

輻射防護簡訊 16

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84年12月1日

電話：(035)722224

電傳：(035)722521

歡迎索取

□輻防消息報導

▲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303人報考初級、47人報考中級、6人報考高級，及格人數

共有初級61人，中級12人，高級2人；及格率分別為20.1%、25.5%及33.3%，(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。成績複查至十二月九日止。下次測驗預定四月底實施、三月底報名，詳情請參閱簡章。

八十五年度第一次輻射防護人員測驗合格人數成績統計表

類 別		報考人數	實考人數	及格人數	及 格 率
密 封 放 射 性 物 質	初 級	41	40	25	62.5%
	中 級	12	12	4	33.3%
非 密 封 放 射 性 物 質	初 級	71	69	7	10.1%
	中 級	11	9	4	44.4%
可發生游離 輻 射 設 備	初 級	207	185	29	15.7%
	中 級	22	20	3	15.0%
核 子 反 應 器	初 級	9	9	0	0.0%
	中 級	7	6	1	16.7%
合 計	初 級	328	303	61	20.1%
	中 級	52	47	12	25.5%

	高級	7	6	2	33.3%
--	----	---	---	---	-------

▲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，將於八十五年二月八日（星期四）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，茲定於八十五年元月五、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。詳情請參閱簡章或電洽輻防處非醫用科(02)3634180轉512。

▲台電放射試驗室規劃參與ISO認證 （放射試驗室 孫志霖）

自從國際標準ISO 9000系列於1987年公佈以後，由於歐市的完全採用以及全世界對於歐洲單一市場的看好，使得世界對ISO之重視延伸至美洲、亞洲等全世界主要工業國家，已成為世界品質管理制度標準的態勢。我國經濟部中標局於1990年將其轉換為CNS 12680系列，商

檢局亦訂定「國際標準品質保證制度實施辦法」以期提昇我國品保水準，確保產品品質。

台灣電力公司放射試驗室秉承公司所交付的任務與社會責任，動員全體有關的同仁，群策群力，透過品質體系之運作及管理，並以「誠信專業，追求卓越」的理念，努力提昇人員劑量計測技術之品質，在國內雖已具備第一流之水準，但並不以此為滿足，除參與中華民國實驗室認證體系(CNLA)及美國自願實驗室認證計畫(NVLAP)均獲得通過外，現正積極規畫參與ISO認證，使品質更臻完善。現階段本室已依ISO品質要項，逐章完成品質手冊與品質計畫，本年(84)11月初進行內部查核，以確認是否落實ISO之各項條款，待查證結果與改善措施均完成後，將再邀請外單位專家進行外部查核，協助查證各項作業措施與活動，以驗證作業之水準與品質，此項工作完成後，即可向商檢局提出ISO認證，期能達成目標。

□會議訓練報導

▲第一次輻射防護管制會議 （原能會 陳志成）

為確保國內各核子設施內人員、區域，及設施外環境與民眾之輻射安全，本會輻射防護處自八十四年五月特規劃召開「輻射防護管制會議」，預期達成下列三項目標：

- 一、更有效管制各核子設施有關作業單位(國立清華大學、本會核能研究所

及台電公司之有關單位)之輻射防護作業。

二、增進各單位彼此間之溝通、瞭解與相互協助，並促進新技術與經驗之交流、分享。

三、重要政令、輻防資訊或研究成果之發佈。

八十四年五月三十日輻射防護處擬訂籌辦計畫，並邀請各核子設施有關之作業單位，及本會各管制單位(綜合計畫處、核能管制處、核能技術處、放射性待處理物料管理處及台灣輻射偵測工作站)召開籌備會議，經與會單位充份討論後決議依籌辦計畫擇期召開「第一次輻射防護管制會議」。

第一次輻射防護管制會議在各單位密切的聯繫、協助、配合及全力支持下，順利的在八十四年八月三日假核能研究所視聽教室舉行，會議主席由本會輻射防護處陳為立處長擔任，在本會各管制單位及各核子設施現場輻射防護作業有關之主管及代表踴躍的出席下，場面頗為壯觀。會議在輕鬆、愉悅的氣氛中、認真的進行各項議案討論，由於出席人員均具有核能安全或輻射防護的現場管制或作業的實務經驗，各項議案均有甚佳之具體結果與共識，有效的達成各單位彼此間的瞭解與經驗的交流、分享，無形中亦促進了本會輻射防護管制作業之成效。

輻射防護管制會議將每季召開乙次，初期舉辦時、參加對象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，再決定是否擴大範圍邀集醫、農、工等業界各輻射作業場所人員共同與會，發揮此項會議之最大功能，俾可建立健全而完整之輻防體系。

▲第四屆華人核廢料專家研討會
(物管處)

