



空氣中氡氣的度量與輻射安全

陳清江

義守大學

醫學影像暨放射科學系

大綱

- 認識氬氣
 - 緣起
 - 健康問題
- 度量方法與劑量評估
 - 由度量到劑量
- 台灣地區氬氣量測結果
- 結論與展望

The Periodic Table of Chemical Elements

化學元素表

1	氫 H Hydrogen 1.0079 1																	氦 He Helium 4.0026 2
2	鋰 Li Lithium 6.941 3	鈹 Be Beryllium 9.0122 4																
3	鈉 Na Sodium 22.990 11	鎂 Mg Magnesium 24.305 12																
<p>中文名: 氫 H 略號: H 原子量: 1.0079 元素名: 氫 熔點: 0 原子數: 1</p> <p> 碱金属 主族金属 碱土金属 副族金属 过渡元素 过渡元素 过渡金属 稀有气体 </p> <p>製作日期: 2008-01-15</p>																		
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

鑷系元素

錒系元素

鑷 La Lanthanum 138.91 57	鈾 Ce Cerium 140.12 58	鐳 Pr Praseodymium 140.91 59	釷 Np Neodymium 144.24 60	鈾 Pm Promethium 145 61	釷 Sm Samarium 150.36 62	鈾 Eu Europium 151.96 63	釷 Gd Gadolinium 157.25 64	鈾 Tb Terbium 158.93 65	鐳 Dy Dysprosium 162.50 66	鈾 Ho Holmium 164.93 67	鈾 Er Erbium 167.26 68	鈾 Tm Thulium 168.93 69	鈾 Yb Ytterbium 173.04 70	鐳 Lu Lutetium 174.97 71
錒 Ac Actinium 227 89	鈾 Th Thorium 232.04 90	鐳 Pa Protactinium 231.04 91	鈾 U Uranium 238.03 92	鐳 Np Neptunium 237 93	鈾 Pu Plutonium 244 94	鈾 Am Americium 243 95	鈾 Cm Curium 247 96	鈾 Bk Berkelium 247 97	鈾 Cf Californium 251 98	鈾 Es Einsteinium 252 99	鈾 Fm Fermium 257 100	鈾 Md Mendelevium 258 101	鈾 No Nobelium 259 102	鐳 Lr Lawrencium 262 103

Element	Radiation	Half-Life
U-238	alpha	4,460,000,000 years
Th-234	beta	24.1 days
Pa-234	beta	1.17 minutes
U-234	alpha	247,000 years
Th-230	alpha	80,000 years
Ra-226	alpha	1,602 years
Rn-222	alpha	3.82 days
Po-218	alpha	3.05 minutes
Pb-214	beta	27 minutes
Bi-214	beta	19.7 minutes
Po-214	alpha	1 microsecond
Pb-210	beta	22.3 years
Bi-210	beta	5.01 days
Po-210	alpha	138.4 days
Pb-206	none	stable

Element	Radiation	Half-Life
Th-232	alpha	14,000,000,000 years
Ra-228	beta	5.76 years
Ac-228	beta	6.13 hours
Th-228	alpha	1.9 years
Ra-224	alpha	3.66 days
Rn-220	alpha	55.6 seconds
Po-216	alpha	0.145 seconds
Pb-212	beta	10.6 hours
Bi-212	beta	61 minutes
Po-212	alpha	0.3 microseconds
Tl-208	beta	3 minutes
Pb-208	stable	22.3 years

什麼氦氦?勞安鼻祖



Georgius Agricola
(1494 to 1555)



Paracelsus
(1493 to 1541)

健康風險

- 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。
- 氡氣與子核Po-218, Po-214會在蛻變過程釋出阿伐粒子，阿伐粒子的輻射加權因子為加馬輻射的20倍。因此當吸入人體肺部內，便會造成較高的輻射劑量。

健康風險

- 根據UNSCEAR 2008年的報告顯示，室內氡氣造成之劑量佔全球人口輻射劑量之半，為僅次於吸菸的環境致肺癌因子
- WHO於2009年建議世界各國加以重視，並建議設定室內氡活度改善目標為100貝克每立方米

健康風險

- 1984年十二月美國賓州Limerick 核電廠一位建築工人Stan Watras引起輻射污染警報，經查證後才發現是Boyertown 住家室內氡活度過高($\sim 100,000 \text{ Bq/m}^3$)。
- 經41天改善後低於 150 Bq/m^3 花費\$32,670。
- 因此引發全美重視，成為熱門議題。
- 1989年針對典型臺灣住宅室內氡氣活度進行抽樣度量，期望依度量結果加以統計與評估，並提出最佳化的輻射防護與改善方法的建議。

健康風險

氡濃度 Bq/m ³	如果吸煙的1000人 終其一生暴露於這 濃度。	氡暴露癌症的風險比較	建議做法 停止吸煙
750	大約260人得肺癌	250倍淹死的風險	改善你家
370	大約150人得肺癌	200倍火災死亡風險	改善你家
300	大約120人得肺癌	30倍墜落死亡風險	改善你家
150	大約62人得肺癌	5倍車禍死亡風險	改善你家
75	大約32人得肺癌	6倍死於毒物風險	考慮在75到150之間修繕
50	大約20人得肺癌	(平均室內的氡濃度)	
15		(平均戶外氡濃度)	(氡濃度降低至15以下是很難的)

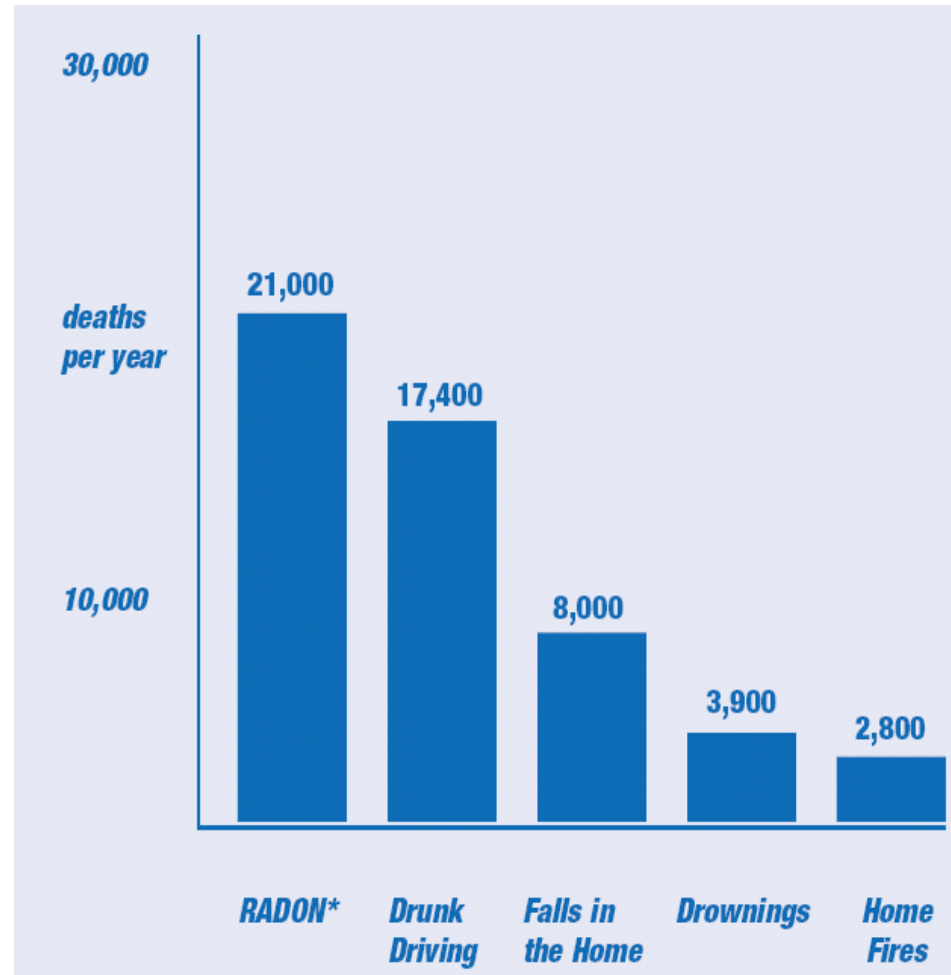
注意：如果你是一位曾吸煙的戒煙者，你的風險可能更低。

健康風險

氡濃度 Bq/m ³	如果從未吸煙的 1000 人終其一生 暴露於這濃度。	氡暴露癌症的風險比較	建議做法
750	大約36 人得肺癌	35倍淹死的風險	改善你家
370	大約18 人得肺癌	20倍火災死亡風險	改善你家
300	大約15 人得肺癌	4倍墜落死亡風險	改善你家
150	大約7 人得肺癌	~車禍死亡風險	改善你家
75	大約4 人得肺癌	~死於毒物風險	考慮在75到150之間修繕
50	大約2 人得肺癌	(平均室內的氡濃度)	
15		(平均戶外氡濃度)	(氡濃度降低至15以下是很難的)

