

# 輻射防護簡訊 58

中華民國91年12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：王昭平、李四海、邱志宏、翁寶山、許文林、張寶樹  
葉錦勳、董傳中、趙君行、劉仁賢、蘇明峰、蘇獻章（依筆劃順序）
- 發行人：翁寶山 ■ 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

### ▲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，委託國立清華大學於91年10月26日舉行九十一年度第二次「非醫用操作執照鑑定測驗」。本次測驗計有609人報考初級，50人報考中級，及格人數共有初級370人，中級16人，及格率分別為63.3%和34.8%，（詳細統計資料如附表）。

九十一年第二次非醫用操作能力鑑定測驗各類科成績統計表（十一月）

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	235	230	158	68.7%
	中級	3	3	2	66.7%
非 密 封 放 射 性 物 質	初級	54	53	39	69.8%
	中級	3	2	1	50.0%
可發生游離 輻射設備	初級	309	290	173	59.7%
	中級	44	41	13	31.7%
動物用 x 光 機 設 備	初級	11	11	2	18.2%
合 計	初級	609	584	370	63.3%

	中級	50	46	16	34.8%
--	----	----	----	----	-------

## ▲關於危險度的概念 (清大 許俊男)

### 1.前言

目前，危險度一詞廣用於各種不同的領域，以危險度作為研究題目的也不少。但關於此語的定義依領域有些許的差異，而在概念上也不是所有的專家都有共通的認識，因此一般民眾更難以客觀地瞭解。在享受現代文明恩惠的同時，有必要客觀地掌握並降低文明所帶來的危險度。另一方面，以易為一般人所瞭解的方法向社會大眾提示，可以說是研究危險度專家們的任務之一。但是，前提是有關危險度的資訊必須是基於合理的根據，而且如留有一點曖昧，即使下再大的工夫加以說明，也是缺乏說服力的。於此，不只是針對輻射的危險度加以回答，而且是從全盤的整體觀點加以整理，並指出由危險度評估的結果應用於意志決定時的幾個重點。

### 2.危險度概念的不同

危險度一詞，在醫學、公共衛生學、生物學、工程、生態學、經濟學及一般社會等都會用到。例如在醫學、公共衛生學領域上，主要是指人類的健康危險度，工程領域上是指機械故障或事故發生的機率，經濟學領域上是指投資的危險或經濟上的損失。因此在議論問題的範圍上，下列幾點必須加以確定。

#### (1)危險度的對象系統

例如在醫學、公共衛生學領域上是指人或人群的生物學系統，在工程領域上是指機械的工程系統，在生態學領域上是指比人群更廣範圍的生物

群體。一般對象系統越大，危險度的結構越複雜。

#### (2)危險度評估的方法

一般包含危險度的認識、測定和預測等過程，如圖 1 所示。各過程所用的方法也各有不同。例如機率論方法與確定論方法，定性方法與定量方法；有關量與回應關係模式的應用；損益解析；協變量影響危險度有關模式的應用等，隨著所用方法而有不同的危險度定義。

#### (3)危險度評估的目的

用危險度評估的結果遂行管理危險度的階段，稱為危險度管理。其最後目的是意志決定，而危險度評估為意志決定上重要的判斷材料。意志決定的主體是企業、團體、個人等，各有考量層次，依主體的不同其目的、方法、危險度的定義等也各異。

#### (4)危險度的定義

危險度一詞有各式各樣的定義。例如可定義發生不希望結果的可能性的「大小」，也可定義發生所希望的結果。後者的情形為：就某系統言是正面的危險度，而就別的系統言則是負面的危險度，有正負之分。更有將可能性的「大小」以機率表示，或者使用機率之外的指標，乃至以發生某結果的機率和伴隨其結果的損害或損失大小表示。

### 3.危險度概念的成立條件

一般且較廣泛的定義是：發生不希望結果的可能性的「大小」。這時危險度概念的成立條件有三：(1)危險度是現實存在的，但是，多數現實的問題要證明其絕對存在並不容易；(2)危險

度可藉由科學上的方法加以認識，僅憑個人的經驗或主觀而不能藉由科學加以說明、認識所取得的，並非科學的危險度；(3) 危險度的大小多少可用合理的形式表示，以數量表示者居多，一般廣用的指標為機率。另一方面，雖然在複雜的系統中，定性方法於尋找危險度的決定因素階段，固然有其效果，但如果進行量與回應關係的分析，或者損益解析，必然地需要用到定量方法。

