

■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：李四海、林友明、邱賜聰、翁寶山、許文林、陳為立
董傳中、劉仁賢、蘇明峰 (依筆劃順序)
■發行人：曾德霖 ■主 編：游澄清 ■文 編：李孝華、蔡親賢
■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

▲新竹地區中、小學輻射污染偵測計畫 (輻協)

為回饋新竹地方，並支持原子能委員會之輻安政策，確保學童擁有安全的受教環境。輻射防護協會將於中、小學校寒假期間，從二月一日起針對新竹縣、市學校進行輻射污染偵測，讓學子們有安全的就學環境，免受輻射的威脅。

▲游離輻射防護管理組織及輻射防護人員設置辦法草案 (原能會 陳志平)

原能會七十六年修正之「輻射防護人員設置要點」及「輻射防護人員認可須知」實施近十年，各界對此兩要點陸續提出一些意見，如條文太過於嚴格、不合時宜、執行上有困難等。為使輻射防護人員制度能順利推行，以落實游離輻射作業場所輻射安全管制工作，進而防止發生放射性危害，並確保輻射安全，原能會遂對輻射防護人員制度進行通盤檢討，將「輻射防護人員設置要點」及「輻射防護人員認可須知」合併做一次根本修訂，並更名為「游離輻射防護管理組織及輻射防護人員設置辦法(草案)」。

同時，原能會特別對「游離輻射防護管理組織及輻射防護人員設置辦法

(草案)」之研訂擬訂定四項原則，使得「游離輻射防護管理組織及輻射防護人員設置辦法(草案)」更加符合使用放射性物質或可發生游離輻射設備業者之現況，並解決部分業者在配合執行輻射防護工作時所面臨的一些困擾。現將各原則分述如後：

(1) 明訂輻射防護管理組織及輻射防護人員於事業單位內之定位及應執行之輻射安全管

理業務項目：草案中將游離輻射防護管理組織位階提升至事業內之一級單位或直屬場所主管之任務編組，有助於輻防工作事權之一致，另草案中將輻防人員應執行業務明訂出來，可改善現行「輻射防護人員設置要點」對輻防人員執行之任務規定未盡具體之情形。

- (2) 輻射防護人員配置標準之改變：輻防工作不能靠事業內各部門單打獨鬥，而是團隊工作，應從整體輻防工作的性質來考慮輻防人員配置的標準。草案中對輻防人員之配置完全依據事業單位之規模而定，而不再以放射性物質之活度或可發生游離輻射設備之能量來規範。
- (3) 輻射防護人員類、級別重新區分：為符合事業單位內之運作避免造成業者執行上之困擾(如因使用放射性物質及可發生游離輻射設備，可能需要不同類別的輻防人員)，因此草案中將現行之「密封放射性物質類」、「非密封放射性物質類」、「可發生游離輻射設備類」、「核子反應器類」四類簡化為「一般類」、「核子反應器類」兩類。另輻防人員之分級亦由現行初、中、高三級改師、員兩級。
- (4) 輻防人員以專責為原則：事業內之輻防工作由事業內之專責人員負責，才能確實掌握輻防狀況；惟事業內若因故輻射防護人員出缺，得

由輻射防護業合格人員暫時兼任，繼續執行輻防業務。

原能會正積極的進行「游離輻射防護管理組織及輻射防護人員設置辦法(草案)」之研訂，目前正彙整各相關事業單位、學校、學(協)會所提供之建議，如進行順利，預計八十六年六月以前能完成整個「游離輻射防護管理組織及輻射防護人員設置辦法」之研修工作並公佈實施。

▲考試消息

(原能會)

考試類別	報名日期及方式	考試日期	考試地點	備註
操作執照	截止報名	02月18日(二)	台北(國家考場) 高雄(正修工專)	
輻防人員認可測驗	3月17日~3月22日 通訊報名	05月03日(六)	台北(國家考場)	簡章2月22日起開始發售，洽原能會服務台(02)3634180-159

▲輻射偵測中心正式掛牌運作

(偵測中心 黃景鐘)

「行政院原子能委員會輻射偵測中心」(以下簡稱偵測中心)於今年元月十月正式掛牌運作，偵測中心由「台測輻射偵測工作站」改制而成，新任主任由原偵測站主任林友明先生擔任。依據偵測中心組織條例第二條，其職掌包括：

- 一、環境輻射偵測計畫之研擬及推動。
- 二、環境中天然輻射之偵測。
- 三、放射性落塵之偵測。
- 四、食物及飲用水放射性含量之偵測。
- 五、核設施及放射性物質使用單位周圍環境之監測。
- 六、放射性產品與廢料處理、貯存、運輸及最終處置場所周圍環境輻射之監測。
- 七、核設施意外事故之環境輻射偵測及放射性分析。
- 八、國民輻射劑量之評估。
- 九、環境輻射偵測技術之研究發展。
- 十、輻射偵測結果異常之立即發布，定期公布輻射偵測、監測及評估之相關結果。
- 十一、其他有關輻射偵測、監測及評估。

