

# 中原大學環安中心

## 人在輻中不之輻~談輻射防護與核能



時間: 2017年10月25日

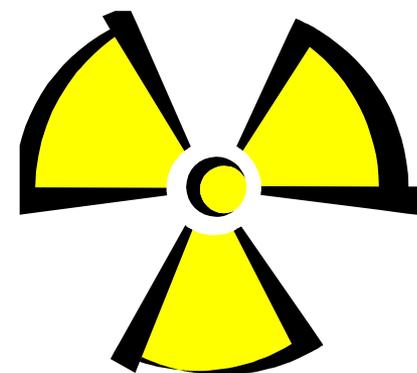
# 內 容

壹、游離輻射

貳、非游離輻射



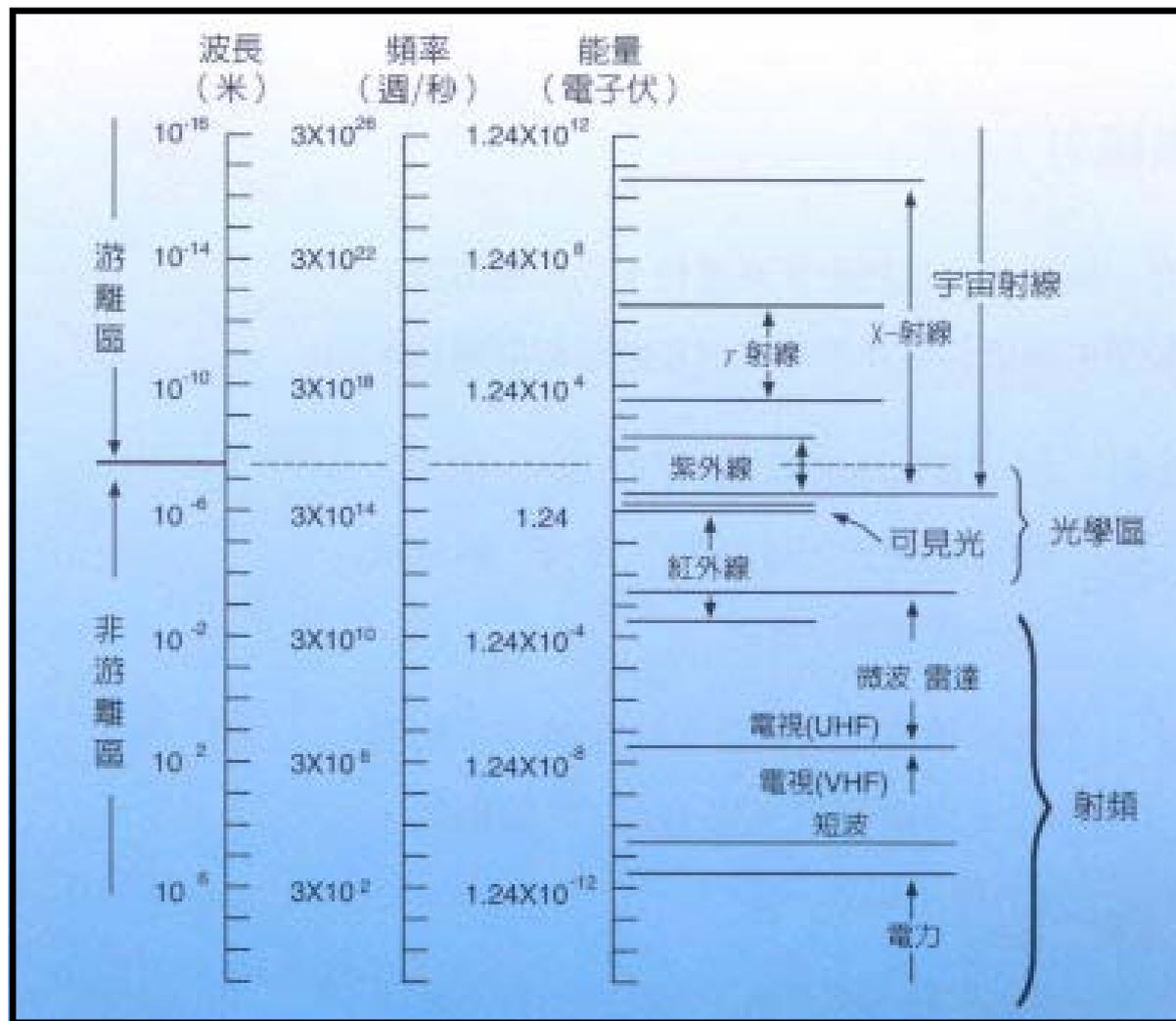
# 壹、游離輻射



「輻射」，你想到什麼？

# 認識游離輻射

## 區分游離輻射與非游離輻射



電磁輻射能譜圖

# 游離輻射的分類



倫琴(Roentgen, 1845-1923)



倫琴夫人手部X光照片(攝於1895年12月22日)

「基督」的原文是希臘語：Χριστός（可轉拼為Christos）



耶穌又對眾人說：「我是世界的光。跟從我的，就不在黑暗裡走，必要得著生命的光。」 約翰福音 8:12

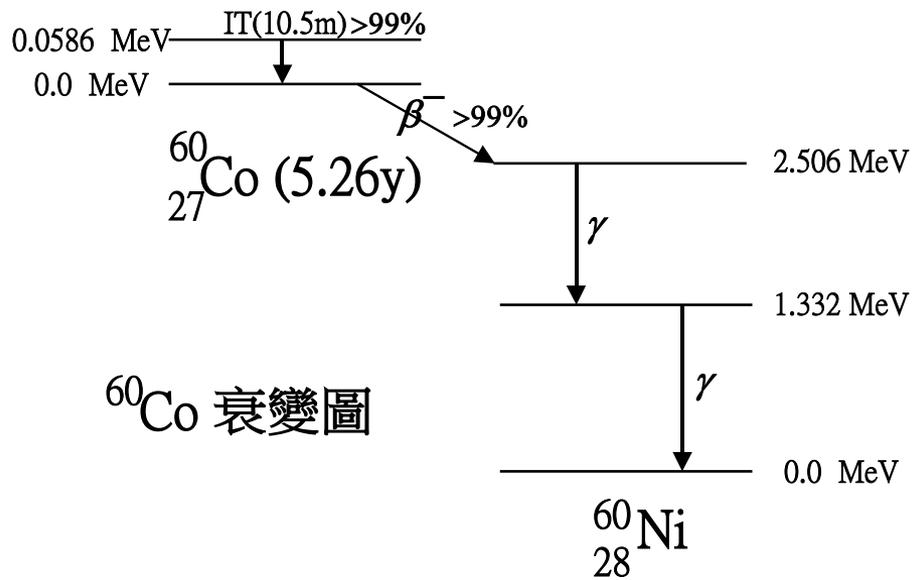
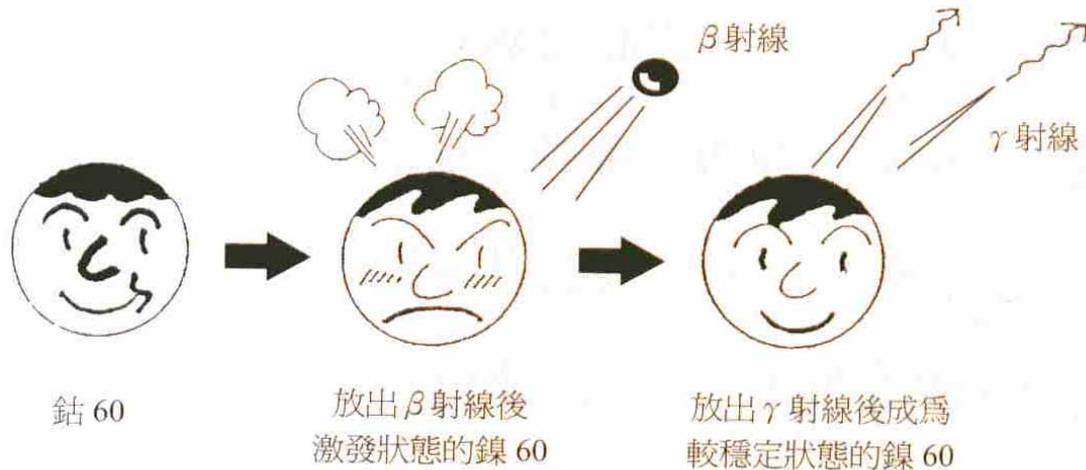


- 甲午戰爭，日本稱日清戰爭，國際通稱**第一次中日戰爭**（**First Sino-Japanese War**），是大清和日本在朝鮮半島、遼東、山東半島及黃海等地進行的一場**戰爭**。1894年（清光緒二十年）按照中國干支紀年，時年為甲午年，故稱甲午戰爭。豐島海戰是戰爭爆發的標誌。最終大清戰敗，並於1895年和日本簽訂《馬關條約》。

- 光緒二十一年(**1895**年)4月17日，由李鴻章與伊藤博文於日本馬關簽訂。
- **1895**年5月25日，兩國皇帝批准互換，由於在馬關簽訂，因此稱為「馬關條約」。
- 「馬關條約」全文共十一款，其中第二款規定：「中國割讓台灣全島及所有附屬各島嶼、澎湖群島與遼東半島與日本」。
- 1896年6月13日，李鴻章赴德訪問，在德國醫生建議下，李鴻章往醫院使用問世僅7個月的倫琴射線（X光）拍照檢查遇刺的傷口。當他親眼看到X光片上日本製造的鉛彈以何種姿勢鑲入其頭骨時，李鴻章對此大感興趣，並為這種技術取名為「照骨術」。李鴻章也成為了第一位照X光的中國「名人」。

