

放射性释放的环境影响:处理全球性问题

IAEA 学术会议上发表的新资料有助于国际社会处理放射性生态学的问题

Gordon
Linsley

在 1972 年于斯德哥尔摩召开的联合国人类环境大会后的 10 年里,IAEA 组织了一系列以环境中的放射性核素及其行为为主题的国际会议。在联合国人类环境大会后形成的关注环境的气氛下,IAEA 发起的这些会议为国际讨论提供了一个集中的场所,并起到了总结有关不同环境介质中放射性核素行为的知识状况的作用。当时,在 IAEA 各成员国进行的大量研究工作都是为了取得对放射性核素特别是长寿命放射性核素在陆地环境和水环境中的行为的认识。这一系列会议中的最后一次会议于 1981 年在美国田纳西州的诺克斯维尔召开,题目是“长寿命放射性核素的环境迁移”。

今天,由于种种迹象表明环境正严重地受到人类活动的影响,因而对环境有了一种新的关注,且这种关注日益增加。大家都意识到地区性污染的效应及全球气候变暖与臭氧层耗尽的可能威胁。联合国于 1992 年在里约热内卢召开环境与发展大会就是为了讨论这些问题及其它类似的问题。对环境中的放射性核素情况,也一直存在重新关注的问题;不过,这方面的促进因素来自不同的方面。东西方国家间紧张关系的缓和,已使大量先前的有关放射性释放及其环境影响问题的保密资料成为可公开获得的资料。正是这种新来源的环境资料以及来自切尔诺贝利事故的环境资料在最近几年已重新

引起人们对环境中放射性核素的关注并促进了这方面研究工作的开展。在多数情况下,充分地了解环境中放射性核素行为需要与清除因武器生产作业和早期核燃料循环开发造成的环境污染的计划相联系。

正是出于对这些发展情况的考虑,机构于 1995 年 5 月在维也纳组织了国际放射性核素释放的环境影响学术会议^{*}。来自 39 个国家和 5 个国际组织的共 222 位专家参加了会议。本文概述会上讨论的部分课题领域中的要点。

海洋环境方面的研究

自从某些国家在北极的喀拉海浅水域曾倾倒入海高放和低放废物达 30 年之久的情况被披露以来,已开展了许多研究工作以评估这种倾倒的影响。就在 1991 年下半年和 1992 年这一情况被披露后不久,IAEA 与受影响国家联合发起了一项旨在分析这种倾倒对当今和未来可能造成的健康影响和环境影响的国际项目。尽管这一称作国际北极海评估项目(IASAP)的国际项目仍在执行中,但在此次学术会议上报道了一些初步研究结果。其他来自挪威、俄罗斯联邦和 IAEA 海洋环境实验室(IAEA-MEL)的代表,介

Linsley 先生是 IAEA 核安全司废物安全科代理科长。

^{*} 1995 年 5 月 8—12 日在维也纳召开的“国际放射性释放的环境影响学术会议”文集已由 IAEA 出版。订购信息见本期 IAEA 通报“Keep Abreast”一栏。

绍了对受影响海域的调查巡航和有关的实验研究的情况。巡航成功地确定出一些倾倒了高放废物的地点,并在现场以及对倾倒物体(潜水艇、反应堆舱和废物容器)附近的取样进行了测量。研究结果表明,在靠近一些倾倒物体的地方可探测到污染,但在数十米距离以外测得污染很小或没有。由于废物被处置在遥远的和无人光顾的区域,故可以认为它们目前对健康或环境尚未构成威胁。不过,人们仍然对将来某个时候放射性核素从废物中泄露出来时可能造成的危害感到担忧。这个问题连同对倾倒废物采取补救措施的可行性分析一起作为 IASAP 的部分内容正在评价之中。

这次关于海洋环境的会议专场,还包括对联合王国塞拉菲尔德后处理厂排放物的影响分析的介绍,后者在近几年来一直是引起争论的一个问题。介绍的重点是塞拉菲尔德后处理厂排放控制的历史沿革。这些介绍说明了如何通过引进排放物净化技术将排放物水平从 70 年代和 80 年代初的水平显著降低下来。同时,一些用于分析这些排放物的环境影响的方法在精密性和灵敏性方面也已得到发展。

