

輻射防護簡訊 47

中華民國90年2月1日

| |
|---|
| ■ 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、陳宜彬、董傳中、蔡昭明、劉仁賢、蘇明峰 (依筆劃順序) |
| ■ 發行人：曾德霖 ■ 主 編：劉代欽 ■ 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

▲民國 89 年大事記

(輻協訊)

- 5 月 4 日舉辦「ICRP-60 併入新法規的研究」研討會。合辦單位：核能科技協進會。地點：台北市月涵堂。
- 6 月 3 日慶祝輻協成立十周年。地點：新竹市清大百齡堂。
- 8 月 16 日通過國際標準化組織 ISO-9002 認證。
- 12 月 21 日舉辦「美國放射性廢料處置」研討會。合辦單位：財團法人核能資訊中心、台電後端營運處、原能會放射性物料管理局。地點：台北市行政院原子能委員會七樓禮堂。

▲輻射防護專業人員認可測驗公告

(原能會 陳志平)

九十年第一次輻射防護專業人員認可測驗，將於民國 90 年 4 月 26 日(星期四)下午一時正，假台北市木柵區考試院

國家試場舉行。測驗時間預計公告日期：90 年 2 月 5 日，報名書表及簡章 90 年 2 月 15 日起於行政院原子能委員會服務台開始發售，請洽(02)23634180 轉 159。報名日期：自 90 年 3 月 12 日至 3 月 17 日截止(一律通訊報名)。其他有關事項，請詳閱「認可測驗簡章」

▲非醫用游離輻射防護人員操作執照考試公告

(清華大學)

行政院原子能委員會授權國立清華大學辦理九十年第一次「非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備」之操作執照考試，將於民國 90 年 3 月 31 日(星期六)下午一時，北部假台北市木柵區考試院國家試場，南部假正修技術學院同時舉行。簡章將於近日寄發。報名日期：自 90 年 2 月 15 日至 2 月 23 日截止(一律採通訊報名方式)。請詳閱「執照測驗簡章」或電洽(03)5710340 朱鐵吉教授。

▲OHSAS 18001 安衛管理系統在輻防作業的應用

(陸軍化學兵實驗所主任 賴政國博士)

工安意外事故的發生並不侷限在特定的工作類別，各行各業皆有其潛在危害因子，也都有可能發生意外事故，造成不可彌補的損失與遺憾。各行各業如此，輻射相關工作亦不例外。許多與輻射相關的工作，包括放射性物質操作、可發生游離輻射設備使用、輻射污染物的處理，甚至核能發電等，若能將安衛管理系統導入，相信對輻防安全工作必定有所助益。這是陸軍化學兵實驗所輻射檢驗室推動 OHSAS 18001 認證的最初用意(註)。本所引進此安衛管理系統以管理輻射檢驗室所從事的輻射偵測及防護工作，期望藉此增進所有參與輻射偵測作業人員的安全，達成作業零意外的目標。

西元 1999 年 4 月 OHSAS 18001 相關條文公佈後，本所輻射檢驗室即於同年 12 月開始規劃認證相關事宜，於 2000 年 1 月開始執行認證準備工作。由於此安衛管理系統在國內屬於開始推廣階段，僅有少數幾家公司通過認證，能夠輔導認證的機構也不多，且索價昂貴。基於經費考量，加上先前本所已取得輻射偵測業、排放水水質檢測業、ISO 9002 及 ISO 14001 等證照，在認證準備工作上並不陌生，遂自行辦理認證相關工作。經全體成員努力不懈下，終於在 2000 年 10 月 2 日通過認證。

本所輻射檢驗室為明確規定輻射防護作業安全，依據 OHSAS 18001 職業安衛管理系統的標準，制定安全衛生管理手冊，以確保檢驗室全體人員職業安全衛

生。目前檢驗室編組職掌如表 1。安衛管理手冊內容包括職業安全衛生管理系統所需的一般要求事項、職業安全衛生政策、規劃、實施與運作、檢查與矯正措施、管理階層審查等。手冊中並明白宣示的安全衛生政策包括恪守合理抑低精神、遵循各項法令規章、加強輻防知識技能、落實人員安全防護、提倡安全衛生理念及持續精進改善措施等六大方針。手冊的下架構有危害鑑別、風險評估及風險控制程序、法規查核程序、目標管理程序、管理責任程序、教育訓練程序、溝通與諮詢程序、文件管理程序、作業管制程序、緊急事件應變程序、監督與量測程序、矯正與預防措施程序、紀錄管理程序、稽核程序、輻射鋼筋偵測標準作業程序及管理審查程序等 15 個程序書。管理方案、工作守則及作業指導書則包括抑降低火災風險管理方案、抑制輻射曝露量管理方案、承攬商及來賓管理指導書、輻射鋼筋偵測作業守則、輻射儀器校正作業守則、火災危害指導書、射源破損危害處理指導書、地震、颱風、雷擊防範指導書等八項文件。另有輻射裝備管理手冊與 AN/VDR2 檢校標準作業手冊等工作手冊協助各項作業。相關工作管制表單包括輻射鋼筋偵測作業檢點表等約 25 種，以管理手冊、作業程序書、作業指導書及表單等四階的文件架構，將輻射檢驗室所有輻射操作相關工作皆納入 OHSAS 18001 安衛管理系統中。

