



財團法人 中華民國輻射防護協會

# 輻射防護簡訊

第 133 期

發行人  
鄧希平

主編  
張似璩

編輯委員  
尹學禮 江祥輝  
劉代欽 蔡惠予 魯經邦

執行編輯  
張仲銘 李孝華

出版單位  
財團法人中華民國輻射防護協會

地址  
30017 新竹市  
光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話  
03-5722521 傳真  
01486683 統編

[rpa@ms9.hinet.net](mailto:rpa@ms9.hinet.net) 電郵  
[www.rpa.org.tw](http://www.rpa.org.tw) 網站

行政院新聞局 出版事業登記證  
局版北市誌字 第柒伍零號

協會報導

第 3 頁

熱發光劑量計 ( 輻射徽章 ) 介紹

測驗與訓練班公告

第 6 頁

公告本會民國 104 年度各項訓練班開課時間。

新聞廣場

第 8 頁

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞。

輻防新知

第 10 頁

機場安全檢查

對於旅客和行李實施安全檢查的科技，只會讓旅客暴露在極少量的輻射中，並沒有輻射安全的疑慮。

新書介紹

第 13 頁

NCRP 175 大型核子或輻射事故後期復原階段的決策

專題報導

第 16 頁

我國輻防法規採納 ICRP 103 號報告之可行性

ICRP 103 建議內容大部分沿用 ICRP 60 輻防系統，我國相關法規（如游離輻射防護安全標準）欲採行 103 號報告之最新建議，只要適時規劃、做好溝通與宣導，應可順利納入。

ICRP 第 103 號報告發行後 對游離輻射防護法規及實務的影響

在舊標準的危險度及安全評估方法不會比新標準低估的前提下，是否或何時修正輻射防護標準，應該從社會與經濟因素等更宏觀的角度來判斷。



## 輻防協會 25 週年慶感言

董事長 邱希平

輻防協會成立於民國七十九年，到今年六月屆滿二十五年。在歐美國家，二十五週年稱為銀色週年，值得特別慶賀。

正如大家所知，輻防協會的由來，是鑒於在七十年代當時，輻射長久以來在社會引起了許多關注，擔憂對健康、環境的影響，乃由清華大學原科院、原子能委員會、核能研究所、台電公司等機構的學者專家，發起籌組輻射防護協會，期望結合各界的力量，從客觀立場為輻射相關之資訊、訓練、防護技術，提供專業的服務。

回首來時路，輻協從二十五年前的一無所有起步，經歷過草創時期的筚路藍縷，創業維艱，在曾德霖與翁寶山兩位前董事長十九年的領導下，秉持輻協的核心價值：「**技術專精、品質導向**」，建立了輻協的口碑與知名度。這四分之一個世紀中，雖陸續有些競爭同業投入輻防服務之國內市場，但輻協掌握的「價值」優勢，彌補了「價格」的競爭力弱勢。整體而言，輻協雖是一非營利之財團法人，但在同仁的努力下，幾乎每年都有盈餘，實屬不易。

為了實踐輻協創立的初衷，提昇國內輻射防護專業知識，輻協在此銀色週年，特與美洲保健物理學會台灣總會及清華大學核工研究所合辦「**2015 輻防新知研討會**」，期望能對輻防工作人員，貢獻棉薄之心力，懇切邀請大家來參加。

## 2015 輻防新知研討會

慶祝中華民國輻射防護協會成立 25 週年  
暨 美洲保健物理學會臺灣總會會員大會

### 日期

民國 104 年 8 月 12 日(星期三)

8:30~17:00

### 地點

清華大學 工科館 NE69 講堂  
(新竹市光復路二段 101 號)

### 主題 / 主講人

- 輻防法規新趨勢 / 陳士友
- 美國核設施輻防實務現況及展望 / 吳全富
- 輻射醫療應用新發展 / 洪志宏

細節與報名資訊，本月另函通知。

歡迎賜稿，稿件請寄：

300 新竹市光復路二段 295 號  
15 樓之 1 或 電傳 (03)572252  
輻防協會編輯組 收。

來稿一經刊登，略奉薄酬。政  
令宣導文章，恕不給稿酬。

## 熱發光劑量計（輻射徽章）介紹

熱發光劑量計，慣稱為「輻射徽章」，為國人常用的人員劑量計之一，但許多使用者對於輻射徽章的基本原理、背景徽章的用途、擺放地點及測試報告的內容等，仍不太清楚或存在許多誤解，筆者藉此機會簡單說明如下。

### 熱發光劑量計(TLD)的基本原理

熱發光劑量計（ThermoLuminescence Dosimeter，簡稱 TLD），主要材料為熱發光晶體（如氟化鋰），經輻射照射後，晶體的能階將輻射部分能量保存下來，晶體經加熱後放出磷光，再將發光量換算成輻射劑量。

熱發光劑量計內共有四個熱發光晶體薄片，利用徽章盒內的濾片輔助鑑別輻射場能量與類別，其中 chip 2 模擬身體 10 毫米深處之個人等效劑量【Hp(10)】，chip 3 模擬身體 0.07 毫米深處之個人等效劑量【Hp(0.07)】，chip 4 模擬身體 3 毫米深處之個人等效劑量【Hp(3)】。

不同能量的  $\gamma$  射線、 $\chi$  射線或  $\beta$  射線對 chip 2、chip 3、chip 4 所造成的讀數和 chip 1 之間成一定的比例，輻射劑量和劑量轉換因數皆為輻射能量與輻射類別的函數，利用該比例關係可以鑑別輻射場能量與類別並修正劑量。

作者

簡文彬

輻射防護協會 企畫組組長

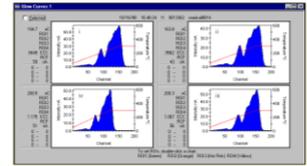




不同型式的熱發光劑量計



8800 plus 計讀儀



6600 計讀儀及輝光曲線

## 背景佩章

### 為何需要背景佩章？

我們生活周遭到處都有微量輻射，無論從外太空、地表、陽光、空氣、水、食物甚至人體內，都能發現輻射的痕跡，一般稱之為「背景輻射」，臺灣地區每人每年所受到的天然背景輻射劑量約為 1~2 毫西弗。

輻射劑量佩章隨時隨地都在紀錄輻射劑量，包括來自背景輻射或佩章於寄送過程中，可能遭受意外輻射照射及輻射源（如機台或射源）的輻射劑量，因此需要背景佩章來扣除背景輻射或意外輻射，以評估真正由輻射作業場所造成的人員體外輻射劑量。

### 背景佩章應該放在何處？

背景佩章係用來扣除背景輻射，或寄送過程中，佩章可能接受意外輻射照射之輻射劑量之用，所以背景佩章應置於不受輻射源影響之地點，如辦公室或非輻射作業區等，背景佩章不是用於機台的輻射洩漏偵測，切勿將背景佩章置於射源處或 X 光機旁，以免影響劑量評估的正確性。

### 測試報告上為何沒有背景佩章檢測的數值？

背景佩章檢測的數值代表熱發光晶體於前次計讀後至此次計讀前，這段期間偵測到的所有輻射劑量，其中包含佩章寄出前於計讀單位的背景輻射、寄送途中的背景輻射或意外輻射、使用單位的背景輻射、及寄回計讀單位後到計讀前的背景輻射等，該數值僅供計讀單位於評估人員劑量時，作為扣除上述所有背景輻射之用，並非佩章使用單位實際的背景值，所以背景佩章的數值不會也不應該顯示在測試報告上。



背景佩章

## 測試報告上的數值包含天然背景輻射嗎？

在我們的生活環境中，到處充滿著天然背景輻射，不能避免，也無法管制，在游離輻射防護安全標準第六條中亦清楚說明「個人劑量，指個人接受體外曝露及體內曝露所造成劑量之總和，不包括由背景輻射曝露及醫療曝露所產生之劑量。」，所以測試報告之劑量值，必須扣除背景輻射。

## 「背景值」等於「零」輻射嗎？，報告為何不顯示原始數值？

依規定個人劑量必須扣除背景輻射，所以佩章的原始數值對於使用者並無用處，且輻射劑量測試報告格式係經主管機關核定，全國統一，報告一律不顯示原始數值，而以淨劑量表示。

測試報告中的個人等效劑量  $HP(d) = (\text{人員佩章讀值} - \text{背景佩章讀值})$ ，其絕對值若小於最低可測值（Lower Limit of Detection，簡稱 LLD，約為 0.05~0.10 毫西弗），則以「B」顯示，表示該佩章測到的數值很小，在背景輻射及佩章計讀的統計誤差變動範圍內，無法判斷有無背景輻射以外的輻射存在，視為背景值（與一般檢測報告中的「陰性」或「-」類似，表示「未檢出」），若  $HP(d)$  大於 LLD 則報告上便會出現數值。

