

■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 (03)5722521
■電話：(03)5722224 電傳：
■編輯委員：李四海、林友明、邱賜聰、翁寶山、許文林、陳爲立
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

▲輻協TLD人員劑量計七月一日正式對外服務 (輻協)

經過長時間的籌備，本協會人員劑量測試實驗室已通過中華民國實驗室認證體系(CNLA)之認可。本協會基於品質第一、服務客戶、秉持專業的理念，定於7月1日起正式開始對外服務，即日起開始受理申請，敬請各輻防同業大力支持，服務辦法備索，7月1日前申請八折優待，電洽：(03)5722224 劉尙艾小姐。

▲操作執照考試 (原能會 徐仁溥)

行政院原子能委員會為評定非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備工作人員之操作能力和游離輻射防護知識熟悉程度，以保障輻射工作人員安全，並配合輻射防護協會舉辦「非醫用游離輻射防護講習班」之課程段落，依據原子能法施行細則第五十七條之規定，將於八十五年八月十六日(星期五)上午八時卅分，台北地區假考試院國家考場、高雄地區假正修工專，舉辦「非醫用操作執照鑑定測驗」。

該項測驗由原能會輻射防護處主辦，每年辦理二次，分為初、中級，另

依非醫用放射線設備之型式再劃分為(一)密封放射性物質(二)非密封放射性物質(三)可發生游離輻射設備三類，報考人員依其服務單位所持有及使用設備之性質報名參加測驗，茲定於八十五年七月五、六日持有關證件親自前往指定地點報名，逾期或通訊報名概不受理。六月份簡章備索，詳情請參閱簡章或電洽輻防處非醫用科(02)3634180轉512。

▲輻射防護專業人員認可測驗 (原能會 蔡友頌)

為加強各產生游離輻射場所之防護措施，甄審輻射防護專業人員申請人之資格能力，認定其可否執行輻射安全管制與監察作業；並依據原子能委員會之輻射防護專業人員認可辦法訂定，特舉辦輻射防護專業人員認可測驗。

本次測驗計有302人報考初級、60人報考中級、6人報考高級，及格人數共有初級108人，中級18人，高級0人；及格率分別為45.2%、36%及0%，(詳細統計資料如附表)。

該項測驗由原能會輻射防護處主辦，每年辦理二次，分為初、中、高級，另依放射線設備之型式再劃分為(一)密封放射性物質(二)非密封放射性

物質(三)可發生游離輻射設備(四)核子反應器四類，報考人員依其服務單位所持有及使用設備之性質報名參加測驗。成績複查至六月三日止。下次測驗預定十月底實施、九月底報名，詳情請參閱簡章。

八十五年度第二次輻射防護人員測驗合格人數成績統計表

(85.05.22)

類 別		報考人數	應考人數	及格人數	及 格 率
密 封 放 射 性 物 質	初 級	56	40	18	45.0%
	中 級	13	8	3	37.5%
非 密 封 放 射 性 物 質	初 級	56	48	25	52.0%
	中 級	11	11	8	72.7%
可發生游離 輻 射 設 備	初 級	179	144	61	42.3%
	中 級	28	25	7	28.0%
核 子 反 應 器	初 級	11	7	4	57.1%
	中 級	8	6	0	0%
合 計	初 級	302	239	108	45.2%
	中 級	60	50	18	36.0%
	高 級	6	3	0	0%

▲原能會輻射防護處加強工業用核子計量器之稽查與管制

(原能會 張志堅)

根據文獻，美國核能管制委員會於1986年至1992年間接獲 625件有關放射性物質之失竊或遺失報案，平均每年約90件，這些放射性物質有一部份相信已跟隨廢鐵進入鋼鐵廠。同一文獻亦報導美國從1983年至1994年間已發生過24件鋼鐵廠誤熔放射性物質之案件，誤熔之放射性物質大多為鈷-60、銻-137等。

以1983年紐約州Arburn鋼鐵廠誤熔25居里之鈷-60 為例，該廠花費於除污及廢料處理之費用高達美金四百四十萬元（1983年費用）！值得注意的是該廠竟分別於1993年及1994年再度發生誤熔一居里及二毫居里之銻-137事件。銻-137由於其熔點較低（約 450°C），一旦進入熔爐會氣化成氯化銻造成瀰漫性污染，後果較鈷-60 嚴重且難處理，巴西於1987年發生過誤熔銻-137之事件就曾造成人員傷亡。

輻防處有鑑於此，特於去年針對列

管之工業界使用核子計量器之單位，篩選使用鈷-60及銻-137 共63個單位加強稽查，以確實掌握射源之安全使用狀況。目前已完成 890枚射源之清查，對於早期進口之無照射源，亦公告開放期限接受補辦執照列管，另外並加強文宣，提醒相關單位重視放射性物質之管理，此項工作對於公共安全之維護應有所裨益。

▲原能會正式成立物管局 (原能會)

「放射性物料管理局」於四月六日正式掛牌運作，其全名為「行政院原子能委員會放射性物料管理局」(簡稱物管局)。首任局長，由物管處現任處長邱賜聰擔任，副局長則由核能研究所同位素組副組長連清宏博士升任。該局主要任務除原有之放射性廢料管理業務外，另新增核原料及核燃料之管制業務，以統籌國內核能民生應用之放射性物料管理工作。

▲實驗室認證體系簡介 (量測中心 石兆平)

中華民國實驗室認證體系(簡稱CNLA)游離輻射測試領域評鑑技術委員會第17次會議，於85.05.23假原能會第三會議室舉行，由現行召集人陳為立處長主持。

本次會議重點主要包括下列：

1. CNLA游離輻射測試領域認證特定規範。
2. 台電公司放射試驗室(認可編號：0068)增項/再評鑑案。
3. 中華民國輻射防護協會人員劑量計實驗室(申請編號：0294)初次評鑑案。

目前CNLA申請實驗室為320家，其中204家已通過認證；游離輻射測試領域申請家數9家，其中7家已通過認證。

CNLA認可實驗室對外可使用CNLA LOGO 出具報告，除可顯示能力外亦可提供測試報告之公信力，祈各界多多支持使用。

▲台電參與NVLAP認證之介紹 (台電 孫志霖)

