

# 台灣地區住宅氬氣活度量測 與劑量評估研究

受委託單位：義守大學

報告人：陳清江

中華民國 106年03月05日

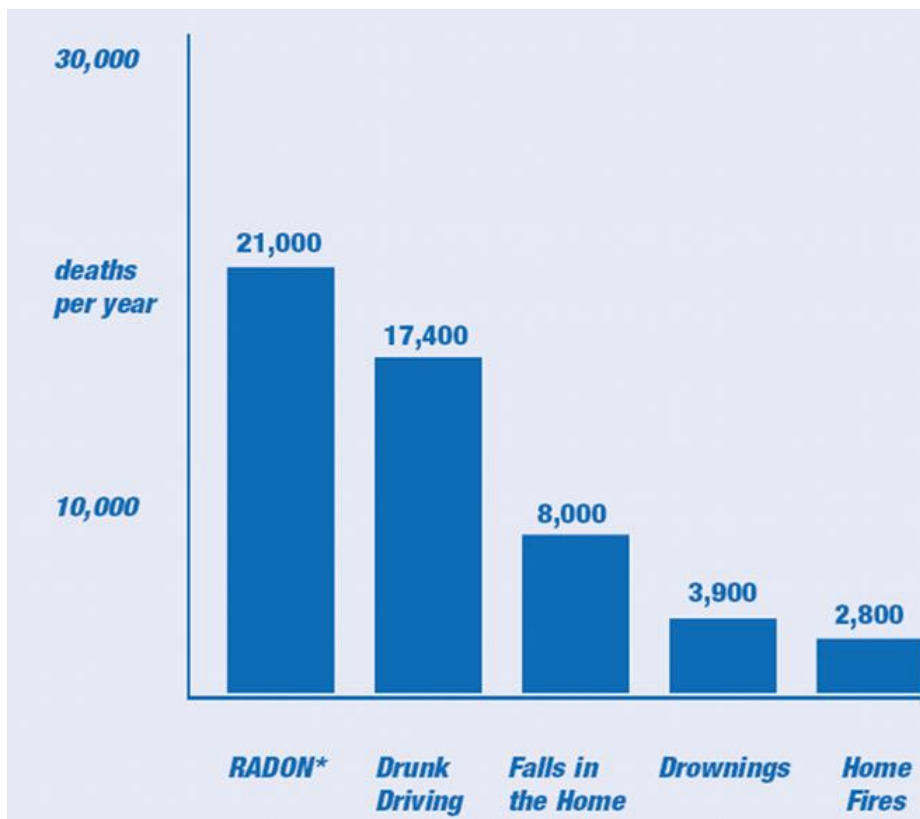
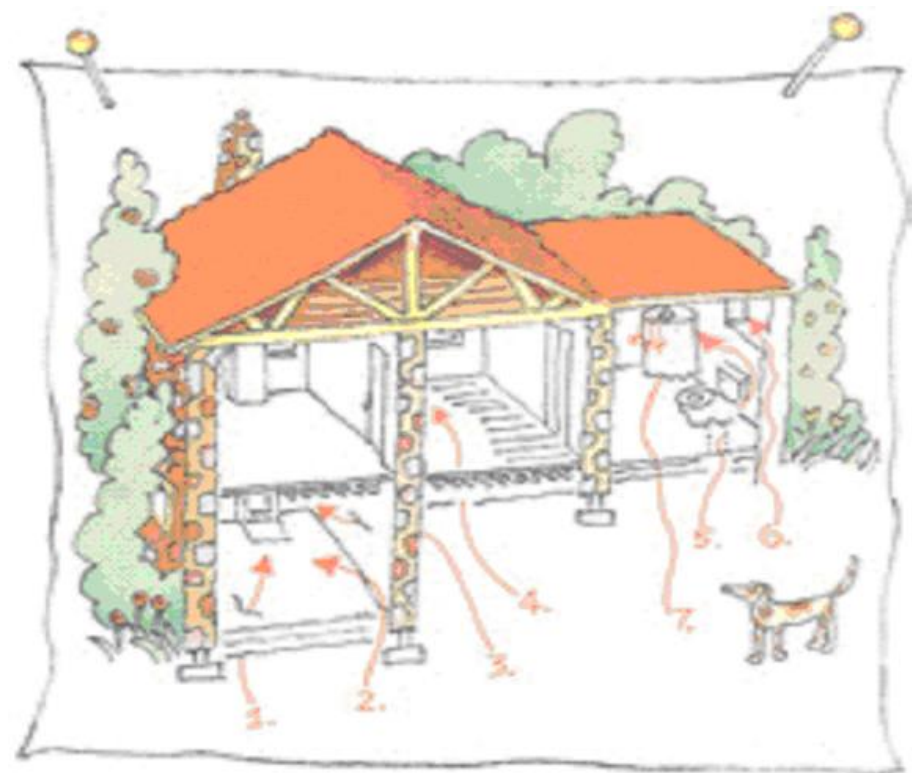
# 大 綱

- 計畫背景
- 國內外有關本計畫之研究概況
- 執行方法與進度說明
- 2009 WHO室內氬氣手冊內容摘要
- ICRP第126號報告摘要
- 台灣地區氬活度與劑量評估
- 結論與建議

# 壹、計畫緣起

- 聯合國原子輻射效應科學委員會 (UNSCEAR 2008) 評估氡氣所造成的體內劑量1.2毫西弗/年，約佔天然游離輻射所造成平均個人劑量的一半，為僅次於吸菸(占87%)的環境致肺癌因子，主要是鱗狀上皮細胞癌。肺癌在臺灣已躍居十大致死癌症首位。
- WHO於2009年建議世界各國加以重視，並建議室內氡活度改善目標值為100貝克每立方米。
- 2011年南部地區公共場所環境氡氣度量發現部分住家氡活度多在10-45貝克每立方米，通風不良時最高達180貝克每立方米。比20年前高。

# 美國室內氡來源和致死肺癌與其他致命風險的比較(EPA)



## 貳、國內外有關本計畫之研究情況 及重要參考文獻之評述

由於影響流行病學調查的變因很多，因此各國所發布的結果差異頗大，使得關於氫氣的防護基準在各國間有很大的差異。

近年來國際組織希望對於氫氣的防護，能夠建立一個共通的標準。因此，在世界衛生組織（WHO）支持下於2004~2006年展開大規模的調查計畫，並於2005年成立國際氫氣計畫。

# 1991年ICRP-60首度提出劑量約束 -針對天然輻射的防護

- ICRP於1993年第65號報告便曾對住家與工作場所建議氡氣的行動基準。
- 2007年第103號報告建議住家氡氣濃度屬於既存曝露的情境，以參考基準對公眾及職業暴露做防護。
- 2009年11月ICRP發布一項聲明，提到ICRP依據新流行病學調查數據，氡致肺癌風險因子應加以調整，導致劑量轉換因子為原計算值的2倍。
- 最新ICRP-126, 2014. 與WHO一致

# Radon – why is WHO involved ?

- 科學證明3-14%的肺癌是由於暴露在室內的氡(僅次於吸煙)
  - 全球每年>70000 案例(直逼170000 件)
  - 來自室內的氡對照-控制研究直接證據
- 預防及改善減輕 “ 相對” 容易
- 幫助在公眾和政治人物提高認知意識，和集合許多國家力量共同參與國際一致作法，降低氡的健康影響
- 氡是一個公共衛生問題

