

■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

▲國人自製心臟及乳癌診斷藥物首次成功上市，造福國人

(原能會訊)

核能研究所成功自製心臟及乳癌診斷藥物—「核研美必鎔心臟造影劑 (INER MIBI KIT)」於 97 年 2 月正式核准上市，應用於心肌灌注及乳癌雙功能診斷，經 8 個月推廣試用證實使用情況佳，由於售價為進口產品的 1/2~1/3，具有競爭優勢，將可大幅降低心臟病及乳癌的死亡率；未來更可搭配美國最新研究報導的分子乳房造影技術(Molecular Breast Imaging, MBI)來解決現行乳房 X 光檢查對小於 2 公分的腫瘤及東方女性緻密型乳房檢查效果不佳的問題，其靈敏度與核磁共振(Magnetic Resonance Imaging, MRI)相近皆達 90%以上，而其檢查費用則僅為核磁共振的 1/4~1/6，極具普及化的市場潛力。

根據衛生署 96 年統計癌症及心臟疾病分列為國人十大死亡原因的第一及第二名，其中冠狀動脈疾病又高居心血管疾病的第三位，為最常見的猝死病因；而乳癌則為國人女性癌症發生率排名第一位。心血管疾病及乳癌皆能藉由有效地在高危險族群中及早診斷及早治療，而可有效地降低其死亡率、醫療成本甚至社會資源，例如乳癌零期(原位癌)的治癒率可達 98~100%，而若為乳癌第二期(腫瘤 2~5 公分，尚未腋下淋巴轉移)存活率則降至約 65%。由於鎔-99m-MIBI 具有臨床應用的各項優勢，故歐、美等先進國家多年來已普遍使用鎔-99m-MIBI 進行心臟及乳癌檢查，然而國內因原廠專利保護，進口藥價長期居高不下，使得國內的使用受限，導致國人必須付出較高的代價才能獲得適當的醫療照護。

「核研美必鎔心臟造影劑」於 97 年 2 月起上市，預期每年將可提供國內心臟疾病及乳癌患者計約 8 萬人次的臨床診斷應用，其國內產值每年約 2 億 4 千萬元，美國市場更高達 200 億元以上，未來更可搭配核能研究所已積極投入開發中的移動式乳房專用攝影儀，期可深入基層診所提供乳房攝影健檢的服務，極具普及化的發展潛力。另核能研究所也積極開發乳癌治療用銻-188/銻-177-Herceptin 等新核醫藥物，目前正進行動物實驗階段，待成功後將可使乳癌患者

從診斷到治療皆獲得良好的醫療服務。核能研究所核醫藥物研發除了對國人提供好的醫療照護，另一方面對進口核醫藥物產生競價作用，以降低藥價減低國人的負擔，促使國內藥價合理化，節省外匯，為提升國內診療品質貢獻心力。

【新聞小辭典】

移動式乳房專用攝影儀 (Mobile Dedicated Breast Imaging System)：專門偵測乳癌的小型造影儀，因體積小可置放於醫療巡迴車內，可提供社區及偏遠地區的乳癌檢測服務。以一般全身造影的正子或單光子電腦斷層攝影儀 (positron/single photon emission tomography) 為例，乳房專用的正子或單光子攝影儀的偵檢頭較貼近乳房，可減少來自心臟及其他器官的放射背景干擾，因此靈敏度較高，劑量使用也較低，且因其製造成本價位低，可提供普及化的服務。

▲單車壯遊環島環測-兼談天然游離輻射的偵測

(原能會訊)

行政院原子能委員會近期有孫敬業、蔡友頌、許志蜚等三位同仁，以十天時間，結伴完成了單車環島之旅。由於此三位同仁年紀都已經超過五十，能有此雄心，勇於嘗試，頗引起原能會同仁的關切，原能會的長官們也予以支持與肯定，並交付了一項任務，要求隨身攜帶一台輻射偵檢器，沿途順便進行環境輻射的偵測。此次環島之旅，約每四至五公里量測一次，量測結果介於 0.03 至 0.12 微西弗/小時之間，皆在一般背景輻射範圍 0.2 微西弗/小時以內。根據輻射偵測中心的環境監測，在高山地區的天然背景輻射較暫貯低放射性廢棄物的蘭嶼或核能電廠附近的輻射量還高，世界上尚有天然背景輻射高達台灣數十倍者，如巴西的葛拉巴利(Guarapari)，伊朗的雷姆薩(Ramsar)，中國大陸廣東省陽江縣等。但並無報告顯示高天然背景輻射地區的致癌率或不良遺傳高於其他地區。

