

# 輻射防護簡訊 83

中華民國96年2月1日

■ 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295號15樓之1 ■ 電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521  
■ 編輯委員：王昭平、尹學禮、何 偉、李四海、施建樑、  
翁寶山、張寶樹、董傳中、趙君行、蘇獻章 (依筆劃順序)  
■ 發行人：翁寶山 ■ 主 編：劉代欽 ■ 編 輯：李孝華  
■ 印 刷 所：大洋實業社 地址：新竹市建功一路95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

### ▲96年第1次「輻射防護專業測驗」 及「操作人員輻射安全證書測驗」 公告 (原能會訊)

行政院原子能委員會委託元培科技大學辦理 96 年第 1 次「輻射防護專業測驗」及「操作人員輻射安全證書測驗」，定於 96 年 4 月 21 日分別於台北(考試院國家考場)、高雄(國際高級商工職業學校)舉行；報名日期為 96 年 3 月 12 日至 3 月 19 日，相關事項請詳閱簡章。相關訊息可連結行政院原子能委員會訊公告網站 (<http://www.aec.gov.tw>)查詢。

### ▲行政院原子能委員會核能研究所成 功開發新藥研發利器－微型 PET/CT 雙功能動物分子影像系統 (原能會訊)

過去十年來活體分子影像領域迅速成長，相關的應用也邁入了新的紀元。核醫分子影像以非侵入性方式，提供三維活體資訊，可大幅縮減新藥

研發的成本及時程，是美國 FDA(藥物及食品管理局)認可之新藥開發關鍵性技術。

四年前核研所與國衛院合作引進微型正子斷層掃描系統(micro-PET)作為藥物臨床前動物試驗用。由於微型 PET 系統只提供功能性影像，在發展高專一性藥物時，其影像解讀較為困難。為此核研所自行研製具結構性影像的高解析度微型 x 光電腦斷層掃描系統(micro-CT)，並結合原有的微型 PET 系統，成功完成領先國際的微型 PET/CT 雙功能動物分子影像系統開發。研發成果於 2005 年 9 月生醫科學影像技術國際會議 (International Conference of Imaging Technology in Biomedical Sciences)發表，並獲選為該年度之突出研究(highlight)。本研究係世界創新，目前核研所與美國洛杉磯大學、德州大學同步研發中。

核研所獨自完成微型 CT 全系統的規劃、設計、選材、研發、與測試。系統組件，除 x 光產生與感測外，其餘都尋求國產的解決方案，以降低開發成本。在完成前階段的微型 CT 系統研製後，研發團隊整合雙功

能系統的軟硬體、並建立三維影像融合技術，完成微型 PET/CT 的開發與測試。這個由國人掌握關鍵技術，成功開發的微型造影系統可同時提供功能性/結構性融合影像，對位精準度高，適用於大量例行動物造影實驗。後續配合新近研發成功的融合影像定量技術，將可大幅提升動物分子影像評估藥理及藥效的準確度。有關本系統的研究，國際知名期刊(Current Medical Imaging Reviews)評論文章中亦特選介紹。

微型 PET/CT 雙功能動物分子影像系統，配合本所分子造影探針開發，將為國內的腫瘤及中樞神經系統疾病治療藥物研發上，提供高靈敏、高品質與高準確的小動物活體造影專業服務，成為新藥篩選與藥效評估的利器。此外，核研所亦規劃將此造影系統研製技術藉由先期參與技轉國內

產業界(如格致科技及定光科技等公司)，盼能將產品商業化，並更進一步推展本土化的分子影像醫療產業，以提升台灣競爭力。預估 2009 年醫療影像市場國內將有 1.7 億美元(其中微型 PET/CT 約佔 5.4 億新台幣市場)，國際則有 242 億美元 (Business Communications Company, 2005/05)。本系統開發所衍生的技轉技術，配合經濟部對生技醫療產業的優先推動措施，可望在醫療影像市場上佔有一席之地。

### ▲2007 輻射防護迎新年-回顧與展望

(高醫放射系 張寶樹)

民國 96 年(2007)歲次丁亥年(豬年)，我國輻射防護產官學界迎新年，祈福新的一年諸事圓滿。

首先回顧民國 95 年(2006)輻射防護產官學界發生的重要事件。由於立法院未能三讀通過「中央政府機關組織基準法」及「中央政府機關總員額法」，所以「游離輻射防護法」主管機關-行政院原子能委員會平安渡過 2006，但是創立於民國 44 年 5 月 31 日的行政院原子能委員會，其功能與任務的轉型是時代必