# WHO International Radon Project

Albania : 阿爾巴尼亞

Belgium : 比利時

Canada : 加拿大

Finland : 芬蘭

Germany : 德國

India : 印度

Japan : 日本

Norway : 挪威

Russian Federation : 俄

South Korea : 韓國

Switzerland : 瑞士

Ukraine : 烏克蘭

Argentina : 阿根廷

Brazil : 巴西

China : 中國

France : 法蘭西

Greece : 希臘

Ireland : 愛爾蘭

Lithuania : 立陶宛

Poland : 波蘭

Serbia : 塞爾維亞

Spain : 西班牙

Turkey : 土耳其

United Kingdom : 英國

Austria : 奧地利

Bulgaria : 保加利亞

Czech Republic : 捷克

Georgia : 喬治亞

Hungary : 匈牙利

Italy : 義大利

Luxembourg : 盧森堡

Romania : 羅馬尼亞

Slovenia : 斯洛凡尼亞

Sweden : 瑞典

USA : 美國





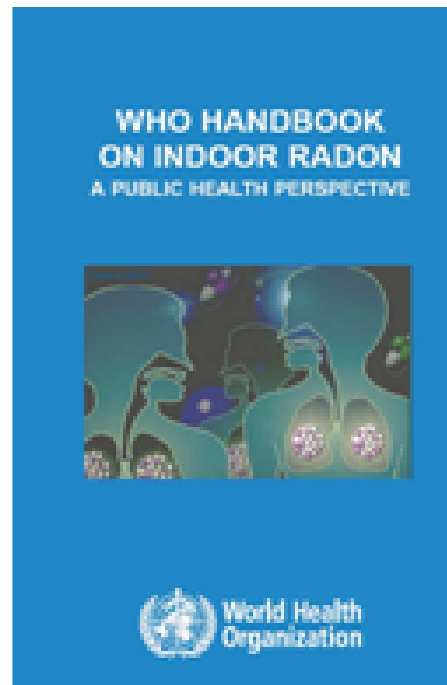
國際氡氣計畫於2009年完成研究報告，並於9月份公布「世界衛生組織室內氡氣手冊（WHO Indoor Radon Handbook）」。

國際放射防護委員會（ICRP）於1993年第65號報告便曾對住家與工作場所建議氡氣的行動基準。

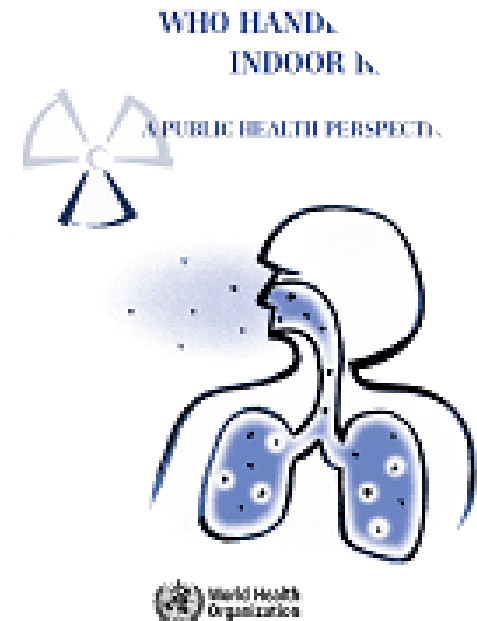
國際原子能總署（IAEA）於2007年提出修訂輻射防護有關安全基準BSS（Basic Safety Series 115, 1996），於2010年1月釋出第三版草案。最新版IAEA 2014

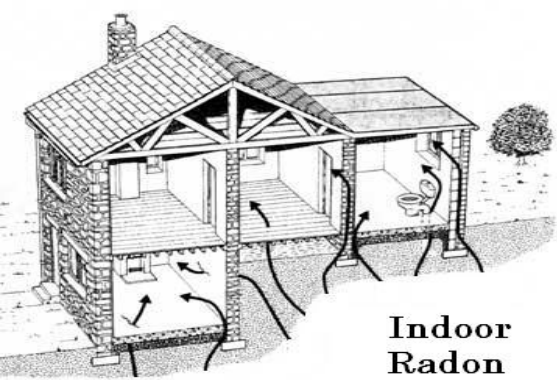
No. GSR Part 3

# WHO 室內氡氣參考手冊(一)



- 6 主要章節
- 氡的健康效應
  - 氡的度量
  - 氡氣防治與改善
  - 成本效益分析
  - 風險溝通
  - 全國性氡氣計劃建議





# Measurement, Mitigation and Prevention

- 利用在一些國家的經驗擴展至其他國家使全體受益。
- 提供專業的度量評估與改善建議
  - 整合世界各國的技術
- 提供參考對策，供政府機構制定預防及降低暴露相關法令使用

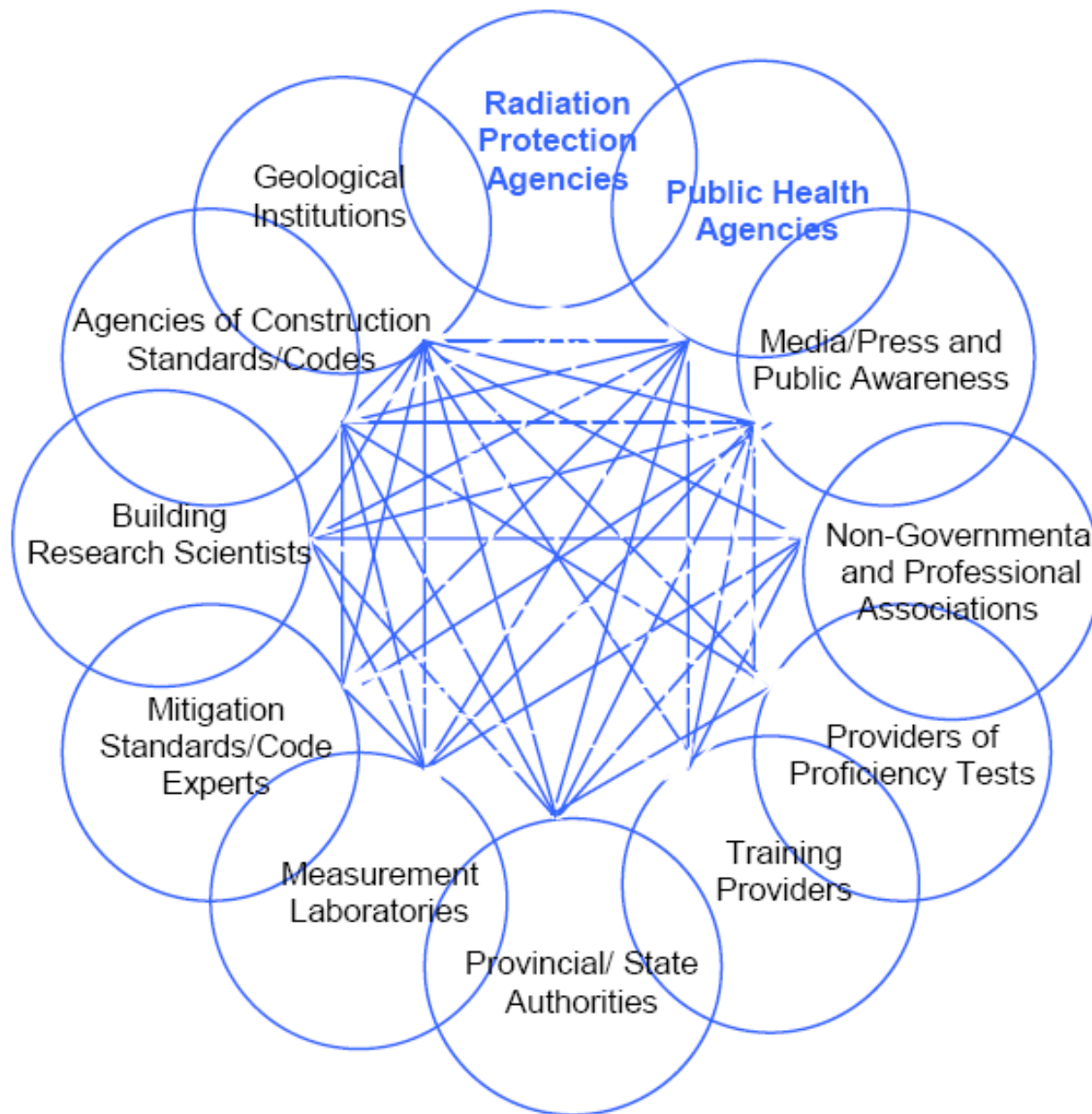
ASTM E2121-03 Installing Radon Mitigation Systems in Existing Low-Rise Residential Buildings

