

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：考察)

赴美國核管會及環保署考察公差報告

服務機關：行政院原子能委員會

職稱：簡任副處長

姓名：尹學禮

出國地點：美國

出國期間：90年8月13日至8月19日

報告日期：90年10月18日

摘 要

此行的主要目的地，包括拜訪美國的核管會討論核電廠之環境監測及民眾劑量管制，美國對國際放射防護委員會六十號報告納入管制的規劃，核電廠除役之輻射防護，及其工作職掌與環保署之互補與區野等課題。另外拜訪了美國的環保署，討論飲水中放射性含量之管制，目前對氫氣之管制狀況，濃集之天然放射性物質管制及其在立法與管制上與核管會之關聯性等課題。除了交換管制上的經驗與資訊外，也收集了一些飲用水中放射性含量管制標準，核設施除役程序，濃集天然放射性物質評估等法規與技術報告。可供研訂相關辦法或規範以及執行各項稽查管制作業時參考。

目 錄

一、 目的	1
二、 行程	3
三、 與核管會討論內容	4
四、 與環保署討論內容	9
五、 結論	15
六、 建議	18
七、 附錄	20

一、目的

核設施之輻射防護管制及環境之輻射安全是民眾十分重視的課題，國際上對此課題亦一直有持續的各種研究與討論，美國的核管會掌管各核設施之執照核發與管制，而環保署對環境住家及飲水等也訂有各種輻防標準。參引美國的相關發展與經驗，對精進我國輻射防護的管制能力，與規劃各項管制規範、辦法的研擬，都有其助益與必要性。故透過中美民用核能合作計畫案下編號 AE-NR-Z9 核物質事件之應變與管理“Response and Management of Nuclear Material Event”的工作執行，經由駐美經濟文化代表處科學組安排前往美國核管會及環保署拜會考察，針對核電廠之環境監測與民眾劑量管制，美國對國際放射防護委員會六十號報告納入管制之規劃，核電廠除役之輻射防護，飲水中放射性含量之管制，氫氣之管制，濃集天然放射性物質之管制等輻射防護課題，進行討論及經驗交流。除了交換互相在執行輻防管制上的經驗外，也希望了解美國在此一領域發展的現況與趨勢，以作為我國研

擬相關管制法規及執行稽查作業時的參考。

二、 行程

90年8月13日(週一)行程(台北 紐約)

8月14日(週二)行程(紐約 華盛頓特區)

8月15日(週三)拜會美國核管會

8月16日(週四)拜會美國環保署

8月17日(週五)資料整理及返程(華盛頓特區 紐約)

8月18日(週六)返程(紐約 台北)

8月19日(週日)返程(紐約 台北)

三、 與核管會討論內容

由於此行之時程很短，所有之拜會均先行請駐美科學組 (Taipei Economic And Cultural Representative Office, TECRO) 曾東澤副組長代為安排，曾副組長並一同參與拜會與討論。由於希望在有限的時間內能作最有效的經驗與資訊交換，所以在行前已將各項擬討論的題目請曾副組長先送交美國核管會，以利討論。美國核管會參考與討論的人員包括：

(1) Kevin D. Burke (主要連繫人)

Senior International Relations Officer
Office of International Programs.

(2) E. Vincent Holahan, Ph.D.

Senior Technical Advisor
Office of Nuclear Regulatory Research.

(3) John H. Lusher

Health Physicist/Project Manager/ Inspector
NMSS/FCSS/UR.

(4) Robert A. Nelson

Chief. Facilities Decommissioning Section

Division of waste Management.

(5) John W.N. Hickey

Chief

Materials Safety and Inspection Branch.

各項題目的討論情形說明如下：

1. 核能電廠及輻射作業場所污染之處理

由於核能電廠在停止運轉後六十年內都可以進行除役的工作，其可能的污染多在管制區內，除了於核電廠停止運轉後會有監測器以隨時監看空氣中之劑量率外，亦可藉由取樣方式、利用分析土壤與地表水是否有放射性核種，例如銫—137 等作為除污的依據與標準。美國目前並未立法作外釋非限制使用的清潔標準 (Clearance Level)，但已請國家科學研究院 (National Academy of Sciences) 開始作研究，並預計在 2003 年送報告給核管會提出有關處理各類固體污染物品材料的建議。由阿崗國家實驗室 (Argonne National Laboratory) 余家禮博士發展的 RESRAD 程式是目前常用以評估污染後對人員環境造成劑量影響的評估程式，核管會將作相關審

