないだろう<sup>141</sup>。移住が紛争と同時に起こっても、それに因果関係はないかもしれない<sup>142</sup>。同様に、武力衝突と資源不足（水をめぐる戦争）<sup>143</sup>や資源劣化とのつながりが立証されたことはほとんどない（貧困や機能不全に陥った制度を理由とする方が説得力がある）<sup>144</sup>。しかし、因果的な繋がりが不確実だからといって、将来気候が誘発する移住が、資源

に対する圧力、食料不足、壊滅的な気象、受け入れ地域における統治の欠如などと同時に生じるなら、紛争の可能性を増大させないとは言い切れない<sup>145</sup>。

移住のマイナス面が強調されれば、移住の発生を削減及び抑制し、気候リスクにさらされて移住しか選択肢がない時でも、移住者の要求にほとんど対応しないような政策を助長することが起こり得る。実際には、移住を制限する政策が成功することは稀であり、往々にして自滅的である。又、

地図 2.6 セネガル国内の移住者はダカール近郊の洪水危険地域に定住している



出所：Geoville Group 2009.

注：農業部門の経済成長が停滞しているため、首都ダカールは国内各地からの移住者の目的地となっている。1988年から2008年にかけてダカールの新規定住者の40%は洪水リスクの高い地域に移り住んだ。その数はダカール都市部（19%）や農村部（23%）の倍近い。都市部は地理的な拡大に限界があるので、移住者の流入は都市部や都市周辺部における人口集中を非常に高めることになる（地図では16ピクセルで1km<sup>2</sup>に相当する）。

移住者および移動元と移動先両方のコミュニティにとってのコストを増加させるだけである<sup>146</sup>。気候がもたらす影響の対応策として移住を促進する場合、自発的な移住者のニーズに対応し、彼らの企業家としての能力や技能を支援できるような移住と開発を一体化した政策を策定することが望ましい。

また、気候リスクが持続しそうな地域には移住者が定住しないような政策を可能な限り実施すべきである（地図 2.6）。1995年から2005年にかけて、コロンビアでは国内の政情不安が原因で

300万人もの人々が主に中小の都市に避難した。多くの人が都市周辺の洪水や地滑りに見舞われやすい場所、ゴミ捨て場に近い場所に移り住んだ。しかし、このような人々は教育や職業スキルがないため、最低賃金の40%しか稼げなかった<sup>147</sup>。非自発的な移住と再定住を織り込んで将来を考慮に入れた計画を立てるべきである。代替地を指定し、移住者が再定住し新たな生計手段を開拓できるような補償方式を適用し、コミュニティの生活のために公的及び社会的なインフラを整備すべきである。繰り返しになるが、こうした政策は非自

「僕が世界中の指導者たちをお願いしたいのは、学校のことをもっとよく考えて、そして環境を守ったり元どおりにすることを子供たちにさせようと努力している地方自治体を助けて欲しいということです。社会や政治に関係のある団体はそのことに応えて、してみんなの健康、とくに子供たちの健康を守ることに政策をかえるべきです。小学5年生なりの考えですが、僕はこれが私たちの地球が確実に生き残れる方法だと思います。」

——Dave Laurence A. Juntilla（フィリピン、11歳）



Raissa Kabir（バングラデシュ、10歳）

発的な移住者や難民——国内で退去を余儀なくされた非自発的移住者なのか、あるいは国境を越えた難民なのかには関係なく——の要求に応えようと現在実施されている多数の取り組みとは好対照をなしている。

移住者の再定住に関しては、最近の経験から若干の教訓を学ぶことができる。第1は、定住先のコミュニティに移住計画や再建に関与してもらうことである。その際、できるだけ外部の請負業者や機関には頼らないようにする。再定住する人々が受けとる補償は受け入れ先地域の標準や価格をベースにすべきであり、新たな定住先におけるインフラの計画や建設にも参加すべきである。可能ならば、定住先のコミュニティの意思決定構造は最大限尊重されるべきである。

## 2050年までを見通す：どのような世界になっているか？

この報告書で繰り返し出てくるテーマは、社会や気候、生物の各システムにおける慣性は今行動を起こすべきであるという主張を支持する、というものである。今日の子供たちのなかには2050年には指導的立場に立つ子供もいるだろう。気温が2℃上昇する世界に至る途上で彼らは劇的な変化に直面するだろうが、それに取り組むのは多くの課題のひとつにすぎない。しかし、5℃上昇する世界に向かうなら、見通しははるかに暗くなるだろう。半世紀以上にわたる緩和の取り組みが不十分であったことが明らかになるのである。そして、気候変動は単なる多くの課題のうちのひとつではなく、他を圧倒する重大な問題になってしまうだろう。





地球は 300 万から 1,000 万種の動植物<sup>1</sup>とさらに膨大な数の微生物が織りなす複雑なネットワークを支えている。そのなかで初めて人類という単一の種が、そのネットワークの機能そのものを維持するのか、それとも破壊するのかを決定する立場に立っている<sup>2</sup>。しかし私たち人類の日常生活にとって重要なものは、中でもほんの少数の種に限られている。例えば、人間は基本的な栄養を数十種類の種から得ている。人間の摂取カロリーはコメ<sup>3</sup>と麦<sup>4</sup>からそれぞれ 20%ずつ、動物性タンパク質はその 70%を牛、鳥、豚の 3 種から得ている。動物性タンパク質の残りのうち 20%のなかに魚や貝といった食料としての種の多様性がみられるだけである<sup>5</sup>。人間は植物に転換された太陽エネルギーの 3 分の 1 を利用していると推定されている<sup>6</sup>。

しかし、人類の健康な生活環境は無数の種による複雑な相互作用に依存している。その相互作用は十分に機能している生態系のなかで、例えば、水を浄化し、花を授粉させ、ゴミを分解し、土壌を肥沃に保ち、水流や異常気象を和らげ、社会的及び文化的な要求を満足させている（ボックス FB.1）。「ミレニアム生態系評価」によると、調査した 24 の生態系サービスのうち、15 が劣化しているか、あるいは持続不可能な仕方でも利用をされている（表 FB. 1）。このような劣化の主な原因は土地利用方法の転換（主に農業や養殖水産業へ）、過剰な栄養素の使用、気候変動にある。しかも劣化がもたらす影響は特定の地域に集中しており、そこに暮らす貧困層は生態系サービスに最も直接的に依存しているため、不釣り合いな程に大きな影響をこうむっている<sup>7</sup>。

### 生物多様性と生態系サービスへの脅威

過去 2 世紀ほどの間に、人類は地球上における重要な絶滅事件のひとつで犯人となっている。人間が食物網を通じてエネルギーの流れのほとんどを占有し、価値の高い種を優遇するために土地の被覆の基本構造を変更したため、人間が地球を征服する前と比べて種の絶滅速度は 100 ~

1,000 倍速くなっている<sup>8</sup>。過去数十年間に、人々は生物多様性への影響とその影響の恐ろしさに気付き始めた。効果には差があるものの、今やほとんどの国に生物多様性を保護するプログラムがある。また、いくつかの国際的な条約や合意が、生物多様性の損失を遅らせる、あるいは阻止する方策の調整を行っている。

ところが、気候変動によってその脅威はさらに増大する。過去の気候変動においては、たとえ変化が急速であっても、地球の生物多様性は種の移動や絶滅、新たな種の出現などの組み合わせによって順応してきた。しかし、今後 1-2 世紀にわたって続く予想される気候変動の速度は、どのような緩和に向けた取り組みがなされようとも、隕石衝突後のような破局的な絶滅を除けば、過去の速度をはるかに凌ぐだろう。例えば、約 1 万年前に起こった現在に最も近い氷河時代には、その始まりと終わりの間における樹種の移動速度は年間約 0.3-0.5 キロメートルだったと推定されている。これは今後 1 世紀にわたって生じるとされる気候帯の変化の速度の 10 分の 1 でしかない<sup>9</sup>。種によっては新たな場所で繁栄できるくらいの速さで移動するかもしれないが、種の多くは現状のような分断された地形では気候変動の速さについていけず、さらに多くの種は気候変動に伴い生態系の構成の劇的な再編が生じるなかで生き残

#### ボックス FB.1 生物多様性とは？ 生態系サービスとは？

生物多様性というのは遺伝子、個体、種、生態系などを含む、あらゆる形の生命の多種多様さを指す。生物多様性は生態系が提供するサービスを下支えており、現在の利用とおそらく将来の利用の可能性（オプション価値）についての価値を有し、それ自体でも本源的な価値をもっている。

種の数はある地域の多様性を示す指標としてよく利用されるが、それは遺伝子の多様性と生態系の相互作用の複雑さを大雑把に捉えているにすぎない。地球上には 500 万から 3,000 万の異なる種が存在している。そのほとんどは微生物であり、公式に記載されているものは約 175 万種だけである。多様性の 3 分の 2 は熱帯地方にある。エクアドルの 25 ヘクタールほどの小さい土地区画には、樹種がアメリカとカナダを足し

た全域に存在する数よりも多く存在し、哺乳類と鳥類の種の数でみれば、両国の半分以上の数が存在することが知られている。

生態系サービスは個人や社会にとって価値のある生態系のプロセスや機能を指す。『ミレニアム生態系評価』では、生態系サービスを 5 つのカテゴリーに分けている。すなわち、供給—食料や水の生産、調整—気候や疾病の制御、支援—栄養循環や作物受粉、文化—人間に対する精神的あるいは保養地としての恩恵、保全—多様性の維持、である。

表 FB. 1 地球規模でみた主要な生態系サービスの現状評価

サービス	下位分類	状態	注
<b>供給サービス</b>			
食料	農作物	↑	大幅な生産増加
	家畜	↑	大幅な生産増加
	捕獲漁業	↓	乱獲による生産減少
	養殖漁業	↑	大幅な生産増加
	野生食物	↓	生産減少
繊維	木材	+/-	地域によって森林が減少あるいは増加
	綿・麻・絹	+/-	繊維の種類によって生産が減少あるいは増加
	木質燃料	↓	生産減少
遺伝資源		↓	絶滅による損失および農作物遺伝資源の損失
生化学物質, 生薬, 医薬品		↓	絶滅による損失, 乱獲
淡水		↓	飲用, 工業用, 及び灌漑用として持続不可能な使用. 水力エネルギー量に変化はないが, ダムの水力エネルギー利用能力が増加.
<b>調整サービス</b>			
大気質の調整		↓	大気自然浄化能力の低下
気候の調整	地球規模	↑	地球規模でみると生態系は前世紀半ばから炭素の純吸収源
	地域・地方	↓	悪影響が優勢 (例えば土地被覆の変化は地方の気温や降水量に影響を及ぼす)
水の調整		+/-	生態系の変化および場所によって異なる
侵食の調整		↓	土壌の劣化が進行
水の浄化と廃棄物の処理		↓	水質低下
疾病の調整		↓	生態系の変化によって異なる
病害虫の調整		↓	殺虫剤の使用により自然の抑制力が低下
花粉媒介		↓	花粉媒介生物が地球規模で明らかに減少
自然災害の調整		↓	自然の緩衝地帯 (湿地, マングローブ) の損失
<b>文化的サービス</b>			
精神的及び宗教的価値		↓	神聖な林や種の急減
景観的価値		↓	自然の地形 (景観) が質, 量ともに減少
保養やエコツアー		+/-	訪れることが可能な地域は増加したが, その多くで質が低下

出所: Millennium Ecosystem Assessment 2005.

れないだろう (地図 FB.1). 種の損失に関して最も楽観的な推計でも, 温度が 1℃ 上昇するごとに 10% の種が絶滅し<sup>10</sup>, 絶滅しないまでも大幅な減少が危惧される種はさらに多数にのぼると考えられている<sup>11</sup>.

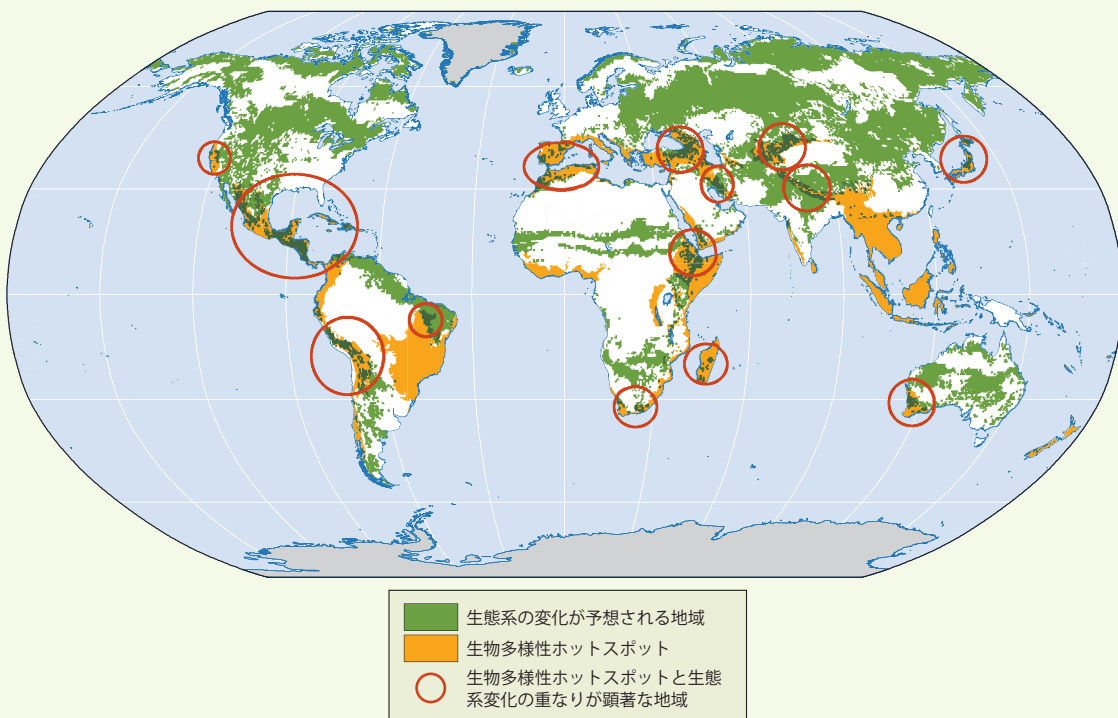
陸上活動を通じて気候変動を緩和する取り組みは, 生物多様性と生態系サービスを支えることになるか, あるいはさらに脅威を与えることになるかのどちらかだろう. 地上や地中の炭素貯蔵は森林の再生や植生回復, また耕運の低減などといった農法の実践を通じて増加できるだろう. これらの活動は生物多様性を支える複雑で多様な地形を作り出せるかもしれない. しかし, バイオ燃料生産を行うために樹木林や森林地帯を開拓するようなお粗末な計画に基づく緩和措置であれば, 両方の目標にとって逆効果であろう. 大型のダムは, 灌漑やエネルギー生産を通じて人々に多くの恩恵を与えてくれるが, 直接的に水没させたり, 下流の流れを大きく変え, それに依存している生態系を大きく変化させることによって生物多様性を脅かす懸念がある.

### われわれに何ができるか?

気候変動の下で生物多様性を維持するためには, 優先順位の変更と積極的かつ環境適応性のある管理が必要だろう. 具体策は場所によって異なるだろう. 積極的な管理が, 人間の干渉からの保護をより一層改善するという形で行われる場所もあるだろう. 一方で, ある場所には, 保護に現在よりも強力でもより実践的な形で種や生態系プロセスへの介入を含める必要があるかもしれない. いずれの場合でも, 気候変動に直面し, 土地や海の利用が競合する場合には, 生物多様性の価値を積極的に考慮に入れなければならない.

そのためには生態系が気候変動以外の環境変更因子と相互作用をしつつ, 気候変動にどのように反応するかを予測する継続的な研究が必要である. 絶滅するか, 生き残るか, あるいは移動して新たな種の組み合わせを形成するかは, 種によって異なるだろう. このような変化を予測する能力は常に不十分で完全とは程遠い状態にとどまるだろう. だからこそ, どんな管理対策も柔軟で現実に対して適応性のある枠組みのなかで行われなければならない.

地図 FB.1 生態系の変化が予測される地域の多くは亜寒帯あるいは砂漠地帯にあり、生物多様性のホットスポットにはなっていないが、その重複が懸念されている地域が依然として多い



出所：Myers 他 2000 と Fischlin 他 2007 に基づいて WDR チームが作成。

注：この地図が示しているのは、生物多様性ホットスポット——ある固有の種が非常に集中して存在しているが、その生息地が大幅に失われつつある地域 (Conservation International and Myers 他 2000) ——と、2000 年と比べて 2100 年までに予想される陸上生態系の変化 (IPCC によって発表された Fischlin 他 2007, figure 4.3(a), p. 238 に引用されている IPCC の見解) が重なっている地域である。このような変化は生態系が変化する可能性のある範囲を示唆しているにすぎないとみべきであり、森林被覆、草地や灌木地、森林地帯、草本による被覆、砂漠改良の増加あるいは減少を含む。

絶滅する種が出ることは避けられず、種によっては植物園や動物園、あるいは種子銀行で保護する必要があるかもしれない。生態系サービスの提供にとって重要な種を特定し、必要なら積極的に管理することが不可欠である。気候変動下の土地や海の予防的管理はかなり新しく、まだ明白に定義されていない分野である。現実的な管理の対応方法を特定するための知識はほとんど明らかになっていないため、学んだことや成功事例、そして能力開発を進めること、及びこれらを共有することが今後必要となるだろう。

### 保全指定地

保全優先地域を拡大あるいは変更する際には、標高、緯度、水分、そして土壌の変化の仕方などを把握する必要がある。保全指定地の拡張や変更に関する提案は、土地の割当てや生物多様性管理用資金の配分にかかわる優先順位 (例えば、資金で土地を購入するのか、それとも生息地改変に使うのか) をめぐる衝突につながりかねない。競争する要求をうまく両立させる一定の保全目標を達成するために、土地の最適な割当てを選択できる有力な手段が存在する<sup>12</sup>。

しかし、保護地域のみが気候変動に対する解決策ではない。現在の保全指定地ネットワークは最近の 10 年間で急激に増加し、今や地球の陸地の 12% を占めているが<sup>13</sup>、生物多様性を保全するには依然として不十分である。人口動態による圧力と競争的な土地利用が存在することを考えると、保護地域が大幅に増加するとは考えにくい。これは次のことを意味する。すなわち、保全の価値と優先順位が高い地域を取り囲んで連結している土地 (環境マトリックス)、そしてその土地を管理あるいはその土地に依存している人々が、気候変動下にある種の将来にとって今後更に重要になるだろう。

様々な集団の利害を考慮に入れた生物多様性を保全するための戦略には、一層の柔軟性が必要になるだろう。これまでのところ、保護地域を創設するに当たって中心的な役割を果たしてきたのは非政府組織と中央政府である。生物多様性の維持に必要な柔軟性を確保するためには、このようなマトリックスになっている土地や水域について様々な分野の管理者、所有者、利害関係者が共同で管理に携わる必要があるだろう。種のための退避地や回廊を提供するようなマトリックスを維持するためには、関係する人々に対

するインセンティブや補償が必要かもしれない。選択肢としては、例えば、環境サービスに対する支払いを拡大すること、「ハビタット・バンキング」<sup>14</sup>、漁業で行われているような「資源の利用に関する権利に基づくアプローチ」のさらなる探求などを挙げることができるだろう。

### 生物多様性の企画と管理

気候変動が続く中で、生態系の生存力を積極的に管理するための計画は、保全地域や水域、および重要な生息地の全てに対して作成されるべきである。その計画に含まれるべき要素は以下の通りである。

- ・ 火事や病害虫、栄養素負荷などの主要ストレス因子を克服するための、気候に関して適切な管理計画。
- ・ 気候変動に直面した際に管理の優先順位を変更できる意思決定の手続きやきっかけ。例えば、保全地域で短期間に火事が2度発生し、以前の生息状態や価値の再構築が不可能となった場合、それに代わる生態系構造への移行を積極的に推し進めるプログラムを実施しなければならない。
- ・ 先住民やこうした土地や水域に直接依存している人々の権利や利益、貢献にかかわる計画との統合。

このような予防的計画は先進諸国においてもあまりみられない<sup>15</sup>。カナダは北部地域の急激な温暖化に直面しており、気候変動に対して予防的な管理方策を採用している<sup>16</sup>。また、予防的管理の基本方針について次のような概略を作成している国もある。すなわち、変化を予測する、保全地域やそれを囲む地形を含めた地域的な生物多様性を管理する、避けられない変化に対応する際の意思決定を支えるために優先順位を設定する、などの方針が示されている<sup>17</sup>。しかし、世界の多くの地域で基本的な生物多様性管理は依然として不十分である。1999年に「国際自然保護連合」(IUCN)が出した結論によると、発展途上10カ国の保護地域のうち適切に管理されているものはその4分の1に満たず、更に完全に退化してしまったものが10%以上に達している<sup>18</sup>。

### コミュニティベースの保全

コミュニティベースの保全計画はもっと大規模に導入することが可能であろう。このような計画は天然資源に対する地元利用者の権利と管理責任を強化するためのものである。天然資源に最も近い地域の人たちは、保全のためのコスト(例えば野生動物による農作物の略奪など)をすでに分担している。コミュニティベースの保全計画によ

て、このような人たちは利益の配分にも参加できるようになる。しかし、このような計画も万能薬ではなく、より有効なプログラムを設計するためにはさらなる努力が必要である。

途上国における生物多様性の保全が成功するためにはコミュニティの参加が不可欠である。しかし、長期にわたる成功例(例えば、コスタリカやブラジルにおける海亀の卵採取)は稀である<sup>19</sup>。アフリカ南部の野生動物を中心とした計画のように、特定の要素が明らかに成功に寄与した地域の例もある。そのような成功の要素として、安定した政府、高い資源的価値(象徴となる野生動物)、輸出指向型の資源利用(観光やサファリ・ハンティングを含む)を支える強い経済、低い人口密度、良好な地方統治、凶作の年にも耐えられるような社会的セーフティネットが提供される政策などをあげることができるだろう。しかし、たとえこのような条件が満たされても、貧困層にまで恩恵が行き渡らない国もある<sup>20</sup>。

### 海洋生態系の管理

有効な陸地の管理は海洋生態系にも有益である。陸地からの流出が原因となっている体積物や富栄養化は、サンゴ礁など海洋生態系の強靭性を低下させる<sup>21</sup>。サンゴ礁の経済的価値は、通常、サンゴ礁に影響を与える陸上の農業の価値よりも大きい<sup>22</sup>。

漁業において生物多様性を管理する主要な方法は、生態系ベースの漁業管理<sup>23</sup>、海洋保護区を含む沿岸部の一体的管理<sup>24</sup>、海洋法の枠内における拘束力をもつ国際協力などであろう<sup>25</sup>。漁業は危機にあるとみられており、不適切な漁業政策が非難されている。しかし、漁業管理に必要な基本的条件はすでにわかっている<sup>26</sup>。漁船団の過剰な能力や漁獲量を持続可能な水準にまで削減することを中心とする改革の実行は、気候変動によってさらに弾みがつく可能性がある<sup>27</sup>。すなわち、持続可能で長期的な漁獲戦略が実施されなければならない。それは不確実性と気候変動を考慮に入れた基準レベルとの比較で現実の資源採取を評価する戦略である<sup>28</sup>。重要な課題は、持続可能な漁業のために、高い政策目標を実際の操業にどのようにして反映させるかということである<sup>29</sup>。

### 生態系サービスに対する支払い

生態系サービスの提供や保全に関連して多くの成果をあげるためには、生態系サービスに対する支払いが効率的で公平な方法である、とかなり前から考えられている。例をあげると、清潔な水の流れなど生態系サービスを保全する



形で流域を管理する上流の土地管理者に対して支払いを行う、動物によって資産に損害を受けている動物保護区を取り巻く土地の所有者たちと保護区から生じる利益を分け合う、などがある。また、最近の例としては、自らの土地の炭素貯留を増加したり、あるいは維持したりしている土地所有者に対して支払いを行うといったことがある。ボックスFB.2には保全や炭素固定化について多角的なサービスを提供している例が示されている。

これまでの経験から考えると、支払いはサービスが提供された時にだけに行われるため、利用者が資金提供をする計画の方が、政府が資金提供をする同様の計画よりも地域の要求への対応、計画の監視及び執行に適しているように思われる<sup>30</sup>。

国連気候変動枠組条約（UNFCCC）で検討されている「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」（REDD）制度から、次のような考えが生まれるかもしれない。すなわち、保全や土地管理の改善に対して追加の支払いを行うことが重要な意味をもつ時期にきている。REDDは森林の伐採や劣化を阻止する国々に対して支払いを行うことで排出ガスを減少させようとしている。こうした支払いは、強化されたクリーン開発メカニズム（CDM）のプロセスの枠内で行われる市場をベースとした過程の一環とすることもできるし、排出遵守メカニズムに抵触しない新たな金融の仕組みによる非市場ベースでの支払いとすることもできるだろう。REDDの課題はその実施であり、第6章で詳しく論じられている。

炭素を大量に保有し、かつ森林伐採が行われる可能性が高い生物多様性域をREDDが保護するのであれば、REDDは生物多様性と気候変動の緩和の両方に貢献することができるだろう。このような地域を特定するための技術は存在するため、これを財源をどう配分するかを決めるために用いることができるだろう（地図FB.2）<sup>31</sup>。

気候変動の下で生態系が受ける影響の変化や、生態系と競合するような利用に対処するためには、政府は、長期にわたって確立された行動を変えるために、強力で、その地域にふさわしい政策や措置、インセンティブを導入する必要があるだろう。長期にわたって確立された行動の中にはすでに違法になっているものもある。こうした政府の取り組みはコミュニティの選択とは相容れないこともあることから、適切な規制とインセンティブのバランスをとることが大切である。REDDは森林に居住する先住民や地元のコミュニティにも利益をもたらす可能性があるが、その実現には多くの条件が満たされなければならない。例えば、先住民はアイデンティティや権利が認められていなければ、あるいは土地や領地、資源に対して確実な権利を保有して

いなければ、REDDから恩恵を受けることはできないだろう（ボックスFB.3）。コミュニティを基盤とした天然資源管理に関する経験からいえるのは、先住民を含む現地の人々が天然資源の参加型監視に加わることによって、森林バイオマスや天然資源の動向に関して正確で費用効率も高く、現地に根ざした情報が得られるということである。

## 生態系ベースの適応

海岸の防波堤、河川の堤防、川の流れを制御するダムといった「ハード」面の適応措置は、すべて生物多様性にとって脅威である<sup>32</sup>。適応の目標は物理的及び工学的な介入策ではなく、生態系管理の改善によって達成されることが多い。例えば、高潮に対する緩衝地帯としての効果では、沿岸に存在する生態系の方が人工の防潮堤よりも大きいことがあり得る。他の選択肢としては、下流方向への水流を調整するために貯水池や氾濫原を管理する、あるいは変動に強い生計を支えるために気候に対して柔軟に対応できる農業生態系や乾燥地型牧畜を導入することなどがある。

生態系ベースの適応策は、生態系の保全や回復、管理を通して、人々の気候変動に対する適応能力を高めるとともに脆弱性を削減することを目指している。適応戦略全体のなかにも統合されれば、適応に対する費用効果の面で貢献することができ、社会的利益を生み出すだろう。

生態系ベースの適応活動は、適応に対する直接的な利益に加えて、人々や生物多様性、緩和に対しても間接的な恩恵をもたらす。例えば、高潮に対して沿岸を防御するためにマングローブ生態系を回復すれば、優良な漁場を増やし、炭素を固定化することもできる。生態系ベースの適応の選択肢は、農村部の貧しい人々や女性、その他の脆弱な集団にとっては、インフラや工学技術に基づいた選択肢に比べて利用が容易であることが多い。生態系ベースの適応はコミュニティベースの適応という方針と相いれるものであり、実質的には地域の知識や要求を土台として形成されている。

生態系ベースの適応は、時にはある生態系サービスを優先して他の生態系サービスを犠牲にすることが必要なこともあるだろう。例えば、沿岸防御のために湿地帯を利用するためには、沈泥の蓄積と安定化を重視せざるを得ないが、その結果として野生生物や人々のレクリエーションの場としての役割は多少犠牲にされるだろう。また、低木を密生させて傾斜の安定化を図ることは、気候変動下の豪雨に対する有効な生態系ベースでの適応であるが、乾季においては気候変動による降雨パターンの不安定化と相まって、そのような傾斜地が山火事の危険にさらされることにもなり

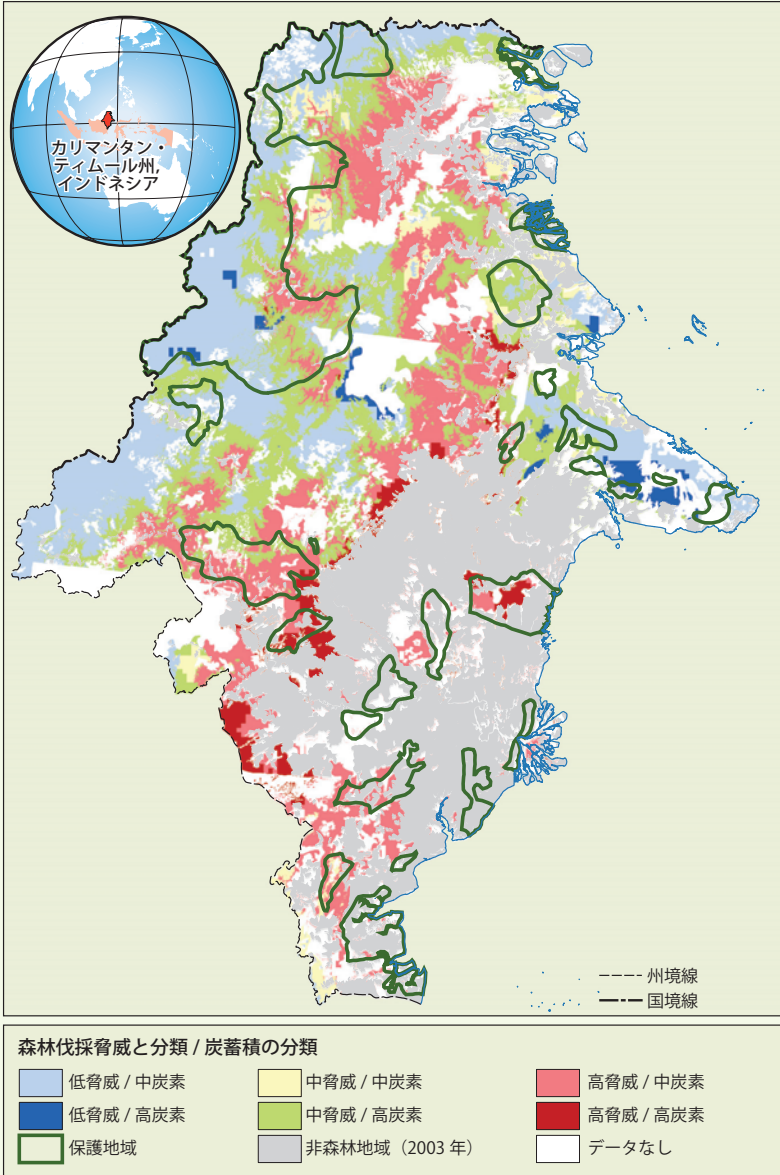
**ボックス FB.2 生態系サービスおよび緩和サービスに対する支払い**

支払い計画に関しては2つの成功例がある。すなわち「モルドバ土壌保全」プロジェクトとボリビアのロスネグロス渓谷における鳥類保全・流域保護計画である。両者とも世界銀行のバイオ炭素基金でファイナンスされている。モルドバでは2万ヘクタールに及ぶ劣化し侵食された国有共同農地が森林に再生され、侵食を抑えるとともに、地元のコミュニティ向けに森林の産物を供給している。このプロジェクトによって2017年までにCO<sub>2</sub>換算で250万トンが固定化できるとみ

られている。ボリビアでは11種の渡り鳥の森林生息地が絶滅の恐れがあるとして、アンボロ国立公園の周囲に住む農民たちがその地域を含む流域を保護し、その見返りに支払いを受けている。これはその地域の生物多様性の保全と乾季の水供給の両方に役立っている。

出所：World Bank Carbon Finance Unit.

地図 FB.2 森林伐採のリスクが高く炭素蓄積の多い非保護地域。このような地域は REDD メカニズムから優先的に恩恵を受けるべきである。



### ボックス FB.3 気候変動に関する先住民族宣言からの抜粋

「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減（REDD）に基づくすべてのイニシアティブは、行動を起こす前に、先住民の権利にかかわる承認と行使を保障するものでなければならない。その権利には土地保有の確実性、伝統的な方法、使用、及び慣習法に従った地権の承認、森林が気候や生態系、人々に対してもたらす多様な利益が含まれる」（第5条）。

「先住民が適応、緩和、監視、そして適切な技術の移転を含むすべての気候プロセスに完全かつ有効に参加できるように、先進国および途上国において直接的に十分な資金供与が行われ、さらにそのための基金が創設されることを要請する。そうすることによって、われわれはみずからの権利の拡大、能力強化、教育を促進できる。また、先住民の青年や女性が気候変動に関するすべての国際的及び国内的プロセスに

関われるように、当該国連諸機関に対して彼らの参加、教育、及び能力強化を促進し、財政支援を強く要請する」（第7条）。

「私たちが気候変動に関してもっている伝統的な知識や革新、生活習慣を全人類と共有する用意が私たちにはある。ただし、この知識に関する世代を超えた保護者として、われわれの基本的な権利が完全に認められ尊重されることが前提である。われわれは集団行動が緊急に必要であると繰り返し訴える」（結びのパラグラフ）。

この宣言は2009年4月24日にアンカレッジで開かれた気候変動に関する先住民グローバルサミットで採択された。

かねない。低木は焼失し、適応の目的とは正反対の大災害につながる。したがって、生態系ベースの適応はリスクと費用効果の両面から評価することが必要である。









## 90 億人を養い、自然のシステムを保護するために土地と水を管理する

気候変動は、社会が食料、燃料、繊維、その他の多くのサービスをまかなうために依存している自然の管理されたシステム——森林、湿地帯、サンゴ礁、農業、漁業など——にすでに影響を与えている。今後、多くの地域では農業収量が低下して、増加を続ける世界全体で必要とされる食料需要を満たすのが困難になるだろう。それが土地、水、生物多様性、魚、その他の天然資源をめぐる競争の激化に世界が直面している時期に起こるのである。それと同時に、社会は農業、森林伐採、土地利用変化、森林劣化に起因する温室効果ガスの排出の30%削減という圧力を受けるようになるだろう。

競合する要求に応えながら気候変動に対する脆弱性を削減するためには、社会として天然資源からより多くの生産を行うことと、その資源を保護することとのバランスを図る必要があるだろう。それは次のことを意味する。すなわち、社会が必要とするサービスや財を入手するために水、土

地、森林、生物多様性をより有効に管理すると同時に、過剰利用や汚染、侵略などを通じて、このような資源にこれ以上さらに損害を与えないことである。

水はより一層効率的に使わなければならない。そのためには、管理者は流域全体の規模で考え、人間の利用（エネルギー、農業、漁業、都市消費など）と健康な生態系（森林、湿地帯、海洋など）のために、競合する質及び量の要求に応じて水を配分する効率的で柔軟な方法を考案する必要がある。

各国は農業の生産性も引き上げる必要がある。主要農産物にかかわる収量の伸びは1960年代以降通減している。各国は世界が気候変動に直面しているなかで必要とされる食料を供給しようとするのであれば、この流れを逆転させなければならないだろう。モデルの予測にはある程度の幅があるものの、すべてが共通して生産性の著しい上昇の必要性を示している<sup>1</sup>。その生産性の上昇は、過去に何度も行われたように、土壌や水、生物多様性などを犠牲にして達成されるものであってはならない。したがって、各国は研究を加速化し、指導助言サービスを強化し、作物を市場に届けるための市場インフラを改善する必要があるだろう。しかし、土壌や森林伐採に起因する炭素排出を削減するためには、農民にインセンティブを供与する必要もある。さらに、各国は農民が収入源や作物の遺伝形質を多様化し、生物多様性の農業地帯への融合を改善することによって、不確実な気候からの影響を未然に削減しようとしているのを支援する必要がある。

気候に関してスマートな手法を適用するに当たっては、生物多様性の管理を改善することが肝要であろう。自然の生息地を農村風景のなかに融合させる、湿地帯を保護する、帯水層が提供する貯水機能を維持するなどといったことである。土

### 重要なメッセージ

気候変動によって、世界で増加している人口に十分な食料を供給することがむずかしくなり、水資源の利用可能な時期や入手可能性、質が変化するだろう。すでにストレスを受けている生態系に対する侵害を回避するためには、社会として環境被害を最小化しながら、農業生産性の今の伸びを約2倍にしなければならないだろう。そのためには次のようなむきな努力が必要である。既知ではあったが無視されていた農耕法の活用、気候変動に耐えられる作物種の特選、農村の生計手段の多様化、森林管理の改善、情報システムへの投資、などである。共通の水資源や水産資源を管理し、食料貿易を改善するためには、各国が協力することが必要である。基本的な政策を適正化するのには重要であるが、新しい技術や手法も台頭してきている。財政インセンティブは有効である。一部の諸国は農業補助金を環境に配慮した行動を支援するために振り向けている。木や土壌による炭素貯留向けに今後信用を供与することは、排出削減と保全目標にとって有益であろう。

壤や一定量の水に対する生産性を改善する農耕法を採用しようとする諸国が増えてきている。しかし、このような革新が実を結ぶのは、決定が確固とした部門間分析に基づいており、利用者に適正なインセンティブ——政策、制度、市場条件に由来する——がある場合に限られるだろう。

多くの天然資源は国境をまたがっている。気候変動によって資源の管理がむずかしくなっており、人口の増加で需要が増えているなか、国際的な水域、森林、漁場を管理するためには、各国はより一層徹底的に協調する必要があるだろう。すべての諸国がより頻繁に国際的な農業市場を指向するとみられることを考えると、食料貿易を信頼性が高く効率的にする多様な措置から利益を享受することができるだろう。その措置には在庫管理技術から競争的調達技術や税関、港湾物流などに至るまでさまざまなものが含まれる。

気候変動は天然資源に関する情報にプレミアムも付ける。情報——伝統的なものと新しいもの、国際的なものと各国のものなどさまざまである——は、気候の変動性と不確実性が高まっている中では価値が大きくなるだろう。というのは、賭け金が大きくなり、意思決定がより困難になるからである。情報は資源管理、食料生産、貿易の改善を助けることになる。もし社会が自国の資源について信頼できる情報を生み出して、それを使う人——国際的な河川流域管理当局からその農地にいる農民に至るまで——に届けることができれば、そういった人々はより情報に基づいた選択をすることができる。

このような解決策の多くは、天然資源に関する文献では長い期間にわたって主張されてきているが、成果を上げるのは苛立たしいほど遅々としている。しかし、全てが気候変動に関連している3つの新しい要因が新たなインセンティブになるだろう。第1に、食料価格は、需要の増大に加えて、気候変動の結果として上昇を続けるものと予想されている。食料価格の上昇は生産性向上のための革新に拍車をかけるに違いない。第2に、炭素を土壌に貯留する農民に支払うために炭素市場を広げることが可能かもしれない。この措置は森林を保全し、より持続可能な農耕法を採用するインセンティブを生み出すだろう。そのよう

な農耕法は必要とされる規模ではまだ実証されていないが、潜在力は大きく、農業生産性と貧困削減にとってもたらされる追加的な利益には大きなものがある。炭素価格が十分な高さになれば、農業における世界的な排出削減はエネルギー部門における削減に匹敵し得るだろう（概観ボックス8参照）<sup>2</sup>。第3に、各国は農業の支援方法を変更することができる。富裕国は年間2億5,800万ドルの農業補助金を供与している<sup>3</sup>。そのうちの3分の1以上は生産した作物あるいは使用した投入物の量だけを基準にしている。政治的には困難であるにもかかわらず、各国は気候に関してスマートな慣行の大規模な実施を奨励するために、このような補助金の供与条件を変更しつつある。

本章では最初に、天然資源の保全をより有効にすると同時に、農業や漁業の生産性を引き上げるためには、国家レベルでは何ができるかを検討する。次に、国際協力と、世界と各国の両レベルにおける情報の必要不可欠な役割に焦点を当てながら、各国の取り組みを支援するためには何ができるかを検討する。さらに、有益な慣行の採用を加速化し、社会が生産の増加と天然資源保全の改善という2つの要求のバランスをとるのを手助けするためには、どのようにインセンティブを変更したらよいかに焦点を当てる。

### 天然資源管理のファンダメンタルズを整備する

広範囲にわたる文献をみると、人々が農業や水産養殖業、健全な生態系をどう管理するかに影響する政策や制度的な条件を強化することが提言されている。長期的な生態の健康を保護しながら、あらゆる部門の生産性を引き上げることができる措置もいくつかある。しかし、単独で機能できるアプローチはひとつもない。効果的に機能するためにはすべてが他の助けを必要としており、どれかひとつが変化するだけでシステム全体が変わり得る。

部門、気候、所得グループのいかんによらず、次のようないくつかのテーマが繰り返して出てきている。

- 革新的な意思決定のツールがあれば、利用者

はさまざまな行動が天然資源に及ぼす影響を見定めることができる。

- 新しい技術を生み出して、それを各国の状況に適合させる**研究開発**は、資源管理を改善することができる。ユーザーが利用可能な選択肢について学ぶのに役立つ助言サービスも同様である。
- **財産権**はユーザーに自分の資源を保護する、あるいはそれに投資するインセンティブを与える。
- **資源の価格設定**が完全な価値を反映するようになされれば、それを効率的に利用するインセンティブが作用する。
- **うまく規制された市場**は多くの農業や天然資源の機能にとって重要である。インフラも生産者がその市場を有効に利用できるという点で重要である。
- **強固な制度**はルールの制定と執行にとって重要である。
- **情報**はあらゆるレベルで、ユーザーや管理者がより良い選択を行うことを可能にする。

このようなファンダメンタルズは本章で検討するように、水、農業、漁業に当てはまる。

このような起動要因が特定のコミュニティのインセンティブにどう影響するかを理解するために、モロッコのウム・エル・ルビア川流域の平原に住んでいる農民を検討する。この地域の農民が受け取る水から高い収入を生み出せるように（収量を増やすか、高価作物に転換することによって）、技術者は点滴灌漑方式を設計した。一方、経済学者は儲かるだろうと考えた。水文学者は環境の要求を無視せずに、農民にどれだけの水を配分するのが安全かを計算した。社会学者は農民と話をし、その80%がこの技術に投資したが発見した。マーケティングの専門家は新しい農作物を買いたがっている農産物加工業者に話をした。そして、政府は大きなシェアを負担することに前向きであった。しかし、ここに至っても、物事を動かすのは非常にむずかしいのである。

農民が点滴灌漑システムを設置しない限り、ダムと農地の間に新しい改良したパイプを敷設して

も意味がない。にもかかわらず、農民は新しいパイプが本当に敷設されて、水が本当に流れてくるということを確認するまで、点滴システムの預託金を支払おうとしないだろう。新しいシステムの使用方法に関する情報も必要である。農民に助言を提供している灌漑を担当する機関は助言サービスを民間企業に委託契約する方向で動いている。そのような企業を見出して契約し、監督する必要がある。それは非常に異なる一連のスキルが要求される仕事である。一方、農民としてはこのような新しいアドバイザーも信頼しなければならない。

農民の作物選択は政府の砂糖と小麦に対する価格支持制度によっても一部影響される。この制度は高価値の果物や野菜など他の作物に転換するインセンティブを低下させている。もし新しい作物向けの信頼できる市場が国際貿易協定によって保証されれば、農民は転換をする可能性があろう。しかし、適切に整備された道路、冷蔵輸送手段、梱包施設がなければ、果物や野菜は目的地に着く前に腐敗してしまうだろう。

もし新しい助言サービスが優れていれば、農民は輸出向けに果物や野菜の栽培に転換することによって、どのようにして高収入が得られるのかについて学ぶことになるだろう。指導助言サービスは組織を作ってヨーロッパの買い手と相互交流することにも役立つ。新しいインフラ（信頼できる計量所、冷蔵施設など）があれば、作物転換のリスクをとることが可能になるだろう。もし農民が自分たちの行動が帯水層に及ぼすインパクトに関して信頼できる情報を入手することができれば、グループ全体として水をもっと責任をもって利用しようという決定を下すかもしれない。もし河川流域当局が新しい企画手段をもっていれば、環境も含めたユーザーのさまざまな優先課題の間で、もっと効果的に水を配分することができる。長期的に考えると、土壤炭素に価格を設定したり、あるいは水の配分を変更したりする新しいイニシアティブは、多種多様な土壤管理技術を使って作物を栽培するインセンティブを農民に与える可能性がある。このプロセスの各措置が実現可能であり、長期的にすべての関係者に利益をもたらすだろう。複数の機関にまたがるすべての努力を調整



し、物事を長期的に考えるという姿勢を堅持することが挑戦課題となるであろう。

特に気候変動を考えると、天然資源は別途管理するというわけにはいかない。水や農業、森林、漁業を、結果が相互関連する広範な条件のなかで一体化する新しい方法が必要である。一部のコミュニティでは、農民は海洋生態系を保護するために肥料の利用を削減し始めているし、漁業管理者はひとつの種に漁獲制限を設定することが他の種にどう影響するかを検討しつつある。このような管理手段はさまざまな名称で出現してきている。生態系ベースの管理、統合的な土壌肥沃度管理、適応的管理など数多く存在する。しかし、すべてが次の重要な特徴を共有している。すなわち、伝統的なアプローチに比べて、より広範囲にわたる変数（より広大な地形、より長い時間枠、経験による学習）を調整している。さらに、管理されている資源に関する信頼できる情報の必要性を強調している。それは勧告が正確で、場所固有で、状況の変化に適合であることを確保するためである。気候変動は気候の変動性を大きくすることによって、生態系の反応の予測可能性を低下させるだろう。したがって、資源管理者は複数条件下における複数の行動がもたらす結果の可能性を考えたロバストなプランをもって、不確実性に対処する必要がある。

適応的管理（第2章で説明）は、資源管理のあらゆるレベルに適用する必要があるだろう。個々の農民は自らの土壌をモニターして、肥料の利用を生態系を害することなく、現地の土壌や水、気候、作物状況に適合させることができる。農村コミュニティは選択した作物を毎年地下から安全に採取できる水の量に合わせることができ、帯水層の利用は旱魃に対する保険に限定する。また、政策立案者はロバストな意思決定ツールを用いれば、資源を共有するためにより強靱な国際協定を策定することができる。本章では、水、農業、そして漁業を管理するための新しいツールや技術の適用に関する詳細を説明し、3つの部門すべてに共通する気候変動に対処するために、システム全体にかかわるアプローチを主張する。

## 一定量の水からの生産量を増やすと同時に、水管理技術を向上させる

気候変動で世界の水管理はいつそうむずかしくなるだろう

人々は気候変動の影響の多くを水を通じて感じるだろう。水循環全体が影響を受けるだろう（図3.1）。世界全体としては温暖化が水循環を速めることになるため降水は増えるだろうが、蒸発の増加を受けて旱魃の状況がより一般的になるだろう（地図3.1）。ほとんどの場所が、しばしばこれまでよりも長い乾燥期間を間に挟みながら、より激しい、より変動性の大きい降水を経験することになるだろう（地図3.2）<sup>4</sup>。人間活動や自然システムに対する影響は広範囲にわたるだろう。現在、水供給を氷河や雪解けに依存している地域は当初はより多くの淡水を享受するが、その供給は時とともに減少するだろう<sup>5</sup>。変化があまりにも速くて予測不可能であるため、伝統的な農業や水管理の手法はもはや有用でなくなる可能性がある。これがすでにペルーのブランカ山系の先住民コミュニティの現実となっている。農民はあまりにも急激な変化に直面しており、伝統的な手法は崩壊しつつある。政府と科学者は彼らと協働して、新たな解決策の模索を開始している<sup>6</sup>。

世界の水に関する知識を増やすことが管理を改善するだろう。水をうまく管理するためには、どの流域ではどれだけの水が利用可能で、だれに使用されているかを知っておくことが決定的に重要である。これは単純に聞かえるかもしれないが、そうではない。国連の『世界水開発報告書』は次のように述べている。「どれだけの水が何の目的で使われているか、入手可能で深刻な環境問題を引き起こすことなく採取している水の質と量、水インフラにいくら投資されているかを把握している国はほとんどない」<sup>7</sup>。水に関する計算は複雑である。定義がさまざまで、混乱しているのが普通である。例えば、太平洋研究所はエジプトにおける2007年の再生可能水資源を年86.8立方キロメートルとしているのに対して、『アーストレンズ』誌は58立方キロメートルと報告している。両者とも同じ情報源を引用している。この混乱は「利用」という用語の解釈が異なっていることが

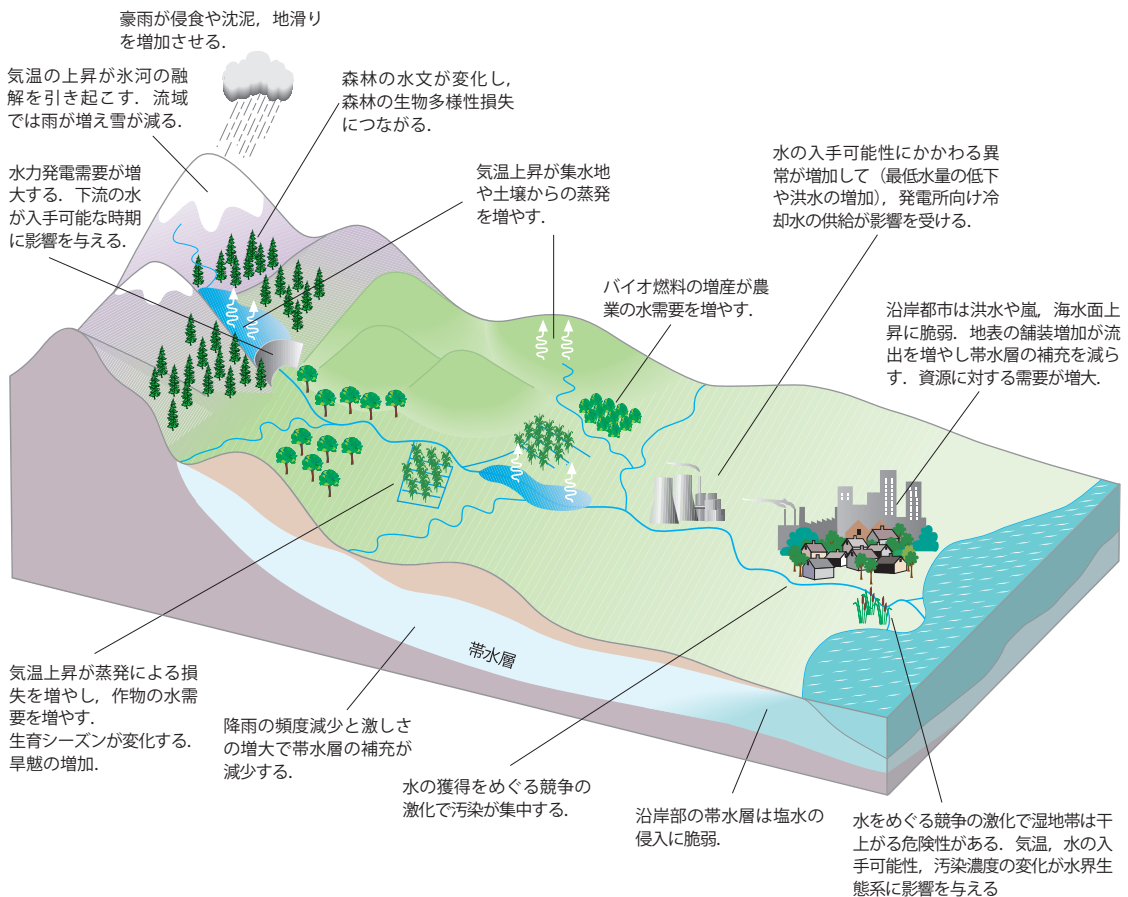
原因である（大きい方の結果がエジプト内での水の再利用を含んでいるのに対して、小さい方の結果はそれを含んでいない）<sup>8</sup>。

地球は一定の水を保持しているが、その形と場所は空間と時期によって異なる<sup>9</sup>。人間は海洋の海水、氷河の淡水、大気中の水分など、その多くに対して、制御する力をほとんどもっていない。ほとんどの投資は河川や湖の水に集中しているが、土壌の水分と地下水を合わせると、これらは世界の利用可能な淡水の98%を占めている（図3.2）<sup>10</sup>。多くの人々はどの程度の飲み水が利用可能かを心配しているが、農業が人間の水利用を支配していることは認識していない。人間は毎日2-4リットルの水を飲む。しかし生産に2,000-5,000リットルの水を必要とする食料を食べている<sup>11</sup>。このような平均値は著しい多様性を覆い隠している。一部の流域では工業

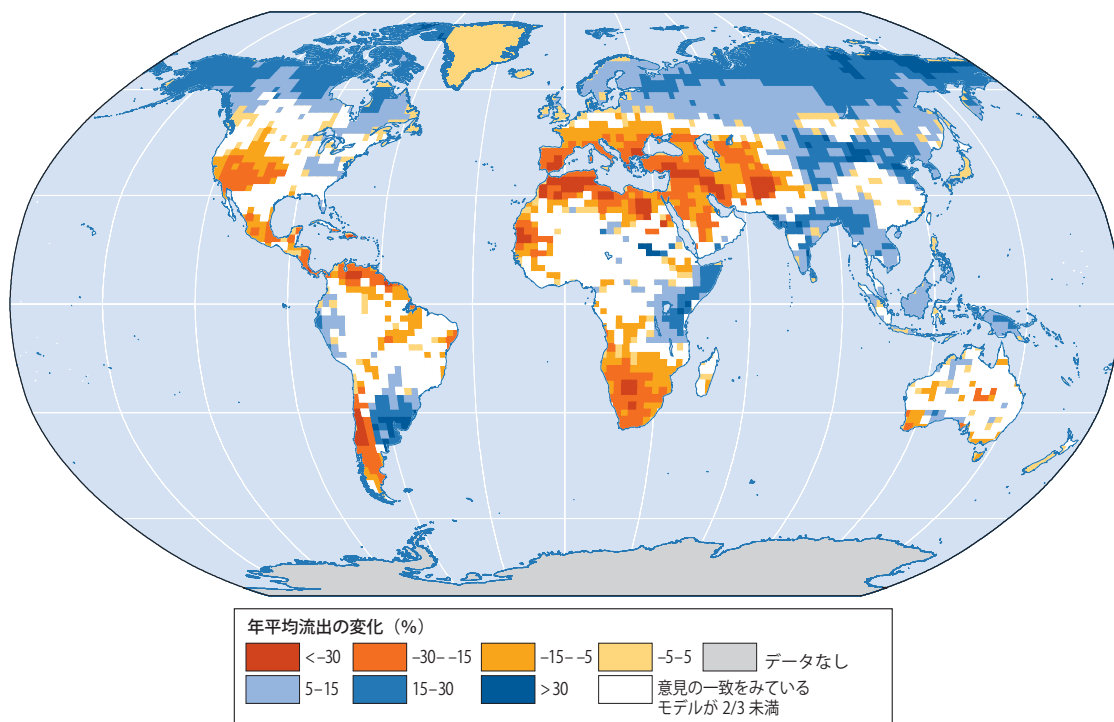
と都市の利用が支配的であり、都市の成長ペースを考えると、ますます多くの流域がそういう状況に陥るだろう<sup>12</sup>。

気候変動は雪や氷河による自然な貯水を減少させており、それが今度は帯水層の貯水に影響するので、水管理者は貯水池を違った形で設計して運用する必要があるだろう。水管理者は水循環全体を管理する必要がある。シェアの小さい河川や湖の水に集中すると同時に、地下水や土壌水分は土地所有者による管理に委ねるといふ余裕はもはやない。多くの流域は需要の増加、入手可能性の減少、変動性の増大といったことのすべてを同時に経験することになるだろう。そのような場所の水管理者にとっては、自分たちの決定が多種多様な結果に対してロバストでないと、うまく対応する余地が狭まることになる。社会がこのような変化に対処するのに役立つツールが利用可能である。

図3.1 典型的な河川流域における気候変動の影響は水文循環をとおして感じられるだろう



地図 3.1 水の入手可能性は 21 世紀半ばまでには世界の多くの場所で激変するものと予測されている



出所：Milly 他 2008; Milly, Dunne, and Vecchia 2005.

注：色彩は 2041-60 年における年間流出量の 1900-70 年と比べた変化率 (%) を示す (IPCC SRES A1B シナリオを使った 12 のグローバルな気候モデルの中間数に基づく)。白色は流出量の増減について意見の一致をみているモデルが 3 分の 2 未満である地域をさす。流出量は降水量から蒸発量を引いた値に等しいが、ここで示したのは年平均値であり、洪水と旱魃の両方の増加など降水の季節的な変動性を覆い隠している可能性がある。

それには政策改革、意思決定方法、データ収集技術、新しいインフラ設計などが含まれる。

気候変動が水文パターンに影響を及ぼしているということは、将来の水文状況の指針としてもはや過去の経験を用いることはできないということの意味する。したがって、他の天然資源管理者と同じく、水の技術者はトレードオフを評価して、不確実な将来に関してロバストな選択をするために、さまざまな規模と時間枠で影響を考察する、新しいツールを開発しつつある (ボックス 3.1) <sup>13</sup>。

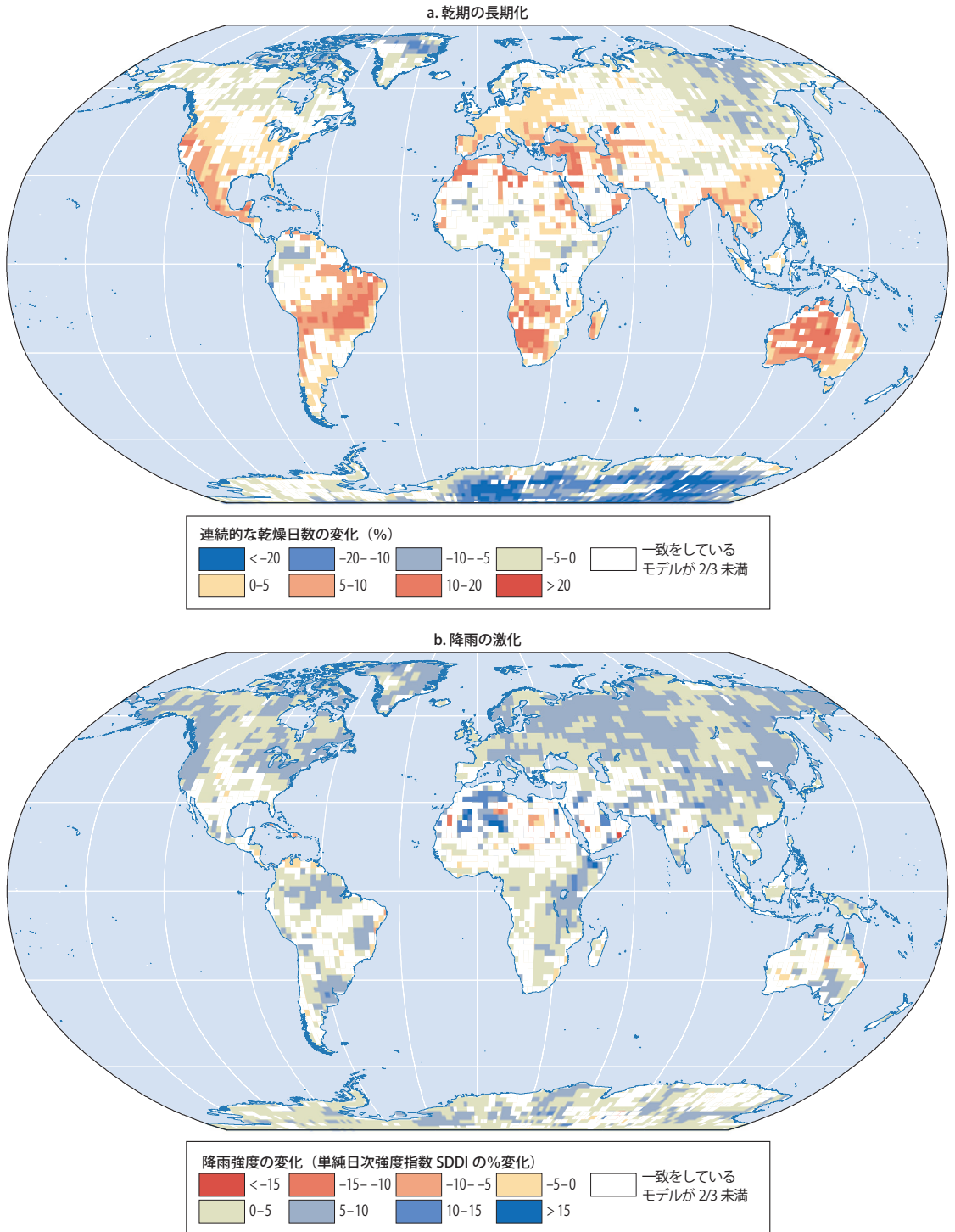
気候変動で健全な水政策を適用、執行することがより重要になるだろう

水を効率的に配分し、水の消費を安全な水準に制限することが、気候変動によってますます重要になるだろう。水が稀少な場合、人間は取水しすぎて、他の人たちの水の利用が不可能になり、あるいは生態系やそれが提供するサービスに害を与えたりすることがある。流域の消費が利用可能な

水量を超過する時には、ユーザーは使用を削減し、水は何らかのプロセスあるいは原則にしたがって共有されなければならない。政策立案者には 2 つの選択肢がある。すなわち、個別ユーザーに一定量を設定し執行するか、あるいは価格を使ってユーザーに削減、ないしユーザー間の取引を奨励するかのいずれかである。どちらにしても、良い政策を設計して執行するためには、正確な情報と強固な制度が必要とされる。

量的な割当は最も一般的であるが、うまく実施するのは困難である。南アフリカには最も洗練された制度のひとつがある。ただし、依然として漸進的な実施の途上にある。1998 年全国水法では水は公共財産であり私的に所有することはできないと規定されている <sup>14</sup>。すべての利用者は登録して、水利用に関して許可を受け、それに対して支払いを行わなければならない。これには自分の費用で採取した川の水や地下水も含まれる。「流量削減活動」は水利用の 1 種であり、プランテーション用森林の所有者は、灌漑者や町の公益

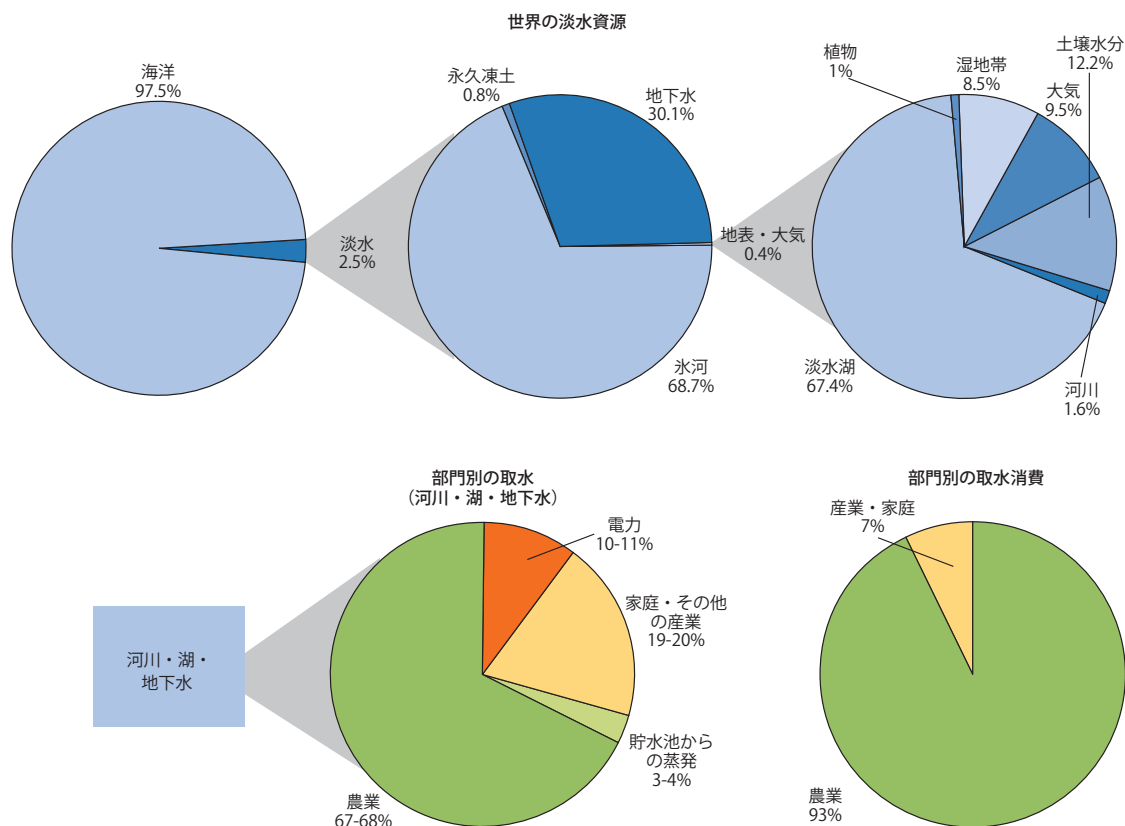
地図3.2 世界は乾期の長期化と降雨の激化という両方の気象を経験することになるだろう



出所：World Climate Research Program CMIP3 Multi-model Database, [http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about\\_ipcc.php](http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php). 分析は世界銀行による。  
 注：2030-2049年における年平均値を1980-99年と比べた変化率の中央値を示す（SRES A1Bを使った8つの気候モデルに基づく。「乾燥」日は降雨が1mm未満の日、「降雨」日はそれ以上の日として定義されている。降雨強度（単純日次強度指数 SDDI）は年間降雨総量の予測値を「降雨」日数で割り算したもの。白色の地域はモデルに対する意見の不一致が大きい（変化の符号について意見の一致をみているモデルが3分の2に満たない）地域を示す。



図 3.2 地球上の利用可能な水に淡水河川が占める割合は小さく、農業が水使用を支配している



出所：Shiklomanov 1999; Sshiklomanov and Rodda 2003; Vassolo and Döll 2005.

出所：人間が水を使うと、他の利用者にとって利用可能な水の量や時期、質に影響を与える。人間が使う水は典型的には湖や河川、地下水からの採取を伴い、水文循環の大気の部分に再び入るよう消費するか、または水文的な流域に戻るよう消費するかのいずれかである。灌漑作物が水を使う場合、それは消費的な使用となり、流域の他では利用不可能となる。それとは対照的に、水力発電用のタービンを動かすためにダムから水を放出するのは非消費的な使用である。というのは、その水は下流の利用者にとって利用可能だからである。しかし、それは必ずしも適時とは限らない。地方自治体向けの供給のために都市が取水する水は主として非消費的であるが、戻ってくる水の処理が不十分だと、下流の水の質に影響を受けることになる。

事業会社とまったく同じように許可を申請しなければならぬということの意味する。今のところ流水量削減活動として分類されているのはプランテーション用林業だけであるが、雨水農業あるいは雨水採取農法もそれに続く可能性がある。林業を水の利用者として数えると、土地利用が他の水の利用者と真正面から競合することになる。水の権利が唯一保証されているのは生態系保護区と、各人が基本的な人間の必要量のために1日少なくとも25リットルもらえることだけである<sup>15</sup>。

水はほとんど常にとっていいくらいその価値を下回る水準に価格設定されており、利用者には自ら効率的に使用しようという意思がほとんど作用していない<sup>16</sup>。文献をみると、水の需要を削減するために経済的な手段を要請している点で事実上全員の意見が一致している<sup>17</sup>。水サービス

(灌漑、飲料水、排水回収処理など)について料金を課せば、水にかかわるサービスを提供し、インフラを維持するためのコストを回収することもできる<sup>18</sup>。

需要に影響を与える価格設定の役割は水利用の種類によって異なる。都市部の水については、価格設定は需要削減に有効なようである。利用者に対する教育活動を組み合わせた場合には特にそうである。価格が高いと多くの公益事業会社や利用者は漏水を修繕し、必要な分だけを使う<sup>19</sup>。しかし、水の採取に占める都市消費はわずか20%でしかないため、利用全体に対する効果は限定的である(図3.2)。また、都市での利用は基本的に消耗性ではない(再利用して循環している)ため、都市における利用の削減は流域の他のところでの入手可能性を高める効果はほとんどない。

### ボックス 3.1 ロバスト型意思決定：水管理者の仕事のやり方を変更する

不確実性下における伝統的な意思決定は、確率分布を使って、過去からのリスク許容範囲に基づきさまざまな行動の選択肢をランク付けする。しかし、このアプローチは次のような場合には不十分である。すなわち、行動と結果の関係、さまざまな事象が生じる可能性、さまざまな結果の評価などについて意思決定者が理解していない場合、あるいはそれについて同意できない場合である。その場合には第2章で示したように、ロバスト型意思決定が代替策となる。ロバストな戦略とは、あり得そうなさまざまな将来の状況について、それ以外のものよりもうまく機能する戦略のことである。それは将来を予測するのではなく、候補となるロバスト戦略を特定するために、あり得そうな将来について大きな集合を作って、そのパフォーマンスを体系的に評価する。このプロセスは最適な解決策を選択するものではない。そうではなく、一連のリスクの可能性に対する脆弱性を最小化する戦略を発見するものである。

南カリフォルニアのインランド・エンパイヤ公益事業局は、気候変動が都市の長期的な水管理計画に及ぼす影響に対応するためにこの手法を用いている。最初に、21の気候モデルの結果を組み合わせることによって、可能性のある地域的な気候予測を導出した。水管理シミュレーション・モデルを使っ

て、何百ものシナリオによって将来の気候変動、地下水の量と入手可能性、都市開発、プログラムのコスト、水輸送コストなどに関する前提を検討した。次に、同局は200個のシナリオの下で、さまざまな水の供給方法のコストについて現在価値を計算して、35年間でコストが37億5,000万ドルを超過する戦略は却下した。シナリオ発見分析の結論によれば、次の3つのことが同時に発生するとコストは受け入れがたいものになる。すなわち、降水量の大幅な減少、水輸入の価格の大幅な変動、地下水盆への自然浸透の減少の3つである。

このプロセスの目標は、このような3つの現象が同時に発生した際における同局の脆弱性を削減することにある。同局は新しい管理対策を発見した。それには水利用の効率性を引き上げること、地下水を補充するために暴風雨水の回収を増やすこと、水をリサイクルすること、降水の多い年に水の輸入を増やして少ない年に地下水の取水を増やせるようにしておくことなどが含まれる。同局が発見したのは、もしこの措置をすべてとれば、コストが上限の37億5,000万ドルを超過することはほとんどないということである。

出 所：Groves 他 2008; Groves and Lempert 2007; Groves, Yates, and Tebaldi 2008.

消耗性の利用である灌漑については、価格設定はより複雑である。第1に、実際に消費された水量は測定が困難である。第2に、経験が示すところによると、価格がサービス提供のコストの数倍になるまで農民は消費を削減しない。にもかかわらず、ほとんどの諸国では、運用コストを負担するのに必要な水準を大幅に上回る価格設定は政治的に容認されないと考えられている。第3に、表流水の価格を急激に引き上げると、帯水層に井戸を掘ることができる農民が地下水に方向転換することを促進するため、水の過剰利用問題を解決せずに問題をただ別に移すだけとなる<sup>20</sup>。

ほとんどの諸国では、国家ないし他の所有者が川や帯水層から採取した水について、都市の公益事業会社又は灌漑機関に課金している。これはバルク水として知られている。多種多様な技術的及び政治的な理由から、競合する各種の用途の間における資源配分の仕方に影響を与えるほど、バルク水に十分な課金をしている国はほとんどない<sup>21</sup>。それどころか、表流水を価格によって配分している国はひとつもない<sup>22</sup>。ただし、オーストラリアはそのようなシステムに向かいつつある<sup>23</sup>。まったく単純というところか

らは程遠いものの、灌漑に配分されている表流水と地下水の合計量にかかわる割当、あるいは、さらに良い方法としては、実際に消費された水量（蒸発散量）を割り当てるのが、消耗性の水利用全体を制限するための価格設定に比べると、政治的及び行政的に現実的なようである<sup>24</sup>。

**取引可能な水利権は長期的には水管理を改善するだろうが、ほとんどの途上国では現実的な短期の解決策ではない。** 取引権は水の配分をより効率化し、水利用を差し控えた人々を補償するのに大きな潜在力をもっている<sup>25</sup>。正式な取引可能な水利権制度が整備されているのは、オーストラリア、チリ、南アフリカ、アメリカ西部である。オーストラリアでは、いくつかの評価は、取引権は農民が早魃に耐えるのに役立ち、政府の介入がなくても革新や投資に拍車がかかる、ということを示している。

しかし、設計の細部が事業の成功に大きく影響しており、必要な制度の確立は長い時間がかかるプロセスにならざるを得ない。オーストラリアでさえ、この能力を開発するのに数十年を要している。同国には優れた統治の長い歴史があり、顧客は教育され

### ボックス 3.2 制度的な構造を整備する前に水利権の市場を創設するのは危険である

オーストラリアの経験に基づくレビューは次のように結論付けている。「後になってあらためて考えてみると、又、経験によって明らかになっていることから、多くの設計問題に注意が必要があることがますます明確になってきている。…水取引は次のような条件がそろって初めて成功する可能性がある。すなわち、配分と使用の管理制度が取引のために設計されていて、関連した統治の取り決めが過剰配分の発生を防止することができなければならない。設計の詳細に注意を払っていないような市場の発展に対する反対は正当化される」。

設計に関する懸念事項には計算方法の問題（相互に結び付いている表流水と地下水の評価、気候がより乾燥した条件に移ることに對する備え、公的補助金を享受しているプランテーション林業による消費の拡大など）と制度の問題（受給権を明確化し、配分を管理し、水の使用をコントロールするためにルールや担当機関を別に設立すること、プロセスのなかで早期に正確な登記制度を開発すること、未使用水の次年度への繰り越しを認めること、民間の仲介業を進展させること、すべての当事者にタイムリーな情報の流れを保障することなど）が含まれる。

一部の諸国には長年にわたり非公式な水取引の取り決めが

存在している。うまく機能しているものは慣習に基づいていることが多い。例えば、モロッコのビティの農民は数十年間にわたり水取引を行ってきている。それは慣習によって確立されたルールに基づいている。システムはコミュニティ全体にとって入手可能な詳細なリストにしたがって運営されている。同リストは各出資者を特定して、各人に権利のある水量を取水の時間数で明記している。

確立され執行されている水利権がないのに取引を認める制度は、過剰取水をさらに悪化させかねない。イエメンのタイズ市近郊の農民は、都市に水を供給しているタンクローリーに地下水を売却している。この市場が存在しなかった時、農民は作物が必要とするだけの水を帯水層から取水していた。取引は水の単価を引き上げることによって、地下水使用の利益を増大させている。また、農民が自分の井戸から取水することは規制されていないため、取水可能な量には何の限度もない。その結果、規制されていない市場は帯水層の枯渇化を加速化させている。

出所：CEDARE 2006; World Bank 2007b; Young and McColl (近刊)。

ていて法律に従うことには慣れている。そして、配分ルールが水利権取引制度が確立される以前から広く整備され執行されていた<sup>26</sup>。各利用者に認めた割当を取り締まる制度的な能力がないのに、水利権取引を許容した諸国では、過剰取水を著しく増加させる傾向がみられる（ボックス 3.2）。

将来の水資源を予測しにくくする気候変動は、取引可能な水利権を確立するというそうでなくても挑戦的な課題をさらに複雑にする<sup>27</sup>。安定した気候の下でさえ、洗練された仕組みをもった機関は、どれだけの水をさまざまなユーザーに安全に配分することができるかとか、どれだけを環境目的のために残しておくかについて、前もって決定することは容易ではないということを見出している<sup>28</sup>。一定の利用を適切に考えなかったため（プランテーション林業や自然植生など）、あるいは利用者の行動の変化を考慮しなかったため、オーストラリアやチリの制度は実際に入手可能な量を上回る権利を割り当ててしまい、配分を再割当ないし削減するという骨の折れるプロセスを実施しなければならなかった<sup>29</sup>。固定量の水にかかわる適切に規制された市場というのは素晴らしい画期的な目標ではあるが、ほとんどの途上国はそのようなシステムを採用する以前に、当面多く

の重要な措置をとる必要がある<sup>30</sup>。

**気候変動は新しい技術に投資し、既存技術の応用を改善することを要求するだろう**

**貯水は変動性の増大に対して助けになる。** 川、湖、土壌、帯水層における貯水は、変動性を管理する戦略の重要な一側面となる。旱魃（乾期に使用するために貯水しておく）と洪水（過剰な水流に対処可能な貯水能力を維持する）の両方についてそういえる。気候変動は水や雪の形による貯水や帯水層における自然の貯水を減らすことになるため（補填を減らすことによって）、多くの国は人為的な貯留を増やすが必要になるだろう。

水の企画担当者はすべての地形にわたって貯水の選択肢を検討しておく必要がある。土壌に貯留された水は土地被覆を管理することによって、特に雨水農業の生産性を改善することによって、より効率的に使用することができる。地下水の管理はすでに取り組みべき課題になっているが、表流水の信頼性が低下するのに伴って更に重要になるだろう。地下水は信頼性が低い公的な供給と降雨に対処するための緩衝材の役割を果たす。例えば、インドでは地下水は灌漑農業の60%、農村部の飲料水の85%、デリーの家庭が飲料用とし

て受け取っている水の半分を供給している。地下水は管理が良ければ引き続き自然の緩衝材として機能するだろう。しかし、管理が良いとはとても言えない。世界中の半乾燥地帯では帯水層は過剰採取されている。インドの毎年の農業収穫高の4分の1程度は、地下水の枯渇が原因でリスクにさらされていると推定されている<sup>31</sup>。

地下水管理を改善するためには、供給（人為的な補充、自然の補充の加速化、地下水流を遅くするために帯水層に障壁を設置するなど）と需要の両方を増やす措置が必要である。また、地下水は単独では管理ができない。表流水の規制と一体化されていなければならない<sup>32</sup>。供給増加技術は単純ではない。例えば、適切な帯水層の貯水場所及び水が、過剰ストレスになっている帯水層と同じ場所でない場合には、人為的な補充は限定的な効果しかない。インドで人為的な補充プログラムに配分された総額60億ドルの資金のうち43%は、過剰取水に陥っていない帯水層の補充に使われることになるだろう<sup>33</sup>。

ダムは気候変動と水に関する物語の重要な一部を成すだろう。ダムは、流域における降水や流出する水の潜在的な変化に対応できるように、柔軟性を組み込んで設計される必要がある。ダムに最適な場所の多くはすでに利用されているが、新しいダムの潜在力は特にアフリカを中心に確かに存在している。ダムはうまく管理すれば、電力を供給し、旱魃や洪水に対する保護となる。ダムの経済的影響に関する包括的な分析は稀であるが、4つの研究は、時には貧困層が不釣り合いな利益を

享受する形で、経済に対するプラスの直接的な効果と大きな間接的な効果を指摘している<sup>34</sup>。例えば、エジプトのアスワン市にあるアスワン・ハイ・ダムは、正味でエジプトのGDPの2%に相当する経済的利益を毎年生み出している<sup>35</sup>。また、80億キロワット時の発電を行っており、それはエジプトのすべての町や村を電化するのに十分な規模である。さらに、農業の拡大と通年の航行を可能にし（ナイル川クルーズへの投資を刺激し）、同国の農作物やインフラを旱魃や洪水から救っている。しかし、ダムには周知のマイナス効果もあり<sup>36</sup>、トレードオフを慎重に比較考量する必要がある。気候変動によってロバストな設計にはプレミアムが付く。降雨が増えるのか減るのかについてさえ不確実性に直面している状況で、将来的に変更可能という特別な設計になっている構造物を建設するのは費用効果的であろう。水圧式ダムが複雑さを増しているなかで、水文や運営、経済、財務の面について、確固とした分析と有能な制度が各国がますます必要になっている（ボックス3.3）。

**非伝統的な技術は一部の水不足地域で水の利用可能性を高めることができる。** 水供給は海水や汽水（海水と淡水の混合）を脱塩したり、処理された廃水を再利用したりすることによって増やすことができる。2004年にはあらゆる水利用のわずか0.5%しか占めていなかった脱塩水は<sup>37</sup>、より広い範囲で使われるようになりつつある。

エネルギー効率化フィルターを含む技術開発の

### ボックス 3.3 許容誤差の範囲内で水資源を管理する：チュニジア

チュニジアは資源の限界に近付きつつある国として、水管理者に対する期待がいかに大きいかを示す適例である。再生可能な水資源が1人当たりでわずか400m<sup>3</sup>しかない（この値は変動が大きく、時期と場所について不均一である）チュニジアは、水の管理という大きな課題に直面している。にもかかわらず、マグレブの近隣諸国とは対照的に、チュニジアは農民に水の配給制を導入したり、あるいは都市に対して船からの水供給に訴えたりすることなく、相次ぐ旱魃に耐えてきている。ダムを建設して、それを導管で互いに接続し、国内のさまざまな地域相互間で水を融通している。

最も有望な制度を開発するとともに、政府はより限界的な地区に追加的なインフラを構築した。海に流れる河川は、そ

の流域の水需要が大きくなってもダムで堰き止められた。貯水は、山脈を越えて同国の主要な河川流域にポンプで送ることができるようになった。新しい水は水需要が最大の地域に対する供給を増やすとともに、塩分を希釈化している。加えて、チュニジアは都市廃水の3分の1を農業と湿地帯のために処理して再利用し、帯水層を人為的に補充している。チュニジアの水管理者は今や複雑な一連の決定に直面している。資源をこれほど集約的に管理できる人間の能力の重要性を証明しつつ、水の量、時期、質、エネルギー・コストを最適化しなければならない。

出所：Louati 2009.



おかげで脱塩装置の価格は低下しており、再生可能エネルギーを用いた試験的な方法が脱塩装置の動力になり始めている<sup>38</sup>。工場の規模と技術にもよるが、脱塩水は1立方メートル当たり0.50ドルという安さで公益事業会社向けに生産して供給することが可能である。これは淡水が入手可能な場合の伝統的な資源との比較では依然として高価である<sup>39</sup>。したがって、脱塩水が意味をもつのは、通常は都市の水供給や観光地など最も高価値な利用の場合に限られている<sup>40</sup>。また、沿岸地帯に限定される傾向にある。というのは、脱塩水の内陸供給はコストを押し上げるからである<sup>41</sup>。

**より多くの水なしにより多くの生産をするのは容易ではないだろうが、一部の新しい手法は助けになるだろう。** 将来の要求を満たすために水を管理するということには、特に農業を中心に水利用を効率化するということも含まれる。農業は河川や地下水からの淡水取得のうち70%を占めている(図3.2)<sup>42</sup>。

雨水農業については生産性引き上げの余地があるように思われる。世界の貧困層の大半に生計手段を提供している雨水農業は、総額ベースで世界の農作物の半分以上を生み出しており、農作物向け水利用の80%を占めている<sup>43</sup>。次節で説明する選択肢には、マルチング(根囲い)、保全耕運、その他の同様の農耕法が含まれる。これは土壌の水分を保持し、蒸発で失われる水分を減らす一方で、作物が利用できる水分を増やす方法である。その他の選択肢としては、小規模な雨水の貯留があり、これは雨水採取法と呼ばれることもある。

雨水生産を増加させるさまざまな介入策のなかには、非生産的に蒸発してしまう水をかわすもの(マルチングや保全耕運)がある。その他の方法(水の引き入れや地下水の汲み上げなど)は下流の利用者にとって利用可能だった水の一部を迂回させるものであるといえる。水が豊富な時には、他の利用者に対する影響は気付かれないほどわずかであるが、水が稀少になるのに伴って、影響はより重要になってくる。繰り返しになるが、包括的な水に関する考察と、地方や流域、地域の規模で土地と水を統合した計画があれば、このような介入策を生産的なものにすることができる。これ

は、このトレードオフの適切な評価を確かなものにすることによって可能となる。

世界の食料生産に占める灌漑農業のシェアは将来的に高まっていくものとみられる。最も水が不足する流域を除くすべての地域で、灌漑農業は気候変動に対して強靱性があるからである<sup>44</sup>。1ヘクタール当たりの農作物生産性は上昇しなければならないだろう。灌漑地を全体として増やす余地はほとんどないからである。2000-50年に予想されている灌漑地の拡大はわずか9%にとどまっている<sup>45</sup>。また、都市、工業、水力発電の水需要が増大していることを考えると、水の生産性(この場合、灌漑に割り当てられた水1単位当たりの農業産出)も上昇しなければならないだろう。新しい技術には強力な政策や制度と組み合わせれば、水の生産性を引き上げる潜在力がある<sup>46</sup>。

「1滴当たりの収穫」を引き上げるためには、投資と制度的変更の複雑な組み合わせを必要とする。アルメニアからザンビアに至るまでの諸国は、蒸発による損失を削減しつつ、貯水池から作物に水を効率的に供給する新しいインフラに投資している。しかし、前述したモロッコの農民の事例が示すように、投資が有効であるためには、地方の制度が水を信頼できる形で提供すること、農民が意思決定プロセスに発言権をもつこと、そして農民が新しいインフラや技術動向をどう最大限に活用するかに関して必要な助言を得られること、が必要である。新しいインフラが水の管理に役立つためには、地下水と表流水の両方を対象に、個々人の水消費に対して強力な量的制限を組み合わせる必要がある。さもなければ、灌漑の収益性が増加することから、農民は耕地を拡大するか、または農地の収量を2-3倍に増加させようとするだろう。そしてこれは、井戸からの取水を更に増やすことになる。これは個々の農民にとっては確かに良いことではあろうが、同じ流域にいる他の利用者にとってはそうではない<sup>47</sup>。

寒さに対して抵抗力のある品種を開発することによって、適切な作物管理は使用する水の量に対する生産性を高めることができる。そうすれば冬期に栽培することが可能となり、その時期に必要なとされる水の量は少ない<sup>48</sup>。温室栽培や遮光裁

培も開放農地における蒸発による水の消費を削減することができる。ただし、生産コストが上昇する<sup>49</sup>。作物が収穫される前に枯れると、消費された水は無駄になってしまう。したがって、耐旱魃および耐熱の品種が広く採用されれば、農業生産性だけでなく使用する水あたりの生産性も高まることになるだろう<sup>50</sup>。

灌漑用の水を適切な時期に適用することは役に立つだろう。もしどれだけの水が必要かを農民が知らないとなれば、多くの場合、水撒きを過剰に行ってしまう。多少余分に水を撒くことは、若干少ない場合に比べれば、収量にとってはさほど有害ではないためである。生育期を通じて取水の伸びを監視することによって、農民は作物が必要とする正確な水量を供給し、本当に必要な時にだけ灌漑することができる。遠隔探知システムのおかげで、農民は作物がストレスの兆候を示す前に、かなりの精度で作物の要求を把握できるようになってきている<sup>51</sup>。しかし、技術的な要件があるため、この種の厳密な農業は世界の少数の農民に限定されている<sup>52</sup>。

この技術が広く利用可能になる前でも、単純な自動化された装置を用いることによって貧しい農民が灌漑水を適用する精度を高めることができる。前述した政府制度の下で点滴方式の灌漑に転換したモロッコの農民は、単純な技術から利益を得られるだろう。その技術は、現地の栽培条件に適合させた標準的な灌漑方式を用いるものである。この地域の気象に応じて、そのシステムは農民の携帯電話にメッセージを流して、その日は水の供給をどのくらいの時間行うべきかを指示することになる。この情報に基づいて行動すれば、農民は過剰な灌漑を回避することができるだろう<sup>53</sup>。

### 農業における生産性を向上させると同時に環境を保護する

気候変動を受けて社会は農業生産性の伸びの加速化を強要するだろう

気候変動は農業収量を押し下げるだろう。気候変動は農業生産に対して、次のようないくつかの相矛盾する圧力を加える。それは気温の上昇、作

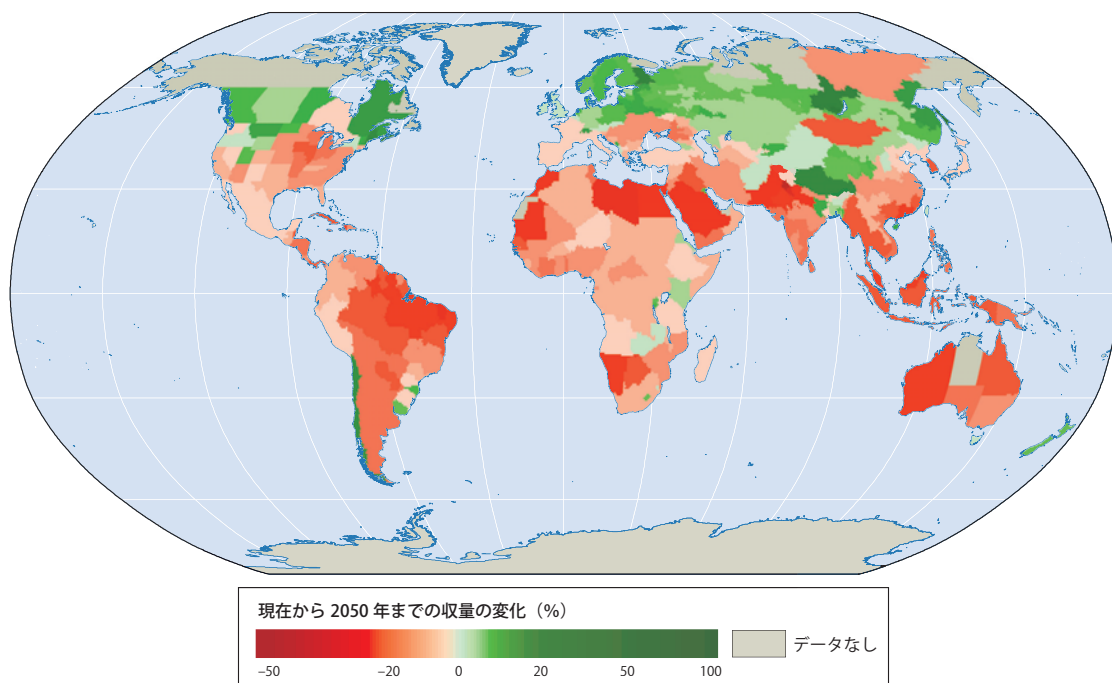
物用の水需要の増大、降雨の不安定化、洪水や旱魃など異常気象の増加などを通じて、農業に直接的に影響を及ぼすことになるだろう。一部の諸国では収量が増加するであろうが、開発途上世界のほとんどの諸国では減少して、世界全体の平均収量は低下するだろう（地図 3.3）。

中・高緯度地方では、現地の気温上昇がわずか1-3℃にとどまる。このことは、それに関連した炭素肥沃化効果と降雨の変化が相まって<sup>54</sup>、作物収量に若干の有益な影響を及ぼす可能性がある<sup>55</sup>。カザフスタン、ロシア、ウクライナはすべて、地理的にはこのような気温上昇の恩恵をこうむる場所に位置しているが、好機に十分に乗りることができないかもしれない。ソビエト連邦が崩壊して以来、全体で2,300万ヘクタールの可耕地で生産が停止された。その90%はかつて穀物生産用に使われていた<sup>56</sup>。世界の穀物収量は1991年以降も平均すると年約1.5%のペースで増加を続けているものの、カザフスタンとウクライナでは収量が減少し、ロシアでもわずかな増加にとどまっている。もしこれらの諸国が農業生産を増加するために気温上昇を有利に活用したいのであれば、制度を強化し、インフラを改良する必要があるだろう<sup>57</sup>。たとえそうしても、改善された平均的な条件を異常気象が一蹴してしまう可能性がある。ロシアについては異常気象が発生する可能性が増大していることを考慮すれば、食料生産が不足する期間は2020年までに3倍に長期化すると予測されている<sup>58</sup>。

ほとんどの途上国では、気候変動は現行の農業に悪影響を及ぼすものと予測されている。低緯度地方では追加的な1-2℃というわずかな気温上昇でさえ、主要穀物の収量を減らすだろう<sup>59</sup>。多数の研究から得られた評価のひとつは、2080年代までに世界の農業生産性は、炭素肥沃化を伴う高炭素排出のシナリオの下では3%、炭素肥沃化がなければ16%低下すると推計している<sup>60</sup>。途上国世界については、減少率はさらに大きいと予測されており、炭素肥沃化があれば9%、なければ21%も減少する。

20個の地球気候モデルにおける農作物モデルを使って、食料供給が不安定な12の地域を分析した結果は、アジアとアフリカは適応がなけれ

地図 3.3 現在の農業の手法と農作物品種を所与とすると、気候変動は 2050 年までにほとんどの諸国で農業収量を押し下げられるだろう



出所：Müller 他 2009.

注：数字は 11 の主要作物（小麦、コム、トウモロコシ、キビ、エンドウ、テンサイ、サツマイモ、大豆、落花生、ヒマワリ、アブラナ）について、2046-55 年の収量を 1996-2005 年と比較した変化率（%）を示す。値は CO<sub>2</sub> 富栄養化がないことを前提として（注 54 参照）、5 つのグローバルな気候モデルによる 3 つの排出シナリオについての中位数。収量の大幅な減少という事態が、農業への依存度が高い地域の多くで予測されている。

ば、2030 年までに特に著しい収量の減少に見舞われる可能性があることを示している。このような減少には、地域の食料安全保障にとって重要な作物の一部が含まれる。すなわち、南アジアの小麦、東南アジアのコム、南部アフリカのトウモロコシが含まれている<sup>61</sup>。このような予測は影響を過小評価している公算が大きい。気候変動が農業に及ぼす影響を予測するモデルは典型的には平均的な変化を見ている。異常気象や変動性、害虫など、これらすべてが増加する可能性が高いものの、影響を除外している。また、気候変動によって特にアフリカを中心に、一部の土地は農業に不向きになるだろう<sup>62</sup>。ある研究は、2080 年までにサハラ以南アフリカでは、厳しい気候あるいは土壌制約の下にある土地が 2,600 万ヘクタール増加して 6,100 万ヘクタールに達すると予測している<sup>63</sup>。それは同地域の可耕地の 9-20%にも達する<sup>64</sup>。

気候変動を緩和する取り組みは土地にいつその圧力をかけるだろう。気候変動は収量を減らす

だけでなく、農民やその他の土地管理者に温室効果ガスの排出を減らすよう圧力をかけることになるだろう。2004 年についてみると、世界の温室効果ガス排出の約 14%は農業活動に由来している。これには肥料からの一酸化窒素、家畜やコメの生産、堆肥保管所からのメタン、バイオマス燃焼からの二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を含むが、土壌管理の用法やサバナの燃焼、森林伐採からの CO<sub>2</sub> 排出は除かれている<sup>65</sup>。途上国地域の温室効果ガス排出は全体のなかで最大のシェアを占めており、アジアやアフリカ、ラテンアメリカの合計で全体の 80%に達している。

林業や土地利用、土地利用変化は別途、毎年の温室効果ガス排出の 17%を占めており、そのうちの 4 分の 3 は熱帯の森林伐採が原因である<sup>66</sup>。残りは主として熱帯の泥炭地帯の干拓や燃焼に起因する。アマゾンの熱帯雨林に貯留されていると同程度の炭素が、世界の泥炭地帯には貯留されている。両者とも世界の化石燃料の 9 年分の排出に相当する。赤道アジア（インドネシア、マレーシア、パプアニューギニア）では、泥炭の干

拓や森林伐採に関連した火災に由来する排出がそれらの諸国における化石燃料の排出と同程度になっている<sup>67</sup>。家畜生産に関連した排出はいくつかの排出のカテゴリー（農業、林業、廃棄物など）をまたいで測定されており、全体として世界合計の18%を占めている。そのほとんどは動物、糞尿廃棄物、牧草地向けの開拓からのメタンの排出である<sup>68</sup>。

気候変動を緩和するためにバイオ燃料を栽培すれば、土地をめぐる競争が一層激化するだろう。現在の予測が示しているところでは、エネルギー専用作物の生産は世界の可耕地の1%を占めているにすぎないが、先進国と途上国の両方におけるバイオ燃料に関連する法制は生産の拡大を支持している。世界のエタノール生産は2000年の年180億リットルから07年には460億リットルに急増するとともに、バイオディーゼル燃料の生産は80億リットルとほぼ8倍に増加している。バイオ燃料に割り当てられた土地は2030年までに4倍に増加するものと予測されている。その増加のほとんどは北アメリカ（2030年の可耕地のうち10%を占める）とヨーロッパ（同じく15%）である<sup>69</sup>。バイオ燃料の生産専用となる土地が可耕地に占めるシェアは、2030年までにアフリカではわずか0.4%、アジアやラテンアメリカでも約3%にすぎないと予測されている<sup>70</sup>。気候変動の緩和に関する一部のシナリオの下では、2030年以降は、バイオ燃料生産に割り当てられる土地は2100年までに20億ヘクタール以上に拡大すると予測されている。現在の耕作地が「わずか」16億ヘクタールでしかないことを考えると、これは途方もない数字である。これらのシナリオは、そのような大規模なバイオ燃料生産のための土地のほとんどは、天然の森林や牧草地の転換に由来することになると予測している<sup>71</sup>。

もし需要が急増すれば、バイオ燃料は農業市場で商品価格を押し上げる重要な要因になるだろう。バイオ燃料作物に対する現在の需要のほとんどは、政府の目標や補助金、それに石油価格の高騰が拍車をかけたものである。人為的な支援がなければ、バイオ燃料の競争力は依然として貧弱である。ただし、ブラジルのサトウキビ・エタノールは例外である。バイオ燃料がどれだけ温室効果

ガス排出を削減するのも明確ではない。というのは、生産段階で化石燃料を使っており、土地開拓に伴って排出が生じるためである。バイオ燃料には温室効果ガス排出を削減できる潜在力はあるものの、現世代のバイオ燃料による実際の正味の炭素排出削減は、生産プロセスや関連する土地利用変化を計算に織り込んだ場合についてはまだ議論が続いている。さらに、バイオ燃料のための土地に対する需要は、生物多様性の保全とすでに競合している。その結果、バイオ燃料の拡大に関しては指針を制定して、他の環境面での目標が締め出されないようにすることが重要である（ボックス3.4）。バイオ燃料について包括的なライフサイクル・アカウンティングをすれば——それには排出削減への提案だけでなく水や肥料の利用も含まれる——、転換のペースを鈍化させる可能性があるだろう。

現在開発中の第2世代のバイオ燃料——藻類、南洋油桐（ジャトロファ）、砂糖モロコシ、柳など——は土地や限界地をあまり使わないため、農地との競合が減少する可能性がある。ただし、このような開発のなかには、依然として牧草地や草地生態系の損失につながるものもあるだろう。スイッチグラスなど深い根茎をもつ永年作物は、現在のバイオ燃料用の原料と比べて土壌や栄養素の劣化の対処に優れており、栄養素の投入が少なくすむ。又、より高い割合で炭素を固定化することができる<sup>72</sup>。しかし、その水需要を考えると、半乾燥地帯では持続可能な生産は妨げられる可能性が大きい。将来世代のバイオ燃料の生産性や排出削減の潜在力を改善するためには、さらなる研究が必要である。

**人口の増加、肉食嗜好の増大、そして気候変動は、農業生産性の向上を必要とするだろう。**

2050年に世界全体に食糧を供給するのに必要な土地の量は、人々がどれだけ食べるかに大きく依存するだろう。肉食というのは、人間のタンパク質の摂取において資源集約的な方法であるといえる。なぜなら、牧草と穀物飼料のために土地を必要とするからである。資源との関係は肉の種類と生産方法によって異なる。1キログラムの牛肉はアメリカの工場式飼育場で生産さ



### ボックス 3.4 パーム油, 排出削減, 森林伐採の回避

パーム油農園は現在の多数の土地利用に関する複数の問題が同時に発生しているところである。パーム油は食料とバイオ燃料の両用途をもった高収量の作物であり、その栽培は小自作農にとって好機となっている。しかし、それは熱帯林やその多くの便益（温室効果ガスの緩和を含む）を侵害している。パーム油の栽培は1961年以降3倍に増加して1,300万haを覆うようになっている。増加のほとんどはインドネシアとマレーシアで生じており、それが最近の森林伐採面積の半分以上を占めている。ブラジルのアマゾン地域、バブアニューギニア、マダガスカルにおける新しいパーム油開発の権利に関する最近の発表は、増加傾向が継続する可能性が大きいという懸念を提起している。

インドネシアとマレーシアでは、現在、パーム油農園になっている土地の35-40%は小自作農が管理している。これによって利益がもたらされ、生計手段の多様化につながっている。しかし、収穫したアブラヤシの種子は、加工のために24時間以内に工場に届けられなければならないため、工場の周辺に栽培地が集まる傾向にある。したがって、工場の周辺地域では、相当な割合が大規模な商業的農園地帯、あるいは小自作農園の集落として、パーム油向けに転換されている。パーム油農園と森林地帯の間の変移をスムーズにするために併農林業地帯を設けるなどの特定の地形設計の実施は、小自作農に多様化を提供しながら、生物多様性にとって有害にならないようにするのに役立つだろう。

パーム油から誘導されたバイオ・ディーゼルが気候を緩和

する効果も疑わしい。詳細なライフサイクル分析が示すところによると、炭素排出にかかわる正味の削減幅はパーム油農園ができる前に存在していた土地被覆に依存する（図参照）。かつて草原や可耕地だった場所に開発された農園からは著しい排出削減がもたらされているのに対して、泥炭地の森林がパーム油生産のために開拓されたのであれば、排出は正味で大幅に増加するだろう。

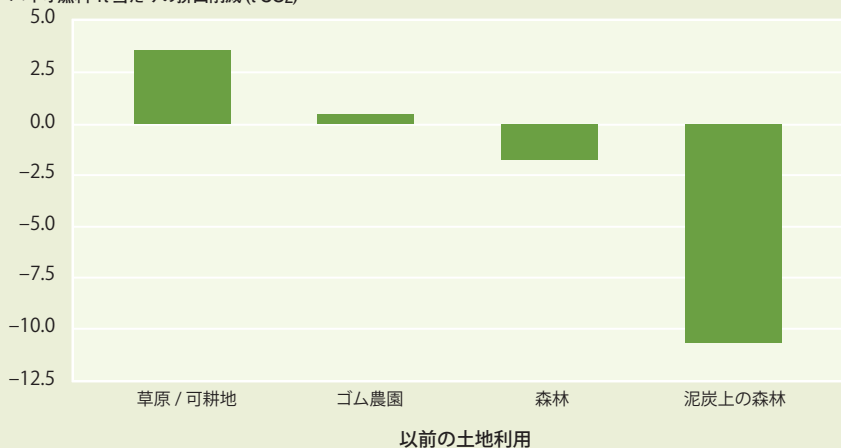
炭素市場を拡大して「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」(REDD)を含めることが、一方におけるパーム油生産・森林伐採と他方における森林保全の相対的な価値のバランスをとるのに重要な手段となる。このバランスが生物多様性の保護と排出削減の確保に決定的に重要であろう。

最近の研究が示すところによれば、パーム油生産に土地を転換すれば、土地を維持してREDDを通じる炭素クレジットの支払いを受けるよりも6-10倍も儲かるため、このメカニズムは自発的な市場に限定されるべきである。もしREDDのクレジットにコンプライアンス市場で取引されているのと同じ価格が付与されれば、土地転換の収益性は激増して、おそらくパーム油生産による利益さえ凌駕するだろう。そして農業への転換による魅力を減じる可能性があるだろう。したがって、うまくやれば、REDDは実際に森林伐採を削減して、世界的な緩和への取り組みに貢献することができる。

出所：Butler, Koh, and Ghazoul（近刊）；Henson 2008；Koh, Levang, and Ghazoul（近刊）；Koh and Wilcove 2009；Venter 他 2009。

#### パーム油から作られたバイオ・ディーゼルに起因する排出削減は、パーム油農園のそれ以前の土地利用に応じて大きく異なる

バイオ燃料 1t 当たりの排出削減 (t CO<sub>2</sub>)



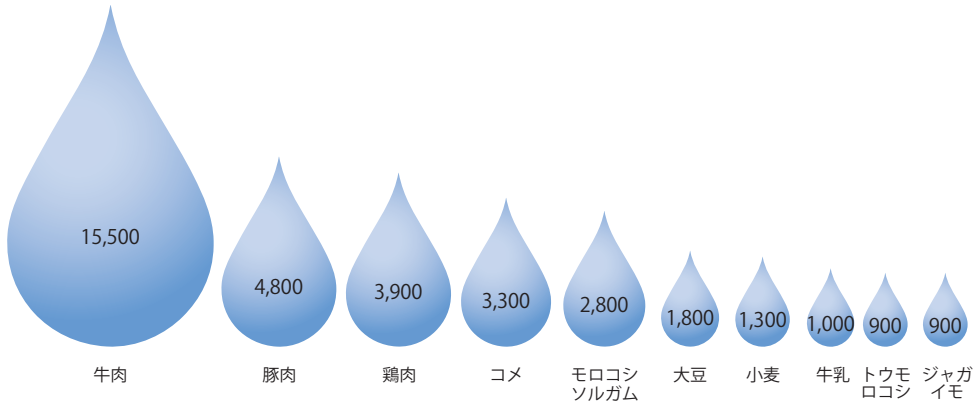
出所：Henson 2008.

れば、1万5,000リットルもの水を必要とする（図3.3）<sup>73, 74</sup>。しかし、アフリカの粗放式牛肉生産では気象に応じてキログラム当たり246-300リットルの水を必要とするにとどまる<sup>75</sup>。牛肉生産はキログラム当たりでみて、他の肉生産との比較でも温室効果ガス集約的であり、肉生産

1キログラム当たりCO<sub>2</sub>換算（CO<sub>2</sub>e）で16キログラムの排出がある（図3.4）<sup>76</sup>。

資源と密接に関わっているにもかかわらず、人口と所得の増加に伴って、肉の需要は増加するものと予想される。肉食の増加はタンパク質と微量栄養素を必要としている貧しい消費者にとっては

図 3.3 肉は主要作物よりもずっと水集約的である [製品 1kg 当りに要する水量 (ℓ)]



出所: Waterfootprint, <http://www.waterfootprint.org> (2009年5月15日アクセス); Gleick 2008.

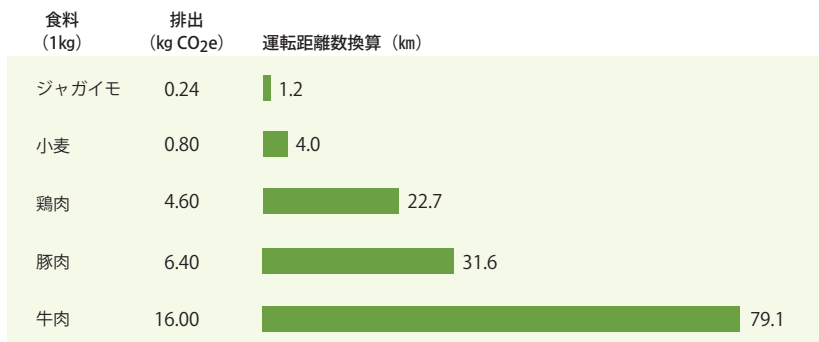
注: 数字は製品 1kg を生産するのに必要とされる水のℓ数 (牛乳なら 1ℓ 必要など) を示す。牛肉生産の水使用は集約的な生産システムの特徴を示しているにすぎない。

有益であろう<sup>77</sup>。2050年までに牛肉、鶏肉、豚肉、牛乳の生産は、より裕福な都市人口の増加を反映した需要の増加に対応して、2000年の水準との比較では最低でも倍増するものと予想される<sup>78</sup>。

収量を低下させる気候変動のなかで、世界は食料や繊維、燃料に対する需要の増加を満たさなければならない。それと同時に、炭素を貯留し、他の不可欠なサービスを提供してくれる生態系を保全しなければならない。農業生産に適した土地をさらに取得できる可能性は低い。各種研究は、2080年に農業に適した土地の量は世界全体で現在と同じにとどまる、と予想している<sup>79</sup>。高緯度地方における農業に適した土地の増加は、低緯度地方における減少によってほぼ相殺されるためである。

したがって、農業生産性 (ヘクタール当たりのトン数) が上昇する必要がある。モデルの予測はさまざまであるが、ある研究は、2055年まで年率 1.8%の上昇が必要だろう、と指摘している。それは平常通りのシナリオの下で必要とされる年率 1%のほぼ 2 倍に相当する (図 3.5)<sup>80</sup>。これは収量が 50 年間で 2 倍以上にならないということの意味する。北アメリカなど世界の穀倉地帯の多くは、主要穀物に関して実現可能な収量の上限に近づきつつあるため<sup>81</sup>、この収量の伸びの大部分は途上国で発生する必要があるだろう。これは単に収量の伸びを加速化することではなく、最近の減速傾向を逆転させるということも意味する。途上国における全穀物の収量増加率は、1961-90年の年 3.9%から 1990-2007年の 1.4%に鈍化している<sup>82</sup>。

図 3.4 集約的な牛肉生産は大量の温室効果ガスを排出する

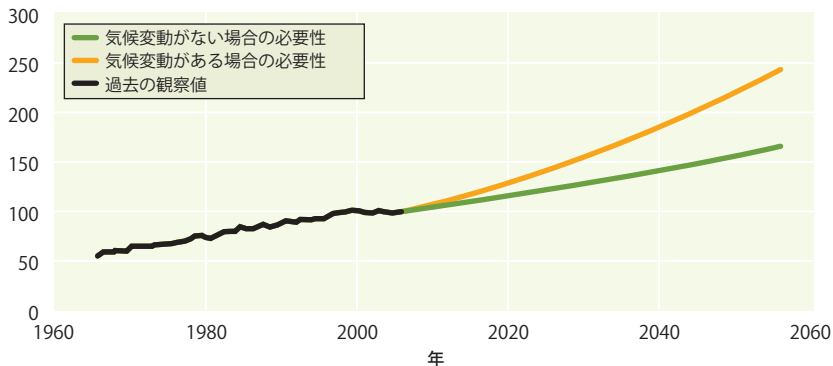


出所: Williams, Audsley, and Sandars 2006.

注: 図は特定製品 1kg の生産 (先進国) に伴う CO<sub>2</sub> 換算の排出量 (kg) を示す。運転距離数換算は、一定量の CO<sub>2</sub>e 排出を生み出すために 1ℓ 当たり平均 11.5km 走るガソリン車で運転しなければならない km 数を示している。例えば、牛肉 1kg の生産と 79.1km の運転はともに 16kg の排出をもたらす。

図 3.5 農業生産性は気候変動を考えるとより一層急上昇しなければならないだろう

農業生産性指数 (2005 年 = 100)



出所: Lotze-Campen 他 2009.

注: 本図は 2 つのシナリオの下で農業生産性指数について必要とされる年間上昇率を示す。この指数で 100 は 2005 年の生産性を示す。予測にはすべての主要な食用作物と飼料作物が含まれる。緑色の線は気候変動がなく、世界人口が 2055 年には 90 億人に達するシナリオを示す。他の前提は次の通りである。1 人当たりの総カロリー消費量と食事に占める動物性カロリーの割合は、経済成長に伴う 1 人当たり所得の増大と比例して増加する。貿易の自由化が進展する (今後 50 年間で総生産に占める農業貿易のシェアが倍増する)。耕作地は年 0.8% という歴史的なペースで拡大を続ける。一方、オレンジ色の線は次のような気候変動の影響とそれに伴う社会的な対応があるというシナリオ (IPCC SRES A2) を示す。その前提は以下の通りである。CO<sub>2</sub> 富栄養化はなく、農業貿易は 1995 年水準にまで減少する (総生産に占める割合は約 7%)。これは次の理由による。気候変動に伴う価格の変動性が保護主義の引き金となり、緩和政策が耕作地の拡大を抑制し (森林保全活動のため)、バイオ燃料に対する需要を増加させる (2055 年までに世界全体で 100EJ [1018 ジュール] に達する)。

気候変動は、高度に生産的で多様な農業地形を要求している

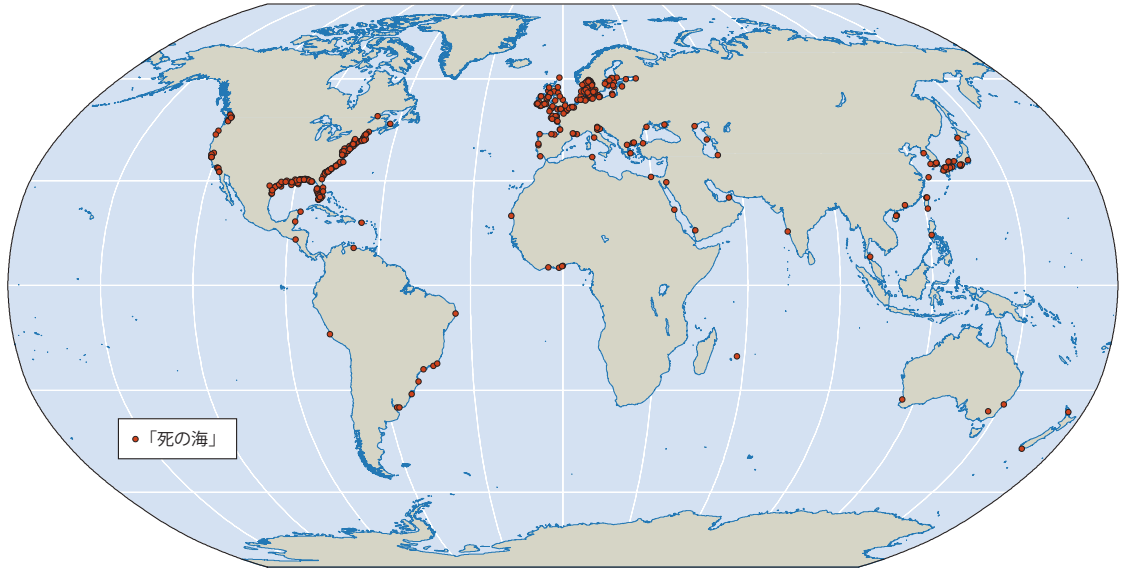
生産性の向上は土壌や水、生物多様性を犠牲にしてはならない。集約農業はしばしば自然システムに害を与えている。先進世界のほとんどで実践されているような高度に生産的な農業は、通常、特定の作物あるいは動物に特化し、農業の集約的な使用に依存する農場の上に成り立っている。この種の農法は水の質と量に害を及ぼすことがある。肥料の流去によって、1960 年代以降、沿岸海洋では低酸素の「死の海」の数が指数的に増加している。そういう場所は先進世界の沿岸海域を中心に今や 4 万 5,000 平方キロメートルになっている (地図 3.4) <sup>83</sup>。集約的な灌漑はしばしば土壌に塩分が累積する原因となり、これは肥沃度を低下させ食料生産を制約する。現状、世界全体で 2 億 6,000 万ヘクタールの灌漑地のうち、2,000-3,000 万ヘクタールに塩化が生じている <sup>84</sup>。

特に農業の一層の集約化に伴う環境問題を考えると、農業の集約化が環境面で有害にならないようにしなければならない。作物や家畜にかかわるヘクタール当たりの収量が増加しない限り、粗放的な生産を行う作物や牧草の地域が拡大するなかで、土地資源に対する圧力は加速化

するだろう。20 世紀半ば以降、世界全体の牧草地の 20% に相当する 6 億 8,000 万ヘクタールが劣化している <sup>85</sup>。農地への転換は、多くの生態系が関わっている地域を大幅に減らしている (図 3.6)。

技術が天然資源を保護するための政策や投資を伴わない場合、農業生産性の上昇には長所と短所の両方があることは緑の革命で例証されている。新しい技術が灌漑や農村インフラへの投資と相まって、アジアでは 1970-95 年に穀物生産の倍増を牽引した。この期間における農業の伸びとそれに伴う食料価格の下落は、1 人当たり実質所得のほぼ倍増につながり、人口が 60% も増加するなかで貧困者数の割合が約 60% から 30% に低下した <sup>86</sup>。ラテンアメリカも大幅な利益を享受した。しかしアフリカでは、インフラが貧弱なこと、輸送コストが高いこと、価格設定とマーケティングの政策が農民に不利だったことなど、これらのすべてが新しい技術の採用を阻害した <sup>87</sup>。全体的な成功にもかかわらず、アジアの多くの諸国における緑の革命は、肥料や殺虫剤、水の過剰使用に由来する環境破壊を伴っていた。歪んだ補助金や価格および貿易政策のすべてが、コメや小麦の単一栽培と投入物の過剰使用を促進し、それがこのような環境問題の一因となったのである <sup>88</sup>。

地図 3.4 発展途上世界における集約農業は「死の海」の広がりに関与してきた



出所：Rosenberg 2008.

注：発展途上世界では集約農業はしばしば高額な環境コストを伴っている。それには余剰肥料の流出で沿岸地帯に「死の海」が発生することが含まれる。「死の海」は極めて低酸素の地帯と定義される。すなわち、酸素濃度が水1ℓ当たり0.5ml未満の水域である。このような条件は通常は海洋生物の大量死につながる。ただし、このような水域でも酸素の水準が水1ℓ当たり0.1mlあれば、生物は生存できることがわかっている。

耐気候型農法には多様な収入源、生産選択、及び遺伝物質が必要である。気候変動は予測可能性の低い世界を生み出す。不作がしばしば生じるだろう。不確実性の衝撃を和らげるひとつの方法は、あらゆるレベルで多様化することである（ボックス 3.5）。多様化における第一のタイプは収入源に関するものであり、これには農業以外の分野も含まれる<sup>89</sup>。農場が小さくなり、投入価格が上昇するなかで、農民はいずれにしても収入源を多様化させるだろう。実際に、アジアでは小自作農と土地をもたない労働者は、典型的には家計総所得の半分以上を非農業源から得ている<sup>90</sup>。

多様化の第二のタイプは、農場における生産の種類を増やすことに関するものである。多くの集約農業地域では作物多様化の市場機会が拡大しつつある。特にアジアとラテンアメリカを中心に急速な成長を遂げている諸国にとっては、これは輸出市場がより開放的になり、国内需要が増大したことの結果である<sup>91</sup>。そのような地域では、農民は家畜や園芸、特化した農業生産などに多様化できる可能性がある<sup>92</sup>。このような活動は、通常は1単位の土地当たり高い収益をもたらす、労働集約的であるため小規模の農場に向いている。

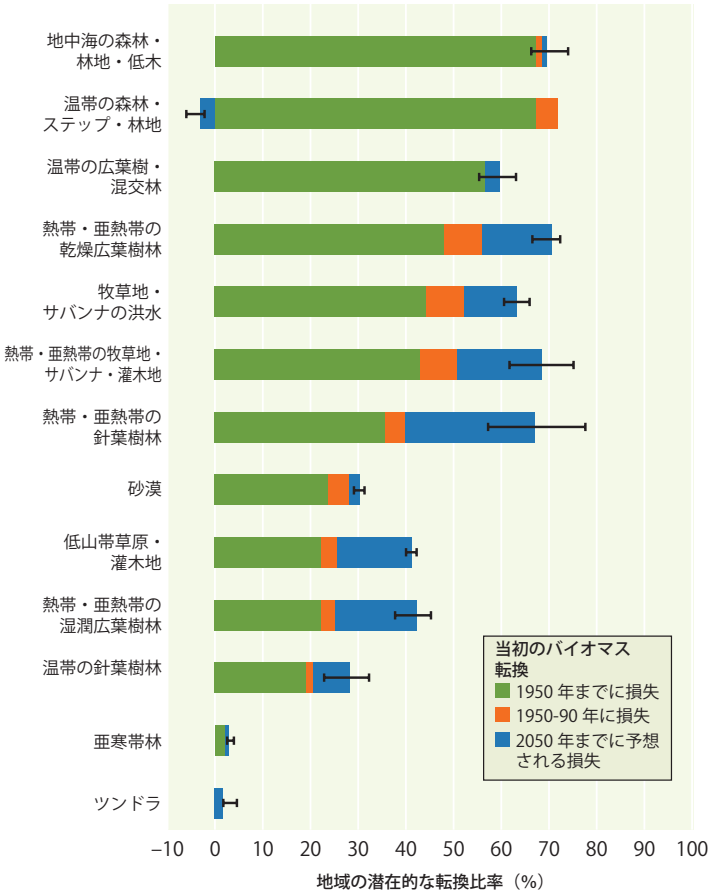
多様性の第三のタイプは、個々の作物種のかな

で遺伝的な種類を増やすことと関係がある。極めて生産性の高い農場で用いられている高収量種のほとんどは、気候が安定的な範囲内で変動するということを前提にして栽培されていた。栽培業者は種子の同質化を目指していた。しかし、気候が変動するなかでは、農民は狭い一定の環境条件の下でうまく育つ一握りの品種だけに依存していることはもはやできない。農民は多種多様な気候条件に対応できるさまざまな遺伝物質を含む一抱えの種子を必要としている。その年の気候がどうであれ、どれかが毎年花を咲かせる。長期にわたって平均すれば、多様な種子による収量は同質の種子による場合よりも多くなるだろう。ただし、「正常な年」の収量は少ないかもしれない。

標準的な農耕法を用いた実験が示すところでは、CO<sub>2</sub>濃度が上昇し、気温も上昇する（「気候変動に関する政府間パネル」による2050年の予測を反映して）条件下では、小麦や大麦の古い品種は生育が速く、20世紀後半に導入された近代的な品種よりも優れている可能性がある<sup>93</sup>。さらに、現在の作物と親戚関係にある野生品種は、商業的作物を気候変動に適応させるのに役立つ遺伝物質を含んでいる。一部の雑草は気温とCO<sub>2</sub>の水準が高いほど、栽培されている親戚の品種に



図 3.6 生態系はすでに広く農業に転換されている



出所：Millennium Ecosystem Assessment 2005.

注：予測は世界がどのように生態系サービスにアプローチするかについて4つのシナリオに基づいており、生態系管理や貿易自由化、技術、公共財の取り扱いに関する前提を含んでいる。

比べてプラスの効果が大きくなる<sup>94</sup>。したがって、雑草の遺伝物質を商業的作物の品種を強化するために使えば、より強靱な品種を開発することができる<sup>95</sup>。

**生産的な地形なら生物多様性を統合化できる。** 保護区は保護の土台かもしれないが、気候変動に直面するなかで、生物多様性の保全には決して十分ではないだろう（生物多様性に関するフォーカスBを参照）。保護区のネットワークは1970-2007年の間に世界全体でほぼ4倍になり、地球の土地の約12%を覆っている<sup>96</sup>。しかし、それでも生物多様性を保全するには不十分である。大陸に存在する種を保護区で十分に代表させつつ、その地理的な広がりについてできるだけ大きな割合をカバーしようとすれば、アフリカでは追加的にさ

らに土地の10%、すなわち現在の保護区のほぼ2倍を保護しなければならないだろう<sup>97</sup>。地理的に固定され、生息地の破壊でしばしば孤立化した保護区は、気候変動に起因する種の生息域の移動に便宜を図るには不適切である。南アフリカ、メキシコ、西ヨーロッパの保護区に関するある研究の推計によれば、種の6-20%は2050年までに絶滅する可能性がある<sup>98</sup>。加えて、将来の経済的圧力と往々にして脆弱な規制と執行システムのことを考えると、既存の保護区は依然として脅威にさらされているといえる。1999年に「国際自然保護連合」は、発展途上10カ国の保護区で十分な管理がなされているのは4分の1以下にとどまり、保護区の10%以上がすでに徹底的に劣化していることを明らかにしている<sup>99</sup>。アフリカで調査した森林保護区の少なくとも75%は、その94%には国際的なドナーが関与していたにもかかわらず、長期的な資金手当てが欠如していた<sup>100</sup>。

土地利用に関して地形単位のアプローチをとれば、保護区外の生物多様性を促進することができるだろう。生態系の移動、種の拡散、生態系サービスの促進などを許容するにはそれが必要不可欠である。生態系農業の分野は有望である<sup>101</sup>。農地の生産性を改善すると同時に、生物多様性を保全し、周辺地の環境条件を改善するというのがその発想である。農民は生態系農業を通じて、自分の農業産出を増やしてコストを削減する一方で、農業汚染を削減して生物多様性のために生息地を作り出すことができる（図3.7）。

生物多様性を保全する政策が有効であれば、農民には自然保護区の農地への転換を最小化し、自分の土地にある高質な生息地を保全、あるいは拡大しようという動機さえ生じるだろう。他の選択肢としては、保護区と他の生息地の間に生態学的なネットワークや回廊を開発するのを奨励すると

### ボックス 3.5 産物と市場の多様化：熱帯の限界的な農民にとって経済的及び生態的な代替策

熱帯地域は大きな課題——先住民を含め農村人口の間でみられる執拗な貧困、天然資源の劣化、生物多様性の損失、気候変動の影響など——に直面している。熱帯産物の国際市場における価格の変動性も現地の経済に影響する。世界中の大勢の農民は独自の生き残りの手段をもっているが、生計を改善し、気候変動について予測されている影響に取り組む努力には、所得を創出し確保するために革新的な制度と創造的な方法が必要である。

気候に関してスマートな開発のために大きな潜在力を示唆している戦略のひとつとして、農業と併農林業による産物の多様化がある。この戦略を採用すれば、農民は早魃、病害虫、国際市場における価格低下があっても、食料を確保し、国内市場で売却する、あるいは物々交換という産物の流れを維持することができる。

メキシコの小規模なコーヒー農園を考えてみよう。2001年から02年にかけてコーヒーの国際価格が暴落したため、メキシコではコーヒー価格が生産コストを下回るようになった。ベラクルス州政府は農民を救済するため、「ベラクルス原産」という指定制度を創設して、海拔600m以上の地域で高品質のコーヒーを栽培している農民に限定した補助金を供与することによって、州内で生産されているコーヒー価格を押し上げた。この政策は海拔600m未満の地域における低品質のコーヒー生産で生活している何千人という栽培者に被害をもたらすことから、政府はベラクルス大学にコーヒー単一栽培に取って代わる対策の探求を依頼した。

多産な低地コーヒー園を多角化しようという取り組みは、国際コーヒー機関（ICO）の後援と監督を受けるという形で国連商品共通基金から財政支援が得られることになった。2つの自治体で1,500人の農民グループによる実験から始められた。全体で25-100世帯しかない辺鄙なコミュニティに住んで

いた人々である。

農民の多くは伝統的にコーヒーを多毛作システムで栽培していた。したがって、それが各区画で経済的及び文化的な価値のある木質や草質のさまざまな品種をテストする機会を提供することになった。スペイン杉やホンジュラス・マホガニーの木（木材や家具）、パナマのゴムの木、シナモン、グアバ（食料や植物薬）、ジャトロファ（食料やバイオ燃料）、オールスパイス、ココア、トウモロコシ、バナナ、チリ、パッション・フルーツなどがコーヒーと並んで栽培された。すべての樹木、ハーブ、産物は、シナモンの木を除いて、地元では馴染みがあった。通常は輸入に頼っているシナモンについては、潜在的に大きな市場がある。農民は今やこの革新的で多角化したシステムのおかげで、どの農法や組み合わせが潜在的に最大の生産力をもっているかを学習しつつある。

同じ市場価値をもつものの、気候や病害虫、市場リスクに対する感受性が異なる農産物を、協同組合方式の会社がグループ化して保管した。初期の結果は、このグループ化はうまく機能しているように思われ、コミュニティの生計を改善し強靱性を高めている、ということを示している。同社はすべてのタイプの産物の販売に成功しており、なかにはプロジェクト開始以前よりも高値で販売できたものもある。結局、最初の2年間でプロジェクトは100万本に達する土着の材木用樹木を植え付けた。

地元民は次のように報告している。新しい農法のおかげで、劣化が減少し、土壌が改善した。これは周辺の生態系から恩恵が享受できているおかげである。このことと同時に、それは気候変動に伴う将来の洪水の可能性に対する緩衝材にもなるだろう。

出所：Arturo Gomez-Pompa の寄稿。

図 3.7 コロンビアの集約的な土地利用に関するコンピュータ・シミュレーション



出所：写真は次による。Walter-Gallindo, from the files of Fundación CIPAV (Centro para Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria), Colombia. 写真は次を示したもの。Finca "La Sirena," in the Cordillera Central, Valle del Cauca. Arango 2003.

注：左は実際の風景である。右の写真はコンピュータで作成したもので、農業生産性が環境農業の原則を使って引き上げられたとすれば、この地域がどうみえるかを示している。生産性の上昇は流域を保護しつつ、丘陵における放牧の圧力を削減し、植林を通じて炭素を固定化し、野原の間の生物多様性のための生息地を増やすだろう。

いうものがある。北アメリカとヨーロッパにおける研究は、伝統的な農業生産を停止した土地（保留地）は明らかに生物多様性を増加させることを示している<sup>102</sup>。

生物多様性を高める農業の実施には通常は多数の相乗利益がある。例えば、自然災害に対する脆弱性を削減する、農場の収入や生産性を引き上げる、気候変動に対する強靭性を提供するなどである。1998年にハリケーン・ミッチが襲来した際、生態系農業の手法を採用していた農場の被害は、通常の農法を使っていた農場との比較で、ホンジュラスやニカラグア、グアテマラではそれぞれ58%、70%、99%少なくて済んだ<sup>103</sup>。コスタリカでは、防風林や植物性の防風柵は農民の牧草地やコーヒーからの収入を増やすと同時に、鳥の多様性も増やした<sup>104</sup>。ザンビアでは、改善されたスキ耕法のなかでマメ科樹木<sup>105</sup>と被覆作物を使ったことから、土壌の肥沃度が高まり、雑草が抑えられて侵食も抑制された。このことによって、正味で年間の農業所得がほぼ3倍になった<sup>106</sup>。農地が自然保護区あるいは半自然保護区に近い場合<sup>107</sup>、ミツバチ受粉の方が効果的である。これは重要な発見である。というのは世界の107種類の主要作物のうち87種類は動物媒介受粉に依存しているからである<sup>108</sup>。日陰栽培コーヒーのシステムは作物を異常気温や早魃から保護することができる<sup>109</sup>。

コスタリカ、ニカラグア、コロンビアでは、樹木と牧草地を一体化した混牧林システムが畜牛生産の持続可能性を改善し、農民の所得を多様化し増加させつつある<sup>110</sup>。そのようなシステムは気候変動への適応策として特に有益であろう。というのは、樹木は早魃の際でも葉を保持している場合がほとんどで、飼料と日陰を提供することによって、牛乳や肉の生産を安定化するからである。また、水質も改善することができる。農業生産と収入は生物多様性の保全と両立し得るのである。多くの場合、手付かずの生態系は転換されたものに比べると、確かにより多くの収入を生み出している。マダガスカルでは、220万ヘクタールの森林を15年間にわたって管理してきたコストは、もし土地が農業に転換されていたとした場合に生まれた経済的利益の逸失を勘定に入れば

9,700万ドルに達する。しかし、管理の良い森林の利益は同じ期間について5,000-8,000万ドルと推計されている<sup>111</sup>。

数十年にわたる開発の経験は、生物多様性のために生息地を保全することが実際にはいかにむずかしいかを示している。しかし、土地の転換を停止させるために、大きな影響力をもつ金銭的インセンティブを土地所有者に付与するという新しいスキームが出現しつつある。それには、生態系が社会に提供するサービスから収入を生み出す方法（フォーカスB参照）、保全地役権（農民にお金を払って影響を受けやすい土地での生産を停止させる）<sup>112</sup>、取引可能開発権<sup>113</sup>などが含まれる。

気候変動は、生産性を増加させる技術の適用、気候変動への対応、そして排出の削減を急いで実施することを要求している

**生産性を引き上げるためには複数の選択肢を同時並行的に追求する必要があるだろう。** 過去10年間、農業の研究と指導助言サービスは財源が十分ではなかった。政府開発援助の中で農業が占める割合は、1980年の17%から2007年には4%にまで落ち込んでいる<sup>114</sup>。農業の研究や指導、助言サービスに対する投資の収益率は高い（30-50%）と推定されるにもかかわらずである<sup>115</sup>。低位中所得国における農業研究開発（R&D）に対する公共支出は1980年以降緩やかに増加しており、81年の60億ドルから2000年には100億ドルに達したが（2005年の購買力をもつドルで測定）、民間投資はそれらの諸国における農業用R&Dのなかで小さなシェア（6%）にとどまっている<sup>116</sup>。このような傾向はもし社会が食料の必要性を満たそうとするのであれば、逆転させなければならないだろう。

最近まとめられた「開発のための農業科学技術の国際評価」（IAASTD）は、気候変動下で農業開発が成功するためには、新旧両アプローチを組み合わせる必要があるだろうと指摘している<sup>117</sup>。第1に、各国は農民の伝統的な知識を基礎にすべきである。そのような知識は場所固有の適応策やリスク管理の選択肢の宝庫を体現しており、より広範囲にわたって適用することが可能である。第2に、農民が直面している相対価格を変更す

るという政策は、世界が気候変動に（生産性を引き上げることによって）適応し、（農業に関連する排出を削減することによって）緩和するのに役立つ方法を促進する大きな潜在力をもっている。

第3に、新しい、あるいは非伝統的な農業の実施は生産性を引き上げ、炭素排出を削減することができる。農民は「環境保全型農業」を採用し始めているが、これには最小耕運（種子は最小限の土壌攪乱で播かれ、土壌表面の残余となる部分が少なくとも30%）、耕作地の確保、輪作などが含まれる。このような耕作方法は収量を増やし<sup>118</sup>、土壌の侵食と流去をコントロール<sup>119</sup>することができる。また、水及び栄養素利用の効率性の向上<sup>120</sup>、生産コストの削減、多くの場合は炭素の固定化を可能にする<sup>121</sup>。

2008年には1億ヘクタール、すなわち世界の可耕地の約10%が最小耕運方式で農業が行われた。2001年比ではほぼ2倍の規模である<sup>122</sup>。この方法を採用したのはほとんどが先進国である。というのは、この農法には重機械が必要であり、アジアやアフリカの条件に合わせて修正されていないからである<sup>123</sup>。最小耕運法は雑草や害虫、病害のコントロールを複雑にするので、管理を改善する必要がある<sup>124</sup>。

しかしながら、インドのインダス・ガンジス平原のコメ小麦農業システムでは、農民は2005年には160万ヘクタールにわたって無耕農法を採用していた<sup>125</sup>。2007-08年になると、インドの2州だけであるが（ハルヤナ州とパンジャブ州）、小麦の推定20-25%は最小耕運法で栽培された。これは126万ヘクタールに相当する<sup>126</sup>。収量が5-7%増加する一方で、コストはヘクタール当たり52ドル低下した<sup>127</sup>。ブラジルでは耕作地の約45%がこのような手法を使って栽培されている<sup>128</sup>。最小耕運法の使用はおそらく増え続けるだろう。特にもしこの技術がコンプライアンス炭素市場で土壌炭素固定化に対する支払い適格となればそうなるだろう。

バイオ技術は土地及び水のストレスと農業生産の間のトレードオフに対する取り組みに、画期的なアプローチを提供する可能性がある。というのは、作物の生産性の向上や、旱魃や熱などの気候ストレスに対する作物の適応能力の向上、温室

効果ガスの排出を緩和、殺虫剤や除草剤の適用の削減、植物をバイオ燃料に適した原材料に遺伝子を組み換えること、などを可能にするからである（ボックス3.6）。しかし、遺伝子組み換えが短期的に一定量の水に対する生産性に影響を及ぼす可能性はほとんどない<sup>129</sup>。

気候に関してスマートな農業の実施は農村の生計を改善すると同時に、気候変動の緩和とそれへの適応に役立つ。新しい作物品種、輪作の拡大（特に永年作物について）、休耕地利用の削減、環境保全型耕運法、被覆作物、バイオ炭などは、すべて炭素を貯留する（ボックス3.7）。成長期に最低一度は水田の排水を行い、休閑期に稲藁廃棄物を土壌に敷き詰めると、メタンの排出を30%削減することができる<sup>130</sup>。家畜が排出するメタンも、より高質な飼料、より正確な飼料戦略、改善された放牧の方法を使うことによって削減可能である<sup>131</sup>。牧草地管理を改善するだけでも、農業がもっている温室効果ガス軽減にかかわる潜在力の約30%（全世界の30億ヘクタールについて2030年までにCO<sub>2</sub>eで年間13億ギガトンの削減）を実現することができる<sup>132</sup>。

各国が農業生産を増やすに伴って、土壌を肥沃にする習慣が環境に与える影響が顕著になってくるだろう<sup>133</sup>。先進諸国とアジアやラテンアメリカの多くの諸国は、温室効果ガス排出と海洋生態系に有害な栄養素流去の両方を削減するために、肥料の使用を削減する可能性がある。肥料を適用する度合いや時期を変更することは、土壌微生物に由来する一酸化二窒素の排出を削減する。窒素の発散を制御すれば<sup>134</sup> 効率性の改善につながるが（1単位の窒素当たりの収量）、これまでのところ途上国の大半の農民にとってはあまりにも高価であることが判明している<sup>135</sup>。窒素の揮発を削減する新しい生物学的な抑止剤は、同じ目標の多くをもっと安価に達成することができるだろう。農場労働や管理の追加的な変更をほとんど必要としないので、農民に受け入れられる可能性がある<sup>136</sup>。もし生産者や農民に新しい肥料技術を適用して、肥料を効率的に使用するインセンティブがあれば、多くの諸国は排出や水汚染を削減しながら農業の成長を維持することができるだろう。



### ボックス 3.6 バイオ作物は農民が気候変動に適應する助けになるだろう

伝統的な選択と育種が近代的な品種と大きな生産性の増大を生み出してきた。将来的には、遺伝子工学（遺伝子組み換え、すなわち GM）を通じた好ましい特性の育種と選択の組み合わせが、病害虫や旱魃、気候変動に伴うその他の環境ストレスに、よりうまく適應できる作物を生み出すのに最大の貢献をする可能性が大きいであろう。

遺伝子組み換えの特性をもつ作物の多くは過去 12 年間に広く商業化されたものである。2007 年には推定 1 億 1,400 万 ha に、病害虫あるいは除草剤に対して耐性をもつものを中心に、遺伝子組み換え作物品種が作付けされた。この面積の 90% 以上はわずか 4 カ国（アルゼンチン、ブラジル、カナダ、アメリカ）で占められている。このような技術は環境汚染を大幅に削減し、作物の生産性を引き上げる。また、生産コストを引き下げ、一酸化二窒素の排出を削減するだろう。今のところ、育種プログラムが開発に成功しているのは（キャッサバとトウモロコシを含め）、多数の病害虫に耐性がある作物品種であり、大豆や菜種、綿花、トウモロコシの除草剤耐性品種も入手可能である。病害虫耐性の GM 作物を使っている農民は、殺虫剤の使用量と使用している除草剤に含まれる有効成分の数を減らすことが可能になっている。

作物収量に直接影響する遺伝子と各種ストレスへの適應に関連する遺伝子が特定され、実証的な評価が実施中である。新しい品種は信頼できない水供給への対処法を改善するだけでなく、水を転換する方法を改善する可能性もある。長期にわたる旱魃を生き残れる育種は、気候変動への適應にとってはさらに重要であろう。GM 作物に関する初期の実験や農場での試験は、旱魃でない時期でも、収穫量に影響を与えることなく開発を続けることが可能であることを示している。通常の育種によって開発した旱魃耐性品種の場合はそれが問題であった。旱魃耐性型のトウモロコシがアメリカでは商業化

に近づいており、アフリカとアジアの条件に適合するように開発が進められている。

にもかかわらず、GM 作物は議論を呼んでおり、世論の受容と安全性に対処しなければならない。世論は食の安全性と環境に対するリスクに加えて、遺伝物質の意図的な変更にかかわる倫理を心配している。10 年以上の経験を経ているが、GM 食用作物が人間の健康に悪影響があるという事例はいまだ文書化されていない。しかし、世論の受容は依然として限定的である。環境リスクには、GM 植物と近隣野生種との間で交配が生じる、病気抵抗力の大きい攻撃的な雑草を生み出す、新しい病害虫の生物型が急速に進化して GM 植物に適應するなどがある。しかし、科学的な証拠と 10 年間に及ぶ商業的な使用が示すところによれば、保護措置が適正であれば、対象となる病害虫が抵抗力を強めることや、GM 作物の商業的な栽培に伴う環境面での被害（近隣野生種への遺伝子流動など）は防止することができる。もし少数の GM 品種が伝統的な品種に取って代わるようなことがあれば、作物の生物多様性は減少する可能性があるが、これと同じリスクは伝統的な作物品種についても存在する。生物多様性に対する影響はインドにおけるように、GM 作物に関しては数品種を導入することで削減できる。インドでは Bt（バチルス・チューリンゲンシス）綿花には 10 を超える品種がある。GM 作物の実績は良好ではあるが、科学的なバイオセーフティ規制システムを確立することが必要不可欠であり、そうすればリスクと便益を個別的に評価することができる。その際には潜在的なリスクを代替的な技術と比較し、具体的な特性とそれを使うための農業生態的な背景を考慮に入れなければならない。

出所：Benbrook 2001; FAO 2005; Gruere, Mehta-Bhatt, and Sengupta 2008; James 2000; James 2007; James 2008; Normile 2006; Philipps and Park 2002; Rosegrant, Cline, and Valmonte-Santos 2007; World Bank 2007c.

### ボックス 3.7 バイオ炭は炭素を固定化し、大規模に収量を増加させることができるだろう

アマゾン流域の異常に肥沃な土壌を調査していた科学者は、土壌が古代の炭製造プロセスによって変化していたことを発見した。先住民は湿ったバイオマス（余った作物や堆肥）を低温で、ほぼ完全に酸素がない状態で燃やした。その産物は木炭のような固形物である。炭素含有度が非常に高く、バイオ炭と呼ばれている。科学者は数カ国の近代的な工業装置で、このプロセスを再現した。

バイオ炭は土壌のなかでは極めて安定しているようである。この手法の技術的及び経済的な存続可能性に関しては研究が継続しているが、一部の結果は、バイオ炭は炭素を土壌に数百年間、あるいは数千年間にわたり閉じ込める可能性があることを示している。別の結果は、一部の土壌では効果はずっと小さいことを示している。にもかかわらず、バイオ炭に加工しなければ燃焼や腐敗を通じて大気中に放出されるであろう炭素を、バイオ炭は固定化することができる。

したがって、バイオ炭は炭素緩和に関して大きな潜在力を

もっている。規模に関してアイデアを示すために言えば、アメリカでは林業や農業からのバイオマス廃棄物に、現状遊休の土地で栽培できるバイオマスを加えると、それを使って化石燃料排出の 30% を固定化するのに十分な物質が存在することになる。バイオ炭は土壌肥沃度を増大させることもできる。栄養素と結合するため、劣化した土壌を再生するだけでなく、人工肥料の必要性、したがって、河川や流水の汚染を削減するのに役立つ。潜在性は確かにある。しかし、2 つの課題がある。化学的な属性を証明すること、大規模に適用するための仕組みを開発することである。

研究が必要な分野が多数ある。バイオ炭がもっている長期的な炭素固定化の潜在力を測定する方法、環境リスクの評価、さまざまな種類の土壌におけるバイオ炭の変化、経済的な存続可能性、途上国における潜在的な利益などである。

出所：Lehmann 2007a; Lehmann 2007b; Sohi 他 2009; Wardle, Nilsson and Zackrisson 2008; Wolf 2008.

対照的にサハラ以南アフリカでは自然の土壌肥沃度が低いため、各国は無機質肥料の使用増加を回避できない。場所固有の試験と監視を統合した適応管理プログラムがあれば、過剰施肥のリスクを削減することができる。しかし、そのようなプログラムはほとんどの途上国では依然として稀である。実効性のある実施のために必要な研究、指導助言サービス、情報サービスに対して、これまで十分な公共投資を行ってこなかったからである。これは本章で繰り返し指摘しているテーマのひとつである。

発展途上世界で必要な農業生産性の上昇を達成するための一環である健全な肥料政策には、貧困層が肥料を負担できるようにする措置が含まれていなければならない<sup>137</sup>。また、ケニアの「農場投入財促進」プログラムのようなより広範なプログラムも必要である。これは現地の会社や国際的な種子会社の現地法人と協働して、農業投入を改善し（現地で入手可能な鉱物を使って肥料を調合し、改良された種子の品種を提供し、農村地帯で肥料を配給することによって）、健全な農業慣行を奨励しよう（正しい施肥、土壌管理、効果的な雑草及び害虫の管理）というものである。

### 漁業及び養殖水産の生産を増加させると同時に保全を改善する

海洋生態系は陸上生態系と少なくとも同じくらい大きいストレスに対処しなければならないだろう

海洋は1800年以降放出された人為的な排出の約半分<sup>138</sup>、地球温暖化に伴う熱の80%を吸収している<sup>139</sup>。その結果として、海洋は温暖化及び酸性化しており、未曾有のペースで変化している。その影響は水生世界全体に及んでいる（気候変動の科学に関するフォーカスAを参照）<sup>140</sup>。

生態系ベースの管理は危機下にある漁業にかかわる有効な対応策を調整するのに役立つ。気候変動がなくても海の魚種資源の25-30%は過剰採取され、枯渇化している。あるいは枯渇化からの回復途上にあり、したがって、最大限の潜在力以下の漁獲をもたらしている。魚種資源の約50%は

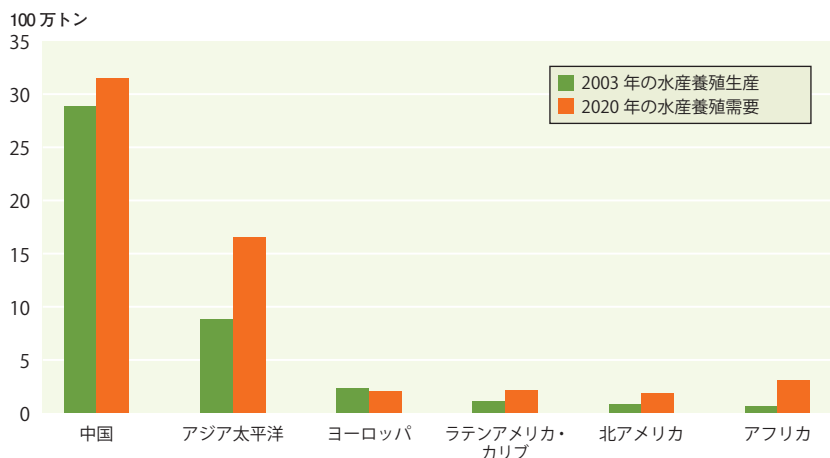
十分に採取されていて、持続可能な最高限度、ないしそれに近い水準の漁獲を生み出しており、さらに拡大する余地はない。過小採取ないし適度な採取にとどまっている魚種資源の割合は1970年代半ばの40%から2007年には20%に低下している<sup>141</sup>。漁獲高からより多くの価値を引き出すことは可能かもしれない。例えば、意図せざる漁獲を削減することによってである。それは世界の漁獲高の4分の1に達しているものと推計されている<sup>142</sup>。世界の海洋漁業がもっている最大限の潜在力はすでに達成されており、持続可能性により優れた手法だけがこの部門の生産性を維持することが可能である<sup>143</sup>。

生態系ベースの管理——特定の種や場所ではなく生態系全体を考慮して、人間はシステムを構成する一要素であることを認識する——を採用すれば、沿岸と海洋の両体系の構造や機能、重要なプロセスを効果的に保護することができる<sup>144</sup>。そのような政策には、沿岸の管理、地域ベースの管理、海洋保護域の策定、漁獲量の上限や装置に対する制限、許可の付与、ゾーニング、沿岸法の執行などがある。海洋生態系を有効に管理することには、世界の多くの場所でみられるように、サンゴ礁など海洋生態系にストレスを与える富栄養化の発生を最小化するために、陸上の活動を管理することも含まれる<sup>145</sup>。サンゴ礁の経済的価値は問題を引き起こした農業の価値の何倍にも達する可能性がある<sup>146</sup>。

開発途上世界には成功物語がすでにいくつかある。フィリピン中部のダナホンバンクでは、サンゴ礁プログラムのおかげで魚の生物量が歴史的な水準を超えて増加し始めている<sup>147</sup>。多数の先進国よりも効果的に生態系ベースの管理を実施している途上国が一部にあるのは確かなことである<sup>148</sup>。

気候変動は新たな圧力を生み出すだろう。食料価格の予想外の上昇、魚のタンパク質に対する需要の増加、海洋生態系を保護する必要性などである。それらを受けて政府は長らく主張されていた改革の実施に乗り出すかもしれない。漁獲を持続可能な水準にまで削減することや、漁船の過剰能力に拍車をかけている歪んだ補助金を撤廃するといった改革である<sup>149</sup>。一年間に新たに製造される漁船の数は1980年代後半の

図 3.8 水産養殖魚に対する需要は特にアジアとアフリカを中心に増加するだろう



出所：De Silva and Soto 2009.

水準の10%以下でしかないが、過剰能力は依然として問題である<sup>150</sup>。海洋捕獲漁業の統治が悪いことに伴うコストは世界全体で500億ドルと推定されている<sup>151</sup>。権利を基にした漁獲シェアにすれば、個人やコミュニティに持続可能な捕獲のインセンティブを与えることができる。このような制度ではコミュニティ・ベースの漁業を含め、さまざまな形の利用権を付与するだけでなく、個人別漁獲割当を設定することもできる<sup>152</sup>。

### 養殖水産業は増大する食料需要を満たすのに役立つだろう

現在、世界の動物性タンパク質のうち、約8%は魚介類（魚と甲殻類）によって供給されている<sup>153</sup>。世界の人口は毎年約7,800万人増加しているため<sup>154</sup>、魚介類の生産は1人当たり年29キログラムという現在の消費を維持するためには、毎年220万メートルトンずつ増加しなければならない<sup>155</sup>。もし捕獲性の魚場源が回復しなければ、将来の需要に応じることができるのは養殖水産業だけであろう<sup>156</sup>。

2006年でみると、養殖水産業は世界における食用魚の46%を占めており<sup>157</sup>、年率平均7%の増加と過去数十年間の人口の伸びを上回っている。一部の種類については生産性が2桁の伸びを示している。それによって価格が低下し、市場が拡大している<sup>158</sup>。アジア太平洋地域を中心とする途上国が生産を支配している。中国で食され

ている魚の90%は養殖水産業によって産出されたものである<sup>159</sup>。

養殖水産業が生産する魚に対する需要は増加すると予測されるが（図3.8）、気候変動は世界中の養殖水産業の運営に影響を与えるだろう。海面の上昇、激しい暴風雨の増加、熱帯地方の主要な河川デルタへの海水の浸入などが養殖水産業に被害をもたらすだろう。この産業はメコン・デルタ

のナマズなど塩分耐性が限定的な種が基盤になっているからである。温帯における気温の上昇は養殖されている有機体の適温を超える可能性がある。さらに、気温の上昇に伴い、養殖水産業に影響する病気の発症が増加し、病気が及ぼす影響も大きくなると予想される<sup>160</sup>。

養殖水産業は2010-30年に年4.5%の割合で増加すると予想されている<sup>161</sup>。しかし、この部門が持続的な伸びを達成するためには、次の2つの重大な障害を克服しなければならない。第1に、魚の餌として魚粉のタンパク質や油を大量に使用しているが、それは捕獲漁業に対する圧力が持続することを意味する<sup>162</sup>。養殖水産業の成長は魚粉から作った餌に依存しない魚種に基づくものにしなければならないだろう。現状では、養殖水産業の40%はすでに主にストレス下にある海洋や沿岸の生態系から採取して処理した餌に依存している<sup>163</sup>。植物ベースの養殖水産業用の餌（脂肪種子ベースの餌など）は有望であり<sup>164</sup>、一部の操業では魚粉が植物ベースの餌に完全に置き換わっている。それは草食性と雑食性両方の魚の食餌についてであり、伸びや収量には悪影響は出ていない<sup>165</sup>。草食性および雑食性の魚種の養殖——総生産の約7%を占めている——を強化するのは、資源の効率性の観点からは理に適っている<sup>166</sup>。例えば、養殖水産業システムにおける1キログラムのサケ、海水魚、あるいはエビは非常に資源集約的である。1キログラムの食料を生産

するのに、餌として5キログラムの野生魚を必要とする<sup>167</sup>。

第2に、養殖水産業は環境問題を引き起こすことがある。世界全体のマングローブ消滅の20-50%は沿岸養殖産業が原因である<sup>168</sup>。さらに消滅が広がると、生態系の気候変動に対する強靱性が低下して、沿岸で生活する人たちは熱帯性暴風雨に対して脆弱になる。養殖水産業は廃棄物を海洋生態系に放出する結果となり、一部の海域では富栄養化を促進することもある。新しい排水管理技術——水の再循環<sup>169</sup>、餌計量の改善、廃棄物を削減するために補完的な有機体が一緒に養殖される統合的な複作化など<sup>170</sup>——なら、環境への影響を軽減することができる。過少活用となっている水資源における適正な養殖水産業の開発も同様である。例えば、水田、灌漑用運河、季節的な池などである。農業と養殖水産業を統合したスキームなら栄養素のリサイクルを促進するため、養殖水産業からの排水は農業にとって投入財（肥料）になり、その逆も真であろう。したがって、資源の使用を最小化し、汚染を削減する<sup>171</sup>。このようなシステムは、アジア、ラテンアメリカ、サハラ以南アフリカの多くの諸国で、家計の収入源を多様化し、住民にタンパク質を提供している<sup>172</sup>。

### 柔軟な国際協定を締結する

気候変動に対処するために天然資源を管理することは、国際協調の改善を必要としている。また、各国が気候変動や農業の潜在力低下への対処に適した状態でいられるように、国際的な食料貿易を信頼のおけるものにすることも必要である。

### 水路を擁する各国はその管理方法について合意する必要があるだろう

世界の再生可能な淡水資源の約5分の1は国境を横切っているか、あるいは国境を形成しているかのどちらかである。特に途上国を中心に一部の地域では、この割合はもっと高くなっている。しかし、そのような水域のうち何らかの条約の対象になっている割合はわずか1%にとどまっている<sup>173</sup>。さらに、国際的な水路に関する既存の条約のなかで、当該水路に接しているすべての諸国

を包摂しているものはほとんどない<sup>174</sup>。国連総会で1997年に採択された「国際水路の非航行目的使用法に関する国連協定」は、まだ十分な批准を得ておらず、発効に至っていない<sup>175</sup>。

気候変動がもたらす水に関する課題に取り組むためには、沿岸諸国間の協調が必須である。そのような協調は包容的な協定を通じてのみ実現可能である。すなわち、その協定はすべての沿岸諸国に共同管理と水路共有の責任を負わせ、旱魃と洪水の両方を伴う変動性の増大に取り組むために設計されていなければならない。典型的には、水協定は締約国に一定量の水を割り当てることに基づいている。しかし、気候変動を受けて、この概念は問題を孕むようになっていく。流量の割合に基づく割り当の方がうまく変動性に取り組むことができるだろう。さらに良いのは「利益配分」アプローチであろう。それは水量ではなく、水利用で得られる経済的、社会的、政治的、及び環境的な価値に焦点をおくものである<sup>176</sup>。

### 漁業の管理を改善するためには各国が協働する必要があるだろう

魚は食料品のなかでは最も国際的である。世界の魚生産の3分の1が国際的に取引されており、一次製品のなかでも最も高い割合となっている<sup>177</sup>。魚種資源の減少に伴い、ヨーロッパや北アメリカ、アジアの多くの諸国は、魚を途上国から輸入し始めている<sup>178</sup>。このような需要の増加を受けて、また、一部漁船の過剰能力も相まって、海洋資源の枯渇化が地中海南部、西アフリカ、南アメリカにまで広がっている。漁獲の国際貿易は年間で数十億ドルに達しているにもかかわらず、途上国が自国の海域で操業している漁船から得ている手数料は比較的僅少にとどまっている。西太平洋のマグロの豊富な漁場についてさえ、小さな島国である途上国はマグロ捕獲金額の約4%相当しか受け取っていない<sup>179</sup>。魚資源の分布を変更し、食物連鎖を変化させ、すでにストレス下にある魚類の生理学を混乱させることによって、気候変動は事態をいっそう悪化させるだろう<sup>180</sup>。魚資源のさらなる減少に直面している漁船はさらに遠い漁場に出かける可能性があるため、資源配分に関する新たな協定を交渉する必要



がある。

適応を円滑化し、漁業権を規制するためには、国際的な資源管理スキーム（法律と制度の両面）と関連する監視システムを策定することが重要である。そのよう協定は地域的な漁業管理機関を強化することで促進できるかもしれない<sup>181</sup>。「ベンゲラ海流広域海洋生態系プログラム」は有望な動きである。アンゴラ、ナミビア、及び南アフリカの西岸に沿って広がるベンゲラの生態系は、世界中で最も生産的な生態系のひとつであり、魚や海鳥、海獣を含め生物多様性の宝庫を支えている。その生態系について、気候変動が商業的に重要な一部の魚種を熱帯から極方向に移動させつつあるという証拠がすでにみられる<sup>182</sup>。このような動きは乱獲、ダイヤモンド採掘、石油及びガス採取に伴う既存のストレスを複雑にする。アンゴラやナミビア、南アフリカは「ベンゲラ海流委員会」を2006年に創設している。広域の海洋生態系に対して、この種の機関が創設されたのは初めてのことである。3カ国は気候変動に適応するために統合的な漁業管理を公約している<sup>183</sup>。

**より信頼性の高い農産物貿易は、予想外の異常気象に見舞われた諸国を助けることになるだろう**

農民や企業、政府、水管理者がたとえ土地や一定量の水に対する生産性を劇的に引き上げたとしても、世界の一部は常に食料のすべてを栽培するのに十分な水を確保できるとは限らないだろう。食料をどれだけ輸入し、どれだけ国内で生産するかに関する決定は、農業生産性と水管理にとって大きな意義がある（ボックス3.8）。資源の素質と潜在成長力が十分でないのに食料自給を追求すれば、経済的及び環境的に大きなコストを課すことになるだろう。

多くの諸国がすでに必要な食料のうち大きな割合を輸入している。ほとんどのアラブ諸国は摂取している食物カロリーの少なくとも半分を輸入している。条件がますます厳しくなっているということは、すべての諸国が国内の不作に備えておく必要があるということの意味する<sup>184</sup>。気候変動によって、現在の半乾燥性の諸国はさらに乾燥するため、所得と人口の増加に伴う食料需要の増加がいつそう複雑な問題となる。したがって、大き

な割合の食料を一貫して輸入する地域に居住する人々が増えることになるだろう。加えて、気候変動が異常気象の可能性と激しさを増大させるにつれて、国内農業に対する打撃を経験する諸国に居住する人々も増えることになる。グローバルなシナリオのいくつかでは、気候変動の結果として、途上国の純輸入は10-40%増加すると予測されている<sup>185</sup>。穀物貿易は2050年までに2倍以上に、肉製品貿易は4倍以上に増加するものと予測されている<sup>186</sup>。食料輸入依存度の上昇分のほとんどは途上国を相手とするものとなるだろう<sup>187</sup>。

2008年における食料価格の急騰が証明したように、世界の食料市場は変動が大きい。なぜ価格が高騰したのだろうか？ 第1に、穀物市場は品薄である。世界全体の小麦のうちわずか18%、コメについては6%が輸出されているにすぎない。残りは栽培された国で消費されている<sup>188</sup>。また、穀物を輸出している国は少数にとどまっている（地図3.5）。品薄の市場では、供給か需要のどちらかが少しでも変化すると、価格が大きく変動する。第2は、世界の食料在庫が1人当たりでみて記録的な最低水準にある、ということだ。第3に、バイオ燃料市場の拡大に伴って一部の農民が食料生産から撤退したため、それが世界の食料価格の上昇に大きく影響した。

国際市場を信用していない国は価格の上昇に反応するので、それが事態をさらに悪化させる。2008年には多くの諸国が輸出を制限したり、あるいは価格上昇が自国民に及ぼす悪影響を最小化しようとして価格を統制したりした。そういった諸国には、アルゼンチン、インド、カザフスタン、パキスタン、ロシア、ウクライナ、ベトナムがある。インドはコメとマメ類の輸出を禁止し、アルゼンチンは牛肉やトウモロコシ、大豆、小麦にかかわる輸出税を引き上げた<sup>189</sup>。

輸出禁止や輸出税の引き上げがあると、国際市場は縮小し、変動が大きくなる。例えば、インドによるコメの輸出禁止はバングラデシュの消費者に悪影響を与え、インドの農民が経済成長の長期的な牽引力である農業に投資しようとするインセンティブを冷やした。加えて、禁輸はカルテルの結成を促し、貿易に対する信頼を損なう。又、保護主義を奨励する。国内価格規制も、最も必要と

**ボックス 3.8 モロッコの政策立案者は穀物輸入について厳しいトレードオフに直面している**

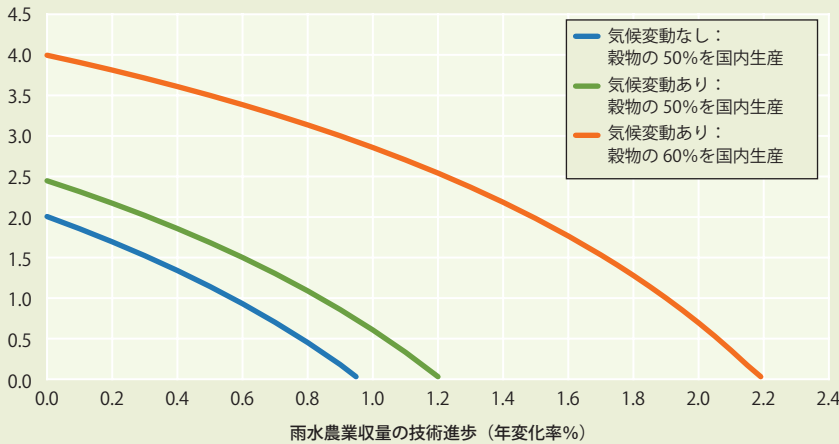
水の制約が厳しく人口が増加を続けているモロッコは穀物の半分を輸入している。たとえ気候変動がなくても、水使用を増やすことなく穀物輸入を需要の半分以下に維持するためには、モロッコは次の2点の組み合わせを達成するために技術的な改善を行わなければならないだろう。すなわち、灌漑穀物に配分されている水1単位当たりの産出を2%増やすか、あるいは雨水地域の土地1単位当たりの産出を1%増やすかのいずれかが必要である（図中の青色の線）。

気温の上昇と降水の減少を追加すると、この課題はさらに困難なものになる。技術進歩は気候変動がない場合に比べて22-33%速いペースになる必要があるだろう（選択された政策手段に応じて異なる：図中の緑色の線）。しかし、同国が農業

に対する国内の気候変動や市場価格の急変を回避するために、国内産の消費シェアを50%から60%に引き上げることを決定したとすると、同国は水の効率性を灌漑農業について毎年4%の上昇、あるいは雨水農業については同2.2%の上昇、ないしはその中間の組み合わせが必要となる（オレンジ色の線）。言い換えれば、気候変動に確固とした対応をするためには、モロッコは気候変動がないとした場合との比較で、技術の改善を100-140%速い速度で実施する必要がある。純輸入の削減はモロッコが国内的に効率性をさらに引き上げて初めて達成可能となる。

出所：World Bank（近刊 a）。

**モロッコが水使用を増やさずに穀物の自給自足を達成する灌漑効率の技術進歩（年変化率%）**



している人々に資源が行きわたらないようにさせ、農民が食料を増産するインセンティブを低下させることによって、逆効果になることがある。

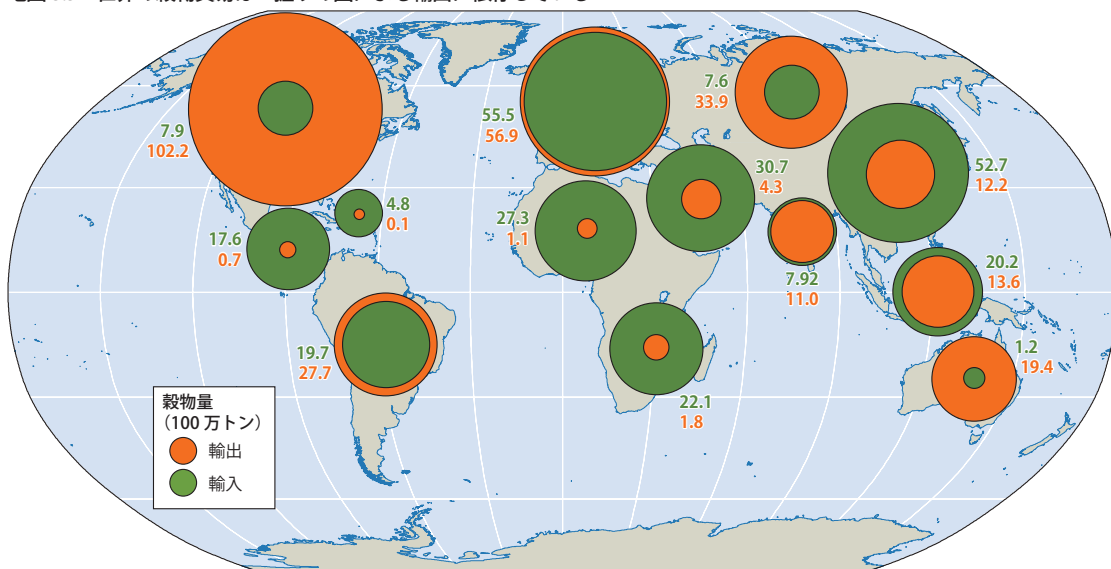
**各国は市場アクセスを改善するための措置をとることができる**

各国は国際食料市場に対するアクセスを改善するために一方的な措置をとることができるだろう。特に、市場には影響を与えないものの食料需要の大きな割合を輸入している小さな国にとっては、重要な措置である。最も簡単な方法は調達方法を改善することであろう。電子入札や先進的な信用、リスク回避にかかわる金融商品など、食料を輸入するための入札を実施する洗練された措置はすべて、政府が有利な取引を行うのに有益であろう。もうひとつの選択肢は多角的な調達を禁止している国際法を緩和して、小国が規模の経済の

ために協働できるようにすることであろう<sup>190</sup>。

第3の措置は資源の積極的な管理である。各国は十分な国内在庫の積み増しとリスク回避にかかわる最新的手段を必要としている。すなわち、小規模な現物在庫と先物やオプションの市場から購入した仮想的な在庫を組み合わせるのである。モデルの推計が示唆するところによれば、エジプトは価格が急騰していた2007年11月から08年10月に小麦を輸入するために支出した27億ドルに関して、先物やオプションを使っていれば5-24%節約することができたであろう<sup>191</sup>。世界全体としても在庫管理に集団行動を起こしていれば、やはり極端な価格高騰の阻止に効果を発揮できたであろう。小規模な食料の現物備蓄があれば、食料危機にスムーズに対応すること可能であろう。国際的に協調した食料備蓄があれば、穀物自給を達成しなければならないという圧力を和ら

地図 3.5 世界の穀物貿易は一握りの国による輸出に依存している



出所：FAO 2009c.