ASTM E1465-08 Standard Practice for Radon Control Options for the Design and Construction of New Low-Rise Residential Buildings

# 氫氣國家型行動計畫

- 最近二十年來，氫的輻射防護議題一直是先進國家所關注的問題，在氫領域，歐洲有一個巨大且成長中的社群，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。

# Guidelines: National Radon Programmes



# 2009 WHO室內氡氣手冊內容摘要

- 住家氡氣濃度測量是比較容易執行而且對於氡氣的評估是相當重要的。
- 室內的氡氣濃度會因為建築結構與通風而有所不同，甚至於每一個小時所測量出來的濃度都會不一樣。因此年平均氡氣濃度至少需要測量3個月甚至是更長的時間。
- 短期的氡氣濃度測量，只能提供一個粗略的年平均濃度。在測量期間，為了確保測量出來的數據是正確的，建議執行偵檢器品質保證措施。

# 2009 WHO室內氬氣手冊內容摘要

- 不管是預防新建築的氬氣暴露，或緩解及補救既有建築的氬氣暴露都是相當重要的。最主要的預防及緩解政策就是減少氬氣進入建築物，以阻絕法或反轉室內外的氣壓，都可以避免土壤所釋放的氬氣進入建築物中，同時執行這兩種方式，將有效的降低室內氬氣的濃度。
- 依據成本與效益的分析來選擇要如何避免或是緩解氬氣暴露。在這分析當中，健康照護成本與健康效益將作為政策制定的依據。

# 2009 WHO 室內氡氣手冊內容摘要

- 針對有5%新建物氡氣濃度超過200 Bq/m<sup>3</sup>的住宅區，做預防性的測量是比較符合經濟效益的。
- 另外針對新建築進行預防措施，會比對舊有建築進行緩解措施還要符合經濟效益。
- 在一些低濃度的地區，對舊有建築物測量氡氣濃度的成本甚至會比緩解措施還要高，因為需要測量的建築物會比需要緩解的建築物還要多很多。



# 2009 WHO室內氬氣手冊內容摘要

- 一般大眾對於室內氬氣的暴露比較沒有警覺性，因此需要加強宣導。宣導時需要配合不同地區的居民提出適當降低室內氬氣的建議。這就需要技術層面及宣導兩方面的專家共同討論，設計出適合的標語，這標語希望可以簡單明瞭，例如肺癌與氬氣的關係或者是日常生活的風險等等。
- 一個降低氬氣暴露風險的公共衛生計畫，最理想的就是由國家來制定。例如降低全國的平均氬氣濃度對人民所造成的風險，以及降低居住在高氬氣濃度地區居民的個人風險。

# 2009 WHO室內氬氣手冊內容摘要

- 國家的氬氣政策應該針對氬氣暴露風險最高的地方，以及增加大眾對於氬氣所造成健康暴露的意識為主。
- 成功的氬氣政策應該要配合其他與健康相關的政策一起執行，並且要求建築業履行預防或緩解氬氣暴露的措施，例如安裝預防氬氣累積的設施在建築物當中，以及制訂在氬氣濃度較高的地區，建物買賣的過程當中也要測量氬氣濃度的法規。

# 2009 WHO室內氡氣手冊內容摘要

- 國家的參考氡氣濃度,可以做為該地區住宅之最大氡氣濃度的參考值，也是制定相關政策相當重要的依據。
- 當住家的氡氣濃度超過參考值的時候，就需要有一些補救的措施。在制定參考值的時候，氡氣的分布、有多少住家是在高氡氣濃度的地區、平均的室內氡氣濃度以及抽菸的狀況都要列入考量。
- 根據世界衛生組織的資料顯示，當參考氡氣濃度設為 $100 \text{ Bq/m}^3$ 的時候，可以將室內氡氣暴露的健康危害降到最低。

# 2009 WHO室內氡氣手冊內容摘要

- 若參考濃度無法設定在 $100 \text{ Bq/m}^3$ ，也不可以讓參考值超過 $300 \text{ Bq/m}^3$ ，當參考值為 $300 \text{ Bq/m}^3$ 的時候，根據 I C R P 的資料就相當於一年會接受到 $10 \text{ mSv}$ 的劑量。
- 這本手冊的主要目的，就是提供氡氣與健康相關的資料。雖然這本手冊非常強調政策與其相關計畫的制定，但並不是要改變現有的輻射防護安全標準。

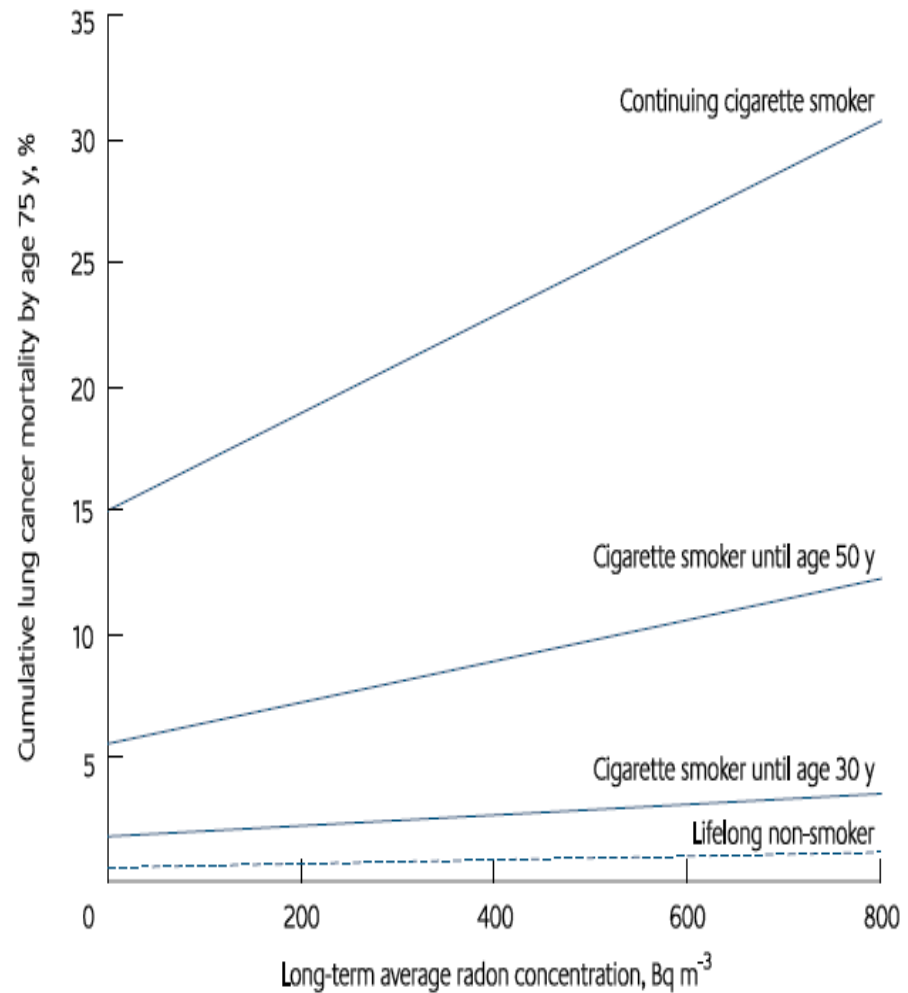
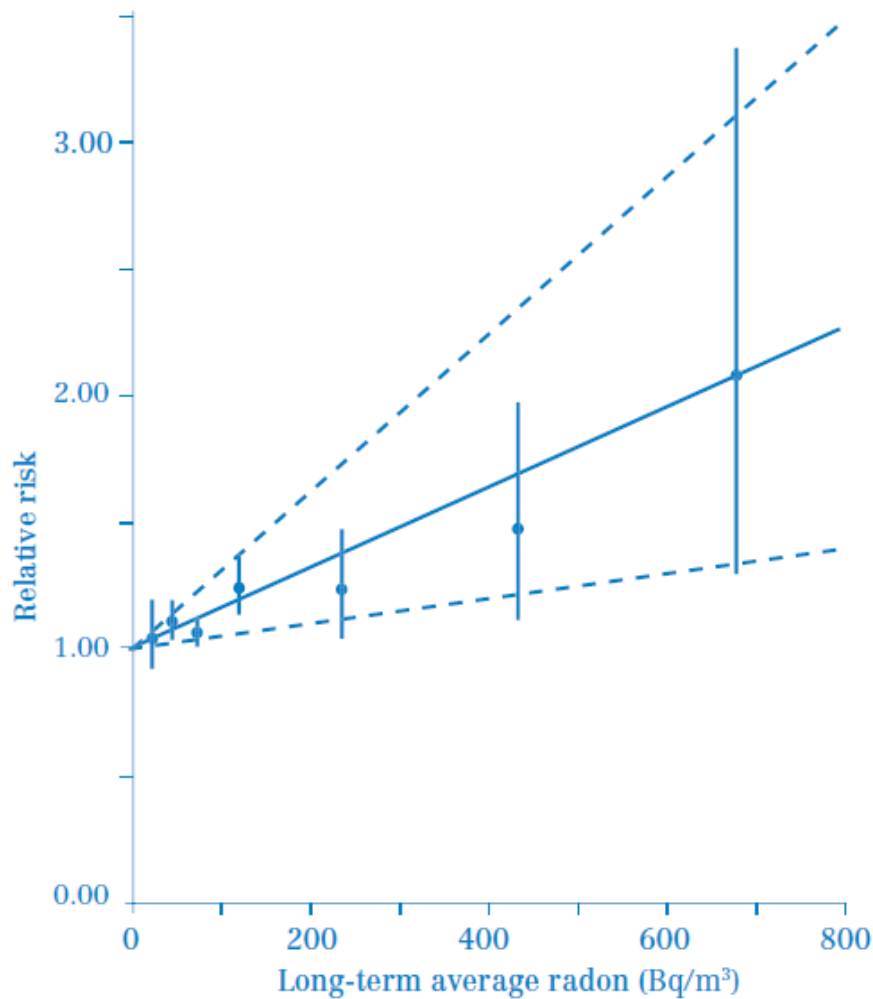