近幾年國際上常被提及的「管理系統」包括品質管理、環境管理及安衛管理等系統，其主要目的在利用這些有效的管理程序，將管理工作予以標準化及模式化，藉以精進各項工作要求的品質。就安

衛管理系統而言，則希望落實各項工作執行時的安全管理，減少意外事故的損失。通過安全衛生管理系統認證後，新進作業人員可經由文件與記錄去瞭解單位之前的作業狀況，對於標準的作業程序與意外的防護工作較能迅速掌握，將災害防範於未然，並可檢討分析目前工作上的重要環節，擬定相對應的措施回饋

到系統中，使原系統運作更臻完善。如何讓新進的人力願意將最新的資訊導入組織，影響組織的促動與變革，建立組織文化，使組織不斷的創新與前進，這是管理系統另一層較深的涵義。

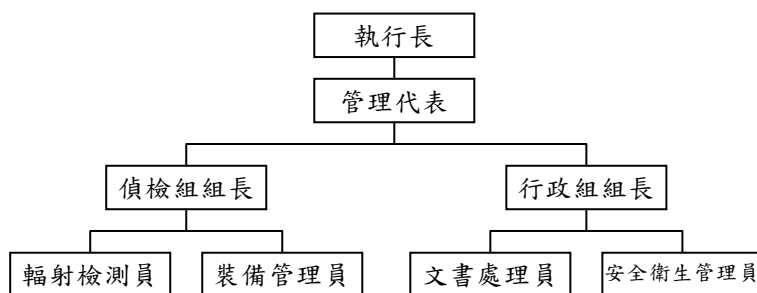


表 1 陸軍化學兵實驗所輻射檢驗室編組表

註：OHSAS 原文為 Occupational Health and Safety Assessment Series，中譯為職業衛生與安全評估系統。

▲「花崗石」是否有害...

(原能會訊)

早於人類出現以前，地球上已存有放射性物質和輻射。輻射從宇宙而來；而地面、建築材料、食物和空氣中的放射性物質亦會發出輻射。

人體也帶有放射性：我們的骨骼中含有放射性鐳和鈾；肌肉含有放射性碳和鉀；肺部含有放射性惰性氣體和氬。

而在我們的日常生活中，也時時刻刻受到來自體外的天然或人為輻射源的照射。天然游離輻射包括宇宙射線及地殼所含鈾、鈾系列及鉀 40 等核種所產生的輻射，在人類生存空間中，空氣、水、大地、建材、食品及人類體內均含微量的天

然放射性物質，人類自太古時代就在這種環境中生存、繁衍子孫、進化。只是輻射無味、無色、人體感官也無法感覺它的存在。

天然輻射是如何產生的？

在解答這問題之前，讓我們先了解物質的結構。世上每種物質均由原子組成，原子可分為穩定和不穩定兩類。

大多數原子都是穩定的，不會發出輻射；但不穩定原子卻蘊含過多能量，這些從物質釋放出能量的物理現象稱為輻射。

在我們周圍由天然放射性物質產生的輻射，稱為環境背景輻射。

背景輻射值因地而異，會隨當地地質條件不同而略有差異，一般來說，約為每

年數千微西弗 (μSv)，以台灣地區背景輻射為 2000 微西弗，而印度的喀拉拉地區平均為 13,000 微西弗，巴西 Espirito Santo 則為 900 至 35,000 微西弗。

不過，天然輻射值，亦將隨許多因素而定，例如我們住於哪種房屋、使用或戴著什麼物品。就以建築材料為例，不同的材料就會有不同含量的放射性物質，磚較木材為多，混凝土又較磚為多。

這些物質會對人體造成傷害嗎？

本會曾就國內各種建材所含天然放射性作過分析，就輻射防護而言，這些建材對人體的影響途徑為二：

- 一、為天然放射性鈾系列衰變後之子核種「氡氣」，氡氣本身為一種惰性氣體藉由人體呼吸作用，進入人體肺部，其子核造成人體輻射劑量；
- 二、為加馬輻射，也就一般坊間直接以手提式偵檢儀器偵測出來之輻射類別，單位為微西弗／小時，係屬於體外輻射。

本會為驗證花崗石建材對室內氡氣之影響，曾選擇成大醫院等單位作為實驗，偵測結果遠低於美國環保署氡氣建議改善之標準，並無安全之慮。另外，就體外直接輻射來探討，依聯合國原子輻射效應科學委員會 (UNSCEAR) 1993 年報告，世界各國室內加馬輻射劑量率平均為 0.08 微西弗／小時，變動範圍在 0.01 至 2.1 微西弗／小時。而本會亦曾赴台北新光三越百貨公司實地測量，其室內加馬輻射劑量率和聯合國 1993 年報告相較之下，並無顯著差異，甚至其大樓內部輻射測值尚比一般鋼筋混凝土建物為低，主要原因係因新光三越大樓以鋼骨及鋼皮為主結構體，

