



联 合 国
原子辐射影响问题
科学委员会的报告

大 会
正式记录: 第三十二届会议
补编第 40 号 (A/32/40)

联 合 国
一九七七年, 纽约

说 明

联合国文件都用英文大写字母附加数字编号。凡是提到这种编号，就是指联合国的某一个文件。

[原件：英文]

[一九七七年七月五日]

目 录

	<u>段 次</u>	<u>页 次</u>
一、 导 言	1—8	1
二、 辐射的影响	9—51	4
A. 总论	9—17	4
B. 辐射的生癌作用	18—28	6
C. 辐射对胚胎发育的影响	29—39	11
D. 辐射对遗传的影响	40—51	13
三、 辐射源和放射性辐照	52—106	17
A. 总论	52—56	17
1. 有关个人的评价	54	17
2. 有关辐射源的评价	55—56	18
B. 人类的辐照来源	57—106	18
1. 天然辐射源所引起的正常辐照	60—67	19
2. 技术原因加强天然辐射源的辐照	68—74	22
3. 放射辐射的消费产品	75—79	25
4. 利用核裂变发电	80—89	26
5. 核爆炸	90—94	31
6. 辐射在医学上的应用	95—101	32
7. 各种辐射源全球剂量负担摘要	102—106	34

目 录 (续)

附 录

	<u>页 次</u>
一、各国代表团成员、科学专家的名单	37
二、同委员会合作编写报告的科学工作人员和顾问的名单	41
三、委员会所收到的报告的清单	42

一、导言

1. 本报告是联合国原子辐射影响问题科学委员会¹于其第二十三届至二十六届会议期间编写的。卡尔达斯教授(巴西)、索贝尔斯教授(比利时)和古斯曼·阿塞维多博士(秘鲁)分别担任了第二十三届会议的主席、副主席和报告员。索贝尔斯教授(比利时)、克利麦克博士(捷克斯洛伐克)和雅沃罗斯基教授(波兰)分别担任了第二十四届和第二十五届会议的主席、副主席和报告员;克利麦克博士(捷克斯洛伐克)、施蒂韦教授(德意志联邦共和国)和松达拉姆博士(印度)也分别担任第二十六届会议的同样职务。

2. 同先前的实质性报告²一样,委员会大部分的工作都是在科学专家小组的

¹ 一九五五年大会第十届会议所设立的科学委员会的任务规定载于第913(X)号决议内。该委员会最初由下列成员国组成:阿根廷、澳大利亚、比利时、巴西、加拿大、捷克斯洛伐克、埃及、法国、印度、日本、墨西哥、瑞典、苏维埃社会主义共和国联盟、大不列颠及北爱尔兰联合王国和美利坚合众国。大会根据第3154C(XXVIII)号决议,决定增加下列五个经过大会主席同各区域集团协商后任命的成员国:德意志联邦共和国、印度尼西亚、秘鲁、波兰和苏丹。

² 关于先前的实质性报告,参看《大会正式记录,第十三届会议,补编第17号》(A/3838);《同上,第十七届会议,补编第16号》(A/5216);《同上,第十九届会议,补编第14号》(A/5814);《同上,第二十一届会议,补编第14号》(A/6314和Corr. 1);《同上,第二十四届会议,补编第13号》(A/7613和Corr. 1)。它们被分别称为一九五八、一九六二、一九六四、一九六六和一九六九年报告。另参看《电离辐射:程度和影响,联合国原子辐射影响问题科学委员会的报告,附件一和二》(联合国出版物,出售品编号E. 72. IX. 17和18),这份报告称为一九七二年报告。除去了附录和附件的这份报告则以《大会正式记录,第二十七届会议,补编第25号》(A/8725和Corr. 1)文件印发。

会议上完成的，这些专家根据委员会的要求审议秘书处编写的工作文件。在报告编写期间以各国代表团成员身分参加一届或多届委员会会议的专家姓名，都列于书后附录一中。

3. 委员会的工作获得少数科学工作人员和秘书长任命的顾问的协助。虽然委员会自己对本报告负有全部责任，它还是要感谢那些负责初步审查和分析委员会所收到的或科学刊物内所载技术资料的科学家们的协助，他们的姓名另行编列于附录二中。

4. 一九七二年四月十八日至一九七七年四月二十二日期间，委员会从联合国会员国、各专门机构和国际原子能机构成员国以及从各该机构收到的技术报告，均载列于附录三中。一九七二年四月十八日以前收到的报告，均载列于以往历届委员会提交给大会的报告中。委员会正式收到的资料都获得科学刊物中的既有资料 and 个别科学家未公开通信中资料的补充。委员会感谢各放射学机关应委员会的要求而提供的辐照资料。

5. 原子能机构、联合国粮食及农业组织、世界卫生组织和联合国环境规划署、国际放射防护问题委员会和国际放射单位和计量委员会的代表参加了委员会第二十三至二十六届会议。

6. 委员会已制订了各种计划来继续审查和评价世界居民受到或可能受到辐照的程度，并加强评价因受到辐照而产生的危险。这类工作可以对环境规划署作出重大贡献，同时委员会已同该署积极合作，编写各选定辐射核素的标准文件。

7. 本报告同以往历届的综合性报告一样，由一篇概述委员会讨论结论的主文和几篇详细研讨现有科学资料以及作为委员会结论依据的分析程序的科学性附件组成。按照一九七二年报告的惯例，本报告只把主文提交大会。但是，连同科学

性附件在内的整份报告，已以另一出版物³印行，委员会希望提请大会注意一项事实，那就是把主文同附件分开提出，只是为了方便而已，附件中的科学性分析，应特别予以重视。

8. 委员会在下一节（第9至51段）内总结了辐射的生物作用，并在再下一节（第52至106段）中叙述来自各种辐射源和惯例所产生的辐照，包括根据这项资料而得出的一般性结论。

³ 联合国出版物，出售品编号E. 77. IX. 1。

二、辐射的影响

A. 总论

9. 自从委员会最后一届综合性报告⁴印行以后的五年中，关于电离辐射可能引起的某些有害影响的发生率方面和各种环境所遭受的辐照量方面，都已经有了大量可用的新资料。因此，目前已比从前更能有信心地去估计人类遭受辐照的各种程序所产生的有害影响的类型和发生率。

10. 因此，本报告较详细地讨论了辐射对人类所起的各种最重要的影响，并集中讨论低剂量辐射可能产生的影响，以及个体在辐照以后长期间内还可能或继续发生的（所谓的身体影响）或其后代所产生的影响（遗传影响）。就这两类影响而言，委员会已详细审查了各种证据，以便估计每单位辐射量对人类所可能引起的影响的发生率。本报告并不讨论高剂量辐照对整个身体所产生的影响。

11. 就身体和遗传影响而言，重要的是要估计人类受到核爆炸微粒沉降、放射性消费品、许多医疗性辐射的使用、核发电厂所引起的环境或职业性辐照、天然来源和下文所讨论的由于人类活动而受到强烈天然来源的低剂量辐照后所引起的有害影响的可能发生率。但是在大多数情况下，关于辐射所引起的有害影响发生率的确实证据只有在人类受到相当高剂量的辐照以后才能获得。

12. 因此，必须特别注意以较高剂量辐射实际观察值去推断低剂量辐射所产生有害影响发生率往往是不确实的，而对辐射造成有害影响的机制进行研究可以获得指导这种推断的准则。为此目的，调查辐射对动物——或在某些情况下对植物——的影响，可能会有助于增加了解，而在分析生物系统辐射损伤和修复机制方面，已有了重大进展。

13. 然而，一般而言，人类有害影响发生率的定量估计的唯一可靠基础，必须

⁴ 委员会一九七二年报告。

依靠对受到已知剂量辐照且其辐照影响已被适当研究过的那些居民进行调查。

14. 但是，由于产前辐照而发生的胚胎缺陷或遗传缺陷的危险，并不能依靠——或单单依靠——人类流行病学的的数据去了解，而必须依靠使用动物实验结果去估计辐射所引起胚胎缺陷或遗传缺陷的发生率。关于受辐照人所产生的体细胞影响，目前已有好几种资料来源可以用来估计整个人体和许多个别受辐照的器官所产生的辐照危险。在这些情况下，相应的危险估计即使并不高度精确，且其适用范围仅以较高于工作环境或一般环境中所能遭遇的剂量水平为限，但还是很重要的。为了这些数量上的理由，进行流行病学研究要比估计实验诱发的动物恶性肿瘤发生率更有价值，因为不同种类动物的某一特定类型体细胞影响的发生率可能各不相同，因此对于人类的预期发生率，可能只有很有限的指示作用。

15. 此外，关于辐射诱发的人类癌症流行病学研究，一般涉及的居民远比动物实验研究为多，因此更能确定有害影响的类型。因此，只要在原则上能够满足一系列的条件，人类研究还是可以察觉较低剂量的影响的。在此必须充分确定有害影响的总发生率，必要时以几十年的时间去观察大多数的体细胞影响，并与未受辐照的类似居民相比较。初次辐照的性质应予了解，且其类型和对身体的分布情况必须同需要进行的危险估计有关。此外，已观察到的影响发生率同对照居民影响发生率之间的比率必须相当高，这才可以就辐射影响确定一个有效统计估计值。如同下文所讨论的那样，对辐射所诱发的人类恶性肿瘤发生率的各项研究，大多数都无法具备上述这些条件。

16. 就辐射所可能诱发的大多数伤害类型而言，它所引起的有害影响的发生率，随着有关人体组织吸收的辐射量而各不相同。本报告中所述及各种“电离”辐射，由于它们使人体组织的化学成分发生电离作用，并且使人体组织重要分子结构——特别是脱氧核糖核酸——接受辐射能，从而对人体造成伤害。因此，在很大程度上，任何特定辐照的可能有害影响，是同每质量单位组织接受这种辐射能成正比的。这种电离辐射吸收剂量的单位叫“拉德”，一拉德相当于每公斤有关组织吸收了0.01焦耳的能量。

17. 某一类型影响的可能发生率同某一组织吸收剂量之间的这种关系，适用于本报告所述及的大多数种类的辐射（例如 X 射线， β 或 γ 辐射），不论人体组织所接受的能来自体外的辐射源或沉积于体内的放射性材料。然而，对于某些类型的辐射，例如中子和一些放射性材料放射的 α 辐射，其特定吸收剂量的影响发生率要比其他较普通类型辐射的影响发生率高 5 至 20 个系数。相信这主要由于剂量是沿着组织内电离密度大的短途径传递的缘故。当本报告提及每拉德的影响发生率估计值时，应加注意的是：如果这些估计值与中子或 α 辐射有关，那末，每拉德其他形式辐射的影响发生率可能会低很多个系数。这种系数的大小，也就是特定辐照条件下中子或 α 辐射的相对生物效率，将在本报告期内讨论。