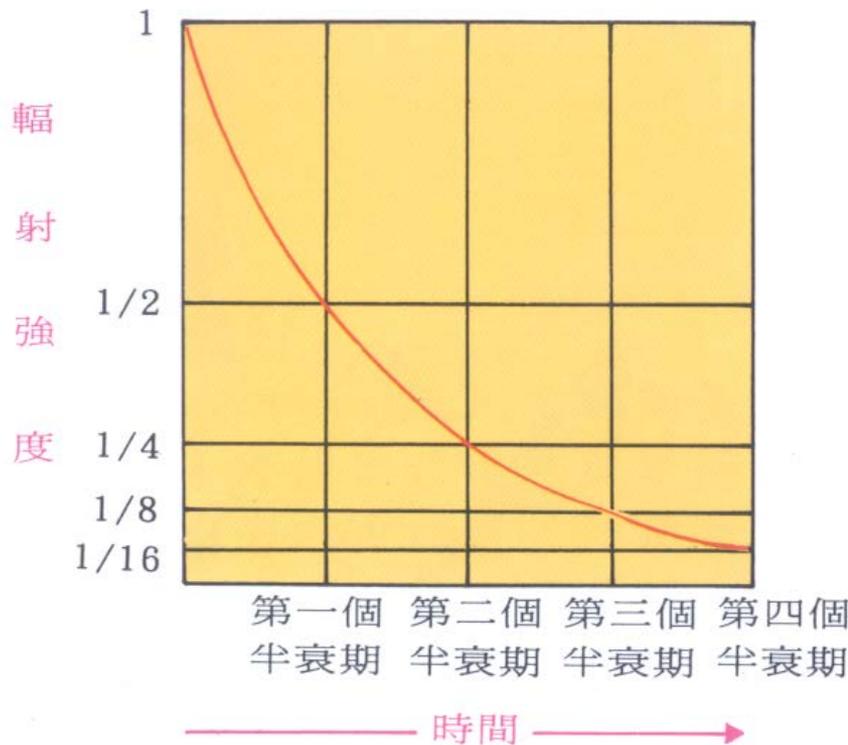
# 游離輻射的產生

## ►核種衰變(Nuclear Decay)



# 游離輻射的特性 - 衰變與衰減

► 衰變(Decay)-放射性的物質皆有隨時間而逐漸減少的現象(指數衰減定律)



常用射源	半衰期
$^{60}\text{Co}$	5.3 年
$^{137}\text{Cs}$	30.0 年
$^{90}\text{Sr}$	28.1 年
$^{192}\text{Ir}$	73.8 天

放射性核種的輻射強度  
會隨時間之增加而衰減

# 鈾210 怎麼殺死俄諜？

本報記者李名揚

前俄羅斯間諜、後來投靠英國的李維南科十一月遭人下毒身亡，英國官方花了很多力氣，查出他體內及尿液含有高劑量的「鈾210」，而且回頭追查發現，他被下毒當天停留過的壽司店、酒吧、飯店，均檢測出鈾210殘留物，連他搭的飛機也驗出有放射線殘留證據，航空公司緊急連繫2萬多名搭過同架飛機的人注意健康變化。

## 進食呼吸注射 才會傷身

三軍總醫院核子醫學部主任黃文盛指出，鈾210是放射性元素，會放出 $\alpha$ 射線；比較 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 3種放射線， $\alpha$ 射線的生物破壞性雖然最大，但不會透過照射造成傷害，一定要靠進食、呼吸或注射，讓放射性物質直接進入人體黏膜，才會造成傷害。

由放射線造成的疾病稱做「急性輻射症候群」，放射線會破壞細胞的DNA，造成細胞死亡；而且會破壞細胞結構，產生過量過氧化物，也就是「自由基」，自由基性又會破壞細胞，兩股力量

更加速細胞死亡。

放射線對新陳代謝快的組織產生的破壞最明顯，未成熟細胞也容易受影響；但對腦和骨頭，影響相對較小。

## 骨髓胃腸黏膜 會遭破壞

黃文盛表示，鈾210進入人體後，隨血液在全身到處跑，放出的 $\alpha$ 射線會先破壞骨髓，讓造血系統失靈，紅血球被破壞所以會發生貧血症狀，缺乏血小板則造成一點點傷就流血不止，缺乏白血球則使人抵抗力下降，容易被黴菌、細菌或病毒感染。

然後會破壞腸胃道黏膜，因為腸胃道黏膜為了自我修復會不斷長新組織；中毒者會嘔吐、拉肚子、脫水，形成惡性循環而加重感染。頭髮脫落也是同樣因素造成，生殖細胞也會受破壞。

原子能委員會輻射防護處處長邱賜聰指出，鈾210最後會累積在脾臟、淋巴結、骨髓組織、肝臟、腎臟內，估計1個人只要吃入50奈克（1奈克為十億分之一克）或呼吸吸入10奈克，就達到

半致死劑量，也就是中毒者在30天內死亡的機率為50%。

這種毒性是氰化物的40萬倍，理論上只要1克鈾210，就可以毒死100萬人；毒性這麼強的原因，是因為鈾210半衰期只有138.4天很短，要在短時間內放出很多 $\alpha$ 粒子，單位時間內放出的量當然就很大。

鈾210中毒無藥可救，因為它是輻射傷害而非毒物作用，所以即使吃下會和鈾210結合的物質，把鈾210從元素變成化合物，放射性依然存在；若是氰中毒，還可能施藥，改變氰化物分子結構而減輕或去掉毒性。

## 無法穿透皮膚 洗掉就好

理論上唯一可能的救治方式，是找到會和鈾210結合且結合後會被人體排出的物質，並設法讓這種物質能到達鈾210累積處，和中毒者體內所有的鈾210結合，然後讓中毒者的身體主動將鈾210化合物排出，接著還要治療已被 $\alpha$ 射線嚴重破壞的組織；但這些幾乎不可能在死亡前做到。

英國多處測出鈾210，其實不必緊張， $\alpha$ 射線無法穿透皮膚，沾到只要徹底清洗就不會有事。

## 鈾210

原子序84

原子核中有84個質子

質量數210

原子核中有84個質子和126個中子

衰變

放出 $\alpha$ 粒子變成穩定的鉛206

半衰期

138.4天

用途

靜電消除器（照相機清潔刷  
避免捲筒紙黏住、製造塑膠薄片、編造人造纖維）  
核反應器中子源  
核電池的燃料

身體堆積部位

脾臟、淋巴結、骨髓組織  
肝臟、腎臟

天然存在

1噸鈾礦中，大約只有十萬分之一克鈾210

人工製造

每年產量約100克



顏色	銀白色
熔點	254°C
沸點	962°C
密度	9.3g/cm <sup>3</sup>



2006 12 14

圖/取材自網路

製表/李名揚

案例一：



遭  
下  
毒  
食  
入  
 $PO^{210}$



食入50奈克或吸入10奈克，就達到半致死劑量！  
理論上只要 1克鈷-210，就可以毒死100萬人！

# 抽菸也哈進針210

自然界中的針210，會經由土壤被植物吸收，所以香菸和牧草中都有，吃牧草的動物體內多少也會有，而香菸中因加入大量添加劑，針210含量又稍高一些。

台灣的天然輻射背景值約為1年2.4毫西弗（西弗為輻射劑量單位，毫西弗為1/1000西弗），也就是住在這裡的人，平均每年會接受來自自然界的2.4毫西弗輻射劑量。原子能委員會副主委蘇獻章指出，若每天抽1包香菸

，1年吸入的針210輻射劑量，約為0.48毫西弗，而照一次X光約0.06毫西弗，等於照了8次X光。

草食動物體內的針210，大都積在內臟，東方人愛吃內臟，平均一年受到針210照射的輻射劑量約為0.0024毫西弗，僅抽菸受到輻射量的1/200，不用擔心。

至於人的半致死劑量，也就是萬一吃入50奈克針210所造成的輻射劑量，大約是4西弗，等於一下子接受6萬次X光照射。

2006 12 14

# 居禮夫人發現鈾 以波蘭命名

## 自瀝青鈾礦 分離出「鐳」、「釷」獲諾貝爾獎

鈾元素是居禮夫人在1898年發現。居禮夫人的祖國是波蘭，19世紀末，波蘭是處於被俄國、普魯士、奧地利瓜分的亡國狀態，為紀念波蘭（拉丁語：Polonia），居禮夫人將這種新發現的元素命名為Polonium。

當時已知具有放射性的元素只有鈾和釷，居禮夫人發現一種瀝青鈾礦和一種銅鈾雲母礦的放射強度，比鈾和釷強很多，於是她和先生皮埃爾·居禮把瀝青鈾礦用酸分解，經過多次分離，得到

2種新元素存在的證據，她把第一種用「波蘭」命名，第二種命名為「有放射性的元素」，也就是鐳（Radium）。

她們算出瀝青鈾礦中的鐳少於千萬分之三，釷更少於億分之一，於是設法弄來1噸已提去鈾的礦渣，並向她們夫婦任教的巴黎大學借到一間會漏水的破爛研究室，專心進行分離工作，終於成功分離出純鐳。

1903年，居禮夫婦和法國物理學家亨利·貝克勒爾因為在放射

性上的發現和研究，共同獲得諾貝爾物理獎；1911年她又因為成功分離出鐳元素，單獨獲得諾貝爾化學獎。值得一提的是，她的女兒伊蓮與夫婿約里奧，也在1935年因放射性物質研究，共同獲得諾貝爾化學獎。

由於長期研究放射性物質，卻沒有任何防備，居禮夫人50多歲時，身體就已經十分衰弱；67歲時，也就是她女兒得獎的前1年1934年，她因惡性貧血而與世長辭。



居禮夫婦和法國物理學家貝克勒爾因在放射性上的發現和研究，共同獲得1903年諾貝爾物理學獎。（美聯社）

# 輻射的應用

醫療應用- 醫用X光、放射性治療、核醫藥物...

