



財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 131 期

發行人
鄧希平

主編
張似璩

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@ms9.hinet.net 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

日本福島縣訪視

此次參訪由日方農林水產省安排，前往福島縣、群馬縣、千葉縣與埼玉縣進行實地訪查。

協會訓練班公告

第 6 頁

公告本會民國 104 年度各項訓練班開課時間。

新聞廣場

第 8 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 11 頁

推廣慈悲造影運動到牙科醫學

造影術在改善牙齒健康上扮演著重要的角色。然而小朋友通常比成人更容易受到輻射的影響，因此進行兒童造影檢查時，醫事人員應該降低其輻射劑量，並且避免未經授權的檢查。

好書介紹

第 13 頁

在醫學上的輻射防護

ICRP 第 105 號報告「在醫學上的輻射防護」，以接受醫療照射的病人為中心，考量其整體福祉，建議在醫療照射時，為達到對病人輻射防護的最適化，醫師所應注意的事項。

專題報導

第 15 頁

氫氣的輻射防護介紹

氫氣為天然存在之放射性氣體，可由土壤中釋出或是經由地下水帶出進入並累積於室內環境。當吸入人體肺部內，便會造成較高的輻射劑量。



輻射防護簡訊改版 致讀者

董事長 張仲銘

時序已進入 2015 年，今年是輻射防護協會成立 25 週年。當年設立輻協此一財團法人之宗旨，乃是協助政府及民間提升輻射防護專業知識及技術。「輻射防護簡訊」雙月刊即本此一宗旨而創刊，至今已出版 130 期。

不可諱言，此一出刊多年之簡訊，近年來常發生稿件缺乏之窘境；另外在簡訊之版式設計上也待調整，使讀者在閱讀時能以較舒適、更方便的方式，獲取到實用的輻射防護知識。然而，由於協會同仁均有繁重之日常業務，對簡訊之改版一直未能展開。

近月來，與協會的新任常務董事張似璫教授溝通，正好她有意願建立國內輻射防護之資訊平台，也欣然接受這項為「輻防簡訊」改版擔任主編之邀稿、撰稿工作，他也找到對網路熟練的張仲銘先生協助，規劃許多細緻而繁瑣之編務。

讀者們可以期待，日後從「輻防簡訊」電子報可讀到輻射防護方面深入淺出的解釋性文章，兼顧知識與趣味性的報導，我們也以此自許。

值此「輻射防護簡訊」改版發行前夕，僅綴數語，表明其旨趣。敬請讀者諸君不吝時賜教益，以光篇幅。

歡迎賜稿，稿件請寄：

300 新竹市光復路二段 295 號
15 樓之 1 或 電傳 (03)572252
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。

日本福島縣訪視



當我看著盤中的餐食，這時浮現腦海的不單純是福島縣產食材的放射性污染程度，更強烈的感受到眼前餐廳這群工作人員面對生活困境的勇氣與努力。

去年(103) 11月初在鄧董事長同意下前往日本 311 福島事故附近地區，針對農產與水產品的生產以及上述產品的放射性污染管制與監測現況進行訪視。

此次參訪由日方農林水產省安排，前往福島縣、群馬縣、千葉縣與埼玉縣進行實地訪查。群馬縣、千葉縣與埼玉縣都緊鄰福島縣，其中福島縣與群馬縣是日本農產品生產重鎮，產出大量的蔬果稻米，埼玉縣則是靜岡縣以外日本第二大茶區，而千葉縣則有海洋生物環境研究所，核事故發生後持續進行福島附近海域中水產品的放射性監測。

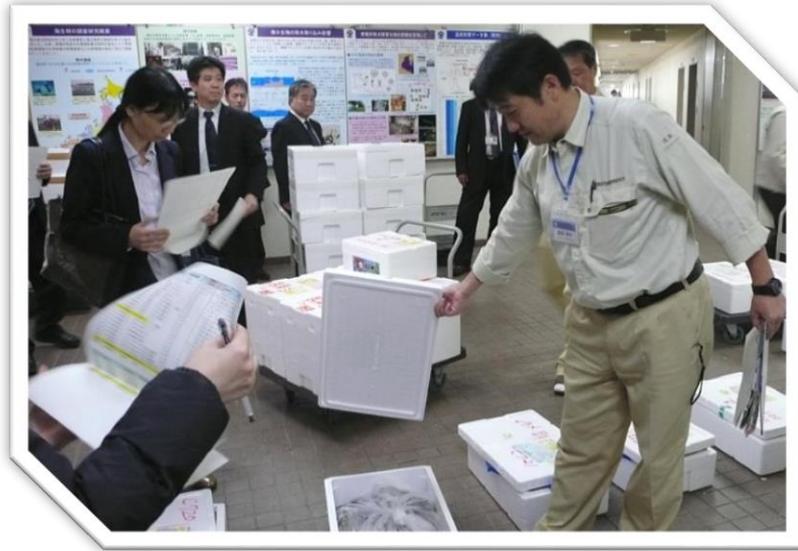
就農產品與水產品的放射性污染限制，日本的一般食品放射性污染限值如表一所示，表中所列管制對象核種僅為鈾-137，

表一 食品所含放射性污染限值(Bq·kg⁻¹)

國家(機構)	日本	歐盟	美國	CODEX	台灣
限制值	100	1000	1200	1000	370

作者

劉代欽
輻射防護協會訓練組組長



日本假設其他外釋的放射性核種所造成民眾因飲食所致曝露的劑量總和不會超過銫-137所造成劑量的 20%。從銫-137 的限值來和其他國際機構比較，日本的管制限值相當嚴格。

針對農、水產品所採行的監測管理措施，日本做法是先由中央與地方政府共同訂定出架構與原則，再由中央與地方政府以及民間單位的共同參與進行監測管制。核種監測的方式視監測設備而有不同做法，而監測頻率應為多少則視狀況調整。例如福島縣所生產的稻米每一包都進行污染監測，蘋果則採取抽驗的方式，而周邊區域採行監測的頻度則比福島縣低。以福島縣稻米的監測為例，設定判定基準

值($72 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)，若稻米監測值低於判定基準值視為合格，從現場看到監測結果，幾乎都是低於最低可測值($12 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$)。

水產品採用禁止捕撈與監測管理的做法，禁止捕撈區域目前是福島核電廠 20 公里範圍海域內，其他區域則採行重點品項監測(例如前一次監測發現有超過 $50 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的水產品)，或是其他屬性比較需要留意的，例如淺層魚種。至於洄游性魚種(例如秋刀魚與鮭魚)則未監測到有超過 $100 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上的樣品，洄游性魚種在 2013 年後的監測結果，更是都是低於最低可測值(MDA)。日本對水產品的監測也有部份水產監測銳-90 與銻-238、銻-239，顯示所



