

輻射防護簡訊 9

中華民國輻射防護協會編印(發行人：曾德霖)

通訊：新竹市光復路2段406號2樓 輻射防護協會

中華民國83年10月1日

電話：(035)722224

電傳：(035)722521

歡迎索取

□輻防消息報導

▲董事會消息 (輻協)

本會董事夏德鈺、蔡昭明、鍾堅、蘇青森及蘇獻章五位先生，因故不克繼續擔任，獲准辭職。九月中，經董事會補選朱鐵吉、黃瑞耀、許文林、葉偉文及蔡世欽五位先生續任董事，並補選董傳中及許文林兩位先生擔任常務董事。

▲輻射報導之一

(台灣輻射偵測工作站)

民國83年 7月27日自立早報刊載台北市火車站前新光三越百貨及大亞百貨公司室內輻射劑量超出自然背景輻射四倍，建議員工於工作一兩年內應轉業以免接受過量輻射曝露，此舉引起新光摩天樓員工及主管之關切，遂向原能會申請覆測確認，台灣輻射偵測工作站奉指示於 7月29日攜較精密的日本HAMAMATSU公司生產之ss-r型手提式閃爍能譜偵檢儀前往覆測，結果發現新光三越百貨公司內部加馬輻射劑量率在0.02至0.15微西弗/小時，最高劑量率在北面大門玄關處。

根據台灣輻射偵測站於80年抽樣調查結果顯示，台灣地區住宅建材造成之室內加馬輻射劑量率在0.04至0.17微西弗/小時，新光三越百貨公司除一樓大門附近因使用大量花崗岩而使劑量率略高外，其餘各樓層內部劑量反而比一般

鋼筋混凝土住宅為低，主要原因係整棟大樓為鋼骨及鋼皮結構，且四面牆採玻璃帷幕建材，內部則多為開放空間，故輻射劑量率反而偏低。所幸報載所謂"新型輻射屋"經證實只是虛驚一場，無須驚慌。

▲輻射報導之二 (陳清江)

今年 6月份桃園的聯成鋼鐵廠發現自基隆宗佑公司買進的一支鋼管含天然鈾核種，表面劑量約為5~10微西弗/小時，此事件與輻射鋼筋聯想在一起而又引發一陣新聞熱，究竟這些天然輻射核種是怎麼來的呢？答案是來自重砂。

密度大於 2.9的礦砂俗稱重砂，它們來自內陸的岩石被雨水沖蝕而流至海邊，在海風、海浪及洋流的作用下淘洗沈積形成沙洲或存在靠海的陸地下，在台灣西南沿海的濁水溪以南及鹽水溪以北的海岸就有許多重砂，世界上較有名的已開採重砂分佈在澳洲、班拉狄西

(Bangladesh)、印尼、馬來西亞、泰國及越南等地，重砂因含有鈦鐵礦($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$)、白鈦礦($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$)、金紅石(TiO_2)、鋇石(ZrSiO_4)、獨居石($\text{CePO}_4 \cdot \text{YPO}_4$)及少量磷鈾礦(YPO_4)而具有商業價值。

重砂的用途相當廣，含鈦的礦石一旦被提煉成二氧化鈦後，可做為製造油漆、紙張、塑膠、化粧品及陶瓷器等的原料。金紅石可做成鈦金屬用於飛機樑構、噴射引擎。鋇石、二氧化鋇及鋇可

用來生產陶瓷、耐溫材、鑄造材及耐磨材料、催化劑、油漆、燃料護套及核反應器的結構材料。獨居石及磷鉍礦等稀土礦物可用於電子元件、照明材料、玻璃工業、磁鐵製造、超導體及陶瓷、化學催化劑及冶金術的合金添加物等，用途相當廣泛。

重砂通常含有較多的鈾、鈾等重金屬元素。重砂放射性最高的產地在澳洲，其獨居石含鈾60萬至90萬貝克/公斤，鈾含量為1萬至4萬貝克/公斤，磷鉍礦之鈾、鈾含量分別為18及5萬貝克/公斤，均遠高於鈾、鈾礦物標準，這些含高輻射礦物一旦製成產品後，輻射活度將被稀釋，然而仍比一般背景值為高，目前大部份鋼鐵廠備有高敏度輻射偵檢器，類似本次廢鋼管含較高天然輻射事件勢必常常發生，如何處理類似案件呢？這又是個讓輻防界頭疼的問題。