B. 辐射的生癌作用⁵

18. 现已十分明确的是：低剂量辐射对体细胞引起的一个最重要后果就是偶而发生恶性肿瘤，这从受辐照居民发生率的增加得到明证。广泛认真研究了三十多年前受到辐照的广岛和长崎原子弹幸存者之后显示：除了辐照引起的恶性肿瘤以外，其他疾病的死亡率并没有增加。因此，委员会研究了关于辐射的生癌作用的一切可以作为有效估计依据的现有资料。“生癌”一词的使用范围包括一切形式恶性肿瘤的诱发，不管它们是白血病还是不同器官或组织所发生的实结性或病灶性肿瘤。

19. 本报告期内最重视研究实验工作对动物所起的后果，不同动物受辐照而诱发的肿瘤类型和肿瘤发生率随着生癌器官辐射吸收剂量的强弱而变化的形式。在某些关于辐射对人类影响的研究报告中，可能载有一些癌症发生率随着吸收剂量的强弱而变化的形式。然而，一般说来，无论在辐照的范围或在估计每一剂量诱发癌症的精确性方面，人类流行病学的证据都太有限，不能明确建立这些剂量同影响之间关系的数学方程式。因此，在可靠估计各种已知剂量水平的发生率并已精确控制和知悉辐照类型和条件以及受辐照动物的数量和种类的情况下动物研究对于表明癌症发生率随着剂量的强弱而增减的这一现象方面，是有很大价值的。在这些条

⁵ 这个问题在附件 G（辐射对人的生癌作用）和附件 I（实验性辐射生癌作用）中详细讨论。

件下，通常会发现动物受辐照以后，经过短暂不同的时间以后——大约几年以内——就可以观察到肿瘤，而最后出现的肿瘤总数总是随着每一种动物吸收剂量的多寡而变化。在某些情况下，把剂量逐渐增加到几百至几千拉德时，肿瘤发生率会增加，但再高的剂量则不会使肿瘤发生率进一步增加，它通常反而会变得更低。当剂量远低于引起最高发生率的剂量——例如数十拉德的范围以内——时，其所造成的肿瘤发生率有时会同剂量的强弱成正比，但更常见的情况是，较高剂量下每拉德所诱发的肿瘤发生率高于较低剂量的发生率。

20. 动物实验研究在确定每拉德 α 辐射或中子射线要比其他种类辐射具有更强大的生癌作用和表明这两种辐射的剂量-作用关系形式各不相同方面，是有很价值的。能够在动物组织内引起短途径高密度电离现象的 α 辐射和中子射线的癌症诱发率似乎比其他种类的辐射更严格地随着剂量的强弱而增减。在评价某一特定剂量的交付率或个别分部分而非持续的交付形式的意义方面，动物研究也是很有价值的。

21. 在许多情况下，有系统地研究动物要比研究受辐照居民更容易获悉某些生物变数对辐射生癌作用所可能产生的影响。因此，动物受辐照时的性别和年龄、其他生癌物质的有关作用或近亲繁殖动物的遗传特性也可能对特定剂量所诱发的肿瘤发生率产生重要影响，同时这些变数可以用实验方法加以适当研究。

22. 要想评价各种危险，就必须评价任一特定剂量对整个身体进行辐照所可能诱发的恶性肿瘤的总发生率。在许多情况下，单独一个或几个器官会有选择性地受到辐照，例如每当接受医疗辐射或吞食吸入某种放射性核素之后，这种核素就有选择地集中于某些组织或器官。因此，也必须估计不同身体器官所诱发的恶性病变的发生率，并在可能时，调查和评价年龄、性别和其他生物因素对器官敏感性的影响。

23. 因此，目前对某些受辐照居民各种癌症发生率所进行的长期持续调查发现这种发生率要比未受辐照的居民为高，这是很重要的。这些调查中最重要一个就是对广岛和长崎原子弹幸存者的调查，它周密地研究了大量幸存者的恶性肿瘤

的发展情况和一切疾病——包括各种恶性肿瘤——的死亡率。现在可以对曾受各种水平剂量辐照的人和未受任何重大辐射的人之间作一比较。从危险估计的角度来看，这项研究的一大优点在于它所依据的是大量不同年龄已被密切调查了近三十年之久的人士所受均匀“整个身体”辐照的后果。广岛的辐照中包括大量的中子射线，它同其他辐射线的生物效应之间的关系很难确定，但是目前已经能够根据这些调查来粗略估计许多器官的辐照生癌危险。太平洋两个岛屿居民在一九五四年核武器试验中受到放射性微粒沉降的辐照，他们的甲状腺集中了放射性碘，因此出现了甲状腺癌，这就提供了一些迹象证明甲状腺这个器官有生癌的危险。若干国家铀矿工人由于在工作中吸入放射性气体而发生肺癌死亡率增加的事实也提供了关于肺癌诱发的广泛资料。但是，这里较为重要的辐照却来自 α 辐射，关于它的相对生物效应现在还不为人所确知。

24. 若干其他癌形成危险的估计，是从许多重复接受诊断检查或放射治疗的受辐照病人的研究获得的。在前一组病人中，肺结核病人施行了人工气胸以保持病肺的萎陷，这就需要接受X光检查的大量辐照以控制肺的萎陷程度；而女病人发展乳癌的机会已发现超过正常的预期。用X光照射脊椎骨以治疗强硬性脊椎炎，照射骨盆以治疗子宫疾病，照射乳房以治疗乳房疾病，照射头颈部以治疗头癣，咽喉炎或可疑的胸腺扩大症的大量病例调查已发现受到局部辐照的器官的癌形成有所增加。在某些情况下，镭制剂也被用来治疗脊椎疾病或其他疾病，或者用钍化合物作为放射学造影剂，这会使受辐照组织的恶性肿瘤发生率增加。此外也发现用X光诊断孕妇骨盆后，受辐照的胎儿在儿童时期某些恶性肿瘤发生率会有所增加。

25. 根据这些广泛而多样的调查就可以粗略估计辐射对许多重要组织所诱发的癌症危险，并可排除其他组织任何高度癌形成的危险性。根据好几种不同的来源，可以对某些器官或组织，例如甲状腺、妇女乳房、肺、骨骼和骨髓（限于白血病的诱发），作出合理的一贯性估计。关于其他组织或器官——包括脑、唾腺、胃和胃肠道的其他部分、膀胱、淋巴组织和肝——的危险估计值还都是临时性的结果，这通常是因为这些器官的癌形成危险似乎较低，因此较不容易从体格检查加以诊断

或评价。有一种白血病（慢性淋巴性白血病）未能在任何调查中加以发现，而肌肉、脂肪组织、前列腺和其他许多组织的恶性病变的危险性一定很低，因为没有明确发现这一类的病变。

26. 总的来说，妇女乳房和甲状腺的癌形成发生率相当高，虽然甲状腺癌的死亡率很低。肺癌和白血病的发生率就比较低，至于可以作出估计的其他器官癌形成发生率就更低了。

27. 然而，在评价辐射对身体所引起的危险性时，必须估计整个身体遭受低剂量辐照而诱发的所有恶性病变——特别是致命的恶性病变——的危险值总和。但是这种估计值是不能把所有人体器官的癌形成危险值加在一起而获得的，因为某些器官的危险值，尤其是那些数值不高的危险值现尚无法确知。但是，有好几种资料来源显示，不同年龄男女致死恶性病变的平均危险值总和，可能是单独白血病的危险值的五倍左右，而大多数类型中等程度低剂量的辐射（即X光和γ辐射，而不是中子和α辐射）诱发白血病的相应危险值约为 $2 \cdot 10^{-5}$ 拉德⁻¹（即按每拉德吸收剂量计算，每十万人中有二人（参见第15段）。因此，诱发致死恶性病变的平均危险值约为 10^{-4} 拉德⁻¹，而诱发非致死恶性病变的危险值也可能相差无几。个别器官和组织的危险估计值似乎同这个总数相吻合，并且表明这些估计值并没有把具有高癌形成发生率的器官遗漏。但是，必须强调的是，这些估计值主要是根据100拉德以上的吸收剂量观察得来的。虽然少数几个拉德剂量的每一拉德癌形成发生率不可能高于这一数值，但它会远远低于这一数值。尤其是在每年从天然来源所吸收的低微剂量的范围以内，对于诱发恶性病变的可能适用水平现在尚无直接可用的资料。当人体组织受到体内放射性核素的“内部辐射”时，就人体组织从内部辐射所吸收的剂量而言，现在尚无证据证明肿瘤的诱发率同外来辐射的诱发率之间会有任何的差异。

28. 这个问题的许多方面，还需要作更充分的研讨，尤其是那些受辐照人士的许多器官由于年龄和性别不同而有不同的危险性，以及低剂量的危险性同高剂量所推断的危险性之间的关系等。然而，对于超过100拉德的剂量而言，诱发恶性

病变的总危险值以及许多人体器官的平均危险值，似乎可以从各种不同来源方面予以充分一贯性的确定，这样就可作为指导从事辐照的职业人士采取防护辐射的预防措施的标准。关于这些职业所受辐照剂量将于本报告后加以讨论。

C. 辐射对胚胎发育的影响⁶

29. 动物实验一再表明胚胎遭受辐照可造成各种不同程度的伤害。有些伤害严重到动物在子宫内死亡。另一些伤害则导致动物出生时即可辨认的各种结构性变异。还有一些伤害则使动物在出生后出现机能性缺陷。这些实验也显示：辐照所引起的变异类型和对辐照诱发后果的敏感程度，在不同的胚胎发育阶段有着相当大的差异，此外，还要随着辐照究竟是在受精卵子植入子宫壁以前或在“器官发育”主要期间——也就是胚胎开始分化为各种器官和组织的时期——或在以后胚胎成长阶段发生而各不相同。

30. 很明显，人类胎儿在各个相应发育阶段受到辐照时也会产生类似的伤害。但是，人类胎儿受到辐照伤害的数据很少，不足以据此就这些发育阶段受到辐照所产生的危害，作出任何定量的估计，此外，显而易见的，从动物实验所取得的数值，也不能直接应用于人类。可是委员会仍然研讨了许多哺乳类动物在各个发育阶段遭受辐照后所产生的影响，并试图将这些影响与人类在相应发育期间所观察到的已知变异联系在一起。本节报告将讨论胚胎受到辐照后所产生的发育影响，至于生殖细胞在受精前受到辐射所造成的影响——这些影响在以后的发育阶段才会显示出来——将在D节关于辐射对遗传的影响中讨论。有关胎儿受到辐照后所产生的恶性变异已在第18-28段中讨论过了。

31. 辐射对受精卵子植入子宫之前所产生的影响已经在小鼠、大鼠、仓鼠、兔和狗进行调查。在这个阶段受到放射性辐照可造成胚胎或受精卵子的死亡，但其发生率随动物种类的不同而异。不过，那些在辐照后幸获生存，并成功地植入子宫内的胚胎，似乎会正常发育，而且很少有迹象显示胚胎死亡率的增加，或在出生时或出生后有辐射诱发的畸形现象。