一、概述

NVLAP認證係由美國國家標準與技術研究院所主辦的一項認證活動。而該單位是隸屬於美國商務部下之機構，其主要任務為評鑑各公、私立實驗室的測試能力。此認證計畫現開放參加之測試領域含括行業廣泛，如建築結構測試、電腦介面協定、商業產品測試....等，採收費方式維持營運。參加測試者需同時通過能力測試及現場評鑑，始頒予證書。證書有效期限為二年，此證書在某些商業活動中為必備之品保文件。

二、測試分類

早期美國核能管制委員會鑑於其國內人員輻射評估單位水參差不齊，乃委託保健物理學會建立國家標準評鑑方案。1978年完成草案，根據草案另委託密西根大學執行先期測試。

經過多年修訂，1983年正式公布為美國人員輻射劑量評鑑國家標準 ANSI N13.11-1983。1984年核能管制委員會委請美國國家標準與技術研究院將人員輻射劑量評鑑領域納入 NVLAP中，開始開放申請認證。並於1988年通告各人員劑量評估單位，必須取得NVLAP證書，方可提供服務。並於1991年新修訂聯邦法規正式納入條款(10CFR20.202)，至目前為止已有70多個單位參加認證。

ANSI N13.11(1983)規定能力測試分為八大類，人員劑量評估單位可視其提供服務範圍選取相關類別參加測試。經過多次的能力試驗比較後，並於1993年修正之，其中定義一些更複雜、更困難的測試項目，其主要的修正為(1)採用新的輻射單位與新的輻射作業量之定

義。(2)增加輻射測試類別及擴大能量範圍之測試。(3)增加角度依持性之測試之評估。(6)允差值(L)不變但增加防護級劑量計之偏離(Bias)的絕對值及標準偏差(S)均分別不得大於0.35的限制，其相關限制及測試類別詳如附表1。

附表1、ANSI N13.11(1993)測試類別、照射範圍、允差及其他限制

測 試 類 別	照射範圍	允 差 (L)		(B)及S 之限制
		深 部	淺 部	
一、事故級、低能光子 NIST M150	0.1~5Gy	0.3	不測試	無
二、事故級、高能光子 ¹³⁷ Cs、加馬輻射	0.1~5Gy	0.3	不測試	無
三、低能光子 A.一般(M30,M60) M100,M150,H150 B.高能(M100,M150,H150)	0.3~100mSv	0.5	0.5	0.35
四、高能光子 ¹³⁷ Cs、加馬輻射	0.3~100mSv	0.5	不測試	0.35
五、貝他輻射 A.高能(⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y) B.低能(²⁰⁴ Tl) C.一般(⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y及 ²⁰⁴ Tl)	1.5~100mSv	不測試	0.5	0.35 0.35 無
六、光子混合場 第三類與第四類混合	0.5~50mSv	0.5	0.5	0.35
七、貝他與光子混合場 第四類與第五類混合	2~50mSv	0.5	0.5	0.35
八、中子與光子混合場 (¹³⁷ Cs 與下列中子混合) A. ²⁵² Cf 與15公分半徑 之重水球並覆銅片0.5毫米 B. ²⁴¹ Am-Be(α, n)加鉛過濾	1.5~50mSv	全部0.5 中子0.5	不測試 不測試	0.35 無
九、光子角度變化 第三(B)類與第四類之混合	1~50mSv	0.5	0.5	無

三、測試方法

人員輻射劑量認證能力測試過程需標準輻射場照射，目前美國國家標準與技術研究院委託PNL (Pacific Northwest Laboratory)國家實驗室執行。NVLAP規定每一類別需測試 15 枚劑量計，共分三批進行，每月寄 5 枚至 PNL 照射，劑量計寄回一個月內要提報評估結果，以考驗參測者有能力維持其系統長期作業之品質。

對於人員劑量評估能力之判斷，NVLAP之測式方法，是以評估每一測試類別其深部或淺部之等效劑量(或吸收劑量)與標準照射劑量之差異，經換算後與允差之比較，決定是否合格，其公式如下：

$$\text{能力商數 } P_i = (H_i' - H_i) / H_i \quad \begin{array}{l} H_i : \text{標準照射劑量} \\ H_i' : \text{評估劑量} \end{array}$$

$$\text{偏離 } \bar{P} = (1/n) \sum_{i=1}^n P_i \quad n=15$$

$$\text{標準偏差 } S = \left\{ \left[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \right] / (n - 1) \right\}^{1/2}$$

L 代表允差當，當 $|\bar{P}| + S \leq L$ 表示該類別能力測試合格。

四、測試結果

由於本室極為重視品質，並於民國77年(1988)，在人員劑量評估作業上，即獲得美國國家標準局NVLAP的認證許可，並繼續維持至今，是國內第一位獲得此項認可之單位，對於國內參與核能電廠營運的所有工作人員，提供具體面確實的保障，祛除國內在核能電廠工作同仁對輻射之疑慮，確保人員健康與安全。

新書期刊報導

▲ICRP-60號專門術語中文譯名統一 (輻協)

國際放射防護委員會於1990年11月出版ICRP-60號報告，此項報告對於未來國內輻射防護法規的修訂以及輻射防護工作的執行，均有極重要的參考價值。在此項報告中有些專門術語在國內尚未翻譯，有些則有許多不同的譯名，為避免日後因翻譯上不同，造成使用上的困擾。輻協於數月前發函國內各相關單位，邀集國內專家，計有：朱鐵吉、李四海、翁寶山、許文林、陳為立、陳富都、葉偉文、董傳中、曾德霖、蘇明峰、蘇獻章(依筆畫順序排列)等多位輻

防界、醫學界學者、專家回函提供寶貴建議。將各方資料彙整後，於3/27及5/10日召開兩次名詞統一會議，統一ICRP-60專門術語計有191項。本刊為一饗讀者，特於本期刊出，以提供讀者參考(詳見14~16頁)。

會議訓練報導

▲NCRP116及ICRP65號報告研習會 (輻協)

