



財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 137 期



發行人
鄧希平

主編
張似璵

編輯委員
尹學禮 江祥輝
劉代欽 蔡惠予 魯經邦

執行編輯
張仲銘 李孝華

出版單位
財團法人中華民國輻射防護協會

地址
30017 新竹市
光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話
03-5722521 傳真
01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵
www.rpa.org.tw 網站

行政院新聞局 出版事業登記證
局版北市誌字 第柒伍零號

協會報導

第 3 頁

淺談與民眾的輻射防護溝通

民眾不易理解輻射防護專業使用的量與單位、以及心理上固有的陰影，是宣導溝通過程與成效的最大挑戰。

測驗與訓練班公告

第 7 頁

公告本會各項訓練班開課時間。

新聞廣場

第 9 頁

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞。

輻防新知

第 12 頁

TENORM 是否將成為新型態的 NORM ?

無論是出自對政治或是健康上的考量，由於新聞不斷報導水力壓裂（頁岩氣開採技術）的消息，TENORM 再度引起大眾的注意。

好書介紹

第 14 頁

ICRP 111 核子事故或輻射緊急事故後在污染區域長期居住者
提供放射線防護導引

專題報導

第 16 頁

國內核醫部門輻射監測儀器遊校作業

核能研究所輻射度量儀器校正實驗室的現場遊校與測試服務，可節省醫院的核子醫學中心、放射醫學診斷、治療部門等送取件時間與成本，以及符合核醫療輻射監測儀器的品質要求及正常功能。



輻射的神奇醫術

主編 張如燦

1895 年德國科學家倫琴發現 X 射線後，開啟了原子能民生應用的輝煌時代。原子能廣泛應用於醫療、工業、農業等民生用途，其中以醫療應用特別與我們每個人的生活息息相關。

醫院裡的核子醫學、腫瘤治療、X 光檢驗等部門，就是應用同位素和輻射在治療、診斷及身體檢查上。使用輻射來進行檢查，不必解剖，就可以觀察到人體內部的構造，甚至一些生理現象。腫瘤治療則是利用輻射可以殺死癌細胞的特性。目前，伴隨著科技的進步，輻射醫療應用持續蓬勃發展，電腦斷層檢查(CT)、正子攝影(PET)已是常見的檢查方式，放射治療的技術更是從早期的鈷 60 進展到直線加速器，以及現在最先進的質子治療，其他如硼中子捕獲治療(BNCT)、重粒子治療等也都在國際間受到關注。

為了讓讀者們對輻射的神奇醫術能有進一步的認識，今年度輻防簡訊的專題報導，將介紹一系列與醫療輻射相關的議題，本期 國內核醫部門輻射監測儀器遊校作業 報導，希望能讓讀者們了解，藉由輻射監測儀器的校正，來滿足核醫療領域“輻射醫療曝露品質保證標準”，以確保民眾在享受輻射醫療應用的好處時，不致受到輻射的傷害。



歡迎賜稿，稿件請寄：
輻防協會編輯組
300 新竹市光復路二段 295 號
15 樓之 1 或
傳真 (03)572-2521 或
電郵 rpa.newsletter@gmail.com

來稿一經刊登，略奉薄酬；
政令宣導文章，恕無稿酬。

淺談與民眾的輻射防護溝通

筆者因為所負責工作之故，常有機會與民眾面對面談輻射有關的議題，這些對象主要是受過初訓的輻射工作人員，也有大專院校學生或是關心此議題的社會賢達，雖然背景與需要不同，但都十分關心與切身有關的輻射防護問題，接觸過程中也讓筆者深深感受到輻射宣導溝通的重要。早在 2014 年 3 月筆者參加 NCRP 在美國華盛頓特區所開的第 50 周年年會，會議名稱為”過去 50 年成就與未來重點需求”(NCRP: Achievements of the Past 50 Years and Addressing the Needs of the Future)，在 3 月 11 日上午特別安排一會議主題談到輻射防護系統中輻射教育與危險度溝通的重要性。筆者觀察到不論國內外，民眾所關心的輻射防護，主要圍繞著輻射傷害與低劑量危險度的關係，以及生活在放射性汙染環境下的防護作為，而不易理解輻射防護專業使用的量與單位與民眾心理上固有的陰影，則是宣導溝通過程與成效的最大挑戰。因此，想要對於群眾所關心議題與溝通的部分，藉由日本福島核事故為例，以及事故後 4 年多的觀察，整理一些個人感受與看法。

ICRP103 號報告中將輻射防護狀況在可控制(Controllable)的條件下分為三種狀態：緊急狀態(Emergency situation)、規劃狀態(Planned situation)與既存狀態(Existing situation)，擬取代現在以輻射作業(practice)與干預(intervention)來區分輻射防護的作法。



觀察日本超市中的消費行為

作者

劉代欽

輻射防護協會 訓練組組長

一般場所的輻射作業屬於計畫狀態，例如大家熟悉的工業界應用或是用於醫療的用途等，在作業前必須依程序向主管機關申請經核准後才可以進行，有關劑量的限制必須依規定限制。而緊急狀態與既存狀態則以日本 311 福島核子事故為例，在此我們借用 ICRP 111 號報告中的圖 9.1 做輔助進行說明。橫軸代表時間，縱軸表示輻射有關的影響，例如輻射劑量(率)或是健康效應等。事故剛發生時屬於緊急狀態，防止民眾確定性輻射傷害的發生為重點，所以對民眾中的關鍵群體，不論是採行掩蔽措施、服用碘片或是疏散，都應該避免個別器官急性效應的發生，而年有效劑量以低於 20 毫西弗為宜。此階段不強調個人輻射防護，而是考慮總體輻射防護策略，特別關注對象為孕婦與小孩。若是事故後期放射性物質的釋放已停止，則照射類型屬於既存狀態，這是長期照射下的復原階段，此時飲食致體內曝露與環境中放射性污染核種所致體外曝露為主要的曝露途徑，此階段的輻射防護則考慮代表人中的個人，參考基準應設定在個人年有效劑量，藉由

除汙與管控設計，讓關鍵群體中的個人在既存狀態下生活所接受到由放射性汙染所致的年劑量儘可能的低到 1 mSv。

從事輻射防護有關工作的人對上述 ICRP 輻射防護的作法較理解，也有較高的接受度。但是一般民眾接受度較差也有許多疑問，民眾關切在政府判定可以居住的受放射性污染區域中生活安全嗎？有關單位公佈的資料每公斤土壤(或食品)含有 Cs-137 數百貝克(Bq) 又代表什麼意思？食用來自於政府判定可從事農業生產的放射性污染區域所生產的農產品，安全性如何？飲用水呢？緊急狀態下年有效劑量限制 20 毫西弗安全嗎？為何既存狀態下年劑量限制降低變為 1 毫西弗呢？孕婦與小孩難道不用比一般的成年人有更嚴格的管制嗎？

民眾關切的這些問題，有輻防專業的也有心理層面的。讓民眾了解輻射專業是必要的，從輻射作業有關人員較能接受輻射防護作法可看出平時建立觀念的效果，但是建立觀念是需要時間的，因此本篇我先談一些輻射防護上定性的問題，至於輻射防護專業定量上的部分，後續再做討論。福島核事故造成日本許多農業生產區域的土壤至今仍受到銫-137 的汙染，位於福島縣的農業試驗所嘗試選擇用吸附 Cs-137 能力強的植物進行土壤中 Cs-137 的除汙，但是實驗的結果顯示吸附除汙的效果並不佳。福島縣農業試驗所選擇的植物為結種子類的，共選擇四種植物(如圖)進行實驗-向日葵、蕎麥、高粱與雞冠花。選擇種子類植物來對土壤中的銫-137 進行除汙的發想，來至於結種子

