

## 国际北极海洋评估项目：进展报告

在 IAEA 支助的一个研究项目中，专家们正在仔细考察

过去倾倒在喀拉海和巴伦支海的放射性废物

1992年，关于三十多年来前苏联一直在将大量高放废物倾入北极海洋浅水域的消息，引起了广泛的关注，尤其是在有北极海岸线的国家中。

IAEA 对此作出的响应是，建议开展一项国际研究，以评估这种倾倒的健康和环境影响。这项建议得到了《防止倾倒废物和其他物质污染海洋公约》（《1972 年伦敦公约》）缔约国的支持。这项研究是 1993 年 2 月在奥斯陆与挪威政府和俄罗斯政府联合组织的一次会议上诞生的，并被定名为“国际北极海洋评估项目”（IASAP）。

本文将提供与已倾入北极海洋的废物有关的一些背景资料，并介绍在 IASAP 范围内已取得的进展。

### 倾倒的国际管制

首次有记录的放射性废物海洋处置活动发生在 1946 年，处置地点是太平洋东北部的一个距加利福尼亚海岸约 80 km 的地方。在随后的岁月里，随着海洋处置被作为一种放射性废物处置选择而得到更加广泛的采用，要求对它进行管制的压力也增大。结果是 1972 年制定了《防止倾倒废物和其他物质污染海洋公约》，并于 1975 年生效。（该公约俗称《伦敦倾废公约》，但最近又改

称《1972 年伦敦公约》。）该公约被认为是管制海上的废物倾倒的主要国际机制。

原始形式的该公约将高放废物列入禁止倾倒之列，并规定只有在得到特许以后才能倾倒低放废物。该公约要求 IAEA 提供不适合海洋处置的高放废物的定义；并就处置点、货包等方面的技术要求给低放废物处置提供推荐意见。为了满足这个要求，IAEA 编制过 3 个文件。\*

1983 年，在该公约的一些缔约国对这种放射性废物处置作业可能产生的健康和环境风险表示关切之后，缔约国曾自愿暂停在海上倾倒放射性废物，直到对该问题的广泛审议得出结论为止。IAEA 曾提供技术背景材料，帮助这次讨论。1993 年，该公约的缔约国决定，禁止在海上倾倒一切类型的放射性废物。人们注意到，这个完全禁止倾倒的决定，并不是根据科学技术方面的考虑，而是根据社会、道德和政治方面的考虑做出的。

### 前苏联的海洋倾倒活动

第一个揭露前苏联的海洋倾倒活动的，是一个名为“为新地球而奋斗”的俄罗斯非政府环境组织。作为《伦敦公约》观察员的绿色和平国际，先后于 1991 年和 1992 年提请

\* 欲了解放射性废物的海洋处置和《1972 年伦敦公约》的更多情况，请查阅《国际原子能机构通报》第 34 卷第 2 期（1992 年）和第 36 卷第 2 期（1994 年）中的有关文章。

