

辐射与环境:评估辐射对动植物的影响

最近由联合国原子辐射效应科学委员会发表的
一份报告的简介

Gordon Linsley

联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)是一个定期评论电离辐射对环境的影响的国际机构。去年,该委员会首次发表了一份专门集中评论电离辐射对动植物的影响等内容的报告。* 尽管这份评论没有什么惊人的发现,但它却使人们的注意力集中在科学界对辐射的潜在环境影响的评估工作的性质正在变化这一点上。

以前,科学评估一直把动植物及其它活的微生物看作放射性核素正在其中扩散开来的环境的一部分。这些物质一旦被污染,又被看作能增加人类辐射受照量的源,因为有些动植物是食物链的组成部分,为放射性核素转移到人类提供了途径。简单说来,这些评估反映的是已被人们普遍接受的那种见解,即重点应放在估计其对人类的潜在后果——人是哺乳动物中对放射性最敏感的物种之一——以及为保护人类健康提供坚实的基础之上。

但这一见解最近一直在受到人们的怀疑。事实表明,至少在有一种情况下——即在远离人类的深海沉积物环境中——上面提到的已被人们接受的重点可能是不正确的。”由于动植物在重大放射性泄漏事故后在短期内受到了很高的辐射剂量,结果在局部地区也发现了辐射对环境的有害影响。例

Linsley 先生是 IAEA 辐射与废物安全处废物安全科科长。

如,在受 1957 年乌拉尔地区东南部发生的事故影响的地区和在受 1986 年切尔诺贝利事故影响的地区,就发现有这种情况。

UNSCEAR 最近的这份评论就是为了回答人们的此种关心,并毫不含糊地证明辐射对环境的潜在影响是能够全面评估的而且正在进行评估。人们已认识到,世界上的植物、动物及微生物正在受到其体内累积的放射性核素的辐照和来自其所处环境中的污染的外部照射。本文集中介绍 UNSCEAR 的这份评论的主要结论。

环境影响评估工作的背景

在我们环境中存在着宇宙射线以及天然和人工放射性核素,这意味着当地的各种生物群体都不可避免地要受到辐射的照射。对于人类来说,预计在受到的剂量高于天然本底辐射剂量率范围的地区,产生有害效应

* 联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR) *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, UNSCEAR 1996 年以科技附件形式提交给联合国大会的报告,联合国供出售的出版物 E.96.IX.3 (1996 年)。

** *Assessing the impact of deep-sea disposal of low-level radioactive waste on living marine resources*, 技术报告系列 No. 288, IAEA, 维也纳 (1988 年)。

的概率更大些。预期对其它生物也是如此。

但是,在评价这种风险时用的观点方面有一种带根本性的差别。对人类来说,道德观念使个体成为主要的保护对象。在实践中,这意味着由辐射受照量的增加引起的个人风险的增加,必须控制在社会所能接受的某一水平之下,这一风险水平尽管很低,但不为零。

对于其它生物来说,事情就不这么简单了。人类对共同生活在我们这个星球上的其它物种的态度则是多种多样的——例如,对待蚊子这个群体和大熊猫的个体的态度就截然不同。对于绝大多数生物来说,我们认为其群体是重要的,因而我们把保护每一群体使之免受辐射引起的过高危害率作为相应的目标。对于数量较少(稀有物种)或繁殖较慢(代的时间较长和/或繁殖力较低)的物种,在单个个体这一层实施保护措施或许更为合适。

关于环境影响评估问题,不论我们感兴趣的是保护一种还是多种生物,我们的反应可能是很不同的。有一点是很明确的——即如果对组成不同群体的一个个生物体没有影响,那么从群体这一层(或从群落及生态系统这些更高的层次)看也不会有任何影响。但这并不意味着,当在群体中的某些个体中有可探测到的由辐射诱发的效应时,整个群体就一定会显著后果。