孫、蔡、許等三人此行所訂的目標是要踏上台灣本島東西南北四個方位的極點，並到達我國現有的四座核能發電廠。他們果真完成了夢想，總共騎乘了 1294.8 公里，並且完成了沿途 338 個輻射偵測的數據。孫、蔡、許等三人實際測量的結果，在核能電廠附近的輻射劑量與其他地區並無差異。台北縣、屏東縣全境內測量的平均值與其他縣市相比也無差別。

原子能委員會輻射偵測中心黃景鐘主任表示，在我們所居住的任何環境裡都存在著天然游離輻射，天然游離輻射的來源有三大類：(一)來自外太空的宇宙射線。(二)來自地面的土壤、岩石等。(三)來自氦、鉀 40 等天然存在的放射核種。此次孫、蔡、許等三人所測量到的結果，即是各地區源自天然游離輻射的劑量。

宇宙射線的強度在地球上的分佈，隨著緯度越高，強度越強，北極地區的極光，就是宇宙射線與大氣層作用所產生的現象。另外，高度越高，宇宙射線的強度也會增加，大約每上升 1500 公尺增加一倍。據此推論，台灣地區輻射劑

量較高的地區應在各高山地區，偵測中心表示他們確實曾經加以測量，並且也印證了此一事實。

造成人體輻射劑量最主要來源是天然輻射中的氡氣，氡存在於空氣中，經呼吸而進入體內。在某些寒帶國家，為求隔熱、保暖，室內的氡氣濃度會增高，台灣地區地處亞熱帶，講究通風、涼爽，故無此問題。鉀 40 放射核種則在我們的體內以及一般的食物中都可以發現。台灣地區關於天然輻射另一有趣的現象是「北投石」，北投石的成因是地殼內所含的放射核種為高溫、酸性的溫泉水溶解，待流至地表又因冷卻而析出，附於石頭上所形成。北投石原產於北投地熱谷，因以台灣本地名稱命名而彌足珍貴，現於北投溫泉博物館內並設有專區展覽。

天然游離輻射在不同的地區都略有不同，就像天氣、地形一樣，是一種自然的現象，民眾們無須為此有任何的疑慮。

▲美國 2006 年職業工作人員劑量年度現況(NUREG-0713)

(輻協訊)

一、前言

美國核能管制委員會(NRC)發布的 2006 年職業曝露報告(NUREG-0713)，主要是針對 NRC 所核發的五種持照者(licensee)工作場所的工作人員於 2006 年所接受的輻射劑量統計，五種持照者分別為商業用核子反應器、工業放射照相、核燃料的處理製造及以及再處理^註(Fuel processors, fabricators and reprocessor)、放射性物質製造及銷售、獨立的用過核燃料貯存設施。

2006 年 NRC 總計有 199 個持照者，其中商用反應器共 104 個持照人，在這些單位中進行個人劑量監測人數為 127,074 人，其中有測得劑量人數為 64,743 人。2006 年的集體劑量為 128.46 人西弗，比 2005 年降低 7%，平均測得劑量為 2.0 毫西弗，比 2005 年 2.1 毫西弗為低。輕水式反應器平均每一機組集體劑量為 1.06 人西弗，其中沸水式反應器及壓水式反應器平均每一機組集體等效劑量分別為 1.43 人西弗及 0.87 人西弗。

美國近年來的雇主大幅增加個人劑量監測人數包括訪客或是行政人員，從上述監測人數中約有 50% 未測得劑量。由此可看出一些訊息，即使他們已經瞭解這些人員劑量非常低，但仍提供個人監測，最重要的原因是雇主的一項預防的行政管理措施。

劑量統計僅包括 NRC 所核發持照者及有向 NRC 報告的部分授權州政府 (Agreement State)，其中包括獨立的所有商業用核子反應器、核燃料製造與裝配者及用過核燃料貯存設施。其他由授權州政府核發執照包括工業放射照相、放射性同位素製造及低放射性廢棄物貯存設施等，並不需要向 NRC 提出報告，尤其是全美授權州政府核發執照數量是 NRC 的三倍，故此三類數據並不能代表全美工作人員劑量統計，此外統計中亦不含病人於醫療過程中所接受的劑量。