Sjoebloom 女士和 Linsley 先生是 IAEA 核燃料循环和废物管理处高级职员。本文的参考文献目录可向作者索取。

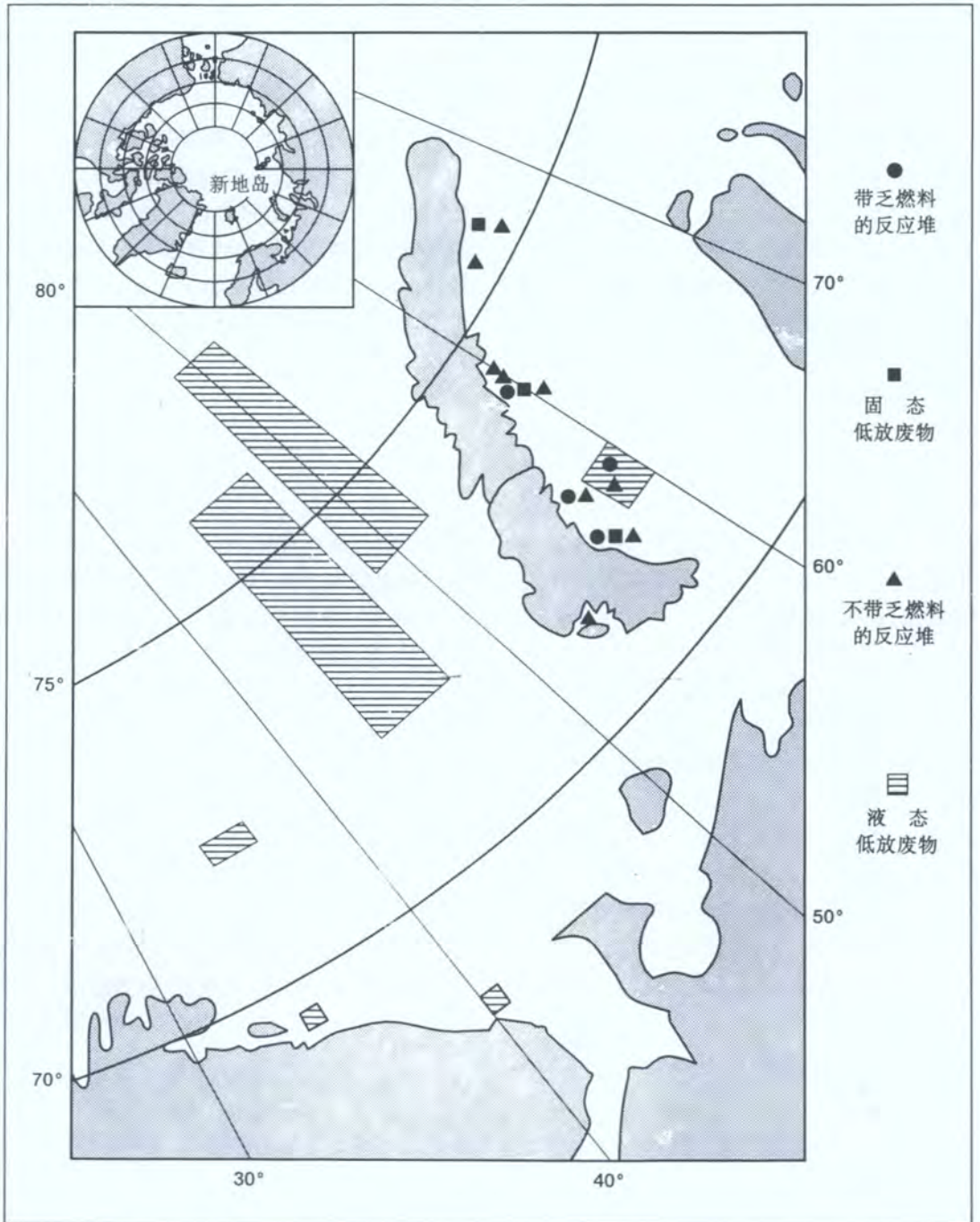
Kirsti-Liisa  
Sjoebloom 和  
Gordon S.  
Linsley

该公约各缔约国注意此事。结果是,该公约各缔约国强烈要求俄罗斯联邦提供有关这个问题的完整资料。IAEA 在这一时期中拟订了若干计划,目的是设立一个项目来评估这种倾倒对人体健康和环境的影响。该公约诸缔约国随后对这些计划表示支持,并要求 IAEA 向该公约报告评估结果。

1993 年 5 月,俄罗斯联邦向 IAEA 提供

了 1959—1992 年期间倾倒在北极海洋和太平洋西北部的高放和低放废物的资料。根据这些资料可知,倾入北极海洋的放射性总量超过 90 PBq ( $90 \times 10^{15}$  贝可或  $2.4 \times 10^6$  居)。已倾倒的物项包括:装有乏燃料的 6 个核潜艇反应堆和一个内装破冰船反应堆的屏蔽组件(乏燃料的总放射性为 85 PBq);含放射性 3.7 PBq 的 10 个反应堆(不带燃料);含

前苏联和俄罗斯在  
北极海洋中处置放  
射性废物的情况



放射性 0.9 PBq 的液态低放废物,和含放射性 0.6 PBq 的固态中放和低放废物。固体废物有的带包装,有的不带包装。这些固体废物和反应堆,被倾倒在喀拉海中,确切地说是属于新地岛的几个浅湾中。那里的倾倒点水深 12—135 米,新地岛海沟则深 300 米。上述的液态低放废物被排入巴伦支海公海和喀拉海公海中。(见下表。)