▲美國新澤西州鐳污染事件的處理

(馬大道)

美國新澤西州艾塞克斯郡(Essex County)的克萊山(Montclair)，西橙(West Orange)與狹谷嶺(Glen Ridge)等地，於1920年代曾設有夜光鐘錶工廠，僱用十幾歲的女工，把鐳描到錶盤的數字與指針上去，其垃圾則就近傾倒。後來發現不少女工於25歲前死去。當時不僅不識鐳之輻射危害，且視為奇藥，服用後可治療癌症。甚至把鐳當作長生不老藥飲用。自礦苗提鐳的工廠，更將其殘渣傾倒至克萊山、西橙與狹谷嶺等處之低窪地區。至1930年代，這些新生地用為建地，而建築工人把垃圾廢土充填地基，致有些家庭的氡高出正常值百倍。到1984年左右，陸續發現有

769戶住家建在鐳污染的土地上，室內氡濃度已超過標準。因已無法找到造成污染的原鐘錶廠商，乃由環境保護署(EPA)主持其清理計畫，使用超級基金(Superfund)與伯泰爾(Bechtel)公司簽約(負責清理策略)，動用美國陸軍工程部隊(COE)進行污染清理，廢土則以火車運往全國唯一擁有執照的猶他州棄置。

▲美國紐澤西州放射性鐳污染事件簡介 (原能會)

一、緣起:

位於紐約市西邊約12英哩，屬紐澤西州艾薩斯郡的蒙特克萊爾，東、西桔及格蘭嶺四鎮，面積約 210英畝的地區，遭受不同程度天然放射性鐳物質的污染。該地區自1900年代初期至1926年為止，係美國提煉鐳的主要地點。以生產鐳夜光塗料及醫用的鐳針為主。其提煉鐳過程中產生之殘餘放射性礦渣除留於廠內，亦有部分廢料棄置廠外而日後被用作填土者。1926年後由於放射性鐳的輻射為害漸為人知，而此地區的鐳工廠陸續關閉而荒廢。自1930年後該地區開始有人定居，並在數十年後逐漸繁榮成為市鎮，早期不當棄置的鐳，在數十年後乃形成近年嚴重的污染問題。

二、污染狀況調查:

紐澤西州環境保護處於1979年著手進行對過去鐳處理設施地區的調查行動。1981年應該處之請，美國聯邦環保署在一些經選擇的地區進行空中加馬輻射偵測，發現有數個地區具較高的加馬輻射。紐澤西州環保處乃於1983年起進行地面輻射偵測及氡氣度量，證實蒙特克萊爾，東西桔及格蘭嶺地區確遭鐳污

染，並確立污染範圍及土壤污染深度。

該地區土壤中之污染核種乃以鈾-238之衰變系列為主。故除加馬輻射外，亦有放射性氫氣的問題。調查發現有些住戶其室內加馬輻射較自然背景值約高50倍(4.4倫目/年)，同時也有一些住家，其氫氣濃度較正常值高達100倍者(約37倫目/年)，遠高於美國每年0.5倫目的民眾劑量限值。州及聯邦環保署有鑑於污染程度已對這些住戶構成立即之健康威脅，必須即時採取改善措施。

三、善後處理：

1. 1983年州及聯邦環保署為污染戶採取暫時性改善措施，即在地板及地下室之牆壁加裝鉛屏蔽及在室內加裝通風設備。
2. 1984年 5月，聯邦環保署及紐澤西州環保處決定進行先期試驗，以探討挖掘住屋下污染土壤及移往他處放射性廢料處理場處置的可行性，但同年秋天因內華達州撤銷其原訂的廢料處置場址之許可而停止該項試驗，並決定代之以全面的善後調查，進行可行性研究。
3. 1985年 2月美國聯邦環保署將上述之鐳污染場址列入國家環保處理超基金(Superfund)優先整治名單。
4. 1985年 9月聯邦環保署提出善後調查一可行性研究草案報告，公告兩個月後，於十一月召開公聽會，吸取包括污染戶在內之各界意見。
5. 1989年 4月，聯邦環保署完成善後調查一可行性研究之最終報告，並於同年六月發表決策紀錄(Record of Decision)，決定對污染最嚴重之住戶進行污染土壤完全移除並繼續採行