財團法人中華民國輻射防護協會		人員體外輻射劑量測試報告		IAC-MRA		TAF		
委託單位：017-A ****股份有限公司		本期量測期間：102年04月01日至102年04月30日		背景佩章讀值：正常				
身份證字號	姓名	劑量計種類	本期個人等效劑量(毫西弗)		半年累積個人等效劑量(毫西弗)		5年週期Hp(10)劑量(毫西弗)	備註
			Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(10)	Hp(0.07)		
*****4096	沈*成	A	B	B	B	B	B	
*****2698	劉*宏	A	B	B	0.52	0.61	1.32	
*****6328	徐*緯	A	B	B	B	B	B	
*****9511	張*鳴	A	0.74	0.76	0.74	0.76	0.74	
*****1829	湯*媛	A	25.31	26.13	28.27	29.30	87.71	★
*****1932	王*杰	A	12.74	13.11	15.35	16.81	183.29	▲
*****1932	王*杰	F		801.56		936.12	B	◆
*****8810	黃*婷	A	53.89	55.61	55.34	57.49	60.31	●
*****9450	官*奉	A	B	B	B	B	B	

第一聯紫色：佩章使用單位存查

## 輻射防護協會

### TLD 佩章服務介紹

游離輻射（放射線）廣泛應用在工業、農業、學術與醫療等各領域，為確保其工作人員之安全健康，以達「合理抑低」輻射劑量之目的，特成立人員體外劑量測試實驗室，提供輻射劑量佩章服務，利用「熱發光劑量計」監測工作人員所接受之體外輻射劑量。

### 服務內容

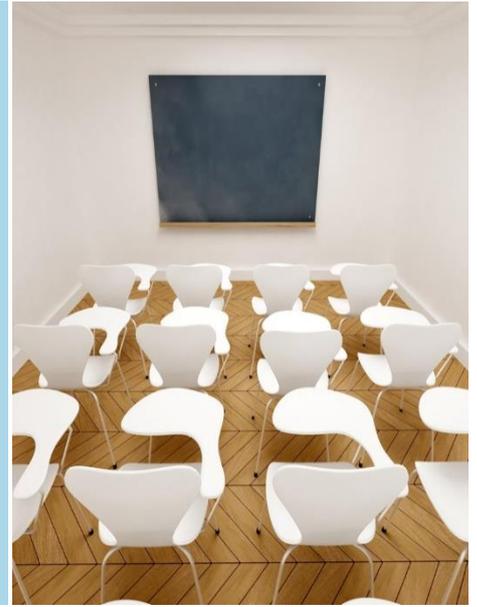
- 佩章之租用：包含佩章盒、熱發光晶片及其配件。
- 佩章計讀及人員體外劑量之計算：每月評估一次。
- 劑量測試報告之定期寄送。
- 輻射相關訊息：於網頁上提供輻射防護相關之小百科、小故事或其他短文，以聚沙成塔的方式，推廣輻射防護觀念。

### 佩章服務諮詢專線

0800-022224 或  
03-5722224 分機 319  
劉尚艾 小姐

有興趣的朋友請蒞臨 [本會網站進一步了解](#)。

## 各項訓練班開課時間



### 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	A3	8 月 11 日 ~ 18 日	高雄 輻射偵測中心
	A4	8 月 25 日 ~ 9 月 1 日	新竹 帝國經貿大樓
	<b>105 年</b>		
	A1	1 月 12 日 ~ 19 日	高雄 輻射偵測中心
B 組 18 小時登記備查類設備	A2	3 月 02 日 ~ 09 日	新竹 帝國經貿大樓
	B10	6 月 03 日 ~ 05 日	台北 建國大樓
	B11	6 月 10 日 ~ 12 日	台中 文化大學推廣部
	B12	7 月 01 日 ~ 03 日	新竹 帝國經貿大樓
	B13	7 月 29 日 ~ 31 日	高雄 輻射偵測中心
	B14	8 月 05 日 ~ 07 日	台北 建國大樓
	B15	8 月 19 日 ~ 21 日	台中 文化大學推廣部
	B16	9 月 09 日 ~ 11 日	新竹 帝國經貿大樓
	B17	9 月 16 日 ~ 18 日	高雄 輻射偵測中心
	B18	10 月 14 日 ~ 16 日	台北 建國大樓
	B19	10 月 28 日 ~ 30 日	台中 文化大學推廣部
	B20	11 月 11 日 ~ 13 日	新竹 帝國經貿大樓
	B21	11 月 18 日 ~ 20 日	高雄 輻射偵測中心
	B22	12 月 02 日 ~ 04 日	台北 建國大樓
	B23	12 月 16 日 ~ 18 日	台中 文化大學推廣部

## 輻射防護專業人員訓練班

輻防師 144 小時、輻防員 108 小時

／新竹帝國經貿大樓

員 27 期	第一階段	07 月 06 日～ 10 日
	第二階段	07 月 13 日～ 17 日
	第三階段	07 月 27 日～ 31 日
	第四階段	08 月 03 日～ 06 日
進階 18 期	進階 18-1	08 月 11 日～ 13 日
	進階 18-2	08 月 14 日～ 18 日
員 28 期	第一階段	12 月 07 日～ 17 日
	第二階段	12 月 14 日～ 18 日

## 輻射防護繼續教育訓練班\*

三小時	07 月 09 日	新竹
	07 月 23 日	台北
	08 月 04 日	台中 (加開)
	09 月 02 日	高雄 (加開)
	10 月 01 日	新竹
	10 月 22 日	台北
	11 月 05 日	高雄
六小時	11 月 24 日	台中
	06 月 17 日	新竹
	11 月 12 日	高雄
	12 月 04 日	新竹

## 鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班\*

第 3 期	11 月 04 日～ 05 日	高雄 輻射偵測中心
第 4 期	11 月 17 日～ 18 日	新竹 帝國經貿大樓

## 上課地點

台北	建國大樓	台北市館前路 28 號
新竹	帝國經貿大樓	新竹市光復路二段 295 號
台中	文化大學推廣部	台中市西屯區台灣大道三段 658 號
高雄	輻射偵測中心	高雄市鳥松區澄清路 823 號

### 加開課程通知

為服務學員，輻射防護繼續教育訓練班「三小時」課程，將加開兩班：

(台中) → 08 月 04 日 (二)

(高雄) → 09 月 02 日 (三)

請多加利用報名。

\*上課地點如果僅註明區域，但是沒有詳細地點，將依照當期報名人數來決定適當地點。屆時會再通知已報名的學員。

各項訓練班簡章可至[本會網站查詢](#)。

課程安排問題，請聯絡本會

電話 (03) 572-2224

分機 314 李孝華 (繼續教育)

313 李貞君 (專業人員、  
鋼鐵建材)

315 邱靜宜 (放射物質  
與游離輻射設備)

傳真 (03) 572-2521

## 輻防新聞廣場

這裡有您最關心的證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞



### 國內訊息

行政院原子能委員會令：訂定「高放射性廢棄物最終處置設施場址規範」，自即日生效

行政院原子能委員會公布 104 年第 1 次輻射防護人員專業測驗及輻射安全證書測驗試題與解答

#### 春暖花開屏東趣-深耕輻安教育散播防災應變種子

為強化屏東縣內相關單位對輻射知識與安全防護應變能力，原能會、屏東縣政府衛生局及核能三廠於 104 年 4 月 7-8 日分赴行政院農業委員會林務局恆春工作站及三軍聯合作戰訓練基地指揮部，辦理 2 場次核子事故民眾防護暨碘片服用說明，2 日共計有約 92 人與會。

#### 104 年 4 月輻安預警自動監測日平均劑量率變動圖

104 年 4 月輻安預警自動監測日平均劑量率，均在背景變動範圍（0.2  $\mu\text{Sv/hr}$ ）內。

#### 輻射偵測中心 104 年第一季國內外磁磚放射性分析結果

104 年第一季國內外磁磚放射性分析結果,符合行政院原子能委員會公布之「天然放射性物質管理辦法」,鉀-40 核種活度濃度基準值為 10,000 貝克/公斤；鈾系列及鈾系列核種活度濃度基準值均為 1,000 貝克/公斤；另第九條第一項第一款規定：表面 0.1 公尺處之輻射劑量每小時 0.2 微西弗以下者，其使用範圍不受限制。