註：核燃料製造包括鈾濃縮設施

二、劑量統計結果

根據 NRC 2006 年的報告，在所有受監測的工作人員中有 50.9% 未測得劑量、29.4% 的工作人員劑量小於 1 毫西弗、19.7% 的工作人員劑量介於 1 毫西弗至 20 毫西弗間，有 117 位工作人員(<0.1%)劑量介於 20 毫西弗至 50 毫西弗間，無工作人員大於 50 毫西弗，不同持照者詳細工作人員接受的劑量分述如下：

1. 工業放射照相類：常用的放射性物質有鈷(Co-60)及銨(Ir-192)，共有 69 個持照人。工作型態有分單一場所(single location)及多場所(multiple location)使用。單一場所的工作人員所接受的劑量通常比多場所低，因為在單一場所工作人員有設置屏蔽之故。2006 年平均劑量與 2005 年差不多，單一與多場所平均劑量分別為 0.5 毫西弗及 5.7 毫西弗。2006 年在所有單一場所工作人員有 14% 劑量大於 20 毫西弗，比 2005 年多了 10%。
2. 製造及分裝放射性物質類：這類的執照分為 A 類(Type A)及限制(limited)類，這類執照由 NRC 或授權州政府核發。2006 年 A 類持照人有 2 個，限制類有 14 個。A 類執照核發給較大的單位，核准作業內容為以不同方式(包裝或分裝)使用各種放射性同位素，如診斷試劑、外科植入式、醫學研究用的標誌化合物、診斷及治療用，通常這類設施有較完整的輻射防護措施；限制類執照發給較小的單位，核准作業內容為將由反應器或迴旋加速器生產供工業界使用的放射性物質的持有、密封、包裝或分裝，大部分的產品為工業放射照相加馬射源、工業照射鈷射源、測井用射源、液位控制和煙霧偵檢器射源以及非醫療目的放射化學的研究。2006 年在領有 A 類執照單位的工作人員 5% 的人超過 20 毫西弗，較 2005 年減少 23%，平均劑量為 4.2 毫西弗，較 2005 年 5.2 毫西弗為低。2006 年在領有限制類執照的工作人員 44% 的人超過 20 毫西弗，與 2005 年相同。平均劑量為 3.4 毫西弗，較 2005 年 1.7 毫西弗高出許多。
3. 低放射性廢棄物貯存設施類：於 1999 年已交由授權州政府管理，故 2006 年無此類統計資料。
4. 用過核燃料獨立貯存設施類(ISFSI)：其作業內容包括持有用過核燃料及其產生的放射性物質的貯存，這些用過燃料都先經過一年以上時間衰減後，並提供防護及安全的中期貯存設施，等待最終貯存。其中設施在核能電廠廠址內暫時貯存，這類的工作人員的劑量資料併入該電廠中。此外有二家的未併入核能電廠劑量資料，一為位於伊利諾州的 GE Morris，另一個為位於 Trojan 的設施。Trojan 電廠已除役，故工作人員劑量資料於本類別單獨統計。2006 年無工作人員超過 20 毫西弗。
5. 核燃料循環類：NRC 發給此類執照，持照者可以從事濃縮及製造核燃料的過程，大部分的設施製造輕水式反應器燃料，將濃縮六氟化鈾轉化為二氧化鈾丸放入鋳合金中。部分設施也從事把先前貯存的成品碎片或不合規定成品，利用化學方法還原。2006 年沒有工作人員劑量大於 20 毫西弗，平均劑量為 1.5 毫西弗，與 2005 年相同。

6. 商業用核子反應器：輕水式反應器分為沸水式反應器(BWR)及壓水式反應器(PWR)。2006年運轉中的沸水式反應器及壓水式反應器數目與2005年相同，分別為35部機組及69部機組。每一PWR機組的集體劑量較2005年增加10%為0.87人西弗、工作人員平均劑量1.3毫西弗較2005年1.2毫西弗微幅增加，工作人員增加668人；每一BWR機組的集體劑量較2005年下降16%為1.43人西弗，工作人員平均劑量1.5毫西弗較2005年1.8毫西弗低，工作人員增加了976人。整體輕水式反應器平均集體劑量為1.06人西弗，較2005年降低4%，平均劑量為1.4毫西弗較2005年1.5毫西弗低。