行政院原子能委員會放射性待處理物料管理處，將於八十四年十二月十一日(星期一)至十二日(星期二)，假行政院原子能委員會禮堂舉辦第四屆華人核廢料專家研討會。此次研討主題分為：1.放射性廢料減量與營運技術。2.放射性廢料最終處置。3.用過核燃料中期貯存。4.小產源放射性廢料管理。5.綜合討論。歡迎參加，詳情請洽：物管處徐源鴻先生，電話：(02)9648187轉312。

▲天然放射性物質及低劑量輻射效應研習會
(輻協)

本協會將於85年1月30日至31日(星期二~三)，假新竹市光復路二段101號；清華大學原科系一樓演講廳，舉辦天然放射性物質及低劑量輻射效應研習會。此次研習會邀請的講員為清華大學：翁寶山教授、董傳中教授，原能會：陳為立處長，三總：譚鴻遠醫師，國外專家：陳士友博士。

課程內容含：*天然放射性物質(NORM)的定義及可能含蓋物質、*NORM的法源及現行法規、*風險基準分析與釋放標準、*國內有關 NORM 所面臨的問題、*未來之研究及發展、*NORM的輻射防護系統、*建築物活度限值的介紹、*NORM 的射線防護議題及範疇、*低劑量輻射效應、*簡介現行標準之設訂、*討論。

費用每人 \$4,800元，即日起受理報名，報名截止日期：84年12月30日。簡章、報名表備索，請洽(035)722224李孝華小姐。

▲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，上課時間：卅九期85年1月3日至85年1月31日，四十期85年5月20日至85年6月19日。每期四十人（不足卅人，延期舉辦），即日起受理報名，額滿即止。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224 邱靜宜小姐。

▲鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練（輻協）

（一）為協助鋼鐵業者建立自行偵檢制度以確保鋼筋原料、半成品與成品免受輻射污染。（二）為協助房屋仲介業、營建業、建築師事務所及其相關公會之現職人員建立輻射建物偵檢能力，以保障買、賣雙方之權益。訂於十二月廿一、廿二日假台北清華大學辦事處及八十五年元月十八、十九日假國立清華大學原科系開課。每班暫定40人；團體報名另安排梯次。簡章、報名表備索，請電洽：(035) 722224 林麗芬小姐。

□專題報導

▲核意外事故是否應服用碘片？ （核研所 蘇獻章）

核意外事故是否應服用碘片？我國法規中並無明文規定，美國亦無此方面之相關規定，但我國及美國一般核能電廠，大多同意備有相當數量的碘片，以應不時之需。世界各國除英國及加拿大以外，找不到有關此方面之規定，英國NRPB建議服用碘片的下限與上限劑量分別為50與250 mSv（所謂上限是強制性的使用，而下限只是建議），而加拿大服用碘片的防護行動基準(PAL)下限為100 mSv，上限為500 mSv。

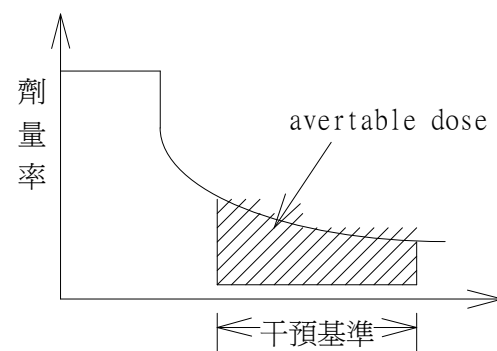
Radiation Protection Dosimetry 60, 4,

pp287 (1995)與Nuclear News/May (1995)都曾報導車諾比爾事故後，前蘇聯服用碘片的十五歲以下小孩，在Belarus，Gomel與Ukraine等地區出現甲狀腺癌升高的情況。但Nuclear News/oct (1995)有人質疑此甲狀腺癌的發生並非全來自輻射，因為同樣是劑量高的Russia地區，由於小孩沒服用碘片，並未出現甲狀腺癌升高的現象。

服用碘片一直是各界爭議的問題，相信此問題會由於資料的充分漸趨明朗，另明年IRPA將在維也納召開四年乙次大會，且適逢車諾比爾事故十週年，亦會有熱烈的討論。

▲干預基準觀念改變 （核研所 蘇獻章）

國際原子能總署出版 Safety Series No.109(1994)，書名 Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency，此報告建議核或輻射意外事故採取掩蔽，疏散與服用碘片的原則是：當可避免劑量 avertable dose 分別為10,50與100 mGy。所謂可避免劑量是採取上述干預行動可減少之個人吸收劑量（如下圖斜線積分部分），另IAEA亦建議採取掩蔽或疏散以分別不超過二天和一週為原則，這個建議的後續發展，值得我們注意。