且使用玻璃帷幕外牆，室內隔間少，又非磚頭及混凝土隔間所致。

目前氡活度標準為多少？

目前先進國家僅是只作建議，都沒有以法令管制。舉美國為例，其環保署亦僅建議：「氡活度改善標準為 150 貝克／立方米」，而我國建議標準亦同。我國室內氡氣現況，根據 78 年至 80 年調查，室內氡平均活度為 10 貝克／立方米，而室外氡平均活度為 4 貝克／立方米。使用花崗岩建材時，雖然室內氡活度較臺灣室內氡平均活度 10 貝克／立方米略高，約為 14~48 貝克／立方米，但仍遠低於我國及美國環保署所訂建議改善標準。

外傳所言，某些大樓氡氣濃度過高，造成民眾輻射劑量過高，對人體造成傷害，經本會說明後，請大家不要再恐慌疑慮。

▲直線加速器之屏蔽安全計算與評估 (彰化基督教醫院 林招膨)

一、摘要

彰化基督教醫院放射腫瘤科為提昇放射線治療技術與醫療品質，添購乙部 Siemens PRIMUS 直線加速器，因空間及治療流程考量，原鈷 60 治療室擬裝設移入 6/10 MV 雙光子能量直線加速器，原鈷 60 治療機則予移入隔鄰空間。舊有按鈷 60 能量計算的屏蔽建構物，包括屏蔽厚度、迷宮長度、鉛門設計…等，由於放射線能量提昇及空間重新規畫等因數，必須重新計算與評估。本文根據 NCRP49、51、33、102 號報告書及 ICRP60 號報告書與行政院原子能委員會游離輻射防護安全標準，考慮整體空間之主射束與二次輻

射量後，須補強屋頂厚度、迷宮長度及鉛門厚度。計算的過程及相關屏蔽問題將在文中討論。

圖 1 為計畫中之直線加速器裝設後之 LA I 平面圖。基於例行臨床所需之空間考量，原 LA I 之 F 牆將被移除，如圖 1 中虛線所示。圖 2 為 LA I 與周遭環境之剖面圖，可以看出在 LA I 上方為一小花園，而在右上方則是出風口，這些地方是行人經常路經之處，將是重要的屏蔽設計考量之處。

二、方法與計算

在此我們採用 NCRP33、49、51、102 及 ICRP60 報告書中之方法及準則做原級輻射及次級輻射之屏蔽不足計算。本報告主要考量光子部分，以最大能量 10 MV 為計算標準，對於中子部分則因為量太少（小於 10 MV）而省略。其討論如下：

對於屏蔽厚度之計算需將主射束、二次輻射，包括散射輻射及滲漏輻射考慮在內。現考慮在某一參考點 Q，其總曝露為 E

$$E = P + S + L \quad (1)$$

其中 P=主射束之曝露，S=散射輻射之曝露，L=滲漏輻射之曝露

1. 主射束之曝露貢獻 P

$$P = \frac{B_u WUT}{(d_{pri})^2} \Rightarrow B_u = \frac{P(d_{pri})^2}{WUT} \quad (2)$$

式中

B_u = 主射束之穿透係數

W = 工作負荷或距靶一米處每週之劑量

U = 使用因數或主射束在該屏蔽上之使用時間分率

T = 佔用因數或人員在屏蔽外地區之佔用時間分率

d_{pri} = 量測點與射源之距離 (m)

2. 滲漏輻射之曝露貢獻 L

$L = 0.001P$ 及使用因數等於 1 \Rightarrow

$$B_l = \frac{1000P(d_{sec})^2}{WT} \quad (3)$$

式中

B_l = 滲漏輻射的穿透係數

D_{sec} = 量測點到等中心之距離(m)

3. 散射輻射之曝露貢獻 S

$$S = \frac{B_s a W T F}{400(d_{sec})^2 (d_{sca})^2}$$

$$\Rightarrow B_s = \frac{S(d_{sec})^2 (d_{sca})^2 400}{a W T F} \quad (4)$$

式中

B_s = 散射輻射的穿透係數

D_{sca} = 射源到病人的距離(m)

F = 射束在病人身上之照野(cm^2)

a = 在散射體一米處散射輻射佔主射束之份額， 90° 散射為 0.0006

所以

$$E = P + L + S = \frac{B_u W U T}{(d_{pri})^2} + \frac{0.001 B_u W T}{(d_{pri})^2} + \frac{B_s a W T F}{400(d_{sec})^2 (d_{sca})^2} \leq$$

法規標準 (0.1R/w 管制區，0.01R/w 非管制區) (5)

由於 B_u 與 B_s 不同，散射輻射佔全部曝露總量之份額會隨著各部加速器使用狀況而不同。是以本報告先求出各輻射曝露分量在達法規標準所需之屏蔽厚度(T_P, T_L, T_S)，將屏蔽厚度相加(T_T)後求出在該屏蔽厚度所造成之總曝露若干，在與法規限值比較，求出所需減少之屏蔽厚度之量(T_D)，則