三、總結

NRC發表2006年報告(NUREG-0713)，並不以代表美國所有輻射工作人員的劑量，因為並不包括授權州政府的統計結果，僅有商業用核子反應器為所有工作人員的統計資料。在2006年沒有工作人員超過50毫西弗，顯示持照人對於其輻射工作人員的管理有相當不錯的績效。共有117位工作人員超過20毫西弗，比例上仍以從事放射性照相檢驗居多約有83%，其次放射性同位素製造的工作人員約15%，商業用核子反應器約2%。各類工作人員劑量統計如下：

工作類別		平均劑量 (毫西弗)	超過20毫 西弗人數	備註
工業放射照相類	單一場所	0.5	0	兩者平均為 5.7毫西弗
	多場所	5.7	97	
製造及分裝放射性 物質類	A類	4.2	0	兩者平均為 3.8毫西弗
	限制類	3.4	18	
核燃料循環類		1.5	0	
商業用核子反應器	壓水式	1.3	0	兩者平均為 1.4毫西弗
	沸水式	1.5	2	

□會議訓練報導

▲97-98年度各項訓練班開課時間表

(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	98年 A1-- 3月2日~6日	(新竹) 帝國經貿大樓
		98年 A2-- 3月4日~11日	(高雄) 輻射偵測中心
		98年 A3-- 6月1日~5日	(新竹) 帝國經貿大樓
		98年 A4-- 7月22日~29日	(高雄) 輻射偵測中心
		98年 A5-- 8月24日~28日	(新竹) 帝國經貿大樓

18 小時 登記備 查類 設備	(B 組)	97 年 B23--12 月 10 日~ 12 日	(台北)建國大樓
		97 年 B24--12 月 17 日~ 19 日	(高雄)輻射偵測中心
		98 年 B1--01 月 07 日~ 09 日	(新竹)帝國經貿大樓
		98 年 B2--02 月 11 日~ 13 日	(台北)建國大樓
		98 年 B3--02 月 18 日~ 20 日	(高雄)輻射偵測中心
		98 年 B4--03 月 11 日~ 13 日	(台中)文化大學推廣教育部
		98 年 B5--03 月 18 日~ 20 日	(新竹)帝國經貿大樓
		98 年 B6--04 月 08 日~ 10 日	(台北)建國大樓
		98 年 B7--04 月 22 日~ 24 日	(高雄)輻射偵測中心
		98 年 B8--05 月 06 日~ 08 日	(新竹)帝國經貿大樓
		98 年 B9--05 月 20 日~ 22 日	(台北)建國大樓
		98 年 B10--06 月 10 日~ 12 日	(台中)文化大學推廣教育部
		98 年 B11--06 月 17 日~ 19 日	(高雄)輻射偵測中心
		98 年 B12--07 月 01 日~ 03 日	(新竹)帝國經貿大樓
98 年 B13--07 月 15 日~ 17 日	(台北)建國大樓		
輻射防護專業 人員訓練班	輻 防 師 (108 小 時)	員 15 期 第一階段—7 月 06 日~ 10 日 第二階段—7 月 13 日~ 17 日 第三階段—8 月 03 日~ 07 日 第四階段—8 月 10 日~ 13 日 進階 11 4 月 10 日(進階 11-1) 4 月 24 日(進階 11-2) 5 月 15 日(進階 11-3) 6 月 10 日~ 12 日(進階 11-4)	(新竹)帝國經貿大樓
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班	鋼--12 月 24 日~ 25 日	高雄	
	鋼--12 月 29 日~ 30 日	(新竹)帝國經貿大樓	
	鋼—98 年 6 月 16 日~ 17 日	高雄	
	鋼—98 年 6 月 23 日~ 24 日	(新竹)帝國經貿大樓	
97—98 年度 輻射防護教育訓練	12 月 09 日(二) 6 小時	新竹(帝國經貿大樓)	
	12 月 16 日(二) 6 小時	高雄(偵測中心)	
	12 月 11 日(四) 3 小時	新竹(帝國經貿大樓)	
	98 年 5 月 08 日(五) 3 小時	(台北)	
	98 年 6 月 19 日(五) 3 小時	(新竹)	
	98 年 6 月 30 日(二) 3 小時	(高雄)	
	98 年 5 月 14 日(四) 6 小時	(台北)	
	98 年 5 月 26 日(二) 6 小時	(新竹)	
98 年 6 月 09 日(二) 6 小時	(高雄)		