暫時性降低氫氣及加馬輻射之改善措施。最重要的是環保署透過美國陸軍兵工署的協助在猶他州取得放射性污染物處置場的存放許可。

6. 1990年3月環保署委託貝泰公司(Bechtel)著手善後工程設計(Remedial Design)，並由美國陸軍兵工署進行施工，對 769住戶中之每一戶進行現場調查、偵測，收集各項相關數據，作為執行個別善後之依據，以減少對財產所有人之衝擊。迄今已完成 725住戶之現場測試，其中495件確定未遭污染。對需進行改善之污染住戶則按污染程度及地緣關係分為五類及七個工期，按期別循序進行善後工程，預期十年內完成此工作。
7. 1990年秋天開始分期實施善後行動(Remedial Action)。

四、所需經費：

該項整治計畫，所需經費由美國國家環保處理超基金支付，主要花費包括下列各項：

1. 美國陸軍兵工署之工程費。
2. 貝泰公司之調查、測試、設計及管理費。
3. 廢料處置場租用費。
4. 空屋購買費。
5. 屋主暫時搬遷費，其中又包括：
 - (1) 房租。
 - (2) 直接付帳的水、電、煤氣等費用。
 - (3) 搬遷服務。
 - (4) 傢俱租用費。
 - (5) 新居清潔費。
 - (6) 新居草地維持及積雪清除費。

美國聯邦環保署原列預算美金兩億

五千萬元，需時十年，現因利用創新的建築技術，已可將經費降至一億五千萬美元，時程減為六年，預期1996年完成。

五、污染戶反應：

由於內華達州撤銷污染物處置場許可及先期試驗之中斷等不愉快經驗，使污染戶民眾對問題的性質及政府處理的能力都有所扭曲及懷疑，當1990年3月貝泰公司開始逐戶實地偵測調查時，民眾皆有抗拒心態，但後來由於具體事實的日漸呈現，且創新的技術使時程加速，現今民眾的態度已迅速轉變而站在完全支持的立場。

▲海外輻防諮詢委員專長介紹之四 (輻協)

◆王長寬(Chris C-K. Wang)

現職：喬治亞理工學院助理教授
學歷：• 俄亥俄州大學核化博士
經驗：• 研究、教學、及實際工程經驗
總共十八年

專長 • 1. 中子能譜測量。
• 2. 中子計量。
• 3. 中子捕捉治療法。
• 4. 微觀放射線劑量。
• 5. 高強度放射線廢料處理。

(包括用過燃料運送及儲存)

- 6. 放射線屏蔽分析。
- 7. 核臨界安全分析。
- 8. 放射線體內劑量。

聯絡處：Dr. Chris C-K. Wang
Health Physic Program
School of Mechanical Engineering
GIT, ESM Building
Atlanta, GA30332-0225
Tel: (401)894-3727(W)

(404)934-3665(H)
FAX: (404)894-3730

◆張賜元(Gloria Tsing-Yuan Mei)

現職：美國橡樹嶺國家實驗室
輻射防護部門，ALARA 工程組
負責人

田納西大學核工系助理教授

學歷：• 堪薩斯州立大學核工博士
• 普度大學保健物理碩士
• 清華大學物理學士
• 美國保健物理學會認證
保健物理師

經驗：• 國家實驗室輻射控制及ALARA
• 美國能源部輻射法規之實施

展

• 輻射偵檢儀器之應用及發展

展

• 人員輻射劑量評估

• 核子意外事故人員劑量評估

估

• 氫氧測量及劑量評估

聯絡處：Dr. Gloria Tsing-Yuan Mei
Office of Radiation
Protection

ORNL

P.O. Box 2008

Oak Ridge, TN 37831-

6133

Tel: (615)574-0188(W)

(615)482-3798(H)

FAX: (615)576-2912

▲CNLA游離輻射領域與原能會作業之 結合 (蔡友頌、石兆平)

