

■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 ■電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
■編輯委員：王嵩峰、李四海、林友明、邱賜聰、翁寶山、許文林
陳為立、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
■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

▲ICRP-60 對於非破壞檢測的影響

(輻協 邱靜宜譯)

輻防協會於今年 3 月 20 日，假清華大學舉辦了一場 ICRP60 號報告的現況與展望研討會。內容包括：ICRP60 號報告的現況、重要內容，以及 60 號報告對核能發電、醫學、研究機構的影響。本次會議共有 130 人參加，與會者對此議題多表關心與興趣。茲再摘譯一篇有關 60 號報告對非破壞檢測影響的文章，以饗讀者。

一、起源

非破壞檢測(RT)作業的主要目的是針對配管焊接部分做非破壞性的檢測工作。依檢查物品(厚物品、堆積物品)的規模與尺寸以及現場的情況(有無電源、作業性質等)，決定使用 X 射線或 γ 射線照相。

從非破壞檢測作業的輻射管理現況考量，如法令採用 ICRP60 號報告，在 RT 作業上恐會遭遇到困難。

二、RT 作業的輻射管理

非破壞檢測作業時，操作人員應持有執照，並注意現場人員的體外輻射曝露狀況。

在現場使用輻射，必須設定管制地區，爲了不妨礙其他工作，作業大半是在夜間進行。管制地區的設定，則是依據每週 $300 \mu\text{Sv}$ 的劑量作劃分。進行照射時，可用標誌及旋轉燈作標示，同時安排值班人員。如檢查的物品係散布各地點時，應隨著輻射發生裝置的移動而設定管制地區。

進行照射時，以一週含有六個工作天計，一天爲 $50 \mu\text{Sv}$ ，一週爲 $300 \mu\text{Sv}$ 。測定管制地區邊界的劑量率，應符合下列公式，以確保管制區域的安全。

$$D \leq 50/T \quad (1)$$

式中 D：1cm 處的劑量率($\mu\text{Sv/h}$)

T：平均 1 天總計的照射時間(h)

做環境偵測時，可使用蓋革偵檢器、游離腔、閃爍偵檢器等。測定個人曝露時，可佩戴 TLD 配章並攜帶袖珍型劑量計筆作爲輔助。

三、劑量的管理

劑量管理值，分爲 3 個層次，舉例如下(僅適用於男性工作人員)：

- 1.劑量限度：符合防護安全標準的法定限度值
- 2.管理目標劑量：法律限值 $\times 0.8$
- 3.管理標準劑量(有效劑量)：
每天 1 mSv

每月 10 mSv

每年 20 mSv

五年 100 mSv

在應用上，不可以超過管理目標劑量值，以管理標準劑量為努力目標，嚴守法定限度值。

四、因應採用 ICRP-60 報告的法令

(1) 從事輻射工作者的限度

以某頗具規模的公司為例：目前的情況是，沒有人五年累積超過 100 mSv 的曝露，每年有幾位超過 20 mSv，年度超過 16 mSv 者，約佔輻射工作人員的 5%。因此，如採用 ICRP-60 號報告五年 100 mSv，一年 50 mSv，而不是一年 20 mSv 的法令限值，應該是沒有問題的。

但是，即使法令如 ICRP-60 一樣，依規定一年超過 20 mSv 時，應向主管機關提出報告，為方便於管理，可定 16-18 mSv 為參考值。

(2) 管制地區的邊界

如採用 ICRP-60 的法令，管制地區邊界的劑量限值為每三個月 1.5 mSv。由於 RT 作業屬於移動性的工作(特別是在戶外作業)，管制地區的邊界劑量限值如以 3 個月為基準，則不太可能會超過限值。故宜以週或日為單位，進行管制。依據目前管制地區邊界劑量，約從每週 300 μ Sv，到 120 μ Sv，相當於一天 50 μ Sv 到 24 μ Sv 的劑量(考慮現行的工作天數，有一週 6 天，亦有一週 5 天者)。

在外面的 RT 作業，即使是依現在的標準，也須大幅地加寬區域，用來設定管制地區。如此一來，若採用 ICRP 60 的法令，管制地區變得非常大。

在 ICRP-60 報告中，輻射工作人員

的劑量限度和現在一樣是每年 50 mSv。而五年 100 mSv 的規定，是基於輻射工作人員終生的劑量限度而設的。為確保工作場所邊界或者居住區域邊界一年不超過 1 mSv 的安全性，管制地區邊界的劑量規定會帶來巨大影響。