然的趨勢。

我國輻射防護官界-行政院原子能委員會於 2006 的輻射防護訊息如下：

- 1月積極推動「游離輻射作業場所資訊透明化」，並發函國內122家設有輻防組織之醫療院所、87學校及187家動物醫院配合推動。
- 1月4日發布修正「放射性污染建築物事件防範及處理辦法」第14條、第15條。
- 2月發布台灣地區環境輻射偵測計畫、臺灣地區民生消費食品及飲用水放射性含量檢測結果，以確保國人生活環境與攝食之輻射安全。
- 4月10日二家非破壞照相檢驗業者輻射工作人員執行輻射作業時未佩帶個人劑量佩章，違反游離輻射防護法第15條第1項規定，依游離輻射防護法第43條第3款規定，處新臺幣10萬元以上50萬元以下罰鍰。
- 6月擴大辦理輻射防護臨櫃作業，以提昇為民服務效率。
- 8月2日非破壞照相檢驗業者，執行放射線照相檢驗工作，未劃分輻射工作管制區(設置警示圍籬)、輻射工作人員未配戴個人劑量佩章、僱用無輻射安全證書人員操作Ir-192照射器，分別違反游離輻射防護法第10條第1項、第43條第3款、第43條第5款之規定，分別依游離輻射防護法第42條第3款處新臺幣40萬元以上200萬元以下罰鍰、第43條第3款處新臺幣10萬元以上50萬元以下罰鍰、第43條第5款處新臺幣10萬元以上50萬元以下罰鍰。
- 8月8日發布修正「放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法」第7條、第10條。
- 8月8日發布修正「輻射防護人員管理辦法」第3條、第4條、第7條、第8條、第11條及第12條。
- 8月8日發布修正「輻射防護服務相關業務管理辦法」第12條、第18條。
- 9月6日原子能委員會與國防部令會銜修正「軍事機關輻射防護及管制辦法」第4條至第7條。
- 10月9日北韓地下核試爆，全台無輻射異常。
- 11月3月「人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法」第三條規定之解釋令，冷發光劑量計(Optically Stimulated Luminescence Dosimetry, OSL)為人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法第三條之劑量計。
- 12月8日「游離輻射防護安全標準」第13條規定之解釋令，游離輻射防護安全標準第13條關於含放射性物質廢水排入污水下水道之限制規定，於經同位素醫療病人之排泄物不適用之。
- 12月17日舉辦「2006年醫療曝露品質保證作業研習會」。
- 12月20日依據放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法第55條，公告失效之可發生游離輻射設備執照328件清單。

我國輻射防護產界如下：

- 行政院原子能委員會於民國95年5月18日認可之人員體外輻射劑量評定機構

計有財團法人中華民國輻射防護協會、行政院原子能委員會核能研究所、台灣電力公司放射試驗室、台灣電力公司放射試驗室(核二工作分隊)、台灣電力公司放射試驗室(核三工作隊)、貝克西弗股份有限公司、國立清華大學、財團法人國家同步輻射研究中心等8個單位，其中台灣電力公司與同步輻射研究中心等4個單位僅對內部提供服務。

- 行政院原子能委員會於民國95年11月6日公布國內輻射偵檢合格鋼鐵業名冊，計有宜蘭縣瑞陽鋼鐵股份有限公司等6家、台北市欣政貿易股份有限公司1家、台北縣台昌鋼鐵股份有限公司等3家、桃園縣嘉山鋼鐵工業股份有限公司等20家、新竹縣長榮開發股份有限公司新竹廠1家、苗栗縣東和鋼鐵企業股份有限公司苗栗廠等4家、台中市志成鋼鐵股份有限公司1家、台中縣志昌鋼鐵工業股份有限公司等9家、南投縣大中鋼鐵股份有限公司南投廠1家、彰化縣三五鋼鐵工業股份有限公司等4家、雲林縣嘉一鋼鐵工業股份有限公司等3家、台南市南郡企業股份有限公司等2家、台南縣源正鋼鐵股份有限公司等9家、高雄市東和鋼鐵企業股份有限公司高雄廠等16家、高雄縣永誠興業股份有限公司等9家、屏東縣致中鋼鐵股份有限公司等2家，合計91家。
- 行政院原子能委員會於民國95年11月6日公布合格輻射防護偵測業務業者名單，計有財團法人中華民國輻射防護協會等20家可以從事可發生游離輻射設備、放射性物質及其工作場所之輻射防護偵測、可發生游離輻射設備及放射性物質工作場所之輻射安全評估、放射性物質運送有關之輻射防護及偵測、鋼鐵業輻射偵檢作業輔導與稽核、建築物輻射偵測或鋼鐵建材輻射偵測。中國非破壞檢驗有限公司1家僅可以從事鋼鐵建材輻射偵測，榮福股份有限公司等20家可以從事建築物輻射偵測與鋼鐵建材輻射偵測。
- 行政院原子能委員會於民國95年9月18日公布認可之輻射防護訓練業務機構名單，計有財團法人中華民國輻射防護協會等10家可以從事輻射防護人員之輻射防護訓練、放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員之輻射防護訓練、鋼鐵建材輻射偵檢人員之輻射偵測訓練或游離輻射防護法第十四條第四項規定之教育訓練。
- 行政院原子能委員會於民國95年9月29日公布合格放射性物質或可發生游離輻射設備銷售服務業者名單，計有祐鼎國際股份有限公司等184家，合格銷售醫療用途或非醫療用途之許可類、登記類銷售可發生游離輻射設備或放射性物質。

我國輻射防護學界如下：

- 國立清華大學復校之初即成立原子科學研究所，民國45年9月開始研究生，自48學年起，技術部門成立保健物理組。59至64年中止招生，只致力於技術服務。64年恢復招收碩士班研究生，分為放射化學和保健物理二組，於75年5月起合併，不再分組，改以不同之學程提供修習。76年5

月起，博士班奉准成立開始招生。81 年 7 月成立原子科學系大學部，設有物理、化學、生物及環境等學程。95 年起改為生醫工程與環境科學系，設有分子生醫光電、醫學物理與工程及環境分子科學三個學程。自此保健物理學門的研究所教育正式隨著原子科學研究所、系的更名而走入歷史，但生醫工程與環境科學系仍開設與保健物理相關的課程，如輻射設施的屏蔽、人員的劑量計種類與其特性、人員的輻射防護工作等保健物理課程。