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

□ 專題報導

▲ 國際放射防護委員會第 103 號出版物內容概述

(輻協訊)

國際放射防護委員會於 2008 年 2 月公布其第 103 號出版物，提出新的輻射防護系統的建議，以取代 1991 年出版的第 60 號出版物。本次出版物的內容共分八章，第 1 章為前言、第 2 章論及建議的目標與範圍、第 3 章探討輻射的生物觀、第 4 章討論用於輻射防護的量與單位、第 5 章描述輻射防護系統的觀念架構、第 6 章論及委員會建議在三種不同曝露情境的落實、第 7 章描述病人的醫療曝露與第 8 章討論環境保護。

國際放射防護委員會（以下簡稱委員會）第 103 號出版物，是針對新的輻射防護體系提出建議，是繼 1977 年第 26 號出版物、1991 年第 60 號出版物後，再度提出輻射防護體系的建議，其建議的內容是針對先前建議的強化與補充。1991 年以後除非其他的聲明，各個出版物建議的數值建議仍然有效。因此，此建議不能被詮釋輻射防護法規主要改變的建議，而適當地以第 60 號出版物先前的建議與後續的政策指引為基礎。建議反覆強調防護最適化的重要性，並推廣在輻射作業(目前包含於規劃曝露情境)要求實施的成功經驗到其他情境，例如緊急與既存的曝露情境。

建議的目的主要是針對有輻射防護義務的法規授權者、團體與個人。過去的建議已協助提供國家與區域的管制標準的一致基礎，而且委員會為了維持建議的穩定性，提供基本原則指引，以做為適當的輻射防護措施的基礎，其目的並不是提供法規條文。

經由一系列文件整合的建議，第 103 號出版物中的重要層面包括：

- 第99號出版物輻射相關癌症危險度的低劑量外插。
- 歸因於游離輻射健康危險度的生物學與流行病學資訊，人類輻射防護目的正當化的摘要。
- 輻射防護使用的量。
- 第101號出版物輻射防護最適化。
- 第101號出版物代表性個人劑量評估。
- 第91號出版物游離輻射對環境衝擊評估架構。
- 第104號出版物提及的輻射防護的範圍指引與第105號出版物醫療作業的輻射防護。

在第 60 號出版物(1991)中聲明關注是放射性核種在人類本身環境中的遷移，因為這對人類的輻射防護有直接影響。在本建議書中除了持續達成是人類的輻射防護，對於其他物種潛在衝擊也表達關心的立場。在規劃曝露情境下，人類棲息地已有相當足夠高地防護程度，因此為了評估曝露與劑量的關係、劑量與效應的關係以及此類效應非人類以外物種的後果，以一般科學為基礎，必須發展一套更清楚的架構。雖然報告中未就整體環境保護作出一般性的聲明，

不過已清楚表達立場。

1.建議的範圍

輻射防護體系應用於來自任何射源的所有輻射曝露，不論其大小與來源，輻射一詞通常指游離輻射。至今一直使用輻射曝露(簡稱曝露)一詞，在一般的觀念上是指受曝於輻射或放射性核種的過程。射源習慣上指引起曝露的原因，不一定是實體的輻射源。一般來說，射源是輻射防護上能被最適化的情況下的完整實體。建議的內容涵蓋了天然及人工射源的曝露兩者，而曝露的射源或導致個人接受劑量途徑的情境下，可以用某些合理方法加以控制能完整應用，這種情形稱為可控制射源。

「輻射作業(*practice*)」一詞在輻射防護上也已被廣泛使用。將持續使用這個名詞來表示引起輻射曝露或輻射曝露風險增加的活動；輻射作業的概念意味輻射源的引進與維持能由該射源上的行動直接加以控制的。規劃曝露情境下是可以包括在輻射作業的範圍。