(3) 監督地區的採用

每次設定管制地區，均隨照相場所的移動，而重新設定。如依法令採用監督地區，則監督地區的管理，如同設定雙重的管制地區。

現在的管制地區年限值為 15 mSv 每週(300 μ Sv)，監督地區的邊界劑量，因為和現在的輻射工作場所邊界的劑量相同，故為每年 1 mSv。從射源開始至管制區域邊界的 4 倍距離處，設定監督地區。像這樣移動在廣大區域內，進行 RT 作業，會有非常多的變化。另外，須充份設想工廠的作業員(司機等)，從警衛室進入監督地區時，作業員的管理該如何做。一面移動，一面設定監督地區，該如何測定與管理天然輻射和 RT 的劑量，這些都會成為問題。因此監督地區的採用，視情況而定，會出現 RT 不適用的可能性。

註：管制地區一指以管制人員輻射安全為目的而劃定之地區，此地區應在輻射防護人員監督下，實施適當之輻射防護(我國游離輻射防護安全標準)。

監督地區一未被確定為管制地區，通常毋須採取專門防護措施和安全規定手段，但始終要檢查其職業曝露條件的任何地區(國際原子能總署 115 號 報告，1996)

【摘譯自日本保健物理學會企畫委員會研討會紀錄東京電工館(1997)】。

▲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，於今年二月十九日舉行「非醫用操作執照鑑定測驗」。本次測驗計有576人報考初級，36人報考中級，及格人數共有初級345人，中級22人，及格率分別為64%及65%，（詳細統計資料如附表）。

八十七年第一次非醫用操作能力鑑定測驗各類科成績統計表（三月）

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	204	192	111	58%
	中 級	11	11	8	73%
非 密 封 放 射 性 物 質	初 級	57	52	44	85%
	中 級	7	7	6	86%
可發生游離 輻射設備	初 級	267	250	156	62%
	中 級	18	16	8	50%
動物用 x 光 機 設 備	初 級	48	46	34	74%
合 計	初 級	576	540	345	64%
	中 級	36	34	22	65%

▲考試消息

(原能會)

考試類別	報名日期及方式	考試日期	考試地點	備註
輻防人員 認可測驗	87年3月9~14日 通訊報名	05月07日(四) 下午一點	台北(國家考場)	請應考者準時參加測驗

□會議訓練報導

▲八十六年度輻協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	87年04月23日至23日	高雄	邱靜宜
"	87年05月14日至15日	新竹	邱靜宜
非 醫 用 班	87年04月14日至21日	清華大學	李貞君
"	87年05月05日至12日	高雄	李貞君
"	87年05月19日至26日	清華大學	李貞君
"	87年06月02日至09日	高雄	李貞君
"	87年06月16日至23日	清華大學	李貞君

◎以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224

□意見交流

▲從 71~73 年完工建物輻射偵測的公聽會說起

(高醫 張寶樹)

86年12月30日上午，民進黨籍立法委員鄭寶清於立法院召開「71~73年完工建物輻射偵測的公聽會」。參加公聽會的單位及代表包括：綠色陣線、中華輻射偵測公司總經理蔡為民、臺大教授張國龍，原子能委員會王曼肇副主委、輻射防護處王嵩峰處長、輻鋼小組成員，以及參與71~73年完工建物輻射偵測的單位、房屋仲介業者、輻射偵測業者等。

輻射偵測應該是一項專業的工作，但若被作為泛政治化的話題，則還真是有理說不清。一場71~73年完工建物輻射偵測公聽會，就在綠色陣線質疑建物輻射偵測的表格開始，接著臺大教授張國龍以「蒙古」責難原能會，中華輻射偵測公司總經理蔡為民認為遭受原能會抹黑，原能會官員解釋輻射偵測政策，輻鋼小組表演如何偵測輻射，參與71~73年完工建物輻射偵測的單位解說輻射偵測作業，房屋仲介業者與輻射偵測業者表達房屋偵測輻射的意願等，結果就在沒有交集的情況下散會。

「71~73年完工建物輻射偵測」是一項政策，但要如何將此作得完美無缺，確是一項挑戰。原能會與其輻鋼小組的每一位成員確實盡心盡力地去執行「71~73年完工建物輻射偵測」這項工作，但是要完成這麼一件看似容易、卻很困難達成的任務，實在有必要檢討「71~73年完工建物輻射偵測」這項免費服務的政策是否值得去執行？

71~73年完工建物輻射偵測是完全免費地為民服務，但在現今社會治安不好的

情況下，要老百姓開門接受免費輻射偵測是值得懷疑的？以高醫醫技系放射組執行高雄市71~73年完工建物輻射偵測為例，實際完成偵測有22,187件，留言單有11,492件，其中完成偵測的戶數約占66%。在完成偵測的件數中，有高達80%的是在張貼偵測公告後要前往2次以上才能完成偵測的。在整個偵測過程中，可以感覺到高達80%的民眾對這項免費輻射偵測服務是相當地冷漠的。