注意：如果你是一位曾吸煙的戒煙者，你的風險可能更高。

健康風險



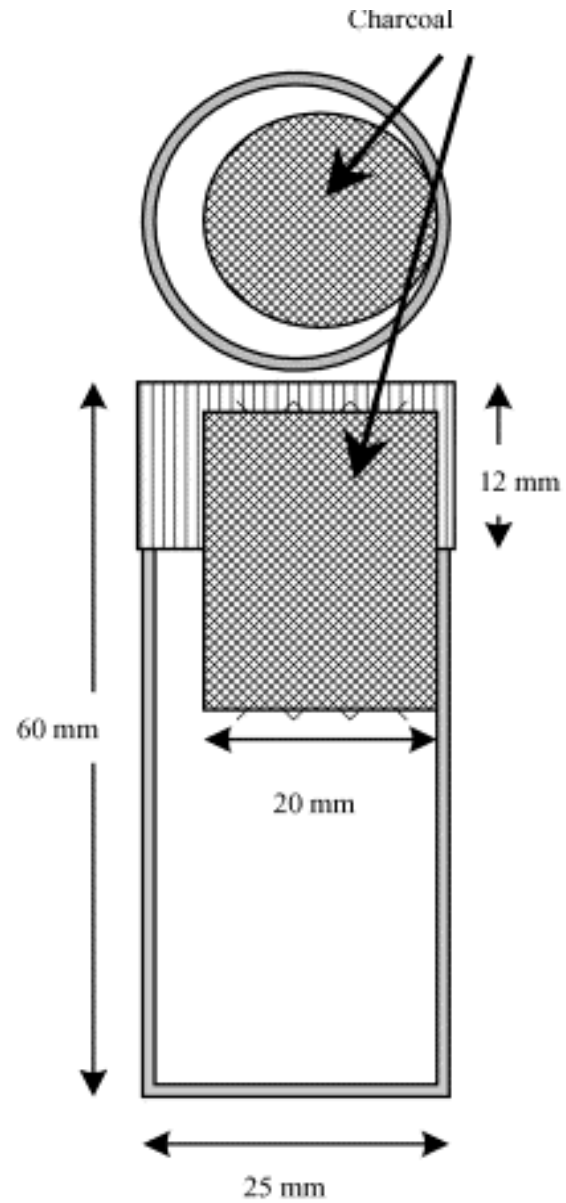
度量方法與劑量評估

Lucas cell



Charcoal

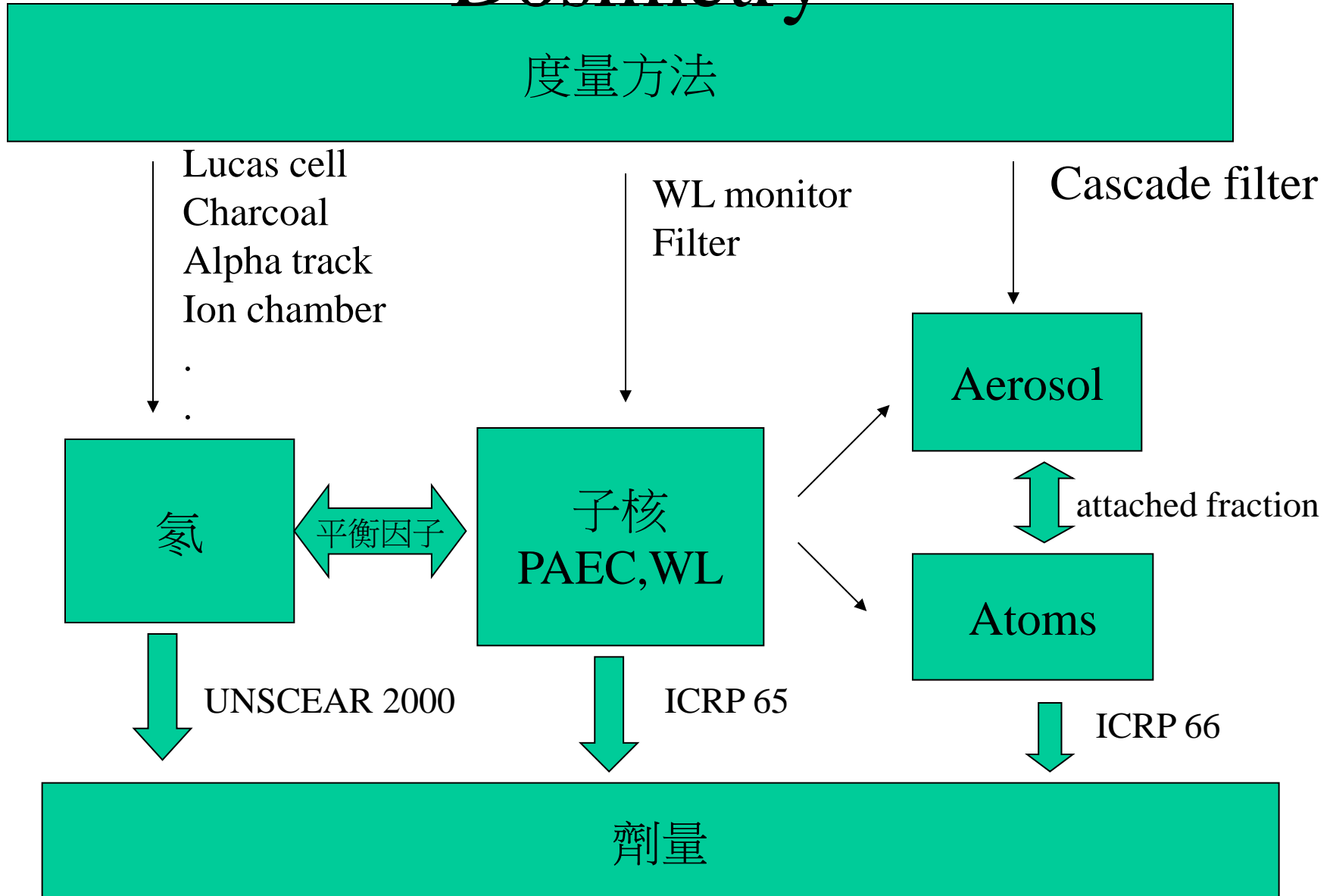
Fig 1.ST-100結構圖 LSC

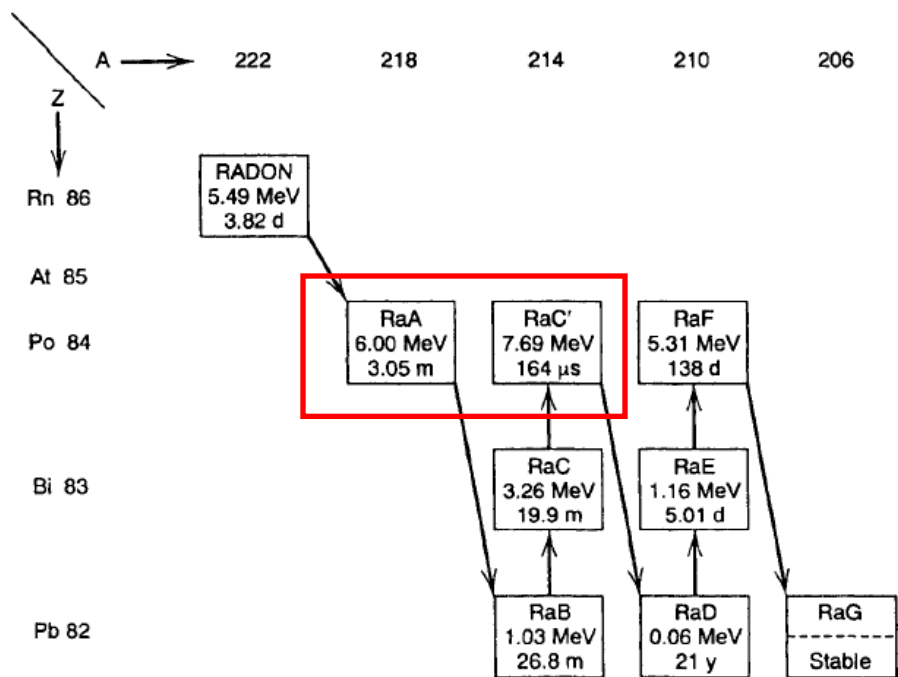




Dosimetry

度量方法





1WL = 100 pCi/L 平衡氡子核
 $\sim 3.7 \text{ Bq/L}$
 $\sim 1.3 \times 10^5 \text{ MeV/L}$
 $\sim 2.1 \times 10^{-5} \text{ J/m}^3$

Nuclide	A (Bq)	λ (s^{-1})	N	E (MeV)	NE (MeV)
^{218}Po	1.00E+00	3.79E-03	2.64E+02	1.37E+01	3.61E+03
^{214}Pb	1.00E+00	4.31E-04	2.32E+03	7.69E+00	1.78E+04
^{214}Bi	1.00E+00	5.83E-04	1.72E+03	7.69E+00	1.32E+04
^{214}Po	1.00E+00	4.23E+03	2.36E-04	7.69E+00	1.82E-03
SUM					3.46E+04

附表三之八 氡 (Rn-222) 子核及釷 (Rn-220) 子核之攝入量及曝露量限度

(本表引自 ICRP-65 (1994))

量	單位	氡子核限度 ^(a)	釷子核限度 ^(b)
五年期間之年平均值			
α 潛能攝入量	焦耳	0.017	0.051
α 潛能曝露量	焦耳·小時·公尺 ^{-3(d)}	0.014	0.042
	工作基準 ¹² 月 ^{13(c)(d)}	4.0	12
一年內之最大值			
α 潛能攝入量	焦耳	0.042	0.127
α 潛能曝露量	焦耳·小時·公尺 ^{-3(d)}	0.035	0.105
	工作基準月	10.0	30

(a) 氡子核：²²²Rn 的短壽命衰變產物：²¹⁸Po(RaA)，²¹⁴Bi(RaC)，²¹⁴Pb(RaB) 和 ²¹⁴Po(RaC')。

(b) 釷子核：²²⁰Rn 的短壽命衰變產物：²¹⁶Po(ThA)，²¹²Pb(ThB)，²¹²Bi(ThC)，²¹²Po(ThC') 和 ²⁰⁸Tl(ThC'')。

(c) 工作基準月：為氡子核或釷子核曝露量之單位，一個工作水平月是 3.54 毫焦耳·小時·公尺⁻³ 或 170 工作基準·小時，一工作基準(WL)指一升空氣中氡子核或釷子核之任意組合，將最終放射 1.3×10^5 百萬電子伏之 α 能量。在 SI 單位中，一工作基準等於 2.1×10^{-5} 焦耳·公尺⁻³。

(d) 第九表為轉換係數。

附表三之九 用於附表三之八氡及氡子核之單位轉換係數

(本表引自 ICRP-65(1994))

量	單位	轉換係數
氡子核轉換	(毫焦耳·小時·公尺 ⁻³)/工作基準月	3.54
氡子核/氡照射量轉換(平衡因數為 0.4)	(毫焦耳·小時·公尺 ⁻³)/(貝克·小時·公尺 ⁻³) 工作基準月/(貝克·小時·公尺 ⁻³)	2.22×10 ⁻⁶ 6.28×10 ⁻⁷
單位氡濃度之氡子核年曝露量 ^a		
在住宅中	(毫焦耳·小時·公尺 ⁻³)/(貝克·公尺 ⁻³)	1.56×10 ⁻²
在工作場所	(毫焦耳·小時·公尺 ⁻³)/(貝克·公尺 ⁻³)	4.45×10 ⁻³
在住宅中	工作基準月/(貝克·公尺 ⁻³)	4.40×10 ⁻³
在工作場所	工作基準月/(貝克·公尺 ⁻³)	1.26×10 ⁻³
劑量轉換係數, 單位氡子核曝露量之有效劑量:		
在住宅中	毫西弗/(毫焦耳·小時·公尺 ⁻³)	1.1
在工作場所	毫西弗/(毫焦耳·小時·公尺 ⁻³)	1.4
約定劑量轉換係數, 單位氡子核曝露量之有效劑量:		
在住宅中	毫西弗/工作基準月	4
在工作場所	毫西弗/工作基準月	5
氡子核/氡濃度轉換		
平衡因數 F=0.4	工作基準/(貝克·公尺 ⁻³)	1.07×10 ⁻⁴
一般情況	工作基準/(貝克·公尺 ⁻³)	2.67×10 ⁻⁴