#### 4. 危險度評估結果的應用

##### (1) 科學性因素與非科學性因素

危險度評估的一連串過程是科學性的方法。但是危險度評估結果用於意志決定時，也多要同時考慮非科學性因素。也就是說，事關危險度的意志決定時，是基於科學性因素 (=危險度評估) 與非科學性因素 (例如政治性的判斷、意志決定者的主觀等) 兩者而進行的。這時，如果此兩者不明確區分而行意志決定的話，將成日後議論時發生大混亂的原因。但是在現實上，往往兩者不易區分。因此如圖 2 所示，儘量減少不能判斷的部分至為重要。

##### (2) 危險度評估的不確定性

危險度評估的結果，可應用於現實的問題方具意義。因此，對於最初所設定的具體問題，必須藉由進行危險度評估而多少能找出一些解答。但是多數的情形是：限於對某問題可得數據的質和量，所導出的答案並不完全。此時，最合理的解決方法便是將不確定性的資訊附加於所導出的答案。例如，在危險度的預測上無法實

際觀測到，亦即實際數據不存在的部分藉由外插或統計等方法推算危險度之時。這時，能否表示推算值可信區間的資訊，決定推算值所具的意義。

##### (3) 資訊的合理應用

科學性的數據作為各式各樣的研究成果而持續累積。但是找不出答案的例子所在多有 (例如低劑量的輻射是否有致癌的效應等)。在危險度評估上，很有可能變成所謂「多方進行研究結果而明白之事，結果只不過是不能說是明確的事」的狀況。一般是將作為科學性數據所累積的一次研究資訊，用作科學上的依據。因此，為了對某數據進行危險度評估，對於為數眾多的資訊，用合理的方法作為科學依據，賦以重任而客觀地整合是必要的。

#### 5. 結語

危險度或危險度評估的概念，依不同領域雖各有不同，但也有其共通的部分。因此，在議論特定問題時，對於非共通的因素有必要予以明確化，另一方面，具有將非共通的部分作為危險度評估概念的基礎的共識也是必要的。

再者，為了使危險度評估的結果有效地應用於意志決定，包含其依據在內的所謂危險度評估方法，需要是科學的，且同時在意志決定之際，儘可能地將科學性因素與非科學性因素加以區分一事至為重要。還有，如果將為數眾多的一次研究，以科學方法整理而整合成二次資訊的話，將具有各種意義而變得更有用。【節譯自日本保健物理 37, 108 (2002)】