偵測中心將來具體的發展目標有以下四項：

- 一、成為核子設施周圍環境輻射監測中心。
- 二、成為環境試樣放射核種分析實驗室認證制度的中心實驗室。
- 三、成為環境輻射資訊中心。
- 四、加強輻射偵測技術的研究發展。

▲南部地區到底有沒有輻射屋？

(高醫洪柏宸、沈賢晉、張寶樹)

從民國81年8月台北市龍江街民生別墅發現「輻射屋」以來，輻射屋就成為主管全國輻射安全唯一機關的原子能委員會之心頭最痛。至去年10月的統計，總共發現91起1097戶的輻射屋。這些輻射屋大多是在北部發現，且大多是建於民國71至73年。基於建材取用的地緣性，南部地區應該是沒有輻射屋的存在，但是沒有人在高雄市建於民國71至73年的9,355棟建物、台南市的8,853棟建物、鳳山市的1,724棟建物及南部其他都會區的建物、各級學校建物，每棟建物逐一地仔細偵測，所以還真難對「南部地區到底有沒有輻射屋？」這個問題下個肯定的結論。高醫曾對上述三都會區以抽取率與單位大小成比例的抽樣方法分別抽出1,600、1,088、212棟建於民國71至73年的建物及高雄市全部137所中小學校的建物以蓋革偵檢器與熱發光劑量計進行偵測，偵測結果發現在所偵測

的建物中沒有輻射屋的存在。若假設已發現91起1097戶的輻射屋均發現在台北市，已知台北市有8,344棟建於民國71至73年的建物，利用帕松(Poisson)分布估計95%信賴區間的上、下限因數，發現其值應為0.809及1.24，所以95%信賴區間分別為 $(91/8344) \times 0.809 = 0.0088$ 及 $(91/8344) \times 1.24 = 0.0135$ 。因為高醫在抽樣偵測中沒有發現一棟輻射屋的建物，所以高雄市95%信賴區間的上、下限分別為0及 $3/1600 = 0.0019$ ，台南市、鳳山市95%信賴區間的上、下限分別為0及 $3/1300 = 0.0023$ ，此與台北市95%信賴區間的上、下限並無重疊的部份。若高雄市、台南市、鳳山市有輻射屋建物存在，則統計結論是其發生率比台北市低且有統計上的意義。

▲ 原子能委員會於WWW及Gopher系統上提供輻射屋偵測相關資料

(原能會)

由於民眾近來對輻射屋事件極為關切，原子能委員會已在網際網路(Internet)上的WWW及Gopher資料查詢系統，提供輻射屋偵測相關資訊供民眾查詢，目前已提供之內容有：

1. 輻射污染鋼筋事件處理報告。
2. 輻射污染建築物事件防範及處理辦法。
3. 輻射污染建築物業主拆除輻射鋼筋作業有關規定。
4. 無輻射污染證明書之開立說明及證明書格式。
5. 國內輻射偵檢合格鋼鐵業名冊。
6. 認可輻射防護業者及偵測業者名冊。
7. 認可鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練機構名單。

歡迎多加利用。其網路地址如下：

原子能委員會WWW系統：

<http://www.aec.gov.tw>

原子能委員會Gopher系統：

<gopher://gopher.aec.gov.tw>

▲ 美國Amersham 660型放射線照相裝置需更換結構

(原能會 唐發泰、陳為立)

美國核能管制委員會(NRC)於1996年十月十五日發出IN96-53號通告，提醒其國內Amersham 660型放射線照相裝置的使用者及持照者，應注意該型裝置因無法通過水平衝擊測試(horizontal shock test)，不符合美國10CFR34.20 ”放射線照相裝置功能要求”的規定，原製造商— Amersham公司已經採取改善措施。該型裝置持有者應進行更換結構(retrofit)以改善此安全問題。

美國核能管制委員會希望所有可能受影響之該裝置應該儘可能進行結構更換。持照者應與Amersham公司聯繫以取得結構更換箱、或結構更換程序的協助、或通知Amersham公司他們尚未獲得結構更換箱。國內該型裝置的持有者，應儘快主動與Amersham公司或其代理商聯繫，以取得結構更換箱、或結構更換程序的協助、或通知Amersham公司他們尚未取得結構更換箱。原子能委員會派員稽查相關設備時，亦將檢查該裝置是否已進行完整的結構更換。

☐ 會議訓練報導

▲八十五年度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
鋼材班	86年04月22日至23日	新竹清大	蔡 親 賢
	06月24日至25日	高雄	”
非醫用班	86年03月10日至15日	新竹清大	李 貞 君
	04月14日至19日	”	”
	05月05日至10日	”	”
	05月19日至24日	高雄	”
	06月16日至21日	新竹清大	”
輻防班	86年4月14日至5月9日	新竹聖經書院	邱 靜 宜