- 以培養醫事放射師為主的系，如國立陽明大學生物醫學影像暨放射科學系、長庚大學醫學影像暨放射科學系與醫學物理暨醫學科學研究所、元培科技大學放射技術系與醫學影像研究所、中臺科技大學放射技術系與放射科學研究所、中山醫學大學醫學影像暨放射科學系、中國醫藥大學放射技術學系、高雄醫學大學醫學放射技術學系與碩士班、義守大學醫學影像暨放射科學系、慈濟技術學院放射技術系、樹人醫護管理專科學校醫學影像技術科等 10 所，均設有保健物理課程。
- 成立於民國 93 年 4 月的美洲保健物理學會臺灣總會(The Taiwan Chapter of Health Physics Society)，並於當月發行第一期簡訊(Newsletter)，以介紹最新的輻射防護訊息與知識，於民國 95 年底計發行 9 期。此處值得一提是媲美美洲保健物理學會臺灣總會簡訊，由財團法人中華民國輻射防護協會發行的輻射防護簡訊，亦是介紹最新的輻射防護訊息與知識，於民國 95 年底已發行 82 期。

我國輻射防護界尚有行政院原子能委員會核能研究所保健物理組、國立清華大學原子科學技術發展中心保健物理組、台灣電力公司第一核能發電廠、第二核能發電廠、第三核能發電廠與第四核能發電廠保健物理組等，在我國輻射防護發展史上均有卓越的貢獻。

回顧國外發生的大事：

- 國際放射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, ICRP)於 2006 發行第 96 至 99 號出版物(ICRP Publication No.96- No.99)，雖未見新的輻射防護建議出版，但已完成輻射防護新建議的第二次公開諮詢(public consultation)。
- 國際輻射單位與度量委員會(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)於 2006 發行第 75 與 76 號報告(ICRU Report No.75, No.76)。
- 國家輻射防護與度量委員會(National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP)於 2006 發行第 153 號報告(NCRP Report No.153)。此處值得一提的是 NCRP 已將 NCRP Report No.49 輻射防護屏蔽設計分成 2004 年 NCRP Report No.147(放射診斷輻射防護屏蔽設計)與 2005 年 NCRP Report No.151(放射治療輻射防護屏蔽設計)。

展望 2007 新的一年，行政院原子能委員會已於民國 96 年 01 月 09 日公布

「游離輻射防護法」相關證照統計，許可類放射性物質執照 2,330 張，登記類放射性物質執照 934 張，許可類可發生游離輻射設備執照 1,125 張，登記類可發生游離輻射設備執照 16,016 張，輻射工作人員輻射安全證書 10,773 張，運轉人員證書(含高強度輻射設施及生產設施) 69 張，輻射防護人員認可證明書師級 658 張，員級 2,252 張。「游離輻射防護法」主管機關-行政院原子能委員會仍須繼續防制游離輻射之危害，維護人民健康及安全，且秉持輻射作業必須合理抑低其輻射劑量之精神，繼續帶領我國輻射防護產官學界向前邁進。

展望 2007 新的一年，期待國際放射防護委員會(ICRP)於 2007 年 3 月 19-21 日，依輻射防護新建議的第二次公開諮詢之結論能夠順利決定未來的輻射防護新建議。

最後祝福所有輻射防護產官學界的朋友們，丁亥年(豬年)諸事圓滿。

## □會議訓練報導

### ▲96 年度各項訓練班預定開課時間表

(輻協訊)

班 別	組 別	期 別 及 日 期	地 點
放射性物質或 可發生游離輻射 設備操作人員 研習班	(A 組) 36 小時 許可類 設備	A1---1 月 25 日~2 月 1 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		A2---3 月 7 日~3 月 14 日	(高雄) 輻射偵測中心
		A3---3 月 12 日~3 月 16 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		A4---5 月 22 日~5 月 29 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		A5---6 月 6 日~6 月 13 日	(高雄) 輻射偵測中心
	(B 組) 18 小時 登記備 查類 設備	B 1---1 月 22 日~24 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		B 2---2 月 7 日~9 日	(高雄) 輻射偵測中心
		B 9---3 月 5 日~7 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		B 3---3 月 21 日~23 日	(台北) 建國大樓
		B 4---3 月 28 日~30 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		B 5---4 月 25 日~27 日	(高雄) 輻射偵測中心
		B 6---5 月 9 日~11 日	(台北) 建國大樓
		B 7---5 月 16 日~18 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		B 10--6 月 20 日~22 日	(台北) 建國大樓
	B 8---6 月 27 日~29 日	(新竹) 帝國經貿大樓	
輻射防護專業 人員訓練班	輻 防 師 ( 1 8 小 時 ) 輻 防 師 ( 1 2 小 時 )	員 11 期 & 師 7 期 第一階段--7 月 3 日~6 日 第二階段--7 月 9 日~13 日 第三階段--7 月 30 日~8 月 3 日 第四階段--8 月 6 日~10 日 師 7 期 & 進階 7 (36hr) 第五階段--8 月 21 日~28 日	(新竹) 帝國經貿大樓
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班		鋼 1--6 月 14 日~15 日	高雄
		鋼 2--6 月 21 日~22 日	(新竹) 帝國經貿大樓
九十六年度 輻射防護教育訓練		3 月 23 日 (五) 3 小時	台北(月涵堂)
		4 月 20 日 (五) 3 小時	新竹(帝國經貿大樓)
		6 月 05 日 (二) 3 小時	高雄(偵測中心)
		4 月 27 日 (五) 6 小時	台北(月涵堂)
		5 月 11 日 (五) 6 小時	新竹(帝國經貿大樓)
		6 月 15 日 (五) 6 小時	高雄(偵測中心)