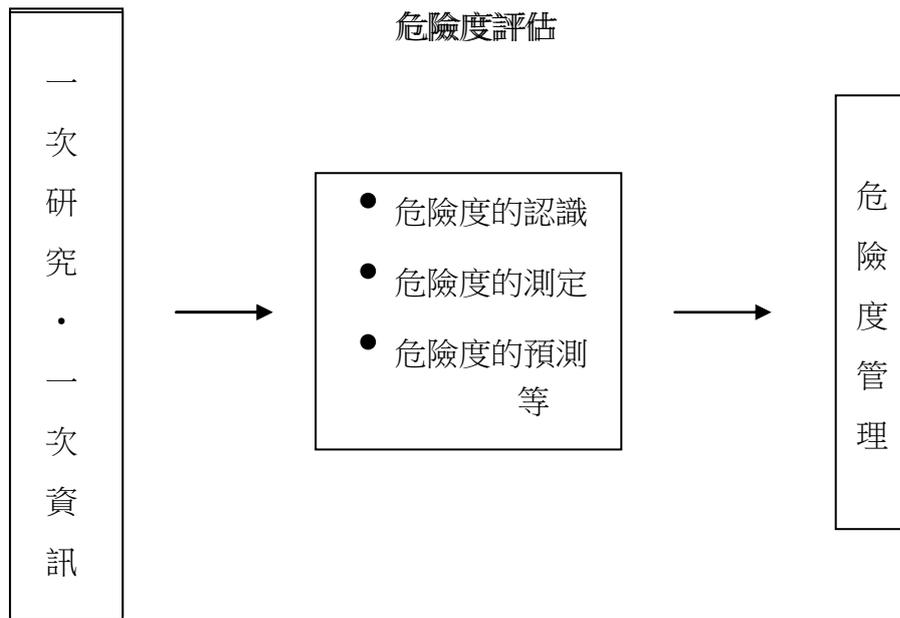


圖 1 危險度評估的定位

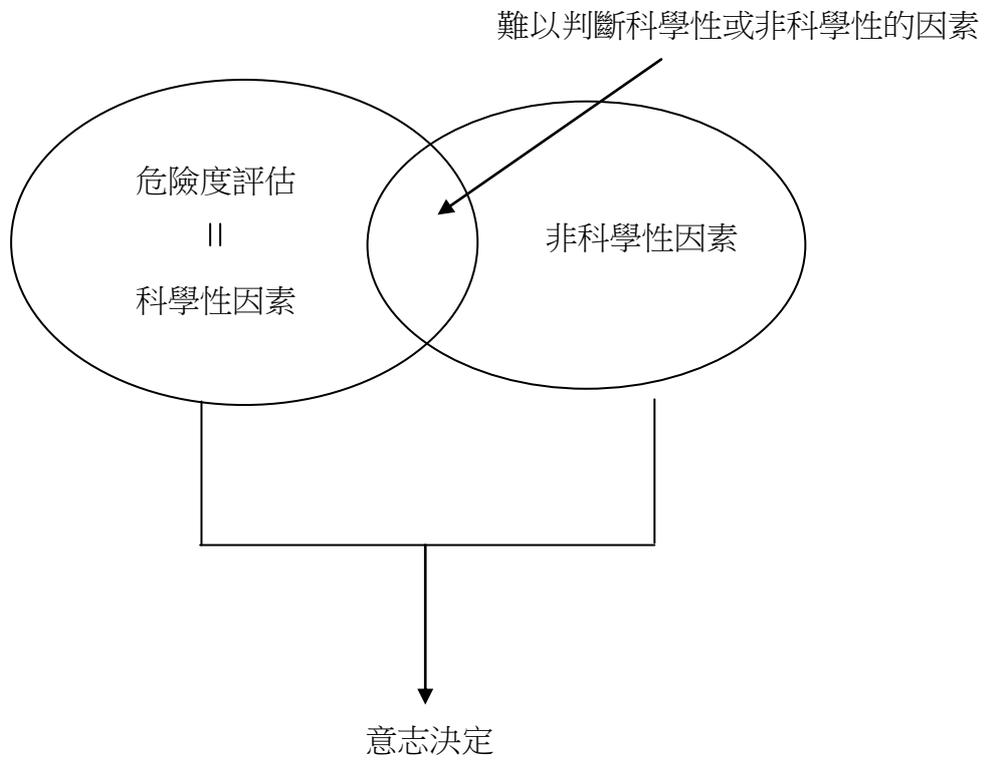


圖 2 危險度評估與意志決定

## ▲淺談專有名詞與量測單位的中譯問題 (原能會顧問 林建昌)

當科學家把 laser 「雷射」、Becquerel 「貝克」、nano-meter 「奈米」、exposure 「曝露」等等專有名詞從外文翻譯成中文的時候，不管翻得好不好，專業人員用慣了，並不覺得有什麼不當之處。可是當這些譯名經常在媒體出現，大眾會開始對它們的含義，從字面上去了解。好友王興宗教授把 laser 翻譯「雷射」實在很高明，一般民眾不懂「雷射」是什麼，但從這兩個字就可猜測出大概是什麼了。但是「貝克」、「奈米」與「曝露」就完全霧煞煞了。科學家有責任把它們通俗化、本土化，使一般民眾容易了解與接受。

在核能科技領域裏，尤其是輻射(或該稱「放射線」，見下面說明)科技方面的名詞或使用之量測單位，似乎還沒有統一標準化，有些人「各自表述」創造不同的譯名，在民眾不能完全了解的情況下，他們對輻射的恐懼感有增無減，這是很不幸的事。在最近公布的「輻防法規」裏，以及原能會「輻射防護人員認可測驗試題」就可找到一些不恰當或同一名詞有不同的翻譯。本文將比較常用的一些專有名詞列於表 1，付帶提供建議採用的譯名，並說明如下：

首先最基本的一個字 radiation 譯為「輻射」(大陸亦同)是值得討論的。早在 1895 年 Roentgen 發現不知名的放射線稱為 X-ray (譯為 x-射線，或俗稱 x 光)，隔年 Becquerel 發現從鈾化合物中放射出不同於 x-射線的放射線，後來居里夫人創造了

radioactivity (放射性) 這個名詞。我們把 radioactivity, radioactive 及 radiation 翻譯成「放射性」、「放射性的」及「放射線」是很自然的。記得四十多年前筆者剛進清華原科所服務時，課本都是這樣翻的(如 radiation chemistry 稱為「放射線」化學，而有別於 radiochemistry (放射化學))。但後來，不知何時或為何 radiation 被改譯為「輻射」，是否因為日本人也譯為「放射線」所以要更改，不得而知。「輻射」是熱傳導的一種方式，與放射性物質釋放能量的傳遞機制不同，不適當用來做 radiation 的譯名。而且「輻射」兩個字台語發音不易、字面意義不清，在一切本土化的今天，radiation 應回歸為「放射線」，不但國、台語都好說、好聽，也容易了解。