⁶ 这个问题已于附件J（辐照对胚胎发育的影响）内详细讨论。

32. 对许多不同的哺乳动物来说，它们在受精卵子植入子宫以后，或胚胎结构开始分化、器官开始发育的期间受到辐照，其所造成的畸形或伤害一般同相应发育阶段受到辐照所引起的相类似。从极少数接受医疗性骨盆辐射治疗的孕妇案例收集而得的结果看来，如果在受孕后九天至四十天期间受到辐照，同样的畸形和伤害也发生于人类。

33. 对主要是大鼠和小鼠受辐照动物的研究和一些其他种类动物的观察表明：辐照可能造成三种主要类型的影响。就较高辐射剂量而言，特别是在妊娠初期受到照射，会造成胎儿死亡或出生后不久死亡的现象，在这些条件下造成半数死亡率的剂量约为100 拉德或更高。第二，在这种剂量或较低剂量下，胚胎的成长会受到损害，而这种对正常成长的损害可能在婴儿初生期间继续下去。第三是在发育期间造成较为局部的缺陷，尤其是引起身体结构或代谢机能的畸形。

34. 从动物研究结果中发现，当器官发生期间受到辐照，通常会造成眼、脑和神经系统、或头颅、骨骼和四肢的畸形；但是究竟哪一种特定的畸形最可能出现，主要取决于辐照究竟是在哪一个特定阶段发生的。至于任一特定畸形或所有畸形的发生率究竟是怎样随着辐射剂量的强弱而变化的，现在还没有太多资料可寻。不过，虽然照射小鼠的剂量低至5 拉德或照射大鼠的剂量低至5 至10 拉德，只要在适于诱发某些畸形的阶段受到照射，就足以观察到这些畸形发生率的增加。在吸收10-100 拉德少量电离化辐射剂量时，会诱发多种畸形，每种畸形的发生率约为 10^{-3} 拉德 $^{-1}$ 或略高，不过至今并没有适当的数据足以显示使用较低剂量时的这些发生率的数值。

35. 虽然辐射诱发的畸形现象也明显地在人类中发生，但其畸形类型就要看辐照是在哪一个发育阶段发生的而定，而目前只有极少量的资料指出可能发生率，至于低剂量畸形发生率的资料就更为缺乏了。委员会一九六九年报告估计，以高剂量率发放50 拉德以上辐射所引起的智力迟钝伴生头小畸形的可能发生率在 10^{-3} 拉德 $^{-1}$ 左右。最近的数据表明：妊娠3 至17 个星期的孕妇在长崎受到辐照后

子女的头小畸形和智力迟钝发生率随着剂量的一个函数而增加。由于广岛核爆炸中子成份高出很多，所以在较低剂量也观察到类似的发生率。不过，各种对于胚胎只遭受几个拉德辐射治疗所受影响的研究结果并未显示畸形的发生率有明显的增加。

36. 当动物胚胎发育阶段受到辐照，就象妊娠初期受到照射那样，可以造成胚胎死亡、发育损害或畸形现象。不过，在这个阶段，死亡的可能逐渐减少，而引起畸形的可能性也大为降低，至少就那些引起严重机能丧失的主要生理结构的缺陷而言是如此。但是某些主要的缺陷仍然可能发生，特别是在受到高剂量以后。低剂量照射所引起的畸形大多只限于组织学上的损伤。不过，在这个胚胎发育阶段受到辐照的胎儿在生出时的身材和体重一般都比较矮小身轻。

37. 妊娠期的最后33个星期是人类的胚胎发育期。在这个时期受到辐照可以引起生长缺陷，如果剂量过高则胎儿可能死亡。高剂量虽然仍会引起头小畸形，但是，辐照在这个时期已不象在器官发生时期那样容易引起严重的畸形，虽然在妊娠期第四和第五个月曾发生过由于诊断性放射辐照而出现虹膜异色现象。

38. 在母体内受到广岛和长崎原子弹爆炸50拉德以上剂量辐照的日本儿童，到了十七岁身材都明显地矮小。

39. 从动物实验结果可以断定发育中的胚胎和胎儿特别易于遭受辐照而发生畸形，尤其在器官发生的主要期间为然。各种动物对辐射的反应十分相似，因此人类在这方面也不可能期望任何例外。不过，至今还没有令人满意的数据可以对人类胎儿在相应发育阶段受到辐照所引起的危害作出可靠的定量估计。因此，委员会强调指出对这个问题的许多具体方面进行进一步研究的重要性。

D. 辐射对遗传的影响⁷

40. 当细胞遭受电离辐射时，细胞核内的染色体可能由于染色体遗传基本单位变异所引起的基因突变，或由于染色体结构或数目改变所诱发的染色体畸变而发生损害。当这些变异发生在生殖细胞时，变异就可以遗传给被照射者的后代。人

⁷ 这个问题已于附件H（辐射对遗传的影响）内详细讨论。

类自发性遗传突变和染色体畸变是引起许多人困苦的根源，并且是大多数自发性流产和造成心理和生理缺陷的先天性畸形的起因。因此，设法估计可以使这些遗传缺陷发生率增加的辐照量是十分重要的。委员会已经审查了从各种不同类型基因突变和染色体畸变所求得的发生率估计数，特别是适用于两种具有巨大重要性的生殖细胞形态的估计数。它们就是构成雌雄两性永久生殖细胞的精原细胞和卵母细胞。

41. 为方便起见，基因突变可分为显性和隐性两类，各依后裔单从父或母的一方继承突变基因所显示出的突变影响程度而定。即使只从父或母的一方获得遗传，完全显性突变也对后代产生极重大的影响。完全隐性突变则对下代并无影响，除非从父母双方接受了相同的畸形基因（或X染色体接受了畸形基因）。许多突变对人类和实验哺乳动物的影响则介于完全显性和完全隐性之间。

42. 染色体畸变有两种形式：(a) 由于染色体断裂和重合而产生的结构畸变，其中包括染色体内某些基因数目的减少（缺失）或增加（重复），或基因排列次序的改变（倒位或易位）；(b) 染色体异数畸变，包括染色体数目的增加或丧失。

43. 委员会详细地审查了最近有关辐射对脱氧核糖核酸的损坏和修补过程的研究工作，因为辐射对遗传的影响显然主要是由于辐射导致脱氧核糖核酸分子结构损坏而引起的。

44. 在估计辐射对遗传的危害——尤其是低剂量的危害——方面，目前还缺乏辐照对人类影响的观察数据。因此，在很大的程度上，这些估计需要以辐射对动物所生影响的观察数据——特别是小鼠研究结果——为依据，因为辐射对小鼠遗传的影响已受到广泛的调查。在使用这些数据时，必须假定：在某一系列条件下，辐射对小鼠和人类的生殖细胞所造成的遗传损伤是相同的，并且物理和生物变数也以同样的方式和同样的程度影响着损伤的轻重。在有些情况下，这些假定可以用得自人类和其他灵长类动物的数据加以核查。

45. 在本报告中使用了两种方法来估计辐射对人类遗传造成的危害。对第一种

所谓“直接”法来说，危害是用单位剂量诱致的各种遗传变异的预期发生率来表示的。第二种所谓“双倍剂量”法则估计可以使各种遗传畸形自然发生率增加两倍所需的辐射剂量。随后，某一特定剂量所生预期效应的估计值是根据人类各种类型遗传畸形的已知自然发生率和双倍剂量假定值之间比值而求得的。

46. 使用直接法，隐性突变的总诱发率估计为每个配子每拉德 60×10^{-6} 。这个数值是由小鼠精原细胞受到高剂量率辐照后所诱发的常染色体隐性致死突变发生率，把不很可能侦察的突变和使用于人类的辐射条件校正出去以后，推算而得。在评价受照射父母的第一代子孙的危害时，只有这些突变的显性程度才具有重要性。

47. 对引起显性影响（其中包括第46段提到的部分显性和有形显性影响）的各种诱发突变的危害的全盘估计，能从已经详细研究过的造成小鼠骨骼畸形的诱发突变发生率推算而得。小鼠骨骼突变的诱发率已被用来对影响到人体所有各系统的显性突变诱发率作出评价。有关骨骼影响性质的研究也可对那些造成人类严重伤害的突变的比率作出评价。男子受照射后由此而得的全盘估计数为 20×10^{-6} 拉德⁻¹。只要人类卵巢对辐照的反应同小鼠一样，女子受低剂量和低剂量率照射的预期突变危害就很低。

48. 用直接法来估计诱发染色体畸变的危害时，有一些观察人类以及观察某些灵长类动物而得的数据可用。观察各种灵长类动物而得的数据，上下差异极大，不过在报告中，已将那些表示较高危险的数据（得自狨而非罗猴）与观察人类而得的数据连系使用。从这些数据分析，当胚胎受到单位拉德的辐照后由染色体诱发相互易位所产生的危害，在一百万个受精卵中，约会有2至10名活产先天性畸形婴儿，此外，还有五倍于这个数目的可辨认流产，以及约十倍于这个数目的早期胚胎死亡。孕妇受到辐照所产生的这种危害似乎比从其他结构畸变和从性染色体丧失所产生的危害轻微，但由染色体增加所产生的危害至今尚无法作出定量估计。因此，根据直接法，父母受到1拉德强度的辐照后，其第一代子女产生遗传危害的程度大概是每一百万名活产婴儿中会有20名至30名受到严重影响的病例（其中20

名与显性突变有关，2至10名则由染色体结构畸变产生)。在这项估计中并未将诱发染色体异数畸变的危害包括在内，因为至今尚未有这方面的可靠数据。

49. 双倍剂量法基于一项假设，就是对每一种遗传缺陷来说，由辐射诱发的突变率与自发的突变率成正比。由小鼠的实验证实，要使某些不同形式的遗传畸变的自然发生率加倍，其所需的剂量大致相同，并能以低剂量率照射100 拉德左右的X-射线、乙射线或丙射线而得。在这一方面，广岛和长崎经过原子弹爆炸后的幸存者所生的子女的死亡数字是极其重要的，它显示出就人类而言，不论性别，其双倍剂量的数值，似乎不低于这个数值。因此，由单位拉德辐照所引起的遗传病变性疾病似乎不会多于这种疾病自然发生率的百分之一。

50. 采用这种方法，委员会估计，对某一代人以低剂量率照射1 拉德后，在一百万名第一代活产儿童中，由辐射诱发的病例会有20 名显性突变病变性疾病或性染色体病变性疾病，38 名染色体病变性疾病和5 名复杂的病原性疾病。剂量加倍法对所有各代遗传的总损害量（或长期连续照射后对每一代造成的损害量）估计为 185×10^{-6} 拉德⁻¹。

