

- 出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會
- 地 址：新竹市光復路二段406號2樓 ■ 電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
- 編輯委員：王昭平、李四海、邱志宏、翁寶山、許文林、張寶樹  
葉錦勳、董傳中、趙君行、劉仁賢、蔡昭明、蘇明峰（依筆劃順序）
- 發行人：曾德霖 ■ 主 編：劉代欽 ■ 文 編：李孝華
- 印刷所：大洋實業社 地址：新竹市光復路二段376之9號  
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

## □輻防消息報導

### ▲本協會新舊任董事長交接（輻協訊）

本協會自民國 79 年從第一屆起連任四屆董事長曾德霖教授功成身退，於民國 91 年 7 月 1 日卸下董事長職務，由執行長翁寶山教授接任第五屆董事長。7 月 2 日本協會同仁於業務會議上歡送曾董事長，並贈一詩曰：

德被輻協十餘春，

創業維艱甘如霖。

功成身退餘蔭在，

核界誰人能與倫。

後會全體同仁在雅啤餐廳聚餐，曾董事長將本協贈予的「卸職金」悉數捐出，充當本協會的福利金。翁董事長也勸勉全體同仁效法曾董事長清廉簡樸的生活，作為本協會的優良傳統，繼續服務輻防界。

### ▲考試消息

（輻協訊）

「游離輻射防護法」業於 91 年 1 月 30 日公布，原能會辦理之輻防人員認可測驗及操作執照認可測驗，自下次（91 年度第二次輻防人員認可測驗及 91 年度第二次「非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備」操作能力及游離輻射防護知識測驗）起，測驗內容的「原子能法等相關輻射安全法規」及「原子能法有關法令」將改考游離輻射防護法（相關條文請於原能會網站「原子能法規」、「壹、基本法規」、「五、游離輻射防護法」項下參閱），請有意參與認可測驗人員及早準備。

91 年度第二次「非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備」之操作執照考試，將於民國 91 年 10 月 26 日（星期六）下午舉行。報名日期：自 91 年 9 月 9 日至 13 日截止（一律採通訊報名方式）。請詳閱「執照測驗簡章」或電洽(03)5710340 朱鐵吉教授。

### ▲蒙地卡羅計算應用於數值化人體之體內劑量評估（核研所 吳杰）

國際放射防護委員會（ICRP）對於個人所接受的輻射劑量限制都有提出一套的建議值，這些建議值一直都是各國制訂其輻防法規時的圭臬，但是其中所定義的輻射防護量（等價劑量 equivalent dose、有效劑量 effective dose）是根據人體中某一個組織或器官的平均吸收劑量而得來，並無法直接利用輻射量測儀器度量而得知，所以必須使用蒙地卡羅模擬的技術予以計算評估。

所謂蒙地卡羅模擬技術是利用已知輻射與物質作用的機率，各種元素在組織或器官內的分布情況及與其他組織的相對位置等資訊，以亂數的方式在電腦中模擬實際輻射的產生與輻射與物質作用，最後求出能量沉積於靶器官造成劑量的情況。因此只要模擬的輻射數目足夠多，模擬的結果通常可以代表在真實情況下體內組織或器官所吸收的劑量。目前常使用的蒙地卡羅模擬程式有 EGS4、MCNP 等。

當利用蒙地卡羅模擬技術評估體內劑量時，人體組織器官的形狀及組成的元素分布等資訊，可利用數值化人體模型來取代每一個獨立個體的組織器官。所謂數值化人體模型是使用二次數學方程式來描述每一個人體器官組織的位置與形狀，由於此人體模型是利用統計的概念所取得的平均中數，所以利用此模型所得到的劑量足以代替相同性別與年齡範圍的一般人。

在了解核種的種類與其在體內器官的分布情形後，利用蒙地卡羅模擬與數值化人體模型的技術結合，即可準確地評估出體內器官或組織的等價

劑量與人體的有效劑量。核能研究所保健物理組自民國 89 年起開始進行數值化人體模型及其體內外劑量評估模式研究，並引進 Body Builder 技術程式。同時為了解決蒙地卡羅模擬須耗費極大的電腦運算時間，因此完成個人電腦叢集系統（PC cluster），共有 8 部個人電腦以叢集方式進行運算，可縮短運算時間達 7 倍以上，形成一個強而有力的運算工具。

### ▲改善射源管制的國際新創意

(原能會 張志堅)

國際原子能總署(IAEA)已經展開一項重要的新創意，來改善管制全世界每天用於工業及醫療的大量射源。IAEA 主席 Mohamed El Baradei 最近宣布，這項活動的目標在完成管制強力射源的世界標準；他說「我們需要的是高強度射源從搖籃到墳墓的管制，來防護射源免於失竊或流入恐怖用途。我們的一項優先工作是去幫助許多國家來擬訂和加強國家法令，以確保這些射源無論何時都受到適當的管制」。El Baradei 先生補充說，有一些具備管制系統的國家已經加強安全措施，但是許多國家仍缺乏資源或國家架構來有效管制射源。