圖1. WHO(A)與英國AGIR(B)的流行病學調查結果均顯示，氡氣確實是室內空氣除抽煙外主要的致肺癌因子，而且抽煙具有加乘作用（WHO, 2009; AGIR, 2009）。

歐盟曾於1990年參考ICRP的建議，提出對於室內氡氣防護應建立干預措施。英國也因而建議住家室內氡濃度的行動基準為200貝克每立方米。

英國健康防護署（HPA）自2008年起即針對氡氣防治提出建議草案，並接受利害關係者的意見討論，最後於2010年7月提出新的氡氣防治建議（HPA, 2008a; 2008b; 2009; 2010）。保留原有行動基準值200貝克每立方米，並建議目標基準值為100貝克每立方米。

1988年美國通過降低室內氡氣法案（IRRA）授權8千萬美元由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，目前由CRCPD接手。

美國環保署考量其所建議150貝克每立方米的行動基準與WHO等國際組織建議是相似的，因此不打算做調整。

最新ICRP-126, 2014. Radiological Protection against Radon Exposure. Ann. ICRP 43(3). 建議與WHO標準一致。

## 歐盟對氫氣的作為

- 法國核能安全署(ASN)邀請我方專家參加2014年9月30日至10月2日舉辦的「氫氣風險行動計畫專家研討會workshop」，四大主題為：
  - 1. 全球策略以及國家型的氫氣行動計畫
  - 2. 降低住宅氫暴露的方法
  - 3. 降低公共場所和工作場所氫暴露的方法
  - 4. 宣導溝通的策略

# 法國的氡國家行動計劃 1

- 法國第一個管理氡有關風險的國家行動計劃 (2005-2008年)
- 第二期(2011-2015年)氡風險管理國家行動計劃。是ASN和負責衛生、住宅、勞動和夥伴組織 (包括輻射防護與核能安全- 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。



## 法國的氬國家行動計劃 2

- 該行動計劃包括30項措施分為5個重點領域
- 1. 在既有居住建築的氬風險管理
- 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；建築物診斷和專業人士工作效能的運作體系
- 5. 研習和研究政策的協調。

## 法國的氡國家行動計劃 3

- 前言：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國家型計劃可以為證，這些計畫包括
- 1. 第一、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. 健康和工作計劃（2010-2014年），包括在工作人員總體框架的暴露風險管理監測。
- 報告特別強調，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。

自1984年起本人就曾經對高雄氡子核種進行度量（Chen et al., 1992），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，一般住家通風良好，氡氣活度不易高於150貝克每立方米。陳清江（1994）

目前為止所測結果顯示，在適當的通風設計下一般住家並無安全之虞。

近年來生活水準提高加上全球暖化，空調設備愈趨普遍，氣密窗日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，許多新建物大量使用花崗岩石材（Chen et al., 1996; Chen and Lin, 1996）。

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（Chen et al., 1993）。

25年前的測量地點多是放在通風較好的客廳，顯然會低估氡活度，劑量轉換因子也比現在低估一倍，近年來國內外相關研究報告顯示，每人每天約90%的時間處於室內的環境中，顯示台灣是高度工商業化的國家，而上次評估係引用UNSCEAR的世界平均80%處於室內，因此我們的室內氡劑量評估值0.36 mSv/y，比全球平均值1.2 mSv/y低70%，有必要重新抽樣調查與進行劑量評估。

# 計畫目的

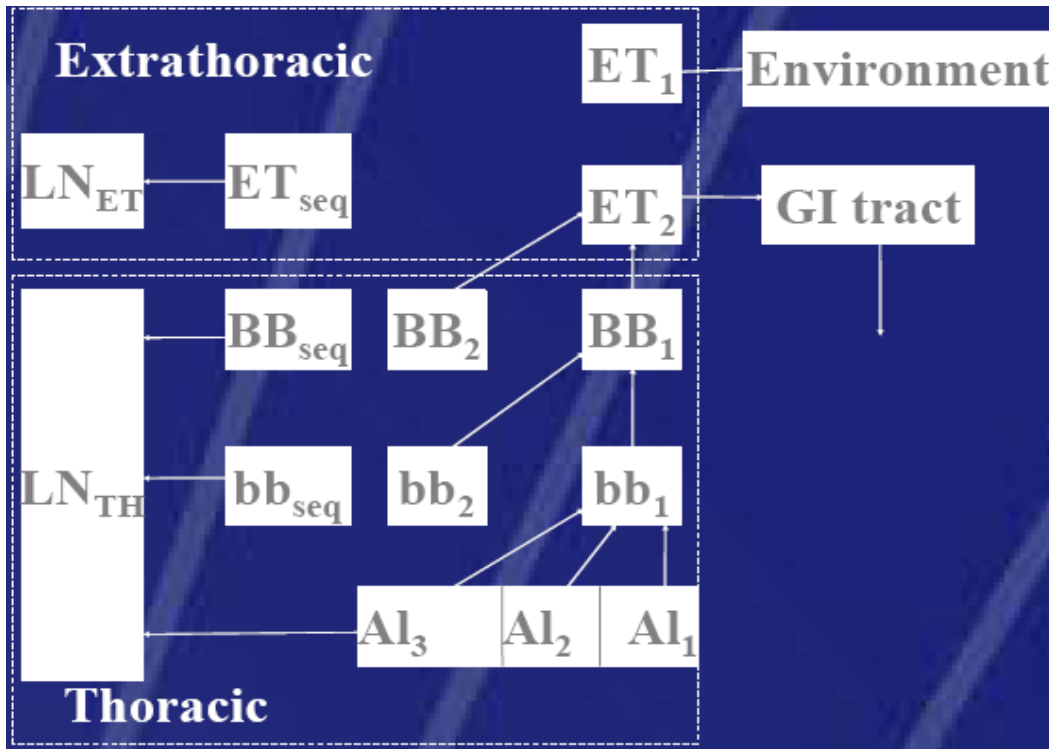
- 蒐集分析先進國家對於氡氣活度的調查研究與立法管制資訊
- 實際量測台灣地區室內住家氡氣活度，並評估對國民造成的輻射劑量。