51. 在前面讨论过的各种遗传损害以及由推算而得的危害估计数中，并未将危害程度不严重的突变情况考虑在内。这些突变，由于其巨大的数量，可能会比量少而严重的突变对人类造成更大的遗传负担。

三、辐射源和放射性辐照

A. 总论⁸

52. 委员会收集并评价了有关人类受到放射性辐照的数据，主要是为了两项目标。委员会预备达到的第一项目标是要提出个人辐照数据，这项数据能指出个人在各种不同的辐照情况下可能遭受的危害程度。第二项目标是要提供足以用来表示一个特定辐射源在辐射危害方面所能产生的总后果的数据。因此，这二种评价方式——有关个人的评价和有关辐射源的评价——适用于不同的目标。

53. 在各种不同的评价方式中，其使用的基本量都是吸收剂量，由于某些辐射形式会增强对生物的效应，故这项数值必须以加权处理（第17段）。在本报告中，“剂量”这个名词，除非另有说明，否则表示照射于器官或组织上的平均吸收剂量。在表示剂量数据时，累积剂量所用的时间长度在有关个人的评价中都加以说明，而有关辐射源的评价中，释放剂量的时间长度较不重要。

1. 有关个人的评价

54. 依照评价的目的，计算与个人剂量有关的时间，可长为一年、一生，或半次辐照的有限时间或其他一些有实际意义的时间单位。连续地使用放射性物质，无可避免地会造成人体内或环境中的放射性累积，直到放射性强度达到稳定状态为止。例如，如果由于使用放射性物质，以致释放出长寿命的放射性核素，这种核素在环境中长期停留，就会造成前述的情况。在这种情况下，例如，使用放射性物质一年的“剂量承担”，就是以未来个人每年承担的剂量总和来计算。这项总和也适用于普通人，并在一般情况下，还可延用于未来各代。此外，还能证明当年剂量在未来达到它的最大数值时，也不会超过使用放射性物质一年而得的剂量

⁸ 在评价放射性辐照中所使用的观念，已于附件A（使用于评价人类辐照的各种观念和数量）内详细讨论。

承担值。评价各类居民的剂量承担，例如评价受到最严重辐照的团体或全世界的人们等，是为了说明目前人类使用放射性物质，对未来剂量的贡献，以及如果继续使用放射性物质，必将造成比目前更高的年剂量。

2. 有关辐射源的评价

55. 就有关辐射源的评价而言，必须推算一种数量，这种数量必须能表示使用放射性物质与由放射性物质所造成的伤害间的关系。基于辐射剂量和个人遭受剂量范围以内的危害的比例关系，“集体剂量”与辐射伤害成正比，集体剂量是由受到辐照的人口数与其平均剂量的乘积来表示。如果要对一定的使用方式所造成的总伤害作出评价，那么人人都必须包括在评价之中，换言之，必须计算总集体剂量。为了评价辐射总伤害，由使用放射性物质所造成的未来剂量贡献也必须都包括在内。因此，“集体剂量承担”已经以未来每年总集体剂量的总和来计算。集体剂量承担永远与使用放射性物质的有限数量有关，并与释放某些数量的放射物质进入环境产生某些电能或任何单独决定的结果有关。

56. 如果知道每单位集体剂量（人·拉德）所造成的辐射伤害，集体剂量承担的数值就可供作评价辐射伤害之用。即使没有这项数字，从各种使用方式而得的集体剂量也能相互比较，供相对伤害评价之用。根据类似的伤害与使用剂量成比例的假定，这种比较评价对选用各种不同的辐射保护措施的费用-效益的决定，提供有用的投入。

B. 人类的辐照来源

57. 在委员会以前的报告中，有关人类辐照的数据分别以各种辐照的级别分布，例如职业性辐照、病人医疗性辐照、由环境污染造成的辐照和其他各式辐照。基本上，附于本报告内的科学性附件也以相同的方式安排⁹。在以下各段中，为了提供

⁹ 有关这些辐照以及其他各种辐照更详细资料，附于本报告的各有关附件内：附

数据给有关辐射源的评价，关于总合辐照方面(包括由职业或环境产生的一切影响在内)，审查了许多辐照源和使用放射性物质的方式。

58. 天然辐射源产生的放射性辐照是由地面和宇宙辐射的缘故，这种辐照随着地理位置而有些微的不同，主要是由于高度的差异和在地面环境内放射性核素的分布不同之故。为了说明起见，从其他辐射源产生的集体剂量承担，有时在本报告中用天然辐射源造成相同的总集体剂量承担所需的照射时间来表示(参看表三)。

59. 天然放射性的辐照强度可由人类的活动而增强，这些活动例如有高空飞行、使用含镭量高的材料建筑房舍、降低室内通风率和钻挖深井到含氦量多的水中等。对天然放射性的增强辐照也因各种情况而异，其范围可从略为增强，到增强几倍之多。这些增强辐照完全符合有关辐射源的评价，因为它们是为人为的决定，所以由这种决定所产生的集体剂量承担可以与由此而造成的伤害程度联系在一起。委员会所提供的辐照估计数的其他辐射源或使用方式，有以下各项：辐射在医学上的应用(包括病人的辐照和其他各式辐照)、利用核裂变发电、核爆炸和有放射性辐射的消费品。

1. 天然辐射源所引起的正常辐照¹⁰

60. 人类一向从各种天然辐射源受到电离放射辐照。这种天然辐照有一项奇特的性质，就是它照射了世界上的全部人类，并且人类已经在一段极长的时间里受到了相当稳定的辐照。不过在另一方面，即使是正常的天然辐照也因地方的不同、区域的不同而有很大的差异，甚至在同一座建筑物内也不尽相同。

’ (续前)

件B(天然辐射源)，附件C(由核爆炸产生的放射性污染)，附件D(由核发电产生的放射性污染)，附件E(职业辐照产生的剂量)和附件F(医疗性辐照)。

¹⁰ 这个问题已于附件B(天然辐射源)内详细讨论。

61. 评价人类得自天然辐射源的辐射剂量具有特别重要的意义，因为天然辐照是世界人类集体剂量的最大来源。何况，天然辐照受位置和习惯所改变的程度更具有实际的意义。

62. 天然辐射源包括有外源和内源：外源有宇宙射线、土地里的放射性物质及建筑材料内的放射性物质；内源是存留在体内的天然产生的各种放射性物质，特别象钾-40。

63. 以下表一总结了天然辐射源对居住在正常辐射本底区内的居民所造成的平均辐照。在该表中，评价了四种人体组织的国民年平均剂量：性腺、全肺、骨膜细胞和红骨髓并已将一切形式的辐照所产生的影响概括在内。每年这些组织遭受天然辐照源的正常辐照估计约为100毫拉德（1毫拉德=0.001拉德）。为了便于比较，将一九七二年的报告中所列估计数也附于表一的括号内。性腺和骨膜细胞的新估计数略低于以前的估计数，而红骨髓的新估计数则比以前略高。其差异主要是由于对“地面”辐射所造成的辐射剂量有了更深切的了解（在此包括从土地及从建筑材料放射的丙射线在内的缘故，目前这项估计数比一九七二年的报告内的数字低百分之三十左右。红骨髓的剂量估计数的增加，是由于由钾-40所造成的辐射剂量比以前的估计数高的缘故。

表 一

天然辐射源的正常辐照所造成的国民年平均剂量

(单位: 毫拉德)^a

	性 腺	全 肺	骨膜细胞	红骨髓
<u>外源辐照</u>				
宇宙射线	28 (28)	28	28 (28)	28 (28)
地面辐射	32 (44)	32	32 (44)	32 (44)
<u>内源辐照</u>				
钾-40	15 (19)	17	15 (15)	27 (15)
氡-222(包括子代)	0.2 (0.07)	30	0.3 (0.08)	0.3 (0.08)
其他核素	2 (1.4)	5.5	9.1 (4.3)	4 (1.9)
总计	78 (93)	110	84 (92)	92 (89)

a 括号内的数值是一九七二年报告内的估计数。各项数值及其总和都取二位有效数值。

64. 由于吸收氡-222 及其子产物的缘故, 整个肺内的剂量——这项数值现在首次由委员会评价——比其他组织内的剂量高出百分之二十至百分之四十五。此外, 这个剂量中的一大部分(百分之三十一)是由甲辐射造成, 这种辐射估计比乙辐射和丙辐射有更高的生物效应, 而这二种辐射构成百分之九十以上其他组织内的剂量。值得一提的是, 气管-支气管的上皮细胞所受到的年剂量约为200 毫拉德, 主要来自甲粒子。

65. 钾-40 在体内对个人剂量的变异影响很小。不过, 个人肺剂量却受室内空气氡和其子产物的浓度的改变而有很大的变化。由这些辐射源造成的正常

剂量变化，在一年中可从4毫拉德到400毫拉德。

66. 居住在高处或居住在天然辐射度高的区域内的居民，会受到比一般高得多的外来剂量。有些居民还会受到高的内在剂量的辐照。这些居民例如有北部各地区吃食各种驯鹿的居民，或那些居住在通风不良的房子内的居民，象在寒带就有这种情形。在一定的发散速率下（来自建筑材料、地下室的地基或含氡量多的自来水），通风率能决定室内空气中氡含量的平均浓度。

67. 在各种相对危害的评价中，由涉及辐射的一种有限使用方式而造成的总辐照（第55段）可用对一定人口的恒量辐照的时间表示，这种照射预期会造成相同程度的伤害。如果使用放射性物质的方式能产生比较均匀的辐照，并且其参考数值是以世界人口受到天然辐射源等值时间的辐照来表示，那么这种比较就更加具有说明的作用了。因此，象以前的报告一般，委员会一向以本报告内讨论的使用方式所造成相同集体剂量承担的天然辐射源辐照所需的等值时间来表示。天然辐射源对世界人口造成的年集体剂量，就大多数身体组织而言约为 3×10^8 人·拉德，但对全肺却高出百分之三十左右。

2. 技术原因加强天然辐射源的辐照¹¹

68. 有时天然辐射源的辐照会由技术的发展而增强。这种辐照可以以飞机内的宇宙射线产生的辐照、磷肥工业造成的辐照或由燃煤火力发电厂释放出的天然放射性核素造成的辐射为例。

69. 建筑材料。使用某些建筑材料会大幅增高室内的辐照强度。这些建筑材料或是天然产物，如轻石、花岗石或明矾页岩提炼而成的轻质混凝土，或是工业生产中的副产物，例如炉渣或磷灰石膏等。如果将一吨市场销售的磷矿中提炼而得的磷灰石膏全部用于建筑，结果或许会造成每吨矿石几个人·拉德的总集体剂量承担。