注：年間の輸出入は4年間（2002-06年）の平均に基づく。

げることができる。また、革新的な仮想備蓄があれば、市場価格の急騰を阻止して、グローバルな協調的な備蓄をリスクにさらすことなく、長期的な市場のファンダメンタルズが示す水準に近いところに価格を維持することができるだろう<sup>192</sup>。

特にエチオピアなど地域的な降雨の変動性が大きい国を中心に、市場へのアクセスを一年を通して確実にするためには、耐気候型輸送サービスも必要不可欠である。供給チェーンのなかで物流を改善するための投資——道路や港、税関施設、卸売市場、車重を計る計量台、倉庫などに対する投資——を増加させれば、低価格で消費者に届けられる食料を増やす助けになるだろう。しかし、制度的なインフラも必要である。税関と倉庫業における透明性や予測可能性、誠実性は施設と同じくらい重要である。

輸入国も生産国の供給チェーンのさまざまな部分に投資することができる。生産国の供給チェーンあるいは農業の研究開発に焦点を当てることも可能であり、それどころかその方がリスクは低いであろう。

貿易を規制する国際ルールは全体像のなかで引き続き重要な部分となるだろう

世界貿易機関（WTO）のドーハ開発アジェン

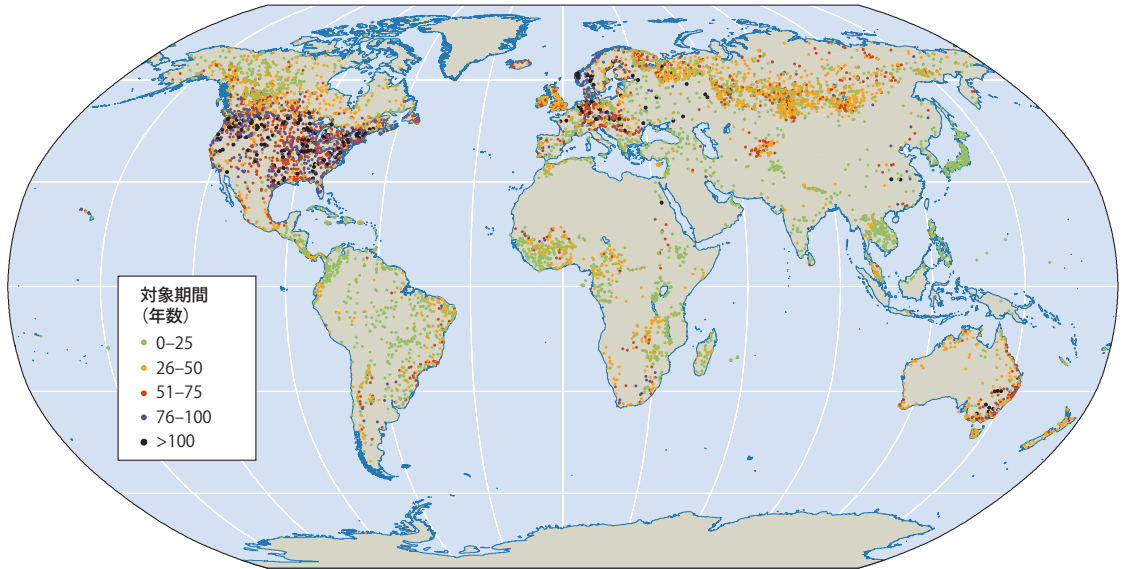
ダは、途上国のために貿易障壁を排除し、市場アクセスを改善することを求めている。しかし、その交渉は2008年に中断された。ある研究は、もし世界の指導者がドーハ・ラウンドの終結に失敗すれば、世界貿易の潜在的な損失は少なくとも1.1兆ドルに達すると結論づけている<sup>193</sup>。この協定が締結できれば、国際的な食料貿易を改善する重要な第一歩となるだろう。重要な措置には、先進国による実効関税率の引き下げや農業補助金及び保護措置の削減が含まれる<sup>194</sup>。

### 信頼できる情報が、適切な天然資源管理には不可欠である

気象や気候サービスに対する投資はおのずと何倍もの利益をもたらすにもかかわらず、開発途上世界ではそのようなサービスはまったく欠如している

一国の気象サービスにかかわる経済的な便益と費用の比率は典型的には5～10対1の範囲内にあり<sup>195</sup>、2006年におけるある推計は、中国では69対1に達する可能性がある、ということを示唆している<sup>196</sup>。気象や気候サービスは異常気象の影響をある程度緩和することができる（第2章と7章を参照）。「国連国際防災戦略」によると、

地図 3.6 先進国は水の監視について、多数のデータ収集地点と長期にわたる時系列データをもっている



出所：グローバルな分布と時系列データの対象期間に関するデータセットは Global Runoff Data Center から提供された。  
注：地図は河川流水に関する情報を提供する放流監視所を示す。

洪水の事前警告は洪水被害を 35% 程度削減することができる<sup>197</sup>。特にアフリカを中心に多くの途上国は、気象と水文両方の変化について監視及び予測システムを改善することが急務である（地図 3.6）。世界気象機関（WMO）によると、アフリカには気象観測所が 2 万 6,000 平方メートル当たり 1 か所と極めて少ない。これは提言されている最低限の 8 分の 1 でしかない<sup>198</sup>。データの復旧と保存も重要である。気候の変動性を十分に理解するためには、高品質なデータの長期にわたる記録が必要だからである。世界の気候データセットの多くは 1940 年代にまで遡るデジタル・データを含んでいるが、それ以前の入手可能なすべてのデータをデジタル保存しているのはごく一部にとどまっている<sup>199</sup>。

#### 予測を改善すれば意思決定が改善する

バングラデシュでは降水の予想はわずか 1-3 日間しか対象になっていない。もっと長い予報があれば、特に雨水農法をとっているため食料危機が数カ月にわたることがある地域では、農民は作付け、収穫、施肥の時期を調整することができる。季節ごとの気象予測（今後 2-3 カ月間における降水や気温は平年と比べてどうか）については著しい改善がある。特に熱帯地方やエル

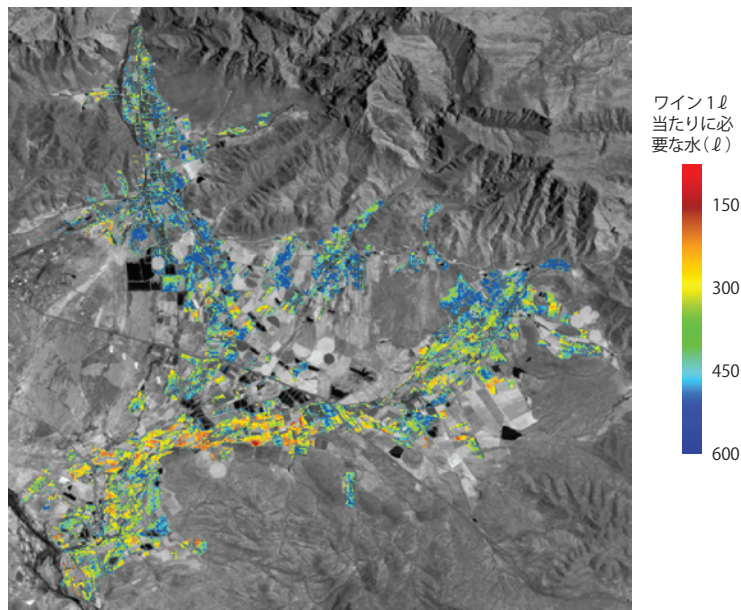
ニーニョ・南方振動（ENSO）によって影響を受ける地域についてはそういえる<sup>200</sup>。インドネシアやフィリピンのモンスーン時における降雨の始まり、アフリカやブラジル、インド、東南アジアの一部における季節当たりの降雨日数などは、今ではかなりの精度で予測可能である<sup>201</sup>。南アメリカや南アジア、アフリカにおける ENSO ベースでの季節単位の予測は、農業生産や食料の安全な確保の改善の大きな力になる<sup>202</sup>。例えばジンバブエでは、自給自足農民は季節単位の予報を使って、作付けの時期や品種を調整することで収量を増加させた（降雨が十分だった年の 17% 増から不十分だった年の 3% 増という範囲内で）<sup>203</sup>。

#### 新しい遠隔探知・監視技術は持続可能性にとって大いに有望である

土地や水およびそれに関連した生態系の過剰利用を抑制することは非常に困難である。その理由として政策立案者が発見したのは、資源の管理者も利用者も正確でタイムリーな情報をもっていないという事実である。どれだけの資源が現存しているのか、どれだけ使用しているのか、自分たちの行動が将来の量にどう影響するかがまったくわかっていない。しかし、新しい遠隔探知技術がギャップの一部を埋め始めており、水配分の効率



図 3.9 ウスター（南アフリカ西ケープ州）のブドウ園では、遠隔探知技術を使って水使用量に対する生産性を測定している



出所：WaterWatch, <http://www.waterwatch.nl> (2009年5月1日アクセス)。

注：農地が赤色の農民はそれが青色で示されている農民と比べて、ワイン1ℓ当たりで4分の1の水の使用にとどまっている。政府は水の使用量に対する生産性を測定するだけでなく、このような技術を使って助言や取り締まりサービス活動の対象を絞り込むこともできる。

化に関する決定に情報を提供し、水利用制限の実施に役立っている。

遠隔探知技術で最も有望な応用は使用する水の量に対する生産性が測定できるということである<sup>204</sup>。人工衛星からの熱画像を作物種類に関する農地のデータと組み合わせ、地理情報システムからの地図にリンクすれば、科学者はどのような地理的な尺度（農場、流域、あるいは国の単位）でも収量を測定することができる。そうすると、管理者は水配分に関してより良い決定ができ、助言サービスの対象を水使用量に対する生産性が最低の農民に絞り込むことができる。又、例えば、生産性を上げるなら雨水農業と灌漑農業のいずれが適しているか、という重要な投資決定の指針にもなる。さらに、管理者が灌漑水節約技術への投資にかかわる実際の成果を測定する、といった過去においては困難だったことにも役立つ（図 3.9）。

最近まで地下水の消費を測定することは、どの国においても困難かつ高価であり、多数の途上国では結局のところ実施されていなかった。何十万という私的な井戸を調査したり、メーターを設

置して目盛りを読んだりするのはあまりにコスト高であった。しかし、新しい遠隔探知技術ならある地理的な地域からの蒸発と蒸散の合計を測定することができる。もし表流水が降水によってその地域に供給されて、表流水灌漑に使われるのであれば、地下水の正味の消費量が算出できる<sup>205</sup>。さまざまな諸国が新しい遠隔探知技術から得られた情報を使って、地下水制限の実施を実験している。それには点滴灌漑への転換を検討しているモロッコの農民も含まれるだろう（本章の冒頭で検討した）。取り締まりの選択肢としては、農民が蒸発散の限度を超過したら自動的に閉じるポンプや、文字メッセージを農民の携帯電話に一齐に送信して、地下水の割当をまさに超過しようとしていることを警告

し、検査官にそのような特定の農場を監視するように注意を喚起するシステムがある<sup>206</sup>。

#### 遠隔探知情報に基づいて作成されたデジタル地図はさまざまなレベルで資源管理者の助けになる。

遠隔探知に基づく情報を使ってアフリカの土壤すべてのデジタル地図を作製すれば、持続可能な土地管理にとって非常に有益であろう。現在の土壤地図は 10-30 年前に作成された古いもので、一般的にはデジタル化されていないので、土壤の肥沃度や侵食に取り組むための政策を考えるには不十分となっている。ある国際的な共同企業体が最新技術を用いて、アフリカ大陸を手始めに地球のデジタル地図を作製している<sup>207</sup>。衛星画像や新しいアプリケーションを使うと、科学者は河川流量、土壤水分、貯水（湖、貯水池、帯水層、雪、氷）を測定して、洪水を予測することが可能になる。作物の収量、作物のストレス、CO<sub>2</sub> 吸収、種の構成と豊富さ、土地被覆と同変化（森林伐採など）、一次生産（光合成による有機物生産）を示すこともできる。個々の侵略的な植品種の広がりさえ地図に描くことができる<sup>208</sup>。尺度は改

訂の時期と同じくさまざまである。しかし、急速な進歩のおかげで、管理者はわずか2-3年前には夢想だにしなかった正確性と規則性をもって測定することが可能である。衛星と気象の条件に依存するが、データは毎日、それよりも短い15分ごとに入手可能である。

このような新しい情報技術を十分活用するためには研究開発が必要であろう。気候変動に関連した天然資源問題を管理するためには、新しい技術や情報を適用する余地が大いにある。天然資源管理に関する衛星データに投資すれば、長期的には元がとれる。しかし、特に最貧諸国では潜在力を発揮することからは程遠い状態にある。オランダにおけるある研究は、水質管理（富栄養化、藻類の繁茂、濁度）のための衛星観測への追加的な投資は、衛星の資本コストを織り込んでも、正味で利益が生じる確率が75%ある、と結論付けている<sup>209</sup>。したがって、途上国におけるこのようなツールとその応用に関する研究開発は官民両方の投資にとって機が熟している<sup>210</sup>。

**より信頼性の高いデータはコミュニティの能力を高め、天然資源の統治を変えることができる。**

天然資源の管理は、通常政府に法律、制限、あるいは価格を設定して執行することを要求する。しかし、これは政治的及び社会経済的な圧力のため非常に困難である。特に正式な制度が脆弱な場合にはそうである。しかし、資源の利用者が自分たちの行動がもたらす影響について正しい情報をもっていれば、政府を介さずに自分たちで協働して過剰採取を削減し、収入を増やすことさえできることが多い。改革の経済的な論拠を強く主張することも役に立つ。その実例としては、海洋捕獲漁業にかかわる統治不備の世界的なコストを強調した最近の研究が指摘できる<sup>211</sup>。

インドでは、情報が改善されれば農業生産の効率化と福祉面での利益がもたらされる、という事例がいくつかみられる。マディヤ・プラデシュ州では、インディアン・タバコ・カンパニー（ITC）の子会社がeチャーパールというシステムを開発して、調達コストを削減し、農民から受領する大豆の質を改善した。eチャーパールは村のインター

ネット・キオスクで、それを運営する地元の企業家が農民に対して大豆の先物に関する情報を提供している。農民は中間業者や卸売市場（「マンディ」）を経由せずに、農産物をITCに直接売ることができる。eチャーパールを通すことによって、ITCは産物1単位当たりの支出額が削減でき、農民は受け取れる価格がただちにわかるので無駄と非効率を削減できる。キオスク開発に要した当初の資本コストの回収期間は4-6年にすぎなかった<sup>212</sup>。

インドのアンドラ・プラデシュ州では、国連の食糧農業機関（FAO）が後援しているプロジェクトのおかげで帯水層の過剰採取が激減した。高度な技術を用いない低コストのアプローチを使って、コミュニティが自分たちの資源の状況进行评估できるようにしたからである。高価な機器や専門的な水文地質学者を使う代わりに、このプロジェクトは社会学者や心理学者を招いて、現在の水消費を減らすためには村人をどうやって動機付けるのが最善かを評価してもらった。「裸足の水文地質学者」が作り出されて、彼らが地元民に生計の支えとなっている帯水層について教えて回ったのである（図3.10）。このような専門家ではない、その多くは字の読めない農民たちが非常に優れたデータを生み出しているため、政府の水文地質サービスに対してこのデータを販売さえしてい

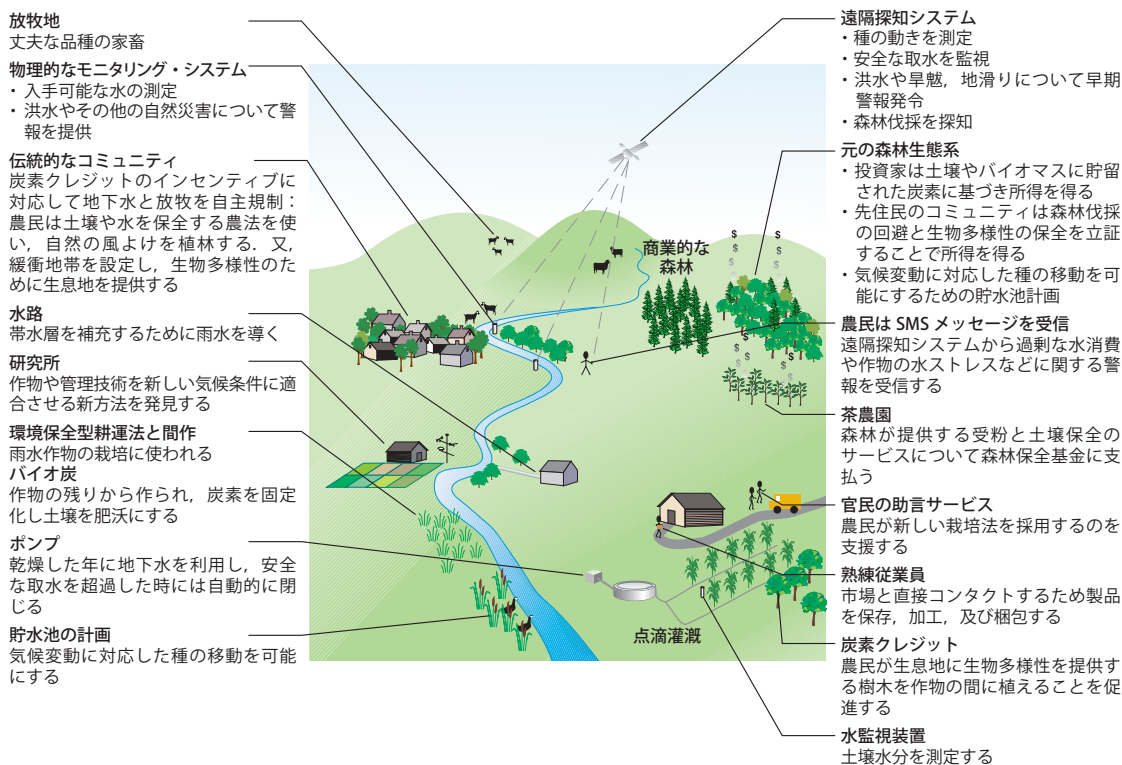
図3.10 インドのアンドラ・プラデシュ州では、農民は帯水層からの取水を調整するために、非常に単純な手段やツールを用いて独自の水文データを作成している



出所：世界銀行スタッフ。

注：情報を得た農民は栽培シーズンごとに、どれだけの取水なら安全かという限度を自ら設定している。技術支援は、使う水に対する収益率を上げるのに役立っている。それは、土壤水分を適切に管理し、作物を転換し、効率的な作物品種を採用することによって行われている。

図 3.11 気候に適応した未来の理想的な農業地形：農民は新しい技術や農法を使って収量を最大化することができ、自然の生息地が農業にとって生産的な地形と一体化しているため、土地管理者は自然のシステムを保全することができるだろう



出所：WDR チーム。

る。このプロジェクトを通じて自分たちの行動がもたらす影響力に対する意識が高まったこと、社会的な規制、新しい作物品種や技術に関する情報などを受けて、村の人たちは作物を変更し、蒸発による損失を削減するための農耕法の採用を合意するに至った。

このプロジェクトは約 100 万人も対象にしているにもかかわらず、完全に自主規制によっており、順守に関して何の財政的な奨励もペナルティもない。参加している村は取水を削減したものの、近隣の村落からの取水は引き続き増加している。このような大規模な事業としてはコストが驚くほど低く、65 の村落すべてにとって年間 2,000 ドルにとどまっている<sup>213</sup>。適用拡大の潜在性が大いにあるものの、これは、基本的には空になるのも補充されるのも速く、かつ他の地層ではよくみられる広大な下部層のない硬岩の帯水層に限定されるだろう<sup>214</sup>。

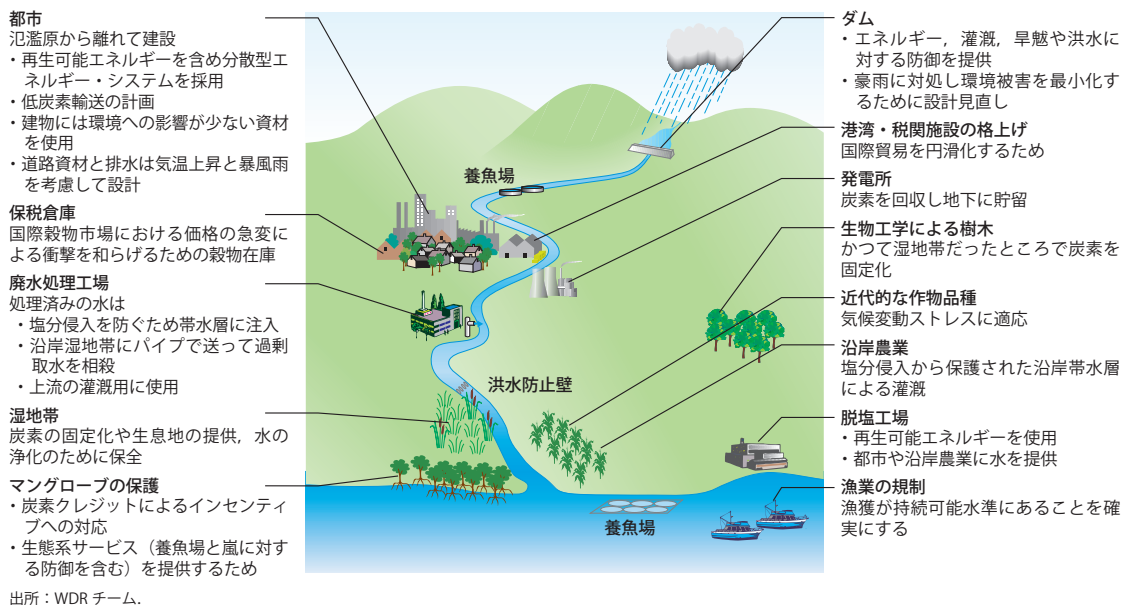
天然資源の過剰採取を削減するよう利用者に奨励するような戦略は、疲弊した政府機関への

依存を減らすので、より一般的な統治の問題を克服することができる。政府にとっては、コミュニティと協働して利用者の行動様式を変えさせるためのツールになり得る。中国で水が最も稀少な海河流域は農業にとって極めて重要である。近隣の 2 つの流域を合わせると、中国の小麦の半分がこの地域で生産されている。海河流域では水資源が汚染され、湿地帯生態系は危機に瀕しており、地下水は過剰取水されている。流域が毎年使う地下水の量は降水として受け取る分を 25% も上回っている<sup>215</sup>。

この同じ流域で中国政府は 30 万人の農民と協働して水管理を刷新した。この構想では単に使用する水に対する生産性を引き上げるのではなく、水の消費そのものを削減することに重点がおかれた。灌漑インフラに対する投資と助言サービスを組み合わせて、土壌の水分を最適化することが推進された。又、帯水層の水利用が制限された。灌漑サービスの管理責任を農民グループに移管したり、表流水灌漑のコストの回収を強化した



図3.12 気候に関してスマートな未来の理想的な農業地形：柔軟な技術を使い、自然に関するインフラ、建築インフラ、市場メカニズムを通じて、気候が急変した際の衝撃を和らげる



りするなど、新しい制度的な取り決めも導入されている。また、最新の遠隔探知技術を導入して、衛星データを使って区画レベルの水生産性と地下水の消費を測定することによって、より伝統的な農学的サービスと一体化した。モニタリングは政策立案者や農民にリアルタイムの情報を提供することができるので、実施の時期を調整したり、非順守を発見したりすることができる<sup>216</sup>。

成果は印象的であった。農民は所得を増やすと同時に、高額作物に転換することによって水消費を削減した。現金作物の生産は3倍に増え、農場所得は多くの場合5倍に増えた。又、消費された水1単位当たりの農業生産は60-80%増加した。地域の水使用総量は17%減少し、地下水の枯渇率はプロジェクト地域外の年0.41メートルとの比較で年0.02メートルにとどまった。

要約すると、農民やその他の資源管理者が水や土地、農場、漁場を管理するのに役立つ技術やツールは存在する、あるいは開発中である。理想的世界では、適切な人々がこのような技術やツールを利用できる。しかし、それは適切な政策やインフラがあって初めて有効になる。この理想の世界が図3.11と3.12に絵入りで示されている。この理想郷に向かうステップの多くは、これまで数十年間にわたって社会を欲求不満に陥れて

きた。しかし、状況は変化しつつあり、進展が加速化する可能性があるろう。

### 炭素、食料、そしてエネルギーの価格設定が踏み台になるだろう

本章は、多数の新しいアプローチを提案している。それは、土地と水資源をうまく管理するという試みに気候変動が追加するストレスに途上国が対処するのを支援するものである。新しい技術や新しい投資は強固な制度と合理的な政策という文脈のなかで、すなわち、「ファンダメンタルズ」が適切な場合に、初めて成果を上げるということを繰り返し強調している。にもかかわらず、世界の最貧国ではファンダメンタルズは良くない。それを正すのは——強固な制度の構築、補助金制度の変更、そして貴重な商品の配分方法の変更を行うことは——、状況が最適な場合であっても長期間を要するプロセスである。

複数の問題が組み合わさっているということに対して、この章が主張する多くの回答は、各国が土地や水の管理を改善する際に役立つだろう。各国では気候変動によって農民に従来の手法を変更する必要が生じており、その多くは世界で最も貧しい人たちである。法律の制限を超えて活動して



いる人たち（違法な伐採者や採鉱者）や、裕福で影響力をもっている人たち（不動産開発業者を含む）に対して、極端な利益をもたらすような習慣を停止することも要求している。本章では過去20-30年間にわたり、良く言っても遅々とした進展にとどまっている行動の加速化を提案したい。われわれが直面している気候変動に実際に取り組むのに、大規模な変化を期待することは現実的であろうか？

次の3つの要因が、過去においてこのような改善を阻害してきた障壁の一部を変化に向けて克服するための刺激となるだろう。第1に、気候変動はエネルギーや水、土地、したがって食料やその他の農産物の価格を押し上げるものと予想される。それが革新のペースを押し上げ、生産性を引き上げる手法の採用を加速化するだろう。もちろん、価格が上昇すれば、資源を過剰採取したり、自然の生息地を侵食したりすることはいっそう儲かるようになるだろう。第2に、地表の炭素に適用されている炭素価格は、土地所有者が天然資源を保全するのを奨励する可能性がある。もし実施にかかわる困難が克服されれば、新しい手法の採用にかかわる農民のリスクが削減されるだろう。土地所有者に自然のシステムを保全するのに適切なインセンティブを与える可能性さえあるだろう。第3に、もし年間2,580億ドルに達する世界の補助金が一部でも炭素の固定化や生物多様性の保全に再配分されたら、本章で概要を示した技術やアプローチを必要とされる規模で実証することができるだろう。

### エネルギーや水、農産物の価格高騰は生産性上昇に向けた革新と投資に拍車をかけ得る

今後20-30年間、さまざまな要因が重なり合って食料価格を押し上げるだろう。その要因としては、人口の増加と富裕層の拡大に伴う食料需要の増加を挙げることができる。また、農地と水をめぐる競合につながるバイオ燃料の増産も挙げることができる。さらに、気候変動によって食物の栽培がむずかしくなるだろう。加えて、第4章で示すように、気候変動政策はエネルギー価格を押し上げる公算が大きいだろう<sup>217</sup>。

電気料金の上昇はポンプを使う水道料金の値上

げにつながる。そのような場合、水の効率的な配分の仕組みがより重要になるだろう。保守の悪い水道ネットワークからの漏水を削減する取り組みも同様であろう。エネルギー価格の上昇は水サービスに補助金を供与している政府のコストも増加させる。それを受けて、水管理政策や投資に関して長らく必要とされていた改革のインセンティブが高まることになろう<sup>218</sup>。また、肥料は石油ベースの製品であるため、石油価格の高騰を受けてもっと慎重な使い方を促進するだろう。

食料価格は長期的に高くなるだけでなく変動性が大きくなるだろう。IAASTDのモデル予測によると、平常通りというシナリオの下では、トウモロコシやコメ、豆は2000-50年に60-97%、牛肉や豚肉、鶏肉は31-39%上昇する<sup>219</sup>。世界の食料システムに関する他のシミュレーションも気候を原因とする穀物不足によって、やはり食料価格が高騰することを示している<sup>220</sup>。ほとんどの国で穀物価格はたとえ農民が適応措置をとったとしても上昇が予測されている<sup>221</sup>。さまざまなシナリオの下で食料価格は2080年までに、CO<sub>2</sub>施肥効果を考慮すると7-20%、それを考慮しなければ40-350%上昇すると予測されている（図3.13）<sup>222</sup>。

所得の約80%も食費に支出している貧困層は、食料価格の高騰でおそらく最大の打撃を受けるだろう。気候変動に伴う価格の上昇は、低所得の数カ国では食料の安全な確保にかかわる進展を逆戻りさせる懸念があらう。シナリオの結果はまちまちではあるが、気候変動を受けて貧困国では飢餓のリスクにさらされる人が増加する（最大の増加はアジアとアフリカで生じる）、という点ではほぼすべてのシナリオが一致している<sup>223</sup>。

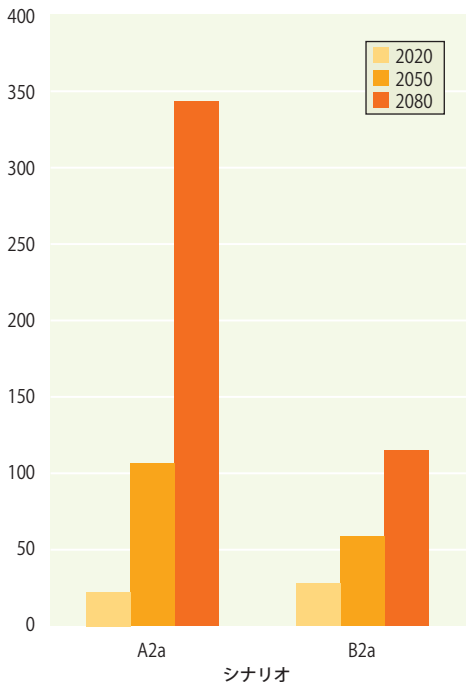
食料価格の高騰はエネルギー価格の高騰と同じように、気候変動に伴う土地や水の潜在的な調整に甚大な影響を及ぼす。農業や土地、水への投資は、官民両部門だけでなく農民にとっても儲かるものとなる。民間の農業会社や国際援助のドナー、国際開発銀行、各国政府は、国際価格の高騰に気が付いて速やかに行動を起こすことができる。しかし、国際的な食料価格の農民への伝播は2007-08年の食料価格危機でみられたように不完全である。例えば、サハラ以南アフリカのほとんどで

は食料価格高騰の認識にかなりの時間の隔たりがあり、アジアとラテンアメリカのほとんどでは価格高騰の伝播が緩慢で不完全であった<sup>224</sup>。

農村インフラの質が良ければ良いほど、国際価格高騰から農民が享受できる利益は大きくなる。食料価格の高騰は農作物や家畜への土地転換を促進するため、生態系にはマイナスの影響をもたらす。しかし、生産を集約化するための農業研究、灌漑開発、農村インフラに対する大量の新規投資も誘発される。エネルギー価格と食料価格の同時的な上昇で、発電と灌漑のための大型の多目的ダムなど一部の大型投資もやはり儲かるようになる。土地や水の利用を持続可能なものにすると同時に、農業生産性を引き上げるための革新的な投資や政策改革に、食料価格の高騰がもたらすインセンティブを振り向けることが重要であろう。

図 3.13 世界の穀物価格は 2050 年までに 50-100% の上昇が予想される

CO<sub>2</sub> 富栄養化効果がないとした場合の穀物価格上昇率 (%)



出所：Parry 他 2004。

注：IPCC SRES の A2 という排出シナリオ群は次のような世界を前提にしている。すなわち、人口は増加し続け、1人当たり所得の伸びや技術変化の傾向は地域によって異なり、他のシナリオよりも低い。B2 というシナリオ群の描いている世界は次の通りである。すなわち、世界人口の伸びは A2 よりも低く、経済発展のペースは中程度で、技術変化は控えめである。

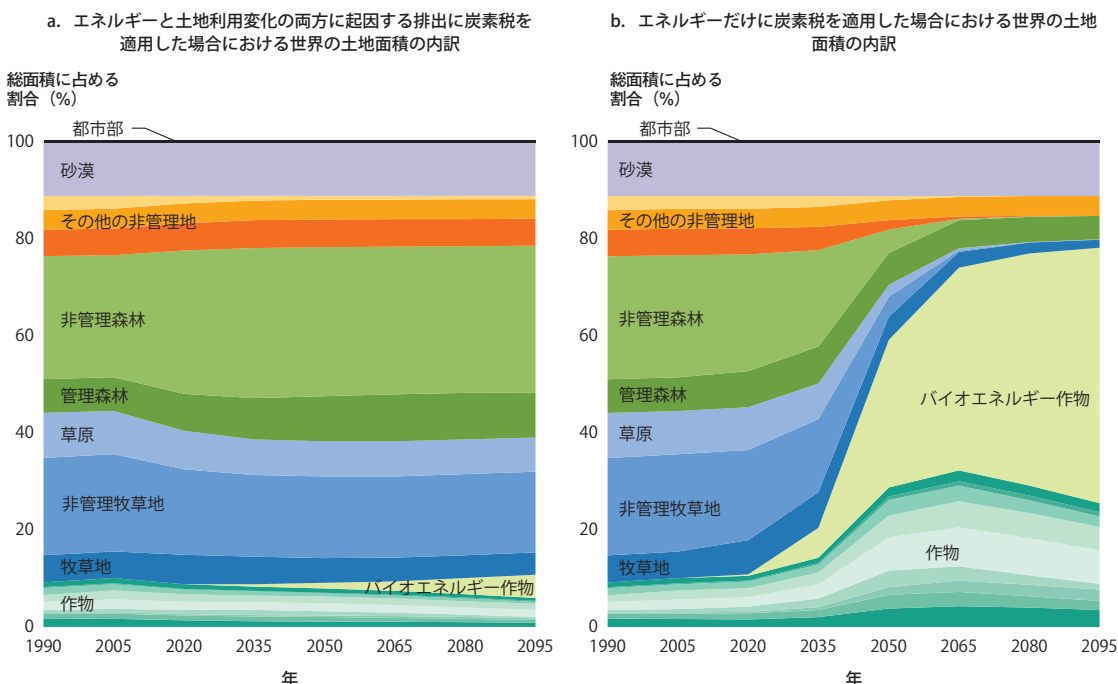
農業において、排出の回避や固定化への支出を含めた国際価格は、自然システムの保全と改善を促進し得る

京都議定書のクリーン開発メカニズム (CDM) の下では、発展途上世界における農業土壌炭素固定化プロジェクトは、先進世界の投資家への炭素クレジットの売却に関して適格ではない。仮にそうであれば、農民や他の土地利用者にとってのインセンティブは根本的に変化するだろう。農業や他の土地管理の方法に起因する温室効果ガスを対象とする炭素市場は、気候変動に影響される世界において持続可能な開発を牽引する最も重要なメカニズムのひとつになり得るだろう。潜在力は膨大である。ある予測では 2030 年までに年間 4.6 ギガトンの CO<sub>2</sub> 削減が可能とされており、これは林業の潜在力 (同 7.8 ギガトン) の半分以上である<sup>225</sup>。CO<sub>2</sub>e で 1 トン当たり 100 ドルとすれば、農業における排出削減能力はエネルギー部門に匹敵する (概観のボックス 8 を参照)。モデルが示すところでは、農業と土地利用変化にかかわる炭素に価格設定をすれば、バイオ燃料の需要増加に応えるために、手が付いていない生態系 (図 3.14 の「非管理地」) の転換を防止するのに役立つ。

炭素価格を通じて土壌炭素を保全するという仕組みは未開発ではあるが、農業に伴う排出を削減する潜在力には大きなものがある。炭素に乏しい乾燥地帯が大陸の 44% を占めているアフリカでさえ、農業における固定化の可能性は大きい<sup>226</sup>。アフリカ大陸全体の農業における緩和の潜在力は CO<sub>2</sub>e でみて、2030 年までに年間平均 1-4 億メートルトンに達すると予測されている<sup>227</sup>。2030 年の価格を比較的低い 1 メートルトン当たり 10 ドルとすれば、この金融フローはアフリカに対する 1 年間の政府開発援助に匹敵するだろう<sup>228</sup>。アフリカの牧畜家に関するある研究は、天然資源の管理が少しでも改善すれば、1 ヘクタール当たりで年 0.50 メートルトンの炭素の追加的な固定化が可能であることを示している。1 トンの CO<sub>2</sub> を 10 ドルとすれば牧畜業者の所得は 14% 増加することになる<sup>229</sup>。

農業における炭素固定化は気候変動への対応策としては、相対的に安価で効率的であろう。2030 年の農業における緩和コストは林業部門に

図 3.14 農業と土地利用変化に起因する排出への炭素税の適用は、天然資源の保全を促進するだろう



出所：Wise 他 2009.

注：予測は MiniCAM Global Integrated Assessment Model に基づく。両シナリオとも 2095 年までに 450ppm の CO<sub>2</sub> 濃度を達成する軌道を示す。パネル a では、化石燃料、工業、及び土地利用変化に起因する炭素排出に価格が設定される。パネル b では、同じ価格が適用されるが、化石燃料と工業に起因する排出だけに限定される。陸上の排出に価格が設定されない場合、栽培者はバイオ燃料の需要増加への対応を主因に、自然生息地を侵食する可能性が高い。

における同コストとの比較ではほぼ一桁低いと推計されている（農業では CO<sub>2</sub>e で 1 メートルトン当たり 1.8 ドルであるのに対して、林業では CO<sub>2</sub>e で 13.5 ドル）<sup>230</sup>。このような相違の一因は、炭素固定化を改善する農業技術の多くは農業の収量と収入も増やすことにある。

つまり、土壌の炭素貯留を増やす技術はすでに存在しているのに採用されていないのである。この原因は数多くあるが、いくつか列挙すれば次の通りである。熱帯及び亜熱帯の土壌に適切な管理技術の知識が不十分である、利用可能な革新を提供するための指導助言サービスのインフラが脆弱である、短期的にはコスト負担が生じても長期的には元がとれる投資を促進する財産権がない、肥料にかかわる課税政策が不適切である、輸送インフラが貧弱である。

国際社会は炭素市場を拡大するために、次の 4 つの実践的な措置をとることができるであろう。第 1 に、炭素市場（各国単一のものと同国際的なもの）の関係者は各農地の詳細な排出と吸収を監視するのではなく、簡素化した保険数理をベースと

した会計システムに関して合意する必要がある。これによって農民の活動を監視して、それに関連する炭素固定化を控えめに推計すればよい<sup>231</sup>。発展途上世界における多数の分散した小自作農の区画すべてについて炭素の固定化を測定するのは、費用効果的でも実行可能でもない。加えて、このアプローチは透明であり、農民は多種多様な活動についてどんな支払いやペナルティがあるかをあらかじめ知っておくことができる。

土壌が炭素を摂取したり排出したりするプロセスは複雑である。場所によって（同じ区画のなかで）異なり、土壌の属性、気候、農法、土地利用の歴史に依存する。さらに、年間の変化は既存の資源との比較では小さいのが普通である。また、固定化は頭打ちになるのが早い。農業の種類にもよるが、土壌の炭素蓄積は 25-30 年程度で飽和して、それ以降になると排出削減効果はほとんど生じない<sup>232</sup>。さらに、重粘土質土壌における無耕農法は、強力な温室効果ガスである一酸化二窒素の発散に帰結することがある。このような排出は、初めの 5 年間における新しい技術の採用に

伴う炭素貯留の利益を超えるのに十分な量だろう。したがって、無耕農法は一部の土壌では適切な温室効果ガス削減技術とはいえない<sup>233</sup>。しかし、既存のデータやモデルに基づけば、農業生態圏や気候帯について農業の手法ごとに炭素固定化をだいたい大まかに推計することは可能である。加えて、農地の土壌炭素を測定するための費用効果的な技術のおかげで、今では炭素固定の迅速な測定（レーザーや地中レーダー、ガンマ線分光器を使う）や、モデル推計値をより小さい空間尺度で更新することが可能となっている<sup>234</sup>。一方プログラムは、さまざまな土壌タイプごとの固定化の控えめな推計値を用いることが可能であり、焦点を土壌炭素のストックとフローがより確実な地域（より生産的な農業地域など）に当てることができるだろう。さらに、どんな炭素固定化技術（環境保全型農法など）であろうと、すべての耕作方法において、しかもすべての土壌タイプについて万能薬になるということはある得ない。

アメリカの農務省が1986年以来ほぼ1,400万ヘクタールの土地に関して維持している「土壌保全保留プログラム」はそのようなモデルの手本と言えるだろう<sup>235</sup>。この自主的なプログラムは、最初は土壌侵食を減らすために確立された。土地所有者と農業生産者は契約を締結して、非常に侵食されやすく環境的に影響を受けやすい耕作地や牧草地を、支払いを見返りに10-15年間にわたり生産から除外する。プログラムはやがて目的を広げて野生生物の生息地や水質の保全を含むようになり、支払いは区画の総合的な環境利益指数と具体的な活動（沿岸の緩衝壁や防風林）の合計に基づいている。区画の実際の環境利益は直接測定するのではなく、活動に基づいて推計される。同じような活動をベースとしたシステムは農業の炭素固定化に適用することも可能だろう<sup>236</sup>。

第2の実際的なステップは「アグリゲーター」（とりまとめ業者）を育成することである。典型的には民間ないし非政府の組織で、多数の小自作農、森林生活者、牧畜業者の活動をまとめることによって活動の取引コストを削減する。彼らがいなければ、市場は大規模な森林伐採プロジェクトを優遇する傾向がある。というのは、途上国の平均的な個々の小自作農の土地は大規模な固定化

ができないためである。空間的に規模を拡大すれば、不確実性にかかわる懸念や炭素ストックの永続性を削減することができる。保険数理的なアプローチを採用し、複数のプロジェクトを組み合わせ、控えめな推計値を適用すれば、土壌の炭素固定化は他の部門におけるCO<sub>2</sub>削減に十分匹敵するものになるだろう<sup>237</sup>。

第3に、炭素固定化の管理の実施という先行する支出に取り組まなければならない。新しい方法の採用は特に貧しい農民にとってはリスクが大きい<sup>238</sup>。炭素ファイナンスは、典型的には農民が実際に排出を削減して初めて供与される（ボックス3.9で説明されているケニアの実験プロジェクトを参照）。しかし、将来的に展望される炭素ファイナンスは先行の支払いのために利用することができ、農民のリスクを削減することができる。ローンの担保として使うか、あるいは投資家に一部の支払いを前倒しで行ってもらえばよい。

第4に、農民は自分の選択肢を把握しておく必要がある。これには発展途上世界における農業指導助言サービスの改善が含まれるだろう。農業の指導助言サービスは良い投資になる。世界全体で平均収益率は85%に達している<sup>239</sup>。成果を測定ないし検証できる会社あるいは組織も必要であろう。

自発的な市場のひとつであるシカゴ商業取引所は、地形関連の活動に伴う炭素固定化を取引することによって利益が得られる可能性を示している<sup>240</sup>。排出者は継続的な環境保全型耕運法や牧草地の植え付け、放牧地の管理などについて、炭素クレジットを受け取ることができる。取引所は、会員に対して農業の炭素取引については獲得したすべての相殺の20%を、将来の逆転の可能性に備えるための準備金として預けておくことを要求している。取引所が示しているのは、単純なルールと近代的な監視技術があれば、技術的な障壁を克服することができるということである。しかし、一部の批評家は「追加性」の取り組みが十分ではないと主張している。排出の削減は市場がない場合と比べて大きくない可能性があるということである。

短期的には、自発的な市場は農業や地形レベルの固定化に関する手法を育成する。しかし、この



### ボックス 3.9 ケニアの農業における炭素ファイナンスの実験プロジェクト

ケニア西部における2つの実験プロジェクトにかかわる暫定結果によれば、小規模自営農業を炭素ファイナンスに組み込むことが可能であることが示されている。ひとつは8万6,000haにおける混作システムである。8万人の農民がメンバーとして登録されている協会をアグリゲーター（とりまとめ業者）として活用している。もうひとつの小規模なコーヒー・プロジェクトは今のところ7,200haを対象としている。9,000人の会員を擁する協同組合がアグリゲーターの役割を担っている。両プロジェクトについて平均的な土地保有は0.3haと小さい。

炭素固定化の規模はCO<sub>2</sub>eでみて、それぞれ年間51万6,000t及び3万tと推定される。

固定化の活動には、耕作の削減、被覆作物、余った作物の管理、根固め、堆肥化、緑肥、より対象を絞った施肥、バイオマス燃焼の削減、併農林業などが含まれる。プロジェクトでは活動をベースにした監視が行われている。20年間にわ

たる炭素固定化の推計値はRothCというモデルで算出されている。世界銀行のバイオ炭素基金は炭素クレジットを購入している。そのトン当たり価格は基金とプロジェクト開発業者の間で合意された価格による。開発業者はVI Agroforestry, Swedish Cooperative Center, ECOM Agroindustrial Groupである。現地コミュニティが受け取る総収入のうち、80%はコミュニティに、20%はモニタリングとプロジェクト開発にあてられている。

2つの教訓が出てきている。第1に、優秀なアグリゲーターが不可欠である。特に農業の実践に関して助言もできる人が必要である。第2に、モニタリング方法は単純で、農民にとって利用しやすく透明でなければならない。そうであれば、農民は各行動についていくらか受け取るのかを計算することができ、参加を奨励するシステムになる。

出所：Kaonga and Coleman 2008; Woelcke and Tennyson 2009.

ような措置がその方向に本当に拡大するためには、そのための市場が将来のグローバルなコンプライアンス市場に繋がっている必要があるだろう。もし農業と林業の固定化を隔てている区別がなければ、地形レベルの固定化が約束する規模の経済をより容易に活用できるだろう。

炭素固定化の活動は、収量だけではなく、土壌や水の管理についてもプラスの影響を及ぼす。そのため<sup>241</sup>、土壌管理に適用される炭素ファイナンスの最も重要な側面は、他にも多くの有益なものをもっている持続可能な農業手法の実施を促進するのに役立つかもしれない。アフリカでは1945-90年に土壌劣化で農業生産性が推定で25%低下した<sup>242</sup>。また、サハラ以南アフリカの土地の約86%は水のストレス下にある<sup>243</sup>。効果的な炭素ファイナンスの仕組みがあれば、土地劣化の割合を削減するのに役立つだろう。土壌に関するコンプライアンス炭素市場は、生産性を引き上げ天然資源を保全することと、世界の最貧コミュニティの一部における農村開発を支援することの間で、必要なバランスを達成する助けになる大きな可能性をもっている。そのような市場はまだ整っていない。検証、規模、時間枠などに関する技術的な問題が未解決である。気候変動枠組条約（UNFCCC）は、能力強化と財政支援に着手するという次のような段階的なアプローチを提案している。第1段階では技術、モニタリング・ア

プローチ、ファイナンス・メカニズムを実証する。第2段階では土壌炭素技術が広範な炭素のコンプライアンス市場に組み込まれる<sup>244</sup>。

**農業補助金の方向転換は気候に関してスマートな土地と水の管理を達成する重要な仕組みになり得るだろう**

経済協力開発機構（OECD）加盟国は自国の農民に毎年580億ドルの補助金を供与しているが、それは農業収入の23%に相当する<sup>245</sup>。この補助金のうち60%は生産された特定商品と可変的な投入物の量に基づいており、資金の用途には制約が付けられていない。非商品サービスに使われているのは2%だけとなっている（水路を保護するための緩衝地帯整備、生垣の保全、絶滅危惧種の保護など）。

気候変動が政治的な至上命題であるということは、このような補助金制度を改革して、気候変動にかかわる緩和や適応の措置に焦点を当てる絶好の機会を提供している。そうすれば国内の土壌や水、生物多様性などの資源が利益を享受できるだけでなく、農業生産性も上昇するだろう。このような直接的な利益に加えて、そのような規模での資源配分は、このような気候に関してスマートな技術を開発途上世界で大規模に適用することが可能かどうかを示すことになるだろう。又、技術やモニタリングに関してこれから出てくる問題の解

決や新しい方法の発見を目標にした、企業家的な創意工夫ややる気を誘発できるかどうかとも例証するだろう。

欧州連合（EU）は共通農業政策をすでに改革している。これによって農民に対するすべての所得支持は、環境や農業に関する優れた基準の充足が条件となっている。又、農村開発支援は、競争力の引き上げ、環境や土地の管理、生活の質の改善、多様化の促進に向かっている。農村開発支援のカテゴリーを通じて、農民は義務的な基準を凌駕する環境サービスを提供した場合には補償を受けることができる<sup>246</sup>。この改革は気候と農民にとってスマートな農業及び天然資源の政策を推進するのに有望なイニシアティブであり、EUは開発途上世界において持続可能な土地と水の管理が適用できるメカニズムの実験台として機能することができるだろう。

気候変動が天然資源に及ぼす影響に取り組むと同時に、温室効果ガスを削減するためには、社会は土地と水からの生産を増やし、資源を保護する必要がある。生産を増やすためには、特に途上国を中心に、農業や水管理に対する投資を増やす必要がある。それは農業にとっては、より良い政策や制度を採用することに加えて、道路や研究開発に投資することを意味する。水に関しては、新しい意思決定ツールやより良いデータを使い、政策

と制度を強化し、インフラに投資することを意味する。予想される農産物価格の高騰は農民やその他の資源利用者に、革新し投資しようというインセンティブを与えるだろう。しかし、収益性も上昇するため、資源を過剰採取するインセンティブも増加する。保全を推進するためには、その努力について生産の場合と同じだけの増加が必要である。

利用者が天然資源の保全を改善する助けになるツール、技術、アプローチが多数存在している。しかし、利用者にはそれを適用するのに適切なインセンティブがないことが多い。空間と時期ごとに差異がある。そのためある農民にとって最良なことは、地形ないし流域全体にとっては必ずしも最良とは限らない。短期間に最適なことは数十年間にわたっては最適でない可能性がある。やり方を変更するという事は、貧しい農民や農村居住者に取りたくないと思っているリスクを取るように要請することになる。

政府や公的機関は資源利用者向けのインセンティブをより気候に関してスマートにするために、次の3種類の措置をとることができる。第1に、情報を提供して、人々が情報に基づいた決定ができ、協調的な合意を実施できるようにする。それはハイテク情報かもしれないし、コミュニティ自身が収集した情報かもしれない。第2に、政府は土壌に炭素を保持しない貯留するために価格を設定する。適切に行えば、新しい手段の採用に伴う農民のリスクを削減できるだろう。また、

「人間のせいで、私たちの地球に環境の問題が起っています。森林の木を切り倒したり、空気を汚したりしています。リサイクルできないプラスチックを使っています。畑では害のある化学物が使われています。……木を植えればCO<sub>2</sub>は減ると思います。」

—Netpakaikarn Netwong (タイ, 14歳)



資源利用者が決定をより長期的な時間枠で考える助けにもなる。第3に、特に先進国を中心に、農業補助金を方向転換して、気候に関してスマートな農村開発の実施を奨励する。このような補助金は次のことを示すのに用いることができる。すなわち、新しい技術は、広い範囲にどの程度適用できるのか、個人の行動を地形全体の要求により

よく適合させるためにどの程度使えるのか、である。最後に、政府や公的機関は創意工夫と創造力を引き出すことができる。これは90億人を擁する世界に食料を供給し、温室効果ガス排出を削減し、天然資源の基盤を保護する、という微妙で網渡り的な行動を達成するのに必要とされるものである。









## 気候変動対策を犠牲にすることなく経済開発を促進する

世界経済の規模が今世紀半ばまでに4倍になると見込まれるなかで、エネルギー関連の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出も現在の傾向が続けば2倍以上になる。そして、世界は産業革命以前に比べて気温が5℃以上高くなるという破滅的な軌道に乗る可能性がある。しかし、その軌道は不可避というわけではない。世界が協調して適切な政策と低炭素技術を採用すれば、温暖化を2℃に抑制できる持続可能な軌道に移行する手段は確かに存在する。その過程には、省エネ、公衆衛生の改善、エネルギー安全保障の強化、雇用創出などを通じて、経済的及び社会的な開発にとって膨大な利益を生み出す機会があるだろう。

そのような持続可能なエネルギー軌道に移行するためには、すべての国がエネルギー効率をさらに高め、炭素集約度を大幅に削減するために、ただちに行動を起こすことが必要となる。その軌道に乗るためには、エネルギー構成を化石燃料から再生可能エネルギー、そしておそらくは原子力へと劇的に変更するとともに、炭素の回収貯留(CCS)の利用を広く普及させることが必要である。このことを実現するためには、次に再生可

能エネルギー技術の大幅なコスト削減と広範な普及、核廃棄物や武器の拡散を抑制するための保全措置、電池からCCSに至るまでの技術におけるブレークスルーが必要となる。さらに、経済開発と生活様式についても根本的な変更が必要である。このような要件がひとつでも達成されなければ、気温の上昇を産業革命以前に比べて約2℃上回る水準にとどめることは不可能だろう。

温暖化を2℃にとどめるためには、世界全体の排出が2020年までに頂点に達して、その後2050年までに現在の水準から50-80%減少しなければならない。又、その減少傾向が2100年とそれ以降に向けてさらに持続しなければならないだろう。行動を起こすのが10年遅ければ、この目標を達成するのは不可能になるだろう。エネルギー関連の資本ストックに慣性があるということは、今後10年間の投資が2050年までとそれ以降の排出をほとんど決定してしまう、ということの意味する。行動が遅れると、世界は高炭素の社会基盤に閉じ込められてしまい、その後、既存の資本ストックをコストをかけて改善したり、あるいは早い段階での廃棄を余儀なくされるだろう。

政府は、現在の金融危機を気候変動に関連する行動を遅らせる言い訳に使うべきではない。将来は気候危機の方が世界経済にとってずっと有害であろう。景気の低迷によって平常通りの排出増加は2-3年間にわたり鈍化するかもしれないが、長期的にみれば景気の低迷が増加基調を根本的に変えてしまうという可能性は低い。そうではなく、景気低迷は、経済成長の回復及び気候変動の緩和という双子の目標を達成するために、政府が効率的でクリーンなエネルギーへの投資を直接的に刺激する機会を提供しているのである。(ボックス4.1)。

地球規模での気候に関する協定の交渉が行われている今、各国の政府は気候に関してスマートな

### 重要なメッセージ

気候変動問題を解決するためには、すべての諸国がただちに行動を起こすことと、エネルギー・システムを根本的に転換することが必要である。エネルギー効率の大幅な改善、再生可能エネルギーとおそらくは原子力への劇的な移行、炭素排出を回収貯留する先端技術の広範な利用などが必要であろう。先進国が率先して、2050年までにみずからの排出を80%削減し、市場に新しい技術を投入して、途上国がクリーン・エネルギー型の軌道に移行するのを資金的に手助けしなければならない。しかし、高炭素型インフラに閉じ込められるのを回避するためには、今行動を起こすことが途上国の利益にも適う。変更の多くは経済開発と環境の両方にとって有効である。それには歪んだ価格シグナルの排除やエネルギー効率の向上が含まれる。

#### ボックス 4.1 金融危機は効率的でクリーンなエネルギーの好機になる

金融危機はクリーン・エネルギーにとって難題であると同時に好機でもある。化石燃料の価格が急落したため、エネルギーの節約が阻害されると同時に、再生可能エネルギーの競争力が低下している。マクロ経済が弱く、信用に余裕がないため、需要が鈍化し投資が減少するなかで、再生可能エネルギーは資本集約的であるため大打撃を受けている（再生可能エネルギーは先行投資コストが高い一方、運営費と燃料のコストが低いのが特徴である）。2008年第4四半期になると、クリーン・エネルギーへの投資は2007年末のピーク比で半分以下の水準に落ち込んだ<sup>a</sup>。

しかしながら、金融危機は気候変動対策を遅らせる口実にすべきではない。というのは、金融危機は低炭素型経済に移

行する機会でもあるからだ（第1章）。第1に、エネルギー効率化や再生可能エネルギー、大量輸送手段に対する景気刺激を目的とした投資は、雇用を創出し、経済の生産能力を築く<sup>b</sup>。

第2に、エネルギー価格の下落は、新興経済国における化石燃料補助金の廃止、先進国における燃料税を導入するプログラムの実施において、政治的及び社会的に受け入れることができる唯一の好機となっている。

出所：以下に基づき WDR チームが執筆。

a. World Economic Forum 2009.

b. Bowen 他 2009.

国内政策を採用して、既存の低炭素技術を導入することができる。エネルギー効率化が排出削減の手段の中で最も大きな位置を占め、また最もコストのかからないものである。又、開発による利益と将来的な省エネの効果を考えれば十分に正当化される。エネルギーの供給サイド（石炭や石油、ガスの燃焼、及び発電や送電、配電）と需要サイド（建物や輸送、製造におけるエネルギー利用）の両方が非常に大きな潜在力をもっている。しかし、それほど大きな効率化の潜在力が未開拓のままだということは、その実現が容易でないということを示している。大幅な省エネを達成するためには、価格の引き上げと化石燃料に対する補助金の撤廃が必要である。加えて、市場の失敗や非市場性の障壁に取り組むための協調した戦略も必要であり、それは有効な規制や奨励金、制度改革、ファイナンス・メカニズムなどを伴うものになるだろう。

排出削減の可能性が2番目に大きいのは、排出が少ない、あるいは排出が全くない燃料を発電に利用することであり、ここでは特に再生可能エネルギーが重要となる。このような技術の多くは現在でも商業的に利用可能である。又、開発にとって利益があり、政策枠組みが適切であればさらに幅広く利用することができる。規模拡大のためには炭素に価格設定を行って、低炭素技術の利用に金銭的なインセンティブを付与することが必要である。大規模に利用されればコストが低下し、競争力の向上に役立つだろう。

しかし、経済開発と気候変動の両方にとって有

益であるこのような政策は、2℃の軌道に乗るためにはまったく不十分である。CCSのようなまだ実証されていない先進技術が緊急に、しかも大きな規模で用いられることが必要とされている。その広範な入手可能性と利用を加速化するためには、開発や研究、実証に加えて、技術の共有と移転を大幅に増やすことが必要であろう。

最小コストで大幅な排出削減を達成するための、民間部門による確固とした投資と革新の推進には、排出権取引プログラムや炭素税（第6章）など、経済全体にかかわる市場ベースの仕組みが不可欠である。社会的及び経済的な混乱のリスクを回避しつつ低炭素型経済を実現するためには、政府内部でも調整を図った統合的なアプローチが必要である。

先進国は排出の大幅な削減、炭素の価格設定、先進技術の開発を公約する点で指導権を発揮しなければならない。それが、必要とされる技術の開発を推進し、競争力のある価格によって利用可能になることを保証する最も確実な方法である。しかし、途上国が成長をしながらエネルギー体系の転換に着手しない限り、温暖化を産業革命以前との比較で2℃程度上回る水準に抑制することは不可能であろう。このような転換のためには、先進国が途上国に対して巨額の財源と低炭素技術を移転することが必要である。

エネルギーの利用を抑制する軌道や、その到達に必要なとされる政策と技術の組み合わせは、高・中・低所得国の間で、経済構造、資源の所有状況、制度的及び技術的な能力に応じて異なって

くる。高・中所得の十数カ国が世界のエネルギー関連排出の3分の2を占めており、危険な気候変動を回避するためには、これらの諸国の排出削減が必要不可欠である。本章では、このような諸国の緩和策、そして現在直面している課題を分析する。また、2℃の軌道をたどるために使うことができる政策手段とクリーン・エネルギー技術をいくつか提示する。

### 競合する目的をうまく調整する

エネルギー政策は4つの競合する目的をうまく調整する必要がある。経済成長の維持、世界の貧困層におけるエネルギー利用の向上、エネルギー安全保障の強化、環境の改善、という4つである。しかし、これらのすべてが難事業である。化石燃料の燃焼が温室効果ガスの約70%を生み出しており<sup>1</sup>、各国における有害な大気汚染の主因となっている。適応と緩和の双方にとって有益な選択の多くが、化石燃料の燃焼を削減することによって気候変動を緩和し、大気汚染を軽減することができる（ボックス4.2）。なかにはトレードオフが生じるため、比較考量しなければならない選択肢もある。例えば、石炭を燃焼した際に排出される硫黄には、人間の健康に有害で酸性雨の原因になるという性質がある一方で、温暖化の相殺という局地的な冷却効果もある。

途上国は、成長すると同時に、電気が利用できない16億人と料理用のクリーンな燃料を使うことができない26億人に対してサービスを提供するために、信頼できる負担可能なエネルギーを必要としている。特に南アジアとサハラ以南アフリカを中心とする多数の低所得国は、電気サービスや料理用の燃料を増加させても、世界のCO<sub>2</sub>排出を2%増やすだけである<sup>2</sup>。料理や暖房に使われている伝統的なバイオマス燃料を近代的なエネルギー供給で代替することによって、地球温暖化の大きな要因となっているブラック・カーボン（スス）の排出を削減することもできる<sup>3</sup>。又、伝統的なバイオマスによる高水準の屋内空気汚染にさらされている女性や子供たちの健康を改善し、森林伐採と土地の劣化を削減することができる（第7章のボックス7.10を参照）<sup>4</sup>。

エネルギー供給も適応の課題に直面している。気温の上昇は冷房の需要を増やす一方で、暖房の需要を減らす可能性が大きい<sup>5</sup>。冷房需要の増加は2007年にヨーロッパを襲った熱波の際にみられたように、電気システムに無理を強いることになる。2005年について途上国をみると、エネルギー生産の変動性の13%は異常気象によるものであった<sup>6</sup>。降水パターンが信頼できない、あるいは変化していると、水力発電の信頼性に影響する。さらに、水の入手可能性と温度に影響する早魃や熱波は、火力や原子力によるエネルギー生産を阻害する<sup>7</sup>。なぜなら、発電所は冷却用に大量の水を必要とするからである。2007年の熱波の際にフランスで発生した電力不足はその適例である。

したがって、経済の成長と繁栄のために、気候に対して害を及ぼすことなく、信頼できる手頃な価格のエネルギー・サービスを提供することが課題である。低所得国は世界のエネルギー需要とエネルギー関連排出のわずか3%を占めているにすぎない。エネルギー需要は所得の上昇に伴って増加するであろうが、低所得国の排出は2050年でも世界全体の排出のなかで小さなシェアにとどまると予測されている。しかし、中所得国の多くでは経済が拡大し、重工業が大きなシェアを占めているため、これらの国は膨大なエネルギー需要に直面している。また、先進国は現在の生活スタイルを維持するのに膨大な量のエネルギーを消費している。

低炭素エネルギーの選択肢は、価格が変動したり、エネルギー供給が混乱したりするリスクを削減することによって、エネルギー安全保障を大幅に改善することができる<sup>8</sup>。エネルギー効率化はエネルギー需要を削減し、再生可能エネルギーはエネルギー構成を多様化して、燃料価格の急変によって起こり得る損害を削減する<sup>9</sup>。

しかし、多くの高成長地域では、最も炭素集約的な化石燃料である石炭が豊富であり、それが低コストで確実なエネルギー供給源となっている。最近の石油価格の乱高下とガス供給の不確実性によって、多くの諸国（先進国と途上国の両方）では新しい石炭火力発電所に対する関心が高まっている。石炭を液化あるいはガス化することへの転換によって石油やガスへの依存を削減すること



## ボックス 4.2 効率的でクリーンなエネルギーは経済開発にとって有益であろう

エネルギー効率化とクリーン・エネルギーが経済開発にもたらす相乗利益——省エネの増加、各国における汚染の減少、エネルギー安全保障の強化、各国の産業における雇用の増加、生産性上昇に伴う競争力の強化など——を評価すれば、緩和コストの一部は正当化され、緑の政策の魅力が高まるだろう。省エネのおかげで緩和コストのかかなりの部分が相殺できるだろう<sup>a</sup>。温暖化を2℃にとどめるためには、CO<sub>2</sub>の濃度を450ppmに抑える必要がある。これを実現するための措置は、各国の大気汚染（二酸化硫黄や一酸化二化素）を2030年には平常通りとの比較で20-35%削減することになるだろう<sup>b</sup>。2006年に再生可能エネルギー産業は世界全体で230万人の雇用を（直接的、及び間接的に）生み出し、エネルギー効率化はアメリカでは800万人の雇用を創出した<sup>c</sup>。現在、カリフォルニアにおけるエネルギー効率化・技術革新プログラムは、過去35年間において州内総生産を押し上げてきた<sup>d</sup>。

先進国と途上国の多くはクリーン・エネルギー技術について目標や政策を設定している（表参照）。このようなイニシアティブの多くは国内の開発利益を目的としているが、CO<sub>2</sub>排出を大幅に削減することもできる。中国政府のエネルギー原単位を2005-10年に20%削減するという目標は、2010年までにCO<sub>2</sub>排出を15億トン削減することになるだろう。これは世界で最も積極的な排出削減目標であり、京都議定書でEUが公約した削減3億トンの5倍、カリフォルニアの削減目標である1億7,500万トンの8倍に相当する<sup>e</sup>。

出所：

a. IEA 2008b; McKinsey & Company 2009a.

b. IEA 2008c.

c. IEA 2008.

d. Rolald-Holst 2008.

e. Lin 2007.

国	気候変動	再生可能エネルギー	エネルギー効率化	輸送
EU	1990-2020年に20%（他の諸国が大幅な削減を公約した場合には30%）の排出削減、1990-2050年の間に80%削減	2020年までに一次エネルギー構成の20%	2020年までに基準の状態に対して20%の省エネ	2020年までに輸送燃料の10%をバイオ燃料に転換
アメリカ	2020年までに1990年の水準にまで排出を削減、1990-2050年の間に80%削減	2025年までに電力の25%		2016年までに燃費基準を1ガロン当たり35マイル（12.3km/ℓ）に引き上げる
カナダ	2006-20年に20%削減			
オーストラリア	2000-20年に15%削減			
中国	国家気候変動計画策定、気候変動に対する政策と行動に関する白書発表、エネルギーの保全と排出削減のために首相を議長とする主導グループ設立	2020年までに一次エネルギーの15%	2005-10年にエネルギー原単位の20%削減	1ガロン当たり35マイルの燃費基準はすでに達成、電気自動車世界でのリーダーになる計画、地下鉄の大規模建設が進行中
インド	気候変動に関する国家行動計画：1人当たり排出は先進国の排出を超過しない、気候変動に関して首相を議長とする諮問会議設立	2012年までに23ギガワットの発電能力	2012年までに10ギガワットの省エネ	都市輸送計画：公共輸送手段への投資を拡大
南アフリカ	長期にわたる緩和シナリオ：排出は2020-25年にピーク、10年間の高止まり状態、それ以降絶対水準で減少	2013年までに電力構成の4%	2015年までにエネルギー効率を12%改善	電気自動車世界でのリーダーになる計画、高速バスによる輸送
メキシコ	2002-50年に50%の排出削減、気候変動に関する国家戦略：調整のために気候変動に関する省庁間委員会設立	2012年までに電力構成の8%	効率化基準の策定、電熱供給の整備	公共輸送手段への投資を拡大
ブラジル	気候変動に関する国家計画：2018年までに森林伐採を70%削減	2030年までに電力構成の10%	2030年までに103テラ（1兆）ワットの省エネ	メタノール生産で世界のリーダーになる

出所：Government of China 2008; Government of India 2008; Government of Mexico 2008; Brazil Interministerial Committee on Climate Change 2008; Pew Center 2008a; Pew Center 2008b; Project Catalyst 2009.

注：上述の目標のなかには正式な公約となっているものと、依然として議論中のものの両方が含まれている。

は、結果としてCO<sub>2</sub>の排出を大幅に増加させることになるだろう。世界の石炭消費量は2000年以降、他のどの燃料の消費よりも速い速度で増加しており、経済成長、エネルギーの安全な確保、気候変動の間における厄介なジレンマを呈示している。

このような課題とさまざまな目的に直面しているため、市場だけでは、危険な気候変動を阻止するのに必要な時間枠と規模で、効率的でクリーンなエネルギーを提供することはできないだろう。汚染には価格設定が必要である。エネルギー効率化に関して必要な進展を達成するためには、価格面での奨励措置、規則、制度改革が必要である。また、実証されていない技術に対する投資のリスクと規模を考えると、大幅な公的支援が必要であろう。

#### 高炭素の習慣を打破する

エネルギーからの炭素排出は総エネルギー消費とその炭素排出原単位（単位当たりの消費エネルギーによって生み出されるCO<sub>2</sub>単位数と定義される）の組み合わせで決まる。エネルギー消費は所得や人口とともに増加するが、経済構造（製造業や鉱業は農業やサービス業よりもエネルギー集約的である）、気候（冷房や暖房の必要性に影響する）、政策（エネルギー価格が高く、規制の厳

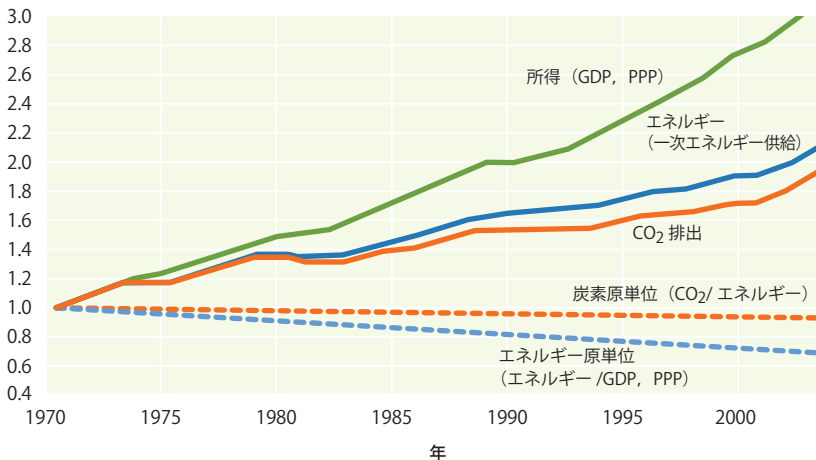
しい諸国はエネルギー効率が高い）などに応じて国ごとに大きく異なる。同様に、エネルギーの炭素排出原単位も国内エネルギー資源（当該国で潜在力が豊富なのは石炭か、それもと水力か）や政策によって大きく異なる。したがって、低炭素型成長軌道に向かう政策の手段は、エネルギー原単位（1ドルのGDP当たりの消費エネルギーと定義される）の削減を含んだものになる。これは、エネルギー効率の引き上げや低エネルギー消費型の生活様式に移行することによって可能であろう。又、エネルギーの炭素排出原単位の削減は、エネルギーを再生可能エネルギーのような低炭素型の燃料へ移行することによって可能となるだろう。

1970年代以降についてみると、エネルギー消費の倍増とはほぼ一定の炭素排出原単位が組み合わさって排出の倍増がもたらされている（図4.1）。エネルギーの原単位は改善しているが、3倍にも達している世界の所得の増加を相殺するにはあまりにも小さすぎる。また、炭素排出原単位はあまり変化していない。これはクリーン・エネルギーを生産する能力は向上したものの、それが化石燃料利用の著しい増加でほとんど帳消しになったためである。化石燃料が世界のエネルギー供給を支配しており、一次エネルギー構成のなかで80%以上を占めている（図4.2）<sup>10</sup>。

大気圏に現存するエネルギー関連の累積的な

図4.1 排出倍増の背後にある現実：エネルギーや炭素排出にかかわる原単位の改善だけでは、所得の上昇に伴うエネルギー需要増大を相殺するには不十分

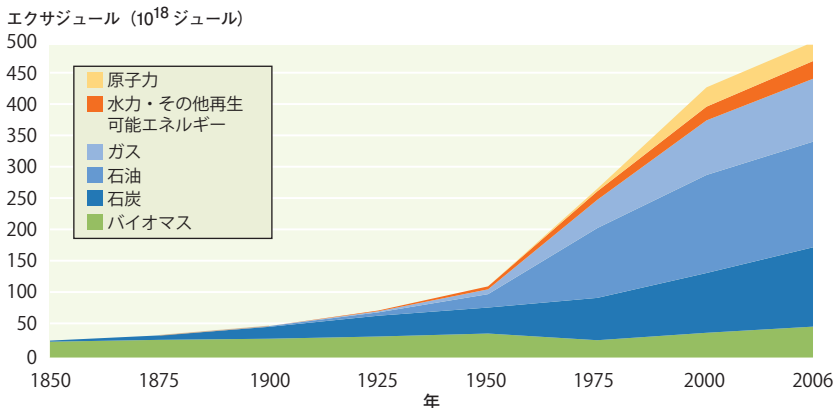
指数（1970年=1）



出所：IPCC 2007。

注：GDPは購買力平価（PPP）のドルを使って評価。

図 4.2 1850-2006 年のエネルギー構成：1850-1950 年までエネルギー消費は年 1.5%増加しており、その中心は石炭。1950-2006 年までは年 2.7% 増加したが中心は石油と天然ガス。

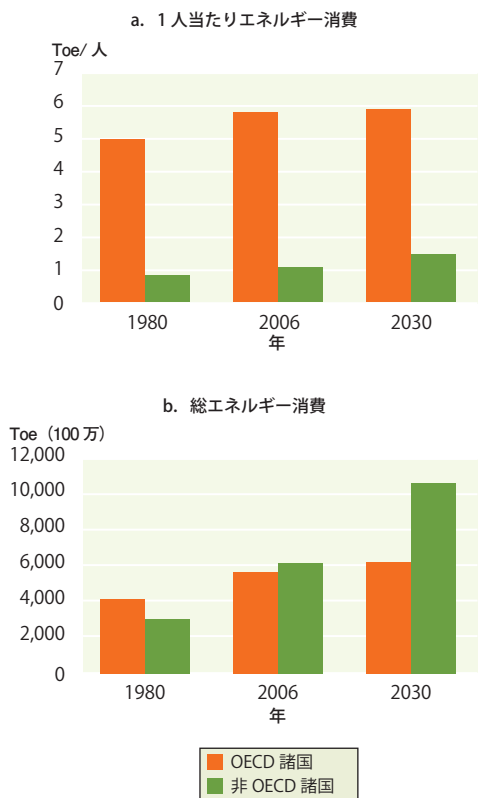


出所：IPCC 2007.  
注：GDP は購買力平価 (PPP) のドルを使って評価。

CO<sub>2</sub> のほぼ 3 分の 2 に対する責任は先進国にある<sup>11</sup>。また、先進国は平均すると、1 人当たりで途上国の 5 倍のエネルギーを消費している。しかし、途上国もすでに年間のエネルギー関連排出の 52% を占めており、エネルギー消費も急増している。向こう 20 年間について予想されている世界のエネルギー消費、石炭利用、エネルギー関連の CO<sub>2</sub> 排出にかかわる増加の 90% は、途上国で生じる可能性が大きい<sup>12</sup>。人口に占める途上国のシェアはかなり大きいいため、たとえ 1 人当たりのエネルギー消費は少ないままであっても、2030 年までには途上国が使う年間のエネルギーは先進国を 70% 上回ることに予想されている (図 4.3)。

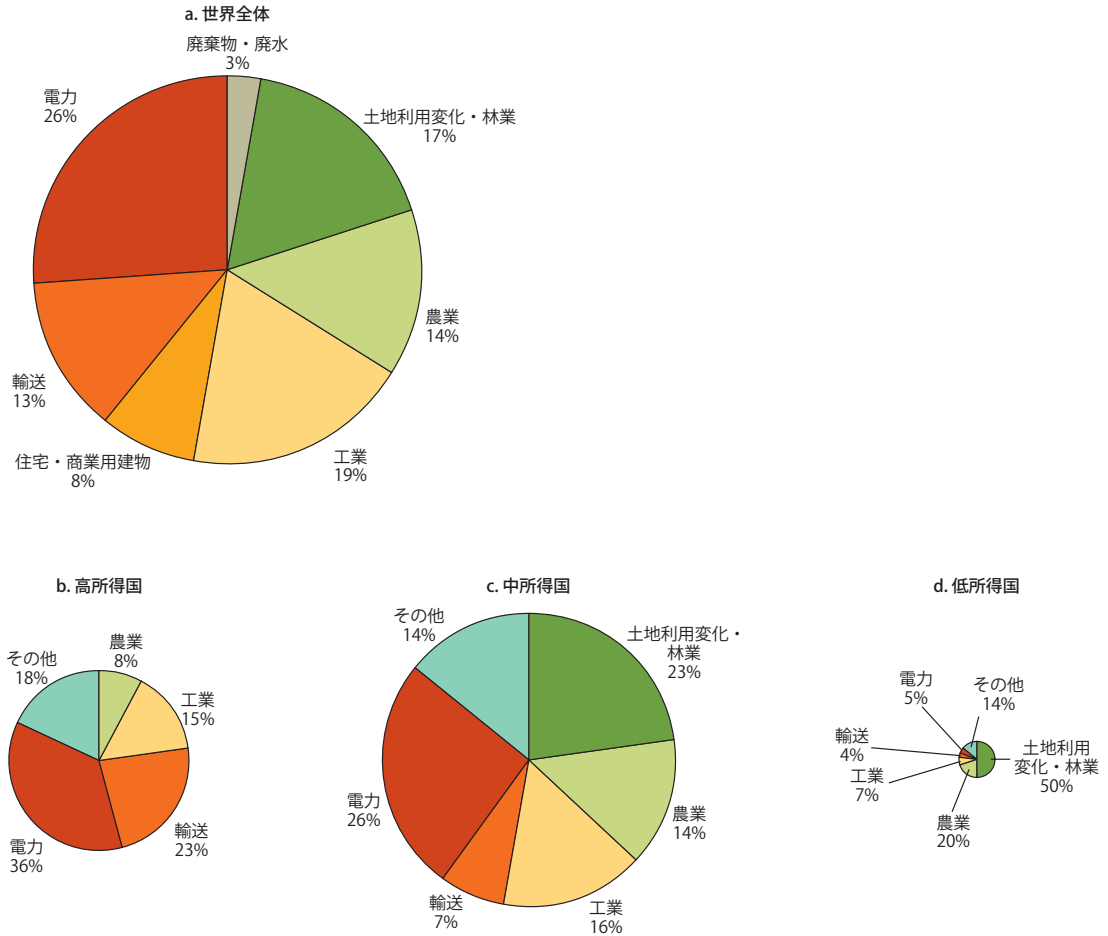
世界的には、電力 (26%) が単一で最大の温室効果ガス排出源で、その次には工業 (19%)、輸送 (13%)、建物 (8%)<sup>13</sup> と続いており、残りは土地利用変化、農業、廃棄物が占めている (図 4.4)。しかし、この内訳は所得グループごとに違っている。高所得国の排出では電力と工業が圧倒的なものに対して、低所得国では土地利用変化と農業が中心的な排出源である。中所得国では電力、工業、土地利用変化が最大の排出源となっているが、土地利用変化による排出は一握りの諸国 (ブラジルとインドネシアで世界全体の土地利用変化に伴う排出の半分以上を占めている) に集中している。電力が最大の排出源にとどまるのはほぼ確実であるが、排出の増加は輸送や工業の方が

図 4.3 途上国は 1 人当たりのエネルギー消費と排出が少ないにもかかわらず、将来的にはエネルギーと CO<sub>2</sub> 排出全体の増加のほとんどを占めるようになる



出所：IEA 2008c のデータに基づく WDR チームの試算。  
注：Toe= 石油換算トン。

図 4.4 温室効果ガス排出の部門別内訳：低・中・高所得国別



出所：Barker 他 2007 (figure 4a) および WRI 2008 (figure 4b, c, d) のデータに基づく WDR チームの試算。

注：a 図における世界の総排出の部門別シェアは 2004 年。b, c, d の各図における高・中・低所得国の排出に占める部門別シェアは 2005 年のエネルギー・農業部門と、2000 年の土地利用変化と林業に基づく。各円グラフの大きさは温室効果ガス排出への程度関与しているが示し、高・中・低所得国における土地利用変化に伴う排出を含む。それぞれのシェアは 35%、58%、7% である。エネルギーだけの排出では、それぞれ 49%、49%、2% である。図 a に関して建物における電力消費に伴う排出は電力部門に含まれている。図 b は土地利用変化と林業からの排出を含んでいない。高所得国では無視できる程度だからである。

速いと予想されている。

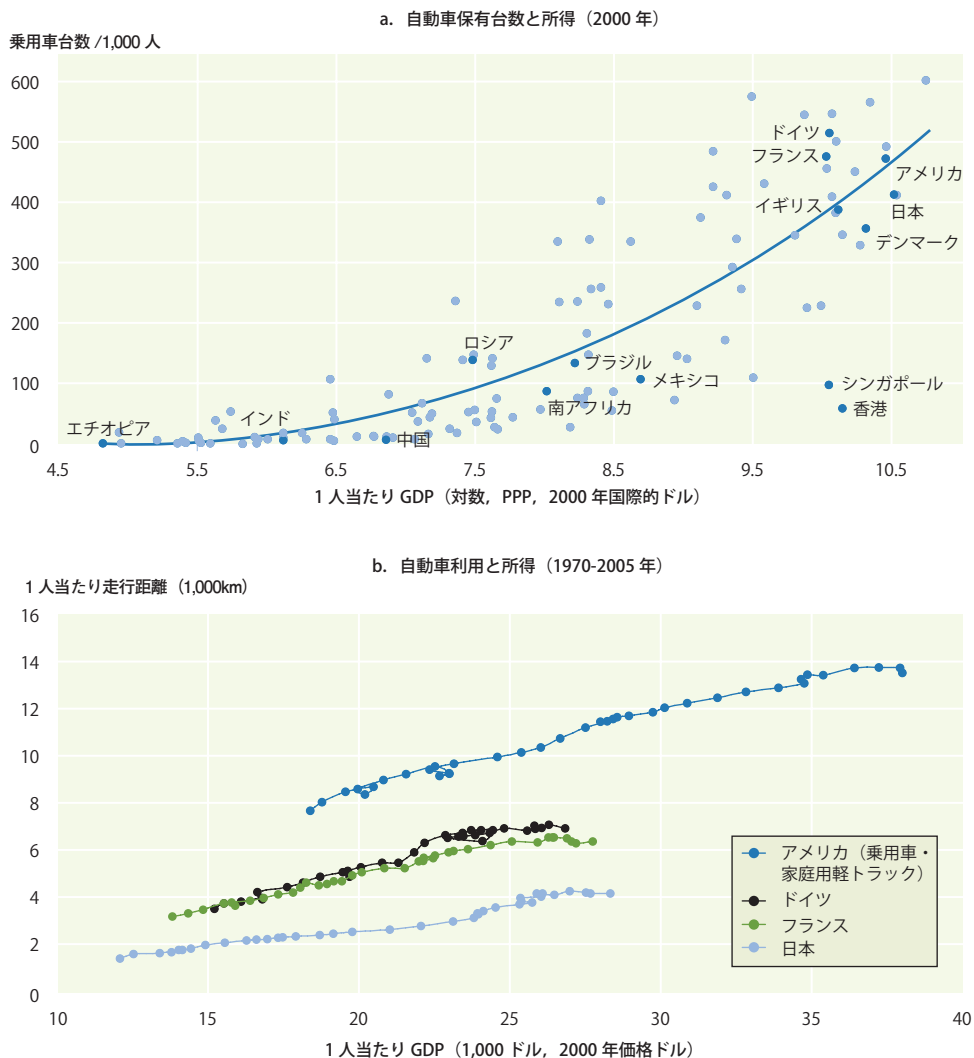
生産活動の重要な中心地、及び人口の集中している場所として、世界各国の都市は今や世界のエネルギーの 3 分の 2 以上を消費し、CO<sub>2</sub> 排出の 70% 以上を占めている。この先 20 年間でわれわれは前例のない都市の成長を目にするだろう。人口は 30 億人から 50 億人へと増加し、そのほとんどが途上国によってもたらされるだろう<sup>14</sup>。今から 2050 年までの間に建築物のストックは 2 倍になると予想されている<sup>15</sup>。新たな都市建設のほとんどは途上国で起こるだろう。もし都市が集中化ではなく拡大化によって大きくなるとすれば、交通の需要の増加を公共輸送手段によって提供するのとは容易ではないだろう。

自動車保有率は所得の増加に伴って急増するだろう。今の傾向が続くと、2005 年から 2050 年の間に自動車は 23 億台も増加し、その 80% は途上国で生じる<sup>16</sup>。しかし、もし適切な政策が実施されれば、保有台数の増加率が自動車利用の増加率と同じである必要はなくなる (図 4.5)<sup>17</sup>。自動車の利用は輸送部門からのエネルギー需要と排出を押し上げるため、価格政策 (道路利用の価格や駐車料金など)、公共輸送インフラ、都市形態によって大きな違いをもたらすことができる。

途上国はヨーロッパや先進アジアから学ぶことによって、自動車保有と自動車利用を切り離すことができる。日本や欧州のドライバーは、所得と自動車保有率がほぼ同じであるアメリカのドライ



図 4.5 自動車保有台数は所得とともに増加するが、自動車利用は価格設定や公共輸送手段、都市計画、都市密度で抑制できる



出所：Schipper 2007; World Bank 2009c.

注：パネルbにおけるドイツのデータは1992年までは西ドイツ、93年以降は統一ドイツのもの。自動車の保有率はアメリカ、日本、フランス、及びドイツの間で類似しているが（パネルa）、走行距離は大きく異なっていることに注意（パネルb）。

パートと比べて、走行距離が30-60%少ない。香港の自動車保有率は、アメリカで自動車保有率が最も低い都市であるニューヨークの3分の1である<sup>18</sup>。なぜだろう？ 都市部の密度が高いこと、燃料税が高いこと、道路利用にかかわる価格政策、公共輸送インフラが整備されていることなどが組み合わさって実現されている。同様に、ヨーロッパでは1,000人当たりの公共輸送ルートがアメリカの4倍に達している<sup>19</sup>。しかし、多くの途上国では公共輸送は都市の成長に追いついていないため、個人の自動車保有は慢性的な渋滞という問題の増加を引き起こしている。

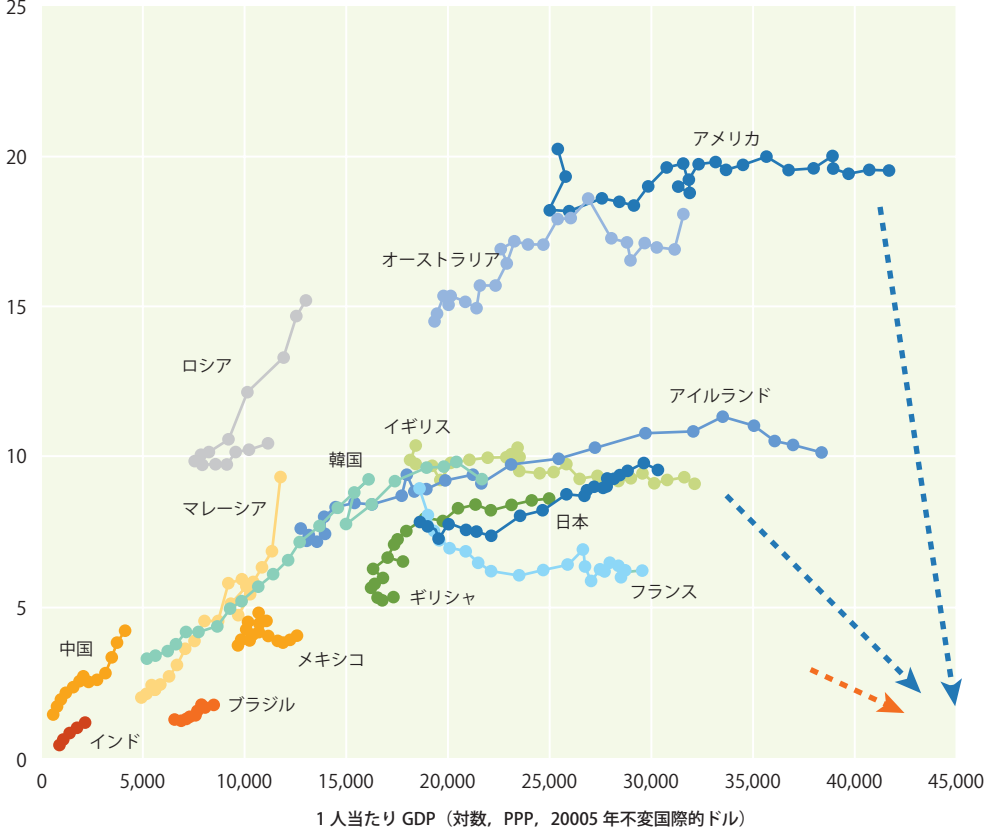
輸送インフラは居住地のパターンにも影響を及ぼす。道路網が発達していれば、低密度の居住地や大量輸送システムではサービスの提供が困難な都市形態が促進されるだろう。一方、低密度の居住地では、建物へのエネルギー効率の良い地域暖房の採用は困難であろう<sup>20</sup>。

### 世界が向かうべきところ：将来に向けて、持続可能なエネルギーへ転換する

持続可能で公平な成長と繁栄を達成するためには、高所得国が自らの排出総量——および1人

図 4.6 世界はどこへ向かうべきか：エネルギーに関連した1人当たりのCO<sub>2</sub>排出

1人当たりCO<sub>2</sub>排出（メートルトンmt）



出所：World Bank 2008e のデータに基づいた NRC 2008 の翻案。  
 注：1人当たりGDPは1980-2005年の推計値。

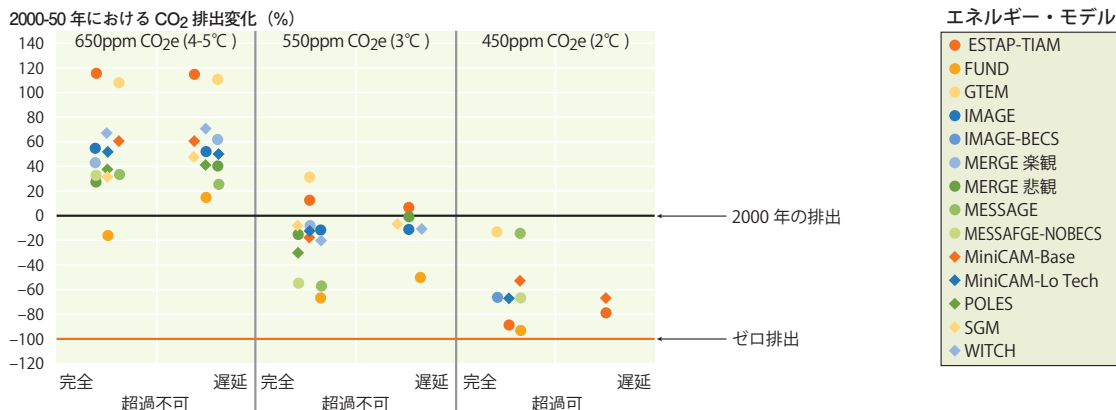
当たりの排出量（図 4.6 で青色の矢印）——を大幅に削減することが必要である。それは途上国がオーストラリアやアメリカのような先進国がたどっている炭素集約的な道を回避して、代わりに低炭素型成長の道（オレンジ色の矢印）をたどることに依存している。つまり、先進国が生活スタイルを根本的に変えると同時に、途上国が新しい開発モデルに飛躍することが必要なのである。

このような目標の達成には、危険な気候変動を十分に阻止するために必要なことと、受け入れ可能なコストで技術的に達成可能なこととの間で調和を図ることが必要である。産業革命以前の気温を2℃以上は上回らないように抑制するためには、世界の排出は遅くとも2020年までにピークに達して、2050年までに現行水準比で50-80%減少しなければならない。2100年に向けてはおそらくマイナスの排出が必要であろう<sup>21</sup>。これ

は野心的な事業である。検討したエネルギー・モデルのうち、それが実現可能であるとしているのはわずか半数にとどまっており（図 4.7）、ほとんどのモデルが、すべての国がただちに行動を起こすことを要求している。

より具体的には、2℃の温暖化にとどめるためには、大気中のCO<sub>2</sub>濃度がCO<sub>2</sub>換算（CO<sub>2</sub>e）でみて450ppm以下で安定化する必要がある<sup>22</sup>。現在の温室効果ガス濃度はすでに387ppm CO<sub>2</sub>eであり、毎年約2ppmずつ増加している<sup>23</sup>。したがって、温暖化が2℃程度で安定化するためには、排出が増加する余地はほとんどない。ほとんどのモデルでは次のことが前提にされている。すなわち、450ppm CO<sub>2</sub>eを達成するためには、20-30年の間その濃度を超過した後、今世紀末にかけて450ppmに戻ることが必要となる（表 4.1）。メタンやブラック・カーボンなど短命な温

図 4.7 450 ppm CO<sub>2</sub>e (2°C) 近辺にとどまるのに必要な排出削減を達成することが可能であるとしているのは、エネルギー・モデルの半分にすぎない



注：各点は当該モデルが 2050 年に CO<sub>2</sub>e で特定の濃度——450, 550, 650ppm——の達成に必要な排出削減を示している。各欄にある点の数は、14 のモデルとこれらモデルの中のいくつか、一定の濃度の結果につながる行程を発見できたかを示している。「超過可」は原単位が 2100 年までに目標に達する前に一時的に超過することを許容する緩和軌道を意味し、「超過不可」は原単位がいかなる時でも超過しないことを意味する。「完全」はすべての諸国が参加して、あらゆる場所と時間において排出削減が最も費用効果的に達成されることを意味する。「遅延」は高所得国が緩和措置に着手するのが 2012 年であり、ブラジルや中国、インド、ロシアは 2030 年、その他の諸国は 2050 年になることを意味する。

表 4.1 温暖化を 2°C 近辺にとどめるのに必要な 450ppm CO<sub>2</sub>e の原単位を達成するにはどうしたらいいか——例示的なシナリオ

	超過不可	超過可
ただちに参加	1) すべての地域がただちに参加 2) 2020 年までに 70% の劇的な排出削減 3) 2020 年までにエネルギー・システムを大転換。これには 500 基の新たな原子炉の建設と 200 億トンの CO <sub>2</sub> 回収貯留が含まれる 4) 2020 年までに世界的に 100 ドル/tCO <sub>2</sub> という炭素価格を設定 5) 2020 年から土地利用変化に伴う排出に課税	1) すべての地域がただちに参加 2) 2020 年までに原子炉を新たに 126 基建設、年約 10 億トンの CO <sub>2</sub> を回収 3) 世紀末までに世界全体でマイナスの排出を実現、そのためにはバイオマス・ベース CCS の広範な利用が必要 4) 2095 年に炭素価格を 775 ドル/tCO <sub>2</sub> に引き上げ 5) 土地利用変化に伴う排出に対する課税は回避可能だが、炭素税を 3 倍に引き上げ、目標達成のコストの著しい増加をまねく可能性がある
参加遅延	X	

出所：Clarke 他 (近刊)。

注：CO<sub>2</sub>e で 450ppm 未達を常時維持することはほぼ実現不可能である。原単位が 2100 年以前に CO<sub>2</sub>e で 450ppm を超過することが許容されるとしても、2°C 近辺にとどめるのは右側の欄が示すように相当な難題である。付属書 1 国は京都議定書の下で排出削減を公約している OECD 諸国、及び体制移行諸国である。非付属書 1 国は排出削減についていかなる公約もしていない。

室効果ガスを速く削減すれば、超過幅を削減することができるが、超過そのものは回避できないだろう<sup>24</sup>。加えて、450ppm CO<sub>2</sub>e の軌道はマイナスの排出であるため、バイオマスをベースとした炭素の回収貯蔵 (CCS) を頼りにしている<sup>25, 26</sup>。しかし、食料生産と CCS のための土地と水をめぐる競争を考えると (第 3 章参照)、持続可能なバイオマスの供給が問題になるだろう<sup>27</sup>。つまり、温暖化を 2°C にとどめるためには、世界のエネルギー構成にかかわる根本的な変化が必要とな

るだろう (ボックス 4.3 と 4.4。モデルの詳細に関しては注 28 を参照)<sup>28</sup>。

450ppm CO<sub>2</sub>e を達成するための緩和にかかるコストは、2030 年の世界 GDP の 0.3-0.9% と推計されている。ただし、これはすべての緩和措置が最も安価な時に最も安価な場所で実施されることを前提にしている (図 4.8)<sup>29</sup>。この推計値はエネルギー部門の総支出が現在 GDP の 7.5% であることをみれば規模が想像できるだろう。さらに、行動を起こさなかった場合のコスト——温暖

化の超過に伴う被害——はこの緩和のコストを超過することは十分にありうる（気候政策の費用便益分析に関する議論については第1章を参照）。

450 ppm CO<sub>2</sub>e を達成するためには、限界費用が2030年で1トンのCO<sub>2</sub>当たり35-100ドルの技術を採用することが必要である。世界全体の緩和への投資は、2030年には年間4,250億-1兆ドルに達すると見込まれている（表4.2）<sup>30</sup>。将来におけるエネルギーの節約で最終的には先行投資の大部分が相殺されるだろう<sup>31</sup>。しかし、このような投資の多くは財政的に困窮している途上国において今後10年間で実施される必要がある。改革を行う際の障害を取り除いて、資本を低炭素型投資を必要とされている時に必要とされている場所に振り向けるのは難題であろう。

それほど達成が困難ではない選択肢はもっと高い濃度を指す、というものである。例えば、550ppm CO<sub>2</sub>e を目標とする。その濃度では温暖化が3℃を超過する確率が50%になり、気候変動の影響による被害のリスクが高くなるものの、排出がピークに達する（2030年）までに若干の時間的な余裕ができる。排出は2050年までに現在の水準にまで減少し、それ以降はもっと大幅に減少し続ける必要があるだろう。550ppm CO<sub>2</sub>e の緩和コストは世界全体のGDPの0.2-0.7%とやや少なくすむ（図4.8a）。また、今後20年間に年平均2,000億ドルと予想される追加的な投資について、2030年で限界費用が1トンのCO<sub>2</sub>e 当たり25-75ドルの技術を採用する必要がある<sup>32</sup>。この若干控え目な目標を達成するためにも、やはり広範囲にわたる改革が必要であろう。

#### 行動が必要である——ただちに世界的に

世界的な行動を10年間以上遅らせると、450ppm CO<sub>2</sub>e で安定化させることが不可能になる<sup>33</sup>。排出がピークを打つ時期に関しては柔軟性がほとんどない。450ppm CO<sub>2</sub>e を達成するためには、エネルギーに関する世界全体のCO<sub>2</sub>e 排出は2005年の26ギガトンに対して、2020年に28-32ギガトンでピークに達して、2050年までに12-15ギガトンに減少する必要がある<sup>34</sup>。この軌道に乗るためには、2020年以降、毎年2-3%の

排出削減が必要となる。仮に排出が2020年を超えて10年間以上にわたって増え続けると、毎年必要とされる排出の削減幅は4-5%になる。これに対して、2000-06年に排出は毎年3%増加していた。すなわち、ほとんどの諸国は高炭素軌道に乗っており、世界全体のCO<sub>2</sub>総排出は「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）が予測していた最悪のケースを上回っていた<sup>35</sup>。

今後十年間にわたって新たに追加される発電所や建物、道路、鉄道は技術を固定することになり、2050年までとそれ以降の排出をほぼ決定することになるだろう。なぜか？ エネルギー資本ストックは、耐用期間が長いからである。発電所を置換するには数十年、都市インフラなら1世紀を要する<sup>36</sup>。行動の先送りは将来の緩和コストを大幅に押し上げ、実質的に世界を数十年間にわたって炭素集約的なインフラに閉じ込めることになる。既存の低コストのクリーン・エネルギー技術でさえ、エネルギー部門に完全に浸透するには数十年を要するだろう。また、新しい技術の開発には長い準備期間が必要となることを考えると、先進技術の大規模な採用が2030年に始まるためには、積極的な行動が今必要である。

加えて行動の遅延は、コストのかかるエネルギー・インフラの更新やそれらの早期廃棄につながる。現行基準に合わせて建設し、後にその既存能力を更新するのは（発電所でも建物でも）、そもそも最初から新しい効率的な低炭素型のインフラを建設するよりもずっと費用がかかるだろう。同じことは非効率的なエネルギー資本の強制的な早期廃棄にもあてはまる。新しい資本に対する先行投資の増加は、通常ならエネルギーの節約によって正当化されるが、それが資本ストックの時期尚早の置換にも当てはまるとは思えない。たとえCO<sub>2</sub>価格が高くても、この状況を変えるには不十分であろう<sup>37</sup>。

そのような制約を回避するために、都市化の規模と速度は、特に途上国を中心に、次のことに関する重要な決定をただちに下す絶好の機会を提供している。すなわち、小型で経済的な都市設計、良好な公共輸送、効率的な建物、クリーンな自動車などを特徴とする低炭素型の都市を建設する、ということである。



### ボックス 4.3 CO<sub>2</sub>e で 450ppm (2°Cの温暖化) を達成するためには世界のエネルギー・システムの根本的な変更が必要である

本報告書のために WDR チームは 5 つの世界的なエネルギー・気候モデルを検討した。そのモデルは方法論、ベースラインや技術状況、習熟率、コストに関する前提、及び CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガスを含めるか否かがそれぞれ異なっている。CO<sub>2</sub>e 450ppm という軌道の達成可能性は、ベースラインの特性に依存している。一部の統合的な評価モデルは、化石燃料について集約的でエネルギーが高成長のベースラインからでは、CO<sub>2</sub>e 450ppm という軌道に到達することはできないと結論している。

多くのモデルは、ある程度のコストで 450ppm CO<sub>2</sub>e を達成できるとしているが、各モデルがとる排出軌道やエネルギーの緩和に向けた戦略はそれぞれ異なっている<sup>a</sup>。それぞれ異なっている排出削減の経路が短期・中期 (2005-50 年) と長期 (2050-2100 年) の間でトレードオフが生じているためである。2050 年以前の排出削減が少ないと、バイオマス・ベースの広範な利用による劇的に大幅な削減が長期にわたって必要となる<sup>b</sup>。モデルの方法論や前提に関するこのような相違は、表 4.2 でみるように、短期的な (2030 年) の投資の必要性の違いにもつながっている。各モデルは現在から 2050 年までのエネルギー構成においても大きく異なっている (図参照)。ただし、厳粛な結論そのものは、それほど大きくは異なっていない。政策面では、これは国と時期によって異なるが、一連の技術的な選択肢が必要であるということの意味している。そして最小コストの戦略すべてがエネルギー技術に関して多数の選択肢が利用可能であることを頼りにしている。

#### CO<sub>2</sub>e 450ppm に向けた世界のエネルギー構成

450ppm CO<sub>2</sub>e の軌道に乗るためには世界的なエネルギー革命、すなわち総エネルギー需要の大幅な削減とエネルギー構成の著しい変更が必要である。これを達成するために、世界エネルギー・気候モデルは積極的なエネルギー効率化措置を求めている。これは、2050 年までに世界のエネルギー需要を

エネルギー関連排出を 2050 年までに半減するには電力部門で大幅な脱炭素化が必要

部門	各部門が除去すべき炭素の割合 (推定% : 2005-50 年)	
	IEA	MiniCAM
電力	-71	-87
建築	-41	-50
輸送	-30	+47
工業	-21	-71
合計	-50	-50

出所：次からのデータに基づき WDR チーム作成。IEA 2008b; Calvin 他 (近刊)。

平常通りのシナリオ下の約 900 エクサジュール (エネルギー量の単位, EJ) から 650-750 エクサジュールに低下させるということであり、17-28% の削減に相当する。

ほとんどのモデルは、化石燃料は 2050 年までに現在のエネルギー供給の 80% から 50-60% に低下させる必要があると予測している。炭素が制約を受けている世界では、化石燃料 (特に石炭とガス) の今後の利用は、CCS の広範な利用に左右されるだろう。CCS は、2050 年までに石炭発電所の 80-90% に装備される必要があるだろう。これは今後 10-20 年間で技術的及び経済的に大規模な適用が可能になると仮定している (下表)<sup>c</sup>。

このような化石燃料利用の大幅な削減は、再生可能エネルギーと原子力エネルギーで穴埋めされなければならない。最大の増加は再生可能エネルギーであり、現在の 13% (主として伝統的なバイオマス燃料と水力) から 2050 年までには約 30-40% に著しく増加することになるだろう。近代的なバイオマスが中心であり (CCS の有無は問わず)、残りは太陽光や風力、水力、地熱となる (図参照)。原子力も大幅な増加が必要であり、2050 年までには現在の 5% から 8-15% のシェアを占めるだろう<sup>d</sup>。

450ppm CO<sub>2</sub>e を達成するためのエネルギー構成はさまざまであろうが、あらゆる選択肢を活用しなければならない

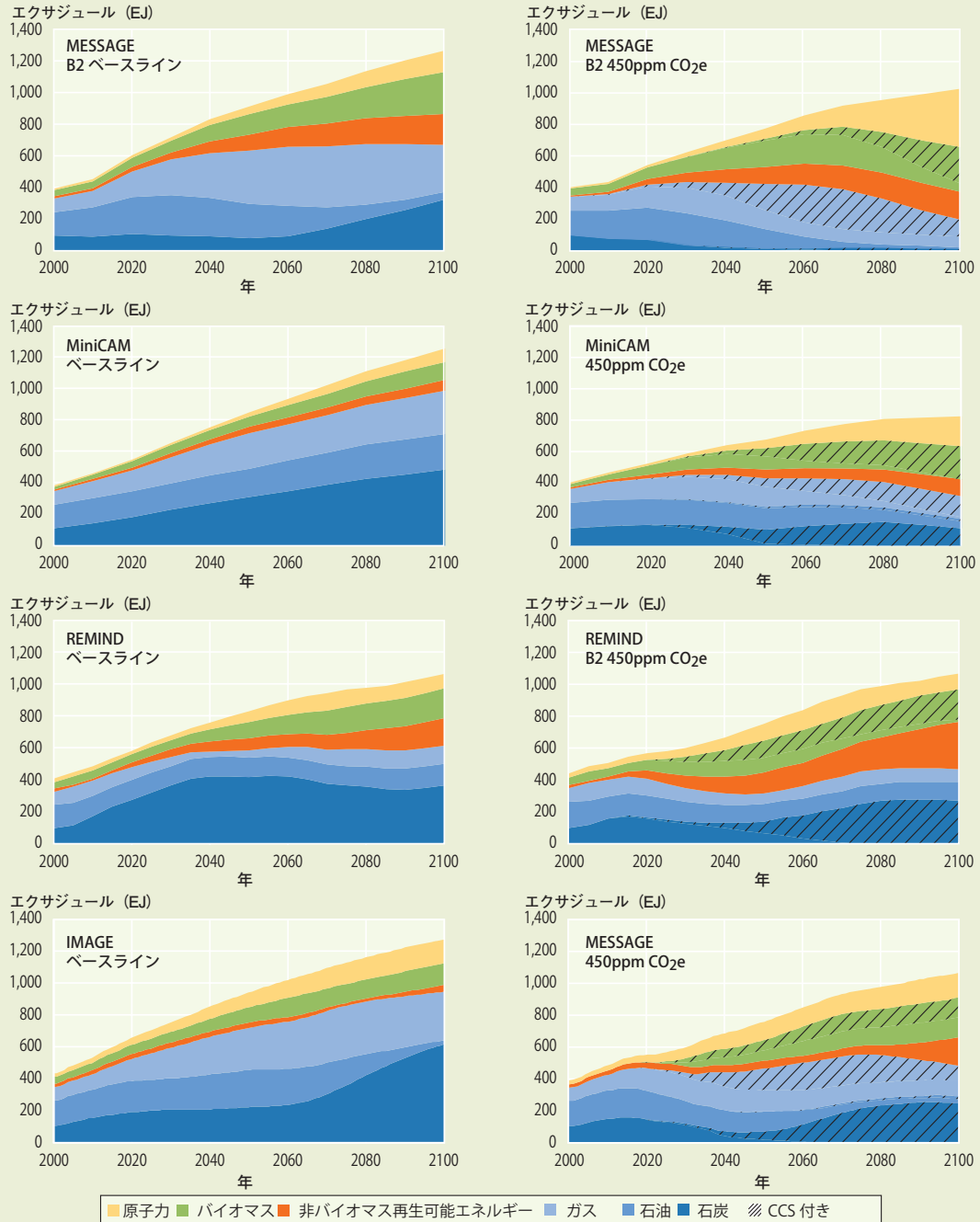
エネルギーの種類	現在のエネルギー構成		2050 年のエネルギー構成			
	世界	世界	アメリカ	EU	中国	インド
			構成比 (%)			
石炭 (CCS なし)	26	1-2	0-1	0-2	3-5	2-3
石炭 (CCS 付き)	0	1-13	1-12	2-9	0-25	3-26
石油	34	16-21	20-26	11-23	18-20	18-19
ガス (CCS なし)	21	19-21	20-21	20-22	9-13	5-9
ガス (CCS 付き)	0	8-16	6-21	7-31	1-29	3-8
原子力	6	8	8-10	10-11	8-12	9-11
バイオマス (CCS なし)	10	12-21	10-18	10-11	9-14	16-30
バイオマス (CCS 付き)	0	2-8	1-7	3-9	1-12	2-12
非バイオマス再生可能エネルギー	3	8-14	7-12	7-12	10-13	5-19
合計 (EJ/年)	493	665-775	87-121	70-80	130-139	66-68

出所：次からのデータに基づき WDR チームが作成。Riahi, Grübler, and Nakicenović 2007; IIASA 2009; Calvin 他 (近刊); IEA 2008b。

必要とされている取り組みの規模は膨大である。これは今後40年間にわたり、風力発電機1万7,000基（1基当たり4メガワットの発電）、太陽光発電パネル2億1,500万km<sup>2</sup>、集光型太陽熱発電所80カ所（1カ所当たり1,000メガワットの発電）が、ベースラインとの比較で毎年追加されるのに相当する<sup>e</sup>。電力部門は実質的に脱炭素化が必要であり、工業と建築の部門もそれに続かなければならない（表参照）。

出所：  
 a. Knopf 他（近刊）；Rao 他 2008。  
 b. Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007；IIASA 2009。  
 c. IEA 2008b；Calvin 他（近刊）；Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007；IIASA 2009；van Vuuren 他（近刊）；Weyant 他 2009。  
 d. IEA 2008b；Calvin 他（近刊）；Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007；IIASA 2009；van Vuuren 他（近刊）。  
 e. IEA 2008b。

450ppm CO<sub>2</sub>e を達成するためには世界の一次エネルギー構成に根本的な変化が必要



#### ボックス 4.4 CO<sub>2</sub>e 450ppm を達成する（温暖化を 2°C に抑制する）ための地域別エネルギー構成

450ppm CO<sub>2</sub>e という軌道が自国のエネルギー体系に対して持つ意味を国家の政策立案者が理解することが重要である。ほとんどの統合的な評価モデルは「最小コスト」アプローチを採用しており、排出の削減がすべての諸国でそれが最も安い時に最も安い場所で行われるとされている<sup>a</sup>。しかし、緩和措置が実施される国は必ずしもそのコストを負担する国とは限らない（第 6 章参照）。コストを分担するという特定のアプローチを主張したり、排出削減を各国間に配分したりすることが本章の目的ではない。それは交渉の問題である。

アメリカや EU、中国は今や世界の総排出の 60% 近くを占めている。インドは世界人口の 18% を占めているにもかかわらず、世界の排出には今のところ 4% しか関与していない。ただし、緩和政策が行われないとすれば、インドのシェアは 2050 年までに 12% に上昇すると予測されている。したがって、気候を安定化させるためには、これらの諸国が世界全体の排出削減に協力することが不可欠である。

##### アメリカと EU

先進国では、エネルギー効率化によって 2050 年の総エネルギー需要を平常通りの場合との比較で 20% 削減することができる。そのためには、過去 20 年間継続しているエネルギー原単位で年 1.5-2% の低下傾向を、今後 40 年間にわたって継続することが必要である。450ppm CO<sub>2</sub>e を達成するためには、アメリカと EU は 2050 年までに石油の消費を大幅に削減する必要があるだろう。これは EU とアメリカで世界の石油生産のほぼ半分を消費していることを考えると大きな挑戦課題といえる。石炭の利用も激減させる必要があるだろう。それはアメリカにとっては足がすくむような課題である。アメリカは石炭の生産と消費の両面で世界第 2 位だからである。ただし、CCS 技術が広範に活用されている。

アメリカと EU にはこのような措置を実施して難題を克服するための財源がある。ともに再生可能エネルギーの豊富な潜在力にも恵まれている。一部のモデルは、アメリカでは 2050 年までに石炭とガスによる発電所の 80-90%、バイオマス発電所の 40% に CCS を装備しなければならないと予測している（ボックス 4.3 の最初の表を参照）。これは CO<sub>2</sub> の推定貯留能力を考えれば実現不可能なことではない。しかし、EU では、一次エネルギーのなかで天然ガスが占める割合は現在の 24% から 2050 年までに 40% にまで倍増することが、一部の 450ppm CO<sub>2</sub>e シナリオでは前提とされている。このことは、特にヨーロッパで最近ガス供給が混乱したことを考えると、エネルギー供給の確実性にリスクを持ち込むことになるかもしれない。450ppm CO<sub>2</sub>e は、2030 年にはアメリカで年 1,100-1,750 億ドル（対 GDP 比 0.8-1%）、EU で年 900-1,300 億ドル（同 0.6-0.9%）の追加投資を要求している（表 4.2 参照）。

##### 中国

排出を現在の水準を下回るまで大幅に削減するというこ

は、石炭について世界最大の生産国であると同時に消費国でもある中国にとっては大変な目標である。中国の石炭依存度は、商業面で必要とされるエネルギーに関しては 70% に達している（アメリカは 24%、ヨーロッパは 16% である）。450ppm CO<sub>2</sub>e を達成するためには、中国では一次エネルギー総需要が 2050 年までに予測されている平常通りの水準を 20-30% 下回らなければならない。エネルギー原単位でいえば、この先 40 年間にわたって年 3.1% ずつ低下させなければならない。

中国の GDP は 1980-2000 年で 4 倍になったが、素晴らしいことに、エネルギー消費は 2 倍の増加にとどまった。しかし、2000 年以降、この傾向は逆転している。しかし、エネルギー原単位は一部の工業部門では低下が継続している。主な要因は、国内および輸出向けの生産に伴う堅調な需要に牽引されて重工業のシェアが急拡大したことにある<sup>b</sup>。中国が世界の生産に占めるシェアは、鉄鋼 35%、セメント 50%、アルミニウム 28% となっている。発展の段階がエネルギー集約的な産業が経済を支配するという状況であるため、排出を成長から切り離すのは大きな挑戦課題となる。

中国では石炭火力発電所の平均効率は過去 10 年間で 15% 上昇し、平均 34% に達している。小規模な石炭火力発電所を閉鎖し、それを大規模で効率的な発電所で代替することを義務化した政策のおかげで、過去 2 年間で CO<sub>2</sub> 排出は年間 6,000 万トン減少している。新しい石炭火力発電所には最先端の超臨界圧技術や超々臨界圧技術が装備されている<sup>c</sup>。

このような進展にもかかわらず、中国は 450ppm CO<sub>2</sub>e を達成するためには、一次エネルギー構成に占める石炭のシェアをやはり激減させる必要があるだろう（ボックス 4.3 の最初の表を参照）。再生可能エネルギーは 2050 年までに総エネルギー需要の 40% 程度をまかなうことができるだろう。いくつかのシナリオは原子力プログラムについて極めて野心的である。中国はフランスが達成した速度の 3 倍で原子力発電所を建設し、2050 年の原子力発電能力はフランスの現在の能力の 7 倍に達するとしている。中国におけるガスの埋蔵量が限られていることを考えると、一部のモデルで前提とされているように、一次エネルギーのなかでガスが占めるシェアを、現在の 2.5% から 2050 年までに 40% にまで引き上げられるかは疑問である。

石炭は国内埋蔵量が膨大であることから、中国では今後数十年間にわたり重要なエネルギー源にとどまる可能性が大きいだろう。炭素に制約された世界のなかで中国が経済成長を維持するためには、CCS が必要不可欠である。450ppm CO<sub>2</sub>e シナリオの予測によれば、2050 年までに中国の石炭発電所の 85-95% に CCS 設備を設置しなければならない。現時点での予測では、排出源から 100km 以内であれば 1 年で 3 ギガトンの CO<sub>2</sub> 貯留が経済的に利用可能である。このことから、中国における CCS 設備設置目標を上回することは可能である。しかし、離れた場所の評価、技術の飛躍的な発展、将来における炭素価格設定によっては状況が変わり得る。450ppm CO<sub>2</sub>e シナリオは、

中国に2030年までに年間300-2,600億ドル(対GDP比0.5-2.6%)を追加投資することを求めている。

### インドとその他の途上国

代替エネルギー源やCCSの潜在力が限定的であることを考えると、インドは排出軌道の大幅な変更という点において達成が極めて困難な課題に直面している。インドは中国と同じように石炭に大きく依存している(商業的なエネルギー需要のうち53%を占めている)。450ppm CO<sub>2</sub>eを達成するためには、インドは真のエネルギー革命が必要である。一次エネルギー総需要を2050年までに平常通りの予測との比較で15-20%削減し、エネルギー原単位は現在から2050年までの間に毎年2.5%ずつ低下させなければならない。これは過去10年間の努力を倍増するという意味を意味する。しかし、エネルギー効率を改善して、29%にも達する送配電の損失を世界平均の9%に近い水準まで削減できる可能性は大きい。インドの石炭火力発電所の効率性は近年改善したとはいえ、平均効率は依然として29%にとどまっており、ほぼすべての石炭火力発電所は亜臨界圧技術を用いている。

インドで石炭が一次エネルギー構成に占めるシェアは、中国の場合と同じく大きい。450ppm CO<sub>2</sub>eを達成するためには大幅な削減が必要であろう。水力発電(150ギガワット)と陸上風力発電(65ギガワット)の潜在力は絶対的には大きいものの、将来のエネルギー需要との対比では小さい(450ppm CO<sub>2</sub>eシナリオの下で2050年までに電力のうち12%のシェア)。近隣諸国から天然ガスと水力発電を輸入するという未開拓の分野には大きな潜在力があるが、国境をまたがるエネルギー貿易協定の締結には困難が伴う。太陽光が大きな役割を果たすには、コストの大幅な低下が必要である。一部のモデルは、450ppm CO<sub>2</sub>eシナリオの下では、インドはバイオマスによって一次エネルギーの30%を供給する必要がある、と示唆している。しかしそれは、バイオマスに関する持続可能な潜在力を超えている。というのは、バイオマス生産は土地と水をめぐって農業や林業と競合するからである。

インドでは、経済的に利用可能なCCSの場所は限定的である。総容量は5ギガトン未満にとどまるため、一部の450ppm CO<sub>2</sub>eのシナリオで予測されているように、たとえ

2050年までに石炭発電所の90%にCCSを行う場所が整備されたとしても、対応できるのはわずか3年分のCO<sub>2</sub>排出にすぎない。追加的な用地の評価や技術の飛躍的な発展によってこの状況が変わる可能性はある。450ppm CO<sub>2</sub>eのシナリオは、2030年でみると、インドの場合、年間400-750億ドル(対GDP比1.2-2.2%)の追加投資が必要であるとしている。

現在、サハラ以南アフリカ(南アフリカを除く)は、世界におけるエネルギー関連の年間CO<sub>2</sub>排出のうち1.5%を占めている。そして2050年までに2-3%に増加するにすぎないと予測されている。基礎的な近代エネルギー・サービスを貧困層に提供することが優先課題であり、世界の温室効果ガスを増加させる効果は極めて小さい。しかし、世界的なクリーン・エネルギー革命は低所得国にとっても意味があり、次世代技術へ跳躍する可能性も否定できない。クリーン・エネルギーはエネルギー利用の増大に大きな役割を果たすことができ、エネルギー効率化の追求は停電の短期的な解決策として費用効果に最も優れたものになるだろう。

気候・エネルギーのモデルによると、450ppm CO<sub>2</sub>eシナリオの下では、ほとんどの途上国は再生可能エネルギーの増産を図る必要がある。アフリカ、ラテンアメリカ、アジアは近代的なバイオマスに転換することでこれに貢献できるだろう。また、ラテンアメリカとアフリカには膨大な未開拓の水力がある。ただし、その量は気候変動に伴って信頼性が低下している水循環の影響を受ける可能性がある。このような諸国は天然ガスを大幅に増やす必要もあるだろう。

出所：Calvin 他(近刊)；Chikkatur 2008；Dahowski 2009；de la Tore, Fajnzylber, and Nash 2008；Dooley 他 2006；German Advisory Council on Global Change 2008；Government of India Planning Commission 2006；Holloway 他 2008；IEA 2008b；IEA 2008c；IIASA 2009；Lin 他 2006；McKinsey & Company 2009a；Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007；Wang and Watson 2009；Weber 他 2008；World Bank 2008c；Zhang 2008。

a. 統合的な世界炭素市場に基づくもので、各国間の明示的な分担はまったく考慮していない。現実にはその可能性は低い。分担は第1章で、非付属書国の参加遅延のが意味することは第6章で検討されている。われわれは途上国(中国とインド)に関するモデルも評価したが、450ppm CO<sub>2</sub>eシナリオに関する公式情報は入手不可能である。

b. Lin 他 2006。中国の排出を2005年でみると、輸出向け生産が約3分の1を占めている(Weber 他 2008)。

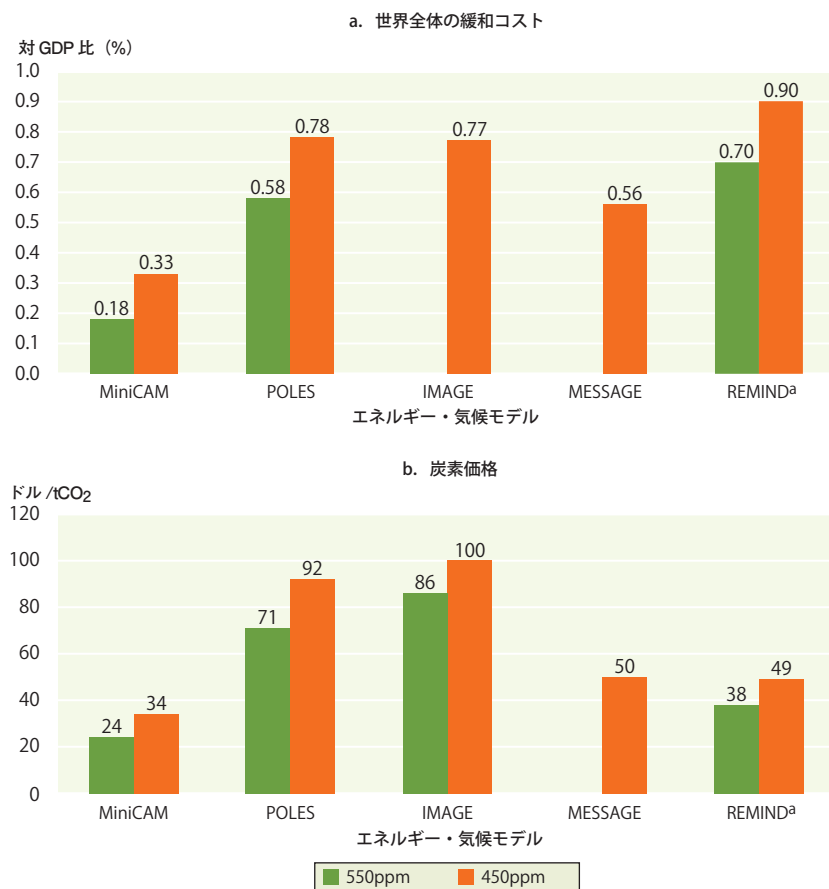
c. 超臨界圧と超々臨界圧の発電所は、効率性を高めるためにより高い蒸気温度と圧力を使う。これらの発電効率は超臨界圧の発電所の平均効率率が35-38%であるのに対して、それぞれ38-40%、40-42%となっている。

エネルギー・インフラがもっている慣性もたらす好都合な特徴のひとつは、新しいインフラへの効率的な低炭素技術の導入は、低炭素型軌道に方向付けされる機会を提供するという点である。現在から2020年までに建設される耐用期間の長いエネルギー資本ストックは、少なくともその半分が途上国に設置されることになるだろう<sup>38</sup>。例えば、2015年における中国の建築物ストックの半分は2000年から2015年の間に建設されることになるだろう<sup>39</sup>。先進国では住宅

用建物の廃棄が遅い傾向にあるため、そのような機会は相対的に少ない。例えばフランスでは、2050年に存在が予想される住宅用建物のストックは、その60%がすでに建設されてしまっている。この事実が暖房や冷房に対する需要を削減する能力を制約している。建物の骨組みの更新や置換が必要になるからである。しかし、先進国と途上国の両方で、今後の10年間にクリーン・エネルギー技術を用いた新しい発電所を建設する機会は多数存在する。このことによって、炭



図 4.8 5つのモデルによるCO<sub>2</sub>eで450ppm (2°C)及び550ppm (3°C)を達成するために必要な緩和コストと炭素価格の推定値



出所：Knopf (近刊)；Rao 他 2008; Calvin 他 (近刊) からのデータに基づく WDR チームの試算。

注：このグラフは次の5つの世界的なエネルギー・気候モデルに基づく緩和コストと炭素価格を比較したものである。MiniCAM, POLES, IMAGE, MESSAGE, REMIND (モデルの前提と方法に関しては注 28 参照)。MiniCAM, POLES, IMAGE, MESSAGE は、エネルギー・システムの転換という緩和コストを、外生的に与えた 2030 年の GDP に対する比率としてベースラインとの比較で報告している。

a. REMIND の緩和コストは、外生的に与えた 2030 年 GDP の損失というマクロ経済的なコストとしてベースラインと比較したものである。

表 4.2 2030 年に温暖化を 2°C (450 ppm CO<sub>2</sub>e) に抑制するために必要とされる投資 (2005 年不変ドル価格, 10 億ドル)

地域	IEA	McKinsey	MESSAGE	REMIND
世界	846	1013	571	424
途上国	565	563	264	384
北アメリカ		175	112	
EU		129	92	
中国		263	46	
インド		75	43	

出所：IEA 2008b; Knopf 他 (近刊)；B. Knopf からの追加データ；Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009; V. Krev からの追加データ；McKinsey & Company 2009a; J. Dinkel McKinsey からの詳細なデータ。

素集約的な燃料に今後更に制約されるのを回避することができる。

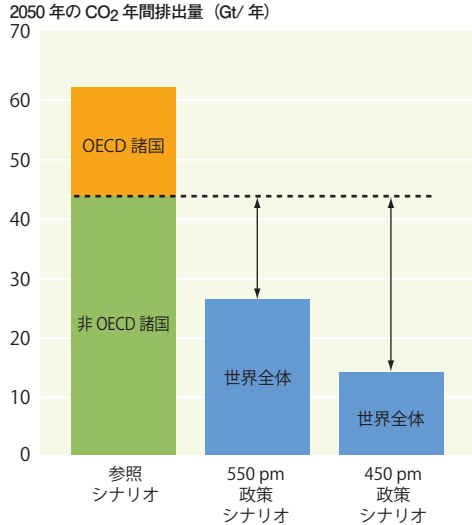
パリ行動計画で概要が示された理由から、先進国は排出削減の指導的な立場に立たなければならない(第5章)。これが気候変動に関する国連枠組条約に基づく現在の交渉を形作っている。しかし、先進国だけでは、世界を2℃の軌道に乗せることはできない。たとえ先進諸国が排出をゼロにしたとしても無理である(図4.9)。2050年までに世界の人口は90億人に達し、そのうちの80億人は現在の途上国で生活しているだろう。そして世界の排出総量の70%を占めると予測されている<sup>40</sup>。しかし先進国は、先進的な低炭素技術を追求め、低炭素型成長が実現可能であることを実証しつつ途上国に対して財政援助と低炭素技術転移を供与することができる(表4.3)。

技術と政策のあらゆる側面で行動を起こす

世界が向かっているところと向かう必要があるところのギャップを埋めるためには、エネルギー・システムにどのような根本的な変化が必要だろうか？ その答えは、エネルギー原単位を削減し低炭素燃料へ移行するための効率的でクリーンなエネルギー技術にある。現在の傾向が続けば、エネルギーに関連する世界のCO<sub>2</sub>排出は、2005年の26ギガトンから、2050年までに43-62ギガトンに増加するだろう<sup>41</sup>。しかし、450ppm CO<sub>2</sub>eの軌道に乗るためには、エネルギー排出は2050年までに12-15ギガトンに削減されなければならない。これは緩和に関して28-48ギガトンもの不足である(図4.10)。モデルはこのギャップを埋めるための4つの技術を頼りにしている。エネルギー効率化を筆頭に、再生可能エネルギー、CCS、原子力が続く<sup>42</sup>。

これらの一連の技術は、450ppm CO<sub>2</sub>eの軌道に乗ることが要求する大幅な排出削減を最少のコストで達成するために必要なものである。なぜならば、国ごとに異なるものの、各技術にはさまざまな物理的及び経済的な制約があるからである。例をあげてみよう。エネルギー効率化は障害と市場の欠陥に直面している。風力や水力、地熱による発電は適切な場所の利用可能性によって制約される。バイオマスは土地と水をめぐって食料や森

図4.9 温暖化を2℃(450ppm)ないし3℃(550ppm)に抑制するためには世界規模での行動が不可欠。先進国だけではたとえ排出を2050年までにゼロに削減しても、世界を2℃ないし3℃の軌道に乗せることはできない



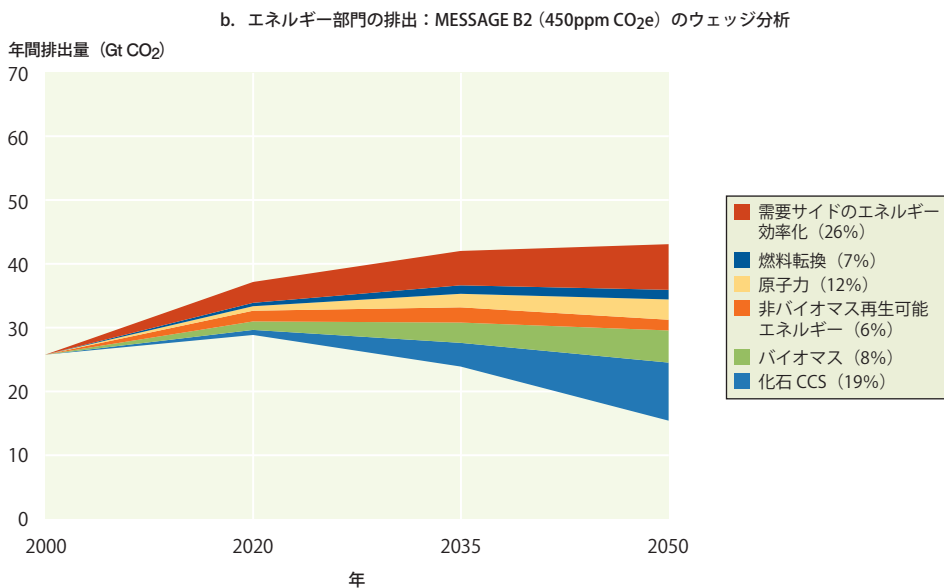
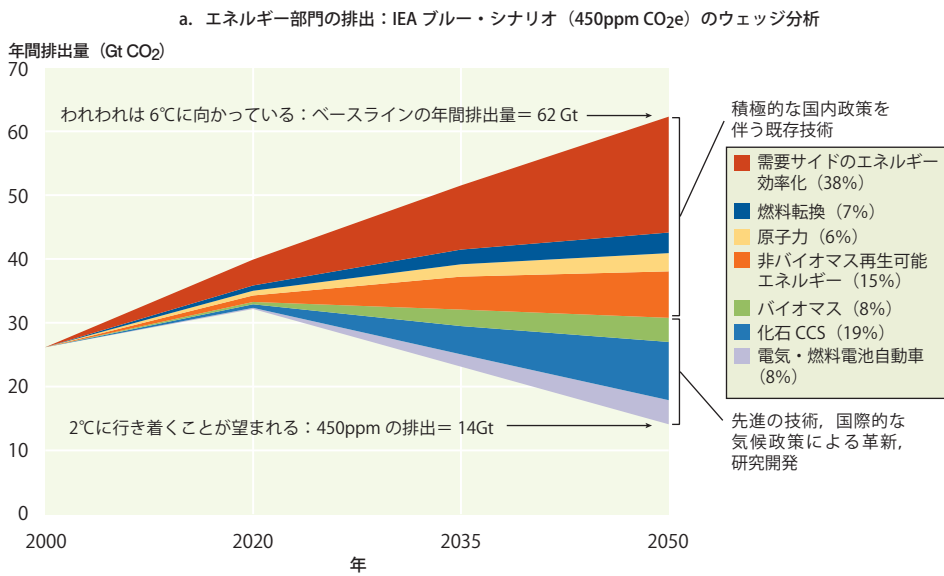
出所：IEA 2008b; Calvin 他(近刊)からの翻案。  
注：先進国のエネルギー関連排出(オレンジ色)がたとえゼロに削減されても、途上国の排出(緑色)が平常通りであれば、世界の排出は550ppm CO<sub>2</sub>eや450ppm CO<sub>2</sub>eのシナリオ(青色)を2050年までに達成するのに必要な水準を超過する。

表4.3 国によって状況は異なっており、それぞれの国に適したアプローチをとる必要がある

国	低炭素の技術と政策
低所得国	送電線網および非送電線網の選択肢を通じてエネルギー利用を拡大 エネルギー効率化と再生可能エネルギーを最小コストの時に利用 化石燃料補助金を廃止 コストが回収できる価格設定を採用 送電線網インフラが存在しない場合、直ぐに分散型発電を採用
中所得国	エネルギー効率化と再生可能エネルギーの規模を拡大 都市、及び輸送の手段を低炭素利用に統合 化石燃料補助金を廃止 地方の外部性を含むコストが回収できる価格設定を採用 新技術について研究、開発、実証を実施
高所得国	自国で大幅な排出削減を実施 炭素に価格を設定(排出権取引あるいは炭素税) 化石燃料補助金を廃止 新技術について研究、開発、実証を増加 エネルギー多消費型の生活スタイルを変更 途上国に対して資金と低炭素技術を供与

出所：WDR チーム。

図 4.10 世界が向かっているところと世界が向かう必要があるところの間の排出格差は膨大であるが、一連のクリーン・エネルギー技術は世界を 450ppm CO<sub>2</sub>e (2°C) にとどめるのに役立つ



出所：Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IASA 2009; IEA 2008b からのデータに基づく WDR チームの試算。  
 注：燃料転換は石炭からガスへの変更。非バイオマス再生可能エネルギーには太陽光や風力、水力、地熱が含まれる。化石 CCS は CCS を伴う化石燃料。各ウェッジがもっている正確な緩和の潜在力はベースラインに応じてモデルごとに異なるかもしれないが、総合的な結論は同じである。

林との競争に制約を受ける（第 3 章参照）。そして太陽光発電は依然として高価である（ボックス 4.5）。原子力発電には核兵器の拡散、核廃棄物の管理、原子炉の安全性にかかわる懸念が存在する。発電所向けの CCS 技術はコストが高く、商業的にはまだ実証されておらず、コストが高くて、一部の諸国では貯留する場所の入手可能性に

よって制約を受ける可能性がある。

このような技術的な制約を織り込んだ外部要因に対する感度分析は次のことを示している。すなわち、450ppm CO<sub>2</sub>e は、エネルギー効率化や再生可能エネルギー、CCS 技術を大規模に活用しなければ達成不可能であり<sup>43</sup>、原子力の役割を削減すれば、化石ベース炭素の回収貯留と再生可

### ボックス 4.5 再生可能エネルギー技術には膨大な潜在力があるが制約にも直面している

#### バイオマス

電気や熱、輸送の燃料としての近代的なバイオマスには、気候変動の緩和に関してすべての再生可能エネルギー源のなかで最も大きな潜在力がある<sup>a</sup>。エネルギー用の作物に加えて、農業や林業の残余が供給源となる。バイオマス残余利用における最大の課題は、長期にわたって信頼のおける供給を発電所へ適切な価格で提供することである。鍵を握っているのは物流の制約と燃料収集にかかるコストの問題である。エネルギー用の作物は、管理が不適切であれば食料生産と競合して、食料価格に好ましくない影響を及ぼす恐れがある（第3章）。又、バイオマス生産は気候変動という物理的影響を受けやすい。

バイオマスの将来の役割に関する予測は持続可能なバイオマス供給に対する制約を考えると、技術的な面での飛躍的発展が生産性を大幅に引き上げることがないならば、おそらく過大評価されているといえる。エネルギー・気候モデルの予測では、バイオマスの利用は約150-200エクサジュールと4倍近く増加し、2050年における世界の一次エネルギーの4分の1を占めるとされている<sup>b</sup>。しかし、バイオマス資源（残余とエネルギー作物の両方）について、食料や森林資源に混乱をもたらさない技術的に持続可能な最高限度は、2050年までに80-170エクサジュールの範囲内であり<sup>c</sup>、しかもこのうち経済的に実現可能であるのは一部にすぎない。加えて一部の気候モデルは、マイナスの排出が実現されて今世紀前半にある程度の時間が稼げるという点に関して、バイオマス・ベースのCCSという未立証の技術を頼りにしている<sup>d</sup>。

トモロコシ・ベースのエタノールなど、主に輸送向けの一部の液体バイオ燃料は、ライフサイクルという視点からは炭素排出を改善するどころかむしろ悪化させる可能性がある。葉やバガシ [訳注：サトウキビのしぼりかす]、野菜草木などのリグノセルロース系の供給原料に基づく一部の液体バイオ燃料は、収量が高く温室効果ガスの排出が少ないという持続可能な生産の可能性があるが、依然としてR&D段階にとどまっている。

#### 太陽光発電

地球上で最も豊富なエネルギー源である太陽光発電は、最も急速に拡大している再生可能エネルギー産業となっている。太陽光発電には主に2つの技術がある。太陽光発電システムと集光型太陽熱発電の2つである。太陽光発電システムは、太陽エネルギーを直接的に電気に転換する。集光型太陽熱発電は、鏡を用いて太陽光を集め、集めた光で輸送流体を熱し、発生する蒸気でタービンを回す。集光型太陽熱発電の方がずっと安価であり、化石燃料に代わってベースロード負荷の生成について、最も大きな潜在力を持っている。これは化石燃料の発電所に取って代わる大規模な電力である。しかし、この技術にはタービンを冷却するための水が必要であり、太陽熱発電所が建設される傾向にある砂漠ではそれが制約になっている。したがって、増加は地理的な条件によって制約を受ける。集光型太陽熱発電が使えるのは太陽光の直射だけであること、送電インフラが欠如していること、必要となる資金の額が大きいことなどが原因である。太陽光発電システムは場所にそれほど敏感ではなく、建設に時間がかからない。又、

分散型発電と送電線網外での使用の両方に適している。太陽熱温水器は建物で水を加熱するためのガスや電気の利用を大幅に削減することができる。中国は世界の太陽熱温水器市場を支配しており、60%以上のシェアを占めている。

現在のコストなら、集光型太陽熱発電はCO<sub>2</sub>1トン当たり60-90ドルの価格で石炭とコスト的に競争できる<sup>e</sup>。しかし、集光型太陽熱発電は経験からの知識と規模の経済があれば、10年以内に石炭とコスト的に競争できるようになるだろう。そして世界全体での設備能力は2020年までに45-50メガワットに増加するだろう<sup>f</sup>。同様に、太陽熱発電は設備能力が増加することに、コストが15-20%低下するという習熟率がある<sup>g</sup>。世界全体の容量はまだ小さいため、学習を通じたコスト削減の潜在性には極めて大きなものがある。

#### 風力、水力、及び地熱

風力、水力、及び地熱による発電はすべて資源と適切な場所の制約を受けている。風力発電は過去5年間に年率25%で増加し、2008年には設備容量は120ギガワットに達している。ヨーロッパでは、2008年に建設された発電所をみると、風力発電所が他の技術を押さえて最大のシェアを占めた。しかし、気候変動で風力資源は影響を受ける可能性がある。風速は高くなっても風の吹き方の変動性が大きくなっている<sup>h</sup>。

水力発電は世界全体で電気について主導的な再生可能エネルギー源となっており、世界全体の電力の16%を占めている。その潜在力は、適切な場所の利用可能性（世界全体で経済的に利用可能なのは年600万ギガワットの発電に相当する土地）<sup>i</sup>、必要とされる資金が巨額であること、開発に長い準備期間が必要であること、社会的、及び環境面での影響が生じる懸念があること、気候の変動性が大きくなっていること（特に水資源）などの制約を受けている。経済的に実現可能な潜在力のうち未開拓となっている地域の90%以上は、サハラ以南アフリカ、南・東アジア、ラテンアメリカを中心とした途上国にある<sup>j</sup>。アフリカについていえば、水力発電の潜在力は8%しか使われていない。

アフリカや南アジアの多くの諸国については、地域的な水力発電の取引によって、排出ゼロで最小コストのエネルギーを提供できるだろう。しかし、政治的な意思と信頼の欠如や、エネルギー安全保障の懸念がそのような取引の制約になっている。また、気候変動の増大が水循環に影響を及ぼすだろう。旱魃や氷河融解があれば、水力発電の供給は一部の地域で信頼性が低下する懸念がある。にもかかわらず、20年間にわたる停滞を経て、水力発電はアジアを中心に増加しつつある。しかし、現在の金融危機を受けて、巨額の所要資本を調達するのがむずかしくなっている。

地熱は電気、加熱、冷却といったサービスを提供することができる。アイスランドでは、必要とされる電力の26%、建物の暖房に必要な熱の87%を地熱でまかなっている。しかし、この電力源には先行的な地質調査とコストのかかる地熱井戸の採掘のために、巨額の財政的誓約を必要とする。

#### スマートなグリッドとメーター

スマート・グリッドは、発電所とユーザー間の双方向型デジタル通信によって需給をリアルタイムで均衡させ、需要の



ピークを平準化する。又、消費者を電気の生産及び消費に積極的に関与させることができる。風力や太陽光など多種多様な再生可能資源による発電の占める割合が増加しているなかで、スマート・グリッドは電力の変動にうまく対処できる<sup>k</sup>。電気自動車、必要な時に蓄電したり、グリッドに電機を売り戻したりすることも可能になる。スマート・メーターは顧客と通信することができるため、顧客はそれに基づいて器具や利用時間を変更することによってコストを削減することが可能となる。

出所：

- a. IEA 2008b.
- b. IEA 2008b; Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IASA 2009; Knopf 他 (近刊)。
- c. German Advisory Council on Global Change 2008; Rokityanskiy 他 2006; Wise 他 2009.
- d. Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IASA 2009.
- e. IEA 2008b; Yates, Heller, and Yeung 2009.
- f. Yates, Heller, and Yeung 2009.
- g. Neij 2007.
- h. Pryor, Barthelmine, and Kjellstrom 2005.
- i. IEA 2008b.
- j. World Bank 2008b.
- k. Worldwatch Institute 2009.

能エネルギーの大幅な増加が必要となる<sup>44</sup>。CCS 技術と第2世代バイオ燃料の利用可能性における不確実性は重要である。現在知られている技術に関しては、これらの技術における柔軟性の余地は限られている。

しかし、歴史的には、革新と技術の飛躍的な発展が、効果的でタイムリーな政策措置を背景に、手ごわい技術的な障壁を克服するコストを引き下げてきた。これは世界が現在直面している重要な課題である。数ある事例のなかで、酸性雨と成層圏オゾンの破壊は規制を導入する前に現存していた技術に基づいて推定した環境保全コストが、著しい過大評価に陥っていたことを例証するものとなっている<sup>45</sup>。

気候に関してスマートな開発政策は、各技術の成熟度と国内事情に合わせて作成される必要がある、そうすれば経済開発とのこのような技術の採用を加速することができる(図 4.11 および表 4.4)。

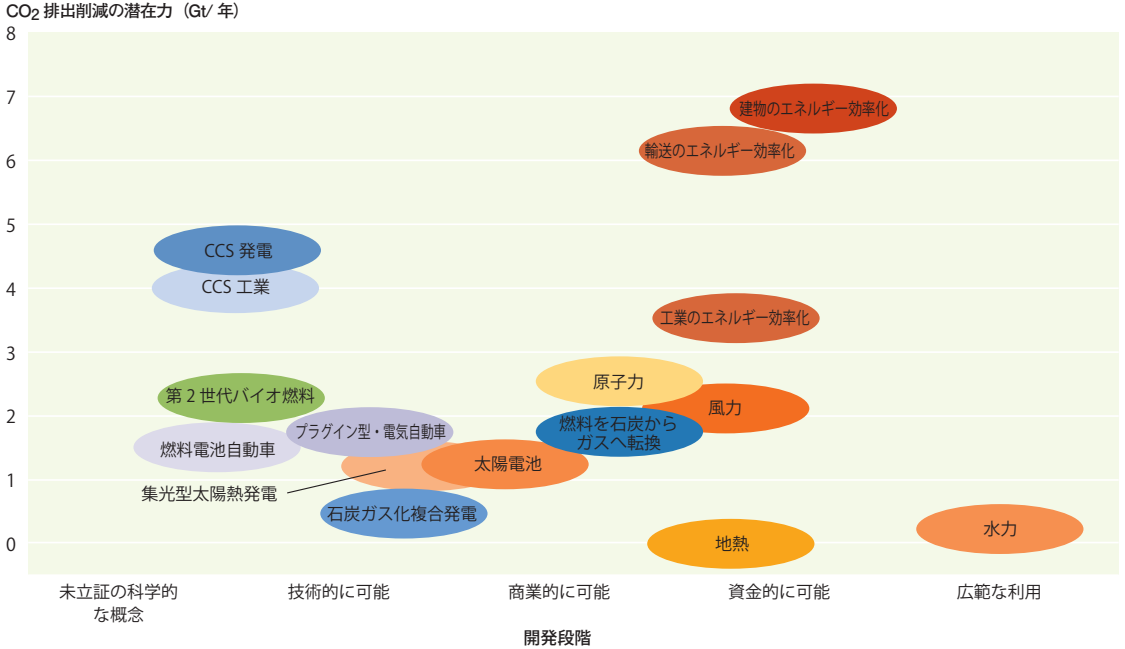
**エネルギーの効率化。** 短期的には、最も効果があり、かつ最小コストで排出削減を行えるのは、電力、工業、建物、及び輸送にかかわる供給と需要の両面でのエネルギー効率の改善である。すでに確立している技術で温室効果ガスの短期的な排出削減を図ることができる。それは炭坑や都市の固形廃棄物、ガスフレアからのメタン排出を回収し<sup>46</sup>、伝統的なバイオマス燃料からのブラック・カーボン排出を削減することによって可能である。このような技術は炭坑の安全性を高め、大気汚染を減らすことによって公衆衛生を改善することもできる<sup>47</sup>。多くのエネルギー効率化措置は投資家からすると収支的には有望であるが、まだ

完全には実証されていない。このように低コストで削減を図り、市場の失敗や障壁を是正するためには、エネルギー効率化の基準や規則の整備が必要である。それに加えて財政面でのインセンティブ、制度改革、融資の仕組み、消費者教育などを組み合わせる必要がある。

**既存の供給サイドの低炭素技術。** 短・中期的には、電力部門用の排出が少ない、ないしゼロの燃料——再生可能エネルギーと原子力——は商業的に入手可能であるため、これらの燃料は政策と規制の枠組みが適正であれば、もっと広く活用されるだろう。送電線網がスマートで耐性のあるものであれば、電力ネットワークの信頼性が高まり、不安定な再生可能エネルギーや分散型発電に依存することに伴う欠陥が最小化される(ボックス 4.5)。石炭から天然ガスへの燃料の転換も緩和に関して大きな効果をもっている可能性があるが、ガス輸入国ではエネルギーの安全な確保に対するリスクが高まる。ほとんどの再生可能エネルギーは技術的には存続可能であるが、採算的にはまだ存続可能になっておらず、したがって、化石燃料とコスト的に競争できるようにするためには、何らかの形の(外部効果を内部化するための)補助金が必要である。このような技術を大きな規模で採用するためには、化石燃料の価格が生産や外部効果に関するすべての費用を反映することに加えて、低炭素技術を採用するための財政面のインセンティブが必要である。

**先進技術。** 商業的に利用可能な技術は、短・中期的に必要な緩和について大きな貢献ができるものの<sup>48</sup>、温暖化を2℃に抑制するためには、先

図 4.11 低炭素技術を未立証の概念から広範な利用と排出削減の増加に押しやるのが目標である



出所：次からのデータに基づき WDR チームが作成。World Bank 2008; IEA 2008a (2050 年に関する IEA ブルー・シナリオにおける緩和の潜在力)。  
 注：技術の開発段階に関する詳細な定義は表 4.4 を参照。一定の技術グループは同じ時期に、各国のさまざまな環境のなかでさまざまな規模と段階で進歩している可能性がある。例えば、風力発電はアメリカではガス火力発電との比較ですでにコスト競争力をもっている (Wiser and Bolinger 2008)。しかし、中国とインドでは、風力発電は石炭火力発電所との比較で、経済的には受け入れ可能かもしれないが、資金面ではそうではない。したがって、クリーン技術がさらに多くの場所でもっと大規模に採用されるためには、表 4.4 の上から下に移動しなければならない。

表 4.4 技術の成熟度に対応した政策手段

成熟段階	状況	次の段階に進むために 取り組むべき問題	政策支援
技術的に可能	基礎科学は実験室ないし限定的な規模で立証試験済み。若干の技術コストの障壁が残っている。	相当な規模による操業可能性を立証しコストを最小化するための開発を 実証。地球規模の外部性の内部化。	技術開発政策 官民による大幅な R&D と大規模な 実証。 炭素税ないし排出権取引を通じた 地球規模の外部性の内部化。 技術移転。
商業的に利用可能かつ経済的に可能	技術は商業的な業者から入手可能。予想されるコストは十分に理解されている。技術は経済的に受け入れ可能で、当該国の開発利益で正当化可能。しかし、補助金あるいは地方的外部性の内部化のどちらかまたは両方がないと、まだ化石燃料と競争できない。	クリーンエネルギーと化石燃料の競争条件を平準化。	競争条件を平準化するための国内政策。 化石燃料補助金の廃止と地方外部性の内部化。 クリーンエネルギーに対する財政インセンティブの供与。
財政的に可能	技術はプロジェクト投資家にとって資金的に受け入れ可能。すなわち、化石燃料との比較でコスト競争力がある、あるいは金融的な利回りが高く、需要の選択肢としては回収期間が短い。	市場の失敗や障害が市場を通じた採用の加速化を阻害。	市場の失敗や障害を除去するための金銭的なインセンティブを伴った規制。 提供の仕組みに対する支援と採用を拡大するための融資計画。 消費者教育。
広範に利用	技術は市場性の操業を通じて広く採用されつつある。		

出所：WDR チーム。

### ボックス 4.6 先進技術

炭素回収貯留 (CCS) は化石燃料からの排出を 85-95%削減できるため、炭素制約的な世界のなかで化石燃料の重要な役割を維持するという点において極めて重要である。3つの重要なステップがある。

- 発電所やその他の製造工程など、位置が固定している発生源から燃焼の前あるいは後で CO<sub>2</sub> を回収。
- パイプラインで貯留所に輸送。
- CO<sub>2</sub> を地質学的な場所に注入することで貯留。これは枯渇した油田やガス田 (石油とガスの回収率を上げるため)、炭層 (炭層のメタンの回収率を上げるため)、深層含塩層、海洋などで行われる。

現状では、1 トンの CO<sub>2</sub> が 50-90 ドルの価格になって初めて、CCS は通常の石炭と競争できる<sup>a</sup>。まだ R&D 段階にあり、技術的に未熟である。炭素発生源に近くて経済的に利用可能な地質学的に適した場所の数は、国によって大きく異なっている。枯渇した油田や石油の増進回収法が適用されている場所は早い段階でコストを下げるのに適しているが、排出を大幅に削減するためには深層含塩帯水層での貯留も必要であろう。CCS は発電所の効率を大幅に低下させ、漏電の可能性もある。

短期的な優先課題は、コストを削減し、信頼性を改善するための大規模な実証プロジェクトに拍車をかけることであろう。現在 4 つの大規模な商業的 CCS 実証プロジェクトが稼働中である。スプレイベナー (ノルウェー)、ウェイバーン (カナダ・アメリカ)、サラ (アルジェリア)、スノービット (ノルウェー) の 4 か所で行われており、主としてガスないし石炭ガス化にかかわるものである。このプロジェクトを合計すると、年間 400 万トンの CO<sub>2</sub> が回収できる。450ppm CO<sub>2</sub>e

軌道のためには、2020 年までにこのような大規模実証プラントが 30 基は必要である<sup>b</sup>。効率の低い発電所から CO<sub>2</sub> を回収するのは経済的に存続不可能であるため、後に CCS を装着できるように高度に効率的な技術を採用した新しい発電所を建設すべきである。CO<sub>2</sub> の注入や長期的な責務に取り組むためには、法律や規制の面で枠組みが確立されていなければならない。EU は CO<sub>2</sub> の地中貯留に関する指令を採択し、アメリカも CCS に関する規制を提案している。特に途上国では潜在的な炭素貯留所の詳細な評価も必要である。大規模な国際的な努力がなければ、技術や法律、制度、金融、環境などの関連する問題を解決するのに、10 年以上かかる可能性があり、CCS の実現とその拡大はその後になるだろう。

プラグイン型ハイブリッド車は完全な電気自動車に移行するまでの短期的な選択肢になる可能性がある<sup>c</sup>。電池と小型内燃機関を組み合わせたものであり、一部を夜間に充電するという形で、送電線網が供給する電気で走行することが可能になる。再生可能エネルギーで発電された電気で走行している場合、CO<sub>2</sub> の排出はガソリン車よりも 65%少ない<sup>d</sup>。しかし、電気の消費量の増加をもたらすため、全体として排出削減につながるかどうかは発電源次第である。エネルギー保存技術の大幅な改善とコスト削減が必要である。電気自動車は電池だけで動くが、プラグイン型ハイブリッド車と比べて電池の容量がずっと大きくなければならず、より高価であろう。

出所：

- IEA 2008b.
- IEA 2008b.
- IEA 2008b.
- NRDC 2007.

進的な技術 (電力や工業における CCS、第 2 世代バイオ燃料、電気自動車など) を前例のない規模とスピードで開発し利用することが必要である (ボックス 4.6)。炭素に妥当な価格を設定する政策が必須であり、低炭素技術を途上国に移転する国際的な取り組みも同様である。技術開発には長い準備期間が必要なことや、気温の上昇を 2°C に抑制するには排出が早い段階でピークを打つことが必要であることを考えると、政府は先進技術の革新と採用を加速化するために、研究や開発、実証に向けた取り組みに今拍車をかける必要がある。先進国はこのような技術の現実化という点において指導的な立場に立つ必要があるだろう。

部門全体や経済全体の排出削減について整合性のある政策を確保するためには、統合化された組織的なアプローチが必要である。炭素排出権取引制度や炭素税など市場ベースのメカニズム (第 6 章参照) は、大幅な排出削減を達成するために、

民間部門が最小コストの低炭素技術に投資するのを促進するだろう。

都市及び輸送に対する統合的な取り組みは、都市計画、公共輸送、エネルギー効率の良い建物、再生可能資源による分散型発電、クリーン自動車などをうまく結合することになる (ボックス 4.7)。ラテンアメリカの高速バス輸送システム——バス専用車線、バス料金の前払い、効率的な交通手段間での接続——における先駆的な経験は、広範囲にわたる都市転換の適例である<sup>49</sup>。大量輸送手段へのモーダル・シフトには、交通時間の大幅な節約や渋滞の減少、大気汚染の減少に伴う公衆衛生の改善など、開発面で大きな相乗利益がある。

低炭素型社会を実現するために行動様式や生活スタイルを変更することは、長期間にわたる教育面での協調した取り組みを必要とするだろう。しかし、移動や暖房、冷房、家電製品の利用を減ら

**ボックス 4.7 緩和と経済開発という相乗利益の達成に都市政策が果たす役割**

都市化はしばしば世界の排出増加を牽引しているといわれるが<sup>a</sup>、経済開発を牽引しているといった方が理解しやすい<sup>b</sup>。したがって、都市化は気候と経済開発という政策策定が重なる点として重要である。ほとんどの排出が都市で発生しているのは、まさにそこで生産と消費のほとんどが発生しているからである。また、都市における人口と経済活動の集中は、効率性の向上を実際に可能にしている。しかしこれは、適切な政策が行われている場合である。多数の要因から、都市の気候に関する行動計画が求められている。

第1に、人口密度の高い都市の方がエネルギーや排出の面でより効率的である（例えば、輸送部門について下図を参照）。したがって、各国では高密度化政策が必須である<sup>c</sup>。第2に、長期的な住宅および商業用建物の敷地決定によるインフラの大きくて永続的な影響力は、価格シグナルに対する排出の感度を低下させている。したがって、補完的な規制や土地利用計画が必要不可欠である。第3に、都市形態を構成するシステム——道路や公共輸送手段、水や廃水や電力のサービス、住宅用、商業用、及び工業用の建物——と、一度パターンができると変更が容易でないシステムの相互依存は、急速に都市化が進展している途上国における低排出都市設計の緊急性を高めている。

第8章で検討するように、都市はすでに政治的な動きの原動力になっており、国内で独自のイニシアティブを追求する場合であっても、国際的な舞台では緩和に向けた行動を推進することになるだろう。地方の意思決定は地方の問題に焦点を当てるとい一般の想定に反して、アメリカでは900を超える都市が温室効果ガス排出を削減するために、京都議定書

の目標を達成ないしそれを超えることに署名している<sup>d</sup>。また、40の都市で構成される「大都市気候先導グループ」は気候変動に対抗するための行動を推進することを目指すものであり、すべての大陸の主要都市が参加している<sup>e</sup>。

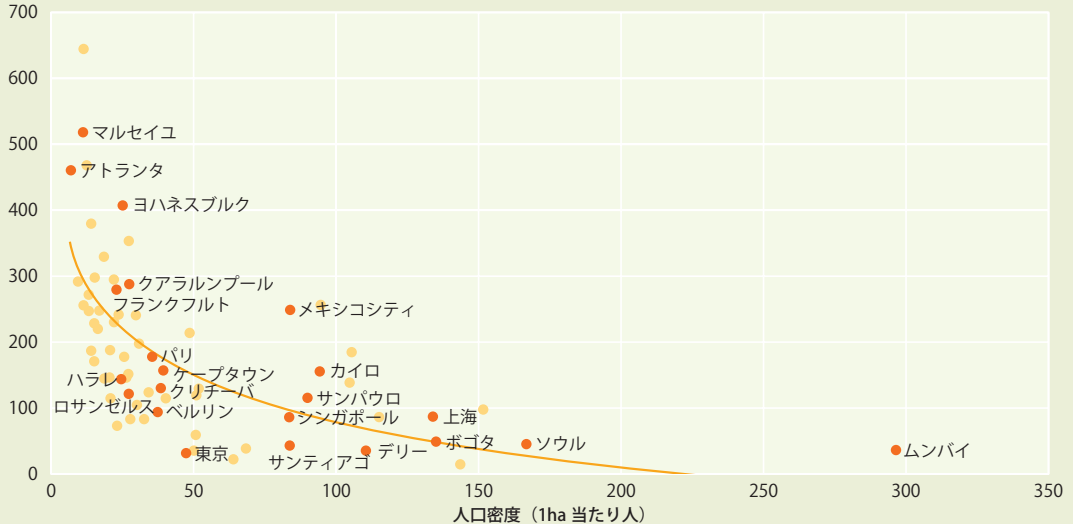
グローバルな問題を実際に経験する地方レベルの気候問題のように対応するという独自の能力が都市にはある。多くの都市はビニール袋、使い捨てコップ、瓶入りの水の使用を制限する条例を制定している。このようなイニシアティブは社会的なメッセージとしては重要かもしれないが、その環境に対する効果は最小限にとどまっている。もっと深い、影響力の大きい取り組み——渋滞税、緑の建物に対する優遇措置、自動車依存の低下を義務付けた都市設計に対する支援、土地課税や開発権に炭素価格を織り込むことなど——には、最終的には染み付いた（あるいは憧れの）高炭素型の生活スタイルの嗜好を克服するためのより包括的で文化的な運動が必要になるだろう。幸いなことに、緩和に必要な都市主導の措置の多くは、気候変動への適応に対して有益である。これはトレードオフを削減することになるだろう。

出所：WDR チーム。

- a. Dodman 2009.
- b. World Bank 2008f.
- c. World Bank 2009b.
- d. U.S. Conference of Mayors Climate Change Protection Agreement.
- e. <http://www.c40cities.org/> を参照。さらに、United Cities and Local governments と International Council for Local Environmental Initiatives は、UNFCCC 交渉プロセスのなかで都市の発言権の増大を要求する共同決議に同意している。

**輸送面での排出は密度の高い都市の方がずっと少ない**

輸送による個人の排出（1人当たり kg）



出所：World Bank 2009b.

注：上図は所得による補正は行っていない。輸送の排出を人口密度と所得に回帰させると、所得ではなく密度が鍵を握る要因であることがわかったからである。データは1995年。



すことや、大量輸送手段への切り替えなどによる生活様式の変更は、2030年までに年間のCO<sub>2</sub>排出量を3.5-5.0ギガトン、すなわち必要とされる削減量の8%を削減することができるだろう（第8章参照）<sup>50</sup>。

政府は国際的な気候協定の成立を待っている必要はない。政府は現時点でも効率的でクリーンなエネルギーを国内で採用することができる。それは開発や財政面での相乗利益によって正当化されるだろう。ただし、そのような国内の相乗的な措置は緩和の不足分を埋めるのに大いに役立つが<sup>51</sup>、その残りを埋めるためには国際的な気候に関する協定によって補完されることが不可欠である。

### エネルギー効率化によって節約を実現する

世界全体でみると、エネルギー効率化に投資した1ドルは供給サイドで2ドルの投資を節約できる。そして、この効果は途上国ではさらに大きくなる<sup>52</sup>。したがって、エネルギー資源計画のなかでは、エネルギー効率化（「ネガワット」）は伝統的な供給サイドの措置（「メガワット」）と等しいと考えるべきである。エネルギー効率化は消費者のエネルギー代を削減する。又、産業の競争力を高めて、雇用を創出する。エネルギー効率化は2℃の軌道にとって必須である。なぜならば、先進的なクリーン技術の開発と市場への投入が行われている間、追加的な能力を構築する必要性を遅らせることによって時間を稼ぐことができるからである。

建物は世界の最終エネルギーのほぼ40%を消費している<sup>53</sup>。そのうちの約半分は空間と水の加熱、残りは照明や空調、冷蔵など電気器具の作動に使われている<sup>54</sup>。エネルギー効率を改善する余地は、建物の外壁（屋上や壁、窓、扉、断熱など）、空間と水の加熱、電気器具などにある。建物は、緩和のための選択肢として最も優れている。CO<sub>2</sub> 価格が1トン当たり20ドル以下でも、潜在的な緩和の効果の90%が達成可能である<sup>55</sup>。研究から、既存のエネルギー効率化技術はライフサイクルを基に評価すれば、新しい建物のエネルギー利用を費用効果的に30-40%節約することが

可能であることがわかっている<sup>56</sup>。

このような研究のほとんどは高所得国のデータに基づいているが、途上国におけるエネルギー効率化による節約の潜在力は、ベースラインが低いいためさらに高くなるであろう。例えば、中国の建物で使われている現在の空間暖房技術は、西ヨーロッパで使われているものと比べてエネルギー消費量が50-100%も多い。中国の建物のエネルギー効率を改善すれば、建築コストは10%増加するが、エネルギー・コストが50%以上節約できる<sup>57</sup>。先進的な建材などの技術革新によって省エネの潜在力はいっそう大きくなる（第7章参照）。エネルギー効率化措置と太陽光やバイオマスによる自家発電及び発熱を組み合わせた統合的なゼロ排出の建物の設計は、技術的及び経済的に実現可能であり、コストは低下してきている<sup>58</sup>。

製造業は世界のエネルギー利用の3分の1を占めており、特に途上国では工業における省エネの潜在力には大きなものがある。モーターやボイラーなどエネルギー集約的な機械や、鉄鋼、セメント、化学、石油化学などエネルギー集約的な工業の効率性の改善は省エネ化の機会として重要である。最も費用対効果の良い措置は熱電併給である。既存技術と最善の手法は工業部門におけるエネルギー消費を20-25%削減することができ、成長を犠牲にすることなくカーボンフットプリントの削減に役立つだろう<sup>59</sup>。メキシコでは、大手の国有石油会社であるペメックスの石油精製所における熱電併給は、マイナスの緩和コストで同国の発電設備能力の6%以上を供給することができる（マイナスの緩和コストは、これまで浪費されていた電気や熱の売却が所要投資コストを十二分に相殺するという意味である）<sup>60</sup>。

例えば、輸送部門で排出削減を図るには、短・中期的には、ハイブリッド車に切り替えることによって車の燃費を改善することが最も費用効果的な手段である。動力伝達駆動系の改善（例えば通常の内燃機関の小型化）や、車重の軽量化、最適なギアによる変速、回生ブレーキによる始動停止システムなど他の設計変更も燃費の改善につながる。

さらに、都市計画がスマートであれば——密度

**ボックス 4.8 エネルギー効率化は数多くの市場性および非市場性の障害や失敗に直面している**

- **エネルギー価格が低い、あるいは割安。** エネルギー価格が低いことが、省エネのインセンティブを引き下げている。
- **規制の失敗。** 受領している熱が計量されていない顧客には温度調節をするという自発的な意志がなく、電力会社の料金設定は非効率性を報奨することになりかねない。
- **制度面で先導する人がおらず能力が低い。** エネルギー効率化の措置は細切れになっている。エネルギー効率化は、調整と推進をするために制度面で先導する人がいない限り、だれの優先課題にもならない。加えて、エネルギー効率化のサービスを提供する業者がほとんどおらず、その業者の能力も一夜では確立しないだろう。
- **インセンティブの欠如あるいは誤り。** 電力会社は省エネによってではなく、発電や電気の売買を増やすことによって利益を上げることができる。ほとんどの顧客にとって、エネルギー・コストは他の支出と比べれば僅少である。典型的には賃借人がエネルギー費を払うので、家主には効率的な器具や断熱に支出しようという意志がほとんど、あるいはまったくない。
- **消費者選好。** 自動車購入にかかわる消費者の決定は、効率性ではなく、通常は大きさやスピード、外観などに基いている。
- **先行する費用が高い。** 効率性の良い製品の多くは先行する費用の額が高い。個々の消費者は回収期間が短いことを求めており、高い先行費用を負担することには消極的であろう。低所得の顧客層は、好みの問題は別にしても、エネルギー効率が良い製品は高価で買うことができない可能性がある。
- **資金調達の障壁と高い取引コスト。** 多くのエネルギー効率化計画は資金の確保に苦労している。金融機関は、通常はエネルギー効率化に対して親近感あるいは関心をもっていない。取引規模が小さい、取引コストが高い、あるいは主観的なリスクが大きい、などがその理由である。エネルギー・サービス会社の多くは担保をもっていない。
- **製品が入手不可能。** 一部の効率的な製品は中・高所得国では簡単に入手できるが、低所得国ではそうではない。低所得国では高い関税が購買力を引き下げている。
- **意識と情報が限定的。** 消費者が知っているエネルギー効率化に関連するコストや利益、技術に関する情報は限定的である。企業は、節約の可能性に関する情報を提供するエネルギー監査に対してお金を使いたがらない。

出所：WDR チーム。

が高く空間的に小型かつ経済的で、都市中心部の成長を許容する混合利用型の都市設計と、都市の拡張を防止する交通の回廊があれば——、エネルギー需要とCO<sub>2</sub>排出を大幅に削減することができる。走行距離を削減して、地域暖房や統合型のエネルギー・システムに依存することが可能になる<sup>61</sup>。メキシコでは、例えば、密度の高い都市開発でCO<sub>2</sub>の総排出が2009-30年の間に1億1,700万トン削減されると期待されている。それ以外に社会面や経済面での利益もある<sup>62</sup>。

**市場性、非市場性の障壁と失敗**

エネルギー効率向上の大きな潜在力が未開拓のまま放置されているということは、低コストでも省エネが容易でないことを例証している。複数の関係者や何千万人もの個人の意思決定者を巻き込む小規模で細切れのエネルギー効率化措置は、大規模な供給サイドの措置に比べると基本的には複雑にならざるを得ない。エネルギー効率化への投資は将来の節約が明確でないのに事前にお金が必要になるため、資産ベースのエネルギー供給取引と比べてリスクが大きい。エネルギー効率化に

とっては非市場性の障壁はもちろん、市場性の障壁や失敗が数多くあるため、それに取り組むには追加的なコスト負担を伴う政策や介入が必要になる(ボックス4.8)。もう1つの懸念はリバウンド効果である。効率的な機器の入手によってエネルギー代が減少すると、消費者はエネルギー消費を増加させる傾向にあるため、エネルギー削減の一部は帳消しになってしまう。しかし、経験から、リバウンドは小さいといえる。個人の輸送や空間冷暖房の分野でみると、長期的なリバウンド効果は10-30%にとどまっており<sup>63</sup>、これは価格シグナルで緩和することが可能であろう。

**価格は真のコストを反映すべきである**

多くの諸国は陰に陽に公的な補助金を化石燃料に供与して、クリーン・エネルギーにかかわる投資決定を歪めている。エネルギー補助金はそれが多い上位20位までの途上国を合計すると、2007年に約100億ドル、対GDP比0.7%と推定されている<sup>64</sup>。補助金のほとんどは化石燃料の価格を人為的に引き下げている、これは省エネにとってマイナスのインセンティブになると同時

に、クリーン・エネルギーを金銭的に魅力のないものにしていく<sup>65</sup>。

化石燃料補助金を廃止すれば、エネルギー需要を減らし、クリーン・エネルギーの供給を促進してCO<sub>2</sub>排出を削減することができるだろう。多数の事例は、エネルギー価格を引き上げると需要が大幅に低下することを示している<sup>66</sup>。もしヨーロッパがアメリカのように燃料税を低くすれば、燃料消費は現在の2倍になるだろう<sup>67</sup>。電力と工業向けの化石燃料補助金を廃止すれば、世界のCO<sub>2</sub>排出は年6%も減少すると同時に、GDPが増加するだろう<sup>68</sup>。

しかし、このような補助金を廃止するのは簡単なことではない。これには強い政治的意思が必要とされる。燃料補助金は貧困層の保護を理由に正当化されているのが普通である。しかし、補助金のほとんどは裕福な消費者に供与されている。第1章と2章で検討したように、化石燃料に対する補助金を段階的に廃止する一方で、低所得層を対象とした有効な社会的保護措置を実施すれば、改革は政治的に実現可能で社会的に許容可能なものとなるだろう。エネルギー・サービス部門の透明性を強化することも重要であり、これには重要な情報の開示の義務化が必要となる。そうすれば、政府やその他の利害関係者は補助金の廃止に関して、より良い情報に基づく決定や評価を行うことができる。

エネルギー価格は生産コストを反映し、各国や国際的な環境に対する外部効果を織り込んでいるべきである。化石燃料の燃焼に伴う大気汚染は健康に対するリスクを高め、早死の原因となる。大気汚染を原因とする呼吸疾患は低所得国では死因の第1位であり、世界全体の疾病に対する負担に大きく関係している<sup>69</sup>。中国では、2020年までに平常通りのシナリオを15%下回る水準に温室効果ガスを削減すれば、火力発電と家庭のエネルギー利用を原因とする早死が年間2万5,000-18万5,000人減少するといわれている<sup>70</sup>。地方的な大気汚染に価格を設定することが、気候に関連する健康のコストの削減に極めて効果的であろう。

先進的なクリーン・エネルギー技術の規模を拡大して化石燃料との競争条件を等しくするた

めには、炭素税や排出権取引制度（第6章参照）を通じた炭素の価格設定が必要不可欠である<sup>71</sup>。そうすれば、民間部門が効率的でクリーンなエネルギー技術について大規模な投資や改革を行うインセンティブが生じる一方で、そのリスクが削減される（第7章参照）<sup>72</sup>。炭素の価格設定に関しては先進国が指導権をとるべきである。貧困国におけるエネルギー価格の上昇に伴う貧困層の保護や赤字企業の補償が懸念されているのは無理もない。社会的セーフティネットや無条件の所得扶助——おそらくは炭素税ないし排出権の競売で生み出された収入で資金提供を行う——が有益であろう（第1章と2章を参照）。

### 価格設定政策だけでは不十分：エネルギー効率化政策も決定的に重要

炭素価格を設定するという政策だけでは、エネルギー効率化と低炭素技術の大規模な研究開発を確保するには十分ではないだろう（ボックス4.9）。エネルギーの効率化はさまざまな分野において独自の障害に直面している。電力の分野では、少数の意思決定者がエネルギー効率化措置を採用すべきかどうかを決定しているが、財政面でのインセンティブが効果的であろう。輸送や建設、工業の分野では、分権化された大勢の個人がもっている選好によって採用が決定され、又採用には彼らが行動を起こすことが必要である。そして、エネルギー需要は価格シグナルにあまり反応しないことから、規制の方が有効であろう。一連の政策手段は、エネルギー効率化の障壁の除去に成功したことが証明されている事例を模倣することができるだろう。

**規制。** 経済全体にわたるエネルギー原単位の目標、電気器具の基準、建築基準、工業の性能目標（産出1単位当たりのエネルギー消費）、燃費基準などが、数ある中で最も費用効果の高い措置である。国家的なエネルギー効率化目標をもっている国は35カ国以上に達する。フランスとイギリスはエネルギー会社に対して省エネに関する割当の達成を義務付けるという形で、エネルギー効率化規制で一步先を行っている。日本では、公益事業会社は自社のベースラインの販売量ないし負荷

**ボックス 4.9 炭素価格の設定だけでは不十分**

炭素価格を設定するだけでは、効率的でクリーンなエネルギーの大規模な利用は保証できない。市場の失敗や、革新及び低炭素技術の普及に対する非市場性の障壁を完全には克服できないからである<sup>a</sup>。

第1に、価格は数ある障壁のひとつに対処できるだけである。制度のもつ能力やファイナンスの不足のような、その他の問題が省エネサービスの提供を阻害している。

第2に、エネルギー需要の価格弾力性は、長期的には高いが、短期的には総じて極めて低い。燃料価格の変化に対応して必要とされる輸送や家計のエネルギー利用の削減において、短期的な選択肢がほとんどないからである。自動車用の燃料価格の変化に対する需要の短期的な弾力性は、歴史的にみてわずかにマイナス0.2-0.4にすぎない<sup>b</sup>。しかも、近年はマイナス0.03-0.08とさらに小さくなっている<sup>c</sup>。ただし、長期的な弾力性はマイナス0.6-1.1となっている。

第3に、多くのエネルギー効率化措置の実施に対する価格弾力性が低いのは、中国のような成長している途上国における機会費用が高いことの結果かもしれない。20%の収益を生む効率化措置は魅力的であるが、もし他の投資が同程度のリスクでもっと高い収益を生むなら、投資家は効率化に投資しないだろう。

したがって、強力な価格設定政策は重要ではあるが、それだけでは十分ではない。市場の失敗を是正し、市場と非市場の障壁を撤廃し、クリーンな技術の開発を促進するような規制と組み合わせる必要がある。

出所：

- a. ETAAC 2008.
- b. Channon, Mauro, and Okawa 2008.
- c. Hughes, Knitel, and Sperling 2008.

に対して、一定割合の節電達成が義務化されている<sup>73</sup>。ブラジルや中国、インドにはエネルギー効率化法があるが、有効性はすべての場合において執行次第となっている。他の選択肢としては白熱灯の段階的な廃止の義務化がある。

エネルギー効率化基準を順守すれば、新しい発電能力の増強を回避あるいは延期し、消費者物価を押し下げることができるだろう。工業におけるエネルギー性能に対する目標は革新に拍車をかけ、競争力を高めることになる。ヨーロッパの新しい建物に関しては、建築基準による累積的な省エネは、1970年代の第1次石油ショック以前に作られた建物の省エネを約60%上回っている<sup>74</sup>。アメリカでは、冷蔵庫に関する効率基準によって、過去30年間にわたりピーク時の電力需要が150ギガワット節約されている。これは全米の原子力発電能力を上回る規模である<sup>75</sup>。効率化基準とラベリングを実施する計画は1キロワット時当たり1.5セントのコストがかかるが、他のどの電力供給対策よりもずっと安価である<sup>76</sup>。アメリカの冷蔵庫の平均価格は1970年代以降半分以下になっており、その効率性は4分の3以上も向上している<sup>77</sup>。

**財政的なインセンティブ。** 多くの途上国では規制の実効性が弱いことが懸念材料となっているため、規制は消費者や生産者向けの財政的なインセンティブで補完されなければならない。低所得国

の消費者は効率的な製品における先行費用の上昇に最も敏感である。消費者リベート制やエネルギー効率化住宅ローンなど<sup>78</sup>、このような先行する費用を相殺する財政面でのインセンティブがあれば、消費者の行動様式を変えて、支払い負担の可能性を高めることができる。又、新しい効率的な生産者の市場参入にかかわる障壁を克服することができるだろう。加えて、規制はリバウンド効果をもたらしやすいため、消費のリバウンドを防止するためには価格設定に関する政策が必要である。燃料税は輸送エネルギー需要の削減に最も費用効果的であることが判明している。渋滞税ないし渋滞保険、走行距離に基づいて自動車に課される税金、軽トラックやスポーツ用多目的車(SUV)に対する自動車税の引き上げにも同様の効果がある(表4.5)。

公益事業会社の需要サイドの管理は大きな省エネ効果をあげている。成功の鍵は公益事業会社の利益を売電量と切り離して、省エネのインセンティブを与えたことにある。規制当局は、需要予測を行って、公益事業会社にコストが回収でき、予測に基づいて一定の収益率を確保できる価格設定を許容する。もし需要が予想を下回れば、規制当局は価格の上昇を認めて会社が予想利益を確保できるようにする。もし予想を上回れば、規制当局は剰金を顧客に返還するために価格を引き下げる(ボックス4.10)。



表 4.5 エネルギー効率化, 再生可能エネルギー, 及び輸送に対する政策介入

政策分野	エネルギー効率化と需要サイド管理への介入策	再生可能エネルギーへの介入策	取り組むべき障害
経済全体	化石燃料補助金の廃止 課税 (燃料税ないし炭素税) 数量的制限 (排出権取引)		環境面での外部効果が価格に織り込まれていない 化石燃料補助金から生じている逆進的あるいは需要増加につながる歪み
規制	経済全体のエネルギー効率化目標 エネルギー効率化義務 家電製品基準 建築基準 燃費基準	義務的な購入, オープンで公平な送電線の利用 再生可能エネルギー利用割合基準 低炭素燃料基準 技術基準 相互接続規制	再生可能エネルギーによる独立系発電業者にかかわる法的枠組みの欠如 再生可能エネルギーによる送電線へのアクセスの欠如 省エネのインセンティブ欠如と誤ったインセンティブ 供給主導の考え方 相互接続要件が不透明
財政面でのインセンティブ	税額控除 資本補助金 売上から切り離れた利益 消費者還付金 利用時間料金制 燃料税 渋滞税 エンジン規模に基づく課税 保険あるいは走行距離に基づく課税 軽トラックや SUV に対する課税	固定価格買取制度, 利用量を差し引きで測定 グリーン証明書 リアルタイム価格設定 税額控除 資本補助金	高い資本コスト 価格設定ルールが不利 公益事業会社と消費者が節約するインセンティブの欠如
制度的取り決め	公益事業会社 エネルギー効率化担当機関 独立的な公社ないし当局 エネルギー・サービス会社 (ESCO)	公益事業会社 独立的な発電業者	分権化した関係者が多すぎる
ファイナンス・メカニズム	融資及び部分的融資保証 ESCO 公益事業社におけるエネルギー効率化, 需要サイド管理プログラム (システム利益基金を含む)	システム利益基金 リスク管理, 及び長期的な融資 譲許的融資	高資本コスト, 短期融資とのミスマッチ ESCO は担保不足, 規模が小さい 高リスクという感覚的な認識 高取引コスト 経験と知識の欠如
宣伝と教育	ラベリング メーターの設置 消費者教育	再生可能エネルギーの長所に関する教育	情報と意識の欠如 アメニティの損失

出所: WDR チーム。

#### ボックス 4.10 カリフォルニアのエネルギー効率化, 及び再生可能エネルギープログラム

アメリカでエネルギー効率化のリーダーとなっているカリフォルニア州では, 1人当たりの電力消費は過去30年間横ばいを維持しており, 全米平均を大きく下回っている (図のパネル a)。全米との相違の4分の1は, 電気の需要サイド管理プログラムの財政的なインセンティブと共に家電製品や建築基準によるものであると推計されている (図のパネル b)。カリフォルニアは1982年に電力会社の収益を販売から切り離しており, 最近になって, さらに一歩進めて, 「切り離しプラス」という制度を導入した。これは電力会社は省エネ目標を達成あるいは超過した場合は追加的な利益を得ることができるようにしたものである。

同州のエネルギー効率化プログラムの年間予算は8億ドルである。電気の上乗せ料金として徴収され, 電力会社の調達, 需要サイド管理, 研究開発に使われている。プログラムの平

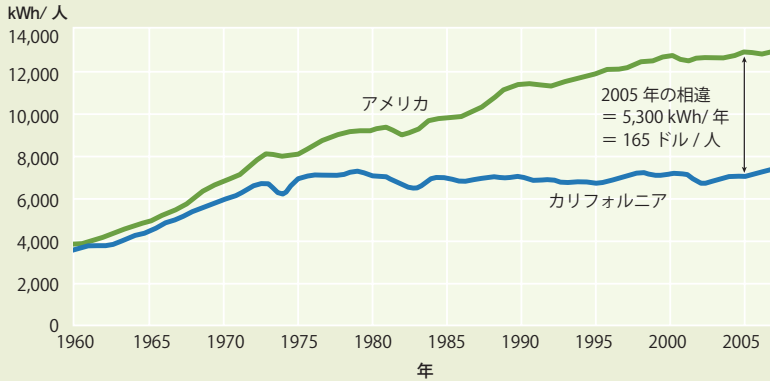
均コストはキロワット時当たり約3セントと, 供給コストを大幅に下回っている (図のパネル c)。州当局は再生可能エネルギーを促進するために, 2010年までに発電に占める再生可能エネルギーの割合を20%に引き上げることを目標とした再生可能エネルギー利用割合基準を実施している。

カリフォルニアは2005年6月に, アメリカで気候変動に関して行政命令を発令した最初の州となった。温室効果ガスの排出を2010年までに2000年の水準に, 20年までに1990年の水準に, 50年までには1990年水準を80%下回るまで削減するという目標を打ち出したのである。この削減のうち約50%はエネルギー効率化によって達成されると予測されている。

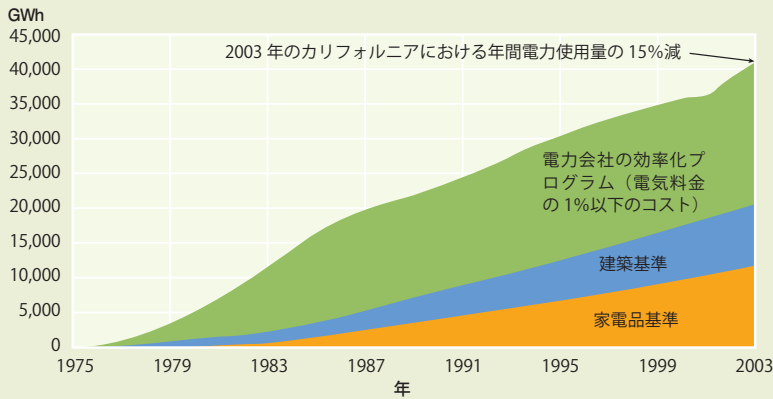
出所: California Energy Commission 2007a; Rosenfeld 2007; Rogers, Messenger, and Bender 2005; Sudarshan and Sweeney (近刊)。

カリフォルニアの1人当たり電力消費は過去30年間にわたり横ばいにとどまっている。主として電力会社による需要サイド管理と効率化基準のおかげである。エネルギー効率化のコストは電力供給のコストよりずっと低い

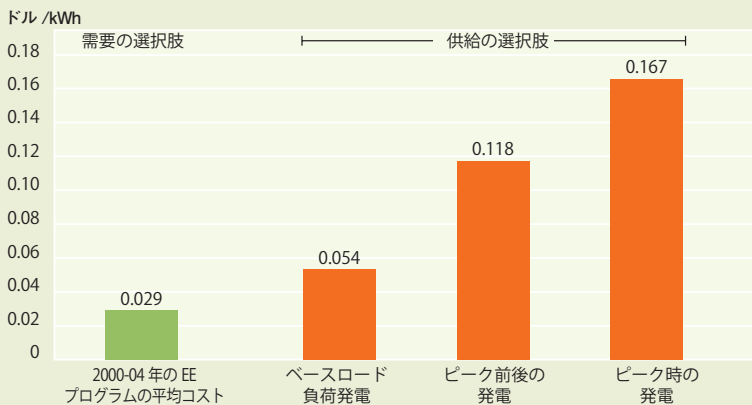
a. 1人当たり電力販売量



b. 効率化プログラムや基準による年間節電量



c. カリフォルニアのエネルギー効率化 (EE) プログラムのコストと供給用発電コストの比較



**制度改革。** 大勢の利害関係者を調整してエネルギー効率化プログラムを運営するためには、エネルギー効率を専門とする機関など制度的な養護が必要不可欠である。先進国と途上国を含む 50 개국以上に、国家的なエネルギー効率化庁がある。最も一般的なものはクリーン・エネルギーやエネルギー効率に焦点を当てている政府機関であり、タイの代替エネルギー開発効率化担当省がその適例である。韓国のエネルギー管理会社は、公事ないし公共事業機関となっている。成功するためには、十分な財源、多数の利害関係者と交渉する能力、意思決定の独立性、結果についての信頼できる監視が必要である<sup>79</sup>。

エネルギー・サービス会社 (ESCO) はエネルギー監査などのサービスを提供する。又、省エネ措置を提案し、顧客に資金を供与している。プロジェクト・アグリゲーター (取りまとめ業者) としても機能している。ほとんどの ESCO は商業銀行から十分な資金を確保することに苦労している。バランスシートが脆弱であり、省エネで得られる収入に依存したローンはリスクが高いと考えられているからである。政府や国際開発機関の政策、金融支援、技術支援があれば、ESCO を強化し、そのビジネス・モデルを主流化することができるだろう。例えば中国では、世界銀行が 10 年間にわたって能力開発を支援したおかげで、ESCO 業界は 1997 年の 3 社から 400 社以上に増加し、2007 年にはエネルギー実績契約が 10 億ドルに達した<sup>80</sup>。

**ファイナンス・メカニズム。** エネルギー効率化

への投資のためにエネルギー・サービスを開発及び運営するのは、基本的には制度の問題である。国内資本の欠如が問題になることは稀であるが、プロジェクト開発や資金利用に対する不十分な組織的及び制度的な体系は、資金確保の障壁になり得る。エネルギー効率化プロジェクトにかかわる主要なファイナンス・メカニズムは、ESCO、公益事業の需要管理プログラム、ローン及び商業銀行が専門機関ないし回転資金として機能する部分的なローン保証スキームの 3 つである<sup>81</sup>。

現地の商業銀行による貸出は、プログラムの持続可能性と効果の最大化にとって、最善である。国際金融機関は、エネルギー効率化プロジェクトに関する商業銀行のリスクを軽減するために部分的なリスク保証プログラムを支援している。これは銀行がエネルギー効率化への融資の実行に対する確信を高めることになる (ボックス 4.11)。専用の回転資金はもうひとつの一般的なアプローチである。特にエネルギー効率化投資が初期段階にあり、銀行が資金供与に消極的な諸国についてこのことがあてはまる<sup>82</sup>。このアプローチは伝統的なものであり、持続可能性が大きな問題である。

公益事業会社における需要サイドの管理は通常はシステム利益基金 (電力の利用者全員に対するキロワット時ベースによる追加料金によってファイナンス) でファイナンスされているが、この方が政府予算に比べて持続可能性が高い。基金は公益事業会社か、専門のエネルギー効率化機関によって管理されており、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換に要する追加的なコスト、消費者リベート、譲許的ローン、研究開発、消費者教

#### ボックス 4.11 世界銀行グループのエネルギー効率化ファイナンスにかかわる経験

世界銀行と国際金融公社 (IFC) は一連のエネルギー効率化にかかわる金融仲介者のプロジェクトをファイナンスしてきた。ほとんどが東ヨーロッパと東アジアのものである。IFC はハンガリー・エネルギー効率化保証基金とともに、主要商業銀行を通じて保証の仕組みを活用したパイオニアである。地球環境ファシリティが供与した 1,700 万ドルは 9,300 万ドル相当のエネルギー効率化投資向けローンを保証するために使われた。保証の実行が求められたことはなく、現地の銀行に対してエネルギー効率化融資に関する自信と親近感を提供するものとなっている。

このような経験の重要な教訓のひとつは、技術援助が重要

だということである。特に初期段階でエネルギー効率化の意識を高め、金融メカニズムの開発について銀行に対して研修や助言サービスを提供する。プロジェクト開発者の能力を構築することが狙いである。ブルガリアでは、金融機関とエネルギー・サービス会社の両方に対する制度面での能力の構築に関する取引コスト——プロジェクトの概念から資金調達完了まで——は、初期段階の総プロジェクト・コストの約 10% であり、将来的には 5-6% に低下するものと期待されている。

所: WDR チーム; Taylor 他 2008。

育、低所得消費者扶助などを対象にしている。

**公共調達。** エネルギー効率的な製品の大量調達は、コストの大幅な削減、大口の契約や銀行ローンの誘発、取引コストの削減を実現することができる。ウガンダとベトナムでは、それぞれ100万個の小型蛍光灯を大量に調達したことによって、電灯のコストが大幅に低下し、技術的な仕様と保証を通じて製品の質が改善した。設置後、ピーク需要は30メガワット減少した<sup>83</sup>。政府機関を通じた一般市民への調達は、通常は経済における最大のエネルギー消費先のひとつである。この種のエネルギー調達は、コストを引き下げ、エネルギー効率化に関する政府のコミットメントと主導権を証明することが可能である。しかし権限やインセンティブ、調達と予算の規制が整備されていないとなければならない<sup>84</sup>。

**消費者教育。** 消費者教育によって、生活スタイルの変更や情報に基づいた選択の促進を実現することができる。実例として、エネルギー効率のラベリングや電気や熱量メーター（特にスマート・メーター）の利用拡大がある。規制や財政的なインセンティブと関連した消費者意識高揚キャンペーンは最も効果的である。公衆衛生分野での経験から、行動様式を変更するための介入は、多種多様なレベルで——政策、物理的な環境（歩きやすい町やグリーンな建物の設計）、社会文化（メディアの情報交換）、対人関係（対面接触）——実施する必要がある（第8章）<sup>85</sup>。

### 既存の低炭素技術を普及させる

再生可能エネルギーは2050年までに電力構成の約50%を占めるようにすることができるだろう<sup>86</sup>。再生可能エネルギーのコストが過去20年間にわたり低下を続けているため、風力や地熱、水力は化石燃料と比べてコスト競争力が同じか、それに近くなっている<sup>87</sup>。太陽光はまだ高価であるが、今後2-3年間で学習曲線にそって急低下するものと期待されている（ボックス4.12）。化石燃料の価格の高騰によって、コストの格差は縮小しつつある。バイオマスや地熱、水力はペー

スロード負荷電力を供給できるが、太陽光と風力による給電はまだ断続的になるだろう。

送電システムのなかで断続電流のシェアが大きいと信頼性が影響を受けるかもしれないが、多種多様な方法で対処することができる。水力発電ないし揚水発電、負荷管理、エネルギー貯蔵施設、諸外国との連結、スマート・グリッド（次世代送電線網）の利用などである<sup>88</sup>。変動的な再生可能エネルギーや分散発電が組み込まれている場合、スマート・グリッドは電力ネットワークの信頼性を高めることができる。高圧直流送電線は、わずかな路線損失で長距離を送電することが可能であり、消費の中心地から離れた遠隔地に存在する再生可能エネルギーに共通する問題が軽減される。太陽光や風力による発電と電気自動車の大規模な利用のためには、エネルギー貯蔵に関してさらなるコスト削減と性能改善が必要であろう。したがって、再生可能エネルギーに必要とされている規模は非常に大きいですが、転換は達成可能である。例えば、デンマークでは風力が総発電の20%をすでに占めている（ボックス4.13）。

### 再生可能エネルギー政策：財政面でのインセンティブと規制

長期的な電力購入協定を通じた透明で競争力のある安定した価格設定は再生可能エネルギーに投資家を引き付けるという点において最も効果的である。そして法と規制を伴う枠組みは、独立的な電力会社への公平で開かれたアクセスを確かなものにすることができる。再生可能エネルギーによる発電に関しては、2つの重要な強制的政策が世界全体で実施されている。固定価格を義務化している固定価格買取制度と再生可能エネルギーのシェアについて一定の目標を義務化している再生可能エネルギー利用割合基準である（ボックス4.14）<sup>89</sup>。

**固定価格買取制度**は再生可能エネルギーの固定価格による義務的な買い取りを求めている。ドイツやスペイン、ケニア、南アフリカなどでは、固定価格買取制度によって、短期間で極めて高い市場参入率が実現した。投資家は最も好ましいやり方であると考えている。価格が確実であり事務手



### ボックス 4.12 エネルギー技術のコスト比較にかかわる困難：前提の問題

それぞれ異なるエネルギー技術のコスト比較はやっかいな仕事である。発電技術の比較によく使われるアプローチは、キロワット時 (kWh) 当たりのコストに基づいている。同じエネルギー・サービスを提供する代替エネルギーの生涯にわたる経済的コストを比較するには一般的に平準化コスト法が用いられている。第1に、資本コストは単純な資本回収係数法を使って計算されている<sup>a</sup>。この方法では資本コストを設備の耐用期間にわたり均等な一連の支払い——年間の資本コスト——に分割する。年間資本コストを年間の運営維持 (O&M) コストと燃料コストに加算して、平準化コストが得られる。したがって、資本コストや O&M コスト、燃料コスト、割引率、設備利用率が、平準化コストの鍵を握る決定要因になる。

現実には、コストは時間と場所に固有である。再生可能エネルギーのコストは地方の資源と場所に密接に結び付いている。例えば、風力のコストは場所固有の風力資源に応じて大きく異なる。労働コストと建設時間も特に化石燃料や原子力を使う発電所の場合は重要な要因である。例えば、中国の石炭火力発電所は同じような発電所の国際的なコストの半額にとどまっている。アメリカの原子力発電所の場合、建設に長い準備期間が必要なことが、高コストの一因になっている。

第2に、多種多様なエネルギー技術を合理的かつ包括的に比較評価するためには、単位当たりのエネルギー利益について一次エネルギーの循環にそったすべての経済的屬性を比較検討しなければならない。再生可能エネルギーのコストを化石燃料や原子力と比較する場合には、それらが提供しているさまざまなサービス (ベースロード負荷エネルギーや断続的エネルギーなど) を考慮に入れる必要がある。一方で、太陽光や風力のエネルギーは変動的な発電をもたらす。ただし、通常は追加的なコストで、さまざまな方法を用いて発電量を高めることが可能である。他方で、太陽光や風力のエネルギー技術は、典型的には大規模な化石燃料や原子力の発電所と比べて、ずっと短時間で許可を受け建設することが可能である。

第3に、化石燃料のコストとクリーン・エネルギーのコストを比較する際には、環境に対するコストや方法の多様化の

価値などの外部効果を織り込むべきである。炭素価格は化石燃料のコストを押し上げるという点で大きな違いをもたらすだろう。化石燃料の価格変動性は追加的なマイナスの外部効果を生み出す。燃料価格が20%上昇すると、発電コストはガスで16%、石炭で6%上昇するが、再生可能エネルギーの場合は実質的に不変にとどまる。再生可能エネルギー源を追加することで、方法の多様化の価値が上昇する。化石燃料の価格や供給の変動性に対する事前の回避となるからである。この方法の多様化の価値を再生可能エネルギーの評価に織り込むと、再生可能エネルギーの魅力が高まることになる<sup>b</sup>。

新技術を取り扱う際には、コスト削減の潜在性も織り込んでおくべきである。新技術にかかわる将来のコストの動態分析は学習曲線に関する前提——設備が増えるごとにコストの削減が生じる——に左右される。風力エネルギーのコストは過去20年間でほぼ80%も低下している。技術面での発展や規模の経済があれば、より急速なコスト削減につながる可能性がある。それは一部の専門家が現在期待している現象であり、太陽電池の価格が短期間で激減することにつながるだろう<sup>c</sup>。

財務分析では、制度的な状況の相違 (公的ファイナンスか民間ファイナンスか) や政府の政策 (税金や規制) が、往々にして決定的な要因になる。金融コストに対する資金提供は、風力や太陽光、原子力など最も資本集約的な技術にとっては特に重要である。カリフォルニアの研究は、民間の (「商人の」) 投資家所有の電力会社と公的に所有されている電力会社の間で融資条件が異なるため、風力発電所のコストはガス複合サイクル発電所のコストに比べてずっとバラツキが大きい、ということを示している<sup>d</sup>。

出所：

- 資本回収係数 =  $[i(1+i)^n] / [(1+i)^n - 1]$ 。ここで  $i$  は割引率、 $n$  は設備の耐用期間ないし資本回収期間。
- World Economic forum 2009。
- Deutsche Bank Advisors 2008 (太陽電池のコスト削減を予測)。
- California Energy Commission 2007b。

### ボックス 4.13 デンマークは排出を削減しながら経済成長を維持している

デンマークの GDP は 1990-2006 年の間、年約 2.3% とヨーロッパの平均である 2% を上回る伸びをみせた。デンマークは同時に炭素の排出を年 5% 削減した。

健全な政策が排出を成長から切り離したのである。デンマークは他のスカンジナビア諸国とともに、1990 年代初めに世界で初めて化石燃料に対する炭素税を導入した。それと同時に、デンマークは持続可能なエネルギーの利用を促進するため、一連の政策も採用した。現在デンマークでは、発電の約 25% 及び一次エネルギー消費の 15% が風力とバイオマスを中心とする再生可能エネルギーによってまかなわれている。2025 年までに再生エネルギーの利用を少なくとも 30% に引き上げることが目標である。50% 以上を水力発電に依存しているノルディック電力プールに参加しているので、余剰風力発電を輸出する一方、風力資源が低下した時期にはノルウェーの水力発電を輸入するという追加的な柔軟性が確保できている。ヴェ

スタスというデンマークの大手風力会社は、1万5,000人の従業員を擁し、世界の風力タービン市場の約25%を占めている。デンマークの再生可能エネルギー技術輸出はこの15年間で105億ドルに急増した。

デンマークはエネルギーの炭素排出原単位が低いだけでなく、エネルギー原単位がヨーロッパで最低である。それは建築や家電製品の基準が厳格で、産業界においては省エネに関して自主協定が実施されている結果である。電熱併給型の地域暖房ネットワークが同国の冬季暖房の60%をまかなっており、その80%以上はこれまで発電の際浪費されていた熱が供給源となっている。

出所：以下に基づき WDR チームが執筆。WRI 2008; Denmark Energy Mix Fact sheet, [http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/mix/mix\\_dk\\_en/pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/mix/mix_dk_en/pdf) (2009年8月27日アクセス)。

#### ボックス 4.14 ドイツ、中国、及びアメリカにおける固定価格買取制度、利権、税額控除、再生可能エネルギー利用割合基準

途上国は世界の再生可能エネルギー設備能力の40%を占めている。23の途上国を含む60カ国は2007年までに再生可能エネルギー政策を導入していた<sup>a</sup>。新しい再生可能エネルギーに関して最大の設備能力をもっているのはドイツ、中国、そしてアメリカの3カ国である。

##### ドイツの固定価格買取制度

1990年代の初め、ドイツには再生可能エネルギー産業は事実上存在しなかった。現在では同国は再生可能エネルギー分野では世界的リーダーになっている。数十億ドル規模の産業に発展しており、25万人の新規雇用を擁している<sup>b</sup>。政府は1990年に電力固定価格買取法を制定し、電力会社に対してあらゆる再生可能エネルギー技術で生産された電力を固定価格で買い取ることを義務付けた。2000年の再生可能エネルギー法によって、各種再生可能エネルギー技術にかかわる買取料金が、発電コストと発電能力に基づいて向こう20年間に対して設定された。コスト削減と革新を促進するため、価格は予め決定された算式に基づいて漸減していくことになっている。同法では風力発電と通常発電のコスト差は国内のすべての電力顧客の間で分担される<sup>c</sup>。

##### 中国の再生可能エネルギー法と風力利権

中国は再生可能エネルギー法を最初に制定した途上国のひとつであり、今では世界最大の再生可能エネルギー能力を誇っている。同国のエネルギー全体のうち8%、電力に限れば17%を占めている<sup>d</sup>。中国の再生可能エネルギー法は、バイオマス発電に関して買取固定価格を設定したものであり、風

力発電の料金は利権プロセスを通じて設定されている。政府は2003年に風力発電について許可制を導入した。そして風力発電能力を増強しコストの引き下げを図った。初期の入札における落札価格は平均コストを下回ったため、風力発電開発業者と国内メーカーはともに落胆した。許可制度と省の固定価格が改善されたことによって、中国は2008年には風力の新規設備能力で世界第2位となっている。2020年までに30ギガワットの風力発電を行うという政府の目標は、それより早く達成される可能性が大きいであろう。国内の風力関連製造業界は、部品の現地調達比率70%という政府が実施している義務化と、国際的な設計事務所を採用して買取するという技術移転モデルで活気付いている。

##### アメリカの連邦の生産税額控除と州の再生可能エネルギー利用割合基準

再生可能エネルギーを使った発電に対する連邦の税額控除は設備能力の著しい増加を促進したが、その延長にかかわる毎年の不確実性によって、アメリカの風力発電開発は好不況の循環に陥っている。また、25の州には再生可能エネルギー利用割合基準がある。その結果、風力は2007年の新規発電能力の35%を占め、アメリカは今や風力発電設備能力では世界第1位となっている<sup>e</sup>。

出所：

- a. REN 21 2008.
- b. Federal Ministry for the Environment 2008.
- c. Beck and Martinot 2004.
- d. REN 21 2008.
- e. Wiser and Bolinger 2008.