第一階段，IAEA、美國能源部(DOE)及蘇俄原子能部(Minatomb)已經組成一個三邊小組，其目標是發展一項協調及先進的策略，來尋找前蘇聯時期遺留的所謂「孤兒射源」(orphan sources)，並加以保存及回收。IAEA 說，這項將由 DOE 及 Minatomb 資助的創舉，代表對這個區域內所遺失或難防守的射源所造成威脅的第一個共

同國際反應。

全世界使用射源來造福民生已有數十年，其目的包含疾病的診斷及治療、油井及水源的鑽探、食品照射等。IAEA 指出，雖然這些射源數以百萬計，但只有一小部分射源強到足以引起嚴重的輻射傷害，這些高強度的射源必需優先關注。IAEA 指明工業射線照相、輻射醫療、工業照射及熱電產生器所使用的射源，從安全及保安觀點來看最為重要，因為射源包含高強度放射性物質，例如銥 192、鈷 60、銩 137、及銲 90。

這項活動的展開起因於美國逮捕

一名被控圖謀利用髒彈(dirty bomb)進行攻擊的美國公民。IAEA 指出，這種炸彈爆炸雖然可能殺害或傷害許多人，但是對於民眾所造成的輻射曝露卻是難以預測。IAEA 補充說明，在所有可能性裡面，髒彈最嚴重而明確的衝擊將是疏散民眾所引起的社會混亂、污染物清除以及經濟損失。IAEA 亦指出“孤兒射源”潛在的意外風險，包含未列管射源、遭棄置或遺失射源以及失竊或未經授權而移除射源，全世界這種射源推估數以千計。(摘譯自 NucNet News No.221 2002 年 6 月 25 日)

### ▲「游離輻射防護法」對輻射照相檢驗業之影響及因應之道

(原能會 張志堅)

一、游離輻射防護法即將於明年一月一日開始實施，此法對於採行照相檢驗的非破壞檢測(NDT)公司將產生下列主要衝擊：

(一)職業曝露限值降低：劑量限值由每年 50 毫西弗降低至每 5 年不得超過 100 毫西弗。任一年不得超過 50 毫西弗。

(二)工作場所應劃分為管制區及監測區：管制區除應依照標準圍籬外，並應派人在管制區外的監測區負責監測及警戒。(意即現場工作每組至少設置兩人)

(三)產生輻射的機具(含加馬射線、X射線、土壤密度儀)10 部以下，設輻射防護員 1 名，每增加 5 部，增設輻射防護員 1 名，21 部以上，設輻射防護師 1 名，輻射防護員 3 名。

(四)輻射防護人員及操作人員的證照有效期限 4 年(舊法為無限期)。

(五)罰責很重(參閱本法第四章各條款)。

二、游離輻射防護法與 NDT 業較相關的條文及簡述如下：

(一)第七條：輻射防護人員之設置，輻射防護計畫之擬訂。

(二)第八條：輻射作業應確保對工作場所以外不造成超限之輻射強度。

(三)第十條：工作場所應劃分為管制區及監測區。

(四)第十三條：發生例如劑量超限或射源遺失等事故時，應通知主管機關。

(五)第十四條：輻射作業人員之年齡及教育訓練等規定。

(六)第十五條：輻射作業人員之劑量監測。

(七)第十六條：輻射作業人員之健康檢查。

(八)第二十九條：放射性物質及設備、輻射作業之申請許可。

- (九)第三十一條：輻射作業人員之證照及有效期限。
- (十)第三十二條：放射性物質及設備許可證之有效期限五年。
- (十一)第三十三條：許可內證容變更之申請。
- (十二)第三十四條：放射性物質及設備之停用及再使用規定。
- (十三)第三十五條：放射性物質及設備之永久停用規定。
- (十四)第三十六條：放射性物質及設備視為永久停用之規定。

三、新法雖較舊原子能法嚴謹，但對業者也是轉機，因應之道建議如下：

- (一)高成本的時代已經來臨，必須摒除已往以量制價的觀念。前項本法對 NDT 業的衝擊均直接反應到成本的提高。當務之急，建議公會儘速邀集業者及專家就輻射檢測(RT)的成本予以評估（含直接，間接成本），訂出合理的參考單價範圍，其結果由全體業者簽名確認。可行的話，以公會名義行文業主說明。對於業者不合理的報價，由公會通知主管機關加強檢查。
- (二)新法的罰責明確，建請業者對文書作業及現場作業應確實執行，以往原能會檢查的缺失每一項未來都代表罰款，請 NDT 業者認真檢討以往缺失並予以改善，避免再犯。
- (三)依國內射源的使用狀況研判，新法的罰款來源大多數將由 NDT 業來貢獻。奉勸業者必須調整心態，趁新法的實施，合理調整單價，並在合理的價格下，規規矩矩依照法規及安全作業程序從事輻射作業，才是永續經營之道。