¹¹ 这个问题已于附件B（天然辐射源）内详细讨论。

在使用这类材料建造的建筑物内，其空气中所含丙辐射的剂量率可以比地面辐射造成的平均正常剂量率高出许多。 在一定的通风率下，氡含量也会大幅提高。

70. 通风不良。改变通风设备低劣的房间内的通风情况，会严重地影响室内的氡的含量。 由于各国的气候、暖气系统和建筑规格的不同，各种房屋的通风率也不尽相同。在许多国家，每小时交换2至5次室内空气并不异常。 然而寒带各国的通风率，有时低至每小时交换空气0.1至0.2次，由此从甲辐射而导致的肺年剂量达几拉德之多。 水中所含的氡不但在饮用后会造辐射，连呼吸水中放出的氡也会造成辐射。 当自来水内的含氡浓度较高时，由呼吸室内的空气所造成的肺内辐射剂量，会多于正常饮用食水所造成的胃内辐射剂量。

71. 飞机内的乘客。每年空中旅行的总时数约为 10^9 乘客小时，在一般太阳活动的情况下，由空中旅行所造成的年集体剂量约为 3×10^5 人·拉德。 由大型太阳耀斑在高空所导致的宇宙射线所产生的高剂量率的危害，已使超音速飞机必须配备辐射监测器，以便在产生耀斑能及时警告驾驶员，使飞机在剂量率达到预定的强度时降到较低的高度。 不过在高空由太阳耀斑产生的高辐射强度是不常发生的，所以不会对世界人口造成大量的集体剂量。

72. 使用磷肥。蕴藏的磷矿通常都含有铀-238衰变序内较高浓度的放射性核素。 已经开采的磷矿数量极多，有些变成了肥料，另一些当成废物弃置。 这两种使用磷矿的方式都能对大众造成辐射。 此外，还有一种副产品叫化学石膏，它能作为建筑材料使用，因此也成为特别令人瞩目的一种辐射源。 从每吨市场销售的磷矿所造成的集体剂量承担的评价显示，由磷肥造成的辐射影响很小，每吨磷肥约为 3×10^{-4} 人·拉德。 以全世界每年使用 10^8 吨磷肥计算，由使用一年这些磷肥所造成的集体剂量承担约为 3×10^4 人·拉德。

73. 燃煤火力发电厂。燃烧煤炭能增加对天然产生的放射性元素的辐射，尤其是对镭、钍和铀的辐射。 有重大影响的放射性核素的浓度已经在各种出处的煤炭和炉渣及煤灰中测量。 委员会已经评价了产生百万瓦年电能所产生的煤灰所造成

的集体剂量承担，不过发现它的影响很小，从排出的物质存积在地面对身体组织所造成的危害仅在每百万瓦（电）年0.002 至0.02 人·拉德之间，而吸入这些物质所造成的危害也在每百万瓦（电）年0.002 至0.02 人·拉德之间而已。

74. 天然气的使用。用于厨房炉灶和小型供热器的天然气是建筑物内的一种氦源。土地内的氦气，从地质结构中渗入生产天然气的气井内，不过，这种氦源与其他氦源相比较，发现其影响并不严重。

3. 放射辐射的消费产品¹²

75. 为了满足某一特定目的而故意加入放射性核素的消费产品的种类现已十分众多。此外，象电视机这一类电子产品也会放射 X 射线。使用最广泛的这些能够放射辐射的消费产品有夜光钟表、指南针、发光标志、烟火报警器、反静电器及电视机。各国对这些产品可允许的辐照强度的规定各不相同。消费产品中最常用的放射性核素是氚、钷-85 和钷-147，它们的使用只涉及极微量的贯穿性辐射。

76. 直到一九六〇年代，镭-226 一直是夜光漆中最常用的核素，因此也是夜光表和夜光闹钟最常用的核素。一个使用夜光表的人平均每年接受几毫拉德的性腺剂量。目前使用氚来代替镭虽已消除了这种外部辐照，但有些氚也可能会从表里逸出，引起内部辐照，每年可以产生 0.5 毫拉德左右的全身剂量。制表工业目前使用的夜光漆每年会对全世界居民产生 10^6 人拉德左右的集体剂量。它也引起一些职业性辐照。

77. 夜光漆工人传统上一向接受超过平均剂量的辐射。一项大力推动的辐射防护方案所能达成显著改善已在一九七二年报告中加以说明。职业性辐照的集体剂量同公众辐照的集体剂量比较起来就显得很低，不过个别的高剂量还是会发生的。

78. 家庭彩色电视机是使公众受到 X 射线辐照最常见的消费产品。委员会一九七二年报告中报导了一些关于某些类型电视机渗漏 X 射线的案件。不过，后来固态电路得到了广泛的采用。因此，最近制造的彩色电视机在正常使用和适当维护下所放射的 X 射线是微不足道的。

79. 由于缺乏关于市场上放射性消费品的数目和所涉及的放射量的资料，所以要想评价这些用品所引起的剂量就很困难。不过，由于国际建议和国家条规的制定，所以管制方面现已逐渐有所改善，很可能每年放射性消费用品所引起的平均每人性腺剂量低于 1 毫拉德。

¹² 这个问题已在附件 B 第四章的附录和附件 E (职业辐照的剂量) 中详细研讨。

4. 核裂变发电¹³

80. 自从委员会第一次设法对核燃料工业所释放出来的放射性物质及其所造成的全球剂量负担进行评价以来，利用核反应堆来发电的情况续有增加，虽其速率已不象预测的那样快。一九七六年，全世界共有19个国家的187座发电反应堆在运转，总共发电8万兆瓦。预计到二〇〇〇年时的发电量约为二百万兆瓦。

81. 核动力生产涉及一系列步骤，包括：铀的开采和选矿、把它转变成燃料物质（大多数情况下包括同位素铀-235的浓缩）、制造燃料元件、将燃料置于核反应堆内使用、用过燃料的贮存、再处理和回收、物质在各种不同的装置之间的运输放射性废产物的最终弃置。

82. 几乎所有与核工业有关的放射性物质都在反应堆内，在用过的燃料内，或在再处理过程时从燃料中所分离出来的一部分中。这一部分经过良好密封。不过，在大多数的操作步骤中，还是有小量的放射性物质逸出到周围环境之中。大多数这种逸出的放射性核素只对当地或一个区域有关，因为它们的半衰期与它们扩散到远方所需的时间比较起来，是很短的。不过，有些放射性核素有较长的半衰期，或者扩散较快，可以分布到全世界。

83. 委员会所关心的是要评估核工业界目前所有作业释放出的放射性物质造成的集体剂量负担。由于每个步骤的规模与其所涉及的核能力有关，所以似乎可以合理地用所产生的每单位能量的集体剂量负担，即每兆瓦（电）年的集体剂量负担来表示这种评估。世界居民从这些核动力生产所受的集体剂量可分四个部分：即受到职业辐照的团体所占部分、当地居民所占部分区域或中间居民所占部分及世界居民所占部分。

¹³ 这个问题已在附件D（核发电厂所造成的放射性污染）和附件E（职业性辐照的剂量）中有详细的研讨。

84. 在说明时，少数半衰期极长的放射性核素引起了一个特别问题。最重要的例子是铀-238（半衰期 4.5×10^9 年）和碘-129（半衰期 1.6×10^7 年）。即使核动力生产使用目前的技术以二百万兆瓦的发电率继续 500 年，这些放射性核素也不会生物层内积聚足以引起每年一毫拉德以上的辐射的数量，纵然如此，但是千百万年的辐照时间可能会使剂量负担变得很高。

85. 因为在这些情形下所涉及的辐照期间对人类来说是太长了，所以集体剂量负担是不切实际的。例如，为了积聚每兆瓦（电）年 1 毫拉德的集体剂量，则需要有世界居民 10^{10} 人在铀-238 的辐照下一千万年之久，或在碘-129 的辐照下一万年之久。因为第 84 段所指出的小量的年剂量，所以这些放射性核素的辐照影响就不在下面的考虑之内。

86. 碳-14 是一种有类似问题的核素，虽然它的半衰期远为较短（5730 年）。轻水反应堆及有关的再处理厂所释放出来的碳-14 的集体剂量负担，据估计在软组织内约为每兆瓦（电）年 5 人拉德，在骨内细胞和红色骨髓中约为每兆瓦（电）年 14 人拉德。这种集体剂量的半数将在 5,700 年内产生。不过，由于碳-14 在海洋中散布需要一些时间，所以将近四分之一的集体剂量会在 500 年内产生。这意味着，如果核工业以固定速率操作 500 年，则将来每年的最大集体剂量在软组织中约为每兆瓦（电）年 1 人拉德，在骨内细胞和红色骨髓中约为每兆瓦（电）年 3 人拉德。在下面集体剂量组成部分的比较中将使用这些数字。

87. 在审查核动力生产的各个阶段所造成的一部分剂量时，必须记住，个人的辐照受国家规定的限制，这些规定常是根据国际放射防护问题委员会的建议而制订的。这意味着，职业上受到辐照的人每年可接受的全身剂量最高不得超过最常见种类的辐射 5 拉德。国家当局通常制定规定，保证公众中那些受到最大辐照的个人每年的剂量，每年在天然来源和病人医疗辐照以外，占国际放射防护问题委员会所建议的、一切辐照总和的剂量 0.5 拉德限度的一小部分。目前的放射保护政策还包括如下的原则：消除任何不必要的辐照并把一切剂量尽可能

维持于可以合理达到的低量。 这些预防措施的效果如下：达到限制量的辐照很稀少；剂量通常是这样分布的，即适用限制量的每一群人的平均剂量都远比限制量为低。 本报告的主要兴趣所在是对集体剂量负担作出与来源有关的评估。

88. 委员会在审查核能生产的各个步骤时，发现了下列的对人员和公众导致辐照的因素：

(a) 开采、选矿和燃料制作。 这些步骤主要涉及职业辐照。 开采工业的工人所受的全身体集体剂量负担为每兆瓦（电）年 0.05 人拉德，而选矿和燃料制作工业为每兆瓦（电）年 0.15 人拉德。 此外，开采工业还会引起镭副产物的肺部辐照，从而增加每兆瓦（电）年 0.1 人拉德。 公众受到的辐照很小（但请参看第 84 和 85 段）。

(b) 反应堆操作。 公众受到当地和区域的辐照所引起的集体剂量负担，由于释放到空气中的为每兆瓦（电）年 0.2 至 0.3 人拉德，由于释放到水中的为每兆瓦（电）年 0.03 至 0.06 人拉德。 在所有用过的燃料都是以目前的技术来再处理的情形下，反应堆操作所造成的全球辐照，如果同再处理工业所造成的比较起来就很小。 职业性集体剂量负担约在每兆瓦（电）年 1 人拉德左右。