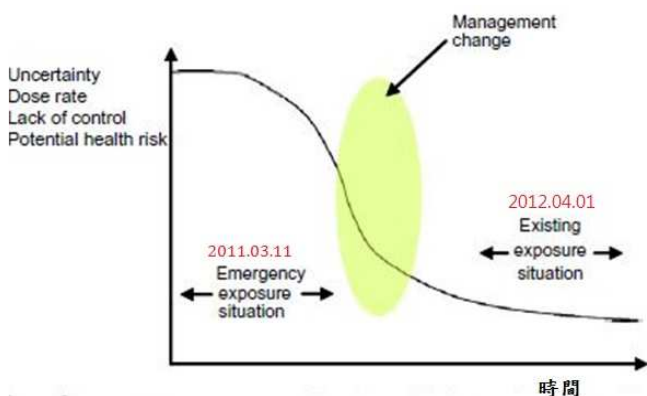


圖 核子事故處理時序演變(ICRP111 號報告圖 9.1)



圖 福島縣農業試驗所選定高吸附力的植物

的植物本身對鉀肥的吸收力佳，而鉀與銫同屬鹼金族，因此選擇利用種子類植物的這種特性來吸收土壤中的銫。不過這實驗最後的結果顯示植物吸收土壤中銫-137 的效果不佳，但是這效果不佳的結論，恰恰也反應出一般的植物很難再從土壤中將銫吸收上來。日本政府在篩選判定適合耕種的土地，如果每公斤土壤中 Cs-137 活度超過 5 百貝克以上的區域是禁止種植稻米的，並對所生產的稻米收成後逐包進行放射性監測。監測的結果顯示出所生產稻米幾乎沒有放射性的汙染超過所設定每公斤 12 貝克的監測值，所以就判定可從事農業生產的受放射性銫汙染區域所種植的農產品，即使監測合格的農產品仍含有極少量的銫，但在食用安全性的專業判斷上是沒問題的。

雖然合格產品的銫-137 含量極少，可是在體內的累積若排不出來，是不是積少成多將帶來傷害呢？由於銫-137 的物理半衰期為 30 年，

民眾對於放射性核種在人體中存在時間的長短非常擔心，再加上媒體與網路上錯誤引用此 30 年半衰期在體內曝露上的意義，導致民眾因錯誤的觀念而擔心雖然攝入量少，但是在身體內的量會逐日累積而不會排出。下圖為 ICRP111 號報告中(圖 2.2)有銫 137 體內排除的特性，從圖中看到銫-137 在體內排出的速度可看出並不是會存在那麼久。雖然有許多變因會影響排除速度，例如生活在不同環境下的反應會不同，年齡也會影響甚至性別也有差異性，但是銫-137 的有效半衰期選擇 100 天附近是合理可接受的。

產品監測合格且安全性無虞，排除速度也快。這樣民眾就能接受銫-137 汙染有關的合格產品嗎？其實這還有很長很長的一段路要努力。我們可以從日本民眾的消費行為看出，下圖是一般超市所拍攝的情況，同樣的農產品，從生產履歷得知產地是福島縣的，且 100%合

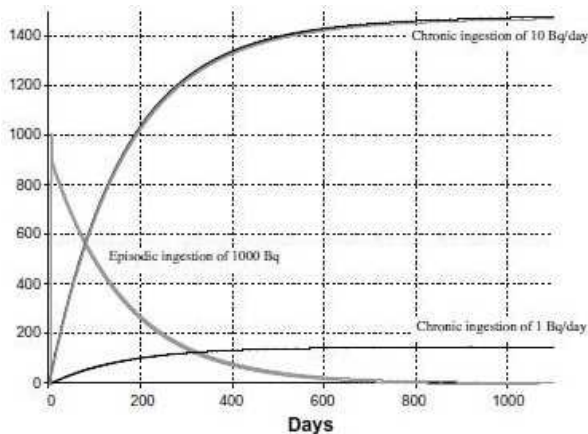


圖 伴隨短暫攝入 1000 Bq 以及每日攝入 1 Bq 與 10 Bq 銫 137 之全身活性 (Bq) 於多年期間 (1000 日) 的發展 (ICRP111 號報告圖 2.2)

格，但是我們可看出銷售情況的明顯差異，也可感受到已經過四年了，存在日本人心中的印象是如何的仍在影響消費行為。如何讓民眾跨越心理上有關輻射的障礙？政府的保證安全是重要但是效果是有限的，透過教育、宣導與溝通才真能有效，但是這需要時間的幫忙。在我國不單單是輻射有關的部分，許許多多跟民眾切身有關的議題似乎也是這樣，而且這時間可能遠比預期的還要長。因此，主管機關與輻射防護界的我們應該要事先規畫，持續進行宣導溝通，平時就能讓民眾在心平氣和的情緒下有所了解後也能有時間消化思考，這樣才能真的逐步降低民眾心中的疑懼並導正錯誤的印象。

筆者有位好友 2015 年底從北海道旅遊回國，行程中跟導遊買了一些海產如干貝或鮑魚等零食，回台後其朋友開玩笑的問他怎麼敢買日本的食物？他趕忙詢問我會有問題嗎？我很有信心的分析說明北海道的毫無問題，目前我國仍對日本管制進口的區域是福島縣、櫛木縣、千葉縣、群馬縣與茨城縣共 5 縣，聽完我掛保證的專業說明後他也就放心了。沒想到不到幾分鐘後，他又再次來電說他看了包裝，發現所購買物品的產地都是茨城縣的，這時再一次的民眾溝通就是另一種挑戰了…事後想想，輻射防護的民眾溝通還真的沒那麼容易呢。

輻射防護協會

輻射防護訓練課程

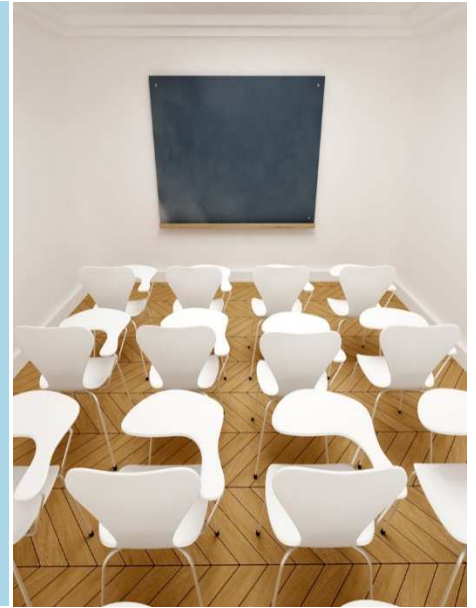
為協助民間提昇專業知識與技術，本協會敦聘國內、外相關單位的學者專家擔任授課教師，舉辦各種研習課程。

目前共有：

- 證照取得訓練
 - ✓ 操作人員資格
 - ✓ 輻防人員資格
 - ✓ 鋼鐵建材輻射偵檢人員資格
- 委辦訓練
- 換照積分（領有輻射安全證書及輻射防護人員認可證者）
- 三小時年度訓練（已受過 18 小時訓練者）

有興趣的朋友請蒞臨[本會網站進一步了解](#)。

各項訓練班開課時間



放射性物質或可發生游離輻射設備 操作人員研習班

A 組 36 小時許可類設備	A2	3 月 01 日 ~ 07 日	新竹 帝國經貿大樓
	A3	8 月 09 日 ~ 16 日	高雄 輻射偵測中心
	A4	8 月 24 日 ~ 31 日	新竹 帝國經貿大樓
B 組 18 小時登記備查類設備	B3	02 月 24 日 ~ 26 日	台北 建國大樓
	B4	03 月 16 日 ~ 18 日	台中 文化大學推廣部
	B5	03 月 23 日 ~ 25 日	高雄 輻射偵測中心
	B6	04 月 13 日 ~ 15 日	新竹 帝國經貿大樓
	B7	04 月 20 日 ~ 22 日	台北 建國大樓
	B8	05 月 11 日 ~ 13 日	台中 文化大學推廣部
	B9	05 月 25 日 ~ 27 日	高雄 輻射偵測中心
	B10	06 月 15 日 ~ 17 日	台北 建國大樓
	B11	06 月 22 日 ~ 24 日	新竹 帝國經貿大樓
	B12	07 月 19 日 ~ 21 日	台中 文化大學推廣部
	B13	07 月 26 日 ~ 28 日	高雄 輻射偵測中心
	B14	08 月 02 日 ~ 04 日	台北 建國大樓
	B15	09 月 06 日 ~ 08 日	新竹 帝國經貿大樓
	B16	09 月 20 日 ~ 22 日	台中 文化大學推廣部
	B17	09 月 27 日 ~ 29 日	台北 建國大樓