完善的游離輻射防護法規，是執行輻射管制作業，以達成輻射安全之基本依據。在國內原子能委員會為我國核能主管機關，透過完整行政程序，頒佈各項法規以提供國內各單位人員依循。同時，為便利業務推動，特結合經濟部中

央標準局建立之中華民國實驗室認證體系（Chinese National Laboratory Accreditation，簡稱CNLA），期能節省政府機關人力負擔、提高公信力、提升業者之作業品質。

CNLA 係依據ISO/IEC Guide 25 校正及測試實驗室能力，以判定其檢測能力及品質系統是否符合規範要求，進而提升實驗室品質並建立公信力。目前游離輻射評鑑技術委員會（成立於七十八年10月），其主要職掌包括：

1. 製訂『游離輻射測試領域認證手冊』及相關技術文件之審查核定。
2. 籌組游離輻射測試領域工作小組，規劃能力試驗執行政序。
3. 審查游離輻射測試領域評鑑總結報告。
4. 提供相關技術諮詢。

該技術委員會召集人由原能會輻射防護處處長擔任，而委員成員涵蓋原能會（3人）、核能研究所（3人）、清華大學原子科學研究所（2人）、中央標準局（1人）、長庚醫學院（1人）、台電公司（1人）等國內產官學研之代表。

目前CNLA游離輻射領域開放申請項目計有下列三項：

1. 人員劑量計測試（Performance testing of personnel dosimetry）
2. 輕便型輻射偵檢器校正（Portable radiation survey meter calibration）
3. 環境試樣放射性核種分析（Analysis of Environmental radionuclides sample testing）

評鑑技術委員會其下設有『射源活度與核種分析』工作小組，由清華大學

原科所朱鐵吉教授擔任召集人，負責本領域相關技術資料之蒐集及技術文件之撰寫。目前已完成下列三份技術文件：

1. 放射性核種分析測試實驗室認證準則。
2. 射源活度度量校正實驗室認證準則。
3. 中低強度核種分析測試實驗室認證準則。

這些項目也將在通過評鑑技術委員會審查後，對外開放接受認證申請。有別於其他領域或其他項目採自願申請認證之性質。人員劑量計測試是強制參加的認證項目。因為計測實驗室之作業品質，直接影響到工作人員之輻射安全。

原能會於新修訂『游離輻射防護安全標準』規定，經審查核可之機關或機構始得從事人員劑量評定工作。執行上則參考美國之作法，將CNLA的認可作為原能會認可要件之一。

國內目前提供人員劑量計測試服務的單位有核能研究所、清華大學原子科學技術發展中心、台電放射試驗室（含室本部、核二分隊、核三作隊）、同步輻射研究中心，其中核能研究所、清華大學原子科學技術發展中心有提供對外服務，其它各單位只提供內部服務。上述各單位除同步輻射研究中心因申請時程較晚外，其它各單位均已完成通過實驗室認證。預計於八十三年九月完成國內七家人員劑量計評估實驗室認證工作。

原能會計劃再與CNLA合作的另一計劃，就是射源活度度量校正實驗室的認證，希望藉由認證制度，核子醫學實驗室能將其作業制度化、系統化，進而提升醫療水準，保障病患之權益。

目前CNLA游離輻射領域已完成『射

源活度度量校正實驗室認證準則』，並且於第十三次評鑑技術委員會審核通過，於八十三年CNLA年會中正式對外開放申請服務。希望藉著CNLA的推展，積極提升實驗室量測品質，落實科學觀的量測成效。

□期刊書籍報導

▲ICRP-65 號報告簡介 (輻協)

國際放射防護委員會(ICRP)於1993年底發表了它的第65號報告，建議有關住家及工作場所氡-222 的防護。內容共分六章，第一章介紹氡的基本性質、量和單位以及防護的原理。第二章說明吸入氡及其子核所造生的健康效應。第三章敘述建築物氡的濃度及預防和補救措施。第四章及第五章分別討論住家及工作場所氡的防護。第六章為綜合摘要。有興趣人士，可閱讀該報告原文。

▲輻防書籍贈送 (輻協)

本協會自大陸引進書籍一批，免費贈送給『輻防簡訊』的讀者，送完為止。

ICRP 30	4本
ICRP 31	4本
ICRP 33	13本
ICRP 36	3本
ICRP 37	13本
ICRP 43	13本
ICRP 47	13本
輻射食品衛生	14本
輻射食品保藏	5本