原能會官員在公聽會上的極力解說，加上實際參與偵測的單位費盡唇舌的肯定自己的努力。仍無法滿足沒有實際參與此次建物偵測的鄭寶清立委、綠色陣線、張國龍教授等人的質疑。

當你全程參加公聽會後，在隔日的民生報看到關於「71~73年完工建物輻射偵測公聽會」的報導後，才體會到什麼是新聞媒體對報導輻射的新聞取向。

呼籲國內輻射防護的產官學界一起站出大聲地說輻射安全。

▲核廢料最終處置之另類思考

(物管局 劉東山)

隨著原能會強烈要求台電公司於今年二月底公布低放射性廢料最終處置場候選場址以來，媒體類似報導不斷，最近更進一步刊出可能脫穎而出，成為候選場址之地方人士的看法。一如預期，絕大部分都是負面的意見，顯然民眾對核廢料最終處置場仍有許多誤解，相關單位須進一步加強溝通工作，以杜絕疑慮。

放射性廢料最終處置場是否「無害」，應該是大家最關心的問題。個人忝為核廢料之從業人員，願意做如下之說明。放射性廢料最終處置最高原則，是在

隔離它，避免與民眾的生活環境接觸。在低放射性廢料部份（如目前存放在蘭嶼貯存場的那批廢料即屬之），技術上我們可以透過廢料的水泥固化，再加鋼桶包裝，然後再將其置放於鋼筋混凝土壕溝內，並於鋼桶與鋼桶間或混凝土牆間加入黏土或水泥沙漿填充等措施，來達到與生活環境的充分隔離。這種處置場在美國、日本、法國、西班牙等先進國家已運轉多年，而放射線是會衰減的，即隨著時間的流逝，輻射強度越來越弱，終至消失無蹤。一般估計，低放射性廢料處置場經監管一百至三百年後，該場址又可無限制再使用。

處置場設於離島或偏遠地區有其客觀上之考慮，決非部分人士所言，既然安全乾脆就設在台北市或總統府好了。個人來自嘉義鄉下，離鄉背井前來台北工作，有其不得已之苦衷，最主要就是因為城市能提供就業機會。而眾所週知，離島或偏遠地區人口外流情形向來很嚴重，且普遍老化，嚴重一點的，甚至有廢鄉或廢村之虞。何以致之？就是因為當地缺少工作機會。講坦白一點，連結婚對象都難找，如何能留得住年輕一輩？這是很殘酷的問題，但確是活生生的事實，不容遠在本島謀生者、政客或所謂「環保人士」，故意避而不談。

處置場內的廢料均經穩定化，不會爆炸，場內除管制區外，均可種植蔬菜食用，此在蘭嶼貯存場已行之有年，更不必提處置場外的土地利用了。處置場如真有污染物外釋，應該先漏到地下水中，水則往低處流，對設於海邊之處置場，污染物最終係流到大海，經由廣大海流稀釋，污染物幾乎沒有了。縱使如此，主管機關對處置場的要求仍以「零排放」為最高原則的。事實上，偏遠地區民眾只要有錢，吃

的用的東西大部分亦均購自外地。換句話說，處置場之設置與遷村，可以不必劃上等號。

處置場的設置將帶來巨額回饋金，對離島或偏遠地區而言是一個轉機，如能利用這個良機，妥善規劃各項因應措施（包括成立處置場安全共同監督委員會、設立地區性博物館、加強地方建設等），以為地方創造更多工作機會及福利，會是一個不同的結果。總之，離島或偏遠地區是可以在「無害」的前題下，因著核廢料而告別事事仰賴外界補助之宿命，並進而促進地方繁榮及確保永續發展。

□ 專題報導

▲ 輻射示警標誌

(輻協 翁寶山)

早在西元 1946 年就有人向位於柏克萊加州大學輻射實驗室建議，希望實驗室能發展一識別核輻射的標誌。就在是年下半年實驗室發展出只作為自己使用的標誌，用於標籤則示於圖 1，用於貼紙則示於圖 2。

在同一時期位於田納西州的橡嶺國家實驗室於 1946 年 8 月 2 日運出第一批的放射性同位素，由一位陸軍下士郝京士 (M.B. Hawkins) 仿柏克萊的圖案繪出標誌，並稱它為貝西羅絲 (Betsy Ross)。貝西為伊莉莎白的暱稱。羅絲也可以是女性名字，顯出柔性的一面。

到了 1948 年經過各方多次的討論，圖案改為圖 3 的形式，加上了箭頭。位於芝加哥附近的阿岡國家實驗室則採用圖 4 的形式。另也有人於 1948 至 1949 年向美國前原子能委員會建議標誌的圖案如圖 5 和圖 6 所示。