▲氡222的輻射防護限制 （偵測站 陳清江）

近年來有關氡的輻射防護問題是保健物理界相當熱門的話題，由於它屬於天然背景輻射，因此，如何制訂一套防護標準也爭論甚久，在1977年的ICRP-26號報告中認為，天然輻射之防護應與人造輻射應分別考量，並另訂標準；在1983年的ICRP-39號報告中針對天然輻射之防護原則提出建議，並建議環境中氡的行動基準(Action Level)為200貝克/立方米平衡等值氡活度，約相當於20毫西弗/年之有效等效劑量限值。

1990年的ICRP-60號報告對天然輻射防護的討論較多，但並未對氡之防護限值提出具體建議。到了1993年9月，ICRP的委員綜合近年來對氡的相關研究結果，出版了第65號報告，針對住宅及

工作場所的氡活度限值提出最新的建議，詳如附表所示。依表中所列，在住宅的氡行動基準為200-600貝克/立方米，約相當於每人每年接受3-10毫西弗的有效劑量。在工作場所的行動基準為500-1500貝克/立方米，也相當於每人每年接受3-10毫西弗之有效劑量。職業曝露之年劑量限制則訂為5年內平均小於20毫西弗/年，任一年的劑量小於50毫西弗。

為什麼建議的行動基準不是一固定值而是一個變動範圍呢？為什麼氡的一般人劑量限值比人造輻射劑量限值大呢？欲知詳情，請參閱ICRP-65號報告。

ICRP-65對氡222的防護建議

項 位	目	單 位
	在住宅及工作場所的 8×10 ⁻⁵ 正常死亡及傷害機率	每毫焦耳小時/立方米
	劑量轉換因子 住宅 1.1 工作場所 1.4	毫西弗/(毫焦耳·小時/立方米)
	住宅的行動基準 氡活度 200~600 年有效劑量 3~10	貝克/立方米 毫西弗
	工作場所的行動基準 氡活度 500~1500 年有效劑量 3~10	貝克/立方米 毫西弗

職業曝露年劑量限值	
5年平均限制	(毫焦耳·小時/立方米)/年
14	毫西弗/年
≈ 20	
任一年限制	(毫焦耳·小時/立方米)/年
35	毫西弗/年
≈ 50	

備註：假設氬之平衡因子為0.4，每年工作2000小時，室內停留7000小時。

▲內容十分豐富的ICRP第66號出版物
(二)
(衛生部工業衛生實驗所 陳興安)

4 輻射生物學考慮

這一章也是不同於原呼吸道模型的完全新建的章節，內容十分豐富，是新呼吸道模型的核心章節，主要生物學依據之所在。這一章確論處於危險的組織和細胞並提出了它們的相對敏感性。這一章還提出了用於計算特定組織劑量的權重因子，從而可以相加在一起，為胸外區給出單一的值，對胸區給出另一單一的值，以用於計算有效劑量。

本章共有3節。

第1節為呼吸道癌。具體介紹了胸外癌的類型、胸部癌的類型、吸煙對癌類型的影響、輻射照射對癌的類型的影響。

第2節為呼吸道癌的遠祖細胞(Progenitor cells)。認為胸外組織的大部分細胞是起源於復層鱗狀上皮的基底細胞；輻射照射引起支氣管上皮的腫瘤(以及引起腫瘤的細胞)為：鱗狀細胞

癌(基底細胞和分泌細胞)和小細胞癌(基底細胞和分泌細胞)。支氣管上皮則由2種細胞類型組成，纖毛柱狀細胞和非纖毛分泌(Clara)細胞，但只有Clara細胞是癌起源的細胞。在AI區，Clara細胞，II型上皮細胞和毛細血管的上皮細胞是被認為可以引起癌。

第3節為危害的劃分(Partition of Detriment)。這一節較詳細地介紹了胸外區危害的劃分，胸區危害的劃分以及在ICRP劑量系統中危害-權重當量劑量的應用。在將近10年的編寫本出版物過程中，危害的劃分是討論最多和反覆最多的一項內容。然而，由於缺乏有關胸部不同呼吸道組織相對敏感度的合適的定量資料，目前只能確定BB，bb，和AI區各占總危險的1/3，具體劃分情況見表1。

5 沉積模型

在人呼吸帶存在的氣載物質(airborne material)沉積在呼吸道每個區的分數是由粒子的參數，包括粒子大小、形狀和密度決定。氣道大小，氣流

表1呼吸道組織之間為輻射危害的劃分所確定的權重因子

組織	為 W_T 確定的分數(A)
胸外區	

ET ₁ (前鼻)	0.001
ET ₂ (後鼻道、喉、喉和嘴)	1
LN _{ET} (淋巴的)	0.001
胸 區	
BB(支氣管的)	0.333
bb(細支氣管的)	0.333
AI(肺泡-間質的)	0.333
LN _{TH} (淋巴的)	0.001