环境模型检验

有关这一主题的会议专场主要讨论 1988—1994 年间运作的称做 VAMP(环境模型预测值的验证)的 IAEA 计划。该计划的目的在于利用切尔诺贝利事故后在环境中广泛分布的放射性核素做些测量和监测工作。随后进行的测量和监测计划得出的结果成为检验数学模型预测结果的基础。

VAMP 计划证明是非常成功的,来自许多不同国家的 100 多名科学家参与了这项计划。在这次学术会议上,宣读了以 4 个 VAMP 工作组的研究结果为基础的几篇报告。这 4 个工作组分别是陆地途径、城市途径、水(湖泊、河流和水库)途径和多途径小组。在 VAMP 计划下开展的这些活动为检验模型预测结果的准确性提供了一个极难得的机会。在一些场合下,现有的模型和转

移系数被证明合理地说明了放射性核素在环境中的转移情况。在其它场合下,先前的关于诸如饮食摄取和食物来源的一般假设,被证明不适用于用在某一特定环境。这些研究得出的共同经验教训是,每一类环境都是不同的,因而不详细了解这些环境特征和受照射人群的生活习惯,要作出放射性核素向人类转移的可靠预测是不可能的。在模型检验研究中,一般有一种过高预测的倾向。产生这一现象的最可能的原因之一与通常情况下模型的如何使用有关,也就是说,与它们最常用于将关键人群组受到来自操作实践释放的放射性核素的辐射剂量与剂量限值相比较这一目的有关。在这一应用中,需要确信吸收剂量不超过剂量限值,因此模型中的一些假设值和参数值往往是以一种不可能过低估计的方式被选取的。

学术会议上例证的 VAMP 计划的另一个特点是,为评审模拟重要转换过程方面的当前技术水平提供了机会。VAMP 计划执行过程中完成的专家评审已使 IAEA 出版了有关下述方面的出版物:重悬浮过程(地表到空气)的模型设计、放射性核素在植物表面的截获和滞留、在自然生态系统中的转移,以及清除放射性核素污染物的食品制备方法的有效性。

辐射剂量的再现

核武器发展的早期年代,各种运行都是围绕着生产目标进行的,因此对放射性废物和其它废物的适当管理则往往没有给予高度优先考虑。有几个核武器生产设施在运行过程中向大气释放的放射性核素的水平很高。因一些核设施发生事故和核武器试验也向环境中释放了放射性核素。由于以前的一些保密文件已公布供公开检查,因而近几年来有关这些事件的资料就可公开获得了。

潜在受影响人群的担忧,以及在某些情况下对责任部门采取的法律行动,促使有关部门开展了对当地人群因释放受到的辐射照射量的调查。在这次学术会议上,关于“剂

环境中天然辐射源的年剂量(正常本底辐射区)

源	年有效剂量(mSv)		
	外照射	内照射	总计
宇宙射线	380		380
宇宙线成因的放射性核素		12	12
陆地放射性核素			
钾-40	130	170	300
铀-238 系列:			
铀-238→铀-234→钍-230	140	1	
镭-226		4	1400
氡-222→钍-214		1200	
铅-210→钋-210		50	
钍-232 系列	190	80	270
总计(四舍五人)	840	1520	2400

人造源的长期待积剂量

源	主要放射性核素	集体有效剂量(人·Sv)
大气层核试验	碳-14、铯-137、锶-90、钚-95	30 000 000
切尔诺贝利事故	铯-137、铯-134、碘-131	600 000
核电生产	碳-14、氡-222	400 000
放射性同位素生产和应用	碳-14	80 000
核武器制造	铯-137、钚-106、钚-95	60 000
克什托姆事故	铯-144、钚-95、锶-90	2 500
卫星重返大气层	钚-238、钚-239、铯-137	2 100
温茨凯尔事故	碘-131、钋-210、铯-137	2 000
其它事故	铯-137、氡-133、钚-60、钚-192	300
地下核试验	碘-131	200

人类活动造成的放射性核素向环境的最大量的释放一直来自大气层核武器试验。其次是切尔诺贝利事故,再次之是伴随核电生产产生的碳-14 和氡-222 的长期辐照。核武器试验造成的集体剂量的大部分(86%)是由于碳-14 的长期辐照。关于人类活动产生的这些估计剂量的一些正确认识,可通过与天然源产生的剂量相比获得。每年由于天然源(如宇宙射线,体内钾-40 和氡气)给全世界的人口造成的剂量估计为 13 000 000 人·Sv(2400 mSv $\times$ 5.4 $\times$ 10⁹ 人)。