有興趣者，請電洽輻防協會游澄清先生
TEL：(035)722224

□儀器報導

▲加馬、中子輻射偵測儀器之校驗比對 (陳俊良、尹學禮)

經濟部中央標準局於82年度起，正式以五年中長程計畫的方式，委託核研所建立游離輻射之國家標準。此計畫主要任務包括：維持游離輻射的國家標準，以提供國內輻射標準之追溯；協助中華民國實驗室認證體系 (Chinese National Laboratory Accreditation, 簡稱CNLA)，執行人員劑量計實驗室認證之能力試驗(proficiency test)及推動二級校正實驗室之建立；研究原級標準的度量技術。

美國商業部之National Institute of Standards and Technology(NIST)負責發展美國各標準量之國家標準，以提供美國二級實驗室及工業標準的追溯。故在計畫中進行一系列核研所與NIST的校正比對工作，以維持我國國家標準與國外國家標準的持續交流與比對。

此次於83年 5月底進行了校正與比對Victoreen 415與NE 2561兩支標準游離腔，由於核研所X射線校驗實驗室中所使用的過濾片的材質和厚度與NIST所有者不同，因此只比對加馬射線部分，比對之結果顯示核研所Victoreen 415標準游離腔與NIST原級標準之差異在±0.5%以內，而核研所NE 2561標準游離腔與NIST原級標準之差異在±1%以內，成果相當的不錯。

核研所中子偵檢儀(ESP-2，BF₃管及9吋PE球)於83年6月初經NIST校驗完成，有七組鈾-252裸(Bare)射源的劑量讀值與校正因子。而核研所現行校驗中子偵檢儀的方式，是採用鈾-252裸射源與偵檢儀中心點距離一公尺的劑量值做

校驗。利用NIST校正因子來計算核研所的射源在一公尺處劑量的誤差在±5%內，顯示核研所的中子場具有相當精確的可信度。

□會議訓練報導

▲輻射意外的干預及潛在曝露研習會

(輻協)

本會訂於83年10月14日(星期五)假清華大學輻生所演講廳舉辦為期一天的研習會。邀請原子能委員會陳為立處長、清華大學翁寶山及董傳中教授主講。內容包括ICRP-60 第六章 干預的防護系統、輻射鋼筋處理實務、ICRP-63 "輻射意外時民眾防護的干預原則"，以及ICRP-64 "潛在曝露的防護"。依配額邀請原子能委員會、台電、核研所、清華、陽明醫學院、輻射受害者協會、輻射鋼筋諮詢小組等共 60 人免費參加。請已報名人士，準時出席。

▲非醫用游離輻射防護研習班 (輻協)

由輻射防護協會所主辦之「非醫用游離輻射防護研習班」，每梯次為期六日。訓練班總上課時數調整為四十小時，受訓費用為新台幣陸仟伍佰元正。歡迎有志從事非醫用放射線工作或刻正從事非醫用放射線工作者報名參加。

各梯次研習時間與地點如下：

甲組：密封射源與可發生游離輻射設備之輻射防護。第二梯次十月三日至十月八日。第三梯次十一月十四日至十一月十九日。第四梯次十二月十九日至十二月廿四日。乙組：非密封射源之輻射防護第一梯次十一月廿八日至十二月三日。上課地點：國立清華大學。

▲第卅四期～卅七期輻射防護專業人員

訓練班

(輻協)

由輻射防護協會主辦、核能研究所協辦之「輻射防護專業人員訓練班」。每梯次研習四週，學雜費等計新台幣壹萬捌仟伍佰元正，上課時間：卅四期83年9月26日至83年10月21日。卅五期83年12月5日至83年12月30日。卅六期84年2月27日至84年3月24日。卅七期84年5月8日至84年6月2日。即日起受理報名，每期四十人額滿即止。

□實務問答

▲新「游離輻射防護標準」第十二條

々々

(許俊男)

內容：工作人員參與計畫特別曝露，得接受超過第九條的定劑量限度。工作人員一年內由計畫特別曝露所接受之個人劑量不得超過年個人劑量限度。其一生中因參與計畫特別曝露所累積之體外有效等效劑量，不得超過年個人劑量限度之五倍。