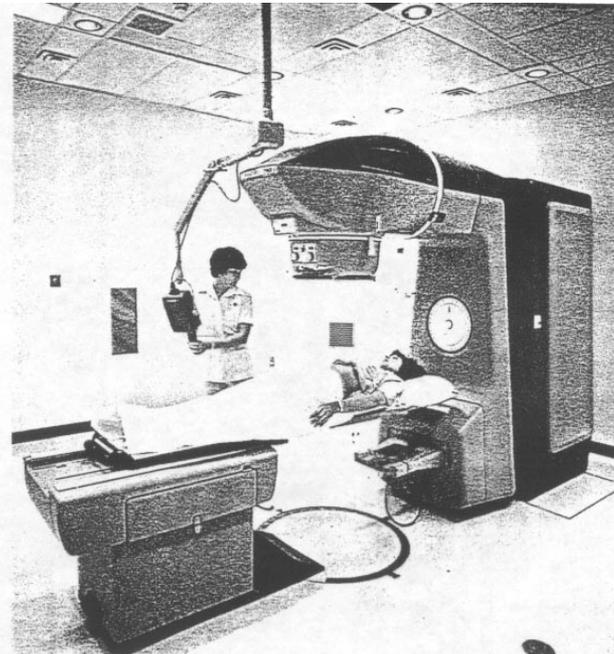
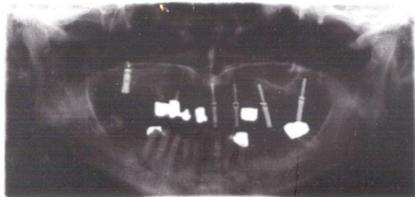
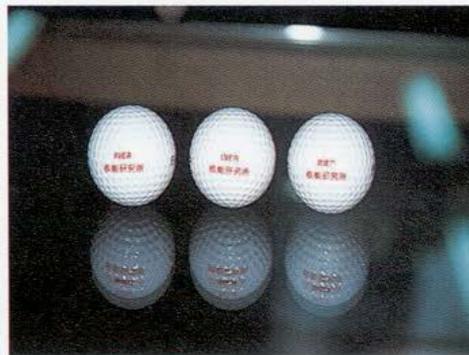


Figure 4.13. Photograph of cobalt unit, Theratron 780. Courtesy of Atomic Energy of Canada, Ltd., Ottawa, Canada

# 輻射照射應用



Irradiation technology for applications in medical, agricultural, and industrial products



# 工業上之輻射應用

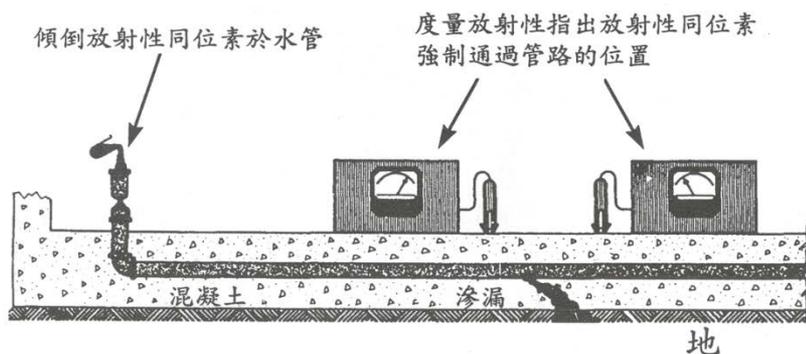
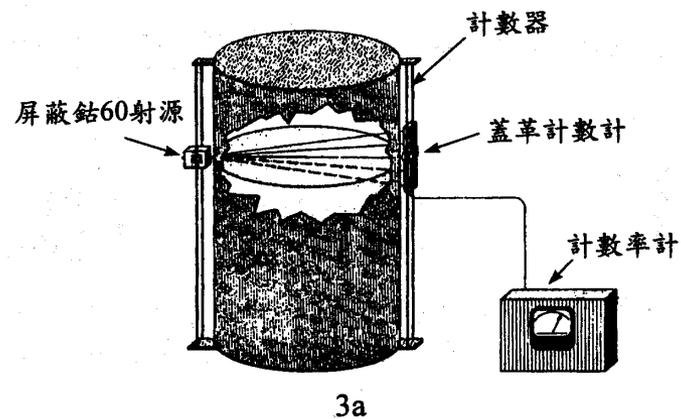
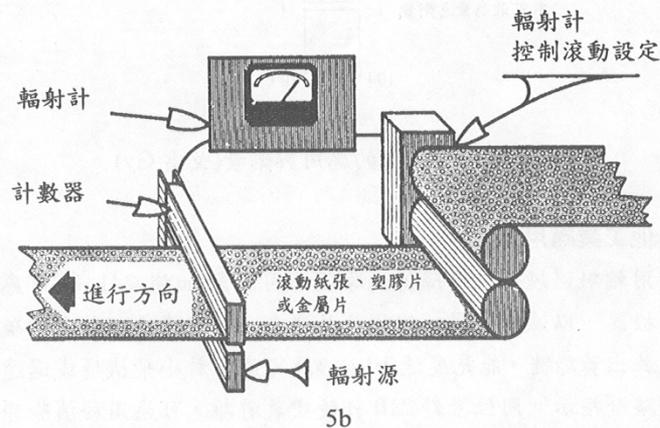


圖 4 測漏計

## 測漏計



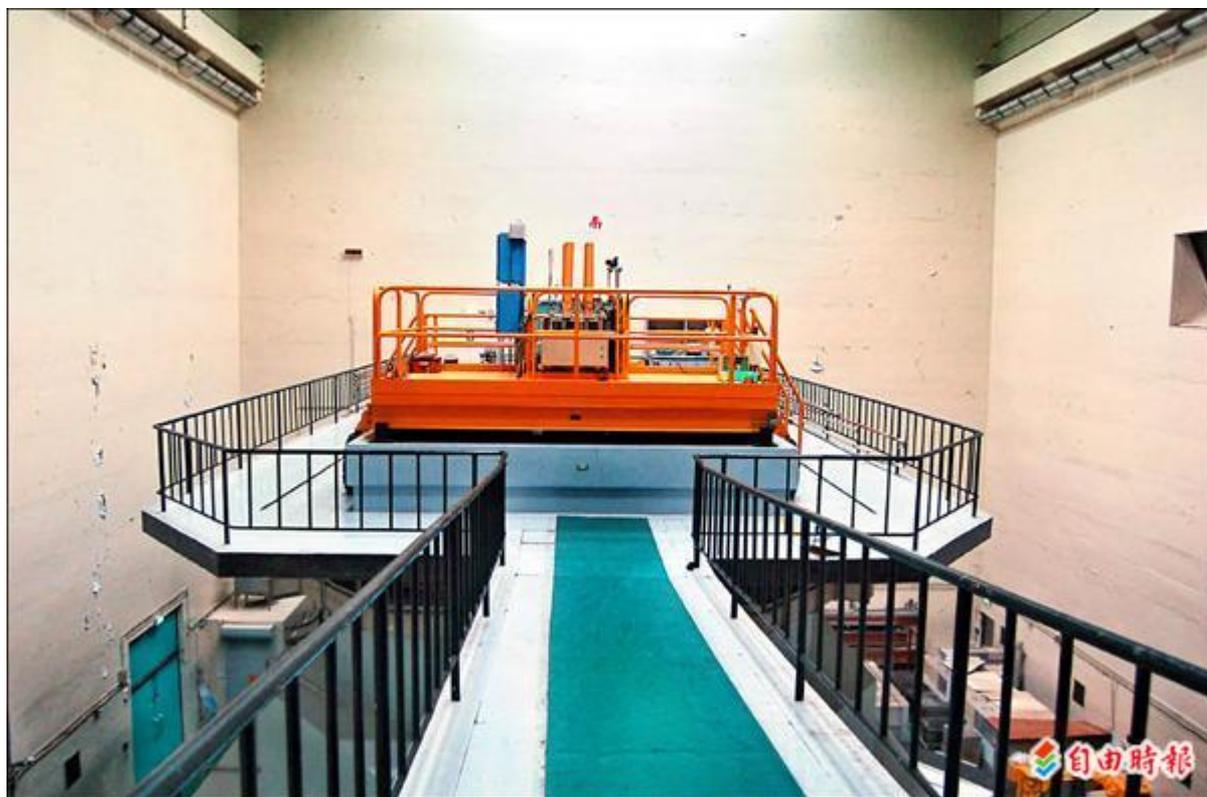
## 液位計



## 厚度計

# 清大原子反應爐輻洩 4生遭暴露

清華大學原子科學技術發展中心爆出四名學生去年十月底在清大原子反應爐（THOR）照射室進行硼中子捕獲治療實驗時，因為運轉員將控制棒抽取調高導致**學生暴露在輻射中**！



清華大學原科中心內的原子反應爐去年10月底傳出運轉員操作不當，導致4名學生暴露在高劑量輻射內，校方表示已為學生做健康檢查，且加強原科中心內的互鎖系統。  
（記者洪美秀攝）<sub>1</sub>

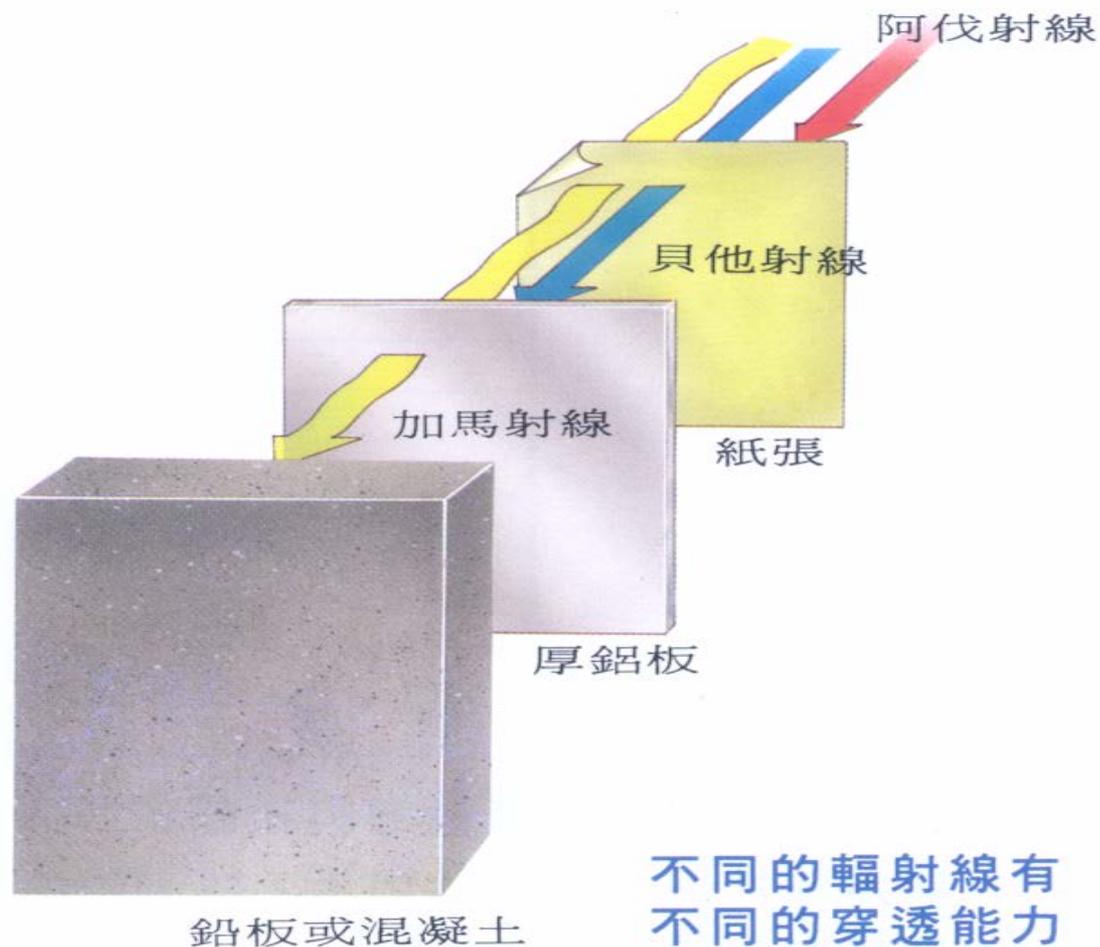
清大副校長葉銘泉表示，會發生此意外主要是運轉員發現照射室通風系統異常，當時學生已進行三次硼中子實驗，為使實驗不被中斷，便調高控制棒測試，結果導致**反應爐釋放出的中子束和伽瑪射線照射到四名學生**。學生走出照射室時，發現控制室監視系統顯示的輻射劑量偏高。