本協會訂於85年8月28日(星期三)假清華大學原科系演講廳舉辦為期一天的研習會。邀請核能研究所陳渙東博士及台灣輻射偵測站陳清江博士主講。內容包括NCRP-116“游離輻射曝露限度”及ICRP65“住宅及工作場所氬222的防護”。研習費用\$1500元，簡章備索，

歡迎有興趣者踴躍報名參加。聯絡人：
李孝華小姐 電話：(03)5722224。

▲EGS4訓練課程研習會

(輻協)

本會訂於9月17日(星期二)至20日(星期五)假清華大學舉辦「EGS4 Monte Carlo Code」研習會，邀請服務於美國史丹佛線性加速中心(SLAC)劉垂正博士返國講授。「EGS4 Monte Carlo Code」近年來常廣泛使用在高能物理、同步輻射、核醫科學、人員輻射劑量、屏蔽設計....等相關研究領域上，特別在三度空間中光子和電子傳播運算上有極大幫助。

本訓練課程為期四天(含演講及電腦上機)。課程內容包括：

- 1.Monte Carlo Introduction。
- 2.Photon Monte Carlo simulation。

- 3.Overview of EGS4 and other similar electron-photon codes。
- 4.MORTRAN-programming language for EGS4。
- 5.Geometry coding(HOWFAR)。
- 6.Scoring routines and methods (AUSGAB)。
- 7.Electron transport。
- 8.Variance reduction techniques。
- 9.Tutorial examples。
- 10.How to prepare cross sections (PEGS4)。
- 11.lab work on PC。

訓練費用一萬元整，簡章備索。歡迎有興趣者踴躍報名參加。連絡人：李孝華小姐、蔡親賢先生。電洽：(03)5722224或FAX:(03)5722521。

▲八十五年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	6月17、18日	台北月涵堂	林麗芬
	8月06、07日	高雄偵測站	"
	8月20、21日	新竹清大	"
非醫用班	6月10日至15日	新竹清大	李貞君
	6月24日至29日	高雄偵測站	"
	9月09日至14日	新竹清大	"
	10月14日至19日	新竹清大	"
	11月11日至16日	高雄偵測站	"
輻防班	11月04日至30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

▲美國 HPS 1996年「NORM與NARM：管制與危險度評估」研討會摘要

(原能會 唐發泰、周凱滇、陳為立)

美國保健物理學會（Health Physics Society）於1996年元月7日在阿利桑那州（Arizona）的Scottsdale市舉辦第29屆年中專題研討會，會議主題即為「天然放射性物質(NORM)與天然和加速器生產之放射性物質（Natural and Accelerator Produced Radioactive Material, NARM）：管制與危險度評估」。會程為期三天，會議議題分為5部份，分別為：(一)管制議題，(二)鈾、鐳和氡，(三)石油與天然氣，(四)測量和分析，(五)劑量、危險度與放射防護。本摘要僅簡述部份與國內關係較密切，或其觀念可作為國內管制之參考者。

(一)管制議題

美國核能管制委員會(NRC)早在1975年，就已考慮要管制天然放射性物質。1977年就成立工作小組，開始第一次評估其國內對天然放射性物質之現行管制規範。其結論指出，有關這些天然放射性物質的管制規範不完整而零散，若要解決此問題，則必須先從修改AEA(Atomic Energy Act, 原子能法案)起，以賦予NRC 管制天然放射性物質的法源依據。在民主國家中修改法律是一件茲事體大的問題，牽涉的層面很複雜，更是曠日廢時。且NRC 亦惟恐修法過程中，反核團體藉機修改不利核能發展的條文。以致在沒有法源的依據，直至今日，NRC未能提出天然放射性物質管制之聯邦法規。在這期間，美國環保署（EPA）也注意到天然放射性物質管制立法的迫切性，雖有待NRC 負起管制天然放射性物質的責任。然因茲事體大，希望採漸進措施，逐漸整合天然放射性物質之管制規範。當聯邦政府還在慢慢琢磨研究時，部份州政府因切身利益關係，已如前文所述，委託CRCPD研究並提出「天然放射性物質管制及核照」草案。

雖然有了一份草案並建立管制的共識，但本議題的文章卻指出幾項問題：

1. 應儘快確定管制天然放射性物質的權責單位，建立國家統一標準，以免各州標準不一而造成管制上的混亂。
2. 因應天然放射性物質廢棄物中不同放射性核種濃度的高低，所採取的處置方法和基準應儘速取得共識，以解決州與州間代處置廢棄物的迫切需求。
3. 德州當局特別指出廢金屬回收使用的業者，當偵測到其進廠廢金屬受天然放射性物質污染時，不同業者有不同處理方法，有的將整車廢料退回，有的則允許很少量污染物通過，作法不一。因此，業者急需當局能制訂，可允許進入鋼鐵廠熔爐之天然放射性物質污染標準，以減低業者的經營成本。
4. 新型放射性藥物取得核照的時間太長，且面臨各州的規定並不一致，使研發及生產成本提高，不利業者和待治療的患者。

(二)鈾、鐳和氡

自從1898年居里夫人發現鐳到第一次世界大戰期間，鐳曾經是工業界及醫學界的寵兒。然而在第一次世界大戰期間，因發現從事塗著鐳於指南針上的年輕女工得到"鐳病(radium poisoning)"，才引起世人注意到它的毒性，方使鐳漸被停止使用。目前尚待解決的問題為：(1)製造鐳工廠的除污與除役，(2)廢金屬回收業者之金屬製品及熔爐因廢金屬含廢棄鐳而受到污染，造成鉅大財物損失及輻射傷害。

另外，氡是否引起健康危害仍是一項爭議性的議題。1995年元月，國家癌症研究所在其研究結果中指出，氡和肺癌並無關聯。華盛頓時報的一位作家即根據上述資料，為文批評氡是一項耗資鉅大的騙局。共和黨議員亦表示有意削減包含氡在內的環境計畫之預算。部份保健物理人員則認為「線性無低限值劑量模式(linear non-threshold dose

model) ”不適用於氡之健康危害評估，且輻射激效 (radiation hormesis) 應列入考慮，因此認為氡的危害性不如目前所宣稱的嚴重。持相反立場者，如國家衛生研究所的 Jay Lubin 在1995年6月為文認為氡是引起10%肺癌的殺手，亦即相當於一年有14,000人死於氡所引起的肺癌。雖然氡是否造成健康危害，可能在短期內尚沒有結論，但專家們建議屋主遵照EPA建議，測量並設法減低屋內氡含量，其目的就如同開車繫安全帶之安全原則一樣，儘量採取避免可能危險的預防方法。

