



海洋处置 核废物管理和

● 原子能出版社

HEFEIWU GUANLI

HE HAI

YANG CHUZH

核废物管理和海洋处置

美国国家海洋和大气顾问委员会

张贵文
孙培铨 译
郭力生

张永兴 校

原子能出版社

**Nuclear Waste Management & the
Use of the Sea**

NACOA, 1984

核废物管理和海洋处置

美国国家海洋和大气顾问委员会

张贵文 孙培铨 郭力生 译

张永兴 校

责任编辑 李涛

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售



开本 787×1092 1/32·印张 6.75·字数 150 千字

1991 年 10 月北京第 1 版·1991 年 10 月北京第 1 次印刷

印数 1—600

ISBN7-5022-0404-0

X·13 定价:4.40 元

前 言

国家海洋和大气顾问委员会(NACOA)于1981年出版了一份关于非放射性废物的报告,题目为《海洋在废物管理策略中的地位》。在该报告中,委员会建议在计划废物处置时要把海洋同其它多介质方案一起加以考虑。在本报告,即《核废物管理和海洋处置》中,我们将废物管理的研究范围扩大到放射性废物。

NACOA编写本报告的目的是评述美国和其它国家关于核废物处置的现状,并将其与海洋处置联系起来。我们过去没有、现在也没有对作为一种能源的核能提出意见,但是国内外放射性废物的积累这一事实,已成为各国面临的实际问题。NACOA希望这一报告对解决这一问题能做出积极贡献。

本报告是NACOA的放射性废物专家组努力的结果。该专家组由委员会成员 John A. Knauss (主席), Sylvia A. Earle, Jay G. Lanzillo, Vernor E. Scheid, S. Fred Singer 和 Sharron Stewart 组成。专家组感谢许多人的无私贡献。他们有的对NACOA的评述提供了有价值的见解,有的对报告草稿提出过意见。参加该专家组会议的代表名单列于附录L中。专家组感谢 William Lounsbery 海军中校(美国国家海洋和大气局部队)、Douglas Hennick 海军少校(美国国家海洋和大气局部队)和 Victoria Jones Brimmer (他们都是NACOA工作人员)的辛勤劳动。还感谢 Rhode Island 大学的 Dana R. Kester 对编写第四章给予的帮助。

本报告的内容,反映的不一定就是参加本工作组的任何个人或组织、或者向我们提供材料的任何个人或组织的观点。本报告的内容和所提建议只由国家海洋和大气顾问委员会负责。

内 容 简 介

为保护人类生存的环境不受污染,对废物尤其是放射性废物进行最妥善的管理和处置是当前迫切需要解决的问题。为此,我们翻译了美国国家海洋和大气顾问委员会的《核废物管理和海洋处置》报告。

在这份报告书中,顾问委员会重新审议了用海洋处置低放废物的政策,强调了海洋在废物管理中的战略作用。内容分两部分,第一部分综述了人工放射性的来源和海洋中放射性,阐明了美国目前对放射性废物管理的政策。第二部分对目前各国放射性废物的数量、现状、发展趋势、管理政策、研究手段,关于海洋的利用情况以及存在的问题等提供了最新知识,还对海军退役核潜艇的处置提出了建议。