監測到數值都非常低。總的來說，日本可捕撈海域的水產品，銫-137 的濃度值是明顯降低的。

另外有關環境中放射性污染情況，也就是各區域地表放射性落塵含量的高低，受到地形地貌以及放射性物質大量外釋時的風向為最大影響因素。日本採行的土壤除污研究，值得我們參考。有關土壤除污的做法，日方嘗試用植物吸取土壤中的放射性銫，其所選用的主要植物是向日葵、蕎麥、牧草(我國屬高粱類)以及莧菜(日本某種採集種子食用的植物)，我國也可嘗試研究適合我國土壤除污的植物種類。

此次訪視有一令人特別印象深刻的地點，那就是在某一福島遷移居民安置處進行午餐，餐廳的工作人員均是福島海嘯事故的存活着，所用的食材也都是福島縣當地的農產品。當我看著盤中的餐食時，這時浮現腦海的不單純是福島縣產的食材放射性污染程度，更強烈的感受到眼前餐廳這群工作人員面對生活困境的勇氣與努力，此時我多添了一碗飯，並將盤中餐食全部吃完…我想，這是我對此行日本核災事故後所生產合於規範限值的農水產品其食用安全性的看法。



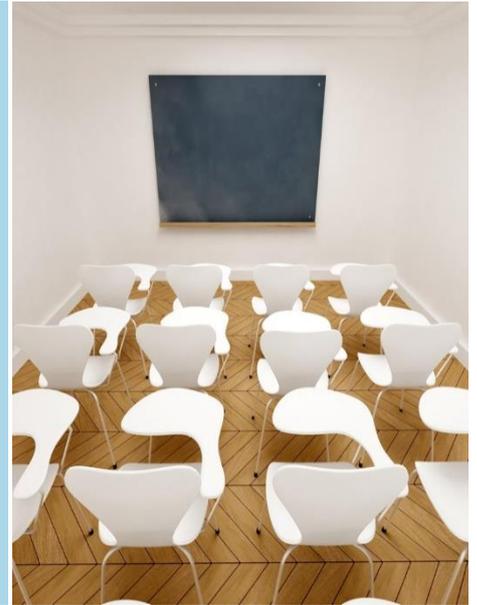
輻射防護協會訓練課程介紹

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：

- A. 證照取得訓練
 - 1. 操作人員
 - 2. 輻防人員
 - 3. 鋼鐵建材輻射偵檢人員
- B. 委辦訓練
- C. 換照積分
- D. 三小時年度訓練

有興趣的朋友請蒞臨[本會網站進一步了解](#)或[線上報名](#)。最新課程表請參閱本期簡訊第 6 頁。

104 年度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	A1	2 月 03 日 ~ 10 日	高雄	輻射偵測中心
	A2	3 月 03 日 ~ 10 日	新竹	帝國經貿大樓
	A3	8 月 11 日 ~ 18 日	高雄	輻射偵測中心
	A4	8 月 25 日 ~ 9 月 1 日	新竹	帝國經貿大樓
B 組	B1	1 月 21 日 ~ 23 日	台中	文化大學推廣部
	B2	1 月 28 日 ~ 30 日	高雄	輻射偵測中心
	B3	2 月 11 日 ~ 13 日	台北	建國大樓
	B4	3 月 11 日 ~ 13 日	新竹	帝國經貿大樓
	B5	3 月 25 日 ~ 27 日	高雄	輻射偵測中心
	B6	4 月 08 日 ~ 10 日	台中	文化大學推廣部
	B7	4 月 15 日 ~ 17 日	台北	建國大樓
	B8	5 月 06 日 ~ 08 日	新竹	帝國經貿大樓
	B9	5 月 20 日 ~ 22 日	高雄	輻射偵測中心
	B10	6 月 03 日 ~ 05 日	台北	建國大樓
	B11	6 月 10 日 ~ 12 日	台中	文化大學推廣部
	B12	7 月 01 日 ~ 03 日	新竹	帝國經貿大樓
	B13	7 月 29 日 ~ 31 日	高雄	輻射偵測中心
	B14	8 月 05 日 ~ 07 日	台北	建國大樓
	B15	8 月 19 日 ~ 21 日	台中	文化大學推廣部
	B16	9 月 09 日 ~ 11 日	新竹	帝國經貿大樓
	B17	9 月 16 日 ~ 18 日	高雄	輻射偵測中心

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 26 期	第三階段	1 月 05 日～ 09 日
	第四階段	1 月 12 日～ 15 日
進階 18 期	進階 18-1	1 月 27 日～ 29 日
	進階 18-2	1 月 30 日～ 2 月 3 日
員 27 期	第一階段	7 月 06 日～ 10 日
	第二階段	7 月 13 日～ 17 日
	第三階段	7 月 27 日～ 31 日
	第四階段	8 月 03 日～ 06 日
進階 19 期	進階 19-1	8 月 11 日～ 13 日
	進階 19-2	8 月 14 日～ 18 日

輻射防護繼續教育訓練班*

三小時	3 月 19 日	新竹
	3 月 31 日	台北
	4 月 30 日	台中
	5 月 12 日	高雄
六小時	5 月 05 日	台北
	5 月 28 日	高雄
	6 月 17 日	新竹

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班*

鋼	4 月 28 日～ 29 日	新竹 帝國經貿大樓
鋼	5 月 13 日～ 14 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) 5722521

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



最新證照考試日期與榜單

行政院原子能委員會 104 年度第一次輻射防護專業測驗

報名日期：民國 104 年 2 月 2 日起至 3 月 16 日截止。
測驗日期：民國 104 年 4 月 25 日（星期六）上午 9 時 30 分起。
測驗地點：台北 考試院國家考場、高雄 三民家商
[考試資訊專區網址](#)。 [測驗簡章下載網址](#)

行政院原子能委員會 104 年度第一次操作人員輻射安全證書測驗

報名日期：民國 104 年 2 月 2 日起至 3 月 16 日截止。
測驗日期：民國 104 年 4 月 25 日（星期六）下午 1 時 30 分起。
測驗地點：台北 考試院國家考場、高雄 三民家商
[考試資訊專區網址](#)。 [測驗簡章下載網址](#)

103 年第 2 次輻射防護專業測驗及輻射安全證書測驗及格人員名單

恭喜各位上榜的學員。 [及格人員名單下載網址](#)。

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

行政院原子能委員會 104 年元月一日公佈的最新名單。 [下載網址](#)。

合格輻射防護偵測業務業者名單

行政院原子能委員會 104 年元月一日公佈的最新名單。 [下載網址](#)。

「有遭受放射性污染之虞」的建築物清冊

[原能會相關訊息網址](#)。

103 年全年輻安預警自動監測日平均劑量率變動圖

103 年全年輻安預警自動監測日平均劑量率，均在背景變動範圍（ $0.2 \mu\text{Sv/hr}$ ）內。
[相關網址](#)。 [下載圖表](#)

輻射偵測中心 103 年 12 月份網購食品放射性分析結果

103 年 12 月份網購食品放射性分析結果，均符合行政院原子能委員會公布之「商品輻射限量標準」規定，無輻射污染之虞。

[相關網址](#)。 [下載檔案](#)