## 運轉員疏失 最重可吊照

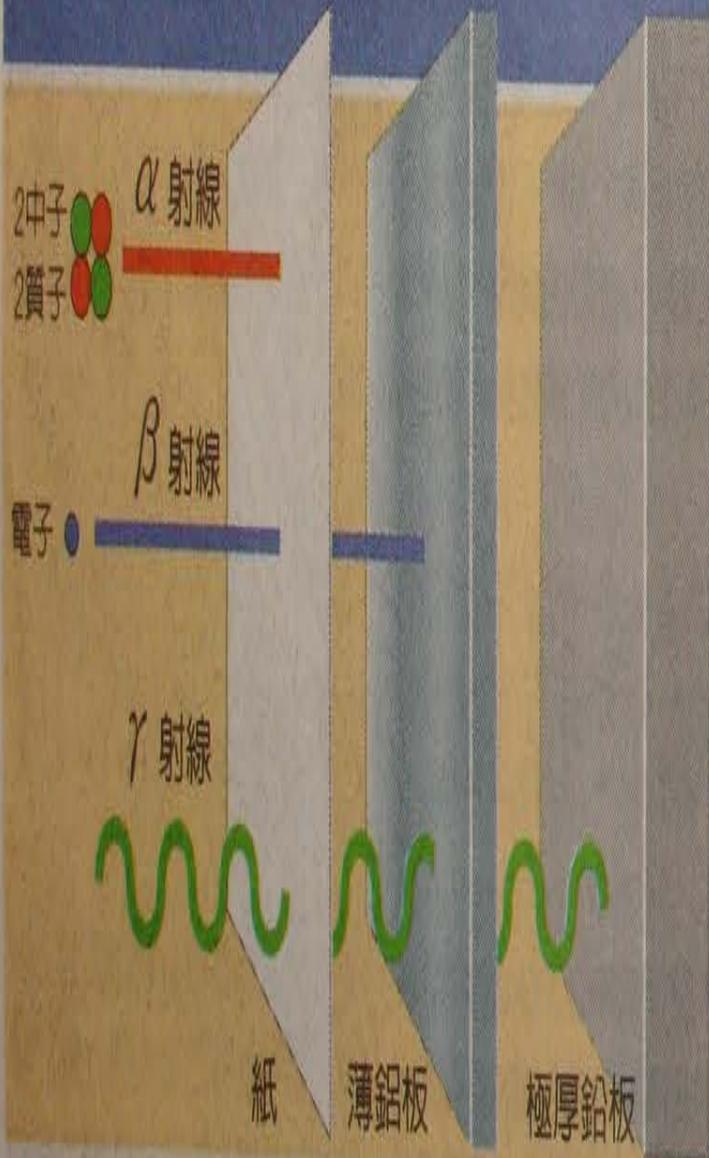
葉銘泉坦承，運轉員在照射室有人情形下不應有調高控制棒的動作，確實涉及操作不當，學校已把調查報告送原能會，最嚴重運轉員可吊銷執照。

葉銘泉表示，四名學生中，有一人提早離開照射室，幾乎不受輻射暴露影響，其他三名學生暴露劑量介於一·二到六·六毫西弗，相當於**連續照胸部X光片六十張到三百卅張的輻射劑量**，校方已為學生做健康檢查，並會繼續追蹤。

► 衰減(Attenuation) – 游離輻射都可以經由選定之屏蔽物質達到衰減其強度或完全阻擋其穿透之目的



# $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 射線比較



性質	在空氣中 移動距離	阻擋物	在身體中 移動距離	外部照射	攝入放射性物質
$\alpha$ 射線	高速移動的 氦原子核 約5公分	1張紙或皮 膚角質層	0.004公分	無傷害 (因無法穿透角質層)	傷害最大 ( $\beta$ 射 線的1000倍以上)
$\beta$ 射線	高速移動的 電子 約2公尺	5公分厚水泥牆 或薄鋁板	1公分	傷害離表皮1公分以內 的皮膚、肌肉	傷害中等
$\gamma$ 射線	電磁波的一 種 無限	厚度數十 公分以上 的厚鉛塊	可穿透， 部分擊中 體內電子	穿透、游離身體任一部 位電子變成 $\beta$ 射線，破 壞附近1公分組織	傷害較小 (不全變成 $\beta$ 射線)

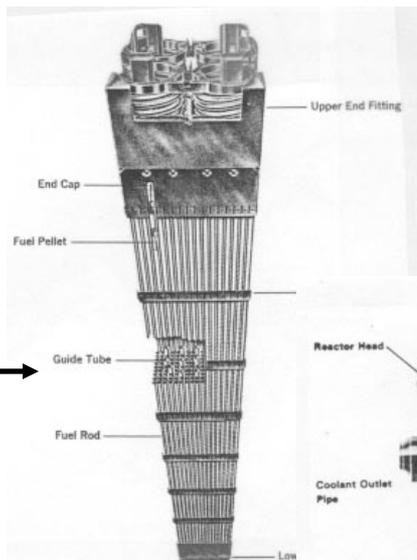
# 核能發電



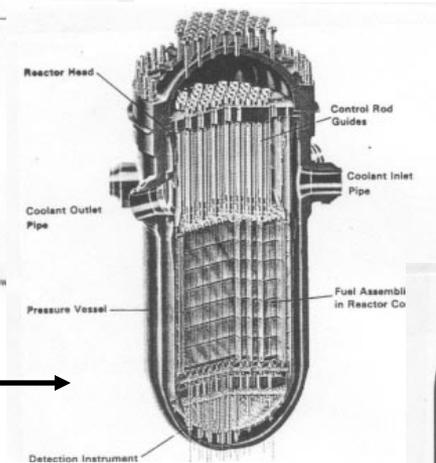
UO<sub>2</sub>燃料丸



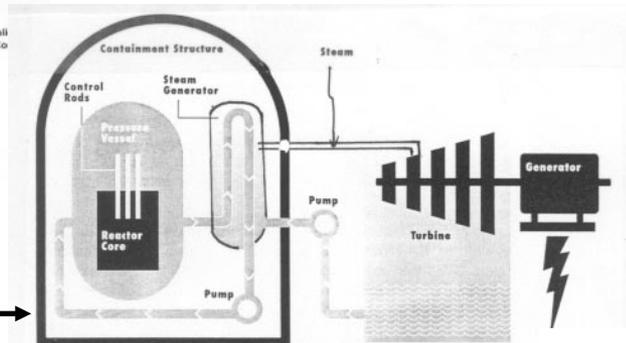
每一個<sup>235</sup>U分裂反應的中子淨產生率為約1.4個中子，若不加以控制將成(1.4)<sup>n</sup>級數成長，控制中子淨產生率是核能發電中重要的控制原理。



燃料束



核反應爐



核能電廠

# 世界三大危險核廠 核一核二列名

世界報的地球版報導指出，台灣第一座核電廠於三十四年前開始運轉，至今所有放射性廢料都留在當地。目前運轉中的三座核電廠用過燃料池所累積的用過燃料棒，已達原來預估容量的四倍。此外，台灣位居地震帶，天然災害危險性加上核電廠鄰近都會區，**「自然」(Nature) 科學期刊**在二〇一一年四月將台灣核一廠、核二廠列在全世界最危險的三大核電廠名單中。

台灣輻射安全促進會理事長、台北醫學大學公衛系教授張武修接受法媒採訪時表示，一九九九年以來，就已在蘭嶼芋田、稻田測出銻一三七，顯示輻射可能外洩。他昨在奧地利維也納受訪時說，很多國家都有核電廠，但他們的核廢料不會輻射外釋，「這明顯是台電經營不善所致」。