#### ▲可再使用的各業界報廢射源

(INER廢料處理場)

原能會已接收可再利用之各業界報廢射源強度、數量如表；歡迎各業界依規定重新申請再使用。連絡人：沈庭毅。連絡電話：(02)23651717、(03)4711400 轉 5830。

核種	A<1μCi	1μCi≤A<10μCi	10μCi≤A<100μCi	100μCi ≤ A<1mCi	1 mCi≤A<10 mCi	10 mCi≤A<100 mCi	100 mCi≤A<1 Ci	1 Ci≤A<10 Ci	A≥10 Ci
鈉 22	2	0	0	0	0	0	0	0	0
鐵 55	0	1	0	0	0	10	0	0	0
鈷 57	8	6	4	1	0	0	0	0	0
鈷 60	18	0	4	40	41	8	0	1	1
鎳 63	0	0	0	0	3	2	0	0	0
氬 85	0	0	0	0	2	23	50	0	0
錮 90	2	0	0	1	8	3	0	0	0
鎘 109	0	1	2	5	0	0	0	0	0
碘 125	1	0	0	0	0	0	0	0	0
碘 129	5	0	0	0	0	0	0	0	0
鉍 137	3	0	4	1	82	86	34	19	1
鉅 147	0	2	32	6	0	5	2	0	0
釷 153	0	0	0	0	0	1	1	0	0
銦 192	2	0	1	0	0	0	0	0	0
鐳 226	1	2	2	6	29	10	0	0	0
鐳 226/鍍	0	0	0	0	3	0	0	0	0

鈾 232	0	2	0	0	0	0	0	0	0
鈾 241	2	7	2	0	0	5	5	0	0
鈾 241/鈹	0	0	0	0	0	8	6	0	0

註：A=活度

單位：枚

## □會議訓練報導

### ▲為復甦核能景氣而呼喊的會議 — 2002年美國核能學會年會概述 (核能研究所保物組 張欽然)

2002 年美國核能學會年會於今年 6 月 9 日至 13 日於美國佛羅里達州好萊塢市(Hollywood)的 Westin Diplomat 飯店舉行，好萊塢市位於佛州最重要的海岸景觀公路 A1A 上。A1A 公路上有其他許多著名的海岸休憩城市，如 Palm Beach、Fort Lauderdale、和 Miami Beach 等；由好萊塢市沿著 A1A 一直南下，約 20 分鐘即到邁阿密市。經過邁阿密市後再往南，即出了美國本土陸地，行駛在約長 200 哩的海上公路，可以到美國本土最南端的帶狀島嶼城市，如有名的海明威的故鄉 Key West 等。筆者於 6 月 3 日至 7 日參加位於佛州甘斯威爾市(Gainesville)的佛羅里達大學舉行的第九屆國際核設施粒子遷移模擬技術訓練暨研討會(9<sup>th</sup> International Training Course/Workshop on Methodologies for Particle Transport Simulation of Nuclear Systems-Design, Dosimetry and Shielding)後，轉往參加 2002 年美國核能學會年會。

今年的美國核能學會年會是與另外一個主題會議 ICAPP(International Congress on Advanced Nuclear Power Plants)合併舉行。據了解 ICAPP 是由已舉辦十屆的 ICONE(International Conference on Nuclear Engineering)會

議分支而來。除了年會與主題會議之外，另外有兩個專業研討會(Professional Workshops)，一為「A Guide to Performing a Nuclear Due Diligence」，另一個為「Dry Spent Fuel Management – Lessons Learned (6<sup>th</sup> Workshop)」。因為筆者只申請參加 ANS/ICAPP 會議，所以並未參與必須額外收費的這兩項專業研討會。由於對「Nuclear Due Diligence」這個名詞的好奇，筆者也實地瞭解了一下這個研討會的內容。「Due Diligence」是一個屬於財務投資上的專用名詞，辭意可以解釋為「投資者對投資標的物的運轉、管理、資產負債和潛在獲利所進行的詳細調查與檢驗過程」。由於美國核能電廠為數眾多，多數投資財團或大的電力公司認為現有核電廠已經過了很多嚴峻的法規審核過程，且多數經營都有很高的獲利。因此併購或買賣核電廠的事情近年來時有所聞，而經營核電廠所需的專業與複雜性遠比一般的工廠高出許多，因此「Nuclear Due Diligence」這個研討會就是針對現有核能電廠的買賣行為所需具備的法規、財務、管理與核能技術進行一系列的研討。1998 年美國 PECO 公司和英國 British Energy 合資成立 AmerGen 公司，擬收購 GPU 公司所擁有的 TMI-1 機組(三哩島一號機組，註：曾發生嚴重事故的為二號機組)，即展開了美國核能工業史上第一次的「Nuclear Due Diligence」行為。這次這個研討會的主講人之一 Fred W. Griffels 就是一家