続きが簡単であるというのが理由になっている。又、地方に製造業を創出するのに役立つからでもある。通常、固定価格買取制度の価格の設定には次の3つの方法が使われている。通常発電の回避コスト、再生可能エネルギーのコストに妥当な利益率を加算したもの、平均の小売価格（電力を差し引きで計測する制度の下では消費者は自宅ないし企業で、通常は太陽光発電で生み出された余剰電力を小売市場価格で送電線網に売却することが認められている）の3つである。価格を過大あるいは過小に設定してしまうという重大なリスクがあるので、固定価格買取料金は定期的な調整が必要である。

再生可能エネルギー利用割合基準は、一定地域の公益事業会社に対して、再生可能エネルギーによる発電あるいは設備容量について最低限のシェアないし水準の達成を求めている。アメリカの多

くの州、イギリス、インドの諸州ではこのことが実施されている。各公益事業会社は目標の達成を、自社の発電、他の発電業者からの購入、第三者から自社の顧客への直接的な販売、取引可能再生エネルギー証書の購入、などによって行う。しかし、別の技術的な目標あるいは入札制度が導入されない限り、再生可能エネルギー利用割合基準は価格の確実性を欠いており、確立した参加企業と最小コスト技術を優遇する傾向にある<sup>90</sup>。また、固定価格買取制度に比べて設計と運営が複雑である。

再生可能エネルギー目標を達成するための代替的なアプローチは競争入札制度である。中国やインドで行われているように、発電業者は一定量の再生可能電力の供給を入札にかけ、最低価格の入札者が契約を獲得する。入札制度はコスト削減に有効であるが、主なリスクは一部の入札者が安値

で入札すると、義務が必ずしも現場のプロジェクトの実現につながらない、ということである。

再生可能エネルギーへの投資を促進するためには、次のような財政的なインセンティブがいくつか利用可能である。これには、補助金を通じて事前に支払う資本コストを削減する、投資あるいは生産にかかわる税額控除を通じて資本と運営コストを削減する、炭素排出枠により収入の流れを改善する、譲許的な融資と保証を通じて財政支援を供与するなどがある。グリッド接続された再生可能エネルギーにとっては、一般的に産出ベースの財政的インセンティブの方が投資ベースのインセンティブよりも望ましい<sup>91</sup>。設備容量1キロワット当たりの投資インセンティブは、必ずしも発電あるいは発電所の実績の維持に対するインセンティブにはならない。しかし、1キロワット時の発電当たりでみた産出インセンティブは、再生可能エネルギーによる発電という求められる結果を促進する。化石燃料を上回る再生可能エネルギーの追加的なコストは、消費者に転嫁するか、あるいは「一定額負担の一定額補助」、化石燃料使用に対する炭素税、政府予算ないしドナーからの専用基金などを通じて資金提供が可能である。

## 原子力と天然ガス

原子力は気候変動を緩和するための大きな選択肢ではあるが、次の4つの問題を抱えている。すなわち、石炭火力発電所よりも高いコスト<sup>92</sup>、核兵器拡散のリスク、廃棄物管理に関する不確実性、原子炉の安全性に関する世論の懸念である。現在の国際的な保護措置は、原子力利用拡大にかかわる安全性の課題に応えるには不十分である<sup>93</sup>。しかし、次世代の原子炉設計は安全面での特性が改善されており、現在稼働中の原子炉よりも経済性に優れている。

原子力発電には巨額の資本と高度な訓練を受けた大勢の要員が必要であり、また稼働するまでには長い準備期間を要する。したがって、短期間で炭素排出を削減するという潜在力は小さい。ひとつの原子力発電所を企画して許可を取得し、建設するには、典型的には10年以上を要する。過去20-30年間には注文がなかったため、原子力発電所の多くの基幹部品にかかわる生産能力は世界

的に限られており、その能力を再建するには最低10年はかかるだろう<sup>94</sup>。

天然ガスは発電用及び住宅、工業用に使われている炭素集約度が最も低い化石燃料である。石炭を天然ガスで代替することによる短期的な炭素排出の削減には大きな潜在力がある。2℃の温暖化を描いているシナリオのなかには、一次エネルギー構成に占める天然ガスのシェアが現在の21%から、2050年までに27-37%に上昇しているとしているものがある<sup>95</sup>。しかし、天然ガスによる火力発電のコストはガス価格に左右され、近年は変動が極めて大きい。また石油と同じく、中東とユーラシア大陸が世界全体のガス埋蔵量の70%を有している。ガス輸入国にとってはガス供給の確実性が懸念材料である。したがって、エネルギーの多様化と供給の確実性にかかわる懸念から、天然ガスが世界のエネルギー構成に占めるシェアは一部の気候変動・エネルギーのモデルが示唆している水準に抑制されるだろう<sup>96</sup>。

## 革新と先進技術を加速化する

革新と先進技術を加速化するためには、十分な炭素価格設定、研究・開発・実証への大規模な投資、前例のない国際協調（第7章）が必要である。技術面での後押し（例えば研究開発の推進による）に需要面での引き寄せを組み合わせることが（規模の経済を大きくするため）、先進技術のコストを大幅に削減するために決定的に重要である（図4.12）。

公益事業会社並の規模の発電技術には、小規模技術向けとは異なる政策やアプローチが必要である。前者を開発するには国際的なマンハッタン計画が必要であろう。例えばそれは、発電所ベースのCCSである。十分に大きな規模であれば、学習曲線に沿って技術が進歩するに다가って大幅なコスト削減が可能となる。開発者——公益事業会社や独立的な発電業者——は、通常は十分な財源と能力をもっている。しかし、資本コストが高いという障壁を克服するためには、十分な炭素価格設定と投資補助金が必要である。それとは対照的に、分散型で小規模なクリーン・エネルギー技術には、シード・マネーやベンチャー・キャピ

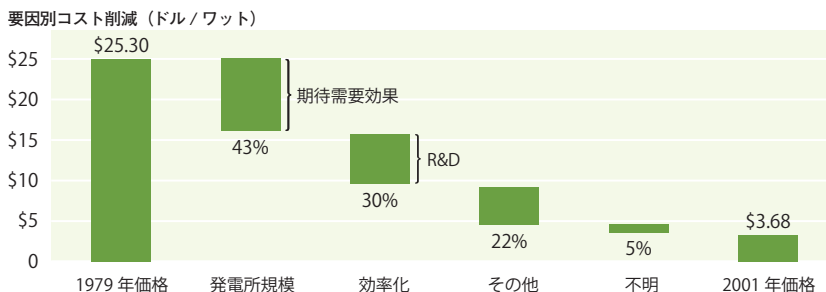
タルを含む地方の大勢の中小業者のニーズに対処するためのさまざまな技術が必要である。又、途上国は事業開発助言サービスを必要としている。

2℃の軌道を達成するためには、途上国は違った方向へ技術を発展させる必要がある。エネルギーや排出の伸びは主として途上国で

生じると予測されているが、クリーン・エネルギー技術に対する投資のほとんどは先進国が誘致している。伝統的には、新技術は風力エネルギーについてそうであったように、まずは先進国で生み出されて、その後、途上国において商業的に公開される<sup>97</sup>。しかし、2℃の軌道にとどまるために排出が10年間でピークを打つためには、先進国と途上国の両方が先進技術の大規模な実証実験を、ただちに、しかも並行的に実施する必要があるだろう。幸いなことに、ブラジル、中国、インド、それに開発途上国世界において技術面で指導的立場に立っている2,3の国では、このパターンが現れてきており、研究開発が急増している。太陽電池や効率的な照明、エタノールなどの最小コストの生産者はすべて途上国に所在している。

途上国が直面している重要な障害のひとつは、先進的なクリーン・エネルギー技術の開発や実証のコストが高いことである。先進国がグローバル技術基金などの仕組みを通じて、途上国向けに低炭素技術にかかわる援助や移転を大幅に増やすことが必須である。先進国は技術面での発展を後押しするという点において指導的な立場に立つことが必要になるだろう（第7章）。「地中海太陽計画」は大規模な集光型太陽エネルギーの実証や展開について先進国と途上国が協力している適例といえる（ボックス4.15）。

図4.12 太陽光発電はR&Dと発電の大規模化に伴う期待需要増加のおかげで、時間とともに安価になりつつある



出所：Nemet 2006 からの翻案。

注：コスト削減は2002年価格のドル表示。棒グラフは太陽光発電にかかわる1979-2001年のコスト削減を発電所規模（期待需要で決定）や効率性の改善（R&Dに伴う革新が牽引）など、さまざまな要因で説明したもの。「その他」には重要な投入物であるシリコンの価格の低下や、その他の小さな要因（一定のエネルギー産出に必要なシリコンの量の減少、製造の誤りて廃棄される製品の比率の低下など）が含まれる。

### 政策は統合しなければならない

政策手段は調整と統合によって、互いに補完し合い、矛盾を削減する必要がある。例えば、輸送について排出を削減するためには3つのアプローチを統合する必要がある。それらを困難な順に並べると、自動車の転換（燃費の良いプラグイン型ハイブリッド車や電気自動車）、燃料の転換（サトウキビからのエタノール、第2世代バイオ燃料、水素）、そして移動性の転換（都市計画や大量輸送手段）である<sup>98</sup>。水や土地をめぐる競争する需要を管理するためには、バイオ燃料政策はエネルギーや輸送にかかわる政策と、農業や林業、土地利用にかかわる政策を調整する必要がある（第3章）。もしエネルギー用の作物が貧困国の農業から土地を奪い取るようであれば、緩和措置は気候変動に対する脆弱性を高めるという意味で、必須の介入策である「薬」は、「疾病」よりも悪いかもれない<sup>99</sup>。プラグイン型ハイブリッド車や電気自動車の大規模な利用は、電力需要を大幅に増やすことになるだろう。このことは送電線網への電力供給のなかで低炭素エネルギー源が占めるシェアが上昇しなければ、技術による排出の削減という期待を脅かすことになる。再生可能エネルギー政策は、適切に設計されていなければ、熱電併給のための効率的な熱生産を阻害しかねない。

政策や戦略、制度的取り決めは、部門をまたいで整合的でなければならない。通常は、部門をまたぐイニシアティブは実施が困難である。制度的



### ボックス 4.15 中東と北アフリカにおける集光型太陽熱発電

地中海太陽計画は集光型太陽熱発電やその他の再生可能エネルギーの容量を 2020 年までに 20 ギガワット創設して、中東や北アフリカ諸国で必要とされるエネルギーをまかない、電力をヨーロッパに輸出することになるだろう。この野心的な計画は、化石燃料と競争できるくらいまでに集光型太陽熱発電のコストを引き下げることができるだろう。サハラ砂漠地帯の 1% 未満の土地に集光型太陽熱発電所があれば、それだけでヨーロッパが必要としている全電力をまかなうことができる。

この太陽熱イニシアティブの資金調達は大きな挑戦課題であろうが、先進国と途上国がパートナーシップを結んで、ヨーロッパと北アフリカの両方の利益のために再生可能エネルギーの規模を拡大する好機ともいえよう。

第 1 に、グリーンな発電に対する需要とヨーロッパにおけ

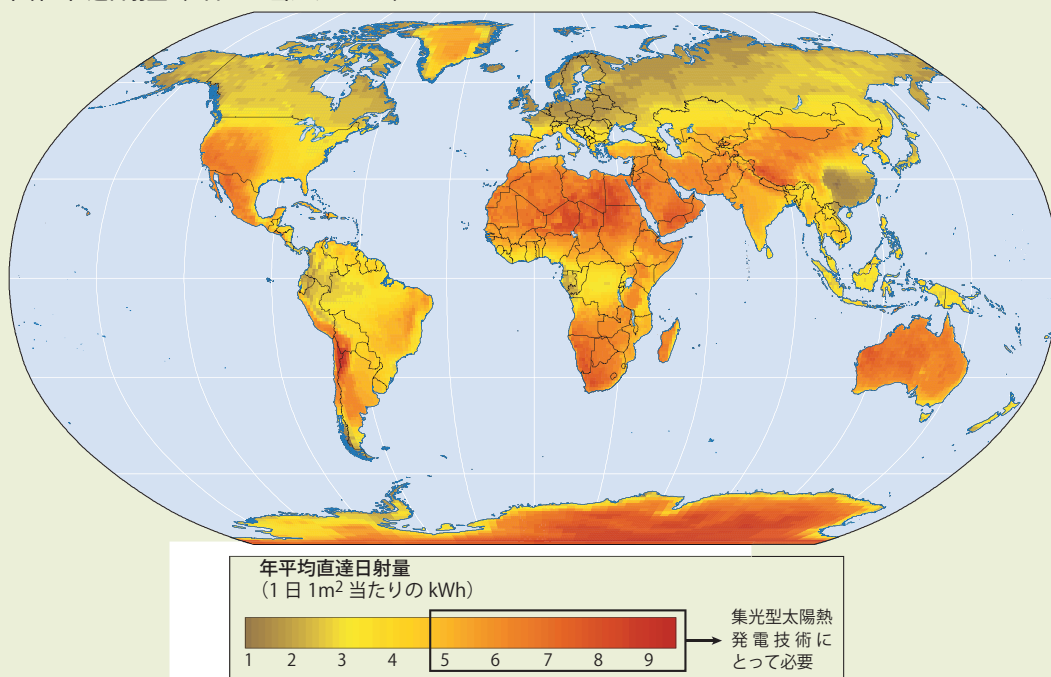
る再生可能エネルギーの固定価格買取制度を考えると、集光型太陽熱発電の金融的な持続性が大幅に改善する。

第 2 に、投資補助金、譲許的なファイナンス、集光型太陽熱発電にかかわる追加的なコストを補う収入増加措置を確保するためには、二国間および多国間の基金——地球環境ファシリティやクリーン技術基金など——が必要であろう。特に中東や北アフリカの国内市場の需要を満たす部分についてはそういえる。

第 3 に、プログラムが成功するためには、地域の政府による政策行動が求められるだろう。再生可能エネルギーにとって好意的な環境を作り出したり、化石燃料に対する補助金を廃止したりすることが必要である。

出所：WDR チーム。

世界の直達日射量 (1 日 1m<sup>2</sup> 当たりの kWh)



出所：United Nations Environmental Program, Solar and Wind Energy Resource Assessment, <http://swera.unep.net/index.php?id=metainfo&rowid=277&metaid=386> (2009 年 7 月 21 日アクセス)。

「もし何もしなければ、私たちは愛する地球を失うことになりま  
す。毎日起こっている被害を元通りにするには遅すぎるとい  
ことになる前に、自分勝手ではない解決方法をできるだけ速く見  
つけるのは、私たちみんなの責任です。」

——Maria Kassabian (ナイジェリア, 10 歳)



な取り決めが細切れで、インセンティブが弱い  
ためである。政策提言を推進するためには推進者  
を見出すことが決定的に重要である。例えば、都市  
における排出削減にとっては、地方政府が適切な  
入口になるだろう。特に建物や輸送におけるモー  
ダル・シフトという面ではそれが妥当する。中央  
や地方、都市の各政府の間で政策や戦略の整合性  
をとることが重要である（第8章）。

結論として、低炭素技術と政策的な解決法に  
よって世界を2℃の軌道に乗せることは可能であ  
るが、エネルギー部門の脱炭素化を図るためには  
根本的な転換が必要である。そのためには、ただ  
ちに行動を起こすこと、そして先進国と途上国が  
協調して公約をすることが必要となる。政府が今  
採用でき、しかも全ての人にとって良い政策があ  
る。それは、規制や制度面での改革、財政インセ  
ンティブ、特にエネルギー効率と再生可能エネル

ギーの分野における既存の低炭素技術の規模拡大  
である。

先進的な低炭素技術の開発と展開を加速化する  
ためには、炭素についての十分な価格設定と技術  
開発の促進が必須である。先進国は顕著な変化を  
起こすという公約を自国で実証することによって  
指導権をとる一方、途上国に対してファイナンス  
と低炭素技術を提供しなければならない。途上国  
は新しい気候に関してスマートな開発モデルにパ  
ラダイム・シフトを起こすことが必要である。こ  
のような転換的な変化に必要な技術的及び経済的  
な手段は存在しているが、それを実現できるのは  
強力な政治意思と前例のない国際協調だけであろ  
う。



PART

---

# 2





# united nations climate change conference

Nusa Dua - Bali, Indonesia, 3-14 December 2007





# 経済開発を世界的な気候レジームに統合する

過去 20 年間、われわれは国際的な気候レジーム（制御のための枠組み）が創設され発展していくのを目にしている。その重要な柱は「気候変動に関する国際連合枠組条約」（UNFCCC）と京都議定書である（ボックス 5.1）。京都議定書は先進国の温室効果ガス排出について拘束力のある国際的な制限を課した。民間投資を促すために炭素市場が創出され、排出削減のコストを引き下げている。また、各国が国家的な気候変動戦略を策定する動きに拍車がかかっている。

しかし、既存の国際的な体制には重大な限界がある。大幅な排出削減に失敗しており、排出は議定書が締結されて以降 25% も増加している<sup>1</sup>。途上国に対する支援も非常に限られたものにとどまっている。今までのところ、クリーン開発メカニズム（CDM）は各国の総合的な開発戦略を転換させるほどの変化をもたらしていない（CDM の長所と短所に関しては第 6 章を参照）。地球環境ファシリティは気候プロジェクトに対して 27 億ドルを投資しており<sup>2</sup>、これは必要とされる供給量を大幅に下回っている。地球規模での体制は、今までのところ研究や開発において各国の協力を促すことに失敗している。あるいは、低炭素型の発展に必要な技術の移転やその開発のための

巨額の資金を調達できていない（第 7 章参照）。貧困国に国家的な適応行動計画（NAPA）を策定するよう奨励したことを除けば、適応に向けた努力のための具体的な支援はほとんど実施されていない。また、開始が遅れた適応基金は予測されていた必要量を大幅に下回っている（第 6 章）。

2007 年にパリ行動計画は、2009 年にコペンハーゲンで開催される第 15 回 UNFCCC 会議で「合意された結果」の達成にむけた交渉を開始した。このような交渉は気候レジームを強化し、その欠陥に取り組む好機になるだろう。

## 気候レジームを構築する：気候と経済開発の間の緊張を克服する<sup>3</sup>

気候変動に有意義な形で取り組もうとするのであれば、開発問題と気候変動を統合する以外に選択肢はない。気候問題は経済成長と温室効果ガス排出両方の推移から生じている。有効な体制は、工業化の軌道を再検討し、開発を炭素に縛り付けてきた結び付きを解きほぐすことを奨励する必要がある。しかし、倫理的及び実際的な理由から、この検討は開発の願いを満たすことと、公平な気候レジームを構築することを含んでいなければならない。

つい最近まで、気候変動は工業発展を見直す機会とは考えられていなかった。気候に関する議論はファイナンス、投資、技術、制度変革などにかかわる重要な意思決定からは切り離されていた。そのような時期は、完全にではないがほとんど過ぎ去ったといえる。指導者や大衆の間では気候変動の意識は極めて高水準に達しており、今や気候変動を経済開発の意思決定に一体化できる状態にある。

この今の状態を有効な気候レジームに転換するためには、公平性、気候、そして社会と経済の発

### 重要なメッセージ

気候変動のようなグローバルな規模の問題には国際的な調整が必要である。にもかかわらず、その実施は各国内の行動に依存している。したがって、国際的な気候レジームが有効であるためには、経済開発にかかわる懸念事項を取り込み、環境 vs 公平性という二分法を打破しなければならない。先進国と途上国とで異なる目標や政策を伴う複数軌道の枠組みが、気候のための活動が前進するひとつの方法であろう。この枠組みでは、成功を定義し測定する過程そのものを検討する必要がある。緩和策を経済開発政策に組み込むことを国際的な気候レジームが支援する必要も出てくるだろう。

### ボックス 5.1 現在の気候レジーム

気候変動枠組条約 (UNFCCC)。 1992年に採択され94年に発効したこの条約は、温室効果ガスの大気中濃度を気候システムが人間に対して「危険な」影響を及ぼさないような水準で安定化させるという最終目的を規定している。各国を公約の種類が異なる3つの主要グループに分類している。

付属書Ⅰ国には、1992年時点で経済協力開発機構 (OECD) の加盟国であった先進諸国と体制移行諸国 (EIT 諸国) が含まれる。後者にはロシア、バルト海諸国、中央・東ヨーロッパ数カ国が含まれる。これらの諸国は温室効果ガスの排出を2000年までに1990年の水準に削減することを目的として、気候変動の政策や措置を採択することを公約している。

付属書Ⅱ国は付属書Ⅰ国というOECD諸国で構成され、EIT諸国は含まない。これらの諸国は途上国がUNFCCCの下で排出削減活動を実施できるように財源を提供し、気候変動の悪影響に対する適応を支援することが義務化されている。加えて、これらの諸国は開発を促進し、環境に優しい技術をEIT諸国と途上国に移転するために、「すべての実際的な措置」をとらなければならない。

非付属書Ⅰ国はほとんどが途上国である。これらの諸国は緩和と適応に関して国家プログラムを策定し実施するという一般的な責務を負っている。

条約の最終的な意思決定機関は締約国会議である。毎年開催されており、条約の施行状況のレビュー、条約のルールを定める決定の採択、実質的な新しい公約の交渉を行っている。

京都議定書。これは上記の条約を補完して強化するものである。1997年に採択され、2005年2月に発効した。2009年1月14日現在の締約国は184カ国となっている。

議定書の核心部分は付属書Ⅰ国に対して法的拘束力のある排出目標を設定したことにある。京都における集中的な交渉を経て各国ごとに排出目標が定められた。

京都議定書には付属書Ⅰ国に対する排出目標に加えて、すべての締約国に適用される以下のような一連の一般的な公約 (UNFCCC 規定の繰り返し) が盛り込まれている。

- 排出データの質を改善するための措置をとる。
- 国家的な緩和と適応のプログラムを整備する。
- 環境に優しい技術の移転を促進する。
- 科学的研究や国際的気候観測ネットワークで協力する。
- 教育や訓練、大衆の認知、能力開発などに関するイニシアティブを支援する。

議定書は次の3つの革新的なメカニズムで新天地を開いた。共同実施、クリーン開発メカニズム、排出権取引である<sup>2</sup>。締約国が国内よりも海外でより安価に排出を削減したり、炭素の吸収機能を高めたりする道を開くことによって、気候変動の緩和にかかる費用対効果を押し上げることを企図したものである。

バリ行動計画。UNFCCC 締約国によって2007年に採択され、完全な、有効で、持続的な公約の実施を可能にするための包括的なプロセスを打ち出している。それは長期にわたる、今や2012年までだけでなく、それ以降についての協調行動によるものとし、2009年12月のコペンハーゲンにおける第15回UNFCCC会議で合意に達することを目指している。

バリ行動計画では、緩和、適応、技術、資金という4つの主要な基礎単位をめぐる交渉が中心となった。締約国は次のことについても合意している。すなわち、交渉は排出削減という世界的な目標を含め、長期的な協調行動に向けた共通ビジョンに取り組むべきである。

出所：UNFCCC 2005の援用；UNFCCC decision 1/CP.13, <http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf> (2009年7月6日アクセス)。

a. 京都議定書の下で公約している締約国は排出の制限ないし削減にかかわる目標に同意した。「共同実施」によって、目標をもっている国はやはり目標をもっている他国で実施するプロジェクトを、自国の目標充足に算入することが認められる。「クリーン開発メカニズム」(CDM)によって、排出削減プロジェクトの実施を公約している国が、そのような目標をもっていない途上国で実施することが認められる。「排出権取引」によって、排出権に余裕のある——排出が許容されているのに使っていない部分がある——国は、この余剰能力を目標を超過している国に売却することが認められる。次からの翻案、[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/mechanisms/items/1673.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php) (2009年8月5日アクセス)。

展といった複数の目標に同時に取り組むことが必要である。このよう目標の間に緊張がないと考えるのは世間知らずであろう。実際、トレードオフという概念こそ、気候変動と経済開発の一体化における手ごわい政治的障壁になる可能性がある。高所得国と途上国が抱えている感じ方や概念的な枠組みの相違が、気候に関する行動をどうやって経済開発に統合するかに関する有意義な議論を阻害し得るし、実際にもそうになっている。このような緊張の多くは南北を分かち形で明瞭になっている。

気候レジームが、開発問題に関心を向けるのを確実なものとするためには、相反する視点を見つ

けてそれを取り込み、そしてそれを克服することが有益であろう。本章では気候からの視点と経済開発からの視点の間にある4つの緊張関係を検討する。環境と公平性、負担の共有と日和見的な早まった行動、予測可能な気候の結果と予測不可能な開発プロセス、ファイナンスの条件と主体性である。これらの緊張関係は、意見の不一致とそれについて可能性のある解決策を明確にするために特徴を大まかに示したものにすぎない。個別国の事情には、実際には北か南かを問わず、ここで述べる極端な事例よりずっと微妙なニュアンスがあることは認識している。本章の後半部分では、途上国を国際的なアーキテクチャーに組み込むた

めの代替的なアプローチを検討する。

### 気候変動を緩和する：環境と公平性

気候変動レジームは当初から、公平性と環境の両方の目標をその中核的な要素に組み込んでいる。しかし、時とともに目標が明確になるにつれてその補完性は敵対関係に転換し、気候に関する交渉の進展を行き詰まらせている。次第に、公平性と環境は競合する考え方であるとみられるようになり、予想通り各国は南北を分かっラインに沿って、このような立場の背後に並んでいる。

過去 20 年間、気候変動は大体において環境問題であると解釈されてきた。この見方はその根底にある科学に直接由来している。温室効果ガスが大気圏に蓄積しつづあり、気候に影響を及ぼしている。人為的な排出の増加が原因である。これは、海洋や成層圏が温室効果ガスを吸収する能力の限度と結びついている。この見方では、これは世界的な集団行動の問題であり、選択すべき手段は排出の絶対的な削減に向けた交渉による公約ということになる。

このように環境だけに焦点を絞った視点は、競合という見方を顕在化させてしまう。この見方は、気候変動を基本的に公平性の問題であると解釈している。この立場の信奉者は、環境面で限界があることには同意する一方で、この問題を富裕国による有限の利用可能な生態的空間の不当な占有と見ている。この見方では、公平性は一人あたりの排出あるいは歴史的な排出という考えの中心となっており、このような公平性に基づく配分原則が、公正な気候レジームの基礎になるべきである。

公平性と環境の目標はこのように議論のなかで正反対の要素になったのである。高所得国の主張によれば、新興工業国はすでに主要排出国であり、将来的には排出のなかでますます大きなシェアを占めるようになるだろう。したがって、排出の絶対的な削減が必要である<sup>4</sup>。新興国と途上国の見方によれば、交渉によって定められた絶対的な削減に基づくレジームはこれらの国を不平等な排出に永久に閉じ込めることになるため、まったく受け入れがたい。気候に関する交渉が開始されて以降、多数の高所得国が過去 20 年間にわたっ

て排出を増加させてきたという証拠によって、公平性に関する懸念は強まった。解決策を見出すことの緊急性は高まっており、特に急速な工業化が進展している大国を中心に、多くの途上国は、排出の緩和にかかわる関心と責任がますます途上国に降りかかってくるのではないかと恐れている。「主要排出国」という概念が、この考え方を強めている。「主要排出国」は急速な工業化が進展している大国を問題の主因としている。

有効で正当な世界的気候レジームはこのような対立する枠組みを回避する道を見出す必要がある。そして両方の意見に耳を貸さなければならないだろう。まず、国際交渉には多元性の精神をもったアプローチが必要である。頑固な政治の歴史とそれぞれの意見に一片の真実があることを考えると、気候問題を環境あるいは公平性のいずれか一方だけで規定すれば（ともに必要不可欠ではあるが）、実際問題として、交渉にとって絶対的な指針にはなり得ない。経済開発の枠組みのなかで議論を配置し直すというハイブリッド型の手法を採った方が、議論を広げるには有益であろう。あるひとつの手法は、問題を排出の権利ではなく発展の権利を軸に規定して、気候変動に関して行動を起こす「責任」と「能力」によって国を特定する、と考えることである<sup>5</sup>。もうひとつの考え方は、途上国による「持続可能な開発政策と措置」（国内の経済開発という優先課題と完全に両立する低炭素軌道に乗せるような措置という意味である）という規定と、高所得国による絶対的な削減を組み合わせることを提案している<sup>6</sup>。どんな提案でも細部については議論があろうが、気候レジームにとっては気候と経済開発の慎重な統合を軸とした実際的な政策が有効であろう。

しかし、気候と経済開発の一体化は、途上国に課された緩和に対する責任を、初期の小さなものから次第に大きくしてゆくようなものではない。途上国にこのことを信じさせるためには、地球規模でのレジームに公平性の原則という安全装置をもたせることが必要になるだろう。その一例として考えられるのは、各国の 1 人当たり排出を一定の幅に収斂させるというものである。この原則は道徳面の指針、そしてレジームがこの先非常に不平等な排出にはまり込むものではないことを保



証する手段として役に立つだろう。詳細については議論があるだろうが、正当な気候レジームはやはり何らかの形で公平性原則をベースにしていることが必要であろう。

温室効果ガスの蓄積に対する北側（先進国）の歴史的な責任を考えると、これは枠組条約の強い言葉ですでに支持されていることであり、先進世界が早期の強力な緩和措置でリードしない有効な世界的レジームを想像するのは困難である。北側が早期に行動すること、ロバスタな公平性原則、交渉における社会的多元性の精神を組み合わせることは、世界的な気候に関する交渉を悩ませてきた環境か公平性かという二分法を超越する基盤を提供することになるだろう。

### 負担の共有と日和見的な早期の行動

気候に関する課題の中の環境に関する要素と公平性に関する要素は、その課題は負担共有の問題であるという一般的な前提を共有している。負担の共有という言葉は気候の緩和が国の経済に相当なコストを課すことになるということの意味している。現在のインフラや経済的な生産はコストなしの炭素という前提の上に築かれているため、高価な炭素を軸に経済や社会を構築することは、多大な調整に関するコストを強要することになるだろう。気候をめぐる南北間のむずかしい政策は、負担共有の前提と密接に結び付いているのである。というのは、環境の問題と設定するか、あるいは公平性の問題と設定するかで、負担の分担方法、したがって政治的なコストが非常に異なるからである。

負担の共有がどれだけ政治の混乱の原因になってきたかを認識した上で、早期の気候緩和を主張する人たちは、気候の緩和は共有されるべき負担ではなく、むしろつかむべき好機とする議論を行っている。彼らの指摘は次のようなものである。環境に対する規制の歴史は規制への対応策の事例であふれており、事例は恐れていたよりも低コストだったことを示している。酸性雨とオゾン層破壊が良く知られている2つの適例である<sup>7</sup>。たとえば気候の緩和が全体としてコストを課すことになったとしても、緩和に関する技術の先駆者にとっては相対的な利点がある。先駆者は、炭素に

価格が設定されるのに伴って出現する新しい市場を支配する好位置にいる。特にエネルギー効率化を中心とする緩和の機会の多くは、マイナスの経済コストによって成果を収めることができ、開発にとってその他の相乗利益をもたらすことになり得る。さらに中期的には、最初に行動を起こすことによって、経済が低炭素の将来を軸に方向転換するにつれて、社会は制度や市場、技術などの相互間でプラスのフィードバックを育むことができる。その中で最も力強いものは、他の諸国がしていることとは無関係に、気候緩和に最初に動くことによって優位性を確保するという展開である。

しかし、このような話をあまりしすぎないことが重要である。概念的には、気候と工業発展の強い結びつきは調整のためのコストが膨大になる可能性があることを示している。そして酸性雨やオゾン層破壊など過去との比較は妥当性が限られている。コストのない炭素を軸に構築される産業資本ストックと化石燃料資源への依存のどちらにも率直に期待できなくなるだろう。懐疑派は次のように指摘するだろう。今のところ、気候に関する好機の話は、途上国がこの好機を現実のものにするのを主要な高所得国が手助けするという具体的な行動と一致していない。

さらに、途上国が好機という言葉をとえ信じるとしても、交渉を有利に進めるために負担の共有に基づく公式スタンスを維持することによって、戦略的な行動をする可能性が大きい。一方では、入手可能な好機をつかもうと密かに画策している可能性さえあるだろう。したがって、好機をつかむということが短期的に優勢な物語として、分担の共有という王座を奪う可能性は低いだろう。それは気候変動にかかわる頑固な政治を変化させるということに対する限られた隙間を提供するだけである。

しかし、この限定的な隙間をものにするのが重要である。気候に関する経済面での好機という前向きな見方は、低炭素型の未来に向けて経済や社会を転換するというむずかしい課題に着手する方向に情勢を変化させるだろう。明るい展望が無い状態で着手するのは売り込みがずっとむずかしい。そして、着手することが重要である。着手することは低炭素型の未来に利害関係をもつ支持層

## ボックス 5.2 負担の共有についての提案例

### 収縮と収斂

「収縮と収斂」のアプローチはすべての人に温室効果ガス排出について平等な権利を割り当てるものである。したがって、すべての国は同じ1人当たり排出に向かうことになる。総排出量は時とともに収縮し、1人当たり排出はひとつの数字に収斂する。実際の収斂値、収斂に向かう軌道、それに到達すべき時期などはすべて交渉による。

### 温室効果開発権

「温室効果開発権枠組み」は、貧困で苦しんでいる人たちが限られた資源を気候変動の回避に向けての期待すべきではない、と主張している。そうではなく、支払い能力が大きく、既存の蓄積された排出について大きな責任を負っている富裕国が、世界の緩和と適応プログラムのコストについて大部分を負担すべきである。

このアプローチの目新しさは、国民所得ではなく個人所得をベースに各国の責務を定義し計算しているところにある。したがって、各国の能力（必需品を犠牲にすることなく支払える財源）と責任（気候問題に対する関与率）は、国民所得あるいは「開発の下限」を超過する排出の量によって決定される。これは排出は所得に比例するとの前提で、1人当たり1日約20ドル（年7,500ドル）と推計されている。温室効果開発権枠組みの下での能力と責任の指数によると、2℃の温暖化に必要な世界の排出削減のうち、アメリカは29%、次いでEUは23%、中国は10%を占めている。世界的規模の排出に占めるインドの割合は約1%であろう。

### ブラジルの提案：歴史的な責任

1997年に行われた京都議定書につながる交渉において、ブラジル政府は付属書I国（目標を公約している諸国）の間で緩和の負担を分担するベースとして「歴史的な責任」を使うことを提案した。この提案は「一定期間にわたる締約国による温室効果ガスの排出と、世界の地表の平均温度の上昇で測定される気候変動で表現された排出の影響との間の関係」に取り組みうとしたものである。この提案の際立った特徴は、排出削減の負担を各国間に配分するために使われた方法にある。それによると、付属書I国の排出目標は地球温暖化に対する各国の責任の度合いに応じて設定されるべきである。

提案には各国が排出目標を決定するための「政策立案者モデル」が含まれており、地球温暖化に対する各国の関与率を推定するために「合意された気候変動モデル」の必要性が指摘されている。

### 炭素予算（カーボン・バジェット）

中国社会科学院の研究者グループは次のように主張している。

- 温室効果ガス排出権は生存と開発を保证する人権のひとつである。平等とは国家間では個人間の平等を保证することを意味する。
- 各個人間の平等の促進において最も重要な点は、現在世代の権利を保证することにある。人口増加の抑制は持続可能な開発を促進し、気候変動を遅くするための政策の選択肢である。
- 温室効果ガスの排出を伴う開発の間に蓄積された富を考えると、現在の平等には過去、現在、及び将来の開発で獲得される公平性が含まれる。
- 基本的ニーズを優先するということは、排出権の配分は自然環境の違いを反映すべきであるということの意味する。

化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出だけを考え、排出は2015年にピークを打って2050年までには2005年水準の50%にまで減少するならば、1900-2050年の間に排出できる炭素の1人当たりの量は年間2.33メートルトンのCO<sub>2</sub>になるだろう。当初の炭素予算の各国への配分は基準年の人口に比例する。気候や地理、天然資源などの自然要因についての調整も行う。

途上国は、歴史的には排出できる量を下回ることが多く、したがって、成長して排出を増やす権利をもっているにもかかわらず、先進国の歴史的な過剰を補填し、将来の基本的ニーズを確保するためには、炭素予算を先進国に移転するしか他に選択肢がない。

この歴史的な債務は約460ギガトンのCO<sub>2</sub>に達する。1トン当たり13ドルという現在のコストを使うと、この債務は59兆ドルになるだろう。これは気候変動と戦うために財政援助として途上国に現在供与されている額を大幅に上回る。

高所得国では1人当たり排出が高水準を続けているが、それは炭素市場を通じて一部は相殺できる。しかし、累進的な炭素税が必要になる可能性が高く、超過分は次のラウンドの公約に繰り越されるだろう。

出所：収縮と収斂—Meyer 2001, 温室効果開発権—Baer, Athanasiou, and Kartha 2007, ブラジルーブラジル政府が1997年にUNFCCCに対して提出した文書, <http://unfccc.int/cop3/resource/docs/1997/agbm/misc01a3.htm> (2009年7月7日アクセス), 炭素予算—Jiahua and Ying 2008の援用。

を生み出し、実験の過程を開始させ、取り残された際に生じるコストを押し上げる。それ故、引き寄せる効果を生み出すことになる。好機をつかむという表現に隙があるということは、気候に関する議論における顕著な概念としての負担共有論に対抗する潜在力を否定はしていない（ボックス5.2）。

## 予測可能な気候の結果と予測不可能な開発のプロセス

負担の共有は気候問題を環境の観点から規定することと繋がっている。破局的な気候変動を回避するためには、絶対的な削減目標を設定する必要があるからである。一部の諸国や唱道者は、「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)の勧告を援用して、地球の温暖化を産業革命以前から

の比較で2℃以下に制限するという世界の目標を達成するためには、世界の排出を2050年までに1990年水準比で少なくとも50%（IPCCのいう50-80%という範囲の下限）削減する必要があると主張している<sup>8</sup>。これに反応して、高所得数カ国は各国の削減目標を提出した（2050年と一部については中間年について）<sup>9</sup>。基本的な考え方は、気候に関する課題を達成するため、進展を測定し、基準に従って評価することである。

世界的な目標は高所得世界の公約を課題の規模との比較で評価する手段として特に有用である。しかし、第4章で検討したように、単純な計算は世界の目標は途上国にとっても意味があるということを示している。世界的な目標と高所得国の目標の合計の間にある削減の差異は途上世界によって満たされなければならないだろう。したがっていくつかの途上国は、このアプローチを発展途上世界による公約を強制するための裏口であるとして抵抗している。あるいは、割当の枠組みに関して同時進行的な議論を要求している<sup>10</sup>。この抵抗は、世界的な目標に対する反対というよりも、予測可能性という言葉が、いったん受け入れられると次第に大きくなって全ての活動を絶対的な削減に置き換えるようになり、やがて途上国の排出に暗黙の制限を課すことになるのではないか、という感覚から生じている。

気候に関する課題は開発というレンズを通して見るとまったく違ったものになる。豊富で複雑な知性の歴史の上に築かれた最近の開発に関する思想のひとつは、開発にかかわる制度とその慣性に焦点を当てている（第8章）。この見方では、正式な「ゲームのルール」と、文化に根ざしたものを含む非公式な規範が、経済的なインセンティブ、制度的転換、技術革新、社会変化などの重要な決定要因である。さまざまな行為者が制度を変更し、インセンティブを転換させようとしているため、政治はこのプロセスにとって重要である。同様に重要なのは、開発過程との関わりに行者がもたらすことができるものについてのメンタル・マップである。ここでは次の3つの重要な考え方が関係している。第1に、開発は主として下から牽引された変化のプロセスである。第2に、制度の歴史と過去のパターンは極めて重要

である。したがって、一般的な雛形は使い方は限られている。ひとつのサイズはすべてには合わない。第3に、この変化の特性は高所得国にも同様に当てはまる。ただし、不完全で不十分な制度の課題はそれほど手強いものではなく、トップダウン型の政策の価格シグナルが変化の主要な牽引役であると考えられている。

この観点からすると、途上国における低炭素型経済開発の課題は長期的なプロセスであって、高所得国と比べると目標や予定表によって上から後押しをするということにはなじまない。そうではなく、低炭素型開発への方向転換はこの目的を、官僚や企業家、市民社会、市民がすでに関与しているより大きな開発プロセスのなかに内部化することによって可能となる。換言すれば、気候は開発に統合されなければならない。このアプローチの例としては、次のようなものを挙げることができる。低炭素の未来における都市計画の再考、輸送の需要を削減するために職住接近を確実なものにする、より持続可能な建物の設計、公共輸送手段にかかわる解決策の工夫などがある（第4章参照）。それは目標主導型の短期的なアプローチとは対照的である。このアプローチでは、既存の都市インフラのなかでより燃費のよい車を使用することを強く主張することになるだろう。

第4章で検討したように、短期的に成果を生むものと、転換には長い時間が必要であることを認めるものと、両方のアプローチが必要である。つまり、2つの観点は補完的である。気候重視の観点に立てば一連の短期的な政策処方を生み出すことができる。それは大体において、各国において最小限のコストで実施可能であると同時に、開発利益ももたらすことができる。その多くは建築基準や家電製品基準の改善など、エネルギー効率化の分野にある<sup>11</sup>。気候というレンズを通して、このようなアプローチを経済開発を再考することを目指した長期的なプロセスに組み込むことが可能である。

しかし、短期性と予測可能性に関する関心は、長期にわたるがより根本的な低炭素社会へ向かう転換を締め出したり、あるいは排除したりすべきではない。また、長期的な世界の目標に向けられた途上国の取り組みをあまり熱心に基準に従って

評価すると、まさにそうになってしまうというリスクがある。前述のように、多くの転換措置はトップダウン型の計画に従うものではないため、予測や手軽な評価にはなじまない。実際に、測定や予測可能性への固執は、非順守のリスクを最小化するための簡単な措置だけを奨励することになるだろう。さらに、世界の目標から高所得国の排出を控除することで暗黙の合意が成立したという兆しが少しでもあれば、戦略的なゲームを奨励することになる。そのような状況下では、国内でできることは僅かであり高いコストがかかるということを経済界に説得しようとするインセンティブが各国に作用することになる。

2つの見方を調和させるためには、短くても2020年までの短・中期的な期間について、2つの軌道を含んだアプローチが必要だろう。「共通ではあるが差異のある責任」というUNFCCCの原則に従って、高所得国は炭素軽減を目標とした行動の予測可能性を優先することに合意できれば、世界は気候に関する課題に立ち向かう軌道に乗っているという何らかの保証を示すことになる。ここでは、2020年の短期目標と30年の中期目標は、2050年の目標と同じくらい重大である。炭素削減は現時点で行う方が後に行うよりも有益であり、発展途上世界の信頼を得ることができるからである。途上国は本章で後述するように第2の軌道をたどることができるだろう。それは経済や社会を低炭素型開発に方向転換することを優先するものである。

すでに明確であろうが、このようなアプローチは生活水準を低下させる必要もないし、そうであるべきではない。その代わりに、気候のための経済開発における相乗利益を積極的に探究すべきである。このような長期的な目的のなかに組み込まれれば、途上国は、開発と気候の両面で利益をもたらす短期的な「最善慣行」措置——特にエネルギー効率化——に同意することができるようになるだろう。このような措置を積極的に追求することに同意すれば、一部の予測可能な気候に関する利益が短期間で実現するという保証をいくらか提供することになるだろう。

## ファイナンスの問題——コンディショナリティと主体性

上述の議論は気候に関する措置のファイナンスという厄介な問題と密接な関係がある。広範な合意を得ているのは、高所得国が特に適応を援助するために開発途上世界に対してある程度の資金を移転し、さらに緩和のためには別に資金供与を行うことになるだろう、ということである。しかし、利用可能なファイナンスの額、その財源、支出の管理方法、監視する基準などに関する問題が残っている。以下ではこのような問題を検討する。

高所得国の政府は、供与した資金が気候の緩和あるいは適応に確実に向けられ、実際に測定可能な（排出あるいは脆弱性の）削減をもたらすことを強く望んでいる。これを実現するために、先進国はこのような資金の監視を計画している。特に現在のように財政が厳しく、国内の支持層は海外へ送金する意欲はほとんどもっていない状況だからである。これは特に緩和に対するファイナンスについて当てはまる。多くの高所得国は、途上国世界の気候ファイナンスの支援において公的資金は限られた役割しか果たしていないと考えており、代わりに、より大きなシェアの資金は市場メカニズムを通じて確保すべきであると考えている。

このような資金に対する途上国の考えはまったく異なっており、自分たちの責任ではない問題の削減に彼らが適応し貢献するのを支援するために支払われた、と見なしている。その結果、途上国は援助というニュアンスを嫌悪し、いかなるコンディショナリティ（融資条件）の仕組みにも抵抗する。それどころか、この資金の使途は受領国の優先順位を指針にすべきであると考えている。

両方の立場に含まれている要素は理に合っているように思われる。気候関連の資金の移転を援助の傘というひとつの枠内では考えないという議論には正当性がある。高所得国は気候問題の大部分について責任を負っているからである。しかし、資金に対する何らかの説明責任の仕組みなしに高所得国が白地小切手にサインをすることは政治的に困難であろう。ひとつの前向きな方法は、手段としてのコンディショナリティに関する過去の教



訓に焦点を当てることかもしれない。

気候に関する議論における途上国の立場は、部分的に、開発についての議論におけるコンディショナリティの誤った歴史によって形作られている。市民社会やその他の関係者はコンディショナリティのことを民主主義を損ない、評判の悪い改革を通して押しつけられる手段として考えるようになってきている。課された条件が、政府が政治的に困難な改革を実施するのに特に有効であることが証明されなかったので、10年の間にコンディショナリティは、政策改革向けローンに対する前提条件として改革政策に関する借り手側の「所有権」という正反対の概念に道を譲っている<sup>12</sup>。気候変動についての教訓は、コンディショナリティというのは結局のところ——純粋に実際的な論拠から、たとえ問題に対する責任と結びついていいる原則を脇にどけておいたとしても——国内でほとんど支持を得ていない措置を政府に実施させる有効なツールではないということである。

幸いなことに、気候に関する資金の使い方に関してはより生産的な考え方がある。第1ステップでは、関心を、提供者によってあらかじめ決められた措置の実施から、過程を軸にした資金の組織化へ方向転換することが必要となる。その過程は、経済開発と低炭素型開発計画にかかわる受領国の主体性を促進するものである。これは第6章で検討されている貧困削減戦略のアプローチに類似しており、提供者は受領国政府によって設計され所有されている戦略を軸に緊密に協力する。そのようなアプローチは、気候ファイナンスを資金提供者と資金受領者が共同で精査及び監督する統治メカニズムに重きを置いたものになるだろう。

第2のステップは途上国における低炭素型開発と具体的な緩和措置の両方を支援するための緩和措置の資金に関するものである。具体的な措置は、資金の提供者と受領者の両方によって、それが気候緩和と開発による利益という二重の機能を果たすものとして共同合意されているべきである。前述の通り、多くのエネルギー効率化措置は合意が容易な候補であろう。

低炭素型開発の支援についての合意はもっと不確実で難題である。しかし、コンディショナリ

ティから得られた教訓は、低炭素型開発の道はかなりの程度の受領国の主体性を確立するプロセスを通じて築かれるべきだということである。中でもメキシコや南アフリカなど、多くの政府が行っている取り組みはひとつの興味深いモデルである。それは具体的な行動を特定し、国際的な支援を求めるためのベースとして、長期的な炭素緩和戦略を策定するというものである。本章の残りではこのような代替的なアプローチを策定する方法を検討する。

### 途上国の行動を世界的なアーキテクチャーのなかに統合するための選択肢

途上国がすぐにも低炭素型の開発軌道に移行するためには、気候変動と開発を統合できる道があるということを経済学に説得する必要がある。もし国際的な気候レジームが途上国によるより力強い行動の促進を望むのであれば、そのレジームは途上国の状況に適合した新しいアプローチを取り込まなければならぬ。途上国に要求される緩和に向けたどのような努力も、「途上国の開発選択と開発の最優先課題に対する経済及び統治の状況に関する明確な理解」に基づいていなければならない<sup>13</sup>。今後のレジームは、途上国が開発目的を達成しながら、排出削減努力も行うということを経済学に説得した上で策定されなければならない。

今のところ、レジーム内における緩和のための行動の主たる手段は、京都議定書におけるように、歴史的な基準年の排出水準と比較した経済全体にかかわる排出目標とされている。このような産出ベースのアプローチ（排出の中の「産出」に焦点を当てている）は、大気中の温室効果ガス濃度について許容水準を達成し維持するという中心的な目的によって牽引されている<sup>14</sup>。経済全体にかかわる固定的な排出目標には2つの長所がある。ひとつは、環境面での結果について確実性がもたらされる（達成できるという前提で）ということである。もうひとつは、最も適切で費用効果に優れた実施手段を選択できるという大きな柔軟性を各国がもつことを許しているということだ。このような目標主導型のアプローチは先進国

にとっては適切であろう。

しかしこのような気候中心のアプローチは、すくなくとも気候レジームのこの段階においては、途上国に対しては問題を抱えていると認識されている。多くの途上国は排出の上限規制は経済成長に対する上限規制であるとみている。競争力向上に成功した途上国は、気候に関する計画が自分たちの成長を阻害するのではないかと恐れている。このような懸念の論拠は、途上国における排出増加の主たる牽引力はエネルギーと経済の伸びという開発の至上命題にある、というものである。また、実際問題として、経済全体にかかわる排出目標を設定して順守するためには、経済全体にわたって排出を正確に測定し、信頼できる形で予測する能力が必要である。それは多くの途上国に欠如している能力である。

したがって、途上国を気候レジームに全面的に参加させるためには、その状況に対してより適切と考えられる代替的なアプローチが必要であろう。そのようなアプローチは、各国レベルですでに策定ないし実施されているような措置や戦略をベースに構築することが可能である。このような措置は排出目標とは異なり、一般的には「政策ベース」と特徴付けることができる。これは排出そのものよりも、排出を生む活動に焦点をおいている。エネルギー効率化を達成するためには、あるひとつの国は行動様式ないし技術をシフトさせるために、基準またはインセンティブを導入することができるだろう。温室効果ガス排出の減少はひとつの結果になるだろう。しかしその政策は、エネルギーに対する支払い能力やエネルギー利用の改善など、当該国の中心的な開発目的に密接に関係した利益も生み出すだろう。各国は状況に応じて、一連の異なる政策ないし措置を打ち出すこともできるだろう。そうすれば、排出削減という相乗利益も確保しつつ、経済成長、エネルギー安全保障、移動性の改善などといった開発目的に取り組むことができる。

しかし、重要な問題はこのアプローチと第4章で指摘した緊急性をどうやって調和するかにある。第4章で示した緊急性とは、緩和をただちにグローバルに実施しない限り、温暖化を2℃近辺にとどめることは不可能になる、という考え方

である。以下に示す新しい分析は、複数軌道の枠組みと事前的公約の影響に関するものであり、柔軟なアプローチは有効なものになり得ることを示している。

#### 統合的な複数軌道の気候に関する枠組み

経済開発の関心事項を気候変動に向けた取り組みにもっとうまく統合するには、世界の気候レジームがより柔軟になって、特に緩和に向けた取り組みに関しては各国それぞれの状況や戦略を許容しなければならぬ。京都議定書は一種類の緩和公約しか規定していない。それは排出に対して拘束力をもつ、絶対的な、経済全体にかかわる制限を課している。これは環境面での有効性や経済的な効率性の観点からは健全である。しかし、政治的及び実際的な問題としては、現段階では途上国にとっては好ましくない手段である。

各国の多種多様なアプローチを一体化した柔軟なアプローチは「統合的な複数軌道」型の枠組みとして概念化することができる<sup>15</sup>。このようなアプローチの特徴をもっている国際的レジームは多数ある。例えば、多角的貿易レジームには、世界貿易機関（WTO）の全加盟国が認めた協定や、小さな加盟国グループによる複数国間の協定が含まれている。ヨーロッパの「長距離越境大気汚染条約」という体制や「船舶による汚染防止のための国際条約」は4つの共通の項目を規定しており、さらに異なる義務を規定している付属文書を含んでいる。このような分野における経験は気候政策の立案者にとって貴重な教訓を提供しているが、気候レジームには一連の独特な政治と政策の至上命題に合致する他のものとは異なる構造が必要であろう。

大まかに言えば、複数軌道型の気候レジームは、最低2つの明確に異なる緩和軌道を含めることができるだろう。

- **目標とする軌道。** 公約を実行する準備ができている先進国を中心とする諸国にとって、目標とする軌道は、京都議定書の第1公約期間について設定されたものの後を継いで、排出について拘束力をもつ、絶対的な、経済全体にかかわる目標を設定することになるだろう

### ボックス 5.3 複数軌道アプローチは有効性と公平性で高い評価を得ている

パッテル記念研究所内の地球温暖化共同研究機構が「地球規模の気候変動に関するビュー・センター」と共同で最近開発したモデルは次の2つのことを示している。ひとつは、「統合的複数軌道」型の気候枠組みは、先進国は経済全体にわたる排出目標を公約する一方、途上国は非目標型政策を実施するものである、ということだ。もうひとつは、この枠組みは今世紀半ばまでに世界全体の排出を削減することが可能であり、これは大気中の温室効果ガスの濃度を2100年までに450ppm CO<sub>2</sub>にするという目標の達成と矛盾しないものである、ということだ<sup>a</sup>。

世界全体の政策のシナリオにおいては、先進地域は2020年までに2005年の水準を20%、2050年までに80%下回る削減を行う。発展途上地域はエネルギーや輸送、工業、建築などの分野で、炭素排出原単位目標、効率化基準、再生可能エネルギー目標など一連の政策を採択する。具体的な政策やその厳格さは途上地域によって異なるだろう。途上地域に対する「政策ベースのクレジット供与」は、その政策が達成した削減の一部（2020年に50%で始まり2050年にゼロに低下していく）について取引可能な排出権を供与する。

分析が示すところによると、2050年における世界の排出削減は、理想化された「効率的な」450ppm軌道——全世界的な排出権取引が最小コストの時に最小コストの場所で削減を実現する——の下での排出と同じくらい大幅な削減である。世界全体では、2050年までのコストは効率的な場合よりも割高になるが、今世紀半ばまでにすべての排出を対象にして世界全体で取引を行うということに向けた動きの重要性を強調している。しかし、たとえこのような効率性の損失があっても、コストは2050年の世界GDPの2%未満にとどまる。さらに、政策ベースのクレジット供与のアプローチがコストを世界全体に分散するため、途上地域ではそのコストの対GDP比はずっと低くなる。初期には、一部の途上国では排出権の売却による収入が国内の緩和コストを上回り、正味では経済的利益をもたらすだろう。

出所：Calvin 他 2009。

a. モデルは特に温度上昇に注目したものではない。しかし、450ppm CO<sub>2</sub>という濃度は550ppm CO<sub>2</sub>e（CO<sub>2</sub>だけでなくすべての温室効果ガスの測定値）という濃度、すなわち約3℃の温暖化に相当する。本報告書が印刷に回された時点では、450ppm CO<sub>2</sub>e（40-50%の確率で2℃未満の温暖化に対応する）についての作業は実施されていなかった。

う。そのような目標をもつ諸国は協定の国際的な排出権取引メカニズムのすべてを利用できるようになるだろう。

- **政策ベースの軌道。** この軌道に乗った他の諸国は、排出ないしその伸びを削減する効果をもつ政策や措置を各国の国家が主導して実施する。そのような政策は部門ベースでも経済全体ベースでもよく、また例えば、エネルギー効率化の基準、再生可能エネルギーの目標、財政措置、土地利用政策などを含むことができる。各国は個別政策を提案してもよく、あるいは優先する部門や政策、実施のために必要な支援を特定しながら、包括的な低炭素型開発戦略を打ち出してもよい。

このようなハイブリッド型の枠組みを最近になってモデル化した結果は次の2つのことを示唆している。ひとつは、複数軌道型アプローチは環境面での有効性や公平性で高得点を獲得しているということだ。もうひとつは、各国が全体として温室効果ガス濃度を450ppm CO<sub>2</sub>あるいは550ppm CO<sub>2</sub>eに向かう軌道に乗るような政策に広範囲の国を参加させる場合とのトレードオフに関して、効率性の低下は理に合ったものになっているということである（ボックス 5.3）。

他のモデルも次のことを説得力のあるかたちで示している。複数軌道型の枠組みが、各国がいつ拘束力のある協定を確約するかをある程度の確実性をもって提示すれば、この枠組みは非常に有効なものになり得る<sup>16</sup>。このことは、実際に、ある国が将来的に拘束力のある協定に参加するコストを下げる。移行が長期間にわたって分散するため、投資家は投資選択のなかに最終的な政策変更を織り込んでおくことができるからである。この過程で、廃棄される資産やコストのかかる更新が必要となる資産の額は減少することになる。

緩和軌道に加えて、包括的な協定は以下を含んでいる必要があるだろう。

- 適応政策の作成とその実施によって脆弱な国を援助するような適応の手順
- 途上国に対する技術、金融、能力強化の支援を分野横断的に可能にする機会
- バリ行動計画で指摘されているように、途上国の緩和措置を測定、報告、及び検証する手段と緩和措置に対する支援

第4章では、途上国が遅れて参加する場合、2℃近辺の温暖化にとどめることはほぼ不可能であることを示した。ところが、複数軌道型の枠組

みは早期行動を許容しているだけでなく、両者に利益がある選択を強調している。ここで検討したアプローチは、次のことを示している。緊急に行動を起こす必要があるということ、開発や貧困削減に与えられなければならない優先度を調和するという点に対して、複数軌道型アプローチと将来を考慮した予測可能な政策は、価値のあるアプローチである。

### 政策ベースの緩和政策

途上国の緩和に向けた取り組みを認めて促進するためには、新しい重要な要素が気候レジームに必要である。その要素は多種多様な措置を盛り込める広範で柔軟な緩和措置という新しいカテゴリーである。多くの途上国は、国家レベルで既存の及び将来性のある政策と行動を特定し始めている。これらは気候変動に対する懸念によって明示的にあるいは最優先で開始されたわけではないが、気候の緩和に向けた取り組みを補うものになっている。このような政策や措置は国内状況のなかから登場してきたものであるため、本質的に各国の状況や開発の目的と優先事項を反映している。このような政策の多くは、まさしくエネルギーの利用や安全保障、大気質の改善、輸送サービスの改善、持続可能な森林などといった開発目的に主導されたものであり、緩和は付随的な相乗利益である。

各国が主導するこのような政策を国際的な枠組みに統合することを認める仕組みには、途上国にとって次の4つの利点がある。第1に、途上国は独自の決意によって開発計画と統合的な形で気候に関する取り組みに貢献することができる。第2に、各国は自国の状況や能力、緩和の潜在力に合わせて、国内的に規定したパッケージを策定することができる。第3に、そのような政策は、ロバスタな支援メカニズムと組み合わせれば、規模を拡大したり、あるいは積み重ねたりすることができる。そして、より強力な支援を供与する活動を支えることができる。第4に、途上国の緩和に向けた力強い取り組みに明確な道を示す一方で、途上国を定量化した排出限度には拘束しない。途上国は、この拘束を自分たちの成長と開発に対する不当な制約であると考えている。

政策をベースにした軌道の支持論は学術論文のなかでさまざまな形で発展してきている。「持続可能な開発政策と措置」(SD-PAM)というひとつの定式では、途上国による自発的な誓約を想定している<sup>17</sup>。別の提案では「政策ベースの公約」として言及されている。その政策内容はSD-PAMの場合とまったく同一かもしれないが、国際的な枠組みのなかで、自発的な措置というよりも公約として反映させることができるとされている<sup>18</sup>。パリ行動計画が採択されて以降、各国政府は、どのようにすれば政策をベースにしたアプローチを将来的な気候協定のなかで運用できるか、ということの様々な側面に対処する提案を行っている<sup>19</sup>。

変転する国際的な気候枠組みの一環として新しい政策をベースとした軌道を策定する際には、政府は次のような相互に関係があるいくつかの問題を検討する必要があるだろう。

- 各国が政策や措置を提案し、それを国際的な枠組みに反映させるプロセス
- このような政策や措置の法的な性格
- 実施のためにインセンティブや支援を提供するその他のメカニズムとの結び付き
- 政策や措置を測定、報告、検証するための基準や仕組みとそれに対する支援

**政策に関する行動を導入するプロセス。** 国の政策に関する行動を国際的な枠組みのなかで認識してもらうためには、政府は行動を提案するプロセスを確立し、おそらく第三者に検討してもらい、そして受け入れてもらう必要があるだろう。交渉のなかで、一部の当事者は、各国が計画ないし提案する国内的に適切な緩和行動を当該国が記録しておくための「登記所」の創設を提案している<sup>20</sup>。

ひとつの重大な問題は、行動を提案するプロセスが新しい協定を交渉している間に進行するのか、それともその交渉の結果になるのかということである。ほとんどの途上国にとっては後者の方が好ましい。このシナリオでは、新しい協定は先進国向けに拘束力をもつ排出目標、途上国の緩和や適応への取り組みを支援する仕組み、そして途



上国が自国の緩和措置を規定するプロセスを設定することになる。しかし、主要な途上国が行おうとしている措置を示す用意がないならば、先進国はその場ですぐに拘束力のある排出目標を公約することには消極的になる可能性がある。その場合、途上国が採ろうとしている措置を具体化するプロセスは交渉プロセスの一環として達成することができるだろう。その目的は、先進国向けの拘束力をもつ目標と途上国向けの具体的な政策行動を統合することにある。

いずれの場合でも、当事者は、そのプロセスはまったく規制のない、すなわち各国は政策あるいは行動の様式に関して自由に主張することができるのか、あるいは何らかの規制を設けるべきなのかを検討する必要もある。交渉のなかで提案されたひとつの選択肢は、途上国が選択を行う緩和行動のメニューあるいは「工具箱」である<sup>21</sup>。メニューは幅広いカテゴリーの措置を明確にすることができるだろう。当事者は自分が選ぶカテゴリーのなかで、具体的な政策や行動計画を打ち出すよう要請されることになる。一貫性あるいは比較可能性のためには、各国が緩和措置を説明するに当たって従うべき何らかのひな型を確立しておくことが有益であろう。

もうひとつの重要な検討事項は、緩和行動がもつと期待される排出への影響を定量化することである。政策ベースの軌道に参加する諸国は具体的な排出の結果を公約するわけではないものの、他の当事者はその措置が排出にどの程度の影響を及ぼすのかを知りたいであろう。最低限として、各国はそのような予測を提供する準備ができていなければならない。確立されるプロセスの様式にもよるが、排出の予測は政府間機関ないし独立的な第三者によって設定され、あるいは検証を受けることも可能であろう。

**法的な特徴。** バリ行動計画は先進国による「国内的に適切な緩和の公約ないし行動」と、途上国による「国内的に適切な緩和行動」を区別して、途上国の行動は法的に拘束力のある公約という形をとっていないことを示唆している。実際、バリ交渉後に途上国が発表した提案は、途上国が採る行動の登記所に関するものも含め、このような行

動の自発的な性格をまさしく強調している。

しかし、バリ行動計画は途上国による公約を明示的に排除してはいる。これは交渉の枠組みを決定し、京都議定書に結実した「1995年ベルリン・マンデート」とは対照的である。現在進行している交渉において、一部の先進国は、一部の途上国による行動は拘束力をもつべきである、という姿勢を示している<sup>22</sup>。しかし、途上国は少なくとも現段階では拘束力のある公約を行うことには消極的である。

**支援との結び付き。** 途上国による確固とした取り組みは国際支援が強化されて初めて実現化可能になる。バリ行動計画の下では、途上国の緩和行動はまさに「技術、資金、能力開発によって支援され、可能になる」とされている。以下で、そのような支援を生み出す可能性のある仕組みを検討する。もし当事者が政策ベースの緩和軌道を途上国のために確立しようとするのであれば、このことに関連して生じる疑問は、その軌道上の措置が支援の具体的な流れにどのように結び付いているのだろうかということである。

加えて、各国が提案した行動を実行に移せるようにするすべてのプロセスは、その行動のための支援の手段と水準を特定することが可能であろう。例えば、提案された行動を緩和行動の登記所に登録する際に、その国は行動の実施において必要な支援の種類と水準を示す。あるいは、当該国は独自に実施する取り組みの水準と、支援があれば実施する用意のあるより高水準の取り組みを具体的に示す。または、登記所に行動を登録することで指定機関による審査が開始され、合意された基準を使って支援の必要性が評価されることになる。その際には当該国の状況や能力が考慮される。このようなアプローチのすべては打ち出されている措置に見合った支援の決定につながる。

**測定、報告、及び検証。** バリで当事国が合意したのは、先進国と途上国の緩和行動——および途上国の取り組みに対する支援——は、「測定可能、報告可能、検証可能」(MRV)でなければならない、ということである。MRVに対する有効なアプローチは、各国の取り組みとレジーム全体に対

する当事国の信頼を確立し、維持することができる。機能し得るためには、MRVの条件と仕組みは透明性及び説明責任の必要性和当事国の主権にかかわる伝統的な懸念との間のバランスを図らなければならない。

既存のレジームにおける途上国の報告義務は最小限に抑えられている。各国は「文書」(排出目録を含む)を不定期に提出するが、審査は行われないことになっている。この先の合意では、政策ベースの緩和軌道に乗っている途上国の行動にかかわるMRVは、より厳格なアプローチを要求することになるだろう。第1に当事国はどのような行動が測定と検証を受けることになるのか検討しなければならない。一部の途上国は、MRVの適用は支援を受けている行動だけに限定すべきである、との立場をとっている。第2の問題は、検証を実施するのは当該国、国際機関、それとも第三者のいずれかということである。一部の国際的レジームでは、国際的指針を順守しなければならないという国際的なシステムの下で、当該国が自国の行動を審査することになっている。他のレジームでは、専門家チームが当事国の報告書を審査している(UNFCCCと京都議定書の下では、先進国は文書と排出目録を提出しなければならない)。

第3に、検証の手段にかかわらず、使用する手法に関する問題がある。政策ベースの軌道の論拠のひとつは、その軌道は当事国が自国の状況と開発目的に最も適切な種類の行動を追求することを可能にする、というものである。しかし、このような多様性はMRVにとっては難しい問題である。というのは、多種多様な措置(効率化基準、再生可能エネルギーの目標、炭素税など)を測定し検証するためには、さまざまな種類の手法が必要になるためである。したがって、MRVの在り方は行動の定義方法に大きく依存することになる。逆に、行動に対する測定可能及び検証可能でなければならないという要請は、当事国がそれを定義する方法をどうやって選択するかに大きな影響を及ぼす。何らかの形で政策ベースの軌道で許容される行動の種類をまとめることによって——例えば当事国がそのなかから選べるメニューを設定することによって——、MRVはより管理しや

すいものに行うことができるだろう。

同様に、先進国による支援の測定と検証は、支援の具体的な種類とメカニズムに大きく左右されるだろう。もし新しい協定が二国間チャンネルで供与される支援を認めるのであれば、その支援の流れが「気候関連」であり、「新規の追加的なものである」ことを決定するためには、基準が必要になるであろう。一般的なこととして、国際的な炭素課税や国際的な排出権の競売など、多国間の手段を通じて生み出された支援は、検証がもっと容易であろう。

### 途上国の緩和に向けた取り組みに対する支援

途上国が緩和行動を策定し有効に実施する能力は、部分的に国際社会からの十分で予測可能な支援の入手可能性に依存することになるだろう。一般的な支援の分野としては、資金、技術、能力強化がある。これらには以下を含めることができるだろう。それぞれに最小のコストと最大の相乗利益を伴う温室効果ガス削減の機会を発見するために緩和の潜在力を分析すること、温室効果ガス排出を削減する政策を策定し実施すること、利用可能な最良の技術を利用し普及させること、そして緩和措置とそれに関連する持続可能な開発利益を測定し検証すること、である。

十分な支援には、公的資金を引き出して仲介し、また民間投資を活用する形で行うような一連の仕組みが必要であろう。どのシナリオの下でも、低炭素排出への移行にとって利用可能な支援の流れの過半を占めるのは民間投資であろう(第6章)。一般的に、気候レジームには公的ファイナンスと市場ベースのメカニズムという2つの支援形態があり、将来の合意においては両方とも大幅に規模を拡大しなければならない。

### 公的ファイナンス

新しい多角的な取り組みは途上国の支援における公的ファイナンスの規模を拡大しなければならない。鍵となる問題は、資金調達源、資金供与基準、資金供与手段、民間ファイナンスとの連携、新しい資金供与メカニズムの管理と統治などがある(すべて第6章で詳述)。本節ではいくつかの

明らかになった事実之光を当てる。

気候レジーム下の資金のほとんどは提供諸国の誓約に依存しており、そのため不十分で、その流れは予測できなくなっている。現在議論されている提案はより信頼できる資金の流れを作り出すことができるだろう。具体的には、合意された評価基準に基づく資金供与と公約や、国際航空やその他の温室効果ガスを発生する活動に対する課税、先進国の国際排出割当の一部の競売などである。もうひとつの選択肢は、CDM（クリーン開発メカニズム）取引に対する既存の課税を京都議定書に属するその他の市場ベースの弾力性メカニズム（国際的な排出権取引と共同実施）にも適用することである。これは2008年12月にポーランドのボズナニで開催された国連気候変動会議で途上国が強く主張したものである<sup>23</sup>。

新しい資金は多種多様な調達手段に使えるようになるだろう。それには補助金、譲許的ローン、ローン保証、あるいは支援対象となる活動の種類によってはリスクを軽減するための手段などが含まれる。技術支援に対しては、知的財産やそれに関連した技術的ノウハウの利用および使用にかかわる支払いが含まれるだろう。資金供与のための活動を選ぶ際の重要な基準には、投資額当たりの予測排出削減量、受領国の持続可能な開発目的に対するプロジェクトの寄与度、炭素ファイナンスあるいはその他の民間投資を活用する能力などを含めることができるだろう。

### 市場ベース型メカニズム

京都議定書のクリーン開発メカニズム（CDM）は、途上国におけるクリーン・エネルギーやその他の温室効果ガス削減プロジェクトを支援する巨額の資金の流れを誘発している。CDMは多くの成功を生んだものの、数多くの懸念事項や改善点も明らかにしている（第6章）。しかし、締約国は当初のCDMモデルの改革を超えて、より大きな規模の投資と排出削減にインセンティブを付与するために、排出のファイナンスについて代替的なアプローチも検討し始めている。

当初考えられ現在運用されているように、CDMは排出クレジットをケース・バイ・ケースで提案し認証された個別プロジェクトから生み出

している。多くの識者の意見では、このプロジェクト・ベースのアプローチは緩和の潜在力がもっと大きい多数のプロジェクトを排除し、高い取引コストと事務負担を課している。また、長期的な排出の傾向を転換するというCDMの潜在力を著しく制約している。このような問題に取り組む初期の試みとして、締約国は「プログラムのな」CDMを許可した。これは空間と時間の面で複数にわたる活動を単一のプロジェクトとして集計することを認めるものである。しかし、排出削減は依然として個別の活動として測定されている。

現在議論されている代替的なモデルは部門別ないし政策ベースのクレジット供与を含んでいる。政策ないしその他の幅広いプログラムに基づくクレジット供与を認めることによって、このアプローチはより大規模な排出削減に向けた取り組みを牽引し支援することができるだろう。例えば、部門別アプローチの下では、排出は部門全体について測定され、当該国は合意されている排出のベースラインを下回る削減についてはクレジットを獲得することができる（このアプローチは「失うものがない部門別クレジット供与」と言われることがある。当該国は排出が合意されたベースラインを超過してもペナルティがないからである）。ベースラインを何もしなかった場合の基準に設定して、予測排出水準からの乖離を報奨することも可能であろう。あるいは、何もしなかった場合を下回る水準に設定して、当該国がクレジット供与を受ける前に独自に排出を削減することを義務化することができる。しかし、将来の排出にかかわる予測の不確実性を考えると、何もしなかった場合の基準の決定はやや主観的であり、議論を呼ぶ可能性が非常に高い。

政策ベースのクレジット供与の下では、当該国は気候レジームのなかで技術的な措置を活用した軽減政策を実施することによって達成した検証可能な削減に対して、クレジットを獲得することができる。このアプローチは政策ベースの緩和軌道という概念にうまく適合しており、各国の開発目的と統合的な緩和政策の考案、策定、及び実施に対してそれらの国に市場ベースのインセンティブを提供する。多種多様な政策アプローチによる削減を定量化する方法論を確立することができるだ

ろう。政策措置によって生み出された削減のすべてに対するクレジットを国に供与するということは、クレジットの過剰供給をもちとすることがあり得る。このことについては、途上国は政策措置のコストの一部を負担すべきであるという論拠を理由に、先進国は反対する可能性がある。このような懸念はクレジット供与を一定の削減が達成されてからにするか、クレジットを割引く（例えば2トンの削減に対して1トン分のクレジットを供与することによって対処することが可能である。

### 適応を気候に関してスマートな開発に統合する国際的な取り組みを促進する

適応に対する国際的な支援の強化がなんとしても必要である。気候の変化はすでに顕在化しており、問題に対して最小の関与しかしていない貧困層が最大のリスクに直面しているからである。しかし、適応に向けた取り組みは気候に関する枠組みを大きく超えなければならない。第2章と第3章で指摘したように、適応に関する懸念と優先課題は、国内的にも国際的にも、経済や開発の計画や意思決定の全領域にわたって統合されなければならない。特に国際的な気候レジームの役割は、国際的な支援の触媒となって、各国の適応にむけた取り組みを円滑化することにある。ここでは、国際的な気候レジームの下で、どうしたら適応を促進し円滑化できるかに焦点を当てる。

#### 現行の気候レジーム下における適応への取り組み

UNFCCCの下では、すべての締約国は国家的な適応措置を実施し、気候変動の影響に備えるために協調することを公約している。後進途上国に関しては、気候変動の悪影響に対処する必要があるという特殊な状況に対して特別な配慮がなされている<sup>24</sup>。後進途上国に対しては、条約に基づいて「国別適応行動計画」を作成するように促すと同時に支援が行われている。この計画は、緊急かつ迅速に行動する必要がある気候変動への対応の優先順位を決めている。現在までのところ、後進途上国41カ国が適応行動プログラムを提出している<sup>25</sup>。2005年に採択された5カ年に

わたる「ナイロビ作業計画」は、このような諸国が気候変動がもたらす影響に関する理解と評価を改善し、実際の適応の行動やその方法に関して情報に基づいた決定を行うのを支援することを目的としている<sup>26</sup>。

UNFCCCプロセスに基づく適応に向けた現在の資金供与は、主として地球環境ファシリティの「適応イニシアティブに関する戦略的優先事項」を通じて行われている。追加的な資金供与はUNFCCCの「適応基金」の全機能が運営可能になれば、そこからなされることになっている。

現在までの国際的な取り組みでは、適応に関する若干の情報提供と能力開発が実施されただけで、国内レベルでの顕著な実施、技術の利用、適応アジェンダを推進するための国内制度の構築などを円滑化するのはこれからのことである。この取り組みは資金が限定されていること（第6章）と、企画や開発にかかわる国内政府機関の関与が限定的であることから制約を受けている。UNFCCCのプロセスは伝統的には環境担当機関を巻き込んできた。そのプロセスの気候変動に対する焦点が、包括的で、多部門にわたる適応に対する取り組みにつながるの容易ではないだろう。

#### UNFCCC下で適応に関する行動を強化する

気候に対する回復力を強化し、気候に対する脆弱性を高めるような投資を阻止するには、各国の開発プロセスを通じて行動することことが必須である。以下のことを通じて、UNFCCCはこのプロセスを完全なものにして促進することができる。

- **脆弱な国における包括的な国家適応戦略を支援する。**このような戦略は行動に向けた枠組みを確立し、国家の能力を強化することになるだろう。それは「国別適応行動計画」に基づいたものになるだろう。そこでは緊急性のある優先課題を対象にして、気候リスクや既存の必要とされている適応行動、気候管理を開発の意思決定に完全に統合するための国家的政策や行動を特定した包括的な長期計画が策定されている。国家的な適応への取り組みを体系化することに加えて、その戦略は、気候レジームあるいはその他の経路を通じて、



実施のための援助を目的にした活動のベースとしても役に立つだろう。

- **経験や最善の方法を交換し合う。そして適応や回復力のために各国、地域、及び国際的なシステムを支援する実際的なアプローチを調整する**<sup>27</sup>。このような取り組みは脆弱性の評価や、適応に向けた活動を部門別や国家の開発計画にどのように統合するかに関して指針を提供することになるだろう。加えて、適応のための技術を利用する助けにもなるだろう。世界各国の UNFCCC のメンバーは、各国や組織、民間団体が経験を交換し合い、互いに学ぶための独自のフォーラムを提供している。このプロセスに各国の開発担当機関を参加させることが成功にとって必須である。情報を普及させるには UNFCCC のプロセスを利用するだけでなく、地方や国、地域で活動を盛り上げるために、各地域に中核となる施設を設立することが有益であろう。気候変動の直接的な影響は地方で顕在化しており、対応措置は地方の状況に適合している必要がある。地域センターは国際支援と共に能力強化の促進や研究活動の調整、経験や最善の方法についての意見交換を行うことができる。
- **国家適応戦略のなかで指摘されている最優先措置を実施している国を援助するために信頼できる資金を供与する。** 適応のための資金調

達は主に公的なファイナンスに依存している（第6章）。適応のための資金に関して追加的な供給源を探して、それを既存の開発ファイナンスと一括にすることが、有効な適応には必要不可欠である。資金は提供者、CDM に対する課税、排出権にかかわる競売の収入などから得ることができるだろう。同じく重要なのは、資金配分の基準を明確にし、それを管理する制度的な取り決めに制定することである（第6章）。適応のための資金の有効で効率的な配分と利用は関係者すべての利益になり、資源の無駄遣いは気候アジェンダ全体に対する世論の支持にとって有害だろう。

締約国への指針の提供、各国の適応戦略の評価、そして資源配分の基準の策定を行うためには、UNFCCC の下に新しい機関が必要であろう。他の国際開発機関と密接に協力し、各国の戦略や資源配分を信頼性のある形で評価するためには、そのような機関は十分な独立性を有する必要があるだろう。

本章で既述した通り、現行の UNFCCC レジームには適応について十分な規定が盛り込まれていない。適応プロセスの簡素化や、適応を支援するための十分な資金の動員を行う大きな機会があることをバリ行動計画は示している。

「一緒に努力しよう…、私たちの母なる地球を救うのが手遅れにならないうちに。」

——Sonia Bhayani (ケニア, 8 歳)



Tewanat Saypan (タイ, 12 歳)



国際貿易と気候変動という二つの政策領域の間の相互作用は、途上国にとって重大な意義をもっている。これらの政策領域間における相乗効果の探求、生産、貿易、そしてこの領域で用いられるクリーン技術などに対する投資を刺激する政策を統合的に行うことができるという肯定的な理由がある。しかし世界的な気候に関連する交渉においては貿易措置を制裁手段として使うことに焦点が当たっている。

この制裁手段に向けられている関心は、京都議定書による2010年およびそれ以降の目標達成に向けて、温室効果ガス排出の削減を急いでいる諸国が競争力への影響を懸念していることに起因している。このような懸念を背景に、CO<sub>2</sub>排出に上限を設けることに伴う悪影響を相殺するため、関税ないし国境税を調整するという考えが出てきている。炭素集約的な産業が京都議定書を実施していない諸国に「漏出（リーケージ）」するという懸念もある。

現在および将来の人間の福祉を改善するという大きな目的は、世界貿易と気候という2つの政策の領域が共有するところである。WTOが「環境を保護し維持する」ことの探求の重要性を認識しているのとちょうど同じように<sup>1</sup>、京都議定書は次のように述べている。すなわち、締結国は「国際貿易に対する悪影響を最小化するような形で、…政策や措置を実施することに努めるべきである」。UNFCCCも数カ所で同じような表現を使っており、ドーハ共同声明は具体的に次のように述べている。「開放的で差別のない多角的貿易システムを支持し保護すること、及び環境の保護と持続可能な経済開発を促進するために活動することが目的である。そしてそれは、相互に支え合うことができ、またそうでなければならない」<sup>2</sup>。つまり、両条約はともに互いの使命を認識し尊重しているのである。

ところが、気候と貿易に関する政策は、目的が相互に支え合い、相乗効果の可能性があるにもかかわらず、長年にわたり互いに独立的に推移してきた。京都議定書の実施は経済成長と環境保護の間にある若干の矛盾を明らかにしたかもしれないが、議定書の目的は経済開発やエネルギーにかかわる政策を、生産や貿易、クリーンエネルギー技術の選択肢に対する投資を刺激するような形で統合的にする機会も提供している。

2つの主要な政策を統合化するという最近の試みは、大きな懐疑をもって受け止められている。2007年にUNFCCCのバリ締約国会議で一堂に会した各国の貿易大臣は、貿易と気候という2つの領域はくつかの分野では相互に補強し合うという意見を広く共有したものの、特に2012年以降という京都議定書後の気候に関する公約の交渉をめぐることは、2つの領域の間で緊張が発生する可能性にも留意している。

途上国側の一般的な受け止め方は次の通りであろう。貿易交渉のなかで行われている気候変動問題（および、より一般的に環境問題）の議論は、究極的には高所得国による「緑の保護主義」につながる可能性があり、それは途上国の経済成長の展望にとって有害である。したがって、貿易に気候問題を含めることには反対してきている。これは気候変動問題は一義的にはUNFCCCに帰属し、その傘下で交渉しなければならない、という主張に基づいた動きである。UNFCCCからの指示がない限り、WTOのなかでも一般的に使命を拡張して気候問題を含めることについては躊躇がある。興味深いことに、あらゆる修辭にもかかわらず、環境に関して洗練された規定を盛り込んだ地域的な貿易協定（多くの途上国を含んでいる）の数が増えつつある。しかし、これが環境面で有意義なプラスの結果に貢献したことを示す証拠はまったくない<sup>3</sup>。また、気候変動のような地球規模の解決策を必要とする環境問題に取り組むためには、地域的な貿易の取り決めは限定的な価値しかもっていない可能性があるだろう。

### 新しい動向

国内の気候対策を支援するために懲罰的な貿易制裁を実施するという考えは注目されており、現下の金融危機のなかで優勢になっている。アメリカの議会に上程されたエネルギーや気候の政策にかかわる法案は、すべて炭素排出に規制を課していない諸国からの一定の輸入財に対する貿易制裁ないし関税の規定を盛り込んでいる。同様に、ヨーロッパの温室効果ガス削減体制を強化する欧州委員会の提案も、新しい法律によってヨーロッパ企業が気候保全法制がゆるい諸国と比べて、競争力の面で不利になる可能性を認めている。

環境を根拠に広範な措置を講じるという問題は、経済や法律の文献で大いに議論されている。WTOやその他の貿易協定も貿易措置について「例外」を許容している。通常なら自由貿易のルールに違反するが、環境の保護、あるいは消耗しやすい天然資源の保全の必要性、またはそのための取り組みに関係している、として正当化される場合がある。ただし、その措置は「無差別」で、「貿易制限効果がある

最小」でなければならない<sup>4</sup>。貿易措置が多国間環境協定 (MEA) の順守を確保する仕組みとしてしばしば正当化されている。「絶滅危惧種の国際取引に関する条約」やバーゼル条約は、MEA の目的を達成するための手段として貿易制限を使用しているが、これはすべての締約国に受け入れられている。しかし、気候変動の場合、各国の政策や工程生産方法 (PPM) に基づく製品基準の一方的措置が適用されるため、貿易措置と気候変動政策の適合性をどう評価するかという特に厄介な問題が生じている。ほとんど注目されていない「国境税調整」に関するもうひとつの問題は、得られた収入はどうかということであろう。もしそれがすべて課税された国に返還されるのであれば、それが課税した国にとどまる場合とはまったく異なる政治経済学が生じることになるだろう。

しかし、含有炭素に対する課税が国際貿易規則に適合するかどうかについては、法律の専門家の意見は分かれたままである。というのは、WTO はこれまでのところ、この問題について明確な規定を提示していないからである。しかしながら、最近の提案は途上国の工業品貿易にとって大きな意義があるだろう (ボックス FC.1)。

多くの高所得国も、排出の限度から途上国を免除するどんなプランも実効性がないであろうという懸念を表明した。なぜならば、炭素集約的な産業は単に事業を適用除外諸国のひとつに移すだけだからである。炭素リーケージと呼ばれているそのような転換は京都議定書の利益を損なうだけでなく、高所得国の産業競争力に影響を与えるだろう。セメントや化学などエネルギー集約的な産業にとっては国際競争力が重要な懸念事項になる。この問題は 1990 年代に貿易や環境に関する文献で広く取り上げられた「汚染逃避地」の議論に類似している。

最近の世界銀行の研究では、(主として先進国で) 気候政策の厳格化を原因にエネルギー集約的な産業が移転したという証拠を調べている。エネルギー集約的な部門の事業に影響する要因は、土地と労働のコストに加えて、一般的にエネルギーの相対価格である。同研究では生産や貿易のパターンの変化の代理変数として、高所得国と低・中所得国におけるエネルギー集約的な製品の輸入対輸出比率が使われている (図 FC1)<sup>5</sup>。輸入対輸出比率は高所得国では上昇傾向、低・中所得国では低下傾向を示している。これは決定的ではないが、一部のエネルギー集約産業では温室効果ガスの排出に上限が課されていない諸国への移転がすでに発生していることを示唆している。しかし、この比率は高所得国では依然として 1 より小さく、途上国では 1 より大きい。これはエネルギー集約的な製品について高所得国は引き続き純輸出国、途上国は純輸入国であることを示唆す

るものである。

同じように、一部の高所得国の企業は気候変動を緩和するための仕組みとして「炭素ラベル表示」を採用しつつある。炭素ラベル表示というのは製品あるいはサービスの生産に伴う炭素排出を測定して、その情報を消費者や社内の調達決定担当者に伝えるものである。この制度は設計が適切であれば、供給網のなかでさまざまな部分の生産を、より低排出の場所に移転させるインセンティブを生むだろう。したがって、炭素ラベル表示は消費者が購買選好を発揮して気候変動に対する競争に参加したい、という希望を実現するための手段になるだろう。

炭素ラベル表示制度のマイナス面は、低所得国の輸出に甚大な影響を及ぼす公算が大きいということであろう<sup>6</sup>。炭素がラベル表示された貿易に参加するためには炭素排出を測定し認証を取得することが必要となる。このような気候に制約された世界では、低所得国は輸出について大きな困難に直面するという懸念が指摘されている。低所得国の輸出は典型的には長距離輸送に依存しており、複雑な炭素レベル表示制度に参加するのがむずかしい中小企業や家族企業によって生産されている。

低所得国を含む国際的な供給網を通じて炭素排出の構造がどうなっているかに関する科学的な研究には、埋めるべき大きな知識の隔たりが存在する。数少ない既存の研究は次のことを示している。排出のパターンは非常に複雑であり、地理的な場所だけでは排出の代理変数としては不十分である、という重要なことが明らかになった。そしてその理由は、生産条件が良好であれば、輸送面での不利を十二分に帳消しにできる可能性があるからからだとしている。例えば、空輸されてヨーロッパで売られているケニア産のバラは、オランダ産のバラと比べて炭素排出が大幅に少ない。

炭素ラベル表示制度の設計と実施は、複雑で技術的な多数の課題も考慮に入れる必要があるだろう<sup>7</sup>。第 1 に、富裕国の生産者から得た第二次データを使って低所得国の生産者の炭素排出を推定すると、富裕国と低所得国で採用されている技術は著しく異なっているという事実を捕捉できないだろう。第 2 の技術的な問題は、排出係数 (製品の製造と使用にかかわる特定の部分で排出される炭素の量) の利用とその算定方法にかかわる。第 3 の問題は、システム境界の選択にかかわる。それが温室効果ガス排出の評価に含まれるプロセスの範囲を定義している。あるシステム、製品、あるいは行動のカーボンフットプリントにかかわる推定は、そのシステムの境界をどこに引くかにも依存するだろう。



ボックス FC.1 仮想炭素に対する課税

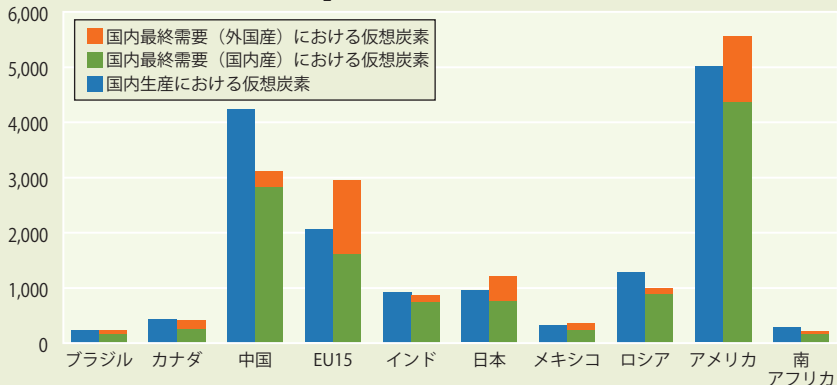
炭素は排出されるところで、それとも「体現されている」ないし「仮想的な」炭素——財を生産、輸送する際に排出された炭素の量——に基づいて財が消費されるところで課税されるべきか？ 多数の主要な輸出国はこう主張している。すなわち、炭素を排出源で課税すれば自分たちは罰せられることになる。というのは、この炭素のほとんどは輸出用の財——他の諸国の消費者が喜ぶ財——を生産

するために排出されたという事実があるからである。複数地域間の産業連関表に基づく炭素フォロー分析結果を示した図によると、中国とロシアが仮想炭素に関して純輸出国であるのに対して、EU、アメリカ、日本は純輸入国となっている。

しかし、炭素税を課す側の諸国はもし他の諸国が同じようにしないのであれば、競争力への悪影響と炭素リーケージの問題が生じることが心配になるため、競争条件を平等にするために仮想炭素輸入に対する課税を検討する可能性がある。表は輸入される財及びサービスの仮想炭素含有量に対して、CO<sub>2</sub>で1トン当たり50ドルの課税が行われたとした場合に、各国が直面する既存の関税率に上乗せされることになる実効関税率を示したものである。

CO<sub>2</sub>で1トン当たり50ドルという炭素価格は最近の経験にそったものである。EUの排出権取引制度では2008年に35ユーロという高水準で取引が行われている。したがって、表

生産ベースの排出と消費ベースの排出 (CO<sub>2</sub>で100万トン)



出所：Atkinson 他 2009.

注：青色の棒グラフは財・サービスの生産に伴う総排出を測定している。緑色の棒グラフは国内最終消費を支えるのに国内で排出された炭素（国内産の仮想炭素）の量を示す。オレンジ色の棒は国内最終需要を支えるのに海外で排出された炭素（外国産の仮想炭素）の量を示す。もし青色のグラフの高さが他の色のグラフの合計よりも高ければ、その国は仮想炭素の純輸出国である。

から、もし各国がこの方法を採用するようであれば、途上国が直面する仮想炭素関税率は大幅なものになることがわかる。

しかし、一方的に仮想炭素関税を課すことが貿易摩擦の原因になることは明らかであり、現在は金融危機によってすでに大きなストレスにさらされている国際貿易体制にとって有害であろう。また、気候にかかわる国境税への扉を開ければ、競争条件が平等でないと考えられる他の分野に対処する貿易措置が拡散することにつながりかねない。仮想炭素の正確な測定は極めて複雑であり、紛争の種になるだろう。さらに、仮想炭素に対して関税を課すのは気候変動に対してほとんど関与していない低所得国に対して重荷になりかねない。

出所：Atkinson 他 2009.

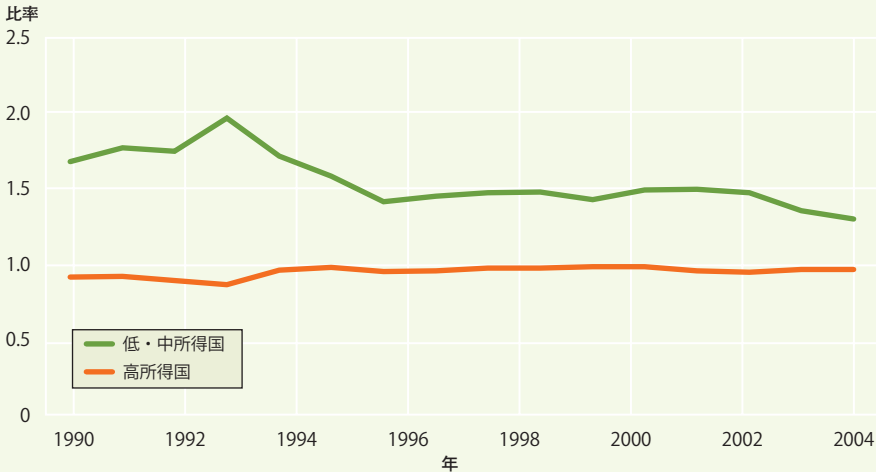
仮想炭素が CO<sub>2</sub> で 1 トン当たり 50 ドルで課税された場合、財及びサービスに対する平均関税率はどの程度になるか (%)

		輸入国										
		ブラジル	カナダ	中国	EU15	インド	日本	メキシコ	ロシア	アメリカ	南アフリカ	平均
輸出国	ブラジル	0.0	3.4	3.2	3.2	2.8	4.0	2.7	2.6	3.0	2.9	3.1
	カナダ	4.5	0.0	3.4	3.4	3.7	3.2	2.8	2.8	2.6	3.0	2.8
	中国	12.1	10.5	0.0	10.5	13.4	10.4	9.9	10.0	10.3	11.1	10.5
	EU15	1.6	1.1	1.1	0.0	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
	インド	8.3	7.8	9.2	7.7	0.0	6.8	8.1	8.7	7.9	5.3	7.8
	日本	1.4	1.3	1.5	1.4	1.6	0.0	1.4	1.4	1.2	1.3	1.4
	メキシコ	3.5	2.1	4.2	4.0	10.8	4.0	0.0	4.1	1.7	3.5	2.1
	ロシア	18.0	14.3	12.4	11.8	12.8	11.3	14.7	0.0	10.4	15.9	11.7
	アメリカ	3.3	3.0	3.1	3.1	3.3	3.0	2.8	2.8	0.0	3.2	3.0
	南アフリカ	15.9	10.1	10.6	9.8	11.5	11.4	16.6	7.9	8.9	0.0	10.1
	平均	3.7	2.9	2.2	5.0	4.5	4.8	3.3	2.6	3.0	2.9	

出所：Atkinson 他 2009.

注：最後の列は輸出国が直面する貿易加重平均関税率、最後の行は輸入国が直面する貿易加重平均関税率。

図 FC.1 高所得国と低・中所得国のエネルギー集約的な製品の輸入対輸出比率



出所：World Bank 2008.

### 前向きな行動計画

最近になって貿易と気候変動が重なりあったもうひとつの分野は技術移転と関係がある。発展途上世界で増加している温室効果ガス排出の対処に必要な質と規模の技術移転を実現するためには、クリーン開発メカニズムには限界があることから（第6章）、より一般的な貿易と投資にかかわるルールが技術移転を加速化するひとつの方法になり得ると提案されている<sup>8</sup>。環境にかかわる財とサービスの自由化はWTOのドーハ・ラウンドの議題に当初から含まれている。「環境財の自由化は環境保護を指向すべきである」ということについてはWTO全加盟国が同意している。しかし、自由化すべき財とその方法に関する高所得国と低所得国の考え方に相違があるため、ほとんど何も達成されていない。

そのような交渉を前進させるという取り組みが、世界銀行を含めて行われている。これは現在、貿易上の関税や非関税の問題に直面している気候に優しい商品やサービスを特定し、これらの問題をWTOの交渉を通して取り除くことを優先課題にすることによって行われている<sup>9</sup>。しかし、この取り組みは困難な課題であることが判明した。なぜならば、気候政策の目的に寄与すると同時に、貿易の利益を加盟国間でバランスのとれた形で配分できるという「気候に優しい」財の定義について、WTO加盟国の間ではまだ合意ができていないためである。特に議論の多い分野が2つある。ひとつは、排出を削減するだけでなく、消費者の他の要求を満たすことにも使える「両用」技術である。もうひとつは農産物であり、ドーハにおける交渉のかなで非常に激しい論争的になっている。

往々にして注目されない別の問題に、クリーン技術に関して途上国相互間の貿易（南南貿易）がもっている大きな可能性がある。伝統的には、クリーン技術に関しては途上国は輸入国で先進国は輸出国であった。しかし途上国は、投資環境が改善し、消費者の基盤が拡大したおかげで、クリーン技術の生産についてますます重要な役割を果たしつつある<sup>10</sup>。世界の風力市場における重要な動きとして、中国が大きな役割を果たすようになってきていることが指摘できる。これは製造と風力発電の能力に対する追加的な投資という2つの面にかかわっている。同様に、他の途上国も再生可能エネルギー技術の生産者として台頭してきている。インドの太陽光発電能力は過去4年間で数倍に増加し、ブラジルはバイオ燃料の生産では引き続き世界のリーダーである。このような動きは、将来的には南南間の活発な技術移転の促進にもつながる可能性のあるクリーン技術の二国間貿易の自由化を要請している。

### 貿易と気候変動を前進させるために

各国は貿易の管理体制と気候の管理体制を一緒にすることには消極的であった。いずれか一方が他方を圧倒することを恐れているのであろうが、これは不幸なことである。というのは、クリーン・エネルギー技術の貿易には、このような技術について重要な生産国や輸出国として台頭するという経済的機会を途上国に提供する可能性があるからである。

貿易の管理体制に関する進展は非常に複雑な問題についてさえ可能である。WTOは1997年に「情報技術協定」の

締結に成功しているが、それは次のことを示唆している。気候に優しい財や技術に関する協定の実施は、途上国が自由化の実施に漸進的に対処できるように段階的なアプローチをとる必要がある(自由化には税関事務の効率の向上や、気候に優しい財にかかわる関税分類の調和も含まれる)。これは財政や技術にかかわる援助パッケージによって支援すべきである。貿易や気候の政策課題に関する行動を、ドーハ・ラウンド以後の別の長期にわたる WTO 交渉まで延期するのはリスクが大きい。というのは、アメリカや EU で提案されているさまざまな気候関連の貿易制裁が現実化するかもしれないからである。

もし気候関連の貿易措置が大きな影響を及ぼすようであれば、途上国は貿易及び気候に関する交渉を使って押し戻すか、あるいは主要貿易相手国が設定している新しい政策や基準への適応を市場参加の維持のために選択することが

できるだろう。いずれの場合でも、途上国はこのような動向を理解して対応する能力を強化する必要がある。さらに、貿易や気候に関する国際協定の一環として、資金と技術の移転を主張する必要性はいくら強調してもよいだろう。

貿易と気候の問題を一体化することには多くの利益があるのは確かである。しかし、炭素に一方的な国境税を課すような措置が国際貿易に及ぼす損害の可能性を過小評価すべきではない。特にそれは途上国に不当な負担をもたらすからである。気候に関する世界的な目標を追求することは、途上国の成長と発展の基盤として公平で開かれた、規制に基づく多国間貿易を維持することと両立可能である。そしてこのことを確実にすることは、途上国の利益にかなうものである。先進国も多角的貿易システムに重要な利害関係をもっており、そのシステムの維持を確保することに重要な責任を負っている。









## 緩和と適応に必要な資金を調達する

先進国は気候変動との戦いで指導権をとらなければならない。しかし緩和は、途上国による削減に向けた取り組みがなければ、効果的でも効率的でもない。それがこれまでの章の主要なメッセージである。しかし、ここに気候変動との戦いに関して第3の重要な側面がある。それは公平性である。世界の温室効果ガス排出の制限に対する公平なアプローチは次のことを考慮に入れなければならない。すなわちそれは、途上国における経済開発の必要性は正当なものであるが、その開発が気候変動によって危うくなる可能性がある、途上国は気候問題に歴史的にはほとんど関与していない、ということである。

財政移転と市場取引の両方を含む先進国から途上国への気候変動のための資金の流れは、公平性と気候問題への対応にかかわる有効性や効率性とを調和させる主要な方法を象徴するものである。資金の流れは、途上国による温室効果ガス排出の削減や気候変動の影響への適応を支援することができる。加えて、新しい技術の開発と普及に関連した資金も必要になるだろう。緩和、適応、技術の利用は、途上国が成長を続け、貧困を削減する

ことができるような形で行われなければならない。それが途上国に対する追加的な金融の流れが極めて重要な理由である。

緩和や適応、技術に必要な資金調達は巨額になる。途上国では緩和のためのコストは今後20年間にわたり年間1,400-1,750億ドル（その他関連する資金ニーズは2,650-5,650億ドル）に達し、2010-50年の期間について適応への投資は（下の桁を切り捨てた数字で）年平均300-1,000億ドルになる。これは年約1,000億ドルという現在の開発援助と対比可能な値である。にもかかわらず、緩和や適応のために資金を調達する努力は悲惨なほど不十分であり、予測される必要額の5%にも満たない。

同時に、既存の資金調達手段に限界と非効率性があるのは明らかである。高所得国政府からの拠出は細分化と政治的、及び財政的な循環の気まぐれに影響される。今のところ途上国向けの緩和にとって主要な資金源となっているクリーン開発メカニズム（CDM）には、素晴らしい成功事例があるにもかかわらず、設計上の欠陥や運営と事務面での限界がある。CDMを通じた資金調達が現在の適応基金の主な財源になっており、それゆえCDMを通じて適応のための資金調達を増加させる余地は限られたものになっている。

そこで、新しい資金源を開拓しなければならない。政府が介入しなければならないだろうが、同じように重要なのは新しい革新的な資金調達の仕組みを開発して、民間の資金を活用することである。民間部門は、炭素市場や関連手段を通じて緩和のファイナンスに重要な役割を果たすだろう。しかし、公的な資金の流れ、あるいは他の国際的な資金調達は、能力の強化、市場の不完全性の是正、市場が見過ごしている分野に絞るといふ点で重要な補完財となるだろう。民間の資金は適応にとっても重要になるだろう。というのは、家

### 重要なメッセージ

気候変動に対処するための資金は、排出を削減し気候変動に適応する措置での有効性や効率性と公平性を調和させる手段となる。しかし、現行水準は推定される必要量を大幅に下回っている。途上国向けの気候変動の対策資金は現在年間100億ドルにすぎない。これに対して、2030年までに予測されている所要額は、適応に関して300-1,000億ドル、緩和に関して1,400-1,750億ドル（その他関連資金の所要額は2,650-5,650億ドル）となっている。この不足を埋めるためには、既存の炭素市場を改革し、炭素税を含め新たな資金源を開拓することが必要である。炭素価格の設定は各国の気候変動資金の調達を転換するだろうが、途上国の成長と貧困削減が炭素で制約された世界のなかで阻害されないようにするためには、国際的な財政移転と排出権取引が必要になるだろう。

計や企業など民間の行為者が適応の重荷のほとんどを負担することになるからである。しかし、優れた適応というのは優れた開発と密接に結び付いており、適応の援助を最も必要としているのは発展途上世界の貧困層と弱者である。これは公的な資金が重要な役割を担っていることを意味する。

新しい資金を調達することに加えて、入手可能な資金をより効果的に使うことも重要であろう。そのためには、開発援助を含む既存の資金の流れとの相乗効果の活用と実施の調整の両方が必要である。不足している資金の規模、ニーズの多様性、国内情勢の相違などを考えると、広範な手段が必要となる。有効性と効率性の懸念があるということは、気候変動の資金は一貫性をもって調達し、支出しなければならないということの意味する。

資金調達の必要額は気候変動に関する国際条約が規定している範囲と時期に関係している。適応が要求する金額は条約の有効性に直接的に依存するだろう。緩和に関しては、第1章で示されているように、排出削減の実施が遅れると、それが先進国であろうと途上国であろうと、地球温暖化を抑制するコストが急増するおそれがある。同じく概観で示されているように、気候の安定化に向かう世界の最小コストの軌道では、必要な緩和の大部分（65%以上）<sup>1</sup>は途上国で実施されることになる。したがって地球温暖化を制限するコストは、高所得国が途上国に低炭素軌道に転換するのに十分な財政的インセンティブ

を供与すれば、大幅に削減されるだろう。しかし、他の章で強調されているように、もし途上国が低炭素型の開発軌道に移行するのであれば、資金を技術の利用や能力強化と組み合わせる必要がある。

本章では、排出を削減し、不可避的な変化がもたらす影響に対処するのに十分な額の資金の調達について検討する。緩和と適応のファイナンスに対して予測されている必要な額と、2012年までに調達可能な資金源との差異を評価する。また、既存の気候変動の資金の運用手段の非効率性を検討して、現在利用可能なものを上回る潜在的な調達源を議論する（表6.1）。さらに、特にCDMを中心に既存の制度の有効性を高め、適応のための資金を配分するためのモデルを提示する。全体を通して、途上国に必要とされているファイナンスに焦点を当てる。この状況では、有効性、効率性、そして公平性が同時に考慮されることになる。

## ファイナンスの不足

気候変動との戦いに成功するためには数兆ドルが必要であろう。何兆ドルになるかは、世界の対応がどれくらい野心的か、その構成、措置のタイミング、実施の有効性、緩和行動を実施する場所、資金の調達方法などに依存する。そのコストを負担するのは、国際社会、各国政府、地方政府、企業、そして家計になるだろう。

表 6.1 既存の気候変動に関するファイナンス手段

手段の種類	緩和向け	適応向け	研究開発・普及
市場ベースのメカニズム、気候変動への対応に向けた行動のコストを引き下げてインセンティブを形成することが目的	排出権取引取引 (CDM, JI, 自発的)、取引可能再生可能エネルギー証書、債務手段 (債券)	保険 (プール、指標、天候デリバティブ)、大災害債券、生態系サービスに対する支払い、債務手段 (債券)	
財源や譲許的ローンの供与、新しい手法のテスト、行動の規模の拡大と分析、民間部門を利用するためのシード・マネーとして活用 (政府開発援助や寄付金を含め、課税や拠出金)	GEF, CTF, UN-REDD, FIP, FCPF	適応基金、GEF, LDCF, LDCF, SCFF, PPCR, その他二国間及び多国間基金	GEF, GEF/IFC アース・ファンド、GEEREF
他の手段	財政的なインセンティブ (投資にかかわる租税優遇措置、補助金付きローン、対象を絞った課税ないし補助金、輸出信用)、規範と基準 (ラベリングを含む)、奨励賞や事前購入制度、貿易と技術取り決め		

出所: WDR チーム。

注: CDM—クリーン開発メカニズム, CTF—クリーン技術基金, FCPF—森林炭素パートナーシップ・ファシリティ, FIP—森林投資プログラム, GEEREF—グローバル・エネルギー効率化・再生可能エネルギー基金 (EU), GEF—地球環境ファシリティ, IFC—国際金融公社, JI—共同実施, LDCF—後進開発途上国基金 (UNFCCC/GEF), PCR—気候対策実験プログラム, SCCF—気候変動戦略基金 (UNPCCC/GEF), UN-REDD—森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減に関する国連協調プログラム。

### ファイナンスの必要性

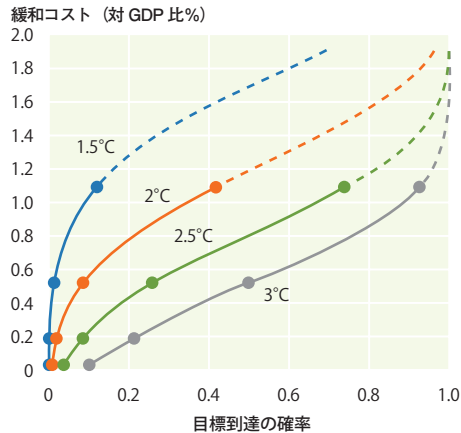
第4回の評価においてコスト推定値をレビューした「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)によると、世界の温室効果ガスを2050年までに50%削減するコストは、GDPの1-3%という範囲になる<sup>2</sup>。ほとんどの科学者は、地球の温暖化を産業革命以前の気温を2℃上回る近辺に抑制できる可能性を残しておくためには、最低限それだけ必要である、と信じている(概観参照)。

しかし、緩和のコストは政策選択に敏感である。排出削減目標が厳しいほど、また、それが達成できる確実性が高まるほど、コストは急増する(図6.1)。世界全体の緩和のコストは、世界が最小のコスト削減軌道から逸脱すると大きくなる。これまでの章で説明したように、緩和に向けた取り組みに途上国が最初の段階から参加しなければ、世界全体のコストは大幅に増加する(この考えが京都議定書の下でCDM〔クリーン開発メカニズム〕の創設をもたらした)。同様に、緩和を実施するあらゆる機会を考慮に入れないと全体のコストは著しく増加するだろう。

緩和のコスト(低炭素プロジェクトの存続期間にわたる追加的なコスト)と追加的に必要となる投資(プロジェクトの結果として誘発される追加的な資金の所要額)を区別することが重要である。多くのクリーン投資は先払いの資本コストが高く、運営コストの節約がその後が続くが、追加的な資金の所要額は、モデルで報告されている存続期間中のコストよりも大きくなる傾向がある。この差額は3倍にも達することがある(表6.2)。財政的な制約のある途上国にとって、このような先に支払う必要がある大きな資本コストは、低炭素技術への投資に対する著しいディスインセンティブとなり得る。

表6.2は2030年に必要と推計される適応のための投資に加えて、大気中のCO<sub>2</sub>e(すべての温室効果ガスを合計して二酸化炭素に換算したもの)濃度を向こう10年間にわたり450ppmに安定化させるために必要な追加的なコストと、緩和に向けた取り組みに関連した資金所要額の両方を示したものである。450ppmの目標に注目すると、途上国における緩和のコストは2030年までに年1,400-1,750億ドル、関連する資金の

図6.1 気温の目標が厳しく到達の確実性が高くなるほど年間の緩和コストは上昇する



出所: Schaeffer 他 2008.

必要額は年2,650-5,650億ドルの範囲に達する。適応に関しては、最も比較可能な推計値は気候変動枠組条約(UNFCCC)と世界銀行が作成した中期的な数字であり、それによると300-1,000億ドルの範囲となっている。

全てではないが、多くの必要性が認められた適応は、公共の支出を必要とするだろう。UNFCCCの基準によれば<sup>3</sup>、民間の支出はおそらく認識されている投資額の4分の1である。もっとも、この見積もりは適応策における民間投資の全てを考慮に入れているわけではない。

このような数字は適応のコストに関して大まかな値を示したもので、特に正確でも十分に包括的でもない。ほとんどは大雑把な計算から導かれたもので、耐気候型の将来のインフラに関するコストがそのほとんどを占めている。可能性の高い適応策の多様性を過小評価しており、行動様式や革新、操業慣行、経済活動の場所などにかかわる変化を無視している。さらに、人間の健康や自然の生態系など、非市場性のものへの影響に対する適応の必要性も対象外となっている。除外されている選択肢のなかには適応のコストを減らすことができるものもある(例えば、高価な構造投資の必要性を除外することによる)。逆にコストを増やすものもある<sup>4</sup>。推計値は有効な適応を超過した部分である未処理の費用を考慮に入れていない。このような複雑さを適応のコストの測定に含める最近の試みに



表 6.2 途上国における緩和向けの年間資金調達所要額の推計

(2005 年価格, 10 億ドル)

推計値の出所	2010-20 年	2030 年	
<b>緩和コスト</b>			
マッキンゼー&カンパニー		175	
パシフィック・ノースウェスト 国立研究所 (PNNL)		139	
<b>緩和目的のファイナンス必要額</b>			
国際応用システム分析研究所 (IIASA)	63-165	264	
国際エネルギー機関 (IEA) -Energy Technology Perspectives	565 <sup>a</sup>		
マッキンゼー&カンパニー	300	563	
気候変動ポツダム研究所 (PIK)		384	
<b>適応目的のコスト</b>			
	2010-15 年	2030 年	含まれる手段
<b>短期</b>			
世界銀行	9-41		耐気候化向けの開発援助, 外国及び国内投資のコスト
スターン・レビュー	4-37		耐気候化向けの開発援助, 外国及び国内投資のコスト
国連開発計画 (UNDP)	83-105		世界銀行と同じ, さらに貧困削減戦略文書への対応, 及び災害対応策を強化するコストが加算される
オックスファム	>50		世界銀行と同じ, さらに国別適応行動計画と非政府組織プロジェクトのコストが加算される
<b>中期</b>			
国連気候変動枠組条約 (UNFCCC)		28-67	農業, 林業, 水, 健康, 沿岸保護, インフラにおける 2030 年のコスト
プロジェクト・キャタリスト		15-37	能力強化, 研究, 災害管理, UNFCCC の部門 (最も脆弱な諸国と公共部門のみ) のための 2030 年のコスト
世界銀行 (EACC)		75-100	農業や林業, 漁業, インフラ, 水資源管理, 沿岸地帯部門 (健康及び生態系サービスに対する影響や異常気象の影響を含む) における 2010-50 年のコストの年平均値

出所: 緩和については, IIASA 200; V. Krey が提供した追加データ; McKinsey & Company 2009; J. Dinkel McKinsey が提供した 2030 年の追加データ (1 ユーロ = 1.25 ドルの為替相場を使用)。PNNL の数字については, Edmonds 他 2008; J. WEdmonds と L. Clarke が提供した追加データ。PIK の数字については, Knopf 他 (近刊); B. Knopf が提供した追加データ。適応については, すべて Agrawala and Frankhauser 2008。ただし, 世界銀行 EACC (Economics of Adaptation to Climate Change) は, World Bank 2009; Project Catalyst 2009。

注: 推計値は温室効果ガスが 450ppm CO<sub>2</sub>e で安定化するためのもの。それによって 2100 年までの温暖化が 2°C未満にとどまる確率が 40-50% に達する。

a. IEA の数字は 2050 年までの年平均値。

についてはボックス 6.1 で説明している。

適応のコストの推計値は, 適応と開発の密接な連動も無視している。この点に関して明確な研究は僅かではあるものの, それらは気候変動に対処するための追加的な費用を測定している。ここでは, 追加的な費用は, いずれにしても支払っていたと考えられる気候に敏感な投資への投資額に対する超過分である。例としては, 収入や人口の増加への対応や, 既存の適応策の誤りの修正にかかる費用などである。しかし実際には, 適応目的の資金調達と開発目的の資金調達の区別は容易ではない。例えば, 教育や健康, 衛生, 生計保証などに対する投資は, 開発にとって有益である。しかしそれは, 気候に関連するものと気候に関連しな

いものの両方のストレス要因に対する社会経済的な脆弱性の削減にも役立つ。短期的には, 開発援助は確かに適応策の足りない部分の穴埋め, 気候のリスクの削減, 経済的な生産性の引き上げにおいて重要な補完策になるだろう。しかし, 適応のための新たな資金もやはり必要である。

#### 現在までのところ利用可能な緩和の資金

エネルギーや輸送のインフラを改善して拡充するために, 世界全体では今後数十年にわたって何兆ドルもの資金が支出されるだろう。このような大規模な投資は, 世界経済を低炭素軌道に決定的に移行させる機会が存在していることを示している。しかし, もし機会を見逃せば, 高炭素軌道に

### ボックス 6.1 途上国において気候変動への適応に必要とされるコストを計算する

気候変動への適応の経済学に関して2009年に発行された世界銀行の研究書は、途上国における適応のコストに関する最も新しい包括的な推定値を提示している。これは国別事例研究と適応目的のコストにかかわる世界全体の推定値の両方を扱っている。同研究の構成の中の重要な要素は次の通りである。

**カバレッジ。** 研究した部門は農業、林業、漁業、インフラ、水資源管理、沿岸地帯で構成される。健康や生態系サービスに対する影響と異常気象の影響が含まれる。インフラは輸送、エネルギー、水/衛生、通信、都市/社会インフラに細分化されている。

**ベースライン。** 推定値は既存の「適応不足」——各国が既存の気候の変動性に不完全に、あるいは準最適にしか適応していない度合い——を含まない。

**適応水準。** ほとんどの部門について、研究は気候変動がない場合に実現していた水準にまで福祉を回復させるコストを推定している。

**不確実性。** 起こり得る異常気象の結果を把握するため、研究は一般循環モデルの結果を利用している。一般循環モデルは最も雨の多い場合から最も雨の少ない（乾燥している）場合までを対象にしており、それはあり得る社会経済と排出の軌道を描いたIPCCのA2シナリオに基づいている。

このような設計要素に基づき、この研究は途上国が気候変動に適応するのに必要な世界全体のコストについて実用的な推定値を得た。それは2010-50年について年平均750-1,000億ドルである<sup>a</sup>。

出所：World Bank 2009。

a. 2005年の不変ドル価格表示。

閉じ込められるリスクがあることも示唆している。これまでの章でみたように、新しいインフラへの投資は低炭素という結果に向けて梶を切ってゆく必要がある。

このような投資をファイナンスするためには、官民両方からの資金の流れが必要になるだろう。多数の手段がすでに存在している（表6.1）。そのすべてが次のような気候変動に関する行動を引き起こす触媒の役割を果たすだろう。追加的な資金源を動員する、官民の流れを低炭素型で気候変動に強い投資の方へ方向転換する、気候に優しい技術の研究や開発、展開を支援する。

公的部門は主として大規模なインフラ計画に資本を供与するだろうが、低炭素型経済を創出するための投資（エネルギー効率の良い機械設備や、よりクリーンな自動車から再生可能エネルギーに至るまで）の大部分は民間部門によって行われるだろう。現在、世界経済全体における投資のなかで政府部門が占めている割合は15%未満にとどまっている。ただし、エネルギー効率の良い製品を生産する機会に影響する基本的なインフラへの投資は主に政府が支配している。

民間の緩和投資を促進するにはさまざまな方法があるが<sup>5</sup>、最も際立っている途上国向けの市場性手段はCDMである。現在までのところ、4,000件を超える排出削減プロジェクトの引き金になったことが確認されている。「共同実施」（先進国向

けの同様のメカニズム）や自発的な炭素市場など他の類似のメカニズムは、一部の地域（体制移行国）や部門（林業）にとっては重要であるが、規模がずっと小さい。CDMでは、途上国における排出削減活動は「炭素クレジット」（合意されたベースラインとの対比で測定され、UNFCCC傘下の独立機関によって認証される）を生み出し、それは炭素市場で取引することができる。例えば、あるヨーロッパの電力会社は、エネルギー効率化プロジェクトを打ち出した中国の鉄鋼会社から直接購入あるいは財政支援を通じて、排出削減を取得することができる。

CDMが生み出す金銭的な収入は、やがて調達が必要になる緩和資金に比べれば少ない。しかし今のところ、途上国への緩和ファイナンスの財源としては最大の割合を占めている。CDMプロジェクトの登録が可能となった初年度である2001年から、京都議定書の公約期間が終了する2012年までの間に、CDMはCO<sub>2</sub>eで15億トンの排出削減を実現するものと期待されており、その中心は再生可能エネルギー、エネルギー効率化、そして燃料の転換を通して実現されるだろう。炭素価格にもよるが、このことにより途上国は直接的な炭素収入の形で180億ドル（150-240億ドル）を調達することができる（表6.3）<sup>6</sup>。さらに、炭素収入1ドルは平均4.60ドルの投資に活用される。一部の再生可能エネルギーのプロジェクトでは最

高額で9.00ドルに達するだろう。2002-08年について総額950億ドル程度のクリーン・エネルギー投資がCDMの恩恵をこうむったと推計されている。

このこととの比較で、政府開発援助は2002-07年について約190億ドル<sup>7</sup>、途上国における持続可能なエネルギー投資は2002-08年について総額約800億ドルに達している<sup>8</sup>。

ドナーや国際金融機関は2012年までの間に低炭素型投資に対する支援の規模を拡大するために、新しいファイナンス手段の創設を進めている

(表6.4)。このような構想による総ファイナンス額は2012年までに190億ドルに達すると見込まれている。ただし、この数字は緩和と適応を合わせた数字である。

現在行われている緩和への資金調達が不十分であることは明白である(図6.2)。表6.4のドナーの資金(すべて緩和に関連するものとみなして計算する)と2012年までのCDMファイナンス予測値を合計しても、2012年までの緩和の資金は370億ドル、あるいは毎年80億ドル弱にしかならない。これは途上国において2030年時点で年間1,400-1,750億ドルと予想されている緩和の資金を大幅に下回っており、関連する資金調達の要求額(2,650-5,650億ドル)との比較では不足幅はさらに大きい。

表 6.3 潜在的な地域別 CDM 実施と炭素収入 (2012 年まで)

地域別	認証排出削減量		
	(100 万)	100 万ドル	構成比 (%)
東アジア・太平洋	871	10,453	58
中国	786	9,431	52
マレーシア	36	437	2
インドネシア	21	252	2
ヨーロッパ・中央アジア	10	119	1
ラテンアメリカ・カリブ	230	2,758	15
ブラジル	102	1,225	7
メキシコ	41	486	3
チリ	21	258	1
アルゼンチン	20	238	1
中東・北アフリカ	15	182	1
南アジア	250	3,004	17
インド	231	2,777	16
サハラ以南アフリカ	39	464	3
ナイジェリア	16	191	1
先進国	85	1,019	6
<b>所得水準別</b>			
低所得国	46	551	3
ナイジェリア	16	191	1
低位中所得国	1,127	13,524	75
中国	786	9,431	53
インド	231	2,777	16
インドネシア	21	252	2
上位中所得国	242	2,906	16
ブラジル	102	1,225	7
メキシコ	41	486	3
マレーシア	36	437	2
チリ	21	258	1
アルゼンチン	20	238	1
高所得国	85	1,019	6
韓国	54	653	4
<b>合計</b>	<b>1,500</b>	<b>18,000</b>	<b>100</b>

出所：NEP 2008。

注：削減量には撤回、及び却下されたプロジェクトも含まれる。

a. 100 万の認証排出削減量 = 100 万トンの CO<sub>2</sub>e 削減。

#### 現在までのところ利用可能な適応の資金

適応のための資金調達が動き始めたのはごく最近のことである。既存の主要な適応向け資金調達の財源は国際的な提供者である。資金は提供を行っている国の援助機関を通して、あるいは地球環境ファシリティ (GEF) や世界銀行のような多角的機関を通じて調達されている。

独自の資金源をもつ資金供与機関として2007年12月に適応基金が創設されたことは重要な動きである。その主な収入源はCDMに対する2%の課税であり、これは前例のない収入源である(後に詳述)。中期的に3-6億ドルの調達が可能であると考えられ、それは炭素価格に依存している(表6.4と注7を参照)。

民間の資金を除けば、現在から2012年までの間に適応に対して22-25億ドルが調達されると予測されている。これは適応資金の調達によって異なる。潜在的な現在利用可能な適応の資金は年間10億ドル未満である。これに対して中期的に必要な資金の額は年間1,000億ドルである(表6.2)。図6.2は2008-12年について利用可能な年間の気候ファイナンス(緩和と適応の合計で年間約100億ドル)と、中期的に必要な資金の予測額を比較したものである。

表 6.4 新しい二国間、及び多国間の気候基金

基金	総額 (100 万ドル)	期間
UNFCCC 下での資金供与		
適応に関する戦略的優先項目	50 (A)	GEF3-GEF4
後進開発途上国基金	172 (A)	2008 年 10 月現在
特別気候変動基金	91 (A)	2008 年 10 月現在
適応基金	300-600 (A)	2008-12 年
二国間イニシアティブ		
クール・アース推進機構 (日本)	10,000 (A+M)	2008-12 年
ETF-IW (イギリス)	1,182 (A+M)	2008-12 年
気候森林イニシアティブ (ノルウェー)	2,250	
UNDP・スペイン MDG 達成基金	22 (A)/92 (M)	2007-10 年
GCCA (EU)	84 (A)/76 (M)	2008-10 年
国際気候イニシアティブ (ドイツ)	200 (A) 564 (M)	2008-12 年
IFCI (オーストラリア)	160 (M)	2007-12 年
多国間イニシアティブ		
GFDRR	15 (A) ( 誓約額 \$8300 万のうち )	2007-08 年
UN-REDD	35 (M)	
炭素パートナーシップ・ファシリティ (世界銀行)	500 (M) ( コミット額 140 )	
森林炭素パートナーシップ・ファシリティ (世界銀行)	385 (M) ( コミット額 160 )	2008-20 年
気候投資基金	6,200 (A+M)	2009-12 年
クリーン・エネルギー基金	4,800 (M)	
戦略気候基金	1,400 (A+M)	
森林投資プログラム	350 (M)	
再生可能エネルギーの規模拡大	200 (M)	
気候に対する回復力に関する実験プログラム	600 (A)	

出所：UNFCCC 2008a, 及び筆者による更新。

注：二国間イニシアティブの多くについては、資金の一部は多国間イニシアティブを通じて配分されるだろう（例えば、気候投資基金あるいは炭素パートナーシップ・ファシリティに対する誓約など）。これは二重計算につながり、出現してくる途上国向けの気候変動財源について正確な姿を描くのは困難になる。気候投資基金は世界銀行が管理し、国際開発銀行が実施している。気候投資基金のすべてのデータは 2009 年 7 月現在のものである。そのうち戦略気候基金はその時点では未配分であった。また、再生可能規模拡大基金は発効するのに最低 2 億 5,000 万ドルの誓約が必要である。A = 適応専用の資金供与、M = 緩和専用の資金供与、ETF-IW = 環境転換基金・国際窓口、GCCA = 世界気候変動同盟、IFCI = 国際森林炭素イニシアティブ、UN-REDD = 森林伐採・森林劣化に伴う排出の削減に関する国連協調プログラム、GFDRR = 災害削減・復興ファシリティ、気候・森林イニシアティブ（ノルウェー）に対する誓約額は 2009 年 6 月現在 4 億 3,000 万ドルとなっている。

### 既存の気候ファイナンスの手段における非効率性

非効率性は、すでにコストが非常に高くなると予測されている措置を、いっそう高価なものにする。したがって、気候ファイナンスについては効率的な調達と支出を確保しなければならない、という主張には明確な正当性がある。以下では、気候ファイナンスの非効率性について次の 3 つの側面を検討する。1：気候ファイナンスが細分化して複数の資金調達源が存在していること、2：緩和のための炭素相殺市場には限界があること、3：適応基金をファイナンスするための認証排出削減量 (CER) に対する課税に伴う潜在的なコスト。

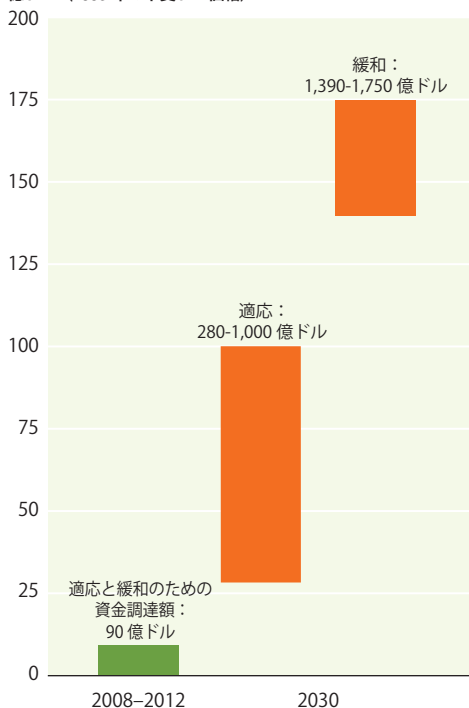
### 気候ファイナンスの細分化

表 6.4 で例示されているように、特別な目的の気候基金が拡散するリスクがある。この種の細分化は気候ファイナンスの総合的な有効性を悪化させるリスクがある。なぜならば、取引コストの上昇や受領国の主体性の低下をまねき、さらに開発目的と整合性をとるのが困難になるからである。一つ一つの新しいファイナンス源には、開発向けであろうと気候変動向けであろうと、一連のコストが伴う。それには取引コスト（資金調達源の数が増えるのに伴って総計で増加する）、配分にかかわる非効率性（特に資金の定義が狭い場合）、規模拡大に対する制約などが含まれる。現時点に



図 6.2 ギャップは大きい：2°C軌道のために必要な気候変動の資金の推計値と現行財源との比較

億ドル (2005 年の不変ドル価格)



出所：2030 年の値については表 6.2、2008-12 年の値については本文を参照。

における細分化の現状と低水準な財源は、現在行われている交渉の重要性を高めている。この交渉は、大規模な財源の収集と広範な経路や手段の効率的な運営に関して十分な能力をもった気候ファイナンスの構築に関するものである。

気候ファイナンスと開発ファイナンスは完全に平行な関係にあるわけではないが、援助の有効性にかかわる文献から得られる一部の教訓は、気候ファイナンスにとっても極めて適切である。援助の細分化がもたらすマイナスの効果に関する懸念が、「援助効果に関するパリ宣言」の重要な牽引力のひとつになっている。ごく最近「アクラ行動計画」のなかで再確認された同宣言では、援助の提供者と受領者の両方が、開発行動にかかわる主体性、整合性、調和、結果重視、相互説明責任という重要な主義を盛り込むことを公約している。

パリ宣言は途上国における気候投資のファイナンスについて重要な問題を提起している。その多くはパリ行動計画などの交渉文書のなかに広く取り入れられている<sup>9</sup>。

- 主体性。** 気候変動は開発問題である——本報告書の中心的な主張——という共通のコンセンサスを形成することが、当該国の主体性（所有権）を構築するための鍵となるだろう。さらに、そのコンセンサスが国の開発戦略に組み込まれていなければならない。
- 整合性。** 気候変動に対する措置と国の優先課題の整合性を確保することが、気候ファイナンスの有効性の向上において 2 番目に重要なステップである。プロジェクトから部門やプログラムのレベルに視点を移すことで、このプロセスが円滑になる。ファイナンスの予測可能性と持続可能性が整合性のもうひとつの重要な側面である。変動性の大きいファイナンスに牽引された気候変動に対する措置の計画のストップ・アンド・ゴーでは、有効性が全体として低下するだろう。
- 調和。** 多種多様な気候基金が目的を異にしている限り、このような気候ファイナンスの細分化が抱えている課題は、はさまざまなファイナンス源を調和させ、適応、緩和、そして開発のファイナンス相互間で相乗効果を発揮させるということである。
- 結果。** 気候に対する措置にかかわる計画の目標は、その他の開発問題におけるものときほど違っていない。結果について有益な指標を設計して実施することが、気候ファイナンスに対する世論の支持の維持と気候に対する措置における受領国の主体性の確立において鍵となるだろう。
- 相互説明責任。** 京都議定書の目標に向けた先進国の進展が遅々としていることを受けて、気候に対する措置にかかわる説明責任が注目を集めている。気候変動に関するどんな国際協定においても、パリ行動計画で規定されているように、排出目標に向けた動きと気候ファイナンスの供与について高所得国の説明責任を問い、気候に対する措置と気候ファイナンスの用途について途上国の説明責任を問う枠組みが不可欠である。財源の供与以外では、気候ファイナンスの流れの監視や報告と結果の検証も、継続している交渉では中心的な議題となっている。

ファイナンス源以外の重要な問題は、気候基金はどの投資をファイナンスすべきかということ、それに関連したファイナンスの方法である。一部の気候投資は個別プロジェクトに向かうであろうが——例えば低炭素型火力発電所——、多くの場合、部門ないしプログラムのレベルに向かうことによって、効率性が得られるだろう。適応については、ほとんどの場合、国レベルのファイナンスは個別の適応プロジェクトに使われるのではなく、総合的な開発ファイナンスと組み合わせられるべきである。

より一般的には、気候ファイナンスは過度に規範的であるよりも、多くの低所得国で現在実施されている貧困削減戦略アプローチを見習うことができるだろう。これは、貧困削減を対象とした援助の財源を受領国が作成した貧困削減戦略に結び付けるということを課す。貧困の分析と国の優先課題の定義に基づけば、参加型のプロセスを通して市民組織によって正当化されているように、次のことが言える。すなわち、前述の戦略は提供者による広範な予算支援が貧困削減を目的とした計画を資金援助する際の基盤となる。個別プロジェクトは原則ではなく例外となる。もし途上国が気候変動に対する措置を開発戦略のなかに統合すれば、気候ファイナンスについて同じようなアプローチが実現可能であろう。

### クリーン開発メカニズムの非効率性

途上国で緩和策の実施を促進するための主要な手段はCDMである。CDMは開始当初の期待以上に拡大した。排出削減の刺激、必要不可欠な学習の提供、意識の向上、能力の強化という市場がもっている力を証明した。しかし、CDMには非効率性が内在しており、プロセス全体とファイナンス手段としての効率性に関して疑問が生じている。

**環境面での首尾一貫性が疑問。** CDMの長期的な成功は温室効果ガスの大幅な削減に対する貢献度で最もうまく評価することができる。京都議定書の環境面での有効性を弱めることがないように、CDMによる排出削減はそれがなくても実現

したであろう削減に追加的なものでなければならぬ。CDMが規定している追加性の程度は活発な議論の対象になっている<sup>10</sup>。個別プロジェクトの追加性は証明がむずかしく、正当化するのには更に困難である。基準点が定義からして反事実的な現実であり、決して議論の余地なく主張したり、あるいは決定的に証明したりすることができないためである。ベースラインや追加性の問題に関する議論はCDMプロセスを悩ませ続けていることから、追加性を示すための、代替的でより単純なアプローチを探究する時期にきている。基準に従った評価や具体的な望ましい活動のポジティブ・リストをさらに探究して、プロジェクトの準備と監視を簡素化すべきである。追加性の再検討はCDMの運営にかかわる重要な非効率性に取り組むだけでなく、仕組みの信頼性向上にも役立つだろう。

**持続可能な開発に対する貢献が不十分。** CDMは気候変動にかかわる世界的な緩和と途上国における持続可能な開発という2つのことを目的に創設された。しかし、CDMは持続可能な開発を促進するよりも、緩和コストを削減することに有効であった<sup>11</sup>。あるプロジェクトが持続可能な開発に貢献していると思なされるのは、各国の当局がそのプロジェクトを認めて、国の開発の優先順位に沿うかたちで広範囲にわたる相乗効果が認識された場合である(ボックス6.2)。多くの識者はこの一般的な定義を受け入れているが<sup>12</sup>、一部の非政府組織は特定の様式のプロジェクト(水力発電、パーム油農園、工業用ガス除去など)について、承認と実施の両面で欠陥があると主張している。CDMのプロジェクトの流れを子細に検討してみると、プロジェクト文書における持続可能な開発の取り扱いが不十分で不均一であることがわかる。又、プロジェクト開発業者が概念について基本的な関心あるいは理解しか示していないこともわかる。

**統治が弱く運用が非効率。** CDMは、民間のプレーヤーが支配的な市場を理事会——基本的に国連の委員会——が規制しているという点でユニークである。この理事会が計算方法や市場の基本的

## ボックス 6.2 CDM の相乗利益を評価する

クリーン開発メカニズム (CDM) は受入国にも (炭素クレジットの売却に伴う財政の流れは別として)、技術の移転と普及、雇用と経済成長への寄与、環境や社会面で持続可能な開発の促進など、幅広いカテゴリーの相乗利益をもたらす。

プロジェクトがもつこのような 3 つの目的に対する貢献度は、プロジェクト設計書を検討することによって測定することができる。同文書はさまざまな相乗利益に関連したキーワードで検索することが可能である。このようなアプローチを使って Haïtes, Maosheng, and Seres 2006 は CDM の技術移転効果を、Watson and Frankhauser 2009 は経済成長と持続可能な開発への影響度を評価した。

前者の研究結果によれば、設備かノウハウのいずれか、あるいは両方を移転すると主張しているのは、CDM プロジェクトの約 3 分の 1 にすぎない。精査すると、それはほとんどが外国支援者が関与しているプロジェクトであることがわかる。受入国が独自に考案したプロジェクトのなかで、技術移転を伴うことになっているのは 4 分の 1 にすぎない。また、技術移転を伴うのは大型のプロジェクトが中心である。技術移転を伴うプロジェクトは全体の 3 分の 1 にすぎないが、排出削減のほぼ 3 分の 2 を占めている。「小型」であると明示的に表記され処理されているプロジェクトで、技術移転を伴っているものは 26% にすぎない。

しかし、技術移転というのは定義がむずかしい概念である。緩和に関しては、それほど独自技術ではなく、特定のプロセ

スをどう運用するかという操作や管理上のノウハウにすぎない。特許によって保護されている技術の移転を特に調べた Dechezleprêtre 他 2009 の研究は、京都議定書は技術フローを加速化したわけではないが、より一般的に革新を刺激した可能性はあることを示している。

Watson and Frankhauser の発見によれば、プロジェクトの 96% は環境的、及び社会的な持続可能性に貢献すると主張しているが、このような主張のほとんどは特に経済成長と雇用に対する寄与にかかわるものである。80% 強のプロジェクトが雇用へ何らかの影響を与えると主張し、23% は生計の改善に役立つとしている。工業用ガスのプロジェクト (ハイドロフルオロカーボン、パーフルオロカーボン、一酸化二窒素の 18% 削減) と化石燃料転換プロジェクト (43%) は、他の部門と比較して雇用の利益が小さいようである。他の産業では少なくとも 65% のプロジェクトは雇用に対して効果があるとされている。

持続的な経済開発についてより伝統的な狭い定義を適用して、全プロジェクトのうち 67% は研修ないし教育の効果 (人的資本の増加) を主張し、24% は汚染を削減する、あるいは環境面で相乗利益を生み出す (自然資本の増加) とし、50% はインフラないし技術の面で利益がある (人工資本の増加) と主張している。

出 所: Haïtes, Maosheng, and Seres 2006; Watson and Frankhauser 2009; Dechezleprêtre 他 2009.

な資産を創造しているプロジェクトを承認している。CDM の信頼性は主として規制枠組みが確固としていることとメカニズムが提供する機会に対する民間部門の信頼に依存している<sup>13</sup>。理事会の意思決定における透明性と予測可能性の欠如が続いていることに対する苦情が増加している<sup>14</sup>。同時に、CDM の構造は成功ゆえに犠牲者になっているという弱さを示し始めている。方法論の承認について 1 年にわたる遅延があったこと<sup>15</sup>や、プロジェクトの評価に 1-2 年の遅れがあることについて多くの苦情が寄せられている<sup>16</sup>。これは途上国における緩和に向けた取り組みを支援する重要な手段として、CDM を持続的に拡大させることに対する重大な制約といえる。

**範囲が限定的。** CDM プロジェクトは均等に分布していない。相殺による収入の 75% は、ブラジル、中国、インドで発生している (表 6.3)。CDM は低所得国をほとんど経由しておらず、炭素収入に占める低所得国のシェアはわずか 3% にとどまっている。しかもその 3 分の 1 はナイジェ

リアにおける 3 つのガス焼却プロジェクトによる。部門別に関しても集中がみられ、多くの緩和措置はほんの少数の工業用ガス・プロジェクトによる。CDM は建築環境や家計環境の効率性改善はまったく支援していない。しかし、それが世界全体の炭素排出の 30% を占めており<sup>17</sup>、新興市場国では最も急増している炭素排出源である<sup>18</sup>。また、CDM は持続可能な生計手段を支援したり、農村部や都市周辺部の貧困層向けのエネルギー利用の改善もしていない<sup>19</sup>。CDM から森林伐採に伴う排出が除外されているため、熱帯の多くの途上国では最大の排出源が手付かずのまま放置されている<sup>20</sup>。

**インセンティブが弱く、市場の継続性に関する不確実性が弱さがさらに増幅されている。** CDM は途上国を低炭素型の開発軌道に乗せていない<sup>21</sup>。CDM のインセンティブが弱すぎて、経済のなかに必要な転換を誘発していない。それがなければ、途上国の炭素排出原単位は上昇を続けるだろう<sup>22</sup>。CDM はプロジェクト・アプローチの構造

と影響力の欠如から、極めて数少ないプロジェクト向けに限定されている。2012年以降も炭素相殺市場が継続するかどうかに関する不確実性も、取引を控えさせる一因となっている。

### 緩和策の資金調達に関する効率性のコスト

適応の重要な資金源はCDMに対する2%の課税である。それは適応基金の重要な収入源となっている。この税は「共同実施」などのような他の取引制度を含むように拡張することができるだろう。これは明確な追加性を提供する適応基金のための財源の調達において有望なルートといえる。しかし、いくつかの基本的な経済問題がある。おそらく最も重要な反対論は、CDMは悪（排出）よりも善（緩和ファイナンス）に課税しているというものであろう。より一般的には、課税は次の基本的な問題を提起している。

- 課税を通じて追加的な適応ファイナンスが調達できる余地はどの程度なのか、また、課税に伴う経済的効率性の損失（デッド・ウェイト・ロス）はどの程度か？
- 課税の負担は売り手（途上国）と買い手（先進国）の間でどのように配分されているのか？

イギリス政府のGLOCAFモデルに基づいた分析は、延長された炭素取引制度が追加的な適応収入を調達できる能力は、合意される国際的な気候協定の種類に依存する、ということを示している<sup>23</sup>。収入は期待される需要、特にその需要が国内の削減を促進する補完的な制限によって制約を受けるかどうか、によって変化するだろう。又、程度は弱いものの、期待される供給によっても変わるだろう。後者には、将来のレジームが森林伐採の回避や、現在はほとんど炭素取引を行っていない部門や地域からのクレジットを対象にするのかどうかも含まれる。

収入は税率にも左右される。現在の税率である2%では、需要が制約を受けない場合には2020年に約20億ドルが調達できるものと期待される。しかしクレジットの購入に制限が課された場合にはその半分になるだろう（表6.5）。年に100億

ドルを調達するには税率を10%に上昇させ、補完的な制限をすべて廃止しなければならないだろう。税率がそのように高くても、課税の経済的コストは特に取引に伴う総合的な利益との相対比では極めてわずかであろう。

あらゆる課税と同じく、課税のコストは、価格変化に対する感応度（需給の価格弾力性）に応じて炭素クレジットの買い手と売り手の間で分担される。需要が制約を受けているというシナリオでは、買い手は課税に強く反応せず、税負担の多くは買い手に転嫁されることになる。しかし、このような反応は需要に対する制限が緩和されれば変化する。その時点で税負担は途上国にとって決定的に不利な方向に動く。途上国は自らのクレジットの価格の競争力を保つために、税負担の3分の2以上を担わなければならない。つまり、途上国は適応基金に対して（炭素市場収入の逸失を通じて）大きな貢献をすることになるだろう。CDMの課税は資金を先進国から途上国に移転するのではなく、大きなCDM受け入れ国（ブラジル、中国、インドなど。表6.3を参照）から財源を適応ファイナンスに値する脆弱国に移転することになるだろう。

### 気候変動資金の規模を拡大する

資金調達の不足を埋めるためには、資金源を多様化し、既存の手段を改革して効率性を高めなければならない。又、必要とされている規模拡大を

表6.5 クリーン開発メカニズムに対する適応課税の帰着（2020年）

税率	税収	死荷重損失	途上国の負担
<b>2%</b>			
需要制限と低供給	996	1	249
需要制限と高供給	2,003	7	1,257
<b>10%</b>			
需要制限と低供給	4,946	20	869
需要制限と高供給	10,069	126	6,962

出所：Frankhaue, Martin, and Prichard（近刊）。

注：需要制限の下では、地域は目標の20%についてクレジットを購入することができる。需要無制限のシナリオでは完全に自由な取引が行われる。低供給のシナリオ下では、CDMは今と同じ部門と地域で運用される。高供給のシナリオ下では、炭素取引は地域と部門の両面で範囲が拡大しており、森林伐採・森林劣化に伴う排出の削減に伴うクレジットも含む（ただし、前述の通り、その排出は現在CDMの対象外である）。市場の総取引高（第二次市場の取引高は除く）は需要制限かつ低供給の場合約500億ドル、需要が無制限かつ高供給の場合約1,000億ドルである。



許容する必要もある。本節では、この面における主要な課題の一部に光を当て、次の点を主張したい。

- 新しい収入源を利用して適応策や緩和策を支援する。これを、各国の政府、国際機関、そして適応基金のような専門的な資金提供の仕組みによって行う。
- 炭素市場の効率性を高める。主要な手段である CDM を改革し、民間の緩和ファイナンスを促進することによってこれを行う。
- 土地利用や土地利用変化、林業に対する実績ベースのインセンティブを拡大して、この重要な分野における官民のバランスを変える。
- 適応のために民間部門の資金調達を活用する。

各国は気候変動に対する措置のために財政の枠組みも検討しなければならないだろう。気候の緩和や適応にかかわる政府の措置は、収入や補助金、国際的なファイナンスの流れにとって、財政面で重要な結果をもたらすことができる。この枠組みの鍵を握る要素としては以下が含まれる。

**緩和手段の選択。** 税金や取引可能排出権の方が規制よりも効率的であり、そのどちらも財政面で大幅な収入を生み出すことができる（政府が排出権を競売することが前提）。ボックス 6.3 は炭素税と排出権アプローチに光を当てて、主要な特徴を比較したものである。

**財政的な中立性。** 各国には炭素の財政収入を使って、他の歪んだ税金を減らすという選択肢がある。これは、成長と福祉に大きな影響を及ぼす。しかし、途上国の財政は収入基盤が脆弱であるため、完全な財政的中立性を維持するというインセンティブが低下する可能性がある。

**行政面の簡索性とコスト。** 炭素税は燃料の炭素含有量に対して課税することができるため、既存の燃料に対する消費税という制度の上に構築すれば簡索性がもたらされる。排出権取引は排出権の配分や順法性の確保について多大な行

政コストを伴う。

**分配面での影響。** 緩和に対する価格手段はどんなものであっても、さまざまな所得集団に分配面で多種多様な影響をもたらすだろう。影響を受ける集団は、消費の炭素排出原単位や、炭素税、あるいは排出権の導入によって縮小する部門で雇用されているのかどうかなどによって異なる。もし低所得家計が不当に影響を受けるなら、相殺するための財政措置が必要であろう。

**政策の一貫性。** 特にエネルギーと農業にかかわるものを中心とする既存の補助金制度は、気候変動を緩和し、それに適応するための措置に逆行するリスクがある。例えば水など、気候変動を受けて希少化する資源に対する補助金も逆効果をもたらすリスクがある。

ボックス 6.4 は、気候問題を総合的なマクロ経済及び財政政策のなかに統合しようとしているインドネシア財務省の取り組みに焦点を当てたものである。

#### 適応と緩和のために新しい資金源を作り出す

気候に関してスマートな経済開発の主要な牽引力は公的機関——各国政府、国際機関、UNFCCC の公的ファイナンス・メカニズム——である。これらの機関は、これまでのところ活動のファイナンスのほとんどを政府歳入に依存してきた。しかし、年間何百あるいは何千億ドルへと増加していく気候変動のコストを、主として政府の拠出金でまかない続けることはできそうもない。追加的な資金は生まれてくるだろう。しかし開発援助の経験は、調達できる伝統的な提供者による資金の金額には限度がある、ということを示している。さらに、先進国からの拠出金は既存の開発援助との対比で、必ずしも追加的なものにならないという懸念が途上国側にはある。

したがって、他の資金源を開拓しなければならない。特に適応に向けたものを中心に提案がいくつか出されている。それには以下が含まれる。

**国際的に調整された炭素税。** 各国が管理するが

### ボックス 6.3 炭素税と排出権取引

気候の緩和に使われている主要な市場ベースの手段は炭素税と排出権取引である。このような手段を使えば、個々の企業や家計は固定的な割当や技術基準（政府が用いている通常の規制の制度）を避けて、気候の目標を達成する最小コストの方法を自由に探することができる。

炭素税は価格手段であり、典型的には受け入れられた燃料に含まれる炭素の量に課税することによって運用される。これによって、低炭素型燃料への転換や、燃料のより効率的な使用に対するインセンティブを生む。しかし、燃料の転換やエネルギー効率化のコストに関して政府には不完全な情報しかないため、一定の税率でどの程度の緩和が実現するかについて不確実性がある。もし国際協定に基づいて排出の上限が課せられているのであれば、政府は排出を限度内に抑えるために税率を繰り返し調整する必要があるだろう。

排出権取引制度の下では、政府は炭素を排出する法的権利を示した排出許可証を発行する。この許可証は制度参加者の間で自由に取引することが可能である。燃料の転換やエネルギー効率化の限界費用は企業や産業によって異なるため、取引によっては利益が得られる可能性がある。例えば、ある企業では緩和にかかわる限界費用が高いのに対して、もうひとつの企業ではずっと低いとすれば、費用が低い企業は緩和の限界費用を上回る価格で許可証を売却し、それに応じて排出を削減し、利益を得ることができる。一方、許可証の価格が買い手企業の緩和にかかわる限界費用を下回っている限り、これは買い手にとっても利益の出る取引である。排出権取引は量的な手段であるため、当該国が上限以内にとどまるということについては高い確実性がある一方（実施が有効なことが前提）、許可証価格の水準と安定性については不確実性がある。

2つの手段には以下のように重要な相違がある。

#### 効率性

緩和のコストに関する情報は不完全であるため、排出を緩和する市場手段には、それが行き過ぎるか不十分にとどまるか、したがって、過剰なコストか過剰な損害のどちらかの結果を生むリスクがある。Weitzman 1974の有名な研究結果は、不確実性下における手段の選択は損害と緩和コストにかかわる関数の相対的な傾きに左右されることを示している。これが気候変動の場合に何を意味するかは不透明である。というのは、損害関数の傾きはかなり不確実だからである。しかし、温室効果ガスは蓄積性の汚染物質である。そのため、短期的には損害は限界的なトン当たりではかなり固定的にとどまる公算が大きく、それは課税という方式に適うものだ、というのが大勢の意見である。

#### 価格の変動性

排出権取引は排出の量に関しては確実性を生み出すものの、価格にかかわる不確実性につながる可能性がある。例えば、景気循環が変化したり、低炭素型燃料と高炭素型燃料の相対価格が変化したりすると、許可証の価格は直接的な影響を受けるだろう。価格の変動があると、緩和戦略の計画がむずかしくなるだけでなく、新しい緩和技術の研究開発に投資するインセンティブが低下する。割当の貸し及び割当の借りが変

動性の抑制に役立つ2つの簡単な仕組みである。

#### リサイクルの収入

炭素税は財政にとって直接的な収入源であり、政府には支出をファイナンスするために税収を使うのか、または他の税金を引き下げるか廃止することによってリサイクルさせるのかという選択肢がある。リサイクルが租税システムの総合的な効率性を高める限り、そこには「二重配当」がある。しかし、税金それ自身がシステムに存在する既存の非効率性を悪化させるようであれば、二重配当は保証されない。政府が排出許可証を競売にかけたとすれば、それもやはり財政にとって収入源になる。

#### 政治経済学

選択した気候の目標すべてについて世界全体の炭素予算は固定されているため、量的な手段がもっている確実性は、ある団体にとっては魅力的に感じられるだろう。また、企業であれ個人であれ、だれでも税金は嫌いである。このような論法は排出権取引を支持するよう思えるが、租税回避性向は、企業が許可証の競売に抵抗し、その代わりに無償の許可証の配分を働きかける可能性があることも意味する。一般的には、許可証を配分するプロセスが競売を通じて行われないとすれば、レント・シーキングにつながって、行動様式を腐敗させる懸念がある。

#### 事務の効率性

気候政策や必要とされる制度的、及び人的な資本を管理するコストは、特に途上国にとっては重要な検討事項である。燃料の炭素含有量に対する課税は潜在的に費用効果的である。というのは、燃料に物品税を課す既存の事務システムに便乗することができるからである。それに対して、許可証を競売して取引するための市場を創設するのは非常に複雑であり、規制当局は参加者による市場支配力を監視しなければならない。さらに、許可証のシステムには個々の排出者のレベルに応じた監視と取締りが必要になると考えられる。一方で、炭素税の監視は燃料卸売業者の段階でもっと安価にできる可能性があるだろう。

炭素税と排出権取引は必ずしも排他的ではない。EUは大規模な発生源の排出に対処するためには排出権取引を選択したが（公益事業、熱生産、大規模なエネルギー集約的な工業施設、航空が2011年までに段階的に対象となる）、それでEU全体の排出の約40%をカバーすることになる。他の手段（数カ国における炭素税を含む）はその他の部門による排出を対象にしているが、それには特に住宅やサービス業、輸送、廃棄物管理、農業が含まれる。これとは対照的に、オーストラリアやアメリカでは、排出権取引が経済全体の温室効果ガス排出を規制するための主要手段として台頭してきている（これには再生可能エネルギー利用割合基準のような一連の政策や措置が伴っている）。

### ボックス 6.4 インドネシア財務省の気候変動問題への関与

インドネシアの財務省はずっと以前から、気候変動の緩和と適応には、マクロ経済の管理、財政政策計画、増収を図る代替策、保険市場、及び長期的投資の選択肢が必要であると認識していた。インドネシアは経済開発を優先課題としながらも、経済や社会、環境の目標をうまく調整しようと努力している。同国はよりクリーンで、より効率的な成長軌道のために、気候に優しい技術で開発投資を行うことによって利益を享受することができるだろう。その利益には、クリーン・のエネルギー軌道によって達成できる排出の削減、あるいは森林伐採にかかわる年増加率の削減を、炭素市場からの支払いでまかなえる可能性が含まれる。財務省は気候変動の政策や計画のファイナンス、策定、実施について、必要不可欠な役割を果たすことになるだろう。必要な資金を集めるために、インドネシアは包括的な国家政策、強力で有効なネットワーク、投資を誘致するための長期的なインセンティブを組み合わせたメカニズムを構想している。

財務省の比較優位は経済全体に影響する配分とインセンティブの決定を考察できることにある。気候ファイナンスの機会を管理するに当たって、同省はアプローチや制度に対する投資家と提供者の信頼が重要であることを認識している。

提供者の資金は——補助金がソフト・ローンかは問わず——、エネルギー部門の開発やインフラ、住宅向けの民間投資との比較では常に小規模であることを認識しているので、インドネシアは持続可能な開発と低炭素化という目標に向けて民間投資を引き付けて活用するために、健全な政策やインセンティブを引き続き維持する必要があるだろう。

インドネシアはすでに行動をとり始めている。2005年と08年に化石燃料補助金を削減することによってエネルギーの価格設定を合理化し、取り締まりと監視のプログラムの改善を通じて森林伐採を削減した。又、租税優遇措置を通じて汚染抑制設備の輸入や据え付けに対して奨励制度を供与している。財務省と開発企画庁は気候変動を国家開発のプロセスに統合するため、国家の青写真と予算の優先項目を策定している。財務省は、気候に優しい投資の刺激、低炭素型エネルギーの選択肢（再生可能エネルギーや地熱を含む）の実現化、そして林業部門向けの財政インセンティブの改善を行うために、財政金融政策を見直しているところである。

出所：Ministry of Finance (Indonesia) 2008.

世界的に課される炭素税には、課税ベースが広範囲にわたっており、税収がかなり確実であるという魅力がある。加えて、炭素税はCDMの課税とは異なり、排出削減ではなく排出を対象としている。この税は死荷重損失を課するのではなく、望ましく有益な正効果をもつ。主な欠点は、この税は主権国家の課税権限を侵害する恐れがある、ということだ。したがって、この選択肢について国際的なコンセンサスを得るのは困難かもしれない。

**国際輸送に伴う排出に対する課税。** 国際的な空輸や海運に狭く焦点を絞った課税には、次のような2つの利点がある。ひとつは、これまで炭素規制に服していないということであり、もうひとつは、その排出が急増しつつあるということである。同部門の国際的な性格を考えると、この税金は各国財務省にとってはより好ましいものになる可能性があり、しかも課税ベースは十分広くて、相当な金額が調達できるだろう。しかし、同部門の国際的な統治は複雑であり、相当大きな権限が国際海事機関（IMO）など国際機関の手中にある。したがって、そのような税金の導入にかかわる行政的な障害はおそらくかなり大きいだろう。

**割当量単位の競売。** 京都議定書に基づく締約国の排出削減の公約は、（初期）割当量単位（AAU）——ある国について排出が認められている炭素の量——として表されている。これは最初にノルウェーが提案した革新的なアプローチであり、各国のAAUの一部を取り出して、競売で最高値の入札者に売却し、その収入を適応措置に充当するというものである。

**国内競売の収入。** 競売による収入の用途の指定は、ほとんどの先進国が間もなく本格的な排出権取引制度を整備する、及び同制度の下で認められる排出権のほとんどが無償で譲渡されるのではなく競売にかけられる、ということを前提としている。実際問題としてすべての先進国ですでに稼働しているか検討されている制度では、このことを期待するのは妥当である。しかし、競売収入を特定の用途に限定するのは、国際的に調整された炭素税の場合とちょうど同じように、各国政府の財政の自律性を侵害する懸念があるため、やはり実施が困難であろう。

このような選択肢のそれぞれには長所と短所の両方がある<sup>24</sup>。重要なのは選ばれた選択肢は十

表 6.6 緩和及び適応に関する潜在的なファイナンス源

提案	資金調達源	注	年間調達額 (10億ドル)
グループ・オブ・77 と中国	付属書 I 国の GNP の 0.25-0.5%	2007 年の GDP について試算	201-402
スイス	居住者 1 人当たり 1.5 トンの CO <sub>2</sub> e を基礎控除とした CO <sub>2</sub> 1 トン当たり 2 ドルの課税	年 1 回 (2012 年の予測値に基づく)	18.4
ノルウェー	AAU の 2% を競売	年 1 回	15-25
メキシコ	GDP, 温室効果ガス, 人口に基づく拠出金, おそらく先進国における排出権の競売を加える	年 1 回, GDP と排出の増加に伴い引き上げ	10
EU	CDM からの収入に 2% の課税を継続して実施	2020 年における需要の低い場合から高い場合までの範囲	0.2-0.68
バングラデシュ, パキスタン	CDM からの収入の一定割合に 3-5% の課税	2020 年における需要の低い場合から高い場合までの範囲	0.3-1.7
カンボジア, 後進開 発途上国	共同実施と排出権取引からの収入の一定割合に 2% の課税	2012 年以降, 年 1 回	0.03-2.25
後進開発途上国	国際航空に課税 (IATAL)	年 1 回	4-10
後進開発途上国	バンカー燃料に課税 (IMERS)	年 1 回	4-15
ツバル	国際航空, 及び海上輸送の排出に対する許容量を競売	年 1 回	28

出所: UNFCCC 2008a.