量再现”的介绍主要是就 1957 年克什托姆事故(俄罗斯联邦)和在塞米巴拉金斯克(哈萨克斯坦)进行的核试验以及内华达试验场

(美国)而言。自发生释放以来已过了很长一段时间,其间产生了不少问题,需要放射学分析“侦探”来解决,例如,这些问题已使开

发新的环境技术成为必要,以便估计 40 多年前受照射人群接收的剂量。

环境补救

上面讨论的一些历史性问题,在世界许多地方还造成了环境污染的遗留问题。除核武器生产和试验活动造成部分陆地和水环境污染外,许多国家还受到铀、钍采矿作业和其它与核不相关的采矿活动遗留的残留物的影响。切尔诺贝利事故造成的污染至今还在影响着一些国家,尤其是在森林覆盖地区和高原地区。许多国家正在研究解决这些问题的费效比高的且环境上合理的办法。此次学术会议上所做的报告中包括对将应用于土壤、水、植物和牲畜的一些改进技术的介绍。

专题讨论会专场

学术会议就放射生态学界目前争议和辩论的两个课题举办了专场讨论会。

环境保护。在这个问题上普遍接受的观点是,如果生活在这个环境中的人类受到免遭电离辐射的充分保护,那么可以认为其它有生命的物种在群体水平上也受到充分的保护,即使在个体水平上未必如此。这是国际放射防护委员会(ICRP)目前所持的观点,并已得到 IAEA 1992 年出版的一项研究报告的支持。^{*}

然而,可以设想一些环境,在这些环境中这一假设就其本身来说,也许不足以保证除人类以外的物种受到保护。例如在放射性核素被释放到某个没有人类存在的地区。对于希望制定具体的标准来保护环境物种的人来说,可能也有一些观念上的原因;被接受的 ICRP 观点也许会被误解并被看作是

持有一种对环境漠不关心的态度。因此,根据这些理由,保护除人类以外的物种的明确标准也许被认为是正当的。另一方面,引入具体的环境保护标准可能随之而来的是,要求进行比目前实际所做的多得多的环境监测和评价,而且,总的说来,这样做,电力公司和监管部门可能要支付大量额外费用。这些是环境保护会议专场期间辩论的一些观点。显然,有关这个主题的讨论,今后几年还将会进行多次。

预防原则。近几年来,预防行动的原则已频繁出现在各种国际文件中。尤其是出现在 UNCED 的《里约宣言》(《21 世纪议程》)中和一些有关海洋环境保护的区域性公约中。表述预防原则的方式各种各样,下面是一个摘自《保护波罗的海海洋环境公约》的例子:“当有理由认为直接或间接引入海洋环境的物质或能量可能对人类健康造成危害、危及生存资源和海洋生态系统、破坏生活福利设施或妨碍其它对海洋的正常利用时,甚至在有确证证明引入物质或能量与其涉嫌影响间存在随机联系时,要采取预防性措施”。

这个定义的最后部分显然是有矛盾的,而且是这次学术会议上预防原则会议专场讨论的焦点。一方面,可以认为目前制订的大多数有关废物排放的法规是不能令人满意的,因为它要求科学家在采用监管措施之前,要证实环境中的有害物质造成了影响。预防方针将要求“取消这种证据负担”。这种延伸在对计划要排放的物质知之甚少或对排放物质在环境中的生物地球化学循环和造成的风险缺乏了解的情况下可能是有用的。另一方面,如果按字面意思执行预防原则,可能意味着不允许向环境排放一点儿物质,因为要提供绝对的证据证明这些排放物质将不造成危害几乎是不可能的。

显然,尽管当预防方法作为通用概念是合适的,但应用于具体情况时需要对其作出说明。预防方法应以如下方式加以应用,即在对排放物质的性质非常了解,对其在释放环境中的行为极其熟悉的情况下,不妨碍这种物质向环境的受控释放。□

^{*} *Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards*, IAEA Technical Reports Series No. 332, Vienna (1992)。