a: 假設每年在住宅中 7000 小時或每年在工作場所 2000 小時且平衡因數為 0.4。

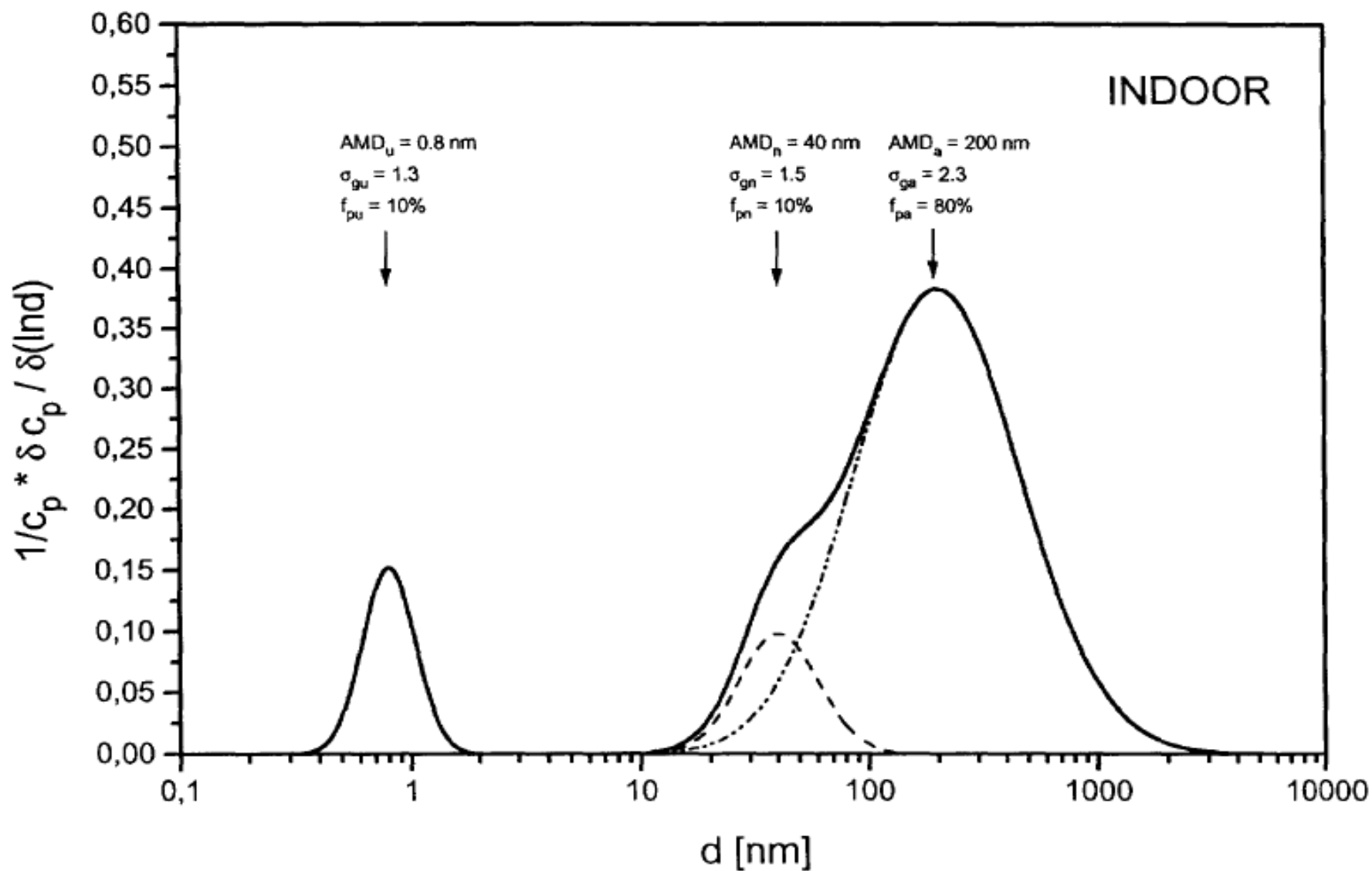


Fig. 3. Relative size distribution of the PAEC of radon daughters typical for indoor air in closed rooms of homes (without additional aerosol sources).

- PM2.5, 中文稱懸浮微粒(Fine Particulate Matters), 係指懸浮在空氣中氣動粒徑小於 $2.5\ \mu\text{m}$ (微米)之大小, (直徑為10微米以下稱PM10)
- 它的來源可分自然界及人為因素, 自然界有火山暴發, 海水蒸發帶起飄浮之鈉, 及沙漠之塵埃... 等等, 人為因素則人為開墾之沙漠化, 及石化工廠. 發電廠. 焚化爐. 各類工廠. 汽機車.. 等等所排放之廢氣, 其中以人為之化學污染最為嚴重, 依地區不同它佔全部污染之60-80%的量, 而這些有毒物很容易經由空氣傳播, 其PM2.5之粒子, 更可穿透肺泡直達血液。
- 髮絲大小約40-70 μm 間

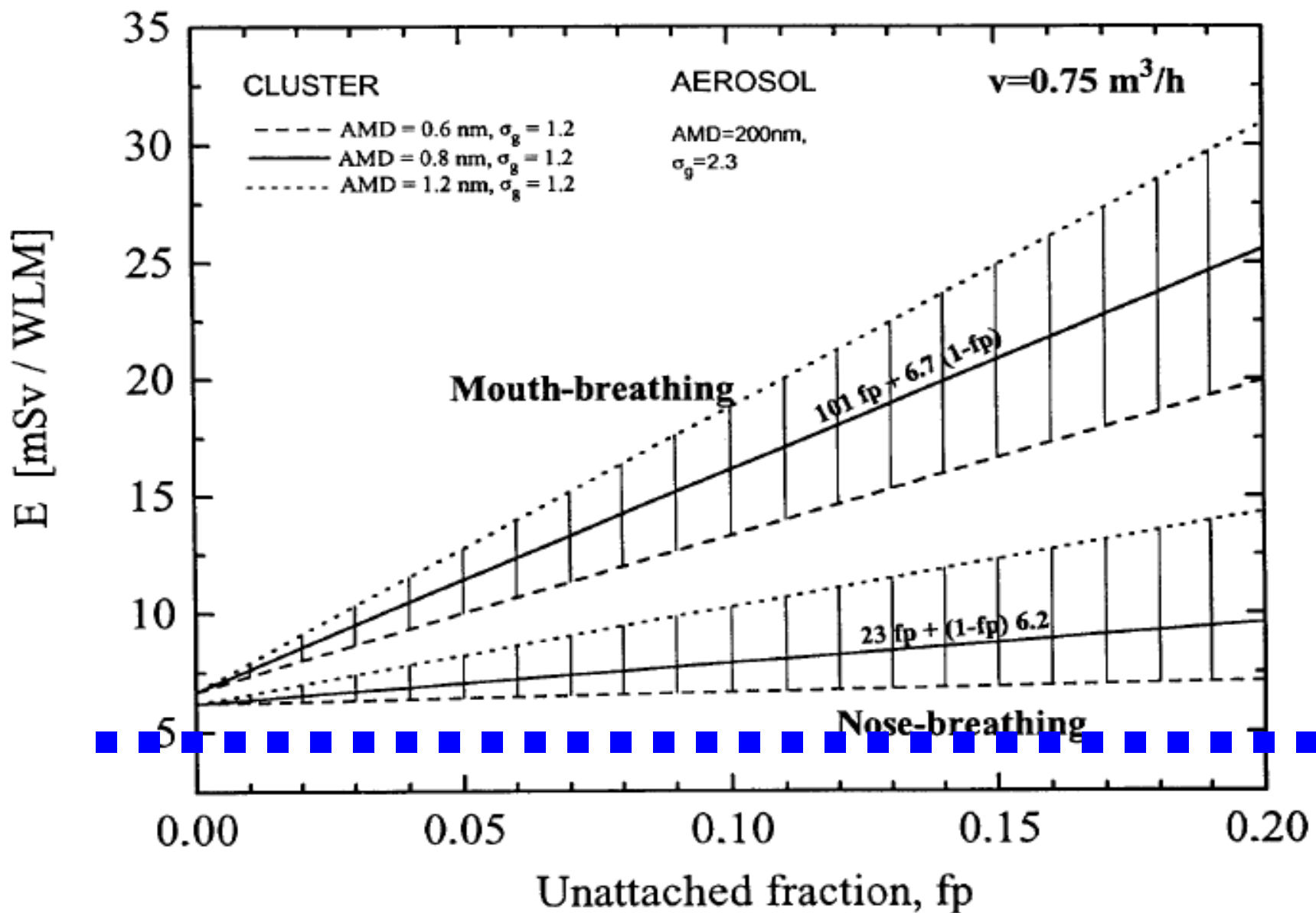


Fig. 4. Influence of the unattached fraction (f_p) on the DCF (E) (in effective dose). The aerosol mode is kept constant.

台灣地區氡氣量測結果

臺灣市售建材之平均天然放射活度及氡逸出率

編號	名稱	鈾系 (Bq/kg)	釷系 (Bq/kg)	鉀 40 (Bq/kg)	氡逸出率變動範圍 ($\times 10^{-4}$ Bq m ⁻² s ⁻¹)	平均值 ($\times 10^{-4}$ Bqm ⁻² s ⁻¹)
1.	大理石	1.4	<DMA	<DMA	0.06-0.10	0.08
2.	紅地磚	62	62	830	0.06-0.13	0.09
3.	石英磚	270	131	588	0.10-0.25	0.15
4.	地磚	134	83	645	0.13-0.19	0.16
5.	黑色片岩	37	51	790	0.10-0.27	0.18
6.	黑混石	28	29	90	0.10-0.18	0.16
7.	人造石	93	84	605	0.15-0.24	0.18
8.	紅磚	35	41	818	0.26-0.35	0.30
9.	水泥磚	26	30	408	0.60-1.60	0.98
10.	花崗岩	53	68	1084	0.21-4.50	2.50
11.	進口花崗岩	249	174	1114	1.08-28.50	12.68

註：1. 以上核種活度數據之計測標準誤差在± 5%以下。

2. 10 號花崗岩放射活度係取自金門數據，11 號之氡逸出率包括各國進口花崗岩。

氡氣溢出率超乎想像 華麗建材暗藏殺機！

部分進口花崗岩 具“致命”吸引力

民衆棲身其間 可能提高致肺癌率

花崗岩釋放氡氣 可能提高致癌率

部分建商進口當建材 值得注意

記者 薛荷玉／報導

●採用進口花崗岩地磚，雙為作為建材的民眾得注意了。內研究已經發現，進口的部分南非及印度花崗岩建材的氡氣溢出率為一般混凝土建材的百倍以上，這可能導致居住其中的民眾患肺癌率偏高。

行政院原子能委員會所屬的台灣輻射偵測工作站組長陳清江在他最近完成的一項研究中發現，取自國內進口的部分南非及印度花崗岩建材，會溢出天然的放射性氣體——氡，其溢出均為國內一般混凝土建材的100倍以上，也比台灣天然放射最強的岩石片麻岩，及山胞魯凱族建屋的傳統建材黑色片岩溢出的氡氣要高出許多。

陳清江指出，由於本土的建材中氡氣濃度並不高，國內過去很少討論到氡氣問題，但近年來國人生活水準提高後，大量南非、印度、香港、韓國及中國大陸進口花崗岩作為地磚、磚，若室內通風不良，很容易導致室內空氣中的氡濃度過高。由於美國三分之一的地質為花崗岩，加拿大的花崗岩比率高達80%，陳清江表示，他們購屋時通常會要求對方出示氡濃度的偵測報告。

陳清江建議，國內應儘速訂出室內空氣中氡濃度的標準，一步對進口花崗岩建材所造成的室內氡濃度做偵測，或由商局針對進口的花崗岩建材展開抽測，以保護民眾居住安全。

【本報訊】國內最近研究發現，進口花崗岩的放射性氣體——氡氣濃度為以台灣土壤拌成混凝土的百倍以上，事實上，國內進口花崗岩的主要產地香港最近已發現，香港肺癌死亡人口中的13%正因為氡氣濃度過高所致。