注: AAU—割当量単位, IATAL—国際航空適応税, IMERS—国際海事排出削減制度, 付属書 I 国には 1992 年に OECD に加盟していた高所得国と体制移行国が含まれる。付属書 I 国は特に単独ないし共同で削減する目標を公約している。

分な規模では、確実に一定の、予測可能な収入の流れをもたらすということである。これは、資金は多種多様な源泉の組み合わせから得る必要があるということを示している。表 6.6 は先進国と途上国が提案したさまざまな潜在的な資金源を示したものである。

短期的には、財政刺激策を通じて現在の経済停滞を克服し、経済を浮揚させようという国際的な取り組みのなかからも何らかの弾みが得られる可能性がある（第 1 章参照）<sup>25</sup>。世界全体で 2 兆ドルを優に超える金額がさまざまな財政パッケージとして確約されており、特にアメリカの 8,000 億ドルのパッケージと中国の 6,000 億ドルの計画が際立っている。このうちの約 18%, すなわち約 4,000 億ドルはエネルギー効率化と再生可能エネルギーを対象としたグリーン投資である。そして中国の計画では、グリーン投資は適応も対象としている<sup>26</sup>。この先 12-18 カ月間で実施されるこのような投資は、世界を低炭素の未来に向けて方向転換するという点において大きな効果があるだろう。それと同時に、財政パッケージはまさにその本来の性格からして、国内活動の刺激に向けられている。したがって、それが途上国向けの国際的な気候ファイナンスに対してもつ影響はせいぜい間接的なものにとどまるだろう。

ファイナンス以上のものが必要：市場による解決が必須であるが、追加的な政策手段も必要である

排出権取引を採求する各国ないし地域のイニシアティブが増加しているため、炭素市場は、投資パターンや生活スタイルに必要な転換の財政的な支援において重要な触媒になりそうである。排出権取引システムは、途上国で相殺を購入することを通じて、途上国における低炭素投資をファイナンスすることができる。炭素市場は、気候問題に対する効率的な解決策の発見において必要不可欠な弾みを付けることにもなる。

先を展望すると、気温を安定化させるためには世界的な緩和へ向けた取り組みが必要であろう。その時点では、炭素には国際的な価格が割り当てられており、すべての国において炭素の取引や炭素への課税、規制が行われているだろう。効率的な価格がひとたび設定されれば、市場の力はほとんどの消費と投資の決定を低炭素の選択肢に向かわせるだろう。世界全体が含まれているので、現在の炭素市場に影響を与えている複雑な状況——追加性、リーケージ、規模など——の多くは無くなるだろう。これらは現状では重大な問題であり、それに取り組む際には、最終的には世界的な炭素市場への円滑な移行が必要であることを忘れ



てはならない。しかし、一部の市場の失敗は残るであろう。政府はそれを是正するために介入する必要がある。

長期的に予測可能で、十分な炭素価格の出現に役立つ決定が、効果的な緩和には必要である。しかし、第4章でみたように、それだけでは不十分である。リスクを伴う研究開発やエネルギー効率の改善など、一部の活動は市場あるいは規制の失敗によって阻害されている。都市計画など他の活動のなかには価格に直接反応しないものもある。林業や農業の部門は途上国の排出削減や炭素固定化にとって追加的に大きな潜在力をもっているが、市場インセンティブだけに依存するには厄介な社会問題もあってやはり複雑である。多くの気候変動に対する措置は補完的なファイナンスと政策介入を必要とするだろう。次のような例を挙げることができる。エネルギー効率化の障害を克服する、主観的なリスクを削減する、国内の金融資本市場を強化する、気候に優しい技術の普及を加速化させるといった政策である。

### 炭素市場の規模と効率性を引き上げる

2012年以降について市場の継続性が保証されていないということが、現在の炭素市場にとっては最大のリスクである。2012年以降における世界炭素市場の存在そのものに関してかなりの不確実性が依然として存在する。そしてこれには、緩和を目指すという大志、緩和策がもたらす炭素クレジットに対する需要、多種多様な排出権取引制度の関連性、既存および今後出現してくるさまざまな制度間の相殺の役割、などに関する疑問が伴っている。

2050年に向けた世界的な緩和の目標の設定を中間目標（UNFCCCプロセスを通じて決定）で下支えすれば、民間部門に対して長期にわたる炭素の価格シグナルと確実性を提供することになるだろう。排出軌道に対する永続的な影響をもった重要な投資決定が今後行われるからである。

世界の炭素市場を構築する次の局面では、先進国を低炭素軌道に乗せることが必要である。又、途上国が低炭素型の開発軌道に移行するのを支援するのに必要な金銭的およびその他の資源を供与することも必要である。気候に関する

協定にとって重大な課題のひとつは、枠組みを定義することであり、それはこの転換を支援して促進し、より多くの国が排出削減を掲げるようなさらに包括的なシステムに移行するのを円滑化するようなものでなければならない。第5章で検討したように、漸進的に組み込むプロセスが想定できよう。責任と能力に応じてより厳格なステップに移行していく方法をとる。すなわち、気候に優しい政策を採用する（多くの途上国がすでにこの段階に達している）、排出の伸びを抑制する、排出削減の目標を設定するというステップをたどるのである。この漸進的な進展を支援するために、炭素ファイナンスを使ったさまざまなモデルが提案されている<sup>27</sup>。

しかし、付属書I国の国際的な相殺の需要は、十分な高さの炭素価格を維持すると同時に、途上国におけるすべての緩和実績に報いるのに必要な水準を大幅に下回った状態が維持される公算が大きいだらう。付属書I国に対してより野心的な目標を設定することは<sup>28</sup>、信頼できる相殺の供給がある程度の規模で創出できるという条件下で、緩和の規模拡大について途上国との協調を強化するインセンティブになるだろう。

CDMの有効性と効率性にかかわる懸念を受けて、このメカニズムをどうやって強化、拡充、あるいは進化させるかについて広い範囲にわたる提案が出されている。大きく言えば、このような提案は2種類に分けられる。ひとつは、CDMを簡素化して、民間部門によって支配されている拡大中の市場にとってより適正なものにすることを目指している。これを行うために、取引コストを削減することに加えて、プロジェクト・サイクルに沿って効率性と統治を改善する。もうひとつはCDMと炭素ファイナンスがもっている転換面での影響力を、プロジェクト型アプローチの限定的な範囲を超えて拡大することを目指している。そして投資軌道に注目し、排出の傾向に影響を与えようとしている。

2012年までにCDMに関して漸進的な変更以上のものを達成するのはおそらく現実的ではないだろう。しかし、多くの諸国が依然として手法の秘訣を学ぼうとしており、その最初のプロジェクトが過去2-3カ月の間に活動を始めている。他

の諸国は、2012年以降の緩和の規模拡大に対する合意と手段に関心を払っている。2012年以前にCDMに直接的で重要な修正を施す政治的な余地はほとんど、あるいはまったくない。これは、そのような修正は京都議定書の改訂を要する、と主張してきた途上国が強調している点である。したがって、あり得る発展のステップを組織化するには、現在のCDMの改善ないし変更については、2つのレベルを区別することが有益であろう。それは最終的には、2つの金融メカニズムになる。そして並行的に運用され、公的部門によって運用される非市場的なメカニズムによって補完されることになる。

**活動ベースのCDM.** 現在の活動ベースのCDMを、対象を絞った改善を行った上で既存のルール内で運用を継続するという主張には妥当性がある。現行システムの下では、ベースラインと追加性は個別プロジェクトごとに決定され、ルールは基準を上回る（基準の引き上げを奨励するのではなく）個々の取り組みを区別して報奨しようとしている。小国におけるほとんどの中・大規模の設備は、実質的に別個のCDMプロジェクトとして提案することができ、電球や調理用レンジなどの小さな物における技術も現行CDMの下では今や組織的なプログラム活動（合計で取引コストが削減できる）として登録できる選択肢が認められている。ほとんどの中小途上国ないし後進途上国にとっては、稀少な制度能力にかかわるニーズの方が、複雑な温室効果ガス会計制度の開発よりも緊急性が高い。このことは、一部の、おそらくほとんどの途上国にとって、緩和の潜在力を市場へ供給することに関して、追加的な一連のルールは必要ないということの意味する。

行政面での重要な改善としては、例えば、次のような点が指摘できる。CDM関係者の間における情報の流れの質、適切性、一貫性の改善、専門家でフルタイムのスタッフのCDM理事会への配置、実務家の意見を取り入れる方法の検討、及びプロセスの説明責任の強化（これにはプロジェクトの実務家に理事会の決定を控訴する機会を提供する仕組みが含まれるかもしれない）である。これと並行して、途上国は低炭素型の投資全般を促

すような事業環境の形成に努めなければならないだろう。

**傾向を変える市場メカニズム.** この新しいメカニズムは長期的な排出の傾向をさらにより包括的に削減することを目指す。現行のCDMの枠内あるいは枠外で創設されるこのメカニズムは、途上国を低炭素軌道に乗せるような政策の変更の実施を支援する。複数の発生源において排出の削減につながる特定の政策ないしプログラムを採択することによって達成される排出削減を認め奨励する。プログラム型のCDMは排出の傾向を変える市場メカニズムに向けた第一歩となる。これは、時間と空間をまたがるような政策の実施の結果生じる無数の同種類の活動をひとつにまとめることを許容する。部門のシフトを支援する提案は大きく2つに分類されるだろう。ひとつは、同一部門で事業を行っているが、国をまたがって立地している産業内での取り決めに基づくものである。もうひとつは、特定の政策ないしプログラムを実施するという各国政府の決定から発展したものである。

CDMや炭素ファイナンスがどのようにしたら途上国の気候に優しい政策を支援できるか、ということに関してはさまざまな意見がある。提案されている選択肢はすべて、ある政策がもたらした著しい排出削減という成果を報奨するような炭素ファイナンスのメカニズムを考えている。国際的な合意（義務的なものか柔軟なものか）に基づく政策や国の公約、地理的な規模（地域ベースか各国ベースか）、部門の範囲（部門別か部門横断的か）などの相違に応じて変更を加えたものが存在する。このような選択肢のなかで、部門別に失うものがない目標が大きな関心を集めている。この目標では、各国は合意された目標（平常通りの水準を下回る）を下回る排出について炭素クレジットを売却することができる一方、目標が達成できなくても罰せられることはない。そのようなメカニズムは、次のような途上国に適応できるだろう。ここで対象となるのは、自国の持続可能な開発の優先順位に従う形で、現状のCDMの及ぶ範囲を超えて民間部門の大幅な拡大を必要としている途上国である。

### ボックス 6.5 農業土壌炭素を保全する

農業部門がもっている緩和の潜在力は大きく——土壌炭素の貯留が主な機能——、2030年までにCO<sub>2</sub>eで年6ギガトンに達すると推定されている。緩和を実施する多数の機会（耕作地管理、有機土壌の管理、劣化した土地の回復、家畜管理などを含む）は既存の技術を用いているため、ただちに実施することが可能である。加えて、このような選択肢には価格競争力もある。トン当たりのCO<sub>2</sub>e 価格を20ドル以下とすれば、農業部門における世界全体の経済的な緩和効果は2030年までにCO<sub>2</sub>eで年2ギガトン近くになる。

炭素市場の範囲を拡張して農業土壌炭素を含めれば、炭素ファイナンスは健全な土地管理の実施のなかでより大きな役割を果たすことができるだろう。すなわち、農業の炭素貯留

は農業の生産性を向上させ、気候変動に対する農民の適応能力を引き上げるのに役立つ。土壌炭素が増加すれば、土壌構造が改善され、それに応じて土壌侵食や栄養素不足が減少する。炭素ストックが増加した土壌は水をよく保持し、そうすることで農業システムの旱魃に対する強靱性が改善される。土壌炭素貯留によるこのような生物物理学的にプラスの影響は、作物や牧草、農圃の収量と土地生産性の増加に直接つながる。しかし、貯留の増加や炭素固定化の実績に関する監視と検証の問題を解決する必要がある。

出所：IPCC 2007。

### REDD 向けに財政インセンティブを創設する

途上国が特に懸念しているのは、「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」(REDD)について財政インセンティブが欠如していることである。2005年についてみると、途上国における排出のほぼ4分の1は土地利用変化と林業に由来しているため、これは大幅な適用除外といえる<sup>29</sup>。しかし、土地利用の変化や林業は、気候交渉のなかで常に厄介で議論を呼んできた問題である。京都議定書に含めることについては強い反対論があった。その結果、造林と森林再生に限ってCDMで認められたが、EUの排出量取引制度ではそれも除外されている。

REDDに対する当初の関心は森林伐採が起きている諸国に集中していた(表6.7)。しかし、森林の多い一部の諸国では森林伐採はほとんど起こっておらず、そのような国は森林を持続可能な形で管理し保全するための支援を求めている。特

に他の諸国におけるREDD活動が伐採や農業の拡大を国境を越えて移動させている(リーケージ)場合には、是非とも援助がほしいと考えている。他の諸国は森林を持続可能な管理下におく政策や措置をすでに実施しており、そういった諸国は、環境サービスに対する支払いに似た形による市場ベースの解決策を通じて、排出削減にかかわる自分たちの取り組みを認めてもらおうとしている。第3章で検討したように、実績をベースにした仕組みを通じて土壌炭素(ボックス6.5)を保全することも関心を集めているが、その議論はREDDに関するものよりも進んだ段階にあるとはいえない。

REDDは多くのグループや他の社会的目標に影響を与えてはいるが、潜在的には肯定的な影響と否定的な影響が入り混じっているのが普通である。先住民は新たな収入源が得られるものの、REDDのメカニズムは伝統的な土地の利用とその

表 6.7 森林の伐採・劣化を削減する各国および多角的イニシアティブ

イニシアティブ	総資金調達額 (100万ドル)	期間
国際森林炭素イニシアティブ(オーストラリア)	160	2007-12
気候森林イニシアティブ(ノルウェー)	2,250	2008-12
森林炭素パートナーシップ・ファシリティ(世界銀行)	300	2008-18
森林投資プログラム(気候投資基金の一部)	350	2009-12
UN-REDDプログラム	35	2008-12
アマゾン基金	1,000	2008-15
コンゴ流域森林基金	200	未確定

出所：UNFCCC 2008b。

注：かっこ内の名前は提案を主導した国ないし機関。

利用にかかわる自分たちの権利を脅かすのではないかと懸念している。それはもっともなことである。REDDは生物多様性の価値が高い地域について保護を改善するための財源をもたらすかもしれないが、伐採や整地といった活動を、生物多様性の豊富な地域に国境を越えて移させる懸念がある（リーケージのもうひとつの事例）。

森林国はREDD向けに財政インセンティブを受け取ることができる前に、政策や法律、制度、技術の分野で土台を確立する（REDD準備という）必要があることは認識している。REDD準備の重要な構成要因は、森林伐採と森林劣化に対応して、しかも漏出を防ぐために、各国レベルで実施されなければならない。

森林炭素パートナーシップ・ファシリティ（FCPF）は、熱帯と亜熱帯の森林国がREDDに向けて準備し、実績を基準にしたインセンティブの実験を支援するために設計されている。FCPFの場合、REDDの準備は国内のREDD戦略と実施の枠組みで構成されている。それには森林伐採と森林劣化に伴う排出に関して、国としての基準シナリオと監視、報告、及び検証のシステムが含まれる。食糧農業機関（FAO）、国連開発プログラム（UNDP）、国連環境プログラム（UNEP）の共同イニシアティブであるUN-REDDも同じようなプログラムである。

当該国は、国家的なREDD戦略のなかで現在に至るまでの土地利用と森林政策を評価し、森林伐採と森林劣化の動因を特定する。次に、このような動因に対処する戦略的な選択肢を考案して、そのような選択肢を費用対効果、公平性、持続可能性の観点から評価する。その後REDD戦略の実施に必要な法的、及び制度的な取り決めの評価が続く。それには国レベルでREDDの調整と推進を行い、資金を調達することに責任をもつ機関（あるいは諸機関）、REDDから期待される金銭の流れに関する利益配分メカニズム、REDD活動（生み出された排出削減とそれに対応する収入の流れの両方）を管理するための登記所が含まれる。加えて、当該国は戦略の実施に必要な投資と能力開発を評価し、多種多様な戦略と実施オプション（利益、リスク、及びリスク軽減措置）が環境や社会面にもたらす影響を評価する。

REDDの準備ができた国は、国としての基準シナリオを作成する必要がある。そのシナリオは最近における排出の歴史的な平均を計算した回顧の部分と、経済成長の傾向や国の開発軌道に基づいて将来の排出を予測している先見的な部分を含んでいなければならない。

当該国の監視・報告・検証（MRV）のシステムは、実績ベースの支払い制度にとって極めて重要である。MRVシステムは炭素の水準に加えて、生物多様性や生計に対する支払いの影響を含めることができるだろう。遠隔探知技術や地上測定役割はMRVシステムの一環として規定されなければならない。コミュニティ・ベースの天然資源管理イニシアティブの経験は次のことを示している。先住民を含め現地の人々を参加型の天然資源の監視に関与させることも、森林のバイオマスや天然資源の傾向に関する正確で費用効果的な、さらに地方に根差した情報の提供に役立つ<sup>30</sup>。REDD制度が天然資源ストックや利益配分、より広範な社会及び生態に及ぼす影響は、地方コミュニティによって監視することができる。参加型のアプローチにはREDD制度の統治と管理を大幅に改善する潜在力がある。

REDDに対する大規模な実績ベースの支払いが始まる前に、ほとんどの森林国は政策の改革を採用して投資プログラムを実施する必要が生じるだろう。制度的能力の構築、森林管理と情報の改善、森林の保全と持続可能な管理の規模を拡大して森林に対する圧力の軽減などを行うために投資が必要になるだろう。そしてこれらは、例えば農業関連ビジネスを森林から遠く離れたところに移転したり、農業の生産性を改善したりすることによって行われることになるだろう。このような活動を援助するために、いくつかのイニシアティブが打ち出されているか、あるいは現在考案されている（表6.7）。さらに、世界銀行は気候投資基金の下で森林投資プログラムを提案している。また、「チャールズ皇太子の熱帯雨林保護プロジェクト」と「熱帯雨林諸国連合」は、最近になって森林諸国が森林の保全及び開発プログラムをファイナンスするのを支援するために、金融機関に多額の資金調達を目的として債券を発行するよう提案した。この例は、行動様式や投資決定の転換を



図るためにはさまざまな手段を組み合わせることが必要だということを例証している。つまり、政策改革の促進や能力の構築、そして投資プログラムを実施するためには、先行支払いのファイナンス（譲許的かつ革新的なファイナンス）と実績ベースのインセンティブを組み合わせることが必要である。この事例は気候行動の触媒として公的ファイナンスが重要な役割を果たすことも強調している。

### 適応のために民間の資金を活用する

炭素市場を通じた民間の資金が強調されている緩和と比べて、適応ファイナンスは公的資金に大きな焦点をおいている。適応は優れた開発と密接に結び付いており、多くの適応措置が公共財であることを考えれば——例えば、沿岸地帯の保護（地方の公共財）やタイムリーな気候情報の提供（国の公共財）——、これは驚くに当たらない。

公的ファイナンスが強調されているにもかかわらず、適応に対する負担の多くは個人や企業の双肩によって担われるだろう。例えば、気候災害にかかわる保険を提供しているのは主として民間部門である。同様に、世界の資本ストック——民間の住宅、工場の建物、機械設備など——を耐気候化する課題は圧倒的に民間の所有者の負担となるだろう。ただし、国も洪水の防止や災害援助を提供しなければならないだろう。民間の会社も一部の公共インフラを保有あるいは運営しており——海港、発電所、上下水道システムなど——、それらも温暖化に適応していなければならない。

政府にとって、適応ファイナンスに民間部門を含めるという課題には3つの側面がある。それは民間プレーヤーを適応させる、公共インフラの適応コストを分担させる、民間のファイナンスを利用して適応投資専用の資金調達を図る、という3つである。

**民間プレーヤーを有効に適応させる。** 消費や投資にかかわる決定のほとんどが気候に関係のある要素の影響を直接的あるいは間接的に受ける。それは人々が着る衣服から、農民が下す作付けの決定や建物の設計方法にまで及ぶ。人々はこのように暗黙の適応の決定を行うことに慣れている。政

府の主な役割はこのような決定を円滑化する経済環境を提供することにある。これは経済的インセンティブ（適応投資に対する税控除、リスク細分型の固定資産税、リスク細分型の保険料など）、規制（ゾーニング計画や建築基準など）、あるいは単に教育や情報の改善（長期的な天気予報や農業の指導助言サービスなど）といった形をとることができる。

このような措置は、厳しい建築基準を満たす、異なる種子品種を使う、そして高い保険料を支払う、などといった経済的コストを伴う。そのコストは経済によって負担され、生産者が高くなったコストを顧客に転嫁し、保険制度がリスクのプールを助ける形で、すべての部門に拡散される。適応に特化した資金調達に頼る必要性はほとんどないだろう。ただし、政府の行政コストをまかなう、あるいは政策の悪影響から弱者グループを保護するための資金はおそらく別であろう。

**公共インフラの適応コストを分担させる。** 公的な適応のための資金の大部分は、一国の輸送インフラ、電力ネットワーク、水システム、通信ネットワークの耐気候化と関係している。このようなサービスが公的機関、民間機関、あるいは商業ベースの公的機関のいずれによって提供されているのかとは無関係に、コストは納税者（国内の、あるいは適応援助が供与されていれば海外の）か、または利用者によって（料金の引き上げを通じて）負担されなければならない。

インフラ・サービス提供者にとっては、気候変動（および気候政策）が、規制やビジネス、マクロ経済に関するリスクとともに、考慮すべきもうひとつのリスクになるだろう<sup>31</sup>。したがって、できる限り早期に予測可能な形で、適応の責任を規制政策に組み込むことが賢明であろう。物理的な不確実性が大きいことを考えると、規制システムに更に柔軟性をもたせることも必要であろう。事前の規制は依然として予測不可能な変化がある状況には不向きだからである。規制について新しい革新的なアプローチを採用すれば、有望な代替策につながるだろう。適例はイギリスのエネルギー規制当局が採用したモデルである。当局は監査人として機能し、投資決定は官民両部門の主要

な行為者に委ねられている<sup>32</sup>。

**民間の資金を活用して適応投資専用の資金調達を図る。** いくつかの理由から、適応に特化したインフラへの民間参加の範囲はおそらく限定的なものにとどまる。適応専用の投資が典型的には民間の運営業者にとって商業ベースの収入をもたらさないことを考えると、業者の報酬は公的資金によってまかなわれる必要がある。そのため政府には債務に類似した負債が生じるので、公的な会計はそのように記帳されなければならない。効率性の議論も説得力があるようには思えない<sup>33</sup>。洪水防護壁のような適応のための構造物はかなり安価で運営も簡単であるため、民間の管理者だからといって運営面で効率性を上げる余地はほとんどない。建設や設計の局面には効率性向上の余地がもっとあるが、それは適切な公共調達メカニズムを通じてでも同じようにうまく確保することができる。

より一般的には、民間の資金の流れは、途上国が必要としているインフラ資金調達全体のなかで小さなシェアにしか達しておらず、現在の金融危機が続いている間は僅少なままの状態が継続する公算が大きいだろう<sup>34</sup>。これと前述の理由から、インフラの専門家は気候変動関連のファイナンスの資金調達に関する官民パートナーシップに、あまり多くを期待すべきではないと警告している<sup>35</sup>。

### 透明で、効率的な、そして公平な資金の利用を確実にする

追加的な資金調達の試みがどんなに成功しても、気候変動の資金は十分とはいえないだろう。したがって、資金は効率的に使い、透明性と公平性をもって配分しなければならない。

緩和については、資金配分は効率性の配慮によって支配されるだろう。緩和は世界全体にとって利益があり、その利益は緩和がどこで生じようと同じである（ただし、緩和コストの負担は公平性の問題を提起する）。適切な枠組み——基本的には受け入れ国の利益を保護しながら、世界的規模で緩和の機会の探究を許す炭素市場——が

整備されていれば、炭素市場、他の実績ベースのシステム、市場が見過ごしてきたニッチ向けの公的資金の組み合わせで、資本をかなり効果的に配分することができる。

それとは対照的に、適応ファイナンスの配分は効率性に加えて公平性の問題を提起する。緩和の場合と違って、適応のための財源の配分には大きな意味がある。小さな島嶼国家を保護するために支出されたお金はもはやアフリカの農民にとっては利用不可能となる。適応ファイナンスをどう分類すべきかという問題はまだ議論が続いており、その議論はそのファイナンスをどう配分すべきかという問題にまで波及している。途上国は適応ファイナンスを損害に対する補償だとみなす傾向にあり、世界的な汚染者負担原則をもち出している。したがって、途上国の観点からすると、適応ファイナンスの使い方は高所得国の権限外の問題となる。しかし、高所得国は、希少な財政資源は資金の正当化がどうであれ、あるいは出所がどうであれ、効率的に使われるべきである、と考えている。

適応ファイナンスの効率的かつ公平な配分と使用こそ全員の利益に合う、という主張は確かに成り立つ。財源の浪費的な使用は気候に関する政策の計画全体に対する支持にとって有害である。したがって、適応ファイナンスの透明な効率的で公平な配分が絶対に必要となる。開発機関がファイナンスの配分をどう扱ってきたかを示す一例として、国際開発協会（IDA）がとっているアプローチを検討してみる。IDAはファイナンスの必要額、政府の吸収能力、中央政府の実績を組み合わせた指標を作成している（ボックス6.6）。しかし、IDAのアプローチにも欠陥がないわけではない。この方式は各国一律であるため、基本的にすべての国に対して同一の開発モデルを強制することになる<sup>36</sup>。これはすでに標準的な開発問題についても問題を引き起こしており、気候変動についてはさらに厄介であろう。というのは、正しい適応モデルに関してはほとんど何もわかっていないからである。そうではあっても、このような懸念に取り組むことを目的とした適応ファイナンスを配分するための実証的なアプローチは、少なくとも次の目的の達成に役立つだろう。第1に、

### ボックス 6.6 譲許的な開発ファイナンスの配分

国際開発協会 (IDA) の配分方式は、譲許的な開発ファイナンスを透明で実証的な形で配分するのに有望なモデルを提示している。これは 10 年間にわたり漸進的に精緻化されてきた資源配分モデルであり、世界の最貧国への年間約 100 億ドルの譲許的ファイナンスの配分に使われている。

IDA の配分方式は 3 つの基本的な指標に分解できる。譲許的ファイナンスのニーズ、吸収能力、中央政府のパフォーマンスにかかわる指標、である。ニーズに関して、基本的な基準は各国の平均貧困水準であり、最貧国に大きなウェイトを付け、各国の人口数を掛け算する。吸収能力は世界銀行のポートフォリオ・パフォーマンス——ローンないしクレジットの支払い遅延や取り消しは、追加的なファイナンスを吸収する能力の明らかな不足を意味する——で測定する。援助効果に関する文献の結果に基づいて、この方式では統治が強固な国に大きなウェイトが付けられている。というのは、そのような諸国が援助の財源を経済成長につなげることに最も成功している、という証拠が示されているからである。中央政府のパフォーマンスには、マクロ経済、構造、及び社会にかかわる政策や制度の質と統治の質のそれぞれに関する 2 つの下位

指標がある。ともに世界銀行の国別政策・制度評価から援用されている。

IDA の方式では統治に 68%、マクロ経済、構造、及び社会にかかわる政策に 24%、吸収能力に 8% のウェイトが付けられている。このような得点の合計に当該国の人口数を掛け算して、総人口の平均所得でウェイトを付けて（ニーズを把握するため）、譲許的ファイナンスの配分を決定する最終的な得点が発生している。

この方式は最も困窮している一部の国を不利な立場に置くことがあり得るため、ファイナンスの年間供与額の一部が優先的に配分されている。すなわち、各国は最低限の配分を受け取る、紛争が終結したばかりで制度が極端に脆弱な国に対しては追加的な援助が供与される、自然災害に関してはゆとりが認められる、などである。IDA ファイナンスは商業的なファイナンスへの利用が可能な「ブレンド」国向けに限定されている。

出所：IDA 2007; Burnside and Dollar 2000.

ロビー活動や交渉が配分プロセスの一部になっていないのであれば、取引コストを削減する。第 2 に、実証的な尺度に基づいた配分プロセスによって結果として決まった政策を支援する。第 3 に、配分の透明性を通じて相互説明責任を支援する。

資金の必要性の尺度は気候に対する脆弱性の概念と密接に関連しているべきである。IPCC の発案では、脆弱性は、適応能力、気候要因に対する感応度、気候変動にどの程度さらされているか、によって決まる<sup>37</sup>。したがって、資金の必要性の尺度は、何らかの形で人口のウェイトと、おそらく貧困のウェイトも付けた感応度と気候変動へのさらされ具合にかかわる指標となるだろう。特に大国の場合は、影響の分布と脆弱性が地域間で異なることも考慮に入れなければならないだろう。

資金の流れにかかわる中央政府の実績と吸収能力が、その国の適応能力を決定するのは明らかであるが、それだけが気候への適応にとって重要な実績の要因ではない。「社会的能力」と呼べるようなものが、各国へ気候が及ぼす影響の厳しさを決定する重要な要因のように思える。それには不平等（ジニ係数）、金融市場の強さ、扶養率、成人識字率、女性の教育水準などといった要因が含まれる。

要約すれば、適応ファイナンスの配分にかかわる指標は、以下の要因で構成されることになるだろう。

配分指標 =	中央政府実績
	× 吸収能力
	× 社会的能力の欠如
	× 気候の厳しさ
	× 気候変動へのさらされ具合
	× 人口のウェイト
	× 貧困のウェイト

このような指標を実際に作成しようとする時、いくつかの問題にぶつかる。途上国の脆弱性に関する情報は依然として不十分である。困難の原因は、潜在的な影響が貧困にいたる道筋の複雑性にある。さらに、その道筋は定義されていないことが多く、潜在的な影響は不確かなものである。環境面での影響が社会経済に及ぼす影響における不確実性が、将来の気候に本質的に内在する不確実性の度合いを高めている。モデルは限られた数の社会経済的予測に依存しており、そのモデルはある程度の範囲で変わる可能性がある。したがって、将来の気候シナリオに関連した研究のほとんどは、部門内で予想される気候変動の影響に焦点

を当てているか、海面上昇に伴う健康や損害の変化など個別の結果に関するものとなっている。このような結果を現場の脆弱性にかかわる評価に翻訳することを試みた研究はほとんどない<sup>38</sup>。

IDAの配分の場合と同じく、気候への適応の配分にかかわる指標は貧困国を不利にしてしまう可能性がある。貧困国は気候に対する感応度が高く、気候変動から大きな影響を受ける。仮に配分指標を今後も用いるのであれば、極めて脆弱な国に対する許容は、配分の枠組み全体の一部になっているべきである。

脆弱性指標の作成に向けた試験の初期段階がボックス6.7に示されている。予測される物理的な影響に関する複合指標が、社会的能力の複合指標との対比で図示されている。この様式化された作業の結果は示唆的でしかないが、脆弱性の高い国はサハラ以南アフリカに圧倒的に多いということが示されている<sup>39</sup>。ボックス6.8は予測された同じインパクト指標を、IDAの配分方式から導出した国のパフォーマンスに関する指標（中央政府の能力とファイナンス吸収能力を組み合わせたもの）との対比に適用したものである。やはりサハラ以南アフリカは予測される影響が大きく適応能力が低いという組み合わせになっている。

### 必要とされる資金と資金源を適合させる

気候変動との戦いは、社会経済的、技術的、制度的、そして政策的に大規模な取り組むべき課題である。特に途上国にとっては資金調達に関する課題でもある。2030年頃までに、途上国における緩和のために必要な追加的な投資は年間

1,400-1,750億ドル（関連する資金の所要額は年間2,650-5,650億ドル）に達している可能性がある。その時期までに適応のために必要な資金は300-1,000億ドルになっているだろう。これはベースラインの開発に必要な資金——これも引き続き必要不可欠であり、一部は既存の適応ギャップを埋めるのに役立つであろう——を超える追加的な資金調達額である。

途上国向けの気候関連資金の流れは現在増加してはいるものの、推定される必要量のごくわずかな部分でしかない。どんなものであろうと、単一の資金源がそのような大規模な追加的な流れをもたらすとは考えられない。したがって、資金調達源を組み合わせることが必要になるだろう。適応に関しては、資金はCDMに対する現在の適応課税でまかなえる可能性がある。もっと広範な炭素取引に適用が拡大されれば、2020年までに年間約20億ドルを調達することができる。AAUの売却、国際輸送の排出に対する課税、世界的な炭素税のような提案は、それぞれ年間約150億ドルを調達することが可能である。

各国レベルの緩和に関して、資金調達の大半は民間部門から行われなければならないだろう。しかし、公的政策が低炭素型投資を促すような事業環境を整備する必要があるだろう。それには拡張された効率的で規制の行き届いた炭素市場が含まれるが、それに限られるわけではない。投資に関する障害（リスク関連のもの）を克服し、民間部門が見過ごす可能性の高い領域も対象に含まれるようにするためには、補完的な公的資金——ほとんどが財政移転によるだろう——が必要になるだろう。相殺に対して十分な需

「気温の上昇で氷が融けています。子供がびっくりして座り込んでいます。鳥が一羽落ちてきたのです。これも大気汚染の犠牲者です。ゴミ箱の近くで花が咲いています。少年が鳥のところを持っていくまでには萎れてしまうでしょう。このような状態を変えるために、世界を指導している人たちに私がお願いしたいのは、自然をきれいにして、太陽や風の力を使って、技術をより良いものにしてください、ということです。」

——Shant Hakobyan（アルメニア、12歳）

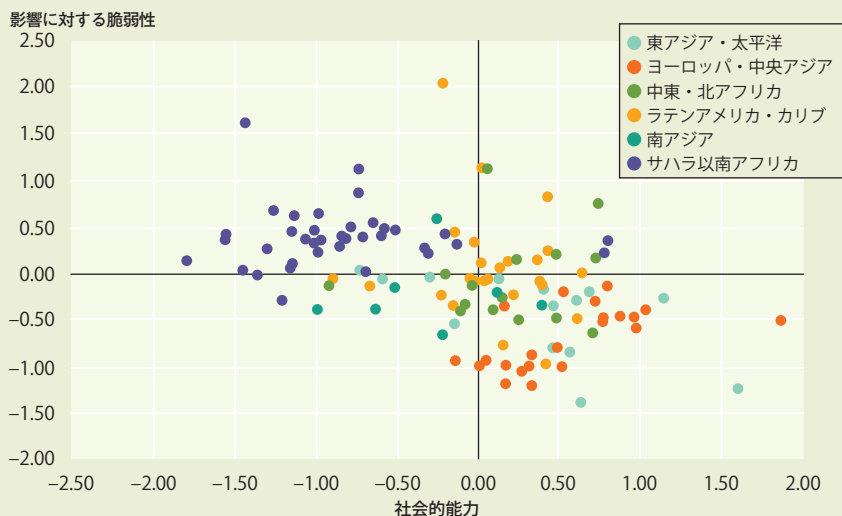




### ボックス 6.7 気候に対する脆弱性 vs. 社会的能力

図は物理的な影響の複合指標（気候感応度と気候変動へのさらされ具合の関数として見たもので、多数の世界的な影響に関する研究から援用）と、社会的能力の複合指標（多数の社会経済指標から援用）を対比したものである。

予測されている影響の下で測定される社会的能力と脆弱性は、下表で説明されている指標を複合した指標である。



指標	基準	出所	前提	
影響	海面上昇	1mの上昇で影響を受ける人口の割合	Dasgupta 他 2007	内陸諸国はまったく影響を受けないものと前提。
農業	2050年の収量損失割合 (IPCC SRES シナリオ A2b)	Parry 他 2004	収量の減少は国の福祉の低下、気候変動に伴う収量の増加は福祉の増大を意味する。農場レベルの適応が実施されている。	
健康	2050年の追加的な死者の割合	Bosello, Roson, and Tol 2006	追加的な死者は気候変動に伴う健康への影響を意味する。	
災害	災害で死亡した人口の割合 (歴史的データセット)	CRED 2008	現在の災害パターンは将来的にも当該地域がリスクにさらされていることを意味する。	
社会的能力	識字率	15歳以上人口の識字率 (1991-2005年)	World Bank 2007c	識字率が高いほど社会的能力が高い。
	従属人口比率	従属人口の対労働人口比率 (2006年)	World Bank 2007c	従属人口比率が低いほど社会的能力が高い
	初等教育修了比率 (女子)	初等教育修了女子が女子人口に占める割合 (1991-2006年)	World Bank 2007c	修了率が高いほど社会的能力が高い
	ジニ係数	ジニ係数 (入手可能な最新年)	World Bank 2007c	不平等が小さいほど社会的能力が高い
	民間部門向け国内信用	民間部門向け国内信用の対GDP比 (1998-2006年)	World Bank 2007c	投資が多いほど社会的能力が高い
	統治	世界統治指標 (WGI) の発言権と説明責任	Kaufman, Kraay, and Mastruzzi 2008	WGIの得点が高いほど社会的能力が高い

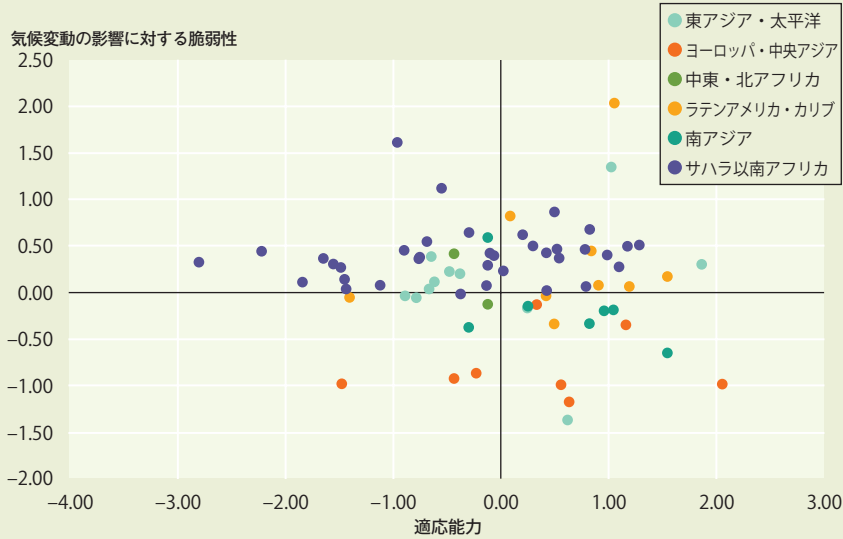
**ボックス 6.8 気候変動に対する脆弱性 vs. 適応能力**

図はインパクト指標と国のパフォーマンス指標（中央政府の能力とファイナンスを利用する能力を組み合わせたもの）を対比したものである。ともに IDA の配分方式からの援用である。

適応能力は下表で説明されている指標を複合したもので、次の式で計算されている。

$$\text{国のパフォーマンス} = 0.24 \times (\text{CPIAa, CPIAb, CPIAc の平均}) + 0.68 \times \text{CPIAd} + 0.08 \times \text{ARPP}$$

ここで、CPIA は国別政策制度評価、ARPP はポートフォリオ・パフォーマンスに関する年次報告書のことである。



指標	基準 (年)	出所	前提
適応能力			
経済管理	CPIAa (2007)	世界銀行	国のパフォーマンスが高いほど適応能力が高い。
構造政策	CPIAb (2007)	世界銀行	
社会的な包容性と公平性 のための政策	CPIAc (2007)	世界銀行	
公共部門の管理と制度 (統治)	CPIAd (2007)	世界銀行	
ファイナンス利用能力	ARPP (2007), リスクにさらされている世界銀行 のポートフォリオ (年齢は割引済み)	世界銀行	

出所：CPIA の数字は <http://go.worldbank.org/S2THW1X60>。CPIA 得点の計算に関する詳細に関しては World Bank 2007b を参照。ARPP の得点は World Bank 2007a で報告されている。

要を創出し、炭素価格を下支えするためには、厳格な排出目標も必要になるだろう。このことは、最初は高所得国で、最終的には他の多くの諸国にも当てはまるだろう。

漸進的な気候協定の下で、大半の諸国に排出権が設定されれば、消費や投資の決定が炭素価格に反応して、必要とされる各国の緩和ファイナンスの大部分を、炭素税ないし排出取引のいずれかを通じて、市場が自律的に生み出すことができる。しかし、各国の炭素市場がファイナンスの国際的

な流れを自動的に生み出すことはないだろう。途上国向けの緩和ファイナンスの流れは財政の流れ、各国の排出取引制度の結び付き、あるいは潜在的には AAU 取引から出てくる可能性がある。したがって、先進国から途上国への流れはいくつかの方法を通じて達成することができる。このような流れは、気候問題にかかわる有効で効率的な解決策が公平な解決策にもなることを確実にするために重要である。







## 革新と技術の普及を加速化する

電気が発見されるはるか以前には、ヨーロッパのいたる所に風車が見られ、農業活動にエネルギーを供給していた。革新と技術の普及によって、現在風車は、実用化の初期の段階で発電を行っており、これはやがて真のエネルギー革命になるだろう。世界全体で設置された風車の発電能力は1996-2008年の間に20倍に増加し、その値は120ギガワット以上に達している。推定一年間で1億5,800万トンの排出を抑える一方で、年約40万の雇用を生み出している(図7.1)<sup>1</sup>。この増加の多くは政府のインセンティブや官民が資金供与した研究のおかげである。それが風力発電技術のコストを引き下げると同時に効率性を向上させたのである。

発電能力のほとんどは欧米に設置された風車によるものの、そのパターンは変化しつつある。2008年にインドと中国はそれぞれアメリカを除くどの国よりも発電能力を大きく増やし、今や両国の合計で世界全体の能力のほぼ20%を占めている。スズロンというインドの会社は、世界有数の風力タービン製造会社であり、アジア全域で合

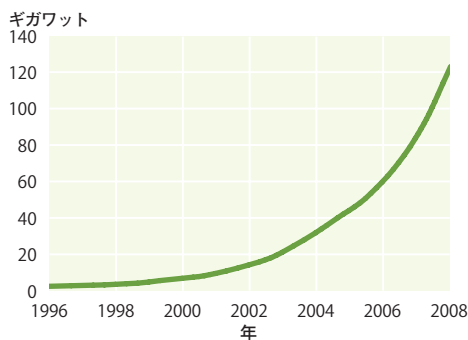
計1万3,000人を雇用している。つまり、風力技術の世界的な急成長が気候に関してスマートな経済開発の先例を示しているのである。また、世界の地理空間風力資源情報システムなどの補完的な技術進歩のおかげで、設置する場所の決定が容易になっている(地図7.1)。

技術革新とそれに関連した制度的な調整が、気候変動を妥当なコストで管理する鍵となる。各国の革新と技術の能力の強化は、開発の強力な触媒になり得る<sup>2</sup>。主要な排出者である高所得国は、将来の飛躍的な技術革新に大規模な投資を行いながら、高炭素技術の資本構造を気候に関してスマートな代替技術で置き換えることが可能である。中所得国は、自らの投資によって低炭素型成長へ向かう進展を確かなものにする事ができる。又、既存の技術を吸収して世界市場で競争してゆくことを確かなものにする事ができる。低所得国は、自国の知識とノウハウで既存技術を特定、評価、採用、及び改良することによって、気候変動に適応する能力を確保することができる。第8章で指摘するように、技術変化から利益を得るには、人間や組織の行動様式的大幅な変更が必要となる。同時に人間の脆弱性の削減や天然資源の管理を支援する多数の革新的な政策も必要で

### 重要なメッセージ

気候変動と経済開発の目標を達成するためには、既存の技術を普及させ、新しい技術を開発して利用する国際的な取り組みに更に拍車をかけなければならない。官民両方の投資を年数千億ドル——現在は年数百億ドル——にまで大幅に増加させる必要がある。公共投資による研究開発(R&D)への投資に基づく「技術主導型」政策だけでは不十分であろう。R&Dへの投資は、官民両部門で企業家精神や協調のインセンティブを生む「市場からアイデアを得る」政策と組み合わせる必要がある。さらに予想外の形で革新的な解決策を見出す必要もある。気候に関してスマートな技術を普及させるためには、今すぐ使える設備を途上国へ輸送する以上のことが必要である。そのためには吸収能力を強化し、最適な技術の発見や採用、適応、改良を行い、そしてその技術を利用する官民両部門の能力を高める必要がある。

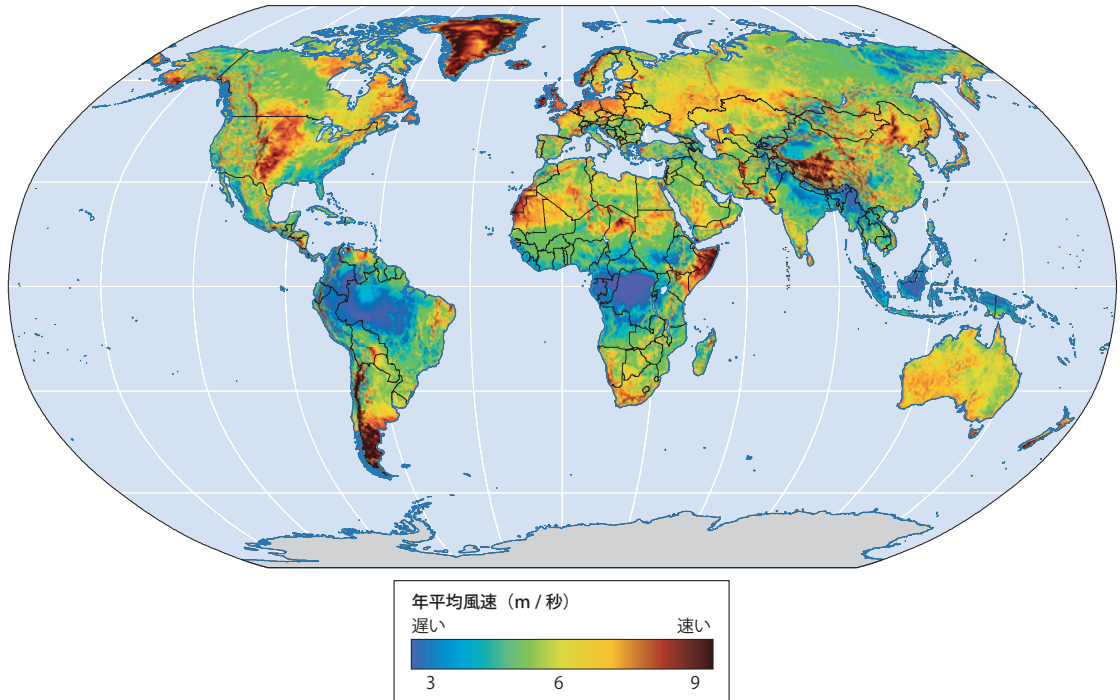
図7.1 世界の風力発電の能力は過去10年間に急増している



出所：Global Wind Energy Council 2009.



地図 7.1 風に関する情報を表す地図の作成技術の進歩が新しい機会を開拓する



出所：データ提供は 3 Tier Inc.

注：これは年平均風速に関する 5kmメッシュの風況地図である。年平均は世界各地において高度 80m（一部の風車の高度）で測定されている。

ある。

にもかかわらず、気候に関してスマートな技術の革新や普及に向けた現在の世界的な取り組みは、今後数十年にわたって必要とされる大幅な緩和と適応を大きく下回っている。研究・開発・実証・展開（RDD&D）に対する投資は不足している。又、金融危機によって、気候に関してスマートな技術向けの官民の支出は減少し、普及が遅れている。十分な規模で技術を動員して革新を育成するためには、各国が協力して資源を確保するだけでなく、下支えとなる知識のインフラやビジネス環境を促進する国内政策も工夫する必要があるだろう。又、特に低所得国を中心とするほとんどの途上国では市場規模が小さく、このような状況は新技術を導入したいと考えている企業家にとって一国単位では魅力がない。しかし、近隣諸国は地域的な経済統合を強化することによって臨界的な規模に到達することが可能である。

資金の供給を増やし、単に研究補助金に焦点を置くのではなく、気候に関してスマートな革新に対する需要を刺激するような政策手段を策定する

ためには、国際協力を強化しなければならない。規制面でのインセンティブ（炭素の価格設定など）の国際的な調和は、投資に対してさまざまな効果を及ぼすことが可能であり、これは規模の経済の生成や気候に関してスマートな技術に向けて弾みを付けることによって実現できるだろう。革新の受賞制度や調達に対する補助金は、需要を喚起し、発明の才を刺激することができる。また、研究の優先課題と高コストが衝突する場合、共同 RDD&D を行えば技術フロンティアを前進させることができる。技術移転という概念は、既存技術を吸収する能力も含めるように拡張させる必要がある。この点で、特定の技術システムないしサブシステムに焦点を置いた国際的な気候条約は他に例のない機会を提供している。コスト分担と技術移転の規定を一まとめにすることによって合意の達成を円滑なものにすることができるだろう。

補完的な国内政策があれば、技術の有効な選定や適応、吸収が確保されるだろう。しかし、外国の技術の特定や評価、統合には、見過ごされることが多い学習コストが伴う。これは外国の技術の

修正や改良にも当てはまる。したがって、大学や研究所、企業といった知識インフラを、その能力を強化するために支援しなければならない。

本章では、技術が衰退したり繁栄したりするシステムの分析と、障害あるいは触媒として機能してきた多数の政策や要因を検討する。そして選択された政策を組み合わせて規模を拡大した場合に何が達成できるかを示す。最初に、温室効果ガス排出の削減における技術の重要性、気候変動への適応を推進するのに必要なツール、競争力をもつ経済の創出にその両方が果たす役割について説明する。次に、市場における発明や革新、広範な普及の間にあるギャップを評価する。さらに、国際的な政策と各国の政策がどのようにしたらそのギャップを埋められるかを検討する。

### ツールや技術、制度が適切であれば、気候に関してスマートな世界を実現できる

地球の気温上昇が2℃を超えないようにするためには、世界の温室効果ガス排出は今後数十年間で50-80%削減されなければならない。短期的には、高所得国においては既存の緩和技術の利用を加速化することによって、排出を激減させることができる。

しかし、より野心的な中期の排出目標を達成するためには、大幅な技術革新が必要であろう。モデルは、将来的に4つの重要な技術分野が解決策の核心になるだろう、と予測している。エネルギー効率化、炭素回収貯留、次世代再生可能エネルギー（バイオマス、風力、太陽光を含む）、および原子力である（第4章参照）<sup>3</sup>。これらが、悪い結果をもたらすことなく、市場において急速に利用されるようになっていくことが可能かどうかを決定するためには、さらなる研究・開発・実証（RD&D）が、4つのすべてについて必要である。

短期的および中期的な排出戦略は非常に有望であるにもかかわらず、大きな課題に直面している。エネルギー効率を改善し、低排出の資源を利用する最終用途の技術は総エネルギー需要を減少させることができるものの、このことの実現には個人や企業の行動様式の変化が必要である（第8

章）。炭素回収貯留は、地理的に適当な場所が火力発電所の近くに見つかり、長期的な炭素の固定化を可能とする財源と政策を政府が提供すれば、大きな役割をはたすことができるだろう<sup>4</sup>。バイオ技術と第2世代バイオ燃料には炭素排出削減に関して大きな潜在力があるが、それは土地利用の需要の増大に伴う（第3章参照）。風力と太陽エネルギーによる発電（太陽光と太陽熱の両方）は、蓄電能力と送電網が改善すれば急速な拡大が可能であろう。新しい世代の原子力発電所を全世界で展開することは可能であるが、制度的な制約や安全性と核拡散の問題、そして一部の諸国では世論の抵抗を克服しなければならない。加えて、地球工学的な選択肢は排出の速度を下げるだけでなく、気候変動から受ける影響を和らげることができるという主張も存在する（ボックス7.1）。

適応における技術や革新の役割は緩和に比べるとあまり研究されていないが、将来の気候条件が現在のものと根本的に異なるものになるのは明らかである。歴史的な経験の枠外にある変化に対応するためには、地域的な規模による国際協調の拡大、企画のための新しい手段、気候変動に伴って発生するさまざまな環境圧力に対応する能力が必要であろう。脆弱性を理解するとともに、反復的な評価を実施し、社会が気候変動に対処するのを助けるための戦略の策定に、更に投資を行うことが必要であろう<sup>5</sup>。

気候に関する研究を開発戦略に統合することは、適応について考える機会を増やすことになるだろう<sup>6</sup>。第2章は、気候変動がどのような方法で物理的なインフラを適切に設計し、人間の健康を保護することを要求するかについて検討している。第3章では、適応のためには天然資源の管理に関して新しい方法が必要になることを説明している。多様化を促進することも——例えば、エネルギー・システム、農作物、経済活動などについて——、コミュニティが急激な変化を遂げている条件に対応するのに役立つ。このような活動のすべてにおいて、革新は必須の構成要因となるだろう。

気候変動の影響や各国における多種多様な適応オプションを理解するためには、やはり研究が必要である。この研究では、さまざまなストレスが



### ボックス 7.1 地球工学で世界を気候変動から救う

気候変動の速度を考えると、現在提案されている緩和や適応では、相当な規模のインパクトを回避するには十分でない可能性がある。そこで、地球工学的な選択肢に対する注目が高まっている。地球工学（ジオエンジニアリング）とは、気候変動の原因もしくはそれがもたらす影響を制限することを主な目的として行われる行動ないし介入策と定義することができる。それには次のようなメカニズムが含まれる。緑化ないし海洋によるCO<sub>2</sub>の吸収あるいは固定化を高める、入射太陽光をそらすまたは反射する、エネルギー使用で生み出されるCO<sub>2</sub>を貯蔵所に貯留する、などである。最後の方法は既に第4章で検討しているため、ここでは他の2つの選択肢に焦点を絞る。

大気中に蓄積されつつあるCO<sub>2</sub>を固定化する選択肢のひとつとして可能性があるのは地層管理の実施である。これは第3章で検討したように、土壌ないし木が吸収する炭素量を増やす方法である。これには鉄分や尿素などといった必要とされる栄養素を追加することによって、海洋中の植物プランクトンの成長や藻類ブルーム（増殖）を刺激する方法も含まれる。このような微小植物は光合成をするので、表流水からCO<sub>2</sub>を吸収する。これを強化するアプローチの有効性はCO<sub>2</sub>が長期的にどうなるかに依存するだろう。もしCO<sub>2</sub>がプランクトンを食べる魚類の排泄物に一体化されて海床に定着すれば、CO<sub>2</sub>は基本的に炭素循環系から数千年間にわたって除去されるだろう。しかし、最近の研究結果は、炭素除去能力に関する従来の定量化は大幅に過大評価されていた可能性があることを示している。また、固定化の持続期間に加えて、鉄分や尿素の突然の増加が海洋生態系に及ぼす有害な影響に関しては、更なる実験が必要であろう。もし一層の研究によってこの潜在力が確認できれば、それは素早く、かつ適正な規模で開始することが可能な地球工学的な選択肢のひとつになる。

温度が低く栄養素が豊富な水を海洋の表面に持ち込むことによって、向上している海洋の生産性を刺激し、表流水からCO<sub>2</sub>を除去することも可能だろう。そのような冷却は気温の上昇に極めて敏感なサンゴにとっても有益だろう。最後に、表流水の水温を下げることはハリケーンの激しさを抑える可能性がある。表面に冷たい水を流し込む波動力ポンプに関する初期段階の研究はこのアプローチがうまく機能する可能性を示唆しているものの、さらなる研究と実験が必要であろう。

温室効果ガスを除去するその他の地球工学的な選択肢としては、大気中のガスをCO<sub>2</sub>を吸収する溶液で洗い流す（その後回収した炭素を地中ないし深海に固定化する）方法や、長期間安定して存在するハロゲン分子（オゾン層を破壊する原因として最もよく知られているが、強力な温暖化ガスでもある）をレーザーで破壊する方法がある（科学に関するフォーカスAを参照）。このような選択肢はまだ実験の早期段階にある。

入射太陽光を反射させるアプローチがいくつか提案されている。その一部は特定の地域のみを対象にすることができるかもしれない。例えば、北極海の氷やグリーンランドの氷床の融解がさらに進展するのを防止することができる。その方法のひとつは、大気中に硫酸塩エアゾールを注入することであろう。これは冷却に有効であることがわかっている。1991年にピナツポ山（フィリピン）が噴火したことによって、地球

の気温が約1年間にわたってほぼ1℃下がった。しかし、この種の冷却化の維持には、エアゾールの不断の流れか、規則的な注入による発散が必要である。さらに、硫酸塩エアゾールはオゾン層の破壊、酸性雨の増加を引き起こし、また、健康に悪い影響を及ぼす懸念がある。

代替策として、自動化された船団から空中に海霧を噴射することが可能かもしれない。そうすれば、「白色化」して、世界の海洋の4分の1を覆っている低い海上雲の反射力を高めることができる。しかし、雲の分布が不均一であるため、地域的に高温地帯と低温地帯ができたり、噴射船団の風下では旱魃が発生したりする懸念がある。

地表の反射力を増やすことも役に立つだろう。屋根や歩道を白色か明るい色にすれば、エネルギー節約と太陽光の空中への反射の両方によって、地球温暖化を抑えるのに役立ち、世界中のすべての自動車を道路から11年間にわたり排除することに相当する。

もうひとつの提案は、太陽と地球の間に太陽光をそらす円盤を設置するというものである。直径約1,400kmの円盤があれば、日射の約1%を削減することができる。これは21世紀について予想されている排出に関する放射強制力にほぼ等しい。しかし、この戦略を実施するための最も費用効果的なアプローチは、太陽光を遮る板の生産工場を月に設置することである。これは簡単な仕事ではない。複数の鏡を使う同種のアプローチ（大きさがひとつ約10km<sup>2</sup>の太陽鏡を5万5,000枚軌道に乗せるなど）が議論されている。しかし、軌道を回っている鏡が太陽と地球の間を通過するたびに日食が生じて、地表の太陽光が一時的に遮られる原因となる。

気象の変更ということにより近い地球工学的な提案もある。例えば、発達しつつある熱帯低気圧を海へ押し戻し、人間の住居地から離れさせることによって被害を減らすという試みである。このようなアイデアに関する研究は非常に早期の段階にあるが、最新の気候モデルではそのような提案の潜在的な有効性を分析することが可能となっている。ハリケーンに手を加えるということが初めて試みられた数十年前には想像さえできなかったことである。

一国が地球工学的な手法を実施することは可能であろうが、その措置によってすべての諸国が影響を受ける。このため、地球工学に関連した統治問題について議論を開始することが必要不可欠である。鉄肥沃化を支持する実験（投資家が資金を拠出）がすでに、どんな国際的な組織ないし機関が管轄権をもっているのかという問題を提起している。熱帯のサイクロンの強度あるいは北極海の温暖化の制限を目的とした地球工学の活用に関わる問題はさらに複雑であろう。したがって、可能性のあるアプローチやその影響に関する科学的な研究に加えて、どの地球工学的な措置が国際的な受容の範囲内にあるか、何がそうではないのかを探るために社会や法律、経済の面での研究も支援されるべきである。

出所：S. Connor, "Climate Guru: 'Paint White,'" New Zealand Herald, May 28, 2009; American Meteorological Association, [http://www.ametsoc.org/policy/2009geoengineeringclimate\\_amstatement.html](http://www.ametsoc.org/policy/2009geoengineeringclimate_amstatement.html) (2009年7月27日アクセス); Atmocean, Inc., <http://www.atmocean.com/> (2009年7月27日アクセス); MacCracken 2009; "Geoengineering: Every Silver Lining Has a Cloud," Economist, January 29, 2009; 次も参照。Energy Secretary Steven Chu, <http://www.youtube.com/watch?v=SwDlKroOUQ>.

自然および社会経済のシステム、生物多様性の脆弱性や保護、大気や海洋の循環の変化などに及ぼす影響が明らかにされなければならない。同研究は新しい監視手段、強靱性を高める新たな戦略、より優れた不測事態への対応計画を生み出さなければならない。つまり、国レベルでの科学的能力が必要である。

### 緩和や適応に取り組む能力は、強い競争力をもつ経済の構築に役立つだろう

情報や通信の技術など多くの先進技術は特に気候変動に貢献できるだけでなく、生産性が向上している広範な分野にわたって利用可能であるといえるほど一般的になっている。センサーは工業における自動化にとって貴重であると同時に、廃棄物管理者が汚染を抑制するのにも役立つ。携帯電話は切迫した災害への対応に役立つ。2004年に発生した津波においてインドのナラヴァドゥという沿岸の村でみられた事例がそのことを示している<sup>7</sup>。一方で、携帯電話はビジネスの生産性を向上させることもできる。ベナン、セネガル、及びザンビアの一部地域では、携帯電話は食料価格や農業技術の革新に関する情報を伝達するために使われている<sup>8</sup>。

気候変動に対する懸念から発生する技術発展の機会を利用することによって、技術分野での主導権の獲得や新たな競争で先頭に立つ機会を生み出すことも可能である。例えば、中国はまだ炭素集約的な成長に閉じこめられていないため、古い非効率な技術から飛躍する大きな（かつ経済的にも魅力的な）潜在性をもっている。先進国とは異なり、中国では今後10年間に必要とされる住宅用や工業用の資本ストックは、これから建設されることになる。電動システム（ポンプやコンプレッサー）の最適化など既存の技術を使うことによって、中国は生産性を引き上げると同時に、2020年の工業用エネルギー需要を20%削減できる可能性がある<sup>9</sup>。

現在の世界不況は、革新と気候に関してスマートな成長に向けて踏み台を提供することになり得る。危機は革新に拍車をかけることができるのである。なぜならば、資源を結集することに注目するようになり、通常なら革新の邪魔をする障壁

を取り壊すことにつながるからである<sup>10</sup>。また、R&Dという長期投資の機会費用は経済危機の際には低下する<sup>11</sup>。1990年代初め、フィンランドが深刻な不況から回復できたのは、主としてリストラを行って、革新ベースの経済に転換したからである。それは、R&Dへの政府の支出の急増によるものであり、民間部門の下地を作ることになった。気候に関してスマートなR&Dでも同じことを達成することが可能であろう。

さらに、R&Dは収益率が高いことから、R&Dは経済成長にとって未開拓の機会を提供している。R&Dの収益率に関するほとんどの指標は20-50%の範囲にあり、資本投資よりもずっと高い<sup>12</sup>。推計も、途上国は現在の2倍の投資が可能だったことを示している<sup>13</sup>。しかし、経験は次のことを示している。すなわち、R&Dは順循環的であり好不況に伴って増減する。そして企業は不況期には見方が短期的になり、たとえ改善の策であっても革新への投資を制限する傾向にある<sup>14</sup>。不況への対応として多くの諸国が策定している景気刺激パッケージは、気候に関してスマートな革新への新規投資の機会を最適な時期に提供している（第1章参照）<sup>15</sup>。

現在の世界不況は高炭素型の生活スタイルに閉じ込められている高所得国に、経済的な構造改革を行う機会も提供している。このような諸国における技術的な慣性と制度的な重荷の克服が、低炭素型経済への移行にとって最も重大な障害のひとつとして残っている<sup>16</sup>。慣性と重荷はそれ自体が既存の技術経済システムの属性であり、外交的なプロセスでは洗い流すことができない。それを取り除くことは経済構造に現実的な変化をもたらすことになる。気候に関してスマートな政策は損失をこうむる人々を想定して、社会経済的な混乱を最小化する仕組みを盛り込んでいなければならない。

気候に関してスマートな革新は主に高所得国に集中しているものの、途上国も重要な貢献をし始めている。2007年におけるエネルギー効率化と再生可能エネルギーに対する新規投資をみると、途上国が占めるシェアは2004年の13%から上昇して23%に達した（260億ドル）<sup>17</sup>。このような投資のうち82%はブラジル、中国、及びイ

ンドという3カ国に集中している。世界で最も良く売れている電気自動車を開発して製造しているのは、インドのレヴァ電気自動車会社である。同社は先駆者として、高所得国を含む自動車製造市場に参入している<sup>18</sup>。

再生可能エネルギー関連の特許を2005年について見てみると、BRICS諸国（ブラジル、ロシア、インド、インドネシア、中国、及び南アフリカ）が世界全体に占める割合は6.5%にとどまっていた<sup>19</sup>。しかし、急速に高所得国に迫っており、年間の特許取得増加率はEUやアメリカの2倍以上になっている。また、これらの諸国は再生可能エネルギー技術では技術的な優位性を獲得しつつある。2003-05年にこの分野に関連のある出願に占めるシェアは約0.7%であり、アメリカの0.3%未満をも上回った。2005年には、中国は再生可能エネルギー全体の特許取得で7位となり、排出削減の潜在力が大きい2つの重要な技術、すなわち地熱とセメントに関する発明では日本に次いで2位となった<sup>20</sup>。

全ての国が、気候に関してスマートな既存の技術を普及させる取り組みを強化し、新しい技術を開発する必要があるだろう

エネルギー関連のRD&Dに対する官民の資金供

与は、気候に関してスマートな世界への移行に必要な金額からはほど遠い。絶対金額では世界全体の政府によるRD&D予算は1980年代初め以降減少しており、1980-2007年の間にほぼ半分になっている（図7.2）。政府のR&D（実証は含まない）予算に占めるエネルギーのシェアも原子力を中心に急減し、1985年の11%から2007年には4%となっている（図7.2の緑色の線）。エネルギーないし石油製品に対する公的補助金との比較ではこのことはもっと鮮明である（図7.3）。最近出されたエネルギーの研究開発費を年1,000-7,000億ドルに引き上げるという主張は達成可能である<sup>21</sup>。日本はすでに主導権をとっており、GDPの0.08%を公的なエネルギーR&Dに支出している。これは国際エネルギー機関（IEA）のメンバーである高所得国と上位中所得国のグループの平均である0.03%をはるかに上回っている<sup>22</sup>。

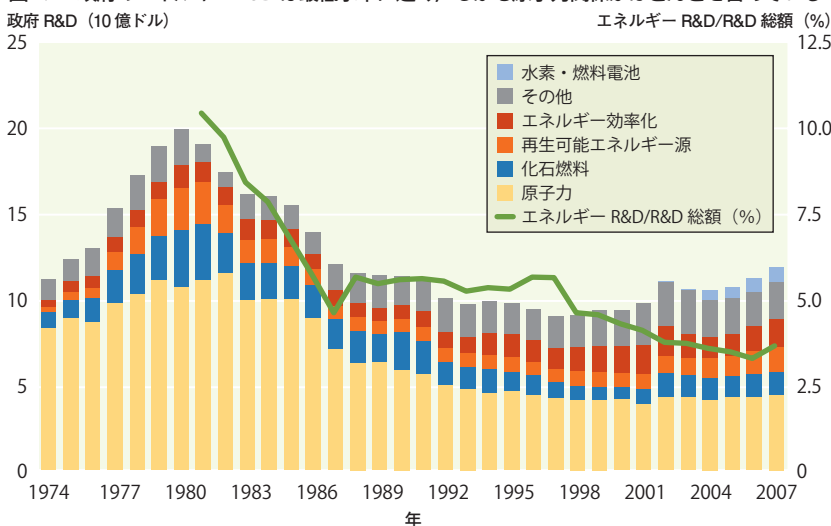
最近の急増を経て年間400-600億ドルに達した民間のエネルギーRD&Dへの支出は公共支出をはるかに上回っている。にもかかわらず、対売上高比では5%にすぎず、エレクトロニクス産業のRD&D投資8%、医薬品産業の15%に比べると1桁小さい規模にとどまっている<sup>23</sup>。

中には進歩があまりにも遅い技術分野もある。再生可能エネルギーの特許取得は1990年代半

ば以降急増しているものの、2005年における申請数はわずか700件にとどまっており、特許全体の0.4%に満たない<sup>24</sup>。低炭素技術に関する特許の伸びのほとんどは、廃棄物や照明、メタン、風力に集中している。太陽光や海洋、地熱など他の有望な技術に関するものは限定的であり（図7.4）、急速なコスト削減に向けて必要な進歩はほとんどみられない。

途上国は適応に関する革新では依然として後れをとっている。海外

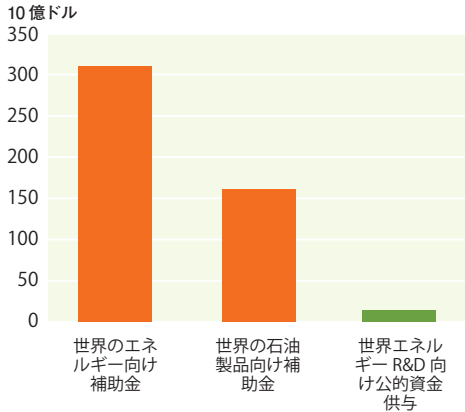
図7.2 政府のエネルギーR&Dは最低水準に近く、しかも原子力関係がほとんどを占めている



出所：IEA 2008a; IEA, <http://www.iea.org/Textbase/stats/rd.asp> (2009年4月2日アクセス); OECD, <http://www.oecd.org/statsportal> (2009年4月2日アクセス)。

注：R&Dは2007年の価格と為替相場で計算。左軸の金額は、エネルギー部門に対するRD&Dである。これはエネルギー部門では一般的である（すなわち、研究と開発だけでなく実証も含む）。しかし、部門別にはR&Dしか入手可能でないため、右軸はR&Dのみである。

図7.3 エネルギーと気候変動にかかわる R&D 向けの年間支出額は補助金と比べて僅少



出 所：IEA 2008a; IEA, <http://www.iea.org/Textbase/stats/rd.asp> (2009年4月2日アクセス)。

注：世界の補助金にかかわる推定値は、補助金が最も多い非 OECD 加盟 20 カ国だけの補助金に基づく (OECD 加盟国のエネルギー向け補助金は最小限にとどまっている)。

の技術を採用する方が発明するよりも費用効果的であるが、国内の問題に対する技術的な解決策が存在しない場合もある<sup>25</sup>。したがって、革新というのは高所得国だけにかかわるものではないといえる。例えば、バイオ技術の進歩は農業や林業に影響する気候関連の事象（旱魃、熱波、病害虫、病気）に適応できる潜在性を提供している。しかし、途上国からの特許申請が世界全体のバイオ技術の特許のなかで占める割合は無視できる程度にすぎない<sup>26</sup>。そのため、農業や健康の分野で気候変動に対して場所固有の対応策を打ち出すことが困難となっている。さらに、途上国では農業向け R&D 支出はほとんどなされていない。ただし、1981 年以降は増加傾向にある。世界の農業 R&D 投資のうち 73% 強

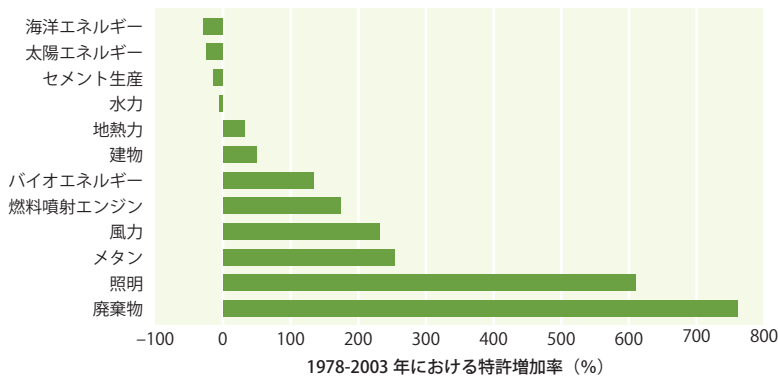
は高所得国が占めている。途上国では公的部門が農業 R&D の 93% を占めているが、高所得国では 47% にとどまっている。しかし、公的機関は典型的には民間部門と比べて、研究結果の商業化にかかわる有効性が劣っている<sup>27</sup>。

### 国際的な協力とコスト分担は、国内の取り組みを活用して革新を促すことを可能にする

技術進歩を促進するための協力は、法律と規制の調和、知識の共有と調整、そして技術移転を含んでいる（表 7.1）。進行中の取り組みもなかにはあるが、ほとんどの機会は依然として利用されていない。

必要とされている技術とその開発段階が一緒になっているため、又、その採用比率が世界的にさまざまであるため、協力を目的としたこれらのアプローチの全てが必要になるだろう。さらに、気候に関してスマートな技術は、統一性のない取り組みでは生み出すことができない。革新は単なる R&D の生成物ではなく、複数の行為者や技術、経路依存性、学習プロセスが相互作用しているシステムとして考えなければならない（ボックス 7.2）<sup>28</sup>。RDD&D を対象とした補助金は、企業が革新を行い、そしてその革新の連鎖にそって技術を発展させる市場インセンティブと結合されていなければならない（図 7.5）<sup>29</sup>。また革新は、部門をまたがる知識の流れ、そして情報通信技術やバイオ技術などの広範な技術の進歩に信頼を置かなければならない。

図7.4 低炭素技術の発明ペースは分野ごとにさまざまである



出所：Dechezleprêtre 他 2008。



表 7.1 気候変動について技術指向型の国際的な合意

合意の種類	下位分類	既存の合意	潜在的な影響	リスク	実施	対象
法律及び規制面での調和	技術の展開、及び性能にかかわる責務	非常に少ない (主に EU)	大	政府が誤った技術選択を行う	困難	強い固定化の効果をもつエネルギー技術 (輸送)、及び高度に分散化しているエネルギー技術 (エネルギー効率化)
知識の共有と調整	知識の交換と研究の調整	多い (IEA など)	小	大きなリスクはない	容易	全部門
	自主的な基準とラベリング	数件 (エネルギー・スターや ISO 14001 など)	小	民間部門における基準やラベリング採用が限定的	容易	産業財, 消費財, 通信システム
革新のコスト分担	補助金ベースの「技術主導」型手段	非常に少ない (ITER)	大	研究結果にかかわる不確実性	困難	規模の経済が重要な基礎的 RD&D (炭素回収貯留, 深海洋上風力)
	再生可能エネルギー・ベースの「市場プル」型手段	非常に少ない (アンサリ X 賞)	中程度	補償や必要とされる取り組みが不十分な水準の革新しかもたらさない	中程度	科学的に中規模の問題, 途上国市場向けの解決策, 基本的 RD
	ギャップの橋渡し手段	非常に少ない (カタール-イギリス間のクリーン技術投資基金)	大	取引の流れの不足で資金が未使用のまま残存	中程度	実証や実装の段階にある技術
技術移転	技術移転	数件 (クリーン開発メカニズム, 地球環境ファシリティ)	大	受領国の吸収能力が低い	中程度	確立された技術 (風力, エネルギー効率化), 地域固有の技術 (農業), 公共部門の技術 (早期警告, 沿岸保護)

出所: Davis 他 2004; De Coninck 他 2007; Justus and Phillibert 2005; Newell and Willson 2005; Phillibert 2004; World Bank 2008a.

### ボックス 7.2 革新というのは複雑な過程である。あるひとつの複雑なシステムの複数部分に取り組み政策によってのみ革新を推進することができる

ほとんどの諸国で、政府の政策は依然として、改革は線形的であるという古い見方によって動かされている。すなわち、革新は次の 4 つの段階を通して起こるものだと考えている。

- R&D: 個別の技術的な問題について解決策を発見し、それを新しい技術に適用する。
- 実証: その技術をさらに応用して、大規模かつ実世界の適用で機能することを証明する。
- 展開: 根本的な技術障壁がひとたび解決されると、その技術の商業的な潜在力が明らかになる。
- 普及: 技術が市場で競争力をもつようになる。

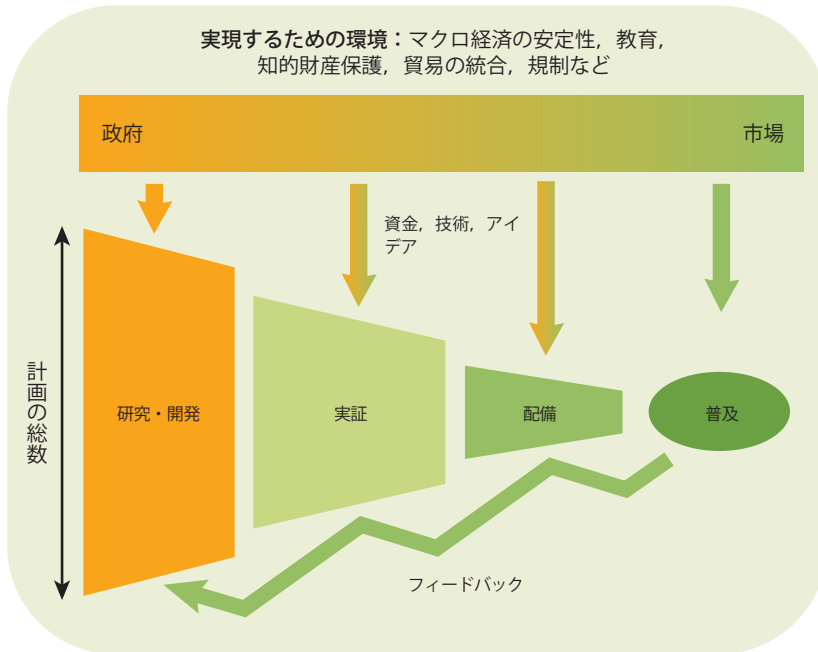
しかし、経験が示すところによれば、革新のプロセスはもっと複雑である。ほとんどの革新は上記のいずれかひとつの段階が欠けている。展開段階における製造業者からのフィードバック、あるいは普及段階における小売業者や消費者からのフィードバックが、それより以前の段階に押し戻す。このことは革新のコースを完全に修正し、新しい予想外の発想や製品、そして時には思わぬコストにつながる。時として、ブレークスルー的な革新は R&D ではなく、既存技術を統合した新しい事業モデルによって牽引されることがある。また、単位当

りのコストは累積的な生産、あるいは RDD&D の関数として低下するという学習曲線が十分理解されていない。

それでは、以上のようなことがなぜ政策にとって重要なのか? 線形的な見方をとっていると、革新は単純に、より多くの研究を入力として要求すること (技術主導型)、及び市場の需要を創造すること (市場牽引型) によって管理可能である、という誤った印象をもつようになるからである。両タイプの政策は極めて重要ではあるが、革新のさまざまな段階に関与している行為者の間の相互作用に対する多数の貢献を無視している。その行為者のなかには企業や消費者、政府、大学などが含まれる。技術の売買を通じて学び、模倣を通じて学ぶパートナーシップは重要な役割を果たす。同じように重要なのは、普及を推進するさまざまな力である。新しい製品を使うことにかかわる互換性や主観的な利益、学習コストはすべて革新の鍵を握る要因である。有効な政策は革新をシステムの一部として考えて、革新のプロセスについてこのようなすべての側面を刺激する方法を発見しなければならない。市場にギャップがある場合にはこのことは特に当てはまる。

出所: Tidd 2006; World Bank 2008a.

図 7.5 政策は革新の連鎖のあらゆる結び付きに影響を及ぼす



出所：IEA 2008a からの翻案。

国境を越えて規制を調和することは、気候に関してスマートなあらゆる技術の土台となる

地理的に幅広い範囲にわたって調和されているインセンティブは、気候に関してスマートな革新のための大規模な投資家の共同基金や市場を創出することができる。炭素価格の設定や再生可能エネルギーのシェアを規定する再生可能エネルギー利用割合基準、自動車の燃費基準といった性能に関わる規制（第4章参照）は、費用効果的であり、低炭素技術の開発と普及を促進することができる。例えば、多くの諸国が白熱灯を段階的に廃止する措置を打ち出している。今ではコンパクト型蛍光灯や発光ダイオードなどのより効率的な技術が存在しているからだ。このような規制は、グローバルな規模で調和されていれば、低炭素製品の市場を促進することが可能である。これは、1990年代にヨーロッパにおいて携帯電話の通信方式がGSMに統合されたことが携帯電話市場の臨界的な規模を生み出したのと同じである。

知識の共有、及び協調関係に関する合意は有益な補完策である

知識に関する協定によって、革新や普及におけ

る市場やシステムの失敗に対処することができる。そういった協定は、各国の研究テーマや情報交換システム、自主基準やラベリングの制度の調整を行う。研究調整協定はIEAの42本の技術協定の多くを含んでいる。この協定の下で各国は、先進的な燃料電池から電気自動車に至るまでの多種多様な部門固有のプロジェクトに対して資金を提供し、個別に支援を行っている<sup>30</sup>。そのような協定は、各国の投資が重複することを回避できる。このことによって複数の国が、誰が何を研究するかを共同で決めることが可能になり、無視される技術が無くなることを確かなものにする。これは特に途上国に関連のある技術（途上国産原材料から得られるバイオ燃料や低容量発電など）について当てはまる。情報交換システムには全地球観測システム（GEOSS）が含まれる。これはさまざまな観測や測定システムから得られたデータを利用可能にするものである（ボックス7.3）。ラベリングの国際協調にかかわる顕著な事例としては、エネルギー・スター・プログラムの取り決めがある。各国の政府機関はエネルギー効率に関して単一の資格を付与することによって、一定の自主的なエネルギー効率に関するラベリング制度

### ボックス 7.3 革新的なモニタリング：グローバル気候サービスと「システムのシステム」を創出する

変化の傾向や異常事象、長期予測に関する継続的で信頼できるデータや情報に対する需要が、今日ほど大きいことはかつてなかった。輸送や保険、エネルギー、水、農業、漁業などの多種多様な部門における多数の官民組織は、ますます気候に関する情報を自らの計画に反映させつつある。そのような予測は適応戦略における重大な構成要因となっている。

グローバル気候サービス（GCS）企業は、社会が数カ月から数十年という時間的な尺度で気候条件に備えたり、それを予測したりするために必要な気候関連情報を提供することができた。そのような企業は既存の観測システムをベースに設立することができるだろうが、それをはるかに超越しなければならない。GCSは次のようなことに役立つ情報を提供できるだろう。すなわち、より大きな規模と高い頻度で発生すると思われる、100年に一度級の降水や暴風雨といった異常気象に対応するためにはどのような都市インフラが最適かという質問に答える、農民が早魃の際に作物や水の適切な管理について決定する、森林や土壌が含む炭素のストックや流れにかかわる変化を監視する、変転を続ける気候条件の下で災害対応戦略の有効性を評価する、などである。

GCSは政府や民間部門、その他機関との革新的な協働が必要になるだろう。そしてその設計は非常に重要なものになるだろう。現時点での観察とモデル構築能力から開始し、相互に結び付いた多数のハブ・アンド・スポークを有する設計を開発するべきである。それによってグローバル・サービスが地域的なサービス・プロバイダーに提供され、今度はそこが情報を各国のプロバイダーに引き渡す。こうすれば、各コミュニティは独自に詳細な情報を開発する必要がなくなる。

#### GCSの構成要因を構築する

GCSを進展させるために必要な情報の一部が、アメリカの国立気象水文サービス・センターによって提供されている。また、全地球観測センターが果たす役割も徐々に大きくなっている。これは各国政府機関や非政府機関のネットワークである。さらに、世界資料センターや国際総合研究機構など多数の他の機関も、月次から年次までの時間尺度による予測を含め、気候関連のデータを定期的に提供している。

開始から間もない地域的な気候サービスの事例も若干ある。そのひとつが太平洋気候情報システム（PaCIS）である。ここは現在および将来の気候観測、予測サービスの運営、気候サービスを統合する地域的な枠組みを提供している。PaCISは財源や専門知識の蓄積と地域の優先課題の特定を円滑にしている。このような取り組みのなかで最優先課題のひとつは、アメリカの国立海洋大気圏局と太平洋地域のパートナーが開発した気候にかかわるデータや製品、サービスへのアクセスを円滑化するウェブを基盤としたポータル作成である。

もうひとつの例は地域的な気候センターの設立である。これは世界気象機関（WMO）が1999年に降定義と設立を正式に求めているものである。WMOは、地域センターの責任が

既存機関の責任と重複すべきではない、あるいはそれに代替すべきではなく、かわりに、次の5つの重要な分野を支援すべきであると考えている。その5つの分野は、1：全地球的な予測センターからの情報の解釈を含む運営活動、2：観測や意思疎通、計算のネットワークに関する協力関係を強化する協調的な取り組み、3：データの提供と保存、及び質の確保にかかわるデータ・サービス、4：研修と能力強化、5：地域における気候の変動性や予測可能性、影響に関する研究である。

#### 気候サービスを他の革新的な監視システムに統合する

地球全体にわたる環境変化を監視する包括的で統合的なシステムを構築するのは、どんな一国の資力をも凌駕する。それが生み出す大量のデータの分析も同様である。このような理由から、地球観測グループ（GEO）という政府と国際機関の自発的なパートナーシップは、全地球観測システム（GEOSS）という概念を創設した。既存の世界的な地球観測システムの調整や強化、実施を確保する制度的なメカニズムを提供するGEOSSは、政策立案者や資源管理者、科学的研究者、広範な意思決定者を次の9つの分野で支援している。災害リスクの緩和、気候変動への適応、統合的な資源管理、海洋資源の管理、生物多様性の保全、持続可能な農林業、公衆衛生、エネルギー資源の分布、気象観測である。情報は海上ブイや水文と気象の観測所、遠隔探知衛星、インターネット・ベースの地球観測ポータルから収集され組み合わせられている。

早期の進展例としては、次のものがある。

- 中国とブラジルは2007年に共同で地表画像衛星を打ち上げ、地球観測データをアフリカに配信すると協約した。
- アメリカは遠隔探知した画像について世界で最も広範囲にわたる蓄積データから、過去40年間にわたるデータを最近公開した。
- メソアメリカ（中央アメリカ）の地域的な映像モニタリング・システムであるSERVIRは、環境データ、衛星画像、文書、メタデータ、オンライン地図作製アプリケーションについて、利用が開かれている世界最大のデータ保管施設である。ナイロビにあるSERVIRのアフリカにおける地域センターは、高リスク地域における洪水の発生とリフトバレー熱の大発生を予測している。

GEOは森林関連炭素のストックと排出を統合的なモデルを通じて、現地のモニタリングと遠隔探知で測定を開始しようとしている。

出 所：Global Earth Observation System of Systems, <http://www.epa.gov/geoss> (2009年1月アクセス)；Group on Earth Observations, <http://www.earthobservations.org> (2009年1月アクセス)；IRI 2006; note from Tom Karl, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center, 2009; Pacific Regional Integrated Climatology Information Products, <http://www.pricip.org/> (2009年5月29日アクセス)；Rogers 2009; Westermeyer 2009.

を統一している<sup>31</sup>。

モントリオール議定書の技術経済評価パネルは、気候変動（この場合はオゾン層破壊）に関する技術協定のモデルとなっている。このパネルは作業グループに政府や企業、学者、非政府組織を召集したものであり、個別技術の技術的な可能性と、クロロフルオロカーボンやその他のオゾン層破壊物質の生産と利用を段階的に廃止するための予定表を作成した。パネルは、技術に関する調整的な合意は排出に関する規制と連動した際に最もうまく機能したことを示している。規制との連動は、企業に参加へのインセンティブを提供した<sup>32</sup>。気候変動のためにこのモデルを模倣する際の課題は、気候変動に影響する幅広い技術と取り組むためには、多数のパネルが必要になるだろうということである。より実現性が高い方法は、当初はこのアプローチを戦略的な数部門に限定することであろう。

標準化に関するEUの「ニュー・アプローチ」も、気候に関してスマートな基準の調和にとって手本となるだろう。EU内で取引される財は基本的な安全性や公衆衛生、消費者保護、環境保護などに関するルールを順守しなければならない。EUは当初、詳細な技術仕様を盛り込んでいた法制を同じにすることを各国に義務付ける形でこの問題に取り組んだ。しかし、そのアプローチは欧州理事会（欧州サミット）を膠着状態に陥れ、技術進歩を反映させる法制の修正は困難であった。1985年になって問題を克服するために、「ニュー・アプローチ」が考え出された。ニュー・アプローチの対象となった財は、全EU加盟国が採択しなければならない法律に規定されている非常に一般的で技術に中立的な「必須要件」を順守しなければならない。このアプローチの要件を満たすためには、製品は3つの地域的な自主標準化機関のひとつが制定した協調済みの欧州基準を順守すればよい。この機関では、さまざまな加盟国の産業や政府、学者、消費者の代表者で構成される技術委員会が、コンセンサスによって基準に合意する。技術委員会は希望があれば、どの加盟国のどんな利害関係者も参加できる。同じようなアプローチを採用すれば、開かれたコンセンサス方式によって別途制定された自主基準で下支えさ

れる気候条約を通じて、各国の広範な気候に関してスマートな規制をうまく調整することが可能であろう<sup>33</sup>。

自主的な基準やラベルリング、研究の調整などは、低コストの技術協調手段といえる。しかし、それが追加的な技術投資を生み出しているかどうかは評価がむずかしい<sup>34</sup>。それだけで、炭素回収貯留のような技術に必要とされる巨額の投資や緊急性、実地学習に取り組むことができる可能性は低い。

**コスト分担に関する協定は実施の障壁を克服できれば、最大の効果を上げる可能性がある**

コスト分担に関する協定は「技術主導型」の取り決めにすることができる。これは有望な技術の共同開発に対して、それが成功するか否がわかる前に、複数の国が補助金を供与するものである（図7.5の一番左側の上から下に向かうオレンジ色の矢印）。あるいは、「市場プル」型の取り決めも可能である。これは複数国が抛出した協働基金が、商業的な潜在力を証明した技術を報奨するものである。その潜在力はフィードバック・ループを通して市場シグナルを提供する。これらの協定は研究と市場の間にある革新の繋がりギャップを橋渡しすることもできる。

**研究に関する協定。** ごく一部の国際的なコスト分担プログラムが気候変動に関する技術革新を支援している。そのなかには、総額120億ドルの国際熱核融合実験炉（ITER、ボックス7.4）と、数件のIEAが調整役を果たした数百万ドル程度の予算をもつ技術協定がある。研究機関のもう一つのパートナーシップのモデルは、全アメリカ地球変動研究所である。これは南北アメリカの19カ国が支援している政府間組織であり、科学者相互間および科学者と政策立案者間における科学情報の交換に焦点をおいている。研究所の使命は国家的なアプローチではなく、地域的なアプローチを促進することにある。

経費と不確実性が大きい基礎的な研究や実証プロジェクトについては、コスト分担型の研究協定を大規模に拡大できる可能性がある。共同研究は、規模の経済と学習の経済を伴う長期的な研究



### ボックス 7.4 ITER：エネルギー R&D のコスト分担問題で開始が遅延

ITER は核融合の科学的及び技術的な可能性を実証する国際的な研究開発計画である。核融合によって、核分裂によって生成される放射性廃棄物を生み出すことなく電力を生成することを目的としている。この計画の参加者は中国、EU、インド、日本、韓国、ロシア、そしてアメリカである。

ITER は 1986 年に提案され、施設の設計は 1990 年に完了した。当初のスケジュールでは実験炉の建設が 1997 年に始まることになっていたが、実験炉の設計やコスト分担、設計場所、建設場所、人員をめぐる交渉のために延期された。数力国が TIER から脱退し（一部は後に再び参加）、一部は一時的に資金

拠出を停止した。

ITER が示しているのは、成果が不確実な 120 億ドル以上もの研究プロジェクトを交渉するのは困難だということである。建設用の資金拠出がようやく 2006 年に承認された。TIER は 2017 年頃に建設が完了すれば、20 年間にわたって運転されることになっている。

出所：http://www.iter.org (2008 年 12 月 12 日アクセス)。

注：ITER は当初は International Thermonuclear Experimental Reactor (国際熱核融合実験炉) の略語であったが、今では単に ITER として知られている。

の遂行にも適している。炭素回収貯留（ボックス 7.5）や第 3 世代太陽電池、海洋上風力、第 2 世代バイオ燃料、気候監視技術などが含まれる。商業化に近い技術については協力の余地が小さくなる。そこでは知的所有権がさらに厄介な問題になる。又、おそらく各国は先頭に立って優位を得ようとするだろう。

コスト分担に関する協定は、優先度の高い少数分野に焦点を絞り、既成の交渉の手続きによる中央集権的な国際機関を通じて交渉することができる。ITER プロジェクトは、大規模なコスト分担の取り決めは各国が公約に背く、あるいは実施に反対することが可能である場合は実施が困難であるということを示している。そのような取り決めについて資金調達を持続可能性を確保なものにするためには、追加的なインセンティブが必要であろう<sup>35</sup>。例えば、脱退時のペナルティや、新しい当事者が参加した際には資金供与を増加する（一定限度まで）という各当事者による契約上の公約などである。これはただ乗りを防いだり、コスト分担の取り決めを気候協定に組み込んだりすることが目的である。高所得国は、技術面での取り組みのほとんどを支えることができる。しかし、共同研究に関する取り決めが効果的であるためには、参加する途上国に対して補助金を供与する必要がある。特に急成長している中所得国に対してはそういえる。これらの国は、気候に関してスマートな長期にわたる経済開発には不可欠のものとなる技術能力の構築に早く着手しなければならない。技術がやがて市場を通じて確実に普及していくためには、共同研究には民間部門が含まれている必要がある。

**市場プル型の報奨ベースの協定。** 多くの飛躍的な技術の革新は、補助金供与プログラムが見逃しやすいう予想外のところで達成される。1993 年に中村修二という孤独なエンジニアは、日本の田舎にある小さな会社で限られた予算で研究をしていた。彼は青色を発光するダイオードを初めて発見し、科学界を驚かせた。これは現在の明るい高性能の白色発光ダイオードを製造する重要な第一歩となった<sup>36</sup>。世界有数の革新企業の多くでは、コンピュータの巨人であるデルを含め、対売上高比率でみて R&D に支出している額は同業他社よりも小さい<sup>37</sup>。しかし、彼らは潜在性の高い技術やアイデアを求めて水平線を探索することに関しては他社には無い能力をもっている。そこでは R&D での他社との協力や市場への新たな技術の投入を行っている<sup>38</sup>。最も有望な気候に関してスマートな技術の一部は典型的には気候変動とは無関係な部門から出現してくる可能性がある。例えば、高吸水性ポリマーは、土壌の水分を保持することによって、乾燥地域やその他の劣化した生態系の緑化の促進に重要な役割を果たすことができるかもしれない。しかし、この技術に対して多大な関心をもっているのはほとんどがオムツのような製品のメーカーである。同様に、撥水性材料の生産者は洗浄が少なくすすむ衣服を作ることが可能であり、結果として水とエネルギーの利用を大幅に削減できるかもしれない。

最初から勝者を選ぶのではなく、リスクをとることを報奨するファイナンス手段は、未開拓の膨大なチャンスが存在することを象徴している。技術的な問題の解決策は、予想外の分野における急

### ボックス 7.5 炭素回収貯留のような大規模な技術は国際協力を必要とする

炭素回収貯留（CCS）が、例えば大気中の濃度を 550ppm に抑制するために必要な排出削減の 5 分の 1 を達成するためには、この技術によって固定化する炭素の量を現在の 370 万トンから<sup>a</sup>、2020 年までに 5,500 万トン以上、世紀末までには最低 220 億トンにまで増やす必要がある。最後の数字は、現在のエネルギー使用に伴う世界の排出量に等しい（図参照）。CCS 設備 1 基について 15-25 億ドルの建設コストがかかり、技術の有効性を実証するためには 2020 年までに 20-30 基を配

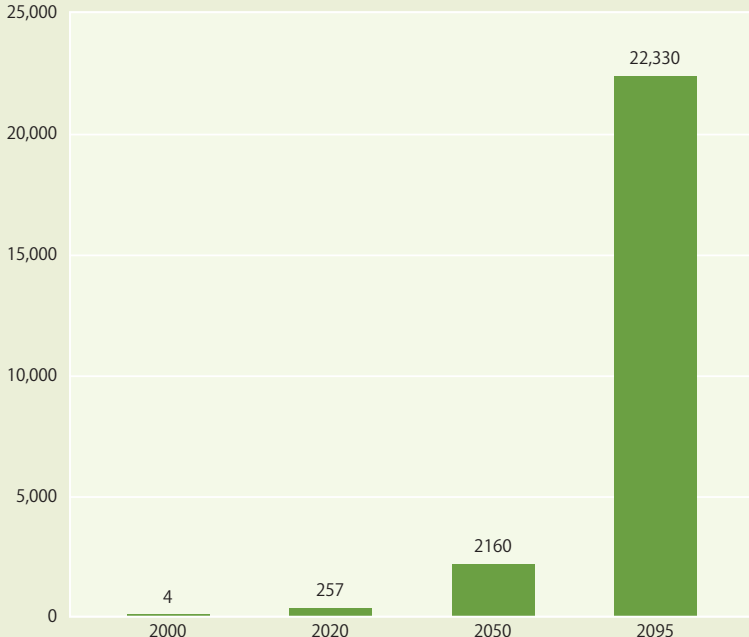
備する必要がある。そしてこれはひとつの国で行うには不可能なほど高価であろう。最初から最後まで商業的な CCS の実証プロジェクトは 4 件しかない。又、その貯留能力は、1,000 メガワット（MW）の商業的な発電所が期待耐用期間にわたって必要とする能力の一桁から二桁小さい値にとどまっている。

出所：Edmonds 他 2007; IEA 2006; IEA 2008b.

a. 炭素のトンから CO<sub>2</sub> のトンへの換算に当たっては値を 3.67 倍した。

#### CCS 技術には大規模な取り組みが必要である

CO<sub>2</sub> の除去 / 年 (100 万 t)



注：2000 年は観測データ。その他の年については、温室効果ガス濃度を 550ppm に抑制するために必要とされる量に基づく予測値。

進展や、伝統的な R&D 補助金プログラムが見逃ししやすい新しい事業モデルから出現することがある。新しい世界的な金融手段は市場に革新的な解決策を発見する柔軟性を与えている。

優れた業績に対する受賞制度と事前買取制度の 2 つは、革新を褒賞するための密接に関連した市場プル型のインセンティブである。褒賞されるのは、事前に指定された技術的な目標をコンテストによって達成した革新である。前述の受賞制度は既知の報酬を含んでいる。すなわち事前買取制度は既定の価格と量による製品あるいはサービスの将来的な購入に対して補助金を提供するというファイナンス約定である。

国際的な資金調達による気候に関してスマートな業績に対する受賞制度の事例はないものの、最近、他の各国の官民によるイニシアティブが大きな関心を集めている。1990 年代半ばに非政府による宇宙飛行を奨励するために、1,000 万ドルのアンサリ X 賞が創設された。勝利者が 2004 年に発表されるまでに、競争は 26 チームによる総額 1 億ドルの民間研究投資を誘発し、賞金の 10 倍に達する投資が活用された<sup>39</sup>。2008 年 3 月 3 日、アンサリ X プライズ財団と商業パートナーは、燃費効率に優れた自動車の開発や製作、市場投入を奨励するために、新しい 1,000 万ドルの国際コンテストを発表した。このコンテストには

### ボックス 7.6 超効率的な冷蔵庫：市場公約プログラムを推進した先駆者？

1991年、「超効率的な冷蔵庫プログラム」に基づいて、公益事業会社の団体は3,000万ドル余りを共同出資した。そしてオゾン層を破壊するクロロフルオロカーボンを使用せずに、既存規制で義務付けられているよりも使用エネルギーが25%少ない冷蔵庫を生産し販売することができたメーカーを報奨することにした。基金の規模による上限まで、勝者は販売1台ごとに一定の報奨金を受領することになっていた。ワールプール社は性能基準を凌駕して、賞金と全国的な注目を獲得

した。しかし、市場ではあまり受け入れられなかったため、同社は賞金プール全額をもらえるほど十分な台数を販売することができなかった。にもかかわらず、コンテストは波及効果をもたらしたと考えられ、競合他社も性能の良い独自の製品を設計することになった。

出所：Davis and Davis 2004; Newell and Wilson 2005.

14カ国から111チームが参加している<sup>40</sup>。

事前買取制度は、不確実性を削減するために一定の最低限の市場需要を保証することによって革新を奨励するものである。アメリカでは環境保護庁が非営利団体と公益事業会社が協力して、気候に関してスマートな技術の開発を促進している（ボックス7.6）。より最近の国際的なイニシアティブとしては、世界ワクチン免疫同盟（GAVI同盟）や世界銀行が企画した肺炎球菌ワクチンのための実験プログラムがある<sup>41</sup>。2007年に提供者はこのプログラムに対して総額15億ドルの事前買取制度を誓約している。ワクチンは提供者が拠出した資金で購入される。又、受益国が指定された実績目標を満たしている場合には、受益国からも小額の拠出がある。ただし、今の段階では成否の判断は時期尚早である<sup>42</sup>。

市場プル型の奨励策は補完効果があるが、技術プッシュ型のインセンティブに取って代わることはできない。市場プル型の手法は公的なファイナンス源を増やし、検証すべき概念や試作モデルを開発する競争を促進することができる。市場プル型は参入障壁が低い。資金供与は過去の研究実績に基づいて配分されるわけではないため、小さな組織や途上国の組織でも競争に参加できるからである。しかし、このようなインセンティブは、民間投資家が大規模な研究ないし極めて初期段階にある研究を進んでファイナンスしようという水準にまでリスクを削減することはできない。

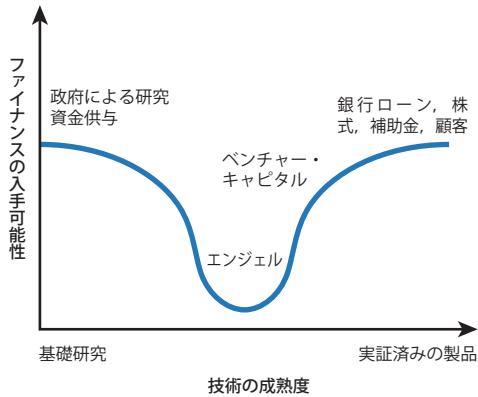
賞や事前買取制度は多角的な資金調達の可能性が大きい。賞は必ずしも商業化につながらないため、蓄電池や太陽光発電などの技術に関して商業化以前の研究段階での問題を解決するために提供されることも可能であろう。技術の解決策を探求している官民の組織は、世界的な技術市場で指定

された賞金の獲得を目指すコンテストを開催することができるだろう。世界銀行グループは、初期段階のクリーン技術の革新に対して賞を与えるようなコンテストを検討している。これは、地球環境ファシリティと国際金融公社が打ち出した新たな地球基金の支援を受けている。

事前買取制度は、次のような状況で有益なものになり得る。配備に伴う学習コストが非常に高価、技術に初期のプレミアムを進んで支払う先導的なユーザーがいない、市場があまりに小さいあるいはリスクが大きい、などの状況である。これにはエネルギーの生産や利用に関する技術だけでなく、適応に関する技術（マラリア治療や耐旱型作物品種など）も含まれる。後者は市場の需要サイドが細分化されている（個別の政府）、財源が限られている（特に途上国）、市場の潜在的な規模が不透明（長期的な政策の不透明性）などの状況にある<sup>43</sup>。

**商業化におけるギャップを橋渡しする協定。** 革新にとって重大な障害となっているのは「死の谷」、すなわち応用研究を市場に投入するためのファイナンスが不足しているということである（図7.6）。通常、政府は未実証の技術にかかわるR&D向けに積極的に資金を供与している（図7.3のR&Dの部分）。また、民間部門は市場で実証されている技術をファイナンスすることには前向きである。しかし、実証や配備の段階にある技術に対する資金供与はほとんどない<sup>44</sup>。政府は、市場を歪めてしまうことを恐れて初期段階のベンチャーに対する資金供与を躊躇することが多く、民間投資家はリスクが大きすぎると考えている。ただし、少数の「エンジェル」と呼ばれる独立的な投資家や企業はその例外である。通常は、実証

図 7.6 研究と市場の間にある「死の谷」



出所：WDR チーム。

済みの技術を有する企業だけに資金提供するベンチャー・キャピタリストは、2006年のクリーン技術部門についてみると、利用可能な資本のうち73%以下しか利用できなかった。この部門で「死の谷」を生き延びた企業がほとんどいなかったからである<sup>45</sup>。

ベンチャー・キャピタルの資金供与は、さまざまな種類の気候に関してスマートな技術に対しても不足している。特にリスクが高く資本集約的なエネルギー技術に投資家が魅力を感じることはないだろう。この分野では実証をするためのコストが膨大になる可能性がある。さらに、債務のコストが上昇していることを考えると、現在の金融危機は企業のベンチャー・キャピタルの伸びを鈍化させるだろう<sup>46</sup>。加えて、世界的なベンチャー・キャピタル企業のほとんどは一握りの先進国に集中しており、急成長している中所得の数カ国に存在する好機からは遠く離れている<sup>47</sup>。

技術を商業化するプログラムも気候に関してスマートな技術の潜在的なユーザーとの結び付きを支援することができる。このことは特に小規模な企業にあてはまる。小規模な企業は革新的な技術発展を実現させることが多いが、金融や市場の利用に関する最大の制約に直面している。アメリカの環境保護庁は必要とされている技術に合うアイデアを商業化するために、中小企業革新研究(SBIR)プログラムを通じて中小企業に資金供与を行っている<sup>48</sup>。フランス政府のパスレル・プログラムは、中小企業が関心をもつ可能性のある

革新的なプロジェクトに進んで投資する大企業に対しても資金供与を行っている<sup>49</sup>。技術の波及効果を奨励するための協調的なプロジェクトに特別補助金を出しているプログラムが他にもある。

途上国では、研究と市場の間のギャップは特に大きく、また、現地の問題に対する解決策の多くは外国から得られる可能性がある。そのため、特殊な多角的な資金供与は途上国の参加者を含む研究プロジェクトを支援することができる。この資金供与は耐旱魃型の作物など途上国の要求に適切な研究を遂行するためのインセンティブを生み出すことができる。多角的な取り組みは高所得国といくつかの急成長を遂げている中所得国において、気候に関してスマートなベンチャー・キャピタル基金を促進することもできる。このような中所得国であるインドと中国には、臨界的な規模に達している革新的な活動があり、さらにベンチャー・キャピタルへの投資家を引き付ける金融インフラが存在している。イスラエル、韓国、及び台湾では、政府が中核的な投資家として機能しており、他の資金を引き付けてベンチャー・キャピタルを供与している<sup>50</sup>。そのような戦略は、萌芽期の技術を世界経済のなかに根を下ろせる水準にまで育成するのに必要な「命の谷」を提供することが可能である。

**国際的な取り組みの規模と範囲は努力目標を大きく下回っている**

技術移転は政府や企業、非営利団体、研究教育機関に向かう情報、ノウハウ、経験、及び設備の流れを支援する広範なプロセスで構成される。外国技術の吸収は物理的な機械や技術特許へのファイナンス以上のものに依存している。有用な技術の特定や理解、利用、模倣を行う国家的な能力を構築することが必要である。以下で検討するように、国際的な政策は、国内的な努力と相まって国内の制度を改善し、技術移転に適した環境を創出するという機能を果たすことができる。

**国際機関。** 環境に関する課題を担当している多くの国際機関は主として使命だけに焦点を絞っている。それには世界保健機関(WHO)や食糧農業機関(FAO)、国連環境計画(UNEP)などが含



まれる。しかし、気候変動に取り組むために、既存の制度の妥当性と一貫性を共同でさらに高めていくようにこれらの機関を奨励することが可能である。

同様に、特定の環境問題に取り組むために多数の国際協定が存在しているが、運用可能となっていない。そのため相互に強化し合うべきである<sup>51</sup>。気温の上昇が2℃以下の世界あるいは5℃以上の世界の下で予想される緩和や適応の規模を支援する能力というものを考えることができる。今述べた国際協定は、そのような能力との関係において、それを達成するための目標や手段の観点から評価することができる。

**ファイナンス・メカニズム。** 途上国における低炭素技術投資をファイナンスするための主要な経路であるクリーン開発メカニズム(CDM)は、4,000件を超える低炭素プロジェクトをファイナンスする公的資本と民間資本を活用している。しかし、そのプロジェクトの大半は海外からの知識や機械設備の移転をもたらすものではない<sup>52</sup>(技術移転の加速化を目的としたCDMの規模の拡大における限界については第6章で検討した)。

地球環境ファシリティ(GEF)は現在、各国の持続可能な開発という目的を支援する一方で、環境保全を推進するプロジェクトの最大の資金提供者となっている。GEFはUNFCCCの金融機関として機能しており、130カ国以上を対象に必要な技術の評価に対して支援を行っている。1998-2006年の間に年間約2億5,000万ドルに達したGEFの緩和向けの資金供与は、ほとんどがエネルギー効率化技術の普及における障害物を取り除くことに向けられた<sup>53</sup>。一方、GEFの適応に向けた取り組みは、後進開発途上国が緊急に必要としているものを特定する能力の強化に的を絞っている。しかしその影響力は、2010-14年については提案された適応のための予算が5億ドルと控えめであったことから限定的となっている<sup>54</sup>。

新しい炭素パートナーシップ・ファシリティは、途上国向けに補完的な援助を提供することになっている<sup>55</sup>。援助は長期的な排出削減という大きな潜在性をもったクリーン技術やインフラに対する大型のリスクの高い投資を支援すること

によって行われる。クリーン技術基金は52億ドルの複数の出資者によるイニシアティブであり、2008年に創設された。この基金は、低炭素技術の実証、展開、及び移転を対象に、低利ファイナンスの提供を目的としたもうひとつの取り組みである。エジプトやメキシコ、及びトルコは2009年に同基金から合計10億ドルのファイナンスを受け取る最初の国となった。

モントリオール議定書が示していることは、多角的な資金供与の継続は、技術更新に必要となる追加コストのファイナンスを環境条約上の義務にすることによって達成可能である、ということだ。「モントリオール議定書実施のための多国間基金」は、順守による追加コストに対して資金を提供することを名言することによって、途上国に議定書に参加するインセンティブを供与した<sup>56</sup>。途上国はそれと引き換えに、オゾン層破壊物質の段階的な廃止に合意した。基金は設備の転換や訓練、人事、技術の許可などにかかわるコストをまかなうための補助金ないしローンを供与した。この議定書は技術の普及についての成功モデルと考えられているものの、温室効果ガスの排出源はクロロフルオロカーボンの数倍の規模があり、さらに温室効果ガス削減技術の多くは商業的に入手不可能である。この多角的基金と同等の気候変動基金を適切な規模に拡大することが必要になるだろう<sup>57</sup>。

**金融資源と技術資源。** 第6章で強調したように、途上国向けにはもっと大幅な資金が必要である。緩和と適応のために必要とされる追加的な投資は2030年までに1,700-7,650億ドルと推定されている。しかし、金銭的な移転だけでは十分とはいえない。技術の取得はまったく容易ではない。それは市場の失敗を伴う長く、高価で、リスクの多いプロセスである。緩和のための技術は現地の技術的な能力や固有の知識に依存している。その技術には、各地域の要求に合うようにシステムを設計することが含まれているからである(ボックス7.7)。

技術が輸入できる場合でも、技術には研究プロセスや事前の技術に関する知識、技術の効率的な利用に必要な能力や資源が含まれている。そのような能力はさまざまな形の知識の上に成り立って

### ボックス 7.7 沿岸地域の適応にとって有望な革新

気候変動の結果として、バングラデシュの沿岸地帯では高波や高潮が頻繁になるものと予想されている。バーミンガム（アメリカのアラバマ州）のアラバマ大学はバングラデシュの研究者と協働して、家の土台や枠組みを軽量の合成資材で建設する研究をしている。その素材はハリケーンのなかではしなるが折れることはない。又、高波のなかでも浮かぶことができる。バングラデシュにおいて一般的な植物のひとつであるジュートの繊維をリサイクルされたプラスチックに編み込むと、非常に強い建築資材になる。ジュート栽培には肥料や

殺虫剤、灌漑は必要ない。一方、微生物によって分解されることはなく、高価でもない。バングラデシュではすでに布やロープ、その他の品目に広く利用されている。現地の建築家が現地の家の設計にこの技術を一体化するのを手助けしている。バングラデシュの研究者は、専門知識を提供することによってジュート建材の大量生産に貢献することになるだろう。

出所：University of Alabama at Birmingham, <http://main.uab.edu/Sites/MediaRelations/articles/55613/> (2009年2月17日アクセス); interview with Professor Nassim Uddin, University of Alabama at Birmingham, March 4, 2009.

いる。その多くは暗黙的な知識であり、文書化や移転が容易ではない。例えば、外国企業に委託可能な大規模なエネルギー・プロジェクトでは、政策立案者がその利点を評価し、運転と保守点検ができる能力をもっていることが必要となる。EUは炭素回収貯留に関連するリスク管理のために法律を検討しているが<sup>58</sup>、そのような法律を起草する技術的な能力をもっている国はほとんどない。これは技術普及にとってはもうひとつの障壁である。

多角的な資金供与は、技術移転や吸収能力に大きな影響を及ぼすことができる。それは対象範囲を物理的に文書化された技術を移転することから、途上国における人間や組織の吸収能力の向上へ広げることによって可能となる。学習には、外国技術に投資することによる学習、研修や教育を通じた学習、国内外の他者との相互作用や協調による学習、R&Dを通じた学習、などがある。多角的な資金供与は、次の3つの方法で技術移転を支援することができる。第1に、途上国における土着の技術あるいは外国の技術への投資に対して補助金を供与する。第2に、前述したような種類の知識交換、協力、コスト分担の協定への途上国の参加に対して補助金を供与する。第3に、次節で検討するように、各国の知識インフラや民間部門を支援する。

### 公的なプログラムや政策、制度は革新とその普及を推進する

革新は、政府や大学、研究機関などから企業や消費者、非営利団体に至るまで、多数の要素が

もっている個々の能力に依存する複雑なシステムの成果である。この一連の多様な要素と、そのような要素の相互作用の仕方を強化するのは困難ではあるが、経済開発と気候変動の両方に取り組むためには避けて通ることはできない。表7.2はさまざまな所得水準の諸国において、革新を促進するための鍵を握っている政策の優先課題を述べたものである。

スキルと知識は、気候に関してスマートな経済の構築における中心的な柱である。基礎教育はあらゆる技術吸収プロセスにも基盤を提供し、経済的な不平等を削減する。しかし十分な数の資格をもつエンジニアや研究者の確保も極めて重要である。低所得国では特に不足している技術者は適応のための状況に特化した技術の実装において大きな役割を果たし、自然災害の際には復興に向けた取り組みにとって決定的に重要である（図7.7）。ハリケーンや海面上昇から特に影響を受けやすいバングラデシュは極端な例である。2006年に工学部に入学した大学生は人口のわずか0.04%だった。これに対して、1人当たりのGDPがほぼ同じキルギスでは同比率は0.43%である<sup>59</sup>。同じく重要なのは、経営者や企業家としての能力である。それが技術的な知識を民間部門における実際的な適用に導く。また公共部門では、広範囲にわたる分野についてスキルが要求される。それには公益事業の規制や通信、都市計画、気候変動政策の策定などが含まれる。

スキルや知識は、国の知識インフラを構成している機関やプログラムに投資することによって習得できる。大学のような研究機関や学校、研修機関、R&D機関、研究所、及び農業の拡張や会社

表 7.2 革新のために重要な国内政策の優先課題

国	主要政策
低所得国	工学、設計、及び経営のスキルへ投資 適応に関する研究、開発、実証、普及のために研究機関に対する資金供与を増額 学術研究機関や民間部門、公的企画機関の間の結び付きを強化 適応のための技術の採用に補助金を導入 ビジネス環境を改善 外部の知識や技術をいつでも可能な時に輸入
中所得国	気候に関してスマートな基準を導入 緩和に関する技術の輸入のインセンティブを創出し、工業化が急速な国では現地生産に向けた長期的な条件を整備 革新に関して臨界的な密度をもっている工業化が急速な国において（中国やインド）、気候に関してスマートなベンチャー・キャピタル向けにインセンティブを創出 ビジネス環境を改善 知的財産権制度を強化 気候に関してスマートな外国直接投資を円滑化 学術研究機関、民間部門、及び公的企画機関の間の結び付きを強化
高所得国	気候に関してスマートなパフォーマンス基準と炭素価格を導入 気候に関してスマートな技術に関して企業、その他の開発者、及びユーザー間の協調を奨励するために、補助金や懸賞、ベンチャー・キャピタル向けにインセンティブ、政策を通じて、緩和と適応の革新や普及を増やす 途上国が技術に関して吸収と革新の能力を高めるのを援助 途上国向けにノウハウや技術の移転を支援 中所得国の長期的なエネルギー R&D プロジェクトへの参加を支援 気候変動に関連したデータを途上国と共有
全ての国	気候に関してスマートな技術にかかわる貿易障壁を撤廃 高炭素技術に対する補助金を撤廃 特に大学を中心に知識ベースの機関を低炭素型の生活習慣の普及の中心地として再定義

出所：WDR チーム。

の起業などの技術的なサービスは<sup>60</sup>、気候に関してスマートな技術を使い、健全な科学に基づいた決定を行う官民の能力を支援することができる。

気候に関してスマートな経済の構築のためのもうひとつの柱は、民間部門が気候に関してスマートな技術に投資するインセンティブを作り出すことである。これは、規制面でのインセンティブだけでなく、企業の革新や技術の吸収のための公的支援プログラムを伴った良好な環境を構築するということを意味する。

#### 知識インフラは地域の緩和策や適応システムの創設と適合にとって鍵となる

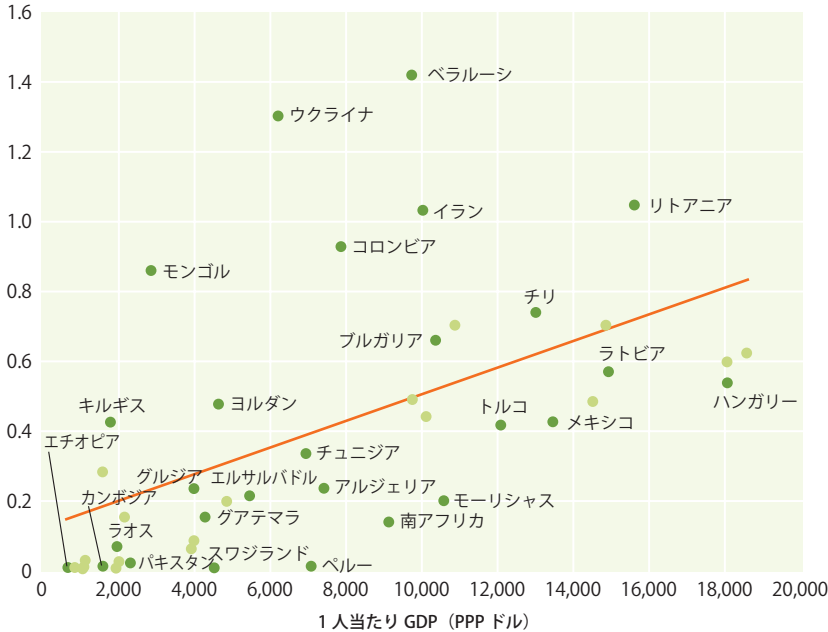
途上国の研究所は政府が気候変動の結果に対して適切な準備をするのを支援することができる。例えば、インドネシアとタイでは、アメリカ航空宇宙局（NASA）の人工衛星を使って、降水パターンや植生状態などの東南アジアのマラリアの

伝染に影響する環境特性を監視している<sup>61</sup>。研究所は政府機関や民間請負業者と協働することが可能である。沿岸地帯にとって適切な適応技術を発見及び設計して、それを実施、運営、維持することが目的である。研究機関は、民間の適応に向けた戦略の考案を支援することができる。これは、現地の知識を代替的な併農林業システムに関する科学的な実験と組み合わせることによって可能となる。あるいは研究機関は、森林保全に関する先住民の知識を遺伝学的に優れた植栽材料と組み合わせることによって、森林管理を支援することができる<sup>62</sup>。さらに研究所は、コンサルタントや試験、問題の解決、研修を通じて、企業が自らの活動のエネルギー効率を改善するのを後押しできる。

中所得国の研究所は、緩和に関する長期的な課題も解決することができる。有用なエネルギー技術の熟達には何十年にも及ぶ学習プロセスを経る必要がある。農業や健康はバイオ技術に依存して

図 7.7 多くの途上国では工学専攻者の数は低水準にとどまっている

第3次教育の工学、生産、及び建築専攻者が  
総人口に占めるシェア (%)



出所：次に基づく。UNESCO Institute of Statistics, <http://stats.uis.unesco.org/unesco/ReportFolders/ReportFolders.aspx> (2009年8月30日アクセス)。

**ボックス 7.8 大学は革新的でなければならない：アフリカの事例**

長期的な経済開発のためには世界で蓄積されている既存の知識を理解しなければならない。にもかかわらず、アフリカ向けのドナー援助はほとんどが、この要求に取り組んでいない。アフリカにおける高等教育進学者は平均すると5%程度であり、先進国で典型的な50%程度と比較して低すぎる。しかし、課題はアフリカの大学へのアクセスを高めるだけでなく、それを開発の動力源として機能させることにもある。

大学が民間部門と密接な関係を結び、専門職に就くために学生を訓練し、知識を経済に普及させる機会はある。アメリカにはお手本として、公有地の払い下げを受けた大学という長い伝統があり、そこは19世紀以来農業知識の普及を目的として、地域社会と一緒に努力している。今後役目を果たしてゆくためには、大学の目標や機能、構造について質的に変化することが必要である。このプロセスの一環として、カリキュラム設計、授業、場所、学生選抜、大学管理において根本的な改革が必要であろう。

教育はより一層学際的になる必要がある。それは伝統的な分野を越えて相互に関連しあっている問題を取り扱うためである。南アフリカのステレンボス大学はカリキュラムをR&Dや組織の要求にどうやって合わせるかについて、輝かしい見本となっている。教育の一環として、先進的な小型衛星を設計して打ち上げた世界初の大学になったのである。プログラムの目的は遠隔探知、宇宙船の制御、地球科学などの分野の新しい技術について自信をもつことにある。ウガンダのマケレレ大学は教育の一環として、学生に自分の地域社会における公衆衛生問題を解決できるようにする新しい教授法を採用している。同様のアプローチを他の技術的な分野（インフラの開発や維持など）の学生にも応用することは可能である。

出所：Juma 2008; Land grant colleges, <https://www.aplu.org/NetCommunity/Page.aspx?pid=183>; sea grant colleges, <http://www.seagrants.noaa.gov/> (2009年8月31日アクセス)。

いる。バイオ技術は、計画立案のための技術や気候の科学を発展させる。全国的な配電用のスマート・グリッドの開発は、通信やセンサー、測定を統合した技術に習熟していなければ不可能である。

しかし研究や学術の機関に投資した後、多くの政府が発見したのは研究開発に対する政府の貢献

は最小限だったことである<sup>63</sup>。その理由は次の通りである。すなわち、研究開発が、典型的には需要主導型ではなく、そして研究所や大学、民間部門、研究を行っているコミュニティの間で結び付きがほとんどない(ボックス7.8)<sup>64</sup>ということである。加えて、多くの途上国の大学は歴史的に教育に焦点を当てており、研究活動はほとんど



### ボックス 7.9 CGIAR：気候変動に対する手本？

国際農業研究協議グループ（CGIAR）は途上国と先進国の64カ国、財団、世界銀行を含む国際機関による戦略的な共同体である。多くの途上国が飢饉に屈服する危険にあるという広く認識されている懸念に対応して1971年に創設されたこのグループは、作物品種の改良を通じて農業生産性の向上に大きく貢献し、「緑の革命」の実現に重要な役割を果たした。時の流れとともにCGIARの使命は拡大され、政策や制度にかかわる問題、生物多様性の保全、魚や森林、土壌、水などの天然資源の管理を含むようになっていく。

CGIARは15の研究センターを援助することによって農業研究を支援している。これらのセンターは独立した機関であり、独自のスタッフと統治構造をもっている。そのほとんどは途上国にあり、挑戦的な計画を実行している。これらは独立的に統治されている広範囲にわたる研究のパートナーシップであり、生死にかかわる重要な地球あるいは地域的な問題に対処することを目的としている。例えば、遺伝資源の保全と改良、水不足、微量栄養素不足、気候変動などに取り組んでいる。2008年にCGIARは、自らの統治、科学的業績、パートナーシップに関して独立的な評価を実施した。評価の結論は、CGIARの研究は創設以来全体として高い利回りを達成しており、利益がコストをはるかに上回っている、というものだった。センターと各国のパートナーが生み出した、さまざまな作物の収量の向上と安定の利益は年間100億ドルと推計されている。これは主として小麦やコム、トウモロコシなど主食作物の改良によるもの

である。天然資源管理も大きな利益を示しており、投資収益率も高い。しかし、このような取り組みの効果は地理的に異なっている。現地の集団的な行動、指導助言サービス、財産権の割当などの要因が複雑だからである。CGIARは、「世界で最も革新的な開発パートナーシップのひとつ」であり、それは学際的な研究活動と広範な協調のおかげであると評価されている。しかし、CGIARは自らの比較優位を絞ることを止めたため、優位性にもかかわらず影響力は弱まっている、という指摘もある。同時に、CGIARにとって食料価格の乱高下や異常気象の頻発、天然資源に対するストレスの増大などがかつてないほどの挑戦課題となっている。

2008年12月、CGIARは新しいビジネス・モデルを採用した。改革を受けて、実際のアプローチが採用され、重要な問題について数が限られた戦略的な「メガプログラム」に焦点を絞ることになった。改革では、結果指向の研究テーマの設定と管理、明確な説明責任、統治とプログラムの簡素化、パートナーシップの強化も強調されている。このような変化は、CGIARの強化につながり、気候変動を含め、多くの複雑で世界的な問題への有力な取り組みを可能にすると期待されている。しかし、その成功を現時点で評価するのは時期尚早である。

出 所：Consultative Group on International Agricultural Research, <http://www.cigar.org/> (2009年3月5日アクセス); CGIAR Independent Review Panel 2008; CGIAR Science Council 2008; World Bank 2008a.

実施していない。

政府の資金供与を、機関別の資金供与保証から競争的な研究資金供与へ移行することは、公的研究機関の有効性を大幅に高めることができる。エクアドルでは、政府の「農業サービス近代化プログラム」が競争的な研究交付金プログラムをファイナンスしている。この交付金プログラムは、ミバエの制御や、新しい輸出品にかかわる生産コストを引き下げ、伝統的な輸出品の病気や病害虫の制御によって、新しい輸出市場を開拓するための革新にかかわる戦略的な研究を支援している。このプログラムによって、研究システムに新しい研究文化が吹き込まれ、新しい組織が参入した。共同のファイナンスを要件にしたことにより、研究資金の調達全体として92%も増加した<sup>65</sup>。研究所の統治について民間部門に大きな発言権を付与することや、知識や技術の海外顧客への移転を報奨する制度改革も役に立つ<sup>66</sup>。場合によっては、ビジネス・インキュベーター（起業支援センター）のような「橋渡し機関」は、研究所からの知識の波及を円滑にすることができる。2007

年についてみると、世界全体で283件のクリーン技術が企画状態にあったが（中国を含めなくても）、それは2005年の2倍の数だった<sup>67</sup>。

高所得国は途上国の研究機関の能力強化を支援することや、その機関と協働することによって、気候に関してスマートなシステムの世界的な規模での開発と普及を支援することができる。適例はアメリカのコロンビア大学にある気候社会研究所である。同研究所はアフリカやアジア、ラテンアメリカの研究所と協力関係にある。

もうひとつの例は国際農業研究協議グループ（CGIAR）である。ドナーから資金供与を受け、分権化した協調的で世界的な規模の構造をもった研究機関であるCGIARは、すでに気候への適応に関する多くのテーマを対象としている（ボックス7.9）。同じようなアプローチは他の気候技術にも用いることができる。CGIARからの教訓は、地域的な研究センターは限られた数の明確に定義された地域固有の問題に焦点を絞れば、途上国でも資金調達が可能だということを示している。ここで対象となるのは、バイオマスやバイオ・エネ

ルギー、エネルギー効率的な建物、メタンの緩和、森林管理などである。

知識機関は、特に地域の状況に特化した適応策などの政策に情報を伝え、そして政策を調整するのに役立つ。気候変動への適応が政策プロセスのなかで検討対象になり始めたことに伴い、解決策や経験を共有することが重要になっている<sup>68</sup>。企画担当者や管理者、政策立案者が、気候変動に対する脆弱性を削減するためには自分たちの個々の決定をどのように組み合わせればよいかを認識し始めた時、そこには資源の利用を改善し、この貴重な情報を他の国や地域、地方と共有するためにさまざまな部門間の調整を強化する多くの機会が存在する<sup>69</sup>。世界中の適応に関する成功物語や選択肢を処理して利用可能にする「手形交換所」の創設や管理は、適応の決定に直面しているコミュニティを支援することができるだろう<sup>70</sup>。

#### 炭素価格の設定と民間部門を動員するための規制

第4章で検討したように、炭素価格の設定は、緩和技術に関する市場主導型の革新と採用を引き起こすために必須である<sup>71</sup>。相対価格の変化に伴って、出費が増えた要素への浪費を避けるために、企業は新しい種類の技術投資で反応する可能性が高い<sup>72</sup>。価格設定は技術変化を誘発することができるという明確な証拠がある<sup>73</sup>。ある研究は、仮にエネルギー価格が1993年まで73年の低水準にとどまっていたとすれば、エアコンのエネルギー効率はアメリカで16%低くなっていた可能性があることを見出した<sup>74</sup>。

規制とその適切な施行も革新を誘発することができる。排出にかかわる性能基準あるいはエネルギー効率は、炭素価格の設定とまったく同じように、技術変化を誘発することができる。なぜならば、それは企業が汚染物質を排出する際に直面する暗黙の価格と関連があるからである<sup>75</sup>。アメリカでは、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)排出技術にかかわる特許取得の動きが活発化し始めたのは1960年代以降のことである。これは新しいSO<sub>2</sub>基準の導入を予想した動きであった。1975年から95年までの間に、技術改良のおかげで火力発電所の排出からSO<sub>2</sub>を除去するための資本のコストは半減し、SO<sub>2</sub>の除去率は75%未満から95%

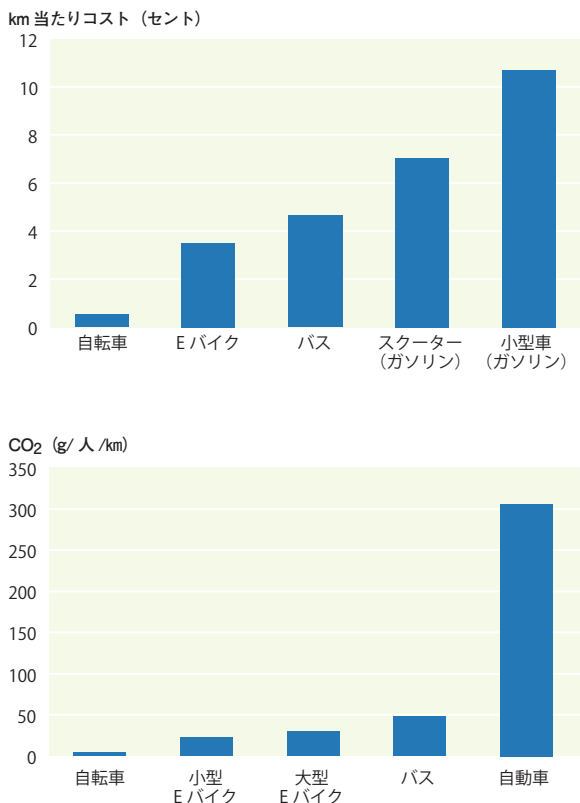
余りに上昇した<sup>76</sup>。規制は企業に新しい技術を開発するためのニッチ市場を提供するため、国としても競争上の優位性を獲得することができる。2004年に中国のいくつかの都市部では、ガソリンで走るオートバイが禁止された。これは電機モーターと電池に関する技術の改良、都市化の急速な進展、ガソリン価格の高騰、購買力の上昇などの状況を背景とした措置であった。このような状況下で、オートバイの禁止は電動自転車(Eバイク)市場の拡大をもたらした。1998年にはわずか4万台にすぎなかったが、2008年には2,100万台に達している。Eバイクは今やバスを含めモーター方式による他の輸送手段よりも安く、しかもクリーンな仕様になっている(図7.8)。中国はこの低炭素型輸送手段を先進国に輸出している<sup>77</sup>。

しかし、規制には欠点がある。価格シグナルとは違って、規制は特に技術固有である場合を中心に企業の柔軟性を制約しかねない。また、社会にとってより高価な選択肢に帰結することもあり得よう。しかし、規制は炭素価格の設定にとって必要な補完物である(第4章参照)。環境規制と市場ベース型のインセンティブが革新に及ぼす効果を比較分析した研究がある。一般的な見方によれば、さまざまな政策手段を組み合わせるのが最も有効である。ただし、その策定と実施は利害関係者にとって予測可能でなければならない<sup>78</sup>。

#### 良好な事業環境は気候に関してスマートな技術の普及と革新にとって基本的な枠組みになる

市場は、企業が不必要なリスクに直面することがなく、情報に対するアクセスをもち、明確に規定された法的枠組みの範囲内で営業し、支持してくれる市場機関をもてることを確実にするために適切に機能する必要がある。土地の保有権を確実なものにすることや、地権の文書化、土地の賃貸や売買市場の強化、金融サービスへのアクセスの拡大は、農村部の小自作農に対して技術移転のインセンティブを生み出す(第3章)<sup>79</sup>。しかし、良好な事業環境というのは、特に先住民を中心に、土地と天然資源への依存度が高い脆弱なグループの基本的な権利を認識する必要がある。その多くは土地を失い、土地

図 7.8 中国では今やEバイクが最も安く最もクリーンな通勤手段となっている



出所 Weinert, Ma, and Cherry 2007; 写真は Wikipedia Foundation から。

注: Eバイクの排出は耐用期間全体に関するもので、生産、エネルギー生産、及び使用の段階を含む。普通の自転車については生産に伴う排出のみが含まれている。

の小さな区画に住んでいるか、もしくは確実な保有権をもっていない<sup>80</sup>。

企業にとっての参入障壁を削減し、柔軟な労働市場を提供することにより、技術中心の企業の設立を支援することができる。そのような企業は技術の飛躍的な発展による革新や、新たな種類の肥料ないし種子を農民にもたらすことができる<sup>81</sup>。インドにおけるハイブリッドのモロコシの事例は、1980年代後半の市場自由化は種子の開発や流通における民間企業の役割だけでなく、革新の率も高めたことを示している<sup>82</sup>。マクロ経済の安定性も金融市場の適切な機能とともに、良好な環境の柱である。エネルギーや水の途切れない供給など基本的なインフラ・サービスも必要不可欠である。

クリーン・エネルギー技術——よりクリーンな石炭、風力、太陽熱発電、エネルギー効率的な照明など——に関する関税および非関税の障壁を廃

止したことで、温室効果ガスの排出が多い開発途上 18 カ国では貿易量が 18%も増加した<sup>83</sup>。割当や原産地規制、不透明な関税コード規定などの輸入の障壁は、国内価格を押し上げ、費用効果的でなくなるため、気候に関してスマートな技術の移転を阻害する。エジプトでは太陽光発電パネルに対する平均輸入関税率が 32%であり、OECD に加盟している高所得国の平均である 3%の 10 倍の高さになっている。ナイジェリアでは太陽光発電パネルの潜在的な利用者は、20%の関税に加えて 70%の課徴金に直面している<sup>84</sup>。バイオ燃料は特に関税で大きな打撃を受けている。メタノールや一部のバイオディーゼル原料に対する関税（ブラジル製のエタノールに対する輸出入関税を含む）は、2006 年で 60 億ドルに達している。一方で、OECD 諸国における国内のバイオ燃料生産者に対する補助金は 2006 年で 110 億ドルとなっている。

その結果、技術が最も費用効果的なところで投資が行われていない。エタノールの生産コストが世界一低いブラジルでは、2004-05年のエタノール生産は6%であり小幅な増加にとどまった。これに対して、アメリカとドイツでは同生産がそれぞれ20%及び60%と大幅に増加した。これはアメリカでは25%、EUでは50%という高輸入関税で保護されているおかげである<sup>85</sup>。このような関税や補助金を撤廃すれば、バイオ燃料の生産は最も効率的な国に再配分される公算が大きい<sup>86</sup>。

技術の移転と吸収を加速化するためには、外国直接投資（FDI）にとって魅力的な投資環境が決定的に重要である<sup>87</sup>。2007年についてみると、途上国における電気やガス、水にかかわる固定資本形成のうちFDIは12.6%を占めている。これは多国間および二国間の援助総額の3倍に相当する<sup>88</sup>。高所得国に本拠を置く多国籍企業は、ブラジルやインドでの太陽光発電（BPソーラー）、ブラジルでのエタノール生産（アーチャー・ダニエルズ・ミッドランドとカーギル）、中国における風力発電（ガメサとヴェスタス）に大規模な投資を行っている。中国では1993年には1件だった外資系のR&D研究所が、2005年には700件に増加している<sup>89</sup>。エネルギーの生産や効率化にかかわる製品で世界的リーダーとなっているゼネラル・エレクトリックは、2000年にインドと中国に世界的なR&Dセンターを開設し、今や合わせて何千人もの研究者を雇用している。図7.9は風力発電機器のR&Dと生産にかかわるグローバル化が中所得国にもたらした機会を示したものである。

現地の生産能力の強化は、これらの諸国が気候にスマートな技術を長期にわたって吸収するのを確実なものにするだろう。また世界市場での競争や価格の低下と同時に、業績を上げるのに役立つ。それは特許取得ないしFDIを通じて行われるのが最速であろう。

気候に関してスマートな技術の移転を円滑に行うためには、中所得国は外国企業にライセンス供与や合弁企業の設立を義務付けるのではなく、100%子会社の設立を許容すればよい。また、研修や能力強化に投資することによって、現地サブ

ライヤーや外国企業との潜在的な協働の基盤を構築することもできる<sup>90</sup>。さらに、中所得国は自国の知的財産権（IPR）制度が外国の技術移転やR&Dを保護するのを確実なものにすることができる。

IPRが弱いと判断されると（図7.9参照）、外国企業は最先端技術のライセンス供与に積極的でなくなる可能性がある。競合他社に盗用されるのを恐れるからである。これは、中国の風力発電設備において起こっている状況である<sup>91</sup>。IPRの執行が弱いと、R&D活動の規模拡大から外国企業の子会社を遠ざけることになり、又、有望な国内企業に対する投資から外国のベンチャー・キャピタリストを遠ざけてしまう<sup>92</sup>。現地の製造業やR&Dに対する彼らの投資にもかかわらず、世界的な風力発電機器メーカーの現地子会社は、中国やインド、トルコではほとんど特許を登録していない。これらの国はどれもIPR体制が脆弱で、R&Dの規模拡大が阻害される可能性がある<sup>93</sup>。

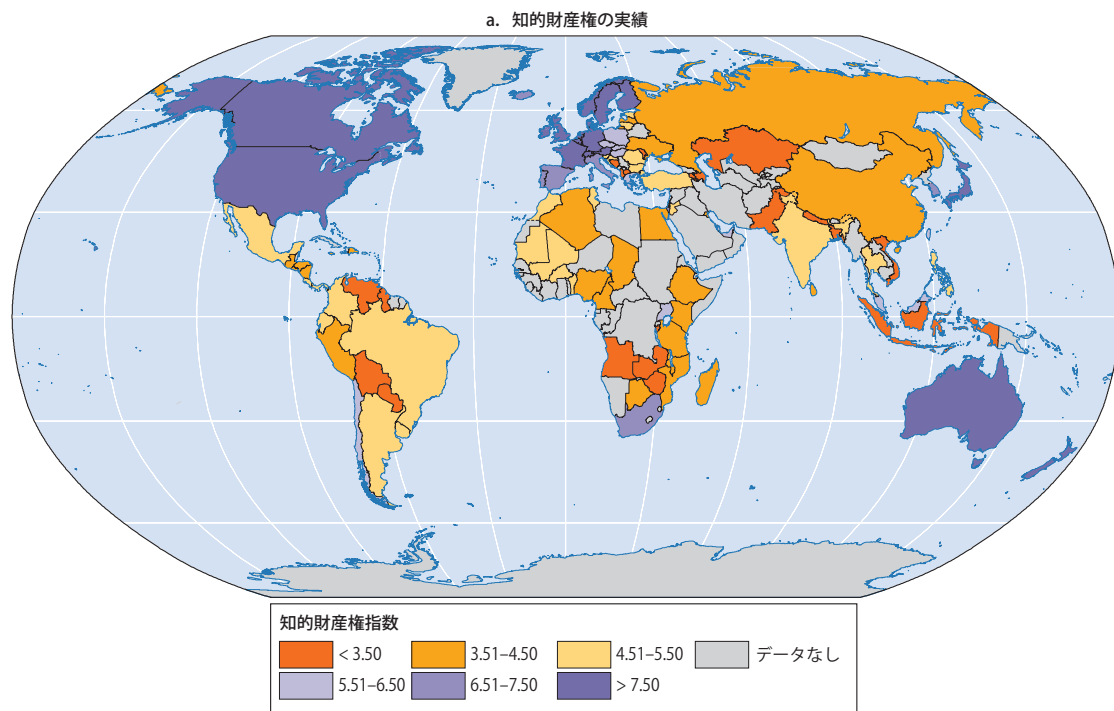
しかし、IPRの範囲が広すぎて、特許が他の有益な発明を阻害しているのであれば、IPRは革新を阻害している可能性がある。合成バイオ燃料に有望な合成生物学の製品と製造過程に関する一部の特許申請はあまりに広い範囲に及んでいるため、科学者は、関連分野の科学進歩が阻害される可能性があることを恐れている<sup>94</sup>。企業が市場競争力を維持するために技術のライセンス供与を拒否するようであれば、強いIPRは技術移転を阻害することもあり得る。

過度に制限的なIPRが再生可能エネルギーの生産能力の中所得国への移転において大きな障壁になっているという証拠はないが、いつかはそうなるだろうという懸念はある。ブラジルや中国、インドは、太陽光や風力、バイオ燃料の分野では世界的なリーダーの仲間入りを果たしており、多くの場合これは許可を得た技術の習得によるものである。IPRの問題はむしろ技術移転の障壁という問題になるかもしれない。というのは、太陽光発電やバイオ燃料の分野では特許取得の動きが加速化しており、また、風力分野では機器サプライヤーの整理統合が継続しているからである<sup>95</sup>。

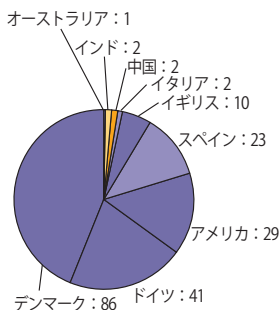
低所得国では、弱いIPRは気候に関してスマートな洗練された技術を採用する障壁にはなってい



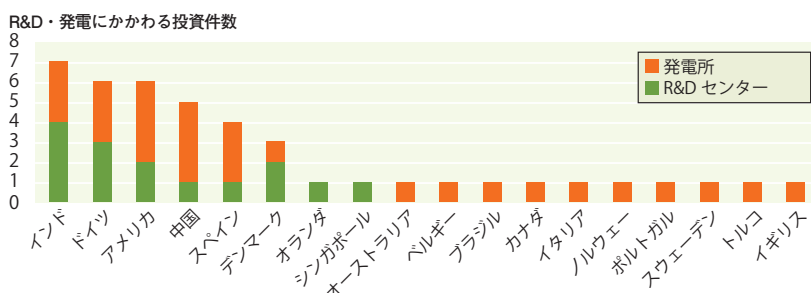
図 7.9 中所得国は風力発電設備で世界の上位 5 社から投資を誘致しているが、知的財産権制度が不備なため技術移転や R&D 能力は限定的である



b. 風力発電関連特許 (2007 年)



c. 風力発電設備メーカー上位 5 社の投資先



出所：特許件数は次に基づく。アメリカ、日本、EU、及び国際機関の特許申請に関するデータベース；Vestas, General Electric, Gamesa, Enercon, Suzlon の年次報告書、ウェブサイト (2009 年 3 月 4 日アクセス)；Dedigama 2009。

注：一国の IPR の実績は IPR 指数に基づくランキングを反映している。同指数は知的財産権にかかわる保護政策とその実施の厳格さに基づく。

ないようである。しかし、IPR が予測可能で明確に規定されていれば、依然として海外からの技術移転を刺激することが可能である。このような諸国では国内の生産能力が限定的であることを考えると、ライセンスを取得して自国仕様の技術を開発するというは現実的な選択肢ではない<sup>96</sup>。エネルギー技術の吸収は一般的に機械設備の輸入を通じて起る。気候への適応に関する限り、先進国が所有している特許権や直物品種保護権が小

規模な低所得国で問題化することはめったにない。特定の国で登録された特許が保護されるのは当該国市場だけであり、外国企業は自社の知的財産を多くの低所得国では登録していない。そこは魅力的な市場や潜在的な競争相手を意味するものではないからである。したがって、低所得国は海外の遺伝子や工業機器を使うという決定を下すことが可能である<sup>97</sup>。

高所得国は、気候に関してスマートな部門の過

度な集約が、途上国に対する技術ライセンス供与のインセンティブ削減につながらないようにしなければならない。また、世界的な重要性を有する気候に関してスマートな技術の公的資金による研究について、自国の政策が外国企業に対するライセンス供与を阻害しないようにしなければならない。多くの諸国で大学は政府から資金供与を受けた技術を外国企業にライセンス供与することが認められていない<sup>98</sup>。他の提案としては、パテント・バイアウトや、気候に関してスマートな IPR を国際機関による公開の場に移転することなどがある。

高所得国は、気候に関してスマートな技術の IPR や移転、革新に関する懸念が、WTO などの国際機関の条約で考慮されることを確実なものにすることができる。WTO の「知的財産権の貿易関連の側面」(TRIPS) に関する協定は、WTO 加盟国のために保護に関する最低限の法的基準を規定している。しかし TRIPS 協定は、特許権は乱用されるべきではなく、途上国の要求が緊急である場合に、特許がそのような状態の技術的な支援を阻害してはならないということも認識している。事実 TRIPS 協定には、途上国が IPR 所有者の同意を得ずに特許取得済みの発明を活用することを認める規定が盛り込まれている<sup>99</sup>。TRIPS 協定が緩和や適応の技術についてそのような例外を認めることを WTO とその加盟国は保証しているのであれば、WTO と加盟国は IPR 保護の乱用を制限することができる。

しかし全体として、IPR が技術移転に及ぼす影響は、管理や訓練などのコスト及び限定的な吸収能力などといった障壁との比較で過大評価されている。途上国の吸収能力の向上において、エンジニアリング能力の強化は大きな役割をはたすことができるだろう。

#### 公的資金供与は企業が革新や技術普及に関連した市場の失敗を克服するのに役立つ

炭素価格や排出基準が低炭素型の技術や革新をどれだけ増やすかについては限度がある。新しい技術はたとえ潜在的なユーザーにとって経済的に魅力があっても、常に急速に採用されるとは限らない(第4章のボックス 4.5 参照)。技術変化を

加速化させるには、炭素価格の設定や規制を技術的な選択肢の広範な組み合わせを探索するための公的資金供与で補う必要がある<sup>100</sup>。革新と普及への民間部門の投資が過少になったよく知られている市場の失敗が、何十年間にもわたって公的資金供与政策の基盤となっている<sup>101</sup>。

工業力を有する中所得国では、財政支援を気候に関してスマートなシステムの設計や生産、輸出に振り向けることができる。公的資金供与政策は革新を広く定義することができる。ここでの定義は、市場にとって新しいかどうかとは無関係に、企業にとって新しい製品や製造過程、サービスの適合、改良、開発を含むものである。これは、技術的な吸収能力の向上を支援するという点での R&D の波及効果も考慮に入れている<sup>102</sup>。例えば、トルコ技術開発財団はエネルギー効率化や再生可能エネルギー、クリーンな生産などのためにシステムを採用あるいは開発する企業に対して、100 万ドルまで無利息のローンを供与している<sup>103</sup>。技術の吸収に関する市場障壁がさらに多い小規模な低所得国では、関連する技術的なコンサルティングや研修と合わせれば、公的な財政支援は技術の吸収を効果的にファイナンスすることができる。

公的支援による技術普及プログラムは、企業や農民、公的機関の間に存在する情報やノウハウに関するギャップを橋渡しする。最も効果的なプログラムというものは、真の需要に対応し、複数の障壁に取り組み、初期の段階からコミュニティの機関を含んでいるものである。このようなプログラムは、地方の需要を作り出し、持続可能性を確かなものにし、プログラムが地方の開発目標と合致することを確かなものにする<sup>104</sup>。南アフリカで金属表面処理業者向けのクリーン生産実証プロジェクトが成功したのは、まさに同時並行的に広範な問題(クリーン技術の利点に関する情報不足から法律あるいはその執行の欠如に至るまで)を対象にしたからである。この需要主導型のプロジェクトはあらゆる利害関係者(企業オーナーやマネジャー、スタッフ、コンサルタント、規制当局者、サプライヤーなど)から買い付けを獲得し、啓発キャンペーンや研修、技術面のコンサルティング、金融支援を組み合わせることになった<sup>105</sup>。

### ボックス 7.10 改良型料理用レンジは煤を減らして、人間の健康と CO<sub>2</sub> 緩和に重要な利益をもたらす

途上国では約 20 億人が暖房と料理用にバイオマスを使っている。中央アメリカからアフリカ、インド、中国に至るまでの農村部では粗末な料理用レンジがブラック・カーボン（煤のなかの微細な炭素粒子）や不完全燃焼物（一酸化炭素、窒素化合物、メタン、揮発性有機化合物など）とともに CO<sub>2</sub> を排出している。このような物質は深刻な健康被害をもたらす。固形バイオマス燃焼に伴う煙を室内で吸引していることが、全世界で毎年 160 万人（うち約 100 万人は 5 歳未満の子供）の死亡の原因となっているとみられる。

最近では、気候変動の動因としてのブラック・カーボンは、気候変動に関する政府間パネルによるこれまでの推計の 2 倍の威力をもつことが示されている。新しい分析は、ブラック・カーボンは北極地方における 1976 年以降の温暖化の 70% 以上に関与し、ヒマラヤ氷河の後退の大きな要因となった可能性を示している。

途上国の料理用レンジで使われている家庭用固形燃料がブラック・カーボン排出の 18% を占めていることから、燃焼を改善して煤やその他のガスの排出を削減する新しい料理用レンジの技術は、人間の健康だけでなく排出の緩和にとっても有益だろう。

バイオマスを使うレンジに代わるクリーンなレンジとして液化石油ガス（LPG）レンジの使用を支援するために、主に LPG に対して補助金を供与する形で、多額の資金援助が行われてきた。しかしこのような援助は、この技術を途上国で広く普及させる効果がないことが判明した。補助金があってもほとんどの貧困層は燃料費を賄うことができない。バイオマスを使う改良型料理用レンジを普及させる公的プログラムの成果は、過去 20 年間をみるとまちまちである。インドでは、政府が 800 万台のレンジを配給し、そのコストの 50% を補助した。このプログラムは当初困難に遭遇した。レンジの設計が人々が使っている道具や食物にふさわしくなかったのである。しかし、ここ 5 年間で政府はこの問題を是正するために新しい研究を打ち出している。改良型の料理用レンジは他の諸国ではある程度受け入れられつつある。中国では、成功は人々の要求を満たすことができずに依存しており、それは供給主導型のトップダウン方式では達成できないことを認識していた。そこで政府は、自らの役割を研究や技術訓練、製造基準の制定、新型レンジの生産と普及にかかわる官僚的な障害の除去に限定した。地方への配給に関しては企業部門が動員された。

バイオマス料理用レンジにおける最近の技術進歩やその健康への影響、最近明らかになった気候変動に及ぼす影響などを考えると、高質なバイオマス型料理用レンジの生産を大規模

エンピロフィット G-330 という改良型の料理用レンジで料理をする女性



写真はエンピロフィット・インドの提供。

に拡大して商業化することが望ましい。最も有効なレンジは貧困層でも購入可能であり、地方の料理での用途に適合したものになるだろう。又、耐久性があり、顧客にとって魅力的だろう。改良型の料理用レンジが地球温暖化と人々の健康にかかわる改善にどれだけ有効であるかを、これまでで最も包括的に、最も厳格かつ科学的に評価するために、プロジェクト・スーリヤというパイロット評価プログラムが実施されようとしている。このプロジェクトでは、インドの 3 つの違った地域で合計 1 万 5,000 世帯に新型料理用レンジを導入する。そして最先端のセンサー技術による汚染物質の監視や、大気の太陽熱の測定を行う。このようなデータをアメリカ航空宇宙局（NASA）の衛星からの測定値と組み合わせることによって、プロジェクト・チームは介入した地域を覆う大気圏中に「ブラック・カーボン・ホール」——通常のブラック・カーボン粒子がないところ——が観測でき、それが地域の気温と人々の健康にどう影響するかを測定できるのではないかと期待している。この研究は将来の料理用レンジのプログラムが家計の要求や行動にどう取り組むべきかについての理解も改善するだろう。

出所：Bond 他 2004; Columbia Earthscape, <http://www.earthscape.org/r1/kad09> (2009 年 5 月 14 日アクセス); Forster 他 2007; Hendriksen, Ruzibuka, and Rutagambwa 2007; Project Surya, <http://www.ramanathan.ucsd.edu/ProjekutSurya.html> (2009 年 8 月 31 日アクセス); Ramanathan and Carmichael 2008; Ramanathan, Rehman, and Ramanathan 2009; Shindell and Faluvegi 2009; Smith, Rogers, and Cowlin 2005; UNEP 2008b; Watkins and Hst 2008.

中国では、バイオマスを使う調理用レンジの技術を改良して普及させるという戦略は同じように成功した。それは革新のシステム的な特性を認識し、革新が主として需要主導型であったからである（ボックス 7.10）。

第 4 章ですでに指摘したように、政府調達は

気候に関してスマートな技術について市場ニッチを創出できるもうひとつの市場プル型の手段であるが、優れた統治と健全な制度的環境を頼りにしている。政府が排水管理や建設、輸送機器、サービスなどといった分野で主要な顧客である場合には、民間の購買の好みは気候に関し

てスマートな革新や技術の採用を刺激することができる。ドイツやスウェーデンではすでに入札の60%以上について「グリーン」基準が盛り込まれている<sup>106</sup>。

管理不可能な気候変動を防ぎ、社会に対する不可避的な影響に対処し、世界の開発目標を達成するためには、既存の技術の普及と新技術の利用に関する国際的な取り組みを大幅に増やす必要がある。炭素回収貯留などの野心的な優先度の高いイニシアティブについては、各国は資源を共同で出資し、リスクを分担し、そして共同R&Dによる学習利益を共有することができる。各国は新しい世界的なファイナンス・メカニズムを創設することも可能である。R&Dへの公的投資の増加を基盤とした「市場プッシュ型」の政策は、私たちの技術的な目標に到達するには十分ではないだろう。そのような政策は、市場プル型の政策と組み

合わせる必要がある。市場プル型の政策は官民両部門に企業家精神と協調に向けたインセンティブを生み出す。又、「市場プッシュ導型」の政策は思わぬところで革新的な解決策を発見する必要がある。

技術進歩が、それを採用する能力が最も低いものの、最も必要としている諸国へ早く届くということの世界全体が確実なものにしなければならない。気候に関してスマートな技術を普及させるためには、すぐに使える設備機器を途上国に輸送する以上のことが必要であろう。すなわち、技術的な吸収能力を強化することが必要である。それは官民両部門の最適な技術を発見、採用、適合、改良、そして活用する能力である。また、貿易や投資という経路を通じて、緩和や適応のための技術のある国から別の国へより円滑に移転する環境を整備することも必要であろう。

「私は自分の描いた絵で、世界中の人たちと指導者にお願いしたい。私たちの太陽をもっとたくさん使うようにすることで地球が暖かくなるのを止めよう。太陽は力強く、きれいで、しかも無くなることはありません…。もし私たちがお願いすれば、毎日の生活のエネルギーにすることができると思います。国や会社は太陽エネルギーを使うのを助けて、科学者は人々がそれを家での生活や道具、機械、工場、自動車用に簡単に使えるようなすばらしい方法を発明するべきです。」

—Laura Paulina Tercero Araiza (メキシコ, 10歳)







## 行動様式や制度がもつ慣性を克服する

適応や緩和に取り組むための多くの政策は既にわかっている。安全な財産権、エネルギー効率の良い技術、市場ベースの環境税、取引可能な排出許可証などはすべて、何十年間にもわたって実験され研究されてきている。しかし、それらの実施は依然として困難であることが判明している。その成功は新しいファイナンスや新しい技術だけでなく、複雑で状況に固有の社会的、経済的、及び政治的な要因にも依存している。そのような要因は通常「制度」と呼ばれているものであり、政策の設計や実施、成果に影響する公式及び非公式のルールのことである<sup>1</sup>。

価値観、規範、組織の取り決めなどは政策変更を困難にすることがある。経験が現在および将来の行動を形成する。個人や組織の行動様式は新たな挑戦に直面している時でさえ変えるのは困難である。また、政治的な伝統が政策選択の制約となる。いくつかの実例をみてみよう。ほとんどの諸国では、政策や規制制度はエネルギーについては需要の管理ではなく、供給の確保を目的としている。汚染が社会的な悪と考えられていない経済においては、汚染に対する税は意思決定者と大衆の両方からの抵抗に遭遇するだろう。また、経済的な利害がエネルギー効率の良い技術の活用を阻害

することがある<sup>2</sup>。

実例は気候変動への取り組みが緊急を要しているという別の側面も示している。気候や技術、資本ストックの慣性に加えて、政策は制度の慣性を克服しなければならない。制度には変更が次第に困難になってゆく傾向があり、ひとたび整備され受容されると、政策の変更や将来の選択を制約することになりがちである<sup>3</sup>。

制度の慣性は気候に関してスマートな経済開発に向けた政策にとって3つの意味をもっている。第1に、制度変更が優先事項でなければならない。その成功は介入策を下支えしている制度的な枠組みの再編成にかかっている。第2に、制度改革は効果がある。気候変動に関する政策の制度的な決定要因に取り組みれば、介入策の有効性と持続可能性が確実になり、ファイナンスや技術が及ぼす影響が最大化し、追加的な開発成果が生み出される。第3に、制度の変化は実現可能である。男女平等を推進し、先住民の権利を認め、財産権を改革し、個人にインセンティブを付与するのは厳しい要求かもしれないが、不可能ではない。このような変化の多くは技術の飛躍的な進展や追加的なファイナンスがなくても完遂できる。より重要なのは、このような介入策の多くは各国あるいは各地方の政策という範疇に入る、ということである。例えば、報道の自由や市民社会の発言権の強化に、気候変動に関する世界的な協定は必要ない<sup>4</sup>。

本章では、気候に関してスマートな経済開発を阻害している制度的な慣性に関して、その行動様式、組織、及び政治の面における決定要因を検討する。先進国と途上国の双方において、このような要因がどのようにして新しい政策の実施とその成功を阻害しているのかを検討する。また、慣性を克服するためには、政府の役割の範囲と質を考慮に入れることが必要であると主張する。まずは個人の精神的な側面から始めよう。

### 重要なメッセージ

気候変動との戦いで成果を上げるためには、ファイナンスと技術の国際的な流通を超えて、気候変動への対応にかかわる心理的、組織的、及び政治的な障壁に取り組む必要がある。このような障壁は人々が気候問題をどう感じ考えているか、官僚がどのように仕事をしているのか、利害関係者がどのように政府の対応策を形成しているのかに由来している。政策を変更するためには、政治的なインセンティブと組織の責任さえ変えることが必要となる。また、世論の懸念を理解に、理解を行動に——自宅から開始することに——転換するためには、気候に関する政策を積極的に売り込むことや、社会的な規範や行動様式にまで踏み込むことも必要である。

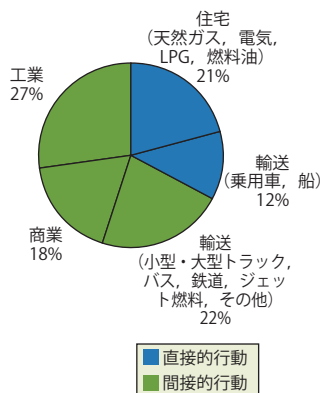


## 個人の行動様式の変化を活用する

人間の行動様式の原動力を理解することが、気候に関してスマートな経済開発に向けた政策にとって必要不可欠である。第1に、消費という無数の私的な行為が気候変動の根源にある。個人は消費者として緩和策を行う能力をもっている。先進国の排出について、その相当大きな部分が個人による決定——旅行、暖房、食料購入などにかかわる——の直接的な結果である。アメリカでは家計が同国におけるCO<sub>2</sub>の総排出量の約33%を占めている。それはアメリカの産業部門よりも、また、中国を除くどの国よりも多い(図8.1および8.2を参照)<sup>5</sup>。家計と自動車にかかわる既存の効率化措置が完全に採用されれば、エネルギーはほぼ30%——アメリカの総消費の10%——も節約することができる<sup>6</sup>。第2に、個人は組織や政治制度におけるより大きな変化を引き起こす。特に民主主義の諸国では、政府行動の多くは市民や有権者による行動への圧力に由来している。第3に、政策の設計と実施に際して、意思決定者は他の個人と同じ精神的なプロセスを適用している。

個人の行動様式に関する議論は、市場メカニズムに焦点を当てている。エネルギーの価格設定や希少資源のコスト計算が改善すれば、個人を炭素集約な消費と決別させて、危機に瀕している生息地を保全し、生態系をうまく管理するように奨励することができる。しかし、個人や集団による消費の動因は価格以上のものである。多くの費用効果的なエネルギー効率化技術は

図8.1 アメリカでは消費者の直接的な行動がCO<sub>2</sub>総排出の3分の1を占めている



出所 EIA 2009; EPA 2009.

ずっと以前から利用可能となっている。断熱材を改善する、漏水を防ぐ、洪水がおきやすい地区の建築を制限するなど、「後悔のない」投資は、緩和や適応を超えた利益をもたらす。それでは、なぜそれらが採用されていないのか？ それは、懸念は理解を意味せず、理解は必ずしも行動につながらないからである。

### 懸念は理解を意味しない

過去10年間、気候変動に対する関心は高まっているが、広範な個人の行動には反映されていない<sup>7</sup>。それどころか、飛行機や自動車の利用、海外旅行、家電製品の使用などは世界的に増えている<sup>8</sup>。

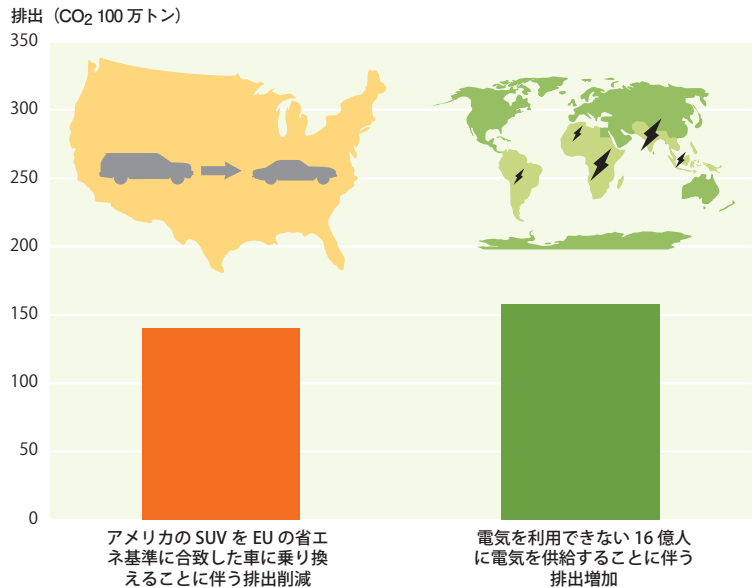
認識と行動はなぜ切断されているのか？ 気候変動に関する懸念は、必ずしもその動因や力学、あるいは必要とされる対応を理解したということの意味するものではない。世論調査によると、一般大衆は気候変動の原因と解決策について混乱したままであることを認めている<sup>9</sup>。一般大衆の態度にみられるこの「グリーン・ギャップ」は、気候の科学の伝えられ方と、われわれの知性による気候の力学についての理解(あるいは誤解)の仕方の一因がある(ボックス8.1)<sup>10</sup>。

標準的な情報不足モデルでは、人々はより多くのことを「知る」と違った行動をすることが前提となっている<sup>11</sup>。人々は気候変動の原因や力学、影響に関しては多くの情報にさらされている。この情報が懸念を高めているのは明らかである。しかし行動には導いていない<sup>12</sup>。なぜか？ 情報は「自由裁量権」という誤った感覚を生み出すことがあり、それがより「現実的な」メッセージと一緒にになると、相反する「無力感」に転じる。問題について前例のない生活と規模を強調することによって緊急性を訴えると、麻痺に帰結することがある<sup>13</sup>。同様に、緩和や適応には多数の利害関係者がいるということを強調すると、解決策は1人の行為者の手には負えないという忠告になってしまい、一般的な無力感と責任の放棄に陥る<sup>14</sup>。これが、気候変動に関する情報が簡単に手に入る先進国では人々が解決策の可能性についてあまり楽観的ではない理由であろう(図8.3)。

行動を起こさせるためには、認識が信頼できる機関からの明確な情報に基づいている必要がある。気候変動の科学が一般大衆に伝えられる際に採られる方法が人々を混乱させることがある。科学的な議論は、理論や発見の検証、その照合検査を通じて進展する。ニュース報道はひとつの極端から別の極端へと向きを変えることがあり、その結果、一般大衆をさらに混乱させている。こうなると人々は、議論は科学的な進歩ではなく、矛盾に満ちた意見の拡散にすぎないと思うようになる<sup>15</sup>。さらにメディアは、「バランスのとれた」記事を提示する必要性があることから、科学的な専門知識や理解を欠いた気候科学への反論を不釣り合いに報道してきている<sup>16</sup>。

迫力のあるストーリーを探しているメディアは、不確実なことを表現する際に科学界が用いている慎重な言葉遣いを避ける傾向がある。すると読み手は、科学的な慎重さが欠けていると同時に力強い主張を含んだメッセージに遭遇する。その主張は、おそらくやがて他の同様の強い口調による主張によって論駁されることになる。このようなことが、受け入れられてい

図 8.2 バランスの見直し：アメリカで SUV から燃費の良い乗用車に乗り換えるだけで、16 億人に電気を供給することに伴う排出が相殺できる



出所：BTS 2008 に基づく WDR チームの試算。

注：推定はアメリカにある 4,000 万台の SUV が、総計で年 4,800 億マイル（1 台当たり年 1 万 2,000 マイル）走行することを前提にした推計値。SUV の燃費は 1 ガロン当たり 18 マイル（約 7.6km/ℓ）なので、年間のガソリン消費量は 270 億ガロン、排出は 1 ガロン当たり炭素 2,421 グラムとなる。EU で販売されている燃費の良い（EU では平均的な燃費で、ガロン当たり 45 マイルの）乗用車に乗り換えると（ICCT 2007 参照）、CO<sub>2</sub> が毎年 1 億 4,200 万トン（炭素は 3,900 万トン）削減される。途上国の貧困家計の電力消費は 1 人当たりで年 170 キロワット時と推計されている。また、電気は 1 キロワット時当たり炭素 160 グラム、すなわち CO<sub>2</sub> で 1 億 6,000 万トン（炭素で 4,400 万トン）という現在の世界の平均的な炭素濃度で提供されるという前提で推計している。世界地図のなかで、電気の記号は電気を利用できない人数に対応している。

る情報源の信頼性を阻害してしまう。原因や影響、可能性のある解決策について大衆（や政策決定者）を混乱させることに加えて、枠組みの多様さは敵対関係を生み出す。そして消費の問題が消費者の問題であるとして特定された時には人々に反感の意識を抱かせ、侮辱されたという感覚さえ引き起こすことがあり得る<sup>17</sup>。こうなると、人々

**ボックス 8.1 気候行動の必要性についての誤ったコミュニケーション**

気候変動に関する報道は、人々を動けなくするという逆効果をもたらす可能性がある。メディア報道や環境団体の気候変動にかかわるコミュニケーションを言語の面から分析した研究によると、気候変動にかかわる破壊的、半ば聖書のような効果をもつ言葉やイメージの襲撃を受ければ受けるほど、人々は聞く耳をもたなくなったり、関心を失ったりするようになる。気候変動を「恐ろしい気象」として描くと、一連の有害な反応を引き起こす。というのは、人々は気象を人間が制御できないものであるとみなす傾向があるからである。人間は防ぐことも変えることもできない。人々は、それに備えるか、適応するか、あるいはそれから逃げ出すか、である。そして、気候変動の長い年表と規模に注目する。するとそれ

は人々に「自分が生きている間には起こらない」、あるいは「どうすることもできない」という考えを抱かせる。

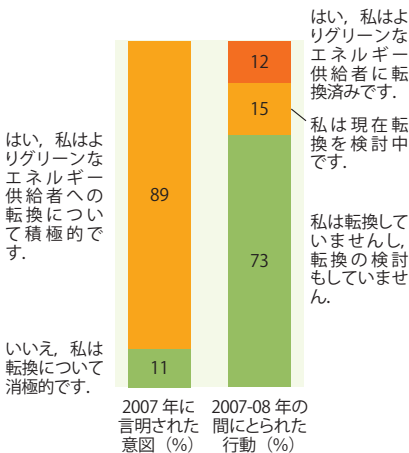
気候変動の規模の大きさを強調しながら、小さな行動（地球を変えることなど）でそれを解決できると説得すると、メッセージの信用性を損なうような一貫性の無さが生じ、人々は行動は無意味だと考えるようになる。典型的な地球温暖化に関するニュース（科学的な証明を要約してから、行動を起こさなかった場合の悲惨な結末を強調し、即座に措置をとるよう駆り立てる）は、人々を予防的な行動など無意味だという考えに導くことがあり得る。

出所：Retallack, S, [http://www.opendemocracy.net/globalization-climate\\_change\\_debate/ankelohe\\_3550.jsp](http://www.opendemocracy.net/globalization-climate_change_debate/ankelohe_3550.jsp) (2008 年 7 月 17 日アクセス)。

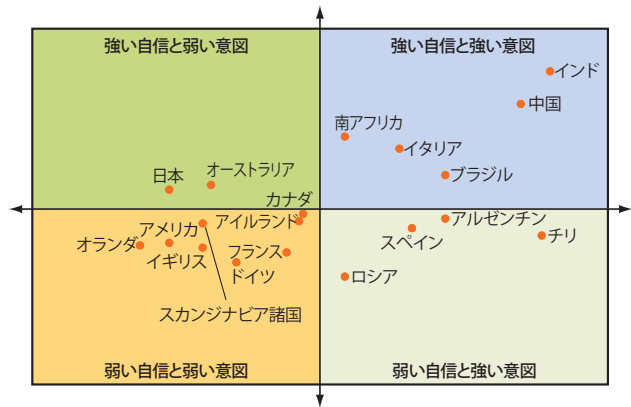


図 8.3 気候変動への対応に対する個人の意欲は国により異なり、常に具体的な行動につながるとは限らない

a. 世界的にみて、行動しようという個人の意図はまだ具体的な行動につながっていない



b. 新興国では、人々は気候変動は解決可能であるという強い確信を持っており、かつ行動を起こす意図も強い



出所：Accenture 2009.

注：The 2009 Accenture Climate Change Survey が、先進国と新興国の合計 22 개국で 1 万 733 人の個人をサンプルとして実施された。サンプルは先進国と新興国の一般的な人々を代表している。パネル a—回答者はもし供給者が炭素排出の削減に役立つサービスを提供するなら、よりグリーンな供給者への転換に積極的かと質問されている。その意図は行動につながっておらず、ほとんどの回答者は従来のエネルギー供給者にとどまっていた。パネル b—アンケート結果に基づいて、各国は自信と意図という 2 つの基準でランク付けされている。自信は個人や政治家、エネルギー供給者が解決策を発見する能力にかかわる個人の楽観度を測定したものである。新興国の回答者は総じて、地球の気候変動問題を解決するために行動をとる人類の能力に関して楽観的である。

はメッセージを受けて行動するのではなく、それを拒否しようという気になる。

懸念から理解への移行における追加的な難題は、心が問題をどう受け止めるか、ということと関係がある。気候変動の力学はさまざまなやり方で、われわれの精神的な受領力を引き伸ばす<sup>18</sup>。心理学の研究は、個人は原因が複数ある問題に取り組むようにできていないことを示している。<sup>19</sup> 単一原因の説明を受け入れることによって問題を単純化すると、今度は個別の解決策を探求し、そして（しばしば存在しない）技術的な特効薬に注目するようになる。われわれの対応に影響を及ぼしている慣性は、ストックとフローの関係という限定された理解に結び付けることが可能である。それが温室効果ガスの濃度や除去、安定化などを特徴付けているものである。最もドラスティックで性急な排出削減でさえ、いっそうの温暖化を阻止することはできない、あるいは短・中期的には適応の必要性を消滅させることはできないという事実は、われわれが戦っているものである。又この事実は、注意深い説明なしには、簡単には理解できないものである（ボックス 8.2）<sup>20</sup>。

理解は必ずしも行動につながらない

知識は、われわれが行動するか否かを決定する心理的、文化的、及び経済的な要因によって形作られた価値体系を通じて伝わる。ここで注意すべき事は、やはりわれわれが非合理的だということではなく、どのように決定を行うのかをよく理解する必要があるということだ。人類としてのわれわれの進化が頭脳の働き方を形作ってきている。人類は次のような脅威に対して行動を起こすことには特に優れている。すなわち、人間の顔に結び付く脅威、予想外の劇的な瞬間的な脅威、人間の健康との間に自明な繋がりがある脅威、道徳的な枠組みを否定し本能的な反応を引き起こす脅威、あるいは最近の個人的な体験を思い出させる脅威、などである<sup>21</sup>。気候変動はゆっくり進展するということや、遅れて起こり、実体無く、統計的であるというそのリスクの特徴は、要するに、人間を行動に駆り立てることはないのである（ボックス 8.3）。

行動経済学は、不確実性下における人間の意思決定の特徴が、適応という自然な直感を制約している、ということを示している<sup>22</sup>。われわれは累積確率（ある事象が一定期間に発生する確率の総計）を過小評価する傾向にあり、そのことに

### ボックス 8.2 気候変動の力学の誤解が無頓着を奨励する

温暖化ガスを抑制する政策に対する支持は、気候変動の力学に関する理解が限定的であることによって阻害されている。実験は、大多数の人々は、問題の基礎をなしている蓄積と流れという性質を誤解している。排出を現在の量に近いところで安定化できれば、大気中の温暖化ガス濃度が安定化して、気候変動を阻止できると考えている。そうではなく、排出の流れは風呂桶に流れ込んでいる水の流れに例えるのが最適である。流入が流出よりも多い限り、風呂桶内の水の量は上昇する。排出が陸上や海洋の生態系によって除去され得る量を

上回っている限り、温室効果ガスの量も上昇する。気候変動が優先課題であると考えている人たちでさえ、蓄積と流れというプロセスに関する誤解のために、様子見の態度をとることを好んでおり、それが気候を安定化するための政策を求める世論の圧力や政治意思を制約している。このような誤解は風呂桶の事例などのような類推を使ったコミュニケーション戦略を通じて是正することができるだろう。

出所：Sternman and Sweeney 2007; Moxnes and Saisel 2009.

よって火災や洪水、地震の被害に遭いやすい地区でなぜ建築が続いているかを説明できる。人々は現状維持を強く好み、ほんのわずかな変更で調整することを好む。明確な反事実がない災害への準備態勢のように、達成度を測定するのが困難な場合には、どうしていいか途方に暮れる。われわれは「近視眼的な意思決定者」であり、将来の事象を大幅に割り引く一方で、空間的及び時間的に近い問題に大きな優先度を割り当てる。例えば、一般大衆は目に見える環境問題（都市の大気汚染）に関しては団結して行動を起こす傾向にあるが、あまり見ることがないもの（種の絶滅）についてはそのようなことはない。個々の人は気候変動のことをより痛切な他の環境問題よりも低い地位にしているのである（図 8.4）<sup>23</sup>。

たとえ人々が完全に合理的であったとしても、知識は必ずしも行動につながらない。「心配の有限性」が既存の情報に基づいて行動することを阻害する可能性がある。というのは、身の安全や住居など基本的な必需品を優先するからである<sup>24</sup>。人々は決定にかかわる市場性而非市場性両方のコストも評価する。核となっている価値体系に異議を唱えるような情報に基づいて行動すること（転居や緩和、あるいは消費パターンの制限に関する要請）に伴う非市場性のコストは高価になり得る。追加的な情報を解釈する、あるいは折り合いをつけるという行為そのものが、まさしく高価である。洪水に見舞われやすい地区に家を建て直し続けるかどうかを決定しなければならない家計にとって、あるいは標高の低い沿岸地帯向けに建築

### ボックス 8.3 リスク認識はどのようにして政策を無効にするのか：洪水リスク管理

リスクに取り組もうという衝動は基本的には影響の大きさと可能性に関係している。

確率の認識と人々が確率を推計する際に使っている方法は誤解を招くことがある。例えば、ある事象がある場所で発生する確率を、その場所がそのような事象が普通に発生するところとの程度似ているかに基づいて評価する<sup>a</sup>。多くの場合、人々は低確率の事象の可能性を過大評価する一方で、高確率の事象の可能性を過小評価する。人々は車よりも飛行機のなかで座っている方が怖いと感じることで悪名が高い（実際には、致死的な自動車事故のリスクの方が大幅に高い）。同様に、津波などの稀な自然災害の方が、高潮などのより頻繁に起こる事象よりも大きな懸念をもたらしている<sup>b</sup>。

これらの行動パターンが農民や政策立案者の間でみられた。モザンビークでは、2000年に洪水が発生した後、政府が再定住プログラムを実施していた際に、農民は（政策立案者よりも）現状維持を好む傾向を示した。農民は往々にして気候要因に適応する行動と悪い結果とを比較考量する。例えば、高地の安全な場所に転居する決定は、その人が生計手段あるいは地域社会を失うことを意味する。早急に強い作物を植え付

ける決定は、もし雨が多くなれば収量が減少する危険性がある。否定的な結果に個人的な責任を負いたくない農民は、新しい選択を回避するだろう。それに対して政策立案者は、否定的な結果を回避すれば個人的に賞賛を浴びることができる。しかしそれは、目に見える行動をとった時だけに限られる。例えば、農民が再定住するまでの期間中に手助けをした場合などである。

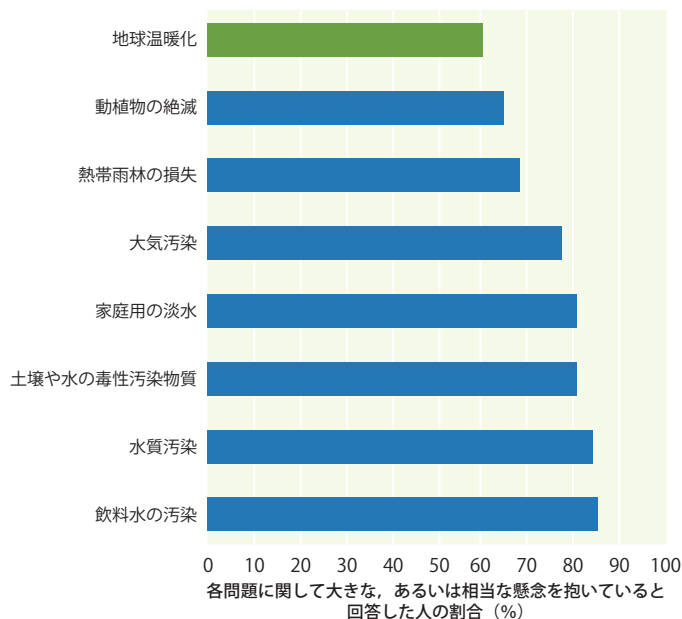
確率をどうみるかは利害関係者によって異なる。モザンビークの首都マプトの政策立案者は、リンポポ川の氾濫原を洪水リスクにだけ結び付ける傾向がある。しかし、そこに住んでいる人々にとって、氾濫原での生活は気候リスク以外の多くの要因によっても規定されている。地元農民との相対比較で、政策立案者は気候関連のリスクを過大評価している傾向がある。リスク分析とコミュニケーションを十分織り込んでおかない限り、リスク認識の違いが政策の設計と実施の成功を邪魔するおそれがある。

出所：Patt and Schroter 2008.

a. Trersky and Kahneman 1974.

b. Kahneman and Trersky 1979.

図 8.4 気候変動はまだ優先課題になっていない



出所：Gallup Poll, <http://www.gallup.com/poll/106660/Little-Increase-Americans-Global-Warming-Worries.aspx> (2009年3月6日アクセス)。

注：回答者は次のように質問された。「これから環境問題のリストを読み上げます。ひとつずつ読み終わったところで、個人的に大いに心配しているのか、ある程度なのか、ほんの少しなのか、あるいはまったく心配していないのかを教えてください」。電話インタビューにより2009年3月5-8日に実施された。サンプルは18歳以上のアメリカ市民1,012人。

基準を策定して実施しようとしている地方公務員にとって、取引コストは膨大になり得る。加えて、緩和と適応の両方は、集団行動を必要とする「人類共通の悲劇」を意味している。特に適応に関しては、非常に多くの場合にこのことが当てはまる。合理的で利己的な個人なら、このような問題の解決に協力することに構造的にマイナスのインセンティブが作用する<sup>25</sup>。このような条件の中での協力は、利益が得られることが明確であることを要求する。しかし、気候変動の影響や対応策がそうでないことは明白である<sup>26</sup>。

行動様式の変更にかかわる障壁を理解するためには、分析の単位として個人ベースの心理的な説明を超えて、社会的な要因が、感じ方や決定、行動にどう影響するかを把握する必要がある。人々は当然ながら、自分の価値観やイデオロギー的な信条を否認する情報には抵抗し、それを否定する傾向がある。これには自由や消費の権利だけでなく、帰属感や一体感に挑戦する情報も含まれる。それに由来するニーズや優先度の概念は社会的及び文化的に確立している<sup>27</sup>。これが環境問題の認知は通常は富とともに高ま

るのに、気候変動にかかわる懸念がそうではないことの原因かもしれない(図8.5)<sup>28</sup>。所得(およびCO<sub>2</sub>排出)が高い人(および国)は、低水準の消費や生活スタイルへの変化を連想させる解決策に伴う潜在的なコスト負担を回避するための方法として、地球温暖化を無視しているのかもしれない<sup>29</sup>。

人々は不愉快でないように情報を構築したり再構築したりするが、それが社会的に組織化された否定の戦略につながり、社会や政府がどう気候変動を解釈し、対応するかを形成する<sup>30</sup>。気候変動に関する標準的な記述の変遷がその一例を示している。1人当たりの排出ではなく各国の排出に焦点を当てることによって、排出量の多い国以外に住んでいる人々は自分の責任を最小化し、行動を起こさないでいることを合理化することができる。国際的な

対応の必要性というドラスティックな呼びかけは、いずれにしても国内的な行動が要求されるという事実を軽視する傾向がある。また、力学や影響に関する不確実性は行動を起こさないことを正当化するために誇張されることがある。

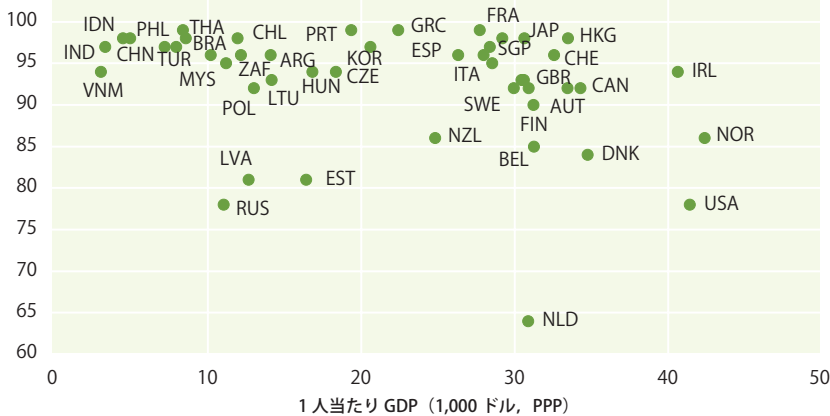
このような形の否定は抽象的ではなく、気候政策に限定されるわけでもない。同じようなプロセスは日常的な意思決定のさまざまなレベルで作用しており、それに取り組むことが、HIV/エイズの広がりや一般的な水・衛生関連の疾病の発生の削減など、極めて重要な開発の課題を解決するための一環であるといえる。否定は異常ではなく、管理不可能で不愉快な事件に直面した個人や地域社会が採用した対応戦略であると考えられる必要がある。変化に対する抵抗は決して単なる無知の結果ではない。それは物質的、及び文化的な価値観に基づく個々人の主観、要求、欲求から派生してきているのである。

#### 行動様式の変化を奨励する

政策立案者は行動にはこのような障害があることを認識した上で、政策選択をそのように取り扱

図 8.5 気候変動に対する懸念は富の増加に伴って低下する

気候変動は深刻な問題であると考えている回答者の割合 (%)



出所：Sandvik 2008.

注：地球温暖化に関する一般大衆の懸念が気候変動は深刻な問題であると考えている回答者の割合に基づいて表示されている。これは地球温暖化に対する消費者の態度について ACNielsen 2007 が実施した調査に基づいている。46 力国の回答者は地球温暖化はどの程度深刻な問題であるかと考えるか（1 から 5 の尺度で）について質問された。母集団は地球温暖化について聞いたことがあるか、あるいは読んだことのある回答者。

う必要がある。ここでは、コミュニケーション、制度的な措置、社会的な規範という 3 つの政策分野を取り扱う。

**情報からコミュニケーションへ。** これまで実施されてきた情報、教育、及び認識の向上は、良く言えば人々を行動に駆り立てるには十分ではなく、悪く言えば逆効果であった。気候変動に関する情報を提供するには違ったアプローチが必要である<sup>31</sup>。第 1 に、気候変動を伝える際には、情報主導型のアプローチを聴衆中心型のアプローチへ変更しなければならない。科学者とメディアは

ともに協働して自分たちのメッセージの重要性を高める必要がある。第 2 に、エイズ予防など他の政策分野におけるのと同じく、この変更はコミュニケーションに対するマーケティングの手法を伴っているべきである。そこでは、個人は単に受動的な情報の受け手ではなく、原因と解決策の両面で能動的な行為者であるとする（ボックス 8.4）。

コミュニティのメンバーとしての個人——管理不可能な大きなグループの無力なメンバーではなく——を対象にした良く設計されたコミュニケーション・キャンペーンは、行動に向けて力を与え

#### ボックス 8.4 カリブ海諸国では地滑りリスク削減のために地域社会が徹底して関与

脆弱な諸国向けに地滑りのリスクの削減を真に実現する新しい方法が MoSSaiC によって実験された。これは東カリブ海諸国におけるコミュニティの傾斜地管理の改善を目指したプログラムである。MoSSaiC は地滑りのリスクの削減に向けて、低コストで、コミュニティ・ベースのアプローチを発見して実施する。コミュニティの住民は表流水管理によって地滑りリスクを削減する選択肢を評価する前に、排水問題があると思われる場所を指摘する。どんな活動をするのだろうか？あらゆる形の表流水（屋根水、家庭雑排水、雨水の陸上の流れ）を管理する、浅い地下水の状況をモニターする、低コストの排水システムを建設する、などである。すべての仕事はコミュニティの請負業者に入札で与えられる。このような徹底したコミュニティの関与を受けて、高リスクの傾斜地における表流水管理の企画や実施、維持に関してコミュニティの参加が促進される。政府やその機関によって与えられたもの

ではなく、コミュニティが主体性をもつプログラムが生まれる。

MoSSaiC はコミュニティに雇用とリスク意識を提供することによって地滑りのリスクを削減し、他のコミュニティにプログラムを適用する際には参加型アプローチを採用した。このプログラムが示唆しているのは、災害の緩和に関するコミュニティの考え方を変えると、気候リスクに関するコミュニティの意識を高めることができるということである。また、プロジェクトの投入と産出の間にフィードバックの環が確立されて、資金の 80%以上がコミュニティのなかで支出された。さらに、コミュニティと政府はリスクの認識、投入、具体的な産出の間で明確な結び付きを確立することができた。

出所：Anderson and Holcombe 2007.