◎以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224

▲各種會議、研討會、講習會時間表

(輻協)

會議名稱	時間	地點	簡章備索處
NCRP-112、115及117號報告研習會	86年02月27日 至	清華大學	輻防協會 李孝華小姐

	86年02月28日		(03)5722224
一九九七輻射劑量暨安全講習會	86年03月27日 至 86年03月28日	核研所	原能會 輻防處保物科 (02)3634180~521
一九九七國際輻射劑量暨安全會議	86年03月31日 至 86年04月02日	台北	錫安公司 袁述芳小姐 (02)5236017

本欄歡迎各界提供八十六年輻防相關會議訊息。

連絡人輻防協會李孝華小姐TEL：(03)5722224、FAX：(03)722521

▲一九九七國際輻射劑量暨安全會議

(清大 董傳中)

「一九九七國際輻射劑量暨安全會議」訂於中華民國八十六年三月三十一日至四月二日在台北國際會議中心舉行。本次會議之議程安排為：

- 3/31上午在大會場進行開幕式及邀請演講(共4篇，每篇30分鐘)
- 3/31下午分三組進行口頭論文發表(共30篇，每篇20分鐘)
- 4/1上午分三組進行口頭論文發表(共27篇，每篇20分鐘)
- 4/1中午安排參觀壁報論文(共約70篇，時間為2小時)
- 4/1下午分三組進行壁報論文討論(共約70篇，時間為80分鐘)
- 4/1下午分三組進行口頭論文發表(共18篇，每篇20分鐘)
- 4/2上午分三組進行口頭論文發表(共30篇，每篇20分鐘)
- 4/2下午在大會場進行閉幕式及邀請演講(共4篇，每篇30分鐘)

這次會議共有二十餘國人士提出一百七十餘篇論文在會中發表，其中國外講員人數約為國內講員人數之兩倍，實為一難得在我國召開之國際型學術會議。除了論文發表之外，本次會議尚安排了展覽及短期課程，有興趣參加者請洽：錫安國際會議顧問公司袁述芳小姐(Tel:02-5236017; Fax:02-5377479)。

醫在彰化以南各級中、小學校為

▲NCRP112、115及117號報告研習會

(輻協)

本協會擬訂86年2月27~28日(星期四~五)兩天，假國立清華大學原科系一樓演講廳舉辦「NCRP112、115及117號報告研習會」。

研習會邀請的講員為核能研究所：葉善宏博士、清華大學：張似璵教授、高雄醫學院：張寶樹教授。課程內容包括：*NCRP-112號報告「校正用於評估

游離輻射場和放射性表面污染輻射防護的儀器」、*NCRP-115號報告「輻射防護之風險評估」、*NCRP-117號報告「研究需要的輻射防護」及討論等。

報名截止日期為86年1月25日止。簡章備索，歡迎輻防界同仁踴躍報名參加，詳情請電洽：(03)5722224 FAX：(03)5722521 聯絡人：李孝華小姐。

▲南部地區校園輻射安全講習又開鑼囉

(原能會葉錦勳、高醫張寶樹)

去年上半年，原能會宣導溝通中心支持高講者為高醫張寶樹教授(電話:07-3121101轉7127)，歡迎彰化以南各級學校有意安排者來函、來電高醫或來電洽詢原能會宣導溝通中心(02-3634180轉宣導溝通中心)。

學生、老師們開講「輻射安全」，高醫及附設醫院的醫師共組成一支進10人的教師團，開赴彰化以南14所高中(職)、17所國中、13所國小，共計為14,200位學生、620位老師講演「輻射安全」的觀念。講演重點包括介紹輻射、輻射測量示範、正確的輻射防護行動、輻射風險評估、X光輻射會不會殘留身體等。這一系列的講演是將「輻射安全」的觀念首次默默地播種在南部校園的土壤上。

由於讓學校老師、學生們認識正確的「輻射安全」的觀念，原能會宣導溝通中心再次支持高醫在彰化以南各級中、小學校為學生、老師們開講「輻射安全」。南部地區校園輻射安全講習的第二次開鑼是開始於去年10月，至今年1月上旬，共計彰化以南7所高中(職)、3所國中、11所國小，共計為近9,800位學生、740位老師講演「輻射安全」的觀念，且幾乎均由各校校長主持「輻射安全講習」。

第二次南部地區校園輻射安全講習預定在80所學校開講，目前已完成21所，更有近20所排定在下學期。此次主

□ 專題報導

▲ 游離輻射豁免管制標準之探討

(清大 董傳中 鄭至堯 李萬成)