查，其中一部分污染物會作為低放射性廢料來處理，而對數量相當大的污染水泥其中劑量較低的部分可以作為路基再使用。除役的申請，審查與執行情序如附錄 1。

2. 核電廠除役之輻射防護

美國對核電廠除役後廠址要作非限制使用時之劑量標準是每年 25 毫侖目，並需考慮合理抑低(As Low As Is Reasonably Achievable, ALARA)，在劑量評估時考慮了所有可能的曝露途徑，並評估 1000 年內均要符合，才可以作非限制使用。依據非限制使用的標準，核管會據以導出諸如建物表面、土壤等之清除標準，針對土壤部分係考慮居民種植的情景，亦即保守假設有住在該處之居民並在當地種植作物食用，以估算其可能遭受到的劑量。

在除役完成前，電廠仍需執行大致與運轉期間相當的環境監測，例如空氣監測以及各種環境樣品的取樣分析等。

如果核電廠除役後其廠址擬作限制性使用時，其年劑量上限為 100 毫侖目，甚至某些情形情況下可以允許

到每年 500 毫侖目，惟需配合有監管措施以及委託獨立第三者的財務保證等。

3. 核設施營運時之環境監測及民眾劑量管制

此一部分，美國的作法與我國相近，大致上均是依各電廠安全分析報告核准的內容來執行各項環境監測工作，但僅是將半年報提送核管會，我國目前則於每年年底前，要求各設施提報下年度環境輻射偵測計畫送原子能委員會審查後據以實施，且所有環測結果分別以季報及年報送原子能委員會審核，如有異常升高情形即追蹤查明肇因並要求改善。美國核管會在作審查時並會針對各核設施提出之關鍵群體人員劑量作審查。我國對各核設施環境周圍之關鍵群體亦曾進行探究，瞭解其與環測佈點之關連性，俾確實掌握核設施對環境及民眾之影響。

4. 國際放射防護委員會第六十號報告納入法規之規劃。

美國目前針對國際放射防護委員會第六十號報告(ICRP-60)雖有作一些考慮，但基本上的作法是未有任何具體行動(Do-Nothing)。相關的研究評估主要是針對調整工作人員的劑量限度，由每年 50 毫西弗改為五年

不得超過 100 毫西弗(即平均每年為 20 毫西弗)了解其對已核准的設施有那些影響。由於目前所有工作人員受到之劑量均已很低，所以包括核管會，能源部及環保署均無規劃修正相關法規的計畫。

另外一項考量則是因為美國的聯邦法規 10 CFR 20 是在 1991 年才作過一次修正，如果規劃再作修正，無論對立法規劃或業者都會有很大的影響，特別是在醫學應用領域會更複雜。

5. 飲水、食物等放射性含量管制標準

此一部份標準之訂定是由環保署負責，而據了解其標準仍是以全身劑量而非全身有效等效劑量作標準。

核管會並補充說明，在聯邦法規 40 CFR 141 內由環保署擬訂飲用水的各項標準。此一部份我們向核管會說明將於拜會環保署時一併加以討論。

四、 與環保署討論內容

此次拜會的是環保署位在華盛頓特區賓州大道的 Radiation Protection Division, 由曾東澤副組長陪同拜會，美國環保署參與討論的人員包括：

- (1) R. Thomas Peake (主要聯繫人)
Environmental Scientist
Radiation Protection Division.
- (2) Julie S. Rosenberg
Deputy Director
Radiation Protection Division.
- (3) Gregorgy D. Brunner
Mechanical Engineer
Indoor Environments Division.
- (4) Loren W. Setlow
Certified Professional Geologist.
- (5) Rafaela Ferguson
Office of Radiation and Indoor Air
Radiation Protection Division

各項題目的討論情形說明如下：

1. 美國環保署在輻射防護領域之工作

環保署主要是負責環境中之輻射問題，其工作包括法規的研擬與執行，技術資訊研究，提供分析技術支援其他單位，緊急應變及提供民眾相關資訊。環保署扮演的角色是限制曝露相關標準的頒佈，量測環境中的輻射並評估其效應，提供民眾風險的資訊並宣導減少曝露的方法。環保署人員說明核管會的工作除了執行環保署與其自訂的標準外，主要是管制民用的核物料使用，而能源部的主要工作則是管制核子武器生產之物料。

2. 飲水中放射性含量管制標準

美國飲用水的聯邦法規 40 CFR 141 上一版本是公布於 1986 年 4 月，而最新一版的已於 2000 年 12 月 7 日公布。其內容中限制標準大致均與 1986 年版者相同，包括鐳-226 與鐳-228 之活度限值為每公升 5 微微居里 (5pCi/h)，總阿伐粒子活度(包括鐳-226 但不包括氦及鈾)限值為每公升 15 微微居里 (15pCi/h)，水中人工核種造成任何個人的全身劑量或器官劑量每年不超過 4 毫侖目。針對特別核種氫其水中活度限值為每公升 20000