### ボックス 8.5 気候変動に関する情報の伝達

ある問題がどのように形成されているのか——情報を伝達するのに使われている言葉や比喩、イメージなど——が行動を決定する。主張を判断し、そしてそれを受け入れるあるいは拒否する際、問題の枠組みは心に深く抱いている世界に対する視点や広く受け入れられている仮定、文化的なモデルを喚起する。もし事実が枠組みに合わなければ、拒否されるのは枠組みではなくて事実の方になる。

そのような理解をベースにすると、ある原因に対処するには、支配的な議論を繰り返すか打破するのか、それとも、違う考え方を喚起して代替的な選択を促進するために、違った概念や言葉、イメージを使って問題の枠組みを作り変えるのか、いずれが最適なのかを決定することができる。

このアプローチを気候変動にかかわる情報の伝達に適用すると、それは次のようなさまざまな形をとり得る。

- 問題を責任や管理、才能、ビジョン、創意工夫といった

より高い価値の中におく。

- 緩和のための行動を新しい思想、新しい技術、先見性、機敏さ、遠謀、バランス、効率性、慎重な配慮などに開するものとして特徴付ける。
- モデル、類推、あるいは比喩を単純化して、地球温暖化に関する大衆の理解を助ける。それは情報を理解し、適切な論理を設定するための親しみやすい喩えである（「温室効果ガスの影響」という代わりに「熱の罨」と呼ぶ）。
- 問題の原因が人間にあることと、それに取り組むための解決策が存在することを強調し、人間は今や問題を阻止するために行動を起こすことができ、そうすべきであることを指摘する。
- 解決策の存在と有効性を先に伝える。

出所：Loerenzoni, Nicholson-Cole and Whitmarsh 2007.

ることができる。このような取り扱いをすれば、グローバルな現象を個人的に関係がある直接的なものにし、解決策に関して地方および個人の主体性を強調するのに役立つだろう。混乱と大衆の反発を回避するためには、企業と政府は「グリーンウォッシュ」——公には気候変動の現実について同意することと、それについては何もしないことのギャップ——を制限することが重要である（ボックス 8.5）。

議論を呼んでいるのは、有効な政策立案にとって、気候変動のような複雑な問題について大衆が詳細に理解するということが適切かどうか、さらには必要かどうかという問題である。その答えは否である、あるいはすくなくとも常に適切でないし必要というわけではない。政策立案の多くは世論がまったく無視している専門的な事項に基づいている。自分が買って食べている、あるいは生産して売っている食料の価格に影響する貿易政策の複雑さを理解している人はほとんどいない。関与を必要とする場合には、他の手段によるのが普通である。

にもかかわらず、情報と一般の認識を不必要であるとして軽視するのは誤りであろう。最近の研究は、情報は世論が負担を強いられる措置を支持するための鍵を握っている、ということを強調している。人々の消費決定に関するより多くの正確な情報を提供する——例えば、炭素のラベリング

やスマート・メーターを通じて——ことの利点は、ずっと以前から証明済みである。アメリカにおけるある世論調査は次のことを見出した。すなわち、世論が排出権取引制度に関して否定的な感じ方をしている主要な要因のひとつは、追加的なコストを恐れているからではなく、その有効性に関して知識が限られていて、それが一般の信頼を損なっていることである<sup>32</sup>。同様に世論が、環境税は単なる増収の手段ではなく、行動を変えるためのひとつの方法であることをひとたび十分理解すれば、環境税に対する反対も減少するようになる<sup>33</sup>。

**制度的な措置。** 気候政策にとって重要な問題は、コミュニケーション以外では、前向きな行動に対する社会的及び心理的な制約を考慮に入れた介入策を設計することである。有効な適応の介入策は、意思を決定する際の個人の取引コストを削減し、入手可能な情報にかかわる主体性を強める必要がある。そのためには、適応戦略は、コミュニティがもっているリスクに関する考え方や脆弱性、能力を熟知していなければならない（ボックス 8.5 参照）。そこでは、国および地方の防災体制に対する参加型の自己評価や適応の企画、緩和の制度化が役に立つだろう。

将来の価値を割り引くという個人がもっている傾向を制限することは、行動を起こすということ

### ボックス 8.6 学校カリキュラムに気候に関する教育を組み込む

行動様式の変化を促すには教育が役に立つ。フィリピンでは、大統領が2008年に国家環境認識教育法に署名した。これはあらゆるレベルの学校カリキュラムにおける気候変動教育の統合を促進するものである。レバノンの1998年の教育改革は、気候変動を含む環境に関する研究を科学、公民、そして地理の授業に取り入れた。アメリカの環境保護庁は2006年に高校生向けに気候変動ベースの教育基金を創設して、排出の一覧表を計算できるようにした。2007年カナダの諸州は学校カリキュラムに気候変動を含めることを明言した。オーストラリアは第3回国別気候変動報告書に基づいて、気候変動教育を促進するために支援を提供し、教材を開発している。オーストラリア温室効果防止局が開発した学校教材キットはこれ

の一環である。

気候変動教育を学校の教科に取り入れるということは第一歩にすぎない。気候変動が提起する複雑な問題に取り組む新しい専門家組織を育成することも同じく重要である（第7章参照）。最後に、変化を円滑化するためには教育された市民が必要不可欠である。ある研究によれば、学生や一般大衆は気候変動や温室効果、オゾン層破壊などの諸側面を誤解している<sup>a</sup>。このような欠陥に対処するためには、一般大衆が気候変動に関してもっと正確かつ体系的に情報に通じている必要がある。

出所：Hungerford and Volk 1990; Kastens and Turrin 2006.

a. Gautier, Deutsch, and Rebich 2006.

に関して注目すべきもう一つの領域である。将来を割り引くというのは生まれながらの精神的な傾向ではあるが、それは社会的な特性と外圧に応じて異なっている。信用や保険へのアクセスが限定的で財産権が弱い農民の場合、割引率が高く、また、割引率が高いほど、個人の森林伐採に対するインセンティブが高くなるという証拠がペルーで得られた<sup>34</sup>。信用の利用や財産権を改善する制度改革は、割引という内的な行動の誘因に影響を与えることができる。教育も同様である（ボックス8.6）。

同じく、先払いの必要があるコストに直面しているが、長期的には利益が得られる（エネルギー効率化投資から得られるものなど）という個人や企業に依存する介入策は、税還付や補助金という形でただちに利益を提供することを検討すべきである。民間の行為者に長期的な政策の方向を伝えることも有益である。2007年に実施された企業経営者に対する国際的な調査は次のことを明らかにした。調査の対象者の81%は、政府は明確で長期的な政策シグナルを提供する必要があると信じており、そのことは企業が変化の機会を見付け投資の計画を立てるのを助ける<sup>35</sup>（政府が長期的な方向性についてシグナルを出す方法は以下で説明する）。

気候政策は地方の、目に見える、私的に確保できる結果を好むという個人の傾向に従うべきである。緩和行動はグローバルで広がりのある利益を生み出すが、適応措置の直接的な利益はただちに明らかになるかもしれないし、そうは

ならないかもしれない。これは検討対象となっている気候事象の種類や変化の速度によって異なるだろう。一般大衆の多くはこのような利益を遠く離れた不確実なものと考えられるかもしれない。適応と緩和の両方の直接的な利益と相乗利益を明確に伝えることが制度の役割である。特に人間の健康という人々を動かす問題にかかわる利益を強調すべきである。

費用便益を分析するツールを改善すれば、官民の意思決定者に、より決然とした行動をとるよう促すことができるだろう。エネルギー効率化プロジェクトにかかわる費用便益の推定は、往々にして非エネルギー部門の相乗利益を含んでいない。これは空気と水の清浄化に伴う公衆衛生上の利益、場合による建物入居者の快適性増大、労働生産性の向上などである<sup>36</sup>。化石燃料から再生可能エネルギーに転換すれば、雇用を創出することができる<sup>37</sup>。製造業の事例研究は、このような利益はかなり大きく、時には省エネの金額に相当することさえある、と結論づけている<sup>38</sup>。したがって、投資回収期間は大幅に短縮されるため、投資のインセンティブが改善するだろう。同様に、炭素税ないしエネルギー税からの収入を取り分けておけば、緩和による利益の可視性を高めることができる。財政における取り分けは経済的には非効率であるとされているものの、新しい税の政治的な受容性を高めることができる。世論はお金がどこに流れているかがわかるからである。

**社会規範。** 社会規範とは、ほとんどの人々が承

認している行動様式のパターンであり、自分の行為の適切さを評価する時に使う基準である。社会規範は、人間の行動を形作る際に総じてかなりの低コストで社会的に望ましい成果を達成することができる。人々は社会的に是認される形で行動し、先導する他人に従いたいと思っている、というのが基本的な考え方である。特に他人の数が多くて、そのだれもが同じようだと考えられている場合には、そうしたいと思う。

社会規範は不確実性という条件下では特に強い影響力をもつ<sup>39</sup>。どのように行動すべきかについて手がかりを探している場合、人々は他人がしていることを頼りにする。社会規範に基づく環境に配慮した行動の呼びかけの方が、伝統的な説得よりも優れている。「ゴミを捨てるな」というのが一例であろう。

気候関連の事例としては、カリフォルニアの住民に関する心理実験が指摘できる。これは社会規範がエネルギー消費に及ぼす影響をテストしようとしたものである<sup>40</sup>。家計エネルギー消費の平均値が、請求書を通じて高消費家計グループひとつと低消費家計グループ2つに知らされた。これが社会規範を設定したことになる。低消費家計グループのひとつは、自分たちのエネルギー消費に対して、そのエネルギー足跡を承認する肯定的な評価（笑い顔）を受け取った。高消費家計は不承認を示唆する否定的な評価（悲しい顔）を伴った請求書を突き付けられた。その結果、エネルギー多消費の家計は消費を削減し、少消費の家計は平均より低い消費水準を維持した。第3のグループ——当初は社会規範にされていた低消費の家計であるが、自分たちの行動に関して肯定的な反応がもらえなかったグループ——は、平均に達するまで消費を増加させた。エネルギー利用の削減に熱心なアメリカの公益事業会社は、シカゴやシアトルを含め、10大都市圏でこのアプローチを採用している。

社会規範の力を利用することは、行動様式とその意義の可視性を高めることを意味する。現在のエネルギー消費に影響している個人の決定や行動は、一般大衆はもちろん家族や友人といった限られた集団に対してさえ、ほとんど眼に見えない。このような場合、人間の行動は交通規制の順守な

ど、行動の変化や順守がもっと目に見える場合に通常作用する互恵や仲間の圧力、グループ行動のパターンから利益を享受することができない。

協力に関する研究も同じ結論に至っている。他の行為者の行動に関する情報が入手可能でない限り、人々は協力しない傾向がある<sup>41</sup>。ある河川流域内の農民は、自分たちの水利用だけでなく、仲間が設定した標準を自分が下回っているのか上回っているのかについての情報も受け取るべきである。洪水が起りやすい地区の住民に、同じ地域社会の他人が防御措置を素早く採用しているのを見せることによって、彼らに防御措置の採用を促すことができるだろう。逆に、あまりに多くの人々が依然として基本的なエネルギー効率化措置をとっていないということを強く示すと、おそらくそういう措置の採用が増えるのではなく、むしろ減るだろう。

社会規範は規制、税制、価格設定など伝統的な政策のアプローチや措置を補完することができる。グループ行動について考えれば、このような措置の影響を改善することができ、さまざまな手段を組み合わせる機会を開拓することにつながる。しかし、経済的なインセンティブに基づく政策のなかには、社会規範の効果を弱めてしまうことによって、有益どころか有害な影響をもたらすものもある。汚染ないし排出に価格を設定すると、公正な負担をする限り汚染してもかまわない、という印象を汚染者に与える可能性がある。同様に、規制の執行が悪いと、あるいは、正式なルールでも必ず逃れられるという受け止め方があると、より利己的な行動の方が有利になって、協力を弱めかねない<sup>42</sup>。

社会規範についてのさらに過激な主張は、社会規範の進歩の代替的な変数に焦点を当てている。例えばそれは、消費から切り離されている福祉という考えへの転換を強調している<sup>43</sup>。また、グリーン税などの手段に対する政治的な反対は、税還付制度を通じて克服することができる。例えばスウェーデンでは、発電業者の一酸化二窒素排出に対する非常に高率の課税が政治的に受け入れられているが、それは税金が発電量に応じて業者に完全に還付されているからである<sup>44</sup>。

このような措置が気候政策の成功を確かなもの

とするのに十分でないことは明らかである。しかし、必要であることが明確になる可能性はある。緩和と適応に向けて行動様式の変化を促すためには、追加的な情報や資金提供、技術の提供以上のことをしなければならない。伝統的な措置は、多くの場合代替的な介入策によって低コストで補完することができる。行動様式にかかわるこのような社会的及び心理的な動因を、適応と緩和にとって単に障壁として取り扱うのではなく、政策立案者はそれを用いて、より有効で持続可能な政策を策定することができる。

### 国家を再び持ち込む

過去30年間、エネルギー研究などの気候変動にとって鍵となるさまざまな領域で、国家の役割が削減されてきた。直接介入の後退は、「政府」から「統治」への転換と、民間部門の舵取りをしながら権限を与えるという国家の役割の強調と同時並行的に起こっている<sup>45</sup>。このような一般的な動きは複雑な事情を覆い隠している。20世紀のヨーロッパはさまざまな形態や程度の国家資本主義を経験した。中国を含む東アジア諸国の台頭は、「市場を統治する」ことにおいては、国家が卓越しているということを示した。これらの国は、加速化する発展の最も優れた例を示している<sup>46</sup>。ごく最近、2008年の金融危機は規制緩和と無規制の市場には落とし穴があることを示し、国家を呼び戻すことを強調する意見を生み出すことになった。

気候変動は、その原因となっている次のような複数の市場の失敗に取り組むために、公的な介入を必要としている。価格設定、研究と技術開発、世界全体や国、地方の調整と集団行動などにかかわる失敗である<sup>47</sup>。公共財の提供者かつ外部性の是正者として、政府はこのような市場の失敗に取り組むことが期待されている。しかし、そこには政府介入を行うことにより具体的な理由がある。

第1に、気候変動の解決において民間部門の役割は極めて重要ではあるが、それを過大評価するのは賢明ではないだろう。1980年代から90年代にかけて、主要な投資プロジェクトについて

民間部門の貢献を求める熱意があったにもかかわらず、インフラへの民間の参加は限定的にとどまっている。気候変動の緩和と適応に必要とされる追加的な投資とファイナンスは民間部門からくると期待されるが、政府の政策と措置が基本となるだろう<sup>48</sup>。加えて、エネルギー提供者や電力会社は、通常は政府所有か政府規制下の私的企業である。発電設備の構成を変更するためには、補助金や先行的な固定資本投資が必要となる可能性がある。企業には、確かにエネルギー効率化への投資から得られる魅力的な収益率を確保したいという意思があるものの、第4章で検討したように、市場障壁の存在を考えると、政府の行動が必要となる公算が大きい。新しい技術（例えば、低排出の自動車や太陽光発電など）のコストが高いということが需給を制約している場合、市場を拡大させるためには一連の政府による奨励策が必要になるだろう。

第2に、緩和と適応はともに公共支出を増加させる可能性がある。排出権の競売ないし炭素に対する課税は収入を生む。支出を横ばいに維持するためには、政府は複雑な税還付を行うか、あるいは完全な収入のリサイクルを行う必要がある。しかし、財政赤字を抑制しながら、適応や新しいエネルギー・インフラ向けに新たな公共投資に資金提供するための現金を探している諸国では、そのような財政の中立状態は贅沢とみなされるだろう。第7章で強調されているように、政府は研究や開発、実証面ですでに重要となっている役割をさらに拡大する必要がある。政府は市場が過少供給に陥りやすい広範な社会的利益（リスクを伴うエネルギー R&D）をもたらず投資を補助するか、あるいは社会的に有害な行動に課税するか、またはそれを規制することによって、動機を変更することができる。

第3に、異常気象の頻度と強度が大きければ大きいほど、政府に対して保険機能の向上を求める圧力が大きくなるだろう。第2章で指摘したように、保険市場は今のところ気候のリスクを精査することしかできない。先進世界の保険制度は、日本やアメリカの沿岸地帯、上位中所得国であるカリブ海の島々、北ヨーロッパの氾濫原における災害の増加ですでに目いっぱいになってい



る。気候変動は保険適合性の問題を悪化させるものと予想されており、民間保険制度と公的保険制度の境界を再交渉する必要がある。政府はより多くの人口とより多くの損害について、最後の保険になることを求める圧力に直面するだろう。それと並行して、保険によって人々に悪い選択をさせるモラル・ハザードにも取り組む必要があろう。

第4に、政府は特に適応をめぐる、知識と学習の出発点としての機能を拡大しなければならないだろう<sup>49</sup>。第7章で主張したように、そのためにはR&Dの増加と技術革新のためにより有効な市場が必要になるだろう。さらに、気象サービスから気候サービスへの転換、さまざまなレベルに情報が行き渡るのを監督すること、各国政府が相互に学び、政策を自国の状況に適合させるために、政策を学習する場として国際的なレジームや組織を活用することなども必要であろう。

第5に、政府は政治的な正当性の主要な受託者として、民間部門の舵を取り、コミュニティの行動を円滑にし、適応と緩和にかかわる意思決定と行動について最適な分権化を確立することが期待されるようになるだろう。舵取りに加えて、政府は「確実に」機能することが期待されるようになるだろう。それは規制や課税、長期計画、コミュニケーションなどを新たに強調することを通じて、目標が達成されることを保証するということである<sup>50</sup>。

以上のどれひとつとして、国家の規模は拡大する必要があるということの意味するものではない。政府の規模は常に公共財の提供の改善と連動しているとは限らない<sup>51</sup>。そうではなく、気候変動への取り組みにおいて政府が失敗した場合のコストも大きくなると第2章で指摘したように、それは再編の問題である。このような課題に立ち向かうためには、政府の目的や計画を広げて、政府介入の種類や範囲、質を拡充することが必要であろう。

#### 気候に関してスマートな政府に向けて

もし政府が気候変動に関する課題への取り組みに成功したいのであれば、自らの運営の仕方を見直す必要があるだろう。関心が、気候変動の原因や影響を発見することから対応策を策定すること

に移っているなか、政府機構は再編が必要となるだろう<sup>52</sup>。

ほとんどの諸国においては、単一の政府機関だけでは気候変動政策を制御することはできない。関連する権限や責任、地盤はさまざまな省庁に分散されている。にもかかわらず、炭素予算を執行できる能力をもった機関を擁している政府はほとんどない。さらに、気候変動の影響と必要とされる対応策の時間枠は、選ばれた政権の時間枠をはるかに超えている。また、官僚機構は学習が迅速であるとはいえない<sup>53</sup>。気候変動が公的政策の領域としては新奇であることや、行動には緊急性があることから、政策立案者はある程度の失敗に備えておいて、そこから学ぶ必要がある。文献では、このような問題は組織における行動の不履行の主因として以前から認識されている<sup>54</sup>。

政府の有効性は、適応への資金提供の影響力を活用するにあたって最も重要になるだろう。第6章で指摘したように、今日の適応行動のほとんどは、単独でつながりのないプロジェクトを通じて実施されている。細切れの適応ファイナンスは、企画や開発プロセスの主流化や規模拡大を阻害し、受領国と提供国の双方にとって取引コストを押し上げる。さらに、政治家や政府官吏の時間と関心を国内の優先課題から援助関係の活動を管理することに逸らしている。適応に必要な何百億ドルという資金は、そうでなくても限られた途上国の吸収能力に追加的な圧力をかける懸念がある。適応の支援を最も必要としている途上国の多くは、資金調達を管理し吸収する能力が弱い。資金を管理する受領国の能力が限定的な場合、提供国は資金に対する支配を強め、プロジェクト・ベースの方式を主張するため、当該国のシステムにいつそう緊張を与えて、能力の低下、資金不足、細分化という悪循環につながる<sup>55</sup>。

#### 中央政府の能力を高める

政治的指導者が積極的な関心をもって、官僚や世論、海外の利害関係者の心をついにすれば、国は前進することができる。逆に、指導者が行動を起こさなければ、国は後においていかれる。これはまったく驚くに当たらない。意思決定者は個人であり、個人が意思決定を誤れば、政府を含む組

### ボックス 8.7 中国とインドにおける気候変動のための制度改革に向かう道

中国は、気候変動政策に対する責任が政府活動の周辺から政府の核心へどのように動いてきたかを示している。政府は当初 1990 年に、気候変動に取り組むために特殊機関を設立した。問題の実際性と部門をまたがるという特徴を認め、1998 年に気候変動に関する国家調整委員会を設立した。

同委員会は 2007 年に気候変動に取り組む国家主導グループに改編された。首相を長とする主導グループが、メンバーである政府内の 28 のユニットにおける 28 の戦略や政策、措置の調整を図っている。2008 年の政府改革を受けて、主導グループの事務局は国家開発改革委員会のなかにおかれた。同委員会は意思決定のために科学的な情報を提供する専門家委員会の支援を受けながら、気候変動に関する総合的な仕事を遂行している。

インドは途上国としてはもうひとつの実例である。気候変

動評議会は首相が議長をつとめている。気候変動に関する国家行動計画を策定して、その実施の監視を担当している。同計画には次の 8 つの国家使命が盛り込まれているが、それは部門別の省庁を横断するものである。それは、太陽エネルギー、エネルギー効率性の向上、持続可能な生息地、水の保全、ヒマラヤ生態系の保持、「グリーンなインド」の創出、持続可能な農業、気候変動のための戦略的知識基盤の創設、である。国家行動計画のビジョンは、化石燃料から非化石燃料と再生可能エネルギー資源への漸進的な移行を目指すというものである。

同様の制度改革措置が先進国と途上国の両方を含む他の多くの諸国でもすでに採用されている。

出所：WDR チーム。

織の動き方に影響を及ぼす<sup>56</sup>。しかし、指導力というのは単なる個人の問題ではない。それは制度的な問題でもあり、気候変動に関する責任や調整、説明責任がどのように組織化されているかとも関係がある（図 8.6）。

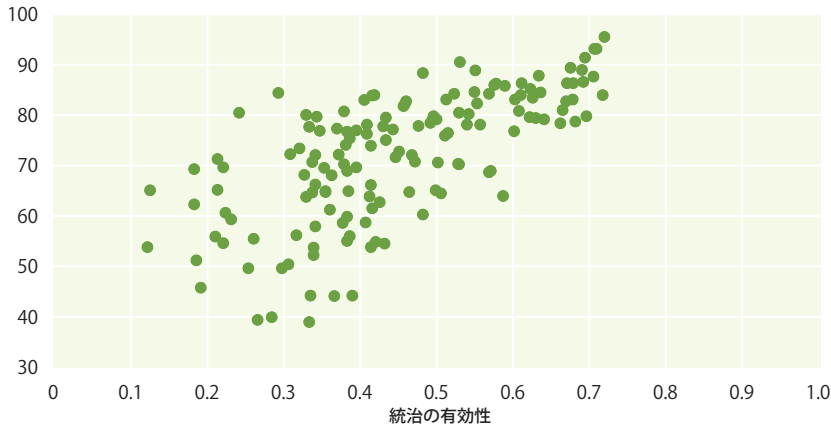
**気候変動にかかわる責任を割り当てる。** ほとんどの諸国では、気候変動は依然として環境省の管轄とされている。しかし、気候変動政策は環境保護の境界を超えて他の領域にまで広がり、貿易、エネルギー、輸送、財政政策などを含む。通常は、環境庁は財務や通商、経済開発などを担当する省よりも弱い。財源が少なく、トップの大臣に

は若手政治家が就任する傾向にある。

気候に関する権限の割り当てに単一の処方はないものの、責任を再統合することが鍵となる（ボックス 8.7）。官僚機構を統合すれば——予算の独立性、専門的な人員、法律を提案及び執行する権限などに基づいて——、権限を集中して、行動しないことにつながりかねない責任の分散を回避することができる。上級閣僚が率いる省レベルの機関を創設すれば、あるいはすでに創設されている重要な機関の計画に気候政策を盛り込むことができれば、それは官僚機構の統合に向けた流れの証といえる。

図 8.6 有効な統治は優れた環境パフォーマンスと両立している

環境パフォーマンス



出所：Kaufman, Kraay, and Mastruzzi 2007; Esty 他 2008。

注：環境パフォーマンスは環境パフォーマンス指数 (<http://epi.yale.edu/>) で測定。統治の有効性は 0 から 1 の範囲であり、統治指標を対数変換して算出。同指標は 1996-2007 年について 212 カ国にかかわる「世界統治指標」のデータベースに基づく。これは高所得国と途上国における多数の企業や市民の意見と専門家を対象にした調査結果を組み合わせたものである。

**統合と機関相互間の調整を円滑化する。** 官僚機構の統合は重要であるが、それだけでは十分ではない可能性がある。また、単なる別の機関の創設がかえって逆効果になることもある。政権全体としての政策の一貫性を保つためには、気候に関する企画を政府全体にわたって統合する必要がある。ここで挑戦すべきことは、政府機能の典型的な細分化と、多面的な問題に縦割組織で対処する傾向である。統合するためのアプローチには、各省庁に気候ユニットを創設して、それを緩和と適応のために国および地方レベルでの部門別計画によって補完することが含まれる。関連する公的機関——公衆衛生、エネルギー、林業、土地利用計画、及び天然資源管理などに従事しているもの——は使命の修正に加えて、主導的な気候変動機関の指揮下で仕事を調整することができる。この種の調整が実現するためには水文気象サービスの役割を再検討することが必要になるだろう（第7章）。

調整を行う新しい機関——気候をエネルギーなどすでに認識されている重大な問題に関係付けている気候変動に関する閣僚委員会、あるいは主導的な省庁が議長をつとめる省庁間調整委員会——は、政府内の各所で気候変動を担当している官吏を一堂に会することができる。気候政策の調整は総理大臣の所轄にすることもできる。例えば、総理官邸内に諮問機能を創設するという方法が考えられる。

統合と調整の両方について、関心は特に政策と戦略の策定に向けられるべきである。第4章で示したように、多くの諸国のエネルギー政策は、市場改革や価格設定、エネルギー部門への競争の導入、そして消費者に対して低価格と信頼できる供給を提供するために規制機関を創設することを強調している<sup>57</sup>。ごく最近まで、緩和はエネルギー政策にとって主要な関心事に近いものでさえなかった。気候変動対策の優先度が政治的な活動計画のなかで高くなるのにしたがって、エネルギー担当機関の使命とそれを導く政策や戦略は修正されて、中核的な責任として低炭素供給とエネルギー効率化を含むようになるだろう。

戦略の文書化は適応活動の調整を高めることができる。後進開発途上国の国別適応行動計画(NAPA)を考えてみよう。技術的な優先課題を

策定する作業として生まれたNAPAは、各国固有の影響を決定し、多種多様な機関とさまざまなレベルの政府に加えて、企業や市民社会での行為者といった広範な支持層を巻き込むことによって、各国に適合した対応策を設計している。この意味で、NAPAは適応を政府の優先課題の中心におくための制度的な枠組みを提供することができる。しかし、その戦略的な機能を強化するためには、海外の国際的な利害関係者の関心をさらに喚起する必要があるだろう（ボックス8.8）。

**政府の説明責任を補強する。** 説明責任の方針が明確でないと、政府は具体的な政策上の問題への対処に失敗する可能性がある。問題の性格、あるいは制度的な欠陥がその原因となる。自然災害への対応を考えてみる。異常気象に定期的に襲われる国でない限り、通常政府は災害防止や対応策を政策の方針に含めていない。政府が（災害防止のために）とろうとしている措置の中には一般大衆が知ってさえいないものがあり、指導者はそのような措置について精査や報奨、制裁を受けることはありそうもないと思っている。もし努力と結果の関係が一般大衆にとって明確でないならば、政府としては行動の明確な誘因を欠くことになる。

気候政策にかかわる政府の説明責任は、担当機関に中核的な政府省庁——財務省や首相など——に対する説明責任をもたせるとともに、政府全体に議会や世論、自律的機関などに対する説明責任を負わせることによって高めることができる（ボックス8.9）。議会は、公聴会の実施、実績の監視、世論の教育、政府に対する気候の目標や政策、達成度についての定期的な報告の義務付けを行うことができる。気候にかかわる政策や目標を法律で規定すれば、政府の説明責任を強化し、政府の短い時間枠を越えた行動の継続性を保証する有力なツールになる。専門家による独立的な諮問機関は政府に対する提言や、議会への報告を行うことができる。

### 地方政府の行動を活用する

地方や地域の政府は、排出源や気候変動の影響を受ける現場に近い政治的及び行政的な空間を提供している。国家政策の実施と明確化を担当して

### ボックス 8.8 国別適応行動計画

国別適応計画（NAPA）は、後進開発途上国による最も重要な国家的な取り組みであり、気候変動への対応に関する優先的な分野を特定することを目的としている。NAPAは3つの批判を受けている。第1に、NAPAのプロセスは多種多様な諸国を横並びにして、固有に必要とされている適応策に関心を払わずに同じようなプロジェクトを実施している。第2に、適応プロジェクトの多くは標準的な開発プロジェクトと区別が付きにくい。第3に、NAPAのプロセスは当該国の主要な省庁や意思決定者を関与させていない、あるいは地方の政府の制度的な要件に十分な注意を払っていない。

このような批判を受けて、世界開発報告チームはアジアとアフリカ諸国のNAPA担当者を一堂に会した会合を主催した。ひとつはバンコクで2008年10月に、もうひとつはヨハネスブルグで同年の11月に開催された。同会合では、実態はもっと複雑であり、一部の批判は的外れであることが指摘された。

必要とされている適応策やプロジェクトは、まとめてみると同じように見えるものの、最も直接的な関係があるとされた気候変動に伴う災害やその脅威に応じて国ごとに著しく異なっている。標準的なNAPA指針では、最も緊急に適応が必要とされているとして特定されたプロジェクトを弁護するのに使われている言葉で、類似性の一部を次のように説明している。農業や天然資源、及び災害管理に関するプロジェクトが多いのは、気候変動の影響が一番最初に及ぶのは一次産品や災害管理に関連した部門であるという事実を反映したもの

である。最後に、NAPAはわずかな財源で作成されたため、計画作りは国家レベルを超えたり、複数の省庁や意思決定者にまたがったりすることができなかった。

しかし、批判には別の側面もある。後進途上国で作成したNAPAに対する後進開発途上国自身の見方である。

**財政支援がほとんどない。** 38のNAPA文書で緊急性を要するとされている全プロジェクトの総コストは20億ドルに満たない。このような小額にもかかわらず、金融支援をほとんど得られておらず、ドナーからの援助や信頼性の不足の拡大に関してもっともな懸念が生じている。

**制度の構造が悪い。** 適応のための制度的な取り決めはもっと恒久的なものでなければならない。また、財務や企画を担当する省庁の支援を得ながら、さまざまな省庁と結び付き、州や市町村との絆を強化しなければならない。専門の機関は企画はできても、実施は既存の制度や政府機構を通じて行わなければならないだろう。というのは、多くのプロジェクトが部門をまたがるからである。

**能力が低い。** ほとんどの後進開発途上国では、適応の企画と実施のための能力が依然として低い。技術的能力や知識、訓練、設備機器、モデル化などに関しては改善が必要である。このような分野の能力のなかには、大学や市民社会の専門家から獲得できるものもある。

出所：WDRチーム。

### ボックス 8.9 イギリスでは気候変動に対する政府の説明責任が大きくなっている

イギリスは気候変動に関する行動のための制度的な機構を再編し、そして創設することによって、結果を出すということに対する政府の責任を高める以下のような措置も導入した。

- 気候変動にかかわる法律の制定。これはイギリスの公式な短期、中期、及び長期のCO<sub>2</sub>排出目標の法的な根拠となる。そして許容される排出に関して年間水準を設定した5年間にわたる炭素予算を通じて実施される。15年間をカバーする3つの予算はいつでも有効であり、経済全体にかかわる炭素排出の推移に関して中期的な視点を示すものとなっている。
- 気候変動のための主管庁を指定。これはエネルギー・気候変動省である。

- さまざまな政策目的について、エネルギー・気候変動省の財務省に対する説明責任を、「公共部門協定27」のなかに公式化した。又、その実施に対する実績を測定するための目標を定めた。同目標にはイギリスの総排出を削減し、持続可能な取水を増やし、イギリス経済のCO<sub>2</sub>排出原単位を引き下げするための具体的なステップが含まれている。
- 独立的な専門家諮問機関として気候変動に関する委員会を設立。同委員会は毎年議会に報告し、政府は正式に答える義務がある。委員会は5年ごとに長期目標に向けた総合的な進展について包括的な評価を実施する。

出所：WDRチーム。

いる地方自治体には、緩和（輸送や建設、公共サービスの提供、地方の主張）と適応（社会的保護、災害リスクの削減、天然資源の管理）にとって重要な部門に関する政策立案や規制、企画の機能がある。市民に近い下位政府は、世論の意識を高め、国の機関に属していない活動家を動員することができる。また、政府と一般大衆が共に関与するため、適切な対応策にかかわる政府の説明責

任が果たされる空間となっている<sup>58</sup>。

おそらくこのような理由から、地方自治体は緩和の行動をとることにおいて、中央政府に先んじているのであろう。第2章で示したように、農業やインフラ計画、訓練、水管理などの適応行動の設計と実施に関しては、地域や地方のレベルの方がより適切である。しかし、地方政府は緩和についても主導権をとることができる。アメリカの



東西両方の諸州は地方が主体性をもっている戦略や目標を策定し、それを一体化して地域的な炭素市場を試験的に運用している（ボックス 8.10）。世界中の都市が独自の気候行動計画や戦略をもっている。そして、京都議定書の目標を採用して、中央政府の足りない部分を穴埋めしている。又、気候変動への取り組みを公約した世界の大都市のネットワークである C40 など、都市の全国のおよび国際的なイニシアティブの積極的なメンバーとなっている。

地方政府との関連性は、地方政府を気候政策に含めることが必要だということを意味する。気候政策の分権化については賛否両論があり、最適な水準や範囲は状況に依存する<sup>59</sup>。地方政府も中央政府と同じ制約に苦しんでいる。ただし、前者の方が厳しい。地方レベルの気候政策にかかわる権限は、通常は環境関連の部署にあり、統合や調整の問題をとまなっている。下位政府は財源やスキルの不足に直面し、財政力が劣っているのが普通である。したがって、環境税を活用することはできない。地方政府は市民に近いけれども、往々にして国家政府と同じような正当性を欠いている。なぜならば、地方選挙の投票率は低く、結果を出すには市民から付託された意思が弱い、あるいは実施能力が低いためである。このようなすべての理由から、気候政策の権限移譲は極めて厄介である。

垂直的な協力関係を強めるために、中央政府は地方政府の能力強化、公共サービスの提供、及び権限に対して措置をとることができる。能力強化の措置には知識や最善慣行の移転が含まれる。特に興味深いのは最優秀の自治体を決めるコンテストや賞に結び付けてイニシアティブをランク付けすることである。ベトナムにおける地方の競争力指数は、そのような下位政府の一定基準による評価の好例である。サービスの提供にかかわる措置には、パフォーマンス・ベースの公共部門の合意が含まれている。これは資金供与が自治体の住民数や地理的な範囲だけでなく、目標の達成度にも結び付けている。権限にかかわる措置としては、該当部門について戦略計画あるいは規制の制度を策定することを国法で地方政府に義務付けることがある。これにより土地利用計画におけるよう

に、地方政府の官吏は中央政府に対して説明責任を負うことになる。

### 気候政策について政治的に考える

どんな公的政策でも、それを形作るのは市民社会、官僚の文化と予算法、政治的利益の明確化と組織化を牽引する要因の強さ、密度、そして広がりである<sup>60</sup>。化石燃料は途上国経済を牽引しているだけでなく、政治を牽引している一部の特殊権益にとって糧となっている。多くの途上国では、炭素は価格が設定されていないばかりか、補助金を享受している（第 4 章参照）。2007 年末現在、約 5 分の 1 の諸国がガソリンに、3 分の 1 以上がディーゼル燃料に補助金を出している。さらに、低所得国と下位中所得国の 3 分の 2 以上が石油に補助金を出している<sup>61</sup>。化石ベースのエネルギー部門が大きい国、あるいはエネルギー集約度の高い国が、変化に対して大きな抵抗に直面しているのは明らかである<sup>62</sup>。その結果、多くの場合、世界中で炭素排出の源とその原動力は政府の政治的な正当性と関係しているのが普通である。

政治体制は、それぞれが気候変動への取り組みにおいて有利な点と障害を持っている。民主体制を考えてみる。民主主義は環境政策に関しては専制主義よりも優れている、という明確な証拠がある<sup>63</sup>。政治的な自由は特に貧困国では環境に関する活動を改善させる<sup>64</sup>。市民の自由が多いほど空気や水の質が良くなっている。大気中の二酸化硫黄や微粒子が少なく、水中の大腸菌や溶存酸素の水準が低い<sup>65</sup>。民主国は国際的な制度や条約に参加する可能性が高く、総じて批准が速い。又、オゾン層破壊など国際的に共通している問題を解決しているという実績がある<sup>66</sup>。

しかし京都議定書にみられるように、民主主義は時として、政策の結果（実際の排出削減）よりも政策の産出（国際的な公約に署名）に優れていることがある<sup>67</sup>。民主主義は個々の消費者や有権者の場合と同じように、ある問題を実際に解決するよりも、それに確約することに反応しやすく、消費者の態度にみられる「グリーン・ギャップ」は政府の行動としても言葉だけの行為につながる（図 8.7）<sup>68</sup>。これには理由がいくつかある。

**ボックス 8.10 緑の連邦主義と気候変動政策**

連邦制度における下位の管轄区はずっと以前から、政策を実験し、改革するための試験室であると認識されてきた<sup>a</sup>。州地方政府は「緑の連邦主義」政策—下位政府が主導する環境政策——の効率性と有効性という点では、程度は異なるものの成功を収めている<sup>b</sup>。

緑の連邦主義を支えている議論は、下位レベルの政府には政策をその政府固有の資源や人口動態に適合させる能力や、動きの遅い国の政策を革新的な地方の実験や学習で牽引する機会に関するものである<sup>c</sup>。緑の連邦主義に批判的な人々は、炭素リーケージ（漏出）に加えて、企業が規制の厳しくない管轄区に移転しようとする、ということを引き合いに出している。このプロセスはしばしば「ボトムへの競争」と呼ばれている。環境の質を引き下げ、公共的な財やサービスの過少供給をもたらすからである<sup>d</sup>。

しかし、緑の連邦主義は気候政策にとって有望な結果を示している。最も際立っている例はアメリカである（ボックス地図）。連邦政府が京都議定書を批准しないと決定したにもかかわらず、また連邦ベースでは包括的な気候変動政策がないにもかかわらず、州地方政府は主導権を握っている<sup>e</sup>。多く

の地域には排出削減目標に加えて、監視や登録のプログラムがある。また、十数州では緩和と適応の計画が策定され、実施されている。又、再生可能エネルギー利用割合基準と削減目標が導入されている。市町村は独自の排出目標を設定して、包括的な気候変動監査や企画プログラムを開始している。

このような行動が全体として大幅な削減につながり、このような取り組みが「トップへの競争」につながっているという意見もある<sup>f</sup>。もし確固とした排出をもつ握りの諸州が2020年の目標を達成したとすれば、アメリカの国としての排出は2020年までに2010年水準で安定化することになるだろう<sup>g</sup>。

出所：州の行動は Center on Global Climate Change (<http://www.pewclimate.org>) が追跡している。

- a. Osborne 1998.
- b. Oats and Portney 2003.
- c. Lutsey and Sperling 2008.
- d. Kunce and Shogren 2005.
- e. Rabe 2002.
- f. Rabe 2006.
- g. Lutsey and Sperling 2008.

**アメリカにおける緑の連邦主義**

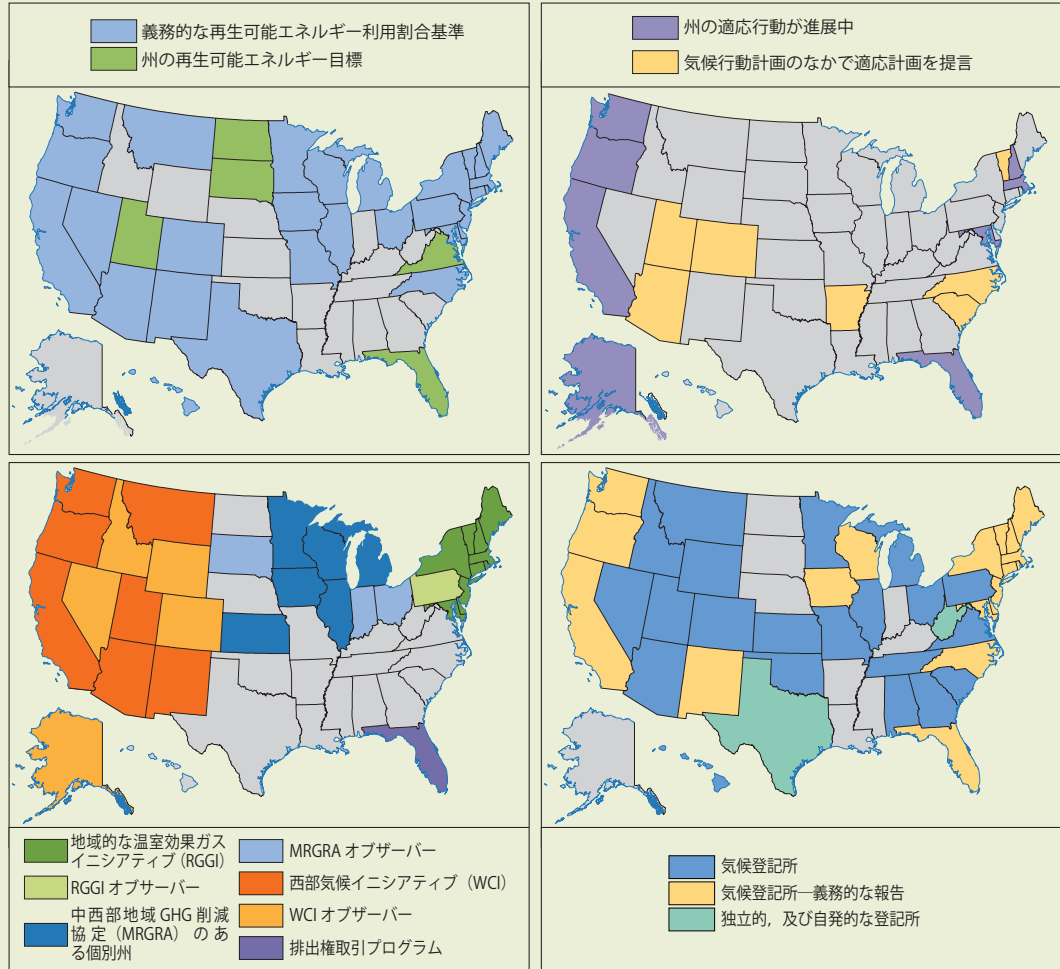
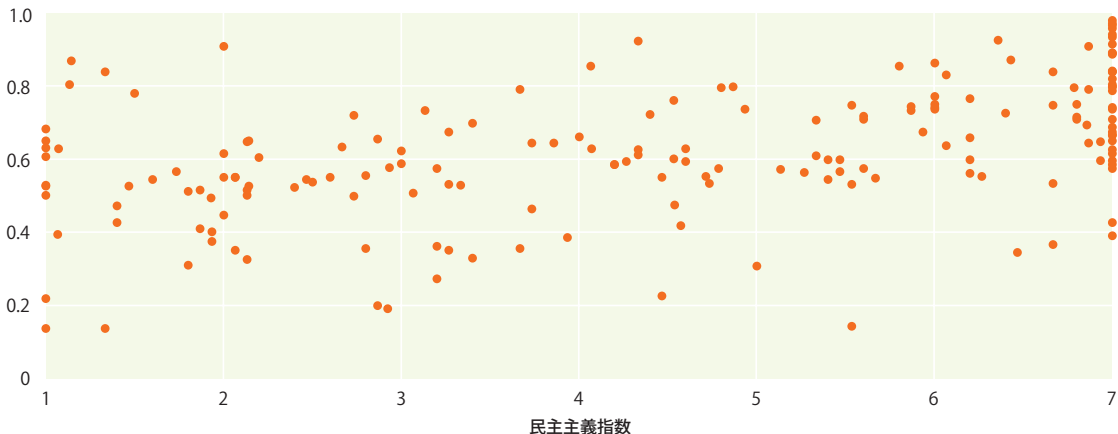
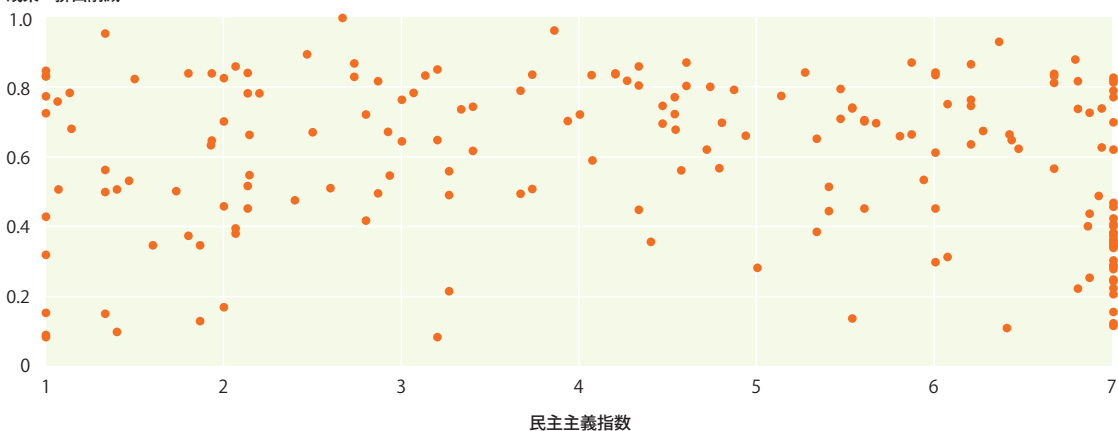


図 8.7 民主主義は気候政策に関しては政策の成果よりも政策の産出に優れている

産出：政策・法律・国際協定



成果：排出削減



出所：Bättig and Bernauer 2009.

注：産出は気候変動に関する協調行動の指数であり、協定の批准や報告、ファイナンスを含む。0から1の範囲があり、値が大きいほど協調が緊密であることを示す。成果は気候変動に関する協調行動の指数であり、排出の動向や排出の水準を含む。0から1の範囲があり、値が大きいほど協調が緊密であることを示す。Freedom Houseの政治的権利指数は民主主義の指標であり、選挙の過程や政治的な多元性と参加、政府の機能における自由度を含む。数字としては、Freedom Houseは1から7の尺度で評価しており、1が自由が最大で、7が自由が最小であることを示す。ただし、本図では原データを逆数にしており、値が大きいほど民主主義の水準が高いことを示す。データは1990-2005年の平均。図によれば、産出と民主主義の水準（Freedom Houseの政治的権利指数で測定）との間には正の相関関係がある。すなわち、民主主義的な国は総じて産出に優れている。逆に、民主主義の水準と排出削減（1990年水準比でみた22003年の排出削減を使用）という気候政策の成果との間には有意な関係はみられなかった。

気候変動にかかわる懸念の高まりにもかかわらず、政治家は有権者のことを恐れている。ひとたび政策が有権者に直接的で目に見えるコスト（炭素やエネルギーに対する税金、価格の上昇、雇用の減少など）を通じて個人的に影響を与えるようになると、気候行動をあまり支持しなくなる公算が大きいと想定しているからである<sup>69</sup>。これが、個人の選択に影響する制限を通じて排出削減を実現することが困難な理由かもしれない。個人の移り気な選択への介入は火力発電所に対する目標設定よりも政治的にむづかしい<sup>70</sup>。

政治用語でいうと、気候行動は「近接性の制約」に直面している。最初に目に見える直接的な

懸念に取り組むという人々の傾向は、国境を越えた問題（生物多様性の損失、魚の乱獲、気候変動など）よりも、地方の環境問題（衛生インフラ、空気の質、水有害物質排出に関連したリスク、地方の生態系保全など）の解決を優先するという政治的なバイアスに変質する<sup>71</sup>。近接性の制約には時間的な側面もある。特に公共財を含むような時間的な範囲が長い問題は解決が厄介である<sup>72</sup>。世代をまたがる問題は長期的な時間枠を必要とするが、それは政府の時間枠や選挙のサイクルと一致しない。

政策課題がそれを主導してくれる世論がないまま放置されていると、近視眼が逆のインセンティ

ブを生むことがある。標準的な緩和措置は世論（有権者）が予防という観点に立たないため失敗に帰することが多い。災害リスク管理がその適例であろう。したがって、政策立案者も選挙で票につながらないので予防や対応策を軽視する。そうなると、災害救援の方が災害予防よりも政治的な利益が大きい、という意思決定者の認識によってモラル・ハザードの環が形成されることになる。これは純粋に理論的な話ではまったくない。仮に災害のコストが著しく増加したとすれば、その一因は、厳しい異常気象に襲われたグループや地域に補償を供与することが、選挙の面で重大な利益になると政府が考えていたことにある<sup>73</sup>。このような考え方は政策変更にとって不利に作用し、悪い政策を増強させる。

政府が農作物保険を供与すれば、気象災害を回避しようという農民のインセンティブは低下する。災害救援を受けて市民や地方自治体は、予防措置をとるのではなく、補償を権利として期待するようになる<sup>74</sup>。

気候にかかわる改革は政治的な支持に依存する。大勢の多様な関係者に目に見えるコストをもたらす場合を中心に、どんな政策変更でも一般的に抵抗に遭遇する。気候政策がその適例である。そのコストが多様な経済グループやすべての人々にはっきりと目に見えるからである。気候政策に対する世論の支持を形成するには多数の手段を駆使する必要がある。

**最大数の（重要な）政治的行為者が合意できる介入策を策定する**

**相乗利益を生む政策を設計する。** 国際的な環境義務を順守及び実施している諸国は、当該国としてインセンティブがあるからそうしている傾向が強い。すなわち、大気汚染、水質劣化、直接的で目に見える脅威などがあるためである<sup>75</sup>。個人は直接的な利益が明確であれば、より簡単に公共財に貢献する。重複する目標や利益を積極的に探求することが、政治的に持続可能な気候政策の中核部分になるべきである<sup>76</sup>。気候に関してスマートな開発政策のすべてが気候に固有のものとは限らず、広範な行動があれば経済開発と気候変動に対する行動の（主観的な）トレードオフを克服で

きる。困難な課題は気候行動を地方の、及び民間の長期的な目標や相乗利益という枠組み（エネルギー安全保障、エネルギー効率化、公衆衛生、汚染の緩和、災害リスク削減など）で策定することにある。

**重要な支持層を対象にする。** 相乗利益があれば反対している既得権益層を説得できる。気候政策の短期的な雇用効果がマイナスの場合には、組織労働者に対する相殺的な利益を明確にすべきである。労働組合は次のようなことを証明することによって説得できるだろう。すなわち、どれくらい低炭素経済は通常の経済よりも労働集約的か、どのようにすればエネルギーの節約はより多くの労働集約的な支出に転換できるか、どのようにすれば技術の開発や展開に対する投資から雇用を創出することができるか、そして、どのようにすればエネルギー税からの収入を労働課税を相殺して労働需要を増やすことができるか、などである。政策がある特定グループを優遇していないかどうかを慎重に評価することが重要である。気候政策に対する支持は低炭素経済をビジネス・チャンスだとみるグループの間では強いが、衰退産業は反対の立場を崩さないだろう。排出の既得権を承認することが、企業の長期的な支持を獲得するための戦略的な措置であるとしばしばいわれている。しかしその制度は世論の反発を招くこともある（ボックス 8.11）。

**コンセンサスに基づくプロセスと手段を使う。** 具体的な措置に関して主要な利害関係者の事前同意を得ておくことで、政治的な損害を削減できる。相互の利益の確認に加えて、コンセンサスに基づく政治政策には、協議システムや業界団体など重要な行為者を気候政策の原則について拘束する自発的な制度の創設も含まれる。環境政策においては、協議ベースの政治制度の方が有効なようである<sup>77</sup>。

**世論による改革の受容性を高める**

**公平、公正、そして一体性を追求する。** 意思決定者は不公平を回避しようとするが、それは倫理と政治両方の産物である。再分配の結果として通



### ボックス 8.11 排出権取引への支援を保证する

最近 EU は京都議定書の義務を守るために排出権取引制度を創設した。全体として、この制度には多くの優れた特徴がある。特徴のひとつは、クレジット（無償で付与したもの）に対する規制の適用を免除するように要請されている、ということである。それは、クレジットに関連したレントが潜在的に膨大であり、クレジットの競売で経済的な利益が得られるということとは関係ない。この規制の免除と、それに伴う大きなレントにかかわる暗黙の承認を一因として、割当メカニズムはわずか 5 年間についてのみ設定されている。

このように割当期間を短くしたのは、レントの創出と支配を通じて過剰な富を供与することを回避するためである。主要な汚染者に対する大規模な棚ぼた式の利益はメディアの関心を引き、世論を遠ざけた。5 年間に限定した制度は、戦略的な行動によって次の割当ルールに影響を与えようという逆インセンティブを生み出すことになり、業界に参入しようとしていた企業からの抗議に遭遇した。

出所：WDR チーム。

常は政治的な利益か、または有権者による制裁につながるからである。政策の変更がむずかしい問題に取り組んでいて、その費用便益が公平に配分されていると考えられる場合、世論はそれを受け入れる公算が大きい。そのためには最貧層向けの透明な補償措置を含む累進的で公平な気候政策が必要である。グリーンな財政政策は累進的になり得るし、公平性に関して強力な役割を果たすことができる<sup>78</sup>。炭素税ないし排出権競売に伴う収入のリサイクルは、減税を下支えして経済的な刺激効果を発揮することができる。炭素排出権や炭素税による収益を社会的保護制度に使うという枠組みにすれば、エネルギーの価格設定という改革の受容性を高めることができる。ヨーロッパの数カ国では、大気汚染物質、有害廃棄物、有害化学物質に対する課徴金として徴収された収入は、所得税と社会保障拠出金の削減につながっている。

**手本でリードする。** 政策立案者は政府の行動様式を変更することによって、社会規範を設定することができる。政府のグリーン化は排出削減という直接的な利益をもたらす。新技術に関する研究や投資の触媒になるということに加えて、重要なコミュニケーションの役割を果たすことができる。政府は可能な場合には、グリーンな目標を支援するために公共調達の手段を修正することもできるだろう。

**気象関連の自然災害を学びの機会として利用する。** 災害は迅速な政策変更につながる「注目を集める出来事」になることができる。ただし、通常はその機会の有効な時間は短い<sup>79</sup>。ヨーロッパにおける 2003 年の熱波、2005 年のハリケー

ン・カトリナ、2009 年のオーストラリアの野火を受けて、気候変動に対する関心が高まった。そのような事件は平常時であれば支持を得られない行動を政府がとる好機になる<sup>80</sup>。災害後の復興も過去の習慣と決別して、より強靱な地域社会や社会を建設する機会になる。

**政策の受容性を高める。** 政府の行動が迅速かつ突然で、その弾みが維持できれば、現状維持を望むグループを避けて、必然性の感覚を作り出すことができる<sup>81</sup>。しかし、漸進主義も政策の受容性を高めることができる。普通は漸進的な政策変更ならあまり関心や抵抗を引き起こさなからである。大国が排出削減の着手が遅いのはこれが理由かもしれない。小さな漸進的な変更は後に迫っている大きな変更の土台を作ることができる。この場合、予測可能性を確立する——政府政策の長期的な方向性を設定する——ことによって、利害関係者は自分たちの活動の方向転換に必要なインセンティブを発見することができるだろう<sup>82</sup>。

**コミュニケーションを改善する。** コミュニケーション戦略は、設計が良ければ、行動様式だけでなく改革に向けた政治的な支持を集めることもできる。広報キャンペーンは、補助金改革の鍵となっている。ここでは補助金を支配していたグループの方が、改革の受益者（消費者や納税者）よりも組織化に優れ強力であったにもかかわらず成功がもたらされた。コミュニケーションは知識のギャップを埋め、改革に対する合理的な反対に取り組むことに焦点を絞るべきである。例えば、気候政策の否定的な側面に関する一部の根拠のない受け止め方を訂正すれば、不

確実性や反対を減らすことができる。研究によれば、新しいグリーン技術への投資はボトムに向かうことになって競争力を失うという恐れは誇張であり、むしろ環境の財やサービスにかかわる市場の発展につながる<sup>83</sup>。同様に、環境税は国家にとっては単なる収入源であるだけでなく、行動様式を変えるための鍵にもなるということを強調することが、世論の受容性を高めるのに重要である。

### 政治制度の欠陥に取り組む

**政治的な多元性を強化する。** 気候政策が自らの会社や産業に被害を及ぼすのではないかと恐れている人々も含め、既得権益層は気候政策の範囲と影響を制限することに利害関係をもっている。気候政策を支配することを目指す既得権益層の活動を抑制するための措置としては、政治的な多元性を強化することがある。気候政策が政策変更に与える影響はさまざまである。拒否権を発動する人が多いと、政策は麻痺してしまう<sup>84</sup>。しかし、政治的な多元性は一般的に、拮抗する権益層に参加や発言の権利を付与することによって、舞台裏でのロビー活動や腐敗を削減する<sup>85</sup>。環境にかかわる利益は食の安全、再生可能エネルギーの利用割合基準、廃棄物規制などにかかわる環境政策の厳格さを削減しようとする企業の利益を圧倒している<sup>86</sup>。政治的な多元性は、変化の牽引力として環境と企業の利益の連帯を育むこともできるだろう。

**透明性を促進する。** エネルギーのコストとその構成要因（生産、輸入、販売補助金、税金）を明確にすれば、エネルギー市場の改革に対する支持を形成することができる。緩和政策においては、エネルギー・コストを明確に報告することの利点は、炭素の追加的なコストを相対的な形で示すことができるという点にある。透明性は特に、エネルギー補助金のコストについての一般大衆の認識の向上や、トレードオフの評価、勝者と敗者の発見において有益であった。補助金の費用便益に対する世論の理解を深めるために、この報告制度を活用している国もなかにはある<sup>87</sup>。

**政策の逆転を困難にする。** 政治的及び制度的な取り決めがあれば、気候政策の逆転を困難にすることは、気候変動に関する行動の責任を現在生きている人々からこれから生まれてくる人々に転嫁するのを回避するのに役立つ。そのような取り決めとしては憲法の改正や気候変動法があるだろう<sup>88</sup>。しかし同時に、それには中央銀行がインフレを抑制する場合と同じような形で、長期的な見方をとる独立的な機関の創設を含めることもできるだろう。

### 気候に関してスマートな経済開発は自宅から始まる

気候変動への適切な対応策の探究は長らく国際的な協定の必要性に焦点を当ててきている。国際協定は重要ではあるが、答の一部にすぎない。気候変動は確かに地球規模での市場の失敗ではあるが、地方ごとに定義された原因と効果にしたがって明確にされ、地域の状況によって媒介されたものである。

これは気候政策——緩和と適応の両方——には地方の特性に依存している決定要因があるということの意味する。アメリカの諸州における再生可能エネルギー利用割合基準に関する研究によると、政治的な多元性、再生可能エネルギーの潜在力、地方における大気汚染物質の濃度などはすべて、当該州がそういった基準を採用する確率を押し上げている。一方、炭素排出原単位はこの確率を低下させる傾向がある<sup>89</sup>。国際的なレジームは国内政策に影響するが、逆も真である。気候に関する取り決めの策定や順守、実施にかかわる国の態度は国内のインセンティブに左右される。政治的な規範や制度的な構造、既得権などは、国際的な規範が国内の政治的な対話や政策に翻訳される際に影響を及ぼす一方で、国内行動を牽引することによって国際的なレジームを形成する<sup>90</sup>。一国の富、エネルギー構成、国内の嗜好——対応が国家主導型か市場主導型かなど——が緩和政策を形作ることになるだろう。課税か排出権取引かを選択する際には、経済的及び行政的な配慮に加えて、文化的及び政治的な伝統が加わる。国際的な制裁の仕組みが欠如しているため、国際的な公

### ボックス 8.12 民間部門は国の法律がなくても行動を変更しつつある

包括的な気候変動法制がない諸国でさえ、民間部門が温室効果ガス削減のための行動を推進している。より多くの企業が自主的な排出目標や報告基準を策定している。2008年には57件と記録的な数の気候関連の株主総会の決議がアメリカ企業では成立している。5年前との比較では2倍の多さである。このような措置に対する支持は株主の平均23%以上に達している。これも史上最高であった。

炭素集約的な企業も共同して気候変動を緩和するための戦略を議論している。2009年初め、「アメリカ気候行動パートナーシップ」（主要な温暖化ガス排出企業二十数社と非政府組織数団体の連合）は、2050年までに2005年比で80%の排出削減を求める連邦の法的な行動のための統一プランを打ち出した。ビジネス・ラウンドテーブル（大手アメリカ企業の団体）は環境保全、非効率性、及び国内エネルギー生産を、今から2025年までの間に改善する道程を示した。「英国チャールズ皇太子国際企業指導者フォーラム」（世界有数の100社以

上を支援している独立的な団体）は、気候変動が企業の活動や責務に及ぼす影響を認識して、「企業と環境」というプログラムを打ち出した。

このような動きを受けて、産業界全体が現状の見直しに向かっている。2009年3月にアメリカの保険協会は、すべての保険会社は自社の付保に関して気候変動リスクを評価して、それを管理する計画を開示しなければならない、とするその種のものとしては初めての義務化を実施に移した。これには気候変動の影響がもたらす直接的なリスクと、気候変動を緩和しようとする政策イニシアティブがもたらす間接的なリスクが含まれている。同様に、金融投資会社は気候に関してスマートな投資を促進するとともに、公開企業における気候リスクの開示を強く求めつつある。

出所：WDR チーム。

約を達成するためのインセンティブは、きれいな空気、技術移転、エネルギー安全保障など各国に利益が集中することを通じて、国内で見出される必要がある。

気候行動はすでにとられつつある。各国は排出削減については、さまざまな水準の公約と実績を示している。中小国には、世界の排出削減における役割が無視できる程度であるため、理論的にはただ乗りのインセンティブがある。しかし今のところ、中小国が大国よりも積極的な行動をとっている。一部の諸国では地方政府の措置や国内的な政策対応が、国家の政策や国際的な領域における各国の立場にすでに影響を与えつつある。また、

民間部門は古い行動様式が新しいビジョンに道を譲ることが可能であることを示しつつある（ボックス 8.12）。

気候政策の制約となっている制度的な慣性を逆転させるためには、情報の解釈と意思決定について根本的な変革が必要である。各国や各地方の政府に加えて、民間部門やメディア、科学界は、一連の行動を国内で起こすことができる。実効性のある国際的な気候レジームの創設は正当化される仕事ではあるが、様子見の態度につながってはならない。それでは慣性が増幅して対応の足かせになるだけである。

「地球の外へ、月、火星、あるいは金星への移民を考えたことがありますか？ でも、地球はすべての惑星のなかで最も美しいことで有名です。私はやはりこの素晴らしい地球に住んでいたいと思います。いろいろなところで鳥が鳴いています。花の香りがしています。緑色の山や青白い氷河もあります。ですから、どうかみなさん、私たちの地球の美しさを守るために一緒に働き始めましょう。今すぐ私と一緒に世界をより良いところにしましょう。」

——Giselle Lau Ching Yue（中国、9歳）





## 注

## 概観——経済開発のために気候を変える

1. 極貧は1日1.25ドル以下の生活と定義される。Chen and Ravallion 2008.
2. FAO 2009b.
3. UNFCCCの第2条は、大気圏中の温室効果ガス濃度を「気候システムに対する危険で人為的な干渉を阻止するような」水準に安定化させることを求めている。http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf (2009年8月1日アクセス)。
4. GDP1ドル当たりの炭素排出量と定義される。
5. 現在の電力部門と産業におけるエネルギー構成を所与とすれば、これは世界全体でCO<sub>2</sub>排出を4-6ギガトン削減する(IEA 2008e)。高所得国の建設部門でも同程度の削減が可能であろう。例えばMills 2009を参照。
6. World Bank 2009b.
7. de la Torre, Fajnzylber, and Nash 2008.
8. 各種の温室効果ガスがもっている潜在的な保温力はそれぞれ異なる。CO<sub>2</sub>eで表示した濃度は、このようなガスの温暖化効果を一定の期間にわたって同じ保温力をもつCO<sub>2</sub>の量で表示するために使うことができる。
9. Climate Analysis Indicators Tool (WRI 2008)のデータに基づく筆者の試算。もしバルバドス(1人当たりCO<sub>2</sub>eで6トン)など小さな島嶼国家や、カタール(同55トン)あるいはUAE(同39トン)など産油国を含めると、範囲はもっと広がる。
10. IEA 2008c.
11. Edmonds 他 2008; Hamilton 2009. Bladford, Richels, and Rutherford 2008も次のことを示している。いつ緩和に着手するかを事前に公表した諸国の節約は大幅なものになる。これは耐用期間の長い資産に投資する人は、将来に起こりそうな規制体系や炭素価格の変化を織り込んで、置き去りにされる資産の数を最小にとどめることができるからである。
12. 各国間で同時性が強い金融危機というのは、これまで同じような期間継続し、同じような回復が続いている。ただし、被害は最近の方が大きい(平均では対GDP比5%)傾向がある。IMF 2009, table 3.1. アメリカの大恐慌でさえ、1929年8月から33年3月までのわずか3年半続いただけである。National Bureau of Economic Research Business Cycle Expansion and Contraction database, http://www.nber.org/cycles.html (2009年8月1日アクセス)。
13. Matthews and Calddeira 2008.
14. Schaeffer 他 2008.
15. 何が危険な気候変動になるかという問題は価値判断を要するものの、IPCCが最近の研究結果を要約したものは次のように指摘している。産業革命以前の水準を2℃以上上回る温暖化はリスクを急増させるので、「気温の上昇を1.6-2.6℃を大幅に上回ることがないように抑制することからは多大な利益を享受することができる」。Fisher 他 2007; IPCC 2007b; IPCC 2007c; Parry 他 2007. 最近の科学的な出版物はさらに次のような考え方も支持している。すなわち、できるだけ産業革命以前の気温を2℃上回る水準近くに温暖化をとどめるべきである。本報告書のフォーカスA; Mann 2009; Smith 他 2009. 「2009年気候変動に関する科学会議」(ISCCC)の主催者が出した結論は次の通りである。「2℃以上の温暖化は現在の社会や生態系が対処するのが非常に困難であるとの合意が強まっている」。http://climatecongress.ku.dk/ (2009年8月1日アクセス)。2℃を超える温暖化を許さないよう主張している他の文献には以下がある。European Commission 2007; SEG 2007; International Scientific Steering Committee 2005. 2009年7月に開催された「エネルギーと気候に関する主要経済国フォーラム」に参加した以下の諸国は、「産業革命以前の水準を上回る地球の平均気温の上昇幅は2℃を凌駕すべきではない」との科学的意見を承認した。http://usclimatenetwork.org/resource-database/MEF\_Declaration1-0.pdf (2009年8月1日アクセス)。オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、EU、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、イタリア、日本、韓国、メキシコ、ロシア、南アフリカ、イギリス、アメリカ。
16. IPCC 2007c.
17. Raupach 他 2007.
18. Lawrence 他 2008; Matthews and Keith 2007; Parry 他 2008; Scheffer, Brovkin, and Cox 2006; Torn and Harte 2006; Walter 他 2006.
19. Horton 他 2008.
20. この推定値は高潮による被害の増加を考慮に入れておらず、現在の人口と大規模な適応がないという下での経済活動を前提にしているの、大幅な過少推計になっている公算が大きい。Dasgupta 他 2009.
21. Stern 2007.
22. Easterling 他 2007, table 5.6, p. 299.
23. Parry 他 2007, table TS.3, p. 66.
24. Nordhaus and Boyer 2000. Stern 2007も気候変動に伴う損害はインドや東南アジアでは、世界平均よりもずっと大きくなることを見出している。
25. Nordhaus 2008; Stern 2007; Yohe 他 2007, figure 20.3.
26. Stern Review of Climate Changeに使われたPAGEモデルの推計によれば、損害コストの80%は途上国が負担する; Hope 2009は筆者のアプローチに応じてデータの内訳を教えてください。RICEモデル(Nordhaus and Boyer 2000)はBruin, Dellink, and Agrawala 2009にある適応を織り込んで拡張されており、損害コストの約3分の2は途上国の負担になると示唆している。Smith 他 2009; Tol 2008も参照。生態系サービスの価値を考慮していないので、これも過小推計の可能性があることに注意が必要である。モデルが影響によるコストを把握できる能力には限界があることについては、第1章の議論を参照。
27. 東アジアとラテンアメリカの諸国と協議を行った際



- に指摘された。
28. Barbera and McConnell 1990; Barrett 2003; Burtraw 他 2005; Jaffe 他 1995; Meyer 1995.
  29. Hope 2009; Nordhaus 2008.
  30. Nordhaus 2008.
  31. 適応のためのコストを織り込んでいるモデルはほとんどない。その議論に関しては、de Bruin, Dellink, and Agrawada (2009) を参照。
  32. Nordhaus 2008, p. 86, figure 5.3. Nordhaus によれば、最適な目標 3.5℃ではなく 2℃で温暖化を安定化させることに伴う追加的なコストは、毎年の GDP の 0.3% である。3.5℃ではなく 2.5℃の場合の追加のコストは同 0.1% 未満にとどまる。
  33. 途上国の平均は GDP の 1.5%。これには健康保険は含まれているが生命保険は除かれている。Swiss Re 2007.
  34. McKinsey & Company 2009.
  35. 2005 年不変ドル建て。World Bank 2009c.
  36. Adger 他 2009.
  37. IPCC 2001.
  38. Mignone 他 2008. これは有効かつ許容できる地球工学技術がないため正しい。
  39. この結果は次のようなことから生じ得る。規模の経済をもつ技術の提供（フランスの原子力プログラムの場合がそうであり、集光型太陽熱発電では問題となっている模様）、ネットワーク効果（高速道路や鉄道の建設の場合）、人口動態や経済の急変。当該箇所を含むこのパラグラフは Shalizi and Lecocq 2009 に基づく。
  40. Shalizi and Lecocq 2009.
  41. Folger 2006; Levin 他 2007.
  42. Ha-Duong, Grubb, and Hourcade 1997 に引用されている Häfele 他 1981.
  43. Davis and Owens 2003; IEA 2008b; Nemet and Kammen 2007; SEG 2007; Stern 2007.
  44. Repetto 2008.
  45. Stern 2007, part IV.
  46. Nordhaus 2008 で使われている式に基づく。
  47. このような数字は以下に基づいて丸めた数字である。IPCC は炭素価格が CO<sub>2</sub>e で 1 トン当たり 50 ドルまでの炭素価格で、排出削減の約 65% は 2030 年に途上国で生じると推計している（Barker 他 2007a, table 11.3）。McKinsey & Company 2009 はもし最小コスト配分を使って行われれば、このシェアは 450ppm のシナリオについて 68% と推定している。2030 年に途上国における緩和投資総計に占める最小コストのシェアに関しては、CO<sub>2</sub>e で 450ppm の濃度について 44-67% と推計されている（表 4.2 を参照：44%、MESSAGE; 56%、McKinsey; 67%、IEA ETP）。ただし、REMIND は異なる推計値を示している（91%）。世紀が進むと（2100 年までの全投資の現在価値を使うと）、途上国のシェアの推計値はやや高くなり、66%（Edmonds 他 2008）から 71%（Hope 2009）までの範囲になっている。
  48. Edmonds 他 2008.
  49. CO<sub>2</sub>e で 425-45ppm、あるいは 2℃の安定化シナリオについて、IIASA 2009 はコストを 4 兆ドル、Knopf 他（近刊）は 6 兆ドル、Edmonds 他 2008 は 9 兆ドル、Nordhaus 2008 は 11 兆ドル、Hope 2009 は 25 兆ドルと推計している。これらは現在価値であり、大きな金額差は異なる割引率を使っていることが主因である。すべて最も費用効果の優れた場所と時期に緩和措置がとられるという最善のシナリオに基づいている。
  50. Hamilton 2009.
  51. The Nameless Hurricane, [http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr\\_hurricane.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr_hurricane.htm) (2009 年 3 月 12 日アクセス)。
  52. Rogers 2009; Westermeyer 2009.
  53. OECS 2004.
  54. World Bank 2008a.
  55. Kanbur 2009.
  56. FAO 2009a.
  57. Worldwatch Institute, "State of the World 2005 Trends and Facts: Water Conflict and Security Cooperation," <http://www.worldwatch.org/node/69> (2009 年 7 月 1 日アクセス) ; Wolf 他 1999.
  58. Eatering 他 2007; Fisher 他 2007.
  59. FAO 2008.
  60. von Braun 他 2008; World Bank 2009a.
  61. Stern 2007. ユーロ圏の平均燃料価格は 2007 年にアメリカの 2 倍以上であった（1 リットル当たりで 63 セントに対して 21.54 ドル）。所得によらない排出の差は 1 人当たり排出の所得に対する回帰分析の残差として把握することができる。この残差をガソリン価格に回帰させると、弾力性は -0.5 と推定される。これは 1 人当たり所得を一定として、燃料価格を 2 倍にすると排出が半分になることを意味する。
  62. U.S. Energy Information Agency による 2006-07 年の家庭用平均電気料金に基づく。 <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprih.html> (2009 年 8 月 1 日アクセス)。
  63. 排出データは WRI 2008 に基づく。
  64. IEA 2008d; UNEP 2008. European Environment Agency (EEA) 2004 の推計によると、ヨーロッパのエネルギー補助金は 2001 年に 300 億ユーロで、その 3 分の 2 が化石燃料、残りは原子力と再生可能エネルギー向けとなっている。
  65. <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprih.html> (2009 年 7 月アクセス)。
  66. Price and Worrell 2006.
  67. ESMAP 2006.
  68. <http://co2captureandstorage.info/index.htm> (2009 年 8 月 1 日アクセス)。
  69. Calvin 他（近刊）; IEA 2008a.
  70. Gurgel, Reilly, and Paltsev 2007; IEA 2006; Wise 他 2009.
  71. NRC 2007; Tilman, Hill, and Lehman 2006; WBGU 2009.
  72. OECD 2008.
  73. Lotze-Campen 他 2009; Wise 他 2009. 議論は第 3 章を参照。
  74. Scherr and McNeely 2008.

75. World Bank 2007b.
76. Milly 他 2008.
77. Fay, Block, and Ebinger 2010; Ligeti, Penney and Wieditz 2007; Heinz Center 2007.
78. Lempert and Schlesinger 2000.
79. Keller, Yohe, and Schlesinger 2008.
80. Gass 2005; Davenport 2008; Dolsak 2001; Kunkel, Jacob, and Busch 2006.
81. Alber and Kern 2008.
82. Guth, Schmittberger, and Schwarze 1982; Camerer and Thaler 1995; Irwin 2009; Ruffle 1998.
83. Times of India, <http://timesofindia.india.indiatimes.com/NEWS/India/Even-in-2031-Indias-per-capita-emission-will-be-1/7th-of-US/articleshow/4717472.cms> (2009年8月アクセス).
84. Dechezleprêtre 他 2008.
85. Maini 2005; Nagrath 2007.
86. Haites 他 2006.
87. <http://www.gefweb.org/uploadedFiles/Publications/ClimateChange-FS-June2009.pdf> (2009年7月6日アクセス).
88. [http://unfccc.int/meetings/cop\\_13/items/4049.php](http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4049.php) (2009年8月1日アクセス).
89. 開発援助社会はインパクト評価と結果ベースの援助に動いてきているが、これは投入ベースのプログラムに対する一定の欲求不満を示唆するものである(後者の場合、学校を卒業する生徒の数や成績の改善ではなく、支出された資金量と建設された学校の数がモニターされていた)。しかし、この場合には「投入ベース」のアプローチに関する定義の仕方がやや違っている。というのは、「投入」は狭義の金銭的な投入ではなく、政策変化だからである。例えば、効率化プログラム向けの公共支出ではなく、燃料効率基準の採択や執行となっている。にもかかわらず、何がうまく行くかを学ぶためにはモニタリングと評価が依然として重要であろう。
90. Olsen 2007; Sutter and Parreno 2007; Olsen and Fenhann; Nussbaumer 2009; Michaelowa and Pallav 2007; Schneider 2007.
91. Faykhauser, Martin, and Prichard (近刊).
92. World Bank 2007d.
93. 世界全体の景気刺激パッケージは、今後2-3年間で重要な気候変動に約4,300億ドルを投資するとみられる。エネルギー効率化に2,150億ドル、低炭素素再生可能エネルギーに380億ドル、炭素回収貯留に200億ドル、スマート・グリッドに920億ドルという構成になっている。Robins, Clover, and Singh 2009. 期待される雇用創出の検討に関しては第1章を参照。

## Chapter 1 気候変動と経済開発との結び付きを理解する

1. Weiss and Bradley 2001.
2. Ristvet and Weiss 2000.
3. Weiss 2000.
4. Harrington and Walton 2008; IWM and GIS 2007.
5. Schmidhuber and Tubiello 2007.
6. Bates 他 2008.
7. WCED 1987.
8. Chen and Ravallion 2008.
9. World Bank 2009a.
10. United Nations 2008.
11. Chen and Ravallion 2008.
12. IEA 2007.
13. United Nations 2008.
14. United Nations 2008.
15. UNDP 2008.
16. IARU 2009.
17. Smith 他 2009.
18. Patriquin 他 2005; Patriquin, Wellsstead, and White 2007; Pacific Institute for Climate Solutions 2008.
19. この関係は貧困国が平均的に温暖化の度合いが大きい傾向にあるという点を制御しても妥当する。Dell, Jones, and Olken 2008.
20. Dell, Jones, and Olken 2008.
21. Brown 他 2009.
22. IPCC 2007b.
23. Cruz 他 2007.
24. Easterling 他 2007.
25. Auffhammer, Ramanathan, and Vincent 2006.
26. Guiteras 2007.
27. Ligion and Sadoulet 2007.
28. Campbell-Lendrum, Corvalan, and Pruss-Ustun 2003.
29. 影響を受けるさまざまな地域や国としては、特にコロンビア (Vergara 2009)、コーカサス (Rabie 他 2008)、エチオピア (Confalonieri 他 2007)、太平洋の島々 (Potter 2008) がある。
30. Molesworth 他 2003.
31. Confalonieri 他 2007.
32. Confalonieri 他 2007; Morris 他 2002.
33. Carter 他 2007.
34. World Bank 2001.
35. Azariadis and Stachurski 2005.
36. Lokshin and Ravallion 2000; Jalan and Ravallion 2004; Dercon 2004.
37. Dercon 2004.
38. Mueller and Osgood 2007.
39. Azariadis and Stachurski 2005.
40. Rozenzweig and Binswanger 1993.
41. Jensen 2000.
42. Alderman, Hoddinott, and Kinsey 2006.
43. 数字にはすべての温室効果ガスが含まれるが、土地利用変化による排出は含まれていない。土地利用変

- 化に伴う排出も加えると、世界の総排出に占める途上国のシェアは60%近くになる。
44. WRI 2008.
  45. Chomitz and Meisner 2008.
  46. CAIT のデータに基づく執筆者の試算 (WRI 2008). 1人当たりの温室効果ガス排出 (土地利用変化に伴う分を除く) は、高所得国では CO<sub>2</sub>e で 4.5-55.5 (中小島嶼国と産油国を除けば 7-27) メートルトンの範囲内にある。高所得国の産出 1,000 ドル (市場相場による換算) 当たりの排出は 0.15-1.72 メートルトンの範囲内にある。同じく、これを購買力平価で測定すると、0.20-1.04 メートルトンになる。
  47. Marcotullio and Schulz 2007.
  48. Rosenberg 1971.
  49. IPCC 2007a.
  50. Lipovsky 1995.
  51. "Annual Brazilian Ethanol Exports" および "Brazilian Ethanol Production," [http://english.unica.com.br/dadosCoatacao/estatistica/\(2008年12月アクセス\)](http://english.unica.com.br/dadosCoatacao/estatistica/(2008年12月アクセス)).
  52. Ummel and Wheeler 2008.
  53. Hill 他 2009.
  54. Mitchell 2008.
  55. Ivanic and Martin 2008.
  56. Ng and Aksoy 2008; World Bank 2008.
  57. Cramton and Kerr 1999.
  58. Ekins and Dresner 2004.
  59. Brenner, Riddle and Boyce 2007.
  60. Benitez 他 2008.
  61. Estache 2009.
  62. Andramihaja and Vecchi 2007.
  63. Komives 他 2005.
  64. Johnson 他 2008.
  65. Pindyck 2007; Weitzman 2009a; Hallengatte, Dumas, and Hourcade 2009.
  66. Yohe 1999; Toth and Mwandosya 2001.
  67. Lempert and Schlesinger 2000.
  68. Nordhaus 2008a. モデルとその結果に関する議論については、例えば以下を参照。Heal 2008; Fisher 他 2007; Tol 2005; Hourcade and Ambrosi 2007.
  69. 5% という推定値は割引率が主因であるが、5% と 20% の差は非市場性のインパクト (健康や環境)、温室効果ガスに対する気候の感度が高い可能性、公平性のウェイトを含めたかどうかによる。Stern 2007; Dasgupta 2007; Dasgupta 2008.
  70. 議論に関しては次を参照。Dasgupta 2007; Dasgupta 2008; ボックス 1.4.
  71. Dasgupta 2008.
  72. Heal 2008; Sterner and Persson 2008.
  73. Guesnerie 2004; Heal 2005; Hourcade and Amrosi 2007.
  74. Sterner and Persson 2008.
  75. Hourcade 他 2001 は損害関数の形状に対する 7 つの総合的な評価モデルの感度を探究して、次の発見をしている。すなわち、もし 3°C の温暖化あるいは 500ppm の CO<sub>2</sub> 濃度で著しい損害が発生するならば、最適な濃度の軌道は現在の排出の傾向からは著しく乖離している可能性があることを示唆している。より一般的には、次のことが注目される。すなわち、温暖化に伴って被害が増加するという確率がゼロでないとした場合、もし被害が割引によってそのウェイトが小さくなるよりも速いペースで拡大するようであれば、早期の行動が正当化される。
  76. Solomon 他 2009.
  77. Mignone 他 2008.
  78. Folger 2006; Aduld 他 2007.
  79. 炭素回収貯留技術は第 4 章のボックス 4.6 で説明されている。
  80. Shalizi and Lecocq 2009.
  81. 一般的な議論に関しては Arthur 1994, 収益通増に関する具体的な応用と、エネルギー効率化分野の革新に対する投資の必要性に関しては Mulder 2005 をそれぞれ参照。
  82. Weitzman 2007; Weitzman 2009a; Weitzman 2009b; Nordhaus 2009.
  83. Gjerde, Gepperud, and Kverndokk 1999; Kousky 他 2009.
  84. Hallegatte, Dumas, and Hourcade 2009.
  85. 最近のレビューに関しては次を参照。Pindyck 2007; Quiggin 2008.
  86. [訳注: 原書に該当番号無し] O'Neill 他 2006.
  87. Sterner and Persson 2008 はモデルのなかで、効用関数に環境財を織り込んでいる。
  88. Portney and Weyant 1999.
  89. Fischer 他 2007; Hourcade and Ambrosi 2007; Tol 2005.
  90. Diamond 2005.
  91. Kornives 他 2007; Diamond 2005.
  92. Diamond 2005.
  93. Hof, den Elzen, and van Vuuren 2008.
  94. Bruckner 他 1999.
  95. Yohe 1999.
  96. Toth and Mwandosya 2001.
  97. Lempert and Schlesinger 2000.
  98. Savage 1951; Savage 1954.
  99. Klaus, Yohe, and Schlesinger 2008.
  100. IPCC 2007a.
  101. 人口シェアとの対比でみた累積排出に関しては概観の図 3 を参照。
  102. IEA 2008 によれば、非 OECD 諸国は年間のエネルギー関連排出では、2004 年に OECD 諸国と同一水準 (CO<sub>2</sub> で年約 13 ギガトン) に達した。世界資源研究所 (WRI) の気候分析指標ツール (CAIT) によれば、世界銀行の先進国と途上国にかかわる定義を使っても同じ結論が示される。WRI 2008.
  103. Wheeler and Ummel 2007.
  104. バリ行動計画は第 5 章のボックス 5.1 で詳述されている。
  105. これは 2030 年について排出削減の 65-70%, あるいは投資コストの 70% と推計されている。今世紀の終わりまでについて (2100 年の純現在価値ベースで)、途上国で実施されるべき投資のシェアは 65-

- 70%と推定されている。出所に関しては概観の注47を参照。
106. Edmonds 他 2008.
  107. Nordhaus 2008b.
  108. 例えば Edmonds 他 2008 を参照.
  109. 次を参照, 上記の注 108; 第 5 章のボックス 5.1.
  110. Hamilton 2009.
  111. Barrett 2006; Barrett 2007.
  112. Barrett and Stavins 2003.
  113. Carraro, Eykmans, and Finus 2009; Carlo Carraro との個人的な交信 (2009 年).
  114. Brinsley and Christie 2009.
  115. Bureau of Labor Statistics 2009.
  116. ILO 2009.
  117. World Bank 2009a.
  118. Ratha, Mohapatra, and Xu 2008.
  119. Banco de México, <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE99&locale=es> (2009 年 5 月 15 日アクセス).
  120. Robins, Clover, and Singh 2009.
  121. Robert B. Zoellick, "A Stimulus Package for the World," *New York Times*, January 22, 2009.
  122. Frakhauser, Sehleier, and Stern 2008.
  123. Houser, Mohan, and Heilmayr 2009.
  124. Pollin 他 2008.
  125. Frakhauser, Sehleier, and Stern 2008.
  126. Robins, Clover, and Singh 2009.
  127. Brown 他 2009.
  128. Brown 他 2009; Houser, Mohan, and Heilmayr 2009.
  129. Schwartz, Andres, and Dragoiu 2009.
  130. Barbier 2009.
  131. Barbier 2009.
  132. Houser, Mohan, and Heilmayr 2009 に基づく執筆者の試算.
  133. Schwartz, Andres, and Dragoiu 2009.
  134. Accenture 2009.
  135. Pew Research Center for People and the Press 2009.
  136. Ravallion 2008.
  137. このようなプログラムは貧困家計に対して所得を補完するためにインセンティブ・ベースの移転を使うとともに、貧困と闘う行動を奨励する先駆者となった。追加的な所得扶助とは対照的に、このようなプログラムの貧困家計に対する現金の供与は、栄養・健康プログラム（予防接種や出産前ケアなど）への参加や子どもの通学を条件としている。Fiszbein and Schady 2009.

## フォーカス A 気候変動の科学

1. IPCC 2007b. IPCC は世界気象機関 (WMO) と国連環境計画 (UNEP) の共同研究として 1988 年に創設され、定期的に一連の主要な評価を行うなかで、気候に関する科学的な知識の状況を要約することを目的としている。第 1 次報告書が 1990 年に発表されて以降、第 2 次、第 3 次、第 4 次の報告書が、それぞれ 95 年、2001 年、07 年に公表されている。〔訳注：日本語訳は、環境省のホームページ：<http://www.env.go.jp/earth/cop3/kaigi/jouyaku.html> より抜粋。気象庁のホームページにも詳しい解説が掲載されている。[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc\\_tar/spm.htm](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc_tar/spm.htm)〕
2. Raupach 他 2007.
3. [http://unfccc.int/essential\\_background/convention/background/items/1353.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php) (2009 年 8 月 30 日にアクセス).
4. Smith 他 2009.
5. Parry 他 2007.
6. 極地における気温の上昇は地球の平均のおよそ 2 倍になるだろう。
7. Schnider von Deimling 他 2006.
8. 観察されている上昇は 1990 年以降について 10 年間で平均 0.2℃となっており、それが将来の予測にかかわる自信につながっている。IPCC 2007a, table 3.1 を参照。すべてのシナリオについて 10 年間で 0.1-0.6℃の上昇という幅をもたせている。
9. WMO による最新の推計によれば、2008 年の CO<sub>2</sub> の平均濃度は 387ppm であった。CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O の濃度も上昇しており、それぞれ 1,789ppb, 321ppb という新たな高水準に達した。CO<sub>2</sub>e でみた濃度というのは、一定の温室効果ガスの構成と量については、一定期間にわたり測定された地球温暖化に対して潜在的に影響力をもつ CO<sub>2</sub> の量をいう。例えば、同じ量のガスについてみると、CH<sub>4</sub> の 100 年間にわたる地球温暖化係数 (GWP) は 25、N<sub>2</sub>O は 298 である。これは CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O のそれぞれ 1 メートルトンの排出は、CO<sub>2</sub> でいえばそれぞれ 25 メートルトンと 298 メートルトンの排出と同じ温暖化効果をもつということの意味する。幸いなことに、このようなガスの排出量は CO<sub>2</sub> ほど多くはないため、それらの実質的な温暖化効果はもっと小さい。しかし、期間のとり方によって GWP は異なり得ることに注意する必要がある。例えば、CH<sub>4</sub> の短期的な (20 年間の) GWP は 75 であり、短期間については CH<sub>4</sub> の排出は非常に重要である。このことは、それを抑制すれば気候変動のペースを鈍化させることができるということを示している。
10. ハロカーボンはハロゲン原子 (フッ素、塩素、臭素、ヨウ素) に結び付いた炭素原子を含んでいる化合物である。このような化合物は非常に持続性があり、無反応性が強い傾向がある。オゾン層を保護するために禁止されるまで、冷媒として、また、断熱材を成形するために一般的に使われていた。このような化合物は地球温暖化の原因でもあるため、モントリオール議定書とその後の修正に基づく使用禁止は、地球温暖化の抑制において有益であった (事実、京都議定書よりも効果があつた)。代わりに使われるよ



うになった化合物の地球温暖化とオゾン層破壊に対する影響の度合いは確かに小さいものの、代用物の大幅な利用は長期的には温暖化効果を発揮するため、そのような化合物の排出は今後数十年間で削減しなければならない。

11. 硫酸塩粒子は形成されてから 2-3 週間で大気中から自然に除去されるということも、降水が酸性化している（酸性雨をもたらしている）主因である。酸性雨は土壌の肥沃度を削減し、植物や建物に害を及ぼし、人間の健康に悪影響をもたらす。
12. Forster 他 2007.
13. Adger 他 2008; SEG 2007.
14. Millennium Ecosystem Assessment 2005. このような矛盾しているように思える変化が可能なのは次の理由による。すなわち、気温が上昇するのに伴い、蒸発と大気が水蒸気を保持する能力の両方が増加する。大気中の水蒸気が増加すると、対流性の雨は激しくなり、しばしば洪水につながる。同時に、気温の上昇は陸地からの蒸発を促進し、土壌水分の枯渇化と早魃の早期発生につながる。その結果、ある特定の地域は違う時期に、これまでより厳しい洪水とより深刻な早魃の両方に直面することになる。
15. Webster 他 2005.
16. 高緯度地方の雪や氷の融解は、反射の割合が大きい表面が黒い土壌や水面に置き換わることによって気温が上昇する、という「極地方の温暖化」につながる。土壌や水はともに熱を吸収して、さらなる温暖化や融解という正のフィードバックを生み出す。
17. Allison 他 2007.
18. Parry 他 2007.
19. IPCC 1995.
20. IPCC 2001.
21. IPCC 2007a. 「公算が大きい」(very likely) という IPCC が使っている用語は 90%以上の確率があるということを示す。
22. Füssel 2008; Ramanathan and Feng 2008.
23. Brewer and Peltzer 2009; McNeil and Matear 2008; Silverman 他 2009.
24. Parry 他 2007.
25. Parry 他 2007, table TS3.
26. Battisti and Naylor 2009; Lobell and Field 2007.
27. Global Forest Expert Panel on Adaptation of Forests to Climate Change 2009.
28. US National Snow and Ice Data Center, <http://nsidc.org> (2009年8月アクセス); Füssel 2008; Rahmstorf 2007.
29. Shanahan 他 2009.
30. Phillips 他 2009.
31. Allan and Soden 2008.
32. Rignot and Kanagaratnam 2006; Steffensen 他 2008.
33. Füssel 2008.
34. Lenton 他 2008.
35. UNEP-WGMS 2008.
36. 概観と第4章の議論も参照。
37. Allen 他 2009b.
38. Meinshausen 他 2009.
39. Wallack and Ramanathan 2009.

## Chapter 2 人間の脆弱性を軽減する：人々の自助努力を支える

1. WRI 他 2008; Heltberg, Siegel, and Jorgensen 2009.
2. Tompkins and Adger 2004.
3. Enfors and Gordon 2008.
4. 1 番目は B1 SRES シナリオとほぼ同じで、世界は温室効果ガスが 450-550ppm CO<sub>2e</sub> で安定化し、最終的に気温は産業革命以前の水準より約 2.5℃ 上昇するという軌道をたどる。排出ガスが著しく多い 2 番目は A1B SRES シナリオとほぼ同じで、約 1,000ppm で安定化し、最終的に産業革命以前より約 5℃ 上昇する軌道をたどる。Solomon 他 2007 を参照。
5. Horton 他 2008; Parry 他 2007; Rahmstorf 他 2007.
6. Allan and Soden 2008.
7. WBGU 2008.
8. Adger 他 2008.
9. Repetto 2008.
10. Lempert and Schlesinger 2000.
11. Keim 2008.
12. Millennium Ecosystem Assessment 2005.
13. Ribot (近刊)。
14. Lempert and Schlesinger 2000; Lempert 2007.
15. Lewis 2007.
16. Lempert and Schlesinger 2000; Lempert and Collins 2007.
17. Bazerman 2006.
18. Groves and Lempert 2007.
19. Ward 他 2008.
20. Hallegatte 2009.
21. Pahl-Wostl 2007; Brunner 他 2005; Tompkins and Adger 2004; Folke 他 2002.
22. Cumming, Cumming, and Redman 2006.
23. Olsson, Folke, and Berkes 2004; Folke 他 2005; Dietz, Ostrom, and Stern 2003.
24. Dietz and Stern 2008.
25. Ligeti, Penny, and Wieditz 2007.
26. Pahl-Wostl 2007.
27. FAO and CIFOR 2005.
28. United Nations 2008b.
29. United Nations 2008a.
30. Balk, McGranahan, and Anderson 2008. 低海拔沿岸部とは海拔 10m 以下の沿岸地域。Data and Application Center, <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lecj.jsp> (2009年1月8日アクセス)。
31. McGranahan, Balk, and Anderson 2007.
32. 上海の純移住率は 4-8%。これに対して、1995-

- 2006年の自然増加率は約-2%であった。United Nations 2008a 参照。
33. Nicholls 他 2008.
  34. Simms and Reid 2006.
  35. World Bank 2008a.
  36. Seo 2009.
  37. World Bank 2008g.
  38. World Bank 2008g.
  39. 1日2.15ドルの貧困線を使用。 Ravallion, Chen, and Sangraula 2007を参照。
  40. United Nations 2008a.
  41. Satterthwaite 他 2008.
  42. Díaz Palacios and Miranda 2005.
  43. Pelling 1997.
  44. World Bank 2008c.
  45. Hara, Taguchi, and Okubo 2005.
  46. Bates 他 2008.
  47. World Bank 2008a.
  48. Satterthwaite 他 2007.
  49. McEvoy, Lindley, and Handley 2006.
  50. Laryea-Adjei 2000.
  51. Confalonieri 他 2007.
  52. 主要な死因別死亡者のみを含み、間接的な影響や病気による死亡者は除外。 McMichael 他 2004を参照； Global Humanitarian Forum 2009.
  53. World Bank 2008b.
  54. Robine 他 2008.
  55. Solomon 他 2007; Luber and McGeehin 2008.
  56. Corburn 2009.
  57. Fay, Block, and Ebinger 2010.
  58. Gallup and Sachs 2001.
  59. Hay 他 2006. この推計は病気媒介生物の広がりのみを計上している。人口増加を含めると、この結果はさらに悪化し、2005年を基準として危機に直面する人々の数は3億9,000万人増加する(60%増)。
  60. Hales 他 2002. 気候変動がなければ2085年の推定世界人口のうち、リスクに直面するのは35%のみ。
  61. WHO 2008; de la Torre, Fajnzylber, and Nash 2008.
  62. Keizer 他 2004.
  63. Rogers 他 2002.
  64. World Climate Programme 2007.
  65. WHO 2005; Frumkin and McMichael 2008.
  66. 衛生施設と衛生状態の改善は健康に良い。これは人口240万人のブラジルのサルバドール市で衛生施設を改善した結果、子供たちの健康状態が向上したことでも証明されている。このプログラムによって2003-04年に下痢性疾患が市全体で22%減少し、リスクの高いコミュニティでは43%減少した。この改善に最も寄与したのは新しいインフラであった (Barreto 他 2007)。
  67. AMWA 2007.
  68. Galiani, Gertler, and Schargrodsky 2005.
  69. Richmond 2008.
  70. 証拠となる資料が増加しており、その示唆するとともに、現存する災害損失データは小さな事象をほとんど見逃しているが、その合計は自然災害を原因とする死亡者数の最大限4分の1を占めている可能性がある。また、気候変動が市民やインフラに及ぼすリスクに関して、意思決定者の意識がかなり低いことも多くの自治体で示唆されている。次を参照。 Awuor, Orindi, and Adwera 2008; Bull-Kamanga 他 2003; Roberts 2008.
  71. Hoeppe and Gurenko 2006.
  72. United Nations 2009.
  73. United Nations 2008a.
  74. International Strategy for Disaster Reduction, <http://www.unisdr.org/eng/hfa/hfa.htm> (2009年3月12日アクセス)。
  75. World Economic Forum 2008.
  76. Milly 他 2002.
  77. The Nameless Hurricane, [http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr\\_hurricane.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr_hurricane.htm) (2009年3月12日アクセス)。
  78. Ranger, Muir-Wood, and Priya 2009.
  79. 1例はスコットランド環境保護庁が提供している情報サービスである, <http://www.sepa.org.uk/flooding> (2009年3月12日アクセス)。
  80. Lin 2008.
  81. Ghesquiere, Jamin, and Mahul 2006.
  82. Ferguson 2005.
  83. Linnerooth-Bayer and Mechler 2006.
  84. Mills 2007.
  85. Manuamorn 2007; Giné, Townsend, and Vickery 2008; World Bank 2008e.
  86. Hochrainer 他 2008.
  87. Christen and Pearce 2005.
  88. Llanto, Geron, and Almario 2007.
  89. Kunreuther and Michel-Kerjan 2007; Tol 1998.
  90. World Bank 2005.
  91. Mills 2005; Dlugolecki 2008; ABI 2004.
  92. Skees 2001.
  93. このことは重要な問題を提起する。つまり土地利用に関する規制や条例が必要であり、それを実施すべきだということである。高リスク地域では法律によって強制保険が導入されるべきだろう。また、公平性の懸念もある。高リスク地域に初めからずっと住んでいる人々で、真のリスク・ベースの保険料が払えない場合はどうしたらいいのか？
  94. Kunreuther and Michel-Kerjan 2007.
  95. Cummins and Mahul 2009.
  96. メキシコの自然災害をめぐる政府が金融リスク管理のために市場商品を使用した例については、Cardenas 他 2007を参照。
  97. Mechler 他 2009.
  98. World Bank to Offer Index-based Weather Derivative Contracts, <http://go.worldbank.org/9GXG8E4GP1> (2009年3月15日アクセス)。
  99. Government of Bangladesh 2008.
  100. Bankoff, Frerks, and Hilhorst 2004.

101. Dercon 2004.
102. Alderman, Hoddinott, and Kinsey 2006; Bartlett 2008; UNICEF 2008; del Ninno and Lundberg 2005.
103. Francis and Amuyunzu-Nyamongo 2008; Nelson 他 2002.
104. Ensor and Berger 2009; Goulden 他 2009; Gaillard 2007.
105. Adger 他 2005; Orlove, Chiang, and Cane 2000; Srinivasan 2004; Wilbanks and Kates 1999.
106. Stringer 他 (近刊); Twomlow 他 2008.
107. Nelson, Adger, and Brown 2007.
108. Walker 他 2006.
109. Gaiha, Imai, and Kaushik 2001; Martin and Prichard 2009.
110. Gibbs 2009.
111. Adger 2003.
112. Berks and Jolly 2002.
113. Macchi 2008; Tebtebba Foundation 2008.
114. Costello, Gaines, and Lynham 2008.
115. Pomeroy and Pido 1995.
116. Chhatre and Agrawal (近刊).
117. Ostrom 1990; Berks 2007; Agrawal and Ostrom 2001; Larson and Soto 2008.
118. Sobrevila 2008; White and Martin 2002.
119. Bandura 1977; Levitt and March 1988; Ellison and Fudenberg 1993; Ellison and Fudenberg 1995.
120. Granovetter 1978; Kanaiaupuni 2000; Portes and Sensenbrenner 1993.
121. Buskens and Yamaguchi 1999; Rogers 1995.
122. Foskett and Helmsley-Brown 2001.
123. Gillespie 2004.
124. World Bank 2009.
125. Ivanic and Martin 2008.
126. Grosh 他 2008.
127. Lobell 他 2008.
128. Kanbur 2009; Ravallion 2008.
129. Grosh 他 2008.
130. Grosh 他 2008; Alderman and Haque 2006.
131. Famine Early Warning Systems Network, <http://www.fews.net> (2009年5月15日アクセス).
132. Alderman and Haque 2006; Vakis 2006.
133. Hess, Wiseman and Robertson 2006.
134. del Ninno, Subbarao, and Milazzo 2009.
135. IEG 2008; Komives 他 2005.
136. World Bank 2008d.
137. World Bank 2006.
138. Myers 2002; Christian Aid 2007.
139. Barnett and Webber 2009.
140. Black 2001; Anthoff 他 2006.
141. Gleditsch, Nordås, and Salehyan 2007.
142. Reuveny 2007.
143. Barnaby 2009.
144. Theisen 2008; Nordås and Gleditsch 2007.
145. WBGU 2008; Campbell 他 2007.
146. de Haas 2008.
147. Bartlett 他 2009.

## フォーカス B 気候変動下の生物多様性と生態系サービス

1. McGinley 2007.
2. Vitousek 他 1999.
3. Fitzgerald McCouch, and Hall 2009.
4. Brown 2002.
5. WHO and FAO 2009.
6. Haberl 1997.
7. Millennium Ecosystem Assessment 2005.
8. Lawton and May 1995.
9. England 他 2004によると、約8,000年前の氷河期における氷河の後退は年平均0.1kmであったと推定されている。これが最終的に種の極地に向かう移動速度の制約となった。
10. Convention on Biological Diversity 2009; Fischlin 他 2007.
11. Foden 他 2008.
12. Bode 他 2008; Joseph, Maloney, and Possingham 2008.
13. UNEP-WCMC 2008.
14. これは保全価値の高い土地を取引する1つの形態である。そのような土地の所有者のなかにはハビタット・バンクに預けることを選択する人が出てくるだろう。例えば、高速道路地役権のために保全価値の高い土地を損傷する必要が生じた場合、そのプロジェクトの提案者はその土地と同等の保全価値がある土地の権利をハビタット・バンクから買わなければならない。
15. Heller and Zavaleta 2009.
16. Welch 2005.
17. Hannah 他 2002; Hannah, Midgley, and Miller 2002.
18. Dudley and Stolton 1999.
19. Campbell, Haalboom, and Trow 2007.
20. Bandyopadhyay and Tembo 2009.
21. Smith, Gilmour, and Heyward 2008.
22. Gordon 2007.
23. FAO 2003; FAO 2005; Stiansen 他 2005.
24. Halpern 2003; Harmelin-Vivien 他 2008.
25. Lodge 他 2007.
26. Cunningham and Bostock 2005.
27. OECD 2008; World Bank 2008.
28. Beddington, Agnew, and Clark 2007.
29. FAO 2003; FAO 2005; ICES 2008a; ICES 2008b.
30. Wunder, Engel, and Pagiola 2008.

31. Brown 他 1993; Harris 他 2009.
32. この節は専門家グループによって作成された以下の資料を参考にしている。Ad Hoc Technical Expert

Group on Biodiversity and Climate Change 2009 for the Convention on Biological Diversity and the UN Framework Convention on Climate Change.

### Chapter 3 90 億人を養い、自然のシステムを保護するために土地と水を管理する

1. 例えば Lotze-Campen 他 2009 を参照。
2. IPCC 2007b.
3. OECD 2008.
4. Burke and Brown 2008; Burke, Brown, and Christidis 2006.
5. Milly 他 2008; Barnett, Adam, and Lettenmaier 2005.
6. de la Torre, Fajnzylber and Nash 2008.
7. World Water Management Programme 2009.
8. Perry 他 (近刊).
9. World Water Management Programme 2009.
10. World Bank (近刊 d).
11. World Bank (近刊 d).
12. Molden 2007.
13. Milly 他 2008; Ritchie 2008; Young and McColl 2005.
14. 国の水資源の公的な受託者として、中央政府は水問題担当大臣を通じて次のことを確保しなければならない。すなわち、水は憲法の指示にしたがって、すべての人々の利益のために、持続可能かつ公平な形で、保護、使用、開発、保全、管理、統制されなければならない。Salman M. A. Salman, World Bank Staff との個人的な交信 (2009 年 7 月)。
15. Dye and Versfeld 2007.
16. Bates 他 2008.
17. Molle and Berkoff 2007.
18. Molle and Berkoff 2007; OECD 2009.
19. Olmstead, Hanemann, and Stavins 2007.
20. Molle and Berkoff 2007.
21. Asad 他 1999.
22. Bosworth 他 2002.
23. 以下を参照。Darling Basin Agreement Schedule E, [http://www.mdbc.gov.au/about/the\\_mdbc\\_agreement](http://www.mdbc.gov.au/about/the_mdbc_agreement).
24. Molle and Berkoff 2007.
25. Rosegrant and Binswanger 1994.
26. World Bank 2007b.
27. Bates 他 2008; Molden 2007; Molden 2007.
28. Young and McColl 2005.
29. <http://www.environment.gov.au/water/mdb/overallocation.html> (2009 年 5 月 7 日アクセス)。
30. Molden 2007.
31. World Bank (近刊 b).
32. World Bank (近刊 b).
33. World Bank (近刊 b).
34. Bhatia 他 2008.
35. Strzepek 他 2004.
36. World Commission on Dams 2000. アスワンのアスワン・ハイ・ダムがナイル川デルタの土壤肥沃度と沿岸地帯に及ぼした影響に関する議論については、Ritchie 2008 を参照。
37. World Water Assessment Programme 2009.
38. Danfoss Group Global, <http://www.danfoss.com/Solutions/Reverse+Osmosis/Case+stories.htm> (2009 年 5 月 9 日アクセス)。
39. FAO 2004b.
40. 脱塩はスペインなど世界の一部地域の高額農業においても実施可能である。Gobierno de España 2009.
41. World Water Assessment Programme 2009.
42. Molden 2007.
43. Molden 2007.
44. Molden 2007.
45. Rosegrant, Cai, and Cline 2002.
46. 例えば、Perry 他 (近刊) に引用されている 2008 年 12 月 1 日付けの Indian Financial Express への言及を参照
47. De Fraiture and Perry 2007; Molden 2007; Ward and Pulido-Velazquez 2008.
48. Perry 他 (近刊).
49. Moller 他 2004; Perry 他 (近刊).
50. Perry 他 (近刊).
51. <http://www.fieldlook.com> (2009 年 5 月 5 日アクセス)。
52. Perry 他 (近刊).
53. World Bank (近刊 c).
54. CO<sub>2</sub> は光合成にとっては投入物であり、光合成は植物が太陽光を使って炭水化物を作るプロセスである。つまり、CO<sub>2</sub> 濃度が高いほど、多くの作物にはプラスの効果があり、バイオマスの蓄積と最終的な収量を高める。さらに、CO<sub>2</sub> 濃度が高いほど、植物の気孔開口——植物は気孔を通じて蒸散する、つまり水分を蒸散する——を抑制して、水損失を削減する。樹木に加えてコムや小麦、大豆、マメ科植物などのいわゆる C3 作物は、トウモロコシやキビ、各種モロコシ類など C4 作物よりも多くの利益を享受する。しかし、最近の実地実験が示すところによれば、過去の実験室におけるテストはプラス効果を過大評価してきた。例えば、ある研究は、CO<sub>2</sub> 濃度が 550ppm だとすると、収量の増加は小麦について 31%ではなく 13%、大豆については 32%ではなく 14%、C4 作物については 18%ではなく 0%でしなかったことを示唆している。Cline 2007. このため、本章のグラフは CO<sub>2</sub> 富栄養化がない場合の収量だけを示している。
55. Easterling 他 2007.
56. EBRD and FAO 2008.
57. Fay, Block, and Ebinger 2010.



58. 食料生産不足とは、ある行政区域の最も重要な作物にかかわる年間の潜在的な生産が悪天候のために、同地域における 1961-90 年の平均生産水準の 50% 以下になる状況のことをさす。ある年に 1 つ以上の地域で不足が生じる可能性が高まると、食料生産不足を埋めるために他の地域から輸入できる潜在性が低下するので、食料の安全な確保の懸念につながる。Alcamo 他 2007。
59. Easterling 他 2007。
60. Cline 2007。高排出のシナリオは IPCC の SRES A2 シナリオのことで、一連のモデルから、2080-99 年の気温上昇の平均（中位数）を 1980-99 年との比較で 3.13°C としている。Meehl 他 2007。
61. Lobell 他 2008。
62. Schmidhuber and Tubiello 2007。
63. 5 つの気候モデルと高排出 SRES A2 シナリオに基づく。Fischer 他 2005。
64. FAO 2009c に基づく試算。
65. IPCC 2007a。
66. 非管理地を農業に転換することと土壌浸食に起因する排出。
67. van der Werf 他 2008。
68. Steinfeld 他 2006。
69. この 18% は家畜の総関与率を算出するために、家畜生産の排出に対する推定寄与率を土地利用、同変化、林業など数カテゴリーについて合計したものである。家畜の温室効果ガス排出は土地利用変化（36%）、堆肥管理（31%）、動物の直接排出（25%）、飼料生産（7%）、加工・輸送（1%）で構成される。Steinfeld 他 2006。
70. IEA 2006。この推定値は現行の貿易制限が維持されていることを前提にしている。もしこのような制限、特にアメリカへのバイオ燃料輸入を規制している制限が変化すれば、生産について大きな地域的な移動が発生するだろう。
71. Gurgel, Reilly, and Paltsev 2008。
72. NRC 2007; Tilman, Hill, and Lehman 2006。
73. Becket and Oltjen 1993。
74. Hoekstra and Chapagain 2007。Pimentel 他 2004 は牛肉について 1kg 当たり 4 万 3,000 l という推定値をあげている。
75. Peden, Tadesse, and Mammo 2004。このシステムでは畜牛 1 頭が 2 年間にわたって 1 日 25 l の水を消費して、内臓抜きで 125kg の肉を生産する。作物の残りも消費するが、これについては追加的な水投入は不要である。
76. Williams, Audsley, and Sandars 2006。加えて、一部の文献は肉生産に関してもっと高い排出の推定値——例えば、牛肉生産 1kg 当たり 30kg 程度の CO<sub>2e</sub>——を指摘している。Carlsson-Kanyama and Gonzales 2009。
77. Randolph 他 2007; Riviera 他 2003。
78. Delgado 他 1999; Rosegrant 他 2001; Rosegrant, Fernandez, and Sinha 2009; Thornton 2009; World Bank 2008e。
79. ある研究は次のような予測をしている。利用可能な「良い」農地と「一級の」農地の統計は、2080 年にそれぞれ 26 億 ha と 20 億 ha であり、1961-90 年の平均との比較でほとんど変わらないであろう（Hadley Centre HADCM3 という気候モデルに基づき、非常に高排出の SRES A1F1 のシナリオを前提）。Ischer, Shah, and van Velthuisen 2002; Parry 他 2004。
80. Lotze-Campen 他 2009。
81. Cassman 1999; Cassman 他 2003。
82. FAO 2009c に基づく試算。
83. Diaz and Rosenberg 2008。
84. Schoups 他 2005。
85. Delgado 他 1999。
86. Hazell 2003。
87. Hazell 2003; Rosegrant and Hazell 2000。
88. Pingali and Rosengrant 2001。
89. Reardon 他 1998。
90. Rosegrant and Hazell 2000。
91. Rosegrant and Hazell 2000。
92. 特殊な農作物の 1 形態として機能性食品が知られている。これは食物ないし飲料という形の商品で、身体の機能に影響して、健康や福祉、性能などに関して通常の栄養価を凌駕する利益をもたらす。実例としては、抗酸化食品（ガラナやアサイベリーなど）、ビタミン A が豊富なゴールデン・ライス、オレンジ色サツマイモ、コレステロール水準を改善するために植物ステロールで強化されているマーガリン、心臓の健康のために強化オメガ 3 脂肪酸が入った卵などがある。Kotilainen 他 2006。
93. Ziska 2008。
94. T. Christopher, "Can Weeds Help Solve the Climate Crisis?" New York Times, June 29, 2008。
95. Ziska and McClung 2008。
96. UNEP-WCMC 2008。海洋では保護下にある総面積はさらにわずかである。約 258 万 km<sup>2</sup>、すなわち世界の海洋の 0.65% と排他的経済水域総面積の 1.6% が海洋保護区となっている。Laffoley 2008。
97. Gaston 他 2008。
98. Hannah 他 2007。
99. Dudley and Stolton 1999。
100. Struhsaker, Struhsaker, and Siex 2005。
101. Scherr and McNeely 2008; McNeely and Scherr 2003。
102. van Buskirk and Wili 2004。
103. McNeely and Scherr 2003。
104. Chan and Daily 2008。
105. マメ科の樹木には根粒菌が共生しており、それが大気中の窒素を固定化して、植物と土壌の栄養負荷を高めている。
106. McNeely and Scherr 2003。
107. Richkettis 他 2008。
108. Klein 他 2007。
109. Lin, Perfecto, and Vandermeer 2008。
110. World Bank 2008a。
111. World Bank 2008a。
112. 土地トラストと保全地役権に毎年支出されている

- 60 億ドルのうち 3 分の 1 は開発途上国向けである。Scherr and McNeely 2008.
113. 保全型ゾーニング制では、一部の地域では開発が認められ、保護地域ではそれが制限される。取引可能な開発権は、保全目標を達成するために地域の代替性を認めている純粋型ゾーニング制の代替策であり、順守のインセンティブを提供する。一部の地主は支払いを見返りとして、開発に対する制限——財産権に対する制限——に同意している。例えば、政府は法律で、各私有地の 20% は自然林として保持すべきであると規定するかもしれない。地主が 20% の限度を超えて伐採が許されるのは、他の地主から開発権を購入した場合だけとなる。他の地主は私有地の 20% 以上を森林として保持しているので、この「余剰」森林の開発権を売却する。この「余剰」森林は不可逆的な森林保護区という状態におかれる。Chomitz 2004.
114. World Bank 2008c.
115. Alston 他 2000; World Bank 2007c.
116. Bentema and Stads 2008.
117. IAASTD 2009.
118. Blaise, Majumdar, and Tekale 2005; Govaerts, Sayre, and Deckers 2005; Kosgei 他 2007; Su 他 2007.
119. Thierfelder, Amezquita, and Stahr 2005; Zhang 他 2007.
120. Franzluebbbers 2002.
121. Govaerts 他 2009.
122. Derpsch and Friedrich 2009.
123. Derpsch 2007; Hobbs, Sayre, and Gupta 2008.
124. World Bank 2005.
125. Derpsch and Friedrich 2009; Ernststein and Laxmi 2008.
126. Ernststein 2009.
127. Ernststein 他 2008.
128. de la Torre, Fajnzylber, and Nash 2008.
129. Passioura 2006.
130. Yan 他 2009.
131. Thorntnton 2009.
132. Smith 他 2009.
133. Doraiswamy 他 2007; Perez 他 2007; Singh 2005.
134. 尿素の塊ないし超微粒子の深層施肥など。
135. Singh 2005.
136. Singh 2005.
137. Poulton, Kydd, and Dorward 2006; Dorward 他 2004; Pender and Mertz 2006.
138. Hofmann and Schellnhuber 2009; Sabine 他 2004.
139. Hansen 他 2005.
140. FAO 2009e.
141. FAO 2009e.
142. Delgado 他 2003.
143. FAO 2009e.
144. Arkema, Abramson, and Dewsbury 2006.
145. Smith, Gilmour, and Heyward 2008.
146. Gordon 2007.
147. Armada, White, and Christie 2009.
148. Pitcher 他 2009.
149. OECD 2008; World Bank 2008d.
150. FAO 2009e.
151. World Bank 2008d.
152. Costello, Gaines, and Lynham 2008; Hardim 1968; Hilborn 2007a; Hilborn 2007b.
153. FAO 2009e. 魚介類には海水と淡水の両方の魚と無脊椎動物が含まれている。動物性タンパク質には前者と、すべての陸生の肉、ミルク、その他の動物性産物が含まれる。データは 2003 年のもの。
154. United Nations 2009.
155. FAO 2009e (データは 2003 年)。
156. FAO 2009e.
157. FAO 2009e.
158. World Bank 2006.
159. De Silva and Soto 2009.
160. De Silva and Soto 2009.
161. FAO 2004a.
162. Gyllenhammar and Hakanson 2005.
163. Deutsch 他 2007.
164. Gatlin 他 2007.
165. Tacon, Hasan, and Subasinghe 2006.
166. Tacon, Hasan, and Subasinghe 2006.
167. Naylor 他 2000.
168. Primavera 1997.
169. Tal 他 2009.
170. Naylor 他 2000.
171. FAO 2001; Lightfoot 1990.
172. Delgado 他 2003.
173. FAO 2009b.
174. 例えば、中国とネパールは、ガンジス川流域の水にかかわるバングラデシュとインドの間の協定の締約国ではなく、配分を受けていない。
175. Salman 2007.
176. Qaddumi 2008.
177. Kurien 2005.
178. FAO 2009e.
179. Duda and Sherman 2002.
180. FAO 2009d; Sundby and Nakken 2008.
181. Lodge 2007.
182. BCLME Programme 2007.
183. GEF 2009.
184. World Bank 2009.
185. Fischer 他 2005.
186. Rosegrant, Fernandez, and Sinha 2009.
187. Easterling 他 2007.
188. FAO 2008.
189. Mitchell 2008. 気候変動によって国内の食料取引政策も制限的になり、過去においては価格高騰を悪化させたこともある。例えば、Battisti and Naylor 2009 を参照。
190. World Bank 2009.
191. World Bank 2009.

192. von Braun 他 2008.  
 193. Bouet and Laborde 2008.  
 194. 他の問題は個別の評価が必要である。例えば、特殊な商品に関する関税に関して、途上国は、食料の安全な確保、生計保証、農村開発にとって重要だという理由で、引き下げの免除を求めている。World Bank 2007c.  
 195. WMO 2000.  
 196. Xiaofeng 2007.  
 197. United Nations 2004.  
 198. "Africa's Weather Stations Need 'Major Effort,'" Science and Development Network, <http://www.SciDev.net>, November 7, 2006.  
 199. WMO 2007.  
 200. Barnston 他 2005; Mason 2008.  
 201. Moron 他 (近刊); Moron, Robertson, and Boer 2009; Moron, Robertson, and Ward 2006; Moron, Robertson, and Ward 2007.  
 202. Sivakumar and Hansen 2007.  
 203. Patt, Suarez, and Gwata 2005.  
 204. Bastiaanssen 1998; Menenti 2000.  
 205. WaterWatch, <http://www.waterwatch.nl> (2009年5月9日アクセス).  
 206. Bastiaanssen, W., WaterWatch との個人的な交信 (2009年5月).  
 207. <http://www.globalsoilmap.net/> (2009年5月15日アクセス).  
 208. Bindlish, Crow, and Jackson 2009; Frappart 他 2006; Turner 他 2003.  
 209. Bouma, van der Woerd, and Kulik 2009.  
 210. UNESCO 2007.  
 211. World Bank 2008d.  
 212. Kumar 2004.  
 213. World Bank 2007a.  
 214. World Bank (近刊 b).  
 215. World Bank 2008b.  
 216. World Bank 2008b.  
 217. Mitchell 2008.  
 218. Zilberman 他 2008.  
 219. Rosegrant, Fernandez, and Sinha 2009.  
 220. Parry 他 1999; Parry, Rosenzweig, and Livermore 2005; Rosenzweig 他 2001.  
 221. Rosenzweig 他 2001.  
 222. Parry 他 2004.  
 223. Fischer 他 2005; Parry 他 1999; Parry 他 2004; Parry 2007; Parry, Rosenzweig and Livermore 2005; Schmidhuber and Tubiello 2007.  
 224. Dawe 2008; Robles and Torero (近刊); Simler 2009.  
 225. McKinsey & Company 2009.  
 226. Perez 他 2007.  
 227. Smith 他 2009.  
 228. 1996-2004年のアフリカ向け政府開発援助のフローは年約13億ドルであった: World Bank 2007c.  
 229. Perez 他 2007.  
 230. McKinsey & Company 2009.  
 231. このような活動による固定化の利益は、最先端の測定とモデル・ベースのアプローチに基づいて定期的に更新されるだろう。  
 232. West and Post 2002.  
 233. Rochette 他 2008.  
 234. Johnston 他 2004.  
 235. Sullivan 他 2004.  
 236. しかし、土壌保全留保プログラムでは、地主は支払いについて値付けを行い、政府がそれを承認するか拒否するので、排出権取引とはまったく異なる。  
 237. McKinsey & Company 2009.  
 238. Tschakert 2004.  
 239. Alston 他 2000.  
 240. Chicago Climate Exchange, <http://www.chicagoclimatex.com/index.jsf> (2009年2月10日アクセス).  
 241. Lal 2005.  
 242. UNEP 1990.  
 243. Swift and Shepherd 2007.  
 244. FAO 2009a.  
 245. OECD 2008.  
 246. [http://ec.europa.eu/agriculture/capreform/infosheets/crocom\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/capreform/infosheets/crocom_en.pdf) (2009年5月12日アクセス).

#### Chapter 4 気候変動対策を犠牲にすることなく経済開発を促進する

1. IPCC 2007.
2. 執筆者による推定値: Socolow 2006. 推定値は平均7人の貧困家計における1カ月100kWhの電力消費に基づく。それは1人当たり年間170kWhに等しい。電力は現在の世界平均である1kWh当たり590gのCO<sub>2</sub>という炭素排出原単位で16億人に供給される。Socolow 2006の前提は次の通りである。クリーンな料理用燃料(液化石油ガス)350kgを26億人それぞれに供給すると、2億7,500万tのCO<sub>2</sub>を排出する。したがって、4億3,500万tのCO<sub>2</sub>総排出量は、現在の世界のCO<sub>2</sub>総排出量260億万トンの2%を占めるにすぎない。
3. 化石燃料の不完全燃焼で発生するブラック・カーボン(黒色炭素ないしスス)は、大気中の熱を吸収することによって、また、雪や氷に蓄積されるとその反射力を削減し、融解を加速することによって、地球温暖化の一因になっている。ブラック・カーボンはCO<sub>2</sub>とは違って大気中に残留するのは2-3日ないし2-3週間にすぎないため、この排出を削減すれば緩和について即時的な効果がある。加えて、ブラック・カーボンは多くの途上国では主要な大気汚染物質であり、疾病や早死の主因となっている。

4. SEG 2007.
5. Wilbanks 他 2008.
6. McKinsey & Company 2009b.
7. Ebinger 他 2008.
8. エネルギー安全保障の意味と重要性は、所得やエネルギー消費、エネルギー資源、貿易相手国に応じて国ごとに異なっている。石油と天然ガスの輸入依存は多数の諸国にとっては経済的な脆弱性の原因であり、国際的な緊張につながることもある。最貧国（1人当たり所得が300ドル未満）は特に燃料価格の変動に弱く、石油価格が1バーレル当たり10ドル上昇すると、GDPが平均1.5%減少する（World Bank 2009a）。
9. 燃料価格が20%上昇すると、発電コストはガスの場合には16%、石炭の場合には6%上昇するが、再生可能エネルギーの場合には実質的にほぼ不変である。World Economic Forum 2009を参照。
10. IEA 2008b.
11. WRI 2008. 概観における排出の歴史にかかわる部分も参照。
12. IEA 2008c.
13. IPCC 2007.
14. United Nations 2007.
15. IEA 2008b.
16. Chamon, Mauro, and Okawa 2008.
17. Schipper 2007.
18. Lam and Tam 2002; 2000 U.S. Census, [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_U.S.\\_cities\\_with\\_most\\_households\\_without\\_a\\_car](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_U.S._cities_with_most_households_without_a_car) (2009年5月アクセス)。
19. Kenworthy 2003.
20. 地域暖房は住宅用及び商業用の建物に熱を配給するもので、集中した場所の効率的な熱電併給プラントあるいは大規模な加熱ボイラーによって供給される。
21. マイナスの排出は陸上生態系に炭素を固定化する（例えば植林を増やす）ことによって達成できる。バイオマスによるエネルギー産出にCCS技術を適用することによっても達成できる。
22. 濃度が450ppmの温室効果ガスは、気温が産業革命以前の気温を2℃以上上回らない確率が40-50%であると換言することができる。Schaeffer 他 2008; Hare and Meinshausen 2006.
23. Tans 2009.
24. Rao 他 2008.
25. 植物から得られたバイオマスは炭素中立的な燃料といえる。植物が生育する際に吸収された大気中の炭素が、植物が燃焼する際に放出されるだけだからである。バイオマス・ベースのCCSはバイオマス燃焼によって放出される炭素を回収することによって、大規模な「マイナスの排出」をもたらす得る。
26. Weyant 他 2009; Knopf 他 (近刊); Rao 他 2008; Calvin 他 (近刊)。
27. German Advisory Council on Global Change 2008; Wise 他 2009.
28. この5つのモデル(MESSAGE, MiniCAM, REMIND, IMAGE, IEA ETP)は欧米で開発された世界的に一流のエネルギー・気候モデルである。トップダウンとボトムアップという2つの研究手法のバランスをとり、さまざまな緩和軌道を前提にしている。MESSAGEは国際応用システム分析研究所(IIASA)が開発したもので、MESSAGEというモデリング・システムを採用している。エネルギー・システム、MESSAGEという工学的最適化モデル、MACROというトップダウンのマクロ経済均衡モデル、DIMAという森林管理モデル、AEZ-BLSという農業モデリング枠組みで構成されている。この分析はB2シナリオを検討したものである。これはA2(人口増加率が高いケース)とB1(厳格な気候政策がなくても低排出を達成できる可能性がある「最善のケース」)の中間であり、「通常通りのダイナミクス」の変化率を特徴としている(Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; Rao 他 2008)。MiniCAMはパシフィック・ノースウェスト国立研究所(PNNL)が開発したもので、技術的に詳細な世界のエネルギーや経済、農業、及び土地利用モデルと、ガス循環や気候、氷解モデルを組み合わせている(Edmonds 他 2008)。REMINDはポツダム気候変動影響研究所が開発したもので、トップダウンのマクロ経済モデルとボトムアップのエネルギー・モデルを組み合わせている。福祉の最大化を目的とする最適成長モデルである(Leimbach 他(近刊))。IMAGEはオランダ環境評価庁が開発した統合的な評価モデルで、TIMER 2というエネルギー・モデルとFAIR-SiMcaPという気候政策モデルを組み合わせている(Bouwman, Kram, and Goldewijk 2006)。IEA Energy Technology Perspectiveというモデルは線形プログラミング最適化モデルで、MARKALというエネルギー・モデルに基づいている(IEA 2008b)。
29. 緩和コストにはベースラインとの比較で追加的な資本投資コスト、運営維持コスト、燃料コストが含まれる。Rao 他 2008; Knopf 他(近刊); Calvin 他(近刊); Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009.
30. Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009; Knopf 他(近刊)。
31. IIEA 2008b; McKinsey & Company 2009a.
32. Knopf 他(近刊); Calvin 他(近刊); IEA 2008c.
33. Rao 他(近刊); IEA 2008b; Mignone 他 2008. 有効で受け入れ可能な工業技術がないため、これは妥当する(議論に関しては第7章参照)。
34. IEA 2008b; IEA 2008c; Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009; Calvin 他(近刊)。
35. Raupach 他 2007.
36. Shalizi and Leocq 2009.
37. Philibert 2007.
38. McKinsey & Company 2009b.
39. World Bank 2001.
40. IEA 2008b; Calvin 他(近刊); Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009.
41. IEA 2008b; IEA 2008c; Calvin 他(近刊); Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009. 必要とされる排出削減の規模はベースラインのシナリオに決定的に依存しているが、それはモデルごとに大きく違っている。
42. IEA 2008b; Riahi, Grübler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009; IAC 2007. 非エネルギー部門では土地利用変化とメタン削減も重要な措置であることに注



- 意すべきである（第3章参照）。450ppm CO<sub>2</sub>eの軌道を達成するために、特に短期的に新しい技術開発までの時間を稼ぐのに重要である。
43. Knoph 他 (近刊); Rao 他 (2008).
  44. Rao 他 2008; Calvin 他 (近刊); Knoph 他 (近刊).
  45. Barrett 2003; Burtraw 他 2005.
  46. メタン分子は天然ガスの重要な成分であるが、地球温暖化の潜在力が CO<sub>2</sub> 分子の 21 倍もある。
  47. SEG 2007.
  48. IEA 2008b; McKinsey & Company 2009b.
  49. de la Torre 他 2008.
  50. McKinsey & Company 2009a.
  51. 「メキシコ低炭素研究」の発見によれば、排出削減の潜在力全体のほぼ半分は、ネットでプラスの利益をもたらす介入措置によってもたらされる (Johnson 他 2007)。
  52. Bosseboeuf 他 2007.
  53. IEA 2008b; Worldwatch Institute 2009.
  54. UNEP 2003.
  55. IPCC 2007.
  56. Brown, Southworth, and Stovall 2005; Burton 他 2008. 10 カ国の 146 の建物に基づいた実証的な経験に関する包括的なレビューは、「緑の建物」は通常の建物と比べて建築するコストが平均 2% 高くなるが、エネルギー利用は中位数で 33% 減少すると結論付けている (Kats 2008)。
  57. Shalizi and Lecocq 2009.
  58. Brown, Southworth, and Stovall 2005.
  59. IEA 2008b.
  60. Johnson 他 2008.
  61. Brown, Southworth, and Stovall 2005; ETAAC 2008.
  62. Johnson 他 2008.
  63. Sorrell 2008.
  64. IEA 2008c.
  65. Stern 2007. クリーン・エネルギー技術に対する補助金のシェアは小さい。例えば、再生可能エネルギーに対しては年 100 億ドルである。
  66. World Bank 20008a.
  67. Sterner 2007.
  68. UNEP 2008.
  69. Ezzati 他 2004.
  70. Wang and Smith 1999.
  71. 1 トンの CO<sub>2</sub> 当たり 50 ドルの炭素税は、石炭火力による電気なら 1kWh 当たり 4.5 セントの課税、石油なら 1 ガロン当たり 45 セント (1 ℓ 12 セント) の課税に換算できる。
  72. Philibert 2007.
  73. WBCSD 2008.
  74. World Energy Council 2008.
  75. Goldstein 2007.
  76. Meyers, McMahon, and McNeil 2005.
  77. Goldstein 2007.
  78. エネルギー効率化住宅ローンでは、借り手は自宅のエネルギー効率化措置で集積した省エネ分を含めることによって、大きな額を借り入れる資格がある。
  79. ESMAP 2008.
  80. World Bank 2008d.
  81. Taylor 他 2008.
  82. World Bank 2008b.
  83. この公共調達プログラムで、電灯のコストは 1 個当たり 3-5 ドルではなく 1 ドル未満に収まった。しかし、配送、意識改革と奨励、モニタリング、検査、テストなどに別途 1 ドルの取引コストを要した。
  84. ESMAP 2009.
  85. Armel 2008.
  86. IEA 2008b; Riahi, Grubler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009.
  87. 風力や地熱、水力による発電のコストは、資源と場所によって大きな違いがある。
  88. IEA 2008a.
  89. ESMAP 2006.
  90. 例えば、再生可能エネルギー利用割合基準は風力エネルギーを優遇し、太陽光エネルギーを軽視する傾向がある。
  91. World Bank 2006.
  92. MIT 2003; Keystone Center 2007.
  93. MIT 2003.
  94. Worldwatch Institute 2008; IEA 2008b.
  95. Calvin 他 (近刊); Riahi, Grubler, and Nakićenović 2007; IIASA 2009.
  96. Riahi, Grubler, and Nakićenović 2007.
  97. Gibbins and Chalmers 2008.
  98. Sperling and Gordon 2008.
  99. Weyant 他 2009.

## Chapter 5 経済開発を世界的な気候レジームに統合する

1. エネルギー関連の排出は 1997 年 (京都議定書が調印された年) から 2006 年までの間に 24% 増加した。CDIAC データベース (DOE 2009) を参照。
2. 地球環境ファシリティ (GEF) は多数の多角的機関を通じてプロジェクトや投資を管理している。それ以外に、UNFCCC を含む国際的な環境条約のために金融メカニズムとして機能している。GEF は協調融資の形で 172 億ドルを供与している。
3. 本節は Dubash 2009 からの援用。
4. 絶対的な排出減少は予測されている排出軌道の変更ではなく、現行水準との対比でみて正味で排出の減少をもたらす。
5. Baer, Athanasiou, and Kartha 2007. ボックス 5.2 も参照。
6. Baumert and Winkler 2005.
7. Burtraw 他 2005; Barrett 2006.
8. 議論に関しては科学に関するフォーカス A と第 4 章

を参照。

9. EU が UNFCCC に提出した文書, [http://unfccc.int//files/kyoto\\_protocol/application/pdf/ecredd191108.pdf](http://unfccc.int//files/kyoto_protocol/application/pdf/ecredd191108.pdf) (2009年8月5日アクセス)。
10. インドと中国が UNFCCC に提出した文書, [http://unfccc.int//files/kyoto\\_protocol/application/pdf/indiasharedivisionv2.pdf](http://unfccc.int//files/kyoto_protocol/application/pdf/indiasharedivisionv2.pdf) および [http://unfccc.int//files/kyoto\\_protocol/application/pdf/china240409b.pdf](http://unfccc.int//files/kyoto_protocol/application/pdf/china240409b.pdf) (2009年7月6日アクセス)。市民社会の見方については次を参照。World Network, "Understanding the European Commission's Climate Communication," <http://www.twinside.org.sg/title2/climate/info.service/2009/climate.change.20090301.htm> (2009年7月8日アクセス)。
11. 例えば, McKinsey Global Institute 2008 の指摘によれば, 6つの政策分野に焦点を当てた措置は, 費用曲線アプローチで発見された緩和の潜在力の約40%を実現することができる。
12. Dollar and Pritchett 1998.
13. Heller and Shukla 2003.
14. Heller and Shukla 2003.
15. Bodansky and Diring 2007.
16. Blanford, Richels, and Rutherford 2008; Richels, Blanford, and Rutherford (近刊)。
17. Winkler 他 2002.
18. Lewis and Diring 2007.
19. 例えば, 次の南アフリカと韓国がそれぞれ UNFCCC に提出した以下の文書を参照。 [http://unfccc.int//files/meetings/dialogue/application/pdf/working\\_paper\\_18\\_south\\_africa.pdf](http://unfccc.int//files/meetings/dialogue/application/pdf/working_paper_18_south_africa.pdf) および <http://unfccc.int//resource/docs/2006/smsn/parties/009.pdf> (2009年6月アクセス)。
20. 韓国が UNFCCC に提出した文書, <http://unfccc.int//resource/docs/2006/smsn/parties/009.pdf> (2009年6月アクセス)。
21. 南アフリカが UNFCCC に提出した文書, [http://unfccc.int//files/meetings/dialogue/application/pdf/working\\_paper\\_18\\_south\\_africa.pdf](http://unfccc.int//files/meetings/dialogue/application/pdf/working_paper_18_south_africa.pdf) (2009年6月アクセス)。
22. 例えば, アメリカと EU は UNFCCC に提出した文書のなかで, 主要途上国は低炭素戦略を策定して UNFCCC に提出すべきであると指摘している。次を参照。UNFCCC/AWGLCA/2009/MISC.4, <http://unfccc.int/resource/docs/2009/awglca6/eng/misc042.pdf> (2009年8月5日アクセス)。
23. Akanle 他 2008。京都議定書の柔軟性とメカニズムに関する情報に関しては次を参照。 [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/mechanisms/items/1673.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php) (2009年7月8日アクセス)。
24. Article 4.1 of the UNFCCC.
25. UNFCCC Secretariat, [http://unfccc.int/coperation\\_support/least\\_developed\\_countries\\_portal/submitted\\_napas/items/4585.php](http://unfccc.int/coperation_support/least_developed_countries_portal/submitted_napas/items/4585.php) (2009年8月5日アクセス)。
26. Decision 2/CP.11 of the UNFCCC.
27. SEG 2007.

## フォーカス C 貿易と気候変動

1. 1995年にWTOを創設したマラケシュ合意の前文。
2. World Bank 2008 に引用されている。
3. Gallagher 2004.
4. 「1947年関税と関税に関する一般協定」の第15条の(b)と(g)を参照。WTO 1986.
5. World Bank 2008.
6. Brenton, Edwards-Jones, and Jensen 2009.
7. Brenton, Edwards-Jones, and Jensen 2009.
8. Brewer 2007.
9. World Bank 2008.
10. World Bank 2008.

## Chapter 6 緩和と適応に必要な資金を調達する

1. 詳細は本書の概観を参照。
2. Barker 他 2007.
3. UNFCCC 2008a.
4. Agrawala and Fankhauser 2008 は適応コストに関する文献をレビューしている; Klein and Persson 2008 は適応と開発の関係を検討している; Parry 他 2009 は UNFCCC の適応コスト推計を批判して, 実際のコストはその2-3倍になると示唆している。
5. 潜在的な緩和効果をもつ市場ベースのメカニズムとして炭素市場以外の例をあげれば, 取引可能なグリーン証書とホワイト証書の制度がある。それぞれ再生可能エネルギーの増加と, 需要サイドの管理措置を通じたエネルギー効率の改善を対象としたものである。他の手段としては財政インセンティブ(課税, 補助金, 価格支持, 投資税額控除, 補助金付きローンなど)やその他の政策や措置(基準やラベリングなど)がある。
6. 受入国にとっての金銭的な利益は次の2つの理由から CDM 市場全体の規模よりも小さい。第1に, 第一次市場における CDM 取引の大半は排出削減実施を支払い条件とした先物購入契約である。炭素削減実施の量と時期は, プロジェクトのパフォーマンスによって大きく変わってくる可能性がある。プロジェクト開発業者は先物クレジットをこのような実施リスクを反映したディスカウントで売却する傾向にある。第2に, CDM クレジットは最終ユーザーの手に届くまでに, 第二次市場で数回にわたって売買される。第二次市場で活発な実施リスクをとっている仲介業者は, リスクが現実化しない場合でも転売価格

- が高いことで補填される。このような取引は第一次市場における取引とは異なり、直接的には排出削減をもたらさない。CDMの第二次市場は2008年に拡大を続け、取引は260億ドルを超過した(2007年比5倍増)。それに対して、CDMの第一次市場は金額的に初めて減少し、72億ドルとなった(2007年水準比で12%の減少)。景気の下降や2012年以降市場が継続するのかどうかに関する不確実性が原因である。Capoor and Ambrosi 2009を参照。
7. OECD/DAC, Rio Marker for climate change, [http://www.oecd.org/document/11/0,3343,en\\_2649\\_34469\\_11396811\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/11/0,3343,en_2649_34469_11396811_1_1_1_1,00.html) (2009年5月アクセス)。
  8. UNEP 2009. CDMの恩恵をこうむるクリーン・エネルギー投資の推計値は、途上国における現実の持続可能なエネルギー投資を上回る傾向にある。これは承認された排出削減が取引される時には、多くのCDMプロジェクトがまだ初期段階にあるためである(稼働していない、あるいは外部委託されていない、または資金調達完了していない)。
  9. 次を参照。2007年12月にバリで開催された第13回UNFCCC締結国会議で合意されたDecision 1/CP.13, <http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf#page=3> (2009年7月3日アクセス)。
  10. 例えば、Michaelowa and Pallav 2007; Schneider 2007は、多数のプロジェクトはいずれにしても実施されるものであったと主張している。それに対して、業界団体は追加性のテストが厳しすぎると苦情を言っている(IETA 2008; UNFCCC 2007)。
  11. Olsen 2007; Sutter and Parreno 2007; Olsen and Fenhann 2008; Nussbauner 2009。
  12. Cosbey 他 2005; Brown 他 2004; Michaelowa and Umamaheswaran 2006。
  13. Streck and Chagas 2007; Meijer 2007; Streck and Lin 2008。
  14. IETA 2005; Stehr 2008。
  15. IETA 2008。
  16. Michaelowa and Pallaw 2007; IETA 2008。
  17. Barker 他 2007。
  18. Sperling and Salon 2002。
  19. Figueres and Newcombe 2007。
  20. Eliasch 2008。
  21. Figueres, Haites, and Hoyt 2005; Wara 2007; Wara and Victor 2008。
  22. Sterk 2008。
  23. Frankhauser, Martin, and Prichard (近刊)を参照。
  24. 議論に関してはMüller 2008を参照。
  25. Barbier 2009; Bowen 他 2009。
  26. 本書の第1章で検討したRobbins, Clover, and Magness 2009。
  27. これには排出削減が特定部門との関係で報奨されるモデルや、原単位あるいは絶対的または相対的な排出削減などさまざまな形の目標に基づいて構築されたモデルが含まれる。クレジット取得は各国レベルだけで行うことが可能であったり、プロジェクト活動にかかわったりすることができる。クレジット取得は当初配分された排出量(cap-and-trade)あるいは事後的な排出量(baseline-and-credit)に基づく。また、既存の炭素市場と結び付いていても、それとは別でもよい。排出権取引に基づいて創設されたメカニズムは直接的あるいは間接的に他の炭素市場と結び付くことができ、既存の炭素市場と完全に、あるいは部分的に代替不可能なクレジットを創出できる。
  28. 高所得国の各種提案による排出削減の総計は、もし達成されれば、排出を全体として2020年までに1990年の排出を10-15%下回る水準にまで削減する。これは2020年までの時間枠のなかでIPCCが求めている1990年水準比25-40%の削減を大幅に下回っている。Howes 2009を参照。
  29. WRI 2008; Houghton 2009。
  30. Danielsen 他 2009。
  31. Valgiasindi 2008。
  32. Pollitt 2008。
  33. Agrawala and Fankhauser 2008。
  34. 官民パートナーシップを通じた投資公約は、2005-07年の期間について途上国GDPの0.3-0.4%に達した(Private Participation in Infrastructure Database, <http://ppi.worldbank.org/>)。これに対してインフラ投資はGDPの2-7%の範囲が必要であると推定されている。中国やベトナムなど高成長国はGDPの7%近くを投資している。Estache and Fay 2007。
  35. Estache 2008。
  36. Kanbur 2005。
  37. Füssel 2007。
  38. 影響と脆弱性の研究には例えば次がある。Bättig, Wild, and Imboden 2007; Deressa, Hassan, and Ringer 2008; Difenbaugh 他 2007; Giorgi 2006。他の研究は部門別損失または事例研究/国固有の脆弱性に焦点を当てている。次を参照。沿岸地帯についてはDasgupta 他 2007, 世界の農業収量の変化についてはParry 他 1999; Pary 他 2004, 水の入手可能性の変化についてはArnell 2004; Alcamo and Henrichs 2002, 健康についてはTol, Ebi, and Yohe 2006; Bosello, Roson, and Tol 2006。
  39. ボックス6.7と6.8では、複合指標は個別指標をzスコアに変換して、その点の非加重平均をとっている。

## Chapter 7 革新と技術の普及を加速化する

1. Global Wind Energy Council, [http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR\\_stats\\_annex\\_table\\_2nd\\_feb\\_final\\_final.pdf](http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR_stats_annex_table_2nd_feb_final_final.pdf) (2009年4月アクセス).
2. Metcalfe and Ramlogan 2008.
3. Edmonds 他 2007; Stern 2007; World Bank 2008a.
4. ほとんどの統合的な評価モデルが示すところによれば, CCS 容量に対する需要は今世紀中は炭素ベースで 600Gt (CO<sub>2</sub> で 2,220Gt) しかない. 地球の地質学的な CCS 容量の潜在力は推定 3,000Gt (CO<sub>2</sub> で 11,000Gt) と公表されている. Dooley, Dahowski, and Davidson 2007.
5. SEG 2007. 特に次を参照. Appendix B, "Sectoral Toolkit for Integrating Adaptation into Planning/Management and Technology/R&D."
6. 1 Heller and Zavaleta 2009.
7. Hulse 2007.
8. Commonwealth Secretariat 2007.
9. McKinsey Global Institute 2007.
10. Leadbeater 他 2008.
11. Aghion 他 2005.
12. Salter and Martin 2001.
13. De Ferranti 他 2003.
14. Barlevy 2007.
15. Robins 他 2009.
16. Berkhout 2002.
17. UNEP 2008a.
18. A. Gentleman, "Bangalore Turning into a Power in Electric Cars." International Herald Tribune, August 14, 2006; Maini 2005; S. Nagrath, "Gee Whiz, It's a Reva! The Diminutive Indian Electric Car Is a Hilt on the Streets of London." Businessworld, Dec. 19, 2008.
19. 特許の数がしばしば発明活動の尺度として使われているが, 特許を国際比較することには問題があるだろう. 特定の種類の発明のなかには他のものに比べて特許に適していないものがあるからである.
20. OECD 2008; Dechezleprêtre 他 2008.
21. IEA 2008a; SEG 2007; Stern 2007; Nemet and Kammen 2007; Davis and Owens 2003; PCAST 1999.
22. IEA の R&D 統計に基づく. 以下を除く高所得と上位中所得の IEA 加盟国が含まれる. オーストラリア, ベルギー, チェコ, ギリシア, ルクセンブルク, ポーランド, スロバキア, スペイン.
23. IEA 2008a.
24. OECD 2008.
25. 例えば, 作物や普及しつつある農耕法は現地の気候や土壌, 技術の条件に適合させる必要がある.
26. OECD 2008.
27. Beintema and Stads 2008.
28. Carlsson 2006; Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson 1996; OECD 1997.
29. PCAST 1999.
30. IEA, <http://www.iea.org/Textbase/techno/index.asp> (2008年12月15日アクセス).
31. <http://www.energystar.gov/> (2008年12月15日アクセス).
32. Milford, Duchter, and Barker 2008; Stern 2007.
33. Guasch 他 2007.
34. De Coninck 他 2007.
35. De Coninck 他 2007.
36. Millennium Technology Prize, <http://www.millenniumprize.fi> (2009年2月16日アクセス).
37. Jaruzelski, Dehoff, and Bordia 2006.
38. Chesbrough 2003.
39. Newell and Wilson 2005; X Prize Foundation, <http://www.xprize.org/> (2008年12月15日アクセス).
40. Progressive Automotive X Prize, <http://www.progressiveautoxprize.org/> (2009年4月19日アクセス).
41. 肺炎は小児期の死因として世界的に有数の感染症である; World Bank 2008a.
42. World Bank 2008a.
43. World Bank 2008a.
44. Branscomb and Auerswald 2002.
45. DB Advisors 2008.
46. UNEP 2008a.
47. Nemet and Kammen 2007.
48. National Center for Environmental Research, <http://www.epa.gov/ncer/sbir/> (2009年4月アクセス).
49. Passerelles Pacte PME, [http://www.oseo.fr/actualites/passerelles\\_pacte\\_pme](http://www.oseo.fr/actualites/passerelles_pacte_pme) (2008年11月30日アクセス).
50. Goldberg 他 2006.
51. 以下に関する枠組条約が直接関係している. 気候(気候変動枠組条約: UNFCCC), 生物多様性(生物多様性条約), 砂漠化(砂漠化対処条約), 湿地(ラムサール条約), 共有されている国際水路, 食料農業植物遺伝資源.
52. Brewer 2008; De Coninck, Haake and van der Linden 2007; Dechezleprêtre, Glachant, and Menière 2007.
53. Doornbosch, Gielen, and Koutstaal 2008; Global Environment Facility, <http://www.gefweb.org/> (2008年12月4日).
54. GEF 2008; GEF 2009.
55. The World Bank Carbon Finance Unit, <http://wbcarbonfinance.org/> (2008年12月4日アクセス).
56. Barrett 2006.
57. De Coninck 他 2006.
58. CCS in Europe, [http://ec.europa.eu/environment/climat/ccs/work\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/climat/ccs/work_en.htm) (2009年7月2日アクセス).
59. UNESCO Institute for Statistics, <http://www.uis.unesco.org> (2009年1月18日アクセス).
60. Lundvall 2007.
61. Humanitarian Practice Network, <http://www.odihpn.org/report.asp?id=2522> (2009年1月14日アクセス).



- ス); Kiang 2006.
62. IPCC 2000.
  63. Goldman and Ergas 1997; World Bank 2007a.
  64. Juma 2006.
  65. World Bank 2005.
  66. Watkins and Ebst 2008.
  67. UNEP 2008a.
  68. Huq, Reid, and Murray 2003.
  69. 第3章の生態系ベースの管理を参照.
  70. SEG 2007.
  71. Schneider and Goulder 1997; Popp 2006; 第4章も参照.
  72. Hicks 1932.
  73. Hayami and Ruttan 1970; Hayami and Ruttan 1985; Ruttan 1997; Jaffe, Newell, and Stavins 2003; Popp 2002.
  74. Newell, Jaffe, and Stavins 1999.
  75. Jaffe, Newell, and Stavins 2003.
  76. Taylor, Rubin, and Hounsbell 2005.
  77. Weinert, Ma, and Cherry 2007; the Climate Group 2008; Hang and Chen 2008; C. Whelan, "Electric Bikes Are Taking Off." *New York Times*, March 14, 2007, <http://www.time.com/time/world/article/0,8599,1904334,00.html> (2009年7月5日アクセス).
  78. Bernauer 他 2006.
  79. World Bank 2007b.
  80. de Chavez and Tauli-Corpuz 2008.
  81. World Bank 2008b; Scarpetta and Tresselt 2004.
  82. Matuschke and Qaim 2008.
  83. 以下の諸国である。アルゼンチン、バングラデシュ、ブラジル、チリ、中国、コロンビア、エジプト、インド、インドネシア、カザフスタン、マレーシア、メキシコ、ナイジェリア、フィリピン、南アフリカ、タイ、ベネズエラ、ザンビア。World Bank 2008c.
  84. World Bank 2008c.
  85. Steenblik 2007.
  86. IMF 2008.
  87. Goldberg 他 2008.
  88. Brewer 2008.
  89. UNCTAD 2005.
  90. Maskus 2004; Hoekman, Maskus and Saggi 2004; Lewis 2007.
  91. Barton 2007.
  92. Branstetter, Fisman, and Fritz Foley 2005; Deloitte 2007.
  93. Dedigama 2009.
  94. ICTSD 2008.
  95. Barton 2007; Lewis 2007; ICTSD 2008.
  96. Hoekman, Maskus, and Saggi 2004.
  97. World Bank 2007b.
  98. Barton 2007.
  99. ICSTD 2008.
  100. Baker and Shittu 2006; Jaffe, Newell, and Stavins 2003; Schneider and Goulder 1997; Popp 2006.
  101. Nelson 1959; Arrow 1962.
  102. Cohen and Levinthal 2009.
  103. Technology Development Foundation of Turkey, <http://www.tgv.tr/page.php?id=35> (2009年3月5日アクセス).
  104. IPCC 2000.
  105. Koefoed and Buckley 2008.
  106. Bouwer 他 2006.

## Chapter 8 行動様式や制度がもつ慣性を克服する

1. North 1990.
2. Soderholm 2001.
3. Sehring 2006.
4. Foa 2009.
5. Gardner and Stern 2008.
6. Gardner and Stern 2008.
7. Bannon and others 2007; Leiserowitz 2007; Brechin 2008; Sternman and Sweeney 2007.
8. IPPR 2008; Retallack, Lawrence, and Lockwood 2007.
9. Wimberly 2008; Accenture 2009.
10. Norgaard 2006; Jacques, Dunlap, and Freeman 2008.
11. Bulkeley 2000.
12. Kellstedt, Zahran, and Vedlitz 2008.
13. Immerwahr 1999.
14. Krosnick and others 2006.
15. Boykoff and Mansfield 2008.
16. Oreskes 2004; Krosnick 2008.
17. Miller 2008.
18. Bostrom and others 1994.
19. Bazerman 2006.
20. Sternman and Sweeney 2007.
21. Ornstein and Ehrlich 2000; Weber 2006.
22. Repetto 2008.
23. Moser and Dilling 2007; Nisbet and Myers 2007.
24. Maslow 1970.
25. Olson 1965; Hardin 1968; Ostrom 2009.
26. Irwin 2009.
27. Winter and Koger 2004.
28. Sandvik 2008.
29. O'Connor and others 2002; Kellstedt, Zahran, and Vedlitz 2008; Norgaard 2006; Moser and Dilling 2007; Dunlap 1998.
30. Norgaard 2009.

31. Ward 2008.
32. Krosnick 2008.
33. Kallbekken, Kroll, and Cherry 2008.
34. Swallow and others 2007.
35. Clifford Chance 2007.
36. Romm and Ervin 1996.
37. Roland-Holst 2008.
38. Laitner and Finman 2000.
39. Cialdini and Goldstein 2004; Griskevicius 2007.
40. A. Corner, "Barack Obama's Hopes of Change Are All in the Mind." *The Guardian*, November 27, 2008.
41. Irwin 2009.
42. Irwin 2009.
43. Layard 2005.
44. Sterner 2003.
45. World Bank 1992; World Bank 1997; World Bank 2002.
46. Wade 1990.
47. Stern 2006.
48. Haites 2008.
49. Janicke 2001.
50. Giddens 2008.
51. Bernauer and Koubi 2006.
52. Meadowcroft 2009.
53. Birkland 2006.
54. Bazerman 2006.
55. OECD 2003.
56. Bazerman 2006.
57. Doern and Gattinger 2003.
58. Alber and Kern 2008.
59. Estache 2008.
60. Kunkel, Jacob, and Busch 2006.
61. IMF 2008.
62. Kunkel, Jacob, and Busch 2006.
63. Congleton 1992; Congleton 1996.
64. Barrett and Graddy 2000.
65. Torras and Boyce 1998.
66. Congleton 2001; Schneider, Leifeld, and Malang 2008.
67. Rowell 1996; Vaughn-Switzer 1997.
68. Bättig and Bernauer 2009.
69. Compston and Bailey 2008.
70. Bättig and Bernauer 2009.
71. Bättig and Bernauer 2009.
72. Sprinz 2008.
73. Schmidlein, Finch, and Cutter 2008; Garrett and Sobel 2002.
74. Birkland 2006.
75. Dolsak 2001.
76. Agrawala and Fankhauser 2008.
77. Compston and Bailey 2008.
78. Ekins and Dresner 2004.
79. Birkland 2006.
80. Compston and Bailey 2008.
81. Kerr 2006.
82. "A Major Setback for Clean Air," *New York Times*, July 16, 2008.
83. Janicke 2001.
84. Tsebelis 2002.
85. Dolsak 2001.
86. Vogel 2005; Bernauer and Caduff 2004; Bernauer 2003.
87. IMF 2008.
88. Kydland and Prescott 1977; Sprinz 2008.
89. Matisoff 2008.
90. Davenport 2008; Kunkel, Jacob, and Busch 2006; Dolsak 2001; Cass 2005.

## 参考文献

## 概観——経済開発のために気候を変える

- Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, and A. Wreford. 2009. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3-4): 335-54.
- Agrawala, S., and S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Alber, G., and K. Kern. 2008. "Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-Level Systems." Paper presented at the OECD Conference on Competitive Cities and Climate Change, Milan, October 9-10.
- Bai, X. 2006. "Rizhao, China: Solar-Powered City." In *State of the World 2007: Our Urban Future*, ed. Worldwatch Institute. New York: W.W. Norton & Company Inc.
- Barbera, A. J., and V. D. McConnell. 1990. "The Impacts of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects." *Journal of Environmental Economics and Management* 18 (1): 50-65.
- Barbier, E. B., and S. Sathirathai, ed. 2004. *Shrimp Farming and Mangrove Loss in Thailand*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Barker, T., I. Bashmakov, A. Alharthi, M. Amann, L. Cifuentes, J. Drexhage, M. Duan, O. Edenhofer, B. Flannery, M. Grubb, M. Hoogwijk, F. I. Ibitoye, C. J. Jepma, W. A. Pizer, and K. Yamaji. 2007a. "Mitigation From a Cross-Sectoral Perspective." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007b. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford: Oxford University Press.
- Blanford, G. J., R. G. Richels, and T. F. Rutherford. 2008. "Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East." Harvard Project on International Climate Agreements, Harvard Kennedy School Discussion Paper 08-06, Cambridge, MA.
- BTS (Bureau of Transportation Statistics). 2008. *Key Transportation Indicators November 2008*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- Burke, M., D. B. Lobell, and L. Guarino. 2009. "Shifts in African Crop Climates by 2050 and the Implications for Crop Improvement and Genetic Resources Conservation." *Global Environmental Change* 19 (3): 317-325.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, and R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>." Discussion Paper 05-05, Resources for the Future, Washington, DC.
- Calvin, K., J. Edmonds, B. Bond-Lamberty, L. Clarke, P. Kyle, S. Smith, A. Thomson, and M. Wise. Forthcoming. "Limiting Climate Change to 450 ppm CO<sub>2</sub> Equivalent in the 21st Century." *Energy Economics*.
- Camerer, C., and R. H. Thaler. 1995. "Anomalies: Ultimatums Dictators and Manners." *Journal of Economic Perspectives* 9 (2): 109-220.
- Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton, and G. Marland. 2007. "Contributions to Accelerating Atmospheric CO<sub>2</sub> Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18866-70.
- Cass, L. 2005. "Measuring the Domestic Salience of International Environmental Norms: Climate Change Norms in German, British, and American Climate Policy Debates." Paper presented at the International Studies Association, March 15, Honolulu.
- Chen, S., and M. Ravallion. 2008. "The Developing World Is Poorer than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty." Policy Research Working Paper 4703, World Bank, Washington, DC.
- Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, and M. Tavoni. Forthcoming. "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios." *Energy Economics*.
- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, and J. Yan. 2009. "The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." *Climatic Change* 93 (3-4): 379-88.
- Davenport, D. 2008. "The International Dimension of Climate Policy." In *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*, ed. H. Compston and I. Bailey. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Davis, G., and B. Owens. 2003. "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Options Analysis." *Energy Policy* 31 (15): 1589-1608.
- de Bruin, K., R. Dellink, and S. Agrawala. 2009. "Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modeling of Adaptation Costs and Benefits." Environment Working Paper 6, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, and Y. Ménière. 2008. *Invention and Transfer of Climate*

- Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Deltacommissie. 2008. *Working Together with Water: A Living Land Builds for Its Future*. Netherlands: Deltacommissie.
- Derpsch, R., and T. Friedrich. 2009. "Global Overview of Conservation Agriculture Adoption." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, February 4–7, 2009, New Delhi, India. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." DOE, Oak Ridge, TN.
- Dolsak, N. 2001. "Mitigating Global Climate Change: Why Are Some Countries More Committed than Others?" *Policy Studies Journal* 29 (3): 414–36.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, and F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ebi, K. L., and I. Burton. 2008. "Identifying Practical Adaptation Options: An Approach to Address Climate Change-related Health Risks." *Environmental Science and Policy* 11 (4): 359–69.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO<sub>2</sub> Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- EEA (European Environment Agency). 2004. "Energy Subsidies in the European Union: A Brief Overview." Technical Report 1/2004, EEA, Copenhagen.
- Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests: The Eliasch Review*. London: Earthscan.
- Erenstein, O. 2009. "Adoption and Impact of Conservation Agriculture Based Resource Conserving Technologies in South Asia." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, February 4–7, 2009, New Delhi, India. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- Erenstein, O., and V. Laxmi. 2008. "Zero Tillage Impacts in India's Rice-Wheat Systems: A Review." *Soil and Tillage Research* 100 (1–2): 1–14.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). 2006. *Proceedings of the International Grid-Connected Renewable Energy Policy Forum*. Washington, DC: World Bank.
- European Commission. 2007. "Limiting Global Climate Change to 2 Degrees Celsius—The Way Ahead for 2020 and Beyond: Impact Assessment Summary." Commission Staff Working Document, Brussels.
- Falloon, P., and R. Betts. Forthcoming. "Climate Impacts on European Agriculture and Water Management in the Context of Adaptation and Mitigation: The Importance of an Integrated Approach." *Science of the Total Environment*.
- Fankhauser, S., N. Martin, and S. Prichard. Forthcoming. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence and Distortionary Effects." Working paper, London School of Economics.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2005. "Global Forest Resources Assessment 2005: Progress towards Sustainable Forest Management." Forestry Paper 147, Rome.
- . 2007. "The World's Mangroves 1980–2005." Forestry Paper 153, Rome.
- . 2008. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome: FAO.
- . 2009a. "AquaStat." Rome.
- . 2009b. "More People than Ever Are Victims of Hunger." Press release, Rome.
- Fay, M., R. I. Block, and J. Ebinger. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Fisher, B. S., N. Nakićenović, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, and R. Warren. 2007. "Issues Related to Mitigation in the Long-Term Con.56text." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Folger, T. 2006. "Can Coal Come Clean? How to Survive the Return of the World's Dirtiest Fossil Fuel." December. *Discover Magazine*.
- Government of Bangladesh. 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh: Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka: Government of Bangladesh, World Bank, and European Commission.
- Guan, D., and K. Hubacek. 2008. "A New and Integrated Hydro-Economic Accounting and Analytical Framework for Water Resources: A Case Study for North China." *Journal of Environmental Management* 88 (4): 1300–1313.
- Gurgel, A. C., J. M. Reilly, and S. Paltsev. 2007. "Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry." *Journal of Agricultural and Food Industrial Organization* 5 (2): 1–34.
- Güth, W., R. Schmittberger, and B. Schwarze. 1982. "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining." *Journal of Economic Behavior and Organization* 3 (4): 367–88.
- Guthrie, P., C. Juma, and H. Sillem, eds. 2008. *Engineering Change: Towards a Sustainable Future in the Developing World*. London: Royal Academy of Engineering.
- Ha-Duong, M., M. Grubb, and J.-C. Hourcade. 1997. "Influence of Socioeconomic Inertia and Uncertainty on Optimal CO<sub>2</sub>-Emission Abatement." *Nature* 390: 270–73.
- Häfele, W., J. Anderer, A. McDonald, and N. Nakićenović. 1981. *Energy in a Finite World: Paths to a Sustainable Future*. Cambridge, MA: Ballinger.
- Haites, E., D. Maosheng, and S. Seres. 2006. "Technology Transfer by CDM Projects." *Climate Policy* 6: 327–44.
- Hamilton, K. 2009. "Delayed Participation in a Global Climate Agreement." Background note for the WDR 2010.
- Hare, B., and M. Meinshausen. 2006. "How Much Warming Are We Committed to and How Much Can Be Avoided?" *Climatic Change* 75 (1–2): 111–49.



- Heinz Center. 2007. *A Survey of Climate Change Adaptation Planning*. Washington, DC: John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment.
- Hof, A. F., M. G. J. den Elzen, and D. P. van Vuuren. 2008. "Analyzing the Costs and Benefits of Climate Policy: Value Judgments and Scientific Uncertainties." *Global Environmental Change* 18 (3): 412–24.
- Hope, C. 2009. "How Deep Should the Deep Cuts Be? Optimal CO<sub>2</sub> Emissions over Time under Uncertainty." *Climate Policy* 9 (1): 3–8.
- Horton, R., C. Herweijer, C. Rosenzweig, J. Liu, V. Gornitz, and A. C. Ruane. 2008. "Sea Level Rise Projections for Current Generation CGCMs Based on the Semi-Empirical Method." *Geophysical Research Letters* 35: L02715–doi:10.1029/2007GL032486.
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- ICCT (International Council on Clean Transportation). 2007. *Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standard: A Global Update*. Washington, DC: ICCT.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008a. *CO<sub>2</sub> Capture and Storage—A Key Abatement Option*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008b. *Energy Efficiency Policy Recommendations: In Support of the G8 Plan of Action*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008c. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008d. *World Energy Outlook 2008*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008e. *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency: Key Insights from IEA Indicator Analysis*. Paris: International Energy Agency.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." Laxenburg, Austria.
- IMF (International Monetary Fund). 2009. *World Economic Outlook: Crisis and Recovery*. Washington, DC: IMF.
- International Scientific Steering Committee. 2005. *Avoiding Dangerous Climate Change: International Symposium on the Stabilization of Greenhouse Gas Concentrations*. Report of the International Scientific Steering Committee. Exeter, UK: Hadley Centre Met Office.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2007c. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Irwin, T. 2009. "Implications for Climate Change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemma." Policy Research Working Paper 5006, World Bank, Washington, DC.
- Jaffe, A., S. R. Peterson, P. R. Portney, and R. N. Stavins. 1995. "Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?" *Journal of Economic Literature* 33 (1): 132–63.
- Kanbur, R. 2009. "Macro Crises and Targeting Transfers to the Poor." Cornell Food and Nutrition Policy Program, Working Paper 236, Ithaca, NY.
- Karim, M. F., and N. Mimura. 2008. "Impacts of Climate Change and Sea-Level Rise on Cyclonic Storm Surge Floods in Bangladesh." *Global Environmental Change* 18 (3): 490–500.
- Keim, M. E. 2008. "Building Human Resilience: The Role of Public Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 508–16.
- Keller, K., G. Yohe, and M. Schlesinger. 2008. "Managing the Risks of Climate Thresholds: Uncertainties and Information Needs." *Climatic Change* 91: 5–10.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Cricqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, and D. van Vuuren. Forthcoming. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme and H. Neufeldt. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Koetse, M., and P. Rietveld. 2009. "The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14 (3): 205–21.
- Kunkel, N., K. Jacob, and P.-O. Busch. 2006. "Climate Policies: (The Feasibility of) a Statistical Analysis of their Determinants." Paper presented at the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin.
- Lawrence, D. M., A. G. Slater, R. A. Tomas, M. M. Holland, and C. Deser. 2008. "Accelerated Arctic Land Warming and Permafrost Degradation during Rapid Sea Ice Loss." *Geophysical Research Letters* 35: L11506–doi:10.1029/2008GL033985.
- Lehmann, J. 2007. "A Handful of Carbon." *Nature* 447: 143–44.
- Lempert, R. J., and M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Levin, K., B. Cashore, S. Bernstein, and G. Auld. 2007. "Playing It Forward: Path Dependency, Progressive Incrementalism, and the 'Super Wicked' Problem of Global Climate Change." Paper presented at the International Studies Association 48th Annual Convention, February 28, Chicago.
- Ligeti, E., J. Penney, and I. Wieditz. 2007. *Cities Preparing for Climate Change: A Study of Six Urban Regions*. Toronto: Clean Air Partnership.

- Lotze-Campen, H., A. Popp, J. P. Dietrich, and M. Krause. 2009. "Competition for Land between Food, Bioenergy and Conservation." Background note for the WDR 2010.
- Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, and T. F. Stocker. 2008. "High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000–800,000 Years before Present." *Nature* 453 (7193): 379–82.
- Maini, C. 2005. "Development of a Globally Competitive Electric Vehicle in India." *Journal of the Indian Institute of Science* 85: 83–95.
- Mann, M. 2009. "Defining Dangerous Anthropogenic Interference." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4065–66.
- Matthews, H. D., and K. Caldeira. 2008. "Stabilizing Climate Requires Near-zero Emissions." *Geophysical Research Letters* 35: L04705–doi:10.1029/2007GL032388.
- Matthews, H. D., and D. W. Keith. 2007. "Carbon-cycle Feedbacks Increase the Likelihood of a Warmer Future." *Geophysical Research Letters* 34: L09702–doi:10.1029/2006GL028685.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- McNeely, J. A., and S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- Meyer, S. M. 1995. "The Economic Impact of Environmental Regulation." *Journal of Environmental Law and Practice* 3 (2): 4–15.
- Michaelowa, A., and P. Pallav. 2007. *Additionality Determination of Indian CDM Projects: Can Indian CDM Project Developers Outwit the CDM Executive Board?* Zurich: University of Zurich.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, and M. Oppenheimer. 2008. "Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation." *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- Mills, E. 2009. *Building Commissioning: A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, and R. J. Stouffer. 2008. "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?" *Science* 319 (5863): 573–74.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR 2010.
- Nagrath, S. 2007. "Gee Whiz, It's a Reva! The Diminutive Indian Electric Car Is a Hit on the Streets of London." *Businessworld* 27(2), October 16.
- National Academy of Engineering. 2008. *Grand Challenges for Engineering*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Nemet, G. 2006. "Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics." *Energy Policy* 34 (17): 3218–32.
- Nemet, G., and D. M. Kammen. 2007. "U.S. Energy Research and Development: Declining Investment, Increasing Need, and the Feasibility of Expansion." *Energy Policy* 35 (1): 746–55.
- Nordhaus, W. 2008. *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Nordhaus, W., and J. Boyer. 2000. *Warming the World: Economic Models of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- NRC (National Research Council). 2007. *Water Implications of Biofuels Production in the United States*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nussbaumer, P. 2009. "On the Contribution of Labeled Certified Emission Reductions to Sustainable Development: A Multi-criteria Evaluation of CDM Projects." *Energy Policy* 37 (1): 91–101.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Compendium of Patent Statistics 2008*. Paris: OECD.
- OECS (Organization of Eastern Caribbean States). 2004. *Grenada: Macro-Socio-Economic Assessment of the Damages Caused by Hurricane Ivan*. St. Lucia: OECS.
- Olsen, K. H. 2007. "The Clean Development Mechanism's Contribution to Sustainable Development: A Review of the Literature." *Climatic Change* 84 (1): 59–73.
- Olsen, K. H., and J. Fenhann. 2008. "Sustainable Development Benefits of Clean Development Mechanism Projects. A New Methodology for Sustainability Assessment Based on Text Analysis of the Project Design Documents Submitted for Validation." *Energy Policy* 36 (8): 2819–30.
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, and coauthors. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Parry, M., J. Palutikof, C. Hanson, and J. Lowe. 2008. "Squaring Up to Reality." *Nature* 2: 68–71.
- Price, L., and E. Worrell. 2006. "Global Energy Use, CO<sub>2</sub> Emissions, and the Potential for Reduction in the Cement Industry." Paper presented at the International Energy Agency Workshop on Cement Energy Efficiency, Paris.
- Project Catalyst. 2009. *Adaptation to Climate Change: Potential Costs and Choices for a Global Agreement*. London: ClimateWorks and European Climate Foundation.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quééré, J. G. Canadell, G. Klepper, and C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO<sub>2</sub> Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Robins, N., R. Clover, and C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London, UK: HSBC.
- Rogers, D. 2009. "Environmental Information Services and Development." Background note for the WDR 2010.
- Ruffle, B. J. 1998. "More Is Better, But Fair Is Fair: Tipping in Dictator and Ultimatum Games." *Games and Economic Behavior* 23 (2): 247–65.

- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, and W. L. Hare. 2008. "Near-Linear Cost Increase to Reduce Climate Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Scheffer, M., V. Brovkin, and P. Cox. 2006. "Positive Feedback between Global Warming and Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration Inferred from Past Climate Change." *Geophysical Research Letters* 33: L10702–doi:10.1029/2005GL025044.
- Scherr, S. J., and J. A. McNeely. 2008. "Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of Ecoagriculture Landscapes." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 477–94.
- Schneider, L. 2007. *Is the CDM Fulfilling Its Environmental and Sustainable Development Objective? An Evaluation of the CDM and Options for Improvement*. Berlin: Institute for Applied Ecology.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shalizi, Z. 2006. "Addressing China's Growing Water Shortages and Associated Social and Environmental Consequences." Policy Research Working Paper 3895, World Bank, Washington, DC.
- Shalizi, Z., and F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-Lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R. J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, and J. U. Smith. 2008. "Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363 (1492): 789–813.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Fussel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, and J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change Through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Reasons for Concern". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Snoussi, M., T. Ouchani, A. Khouakhi, and I. Niang-Diop. 2009. "Impacts of Sea-level Rise on the Moroccan Coastal Zone: Quantifying Coastal Erosion and Flooding in the Tangier Bay." *Geomorphology* 107 (1–2): 32–40.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2007. "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy." *Energy Policy* 35: 3194–3202.
- Sutter, C., and J. C. Parreno. 2007. "Does the Current Clean Development Mechanism (CDM) Deliver its Sustainable Development Claim? An Analysis of Officially Registered CDM Projects." *Climatic Change* 84 (1): 75–90.
- Swiss Re. 2007. "World Insurance in 2006: Premiums Came Back to 'Life'." Zurich: Sigma 4/2007.
- Tilman, D., J. Hill, and C. Lehman. 2006. "Carbon--Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass." *Science* 314: 1598–1600.
- Tol, R. S. J. 2008. "Why Worry about Climate Change? A Research Agenda." *Environmental Values* 17 (4): 437–70.
- Torn, M. S., and J. Harte. 2006. "Missing Feedbacks, Asymmetric Uncertainties, and the Underestimation of Future Warming." *Geophysical Research Letters* 33 (10): L10703–doi:10.1029/2005GL025540.
- Tschakert, P. 2004. "The Costs of Soil Carbon Sequestration: An Economic Analysis for Small-Scale Farming Systems in Senegal." *Agricultural Systems* 81 (3): 227–53.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1990. *Global Assessment of Soil Degradation*. New York: UNEP.
- . 2008. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2008. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change: An Update*. Bonn: UNFCCC.
- Voluntary Carbon Standard. 2007. "Guidance for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects." VCS Association, Washington, DC.
- von Braun, J., A. Ahmed, K. Asenso-Okyere, S. Fan, A. Gulati, J. Hoddinott, R. Pandya-Lorch, M. W. Rosegrant, M. Ruel, M. Torero, T. van Rheenen, and K. von Grebmer. 2008. "High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions." Policy Brief, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Walter, K. M., S. A. Zimov, J. P. Chanton, D. Verbyla, and F. S. Chapin III. 2006. "Methane Bubbling from Siberian Thaw Lakes as a Positive Feedback to Climate Warming." *Nature* 443: 71–75.
- Wardle, D. A., M.-C. Nilsson, and O. Zackrisson. 2008. "Fire-derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus." *Science* 320 (5876): 629.
- WBGU (German Advisory Council on Global Change). 2009. *Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. London: Earthscan.
- Westermeyer, W. 2009. "Observing the Climate for Development." Background note for the WDR 2010.
- Wise, M. A., K. V. Calvin, A. M. Thomson, L. E. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. D. Sands, S. J. Smith, A. C. Janetos, and J. A. Edmonds. 2009. *The Implications of Limiting CO<sub>2</sub> Concentrations for Agriculture, Land Use, Land-use Change Emissions and Bioenergy*. Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).
- Wolf, A. T., J. A. Natharius, J. J. Danielson, B. S. Ward, and J. K. Pender. 1999. "International Basins of the World." *International Journal of Water Resources Development* 15 (4): 387–427.
- World Bank. 2007a. *East Asia Environment Monitor 2007: Adapting to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007b. *India Groundwater AAA Mid-term Review*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007c. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007d. *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Providing Immediate Funding after Natural Disasters*. Washington, DC: World Bank.