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

## □專題報導

### ▲間諜案與針

(輯協 翁寶山)

#### 一、楔子

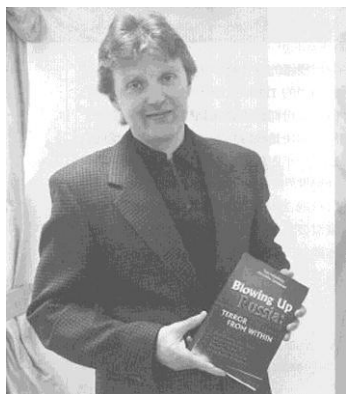


圖 1 出書抨擊俄國政府當局  
的李維南科

書名：爆料俄國內部的恐怖

(polonium)，同年又發現鐳。5 年後於 1903 年居里夫婦和另一位法國科學家貝克勒爾 (Antoine Henri Becquerel, 1852- 1908) 共獲諾貝爾物理學獎。

針的原子序數為 84，化學符號 Po，屬於 6A 族，為準金屬。其原子量為 209.9829 ( $^{210}\text{Po}$ )，呈銀灰色，具放射性。熔點  $254^{\circ}\text{C}$ ，沸點  $962^{\circ}\text{C}$ ，密度  $9.3\text{ g/cm}^3$ 。針有 27 種已知的同位素，比其他的元素都多，所有的針同位素都具有放射性。

針的電子組態如下：電子自 K 至 O 殼層均占滿，最外層的 P 殼層的電子組態為  $6s^26p^4$ 。針的游離能為 8.43 電子伏。

#### 三、針 210

針同位素中最普遍、最易得的是針 210，半衰期僅有 138.4 天，其放射性比活度比鐳大近 5000 倍。但針 210 危險性很大，在操作時雖很少量也要小心謹慎。

針 210 在科學和商業方面的應用主要基於其放射性。當它衰變時，會釋放出  $\alpha$  粒子，每個  $\alpha$  粒子含 2 個質子、2 個中子。釋放出  $\alpha$  粒子後，針 210 蛻變為穩定的鉛同位素鉛 206。

少量的針 210 可用於除塵刷，以去除感光膠片上的靜電。在這種情況下，針 210 的放射性使空氣發生游離作用，離子所帶的電荷中和了膠片所帶的靜

西元 2006 年 11 月 21 日前蘇聯國家安全委員會 (KGB) 的間諜、後來投靠英國的李維南科 (Alexander Litvinenko) 在倫敦遭受注射針 210 身故，時年 43 歲 (圖 1)，使針元素再度引起舉世矚目。

#### 二、針的發現

距 2006 年的 108 年前，法國夫妻檔科學家比埃爾·居里 (Pierre Curie, 1859-1906) 和瑪麗·居里 (Marie Curie, 1867-1934) 見圖 2，他們於 1898 年從瀝青鈾礦 (Pitchblende,  $2\text{UO}_3 \cdot \text{UO}_2$ ) 中提煉出少量的針，為紀念居里夫人的祖國波蘭，乃命名為針



圖 2 1904 年法國一雜誌封面，描繪居里夫婦在實驗室工作的情况



電。

在實驗室中，可把鈾 210 和鈹粉末混合，使鈾 210 發射的阿伐粒子和鈹原子核起反應而釋出中子，成為實驗室用的中子源。鈾 210 具劇毒，比很毒的氰化物(cyanide)還要毒許多倍，使用時要格外小心。

#### 四、鈾的劑量

活度(A)和衰變常數( $\lambda$ )及半衰期( $T_{1/2}$ )的關係如下：

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{0.693}{T_{1/2}} \cdot N \text{ 貝克} \quad (1)$$

式中 dN 為放射性核種在 dt 時間內衰變的數目。

比活度( $A_s$ )為單位質量的某種放射性物質的活度。已知 1 莫耳的鈾 210 含  $6.022 \times 10^{23}$  個原子，重 209.9829 克，簡化為 210 克，利用式(1)可得：

$$A_s = \frac{0.693}{T_{1/2}} \cdot \frac{6.022 \times 10^{23}}{\text{原子量}} \quad (2)$$

式中  $6.022 \times 10^{23}$  為阿佛加厥常數

已知鈾的原子量為 210， $T_{1/2} = 138.4$  天 = 11,957,760 秒，代入式(2)得

$$A_s = 1.662 \times 10^{14} \frac{\text{Bq}}{\text{g}}, \text{ 或 } 1 \text{ Bq} \rightarrow 6 \times 10^{-15} \text{ g} \quad (3)$$

1979 年國際放射防護委員會第 30 號出版物(ICRP-30)提供有關鈾 210 的數據如下：

區 分	嚥 入	吸 入	
		D 級	W 級
年攝入限度(Bq)	$10^5$	$2 \times 10^4$	$2 \times 10^4$

表中級別表示放射性物質在肺部的生物滯留時間，D 級的生物半衰期少於 10 天者，W 級為 10 至 100 天者。

今利用式(3)計算年攝入限度(ALI)的鈾 210 重量：

(1) 嚥入： $6 \times 10^{-15} \times 10^5 = 6 \times 10^{-10} \text{ g} = 6 \times 10^{-4} \mu\text{g}$