率，氣載物質的局部通行時間等解剖學和生理學參數也對沉積分數有影響。

本模型對於粒子在胸外氣道沉積的模型化是採用經驗法，即通過實驗直接測定男性成人的沉積效率，再按比例推定婦女和兒童的沉積。

對於胸部氣道則應用氣體轉運和粒子沉積的理論模型計算出粒子在BB、bb和AI區的每個區內的沉積，而後去定量被測對象肺的大小和呼吸率對沉積的影響。

在文中除了用文字介紹上述實驗和有關理論計算外，在本章中共列出6張讀誤者實際使用的圖表，它們是參考工人(正常用鼻呼吸和用嘴呼吸者各1張)在吸入粒子的粒度分別為AMTP 0.001~1.0 μm和AMAD 0.1~100 μm時在ET₁、ET₂、BB、bb、AI各區的局部沉積百分數。另4張圖分別為在室外曝露的各種對象(3個月的嬰幼兒、1歲、5歲、10歲的兒童，15歲的男孩和女孩以及成年男人、女人)用鼻式呼吸吸入與上述粒度範圍相同粒子時在ET₂、BB、bb和AI各區內的沉積分數。這些圖很實用。

6 氣體和蒸氣

氣體和蒸氣，不同氣溶解粒子，也在整個呼吸道沉積，但具有不同的動力學機制。實際上，在每次呼吸時，所有氣體分子均和氣道表面接觸，然而其中許多分子重新進入氣道，並可能在該處呼出。在連續呼吸的情況下，氣體或蒸氣的純被吸收情況是取決於該氣體的溶解度以及其和氣道液體的反應性。

本模型將氣體和蒸氣劃分成以下3類。

第1類：不溶性和非反應性氣體-SR-0。

惰性氣體，象H₂、He、N₂和SF₆在呼吸道表面的液體裏是相對不溶的。由某個SR-0氣體產生的輻射劑量需要計算時可以假定氣道內充滿含有相同濃度放射性氣體的空氣，也就是認為沒有放射性氣體被氣道組織所吸收。在許多場合，來自半無限雲的SR-0類氣體的外輻射支配著人全身的有效劑量。

第2類：可溶性和反應性氣體和蒸氣-SR-1

這類氣體是O₃、NO₂和H₂O，對所有氣道都照射，並被吸收入組織和血。對於這類中的每一種氣體或蒸氣需要評價其在呼吸道每個區的溶解度和反應性，以估算其吸收的分布。

第3類：高度可溶和反應性氣體和蒸氣-SR-2

這類氣體是SO₂和HF，在ET區全部被吸收。

有關上述氣體和蒸氣局部吸收和局部肺滯留的評估，在原正文中有專門論述。(下期待續)

▲低劑量輻射的健康效應：科學，數據和正確的作為

(原能會 唐發泰、陳為立)

美國核能學會(ANS)生物和醫學組

的低劑量輻射效應委員會主席，Jim Muckrheide，於1995年9月之Nuclear News上為文指出，近年得到的中低游離輻射劑量對健康效應之實際科學數據，顯示與目前流行之假設“直線無低限”劑量反應模式相反。以線性模式作為管制和輻防標準之立論基準，已使社會付出過高公共代價，而僅獲取些微健康效益或甚至沒有，因而潛在將造成原子科學和技術對人類貢獻的損失。

將許多有關聯的輻射劑量與反應數據進行分析，可依不同曝露群體予以分類組合。重大曝露群體分別為：(1)日本廣島和長崎之原爆生還者；(2)職業曝露群體(含放射醫師和醫療從業員)；(3)接受醫療曝露之病患群體；(4)身體內含鐳污染群體；(5)受核武器和核子設施釋出而曝露之群體(含軍事武器測試觀察員)；(6)高天然背景輻射之曝露群體。由觀察這些受曝露群體，總結而言，通常從中低游離輻射劑量對健康效應的數據顯示，在劑量低於20 cGy(1 cGy等於1 rad)以下時並無不良健康效應；而劑量範圍在200到400 cGy的低劑量率和分次高劑量率(fractional high dose rate)曝露下，不良健康效應仍很小。統計上而言，重要數據顯示出相對於未受曝露之群體，受中低劑量曝露之群體反而有低於正常下之健康效應(亦即對健康有利)。