#### 輻射偵測中心 104 年臺灣地區自來水試樣放射性分析結果

104 年臺灣地區自來水試樣放射性分析結果,符合行政院原子能委員會公布之「商品輻射限量標準」規定，無輻射污染之虞。

#### 衛生福利部食品藥物管理署日本輸入食品輻射檢測結果

從 100 年 3 月 15 日至 104 年 5 月 25 日已檢驗 70,235 件，其中 209 個樣本被檢驗出含微量輻射，均未超出我國及日本標準。

2015 年 2 月 9 日維也納核能安全宣言(原子能委員會訊)

2015 年美國核能管制資訊大會紀要及心得(原子能委員會訊)

日本將提高緊急曝露人員的劑量限度 ( 寰宇核能新聞 )

日本的核能監管單位從 2016 年四月開始，將緊急曝露人員的劑量限度從 100 毫西弗 (mSv) 提高至 250 mSv。此限度曾於 2011 年三月福島第一核電廠事故發生後被暫時調升。

美國能源部 2014 年 2 月 WIPP 事故報告 ( 摘譯自美國保健物理學會最新消息 )

美國能源部 (Department of Energy, DOE) 環境管理辦公室 (Office of Environmental Management, EM) 對於 2014 年 2 月 14 日發生的核廢料隔離試驗工廠 (Waste Isolation Pilot Plant, WIPP) 事故，發表了事故調查委員會 Accident Investigation Board, AIB) 的第二階段報告。

根據事故後化學、輻射與火災鑑識分析，AIB 得到的結論是：外洩是由於洛色拉莫士國家實驗室 (Los Alamos National Laboratory, LANL) 2013 年 12 月所處理的一批有機物與硝酸鹽混合物在爐筒內發生放熱反應所造成。AIB 的結論尚包括：2014 年 2 月 5 日於 WIPP 發生的地下鹽運輸卡車火災，並未造成或促成此次輻射外洩事件。AIB 的調查發現，確認了 LANL、WIPP、EM 與國家核子安全管理局，承包商與聯邦之間的處理流程缺失。

本報告係接續 [AIB 第一階段報告](#)，其焦點放在輻射事件的即時應變措施。AIB 也對於 2 月 5 日發生在 WIPP 地下設施的卡車失火進行 [分案調查](#)。這些報告可於 [DOE/EM 網站](#) 取得。

## 機場安全檢查



---

對於旅客和行李實施安全檢查的科技，只會讓旅客暴露在極少量的輻射中，並沒有輻射安全的疑慮。

---

### 介紹

911 恐怖攻擊後，世界各地機場的安檢標準日趨嚴格，旅客被要求通過金屬探測器與／或 X 光系統，行李則必須經過 X 光的檢查，這些檢查的安全性成了眾人關心的議題。本文將介紹並解釋機場的安檢設備，以及旅客暴露於輻射的可能性。其實對旅客和安檢人員而言，這些檢查的輻射曝露劑量極小，遠遠低於需要擔心的程度。正如同任何一種輻射的應用，最重要的觀念就是衡量可以得到的好處和所要承受的風險。以搭飛機旅行為例，我們對於飛安的關心應遠遠超過因為輻射曝露而微增的風險。

### 金屬探測器

金屬探測器使用低強度的磁場來偵測金屬物體。當金屬通過該磁場時，感應器會偵測出磁場的改變，並發出警報。雖然磁場也是一種輻射的型式，但是機器發出的輻射是「非游離輻射」。簡單說來，這就表示生物暴露在低強度磁場中並不會造成 DNA 的傷害，所以就算是多次暴露在金屬探測器中也不會伴隨任何的游離輻射風險。

### 翻譯

輻防簡訊編輯組

### 資料來源

美國保健物理學會單張  
Health Physics Society Fact Sheet  
“Airport Screening”  
Adopted: May 2011

## 行李安檢

用來檢查托運與手提行李的設備，利用 X 光來分析行李的內容物。這種設備所使用的輻射量比其他安檢系統（像是下述反向散射式 X 光系統）高，但是由於 X 光包覆於 X 光機內，有完善的屏蔽，所以不論是旅客還是工作人員的輻射曝露量都非常低。

這種 X 光機均設計裝置輻射屏蔽，用以防止輻射洩漏。然而，仍有微量的輻射可能會從屏蔽溢出，這便稱為「滲漏輻射（leakage radiation）」。對於各式各樣能夠產生 X 光的設備，美國食品藥物管理局對於這些設備可容忍的滲漏率訂定了聯邦標準。制訂這些限值是為了保障民眾的安全。

通過 X 光安檢設備的物品將會受到游離輻射的照射；但是由於能量非常低，根本不可能破壞你的私人物品，你的東西也不會因為這道手續而變成有放射性。應注意的是，一些用於攝影的底片可能需要改成手動安檢，因為 X 光可能會損壞底片（就好像在診所內照的 X 光底片一樣）。

## 反向散射／軟 X 光系統

一些最新的旅客安檢系統(人體 X 光掃瞄儀)使用 X 光進行旅客全身掃瞄。在這類系統中，利用低能量的 X 光照射受檢者再從皮膚反彈回偵測器來顯示影像。該影像將顯示出硬物（像是武器）以及軟物（像是一小包凝膠或是粉末，金屬探測器無法偵測它們）。

與金屬探測器不同，這種系統使用「游離輻射」，而游離輻射（例如：X 光）有可能破壞人類的 DNA，因此必須規範其曝露量的安全限值。美國國家標準局／保健物理學會的標準中，規範個人從單次安檢（通常包括兩次掃瞄）所接受的最大允許有效劑量應限制在 0.025 毫侖目（ANSI 2009）。（譯者註：相當於 0.25 微西弗。）每次掃瞄的實際劑量則約為 0.001~0.005 毫侖目。這樣的曝露量遠低於任何需要擔心的程度；事實上，還不到你每天自然背景輻射曝露的 1%，也低於兩分鐘高空飛行所受到的宇宙射線曝露量。這表示此種曝露風險實在相當低（美國運輸安全管理局 TSA 2010）。

除了反向散射式 X 光系統，另外有一種毫米波掃瞄機（millimeter wave scanner）也被使用於安全檢查站。這種系統並不會發出游離輻射，因此不需要擔心其游離輻射風險。

---

## 結論

搭飛機旅行已經成為今日生活的一部份，在恐怖主義日漸猖獗的威脅之下，旅行安全的需求更為重要。對於旅客與其行李實施安全檢查的科技只會讓人們暴露在極少量的輻射中，沒有輻射安全疑慮。如同任何一種輻射的應用，最重要的觀念就是衡量可以得到的好處和所要承受的風險。搭飛機旅行時，我們對飛安的關心應遠遠超過擔心因為輻射曝露而微增的風險。

---

## 附錄：原能會 FAQ，Q3-8

國內機場所使用的行李檢查 X 光機安全嗎？另據媒體報載，國外機場有使用人體 X 光掃瞄儀，是否會對人體造成影響？

一般而言，行李檢查 X 光機的本體已裝置適當輻射屏蔽，經過原能會實際量測國內機場旅客取、放手提行李及經過 X 光機周邊走道位置的平均輻射劑量率為每小時 0.01664 微西弗，依此估算旅客取放手提行李 1 次可能接受的劑量約為 0.00052 微西弗，也就是說，即使民眾一年 365 天，每天都搭乘飛機往返，取放手提行李 2 次，其一年累積接受的劑量約為 0.3796 微西弗，仍遠低於游離輻射防護安全標準中規定一般人每年 1000 微西弗(1 毫西弗)的劑量限度，沒有輻射安全疑慮。

至於國外機場所使用之人體 X 光掃瞄儀，根據美國國家標準委員會 (American National Standards Institute；ANSI) 規定，人體 X 光掃瞄儀於一次掃瞄之有效劑量不得超過 0.25 微西弗，且每年不得超過 0.25 毫西弗，另據英國主管機關表示，人體 X 光掃瞄儀經測試結果顯示，每人經掃瞄 5000 次之輻射劑量相當於 1 張胸部 X 光所造成之劑量 (約 0.02) 毫西弗。由於機場所使用人體 X 光掃瞄儀之掃瞄射束為低能量之弱穿輻射，且根據以上規定及相關測試結果，接受一次人體 X 光掃瞄儀之劑量相當於 1 張胸部 X 光攝影劑量的 5000 分之 1，故民眾無需顧慮輻射安全。