根據香港應用科學工藝技術系所做的一項研究顯示，香港幾乎有一半以上的地磚為花崗岩，因此，花崗岩經常被用來作為建材，香港約三分之一的水泥建材中含有小花崗岩。

這項研究顯示，由於使用花崗岩建材，香港平均室內氡氣濃度比全球室內氡氣濃度每立方公尺45貝克還要高出50%；而測出最高的室內氡氣值達每立方公尺280貝克，比當地許可的標準200貝

克高，比美國所訂的室內氡氣值150貝克更高出近一倍。

這項歷時5年的研究指出，肺癌與建材溢出的氡氣絕對有關聯性，香港頸癌死亡人口中的13%

就與氡氣濃度過高有關。

國內目前進口花崗岩建材的主要來源除香港之外，還包括南非、印度、韓國及中國大陸。

《生活小百科》

氡

●氡氣是地殼中天然存在的放射性氣體，也是稀有氣體族的一員，原子序為86，原子量為222，自鉍228衰變而來，通常存在於土壤、石材當中。以花崗岩的溢出率最高，但不同地區的花崗岩氡濃度並不同。即使採用溢出率高的花崗岩

為建材，室內的氡濃度仍會因通風狀況是否良好而不同，且僅使用花崗岩地磚的氡濃度，也比同時使用花崗岩的地磚、壁磚要低。

我國目前並無室內氡氣濃度的限制，但游離輻射防護安全標準規定，每人每年由吸氣吸入體內的氡氣年摄入量不宜超過73微居里，氡氣已證實會對人體的肺造成危害。（薛荷玉）

「室內氬氣濃度及建材中放射性物質安全標準」討論會會議記錄

一、時間：八十二年三月三十一日上午九時三十分。

二、地點：本會第三會議室。

三、主席：曾副處長東澤。

四、出席人員：

紀錄：高熙玖。

清華大學：翁寶山教授、洪益夫教授、朱鐵吉教授。

台灣輻射偵測工作站：陳清江組長。

本會核能研究所：邱志宏博士。

本會輻射防護處：周凱漢技正、溫松吉副研員。

五、主席報告：略

六、簡報：(一)我國氬氣有關之研究報告、(二)國外氬氣安全標準之分析(略)。

七、討論：略

八、結論：

(一)根據我國氬氣有關之研究結果顯示，平均室內濃度約在十~~四~~至二十~~五~~貝克/立方米，遠低於國外有關之行動基準值(約在100至400貝克/立方米)，縱使使用氬氣逸出率較高之建材，只要注意室內通風，應無任何安全上之顧慮。

(二)分析國外有關資料，並考量我國現況，因美國在室內氬氣濃度之研究及法規最為完整、嚴謹，擬採用美國之標準100貝克/立方米為我國室內氬氣濃度之改善建議值。

(三)至於建材中放射性物質含量，因世界各國多未做限制，且已有前述室內氬氣濃度改善建議值可做為確保人體健康之安全標準，故暫不訂定建材中放射性物質含量限值。

九、散會：上午十二時三十分



台灣地區典型住宅氡氣逸出率

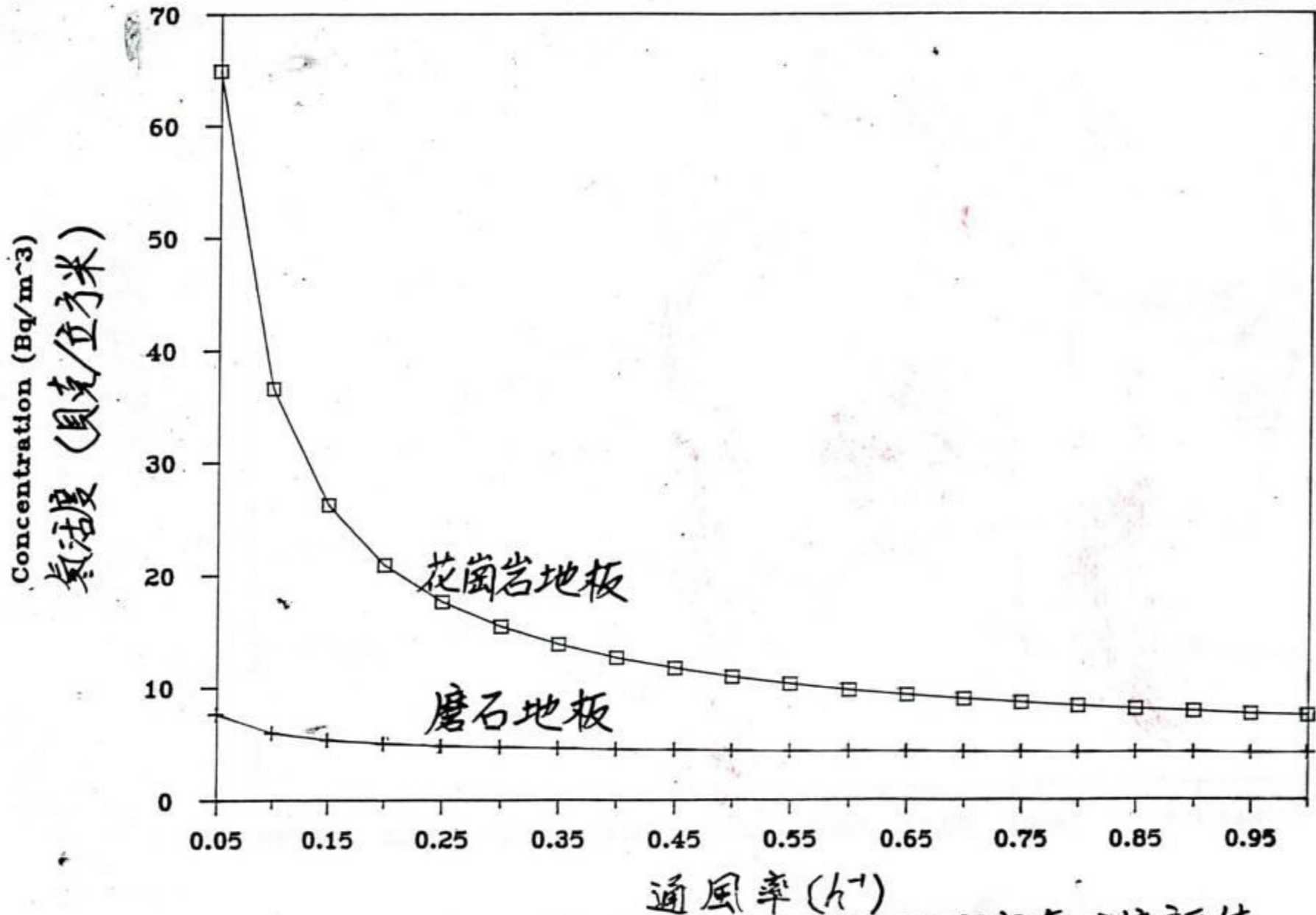
表18 樣品屋之氣逸出率

位 置	材 料	面 積 m ²	氣 逸 出 率 (10 ⁻⁴ Bqm ⁻² s ⁻¹)
頂樓板	鋼筋混凝土	46.2	0.86
地 板	磨石子地板	35.8	2.40
外 牆	鋼筋混凝土	27.8	0.90
內 牆	磚造塗混凝土	44.5	0.66

註：本房屋內壁均塗上油漆

$$V = 112 \text{ m}^3$$
$$A = 220 \text{ m}^2$$

Concentration of Rn



通风率 (h⁻¹)
横只是在不同通风率下之室内氡浓度评估

正常通風下

花崗岩建物室內氡活度

單位:貝克/立方米(Bqm⁻³)

編號	測量地點	地板石材	氡平均活度
1	成大醫院大廳 1	芬蘭花崗石	21
2	成大醫院大廳 2	芬蘭花崗石	48
3	龍德石材工廠	各種石材	14
4	龍德石材辦公室	南非紅	40
5	龍德石材住宅	白石	21