本书可供从事核工业环境保护和放射性废物处置的科技人员和管理人员参考,也可供高等院校原子能专业和环保专业的师生参考。

目 录

前 言

第一部分

国家海洋和大气顾问委员会的报告

核废物管理:结论和建议	(3)
-------------------	-----

第二部分

背景材料

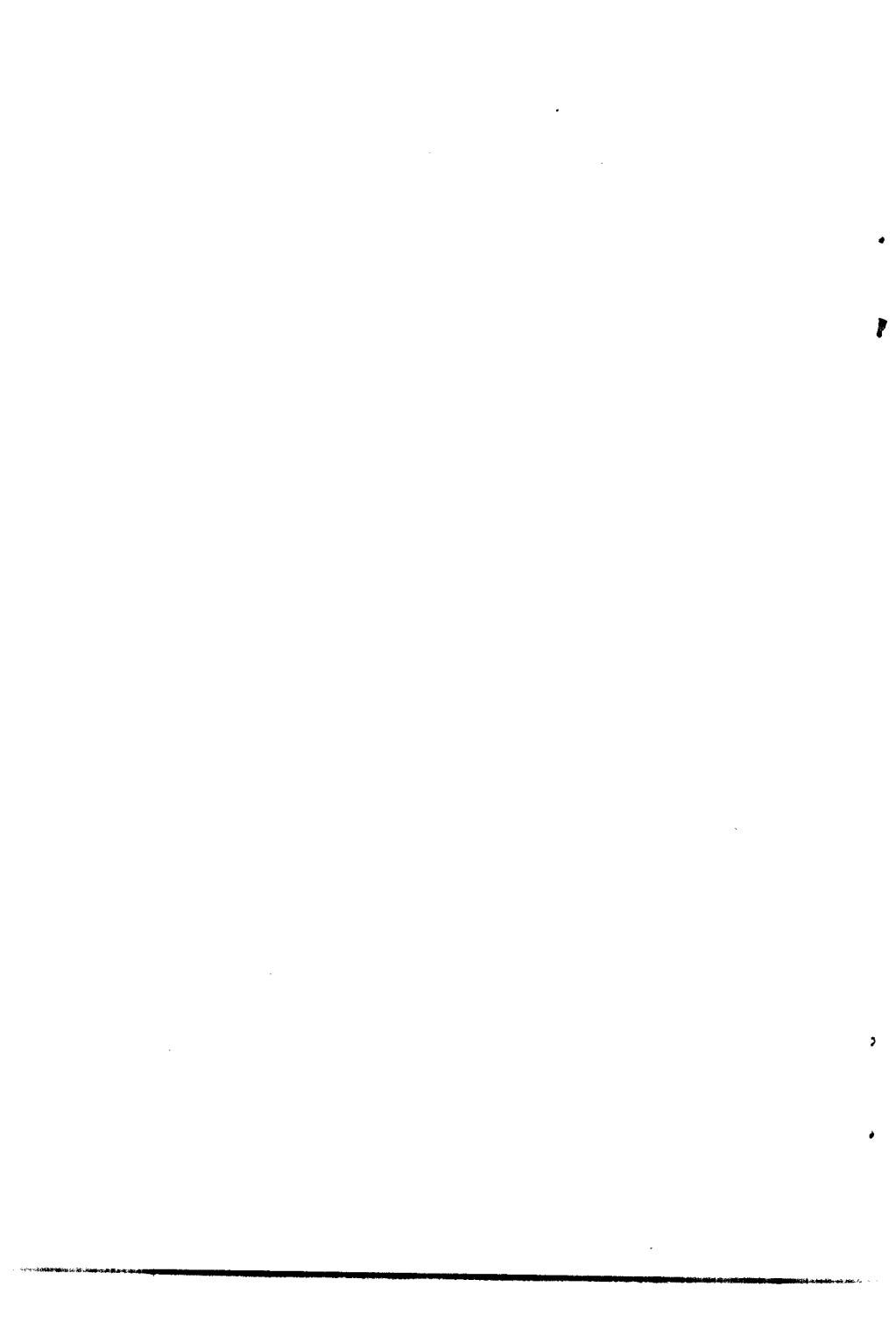
第一章 放射性废物的贮量	(19)
引言	(19)
核燃料循环	(22)
美国的贮量	(24)
国际贮存量	(34)
小结	(35)
参考文献和注释	(40)
第二章 放射性废物管理:发展策略	(48)
高放废物	(48)
超铀废物	(56)
低放废物	(57)

美国低放废物的海洋处置	(59)
其它国家低放废物的海洋处置	(64)
海洋中人工放射性的其它来源	(67)
小结	(69)
参考文献和注释	(69)
第三章 政策发展状况:途径与障碍	(82)
国内法律和政策	(82)
控制海洋处置的国际法律	(89)
参考文献和注释	(97)
第四章 海洋中的放射性	(102)
海洋放射性的来源	(102)
海洋中放射性核素的转归	(111)
海洋科学的最新进展	(118)
人工放射性与天然放射性的比较	(121)
海洋放射性对人的照射机制	(123)
小结	(124)
参考文献	(125)
第五章 核废物的海洋处置:美国的可行方案	(127)
已卸料、退役核潜艇的处置	(127)
关于海洋的 FURBAP 计划	(133)
高放废物的深海床处置	(134)
退役的核反应堆	(139)
来自研究机构和核设施的低放废物	(139)
国内舆论的需要	(139)
参考文献和注释	(143)