(c) 燃料的再处理。 再处理所造成的当地和区域集体剂量必需很低，因为每一个工厂要供应数以兆瓦（电）年计的大量核能生产，而作为限制因素的是工厂周围受到最大辐照的个人的剂量限制。 如果所有用过的燃料都经过再处理，又如果核素都象现在一样释放出来，那未来自（每百兆（电）年 0.05 人拉德）、碳-14（每兆瓦（电）年 1 至 3 人拉德，参看第 86 段）、氩-85（每兆瓦（电）年 0.09 至 0.25 人拉德）的全球集体剂量负担将占核工业总数的很大一部分。 核动力工业的相当少量尚未再处理的燃料所造成的职业性辐照据估计为每兆瓦（电）年 1.2 人拉德。 不过，这一部分辐照不致计入整个核动力工业，因为每兆瓦（电）年所涉及的工人数要少于上面所述的例子，同时个人的职业剂量也会继续受到法规的限制。 例如，以目前的职业性全身体剂量限制来说，如果，似乎可能是

这样，一个再处理工厂能够供应一个每年 20,000 兆瓦（电）年核能的需要，并且有操作人员几千人，则工人所接受的集体剂量负担超过每兆瓦（电）年 1 人拉德是不可能的。

(d) 运输。 所有运输工作所造成的外部辐照，据估计，只有每兆瓦（电）年 0.003 人拉德。

(e) 废料贮存。 委员会充分知道，如果与核燃料循环的其他部分所造成的剂量比较起来，目前废料贮存的办法所产生的集体剂量很小。 可以认为职业性剂量已包括在上面再处理部分所造成的剂量之内。

(f) 废料弃置。 因为各国当局继续把核动力生产所造成的高水平废料保存在贮藏处所内，并且目前尚未决定确切的弃置方法，所以委员会觉得它在这个阶段无法对世界居民从弃置这些废料所得的集体剂量负担作出适当的评估。

(g) 研究和发展。 研究和发展机构所造成的辐照，有一部分是归因于支持核动力工业的继续操作或其未来的发展。 据估计，这种职业辐照所占的剂量约为每兆瓦（电）年 1.4 人拉德。 公众的集体剂量负担的大小最少要低一个数量级。

89. 前段提到的辐照总数接近每兆瓦（电）年 7 人拉德，不同器官组织之间的差别幅度在此值的百分之三十以下（甲状腺和肺是受到最高剂量的器官，而性腺则受到较少剂量）。 表 2 列出剂量的主要部分。

表 2

燃料循环的各个阶段	集体剂量负担 〔人拉德/兆瓦(电)年〕
开采、选矿和燃料制作 (a) 职业辐照 反应堆操作	0.2-0.3

(a) 职业辐照	1. 0
(b) 当地和区域居民辐照	0. 2-0. 4
再处理	
(a) 职业辐照	1. 2
(b) 当地和区域居民辐照	0. 1-0. 6
(c) 全球居民辐照	1. 1-3. 3
研究和发 展	
(a) 职业辐照	1. 4
整个工业	5. 2-8. 2

在这个表内，职业辐照的剂量占大多数。不过，根据第 88 段所述的理由，再处理造成的每兆瓦（电）年 1. 2 人拉德的剂量对整个核工业的一个封闭的燃料循环来说，并不具有代表性。也不能期望研究和发 展在一个已发展的工业中会造成很高一部分剂量。因此，在现有技术下，预期将来的总集体剂量负担不会超过每兆瓦（电）年 3 至 6 人拉德。由于受到辐照的人的年龄分布情形，所以在表 2 的整个工业的集体剂量范围中，只有下值的百分之三十左右对遗传有影响。

5. 核爆炸¹⁴

90. 自委员会的一九七二年报告发表以来，又发生了几次核试验，包括20次大气层核试，其中6次在北半球，14次在南半球。委员会的一九七二年报告载有一九七〇年年底以前的所有大气层核试对居民造成的剂量负担的估计。在本报告中，委员会评估了一九七五年年底以前大气层核试的剂量负担。从全世界所贮存的铯——90和铯——137的增加情形，委员会估计，一九七一年到一九七五年完成的核试使北半球的剂量负担增加了百分之二，使南半球的剂量负担增加了百分之六。

91. 一九七六年以前完成的所有核爆炸所造成的全球总剂量负担在100毫拉德左右（性腺剂量）到200毫拉德左右（骨内细胞剂量）之间。在北温带，其值比这些估计约高百分之五十，在南温带约低百分之五十。铯——137和寿命短的放射 γ 射线的核素所造成的外部辐照约占所有器官组织的全部剂量负担的70毫拉德。内部辐照主要由寿命长的核素铯——137和铯——90中）所造成（骨骼剂量）。它们的半衰期约为三十年，这将决定这些剂量产生的时间长短。寿命更短的钷——106和钷——144是肺部辐照的重要因素。

92. 如核动力工业一样，碳——14产生的剂量负担最高。它的一部分性腺和肺的剂量约为120毫拉德，骨内细胞和红色骨髓的剂量约为450毫拉德。这些剂量的产生要经数千年的时间。根据第86段所生的理由，没有把它们包括在前一段的剂量负担估计之中。

93. 如果不把碳——14所造成的剂量算进去，则核爆炸试验在不同器官组织中的全部总剂量负担为 4×10^8 至 8×10^8 人拉德，这项负担等于这些器官组织在正常天然来源下接受辐照16至24个月。如果把碳——14的剂量算进去，则集体剂量负担将高出一倍。

¹⁴ 这个问题已在附件C（核爆炸造成的放射性污染）详细研讨。

94. 寿命短的碘—— ^{131}I 是甲状腺在核爆炸后受到几个星期辐照的一个重要来源。 受到最高剂量的是一些食用新鲜牛奶的居民中的婴儿。 自一九七二年以来，在大气层核试验的期间，据估计，这些儿童的每年甲状腺剂量为几毫拉德至 200 毫拉德。 成年人中的甲状腺剂量约为婴儿的十分之一。

6. 辐射在医学上的应用¹⁵

95. 委员会在其一九五八年、一九六二年和一九七二年的各次报告中已经提出过关于病人接受医疗辐照的数据，又在这些报告中提出了有关的职业性辐照。 医疗辐照特别令人感兴趣，因为它们提供人口中间的人为的最高每人平均剂量，它们在使用时用很高的瞬时剂量率，它们引起了低于意外辐照的最高个人器官剂量。 而从辐射防护的观点来看，它们也在不损失所需资料的条件下提供了减低剂量的最大潜在可能性。 它们与许多其他种类的辐照不同，因为它们通常只在身体的有限部位造成辐射。 还有一种不同，受到放射照射的人有希望从这种特殊的治疗或检验中直接获益。

96. 以前几次报告特别注重于评估在遗传方面有重大关系的年剂量。 由于提出了这类数据，于是鼓励了进一步的研究，使得现在已相当明了在发展中国家和已经达到高程度技术发展的国家中医疗辐照在总遗传剂量所占的一部分究竟到了什么程度（参看第 99 段）。 在发展中国家内，在遗传方面有重大关系的年剂量的水平通常反映出 X—射线设施的多少。 这些服务可能需要扩大，当然要妥为注重适当地强调良好的操作，以便满足医疗需要。 这就可能增加这些国家的遗传剂量。

97. 重视对在遗传方面有重大关系的剂量，也许就会忽视了对性腺以外的其他器官的辐照，因此可能导致低估某类通常只引起非常低性腺剂量的检验的通盘危险。 一个例子便是胸部检验，包括肺、乳房、骨髓、及有时也包括甲状腺等易受

¹⁵ 这问题已在附件 D（职业辐照的剂量）和附件 E（医疗辐照）中详细研讨。

放射影响的器官的放射照射。 所以一九七二年的报告对受到放射的骨髓的剂量提供了较多的资料。 据报告，有一些查明接受过高剂量的病人集体并已证明其中有些对某些病症的得病率比未受放射照射的同类集团病人的得病率较高。 在本报告中，进一步注意到查明能使特定器官受到高剂量的那些检验工作。 同时作了一个尝试，要对病人中的剂量分布，包括在骨髓、甲状腺、肺、乳房等易受放射影响的器官组织中的剂量数据作出较详尽的报导。

98. 委员会在说明医疗程序中的剂量水平的数据时有三个不同的用意。 第一，了解受各种医疗照射的个别器官剂量是有利的，特别是这些剂量变化的程度，以便作为根据，在对个别病人治愈的期望与放射的危险之间企图权衡其得失，又在防护措施的费用——利益上作出鉴别的分析。 第二，了解各种医疗办法所造成的个人和集体的器官剂量，以便作为对人的总放射辐照的说明的一部分也可能是有利的。 第三个目的是查明一些受到高度辐照的集团，这可能会有利于流行病学的研究。 为此目的，集体剂量是很有关系的。

99. 病人受的个人剂量必须由医疗人员根据病人的最佳利益这意味着病人不同器官和组织所受的剂量可能大不相同，从完全微不足道的剂量起，一直到在以使用辐射来消除肿瘤为目的时可以在治疗部位附近引起组织的部局破坏的高剂量。 因此、医疗放射的每人平均剂量是由个别病案中变化很大的剂量水平和剂量分布组成的。 不过，在每人平均剂量中的最大部分是来自涉及人数很多的那几类辐照，例如一些诊断用的 \times —射线检验。 在这些例子中，委员会感兴趣的那些器官组织所接受到的每人平均年剂量的大小差不多相同，在许多技术发达国家中，这剂量在50至100毫拉德之间，而在遗传方面有重大影响的剂量常在每人平均性腺剂量的一半左右。 这意味着医疗所造成的集体年剂量在辐射设施发达的国家中是在每万人 5×10^4 至 10^5 人拉德之间，而在设施有限的国家中则估计约为每百万人口 10^3 人拉德。

100. 在所有已向委员会报告的国家中，放射或放射性物质的医疗使用有关的工作者所受剂量的测报工作是由一些既设机构执行的。 这些机构的范围从个别

的医院一直到大型的人员测量服务所。一般来说已把结果回报给雇主，但通常没有加以有系统的核对。因此，不容易保证委员会所收集的剂量数据是全面的和代表性的。据估计，医疗方面的工作者所接受的职业辐照所产生的集体年剂量大约在每百万人口 10^2 人拉德左右。

101. 因此，职业方面的集体剂量从辐射的医疗使用所产生的一部分如果与从病人所受的辐射所产生的一部分比较起来，那是微不足道的。医疗过程所产生的全球年集体剂量据估计，放射设施发达国家所占的一部分大约为 5×10^7 人拉德左右，而设施有限的国家所占的一部分则为 2×10^6 人拉德。

7. 各种辐射源全球剂量负担摘要

102. 表3列出了本报告所讨论到的各种不同的来源和用途的估计的全球全身体剂量负担；是以能引起同样剂量负担的世界居民所受天然放射辐照的时间来表示的¹⁶。

103. 根据剂量与危险成比例增加的假设，每一个来源对总放射损害的相对贡献与表3所列的全球剂量负担成正比。不过，委员会强调，如果不考虑到本报告前面各段所讨论的条件，则根据表3所列数值作出比较就会引起误解。特别是未来用途所造成的剂量负担取决于技术的发展，又取决于有关法规的演变，而这两者都不易预测。