放射性物質雖然在農業、工業、醫療以及教學上大量使用，但因其具有釋放游離輻射之能力，對人體健康有潛在性的危害，故而必須加以管制。根據國際原子能總署(IAEA)在1994年公布的「國際游離輻射防護和輻射源安全基本標準」(BSS)的建議：有兩類放射性物質不需管制，第一類是天然輻射源，第二類為活度甚低、不需浪費有限資源加以管制之物質。第二類物質又可細分為兩類：(1)輻射源(source)：包括實驗用示蹤劑、校正用輻射源以及含放射性物質的民生用品等，其豁免管制的標準稱為豁免水平(exemption level)；(2)

(一) 採用歐洲共同體豁免管制分類標準，將核種毒性劃分成四級。核種類別與對應之豁免管制量為：最高毒性(5×10^3 Bq)、高毒性(5×10^4 Bq)、中毒性(5×10^5 Bq)、低毒性(5×10^6 Bq)。

(二) 對於非氣態瀰漫之核種，可由下列二步驟求得豁免管制量：

步驟一. $B^* = (ALI)_{\min} / (50 \times 2)$

B^* ：豁免管制量計算值(Bq)

$(ALI)_{\min}$ ：該核種各級別(D.W.Y)之機率效應的年攝入限度，取最小數值

50：將工作人員50mSv之年劑量限度，修正為一般人1mSv之年劑量限度

2：年齡修正因子

步驟二.由上式得到 B^* 值後，再依歐洲分級標準產生豁免管制量B值。

分級標準：若 $B^* \geq 5 \times 10^6$ 則 $B = 5 \times 10^6$
 $5 \times 10^6 > B^* \geq 5 \times 10^5$ $B = 5 \times 10^5$
 $5 \times 10^5 > B^* \geq 5 \times 10^4$ $B = 5 \times 10^4$
 $B^* < 5 \times 10^4$ $B = 5 \times 10^3$

(三) 對於氣態瀰漫之核種，由於不會在體內積存，故不須對年齡修正。

推導公式如下：

$$B^* = DAC \times 2400 / (50 \times 4.38)$$

2400：工作人員在輻射作業場所一年之呼吸量(m^3/y)

4.38：將工作人員職業曝露時間一年2000小時修正為一般人一年活動時間8760小時

50：將工作人員50 mSv之年劑量限度，修正為一般人1 mSv之年劑量限度

由上式得出之 B^* 值，再依歐洲分級標準劃分之，即為豁免管制量。

(四) 對於暫穩態(metastable)核種，取母核和子核中管制量計算值最小(嚴)者，作為母核和子核之豁免管制量。

由於各種豁免管制標準都是根據某些假設條件(適當而保守)推導出來的，因此根據不同國情在不同假設條件下所得之豁免值，才能符

合該國的最適化環境。而為了防止誤用，豁免管制之申請作業仍需主管機關批准同意。

2. 放射性廢料管理

放射性廢料(waste)，其豁免管制的標準稱作清除水平(clearance level)。我國「游離輻射防護安全標準」中有關輻射源的豁免管制規定為第二十二條，而有關於放射性廢料的豁免管制規定則為第四十八條。

1. 輻射源的豁免管制

在輻射源的豁免管制方面，BSS提出之豁免水平的計算基礎為：(1)一年內任一公眾之個人的有效劑量不超過 $10 \mu Sv$ ，(2)年集體有效劑量不超過 $1 man-Sv$ 。我國「游離輻射防護安全標準」附則第四表中之豁免管制量，則是依據一般人之劑量限度所訂定，原理為：當核種因不小心被一次攝入(不論嚥入或吸入)時，該核種所造成的有效等效劑量不超過 $1 mSv$ 的劑量限度，此核種之活度即訂為豁免管制量。換言之，我國「豁免管制量」的原則為：

在放射性廢料清除之豁免管制方面，除了適用游離輻射防護安全標準第四十八條外，民國七十八年公佈之「放射性待處理物料管理辦法」第五條中也明定「低放射性待處理物料不至於使每人每年劑量超過十微西弗(一毫侖日)者，其產生機關得檢送評估報告，報請主管機關核准後，另予處置」。民國八十二年七月更頒布「可忽略微量放射性廢料處置申請書導則」，其中指出：「...希望在兼顧民眾健康安全及環境保護原則下，將可忽略微量放射性廢料視同一般性廢棄物處理，以節省國家有限的資源」。而在管理程序上，是採個案方式，由廢料產生機構檢送申請書向主管機關(原子能委員會放射性物料管理局，簡稱物管局)提出申請，但需事先決定廢棄場所並提出輻射評估報告。鑑於輻射評估對於部份業者有其執行困難，故由主管機關根據豁免管制之年劑量約束值，訂出便於現場驗證執行的導出約束值(清除水平)，進而方便業者提出申請，此為目前國際上之發展趨勢。