附录.....	(151)
A. 核物理及保健物理	(152)
B. 其它国家废物管理策略概要	(166)
C. 美国向海洋倾倒的放射性废物	(169)
D. 伦敦倾废公约缔约国	(177)
E. 历史情况	(178)
汉福特	(178)
太平洋落下灰	(179)
美国的海洋投弃	(180)
长尾鲨号和蝎子号的沉没	(181)
塞拉菲尔德	(182)
F. 会议日期、报告人及题目	(186)
G. 首字母缩略词词汇表	(189)
H. 术语选编	(191)
I. 组织机构术语汇编	(197)
J. 有关放射性废物处置的国家法规选编	(199)
K. 有关核能的国际协议(截至 1983 年 1 月)选编	(201)
L. 国家海洋和大气咨询委员会核废物管理专门小组 ...	(206)

第一部分

国家海洋和大气顾问委员会的报告



核废物管理：结论和建议

世界上第一个可控核链式反应堆装置诞生于1942年12月。自此以后，美国和随后的核国家，一直在国防、能源、医疗和研究方面的核技术发展中占主导地位。作为世界核工业的副产品大量积累的放射性物质，不仅仅来自核电站，而且也产生于医疗设施和研究部门以及军事部门。这些废物有着不同的形式，从比活度高的反应堆乏燃料元件这些所谓“高放废物”，到由医院产生的数量很大但比活度低的“低放废物”。虽然某些放射性核素在几周之内就可衰变成无害的稳定元素，但另外一些像人工超铀元素这样的元素，会在数千年的时间里发射放射性粒子。放射性废物的存在不同程度地威胁着人类及其环境。

国家海洋和大气顾问委员会(NACOA)发现，人们对放射性废物这一问题的严重程度尚未取得一致意见，至少在美国是这种情况。许多人认为，为寻求放射性废物的安全可靠的处置所作的考虑和努力还远远不够。另一些人则持反对意见：对废物问题宣扬得太过分了，有关核废物贮存的那些问题并不大。但大家都一致认为，乏燃料棒、老化的核潜艇，以及来自医院和研究机构的污染物的数量正在增长着。在争论中往往忽视放射性废物不单单存在于美国这一问题。世界上几乎所有发达国家的核废物贮量正在日益增长着，而且可以预料发展中国家的核废物贮量也将要增加。即使美国停止建造新的核电站，也不会不存在废物问题。美国那些运营中的商业核电站

和其它国家运营中的与正在建造的核电站仍然会产生核废物。军用核动力装置,以及日常使用少量放射性核素的医院、大学和研究机构也将产生一些核废物。

美国目前关于核废物的政策是强调陆地处置。自 1970 年以后,美国一直未批准放射性废物的海洋处置。但是,基于下述事实,美国并不能排除重新利用海洋处置放射性废物的可能性:

(a)核潜艇的老化 海军服役的核潜艇有 100 多艘,将按每年 3~5 艘的速率退役。《海军环境影响报告书》指出,因为目前关于海洋处置的管理现状很不确定,所以应该选择陆上处置方案。根据《海军环境影响报告书》,三种处置方案对环境来说都是安全的,但是,整体潜艇(去掉核燃料)的海洋处置的费用是三种方案中最少的。

(b)能源部的补救行动计划 能源部(DOE)制定了几种补救计划,用于对在曼哈顿工程特区和原子能委员会活动期间曾使用过的几个陆上处置场的放射性状况进行评价和改善。一个这样的处置场位于新泽西州的米德尔塞克斯布鲁(Middlesex Borough),大约有 90000 吨土壤(分布面积达 40000 平方米)受到轻微污染(约 4 居里*)。若铲除这层土壤,一种意见是把它们倾抛于海洋:可直接投弃于深水倾废场的水体中,或者用包装箱沉于远离海岸的海底。

(c)高放核废物或超铀废物的海床下处置 这些年来,美国(通过在新墨西哥州阿尔伯克基的桑迪亚国家实验室协调过的一个计划)对海床下处置高放核废物的可能性进行了考察。技术和环境的可行性研究将到 80 年代末完成。如果这些