註:測量時間為3月19日至20日

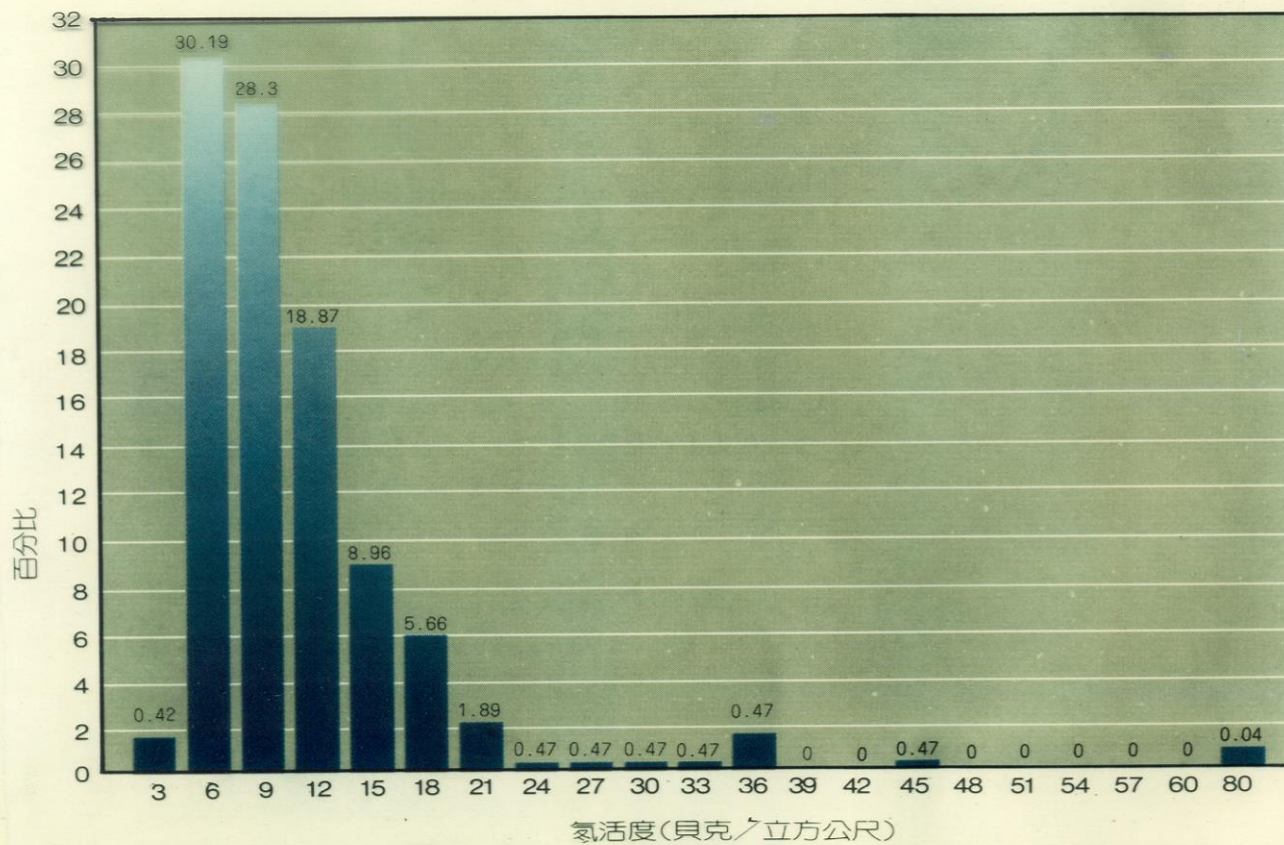
表3 台灣各縣市室內外氣濃度

區 域	氬濃度 (貝克/米 ³)		
	室內濃度範圍	室內平均濃度	室外平均濃度
01基隆	5.7- 9.9	8.4± 1.5	3.3±1.8
02花蓮縣	5.5-12.6	8.2± 2.1	4.3±1.4
03台東市	5.4-12.8	8.9± 3.2	—
04宜蘭縣	6.2-13.9	8.0± 2.9	—
05台北市	4.7-19.0	10.6± 4.3	3.0±1.7
06台北縣	4.4-24.1	10.2± 5.6	5.5±1.5
07桃園縣	5.1-13.6	9.0± 2.5	5.0±2.7
08新竹縣	6.3-17.3	10.1± 3.0	4.3±4.9
09苗栗縣	7.2-14.5	9.9± 2.3	3.4±1.4
10南投縣	9.8-22.0	14.4± 3.8	5.5±1.5
11台中縣	8.1-15.3	10.4± 2.6	5.4±4.9
12台中市	5.7-10.4	10.8± 5.4	4.0±4.2
13彰化縣	4.7-11.8	7.8± 3.0	2.2±1.8
14雲林縣	4.6-18.0	8.0± 4.1	3.8±4.5
15嘉義縣	5.0-23.8	9.8± 6.4	1.8±1.3
16台南縣	5.8-14.9	8.2± 3.6	—
17台南市	8.3-21.9	13.1± 5.0	3.1±2.3
18高雄縣	4.7-10.5	8.3± 2.5	4.4±4.9
19鳳山市	6.3-10.1	8.5± 1.7	5.1±5.3
20高雄市	6.4-22.1	10.6± 3.8	3.1±3.8
21屏東縣	5.5-17.8	7.2± 3.9	5.1±3.0
22澎湖縣	5.3-12.4	8.3± 2.3	4.3±3.7
23金門縣	9.0-24.8	14.4± 4.0	3.5±3.6
24金門坑道	36.3-63.5	50.8±13.4	3.5±3.6

註：1.室內氬濃度平均值 9.9 ± 4.1 貝克/米³

2.室外氬濃度平均值 4.0 ± 3.2 貝克/米³

3.批次平均值最低 8.4 貝克/米³·最高 11.1 貝克/米³



臺灣地區室內氡活度

行政院原子能委員會

輻射偵測中心

Radiation Monitoring Center

表 4. 住宅特性與室內氣活度之關係

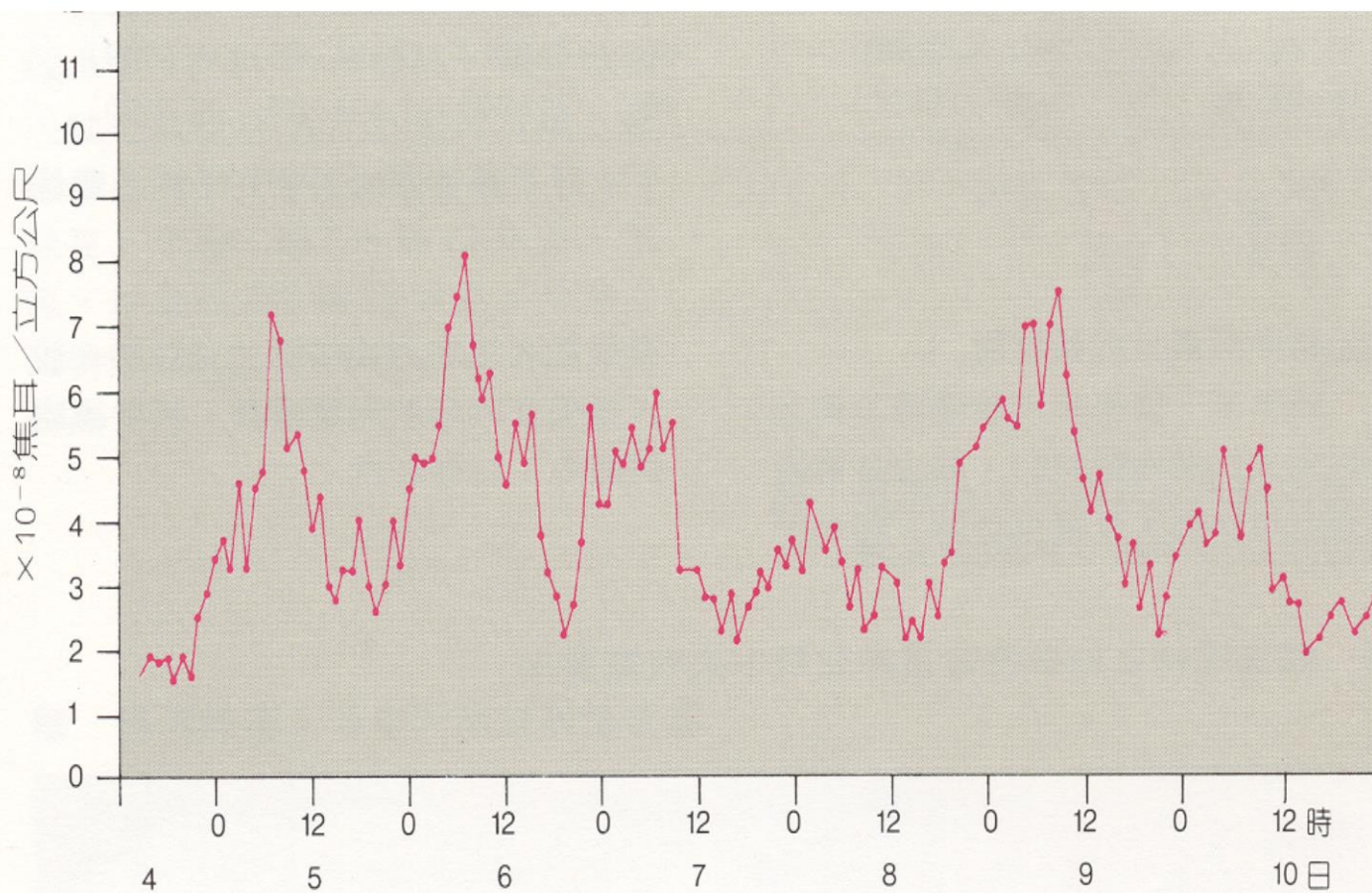
單位：Bqm

1	建築 型式	公寓(58) 10.8	平房(33) 9.4	獨棟式(90) 9.3	其它(31) 10.6			
2	主要 建材	鋼筋混凝土(159) 9.9	紅磚塗水泥(42) 8.9	木 造(0) —	其它(4) 19.4			
3	地板 材料	混凝土(29) 10.3	塑膠地板 9.2	大理石(14) 8.6	木板(8) 14.5	磁磚(74) 9.5	磨石子(62) 9.6	其它(5) 16.9
4	牆壁面 材料	磁磚(10) 10.6	油漆(15 8) 9.5	壁 紙(19) 10.4	木板(6) 10.7	其它(19) 12.1		

註：()內數字表住宅數目



室外氦濃度



■ 高雄地區室外氦子核阿伐潛能活度 (民國80年12月5日~12月10日)

行政院原子能委員會

輻射偵測中心

Radiation Monitoring Center

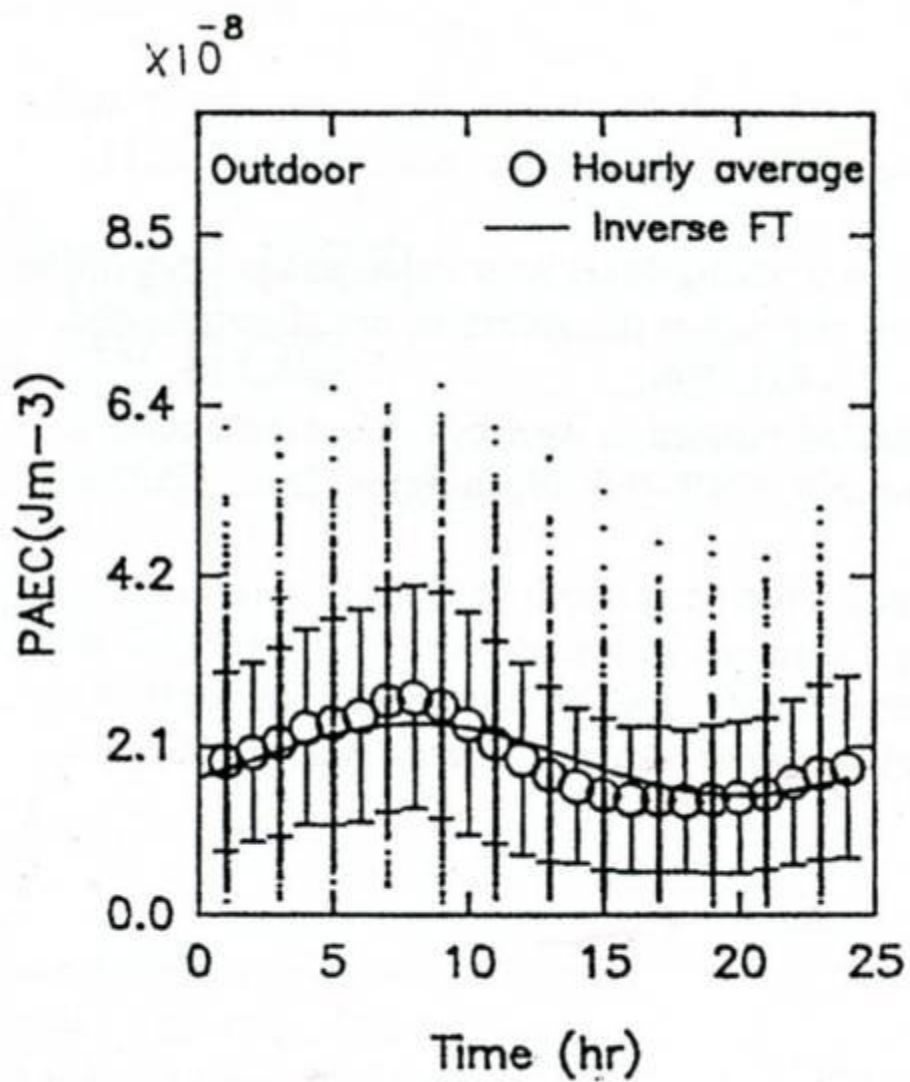
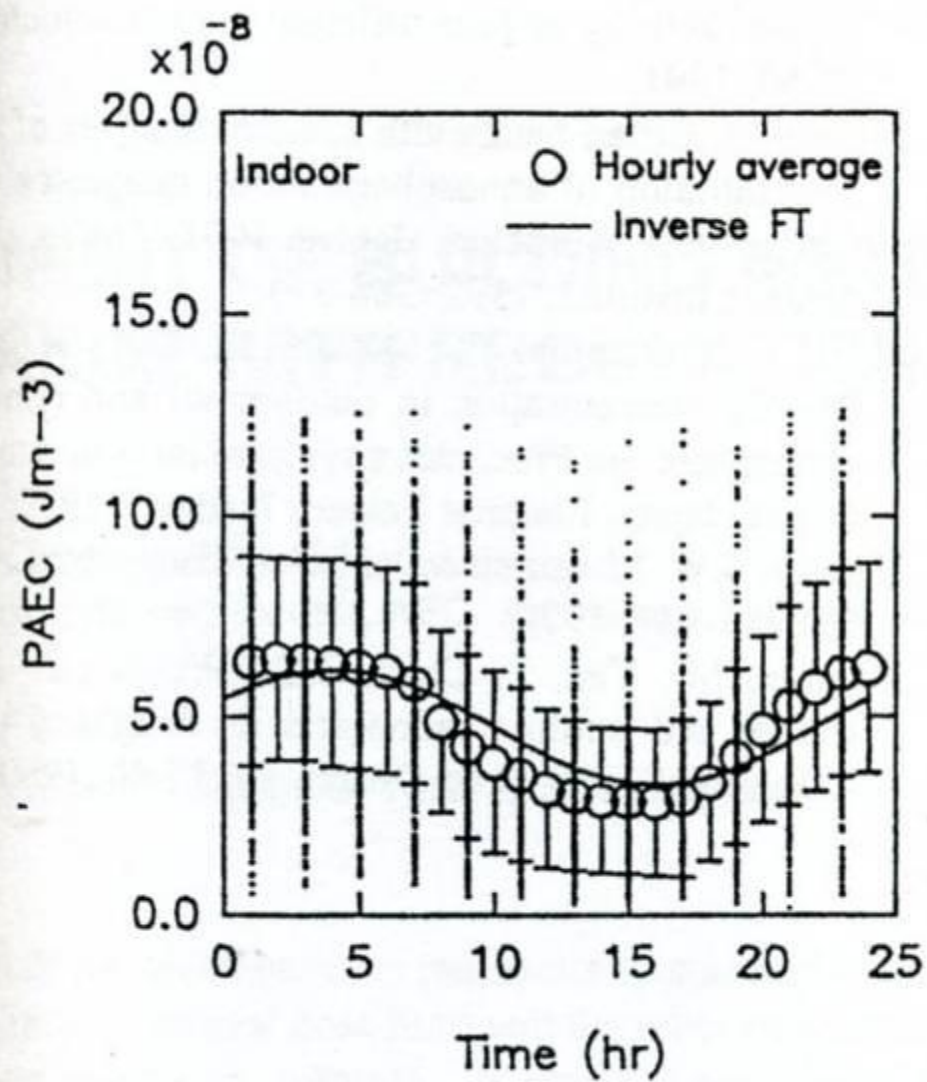