- . 2008b. *South Asia Climate Change Strategy*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009a. *Improving Food Security in Arab Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. *Making Development Climate Resilient: A World Bank Strategy for Sub-Saharan Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009c. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009d. “World Bank Urban Strategy.” World Bank, Washington, DC.
- WRI (World Resources Institute). 2008. “Climate Analysis Indicators Tool (CAIT).” Washington, DC.
- Xia, J., L. Zhang, C. Liu, and J. Yu. 2007. “Towards Better Water Security in North China.” *Water Resources Management* 21 (1): 233–47.
- Yohe, G. W., R. D. Lasco, Q. K. Ahmad, N. Arnell, S. J. Cohen, C. Hope, A. C. Janetos, and R. T. Perez. 2007. “Perspectives on Climate Change and Sustainability.” In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

## Chapter 1 気候変動と経済開発との結び付きを理解する

- ACASIAN (Australian Consortium for the Asian Spatial Information and Analysis Network). 2004. “China Rail Transport Network database.” Griffith University, Brisbane.
- Accenture. 2009. *Shifting the Balance from Intention to Action: Low Carbon, High Opportunity, High Performance*. New York: Accenture.
- Adams, H. D., M. Guardiola-Claramonte, G. A. Barron-Gafford, J. C. Villegas, D. D. Breshears, C. B. Zou, P. A. Troch, and T. E. Huxman. 2009. “Temperature Sensitivity of Drought-Induced Tree Mortality Portends Increased Regional Die-Off under Global-Change-Type Drought.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (17): 7063–66.
- Aguilar, L. 2006. “Climate Change and Disaster Mitigation: Gender Makes a Difference.” International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- Alderman, H., J. Hoddinott, and B. Kinsey. 2006. “Long-Term Consequences of Early Childhood Malnutrition.” *Oxford Economic Papers* 58 (3): 450–74.
- Andriamihaja, N., and G. Vecchi. 2007. “An Evaluation of the Welfare Impact of Higher Energy Prices in Madagascar.” Working Paper Series 106, World Bank, Africa Region, Washington, DC.
- Armstrong, R., B. Raup, S. J. S. Khalsa, R. Barry, J. Kargel, C. Helm, and H. Kieffer. 2005. “GLIMS Glacier Database.” National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO.
- Arthur, W. B. 1994. *Increasing Returns and Path-Dependence in the Economy*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Assunção, J. J., and F. Chein. 2008. “Climate Change, Agricultural Productivity and Poverty.” Background Paper for de la Torre and others, 2008, *Low Carbon, High Growth: Latin America Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Auffhammer, M., V. Ramanathan, and J. R. Vincent. 2006. “Integrated Model Shows that Atmospheric Brown Clouds and Greenhouse Gases Have Reduced Rice Harvests in India.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (52): 19668–72.
- Auld, G., S. Bernstein, B. Cashore, and K. Levin. 2007. “Playing It Forward: Path Dependency, Progressive Incrementalism, and the ‘Super Wicked’ Problem of Global Climate Change.” Paper presented at the International Studies Association annual convention, February 28, Chicago.
- Azariadis, C., and J. Stachurski. 2005. “Poverty Traps.” In *Handbook of Economic Growth, vol. 1*, ed. P. Aghion and S. Durlauf. Amsterdam: Elsevier.
- Barbier, E. B. 2009. *A Global Green New Deal*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Barrett, S. 2006. “The Problem of Averting Global Catastrophe.” *Chicago Journal of International Law* 6 (2): 1–26.
- . 2007. *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Barrett, S., and R. Stavins. 2003. “Increasing Participation and Compliance in International Climate Change Agreements.” *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 3 (4): 349–76.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. 2008. “Climate Change and Water.” Technical Paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Benitez, D., R. Fuentes Nieva, T. Serebrisky, and Q. Wodon. 2008. “Assessing the Impact of Climate Change Policies in Infrastructure Service Delivery: A Note on Affordability and Access.” Background note for the WDR 2010.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, and D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a “Green” Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brenner, M. D., M. Riddle, and J. K. Boyce. 2007. “A Chinese Sky Trust? Distributional Impacts of Carbon Charges and Revenue Recycling in China.” *Energy Policy* 35 (3): 1771–84.
- Brinsley, J., and R. Christie. 2009. “Paulson to Work Quickly with Congress to Revive Plan (Update 1).” Bloomberg, September 29.
- Brown, C., R. Meeks, Y. Ghile, and K. Hunu. 2009. “An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth.” Background paper for the WDR 2010.
- Bruckner, T., G. Petschel-Held, F. L. Toth, H.-M. Fussel, C. Helm, M. Leimbach, and H.-J. Schellnhuber. 1999. “Climate Change Decision Support and the Tolerable Win-



- dows Approach." *Environmental Modeling and Assessment* 4: 217–34.
- Bureau of Labor Statistics. 2009. "Employment Situation Summary." Washington, DC.
- Campbell-Lendrum, D. H., C. F. Corvalan, and A. Pruss-Ustun. 2003. "How Much Disease Could Climate Change Cause?" In *Climate Change and Human Health: Risks and Responses*, ed. A. J. McMichael, D. H. Campbell-Lendrum, C. F. Corvalan, K. L. Ebi, A. Githeko, J. D. Scheraga, and A. Woodward. Geneva: World Health Organization.
- Caney, S. 2009. "Ethics and Climate Change." Background paper for the WDR 2010.
- Carraro, C., J. Eykmans, and M. Finus. 2009. "Optimal Transfers and Participation Decisions in International Environmental Agreements." *Review of International Organizations* 1 (4): 379–96.
- Carter, M. R., P. D. Little, T. Mogues, and W. Negatu. 2007. "Poverty Traps and Natural Disasters in Ethiopia and Honduras." *World Development* 35 (5): 835–56.
- Chan, K. W. 2008. "Internal Labor Migration in China: Trends, Geographical Distribution and Policies." Paper presented at the Proceedings of United Nations Expert Group Meeting on Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development, New York.
- Chen, S., and M. Ravallion. 2008. "The Developing World Is Poorer than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty." Policy Research Working Paper 4703, World Bank, Washington, DC.
- Chomitz, K., and C. Meisner. 2008. "A Simple Benchmark for CO<sub>2</sub> Intensity of Economies." Washington, DC: Background Note for the World Bank Internal Evaluation Group on Climate Change and the World Bank Group.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K. L. Ebi, M. Hauengue, R. S. Kovats, B. Revich, and A. Woodward. 2007. "Human Health." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cramton, P., and S. Kerr. 1999. "The Distributional Effect of Carbon Regulation: Why Auctioned Carbon Permits Are Attractive and Feasible." In *The Market and the Environment*, ed. T. Sterner. Northampton, UK: Edward Elgar Publishing.
- Cruz, R. V., H. Harasawa, M. Lal, S. Wu, Y. Anokhin, B. Punsalmaa, Y. Honda, M. Jafari, C. Li, and N. Huu Ninh. 2007. "Asia." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dasgupta, P. 2007. "Comments on the Stern Review's Economics of Climate Change." *National Institute Economic Review* 199: 4–7.
- . 2008. "Discounting Climate Change." *Journal of Risk and Uncertainty* 37 (2): 141–69.
- Dell, M., B. F. Jones, and B. A. Olken. 2008. "Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century." Working Paper 14132, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- . 2009. "Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates." *American Economic Review* 99 (2): 198–204.
- Dercon, S. 2004. "Growth and Shocks: Evidence from Rural Ethiopia." *Journal of Development Economics* 74 (2): 309–29.
- Diamond, J. 2005. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, and F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO<sub>2</sub> Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- Ekins, P., and S. Dresner. 2004. *Green Taxes and Charges: Reducing their Impact on Low-income Households*. York, UK: Joseph Rowntree Foundation.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2002. "ESRI Data and Maps." Redlands, CA.
- Estache, A. 2009. "How Should the Nexus between Economic and Environmental Regulation Work for Infrastructure Services?" Background note for the WDR 2010.
- Fankhauser, S., F. Schleichler, and N. Stern. 2008. "Climate Change, Innovation and Jobs." *Climate Policy* 8: 421–29.
- Fisher, B. S., N. Nakićenović, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, and R. Warren. 2007. "Issues Related to Mitigation in the Long-Term Context." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fiszbein, A., and N. Schady. 2009. *Conditional Cash Transfers: Reducing Present and Future Poverty*. Washington, DC: World Bank.
- Folger, T. 2006. "Can Coal Come Clean? How to Survive the Return of the World's Dirtiest Fossil Fuel." December. *Discover Magazine*.
- Gjerde, J., S. Grepperud, and S. Kverndokk. 1999. "Optimal Climate Policy under the Possibility of a Catastrophe." *Resource and Energy Economics* 21 (3–4): 289–317.
- Guesnerie, R. 2004. "Calcul Economique et Développement Durable." *La Revue Economique* 55 (3): 363–82.
- Guiteras, R. 2007. "The Impact of Climate Change on Indian Agriculture." Department of Economics Working Paper, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Hallegatte, S. 2008. "An Adaptive Regional Input-Output Model and its Application to the Assessment of the Economic Cost of Katrina." *Risk Analysis* 28 (3): 779–99.
- Hallegatte, S., P. Dumas, and J.-C. Hourcade. 2009. "A Note on the Economic Cost of Climate Change and

- the Rationale to Limit it to 2°K.” Background paper for the WDR 2010.
- Hamilton, K. 2009. “Delayed Participation in a Global Climate Agreement.” Background note for the WDR 2010.
- Harrington, J., and T. L. Walton. 2008. “Climate Change in Coastal Areas in Florida: Sea Level Rise Estimation and Economic Analysis to Year 2080.” Florida State University, Tallahassee, FL.
- Heal, G. 2005. “Intertemporal Welfare Economics and the Environment.” In *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 3, ed. K.-G. Maler and J. R. Vincent. Amsterdam: Elsevier.
- . 2008. “Climate Economics: A Meta-Review and Some Suggestions.” Working Paper 13927, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Hill, J., S. Polasky, E. Nelson, D. Tilman, H. Huo, L. Ludwig, J. Neumann, H. Zheng, and D. Bonta. 2009. “Climate Change and Health Costs of Air Emissions from Biofuels and Gasoline.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (6): 2077–82.
- Hof, A. F., M. G. J. den Elzen, and D. P. van Vuuren. 2008. “Analyzing the Costs and Benefits of Climate Policy: Value Judgments and Scientific Uncertainties.” *Global Environmental Change* 18 (3): 412–24.
- Houghton, R. A. 2009. “Emissions of Carbon from Land Management.” Background note for the WDR 2010.
- Hourcade, J.-C., and P. Ambrosi. 2007. “Quelques Leçons d’un Essai à Risque, l’évaluation des Dommages Climatiques par Sir Nicholas Stern.” *Revue d’économie politique* 117 (4): 33–46.
- Hourcade, J.-C., M. Ha-Duong, A. Grübler, and R. S. J. Tol. 2001. “INASUD Project Findings on Integrated Assessment of Climate Policies.” *Integrated Assessment* 2 (1): 31–35.
- Houser, T., S. Mohan, and R. Heilmayr. 2009. “A Green Global Recovery? Assessing U.S. Economic Stimulus and the Prospects for International Coordination.” Policy Brief PB09-03, World Resources Institute, Washington, DC.
- Huang, Y., and A. Magnoli, eds. 2009. *Reshaping Economic Geography in East Asia*. Washington, DC: World Bank.
- IARU (International Alliance of Research Universities). 2009. “Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions.” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Copenhagen.
- IEA (International Energy Agency). 2007. *World Energy Outlook 2007*. Paris: IEA.
- . 2008. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- ILO (International Labour Organization). 2009. *Global Employment Trends: January 2009*. Geneva: ILO.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. “Summary for Policymakers.” In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ivanic, M., and W. Martin. 2008. “Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries.” Policy Research Working Paper 4594, World Bank, Washington, DC.
- IWM (Institute of Water Modelling) and CEGIS (Center for Environmental and Geographical Information Services). 2007. *Investigating the Impact of Relative Sea-Level Rise on Coastal Communities and Their Livelihoods in Bangladesh*. Dhaka: IWM, CEGIS.
- Jalan, J., and M. Ravallion. 2004. “Household Income Dynamics in Rural China.” In *Insurance against Poverty*, ed. S. Dercon. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Jensen, R. 2000. “Agricultural Volatility and Investments in Children.” *American Economic Review* 90 (2): 399–404.
- Johnson, T., F. Liu, C. Alatorre, and Z. Romo. 2008. “Mexico Low-Carbon Study—México: Estudio Para la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC).” World Bank, Washington, DC.
- Klaus, K., G. Yohe, and M. Schlesinger. 2008. “Managing the Risks of Climate Thresholds: Uncertainties and Information Needs.” *Climatic Change* 91: 5–10.
- Komives, K., V. Foster, J. Halpern, Q. Wodon, and R. Abdullah. 2005. *Water, Electricity, and the Poor: Who Benefits from Utility Subsidies?* Washington, DC: World Bank.
- Komives, K., V. Foster, H. Halpern, Q. Wodon, and R. Krznaric. 2007. *Food Coupons and Bald Mountains: What the History of Resource Scarcity Can Teach Us about Tackling Climate Change*. New York: United Nations Development Programme.
- Kousky, C., O. Rostapshova, M. A. Toman, and R. Zeckhauser. 2009. “Responding to Threats of Climate Change Catastrophes.” Background paper for the *Economics of Natural Disasters*, Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, World Bank, Washington, DC.
- Kriegler, E., J. W. Hall, H. Held, R. Dawson, and H. J. Schellnhuber. 2009. “Imprecise Probability Assessment of Tipping Points in the Climate System.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (13): 5041–46.
- Lambrou, Y., and R. Laub. 2004. *Gender Perspectives on the Conventions on Biodiversity, Climate Change and Desertification*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Lempert, R. J., and M. E. Schlesinger. 2000. “Robust Strategies for Abating Climate Change.” *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Ligon, E., and E. Sadoulet. 2007. “Estimating the Effects of Aggregate Agricultural Growth on the Distribution of Expenditures.” Background paper for the WDR 2008.
- Lipovsky, I. 1995. “The Central Asian Cotton Epic.” *Central Asian Survey* 14 (4): 29–542.
- Lokshin, M., and M. Ravallion. 2000. “Short-lived Shocks with Long-lived Impacts? Household Income Dynamics in a Transition Economy.” Policy Research Working Paper 2459, World Bank, Washington, DC.
- Marcotullio, P. J., and N. B. Schulz. 2007. “Comparison of Energy Transitions in the United States and Developing and Industrializing Economies.” *World Development* 35 (10): 1650–83.
- Martin, A. 1996. “Forestry: Gender Makes the Difference.” International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.

- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, and M. Oppenheimer. 2008. "Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation." *Climatic Change* 88 (3-4): 251-65.
- Mitchell, D. 2008. "A Note on Rising Food Prices." Policy Research Working Paper 4682, World Bank, Washington, DC.
- Molesworth, A. M., L. E. Cuevas, S. J. Connor, A. P. Morse, and M. C. Thomson. 2003. "Environmental Changes and Meningitis Epidemics in Africa." *Emerging Infectious Diseases* 9 (10): 1287-93.
- Morris, S., O. Neidecker-Gonzales, C. Carletto, M. Mun-guia, J. M. Medina, and Q. Wodon. 2002. "Hurricane Mitch and Livelihoods of the Rural Poor in Honduras." *World Development* 30 (1): 39-60.
- Mueller, V., and D. Osgood. 2007. "Long-term Impacts of Droughts on Labor Markets in Developing Countries: Evidence from Brazil." Earth Institute at Columbia University, New York.
- Mulder, P. 2005. *The Economics of Technology Diffusion and Energy Efficiency*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Neumayer, E., and T. Plumper. 2007. "The Gendered Nature of Natural Disasters: The Impact of Catastrophic Events on the Gender Gap in Life Expectancy, 1981-2002." *Annals of the Association of American Geographers* 97 (3): 551-66.
- Ng, F., and M. A. Aksoy. 2008. "Who Are the Net Food Importing Countries?" Policy Research Working Paper 4457, World Bank, Washington, DC.
- Nordhaus, W. 2008a. *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- . 2008b. "The Role of Universal Participation in Policies to Slow Global Warming." Paper presented at the Third Atlantic Workshop on Energy and Environmental Economics, A Toxa, Spain.
- . 2009. "An Analysis of the Dismal Theorem." Cowles Foundation Discussion Paper 1686, New Haven, CT.
- O'Neill, B. C., P. Crutzen, A. Grubler, M. Ha-Duong, K. Keller, C. Kolstad, J. Koomey, A. Lange, M. Obersteiner, M. Oppenheimer, W. Pepper, W. Sanderson, M. Schlesinger, N. Treich, A. Ulph, M. Webster, and C. Wilson. 2006. "Learning and Climate Change." *Climate Policy* 6: 585-89.
- Pacific Institute for Climate Solutions. 2008. "Climate Change and Health in British Columbia." University of Victoria, Victoria.
- Parikh, J. 2008. *Gender and Climate Change: Key Issues*. New Delhi: Integrated Research and Action for Development.
- Patriquin, M., A. M. Wellstead, and W. A. White. 2007. "Beetles, Trees, and People: Regional Economic Impact Sensitivity and Policy Considerations Related to the Mountain Pine Beetle Infestation in British Columbia, Canada." *Forest Policy and Economics* 9 (8): 938-46.
- Pindyck, R. 2007. "Uncertainty in Environmental Economics." *Review of Environmental Economics and Policy* 1 (1): 45-65.
- Pollin, R., H. Garrett-Peltier, J. Heintz, and H. Scharber. 2008. *Green Recovery: A Program to Create Good Jobs and Start Building a Low Carbon Economy*. Washington, DC: Center for American Progress.
- Portney, P. R., and J. P. Weyant. 1999. *Discounting and Intergenerational Equity*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Potter, S. 2008. *The Sting of Climate Change: Malaria and Dengue Fever in Maritime Southeast Asia and the Pacific Islands*. Sydney: Lowy Institute for International Policy.
- Quiggin, J. 2008. "Uncertainty and Climate Policy." *Economic Analysis and Policy* 38 (2): 203-10.
- Rabie, T., S. el Tahir, T. Alireza, G. Sanchez Martinez, K. Ferl, and N. Cenacchi. 2008. "The Health Dimension of Climate Change." Background Paper for *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*, ed. M. Fay, R. I. Block, and J. Ebinger, 2010, World Bank, Washington, DC.
- Ratha, D., S. Mohapatra, and Z. Xu. 2008. *Outlook for Remittance Flows 2008-2010*. Washington, DC: World Bank.
- Ravallion, M. 2008. "Bailing Out the World's Poorest." Policy Research Working Paper 4763, World Bank, Washington, DC.
- Ristvet, L., and H. Weiss. 2000. "Imperial Responses to Environmental Dynamics at Late Third Millennium Tell Leilan." *Orient-Express* 2000 (4): 94-99.
- Robine, J.-M., S. L. K. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J.-P. Michel, and F. R. Herrmann. 2008. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during Summer of 2003." *Comptes Rendus Biologies* 331 (2): 171-78.
- Robins, N., R. Clover, and C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London: HSBC.
- Roemer, J. 2009. "The Ethics of Distribution in a Warming Planet." Cowles Foundation Discussion Paper 1693, New Haven, CT.
- Rosenberg, N. 1971. "Technology and the Environment: An Economic Exploration." *Technology and Culture* 12 (4): 543-61.
- Rosenzweig, M. R., and H. P. Binswanger. 1993. "Wealth, Weather Risk and the Composition and Profitability of Agricultural Investments." *Economic Journal* 103 (416): 56-78.
- Savage, L. J. 1951. "The Theory of Statistical Decision." *Journal of the American Statistical Association* 46 (253): 55-67.
- . 1954. *The Foundations of Statistics*. New York: John Wiley & Sons.
- Schmidhuber, J., and F. N. Tubiello. 2007. "Global Food Security under Climate Change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50): 19703-08.
- Schmidt, G. 2006. "Runaway Tipping Points of No Return." Real Climate, July 5, 2009.
- Schwartz, J., L. Andres, and G. Dragoiu. 2009. "Crisis in LAC: Infrastructure Investment, Employment and the Expectations of Stimulus." World Bank, LCSSD Economics Unit, Washington, DC.
- Shalizi, Z., and F. Lecoq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-Lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Singer, P. 2006. "Ethics and Climate Change: Commentary." *Environmental Values* 15: 415-22.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Fussler, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, and J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change through



- an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'reasons for concern.'" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Smyth, I. 2005. "More than Silence: The Gender Dimensions of Tsunami Fatalities and Their Consequences." Paper presented at the WHO Conference on Health Aspects of the Tsunami Disaster in Asia, Phuket, Thailand.
- Solomon, S., G.-K. Plattner, R. Knutti, and P. Friedlingstein. 2009. "Irreversible Climate Change due to Carbon Dioxide Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (6): 1704–09.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2008. *Key Elements of a Global Deal on Climate Change*. London: London School of Economics and Political Science.
- Sterner, T., and U. M. Persson. 2008. "An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate." *Review of Environmental Economics and Policy* 2 (1): 61–76.
- Tol, R. S. J. 2005. "The Marginal Damage Cost of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties." *Energy Policy* 33: 2064–74.
- Toth, F., and M. Mwandosya. 2001. "Decision-making Frameworks." In *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. Davidson, R. Swart, and J. Pan. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ummel, K., and D. Wheeler. 2008. "Desert Power: The Economics of Solar Thermal Electricity for Europe, North Africa, and the Middle East." Working Paper 156, Center for Global Development, Washington, DC.
- UNDP (United Nations Development Programme). 2008. *Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World*. New York: UNDP.
- . 2009. *Resource Guide on Gender and Climate Change*. New York: UNDP.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction). 2007. *Gender Perspective: Working Together for Disaster Risk Reduction. Good Practices and Lessons Learned*. Geneva: UNISDR.
- United Nations. 2008. *The Millennium Development Goals Report 2008*. New York: UN.
- Vergara, W. 2009. "Assessing the Potential Consequences of Climate Destabilization in Latin America." Sustainable Development Working Paper 32, World Bank, Latin America and Caribbean Region, Washington, DC.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford, UK: WCED.
- Weiss, H. 2000. "Beyond the Younger Dryas: Collapse as Adaptation to Abrupt Climate Change in Ancient West Asia and the Eastern Mediterranean." In *Environmental Disaster and the Archaeology of Human Response*, ed. G. Bawden and R. M. Reycraft. Albuquerque: Maxwell Museum of Anthropology.
- Weiss, H., and R. S. Bradley. 2001. "What Drives Societal Collapse?" *Science* 291: 609–10.
- Weitzman, M. 2007. "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change." *Journal of Economic Literature* 45 (3): 703–24.
- . 2009a. "On Modeling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change." *Review of Economics and Statistics* 91 (1): 1–19.
- . 2009b. "Reactions to the Nordhaus Critique." Harvard University. Cambridge, MA.
- Wheeler, D., and K. Ummel. 2007. "Another Inconvenient Truth: A Carbon-Intensive South Faces Environmental Disaster, No Matter What the North Does." Working Paper 134, Center for Global Development, Washington, DC.
- World Bank. 2001. "Hurricane Mitch: The Gender Effects of Coping and Crises." Notes of the Development Economics Vice Presidency and Poverty Reduction and Economic Management Network 56, Washington, DC.
- . 2008. "Double Jeopardy: Responding to High Food and Fuel Prices." Working Paper 44951, Washington, DC.
- . 2009a. *Global Monitoring Report 2009: A Development Emergency*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. "World Bank Statement to the Tenth Session of the United Nations Human Rights Council." Geneva.
- . 2009c. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "The Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC.
- Yohe, G. W. 1999. "The Tolerable Windows Approach: Lessons and Limitations." *Climatic Change* 41 (3–4): 283–95.

## フォーカス A 気候変動の科学

- ACIA. 2005. *Arctic Climate Impact Assessment*. New York: Cambridge University Press.
- Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, and A. Wreford. 2008. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3–4): 335–54.
- Allan, R. P., and B. J. Soden. 2008. "Atmospheric Warming and the Amplification of Precipitation Extremes." *Science* 321 (5895): 1481–84.
- Allen, M., D. Frame, K. Frieler, W. Hare, C. Huntingford, C. Jones, R. Knutti, J. Lowe, M. Meinshausen, and S. Raper. 2009a. "The Exit Strategy." *Nature Reports Climate Change* 3: 56–58.
- Allen, M., D. J. Frame, C. Huntingford, C. D. Jones, J. A. Lowe, M. Meinshausen, and N. Meinshausen. 2009b. "Warming Caused by Cumulative Carbon Emissions towards the Trillionth Tonne." *Nature* 458: 1163–66.
- Allison, E. H., W. N. Adger, M. Badjeck, K. Brown, D. Conway, N. K. Dulvy, A. S. Halls, A. Perry, and J. D. Reynolds. 2005. *Effects of Climate Change on the Sustainability of Capture and Enhancement Fisheries Important to the Poor: Analysis of the Vulnerability and Adaptability of Fisherfolk*



- Living in Poverty*. London: UK. Department for International Development (DFID).
- Barange, M., and R. I. Perry. 2008. "Physical and Ecological Impacts of Climate Change Relevant to Marine and Inland Capture Fisheries and Aquaculture." Paper presented at FAO conference on Climate Change and Fisheries and Aquaculture. Rome.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007. "Technical Summary." In B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer, ed., *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Battisti, D. S., and R. L. Naylor. 2009. "Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat." *Science* 323 (5911): 240–44.
- Brewer, P. G., and E. T. Peltzer. 2009. "Oceans: Limits to Marine Life." *Science* 324 (5925): 347–48.
- Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton, and G. Marland. 2007. "Contributions to Accelerating Atmospheric CO<sub>2</sub> Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18866–70.
- Doney, S. C. 2006. "The Dangers of Ocean Acidification." *Scientific American* 294 (3): 58–65.
- Fabry, V. J., B. A. Seibel, R. A. Feely, and J. C. Orr. 2008. "Impacts of Ocean Acidification on Marine Fauna and Ecosystem Processes." *ICES Journal of Marine Sciences* 65 (3): 414–32.
- Fischlin, A., G. F. Midgley, J. T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M. D. A. Rounsevell, O. P. Dube, J. Tarazona, and A. A. Velichko. 2007. "Ecosystems, Their Properties, Goods and Services." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Bernsten, R. Betts, D. W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, and R. Van Dorland. 2007. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Füssel, H. M. 2008. "The Risks of Climate Change: A Synthesis of New Scientific Knowledge Since the Finalization of the IPCC Fourth Assessment Report." Background note for the WDR 2010.
- Global Forest Expert Panel on Adaptation of Forests to Climate Change. 2009. *Adaptation of Forests and People to Climate Change: A Global Assessment Report*. Vienna: International Union of Forest Research Organizations.
- Houghton, R. A. 2003. "The Contemporary Carbon Cycle." In *Treatise on Geochemistry*, vol 8, *Biogeochemistry*, ed. W. H. Schlesinger. New York: Elsevier.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. *Climate Change 1995: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2000. *IPCC Special Report: Methodological and Technological Issues in Technology Transfer—Summary for Policymakers*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Karl, T. R., J. M. Melillo, and T. C. Peterson. 2009. *Global Climate Change Impacts in the United States*. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research.
- Kriegler, E., J. W. Hall, H. Held, R. Dawson, and H. J. Schellnhuber. 2009. "Imprecise Probability Assessment of Tipping Points in the Climate System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (13): 5041–46.
- Lenton, T. M., H. Held, E. Kriegler, J. W. Hall, W. Lucht, S. Rahmstorf, and H. J. Schellnhuber. 2008. "Tipping Elements in the Earth's Climate System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6): 1786–93.
- Lobell, D. B., and C. B. Field. 2007. "Global Scale Climate-Crop Yield Relationships and the Impacts of Recent Warming." *Environmental Research Letters* 2: 1–7.
- McNeil, B. I., and R. J. Matear. 2008. "Southern Ocean Acidification: A Tipping Point at 450-ppm Atmospheric CO<sub>2</sub>." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (48): 18860–64.
- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S. C. B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. J. Frame, and M. R. Allen. 2009. "Greenhouse-Gas Emission Targets for Limiting Global Warming to 2°C." *Nature* 458 (7242): 1158–62.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mote, T. L. 2007. "Greenland Surface Melt Trends 1973–2007: Evidence of a Large Increase in 2007." *Geophysical Research Letters* 34 (22): L22507–doi:10.1029/2007GL031976.
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, and Co-authors. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry,

- O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragao, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. Lopez-Gonzalez, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. A. Quesada, G. van der Heijden, S. Almeida, I. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, O. Banki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, A. C. A. de Oliveira, N. D. Cardozo, C. I. Czimczik, T. R. Feldpausch, M. A. Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jimenez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. A. Neill, D. Nepstad, S. Patino, M. C. Penuela, A. Prieto, F. Ramirez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, A. S. Thomas, H. Steege, J. Stropp, R. Vasquez, P. Zelazowski, E. A. Davila, S. Andelman, A. Andrade, K. J. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, H. Euridice, H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. P. Cruz, N. C. A. Pitman, P. N. Vargas, H. Ramirez-Angulo, A. Rudas, R. Salamao, N. Silva, J. Terborgh, and A. Torres-Lezama. 2009. "Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest." *Science* 323 (5919): 1344–47.
- Prentice, I. C., G. D. Farquhar, M. J. R. Fasham, M. L. Goulden, M. Heimann, V. J. Jaramillo, H. S. Keshgi, C. Le Quere, R. J. Scholes, and D. W. R. Wallace. 2001. "The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide." In *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rahmstorf, S. 2007. "A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-level Rise." *Science* 315: 368–70.
- Ramanathan, V., and Y. Feng. 2008. "On Avoiding Dangerous Anthropogenic Interference with the Climate System: Formidable Challenges Ahead." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (38): 14245–50.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quere, J. G. Canadell, G. Klepper, and C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO<sub>2</sub> Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- Rignot, E., and P. Kanagaratnam. 2006. "Changes in the Velocity Structure of the Greenland Ice Sheet." *Science* 311 (5763): 986–90.
- Sabine, C. L., M. Heimann, P. Artaxo, D. C. E. Bakker, C.-T. A. Chen, C. B. Field, N. Gruber, C. Le Quere, R. G. Prinn, J. E. Richey, P. Romero-Lankao, J. A. Sathaye, and R. Valentini. 2004. "Current Status and Past Trends of the Carbon Cycle." In *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World*, ed. C. B. Field and M. R. Raupach. Washington, DC: Island Press.
- Schneider von Deimling, T., H. Held, A. Ganopolski, and S. Rahmstorf. 2006. "How Cold Was the Last Glacial Maximum?" *Geophysical Research Letters* 33: L14709, doi:10.1029/2006GL026484.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shanahan, T. M., J. T. Overpeck, K. J. Anchukaitis, J. W. Beck, J. E. Cole, D. L. Dettman, J. A. Peck, C. A. Scholz, and J. W. King. 2009. "Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa." *Science* 324 (5925): 377–80.
- Silverman, J., B. Lazar, L. Cao, K. Caldiera, and J. Erez. 2009. "Coral Reefs May Start Dissolving When Atmospheric CO<sub>2</sub> Doubles." *Geophysical Research Letters* 36 (5): L05606—doi:10.1029/2008GL036282.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Fussler, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, and J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'Reasons for concern'." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Steffensen, J. P., K. K. Andersen, M. Bigler, H. B. Clausen, D. Dahl-Jensen, H. Fischer, K. Goto-Azuma, M. Hansson, S. J. Johnsen, J. Jouzel, V. Masson-Delmotte, T. Popp, S. O. Rasmussen, R. Rothlisberger, U. Ruth, B. Stauffer, M. L. Siggaard-Andersen, A. E. Sveinbjornsdottir, A. Svensson, and J. W. C. White. 2008. "High-Resolution Greenland Ice Core Data Show Abrupt Climate Change Happens in Few Years." *Science* 321 (5889): 680–84.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- UNEP-WGMS (United Nations Environment Programme—World Glacier Monitoring Service). 2008. *Global Glacier Changes: Facts and Figures*. Châtelaine, Switzerland: DEWA/GRID-Europe.
- Wallack, J. S., and V. Ramanathan. 2009. "The Other Climate Changers." *Foreign Affairs* 5 (88): 105–13.
- Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry, and H. R. Chang. 2005. "Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment." *Science* 309 (5742): 1844–46.
- Wilkinson, C., ed. 2008. *Status of Coral Reefs of the World 2008*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.

## Chapter 2 人間の脆弱性を軽減する：人々の自助努力を支える

- ABI (Association of British Insurers). 2004. *A Changing Climate for Insurance: A Summary Report for Chief Executives and Policymakers*. London: ABI.
- Adger, W. N. 2003. "Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change." *Economic Geography* 79 (4): 387–404.
- Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, and A. Wreford. 2008. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3–4): 335–54.
- Adger, W. N., T. P. Hughes, C. Folke, S. R. Carpenter, and J. Rockstrom. 2005. "Social-ecological Resilience to Coastal Disasters." *Science* 309 (5737): 1036–39.
- Agrawal, A., and E. Ostrom. 2001. "Collective Action, Property Rights, and Decentralization in Resource Use in India and Nepal." *Politics and Society* 29 (4): 485–514.
- Alderman, H., and T. Haque. 2006. "Countercyclical Safety Nets for the Poor and Vulnerable." *Food Policy* 31 (4): 372–83.
- Alderman, H., J. Hoddinott, and B. Kinsey. 2006. "Long Term Consequences of Early Childhood Malnutrition." *Oxford Economic Papers* 58 (3): 450–74.
- Allan, R. P., and B. J. Soden. 2008. "Atmospheric Warming and the Amplification of Extreme Precipitation Events." *Science* 321: 1481–84.
- Amin, S. 1995. "Migrations in Contemporary Africa: A Retrospective View." In *The Migration Experience in Africa*, ed. J. Baker and T. A. Aina. Uppsala: Nordic Africa Institute.
- AMWA (Association of Metropolitan Water Agencies). 2007. *Implications of Climate Change for Urban Water Utilities*. Washington, DC: AMWA.
- Anthoff, D., R. J. Nicholls, R. S. J. Tol, and A. T. Vafeidis. 2006. "Global and Regional Exposure to Large Rises in Sea-level: A Sensitivity Analysis." Research Working Paper 96, Tyndall Center for Climate Change, Norwich, UK.
- Awuor, C. B., V. A. Orindi, and A. Adwera. 2008. "Climate Change and Coastal Cities: The Case of Mombasa, Kenya." *Environment and Urbanization* 20 (1): 231–42.
- Balk, D., G. McGranahan, and B. Anderson. 2008. "Urbanization and Ecosystems: Current Patterns and Future Implications." In *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century*, ed. G. Martine, G. McGranahan, M. Montgomery, and R. Fernandez-Castilla. London: Earthscan.
- Bandura, A. 1977. *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press.
- Bankoff, G., G. Frerks, and D. Hilhorst. 2004. *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. London: Earthscan.
- Barnaby, W. 2009. "Do Nations Go to War over Water?" *Nature* 458: 282–83.
- Barnett, J., and M. Webber. 2009. *Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change*. Stockholm: Commission on Climate Change and Development.
- Barreto, M. L., B. Genser, A. Strina, A. M. Assis, R. F. Rego, C. A. Teles, M. S. Prado, S. M. Matos, D. N. Santos, L. A. dos Santos, and S. Cairncross. 2007. "Effect of City-wide Sanitation Programme on Reduction in Rate of Childhood Diarrhoea in Northeast Brazil: Assessment by Two Cohort Studies." *Lancet* 370: 1622–28.
- Bartlett, S. 2008. "Climate Change and Urban Children: Impacts and Implications for Adaptation in Low and Middle Income Countries." *Environment and Urbanization* 20 (2): 501–19.
- Bartlett, S., D. Dodman, J. Haroy, D. Satterthwaite, and C. Tacoli. 2009. "Social Aspects of Climate Change in Low and Middle Income Nations." Paper presented at the Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. World Bank Fifth Urban Research Symposium, Marseille, June 28–30.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. 2008. "Climate Change and Water." Technical paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Bazerman, M. H. 2006. "Climate Change as a Predictable Surprise." *Climatic Change* 77: 179–93.
- Benson, C., and J. Twigg. 2007. *Tools for Mainstreaming Disaster Risk Reduction: Guidance Notes for Development Organizations*. Geneva: ProVention Consortium.
- Berkes, F. 2007. "Understanding Uncertainty and Reducing Vulnerability: Lessons from Resilience Thinking." *Natural Hazards* 41 (2): 283–95.
- Berkes, F., and D. Jolly. 2002. "Adapting to Climate Change: Social Ecological Resilience in a Canadian Western Arctic Community." *Ecology and Society* 5 (2): 18.
- Bigio, A. G. 2008. "Concept Note: Adapting to Climate Change in the Coastal Cities of North Africa." World Bank, Middle East and Northern Africa Region, Washington, DC.
- Black, R. 2001. "Environmental Refugees: Myth or Reality?" New Issues in Refugee Research Working Paper 34, United Nations High Commissioner for Refugees, Geneva.
- Botoni, E., and C. Reij. 2009. "La Transformation Silencieuse de l'Environnement et des Systèmes de Production au Sahel : Impacts des Investissements Publics et Privés dans la Gestion des Ressources Naturelles." Technical report, Free University Amsterdam and Comité Permanent Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), Ouagadougou, Burkina Faso.
- Brunner, R. D., T. A. Steelman, L. Coe-Juell, C. M. Cromley, C. M. Edwards, and D. W. Tucker. 2005. *Adaptive Governance: Integrating Science, Policy, and Decisions Making*. New York: Columbia University Press.
- Bull-Kamanga, L., K. Diagne, A. Lavell, F. Lerise, H. MacGregor, A. Maskrey, M. Meshack, M. Pelling, H. Reid, D. Satterthwaite, J. Songsore, K. Westgate, and A. Yitambe. 2003. "Urban Development and the Accumulation of Disaster Risk and Other Life-Threatening Risks in Africa." *Environment and Urbanization* 15 (1): 193–204.
- Buskens, V., and K. Yamaguchi. 1999. "A New Model for Information Diffusion in Heterogeneous Social Networks." *Socio-logical Methodology* 29 (1): 281–325.
- Campbell, K. M., J. Gullede, J. R. McNeill, J. Podesta, P. Ogden, L. Fuerth, R. J. Woolsey, A. T. J. Lennon, J. Smith, R. Weitz, and D. Mix. 2007. *The Age of Consequences: The Foreign Policy and National Security Implications of Global Climate Change*. Washington, DC: Center for a New American Security and the Center for Strategic and International Studies.
- Cardenas, V., S. Hochrainer, R. Mechler, G. Pflug, and J. Linnerooth-Bayer. 2007. "Sovereign Financial Disaster



- Risk Management: The Case of Mexico." *Environmental Hazards* 7 (1): 40–53.
- CatSalut. 2008. *Action Plan to Prevent the Effects of a Heat Wave on Health*. Barcelona: Generalitat de Catalunya Departament de Salut.
- Chhatre, A., and A. Agrawal. Forthcoming. "Carbon Storage and Livelihoods Generation through Improved Governance of Forest Commons." *Science*.
- Christen, R. P., and D. Pearce. 2005. *Managing Risks and Designing Products for Agricultural Microfinance: Feature of an Emerging Model*. Washington, DC: CGAP; Rome: IFAD.
- Christian Aid. 2007. *Human Tide: The Real Migration Crisis*. London: Christian Aid.
- CIESIN (Center for International Earth Science Information Network). 2005. "Gridded Population of the World (GPWv3)." CIESIN, Columbia University, and Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palisades, NY.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K. L. Ebi, M. Hauengue, R. S. Kovats, B. Revich, and A. Woodward. 2007. "Human Health." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Corburn, J. 2009. "Cities, Climate Change and Urban Heat Island Mitigation: Localising Global Environmental Science." *Urban Studies* 46 (2): 413–27.
- Costello, C., S. D. Gaines, and J. Lynham. 2008. "Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse?" *Science* 321 (5896): 1678–81.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2009. "EM-DAT: The International Emergency Disasters Database." CRED, Université Catholique de Louvain, Ecole de Santé Publique, Louvain.
- CSE (Center for Science and Environment). 2007. "An Ecological Act: A Backgrounder to the National Rural Employment Guarantee Act (NREGA)," CSE, New Delhi.
- Cumming, G. S., D. H. M. Cumming, and C. L. Redman. 2006. "Scale Mismatches in Social-Ecological Systems: Causes, Consequences, and Solutions." *Ecology and Society* 11 (1): 14.
- Cummins, J. D., and O. Mahul. 2009. *Catastrophe Risk Financing in Developing Countries. Principles for Public Intervention*. Washington, DC: World Bank.
- Dartmouth Flood Observatory. 2009. "Global Active Archive of Large Flood Events." Dartmouth College, Hanover, NH. Available at [www.dartmouth.edu/~floods](http://www.dartmouth.edu/~floods). Accessed January 19, 2009.
- de Haan, A. 2002. "Migration and Livelihoods in Historical Perspectives: A Case Study of Bihar, India." *Journal of Development Studies* 38 (5): 115–42.
- de Haas, H. 2008. "The Complex Role of Migration in Shifting Rural Livelihoods: A Moroccan Case Study." In *Global Migration and Development*, ed. T. van Naerssen, E. Spaan, and A. Zoomers. London: Routledge.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- del Ninno, C., and M. Lundberg. 2005. "Treading Water: The Long-term Impact of the 1998 Flood on Nutrition in Bangladesh." *Economics and Human Biology* 3 (1): 67–96.
- del Ninno, C., K. Subbarao, and A. Milazzo. 2009. "How to Make Public Works Work: A Review of the Experiences." Discussion Paper 0905, Social Protection and Labor, World Bank, Washington, DC.
- Dercon, S. 2004. *Insurance against Poverty*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Díaz Palacios, J., and L. Miranda. 2005. "Concertación (Reaching Agreement) and Planning for Sustainable Development in Ilo, Peru." In *Reducing Poverty and Sustaining the Environment: The Politics of Local Engagement*, ed. S. Bass, H. Reid, D. Satterthwaite, and P. Steele. London: Earthscan.
- Dietz, T., E. Ostrom, and P. C. Stern. 2003. "The Struggle to Govern the Commons." *Science* 302 (5652): 1907–12.
- Dietz, T., and P. C. Stern, eds. 2008. *Public Participation in Environmental Assessment and Decision Making*. Washington, DC: National Academies Press.
- Dlugolecki, A. 2008. "Climate Change and the Insurance Sector." *Geneva Papers on Risk and Insurance—Issues and Practice* 33 (1): 71–90.
- Ellison, G., and D. Fudenberg. 1993. "Rules of Thumb for Social Learning." *Journal of Political Economy* 101 (4): 612–43.
- . 1995. "Word-of-Mouth Communication and Social Learning." *Quarterly Journal of Economics* 110 (1): 93–125.
- Enfors, E. I., and L. J. Gordon. 2008. "Dealing with Drought: The Challenge of Using Water System Technologies to Break Dryland Poverty Traps." *Global Environmental Change* 18 (4): 607–16.
- Ensor, J., and R. Berger. 2009. "Community-Based Adaptation and Culture in Theory and Practice." In *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*, ed. N. Adger, I. Lorenzoni, and K. L. O'Brien. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- ESA (European Space Agency). 2002. *Sustainable Development: The Space Contribution: From Rio to Johannesburg—Progress Over the Last 10 Years*. Paris: ESA for the Committee on Earth Observation Satellites.
- Fankhauser, S., N. Martin, and S. Prichard. Forthcoming. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence, and Distortionary Effects." Working Paper, London School of Economics.
- FAO (Food and Agriculture Organization) and CIFOR (Center for International Forestry Research). 2005. "Forests and Floods: Drowning In Fiction or Thriving On Facts?" FAO Regional Office for Asia and the Pacific Publication 2005/03, Bangkok.
- Fay, M., R. I. Block, and J. Ebinger, eds. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Ferguson, N. 2005. *Mozambique: Disaster Risk Management Along the Rio Búzi. Case Study on the Background, Concept, and Implementation of Disaster Risk Management in the Context of the GTZ-Programme for Rural Development (PRODER)*. Duren: German Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Governance and Democracy Division.



- Folke, C., S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C. S. Holling, B. Walker, J. Bengtsson, F. Berkes, J. Colding, K. Danell, M. Falkenmark, L. Gordon, R. Kasperson, N. Kautsky, A. Kinzig, S. Levin, K.-G. Mäler, F. Moberg, L. Ohlsson, P. Olsson, E. Ostrom, W. Reid, J. Rockström, H. Savenije, and U. Svedin. 2002. *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations*. Stockholm: Environmental Advisory Council to the Swedish Government.
- Folke, C., T. Hahn, P. Olsson, and J. Norberg. 2005. "Adaptive Governance of Social-ecological Systems." *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441–73.
- Foskett, N., and J. Hemsley-Brown. 2001. *Choosing Futures: Young People's Decision-Making in Education, Training and Career Markets*. London: RoutledgeFalmer.
- Francis, P., and M. Amuyunzu-Nyamongo. 2008. "Bitter Harvest: The Social Costs of State Failure in Rural Kenya." In *Assets, Livelihoods, and Social Policy*, ed. C. Moser and A. A. Dani. Washington, DC: World Bank.
- Frumkin, H., and A. J. McMichael. 2008. "Climate Change and Public Health: Thinking, Communicating, Acting." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 403–10.
- Gaiha, R., K. Imai, and P. D. Kaushik. 2001. "On the Targeting and Cost Effectiveness of Anti-Poverty Programmes in Rural India." *Development and Change* 32 (2): 309–42.
- Gaillard, J.-C. 2007. "Resilience of Traditional Societies in Facing Natural Hazards." *Disaster Prevention and Management* 16 (4): 522–44.
- Galiani, S., P. Gertler, and E. Schargrodsky. 2005. "Water for Life: The Impact of the Privatization of Water Services on Child Mortality." *Journal of Political Economy* 113 (1): 83–120.
- Gallup, J. L., and J. D. Sachs. 2001. "The Economic Burden of Malaria." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 64 (1–2): 85–96.
- Geoville Group. 2009. "Spatial Analysis of Natural Hazard and Climate Change Risks in Peri-Urban Expansion Areas of Dakar, Senegal." Paper presented at the World Bank Urban Week 2009. Washington, DC.
- Ghesquiere, F., L. Jamin, and O. Mahul. 2006. "Earthquake Vulnerability Reduction Program in Colombia: A Probabilistic Cost-Benefit Analysis." Policy Research Working Paper 3939, World Bank, Washington, DC.
- Gibbs, M. T. 2009. "Resilience: What Is It and What Does It Mean for Marine Policymakers?" *Marine Policy* 33 (2): 322–31.
- Gillespie, S. 2004. "Scaling Up Community-Driven Development: A Synthesis of Experience." FCND Discussion Paper 181, Food Consumption and Nutrition Division, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Giné, X., R. Townsend, and J. Vickery. 2008. "Patterns of Rainfall Insurance Participation in Rural India." *World Bank Economic Review* 22 (3): 539–66.
- Girardet, H. 2008. *Cities People Planet: Urban Development and Climate Change*. 2nd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Gleditsch, N., R. Nordås, and I. Salehyan. 2007. "Climate Change and Conflict: The Migration Link." Coping with Crisis Working Paper Series, International Peace Academy, New York (May).
- Global Humanitarian Forum. 2009. *The Anatomy of A Silent Crisis*. Geneva: Global Humanitarian Forum.
- Goulden, M., L. O. Naess, K. Vincent, and W. N. Adger. 2009. "Assessing Diversification, Networks and Traditional Resource Management as Adaptations to Climate Extremes." In *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*, ed. N. Adger, I. Lorenzoni, and K. O'Brien. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Government of Bangladesh. 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh: Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka: Government of Bangladesh, World Bank, and the European Commission.
- Granovetter, M. 1978. "Threshold Models of Collective Behavior." *American Journal of Sociology* 83 (6): 1420–43.
- Grosh, M. E., C. del Ninno, E. Tesliuc, and A. Ouerghi. 2008. *For Protection and Promotion: The Design and Implementation of Effective Safety Nets*. Washington, DC: World Bank.
- Groves, D. G., and R. J. Lempert. 2007. "A New Analytic Method for Finding Policy-Relevant Scenarios." *Global Environmental Change* 17 (1): 73–85.
- Hales, S., N. de Wet, J. Maindonald, and A. Woodward. 2002. "Potential Effect of Population and Climate Changes on Global Distribution of Dengue Fever: An Empirical Model." *Lancet* 360: 830–34.
- Hallegatte, S. 2009. "Strategies to Adapt to an Uncertain Climate Change." *Global Environmental Change* 19 (2): 240–47.
- Hara, Y., K. Takeuchi, and S. Okubo. 2005. "Urbanization Linked with Past Agricultural Landuse Patterns in the Urban Fringe of a Deltaic Asian Mega-City: A Case Study in Bangkok." *Landscape and Urban Planning* 73 (1): 16–28.
- Hay, S. I., A. J. Tatem, C. A. Guerra, and R. W. Snow. 2006. *Population at Malaria Risk in Africa: 2005, 2015, and 2030*. London: Centre for Geographic Medicine, KEMRI/Wellcome Trust Collaborative Programme, University of Oxford.
- Heltberg, R., P. B. Siegel, and S. L. Jorgensen. 2009. "Addressing Human Vulnerability to Climate Change: Toward a 'No-Regrets' Approach." *Global Environmental Change* 19 (1): 89–99.
- Herrmann, S. M., A. Anyamba, and C. J. Tucker. 2005. "Recent Trends in Vegetation Dynamics in the African Sahel and Their Relationship to Climate." *Global Environmental Change* 15 (4): 394–404.
- Hess, U., W. Wiseman, and T. Robertson. 2006. *Ethiopia: Integrated Risk Financing to Protect Livelihoods and Foster Development*. Rome: World Food Programme.
- Hochrainer, S., R. Mechler, G. Pflug, and A. Lotsch. 2008. "Investigating the Impact of Climate Change on the Robustness of Index-Based Microinsurance in Malawi." Policy Research Working Paper 4631, World Bank, Washington, DC.
- Hoeppe, P., and E. N. Gurenko. 2006. "Scientific and Economic Rationales for Innovative Climate Insurance Solutions." *Climate Policy* 6: 607–20.
- Horton, R., C. Herweijer, C. Rosenzweig, J. Liu, V. Gornitz, and A. C. Ruane. 2008. "Sea Level Rise Projections for Current Generation CGCMs Based on the Semi-Empirical Method." *Geophysical Research Letters* 35:L02715. DOI:10.1029/2007GL032486.

- IDMC (Internal Displacement Monitoring Centre). 2008. *Internal Displacement: Global Overview of Trends and Developments in 2008*. Geneva: IDMC.
- IEG (Independent Evaluation Group). 2008. *Climate Change and the World Bank Group—Phase I: An Evaluation of World Bank Win-Win Energy Policy Reforms*. Washington, DC: IEG Knowledge Programs and Evaluation Capacity Development.
- Ivanic, M., and W. Martin. 2008. "Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries." Policy Research Working Paper 4594, World Bank, Washington, DC.
- Kanaiaupuni, S. M. 2000. "Reframing the Migration Question: An Analysis of Men, Women, and Gender in Mexico." *Social Forces* 78 (4): 1311–47.
- Kanbur, R. 2009. "Macro Crises and Targeting Transfers to the Poor." Cornell University, Ithaca, NY.
- Keim, M. E. 2008. "Building Human Resilience: The Role of Public Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 508–16.
- Keiser, J., J. Utzinger, M. C. Castro, T. A. Smith, M. Tanner, and B. H. Singer. 2004. "Urbanization in Sub-Saharan Africa and Implications for Malaria Control." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 71 (S2): 118–27.
- Knowlton, K., G. Solomon, and M. Rotkin-Ellman. 2009. "Fever Pitch: Mosquito-Borne Dengue Fever Threat Spreading in The Americas." Issue Paper, Natural Resources Defense Council, New York (July).
- Kolmannskog, V. O. 2008. *Future Floods of Refugees: A Comment on Climate Change, Conflict and Forced Migration*. Oslo: Norwegian Refugee Council.
- Komives, K., V. Foster, J. Halpern, Q. Wodon, and R. Abdul-lah. 2005. *Water, Electricity, and the Poor: Who Benefits from Utility Subsidies?* Washington, DC: World Bank.
- Kopf, S., M. Ha-Duong, and S. Hallegatte. 2008. "Using Maps of City Analogues to Display and Interpret Climate Change Scenarios and Their Uncertainty." *Natural Hazards and Earth System Science* 8 (4): 905–18.
- Kunreuther, H., and E. Michel-Kerjan. 2007. "Climate Change, Insurability of Large-Scale Disasters and the Emerging Liability Challenge." Working Paper 12821, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Larson, A., and F. Soto. 2008. "Decentralization of Natural Resource Governance Regimes." *Annual Review of Environment and Resources* 33: 213–39.
- Laryea-Adjei, G. 2000. "Building Capacity for Urban Management in Ghana: Some Critical Considerations." *Habitat International* 24 (4): 391–402.
- Laukkonen, J., P. K. Blanco, J. Lenhart, M. Keiner, B. Cavric, and C. Kinuthia-Njenga. 2009. "Combining Climate Change Adaptation and Mitigation Measures at the Local Level." *Habitat International* 33 (3): 287–92.
- Lempert, R. J. 2007. "Creating Constituencies for Long-term Radical Change." Wagner Research Brief 2, New York University, New York.
- Lempert, R. J., and M. T. Collins. 2007. "Managing the Risk of Uncertain Threshold Responses: Comparison of Robust, Optimum, and Precautionary Approaches." *Risk Analysis* 27 (4): 1009–26.
- Lempert, R. J., and M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Levitt, B., and J. G. March. 1988. "Organizational Learning." *Annual Review of Sociology* 14: 319–38.
- Lewis, M. 2007. "In Nature's Casino." *New York Times Magazine*, August 26, 2007.
- Ligeti, E., J. Penney, and I. Wieditz. 2007. *Cities Preparing for Climate Change: A Study of Six Urban Regions*. Toronto: The Clean Air Partnership.
- Lin, H. 2008. *Proposal Report on Flood Hazard Mapping Project in Taihu Basin*. China: Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources.
- Linnerooth-Bayer, J., and R. Mechler. 2006. "Insurance for Assisting Adaptation to Climate Change in Developing Countries: A Proposed Strategy." *Climate Policy* 6: 621–36.
- Llanto, G. M., M. P. Geron, and J. Almario. 2007. "Developing Principles for the Regulation of Micro-insurance (Philippine Case Study)." Discussion Paper 2007-26, Philippine Institute for Development Studies, Makati City.
- Lobell, D. B., M. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon, and R. L. Naylor. 2008. "Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030." *Science* 319 (5863): 607–10.
- Luber, G., and M. McGeehin. 2008. "Climate Change and Extreme Heat Events." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 429–35.
- Lucas, R. E. B. 2005. *International Migration and Economic Development: Lessons from Low-Income Countries: Executive Summary*. Stockholm: Almkvist & Wiksell International, Expert Group on Development Issues.
- . 2006. "Migration and Economic Development in Africa: A Review of Evidence." *Journal of African Economies* 15 (2): 337–95.
- Macchi, M. 2008. *Indigenous and Traditional People and Climate Change: Vulnerability and Adaptation*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.
- Mahul, O., and J. Skees. 2007. "Managing Agricultural Risk at the Country Level: The Case of Index-based Livestock Insurance in Mongolia." Policy Research Working Paper 4325, World Bank, Washington, DC.
- Manuamorn, O. P. 2007. "Scaling Up Microinsurance: The Case of Weather Insurance for Smallholders in India." Agriculture and Rural Development Discussion Paper 36, World Bank, Washington, DC.
- Massey, D., and F. Espana. 1987. "The Social Process of International Migration." *Science* 237 (4816): 733–38.
- McEvoy, D., S. Lindley, and J. Handley. 2006. "Adaptation and Mitigation in Urban Areas: Synergies and Conflicts." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 159 (4): 185–91.
- McGranahan, G., D. Balk, and B. Anderson. 2007. "The Rising Tide: Assessing the Risks of Climate Change and Human Settlements in Low Elevation Coastal Zones." *Environment and Urbanization* 19 (1): 17–37.
- McMichael, A., D. Campbell-Lendrum, S. Kovats, S. Edwards, P. Wilkinson, T. Wilson, R. Nicholls, S. Hales, F. Tanser, D. Le Sueur, M. Schlesinger, and N. Andronova. 2004. "Global Climate Change." In *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major*

- Risk Factors*, vol. 2, ed. M. Ezzati, A. D. Lopez, A. Rodgers, and C. J. L. Murray. Geneva: World Health Organization.
- Mearns, R. 2004. "Sustaining Livelihoods on Mongolia's Pastoral Commons: Insights from a Participatory Poverty Assessment." *Development and Change* 35 (1): 107–39.
- Mechler, R., S. Hochrainer, G. Pflug, K. Williges, and A. Lotsch. 2009. "Assessing Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards." Background paper for the WDR 2010.
- Mercy Corps. 2008. "Reducing Flood Risk through a Job Creation Scheme." In *Linking Disaster Risk Reduction and Poverty Reduction: Good Practices and Lessons Learned. 2008*, ed. Global Network of NGOs for Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations Development Programme and International Strategy for Disaster Reduction (ISDR).
- Migration DRC. 2007. "Global Migrant Origin Database." Development Research Centre on Migration, Globalisation and Poverty, University of Sussex, Brighton.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mills, E. 2005. "Insurance in a Climate of Change." *Science* 309 (5737): 1040–44.
- . 2007. "Synergism between Climate Change Mitigation and Adaptation: Insurance Perspective." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 809–42.
- Milly, P. C. D., R. T. Wetherald, K. A. Dunne, and T. L. Delworth. 2002. "Increasing Risk of Great Floods in a Changing Climate." *Nature* 415 (6871): 514–17.
- Myers, N. 2002. "Environmental Refugees: A Growing Phenomenon of the 21st Century." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 357 (1420): 609–13.
- NRC (National Research Council of the National Academies). 2006. *Facing Hazards and Disasters. Understanding Human Dimension*. Washington, DC: National Academies Press.
- . 2007a. *Contributions of Land Remote Sensing for Decisions about Food Security and Human Health*. Washington, DC: National Academies Press.
- . 2007b. *Earth Science and Application from Space: National Imperatives for the Next Decade and Beyond*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nelson, D. R., W. N. Adger, and K. Brown. 2007. "Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework." *Annual Review of Environment and Resources* 32: 395–419.
- Nelson, V., K. Meadows, T. Cannon, J. Morton, and A. Martin. 2002. "Uncertain Prediction, Invisible Impacts, and the Need to Mainstream Gender in Climate Change Adaptations." *Gender and Development* 10 (2): 51–59.
- Nicholls, R. J., P. P. Wong, V. Burkett, C. D. Woodroffe, and J. Hay. 2008. "Climate Change and Coastal Vulnerability Assessment: Scenarios for Integrated Assessment." *Sustainability Science* 3 (1): 89–102.
- Nordås, R., and N. Gleditsch. 2007. "Climate Change and Conflict." *Political Geography* 26 (6): 627–38.
- Olsson, P., C. Folke, and F. Berkes. 2004. "Adaptive Co-management for Building Resilience in Social-Ecological Systems." *Environmental Management* 34 (1): 75–90.
- Orlove, B. S., J. H. Chiang, and M. A. Cane. 2000. "Forecasting Andean Rainfall and Crop Yield from the Influence of El Niño on Pleiades Visibility." *Nature* 403 (6765): 68–71.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.
- Pahl-Wostl, C. 2007. "Transitions toward Adaptive Management of Water Facing Climate and Global Change." *Water Resources Management* 21: 49–62.
- PAHO (Pan American Health Organization). 2009. "Dengue." Washington, DC, [http://new.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&task=view&id=264&Itemid=363](http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&task=view&id=264&Itemid=363) (accessed July 2009).
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, and others. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Parsons, C. R., R. Skeldon, T. L. Walmsley, and L. A. Winters. 2007. "Quantifying International Migration: A Database of Bilateral Migrant Stocks." Policy Research Working Paper 4165, World Bank, Washington, DC.
- Pelling, M. 1997. "What Determines Vulnerability to Floods: A Case Study in Georgetown, Guyana." *Environment and Urbanization* 9 (1): 203–26.
- Pomeroy, R. S., and M. D. Pido. 1995. "Initiatives towards Fisheries Co-management in the Philippines: The Case of San Miguel Bay." *Marine Policy* 19 (3): 213–26.
- Portes, A., and J. Sensenbrenner. 1993. "Embeddedness and Immigration: Notes on the Social Determinants of Economic Actions." *American Journal of Sociology* 98 (6): 13–20.
- Raadgever, G. T., E. Mostert, N. Kranz, E. Interwies, and J. G. Timmerman. 2008. "Assessing Management Regimes in Transboundary River Basins: Do They Support Adaptive Management." *Ecology and Society* 13 (1): 14.
- Rahmstorf, S., A. Cazenave, J. A. Church, J. E. Hansen, R. F. Keeling, D. E. Parker, and R. C. J. Somerville. 2007. "Recent Climate Observations Compared to Projections." *Science* 316 (5825): 709.
- Ranger, N., R. Muir-Wood, and S. Priya. 2009. "Assessing Extreme Climate Hazards and Options for Risk Mitigation and Adaptation in the Developing World." Background paper for the WDR 2010.
- Ravallion, M. 2008. "Bailing Out the World's Poorest." Policy Research Working Paper 4763, World Bank, Washington, DC.
- Ravallion, M., S. Chen, and P. Sangraula. 2007. "New Evidence on the Urbanization of Poverty." Policy Research Working Paper 4199, World Bank, Washington, DC.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." Yale School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Reuveny, R. 2007. "Climate Change Induced Migration and Violent Conflict." *Political Geography* 26 (6): 656–73.
- Ribot, J. C. Forthcoming. "Vulnerability Does Not Just Fall from the Sky: Toward Multi-Scale Pro-Poor Climate Policy." In *The Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*, ed. R. Mearns and A. Norton. Washington, DC: World Bank.



- Richmond, T. 2008. "The Current Status and Future Potential of Personalized Diagnostics: Streamlining a Customized Process." *Biotechnology Annual Review* 14: 411–22.
- Roberts, D. 2008. "Thinking Globally, Acting Locally: Institutionalizing Climate Change at the Local Government Level in Durban, South Africa." *Environment and Urbanization* 20 (2): 521–37.
- Robine, J.-M., S. L. K. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J.-P. Michel, and F. R. Herrmann. 2008. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during the Summer of 2003." *Comptes Rendus Biologies* 331 (2): 171–78.
- Rogers, D., S. E. Randolph, R. W. Snow, and S. I. Hay. 2002. "Satellite Imagery in the Study and Forecast of Malaria." *Nature* 415 (6872): 710–15.
- Rogers, E. 1995. *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Roman, A. 2008. "Curitiba, Brazil." In *Encyclopedia of Earth—Environmental Information Coalition*. Washington, DC: National Council for Science and the Environment.
- Satterthwaite, D. 2008. "The Social and Political Basis for Citizen Action on Urban Poverty Reduction." *Environment and Urbanization* 20 (2): 307–18.
- Satterthwaite, D., S. Huq, M. Pelling, A. Reid, and R. Lankao. 2007. *Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low and Middle Income Countries*. London: International Institute for Environment and Development.
- Seo, J.-K. 2009. "Balanced National Development Strategies: The Construction of Innovation Cities in Korea." *Land Use Policy* 26 (3): 649–61.
- Simms, A., and H. Reid. 2006. *Up in Smoke? Latin America and the Caribbean: The Threat from Climate Change to the Environment and Human Development*. London: Working Group on Climate Change and Development, International Institute for Environment and Development, New Economics Foundation.
- Skees, J. R. 2001. "The Bad Harvest: Crop Insurance Reform Has Become a Good Idea Gone Awry." *Regulation* 24 (1): 16–21.
- Sobrevila, C. 2008. *The Role of Indigenous People in Biodiversity Conservation: The Natural but Often Forgotten Partners*. Washington, DC: World Bank.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R. B. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J. M. Gregory, G. C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood, and D. Wratt. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sorensen, N., N. van Hear, and P. Engberg-Pedersen. 2003. "Migration, Development and Conflict: State-of-the-Art Overview." In *The Migration-Development Nexus*, ed. N. van Hear and N. Sorensen. New York and Geneva: United Nations and International Organization for Migration.
- Srinivasan, A. 2004. "Local Knowledge for Facilitating Adaptation to Climate Change in Asia and the Pacific: Policy Implications." Working Paper 2004-002, Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.
- Stringer, L. C., J. C. Dyer, M. S. Reed, A. J. Dougill, C. Twyman, and D. Mkwambisi. Forthcoming. "Adaptations to Climate Change, Drought and Desertification: Local Insights to Enhance Policy in Southern Africa." *Environmental Science and Policy*.
- Swiss Re. 2007. "World Insurance in 2006: Premiums Came Back to Life." Zurich: Sigma (April).
- Tebtebba Foundation. 2008. *Guide on Climate Change and Indigenous Peoples*. Baguio City, the Philippines: Tebtebba Foundation.
- Theisen, O. M. 2008. "Blood and Soil? Resource Scarcity and Internal Armed Conflict Revisited." *Journal of Peace Research* 45 (6): 801–18.
- Tol, R. S. J. 1998. "Climate Change and Insurance: A Critical Appraisal." *Energy Policy* 26 (3): 257–62.
- Tompkins, E. L., and W. N. Adger. 2004. "Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change?" *Ecology and Society* 9 (2): 10.
- Tuñón, M. 2006. *Internal Labour Migration in China*. Beijing: International Labour Organisation.
- Twomlow, S., F. T. Mugabe, M. Mwale, R. Delve, D. Nanja, P. Carberry, and M. Howden. 2008. "Building Adaptive Capacity to Cope with Increasing Vulnerability Due to Climatic Change in Africa: A New Approach." *Physics and Chemistry of the Earth* 33 (8–13): 780–87.
- UNICEF (United Nations Children's Fund). 2008. *Climate Change and Children: A Human Security Challenge*. Florence: UNICEF.
- United Nations. 2005. *Trends in Total Migrant Stock: The 2005 Revision*. New York: United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs.
- . 2006. *The State of the World's Refugees: Human Displacement in the New Millennium*. Oxford, UK: United Nations High Commissioner for Refugees.
- . 2007. *Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contribution to the Implementation of the Hyogo Framework for Action*. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- . 2008a. *State of the World's Cities 2008/9. Harmonious Cities*. London: Earthscan.
- . 2008b. *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*. New York: United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs.
- . 2009. *2009 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Risk and Poverty in a Changing Climate*. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- Vakis, R. 2006. "Complementing Natural Disasters Management: The Role of Social Protection." Social Protection Discussion Paper 0543, World Bank, Washington, DC.
- Walker, B., L. H. Gunderson, A. Kinzig, C. Folke, S. Carpenter, and L. Schultz. 2006. "A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems." *Ecology and Society* 11 (1):13.



- Wang, R., and Y. E. Yaping. 2004. "Eco-city Development in China." *Ambio: A Journal of the Human Environment* 33 (6): 341–42.
- Ward, R. E. T, C. Herweijer, N. Patmore, and R. Muir-Wood. 2008. "The Role of Insurers in Promoting Adaptation to the Impacts of Climate Change." *Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice* 33 (1): 133–39.
- WBGU (German Advisory Council on Global Change). 2008. *Climate Change as a Security Risk*. London: Earthscan.
- Welsh Assembly Government. 2008. *Heatwave Plan for Wales: A Framework for Preparedness and Response*. Cardiff, UK: Welsh Assembly Government Department for Public Health and Health Professions.
- White, A., and A. Martin. 2002. *Who Owns the World's Forests? Forest Tenure and Public Forests in Transition*. Washington, DC: Forest Trends and Center for International Environmental Law.
- WHO (World Health Organization). 2005. *Health and Climate Change: The Now and How. A Policy Action Guide*. Geneva: WHO.
- . 2008. *Protecting Health from Climate Change: World Health Day 2008*. Geneva: WHO.
- Wilbanks, T. J., and R. W. Kates. 1999. "Global Change in Local Places: How Scale Matters." *Climatic Change* 43 (3): 601–28.
- World Bank. 2005. *Managing Agricultural Production Risk: Innovations in Developing Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . 2006. *Making the New Indonesia Work for the Poor*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *Environmental Health and Child Survival: Epidemiology, Economics, Experiences*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *Project Appraisal Document: Regional Adaptation to the Impact of Rapid Glacier Retreat in the Tropical Andes*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *Reforming Energy Price Subsidies and Reinforcing Social Protection: Some Design Issues*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008e. *The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Providing Immediate Funding after Natural Disasters*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008f. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008g. *World Development Report 2009. Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Development and Climate Change: A Strategic Framework for the World Bank Group: Technical Report*. Washington, DC: World Bank.
- World Climate Programme. 2007. *Climate Services Crucial for Early Warning of Malaria Epidemics*. Geneva: World Climate Programme.
- World Economic Forum. 2008. *Building Resilience to Natural Disasters: A Framework for Private Sector Engagement*. Geneva: World Economic Forum, World Bank, and United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- WRI (World Resources Institute), United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, and World Bank. 2008. *World Resources 2008: Roots of Resilience: Growing the Wealth of the Poor*. Washington, DC: WRI.
- Yip, S. C. T. 2008. "Planning for Eco-Cities in China: Visions, Approaches and Challenges." Paper presented at the 44th ISOCARP Congress. The Netherlands.

## フォーカス B 気候変動下の生物多様性と生態系サービス

- Bandyopadhyay, S., and G. Tembo. 2009. "Household Welfare and Natural Resource Management around National Parks in Zambia." Policy Research Working Paper Series 4932, World Bank, Washington, DC.
- Beddington, J. R., D. J. Agnew, and C. W. Clark. 2007. "Current Problems in the Management of Marine Fisheries." *Science* 316 (5832): 1713–16.
- Bode, M., K. A. Wilson, T. M. Brooks, W. R. Turner, R. A. Mittermeier, M. F. McBride, E. C. Underwood, and H. P. Possingham. 2008. "Cost-Effective Global Conservation Spending Is Robust to Taxonomic Group." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (17): 6498–501.
- Brown, S., L. R. Iverson, A. Prasad, and L. Dawning. 1993. "Geographical Distribution of Carbon in Biomass and Soils of Tropical Asian Forests." *Geocarto International* 4: 45–59.
- Brown, T. A. 2002. *Genomes*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Campbell, L. M., B. J. Haalboom, and J. Trow. 2007. "Sustainability of Community-Based Conservation: Sea Turtle Egg Harvesting in Ostional (Costa Rica) Ten Years Later." *Environmental Conservation* 34 (2): 122–31.
- Convention on Biological Diversity. 2009. *Draft Findings of the Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal: Convention on Biological Diversity.
- Cunningham, S., and T. Bostock. 2005. *Successful Fisheries Management. Issues, Case Studies and Perspectives*. Delft, The Netherlands: Eburon Academic Publishers.
- Dudley, N., and S. Stolton. 1999. "Conversion of Paper Parks to Effective Management: Developing a Target." Paper presented at the Joint Workshop of the IUCN/WWF Forest Innovations Project and the World Commission on Protected Areas in association with the WWF-World Bank Alliance and the World Commission on Protected Areas in association with the Forests for Life Campaign. June 14. Turrialba, Costa Rica.
- England, J. H., N. Atkinson, A. S. Dyke, D. J. A. Evans, and M. Zreda. 2004. "Late Wisconsinan Buildup and Wastage of the Inuitian Ice Sheet across Southern Ellesmere Island, Nunavut." *Canadian Journal of Earth Sciences* 41 (1): 39–61.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. "The Ecosystem Approach to Fisheries: Issues, Terminology, Principles, Institutional Foundations, Implementation and Outlook." Fisheries Technical Paper 443, FAO, Rome.

- . 2005. *Putting Into Practice the Ecosystem Approach to Fisheries*. Rome: FAO.
- Fischlin, A., G. F. Midgley, J. T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M. D. A. Rounsevell, O. P. Dube, J. Tarazona, and A. A. Velichko. 2007. "Ecosystems, Their Properties, Goods and Services." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fitzgerald, M. A., S. R. McCouch, and R. D. Hall. 2009. "Not Just a Grain of Rice: The Quest for Quality." *Trends in Plant Science* 14 (3): 133–39.
- Foden, W., G. Mace, J.-C. Vie, A. Angulo, S. Butchart, L. DeVantier, H. Dublin, A. Gutsche, S. Stuart, and E. Turak. 2008. "Species Susceptibility to Climate Change Impacts." In *The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species*, ed. J.-C. Vie, C. Hilton-Taylor, and S. N. Stuart. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.
- Gitay, H., A. Suarez, R. T. Watson, and D. J. Dokken, eds. 2002. *Climate Change and Biodiversity*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- Gordon, I. J. 2007. "Linking Land to Ocean: Feedbacks in the Management of Socio-Ecological Systems in the Great Barrier Reef Catchments." *Hydrobiologia* 591 (1): 25–33.
- Haberl, H. 1997. "Human Appropriation of Net Primary Production as an Environmental Indicator: Implications for Sustainable Development." *Ambio* 26 (3): 143–46.
- Halpern, B. S. 2003. "The Impact of Marine Reserves: Do Reserves Work and Does Reserve Size Matter?" *Ecological Applications* 13 (1): S117–37.
- Hannah, L., T. Lovejoy, G. Midgley, W. Bond, M. Bush, J. Lovett, D. Scott, and F. I. Woodward. 2002. "Conservation of Biodiversity in a Changing Climate." *Conservation Biology* 16 (1): 264–68.
- Hannah, L., G. Midgley, and D. Miller. 2002. "Climate Change-Integrated Conservation Strategies." *Global Ecology and Biogeography* 11 (6): 485–95.
- Harmelin-Vivien, M., L. Le Direach, J. Bayle-Sempere, E. Charbonnel, J. A. Garcia-Charton, D. Ody, A. Perez-Ruzafa, O. Renones, P. Sanchez-Jerez, and C. Valle. 2008. "Gradients of Abundance and Biomass across Reserve Boundaries in Six Mediterranean Marine Protected Areas: Evidence of Fish Spillover?" *Biological Conservation* 141 (7): 1829–39.
- Harris, N. L., S. Petrova, F. Stolle, and S. Brown. 2009. "Identifying Optimal Areas for REDD Intervention: East Kalimantan, Indonesia, as a Case Study." *Environmental Research Letters* 3:035006, doi:10.1088/1748-9326/3/3/035006.
- Heller, N. E., and E. S. Zavaleta. 2009. "Biodiversity Management in the Face of Climate Change: A Review of 22 Years of Recommendations." *Biological Conservation* 142 (1): 14–32.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). 2008a. *ICES Advice Book 9: Widely Distributed and Migratory Stocks*. Copenhagen: ICES Advisory Committee.
- . 2008b. *ICES Insight Issue No. 45*. Copenhagen: ICES.
- Joseph, L. N., R. F. Maloney, and H. P. Possingham. 2008. "Optimal Allocation of Resources among Threatened Species: A Project Prioritization Protocol." *Conservation Biology* 23 (2): 328–38.
- Kraft, N. J. B., R. Valencia, and D. D. Ackerly. 2008. "Functional Traits and Niche-Based Tree Community Assembly in an Amazonian Forest." *Science* 322 (5901): 580–82.
- Lawton, J. H., and R. M. May. 1995. *Extinction Rates*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lodge, M. W., D. Anderson, T. Lobach, G. Munro, K. Sainsbury, and A. Willock. 2007. *Recommended Best Practices for Regional Fisheries Management Organizations*. London: Chatham House for the Royal Institute of International Affairs.
- McCarthy, M. A., and H. P. Possingham. 2007. "Active Adaptive Management for Conservation." *Conservation Biology* 21 (4): 956–63.
- McGinley, M. 2007. *Species Richness*. Washington, DC: Encyclopedia of Earth—Environmental Information Coalition, National Council for Science and Environment.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities." *Nature* 403: 853–58.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Recommendation of the Council on the Design and Implementation of Decommissioning Schemes in the Fishing Sector*. Paris: OECD.
- Smith, L. D., J. P. Gilmour, and A. J. Heyward. 2008. "Resilience of Coral Communities on an Isolated System of Reefs following Catastrophic Mass-Bleaching." *Coral Reefs* 27 (1): 197–205.
- Stiansen, J. E., B. Bogstad, P. Budgell, P. Dalpadado, H. Gjosaeter, K. Hiis Hauge, R. Ingvaldsen, H. Loeng, M. Mauritzen, S. Mehl, G. Ottersen, M. Skogen, and E. K. Stenevik. 2005. *Status Report on the Barents Sea Ecosystem 2004–2005*. Bergen, Norway: Institute of Marine Research (IMR).
- UNEP-WCMC ((United Nations Environment Program—World Conservation Monitoring Center). 2008. *State of the World's Protected Areas 2007: An Annual Review of Global Conservation Progress*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, and J. M. Melillo. 1999. "Human Domination of Earth's Ecosystems." *Science* 277 (5325): 494–99.
- Welch, D. 2005. "What Should Protected Area Managers Do in the Face of Climate Change?" *The George Wright Forum* 22 (1): 75–93.
- WHO and FAO (World Health Organization and Food and Agriculture Organization). 2009. "Global and Regional Food Consumption Patterns and Trends." In *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva and Rome: WHO and FAO.
- World Bank. 2008. *The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform*. Washington, DC: World Bank and FAO.
- Wunder, S., S. Engel, and S. Pagiola. 2008. "Taking Stock: A Comparative Analysis of Payments for Environmental Services Programs in Developed and Developing Countries." *Ecological Economics* 65 (4): 834–52.

## Chapter 3 90 億人を養い、自然のシステムを保護するために土地と水を管理する

- Alcamo, J., N. Dronin, M. Endejan, G. Golubev, and A. Kirilenko. 2007. "A New Assessment of Climate Change Impacts on Food Production Shortfalls and Water Availability in Russia." *Global Environmental Change* 17 (3-4): 429-44.
- Alston, J. M., C. Chan-Kang, M. C. Marra, P. G. Pardey, and T. Wyatt. 2000. *A Meta-Analysis of Rates of Return to Agricultural R&D: Ex Pede Herculem?* Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Arango, H. 2003. *Planificación Predial Participativa, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV, Ingeniero Agrícola.
- Arkema, K. K., S. C. Abramson, and B. M. Dewsbury. 2006. "Marine Ecosystem-Based Management: From Characterization to Implementation." *Ecology and the Environment* 4 (10): 525-32.
- Armada, N., A. T. White, and P. Christie. 2009. "Managing Fisheries Resources in Danajon Bank, Bohol, Philippines: An Ecosystem-Based Approach." *Coastal Management* 307 (3-4): 308-30.
- Asad, M., L. G. Azevedo, K. E. Kemper, and L. D. Simpson. 1999. "Management of Water Resources: Bulk Water Pricing in Brazil." Technical Paper 432, World Bank, Washington, DC.
- Barnett, T. P., J. C. Adam, and D. P. Lettenmaier. 2005. "Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-dominated Regions." *Nature* 438: 303-09.
- Barnston, A. G., A. Kumar, L. Goddard, and M. P. Hoerling. 2005. "Improving Seasonal Prediction Practices through Attribution of Climate Variability." *Bulletin of the American Meteorological Society* 86 (1): 59-72.
- Bastiaanssen, W. G. M. 1998. *Remote Sensing in Water Resources Management: The State of the Art*. Colombo: International Water Management Institute.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. 2008. "Climate Change and Water." Technical Paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Battisti, D. S., and R. L. Naylor. 2009. "Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat." *Science* 323 (5911): 240-44.
- BCLME Programme. 2007. "The Changing State of the Benguela Current Large Marine Ecosystem." Paper presented at the Expert Workshop on Climate Change and Variability and Impacts Thereof in the BCLME Region, May 15. Kirstenbosch Research Centre, Cape Town.
- Beckett, J. L., and J. W. Oltjen. 1993. "Estimation of the Water Requirement for Beef Production in the United States." *Journal of Animal Science* 7 (4): 818-26.
- Beintema, N. M., and G.-J. Stads. 2008. "Measuring Agricultural Research Investments: A Revised Global Picture." Agricultural Science and Technology Indicators Background Note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Benbrook, C. 2001. "Do GM Crops Mean Less Pesticide Use?" *Pesticide Outlook* 12 (5): 204-07.
- Bhatia, R., R. Cestti, M. Scatasta, and R. P. S. Malik. 2008. *Indirect Economic Impacts of Dams: Case Studies from India, Egypt and Brazil*. New Delhi: Academic Foundation.
- Bindlish, R., W. T. Crow, and T. J. Jackson. 2009. "Role of Passive Microwave Remote Sensing in Improving Flood Forecasts." *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 6 (1): 112-16.
- Blaise, D., G. Majumdar, and K. U. Tekale. 2005. "On-Farm Evaluation of Fertilizer Application and Conservation Tillage on Productivity of Cotton and Pigeonpea Strip Intercropping on Rainfed Vertisols of Central India." *Soil and Tillage Research* 84 (1): 108-17.
- Bosworth, B., G. Cornish, C. Perry, and F. van Steenberg. 2002. *Water Charging in Irrigated Agriculture: Lessons from the Literature*. Wallingford, UK: HR Wallingford Ltd.
- Bouët, A., and D. Laborde. 2008. "The Cost of a Non-Doha." Briefing note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Bouma, J. A., H. J. van der Woerd, and O. J. Kulik. 2009. "Assessing the Value of Information for Water Quality Management in the North Sea." *Journal of Environmental Management* 90 (2): 1280-88.
- Burke, E. J., and S. J. Brown. 2008. "Evaluating Uncertainties in the Projection of Future Drought." *Journal of Hydrometeorology* 9 (2): 292-99.
- Burke, E. J., S. J. Brown, and N. Christidis. 2006. "Modeling the Recent Evolution of Global Drought and Projections for the 21st Century with the Hadley Centre Climate Model." *Journal of Hydrometeorology* 7: 1113-25.
- Butler, R. A., L. P. Koh, and J. Ghazoul. Forthcoming. "REDD in the Red: Palm Oil Could Undermine Carbon Payment Schemes." *Conservation Letters*.
- Carlsson-Kanyama, A., and A. D. Gonzales. 2009. "Potential Contributions of Food Consumption Patterns to Climate Change." *American Journal of Clinical Nutrition* 89 (5): 1704S-09S.
- Cassman, K. G. 1999. "Ecological Intensification of Cereal Production Systems: Yield Potential, Soil Quality, and Precision Agriculture." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96 (11): 5952-59.
- Cassman, K. G., A. Dobermann, D. T. Walters, and H. Yang. 2003. "Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality." *Annual Review of Environment and Resources* 28: 315-58.
- CEDARE (Center for Environment and Development in the Arab Region and Europe). 2006. *Water Conflicts and Conflict Management Mechanisms in the Middle East and North Africa Region*. Cairo: CEDARE.
- Chan, K. M. A., and G. C. Daily. 2008. "The Payoff of Conservation Investments in Tropical Countryside." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (49): 19342-47.
- Chomitz, K. M. 2004. "Transferable Development Rights and Forest Protection: An Exploratory Analysis." *International Regional Science Review* 27 (3): 348-73.
- Cline, W. R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- Costello, C., S. D. Gaines, and J. Lynham. 2008. "Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse?" *Science* 321 (5896): 1678-81.
- Dawe, D. 2008. "Have Recent Increases in International Cereal Prices Been Transmitted to Domestic Economies? The Experience in Seven Large Asian Countries." Agricultural Development Economics Division Working Paper 08-03, Food and Agriculture Organization, Rome.



- De Fraiture, C., and C. Perry. 2007. "Why Is Agricultural Water Demand Unresponsive at Low Price Ranges?" In *Irrigation Water Pricing: The Gap between Theory and Practice*, ed. F. Molle and J. Berkoff. Oxfordshire, UK: CAB International.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- De Silva, S., and D. Soto. 2009. "Climate Change and Aquaculture: Potential Impacts, Adaptation and Mitigation." Technical Paper 530, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Delgado, C. L., M. W. Rosegrant, H. Steinfeld, S. Ehui, and C. Courbois. 1999. "Livestock to 2020: The Next Food Revolution." Food, Agriculture, and Environment Discussion Paper 28, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Delgado, C. L., N. Wada, M. Rosegrant, S. Meijer, and M. Ahmed. 2003. *Outlook for Fish to 2020: Meeting Global Demand*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Derpsch, R. 2007. "No-Tillage and Conservation Agriculture: A Progress Report." In *No-Till Farming Systems*, ed. T. Goddard, M. A. Zoebisch, Y. T. Gan, W. Elli, A. Watson, and S. Sombatpanit. Bangkok: World Association of Soil and Water Conservation.
- Derpsch, R., and T. Friedrich. 2009. "Global Overview of Conservation Agriculture Adoption." In *Lead Papers 4th World Congress on Conservation Agriculture*. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- Deutsch, L., S. Graslund, C. Folke, M. Troell, M. Huitric, N. Kautsky, and L. Lebel. 2007. "Feeding Aquaculture Growth through Globalization: Exploitation of Marine Ecosystems for Fishmeal." *Global Environmental Change* 17 (2): 238–49.
- Diaz, R. J., and R. Rosenberg. 2008. "Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems." *Science* 321 (5891): 926–29.
- Doraiswamy, P., G. McCarty, E. Hunt, R. Yost, M. Doumbia, and A. Franzluebbers. 2007. "Modeling Soil Carbon Sequestration in Agricultural Lands of Mali." *Agricultural Systems* 94 (1): 63–74.
- Dorward, A., S. Fan, J. Kydd, H. Lofgren, J. Morrison, C. Poulton, N. Rao, L. Smith, H. Tchale, S. Thorat, I. Urey, and P. Wobst. 2004. "Institutions and Policies for Pro-Poor Agricultural Growth." *Development Policy Review* 22 (6): 611–22.
- Duda, A. M., and K. Sherman. 2002. "A New Imperative for Improving Management of Large Marine Ecosystems." *Ocean and Coastal Management* 45: 797–833.
- Dudley, N., and S. Stolton. 1999. *Conversion of "Paper Parks" to Effective Management: Developing a Target*. Gland, Switzerland: Report to the WWF-World Bank Alliance from the International Union for the Conservation of Nature and WWF, Forest Innovation Project.
- Dye, P., and D. Versfeld. 2007. "Managing the Hydrological Impacts of South African Plantation Forests: An Overview." *Forest Ecology and Management* 251 (1–2): 121–28.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, and F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- EBRD (European Bank for Reconstruction and Development) and FAO (Food and Agriculture Organization). 2008. "Fighting Food Inflation through Sustainable Investment." EBRD and FAO, London.
- Erenstein, O. 2009. "Adoption and Impact of Conservation Agriculture Based Resource Conserving Technologies in South Asia." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture, February 4–7, 2009, New Delhi, India*. New Delhi: WCCA.
- Erenstein, O., U. Farooq, R. K. Malik, and M. Sharif. 2008. "On-Farm Impacts of Zero Tillage Wheat in South Asia's Rice-Wheat Systems." *Field Crops Research* 105 (3): 240–52.
- Erenstein, O., and V. Laxmi. 2008. "Zero Tillage Impacts in India's Rice-Wheat Systems: A Review." *Soil and Tillage Research* 100 (1–2): 1–14.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2001. "Integrated Agriculture-Aquaculture." Fisheries Technical Paper 407, Rome.
- . 2004a. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2004*. Rome: FAO.
- . 2004b. "Water Desalination For Agricultural Applications." Land and Water Discussion Paper 5, FAO, Rome.
- . 2005. *Agricultural Biodiversity in FAO*. Rome: FAO.
- . 2008. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome: FAO.
- . 2009a. "Anchoring Agriculture within a Copenhagen Agreement: A Policy Brief for UNFCCC Parties by FAO." FAO, Rome.
- . 2009b. "Aquastat." FAO, Rome.
- . 2009c. "FAOSTAT." FAO, Rome.
- . 2009d. "Fisheries and Aquaculture in a Changing Climate." FAO, Rome.
- . 2009e. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. Rome: FAO.
- Fay, M., R. I. Block, and J. Ebinger, ed. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Fischer, G., M. Shah, F. Tubiello, and H. T. Van Velthuizen. 2005. "Socio-economic and Climate Change Impacts on Agriculture: An Integrated Assessment, 1990–2080." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 2067–83.
- Fischer, G., M. Shah, and H. van Velthuizen. 2002. "Climate Change and Agricultural Vulnerability." Paper presented at the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg.
- Franzluebbers, A. J. 2002. "Water Infiltration and Soil Structure Related to Organic Matter and Its Stratification with Depth." *Soil and Tillage Research* 66: 197–205.
- Frappart, F., K. D. Minh, J. L'Hermitte, A. Cazenave, G. Ramillien, T. Le Toan, and N. Mognard-Campbell. 2006. "Water Volume Change in the Lower Mekong from Satellite Altimetry and Imagery Data." *Geophysical Journal International* 167 (2): 570–84.
- Gaston, K. J., S. F. Jackson, L. Cantu-Salazar, and G. Cruz-Pinon. 2008. "The Ecological Performance of Protected



- Areas." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 93–113.
- Gatlin, D. M., F. T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. G. Gaylord, R. W. Hardy, E. Herman, G. Hu, A. Krogdahl, R. Nelson, K. Overturf, M. Rust, W. Sealey, D. Skonberg, E. J. Souza, D. Stone, R. Wilson, and E. Wurtele. 2007. "Expanding the Utilization of Sustainable Plant Products in Aquafeeds: A Review." *Aquaculture Research* 38 (6): 551–79.
- Gleick, P. 2008. *The World's Water 2008–2009: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington, DC: Island Press.
- GEF (Global Environment Facility). 2009. *From Ridge to Reef: Water, Environment, and Community Security: GEF Action on Transboundary Water Resources*. Washington, DC: GEF.
- Gobierno de España. 2009. *La Desalinización en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gordon, I. J. 2007. "Linking Land to Ocean: Feedbacks in the Management of Socio-Ecological Systems in the Great Barrier Reef Catchments." *Hydrobiologia* 591 (1): 25–33.
- Govaerts, B., K. Sayre, and J. Deckers. 2005. "Stable High Yields With Zero Tillage and Permanent Bed Planting?" *Field Crops Research* 94: 33–42.
- Govaerts, B., N. Verhulst, A. Castellanos-Navarrete, K. D. Sayre, J. Dixon, and L. Dendooven. 2009. "Conservation Agriculture and Soil Carbon Sequestration: Between Myth and Farmer Reality." *Critical Reviews in Plant Sciences* 28 (3): 97–122.
- Groves, D. G., M. Davis, R. Wilkinson, and R. Lempert. 2008. "Planning for Climate Change in the Inland Empire: Southern California." *Water Resources Impact* 10 (4): 14–17.
- Groves, D. G., and R. J. Lempert. 2007. "A New Analytic Method for Finding Policy-Relevant Scenarios." *Global Environmental Change* 17 (1): 73–85.
- Groves, D. G., D. Yates, and C. Tebaldi. 2008. "Developing and Applying Uncertain Global Climate Change Projections for Regional Water Management Planning." *Water Resources Research* 44 (12): 1–16.
- Gruere, G. P., P. Mehta-Bhatt, and D. Sengupta. 2008. "Bt Cotton and Farmer Suicides in India: Reviewing the Evidence." Discussion Paper 00808, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Gurgel, A. C., J. M. Reilly, and S. Paltsev. 2008. *Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Gyllenhammar, A., and L. Hakanson. 2005. "Environmental Consequence Analyses of Fish Farm Emissions Related to Different Scales and Exemplified by Data from the Baltic: A Review." *Marine Environmental Research* 60: 211–43.
- Hannah, L., G. Midgley, S. Andelman, M. Araujo, G. Hughes, E. Martinez-Meyer, R. Pearson, and P. Williams. 2007. "Protected Areas Needs in a Changing Climate." *Frontiers in Ecology and Evolution* 5 (3): 131–38.
- Hansen, J., L. Nazarenko, R. Ruedy, M. Sato, J. Willis, A. Del Genio, D. Koch, A. Lacis, K. Lo, S. Menon, T. Novakov, J. Perlwitz, G. Russell, G. A. Schmidt, and N. Tausnev. 2005. "Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications." *Science* 308 (5727): 1431–35.
- Hardin, G. 1968. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162 (3859): 1243–48.
- Hazell, P. B. R. 2003. "The Green Revolution: Curse or Blessing?" In *Oxford Encyclopedia of Economic History*, ed. J. Mokyr. New York: Oxford University Press.
- Henson, I. E. 2008. "The Carbon Cost of Palm Oil Production in Malaysia." *The Planter* 84: 445–64.
- Hilborn, R. 2007a. "Defining Success in Fisheries and Conflicts in Objectives." *Marine Policy* 31 (2): 153–58.
- . 2007b. "Moving to Sustainability by Learning from Successful Fisheries." *Ambio* 36 (4): 296–303.
- Hobbs, P. R., K. Sayre, and R. Gupta. 2008. "The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363 (1491): 543–55.
- Hoekstra, A. Y., and A. K. Chapagain. 2007. "Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern." *Water Resources Management* 21 (1): 35–48.
- Hoffmann, M., and H.-J. Schellnhuber. 2009. "Oceanic Acidification Affects Marine Carbon Pump and Triggers Extended Marine Oxygen Holes." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (9): 3017–22.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. *Summary for Decision Makers of the Global Report*. Washington, DC: IAASTD.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: IEA.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- James, C. 2000. *Global Review of Commercialized Transgenic Crops*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- . 2007. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- . 2008. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- Johnston, C. A., P. Groffman, D. D. Breshears, Z. G. Cardon, W. Currie, W. Emanuel, J. Gaudinski, R. B. Jackson, K. Lajtha, K. Nadelhoffer, D. Nelson, W. MacPost, G. Retallack, and L. Wielopolski. 2004. "Carbon Cycling in Soil." *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 (10): 522–28.
- Kaonga, M. L., and K. Coleman. 2008. "Modeling Soil Organic Carbon Turnover in Improved Fallows in Eastern Zambia Using the RothC-26.3 Model." *Forest Ecology and Management* 256 (5): 1160–66.
- Klein, A. M., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, and T.

- Tschardtke. 2007. "Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops." *Proceedings of the Royal Society* 274 (1608): 303–13.
- Koh, L. P., P. Levang, and J. Ghazoul. Forthcoming. "Designer Landscapes for Sustainable Biofuels." *Trends in Ecology and Evolution*.
- Koh, L. P., and D. S. Wilcove. 2009. "Is Oil Palm Agriculture Really Destroying Tropical Biodiversity?" *Conservation Letters* 1 (2): 60–64.
- Kosgei, J. R., G. P. W. Jewitt, V. M. Kongo, and S. A. Lorentz. 2007. "The Influence Of Tillage on Field Scale Water Fluxes and Maize Yields in Semi-Arid Environments: A Case Study of Potshini Catchment, South Africa." *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 32 (15–18): 1117–26.
- Kotilainen, L., R. Rajalahti, C. Ragasa, and E. Pehu. 2006. "Health Enhancing Foods: Opportunities for Strengthening the Sector in Developing Countries." Agriculture and Rural Development Discussion Paper 30, World Bank, Washington, DC.
- Kumar, R. 2004. "eChoupals: A Study on the Financial Sustainability of Village Internet Centers in Rural Madhya Pradesh." *Information Technologies and International Development* 2 (1): 45–73.
- Kurien, J. 2005. "International Fish Trade and Food Security: Issues and Perspectives." Paper presented at the 31st Annual Conference of the International Association of Aquatic and Marine Science Libraries, Rome.
- Laffoley, D. d'A. 2008. "Towards Networks of Marine Protected Areas: The MPA Plan of Action for IUCN's World Commission on Protected Areas." International Union for Conservation of Nature, World Commission on Protected Areas, Gland, Switzerland.
- Lal, R. 2005. "Enhancing Crop Yields in the Developing Countries through Restoration of the Soil Organic Carbon Pool in Agricultural Lands." *Land Degradation and Development* 17 (2): 197–209.
- Lehmann, J. 2007a. "A Handful of Carbon." *Nature* 447: 143–44.
- . 2007b. "Bio-Energy in the Black." *Frontiers in Ecology and the Environment* 5 (7): 381–87.
- Lightfoot, C. 1990. "Integration of Aquaculture and Agriculture: A Route Towards Sustainable Farming Systems." *Naga: The ICLARM Quarterly* 13 (1): 9–12.
- Lin, B. B., I. Perfecto, and J. Vandermeer. 2008. "Synergies between Agricultural Intensification and Climate Change Could Create Surprising Vulnerabilities for Crops." *BioScience* 58 (9): 847–54.
- Lobell, D. B., M. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon, and R. L. Naylor. 2008. "Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030." *Science* 319 (5863): 607–10.
- Lodge, M. W. 2007. "Managing International Fisheries: Improving Fisheries Governance by Strengthening Regional Fisheries Management Organizations." Chatham House Energy, Environment and Development Programme Briefing Paper EEDP BP 07/01, London.
- Lotze-Campen, H., A. Popp, J. P. Dietrich, and M. Krause. 2009. "Competition for Land between Food, Bioenergy and Conservation." Background note for the WDR 2010.
- Louati, Mohamed El Hedi. "Tunisia's Experience in Water Resource Mobilization and Management." Background note for the WDR 2010.
- Mason, S. J. 2008. "Flowering Walnuts in the Wood' and Other Bases for Seasonal Climate Forecasting." In *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health: Health and Climate*. ed. M. C. Thomson, R. Garcia-Herrera, and M. Beniston. Amsterdam: Springer Netherlands.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. Washington, DC: McKinsey & Company.
- McNeely, J. A., and S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- Meehl, G. A., T. F. Stocker, W. D. Collins, P. Friedlingstein, A. T. Gaye, J. M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J. M. Murphy, A. Noda, S. C. B. Raper, I. G. Watterson, A. J. Weaver, and Z.-C. Zhao. 2007. "Global Climate Projections." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Menenti, M. 2000. "Evaporation." In *Remote Sensing in Hydrology and Water Management*, ed. G. A. Schultz and E. T. Engman. Berlin: Springer-Verlag.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, and R. J. Stouffer. 2008. "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?" *Science* 319 (5863): 573–74.
- Milly, P. C. D., K. A. Dunne, and A. V. Vecchia. 2005. "Global Pattern of Trends in Streamflow and Water Availability in a Changing Climate." *Nature* 438 (17): 347–50.
- Mitchell, D. 2008. "A Note on Rising Food Prices." Policy Research Working Paper 4682, World Bank, Washington, DC.
- Molden, D. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan and International Water Management Institute.
- Molle, F., and J. Berkoff. 2007. *Irrigation Water Pricing: The Gap between Theory and Practice*. Wallingford, UK: CAB International.
- Moller, M., J. Tanny, Y. Li, and S. Cohen. 2004. "Measuring and Predicting Evapotranspiration in an Insect-Proof Screenhouse." *Agricultural and Forest Meteorology* 127 (12): 35–51.
- Moron, V., A. Lucero, F. Hilario, B. Lyon, A. W. Robertson, and D. DeWitt. Forthcoming. "Spatio-Temporal Variability and Predictability of Summer Monsoon Onset over the Philippines." *Climate Dynamics*.
- Moron, V., A. W. Robertson, and R. Boer. 2009. "Spatial Coherence and Seasonal Predictability of Monsoon Onset over Indonesia." *Journal of Climate* 22 (3): 840–50.
- Moron, V., A. W. Robertson, and M. N. Ward. 2006. "Seasonal Predictability and Spatial Coherence of Rainfall Characteristics in the Tropical Setting of Senegal." *Monthly Weather Review* 134 (11): 3248–62.
- . 2007. "Spatial Coherence of Tropical Rainfall at Regional Scale." *Journal of Climate* 20 (21): 5244–63.

- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR 2010.
- NRC (National Research Council). 2007. *Water Implications of Biofuels Production in the United States*. Washington, DC: National Academies Press.
- Naylor, R. L., R. J. Goldberg, J. H. Primavera, N. Kautsky, M. C. M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, and M. Troell. 2000. "Effects of Aquaculture on World Fish Supplies." *Nature* 405 (6790): 1017–24.
- Normile, D. 2006. "Agricultural Research: Consortium Aims to Supercharge Rice Photosynthesis." *Science* 313 (5786): 423.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Agricultural Policies in OECD Countries: At a Glance 2008*. Paris: OECD.
- . 2009. *Managing Water for All: An OECD Perspective on Pricing and Financing*. Paris: OECD.
- Olmstead, S., W. M. Hanemann, and R. N. Stavins. 2007. "Water Demand under Alternative Price Structures." Working Paper 13573, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Parry, M. 2007. "The Implications of Climate Change for Crop Yields, Global Food Supply and Risk of Hunger." *SAT e-Journal* 4 (1), Open Access e-Journal, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). <http://www.icrisat.org/Journal/SpecialProject/sp14.pdf>.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, G. Fischer, and M. Livermore. 1999. "Climate Change and World Food Security: A New Assessment." *Global Environmental Change* 9 (S1): S51–S67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer. 2004. "Effects of Climate Change on Global Food Production under SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios." *Global Environmental Change* 14 (1): 53–67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, and M. Livermore. 2005. "Climate Change, Global Food Supply and Risk of Hunger." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360 (1463): 2125–38.
- Passioura, J. 2006. "Increasing Crop Productivity When Water Is Scarce: From Breeding to Field Management." *Agricultural Water Management* 80 (1–3): 176–96.
- Patt, A. G., P. Suarez, and C. Gwata. 2005. "Effects of Seasonal Climate Forecasts and Participatory Workshops among Subsistence Farmers in Zimbabwe." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (35): 12623–28.
- Peden, D., G. Tadesse, and M. Mammo. 2004. "Improving the Water Productivity of Livestock: An Opportunity for Poverty Reduction." Paper presented at the Integrated Water and Land Management Research and Capacity Building Priorities for Ethiopia Conference. Addis Ababa.
- Pender, J., and O. Mertz. 2006. "Soil Fertility Depletion Sub-Saharan Africa: What Is the Role of Organic Agriculture." In *Global Development or Organic Agriculture: Challenges and Prospects*, ed. N. Halberg, H. F. Alroe, M. T. Knudsen, and E. S. Kristensen. Wallingford, UK: CAB International.
- Perez, C., C. Roncoli, C. Neely, and J. Steiner. 2007. "Can Carbon Sequestration Markets Benefit Low-Income Producers in Semi-Arid Africa? Potentials and Challenges." *Agricultural Systems* 94 (1): 2–12.
- Perry, C., P. Steduto, R. G. Allen, and C. M. Burt. Forthcoming. "Increasing Productivity in Irrigated Agriculture: Agronomic Constraints and Hydrological Realities." *Agricultural Water Management*.
- Phipps, R., and J. Park. 2002. "Environmental Benefits of Genetically Modified Crops: Global and European Perspectives on Their Ability to Reduce Pesticide Use." *Journal of Animal and Feed Science* 11: 1–18.
- Pimentel, D., B. Berger, D. Filiberto, M. Newton, B. Wolfe, E. Karabinakis, S. Clark, E. Poon, E. Abbett, and S. Nandagopal. 2004. "Water Resources: Agricultural and Environmental Issues." *BioScience* 54 (10): 909–18.
- Pingali, P. L., and M. W. Rosegrant. 2001. "Intensive Food Systems in Asia: Can the Degradation Problems Be Reversed?" In *Tradeoffs or Synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment*, ed. D. R. Lee and C. B. Barrett. Wallingford, UK: CAB International.
- Pitcher, T., D. Kalikoski, K. Short, D. Varkey, and G. Pramod. 2009. "An Evaluation of Progress in Implementing Ecosystem-Based Management of Fisheries in 33 Countries." *Marine Policy* 33 (2): 223–32.
- Poulton, C., J. Kydd, and A. Dorward. 2006. "Increasing Fertilizer Use in Africa: What Have We Learned?" Discussion Paper 25, World Bank, Washington, DC.
- Primavera, J. H. 1997. "Socio-economic Impacts of Shrimp Culture." *Aquaculture Research* 28: 815–27.
- Qaddumi, H. 2008. "Practical Approaches to Transboundary Water Benefit Sharing." Working Paper 292, Overseas Development Institute, London.
- Randolph, T. F., E. Schelling, D. Grace, C. F. Nicholson, J. L. Leroy, D. C. Cole, M. W. Demment, A. Omere, J. Zinsstag, and M. Ruel. 2007. "Invited Review: Role of Livestock in Human Nutrition and Health for Poverty Reduction in Developing Countries." *Journal of Animal Science* 85 (11): 2788–2800.
- Reardon, T., K. Stamoulis, M. E. Cruz, A. Balisacan, J. Berdugue, and K. Savadogo. 1998. "Diversification of Household Incomes into Nonfarm Sources: Patterns, Determinants and Effects." Paper presented at the IFPRI/World Bank Conference on Strategies for Stimulating Growth of the Rural Nonfarm Economy in Developing Countries, Airlie House, Virginia.
- Ricketts, T. H., J. Regetz, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, A. Bogdanski, B. Gemmill-Herren, S. S. Greenleaf, A. M. Klein, M. M. Mayfield, L. A. Morandin, A. Ochieng, and B. F. Viana. 2008. "Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?" *Ecology Letters* 11(5):499–515.
- Ritchie, J. E. 2008. "Land-Ocean Interactions: Human, Freshwater, Coastal and Ocean Interactions under Changing Environments." Paper presented at the Hydrology Expert Facility Workshop: Hydrologic Analysis to Inform Bank Policies and Projects: Bridging the Gap, November 24, Washington, DC.
- Rivera, J. A., C. Hotz, T. Gonzalez-Cossio, L. Neufeld, and A. Garcia-Guerra. 2003. "The Effect of Micronutrient Deficiencies on Child Growth: A Review of Results from Community-Based Supplementation Trials." *Journal of Nutrition* 133 (11): 4010S–20S.



- Robles, M., and M. Torero. Forthcoming. "Understanding the Impact of High Food Prices in Latin America." *Economia*.
- Rochette, P., D. A. Angers, M. H. Chantigny, and N. Bertrand. 2008. "Nitrous Oxide Emissions Respond Differently to No-Till in a Loam and a Heavy Clay Soil." *Soil Science Society of America Journal* 72: 1363–69.
- Rosegrant, M. W., and H. Binswanger. 1994. "Markets in Tradable Water Rights: Potential for Efficiency Gains in Developing Country Water Resource Allocation." *World Development* 22 (11): 1613–25.
- Rosegrant, M. W., X. Cai, and S. Cline. 2002. *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Rosegrant, M. W., S. A. Cline, and R. A. Valmonte-Santos. 2007. "Global Water and Food Security: Emerging Issues." In *Proceedings of the International Conference on Water for Irrigated Agriculture and the Environment: Finding a Flow for All*, ed. A. G. Brown. Canberra: ATSE Crawford Fund.
- Rosegrant, M. W., M. Fernandez, and A. Sinha. 2009. "Looking into the Future for Agriculture and KST." In *IAASTD Global Report*, ed. B. McIntyre, H. R. Herren, J. Wakhungu, and R. T. Watson. Washington, DC: Island Press.
- Rosegrant, M. W., and P. B. R. Hazell. 2000. *Transforming the Rural Asian Economy: The Unfinished Revolution*. New York: Oxford University Press.
- Rosegrant, M. W., M. Paisner, S. Meijer, and J. Witcover. 2001. *Global Food Projections to 2020: Emerging Trends and Alternative Futures*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Rosenzweig, C., A. Iglesias, X. Yang, P. R. Epstein, and E. Chivian. 2001. "Climate Change and Extreme Weather Events: Implications for Food Production, Plant Diseases and Pests." *Global Change and Human Health* 2 (2): 90–104.
- Sabine, C. L., R. A. Feely, N. Gruber, R. M. Key, K. Lee, J. L. Bullister, R. Wanninkhof, C. S. Wong, D. W. R. Wallace, B. Tilbrook, F. J. Millero, T.-H. Peng, A. Kozyr, T. Ono, and A. F. Rios. 2004. "The Oceanic Sink for Anthropogenic CO<sub>2</sub>." *Science* 305: 367–71.
- Salman, S. M. A. 2007. "The United Nations Watercourses Convention Ten Years Later: Why Has Its Entry into Force Proven Difficult?" *Water International* 32 (1): 1–15.
- Scherr, S. J., and J. A. McNeely. 2008. "Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of Ecoagriculture Landscapes." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 477–94.
- Schmidhuber, J., and F. N. Tubiello. 2007. "Global Food Security under Climate Change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50): 19703–08.
- Schoups, G., J. W. Hopmans, C. A. Young, J. A. Vrugt, W. W. Wallender, K. K. Tanji, and S. Panday. 2005. "Sustainability of Irrigated Agriculture in the San Joaquin Valley, California." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (43): 15352–56.
- Shiklomanov, I. A. 1999. *World Water Resources: An Appraisal for the 21st Century*. Paris: UNESCO International Hydrological Programme.
- Shiklomanov, I. A., and J. C. Rodda. 2003. *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Simler, K. R. 2009. "The Impact of Higher Food Prices on Poverty in Uganda." World Bank, Washington, DC.
- Singh, U. 2005. "Integrated Nitrogen Fertilization for Intensive and Sustainable Agriculture." *Journal of Crop Improvement* 15 (2): 259–88.
- Sivakumar, M. V. K., and J. Hansen, ed. 2007. *Climate Prediction and Agriculture: Advances and Challenges*. New York: Springer.
- Smith, L. D., J. P. Gilmour, and A. J. Heyward. 2008. "Resilience of Coral Communities on an Isolated System of Reefs Following Catastrophic Mass-bleaching." *Coral Reefs* 27 (1): 197–205.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R. J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, and J. U. Smith. 2009. "Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 789–813.
- Sohi, S., E. Lopez-Capel, E. Krull, and R. Bol. 2009. *Biochar, Climate Change, and Soil: A Review to Guide Future Research*. Australia: CSIRO Land and Water Science Report 05/09.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, and C. De Haan. 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Struhsaker, T. T., P. J. Struhsaker, and K. S. Siex. 2005. "Conserving Africa's Rain Forests: Problems in Protected Areas and Possible Solutions." *Biological Conservation* 123 (1): 45–54.
- Strzepek, K., G. Yohe, R. S. J. Tol, and M. W. Rosegrant. 2004. "Determining the Insurance Value of the High Aswan Dam for the Egyptian Economy." International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Su, Z., J. Zhang, W. Wu, D. Cai, J. Lv, G. Jiang, J. Huang, J. Gao, R. Hartmann, and D. Gabriels. 2007. "Effects of Conservation Tillage Practices on Winter Wheat Water-Use Efficiency and Crop Yield on The Loess Plateau, China." *Agricultural Water Management* 87 (3): 307–14.
- Sullivan, P., D. Hellerstein, L. Hansen, R. Johansson, S. Koenig, R. Lubowski, W. McBride, D. McGranahan, M. Roberts, S. Vogel, and S. Bucholtz. 2004. *The Conservation Reserve Program: Economic Implications for Rural America*. Washington, DC: United States Department of Agriculture.
- Sundby, S., and O. Nakken. 2008. "Spatial Shifts in Spawning Habitats of Arcto-Norwegian Cod Related to Multi-decadal Climate Oscillations and Climate Change." *ICES Journal of Marine Sciences* 65 (6): 953–62.
- Swift, M. J., and K. D. Shepherd, ed. 2007. *Saving Africa's Soils: Science and Technology for Improved Soil Management in Africa*. Nairobi: World Agroforestry Centre.
- Tacon, A. G. J., M. R. Hasan, and R. P. Subasinghe. 2006. "Use of Fishery Resources as Feed Inputs for Aquaculture Development: Trends and Policy." FAO Fisheries Circular 1018, Rome.
- Tal, Y., H. Schreier, K. R. Sowers, J. D. Stubblefield, A. R. Place, and Y. Zohar. 2009. "Environmentally Sustainable



- Land-Based Marine Aquaculture." *Aquaculture* 286 (1–2): 28–35.
- Thierfelder, C., E. Amezquita, and K. Stahr. 2005. "Effects of Intensifying Organic Manuring and Tillage Practices on Penetration Resistance and Infiltration Rate." *Soil and Tillage Research* 82 (2): 211–26.
- Thornton, P. 2009. "The Inter-Linkage between Rapid Growth in Livestock Production, Climate Change, and the Impacts on Water Resources, Land Use, and Reforestation." Background paper for the WDR 2010.
- Tilman, D., J. Hill, and C. Lehman. 2006. "Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass." *Science* 314: 1598–1600.
- Tschakert, P. 2004. "The Costs of Soil Carbon Sequestration: An Economic Analysis for Small-Scale Farming Systems in Senegal." *Agricultural Systems* 81: 227–53.
- Turner, W., S. Spector, N. Gardiner, M. Fladeland, E. Sterling, and M. Steininger. 2003. "Remote Sensing for Biodiversity Science and Conservation." *Trends in Ecology and Evolution* 18 (6): 306–14.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1990. *Global Assessment of Soil Degradation*. New York: UNEP.
- UNEP-WCMC (World Conservation Monitoring Centre). 2008. *State of the World's Protected Areas 2007: An Annual Review of Global Conservation Progress*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- UNESCO. 2007. "A Global Perspective On Research And Development." Institute for Statistics Fact Sheet 5, UNESCO, Montreal.
- United Nations. 2004. *Guidelines for Reducing Flood Losses*. Geneva: United Nations Department of Economic and Social Affairs, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, and the National Oceanic and Atmosphere Administration.
- . 2009. *World Population Prospects: The 2008 Revision*. New York: UN Department of Economic and Social Affairs.
- Van Buskirk, J., and Y. Willi. 2004. "Enhancement of Farm-land Biodiversity within Set-Aside Land." *Conservation Biology* 18 (4): 987–94.
- van der Werf, G. R., J. Dempewolf, S. N. Trigg, J. T. Randerson, P. S. Kasibhatla, L. Giglio, D. Murdiyarso, W. Peters, D. C. Morton, G. J. Collatz, A. J. Dolman, and R. S. DeFries. 2008. "Climate Regulation of Fire Emissions and Deforestation in Equatorial Asia." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (51): 20350–55.
- Vassolo, S., and P. Döll. 2005. "Global-Scale Gridded Estimates of Thermoelectric Power and Manufacturing Water Use." *Water Resources Research* 41: W04010–doi:10.1029/2004WR003360.
- Venter, O., E. Meijaard, H. Possingham, R. Dennis, D. Sheil, S. Wich, L. Hovani, and K. Wilson. 2009. "Carbon Payments as a Safeguard for Threatened Tropical Mammals." *Conservation Letters* 2: 123–29.
- von Braun, J., A. Ahmed, K. Asenso-Okyere, S. Fan, A. Gulati, J. Hoddinott, R. Pandya-Lorch, M. W. Rosegrant, M. Ruel, M. Torero, T. van Rheenen, and K. von Grebmer. 2008. "High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions." Policy brief, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Ward, F. A., and M. Pulido-Velazquez. 2008. "Water Conservation in Irrigation Can Increase Water Use." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (47):18215–20.
- Wardle, D. A., M.-C. Nilsson, and O. Zackrisson. 2008. "Fire-derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus." *Science* 320 (5876): 629–29.
- West, P. O., and W. M. Post. 2002. "Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation: A Global Data Analysis." *Soil Science Society of America Journal* 66: 1930–46.
- Williams, A. G., E. Audsley, and D. L. Sandars. 2006. *Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural and Horticultural Commodities*. London: Department for Environmental Food and Rural Affairs.
- Wise, M. A., K. V. Calvin, A. M. Thomson, L. E. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. D. Sands, S. J. Smith, A. C. Janetos, and J. A. Edmonds. 2009. "Implications of Limiting CO<sub>2</sub> Concentrations for Land Use and Energy." *Science* 324 (5931): 1183–86.
- Woelcke, J., and T. Tennigkeit. 2009. "Harvesting Agricultural Carbon in Kenya." *Rural* 21 43 (1): 26–27.
- Wolf, D. 2008. "Biochar as a Soil Amendment: A Review of the Environmental Implications." Swansea University School of the Environment and Society, [http://www.orgprints.org/13268/01/Biochar\\_as\\_a\\_soil\\_amendment\\_-\\_a\\_review.pdf](http://www.orgprints.org/13268/01/Biochar_as_a_soil_amendment_-_a_review.pdf) (accessed July 15, 2009).
- World Bank. 2005. *Agriculture Investment Sourcebook*. Washington, DC: World Bank.
- . 2006. *Aquaculture: Changing the Face of the Waters: Meeting the Promise and Challenge of Sustainable Aquaculture*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007a. "India Groundwater AAA Mid-term Review" (internal document), World Bank, Washington, DC.
- . 2007b. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007c. *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *Biodiversity, Climate Change and Adaptation: Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *China Water AAA: Addressing Water Scarcity*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *Framework Document for a Global Food Crisis Response Program*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries Reform*. Washington, DC: World Bank and FAO.
- . 2008e. *World Development Report 2009. Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Improving Food Security in Arab Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming a. *Agriculture and Climate Change in Morocco*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming b. *Deep Wells and Prudence: Towards Pragmatic Action for Addressing Groundwater Overexploitation in India*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming c. *Projet de Modernisation de l'Agriculture Irrigee Dans le Bassin de l'Oum Er Rbia. Mission d'Évaluation Aide Memoire*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming d. *Water and Climate Change: Understanding the Risks and Making Climate-Smart Investment Decisions*. Washington, DC: World Bank.

- World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*. London and Sterling, VA: Earthscan.
- WMO (World Meteorological Organization). 2000. "Fifth WMO Long-term Plan 2000-2009: Summary for Decision Makers." Geneva: WMO.
- . 2007. *Climate Information for Adaptation and Development Needs*. Geneva: WMO.
- World Water Assessment Programme. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris and London: UNESCO and Earthscan.
- Xiaofeng, X. 2007. *Report on Surveying and Evaluating Benefits of China's Meteorological Service*. Beijing: China Meteorological Administration.
- Yan, X., H. Akiyama, K. Yagi, and H. Akimoto. 2009. "Global Estimations of the Inventory and Mitigation Potential of Methane Emissions from Rice Cultivation Conducted Using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines." *Global Biogeochemical Cycles* 23: 1-15.
- Young, M., and J. McColl. 2005. "Defining Tradable Water Entitlements and Allocations: A Robust System." *Canadian Water Resources Journal* 30 (1): 65-72.
- . Forthcoming. "A Robust Framework for the Allocation of Water in an Ever Changing World." In H. Bjornlund, ed., *Incentives and Instruments for Sustainable Irrigation*. Southampton: WIT Press.
- Zhang, G. S., K. Y. Chan, A. Oates, D. P. Heenan, and G. B. Huang. 2007. "Relationship between Soil Structure and Runoff/Soil Loss After 24 Years of Conservation Tillage." *Soil and Tillage Research* 92: 122-28.
- Zilberman, D., T. Sproul, D. Rajagopal, S. Sexton, and P. Hellegers. 2008. "Rising Energy Prices and the Economics of Water in Agriculture." *Water Policy* 10: 11-21.
- Ziska, L. H. 2008. "Three-year Field Evaluation of Early and Late 20th Century Spring Wheat Cultivars to Projected Increases in Atmospheric Carbon Dioxide." *Field Crop Research* 108 (1): 54-59.
- Ziska, L. H., and A. McClung. 2008. "Differential Response of Cultivated and Weedy (Red) Rice to Recent and Projected Increases in Atmospheric Carbon Dioxide." *Agronomy Journal* 100 (5): 1259-63.

#### Chapter 4 気候変動対策を犠牲にすることなく経済開発を促進する

- Armel, K. C. 2008. "Behavior, Energy and Climate Change: A Solutions-Oriented Approach." Paper presented at the Energy Forum, Stanford University, Palo Alto, CA.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Maser, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Beck, F., and E. Martinot. 2004. "Renewable Energy Policies and Barriers." In *Encyclopedia of Energy*, ed. C. J. Cleveland. Amsterdam: Elsevier.
- Bosseboeuf, D., B. Lapillonne, W. Eichhammer, and P. Boonekamp. 2007. *Evaluation of Energy Efficiency in the EU-15: Indicators and Policies*. Paris: ADEME/IEEA.
- Bouwman, A. F., T. Kram, and K. K. Goldewijk. 2006. *Integrated Modelling of Global Environmental Change: An Overview of IMAGE 2.4*. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, and D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a "Green" Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brazil Interministerial Committee on Climate Change. 2008. *National Plan on Climate Change*. Brasilia: Government of Brazil.
- Brown, M. A., F. Southworth, and T. K. Stovall. 2005. *Towards a Climate-Friendly Built Environment*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Burton, R., D. Goldston, G. Crabtree, L. Glicksman, D. Goldstein, D. Greene, D. Kammen, M. Levine, M. Lubell, M. Savitz, D. Sperling, F. Schlachter, J. Scofield, and J. Dawson. 2008. "How America Can Look Within to Achieve Energy Security and Reduce Global Warming." *Reviews of Modern Physics* 80 (4): S1-S109.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, and R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>." Discussion Paper 05-05, Resources for the Future, Washington, DC.
- California Energy Commission. 2007a. "2007 Integrated Energy Policy Report." California Energy Commission, Sacramento, CA.
- . 2007b. "Comparative Costs of California Central Station Electricity Generation Technologies." California Energy Commission, Sacramento, CA.
- Calvin, K., J. Edmonds, B. Bond-Lamberty, L. Clarke, P. Kyle, S. Smith, A. Thomson, and M. Wise. Forthcoming. "Limiting Climate Change to 450 ppm CO<sub>2</sub> Equivalent in the 21st Century." *Energy Economics*.
- Chamon, M., P. Mauro, and Y. Okawa. 2008. "Cars: Mass Car Ownership in the Emerging Market Giants." *Economic Policy* 23 (54): 243-96.
- Chikkatur, A. 2008. *Policies for Advanced Coal Technologies in India (and China)*. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University.

- Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, and M. Tavoni. Forthcoming. "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios." *Energy Economics*.
- Dahowski, R. T., X. Li, C. L. Davidson, N. Wei, J. J. Dooley, and R. H. Gentile. 2009. "A Preliminary Cost Curve Assessment of Carbon Dioxide Capture and Storage Potential in China." *Energy Procedia* 1 (1): 2849–56.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Deutsche Bank Advisors. 2008. *Investing in Climate Change 2009: Necessity And Opportunity In Turbulent Times*. Frankfurt: Deutsche Bank Group.
- Dodman, D. 2009. "Blaming Cities for Climate Change? An Analysis of Urban Greenhouse Gas Emissions Inventories." *Environment and Urbanization* 21 (1): 185–201.
- Dooley, J. J., R. T. Dahowski, C. L. Davidson, M. A. Wise, N. Gupta, S. H. Kim, and E. L. Malone. 2006. *Carbon Dioxide Capture and Geologic Storage: A Core Element of a Global Energy Technology Strategy to Address Climate Change—A Technology Report from the Second Phase of the Global Energy Technology Strategy Program (GTSP)*. College Park, MD: Battelle, Joint Global Change Research Institute.
- Ebinger, J., B. Hamso, F. Gerner, A. Lim, and A. Plecas. 2008. "Europe and Central Asia Region: How Resilient Is the Energy Sector to Climate Change?" Background paper for Fay, Block, and Ebinger, 2010, World Bank, Washington, DC.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO<sub>2</sub> Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- EESI (Environmental and Energy Study Institute). 2008. *Jobs from Renewable Energy and Energy Efficiency*. Washington, DC: EESI.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). 2006. *Proceedings of the International Grid-Connected Renewable Energy Policy Forum*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008. *An Analytical Compendium of Institutional Frameworks for Energy Efficiency Implementation*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Public Procurement of Energy Efficiency Services*. Washington, DC: World Bank.
- ETAAC (Economic and Technology Advancement Advisory Committee). 2008. *Technologies and Policies to Consider for Reducing Greenhouse Gas Emissions in California*. Sacramento, CA: ETAAC.
- Ezzati, M., A. Lopez, A. Rodgers, and C. Murray, eds. 2004. *Climate Change. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Due to Selected Major Risk Factors, vol. 2*. Geneva: World Health Organization.
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. 2008. *Renewable Energy Sources in Figures: National and International Development*. Berlin: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- German Advisory Council on Global Change. 2008. *World in Transition: Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. London: Earthscan.
- Gibbins, J., and H. Chalmers. 2008. "Preparing for Global Rollout: A 'Developed Country First' Demonstration Programme for Rapid CCS Deployment." *Energy Policy* 36 (2): 501–07.
- Goldstein, D. B. 2007. *Saving Energy, Growing Jobs: How Environmental Protection Promotes Economic Growth, Profitability, Innovation, and Competition*. Berkeley, CA: Bay Tree Publishing.
- Government of China. 2008. *China's Policies and Actions for Addressing Climate Change*. Beijing: Information Office of the State Council of the People's Republic of China.
- Government of India. 2008. *India National Action Plan on Climate Change*. New Delhi: Prime Minister's Council on Climate Change.
- Government of India Planning Commission. 2006. *Integrated Energy Policy: Report of the Expert Committee*. New Delhi: Government of India.
- Government of Mexico. 2008. *National Strategy on Climate Change*. Mexico City: Mexico Intersecretarial Commission on Climate Change.
- Grübler, A. 2008. "Energy Transitions." *Encyclopedia of Earth*, ed. C. J. Cleveland. Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and Environment.
- Hare, B., and M. Meinshausen. 2006. "How Much Warming Are We Committed to and How Much Can Be Avoided?" *Climatic Change* 75 (1–2): 111–49.
- Holloway, S., A. Garg, M. Kapshe, A. Deshpande, A. S. Pracha, S. R. Kahn, M. A. Mahmood, T. N. Singh, K. L. Kirk, and J. Gale. 2008. "An Assessment of the CO<sub>2</sub> Storage Potential of the Indian Subcontinent." *Energy Procedia* 1 (1): 2607–13.
- Hughes, J. E., C. R. Knittel, and D. Sperling. 2008. "Evidence of a Shift in the Short-Run Price Elasticity of Gasoline Demand." *Energy Journal* 29 (1): 113–34.
- IAC (InterAcademy Council). 2007. *Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future*. IAC Secretariat: The Netherlands.
- IEA (International Energy Agency). 2007. *Renewables for Heating and Cooling: Untapped Potential*. Paris: IEA and Renewable Energy Technology Development.
- . 2008a. *Empowering Variable Renewables: Options for Flexible Electricity Systems*. Paris: IEA.
- . 2008b. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008c. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." IIASA, Laxenburg, Austria.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Johnson, T., F. Liu, C. Alatorre, and Z. Romo. 2008. "Mexico Low-Carbon Study—México: Estudio Para la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC)." World Bank, Washington, DC.
- Kats, G. 2008. *Greening Buildings and Communities: Costs and Benefits*. London: Good Energies.



- Kenworthy, J. 2003. "Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities." Paper presented at the third International Conference of the Regional Government Network for Sustainable Development, Fremantle, Australia.
- Keystone Center. 2007. *Nuclear Power Joint Fact-Finding*. Keystone, CO: The Keystone Center.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, and D. van Vuuren. Forthcoming. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme and H. Neufeldt. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lam, W. H. K., and M.-L. Tam. 2002. "Reliability of Territory-Wide Car Ownership Estimates in Hong Kong." *Journal of Transport Geography* 10 (1): 51–60.
- Leimbach, M., N. Bauer, L. Baumstark, and O. Edenhofer. Forthcoming. "Mitigation Costs in a Globalized World." *Environmental Modeling and Assessment*.
- Lin, J. 2007. *Energy in China: Myths, Reality, and Challenges*. San Francisco, CA: Energy Foundation.
- Lin, J., N. Zhou, M. Levine, and D. Fridley. 2006. *Achieving China's Target for Energy Intensity Reduction in 2010: An Exploration of Recent Trends and Possible Future Scenarios*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratories, University of California–Berkeley.
- McKinsey & Company. 2009a. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- . 2009b. "Promoting Energy Efficiency in the Developing World." *McKinsey Quarterly*, February.
- Meyers, S., J. McMahon, and M. McNeil. 2005. *Realized and Prospective Impacts of U.S. Energy Efficiency Standards for Residential Appliances: 2004 Update*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California–Berkeley.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, and M. Oppenheimer. 2008. "Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation." *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- MIT (Massachusetts Institute of Technology). 2003. *The Future of Nuclear Power: An Interdisciplinary MIT Study*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Neij, L. 2007. "Cost Development of Future Technologies for Power Generation: A Study Based on Experience Curves and Complementary Bottom-Up Assessments." *Energy Policy* 36 (6): 2200–11.
- Nemet, G. 2006. "Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics." *Energy Policy* 34 (17): 3218–32.
- NRC (National Research Council). 2008. *The National Academies Summit on America's Energy Future: Summary of a Meeting*. Washington, DC: National Academies Press.
- NRDC (National Resources Defense Council). 2007. *The Next Generation of Hybrid Cars: Plug-in Hybrids Can Help Reduce Global Warming and Slash Oil Dependency*. Washington, DC: NRDC.
- Pew Center. 2008a. "Climate Change Mitigation Measures in India." International Brief 2, Washington, DC.
- . 2008b. "Climate Change Mitigation Measures in South Africa." Pew Center on Global Climate Change International Brief 3, Arlington, VA.
- Philibert, C. 2007. *Technology Penetration and Capital Stock Turnover: Lessons from IEA Scenario Analysis*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency.
- Project Catalyst. 2009. *Towards a Global Climate Agreement: Project Catalyst*. Synthesis briefing paper, ClimateWorks Foundation.
- Pryor, S., R. Barthelmie, and E. Kjellstrom. 2005. "Potential Climate Change Impacts on Wind Energy Resources in Northern Europe: Analyses Using a Regional Climate Model." *Climate Dynamics* 25 (7–8): 815–35.
- Rao, S., K. Riahi, E. Stehfest, D. van Vuuren, C. Cho, M. den Elzen, M. Isaac, and J. van Vliet. 2008. *IMAGE and MESSAGE Scenarios Limiting GHG Concentration to Low Levels*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quere, J. G. Canadell, G. Klepper, and C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO<sub>2</sub> Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- REN 21. 2008. *Renewables 2007 Global Status Report*. Paris and Washington: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century Secretariat and Worldwatch Institute.
- Riahi, K., A. Grübler, and N. Nakicenovic. 2007. "Scenarios of Long-Term Socio-Economic and Environmental Development under Climate Stabilization." *Technological Forecasting and Social Change* 74 (7): 887–935.
- Rogers, C., M. Messenger, and S. Bender. 2005. *Funding and Savings for Energy Efficiency Programs for Program Years 2000 through 2004*. Sacramento, CA: California Energy Commission.
- Rokityanskiy, D., P. C. Benitez, F. Kraxner, I. McCallum, M. Obersteiner, E. Rametsteiner, and Y. Yamagata. 2006. "Geographically Explicit Global Modeling of Land-Use Change, Carbon Sequestration, and Biomass Supply." *Technological Forecasting and Social Change* 74 (7): 1057–82.
- Roland-Holst, D. 2008. *Energy Efficiency, Innovation, and Job Creation in California*. Berkeley, CA: Center for Energy, Resources, and Economic Sustainability, University of California–Berkeley.
- Rosenfeld, A. H. 2007. "California's Success in Energy Efficiency and Climate Change: Past and Future." Paper presented at the Electricite de France, Paris.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, and W. L. Hare. 2008. "Near-Linear Cost Increase to Reduce Climate-Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Schipper, L. 2007. *Automobile Fuel, Economy and CO<sub>2</sub> Emissions in Industrialized Countries: Troubling Trends through 2005/6*. Washington, DC: EMBARQ, the World Resources Institute Center for Sustainable Transport.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and United Nations Foundation.



- Shalizi, Z., and F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Socolow, R. 2006. "Stabilization Wedges: Mitigation Tools for the Next Half-Century." Paper presented at the World Bank Energy Week, Washington, DC.
- Sorrell, S. 2008. "The Rebound Effect: Mechanisms, Evidence and Policy Implications." Paper presented at the Electricity Policy Workshop, Toronto.
- Sperling, D., and D. Gordon. 2008. *Two Billion Cars: Driving Towards Sustainability*. New York: Oxford University Press.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2007. "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy." *Energy Policy* 35: 3194–3202.
- Sudarshan, A., and J. Sweeney. Forthcoming. "Deconstructing the 'Rosenfeld Curve'." *Energy Journal*.
- Tans, P. 2009. "Trends in Atmospheric Carbon Dioxide." National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, CO.
- Taylor, R. P., C. Govindarajulu, J. Levin, A. S. Meyer, and W. A. Ward. 2008. *Financing Energy Efficiency: Lessons from Brazil, China, India and Beyond*. Washington, DC: World Bank.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. "Energy and Cities: Sustainable Building and Construction." Paper presented at the UNEP Governing Council Side Event, Osaka.
- . 2008. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- United Nations. 2007. *State of the World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*. New York: United Nations Population Fund.
- van Vuuren, D. P., E. Stehfest, M. den Elzen, J. van Vliet, and M. Isaac. Forthcoming. "Exploring Scenarios that Keep Greenhouse Gas Radiative Forcing Below 3 W/m<sup>2</sup> in 2100 in the IMAGE Model." *Energy Economics*.
- Wang, T., and J. Watson. 2009. *China's Energy Transition: Pathways for Low Carbon Development*. Falmer and Brighton, UK: Sussex Energy Group and Tyndall Centre for Climate Change Research.
- Wang, X., and K. R. Smith. 1999. "Near-term Benefits of Greenhouse Gas Reduction: Health Impacts in China." *Environmental Science and Technology* 33 (18): 3056–61.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2008. *Power to Change: A Business Contribution to a Low Carbon Economy*. Geneva: WBCSD.
- Weber, C. L., G. P. Peters, D. Guan, and K. Hubacek. 2008. "The Contribution of Chinese Exports to Climate Change." *Energy Policy* 36 (9): 3572–77.
- Weyant, J., C. Azar, M. Kainuma, J. Kejun, N. Nakićenović, P. R. Shukla, E. La Rovere, and G. Yohe. 2009. *Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m<sup>2</sup> RCPP Evaluation Panel*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Wilbanks, T. J., V. Bhatt, D. E. Bilello, S. R. Bull, J. Ekmann, W. C. Horak, Y. J. Huang, M. D. Levine, M. J. Sale, D. K. Schmalzer, and M. J. Scott. 2008. *Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States*. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program.
- Wise, M. A., L. Clarke, K. Calvin, A. Thomson, B. Bond-Lamberty, R. Sands, S. Smith, T. Janetos, and J. Edmonds. 2009. "The 2000 Billion Ton Carbon Gorilla: Implication of Terrestrial Carbon Emissions for a LCS." Paper presented at the Japan Low-Carbon Society Scenarios Toward 2050 Project Symposium, Tokyo.
- Wiser, R., and M. Bolinger. 2008. *Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost, and Performance Trends: 2007*. Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy.
- World Bank. 2001. *China: Opportunities to Improve Energy Efficiency in Buildings*. Washington, DC: World Bank Asia Alternative Energy Programme and Energy & Mining Unit, East Asia and Pacific Region.
- . 2006. *Renewable Energy Toolkit: A Resource for Renewable Energy Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *An Evaluation of World Bank Win-Win Energy Policy Reforms*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *Energy Efficiency in Eastern Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *South Asia Climate Change Strategy*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *The Development of China's ESCO Industry, 2004–2007*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008e. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008f. *World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009a. *Energizing Climate-Friendly Development: World Bank Group Progress on Renewable Energy and Energy Efficiency in Fiscal 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. "World Bank Urban Strategy." World Bank, Washington, DC.
- . 2009c. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- World Economic Forum. 2009. *Green Investing: Towards a Clean Energy Infrastructure*. Geneva: World Economic Forum.
- World Energy Council. 2008. *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation*. London: World Energy Council.
- Worldwatch Institute. 2008. *State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy*. New York: W.W. Norton & Company.
- . 2009. *State of the World 2009: Into a Warming World*. New York: W.W. Norton & Company.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC.
- Yates, M., M. Heller, and L. Yeung. 2009. *Solar Thermal: Not Just Smoke and Mirrors*. New York: Merrill Lynch.
- Zhang, X. 2008. *Observations on Energy Technology Research, Development and Deployment in China*. Beijing: Tsinghua University Institute of Energy, Environment and Economy.

## Chapter 5 経済開発を世界的な気候レジームに統合する

- Akanle, T., A. Appleton, D. Bushey, K. Kulovesi, C. Spence, and Y. Yamineva. 2008. *Summary of the Fourteenth Conference of Parties to the UN Framework Convention on Climate Change and Fourth Meeting of Parties to the Kyoto Protocol*. New York: International Institute for Sustainable Development.
- Baer, P., T. Athanasiou, and S. Kartha. 2007. *The Right to Development in a Climate Constrained World: The Greenhouse Development Rights Framework*. Berlin: Heinrich Böll Foundation, Christian Aid, EcoEquity, and Stockholm Environment Institute.
- Barrett, S. 2006. "Managing the Global Commons." In *Expert Paper Series Two: Global Commons*. Stockholm: Secretariat of the International Task Force on Global Public Goods.
- Baumert, K., and H. Winkler. 2005. "Sustainable Development Policies and Measures and International Climate Agreements." In *Growing in the Greenhouse: Protecting the Climate by Putting Development First*, ed. R. Bradley and K. Baumert. Washington, DC: World Resources Institute.
- Blanford, G. J., R. G. Richels, and T. F. Rutherford. 2008. "Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East." Kennedy School Discussion Paper 08-06, Harvard Project on International Climate Agreements, Cambridge, MA.
- Bodansky, D., and E. Diringer. 2007. "Towards an Integrated Multi-Track Framework." Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, and R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>." Discussion Paper 05-05. Resources for the Future, Washington, DC.
- Calvin, K., L. Clarke, E. Diringer, J. Edmonds, and M. Wise. 2009. "Modeling Post-2012 Climate Policy Scenarios." Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." Oak Ridge, TN.
- Dollar, D., and L. Pritchett. 1998. *Assessing Aid: What Works, What Doesn't and Why*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dubash, N. 2009. "Climate Change through a Development Lens." Background paper for the WDR 2010.
- GEF (Global Environment Facility). 2009. "Focal Area: Climate Change," Fact Sheet, GEF, Washington, DC, June.
- Heller, T., and P. R. Shukla. 2003. "Development and Climate Change: Engaging Developing Countries." In *Beyond Kyoto: Advancing the International Effort against Climate Change*, ed. J. E. Aldy, J. Ashton, R. Baron, D. Bodansky, S. Charnovitz, E. Diringer, T. C. Heller, J. Pershing, P. R. Shukla, L. Tubiana, F. Tudela, and X. Wang. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Jiahua, P., and C. Ying. 2008. "Towards a Global Climate Regime." *China Dialogue*, December 10. <http://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/2616>.
- Lewis, J., and E. Diringer. 2007. "Policy-Based Commitments in a Post-2012 Framework." Working paper, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- McKinsey Global Institute. 2008. *The Carbon Productivity Challenge: Curbing Climate Change and Sustaining Economic Growth*. McKinsey & Company.
- Meyer, A. 2001. *Contraction and Convergence: The Global Solution to Climate Change*. Totnes, Devon: Green Books on behalf of the Schumacher Society.
- Richels, R. G., G. J. Blanford, and T. F. Rutherford. Forthcoming. "International Climate Policy: A Second Best Solution for a Second Best World?" *Climate Change Letters*.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and The United Nations Foundation.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2005. *Caring for Climate: A Guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol*. Bonn: UNFCCC.
- Winkler, H., R. Spalding-Fecher, S. Mwakosonda, and O. Davidson. 2002. "Sustainable Development Policies and Measures: Starting from Development to Tackle Climate Change." In *Building on the Kyoto Protocol: Options for Protecting the Climate*, ed. K. A. Baumert, O. Blanchard, S. Llosa, and J. Perkaus. Washington, DC: World Resources Institute.

## フォーカス C 貿易と気候変動

- Atkinson, G., K. Hamilton, G. Ruta, and D. van der Mensbrugge. 2009. "Trade in 'Virtual Carbon': Empirical Results and Implications for Policy." Background paper for the WDR 2010.
- Brenton, P., G. Edwards-Jones, and M. Jensen. 2009. "Carbon Labeling and Low Income Country Exports: An Issues Paper." *Development Policy Review* 27 (3): 243-267.
- Brewer, T. L. 2007. "Climate Change Technology Transfer: International Trade and Investment Policy Issues in the G8+5 Countries." Paper prepared for the G8+5 Climate Change Dialogue, Georgetown University, Washington, DC.
- Gallagher, K. P. 2004. *Free Trade and the Environment: Mexico, NAFTA and Beyond*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- World Bank. 2008. *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. Washington, DC: World Bank.
- WTO (World Trade Organization). 1986. Text of the General Agreement on Tariffs and Trade 1947. Geneva: WTO.

## Chapter 6 緩和と適応に必要な資金を調達する

- Agrawala, S., and S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Alcamo, J., and T. Henrichs. 2002. "Critical Regions: A Model-based Estimation of World Water Resources Sensitive to Global Changes." *Aquatic Sciences* 64 (4): 352–62.
- Aldy, J. E., E. Ley, and I. Parry. 2008. *A Tax-Based Approach to Slowing Global Climate Change*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Arnell, N. W. 2004. "Climate Change and Global Water Resources: SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios." *Global Environmental Change* 14 (1): 31–52.
- Bättig, M. B., M. Wild, and D. M. Imboden. 2007. "A Climate Change Index: Where Climate Change May Be Prominent in the 21st Century." *Geophysical Research Letters* 34 (1): 1–4.
- Barbier, E. B. 2009. *A Global Green New Deal*. Geneva: United Nations Environment Programme.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Maser, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bosello, F., R. Roson, and R. S. J. Tol. 2006. "Economy-Wide Estimates of the Implications of Climate Change: Human Health." *Ecological Economics* 58 (3): 579–91.
- Bovenberg, A. L., and L. Goulder. 1996. "Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analyses." *American Economic Review* 86 (4): 985–1000.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, and D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a "Green" Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brown, K., W. N. Adger, E. Boyd, E. Corbera-Elizalde, and S. Shackley. 2004. "How Do CDM Projects Contribute to Sustainable Development?" Tyndall Centre for Climate Change Research Technical Report 16, Norwich, UK.
- Burnside, C., and D. Dollar. 2000. "Aid, Policies and Growth." *American Economic Review* 90 (4): 847–68.
- Capoor, K., and P. Ambrosi. 2009. *State and Trends of the Carbon Market 2009*. Washington, DC: World Bank.
- Cosbey, A., J. Parry, J. Browne, Y. D. Babu, P. Bhandari, J. Drexhage, and D. Murphy. 2005. *Realizing the Development Dividend: Making the CDM Work for Developing Countries*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2008. "EM-DAT: The International Emergency Disasters Database." Université Catholique de Louvain, Ecole de Santé Publique, Louvain.
- Danielsen, F., N. D. Burgess, A. Balmford, P. F. Donald, M. Funder, J. P. Jones, P. Alviola, D. S. Baleta, T. Blomley, J. Brashares, B. Child, M. Enghoff, J. Fieldsa, S. Holt, H. Hubertz, A. E. Jensen, P. M. Jensen, J. Massao, M. M. Mendoza, Y. Nqaa, M. K. Poulsen, R. Rueda, M. Sam, T. Skielboe, G. Stuart-Hill, E. Topp-Jorgensen, and D. Yonten. 2009. "Local Participation in Natural Resource Monitoring: a Characterization of Approaches." *Conservation Biology* 23 (1): 31–42.
- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, and J. Yan. 2007. "The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." Policy Research Working Paper 4136, World Bank, Washington, DC.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, and Y. Menière. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Deressa, T., R. M. Hassan, and C. Ringler. 2008. "Measuring Ethiopian Farmers' Vulnerability to Climate Change Across Regional States." Discussion Paper 00806, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Diffenbaugh, N. S., F. Giorgi, L. Raymond, and X. Bi. 2007. "Indicators of 21st Century Socioclimatic Exposure." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (51): 20195–98.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO<sub>2</sub> Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests: The Eliasch Review*. London: Earthscan.
- Estache, A. 2008. *Public-Private Partnerships for Climate Change Investments: Learning from the Infrastructure PPP Experience*. Brussels: European Center for Advanced Research in Economics and Statistics.
- Estache, A., and M. Fay. 2007. "Current Debates on Infrastructure Policy." Policy Research Working Paper 4410, World Bank, Washington, DC.
- Fankhauser, S., N. Martin, and S. Prichard. Forthcoming. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence, and Distortionary Effects." Working paper, London School of Economics.
- Figueres, C., E. Haites, and E. Hoyt. 2005. *Programmatic CDM Project Activities: Eligibility, Methodological Requirements and Implementation*. Washington, DC: World Bank Carbon Finance Business Unit.
- Figueres, C., and K. Newcombe. 2007. "Evolution of the CDM: Toward 2012 and Beyond." Climate Change Capital, London, UK.
- Füssel, H. M. 2007. "Vulnerability: A Generally Applicable Conceptual Framework for Climate Change Research." *Global Environmental Change* 17 (2): 155–67.
- Giorgi, F. 2006. "Climate Change Hot-Spots." *Geophysical Research Letters* 33(8):L08707–doi:10.1029/2006GL025734.
- Haites, E., D. Maosheng, and S. Seres. 2006. "Technology Transfer by CDM Projects." *Climate Policy* 6: 327–44.
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- Howes, S. 2009. *Finding a Way Forward: Three Critical Issues for a Post-Kyoto Global Agreement on Climate Change*. Canberra: Crawford School of Economics and Government, Australian National University.



- IDA (International Development Association). 2007. *IDA's Performance Based Allocation System: Simplification of the Formula and Other Outstanding Issues*. Washington, DC.
- IEA (International Energy Agency). 2008. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- IETA (International Emissions Trading Association). 2005. *Strengthening the CDM: Position Paper for COP 11 and COP/MoP 1*. Geneva: IETA.
- . 2008. *State of the CDM 2008: Facilitating a Smooth Transition into a Mature Environmental Financing Mechanism*. Geneva: IETA.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." Laxenburg, Austria.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kanbur, R. 2005. "Reforming the Formula: A Modest Proposal for Introducing Development Outcomes in IDA Allocation Procedures." Centre for Economic Policy Research Discussion Paper 4971, London.
- Kaufman, D., A. Kraay, and M. Mastruzzi. 2008. *World Governance Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- Klein, R. J. T., and A. Persson. 2008. "Financing Adaptation to Climate Change: Issues and Priorities." European Climate Platform Report 8, Centre for European Policy Studies, Brussels.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, and D. van Vuuren. Forthcoming. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme and H. Neufeldt. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- Meijer, E. 2007. "The International Institutions of the Clean Development Mechanism Brought before National Courts: Limiting Jurisdictional Immunity to Achieve Access to Justice." *NYU Journal of International Law and Politics* 39 (4): 873–928.
- Michaelowa, A., and P. Pallav. 2007. *Additionality Determination of Indian CDM Projects. Can Indian CDM Project Developers Outwit the CDM Executive Board?* Zurich: University of Zurich.
- Michaelowa, A., and K. Umamaheswaran. 2006. "Additionality and Sustainable Development Issues Regarding CDM Projects in Energy Efficiency Sector." HWWA Discussion Paper 346, Hamburg.
- Ministry of Finance (Indonesia). 2008. *Climate Change and Fiscal Policy Issues: 2008 Initiatives*. Jakarta: Working Group on Fiscal Policy for Climate Change.
- Müller, B. 2008. "International Adaptation Finance: The Need for an Innovative and Strategic Approach." Economic Working Paper 42, Oxford Institute for Energy Studies, Oxford, UK.
- Newell, R. G., and W. A. Pizer. 2000. "Regulating Stock Externalities Under Uncertainty." Working Paper 99-10, Resources for the Future, Washington, DC.
- Nussbaumer, P. 2009. "On the Contribution of Labelled Certified Emission Reductions to Sustainable Development: A Multi-criteria Evaluation of CDM Projects." *Energy Policy* 37 (1): 91–101.
- Olsen, K. H. 2007. "The Clean Development Mechanism's Contribution to Sustainable Development: A Review of the Literature." *Climatic Change* 84 (1): 59–73.
- Olsen, K. H., and J. Fenhann. 2008. "Sustainable Development Benefits of Clean Development Mechanism Projects. A New Methodology for Sustainability Assessment Based on Text Analysis of the Project Design Documents Submitted for Validation." *Energy Policy* 36 (8): 2819–30.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, G. Fischer, and M. Livermore. 1999. "Climate Change and World Food Security: A New Assessment." *Global Environmental Change* 9 (S1): S51–S67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer. 2004. "Effects of Climate Change on Global Food Production Under SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios." *Global Environmental Change* 14 (1): 53–67.
- Parry, M., N. Arnell, P. Berry, D. Dodman, S. Fankhauser, C. Hope, S. Kovats, R. Nicholls, D. Satterthwaite, R. Tiffin, and T. Wheeler. 2009. *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*. London: International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change.
- Pollitt, M. 2008. "The Arguments For and Against Ownership Unbundling of Energy Transmission Networks." *Energy Policy* 36 (2): 704–13.
- Project Catalyst. 2009. *Adaptation to Climate Change: Potential Costs and Choices for a Global Agreement*. London: Climate Works and European Climate Foundation.
- Robins, N., R. Clover, and J. Magness. 2009. *The Green Rebound: Clean Energy to Become an Important Component of Global Recovery Plans*. London: HSBC.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, and W. L. Hare. 2008. "Near-linear Cost Increase to Reduce Climate Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Schneider, L. 2007. *Is the CDM Fulfilling Its Environmental and Sustainable Development Objective? An Evaluation of the CDM and Options for Improvement*. Berlin: Institute for Applied Ecology.
- Sperling, D., and D. Salon. 2002. *Transportation in Developing Countries: An Overview of Greenhouse Gas Reduction Strategies*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Stehr, H. J. 2008. "Does the CDM Need and Institutional Reform?" In *A Reformed CDM: Including New Mechanisms for Sustainable Development*, ed. K. H. Olsen and J. Fenhann. Roskilde, Denmark: United Nations Environment Programme, Riso Centre Perspective Series 2008.
- Sterk, W. 2008. "From Clean Development Mechanism to Sectoral Crediting Approaches: Way Forward or Wrong Turn?" JIKO Policy Paper 1/2008, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal, Germany.
- Streck, C., and T. B. Chagas. 2007. "The Future of the CDM in a Post-Kyoto World." *Carbon & Climate Law Review* 1 (1): 53–63.
- Streck, C., and J. Lin. 2008. "Making Markets Work: A Review of CDM Performance and the Need for Reform." *European Journal of International Law* 19 (2): 409–42.
- Sutter, C., and J. C. Parreno. 2007. "Does the Current Clean Development Mechanism (CDM) Deliver Its Sustain-



- able Development Claim? An Analysis of Officially Registered CDM Projects." *Climatic Change* 84 (1): 75–90.
- Tol, R. S. J., K. L. Ebi, and G. W. Yohe. 2006. "Infectious Disease, Development, and Climate Change: A Scenario Analysis." *Environment and Development Economics* 12: 687–706.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2008. "UNEP Risoe CDM/JI Pipeline Analysis and Database." Roskilde, Denmark.
- . 2009. *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009: Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency*. Paris: UNEP and New Energy Finance.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2007. *Call for Input on Non-Binding Best-Practice Examples on the Demonstration of Additionality to Assist the Development of PDDs, Particularly for SSC Project Activities*. Bonn: UNFCCC.
- . 2008a. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change: An Update*. Bonn: UNFCCC.
- . 2008b. *Mechanisms to Manage Financial Risk from Direct Impacts of Climate Change*. Bonn: UNFCCC.
- Vagliasindi, M. 2008. "Climate Change Uncertainty, Regulation and Private Participation in Infrastructure." Background note for the WDR 2010.
- Wara, M. 2007. "Is the Global Carbon Market Working?" *Nature* 445: 595–96.
- Wara, M., and D. Victor. 2008. "A Realistic Policy on International Carbon Markets." Working Paper 74, Program on Energy and Sustainable Development, Stanford University, Stanford, CA.
- Watson, C., and S. Fankhauser. 2009. "The Clean Development Mechanism: Too Flexible to Produce Sustainable Development Benefits?" Background paper for the WDR 2010.
- Weitzman, M. L. 1974. "Prices vs. Quantities." *Review of Economic Studies* 41 (4): 477–491.
- World Bank. 2007a. "Annual Report On Portfolio Performance, Fiscal Year 2006." Quality Assurance Group, World Bank, Washington, DC.
- . 2007b. "Country Policy And Institutional Assessments 2007: Assessment Questionnaire." Operations Policy And Country Services, World Bank, Washington, DC.
- . 2007c. *World Development Indicators 2007*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "Climate Analysis Indicators tool (CAIT)." Washington, DC.

## Chapter 7 革新と技術の普及を加速化する

- Aghion, P., G. M. Angeletos, A. Banerjee, and K. Manova. 2005. "Volatility and Growth: Credit Constraints and Productivity-Enhancing Investments." Department of Economics Working Paper 05-15. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Arrow, K. J. 1962. "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention." In *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, ed. R. Nelson. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Baker, E., and E. Shittu. 2006. "Profit-Maximizing R&D in Response to a Random Carbon Tax." *Resource and Energy Economics* 28 (2): 160–180.
- Barlevy, G. 2007. "On the Cyclicalities of Research and Development." *American Economic Review* 97 (4): 1131–1164.
- Barrett, S. 2006. "Managing the Global Commons." In *Expert Paper Series Two: Global Commons*. Stockholm: Secretariat of the International Task Force on Global Public Goods.
- Barton, J. H. 2007. "Intellectual Property and Access to Clean Energy Technologies in Developing Countries: An Analysis of Solar Photovoltaic, Biofuels and Wind Technologies." Trade and Sustainable Energy Series Issue Paper 2, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva.
- Beintema, N. M., and G. J. Stads. 2008. "Measuring Agricultural Research Investments: A Revised Global Picture." Agricultural and Technology Indicators Background Note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Berkhout, F. 2002. "Technological Regimes, Path Dependency and the Environment." *Global Environmental Change* 12 (1): 1–4.
- Bernauer, T., S. Engel, D. Kammerer, and J. Seijas. 2006. "Explaining Green Innovation." Working Paper 17, Center for Comparative and International Studies, Zurich.
- Bond, T. C., D. G. Streets, K. F. Yarber, S. M. Nelson, J.-H. Woo, and Z. Klimont. 2004. "A Technology-Based Global Inventory of Black and Organic Carbon Emissions from Combustion." *Journal of Geophysical Research* 109: D14203–doi:10.1029/2003JD003697.
- Bouwer, M., M. Jonk, T. Berman, R. Bersani, H. Lusser, V. Nappa, A. Nissinen, K. Parikka, P. Szuppinger, and C. Vigano. 2006. *Green Public Procurement in Europe 2006—Conclusions and Recommendations*. Haarlem: Virage Milieu & Management.
- Branscomb, L. M., and P. E. Auerswald. 2002. *Between Invention and Innovation: An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development*. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.
- Branstetter, L., R. Fisman, and C. F. Foley. 2005. "Do Stronger Intellectual Property Rights Increase International Technology Transfer? Empirical Evidence from U.S. Firm-Level Data." Working Paper 11516, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Brewer, T. L. 2008. "International Energy Technology Transfer for Climate Change Mitigation: What, Who, How, Why, When, Where, How Much . . . and the Implications for International Institutional Architecture." Working Paper 2048, CESifo, Venice.
- Carlsson, B. 2006. "Internationalization of Innovation Systems: A Survey of the Literature." *Research Policy* 35 (1): 56–67.
- CGIAR Independent Review Panel. 2008. *Bringing Together the Best of Science and the Best of Development: Independent Review of the CGIAR System: Report to the Executive*

- Council. Washington, DC: Consultative Group on International Agricultural Research.
- CGIAR Science Council. 2008. *Report of the First External Review of the Generation Challenge Program*. Rome: Consultative Group on International Agricultural Research.
- Cherry, C. R. 2007. "Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts." Ph.D. thesis. University of California, Berkeley, CA.
- Chesbrough, H. W. 2003. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Climate Group. 2008. *China's Clean Revolution*. London: The Climate Group.
- Cohen, W. M., and D. A. Levinthal. 2009. "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D." *Economic Journal* 99 (397): 569–96.
- Commonwealth Secretariat. 2007. *Commonwealth Ministers Reference Book 2007*. London: Henley Media Group.
- Davis, G., and B. Owens. 2003. "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Option Analysis." *Energy Policy* 31 (15): 1589–1608.
- Davis, L., and J. Davis. 2004. "How Effective Are Prizes as Incentives to Innovation? Evidence from Three 20th Century Contests." Paper presented at the Danish Research Unit for Industrial Dynamics Summer Conference on Industrial Dynamics, Innovation and Development. Elsinore, Denmark.
- DB Advisors. 2008. "Investing in Climate Change 2009 Necessity And Opportunity In Turbulent Times." Global team, DB Advisors, Deutsche Bank Group, Frankfurt.
- de Chavez, R., and V. Tauli-Corpuz. 2008. *Guide on Climate Change and Indigenous Peoples*. Baguio City, Philippines: Tebtebba Foundation.
- de Coninck, H. C., C. Fisher, R. G. Newell, and T. Ueno. 2007. *International Technology-Oriented Agreements to Address Climate Change*. Washington, DC: Resources for the Future.
- de Coninck, H. C., F. Haake, and N. J. van der Linden. 2007. *Technology Transfer in the Clean Development Mechanism*. Petten, The Netherlands: Energy Research Centre of the Netherlands.
- de Ferranti, D. M., G. E. Perry, I. Gill, J. L. Guasch, W. F. Maloney, C. Sanchez-Paramo, and N. Schady. 2003. *Closing the Gap in Education and Technology*. Washington, DC: World Bank.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, and Y. Menière. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, and Y. Menière. 2007. "The Clean Development Mechanism and the International Diffusion of Technologies: An Empirical Study." Working Paper 2007.105, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milan.
- Dedigama, A. C. 2009. *International Property Rights Index (IPRI): 2009 Report*. Washington, DC: Property Rights Alliance.
- Deloitte. 2007. *Global Trends in Venture Capital 2007 Survey*. New York: Deloitte Touche Tohmatsu.
- Dooley, J. J., R. T. Dahowski, and C. Davidson. 2007. "CCS: A Key to Addressing Climate Change." In *Fundamentals of the Global Oil and Gas Industry 2007*. London: Petroleum Economist.
- Doornbosch, R., D. Gielen, and P. Koutstaal. 2008. *Mobilising Investments in Low-Emissions Technologies on the Scale Needed to Reduce the Risks of Climate Change*. Paris: OECD Round Table on Sustainable Development.
- Edmonds, J., M. A. Wise, J. J. Dooley, S. H. Kim, S. J. Smith, P. J. Runci, L. E. Clarke, E. L. Malone, and G. M. Stokes. 2007. *Global Energy Technology Strategy Addressing Climate Change: Phase 2 Findings from an International Public-Private Sponsored Research Program*. Washington, DC: Battelle Pacific Northwest Laboratories.
- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Bernsten, R. Betts, D. W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, and R. Van Dorland. 2007. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Freeman, C. 1987. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- GEF (Global Environment Facility). 2008. *Transfer of Environmentally Sound Technologies: The GEF Experience*. Washington, DC: GEF.
- . 2009. *Draft Adaptation to Climate Change Programming Strategy*. Washington, DC: GEF.
- Global Wind Energy Council. 2009. *Global Wind 2008 Report*. Brussels: Global Wind Energy Council.
- Goldberg, I., L. Branstetter, J. G. Goddard, and S. Kuriakose. 2008. *Globalization and Technology Absorption in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Goldberg, I., M. Trajtenberg, A. B. Jaffe, J. Sunderland, T. Muller, and E. Blanco Armas. 2006. "Public Financial Support for Commercial Innovation." Europe and Central Asia Chief Economist's Regional Working Paper 1, World Bank, Washington, DC.
- Goldman, M., and H. Ergas. 1997. "Technology Institutions and Policies: Their Role in Developing Technological Capability in Industry." Technical Paper 383, World Bank, Washington, DC.
- Guasch, J. L., J. L. Racine, I. Sanchez, and M. Diop. 2007. *Quality Systems and Standards for a Competitive Edge*. Washington, DC: World Bank.
- Hang, C. C., and J. Chen. 2008. "Disruptive Innovation: An Appropriate Innovation Approach for Developing Countries." ETM Internal Report 1/08. National University of Singapore, Division of Engineering and Technology Management, Singapore.
- Hayami, Y., and V. W. Ruttan. 1970. "Factor Prices and Technical Change in Agricultural Development: The United States and Japan." *Journal of Political Economy* 78: 1115–41.
- . 1985. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Heller, N. E., and E. S. Zavaleta. 2009. "Biodiversity Management in the Face of Climate Change: A Review of 22

- Years of Recommendations.” *Biological Conservation* 142 (1): 14–32.
- Hendriksen, G., R. Ruzibuka, and T. Rutagambwa. 2007. *Capacity Building for Science, Technology and Innovation for Sustainable Development and Poverty Reduction*. Washington, DC: World Bank.
- Hicks, J. R. 1932. *The Theory of Wages*. London: Macmillan.
- Hoekman, B. M., K. E. Maskus, and K. Saggi. 2004. “Transfer of Technology to Developing Countries: Unilateral and Multilateral Policy Options.” Policy Research Working Paper 3332, World Bank, Washington, DC.
- Hulse, J. H. 2007. *Sustainable Development at Risk: Ignoring the Past*. Ottawa: Foundation Books/IDRC.
- Huq, S., H. Reid, and L. Murray. 2003. “Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries.” Working Paper 1: Country by Country Vulnerability to Climate Change, International Institute for Environment and Development, London.
- ICTSD (International Centre for Trade and Sustainable Development). 2008. “Climate Change, Technology Transfer and Intellectual Property Rights.” Paper presented at the Trade and Climate Change Seminar. Copenhagen.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *Energy Technology Perspectives: In Support of the G8 Plan of Action. Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008a. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008b. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- IMF (International Monetary Fund). 2008. *Fuel and Food Price Subsidies: Issues and Reform Options*. Washington, DC: IMF.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. *Special Report: Methodological and Technological Issues in Technology Transfer: Summary for Policymakers*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IRI (International Research Institute for Climate and Society). 2006. “A Gap Analysis for the Implementation of the Global Climate Observing System Programme in Africa.” Technical Report IRI-TR/06/1, IRI, Palisades, N.Y.
- Jaffe, A., R. G. Newell, and R. N. Stavins. 2003. “Technological Change and the Environment.” In *Handbook of Environmental Economics, vol. 1*, ed. K. G. Maler and J. R. Vincent. Amsterdam: Elsevier.
- Jaruzelski, B., K. Dehoff, and R. Bordia. 2006. *Smart Spenders: The Global Innovation 1000*. McLean, VA: Booz Allen Hamilton.
- Juma, C. 2006. *Reinventing African Economies: Technological Innovation and the Sustainability Transition: 6th John Pesek Colloquium on Sustainable Agriculture*. Ames, IA: Iowa State University.
- . 2008. “Agricultural Innovation and Economic Growth in Africa: Renewing International Cooperation.” *International Journal of Technology and Globalisation* 4 (3): 256–75.
- Justus, D., and C. Philibert. 2005. *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation*. Paris: OECD/IEA.
- Kiang, R. 2006. *Malaria Modeling and Surveillance Verification and Validation Report, Part 1: Assessing Malaria Risks in Thailand Provinces Using Meteorological and Environmental Parameters*. Greenbelt, MD: NASA Goddard Space Flight Center.
- Koefoed, M., and C. Buckley. 2008. “Clean Technology Transfer: A Case Study from the South African Metal Finishing Industry 2000–2005.” *Journal of Cleaner Production* 16S1: S78–S84.
- Leadbeater, C., J. Meadway, M. Harris, T. Crowley, S. Mahroom, and B. Poirson. 2008. *Making Innovation Flourish*. Birmingham, UK: National Endowment for Science, Technology, and the Arts.
- Lewis, J. I. 2007. “Technology Acquisition and Innovation in the Developing World: Wind Turbine Development in China and India.” *Studies in Comparative International Development* 42: 208–232.
- Lundvall, B. A., ed. 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- . 2007. “National Innovation-Systems: Analytical Concept and Development Tool.” *Industry and Innovation* 14 (1): 95–119.
- MacCracken, M. 2009. “Beyond Mitigation: Potential Options for Counter-Balancing the Climatic and Environmental Consequences of the Rising Concentrations of Greenhouse Gases.” Policy Research Working Paper Series 4938, World Bank, Washington, DC.
- Maini, C. 2005. “Development of a Globally Competitive Electric Vehicle In India.” *Journal of the Indian Institute of Science* 85: 83–95.
- Maskus, K. E. 2004. “Encouraging International Technology Transfer.” Project on Intellectual Property Rights and Sustainable Development 7, United Nations Conference on Trade and Development and International Centre for Trade and Sustainable Development, Chavanod, France.
- Matuschke, I., and M. Qaim. 2008. “Seed Market Privatisation and Farmers’ Access to Crop Technologies: The Case of Hybrid Pearl Millet Adoption in India.” *Journal of Agricultural Economics* 59 (3): 498–515.
- McKinsey Global Institute. 2007. *Leapfrogging to Higher Productivity in China*. McKinsey & Company.
- Metcalfe, S., and R. Ramlogan. 2008. “Innovation Systems and the Competitive Process in Developing Economies.” *Quarterly Review of Economics and Finance* 48 (2): 433–46.
- Milford, L., D. Duchter, and T. Barker. 2008. *How Distributed and Open Innovation Could Accelerate Technology Development and Deployment*. Montpelier, VT: Clean Energy Group.
- Nelson, R. R. 1959. “The Simple Economics of Basic Scientific Research.” *Journal of Political Economy* 67: 297–306.
- . 1996. *National Innovation Systems*. New York: Oxford University Press.
- Nemet, G., and D. M. Kammen. 2007. “U.S. Energy Research and Development: Declining Investment, Increasing Need, and the Feasibility of Expansion.” *Energy Policy* 35: 746–55.
- Newell, R. G., A. B. Jaffe, and R. N. Stavins. 1999. “The Induced Innovation Hypothesis and Energy-saving Technological Change.” *Quarterly Journal of Economics* 114: 941–75.
- Newell, R. G., and N. E. Wilson. 2005. “Technology Prizes for Climate Change Mitigation.” Discussion Paper 05-33, Resources for the Future, Washington, DC.



- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1997. *National Innovation Systems*. Paris: OECD.
- . 2008. *Compendium on Patent Statistics 2008*. Paris: OECD.
- PCAST (President's Committee of Advisors on Science and Technology). 1999. *Powerful Partnerships: The Federal Role in International Cooperation on Energy Innovation*. Washington, DC: PCAST.
- Philibert, C. 2004. *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency.
- Popp, D. 2002. "Induced Innovation and Energy Prices." *American Economic Review* 92 (1): 160–80.
- . 2006. "R&D Subsidies and Climate Policy: Is There a Free Lunch?" *Climatic Change* 77: 311–41.
- Ramanathan, N., I. H. Rehman, and V. Ramanathan. 2009. "Project Surya: Mitigation of Global and Regional Climate Change: Buying the Planet Time by Reducing Black Carbon, Methane and Ozone." Background note for the WDR 2010.
- Ramanathan, V., and G. Carmichael. 2008. "Global and Regional Climate Changes Due to Black Carbon." *Nature Geoscience* 1: 221–27.
- Robins, N., R. Clover, and C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London, UK: HSBC.
- Rogers, D. 2009. "Environmental Information Services and Development." Background note for the WDR 2010.
- Ruttan, V. W. 1997. "Induced Innovation, Evolutionary Theory and Path Dependence: Sources of Technical Change." *Economic Journal* 107 (444): 1520–29.
- Salter, A. J., and B. R. Martin. 2001. "The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review." *Research Policy* 30 (3): 509–32.
- Scarpetta, S., and T. Tressel. 2004. "Boosting Productivity Via Innovation and Adoption of New Technologies: Any Role for Labor Market Institutions?" Policy Research Working Paper 3273, World Bank, Washington, DC.
- Schneider, S. H., and L. H. Goulder. 1997. "Achieving Low-Cost Emissions Targets." *Nature* 389 (6646): 13–14.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shindell, D., and G. Faluvegi. 2009. "Climate Response to Regional Radiative Forcing during the Twentieth Century." *Nature Geoscience* 2: 294–300.
- Smith, K. R., J. Rogers, and S. C. Cowlin. 2005. "Household Fuels and Ill-Health in Developing Countries: What Improvements Can be Brought by LP Gas?" Paper presented at 18th World LP Gas Fom, Sept. 14–16, Shanghai.
- Steenblik, R., eds. 2007. *Biofuels: At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Selected OECD Countries*. Geneva: International Institute for Sustainable Development, Global Subsidies Initiative.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Taylor, M. R., E. S. Rubin, and D. A. Hounshell. 2005. "Control of SO<sub>2</sub> Emissions from Power Plants: A Case of Induced Technological Innovation in the U.S." *Technological Forecasting and Social Change* 72 (6): 697–718.
- Tidd, J. 2006. *Innovation Models*. London: Imperial College London.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2005. *World Investment Report 2005: Transnational Corporations and the Internationalization of R&D*. New York: United Nations.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2008a. *Global Trends in Sustainable Energy Investments*. Paris: UNEP Sustainable Energy Finance Initiative.
- . 2008b. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- Watkins, A., and M. Ehts, eds. 2008. *Science, Technology and Innovation Capacity Building for Sustainable Growth and Poverty Reduction*. Washington, DC: World Bank.
- Weinert, J., C. Ma, and C. Cherry. 2007. "The Transition to Electric Bikes in China: History and Key Reasons for Rapid Growth." *Transportation* 34 (3): 301–18.
- Westermeyer, W. 2009. "Observing the Climate for Development." Background note for the WDR 2010.
- World Bank. 2005. *Agricultural Investment Sourcebook*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007a. *Building Knowledge Economies: Advanced Strategies for Development*. Washington, DC: World Bank Institute.
- . 2007b. *World Development Report 2008: Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. "Accelerating Clean Technology Research, Development and Deployment: Lessons from Nonenergy Sector." Working Paper 138, World Bank, Washington, DC.
- . 2008b. *Doing Business 2008 Report*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. Washington, DC: World Bank.



## Chapter 8 行動様式や制度がもつ慣性を克服する

- Accenture. 2009. *Shifting the Balance from Intention to Action: Low Carbon, High Opportunity, High Performance*. New York: Accenture.
- Agrawala, S., and S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Alber, G., and K. Kern. 2008. "Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-level Systems." Paper presented at the OECD Conference on Competitive Cities and Climate Change, Milan, October 9–10.
- Anderson, M. G., and E. A. Holcombe. 2007. "Reducing Landslide Risk in Poor Housing Areas of the Caribbean: Developing a New Government-Community Partnership Model." *Journal of International Development* 19: 205–21.
- Bannon, B., M. DeBell, J. A. Krosnick, R. Kopp, and P. Aldous. 2007. "Americans' Evaluations of Policies to Reduce Greenhouse Gas Emissions." Technical paper, Stanford University, Palo Alto, CA.
- Barrett, S., and K. Graddy. 2000. "Freedom, Growth and the Environment." *Environment and Development Economics* 5 (4): 433–56.
- Bättig, M. B., and T. Bernauer. 2009. "National Institutions and Global Public Goods: Are Democracies More Cooperative in Climate Change Policy?" *International Organization* 63 (2): 1–28.
- Bazerman, M. 2006. "Climate Change as a Predictable Surprise." *Climatic Change* 77: 179–93.
- Bernauer, T. 2003. *Genes, Trade, and Regulation: The Seeds of Conflict in Food Biotechnology*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Bernauer, T., and L. Caduff. 2004. "In Whose Interest? Pressure Group Politics, Economic Competition and Environmental Regulation." *Journal of Public Policy* 24 (1): 99–126.
- Bernauer, T., and V. Koubi. 2006. "States as Providers of Public Goods: How Does Government Size Affect Environmental Quality?" Working Paper 14, Center for Comparative and International Studies, Zurich.
- Birkland, T. A. 2006. *Lessons from Disaster: Policy Change after Catastrophic Events*. Washington, DC: Georgetown University Press.
- Bostrom, A., M. G. Morgan, B. Fischhoff, and D. Read. 1994. "What Do People Know about Global Climate Change? Mental Models." *Risk Analysis* 14 (6): 959–70.
- Boykoff, M., and M. Mansfield. 2008. "Ye Olde Hot Aire: Reporting on Human Contributions to Climate Change in the U.K. Tabloid Press." *Environmental Research Letters* 3: 1–8.
- Brechin, S. R. 2008. "Ostriches and Change: A Response to Global Warming and Sociology." *Current Sociology* 56 (3): 467–74.
- BTS (Bureau of Transportation Statistics). 2008. *Key Transportation Indicators November 2008*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- Bulkeley, H. 2000. "Common Knowledge? Public Understanding of Climate Change in Newcastle, Australia." *Public Understanding of Science* 9: 313–33.
- Cass, L. 2005. "Measuring the Domestic Salience of International Environmental Norms: Climate Change Norms in German, British, and American Climate Policy Debates." Paper presented at the International Studies Association, Honolulu.
- Cialdini, R. B., and N. J. Goldstein. 2004. "Social Influence: Compliance and Conformity." *Annual Review Psychology* 55: 591–621.
- Clifford Chance. 2007. *Climate Change: A Business Response to a Global Issue*. London: Clifford Chance.
- Compston, H., and I. Bailey. 2008. *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Congleton, R. D. 1992. "Political Regimes and Pollution Control." *Review of Economics and Statistics* 74: 412–21.
- . 1996. *The Political Economy of Environmental Protection*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- . 2001. "Governing the Global Environmental Commons: The Political Economy of International Environmental Treaties and Institutions." In *Globalization and the Environment*, ed. G. G. Schulze and H. W. Ursprung. New York: Oxford University Press.
- Davenport, D. 2008. "The International Dimension of Climate Policy." In *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*, ed. H. Compston and I. Bailey. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Doern, G. B., and M. Gattinger. 2003. *Power Switch: Energy Regulatory Governance in the 21st Century*. Toronto: University of Toronto Press.
- Dolsak, N. 2001. "Mitigating Global Climate Change: Why Are Some Countries More Committed than Others?" *Policy Studies Journal* 29 (3): 414–36.
- Dunlap, R. E. 1998. "Lay Perceptions of Global Risk: Public Views of Global Warming in Cross-National Context." *International Sociology* 13: 473–98.
- EIA (Energy Information Administration). 2009. *Annual Energy Outlook 2009*. Washington, DC: EIA.
- Ekins, P., and S. Dresner. 2004. *Green Taxes and Charges: Reducing their Impact on Low-income Households*. York, UK: Joseph Rowntree Foundation.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2009. *Draft Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2007*. Washington, DC: EPA.
- Estache, A. 2008. "Decentralized Environmental Policy in Developing Countries." World Bank, Washington, DC.
- Esty, D. C., M. A. Levy, C. H. Kim, A. de Sherbinin, T. Srebotnjak, and V. Mara. 2008. *Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy.
- Foa, R. 2009. "Social and Governance Dimensions of Climate Change: Implications for Policy." Policy Research Working Paper 4939, World Bank, Washington, DC.
- Gardner, G. T., and P. C. Stern. 2008. "The Short List: The Most Effective Actions U.S. Households Can Take to Curb Climate Change." *Environment Magazine*.
- Garrett, T. A., and R. S. Sobel. 2002. "The Political Economy of FEMA Disaster Payments." Working Paper 2002-01 2B, Federal Reserve Bank of St. Louis.

- Gautier, C., K. Deutsch, and S. Rebich. 2006. "Misconceptions about the Greenhouse Effect." *Journal of Geoscience Education* 54 (3): 386–95.
- Giddens, A. 2008. *The Politics of Climate Change: National Responses to the Challenge of Global Warming*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Griskevicius, V. 2007. "The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms." *Psychological Science* 18 (5): 429–34.
- Haites, E. 2008. "Investment and Financial Flows Needed to Address Climate Change." Breaking the Climate Deadlock Briefing Paper, The Climate Group, London.
- Hardin, G. 1968. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162: 1243–48.
- Hungerford, H., and T. Volk. 1990. "Changing Learner Behavior through Environmental Education." *Journal of Environmental Education* 21: 8–21.
- ICCT (International Council on Clean Transportation). 2007. *Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standard: A Global Update*. Washington, DC: San Francisco: ICCT.
- IMF (International Monetary Fund). 2008. *Fuel and Food Price Subsidies: Issues and Reform Options*. Washington, DC: IMF.
- Immerwahr, J. 1999. *Waiting for a Signal: Public Attitudes toward Global Warming, the Environment and Geophysical Research*. New York: Public Agenda.
- IPPR (Institute for Public Policy Research). 2008. *Engagement and Political Space for Policies on Climate Change*. London: IPPR.
- Irwin, T. 2008. "Implications for Climate Change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemma." Policy Research Working Paper 5006, World Bank, Washington, DC.
- Jacques, P., R. Dunlap, and M. Freeman. 2008. "The Organization of Denial: Conservative Think Tanks and Environmental Skepticism." *Environmental Politics* 17 (3): 349–85.
- Janicke, M. 2001. "No Withering Away of the Nation State: Ten Theses on Environmental Policy." In *Global Environmental Change and the Nation State: Proceedings of the 2001 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, ed. F. Biermann, R. Brohm, and K. Dingwert. Berlin: Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Kahneman, D., and A. Tversky. 1979. "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk." *Econometrica* 47: 263–91.
- Kallbekken, S., S. Kroll, and T. L. Cherry. 2008. "Do You Not Like Pigou, or Do You Not Understand Him? Tax Aversion and Earmarking in the Lab." Paper presented at the Oslo Seminars in Behavioral and Experimental Economics, Department of Economics, University of Oslo.
- Kastens, K. A., and M. Turrin. 2006. "To What Extent Should Human/Environment Interactions Be Included in Science Education?" *Journal of Geoscience Education* 54 (3): 422–36.
- Kaufman, D., A. Kraay, and M. Mastruzzi. 2007. *World Governance Indicators 2007*. Washington, DC: World Bank.
- Kellstedt, P., S. Zahran, and A. Vedlitz. 2008. "Personal Efficacy, the Information Environment, and Attitudes toward Global Warming and Climate Change in the United States." *Risk Analysis* 28 (1): 113–26.
- Kerr, S. 2006. "The Political Economy of Structural Reform in Natural Resource Use: Observations from New Zealand." Paper presented at the National Economic Research Organizations meeting, Paris.
- Krosnick, J. 2008. "The American Public's Views of Global Climate Change and Potential Amelioration Strategies." *World Development Report 2010 Seminar Series*, presentation, World Bank, Washington, DC.
- Krosnick, J., A. Holbrook, L. Lowe, and P. Visser. 2006. "The Origins and Consequences of Democratic Citizen's Policy Agendas: A Study of Popular Concern about Global Warming." *Climate Change* 77: 7–43.
- Kunce, M., and J. F. Shogren. 2005. "On Interjurisdictional Competition and Environmental Federalism." *Journal of Environmental Economics and Management* 50: 212–24.
- Kunzel, N., K. Jacob, and P.-O. Busch. 2006. "Climate Policies: (The Feasibility of) a Statistical Analysis of their Determinants." Paper presented at the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin.
- Kydland, F. E., and E. C. Prescott. 1977. "Rules rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plan." *Journal of Political Economy* 85 (3): 473–91.
- Laitner, J., and H. Finman. 2000. *Productivity Benefits from Industrial Energy Efficiency Investments*. Washington, DC: EPA Office of the Atmospheric Programs.
- Layard, R. 2005. *Happiness: Lessons from a New Science*. London: Penguin.
- Leiserowitz, A. 2007. "Public Perception, Opinion and Understanding of Climate Change: Current Patterns, Trends and Limitations." Occasional Paper for the *Human Development Report 2007/2008*, United Nations Development Programme, New York.
- Lorenzoni, I., S. Nicholson-Cole, and L. Whitmarsh. 2007. "Barriers Perceived to Engaging with Climate Change among the UK Public and Their Policy Implications." *Global Environmental Change* 17: 445–59.
- Lutsey, N., and D. Sperling. 2008. "America's Bottom-up Climate Change Mitigation Policy." *Energy Policy* 36: 673–85.
- Maslow, A. H. 1970. *Motivation and Personality*. New York: Harper & Row.
- Matisoff, D. C. 2008. "The Adoption of State Climate Change Policies and Renewable Portfolio Standards." *Review of Policy Research* 25: 527–46.
- Meadowcroft, J. 2009. "Climate Change Governance." Policy Research Working Paper 4941, World Bank, Washington, DC.
- Miller, D. 2008. "What's Wrong with Consumption?" University College London, London.
- Moser, S. C., and L. Dilling. 2007. *Creating a Climate for Change: Communicating Climate Change and Facilitating Social Change*. New York: Cambridge University Press.
- Moxnes, E., and A. K. Saisel. 2009. "Misperceptions of Global Climate Change: Information Policies." *Climatic Change* 93 (1–2): 15–37.
- Nisbet, M. C., and T. Myers. 2007. "Twenty Years of Public Opinion about Global Warming." *Public Opinion Quarterly* 71 (3): 444–70.