輻射防護專業人員訓練班

輻防師 144 小時、輻防員 108 小時

／新竹帝國經貿大樓

員 29 期	第一階段	07 月 04 日～ 08 日
	第二階段	07 月 11 日～ 15 日
	第三階段	07 月 25 日～ 29 日
	第四階段	08 月 01 日～ 04 日
進階 20 期	20 - 1	08 月 16 日～ 18 日
	20 - 2	08 月 19 日～ 23 日

輻射防護繼續教育訓練班*

三小時	03 月 10 日	台北
	03 月 29 日	台中
	04 月 08 日	高雄
	04 月 28 日	新竹
	06 月 02 日	台北
	07 月 07 日	台中
六小時	07 月 22 日	高雄
	04 月 19 日	台北
	05 月 17 日	高雄
	05 月 31 日	新竹
	09 月 01 日	台北
	10 月 04 日	高雄
	11 月 08 日	新竹

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班*

鋼	04 月 26 日～ 27 日	新竹 帝國經貿大樓
	05 月 04 日～ 05 日	高雄

上課地點

台北	建國大樓	台北市館前路 28 號
新竹	帝國經貿大樓	新竹市光復路二段 295 號
台中	文化大學推廣部	台中市西屯區台灣大道三段 658 號
高雄	輻射偵測中心	高雄市鳥松區澄清路 823 號

*上課地點如果僅註明區域，但是沒有詳細地點，將依照當期報名人數來決定適當地點。屆時會再通知已報名的學員。

各項訓練班簡章可至[本會網站查詢](#)。

課程安排問題，請聯絡本會
電話 (03) 572-2224

分機 314 李孝華（繼續教育）
313 李貞君（專業人員、
鋼鐵建材）

315 邱靜宜（放射物質
與游離輻射設備）

傳真 (03) 572-2521

輻防新聞廣場

這裡有您最關心的證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞



國內訊息

放射性物質或可發生游離輻射設備銷售服務業者名單

「放射性物質或可發生游離輻射設備銷售服務業者名單」已公布於[原能會網站](#)。

國內輻射偵檢合格鋼鐵業名冊

「國內輻射偵檢合格鋼鐵業名冊」已公布於[原能會網站](#)。

原子能委員會認可之輻射防護訓練業務機構

「原子能委員會認可之輻射防護訓練業務機構」已公布於[原能會網站](#)。

合格輻射防護偵測業務業者名單

「合格輻射防護偵測業務業者名單」已公布於[原能會網站](#)。

「有遭受放射性污染之虞」之建築物清冊

原能會公告「[有遭受放射性污染之虞」之建築物](#)，此類建築物因屋主未能配合，至今仍未完成建築物輻射偵測，故不宜稱為輻射屋，僅列為有遭受放射性污染之虞建築物。

輻射偵測中心 104 年第三季核設施環測報告

104 年第三季[臺灣地區核設施環測季報](#)，檢測結果均無輻射異常。

輻射偵測中心 104 年第三季龍門電廠環測報告

104 年第三季[龍門電廠運轉前環測季報](#)，檢測結果均無輻射異常。

輻射偵測中心 104 年第四季磁磚放射性分析結果

104 年第四季磁磚，檢測結果均無輻射異常。

原子能委員會『原來如此』短片上線囉

「[原來如此第 15-1 集 若誤食遭受輻射污染的食物，該怎麼辦?](#)」「[原來如此第 9 集 輻射是如何傷害人體?](#)」「[原來如此第 17 集 食品照射會不會殘留輻射?](#)」「[原來如此第 18 集 目前台灣用過的核子燃料放在哪裡?](#)」「[原來如此第 19 集 你知道蘭嶼貯存場內放的是什麼?](#)」「[原來如此第 20 集 你知道什麼是乾式貯存設施?](#)」及「[原來如此第 21 集 核電廠除役作業要花多少年?](#)」「[原來如此第 10 集 你知道輻射有幾種嗎?](#)」「[原來如此第 22 集 台灣核能電廠運轉執照期限是幾年?](#)」已公布於原能會網站 YouTube 專區。

105 年 1 月 23 日媒體報導「驚! 大台北疑有 202 戶輻射屋」之原能會澄清說明
原能會[澄清說明](#)。相關連結：「有遭受放射性污染之虞」之[建築物清冊](#)。

我國在 2016 年「全球核子保安評比」排名相關說明

「核子保安」主要是指一國在人力、技術、法制及執行面上，能夠保管好核子物料安全的能力，包含如何避免不當使用、流用或是被竊取。核子威脅倡議(Nuclear Threat Initiative, NTI)自 2012 年起採用經濟學人資訊社(EIU)評估模式，針對目前全球各國家「防範核子物料被偷竊」的狀況進行評比，並分成「擁有核武器等級物料」與「非擁有核武器等級物料」國家兩種範疇進行比較；自 2016 年起，新增針對各國核設施「防範人為破壞」的評比項目，受評對象是已具有核子設施(含核電廠)的國家，以及已經計劃在未來興建核能電廠的國家等共 45 國家。

一、針對「防範核子物料被偷竊」的評比項目，我國在 152 個無核武國家中排名第 35 名

二、針對「防範人為破壞」的評比項目，我國在 45 個受評國家中排名第 33 名

本次 NTI 出版報告之全文、摘要報告、分析方法及原始計分表，皆可[透過 NTI 網頁](#)下載取得。

針對北韓核武試爆展開加強環境輻射監測說明

北韓於 1 月 6 日進行核試爆後，民眾關切會不會有輻射塵影響台灣，原能會已在第一時間啟動相關應變措施，加強環境輻射監測措施。目前我國環境輻射的監測值都在正常變動範圍內，請民眾安心。原能會另利用與中央氣象局合作開發的「境外輻射塵影響評估平台」，依 1 月 6 日上午北韓核試爆後的氣候條件進行評估，若真有輻射塵外釋，依據目前氣象條件推估是往東飄散，並不會對台灣造成影響。原能會將持續監測環境輻射劑量，為民眾安全把關。

民眾如需查詢對我國之輻射即時全國環境輻射監測數值，可連結至[原能會網址](#)，或以手機下載「核安即時通」App，就可以查詢即時監測的結果。如需查詢全國環境輻射監測站過去 5 小時內或 60 小時內監測數值趨勢，可連結至[輻射偵測中心網站](#)，點選右方監測站名後，選擇繪圖頻次”5 分鐘”或”一小時”即可顯示。

相關連結：模擬輻射塵可能擴散行徑[影片檔](#)；[附檔下載\(1\)](#):利用我國「境外輻射塵影響評估平台」對北韓核試爆之可能輻射塵影響定性評估 (JPG 檔案)；[附檔下載\(2\)](#):利用美國長程擴散模式 HYSPLIT，對北韓核試爆之可能輻射塵擴散軌跡評估 (PNG 檔案)