「干預(*intervention*)」一詞在輻射防護上也已被廣泛使用，並已納入國家與國際的標準中用以描述此一行動降低曝露的情境。需要採取防護行動降低曝露的輻射曝露情境名詞「緊急曝露」或「既存曝露」，比使用描述降低曝露的防護行動這個名詞更適合。

2.建議的目標

委員會建議的主要目標是提供一套適當的人類防護水平與環境輻射曝露危害效應，而不致過度限制與此類曝露所結合的人類活動，要達成此一目標是不能單獨以輻射曝露及其健康效應的科學知識基礎來達成，而需要一個人類與環境輻射防護的模型，並依據科學知識與專家判斷為基礎。人類輻射防護體系的首要目標是保護人類健康，管理與管制游離輻射曝露，以防止確定效應及使機率效應的危險度降至合理可達成的範圍，所有與輻射防護關切的事項必須就不同種類危險度間的相對重要性及危險度與利益的平衡作出價值判斷。

在輻射曝露可能會有許多不同的情境，必須達應用範圍的一致性，故應建立一套正式的輻射防護系統。而這個體系必須處理大量的輻射源，有些是已存在，其他的可能是意外事故所導致的結果。這些射源是被不同種類的事件與情境所牽連，導致現在與未來個人、團體或所有人口的曝露，目前輻射防護體系已發展到能以邏輯結構來處理這種複雜的網絡。

3.輻射生物效應

大部分輻射曝露的有害的健康效應可以分成兩大類：

- 確定效應(組織損害反應)，起因為在高劑量下大部分細胞被殺死或機能喪失。
- 機率效應，如癌症與遺傳效應，包括受曝的個人體細胞突變導致癌發生或生殖細胞突變導致後代發生遺傳疾病。

就生物效應來說，是人類經驗的數據並由實驗生物學所得；就癌症及遺傳效應，是以流行病學研究與動物和人類遺傳學研究的結果。這些致癌與遺傳機

制的實驗研究資料，是為了供作低劑量輻射防護的危險度評估。

從組織加權因數與危害估計值不確定度的觀點，適當就輻射防護目的，使用年齡與性別加權因數及數值化危險度估計值。這種性別與年齡特定輻射防護標準的要求，可以證明差別對待是不必要的，故防護體系可達成適當的兩性防護。而針對追溯性目的輻射相關危險度評估，如流行病學研究，適當的使用性別與年齡特定數據及計算性別與年齡危險度是有必要的。

危險度估計是以典型年齡分布的女性與男性人口的曝露，並由所有年齡群與兩性平均計算。有效劑量是由年齡及性別平均計算，評估有效劑量具有許多本質上的不確定度。所有的估計是從流行病學推導而得，故危險度係數不適用於特定個人。個人或已知人口受曝露的可能後果的估計，必須使用有關受曝個人特定數據。

年輻射劑量低於100毫西弗，增加機率效應發生的機率很低，在背景劑量之上是正比於輻射劑量增加。故考慮使用這個所謂的線性無低限模型(linear non-threshold, LNT)管理輻射曝露風險。

4.輻射防護體系的架構

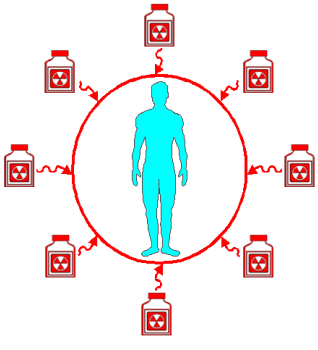
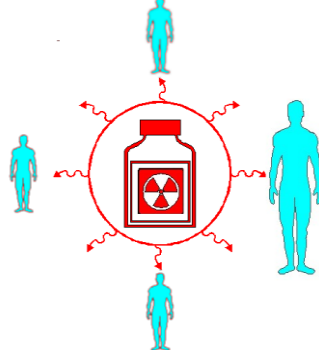
在單一曝露分類中，個人可能受到數個射源的曝露，因此必須試圖去進行總曝露評估，這種評估稱為「個人關聯」。也有必要考慮所有個人受曝於一個或一組射源的曝露，這個程序稱為「射源關聯」評估。建議中一再強調射源關聯評估的重要，因為對個人的防護，就射源來說是對該射源採取行動。工作人員與公眾成員防護的劑量限度和劑量約束與參考基準參考圖 1。