美國丹佛機場的安全檢查

### 小辭典

#### 劑量

輻射在人體內累積的能量值。一般大眾的輻射劑量限值為每年 1 毫西弗。輻射工作人員的劑量限值則是每年 50 毫西弗，五年平均則需低於 20 毫西弗。

#### 游離輻射

有可能破壞 DNA 的輻射。

#### 毫侖目 ( mrem )

是一種測量游離輻射對人體影響的劑量單位。在美國，一般人每年接受約 600 毫侖目。台灣則使用毫西弗(國際標準單位)作為劑量單位。1 毫西弗=100 毫侖目。

#### 非游離輻射

不會直接破壞 DNA 的輻射。

## NCRP Report No. 175

### 大型核子或輻射事故後期復原階段的決策

Decision Making for Late-Phase Recovery From Major Nuclear or Radiological Incidents



過往與輻射議題相關的準備工作，大多聚焦於事故發生初期的應變措施（如災民的救援與疏散），NCRP 175 號報告則針對大型核子或輻射事故後期階段復原議題提出建議。

美國國家輻射防護與測量委員會（National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP）的科學委員會 SC 5-1 在經過長期及深入的審議、以及 NCRP 一系列嚴謹的複審之後，眾所期待的第 175 號報告「大型核子或輻射事故後期復原階段的決策」已於近日發表（[NCRP 2014](#)）。本報告現可於 [NCRP 出版品書店](#) 取得。正當全世界紀念 2011 年 3 月 11 日發生在福島的不幸事故四週年的時候，出版本篇 NCRP 報告不但適時，而且別具意義，因為日本災民的社區正努力恢復正常的生活。

這個委員會是由美國國土安全部於 2010 年 10 月贊助成立，起初的任務是對於和恐怖攻擊事件相關的後期階段復原議題提出建議。因此，委員會一開始的重點是放在與輻射散佈裝置或土製核武設備有關的恐怖攻擊事件上。然而就在委員會開始審議的數個月前，發生了福島核子事故。這起事故及其後續的影響大幅改變了委員會的審議範圍

作者

**陳士友 博士**

NCRP 科學委員會 SC5-1 (大型核子或輻射事故後期復原階段的決策) 主席

出處

Health Physics News

April 2015 Volume XLIII Number 4

與進程。雖然恐怖攻擊事件與核子事故本質上有所不同，但是兩者都可能造成區域內大規模的輻射污染，需要長時間才能復原的輻射特性也類似，因此審議範圍便擴大到包含所有重大的核子事故，成為現在的標題「大型核子或輻射事故後期復原階段的決策」。

過往與輻射議題相關的準備工作，大多聚焦於事故發生初期的應變措施（如災民的救援與疏散），對於長期復原方面的資訊或指導尚無太多著墨。目前的認知是：針對長期復原的適當指導，是大型核災時國家級防備工作中尚缺少的環節（[Chen and Tenforde 2010](#)）。大規模核子或輻射事故發生後，有許多和復原相關的議題，遭受嚴重損毀的社區需要處理從災民的住屋至恢復當地的經濟活動等錯綜複雜的問題，這些都需要整體的行動規劃，並伴隨著一長串具體工作，整個過程很有可能面臨許多令人氣餒的挑戰。然而，所有的努力都要遵循一個大前提：要適當地補救遭受輻射污染的財產與環境，以重新安置社區居民並進行復原。為達這項目標，輻射曝露與補救措施的考量應包括以下事項：

- 事故可能會對災區造成大範圍的污染。就福島核子事故而言，至少一萬三千平方公里的區域受到汙染，這個範圍將近一個康乃迪克州的大小。想用傳統思維來「清理乾淨」這麼大一塊土地幾乎是不可能的。
- 事故可能產生大量的放射性廢棄物。以福島核事故來說，估計產生三千萬立方公尺的低放射性廢棄物（[IAEA 2011](#)）。這種規模的廢棄物遠遠超過美國現有商業許可的處置容量。
- 持續的交叉污染或再污染（例如大氣的擴散、

河流海水的流動、人類的活動）增加了清理工作相當大的不確定性。此外，由於背景輻射的升高，更進一步模糊了清理工作的效果。

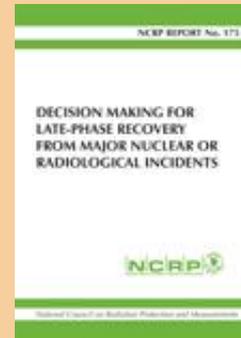
- 多變的輻射狀況使得傳統評估「關鍵群體」劑量的概念變得不適用。反之，因為污染範圍如此巨大，個人可能暴露於尚未被清楚定義或界定的多重輻射來源或情境。
- 因為對於補救措施中確實可行的可能選項，需要仔細定義並比較，劑量的評估必須朝向現實面而非保守面，以免扭曲了決策過程。

有鑑於決策過程非常錯綜複雜，NCRP 175 號報告傾向於採用輻射防護的基本原則，特別是「最適化原則（[ICRP 2007](#)）」。最適化原則堅持：接受曝露之可能性、受曝露人數及受曝露個人劑量，在考量經濟與社會因素下，務必合理抑低(ALARA)。這種作法是對於應變措施的策略中具有高風險的議題，將其防護工作排出執行的優先順序。舉例來說，在污染較高區域的重點工作是有效地降低高曝露群體的劑量，特別是對輻射較為敏感之群體（如兒童）的劑量。此外，ICRP 111 號報告（[ICRP 2009](#)）則提供了繼續生活在現有曝露狀況下的相關建議。在最適化的原則下，其聲明「雖然在事故初期因為曝露量較高，所以降低高曝露族群劑量成為首要之事；但是後續所需要持續努力的，則是降低所有的曝露量」。因此，最適化的作法為持續、慎重且反覆的長期性努力，以解決複雜的潛在問題。所以補救的努力也將伴隨長期的監測，以處理因為殘留的污染與曝露所造成的任何長期影響。NCRP 第 175 號報告就是根據 ICRP 的建議來建立決策的架構。

由於認知到核災的影響將超出主管當局能夠提供及時應變的能力範圍，NCRP 175 號報告對於復原工作提倡「社區一體」(“whole-community”)的觀念。這個觀念也獲得實際執行復原工作的 FEMA 支持 ([FEMA 2011](#))。它的中心思想是以社區為策略的重點，並加上「因地制宜」的考量(例如，發展社區自救計畫)。因此，重要的復原決策必須和利益共同體在各個方面緊緊相扣，並反覆採取七項關鍵步驟。這些步驟包括定義災情到判斷影響程度的一系列行動、評估選項、發展策略、以及展現其執行成效。在整個過程當中，「風險溝通」尤其是復原工作中重要且必要的一環。其它的考量尚包含未來土地使用的選項，輻射劑量的估算，以及補救所需的科技。([Chen 2015](#))

雖然 NCRP 175 號報告提供基本的架構與長期復原的大致指南，它同時也指出了為強化國家整體準備與應變能力，應進一步發展的數個領域。這些建議包括：加強災民社區的復原能力、調整既有的政策以配合復原的應變措施(例如：將復原納入整體的應變行動、依循彈性的補救策略、採取更靈活的放射性廢棄物管理措施等等)、落實補救行動的科學與技術研究(如大區域的整治與除污)、以及推動以前事為師，整理以往事故的處理經驗，供各地區學習，以發展出各自的長期復原工作計畫。

當我們紀念福島核災四週年之時，應銘記在心是：NCRP 175 號報告僅供作初步的指引，用以討論在大型核災之後非常具有挑戰性的、可能會繼續很長一段時間(甚至到數十年)的復原議題。儘管人人都不希望這種規模的事件再次發生，但是我們應該謹記：如果不幸未來還是發生大規模的核災，今日多做一分未雨綢繆的準備，將於明日減輕一分災民遭受的影響與苦難。