氡氣的肺部劑量模式過去也一直都有爭議，主要是隨著不同的肺模式與流行病學調查方法所做的結果有相當大的差異。氡氣所造成的劑量實際上會與子核的濃度有關（Chen et al., 1996; Chen and Lin, 1996），因此進行評估時必須考量平衡因子。

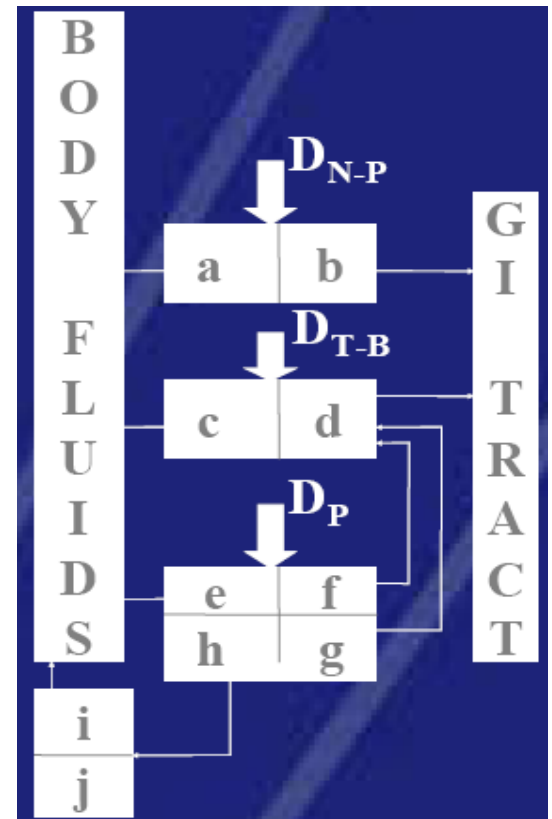
目前國際間平衡因子大多選用0.4，國內因空汙嚴重，故所測得結果為0.5（Chen et al., 1998）。但是劑量轉換因子則有許多不同的計算模式，其中來自流行病學風險因子推算與來自肺部劑量模式（氡子核粒徑沉積模式）計算的結果相差一倍多，導致相同的氡活度却推導出不同的劑量。

# Lung Model

ICRP 66 (1994)



ICRP 30 (1979)



# 氡的劑量轉換因子( $f=0.4$ )

<b>Radon concentration, Bq/m<sup>3</sup></b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>
<b>ICRP65 “risk equivalent” radon dose, mSv, 1993</b>	1.7	3.4	5
<b>UNSCEAR, 2008 EP.recommended radon dose, mSv</b>	2.5	5	8
<b>UNSCEAR, 2008 Radon effective dose model (dosimetric), mSv</b>	6	12	18
<b>ICRP 126 Radon effective dose ,mSv, 2014</b>	3.3	6.6	10



# 氡氣的防護基準

- 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ICRP-26號報告中並未提及。
- 1990年出版的ICRP-60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。
- 對室內氡活度的防護是以行動基準(Action Level)取代導出濃度(DAC)限值。
- WHO, 2009建議符合正當性的室內氡濃度參考基準是100貝克每立方米，最高不宜超過300貝克每立方米
- 建議各國執行“國家型氡氣行動計畫”。

## 氫氣的防護基準2

- ICRP-115號(2010)報告新的流形病學研究結果顯示氫的致肺癌風險係數提升為2倍，因此在2014年底出版的ICRP-126號報告已經依WHO的建議作修訂，並取代原65號(1993)報告和103號(2007)報告的建議，住家氫活度約束值由600貝克每立方米降為300貝克每立方米，相當於10 mSv/y。
- IAEA安全基準BSS-115和ICRP-126號報告已經依新的流形病學研究結果將工作場所室內氫參考活度值由1500貝克每立方米降為1000貝克每立方米。工作場所室內氫參考活度值1000貝克每立方米相當於20 mSv/y的工作人員有效劑量。

## WHO建議的氡氣防護基準

場所	氡活度 (Bq/m <sup>3</sup> )	對應年劑量 (mSv/y)	輻射作業年 劑量(mSv/y)
住家	100-300	3.3-10	一般人 1
工作場所	1000	20	平均 20
學校等公共 場所	300	10	---

# ICRP第126號報告《氡暴露的輻射防護》 簡介(2015-01-23)

- ICRP於2014年4月審核通過了第126號出版物《氡暴露的輻射防護》(ICRP, 2014)，以闡明和指導如何做好住家、工作場所以及其他類型場所中公眾和工作人員氡暴露的防護工作。
- 報告中,委員會提供了最新的氡暴露輻射防護相關導則。報告綜合考慮了ICRP最新的輻射防護體系建議、所有可用氡暴露風險的科學知識和有關組織、國家獲得的氡暴露控制方面的經驗。
- 報告描述了氡暴露的特點、氡的來源和傳輸機制、健康風險和控制氡暴露的挑戰。

# ICRP 第126號報告摘要

- 委員會建議一種綜合的氬暴露控制方法——盡量依靠建築物或場所的管理來控制氬暴露。
- 這種方法是基於最優化的原則,並反映了關鍵利害關係者(尤其是工作場所中)的責任和管理部門控制氬暴露的目標。
- 報告還提出了職業性氬暴露管制的相關建議和要求

# ICRP 第126號報告摘要

- 報告共提出了12條主要觀點如下：
- 1. 人們在家中、工作場所以及多功能建築物內均會受到氡的暴露。室內氡濃度的差異會導致氡暴露較大的不均勻分佈。通常室外氡暴露不會有問題。
- 2. 有充足的證據顯示，氡及其子核暴露會導致肺癌。氡是繼吸煙之後的第二大致肺癌因素(13%)。

## ICRP 第126號報告摘要

- 3. 由於氡的母核種普遍存在地殼中且活度未受改變，因此氡的暴露為既存暴露情境，只有氡暴露的途徑能夠被控制。
- 國家主管部門應該對氡暴露的類型進行分類，並建立全國性的防氡、控氡策略。
- 由於大多數的氡暴露發生在居家室內，該策略應從公眾衛生的角度描述居家室內氡暴露，還應致力於降低群體的氡暴露劑量和個人最高暴露劑量。

## ICRP 第126號報告摘要

- 4. 該策略應簡單且具有實用性，還應具有整體性，以適用於所有類型的建築；還應根據具體情況與責任進行等級劃分，不應進行吸煙者與非吸煙者的區分。該策略還應與其他公共衛生政策相結合，例如節省能源，控制吸煙，以及控制室內空氣品質等(國內室內空氣品質管理法排除氬)。
- 氬防護策略應包括：  
a. 對於新修建築應採取的預防措施；  
b. 對於現存建築應採取的減緩措施。