真正造成總曝露 E 之所需屏蔽厚度 T_E 及等於 $T_T - T_D$ 。

此處 $T_P = TVL \times -\ln B_q / \ln 10 =$

$$\frac{TVL \times \left(-\ln \frac{P(d_{pi})^2}{WUT} \right)}{\ln 10}$$

$T_L = TVL \times -\ln B_l / \ln 10 =$

$$\frac{TVL \times \left(-\ln \frac{1000P(d_{sec})^2}{WT} \right)}{\ln 10}$$

$T_S = TVL \times -\ln B_s / \ln 10 =$

$$\frac{TVL \times \left(-\ln \frac{S(d_{sec})^2 (d_{sca})^2 400}{aWTF} \right)}{\ln 10}$$

而 $T_T = T_P + T_L + T_S$

$T_D = TVL \times -\ln(D_T / 0.01) / \ln 10$

D_T 為在屏蔽厚度為 T_T 時之量測點總曝露量

$$\therefore T_E = T_T - T_D \quad (6)$$

迷宮(maze)之長度必須能將主射束全部遮檔，使在走道處之輻射皆為二次輻射，是以迷宮長度之設計須以加速器所能開啟之最大照野及加速器架設與迷宮之相對位置及距離為考量，其厚度與鄰近之牆的厚度和需足夠屏蔽使牆外區域為非管制區。鉛門之厚度即以二次輻射之屏蔽式計算即可。

三、結果與討論

計算式中的 P、W、T、U 值是採用 NCRP-49 號報告書之建議值，其中值之選取盡量符合輻射防護保守的原則，以達到 ICRP 及原子能委員會 (AEC) 之限值標準及 ALARA 原則。其結果如下：

計算的結果如表 1 所示。可以看出若

不考慮混凝土牆隨時間的密度的疏鬆效應，原鈷 60 四周牆壁之屏蔽設計可以適合於 10 MV 光子所需。天花板則經計算有約 50 cm 的屏蔽不足，由於該處上方為花園，是行人經常走動之處，根據游離輻射防護安全標準第 18 條，輻射安全之態度必須更趨於保守。是以經輻射安全、美觀、實用、經濟等之考量決定鋪設 450 cm x 700 cm，10 cm 厚之混凝土及 350 cm x 500 cm，15 cm 厚之鉛板。此屏蔽量大於等效之 50 cm 厚混凝土，以保證該處行人之輻射安全。

為了降低在治療室入口處之散射輻射及滲漏輻射之量，必須利用迷宮將主射束完全遮檔或增厚鉛門之厚度。由於新加速器裝設位置與原鈷 60 治療機有些許差異，其等中心距機背牆 300 cm，造成有部份主射束會直接打在 G 牆上，經最大照野考量及迷宮與射源距離計算，需延長迷宮長度 80 cm，以滿足輻射安全需要。

F 牆經空間考量而移除後，使滲漏輻射及散射輻射有可能經右上方之出風口(如圖 2 所示)洩漏出去，該處外是人行道，亦是行人經常路經之處，所以必須在出風口下方如圖 2 中虛線處，建構一屏蔽設施。該處之屏蔽建築需能屏蔽二次輻射所需，經計算需要 50 cm 之混凝土牆。

鉛門厚度之計算牽涉之問題較為複雜，須考慮混凝土牆之散射效應，包括散射之能量、方向及比例等，並不易計算。是以約略以散射長度 10 m(射束經病人散射到 F 牆再散射到鉛門)，F 牆散射比例為 50%(圓之二分之一)，散射能量以原入射光子之 1/4 計算(由康普敦散射計算，散射角 90°，散射光子能量為原入射光子

之一半。光子經病人及 F 牆散射)，帶入
散射輻射之公式得出 $B_s=0.534$ ，需鉛皮
 $13.5 (2.5 \text{ MV 光子之鉛 HVL}) \times 0.9 = 12.15$
(mm)。

屏蔽建構及裝機完成後，由彰基輻防
專員以測量儀(survey meter)四周環境測試
結果，管制區之劑量率最高不超過 25μ
Sv/h，非管制區內具任何可接近治療室之
四周屏蔽外表面 5 cm 處之劑量率最高不
超過 0.5μ Sv/h，均符合法規標準。