# 日本福島核能一廠

## Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant







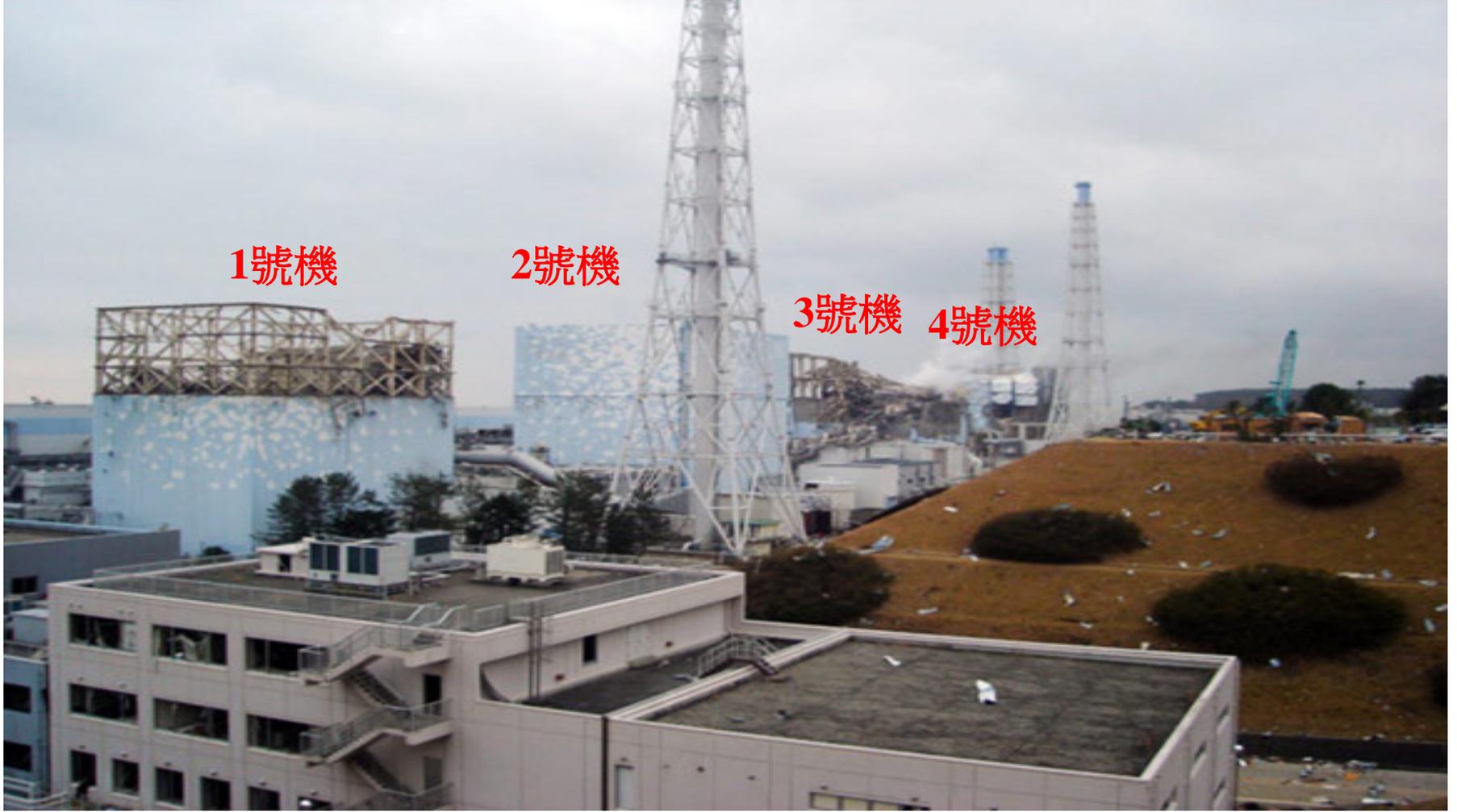


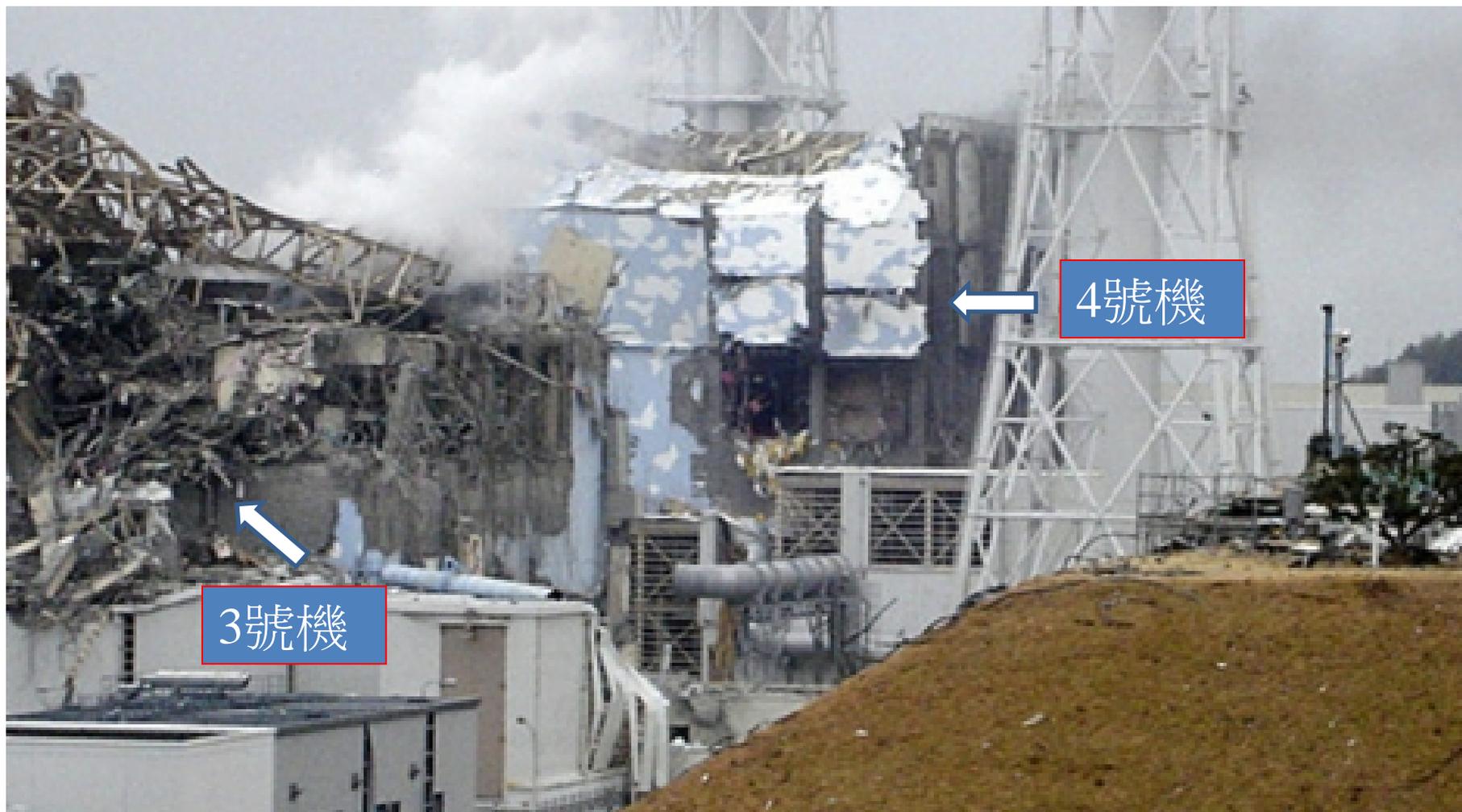












# 日本福島核能一廠事故評析

## ➤ 與美國三哩島與前蘇聯車諾比災變比較

### 事故影響

三哩島：極微量的放射性物質外釋，未對電廠員工或附近民眾造成任何程度的輻射傷害；使核工業界認識到輕水式反應器的爐心會熔毀，後續的軟硬體措施的改善，全世界在過去30年中，累積超過12,000反應器-年未再發生類似事故。

車諾比：水蒸汽與輕器爆炸及後續之石墨火災造成極大量放射性物質外釋到外界環境，237名電廠員工與救災人員因劑量過高有『急性輻射傷害症狀』，31人於三個月內死亡，但沒有民眾有此症狀；電廠附近4,300平方公里的土地被劃為禁入區，220,000居民遷移。受輻射影響居民的健康效應是許多研究的重點。外釋的輻射擴散到全歐洲。不再興建石墨水冷反應器，目前仍有11部機組運轉中。

# 日本福島核能一廠事故評析

## ➤ 與美國三哩島與前蘇聯車諾比災變比較

### 事故影響

福島：大量高揮發性放射性物質外釋，依日本政府的最近之評估，外釋量已達國際原子能總署事故分類的第七級。日本政府依緊急應變規劃，在極大範圍內，採取民眾防護設施。尚未傳出有任何工作人員有『急性輻射傷害症狀』。勢必讓全球的核能使用國家檢討核電廠防震與防海嘯設計，以及廠內外緊急應變的相關程序。

# 日核災區漁牧食品 維持暫停輸入

## 其他地區蔬果、水產品、嬰幼兒食品等逐批檢驗 未發現超標

〔記者鍾麗華、魏怡嘉／台北報導〕福島核災廢水污染擴大，漁業署與食藥署昨天強調，從日本發生核災兩年多來，相關水產品與食品的管制措施沒有鬆綁，而日本福島、茨城、櫻木、群馬、千葉五縣製造的任何食品，仍維持暫停受理輸入，民眾不需擔心。

### 今年首批返台秋刀魚貨 檢驗合格

漁業署表示，每年六至十一月是秋刀魚產季，我國去年秋刀魚漁獲量多達十六萬公噸，而我國的秋刀魚魚場距離福島最近的距離，有七二〇公里遠，從二〇一一年起，對返台秋刀魚貨檢驗都沒有輻射，今年七月底首批返台秋刀魚貨也全部合格，檢測結果也公布在漁業署網站(www.fda.gov.tw)。而漁業署也派出監測船到魚場檢測水體、浮游生物等，都沒有輻射超標問題。

食藥署則強調，自福島核災後，已加強日本輸入食品查驗措施，除福島等五縣市任何食品暫停輸入外，至於日本其他地區的八大類食品，包括蔬果、水產品、礦泉水、嬰幼兒食品等也採逐批檢驗，其他加工品內憂竟油檢率也在二成到五成，目前都沒有超標，甚至檢出的輻射值都很少。少吃大型迴游魚 儘量吃本地魚種

據統計，每年台灣從日本進口的海鮮魚貨約達八千噸，受到福島核電廠輻射外洩影響，學者擔心輻射水若流入海中，附近魚群恐怕被污染，可能危害健康。建議民眾少吃會迴游的大型魚類，例如旗魚、鮪魚、鯊魚等，儘量多吃台灣本地魚種。北榮毒物科醫師蔡維禎則表示，福島輻射污水外洩對海洋生物污染，還需進一步研究，但魚因為食物鏈的污染關係，很容易有重金屬累積，而輻射污染物質當中銻即為金屬，加上其半衰期很長，若污染海洋，包括海藻等食物鏈由低到高都會受污染，建議民眾少吃大魚，因為大魚重金屬污染累積較嚴重，魚內臟也最好少吃。