(三)石油和天然氣

本部份論文共計四篇，分別探討以管外(in-vitro)及管內(in-vivo)方法測量採油之管線內管垢中的天然放射性核種溶解度；賓夕凡尼亞州產油和天然氣所伴隨鹽水(brine)潑灑於道路的影響，及調查油井與天然氣井週圍輻射強度；建立分析模式使從管線測得之加馬射線能量和強度轉換成天然放射性物質濃度；油井管線之氡-222流量和管垢內鐳-226濃度及氡-222釋出量的測量。

(四)測量與分析

本部份中有三篇論文值得國內參考，分別討論磷化學工業的副產品--石膏與熔渣，其中二篇探討石膏及一篇探討熔渣。在石膏方面，分別研究石膏施用於飼料用農田中對植物的放射影響，目前之研究結果顯示其背景環境輻射和放射活性強度在背景變化範圍內，但本項研究尚繼續進行長期研究；另一篇則研究石膏的放射化學，以了解鐳-226，鉛-210等元素如何被固著於石膏中，以便找出經濟上有效的萃取方法，將鐳-226等萃取出來，使石膏能被善加利用，不致因經年累月堆積更易造成處置上的問題。熔渣方面，則旨在研究其用於瀝青和混凝土時，對於人員輻射劑量的影響評估。

(五)劑量、危險度與放射防護

本部份論文中主要探討開採石油或

天然氣及其場所對於工作人員所造成的輻射劑量之評估和重建，其評估包含開採時工作人員曝露於天然放射性物質之輻射劑量，和清除管線內管垢時所接受之體外曝露和體內曝露。

▲原子能委員會召開輻射防護管制會議 (原能會)

行政院原子能委員會於八十五年五月十五日召開第四次輻射防護管制會議。參加的單位除原能會各相關管制單位外，還有核能研究所、清華大學，台灣電力公司核能部門以及核能一、二、三廠等。

本次會議計有十四件議題，除對列管案件如「因應新修訂游離輻射防護安全標準之措施」，「工作人員歷年核能體檢分析報告」，「員工工作服之清洗」及「廢料固化桶檢整作業之改善」等進行追蹤考核外，本次會議之特色在於各核設施單位均說明參加國內外環境試樣放射性分析比較測試之結果，經由各單位報告結果，尤以台電及台灣輻射偵測工作站所參加美國環保署舉辦之國際各環測試驗室間比較分析計畫成績優異，已可佐證國內的分析作業能力已具有國際水準。原能會亦鼓勵台電等核設施單位應將此項比對分析及例行環測結果多對外發表，並和國內環保人士多溝通，期能增加民眾對核能的認識並了解營運單位對確保安全運轉所投入的各項監測心力及成效。

輻射防護管制會議係每三個月舉行一次，自八十四年八月三日召開以來，先後共有五十二件議案內容包括管制案，協調事項，報告案以及心得交換，藉著共聚一堂彼此溝通意見，許多案件在會議中獲得共識付諸執行，目前只剩列管案件六件待與其他後續新增議案一併列入往後會議討論。本項會議增進了各核設施單位的輻射防護能力，也讓原能會更能落實對各單位的輻射防護管制

工作。目前參加會議者僅限於核子設施相關人員，待累積相當經驗並檢討執行效果後，將決定擴大範圍邀集醫、農、工等業界輻射作業及防護人員共同與會，以發揮此項會議之最大功能，並建立更健全而完整之輻防體系。

□讀者意見交流信箱

Q：

我是一位輻射從業人員，在輻射工作執行上常以「游離輻射防護安全標準」為依循，以符合法規標準保障大眾安全。但對標準上一般人劑量限度的規定仍不甚清楚，如第十七條規定一般人年有效等效劑量限度為5毫西弗，而在第十八條卻規定作業場所需保持1毫西弗參考值，二者是否有相抵觸之疑，此外所謂1毫西弗參考值的使用時機為何？本單位應如何向原能會證明已符合1毫西弗參考值？這些問題希望藉由貴刊釋疑，以協助解決工作執行上之疑慮。謝謝！

A：

我國現行游離輻射防護標準有關一般人劑量限度之制定是依ICRP-26報告之建議，參考國際原子能總署之安全系列第九號標準(IAEA Safety Series No.9, 1982)及美國核管會之游離輻射防護安全標準(10 CFR Part 20)訂定而成。現將相關之規定詳列如下，以方便瞭解。

國際原子能總署安全系列第九號標準對一般人之劑量限度規定如下：

418. 一般人之年有效等效劑量限度為5毫西弗。一般之年等效劑量限度為50毫西弗。這些劑量限度適用於人口中之關鍵群體。
419. 當一般人中相同之個人可能在很長一段時間(許多年)中都曝露於或接近於年有效等效劑量限度時，則必需謹慎地採取措施，以限制其終生有效等效劑量在每年平均為1毫西弗。

美國10 CFR Part 20§20.1301對一般人之劑量限度規定如下：

- (a). 持照人應確保：(1)由執照列管之所有運轉對一般人於一年內造成之總有效等效劑量限度不得超過1毫西弗，此限度不包括持照人依規定(§20.2003)排放放射性物質於下水道所造成之劑量，及(2)非限制區內由體外射源造成之劑量於任一小時內不得超過0.02毫西弗。
- (b). 如果持照人允許一般人進入其管制區，一般人之劑量限度仍繼續適用於這批人。
- (c). 持照人可事先向核管會(NRC)申請核可，以提高其一般人之劑量限度至5毫西弗。申請時應檢附下列資料：(1)以超過1毫西弗限度來運轉之需要及運轉時間，(2)持照人評定及管制劑量在5毫西弗年限度以下之計畫書，(3)維持劑量合理抑低之程序書。