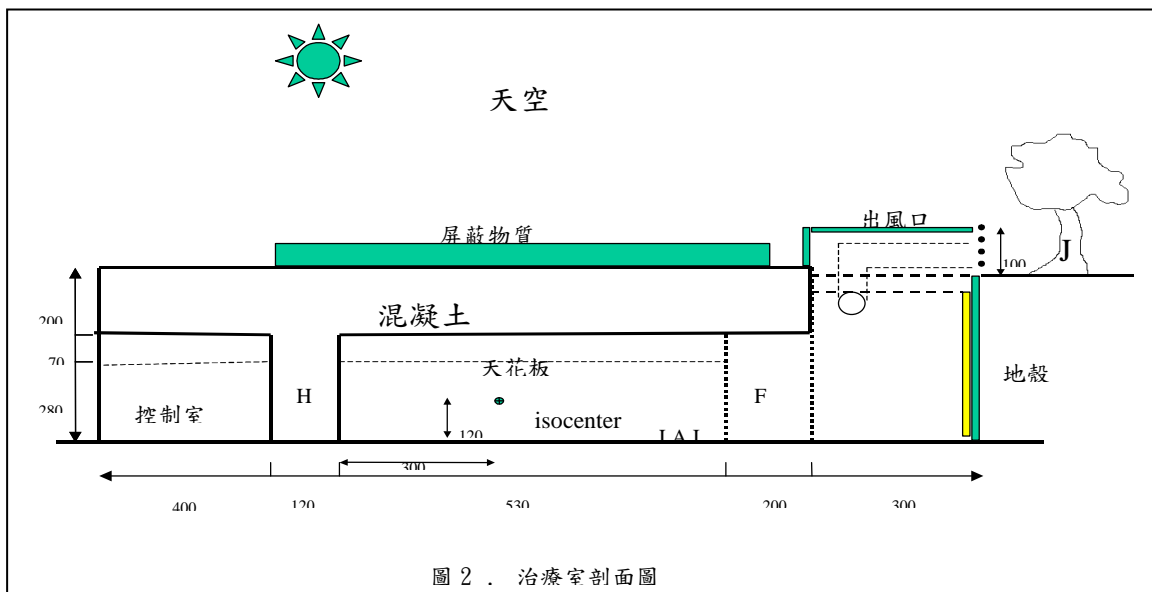
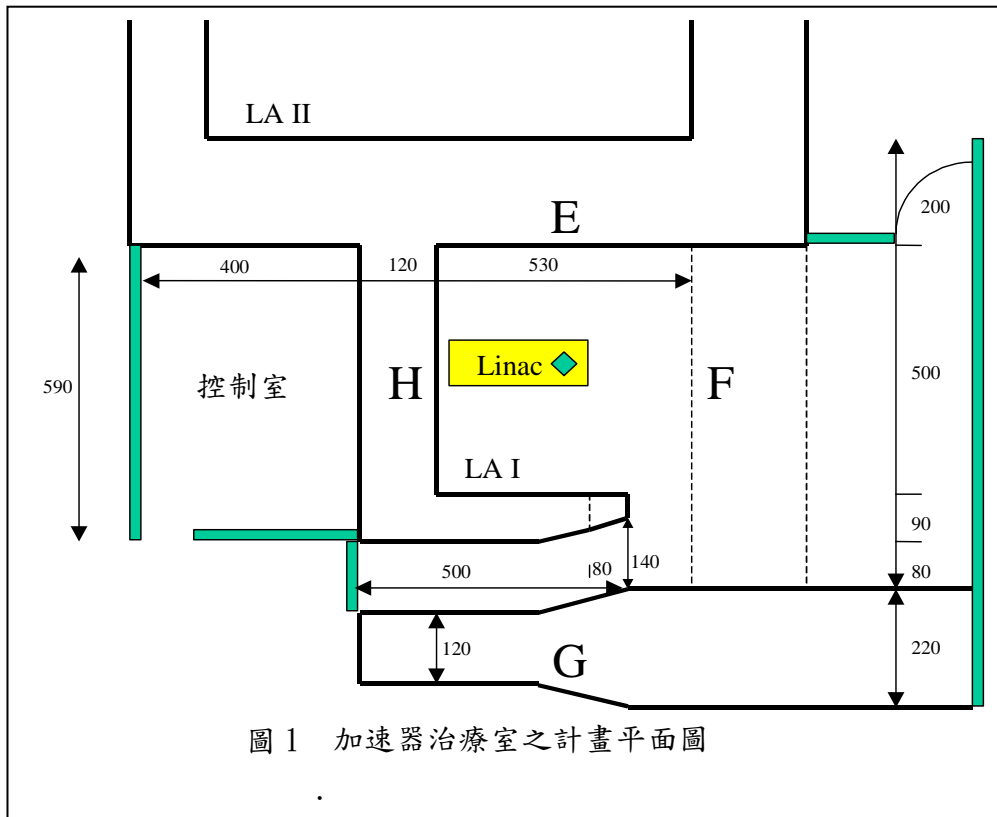


表 1 .各級輻射計算得所需之屏蔽厚度列表

| | E | G | Ceiling | H | Maze |
|----------------|-----|-----|---------|-----|------|
| T _P | 203 | 212 | 245 | --- | --- |
| T _L | 64 | 51 | 92 | 60 | 75 |
| T _S | 54 | 41 | 82 | 50 | 65 |
| T _T | 321 | 304 | 419 | 110 | 140 |
| T _D | 117 | 92 | 174 | 41 | 57 |
| T _E | 204 | 212 | 245 | 69 | 83 |