(2) D 級： $6 \times 10^{-15} \times 2 \times 10^4 = 1.2 \times 10^{-10} \text{ g} = 1.2 \times 10^{-4} \mu\text{g}$

(3) W 級：同 D 級

依年攝入限度的定義，1 ALI 相當於 50 mSv (機率效應)或 500 mSv (確定效應)，而取其保守值(即較小值)。

依舊的游離輻射防護安全標準，對於鈾 210 的危急器官視其溶於體液的程度而定。可溶性者為脾和腎，不可溶者為肺、胃、大腸下部。故可選危急器官為探討的對象，即 1 ALI 相當於 500 mSv。今將  $\mu\text{g}$  換算為 mSv 得：

(1) 嚥入  $6 \times 10^{-4} \mu\text{g} \rightarrow 500 \text{ mSv}$ ，

- $1 \mu\text{g} \rightarrow 83.3 \times 10^4 \text{ mSv} = 833 \text{ Sv} = 41.65 \text{ Gy}$   
 (2) D 級  $1.2 \times 10^{-4} \mu\text{g} \rightarrow 500 \text{ mSv}$   
 $1 \mu\text{g} \rightarrow 416.6 \times 10^4 \text{ mSv} = 4166 \text{ Sv} = 208.3 \text{ Gy}$   
 (3) W 級 同 D 級

註：上述箭頭「→」表示「相當於」。

上述計算中，自西弗(Sv)換算成戈雷(Gy)已考慮阿伐的射質因數  $Q = 20$  或輻射加權因數  $W_R = 20$ 。由於西弗只能用於輻射防護所涵蓋的劑量限度，不能用於高劑量，故乃將西弗換算成戈雷。從上面的計算可看出，1 微克的鈾 210 所造成的劑量相當大，足以致命。一般人對於西弗和戈雷等輻射劑量的單位比較陌生，改用微克為單位比較好懂。但是微克實在太小，這麼微小的量實在很難去想像。

## 五、結語



圖 3 防靜電刷

由於時代的進步，在新竹市科學園區的電子工業，在消除靜電方面多採用小型的 x 射線管，每年更換新管一次便可。核子電池的輻射源過去曾使用鈾 210，如今多改用銥 90。鈾 210 最普遍的用途是攝影師所使用防靜電刷(圖 3)，可避免感光膠片因靜電作用而黏住。

國際原子能總署(IAEA)於 2005 年在維也納出版的「輻射源的分類」安全導則第 RS-G-1.9 號規定的分類法將輻射源分為 5 個類別。這一區分充分考慮了該分類的可實現的應用，而不是無用的精確性。在這種分類法內，1 類源被認為是最「危險的」，因為如果未得到安全和施以保安措施的管理，它們能夠對人體健康造成極高風險。受到未屏蔽的 1 類源照射幾分鐘就可以致人於死地。在分類表的較低一端，5 類源是危險性最低的源；但是，如果控制不當，即使是這種源也會導致超過劑量限值的劑量，因此這種源也需要被置於適的監管控制之下。不應當對這些類別再進行細分，因為這將會出現被認為不適當的精確，並可能導致失去國際上的一致性。

至於有關風險的考慮如下：(1)操作或靠近源時的風險，(2)放射性物質因火災或爆炸從源中漏散的風險，(3)源可能污染公共供水系統。1 類源很不可能將公共供水系統污染到危險的程度，即使放射性物質極易溶於水也如此。2 類、3 類、4 類或 5 類源實際上不可能將公共供水系統污染到危險的程度。

用於滅菌和食品保鮮的輻射照射裝置的鈷 60 為第 1 類，而用於靜電消除器的鈾 210 為第 4 類。經過這次間諜案的經驗，IAEA 將考慮改變鈾 210 的類別為第 1 類。

誌謝 「輻射源的分類」參考文獻蒙 行政院原子能委員會輻防處廖家群先生提供，謹致謝忱。

## ▲輻射防護和利害關係人：車諾比核災學習的課題

(1986 年核災的長期效應需要受災民眾決定參加復育工作)

(核研所 馬張明霞)

選擇這篇文章加以摘譯，並非該文章在車諾比事件有多新的報導，它探討的反而是有關如何與民眾(特別是受災人)溝通；由上而下，自認為專家將民眾鄙視為無知的，顯然在車諾比事件發生後之前十年的運作，證明是無效的。而經由誘導，讓當地相關人，就自己的需求或利益，親自參與相關工作，在過去十年證實是有效的。希望本篇文章對於從事核能及輻防的同業，在未來的工作規劃有新的思考方向。

車諾比事件發生 20 年後的 4 月 11 日，經濟合作發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)核能署(Nuclear Energy Agency, NEA)公佈一份關於利害關係人(Stakeholders)參與污染地區復育工作發展狀況的報告。這份報告聚焦在輻防專家和利害關係人之間的相互關係，以及處理事件後續工作的其它專業人士等，這些均直接影響該地區各方面的生活。