由此可知新標準之第十七條即是IAEA SS No.9第418條之規定，這5毫西弗是指由所有輻射作業場所之運轉所接受之總劑量之限度。由於一般人之劑量評定與管制與工作人員不一樣，工作人員是以佩帶劑量計來監測劑量，且可藉由限制工作人員之工作時間或地點來達成劑量管制，而一般人之劑量是以模式計算與環境偵測之抽樣加以評定、同時主管機關無法限制一般人之行動，只有藉由限制作業場所之排放、增設屏蔽、過濾設備等來達成劑量管制，故新標準參考美國核管會10 CFR Part 20 § 20.1301 (a)之規定，於第十八條從嚴規定個別之輻射作業場所主管應確保其輻射作業對一般人造成之劑量應小於1毫西弗，以此確保一般人終生之年平均劑量確能符合IAEA SS No.9第419條規定。

第十九條則進一步規定1毫西弗之參考值的使用時機，係自規劃、設計、

及至使用各種輻射設施時均應以1毫西弗為原則。至於業者應如何向原能會證明其運轉確實符合第十八條規定呢？業者應有一完整之排放管制及環境監測計畫，並確實執行。第二十條即參考美國核管會之規定進一步說明，若在場所外圍任一點(最近之位置即是場(廠)界所取得之空氣及水樣所含之放射性物質活度於附表四第7、8兩欄之參考濃度，且所測量到之輻射劑量於一小時內不超過0.02毫西弗，一年內不超過0.5毫西弗時，則該場所之運轉是符合游離輻射防護安全標準對一般人之劑量限度規定的。

由以上之說明可以瞭解，若業者確實遵守第十八、十九條規定時，一般人之劑量限度實質上就是每年1毫西弗。但由於1毫西弗僅定位參考值，且新標

準並未和美國採相同之規定，要求業者必須在事先向原能會申請核可才可將一般人之劑量限度提升至5毫西弗，所以在管制力上是薄弱些。然而ICRP 26號報告在輻防觀念上最大的轉變就是不再以符合劑量限度規定為滿足。最適化(合理抑低，ALARA)之考量較限制化(劑量限度)為優先，對一個正當可以採行之輻射作業，在規劃其輻射防護作業時，應先考慮如何合理抑低工作人員及一般人之劑量，並且不應以已符合劑量限度而打折扣。所以原能會相信，以現行每年5毫西弗之限度所增加之危險度與其他環境有害因子之危險度相比仍是可接受的。(原能會 蔡友頌)

□ 專題報導

▲ 皮膚對放射線的反應之一

(國泰醫院 杜慶燾)

前言

最近幾年，非常流行利用影像診斷的方法作疾病治療的工作——介入性放射線學(Interventional Radiology, I.V.R.)，這種方法不會像一般手術所造成那麼大的侵襲，就能達到治療的目標。但這是要在X光透視之下，把導管的尖端直接導入到病灶，所以會使病患以及執行醫師接受到相當大的輻射劑量，特別是病人更容易發生脫毛及放射線皮膚傷害等確定性效應。1994年9月，美國的食品與藥物署(FDA)已對此問題發出警告，在日本也有實行IVR導致病人皮膚發生潰爛及脫毛的病例。另外最近日本報告指出，在15個接受頭部IVR的病例中，有2個產生脫毛的現象，使用熱發光劑量計對其做偵測，發現皮膚淺部(70 μ m)劑量，超過5000mSv，如果在相同部位再作一次透視治療的話，此一部份的皮膚很可能會發生糜爛的現象。筆者認為這種事實應該使醫療工作人員了解，並提醒其盡可能採取低劑量的輻射去完成診療工作。IVR的目標是在於治療，假定發生皮膚的確定性效應，雖說其輻射線使用是正當(justification of practice)，但是站在輻射線防護之最適化原則(optimization of protection)而言，應採用縮短透視時間，以脈衝式X光作透視或者使用適當的附加濾板等診療技術，藉著設備的改良及使用屏蔽等方法來盡可能降低輻射劑量至合理的低限目標(as low as reasonably achievable: ALARA)。

病人之輻射劑量增加，站在病人旁執行透視等工作人員所接受的散射輻射也相對的會增加。我國的醫用放射線平均職業曝露每年都有逐漸減少的趨勢(雖然降低幅度不大)，但有少部分醫師的輻射劑量卻漸漸增加，其理由可能是執行IVR病例愈來愈頻繁所導致的結果。目前放射線從業人員的年有效等效劑量限度為50mSv/年，但遲早會依

ICRP-60之建議而降為20mSv/年。由於人體對輻射線的反應，以皮膚的變化最為容易由肉眼觀察，因此筆者依據ICRP建議報告41,59,60及1988年之UNSCEAR報告，引述一段有關「皮膚對放射線的反應」之介紹，相信對醫、農、工業界從事輻射線的工作人員在輻射安全防護上的認知有所助益。

皮膚的構造

皮膚是由多層組織所構成的，可粗分為真皮及表皮兩種(圖1)。皮膚外表數層合稱為表皮，內側數層則稱為真皮(圖1)。表皮之一部分特種組織，如毛包(毛囊)、毛根、毛母(平凡細胞)、毛乳頭(這些合稱為皮膚的附屬組織)會繞著毛根周圍而深入到真皮內部(圖1及圖2)。有些表皮層是具有增殖能力的，有些則無。例如角質層是不會再生長的。基底層由於有增殖功能的幹細胞存在，增殖而形成上層的各細胞層。50%以上的基底層細胞，分布在毛包之幹部分，約為200 μm 以上之深度。除了毛包部分之外表皮的厚度(相當於基底層之深度)，因身體部位不同而有異。一般來講，表皮的厚度約為20~100 μm (代表值=70 μm =70mg/cm²)。手的表皮較厚，約為160 μm 以上，真皮的厚度約為1~3mm。