機率效應的機率本質與 LNT 模式的性質是不太可能做到明確推導出「安全」與「危險」間區別，也造成輻射風險解釋的困難。LNT 模式意含某些有限的風險，不論多麼低，必須假設與防護程度建立認為是可接受的基礎。故所建議的防護體系引入三項基本防護原則，即

- 正當化。
- 防護最適化。
- 劑量限度應用。

輻射防護體系的則由下列要素所組成：

- 輻射曝露發生的可能情境的特性(規劃的、緊急的及既存的曝露情境)
- 曝露類型的分類(確定發生與潛在曝露，以及職業曝露、病人醫療曝露與公眾曝露)。
- 受曝露個人認定(工作人員、病人及公眾成員)。
- 評估類型的分類，即射源關聯及個人關聯。
- 防護原則精確構想，正當化、防護最適化與劑量限制的應用。
- 需要防護行動或評估個人劑量水平的描述(劑量限值、劑量約束及參考基準)。
- 輻射源安全條件的描述，包括保安與緊急整備和應變的要求。

劑量限值	劑量約束與參考基準
來自職業曝露工作人員個人與公眾曝露代表性個人的防護	
	
在規劃曝露情境下來自所有管理的射源	在所有曝露情境下來自單一射源
圖 1 針對工作人員與公眾成員防護的劑量限度和劑量約束與參考基準的對照	

在防護最適化方面不論射源的型態、曝露情境或受曝個人。劑量與危險度的射源關聯限制是應用於防護最適化。原則上，防護選擇意味劑量超過該限制值水平的應予排除。過去使用「約束(constraint)」一詞針對輻射作業限制，為了維持一貫性原因，將持續使用此一名稱。在規劃曝露情境中，此類情境圍繞著輻射作業下的正常操作。「約束」一詞在許多語言詮釋被當做嚴格的限度。這樣的意思不是真正的意圖，其應用必須取決於當地的情況。

防護行動的水平的選擇是以通用的考慮為基礎，特別是緊急或既存的曝露情境，可能沒有可實行的防護選擇，能立即滿足防護水平。約束在詮釋上嚴格地視為限度形式，有可能嚴重地扭曲最適化過程的結果。因此，在緊急或既存的曝露情境，提出了「參考基準」項目以限制劑量或危險度。雖然在規劃曝露情境與其他二種曝露情境的名稱不同，在防護體系的應用上不應有任何的基本上的差異。劑量約束是規劃曝露情境下對個人劑量的一種預期的及射源關聯的限制（病人的醫療曝露除外），為針對該射源防護最適化預估劑量的上限。規劃曝露情境下的劑量約束代表一種基本防護水平，必須低於相關劑量限度。劑量約束與參考水平的應用如表 1。

表 1 防護體系中使用之劑量約束值與參考基準

曝露情境	職業曝露	公眾曝露	醫療曝露
規劃曝露	劑量限度	劑量限度	診斷參考基準 (劑量約束)
	劑量約束	劑量約束	
緊急曝露	參考基準	參考基準	不適用
既存曝露	不適用	參考基準	不適用

防護最適化原則應用時的必要階段，適當的劑量約束或參考基準值的選擇，可就曝露情境對個人或社會的利益，以及其他減少或防止曝露的機率。表 2 的描述特性應能使針對劑量約束或參考基準選擇適當區間。

劑量限度僅適用於規劃曝露情境，但不含病人的醫療曝露。第 60 號出版物

建議存在的劑量限度持續提供適當的防護水平。工作人員與一般公眾的危害係數與第 60 號出版物建議是一致的。有效劑量限度適用於體外曝露的劑量與來自放射性核種攝入之體內曝露的約定劑量總和。在第 60 號出版物委員會聲明職業攝入可以 5 年週期平均提供部分彈性。建議的劑量限度如表 3。