著名管理顧問公司的總裁，至少主導過 95 個「Nuclear Due Diligence」的案件。美國現今擬併購或買賣核電廠案例之多可見一般。

ANS/ICAPP 會議方式可概分為全體大會與分組會議兩大類，由 6 月 10 日至 13 日，每天早晨都有一次全體大會，全體大會所邀請的講者幾乎涵蓋全球主要國家的重量級核工業人物，各項分組會議則是涵蓋各種核工業技術的文章發表與討論。由於本次會議主題為「核能工業之復甦 (The Revival of the Nuclear Energy Option)」，因此所有全體大會演講內容的安排以及多數分組討論的文章發表都是以輝映「核能工業之復甦」這個主題為主。

在第一天的全體大會上，美國核能學會主席 Gail H. Marcus 就直接揭示了期待核能工業復甦的這個述求，認為美國極盼強勁的經濟復甦。核能工業是能源不斷需求增長，同時也是免於傳統能源持續污染環境的最佳解決方案。她認為核能工業現今已有最高的安全準則與可信度，以及高經濟效益，目前也有更新的核電廠設計概念準備要符合下一個 10 至 20 年的工業需求。Dr. Marcus 也明白指出美國目前亟需一個大躍進以解決核工業最大的一項爭議—用過核燃料與高放射性核廢棄物的儲存問題。因此她直接呼籲在場的貴賓參議員 Bob Graham 以及美國核管會委員 Nils J. Diaz，訴請參議院與核管會積極疏通雅卡山 (Yucca Mountain) 最終處置場申請案所遭遇的阻礙。

在其後幾天的全體大會上，有大會主席 Art Stall 主持的「迎接市場需

求的核能電廠 (Market-Ready Nuclear Power Plants)」、美國核能學會主席 Gail H. Marcus 主持的「第四代反應器計畫的發展路程 (Advanced Reactor Programs —Generation IV Roadmap)」、西屋公司 Regis A. Matzie 主持的「核工業的未來寄託於改良的建造與計畫管理 (The Future Depends on Improved Construction and Project Management)」、法國 COGEMA 公司 Jean-Louis Nigon 和 CEA Richard Lenain 主持的「核燃料循環與耐久性 (Nuclear Fuel Cycle and Sustainability)」以及會議技術主席 Samim Anghaie 主持的「核融合研究的突破 (Breakthrough in Fusion Research)」。其中除了核融合研究的議題多數仍屬於理論與實驗技術的探討，其進展仍無法明確預期外，其他主題其實都與所謂的「第四代反應器計畫的發展路程」這個目前比較明確的美國核工業發展主論調息息相關。

依據大會的各場演說以及所散佈的文書資料，可以概略的知道「第四代反應器計畫的發展路程」目前的狀態。它是起始於美國能源部 (DOE) 於 1999 年 6 月發起所謂的第四代反應器發展初始計畫 (Generation IV Initiative)，由 DOE 底下的核能研究諮詢委員會 (NERAC, Nuclear Energy Research Advisory Committee) 主導推動所謂的技術發展路程 (Technical Roadmap)，期間由 2000 年 10 月至 2002 年 10 月，目標在利用兩年的時間為第四代反應器勾劃出所需的制度、技術、法規，以及研究項目所需的和整個發展路程。依 DOE 的觀點，所謂的第一代反應器約指 1950

至 1960 年代所建造的反應器，如 Shippingport、Dresden 和 Magnox 等反應器；第二代反應器約指 1970 至 1990 年代所建造的反應器，如現在最多數運轉中的壓水式 (PWR) 和沸水式 (BWR) 反應器、CANDU、以及 RBMK 反應器；第三代反應器約指 1990 至 2010 年代所建造或將建造的反應器，如進步型沸水式 (ABWR) 反應器、AP600、以及 EPR 等反應器。依 DOE 的構想，第四代反應器希望能於 2030 年開始運轉。在 2010 年與 2030 年間，則提出所謂的強化型第三代反應器 (Generation III+) 為過渡，以增強第三代反應器的經濟效益為設計主軸。目前提出設計概念的有西屋 (Westinghouse) 公司的 AP600、AP1000 和 IRIS 反應器，法馬通 (Framatome ANP) 公司提出的 SWR1000 反應器，奇異 (General Electric Nuclear Energy) 公司提出的 ABWR 和 ESBWR 反應器，愛司龍 (Exelon Generation) 公司提出的 PBMR 反應器，以及通用原子 (General Atomics) 公司提出的 GT-MHR 反應器。