## ICRP 第126號報告摘要

- 5. 氡暴露的控制主要基於適當參考基準的防護最優化原則。根據委員會的建議，這個基準對應於年劑量限值，可在1~20 mSv範圍內。委員會認為，大約10 mSv左右的年劑量應作為制定氡暴露的參考基準。
- 6. 在氡防護策略的實施過程中，委員會建議室內氡濃度導出參考基準的最高值為300 Bq•m<sup>-3</sup>（年平均濃度），該值同樣適用於其他類型建築和工作場所。

## ICRP 第126號報告摘要

- 7. 委員會強烈建議國家主管部門應建立全國氡濃度導出參考基準。該基準應該是在綜合考慮當前社會和經濟情況等因素，合理可達成低至  $100\sim 300\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 。
- 8. 在大多數工作場所，工作人員接受氡氣暴露是偶然的，未認定為職業性暴露。委員會建議通過以下步驟對工作場所進行等級劃分。對於所有建築和工作場所，根據普遍導出的參考基準，採取最優化的防護。

## ICRP 第126號報告摘要

- 9. 根據具體的職業暴露情況，如居占時間以及年劑量10 mSv的參考基準，採取最優化的防護。
- 10. 當採取所有合理的措施後，氡暴露仍然高於參考基準，應對職業暴露採取相對應的防護措施。
- 11. 如經國家主管部門認定，工作人員所受氡暴露為職業暴露時，應從一開始就在相關工作場所採取對應的職業暴露防護措施。
- 12. 當國家主管部門認定氡暴露情境為計劃暴露情況時，應實施相對應的職業暴露劑量限值。

# 執行方法與進度說明

內政部營建署2006/12/05發布的住宅狀況調查報告  
國內建築物多為鋼筋混凝土，近年來空調普及和建  
材多樣，室內氬有升高趨勢

傳統農村式住宅	8.6%
公寓、大廈連棟式住宅	66.7%
獨棟式住宅	18.9%

## 主動式及被動式氬偵測方法比較

測量方法	主動式測量	被動式測量
外加電源	需要	不需要
連續監測	可	不可， 累積活度
即時顯示	可	不可 需校正
設計形式	硫化鋅閃爍體魯卡斯腔(Lucas Cell)及脈衝模式半導體偵檢器	以活性碳、介電體、游離腔與徑跡法為主

## 德國SARAD公司所生產的（RTM-1688-2）

- 主動式氦氣偵檢器，準確度高但價格昂貴
- 靜電集塵原理收集氦子核
- 連續監測器記錄每小時氦濃度、氣溫、氣壓和溼度等的變化狀況
- 最快每30分鐘可以取得一組數據，可連續記錄511組數據
- 同時測量鈾氣濃度（Rn-220），量測範圍：0~10 MBq/m<sup>3</sup>

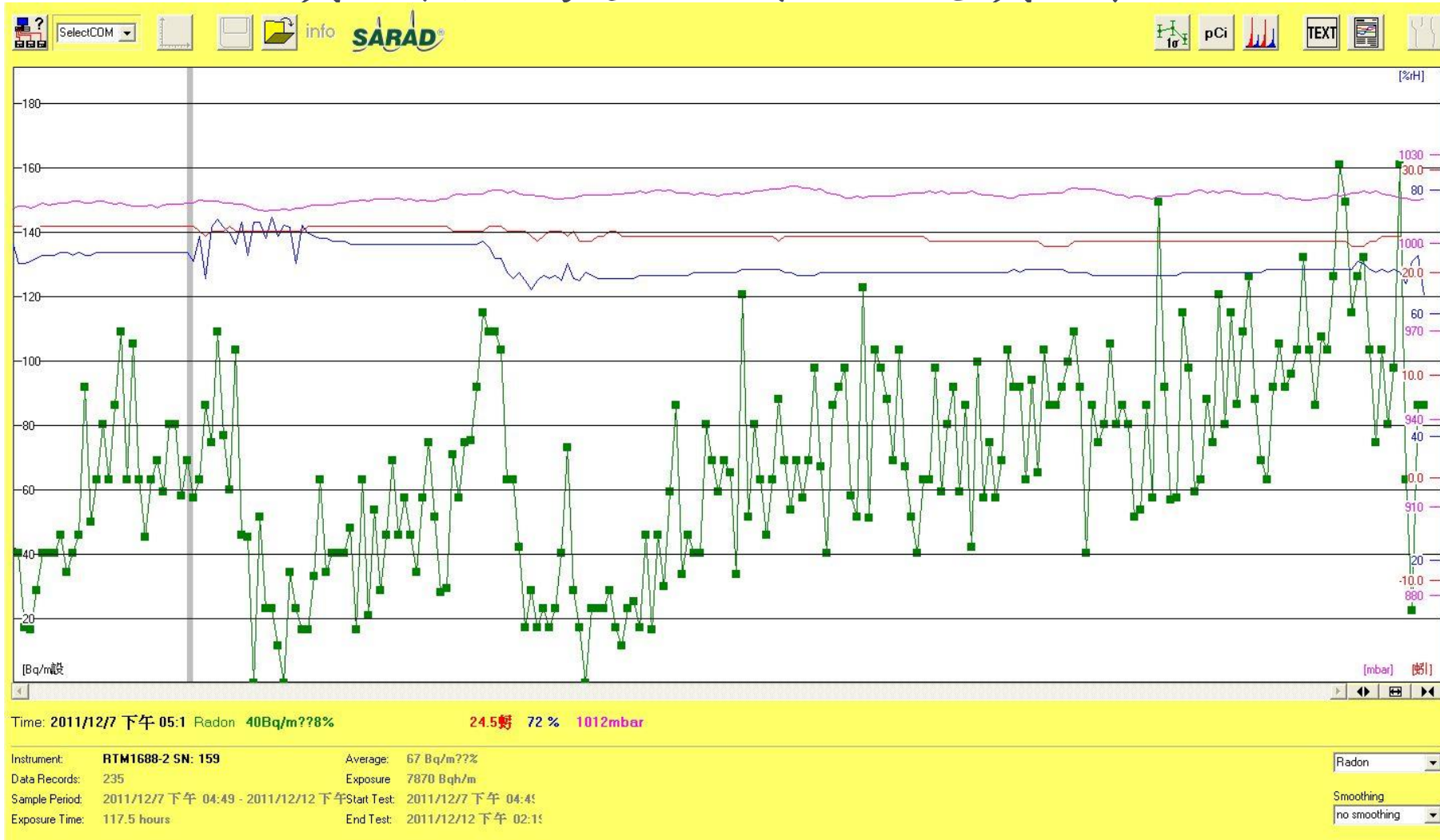
# 美國 Safety Siren Pro Series 3 Radon Gas Tester

- 大量住宅室內氡的篩選性測量
- 使用110-240V電源且以 $\text{Bq}/\text{m}^3$ 為單位
- 體積輕巧，解析度達 $1 \text{ Bq}/\text{m}^3$
- 但有高估50%以上的現象