清除水平應由各國政府根據本身情況訂定。IAEA在1996年制定了「固體材料中放射性核種之清除水平的應用原則」，探討除了密封射源、汙染土壤和可用於食物產品之固體放射性物質的清除標準，並將清除水平分為無條件限制及有條件限制兩類。無條件限制是指不論材料用途為何，利用「可能的」情景為 $10 \mu\text{Sv/y}$ ，以及「不太可能的」情景為 $100 \mu\text{Sv/y}$ 的潛在劑量之條件，加上集體有效劑量為 1 man-Sv 的條件，在一定之曝露情景下，求出相對之清除水平值。IAEA在報告中推薦數十個核種的清除標準建議值，但因這些數值的不確定性較大，故只推薦落在一範圍中的清除水平值，另建議主管機關可以根據具體情況，訂定單一數值的清除標準。對於有條件限制的清除標準，則可根據確定的曝露情景，進行具體的計算。

可忽略微量放射性固體廢料以及廢金屬等之管理，為當前放射性物質安全管理重要之一環。為了防止浪費資源，故有必要訂定相關辦法來加以規範，作為放射性廢料與非放射性廢料的分野。低於豁免管制標準者，可視為可忽略微量放射性固體廢料，不必加以管制；對於高於此標準之放射性廢料，則訂定個案申請之相關規定，當可健全放射性廢料之管理體系。

由於國際上尚未出現公認之豁免管制量與清除水平之標準，所以我國在訂定標準時，可以根據IAEA提出的一般原則，利用適當的評估模式和參數，進行合理化的計算。另一方面還要進行廣泛的調查，統計現有的輻射源與廢料數量，在最適化的基礎上，制定相關的標準。

▲輻射事故前因探討

(試驗室 孫志霖)

從保健物理的角度，歸納一般輻射事故發生的原因共有六項，茲說明於下：

1. 輻射場測量錯誤或不完整，導致研判錯誤。

此因素是輻射防護人員不能正確且完整地測量輻射場的輻射分佈情形，導致對射源的認定與輻射狀況的資訊掌握不足。例如，某些情況下輻射水平本來就高，但是往往因為測量人員的忽略，未能取得正確的輻射狀況，以致造成工作人員進入該區工作，未能有效地管制。其他情形，則可能根本未執行測量或者在狀況已經改變下，仍然將原有的測量資料視為有效而誤用。除了上述的原因外，使用故障的輻射偵檢儀器，導致輻射場的錯誤研判，亦應特別注意。

2. 輻射工作許可證內容不適切或根本未實施。

此項因素為輻射工作許可證記載的內容與執行的工作項目不相符。某些例外的情形，作業程序書並未要求提出輻射工作許可證，例如，若個人輻射曝露預期並不高，少數電廠允許使用一般雜項輻射工作許可證或根本不需要。緊急情況下，輻射防護人員可決定其他工作內容的輻射工作許可證，是否可適於發生輻射曝露事故的作業上，因為正常使用輻射工作許可證的程序書，大都無法適當地涵蓋處置多數輻射曝露事故。

3. 輻射防護技術人員訓練不足。

輻射防護人員對現場改變中或不正常變化的輻射狀況無法作適當地處置，通常是經驗不夠與訓練不足，而且當時也都沒有相關的輻射防護工程師在場，才會造成曝露事故的發生。為了改善這種類似情形，舉辦輻防人員訓練時，應加強實務講解、經驗回饋、案例分析與非正常狀況的實務處置演練，以改善提昇技術人員應付變化多端的現場作業之應變能力。事實上，許多曝露事件事後檢討，發現均有此一共同現象，即輻射防護技術人員在事故現場，沒有即時採取適當有效的措施，以控制曝露的結果。

4. 工作人員未按規定程序處理。

工作人員太過自信而不遵守程序書或輻射防護實務經驗太差，為此項因素常發生的錯誤行為。例如：沒有攜帶偵測儀器逕行進入有警示或為已知的高輻射區，未注意身上顯示劑量計的數值，甚至忽略或根本不理會輻射防護人員的警告與指導。在前面已提過，這些錯誤作為，在未發生嚴重曝露事件前應已在例行作業中斷斷續續發生過，而未予注意並施以改善行動。這些與工作人員的績效或生產力無關，而是有無遵守規定及警覺性的問題。在作業場所要是發生這類事件，通常都是工作人員沒有遵守輻射防護的規定，而自作主張，要不然就

是工作習慣或態度不良，沒有遵循以前的經驗回饋及類似的工作實務，同時又缺乏警覺性，才會造成的。輻射防護衣物穿著不夠確實，該封膠帶處，未能仔細封好；脫防護衣物時又不按照程序書之規定，以致弄得污染到處散播；使用攜帶式偵檢器量身及四肢有無污染時，就好比趕蒼蠅的樣子，馬馬虎虎作個模樣等等，均是很常見的工作不確實又不遵守規定的毛病及錯誤習慣，有待進一步加強改進。