皮膚的確定性效應與劑量之關係

為方便介紹放射線對皮膚之反應(皮膚癌除外)包括曝露後症狀之發現時期，病理及引起症狀之低限值，整理總括在表1。皮膚等效劑量的低限值係依據長期分次曝露之數字資料(圖3表1)。

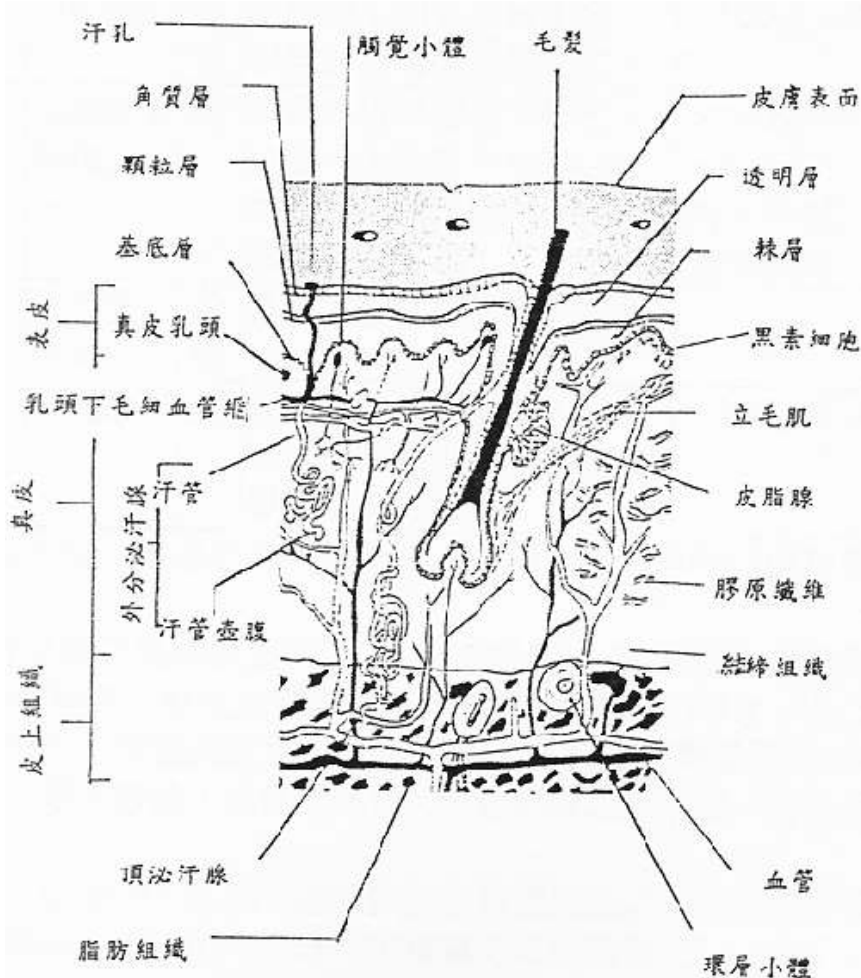


圖1 皮膚構造

表1 放射線對皮膚的確定效應(非機率效應)與其低限值
(摘自UNSCEAR, ICRP, -59, -60)

症狀	發現時期		病理	低限值	
				劑量曝露次數	相對劑量
脫毛	2-3週後	早	由毛包的增殖細胞傷害而引起。毛的再生要12-14週後才能觀察到，頭髮最為敏感。	暫時脫毛 ~3Gy(一次) 永久性脫毛 ~7Gy(一次)	最低
暫時紅斑	2-3小時後	最早	通常1-2日就消失	~3Gy(一次)	最低
*主紅斑	2-3週後	早	表皮基底層細胞死亡後，表皮形成不全，引起真皮的一度炎症反應，因此皮膚充血、發炎。	~3Gy(一次)	最低
乾性落屑	3-6週後	早	表皮基底層細胞數減少，引起皮膚異常的角質化。	~3Gy(一次)	最低
濕性落屑	4-6週後	中	因表皮基底層細胞失去增殖能力而失去表皮，成裸體狀態(長期不做適當治療，會變成糜爛，甚至會引癌症的發生)。	~20Gy(一次)	中
表面與真皮的壞死	>10週後	稍晚	由於發生血管系統不全，引起表皮與真組織死亡。	~50Gy(一次)	最高
表皮的萎縮	>26週(半年後)	晚	皮膚的組織變薄而硬化、收縮。由線維芽細胞之乾枯(細胞數嚴重減少)和血管傷害而引起。	~10Gy(一次) ~40Gy** (分次照射) (參考圖3)	低
血管擴張症	>52週(一年)後	最晚	真皮之毛細管的異常擴張		
潰瘍(糜爛)	>6週後	晚	因為濕性落屑嚴重，引起脫水細菌感染，而使皮膚發生二次損傷。	~30Gy(一次)	高

* 主紅斑的出現時期，隨著輻射劑量愈大，時間愈早。有時四個星期後，會再次出現紅斑(晚發)。

** 根據皮膚紅斑反應之低限值資料(40Gy分次曝露)，為預防其晚發效應之發生，而依ICRP-59和-60之建議，終生皮膚劑量之限度應不得超過30Gy。現行的皮膚劑量限度是0.5Gy/年，終生的劑量限度為20Gy，約與上述30Gy之劑量限度值相近。