北极海洋倾废活动透视

《伦敦公约》在 1993 年决定修改之前,虽然禁止在海中处置高放废物,但容许在取得特许证后倾倒其他类别的放射性废物。已倾入喀拉海的放射性材料,许多属于高放废物的范畴。不过,大部分乏燃料是在《伦敦公约》缔结(1972 年)之前和苏联(USSR)成为该公约缔约国(1976 年)之前的年月里倾倒的。在北极海洋处置放射性废物的活动持续到 1991 年。

IAEA 的“安全丛书”No. 78 (1986 年出版)对倾倒点和倾倒深度做过一些规定,要

求在完成合适的环境评估并通知了该公约秘书处的情况下,才允许在规定深度以下倾倒低放废物。已有的北极倾倒点不符合这些规定,尤其是,其中的许多倾倒点处在很浅的水域。这里不妨说明一下,在《伦敦公约》生效之前,别的国家在世界其他地方的近海浅水域中也倾倒过放射性废物。

1992 年,为调查已倾入巴伦支海和喀拉海的核废物所造成的放射性污染,挪威—俄罗斯成立了联合专家组。它于 1992, 1993 和 1994 年安排过若干次对倾倒区域的巡航考察,并有 IAEA 海洋环境实验室(IAEA-MEL)的科学家参加。在这几次巡航中,专家组虽然对倾倒有含核燃料的反应堆的所有 4 个地点都进行过考察,但仅成功地确定了一部分物体的位置。这个专家组进行了取样、测量,并使用了侧向扫描声纳和摄像机,试图发现和查明已倾倒的废物。这几次考察航行期间得到的结果表明,这些倾倒点没有受到明显的放射性污染,尽管某些已倾倒物体附近的放射性水平比其他地方的稍高。

虽然已倾倒的废物目前似乎并未造成

与倾倒在新地岛附近的核反应堆有关的数据

倾 倒 点	倾 倒 年 份	倾 倒 深 度 (m)	编 号	已 倾 倒 的 物 品	反 应 堆 数		总 活 度 (PBq)		
					不 带 乏 核 燃 料	带 乏 核 燃 料	初 始 数 据	进 一 步 的 研 究	
								倾 倒 时	倾 倒 时
阿 布 罗 西 莫 夫 湾	1965	20 (10—15)	285	反 应 堆 舱	1	1	29.6	11.6	0.655
		20 (10—15)	901	反 应 堆 舱	—	2	14.8	2.95	0.727
		20	254	反 应 堆 舱	2	—	*	0.093	0.009
	1966	20	260	反 应 堆 舱	2	—	*	0.044	0.005
齐 沃 利 基 湾	1967	50	OK-150	反 应 堆 舱 和 一 个 装 有 燃 料 的 箱 子	3	0.6	*	19.5	2.2
东 新 地 岛 海 沟	1972	300	421	反 应 堆	—	1	29.6	1.05	0.293
斯 捷 波 沃 伊 湾	1981	50 (30)	601	潜 艇	—	2	7.4	1.72	0.838
铁 琴 尼 耶 湾	1988	35—40	538	反 应 堆	2	—	*	0.006	0.005
总 计					10	6.6	89	37	4.7

注:关于总活度的初始数据是俄罗斯联邦于 1993 年 5 月提供给 IAEA 的;在 IASAP 框架内进一步研究之后,修改了这些数据。关于倾倒深度的数据是俄罗斯联邦于 1993 年 5 月提供给 IAEA 的;括号内数据是 1993 年和 1994 年挪威—俄罗斯联合科学巡航考察时获得的。

\* 不带乏燃料的反应堆,其总活度不超过 3.7 PBq。

明显的区域性和全球性影响,但废物包容状况的逐渐变坏在未来可能会造成种种影响。这些影响可能通过海洋食物链的污染而表现出来,并可能通过鱼和其他海产品的消费使人受到辐射照射。由于这些废物处在浅水水域中,便不可能排除通过其他途径造成辐射照射的可能性,诸如自然事件(冰或风暴作用),或人类有意识的行动使废物包移动和转移。需要考虑的时间跨度很长(若干万年),所以,还必须顾及气候变化可能产生的影响。为了回答这些问题,必须透彻地弄清楚废物周围的环境和废物本身现在和未来的物理、化学和生物学特点。