5. 監工或領班責任心不夠。

此項錯誤因素是工作人員的輻射防護認知與監工領班的責任心不足。大部份的輻射曝露工作，都需要監工或領班全程深入的參與，而一般從事管制工作的輻射防護技術人員認為，監工並沒有實際負責，以確定他們的工作人員於工作進行中遵守輻射防護的相關規定。同時，在輻射區域內正進行關鍵步驟的工作，也甚少基層主管或監工於現場督導並掌握現場的狀況。監工及領班沒有於工作前詳細說明工作的內容及進行方法、應注意事項，也無法確定工作人員是否已有適度且恰當的訓練，足以勝任該項工作，則是一般的通病。總而言之，監工人員不僅缺乏負起所屬人員工作績效的責任心也不能有效地督導工作人員於實務中，確實遵守輻射防護的安全規定。事實上，有些監工於污染管制的實務上並不比工作人員熟練，所以即使在現場看到監工或領班不能正確的使用污染偵測器，也就沒有什麼好大驚小怪的了，其不重視的程度由此可見一斑。

6. 輻射防護於輻射作業場所的地位過低。

大部份發生輻射曝露意外的輻射作業場所，其管理階層多數都沒有把輻射防護視為一項重要的課題，亦即，實際上它的無形地位及受重視的程度比不上其他部門。基本上，管理階層的一些重大決策，很多都忽略應從輻射防護的角度去考量，而輻射防護部門以外的管理，甚至限制輻射防護人員的參與程度。所以在此建議運轉與維護部門，工作現場應聽從輻射防護人員的管制，工作規劃期間除了諮詢輻射防護部門的意見外，為了落實輻射安全的政策，重視它並引用其意見更為重要。

綜合上述原因，檢討起來，大部份事故都會涵蓋四項以上的錯誤因素。如在事件發生前，有任何一項錯誤被及時改正，則此類意外事件可能就不會發生。我們雖然不能百分之百的保證可以避免人為疏失的因素，但要切斷導致事故的連鎖事件中的某一環節，以防止事故的發生，則是可以達成的。

因此，如果能於平時的例行作業上，改進上述六項錯誤因素，雖然不能保證絕對不會發生輻射意外事故，但發生類似事故的機率，將會非常非常的低。

▲天然游離輻射的防護原則

(偵測中心 陳清江、林友明)

一、前言

天然游離輻射主要來自(1)宇宙射線，(2)地表岩石及土壤的放射性，(3)空氣中氡，(4)人體內放射核種等。有些天然輻射異常的地區，居民所接受劑量可能偏高達十倍，另外有些人為活動諸如採礦、高空飛行、使用高放射性建材等，也可能使部份民眾受較高的天然輻射劑量。這種情況所增加的曝露要加以管制嗎？如何管制呢？這是個令輻防界相當困擾的問題。

二、基於ICRP-26號報告的建議

在ICRP-26號(1977)報告中所建議的劑量限值並不包含正常的(normal)天然背景輻射和醫療輻射劑量，但人為活動所增加的天然輻射劑量例如鈾礦開採則仍須列入管制。至於某些高背景輻射地區的劑量限制，在認定上面臨正常和異常之間並無明確分界線，實際執行上也面臨劑量評估和管制措施不易落實的困難。

從機率效應的觀點看來，天然輻射和人為輻射每單位劑量所造成的風險係數是相同的，它們的總風險也是可以相加的。但是人類生存在不同的環境原本就冒著不同的天然風險，例如台灣地區居民先天上就冒著颱風、地震等天然災害所帶來的風險。有些地方則要冒火山爆發、洪水氾濫等風險。這些天然災害所帶來的風險和高背景輻射地區的風險在本質上都屬天然風險。因此在劑量限制系統上，我們沒有理由去限制高背景輻射地區的居民應該接受較低的人為輻射劑量限值，很顯然地天然輻射劑量限值應與人為輻射劑量限制系統分別考量。

制訂天然輻射劑量限值所須考慮的因素卻比人造輻射要複雜，若引用ICRP-26對一般民眾接受人為輻射劑量限值5毫西弗/年為標準，則世界上有許多地方天然背景輻射年劑量將超過此限值，尤其是住宅內氡濃度超過此限值的數量相當龐大。在此狀況下，將面臨相當大的社會問題，若要限制這些地區的居住，則可能要大規模的遷村或花大筆經費進行改善，誰來提供經費呢？如果住戶不願意配合，主管單位可採取強制措施嗎？

在1977年代，ICRP對全球天然背景輻射水平的變化所知有限，對於長期低劑量率的天然背景輻射曝露可能產生的風險也不夠瞭解，再加上實際管制實務上也困難重重，因此並未對天然背景輻射的管制作深入的探討。但在其後續的報告中，卻陸續地對天然輻射所致劑量及風險加以探討，諸如(1) ICRP-32 (1981)，工作人員吸入氦子核的限值，(2) ICRP-39 (1984)，限制一般人受曝於天然輻射的原則，