圖 1 加州大學輻射實驗室使用的輻射示警標籤

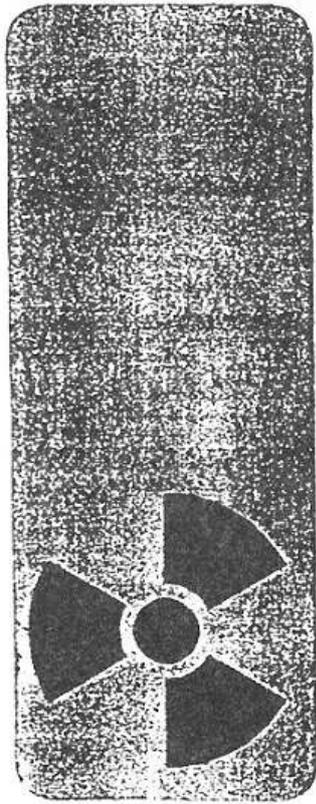


圖 2 輻射示警貼紙

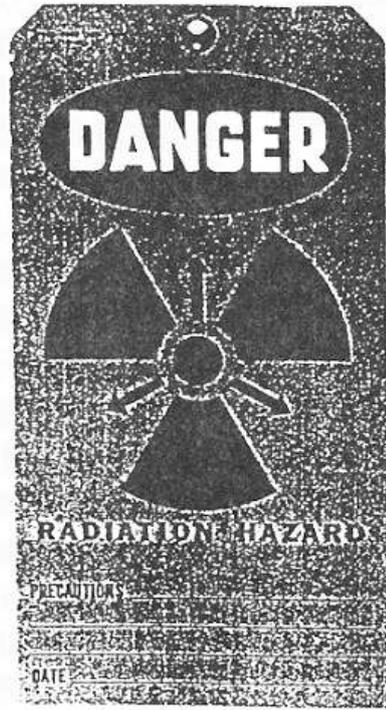


圖 3 輻射示警標誌的 1949 年版本加上了箭頭

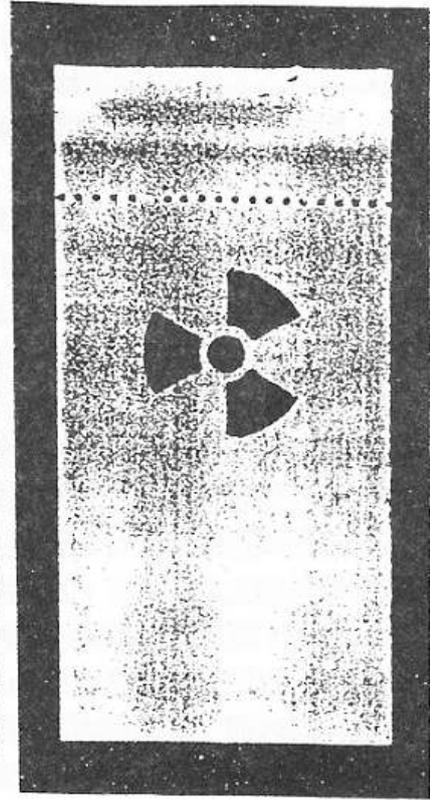


圖 4 阿岡國家實驗室於 1948 年使用的標誌

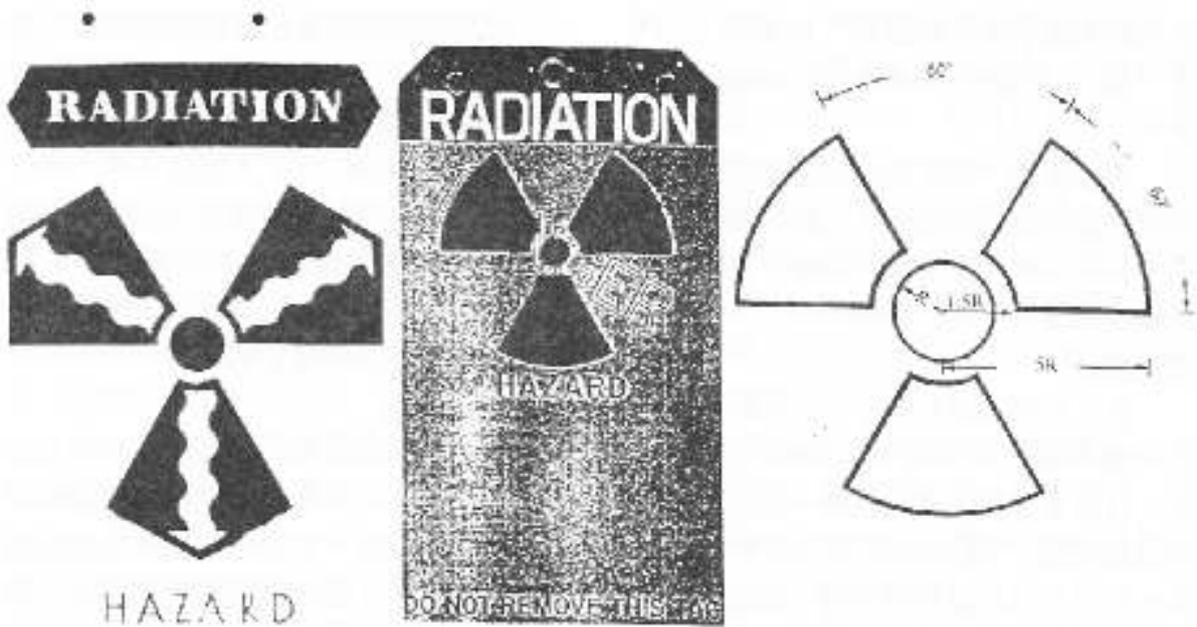


圖 5 在 1948 年有人向美國前原子能委員會建議的標誌

圖 6 在 1949 年向美國前原子能委員會建議用於核設施的輻射示警標誌

圖 7 現行國際上通用的輻射示警標誌

在 1950 年代，美國前原子能委員會及數州開始草擬輻射法規，而標準的輻射傷害標誌也列入研擬的範圍內。最後的圖形與顏色係於 1957 年 3 月定案，並列入美國聯辦法規 10 CFR 20。

我國的「游離輻射防護安全標準」係於民國 59 年(1970 年)7 月 29 日公布，也包括與美國相同的輻射示警標誌。到了民國 80 年(1991 年)7 月 10 日修訂後公布時仍沿用並作說明如下：

圖底為黃色，三葉形為紫紅色(圖 7)

至於圖案的意義，中央小圓表示輻射源，三葉表示射線。

這標誌已列入位於瑞士日內瓦的國際標準化組織 ISO 361(1975 年)。

參考文獻

1. B. Wahlstrom, **Understanding Radiation**, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin (1995).
2. R.L. Kathren and P.L. Ziemer (ed.), **Health Physics: A Backward Glance**, Pergamon Press, New York (1981).

▲輻射滅菌的應用

(原科中心 魏元耀)