- Norgaard, K. M. 2006. "People Want to Protect Themselves a Little Bit: Emotions, Denial, and Social Movement Nonparticipation." *Sociological Inquiry* 76: 372–96.
- . 2009. "Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change." Policy Research Working Paper 4940, World Bank, Washington, DC.
- North, D. C. 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Oats, W. E., and P. R. Portney. 2003. "The Political Economy of Environmental Policy." In *Handbook of Environmental Economics*, ed. K. G. Maler and J. R. Vincent. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- O'Connor, R., R. J. Bord, B. Yarnal, and N. Wiefek. 2002. "Who Wants to Reduce Greenhouse Gas Emissions?" *Social Science Quarterly* 83 (1): 1–17.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2003. *Harmonizing Donor Practices for Effective Aid Delivery*. Paris: OECD.
- Olson, M. 1965. *The Logic of Collective Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Oreskes, N. 2004. "Beyond the Ivory Tower: The Scientific Consensus on Climate Change." *Science* 306 (5702): 1686.
- Ornstein, R., and P. Ehrlich. 2000. *New World, New Mind: Moving toward Conscious Evolution*. Cambridge, MA: Malor Books.
- Osborne, D. 1988. *Laboratories of Democracy: A New Breed of Governor Creates Models for National Growth*. Boston: Harvard Business School Press.
- Ostrom, E. 2009. "A Polycentric Approach for Coping with Climate Change." Background paper for the WDR 2010.
- Patt, A. G., and D. Schröter. 2008. "Climate Risk Perception and Challenges for Policy Implementation: Evidence from Stakeholders in Mozambique." *Global Environmental Change* 18: 458–67.
- Rabe, B. G. 2002. *Greenhouse and Statehouse: The Evolving State Government Role in Climate Change*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- . 2006. *Race to the Top: The Expanding Role of U.S. State Renewable Portfolio Standards*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." Yale School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Retallack, S., T. Lawrence, and M. Lockwood. 2007. *Positive Energy: Harnessing People Power to Prevent Climate Change*. London: Institute for Public Policy Research.
- Roland-Holst, D. 2008. *Energy Efficiency, Innovation, and Job Creation in California*. Berkeley, CA: Center for Energy, Resources, and Economic Sustainability, University of California at Berkeley.
- Romm, J. J., and C. A. Ervin. 1996. "How Energy Policies Affect Public Health." *Public Health Reports* 111 (5): 390–99.
- Rowell, A. 1996. *Green Backlash: Global Subversion of the Environmental Movement*. London: Routledge.
- Sandvik, H. 2008. "Public Concern over Global Warming Correlates Negatively with National Wealth." *Climatic Change* 90 (3): 333–41.
- Schmidlein, M. C., C. Finch, and S. L. Cutter. 2008. "Disaster Declarations and Major Hazard Occurrences in the United States." *Professional Geographer* 60 (1): 1–14.
- Schneider, V., P. Leifeld, and T. Malang. 2008. "Coping with Creeping Catastrophes: The Capacity of National Political Systems in the Perception, Communication and Solution of Slow-moving and Long-term Policy Problems." Paper presented at the Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: "Long-Term Policies: Governing Social-Ecological Change," Berlin, Feb. 22–23.
- Sehring, J. 2006. "The Politics of Water Institutional Reform: A Comparative Analysis of Kyrgyzstan and Tajikistan." Paper presented at the Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: "Resource Policies: Effectiveness, Efficiency and Equity," Berlin, November 17–18.
- Soderholm, P. 2001. "Environmental Policy in Transition Economies: Will Pollution Charges Work?" *Journal of Environment Development* 10 (4): 365–90.
- Sprinz, D. F. 2008. "Responding to Long-term Policy Challenges: Sugar Daddies, Airbus Solution or Liability?" *Ökologisches Wirtschaften* 2: 16–19.
- Stern, N. 2006. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2003. *Policy Instruments for Environmental and Natural Resources Management*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Sternman, J. D., and L. B. Sweeney. 2007. "Understanding Public Complacency about Climate Change: Adults' Mental Models of Climate Change Violate Conservation of Matter." *Climatic Change* 80 (3–4): 213–38.
- Swallow, B., M. van Noordwijk, S. Dewi, D. Murdiyarmo, D. White, J. Gockowski, G. Hyman, S. Budidarsono, V. Robiglio, V. Meadu, A. Ekadinata, F. Agus, K. Hairiah, P. Mbile, D. J. Sonwa, and S. Weise. 2007. *Opportunities for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits*. Nairobi: ASB Partnership for the Tropical Forest Margins.
- Torras, M., and J. K. Boyce. 1998. "Income, Inequality and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve." *Ecological Economics* 25 (2): 147–60.
- Tsebelis, G. 2002. *Veto Players: How Political Institutions Work*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Tversky, A., and D. Kahneman. 1974. "Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases." *Science* 211: 1124–31.
- Vaughn-Switzer, J. 1997. *Environmental Politics*. London: St. Martin's Press.
- Vogel, D. 2005. *The Market for Virtue: The Potential and Limits of Corporate Social Responsibility*. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Wade, R. 1990. *Governing the Market*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ward, B. 2008. *Communicating on Climate Change: An Essential Resource for Journalists, Scientists, and Educators*. Narragansett, RI: Metcalf Institute for Marine and Environmental Reporting, University of Rhode Island Graduate School of Oceanography.
- Weber, E. U. 2006. "Experience-Based and Description-Based Perceptions of Long-Term Risk: Why Global Warming Does Not Sare Us (Yet)." *Climatic Change* 77: 103–20.

- Wimberly, J. 2008. *Climate Change and Consumers: The Challenge Ahead*. Washington, DC: EcoAlign.
- Winter, D. D., and S. M. Koger. 2004. *The Psychology of Environmental Problems*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- World Bank. 1992. *World Development Report 1992. Development and the Environment*. New York: Oxford University Press.
- . 1997. *World Development Report 1997. The State in a Changing World*. Washington, DC: World Bank.
- . 2002. *World Development Report 2002. Building Institutions for Markets*. Washington, DC: World Bank.



## 参考文献についての注

本報告書の作成チームは世界銀行内外の多数の方々からコメントをいただいた。以下の方々から貴重なコメント、指導、支援をいただいた。 Shardul Agrawala, Montek Singh Ahluwalia, Nilufar Ahmad, Kulsum Ahmed, Sadiq Ahmed, Ahmad Ahsan, Ulrika Åkesson, Mehdi Akhlaghi, Mozaharul Alam, Vahid Alavian, Harold Alderman, Sara Amiri, David Anderson, Simon Anderson, Ken Andrasko, Juliano Assunção, Giles Atkinson, Varadan Atur, Jessica Ayers, Abdulhamid Azad, Sushenjit Bandyopadhyay, Ian Bannon, Ellysar Baroudy, Rhona Barr, Scott Barrett, Wim Bastiaanssen, Daniel Benitez, Craig Bennett, Anthony Bigio, Yvan Biot, Jeppe Bjerg, Brian Blankespoor, Melinda Bohannon, Jan Bojo, Benoît Bosquet, Aziz Bouzaher, Richard Bradley, Milan Brahmabhatt, Carter Brandon, Gernot Brodnig, Marjory-Anne Bromhead, Andrew Burns, Anil Cabraal, Duncan Callaway, Simon Caney, Karan Capoor, Jean-Christophe Carret, Rafaelo Cervigni, Rita E. Cestti, Muyeye Chambwera, Vandana Chandra, David Chapman, Joelle Chassard, Flávia Chein Feres, Ashwini Chhatre, Kenneth Chomitz, David A. Cieslikowski, Hugh Compston, Luis Constantino, Jonathan Coony, Charles Cormier, Christophe Crepin, Richard Damania, Stephen Danyo, Michael Davis, Melissa Dell, Shantayanan Devarajan, Charles E. Di Leva, William J. Dick, Simeon Djankov, Carola Donner, Diletta Doretti, Krystel Dossou, Navroz Dubash, Hari Bansha Dulal, Mark Dutz, Jane Olga Ebinger, M. Willem van Eeghen, Nada Eissa, Siri Eriksen, Antonio Estache, James Warren Evans, Mandy Ewing, Pablo Fajnzylber, Charles Feinstein, Gene Feldman, Erick C. M. Fernandes, Daryl Fields, Christiana Figueres, Cyprian F. Fisiy, Ariel Fiszbein, Richard Fix, Paolo Frankl, Vicente Fretes Cibils, Alan Gelb, Francis Ghesquiere, Dolf Gielen, Indermit S. Gill, Habiba Gitay, Barry Gold, Itzhak Goldberg, Jan von der Goltz, Bernard E. Gomez, Arturo Gomez Pompos, Christophe de Gouvello, Chandrasekar Govindarajulu, Margaret Grosh, Michael Grubb, Arnulf Grübler, José Luis Guasch, Eugene Gurenko, Stéphane Hallegatte, Tracy Hart, Marea Eleni Hatzios, Johannes Heister, Rasmus Heltberg, Fernando L. Hernandez, Jason Hill, Ron Hoffer, Daniel Hoornweg, Chris Hope, Nicholas Howard, Rafael de Hoyos, Veronika Huber, Vijay Iyer, Michael Friis Jensen, Peter Johansen, Todd Johnson, Torkil Jonch-Clausen, Benjamin F. Jones, Ben Jones, Frauke Jungbluth, John David Kabasa, Ravi Kanbur, Tom Karl, Benjamin S. Karmorh, George Kasali, Roy Katayama, Andrzej Kędziora, Michael Keen, Kieran Kelleher, Claudia Kemfert, Karin E. Kemper, Qaiser Khan, Euster Kibona, Richard Klein, Masami Kojima, Auguste Tano Kouamé, Jarl Krausing, Holger A. Kray, Alice Kuegler, Norman Kuring, Yevgeny Kuznetsov, Christina Lakatos, Julian A. Lampietti, Perpetua Latasi, Judith Layzer, Danny Leipziger, Robert Lempert, Darius Lilaonwala, James A. Listorti, Feng Liu, Bertrand Loiseau, Laszlo Lovei, Magda Lovei, Susanna Lundstrom, Kathleen Mackinnon, Marília Magalhães, Olivier Mahul, Ton Manders, McKinsey & Company (Jeremy Oppenheim, Jens Dinkel, Per-Anders Enkvist, and Biniam

Gebre), Marília Telma Manjate, Michael Mann, Sergio Margulis, Will Martin, Ursula Martinez, Michel Matera, J. M. Mauskar, Siobhan McInerney-Lankford, Robin Mearns, Malte Meinshausen, Abel Mejía, Stephen Mink, Rogerio de Miranda, Lucio Monari, Paul Moreno López, Roger Morier, Richard Moss, Valerie Müller, Robert Muir-Wood, Enrique Murgueitio Restrepo, Siobhan Murray, Everhart Nangoma, Mudit Narain, John Nash, Vikram Nehru, Dan Nepstad, Michele de Nevers, Ken Newcombe, Brian Ngo, Carlo del Ninno, Andy Norton, Frank Nutter, Erika Odenaal, Ellen Olafsen, Ben Olken, Sanjaya Pahuja, Alessandro Palmieri, Gajanand Pathmanathan, Nicolas Perrin, Chris Perry, Djordjija Petkoski, Tanyathon Phetmanee, Henry Pollack, Joanna Post, Neeraj Prasad, Tovondriaka Rakotobe, Nithya Ramanathan, V. Ramanathan, Nicola Ranger, Dilip Ratha, Keywan Riahi, Richard Richels, Brian Ricketts, Jeff Ritchie, Konrad von Ritter, David Rogers, Mattia Romani, Joyashree Roy, Eduardo Paes Saboia, Claudia Sadoff, Salman Salmaan, Jamil Salmi, Klas Sandler, Apurva Sanghi, Shyam Saran, Ashok Sarkar, John Scanlon, Hartwig Schäfer, Imme Scholz, Sebastian Scholz, Claudia Sepúlveda, Diwesh Sharan, Bernard Sheahan, Susan Shen, Xiaoyu Shi, Jas Singh, Emmanuel Skoufias, Leopold Some, Richard Spencer, Frank Sperling, Sir Nicholas Stern, Thomas Sterner, Andre Stochniol, Rachel Strader, Charlotte Streck, Ashok Subramanian, Vivek Suri, Joanna Syroka, Mark Tadross, Patrice Talla Takoukam, Robert P. Taylor, Dipti Thapa, Augusto de la Torre, Jorge E. Uquillas Rodas, Maria Vagliasindi, Hector Valdes, Rowena A. Valmonte-Santos, Trond Vedeld, Victor Vergara, Walter Vergara, Tamsin Vernon, Juergen Voegelé, Paul Waide, Alfred Jay Watkins, Kevin Watkins, Charlene Watson, Sam Wedderburn, Bill Westermeyer, David Wheeler, Johannes Woelcke, Henning Wuester, Winston Yu, Shahid Yusuf, N. Robert Zagha, Sumaya Ahmed Zakiedeen, Jürgen Zattler.

世界中の各地で協議に参加しコメントを提供してくれた方々に感謝したい。さらに、“Development in a Changing Climate” というわれわれのブログにコメントを投稿してくれたゲスト・ブロガーや一般の方々にもお礼を申し上げる。

その他の貴重な支援を提供してくれたのは、Gytis Kanchas, Polly Means, Nacer Mohamed Megherbi, Swati Mishra, PARIANKA Nandy, Rosita Najmi, Kay Schultz である。協議と広報についてチームを支援してくれたのは、Anita Gordon, Merrell J. Tuck-Primdahl, Kavita Watsa である。

完璧なリストの作成に努めたつもりではあるが、ご貢献いただいた方々の名前がわれわれの不注意のために記載されていないかもしれない。本報告書作成に貢献してくれたすべての人々に対して、改めてお礼を申し上げたい。

本報告書は世界銀行の各種文献と多数の外部資料に依拠してまとめられている。本報告書のために委託された背景論文は世界銀行のウェブサイトで (<http://www.worldbank.org/wdr2010>), あるいは世界開発報告書事務局を通じて入手可能である。そこで述べられている意見と、世界銀行あるいは本報告書の見解とが必ず一致するとは限らない。

## 背景論文

- Atkinson, Giles, Kirk Hamilton, Giovanni Ruta, and Dominique van der Mensbrugge. "Trade in 'Virtual Carbon': Empirical Results and Implications for Policy."
- Barnett, Jon, and Michael Webber. "Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change."
- Benitez, Daniel, Ricardo Fuentes Nieva, Tomas Serebrisky, and Quentin Wodon. "Assessing the Impact of Climate Change Policies in Infrastructure Service Delivery: A Note on Affordability and Access."
- Brown, Casey, Robyn Meeks, Yonas Ghile, and Kenneth Hunu. "An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth."
- Caney, Simon. "Ethics and Climate Change."
- Dubash, Navroz. "Climate Change Through a Development Lens."
- Figueres, Christiana, and Charlotte Streck. "Great Expectations: Enhanced Financial Mechanisms for Post-2012 Mitigation."
- Foa, Roberto. "Social and Governance Dimensions of Climate Change: Implications for Policy."
- Hallegatte, Stéphane, Patrice Dumas, and Jean-Charles Hourcade. "A note on the economic cost of climate change and the rationale to limit it below 2° K."
- Hourcade, Jean-Charles, and Franck Nadaud. "Long-run Energy Forecasting in Retrospect."
- Irwin, Tim. "Implications for Climate-change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemmas."
- Liverani, Andrea. "Climate Change and Individual Behavior: Considerations for Policy."
- MacCracken, Mike. "Beyond Mitigation: Potential Options for Counter-Balancing the Climatic and Environmental Consequences of the Rising Concentrations of Greenhouse Gases."
- Meadowcroft, James. "Climate Change Governance."
- Mechler, Reinhard, Stefan Hochrainer, Georg Pflug, Keith Williges, and Alexander Lotsch. "Assessing Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards."
- Norgaard, Kari. "Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change."
- Ostrom, Elinor. "A Polycentric Approach for Coping with Climate Change."
- Ranger, Nicola, Robert Muir-Wood, and Satya Priya. "Assessing Extreme Climate Hazards and Options for Risk Mitigation and Adaptation in the Developing World."
- Shalizi, Zmarak, and Franck Lecocq. "Climate Change and the Economics of Targeted Mitigation in Sectors with Long-lived Capital Stock."
- Strand, Jon. "'Revenue Management' Effects of Climate Policy-Related Financial Flows."
- Thornton, Philip. "The Inter-linkages between Rapid Growth in Livestock Production, Climate Change, and the Impacts on Water Resources, Land Use, and Deforestation."
- Watson, Charlene, and Samuel Fankhauser. "The Clean Development Mechanism: Too Flexible to Produce Sustainable Development Benefits?"

## 背景メモ

- Benitez, Daniel, and Natsuko Toba. "Transactional Costs and Marginal Abatement Costs." "Review of Energy Efficiency Policies." "Promoting Energy Efficiency: Issues and Lessons Learned."
- Beringer, Tim, and Wolfgang Lucht. "Second Generation Bioenergy Potential."
- Estache, Antonio. "Public Private Partnerships for Climate Change Investments: Learning from the Infrastructure PPP Experience."
- . "What Do We Know Collectively about the Need to Deal with Climate Change?"
- . "How Should the Nexus between Economic and Environmental Regulation Work for Infrastructure Services?"
- Füssel, Hans-Martin. "Review and Quantitative Analysis of Indices of Climate Change Exposure, Adaptive Capacity, Sensitivity, and Impacts."
- . "The Risks of Climate Change: A Synthesis of New Scientific Knowledge Since the Finalization of the IPCC Fourth Assessment Report."
- Gerten, Dieter, and Stefan Rost. "Climate Change Impacts on Agricultural Water Stress and Impact Mitigation Potential."
- Haberl, Helmut, Karl-Heinz Erb, Fridolin Krausmann, Veronika Gaube, Simone Gingrich, and Christof Plutzer. "Quantification of the Intensity of Global Human Use of Ecosystems for Biomass Production."
- Hamilton, Kirk. "Delayed Participation in a Global Climate Agreement."
- Harris, Nancy, Stephen Hagen, Sean Grimland, William Salas, Sassan Saatchi, and Sandra Brown. "Improvement in Estimates of Land-Based Emissions."
- Heyder, Ursula. "Ecosystem Integrity Change as Measured by Biome Change."
- Hoorweg, Daniel, Perinaz Bhada, Mila Freire, and Rutu Dave. "An Urban Focus—Cities and Climate Change."
- Houghton, Richard. "Emissions of Carbon from Land Management."
- Imam, Bisher. "Waters of the World."
- Lotze-Campen, Hermann, Alexander Popp, Jan Philipp Dietrich, and Michael Krause. "Competition for Land between Food, Bioenergy, and Conservation."
- Louati, Mohamed El Hedi. "Tunisia's Experience in Water Resource Mobilization and Management."
- Meinzen-Dick, Ruth. "Community Action and Property Rights in Land and Water Management."
- Müller, Christoph, Alberte Bondeau, Alexander Popp, Katharina Waha, and Marianela Fader. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields."
- Rabie, Tamer, and Kulsum Ahmed. "Climate Change and Human Health."
- Ramanathan, N., I. H. Rehman, and V. Ramanathan. "Project Surya: Mitigation of Global and Regional Climate Change: Buying the Planet Time by Reducing Black Carbon, Methane, and Ozone."
- Rogers, David. "Environmental Information Services and Development."
- Vagliasindi, Maria. "Climate Change Uncertainty, Regulation and Private Participation in Infrastructure."
- Westermeyer, William. "Observing the Climate for Development."

## 用語解説

**SRES シナリオ (SRES scenario, Special Report on Emission Scenario : SRES)** : IPCC のために開発された気候変動関連のモデル予測で使われているあり得る将来に関する一連の描写ないし筋書き。このシナリオは人口、技術、社会的発展の変化に関する前提に基づいて、将来の排出を予測するために使われている。SRES のシナリオには A1, A2, B1, B2 の4つがある。A1 は極めて高い経済成長、世紀半ばにピークを打って以降減少する世界人口、新しい効率的な技術の導入と急速な普及という世界を示す。A2 は世界人口が増え続け、経済成長は地域指向型で分裂しており、その速度は他のモデルより遅い。非常に不均一な世界である。B1 は、世界人口は A1 と同じだが、経済構造がサービスと情報を中心とする経済に向けて急速に変化し、物質の集約度が低下し、クリーンで資源効率性の高い技術が導入されるという状況に収斂する世界を示す。最後に B2 は、人口増加が続き (A2 より伸びは鈍い)、経済成長が中程度のなかで、経済的、社会的、及び環境的な持続可能性に対して地域ごとの解決策に重点を置く世界を示す。

**閾値 (threshold)** : 気候変動に関しては、それを超えると突然ないし急激な変化が発生する水準。

**汚染者負担の原則 (polluter pays principle)** : 汚染者は汚染のコストを負担しなければならないという環境法における原則。つまり、汚染者は汚染を阻止及び抑制するための措置にかかわるコストに関して責任を負う。

**温室効果ガス (greenhouse gas, GHG)** : 気候変動を引き起こすすべての大気ガス。地球の大気圏に太陽からの熱を閉じ込めることによって、温室効果をもたらす。最も一般的な GHG は二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、メタン (CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O)、オゾン (O<sub>3</sub>)、水蒸気 (H<sub>2</sub>O) である。

**革新 (innovation)** : 新しい、あるいは著しく改善された財やサービス、プロセス、方法を創造や同化、及び活用すること。

**仮想水 (virtual water)** : 財やサービスの生産に直接的あるいは間接的に消費された水の量。

**緩和 (mitigation)** : 人間の介入によって行われる、排出を削減したり、温室効果ガスの吸収機能を高めたりする措置。

**気候感度 (climate sensitivity)** : 大気中の CO<sub>2</sub>e 濃度が倍増することに伴う地表平均気温の変化。排出の予測値を、温暖化、及びその結果がもたらす影響へ変換する際の重要なパラメーター。

**気候指数保険 (weather-index insurance)** : 補償 (支払い) が、あらかじめ合意された値が実現するかしないかによって決まる保険。対象となる値は具体的な気候パラメーターの指数であり、特定の測候所であらかじめ定められた期間にわたって測定される。この保険は指数があまりに高い水準で、あるいは低い水準で実現したことによって、作物に損失をもたらすことが予想されるような事態を保護できるように設計することができる。補償は 1 単位の指数当たりであらかじめ合意された付保額に基づいて算定される (例えば 1mm の降雨当たりのドル額)。

**気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)** : 世界気象機関 (WMO) と国連環境計画 (UNEP) によって 1988 年に創設された。IPCC は、世界中の科学的及び技術的な文献を調査して、評価報告書を公表している。この報告書は気候変動に関する最も信頼できる既存の情報源として広く認められている。IPCC は方法論を決定して、気候変動枠組条約 (UNFCCC) の下部組織からの個別の要請にも対応している。IPCC は UNFCCC からは独立している。

**技術移転 (technology transfer)** : 科学的及び技術的な発展がより広範な利用者に利用可能であることを確保するために、スキルや知識、技術、製造方法を共有するプロセス。

**技術プッシュ型 (technologypush)** : 市場需要ではなく、主に本来的に科学的な関心に動機付けられた R&D 資源の配分。

**強韌性 (resilience)** : ある社会システムないし生態系が、機能にかかわる同一の基本的な構造や方法、自己組織化の能力、ストレスや変化に適応する能力を

維持しつつ、攪乱を吸収する能力。

**京都議定書 (Kyoto Protocol)** : UNFCCC に基づく合意であり、日本の京都で 1997 年に UNFCCC 締約国によって採択された。先進国による温室効果ガスの削減、という法的に拘束力のある公約が盛り込まれている。

**国別適応行動計画 (National Adaptation Programs of Action : NAPA)** : 後進開発途上国 (LDC) が作成した文書。気候変動に適応するために、緊急でありただちに取り組む必要がある活動を特定している。

**クリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism, CDM)** : 京都議定書に基づく体系。先進国は、途上国で温室効果ガス排出を削減ないし除去するプロジェクトをファイナンスすることによって、自国の排出に関する義務的な限度の達成に適用できるクレジットを受領することができる。CDM の下では、京都議定書の調印国ではあるが排出目標を設定していない諸国で温室効果ガスの排出削減プロジェクトを実施することが許容されている。

**研究・開発・実証・配備 (research, development, demonstration, and deployment : RDD&D)** : 新しい方法・技術・機械・製品にかかわる RDD&D。

**後悔のないプロジェクト (no regrets project)** : 気候変動との関連においては、プロジェクトが気候に影響するかどうかや、気候がプロジェクトに影響するかどうかとは無関係に、プロジェクトそのものが社会的及び(あるいは)経済的な利益を生み出すようなプロジェクト。

**公共財 (public good)** : その消費が非排他的(したがって他人がその利益を享受することを防ぐことは不可能)で、非競争的(したがってある人が利益を享受しても、他の人々が入手可能な利益の量は減少しない)な財。気候変動の緩和は公共財の一例である。なぜならば、ある個人ないし国が気候安定化の利益を享受するのを防ぐことは不可能であり、この気候安定化をある個人ないし国が享受しても、他の人々が享受できる利益は減少しないからである。

**気候変動に関する国際連合枠組条約 (UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)** : 1992 年に採択された条約で、究極の目的は次の通りである。

「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととまらない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させる」.[訳注:環境省が公開している「気候変動に関する国際連合枠組条約」(<http://www.env.go.jp/earth/cop3/kaigi/jouyaku.html>)より抜粋]

**固定化 (sequestration)** : 気候変動との関連においては、大気中から炭素を除去して、新しい森林、土壌炭素、あるいは地下貯留などの貯蔵所にそれを貯留するプロセス。生物学的な固定化は、大気中の CO<sub>2</sub> を除去して、それを有機物に貯留すること。これは土地利用変化、造林、森林再生、ゴミ埋立地での炭素貯留、土壌炭素を高める農業の実践を通じて行われる。

**再現期間 (return period)** : 特定の事象が繰り返し発生する平均的な期間。

**再保険 (reinsurance)** : 一次保険リスクの一部を第 2 層の保険者(再保険者)に移転すること。基本的に「保険者のための保険」といえる。

**死荷重 (deadweight loss)** : 何の利益も生み出さないコスト。

**市場プル型 (market-pull)** : 研究・開発 (R&D) にかかわる資源の配分を、科学的な関心やトップダウン型の政府政策ではなく、製品やサービスに対する市場の需要に基づいて行うこと。

**知的財産権 (intellectual property right, IPR)** : 知性による芸術的及び商業的な創造物に対する法的な財産権(新しい技術に関する特許を含む)とそれに関する法律分野。

**ジニ係数 (Gini coefficient)** : 広く使われている所得ないし富の分布にかかわる不平等の尺度。0 (完全な平等) から 1 までの値をとる。

**社会的学習 (social learning)** : 社会的学習とは、人々が自分と同じ環境において明らかに強化されている、あるいは懲罰を受けている状況、ないしは他の社会的行為者の行為、の観察によって新しい行動様式を学習するプロセスである。もし他の人が特定の行動様式をとることによって、前向きで望ましい結果をもたらしていることを観察すれば、その人はその行動様式を手本にしたり、模倣したり、あるいは採用



したりする可能性が高くなる。

**社会的規範 (social norm)**：ある集団が仲間の圧力を通じて行動様式を自己規制するために採用している暗示的あるいは明示的な価値観や信条、ルール。人々が許容される行動様式と許容されない行動様式を評価するために使う尺度。

**社会的保護 (social protection)**：社会のなかで貧しく脆弱な層を支援するだけでなく、個人や世帯、コミュニティがリスクを管理するのを手助けすることを目的とした一連の公的介入策。例えば、失業保険プログラム、所得扶助、社会的サービスなどである。

**蒸発散 (evapotranspiration)**：これは水循環のなかで重要な部分であり、地表（土壌や水資源など）からの蒸発と植物からの蒸散（植物が主として葉を通じて行う水蒸気としての水の損失）を組み合わせたプロセス。

**人為的な (anthropogenic)**：人間の活動によって直接的に引き起こされること。例えば、エネルギーを供給するために化石燃料を燃焼させることは人為的な温室効果ガス（GHG）排出につながる。一方、植物の自然な腐敗は非人為的な排出につながる。

**森林再生 (reforestation)**：かつて森林であったが他の用途に転換されている土地に植林すること。

**森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減 (Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD)**：REDDは森林地からの温室効果ガス排出を削減することを目的とした一連の措置をさす。REDDにかかわる財政的インセンティブは気候変動に対する政策対応の一環になる可能性がある。

**森林劣化 (forest degradation)**：維持不可能な収穫や土地利用の実施（伐採、火災、人為的な撓乱を含む）を通じた森林バイオマスの減少。

**脆弱性 (vulnerability)**：あるシステムが気候の変動性や異常気象を含む気候変動の悪影響に脆弱である、あるいは対処できない度合い。脆弱性は気候変動の性質や規模、変化の速度、及びあるシステムがさらされている変動性に加えて、同システムがもっている感度や適応能力の関数である。

**生態系サービス (ecosystem services)**：個人や社会に対して価値のある生態系のプロセスあるいは機能。例えば、食料供給、浄水、レクリエーションの機会などである。

**制度 (institution)**：個人の集団の行動様式を統治している社会的秩序や協調の構造や体系。

**正のフィードバック (positive feedback)**：あるシステムの1つの変数が第2の変数が変化する引き金になり、それが今度は最初の（元の）変数に影響を与えること。正のフィードバックは最初の効果を強め、負のフィードバックは最初の効果を弱める。

**生物多様性 (biodiversity)**：遺伝子、個体群、種、生態系を含め、生物の生命形態の多様性。

**セーフティネット (safety net)**：洪水や旱魃、失業、病気、あるいは一家の大黒柱の死亡などの重大な出来事が及ぼす影響から、人々を保護することを目的とした仕組み。

**早期警告システム (early warning system)**：有益な警告情報を適切な時期に生成し、いきわたらせる仕組み。災害の脅威にさらされている個人やコミュニティ、組織が、被害や損失の可能性を削減するために、適切に、かつ十分に時間的な余裕をもって、準備し、行動できるようにするためのもの。

**統合評価 (integrated assessment)**：物理学や生物学、経済学、社会学、およびこのような構成要因間の相互作用からの結果やモデルを首尾一貫した枠組みのなかで組み合わせる分析方法。気候変動の結果とそれに対する政策対応を予測することが目的である。

**造林ないし植林 (afforestation)**：森林がまったくなかった、あるいは最近ではなかった土地に新しい森林を創ること。

**損害関数 (damage function)**：気候変動との関連においては、気候の変動と生産・消費・資産損失（生態系や人間の健康を含む可能性がある）の減少との関係。

**対応能力 (coping capacity)**：人々や組織、システムが利用可能な技能や資源を使って、悪い条件や緊急事態、災害を管理、及びそれらに対処する能力。あ

る事象に対応する短期的な能力をさす。これに対して、適応能力は気候変動がもたらす影響を削減するために、体系的な変更を実施するという長期的な能力をさす。

**太陽光発電 (solar photovoltaics, PV)**：紫外線照射を含め太陽光を電気に直接転換することに関連した技術や研究の分野。太陽光パネルを構成している太陽電池の生産と使用に応用されている技術。

**ダウンスケーリング法 (downscaling)**：大規模な(200km以上)気候予測モデルやデータ分析から、地方ないし地域の規模(10-100km)の情報を導出する方法。

**炭素回収貯留 (carbon capture and storage, CCS)**：CO<sub>2</sub>について、産業やエネルギー関連の排出源からの分離、貯留場所への移送、長期にわたる大気圏からの隔離によって構成されるプロセス。

**炭素吸収源 (carbon sink)**：大気中から二酸化炭素を取り除くすべてのプロセス、活動、あるいは仕組み。森林やその他の植物は光合成を通じて二酸化炭素を吸収するので、吸収源であると考えられる。

**炭素排出原単位 (carbon intensity)**：典型的には、1単位のGDP当たりでみた炭素ないしCO<sub>2</sub>eの経済全体にわたる排出量で、それがGDPの炭素排出原単位である。特定の企業ないし部門による総生産または付加価値の1ドル当たりでみた炭素排出量をさすこともある。1単位の消費されたエネルギーないし燃料でみた炭素排出量をさすのに使われることもある。それがエネルギーの炭素排出原単位であり、エネルギー源やエネルギー構成、技術の効率性に左右される。GDPの炭素排出原単位は結局のところ、エネルギーの経済全体にわたる平均的な炭素排出原単位とGDPのエネルギー原単位を掛け算したものである。

**炭素施肥ないし肥沃化効果 (carbon fertilization)**：大気中のCO<sub>2</sub>濃度が上昇した結果として植物の生育が促進されること。備わっている光合成メカニズムに応じて、大気中のCO<sub>2</sub>濃度に普通よりも敏感な植物がなかにはある。

**炭素足跡 [カーボンフットプリント] (carbon footprint)**：人や組織の特定の活動あるいはすべての活動に伴う炭素排出の量。炭素足跡はいろいろな形で測定可能

であり、ある活動への投入物の生産にかかわる連鎖全体で生じる間接的な排出を含んでいることもある。

**炭素閉じ込め (carbon lock-in)**：一定水準の炭素排出を永続化させる措置。例えば、道路や高速道路の拡張は、燃料使用を制限、あるいは車の使用を抑制する拮抗政策がない限り、化石燃料からの炭素排出を閉じ込める傾向があるだろう。

**地球工学 (geoengineering)**：気候変動の影響を削減、あるいは阻止するための、環境に関する大規模な工学。提案されている措置には、太陽光を反射するために上層大気圏に粒子を注入することや、藻類によるCO<sub>2</sub>吸収を増加させるために海洋を鉄分で施肥することなどがある。

**追加性 (additionality)**：CDMとの関連においては、これはあるプロジェクトが生み出した炭素相殺が、ある排出削減に裏付けされているもの。ここで対象となる排出削減は、CDMメカニズムの金銭的及び技術的なインセンティブが無かった場合に行われた炭素相殺に追加的なもの(CDMの存在によって追加されたもの)である。追加性はCDMプロジェクトがない場合のある活動の排出を基準に測定される。追加性のないCDMプロジェクトによる炭素相殺の創出と売却は、大気中への排出増加につながる可能性がある。これは炭素相殺の潜在的な購入者が代わりに自国内で直接的に排出を削減した場合と比較した場合である。

**定常性 (stationarity)**：自然のシステムは変わることのない変動範囲内でつねに揺らいでいるという考え方。その範囲は過去に起こった事象の範囲で決定される。

**適応 (adaptation)**：現実のあるいは予想される気候の刺激ないし影響に対する自然のシステムや人間のシステムの調整。害悪を緩和したり、有益な機会を活かしたりする。適応にはさまざまな種類がある。予測的なものか反応的なものか、自律的なものか計画的なものか、公的部門によるのか、民間部門によるのか、などといった区別ができる。

**適応基金 (Adaptation Fund)**：京都議定書の締約国である途上国が実施する、具体的な適応に向けたプロジェクトやプログラムをファイナンスするために創設された基金。この基金はクリーン開発メカニズム

(CDM) からの収益の一部でファイナンスされ、その他の財源からも資金を受け取っている。

**適応的管理 (adaptive management)** : 内容が明確な実験的アプローチを通じて、以前に採用された政策や実践の結果を学ぶことによって、管理にかかわる政策や方法を継続的に改善していく体系的なプロセス。

**適応能力 (adaptive capacity)** : あるシステムが機会を活用する、潜在的な損害を緩和する、あるいは結果に対処するために、気候変動（気候の変動性や異常気象を含む）に順応する能力。

**天候デリバティブ (weather derivative)** : 悪天候条件に関連したリスクを削減するための金融商品。例えば、特定の天候事象（異常に寒いあるいは暑い 8 月など）に伴って支払いを享受できる。

**土地利用, 土地利用変化, 及び林業 (land use, land-use change, and forestry : LULUCF)** : 人間が誘発した土地利用, 土地利用変化, 林業活動を含む一連の活動の中で、温室効果ガスの排出と大気圏からの除去の両方につながるもの。温室効果ガス目録の報告に使われているカテゴリー。

**取引コスト (transaction cost)** : 財やサービスの交換に関連したコスト。財やサービスの金銭的なコストあるいは価格にとって追加的なもの。その例としては、検索と情報のコストや実施及び取締りコストがある。

**二酸化炭素 (carbon dioxide, CO<sub>2</sub>)** : 自然に生成するガスであり、化石燃料（石油やガス、石炭など化石炭素堆積物）の燃焼、バイオマスの燃焼、土地利用の変化、一部の工業プロセスなどに伴う副産物でもある。地球の放射バランスに影響する人間の活動が排出の原因となっている温室効果ガスの中で主要なものである。他の温室効果ガスを測定する尺度となる標準ガスであり、したがってその地球温暖化係数 (Global Warming Potential, GWP) は 1 である。

**二酸化炭素換算 (carbon dioxide equivalent, CO<sub>2e</sub>)** : 多種多様なガスの混合物の量を表示する方法。温室効果ガスは種類が違っても同量でも地球温暖化への程度影響を及ぼすかが異なる。例えば、メタンが大気圏に排出されると、同量の CO<sub>2</sub> 排出の約 20 倍の地球温暖化効果を発揮する。CO<sub>2e</sub> は温室効果ガス混

合物と同じだけの温暖化効果をもつ CO<sub>2</sub> の量によって同混合物の量を表示する。温室効果ガスについて、排出（フロー）と貯蔵（ストック）の両方とも CO<sub>2e</sub> で表示することができる。温室効果ガスの量は炭素換算でも表示することができる。CO<sub>2e</sub> の量に 12/44 を掛け算すればよい。

**バイオ燃料 (biofuel)** : 植物が作る有機物ないし可燃油から生産された燃料。その例には、アルコール、製紙プロセスで生まれる黒液、木材、大豆油などが含まれる。第 2 世代バイオ燃料は、化学的あるいは生物学的なプロセスによって木質材料から抽出されたエタノールやバイオディーゼルなどの製品。

**排出権取引 (cap and trade)** : 市場と規制を組み合わせる汚染物質の排出をコントロールするアプローチ。ある総排出限度が一定期間にわたって設定され、個々の当事者は保有している許可証の量まで汚染物質を排出する法的権利が付与されている許可証を取得する（交付あるいは競売を通じて）。当事者は排出許可証を自由に取引することができ、もし多種多様な当事者の限界的な汚染緩和コストが異なれば、取引からは利益が生じるだろう。

**バリ行動計画 (Bali Action Plan)** : 2010 年以降の気候変動にかかわる長期的な協調行動を交渉し、2009 年末にデンマークで合意に達するために、2007 年にインドネシアのバリで開催された国連気候変動会議において打ち出された 2 カ年計画。

**不確実性 (uncertainty)** : ある価値（気候システムの将来の状態など）が未知である度合いを示す表現。不確実性は情報の欠如や、何がわかっているか、あるいは何を知ることができるかに関する意見の不一致からも生じ得る。データにおける定量化することができるような誤りから、人間行動の不確実な予測に至るまで、多種多様な原因がある。したがって不確実性は、例えばさまざまなモデルによって算出されている値の範囲など定量的な尺度によって、あるいは、専門家の判断を反映した定性的な意見によって表現することが可能である。しかし、経済学では、不確実性はナイト (Knightian) 流の不確実性を意味し、測定不可能である。特定事象の発生がわかっている確率分布にしたがっている場合のリスクとは対照的である。

**付属書 I 国 (Annex I parties)** : 付属書 I 国には

1992年時点でOECD加盟国であった先進国と、体制移行国（EIT 締約国）が含まれる。後者はロシア、バルト海諸国、中東欧の数カ国を含む。付属書I国は温室効果ガス削減を公約している。非付属書I国は、そのような公約をしていない主として途上国のグループである。これらの国は、代わりに緩和や適応に関するプログラムを策定及び実施する一般的な責務を負っている。

**不適応 (maladaptation)：**気候変動に対する脆弱性を高める行動や措置。

**補完性 (supplementarity)：**京都議定書では、排出権取引と共同実施イニシアティブは、先進国がGHG（温室効果ガス）排出を削減するためにとった国内政策（エネルギー税や燃料効率性基準など）について補完的であると規定されている。補完性の定義に関して提案されている一部の解釈では、先進国は削減目標の一定割合を国内で達成することを義務付けられているとしている。これは締約国がさらに交渉と明確化を進展させるべきテーマである。

**水の消耗的利用 (consumptive use of water)：**利用可能な水供給から得られた水で、供給源へは戻らないもの（例えば、製造業や農業、食品の調理で使われた水は、小川や河川、水処理工場などへは戻らない）。

**緑の（グリーン）税 (green tax)：**環境に有害な行動に課税することによって、環境の質を高めることを目的とする税。

**予防原則 (precautionary principle)：**ある行動や政策の結果として、深刻な、あるいは不可逆的な害は発生しないだろうということについて科学的な確実性が欠如している場合、証明の義務はその行動や政策を支持する人の側にある、と主張している原則。UNFCCCでは第3条で次のように規定されている。すなわち、締約国は気候変動の原因を予期し、防止し、最小化する予防措置をとり、その悪影響を緩和すべきである。おそらく深刻な、あるいは不可逆的な被害が発生することについて十分な科学的確実性が欠如していることが、そのような措置の延期の理由に使われるべきではない。気候変動に対処する政策や措置は、可能な限り最小のコストで世界的な利益を確保するために費用効果的でなければならない。

**リスク評価 (risk assessment)：**リスクの識別、リス

クの定量化、リスクの削減、リスクの軽減で構成される標準化された方法。

**両方にとって有益な (win-win)：**本報告書では、これは適応と緩和の両方にとって有益な措置をさす。

**漏出 [リーケージ] (leakage)：**気候変動との関連において、緩和プロジェクト実施地域外の排出が、プロジェクト実施地域内における排出削減の結果として増加し、したがって、同プロジェクトの有効性を削減するプロセス。

**ロバスト型意思決定 (robust decision making)：**不確実性に直面している場合、もっともありそうな将来において最適と思われる措置や政策ではなく、あり得るさまざまな将来において受け入れ可能な措置や政策を選択すること。これは、唯一のありそうな将来における利回りを最大化するのではなく、多種多様なモデルや前提、損害関数にわたって、期待失望値を最小化する選択肢を評価するプロセスである。

**割当量単位 (Assigned Amount Unit, AAU)：**各付属書I国が京都議定書の1次約束期間中に排出が認められている温室効果ガスの総量（CO<sub>2e</sub>で測定）。

**割引率 (discount rate)：**個人や企業が現在と将来の消費や福祉をトレードオフする率。通常は%で表示される。





## 主要指標

- 表 A1 エネルギー関連の排出と炭素排出原単位
  - 表 A2 土地ベースの排出
  - 表 A3 一次エネルギー総供給
  - 表 A4 自然災害
  - 表 A5 土地, 水, 及び農業
  - 表 A6 国富
  - 表 A7 革新, 研究, 及び開発
- 出典と定義

## 主要世界開発指標

- 序
  - 国の地域別・所得別分類
  - 表 1 主要開発指標
  - 表 2 貧困
  - 表 3 ミレニアム開発指標：貧困の撲滅と生活の改善
  - 表 4 経済活動
  - 表 5 貿易, 援助, 及び金融
  - 表 6 その他諸国の主要指標
- テクニカル・ノート

表 A1 エネルギー関連の排出と炭素排出原単位

	二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> ) 排出							非CO <sub>2</sub> (CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O) 排出		炭素排出原単位			
	年間計		変化率	1人当たり		年間世界計に占める割合	1850年以降の累積的排出	年間計		エネルギー		所得	
	(100万t)		(%)	(t)		(%)	(10億t)	(CO <sub>2</sub> e 100万t)		石油換算1t当たりのCO <sub>2</sub> (t)		GDP1,000ドル当たりのCO <sub>2</sub> (t)	
	1990年	2005年	1990-2005年 <sup>a</sup>	1990年	2005年	2005年	1850-2005年	1990年	2005年	1990年	2005年	1990年	2005年
アルジェリア	68	91	33.3	2.7	2.8	0.34	2.8	9.6	15.5	2.86	2.63	0.44	0.39
アルゼンチン	105	142	35.3	3.2	3.7	0.54	5.6	10.0	19.1	2.28	2.24	0.43	0.34
オーストラリア	260	377	45.0	15.2	18.5	1.42	12.5	27.5	38.8	2.97	3.12	0.65	0.58
オーストリア	58	77	33.6	7.5	9.4	0.29	4.3	1.4	1.4	2.31	2.27	0.28	0.28
ベラルーシ	108	61	-43.8	10.6	6.2	0.23	4.0	2.9	3.3	2.55	2.26	1.65	0.73
ベルギー	109	112	2.7	10.9	10.7	0.42	10.4	2.8	2.4	2.19	1.81	0.44	0.34
ブラジル	195	334	70.8	1.3	1.8	1.26	8.8	10.9	14.7	1.40	1.54	0.18	0.21
ブルガリア	75	46	-38.7	8.6	6.0	0.17	3.0	6.0	4.8	2.61	2.30	1.13	0.64
カナダ	433	552	27.5	15.6	17.1	2.08	23.8	41.0	57.8	2.07	2.02	0.58	0.49
チリ	32	59	81.7	2.5	3.6	0.22	1.8	2.4	3.4	2.30	1.99	0.37	0.30
中国	2,211	5,060	128.9	1.9	3.9	19.06	94.3	192.9	218.7	2.56	2.94	1.77	0.95
コロンビア	45	61	34.0	1.4	1.4	0.23	2.2	5.1	7.1	1.83	2.12	0.26	0.23
チェコ	154	118	-23.3	14.9	11.5	0.44	10.7 <sup>b</sup>	10.9	7.2	3.14	2.61	0.92	0.57
デンマーク	51	48	-5.9	9.9	8.8	0.18	3.4	0.9	1.6	2.84	2.43	0.39	0.26
エジプト	81	149	83.3	1.5	2.0	0.56	3.2	8.5	16.0	2.54	2.43	0.45	0.45
フィンランド	55	55	0.7	11.0	10.6	0.21	2.3	1.4	1.8	1.92	1.61	0.47	0.35
フランス	355	388	9.3	6.3	6.4	1.46	31.7	16.3	13.2	1.56	1.41	0.25	0.21
ドイツ	968	814	-15.9	12.2	9.9	3.06	117.8 <sup>c</sup>	47.8	28.9	2.72	2.36	0.49	0.32
ギリシア	71	96	35.6	6.9	8.6	0.36	2.6	4.6	5.8	3.18	3.08	0.34	0.29
ハンガリー	71	58	-18.3	6.8	5.7	0.22	4.1	6.0	5.4	2.47	2.07	0.55	0.34
インド	597	1,149	92.6	0.7	1.1	4.33	28.6	53.1	89.2	1.87	2.14	0.58	0.47
インドネシア	151	349	131.7	0.8	1.6	1.31	6.8	41.2	58.8	1.46	1.98	0.41	0.49
イラン	178	431	142.3	3.3	6.2	1.62	8.6	24.4	64.9	2.58	2.73	0.52	0.67
イラク	61	99	62.0	3.3	3.5	0.37	2.2	4.1	3.3	3.21	3.31	..	..
アイルランド	31	44	41.7	8.8	10.5	0.16	1.6	1.3	1.8	3.00	2.89	0.50	0.28
イスラエル	34	60	78.3	7.2	8.6	0.23	1.5	0.2	0.4	2.77	2.83	0.41	0.38
イタリア	398	454	14.0	7.0	7.7	1.71	17.9	16.8	18.5	2.69	2.44	0.30	0.28
日本	1,058	1,214	13.8	8.6	9.5	4.57	46.1	10.0	7.1	2.38	2.30	0.33	0.31
カザフスタン	233	155	-34.6	14.3	10.2	0.58	9.9 <sup>d</sup>	28.8	13.2	3.17	2.73	2.01	1.17
北朝鮮	114	73	-35.5	5.6	3.1	0.28	5.9 <sup>e</sup>	26.9	27.3	3.43	3.42	..	..
韓国	227	449	97.6	5.3	9.3	1.69	9.0 <sup>e</sup>	6.6	7.7	2.43	2.11	0.50	0.44
クウェート	27	76	184.0	12.7	30.1	0.29	1.6	5.4	9.1	3.36	2.71	..	0.67
リビア	37	47	28.8	8.4	7.9	0.18	1.3	..	..	3.16	2.65	..	0.63
マレーシア	52	138	163.9	2.9	5.4	0.52	2.7 <sup>e</sup>	..	..	2.24	2.09	0.43	0.46
メキシコ	293	393	33.9	3.5	3.8	1.48	12.5	47.9	86.1	2.38	2.22	0.38	0.33
モロッコ	20	41	111.2	0.8	1.4	0.16	0.9	..	..	2.72	3.08	0.29	0.39
オランダ	158	183	15.6	10.6	11.2	0.69	8.3	3.3	2.6	2.36	2.22	0.41	0.32
ナイジェリア	68	97	43.0	0.7	0.7	0.36	2.3	25.8	66.2	0.95	0.92	0.49	0.39
ノルウェー	30	38	27.9	7.0	8.2	0.14	1.9	0.9	1.7	1.39	1.15	0.22	0.17
パキスタン	61	118	94.1	0.6	0.8	0.45	2.4 <sup>e</sup>	7.5	12.5	1.40	1.55	0.34	0.35
フィリピン	36	77	113.1	0.6	0.9	0.29	1.9	3.6	2.6	1.38	1.76	0.24	0.31
ポーランド	349	296	-15.3	9.2	7.8	1.11	22.6	23.5	20.9	3.50	3.19	1.14	0.57
ポルトガル	40	63	59.1	4.0	6.0	0.24	1.7	1.1	1.7	2.30	2.32	0.26	0.30
カタール	14	44	202.1	30.8	54.6	0.16	0.9	..	..	2.21	2.71	..	0.77
ルーマニア	167	91	-45.5	7.2	4.2	0.34	6.9	24.5	13.2	2.67	2.37	0.91	0.45
ロシア	2,194	1,544	-29.6	14.8	10.8	5.81	92.5 <sup>d</sup>	406.4	206.4	2.50	2.35	1.17	0.91
サウジアラビア	169	320	89.6	10.3	13.8	1.21	7.4	2.3	3.9	2.75	2.28	0.54	0.65
セルビア	59	50	-14.3	7.8	6.8	0.19	..	..	..	3.02	3.13	..	0.78
シンガポール	29	43	49.7	9.5	10.1	0.16	1.4	0.2	0.8	2.16	1.39	0.39	0.23
スロバキア	57	38	-32.8	10.8	7.1	0.14	3.2 <sup>b</sup>	1.7	1.6	2.67	2.03	0.86	0.45
南アフリカ	255	331	29.9	7.2	7.1	1.25	14.1	10.6	12.5	2.79	2.59	0.93	0.83
スペイン	208	342	64.7	5.3	7.9	1.29	10.0	5.3	6.6	2.28	2.36	0.27	0.29
スウェーデン	53	51	-4.5	6.2	5.7	0.19	4.1	2.1	2.2	1.12	0.98	0.25	0.18
スイス	41	45	9.0	6.2	6.1	0.17	2.4	0.7	0.6	1.67	1.67	0.18	0.17
シリア	32	48	51.6	2.5	2.6	0.18	1.2	..	..	2.72	2.62	0.85	0.64
タイ	79	214	172.6	1.4	3.4	0.81	3.9	13.0	19.2	1.79	2.13	0.35	0.48
トルコ	129	219	70.3	2.3	3.0	0.82	5.3	26.1	56.6	2.43	2.56	0.31	0.29
トルクメニスタン	47	42	-11.3	12.8	8.6	0.16	2.1 <sup>d</sup>	19.7	46.4	2.38	2.51	..	..
ウクライナ	681	297	-56.4	13.1	6.3	1.12	22.6 <sup>d</sup>	139.7	118.4	2.68	2.07	1.63	1.13
アラブ首長国	52	112	114.1	28.0	27.3	0.42	2.2	20.1	40.0	2.26	2.45	0.60	0.57
イギリス	558	533	-4.4	9.7	8.8	2.01	68.1	36.9	27.0	2.63	2.27	0.42	0.28
アメリカ	4,874	5,841	19.9	19.5	19.7	22.00	324.9	298.8	242.8	2.53	2.49	0.61	0.47
ウズベキスタン	120	110	-8.4	5.9	4.2	0.41	6.9 <sup>d</sup>	28.1	40.3	2.59	2.34	2.93	2.10
ベネズエラ	112	150	33.4	5.7	5.6	0.56	5.3	30.5	46.3	2.56	2.48	0.59	0.57
ベトナム	17	81	376.5	0.3	1.0	0.31	1.5 <sup>e</sup>	3.5	4.9	0.70	1.58	0.28	0.45
世界	20,693t	26,544t	28.3w	4.0w	4.2w	100.00w	1,169.1s	1,861.0t	1,978.9t	2.39w	2.35w	0.57w	0.47w
低所得国	549	707	28.9	0.7	0.6	2.66	24.0	115.5	256.4	1.38	1.26	0.46	0.38
中所得国	9,150	12,631	38.0	2.6	3.0	47.59	395.1	1,168.3	1,279.4	2.41	2.49	0.80	0.61
高所得国	10,999	13,207	20.1	11.8	12.7	49.75	750.1	577.2	557.1	2.44	2.32	0.47	0.39
EU15	3,122	3,271	4.8	8.6	8.5	12.32	284.8	142.1	115.7	2.36	2.11	0.36	0.28
OECD	11,121	12,946	16.4	10.7	11.1	48.77	764.7	644.6	651.4	2.46	2.33	0.47	0.37

a. 1990-2005年におけるCO<sub>2</sub>排出の変化率。b. チェコとスロバキアの1992年以前の累積的排出のシェアは、1992-2006年における両国合計の排出に占めるシェアに基づき算出。c. ドイツの1991年以前の累積的排出のシェアは1991-2006年における西ドイツと東ドイツを合計した排出に占めるシェアに基づき算出。d. ベラルーシ、ロシア、カザフスタン、トルクメニスタン、ウクライナ、ウズベキスタンの1992年以前の累積的排出のシェアは、1992-2006年における旧ソ連邦諸国を合計した排出に占めるシェアに基づき算出。e. 北朝鮮と韓国の排出は1950年以前の統一挑戦に関するデータに基づく。パキスタンとバングラデシュの排出は1971年の東西両パキスタンのデータに基づく。マレーシアの排出はマラヤ連邦のうちマレーシアの部分を含む。ベトナムの排出は南北両ベトナムの排出を含む。

表 A2 土地ベースの排出

表 A2a 森林の減少による CO<sub>2</sub> の排出

	年平均				
	総排出		1人当たり		全体に占める平均割合 (%)
	(100万 t)	順位	(t)	順位	
	1990-2005年 <sup>a</sup>	1990-2005年 <sup>a</sup>	1990-2005年 <sup>a</sup>	1990-2005年 <sup>a</sup>	1990-2005年 <sup>a</sup>
アルゼンチン	33	25	0.9	48	0.6
ボリビア	139	7	15.2	1	2.5
ブラジル	1,830	1	9.8	5	32.4
カンボジア	84	10	6.0	13	1.5
カメルーン	70	12	3.9	18	1.2
カナダ	70	12	2.2	29	1.2
中国	57	18	0.0	83	1.0
コンゴ民主共和国	176	4	3.0	24	3.1
エクアドル	84	10	6.5	12	1.5
グアテマラ	62	16	4.9	17	1.1
ホンジュラス	48	20	7.0	10	0.8
インドネシア	1,459	2	6.6	11	25.9
マレーシア	139	7	5.4	15	2.5
メキシコ	40	23	0.4	63	0.7
ミャンマー	158	5	3.3	20	2.8
ナイジェリア	158	5	1.1	40	2.8
パプアニューギニア	44	21	7.2	8	0.8
ペルー	70	12	2.6	27	1.2
フィリピン	70	12	0.8	50	1.2
ロシア	58	17	0.4	61	1.0
タンザニア	51	19	1.3	35	0.9
トルコ	34	24	0.5	58	0.6
ベネズエラ	187	3	7.0	9	3.3
ザンビア	106	9	9.3	6	1.9
ジンバブエ	40	22	3.1	22	0.7

a. データは 1990-2005 年の平均。

表 A2b 農業によるメタン (CH<sub>4</sub>) と一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) の排出

	年間計		全体に占める割合 %	1人当たり			
	CO <sub>2</sub> e (100万 t)			CO <sub>2</sub> e (t)		順位	
	1990	2005	2005	1990	2005	1990	2005
アルゼンチン	114	139	2.3	3.5	3.6	6	7
オーストラリア	97	110	1.8	5.7	5.4	4	4
バングラディッシュ	60	80	1.3	0.5	0.5	77	70
ボリビア	22	46	0.8	3.3	5.0	7	5
ブラジル	426	591	9.7	2.9	3.2	8	8
カナダ	57	73	1.2	2.1	2.3	15	10
中国	905	1,113	18.3	0.8	0.9	62	48
コロンビア	61	89	1.5	1.8	2.1	19	11
コンゴ民主共和国	36	75	1.2	0.9	1.3	53	21
エチオピア	39	55	0.9	0.8	0.7	60	58
フランス	110	103	1.7	1.9	1.7	18	15
ドイツ	110	84	1.4	1.4	1.0	32	37
インド	330	403	6.6	0.4	0.4	84	83
インドネシア	106	132	2.2	0.6	0.6	73	66
メキシコ	67	77	1.3	0.8	0.7	61	57
ミャンマー	50	78	1.3	1.2	1.6	38	16
ナイジェリア	75	115	1.9	0.8	0.8	63	52
パキスタン	58	79	1.3	0.5	0.5	76	73
ロシア	222	118	1.9	1.5	0.8	25	50
タイ	79	89	1.5	1.4	1.4	27	18
トルコ	80	76	1.3	1.4	1.1	29	31
イギリス	54	48	0.8	0.9	0.8	57	54
アメリカ	427	442	7.3	1.7	1.5	20	17
ベネズエラ	47	52	0.9	2.4	1.9	11	12
ベトナム	48	65	1.1	0.7	0.8	67	55



表 A3 一次エネルギー総供給

	一次エネルギー総供給 (TPES)								電力消費		電氣普及率
	年間計		TPES に占める化石燃料の割合 (%)			TPES に占める再生可能エネルギーの割合 (%)		TPES に占める原子力エネルギーの割合 (%)	1人当たり		
	石油換算 (100万t)		石炭	天然ガス	石油	水力, 太陽光, 風力, 地熱	バイオマ ス, 廃棄物		kWh	変化率 (%)	対人口比 (%)
	1990年	2006年	2006年	2006年	2006年	2006年	2006年	2006年			
アルバニア	2.7	2.3	1.1	0.6	66.8	19.1	10.1	0.0	961	84.0	-
アルジェリア	23.9	36.7	1.9	65.2	32.6	0.1	0.2	0.0	870	60.6	98
アンゴラ	6.3	10.3	0.0	6.4	27.5	2.2	63.9	0.0	153	155.5	15
アルゼンチン	46.1	69.1	1.1	49.3	38.0	4.7	3.7	2.9	2,620	100.7	95
アルメニア	7.9	2.6	0.0	53.1	15.2	6.1	0.0	26.6	1,612	-40.7	-
オーストラリア	87.7	122.5	43.9	19.1	31.6	1.3	4.1	0.0	11,309	34.6	100
オーストリア	25.1	34.2	11.8	21.8	42.0	9.6	13.1	0.0	8,090	32.5	100
アゼルバイジャン	26.1	14.1	0.0	63.5	34.4	1.5	0.0	0.0	2,514	-2.7	-
バーレーン	4.8	8.8	0.0	75.4	24.6	0.0	0.0	0.0	12,627	92.1	99
バングラデシュ	12.8	25.0	1.4	46.6	17.8	0.5	33.7	0.0	146	221.2	32
ベラルーシ	42.3	28.6	0.1	60.3	31.5	0.0	4.9	0.0	3,322	-24.2	-
ベルギー	49.7	61.0	7.8	24.6	40.1	0.1	5.9	19.9	8,688	36.2	100
ベニン	1.7	2.8	0.0	0.0	37.1	0.0	61.1	0.0	69	104.5	22
ボリビア	2.8	5.8	0.0	27.5	55.5	3.2	13.8	0.0	485	76.9	64
ボスニア・ヘルツェゴビナ	7.0	5.4	62.4	5.9	22.3	9.3	3.4	0.0	2,295	-24.6	-
ボツワナ	1.3	2.0	32.5	0.0	36.6	0.0	23.2	0.0	1,419	96.0	39
ブラジル	140.0	224.1	5.7	7.8	40.2	13.4	29.6	1.6	2,060	41.5	97
ブルネイ	1.8	2.8	0.0	73.1	26.9	0.0	0.0	0.0	8,173	87.7	99
ブルガリア	28.8	20.7	34.1	14.0	24.7	1.9	3.9	24.6	4,315	-9.3	-
カンボジア	0.0	5.0	0.0	0.0	28.4	0.1	71.3	0.0	88	..	20
カメルーン	5.0	7.1	0.0	0.0	16.3	4.5	79.2	0.0	186	-3.1	47
カナダ	209.5	269.7	10.2	29.5	35.3	11.4	4.7	9.5	16,766	3.8	100
チリ	14.1	29.8	13.3	21.9	38.3	9.9	15.9	0.0	3,207	157.3	99
中国	863.2	1,878.7	64.2	2.5	18.3	2.2	12.0	0.8	2,040	299.1	99
香港	10.7	18.2	38.6	13.2	44.9	0.0	0.3	0.0	5,883	40.8	-
コロンビア	24.7	30.2	8.2	20.3	45.0	12.2	14.9	0.0	923	11.6	86
コンゴ民主共和国	11.9	17.5	1.5	0.0	3.1	3.9	92.4	0.0	96	-19.9	6
コンゴ共和国	0.8	1.2	0.0	1.6	35.2	2.7	57.5	0.0	155	-8.2	20
コスタリカ	2.0	4.6	0.9	0.0	47.6	35.8	15.5	0.0	1,801	65.7	99
コートジボワール	4.4	7.3	0.0	18.8	16.9	1.8	63.8	0.0	182	21.3	-
クロアチア	9.1	9.0	7.0	26.2	51.5	5.8	4.1	0.0	3,635	21.5	-
キューバ	16.8	10.6	0.2	8.3	79.5	0.1	11.9	0.0	1,231	1.6	96
キプロス	1.6	2.6	1.4	0.0	96.4	1.7	0.5	0.0	5,746	78.9	-
チェコ	49.0	46.1	45.2	16.4	21.4	0.5	4.0	14.8	6,511	16.6	-
デンマーク	17.9	20.9	26.2	21.7	39.4	2.6	12.9	0.0	6,864	15.5	100
ドミニカ	4.1	7.8	6.4	3.5	70.4	1.5	18.0	0.0	1,309	242.1	93
エクアドル	6.1	11.2	0.0	5.0	83.2	5.5	5.2	0.0	759	58.5	90
エジプト	32.0	62.5	1.4	44.4	50.0	1.9	2.3	0.0	1,382	100.2	98
エルサルバドル	2.5	4.7	0.0	0.0	44.0	24.4	31.6	0.0	721	95.9	80
エリトリア	..	0.7	0.0	0.0	26.9	0.0	73.1	0.0	49	..	20
エストニア	9.6	4.9	57.0	16.5	15.1	0.2	10.7	0.0	5,890	0.0	-
エチオピア	15.0	22.3	0.0	0.0	8.8	1.3	90.0	0.0	38	91.5	15
フィンランド	28.7	37.4	13.7	10.4	28.2	2.7	20.4	15.9	17,178	37.6	100
フランス	227.6	272.7	4.8	14.5	33.3	1.9	4.4	43.0	7,585	26.9	100
ガボン	1.2	1.8	0.0	5.8	33.4	4.5	56.4	0.0	1,083	13.9	48
グルジア	12.3	3.3	0.3	41.3	23.5	14.0	19.3	0.0	1,549	-42.1	-
ドイツ	355.6	348.6	23.6	22.8	35.4	1.4	4.6	12.5	7,175	8.0	100
ガーナ	5.3	9.5	0.0	0.0	31.7	5.1	63.3	0.0	304	-1.1	49
ギリシア	22.2	31.1	27.0	8.8	57.3	2.5	3.3	0.0	5,372	69.0	100
グアテマラ	4.5	8.2	4.8	0.0	39.7	4.0	51.6	0.0	529	136.8	79
ハイチ	1.6	2.6	0.0	0.0	23.3	0.9	75.8	0.0	37	-36.2	36
ホンジュラス	2.4	4.3	2.7	0.0	50.6	5.1	41.5	0.0	642	72.2	62
ハンガリー	28.6	27.6	11.1	41.5	27.6	0.4	4.3	12.8	3,883	13.2	-
アイスランド	2.2	4.3	1.8	0.0	22.9	75.3	0.1	0.0	31,306	94.0	100
インド	319.9	565.8	39.4	5.5	24.1	1.9	28.3	0.9	503	82.3	56
インドネシア	102.8	179.1	15.5	18.6	33.0	3.7	29.2	0.0	530	228.3	54
イラン	68.8	170.9	0.7	51.5	46.3	0.9	0.5	0.0	2,290	134.9	97
イラク	19.1	32.0	0.0	8.9	90.5	0.1	0.1	0.0	1,161	-7.6	15
アイルランド	10.3	15.5	11.0	26.0	54.8	1.3	1.4	0.0	6,500	72.1	100
イスラエル	12.1	21.3	36.0	8.8	52.4	3.4	0.0	0.0	6,893	65.1	97
イタリア	148.1	184.2	9.1	37.6	44.1	4.6	2.6	0.0	5,762	39.0	100
ジャマイカ	2.9	4.6	0.5	0.0	88.7	0.3	10.5	0.0	2,450	178.8	87
日本	443.9	527.6	21.3	14.7	45.6	2.1	1.3	15.0	8,220	26.7	100
ヨルダン	3.5	7.2	0.0	28.0	70.0	1.4	0.0	0.0	1,904	81.2	100
カザフスタン	73.6	61.4	49.3	30.6	18.8	1.1	0.1	0.0	4,293	-27.3	-
ケニア	11.2	17.9	0.4	0.0	20.2	5.9	73.6	0.0	145	16.3	14
北朝鮮	33.2	21.7	86.9	0.0	3.3	5.0	4.8	0.0	797	-36.1	22
韓国	93.4	216.5	24.3	13.3	43.2	0.2	1.1	17.9	8,063	239.8	100
クウェート	8.0	25.3	0.0	38.3	61.7	0.0	0.0	0.0	16,314	101.2	100
キルギス	7.6	2.8	18.3	22.9	20.8	45.5	0.1	0.0	2,015	-12.9	-

	一次エネルギー総供給 (TPES)								電力消費		
	年間計		TPES に占める化石燃料の割合 (%)			TPES に占める再生可能エネルギーの割合 (%)		TPES に占める原子力エネルギーの割合 (%)	1人当たり		電氣普及率
	石油換算 (100万t)		石炭	天然ガス	石油	水力、太陽光、風力、地熱	バイオマス、廃棄物		kWh	変化率 (%)	
	1990年	2006年	2006年	2006年	2006年	2006年	2006年	2006年	1990-2006年 <sup>a</sup>	2000-2006年 <sup>b</sup>	
ラトビア	7.9	4.6	1.8	30.5	31.9	5.1	25.9	0.0	2,876	-15.1	..
レバノン	2.3	4.8	2.8	0.0	91.5	1.4	2.7	0.0	2,142	354.9	100
リビア	11.5	17.8	0.0	29.4	69.7	0.0	0.9	0.0	3,688	130.1	97
リトアニア	16.2	8.5	3.1	28.7	30.3	0.4	8.8	27.0	3,232	-19.7	..
ルクセンブルク	3.5	4.7	2.3	26.2	63.3	0.4	1.3	0.0	16,402	20.1	100
マケドニア	2.7	2.8	45.4	2.4	35.0	5.5	6.0	0.0	3,496	25.3	..
マレーシア	23.3	68.3	12.0	44.4	38.8	0.9	4.1	0.0	3,388	187.5	98
マルタ	0.8	0.9	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	4,975	79.1	..
メキシコ	123.0	177.4	4.9	27.4	56.8	4.8	4.6	1.6	1,993	50.3	..
モルドバ	9.9	3.4	2.5	66.7	19.4	0.2	2.2	0.0	1,516	-44.4	..
モンゴル	3.4	2.8	71.7	0.0	24.0	0.0	3.8	0.0	1,297	-19.1	65
モロッコ	7.2	14.0	27.8	3.4	63.3	1.1	3.2	0.0	685	85.8	85
モザンビーク	6.0	8.8	0.0	0.3	6.6	14.4	81.6	0.0	461	1,040.4	6
ミャンマー	10.7	14.3	0.8	12.4	12.7	2.0	72.1	0.0	93	104.5	11
ナミビア	..	1.5	1.9	0.0	65.4	8.8	12.7	0.0	1,545	..	34
ネパール	5.8	9.4	2.7	0.0	8.6	2.4	86.2	0.0	80	129.2	33
オランダ	67.1	80.1	9.7	42.7	40.4	0.3	3.3	1.1	7,057	35.2	100
オランダ領・アンティル	1.5	1.7	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	5,651	59.2	..
ニュージーランド	13.8	17.5	11.9	18.7	39.4	24.0	6.0	0.0	9,746	14.5	100
ニカラグア	2.1	3.5	0.0	0.0	39.0	8.7	52.2	0.0	426	44.7	69
ナイジェリア	70.9	105.1	0.0	8.6	11.2	0.6	79.6	0.0	116	32.6	46
ノルウェー	21.4	26.1	2.7	18.2	34.0	39.6	5.1	0.0	24,295	4.0	100
オマーン	4.6	15.4	0.0	67.6	32.4	0.0	0.0	0.0	4,457	107.3	96
パキスタン	43.4	79.3	5.4	31.6	23.9	3.5	34.9	0.8	480	73.6	54
パナマ	1.5	2.8	0.0	0.0	71.7	11.1	17.4	0.0	1,506	76.4	85
パラグアイ	3.1	4.0	0.0	0.0	30.5	116.5	52.0	0.0	900	78.4	86
ペルー	10.0	13.6	5.9	12.3	50.3	14.0	17.4	0.0	899	64.1	72
フィリピン	26.2	43.0	13.4	5.8	31.8	22.9	26.1	0.0	578	60.7	81
ポーランド	99.9	97.7	58.5	12.7	24.1	0.2	5.5	0.0	3,586	9.3	..
ポルトガル	17.2	25.4	13.0	14.3	53.8	5.1	11.9	0.0	4,799	89.0	100
カタール	6.5	18.1	0.0	82.2	17.8	0.0	0.0	0.0	17,188	75.7	71
ルーマニア	62.5	40.1	23.5	36.4	25.3	4.0	8.1	3.7	2,401	-17.9	..
ロシア	878.9	676.2	15.7	53.0	20.6	2.3	1.1	6.1	6,122	-8.3	..
サウジアラビア	61.3	146.1	0.0	36.7	63.3	0.0	0.0	0.0	7,079	77.8	97
セネガル	1.8	3.0	3.4	0.3	55.7	0.7	39.6	0.0	150	52.3	33
セルビア	19.5	17.1	51.0	11.7	27.5	5.5	4.7	0.0	4,026	13.9	..
シンガポール	13.4	30.7	0.0	20.9	79.0	0.0	0.0	0.0	8,363	72.1	100
スロバキア	21.3	18.7	23.9	28.8	18.3	2.1	2.6	25.4	5,136	-7.3	..
スロベニア	5.6	7.3	20.3	12.4	36.5	4.3	6.5	19.9	7,123	39.9	..
南アフリカ	91.2	129.8	71.7	2.9	12.4	0.3	10.5	2.4	4,810	8.5	70
スペイン	91.2	144.6	12.4	21.5	49.0	3.0	3.6	10.8	6,213	76.3	100
スリランカ	5.5	9.4	0.7	0.0	40.7	4.2	54.3	0.0	400	159.5	66
スウェーデン	10.7	17.7	0.0	0.0	21.8	0.7	77.5	0.0	95	91.5	30
スウェーデン	47.6	51.3	4.7	1.7	28.5	10.5	18.4	34.0	15,230	-3.8	100
スイス	24.8	28.2	0.6	9.6	46.0	10.1	7.2	25.8	8,279	11.7	100
シリア	11.7	18.9	0.0	27.0	71.2	1.8	0.0	0.0	1,466	117.6	90
タジキスタン	5.6	3.6	1.3	13.4	44.7	39.1	0.0	0.0	2,241	-33.0	..
タンザニア	9.8	20.8	0.2	1.5	6.6	0.6	91.0	0.0	59	15.0	11
タイ	43.9	103.4	12.1	25.8	44.4	0.7	16.6	0.0	2,080	181.4	99
トーゴ	1.3	2.4	0.0	0.0	13.4	0.3	84.5	0.0	98	12.6	17
トリニダードトバゴ	6.0	14.3	0.0	87.7	12.1	0.0	0.2	0.0	5,008	87.0	99
チュニジア	5.1	8.7	0.0	39.4	47.2	0.1	13.3	0.0	1,221	91.2	99
トルコ	52.9	94.0	28.1	27.6	33.4	5.5	5.5	0.0	2,053	130.2	..
トルクメニスタン	19.6	17.3	0.0	71.3	29.4	0.0	0.0	0.0	2,123	-7.4	..
ウクライナ	253.8	137.4	29.1	42.4	10.8	0.8	0.4	17.1	3,400	-29.0	..
アラブ首長国連邦	23.2	46.9	0.0	72.0	28.0	0.0	0.0	0.0	14,569	66.2	92
イギリス	212.3	231.1	17.9	35.1	36.3	0.3	1.7	8.5	6,192	15.6	100
アメリカ	1,926.3	2,320.7	23.7	21.6	40.4	1.6	3.4	9.2	13,515	15.6	100
ウルグアイ	2.3	3.2	0.1	3.2	64.6	9.7	14.9	0.0	2,042	63.9	95
ウズベキスタン	46.4	48.5	2.2	85.8	10.9	1.1	0.0	0.0	1,691	-29.1	..
ベネズエラ	43.9	62.2	0.1	37.6	50.6	11.0	0.9	0.0	3,175	28.9	99
ベトナム	24.3	52.3	16.8	9.5	23.4	3.9	46.4	0.0	598	511.2	84
イエメン	2.6	7.1	0.0	0.0	98.9	0.0	1.1	0.0	190	58.9	36
ザンビア	5.5	7.3	1.4	0.0	9.7	11.0	78.2	0.0	730	-3.2	19
ジンバブエ	9.4	9.6	22.2	0.0	7.1	5.0	63.3	0.0	900	4.5	34
世界全体	8,637.3t	11,525.2t	26.6w	21.0w	35.7w	2.8w	9.8w	6.3w	2,750w	29.6w	..
低所得国	400.2	575.5	7.3	19.1	7.8	0.1	53.8	0.1	311	18.7	..
中所得国	3,797.2	5,348.7	35.8	19.2	29.9	3.2	12.3	2.0	1,647	58.2	..
高所得国	4,479.4	5,659.1	13.9	22.9	43.7	2.5	3.4	11.0	9,675	27.5	..
EU15	1,324.2	1,542.8	20.5	24.5	40.9	2.4	5.0	15.1	7,058	25.5	..
OECD	4,521.8	5,537.4	20.5	21.9	39.7	2.8	3.8	11.1	8,413	24.4	..

a. 指定期間中における変化率 (%)。b. 入手可能な最近年のデータ。

表 A4 自然災害

	死者		被害者			経済的損失			沿岸線 (km)	低地沿岸地帯の人口 (%)	低地沿岸地帯の面積 (%)
	旱魃	洪水・嵐	旱魃	洪水・嵐	対人口比	旱魃	洪水・嵐	事象当たり最大 の損失			
	(人)	(人)	(1,000人)	(1,000人)	(%)	(1,000ドル)	(1,000ドル)	(対GDP比%)			
	1971- 2008年 <sup>a</sup>	1971- 2008年 <sup>a</sup>	1971- 2008年 <sup>a</sup>	1971- 2008年 <sup>a</sup>	1971- 2008年 <sup>a</sup>	1971- 2008年 <sup>a</sup>	1971- 2008年 <sup>a</sup>	1961- 2008年 <sup>b</sup>	2008年	2000年	2000年
アンゴラ	2	7	69	18	2.2	0	263	..	1,600	5.3	0.3
アルゼンチン	0	13	0	355	1.1	3,158	229,348	0.8	4,989	10.9	1.9
オーストラリア	0	10	186	108	4.8	262,447	390,461	3.2	25,760	12.1	1.6
バハマ	0	1	0	1	0.2	0	67,116	9.8	3,542	87.6	93.2
バングラデシュ	0	5,673	658	8,751	9.1	0	445,576	9.8	580	45.6	40.0
ベリーズ	0	2	0	8	3.6	0	14,862	200.2	386	40.3	15.6
ベニン	0	3	58	56	5.3	17	214	..	121	21.0	1.6
ボリビア	0	22	92	62	2.4	25,411	43,050	18.7	0	0.0	0.0
ブラジル	1	102	993	384	1.4	124,289	157,849	1.2	7,491	6.7	1.4
カンボジア	0	30	172	251	5.8	3,632	8,634	9.2	443	23.9	7.4
チャド	0	8	62	18	6.0	2,184	30	..	0	0.0	0.0
中国	93	1,304	9,642	53,460	5.2	522,350	4,791,624	2.9	14,500	11.4	2.0
コスタリカ	0	5	0	39	1.0	632	19,668	2.4	1,290	2.4	3.5
キューバ	0	6	22	331	3.1	4,819	287,436	..	3,735	13.3	21.1
チェコ	0 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	8 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	122,263 <sup>c</sup>	3.2	0	0.0	0.0
ジブチ	0	6	26	18	8.5	0	151	..	314	40.6	1.9
ドミニカ	0	1	0	3	3.5	0	7,412	100.8	148	6.7	4.5
ドミニカ共和国	0	75	0	111	1.6	0	71,240	36.4	1,288	3.3	4.7
エクアドル	0	21	1	43	0.5	0	40,972	3.3	2,237	14.0	3.2
エチオピア	10,536	51	1,361	59	6.6	2,411	424	..	0	0.0	0.0
フィジー	0	8	8	26	4.8	789	18,078	17.1	1,129	17.6	10.6
グルジア	0	3	18	1	0.8	5,263	15,259	26.8	310	6.2	2.2
ガーナ	0	7	329	94	8.1	3	882	4.5	539	3.7	1.0
グレナダ	0	1	0	2	1.6	0	23,803	205.1	121	6.4	6.5
グアテマラ	1	73	5	24	0.2	632	48,434	3.9	400	1.4	2.1
ガイアナ	0	1	16	12	5.7	763	16,692	56.3	459	54.6	3.7
ハイチ	0	225	55	131	2.8	0	21,707	62.6	1,771	9.2	5.1
ホンジュラス	0	621	19	109	2.9	447	130,421	72.9	820	4.6	5.6
インド	8	2,489	25,294	22,314	7.2	61,608	1,055,375	2.5	7,000	6.3	2.5
インドネシア	35	182	121	206	0.3	4,216	62,572	9.3	54,716	19.6	9.3
イラン	0	102	974	101	4.8	86,842	202,133	3.5	2,440	2.1	1.6
イタリア	0	8	0	2	0.1	21,053	597,289	2.7	7,600	9.3	6.3
ジャマイカ	0	7	0	56	2.4	158	68,304	26.1	1,022	7.9	6.9
ヨルダン	0	1	9	0	0.2	0	26	7.5	26	0.0	0.0
ケニア	5	23	960	56	9.7	39	588	..	536	0.9	0.4
北朝鮮	0	49	0	314	1.4	0	622,156	..	2,495	10.2	3.8
韓国	0	116	0	76	0.2	0	391,754	1.2	2,413	6.2	5.0
ラオス	0	5	112	123	6.3	26	8,657	22.8	0	0.0	0.0
レバノン	0	1	0	3	0.1	0	4,342	2.8	225	13.7	1.6
マダガスカル	5	54	74	231	3.6	0	55,337	14.8	4,828	5.5	2.7
マラウイ	13	16	518	50	12.3	0	837	..	0	0.0	0.0
マレーシア	0	12	0	15	0.1	0	28,039	0.9	4,675	23.5	6.2
モーリシャス	0	1	0	26	2.9	4,605	16,352	21.3	177	9.4	6.1
モンゴル	0	5	12	53	3.7	0	2,376	145.3	0	0.0	0.0
モザンビーク	2,633	65	455	328	13.8	1,316	22,846	9.9	2,470	11.8	3.2
ネパール	0	137	121	87	2.0	263	25,804	24.6	0	0.0	0.0
ニカラグア	0	105	15	53	1.4	474	46,256	27.7	910	2.1	6.2
ニジェール	0	3	335	10	13.2	0	295	..	0	0.0	0.0
パキスタン	4	273	58	1,163	1.3	6,500	120,942	10.5	1,046	2.9	2.8
ペルー	0	55	87	75	0.7	7,526	1,916	5.2	2,414	1.8	0.5
フィリピン	0	743	172	2,743	4.5	1,696	164,362	11.0	36,289	17.7	7.7
プエルトリコ	0	15	0	5	0.1	53	82,789	3.2	501	18.4	10.8
ロシア	0 <sup>c</sup>	32 <sup>c</sup>	26 <sup>c</sup>	58 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	147,461 <sup>c</sup>	6.9	37,653	2.4	1.7
サモア	0	1	0	7	4.6	0	13,858	248.4	403	23.6	8.4
セネガル	0	6	199	18	11.3	9,863	1,168	13.6	531	31.5	7.5
南アフリカ	0	34	460	22	1.1	26,316	50,502	0.7	2,798	1.0	0.1
スペイン	0	22	158	21	2.5	280,526	245,471	2.4	4,964	7.7	1.3
スリランカ	0	45	165	282	3.1	0	12,049	3.7	1,340	11.8	8.3
セントルシア	0	2	0	2	1.9	0	29,731	365.0	158	4.3	4.1
スウェーデン	3,947	19	611	155	6.0	0	14,505	1.1	853	0.6	0.1
スワジランド	13	1	43	24	18.3	46	1,426	10.7	0	0.0	0.0
タジキスタン	0 <sup>c</sup>	39 <sup>c</sup>	100 <sup>c</sup>	19 <sup>c</sup>	2.9 <sup>c</sup>	1,500 <sup>c</sup>	12,037 <sup>c</sup>	15.7	0	0.0	0.0
タンザニア	0	15	210	22	2.0	0	179	..	1,424	2.3	0.3
タイ	0	95	618	929	2.2	11,166	132,709	..	3,219	26.3	6.9
チュニジア	0	8	1	7	0.1	0	8,889	7.8	1,148	14.8	3.3
アメリカ	0	272	0	672	0.1	187,763	12,104,146	1.0	19,924	8.1	2.6
バヌアツ	0	3	0	6	4.4	0	5,395	139.9	2,528	4.5	7.4
ベネズエラ	0	801	0	20	0.1	0	84,697	3.3	2,800	6.8	3.6
ベトナム	0	393	161	1,749	3.0	17,082	157,603	..	3,444	55.1	20.2
ジンバブエ	0	4	365	9	10.7	67,105	7,308	29.3	0	0.0	0.0

a. 1971-2008 における変化率。b. 1961-2008 年における事象当たり最大の損失。c. 1990 年以前のデータはユーゴスラビア、チェコスロバキア、ソ連における詳細な国際災害統計 EM-DAT に基づく。

表 A5 土地、水、及び農業

	耕地 (100万 ha)	灌漑地の割合 (対耕作地 比, %)	水産養殖生産 (100万ドル)	2050年までに予測されている物理的な影響				予測されている農業への影響		
				気温の変化 (°C)	熱波持続期間 の変化		降水量 (変化率, %)	降水の強度	産出 (変化率, %)	収量 (変化率, %)
					2000-50年	2000-50年				
				2005年	2003年	2007年	2000-50年	2000-50年	2000-50年 <sup>a</sup>	2000-50年 <sup>a</sup>
アルジェリア	7.5	6.9	0.9	1.9	22.2	-4.9	7.2	-36.0	-6.7	
アルゼンチン	28.5	..	16.7	1.2	5.9	0.7	3.5	-11.1	-13.8	
オーストラリア	49.4	5.0	478.8	1.5	10.9	-1.4	2.1	-26.6	-16.4	
バングラデシュ	8.0	56.1	1,522.6	1.4	8.7	1.4	5.4	-21.7	8.9	
ベラルーシ	5.5	2.0	1.8	1.7	28.8	2.7	4.9	..	29.6	
ボリビア	3.1	4.1	2.0	1.6	16.4	-0.9	2.5	..	-13.7	
ブラジル	59.0	4.4	598.0	1.5	13.5	-2.0	3.0	-16.9	-16.1	
ブルガリア	3.2	16.6	18.2	1.7	27.2	-4.3	3.0	..	-7.0	
ブルキナファソ	4.8	0.5	0.9	1.4	5.7	0.3	0.0	-24.3	-4.4	
カンボジア	3.7	7.0	7.6	1.2	4.0	3.3	1.7	-27.1	-19.3	
カメルーン	6.0	0.4	0.8	1.3	2.0	0.9	3.0	-20.0	-6.6	
カナダ	45.7	1.5	788.2	2.1	28.2	8.5	4.9	-2.2	19.5	
チリ	2.0	81.0	5,314.5	1.2	4.9	-3.5	1.2	-24.4	47.7	
中国	143.3	35.6	44,935.2	1.7	16.1	4.5	5.4	-7.2	8.4	
コロンビア	2.0	24.0	277.2	1.4	4.0	1.2	2.4	-23.2	-3.3	
コンゴ共和国	6.7	0.1	7.4	1.4	2.0	0.8	3.1	-14.7	-7.0	
コートジボワール	3.5	1.1	2.2	1.3	1.9	-0.3	-0.2	-14.3	-12.9	
キューバ	3.7	19.5	35.0	1.1	2.0	-12.0	-0.9	-39.3	-18.1	
チェコ	3.0	0.7	49.5	1.7	20.3	0.3	4.6	..	14.3	
デンマーク	2.2	9.0	11.4	1.4	11.0	5.0	5.8	..	16.1	
エジプト	3.0	100.0	1,192.6	1.6	14.7	-7.0	-1.6	11.3	-27.9	
エチオピア	13.1	2.5	..	1.4	3.1	2.4	5.0	-31.3	0.5	
フィンランド	2.2	2.9	63.8	2.1	29.6	5.6	4.4	..	15.7	
フランス	18.5	13.3	757.2	1.5	12.3	-3.5	3.2	-6.7	-2.6	
ドイツ	11.9	4.0	191.1	1.5	14.8	2.4	5.0	-2.9	9.5	
ガーナ	4.2	0.5	2.5	1.3	1.3	-1.0	0.8	-14.0	-10.1	
ギリシア	2.6	37.9	533.3	1.7	16.0	-10.9	1.8	-7.8	-3.5	
ハンガリー	4.6	3.1	4.6	1.9	25.0	-1.3	6.5	..	-10.8	
インド	159.7	32.9	4,383.5	1.6	10.8	1.9	2.7	-38.1	-12.2	
インドネシア	23.0	12.4	2,854.9	1.2	0.4	1.8	2.5	-17.9	-17.7	
イラン	16.5	47.0	451.1	1.8	19.9	-15.6	4.2	-28.9	-7.3	
イラク	5.8	58.6	35.8	1.8	22.3	-13.3	6.1	-41.4	-18.5	
イタリア	7.7	25.8	757.4	1.5	12.3	-7.0	4.6	-7.4	-2.7	
日本	4.4	35.1	4,279.9	1.4	4.0	0.5	3.8	-5.7	0.6	
カザフスタン	22.4	15.7	0.9	1.8	28.5	5.6	5.0	11.4	7.7	
ケニア	5.3	1.8	6.3	1.2	2.5	7.5	8.0	-5.5	6.1	
北朝鮮	2.8	50.3	32.6	1.7	10.0	6.0	7.0	-7.3	-0.7	
マダガスカル	3.0	30.6	47.5	1.2	2.1	-4.1	1.1	-26.2	-0.5	
マラウイ	2.6	2.2	3.6	1.4	7.5	-0.1	2.4	-31.3	-3.0	
マリ	4.8	4.9	0.6	1.7	16.1	8.4	3.8	-35.6	-9.6	
メキシコ	25.0	22.8	535.5	1.6	16.8	-7.2	1.6	-35.4	-0.5	
モロッコ	8.5	15.4	6.9	2.1	21.1	-16.8	5.3	-39.0	-25.2	
モザンビーク	4.4	2.6	4.6	1.3	5.9	-2.7	1.4	-21.7	-10.4	
ミャンマー	10.1	17.0	1,862.4	1.3	8.6	1.9	3.7	-39.3	-15.4	
ネパール	2.4	47.1	43.7	1.7	21.8	3.6	4.9	-17.3	-10.6	
ニジェール	14.5	0.5	0.9	1.6	16.1	5.6	2.5	-34.1	-1.7	
ナイジェリア	32.0	0.8	24.8	1.3	4.1	0.6	1.1	-18.5	-9.9	
パキスタン	21.3	82.0	214.2	1.8	19.8	-3.0	3.5	-30.4	-32.9	
ペルー	3.7	27.8	271.8	1.5	5.0	1.2	3.3	-30.6	0.6	
フィリピン	5.7	14.5	1,371.4	1.2	1.3	2.1	1.7	-23.4	-14.3	
ポーランド	12.1	..	15.0	1.7	21.6	1.8	4.4	-4.7	16.7	
ルーマニア	9.3	5.8	22.5	1.7	28.9	-4.2	5.3	-6.6	-8.1	
ロシア	121.8	3.7	326.1	2.2	29.5	8.8	5.5	-7.7	11.0	
サウジアラビア	3.5	42.7	186.4	1.8	13.9	-10.5	1.8	-21.9	-28.3	
セネガル	2.6	4.8	0.2	1.6	6.0	-1.9	3.1	-51.9	-19.3	
南アフリカ	14.8	9.5	33.3	1.5	9.5	-4.5	1.4	-33.4	-5.2	
スペイン	13.7	20.3	384.2	1.6	15.2	-11.9	0.9	-8.9	-1.3	
スーダン	19.4	10.2	3.8	1.6	9.5	-0.6	-0.1	-56.1	-7.0	
スウェーデン	2.7	4.3	21.4	1.8	22.0	5.1	5.3	..	19.8	
シリア	4.9	24.3	24.8	1.7	23.4	-13.6	3.7	-27.0	-4.5	
タンザニア	9.2	1.8	0.1	1.3	2.3	4.4	6.0	-24.2	-2.0	
タイ	14.2	28.2	2,432.8	1.2	8.1	2.7	2.2	-26.2	-15.9	
トーゴ	2.5	0.3	12.0	1.3	1.5	-2.0	-0.5	..	-14.0	
トルコ	23.8	20.0	64.6	1.7	24.3	-10.2	1.0	-16.2	-1.0	
ウガンダ	5.4	0.1	115.7	1.3	1.7	3.4	6.6	-16.8	-5.0	
ウクライナ	32.5	6.6	76.9	1.7	28.5	-0.7	4.0	-5.2	-7.4	
イギリス	5.7	3.0	927.9	1.1	5.1	2.5	3.7	-3.9	3.2	
アメリカ	174.4	12.5	944.6	1.8	24.4	2.7	4.0	-5.9	-1.7	
ウズベキスタン	4.7	84.9	2.4	1.7	21.5	-0.1	3.4	-12.1	-2.8	
ベネズエラ	2.7	16.9	65.8	1.6	10.3	-6.4	1.1	-31.9	-9.8	
ベトナム	6.6	33.7	4,544.8	1.2	7.3	3.6	1.7	-15.1	-11.4	
ザンビア	5.3	2.9	8.7	1.5	8.1	0.6	3.9	-39.6	1.3	
ジンバブエ	3.2	5.2	5.1	1.5	12.3	-3.7	4.8	-37.9	-10.6	

a. 指定期間中における変化率 (%)。



表 A6 国富

国富総計 (1人当たり, ドル)	人工資本・ 市街地			無形資本 (1人当たり, ドル)	自然資本 (1人当たり, ドル)	牧草地 (1人当たり, ドル)	耕作地 (1人当たり, ドル)	保護地域 (1人当たり, ドル)	非木材森林 資源		
	市街地								木材資源 (1人当たり, ドル)	地下資産 (1人当たり, ドル)	
	(1人当たり, ドル)	(1人当たり, ドル)	(1人当たり, ドル)								
2000年	2000年	2000年	2000年	2000年	2000年	2000年	2000年	2000年	2000年	2000年	
アルジェリア	18,491	8,709	-3,418	13,200	426	859	161	16	68	11,670	
アルゼンチン	139,232	19,111	109,809	10,312	2,754	3,632	350	219	105	3,253	
オーストラリア	371,031	58,179	288,686	24,167	5,590	4,365	1,421	551	748	11,491	
オーストリア	493,080	73,118	412,789	7,174	2,008	1,298	2,410	144	829	485	
バングラデシュ	6,000	817	4,221	961	52	810	9	2	4	83	
ベルギー	451,714	60,561	388,123	3,030	2,161	575	0	20	254	20	
ボリビア	18,141	2,110	11,248	4,783	541	1,550	232	1,426	100	934	
ブラジル	86,922	9,643	70,528	6,752	1,311	1,998	402	724	609	1,708	
ブルガリア	25,256	5,303	16,505	3,448	1,108	1,650	217	102	126	244	
ブルキナファソ	5,087	821	3,047	1,219	191	547	100	142	239	0	
カメルーン	10,753	1,749	4,271	4,733	179	2,748	187	357	348	914	
カナダ	324,979	54,226	235,982	34,771	1,631	2,829	5,756	1,264	4,724	18,566	
チャド	4,458	289	2,307	1,861	316	787	80	366	311	0	
チリ	77,726	10,688	56,094	10,944	1,001	2,443	1,095	231	986	5,188	
中国	9,387	2,956	4,208	2,223	146	1,404	27	29	106	511	
コロンビア	44,660	4,872	33,241	6,547	978	1,911	253	266	134	3,006	
コートジボワール	14,243	997	10,125	3,121	72	2,568	11	102	367	2	
ドミニカ共和国	33,410	5,723	24,511	3,176	386	1,980	461	37	27	286	
エクアドル	33,745	2,841	17,788	13,117	1,065	5,263	1,057	193	335	5,205	
エジプト	21,879	3,897	14,734	3,249	0	1,705	0	0	0	1,544	
エチオピア	1,965	177	992	796	197	353	167	16	63	0	
フランス	468,024	57,814	403,874	6,335	2,091	2,747	1,026	77	307	87	
ドイツ	496,447	68,678	423,323	4,445	1,586	1,176	1,113	39	263	269	
ガーナ	10,365	686	8,343	1,336	43	855	7	76	290	65	
ギリシア	236,972	28,973	203,445	4,554	573	3,424	57	101	82	318	
グアテマラ	30,480	3,098	24,411	2,971	218	1,697	181	57	517	301	
ハイチ	8,235	601	6,840	793	112	668	3	3	8	0	
ハンガリー	77,072	15,480	56,645	4,947	1,131	2,721	366	42	152	536	
インド	6,820	1,154	3,738	1,928	192	1,340	122	14	59	201	
インドネシア	13,869	2,382	8,015	3,472	50	1,245	167	115	346	1,549	
イラン	24,023	3,336	6,581	14,105	611	1,989	109	26	0	11,370	
イタリア	372,666	51,943	316,045	4,678	1,083	2,639	543	51	0	361	
日本	493,241	150,258	341,470	1,513	316	710	364	56	38	28	
ケニア	6,609	868	4,374	1,368	529	361	113	129	235	1	
韓国	141,282	31,399	107,864	2,020	275	1,241	441	30	0	33	
マダガスカル	5,020	395	2,944	1,681	345	955	36	171	174	0	
マラウイ	5,200	542	3,873	785	45	474	26	56	184	0	
マレーシア	46,687	13,065	24,520	9,103	24	1,369	161	188	438	6,922	
マリ	5,241	621	2,463	2,157	295	1,420	44	276	121	0	
メキシコ	61,872	18,959	34,420	8,493	721	1,195	176	128	199	6,075	
モロッコ	22,965	3,435	17,926	1,604	453	993	7	24	22	106	
モザンビーク	4,232	478	2,695	1,059	57	261	9	392	340	0	
ネパール	3,802	609	1,964	1,229	111	767	81	38	233	0	
オランダ	421,389	62,428	352,222	6,739	3,090	1,035	527	7	27	2,053	
ニジェール	3,695	286	1,434	1,975	187	1,598	152	28	9	1	
ナイジェリア	2,748	667	-1,959	4,040	78	1,022	6	24	270	2,639	
パキスタン	7,871	975	5,529	1,368	448	549	94	4	7	265	
ペルー	39,046	5,562	29,908	3,575	341	1,480	98	570	153	934	
フィリピン	19,351	2,673	15,129	1,549	45	1,308	59	17	90	30	
ボリトガル	207,477	31,011	172,837	3,629	934	1,724	385	107	438	41	
ルーマニア	29,113	8,495	16,110	4,508	1,154	1,602	175	65	290	1,222	
ロシア	38,709	15,593	5,900	17,217	1,342	1,262	1,317	1,228	292	11,777	
ルワンダ	5,670	549	3,055	2,066	98	1,849	27	9	81	2	
セネガル	10,167	975	7,920	1,272	196	608	78	147	238	4	
南アフリカ	59,629	7,270	48,959	3,400	637	1,238	51	46	310	1,118	
スペイン	261,205	39,531	217,300	4,374	971	2,806	360	105	81	50	
スリランカ	14,731	2,710	11,204	817	84	485	166	24	58	0	
スウェーデン	513,424	58,331	447,143	7,950	1,676	1,120	1,549	908	2,434	263	
シリア	10,419	3,292	-1,598	8,725	730	1,255	0	6	0	6,734	
タイ	35,854	7,624	24,294	3,936	96	2,370	855	55	92	469	
チュニジア	36,537	6,270	26,328	3,939	736	1,546	8	12	27	1,610	
トルコ	47,859	8,580	35,774	3,504	861	2,270	86	34	64	190	
イギリス	408,753	55,239	346,347	7,167	1,291	583	495	14	44	4,739	
アメリカ	512,612	79,851	418,009	14,752	1,665	2,752	1,651	238	1,341	7,106	
ベネズエラ	45,196	13,627	4,342	27,227	581	1,086	1,793	464	0	23,302	
ザンビア	6,564	694	4,091	1,779	98	477	78	716	276	134	
ジンバブエ	9,612	1,377	6,704	1,531	258	350	70	341	211	301	
世界全体	95,860	16,850	74,998	4,011	536	1,496	322	104	252	1,302	
低所得国	7,532	1,174	4,434	1,925	189	1,143	111	48	109	325	
中所得国	27,616	5,347	18,773	3,426	407	1,583	129	120	169	1,089	
高所得国 (OECD)	439,063	76,193	353,339	9,531	1,552	2,008	1,215	183	747	3,825	

表 A7 革新, 研究, 及び開発

	研究開発支出	R&D 研究者	三極国際特許	知識経済	最新技術の 入手可能性	企業レベルの 技術吸収力
	(対 GDP 比, %)	(100 万人当たり)	(100 万人当たり)	(指数)	(指数)	(指数)
	2005-06 年 <sup>a</sup>	2005-06 年 <sup>a</sup>	2005 年	2008 年	2008-09 年 <sup>a</sup>	2007-09 年 <sup>a</sup>
オーストリア	2.4	3,473	39.7	8.9	6.2	6.2
ベルギー	1.9	3,188	34.4	8.7	6.1	5.5
カナダ	2.0	..	24.0	9.2	6.2	5.6
中国	1.3	..	0.3	4.4	4.2	5.1
チェコ	1.4	2,371	..	7.8	5.1	5.4
デンマーク	2.5	5,202	42.2	9.6	6.5	6.2
エストニア	0.9	2,478	..	8.3	5.8	5.5
フィンランド	3.5	7,545	53.0	9.4	6.6	6.1
フランス	2.1	3,353	39.4	8.5	6.2	5.6
ドイツ	2.5	3,359	76.4	8.9	6.2	6.0
ギリシア	0.5	1,744	..	7.4	4.7	4.4
ハンガリー	0.9	1,574	4.1	7.9	4.7	4.7
アイスランド	2.8	7,287	..	8.9	6.7	6.6
インド	..	..	0.1	3.1	5.2	5.5
アイルランド	1.3	2,797	15.0	8.9	5.5	5.5
イスラエル	4.5	..	60.3	8.2	6.1	6.0
イタリア	1.1	1,407	12.3	7.9	4.7	4.6
日本	3.3	5,512	117.2	8.6	6.2	6.3
韓国	3.0	3,756	58.4	7.7	5.8	5.8
クウェート	..	74	..	6.0	5.4	5.5
リトアニア	0.8	2,230	..	7.7	5.0	5.0
ルクセンブルク	1.6	4,877	50.5	8.7	5.7	5.5
マケドニア	0.2	547	..	5.3	3.6	3.4
オランダ	1.7	2,477	66.9	9.3	6.2	5.5
ニュージーランド	1.2	4,207	15.3	8.9	..	5.5
ノルウェー	1.5	4,668	25.6	9.3	6.4	6.1
ポーランド	0.1	1,627	..	7.4	4.4	4.7
ポルトガル	..	2,007	..	7.5	5.7	5.4
ロシア	1.1	3,227	0.4	5.4	3.9	4.1
シンガポール	2.4	5,497	24.3	8.2	6.2	6.0
スロバキア	0.5	2,027	..	7.3	5.1	5.4
スロベニア	1.5	2,627	..	8.3	5.1	4.9
南アフリカ	0.9	361	0.6	5.6	5.4	5.5
スペイン	1.1	2,528	4.5	8.2	5.2	5.0
スウェーデン	3.9	6,095	81.0	9.5	6.6	6.2
スイス	..	..	107.6	9.2	6.4	6.2
チュニジア	1.0	1,450	..	4.7	5.4	5.4
ウクライナ	1.0	..	..	5.8	4.2	4.5
イギリス	1.8	2,995	27.4	9.1	6.2	5.6
アメリカ	2.6	4,651	53.1	9.1	6.5	6.3

注：表中の 40 カ国は 6 つの変数のうち少なくとも 4 つについてのデータ入手可能性に基づく選定。

a. データは入手可能な最近年のもの。

## 出典と定義

表 A1 エネルギー関連の排出

列	指標	注
1, 2	年間計 (100 万ドル)	エネルギー部門 (発電及び熱生産を含む)、製造業、建設、ガスフレアリング、輸送、その他産業からの CO <sub>2</sub> 総排出は WRI 2008 に基づく。生産工程 (主にセメント生産) からの排出は世界のエネルギー関連 CO <sub>2</sub> 排出の約 4% を占めているが、この値は含まれていない。エネルギー部門で世界の年間 CO <sub>2</sub> 排出の 96% を占める 65 カ国にかかわる本表の作成においては、2005 年の年間 CO <sub>2</sub> 総排出を利用。集計値は全 210 カ国を対象にしているリストに基づく。
2, 3	変化率 (%)	1990 (基準年) - 2005 年におけるエネルギー関連 CO <sub>2</sub> 排出の変化率。
4, 5	1 人当たり (t)	年間排出を年央人口 (World Bank 2009) で割算し、1 人当たりの t で表示。
6	年間世界計に占める割合 (%)	世界のエネルギー関連 CO <sub>2</sub> 排出のうち、ある国、所得グループ、あるいは地域に帰せられるシェア。
7	1850 年以降の累積的排出 (100 万 t)	1850-2005 年の累積的 CO <sub>2</sub> 排出は DOE 2009 に基づく。排出源には固形、液体、及びガス状の燃料の燃焼に加えて、セメント生産とガスフレアリングが含まれる。歴史的な一貫性のために、燃料消費ではなく燃料生産のデータを使用。CO <sub>2</sub> 排出には廃棄物、農業、土地利用変化、国際輸送で使われるバンカー燃料に由来する排出は含まれていない。累積的排出はデータの入手可能性に応じて異なっている。排出の多い 25 カ国の大半に関するデータは 1850 年に始まっているが、それより少ない諸国と島嶼諸国のデータの開始年は 1900-50 年の間となっている。
8, 9	非 CO <sub>2</sub> 排出年間計 (CO <sub>2</sub> e100 万 t)	エネルギー部門からのメタン (CH <sub>4</sub> ) と一酸化二窒素 (N <sub>2</sub> O) の総排出 (CO <sub>2</sub> e 表示) は WRI 2008 に基づく。この指標はバイオマス燃焼、石油・天然ガスのシステム、石炭採掘、その他の静止資源及び移動資源からの排出を含む。CO <sub>2</sub> e は温室効果ガスの混合物の量をそれと同じ温暖化をもたらす CO <sub>2</sub> の量で表示したもの (用語解説を参照)。
10, 11	エネルギーの炭素排出原単位 (石油換算 1t 当たりの CO <sub>2</sub> t)	二酸化炭素排出のエネルギー生産に対する比率。この比率はエネルギー生産のグリーンさを測定するもので、石油換算 (IEA 2008a, 2008b) 1t 当たりの CO <sub>2</sub> t (WRI 2008) で表示。
12, 13	所得の炭素排出原単位 (GDP 1,000 ドル [PPP] 当たりの CO <sub>2</sub> t)	二酸化炭素排出の国内総生産 (GDP) に対する比率。この測定は経済のグリーンさの指標であり、GDP1,000 ドル [PPP] 当たりの CO <sub>2</sub> t で表示。排出は WDI 2008、GDP は World Bank 2009 に基づく。

表 A2 土地ベースの排出 (表 A2a 森林の減少による CO<sub>2</sub> の排出)

列	指標	注
1, 2	年平均 CO <sub>2</sub> 排出 (100 万 t) および順位	森林伐採に伴う CO <sub>2</sub> 排出の推定値は Houghton 2009 に基づいているが、それは 2005 UN Forest Resources Assessment (FAO 2005) による熱帯の森林被覆変化に関する推定値から導出されている。森林伐採に伴う CO <sub>2</sub> 排出の推定値は時期によって、また、不確実なデータの結果として異なっている。すなわち、伐採率の推定値、及び他の用途に転換された森林における炭素ストックの推定値は一定ではない。年ごとの傾向と測定の不確実性を調整するために、本表の数字は 1990-2005 年における年平均排出に基づく。表に示されている 2005 年に森林伐採に伴う CO <sub>2</sub> 排出に対する寄与率でみて値の大きい 25 カ国は、世界合計の約 95% を占めている。高所得国による正味の森林伐採はほとんどゼロないし若干のマイナスと推定されている。順位は 1990-2005 年の年平均排出に基づく。
3, 4	1 人当たり CO <sub>2</sub> 排出 (t) および順位	森林伐採に伴う年平均排出を年央人口で割算して 1 人当たりの CO <sub>2</sub> で表示。人口は World Bank 2009 に基づく。1 人当たり排出の順位は 186 カ国に基づく (第 1 章の図 1.1 を参照)。
5	世界計に占める平均割合 (%)	1990-2005 年の年平均排出に基づく CO <sub>2</sub> 排出が世界の森林伐採に伴う排出に占めるシェア。

表 A2 土地ベースの排出 (表 A2b 農業による非 CO<sub>2</sub> 排出)

列	指標	注
1,2	年間排出 (CO <sub>2</sub> e 100 万 t)	農業部門からのメタンと一酸化二窒素の総排出を CO <sub>2</sub> e で測定したもので、WRI 2008 に基づく。CO <sub>2</sub> e は温室効果ガスの混合物の量をそれと同じ温暖化をもたらす CO <sub>2</sub> の量で表示したもの (用語解説を参照)。農業部門の排出は主としてコメ栽培、農業土壌、堆肥管理、家畜の腸内発酵 (げっぶ) から発生する。農業部門における燃料の燃焼に関連した CO <sub>2</sub> は、炭素の発生源と吸収源に関する IPCC の分類と整合性を保つために、農業部門ではなくエネルギー部門に含まれている。本表に掲載されている農業排出への関与でみて上位 25 カ国は、世界全体の約 70% を占めている。
3	世界全体に占める割合 (%)	ある国及び地域が農業部門に由来する世界の総排出に占めるシェア。
4-7	1 人当たり排出 (CO <sub>2</sub> e t) および順位	農業部門の年間排出を 1990 年と 2005 年の年央人口 (World Bank 2009) で割算して、1 人当たり CO <sub>2</sub> e で表示。1 人当たり排出の順位は 200 カ国以上に達するフルセットのデータに基づく。

表 A3 一次エネルギー総供給

列	指標	注
1,2	年間一次エネルギー総供給 (石油換算 100 万 t)	一次エネルギー総供給 (TPES) は商業的なエネルギーの尺度。TPES は現地生産、輸入、及び在庫変化の合計から、輸出・国際海洋バンカー油を控除したものに。TPES のなかで化石燃料のシェアが低下して再生可能エネルギーのシェアが上昇する場合、それは各国がグリーン経済に向かう軌道に乗っている指標になる。OECD と非 OECD の合計 135 カ国のデータは、それぞれ IEA 2008a, IEA 2008b に基づく。
3-5	化石燃料が TPES に占める割合 (%)	石炭や石油、天然ガスなどの化石燃料から得られた総一次エネルギーの割合。石炭は石炭と同製品を含む (IEA 2008a, 2008b)。石油は原油、液化天然ガス液、原料油、及び石油製品を含む。天然ガスは天然ガスだけを含む。
6,7	再生可能エネルギーが TPES に占める割合 (%)	水力、太陽エネルギー、風力、地熱、バイオマス、廃棄物から得られた総一次エネルギーの割合 (IEA 2008a, 2008b)。伝統的な燃料ともいわれるバイオマスは動植物物質で構成されている (木、野菜ゴミ、エタノール、動物物質 / 廃棄物、亜硫酸塩灰汁など)。廃棄物は都市廃棄物 (住宅や商業、公共サービスの各部門が生み出す廃棄物で、地方自治体によって収集されて、熱ないし電力を生産するために集中的に処理される) と産業廃棄物で構成されている。
8	原子力が TPES に占める割合 (%)	原子力から得られる総エネルギーの割合 (IEA 2008a, 2008b)。
9,10	1 人当たり電力消費 (kWh)	1 人当たり電力消費は国と地域の発電量を平均 kWh を測定したもので、IEA 2008c, 2008d に基づく。官民の発電所や熱併給発電所に加えて、原子力、水力 (揚水式発電は除く)、地熱、太陽光など再生可能エネルギーによる発電を含む。ここでは化学的なプロセスからの熱で生産された電力は含まれていない。電力消費は生産と輸入の合計から輸出と配電損失を控除したものに等しい。
11	電気普及率 (%)	2000-06 年に電気が利用可能であった人口の割合。IEA (2000, 2006) に基づく。



表 A4 自然災害

列	指標	注
1,2	死者 (人数)	災害 (早魃, 洪水, 嵐など) 時に死亡が確認された人と行方不明で死亡が推定される人 (入手可能な場合は公式の数字) の数. CRED 2009 に基づく. 数字は 1971-2008 年の年平均.
3-5	被害者 (1,000 人)	災害 (早魃, 洪水, 嵐など) 時に負傷した人, 家を失った人, 緊急援助を必要とする人などの数. CRED 2009 に基づき, 転居ないし避難を余儀なくされた人を含むこともある. 数字は 1971-2008 年の年平均.
6,7	経済的損失 (1,000 ドル)	災害がもたらした推定損害額のドル金額. CRED 2009 に基づく. 数字は 1971-2008 年の年平均損害.
8	事象当たり最大の損失 (対 GDP 比, %)	1961-2008 年に事象の襲来が遅かった, あるいは速かったために, 単一で最大の損失をもたらした事象による損害額の推定値 (Mechler 他 2009). 表に掲載されているのは該当期間中に, 少なくとも 1 回の災害による損失が対 GDP 比で 8% を超過したことのある諸国. 事象当たり最大の損失は, 1 つの事象によるドル表示の損失総額 (CRED 2009) を GDP (World Bank 2009) で割算したものと定義されている.
9	沿岸線 (km)	土地 (島を含む) と海の境界の総延長 (CIA 2009).
10	低地沿岸地帯の人口 (%)	低地沿岸地帯 (沿岸に続く海拔 10m 未満の土地と定義される) に住んでいる人口の割合 (CIESIN 2006).
11	低地沿岸地帯の面積 (%)	低地沿岸地帯 (沿岸に続く海拔 10m 未満の土地と定義される) の面積の割合 (CIESIN 2006).

表 A5 土地, 水, 及び気候変動について予測されている影響

列	指標	注
1	耕地 (100 万 ha)	耕地とは毎回の収穫の後で, 小麦やトウモロコシ, コメのような作物を再び栽培するのに適している土地. World Bank 2009 に基づく.
2	灌漑地の割合 (対耕地比, %)	灌漑されている耕作地の割合 (World Bank 2009).
3	水産養殖生産 (100 万ドル)	水産養殖生産は魚や軟体動物, 甲殻類, 水生植物など水生有機体を養殖するもので, 水環境としては淡水や海水, 汽水があり, 場所としては内水域と海水域の両方がある. 水産養殖生産は具体的に水産養殖活動からの産出をさし, 消費向けの最終漁獲として指定されている.
4-7	予測されている物理的な影響	21 世紀半ばまでに予測されている気候変動の物理的な影響. 主な指標としては, 年平均気温の変化, 降水の量や強度の変化, 熱波持続期間の変化などがある. このような予測の推定値は IPCC の第 4 次評価報告書のために使われた 19 個の一般循環モデルの集合平均を示す (IPCC 2007). 変化は 1980-99 年との対比でみた 2030-49 年という将来の時期について推計されている. 指標は各国について空間加重平均値である.
8,9	予測されている農業への影響	2000-80 年における農業産出 (1ha 当たりの収入として定義) の変化率は, Cline 2007 の「好ましい推計値」に基づく. 収量への影響は Müller 他 2009 に基づき, 小麦, コメ, 雑穀, エンドウ豆, テンサイ, サツマイモ, 大豆, 南京豆, ヒマワリ, 菜種にかかわる 2000-50 年における作物収量の平均変化率として定義されている.

表 A6 国富

列	指標	注
1	国富総計（1人当たりドル）	各国が過去に生産した富の集計値。すべての財、資源、サービスの価値を反映している。自然資本、生産した資本、無形資本を含む。自然資本の下位分類には森林や土壌、農業資源が含まれ、それは当該国の天然資源に対する依存度と気候変動に対する脆弱性を示す。すべての指標は1人当たりのドル金額で表示されているが、それは総額を年央人口（World Bank 2005）で割算したものである。
2	人工資本（1人当たりドル）	人工資本には機械、機器、構造物、市街地が含まれる。
3	無形資本	無形資本には生身の労働、人的資本、社会的資本、制度の質などその他の要因が含まれる。国富総計と生産物および自然資本の合計の相違という残差として算出される。
4	自然資本（1人当たりドル）	自然資本にはエネルギー資源（石油、天然ガス、無煙炭、褐炭など）、鉱物資源（ボーキサイト、銅、金、鉄、鉛、ニッケル、リン酸塩、銀、錫、亜鉛など）、木材資源、非木材森林資源、耕地、牧草地、保護地域が含まれる。
5	牧草地（1人当たりドル）	牧草地と関連した自然資本で、財を生産するための牧草地の年間価値を反映している。牧草地の収益率は産出金額（国際価格で評価した牛肉、羊肉、牛乳、羊毛の生産に基づく）の45%と想定されている。
6	耕作地（1人当たりドル）	耕作地に関連した自然資本は利用可能な耕作地に基づいた農業生産の年間価値を反映している。耕作地の収益率は作物の市場価値と作物固有の生産コストの差として算出されている。
7	保護地域（1人当たりドル）	保護地域に関連した自然資本は保護地域に関連した利益の年間価値を反映したもので、レクリエーションの価値や観光、存在の価値などが含まれる。
8	非木材森林資源（1人当たりドル）	非木材森林利益には小規模な森林製品、狩猟、レクリエーション、及び流域保護が含まれる。年間利益は各国の森林面積の10分の1はアクセス可能で、先進国で1ha当たり190ドルから、途上国では同145ドルの範囲の利益をもたらすという前提で算出されている。
9	木材資源（1人当たりドル）	木材資源は針葉樹および非針葉樹の丸材（未加工の木材）生産に基づく。立木の価値を推計するには市場価値が使われるので、木材供給に利用可能な森林とそうでない森林の区別がなされている。木材供給に利用可能な森林の面積はインフラから50km以内と定義されている。
10	地下資源（1人当たりドル）	地下資源は地表の上または下に所在している鉱物の確認埋蔵量であり、技術と相対価格を所与として経済的に採取可能なものをいう。

表 A7 革新、研究、及び開発

列	指標	注
1	研究開発支出（対GDP比、%）	研究開発（R&D）支出とは、知識（人類、文化、社会に関する知識や、新しい応用への知識の利用を含む）を増やすために体系的に行われている創造的な仕事に対する経常支出および資本支出（官民の両方）である。R&Dには基礎研究や応用研究、実験の開発が含まれる。R&D支出のシェアはR&D総支出をある年のGDPで割算したもので、世界銀行のデータに基づく。
2	R&D研究者（100万人当たり）	R&D研究者の数は人口100万人当たりで表示。
3	三極国際特許（100万人当たり）	単一の発明について欧州特許庁、日本特許庁、アメリカ特許商標庁によって付与された1組の特許と定義されている。特許申請件数や1人当たりの特許数にかかわる優れた指標である（OECD 2008）。
4	知識経済指数	知識経済指数（World Bank 2008）はWorld Bank Knowledge Assessment Methodology 2008（KAIM）に基づいた集計値の指数であり、ある国や地域が知識経済に向けて総合的に準備ができていることを示す。KEIという指数は4つの下位指数の単純な平均で産出される。ここで4つの下位指数は、以下の知識経済に関する4つの中心的な基準を表現したものである。1：経済的インセンティブと制度的なレジーム、2：教育と訓練、3：革新と技術の採用、4：情報通信インフラ。
5	最新技術の入手可能性	当該国で最新技術の入手可能性を定義する指数。同指数には1（技術が広く入手可能となっておらず使われてもいない）から7（技術が広く入手可能で使われている）までの範囲がある。すべての諸国を含んでいるリストはWorld Economic Forum 2009を参照。
6	企業レベルの技術吸収力指数	当該国の新しい技術を吸収する能力を定義する指数。同指数には1（技術を吸収できない）から7（新技術の吸収に積極的である）までの範囲がある。すべての諸国を含んでいるリストはWorld Economic Forum 2009を参照。

## 記号と集計値

「..」は、データが入手不可能、あるいは、記載されている年に該当するデータが入手できないために集計値の計算ができないことを示している。

0,0,0 は、値がゼロであるか、あるいは、表示されている単位の半分未満の値であることを示している。

地域、あるいは所得層に対する集計値は、値が同じ基準で測られている場合は単純な加算（和）によって計算されている。集計値の比は、加重平均として計算されている。

集計値の測定は、対象となる経済集団に対する合計値（データ入手不可あるいはデータを提供していない国があるために集計値が推定値を含んでいる場合は t と表記して区別される、データが入手可能であるために集計値が単純な合計値で計算されている場合は s と表記して区別される）、加重平均（w）、あるいは中央値（m）である。主要な表に含まれていない国のデータは、総計値の計算においては考慮に入られている。

## 記号と集計値

- CIA. 2009. "The World Factbook 2009." Washington, DC: Central Intelligence Agency. Available at <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html> (accessed July 2009).
- CIESIN. 2006. "Low Elevation Coastal Zone (LECZ) Urban-Rural Estimates, Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP), Alpha Version." Palisades, NY: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. Available at <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lec2> (accessed July 2009).
- Cline, W. R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- CRED. 2008. "EM-DAT: The OFDA/CRED International Emergency Disaster Database." Brussels, Belgium: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Université Catholique de Louvain - Ecole de Santé Publique.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." DOE, Oak Ridge, TN.
- FAO. 2009. "Global Aquaculture Production 1950–2007." Rome, Italy: UN Food and Agriculture Organization Fisheries and Aquaculture Department. Available at <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en> (accessed July 2009).
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- IEA (International Energy Agency). 2002. *World Energy Outlook 2002*. Paris: IEA.
- . 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: IEA.
- . 2008a. *Energy Balances of Non-OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008b. *Energy Balances of OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008c. *Energy Statistics of Non-OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008d. *Energy Statistics of OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- Mechler, R., S. Hochrainer, G. Pflug, K. Williges, and A. Lotsch. 2009. "Assessing the Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards." Background paper for the WDR 2010.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR 2010.
- OECD. 2008. *Compendium of Patent Statistics 2008*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- . 2009. "OECD Science and Technology Database - Main Science and Technology Indicators." Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development. Available at <http://www.sourceoecd.org> (accessed July 2009).
- World Bank. 2005. *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008. "Knowledge Assessment Methodology - Knowledge Economy Index (KEI)." Washington, DC: World Bank. Available at [http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM\\_page5.asp](http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp) (accessed August 2009).
- . 2009. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- World Economic Forum. 2009. *Global Information Technology Report 2008–2009*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- WRI. 2008. "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC: World Resources Institute.

## 主要世界開発指標

本年度版の主要世界開発指標では比較可能な社会経済データを示す5つの表によって、130カ国以上にかかわる開発データを示した。データは可能なかぎり最新年のものであるが、前年分を示した指標もなかにはある。データが乏しい、あるいは人口が300万人未満の78カ国については、基礎データだけを追加表に示した。

ここに示した指標は *World Development Indicators 2009* に掲載されている800以上の指標から選択したものである。毎年刊行されている *World Development Indicators* (WDI) は開発プロセスを包括的にみるためのものである。WDIの6つのセクションでは、ミレニアム開発目標の進捗状況と人的資本の開発、環境の持続可能性、マクロ経済パフォーマンス、民間部門の開発と投資環境、および開発の外部環境に影響するグローバルな結びつきなど、さまざまな要因の役割が検討されている。本年の貧困に関する表(表2)には1日1.25ドルと同2ドルという国際的な貧困線を使った推定値が含まれていることに留意していただきたい。これは2005年を基準とする新しい購買力平価(PPP)推定値に基づいたものである。

これとは別に公表されているデータベースでは、227の国や地域に関して800以上の時系列指標にアクセス可能で、*World Development Indicators* を補完するものとなっている。このデータベースは電子購読(WDI Online)、あるいはCD-ROM版で利用可能である。

### データの出典と方法

ここに示した社会経済データや環境データは、世界銀行が収集した一次データ、加盟国の統計出版物、研究機関、国連とその専門機関、IMF、およびOECDなどの国際機関に依拠している(完璧なリストに関してはテクニカル・ノートのなかの出典を参照)。各国や国際機関の統計のほとんどは、対象、定義、分類に関して国際基準を適用しているものの、基礎データの収集と編集に割くことができる能力と資源には相違があるため、適時性や信頼性に格差が生じることは避けられない。テーマによっては、より信頼できるデータを掲載するために、世界銀行スタッフが出典の異なる競合するデータを吟味する必要がある。利用可能なデータが、水準や傾向について信頼できる測定値とするには根拠薄弱な場合、あるいは国際基準への準拠が不十分な場合には、データを掲載しなかった。

掲載データは *World Development Indicators 2009* とほぼ一致している。しかし、新しいデータが入手できた場合には、データは修正ないし更新されている。時系列の修正や方法の変更が理由で、相違が生じていることもある。したがって、世界銀行の刊行物でも版が違えば、データそのものの年代が異なる。異なる刊行物、あるいは同一刊行物の版が異なるものから時系列データを取り出すことは

避けるほうがよい。一貫性のある時系列データは、*World Development Indicators 2009* のCD-ROM版やWDI Onlineで入手可能である。

特記がない限り、すべてのドル表示は現在の米ドルによる。各国通貨の数値を換算する際に使用した各種方法については、テクニカル・ノートで説明している。

世界銀行の主要業務は低および中所得国に対して融資や政策助言を提供することにあるため、表が対象としている問題は主としてこのような諸国に焦点を当てている。高所得国に関する情報も、それが入手可能などときには比較のために掲載している。これら高所得国に関してさらに詳しい情報を知りたい場合は、各国の統計刊行物、およびOECDやEUの出版物を参照することを推奨する。

### 国の分類と総括値

各表の末尾にある総括値には、上部に掲載されている諸国が1人当たり所得や地域ごとに分類されて含まれている。2008年の1人当たりGNIに基づいて、975ドル以下が低所得国、976-11,905ドルが中所得国、11,906ドル以上が高所得国という分類がなされている。1人当たりGNIが3,855ドルの水準で、さらに低位中所得国と高位中所得国の区別がなされている。1人当たり所得に基づく国の分類は毎年行われているため、各所得グループに含まれる国の構成も毎年変化している可能性がある。このような分類の変更が最新の推計値に基づいて行われた場合には、新しい所得分類に基づく集計値は過去に遡及して再計算されているため、時系列データのー貫性は確保されている。本報告書の各グループに含まれる諸国(人口300万人未満の諸国を含む)のリストについては、分類表を参照。

総括値は各グループごとの合計値(データがない場合や報告されていない諸国に関する推定値が含まれていればt、入手データの単純合計ならばsで区別)、加重平均値(w)、あるいは中央値(m)のいずれかである。主要表から除外されている諸国(表6に掲載されている諸国)のデータも、入手可能であればそのデータが、あるいは入手可能な諸国と同じ傾向をたどるとの前提に立った推定値が含まれている。このようにすることにより、各期間について対象国の範囲が標準化され、より一貫性のある集計値が得られる。ただし、欠けている情報が集計値全体の3分の1以上を占めている場合には、グループの総括値は入手不能と表示されている。集計方法の詳細については、テクニカル・ノートのなかの統計手法の節に説明がある。集計値を算出するために用いられたウェイトは、各表の脚注に示されている。



## 用語と対象国

国という用語は政治的な独立性を示唆するものではなく、当局が社会ないし経済について区別して統計を作成している領域をいう。掲載されたデータは2008年現在で成立している経済圏に関するものであり、過去のデータについても現在の政治的な取り決めを反映するよう修正されている。すべての表について、例外があれば注記されている。特記のない限り、中国のデータには香港（中国）、マカオ（中国）、および台湾（中国）は含まれていない。インドネシアのデータには特記のない限り、1999年までは東ティモールが含まれている。モンテネグロは2006年6月3日にセルビア・モンテネグロからの独立を宣言している。入手可能なものについては、各国別々のデータが掲載されている。しかし、セルビアにかかわる一部の指標は2005年までは引き続きモンテネグロの分を含んでいる。そのようなデータには脚注を付けてある。さらに、1999年以降のデータは、ほとんどの指標についてセルビアのなかにあるコソボを除外している。これは1999年の国連安全保障理事会決議1244号に基づいて、コソボが国際管理下にあるためである。これについての例外があれば注記されている。

## テクニカル・ノート

データの質や各国間比較にはしばしば問題があるため、テクニカル・ノート、地域・所得による国の分類、および各表の脚注を参考。さらに詳しい説明については、*World Development Indicators 2009*を参照。

## 記号

「..」はデータが入手不可能であること、あるいは当該年のデータが欠けているため合計が算出できないことを意味する。

「0または0.0」はゼロまたは表示単位の半分未満であることを意味する。

「/」は2003/04年におけるように、通常は12カ月間に及ぶ時期が2つの暦年にまたがっていることを意味し、収穫年度、調査年度、あるいは財政年度などをさす。

「\$（ドル）」は特記のない限り現行の米ドルを意味する。

「>」は「超（より大きい）」を意味する。

「<」は「未満（より小さい）」を意味する。

## データの表示方法

- 空欄は「該当しない」、あるいは、総括値の場合は「分析的に意味がない」ことを意味する。
- ビリオンは1,000ミリオンである。
- トリリオンは1,000ビリオンである。
- イタリック体の数字は指定されているとは異なる年ないし時期のものであること、あるいは指定されている全期間より短い期間についての成長（増加）率であることをさす。
- 示されている範囲から3年以上乖離している時期に関するデータには脚注が付けられている。

WDI 2009に関する詳しい情報や購入については、オンライン、電話やファックス、あるいは下記で入手できる。

さらに詳しい情報およびオンライン購入について：

<http://www.worldbank.org/data/wdi2009/index.htm>

電話またはファックスによる購入について：

1-800-645-7247 または 703-661-1580; Fax 703-661-1501

郵便による購入について：

The World Bank, P.O. Box 960, Herndon, VA 20172-0960, U.S.A.

世界銀行東京事務所：

〒100-0011

東京都千代田区内幸町2-2-2

富国生命ビル10階

電話：03-3597-6650（代表）

ファックス：03-3597-6695

E-mail：ptokyo@worldbank.org

地域・所得による国の分類 (2010年度)

東アジア・太平洋		ラテンアメリカ・カリブ		南アジア		高所得 OECD	
米領サモア	UMC	アルゼンチン	UMC	アフガニスタン	LIC	オーストラリア	LIC
カンボジア	LIC	ベリーズ	LMC	バングラデシュ	LIC	オーストリア	LIC
中国	LMC	ボリビア	LMC	ブータン	LMC	ベルギー	LMC
フィジー	UMC	ブラジル	UMC	インド	LMC	カナダ	LMC
インドネシア	LMC	チリ	UMC	モルディブ	LMC	チェコ共和国	LMC
キリバス	LMC	コロンビア	UMC	ネパール	LIC	デンマーク	LIC
朝鮮民主主義人民共和国	LIC	コスタリカ	UMC	パキスタン	LMC	フィンランド	LMC
ラオス人民民主共和国	LIC	キューバ	UMC	スリランカ	LMC	フランス	LMC
マレーシア	UMC	ドミニカ	UMC			ドイツ	LIC
マーシャル諸島	LMC	ドミニカ共和国	UMC	<b>サハラ以南アフリカ</b>		ギリシャ	LIC
ミクロネシア連邦	LMC	エクアドル	LMC	アンゴラ	LMC	ハンガリー	LMC
モンゴル	LMC	エルサルバドル	LMC	ベナン	LIC	アイスランド	LIC
ミャンマー	LIC	グレナダ	UMC	ボツワナ	UMC	アイルランド	UMC
パラオ	UMC	グアデマラ	LMC	ブルキナファソ	LIC	イタリア	LIC
パプアニューギニア	LMC	ガイアナ	LMC	ブルンジ	LIC	日本	LIC
フィリピン	LMC	ハイチ	LIC	カメルーン	LMC	大韓民国	LMC
サモア	LMC	ホンジュラス	LMC	カーボベルデ	LMC	ルクセンブルク	LMC
ソロモン諸島	LMC	ジャマイカ	UMC	中央アフリカ共和国	LIC	オランダ	LIC
タイ	LMC	メキシコ	UMC	チャド	LIC	ニュージーランド	LIC
東ティモール	LMC	ニカラグア	LMC	コモロ	LIC	ノルウェー	LIC
トンガ	LMC	パナマ	UMC	コンゴ民主共和国	LIC	ポルトガル	LIC
バヌアツ	LMC	パラグアイ	LMC	コンゴ共和国	LMC	スロバキア共和国	LMC
ベトナム	LIC	ペルー	UMC	コートジボワール	LMC	スペイン	LMC
		セントクリストファー・ネイビス	UMC	エリトリア	LIC	スウェーデン	LIC
		セントルシア	UMC	エチオピア	LIC	スイス	LIC
<b>ヨーロッパ・中央アジア</b>		セントビンセント・グレナディーン諸島	UMC	ガボン	UMC	イギリス	UMC
アルバニア	LMC	セントルシア	UMC	ガンビア	LIC	アメリカ	LIC
アルメニア	LMC	ウルグアイ	UMC	ガーナ	LIC		
アゼルバイジャン	LMC	ベネズエラ・ボリバル共和国	UMC	ギニア	LIC	<b>その他高所得</b>	
ベラルーシ	UMC			ギニアビサウ	LIC	アンドラ	LIC
ボスニア・ヘルツェゴビナ	UMC			ケニア	LIC	アンティグア・バーブーダ	LIC
ブルガリア	UMC	<b>中東アフリカ・北アフリカ</b>		レソト	LMC	アルバ	LMC
グルジア	LMC	アルジェリア	UMC	リベリア	LIC	バハマ	LIC
カザフスタン	UMC	ジブチ	LMC	マダガスカル	LIC	バーレーン	LIC
コンボ	LMC	エジプト・アラブ共和国	LMC	マラウイ	LIC	バルバドス	LIC
キルギス共和国	LIC	イラン・イスラム共和国	LMC	マリ	LIC	バミューダ	LIC
ラトビア	UMC	イラク	LMC	モーリタニア	LIC	ブルネイ	LIC
リトアニア	UMC	ヨルダン	LMC	モーリシャス	UMC	ケイマン諸島	UMC
マケドニア	UMC	レバノン	UMC	マヨット	UMC	チャンネル諸島	UMC
モルドバ	LMC	リビア	LMC	モザンビーク	LIC	クロアチア	LIC
モンテネグロ	UMC	モロッコ	LMC	ナミビア	UMC	キプロス	UMC
ポーランド	UMC	シリア・アラブ共和国	LMC	ニジェール	LIC	赤道ギアナ	LIC
ルーマニア	UMC	チュニジア	LMC	ナイジェリア	LMC	エストニア	LMC
ロシア	UMC	ヨルダン川西岸・ガザ	LMC	ルワンダ	LIC	フェロー諸島	LIC
セルビア	UMC	イエメン共和国	LIC	サントメ・プリンシペ	LMC	仏領ポリネシア	LMC
タジキスタン	LIC			セネガル	LIC	グリーンランド	LIC
トルコ	UMC			セーシェル	UMC	グアム	UMC
トルクメニスタン	LMC			シエラレオネ	LIC	香港 (中国)	LIC
ウクライナ	LMC			ソマリア	LIC	マン島	LIC
ウズベキスタン	LIC			南アフリカ	UMC	イスラエル	UMC
				スーダン	LMC	クウェート	LMC
				スワジランド	LMC	リヒテンシュタイン	LMC
				タンザニア	LIC	マカオ (中国)	LIC
				トーゴ	LIC	マルタ	LIC
				ウガンダ	LIC	モナコ	LIC
				ザンビア	LIC	オランダ領アンティル	LIC
				ジンバブエ	LIC	ニューカレドニア	LIC
						北マリアナ諸島	LIC
						オマーン	LIC
						プエルトリコ	LIC
						カタール	LIC
						サンマリノ	LIC
						サウジアラビア	LIC
						シンガポール	LIC
						スロベニア	LIC
						台湾 (中国)	LIC
						トリニダード・トバゴ	LIC
						アラブ首長国連邦	LIC
						ヴァージン諸島 (米領)	LIC

本表は世界銀行の全加盟国/地域と人口が3万人を超える非加盟国/地域を分類したものである。各国/地域は世界銀行アトラス方式を用いて算出された2008年の1人当たりGNIに基づき、次の各所得グループに分類されている。すなわち、975ドル以下は低所得国(LIC)、976-3,855ドルは低位中所得国(LMC)、3,856-11,905ドルは上位中所得国(UMC)、11,906ドル以上は高所得国とされている。

表1 主要開発指標

	人口				国民総所得 (GIN) <sup>a</sup>		PPP 表示の国民総所得 (GIN) <sup>b</sup>		出生児余命			成人識字率 (対15歳 以上 人口比%) 2007年
	(100万人) 2008年	(平均増 加率%) 2000-08 年	(km <sup>2</sup> 当 たり人口 密度) 2008年	人口の年 齢別構成 0-14 歳 の割合 (%) 2008年	(10億ドル) 2008年	(1人当 たり) 2008年	(10億ドル) 2008年	(1人当 たり) 2008年	1人当 たり 国民総生 産 (GDP) (増加率%) 2007-08年	男 (年数) 2007年	女 (年齢) 2007年	
アフガニスタン	..	..	..	..	9.8	..	30.6 <sup>d</sup>	..	..	..	..	..
アルバニア	3	0.3	115	24	12.1	3,840	25.0	7,950	5.6	73	80	99
アルジェリア	34	1.5	14	28	146.4	4,260	272.8 <sup>d</sup>	7,940 <sup>d</sup>	1.5	71	74	75
アンゴラ	18	2.9	14	45	62.1	3,450	90.5	5,020	11.8	45	49	..
アルゼンチン	40	1.0	15	25	287.2	7,200	559.2	14,020	6.0	72	79	98
アメリカ	3	0.0	109	21	10.3	3,350	19.4	6,310	6.6	70	77	99
オーストラリア	21	1.4	3	19	862.5	40,350	727.5	34,040	1.9	79	84	..
オーストリア	8	0.5	101	15	386.0	46,260	314.5	37,680	1.5	77	83	..
アゼルバイジャン	9	0.9	105	25	33.2	3,830	67.4	7,770	9.6	64	71	100
バングラデシュ	160	1.6	1,229	32	82.6	520	230.6	1,440	4.7	65	67	53
ベラルーシ	10	-0.4	47	15	52.1	5,380	117.6	12,150	10.2	65	76	100
ベルギー	11	0.5	354	17	474.5	44,330	372.1	34,760	0.4	77	83	..
ベナン	9	3.3	78	43	6.0	690	12.7	1,460	1.8	60	62	41
ボリビア	10	1.9	9	37	14.1	1,460	40.1	4,140	4.3	63	68	91
ボスニア・ヘルツェゴビナ	4	0.3	74	16	17.0	4,510	32.5	8,620	6.2	72	78	..
ブラジル	192	1.2	23	26	1,411.2	7,350	1,932.9	10,070	4.1	69	76	90
ブルガリア	8	-0.7	70	13	41.8	5,490	91.1	11,950	6.5	69	76	98
ブルキナファソ	15	3.1	56	46	7.3	480	17.6	1,160	1.5	51	54	29
ブルンジ	8	2.8	314	39	1.1	140	3.1	380	1.4	49	52	..
カンボジア	15	1.7	83	34	8.9	600	26.8	1,820	3.4	57	62	76
カメルーン	19	2.2	41	41	21.8	1,150	41.3	2,180	1.9	50	51	..
カナダ	33	1.0	4	17	1,390.0	41,730	1,206.5	36,220	-0.6	78	83	..
中央アフリカ共和国	4	1.7	7	41	1.8	410	3.2	730	0.9	43	46	..
チャド	11	3.4	9	46	5.9	530	12.9	1,160	-3.1	49	52	32
チリ	17	1.0	22	23	157.5	9,400	222.4	13,270	2.2	75	82	97
中国	1,326	0.6	142	21	3,899.3	2,940	7,984.0	6,020	8.4	71	75	93
香港 (中国)	7	0.6	6,696	13	219.3	31,420	306.8	43,960	1.6	79	85	..
コロンビア	45	1.4	40	30	207.4	4,660	379.1	8,510	1.3	69	77	93
コンゴ民主共和国	64	3.0	28	47	9.8	150	18.4	290	3.2	45	48	..
コンゴ共和国	4	2.2	11	41	7.1	1,970	11.2	3,090	3.7	53	55	..
コスタリカ	5	1.8	89	26	27.5	6,060	49.6 <sup>d</sup>	10,950 <sup>d</sup>	1.5	76	81	96
コートジボワール	21	2.2	65	41	20.3	980	32.6	1,580	-0.1	56	59	..
クロアチア	4	0.0	79	15	60.2	13,570	81.7	18,420	2.4	72	79	99
チェコ共和国	10	0.2	135	14	173.2	16,600	237.6	22,790	2.3	74	80	..
デンマーク	5	0.4	130	18	325.1	59,130	205.0	37,280	-1.8	76	81	..
ドミニカ共和国	10	1.5	203	32	43.2	4,390	77.6 <sup>d</sup>	7,890 <sup>d</sup>	4.1	69	75	89
エクアドル	13	1.1	49	31	49.1	3,640	104.7	7,760	5.4	72	78	84
エジプト・アラブ共和国	82	1.9	82	32	146.9	1,800	445.4	5,460	5.1	68	72	66
エルサルバドル	6	0.4	296	33	21.4	3,480	40.9 <sup>d</sup>	6,670 <sup>d</sup>	2.1	67	76	82
エリトリア	5	3.8	49	42	1.5	300	3.1 <sup>d</sup>	630 <sup>d</sup>	-1.2	56	60	..
エチオピア	81	2.6	81	44	22.7	280	70.2	870	8.5	54	56	..
フィンランド	5	0.3	17	17	255.7	48,120	189.5	35,660	0.4	76	83	..
フランス	62	0.7	113	18	2,702.2 <sup>e</sup>	42,250 <sup>e</sup>	2,134.4	34,400	-0.2	78	85	..
グルジア	4	-1.0	63	17	10.8	2,470	21.2	4,850	2.8	67	75	..
ドイツ	82	0.0	236	14	3,485.7	42,440	2,952.4	35,940	1.5	77	82	..
ガーナ	23	2.2	103	39	15.7	670	33.4	1,430	4.0	56	57	65
ギリシャ	11	0.4	87	14	322.0	28,650	320.0	28,470	2.5	77	82	97
グアテマラ	14	2.5	126	42	36.6	2,680	64.2 <sup>d</sup>	4,690 <sup>d</sup>	1.5	67	74	73
ギニア	10	2.0	40	43	3.7	390	11.7	1,190	6.0	56	60	..
ハイチ	10	1.6	355	37	6.5	660	11.5 <sup>d</sup>	1,180 <sup>d</sup>	-0.5	59	63	..
ホンジュラス	7	1.9	65	38	13.0	1,800	28.0 <sup>d</sup>	3,870 <sup>d</sup>	2.2	67	74	84
ハンガリー	10	-0.2	112	15	128.6	12,810	178.6	17,790	0.8	69	77	99
インド	1,140	1.4	383	32	1,215.5	1,070	3,374.9	2,960	5.7	63	66	66
インドネシア	228	1.3	126	27	458.2	2,010	875.1	3,830	4.9	69	73	92
イラン・イスラム共和国	72	1.5	44	24	251.5	3,540	769.7	10,840	4.2	69	73	82
イラク	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
アイルランド	4	2.0	65	21	221.2	49,590	166.6	37,350	-4.4	77	82	..
イスラエル	7	1.9	338	28	180.5	24,700	200.6	27,450	2.3	79	83	..
イタリア	60	0.6	204	14	2,109.1	35,240	1,810.6	30,250	-1.8	79	84	99
日本	128	0.1	350	13	4,879.2	38,210	4,497.7	35,220	-0.7	79	86	..
ヨルダン	6	2.6	67	35	19.5	3,310	32.7	5,530	2.3	71	74	91
カザフスタン	16	0.6	6	24	96.2	6,140	152.0	9,690	1.9	61	72	100
ケニア	39	2.6	68	43	29.5	770	60.9	1,580	0.9	53	55	..
大韓民国	49	0.4	492	17	1,046.3	21,530	1,366.9	28,120	1.9	76	82	..
キルギス共和国	5	1.0	28	30	3.9	740	11.3	2,130	6.2	64	72	99
ラオス人民民主共和国	6	1.7	27	38	4.7	750	12.8	2,060	5.6	63	66	73
レバノン	4	1.2	405	26	26.3	6,350	45.0	10,880	6.9	70	74	90
リベリア	4	3.7	39	43	0.6	170	1.1	300	2.4	57	59	56
リビア	6	2.0	4	30	72.7	11,590	98.1 <sup>d</sup>	15,630 <sup>d</sup>	5.0	72	77	87
リトアニア	3	-0.5	54	15	39.9	11,870	61.1	18,210	3.6	65	77	100
マダガスカル	19	2.8	33	43	7.8	410	19.9	1,040	4.1	59	62	..
マラウイ	14	2.6	152	46	4.1	290	11.9	830	7.0	48	48	72
マレーシア	27	1.9	82	30	188.1	6,970	370.8	13,740	2.9	72	77	92
マリ	13	3.0	10	44	7.4	580	13.9	1,090	1.9	52	57	26
モーリタニア	3	2.8	3	40	2.6	840	6.3	2,000	-0.6	62	66	56

	人口			国民総所得 (GNI) <sup>a</sup>		PPP 表示の国民総所得 (GIN) <sup>b</sup>		出生児余命			成人識字率 (対 15 歳 以上 人口比 %) 2007 年	
	(100 万人) 2008 年	(平均増 加率 %) 2000 - 08 年	(km <sup>2</sup> 当 たり人口 密度) 2008 年	人口の年 齢別構成 0-14 歳 の割合 (%) 2008 年	(10 億ドル)	(1 人当 たり ドル)	(10 億ドル)	(1 人当 たり ドル)	1 人当 たり 国民総生 産 (GDP) (増加率 %)	男 (年数)		女 (年齢)
					2008 年	2008 年	2008 年	2008 年	2007 - 08 年	2007 年		2007 年
メキシコ	106	1.0	55	29	1,061.4	9,980	1,517.2	14,270	0.8	73	77	93
モルドバ	4	-1.5	111	17	5.3 <sup>g</sup>	1,470 <sup>g</sup>	11.7	3,210	8.2	65	72	99
モロッコ	31	1.2	70	29	80.5	2,580	135.3	4,330	4.6	69	73	56
モザンビーク	22	2.2	28	44	8.1	370	16.7	770	4.5	42	42	44
ミャンマー	49	0.9	75	27	..	.. <sup>c</sup>	63.7 <sup>d</sup>	1,290 <sup>d</sup>	11.7	59	65	..
ネパール	29	2.0	200	37	11.5	400	32.1	1,120	3.6	63	64	57
オランダ	16	0.4	485	18	824.6	50,150	685.1	41,670	1.7	78	82	..
ニュージーランド	4	1.3	16	21	119.3	27,940	107.1	25,090	-2.5	78	82	..
ニカラグア	6	1.3	47	36	6.1	1,080	14.9 <sup>d</sup>	2,620 <sup>d</sup>	2.2	70	76	78
ニジェール	15	3.5	12	50	4.8	330	10.0	680	6.0	58	56	29
ナイジェリア	151	2.4	166	43	175.6	1,160	293.1	1,940	3.0	46	47	72
ノルウェー	5	0.8	16	19	415.3	87,070	279.0	58,500	0.7	78	83	..
パキスタン	166	2.3	215	37	162.9	980	448.8	2,700	3.7	65	66	54
パナマ	3	1.8	46	30	21.0	6,180	39.5 <sup>d</sup>	11,650	7.5	73	78	93
パプアニューギニア	6	2.3	14	40	6.5	1,010	12.9 <sup>d</sup>	2,000	3.7	55	60	58
パラグアイ	6	1.9	16	34	13.6	2,180	30.0	4,820	4.0	70	74	95
ペルー	29	1.3	23	31	115.0	3,990	230.0	7,980	8.6	71	76	90
フィリピン	90	1.9	303	34	170.4	1,890	352.4	3,900	2.0	70	74	93
ポーランド	38	-0.1	124	15	453.0	11,880	659.7	17,310	4.8	71	80	99
ポルトガル	11	0.5	116	15	218.4	20,560	234.6	22,080	-0.2	75	82	95
ルーマニア	22	-0.5	94	15	170.6	7,930	290.3	13,500	9.4	69	76	98
ロシア	142	-0.4	9	15	1,364.5	9,620	2,216.3	15,630	7.5	62	74	100
ルワンダ	10	2.5	394	42	4.0	410	9.9	1,010	8.2	48	52	..
サウジアラビア	25	2.2	11	33	374.3	15,500	554.4	22,950	2.1	71	75	85
セネガル	12	2.6	63	44	11.8	970	21.5	1,760	-0.2	54	57	42
セルビア	7	-0.3	83	18	41.9	5,710	81.9	11,150	6.1	71	76	..
シエラレオネ	6	3.4	78	43	1.8	320	4.2	750	2.4	46	49	38
シンガポール	5	2.3	7,024	17	168.2	34,760	232.0	47,940	-4.1	78	83	94
ソロバキア共和国	5	0.0	112	16	78.6	14,540	115.2	21,300	6.2	71	78	..
ソマリア	9	3.0	14	45	..	.. <sup>c</sup>	..	..	..	47	49	..
南アフリカ	49	1.3	40	31	283.3	5,820	476.2	9,780	1.3	49	52	88
スペイン	46	1.5	91	15	1,456.5	31,960	1,418.7	31,130	-0.3	78	84	98
スリランカ	20	0.9	310	24	35.9	1,790	89.9	4,480	5.8	69	76	91
スーダン	41	2.1	17	40	46.5	1,130	79.8	1,930	5.9	56	60	..
スウェーデン	9	0.5	22	17	469.7	50,940	352.0	38,180	-1.0	79	83	..
スイス	8	0.8	191	16	498.5	65,330	354.5	46,460	0.5	79	84	..
シリア・アラブ共和国	21	3.1	116	35	44.4	2,090	92.4	4,350	1.6	72	76	83
タジキスタン	7	1.3	49	38	4.1	600	12.7	1,860	6.2	64	69	100
タンザニア	42	2.7	48	45	18.4 <sup>h</sup>	440 <sup>h</sup>	52.1	1,230	4.4	55	56	72
タイ	67	1.0	132	22	191.7	2,840	403.4	5,990	2.0	66	72	94
トーゴ	6	2.6	119	40	2.6	400	5.3	820	-1.4	61	64	..
チュニジア	10	1.0	66	24	34.0	3,290	73.0	7,070	4.1	72	76	78
トルコ	74	1.3	96	27	690.7	9,340	1,017.6	13,770	2.5	69	74	89
トルクメニスタン	5	1.4	11	30	14.3	2,840	31.2 <sup>d</sup>	6,210 <sup>d</sup>	8.4	59	68	100
ウガンダ	32	3.2	161	49	13.3	420	36.1	1,140	6.0	52	53	74
ウクライナ	46	-0.8	80	14	148.6	3,210	333.5	7,210	2.7	63	74	100
アラブ首長国連邦	4	4.0	54	19	..	.. <sup>i</sup>	..	..	5.7	77	81	90
イギリス	61	0.5	254	18	2,787.2	45,390	2,218.2	36,130	0.1	77	82	..
アメリカ	304	0.9	33	20	14,466.1	47,580	14,282.7	46,970	0.2	75	81	..
ウルグアイ	3	0.1	19	23	27.5	8,260	41.8	12,540	8.6	72	80	98
ウズベキスタン	27	1.3	64	30	24.7	910	72.6 <sup>d</sup>	2,660 <sup>d</sup>	7.2	64	70	..
ベネズエラ	28	1.7	32	30	257.8	9,230	358.6	12,830	3.1	71	77	95
ベトナム	86	1.3	278	27	77.0	890	232.9	2,700	4.7	72	76	..
ヨルダン川西岸・ガザ	4	3.4	638	45	..	.. <sup>f</sup>	..	..	..	72	75	94
イエメン共和国	23	3.0	44	44	21.9	950	50.9	2,210	0.9	61	64	59
ザンビア	13	2.3	17	46	12.0	950	15.5	1,230	3.4	45	46	71
ジンバブエ	12	0.0	32	40	..	..	..	..	..	43	44	91
世界全体	6,692s	1.2w	52w	27w	57,637.5t	8,613w	69,309.0t	10,357w	0.8w	67w	71w	84w
低所得国	973	2.1	52	38	509.6	524	1,368.8	1,407	4.1	57	60	64
中所得国	4,651	1.1	60	27	15,159.6	3,260	28,619.5	6,154	5.0	67	71	83
低位所得国	3,702	1.2	119	28	7,691.9	2,078	17,001.7	4,592	6.3	66	70	81
高位所得国	948	0.8	21	25	7,471.9	7,878	11,663.5	12,297	3.8	68	75	93
低・中所得国	5,624	1.3	59	29	15,683.1	2,789	29,971.3	5,330	4.9	65	69	81
東アジア・太平洋	1,931	0.8	122	23	5,080.5	2,631	10,425.9	5,398	7.2	70	74	93
ヨーロッパ・中央アジア	441	0.1	19	19	3,274.0	7,418	5,393.2	12,219	5.2	65	74	98
ラテンアメリカ・カリブ	565	1.2	28	29	3,833.0	6,780	5,827.4	10,309	3.2	70	76	91
中東・北アフリカ	325	1.9	38	31	1,052.9	3,242	2,330.6	7,308	3.9	68	72	73
南アジア	1,543	1.6	323	33	1,521.6	986	4,217.6	2,734	5.3	63	66	63
サハラ以南アフリカ	818	2.5	35	43	885.3	1,082	1,628.3	1,991	2.5	51	53	62
高所得国	1,069	0.7	32	18	42,041.4	39,345	39,686.3	37,141	0.0	77	82	99

注：a. 世界銀行アトラス方式を用いて算出。 b. ppp は購買力平価。テクニカル・ノートを参照。 c. 低所得国 (975 ドル以下) と推定される。 d. 回帰分析による推定値。その他の推定値は最新の「国際比較プログラム」に基づく基準推定値からの外挿による。 e. GNI と 1 人当り GNI の推定値には仏領ギアナ、グアドループ、マルチニーク、およびレユニオンなどフランス海外県が含まれる。 f. 低位中所得国 (976-3,855 ドル) と推定される。 g. トランスニストリアのデータを除く。 h. タンザニア本土だけのデータ。 i. 高所得国 (11,906 ドル以上) と推定される。



表2 貧困

	各国の貧困線				国際的貧困線							
	各国の貧困線未満の人口				1日1.25ドル未満の人口				1日1.25ドル未満の貧困格差			
	調査年	割合 (%)	調査年	割合 (%)	調査年	割合 (%)	調査年	割合 (%)	調査年	割合 (%)	調査年	割合 (%)
アフガニスタン	2007	42.0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
アルバニア	2002	25.4	2005	18.5	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	8.7	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	7.8
アルジェリア	1988	12.2	1995	22.6	1988 <sup>a</sup>	6.6	1.8	23.8	1995 <sup>a</sup>	6.8	1.4	23.6
アンゴラ	..	..	..	..	..	..	..	..	2000 <sup>a</sup>	54.3	29.9	70.2
アルゼンチン	1998	28.8 <sup>b</sup>	2002	53.0 <sup>b</sup>	2002 <sup>b,c</sup>	9.9	2.9	19.7	2005 <sup>b,c</sup>	4.5	1.0	11.3
アメリカ	1998-99	55.1	2001	50.9	2002 <sup>a</sup>	15.0	3.1	46.7	2003 <sup>a</sup>	10.6	1.9	43.4
オーストラリア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
オーストリア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
アゼルバイジャン	1995	68.1	2001	49.6	2001 <sup>a</sup>	6.3	1.1	27.1	2005 <sup>a</sup>	<2	<0.5	<2.0
バングラデシュ	2000	48.9	2005	40.0	2000 <sup>a</sup>	57.8 <sup>d</sup>	17.3 <sup>d</sup>	85.4 <sup>d</sup>	2005 <sup>a</sup>	49.6 <sup>d</sup>	13.1 <sup>d</sup>	81.3 <sup>d</sup>
ベラルーシ	2002	30.5	2004	17.4	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0
ベルギー	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
ベナン	1999	29.0	2003	39.0	..	..	..	..	2003 <sup>a</sup>	47.3	15.7	75.3
ボスニア	1999	62.0	2002	64.6	2002 <sup>c</sup>	22.8	12.4	34.2	2005 <sup>a</sup>	19.6	9.7	30.3
ボスニア・ヘルツェゴビナ	2001-02	19.5	..	..	2001 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	2004 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0
ブラジル	1998	22.0	2002-03	21.5	2005 <sup>c</sup>	7.8	1.6	18.3	2007 <sup>c</sup>	5.2	1.3	12.7
ブルガリア	1997	36.0	2001	12.8	2001 <sup>a</sup>	2.6	<0.5	7.8	2003 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0
ブルキナファソ	1998	54.6	2003	46.4	1998 <sup>a</sup>	70.0	30.2	87.6	2003 <sup>a</sup>	56.5	20.3	81.2
ブルンジ	1998	68.0	..	..	1998 <sup>a</sup>	86.4	47.3	95.4	2006 <sup>a</sup>	81.3	36.4	93.4
カンボジア	1994	47.0	2004	35.0	1993-94 <sup>a,e</sup>	48.6	13.8	77.8	2004 <sup>a</sup>	40.2	11.3	68.2
カメルーン	1996	53.3	2001	40.2	1996 <sup>a</sup>	51.5	18.9	74.4	2001 <sup>a</sup>	32.8	10.2	57.7
カナダ	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
中央アフリカ共和国	..	..	..	..	1993 <sup>a</sup>	82.8	57.0	90.7	2003 <sup>a</sup>	62.4	28.3	81.9
チャド	1995-96	43.4	..	..	..	..	..	..	2002-03 <sup>a</sup>	61.9	25.6	83.3
チリ	1996	19.9	1998	17.0	2003 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	5.3	2006 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	2.4
中国	1998	4.6	2004	2.8	2002 <sup>a</sup>	28.4 <sup>f</sup>	8.7 <sup>f</sup>	51.1 <sup>f</sup>	2005 <sup>a</sup>	15.9 <sup>f</sup>	4.0 <sup>f</sup>	36.3 <sup>f</sup>
香港 (中国)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
コロンビア	1995	60.0	1999	64.0	2003 <sup>c</sup>	15.4	6.1	26.3	2006 <sup>c</sup>	16.0	5.7	27.9
コンゴ民主共和国	2004-05	71.3	..	..	..	..	..	..	2005-06 <sup>a</sup>	59.2	25.3	79.5
コンゴ共和国	2005	42.3	..	..	..	..	..	..	2005 <sup>a</sup>	54.1	22.8	74.4
コスタリカ	1989	31.7	2004	23.9	2003 <sup>c</sup>	5.6	2.4	11.5	2005 <sup>c</sup>	2.4	<0.5	8.6
コートジボワール	..	..	..	..	1998 <sup>a</sup>	24.1	6.7	49.1	2002 <sup>a</sup>	23.3	6.8	46.8
クロアチア	2002	11.2	2004	11.1	2001 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0
チェコ共和国	..	..	..	..	1993 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	1996 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	<2.0
デンマーク	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
ドミニカ共和国	2000	27.7	2004	42.2	2003 <sup>c</sup>	6.1	1.5	16.3	2005 <sup>c</sup>	5.0	0.9	15.1
エクアドル	1998	46.0	2001	45.2	2005 <sup>c</sup>	9.8	3.2	20.4	2007 <sup>c</sup>	4.7	1.2	12.8
エジプト・アラブ共和国	1995-96	22.9	1999-2000	16.7	1999-2000 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	19.3	2004-05 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	18.4
エルサルバドル	1995	50.6	2002	37.2	2003 <sup>c</sup>	14.3	6.7	25.3	2005 <sup>c</sup>	11.0	4.8	20.5
エリトリア	1993-94	53.0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
エチオピア	1995-96	45.5	1999-2000	44.2	1999-2000 <sup>a</sup>	55.6	16.2	86.4	2005 <sup>a</sup>	39.0	9.6	77.5
フィンランド	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
フランス	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
グルジア	2002	52.1	2003	54.5	2002 <sup>a</sup>	15.1	4.7	34.2	2005 <sup>a</sup>	13.4	4.4	30.4
ドイツ	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
ガーナ	1998-99	39.5	2005-06	28.5	1998-99 <sup>a</sup>	39.1	14.4	63.3	2006 <sup>a</sup>	30.0	10.5	53.6
ギリシャ	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
グアテマラ	1989	57.9	2000	56.2	2002 <sup>c</sup>	16.9	6.5	29.8	2006 <sup>c</sup>	11.7	3.5	24.3
ギニア	1994	40.0	..	..	1994 <sup>a</sup>	36.8	11.5	63.8	2002-03 <sup>a</sup>	70.1	32.2	87.2
ハイチ	1987	65.0	1995	66.0 <sup>a</sup>	..	..	..	..	2001 <sup>c</sup>	54.9	28.2	72.1
ホンジュラス	1998-99	52.5	2004	50.7	2005 <sup>c</sup>	22.2	10.2	34.8	2006 <sup>c</sup>	18.2	8.2	29.7
ハンガリー	1993	14.5	1997	17.3	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	2004 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0
インド	1993-94	36.0	1999-2000	28.6	1993-94 <sup>a</sup>	49.4 <sup>f</sup>	14.4 <sup>f</sup>	81.7 <sup>f</sup>	2004-05 <sup>a</sup>	41.6 <sup>f</sup>	10.8 <sup>f</sup>	75.6 <sup>f</sup>
インドネシア	1996	17.6	2005	16.0	..	..	..	..	..	..	..	..
イラン・イスラム共和国	..	..	..	..	1998 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	8.3	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	8.0
イラク	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
アイルランド	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
イスラエル	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
イタリア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
日本	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
ヨルダン	1997	21.3	2002	14.2	2002-03 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	11.0	2006 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	3.5
カザフスタン	2001	17.6	2002	15.4	2002 <sup>a</sup>	5.2	0.9	21.5	2003 <sup>a</sup>	3.1	<0.5	17.2
ケニア	1994	40.0	1997	52.0	1997 <sup>a</sup>	19.6	4.6	42.7	2005-06 <sup>a</sup>	19.7	6.1	39.9
大韓民国	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
キルギス共和国	2003	49.9	2005	43.1	2002 <sup>a</sup>	34.0	8.8	66.6	2004 <sup>a</sup>	21.8	4.4	51.9
ラオス人民民主共和国	1997-98	38.6	2002-03	33.0	1997-98 <sup>a</sup>	49.3 <sup>d</sup>	14.9 <sup>d</sup>	79.9 <sup>d</sup>	2002-03 <sup>a</sup>	44.0 <sup>d</sup>	12.1 <sup>d</sup>	76.8 <sup>d</sup>
レバノン	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
リベリア	..	..	..	..	..	..	..	..	2007 <sup>a</sup>	83.7	40.8	94.8
リビア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
リトアニア	..	..	..	..	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	2004 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0

	各国の貧困線				国際的貧困線									
	各国の貧困線未達の人口				1日1.25ドル未満の人口		1日1.25ドル未満での貧困格差		1日2ドル未満の人口		1日1.25ドル未満の貧困格差		1日2ドル未満の人口	
	調査年	割合 (%)	調査年	割合 (%)	調査年	人口 (%)	割合 (%)	調査年	人口 (%)	割合 (%)	調査年	人口 (%)	割合 (%)	調査年
マダガスカル	1997	73.3	1999	71.3	2001 <sup>a</sup>	76.3	41.4	88.7	2005 <sup>a</sup>	67.8	26.5	89.6		
マラウイ	1990-91	54.0	1997-98	65.3	1997-98 <sup>a</sup>	83.1	46.0	93.5	2004-05 <sup>a,h</sup>	73.9	32.3	90.4		
マレーシア	1989	15.5	..	..	1997 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	6.8	2004-05 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	7.8		
マリ	1998	63.8	..	..	2001 <sup>a</sup>	61.2	25.8	82.0	2006 <sup>a</sup>	51.4	18.8	77.1		
モリタニア	1996	50.0	2000	46.3	1995-96 <sup>a</sup>	23.4	7.1	48.3	2000 <sup>a</sup>	21.2	5.7	44.1		
メキシコ	2002	20.3	2004	17.6	2004 <sup>a</sup>	2.8	1.4	7.0	2006 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	4.8		
モルドバ	2001	62.4	2002	48.5	2002 <sup>a</sup>	17.1	4.0	40.3	2004 <sup>a</sup>	8.1	1.7	28.9		
モロッコ	1990-91	13.1	1998-99	19.0	2000 <sup>a</sup>	6.3	0.9	24.3	2007 <sup>a</sup>	2.5	0.5	14.0		
モザンビーク	1996-97	69.4	2002-03	54.1	1996-97 <sup>a</sup>	81.3	42.0	92.9	2002-03 <sup>a</sup>	74.7	35.4	90.0		
ミャンマー	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
ネパール	1995-96	41.8	2003-04	30.9	1995-96 <sup>a</sup>	68.4	26.7	88.1	2003-04 <sup>a</sup>	55.1	19.7	77.6		
オランダ	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
ニュージーランド	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
ニカラグア	1998	47.9	2001	45.8	2001 <sup>c</sup>	19.4	6.7	37.5	2005 <sup>c</sup>	15.8	5.2	31.8		
ニジェール	1989-93	63.0	..	..	1994 <sup>a</sup>	78.2	38.6	91.5	2005 <sup>a</sup>	65.9	28.1	85.6		
ナイジェリア	1985	43.0	1992-93	34.1	1996-97 <sup>a</sup>	68.5	32.1	86.4	2003-04 <sup>a</sup>	64.4	29.6	83.9		
ノルウェー	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
パキスタン	1993	28.6	1998-99	32.6	2001-02 <sup>a</sup>	35.9	7.9	73.9	2004-05 <sup>a</sup>	22.6	4.4	60.3		
パナマ	1997	37.3	..	..	2004 <sup>c</sup>	9.2	2.7	18.0	2006 <sup>c</sup>	9.5	3.1	17.8		
パプアニューギニア	1996	37.5	..	..	..	..	..	1996 <sup>a</sup>	35.8	12.3	57.4			
パラグアイ	1990	20.5 <sup>i</sup>	..	..	2005 <sup>c</sup>	9.3	3.4	18.4	2007 <sup>c</sup>	6.5	2.7	14.2		
ペルー	2001	54.3	2004	53.1	2005 <sup>c</sup>	8.2	2.0	19.4	2006 <sup>c</sup>	7.9	1.9	18.5		
フィリピン	1994	32.1	1997	25.1	2003 <sup>a</sup>	22.0	5.5	43.8	2006 <sup>a</sup>	22.6	5.5	45.0		
ポーランド	1996	14.6	2001	14.8	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0		
ポルトガル	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
ルーマニア	1995	25.4	2002	28.9	2002 <sup>a</sup>	2.9	0.8	13.0	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	3.4		
ロシア	1998	31.4	2002	19.6	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	3.7	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0		
ルワンダ	1993	51.2	1999-2000	60.3	1984-85 <sup>a</sup>	63.3	19.7	88.4	2000 <sup>a</sup>	76.6	38.2	90.3		
サウジアラビア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
セネガル	1992	33.4	..	..	2001 <sup>a</sup>	44.2	14.3	71.3	2005 <sup>a</sup>	33.5	10.8	60.3		
セルビア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
シエラレオネ	1989	82.8	2003-04	70.2	1989-90 <sup>a</sup>	62.8	44.8	75.0	2002-03 <sup>a</sup>	53.4	20.3	76.1		
シンガポール	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
スロバキア共和国	2004	16.8	..	..	1992 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	<2.0	1996 <sup>c</sup>	<2.0	<0.5	<2.0		
ソマリア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
南アフリカ	..	..	..	..	1995 <sup>a</sup>	21.4	5.2	39.9	2000 <sup>a</sup>	26.2	8.2	42.9		
スペイン	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
スリランカ	1995-96	25.0	2002	22.7	1995-96 <sup>a</sup>	16.3	3.0	46.7	2002 <sup>a</sup>	14.0	2.6	39.7		
スーダン	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
スウェーデン	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
スイス	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
シリア・アラブ共和国	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
タジキスタン	1999	74.9	2003	44.4	2003 <sup>a</sup>	36.3	10.3	68.8	2004 <sup>a</sup>	21.5	5.1	50.8		
タンザニア	1991	38.6	2000-01	35.7	1991-92 <sup>a</sup>	72.6	29.7	91.3	2000-01 <sup>a</sup>	88.5	46.8	96.6		
タイ	1994	9.8	1998	13.6	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	15.1	2004 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	11.5		
トーゴ	1987-89	32.3	..	..	..	..	..	..	2006 <sup>a</sup>	38.7	11.4	69.3		
チュニジア	1990	7.4	1995	7.6	1995 <sup>a</sup>	6.5	1.3	20.4	2000 <sup>a</sup>	2.6	<0.5	12.8		
トルコ	1994	28.3	2002	27.0	2002 <sup>a</sup>	2.0	<0.5	9.6	2005 <sup>a</sup>	2.7	0.9	9.0		
トルクメニスタン	..	..	..	..	1993 <sup>c</sup>	63.5	25.8	85.7	1998 <sup>a</sup>	24.8	7.0	49.6		
ウガンダ	1999-2000	33.8	2002-03	37.7	2002 <sup>a</sup>	57.4	22.7	79.8	2005 <sup>a</sup>	51.5	19.1	75.6		
ウクライナ	2000	31.5	2003	19.5	2002 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	3.4	2005 <sup>a</sup>	<2.0	<0.5	<2.0		
アラブ首長国連邦	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
イギリス	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
アメリカ	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
ウルグアイ	1994	20.2 <sup>b</sup>	1998	24.7 <sup>b</sup>	2005 <sup>b,c</sup>	<2.0	<0.5	4.5	2006 <sup>b,c</sup>	<2.0	<0.5	4.2		
ウズベキスタン	2000-01	31.5	2003	27.2	2002 <sup>a</sup>	42.3	12.4	75.6	2003 <sup>a</sup>	46.3	15.0	76.7		
ベネズエラ	1989	31.3	1997-99	52.0	2003 <sup>c</sup>	18.4	8.8	31.7	2006 <sup>c</sup>	3.5	1.2	10.2		
ベトナム	1998	37.4	2002	28.9	2004 <sup>a</sup>	24.2	5.1	52.5	2006 <sup>a</sup>	21.5	4.6	48.4		
ヨルダン川西岸・ガザ	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
イエメン共和国	1998	41.8	..	..	1998 <sup>a</sup>	12.9	3.0	36.3	2005 <sup>a</sup>	17.5	4.2	46.6		
ザンビア	1998	72.9	2004	68.0	2002-03 <sup>a</sup>	64.6	27.1	85.1	2004-05 <sup>a</sup>	64.3	32.8	81.5		
ジンバブエ	1990-91	25.8	1995-96	34.9	..	..	..	..	..	..	..	..		