日本福島稻米全數通過輻射檢測

2014 年福島縣收割的稻米經檢驗，均低於每公斤 100 貝克的安全標準，已全數通過輻射檢測。

[朝日新聞](#)。 [蘋果日報](#)。 [自由時報](#)

風傳媒刊載「乾貯系統破損 比核爐心熔毀危險」及「核電廠乾貯筒被爆鋼材易裂 輻射外洩拉警報」兩則報導之澄清說明

103 年 11 月 18 日 風傳媒刊載「乾貯系統破損 比核爐心熔毀危險」及「核電廠乾貯筒被爆鋼材易裂 輻射外洩拉警報」兩則報導，[原能會澄清說明](#)網址。

針對台北車站測出人工輻射核種原能會澄清說明

104 年 1 月 19 日媒體報導國內多個車站疑存在多種人工核種，係為核電廠燒低階核廢料外釋，絕非事實，[原能會澄清說明](#)網址。

有興趣進一步瞭解環境輻射偵測方式與工具的朋友，可參考影片：[3 分鐘了解環境輻射偵測](#)

海外信息

以下新聞摘譯自美國保健物理學會最新消息。

美國保健物理學會 60 週年年會徵求論文

美國保健物理學會 60 週年年會將於 2015 年 7 月 12 至 16 日於印第安那州的印第安納波利斯市舉行。論文徵求與遞交摘要的訊息如[本網頁](#)所述。

該網頁中遞交摘要資訊的 PDF 格式版本可[於此下載](#)。摘要遞交截止日期為 2015 年 2 月 7 日。

有任何問題請送到程序委員會工作組主席 Mike Mahathy 的信箱：HPSProgram@burkinc.com

福島事故書籍免費下載

「福島第一核電廠事故的反思：從社會學素養與工程韌性觀點 (Reflections on the Fukushima Daiichi Nuclear Accident: Toward Social-Scientific Literacy and Engineering Resilience)」電子版已由 Springer Link 出版。

本書是由加州大學柏克萊分校與東京大學的社會學家和工程師共同撰寫。書中大部分的內容是於 2011 年三月福島第一核電廠事故以及於 2011 年八月在 UCB 的暑期學校之後所製作的。

本書內容的 PDF 格式檔（約 13 MB）免費提供在 [Springer Link 網站](#)。稍後則有印刷紙本可購買。

地球上輻射最強的地方

你是否為「香蕉劑量」觀念的信徒？一部由 Veritasium 攝影師所張貼長度為 11 分鐘的 YouTube 影片，以香蕉和旅行的觀點來討論輻射曝露。

Veritasium 是一個科學影片的部落格，其特色為任何和科學有關的實驗、專家訪談、展演以及公

眾討論。影片中攝影師造訪了地球上「輻射最強的地方」，包括廣島、車諾比、福島，因為這些地標代表了核災後的世界。他同時也造訪了核電廠、研究用的反應器、居禮夫人的研究室、愛因斯坦的公寓、醫院的核醫藥物區域、鈾礦場，甚至是三一核彈試爆場（Trinity Bomb Site）。

由於這部紀錄片將於 2015 年下半年才會在電視上播出，所以您可能會有更好的建議想要告訴攝影師。畢竟從主編的觀點來看，這是一部可供公眾評論的好影片。

[一起來看看吧！（中文字幕版）](#)

核設施周邊居民的癌症風險分析：第二階段 試驗性規劃

美國國家學術出版社（National Academies Press，NAP）出版了「核設施周邊居民的癌症風險分析：第二階段 試驗性規劃（Analysis of Cancer Risks in Population Near Nuclear Facilities: Phase 2 Pilot Planning）」，可供[免費下載](#)或購買紙本。

核設施周邊居民的癌症風險分析是在美國核子管制委員會（United States Nuclear Regulatory Commission）要求下進行的試驗性研究，用以評估美國國內核子設施附近的致癌風險。

最近的考試報名與舉辦日期

1. 行政院原子能委員會 104 年度第一次輻射防護專業測驗
 - 報名：2 月 2 日起至 3 月 16 日
 - 測驗：4 月 25 日（星期六）上午
2. 行政院原子能委員會 104 年度第一次操作人員輻射安全證書測驗
 - 報名：2 月 2 日起至 3 月 16 日
 - 測驗：4 月 25 日（星期六）下午

請把握時效參加。

輻防協會預祝大家考試順利、金榜題名！

推廣慈悲造影運動到牙科醫學

強烈建議牙科專業人士使用兒童規格的輻射劑量



造影術在改善牙齒健康上扮演著重要的角色。然而小朋友通常比成人更容易受到輻射的影響，因此進行兒童造影檢查時，醫事人員應該降低其輻射劑量，並且避免未經授權的檢查。

慈悲造影運動 (<http://www.imagegently.org>) (兒科造影輻射安全聯盟) 已開發出幫助牙科專業人士的線上科學教育教材，期能促進兒童造影檢查輻射劑量的最佳化；同時，也製作了可供父母下載的教材，幫助他們面對牙醫師建議小孩要做 X 光掃描時，能提出更有深度的問題。

查爾斯 H. 諾曼三世 (牙醫學博士，美國牙醫協會 (American Dental Association, ADA) 會長) 說：「檢查牙齒時，牙醫師常會使用 X 光來協助診斷眼睛看不到的疾病或傷口。對小朋友而言，可能需要 X 光的輔助來診斷蛀牙、或是在進行齒列矯正時用以評估生長發育的狀況。對於小孩照 X 光這件事，牙醫師和父母之間更具意義的對話是很重要的。我很欣慰 ADA 是慈悲造影聯盟的一份子，其目的和 ALARA (as low as reasonably achievable, 合理抑低) 原則一致，也是 ADA 長期倡議的目標。」

出處

2014 年 9 月 24 日

美國保健物理學會 時事新聞

Health Physics Society Current News

造影術在改善牙齒健康上扮演著重要的角色。然而，小朋友通常比成人更容易受到輻射的影響。因此，進行兒童造影檢查時，醫事人員應該降低其輻射劑量，並且避免未經授權的檢查。一旦考慮採取牙科造影時，我們強烈要求牙科業者須注意以下事項：

- 使用 X 光並非例行程序，需視個案選擇。根據審視病人及其牙醫就診紀錄，當診斷與治療上有需要時才使用 X 光。
- 使用現有最快的影像接受器。使用 X 光底片時，選擇速度 E 或 F。使用診斷用數位 X 光機時，將曝光參數盡可能調低。
- 只有在必要時才使用圓錐形光束電腦斷層掃描（cone-beam computed tomography, CBCT）。對於兒童，CBCT 應被限制使用，除非遇到在診斷與治療計畫上有必要的個案。
- 將光束準直在需要的區域內。對於口腔內 X 光，應將光束準直成矩形以符合偵檢器的記錄區域。對於口腔外 X 光，包括 CBCT，限制光束僅照射在診斷所需的區域。
- 一律使用甲狀腺屏蔽。孩童的甲狀腺特別容易受到輻射的影響。放置屏蔽在適當的位置能大幅降低甲狀腺的劑量。
- 採用兒童規格的照射時間。因為兒童的口腔結構比成人小，故僅需較短的照射時間。