Fig. 5. Diurnal distribution of radon progeny.

高雄地區不同場合氬濃度之度量結果

單位：巴克／立方米

編號	狀況	日期	時間	地點	活度
1	室外	2/13	15:05 - 15:51	本站室外	6.4
2		2/26	10:30 - 10:56	赴小琉球海上	4.6
3		2/26	11:42 - 12:30	小琉球島上	2.2
4		2/13	10:47 - 11:18	西子灣隧道外	3.3
5		2/16	12:28 - 13:08	西子灣隧道內	4.2
6		2/16	14:03 - 14:43	旗津島上	3.7
7		2/11	9:25 - 9:48	本站室外	8.8
8	室內	2/14	14:30 - 14:56	某戲院(上映中)	11.1
9		3/9	16:08 - 16:38	市立體育館(閉)	5.5
10		4/29	10:04 - 10:14	本站射源貯存室(閉)	1467.0
11		5/5	15:00 - 15:10	本站射源貯存室(密閉)	2900.0
12		6/12	10:10 - 10:44	” (加風扇)	66.1
13		6/1	14:11 - 14:41	本站藥品貯存室(閉)	36.6
14		7/4	11:00 - 11:40	本站宿舍(閉)	7.1
15		6/11	11:00 - 11:30	本站招待所(閉)	24.8
16	地下室	2/10	10:00 - 10:25	高雄地下街B3	56.8
17		2/10	11:00 - 11:15	高雄地下街B2	40.1
18		3/9	15:06 - 15:36	某百貨公司B1	8.6
19		4/30	14:50 - 15:23	中正國小地下室(開窗)	2.4
20		5/5	10:35 - 11:15	一般住宅地下室	12.4

臺灣地區溫泉水中氦 220、氦 222 的活度

地 點	氦 220($\times 10^4$ 貝克/升)	氦 222(貝克/升)
金 山	3.37	6.96
礁 溪	1.47	11.0
馬 槽	4.56	1.63
北 投	3.03	1.11
關 仔 嶺	0.95	16.7
四 重 溪	1.05	2.56
知 本	0.95	5.00
紅 葉	3.56	6.67
安 東	4.78	9.26

台灣地熱區氡氣量測

宜蘭地區氡活度測量

編號	地點	類別	PH值	氡活度 Bqm ⁻³	γ - 暴露率 μ R/hr
A	蘭陽發電廠熱水渠	地熱	9.0	76	9.1
B	蘭陽發電廠蒸氣	地熱	9.0	390	—
C	清水溪河床	地熱	9.0	9	14.1
D	仁澤工作站	溫泉	8.5	3	15.2
E	蘇澳公共浴池	冷泉	7.0	5	11.2
F	礁溪公共浴池(西)	溫泉	7.0	7	12.3
G	礁溪公共浴池(東)	溫泉	7.0	9	—

台灣地區氡氣量測

陽明山地區氡活度測量

地 點	取 樣 對 象	氡活度 (Bqm ³)
地熱谷	戶外	5
小油坑	戶外 (遠離噴氣孔)	2
馬槽	戶外 (極靠近噴氣孔)	360
行義路段	戶外 (噴氣孔)	40
交通飯店	室內 (溫泉浴池)	5
金山溫泉館	室內 (溫泉池)	10

台灣地區氬氣量測



高雄地區旅遊洞穴氡活度測量結果

地 區	偵測地點	氡活度 (Bq/m ³)	逗留每小時氡 造成劑量 (uSv)	加馬暴露率 (uR/hr)
觀音山	觀音山 A	50	0.50	—
	觀音山 B	51	0.51	—
	觀音山 C	29	0.29	—
	觀音山 D	222	2.22	—
北壽山	蓮花洞	29	0.29	5.1
	井觀洞	58	0.58	—
	鐘乳洞	65	0.65	3.1
	南極副洞	296	2.96	7.5
	三合洞	321	3.21	—
	蟾蜍洞	12	0.12	—
	南極主洞	141	1.41	—
林園清水巖	龍蟠洞 A	57	0.57	13.6
	龍蟠洞 B	211	2.11	—
	龍蟠洞 D	106	1.06	—
	龍蟠洞 C	27	0.27	—
	仙洞左側	38	0.38	4.6
	仙洞右側	25	0.25	—
	龍蟠洞口	23	0.23	8.8
	桃源主洞	28	0.28	7.0

煤礦坑氬活度測量結果

取樣日期	地 點	取樣點編號	氬活度 (貝克 / 立方米)
80.10.15	新平溪礦場	開採區	80~250
80.10.16	文山礦場	1	94
		2	87
		3	78
		4	100
		5	110
80.10.17	利豐礦場	1	130
		2	80
		3	60
		4	90
80.10.18	南邦礦場	A	320
		B	320
		C	270
		D	170

* 對礦工造成之年有效等效劑量為 1.7~9.2 毫西弗。

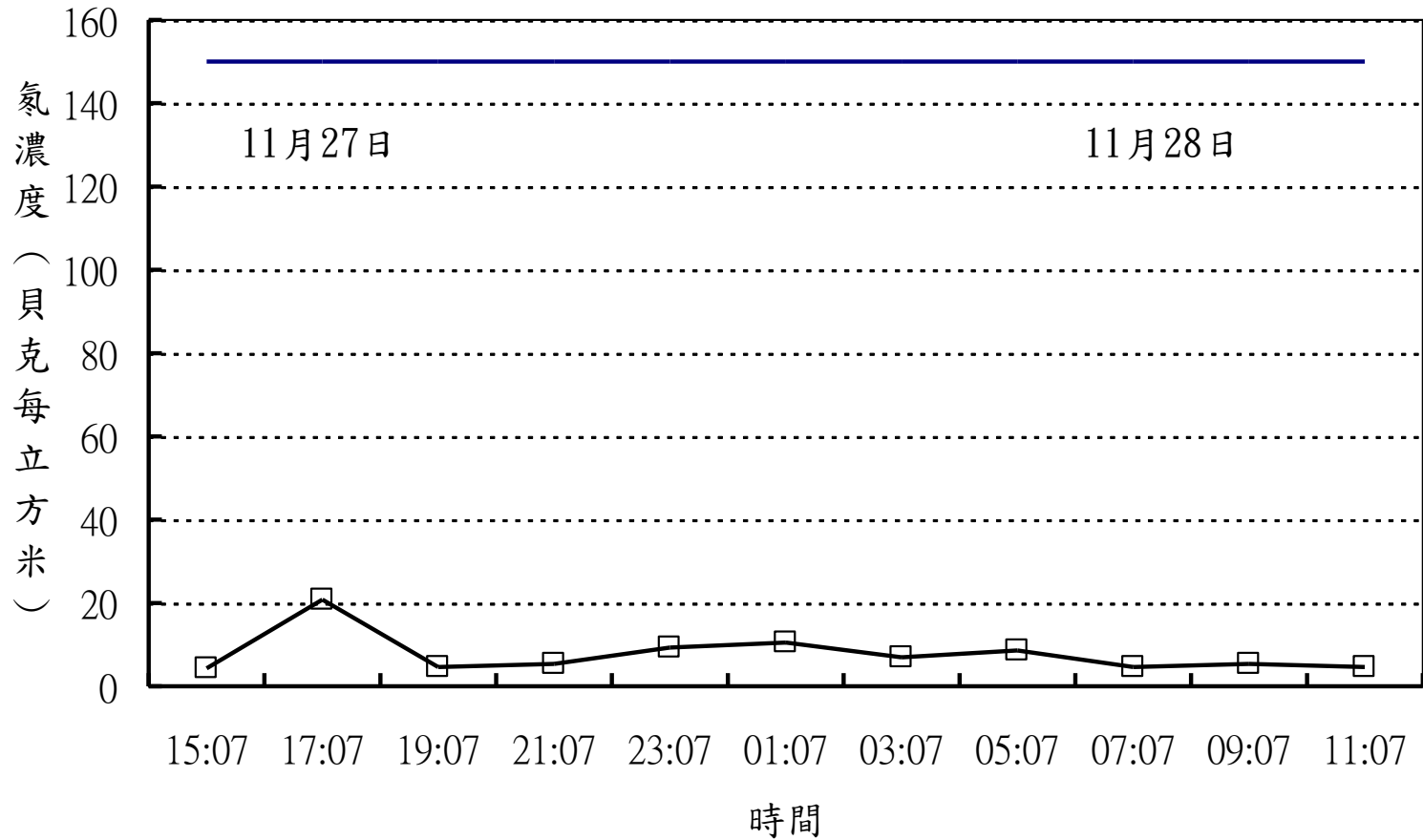


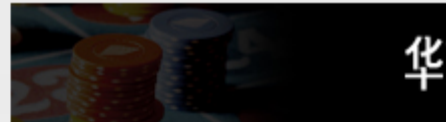
Table 2. Radon concentration and indoor gamma dose rate in black schist houses.