車諾比核災效應對於白俄羅斯、俄羅斯和烏克蘭地區人民的生活，會連續影響好多世代。這是有好理由，讓這些地區民眾不但覺的應該負責的人員已無法控制全局，且他們自己再也無法控制他們的日常生活。輻防專業人員面對這個空前的問題，發現自己對輻射狀況的複雜性及人民對官方當局已失去信任方面，尚未準備好。

NEA 報告是依據輻防專業人員與受車諾比核災影響的白俄羅斯、挪威和英國污染區域民眾共事的經驗；這份報告描述著專業人員在污染地區，與當地居民和利害關係人交手的情形，和一般中央官方由上而下的方式並不相同，其目的是幫助當地居民得到所需知識以處理他們自己的輻射曝露問題，以及重新獲得一概念來管控他們的日常生活與未來。

輻射防護新方向就是：“利害關係人參與”，目前這個建立在一個較包含一切及開放程序的重要工具，在極端狀況下做決定時，才可能導致持久的結論。這報告證明輻防工作要直接符合被強迫生活在不尋常環境下的一般人們的需求，才會變得更有效。

這份報告使得 NEA 在其他工作，也利用利害關係人的角色在輻射防護上，這也是從 1998 年開始在瑞士 Villigen 舉行的一系列研討會的主題（相關報告在 NEA 網址 [www.nea.fr](http://www.nea.fr) 可以找到）。這個研討會的重要結論是：“利害關係人參與是解決複雜輻防狀況的重要辦法”，這也在 ETHOS 計畫中清楚地展現，該計畫是於 90 年代末期，在白俄羅斯一個村莊所進行（見附文），而後續的一個較大的計畫叫復育合作案(Cooperation for Rehabilitation, CORE)，目前正在白俄羅斯的一些地區進行中。上面這兩個計畫的經驗，使 NEA 的新報告得以出版。

由利害關係人的科學服務專業群，為 NEA 輻防和公共衛生委員會所準備的，並在 NEA 秘書處大力支持下，這份報告是幫助各國政府，在遭遇工業意外或恐怖攻擊，而發生任何大型又長期污染事件時，整備一套處理的機制。它同時也敘述對緊急應變和危機管理等主要課題。

### 復育方法

意外事件發生後的當時，很清楚地要立刻採取行動不能拖延，例如在反應器周圍設立管制區，以及將其它污染區域撤離。在這種狀況下，由上而下的措施是必需的。事實上，國際原子能總署舉辦的車諾比論壇上，對於由蘇維埃政府處理的緊急應變是受推崇的。

但是就如報告內容清楚所敘述的，在幾年後，輻防主管機關瞭解到這種由上而下的中央運作方式是無法執行的；一開始，因遇到問題的複雜性和多歧性，政府自然會尋求全球觀點，做一些廣泛評估然後對民眾發出資訊和解決辦法；進入復育的解決方案，包括組成公共衛生團隊的努力、輻射測量及農業處理方案；但由於落塵分佈的複雜形態或彼此相關問題的交串，並未能採取適當的措施。假如對特殊的當地狀況允許有足夠彈性的方案，這些解決方案可以是更成功的；但由於並非如此，中央決定的執行方案在地區層級沒有被充分的執行，甚至是受屈辱的，如官方尋求來處理各種狀況的模式是遠遠不適當的。

例如，不斷增加複雜的社會協助方案的介入，將會導致在一些狀況下，污染少的區域反而比污染多的區域的居民得到較多補償；利益與受曝露程度連結的事實，反而讓人民蓄意增加他們的曝露量，只為了要得到較多的利益；最後，這些花費的努力被假設為利益加劇的，但並沒有解決問題。

中央政策也導致發放健康照顧補償，是依據疾病風險而非其適當地需求；更進一步，缺乏適當地區層級連結，意指當地可資運用的物資，例如區域資訊和居民有意願幫助他們自己，常是浪費地被利用或整個擱下未被善用。

隨著當地居民產生信心危機，他們開始意識到由上而下復育策略的缺失，並看到是需要一個新方向；他們瞭解到現行的測量與諮詢過程中，沒有他們的真正聲音，而產生一個不充分的地區圖像狀況。因此，當地居民抱怨輻防專家參訪污染區域（包括從國外來的）沒有足夠的努力去瞭解居民真正需要的是什麼，或讓他們自己來解釋。這個問題關連到輻射測量，則是特急的；人們常常遇到不一致性，甚至來自各單位和各專業群相互矛盾的測量，而並沒有人出面調解。

當地居民關心他們所面對的社會、經濟及單純的輻射等問題的範圍和複雜性，均沒有真正瞭解或被告知。他們感覺無助且他們的生活品質已無法挽回的降低，最後，造成全體社會能力和功能均降低的整體效應，而導致不斷加劇的下降。

政府和輻防專家面對有敵意的居民，以及不能反應的地區需求與生活在長期污染下所需的知識。明顯地許多方案上需要很大的轉向，專家不再只是簡單

地交下資訊和解決方法，取代方案必需更包容，並和風險承受者合作，才能得到較好的瞭解並發展出可行的解決方案。

面對這種情況，那些在事件發生後已參與十年的專家，正與當地居民交心重建信任和信心。

這份報告解釋利害關係人參與概念的浮現是最重要，幫助當地居民重新相信自己可以掌控他們的生活，以及他們也能對保護自己有所貢獻。聚焦在幫助人們在瞭解污染狀況特性，而不是專注於不可避免嚴厲的評估；方法的發展須反應到當地的問題，並重視當地可用的資源，而不是專注在不可避免較不聚焦及通常較沒有效率的中央決策；在與利害關係人進行有意義的對話，而不是只企圖於風險溝通上的努力，惟其顯然會失敗反倒激怒了輻防專家和政府當局。