(3) ICRP-47 (1986)，礦工的輻射防護，(4) ICRP-50 (1987)，室內氡子核曝露的肺癌風險。

三、ICRP-60號的建議

到了1990年，ICRP-60號報告出版時，對天然輻射的管制觀念已趨成熟，因此對天然輻射的干預原則有較詳細的說明，隨後在ICRP-65號報告中，則對工作場所及住宅中氡活度及劑量限制提出詳細的建議，將天然輻射劑量限制原則加以實際應用，可為處理其它天然輻射管制問題的參考。

天然輻射的曝露通常同時存在於一般環境及工作場所中，因此，如何認定它屬於職業曝露或一般人的曝露為容易混淆的問題，氡就是典型的範例，因此ICRP-65號的區分原則可引用到其它天然輻射曝露途徑。

在ICRP-60號報告中，針對住宅和工作場所天然輻射提出防護原則，委員會將輻射曝露分為兩種情境，第一種是人類活動導致新曝露來源或模式，並造成總劑量的增加，這種情境適用實踐的防護體系，另一種情境是使現存的曝露減少，這種情境叫干預的防護體系。

對於實踐的防護體系，在報告中建議採行下述一般性原則：

- (1) 一項牽涉到有輻射曝露的實踐，除非對個人或社會造成足夠的利益，而能充分抵償它所產生的損壞，否則不應採行。此即為實踐的正當性。
- (2) 在一項實踐裡，相對於任何一個特定射源，其個人劑量的多寡、受曝露的人數、以及不一定有但可能會受到的曝露，都必須儘量合理抑低。在抑低的過程裡除了經濟因素之外也要考慮相關的社會因素。有幾個方式都可達到劑量抑低的目的，如：限制個人的劑量(劑量約束)，在潛在曝露情形下則限制個人的危險度(危險度約束)。這個可以避免由經濟性或社會性判斷所造成的不公平，此即為防護的最適化。
- (3) 個人由所有相關實踐所造成的總劑量應加以限制，若是潛在劑量，則必須管制其風險。這種管制的目的是要保證在正常情況下，沒有任何人會由這些實踐中得到不能接受的輻射曝露危險。並非任何射源都很容易在本身採行管制措施，因此在選擇劑量限度時必須詳述相關的特定射源(個人的劑量與危險度限制)。

對於干預原則，委員會在ICRP-60號報告第113段的建議如下：

- (1) 擬採的干預行動必須利多於弊。即由於劑量降低所減少的損害，和採行干預行動的成本與害處，要做充分的比較。當然干預

成本應該包括社會成本。

- (2) 干預行動的方式、規模及時間長短，都要有最適化的評估。使得由干預行動所降低的損害，比干預行動本身造成的損害兩者之間的淨效益有最大的利益。

委員會將干預原則補充說明於第131段，摘錄如下：

在多數情況下無法對射源採取干預行動，因此干預只能用在環境上，或限制個人的行動自由。一項干預計畫完成後，一定會有些不利的影响。因此對干預措施要仔細判斷，是否利多於弊。干預行動的方式、規模以及施行期間的長短，都必須審慎評估，使能獲得最大的淨效益。至於委員會所建議的劑量限度，其目的是管理輻射相關的實踐。這種劑量限度，或其它事先決定類似劑量限度的用法，若拿來當做決定某項干預措施的基準，則顯然和它原來以利益獲得的判斷基礎有衝突。因此委員會反對利用劑量限度，來決定是否需要採行干預行動，或者採行多大規模的干預行動。但在某些劑量水平，一定會發生嚴重的損害效應，則一定要採取某些強制性的干預行動。

由以上的說明可知，天然輻射的曝露若係屬於一項實踐，則引用實踐的防護體系，否則應使用干預的防護體系，干預措施應因地制宜，並無適用的劑量限值。

在ICRP-60第216至218段對住宅氡的干預措施建議採用行動基準取代劑量限值進行干預，以防止個人及群體受過高的輻射曝露，委員會建議如下：

用行動基準幫助決定，何時要求或建議對已建住宅採取補救行動，行動水平的選定是很複雜的，不僅取決於照射水平，而且取決於行動的可能規模，它涉及社區及個人的經濟問題，對於自用住宅可由屋主決定是否採取行動，由國家明訂行動基準可能是必要的。

對於出租的房子建議如下：行動基準最好選擇得使這個基準可以選的很明確，但也不致於造成大量房屋須做改善工程，因此不必期望會有一個全世界通用的行動基準。

四、ICRP-65號報告的建議

一旦採行干預行動，不僅要將曝露降至行動基準以下，而是降得愈低愈好，在ICRP-65號報告中，委員會建議將室內氡濃度降低至600貝克/立方米以下，各國家主管機關可在200至600貝克/立方米之間選擇一行動基準，此活度所對應的年劑量為3~10毫西弗。