依據上述研究結果，ANS生物和醫學組立即採取行動，它和美國保健物理學會(Health Physics Society, HPS)建立工作關係。於1994年11月的ANS會期之後，已陳請HPS評議會提請由現任、繼來和卸任HPS會長組成的科學和公共事務委員會(Scientific and Public Institute Committee, SPI)重新考慮目前線性模式。在1995年7月的HPS年會，SPI委員會發現線性模式不能被科學證據所支持。SPI的重大反應使HPS認識到線性模式的誤用，僅在美國就可能造成由政府執行之環境清除計畫花費高達一兆美

元，而祇獲得了可忽的健康利益，但真正重要的公共健康防護卻沒有經費。

另外，聯合國原子輻射效應科學委員會(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)1994年的報告公佈了甚具重要性的細胞修復和適應反應數據。前UNSCEAR主席，Zbigniew Jaworowski也於Nukleonika為文指出，歷經12年的爭議，UNSCEAR於1994年8月決定公佈它對於少量輻射有益健康的輻射激效(radiation hormesis)的研究報告，此報告欲破除一般看法認為即使最小劑量的輻射亦是有害的觀念。

ANS生物和醫學組與它的低劑量輻射效應委員會將繼續蒐集數據，並尋求與其他相關機構合作。其目的在組織並蒐集有關數據，支持適當研究計畫，及參予法規制訂與政策發展。美國核能學會亦正尋求與保健物理學會、核醫學會、美國核醫師學會、其他職業和醫療學會及研究和技術組織的合作。同時，美國核能學會正規劃在其下設立生物和醫學委員會，以便與美國輻射防護委員會(NCRP)間建立永久聯絡。

作者正鼓勵美國核能學會的會員和其他有興趣於這些活動的各界人士，為核子科學和技術，及個人對人類價值的貢獻，與作者或美國核能學會及生物和醫學組其他領導人聯絡，共同來參予、評估、支持相關的修正活動。
資料來源：Nuclear, News (1995年，9月)

▲輻射防護有關人類數據的來源

(清華大學 朱鐵吉)

關於輻射防護方面人類數據的最重要的來源是廣島、長崎原子彈爆炸倖存者的跟蹤研究成果。由輻射效應研究基金會(Radiation Effects Research Foundation)進行的壽期研究(Life Span

Study) 包括了約 93,000 名倖存者和 27,000 名未受照射的對照組人員。廣島和長崎所用的武器類型不同。廣島是由槍式鈾彈產生的輻射為 γ 射線和中子的混合場。長崎是鈾裝置的爆炸發出 γ 輻射，中子很少。1965 年研究出一種試驗性劑量學體系 T65D 用於估算劑量。現在已由新的劑量體系 DS86 所代替。DS86 是根據對當時發生的分裂次數的重新評估和仔細計算中子和 γ 射線在原子彈材料中和在空氣中的遷移而估算劑量。T65D 假定廣島的原爆，中子是劑量的主要成分，而在長崎的爆炸則不是主要成分。而 DS86 體系卻提出中子的貢獻比原先設想的小得多，因此這兩個城市的劑量回應曲線是相似的。

在“壽期研究”中，按照倖存者當時曝露所在的地點之克馬分組。有些人在戶外且遠離建築物和其它構築物，則規定其克馬為“空氣中無場組織的克馬”(free-field tissue kerma in air)。並已完成了日本人居室中輻射場的附加計算。考慮到倖存者的位置、屏蔽、尺寸和與原爆點的取向，計算出了 12 個器官的平均劑量。已經發現有統計學意義的，下述類型的超額癌症死亡：白血病、婦女乳腺癌、肺癌、甲狀腺癌、食道癌、胃癌、結腸癌、卵巢癌、膀胱癌和多發性骨髓癌。這些原爆倖存者的癌症死亡率比正常死亡率要高的多。子宮內胎兒受照射(出生前受照射)顯示出隨著劑量的增大，智力減退和小頭症的發生率也增加。發現懷孕後 8 到 15 周內受到照射，智力減退的風險最大。懷孕後 8 周前和 25 周後受到照射則未觀察到智力減退。在日本人原爆倖存者當中見到眼睛水晶體發生可偵測到的混濁，但其表現閾值卻與放射治療患者的數據(2 Gy) 不一致。

有關輻射對人類的效應的另一種重要資料來源，是來自醫院中使用輻射進行治療和診斷。這裡舉三個例子描述人類甲狀腺癌和白血病的數據。第一個是

在 20 世紀 30 年代和 40 年代，通常使用 X 射線來減縮兒童的肥大胸腺。這種治療導致兒童甲狀腺受到不可忽視的劑量，而甲狀腺又是輻射誘發癌症最敏感的人體組織之一。用這種方法治療的個人當中在其一生的後期發現良性和惡性甲狀腺腫瘤的數目異常的多。