初步的评估结果表明,即使在最悲观的释放条件下,这些废物也不会引起明显的全球性放射学影响。不过,人们同时也清楚地看到,为了评估当地和区域范围内可能产生的风险,需要有比1992年时已掌握的一般性资料多得多的资料。建立国际北极海洋评估项目(IASAP)就是为了回答这些和相关的其他问题。

### IASAP 的任务和执行情况

IASAP 的任务是考虑《伦敦公约》缔约国提出的要求。它们是:

- 评估已倾倒在喀拉海和巴伦支海中的放射性废物造成的人体健康和环境风险;和

- 探讨可能需要采取的与已倾废物有关的补救行动,并就其必要性和合理性提出建议。

这个项目的结果和结论,将于1996年报告《伦敦公约》。这个项目按5个工作领域安排:源项;现在的环境浓度;转移机制和转移模型;影响评估;和补救措施。

这项工作正在利用IAEA以下的正常工作机制进行着:顾问和咨询组会议;协调研究计划;以及研究合同与技术合同。

### IASAP 活动的进展

每年由一个高级科学家小组审查一次

所有IASAP工作领域的进展。

**源项。**源项工作组的任务是获取与这些废物本身有关的资料,供影响评估计算使用。这涉及了解废物的形态及这种废物形态在这种海洋环境中随着时间的推移可能发生的行为。该工作组的精力一直集中在已倾入海中的含乏燃料的反应堆身上,因为它们潜在的显然最大。后期再考虑带包装和无包装的低中放废物。

俄罗斯联邦1993年5月提供的有关已倾废物堆的正式资料中,既没有有关这些废物的放射性核素组成的资料,也没有有关已倾入海中的不同类型反应堆中所含燃料的特性的资料。为了获取更详细的资料,必需查阅前苏联的档案和重建倾倒之前的反应堆燃料历史。

作为第一步,1994年1月获得了一份详细的放射性核素组成清单和已倾的“列宁号”商用核破冰船反应堆(第27页表中OK-150)包容构件的资料。后来,俄罗斯当局于1994年7月解密了已倾的潜艇反应堆的结构、运行历史和燃料特性的重要细节。结果是IASAP得到了铅铋冷却潜艇反应堆(表中601号)和水冷却潜艇反应堆(表中254,260,285,421,538和901号)中相应放射性核素的清单。

现在估计,已倾倒反应堆(带与不带核燃料)在倾倒时的总活度约为37 PBq。与俄罗斯联邦于1993年5月提供的第一个估计值89 PBq相比,这个估计值较低。之所以如此,是因为这些反应堆大多运行很短时间以后就发生了事故。原先估计时未考虑这一点。由于放射性衰变,目前这些已倾倒反应堆的总活度约为4.7 PBq。

为了达到影响评估的各项目的,还需要取得关于已倾倒反应堆的防护屏障方面的资料,这些屏障或是初始建造时提供的,或是为倾倒作准备时添加的。这种资料也已从存放在俄罗斯研究机构中的合同中查到。

有10个反应堆在倾倒之前卸走了燃料。连带乏燃料一起倾倒的那6个反应堆,一般在倾倒之前都发生过燃料受损事故。这些反应堆的倾倒方式主要有4种:1)多数潜

艇反应堆是连同反应堆舱一起倾倒的。反应堆中充填了特种聚合物,即呋喃甲醛;2)在某些情况下,先将反应堆从反应堆舱中取出,充填呋喃甲醛之后再倾入海中;3)对于铅铋冷却反应堆来说,在潜艇反应堆舱中充填呋喃甲醛和沥青后将整个潜艇倾入海中(表中601号)。在这种场合,凝固了的液态金属冷却剂形成了额外的防护屏障;4)“列宁”号核破冰船倾入海中的部分包括带有3个反应堆压力容器的一个反应堆舱,压力容器中的燃料已卸出,并已充填呋喃甲醛。从其中一个反应堆卸出的燃料,有57%被装入单独的一个带金属内衬的混凝土箱后倾入海中。混凝土箱中也充填了呋喃甲醛密封剂。