## NCRP 第 175 號報告

### 目錄

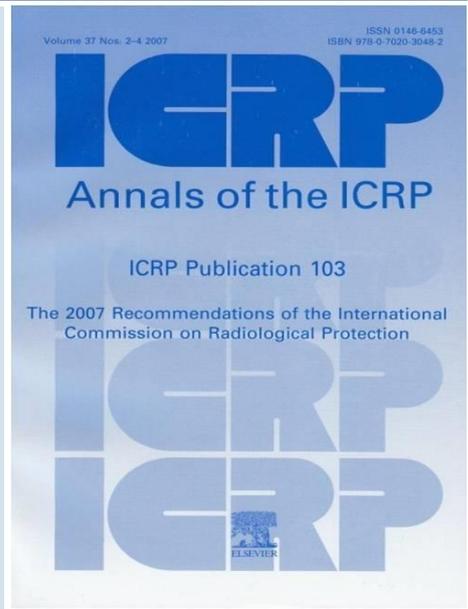
1. Executive Summary
  2. Introduction
  3. Description of Major Nuclear or Radiological Incidents with Long-Term Contamination
  4. Decision Framework in Late-Phase Recovery
  5. Implementation of the Optimization Framework for Decision Making
  6. Long-Term Management of Radioactive Contamination
  7. Summary of Recommendations
- Appendix A.  
Lessons Learned from Historic Incidents
- Appendix B.  
Current Practice in Managing Radioactive Waste
- Appendix C.  
Decontamination Cleanup Technologies for Large Areas
- Appendix D.  
Economic Analysis Tools
- Appendix E.  
Risk Communication in Late-Phase Recovery from Nuclear and Radiological Incidents: Strategies, Tools and Techniques
- Appendix F.  
Practical Aspects in the Optimization Process During Late-Phase Recovery
- Appendix G.  
National Radiological Guidance on Late-Phase Recovery and Related Issues

## 我國輻防法規採納 ICRP 103 號 報告之可行性

ICRP 103 建議內容大部分沿用 ICRP 60 輻防系統，我國相關法規（如游離輻射防護安全標準）欲採行 103 號報告之最新建議，只要適時規劃、做好溝通與宣導，應可順利納入。

### 前言

我國游離輻射防護相關法規主要是依據國際放射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, 簡稱 ICRP) 所提出之輻射防護建議書所制定。國際放射防護委員會於 1928 年即成立，成立之初的組織名稱為國際 X 光與鐳防護委員會(International X-ray and Radium Protection Committee, 簡稱 IXRPC)，直到 1950 年時改組更名為 ICRP。ICRP 於 1959 年提出了其第一份輻射防護建議書 ICRP 1，之後於 1964 年及 1966 年分別提出 ICRP 6 及 ICRP 9 建議書；1977 年提出之 ICRP 26 號報告建議書則為大部份國家引用作為輻射防護法規訂定之依據。1991 年 ICRP 提出其第 60 號報告 ICRP 60，則為目前大部分國家所採用，其最新之輻防建議書為 2007 年提出之 ICRP 103 報告，核能先進國家及我國均在評估採納此最新建議之可行性。除了 ICRP 外，國際主要之輻射防護組織尚有包括 1925 年成立之國際輻射單位與度量衡委員會(International Commission on Radiation Units and Measurement, 簡稱 ICRU)、1946 年成立之美國國家輻射防護與度量委員會(National Council on Radiation Protection and



### 作者

許芳裕博士

國立清華大學原子科學技術發展中心  
保健物理組主任

## 國際主要輻射防護組織成立及ICRP主要輻防建議書提出時間序

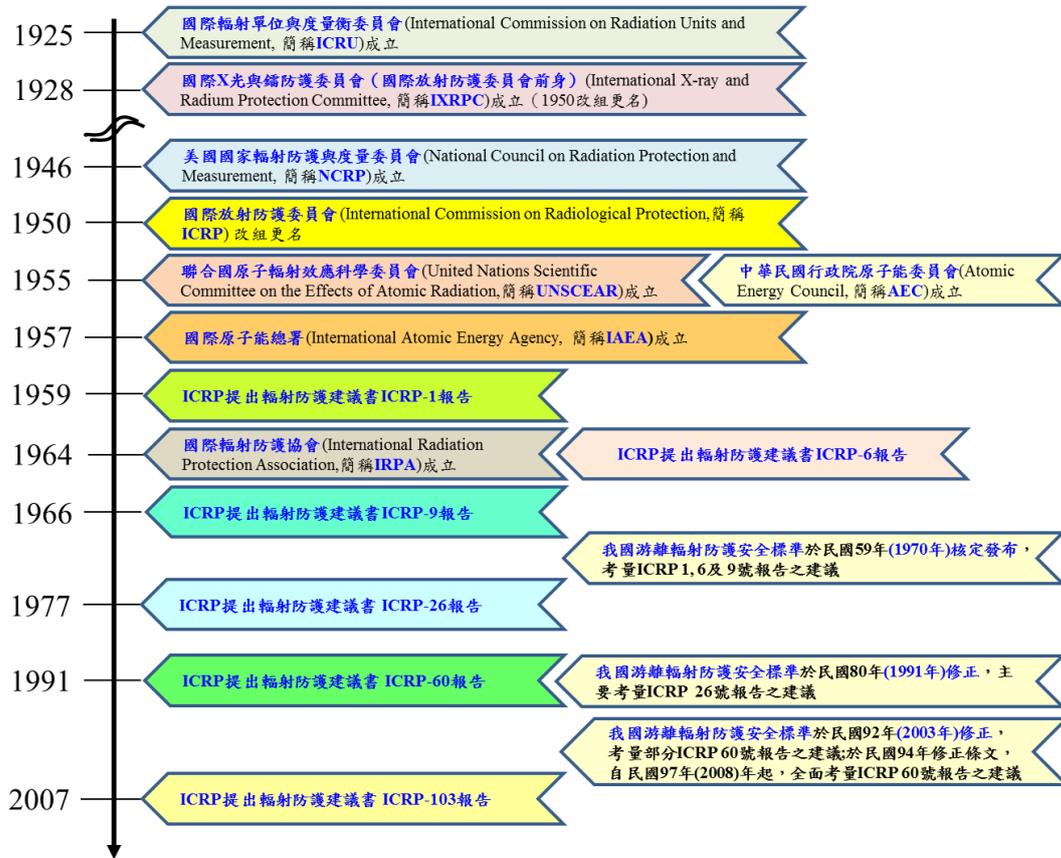


圖 1. 國際主要輻射防護組織成立及 ICRP 主要輻防建議書提出之時間序

Measurement, 簡稱 NCRP)、1955 年成立之聯合國原子輻射效應科學委員會 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 簡稱 UNSCEAR) 及 1957 年成立之國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, 簡稱 IAEA) 等國際組織；我國主管游離輻射安全與管制事務之行政院原子能委員會於民國 44 年(1955 年)正式成立。

國內游離輻射防護安全標準於民國 59 年(1970 年)核定發布(考量 ICRP 1, 6 及 9 號報告之建議)，並於民國 80 年(1991 年)修正(考量 ICRP 於 1977 年提出之 ICRP 26 號報告建議)，再於民國 92 年(2003 年)配合游離輻射防護法之實施修正(考量 ICRP 60 號報告之部分建議)，其後又於民國 94 年 12 月 30 日修正部分條文(修正部分自 97 年 1 月 1 日起施行)，全面考量 ICRP 60

號報告之建議。我國目前游離輻射防護相關法規是採行 ICRP 於 1991 年提出之 ICRP 60 報告之建議書，而 ICRP 已於 2007 年提出 ICRP 103 號之新版建議書；依據游離輻射防護法規定(第五條)，為限制輻射源或輻射作業之輻射曝露，主管機關應參考國際放射防護委員會(ICRP)最新標準訂定游離輻射防護安全標準，並應視實際需要訂定相關導則，規範輻射防護作業基準及人員劑量限度等游離輻射防護事項。綜觀而論，我國游離輻射防護安全標準於 ICRP 提出新的輻射防護建議書後，約 11 至 14 年即會將 ICRP 之最新建議納入我國輻射防護安全標準及相關法規。國際主要輻射防護組織成立及 ICRP 主要輻射防護建議書提出之時間序，示於圖 1。

## ICRP 103 與 60 號輻防建議書之主要差異

ICRP 60 報告之主要內容包括：輻射防護使用的物理量及單位、輻射防護的生物觀點、輻射防護的觀念架構、輻射防護的防護體系、干預的防護體系及 ICRP 建議之執行等單元。ICRP 103 報告之主要內容則包括：ICRP 建議書的沿革、建議書的目的和範圍(排除與豁免)、輻射防護的生物學觀點(胚胎與胎兒的輻射效應)、輻射防護使用的量、人的輻射防護體系、ICRP 建議之執行、醫療曝露(患者、護理人員及生物醫學研究實驗之自願參者)以及環境輻射防護等單元。ICRP 103 建議書更新了輻射加權因數、組織加權因數及依據最新相關生物學與流行病學資料，更新了輻射危害係數。此外，ICRP 103 提出三種曝露狀況：計畫曝露(Planned exposure situation)、緊急曝露(Emergency exposure situation)、現存曝露(Existing exposure situation)。ICRP 103 新建議書中輻射防護的生