第二個例子是在 20 世紀 40 年代和 50 年代，當時還盛行用 X 射線治療兒童頭皮癬(tinea-capitis)，先施予頭皮幾個戈雷的劑量引起暫時性脫髮，然後再用藥物對毛囊進行有效地治療。上述治療方法也對甲狀腺造成很大的劑量。在以色列建國後，來自北非的移民中頭皮癬達到流行病的比例。以色列醫生對 10,000 個移民兒童給予上述方法治療。之後發現與未經照射的控制組相比，其甲狀腺惡性腫瘤的發生率增加了 6 倍。在紐約調查了 2215 名用類似方法治療的患者，發現甲狀腺瘤、白血病和腦癌有超額發病數，但沒發現甲狀腺癌發病率的超額。

第三個例子由醫用照射獲得輻射效應的資料的例子是在 20 世紀 30 年代和 40 年代早期，英國治療約 14,000 名強直性脊椎炎患者的試驗研究。將 X 射線劑量照射脊柱以減輕這種病引發的疼痛。對患者病歷的回顧性檢查顯示出死於白血病的例數有少量的增加，數量雖少但卻具有統計學意義。治療中活性骨髓和器官所受的劑量大約為幾個戈雷。除了劑量測定方面的不確定性外，該項研究還缺少合格的對照組——患者的隊列(即對照組應患同樣疾病，除未用 X 射線治療外，接受同樣的其它治療)。

研究幾百名鐘錶塗鏽表盤工人，他們在塗螢光表盤時用嘴唇舔順毛筆尖，這種工藝約持續到 1925 年。稍後幾年中觀察到這些工人的骨癌發病率升高，測量和分析了死者骨中的鏽的水平，蒐集分析了每個工人的檔案，然後根據塗鏽表盤工人的數據制訂了職業人員體內

²²⁶Ra的最大許可含量為 0.1 μg的規定。估計這個水平相當於平均劑量率為 0.6 mGy / 周，等效劑量率可能在 1 到 6 mSv / 周。

鈾礦工人的經歷提供了有關輻射對人類生存的效應的另一個重要的資料來源。這些數據特別適合於天然氡子核隨時隨地對人的照射。追溯到中世紀，當時已認識到捷克斯拉夫和南日耳曼的某些地區有異常多的礦工患有肺病，當時稱為山區病(bergkrankheit)。進入 20 世紀後，礦工們曝露於高濃度的含有砷、鈾和其它金屬的礦物粉塵中。在某些地方肺癌發病率升高，大約 57 % 的礦工死於肺癌。對氡及其子核的作用認識進展緩慢，只在近 50 年才普遍承認鈾礦工人中誘發肺癌的主要元兇是氡及其子核。已研發了幾種模型，計算曝露於氡子核每工作水平月(WLM)支氣管組織所受的吸收劑量，3 種廣泛使用的模型，其預測值在 3~10 mGy / (WLM)之間。對受不同水平照射的工人，按照觀察到的和預計的肺癌發病率，仔細查閱和分析了幾千名礦工的病歷。在一篇論文中，研究分析了克羅拉多平原(Colorado Plateau)地區由 20 世紀 50 年代和 60 年代間 3366 名白人鈾礦工的檔案。雖然有關氡濃度的數據常常不齊全，特別是最高曝露水平的 20 世紀 60 年代初這一時期的數據殘缺不全，但還是試圖復現每個工人的曝露水平。研究結果表明，在終生曝露水平低於 120 WLM 的礦工中，沒有證據說明發生了超額肺癌。曝露水平處於 120 WLM 到 3719 WLM時，肺癌發病率穩定持續地增加。每 WLM 的最高風險出現在 120 到 600- WLM之間。現今，礦工的年職業性曝露水平在 1 到 2 WLM 之間，而且似乎不可能再出現終生曝露水平高達 120 WLM 的情況。

對於非職業性曝露標準，美國國家輻射防護和度量委員會 (NCRP) 第 78 號報告提出年平均環境曝露水平為 0.2

WLM。應當注意，可以預期對於職業性曝露和環境曝露來說每 WLM 的風險是不一樣的，這是由於塵粒大小、平衡因子和未吸著的分數不同以及礦工和廣大居民的呼吸率和生理特徵的差別造成的。某些學術團體估計了廣大居民終生曝露於環境中的氡子核中所致肺癌死亡的終生風險。游離輻射生物效應委員會第 IV 分委會 (BEIR-IV) 的報告每 10^6 人·WLM的風險為 350 例超額癌症死亡，而國家輻射防護和度量委員會 (NCRP) 第 78 號報告給出的結果為 130 例。舉例來說，如果一個人在某一特定年中曝露水平為 0.2 WLM，則在其他 25 年中，預計由於這次曝露誘發的肺癌死亡的風險為 $(5 \times 10^{-6}) \times 0.2 \times 25 = 2.5 \times 10^{-5}$ (對於公眾群體的環境風險估計，要考慮到現代吸香菸者很普遍。礦工隊列中的吸香菸者，他們死於肺癌的風險至少比曝露於氡子核所致肺癌的風險大 10 倍)。