我們強烈建議醫事人員造訪慈悲造影網站（<http://www.imagegently.org>），並且能以竭力讓兒童造影劑量達到「兒童規格」為職志。



您可以造訪以下網頁簽署
宣示書：

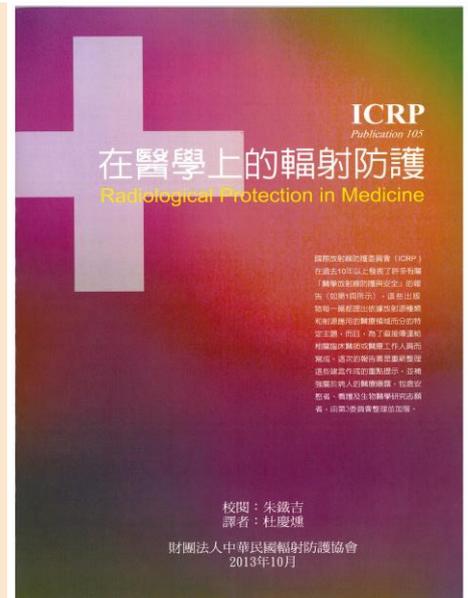
<https://radsociety.wufoo.com/forms/image-gently-pledge/>

ICRP

Publication 105

在醫學上的輻射防護

Radiological Protection in Medicine



ICRP 第 105 號報告「在醫學上的輻射防護」，以接受醫療照射的病人為中心，考量其整體福祉，建議在醫療照射時，為達到對病人輻射防護的最適化，醫師所應注意的事項。

內容簡介

國際放射防護委員會（ICRP）在過去 10 年間發表了許多關於醫學上的浮上防護與安全的報告，這些出版物依據輻射源種類和射源應用的醫療領域而區分為不同的主題，而且以直接傳達給臨床執業醫師或醫療從業人員為目的書寫而成。這份報告把這些建言重新整理作成重點提示，並且補強國際放射防護委員會 2007 年建議中，有關病人、安慰者和看護、生物醫學研究志願者的醫療曝露內容。

劑量限度（dose limits）或劑量約束值（dose constraints）不適用於病人的醫療曝露，因為這些劑量限制的應用帶來的傷害通常可能遠多於利益。因此，醫學診療程序的正當化與防護的最適化是很重要。在診斷和IVR介入放射診療程序上，程序的正當化（對每一個目的，每一位病人）以及和醫療工作內容相稱的劑量管理，是為避免不需要或無效的放射線曝露的適當方法。使病人劑量容易管理的攝影設備特性，以及從各個國家、區域，或地方上適當的病人劑量取得的診斷參考水準（diagnostic reference levels），可能是管理病人劑量最有效的方法。在放射線治療上，避免發生意外事故是最重要的議題。安慰者和看護，生物醫學研究志願者則適用劑量約束值。

譯者：杜慶燾

校閱：朱鐵吉

財團法人中華民國輻射防護協會

2013 年 10 月出版

大致說來，人們接受到的人工游離輻射，絕大部分是來自放射性診斷和介入放射學 (interventional radiology)。在放射性診斷中，輻射被應用來產生體內器官與組織的影像，提供充分資訊使醫師能正確診斷。在介入放射學的程序中，醫師利用即時 (real time) 影像的協助，採用最小侵入性技術，為病人診斷和治療。

當病人在醫師的建議下，自願接受游離輻射醫療照射，他本人同時是直接的健康利益與輻射傷害承受者。因此，醫療照射的首要目標，應確保對病人利大於弊，醫師應找到使輻射照射量減至最小，同時不損失來自成果影像的重要資訊方法。使病人免受不必要的額外輻射照射，而獲得到有效的診治。

ICRP 第 105 號報告以接受醫療照射的病人為中心，考量其整體福祉，建議在醫療照射時，為達到對病人輻射防護的最適化，醫師所應注意的事項。

多年來杜慶燾博士為國內醫療的輻射防護的園地辛勤耕耘，將 ICRP 的相關報告翻譯成中文，使國內從事放射性醫療之專業人員，得以較方便的了解這些重要資訊。輻射防護協會非常幸運，杜慶燾博士一直願意將其用心譯成之 ICRP 報告，交由輻防協會出版。本篇報告的完成，使雙方合作又邁前一步。僅向杜博士致敬並致謝。

目 錄

1	背 景
2	在醫學上游離輻射的使用
3	放射線防護的生物學根據摘要
4	劑量評估量
5	在 2007 年建議中放射線防護的架構
6	在醫學上病人放射線防護的獨特性
7	「實踐」一詞之探討
8	放射線診療行為的正當化
9	在醫療曝露上病人防護的最適化
10	診斷參考水準
11	個人的劑量限度
12	放射線治療意外事故的防止
13	有關放射性物質的意外事故或事件的處理
14	教育訓練
15	設施的準備
16	對病人以外群體防護的實際方法
附錄	在醫學上放射線防護的各領域評估

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

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。

氡氣的輻射防護介紹

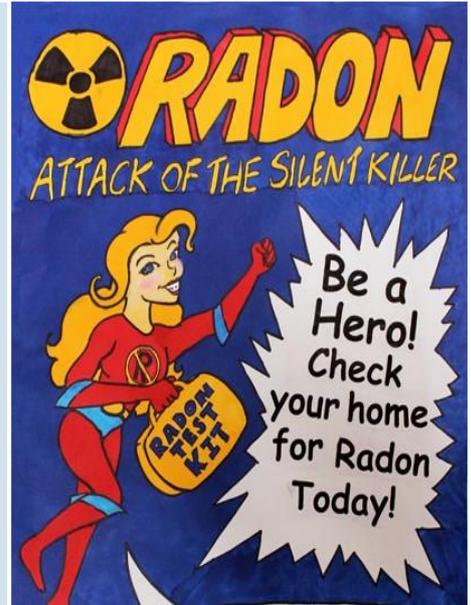
氡氣為天然存在之放射性氣體，可由土壤中釋出或是經由地下水帶出進入並累積於室內環境。當吸入人體肺部內，便會造成較高的輻射劑量。

前言

氡氣為天然存在之放射性氣體，其來源是鐳經阿伐蛻變所產生。由於在土壤及岩石中均存在有微量放射性鐳，因此氡氣可由土壤中釋出或是經由地下水帶出進入並累積於室內環境。而 Rn-222 與子核 Po-218, Po-214 會在蛻變時釋出阿伐粒子，阿伐粒子的輻射加權因子（過去稱為射質因素 Q）為加馬輻射的 20 倍。因此當吸入人體肺部內，便會造成較高的輻射劑量。