輻射滅菌是利用輻射的能量對微生物體造成生命分子的破壞，進而造成微生物體生理新陳代謝的障礙，而達到滅菌的目的，使照射樣品處於無菌狀態。滅菌一詞在應用上為絕對的名稱，但實際上卻是處理過程的機率函數。當微生物暴露在有效殺菌過程後，由所給單位總數中細菌所存活單位的機率，被定義為滅菌保證水準 (sterility assurance level, SAL)。例如若 SAL 為 10^{-3} 係指每一千個單位細菌中經輻射滅菌，有一個單位的細菌存活的機率。在此 SAL 似乎是個無限值，但實際上 10^{-6} 是一般定為試樣照射無菌 (sterile) 的機率。

輻射滅菌一般使用加馬射源照射，常用的射源有鈷60及銻137，應用的範圍包括：食品保存、生醫材料滅菌、古物保存及環境保護等。茲分述如下：

食品保存

食品照射雖已有六十年以上的歷史，但因食品照射要考慮食品個別技術性要求、符合衛生及溫度管理等，因此食品照射目前仍是一種食品保存方法中新的技術。由於加馬射線穿透力強，因此可處理已包裝好較厚的食品。又由於在食品內均勻穿透的特性，其照射效果是可靠的。輻射照射在食品保存的應用，依其不同目的而有不同劑量。當農產品若要抑制發芽或抑制長根可用30~200Gy的劑量；殺蟲及延後成熟用0.2~1.0kGy；一般殺菌則須用1~10kGy，但要完全滅菌則要用25~50kGy。另外，依輻射滅菌目的不同，可區分為(1)完全滅菌(Radappertization)(10~

50kGy)、(2)消除感染(Decomtamination)(10~50kGy)、(3)降低生菌數(Radurization)(1~10kGy)及(4)消毒(Radicidation)(1~10kGy)四種滅菌方式。完全滅菌是將食品中所有微生物殺死，可用於病人食品、太空食品及試驗動物飼料；消除感染為減低附著在食品原料上的微生物，以提昇食品衛生品質，該方式用於調味料、乾燥蔬菜、粉狀卵、乾造血液及中藥材之殺菌；降低生菌數為減低附著在食品的微生物數目，並延長食品的貯藏期間，可利用於畜肉、家禽肉、水產及加工品；消毒是殺死特殊的食物中毒細菌以防止食物中毒，例如家禽肉沙門氏桿菌屬及冷凍水產之病原菌的殺菌。

加馬射線照射食品會引發輻射線對食品組成分子的『直接作用』，及經由輻射線與食品中水分子反應的產物再去影響食品成份的『間接作用』。因此，經由照射後的食品，是否有食品安全性上的顧慮值得關切。在經由國際間的合作研究，於1980年提出『劑量在10 kGy以下的照射食品，安全性並無問題』的結論。