# 德國 SARAD 攜帶型氡/鈾氣體監測系統

## 實測台灣室內氡活度實例

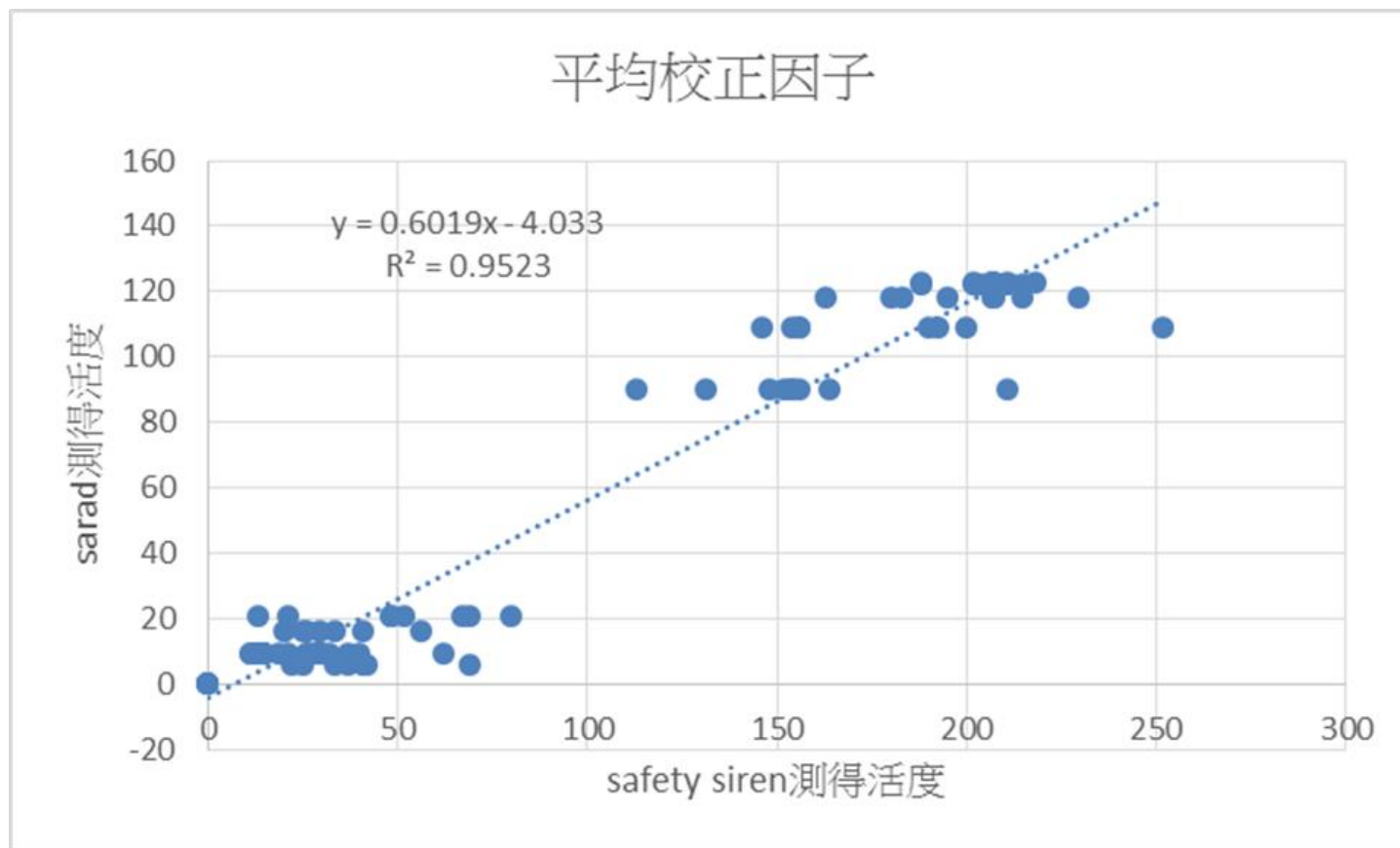




## 研究時所遇之困難

- 與規劃量測的住戶溝通不易  
→ 選擇原能會、清大原科中心、同步輻射研究中心和義守大學教職員工和學生，以提升回收率
- Safety Siren Pro Series 3 氬氣偵檢器，會有高估的情況並容易受到電子用品的干擾  
→ 已請台灣代理廠商協助反映問題，尚未改善。
- 量測結果高估的校正方法是與SARAD公司所生產的氬氣偵檢器（RTM-1688-2）作比較

# safety siren 氦偵檢器的校正因子



# 研究進度

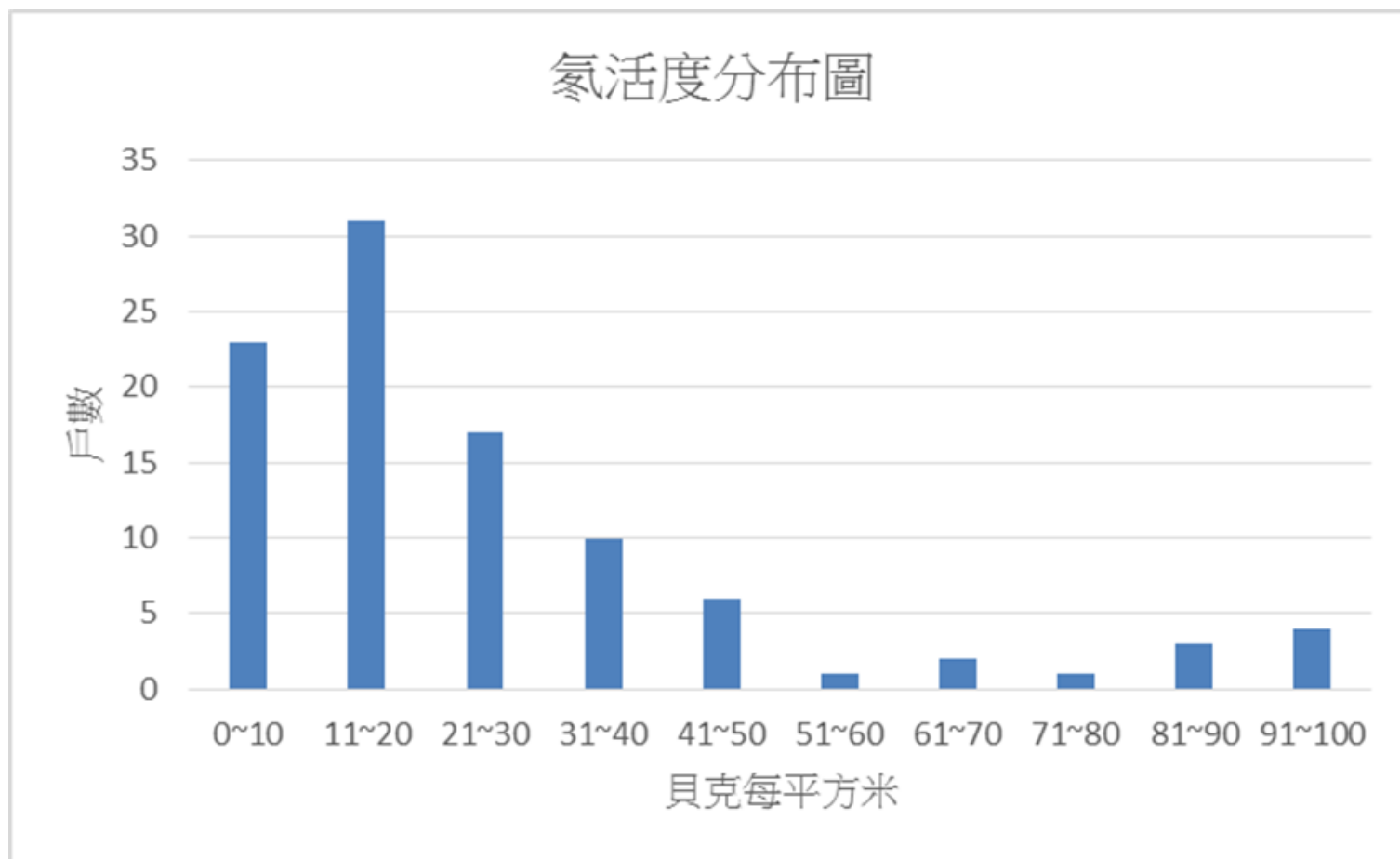
- 3月1日-3月底
  - 住宅室內氬抽樣與測量方法之建立
  - 購買儀器並進行測試與校正
  - 住宅室內氬抽樣規劃
  - 現場測量流程與數據整理測試
- 到10月初為止已完成109戶室內氬活度的測量
- 其中有6戶大於100貝克/立方米。