物觀點考量包括對於輻射防護體系的考量(基於科學的考量)、輻射引起的確定效應、輻射引起的機率效應(癌症危險度與其基礎)、非癌效應與胎兒效應及不確定性問題如日本受照者之數據是否適用於不同國家民族、線性無低限 LNT 模型假設的適用性等。

ICRP 60 及 ICRP 103 報告建議之輻射加權因數  $W_R$  對照表，示於表 1。二份報告所提出之輻射加權因數  $W_R$  建議主要差異為：ICRP 103 質子與中子之  $W_R$  改變，並新增帶電  $\pi$  介子之  $W_R$ 。在  $W_R$  的修改上，ICRP 103 引用了 2003 年發佈之第 92 號報告(ICRP 92)，此報告重新檢視了各種 RBE 輻射與  $W_R$  之關係。ICRP 92 指出 ICRP 60 中對於能量大於 2 MeV 質子之  $W_R$  訂為 5，明顯高估了其輻射生物效應；ICRP 92 建議將所有能量質子的  $W_R$  訂為 2。針對中子，ICRP 103 亦

表 1. ICRP 60 及 ICRP 103 建議之輻射加權因數  $W_R$

輻射種類與能量區間	ICRP 60 輻射 加權因數 $W_R$	ICRP 103 輻射 加權因數 $W_R$
所有能量之光子	1	1
所有能量之電子及 $\mu$ 介子	1	1
中子能量 < 10 keV	5	} 為中 子能 量之 連續 函數 <sup>註1</sup>
10 keV – 100 keV	10	
> 100 keV – 2 MeV	20	
> 2 MeV – 20 MeV	10	
> 20 MeV	5	
質子(回跳質子除外)能量 > 2 MeV	5	2
帶電 $\pi$ 介子	---	2
$\alpha$ 粒子、分裂碎片、重核	20	20

註 1：ICRP 103 建議之  $W_R$  為中子能量( $E_n$ )連續函數：

$$W_R = \begin{cases} 2.5 + 18.2e^{-[\ln(E_n)]^2/6}, & E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5.0 + 17.0e^{-[\ln(2E_n)]^2/6}, & 1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV} \\ 2.5 + 3.25e^{-[\ln(0.04E_n)]^2/6}, & E_n > 50 \text{ MeV} \end{cases}$$

納入了 ICRP 92 之提議，將原與能量呈步波函數關係之中子  $W_R$ ，修訂為與能量呈連續函數關係之  $W_R$  (如圖 2)；並新增帶電 $\pi$ 介子，將其  $W_R$  值訂為 2。

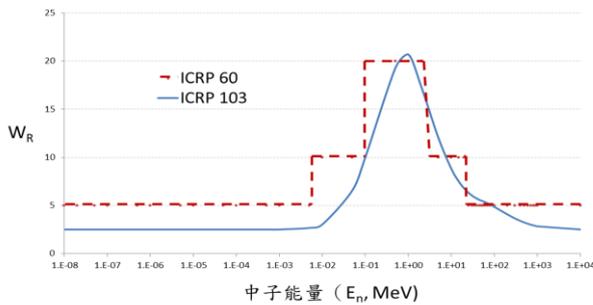


圖 2. ICRP 60 與 ICRP 103 建議之中子輻射加權因數  $W_R$  比較圖

圖 3 為 ICRP 60 及 ICRP 103 報告建議之組織加權因數  $W_T$  對照圖，其中 ICRP 60 報告建議之其餘組織(其他)指 10 個組織之總和，分別為腎上腺、腦、大腸上段、小腸、腎臟、肌肉、胰臟、脾臟、胸腺、子宮；ICRP 103 報告建議之其餘組織指 14 個組織之總和，包括腎上腺、胸外區、膽囊、心臟、腎臟、淋巴節、肌肉、口腔黏膜、胰臟、前列腺、小腸、脾臟、胸腺、子宮。

ICRP 103 報告建議之組織加權因數除了新增腦及唾液腺為主要輻射敏感器官外，剩餘器官組織由 10 個增為 14 個( $W_T$  由 0.05 變為 0.12)；此外，因機率效應的危險度( $\text{risk Sv}^{-1}$ ) 計算方法改變，生殖腺的  $W_T$  大幅降低，由 0.2 降至 0.08；而乳腺的  $W_T$  則大幅增加(由 0.05 增加至 0.12)。在  $W_T$  的修改上，ICRP 103 採用 UNSCEAR (2001) 及 NAS/NRC (BEIR VII)(2006) 等報告中關於人類與老鼠實驗之輻射生物效應數據，以新的架構與方式評估遺傳疾病的危險度，新的遺傳疾病評估方法仍基於 ICRP 60 號

報告中加倍劑量( doubling dose , DD)的觀念(DD 指生物之一世代間，經輻射照射後，使其突變發生率變為原來自然突變率二倍之輻射劑量)，但 ICRP 103 將活產(安全出生)嬰兒的突變恢復能力加入 DD 的評估過程，並將人類自發突變率的直接數據與來自於小鼠動物實驗研究所導出之輻射誘發突變率相結合使用。ICRP 103 建議經危害修正的遺傳效應標稱危險度係數值對全人口為  $0.2 \times 10^{-2}/\text{Sv}$ ，對成年工作人員為  $0.1 \times 10^{-2}/\text{Sv}$ 。與 ICRP60 建議之遺傳效應標稱危險度係數值對全人口及成年工作人員分別為  $1.3 \times 10^{-2}/\text{Sv}$  與  $0.8 \times 10^{-2}/\text{Sv}$  相比，約降低 6 至 8 倍。ICRP 103 建議的新遺傳危險度估算值降低，亦使得性腺的組織加權因數  $W_T$  明顯下降；但是 ICRP 強調此建議結果並不構成允許增加性腺曝露的正當理由。乳房的  $W_T$  值從 0.05 上升到 0.12，乃根據較新的流行病學調查結果及癌症發病率的損害計算結果。

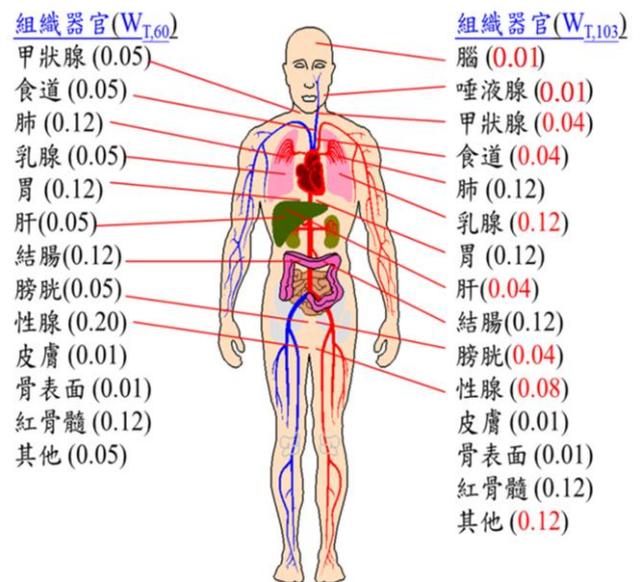


圖 3. ICRP 60(左)及 ICRP 103(右)建議之組織加權因數  $W_{T,60}$  及  $W_{T,103}$

## 核能先進國家採行 ICRP 60 號報告之經驗及採用 ICRP 103 號報告之最新資訊

ICRP 於 1991 年發佈了 ICRP 60 建議書，大部分國家均已採行 ICRP 60 之建議，應用於各國之輻射防護法規。世界經濟合作與發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, 簡稱 OECD)是一個由 34 個民主國家政府參與的獨特組織，OECD 常出版與發佈其收集的統計資訊及對全球化經濟，社會和環境問題的研究，並經常發佈相關公約、指引導則、標準等。OECD 之核能機構(Nuclear Energy Agency, 簡稱 NEA)成立於 1958 年 2 月，OECD NEA 目前由 30 個 OECD 成員國參與，其涉及之執掌領域包括核子活動(Nuclear Activities)的安全與監管法規、放射性廢棄物管理、輻射防護，核子科學，核燃料循環之經濟和技術分析，核能法規和責任，及其他相關公共信息等。

OECD NEA 於 2010 年起即對其組織內各國之相關機構，包括輻防法規執掌機構及部分輻射作業實務機構進行問卷調查，蒐集各國法規及作業單位應用與採行 ICRP 60 之經驗及採行 ICRP 103 之規劃或具體作為情形。接受 OECD