々々々：不論是在輻防專業人員訓練班或非醫用游離輻射操作訓練班上，常對學員詢及工作人員一年內計畫特別曝露劑量為多少時，常得到50毫西弗之回答；如再進一步詢以此值與工作人員之年劑量限度豈不無異時，則大多無言以對。再者一生中參與計畫特別曝露所累積之有效等效劑量，是否也應包含體內部分，亦值得商榷。

建議：第十二條之原條文或許為表達所規定劑量限值的原意，但卻可能因此造成了易生誤解的結果，可能是非始料所及。因此建議將來有機會於修改時或講解時，直接將年計畫特別曝露之劑量限度逕以100毫西弗表達。另針對一

生中因參與計畫特別曝露所累積之體外有效等效劑量，可在「體外」前加入「體內及」或將「體外」去掉予以補充。

□專題報導

▲有效劑量與有效等效劑量的異同

(孫連陞)

今年七月美國保健物理師試題(第二部分)中，有國際輻射防護委員會(ICRP)第26與60號報告使用的劑量名詞定義為命題。個人也覺得目前有必要對二個最重要，最常用的劑量名詞(即有效劑量與有效等效劑量)作一番解說，更深入地把ICRP-60與ICRP-26兩個報告對這兩個名詞的原義及用法作比較性的報告。

民國八十年由高雄輻射偵測站所舉辦的第二屆環境偵測研討會中，翁寶山教授曾指出ICRP-60號和ICRP-26號劑量名詞的運用和原義很不相同，希望大家能在執行運用上注意。美國輻射防護協會(NCRP)的主席Meinhold先生亦指出，第60號的有效劑量(Effective dose)與第26號的有效等效劑量(Effective dose equivalent)不能混用。

我國目前的游離輻射防護安全標準是隨美國的制度訂定，舉例來說美國核能管制委員會(NRC)所訂的安全法規和我國在民國80年7月所訂輻射防護安全標準均以ICRP-26報告為藍本。我國輻射防護安全標準第16條中的，等效劑量是ICRP-26報告中所指的Dose equivalent譯名。等效劑量指的是體內某單位器官或組織總(積分和)吸收劑量(absorbed dose)與射質因素(Q)的乘積。等效劑量的二個基本公式是

$$(1) H = DQN$$

$$(2) D = \frac{d\epsilon}{dm}$$

以上第一個公式是等效劑量(H)求值的方法，Q代表平均射質因素，它和游離輻射的種類及能量的強弱很有關係。D代表吸收劑量值。公式中最後的N值，目前沒有運用的價值，以壹個單元值代表(N=1)。而第二個公式完全是吸收劑量的定義。在ICRP-26報告中吸收劑量是運用微分的概念以點推演。簡單的說，吸收劑量是指小單位物質中每單位質量(Mass)平均吸收的輻射能。換個角度來說，體內某器官的總吸收劑量是以積分法求算。

再者，有效等效劑量就是ICRP-26報告中的Effective dose equivalent的譯名。有效等效劑量值和等效劑量值是不能由儀器測量(直接或間接)。有效等效劑量是用來表示全身的等效劑量，也就是脛骨、五臟、上下裡外等效劑量與其加權因素的乘積和。ICRP-26號報告利用以下公式解說

$$(3) H_e = \sum_{i=1}^n H_i W_T$$

以上公式中的 H_e 就是有效等效劑量的代號。 H_i 是代表體內*i*某組織的等效劑量。 W_T (英文小寫的W，右下方附註大寫的T)代表組織的加權因素。在ICRP-26報告定有七個組織加權因素。

由於攝入體內的輻射物質常儲在固定的某幾個器官之中，造成長期輻射的

傷害或致癌。因此ICRP-26報告用約定(committed)一字冠加於等效劑量與有效等效劑量，代表一個50年產生的傷害值。訂定50年的原因是以18歲到68歲美國成年法定年齡到職業退休年齡，換句話說美國平均職業年數就是趨近50年。後來ICRP-60宣訂之後除了繼續採用50年的約定年數來評定成人與職業人員的輻射安全與保護，另加上用70年的約定年數來評定嬰孩、幼童及未成年青少年的防護標準。