漁業署副署長蔡日耀則強調，日本福島外的海域有蟹類、蝦類、貝類、魷魚、竹筴魚、秋刀魚、魷魚等，日本這塊水產品多少會外銷到台灣，但政府都有邊境管制，且逐批檢驗。最怕的是長期在那裡的魚、蝦、貝類，污染可能性越高，大範圍的迴游魚在日本外海的時間不長，其實反而不用太擔心。

### 水產冷凍貨櫃 海關加強輻射偵測



〔記者黃良傑／高雄報導〕日本福島核電廠輻射外洩及核廢水污染擴大，是否影響迴游魚類食用安全，高雄遠洋漁界強調，當地捕獲鮪魚九成以上外銷，捕撈地點也

不在日本附近海域。高雄海關則強調，近日將加強對水產冷凍貨櫃輻射偵測，務必做到滴水不漏(見上圖，記者黃良傑攝)。

高市海洋局表示，捕鮪、鯖魚船隊遍佈三大洋，日本福島外圍海域非作業漁場，計算洋流速度與範圍，不會污染到台灣漁船作業海域，除非侵入日本領海或二百浬經濟海域捕撈，台灣漁船不可能冒著捕「核汚魚」及被扣船的風險，何況高雄鮪船漁獲九成外銷，政府也會為消費者的食魚安全，嚴格把關。

此外，自福島輻射污染事件後，高雄海關加強偵測進出高雄港貨櫃，統計自福島核電廠發生核災迄今，已查獲二百廿六櫃日本進口或轉口貨櫃遭輻射污染，海關強調，近日將加強水產冷凍貨櫃輻射偵測。

## 福島核一廠 輻射污水外流大事紀

### 2011年

4月2日 2號機取水口附近發現高濃度輻污水流入海洋

4月4日 東京電力公司向海洋排出低濃度輻污水

5月11日 3號機取水口附近也發現輻污水流入海洋

### 2013年

6月3日 2號機東側豎井檢測出每公升50萬貝克的輻射物質氬

6月24日 同一豎井附近港灣海水氬濃度上升

7月22日 東電坦承輻污水流入海洋

8月19日 存放反應爐冷卻污水的儲存槽附近檢測出每小時100毫西弗的高輻射劑量；東電宣布儲水槽可能漏水

8月20日 儲水槽污水外洩量推估超過300噸。污水檢測出含有銳90等對細胞破壞力強的β射線，每公升約8000萬貝克

資料來源：日本每日新聞 整理：編譯林翠儀





# 民生消費性產品

手錶和時鐘  
的光源  
(早期 $^{226}\text{Ra}$ ，  
近期 $^3\text{H}$ ， $^{147}\text{Pm}$ )

陶瓷器皿  
(天然的 U、  
Th、K)



含放射性質的消費性產品

煙霧偵檢器  
( $^{241}\text{Am}$ )

黃綠古董玻璃  
(天然的 U、Th、K)

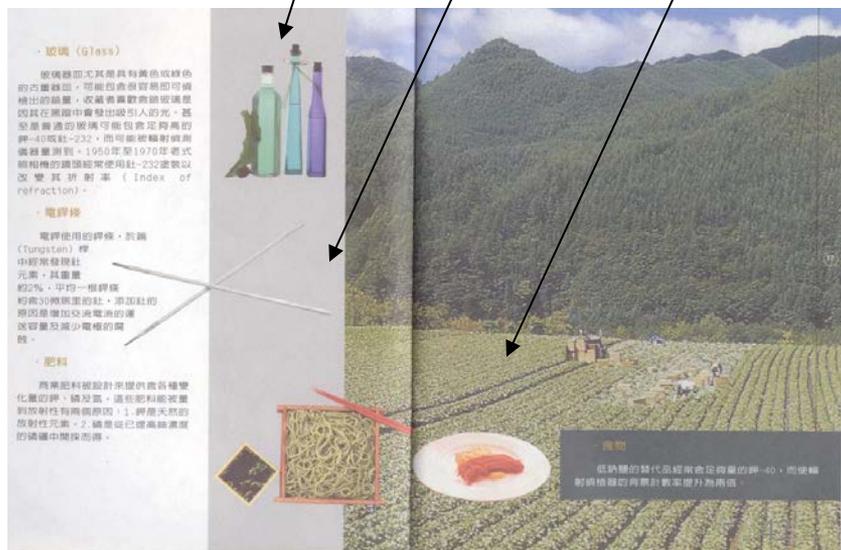
電焊條  
(鎢桿中的 Th)

肥料  
(K, P, U)



• 手錶及時鐘  
現代的時鐘和時鐘有時利用少  
量氡-3 (Rn-3, Tritium)  
或鉀-47 (Po-147,  
Promethium) 為光源。1970  
年以前的舊式手錶和時鐘利  
用釷-226 (Th-226) 為光  
源。當這些舊款式時鐘和  
時鐘被打開處理時或拋棄  
時，某些釷-226 可能會被吸  
收到或吸入體內，所以要在處理  
這些元件時需要小心謹慎處理。

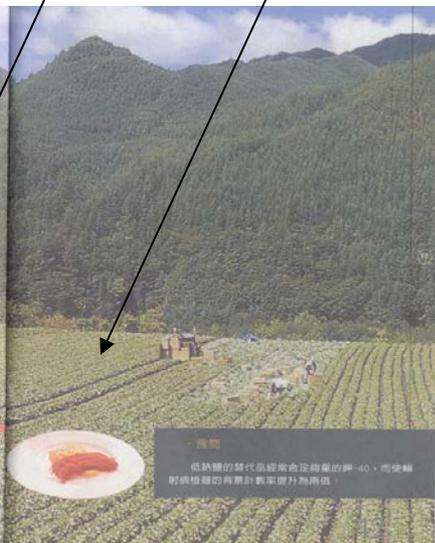
• 陶瓷器 (Ceramics)  
陶瓷器物例如磁磚 (Tiles)、陶  
器 (Pottery) 等，都含有天然來源的  
天然發生的放射性物質釷 (Uranium)、  
鈾 (Thorium) 及鉀 (Potassium)。在  
許多情況下是在釉 (Glaze) 過程而濃縮  
了。對這些，雖然有大量的物質其輻射  
水平較低，但對射劑量是不可忽視的。  
但是比較舊的陶瓷器如1950年前的磁  
磚和磁器，尤其那些與燒結的器  
物，可能有不少的放射性。



• 玻璃 (Glass)  
玻璃器即尤其是具有黃色或綠色的  
古董器出，可能含有天然發生的可  
輻射出的結果。收藏者喜歡這些器  
因其其在黑暗中會發出迷人的光。甚  
至最普通的玻璃可能包含少量的  
鉀-40 (K-40) 或釷-232，而可能使輻射劑  
量高至數倍。1950年至1970年老式  
照相機的鏡頭能使用釷-232 濾鏡以  
改變其折射率 (Index of  
refraction)。

• 電焊條  
電焊使用的焊條，其鎢  
(Tungsten) 桿  
中經常含釷  
元素，其重量  
約2%，平均一根焊條  
約含30微克的釷。釷的  
原因為增加交流電流的運  
送容量及減少電極的腐  
蝕。

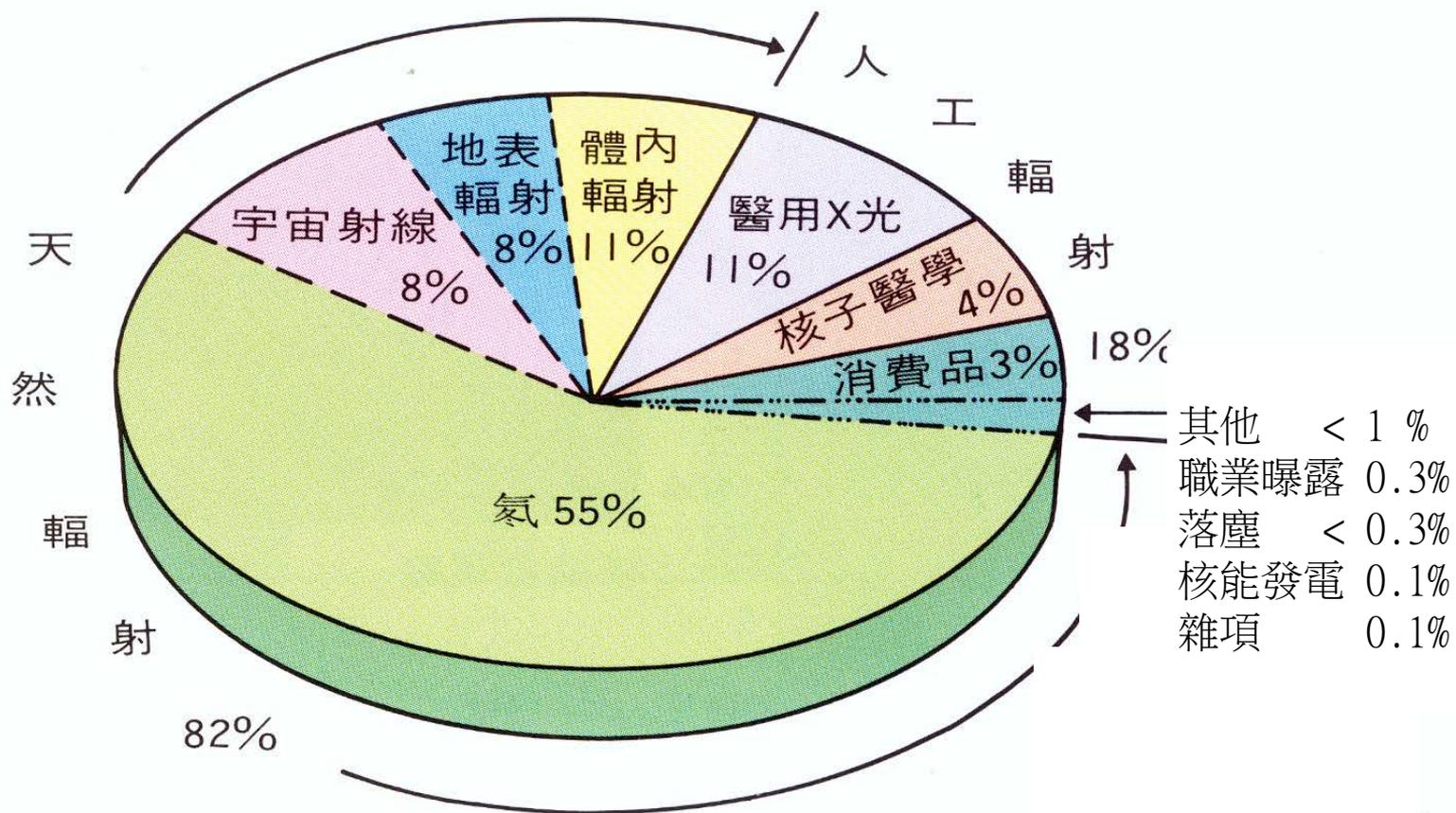
• 肥料  
商業肥料被設計來提供各種變  
化量的鉀、磷及氮。這些肥料能從  
天然放射性有兩個原因：1. 鉀是天然  
的放射性元素。2. 磷礦石已從磷礦  
的礦中開採而得。