NEA 訪查並提供或回覆意見的有 11 個國家(澳洲、加拿大、捷克、冰島、南韓、挪威、斯洛伐克、斯洛伐尼亞、西班牙、瑞典、英國)，被訪查者為各國之主(監)管機構、核電廠營運單位、醫療機構以及非破壞檢測公司等單位的人員。調查結果已於 2012 年 4 月提出初步報告，相關報告之彙整結果如下：

### 各國採行 ICRP 60 號報告的經驗

- (1) 所有回覆意見國家都有輻射防護相關法規制定、監管權力。
- (2) 所有回覆意見國家都針對 ICRP 60 號報告之建議進行法律的修訂，修法並未產生嚴重問題。
- (3) 相關導則主要由主(監)管機構或部門提供，少數國家由專業的協會提供。
- (4) 採行 ICRP 60 前，大部分國家採用 ICRP 26 號報告的劑量限值，部分國家的限制為小於一年之劑量管制周期，韓國則採用 ICRP 9 號報告的限值。
- (5) 幾乎所有受訪國家在採行 ICRP 60 號建議

表 2. OECD NEA 調查報告中主要國家採行 ICRP 60 號報告-由建議到立法/執行的時間

國家	首次立法提議	納入法規	立法到執行之時間	總花費時間
澳洲	1991	1993 至 2002 (不同管轄權)	0 至 1 年	3 至 11 年
加拿大	1990	2000	0 年 (有些要求 5 年)	9 至 14 年
捷克	1994	1997	?	3(+?)年
韓國	1994	1998	0 年 (有些要求 5 年)	4 至 9 年
挪威	1994	2003	2 個月 (有些要求 3 年)	9 至 12 年
西班牙	1994	2001	1 年	8 年
瑞典	1990	1998	2 年	10 年
英國	1994	1999	1 個月 (有些要求 5 個月)	約 6 年

書後都改用 ICRP 60 號建議的劑量限值。惟加拿大對於懷孕女性員工的劑量限值为：有效劑量 4 毫西弗(與 ICRP 60 建議之下腹部表面 2 毫西弗不同)。

- (6) 各國首次提出法規修訂建議後約 2~10 年即陸續將 ICRP 60 之相關建議納入法規。調查報告中主要國家採行 ICRP 60 號報告-由建議到立法/執行的時間如表 2。
- (7) 各國主(監)管機關與輻射作業營運者認為 ICRP 60 設定更低的劑量限值，在執行上並無明顯問題。
- (8) 多數國家在職業與公眾曝露使用劑量約束(Dose constraints)。捷克與西班牙僅對公眾實施劑量限制，加拿大則在職業與公眾曝露均不實施劑量約束。
- (9) 大多數國家都沒有正式的風險約束，英國與挪威的主(監)管機關認為其有用。
- (10) 所有回應國家都要求雇主提供符合標準體外劑量評定業者的劑量徽章予輻射工作人員使用。

#### 各國採行 ICRP 103 號報告的考量與規劃

- (1) 大部分國家預期在採用 ICRP 103 後只會對相關法規稍作修訂。預期的修正著重於曝露情境、新的加權因數、劑量約束以及參考基準的使用。
- (2) 採行 ICRP 103 的衝擊，預期比採行 ICRP 60 來的有限。影響的部分主要在於新的加權因數與劑量約束。
- (3) ICRP 103 將懷孕婦女之劑量限制改為懷孕期間胎兒的等價劑量 1 毫西弗。ICRP 60 為下腹部等價劑量 2 毫西弗，歐盟的標準為 1 毫西弗，加拿大的標準為有效劑量 4 毫西弗，預期不會有改變。

- (4) ICRP 103 強調劑量約束，對於很久沒使用或是未使用過劑量約束的加拿大與西班牙預期會有困難，對於英國的放射性廢棄物管理亦預期有困難。
- (5) ICRP 60 之後僅有挪威與英國提出風險約束的報告。ICRP 103 與 ICRP 76 均提及風險約束應納入國家決策，然而沒有其他的國家預期採行 ICRP 103 後會將其納入。
- (6) 沒有國家預期會因為使用新的加權因數而有困難。

#### OECD NEA 調查報告之限制

OECD NEA 指出此份調查報告並非全面性的結果，回覆調查的國家大部分都是經常參與國際事務的國家；但其訪查國家則涵蓋了 4 大洲，與不同的政治體制、文化、經濟條件，所以此份報告仍能作出適當的結論。此外，大部分的回覆者為各國主(監)管機關，各國僅由一個主(監)管部門(通常是主管或監管核能部門)回覆，但關於輻射防護通常是由多個部門負責，所以此份報告大多是基於核電廠考量的條件下的回覆。

#### 我國輻射防護相關法規採行 ICRP 103 號報告之可行性

依據 OECD NEA 調查報告之研析與彙整可得下列結論：

- (1) 採用 ICRP 60 號的成本是可接受的。
- (2) 採行 ICRP 60 號的經驗顯示，須有足夠時間去解釋建議書，由討論到實行可能需要 10 年以上。
- (3) 因為基本風險與劑量限值並未改變，在已採行 ICRP 60 的國家轉變為採行 ICRP 103 時，預期成本會較採用 ICRP 60 時低。

## 結論

依據國內游離輻射防護法第五條規定，主管機關應參考國際放射防護委員會(ICRP)最新標準訂定游離輻射防護安全標準，並應視實際需要訂定相關導則，規範輻射防護作業基準及人員劑量限度等游離輻射防護事項。比較 ICRP 103 與 ICRP 60 之差異，ICRP 103 建議內容大部分沿用 ICRP 60 輻防系統，因此納入新建議對輻射防護法規與實務不須有重大變革，僅須針對 ICRP 103 建議書的部分改變進行更新；包括更新輻射加權因數  $W_R$ 、組織加權因數  $W_T$ ，並依據最新相關生物學與流行病學資料，更新輻射危害係數。此外，並須提出三種曝露狀況：計畫曝露、緊急曝露、現存曝露，及劑量約束與參考水平在不同曝露狀況之具體適用性等。劑量約束與參考基準將成為輻射防護的主流，過去以輻射作業與干預為基礎的防護方法，演變為應用於所有可控制曝露狀況(計畫、緊急、既存等三種曝露狀況)之正當化與防護最適化基本原則的防護方法。只要逐步規畫更新措施，我國輻射防護相關法規欲採行 ICRP 103 號報告最新建議之困難度不大。

---

「劑量約束」與「參考基準」將成為輻射防護的主流，過去以輻射作業與干預為基礎的防護方法，演變為應用於所有可控制曝露狀況(計畫、緊急、既存等三種曝露狀況)之正當化與防護最適化基本原則的防護方法。

---

ICRP 103 對我國現行輻防法規與實務的影響主要在游離輻射防護安全標準會受部分影響，影響所及諸如(1) ICRP 103 為了公眾輻射防護的目的，建議採用「代表人(Representative Person)」取代先前「關鍵群體」概念。(2) 中子和質子輻射加權因數的數值改變。(3) 相關之組織加權因數的數值有更新。此外，在現行游離輻射防護安全標準附表三及附表四所列各核種之劑量轉換因數與管制限度之各參數乃依據或參考 ICRP 23、30、56、65-69、71-72 等報告，ICRP 103 仍沿用相關數據，目前不需修正。我國輻射防護相關法規(如游離輻射防護安全標準)欲採行 ICRP 103 號報告最新建議，只要適時規劃、做好溝通與宣導，應可順利將 ICRP 103 之建議逐步納入我國輻防法規。

## 原子科學技術發展中心

國立清華大學原子科學技術發展中心配合國家原子科學技術之發展，推動原子科學研究及原子能和平用途，擴大對社會之原子科技服務。依任務特性不同下設反應器/同位素、保健物理及加速器三個功能業務單位。各業務單位的工作任務如下：