Becquerel(Bq)乃是「放射性」或稱「放射活度」(radioactivity 或簡稱 activity)的量測單位。過去延用傳統的單位是「居里」，它原先定義是一居里相當於每克 Ra-226 所具有的活度，後定量為一放射性物質每秒衰變或散解(disintegration)  $3.7 \times 10^{10}$  次的活度，而目前新的單位則是每秒衰變一次的放射性活度定為一個 Bq。我們把 Bq 以語音翻譯為「貝克」很不恰當，因為「克」早已是大家熟悉的重量單位，很多人都會問一個「貝克」到底是多少「毫克」呢。因此，本人建議把 Bq 改譯為「比格」，除了發音類似外，它帶有表示放射性物質另一種含量的意味。

Decay 在傳統的教科書都譯為「衰變」是正確的，因為英文 decay 本來就有腐壞、衰減的意思，但是最

近有人譯為「蛻變」，它失去了衰減的意思，實在不恰當。而 decay half-life 傳統譯為「半衰期」很適當，但也有人譯為「半化期」是不對的，因為「半化期」沒有衰減的意味，而且與化學反應的 reaction half-time 相混淆。

Dose 與 exposure 都可譯為劑量，也常常被混和使用。其實 dose 是「吸收劑量」，它的單位是「戈雷」(gray, Gy)，而 exposure 是「照射劑量」，也有譯為「曝露量」，它的單位是「侖琴」(Roentgen, R)。但是 dose 或 exposure 用於「等效劑量」時的單位則是 sievert(Sv)，譯為「西弗」(譯音) 或可譯為「射幅」更易了解，或乾脆將一毫西弗(1mSv)定為一「放射度」更通俗化(見下)。在輻防法規中，將英文 exposure 譯為「曝露」(大陸譯為「照射」)，定義為「人體受游離輻射照射或接觸、攝入放射性物質之過程」，顯然不當，因為 exposure 除了過程之外，也代表受到照射的結果或量(如上述)，例如 total exposure 即為總照射量。還有容易令人誤解的是，中文「曝露」兩個字大眾所了解意義是描述部份身體外表無遮蔽的露出。因此，「體內曝露」的意義很難理解，又「職業曝露」似乎有脫衣舞的味道，而「曝露率」有人會誤以為衣服穿多少的呢。因此，本人建議將 exposure 應譯為「照射」(過程)，或「照射劑量」(結果)。

至於 dose rate 或 exposure rate 都可譯放射線強度，很多人將它們譯為「劑量率」或「曝露率」是有問題的。因為「率」字有速度的意思，如

果在一個有放射源的空間，除了空氣以外，沒有任何人或物體接受照射，而這空間的放射線狀況用「劑量率」來表示，有些牽強，應該以「放射線強度」來表示較適當，而且「劑量率」或「曝露率」以台語發音是非常困難也不知所云。但是值得注意的是「放射線強度」的單位，是有選擇性的，一般以 R/h (或 mR/h) 是可接受的，但在一個特定的實驗環境中放射源所放射出的放射強度，應以 Gy/h 較為恰當。致於自然環境的放射線背景或某一工作場所，有工作人員正在進行放射線作業，則該場所的放射線強度，可用等效劑量的強度 mSv/h 表示。

在文獻中，經常可以看到字彙的錯誤使用，例如，放射性「活度」與「濃度」的使用。「活度」不應單獨使用而應改稱「放射活度」以避免與化學活度 reactivity 相混淆，它是代表某一射源或試樣或物體內放射性物質的總量，例如一根鋼鐵中含鈷-60 1 mCi 或  $3.7 \times 10^7$  Bq 作表示。但表示一個物體放射性質的含量或濃度，則應以物質的單位重量或容量來表示，此時我們應把 activity concentration 譯為「放射性濃度」而不叫「活度濃度」。例如每公斤鋼鐵中含有 1 mCi 鈷-60 則以 1 mCi/kg 表示，或每公升雨水中含有 2700 Bq/L 的氚。致於「比活度」(specific activity 是放射化學領域常用的名詞)也常被誤用。例如上述每公斤鋼鐵含有 1 mCi 的鈷 60 是叫「濃度」或「含量」，而鋼鐵中每公斤含有 0.1% 或 1 克的非放射性鈷，則比活度為 1 mCi/g (Co-60/Co)。還有經常看到核電廠「輻射外洩」的報導

也不對的，應該說「放射性物質外洩」。

筆者認為大眾對放射線有恐懼感與不了解放射線或劑量單位名詞多少有點關係，如能把它們大眾化、通俗化，而用一種可以容易了解的「量」來解釋，一定使大眾減少恐懼感而有助於放射線常識的宣導。記得小時候日本人在醫院裏把 x-光叫做「電光」，很多年紀大的人現在到醫院照 x-光也叫照「電光」。再說劑量的表示方法，例如電的總量單位，專業人員用「呎」、或「呎小時」但是一般家庭用電都是一度、兩度來說明用多少電，繳多少電費不是嗎？我們也不妨選擇一個適當放射線劑量值，把它統一規定為一個「放射量度」，如果採用台灣民眾平均每人年接受自然背景放射線的劑量大約為 1 mSv 為一個「放射度」，則放射線強度可用每小