□會議訓練報導

▲九十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 |
|---------------|---------------------------------|---------|-------|
| 輻防班 第 52 期 | 90 年 03 月 12 日至 03 月 16 日(第一階段) | 高雄 | 李貞君 |
| | 90 年 04 月 09 日至 04 月 13 日(第二階段) | | |
| | 90 年 05 月 07 日至 05 月 11 日(第三階段) | | |
| | 90 年 06 月 04 日至 06 月 08 日(第四階段) | | |
| 輻防班 第 53 期 | 90 年 03 月 26 日至 03 月 30 日(第一階段) | 清華大學 | 李貞君 |
| | 90 年 04 月 23 日至 04 月 27 日(第二階段) | | |
| | 90 年 05 月 14 日至 05 月 18 日(第三階段) | | |
| | 90 年 06 月 18 日至 06 月 22 日(第四階段) | | |
| 非醫用班 | 90 年 02 月 13 日至 02 月 20 日(甲組 1) | 清華大學 | 邱靜宜 |
| " | 90 年 02 月 14 日至 02 月 21 日(甲組 2) | 高雄 | 邱靜宜 |
| " | 90 年 03 月 13 日至 03 月 20 日(甲組 3) | 清華大學 | 邱靜宜 |
| " | 90 年 04 月 17 日至 04 月 24 日(甲組 4) | 清華大學 | 邱靜宜 |
| " | 90 年 05 月 15 日至 05 月 22 日(甲組 5) | 高雄 | 邱靜宜 |
| " | 90 年 05 月 22 日至 05 月 29 日(甲組 6) | 清華大學 | 邱靜宜 |
| " | 90 年 06 月 12 日至 06 月 19 日(甲組 7) | 清華大學 | 邱靜宜 |
| " | 90 年 06 月 12 日至 06 月 19 日(乙組 1) | 清華大學 | 邱靜宜 |
| 鋼材班 | 90 年 04 月 19 日至 20 日 | 新竹 | 李貞君 |
| " | 90 年 06 月 13 日至 14 日 | 高雄 | 李貞君 |
| 鋼複訓班 | 90 年 04 月 18 日 | 清華大學 | 李貞君 |
| " | 90 年 06 月 15 日 | 高雄 | 李貞君 |

以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224◎

▲新書介紹

(輻協 翁寶山)

醫院環保導論。張寶樹、馮兆康、陳星助、許哲翰、李美文、洪秀芬、陳彥旭集體執筆。為華杏機構叢書之一，偉華書局生版，台北市新生南路一段 50-2 號 7 樓。定價新台幣 450 元。

「醫院環保導論」為一門整合性的應用學科，其以物理、化學、生物、公共衛生為基礎，以醫院環保實務為導向，全面介紹與醫院有關的環保基本概念、噪音與

振動、x 光設備與放射性物質管理。毒性化學物質管理、廢棄物管理、空氣污染、水污染、微生物與動物實驗室管理。因此「醫院環保導論」所涵蓋的課題相當廣泛，為醫務管理科系學生必修課程之一。

本書共分八章，以國內各大學院校學有專精的老師共同執筆。編寫本書的目的，旨在使醫務管理科系的學生能有機會一窺醫院環保的全貌，到了高年級，更可以依其興趣選擇醫院環保的各課題為其主要專長。

其中第三章醫院 x 光設備與放射性物質管理係由主編張寶樹教授(高雄醫學大學)執筆，內分四節如下：1)醫院 x 光設備與放射性物質。2)醫院 x 光設備與放射性物質對環境的影響。3)醫院輻射對人體健康的影響。4)醫院輻射之防治措施。

□ 專題報導

▲ 劑量計、法規、賞楓遊

(輻協 翁寶山)

一、楔子

為配合國內輻射防護界訪日，筆者亦以私人身份於民國 89 年(2000)11 月 15 日前往日本水戶市與訪問團會合。訪問團成員如下：朱鐵吉教授清華大學原子科學系、葉錦勳主任原能會輻射偵測中心、林維正先生原能會輻射偵測中心、謝整昌先生原能會輻射偵測中心、葉偉文主任台電

放射試驗室、陳英鑾副組長核能研究所保健物理組、林學良先生翔林公司。

另核研所游景熊所長臨時有要公待辦不克赴日，台電核能發電處翁雅慧小姐則於 11 月 17 日到東京與朱鐵吉教授會合，然後南下訪問京都大學等處。訪問團的成員都是輻防界的菁英。

二、玻璃劑量計

赴日第二天(11 月 16 日)訪問千代田公司設在水戶市郊大洗的玻璃劑量計處理廠。玻璃劑量計係用輻射光致發光(RPL)的原理做成的，以銀活化磷酸鹽玻璃為材料。玻璃劑量計早在 1960 年代就開始使用，但獨領風騷者卻為熱發光劑量計(TLD)。經多年來的改進，日本自 2000 年(平成 12 年)元月起主要的機構均改用玻璃劑量計，其基本原理如下，用圖 1、2、3 作表示。