微微居里(20000pCi/h)，銻-90 之水中活度限值為每公升 8 微微居里(8pCi/h)。

至於本次修正版本中，是增加規定了飲用水中鈾的活度限值為每公升 30 微克(30 $\mu\text{g/L}$)，要求符合此規定的時間是自 2003 年 12 月 8 日開始。主要是考量美國一些礦可能會影響到飲用水，所以增加了此項要求。此外由於日益重視飲用水的品質，所以此次在修訂 40 CFR 141 中，也定了一項目標值，希望將飲用水中包括鐳-226，鐳-228，不包括氡與鈾之總阿伐，貝他與加馬之活度，以及鈾之活度均定為零，期以不斷改進，這應該也是合理抑低精神的發展。40 CFR 141 之條文內容如附錄 2。

3. 氡氣之管制

經由美國國家科學研究院的研究指出，氡氣是造成美國人民肺癌僅次於吸煙的原因，而美國每年死於肺癌的人數約在一萬五千人至二萬二千人之間，其中 12%與氡氣有關。經由國家科學研究院指出美國建築物室內氡氣含量每公升大於 4 微微居里列為第一級，多分布在美國本土之北部地區，約占七千六百萬人口，室內氡氣含量

每公升在 2 至 4 微微居里者列為第二級，分布約在美國本土之中西部一帶，約占一億又一百萬人。而室內氡氣小於每公升 2 微微居里的列為第三級，約占九千六百萬

人。

自 1985 年開始迄現在為止，美國約一億戶的住宅中在環保署的宣導與建議下，已有 18% 作過氡之測試，而其中已有五十萬戶已完成氡氣之改善措施。其採用的方法是自地下室安裝抽風管路，使氡氣可以直接排入大氣而不致在室內累積，達到減少人們受到劑量的目的。

4. 天氣放射性物質的管制

環保署了解並無法以單一規定來管理所有的天然放射性物質 (Naturally Occurring Radioactive Materials, NORM) 或濃集之天然放射性物質 (Technologically Enhanced NORM, TENORM)，TENORM 是指天然存在於土壤或礦內的核種，經由人類之工業活動而使其濃集，造成環境輻射上可能的顧慮。而其一般的出發點是先作劑量及風險的評估，美國因有些含天然放射性物質的礦，所以人們會取用無開採價值的礦區土石作建材，因而會有輻射影響的顧慮。目前美國並沒有

針對濃集天然放射性物質 TENORM 的聯邦法規。美國由於有鈾礦，所以在聯邦法規 40 CFR 192 中有關鈾礦渣的輻射管制包括土壤表面 15 公分鐳-226 之平均活度限值為每公克 5 微微居里。而針對居住建物可能氡氣濃氣太高，對室內加馬輻射劑量率超過背景值達每小時 20 微侖琴以上者，作為建議改善的標準。

美國環保署委託國家科學研究院針對 TENORM 的規範作評估，並完成了一本報告”Evaluation of Guidelines for Exposures to Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials”針對濃集天然放射性物質的主要來源，對人的曝露及其劑量評估，環保署現有的一些管制規範，氡氣的管制，及對TENORM管制上應注意的事項作了評估，這本書的摘要(Summary)部分如附錄 3。

討論結束後，Thomas Peake 又特別提供了一篇由環保署委託 Institute for Alternative Futures 編撰的報告 2025 年的輻射防護(The Future of Radiation Protection : 2025)，提供包括能源、醫療、研究、農工業、監測、運送及廢料等各方面在今後 25 年面臨的

輻防問題，主要可以分為能源、醫療、國家安全、工業與商品以及其衍生的問題(例如廢料、運送、意外事故)等五大領域，是值得持續注意並妥為管制，以確保使用輻射之利而避免其可能之弊的重點，此一報告之內容如附錄 4。