由於氡氣屬於天然背景輻射，有別於人造輻射的防護，因此在 1977 年出版的 ICRP26 號報告中並未提及，1990 年出版的 ICRP60 號報告則引入劑量約束的觀念，對於一般民眾接受天然背景輻射的防護有了「干預」的依據，因此對室內氡活度的防護是以行動基準(Action Level)取代容許濃度限值。

1984 年十二月美國賓州 Limerick 核電廠有一位建築工人 Stan Watras 在進入核能電廠時，引起門框式輻射污染警報器發出警報，經查證後才發現是他位在 Boyertown 的住家室內氡活



作者

陳清江

義守大學 醫學影像暨放射科學系

度過高(~ 100,000 Bq/m³)，之後經 41 天施工，花費 32,670 美元改善後才低於 150 Bq/m³。此一事件引起全美國的重視，室內氡成為熱門議題，美國國會於 1988 年通過降低室內氡氣法案 (Indoor Radon Reduction Act, IRRA) 授權 8 千萬美元由美國環保署成立室內氡氣辦公室 (Office of indoor radon) 推動氡氣的調查與防護業務，希望找出高氡活度地區(Radon prone area)，後來許多輻射防護專家也相繼投入此一議題的調查研究，許多州政府將氡的防護納入建築法規，賣屋需附氡氣偵測證明。由美國環保署的宣導資料顯示，美國室內氡氣為僅次於吸菸的致肺癌因子，圖 1. 為 2009 年新版的民眾宣導手冊所列的室內氡來源示意圖 (US EPA, A Citizen's Guide To Radon, 2009)，圖 2. 為美國室內氡致死肺癌與其他致命風險的比較。圖 3. 為美國環保署公布的氡地圖，估計有 1/15 住宅室內氡活度超過行動基準 150 Bq/m³。

然而，由於流行病學調查的影響變因很多，因此各國所發布的研究結果誤差頗大，使得關於氡氣的防護標準在各國間有很大的差異。近年來國際組織希望對於氡氣的防護，能夠建立一個共通的標準。因此，在世界衛生組織(WHO)

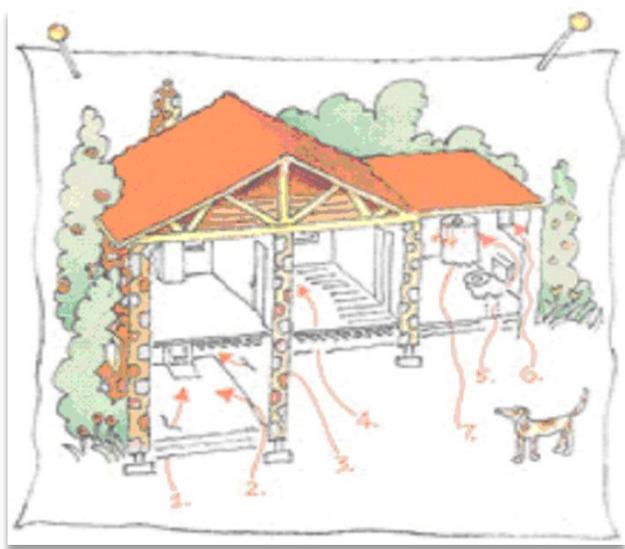


圖 1 美國環保署民眾宣導手冊所列的室內氡來源示意圖

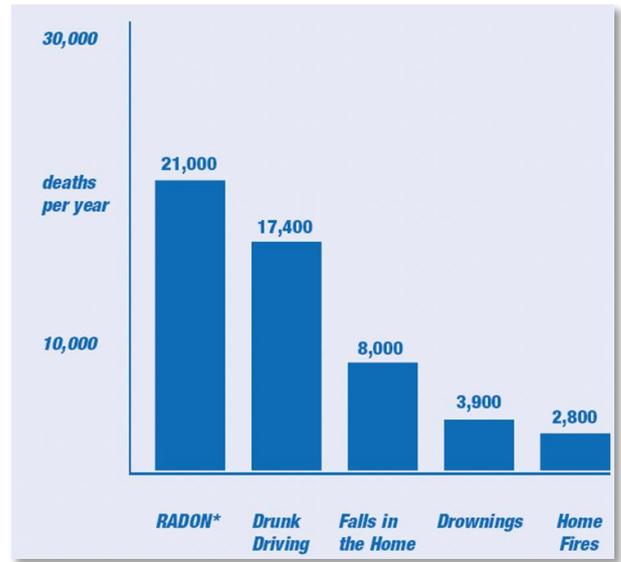


圖 2 美國室內氡致死肺癌與其他致命風險的比較

支持下於 2004~2006 年展開大規模的調查計畫，並於 2005 年成立國際氡氣計畫小組。國際氡氣計畫小組於 2009 年完成研究報告，並於 9 月份公布「世界衛生組織室內氡氣手冊 (WHO Indoor Radon Handbook)」。其中關於參考基準 (Reference Level, 過去國內稱為建議改善濃度) 的建議值應符合合理抑低(ALARA)原則，WHO 建議符合正當性的室內氡氣濃度參考基準是 100 貝克每立方米 (目前國內建議改善濃度為 150 貝克每立方米)。但因各國社會、經濟與生活水準不同，因此可以基於各地區的差異加以調整，WHO 建議最高不宜超過 300 貝克每立方米。

WHO 同時建議各國執行國家型氡氣行動計畫(Radon National Action Plan)，以降低室內氡的致癌風險，因此先進國家都有規劃國家型氡氣行動計畫，結合政府相關部會的人力與經費配合民間力量，長期的努力進行普查並藉由工程技術降低室內氡活度，以保障國民健康。圖 4 為根據聯合國原子輻射效應科學委員會 (UNSCEAR) 2000 年報告所繪的世界氡地圖，大部分國家仍在普查中，白色部分為未普查國家。圖中 1pCi/L= 37Bq/m³。