* 1 居里 = 3.7×10^{10} 贝可,全书同。

研究和其它研究证明这种方法可行,则在 90 年代可以安排进行海床埋藏的示范。

(d)退役的核反应堆和有关设备 美国的几座大型商业反应堆已接近寿命的末期。人们打算将这些反应堆用混凝土密封起来,直到它们的放射性衰减到安全水平。但是,反应堆某些部件的放射性可保留几千年。虽然现在未提出关于核反应堆和其辅助部件海洋处置的建议,然而这种建议可能会被提出来,特别是如果开创了海洋处置(核潜艇)先例的话。

国家海洋和大气顾问委员会在研究海洋处置课题期间得出了几种结论。(见附录 F-NACOA 调研编年表)。第一个结论是:由于相互非常不信任,对一些问题进行合理讨论往往非常困难。一方面,大部分公众和他们的代言人似乎还不了解我们人类一直生活于低水平的天然本底放射性之中,因而甚至对由人工放射源造成的最低水平的污染都感到惧怕。另一方面,专家们过去处理放射性废物问题以及适当地向公众公布情况的实际记录,未能使公众对他们目前的管理计划给予信任。

国家海洋和大气顾问委员会的第二个结论是:海洋处置是一个国际问题。海洋过程并不能识别国家边界。NACOA 不仅应关心美国的放射性物质的海洋处置政策,而且还要关心其它国家在这方面的政策。还必须认识到,美国关于放射性废物海洋处置政策的任何变化,都将对其它国家的这些政策产生强烈影响。

人工放射源

因为上述结论,NACOA 的总结不是只限于美国的活动。第一章论述了国际上正在增长的放射性废物的贮量。粗略地说,这些废物可以分成两部分:一部分是(商业、军事和研究)

反应堆产生的乏燃料棒和其他剩余物；另一部分则是几乎包括一切的放射性废物。放射性废物问题的核心，包括对半衰期超过几万年的长寿命超铀元素如何处置的激烈争论，都涉及到对乏燃料棒的处理。

在商业性反应堆的乏燃料棒中，96%左右的放射性物质属于可再回收利用的铀，1%是反应堆运行期间在燃料棒中产生的钚。剩下的废物在美国称为高放废物，乏燃料棒也被认为是高放废物。从1976年到1981年，美国政府禁止对商业反应堆的乏燃料棒进行后处理（对研究堆和军用堆仍进行）。颁发这种禁令，是由于美国和其它国家进行后处理有可能导致钚的国际贸易，以致钚有可能落入恐怖分子之手，或流入当前因缺乏钚而不能制造核武器的国家。美国现今虽然不再禁止商业堆乏燃料元件的后处理，但美国在近期似乎还不打算再引入这种活动。

由于供电不太紧张、反应堆成本升高以及公众舆论这些综合因素，美国的核电工业的发展受到了限制。像日本和法国这些国家，由于石油和煤炭的储量不足，它们的核电容量仍在继续增加。因此，不管美国的政策如何，乏燃料的贮量仍将继续增长。1980年美国核电站发电占全部商业核电站发电量的40%，到2000年，美国计划占世界商业核电站发电量的30%左右（表1-3）。

在正在增长的核废物的总放射性中，虽然乏燃料棒的放射性占99%以上，然而其体积只占很小一部分（图1-3至图1-6）。大量的低放废物包括：医院和研究机构的人员操作少量放射性时使用过的玻璃器皿、手套和工作服；核燃料加工所用过的器械；放射性核素实验或处理过程中的剩余物；以及被感生放射性或载带的痕量放射性核素沾污的各种类似物品

等。

最后,还有在铀矿石开采和加工时产生的大量尾矿。显然,这是一种自人类起源以来一直与其共存的天然放射性,然而它们的再分布可能并非天然,某地区的浓度可能增大。因此,处置这些尾矿需要采取可能的控制措施。

海洋放射性

美国、苏联、英国、法国和中国在地面、空中或海洋中进行的大约 360 次核爆炸,是海洋中最大的人工放射源。由于这些核爆炸,约有 5500 万居里的铯和锶进入海洋。另外,海洋中接收的几亿居里的氚(氢的放射性同位素)也是核爆炸产生的。某些核事故可能是海洋中第二大人工放射源。美国失事的两艘核潜艇(长尾鲨号——THRESHER 和蝎子号——SCORPION)的动力装置,每一个大约含有 1 百万居里的放射性。苏联虽然未曾公布失事核潜艇的官方数字,但据我们估计可能已有几艘失事,至少也有一艘。另外的放射源包括 10000 居里钚,是由失控火箭和失事飞机上的核武器产生的。