[註]表中所列之低限值數據，為使用高能X光射源時之低限值，與發生效應之細胞之存在深度無關。

但當射源為 β 射線時，其低限值則依發生效應細胞之存在深度而有所不同。一般來說，分次曝露時之低限值，約為一次曝露時之低限值之2~6倍。

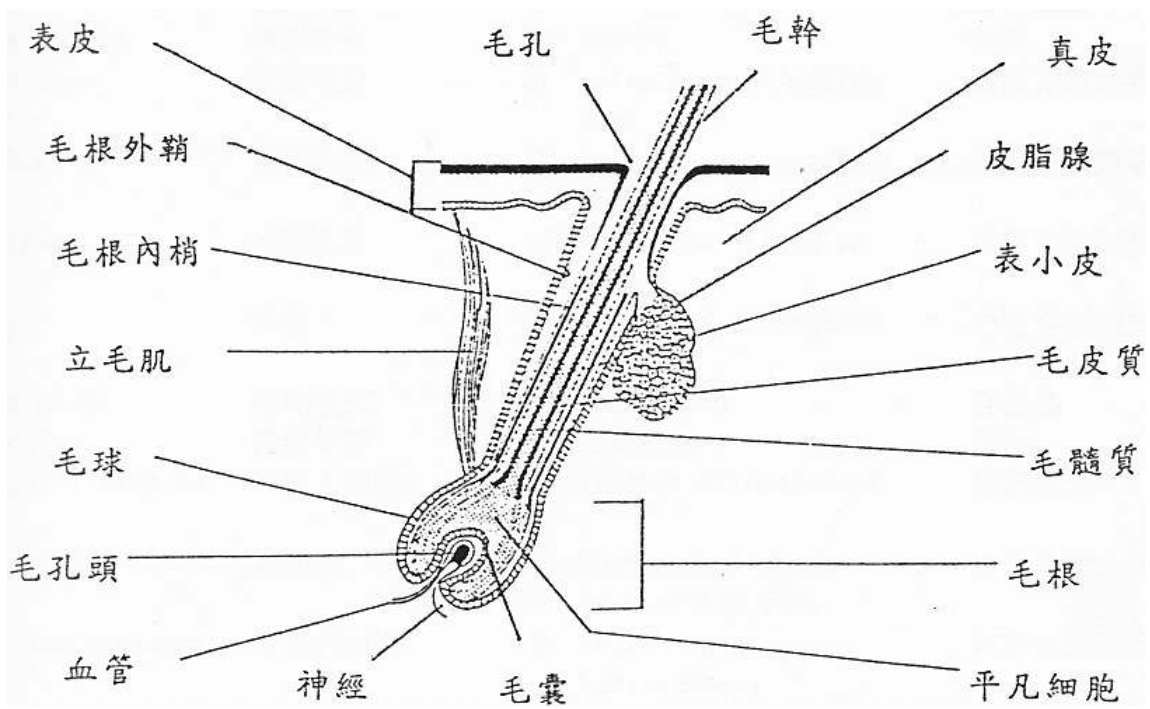


圖2 毛髮構造

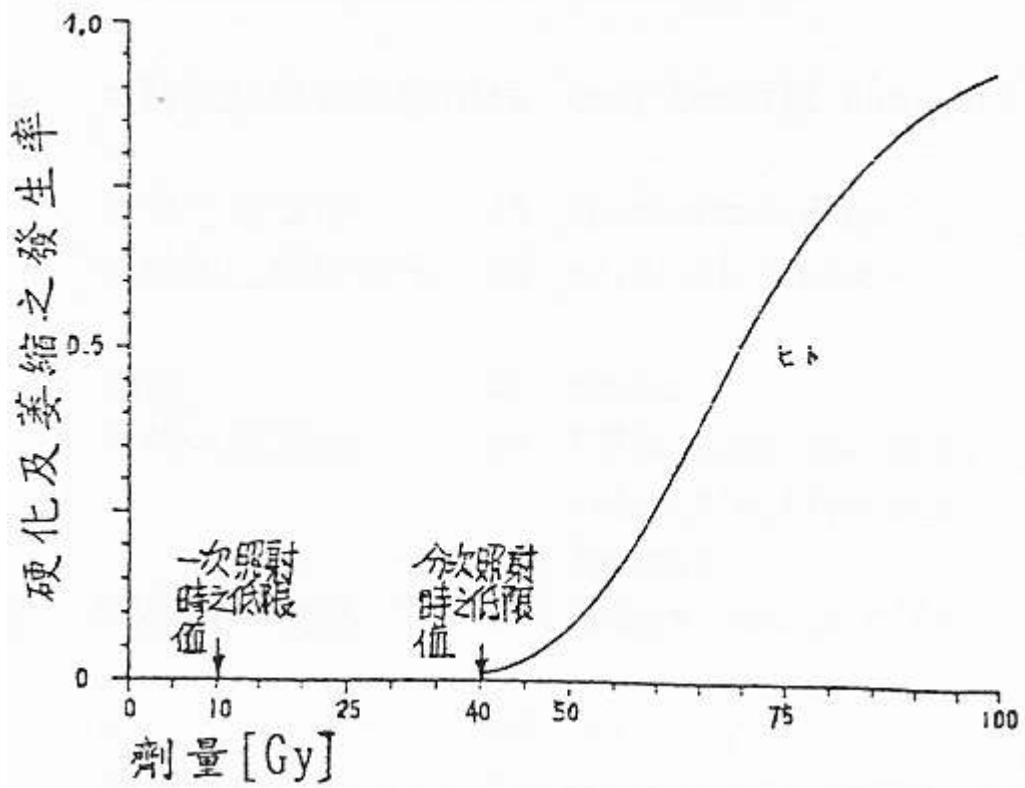


圖3 皮膚萎縮之發生率與劑量之關係，根據人體皮膚分30次曝露之資料(低限值40Gy)，所做單次曝露推測之假定低限值(10Gy)。

ICRP 60 號報告專門術語中譯

# 原文	中文專門術語	# 原文	中文專門術語
1 absolute risk	絕對風險	29 clinic harm	臨床傷害
2 absolute safety	絕對安全	30 cohort	組群
3 absorbed dose	吸收劑量	31 collective effective dose	集體有效劑量
4 acceptable	可接受的	32 collective equivalent dose	集體等值劑量
5 action level	行動基準	33 committed effective dose	約定有效劑量
6 activity	活度	34 committed equivalent dose	約定等值劑量
7 additive model	相加模式	35 commission	委員會
8 age-specific	特定年齡	36 compliance	符合
9 ALI(annual limits on intake)	年攝入限度	37 concept of detriment	損害觀念
10 aligned field	齊向場	38 conditional death probability rate	有條件死亡機率變率
11 aligned and expanded field	齊向擴展場	39 constrained optimization	約束性最適化
12 ambient dose equivalent	周圍等效劑量	40 constraint	約束值
13 antenatal exposure	出生前曝露	41 continuous exposure	連續性曝露
14 attribute	歸因	42 controlled area	管制地區
15 attributable death probability rate	可歸因死亡機率變率	43 cost	成本
16 attributable lifetime fatality probability	可歸因終生致死機率	44 cost-benefit analysis	成本利益分析
17 autosomal mutation	常染色體突變	45 countermeasures	因應措施
18 background death probability rate	背景死亡機率變率	46 critical group	關鍵群體
19 benefit	利益	47 damage	損傷
20 biological endpoint	生物效應端點	48 DDREF(dose and dose rate effectiveness factor)	劑量與劑量率效能因數
21 biological effect of radiation	輻射生物效應	49 deterministic effect	確定效應
22 cancer	癌	50 detriment	損害
23 cancer incidence	癌罹患率	51 directional dose equivalent	方向性等效劑量
24 cancer mortality	癌死亡率	52 DNA (deoxyribonucleic acid)	去氧核糖核酸
25 change	改變	53 dominant mutation	顯性突變
26 cell killing	細胞殺傷	54 dose commitment	劑量負擔
27 cell loss	細胞喪失	55 dose constraint	劑量約束值
28 cell modification	細胞改變	56 dose-effect relationship	劑量效應關係
57 dose equivalent	等效劑量	93 ionization	游離
58 dose fractionation	劑量分隔	94 justification	正當化

59 dose limitation	劑量限制	95LD (lethal dose)	致死劑量
60 dose limits	劑量限度	96LD50	半數致死劑量
61 dosimetry	劑量學	97LET (linear energy transfer)	直線能量轉移
62 dose-response relationship	劑量回應關係	98 latency	潛伏期
63 doubling dose	倍增劑量	99 latent period	潛伏期
64 effective dose	有效劑量	100 lethal dose	致死劑量
65 energy imparted	給予能	101 lethality fraction	致死分率
66 environment	環境	102 life expectancy	預期壽命
67 epidemiology	流行病學	103 life span	壽命
68 equivalent aging	等值老化年齡	104 life table	生命表
69 equivalent dose	等值劑量	105 lifetime risk	終生風險
70 excess relative risk (ERR)	額外相對風險	106 lineal energy	線能
71 excitation	激發	107 linear energy transfer	直線能量轉移
72 exemption	豁免	108 linear-quadratic model	線性二次模式
73 expanded field	擴展場	109 loss of lifetime	壽命損失
74 expected lifetime	預期壽命	110 loss of life expectancy	預期壽命損失