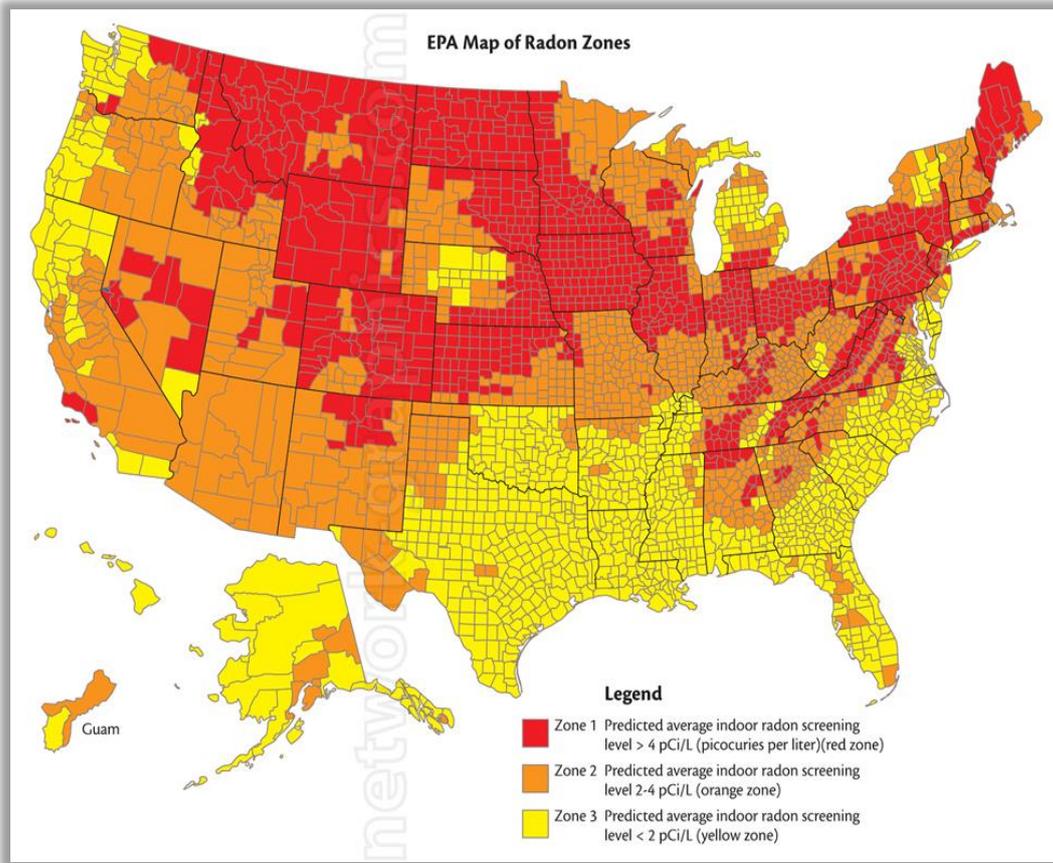


圖 3 美國環保署公布的住宅氡地圖 US EPA Radon Map

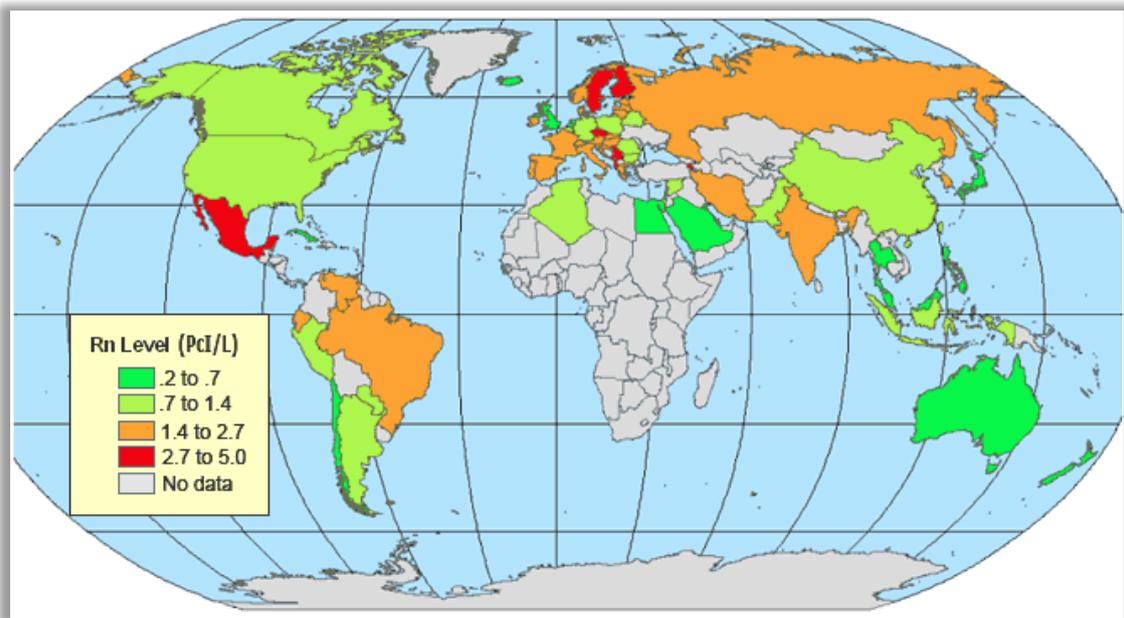


圖 4 根據 UNSCEAR 2000 報告所繪的世界住宅氡地圖

國際的氡防護作為

最近二十年來，氡的輻射防護議題一直是先進國家所關注的問題，歐洲有一個巨大且正在成長中的社群，成員包括科學家、技術人員、公共健康官員以及決策者等。他們感興趣的範圍包括流行病學、輻射劑量學、儀器開發和測量方法、補救和預防措施的建築施工技術，以及管制策略和法規等。歐盟各國對氡氣議題的重視，投入相當大的人力、時間與物力，並經常舉行研討會以交換經驗與技術，把氡的健康風險議題列為重大民生問題處理。為了讓民眾了解住家氡的風險，以鼓勵民眾接受室內氡活度的調查，各國都有透過媒體的宣導活動，美國環保署就把每年一月份訂為國家氡氣行動月(National Radon Action Month)，安排各種宣導活動，圖 5 為今年宣導海報比賽冠軍作品。



圖 5 美國今年國家氡氣行動月宣導海報比賽冠軍作品

歐盟認識到氡議題的重要性以後，2011 年 5 月召開的西班牙會議中建議成立歐洲氡氣協會 European Radon Association (ERA)，ERA 已經在 2013 年 12 月正式成立並在比利時註冊，旨在服務歐洲共同體的利益，並有助於減少氡暴露對歐洲人民的健康負擔。首任主席為奧地利 Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) 的 Wolfgang Ringer 先生，該協會設立一個網站公開未來活動計劃和過去活動紀錄，並展示相關文稿，網站上的參與者清單和活動照片等供民眾瀏覽，網址如下：

<http://radoneurope.org/index.php/activities-and-events-2/other-activities-and-events/>

以法國為例，法國第一個管理氡有關風險的國家行動計劃(2005-2008 年)於 2005 年在核能安全署(ASN)展開，結合住宅、城市規劃和景觀局 (DHUP)、輻射防護與核能安全 (IRSN)，健康監測研究所 (INVS) 和大樓的科學和技術中心 (CSTB) 等單位密切合作下完成。2011 年 ASN 公佈第二期(2011-2015 年)氡風險管理國家行動計劃。這份文件是 ASN 和負責衛生、住宅、勞動和夥伴組織 (包括輻射防護與核安全-IRSN，法國健康監測研究所-INVS，建築工業科學和技術中心- CSTB，Limousin 區域市政廳) 之間充分合作的結果。

第二期行動計劃包括 30 項措施分為 5 個重點領域: 1.在既有居住建築的氡風險管理，2.對新建住宅的法規起草工作，3.監督對公共場所以及工作場所的規定，4.新的管理工具的開發，含建築物診斷和專業人士工作效能的運作體系，5. 學習和研究政策的協調。在計畫書的前言中強調:有關氡的風險管理是國家的優先事項。氡的問題已經列入了很多計劃可以為證，這些計畫包括：1. 第一和第二期 PNSE 環境健康計劃(2004-2008 年和 2009-2013 年); 2. 第二期癌症計劃 (2009-2013 年); 3. 健康和工作計