104 年 12 月輻安預警自動監測日平均劑量率變動圖

104 年 12 月輻安預警自動監測日平均劑量率，均在背景變動範圍（0.2 μ Sv/hr）內。

輻射偵測中心針對北韓進行氫彈試爆，全台設置 45 座即時監測站

針對北韓進行氫彈試爆，原能會輻射偵測中心設置全台 45 座即時監測站，目前顯示輻射劑量率均為正常，並將密切注意各地環境輻射即時變動情形。

輻射偵測中心 104 年 12 月份網購食品放射性分析結果

104 年 12 月份透過網路訂購日本香川讚岐寬版烏龍麵、台南冰烤番薯、紫心冰烤番薯及番薯圓等網購食品，檢測結果均無輻射異常。

輻射偵測中心完 104 年 12 月份進口飲料類檢測

輻射偵測中心派員至消費市場抽樣來自南非、日本、荷蘭、美國等 6 個國家件進口之蘋果汁、乳酸飲料、蔓越莓、水蜜桃果汁等飲料類 25 件，檢測結果均無輻射異常。

福島電廠排放物：讓真相說話*

近日有許多網站對於福島第一核電廠事故期間排放的放射性物質，做出荒誕不羈的相關報導。以下是駁斥這些謬論的重要事實。

錯誤訊息係引用近日才「解密」的報告：

有人聲稱美國核能管理委員會（U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC）在 2015 年 12 月「解密」了福島事故相關文件。事實上，是因為有人援引了資訊自由法案（Freedom of Information Act），所以該文件在 2012 年 5 月被公布，並於 2014 年 3 月公佈了更多文件。在法律意義上，這些文件從未列入「密件」。

錯誤訊息宣稱，該報告內容提到：「二號機全部燃料的 25%…，三號機用過燃料的 50%…，四號機所有用過的燃料」已排放到大氣中：

對的地方是：這是試著了解在最壞情況下，對於排放物的「假設性」評估；錯的地方是：這並不是從反應爐或用過燃料棒真正排放出的量。事實是，於事故初期以及接下來幾週，並不能確定實際排放物的量。正因如此，NRC 才要求國家大氣排放諮詢中心（National Atmospheric Release Advisory Center, NARAC），對於其中兩種或更多的假設情況提出劑量估計值，以便對於可能採取的防護計畫界定範圍。NRC 文件清楚指明，這些百分比只是他們要求 NARAC 考慮的「假設性」範圍的情況，是以「最差狀況」與「實際最差狀況」來說明的「假設」排放量。NARAC 的報告則清楚陳述這些狀況是假設性的，並且在文件中也寫著「並無證據顯示『此狀況已經發生』」。讀者可自行閱讀這些證據，它們是 NRC 於 2012 年 5 月 8 日與 2014 年 3 月 7 日提出的[備忘錄](#)。

到底排放了什麼？

實際（非假設）的資料顯示，最終一、二和三號機的反應爐心內發生嚴重燃料損毀。等到 2011 年約三月中以後，這些爐心排放物主要是排放到大氣的揮發性核分裂產物、以及一些排放到水中的可溶性核分裂產物。至於現場任何一座用過燃料池則[並沒有產生排放物](#)。福島事故的總排放量約為車諾比事故的 10-15%，但是若[以元素來看，和車諾比相較](#)，碘的排放量少於 25%，而銻的排放量則是少於 45%。

更多福島事故的事實真相？

來看看列在保健物理學會網站上，由[專家們確認的資訊](#)。

~芭芭拉·亨利克 (Barbara Hamrick, CHP, ID)

*原文出處

HPS Current News

[“Fukushima Releases: The Truth”](#)

Dec. 30, 2015

TENORM 是否將成為新型態的 NORM ？



NCRP 計畫發展出一種方法，對含有 TENORM 的固態與液態廢棄物其回收、運輸、處理與丟棄的安全提供指導。

美國國家輻射防護和度量委員會（簡稱 NCRP）接到多個州前來洽詢，需要有關經人為技術程序而活度增強的天然放射性物質（簡稱 TENORM）科學方面的指導。TENORM (technologically enhanced naturally occurring radioactive material)，由天然放射性物質 NORM (naturally occurring radioactive material，像是由鐳，氡，和鈾產生) 所衍生出來的名詞，已經變成一種新的 NORM，並且自 1980 年代便引起大家的關注。無論是出自對政治或是健康上的考量，由於新聞不斷報導水力壓裂（頁岩氣開採技術）的消息，TENORM 再度引起大眾的注意。舉例來說，石油工業每年會產生 15 萬立方公尺的廢棄物，包括水、管線水垢、泥漿與設備，這些都可能含有 TENORM。

TENORM 是什麼？

簡言之，岩石組成物裡包含太初以來就存在的天然放射性核種(NORM)，通常是鈾和鈾的衰變鏈物質。一旦經由開採、提煉、使用、處理等人為技術，而造成 NORM 之活度增強，所得

作者

約翰·伯依 (John D. Boice Jr.)

NCRP 主席、ICRP 委員長、
UNSCEAR 美國代表、醫學教授

產物就是 TENORM。至於其伴隨核種的濃度則和當地的地質息息相關。

管理上的問題？

TENORM 廢棄物的管理並沒有受到聯邦規範。在美國，對於已散佈的 TENORM，輻射防護管制機關主要是靠各州政府，而非聯邦政府。因此，各州（像是科羅拉多、馬利蘭、密西根、賓州與懷俄明州等）必須由專案小組來處理 TENORM 日漸浮現的輻射議題，幾乎均缺乏科學專業上的支援。既然州政府各唱各調，石油和天然氣生產州的 TENORM 議題也就變得急迫。

給個方向？

是有一些指導，來自輻射管制計畫主管會議（CRCPD）、美國國家標準協會（ANSI）、國家與領土固態廢棄物管理公務員協會（ASTSWMO）、環境保護局（EPA）、美國地質調查局（USGS），以及像是英格蘭公共衛生局（PHE）、澳洲輻射防護與核能安全局（ARPANSA）、國際原子能總署（IAEA）的國際團體。但是顯然國家層級在科學上需要同調，採用更標準化的管制架構以確保公共衛生並保護環境。

NCRP 能幫什麼忙？

我們義不容辭，已召集了科學委員會 5-2 來討論這些議題。雖然我們還在等待各項支持經費，但是有項策略已經投入資源，製作名為「TENORM 廢棄物管理與棄置統一措施的建議」的電視報導節目。目標在於發展出一種方法，對含有 TENORM 的固態與液態廢棄物其回收、運輸、處理與丟棄的安全提供指導。這項報導是希望檢驗各州目前採用的各種棄置方式，發展廢棄物中 TENORM 的標準化測量技術，找出認知差距，評估棄置模型的方式，根據目前科學技術對於一致的國家級架構提出建言。接下來，這項打基礎的建設工作是為了全面性的「第二階段報告」，除了已經發現的廢棄物管理問題，將更廣泛並詳細地聚焦於和 TENORM 相關的輻射防護議題上。我們希望在保健物理學會年中大會上舉辦一場研討會（將於 2016 年元月 31 日至 2 月 3 日在德州奧斯汀召開），記得要來參加！

原文出處

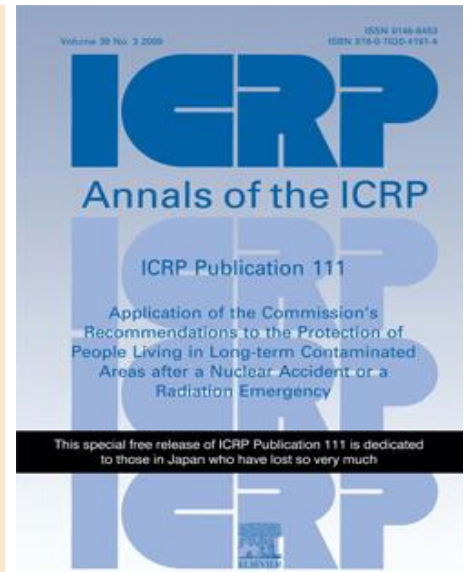
The Boice Report #41,
“Is TENORM the New
Norm?”,
Health Physics News
October 2015

ICRP

Publication 111

核子事故或輻射緊急事故後在污染區域長期居住者提供放射線防護導引

Application of the commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation