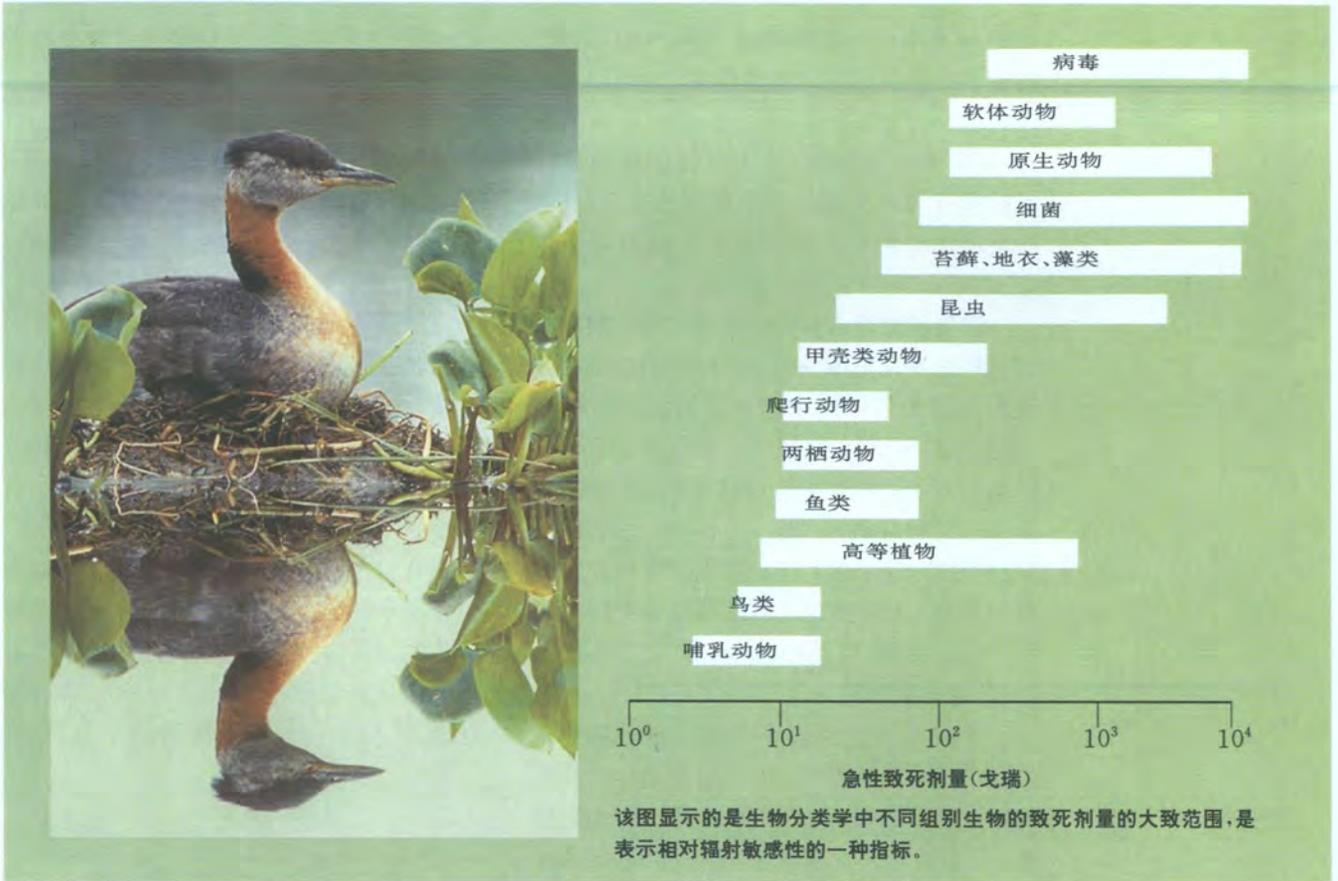
当考虑环境影响评估工作时,还必须注意其他一些因素。例如,生物的各种自然群体在它们的群落与环境内处于一种动态平衡的状态,电离辐射仅仅是可以影响这一平衡的种种外力之一。因此,不能将人类活动带来的辐照量增加与其它影响源分裂开来考虑。其他影响源包括自然因素(如气候、海拔和火山活动等)和人为因素(如合成的化学毒素、石油泄漏、作为资源开采供食用或玩耍用和生存环境的破坏等)。当(并非常见的)人类活动带来的电离辐射与化学物质共同作用于一个生物群体时,就会出现一个问题,即难以正确判断所观察到的影响是由哪个特定因素引起的。