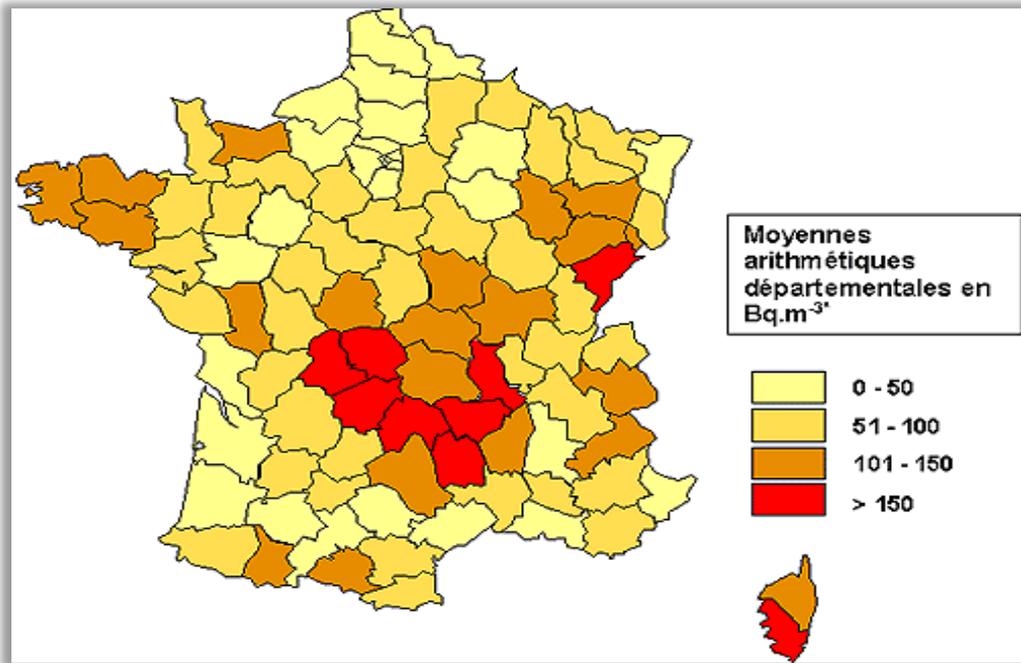


圖 6 法國 IRSN 公布的氡地圖

劃 (2010-2014 年)，其中還包括工作人員的暴露風險管理監測。報告的前言還特別強調，這個國家行動計劃的成功，需要各參與本議題的中央和地方利害關係者的合作與支持，可見這是一項跨部會的艱鉅工作。圖 6. 為法國 IRSN 公布的住宅氡地圖。

英國氡協會(The UK Radon Association)是一個不以營利為目的之專業組織，為了會員、消費者和廣大公眾的利益，成員是以最高的道德標準，致力於卓越的氡氣測量，氡緩解和氡資訊傳遞等服務。其網址如下：

<http://www.radonassociation.co.uk/>

網站首頁揭示，氡氣的問題可以影響任何類型，大小，屋齡或地點的建築物。許多人沒有意識到與氡有關的風險，並驚訝地得知，他們的財產可能受到一些他們看不到也聞不到的氣體所影響。

以北歐國家挪威為例，基於 ALARA 精神，考量氡致肺癌風險與改善成本，國家的策略目標為：幼稚園、學校、新住宅和出租旅館室內氡

活度應低於 200 貝克每立方米的最大限值 (maximum limit)，其行動基準值為 100 貝克每立方米。建議應考慮氡風險的子策略為 1. 土地開發應強調氡風險。2. 新建築室內氡活度應低於 200 貝克每立方米。3. 對現有住宅室內氡活度應在 2020 年以前降到 200 貝克每立方米以下。4. 對於氡極端高的地區(2,000-50,000 貝克每立方米)需要特別的應對措施和追蹤作為，包括普查、健檢、加強資訊提供和調查以及強制改善等。5. 對於公共場所要求： a. 在 2020 年以前降到 200 貝克每立方米以下； b. 平均室內氡活度應低於 200 貝克每立方米，且符合 ALARA 原則； c. 所有幼稚園、學校室內氡應低於公告限值。

除了住家氡活度的議題之外，公共場所和工作場所的氡活度也是受到關注的議題，在國外有些天然岩洞或廢棄礦坑氡活度高達數千貝克每立方米，卻宣稱有治療慢性疾病的功效，即所謂的氡浴療法(Radon Spa Therapy)，在坑洞內工作的人員可能接受比職業暴露限值更高的劑量。

國內的防護作為

自 1984 年起本人就曾經對高雄地區空氣中氡子核進行度量，1990 年開始進行對國內住家氡進行抽樣評估，原能會輻射偵測中心所做的室內氡氣活度調查結果顯示，由於台灣地區地質因素與生活習慣的關係，一般住家氡氣活度不易高於 150 貝克每立方米。根據本人於 1989 至 1992 年的抽樣調查研究顯示，當時台

灣本島住宅在正常通風下平均氡活度僅為 10 貝克/立方米，最高也僅 74 貝克/立方米。評估對國民所造成劑量僅 0.36 毫西弗/年，遠低於聯合國原子輻射效應科學委員會 (UNSCEAR) 1988 年的報告全球平均 1.2 毫西弗/年。之後並針對典型台灣建築室內氡可能最高活度作理論估計與實測，在通風極差的狀況下，最高室內氡活度可達 250 貝克/立方米。

台灣的室內氡主要來自建材，其混凝土或磚塊多屬本土建材，氡逸出率變化不大；地板的選擇變化較大，是重要變因。另外為了隔音與節能，氣密窗的使用愈趨普遍，通風率才是氡濃度升高的主要原因。

根據內政部營建署 2006/12/05 發布的住宅狀況調查報告顯示，隨著時代的變遷，傳統式農村住宅所占比例快速下降，到 2005 年底僅占 8.6%。而住宅主流類型仍是公寓、大廈，以及連棟式住宅，共占了 66.7%。另外獨棟式住宅在郊區亦漸漸盛行，比例增加到 18.9%，表示也有愈來愈多的民眾尋求較為獨立、舒適的居住空間。住宅結構方面，因台灣位處地震帶，且因應住宅類型中大廈屬 6 樓以上之公寓為主，使得鋼骨或鋼筋混凝土建造之建築快速成長；而磚造類的住宅比例則大幅下降。台灣的室內氡主要來自建材，其混凝土或磚塊多屬本土建材，氡逸出率變化不大，地板的選擇變化較大，是重要變因。另外為了隔音與節能，氣密窗的使用愈趨普遍，通風率才是氡濃度升高的主要原因。