Number	1	2	3	4	5	6	7	8	Average
Radon concentration (Bq m ⁻³)	68	71	41	13	21	18	16	21	34 ± 24
Outdoor radon conc. (Bq m ⁻³)	18	—	17	8	14	—	12	—	13.8 ± 4.0
Indoor gamma dose rate (nGy h ⁻¹)	88	97	105	90	100	107	92	125	101 ± 12

台北市捷運系統淡水線的中山站地下月台

— 建議改善活度 150貝克/立方米 □ 氬活度





環球

經濟

韓國

觀點

娛樂生活

影像走

韓國朝鮮日報中文網路版

新聞搜索

搜索

首頁

首頁 > 韓國 > 要聞

| 大 | 中 | 小

環球

中港台

國際

北韓

經濟

韓國經濟

全球經濟

韓國

要聞

文化

體育

觀點

朝鮮社論

專欄評論

記者手冊

世間萬象

首爾部分地鐵站檢測出大量致癌物質“氡”

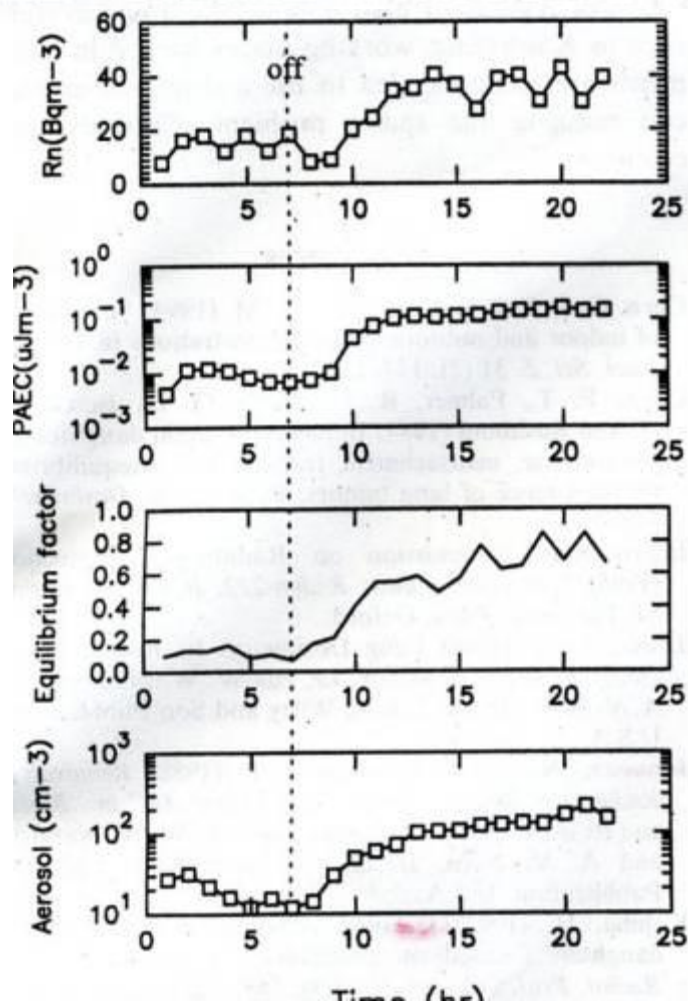
朝鮮日報記者 朴恩浩 (2007.04.30 12:24)

據確認，在首爾部分地鐵站的室內空氣中檢測出高濃度的放射性致癌物質“氡(Rn)”。尤其是，在地鐵站的月臺和候車室等十處，有一處空氣中的氡濃度超過了國內環境標準，預計將再次引起關於市民健康的爭議。“地鐵氡問題”從10多年前開始就被提出，但因為有關當局消極應對，狀況依然沒有得到好轉。

慶熙大學大氣污染研究室金東述教授（環境應用化學學院）組受首爾市的委託，在去年9~11月以1~8號線地鐵站中的44處為對象實施了“空氣中氡實際狀態調查”，得出了上述結果。氡是從像花崗岩一樣的岩石和土壤、地下水等物質中排放到空氣中的自然發生性放射性氣體，被世界衛生組織（WHO）指定為“僅次於吸煙的肺癌誘發要因”，屬危險性較高的物質。

Table 3. Summary of measured results at different working places under different conditions

Location	Radon (Bq m^{-3})	PAEC (nJ m^{-3})	Aerosol (m^{-3})	Fp	Condition
Lab. #1	197 ± 33	680 ± 132	4719 ± 913	0.82 ± 0.36	closed room
Lab. #2	28.2 ± 3.9	100 ± 17	4217 ± 726	0.64 ± 0.14	central air conditioner
Hospital #1	50.0 ± 8.3	17.9 ± 5.6	529 ± 156	0.06 ± 0.02	central air conditioner + dehumidifier
Hospital #2	19.9 ± 9.4	7.43 ± 0.57	380 ± 44	0.11 ± 0.04	central air conditioner + dehumidifier
	37.1 ± 4.8	139 ± 57	4091 ± 891	0.71 ± 0.25	central air conditioner



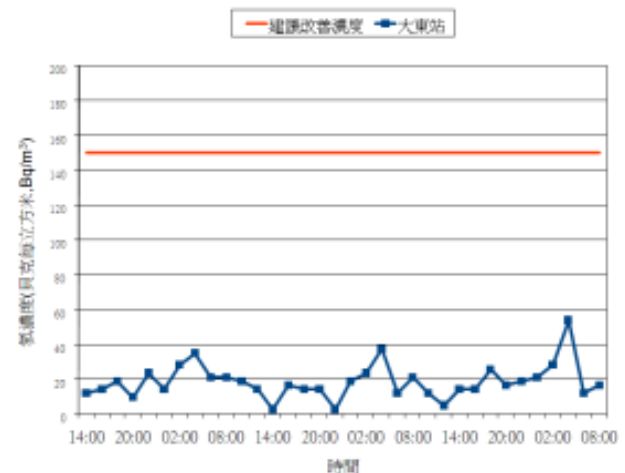
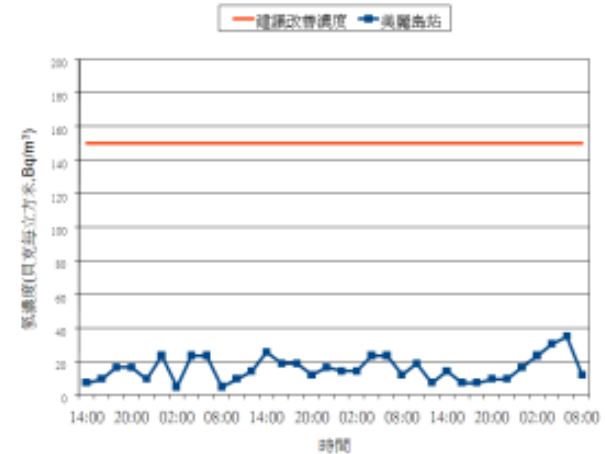
氡及其子核造成之體內劑量

地點	氡活度 (貝克/立方公尺)		平衡因子 (F)	劑量轉換因子 (奈西弗/貝克·立方公尺·小時)		占用因數	有效劑量 (毫西弗/年)		合計
	氡氣	氡子核種		氡氣	氡子核種		氡氣	氡子核種	
室內	10±4	4.9	0.49±0.1	0.17	9	0.8	0.12	0.309	0.358
室外	4±3	2.3	0.57±0.3	0.17	9	0.2	0.001	0.036	

台灣本島氡氣量測結果彙整

輻射偵測中心歷年來陸續於台灣地區進行氡氣度量：

- 住家1992調查
 - 平均約10 貝克每立方米
 - 最高約120貝克每立方米
- 學校與醫院（地下室）
 - 小於10貝克每立方米
- 遊憩山洞
 - 平均94貝克每立方米
 - 最高約320貝克每立方米
- 溫泉
 - 小於50貝克每立方米
 - 最高(噴氣口) 390貝克每立方米
- 捷運站平均皆低於20貝克每立方米