五、 結論

經由此次拜會美國的核管會與環保署，雖然行程很緊湊，但由於事前的妥善安排所以討論十分順利，預先安排的課題都有作經驗之交換，也獲致了以下幾點結論：

1. 美國迄現為止並未將國際輻防射護委員會第六十號報告的建議，納入相關的管制法規內，除了考量成本與對已核發執照單位的影響外，主要是認知到目前參與各輻射作業人員所受到的劑量都十分低，實質上並沒有要作任何改善措施的迫切性。而各相關輻射作業也不會因為法規未將 ICRP-60 納入，而刻意去違背劑量合理抑低的輻防作業精神。我國現行的游離輻射防護安全標準是依國際輻射防護委員會第二十六號報告內容研擬的，但已將民眾受輻射作業之劑量限度規範為與 ICRP-60 報告者一致為每年 1 毫西弗，對民眾之輻射安全有明確的保障。我國參考 ICRP-60 報告所研擬之游離輻射防護法，對相關作業有更完整的規範，目前已在立法院完成一讀之審議，俟其完成立法，將更能確保輻射安全與民眾健康。

2. 核能電廠提供了經濟發展與民生樂利所需要的能源，可是民眾更關切它所可能造成的輻射問題，特別是當核電廠不再運轉後，需執行除役的動作。美國核管會對除役的申請審查及執行都有完整的規定，針對除役過程之輻射防護工作大致上與核電廠運轉期間者相當，而核電廠除役完成後可依原申請之內容作為限制性使用或非限制使用。
3. 美國環保署對與一般民眾生活最相關的室內氡氣問題花了很多的心力，經由委託國家科學研究院研究，了解美國本土的住戶室內氡氣分佈情形，再透過宣導與建議，使民眾可以依意願去改善室內氡氣的濃度。台灣的住戶並沒有如美國室內氡氣濃度的問題，依研究調查台灣住家室內氡氣之濃度約為每立方米 10 貝克，約含每公升 0.27 微微居里，僅約為美國住家室內氡氣濃度的十分之一，並不需要作特別改善的考量。但為降低室內天然氡氣對民眾健康造成之風險，亦已參考了國外有關之行動基準值，訂定了室內氡氣濃度改善建議值為每立方米 150 貝克，與美國的標準相同。
4. 美國由於有不少放射性物質的礦，所以衍生出濃集天然

放射性物質的現象，但迄今為止仍無法擬出一套適用的聯邦法規作有限的管制，雖然各州也有些規範，但多是因其特有之性質或現象去作管理，足見其複雜性。台灣雖然沒有含高量放射性物質礦的存在，但針對建築材料用事業廢棄物的放射性含量，已訂有限制要點，只要符合活度或劑量率之規定，煤灰、爐渣等事業廢棄物均能合理而安全地使用於建築材料上。不致危害環境的輻射安全，可確保民眾的健康。

5. 此次拜會美國核管會與環保署，因對方均為政府機構，聯繫上透過駐美台北經濟文化辦事處方能有效安排，辦事處科學組曾東澤副組長原亦任職於原能會輻防處，不僅熱心盡力協助安排，並發揮其專業知識一同參與討論，使在有限時間內達到最有效的經驗交換。

六、 建議

經由此次赴美國核管會與環保署之考察，與相關技術人員進行討論與經驗交換，提出以下幾項建議：

1. 核電場之除役工作涉及的技術很廣泛，世界各國均積極研究。我國三座核電廠均已步入盛年，針對除役有關之人力與能力應積極規劃，除了隨時瞭解國際上相關除役技術的發展情形外，也應在經費許可下，培養專業技術與人力，供未來之需。
2. 隨著科技與民生的發展，濃集天然放射性物質 TENORM 會逐漸更為人們所重視，雖然它不是主要的產品，但衍生的輻射現象不是單一法規可以規範，我國雖已訂有建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點，但仍應注意國際間相關技術發展及可能衍生的問題，並視需要訂定管理規範，使民生的發展和民眾安全的保障可以兼顧。
3. 美國雖尚未將國際放射防護委員會之 ICRP-60 報告內容納入法規，但相關研究工作有在進行，而環保署針對飲用水也修訂了放射性含量標準。我國的游離輻射防護法已在立法院完成了一讀的審議，相關的細則與子辦法也

正在積極研擬中，其相關內容應參酌我國之國情及美國與世界其他先進國家之法規與規範制定，除保障民眾之安全外亦可保持與世界各國之法規發展接軌一致。

- 4.輻射的現象在宇宙中已長久存在，人類發現與使用輻射也超過了一百年，除了使用其益處外也逐漸瞭解到輻射防護的重要性，而持續發展出相關之防護標準與措施。相關的研究工作涉及層面很廣，國內有關的研究也很多，在中央預算可能的範圍內應加強推動輻防的研究工作，期能藉一流的研究成果與國際社會多作溝通，當更能獲得大家的重視與尊重。

七、 附錄

1. 除役之程序

2.40 CFR 141 飲用水管制法規

3. Evaluation of Technologically Enhanced Naturally
Occurring Radioactive Materials

4. The Future of Radiation Protection:2025