¹⁶ 评估剂量负担时剂量估计所历的时间已在附件A中讨论，表中所列每一个项目有关的详细条件则分别在提出演算的对应附件内叙述。

表 3

各种辐射源的全球剂量负担

辐照来源	全球剂量负担(日数) ^a
天然来源上受辐照一年	365
商业空中旅行一年	0.4
目前生产速率下使用磷肥产量一年	0.04
目前全球装置能力下〔 10^6 兆瓦(电)〕煤火发电厂的一年的全球电能生产量	0.02
放射辐射的消费产品下受辐照一年	3
目前全球装置能力下〔 8×10^4 兆瓦(电)〕的一年核动力生产量	0.6
一九五一年至一九七六年期间, 平均一年的核爆炸	30
医疗诊断的一年放射使用	70

104. 对全球集体剂量影响最大的人造因素是医疗使用的放射, 特别是诊断用的X-射线程序。增加医疗使用的放射设施, 对许多国家来说, 都很重要, 但同这种增加同时发生的是这些国家内的剂量负担增加。不过, 在放射性治疗过程中, 把病人的辐照量保持医疗使用所需要的最低量, 这一点也是很重要的(第95至101段)。

105. 核动力生产必须遵守那些通常根据国际协议原则所拟订的本国规定。在目前装置能力〔80,000兆瓦(电)〕上, 一年能生产量的全球剂量负担等于0.6天的天然放射辐照量。假定目前的核技术保持不变, 在预测公元二〇〇〇年的核装置能力〔 2×10^6 兆瓦(电)〕下, 一年的能生产量将造成大约等于15天的天然放射辐照量的全球剂量负担。

a 全球剂量负担是以能引起同样剂量负担的全世界人口所受天然放射的辐照时间来表示的; 包括职业辐照在内。

106. 直到一九七六年为止所完成的核爆炸所造成的集体剂量负担，如果不计碳—14所造成的剂量，大约等于两年的天然放射辐照量，如果计入这一部分剂量，则集体剂量负担要高一倍。自从一九七〇年，就是在委员会前次报告涉及的期间以后大气层爆炸使锶——90和钡——137所致的剂量负担在北半球大约增加了百分之二，在南半球大约增加约百分之六。

附 录 一

各国代表团成员、科学专家的名单

1. 下面是在参加委员会会议时以各国代表团成员的身分参加编写本报告的科学专家的名单：

阿根廷

坎西奥博士（代表）
普拉塞尔博士（代表）
梅诺西先生

澳大利亚

莫罗尼先生（代表）
史蒂文斯博士（代表）
沃尔什教授
沃森—芒罗教授

比利时

索贝尔教授（代表）
阿唐博士

巴西

卡尔达斯教授（代表）
佩纳—弗兰萨博士

加拿大

巴特勒博士（代表）
布思先生
布什先生

罗思柴尔德博士
特林布尔博士

捷克斯洛伐克

克利麦克博士（代表）

埃及

哈拉德利教授

法国

雅梅博士（代表）

库隆博士

迪特里奥博士

拉菲马博士

佩尔兰教授

德意志联邦共和国

施蒂韦教授（代表）

埃林教授

雅各比教授

克里格尔教授

劳施教授

印度

戈帕尔—艾恩加尔博士（代表）

森达拉姆博士（代表）

印度尼西亚

拜库尼教授（代表）

塔朱丁先生（代表）

日本

御园生博士（代表）

市川博士

伊藤博士

中井博士

田岛博士

墨西哥

马丁内斯—巴埃斯博士（代表）

奥尔蒂斯—马加尼亚先生（代表）

德加拉伊博士

蕾维卡·马希丁·德努尔曼博士

秘鲁

古斯曼—阿塞维多博士（代表）

波兰

雅沃罗夫斯基教授（代表）

苏丹

希达亚塔拉博士

瑞典

林德尔教授（代表）

贝里斯特伦博士

爱德华松博士

吕宁教授

斯尼赫斯先生

埃弗林·索科洛夫斯基博士

瓦林德博士

苏维埃社会主义共和国联盟

库津教授（代表）
亚历哈欣博士
安格莉娜·古斯科娃博士
伊利因博士
莫伊塞耶夫博士
萨乌罗夫博士

大不列颠及北爱尔兰联合王国

爱德华·波钦爵士（代表）
卡特教授
邓斯特先生
莫利先生
塞尔博士

美利坚合众国

钱伯林博士（代表）
莫斯利博士（代表）
贝克博士
布鲁斯博士
布鲁纳博士
哈利博士
洛曼博士
罗西教授
拉塞尔博士
辛克莱博士
厄普顿教授
威科夫博士

附录二

同委员会合作编写报告的科学工作人员和顾问的名单

贝宁松博士
贝内特先生
布维尔博士
帕梅拉·布赖恩特小姐
埃利斯教授
林德尔教授
利尼耶斯基教授
劳德博士
来斯科夫博士
奥布赖恩博士
爱德华·波钦爵士
桑卡拉纳拉亚南博士
许特曼教授
西利尼博士
斯尼赫斯先生
韦布先生

附录三

委员会所收到的报告的清单

1. 下面是各国政府以及各联合国机构在一九七二年三月二十五日至一九七七年四月十二日期间提交给委员会的报告的清单。

2. 委员会在一九七二年三月二十四日以前收到的报告已开列在委员会较早提交给大会的各报告的附件中。

文件编号	国名和报告标题
A/AC.82/G/L.	
美利坚合众国	
1411	Global inventory and distribution of Pu-238 from SNAP-9A, March 1, 1972, HASL-250
阿根廷	
1412	Radio-226 en el hombre.
1413	Compilacion de los Resultados del Monitoraje de Sr-90 y Cs-137 debidos al fallout en la República Argentina.
1114	Estudio de un caso de irradiación humana accidental.
美利坚合众国	
1415	Fallout program quarterly summary report, April 1, 1972, HASL-249.
1415/Add.1	Appendix to HASL-249.
新西兰	
1416	Annual report for the year 1969.
1417	Annual report for the year 1970.
1418	Environmental radioactivity in New Zealand: quarterly report July-September 71 and Pacific Area Monitoring 31 August-31 October 1971.

瑞典

- 1419 Radiostrontium-induced carcinomas of the external ear.
- 1420 Effect of different doses of ^{90}Sr on the ovaries of the foetal mouse.
- 1421 Pathologic effects of different doses of radiostrontium in mice development and incidence of leukaemia.
- 1422 Protective effect of cysteamine at fractionated irradiation. III. Histopathologic diagnoses at death.

澳大利亚

- 1423 Fall-out over Australia from nuclear weapons tested by France in Polynesia from June to August 1971.

美利坚合众国

- 1424 Fall-out program quarterly summary report, July 1, 1972
HASL-257.
- 1424/Add.1 Appendix to HASL-257.

瑞士

- 1425 Quinzième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1971, à l'intention du Conseil fédéral.

美利坚合众国

- 1426 HASL-300 "HASL Procedures Manual".
- 1426/Add.1 Supplement to HASL-300 "HASL Procedures Manual".
- 1426/Add.2 Supplement to HASL-300 "HASL Procedures Manual".

新西兰

- 1427 Environmental radioactivity in New Zealand quarterly report, April-June 1971, and Pacific Area Monitoring 4 June-31 August 1971. (NRL-F/45).

大不列颠及北爱尔兰联合王国

- 1428 Agricultural Research Council - Letcombe Laboratory. Annual report 1971.

美利坚合众国

- 1429 Studies of the mortality of A-bomb survivors.

文件编号

国名和报告标题

- 瑞士
- 1430 Douzième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1968, à l'intention du Conseil fédéral.
- 美利坚合众国
- 1431 Fall-out program quarterly summary report, October 1, 1972, HASL-259.
- 1431/Add.1 Appendix to HASL-259.
1432. Index to fall-out program quarterly summary reports, October 1, 1972, HASL-266.
- 新西兰
- 1433 Fall-out from unclear weapons tests conducted by France in the South Pacific from June to August 1971. (NRL-F/47).
- 1434 Annual report for the year 1971. (NRL-AR/22).
- 日本
- 1435 Radioactivity survey data in Japan. No. 34. February 1972.
- 新西兰
- 1436 Environmental radioactivity. Annual report 1971. (NRL-F/48).
- 美利坚合众国
- 1437 Fall-out program quarterly summary report, January 1, 1973, HASL-268.
- 1437/Add.1 Appendix to HASL-268.
- 意大利
- 1438 Data on environmental radioactivity collected in Italy (January-December 1969).
- 大不列颠及北爱尔兰联合王国
- 1439 Radioactive fall-out in air and rain. Results to the middle of 1972.
- 美利坚合众国
- 1440 Fall-out program quarterly summary report, April 1, 1973, HASL-273.
- 1440/Add.1 Appendix to HASL-273.

文件编号	国名和报告标题
	日本
1441	Radioactivity survey data in Japan. No. 36. August 1972.
	澳大利亚
1442	Strontium-90 and Caesium 137 in the Australian environment during 1970 and some results for 1971.
1443	Fall-out over Australia from nuclear weapons tested by France in Polynesia during June and July 1972.
	法国
1444	Surveillance de la radioactivité en 1972.
	大不列颠及北爱尔兰联合王国
1445	Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1972.
1446	Assay of strontium-90 in human bone in the United Kingdom. Results for 1970.
	美利坚合众国
1447	Fall-out program quarterly summary report, July 1, 1973, HASL-274.
1447/Add.1	Appendix to HASL-274.
	日本
1448	Radioactivity survey data in Japan. No. 37. November 1972.
	美利坚合众国
1449	Fall-out program quarterly summary report, 1 October 1973, HASL-276.
1449/Add.1	Appendix to HASL-276.
	瑞士
1450	Seizième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1972, à l'intention du Conseil fédéral.
	澳大利亚
1451	Data on levels of radioactivity in Australia, 1971-1973.

美利坚合众国

- 1452 Fall-out program quarterly summary report, January 1, 1974, HASL-278.
- 1452/Add.1 Appendix to HASL-278.
- 苏维埃社会主义共和国联盟
- 1453 К вопросу о возможности использования анализа волос для определения полония-210 в костной ткани и печени человека.
- 1454 К вопросу о поведении цезия-137 в дерново-подзолистых почвах украинского полесья.
- 1455 Весовые показатели развития скелета плода человека и содержание в нем стронция и кальция.
- 1456 О взаимодействии радиоактивных изотопов с органическим веществом почвы.
- 1457 Миграция стронция-90 и цезия-137 в почвенно-растительном покрове конечноморенных ландшафтов.
- 1458 Скорость выпадения аэрозолей цезия-137 и стронция-90 из атмосферы.
- 1459 Миграция глобальных цезия-137 и стронция-90 по пищевым цепочкам населения отдельных районов украинского полесья.
- 1460 Радиоактивность внешней среды, пищевых продуктов и организма человека на Украине в период 1962-1969 гг.
- 1461 Свинец-210, полоний-210, радий-226, торий-228 и плутоний-239 в цепочке лишайник-олень-человек на крайнем севере СССР.
- 1462 Относительная подвижность, состояние и формы нахождения стронция-90, стабильного стронция и кальция в почвах.
- 1463 Долгоживущие искусственные и естественные радиоизотопы в зерне сельскохозяйственных культур в Подмосквье.
- 1464 Состояние и формы нахождения радиоизотопов в глобальных выпадениях.
- 1465 Содержание стронция-90 в костной ткани взрослых и в зубах лиц разного возраста.