本會備有中譯本，詳如次頁

第 111 號出版物，針對核子事故或輻射緊急事故後在污染區域長期居住者提供放射線防護導引。本書探討這類事件對受災居民造成的影響。包含人體受曝露的路徑、受曝露居民群體的類型、和曝露的特性，以及維護健康，社會，經濟及環境的修復等等。

內容簡介

國際放射防護委員會（International Commission on Radiological Protection, ICRP），在本報告書針對核子事故或輻射緊急事故後在污染區域長期居住者提供放射線防護導引（guidance）。本書探討這類事件對受災居民造成的影響，包含人體受曝露的路徑、受曝露居民群體的類型、及曝露的特性。本書雖然聚焦於輻射防護，但也理解事故後的複雜狀況是，沒有顧及環境、健康、經濟、社會、心理學、文化、倫理、政治等生活中受影響的每個領域，將無法進行管理。

本書針對這類型的現存曝露情況要如何應用2007年建議，包括防護策略之正當化和最適化的討論，以及參考水準（reference level）之引進與應用的討論。也討論政府當局和受災居民雙方實行防護策略的實務面。

附錄概述核子事故和輻射緊急事故後長期污染區域的過去經驗，包含實施補救措施（carrying out remediation measures）時依據的放射線判斷標準（radiological criteria）。

譯者：杜慶燾

校閱：朱鐵吉

財團法人中華民國輻射防護協會

2015年11月出版

本書序 (節錄)

輻射防護協會董事長 鄧希平

國際放射防護委員會於 2007 年發行 ICRP-103 報告，其目標在建議一套合適的防護架構，既可防止輻射曝露引起人類及環境受到危害，又不至於過度限制與此類曝露相關而有益之人類活動。

ICRP-103 報告將過去以輻射作業(practice)與干預(intervention)為基礎之輻防考量，改以曝露情境(exposure situations)來區分，共分為規劃(planned)、緊急(emergency)、既存(existing)三種情境。這本報告的主旨是為輻射防護提出基本的建議(fundamental recommendations)。

ICRP 於 2009 年發行 ICRP-109 報告對緊急曝露情境提出詳實之建議。ICRP 將核電廠事故後所造成之長期曝露定義為既存曝露情境，於 2009 年發行了 ICRP-111 報告：〈對核子事故或輻射緊急事故後長期居住在污染區域民眾防護之建議〉。

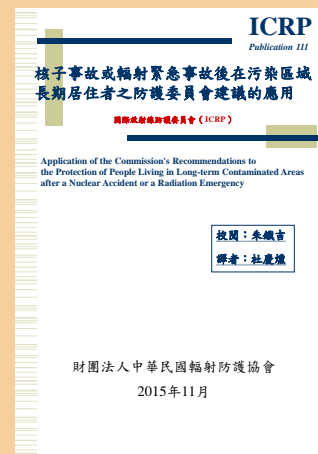
誰也料想不到，2011 年 3 月 11 日在日本東北發生之大地震，引起之海嘯，最後造成福島核電廠事故。因而，嚴重的緊急曝露情境出現了，ICRP-109 報告，對於這階段之輻射防護工作提供了寶貴的建議。

長期而言(數月至數年)，核災的緊急曝露情境會逐漸轉移成既有曝露情境。ICRP-111 報告建議了政府主管當局，如何研判曝露情境的轉移。另外，當核災時由輻射污染區域遷走的居民，若決定重返家園，在輻射防護上，ICRP-111 報告也提出建議，使這些回到輻射污染區長期居住的利害關係人(stake holder)，藉由共同參與輻射防護計畫，自己幫助自己作好有效防護。

為了幫助日本核災後，願意重返輻射污染區域的居民，ICRP 特別在 2011 年 4 月將 111 號報告，在其官方網站上提供免費下載的服務，(其中包含日文翻譯版)，樹立專業服務人群之美好範例。

ICRP-111 報告的中文譯本，始終沒有出現，畢竟這是吃力而無酬勞的工作。幸好在國內輻防文字園地默默耕耘多年的杜慶燾博士，再度以無比的毅力完成這本報告的中文翻譯，他的專業奉獻精神，令人感佩。

輻射防護協會非常榮幸，能再度成為杜博士選擇出版其譯本的合作夥伴，謹將此譯本提供國內關心輻射防護之人士，作為輻防協會成立二十五周年的獻禮。



目 錄

1. 緒 論
 2. 在污染區域內的生活
 3. 對污染區域居住者之防護委員會體系的應用
 4. 防護策略的實行
 5. 放射線監測和健康監控
 6. 污染食品及其他物品之管理
- 附錄 A 長期污染區域的歷史經驗

杜慶燾博士其他譯作:

- 妊娠與醫療放射線(ICRP84)
- 介入放射診療輻射傷害的避免(ICRP85)
- 電腦斷層攝影的病人劑量管理(ICRP87)
- 核能事故緊急暴露醫療 pocket book
- 在醫學上的輻射防護 (ICRP105)

以上書籍訂購資訊可於[輻射防護協會網站查詢](#)；親至本協會購買另享 95 折優待。

訂書專線:

03-5722224 分機 313 ~5。

國內核醫部門輻射監測儀器 遊校作業

核能研究所輻射度量儀器校正實驗室的現場遊校與測試服務，可節省醫院的核子醫學中心、放射醫學診斷、治療部門等送取件時間與成本，以及符合核醫療輻射監測儀器的品質要求及正常功能

國內醫院之核子醫學中心、放射醫學診斷、治療部門等核設施相關機構，其所使用之大型且固定的輻射監測儀器，需要進行現場校正與測試。核能研究所輻射度量儀器校正實驗室為解決民眾(機構)的困難與需求，建立輻射監測儀器之現場校正方法，滿足核醫療領域“輻射醫療曝露品質保證標準”〔2〕之輻射監測儀器，必須每年定期現場校正與測試以維持品質及功能正常的遊校需求。在配合行政院加強便民服務措施，以及持續提升輻射監測的專業的方針下，取得全國認證基金會(TAF)之「游離輻射校正」認可的現場遊校項目。使用可追溯至國家游離輻射標準之攜帶式加馬照射器與液體射源等標準件，提供國內核醫院所現場之環境輻射與工作人員劑量監控之固定型儀器與輕便型污染輻射偵檢儀器，以及核醫診斷病患業務繁重之劑量校準器的活度，強化輻射作業場所的輻射防護；現場遊校與測試，可節省醫院的送取件時間與成本，以及符合核醫療輻射監測儀器的品質要求及功能正常，目前國內約 50 家核醫院所的年遊校量約 220 部。



圖 1 攜帶式裝置

作者

葉俊賢

核能研究所 輻射度量儀器校正實驗室

表 1、固定型劑量監測器遊校系統之不確定度分析

分析項目	相對標準不確定度(%)	
	Type A	Type B
光子標準輻射劑量		1.5
射束均勻度	2.3	
射束穩定度	0.35	
量測距離		0.1
量測時間	0.001	
相對組合標準不確定度	2.77	
相對擴充標準不確定度(k=2)	5.54	

【系統與方法】

核能研究所校正實驗室提供的現場校正設備，包括攜帶式直徑 15 cm 鉛罐之加馬 Cs-137 射源(50 mCi)及高 2 m 射源昇降系統，如圖 1，另外還有環境監控儀及鐳射定位器等輔助設備。建立劑量標準場之方法為直接使用追溯原級標準之圓球形游離腔，置低劑量照射室量測二級標準之空氣克馬率(mGy/h)轉換成人員等效劑量率(mSv/h)，如圖 2。將攜帶型加馬照射器置低劑量照射室，再使用追溯二級標準之穩定性及準確性甚佳之參考件(劑量偵檢器)，建立工作級等效劑量率($\mu\text{Sv/h}$)完成範圍 4m 位置內之距離與等效劑量率之對照關係，如圖 3，在周圍等效劑量率 $H^*(10)$ 的 $10 \mu\text{Sv/h} \sim$