核事故也是輻射對人的效應的另一種資料來源，特別是高劑量時的急性效應。數次致命的事故是由臨界裝置引起的。粒子加速器也發生過嚴重事故。更多的事務或未知的高曝露是由於操作輻射裝置(X 射線機和密封源)和放射性同位素引起的。這裡可以列舉幾個實例。1954 年 3 月 BRAVO 核武器試驗產生的高活度的落塵降落到比基尼珊瑚群島上，對島上氣象站工作人員和馬紹爾土著居民造成很大的劑量。之後馬紹爾土著居民撤離該島。事後出現了甲狀腺異常(包括甲狀腺癌)。此外，一艘日本漁船(吉祥龍號 Lucky Dragon)也接受了大量的(肉眼可見的)落塵。甲板上的 23 名漁民大範圍的皮膚燒傷並受到其它傷害。1986 年蘇聯車諾比(Chernobyl)事件反應器事故，造成一些工作人員死亡並污染了周圍地區幾萬名公眾，現仍在對這些曝露進行研究(對照比較，1979 年美國三哩島事故造成個人最高劑量不到

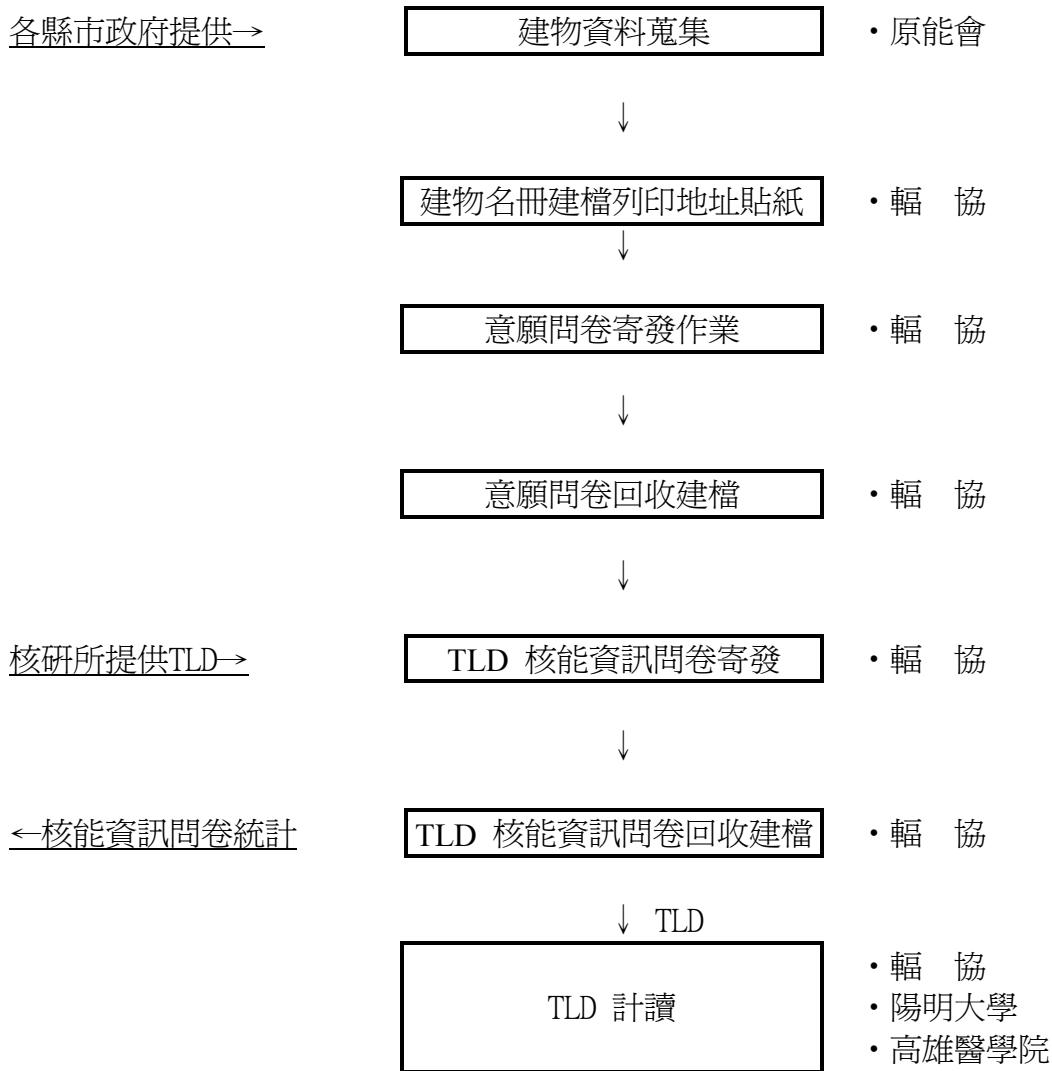
1 mSv)。1944 年以來全世界約發生 300 起嚴重輻射事故，涉及 1,000 人以上。由輻射效應和外傷共發生約 100 起死亡。