NERAC 為第四代反應器提出了三大設計標的：(1)核燃料的持久性 (Sustainability)，(2)系統運轉的安全性與可靠性 (Safety and Reliability)，(3)營運的經濟競爭性 (Economics)。持久性的標的必須靠新的燃料循環設計來完成，希望能滿足提高燃料使用效率、減少廢棄物營運負擔、以及抗核武擴散三個目標。安全性與可靠性必須靠新的系統設計觀念來完成，期望達成超越前幾代反應器甚多的安全性與可靠性、極低的爐心損毀機率、和

勿須廠外緊急應變計畫這三個目標。經濟競爭性則希望靠各種模組化設計以符合小區域電力需求以及以核能直接轉變成電力以外的多種能源形式來完成，因此當和他種能源選擇相較時，以優勢的電廠生命週期價值成本 (life-cycle cost)，和最低的財務危險性為兩個設計目標。DOE 希望以多邊國際合作的方式來發展第四代反應器，因此組織了「第四代反應器國際論壇 (Generation IV International Forum)」，簡稱 GIF。目前 GIF 成員包括阿根廷、巴西、加拿大、法國、日本、韓國、南非、英國、瑞士、和美國共 10 個國家，各參與國的核工業相關政府組織、研究單位或公司共約 150 個研究人員參與。GIF 並沒有常設組織或經費，只是由 NERAC 訂定每年召開會議的時間，和每次會議所要討論的議題。各國支持這項計畫的組織於會議前將指定的研討內容或新設計概念送至 NERAC，NERAC 會把這些文章或觀念散佈給其指定的各國的技術審議小組成員，然後於固定會議中討論。最近的兩次會議一個是今年 4 月於美國首府，另一個是今年 5 月在巴黎。目前有超過 100 件針對上述標的的設計概念被提出，依其特性被劃分成四種類型：(1)水冷式設計 (Water Cooled Concepts)，(2)氣冷式設計 (Gas Cooled Concepts)，(3)液態金屬冷式設計 (Liquid Metal Cooled Concepts)，和(4)非傳統式設計 (Non-Classical Concepts)。NERAC 希望在今年 10 月前討論與選擇出其中 6 至 8 種的設計，以做為第四代反應器的發展指標。由這些設計觀念引導出有幾項研究挑戰必須面對：(1)強調被動式

安全設計(Passive Safety Design)，盡量以自然的物理定律取代人為機械設計來提供系統安全，(2)必須改進燃料和爐體材質製造工藝，以提供適應各種冷卻劑條件下長達 4 年至 10 年的高溫爐心燃料週期，相對的可以減少燃料更換頻率、人員曝露和廢棄物產生，(3)燃料再循環利用的工藝必須再改進，以提高燃料使用效率與經濟性，(4)研究強化適應各種冷卻劑條件下的各項爐內組件與管路抗腐蝕的能力，以符合較長的運轉週期，(5)廠房設施模組化，以減低建廠工期，(6)研究熱化學轉換程序，以提供核能直接有效率的轉換成電力以外的其他能源產物，如氫或飲用水的製造等。

2002 年的 ANS/ICAPP 會議其實充滿著對核能景氣復甦的無限期望，不管是大會或分組討論，多數演說或發表文章可說是都在回應 DOE 的「第四代反應器計畫之發展路程」這個提案。亞洲地區的日本一向與美國核能界有積極性的往來，這次大會中卻也見到不少韓國參與的影子，韓國同時也是 GIF 的成員國之一，這代表其參與世界性論壇的積極態度。筆者與大會技術主席 Dr. Anghaie 熟識，私下問及 DOE 的這項提案是否意味著美國政府對復甦其國內與世界核能景氣的态度以及核工業界的支持，他以比較含蓄的說法認為整個構想是正面的，但能夠支持核工業發展的重要財團並不明顯願意押寶於所謂 2030 年以後能夠成型的第四代反應器；但對於美國和其他核能先進國家的從業人員而言，現有已累積的核能技藝已非常紮實，因此每一項對於再提攜核能技術以配合未來全球能源利用的契機

都是珍貴的。這樣的說法其實就是代表著一種期待，也正是這次 ANS/ICAPP 會議隱含的精神。

### ▲輻射防護協會91年度熱發光劑量計用戶輻射安全講習（輻協訊）

為回饋輻射劑量徽章用戶對本協會的支持，並促進瞭解相關法令規定、推廣輻射防護知識及提供輻射作業人員在職進修管道，本協會特於台北(9/12)、新竹(9/5)及高雄(9/18)舉辦三場輻射安全講習，主要內容包括：游離輻射防護法介紹與因應對策及輻射應用等，詳情請參閱本協會網頁 [www.rpa.org.tw](http://www.rpa.org.tw) 或電洽 03-5722224(分機 319)劉尚艾小姐。