時幾個放射度來表示，不是很簡單嗎？當核能與放射線科技漸漸大眾化，我們也必需把一些困難的名詞大眾化、通俗化。大家想想，如果把「輻射劑量率」或「曝露」或「輻射外洩」用台語發音的話，是什麼樣子？誰聽得懂？又根據國際放射防護委員會 (ICRP)最近公佈的建議(輻射防護簡訊 57)，對個人年有效劑量的關切程度分級，我們也不必照單全收，最好把它修改以適合國人的習慣，採用級數越高越嚴重的分級法，建議調整如表 2。

本文只想拋磚引玉，希望核能與放射線科技專業人員以及主管單位與學術界同仁，注意這些問題，能夠集思廣義，統一專有名詞的譯名，並且將一些不易了解的譯名通俗化、本土化，對核能與放射線安全的宣導將有很大的助益。

表 1. 輻射科技名詞的譯名

外文	常見中文譯名	建議譯名
Becquerel	貝克	比格
Decay	衰變、蛻變	衰變
Dose	吸收劑量	放射線吸收劑量
Dose rate	劑量率、輻射強度	放射線(或照射)強度
Exposure	曝露、照射(過程) 曝露量、照射量(結果)	照射(過程) 放射線(或照射)劑量(結果)
Exposure rate	曝露率、照射強度	放射線(或照射)強度
Half-life	半衰期、半化期	半衰期
Radiation	輻射、放射線	放射線
Radioactive	放射性的	放射性的
Radioactivity	放射性、活度	放射性、放射性活度
Roentgen (R)	倫琴(照射量單位)	倫琴
Gray (Gy)	戈雷(吸收劑量單位)	戈雷
Sievert (Sv)	西弗(等效劑量單位)	射幅，或改用「放射度」(詳文)

表 2. 對個人年有效劑量的關切程度分級

關切程度分級	劑量水平(單位: 1 放射度=1 mSv)	說明
1 級	< 0.1 放射度	微小劑量，可忽略
2 級	0.1 – 1.0 放射度	低劑量
3 級	1 – 10 放射度	一般劑量
4 級	10 – 100 放射度	高劑量
5 級	>100 放射度	嚴重劑量

## ▲鉛衣的迷思 (偵測中心 陳清江)

一般輻防基礎課程均會介紹體外輻射防護的三大原則，亦即善用時間、距離與屏蔽；所謂屏蔽係指在輻射源與被曝人員之間加設適當的屏蔽材料，以減少輻射的曝露。而鉛是常被選擇的屏蔽材料，原因是它具有高原子序數 ( $Z = 82$ )、高密度 ( $11.34 \text{ g/cm}^3$ )、價格低廉、質軟、容易依需求而塑造成各種形狀，堪稱價廉物美的屏蔽材料，因此在實務應用上，常製造成鉛磚、鉛罐、鉛皮、鉛衣、鉛手套、鉛圍裙、鉛玻璃等方便使用的形態。而鉛衣則是對人體防護最簡便的應用方式，也因此常被誤用。

高能光子輻射(含 x 射線及加馬射線)的屏蔽效果隨光子能量，屏蔽材料原子序數以及屏蔽厚度而變，不同能量的光子與鉛產生的交互作用有很大的差別，低能光子(10 keV-500 keV)主要以光電效應為主，其作用機率約與  $Z$  的四次方成正比，且與入射光子能量的三次方成反比，因此鉛對低能光子的屏蔽效果特別好。對於中能光子(100 keV-3 MeV)，其交互作用主要為康普吞效應，作用機率大致與  $Z$  的一次方成正比；因此，對鉛而言 1-3 MeV 光子是最難阻擋的。對於高能光子(>1.02 MeV)主要交互作用為成對發生，約與  $Z$  的二次方成正比，且與入射光子能量成正比，因此鉛對於能量大於 3 MeV 的高能光子的阻擋效果比 1-3 MeV 的光子更好。

一般醫院所用診斷型 x 光機的最大能量通常在 150 keV 以下，為了防護醫生在作透視或照相時受到過多 x 光的曝露，因此設計有鉛衣供穿著。

在此低能光子的狀況下，鉛的屏蔽效果特別好。對於 100 kVp 下操作的 x 光，通常配有 0.5 mm 鋁濾片，1 毫米鉛可將 x 光主射束的曝露約降低為十三分之一。對 70 kVp 的 x 光，約降低為六十分之一，而醫生在作透視或照相時只受到散射 x 光的曝露。散射 x 光的能量與劑量率遠低於主射束 X 光，因此穿 0.5 毫米厚的鉛衣可擋住大部分的低能散射 x 光，故市售鉛衣多設計成 0.5 毫米厚的鉛當量。