源项工作组在分析了防护屏障的弱点后,已经编制了成套的有关放射性核素释放和释放速度随时间变化的可能模式图。

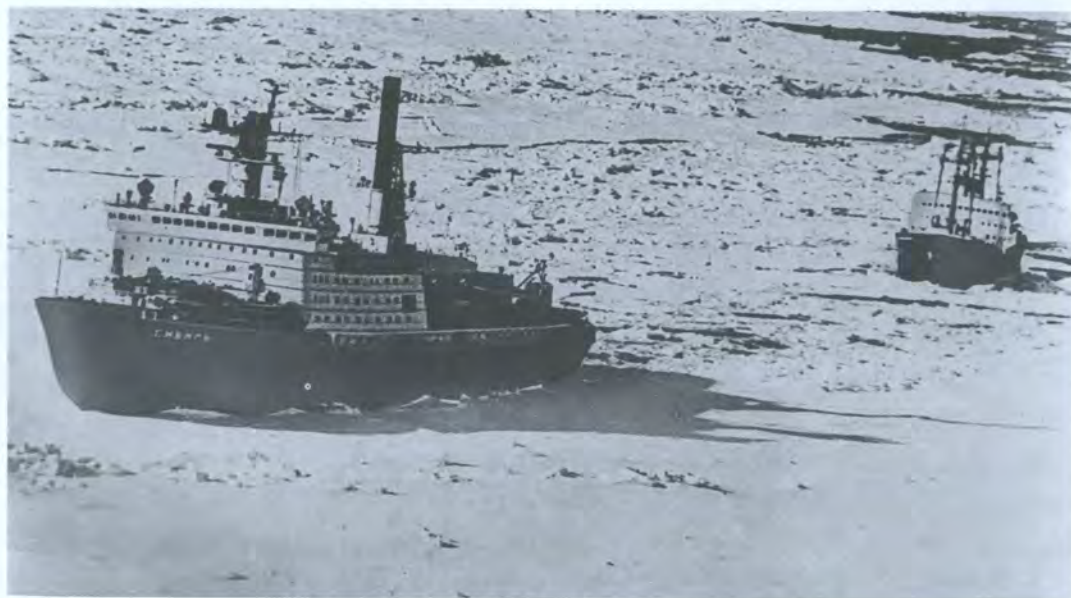
为了更准确地预测放射性核素的释放情况,还需要进一步研究。就这方面而言,有关呋喃甲醛的物理性质和化学性质及有关其耐辐射、热、盐水等因素的能力的资料,当然是很宝贵的。在IASAP的配合下,俄罗斯—美国的一个双边项目已于1995年年初开始研究呋喃甲醛抗上述诸因素的性质。

挪威—俄罗斯考察航行的成果(例如,通过水下摄像机对反应堆的目测调查的结

果,就地的辐射测量结果,以及水与沉积物的取样与分析结果),对于评估潜在释放速率都是非常重要的。已计划把仔细分析考察巡航期间拍摄的沉没物体录像带当作挪威—俄罗斯的一个合作项目,由船用反应堆和潜艇设计专家,以及腐蚀问题专家来完成。

**现在的环境浓度。**目前正在收集北极海洋的目标区域和其他区域的放射性核素浓度资料,它们将作为IAEA-MEL的全球海洋放射性数据库(GLOMARD)的输入。这个数据库旨在提供海水、沉积物和生物群中放射性核素水平的最新资料。它将使人们能够估计核素比、鉴定该区域放射性的各种来源、调查随时间的变化趋势和计算放射性总量。所有可供使用的有关北极海洋的放射性核素数据,都已输入该数据库。今年将编出第一份有关现有放射性核素数据的初步评价报告。

**转移机制和转移模型。**丹麦、日本、荷兰、俄罗斯、瑞士、联合王国和IAEA-MEL的诸多实验室,正在参加题为“建立北极海洋废物倾倒的放射学影响模型”的协调研究计划(CRP)。该计划的目的是为所论的北极海洋开发一些接近实际而且可靠的分析模型,并协调不同实验室在该领域内的工作。建立模型工作的最终成果,将形成《伦敦公约》从事此类评估工作的基础。