國家主管機關可決定對氡行動基準採取強制執行或只是勸告，主要由社會及法律環境的觀點來決定，無論租屋或自有住宅皆應注意氡的問題。少數案例顯示，以常用方法仍無法有效地降低氡濃度到行動基準以下，此時可採取

重新定位等複雜的對策，一般只要採取簡單的對策即可。

雖然受曝於氡氣不致造成急性的健康威脅，但是發現室內氡偏高後應不拖延改善行動，國家主管機關發現此一重要性，並已發展多種協議書，例如在瑞典政府建議民眾，在永久的改善措施之前，宜先提高空氣交換率。

對於工作場所的氡，委員會認為只有當工作時所受曝露可以被合理認定係有營運管理責任時，才使用實踐的防護體系，亦即連續五年平均劑量小於20毫西弗/年，任一年劑量限制小於50毫西弗。不被認定受職業曝露的工作人員可以一般民眾看待，即使用3~10毫西弗/年的行動基準。由於在工作場所的佔用因數每年僅2000小時，且劑量轉換因子亦不同，故工作場所的推導活度限值為500~1500貝克/立方米，若工作場所環境特殊，致氡的平衡因子並非0.4，則主管機關可依實際狀況修正。若採取簡單改善對策仍無法將工作場所的氡活度降低至500~1500貝克/立方米以下時，則建議使用實踐防護體系之劑量限值。

對於使用人造輻射源且已經作輻射曝露管制的工作場所，其氡的管制也需納入考慮，對於這種情形，委員會在ICRP-60號報告第137段建議將天然輻射(氡)列入考慮，亦即列入輻射監測項目及職業曝露劑量統計報告中。

有些工作場所也被公眾使用，若公眾佔用因數較低，例如辦公室、圖書室及戲院等場所，這些場所不必特別處理，如果佔用因數較高，例如醫院、學校、居住場所等，可以一般住宅的行動基準為改善對策，在上述地點的工作人員，則使用委員會對實踐的輻防系統。

對於工作場所的實際防護，一旦接受行動基準，管制當局或管制人員將需要決定氡濃度偏高的對應措施，設法將氡濃度降至行動基準以下。在很多建築物內，採取改善措施將有困難，但不致於太困難。在氡可能偏高地區蓋建築物，應先考慮預防措施。

如果要降低工作場所氡濃度至行動基準以下是非常地困難，則應依工作人員對人造空浮輻射的防護系統執行防護措施。若不同部門的氡濃度差異很大，則行動基準可依在各部門工作時間加權平均值作依據。

五、結論

由ICRP-60和ICRP-65號報告對天然輻射及氡的輻射防護建議，我們可以歸納以下結論：

1. 過去把職業曝露定義為工作期間所受的曝露，而不考慮輻射的來源，但是人類的生存空間到處都有天然輻射，因此委員會把職業曝露的範圍界定為：在工作中那些操作管理上能合理注意的行為所接受的各種曝露。
2. 天然和人為輻射均需要管制，但體內鉀40、

地表宇宙射線及地殼內所含的放射核種都不屬於可以合理控制的範圍。因此只有工作場所的氡以及處理那些含天然放射核種的物質，勉強可算是營運管理部門的職責。

3. 若認定工作場所所受天然輻射曝露屬職業曝露，則使用實踐的防護體系。若輻射源屬不可控制者，宜對人員或環境進行管制。
4. 在一般生活環境或非職業曝露的工作場所接受天然輻射的曝露，宜採用干預的防護體系，並沒有一套全世界通用的干預基準可供使用，各國主管機關可依ICRP-60號報告對干預原則的建議及各國國情自行訂定。
5. ICRP-65建議氡的防護行動基準為3~10毫西弗/年。
6. 美國的NCRP-116號報告對一般人受天然輻射曝露的改善行動基準為：(1)對於不含氡及其子核的曝露，其行動基準為5毫西弗/年，(2)對於氡及其子核的曝露，行動基準為7毫焦耳·小時/立方米或2WLM，約相當於8毫西弗/年，亦在ICRP-65建議的範圍之內。

由以上的討論可知，天然輻射的防護並不易制訂一套統一的行動基準。目前世界各國所訂的天然輻射防護行動基準也相當零散，有許多規範或標準的法令位階也都很低，往往只是為了某種礦產的開採、加工或利用而制訂的標準。ICRP-65和NCRP-116號報告所作的建議算是最通用又具體的行動基準了，瞭解其立法精神將有助於國內制訂相關天然輻射管制標準的參考。

1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹郵政2-33號信箱或電傳(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. 歡迎捐助或訂閱(每年六期180元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224。