### ▲「新世紀輻射公害干預」研討會會後報導（輻協 李孝華）

本協會受行政院原子能委員會核能研究所委託辦理「新世紀輻射公害干預」研討會，業於 91 年 7 月 17 日假台灣大學理學院植物學系生命科學館三樓視聽教室(台北市羅斯福路四段 1 號)舉行完成。

當日一大早筆者由新竹市出發，約 7:00 抵台大碰巧遇上台大的轉學考試，此時校園內已滿是正在做最後衝刺的考生及陪考的家長，所以載送研討會講義與其他用品的車子只能在離會場較遠處停下。慶幸我們事先準備了手推車，要不一堆的資料，我和另一位同仁(邱靜宜小姐)真不知該怎麼辦才是？來到會場時因時間很早，門是深鎖著；但不久便讓我找到值班的人，感謝這一位不知名的先生替我們打開門，讓我們得以場地的布置。

報到的人數遠比報名的人數多，整個會場幾乎座無虛席，以致於所準備的講義不敷使用，會後才補寄予學員。開幕式由邱副主委賜聰蒞臨會場致歡迎詞，副主委對研討會有所期許和感謝。緊接著按表操課，上午由輻防處蘇獻章處長講授「民眾輻射安全與干預機制」、輻防協會翁寶山董事長講「ICRP 干預用於公眾的準則」、清華大學董傳中教授講「輻射意外事故干預指引」。午餐後稍事休息，下午由環保署公害糾紛處理科林俊錄科長講「公害糾紛處理法規及實務」、及核研所保物組陳英鑒副組長講「輻射公害事件干預基準及處理辦法架構研議」等五堂課，每堂課都獲得學員熱烈的迴響。

最後是座談討論的重頭戲，全體講員在主席翁寶山董事長的帶領下解

答在場學員所提出的各項問題，討論之熱烈非筆墨難以形容的，也是筆者看過最激烈的一次研討會。要不是經驗豐富的主席掌控全場令欲罷不能的問題打住，這場座談將會一直持續下去...

此次研討會參加的對象主要以：台灣電力公司、原子能委員會、核能研究所為主，只開放部分名額給輻防業者。由於立法院三讀通過的『游離輻射防護法』中，對於如何避免民眾受到輻射傷害至為重視，而有效採取干預措施則為減少輻射傷害的重要關鍵，應該是一般民眾更關注的一個課題。希望下次有機會擴大舉辦這一類的研討會。筆者相信這是一次相當成功且順利的研討會，並感謝各界對協會的照顧與愛護。

▲九十一年度輻協各項訓練班預定時間表

(輻協)

班 別	訓 練 日 期	上 課 地 點	聯 絡 人
非醫用班	91年09月10日至09月17日(甲組8)	高雄	邱靜宜
"	91年09月24日至10月01日(甲組9)	清華大學	邱靜宜
"	91年10月29日至11月05日(甲組10)	清華大學	邱靜宜
"	91年12月10日至12月17日(甲組11)	高雄	邱靜宜
"	91年12月17日至12月24日(甲組12)	清華大學	邱靜宜
"	91年12月17日至12月24日(乙組2)	清華大學	邱靜宜
"	92年02月11日至02月18日(甲組1)	清華大學	邱靜宜
輻 防 班 第 5 5 期	91年08月12日至08月16日(第一階段)	高雄	李貞君
	91年09月02日至09月06日(第二階段)		
	91年09月30日至10月04日(第三階段)		
	91年10月28日至11月01日(第四階段)		
輻 防 班 第 5 6 期	91年09月16日至09月20日(第一階段)	清華大學	李貞君
	91年10月14日至10月18日(第二階段)		
	91年11月11日至11月15日(第三階段)		
	91年12月09日至12月13日(第四階段)		
鋼材班	91年09月26日至27日	清華大學	李貞君
"	91年10月08日至09日	高雄	李貞君
鋼複訓班	91年09月25日	清華大學	李貞君

91年10月11日	高雄	李貞君
-----------	----	-----

◎以上各項訓練班簡章備索詳細內容網址為 rpa.org.tw，電話(03)5722224◎

### ▲輻射防護法宣導時程表

(原能會訊)