▲以熱發光劑量計偵測71年至73年建築物普查(台灣中南部地區)
(輻協)

自民國八十一年起迄今，先後發現數十起輻射鋼筋污染建築物事件，經追查發現，該等污染建物大部份於民國七

十一年至七十三年之間建造完成。原子能委員會為進一步瞭解七十一年至七十三年間完成建物遭受輻射鋼筋污染之情形，分年度針對此二年間之建物實施全面TLD偵測普查，以即早發現受輻射污染建物之狀況，保障民眾居住權益。

本年度(83.7~84.6)本協會，國立陽明大學及高雄醫學院共同接受原子能委員會委託，針對台灣中南部地區(71~73年)建物住戶，進行TLD偵測普查，執行政程序如圖所示：



←計讀值異常呈報原能會

TLD 計讀結果建檔

• 輻 協

↓ 計讀值正常

計讀結果通知住戶

• 輻 協

執行成果如下所示：

(一)意願問卷寄發回收：

共寄發戶數58,920戶，自83年9月開始回收，獲得有效問卷數5,415戶，回收率9.19%。

(二)TLD寄發回收：

依據意願問卷寄發回收狀況，對於願意接受TLD普查之住戶，寄發TLD 5,415戶，回收戶數2,665戶，回收率49.22%。

(三)TLD計讀：

由回收戶數之TLD實施計讀，計讀結果發現均屬自然背景值，未發現任何劑量異常之住戶。

由此次普查結果可看出，一般住戶接受TLD普查之意願仍低，主因除地籍資料誤差外，亦可看出民眾對於輻射安全的認知仍嫌不足。因此輻射教育全面推廣，仍需持續進行。再由TLD計讀結果顯示，無任何讀數異常戶數，此結果不僅可澄清大部份民眾對輻射污染住屋的疑慮，保障民眾居住安全，更可藉大規模建物普查所得之自然背景值，提供相關單位作為一般民眾體外劑量之參考。

▲輻射健康損害的風險評估

(清華大學 董傳中)

ICRP-26 及 ICRP-60 都評估了輻射健康損害 (detriment) 的風險，但

ICRP-26 的評估結果是 0.0165/西弗 (工作人員及一般人)，而 ICRP-60 則是 0.056/西弗(工作人員)、0.073/西弗(一般人)，兩者之間的差別在三至五倍之間。事實上，ICRP-26 及 ICRP-60 都引用了長崎、廣島原子彈生還者的流行病學調查數據，照理說不應該有這麼大的差別才對。造成此一誤差的主要原因有二，一為 ICRP-26 與 ICRP-60 對於健康損害的認定不同，另一為他們使用的數據及模式亦不相同。首先，ICRP-26 所指的損害，只包括致命癌症及嚴重遺傳效應，而 ICRP-60 所指的損害，尚包括非致命癌症及壽命損失，因此後者的評估結果顯然較大。若僅就致命癌症一項加以比較，ICRP-26 建議的風險值是 0.0125/西弗(工作人員及一般人)，而 ICRP-60 則是 0.04/西弗(工作人員)、0.05/西弗(一般人)，兩者之間的差別仍達三、四倍之多，這又是什麼原因呢？主要因素有二，一為 ICRP-26 採用 T65D 的劑量評估結果，而 ICRP-60 則採用 DS-86 的劑量評估數據，前者的中子劑量比重較大，後者則以光子劑量為主，T65D 所評估之劑量是 DS-86 劑量的兩倍左右。又 ICRP-26 採用相加模式 (additive model)，而 ICRP-60 則採用相乘模式 (multiplicative)，評估致命癌症的風險。模式的不同使得風險評估的差距，又增加了兩倍左右。

□

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹市郵政2-33號信箱或電傳(035)722521 游澄清收。2. 本訊逢雙月初一出刊，來稿請於出刊半月前寄達。因篇幅限制，稿件每則以1000字內為佳。3. 歡迎索取及捐助，捐款匯票、支票抬頭名稱「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 聯絡電話：(035)722-224。 |
|---|