開始這個新方向後認為是有效的，更重要是當地居民參與的點子同樣表現出正面的積極效果。

### 輻射監測

建立一個地區輻射監測的能力認為是緊要的，中央政府需有一個相當詳細的污染地區圖；而在區域層級，對於密集區則能顯示出污染程度的不同。這將導致包括體內外的個人曝露狀況，在同一村莊的變化也會很大。當地有差異的知識是重要的，以便讓居民能夠採取步驟去降低曝露。有了這些知識後，當地民眾可置身於被告知決策時，將注意放在關鍵的地區，例如畜牧吃草的地方、兒童們玩耍的地方及食物聚集處等。

提供當地居民簡單儀器和基本訓練後，藉由他們所獲得的知識，以及對當地狀況的瞭解，在許多情形下，產生第一手正確及適當的處理這複雜特性的狀況；換句話說，反應出確實是需要利害關係人的參與及瞭解，將使輻射防護資源可以更有效。這些輻防資源不可避免常是不足的，且在主要污染事件的情形下，也常常是被稀少的分配。

因此，使用較低的費用或較少的努力，卻得到一個對污染比較清楚的瞭解，主要是利害關係人可以鑑別和參與在復育的實際工作上；同時也幫助發展出輻射防護文化，而這是走過漫長的路才覺醒到其實是信任問題，並且對由上而下的策略有困擾。

**【下期待續】**



依據報告：在白俄羅斯和挪威某些區域，例如當地居民接受訓練使用一些簡單偵測儀器，已成為改變當地社區生活的主要因素；目前已準備接納可靠、正確及可信的資訊，也以此做為通告他們的決策。他們不再是被動的數據接受者，從參與過程中他們常會發現模糊不清處，並且他們反而是正面的參與者使測量更清楚，例如他們對生長的食物做偵測，並把數據應用到他們自己的經驗上；這是很重要的部份，使居民重新對他們生活得到掌握，他們有權對地區事務做出決定和作出貢獻。

從簡單的給資訊，從上而下的策略顯示影響非常有限；輻防專家可將其專業貢獻出來，但這必須是與其他利害關係人一起做，包括其他專業人士，所有人士對問題均有重要角色，也才能對事情的發展有利。

所有方案均呈現出輻防對他們所要服務的社區均有相關，如報告所述，假如大家能緊密結合，其結果是令人非常興奮的。

### 實際行動的參與

為進一步說明因新的策略對居民生活有如何的改變，報告中敘述利害關係人如何參與的實際例子。地區輻射測量能力在所有這些例子中是非常重要的。例如醫生也參與使劑量數據更值得信任，知道居民他們也取得這些數據，也會主動使用這些數據，因而幫助居民改變想法，轉而利用這些數據在健康照顧。例如他們能夠偵測孩童的個別劑量，和幫助母親發展策略以減少對孩子的曝露。在由上而下策略之下，醫生發現他們自己基本上只是告訴病人，由中央公佈的那些污染嚴重的食物是禁止食用的；表列的答案縱然不會有錯，但他們並未反應當地的條件或環境，例如當地居民沒有能力取得替代食物。

能夠與輻防專業共同合作，將可幫助醫生變成其中一份子，大家一起發展出的輻防文化，對大家的公共衛生的強化有很大的影響。

經驗顯示農夫直接參與當地污染的劑量量測，也有顯著的好處。到目前為止，由上而下策略只是對當地土地當成已污染，所以生長的食物不能上市。這種策略對污染層級的區分是無效的，不同污染應會有不同效應，並且也需要提供替代食物；所以，農夫們就趨向適應這種完全灰心態度，就是不能改善生產也不能銷售，但他們和他們家庭還是要生活下去啊！

利害關係人的參與，允許農夫瞭解他們土地詳細的輻射狀況，和他們產品的輻射量，然後他們可以做出適當決定關於何處可以種植，甚至種了之後會有何種結果，以及要如何處理。

當地居民首先認為有需要給孩童乾淨的牛奶，和其它乾淨食物，並且要知道孩童們生長的环境是安全的。由上而下策略有需要告知母親們要如何避免那些食物，和他們不能由外地買乾淨食品。而他們要知道他們給孩子們喝的是污染牛奶嗎？或其它食物有被污染嗎？同樣的，母親要知道孩子們玩的地方包括森林湖泊可能會增加曝露的劑量，但他們無法真正偵測多少曝露的劑量；在這種狀況下，母親們常失望地表現出不知如何做才對他們的孩子是最好的，感到

無助。

母親們非常熱心參加定點量測活動，就他們臨近環境，從住家到花園以至周圍環境希望是乾淨的。他們也渴望參與，聯合醫生和相關人員，確保他們孩子們吃的食物是最少污染，並避免較高的污染區。因為這些均影響到每個家庭層級，所以父母均希望他們孩子可以儘量減少污染。其淨利益為每個家庭均感到他們可以掌握他們的生活，尤其在輻射劑量問題上，他們可以扮演一角色去管理。

### 學習到的課題

這報告提供許多可以學習的課題，以及對利害關係人參與的指引。透過官方及輻防專家的經驗，也均注意到原來認為居民只是被動接受者，等著他們來服務，其實居民較多的參與反而有許多好處。他們也看到這些策略經過民眾參與使得進行良好，並且可以有效利用稀少資源達到輻防目的。