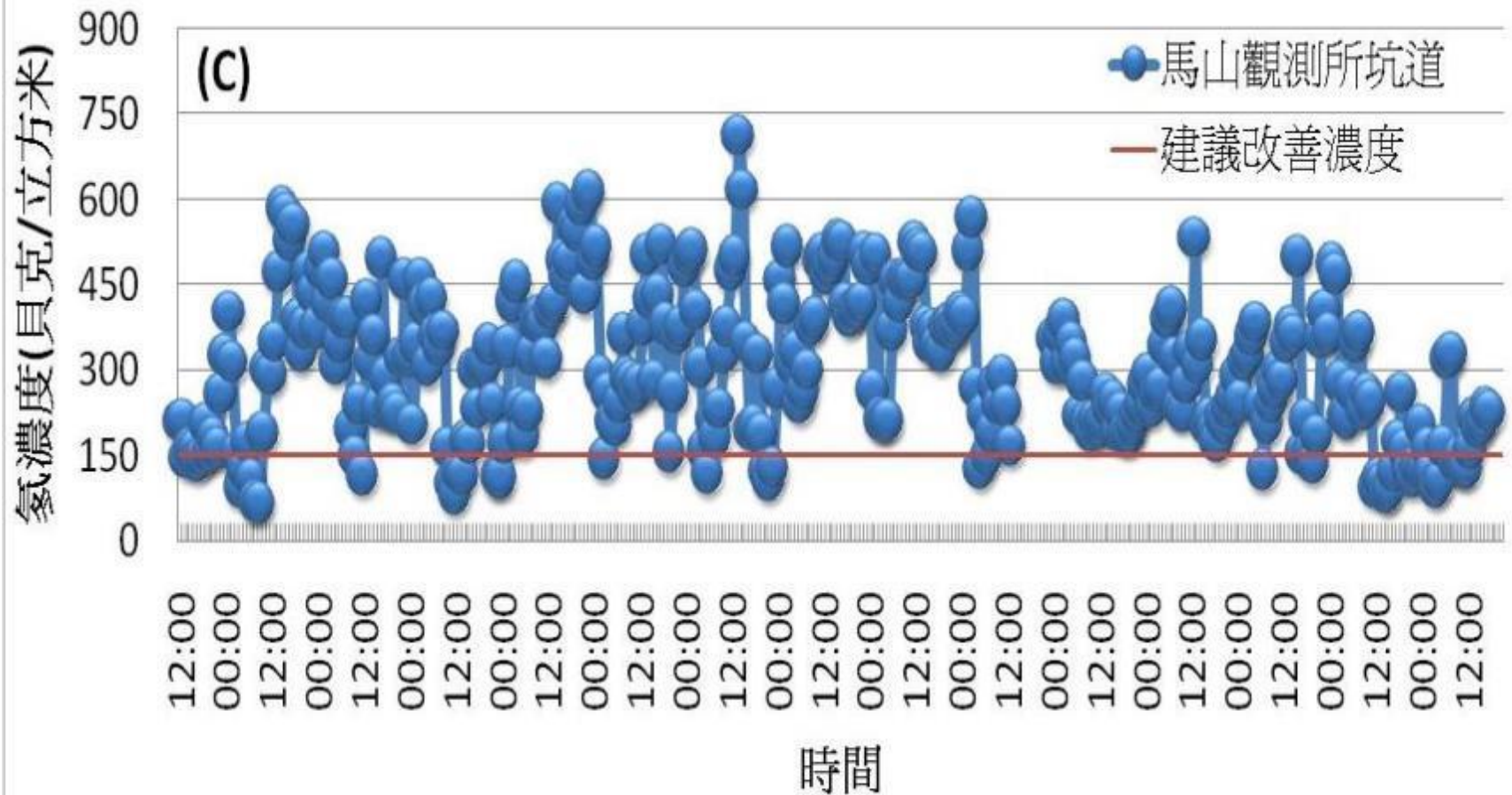


外島 馬祖氦氣度量結果

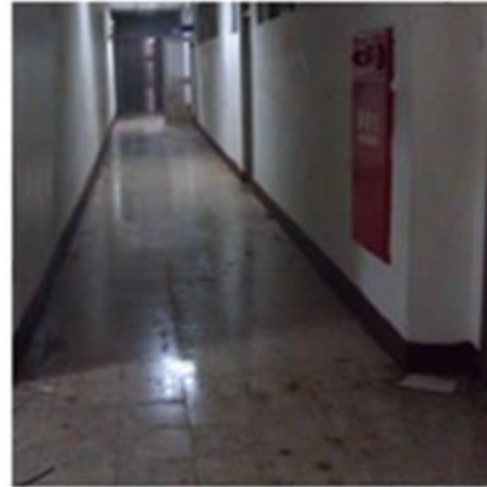
民國88年7月

地點	氦活度(Bq/m ³)
芹壁民宅 (1)	32±14
芹壁民宅 (2)	40±22
軍用坑道	20±13
儲酒坑道	972±64

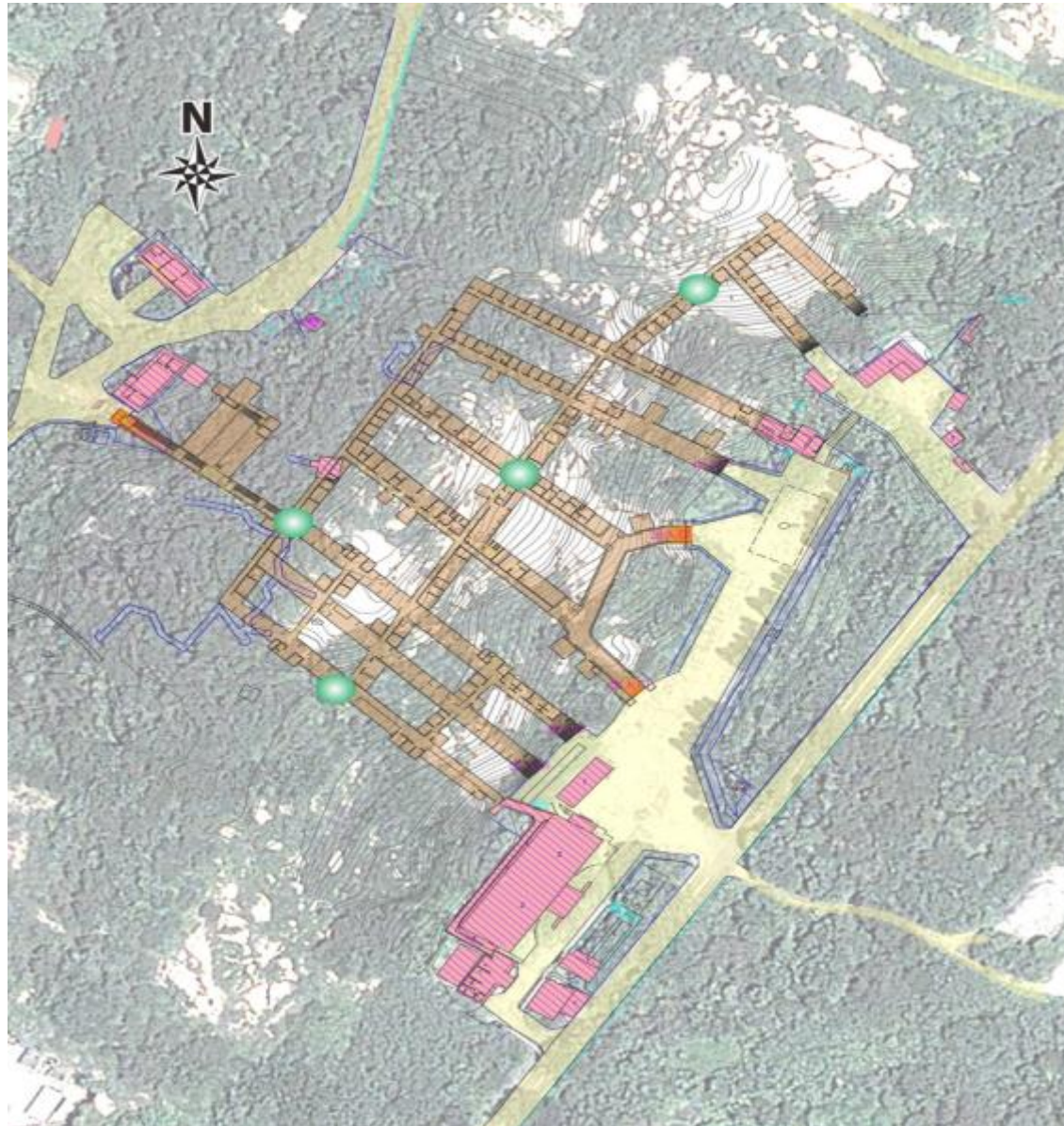
金門氬氣度量結果



金門氬氣度量結果



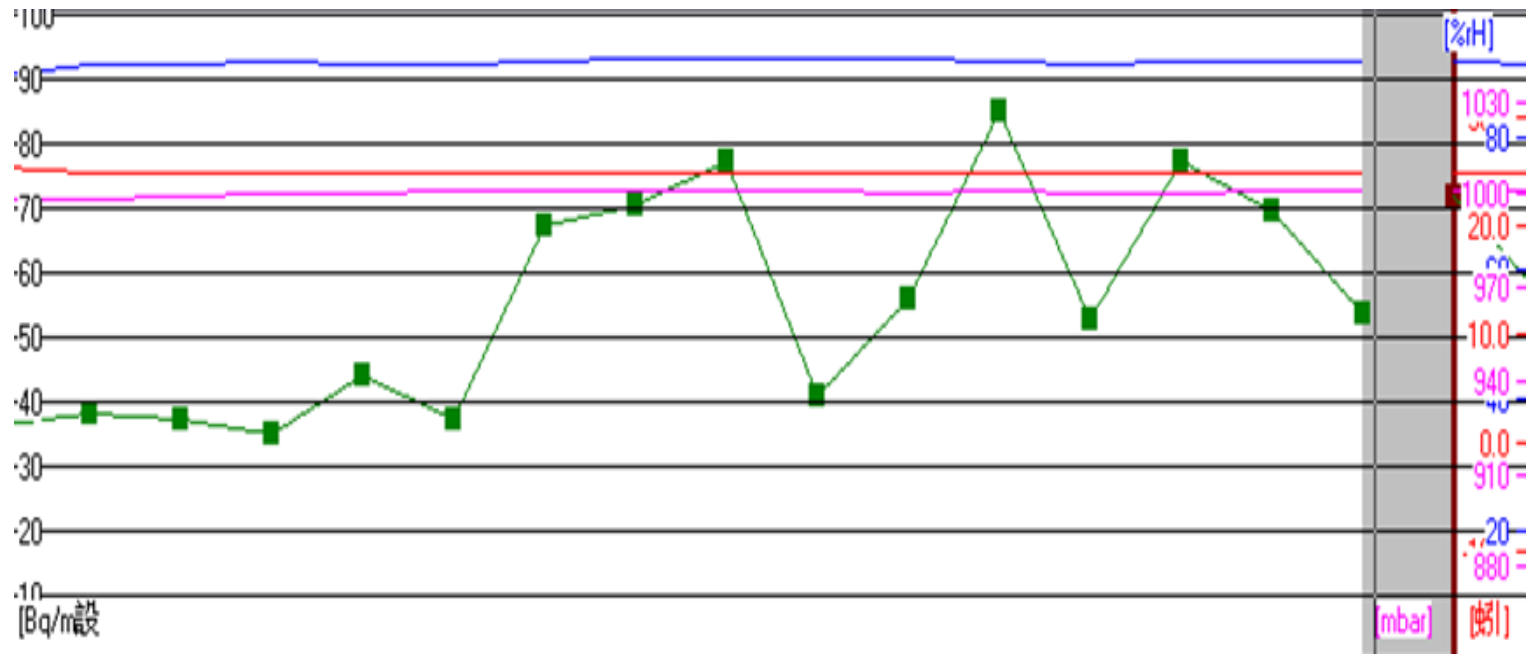
金門氬氣度量結果



金門氬氣度量結果

- 花崗石醫院坑道氬氣檢測於2014/08/07-以德國SARAD公司所生產的RTM1688-2氬氣偵測儀進行現場測量
- 氬氣平均濃度A點為57貝克/立方米，B點為57貝克/立方米，C點為55貝克/立方米，D點為31貝克/立方米
- 遠低於 (WHO)2009年發布的室內氬參考手冊建議，職業場所最高的建議改善濃度300貝克/立方米，研判無輻射安全顧慮。

金門氬氣度量結果



Instrument:	RTM1688-2 SN: 159	Average:	55 Bq/m??%
Data Records:	15	Exposure	821 Bqh/m
Sample Period:	2014/8/8 下午 04:36 - 2014/8/9 上午 07:36	Start Test:	2014/8/8 下午 04:36
Exposure Time:	15.0 hours	End Test:	2014/8/9 上午 07:36

Radon concentrations in dwellings determined in indoor surveys

Region	Country	Population In 1996 (10 ⁶)	Radon concentration (Bq m ⁻³)			Geometric Standard deviation
			Arithmetic mean	Geometric mean	Maximum value	
North America	Canada	29.68	34	14	1720	3.6
	United States	269.4	46	25		3.1
East Asia	China	1232	24	20	380	2.2
	-Hong Kong	6.19	41		140	
	India	944.6	57	42	210	2.2
	Indonesia	200.45	12		120	
	Japan	125.4	16	13	310	1.8
	Kazakstan	16.82	10		6 000	
	Malaysia	20.58	14		20	
	Pakistan	140.0	30		83	
Thailand	58.7	23	16	480	1.2	

結論

- 氬氣的議題國際間過去爭議不斷，現在的趨勢以調查與防治為主要課題，而不強調其應用面。
- 台灣地區住宅氬氣濃度普遍不高。在通風不良時，氬活度也可能大於100貝克每立方米。
- 政府機構面對氬的議題必須作公共空間與工作場所的量測評估，國內在原能會輻射偵測中心過去努力之下，量測經驗已經相當豐富。
- 未來配合WHO國際防治標準一致化的趨勢，勢必要準備相關資訊，供國人在建築物設計及建材選擇上有參考的依據。