類別	預計地點	預計時間	規劃內容
中央機關	本會禮堂 (台北)	預計10月 (三場)	1. 時間：一天。 2. 課程：輻防法、細則及相關子法草案。 3. 對象：中央政府相關部會。 4. 名額：150人。
醫院	核能研究所 (龍潭)	8月1日 8月2日	1. 時間：一天。 2. 課程：輻防法、細則及相關子法草案。 3. 對象：醫院。 4. 名額：地區醫院以上，約600家。
	輻射偵測中心 (高雄)	8月8日 8月9日	
非破壞檢驗業	核能研究所 (龍潭)	預計8月 (一場)	1. 時間：一天。 2. 課程：輻防法、細則及相關子法草案，著重於物質、設備及其輻防作業與操作人員管理，游離輻射防護安全標準，輻防人員認可及管理辦法，輻防組織及人員設置標準。 3. 對象：非破壞檢驗業。 4. 名額：150人。
	中部	預計8月 (一場)	
	輻射偵測中心 (高雄)	預計8月 (一場)	
工業界	本會禮堂 (台北)	預計10月	1. 時間：一天。 2. 課程：輻防法、細則及相關子法草案。 3. 對象：使用工業用可發生游離輻射設備或放射性物質之單位。 4. 名額：400人。
	輻射偵測中心 (高雄)	預計10月	
核子設施類	核能一廠	預計10月	例行之輻防管制會議中宣導。
環境類	—	—	併辦理中央機關、核子設施及大專院學領域宣導時，邀請環保機關及團體參與。

備註：

1. 敬請接獲原能會書面報名通知後，儘速報名。
2. 每單位以報名一人為限(所屬分支單位視為個別的單位，例如台北榮總與台中榮總為二個單位)。
3. 本宣導活動以機關、機構、團體及單位為主，個人若有需要，請洽詢中華民國醫學物理學會、中華民國核醫學學會、中華民國放射線醫學會、中華民國放射腫瘤學會、中華民國醫事放射學會、中華民國醫事放射師公會全國聯合會、中華民國非破壞檢測協會、中華民國輻射防護協會、陽明大學醫用游離輻射講習班、台灣輻射安全促進會、原子能科技基金會、核能科技協進會、清華大學原科中心、元培科學技術學院、中台醫護技術學院、高雄醫學大學、中華醫事學院、台灣電力公司核能發電處、核能研究所等單位，是否有開辦相關訓練課程。

4. 本案聯絡人：黃振榮，電話(02)2363-4180 轉 506，傳真(02)2367-6209。
5. 原能會預計於九十一年九月初搬遷新大樓，屆時聯絡事項請瀏覽本會網站 <http://www.aec.gov.tw>。

## □ 專題報導

### ▲ 美國佛州北部 Baldwin 附近鋼鐵廠 銻 137 誤熔事件(原能會 龔繼康、陳 文芳、陳煥東、蘇獻章)

#### < 簡介 >

美國保健物理學會所屬的 Operational Radiation Safety 刊物，於 2002 年 5 月刊載的論文中，簡述發生於 2001 年 7 月 13 日佛羅里達州北部一家鋼鐵廠的銻 137 誤熔事件。由於正值國內亦發生某鋼鐵廠射源誤熔事件，乃翻譯此篇論文部分資料，以提供國內讀者參考。

#### < 事故發生經過 >

此次發生誤熔事件的鋼鐵廠位佛州北部 Baldwin 附近，工廠員工約 280 人，年產鋼鐵約 60 萬噸。主要的產品為鋼筋(reinforce bar), 線材(wire rod) 與條鋼盤元(coiled rebar)。工廠使用的原料為回收廢金屬，同時在工廠廢料出口處及集塵室等位置裝有輻射偵檢器。鋼鐵廠在鍋爐與大廳裝置有排出物控制系統(emission control system)，用於去除煉鋼過程產生的氣體與微塵(dust)。冶煉時產生的高溫氣體與微塵，經由大型風扇抽氣，通過熱交換器與火花捕塵裝置(spark arrester)後進入集塵室(baghouses)。

本次事件發生於 2001 年 7 月 13 日傍晚 6 時。首先集塵室西側的輻射偵測器警報響起，鋼鐵廠並且於晚上 10 時 15 分通知佛州輻射管制局(Bureau of Radiation Control)。工廠人

員於通報前已進行初步偵測，並懷疑為銻 137 誤熔造成。

#### < 處理過程 >

佛州輻射管制局於接到事故通知後，於 7 月 14 日上午通知傑克森威爾(Jacksonville)地區輻射管制主管，赴事故現場調查工廠與週圍環境污染的範圍，同時動員位於奧蘭多(Orlando)，配備發電系統與固態加馬能譜測定系統的移動式緊急輻射偵測車，趕赴現場進行偵測。佛州環保局、地方緊急事故處理人員、與廢鋼供應商組成的所有人員於 7 月 14 日下午，齊聚於鋼鐵廠進行會商。在此之前，傑克森威爾的輻射管制人員已會同廠內人員完成現場初步偵測，並判定 7 月 13 日之晚間大雨，並未使主要污染區域擴散至廠外。美國核能管制委員會(NRC)的運作中心(Operations Center)於 7 月 13 日晚間也接獲通知，並與佛州輻射管制局人員進行討論。NRC 於 7 月 16 日將此事件列為異常事件通告，並後續於 7 月 20 日與 8 月 9 日更新相關內容。