自ICRP-60報告宣佈之後，翁寶山教授譯 Effective dose 為有效劑量；譯 Equivalent dose 為等值劑量。原則上這個有效劑量就是前文使用的有效等效劑量而等值劑量就是前文使用的等效劑量。國際輻射委員會原想以有效劑量取代有效等效劑量，以等值劑量取代等效劑量。但是在ICRP-60報告第22條到32條中指出，該報告所指的吸收劑量和ICRP-26報告不同。新的吸收劑量是以輻射防護為目標，不再是延用過去點的觀念。吸收劑量是指體內某器官總的吸收的游離輻射能量除以該器官的質量。換句話說，吸收劑量也是某器官單位質量平均吸收的輻射能。相同地，平均射質因素(Q)也從"點"觀念改換為"場"的觀念。ICRP-60報告，不採用Q值，取代它的是輻射加權因素(w_R)，這個符號是英文小寫的w，附註右下角是大寫的R。 w_R 對於中子、 α 、 β 、 γ 射線都有指定的數值，它的範圍是1到20。前文指出的組織加權因素 w_T ，ICRP-60報告也有新的變更，不但組織加權因素的器官數增加(一共13個)，它數值的求算方法亦有詳細的解說。因此，有效劑量和有效等效劑量不同，等值劑量和

等效劑量也不一樣。雖然在數值上可能相差不大，可是基礎概念必須瞭解其相異處，劑量評估才能準確。

前面談到的約定有效劑量與約定等效劑量，在ICRP-60報告中，有效劑量與等值劑量也包括了"約定"的含義，在沒有特別指明下，約定50年是給一般成年人(職業性的工作人員也包括在內)，約定70年是給一般未成年人，尤其是嬰兒及孩童。ICRP-60號報告也指明約定有效劑量及約定等效劑量可因特殊的需要而訂，約定的年數也可以自行取定，但取用的年數(τ)需要表明清楚。舉例說：如果約定的年數是30年，那麼這30年約定有效劑量應以E(30)來表示。

1991年的ICRP-60報告發表之後，輻射防護及核能安全的標準訂得更高。國際原子能協會(IAEA)及英法歐洲國家已一一採用ICRP-60報告為游離輻射安全標準的藍本。我們和美國一樣，在保健物理及核能安全的運用上應儘量比ICRP-26報告中的建議做得更好，同時向ICRP-60的目標看齊。在這種青黃不接的時候，難免把ICRP-26的名詞、規項與ICRP-60的混用，造成研究、學習、法律的障礙。希望大家能在運用執行上注意，如此劑量評估才能準確。

參考文獻：

- ICRP-26(1977)報告
- ICRP-60(1991)報告
- 中華民國游離輻射安全標準(1991)
- 第二屆環境輻射偵測技術研討會，論文專集。(台灣輻射偵測工作站主辦，中華民國80年3月)

▲核能發電造成的集體有效劑量

(陳清江)

根據1993年聯合國原子輻射效應科學委員會報告統計，全世界各型核子反應器外釋放射核種造成之集體有效劑量加權平均值為0.14人西弗/億瓦·年，其中97%來自氣態排放，3%來自液態排放。氣態排放物中70%劑量來自碳十四，25%來自氫，3%來自鈾氣，空浮微粒佔1.6%，碘一三一則只佔0.6%。在液態排放方面，氫佔89%，其它移種只佔11%。從劑量的觀點看來，核電廠對人類造成之集體劑量主要來自碳十四及氫，由於這兩核種半化期長，且在生態圈中循環不息，而一般電廠之設計對上述兩核種多半缺乏處理措施，故其對集體劑量貢獻最為顯著。

在同一份報告中亦對其它發電方式造成之集體有效劑量進行評估，其中燃

煤電廠外釋輻射劑量最高，達2.0人西弗/億瓦·年，為核能發電的14倍，地熱與泥煤發電為0.2人西弗/億瓦·年，也比核能發電高，燃油及天然氣分別為0.05及0.003人西弗/億瓦·年，集體劑量最低。由於化石燃料均含有少量天然放射核種，因此其輻射衝擊並不亞於核能發電，證明核能發電之輻射衝擊並不如想像中嚴重。