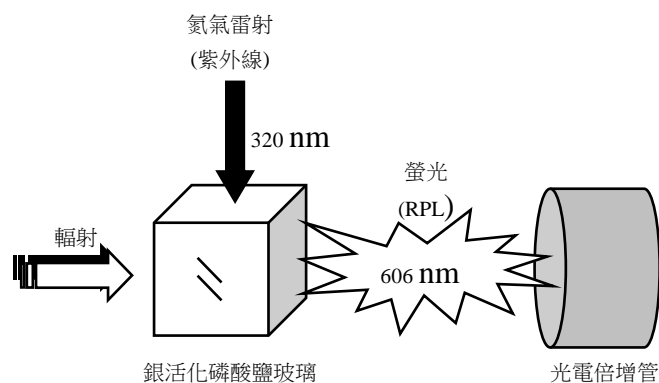


圖 1 輻射光致發光(radiophotoluminescence, RPL)現象

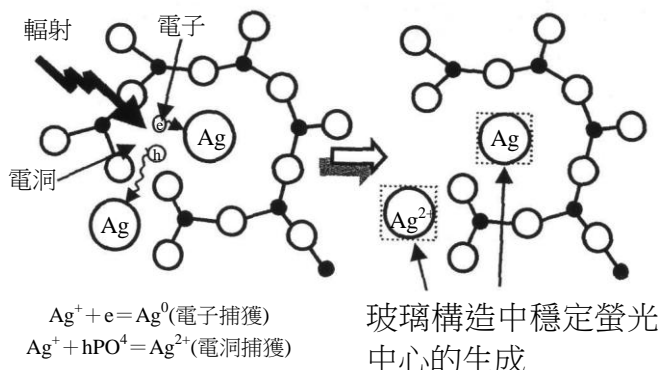


圖 2 RPL 螢光中心的形成

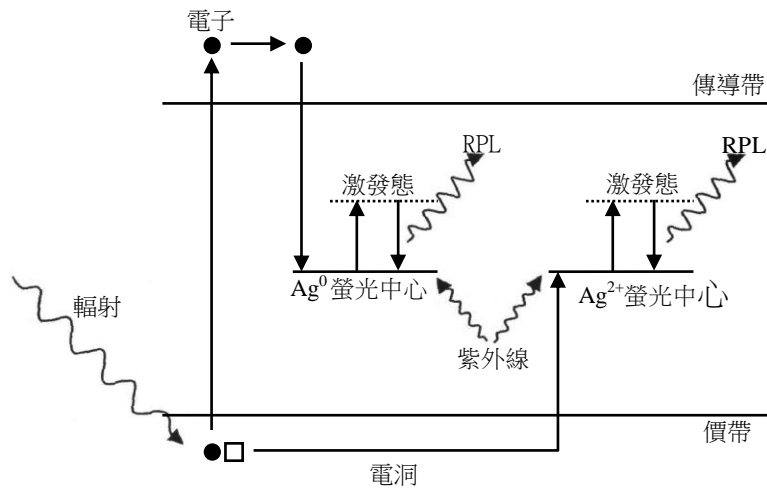


圖 3 玻璃劑量計發光原理

目前上述三種劑量計均用於人員為主，環境偵測為副，都是利用發光的原理以推算劑量，其原理如表 1 所示。

表 1 三種發光劑量計原理的比較

| 區分 | 光刺激發光 | | |
|--|---|---|---|
| | 輻射光致發光(RPL) | 光學性刺激發光(OSL) | 熱發光劑量計(TLD) |
| 輻射能量的沉積過程 | 由游離輻射引發游離作用而產生自由電子和電洞，它們受晶格缺陷捕獲而形成捕獲中心，又稱為發光中子或色中心。 | | |
| 發光過程 | 被捕獲的電子或電洞，其能態相當穩定，不受周圍光的影響。電子或電洞躍遷產生螢光後，即恢復到原來的狀態，亦即照射後的能態。 | 經由吸收光的能量，處於介穩態的電子或電洞，於躍遷時產生光並回到基態，亦即照射前的能態。 | 經由加熱，電子或電洞逸出捕獲中心而再結合，於躍遷時產生光並回到基態，亦即照射前的能態。 |
| 輻射能量的散逸 | 未發生輻射能量的散逸。 | 輻射的能量以光的形式釋出。 | |
| 註：1. RPL=radiophotoluminescence 輻射光致發光 2. OSL=optically stimulated luminescence 光學性刺激發光 3. TLD=thermoluminescence dosimeter 熱發光劑量計 | | | |

由於熱發光在台灣是主流的劑量計，其計讀細節在此不作詳述。光學性刺激發光則比較陌生，其計讀原理特作簡單敘述。熱發光劑量計常用的 BeO，CaF₂:Mn，CaSO₄:Dy 等均可用於 OSL 的度量。經游離輻射過的 OSL 劑量計，放置於內裝有閃光燈及光電倍增管的儀器內。劑量計先經閃光照射，再移至光電倍增管下方，以度量其光的輸出。移動過程所需的時間，可短至 10 秒或甚至為零，視儀器的設計而定。計讀時間可為 10 秒，劑量計回火(用 500 瓦紫外燈)60 分鐘可再使用。

三、ICRP-60 併入新法規

第三天(11月17日)與陳英鑒副組長二人訪問東海村日本原子力研究所，由該所保健物理部副部長接待。國際放射防護委員會於1991年出版的第60號建議書(ICRP-60)陸續被各國輻防界所採用並併入新的輻射防護安全標準。歐盟已於2000年5月13日正式實施，日本則將於2001年(平成13年)4月1日新會計年度開始時實施。我國的防護安全標準草案已於民國89年底脫稿，預計於民國90年底可修訂完畢。日本研擬新法規的參考資料如圖4、5、6所示。另日本財團法人原子力安全技術中心於2000年10月出版了「劑量測定與評估手冊」作為配合措施。