現代住宅而言都有地板隔絕土壤，建材才是氡氣最主要來源而非其下土壤。通風率是影響室內氡活度的另一個重要變因，然而現代住宅高樓林立，常常為了使用空調或加強隔音效果而降低通風率，因此有必要重新抽樣調查。而且 20 年前的測量地點多是放在通風較好的客廳，可能會低估室內氡活度，劑量轉換因子也低估約一倍，因此有必要重新量測及評估。

近年來生活水準提高加上全球暖化，空調設備愈趨普遍，使得室內通風率下降；另一方面隨著進口建材的使用增加，有許多新建物大量使用花崗岩石材。雖然美國環保署認為美國住宅建物下土壤是氡氣最主要來源，但對台灣

2011 年本人針對南部地區公共地下場所環境氡氣度量時，也測量部分住家氡活度，結果發現一般住家室內平均氡活度多在 10-45 貝克每立方米之間，在通風不良的狀況下最大氡活度達 180 貝克每立方米，遠比 20 年前本人使用硝酸纖維片度量結果平均值 10 貝克每立方米為高。因此擬定新研究計畫"台灣地區住宅氡氣活度量測與劑量評估先期調查研究計畫"針對典型台灣住家室內氡活度進行抽樣調查，期望依度量結果加以統計與評估，以判定國內所訂定的改善目標活度是否合宜，並提出最佳化的輻射防護與改善方法的建議。

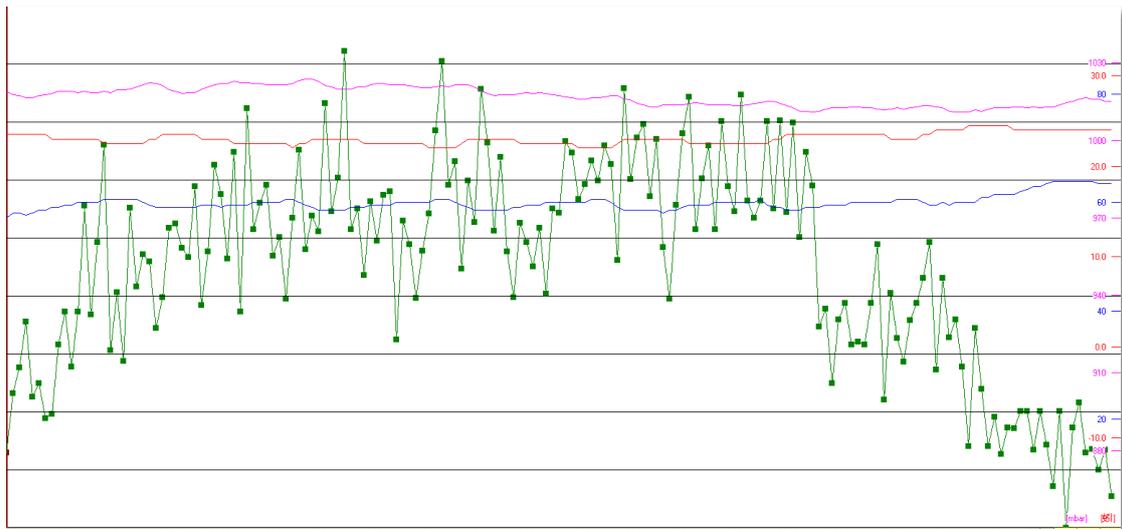


圖 7 辦公室在連續假期前後，因為開關門造成氡氣濃度變化。
本圖橫軸為時間，縱軸為氡氣的濃度。

截至 2014 年 12 月為止，已經完成 32 戶住宅室內氡活度的測量。在通風不良的環境下，客廳等其他房間室內氡活度的平均值為 21.5 貝克/立方米，在臥房則為 28.4 貝克/立方米。在正常通風的環境下，客廳室內氡活度的平均值為 12 貝克/立方米，在臥房則為 13.2 貝克/立方米，其中有一戶通風不良時達 120 貝克每立方米。圖 7. 為一辦公室在 4 天連續假期開始因關閉門窗氡先上升，待上班後因開門而明線下降情形，該辦公室氡活度偏高，在通風不良的環境下為 120 貝克/立方米，7 天平均值為 91 貝克/立方米，研判該房間因直接在水泥地板上鋪地毯，氡氣逸出率比較高，加上通風不良所致。

考量台灣地區一年四季，春秋兩季氣候溫和，大部分住家採用自然通風，夏天吹冷氣，冬天為了保暖，大多關閉門窗，因此有一半時間自然通風另一半關閉門窗，則室內氡活度加權平均值為 18.3 Bq/m³。

氡氣對呼吸系統造成的劑量評估模式很複雜，各國國際權威組織發表的評估結果整理如表一，以 2014 年底剛出版的 ICRP-126 號報告參數 3.3 mSv 每 100 Bq/m³作為基礎，評估氡氣對台灣居民劑量約為 0.60 毫西弗/年。比 20 年前的評估值 0.36 毫西弗/年高 68%，約為 UNSCEAR 公布世界平均值 1.2 毫西弗/年的一半。

表一 採用不同劑量模式評估於室內年佔有 7000 小時，平衡因子為 0.4 時的年劑量

Radon concentration, Bq/m ³	100	200	400
ICRP65 "risk equivalent" radon dose, mSv	1.7	3.4	6.9
UNSCEAR EP. recommended radon dose, mSv	2.5	5	10
UNSCEAR Radon effective dose, mSv	6	12	24
ICRP 126 Radon effective dose ,mSv	3.3	6.6	13.2

結論與展望

台灣的天然背景輻射相當均勻，沒有鈾礦，也沒有花崗岩地質，因此沒有氡活度偏高的潛在地區。台灣的住宅室內氡主要來自建材而非其下土壤，其混凝土或磚塊多屬本土建材，且地板多貼瓷磚，牆壁也有油漆，可以阻絕氡氣的逸出，氡逸出率變化不大。在正常通風狀況下，室內氡活度不易大於 100 貝克每立方米，因此推論不需要比照國外作全國性普查。

為了隔音與節能，空調系統和氣密窗的使用愈趨普遍，也使得平均氡濃度升高至 20 貝克每立方米以上，加上劑量評估模式的精緻化，劑量轉換參數大幅提升，有必要抽樣測量更多的住宅，重新評估台灣地區氡氣所造成的國民輻射劑量。

由於"室內空氣品質管理法"在 2011 年 11 月 23 日公告實施，因此台灣地區公共場所室內通風率大幅改善，根據本人在 2011 年調查公共場所室內氡活度結果也都低於 50 貝克/立方米，研判不會有氡活度偏高的問題。

金馬地區的花崗岩坑道眾多，有潛在的氡活度偏高問題，建議應予普查確認。至於金馬地區的住家與觀光景點研判沒有氡活度偏高的問題。對於使用含鐳天然礦物加工的工作場所若通風不良可能造成室內氡活度累積，應該規劃作該類工作場所室內氡活度調查，以確認工作場所的輻射安全。

致謝

本文大部分內容取自原子能委員會委辦的「台灣地區住宅氡氣活度量測與劑量評估先期調查研究計畫期末報告」，感謝原能會綜計處的大力支持，謹誌謝忱。