但是，若將 x 光能量調高至 1000 kVp，則鉛衣幾乎無法發揮作用，反而是一種累贅。因為在此高能光子區，康普吞效應為主要的作用區，0.5 毫米的鉛不但無法擋住原始射束，更可能因康普吞散射光子與電子的增建效應，使得皮膚劑量不減反增。因此，對於一般加馬射線的屏蔽由於其能量多在 1000 keV 左右，穿一般鉛衣是無防護功能的，也許有人因此而感覺較有安全感，殊不知，若因此而忽略運用時間與距離的防護原則，可能因此而接受更多的體外輻射曝露。以下簡述幾種常見的鉛衣的迷思 (myth)。

迷思一、調配校正用加馬射源應穿鉛衣以保護操作人員？

常聽聞說調配加馬輻射源要穿鉛衣，其實市售校正用加馬射源活度均很低，其劑量率原本就很低，其加馬能量在 1000 keV 上下，可輕易穿透鉛衣，其實穿鉛衣只不過增加行動的不方便，幾乎沒有防護作用。

迷思二、輻射傷害救治中心醫護人員應穿鉛衣？

也曾聽聞醫療行政人員要求輻傷中心配置鉛衣，其實輻射意外事故

時，若傷患被污染通常活度不高，其加馬劑量率也低，鉛衣對加馬射線幾無屏蔽作用，反而帶給醫護人員行動不便，可能因此增加受曝時間，對病患和醫護人員均有害而無益。

迷思三、意外事故搶救人員應穿鉛衣？

輻射意外事故發生時，為了搶救人員性命與機具設備，避免災情擴大，掌握第一時間，迅速採取補救措施最重要，若穿鉛衣不但造成行動不便，也擋不了一般加馬射線，應屬多

此一舉，善用時間與距離因素，更容易達到抑低人員受曝劑量之目的。

古代武士要穿戴盔甲以抵擋刀箭等武器，武俠小說也有金鐘罩、鐵布衫等防衛型衣著，但均無法抵擋現代槍砲之威力。鉛衣原本設計給診斷型 x 光室防低能散射 x 光使用，若誤以為所有光子均可阻擋，不但浪費金錢，造成操作不便，更可能誤以為安全而接受更多輻射劑量，不可不三思。

## □會議訓練報導

### ▲九十二年度輻協各項訓練班預定時間表

(輻協)

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) 40小時	A1 --- 2月11日~18日	(新竹)清華大學
		A2 --- 5月27日~6月3日	(新竹)清華大學
		A3 --- 6月17日~24日	(高雄)輻射偵測中心
	(B組) 20小時	B1 --- 3月5日~7日	(新竹)清華大學
		B2 --- 3月26日~28日	台北
		B3 --- 4月9日~11日	(高雄)輻射偵測中心
		B4 --- 4月30日~5月2日	(新竹)清華大學
		B5 --- 6月11日~13日	(新竹)清華大學
		B6 --- 6月25日~27日	(高雄)輻射偵測中心
		B7 --- 8月27日~29日	(新竹)清華大學
輻射防護專業人員訓練班	輻防員(108小時)	58期 第一階段---4月14日~18日 第二階段---5月5日~9日 第三階段---6月9日~13日	(新竹)清華大學
		59期 第一階段---8月11日~15日 第二階段---9月1日~5日 第三階段---9月29日~10月3日	(高雄)輻射偵測中心
	輻防師(144小時)	60期 第一階段---9月15日~19日 第二階段---10月13日~17日 第三階段---11月10日~14日 第四階段---12月8日~12日(36hr)	(新竹)清華大學

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班	第 1 期---5 月 13 日~14 日	(新竹) 清華大學
	第 2 期---5 月 27 日~ 28 日	(高雄) 輻射偵測中心
鋼鐵建材輻射偵檢人員複訓班	第 1 期---5 月 15 日	(新竹) 清華大學
	第 2 期---5 月 29 日	(高雄) 輻射偵測中心

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

### ▲「臺灣背景輻射研討會」會後記 述 (輻協 李孝華)

11 月 22 日(星期五)於原子能委員會三樓禮堂舉辦的「臺灣背景輻射研討會」，是筆者繼本年 7 月 17 日假台灣大學理學院植物學系生命科學館三樓視聽教室「新世紀輻射公害干預」研討會之後承辦的另一大型的研討會。將近九成七(81 人)的報到率令筆者心中充滿的盡是感謝…。