相比之下,谨慎地向海洋倾倒放射性物质比较相宜。美国在 1970 年停止海洋处置放射性废物以前,用 90000 个容器(多数为 208.2 升的桶)向远离海岸的四个主要倾废场处置了有包装的低放废物,其放射性约为 95000 居里。从 1955 年到 1964 年,哥伦比亚河上的汉福特反应堆每年产生的人工放射性,大约有上述量的 3 倍,以悬浮物或溶解物的形态排入太平洋。

尽管美国谨慎地向海洋排放人工放射性的活动已经停止,但其它国家仍然继续排放。最大的一个排放厂是英国的塞拉菲尔德(前身称温茨凯尔)工厂,它一年向北爱尔兰海排放

200000 居里。另外,到目前为止,英国和一些欧洲共同体国家,大部分以 208.2 升的桶装形式,向指定的东北大西洋中 4000 米深的倾废场年平均投放 44000 居里的放射性物质(表 II-2,1944 年以来进入海洋的人工放射性物质)。

除了事故情况下进入海洋的放射性物质以外,海洋中的所有人工放射性物质都属于低放废物。现在,还没有哪个国家向海洋处置过高放废物。据了解,也没有一个国家打算采用这种处置方案。但是,包括美国在内的一些国家,正在考虑在海底以下沉积区深部埋藏高放废物。目前,在经过欧洲经济合作与发展组织的核能机构(Nuclear Energy Agency of the European-based Organization for Economic Cooperation and Development)协调的一个合作计划的指导下,正在对这种方案进行研究。

目前的政策

在 1982 年的《核废物政策法》(Nuclear Waste Policy Act)中,规定了美国关于处置高放废物,即乏燃料棒及其处理后剩下的放射性的政策。遵照该项法令,预期美国在本世纪 90 年代将建立第一个陆地埋藏场。美国目前的政策是要寻求陆地处置高放废物的解决办法。据 NACOA 判断,在深海床(deep seabed)处置计划中参与合作的其它国家都有类似的政策。但是,在美国一些处置高放废物的可能场所已经被取消了。人们曾经选定了最终处置场所,但并未考虑当地居民的关注这一政治问题,也许这一点更为重要。由于这些原因,一些观察家认为,不管美国目前的官方政策如何,使用深海床处置高放废物的可能性不会减少。况且,像日本、英国这些国家,没有美国那样的优越地理条件。由于这些国家缺乏合适的陆地处置场所,他们可能无路可走而只能选择海洋处置方案,如果进一步

地研究表明海洋处置方案确实是一种合理的安全方案的话。

美国当前不允许向海洋倾倒低放废物和高放废物。为了处置由医院、研究实验室和其它机构产生的全部低放废物,必须寻找陆地处置场。1980年的《低水平放射性废物条例》规定,每个州必须负责处置该州的商业性低放废物。而且,1983年1月,对《海洋保护、研究和庇护法》(Marine Protection, Research and Sanctuaries Act)进行了修正,规定除小规模研究项目以外,有关海洋倾倒放射性物质的条例内容要延期两年。在延期之后,国会两院必须对每项专门计划的授权通过联合决议,环境保护局才能颁发在海洋中处置低放废物的许可证。

1972年的《伦敦倾废公约》(London Dumping Convention)(关于防止海洋因倾倒废物和其它物质受到污染的公约)有些不太严谨。该公约虽然规定禁止倾倒高放废物,然而允许有限制地处置低放废物。最近,有些国家对进一步限制可倾倒物质的数量和种类表示关切(见第三章)。

在海床下沉积区深层处置高放废物的问题尚无任何国际法律作专门规定。但是,美国和包括日本、苏联在内的54个国家,以及几乎全部西欧国家都是伦敦倾废公约的缔约国,在这个论坛上,将讨论在海床下处置放射性废物的问题。

有争议的问题

认为海洋是人工放射性废物的良好贮存场的人,以及反对利用海洋处置的那些人,都往往引海洋科学为据。后者常常认为,我们对海洋过程的了解还很不够,最好持保守主义的态度,因为倘若未来研究表明犯了错误,那将是很难挽回的。关于利用海洋的争议问题比较复杂,不过可总结为以下几个方面:海洋已经容纳了大量的天然放射性,既有从开天辟地就存