注：a. 支出ベース。 b. 対象は都市部のみ。 c. 所得ベース。 d. 空間的な消費者物価指数情報で調整済み。 e. 安全保障の理由から調査は農村部のみの56%、同人口の65%しか対象となっていない。 f. 都市部と農村部の推計値の加重平均。 g. 対象は農村部のみ。 h. 調査設計の変更が理由で、最近年の調査は従来のもとの厳密には比較不可能。 i. 調査はアスンシオン首都圏を対象としたもの。

表3 ミレニアム開発目標：貧困の撲滅と生活の改善

	極貧と飢餓の撲滅		普遍的初等教育の達成	男女平等の促進	幼児死亡の削減	妊産婦保健の改善	HIV/エイズ・その他疾病との戦い	持続可能な環境の確保		開発のための世界的なパートナーシップ形成		
	最貧20%が消費/所得に占める割合(%) 1990-2007年 <sup>b</sup>	脆弱な雇用の割合(%) 2007年	5歳未満児の栄養失調の割合(%) 2000-07年 <sup>b</sup>	初等教育修了率(%) 2007年	小中学校就学者の男女比率(%) 2007年	1,000人当たり5歳未満児死亡率 2007年	10万人当たり出産時死亡率 2005年	HIV感染率(%, 15-49歳人口) 2007年	10万人当たり結核罹患率 2007年	1人当たり二酸化炭素排出量(トン) 2005年	改善された衛生設備へのアクセスがある人口の割合(%) 2006年	100人当たりインターネット利用率 <sup>a</sup> 2008年
アフガニスタン	..	..	32.9	38	58	257	1,800	..	168	..	30	1.9
アルバニア	7.8 <sup>c</sup>	..	17.0	96	97	15	92	..	17	1.1	97	15.1
アルジェリア	6.9 <sup>c</sup>	..	10.2	95	99	37	180	0.1	57	4.2	94	10.3
アンゴラ	2.0 <sup>c</sup>	..	27.5	..	..	158	1,400	2.1	287	0.5	50	3.1
アルゼンチン	3.4 <sup>d,e</sup>	20 <sup>f</sup>	2.3	99	104	16	77	0.5	31	3.9	91	28.1
アメリカ	8.6 <sup>c</sup>	..	4.2	98	104	24	76	0.1	72	1.4	91	5.6
オーストラリア	5.9 <sup>e</sup>	9	..	..	97	6	4	0.2	6	18.1	100	55.7
オーストリア	8.6 <sup>e</sup>	9	..	102	97	4	4	0.2	12	8.9	100	59.3
アゼルバイジャン	13.3 <sup>c</sup>	53	14.0	113	97	39	82	0.2	77	4.4	80	10.8
バングラデシュ	9.4 <sup>c</sup>	85	39.2	56	107	61	570	..	223	0.3	36	0.3
ベラルーシ	8.8 <sup>c</sup>	..	1.3	92	101	13	18	0.2	61	6.5	93	29.0
ベルギー	8.5 <sup>e</sup>	10	..	86	98	5	8	0.2	12	9.8	..	65.9
ベナン	6.9 <sup>c</sup>	..	21.5	64	73	123	840	1.2	91	0.3	30	1.8
ボリビア	1.8 <sup>c</sup>	..	5.9	98	99	57	290	0.2	155	1.0	43	10.5
ボスニア・ヘルツェゴビナ	6.9 <sup>c</sup>	..	1.6	..	99	14	3	<0.1	51	6.9	95	34.7
ブラジル	3.0 <sup>e</sup>	27	2.2	106	103	22	110	0.6	48	1.7	77	35.5
ブルガリア	8.7 <sup>c</sup>	8	1.6	98	97	12	11	..	39	5.7	99	30.9
ブルキナファソ	7.0 <sup>c</sup>	..	35.2	37 <sup>g</sup>	84 <sup>g</sup>	191	700	1.6	226	0.1	13	0.9
ブルンジ	9.0 <sup>c</sup>	..	38.9	39	90	180	1,100	2.0	367	0.0	41	0.8
カンボジア	7.1 <sup>c</sup>	..	28.4	85	90	91	540	0.8	495	0.0	28	0.5
カメルーン	5.6 <sup>c</sup>	..	15.1	55	85	148	1,000	5.1	192	0.2	51	3.0
カナダ	7.2 <sup>e</sup>	10 <sup>f</sup>	..	96	99	6	7	0.4	5	16.6	100	72.8
中央アフリカ共和国	5.2 <sup>c</sup>	..	21.8	30 <sup>g</sup>	..	172	980	6.3	345	0.1	31	0.4
チャド	6.3 <sup>c</sup>	..	33.9	30	64	209	1,500	3.5	299	0.0	9	1.2
チリ	4.1 <sup>e</sup>	25	0.6	95	99	9	16	0.3	12	4.1	94	32.6
中国	5.7 <sup>c</sup>	..	6.8	101	100	22	45	0.1 <sup>h</sup>	98	4.3	65	22.5
香港(中国)	5.3 <sup>e</sup>	7	..	102	98	..	..	..	62	5.7	..	59.1
コロンビア	2.3 <sup>c</sup>	41	5.1	107	104	20	130	0.6	35	1.4	78	38.4
コンゴ民主共和国	5.5 <sup>c</sup>	..	33.6	51	73	161	1,100	..	392	0.0	31	0.5
コンゴ共和国	5.0 <sup>c</sup>	..	11.8	72	91	125	740	3.5	403	0.6	20	4.3
コスタリカ	4.2 <sup>e</sup>	20	..	91	102	11	30	0.4	11	1.7	96	33.6
コートジボワール	5.0 <sup>c</sup>	..	16.7	45	..	127	810	3.9	420	0.5	24	3.2
クロアチア	8.7 <sup>c</sup>	16	..	101	102	6	7	<0.1	40	5.2	99	50.6
チェコ共和国	10.2 <sup>e</sup>	12	2.1	93	101	4	4	..	9	11.7	99	48.3
デンマーク	8.3 <sup>e</sup>	..	..	101	102	4	3	0.2	8	8.5	100	84.2
ドミニカ共和国	4.0 <sup>e</sup>	43	4.2	91 <sup>g</sup>	103 <sup>g</sup>	38	150	1.1	69	2.0	79	26.0
エクアドル	3.4 <sup>e</sup>	34 <sup>f</sup>	6.2	106	100	22	210	0.3	101	2.2	84	9.7
エジプト・アラブ共和国	9.0 <sup>c</sup>	25	5.4	98	95	36	130	..	21	2.2	66	15.4
エルサルバドル	3.3 <sup>e</sup>	36	6.1	91	101	24	170	0.8	40	1.1	86	12.5
エリトリア	..	..	34.5	46	78	70	450	1.3	95	0.2	5	3.0
エチオピア	9.3 <sup>c</sup>	52 <sup>f</sup>	34.6	46	83	119	720	2.1	378	0.1	11	0.4
フィンランド	9.6 <sup>e</sup>	..	..	98	102	4	7	0.1	6	10.1	100	78.8
フランス	7.2 <sup>e</sup>	6	..	..	100	4	8	0.4	14	6.2	..	51.2
グルジア	5.4 <sup>c</sup>	62	..	92	98	30	66	0.1	84	1.1	93	8.2
ドイツ	8.5 <sup>e</sup>	..	..	103	99	4	4	0.1	6	9.5	100	76.1
ガーナ	5.2 <sup>c</sup>	..	13.91	78 <sup>g</sup>	95 <sup>g</sup>	115	560	1.9	203	0.3	10	4.3
ギリシャ	6.7 <sup>e</sup>	28	..	101	97	4	3	0.2	18	8.6	98	32.3
グアテマラ	3.4 <sup>e</sup>	..	17.7	77	93	39	290	0.8	63	0.9	84	10.1
ギニア	5.8 <sup>c</sup>	..	22.5	64	76	150	910	1.6	287	0.1	19	0.9
ハイチ	2.5 <sup>e</sup>	..	18.9	..	..	76	670	2.2	306	0.2	19	10.4
ホンジュラス	2.5 <sup>e</sup>	..	8.6	89	106	24	280	0.7	59	1.1	66	9.1
ハンガリー	8.6 <sup>c</sup>	7	..	92	99	7	6	0.1	17	5.6	100	54.8
インド	8.1 <sup>c</sup>	..	43.5	86	91	72	450	0.3	168	1.3	28	7.2
インドネシア	7.1 <sup>c</sup>	63	24.4	105	98	31	420	0.2	228	1.9	52	11.1
イラン・イスラム共和国	6.4 <sup>c</sup>	43	..	105	105	33	140	0.2	22	6.5	..	32.0
イラク	..	..	7.1	75	78	44	300	..	56	..	76	0.9
アイルランド	7.4 <sup>e</sup>	11	..	97	103	4	1	0.2	13	10.2	..	63.5
イスラエル	5.7 <sup>e</sup>	7	..	102	101	5	4	0.1	8	9.2	..	27.9
イタリア	6.5 <sup>e</sup>	22	..	102	99	4	3	0.4	7	7.7	..	48.6
日本	10.6 <sup>e</sup>	11	..	..	100	4	6	..	21	9.6	100	69.0
ヨルダン	7.2 <sup>c</sup>	..	3.6	102	102	24	62	..	7	3.8	85	25.4
カザフスタン	7.4 <sup>c</sup>	..	4.9	104 <sup>g</sup>	99 <sup>g</sup>	32	140	0.1	129	11.9	97	12.3
ケニア	4.7 <sup>c</sup>	..	16.5	93	95	121	560	..	353	0.3	42	8.7
大韓民国	7.9 <sup>e</sup>	25	..	102	96	5	14	<0.1	90	9.4	..	77.1
キルギス共和国	8.1 <sup>c</sup>	47	2.7	95	100	38	150	0.1	121	1.1	93	14.3
ラオス人民民主共和国	8.5 <sup>c</sup>	..	36.4	77	86	70	660	0.2	151	0.2	48	1.6
レバノン	..	..	..	83 <sup>g</sup>	103 <sup>g</sup>	29	150	0.1	19	4.2	..	38.3
リベリア	6.4 <sup>c</sup>	..	20.4	55 <sup>g</sup>	..	133	1,200	1.7	277	0.1	32	0.6
リビア	..	..	..	..	105	18	97	..	17	9.5	97	4.7
リトアニア	6.8 <sup>c</sup>	..	..	95	100	8	11	0.1	68	4.1	..	52.9
マダガスカル	6.2 <sup>c</sup>	86	36.8	62	96	112	510	0.1	251	0.2	12	1.7
マラウイ	7.0 <sup>c</sup>	..	18.4	55	100	111	1,100	11.9	346	0.1	60	2.2
マレーシア	6.4 <sup>e</sup>	22	..	96	104	11	62	0.5	103	9.3	94	62.6
マリ	6.5 <sup>c</sup>	..	27.9	52	76	196	970	1.5	319	0.0	45	1.0
モリタニア	6.2 <sup>c</sup>	..	30.4	59	103	119	820	0.8	318	0.6	24	1.4

	極貧と飢餓の撲滅			普遍的初等教育の達成	男女平等の促進	幼児死亡の削減	妊産婦保健の改善	HIV/エイズ・その他疾病との戦い	持続可能な環境の確保		開発のための世界的なパートナーシップ形成	
	最貧20%が消費/所得に占める割合 (%)	脆弱な雇用の割合 (%)	5歳未満の栄養失調の割合 (%)	初等教育修了率 (%)	中学校就学者の男女比率 (%)	1,000人当たり5歳未満死亡率	10万人当たり出産時死亡率	HIV感染率 (%)	10万人当たり結核罹患率	1人当たり二酸化炭素排出量 (トン)	改善された衛生設備へのアクセスがある人口の割合 (%)	100人当たりインターネット利用率 <sup>a</sup>
	1990-2007年 <sup>b</sup>	2007年	2000-07年 <sup>b</sup>	2007年	2007年	2007年	2005年	15-49歳人口	2007年	2005年	2006年	2008年
メキシコ	4.6 <sup>c</sup>	29	3.4	105	99	35	60	0.3	20	4.1	81	21.9
モルドバ	7.3 <sup>c</sup>	32	3.2	93	102	18	22	0.4	141	2.1	79	19.1
モロッコ	6.5 <sup>c</sup>	52	9.9	83	88	34	240	0.1	92	1.6	72	33.0
モザンビーク	5.4 <sup>c</sup>	..	21.2	46	85	168	520	12.5	431	0.1	31	1.6
ミャンマー	..	..	29.6	..	..	103	380	0.7	171	0.2	82	0.1
ネパール	6.1 <sup>c</sup>	..	38.8	78 <sup>g</sup>	98 <sup>g</sup>	55	830	0.5	173	0.1	27	1.4
オランダ	7.6 <sup>c</sup>	..	..	..	98	5	6	0.2	8	7.7	100	86.8
ニューゼーランド	6.4 <sup>c</sup>	12	..	..	102	6	9	0.1	7	7.2	..	69.2
ニカラグア	3.8 <sup>c</sup>	45	7.8	74	103	35	170	0.2	49	0.7	48	2.8
ニジェール	5.9 <sup>c</sup>	..	39.9	40	71	176	1,800	0.8	174	0.1	7	0.5
ナイジェリア	5.1 <sup>c</sup>	..	27.2	72	84	189	1,100	3.1	311	0.8	30	7.3
ノルウェー	9.6 <sup>c</sup>	6	..	97	99	4	7	0.1	6	11.4	..	84.8
パキスタン	9.1 <sup>c</sup>	62	31.3	63	80	90	320	0.1	181	0.9	58	11.1
パナマ	2.5 <sup>c</sup>	28	..	99	101	23	130	1.0	47	1.8	74	22.9
パプアニューギニア	4.5 <sup>c</sup>	..	..	..	..	65	470	1.5	250	0.7	45	1.8
パラグアイ	3.4 <sup>c</sup>	47	..	95	99	29	150	0.6	58	0.7	70	8.7
ペルー	3.9 <sup>c</sup>	40 <sup>f</sup>	5.2	104	102	20	240	0.5	126	1.3	72	24.7
フィリピン	5.6 <sup>c</sup>	45	20.7	94	102	28	230	..	290	0.9	78	6.0
ポーランド	7.3 <sup>c</sup>	19	..	96	99	7	8	0.1	25	7.9	..	44.0
ポルトガル	5.8 <sup>c</sup>	18	..	104	101	4	11	0.5	30	5.9	99	41.9
ルーマニア	8.2 <sup>c</sup>	32	3.5	120	99	15	24	0.1	115	4.1	72	23.9
ロシア	6.4 <sup>c</sup>	6	..	93	98	15	28	1.1	110	10.5	87	21.1
ルワンダ	5.3 <sup>c</sup>	..	18.0	35	100	181	1,300	2.8	397	0.1	23	3.1
サウジアラビア	..	..	..	93	94	25	18	..	46	16.5	99	29.2
セネガル	6.2 <sup>c</sup>	..	14.5	50	94	114	980	1.0	272	0.4	28	8.4
セルビア	8.3 <sup>d</sup>	23	1.8	..	102	8	..	0.1	32	6.5 <sup>j</sup>	92	32.1
シエラレオネ	6.1 <sup>c</sup>	..	28.3	81	86	262	2,100	1.7	574	0.2	11	0.3
シンガポール	5.0 <sup>c</sup>	10	3.3	..	..	3	14	0.2	27	13.2	100	67.7
スロバキア共和国	8.8 <sup>c</sup>	10	..	94	100	8	6	<0.1	17	6.8	100	51.3
ソマリア	..	..	32.8	..	..	142	1,400	0.5	249	0.1	23	1.1
南アフリカ	3.1 <sup>c</sup>	3	..	84	100	59	400	18.1	948	8.7	59	8.6
スペイン	7.0 <sup>c</sup>	12	..	99	103	4	4	0.5	30	7.9	100	57.4
スリランカ	6.8 <sup>c</sup>	41 <sup>f</sup>	22.8	104	..	21	58	..	60	0.6	86	5.7
スーダン	..	..	38.4	50	88	109	450	1.4	243	0.3	35	9.2
スウェーデン	9.1 <sup>c</sup>	..	..	95	99	3	3	0.1	6	5.4	100	79.7
スイス	7.6 <sup>c</sup>	10	..	88	97	5	5	0.6	6	5.5	100	75.2
シリア・アラブ共和国	..	..	..	114	96	17	130	..	24	3.6	92	16.8
タジキスタン	7.7 <sup>c</sup>	..	14.9	95	89	67	170	0.3	231	0.8	92	7.2
タンザニア	7.3 <sup>c</sup>	88 <sup>f</sup>	16.7	112 <sup>g</sup>	..	116	950	6.2	297	0.1	33	1.2
タイ	6.1 <sup>c</sup>	53	7.0	101	104 <sup>g</sup>	7	110	1.4	142	4.1	96	20.0
トーゴ	7.6 <sup>c</sup>	..	..	57	75	100	510	3.3	429	0.2	12	5.4
チュニジア	5.9 <sup>c</sup>	..	..	100	104	21	100	0.1	26	2.2	85	27.1
トルコ	5.2 <sup>c</sup>	36	3.5	97	90	23	44	..	30	3.5	88	33.1
トルクメニスタン	6.0 <sup>c</sup>	..	..	..	..	50	130	<0.1	68	8.6	..	1.4
ウガンダ	6.1	..	19.0	54	98	130	550	5.4	330	0.1	33	7.9
ウクライナ	9.0 <sup>c</sup>	..	4.1	101	100	24	18	1.6	102	6.9	93	22.4
アラブ首長国連邦	..	..	..	105	101	8	37	..	16	30.1	97	86.1
イギリス	6.1 <sup>c</sup>	..	..	..	102	6	8	0.2	15	9.1	..	79.4
アメリカ	5.4 <sup>c</sup>	..	1.3	96	100	8	11	0.6	4	19.5	100	72.4
ウルグアイ	4.5 <sup>c</sup>	25	6.0	104	98	14	20	0.6	22	1.7	100	40.2
ウズベキスタン	7.1 <sup>c</sup>	..	4.4	97	98	41	24	0.1	113	4.3	96	8.8
ベネズエラ	4.9 <sup>c</sup>	30	..	95 <sup>g</sup>	102 <sup>g</sup>	19	57	..	34	5.6	..	25.6
ベトナム	7.1 <sup>c</sup>	..	20.2	..	..	15	150	0.5	171	1.2	65	21.0
ヨルダン川西岸・ガザ	..	36	..	83	104	27	..	..	20	..	80	9.6
イエメン共和国	7.2 <sup>c</sup>	..	..	60	66	73	430	..	76	1.0	46	1.4
ザンビア	3.6 <sup>c</sup>	..	23.3	88	96	170	830	15.2	506	0.2	52	5.5
ジンバブエ	4.6 <sup>c</sup>	..	14.0	..	97	90	880	15.3	782	0.9	46	11.4
世界全体	..	..w	23.1w	87w	95w	68w	400w	0.8w	139w	4.5w, k	60w	21.3w
低所得国	..	..	27.8	65	91	120	790	2.3	275	0.5	38	3.7
中所得国	..	..	22.7	91	96	58	320	0.6	138	3.1	58	14.7
低位所得国	..	..	25.8	90	94	65	370	0.4	147	2.6	52	11.7
高位所得国	24	..	..	98	100	25	110	1.5	105	5.1	82	26.6
低・中所得国	..	..	24.0	86	95	74	440	0.9	162	2.7	55	12.8
東アジア・太平洋	..	..	12.6	100	100	27	150	0.2	136	3.6	66	23.3
ヨーロッパ・中央アジア	19	..	..	98	97	23	45	0.6	84	7.0	89	23.4
ラテンアメリカ・カリブ	31	4.5	..	97	101	26	130	0.5	50	2.5	78	26.6
中東・北アフリカ	37	..	..	91	93	38	200	0.1	41	3.6	74	24.2
南アジア	..	..	40.9	79	90	78	500	0.3	174	1.1	33	6.6
サハラ以南アフリカ	..	..	26.5	63	88	146	900	5.0	369	0.9	31	4.5
高所得国	..	..	..	98	99	7	10	0.3	16	12.6	100	67.1

注：a. 国際電気通信連合 (ITU) の Telecommunication Development Report データベースに基づく。このデータの第三者利用に関しては ITU 出所と明記のこと。 b. 入手可能な最新年のデータ。 c. 1人当たり資本支出でランク付けした人口10%層の支出シェアをさす。 d. 都市部のデータ。 e. 1人当たり所得でランク付けした人口の10%層の所得シェアをさす。 f. カバレッジは限定的。 g. 2008年のデータ。 h. 香港を含む。 i. モンテネグロを含む。 j. コソボとモンテネグロを含む。 k. 特定国に割り当てられていない排出を含む。



表4 経済活動

	国内総生産 (GDP)				付加価値 (対 GDP 比 %)			家計最終消費支出			対外サービス収支 (対 GDP 比 %)		GDP インブリーメント・デフレーター (年平均上昇率 %)
	年平均増加		農業者生産性、農民一人当たり付加価値 2000 年米ドル		農業	工業	サービス業	一般政府消費 (対 GDP 比 %)	総固定資本形成 (対 GDP 比 %)	対外サービス収支 (対 GDP 比 %)	対外サービス収支 (対 GDP 比 %)		
	100 万ドル	率 %	1990-92 年	2003-05									
2008 年	2000-08 年	2000 年	2003 年	2008 年	2008 年	2008 年	2008 年	2008 年	2008 年	2008 年	2000-08 年		
アフガニスタン	10,170	..	..	..	37	25	38	98	17	31	-39	7.1	
アルバニア	12,295	5.4	778	1,449	21	20	59	85	10	32	-27	3.5	
アルジェリア	173,882	4.3	1,911	2,225	9	69	23	22	7	37	35	9.4	
アンゴラ	83,383	13.7	165	174	10	86	4	37	.a	12	50	48.1	
アルゼンチン	328,385	5.3	6,767	10,072	9	34	57	59	13	24	4	12.8	
アメリカ	11,917	12.4	1,476 <sup>b</sup>	3,692	18	45	37	75	12	38	-25	4.6	
オーストラリア	1,015,217	3.3	20,839	29,908	..	..	..	55	18	29	-2	3.8	
オーストリア	416,380	2.1	12,048	21,920	2	31	67	54	18	21	7	1.8	
アゼルバイジャン	46,259	18.1	1,084 <sup>b</sup>	1,143	6	71	23	25	10	23	42	10.9	
バングラデシュ	78,992	5.9	254	338	19	29	52	79	5	24	-8	4.8	
ベラルーシ	60,302	8.6	1,977 <sup>b</sup>	3,153	9	39	53	54	16	35	-6	25.5	
ベルギー	497,586	2.0	..	39,243	1	24	75	52	22	22	3	2.0	
ベナン	6,680	3.9	326	519	..	..	..	..	..	..	..	3.3	
ボリビア	16,674	4.1	670	773	14	42	44	61	12	16	12	7.0	
ボスニア・ヘルツェゴビナ	18,452	5.5	..	8,270	..	..	..	85	22	23	-30	3.8	
ブラジル	1,612,539	3.6	1,507	3,119	7	28	65	61	20	19	0	8.1	
ブルガリア	49,900	5.8	2,500	7,159	7	31	61	70	16	37	-23	5.6	
ブルキナファソ	7,948	5.6	110	173	33	22	44	75	22	18	-15	2.4	
ブルンジ	1,163	2.9	108	70	..	..	..	91	29	16	-36	9.6	
カンボジア	9,574	9.7	..	314	32	27	41	83	3	21	-8	4.7	
カメルーン	23,396	3.5	389	648	20	33	48	68	13	19	1	2.2	
カナダ	1,400,091	2.5	28,243	44,133	..	..	..	56	19	23	3	2.0	
中央アフリカ共和国	1,970	0.6	287	381	53	14	32	95	3	10	-9	2.2	
チャド	8,361	10.4	173	215	23	42	35	69	6	15	10	8.3	
チリ	169,458	4.4	3,573	5,309	4	47	49	55	10	21	14	6.6	
中国	4,326,187	10.4	258	407	11	49	40	37	14	43	7	4.3	
香港 (中国)	215,355	5.2	..	..	0	8	92	60	8	20	11	-1.7	
コロンビア	242,268	4.9	3,080	2,749	9	34	57	64	13	24	-1	6.9	
コンゴ民主共和国	11,588	5.5	184	149	41	27	31	82	11	17	-10	28.3	
コンゴ共和国	10,699	4.0	..	..	5	60	35	29	14	27	30	7.0	
コスタリカ	29,834	5.5	3,143	4,506	7	29	64	69	13	27	-10	10.2	
コートジボワール	23,414	0.6	598	795	24	25	51	77	8	10	5	3.4	
クロアチア	69,333	4.6	5,425 <sup>b</sup>	11,354	6	28	65	59	19	31	-8	3.8	
チェコ共和国	216,485	4.6	..	5,521	2	38	60	48	20	27	5	2.2	
デンマーク	342,672	1.7	15,190	38,441	1	26	73	50	26	23	1	2.3	
ドミニカ共和国	45,790	5.4	1,924	3,305	11	28	61	81	6	20	-7	15.0	
エクアドル	52,572	5.0	1,686	1,676	7	36	57	67	12	24	-3	9.5	
エジプト・アラブ共和国	162,818	4.7	1,528	2,072	14	36	50	72	11	24	-7	7.8	
エルサルバドル	22,115	2.9	1,633	1,638	13	28	58	98	9	15	-22	3.7	
エリトリア	1,654	1.3	..	71	24	19	56	86	31	11	-28	18.0	
エチオピア	26,487	8.2	..	158	43	13	45	85	11	21	-17	8.7	
フィンランド	271,282	3.0	18,818	31,276	3	32	65	52	21	22	5	1.1	
フランス	2,853,062	1.7	22,234	44,080	2	21	77	57	23	22	-2	2.1	
グルジア	12,793	8.1	2,443 <sup>b</sup>	1,791	10	24	66	76	21	31	-28	7.3	
ドイツ	3,652,824	1.2	13,724	25,657	1	30	69	57	18	18	7	1.1	
ガーナ	16,123	5.6	293	320	32	26	42	81	14	32	-26	18.7	
ギリシャ	356,796	4.2	7,536	8,818	4	23	73	71	17	26	-13	3.3	
グアテマラ	38,977	3.9	2,120	2,623	11	28	62	90	4	24	-18	5.2	
ギニア	4,266	3.1	142	190	8	35	58	85	5	13	-2	20.2	
ハイチ	6,953	0.5	..	..	..	..	..	98	.a	26	-23	16.7	
ホンジュラス	14,077	5.3	1,193	1,483	13	27	61	83	14	30	-28	6.5	
ハンガリー	154,668	3.6	4,122	6,922	4	29	66	67	9	22	1	5.0	
インド	1,217,490	7.9	324	392	18	29	53	56	11	39	-6	4.6	
インドネシア	514,389	5.2	484	583	14	48	37	63	8	28	1	10.9	
イラン・イスラム共和国	385,143	6.0	1,954	2,561	10	45	45	45	14	31	10	17.9	
イラク	..	..	..	1,756	..	..	..	..	..	..	..	..	
アイルランド	281,776	5.0	..	17,107	2	35	63	46	16	27	11	2.9	
イスラエル	199,498	3.5	..	..	..	..	..	58	25	19	-2	1.1	
イタリア	2,293,008	0.9	11,528	23,967	2	27	71	59	20	21	0	2.6	
日本	4,909,272	1.6	20,445	35,668	1	30	68	57	18	24	1	-1.2	
ヨルダン	20,013	6.7	1,892	1,360	4	32	64	108	18	19	-45	4.2	
カザフスタン	132,229	9.5	1,795 <sup>b</sup>	1,557	6	42	52	35	10	35	20	15.1	
ケニア	34,507	4.6	334	333	21	13	65	79	11	25	-14	6.5	
大韓民国	929,121	4.5	..	11,451	3	37	60	55	15	31	-1	2.2	
キルギス共和国	4,420	4.4	675 <sup>b</sup>	979	34	19	48	101	18	26	-45	6.8	
ラオス人民民主共和国	5,431	6.9	360	459	40	31	29	69	8	38	-15	9.4	
レバノン	28,660	4.0	..	29,950	5	22	73	91	14	20	-25	2.2	
リベリア	870	-1.1	..	..	54	19	27	116	15	20	-51	10.5	
リビア	99,926	4.1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	22.2	
リトアニア	47,341	7.7	..	3,790	4	33	63	66	18	27	-11	4.0	
マダガスカル	8,970	3.8	186	174	25	17	57	85	5	36	-25	11.5	
マラウイ	4,269	4.2	72	116	34	21	45	85	11	32	-28	19.3	
マレーシア	194,927	5.5	386	525	10	48	42	46	12	22	20	4.4	
マリ	8,740	5.2	208	241	37	24	39	76	11	23	-10	4.2	
モリタニア	2,858	5.1	574	356	13	47	41	61	20	26	-7	11.3	

	国内総生産 (GDP)		農業生産性、農民一人当たり付加価値		付加価値 (対 GDP 比 %)			家計最終消費支出 (対 GDP 比 %)		一般政府消費支出 (対 GDP 比 %)	総固定資本形成 (対 GDP 比 %)	対外サードセクター対外収支 (対 GDP 比 %)	GDP インプリシット・デフレーター (年平均上昇率 %)
	100 万ドル	年平均増加率 %	2000 年米ドル		農業	工業	サービス業	2008 年	2008 年				
	2008 年	2000-08 年	1990-92 年	2003-05	2008 年	2008 年	2008 年	2008 年	2008 年	2008 年			
メキシコ	1,085,951	2.7	2,256	2,793	4	37	59	66	10	26	-2	8.2	
モルドバ	6,048	6.3	1,286 <sup>b</sup>	816	11	15	74	97	19	37	-53	11.6	
モロコシ	86,329	5.0	1,430	1,746	16	20	64	61	16	33	-9	1.6	
モザンビーク	9,735	8.0	107	148	28	26	46	75	12	23	-10	8.1	
ミャンマー	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
ネパール	12,615	3.5	191	207	34	17	50	79	10	32	-21	6.2	
オランダ	860,336	1.8	24,914	42,049	2	24	74	47	25	20	8	2.2	
ニュージーランド	130,693	3.0	19,155	27,189	..	..	..	60	19	23	-1	3.0	
ニカラグア	6,592	3.5	..	2,071	19	30	51	90	12	32	-34	8.5	
ニジェール	5,354	4.4	152	157 <sup>b</sup>	..	..	..	..	..	..	..	2.6	
ナイジェリア	212,080	6.6	..	..	31	41	28	..	..	..	13	17.0	
ノルウェー	449,996	2.5	19,500	37,039	1	43	56	42	20	23	16	4.7	
パキスタン	168,276	5.8	594	696	20	27	53	80	9	22	-10	7.3	
パナマ	23,088	6.6	2,363	3,904	6	17	76	65	11	23	1	2.2	
パプアニューギニア	8,168	2.8	500	595	33	48	19	44	10	19	27	7.3	
パラグアイ	15,977	3.7	1,596	2,052	23	20	57	69	9	20	3	10.5	
ペルー	127,434	6.0	930	1,481	7	38	55	61	9	27	2	3.5	
フィリピン	166,909	5.1	905	1,075	15	32	53	77	10	15	-2	5.2	
ポーランド	526,966	4.4	1,502 <sup>b</sup>	2,182	4	30	65	66	15	23	-3	2.6	
ポルトガル	242,689	0.9	4,642	6,220	3	24	73	65	20	22	-7	2.9	
ルーマニア	200,071	6.3	2,196	4,646	8	34	58	73	11	26	-10	17.0	
ロシア	1,607,816	6.8	1,825 <sup>b</sup>	2,519	5	38	57	45	19	25	11	16.5	
ルワンダ	4,457	6.7	167	182	35	12	53	90	9	21	-19	10.0	
サウジアラビア	467,601	4.1	7,875	15,780	2	70	27	26	20	19	35	8.9	
セネガル	13,209	4.4	225	215	15	23	62	82	10	30	-22	2.9	
セルビア	50,061	5.7	..	..	13	28	59	84	17	23	-24	17.2	
シエラレオネ	1,953	10.3	..	..	43	24	33	80	13	20	-12	9.3	
シンガポール	181,948	5.8	22,695	40,419	0	28	72	39	11	31	19	1.5	
スロバキア共和国	94,957	6.3	..	5,026	4	41	55	54	16	28	1	3.7	
ソマリア	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
南アフリカ	276,764	4.3	1,786	2,495	3	31	66	61	20	22	-4	7.1	
スペイン	1,604,174	3.3	9,511	18,619	3	30	67	57	18	31	-7	3.9	
スリランカ	40,714	5.5	679	702	13	29	57	70	16	27	-13	10.6	
スーダン	58,443	7.4	414	667	26	34	40	59	16	24	1	9.9	
スウェーデン	480,021	2.8	22,533	35,378	2	29	70	47	26	20	8	1.7	
スイス	488,470	1.9	19,884	23,588	1	28	71	59	11	22	8	1.0	
シリア・アラブ共和国	55,204	4.4	2,344	3,261	20	35	45	75	12	14	0	8.4	
タジキスタン	5,134	8.6	346 <sup>b</sup>	409	18	23	59	114	8	20	-42	21.0	
タンザニア <sup>c</sup>	20,490	6.8	238	295	45	17	37	73	16	17	-6	9.4	
タイ	260,693	5.2	497	624	12	46	43	51	13	28	8	2.4	
トーゴ	2,823	2.5	312	347	..	..	..	..	16	..	-27	1.1	
チェルノブイリ	40,180	4.9	2,422	2,700	10	28	62	65	14	25	-3	2.9	
トルコ	794,228	5.9	1,770	1,846	10	28	62	71	13	22	-5	16.9	
トルクメニスタン	18,269	14.5	1,222 <sup>b</sup>	..	..	..	..	..	..	..	11	12.2	
ウガンダ	14,529	7.5	155	175	23	26	52	82	12	24	-18	5.1	
ウクライナ	180,355	7.2	1,195 <sup>b</sup>	1,702	8	37	55	64	17	25	-6	15.7	
アラブ首長国連邦	163,296	7.7	10,454	25,841	2	59	39	45	10	21	24	7.7	
イギリス	2,645,593	2.5	22,664	26,942	1	23	76	63	22	19	-4	2.7	
アメリカ	14,204,322	2.5	20,793	42,744	1	22	77	70	26	19	-6	2.6	
ウルグアイ	32,186	3.8	6,304	8,797	11	27	63	69	12	23	-4	8.2	
ウズベキスタン	27,918	6.6	1,272 <sup>b</sup>	1,800	23	33	43	55	16	19	10	25.5	
ベネズエラ	313,799	5.2	4,483	6,331	..	..	..	53	10	23	14	26.3	
ベトナム	90,705	7.7	214	305	20	42	38	66	6	42	-13	7.8	
ヨルダン川西岸・ガザ	..	-0.9	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3.4	
イエメン共和国	26,576	3.9	271	328 <sup>b</sup>	..	..	..	..	..	..	..	13.6	
ザンビア	14,314	5.3	159	204	21	46	33	66	9	22	3	17.1	
ジンバブエ	..	-5.7	240	222	..	..	..	..	..	..	..	232.0	
世界全体	60,587,016t	3.2w	731w	908w	3w	28w	69w	61w	17w	22w	0w	..	
低所得国	568,504	5.8	222	268	25	29	46	75	9	27	-11	..	
中所得国	16,826,866	6.4	470	650	10	37	53	56	14	30	1	..	
低所得国	8,377,130	8.3	359	499	14	41	45	50	13	36	1	..	
高所得国	8,445,380	4.6	1,998	2,721	6	33	61	61	15	23	1	..	
低・中所得国	17,408,313	6.4	432	577	11	37	53	57	14	29	1	..	
東アジア・太平洋	5,658,322	9.1	295	438	12	48	41	42	13	39	6	..	
ヨーロッパ・中央アジア	3,860,600	6.3	1,749	2,076	7	34	60	60	15	24	0	..	
ラテンアメリカ・カリブ	4,247,077	3.9	2,125	3,044	6	32	62	63	14	23	0	..	
中東・北アフリカ	1,117,198	4.7	1,583	2,204	12	41	48	57	12	28	3	..	
南アジア	1,531,499	7.4	335	406	18	29	53	61	11	36	-7	..	
サハラ以南アフリカ	987,120	5.2	263	279	14	32	54	67	16	23	-3	..	
高所得国	43,189,942	2.3	15,906	25,500	1	26	73	62	18	21	-1	..	

注：a. 一般政府最終消費は家計最終消費に含まれており、別々に入手することはできない。 b. 3年間全てについてデータ入手不可能。 c. タンザニア本土だけのデータ。

表5 貿易, 援助, 及び金融

	商品貿易					外国 直接投資 100万ドル 2007年	政府開発 援助 <sup>a</sup> 1人当たり ドル 2007年	対外総債務			
	輸出 100万ドル 2008年	輸入 100万ドル 2008年	工業輸出品 (対商品総輸 出比%) 2007年	ハイテク輸出 (対工業品輸 出比%) 2007年	経常収支 100万ドル 2008年			合計 100万ドル 2007年	現在価値 (対GNI比%) 2007年	銀行部門内 信用 (対GDP比%) 2008年	純移住 (1000人) 2000-05年 <sup>b</sup>
アフガニスタン	680	3,350	-	-	-	288	-	2,041	18 <sup>d</sup>	0	-
アルバニア	1,353	5,230	70	12	-1,924	477	97	2,776	22	68	-100
アルゼリア	78,233	39,156	1	2	-	1,665	12	5,541	4	-12	-140
アンゴラ	66,300	21,100	-	-	9,402	-893	14	12,738	32	10	175
アルゼンチン	70,588	57,413	31	7	7,588	6,462	2	127,758	63	24	-100
アメリカ	1,069	4,412	56	2	-1,356	699	114	2,888	38	17	-100
オーストラリア	187,428	200,272	19	14	-44,040	39,596	-	-	-	151	641
オーストリア	182,158	184,247	82	11	14,269	30,717	-	-	-	129	220
アゼルバイジャン	31,500	7,200	6	4	16,454	-4,749	26	3,021	14	17	-100
バングラデシュ	15,369	23,860	91	-	857	653	10	22,033	22	60	-700
ベラルーシ	32,902	39,483	53	3	-5,050	1,785	9	9,470	25	31	20
ベルギー	476,953	469,889	78	7 <sup>c</sup>	-12,015	72,195	-	-	-	115	196
ベナン	1,050	1,990	9	0	-217	48	56	857	12 <sup>d</sup>	15	99
ボリビア	6,370	4,987	7	5	1,800	204	50	4,947	24 <sup>d</sup>	48	-100
ボスニア・ヘルツェゴビナ	5,064	12,282	61	3	-2,765	2,111	117	6,479	42	59	62
ブラジル	197,942	182,810	47	12	-28,191	34,585	2	237,472	25	102	-229
ブルガリア	23,124	38,256	55	6	-12,577	8,974	-	32,968	100	67	-41
ブルキナファソ	620	1,800	-	-	-	600	63	1,461	14 <sup>d</sup>	16	100
ブルンジ	56	403	21	4	-116	1	59	1,456	97 <sup>d</sup>	35	192
カンボジア	4,290	6,510	-	-	-1,060	867	46	3,761	46	16	10
カメルーン	4,350	4,360	3	3	-547	433	104	3,162	5 <sup>d</sup>	6	-12
カナダ	456,420	418,336	53	14	27,281	111,772	-	-	-	191	1,089
中央アフリカ共和国	185	310	36	0	-	27	41	973	48 <sup>d</sup>	18	-45
チャド	4,800	1,700	-	-	-	603	33	1,797	19 <sup>d</sup>	-3	219
チリ	67,788	61,901	10	7	-3,440	14,457	7	58,649	45	83	30
中国	1,428,488	1,133,040	93	30	426,107	138,413	1	373,635	13	126	-2,058
香港(中国)	370,242 <sup>e</sup>	392,962	68 <sup>e</sup>	19	30,637	54,365	-	-	-	125	113
コロンビア	37,626	39,669	39	3	-6,761	9,040	17	44,976	28	43	-120
コンゴ民主共和国	3,950	4,100	-	-	-	720	20	12,283	111 <sup>d</sup>	5	-237
コンゴ共和国	9,050	2,850	-	-	-2,181	4,289	36	5,156	93 <sup>d</sup>	-19	4
コスタリカ	9,675	15,374	63	45	-1,578	1,896	12	7,846	35	54	84
コートジボワール	10,100	7,150	18	32	-146	427	8	13,938	67 <sup>d</sup>	20	-339
クロアチア	14,112	30,728	68	9	-6,397	4,916	37	48,584	109	75	-13
チェコ共和国	146,934	141,882	90	14	-6,631	9,294	-	-	-	58	67
デンマーク	117,174	112,296	66	17	6,938	11,858	-	-	-	210	46
ドミニカ共和国	6,910	16,400	-	-	-2,068	1,698	13	10,342	33	39	-148
エクアドル	18,511	18,686	8	7	1,598	183	16	17,525	50	18	-400
エジプト・アラブ共和国	25,483	48,382	19	0	412	11,578	14	30,444	25	78	-291
エルサルバドル	4,549	9,755	55	4	-1,119	1,526	14	8,809	50	45	-340
エリトリア	20	530	-	-	-	-3	32	875	41 <sup>d</sup>	125	229
エチオピア	1,500	7,600	13	3	-828	223	31	2,634	8 <sup>d</sup>	47	-340
フィンランド	96,714	91,045	81	21	10,121	11,568	-	-	-	88	33
フランス	608,684	707,720	79	19	-52,911	159,463	-	-	-	126	761
グルジア	1,498	6,058	45	7	-2,851	1,728	87	2,292	20	33	-309
ドイツ	1,465,215	1,206,213	83	14	243,289	51,543	-	-	-	126	930
ガーナ	5,650	10,400	11	1	-2,151	970	50	4,479	22 <sup>d</sup>	33	12
ギリシャ	25,311	77,970	52	8	-51,313	1,959	-	-	-	109	154
グアテマラ	7,765	14,545	50	3	-1,697	724	34	6,260	21	37	-300
ギニア	1,300	1,600	-	-	-456	111	23	3,268	64 <sup>d</sup>	-	-425
ハイチ	490	2,148	-	-	-80	75	73	1,598	20 <sup>d</sup>	23	-140
ホンジュラス	6,130	9,990	29	1	-1,225	816	65	3,260	21 <sup>d</sup>	50	-150
ハンガリー	107,904	107,864	81	25	-12,980	37,231	-	-	-	81	70
インド	179,073	291,598	64	5	-9,415	22,950	1	220,956	20	70	-1,540
インドネシア	139,281	126,177	42	11	606	6,928	4	140,783	43	37	-1,000
イラン・イスラム共和国	116,350	57,230	10	6	-	755	1	20,577	8	51	-993
イラク	59,800	31,200	0	0	2,681	383	-	-	-	-	-
アイルランド	124,158	82,774	84	28	-12,686	26,085	-	-	-	194	230
イスラエル	60,825	67,410	76	8	1,596	9,664	-	-	-	81	115
イタリア	539,727	556,311	84	7	-78,029	40,040	-	-	-	133	1,750
日本	782,337	761,984	90	19	156,634	22,180	-	-	-	293	82
ヨルダン	7,790	16,888	76	1	-2,776	1,835	88	8,368	54	122	104
カザフスタン	71,184	37,889	13	23	6,978	10,189	13	96,133	131	34	-200
ケニア	4,972	11,074	37	5	-1,102	728	34	7,355	26	35	25
大韓民国	422,007	435,275	89	33	-6,350	1,579	-	-	-	113	-65
キルギス共和国	1,642	4,058	35	2	-631	208	52	2,401	43 <sup>d</sup>	14	-75
ラオス人民民主共和国	1,080	1,390	-	-	107	324	65	3,337	84	7	-115
レバノン	4,454	16,754	-	-	-1,395	2,845	229	24,634	111	177	100
リベリア	262	865	-	-	-211	132	192	2,475	978 <sup>d</sup>	161	62
リビア	63,050	11,500	-	-	28,454	4,689	3	-	-	-47	14
リトアニア	23,728	30,811	64	11	-5,692	2,017	-	-	-	64	-36
マダガスカル	1,345	4,040	57	1	-	997	48	1,661	21 <sup>d</sup>	9	-5
マラウイ	790	1,700	11	2	-	55	53	870	9 <sup>d</sup>	16	-30
マレーシア	199,516	156,896	71	52	28,931	8,456	8	53,717	34	115	150
マリ	1,650	2,550	3	7	-581	360	82	2,018	16 <sup>d</sup>	13	-134
モリタニア	1,750	1,750	0	-	-	153	117	1,704	85 <sup>d</sup>	-	30

	商品貿易				政府開発 援助 <sup>a</sup> 1人当たり 2007年	対外総債務			銀行部門内 信用 (対GNI比%) 2008年	純移住 (1000人) 2000-05年 <sup>b</sup>	
	輸出 100万ドル 2008年	輸入 100万ドル 2008年	工業輸出品 (対商品総輸 出比%) 2007年	ハイテク輸出 (対工業品輸 出比%) 2007年		合計 100万ドル 2007年	現在価値 (対GNI比%) 2007年	経常収支 100万ドル 2008年			外国 直接投資 100万ドル 2007年
メキシコ	291,807	323,151	72	17	-15,957	24,686	1	178,108	20	37	-2,702
モルドバ	1,597	4,899	32	5	-1,009	493	73	3,203	72	40	-320
モロッコ	20,065	41,699	65	9	-122	2,807	35	20,255	29	98	-550
モザンビーク	2,600	4,100	6	2	-975	427	83	3,105	15 <sup>d</sup>	14	-20
ミャンマー	6,900	4,290	..	..	802	428	4	7,737	46	..	-1,000
ネパール	1,100	3,570	..	..	6	6	21	3,645	22 <sup>d</sup>	53	-100
オランダ	633,974	573,924	60	26	65,391	123,609	..	..	..	198	110
ニュージーランド	30,586	34,366	25	10	-11,317	2,753	..	..	..	151	103
ニカラグア	1,489	4,287	10	4	-1,475	382	149	3,390	31 <sup>d</sup>	66	-206
ニジェール	820	1,450	6	14	-314	27	38	972	12 <sup>d</sup>	6	-29
ナイジェリア	81,900	41,700	1	8	21,972	6,087	14	8,934	6	26	-170
ノルウェー	167,941	89,070	18	18	83,497	3,788	..	..	..	..	84
パキスタン	20,375	42,326	79	1	-8,295	5,333	14	40,680	25	46	-1,239
パナマ	1,180	9,050	11	0	-2,792	1,907	-40	9,862	70	86	8
パプアニューギニア	5,700	3,550	..	..	..	96	50	2,245	42	26	0
パラグアイ	4,434	10,180	14	6	-345	196	18	3,570	35	22	-45
ペルー	31,529	29,981	12	2	1,505	5,343	9	32,154	42	19	-525
フィリピン	49,025	59,170	51	54	4,227	2,928	7	65,845	51	46	-900
ポーランド	167,944	203,925	80	4	-29,029	22,959	..	195,374	53	60	-200
ポルトガル	55,861	89,753	74	9	-29,599	5,534	..	..	..	185	291
ルーマニア	49,546	82,707	80	4	-24,642	9,492	..	85,380	67	41	-270
ロシア	471,763	291,971	17	7	102,331	55,073	..	370,172	39	27	964
ルワンダ	250	1,110	5	16	-147	67	75	496	8 <sup>d</sup>	..	6
サウジアラビア	328,930	111,870	9	1	95,080	-8,069	-5	..	..	10	285
セネガル	2,390	5,702	36	4	-1,311	78	71	2,588	21 <sup>d</sup>	25	-100
セルビア	10,973	22,999	66	4	-15,989	3,110	113	26,280	86	38	-339
シエラレオネ	220	560	..	..	-181	94	99	348	10 <sup>d</sup>	14	336
シンガポール	338,176 <sup>e</sup>	319,780	76 <sup>e</sup>	46	39,106	24,137	..	..	..	84	139
ソロバキア共和国	70,967	73,321	87	5	-4,103	3,363	..	..	..	54	10
ソマリア	..	..	..	..	..	141	44	2,944	..	..	-200
南アフリカ	80,781	99,480	51 <sup>f</sup>	6	-20,981	5,746	17	43,380	19	88	700
スペイン	268,108	402,302	75	5	-154,184	60,122	..	..	..	213	2,504
スリランカ	8,370	14,008	70	2	-3,775	603	29	14,020	42	43	-442
スーダン	12,450	9,200	0	1	-3,268	2,426	52	19,126	93 <sup>d</sup>	17	-532
スウェーデン	183,975	166,971	77	16	40,317	12,286	..	..	..	136	186
スイス	200,387	183,491	91	22	41,214	49,730	..	..	..	185	200
シリア・アラブ共和国	14,300	18,320	32	1	920	600	4	..	..	37	300
タジキスタン	1,406	3,270	..	..	-495	360	33	1,228	30	28	-345
タンザニア	2,870	6,954	17	1	-1,856	647	68	5,063	15 <sup>d,g</sup>	17	-345
タイ	177,844	178,655	76	27	15,755	9,498	-5	63,067	29	136	1,411
トーゴ	790	1,540	62	0	-340	69	19	1,968	80 <sup>d</sup>	25	-4
チュニジア	19,319	24,612	70	5	-904	1,620	30	20,231	65	73	-81
トルコ	131,975	201,960	81	0	-41,685	22,195	11	251,477	47	51	-71
トルクメニスタン	10,780	4,680	..	..	..	804	6	743	7	..	-25
ウガンダ	2,180	4,800	21	11	-1,088	484	56	1,611	9 <sup>d</sup>	12	-5
ウクライナ	67,049	84,032	74	4	-12,933	9,891	9	73,600	66	82	-173
アラブ首長国連邦	231,550	158,900	3	1	..	..	..	..	..	67	577
イギリス	457,983	631,913	74	20	-78,765	197,766	..	..	..	215	948
アメリカ	1,300,532	2,165,982	77	28	-673,261	237,541	..	..	..	220	5,676
ウルグアイ	5,949	8,933	30	3	-1,119	879	10	12,363	69	33	-104
ウズベキスタン	10,360	5,260	..	..	..	262	6	3,876	20	..	-400
ベネズエラ	93,542	49,635	5	3	39,202	646	3	43,148	26	20	40
ベトナム	62,906	80,416	51	6	-6,992	6,700	29	24,222	35	95	-200
ヨルダン川西岸・ガザ	..	..	..	..	..	..	504	..	..	..	11
イエメン共和国	9,270	9,300	1	1	-1,508	917	10	5,926	23	11	-100
ザンビア	5,093	5,070	13	2	-505	984	85	2,789	7 <sup>d</sup>	19	-82
ジンバブエ	2,150	2,900	48	3	..	69	37	5,293	121	..	-700
世界全体	16,129,607t	16,300,527t	72w	18w	..	2,139,338s	16w	..s	..	158w	..w <sup>h</sup>
低所得国	167,308	239,464	44	4	..	19,975	37	156,551	46	46	-3,728
中所得国	4,905,095	4,547,215	61	19	..	501,721	9	3,260,910	74	74	-14,512
低所得国	2,627,173	2,376,905	71	23	..	232,806	9	1,228,986	98	98	-11,119
高所得国	2,276,454	2,164,216	52	13	..	268,916	9	2,031,924	53	53	-3,393
低・中所得国	5,072,412	4,786,667	60	19	..	521,696	19	3,417,461	74	74	-18,240
東アジア・太平洋	2,081,208	1,762,013	77	31	..	175,340	4	741,471	117	117	-3,722
ヨーロッパ・中央アジア	1,141,248	1,146,612	45	6	..	151,521	13	1,214,038	42	42	-2,138
ラテンアメリカ・カリブ	873,299	896,683	54	12	..	107,270	12	825,697	62	62	-5,738
中東・北アフリカ	418,183	315,621	16	4	..	28,905	55	136,448	48	48	-1,850
南アジア	225,882	380,660	66	5	..	29,926	7	304,713	69	69	-3,181
サハラ以南アフリカ	336,637	296,944	30	8	..	28,734	44	195,094	41	41	-1,611
高所得国	11,060,159	11,522,679	75	18	..	1,617,642	0	..	191	18,091	..

注：a. OECD 開発援助委員会 (DAC) のパートIIリストに掲載されている諸国に対する政府援助と ODA の区別は 2005 年に廃止された。地域別の総括値には表中に特記されていない国/地域も含まれている。世界および所得別グループの合計には、国別あるいは地域別に割り振られていない援助も含まれている。b. 5 年間の合計。c. ルクセンブルクも含む。d. 低所得国の債務の維持可能性にかかわる分析からのデータ。e. 再輸出を含む。f. 輸出入全体のデータは南アフリカだけのもの。輸出品目の割合に関するデータは南アフリカ関税同盟 (ボツワナ、レソト、ナミビア、南アフリカ) のもの。g. GNI はタンザニア本土だけのもの。h. 国連が算出した世界合計はゼロになっているが、本表に示した計数は世界銀行の定義によっているため、地域別および所得別グループの合計はゼロにならない。



表6 その他諸国の主要指標

	人口		人口の年齢 別構成 0-14歳の 割合 2008年	国民総所得 (GNI) <sup>a</sup>		PPP表示国民総所得 (GNI) <sup>a</sup>		1人当たり 国内総生産 (GDP) (増加率%) 2007-08年	出生児余命		成人識字率 (対15歳 以上人口比 ) 2007年	
	(1000人) 2008年	(年平均増 加率%) 2000-08年		(km <sup>2</sup> 当たり 人口密度) 2008年	(100万ド ル) 2008年	(1人当た りドル) 2008年	(100万ド ル) 2008年		(1人当た りドル) 2008年	男 (年数) 2007年		女 (年数) 2007年
米領サモア	66	1.7	331	..	.. <sup>d</sup>	..	..	..	..	..	..	
アンドラ	84	3.7 <sup>c</sup>	178	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	..	..	..	
アンティグア・バーブーダ	86	1.3	194	..	1,165	13,620	1,760 <sup>f</sup>	20,570 <sup>f</sup>	1.6	..	..	
アルバ	105	1.9	586	20	..	.. <sup>e</sup>	..	..	72	77	98	
バハマ	335	1.3	33	26	..	.. <sup>e</sup>	..	-0.2	71	76	..	
バーレーン	767	2.1	1,080	27	..	.. <sup>e</sup>	..	..	74	77	89	
バルバドス	255	0.2	594	18	..	.. <sup>e</sup>	..	..	74	80	..	
ベリーズ	311	2.7	14	36	1,186	3,820	1,875 <sup>f</sup>	6,040 <sup>f</sup>	0.9	73	79	
バミューダ	64	0.4	1,284	..	..	.. <sup>e</sup>	..	4.3	76	82	..	
ブータン	687	2.5	15	31	1,302	1,900	3,349	4,880	12.0	64	68	53
ボツワナ	1,905	1.2	3	34	12,328	6,470	24,964	13,100	-2.2	50	51	83
ブルネイ	397	2.2	75	27	10,211	26,740	19,540	50,200	-1.3	75	80	95
カーボベルデ	499	1.6	124	37	1,561	3,130	1,720	3,450	4.5	68	74	84
ケイマン諸島	54	3.7	209	..	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	..	99	
チャンネル諸島	149	0.2	787	16	10,241	68,640	..	..	5.7	77	81	..
コモロ	644	2.2	346	389	483	750	754	1,170	-1.4	63	67	75
キューバ	11,247	0.1	102	18	..	.. <sup>d</sup>	..	..	..	76	80	100
キプロス	864	1.2	93	18	19,617 <sup>h</sup>	22,950 <sup>h</sup>	20,549	24,040	3.3	77	82	98
ジブチ	848	1.9	37	37	957	1,130	1,972	2,330	2.1	54	56	..
ドミニカ	73	0.3	98	..	349	4,770	607 <sup>f</sup>	8,300 <sup>f</sup>	2.9	..	..	..
赤道ギニア	659	2.8	24	41	9,875	14,980	14,305	21,700	8.4	49	51	..
エストニア	1,341	-0.3	32	15	19,131	14,270	25,848	19,280	-3.6	67	79	100
フェロー諸島	49	0.7	35	..	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	77	81	..
フィジー	839	0.6	46	32	3,300	3,930	3,578	4,270	-0.3	67	71	..
仏領ポリネシア	266	1.5	73	26	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	72	77	..
ガボン	1,448	2.0	6	37	10,490	7,240	17,766	12,270	0.2	59	62	86
ガンビア	1,660	3.0	166	42	653	390	2,130	1,280	3.0	54	57	..
グリーンランド	57	0.1	0 <sup>i</sup>	..	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	..	..	..
グレナダ	106	0.6	310	28	603	5,710	850 <sup>f</sup>	8,060 <sup>f</sup>	2.2	67	70	..
グアム	175	1.5	325	28	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	73	78	..
ギニアビサウ	1,575	2.4	56	43	386	250	832	530	0.5	46	49	..
ガイアナ	763	0.1	4	30	1,081	1,420	1,916 <sup>f</sup>	2,510 <sup>f</sup>	3.1	64	70	..
アイスランド	317	1.5	3	21	12,702	40,070	7,993	25,220	-1.6	79	83	..
マン島	81	0.6	141	..	3,516	43,710	..	..	7.3	..	..	..
ジャマイカ	2,689	0.5	248	30	13,098	4,870	19,785 <sup>f</sup>	7,360 <sup>f</sup>	-1.8	70	75	86
キリバス	97	1.7	119	..	193	2,000	353 <sup>f</sup>	3,660 <sup>f</sup>	1.8	59	63	..
朝鮮民主主義共和国	23,858	0.5	198	22	..	.. <sup>j</sup>	..	..	..	65	69	..
コンゴ	..	..	..	..	..	.. <sup>k</sup>	..	..	..	..	..	..
クウェート	2,728	2.7	153	23	99,865	38,420	136,748	52,610	3.7	76	80	94
ラトビア	2,266	-0.6	36	14	26,883	11,860	37,943	16,740	-4.2	66	77	100
レソト	2,017	0.8	66	39	2,179	1,080	4,033	2,000	3.4	43	42	..
リヒテンシュタイン	36	1.1	222	..	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	..	..	..
ルクセンブルク	488	1.4	188	18	41,406	84,890	31,372	64,320	-2.5	76	82	..
マカオ (中国)	526	2.2	18,659	13	18,142	35,360	26,811	52,260	10.4	79	83	94
マケドニア	2,038	0.2	80	18	8,432	4,140	20,266	9,950	5.0	72	77	97
モルディブ	310	1.6	1,035	29	1,126	3,630	1,639	5,280	4.0	68	69	97
マルタ	411	0.7	1,286	16	6,825	16,680	9,192	22,460	3.1	77	82	92
マーシャル諸島	60	1.9	331	..	195	3,270	..	..	-0.8	..	..	..
モーリシャス	1,269	0.8	625	23	8,122	6,400	15,841	12,480	4.7	69	76	87
モヨット	191	2.9 <sup>l</sup>	511	40	..	.. <sup>d</sup>	..	..	..	..	..	..
ミクロネシア連邦	111	0.5	159	37	260	2,340	334 <sup>f</sup>	3,000 <sup>f</sup>	-1.3	68	69	..
モナコ	33	0.3 <sup>c</sup>	16,821	..	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	..	..	..
モンゴル	2,632	1.2	2	27	4,411	1,680	9,158	3,480	7.9	64	70	97
モンテネグロ	622	-0.7	45	20	4,008	6,440	8,661	13,920	6.9	72	76	..
ナミビア	2,114	1.5	3	37	8,880	4,200	13,248	6,270	1.0	52	53	88
オランダ領アンティル	194	0.9	242	21	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	71	79	96
ニューカレドニア	246	1.8	13	26	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	72	80	96
北マリアナ諸島	85	2.3 <sup>c</sup>	186	..	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	..	..	..
オマーン	2,785	1.8	9	32	32,755	12,270	55,126	20,650	5.1	74	77	84
パラオ	20	0.7	44	..	175	8,650	..	..	-1.6	66	72	..
ペルトリコ	3,954	0.4	446	21	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	74	83	..
カタール	1,281	9.1	116	16	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	75	77	93
サモア	182	0.6	64	40	504	2,780	789 <sup>f</sup>	4,340 <sup>f</sup>	-3.6	69	75	99
サンマリノ	31	1.3 <sup>m</sup>	517	..	1,430	46,770	..	..	3.1	79	85	..
サントメプリンスペ	161	1.7	168	41	164	1,020	286	1,780	3.9	64	67	88

	人口		人口の年齢別構成 0-14歳の割合	国民総所得 (GNI) <sup>a</sup>		PPP表示国民総所得 (GNI) <sup>a</sup>		1人当たり国内総生産 (GDP) (増加率%)	出生児余命		成人識字率 (対15歳以上人口比) (%)	
	(1000人) 2008年	(年平均増加率%) 2000-08年		(km <sup>2</sup> 当たり人口密度) 2008年	(100万ドル) 2008年	(1人当たりドル) 2008年	(100万ドル) 2008年		(1人当たりドル) 2008年	男 (年数) 2007年		女 (年数) 2007年
セーシェル	86	0.8	188	..	889	10,290	1,707 <sup>f</sup>	19,770 <sup>f</sup>	1.3	69	78	..
スロベニア	2,039	0.3	101	14	48,973	24,010	54,875	26,910	2.5	74	82	100
ソロモン諸島	507	2.5	18	39	598	1,180	1,309 <sup>f</sup>	2,580 <sup>f</sup>	4.9	63	64	..
セントクリストファー・ネイビス	49	1.3	189	..	539	10,960	746 <sup>f</sup>	15,170 <sup>f</sup>	8.8	..	..	..
セントルシア	170	1.1	279	27	940	5,530	1,561 <sup>f</sup>	9,190 <sup>f</sup>	1.1	73	76	..
セントビンセント・グレナディーン諸島	109	0.1	280	27	561	5,140	957 <sup>f</sup>	8,770 <sup>f</sup>	0.9	69	74	..
スリナム	515	1.2	3	29	2,570	4,990	3,674 <sup>f</sup>	7,130 <sup>f</sup>	6.0	65	73	90
スワジランド	1,168	1.0	68	40	2,945	2,520	5,852	5,010	1.1	46	45	..
東ティモール	1,098	3.7	74	45	2,706	2,460	5,150 <sup>f</sup>	4,690 <sup>f</sup>	9.6	60	62	..
トンガ	104	0.6	144	37	265	2,560	402 <sup>f</sup>	3,880 <sup>f</sup>	0.7	69	75	99
トリニダード・トバゴ	1,338	0.4	261	21	22,123	16,540	32,033 <sup>f</sup>	23,950 <sup>f</sup>	3.0	68	72	99
パナマツ	231	2.5	19	39	539	2,330	910 <sup>f</sup>	3,940 <sup>f</sup>	4.2	68	72	78
ヴァージン諸島 (米領)	110	0.1	314	21	..	.. <sup>e</sup>	..	..	..	76	82	..

注：a. 世界銀行アトラス方式を用いて算出。 b. pppは購買力平価。テクニカル・ノートを参照。 c. 2003-07年。 d. 上位所得国 (3,856-11,905ドル) と推定される。 e. 高所得国 (11,906ドル以上) と推定される。 f. 回帰分析による推定値。その他の推定値は最新の国際比較プログラムに基づくベンチマーク推定値からの外挿による。 g. マイヨネット島を含む。 h. トルコ占領のキプロス地域を除く。 i. 0.5未満。 j. 低所得国 (975ドル以下) と推定される。 k. 低位所得国 (976-3,855ドル) と推定される。 l. 2002-07年のデータ。 m. 2004-07年のデータ。

## テクニカル・ノート

このテクニカル・ノートでは、本年度版の主要世界開発指標に盛り込まれている指標を作成するために利用した出典と方法について説明する。ノートは各指標が表に掲載されている順に従う。

### 出典

主要世界開発指標に示されているデータは *World Development Indicators 2009* に依拠している。しかし、同書の締め切り後に発表された修正値はできる限り織り込まれている。また、表 1 と表 6 には 2008 年の人口と 1 人当たり GNI に関する最新の推定値が掲載されている。

*World Development Indicators* に掲載されている統計に関して、世界銀行はさまざまな情報源に依拠している。ただし、対外債務に関するデータは債務者報告制度を通じて、加盟途上国から世界銀行に直接報告されたものである。それ以外のデータはおもに国連とその専門機関、IMF、各国から世界銀行に提出された報告書などに基づく。データの鮮度と一貫性を改善するために、世界銀行スタッフによる推計値を用いることもある。国民所得勘定に関する推計データはほとんどの国について、世界銀行の経済使節団を介して、各国政府から入手している。場合によっては、国際的な定義や概念との整合性をはかるため、世界銀行スタッフが調整することもある。各国出典の社会的データのほとんどは、通常の行政ファイル、特別調査、あるいは定期的な国勢調査に依拠している。

さらに詳しいデータに関する注釈については、世界銀行の *World Development Indicators 2009* を参照。

### データの一貫性と信頼性

データの標準化には多大な努力を払っているが、完璧な比較可能性は確保できていないため、指標の解釈については注意を要する。データの入手可能性、比較可能性、および信頼性には、多くの要因が影響を与える。途上国では統計システムがまだ不備であるため、統計手法、対象範囲、調査の実施、および定義などに大きな差異がある。各国間および異時点間の比較については、確定的には解決できない複雑な技術的ないし概念的な問題が含まれていることもある。データの対象範囲が狭くなっていることもある。特殊事情や紛争などに起因する問題に直面している国においては、データの収集と報告が影響を受けたりするためである。このような理由から、データはもっとも権威がある情報源に依拠しているとはいえ、各国間の相違を正確に数値化したというよりも、傾向を示唆し、おもな相違の特徴を示したものにすぎないと解釈すべきである。異なる版に掲載されているデータ間の相違は、各国による修正や、時系列データの修正および統計手法の変更などを反映したものである。したがって、世界銀行の刊行物でも、異なる刊行物、あるいは同一刊行物でも異なる版から、時系列データを取り出すことは避けたほうがよい。一貫性のある時系列データは *World Development Indicators 2009* の CD-ROM

版や *WDI Online* で入手可能である。

### 比率と増加率

参照の便宜をはかるため、各表には通常は単なる原数値のものではなく、比率や増加率が示されている。原数値は *World Development Indicators 2009* の CD-ROM 版に掲載されている。増加率は特記がない限り、最小二乗法により算出されている（後述の統計手法の項を参照）。この方法では当該期間中の入手可能な観察値すべてを考慮に入れるため、算出された増加率は例外的な数値の影響をあまり受けません。インフレの影響を排除するため、増加率の算出には不変価格による経済指標を用いている。イタリック体のデータは当該欄の見出しに指定されている年ないし期間のものではないことを示す。経済指標に関して最大で前後 2 年、データ収集がそれほど定期的ではなく、さほど劇的な変化もない社会指標に関しては最大で前後 3 年のずれがあり得る。

### 不変価格シリーズ

経済の成長は、その経済のなかで働いている個人や企業が生み出す付加価値の増加によって測定する。つまり、実質成長率を測定するためには、不変価格で評価した GDP とその構成要素の推定値が必要になる。世界銀行は国内通貨建ての不変価格による国民所得勘定系列を収集しているが、これは各国それぞれの基準年で作成されている。これを比較可能な不変価格データ系列にするため、世界銀行は GDP および産業別付加価値を最新版の *World Development Indicators* では 2000 年という共通の基準年に再計算している。このプロセスは、再計算した GDP と再計算した構成要素の合計の間に誤差をもたらす。誤差を配分すると成長率に歪みが生じるので、誤差は未配分のままにしている。

### 総括値

ほとんどの表の末尾に示されている地域別や所得別グループの総括値は、水準表示の場合は単純な加算で算出されている。総括値の増加率や比率は、通常は加重平均によって算出される。社会指標の総括値は出生数によって加重されている幼児死亡率を除き、人口数あるいは下位分類の人口関連数によって加重されている。さらに詳しい情報は個別指標に関する注を参照。

多年度にわたる総括値は時期によって集計値の構成が変化しないように、含まれている国が同一であると想定したグループに基づいて算出されている。当該年のグループ値は、基準年である 2000 年にグループ内の 3 分の 2 以上の諸国について、データが入手可能な場合にのみ算出されている。この基準が満たされていれば、データがない国についても、それがあつた国と同じように変化するという前提がおかれている。総括値はテーマごとに典型的な集計値を示すものであつて、グループ値と国レベルの数値を比較しても、有意義な情報は得られないことに注意。さらに、推定のプロセスで、下位グループの合計と全体との間に誤差が発生することもある。

## 表 1. 主要開発指標

**人口**は、事実上の定義に基づいており、法的地位や市民権にはかかわりなく、すべての住民を含む。ただし、一般には出身国の人口に含まれ、保護を受けている国に永住しているわけではない難民は除く。数値は年央推定値。(ユーロスタット、国連人口局、世界銀行)。

**人口増加率**は、該当期間における指数関数的な増加率である(後述の統計手法の項を参照)。(ユーロスタット、国連人口局、世界銀行)。

**人口密度**は、年央の人口を国土面積(平方キロメートル)で除したものである。国土面積は総面積から内陸水路と沿岸水路を控除したものである。(ユーロスタット、国連人口局、世界銀行)。

**人口の年齢構成(0-14歳)**は、0-14歳の人口が総人口に占める割合を示す。(ユーロスタット、国連人口局、世界銀行)。

**国民総所得(GNI)**は、国民所得に関するもっとも幅広い測定値であり、居住者に請求権がある国内外の源泉から生み出された付加価値を測定する。GNIは国民総生産(GDP)に海外からの一次所得の純受け取りを加えたものとなる。データは世界銀行アトラス方式を用いて、各国通貨から現在の米ドルに換算されている。一時的な為替相場変動の影響をならすため、3年間の平均為替相場を使用している(アトラス方式の詳細については、後述の統計手法の項を参照)。(世界銀行)。

**1人当たりGNI**は、GNIを年央の人口で除したものである。米ドル表示の1人当たりGNIは世界銀行アトラス方式を使って換算したものである。世界銀行は米ドル表示の1人当たりGNIを用いて、分析上の目的で各国を分類したり、借入れ資格を規定したりしている。(世界銀行)。

**PPP表示の国民総所得(GNI)**は、購買力平価(PPP)を換算係数に用いて国際的なドルに換算したGNIである。それをここに掲載したのは、名目相場は相対価格の国際的な格差を必ずしも反映しないためである。PPP相場を使えば、国際的な1ドルは自国のGNIに対して、米ドルがアメリカのGNIに対してもつと同等の購買力をもつことになる。PPP相場を用いることによって、普通の物価指数について異時点間で実質価値の比較が可能であるように、各国間でも実質物価水準について標準的な比較が可能となる。ここで使われたPPP換算係数は、国際比較プログラムが146カ国を対象に2005年に実施した物価調査に基づく。OECD加盟国については2005年に終了した最新の調査のデータに基づく。調査対象に含まれていない国の推定値は、入手可能なデータを使って統計モデルで求めたものである。2005年の国際比較プログラムに関する詳細な情報については [www.org/data/icp](http://www.org/data/icp) を参照。(世界銀行、ユーロスタット/OECD)。

**PPP表示の1人当たりGNI**は、PPP表示のGNIを年央の人口で除したものである。(世界銀行、ユーロスタット/OECD)。

**1人当たり国内総生産(GDP)増加率**は、不変価格で測

定したGDPに基づく。GDPの増加率は経済成長を幅広く測定する尺度であると考えられている。不変価格におけるGDPは、一定期間に生産された財及びサービスの量を基準年価格で測定し、やはり不変価格で評価した中間投入コストを控除することによって推定できる。最小二乗法による増加率の詳細については、後述の統計手法の項を参照。(世界銀行、ユーロスタット/OECD)。

**出生時余命**は、出生時における死亡率パターンが生涯を通じて不変であるとした場合に、新生児が何歳まで生きるかを示す数値である。男女別にデータを示している。(ユーロスタット、国連人口局、世界銀行)。

**成人識字率**は、日常生活に関する短い表現を理解しながら、読み書きができる15歳以上の人口の割合である。実際には、識字率の測定は困難である。このような定義を使って識字率を推定するためには、国勢調査あるいは制御された状況下での測定値が必要となる。自己申告データで識字能力のある人の数を推定している国が多い。学習到達度を代理変数としながらも、異なる就学期間や修了水準を適用している国もある。データ収集の定義や手法が各国で違っているので、取り扱いには注意が必要である。(UNESCO統計研究所)。

## 表 2. 貧困

世界銀行は、自らが積極的なプログラムを運営している諸国の貧困評価報告書を定期的に作成している。世界銀行は、各国の担当機関、他の開発機関、貧困層の団体を含む市民社会組織と密接に協力している。貧困評価報告書では貧困の程度と原因が報告されるとともに、それを削減するための戦略が提案されている。1992年以降、世界銀行は累計で約200本の貧困報告書を作成しており、それが本表に掲載されている各国の貧困線を用いた貧困推計値の主な出典となっている。各国も自国に関する貧困削減戦略の一環として同じような評価を公表している。

世界銀行は貧困削減の進展をモニターするために、国際貧困線を用いた貧困の推計値も作成している。途上国について初めて国際的な貧困の推計値が作成されたのは *World Development Report 1990* の時である。これは22カ国の家計調査データを用いた貧困の推計であった(Ravallion, Datt, and van de Walle 1991)。それ以降、家計所得、支出調査を実施する諸国の数は著しく増加している。

**各国の貧困線と国際貧困線**。各国の貧困線は各国固有の経済的及び社会的な状況に整合的な貧困を推計するために設定されており、貧困率の国際的な比較を目的としたものではない。各国の貧困線の設定は非貧困のために必要な消費ないし所得の水準にかかわる当該国の主観を示している。貧困と非貧困の主観的な境界は当該国の平均所得とともに上昇するため、各国の貧困率を比較するための統一的な尺度にはならない。しかしながら、貧困にかかわる各国の推計値は貧困削減にかかわる国家政策を策定して、その成果を検討するのに適切な尺度であることは明らかである。

貧困データの国際的な比較には概念上と実際上の両方の



問題が伴う。国により貧困の定義が異なるので、整合性のある各国間の比較は困難である。また富裕国では、貧困国よりも貧困の基準が緩やかなため、貧困線における購買力は前者の方が後者よりも大きくなっている傾向がみられる。国際貧困線は国の平均所得とは無関係に、長期的な比較を行う場合と同じように、貧困線の実質価値を各国間で不変に維持しようとしたものである。

World Development Report 1990以降、世界銀行は世界の極貧国における貧困水準をベースとした極貧を推定するために共通の基準を適用している。さまざまな諸国で生活している人々の福祉は、各国通貨の購買力の格差を調整することによって、共通の尺度で測定することができる。World Development Report 1990の作成においては1日1ドルという共通基準が設定された。それが1985年の国際価格で測定され、購買力平価を用いて各国通貨に換算された。当時はそれが低所得国では典型的な貧困線だったからである。その後、1日1ドルの線は1993年の国際価格で測定して1.08ドルに修正された。さらに最近、国際貧困線は国際比較プログラムの2005年実施に基づくPPPにかかわる新しいデータや、拡充された家計所得、支出調査からのデータを使って、再度修正された。新しい極貧線は2005年のPPPベースで1日1.25ドルに設定されている。これは1人当たり消費で最貧15カ国の貧困線の中央値に相当する。新しい貧困線は、極貧に対しては同じ基準を維持している。ここで極貧とは世界でもっとも貧しい国における典型的な貧困線である。新しい貧困線は同じ基準を維持しているが、途上国における生活の変化に関する最新の情報を用いて更新されている。

**データの質と入手可能性。** 貧困の推計値は家計のサンプルから特に所得/消費に関する情報を収集するために実施された調査を基準に導出されている。貧困の推計値が有用であるためには、調査が全国的に代表的で、すべての家計の消費/所得（自家生産による消費/所得を含む）の包括的な推計値を計算するのに十分な情報を含んでいなければならない。また、1人当たりの消費/所得について、正しいウェイトを付けた分布を作成することができなければならない。これまでの20年間において調査を実施する国の数と調査の頻度に関しては、著しい増加があった。そのデータの質も同じく大幅に改善している。世界銀行の貧困測定用のデータベースには途上国115カ国における累計600もの調査が含まれている。このような調査を通じて、途上国の人口の96%を代表する120万世帯が無作為抽出されてインタビューを受けている。

**調査データの使用に伴う測定問題。** 世帯の生活水準を測定しようとする、調査データについては頻度と適時性以外にも、データに関していくつかの問題にぶつかる。その1つは福祉指標としては所得と消費のどちらを選択すべきなのかという問題である。所得は総じて正確な測定が困難であり、消費のほうが所得よりも生活水準の概念に適している。たとえ生活水準が変化しなくても、所得は時とともに変化し得るからである。しかし、消費データはいつも入

手可能とは限らず、その場合には所得データを使うしかない（最新の消費データを用いているのは本表の約3分の2の諸国にとどまる）。もう1つの問題は、家計調査は同じようにみえても厳密には比較不可能だということである。消費財の数、回答者が支出を記憶していなければならない期間、調査員の質や訓練などが異なるからである。一部の調査における選別的な無回答も懸念事項である。

開発段階が異なる各国間比較でも、非市場財の相対的重要度が異なるため問題が生じる可能性がある。総消費支出の尺度には、物理的に消費される財すべて（開発の遅れた農村経済では特に重要な自家生産による消費を含む）にかかわる市場価値を含めるべきであるが、そうになっていない可能性がある。同様に、非市場財の生産に伴う利益は所得に含めなければならない。最近ではほとんどの調査データに、自家生産に伴う消費/所得にかかわる帰属価値が含まれている。非市場財の生産に伴う帰属利益は所得に含まれるべきであるが、必ずしもそうになっていない（そのようなデータの欠落は1980年代以前の調査ではより大きな問題だった）。最近ではほとんどの調査データに自家生産に伴う消費/所得にかかわる価値評価が含まれているが、評価方法は様々である。

## 定義

**調査年**は、基本的なデータが収集された年。

**各国の貧困線を下回る人口**は、各国の貧困線を下回る生活をしている人口の割合。国全体の推計値は家計調査に基づく下位グループの人口加重推計値に基づく。（世界銀行）。

**1日1.25ドル未満の人口と1日2ドル未満の人口**は、2005年の国際価格で1日1.25ドル未満および同2ドル未満で生活をしている人口の割合。PPPが替相場が修正されたため、この貧困率はこれまでの版に掲載されていた個々の国の貧困率との比較が不可能になっている。（世界銀行）。

**貧困格差**は、貧困線以下で、貧困線までの差額（非貧困はゼロ）にかかわる中央値の貧困線に対する比率である。この指標は貧困の発生率とともに深刻度を示している。（世界銀行）。

## 表3. ミレニアム開発目標：貧困の撲滅と生活の向上

**最貧20%層が消費/所得に占める割合**は、人口の最貧20%層が消費、あるいは場合によっては所得に占めるシェアである。これは分配にかかわる指標である。消費（あるいは所得）の分配が不平等な国ほど、一定の平均所得の下で貧困率が高くなる。データは各国の代表的な家計調査に基づく。ベースとなる家計調査がデータ収集の手法と種類の点で各国ごとに異なっているため、分配のデータは厳密には国別比較が不可能である。世界銀行スタッフはできる限り比較可能性を確保するように努力を払っている。可能な限り、所得ではなく消費を使っている。（世界銀行）。

**脆弱な雇用**は、無給の家族従業者と自営業者の合計が総雇用で占める割合。これは雇用の地位に関する情報から導出される。地位グループごとに直面する経済リスクが異なる

り、無給の家族従業者と自営業者は最も脆弱であり、貧困に陥る可能性が最も高い。両者は正式な雇用取り決めを交わし、経済ショックに対して防衛する社会的保護やセーフティネットをもっている可能性が最も低く、往々にしてそのようなショックを相殺するための十分な貯蓄を生み出す能力がない。(国際労働機関 [ILO])。

**幼児栄養失調**の割合は、5歳未満の子供で、国際的な参考母集団における生後0-59カ月の体重の中央値を標準偏差の2倍以上下回っている割合である。表は世界保健機関(WHO)が2006年に発表した新しい子供の成長基準にかかわるデータを示したものである。栄養失調についての推定値は各国の調査データに依拠している。過少体重の子供の割合がもっとも一般的な栄養失調の指標である。たとえ軽度であっても、過少体重であれば死亡のリスクが高まり、子供の精神的発育を阻害するおそれがある。さらに、栄養失調の女性は出生体重が少ない子を産む可能性が高いため、世代を超えて問題を永続化させる懸念もある。

**初等教育修了率**は、初等学校の最終学年を修了した児童の割合。初等学校の最終学年にいる総児童数から同学年の留年児童数を控除した人数を、人口のなかで正式な卒業年齢にある児童総数で除したものである。初等教育の年限は国際標準教育分類(ISCED)の定義に基づくが、3-4年(非常に少数の国)から5-6年(大多数の国)、あるいは7年(少数の国)と国により異なる。教育課程や修了基準が国ごとに異なるため、初等教育修了率の高さは必ずしも児童の学習水準が高いことを意味するものではない。(UNESCO 統計研究所)。

**小中学校就学者の男女比率**は、小中学校に就学(グロスベース)している女子生徒数の同男子生徒数に対する比率である。教育における性差別をなくすことが、女性の地位と能力の向上につながると考えられる。女子の相対的な学校教育の利用のし易さを測定するには、この指標では不十分である。各国の教育当局は、就学データをUNESCO統計研究所に報告することになっている。初等教育は子供たちに、歴史、地理、自然科学、社会科学、芸術、および音楽といった科目に関する初歩的な理解力に加えて、読み書き算数に関する基礎的な技能を提供する。中等教育は初等レベルで始まる基礎教育の提供を完成させ、より専門的な教員がより専門的ないし技能指向的な授業を行うことによって、生涯にわたる学習と人間開発の基盤を築くことを目的にするものである。(UNESCO 統計研究所)。

**5歳未満児死亡率**は、現在の年齢別死亡率に従えば、新生児が5歳に到達する以前に死亡する確率である。この確率は1,000人当たりで表示されている。死亡率データの主な出典としては、出生・死亡の届け出制度や、サンプル調査、または国勢調査に基づく直接的ないし間接的な推定値がある。5歳未満児死亡率を国際的にかつ時期的に比較可能にし、多種多様な機関による推計値の間で整合性をとるため、UNICEFと世界銀行は情報を使って相違を調整する統計手法を開発した。それは死亡率と死亡時期との関係に加重最小二乗法による回帰線を当てはめる方法である。(関連機関幼児死亡率推計グループ)。

**妊産婦死亡率**は、妊娠している時期に妊娠に関連した原

因で死亡した女性の数である。出生10万人当たりで表示されている。値はモデルによる推定値。これはWHO、国連児童基金(UNESCO)、国連人口基金(UNPPA)、世界銀行の共同作業による。死亡原因を明記した出生・死亡の届け出制度の完備した諸国については、データはそのまま利用されている。国の統計が、出生・死亡の届け出制度は完備しているが、死因が不確実ないし不備、あるいは家計調査に基づいている諸国については、妊産婦死亡率は調査漏れや誤分類の要因で調整されているのが普通である。実証データがまったくない諸国については(全体の約35%)、妊産婦死亡率は回帰モデルによって推計されている。これには出生率、出産助産者、GDPなど社会経済的な情報が使われている。(WHO、UNICEF、UNFPA、世界銀行)。

**HIV感染率**は、15-49歳人口のうちHIVに感染している人の割合である。成人のHIV感染率は各国人口のHIV感染率を反映したものである。しかし、感染率が全体的に低くても非常に誤解を招きやすい。初期の段階では特定の地域あるいは人口グループに集中しており、より広い範囲に広がるおそれのある重大な流行病を隠蔽していることが多い。多くの途上国では特に女性を中心に若い成人が新たに感染している。(国連エイズ合同計画[UNAIDS]、WHO)。

**結核の罹患率**は、新しい結核患者(肺結核、塗沫陽性、肺外結核)の推定人数。結核は途上国の成人の間では単一の感染病原体としては主要な死因の1つである。高所得国では結核は移民の間に患者がいる結果として再び台頭している。表中の結核の罹患率の推計値は次のような手法に基づいている。すなわち、報告された患者数はWHOが招集した80名から成る疫学者のパネルが検出した患者にかかわる推定シェアに対する患者通告の比率を使って調整される。(WHO)。

**二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量**は、化石燃料の燃焼やセメント製造から発生する排出量で、固体、液体、及び気体という形態での燃料の消費と、ガスのフレアリングの際に生み出される二酸化炭素が含まれる。1人当たりCO<sub>2</sub>排出量はCO<sub>2</sub>排出量を年央の人口で除したものである。(二酸化炭素情報分析センター[CDIAC]、世界銀行)。

**改善された衛生設備アクセス**は、人間、動物、および昆虫が排泄物に接触するのを有効に防ぐ排泄物処理設備(私設ないし共有のものは含むが、公設のものは含まない)に対して、少なくとも適切な利用が可能である人口の割合をいう。設備としては、穴を保護しただけの単純なトイレから、下水道につながっている水洗トイレまでさまざまなものを含む。有効であるためには、設備は正確に建設され、適切に維持されていなければならない。(WHOとUNICEF)。

**インターネット利用率**はインターネットを利用している人の割合である。(情報通信国際事業部)

#### 表4. 経済活動

**国内総生産**は、国内の全生産者による購入者価格での総付加価値に、製品価格に含まれていない税金を加えて、補助金を控除したものである。構造物の減価償却と天然資源

の消耗や劣化などは控除せずに計算されている。付加価値は産業の総産出額を合計した上で、中間投入額を差し引いた純産出額である。付加価値の産業分類は国際標準産業分類 (ISIC) 第3版に基づく。世界銀行では通常米ドルを使い、IMFが発表している公定為替相場の平均値を各年に適用している。外国為替や貿易商品の取引に実際に適用されている相場から、公定相場があまりにも大幅に乖離していると判断される場合には、それに代わる換算係数を適用している。(世界銀行, OECD, 国連)。

**国内総生産の年平均増加率**は、各国通貨建ての不変価格GDPに基づいて算出している。(世界銀行, OECD, 国連)。

**農業生産性**は、2000年の不変米ドルで測定した農業付加価値の農業労働者数に対する比率である。農業生産性は投入1単位当たりの付加価値で測定されている。農業付加価値には林業と漁業のそれも含まれている。したがって、土地の生産性という解釈は慎重に行うべきである。(FAO)。

**付加価値**は、ある産業の総産出額を合計した上で、中間投入額を控除した純産出額である。付加価値の産業分類は国際標準産業分類 (ISIC) 第3版に基づく。(世界銀行)。

**農業付加価値**は、ISIC分類1-5に対応し、林業と漁業を含む。(世界銀行)。

**工業付加価値**は、鉱業、製造業、建設業、電気、水道、およびガスで構成される (ISIC分類10-45)。(世界銀行, OECD, 国連)。

**サービス業付加価値**は、ISIC分類50-99に対応する。(世界銀行, OECD, 国連)。

**家計最終消費支出**は、家計が購入するあらゆる財、及びサービスの市場価額であり、耐久財 (自動車、洗濯機、家庭用コンピュータなど) も含まれる。住宅の購入は含まれないが、持ち家にかかわる帰属家賃は含まれる。免許や許可を取得するために政府に対して支払う手数料なども含まれる。この家計消費支出には、たとえ当該国では家計とは区別されている場合でも、家計にサービスを提供する非営利機関の支出も含まれている。実際には、家計消費支出には資源の使用と供給との間で生じている統計上の誤差も含まれる。(世界銀行, OECD)。

**一般政府最終支出**は、財とサービスの購入 (公務員給与も含む) にかかわる政府のあらゆる経常支出が含まれる。国防や安全保障にかかわる支出のほとんどが含まれるが、政府による固定資本形成の一部をなす軍事支出は除かれる。(世界銀行, OECD)。

**総固定資本形成**は、国内の固定資本の増加にかかわる支出と在庫品や貴重品の水準にかかわる変化で構成される。固定資産には土地の改善 (柵、溝、排水路など)、工場、機械、および設備などの購入、商工業用建物、事務所、学校、病院、および民間住宅を初めとする建物、道路、鉄道などの建設が含まれる。在庫は生産や販売における一時的または予期せぬ変動に備えて、また、「仕掛品」として、企業が保有している財貨の蓄えである。1993年の国民所得計算方式 (System of National Account : SNA) では、貴重品の純取得も固定資本形成に算入されることになっている。(世界銀行, OECD)。

**対外財・サービス収支**は、財とサービスの輸出から同輸入を差し引いたものである。財とサービスの貿易は一国の居住者とそのほかの全世界との間で、所有権の移転を伴う一般商品、加工や修理のために送られた財貨、非貨幣用の金、及びサービスなどにかかわるすべての取引が含まれている。(世界銀行, OECD)。

**GDPインプリシット・デフレーター**は、主たる構成要素である民間最終消費に加えて、政府消費、資本形成、及び国際貿易など、全最終需要項目にかかわる価格の変化を示す。これは名目価格GDPの不変価格GDPに対する比率として算出される。GDPデフレーターは現時点の産出額をウェイトとするパーシェ式価格指数として、明示的に算出することもできる。(ほとんどの途上国について、国民所得勘定に関する指標は訪問したり、駐在している世界銀行の使節団を通じたりして、各国の統計機関や中央銀行から収集している。高所得国のデータはOECDに依拠する)。

## 表5. 貿易, 援助, 及び金融

**商品輸出**は、海外に供給したFOB (Free on Board) 建て財価額を米ドルで表示したものである。

**商品輸入**は、海外から購入したCIF (Cost, Insurance and Freight) 建て財価額 (保険と運送費を含む国際価額) を米ドルで表示したものである。(商品貿易に関するデータはWTOの年報に基づく)。

**工業品輸出**は、標準国際貿易分類 (SITC) の大分類5 (化学品)、6 (製造業品)、7 (機械・輸送機器)、及び8 (雑製造業品) で構成されるが、中分類68は除く。(国連統計局商品貿易統計データベース)。

**ハイテク輸出**は、R&D集約度が高い製品の輸出である。航空機、コンピュータ、科学器具、および電気機械などが含まれる。(国連統計局商品貿易統計データベース)。

**経常収支**は、純財サービス収支、純所得収支、および純経常移転収支の合計である。(IMF)。

**外国直接投資 (FDI)** は、投資家の所在国以外で事業を営んでいる企業に対して、永続的な経営権 (議決権株式の10%以上) を取得するための投資にかかわる純流入である。国際収支に示されているように、これは株式資本、収益の再投資、そのほかの長期・短期の資本を合計したものである。(FDIに関するデータは、IMFの国際収支統計に基づき、国連貿易開発会議のデータや各国の公的情報源を使った世界銀行スタッフの推計で補完されている)。

**政府開発援助**あるいは**政府援助**については、OECD加盟の高所得国からのものが、途上国の公的対外ファイナンスの中心となっている。ただし、OECDの開発援助委員会 (DAC) のメンバーでない諸国のなかにも、政府開発援助 (ODA) を供与している重要な援助国がある。DACはODAについて、公的部門が供与するものであること、主要目的が経済開発あるいは福祉の促進にあること、および譲許的な条件で供与すること (グラント・エレメントが割引率10%で計算して25%以上であること)、という3つを基準に定めている。

ODAは贈与と返済額を除いた借款とで構成される。これはDACが定めたODAの定義を充足している必要があ



り、かつ DAC が定めている被援助国リストに掲載されている諸国や領域に対するものでなければならない。新しい DAC の被援助国リストは従来よりも客観的なニーズを基にした基準で作成されており、低および中所得国のすべてが含まれている。ただし、G8 や EU (加盟時期が確定している諸国を含む) メンバーは除く。(OECD-DAC)。

**対外総債務**は、非居住者に対する債務で、外貨、財貨、あるいはサービスでの返済を要するものである。これは公的長期債務、公的保証付き長期債務、非保証民間長期債務、IMF 信用、および短期債務の合計である。短期債務には当初満期が 1 年以下の全債務と長期債務にかかわる延滞利息が含まれる。(世界銀行)。

**対外債務の現在価値**は、短期対外債務の合計と、公的長期債務、公的保証付き長期債務、および非保証民間長期債務にかかわる償還期限までの元利返済金の流れの合計を現在価値に割り引いたものの総計である。(対外債務に関する主要データ源は、世界銀行融資あるいは国際開発協会 [IDA] 信用を享受している加盟国が債務国報告制度を通じて提出する報告である。世界銀行、IMF、アフリカ開発銀行・アフリカ開発基金、アジア開発銀行・アジア開発基金、米州開発銀行のファイルからの追加的な情報も使用されている。途上国の対外債務に関する総括表は、世界銀行の *Global Development Finance* に毎年発表されている)。

**銀行部門国内信用**は、各部門に対するあらゆるグロス・ベースの信用を含んでいるが、中央政府に対する信用だけは例外的にネット・ベースとなっている。銀行部門には通貨当局、預金通貨銀行、およびデータが入手可能なその他の銀行(当座預金の受け入れは行っていないものの、定期預金や普通預金といった債務は負っている金融機関を含む)が含まれる。その他の銀行としては貯蓄住宅抵当貸付機関や建築貸付組合などがある。(データは IMF の *International Financial Statistics* に依拠している)。

**純移住**は、当該期における純移住者の総数、すなわち移入者数から移出者数を控除したもので、移入国の国籍を有する者とそうでない者の双方が含まれる。表の数字は 5 年間の推定値である。(データは国連人口局の *World Population Prospects: The 2008 Revision* に依拠している)。

## 表 6. その他諸国の主要指標

「表 1. 主要開発指標」に関するテクニカル・ノート参照。

### 統計手法

この項では、最小二乗法による増加率、指数関数的な(エンドポイント方式の)増加率、米ドル表示の GNI および 1 人当たり GNI の推定に使われる換算係数を算出するための、世界銀行アトラス方式について説明する。

#### 最小二乗法による増加率

信頼できる計算が可能なくらい長期にわたる時系列データがある場合には、必ず最小二乗法による増加率を使っている。期間中の観察値が半分以上欠落している場合には、

この方法による増加率は算出しない。

最小二乗法による増加率  $r$  は、当該期間の年次変数の対数値に線形回帰による傾向線を当てはめて算出する。回帰方程式は次の形となる。

$$\ln X_t = a + bt$$

この式は以下の複利による増加式の対数をとったものに等しい。

$$X_t = X_0 (1 + r)^t$$

ここで、 $X$  は変数、 $t$  は時間、 $a = \log X_0$  と  $b = \ln(1 + r)$  は推定すべきパラメーターである。 $b^*$  を  $b$  の最小二乗法による推定値とすれば、年平均増加率  $r$  は  $[\exp(b^*) - 1]$  で求めることができ、これを 100 倍すれば % 表示になる。

このようにして算出された増加率は、当該期間における入手可能な観察値を代表する平均増加率である。しかし、それは同期間内のある 2 時点間の実際の増加率とは必ずしも一致しない。

#### 指数関数的な増加率

特に労働力や人口など一定の人口動態にかかわるデータについて、2 時点間の増加率は次の式で算出される。

$$r = \ln(p_n / p_1) / n$$

ここで、 $p_n$  と  $p_1$  は当該期間の最後と最初の観察値、 $n$  は同期間の年数、 $\ln$  は自然対数である。この増加率は 2 時点間における連続的な指数関数モデルに基づいている。時系列中の個々の数値は考慮されない。また、指数関数的な増加率は次の式で求められる毎年の変化率にも一致しない。

$$(p_n - p_{n-1}) / p_{n-1}$$

#### 世界銀行アトラス方式

特定業務上の目的で米ドル表示の GNI および 1 人当たり GNI を算出する際、世界銀行はアトラス換算係数を使用している。アトラス換算係数の目的は、国民所得を各国比較する際に為替相場変動の影響を減らすことにある。ある年のアトラス換算係数は、当該国の当該年とその前の 2 年間における平均為替相場(あるいは代替的な換算係数)について、同国のインフレ率と日本、イギリス、アメリカ、およびユーロ圏のインフレ率格差を調整したものである。当該国のインフレ率は GDP デフレーターの変化率で測定する。国際的なインフレ率を代表する日本、イギリス、アメリカ、およびユーロ圏のインフレ率は、SDR デフレーターの変化率で測定する(SDR、すなわち特別引出権は IMF の計算単位)。SDR デフレーターはこれら諸国の SDR 表示による GDP デフレーターを加重平均したもの



で、その際のウェイトは1単位に含まれている各国通貨の量による。このウェイトはSDRの構成と各国通貨相互間の為替相場が変化するため、時期によって異なってくる。SDRデフレーターは最初にSDR建てで算出し、次にアトラスのSDR対米ドル換算係数を使って米ドル建てに換算される。さらに各国のGNIに対してアトラス換算係数を適用する。その結果として得られる米ドル表示のGNIを年央の人口で除して、1人当たりGNIが算出される。

公定為替相場が信頼性に欠ける、あるいは当該期間の実際の為替相場を代表していないと思われる場合、アトラス方式では代替的な為替相場の推定値が使用される（下式参照）。

ある $t$ 年のアトラス換算係数の算出は以下のように定式化できる。

$$e_t^* = \frac{1}{3} \left[ e_{t-2} \left( \frac{p_t}{p_{t-2}} / \frac{p_t^{\$}}{p_{t-2}^{\$}} \right) + e_{t-1} \left( \frac{p_t}{p_{t-1}} / \frac{p_t^{\$}}{p_{t-1}^{\$}} \right) + e_t \right]$$

また、その $t$ 年の米ドル表示による1人当たりGNIは次の式で算出される。

$$Y_t^{\$} = (Y_t/N_t)/e_t^*$$

ここで、 $e_t^*$ は $t$ 年のアトラス換算係数（各国通貨対米ドル）、 $e_t$ は $t$ 年の平均為替相場（各国通貨対米ドル）、 $p_t$ は $t$ 年のGDPデフレーター、 $p_t^{\$}$ は $t$ 年の米ドル表示のSDRデフレーター、 $Y_t^{\$}$ は $t$ 年のアトラス方式による米ドル表示の1人当たりGNI、 $Y_t$ は $t$ 年の名目GNI（各国通貨建て）、 $N_t$ は $t$ 年の年央の人口である。

### 代替的な換算係数

世界銀行は公定為替相場の換算係数としての妥当性を体系的に評価している。公定為替相場が外国為替の国内取引や貿易財に実質的に適用されている相場から大きく乖離していると判断される場合には、代替的な換算係数が使用される。このケースに該当する国の数は、*World Development Indicators 2009*の1次データ出典表にみるように少ない。代替的な換算係数はアトラス方式や主要世界開発指標では、単年度だけの換算係数として用いられている。

## 索引

## ●記号・欧文・数字先頭

- 2°C 上回る程度の温暖化 7, 293  
 2°C の軌道  
   → 「温暖化」も参照  
   維持するための追加的な緩和のコスト 12, 294  
   超えた場合の将来 61  
   必要な気候変動の資金 222  
 5°C 以上の温暖化 6
- A1 シナリオ 305  
 AAU (割当量単位) → 「割当量単位」参照  
 A1B SRES シナリオ 298
- B1 SRES シナリオ 298  
 B2 シナリオ 305  
 BRIICS 諸国 248
- C3 作物 301  
 C4 作物 301  
 C40 286  
 CDM → 「クリーン開発メカニズム」  
 CCS 13, 19, 172, 245, 255, 259, 359  
   → 「炭素回収貯留」も参照  
   ——技術 168  
 CGIAR (国際農業研究協議グループ) 262  
 CO<sub>2</sub> → 「二酸化炭素」を参照  
 CO<sub>2</sub>e (二酸化炭素換算) 360  
   部門別排出 17  
   総排出量に家計がしめる割合 272  
   濃度の推移 297  
   濃度の推移 6  
 CO<sub>2</sub>e 450ppm 160  
   エネルギー・システムの根本的な変更 162  
   緩和コストと炭素価格 166  
   世界のエネルギー構成 162  
   達成するための緩和にかかるコスト 160  
   地域別エネルギー構成 164  
   必要とされる投資 166  
 CO<sub>2</sub> 施肥効果 57  
 CO<sub>2</sub> 濃度の上昇 60  
   海洋 65  
   気温と海水面の上昇 14  
 CO<sub>2</sub> の固定化 246  
   → 「炭素固定化」も参照  
 CO<sub>2</sub> 排出  
   エネルギー関連排出 167  
   エネルギー関連 1 人当たり—— 159  
   吸収 57  
   クリーン・エネルギー技術 154, 176  
   この先 20 年 156  
   削減の潜在力 171  
   所得別のシェア 5  
   森林伐採 28  
   森林伐採に伴う推定値 372  
   石炭燃料発電所 49  
   総排出の内訳 58  
   中所得国エネルギー関連—— 49  
   電力資源 17  
   バイオ燃料による削減 41  
   1 人当たり 372  
   理想的な推移 67  
 CO<sub>2</sub> 富栄養化 120  
 DICE 12  
 EIT 締約国 361  
 EU (欧州連合)  
   CO<sub>2</sub>e 450ppm を達成する (温暖化を 2°C に抑制する)  
   ための地域別エネルギー構成 164  
   気候変動とエネルギーに関する計画 154  
   共通農業政策 147  
   「ニュー・アプローチ」 253  
   排出権取引制度 210, 227, 232, 290  
 e チョーバル 139  
 FAIR (総合的な評価モデル) 12  
 FDI (外国直接投資) 396  
   固定資本形成 265  
 GDP (国内総生産) x, 34, 47, 155, 395  
   緩和コスト 166  
   緩和コストの現在価値 12  
   気候変動による減少 7  
   気候保険 10  
   サハラ以南アフリカ 8  
   増加率 393  
   中国 164  
   デンマーク 182  
   複数軌道アプローチ 200  
   保険料の比率 87  
 GDP インプリシット・デフレーター 396  
 GHG (Green House Gases) → 「温室効果ガス」参照  
 GLOCAF モデルに基づいた分析 225  
 GNI (国民総所得) 393  
 IAASTD のモデル予測 142  
 IEA ETP (Energy Technology Perspective) 12, 305  
 IEA の 42 本の技術協定 251  
 IIASA (国際応用システム分析研究所) 305  
 IMAGE 163, 166, 305  
 IPCC → 「気候変動に関する政府間パネル」参照  
 ITER (国際熱核融合実験炉) 254  
 McKinsey 12  
   炭素価格による排出削減の推計値 294  
 MESSAGE 12, 163, 166, 305  
 MESSAGE B2 168  
 MiniCAM 12, 163, 166, 305  
 MoSSaiC 277  
 MRV (測定可能, 報告可能, 検証可能) 202  
 NAPA → 「国別適応行動計画」参照

O&amp;M (運営維持) コスト 182

PAGE 12

POLES 166

PPM (工程生産方法) 209

R&amp;D 247, 249, 375

エネルギー関連 248, 254, 281

慣性 14

支出 375

太陽光発電 185

中国 265

中所得国 266

農業 128, 249

RD&amp;D 245

エネルギー関連 248

気候に関する 19

公共支出 4

REDD (Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation) 28, 102-104, 122, 232, 233, 258, 358

パーム油生産 122

財政インセンティブの創設 232

REMIND 12, 163, 166, 305

RICE モデル 293

SDR デフレーター 397

SRES シナリオ 356

TPES (一次エネルギー総供給) 373

TRIPS (知的財産権の貿易関連の側面) 267

UNFCCC (気候変動に関する国際連合枠組条約) 4, 29, 49, 50, 56, 146, 191, 192, 205, 208, 357

クリーン開発メカニズム (→「クリーン開発メカニズム」も参照) 28

原則 197

資金提供 221

第二条 293

地球環境ファシリティ 258, 357

適応基金 205

適応に関する行動を強化 205

適応に向けた現在の資金供与 205

ドーハ共同声明 208

バリ行動計画 25, 192

目標 56

## 和文先頭

## ■あ行

アクラ行動計画 222

アグリゲーター (とりまとめ業者) 28, 146

エネルギー・サービス会社 (ESCO) 180

育成 145

アスワン・ハイ・ダム 301

アトラス換算係数 398

アフリカ (→「サハラ以南アフリカ」、「北アフリカ」、「南アフリカ」も参照)

温室効果ガスを緩和する機会 3

気候変動の影響 7, 64

気候変動に関連する疾病 79

気象観測所の数 137

洪水の増加 84

サヘル 59

水力発電能力 40, 169

生物多様性の保全 101, 126

大学の革新 261

土壌管理 138, 146

土壌炭素 28

農業における緩和の潜在力 143

バイオ燃料 121, 130

アマゾン流域

立ち枯れ 8, 66

バイオ炭 20, 130

フィードバック 72

雨水農業 8, 116

サハラ以南アフリカ 8

収量の変化 135

生産性向上 118

アメリカ

CO<sub>2</sub>e 450ppm を達成する (温暖化を 2°C に抑制する) ための地域別エネルギー構成 164

エネルギー効率化プログラム 178

エネルギー効率化による雇用 154

温室効果ガス排出 272

温室効果ガス排出削減 173

温室効果開発権 195

環境保護庁 256, 279

グリーン・プロジェクト 53

洪水保険プログラム (ハリケーン・カトリーナにおける) 87

再生可能エネルギー利用割合基準 19, 183, 291

全米市長気候保全協定 24

デング熱の再流行 82

2009 年の景気刺激策 18

農務省の土壌保全保留プログラム 145

バイオ生産 4

排出権取引 227

排出権取引制度に関する世論調査 278

貿易制裁 208

防災体制 39

緑の連邦主義 287

アメリカ気候行動パートナーシップ 292

アルゼンチン

遺伝子組み換え作物 130

クリーン開発メカニズムの実施 220

水媒介性疾病の減少 80

輸出税の引き上げ 134

アレキサンドリアの都市計画 77

アンカレッジ宣言 104

アンサリ X 賞 255

安全マージン 73, 75

閾値 (threshold) 356

→「転換点」も参照

社会システム 45

閾値効果 44, 45

イギリス

エネルギー規制当局が採用したモデル 234

気候変動に対する政府の説明責任 285

炭素税 41

移住

国際的な—— 94

コロンビア 95

促進 93

流れ 94

- 非自発的な—— 95
- 異常気象 46, 56
  - 「気候変動」も参照
  - 一般循環モデル 219
  - 高所得国への影響 35
  - 財政的脆弱性 88
  - 食料生産 119
  - 備え 80
  - 保険 85
  - リスク 63
  - リスクの管理 84
- 一次エネルギー総供給 (TPES) 366, 373
- 「(水) 1 滴当たりの収穫」の向上 (一定量の水に対する生産性の向上) 118, 138
- 一般政府最終支出 396
- 遺伝子 98
  - 資源の保存 22
- 遺伝子組み換え作物 130
- インド
  - CO<sub>2</sub>e 450ppm を達成する (温暖化を 2℃に抑制する) ための地域別エネルギー構成 165
  - e チョーパル 139
  - アンドラ・プラデシュ州 21
  - アンドラ・プラデシュ州帯水層管理 139
  - インダス・ガンジス平原における無耕農法 129
  - 気候変動に関する国家行動計画 283
  - 勤労福祉制度 93
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - ハイブリッドのモロコシの事例 264
  - 水管理 117
  - 無耕農法 20
  - レヴァ電気自動車会社 248
- インドネシア
  - 火災による温室効果ガスの排出 120
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - 財務省の気候変動への取り組み 228
  - セーフティネット 93
  - 森林伐採のリスク 103
  - 炭素市場からの利益 28
  - 土地利用変化に伴う排出 156
  - パーム油農園 122
- ウェッジ分析 168
- 失うものがない部門別クレジット供与 204
- 影響と脆弱性の研究 308
- 永続的な経営権 396
- 栄養失調の指標 395
- エクアドル
  - 生物多様性 98
  - 農業サービス近代化プログラム 262
- エジプト
  - 人口集中の緩和 76
  - アスワン・ハイ・ダム 117
  - 太陽光発電パネルに対する関税 264
- エタノール生産 (「バイオエタノール」も参照) 121, 265
- エチオピア 136
- エネルギー
  - RD&D に対する官民の資金供与 248
  - 安全保障 305
  - 革命 5, 17
  - 関連するインフラの慣性 165
  - 関連する技術のコスト比較 182
  - 関連する二酸化炭素排出 151
  - 気候変動による消費の低迷 36
  - 研究開発費 248
  - 構成 (1850-2006 年) 156
  - 構成 (450ppm CO<sub>2</sub>e 実現のため) 162
  - システムの根本的な変化 167
  - 資本ストック 161
  - 資本ストックの慣性 151
  - 需要の価格弾力性 177
  - 消費の移行 (1970 年) 155
  - 生産的セーフティネット 92
  - 生産のグリーン化 372
  - 専用作物の生産 121
  - 炭素排出原単位 372
  - 補助金 93
  - 保全プログラム 18
- エネルギー・気候モデル 162, 166, 169
- エネルギー供給 8, 153, 155, 162, 164
  - 適応にむけた課題 153
  - バイオエタノール 39
  - 分散化 79
- エネルギー・サービス会社 (ESCO) 175, 180
- エネルギー資源 14, 375
- エネルギー政策 93, 284
  - 再生可能—— 181, 183, 185
  - 4 つの競合する目的 153
- エネルギー効率化 170, 174
  - 課題 18
  - カリフォルニア 178
  - 市場性および非市場性の障害や失敗 175
  - 政策介入 178
  - 制度改革 180
  - ファイナンス (世界銀行) 180
  - ファイナンス・メカニズム 180
- エネルギー効率化基準 177
- エネルギー効率化住宅ローン 306
- エネルギー効率化政策 176
  - 財政的なインセンティブ 177
  - 消費者教育 181
- エネルギー効率的な製品の公共調達 181
- 遠隔探知 [システム]・監視技術 20, 119, 137, 140, 141, 233, 252
  - 水使用量に対する生産性 138
- エンジェル 256
- 援助効果に関するパリ宣言 222
- 欧州連合 (→「EU」を参照)
- オーストラリア
  - 気候変動教育 279
  - 炭素中立型都市 24
  - 水利権 115
  - 排出権取引 227
- 汚染者負担の原則 (polluter pays principle) 48, 356
- 汚染逃避地 209
- オゾン層破壊 25, 194, 246, 253, 256, 286
- オランダ環境評価庁 305
- オランダ保護措置 9
- 温室効果開発権 195
- 温室効果ガス (GHG: Green House Gases) 4-6, 44, 48, 57, 67, 191, 227, 356
  - 化石燃料 153
  - 牛肉生産 123



- クリーン開発メカニズム (CDM) 223
- 限界緩和費用曲線 51
- 高所得国 4
- 最大の排出源 156
- 世界全体の排出傾向 58
- 増加 58
- 大気圏に排出された 5
- 炭素市場 143
- 地球工学 246
- 途上国 38
- 土地利用 28
- 2050年までに50%削減するコスト 217
- 農業 [土地管理] 活動由来 120, 129, 143, 145
- バイオ燃料 121
- 排出 xviii, 33, 157, 195
- 排出削減 14, 24, 147, 170, 173, 204, 208, 215, 245, 292
- 排出の部門別内訳 157
- 1人当たり排出 33
- 林業や土地利用, 土地利用変化による排出 120
- 温暖化 xviii, 56, 60
  - 2°C 7
  - 2°Cにとどめる 5, 10, 12, 13, 17, 19, 65, 67, 151, 161, 162, 164, 167, 184, 195, 217
  - 3°Cを超過 161
  - 5°C以上 3
  - GDPへの影響 34
  - 永久凍土の融解 44
  - 海洋 8
  - 海洋の酸性化 65
  - 海洋への影響 65
  - カナダ 101
  - 関連する典型的なニュース 273
  - 国内総生産への影響 34
  - サンゴ礁 65
  - 地球工学 246
  - 農業の生産性への影響 34
  - フィードバック 45, 72
  - 水循環への影響 110
  - 抑制のコスト 216
  - リスクの度合い 63
- 温暖化効果 57, 59
  - 汚染物質 58
- か行
- 回帰方程式 397
- 外国直接投資 (FDI) 265, 396
- 海水温の上昇 65
- 海水面の上昇 7-9, 13, 14, 31, 45, 63, 72
- 開発のための農業科学技術の国際評価 (IAASTD) 128, 142
- 海洋
  - 温暖化及び酸性化 8, 56, 61, 131
  - 健全な状態 65
  - 資源 8
  - 資源の枯渇化 133
  - 炭素循環 57
  - 二酸化炭素吸収 246
  - 熱膨張 13
- 海洋生態系 131, 133, 134
  - 管理 101, 110, 129
  - 混乱 7
- 海洋における保護地の総面積 302
- 改良型料理用レンジ 268
- 価格設定 17, 18, 124, 181, 263, 290
  - 汚染 155
  - 自動車利用 158
  - 資源の—— 109
  - 炭素 26, 27, 29, 143, 152, 164, 176, 177, 184
  - 炭素, 食料, そしてエネルギー 141
  - 水 114, 115
- 価格の変動性 124, 127
  - 炭素税と排出権取引 227
- 革新 14, 24, 108, 142, 184, 243, 249-251, 259, 260, 263, 265
  - 「技術革新」も参照
  - 医療 22
  - 過程 250
  - 「死の谷」256
  - 連鎖 251
- 家計
  - エネルギー消費 280
  - グリーン税の効果 42
  - 総排出量にしろる割合 272
- 家計最終消費支出 396
- 火災
  - 泥炭の干拓や森林伐採に関連した 120
- カサブランカ 77
- 化石燃料
  - 依存 4
  - 温室効果ガス排出 153
  - 価格の高騰 181
  - 今後の利用 162
  - 再生可能エネルギーへの転換 180, 279, 283
  - 炭素回収貯留 172
  - 炭素税 182, 184
  - 炭素排出 57, 58
  - 補助金 175, 286
  - 補助金の撤廃 93, 152, 176, 186, 228
- 仮想水 (virtual water) 356
- 仮想炭素に対する課税 210
- 各国の貧困線 393
- ガードレールのアプローチ 48
- カーボン・バジェット (炭素予算) 195, 227, 282
- カーボンフットプリント (炭素足跡) xi, 4, 37, 38, 359
  - 削減 3, 174
  - 削減している都市 24
  - 平均的な市民のエネルギー関連の—— 38
- カリフォルニア
  - エネルギー効率化, 及び再生可能エネルギープログラム 154, 178
  - エネルギー保全プログラム 18
  - 住民に対する心理実験 280
  - 1人当たり電力消費 179
- カリブ海諸国
  - 共同保険 85
  - コミュニティによるリスク管理 277
- カリブ海諸国災害 (損失) リスク保険機関 16, 89
- 灌漑農業 118
  - 「農業」も参照
  - モロッコ 135
  - 気候変動に対する強靱性 118
  - 世界の食料生産にしろるシェア 118
- 乾期の長期化 113
- 環境コスト 41
- 環境政策 47
  - 下位政府が主導する 287

- 民主主義 286
- 環境に対する規制の歴史 194
- 環境パフォーマンス 283
- 環境法 356
- 環境保全型農業 129, 145
- 環境問題
  - 国際協定 258
  - 地方の 288
  - 都市開発 75
  - 認知 276
  - 農業の集約化に伴う 124
  - 養殖水産業 133
- 韓国
  - エネルギー管理会社 180
  - 革新都市 76
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - グリーン・プロジェクト 53, 54
- 監視・報告・検証 (MRV) のシステム 202, 203, 233
- 慣性 6, 12, 13, 29, 46, 47, 63, 96
  - エネルギー・インフラ [資本ストック] 151, 165, 271
  - 環境 13
  - 気候システム 5, 13, 42, 44
  - 技術 247
  - 研究・開発 (R&D) 14
  - 建設された環境 44
  - 行動様式や制度 23, 31, 271
  - 実物資本 13
  - 制度 271
- 関税 175, 208, 211
  - エタノール 265
  - 仮想炭素 210
  - クリーン・エネルギー技術 264
- 官民パートナーシップ 29
  - 気候に関するリスク 86
- 緩和 (mitigation) [措置, 行動] 3, 19, 23, 37, 39, 47, 50-52, 120-122, 192, 194, 201, 215, 247, 285, 356
  - エネルギー 162, 170
  - 環境と公平性 193
  - 技術や革新の役割 245
  - 経済開発との相乗利益 173
  - 高所得国 209
  - 個人 272
  - コスト 11, 12, 24, 154, 166, 217, 291
  - コストの削減 14
  - 先送りするコスト 44, 49
  - 支援額 xi
  - 資金調達 215
  - 資金配分 235
  - 資金調達に関する効率性のコスト 225
  - 資金提供手段 15, 281
  - 市場ベースの手段 227
  - シナリオ 71
  - 生物多様性 99, 102
  - 阻害 8
  - 小規模にとどめることによる節約 10
  - 地球環境ファシリティ 25
  - 知識インフラ 260
  - 適応との相乗効果 79
  - 登記所 201
  - 投資 161, 219
  - 都市計画 21
  - 途上国 202, 203
  - 途上国のコスト 26, 215
  - 途上国への支援 4, 203
  - 土地管理への影響 120
  - トレードオフ 42
  - 年間資金調達所要額 218
  - 農業の潜在力 143, 232
  - バイオ燃料を栽培 121
  - 費用効果的な実施 14
  - 費用便益 43
  - 全く行わない (「平常通り」も参照) 33, 43
  - 最も積極的な—— xviii
  - リスク (「リスク緩和」を参照)
- 緩和及び適応に関する潜在的なファイナンス源 229
- 緩和能力 28
- 緩和や適応に取り組む能力 247
- 気温 (年平均) の上昇 14, 60
  - 恩恵をこうむる場所 119
- 気候ファイナンス 198, 220
  - 非効率性 221-223
  - 役割 26, 27
  - 気候がもたらす被害の特徴 92
  - 気候感度 (climate sensitivity) 356
  - 気候関連資金 (途上国向け) の流れ 237
  - 気候関連の株主総会決議 292
  - 気候基金 221
    - 細分化 222
    - ファイナンス以外の問題 223
  - 気候指数保険 (weather-index insurance) 356
  - 気候システム 84
    - 慣性 5, 12, 13, 42, 44
    - 仕組み 57
    - 正のフィードバック 45
    - 転換点 65, 66
- 気候政策 [気候に関する政策] x, 10, 23, 46, 279-292
  - 権限移譲 286
  - 重要な問題 278
  - 制度的な措置 278
  - 懲罰的な貿易制裁 208
  - 分権化 286
  - 民主主義 288
  - 累進的で公平な 290
- 気候に関してスマート (賢明) な
  - 開発 [政策] 72, 170, 205, 226, 243, 254, 289
  - 技術移転を阻害 264-266
  - 技術革新 244, 247, 249, 251, 257
  - 技術の移転を円滑に行う 265
  - 技術開発の促進 256, 262, 263
  - 基準 253
  - 既存の技術の普及 248, 249
  - 規制 55
  - 経済の構築 [開発] 259, 260, 271, 272, 291
  - 政策 23, 151
  - 政府 282
  - 生物多様性管理 107
  - 世界 12, 245
  - 都市の建設 75, 79
  - 土地と水の管理 146
  - 農業分野の開発 127, 129, 141
- 気候に対する脆弱性と社会的能力 238
- 気候ファイナンス 26, 198, 220, 222, 228
  - 細分化 221
  - 支援 197
  - 制度の強化 27
  - 非効率性 221

## 気候変動

移住を促進 93  
 影響 22, 59  
 乾期と雨期の変化 113  
 管理に土地利用, 農業, 及び林業の果たす役割 28  
 関連する報道 273  
 関連のある疾病の罹患者数 83  
 技術指向型の国際的な合意 250  
 懸念と富の関係 277  
 健康への影響 35, 80  
 健康を守る 79  
 高所得国による「緑の保護主義」 208  
 公平性 215  
 国際機関 257  
 資金の流れ 215  
 水文循環への影響 111  
 主要な要因 59  
 情報伝達 278  
 情報や通信の技術 247  
 食料価格への影響 142  
 脆弱性と適応能力 239  
 生物多様性と生態系サービス xii  
 責任の割り当て 283  
 世代間の公平性 48  
 戦略 [ボストンとロンドン] 74  
 損害のコスト x  
 対応に対する個人の意欲 274  
 対応のための資金規模の拡大 225  
 男性と女性の違い 37  
 地域別予測 64  
 地球工学による対応 246  
 貯水 116  
 都市の建設 75  
 都市の長期的な水管理計画に及ぼす影響 115  
 農業収量への影響 119  
 農業の収量が低下 7  
 農業部門の適応 21  
 引き起こされた移住の推計 94  
 病気の予防策 80  
 貧困地帯 89  
 ファイナンス 197  
 ファイナンス手段 216  
 貿易への影響 134  
 防止都市キャンペーン 24  
 水管理 110  
 水政策 112  
 力学の誤解 275  
 倫理 48

気候変動教育 279  
 気候変動政策 3  
 →「気候に関してスマート」も参照  
 一貫性を保つ 284  
 エネルギー価格への影響 142  
 トレードオフ 47  
 費用便益分析 43  
 緑の連邦主義 287

気候変動対策 151  
 金融危機 152  
 重要な技術分野 245  
 投資 53  
 農業における炭素固定化 28

気候変動の科学 56  
 気候変動の経済学 9  
 気候変動に関する科学会議 2009 (ISCCC) 293

気候変動の経済学に関するスターン・レビュー 43  
 気候変動パートナーシップ 74  
 気候変動に関する国際連合枠組条約 (→「UNFCCC」参照)  
 気候変動に関する情報の伝達 278  
 気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 59, 356, 297  
 温室効果ガス削減のコスト 217  
 結論 60  
 第4次評価報告書 6, 56  
 予測 161

気候変動に関する先住民グローバルサミット 104  
 気候変動に関する先住民族宣言 104  
 気候変動枠組条約 (→「UNFCCC」参照)  
 気候保険 10  
 コスト 11

気候レジーム  
 気候変動枠組条約 (UNFCCC) 192  
 現在の 192  
 公的ファイナンス 203  
 構築 191  
 市場ベースのメカニズム 203  
 トレードオフ 192  
 ハイブリッド型 193

技術移転 (technology transfer) 211, 244, 250, 257, 356  
 IRP (知的財産権) 265, 267  
 クリーン開発メカニズム 25, 224  
 資金供与 259  
 障壁 265  
 農業部門のインセンティブ 263

技術指向型の国際的な合意 250  
 技術主導型 243, 250, 253  
 技術の入手可能性 375  
 技術プッシュ型 (technologypush) 356  
 気象の変更 246  
 →「地球工学」も参照

気象予測の改善 137  
 規制 234, 281  
 エネルギー効率化政策 176, 178  
 環境に関する—— 9, 194  
 漁業権 134  
 欠点 263  
 国境を越えた調和 251  
 財政的なインセンティブ 177, 181, 244  
 失敗 175  
 生態系の保護 102  
 炭素回収貯留 (CCS) 172  
 炭素価格の設定 263, 267  
 調和 251  
 途上国 202  
 貿易 136, 212  
 民間部門を動員するための 263  
 リバウンド効果 177

北アフリカ  
 気候変動に対する脆弱性 8  
 クリーン開発メカニズムの実施 220  
 集光型太陽熱発電 186  
 太陽エネルギー 40

期待正味現在価値 43  
 既得権益層の活動を抑制 291  
 機能的食品 302  
 牛肉生産  
 水の利用 121  
 温室効果ガスを排出 123

- 価格の上昇 142
- 教育 261
  - エネルギー効率化 170
  - 気候変動がもたらす影響 36, 37, 89
  - 気候変動に関する—— 279
  - 技術吸収プロセス 259
  - 行動様式の変化を促す 279
  - 消費者—— 181
  - 農村地域 21
  - 水利用への影響 114
  - 世論 284
  - ロンドン温暖化行動計画 23
- 供給サイドの低炭素技術 170
- 漁業の管理を改善 133
- 極地方の温暖化 298
- 強靱性 (resilience) 356
- 競争入札制度 183
- 共通ではあるが差異のある責任 49, 197
- 京都議定書 (Kyoto Protocol) 191, 192, 208, 357
- 競売
  - 炭素税あるいは排出権 176, 203, 206, 281, 290
  - 排出許可 227
  - 割当量単位 29, 228
- 共有資源の原則 90
- 漁業
  - 確保 22
  - 管理の改善 133
  - 規制 134
  - 資源の利用に関する権利に基づくアプローチ 101
  - 資源崩壊の可能性の削減 90
  - 生産性向上 108, 131
  - 生態系ベースの管理 131
  - 生物多様性 101
- 魚種資源の枯渇化 131
- 許容範囲アプローチ 42, 48
- 銀行部門国内信用 397
- 近接性の制約 288
- 金融危機 4, 53, 293
  - 効率的でクリーンなエネルギーにとって好機 152
- 勤労福祉制度 93
- 勤労福祉プログラム 29
- 国別適応行動計画 (National Adaptation Programs of Action : NAPA) 191, 205, 285, 357
  - 後進開発途上国 284
- グリーンウォッシュ 278
- グリーン・ギャップ 272, 286
- クリチーバ都市計画研究所 77
- クリーン・エネルギー 3
- クリーン・エネルギー技術 [クリーン技術]
  - 貿易 211
  - 技術に対する関税 264
  - 技術に関する途上国の問題 185
  - 途上国相互間の貿易 211
- クリーン開発メカニズム (Clean Development Mechanism, CDM) 25-27, 102, 143, 191, 204, 215-217, 219, 225, 230-232, 258, 357
  - 活動ベース 231
  - 強化, 拡充, あるいは進化 230
  - 強化された 102
  - 金銭的な収入 219
  - 限界 211
- 資金供与を行ったプロジェクト 25
- 市場継続の不確実性 308
- 相乗利益を評価 224
- 第一市場 308
- 代替的なモデル 204
- 第二市場 308
- 地域別の実施 220
- 農業土壌炭素固定化プロジェクト 143
- 非効率性 223
- 目的 223
- クリーン・エネルギー投資の推計値 308
- グリーン基準 269
- クリーン技術基金 (CTF) 25, 258
- グリーン経済に向かう軌道に乗っている指標 373
- グリーン税 (green tax) 41, 42, 361
  - 政治的な反対 280
- クリーン投資 217
- グリーン投資 53
- グリーンな景気刺激支出 53
- グリーンランドにおける氷床の融解 61
- グレナダのハリケーン・イワン 88
- グローバル気候サービス 252
- 景気刺激策パッケージ 54
  - 気候変動への投資の推定値 295
- 経済協力開発機構 (OECD) 加盟国
  - 農民への補助金 146
  - バイオ燃料生産者に対する補助金 264
- 経済学
  - 気候変動の—— 9
  - 気候変動の——に関するスターンレビュー 9, 43
  - 気候変動への適応 219
  - 行動—— 24, 274
  - 不確実性下における意思決定 47
- 経済成長 9
- 経済のグリーン化 53
- 経済のグリーンさ 372
- 経常収支 396
- 携帯電話 119, 138, 247, 251
- 結核 395
- ケニア
  - 炭素ファイナンスの実験プロジェクト 146
  - 「農場投入財促進」プログラム 131
- 限界緩和と費用曲線 51
- 研究・開発→「R&D」を参照
- 研究調整協定 251
- 研究に関する協定 253
- 健康
  - GM (遺伝子組み換え) 作物 130
  - 気候変動が及ぼす影響 35, 36, 63, 79, 89
  - 生態系 107
  - 人間の—— 22, 268, 279
  - 熱波が与える影響 81
  - リスク削減 15
- 現在の世界不況 (→「金融危機」も参照) 247
- 原子力発電 168, 184
  - 新しい世代の—— 245
  - アメリカ 182
  - 一次エネルギー総供給に占める割合 373
- 懸念 168
- 中国 164
- 4つの問題 184



- 公的ファイナンス 203, 234
- 降雨強度 113
- 公益事業会社の需要サイドの管理 177
- 後悔のない
  - 行動 21
  - 選択肢 73
  - 投資 272
  - プロジェクト 357
- 公共財 (public good) 357
- 工業付加価値 396
- [国際] 航空に対する課税 204, 227
- 光合成 301
- 「公算が大きい」 298
- 高所得国 ix-xi, 4, 50
  - GNIに基づく定義 377
  - エネルギー集約的な製品に関する貿易 209
  - 温暖化の影響 9, 35
  - 温室効果ガス排出の内訳 156, 157
  - 革新のための国内政策の優先課題 260
  - カーボンフットプリント 3, 4
  - 気候変動への対処 32, 197, 243, 245
  - 公平性 193
  - 国内政策の優先課題 260
  - 個人の排出量 33
  - 世界の排出に占めるシェア 5
  - 途上国への財政的インセンティブ 216
  - 低炭素の技術と政策 167
  - 農業 20
  - 発電所の建設 44
  - 1人当たり排出 4
  - 「緑の保護主義」 208
- 後進開発途上国
  - 国別適応行動計画 (NAPA) 284, 285
  - 地球環境ファシリティの取り組み 258
- 洪水
  - 都市計画 77
  - リスク 83
  - リスク管理 275
- 耕地 374
- 工程生産方法 (PPM) 209
- 公的支援による技術普及プログラム 267
- 公的資金 197, 203, 234, 235, 237, 267
- 公的資金供与 267
- 行動経済学 24, 2744
- 行動様式
  - 慣性 14, 23
  - 動因 272
  - 変更の実現 22, 55, 140, 172, 271
  - 変化を促す教育 279
  - 変化を奨励 276
- 高度に生産的な農業 124
- 鉱物資源 375
- 公平性 6, 14, 47, 215
  - 環境と— 193
  - 気候変動の緩和 193
  - 国際協定 24
  - 資金の利用 235
  - 世代間 48
  - 適応ファイナンスの配分 27, 235
  - 炭素税と排出権取引 227
  - 複数軌道アプローチ 200
- 国際開発協会 (IDA) の配分方式 236
- 国際金融公社 180
- 国際自然保護連合 (IUCN) 101
- 国際食料市場に対するアクセスの改善 135
- 国際水路の非航行目的使用法に関する国連協定 133
- 国際的な移住 94
- 国際的な気候レジーム 198
- 国際的な水路 133
- 国際的な貧困線 377, 393
- 国際熱核融合実験炉 (ITER) 253
- 国際農業研究協議グループ (CGIAR) 262
- 国際貿易と気候変動 208
- 国際輸送に伴う排出に対する課税 228
- 国際労働移住 94
- 行動の遅延 44, 160, 161
  - 「先送り」も参照
  - ITER 254
  - クリーン開発メカニズム 224
  - による損失 15
  - 途上国に対する許容 25
- 国土面積 393
- 国内政策の優先課題 260
- 国内総生産→「GDP」参照
- 国内避難民 94
- 極貧 394
- 国富 375
- 国富総計 375
- 国民総所得 (GNI) ix, 393
- 穀物価格の世界全体の変化 143
- 穀物貿易における世界各国の依存状況 136
- 国際応用システム分析研究所 (IIASA) 305
- 国連気候変動枠組条約→「UNFCCC」を参照
- 国連国際防災戦略 136
- コスト
  - 450ppm CO<sub>2</sub>e を達成する 160
  - 5つの気候モデルによる緩和コスト 166
  - エネルギー効率化 179
  - エネルギーのコスト比較 182
  - 温室効果ガスを2050年までに50%削減するコスト 217
  - 温暖化による高所得国の損害 9
  - 海洋捕獲漁業の統治が悪いことに伴う 132
  - 環境コスト 41
  - 緩和コストの現在価値 12
  - 緩和コストの削減 14
  - 緩和政策の先送り 49
  - 緩和をしない場合の潜在的なコスト 43
  - 「気候保険」のコスト 11
  - 健康のコスト 41
  - 公共調達による削減 181
  - 行動の先送り 161
  - 「最小コスト」アプローチ 164
  - 再生可能エネルギーのコスト 19
  - 再生可能エネルギー 169, 183
  - 資金調達の効率性に関するコスト 225
  - 責任とコストの分担 48
  - 太陽光発電のコスト削減 185, 186
  - 炭素回収貯留 254
  - 長期的な緩和コスト 12
  - 低炭素軌道への移行 9
  - 天然支援保全のコスト 101
  - 途上国の緩和のためのコスト 10, 26, 215, 218, 219

- 非市場性のコスト 275
- 複数軌道アプローチ 200
- マイナスの緩和コスト 174
- 水管理 115
- 有権者に直接的で目に見えるコスト 288
- コスト分担 249, 254
- コスト分担に関する協定 253
- コストなしの炭素 194
- 国家環境認識教育法 279
- 国境税調整 209
- 固定化 (sequestration) 357
  - 生物学的な—— 357
  - 大規模な炭素の固定化 20
  - 土壌炭素固定化の潜在力 28
  - モルドバ土壌保全 103
  - バイオ炭による炭素の固定化 130
  - 途上国世界における農業土壌炭素固定化プロジェクト 143
    - 農業による (炭素の) 固定化 143-146
    - 地球工学 246
    - 炭素回収貯留 255
- 固定価格買取制度 181
  - ドイツ 183
  - ヨーロッパ 186
- 固定価格による再生可能エネルギーの強制的な買い上 19
- 固定資本形成 265
- コートジボワールにおける子供の就学率 37
- コミュニティ・ベース
  - 効果的な適応 90
  - 非政府組織 (NPO) による行動 76
  - リスク分担制度 85
  - 天然資源管理イニシアティブ 233
  - 地滑りリスクの削減 277
- コミュニティを基盤とした天然資源管理 102
- 雇用創出 151
  - グリーン化による 29
  - 洪水のリスクを削減 85
  - 再生可能エネルギーによる 154, 183, 279
  - 低炭素技術 53
  - 風力発電 243
- コロンビア
  - 移住 95
  - 集約的な土地利用 127
  - 水及び衛生ネットワーク改善 54
  - 気象社会研究所 262
- コンディショナリティ 198
- コンプライアンス
  - 市場 122
  - 土壌に関する——炭素市場 129, 146
- 混牧林システム 128
- さ行
- 災害管理 84, 285
  - 女性の参加 37
- 災害リスク管理プログラム 23
- 再現期間 (return period) 357
- 財産権 109, 144, 262, 271
  - 農民 279
  - 知的——→「知的財産権」を参照
- 最小コスト
  - エネルギー供給 169
  - 大幅な排出削減 152
  - 緩和軌道 50, 216
  - 排出削減 170
  - 生産者 185
- 「最小コスト」アプローチ 164
- 最小二乗法 392
- 最小二乗法による増加率 397
- 先送り 161
  - 「行動の遅延」も参照
  - インフラやエネルギー供給への投資 44
  - 緩和に向けた取り組み 49, 50,
- 再生可能エネルギー 18, 40, 151, 152, 162, 183
  - R&D 資金 14
  - アメリカとEUの潜在力 164
  - 一次エネルギー総供給に占める割合 373
  - 海水の淡水化 21
  - カリフォルニア 178
  - 関連する特許 248
  - 競争入札制度 183
  - コスト 181, 182
  - 雇用の創出 154
  - 次世代—— 245
  - 政策介入 178
  - 生産 40
  - 技術な潜在力と制限 169
  - 中国 183
  - 中東と北アフリカ 186
  - デンマーク 182
  - 投資を促進 184
  - 途上国の台頭 211
  - 特許 248
- 再生可能エネルギー政策 181
  - 固定価格買取制度 181
- 再生可能エネルギー利用割合基準 19, 183, 251, 287, 291
- 最善のシナリオ 294
- 財政的脆弱性 88
- 財政面でのインセンティブ 170
  - エネルギー効率化政策 176-178
  - 再生可能エネルギー政策 181
- 再保険 (reinsurance) 357
- サハラ以南アフリカ 34, 35, 131, 237
  - エネルギー関連の年間CO<sub>2</sub>排出 165
  - 気候変動に対する脆弱性の要因 8
  - 気候変動の影響 120
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - 水力発電の潜在力 40, 52
  - 水ストレス 164
- サービス業付加価値 396
- サヘル 59
- 三極国際特許 375
- サンゴ礁
  - 海洋生態系の管理 101
  - 海洋の酸性化 65, 101
  - 価値 8, 131
  - 死 7, 61, 63
- サンゴ礁プログラム 131
- サンゴの白化 65
- 酸性雨 153, 170, 194, 264
- 残余吸収 57
- ジオエンジニアリング→「地球工学」を参照
- シカゴ商業取引所 145
- 死荷重 (deadweight loss) [損失/デッド・ウェイト・ロス]

- 27, 225, 228, 357
- 資金供与  
UNFCCC プロセスに基づく適応 205, 221  
官民による 248  
緩和策を資金援助する側とそれが実施される側を切り離す 15  
銀行が消極的 180  
クリーン開発メカニズム 25  
公的—— (→「公的資金」も参照) 267  
公的ファイナンス 203  
市場プル型 256  
政府の—— 262  
多角的な 259  
地球環境ファシリティ 258  
ベンチャー・キャピタル 257
- 資金調達  
エネルギー効率化計画 175  
管理・吸収する能力 282  
緊急時 88  
公的ファイナンス 203, 206  
資金調達に関する効率性のコスト 225  
持続可能性 245  
森林の伐採・劣化を削減するイニシアティブ 232  
セーフティネット 92  
多角的な—— 256  
追加的 235  
適応策や緩和策 25, 215, 216, 220, 222, 237  
適応投資専用 235  
途上国における緩和策 218
- 資金の必要性の尺度 236
- 資源管理  
→「天然資源管理」も参照  
遠隔探知情報 138  
改善 109  
適応的管理 110  
分権化 90
- 資源の価格設定 109  
仕事のための食料プログラム 16  
市場公約プログラム 256  
市場の失敗 281  
市場プッシュ型の政策 269  
市場プル型 (market-pull) 253, 268, 357  
報奨ベースの協定 254  
市場ベース型メカニズム 203, 204  
指数関数的な増加率 397  
次世代再生可能エネルギー 245  
次世代送電線網 54, 181  
事前買取制度 255, 256  
自然災害 34, 36, 84, 284, 290, 374  
——への取り組み 80  
自然資本 22, 375  
自然の温室効果 57
- 持続可能  
エネルギー軌道 151  
エネルギーへの転換 158
- 持続可能な開発 x, 33, 195, 201  
インドネシア 228  
クリーン開発メカニズム 223, 224, 231  
牽引する最も重要なメカニズム 143  
政策と措置 (SD-PAM) 193, 201  
地球環境ファシリティ 258
- 持続可能な経済開発 33  
定義 33
- 実質成長率 392  
実物資本 22  
慣性 13  
自動車  
燃費基準 251  
保有台数 158  
保有率 157  
シドニー  
炭素中立型都市 24  
ジニ係数 (Gini coefficient) 236, 357  
死の海 124, 125  
集約農業 125  
死の谷 256, 257  
死亡率  
データ 395  
幼児 33  
社会 [的] 規範 (social norm) 279, 358  
エネルギー需要の抑制 23  
エネルギー消費に及ぼす影響 280  
社会的学習 (social learning) 71, 90, 357  
コミュニティや経験に基づく 91  
社会的能力 236-238  
社会的保護 (social protection) 16, 23, 73, 92, 358  
プログラムの拡大 88  
社会的リスクの管理 89  
集光型太陽熱発電 163, 169, 186  
地中海太陽計画 185  
自由裁量権 272  
集約的  
エネルギー 155, 174, 209  
牛肉生産 123  
資源 19, 121  
炭素 x, 9, 153, 208  
炭素集約的な経済発展 32  
農業の集約的な利用 124  
土地利用 127, 127  
労働—— 54, 92, 289  
集約農業 20  
自然システムへの影響 124  
「死の海」 125  
出生時余命 393  
主要排出国 193  
譲許的な開発ファイナンスの配分 236  
蒸発散 (evapotranspiration) 358  
消費者教育 170, 181  
消費損失曲線 11  
情報技術協定 211  
情報不足モデル 272  
情報や通信の技術 247  
消耗性の水利用 115  
将来を割り引く 279  
食料価格  
気候変動の影響 142  
上昇 108, 142  
バイオ燃料 41, 92, 134  
食料生産不足 302  
女性 (の参加)  
災害管理 37  
生物多様性 37  
食料の安全確保 37  
初等教育 395  
初等教育修了率 395

- 人為的 (anthropogenic) 358  
 新規雇用保証プログラム 16  
 人工衛星のデータ  
   →「遠隔探知」も参照  
   地理情報システム 138  
   リスク管理 85  
 人工資本 375  
 人口 [の] 増加 16, 34, 74, 121  
   食料需要 134, 142  
   天然資源の需要 108  
   都市部 75, 123  
 人口増加率 393  
 人口動態 34  
 人口密度 393  
 心配の有限性 275  
 森林再生 (reforestation) 358  
 森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減→「REDD」  
   参照  
 森林炭素パートナーシップ・ファシリティ (FCPF) 27,  
   221, 233  
 森林伐採 58, 145, 232, 233  
   CO<sub>2</sub> 排出の推定値 372  
   温室効果ガス排出 25, 57, 67, 107, 120  
   回避 122  
   グリーン開発メカニズム 224  
   生物多様性 102  
   2000-05 年における 28  
   農業による 19  
 森林劣化 (forest degradation) 107, 233, 358  
 水産養殖魚の需要 132  
 水質管理 139  
 水文循環 111  
 水利権  
   オーストラリアの経験 116  
   市場の創設 116  
   取引可能 115  
 水力発電 17, 153, 165, 169, 181  
   アフリカ 8, 40  
 スターン・レビュー 43  
   PAGE モデルによる推計 293  
 スターン, ニコラス 11  
 スターンの前提 11  
 スマート・グリッド (次世代送電線網) 169, 181  
   開発 261  
 スマート・メーター 169, 181  
 政策介入 230  
   エネルギー効率化, 再生可能エネルギー, 及び輸送  
   178  
 政策の逆転を困難にする 291  
 政策の産出 286  
 政策ベース 199  
   緩和政策 201, 203  
   軌道 200, 202  
   クレジット供与 200, 204  
 生産性  
   海洋 246  
   健康との関係 79  
   使用する水の量に対する 138, 140  
   上昇に向けた革新 142  
   土壌保全による農業生産性の向上 232  
   農業 7, 20, 22, 28, 34, 72, 107, 116, 118-134  
   緑の革命 262  
 生産量  
   一定量の水で向上させる 110  
   柔軟に変えられる生産設備 73  
 政治経済学  
   国境税調整 209  
   炭素税と排出権取引 227  
 政治制度の欠陥 291  
 脆弱性 (vulnerability) 358  
 脆弱性指標 237  
 脆弱層給食プログラム 16  
 成人識字率 393  
 製造業  
   エネルギー消費 174  
   再生可能エネルギーへの転換による雇用の創出 279  
 生態系 xi, 3, 7  
   →「海洋生態系」も参照  
   緩衝材になる 22  
   気候変動による変化 60, 63, 72, 133  
   気候変動枠組条約第二条 56  
   サービス→「生態系サービス」を参照  
   サンゴ礁 65  
   女性の役割 37  
   侵害を回避 107  
   人口増加 34  
   炭素の吸収 57  
   農業への転換 124, 126  
   変化が予測される地域 100  
   ベンゲラ海流広域海洋生態系プログラム 134  
   保護 20, 110, 123, 140, 143, 245  
   ミレニアム生態系評価 98  
 生態系サービス (ecosystem services) xii, 10, 43, 98-103,  
   219, 358  
   支払い 101  
   現状評価 99  
 生態系的な農業の地形 20  
 生態系農業 20, 126, 128  
 生態系ベース  
   漁業管理 101, 131  
   適応 75, 102  
 制度の慣性 271  
   逆転させる 292  
 正のフィードバック (positive feedback) 44, 358  
   気候システム 45  
 政府開発援助 396  
 生物学的な固定化 357  
 生物多様性 (biodiversity) xii, 10, 98-103, 358  
   REDD 233  
   維持 20  
   管理 90, 107  
   企画と管理 101  
   脅威 102  
   漁業 101  
   サンゴ礁 65  
   女性の参加 37  
   生息地の保全 128  
   損失 44  
   高める農業の実施 128  
   統合化 126  
   バイオ燃料 121, 122, 130  
   保全 124, 126  
   保全する政策の農業への影響 126



ホットスポット 100  
 生物媒介性疾患 80  
 政府のグリーン化 290  
 政府の説明責任 284  
 精密農業技術 20  
 世界気候機関 (WMO) 297  
   最新の推計 297  
 世界銀行アトラス方式 397  
 世界銀行グループ iii, iv, 218, 239, 256  
   エネルギー効率化ファイナンス 180  
   最近の研究 12, 209  
   森林炭素パートナーシップファシリティ 27, 221  
   脆弱性基金 53  
   能力開発支援 180  
   バイオ炭素基金 103, 146  
   ポートフォリオ・パフォーマンス 236  
 世界ワクチン免疫同盟 (GAVI 同盟) 256  
 石炭 153, 164, 165  
   硫黄の排出 153  
   エネルギー構成 156  
   火力発電所 13, 44, 182  
   炭素回収貯留 162  
   燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出 58  
   燃料の転換 170, 186  
 赤道アジアにおける泥炭の干拓や森林伐採に関連した火災 120  
 石油製品に対する補助金 4  
 世代間の公平性 48  
 絶滅危惧種の国際取引に関する条約 209  
 セネガルの国内移住者 95  
 施肥効果 57  
 セーフティネット (safety net) 14, 16, 358  
   エネルギー政策 93  
   化石燃料補助金の撤廃 93  
   社会的 16, 55  
   バングラディシュ 16  
   もともと脆弱な層に対する 91, 92  
 全アメリカ地球変動研究所 253  
 全国農村部雇用保証法 93  
 先進技術 172  
 先進国 ix, 153, 215  
   CO<sub>2</sub>e 450ppm を達成する (温暖化を 2°C に抑制する) ための地域別エネルギー構成 164  
   エネルギー効率化 164  
   エネルギー消費 156  
   温室効果ガス排出 272  
   過去における温室効果ガス排出 48  
   京都議定書 191  
   クリーン・エネルギーへの投資 185  
   クリーン開発メカニズムの実施 220  
   国際的な移住 94  
   市民のエネルギー関連カーボンフットプリント 38  
   説明責任 222  
   低炭素社会への転換 4  
   バリ行動計画 50, 167, 202  
   1人当たりエネルギー消費 156  
   水の監視 137  
   食料貿易の改善 136  
   歴史的な責任 194  
 全球地球観測システム (GEOSS) 252  
 全地球測位システム (GPS) 85  
 船舶による汚染防止のための国際条約 199

全米市長気候保全協定 24

早期警告システム (early warning system) 9, 80, 358

総合的な評価モデル (FAIR) 11

相互説明責任 26, 236

  気候投資のファイナンス 222

総固定資本形成 396

相乗利益

  エネルギー効率化とクリーンエネルギー 154

  緩和措置 3

  緩和と経済開発 173

  クリーン開発メカニズム 224

  自然のシステム 75

  生物多様性を高める農業 128

  相乗利益を生む政策 289

  適応と緩和 279

  林業と農業の緩和 28

測定可能, 報告可能, 検証可能 (MRV) 202

損害関数 (damage function) 358

## ■た行

対応能力 (coping capacity) 358

対外債務の現在価値 397

対外総債務 397

耐気候型

  将来のインフラ 217

  農法 125

  輸送手段 17

大気構成 57

体制移行国 (EIT 締約国) 361

大都市気候先導グループ 173

第2世代バイオ燃料 121, 245

太平洋気候情報システム 252

太陽光発電 (solar photovoltaics, PV) 19, 168, 169, 245, 359

  コスト 185

  パネルに対する関税 264

太陽熱イニシアティブ 186

ダウンスケーリング法 (downscaling) 359

多角的な資金供与 257, 259

多角的貿易レジーム 199

多国間環境協定 (MEA) の貿易措置 209

脱塩水 117, 118

建物

  ストック 13

  エネルギー消費 174

  エネルギー効率化への投資 54

  温室効果ガス排出 156

  住宅用 165

  モーダル・シフト 187

ダム 21, 71, 117, 141, 143

  安全マージン 73

  生物多様性の保全 99, 102

  弊害 75

単純日次強度指数 (SDII) 113

淡水

  部門別利用 114

  海水の淡水化 21

  汚染 3

  世界の利用可能な淡水 111

  世界の再生可能な淡水 133

淡水資源 8, 114

- 炭素回収貯留 (carbon capture and storage, CCS) 172, 245, 255, 359  
 実証プロジェクト 19  
 需要 309  
 地質学的な容量の潜在力 309
- 炭素回収貯留装置 13
- 炭素価格 15, 28, 41, 108, 166, 182, 210, 220, 240, 267  
 設定 164, 176, 177, 215, 263  
 設定と規制 263  
 土壌炭素を保全する 143  
 モデルによる推定値 166
- 炭素吸収源 (carbon sink) 57, 63, 359
- 炭素クレジット 143, 219, 231  
 REDD を通じる 122  
 クリーン開発メカニズム 27, 224, 230, 231  
 世界銀行のバイオ炭素基金 146
- 炭素固定化 102, 230  
 活動 146  
 管理 145  
 シカゴ商業取引所における取引 145  
 農業における 28, 144, 145  
 バイオ炭 20, 130  
 農業土壌炭素固定化プロジェクト 143
- 炭素固定貯留技術 44
- 炭素市場 219, 229, 232, 235, 308  
 温室効果ガスを対象とする 143  
 拡大 144, 232  
 規模と効率性の向上 226, 230  
 最大のリスク 230  
 創出 xi, 28, 29, 122  
 地域的な—— 286
- 炭素集約的な産業における漏出 (リーケージ) 208  
 →「集約的」も参照
- 炭素循環 57
- 炭素税 29, 41, 144, 176, 210, 226-228, 290, 306  
 国際的に調整された 226  
 デンマーク 182  
 累進的な 195
- 炭素施肥ないし肥沃化効果 (carbon fertilization) 359
- 炭素足跡 [カーボンフットプリント] (carbon footprint) 359  
 →「カーボンフットプリント」も参照
- 炭素中立型都市 24
- 炭素閉じ込め (carbon lock-in) 359
- 炭素に中立的な都市 24
- 炭素排出原単位 (carbon intensity) 155, 359  
 電力 1kw 当たり 304
- 炭素パートナーシップ・ファシリティ 27, 221, 258
- 炭素ファイナンス 26-28, 145, 230-232  
 実験プロジェクト 146  
 土壌管理 146
- 炭素予算→「カーボン・バジェット」参照
- 炭素ラベル表示 209
- 炭素リーケージ (漏出) 160, 209, 210, 287
- 地域別エネルギー構成 164  
 遅延→「行動の遅延」を参照
- 地下資源 375
- 地下水 115  
 過剰採取 75  
 管理 116-118, 277  
 管理の改善 117
- 関連する常用 22  
 消費の削減 21  
 消費の測定 138, 141
- 地球温暖化係数 (GWP) 297
- 地球環境ファシリティ (GEF) 25, 191, 205, 256, 258, 306
- 地球観測グループ (GEO) 252
- 地球気候モデル xviii, 7  
 農作物モデル 119
- 地球工学 (geoengineering) 246, 359  
 選択肢 245  
 統治問題 246
- 蓄積と流れ 275
- 知識 22  
 暗黙的な 259  
 ——インフラ 260  
 海外への移転 262  
 技術の輸入 258  
 共有と調整 249, 250  
 行動との関係 274, 275  
 脆弱性に関して地元が持っている知識の活用 21  
 女性が持っている—— 37  
 人工衛星データ 85  
 先進国が持っている知識の共有 24  
 先住民の知識の活用 91, 102  
 地下水 22  
 伝統的な—— 90, 91, 104, 128  
 途上国における専門知識 79  
 水管理 110
- 知識経済  
 指数 375  
 4つの中心的な基準 375
- 知識に関する協定 251
- 地中海太陽計画 185
- 知的財産権 (intellectual property right, IPR) 265, 266, 357  
 革新を阻害 265  
 過度に制限的な 265  
 技術移転の障壁 265
- 知的財産権の貿易関連の側面 (TRIPS) 267
- 地熱 162, 169, 248  
 発電 167, 181
- 地方自治体 23, 285
- 地方政府の能力強化 286
- チャールズ皇太子国際企業指導者フォーラム 292
- チャールズ皇太子の熱帯雨林保護プロジェクト 233
- 中国  
 CO<sub>2</sub>e 450ppm を達成する (温暖化を 2°C に抑制する) ための地域別エネルギー構成 164
- 移住者 39, 94  
 エネルギー構成 162  
 エネルギーサービス会社 180  
 エネルギー原単位 154  
 温室効果開発権 195  
 温暖化防止策 79  
 仮想炭素 210  
 火力発電所 44  
 気候変動政策 283  
 気候変動のための制度改革 283  
 空間暖房設備 174  
 クリーン開発メカニズムの実施 220  
 洪水リスク地図 83  
 再生可能エネルギー 24  
 再生可能エネルギー法と風力利権 183

- 再生可能エネルギー特許取得 248
- 資本ストック 247
- 脆弱性の要因 8
- 石炭火力発電所 182
- 建物のストック 13
- 炭素集約的な成長 247
- 鉄道輸送 54
- 電動自転車 (E バイク) 市場の拡大 263
- 風力市場 211, 265
- 風力発電能力 243
- ベンチャー・キャピタル 257
- 水管理を刷新 140
- 中所得国 (GNI に基づく定義) ix, 3, 23, 153, 156, 243, 265, 377
  - エネルギー集約的な製品 211
  - 化石燃料補助金の撤廃 93
  - 化石燃料利用の変化 50
  - 革新のための国内政策の優先課題 260
  - カーボンフットプリント 4
  - 研究所 260
  - 工業力を有する 267
  - 低炭素の技術と政策 167
  - 風力発電設備 266
  - 部門別温室効果ガス排出 157
  - ベンチャー・キャピタル 257
- 中東・北アフリカ
  - 気候変動に対する脆弱性 8, 238
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
- 中東と北アフリカにおける集光型太陽熱発電 186
- チュニジア
  - 水資源を管理 117
  - 生物多様性の保全 37
- チュニスにおける気候変動対応 77
- 長距離越境大気汚染条約 199
- 懲罰的な貿易制裁 208
- 貯水 116, 138
  - 管理 84
  - サハラ以南アフリカ 8
  - 自然の—— 21, 77, 78, 111
  - 中東・北アフリカ 8
- チリ
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - 水資源管理 116
- 地理情報によるリスク管理 85
- 地理情報システム (GIS) 84, 85, 138
- 追加性 (additionality) 27, 145, 223, 225, 231, 359
- 低海拔沿岸部 298
- 定常性 (stationarity) 359
- 低所得国 ix, 92, 243, 244
  - CO<sub>2</sub> 排出の増加 153
  - GNI に基づく定義 377
  - エネルギー革命 165
  - 革新のための国内政策の優先課題 260
  - カーボンフットプリント 4
  - 技術者の不足 259
  - クリーン開発メカニズムの実施 220, 224
  - 経済成長 9
  - 財政的なインセンティブ 177
  - 世界のエネルギー需要に対する割合 153
  - 知的財産権 265
  - 低炭素の技術と政策 167
  - 排出源 156
  - 部門別温室効果ガス排出 157
  - 優先課題 23
  - 輸出 209
- 泥炭 120
- 泥炭地 72
- 低炭素エネルギー 185
  - 選択肢 153, 228
- 低炭素型社会の実現 172
- 低炭素型成長 [軌道] ix, 38, 167, 243
  - 移行を促進 32
  - 政策の手段 155
  - への道 159
- 低炭素技術 151, 167, 171
  - インフラへの導入 165
  - 供給サイド 170
  - 関連する特許の伸び 248
  - クリーン開発メカニズムによる投資 25
  - 雇用の純増 53
  - 資本コスト 217
  - 投資のファイナンス 258
  - 発明と普及の促進 251
  - 発明ペース 249
  - 普及 181
- 低炭素型成長軌道に向かう政策 155
- 低炭素の技術と政策 167
- 低地沿岸地帯 374
  - 人口 374
- ティッピング・ポイント (転換点) 44, 45
  - 気候システム 66
  - 自然システム 45
  - 生態学的な 65
- 適応 (adaptation) 285, 359
  - イニシアティブに関する戦略的優先事項 205
  - 取り組み 205
  - 必要とされるコスト 219
- 適応基金 (Adaptation Fund) 91, 205, 359
  - 公共の支出 217
  - 資金源 225
  - 資金調達 25
  - 政策決定 22
  - 生態系ベース 102
  - 地域の状況に特化した 263
  - 民間の資金 234
- 適応策 3, 128
- 適応的管理 (adaptive management) 73, 110, 360
  - 特徴 74
- 適応投資専用の資金調達 235
- 適応と緩和の新しい資金源 226
- 適応能力 (adaptive capacity) 360
- 適応の重要な資金源 225
- 適応ファイナンス 27, 225, 234
  - 細切れ 282
  - 配分 235
  - 配分にかかわる指標 236
- データの一貫性と信頼性 392
- 転換点→「ティッピング・ポイント」を参照
- 電動自転車 (E バイク) 市場の拡大 263
- 電気普及率 373
- デング熱 80
  - 南北アメリカでの再流行 82
- 天候デリバティブ (weather derivative) 360

- 天候ベースのリスク管理契約 88
- 天然ガス 165, 170, 184
- CO<sub>2</sub> 排出 57
- 一次エネルギーに占める割合 164
- エネルギー構成 156
- 天然資源
- 過剰採取を削減 140
- 管理 102, 136, 139, 262
- 管理のファンダメンタルズ 108
- 保全の促進 144
- デンマーク
- 排出を削減しながら経済成長 182
- 風力発電 181
- 電力 1kw 当たりの炭素排出源単位 304
- ドイツ
- 固定価格買取制度 183
- 固定価格による再生可能エネルギーの強制的な買い上げ 19
- 統計手法 397
- 統合的複数軌道型の枠組み 199
- 統合評価 (integrated assessment) 358
- 東南アジア
- サンゴ礁の価値 8
- 食料安全保障 120
- デルタ地帯 78
- 都市計画 78
- 投入ベースのプログラム 295
- 都市 71, 75
- エネルギー消費 157
- カーボンフットプリントを削減 24
- 緩和と経済開発という相乗利益の達成に都市政策が果たす役割 173
- 気候変動への対応 75, 77
- 気候変動が水管理に及ぼす影響 115
- 気候に関してスマートな都市の建設 75, 79
- グリーンで強靱な 55
- 高緯度 81
- 洪水のリスク 78
- 公共輸送 158
- 人口増加 34
- 脆弱性 75
- 長期的な水管理計画 115
- 転換の例 172
- 独自の気候行動計画 286
- 排出削減 187
- ヒートアイランド 80
- 農村部からの移住 93, 94
- 密度の高い都市開発 175
- 水の価格設定 114
- 水の利用 114, 117, 118
- 都市化 8, 9, 76
- 中国 263
- 適切な 75
- 都市計画 76
- 気候変動への適応 77
- クリチーバ市 77
- 洪水 77
- 制限的な 21, 74
- 戦略的な 89
- 都市形態 13, 44
- 途上国 ix-xi
- CO<sub>2</sub>e 450ppm を達成する (温暖化を 2℃に抑制する) ための地域別エネルギー構成 165
- REDD 232
- エネルギー関連の CO<sub>2</sub> 排出 156
- エネルギー構成 165
- エネルギー効率化による節約 174
- エネルギー需要 44
- エネルギー体系の転換 152
- エネルギー補助金 18
- 仮想炭素税 210, 212
- 緩和措置の先送り 31, 50
- 緩和措置への資金援助 50
- 緩和へ向けた取り組み 201, 203
- 緩和に向けた取り組みに対する支援 203
- 緩和のためのコスト 10, 12, 215, 217
- 緩和向けの年間資金調達所要額 218
- 気候関連資金の流れ 237
- 気候災害に対する抵抗力 7
- 気候に関する議論における立場 198
- 気候ファイナンスの用途の説明責任 222
- 気候変動に対する脆弱性 8
- 気候変動への適応に必要とされるコスト 219
- 気候変動への取り組みに関する懸念事項 24
- 気候レジームにおける報告義務 203
- 気候レジームへの参加 199
- 技術ライセンス供与 267
- 規制の実効性 177
- 吸収能力 282
- 吸収能力の向上 259
- クリーン開発メカニズム 25, 204, 219, 231, 258
- クリーン開発メカニズムの非効率性 223
- クリーン技術の相互間の貿易 211
- グリーン税 41
- 研究と市場の間のギャップ 257
- 健康に対する気候変動の影響 35
- 工学専攻者の数 261
- 公共輸送 158
- 公的ファイナンス 204
- 国際貿易 208
- 穀物の収量増加率 123
- 再生可能エネルギー 169
- 再生可能エネルギー開発能力 183
- 再生可能エネルギーへの新規投資 247
- 最優先課題 3
- 資金に対する考え方 197
- 市場参加 17
- 持続可能なエネルギー投資 220
- 自動車保有率の増加 157
- 人口の増加 34
- 森林の管理の改善 28
- 森林の統治 90
- 脆弱性基金 53
- 生物多様性の保全 101
- 潜在的な緩和の能力 15
- 炭素クレジット 27
- 炭素に対する補助金 286
- 追加的な金融の流れ 215
- 低炭素型の開発への移行 198
- 低炭素型経済開発の課題 196
- 低炭素技術投資 258
- 低炭素軌道へ転換 4
- 適応策の必要額 26
- 都市人口の増加 75
- 都市部への移住 93, 94
- 低炭素投資のファイナンス



- 農業生産性 34
- 農業における生産性の向上
- 農業向け R&D 249
- バイオ炭 130
- 排出削減の実施の遅れ 216
- 排出の上限規制 199
- バリ行動計画 (→「バリ行動計画」も参照) 202
- バリ宣言 222
- 1人当たりのエネルギー消費 38, 156
- 1人あたりの炭素排出 4
- 貧困 33
- 負担の供給 195
- 保険 87
- 水管理 115
- 養殖水産業 132
- 土壌に関するコンプライアンス炭素市場 146
- 土壌の炭素貯留を増やす技術 144
- 土壌保全保留プログラム 145
- 土地ベースの排出 372
- 土地利用
  - 温室効果ガス排出 4, 17, 49, 57, 157
  - 緩和能力 28
  - 気候変動管理に果たす役割 28
  - 集約的な土地利用のシミュレーション 127
  - 生物多様性の劣化 98
  - 地形単位のアプローチ 126
  - 土地利用変化に起因する排出に対する炭素税 144
  - バーム油農園 122
  - 変化に関わる炭素価格設定 143
  - 変化による排出 156
  - 水の利用 114
- 土地利用変化 (land-use change) 360
  - に起因する排出に対する炭素税 144
  - に伴う炭素の価格設定 41
  - に伴う排出 4, 17, 33, 49, 57, 120, 157
  - に伴う排出のコスト 41
- 特許
  - 「知的財産権」も参照
- 国際比較 309
- 再生可能エネルギー関連 19, 24, 248
- 知的財産権の貿易関連の側面 267
- 低炭素技術 248
- 二酸化硫黄排出技術 263
- バイオ技術 249, 265
- 風力発電関連 266
- 保護 266
- 保護されている技術の移転 224
- ドーハ共同声明 208
- ドーハ・ラウンド 136, 211
- 富と繁栄の拡大 3
- 取引可能なグリーン証書 307
- 取引コスト (transaction cost) 145, 360
  - 気候ファイナンス 221
  - クリーン開発メカニズム 2230
  - 公共調達 181
  - 細切れの適応ファイナンス 282
  - 資金調達 26, 175
  - 多岐にわたる資金調達源 25
  - 保険プログラム 87
- トルコ技術開発財団 267
- トレードオフ 11, 47, 49, 192
  - 化石燃料の燃焼 153
  - 緩和措置 42
- 経済開発と気候変動 289
- ダムの設置 117
- バイオ技術 129
- 排出削減の経路 162
- 排出削減への広範囲の国の参加 200
- 水管理 112
- モロッコの政策 135
- 割引率 361
- な行
- ナイジェリア
  - ガス焼却プロジェクト 224
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - 太陽光発電パネルの潜在的な利用者 264
- ナイロビ作業計画 205
- 南南貿易 211
- 南北アメリカのデング熱 82
- 二酸化炭素 (carbon dioxide, CO<sub>2</sub>) 360
- 二酸化炭素換算 (carbon dioxide equivalent, CO<sub>2</sub>e) 360
- 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量 395
- 認証排出削減量 27, 220, 221
- ネガワット 174
- 熱帯雨林諸国連合 28, 233
- 熱波への備え 81
- 農業
  - CO<sub>2</sub> 増加に対する責任 6
  - CO<sub>2</sub> 排出 17
  - 温室効果ガス削減能力 143
  - 温室効果ガス排出 157
  - 温室効果ガス排出の削減 108
  - 開発のための農業科学技術の国際評価 (IAASTD) 128
  - 灌漑農業→「灌漑農業」を参照 118
  - 環境の保護 119
  - 環境保全型農業→「環境保全型農業」を参照
  - 関連する情報の改善 139
  - 気候に関してスマートな農業 129
  - 気候に適した理想的な農業地形 140
  - 気候変動の管理 28
  - 気候変動の収量への影響 7, 119, 120
  - 気候変動への適応 21
  - 近代的な 71
  - 研究開発 (R&D) 128, 249
  - 厳密な農業 119
  - 国際価格 143
  - 国際市場 134
  - 国際農業研究協議グループ (CGIAR) 262
  - 持続可能な方法 22, 27
  - 集約化と環境問題 124
  - 集約農業→「集約農業」を参照
  - 食料農業機関 (FAO) 139, 257
  - 人工衛星のデータ 85
  - 森林伐採 19
  - 精密—— 20
  - 生態系サービスの劣化 98
  - 生態的な—— 20
  - 生物多様性を高める 138
  - 淡水の利用 114
  - 炭素固定化 143, 145
  - 地下水の利用 116
  - 途上国の依存性 7

- 土壌炭素の保全 232
    - トレードオフ 129
    - 農業サービス近代化プログラム 262
    - 農業土壌炭素固定化プロジェクト 143
    - 農業に適した土地 123
    - バイオ燃料の影響 121
    - 非CO<sub>2</sub>排出 373
    - 補助金 108, 146
    - 水利用 8, 118
    - 無耕農法 20
  - 農業生態系 102, 126
  - 農業サービス近代化プログラム 262
  - 農業生産性 7, 123, 396
    - 向上 20, 107, 123, 146
    - 向上の必要性 124
    - 温暖化の影響 34
    - 向上と環境の保護 119
    - 途上国の脆弱性を高める 34
    - 女性の参加 37
  - 農業土壌炭素固定化プロジェクト 143
  - 農業と土地利用変化に起因する排出に炭素税を適用 144
  - 農業と併農林業による産物の多様化 127
  - 農業付加価値 396
  - 農業部門の温室効果ガス排出 373
  - 農業補助金の方向転換 146
  - 農作物モデル 119
  - 農産物の価格高騰 142
    - 生産性の向上 142
  - 農産物貿易 134
  - 「農場投入財促進」プログラム 131
  - ノードハウス, ウィリアム 11
  - ノードハウスの前提 11
- は行
- バイオエタノール 39, 40, 41, 121, 169, 185, 265
  - バイオ技術 129, 245, 249, 260
    - 特許 249
  - バイオ作物 130
  - バイオ炭 20, 130
  - バイオディーゼル
    - 原料に対する関税 264
    - 燃料の生産 121
  - バイオ燃料 (biofuel) 169, 360
    - 欧米の政策 41
    - 温室効果ガス排出を削減 121
    - ガソリンとの比較 41
    - 関税 264
    - 研究投資 19
    - 現在の需要 121
    - 栽培 121
    - 市場の拡大 134
    - 自然保護区 27
    - 正味の炭素排出削減 121
    - 生産 40
    - 生産に割り当てられる土地 121
    - 生態系保護 143
    - 生物多様性の保全 121
    - 第2世代 170, 185, 245
    - 土地をめぐる競争の激化 121
    - 特許取得 265
    - パーム油 122
    - ブラジル 39, 211
      - 割り当てられる土地 121
  - バイオマス 167, 169
  - 排出
    - マイナスの 305
  - 排出権取引 (cap and trade) 277, 360
    - 支援 290
  - 排出権取引制度 176, 227, 228
    - 否定的な感じ方の要因 278
    - EU 210, 290
  - 排出削減 28, 161, 191
    - エネルギー効率化 152
    - 温室効果開発権 195
    - クリーン開発メカニズム 219, 223
    - 最小コスト 170
    - 再生可能エネルギー 152
    - 実施の遅れ (→「遅延」も参照) 216
    - 政府のグリーン化 290
    - 先進国 50
    - 先端技術 172
    - 第2世代バイオ燃料 245
    - 炭素クレジット 27, 219
    - トレードオフ 162
    - 認証排出削減量→「認証排出削減量」を参照
    - 農業による—— 143
    - バイオ燃料の効果 41, 121
    - パーム油による—— 122
    - パーム油から作られたバイオ・ディーゼル 122
    - バリ行動計画 167
      - 必要な量を達成する 17
      - 最も積極的な目標 154
      - 輸送部門 174
      - 割当量単位 228
  - 排出倍増の背後にある現実 155
    - ハイブリッド型の手法 193
    - ハイブリッド型の枠組み 200
    - ハイブリッド車 172, 174, 185
      - プラグイン型 172
    - ハイブリッドのモロコシの事例 264
    - パシフィック・ノースウェスト国立研究所 (PNNL) 305
    - バーゼル条約 209
    - 裸足の水文地質学者 139
    - ハビタット・バンキング 101, 300
    - パーム油 122
      - パーム油から作られたバイオ・ディーゼルに起因する排出削減 122
      - バイオ・ディーゼル 122
    - ハリケーン・イワン 88
    - ハリケーン・カトリーナ 87
    - バリ行動計画 (Action Plan) 25, 50, 167, 192, 200, 202, 222, 360
    - バリ締約国会議 208
    - バルク水 115
    - ハロカーボン 58, 297
    - ハロゲン分子 246
    - バングラデシュ 8, 16, 89
      - 国民の脆弱性を削減 9
      - 沿岸地帯 259
      - セーフティネット 16
    - 反射粒子の冷却化効果 58
    - 反復的アプローチ 47
  - 非CO<sub>2</sub>排出 373

- 非 OECD 諸国の年間エネルギー関連排出 296
- 非エネルギー部門の相乗利益 279
- 東アジア・太平洋
  - 市場の統治 281
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - 気候に対する脆弱性 238
  - 気候変動に対する脆弱性の要因 8
- 東ヨーロッパ・中央アジア 41
  - 生物媒介性疾患 80
  - 国際金融公社によるファイナンス 180
  - 気候変動に対する脆弱性の要因 8
- 非競合的 357
- 非効率性
  - 炭素排出原単位の高水準 3
  - 資金の創出と利用 26
  - 不可避的 27
  - 資金調達手段 215
  - クリーン開発メカニズム 223
  - 気候ファイナンス 221
- 非市場性のコスト 275
- ビジネス・インキュベーター（起業支援センター） 262
- ビジネス・ラウンドテーブル 292
- 非自発的移住 95
- 非線形性 45
- 1人当たり
  - CO<sub>2</sub> 排出 3, 4, 18, 24, 49, 159, 372
  - エネルギー消費 156
  - 温暖化による所得の減少 7
  - カリフォルニアの電力消費 179
  - 魚介類の消費 132
  - 自動車の走行距離 158
  - 電力消費 18, 373
  - 排出できる炭素の量 195
  - 水入手可能性 8
  - 輸送による排出 173
- 非排他的 357
- 非付属書 I 国 361
- ヒマラヤの氷河 32
- 兵庫行動枠組み 82
- 肥料政策 131
- 貧困 393
- 貧困格差 394
- 貧困線 394
  - 各国の 393
  - 共通水準 394
  - 国際 377, 393
- 貧困の罨 36
- 貧困評価報告書 393
- ファイナンス 229
  - 2°Cの軌道に必要な額 26
  - エネルギー効率化 180
  - 緩和を奨励し促進する手段 24
  - 吸収能力 237
  - 気候ファイナンスの細分化 221
  - 気候ファイナンスの役割 26
  - 気候変動措置 197
  - 既存の気候ファイナンスの非効率性 221
  - 既存の気候変動に関するファイナンス手段 216
  - クリーン開発メカニズム 223
  - 公的ファイナンス 203
  - コンディショナリティと主体性 197
  - 市場プル型の奨励策 256
- 事前に定められた取り決め 87
- 譲許的な開発ファイナンス 236
- 生態系サービス 103
- 炭素ファイナンス 145, 146, 204, 230
- 適応ファイナンスの配分に関する指標 236
- 配分に対して国際開発協会（IDA）がとっているアプローチ 235
- 必要性 217
- 不足 216
- 民間部門 29
- ファイナンス・メカニズム 178, 180, 258
  - エネルギー効率化 180
- ファンダメンタルズ 141
- フィードイン・タリフ 19
- フィリピン
  - 国家環境認識教育方 279
  - 災害リスク管理 79
  - 中部のサンゴ礁プログラム 131
  - 農作物保険公社 86
- 風力発電 169
  - 中国 183, 265
  - アメリカ 183
  - インドにおける潜在力 165
  - 関連する特許（国別） 266
  - 設備メーカー上位 5 社の投資先 266
  - 中所得国の設備 266
  - 能力の変化 243
- 付加価値 396
- 付加価値の産業分類 396
- 不確実性（uncertainty） 10, 22, 46, 73, 219, 360
  - 意思決定 47, 49, 115
  - 海洋の生態系 65
  - 科学的 63
  - 気候変動に対する政策 46
  - 行動経済学 274
  - 削減 256
  - 社会規範の影響力 280
  - 衝撃をやわらげる 125
  - 石油価格とガス供給 153
  - 第 2 バイオ燃料の利用可能性 170
  - 炭素市場の継続性 224, 230
  - 炭素税 227
  - 伝統的な意思決定 115
- 複数軌道アプローチの有効性と公平性 200
- 複数軌道型の気候レジーム 199
- 複数軌道の気候に関する枠組み 25, 199
  - 統合型複数軌道の枠組み 199
- 付属書 I 国（Annex I parties） 160, 195, 192, 230, 360
- 付属書 II 国（Annex II parties） 192
- 負担の共有 194, 195
- 負担の分担→「分担」を参照
- 物理的リスクの管理 75
- 不適応（maladaptation） 361
- 部門別の失うものがない目標 27
- プラグイン型ハイブリッド車 172
- ブラジル
  - 気候変動の影響 36
  - クリーン開発メカニズム 220, 230, 234
  - バイオ燃料 39, 121, 211, 264, 265
  - 緑豊かで安全な都市を目指す計画 77
  - 無耕農法 20, 129
  - 「歴史的な責任」という提案 195
- ブラック・カーボン（煤） 58, 268, 304

## フランス

- エネルギー効率化規制 176
- 住宅用建物のストック 165
- 政府によるパスレル・プログラム 257
- 電力不足 153

## プログラム型のクリーン開発メカニズム 231

## 分担

- エネルギー R&D のコスト 254
- 緩和策のコスト 14, 164, 195
- 気候変動のリスク 86
- 気候変動対策に関する負担 194
- 公共インフラの適応コスト 23
- コスト分担に関する協定 2534
- 責任とコスト 48
- 大規模で高リスクな技術 25
- 天然資源保全のコスト 101

## 平均的な市民のエネルギー関連のカーボンフットプリント 38

## 平準化コスト 182

## 「平常通り」[のシナリオ] 10, 66

- エネルギー需要 162, 164, 165
- 開発 72
- 緩和費用限界曲線 51
- 食料価格上昇 142
- 生態系による吸収 57
- 比較 12, 13, 18

## ベトナム

- 沿岸部における対策 90
- 気候変動に対する脆弱性 8
- 地方の競争力指数 286

## ベルリン・マントート 202

## ベンチャー・キャピタルによる資金供与 257

## ベンゲラ海流広域海洋生態系プログラム 134

## 貿易

- 課税の結果として失われる利益 27
- 緩和政策との相互関係 41
- 気候変動下での貿易 208
- 気候変動による変化 134
- 規制する国際ルール 136
- 漁業の国際貿易 133
- クリーン・エネルギー技術 211
- 食料貿易 108, 133
- 多国間環境協定 (MEA) 209
- 知的財産権の貿易関連の側面 267
- 南南貿易 211
- 農産物貿易 134
- 水と栄養の確保 17

## 補完性 (supplementarity) 361

## 保険 74, 86

- 異常気象 85
- 家畜保険 86
- カリブ海諸国災害リスク保険機構 89
- 気候災害にかかわる保険 234
- 気候変動に対する保健制度の適応 22
- 気候保険 10
- 気候保険のコスト 11
- 国際的な再保険市場 88
- 渋滞保険 177
- 政府の役割 85, 87
- セーフティ・ネット 92
- 途上国 87

## 農作物保険 289

- 普及率 87
- 暴風雨や洪水、旱魃 86
- 保険適合性の問題 282
- マイクロ保険 85
- 無抛出保険 92

## 保険市場 16, 281

## 保護地域 20, 100, 101, 103

## 補助金 17, 124, 142, 226

- RDD&D を対象とした捕縄金 249
- インフラ・サービスに対する逆心的な補助金 41
- エネルギー効率化補助金 18
- エネルギーと気候変動にかかわる R&D 249
- エネルギー補助金 93
- 外国の技術の投資に対する—— 259
- 化石燃料 93, 152, 175, 186, 228, 286
- 気候に関してスマートな技術の革新 244
- 漁船に対する—— 131
- 再生可能エネルギー 170, 184
- 石油製品 4
- 途上国におけるエネルギー補助金 18
- 農業補助金 108, 136, 146
- バイオ燃料生産者 264
- 水サービス 142

## ボストンの気候変動戦略 74

## 保全

- 遺伝資源 262
- エネルギー 18, 54
- 環境 258
- 環境保全コスト 170
- 環境保全型農業 129, 145
- 漁業資源 131
- コミュニティ・ベースの保全 101
- 自然のシステム 143
- 種や生態系 20
- 森林 28, 108, 232, 233, 260
- 生息地 128, 272
- 生物多様性 37, 75, 98, 102, 121, 123, 126, 142, 252, 262
- 天然資源 108, 142, 144, 146, 208
- 土壌炭素 20
- 土壌炭素 143, 232
- 土壌保全保留プログラム 145
- 水 93, 283
- モルドバ土壌保全 103

## 保全型ゾーニング 303

## 保全耕運 118

## 保全指定地 [地域] 100

## 保全地役権 128

## 保全優先地域 100

## ポツダム気候変動影響研究所 305

## ボトムへの競争 287

## ホワイト証書 307

## ■ま行

## マイナス

- コスト 50, 174, 194
- 排出 13, 67, 159, 160, 169, 305
- マーシー・コー (Mercy Corps) 85
- マラウイの天候ベースのリスク管理契約 88
- マレーシア
  - 火災による温室効果ガスの排出 120
  - クリーン開発メカニズムの実施 220



- パーム油農園 122
- マラリア 8, 80
- 水管理 21, 54, 110, 134, 140
  - 重要な問題 22
  - 女性の参加 37
  - 水利権 115
  - ダム 117
  - 地下水管理 117
  - 排水管理 133
  - 表流水管理 277
  - ロバスト型意思決定 115
- 水資源 114
  - 汚染 140
  - 気候変動の影響 8
  - 国際的な水資源かかわる協定 17
  - 再生可能水資源 110, 133
  - 増やすための取り組み 21
  - 水資源管理 22, 117, 219
  - 養殖水産業の開発 133
- 水集約的な製品 123
- 水需要の削減 114
- 水循環 59
  - 温暖化〔気候変動〕の影響 110, 169
  - 管理 165
- 水使用量に対する生産性 138, 140
- 水政策 112
- 水の消耗的利用 (consumptive use of water) 115, 361
- 水の入手可能性 8, 61, 112, 153
- 水利用 111, 112, 133
  - 遠隔探知技術 138
  - 価格設定 114
  - 効率を上げる 20, 115
  - 消耗性 115
  - 帯水層 140
  - 農業 8, 16, 118, 280
- 緑の革命がもたらした環境破壊 124
- みどりの税 361
- 緑の建物 306
- 緑の連邦主義 287
- 南アジア
  - CO<sub>2</sub> 排出 153
  - 気候災害による GDP の減少 7
  - 気候変動に対する脆弱性 8, 238
  - クリーン開発メカニズム 220
  - 健康への負担 79
  - 穀物収量 34, 120
  - 水力発電 169
  - 都市計画 78
  - 都市の発展と洪水のリスク 78
- 南アフリカ
  - エネルギー関連 CO<sub>2</sub> 排出 165
  - 気候変動に対する脆弱性 8, 238
  - 気候変動の影響 34, 35, 52, 120
  - クリーン生産実証プロジェクト 267
  - 大学の改革 261
  - ベンゲラ海流委員会 134
  - 水使用量に対する生産性の測定 138
  - 水の管理 112, 146
  - 無機質肥料の使用 131
- 南カリフォルニアの水管理計画 115
- ミレニアム開発目標 394
- ミレニアム生態系評価 98
- 民間の資金 215
  - 適応策 234
  - 適応投資専用の資金調達 235
- 民間部門
  - エネルギー R&D 支出 4
  - 気候災害にかかわる保険の提供 234
  - 気候に関してスマートな技術への投資 260
  - クリーンなエネルギー技術への投資 176
  - 国家の役割 281
  - 災害リスクの削減 82
  - 作物選択 22
  - 資金の供給 29
  - 収益性の低い市場への資金や専門知識の提供 88
  - 炭素の価格シグナルの提供 230
  - 低炭素経済を創出するための投資 219
  - 適応ファイナンスに民間部門を含める 234
  - 動員するための規制 263
  - 民間部門による投資と革新の推進 152
  - 民間部門の能力をこえた損害の補償 87
  - 民主主義環境政策 286
- 無形資本 375
- 無耕農法 20, 129, 144
- メキシコ
  - クリーン開発メカニズムの実施 220
  - コーヒー農園 127
  - 都市計画 77, 175
  - 熱電併給 174
  - 貧困削減プログラム 55
  - 料理用レンジの変更 42
- メキシコ炭素研究所 306
- メコン川流域 8, 32, 78
- メタン 44, 57
  - 家畜や米、堆肥保管所からの発生 120, 121
  - 大量放出 60
  - 排出削減 129
  - 排出による温室効果 58, 63
- メタン・ハイドレード 66
- 木材資源 375
- 目標主導型のアプローチ 198
- モザンビーク
  - 政府による再定住プログラム 275
  - ブジ川の洪水対策 83
- モーダル・シフト 187
  - 輸送手段 172
- 最も脆弱な層に対するセーフティネット 91
- モラル・ハザード 282, 289
- モルドバ土壌保全プロジェクト 103
- モロッコ
  - ウム・エル・ルビア川流域 109
  - 穀物輸入におけるトレードオフ 135
  - 農民の水取引 116, 118
  - 点滴灌漑 138
- モンゴルにおける家畜保険 86
- モントリオール議定書
  - 技術経済評価パネル 253
  - 実施のための多国間基金 258
- や行
- 輸送 154

- CO<sub>2</sub> 排出にシめる割合 17, 156, 157  
 インフラの改善 218  
 仮想炭素に対する課税 210  
 国際輸送に伴う排出に対する課税 228  
 再生可能エネルギーの利用 169  
 住居地のパターンへの影響 158  
 政策介入 178  
 大量輸送手段への切り替えによる CO<sub>2</sub> 排出の削減 174  
 低炭素型の輸送手段 54  
 都市部における輸送関連の排出 173  
 燃料税 177  
 排出削減 174, 196  
 排出を削減するためのアプローチ 185  
 モーダル・シフト 172, 187  
 ユーロ圏の平均燃料価格 294
- 幼児栄養失調の割合 395  
 養殖水産業 132  
 環境問題 133  
 予防原則 (precautionary principle) 361  
 ヨーロッパ  
 温室効果削減体制の強化 208  
 課徴金による収入 290  
 北アフリカにおける集光型太陽熱発電 186  
 クリーン開発メカニズムの実施 220  
 公共輸送ルート 158  
 固定価格買取制度 181  
 自動車の利用 157  
 水産養殖魚の需要 132, 133  
 太陽エネルギー需要の増大 40  
 長距離越境大気汚染条約 199  
 熱波による死者 34, 35  
 燃料税の導入 18  
 バイオ燃料用の土地 121  
 発電所の建設 169
- ら行
- ラテンアメリカ  
 景気刺激策パッケージ 54  
 高速バス輸送システム 172  
 歳入の再循環 41  
 精密農業技術 20  
 肥料の使用の削減 129  
 未開拓の水力 165  
 ラテンアメリカ・カリブ  
 気候変動に対する脆弱性の要因 8, 238  
 クリーン開発メカニズムの実施 220
- リーケージ 160, 208-210, 232, 233, 287, 361  
 利益保険 89  
 リスク  
 異常気象 84  
 異常気象の増加 60  
 エネルギー供給の混乱 153  
 エネルギーの安全な確保 170  
 海面の上昇や高潮 75  
 過剰施肥 131  
 緩和措置に逆行する 226  
 飢餓のリスクにさらされる人の増加 7  
 気候基金の拡散 221  
 気候リスクの削減 9, 12  
 強制移転 93  
 許容可能 42  
 金融 85  
 洪水 77, 78, 83, 95, 275  
 洪水や旱魃 8  
 高炭素軌道に閉じ込められる 219  
 作物転換 109  
 地滑り 277  
 実証されていない技術への投資 155  
 社会のおよび経済的な混乱 152  
 森林伐採 103  
 大規模で高リスクの技術 25  
 炭素回収貯留 259  
 炭素市場 230  
 動植物種の絶滅 61  
 途上国の気候災害に対するリスク 7  
 物理的 75  
 マラリアやデング熱 35  
 水を媒介する疾病 54  
 リスク管理 85  
 異常気象 84  
 改善 14, 15, 72  
 洪水リスク管理 275  
 災害リスク管理プログラム 23  
 財政リスク管理 86  
 人工衛星のデータと地理情報 85  
 炭素回収貯留に対するリスク管理 259  
 天候ベースリスク管理契約 88  
 統合的なリスク管理 87  
 物理的な—— 75  
 保険 74  
 リスク緩和 84  
 リスク認識 275  
 リスク評価 (risk assessment) 361  
 リベリアの洪水のリスク管理 85  
 硫酸塩 58  
 利用可能な緩和の資金 218  
 利用可能な適応の資金 220  
 食料価格  
 向上をもたらす生産性への影響 108  
 下落 124  
 高騰 33, 41, 92, 134  
 上昇の要因 142  
 生態系への影響 143  
 エネルギー用作物の影響 169  
 高騰の貧困層への影響 142  
 林業や土地利用、土地利用変化による温室効果ガス排出 120  
 倫理と気候変動 48  
 累進的で公平な気候政策 290  
 累積確率 274  
 冷却化効果 58, 59  
 歴史的な責任 195  
 漏出 [リーケージ] (leakage) 361  
 →「リーケージ」も参照  
 炭素集約的な産業 208  
 ロバスト型意思決定 (robust decision making) 42, 49, 361  
 水管理 115  
 ロバストな戦略 21  
 探求 49

ロンドン

温暖化報告書 74

気候変動戦略 74

ロンドン温暖化行動計画 23

競売 228

割引功利主義 48

割引率 (discount rate) 11, 43, 47, 48, 182, 279, 294, 361

■わ行

割当量単位 (Assigned Amount Unit, AAU) 29, 237, 361

■編著者 世界銀行

■訳者 田村 勝省 (たむら かつよし)

1949年生まれ。東京外国語大学および東京都立大学卒業。旧東京銀行で調査部、ロンドン支店、ニューヨーク支店などを経て、現在は関東学園大学教授、翻訳家。

主な訳書

『アメリカ大恐慌 (上下)』(NTT出版, 2008年)

『大転換 ——帝国から地球共同体へ』(一灯舎, 2009年)

『企業の名声 ——トップ主導の名声管理・回復十二か条』(同, 2009年)

『ウォール街の崩壊の裏で何が起こっていたのか?』(同, 2009年)

『ニューエコノミーでアメリカが変わる! ——幻の富から真の富へ、オバマ大統領への期待』(同, 2009年)

『世界給与・賃金レポート——最低賃金の国際比較 組合等の団体交渉などの効果、経済に与える影響など』(同, 2010年)

小松 由紀子 (こまつ ゆきこ)

東京外国語大学卒、東京銀行を経て、現在日本語教師。

主な訳書

『企業の社会的責任 (CSR) の徹底研究』[共訳] (一灯舎, 2007年)

『歯と口腔』(同, 2008年)

『中学生ベンのe起業奮闘記』(同, 2008年)

『前立腺疾患』(同, 2009年)

『世界銀行アトラス』(同, 2009年)

## 世界開発報告 2010 開発と気候変動

---

発行 2010年8月20日

編著者 世界銀行

訳者 田村 勝省 / 小松 由紀子

発行者 平野 智政

発行所 株式会社 一灯舎

〒170-0002 東京都豊島区巣鴨1-24-11 OPT ビル 3F

Tel : 03-5981-2071 / Fax : 03-5981-2072

発売元 株式会社 オーム社

〒101-8460 東京都千代田区神田錦町3-1

Tel : 03-3233-0641 (代表) / Fax : 03-3233-3440

印刷所 シナノ書籍印刷株式会社

<検印省略>許可なしに転載、複製することを禁じます。

乱丁本、落丁本はお取り替えます。



ISBN978-4-903532-56-1

C3033 ¥3800E



9784903532561

発売元／オーム社

定価(本体3,800円【税別】)



1923033038002

気候変動は特に途上国を中心にすべての諸国にとって脅威である。気候変動が開発政策にとって意味するものを理解し、多角的に対応する必要がある。開発政策に対して気候変動問題が持つ意味を理解することが、『世界開発報告2010』の中心的な目的である。各章の冒頭では、重要なメッセージとして、以下のことが述べられている。

- ・気候変動の最大の影響が及ぶのは貧困国と貧困層である。今行動を起こし、共に行動すれば、温暖化を2°C程度に維持する追加的なコストは僅少であり、より大きな気候変動がもたらす損害を考えればこのコストは正当化できるだろう。
- ・気候変動がいつそう進行することは避けられない。気候変動の対応策を必要な規模で実行するためには資金、努力、創意工夫、そして情報が必要である。
- ・気候変動により、世界中の人にとって十分な量の食料を生産することがむずかしくなるだろう（今世紀末に世界の人口は90億人になると予想されている）。農業生産性の今の伸びを現状の2倍にする必要があるだろう。
- ・気候変動問題を解決するためには、エネルギー・システムを根本的に転換することが必要である。先進国が率先して取り組む必要がある。
- ・気候変動のようなグローバルな規模の問題には国際的な調整が必要である。環境 vs 公平性という二分法を打破しなければならない。
- ・気候変動対策のための資金は大きく不足している。そのため既存の炭素市場を改革し、炭素税を含め新たに民間を中心に資金源を開拓することが必要である。国際的な財政移転と排出権取引などが必要になるだろう。
- ・気候に関してスマートな技術を普及させるためには、国際的な取り組みが必要である。官民両部門でR&Dを促進し、革新的な解決策を発見する必要がある。途上国へは今すぐ使える設備を輸送するだけでなく、吸収能力の強化も必要である。
- ・気候変動との戦いで成果を上げるためには、資金と技術の国際的な動員を超えて、気候変動への対応にかかわる心理的、組織的、および政治的な障壁に取り組む必要がある。

気候に関してスマートな世界を実現可能なものとするために、以下のことを提言している。1:気候、インフラ、行動様式、そして組織に内在する執拗な慣性に取り組むためには**今行動を起こす必要がある**。2:必要とされる成長と慎重で負担可能な開発形態の選択を調和させるためには共に行動を起こさなければならない。3:必要とされるエネルギー革命に投資し、急速な変化を遂げている地球への適応に必要な措置をとるといふ、従来とは違った行動を起さなければならない。