生醫材料滅菌

生醫材料將使用於病人或與生醫方面的檢驗及研究，因此為避免在使用過程時遭受微生物感染，材料的無菌將是最起碼的要求。傳統生醫材料所採用滅菌的方法不外乎高溫蒸煮或利用化學消毒劑如氧化乙 烯 (ethylene oxide) 及二 溴 化 乙 烯 (ethylene dibromide)。高溫蒸煮法操作費時，且有些塑膠類材料不適高溫處理。而化學消毒劑的蒸氣處理僅是表面殺菌，對於材料密封空間內或內層微生物，滅菌效果則不顯著。此外化學消毒劑使用的安全性已被廣受質疑，認為可能有致癌性。而

輻射滅菌為一種冷滅菌處理，其過程因不需用觸媒及添加物、無毒物殘留的公害問題、可密封後照射及大體積照射等優點。因此輻射滅菌在各種滅菌方法中，具有相當的競爭性。在美國輻射滅菌早已正式將之列入正統消毒法之一，而我國衛生署亦於民國七十一年頒佈輻射滅菌為合法的滅菌方法。可被用來輻射滅菌的生醫材料很多，包括培養皿、人工骨材、注射針筒、引流管、採血器、點滴輸液器、外科用塗敷包料及手術用器物等六十餘項均適用。此法若以25 kGy的照射劑量，將使照射的生醫材料達到完全滅菌的效果。

古物保存

雖然加馬射線應用於古物保存並不像上述兩種應用性的普遍，但其實這種技術早已使用，只是因為古物與人們日常生活較無關聯，故較少引起關注。古物如字畫、紙製品、織物及木雕等的保存，因受環境影響會有蟲蛀和霉害產生，尤其台灣濕熱的環境將使問題更加惡化。目前博物館及文卷典藏單位為解決蟲霉害問題，多以化學消毒劑蒸薰法以殺死蟲霉並控制收藏空間溫濕度來保護古物。但如前述，化學消毒劑被認為有致癌性，且消毒後吸附在古物上的藥劑會造成接觸污染及消毒後排放所造成環境污染等問題均受到關切。至於一些私人或設備較簡陋的古文物收藏單位，則以簡單通風設備及驅虫藥丸進行消極的保護，其效果相當有限。

輻射滅菌因有很多特點。如為冷滅菌

方法不會對古文物造成溫度效應破壞；因不產生有害物質故沒有任何殘毒存留問題；可包裝好用密閉式處理使照畢後古物不再受環境影響。因此以輻射照射來殺蟲滅菌將是一種提供古物保存可考慮的方法。

環境保護

由於科技文明、工商業發達及人口過度集中都市，導致垃圾廢棄物大量產生，同時都市及工場廢水大量排放，這些污染物存在我們的環境中，將危害人類及生物的健康與生存空間。在這些污染物中，包括有細菌與濾過性病毒等病原體、有機毒物、重金屬及放射性元素。而若能利用輻射照射來有效進行廢棄物殺菌消毒、分解有機物質及改變溶液特性，實為一種污染防治保護環境不錯的方法。

輻射照射應用於廢水及污泥處理，不但可以消滅其間的病原體、分解毒物、加速堆肥發酵過程，而處理過的廢水及污泥並可供農牧業再利用。

由以上所簡述輻射滅菌在四種領域的應用，說明加馬射線在核能和平用途上貢獻之一斑。而國內提供工商業照射之用比較大型的鈷六十照射廠有三處，一為核能研究所，一為工業技術研究院化工研究所，另外一處則為民間經營的中國生化公司(台中工業區)。而清華大學原科中心同位素組所擁有的鈷六十照射場屬中型規模，主要以提供教學研究使用。

▲ 放射線對人體影響的基本概念(一)

(國泰醫院 杜慶燾)

<前言>

自從放射線應用於醫療診斷之後，其影響造成民眾及病患的不安，因此常接到許多民眾及醫療人員有關放射線影響的徵詢，其疑問大多是因為對放射線的誤解而引

起。若對放射線有正確的了解，就可避免這些不必要的疑慮。所以本文要說明放射線對人體影響的基本概念。

有關放射線對人體所造成的影響，醫療人員與一般民眾同感關切的內容有：白血病為主的癌症疾病、遺傳方面的影響及畸形等。最近許多人特別關心的是 1986 年車諾比爾核電廠事故(Chernobyl accident)所引起的甲狀腺癌。