表2 針對射源關聯劑量約束及參考基準的架構

針對所有情境下來自單一主要可被控制射源的工作人員及公眾成員劑量約束的例子

劑量約束與參考基準區間 (毫西弗)	情境特性	輻射防護要求	舉例
20-100	曝露通常是透過對曝露途徑採取行動來加以控制。	應考慮給予降低劑量。當劑量接近 100 毫西弗時努力以降低劑量。	來自輻射緊急事故規劃最高剩餘劑量的參考基準。
高於 1-20	個人所獲得的利益很小或無個人利益，但未必來自曝露的本身。曝露可能受控制，可從射源或藉曝露途徑採取行動兩者作選擇。	在規劃情境下，應實施個人曝露與訓練評估。	規劃情境下職業曝露的約束。 安慰者或病人照顧者放射藥物治療的約束。 住宅中規劃的氡最高剩餘劑量的參考基準。
1 或更低	個人受曝於射源所得到很小的利益或無個人利益，但通常對社會是有利的。 針對射源輻射防護要求可以事先規劃，曝露可以直接採取行動來加以控制。	可得到的受曝露水平的一般資訊。有關曝露水平定期檢討曝露途徑。	規劃情境下公眾曝露的約束。

註：剩餘劑量(residual dose)=在干預情況下預期劑量減去防止(averted)劑量。

表3 規劃情境下建議的劑量限度

限度形式	職業的	公眾的
有效劑量	每年20毫西弗，指定的5年週期平均	每年1毫西弗
年等價劑量		
眼球水晶體	150毫西弗	15毫西弗
皮膚	500毫西弗	50毫西弗
手、足	500毫西弗	

5.排除與豁免

輻射防護管制的範圍會用到兩個不同的概念，即：

- (i)來自輻射防護法規將某些曝露情境排除。通常以無法遵循法規儀器管制(不能被管理的)為基礎。
- (ii)來自某些或所有輻射防護法規所要求的情境的豁免，對如此的管制被視為無根據的，常常是危險度超越管制的努力為基礎(不必被管理)。

輻射防護法規體系第一步建立何者必須納入法律體系與何者是屬於排除的法律及其法規。其次，這個體系也應建立何者為來自某些或所有法規上要求豁免，其原因為法規行動是無根據的。因此，法律的架構應准許主管機關針對來自特定法規要求的豁免情境，特別是針對行政管理。然而排除是與管制體系的範圍定義有關；豁免則是與主管機關的權力有關，決定一射源或輻射作業法規不必管制受某些或所有觀點支配。排除與豁免間差異不是絕對的，不同國家的主管機關關於是否豁免或排除一特定射源或情境可能會有不同的決定。

輻射防護法規排除的曝露包括不可控制的曝露與不論其程度本質上不受管制義務的曝露。不可控制的曝露是指在任何可想到的情況下無法以管制的行動限制者，例如人體所含的放射性核種鉀-40 曝露，不受管制義務的曝露其管制顯然不切實際者，如在地表受到宇宙射線曝露。決定何種曝露不受管制義務必須由立法者判斷，且會受到文化認知的影響。

6.病人的醫療曝露

醫療中病人的輻射曝露需要一種方法以與其他規劃曝露情境的輻射防護不同。曝露是故意的且與病人有直接的利益。在放射治療中，高劑量輻射的生物效應（如殺死細胞）是用於治療癌症或其他疾病而病人可獲得利益。診斷或介入程序應避免不必要的曝露，當放射治療需要給予所需劑量投射到被治療的部位，而避開健康的組織受到不必要的曝露。

病人醫療曝露需要一種不同而且更詳盡正當化程序的方法。如其他的規劃曝露情境一樣，輻射醫療的使用必須是正當的。雖然其正當化通常基於醫療專業而非基於政府或主管機關，醫療曝露的主要目標是使病人的利益高於危害。

防護最適化原則應用於病人時，利益與損害都為同一個人所接受。病人與病人劑量之間主要是由醫療的需求決定，故不建議限制個別病人的劑量，因為如此可能降低診斷或治療的效能，造成害多於利。在此仍強調的是醫療程序的正當化與防護的最適化。

診斷參考基準係用於醫療影像目的程序的執行，其導致病人的輻射曝露，不能應用於放射治療，而診斷參考基準與劑量限度或劑量約束的數值並無直接關聯。實際上，數值的選擇是以病人或參考病人可觀察到的劑量分布百分數為基礎，這些數值應由專業的醫療團體結合國家的衛生與輻射防護主管機關，以及在必要的穩定性與長期變化可觀察到的劑量分布的代表區間作選擇。

- 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。