低鈉鹽的替代品經含在鉀的 $^{40}\text{K}$ ，而使輻射劑量的劑量計數率提升為兩倍

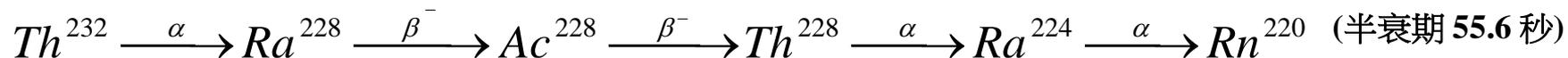
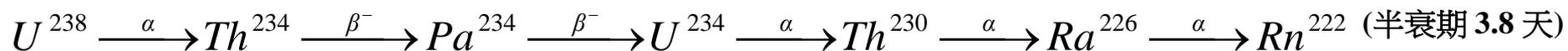
# 生活中的游離輻射來源

## 一般民眾接受天然與人造輻射來源分佈圖



# 天然輻射

A. 氡氣—天然放射性氣體( $\alpha$ 放射性核種)，  
為鈾和釷的子核種。



- ▶ 地表土壤及岩石中都含有少量的鈾和釷，  
建材亦多為土壤和岩石之製品，氡氣因此  
長存於居住環境中，為天然輻射之最大來源。
- ▶ 密閉坑道、通風不良之居處環境，易造成氡  
氣濃度之累積。富含鈾或釷礦床之地區，氡  
氣濃度也較高。

## B. 體內的天然輻射-主要為鉀-40( $K^{40}$ )

▶ 人體體重約含0.2%的鉀，其中0.012%的鉀-40(半衰期  $1.27 \times 10^9$ 年)為 $\beta$ 放射性核種。

▶ 人類的食物來源中，魚、蔬果、牛奶、肉類和五穀也或多或少含有鉀-40。



# C. 宇宙射線

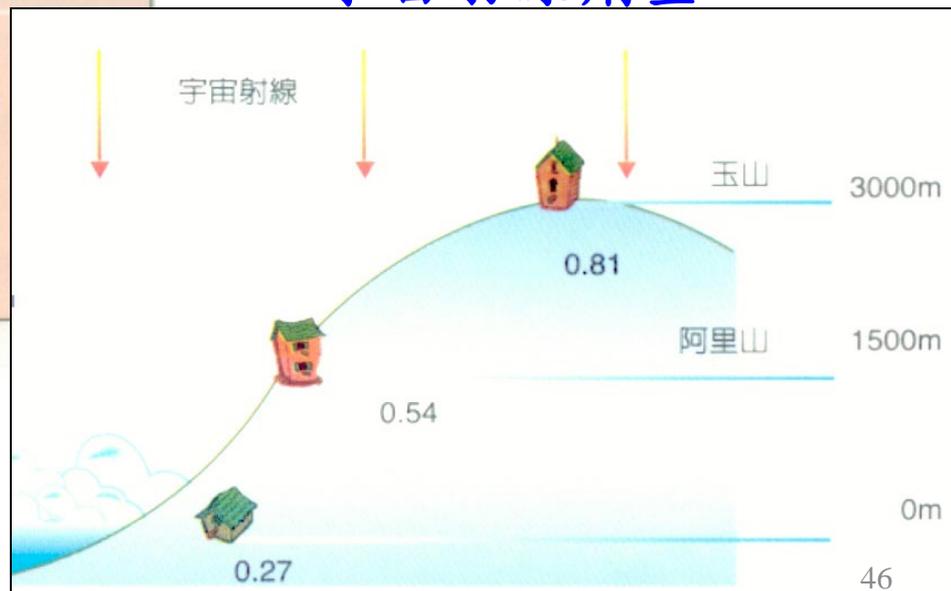
## 高空飛行可能接受之宇宙射線劑量

航線 (往返)	接受劑量 (微西弗)
台北 = 紐約	156
台北 = 阿姆斯特丹	99
台北 = 洛杉磯	93
台北 = 約翰尼斯堡	72
台北 = 雪梨	48
台北 = 新加坡	15
台北 = 金門	0.67
台北 = 高雄	0.48
台北 = 台南	0.23
台北 = 蘭嶼	0.13
高雄 = 馬公	0.07

註：1000 微西弗 = 1 毫西弗



## 平地與高山可能接受之宇宙射線劑量

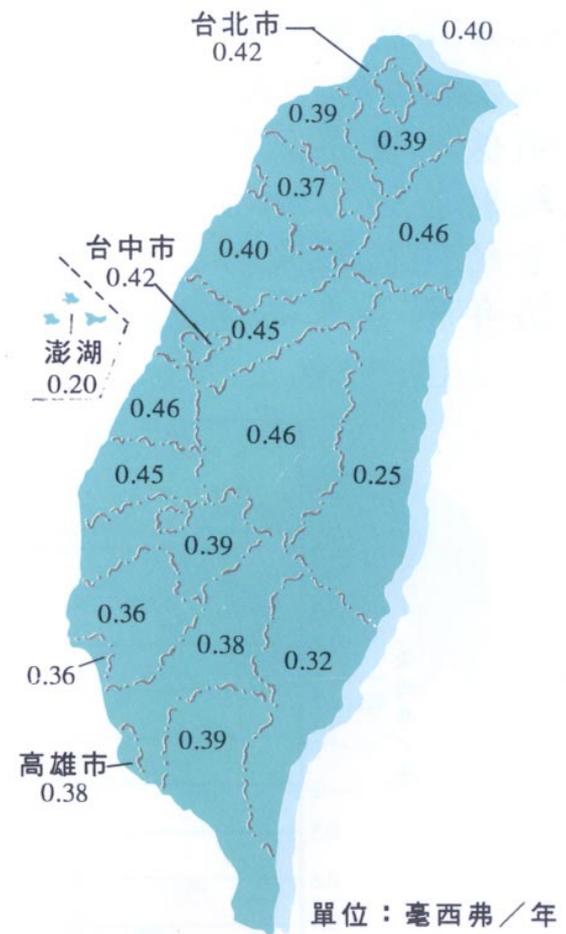


## D. 地表輻射

- ▶ 地表的土壤及岩石含有天然放射性核種- 鈾、鈾、鉀-40、及鈾、鈾之衰變核種。
- ▶ 不同地區可能因地質型態之不同，而具有度不同的地表輻射背景劑量。

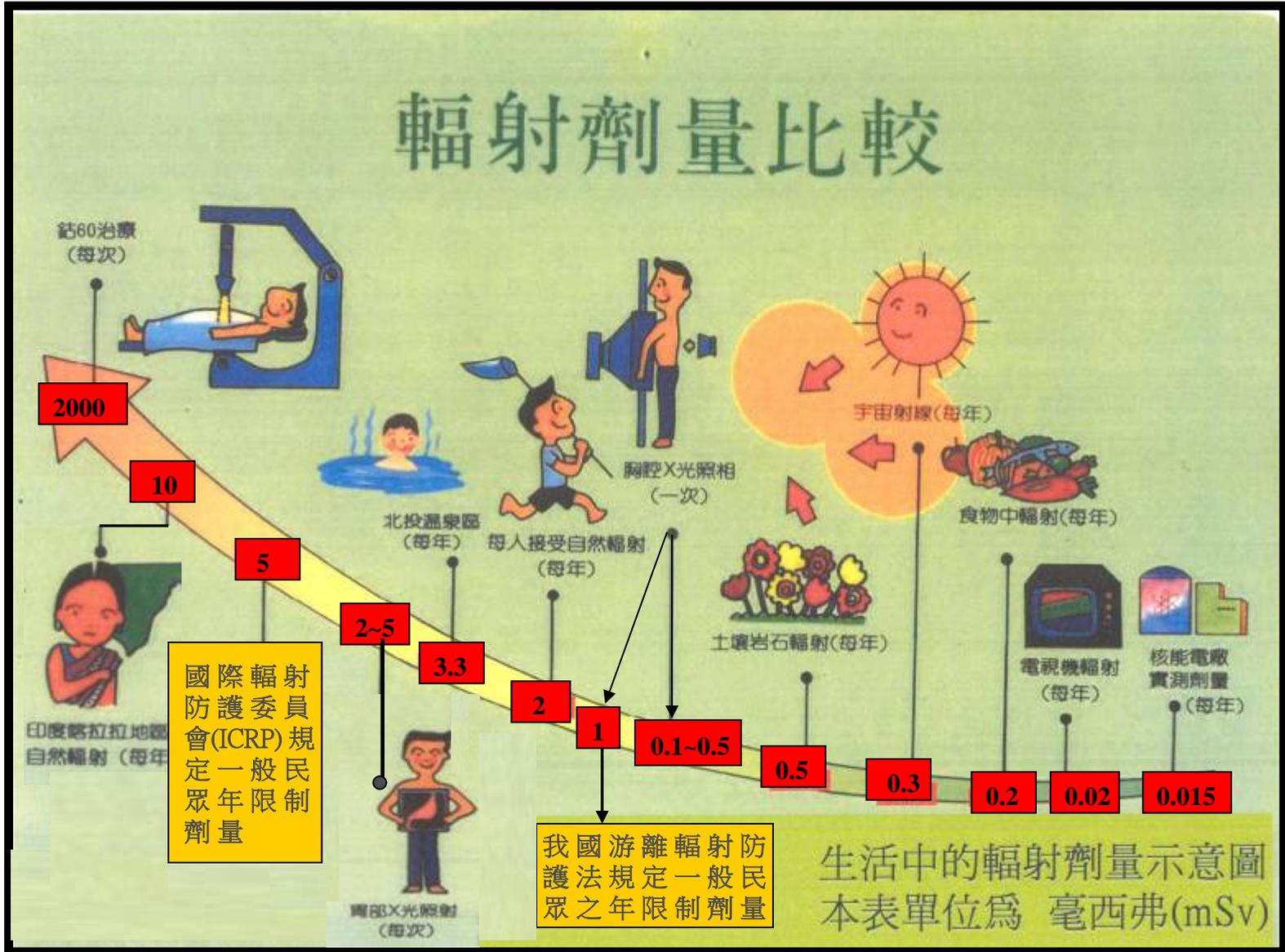
台灣地區建材之放射性含量

建材種類	放射性核種活性( $3.7 \times 10^{-2}$ Bq/g)		
	鉀-40	鈾-238系列	鈾-232系列
紅磚	14.89	0.80	1.21
鑽磚	18.16	1.12	1.62
磁磚	29.76	1.93	2.47
空心磚	13.51	0.35	0.78
磚	10.78	0.48	0.85
石棉瓦片	12.11	1.45	1.51
白砂	0.71	0.11	0.10
黑砂石	3.90	0.11	0.29
黏土	1.97	0.17	0.21
混凝土	5.58	1.06	0.46
水泥(A)	10.00	1.73	0.78
水泥(B)	6.01	1.87	0.65