## 正常通風環境之結果(單位：貝克/立方米)

	客廳室內	臥房
氡活度平均值	22.7	20.5

估計在臥房之占用因數以每天8小時計算，其他房間含辦公室以14小時計算，戶外活動每天2小時，則室內氡活度加權平均值為 $(23.2 * 8 + 22.7 * 14) / 22 = 23.0 \text{ Bq/m}^3$ 。

# 台灣地區室內氬活度分布圖



## 室內氡活度與劑量評估

- 若將前兩年測量結果納入統計，合計193戶住宅室內氡活度加權平均值為 21.1貝克/立方米，共有11戶大於100貝克/立方米。
- 以ICRP-126號報告劑量評估參數每100 Bq/m<sup>3</sup>為 3.3 mSv，評估氡氣對台灣地區國民劑量約為0.70毫西弗/年。
- 比25年前的評估值0.36毫西弗/年高93%，約為UNSCEAR公布世界平均值1.2毫西弗/年的58%。
- 研判係空調與氣密窗普遍使用，通風率降低所致，溫室效應導致空調開啟時間拉長也是原因之一

# 結論與展望

- 氡是世界性議題，全球關注
- 對象包括住家、公共場所與工作場所
- 台灣無花崗岩地質，住宅氡活度偏低，建材與通風是關鍵因子，空調普遍使得室內氡升高
- 金馬地區坑道有潛在問題
- 室內空氣品質管理法在100年11月23日實施，公共場所氡活度大幅降低
- 特殊工作場所仍待調查

# 結論建議事項-1

- 蒐集分析先進國家對於氡氣活度的調查研究與立法管制資訊，室內氡活度參考活度值在100-300 Bq/m<sup>3</sup>。目前各國新訂標準對既存建築多訂在200貝克每立方米上下，對新建住宅多訂在100貝克每立方米上下。
- 工作場所室內氡參考活度值1000貝克每立方米相當於20 mSv/y的工作人員有效劑量，這已經是各國公認的工作場所氡的參考基準。
- 建議台灣室內氡活度改善目標值由150降為100貝克每立方米，並制訂工作場所室內氡參考活度值為1000貝克每立方米，以符合世界潮流。



## 結論建議事項-2

- 今年刻意將度量對象偏重在新竹以北住宅，結果顯示並沒有地域性差別，台灣本島也未發現氡易發地區(Rn prone area)。
- 國外木造建築室內氡氣主要來自其下土壤，台灣現代住家室內氡氣主要來自建材，針對台灣住家預防氡暴露之方法，建議增加通風率和阻絕建材表面氡氣逸出其效果最佳。其次選擇鈾系列天然放射性較低的建材，也可預防氡的暴露。

## 結論建議事項-3

- 室內氬活度主要受通風率和建材影響，其活度基本上是不斷變動的。
- 目前使用Safety Siren Pro Series 3氬氣偵檢器主要用於篩選性度量，原廠建議每次測量一週以上再取平均值，但因時間的壓力，本研究對每戶僅測量2-3天，代表性略嫌不足。室內的氬氣濃度會因為建築結構與通風而有所不同，甚至於每一個小時所測量出來的濃度都會不一樣。
- 因此WHO建議年平均氬氣濃度至少需要測量3個月甚至是更長的時間。短期的氬氣濃度測量，只能提供一個粗略的年平均濃度。展望未來，可以使用儀器做長時間測量，每月取平均值，數據比較可靠，且可以觀測整年隨季節的變化。

## 結論建議事項-4

- 金馬地區的花崗岩坑道眾多，有潛在的氡活度偏高問題，應予普查確認。至於金馬地區的住家與觀光景點可以進行抽樣測量，以研判有沒有氡活度偏高的問題。
- 根據瑞士的經驗，有些抽取地下水的自來水廠之工作場所的氡活度偏高，台灣地區地下水中氡活度每升約1000貝克，抽取地下水的自來水廠工作場所氡活度有必要加以了解。
- 針對職業暴露，使用含較高鈾、鈷、鐳天然礦物(NORM)加工的工作場所應作室內氡活度調查。
- 一般民眾對氡氣的認知明顯不足，建議規劃對民眾的宣導策略

# 免費測量室內氡計畫

- 我是義守大學醫學影像暨放射科學系陳清江老師，目前接受原子能委員會輻射偵測中心委託進行國內住宅氡氣活度抽計畫，敬邀您參加本抽測活動，金馬和花東地區尤其歡迎。
- 欲參加氡氣測量的請上網  
<http://goo.gl/forms/3o828uP1Xq> 填寫基本資料，所填個資僅供聯絡用，本小組將負保密責任，不會有外洩之虞。
- 肺癌已經連續多年蟬聯台灣地區致死癌症第一名，若有家人曾經得肺癌者，強烈建議進行測量。
- 2017年10月截止，有疑問可電洽07-6151100~3482 李宛臻小姐解說。



## 居家氬氣調查問卷

基本資料

\*必填

姓名\*

地址\*

電話\*

Email

房屋類型\*

公屋大廈

三合院

其他:

房屋建材\*

磚塊

木牆

鋼筋混凝土



- 姓名
- 住址
- 電話
- Email
- 房屋類型
- 房屋建材
- 家中是否有人罹患肺癌
- 牆壁形式
- 地板形式
- 通風時間

# 氡測量結果記錄表

姓名：


客廳測量結果	
開始測量時間	_____年 _____月 _____日
結束測量時間	_____年 _____月 _____日
測量數值	
機器編碼(機器背面第二行末 5 碼)	
臥房測量結果	
開始測量時間	_____年 _____月 _____日
結束測量時間	_____年 _____月 _____日
測量數值	
機器編碼(機器背面第二行末 5 碼)	

## 簡易操作說明

- 開機: 將機器插上電源，機器會出現「--」的符號並出現嘩嘩聲(十秒內聲音會停止)表示機器開始運作。
- 如果機器出現「Err3」的符號表示有電子用品干擾，請換個位置接上電源。
- 機器會在 48 小時後出現該房間內的氡氣平均濃度。
- 如果數據超過「4.0 pCi/L (150 Bq/m<sup>3</sup>)」會發出嘩嘩聲警告表示已超出氡氣濃度的建議改善值，可能會對人體產生不良的影響。
- 關閉警報聲: 按鍵長壓 15 秒，機器會出現「A off」，或移除電源亦可。
- 歸零: 按鍵長壓 20 秒，出現「C.L.」成功歸零，機器將會重新出現「--」。

◎此機器是簡易型，並作為警示用，所以此機器會有高估的現象。如果出現數字偏高仍有待進一步確認。

# 宣 導 海 報



**RADON**  
ATTACK OF THE SILENT KILLER

Be a Hero!  
Check your home for Radon Today!

Radon is the 2<sup>nd</sup> leading cause of lung cancer!

RADON TEST KIT

1 7 3 4 5 6 7

## European Radon Day

7th November 2015

Your journey to radon awareness

Radon is: The second leading cause of lung cancer, after smoking\* (World Health Organisation)

Where is radon found? Found in any building, in any location

Radon Testing: Is the only way to know. It is cheap & easy to do

Is my building affected?

Can high radon levels be reduced? Can be reduced by recognised mitigation methods

High radon levels:

Radon protection: Can be installed in new buildings during construction

Are new buildings safe? New legislation: Requires all EU countries to develop a radon action plan

Are there laws about radon?

Find out more Visit: [www.radoneurope.org](http://www.radoneurope.org) to see what is happening in your country

Sharing Is Caring! Spread the message by sharing this information with friends & family

ERA  
European Radon Association

Thanks for listening !