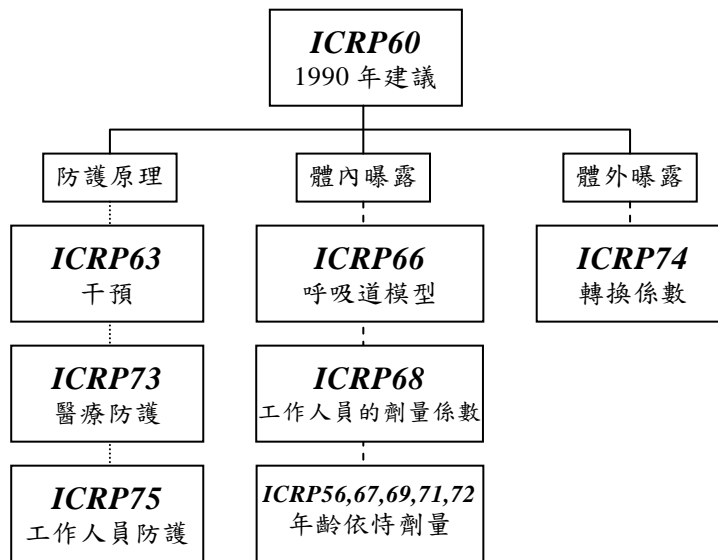


圖4 ICRP 1990 建議及相關出版品

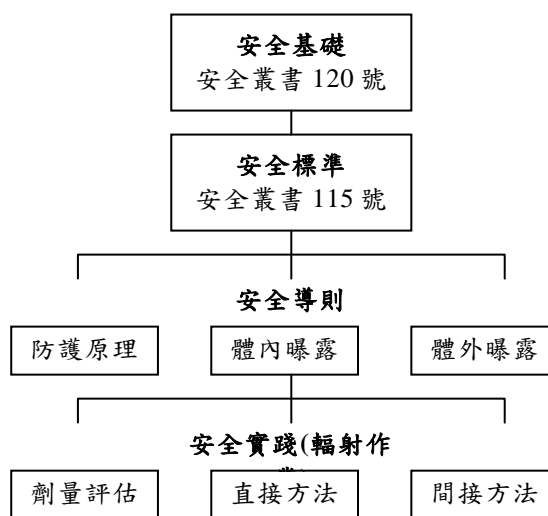


圖5 國際原子能總署(IAEA)出版品就輻射防護的分層結構

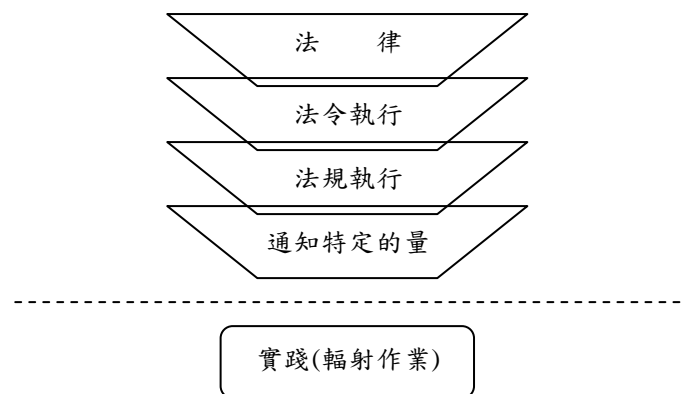


圖 6 防止放射性同位素等的輻射意外所用的法規結構

四、觀光

因為此行純屬私人性質並未涉及公務，故於正式訪問後承日籍友人赤石準博士及古田悠博士之邀，開始賞楓和洗溫泉之旅。首站為袋田之瀧(意即瀑布)及洗溫泉，瀑布分四層，由高處往下沖，水花四濺，聲勢雄偉。溫泉分室內和室外，後者和大自然融為一體，別具風味。

次站為位於高山的草津溫泉，山上已積雪。旅館為純日本傳統式。先泡湯再回房間用餐，包括早餐也是如此。草津名勝為德國籍人士規劃的「湯」，可從其中萃取出含硫磺的物品出售，沿途街道出售熱饅頭(實際上是包子)以招徠顧客。

下一站為鬼押出公園，也是位於高山上。公園中殘留許多火山爆發的熔岩(Lava)凝結物，確為世界奇觀。我們稱地震為「地牛翻身」，日人稱火山爆發為地下的「鬼」押出熔岩，妙喻如「同工異曲」。

最後一站為赤石準博士的家鄉長野縣的長野市，1998 年冬季奧林匹克運動會即在此揭開序幕。長野盛產蘋果，其名聲僅次於青森縣。筆者受邀到赤石準博士的親戚家中作客並採蘋果，發現採下的蘋果內含有一蜜圈，十分可口。

五、結語

此行由太平洋岸水戶市橫跨日本到日本海岸長野市，來回約 760 公里，沿途山區樹葉多變色，楓紅到處可見，美不勝收，再加上日籍友人懇切款待，回味無窮。另趁赴日度假之使，順道訪問核能相關機構，以增廣見聞，可謂一舉兩得。

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。