輻防專業和他們服務社區之間，因利害關係人的參與而有了很大的不同。在態度上有大的改變，居民從旁觀進入到參與的專業觀點，表示他們對自己的社區有責任。

這報告亦提示利害關係人參與策略的形成，需要建立在一個由下而上的面對著社區問題，並和社區成員、輻防及其它專業人士是夥伴關係；因此，當地社區需要緊密參與瞭解狀況後並作出反應。

這在輻防上也引起更多挑戰；不僅是當地居民的問題，也是需要和其它專家合作找出解決方法，解決這些複雜且受限於當地有限資源狀況下的問題。參與策略的好處是輻防成了每個人關心的事，而不是別人的責任；使人們有能力做整體輻防考量，而不是等中央政府來幫助，只靠中央政府對如此大的污染範圍是無法辦到的，只能提供少量協助。

### 附文---ETHOS 計畫

儘管一個特殊的資源消耗對復原污染區域，在事件發生後當時需要的，由中央領導的方案後來慢慢表現出做得不好，許多地區由政府發起的行動是沒有效率，並且造成居民對當地生活有信心危機。復育管理問題中的區域調查變得很重要，以便可以找出更有效的方法往前推動。

在 1996 年，由歐盟組織贊助的一個法國輻射及其他專家組成的團隊，前往白俄羅斯。這 ETHOS 計畫提出一個新方向，尤其集中在長期的社會面和經濟面及輻射安全問題上。恢復居民自己的信心和主導性，而收復社會信任也是另一主要目標。ETHOS 計畫在 Olmany 發起，它是 1,300 位居民的村莊，座落在 Stolyn 區，離車諾比約 200 公里處。這團隊目的是要瞭解事件發生後的影響，以及當地居民對未來的看法，並加入一個利害關係人參與的觀念來從事復育管理。

依照團隊專家 John Paterson 在 NEA 利害關係人報告中，認為這 ETHOS 團

隊非常清楚在官方和污染地區居民所面對的問題。這團隊從這些地區的人口調查中得到下列事項：

- 來自他們對環境及兒童健康的關切，造成的廣泛社會和心理效應。
- 有生活品質是不能再回復降低的認知。
- 避免輻射危害的能力有無助的感覺。
- 因為對官方和專家失去信任，一般有失去掌控的感覺。
- 有專家和官方低估風險進而忽視他們的感覺。

Paterson 目前在蘇格蘭 Aberdeen 大學法學院，解釋團隊認為這不只是復育主要工作的旁支問題，而是基本問題並和主要工作非常有關。總之他們相信官方和專家們，在建立復育和重建工作時需要的信任是失敗的。然而官方可能是資訊完備和好心的，居民只是想幫忙但不信任他們。

法國團隊的觀點是居民需要去感覺，他們要對他們自己生活事務有些掌握，並享有他們認為可接受程度的保護。但是這事件沒有先例，官方也不知道有這種問題，也無範本可循，因此需要建立和居民一起參與的工作範本。

這 ETHOS 計畫目標是瞭解意外事件的影響，以及地區居民對未來前途的看法；其主要問題是如何居留在當地生活，以及如何在那裡養育他們的孩子？儘管政府已經介入幾年，居民似乎仍然沒有清楚的答案。這團隊對居民的疑慮無法完全滿意回答，但可以幫助那些要留下生活的人改善生活品質和安全。在這基礎上，很清楚這計畫必需有實際目標；最後，建立 6 個工作群，以發展解決由居民自己提出的問題。這些是：

- 對孩童的輻防作業
- 生產乾淨的牛奶
- 私人生產食物的銷售
- 輻射文化策略進入學校教育
- 年青人參與復育工作
- 國內放射性廢棄物的管理

每個案均有群組，並包括當地志工和法國的專家，著手於集體學習和增加他們面對問題的廣度；並從輻射量測開始，輻射專家們不做輻射量測而做教育，以及協助當地居民自己做輻射量測和對地區污染狀況做正確瞭解。這看起來是小事，但有一個深遠意義，居民現在瞭解和相信和他們有關的數據，並能夠立刻掌握居民繼續在當地村莊生活潛伏的預見狀況。

工作群之一包括媽媽們對孩子們的輻防保護。工作組發現甚至發生意外事件 10 年後，媽媽仍不能瞭解曝露機制或污染程度；已有的資訊無疑的沒有使居民能夠瞭解，然後工作群使用最直接方法讓母親們直接去量，對當地環境直接瞭解，從自家的房屋花園開始量測，而後瞭解孩子們的生活環境，之後對孩子們在外面的曝露，可以瞭解與掌握。

實際發現所有房子內的量測，其數值遠低於參考值，除了一些靠近火爐的地方，因為有爐灰的關係；於花園處的量測值，有一半是低於參考值，有一些



和污染的堆集木料和堆肥有關。

更進一步的，在認識整個過程後，認為官方部分在政策執行上是失敗的（例如需要和其它相關合作才會更有效的部分），工作群告知互相之間的工作，和媽媽組間的工作，例如對乾淨牛奶和肉品工作群的發現要有所瞭解等。

附註：本文譯自 Dick Kovan, "Stakeholders and radiological protection: lessons from Chernobyl", Nuclear News, June 2006, pp.38-43。

- 1.歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1 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 轉 314。