$500 \mu\text{Sv/h}$ 範圍內，工作級等效劑量率與二級標準劑量率之最大差異為 3%，而相對二級標準之平均校正因子為 1.00。

本現場遊校輻射劑量監測儀器的方法已取得 2015 年美國專利與商標局及 104 年台灣智慧財產局的發明專利。建立 137Cs 射源之低劑量率範圍 $10 \mu\text{Sv/h}$ 至 $160 \mu\text{Sv/h}$ 的遊校輻射劑量標準後，在核設施內的監測區與核設施外環境區的現場進行固定型區域監測器遊校，使用多部之游離腔區域監測器及蓋革型區域監測器，與本校正實驗室之二級標準場驗證結果最大差異分別為 15% 及 15%。攜帶式加馬照射

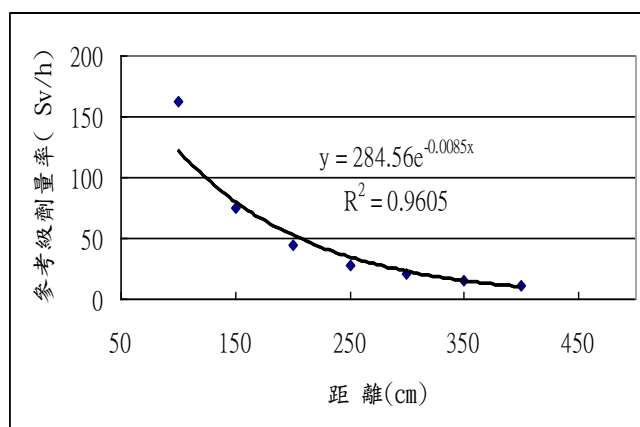


圖 2、二級標準輻射場的劑量率與距離關係

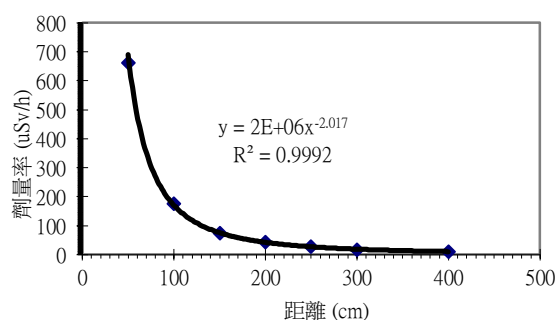


圖 3、攜帶式加馬照射器之距離與劑量率關係

表 2、輻射監測儀器的種類與遊校與測試

種類	偵檢器	數量	校正項目
劑量校準器	游離腔	100	修正因子(γ)
區域監測器	蓋革型	70	修正因子(γ)
門框輻射監測器	閃爍體	7	表面效率(γ)
手足污染監測器	比例型	5	表面效率(α, β)
空浮污染監測器	比例型	5	表面效率(α, β)
輕便型污染偵檢器	閃爍體	30	表面效率(α, β)
合計		217	

器之系統性能，包括射束穩定性、射束均勻性、有效照野、散射效應及系統不確定度評估，皆在合理要求內〔3〕。依據國際標準組織 ISO 的量測不確定度表示方式指引〔4〕，分析固定型輻射劑量監測器現場校正之不確定度結果為 5.5 % 如表 1，作為監測器現場校正認證之認可校正之最佳能力(The best capacity)的證明。

本現場遊校作業，另外還備有符合國際標準組織 ISO-8769〔5〕要求的阿伐核種 ^{241}Am (5.486 MeV) 及貝它核種 ^{90}Sr (2.274 MeV) 標準面射源，此標準射源面積需大於偵檢器窗的有效面積，表面發射率範圍為 $2255 \text{ s}^{-1} \sim 7120 \text{ s}^{-1}$ ，活度均勻度的變異係數需小於 $\pm 10\%$ 。圓形、正方形及長方形標準面射源外觀如圖 4。另外，國家游離輻射標準實驗室亦提供加馬標準液體



圖 4、圓形、正方形及長方形標準面射源外觀

5 cm^3 射源，核種包括 ^{57}Co (122 keV)、 ^{133}Ba (356 keV)、 ^{137}Cs (662 keV) 及 ^{60}Co (1173 keV、1332 keV)，活度約為 6.8 MBq、4.9 MBq、2.1 MBq 及 3.9 MBq。

調查國內 40 家醫院之核醫療部門之輻射監測儀器的種類與校正需求項目如表 2，而遊校作業的執行則依據 TAF 認證的「校正領域遊校技術規範」，以及固定型及輕便型輻射監測儀器的各種類遊校程序書(RICL-CWP 系列)來執行，要求提供輻射監測儀器的修正因子與效率以及量測結果的不確定度，其中劑量校準器的儀器讀值及背景值各取 10 次的平均值，其他類別的監測器及偵檢器的儀器讀值及背景值各取 6 次的平均值。

【遊校測試結果】

我們將表 2 所列 6 種輻射監測儀器遊校測試的成果分別整理如下：

劑量校準器 (dose calibrator)

劑量校準器品質管制的目的確保核醫藥物標示的活度劑量與醫師處方診斷與治療應用時的準確度在要求的範圍內，如圖 5。依據美國 ANSI-42.13 規範〔6〕要求劑量校準器的例行性

表 3、劑量校準器的遊校報告

射源	標準射源活度 (μCi)	送校件讀值 (μCi)	修正因子 (標準/送校件)	擴充不確定度 ($K = 2$)
^{60}Co	107.65 (0.33)	107.532 (0.022)	1.001	0.6%
^{137}Cs	54.66 (0.39)	56.700 (0.016)	0.964	1.4%
^{57}Co	201.5 (1.5)	196.679(0.048)	1.025	1.5%
^{133}Ba	135.59(0.96)	147.10 (0.10)	0.922	1.5%

校驗，應執行準確度、線性、背景反應及再現性等項目，線性及再現性的容許差異為 5%，而準確度的容許差異為 10%。規範要求校驗射源至少需使用核種 ^{57}Co 及 ^{137}Cs ，本實驗室則再增加一個核種 ^{133}Ba 或 ^{60}Co ，遊校至少提供三個核種的修正因子及不確定度，當作劑量校準器的準確度修正使用如表 3，現場遊校時劑量校準器會先行系統自我驗證零點、工作高壓及核種資料庫等是否正常，而儀器的背景加馬劑量率應 $< 1\mu\text{Sv/h}$ ，以提高核種活度的準確度。統計核種 ^{57}Co 、 ^{133}Ba 及 ^{137}Cs 的年度校正結果如圖 6、圖 7 及圖 8，其儀器的準確度超出規範要求的比率 ^{57}Co 、 ^{133}Ba 及 ^{137}Cs 分別為 9%、18% 及 10%，依據儀器修正因子的偏差可以調整改善準確度。如劑量校準器的三個核種的準確度佳，代表該儀器能量範圍(122 keV~662keV)的線性亦佳，而能量的線性適用於核醫檢查常

用的短半化期核種的能量，如正子斷層造影 (PET)的甲狀腺 ^{131}I 、發炎腫瘤 ^{67}Ga 、全身骨骼 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及心肌灌注 ^{201}Tl 等核種。

區域監測器 (area monitor)

在核子醫學部門及放射醫學部門的診斷室、治療室及造影製藥室等周遭場所，距地面 1 米以上的牆壁裝置有內藏型或外露型偵檢器的區域監測器(加馬能量範圍 60 keV~2 MeV)如圖 9，監測環境空間的加馬輻射劑量率(一般背景約 $< 0.2\mu\text{Sv/h}$)，當作業環境的加馬輻射劑量率超過背景值或設定值時會發出警報聲響，由於區域監測器的功能為即時快速反應輻射狀況，國際間較少有區域監測器準確度的容許差異的建議，而日本的國家 JIS 標準規範的校正區域監測器的容許差異為 20%。遊校攜帶式加