苏维埃社会主义共和国联盟

- 1466 О связи стронция-90 с различными фракциями органического вещества почв.
- 1467 Всасывание свинца-210 и полония-210 в желудочно-кишечном тракте у крысы и человека.
- 1468 Естественные радиоактивные изотопы в морской рыбе и воде.
- 1469 О миграции стронция-90 и цезия-137 в почвах.
- 1470 Ландшафтно-геохимические аспекты поведения стронция-90 в лесных и пойменных биогеоценозах полесий.
- 1471 Водная миграция стронция-90.
- 1472 Оценка популяционной дозы внутреннего облучения некоторых народностей крайнего севера Советского Союза от глобального цезия-137.
- 1473 Концентрация стронция-90 в продуктах питания и поступление его с пищевым рационом населению Грузинской ССР в результате стратосферных выпадений.
- 1474 Распределение радиоактивных изотопов в системе водохранилища.

大不列颠及北爱尔兰联合王国

- 1475 Radioactive fall-out in air and rain. Results to the middle of 1973.

新西兰

- 1476 Environmental radioactivity. Fall-out from nuclear weapons tests conducted by France in the South Pacific during July and August 1973 and comparisons with previous test series.

美利坚合众国

- 1477 Serum immunoglobulin levels in atomic bomb survivors in Hiroshima, Japan.
- 1478 Spleen index in atomic bomb survivors.

美利坚合众国

- 1479 The health of atomic bomb survivors: a decade of examinations in a fixed population.
- 1480 Fall-out program quarterly summary report, 1 April, 1974, HASL-281.
- 1480/Add.1 Appendix to HASL-281.

大不列颠及北爱尔兰联合王国

- 1481 Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1973

国际原子能机构

- 1482 Extracts from the Agency's programme for 1975-80 and Budget for 1975. (GC(XVIII)/526).
- 1483 Annual report 1 July 1973-30 June 1974. (GC/XVIII)/525).

新西兰

- 1484 Monitoring of radioactive fallout from the 1974 French South Pacific nuclear tests.

法国

- 1485 Surveillance de la radioactivité en 1973.

新西兰

- 1486 Fall-out from nuclear weapons tests conducted by France in the South Pacific during June and July 1972 and comparisons with previous test series.
- 1487 Environmental radioactivity. Annual report 1972.
- 1488 Environmental radioactivity. Annual report 1973.

阿根廷

- 1489 Fallout radioactivo debido a las explosiones en el Pacifico Sur en el período enero-octubre de 1973.
- 1490 Fallout radioactivo debido a las explosiones en el Pacifico Sur en el período 1971-1972.
- 1491 Monitoraje de Sr-90 y Cs-137 debidos al fallout en República Argentina.

阿根廷

- 1492 Estudio comparativo del metabolismo, en ratas, del plomo 210 y del polonio 210.
- 1493 Incorporación de radioestroncio por organismos marinos.

捷克斯洛伐克

- 1494 Value of 90 Sr in vertebrae and femoral diaphysis of adults in Czechoslovakia in 1971.
- 1495 The values of the ratio 90 Sr in vertebrae 90 Sr in diaphysis in different age groups (Czechoslovakia 1969, 1970, 1971).

新西兰

- 1496 Fall-out from French nuclear tests in the South Pacific, 1974.

澳大利亚

- 1497 Data from the Australian fall-out monitoring programmes.

苏维埃社会主义共和国联盟

- 1498 Коэффициенты распределения радиоизотопов между твердой и жидкой фазами в водоемах.
- 1499 Оптимальная интерпретация измерений радиоктивности океана.
- 1500 Дозовая нагрузка на мышевидных грызунов, обитающих на участках повышенной естественной радиоактивности.
- 1501 Влияние неразделенной смеси продуктов ядерного деления на реакции иммунитета.
- 1502 Содержание стронция-90 и цезия-137 в пищевом рационе населения Советского Союза в 1967-1969 гг.
- 1503 Определение генетически значимых доз за счет медицинской рентгенологии в Иркутске.
- 1504 Иммунологические реакции при сочетанном действии на экспериментальных животных внешнего облучения и инкорпорированных радиоизотопов.

美利坚合众国

- 1505 Fall-out program quarterly summary report, July 1, 1974, HASL-284.
- 1505/Add. 1 Appendix to HASL-284.

- 美利坚合众国
- 1506 Fall-out program quarterly summary report, October 1, 1974, HASL-286.
- 1506/Add.1 Appendix to HASL-286.
- 大不列颠及北爱尔兰联合王国
- 1507 Radioactive fall-out in air and rain: results to the middle of 1974.
日本
- 1508 Radioactivity survey data in Japan. No. 38. November 1973.
- 1509 Radioactivity survey data in Japan. No. 39. September 1974.
法国
- 1510 Statistical study on 17,000 workers exposed to ionizing radiation during 1973.
比利时
- 1511 La radioactivité mesurée à Mol. Année 1970.
- 1512 La radioactivité mesurée à Mol. Année 1971.
新西兰
- 1513 Environmental radioactivity: fall-out from unclear weapon tests conducted by France in the South Pacific from June to September 1974 and comparisons with previous test series.
美利坚合众国
- 1514 Autopsy study of blast crisis in patients with chronic granulocytic leukaemia, Hiroshima and Nagasaki, 1949-1969.
- 1515 Mortality in children of atomic bomb survivors and controls.
- 1516 Fall-out program quarterly summary report, January 1, 1975, HASL-288.
- 1516/Add.1 Appendix to HASL-288.
- 1517 Environmental quarterly, April 1, 1975, HASL-291.
- 1517/Add.1 Appendix to HASL-291.
- 1518 Index to fall-out program quarterly summary reports, April 1, 1975, HASL-292.
- 1519 Epidemiologic studies of coronary heart disease and stroke in Japanese men living in Japan, Hawaii and California: demographic, physical, dietary and biochemical characteristics.

文件编号	国名和报告标题
	美利坚合众国
1520	Environmental quarterly, 1 July, 1975, HASL-294.
1520/Add.1	Appendix to HASL-294.
	法国
1521	Surveillance de la radioactivité en 1974.
	德意志联邦共和国
1522	Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1973.
	大不列颠及北爱尔兰联合王国
1523	Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1974.
	美利坚合众国
1524	Environmental quarterly, 1 October, 1975, HASL-297.
1524/Add.1	Appendix to HASL-297.
1525	Environmental quarterly, 1 January, 1976, HASL-298.
1525/Add.1	Appendix to HASL-298.
	新西兰
1526	Environmental radioactivity: annual report 1974.
	美利坚合众国
1527	A review of 30 years of study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors.
1528	Environmental quarterly, 1 April, 1976, HASL-302.
	日本
1529	cancelled
1530	cancelled
1531	Estimation of population doses from diagnostic medical examinations in Japan, 1974 (1 to 4).
1532	Estimation of population doses from brachytherapy in Japan.
	瑞士
1533	Dix-huitième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité à l'intention du Conseil fédéral, pour l'année 1974.

大不列颠及北爱尔兰联合王国

1534 Radioactive fall-out in air and rain: results to the end of 1975.

苏维埃社会主义共和国联盟

1535 Методический подход к оценке дозовых нагрузок от остеотропных изотопов с учетом изменения параметров обмена в процессе роста организма.

1536 Исследование и нормирование радиоактивности строительных материалов.

1537 Материалы к нормированию и нормативы предельно допустимых поступлений радиоактивных изотопов иода в организм человека.

美利坚合众国

1538 Environmental quarterly, 1 July, 1976, HASL-306.

1538/Add.1 Appendix to HASL-306.

大不列颠及北爱尔兰联合王国

1539 Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1975.

法国

1540 Surveillance de la radioactivité en 1975.

日本

1541 Radioactivity survey data in Japan. No. 40. November 1975.

美利坚合众国

1542 Environmental quarterly, 1 October, 1976, HASL-308.

1542/Add.1 Appendix to HASL-308.

德意志联邦共和国

1543 Environmental radioactivity and radiation levels in 1974.

1544 Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1974.

新西兰

1545 Environmental radioactivity: annual report 1975. (NRL-F/55).

文件编号

国名和报告标题

- 瑞士
- 1546 Dix-neuvième rapport de la Commission fédérale de la radioactivité pour l'année 1975, à l'intention du Conseil fédéral.
- 捷克斯洛伐克
- 1547 The values of the ratio ^{90}Sr in vertebrae ^{90}Sr in diaphysis in different age groups.
- 美利坚合众国
- 1548 Environmental quarterly, 1 January, 1977, HASL-315.
- 1548/Add.1 Appendix to HASL-315.
- 大不列颠及北爱尔兰联合王国
- 1549 The data submitted by the United Kingdom to UNSCEAR for the 1977 report to the General Assembly.
- 苏维埃社会主义共和国联盟
- 1550 Кинетика процессов поражения-восстановления, развивающихся в эмбрионах пресноводных рыб при инкубации их в радиоактивной среде.
- 1551 Некоторые особенности миграции стронция-90 по пищевым цепям в условиях крайнего севера.
- 1552 Радиоактивность внешней среды и пищевых продуктов на территории СССР в 1970-1974 гг.
- 1553 О влиянии пестицидной (ддт) интоксикации на кинетику обмена и натрия в организме крыс.
- 1554 Содержание трития в жидких средах и воздухе рабочих помещений АЭС СССР.
- 1555 Цезий-137 и стронций-90 в цепочке лишайник - олень человека на крайнем севере СССР.
- 1556 Стронций-90 глобальных выпадений в кости ткани населения Советского Союза за 1970-1973 гг.
- 1557 Содержание стронция-90 и цезия-137 глобального происхождения в пищевом рационе населения Советского Союза в 1970-1973 гг.

文件编号

国名和报告标题

苏维埃社会主义共和国联盟

- 1558 Естественные радиоактивные нуклиды в пахотных почвах и фосфорсодержащих удобрениях.
- 1559 Влияние гормона паращитовидных желез на возникновение лучевых остеосарком.
- 1560 Метаболизм некоторых соединений углерода-14 в организме животных и подход к проблеме нормирования.

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم . استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب الى : الأمم المتحدة ، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经营处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.