UNSCEAR 的评论报告的结论

所有活的生物都存在和残存于这样的环境中,它们总是或多或少地受到来自天然源和人工源的辐照,人工源包括大气核武器试验产生的全球放射性落下灰所带来的污染。有时(通常在限制区域内),由于放射性废物经批准(受控地)向大气、陆地和水中排放或由于事故性释放,会使受照量额外增加。在大多数情况下,这种额外的受照量不会对野生植物和动物产生明显的影响。但是,在严重事故之后,已经发现在个别生物及个别群体中有损伤,持续增加的慢性辐照也可能在生物界和生态系统中产生长期效应。

关于野生生物受到的来自天然本底和放射性核素污染的照射量的现有数据比较少,且只与十分有限的物种或生物有关,虽然对于海洋环境来说,它们确实提供了生物可能所处的剂量率情形范围的比较有代表性的数据。因为这些估计值主要来自部分地区的生物体内及与其直接接触的外部环境中的放射性核素浓度测量值,或来自针对某种平衡状态提出的模型,因而根据排放量的短期波动、生命周期的不同阶段、行为及季节性之类短期环境因素的变化估计的剂量率短期变动方面的知识非常少。因此要根据已有数据来估计生命周期的特定阶段,如胚胎发育期间或直至生殖年龄可能累积的总剂量,是非常困难的。

对于陆地和水下环境这两者而言,看来 α 辐射是天然本底剂量的主要来源,对于前者,主要来源似乎是氡-222及其短寿命衰变产物,而对于后者,主要来源是钋-210。由于 α 粒子的射程较短,所以吸收剂量率是因组织而异的,因而如果要得到精确的本底受照量估计值,就非常需要关于与我们认为重要的生物对象(如正在发育的胚胎或生殖腺)有关的那些放射性核素的分布的比较详细的资料。本底受照量的通常范围最高为几个微戈瑞每小时,但在有些特殊的情况下(如海中浮游小虾的肝胰腺),吸收剂量率可以高达150微戈瑞每小时。



放射性废物。一般承认,向环境释放放射性废物可能会增加野生生物的受照量。对于向大气、地坑或地表水的排放,公布的评估结果表明,某些地方特有的野生生物群体中的某些个体(不是全部)的受照量通常可以达到 100 微戈瑞每小时;在某些特殊情况下,根据废物特定放射性核素的数量不同,吸收剂量率可能会达到几千微戈瑞每小时。在极少数情况下,根据测出的受污染环境中的放射性核素浓度而估算出的剂量率,已经广泛地被安装在动物身上的剂量计的就地测量所确认。

事故释放。环境中由于事故释放引起的剂量率,明显地取决于所涉及的特定放射性核素的数量、释放时间的长短、最初的分散和沉积格局,以及随后由各种环境过程引起的随时间而变的重新分布。同样明显的是这些事故释放可能会在环境中产生比正常运

行高得多的剂量率和更高的总剂量。乌拉尔地区东南部的事故和切尔诺贝利事故之后的情况就是如此。许多研究表明,在较短的一段时间内,在两个事故地点靠近释放点的树木(并可合理地延伸到其他生物)受到的累积剂量的最高值分别达到 2000 戈瑞和 100 戈瑞。在这两个地方,由长寿命放射性核素的沉积引起的长期慢性辐照量,一直连续地明显高于由受控的废物处置所引起的辐照量。

根据这些数据可以得出这样的结论,即从为评估受控的放射性废物释放的环境影响提供依据的角度讲,动植物对高达 1000 微戈瑞每小时的慢性辐照的反应确实是很 有意义的;但在实践中,有关 100 微戈瑞每 小时以下的较低剂量率的数据对于绝大多数 情况已足够了。