參加此次研討會的成員除了原能會各科處的長官大力支持外，另計有物管局、核研所保物組、清華大學原科中心、榮民總醫院、台灣杜邦公司、輻新企業、陸軍化學兵實驗所、新加坡商安莘公司、台電公司、放射試驗室，更有遠從高雄來的輻射偵測中心、核三廠、中油公司石化部、財政部關稅局及花蓮環保局的從業人員，感謝大家的共襄盛舉。

22 日一早 6 點 40 分不到筆者即在辦公室待命，等劉代欽組長的座車一到，立刻將成堆的資料與研討會所需用品搬上車。隨後，前去中央公教住宅接翁寶山董事長一同前往目的地——原能會。

一路順利的來到原子能委員會，才一下車剛好碰上楊崇伍和洪健一兩位大哥，他們很熱心的幫忙推車並和警衛接洽可供研討會張貼指示標誌之地點。來到三樓會場，有人幫著找報

到用的椅子、有人幫著貼標語…。雖然這是筆者第二次來到原能會的新家，但似乎一切是那樣的熟悉，有那麼多的好長官、好朋友的協助有如回到家的感覺，親切、溫馨，多棒！

節目開始，由翁董事長開幕致詞，並介紹原能會輻射防護處蘇獻章處長為研討會致歡迎詞。處長除了嘉勉與會人員外，對研討會有諸多期許，另外也鄭重感謝輻防協會做這樣有意義的安排。緊接著在協會訓練組組長劉代欽博士的引言下講員們按照程序表上課。上午是緊湊的四節，依序是輻射偵測中心劉祺章先生--**臺灣的宇宙輻射**、陳清江組長--**體內的輻射**、黃景鐘副主任--**臺灣的地表輻射**、及原能會輻防處龔繼康博士--**天然放射性物質的管制現況**的講授。午餐後大夥稍事休息接著又是精彩的講演，由高雄醫學大學連熙隆教授主講「**臺灣的醫療曝露**」。每節課都獲得學員滿堂的喝采及迴響。

幾乎每次研討會的重頭戲都是--**座談會**，座談會上除了先前講授的全體講員外，更安排邀請了清華大學原子科學系朱鐵吉教授，在主席翁寶山董事長的主持下解答在場學員所提出的各種問題，原能會官員也就自己的行政經驗及專業知能加以補充說明，互動的熱烈的討論著，為這次研討會畫下完美的句點。

相信這又是一次相當成功而圓滿

的研討會，除了所製作的布條不能自始至終的發揮它的功能之外，其他處處皆可見到協會同仁辦理研討會的用心。再次感謝不辭辛勞的講員們及參與這次研討會所有人員對協會的愛護與關照，期盼下次再有機會為大家服務。

## □ 專題報導

### ▲我國與日本國家游離輻射標準於<sup>60</sup>Co 及 <sup>137</sup>Cs 之雙邊比對 (核研所 林威廷、朱健豪)

核能研究所(INER)國家游離輻射標準實驗室與日本國家計量研究所(National Metrology Institute of Japan, NMIJ)，分別是我國與日本建立國家最高游離輻射標準的機構。由於特殊的國際因素，我國目前無法參與由國際度量衡局(BIPM)所舉辦的各項國際比對，必須透過亞太地區的多邊或雙邊比對，才能將我國的量測能力證明送入國際度量衡局的量測比對資料庫。因此執行亞太地區的多邊或雙邊比對即成為核能研究所國家游離輻射標準實驗室的重要工作。基於此目的，筆者於今(91)年 9 月 4 日至 13 日赴日本國家計量研究所，目的之一就是進行光子計量標準(<sup>60</sup>Co 射線及 <sup>137</sup>Cs 射線)的雙邊比對。次外，由於日本國家計量研究所和核能研究所國家游離輻射標準實驗室，目前都在進行低能量 x 射線(10 kV-100 kV)原級標準游離腔的建立，透過此次訪問，也希望瞭解並引進日本國家計量研究所在中低能量 x 射線游離腔電子損失與光子散射的蒙地卡羅法計算技術。

筆者於 9 月 4 日下午五時抵達日

本國家計量研究所後，即與其放射線標準研究室(Ionizing Radiation Section)負責人高田信久博士(Dr. Nobuhisa Takata)討論此次比對的方法與研討議題。放射線標準研究室目前共有 5 位研究人員與 1 位秘書，包括高田信久博士在內，其中有 3 位研究人員的研究經驗都超過 30 年，最近 3 年才再陸續進用了 2 位年輕的博士級研究人員。日本國家計量研究所放射線標準研究室的規模和核能研究所國家游離輻射標準實驗室的加馬與 x 射線小組相當，其任務包括建立日本的加馬射線、中能量 x 射線、與低能量 x 射線等的空氣克馬計量標準。