75 exposure	曝露	111 malformation	畸形
76 fatal cancer	致死癌	112 mandatory	強制性
77 fatality probability coefficient	致死機率係數	113 mandatory dose constraint	法定劑量約束值
78 fractionated exposure	分隔曝露	114 mean chord length	平均弦長
79 genetic disorder	遺傳性疾病	115 medical surveillance	醫務監護
80 genetic significant dose	遺傳上有意義劑量	116 mental retardation	智力遲鈍
81 guidance	導則	117 model	模式
82 harm	傷害	118 monitoring	監測、偵測
83 hazard	危險	119 morbidity	發病
84 hereditary effect	遺傳效應	120 mortality rate	死亡率
85 hormesis	輻射激效	121 multi-attribute	多歸因
86 hot particle	熱粒子	122 multiattribute analysis	多歸因分析
87 individual dose equivalent, penetrating	貫穿個人等效劑量	123 multifactorial disorder	多因素失調
88 individual dose equivalent, superficial	淺表個人等效劑量	124 multiplicative model	相乘模式
89 individual-related	個人關聯	125 multiplicative risk projection model	相乘風險預測模式
90 intervention	干預	126 net benefit	淨利益
91 intervention level	干預基準	127 network	網路
92 investigation level	調查基準	128 network of exposure pathways	曝露途徑的網路

129	NIH (National Institutes of Health)	美國國家衛生研究院	161 risk constraint	風險約束值
130	nominal fatality probability coefficient	標稱致死機率係數	162 risk factor	風險因數
131	nominal probability coefficient	標稱機率係數	163 risk limit	風險限度
132	non-fatal cancer	非致死癌	164 risk limitation	風險限值
133	non-ionizing radiation	非游離輻射	165 risk projection model	風險預測模式
134	non-stochastic effect	非機率效應	166 shielded kerma	屏蔽克馬
135	occupational exposure	職業曝露	167 social cost	社會成本
136	optimization	最適化	168 somatic effect	軀體效應
137	organ dose	器官劑量	169 source	射源
138	per caput dose	人均劑量	170 source-related	射源關聯
139	per caput dose rate	人均劑量率	171 specific energy	比能
140	population transfer model	群體轉換模型	172 stochastic effect	機率效應
141	potential exposure	潛在曝露	173 survival curve	存活曲線
142	practice	實踐、作業	174 system of radiological protection	輻射防護體系、放射防護體系
143	prevalence	罹病「率」	175 target theory	靶論
144	pregnant women	懷孕婦女	176 Task Groups	任務小組
145	probability coefficient	機率係數	177 threshold	閾值、低限值
146	protracted exposure	拖延曝露	178 threshold dose	閾值劑量、低限劑量
147	radiation weighting factor	輻射加權因數	179 transfer	轉換
148	radiological end-point	輻射效應端點	180 tissue weighting factor	組織加權因數
149	radionuclide	放射性核種	181 tolerate	可耐受的
150	record keeping	紀錄保存	182 unattached fraction	不附著分率
151	recessive mutation	隱性突變	183 unconditional death probability rate	無條件死亡機率變率
152	recording level	記錄基準	184 UNSCEAR	聯合國原子輻射效應科學委員會
153	reference level	參考基準	185 unrestricted linear energy transfer	無限制直線能轉移
154	regulatory constraint	法規(管制)約束值	186 upper bounds	上限
155	regulatory provisions	法規(管制)規定	187 working condition	工作狀況
156	relative biological effectiveness	相對生物效能	188 working level	工作基準
157	relative risk	相對風險	189 working level month	工作基準月
158	relative safety	相對安全	190 workplace	工作場所
159	remedial action	補救行動	191 X-linked mutation	性聯突變
160	risk	風險		