已倾入北极海洋的放射性废物包括从一艘与此图所示相类似的核破冰船上拆下的一些反应堆舱。

分阶段进行的模型设计最后评估工作正在进行。参与这一工作的各模型设计组,一开始曾分析过以假设的释入简化环境的单位释放量为基础的情景分析。在这个CRP的第一次会议上,人们用俄罗斯的一些研究机构提供给 IASAP 的、有关喀拉海和巴伦支海的海洋学与沉积学的改进过的资料,对最初的基准情景进行了补充。在第二次会议上,又将目标区域的鱼类和哺乳动物的捕捞量,以及与鱼类的迁移有关的资料纳入这些情景。

与此同时,参加 CRP 的每个模型设计组,正在利用从目标区域逐渐取得的环境资料,建立和改进自己的模型。下一步,以源项工作组的成果为依据的释放速率将被纳入情景中。

在 CRP 的这两次会议上,比较了不同模型设计组针对每种基准情景(即在选定的当地和区域的水中和沉积物中的部分放射性核素的浓度)导出的预测值。进行这种比较,旨在评价不同的模型设计假设和转移数据假设对模型结果的影响。

**影响评估。**1995 年和 1996 年,将根据模型设计组预测的浓度场,利用相应的环境转移因子和人口统计数据影响评估计算。

将预测当地、区域和全球的居民在将来的不同时间会受到的辐射剂量。在这些预测中,将既考虑普通消费者,也考虑每天食用大量海鲜的个人。评估还将包括估计当地动物群落(如海洋哺乳动物)受到的辐射剂量。

目前正在通过 IAEA-MEL 和其他实验室的各种项目,获得北极条件下生物群的放射性核素浓集因子和沉积物与水之间的放射性核素分配因子方面的资料。正在分析和汇编取自北极地区的样品的放射学、物理学和化学测量结果,文献述评工作也正在进行。对于那些当地没有合适的数据可供利用的核素和生物物种,将不得不考虑能否借用针对中纬度地区导出的浓集因子和分配因子问题。已计划在 1995 年年底以前,由人数不多的一组专家对各种资料来源进行一次评价。

**补救措施。**《伦敦公约》的缔约国曾请

IAEA 研究需要对已倾倒入放射性废物采取哪些补救行动,并研究其可行性。1995 年初,曾召集一组技术专家开会,主要从技术可行性角度研究可能采取的补救措施。虽然眼下只能认为这个专家组的见解是初步的,但仍可得出一些一般性的结论:

- 应该把含有乏核燃料的物体视为可能需要采取补救措施的主要对象;

- 已有的一些成熟技术,例如加盖或水下掩埋,可作为就地实施的补救措施使用;

- 如果准备选用涉及运输的补救措施,则水下运输是值得注意的一种选择。

这个题目还要在 1995 年的会议上再次讨论,形形色色的各种补救选择的放射学影响将备受关注。在诸多废物管理选择中,必须考虑的一种选择是让废物就这样呆在那里,不作任何补救。采取补救措施的决定,必须基于(至少是部分基于)这样的判断,即已倾倒入废物在将来可能产生的放射学风险是不可接受的。

## 协调全球的努力

设立 IASAP 项目的基本想法之一是,为协调该领域的国际努力提供一种机制。与挪威—俄罗斯专家组就调查在巴伦支海和喀拉海倾倒入放射性废物问题进行的合作,被认为对 IASAP 项目来说是十分重要的。由挪威、俄罗斯和 IAEA 各 1 名成员组成的小型协调组已经开过三次会。

IASAP 与在北极的放射性污染领域从事工作的其他团体,尤其是美国的北极核废物评估计划,保持着资料交换关系。

人们也已商定,IASAP 项目的成果将可供北极监测和评估计划(AMAP)使用。AMAP 是 8 个北极国家的部长们 1991 年在其《保护北极环境宣言》中通过的“北极环境保护战略”(AEPS)的一个组成部分。AMAP 正在全面审议一切类型的污染对北极海洋的影响。 □

**关于 IAEA-MEL 的科学家在 IASAP 范围内的工作,请参看下一篇文章。**