表 4、區域監測器的遊校報告

校正源	參考值	器示值	TYPE A (%)	警報 動作	校正因子	擴充不確定度($\pm\%$)
^{137}Cs	35 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	40.5 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	2.23	是	0.91	5.5
	141 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	146 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	1.37	是		



圖 5、劑量校準器外觀

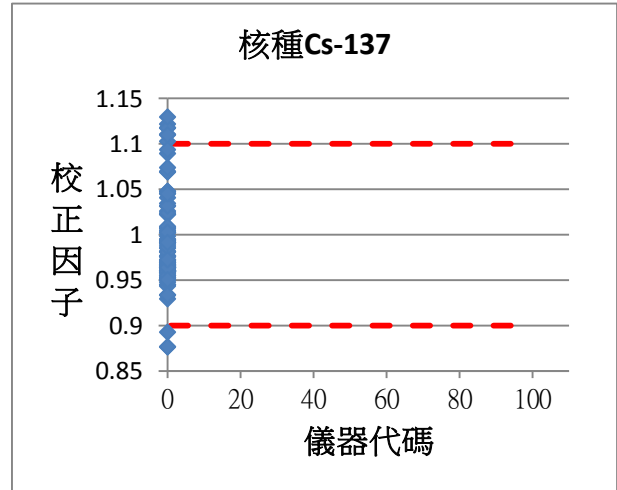


圖 8、劑量校準器的核種 ^{137}Cs 的準確度遊校結果

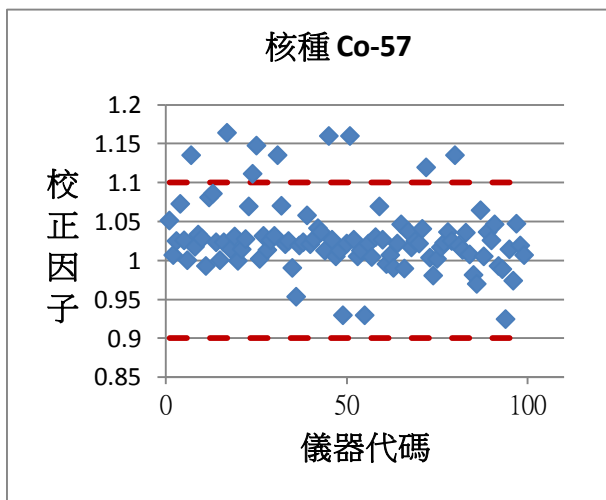


圖 6、劑量校準器的核種 ^{57}Co 的準確度遊校結果



圖 9、內藏型(左)及外露型偵檢器(右)之區域監測器

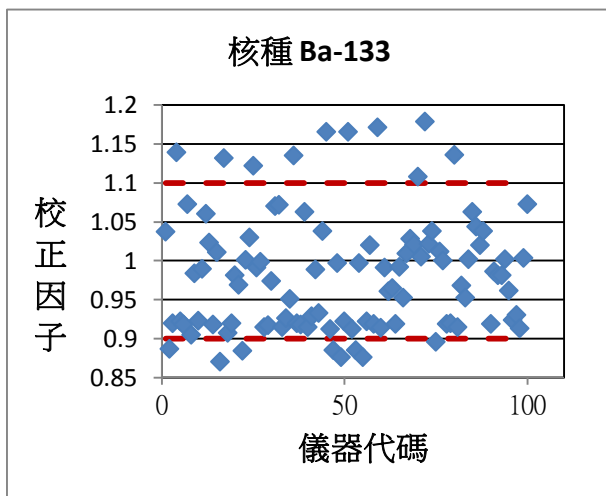


圖 7、劑量校準器的核種 ^{133}Ba 的準確度遊校結果

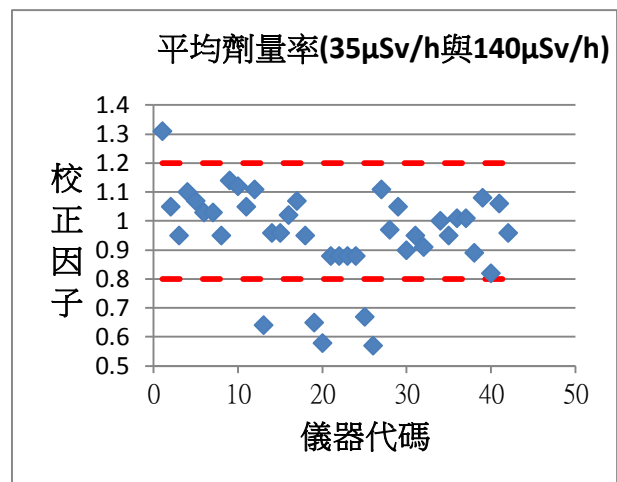


圖 10、區域監測器的準確度的年度遊校結果

表 5、門框監測器的遊校報告

項次	校正部位	校正源	參考值 (Bq)	儀器讀值 (cps)	背景值 (cps)	儀器效率 (%)
1	CHANNEL 1	¹³⁷ Cs	320140	18634	1537	5.3
2	CHANNEL 2	¹³⁷ Cs	320140	18706	1618	5.3
3	中心點	¹³⁷ Cs	320140	3423	1578	0.6

馬照射器提供核種 ¹³⁷Cs 的校正因子，當作區域監測器的準確度修正使用，在校正實驗室是校正區域監測器的滿刻度劑量率的 20 % 及 80 % 劑量率，但是遊校受限於攜帶式加馬照射器的強度與空間距離，僅提供區域監測器的低劑量率範圍的平均的修正因子，如表 4，統計區域監測器的年度遊校結果，如圖 10，其儀器的準確度超出規範要求的比率為 14 %。

門框輻射監測器 (radiation detection portal monitor)

在核子醫學部門及迴旋加速器的場所進出口，設置有高 2 米的門框監測器，如圖 11，用於監測作業人員或接受放射診療病患進出輻射



圖 11、門框監測器的外觀

管制區域時的放射性污染，依據美國國家標準協會 ANSI N42.35 規範〔7〕，遊校提供加馬核種 ¹³⁷Cs 測試門框監測器 1 米高位置處，左右相對二邊個別偵檢器表面的反應 (Detector response)，以及門框中間位置的偵檢器反應(每秒的淨計數率 cps/參考點射源活度 Bq)如表 5，當作判斷門框監測器的靈敏度正常與否的參考，而門框監測器內無屏蔽裝置的偵檢器的加馬背景輻射劑量率應 < 0.2μSv/h，以降低儀器可偵檢低限值(MDA)。而門框監測器的加馬核種 ¹³⁷Cs 的年度遊校結果，其左右相對二邊個別表面的偵檢器靈敏度反應範圍約為 6 %，門框的中間位置的偵檢器靈敏度反應範圍約為 3 %。大部份醫院較少使用門框監測器的頭部與足部偵檢器。

手足污染監測器 (Hand & Foot contamination monitor)

在核子醫學部門及放射醫學部門的場所進出口，設置有手足污染監測器，其中手部及足部的偵檢有效面積為 10 cm×15 cm 及 10 cm×30 cm，如圖 12，主要監測作業人員從事放射性工作後的雙手及雙足，在進出輻射管制區域時的放射性污染，依據國際標準電工協會 IEC-1098〔8〕規範，遊校提供阿伐(核種 ²⁴¹Am)或貝它(核種 ³⁶Cl)的 10 cm×15 cm 參考面射源，放置手及足左右二邊個別的偵檢器表面，量測阿伐效率或貝它效率(每秒的計數率 cps/標準射源活

表 6、手足污染監測器的遊校報告

校正部位	校正源	參考值	儀器讀值	背景值	儀器效率
		(β/s)	(cps)	(cps)	(%)
左手 外	³⁶ Cl	550.7	145	10	24.5
左手 內	³⁶ Cl	550.7	137	7	23.6
右手 內	³⁶ Cl	550.7	146	12	24.3
右手 外	³⁶ Cl	550.7	137	8	23.4
左腳	³⁶ Cl	550.7	68	25	7.8
右腳	³⁶ Cl	550.7	69	27	7.6