往後數日在日本國家計量研究所工作期間，絕大部分時間都在放射線標準研究室與高田信久博士、黑澤忠弘博士(Dr. Tadahiro Kurosawa)等研究人員共同執行 <sup>60</sup>Co、<sup>137</sup>Cs 標準的比對，並討論以蒙地卡羅法(LSCATLow-Energy Photon-Scattering Expansion for the EGS4 Code)程式評估中低能量 x 射線自由空氣游離腔各項修正因子的計算方法，也利用時間參觀了放射線標準研究室的 x 射線量測標準，其建置技術可作為核能研究所國家游離輻射標準實驗室建立低能量 x 射線自由空氣游離腔系統的參考。以下則為此行的心得：

#### (一)光子劑量標準比對方面

本次比對是採用間接比對方式進行，由核能研究所提供 Victoreen 415、NE2571A 及 Exradin A5 三支游離腔作為比對傳遞件，比對參數則為游離腔的 <sup>60</sup>Co 及 <sup>137</sup>Cs 空氣克馬校正因子。<sup>60</sup>Co 射線的量測比對是採用 Victoreen 415 及 NE2571A 兩支游離

腔。量測結果 NMIJ/INER 的比值及相對標準不確定度分別為 1.0039(0.58%) 及 1.0005(0.57%)，兩支游離腔的差異皆落在一個標準不確定度的內；而  $^{137}\text{Cs}$  射線的量測比對則採用 Victoreen 415 及 Exradin A5 兩支游離腔，NMIJ/INER 的比值及相對標準不確定度分別為 1.0078(0.6%) 及 1.0096(0.59%)，兩支游離腔的差異也都落在兩個標準不確定度的內，顯示兩個實驗室的量測水準相當一致。

日本國家計量研究所放射線標準研究室為國際度量衡局的會員，該實驗室於 2001 年由高田信久博士攜帶原級標準游離腔前往國際度量衡局，執行  $^{60}\text{Co}$  及  $^{137}\text{Cs}$  射線在空氣克馬標準的量測比對，我們透過日本國家計量研究所與國際度量衡局的雙邊比對，則可將我們的量測結果與國際度量衡局串連，間接評估出核能研究所國家游離輻射標準實驗室與國際度量衡局在  $^{60}\text{Co}$  射線比對的差異為 1.005(INER/BIPM)，在  $^{137}\text{Cs}$  射線比對的差異則為 0.9945(INER/BIPM)，核能研究所與國際度量衡局在  $^{60}\text{Co}$  及  $^{137}\text{Cs}$  空氣克馬量測標準的差異均在  $\pm 0.5\%$  左右，顯示核能研究所國家游離輻射標準實驗室的量測校正能力亦與國際量測水準一致。

## (二) 引進 LSCAT 計算程式方面

此次赴日本國家計量研究所放射線標準研究室，也引進了由日本高能加速器研究機構 (High Energy Accelerator Research Organization, KEK) 所最新發展的蒙地卡羅法計算機程式 LSCAT，LSCAT 程式是蒙地卡羅法 EGS4 程式為解決低能量光子散

射問題所發展出的新版程式。LSCAT 程式和由加拿大國家研究委員會 (National Research Council of Canada, NRCC) 游離輻射標準群 (Ionizing Radiation Standards Group) 所發展的加拿大國家研究委員會版 EGS4 程式，同為目前國際計算中低能量 x 射線原級標準游離腔修正因子所採用的標準程式。

日本國家計量研究所放射線標準研究室已完成中能量 x 射線的原級標準，其進行光子散射及電子能量損失修正因子計算時，對單一能量光子則採用和國際度量衡局在 1999 年及 2001 年所發表相同的方法，但在 x 射線平均散射及電子能量損失計算時，由於他們並未實際量測 x 射線能譜，因此 x 射線能譜是採用蒙地卡羅法 MCNP 程式的計算結果。為得到正確的評估值，計算時他們共選取了 LSCAT 程式中 5 種不同的粒子作用形式，並特別考慮了低能量光子和空氣介質作用時 K 層電子的碰撞游離。

核能研究所國家游離輻射標準實驗室接受經濟部標準檢驗局的委託，正進行低能量 x 射線原級標準的建立，光子散射及電子能量損失修正因子的計算與評估已列為民國 92-93 年度的技術發展項目。此次赴日本國家計量研究所進行研討，除引進 LSCAT 程式外，對其在自由空氣游離腔光子散射及電子能量損失修正因子計算方面的技巧，也未能充分掌握，這對核能研究所國家游離輻射標準實驗室民國 92-93 年度建立中低能量 x 射線原級標準修正因子計算技術，將會有非常大的幫助。

- 1.歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 406 號二樓或電傳(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。