就事故情况而言,经验清楚地表明,最

各种生物之间的相对敏感性

初的剂量率高到能够在较短的时间(数天)内使累积剂量达到致死的程度。由于以上原因,需要一些数据,以便为预言在普遍较低的、长期慢性剂量率(低于对评估废物处置实践而言有意义的剂量率范围的上端(1000微戈瑞每小时))下的环境恢复的进展提供依据。

辐射敏感性。生物对辐射的致死效应的敏感性的变动范围很宽。已经以敏感细胞分裂间期的染色体体积为基础制定了一种通用的分类法。实验性辐照的这些和其它一些结果表明,哺乳动物是最敏感的,其次是鸟类、鱼类、爬行动物和昆虫。植物的敏感性的变动范围较宽,通常与动物的敏感性变动范围相重叠。对急性辐照的敏感性最低的是苔藓、地衣、海藻,以及细菌和病毒之类的微生物。(见前页的图)。

生物对辐射的敏感性与辐照时它处于生命中的哪个阶段有关。胚胎及幼体要比成体更敏感。比如,鱼的胚胎就对辐照相当敏感。昆虫的不同发育阶段在其所处的敏感性变动范围内也明显不同。总的说来,已知数据表明,通过配子发育和繁殖产生能独立生活的后代,是一种比诱导个体死亡更具辐射敏感性的群体属性。

对于最敏感的一些植物,当剂量率为1000到3000微戈瑞每小时时能见到慢性辐照的效应。有人认为,对于敏感植物,慢性辐照剂量率小于400微戈瑞每小时(10毫戈瑞每天)时也会产生效应,但效应较小。不

过,这不大可能对天然植物群中的各种各样植物产生明显的有害效应。

对于最敏感的动物物种哺乳动物来说,没有证据表明当受照最严重的个体受到400微戈瑞每小时的剂量率照射时会对群体的死亡率产生重大影响。当剂量率最多减小约一个数量级(400—100微戈瑞每小时)时,在繁殖效应方面也可能得出与上面相同的结论。对于水生生物,通常的结论是一小部分个体受到最大剂量率为400微戈瑞每小时而其余生物平均受到的剂量率较低的辐照时,不会对整个群体产生有害的影响。由于长期的恢复(包括自然的再生和一些个体从受影响较小的周围环境中迁来)、补偿能力和存在于陆地与水下环境中的天然动植物群落中的许多使人迷惑不解的因素,因而很难估计出产生明显的有害影响所需的辐照剂量。

IAEA 关于环境保护的活动和计划

UNSCEAR 关于辐射对环境的影响的评论结果,普遍确认了 IAEA 在 1992 年完成的一项研究中得出的结论。^{*} 这些结果也支持国际放射防护委员会(ICRP)的观点,即“按现在认为可取的水平保护人类所需的环境控制标准,也能确保其它物种不处于危险状态。”^{**}

但是,UNSCEAR 和 IAEA 的评论都承认,有可能存在着上述的一般结论并不合适的情况。此外,有一种观点认为,ICRP 的看法有可能被曲解成对环境的关心程度不够。由于这些和其它一些原因,在某些国家中有一种想要建立环境保护方面的具体标准的倾向。在 1996 年召开的一次 IAEA 学术讨论会上,讨论了这一课题。^{***} 鉴于这一辩论正在进行,机构将在 1997 年和 1998 年举行一系列的专家磋商会,目的在于断定关于这些问题其成员国中流行着哪些观点。根据这些讨论的结果,一个可能的目标是拟定一份包含国际上关于这一重要课题的共识的“安全标准”。 □

* *Effects of ionizing radiation on plants and animals at levels implied by current radiation protection standards*, 技术报告系列 No. 332, IAEA, 维也纳(1992年)。

** 国际放射防护委员会, 1990年。 *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP 第 60 号出版物, ICRP 年刊 21 (1-3), Pergamon Press, 牛津(1991年)。

*** 见《放射性释放的环境影响:处理全球性问题》,《国际原子能机构通报》第 38 卷第 1 期(1996年)。