本次事件的安全評估方面，重點在於評估工作人員與群眾可能接受的輻射劑量，因此能立即採樣進行分析評估十分重要。廠區人員已於其他人員抵達前初步取樣評估事件為銻 137 誤熔，且射源活度小於 37 GBq (1Ci)。佛州輻射管制局的移動式輻射偵測實驗車抵達後，在臨近鍋爐且經偵測為無污染區設立據點，利用車上自有電源進行樣品分析工作。樣品採集包含有擦拭樣品，土壤或微塵及水樣。評估放射性物質是否外釋至

廠外，則利用分析連接至集塵室的大型風扇採集的擦拭樣品的放射性活度來判定。如果擦拭樣品經檢測無放射性活度，表示放射性物質尚未外釋。另外保物人員對廠外周圍環境也進行加馬偵測，以確認放射性物質是否外釋。初期調查共動用 7 人，2 天時間，共採集 52 個樣品(28 個擦拭、18 個微塵、2 個水樣、1 個熔渣、1 個鋼材、1 個土壤、1 個泥漿樣品)。分析結果均為銻 137 核種，且最高比活度為集塵室微塵粒子的 414 Bq/g，其中西側集塵室的排氣口微塵平均活度為 74 mBq/g。經由樣品分析結果判斷，銻 137 於煉鋼過程因高溫氣化，擴散進入污染控制系統而使風扇，鍋爐，熔渣、鋼材免於被污染。

工作人員劑量評估方式，包括採取鍋爐內及其周圍的擦拭與微塵樣品活度與全身計測。其中 21 名工廠員工於 7 月 16 日借用核電廠設施進行全身計測，其他熔爐工作人員及有顧慮的工作人員，則以移動式全身計測儀計測，結果並未發現銻 137 所造成的劑量。

#### <事故清理>

佛州輻射管制局於 7 月 25 日，同意鋼鐵廠提出的除污與復原計畫，開始進行復原工作。復原計畫以符合 10CFR 20.1402 規定的 0.25mSv/y 不再加以管制為目標。表面除污標準則參考 2000 年 9 月 NRC NUREG-1727 所訂的標準  $2.8 \times 10^4$  dpm/100cm<sup>2</sup>。事故清理人員於清除前先依 OSHA (29 CFR 1910.120 及 29 CFR 1910.96) 規定進行訓練，並且對污染控制系統，卡車運貨區與儲存區進行完整的調查。清除作業承包商並於清除完成後再度

進行輻射偵測，以符合法規要求。佛州輻射管制局並依鋼鐵廠提供的資料，對佛州廢鋼供應廠進行偵測，結果並未發現任何銻 137 之污染。

佛州輻射管制局於 8 月 3 日至 6 日赴現場查證清除成果，並採取 311 個擦拭樣品進行貝他/加馬分析。核種分析採用實驗室內的比例計數器。在輻射管制局查證期間，並曾遭遇颱風與龍捲風的威脅。在查證工作完成後，工廠已於 8 月 7 日早晨復工。整個事件清除花費約 1 千萬~1 千 2 百萬美元，清除時產生的廢棄物則暫存於廠區，但並未找出誤熔的銻 137 射源來源。

#### <事故檢討>

事故發生後佛州輻管局動用大量人力資源協助廠商進行相關善後工作，主要的考量為保障民眾與工作人員的健康。但整個事故由於停工，使廠商遭受更大的損失。整體事件透露出幾個值得檢討的議題，首先在設定輻射警報值時，如果設定的警報值太低，往往會與背景輻射難以分辨而造成許多假警報，但設定值調高時，會因為材料本身的屏蔽而無法在進料時偵測到潛在的輻射，進而造成此次事件。此外人員對警報訊號的處置也十分重要，由於事故發生當天天氣惡劣，可能造成儀器產生假警報，但工作人員仍以查證的態度而發覺此一事件。

對於輻射偵測系統更新方面，廢鐵供應商與煉鋼廠，應提昇其擁有的輻射偵測儀器功能。除了可採用先進的車輛偵測儀外，另外可於抓取廢鋼裝置(如機械或電磁抓斗)裝設輻射偵測儀器，以即早發現輻射污染的廢鋼

鐵。此次事件同時反應出樣品正確標示的重要及顯示出不同機關的協調與資訊公開仍有改善的空間。如何使資

訊更容易在不同單位間傳遞以避免誤會，在事故中顯得特別重要。

- 1.歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 406 號二樓或電傳(03)5722521 輻防協會編輯組收。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。
- 2.本刊因篇幅限制，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字內為佳。
- 3.歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224。