### 反應器/同位素業務單位(Nuclear Reactor / Isotope Lab)

反應器教學訓練、學術實驗研究、同位素製造、非破壞性檢驗、鈷六十輻射照射、核醫藥物研發應用、微量元素分析、同位素推廣應用

### 保健物理業務單位(Health Physics Lab)

教學參觀、學術實驗研究、輻射管制、人員劑量評估、全身加馬核種量測、環境試樣核種分析、輻射偵檢儀器校正、放射廢料管理

### 加速器業務單位(Instrumental Lab)

教學參觀、學術實驗研究、加速器運轉與維護、離子束分析、離子束照射、材料分析

## ICRP 第 103 號報告發行後， 對游離輻射防護法規及實務的影響



---

在舊標準的危險度及安全評估方法不會比新標準低估的前提下，是否或何時修正輻射防護標準，應該從社會與經濟因素等更宏觀的角度來判斷。

---

### 前言

國際放射防護委員會（the International Commission on Radiological Protection, ICRP）於 1990 年 11 月提出輻射防護標準建議（即眾所周知的 ICRP 60）<sup>註1</sup>，迄今二十年多來，已成為國際間制定輻射防護政策及法規共同的核心思想。歐洲共同體已在 1996 年 5 月 13 日發布了其依據 ICRP 60 修正之游離輻射防護安全標準<sup>註2</sup>，並要求其會員國於 2000 年 5 月 13 日前全面施行；國際原子能總署（IAEA）亦於同年發行了安全叢書第 115 號<sup>註3</sup>，該書為 IAEA 依據 ICRP 60 修正之游離輻射防護安全標準，供世界各國參照訂定其國內輻射防護法規。公元 2000 年以後，有許多國家已陸續施行 ICRP 60；而 ICRP 60 由建議發行、形成國際共識至落實為國內法，通常約需 10 年以上的時間。

我國游離輻射防護法在 91 年 1 月 30 日完成立法程序，由總統明令公布，並經行政院核定於 92 年 2 月 1 日施行迄今。主管機關在推動施行本法的政策上，是和落實 ICRP 60 建議同步考量的。考量當時國內實務狀況，為免造成國內業者衝擊太大，主管機關採取二階段修正的策略，92 年 1 月 30 日修正發布的安

### 作者

魯經邦 組長

台灣電力公司核能發電處保健物理組

全標準，僅採用 ICRP 60 所建議之劑量限度。迄游離輻射防護法施行逾 2 年，設施經營者或雇主對 ICRP 60 所建議之劑量限度已能逐漸適應，主管機關認為全面落實 ICRP 60 建議之時機已漸臻成熟，爰進行游離輻射防護安全標準之再修正。修正之游離輻射防護安全標準於 94 年 12 月 30 日發布，並自 97 年 1 月 1 日施行迄今。

雖然 ICRP 60 建議歷經多年的討論與研究，已成為國際上輻射防護的主流思想，但期間仍然遭遇許多阻力與迄今未能解決的爭議與質疑。依筆者了解，主要的關鍵就在 ICRP 建議的基本假設－線性無低限理論（linear non-threshold theory, LNT）受到高度質疑並引起爭論。因此 ICRP 自 1998 年起即已開始就未來輻射防護標準發展趨勢，陸續釋放了一些訊息，在國際間亦引起輻射防護學界的關注與討論。2004 年 5 月下旬在馬德里舉行的 IRPA 第 11 屆國際大會（11th International Congress of the International Radiation Protection Association, IRPA 11）將新建議草案的第 1 版摘要分發與會人員。新建議的草案全文於 2004 年 6 月 21 日公開徵求所有對輻射防護有興趣的組織及個人的意見，並於 2007 年 3 月 19-21 日 ICRP 德國埃森（Essen）的會議中核定了新建議。新建議於 2007 年底出版，列為第 103 號報告。

綜觀 103 號報告的內容，與 ICRP 60 並無重大差異，保留了絕大多數的術語及劑量限度，大部分 ICRP 60 建議及所有後續文獻的相關指引都被 ICRP 宣告繼續沿用。因此未來對輻射防護實務的衝擊預期並不會太大。最重要的是，過去 ICRP 60 系統中許多容易遭到誤解與扭曲的概念，在新建議書中有很完整的闡釋。

本文擬就 ICRP 第 103 號報告發行後對輻射防護法規與實務的影響加以探討，為未來修正及落實更新輻射防護標準奠定良好的基礎。

## ICRP 103 對輻射防護法規及實務的影響

個人認為，ICRP 103 建議對輻射防護法規及實務的主要影響如下：

由於 ICRP 103 建議的內容與精神絕大部分都沿用 ICRP 60 輻射防護系統，對於已施行 ICRP 60 輻射防護系統的國家而言，ICRP 2007 建議對輻射防護法規與實務不會有重大的影響。

雖然 ICRP 103 可能修改了一些名詞、術語，對輻射防護系統的內涵也做了一些補充，原則上，即使是對現行法規不作任何修正，也應該可以很平順地將新建議的內涵融入輻射防護實務。

公眾劑量限度從射源關聯的概念修正為個人關聯的概念是比較重要的變化，未來如何從法規的政策面解決這種概念落差及而不造成實務上的重大衝擊，尚須進一步思考。

在未來的發展趨勢上，劑量限度的功能將更加式微，劑量約束與參考基準將成為輻射防護的主流，因為劑量約束與參考基準是最適化程序的具體指標。在這方面，由於核能設施的公眾防護使用劑量約束的概念已有多年的歷史（例如：美國聯邦法規 10 CFR 50 APP.I 及我國原能會規定的核能電廠氣、液排放管制限值，都是針對輻射源的作業對公眾中個人的劑量規定的，屬於劑量約束的概念），而且國際上對醫療曝露的診斷參考基準、緊急曝露情境及既存曝露情境防護行動的參考基準已發展得相當成熟且有非常完整的指引，因此朝這個趨勢發展應不致遇到太大的困難。

## 結論

ICRP 雖然公開宣稱 2007 年建議將取代 1990 年建議，但誠如 ICRP 103 Paragraph (12) 所宣稱：「修正的建議是對先前建議的強化與補充，並將以不同的報告發行。除非經特別聲明，1991 迄今各政策指引所提出的建議數值仍然有效。因此，修正的建議不能被視為是任何改變輻射防護法規建議，將它視為以 ICRP 60 為基礎之後續的政策指引較為恰當」。因此，ICRP 103 建議實質上並非新建議，只算是一本綜合性的配套指引(Supporting Guidance)。

從輻射防護標準發展的歷史脈絡來看，ICRP 60 號報告是集 1959—1990 間 30 餘年輻射防護系統發展之大成的產物，相當成熟與周延。任何企圖大幅變動 ICRP 60 基本架構的舉措，成功的可能性很低，ICRP 103 的發展過程就是最明顯的例證。

ICRP 103 比較具體的正面意義，主要在於澄清部分各界對 ICRP 60 概念的誤解與曲解，尤其是線性無低限理論(LNT)的爭議。LNT 被濫用於輻射防護以外的目的，如果正確認知它的內涵與限制，審慎應用於輻射防護目的，LNT 仍然是輻射防護系統最重要的支柱之一。若不承認劑量與效應成線性關係的假設，劑量無法相加及分割，劑量的管控將無法執行。

ICRP 103 最大的問題，是將規劃情境下公眾劑量限度從射源關聯變更為個人關聯的概念，這樣的改變在邏輯上與公眾曝露管制的本質是背道而馳的。規劃情境下公眾曝露的防護本質上是射源關聯的，它只能對射源採取行動，無法從環境及個人著手，因此在實務上難以建立一個防護機制來管制及驗證公眾成員受到所有規劃情境曝露的總和符合劑量限度，且責任的歸屬也無法從這個概念來界定。

對於緊急暴露情境而言：不論是以減免劑量或剩餘劑量作為參考基準的依據，都應了解危害與利益都不限於輻射，參考基準（劑量）絕非唯一的判準。

輻射防護標準發展的歷程顯示，早期對輻射危害認知不足，因此危險度的評估及模式的建立是傾向保守（高估）的；隨著輻射防護知識與科技的發展日益成熟，危險度與模式的發展也逐漸演變為合理保守（不低估），進而朝向接近真實（不高估）的境界邁進。

因此在舊標準的危險度及安全評估方法不會比新標準低估的前提下，應該從社會與經濟因素等更宏觀的角度，來判斷是否或何時修正輻射防護標準<sup>註 4</sup>。

### 註 1

ICRP Publication 60, 1990  
Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford, (1991)

### 註 2

96/29/EURATOM, Council Directive of 13 May 1996 laying down the basic safety standards for the health protection of workers and the general public Against the dangers of ionizing radiation, L159, Official Journal of the European Communities (1996)

### 註 3

IAEA Safety Series No. 115, International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, International Atomic Energy Agency, Vienna (1996)

### 註 4

美國 NRC 主管的聯邦法規 10 CFR 20 迄今未採行 ICRP 60 號報告，DOE 至 2007 年才將 ICRP 60 納入其職業輻射防護安全標準（聯邦法規 10 CFR 835 Occupational Radiation Protection）。10 CFR 835 只是採用 ICRP 60 定義的量與加權因數，職業劑量限度規定仍為每年 50 毫西弗，並未採行 ICRP 60 所建議的「5 年 100 毫西弗，每年最高 50 毫西弗」的建議。