圖 12、手足污染監測器的外觀

度 Bq)，如表 6，而手足污染監測器的貝它核種 ³⁶Cl 效率的年度遊校結果，其表面效率的變化範圍約為 10%~40%。

空浮監測器

(air particles monitor)

在核子醫學部門正子造影中心的製藥室的抽氣排放通道設施，設置有空浮監測器及抽氣機，如圖 13 的左圖，連續監測空氣中的放射性空浮微粒的單位體積比活度(Bq/cm³)或抽氣濾紙的比活度(Bq/cm²)，遊校提供阿伐(核種 ²⁴¹Am)或貝它(核種 ⁹⁰Sr)的直徑 5 cm 標準面射

源，放置偵檢器的樣品盤內量測表面阿伐效率或貝它效率(全頻道總每秒的計數率 cps/標準射源活度 Bq/cm²，比例型偵檢器)，如表 7，而空浮監測器的貝它效率的年度遊校結果，其表面效率的變化範圍約為 20%~30%。另外，配合使用靈敏度高及可鑑別能量的碘化鈉偵檢器如圖 13 右，核種靈敏度(如 ¹⁸F 為 350 cpm/Bq/cm²、¹³¹I 為 320 cpm/Bq/cm²)，遊校提供能量 662keV 的核種 ¹³⁷Cs 標準射源量測空間的加馬效率(全頻道總計數率 cps/標準射源活度 Bq)，主要監測能量相近(511keV)的核醫藥同位素如 ¹⁸F、¹¹C、¹³N 及 ¹⁵O 等的空浮洩漏量。

表面污染偵檢器

(portable surface contamination monitor)

輕便型表面污染偵檢器(偵檢阿伐或貝它活度為閃爍體、偵檢貝它及加馬活度為蓋革型)，偵檢窗有效規格約有圓形直徑 5 cm、正方形 10 cm×10 cm 及長方形 10 cm×15 cm 等各種面積型式，如圖 14，污染偵檢器的特性與規格需符合國際電工協會 IEC 325〔9〕的規範。相對使用上述偵檢窗尺寸的阿伐參考面射源核種 ²⁴¹Am 或貝它參考面射源核種 ⁹⁰Sr，需符合國際標準組織 ISO 8769 的規範，而校正表面污染偵



圖 13、空浮污染監測器之比例型(左)及碘化鈉(右)偵檢器

表 7、空浮污染監測器的遊校報告

校 正 刻 度 :	0~100K	cpm
校 正 源 :	^{90}Sr (Beta)	
參 考 值 :	76260	dpm
器 示 值 :	40000	cpm
背 景 值 :	30	cpm
儀 器 效 率 :	52.4	%



圖 14、輕便型表面污染偵檢器外觀

表 8、表面污染偵檢器的遊校報告

(1) 校正用標準射源	
校正源： $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (貝他)	校正源： ^{241}Am (阿伐)
射源面積： 10 cm^2	射源面積： 5.3 cm^2
表面發射率(S)： $128.4\ \beta/s\text{ cm}^2$	表面發射率(S)： $26.6\ \alpha/s\text{ cm}^2$
射源效率(ϵ_s): 0.5	射源效率(ϵ_s): 0.25
(2) 受校儀器讀數	
校正刻度：0~999 cps	校正刻度：0~99 cps
偵檢窗面積(W) 10.2 cm^2	偵檢窗面積(W) 5.3 cm^2
器示值(n)： 373.95 cps	器示值(n)： 79.86 cps
背景值(n_B): 0.19 cps	背景值(n_B): 0 cps
儀器效率(ϵ_j): 28.5 %	儀器效率(ϵ_j): 56.6 %
儀器反應(E)： 14.3%	儀器反應(E)： 14.2%

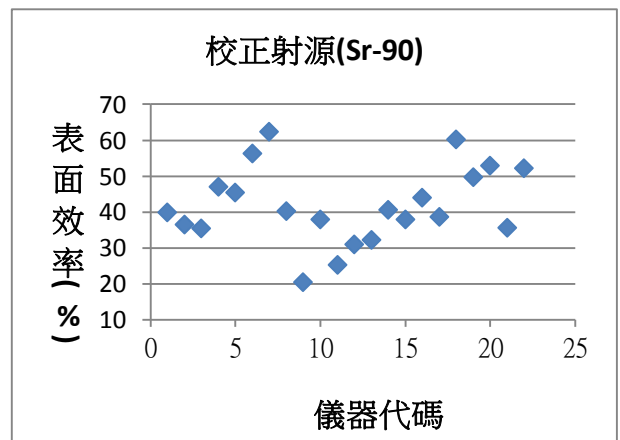


圖 15、表面污染偵檢器的效率的年度遊校結果

檢器時，需符合美國國家標準局 ANSI N323A [10] 的建議方法，其距偵檢窗 $<1\text{ cm}$ 的表面效率計算公式如下。而表面污染偵檢器的各類有效偵檢窗的表面效率〔淨計數率(cps)/參考射源表面發射率($\text{s}^{-1}\text{ cm}^{-2}$)〕的年度遊校結果，如圖 15，表面效率的變化範圍約為 20%~60%，效率的大小隨偵檢窗面積的大小成正比關係。

儀器效率 $E = n / S \times W$

n = 計數率 ($n = m - mB$),

m = 活度偵檢器計數率 (s^{-1}),

mB = 活度偵檢器背景值 (s^{-1}),

S = 參考射源表面發射率 ($\text{s}^{-1}\text{ cm}^{-2}$),

W = 偵檢窗面積 (cm^2)

透過上述國內醫療院所核醫部門輻射監測儀器現場遊校監測作業的執行成果，我們可以得到下列 4 點結論：

1. 依據 TAF 之「游離輻射校正」認可項目與「遊校的技術規範」的相關要求，建立輻射監測儀器之遊校技術及方法。
2. 提供國內核設施機構使用之大型或固定型的輻射監測儀器的現場校正便民服務，強化輻射作業場所的輻射防護，節省醫院的送取件時間與成本。
3. 定期遊校可提高輻射監測儀器之品質與可靠度，當遊校結果的儀器修正因子差異大超過規範建議的要求時，本校正室的校正報告的說明欄會建議使用機構送修後再遊校。
4. 輕便型表面污染偵檢器、手足污染監測器、空浮污染監測器及門框輻射監測器，國際間的規範並無儀器反應與效率高低的要求，但是建議需符合輻射監測器製造廠自行提供的靈敏度，因此定期遊校的本次與前次的結果，差異應符合使用機構的品管要求在合理範圍內。

參考文獻

1. 校正領域遊校技術規範，TAF-CNLA-T03(1)，全國認證基金會。2004
2. 輻射醫療曝露品質保證標準，行政院原子能委員會。2004
3. 葉俊賢。攜帶式加馬照射器之性能評估，INER-5166。2008.
4. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement，ISO，1995.
5. Reference Sources for the Calibration of Surface Contamination monitors-Beta-emitters (Maximum Beat Energy Greater than 0.15 MeV) and Alpha-emitters，ISO 8769-1，1988.
6. American National Standard Calibration and Usage of Dose Calibrator Ionization Chambers for the Assay of Radionuclides，ANSI 42-13，1986
7. Evaluation and Performance of Radiation Detection Portal Monitors for Use in Homeland Security，ANSI N42.35，2004
8. Installed personnel surface contamination monitoring assemblies for alpha and beta emitters，IEC-1098，2003
9. Alpha, beta and alpha-beta contamination meters and monitors，IEC 325，1981
10. Evaluation of Surface Contamination-Part 1：Beta-emitters (Maximum Beat Energy Greater than 0.15 MeV) and Alpha-emitters，ISO 7503-1，1988.