<問題>

一般醫療使用的放射線劑量，是否對病患造成不良影響？

<回答>

談到放射線或放射性物質，即令人聯想到白血病為主的癌症疾病，也有許多人擔憂受到放射線照射即會誘發癌症。事實上，放射線造成的影響取決於人體所接受的放射線劑量多寡，也就是由有效等效劑量或器官吸收劑量來決定，若只受到少許的放射線劑量時，即毋須擔憂會產生放射線的不良影響。

<說明>

1.放射線照射對人體影響的報告

放射線照射所引起的影響，以發生在人類身上的意外事件為多，其生物效應的種類也很廣泛。我們可由許多有關放射線對人體影響的報告為基礎，來評估放射線對人體的影響及危險度(risk)。此外，我們還利用培養的細胞或動物實驗進行許多的探究，其結果亦為評估放射線對人體影響的重要參考依

據。

當人體全身或大範圍受到高劑量的輻射照射，就會導致死亡。有關全身或大範圍面積受到放射線照射致死的意外事件，依據聯合國原子輻射效應科學委員會 (United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation)報告統計，全世界至今有 60 個案例，如表 1。

表 1.發生急性放射線病症的主要事故

發生年次 Year	地點及事件	死亡案例 (急性放射線症候群)	評估劑量 (Gy)
1945	洛塞勒摩斯(Los Alamos),臨界實驗事件	1 (1)	<1.2
1946	洛塞勒摩斯,臨界實驗	1 (7)	<1.1
1952	阿岡(Argonne),反應器研究	(4)	<1.5
1958	橡樹嶺研究中心(Oak Ridge),化學工廠	(8)	<2.7
1958	南斯拉夫(Yugoslavia),研究反應器	1 (5)	4-6
1958	洛塞勒摩斯,化學工廠	1 (2)	
1961	瑞典,氫混合之塗料	(1)	
1962	韓佛特(Hanford),化學工廠	(3)	<1
1962	墨西哥,鈾 60 射源	4 (1)	
1962	中國,鈾 60 射源	2 (4)	
1964	德國,氫混合之塗料	1	
1964	羅德島(美國),化學工廠	1 (2)	<40
1975	義大利,鈾 60 射源	1	
1978	阿爾及利亞,鈾 192 射源	1	
1981	奧克拉荷馬州,鈾 192 射源	1	
1982	挪威,鈾 60 射源	1	
1983	阿根廷,研究反應器	1 (7)	14~17
1984	摩洛哥,鈾 192 射源	8 (18)	
1986	車諾比爾核電廠,核子反應器	29 (230)	

1987	哥利阿尼亞(Goiania),治療用鈾 137 射源的不合法丟棄	4	
1989	聖薩爾瓦多(薩爾瓦多首都),鈾 60 射源	1 (2)	10~15
1990	以色列,鈾 60 射源	1	10~20

資料來源：UNSCEAR 1994 年刊

由以上案列可看出受到放射線高劑量照射致死的因果關係十分顯著，而當受到放射線低劑量照射時，放射線照射與傷害間的因果關係就不易看出。此外，為了釐清放射線影響與照射劑量間的關係，許多學者亦做了流行病學調查。

流行病學調查是以「隊列(cohort)調查法」來進行，即以一個隊列為單

位，分作曾經受到某程度輻射劑量與未曾受到輻射照射兩組(各組約 5000 人以上)，分別進行追蹤調查。另一種方式則是「個案調查法」(case control investigation)，針對癌症病患過去接受輻射照射的實際情況進行調查分析。至目前為止，已進行的放射線誘發癌病之主要流行病調查如表 2 所示。

表 2.放射線誘發癌症的主要流行病學調查

接受調查之團體	人次	癌病 (統計上較多發生的癌病)
廣島、長崎原子彈爆炸倖存者	2,185,335	全身
子宮頸癌患者(加拿大等)*	1,278,950	白血病、直腸癌等
強直性脊椎炎患者(英國)	183,794	白血病
頭部白癩症患者(以色列)*	686,210	甲狀腺、皮膚、腦、唾液腺
頭部白癩症患者(美國)*	98,881	甲狀腺、皮膚
急性乳腺症患者(美國)*	38,784	乳腺
胸腺肥大患者(美國)*	220,777	甲狀腺、乳腺
子宮內膜炎患者(美國)	109,910	白血病、膀胱、直腸
結核病患者(x 光透視)(美國)	331,206	乳腺
結核病患者(x 光透視)(加拿大)	773,400	乳腺
側彎患者(美國)*	21,691	乳腺
¹³¹ I 治療患者(瑞典)*	139,018	胃、腎臟、腦
注射造影劑(thorotrast)患者		肝臟、白血病等
孕期 X 光診斷(英國)**	(3,797/25,185)	淋巴腫瘤(lymphoma)、威耳姆士氏瘤(Wilms tumor)、白血病
孕期 X 光診斷(美國)**	(1,506/14,130)	白血病
放射線作業員(英國)	1,218,000	
放射線作業員(加拿大)	157,101	
韓佛特(Hanford)作業員	492,326	
橡樹嶺(Oak Ridge)作業員	130,428	
落磯佛萊特(Rockyflat)作業員	82,721	
Chelyabinsk 作業員	167,790	
鈾礦(uranium mine)礦工	908,983	肺部
針盤塗鏽工(radium dial painter)		骨骼等
鐵佳河岸居民*	422,000	白血病
中國高背景值地區之居民		
室內氡曝露		