各種發電方式造成的輻射衝擊

發電方式	集體有效劑量 (人西弗/億瓦·年)
燃 煤	2.0
地 熱	0.2
泥 煤	0.2
核 能	0.14
燃 油	0.05
天 然 氣	0.003

▲ICRP的建議中對工作人員與一般人的輻射防護標準

(朱鐵吉)

	工 作 人 員	一 般 人
1928年	對劑量未設立限度	未設立限度
1934年 (耐受劑量)	0.2 侖琴/日(約60 侖琴/年) (對象為X射線)	同上
1937年 (耐受劑量)	0.2 侖琴/日或1 侖琴/週	同上
1950年	(1) 空氣中: 0.3 侖琴/週 (2) 造血器官: 15 侖琴/年 (3) 手、前臂: 1.5 侖琴/週	同上
1954年 (最大許可劑量)	(1) 造血器官, 生殖腺, 水晶體: 0.3 侖目/週 (2) 皮膚: 0.6 侖目/週	一般人的許可劑量為 工作人員的十分之一
1958年(Publ.1) (最大許可劑量)	(1) 造血器官, 生殖腺, 水晶體: $D=5(N-18)$ 侖目及3 侖目/13週 (2) 皮膚: 8 侖目/13週 30 侖目/年 (3) 手, 前臂, 足, 足踝: 20 侖目/13週 (75 侖目/年) (4) 其他器官: 4 侖目/13週 (15 侖目/年) (5) 遺傳劑量: 5 侖目/30年	生殖腺, 造血器官, 水晶體 0.5 侖目/年
1965年(Publ.9)	(1) 造血器官, 生殖腺: 5 侖目/年 3 侖目/13週 $D=5(N-18)$ (2) 皮膚, 骨, 甲狀腺: 30 侖目/年 (3) 手, 前臂, 足, 足踝, 75 侖目/年 (4) 其他器官: 15 侖目/年	0.5 侖目/年
1977年(Publ.26) (等效劑量限度)	(1) 有效等效劑量 50 毫西弗/年 (2) 組織等效劑量 水晶體150 毫西弗/年 其他500 毫西弗/年	(1) 有效等效劑量 1 毫西弗/年 (2) 組織等效劑量 (水晶體.皮膚) 50 毫西弗/年
1990年(Publ.60)	(1) 有效劑量20 毫西弗/年(5年的平均劑量) 最大50 毫西弗/年 (2) 水晶體等值劑量 150 毫西弗/年 (3) 皮膚等值劑量(1 cm^2) 500 毫西弗/年	(1) 有效劑量 1 毫西弗/年 (2) 水晶體等值劑量 15 毫西弗/年 (3) 皮膚等值劑量

(4) 手與足等值劑量 /年	500 毫西弗	(1 cm ²) 50 毫西弗/年
(5) 孕婦腹部表面等值劑量 間 (認定受孕後)	2毫西弗/懷孕期間	
(6) 孕婦放射性物質攝取量 *工作人員劑量限度包括異常事件的曝露	1/20 ALI	

各型核反應器外釋核種造成之集體有效劑量(1985~1989)

反應器 型式	發電量 比例 (%)	每十億瓦每年造成之集體有效劑量(人西弗)[man Sv/GWa]						
		空 浮 排 放					液態排放	
		銻氣	氫	碳14	碘131	微粒	氫	其它
PWR	62.13	0.010	0.030	0.22	0.0003	0.011	0.020	0.0009
BWR	22.35	0.075	0.028	0.81	0.0009	0.049	0.0006	0.0061
GCR	3.98	0.024	0.099	0.97	0.0007	0.0038	0.097	0.038
HWR	5.26	0.023	5.3	8.6	0.0001	0.0011	0.30	0.0006
LWGR	5.88	0.24	0.29	2.3	0.0069	0.065	0.0089	0.0009
FBR	0.40	0.018	1.1	0.22	0.0005	0.0010	0.0023	0.0006
加權平均		0.039	0.33	0.94	0.0008	0.022	0.033	0.004
合 計		1.4						

■刊誤

- ◆第八期輻防簡訊P5第十三行攝入後在(24)小時內的約定劑量漏掉24兩字。特此更正。