*發生率調查 **個案管理之研究 其他著重於死亡率之調查

資料來源：UNSCEAR 1994 年刊

根據流行病學調查結果可知：曾受到某程度輻射照射的隊列，其癌症發生率較

未受到輻射照射之隊列為高。不過若以個人來看，接受放射線照射與癌症的發生並

不能肯定有直接相關。(請參考第 4 單元「放射線診斷與白血病的關係」)。此外，也曾針對放射線對遺傳的影響進行許多分析調查，但放射線對遺傳會造成影響的說法，以目前的科技水準及相關研究，尚未發現有放射線誘發人類遺傳效應的病例。(請參考第 5 單元「放射線對遺傳的影響」)(待續)

▲什麼是“放射性”和“輻射”(續) (清華大學 朱鐵吉)

問 7、放射性究竟是什麼？

答 7：簡單地說，放射性是放射出輻射的性質或能力。因此，具有放射性的物質，即會放射出輻射。因此，正確的說法是把具有放射性的物質稱為放射性物質。但是一般會把放射性物質就簡單地稱為放射性。其實放射性一詞原本是用來表示物理的性質，但是不知何時變成了表示物質的術語。由於長期將這些術語混亂的使用，導致很多人都習慣的認為放射性等於放射性物質。

問 8、什麼地方有放射性物質，種類有多少？

答 8：到處都有放射性物質。遠古以來自然界就有氫(^3H)，氫為 ^1H)，碳 14(^{14}C)，普通碳為 ^{12}C)，鉀 40(^{40}K)，氡 222(^{222}Rn)，鐳 226(^{226}Ra)，釷 232(^{232}Th)，鈾 238(^{238}U) 等約 70 種放射性物質。這些稱為天然放射性物質。

其中，鉀、鐳、釷、鈾等廣泛分布於地殼中，氫和碳 14，氫等存在於空氣中。此外，這些物質也溶於雨水、地下水、河水和海水中等。在海水中，每一立方公尺含有 3 毫克(=3ppb)鈾；全部海水中鈾的總量達 46 億噸。在地殼中埋藏著

大量的放射性物質，是在地球形成時生成的。地熱就是由這些放射性物質所放出輻射的能量轉化成的熱能；溫泉水中含有鐳和氫就是其證明。不管輻射能量多大，最後都轉化為熱能。空氣、土壤和水中含的放射性物質亦會被動、植物攝入到體內，因此我們的食物和飲料中也含有放射性物質。我們周圍的某些傢具和建築物也不例外地含有微量的放射性物質。我們的體內，經由食物攝取了多種放射性物質，其中攝入鉀 40 特別多。

在放射性物質當中，除上述的天然放射性物質外，利用加速器或核反應器等裝置，以人工生產的稱為人造放射性物質如鈷 60(^{60}Co)、銪 90(^{90}Sr)和銫 137(^{137}Cs)等，目前為止已達兩千種以上。

核能電廠的核心由於鈾的分裂，在反應器中產生大量的各種人造放射性物質，為了不讓這些物質漏到外界，反應器設置了五道防護屏蔽。1986 年前蘇聯車諾比爾核能電廠的事故使大量的放射性物質漏出，並向歐洲擴散。這個反應器跟歐美所設計的不相同，其主體本來就有缺陷，防護屏蔽也不完全，更不可饒恕的是事故的發生主要原因，是由於運轉人員切斷了反應器的各種附設安全及警報裝置的自動開關，以手動方式操作反應器和進行實驗。核武器在大氣中試爆產生很大量的人造放射性物質灑落在地表面上(稱為“放射性落塵”)。過去的核爆所產生的人造放射性物質，濃度很低，目前尚殘存於空氣、水及土壤中。

人造放射性物質在醫、農、理工與生物學領域中獲得廣泛的應用。例如：鈷 60 在各方面得到了大量的利用；極微量的鉅 147(^{147}Pm)用在夜光塗料的字盤的光源。

不論是天然或人造的放射性物質在我們體內都有微量的存在，並存在於空氣、水和土壤中。這些放射性物質經常地放出

輻射，所以我們的周圍不僅有像 x 射線那樣的人造輻射，還有來自放射性物質的輻射及宇宙射線。

1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹郵政 2-33 號信箱或電傳 (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。