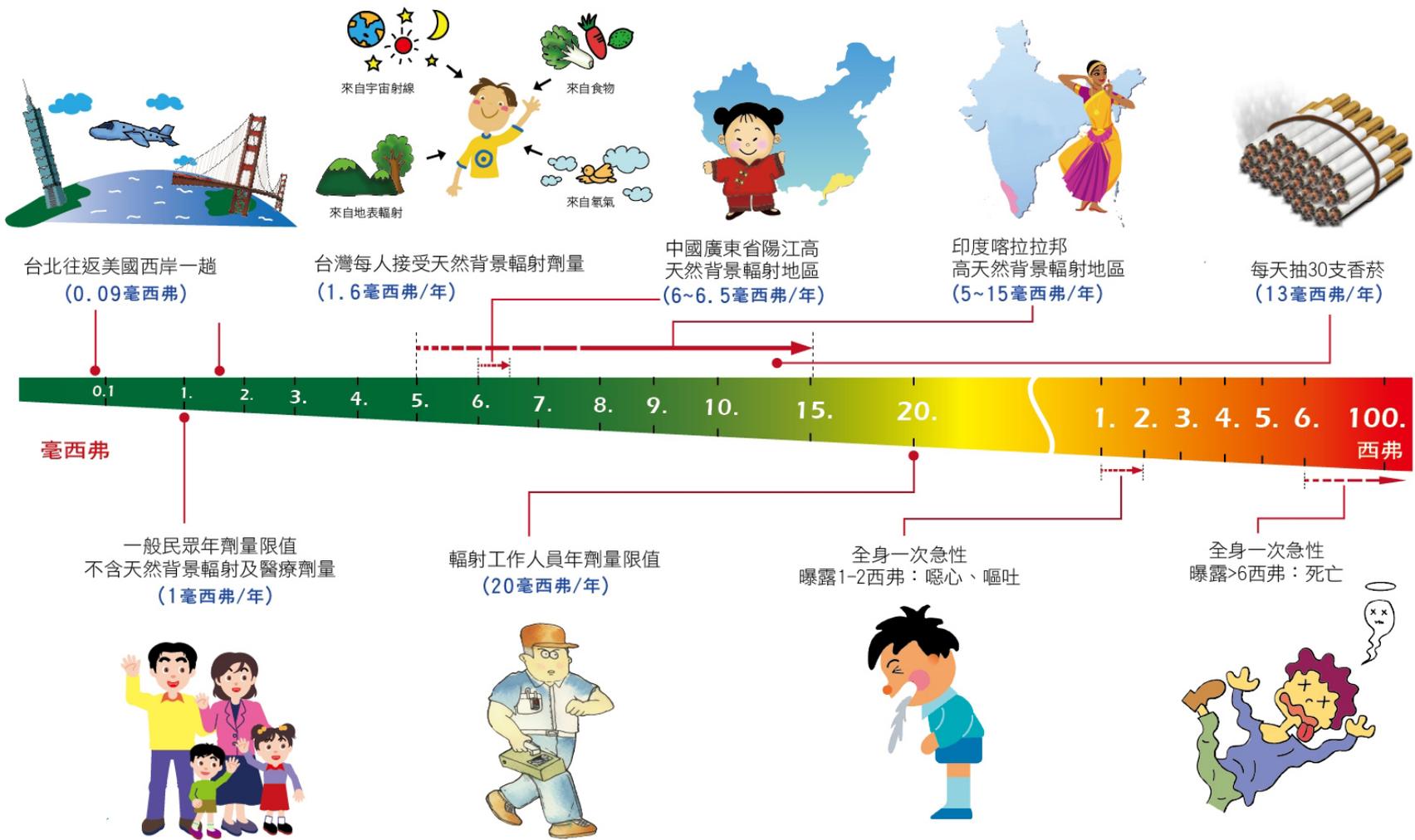


台灣地區地表輻射年劑量

# 生活中輻射劑量

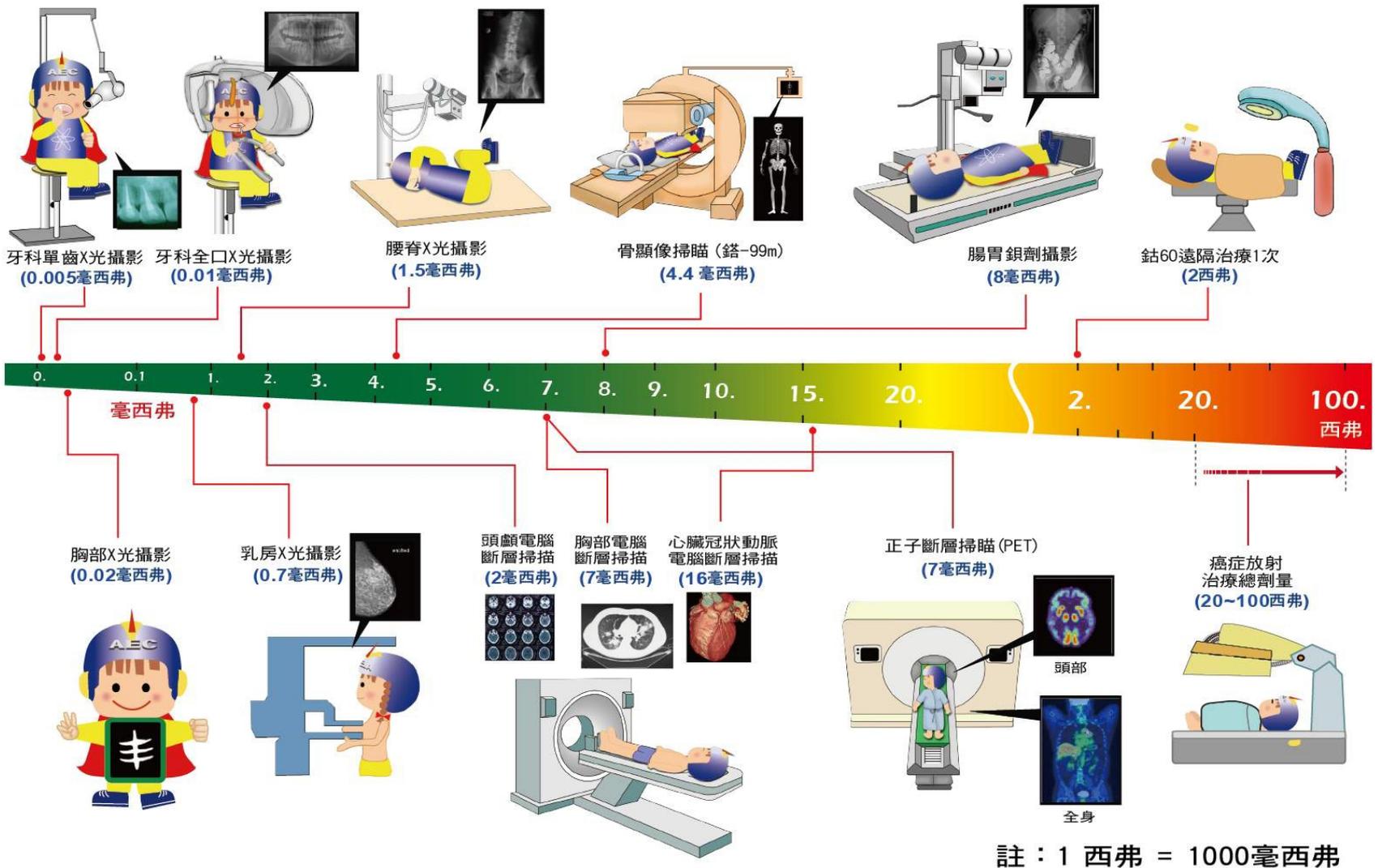


# 一般游離輻射劑量比較圖



註：1 西弗 = 1000毫西弗

# 醫療游離輻射劑量比較圖





案例三：

1987年巴西戈亞納(Goiania )放射治療協會更換新式鈷-60放射線治療儀器，並將淘汰的銻-137放射線治療組件存放在戈亞納鬧區中一間老舊建築物。

兩個沒有工作的年輕人缺錢，偷溜進醫院將治療組件的保護頭偷出賣到舊貨回收站。

這兩個小偷、舊貨回收站的老闆及兩名員工開始試圖將這個裝備拆解開。

含有銻-137活度約1400居里的旋轉配件及小容器大約在九月十八日被拆解開來。銻金屬因此釋放出來。

銻金屬的碎片落在老闆親屬、鄰居及好朋友的手中，而且大家都對這個會在黑暗中發出藍光的石頭感到印象深刻。其中有些人為了欣賞銻的光輝還將它擦在自己的皮膚上。最後，離戈亞納100哩遠的住宅均被找到有銻污染的存在。

- 造成戈亞納(Goiania)嚴重污染
- 透過人與人交叉污染，散佈至100英哩外
- 某些房子有嚴重**輻射金屬污漬**
- 共有85個污染區，其中有41個場所必須全部或部分拆除



巴西核能委員會在九月二十九日時注意到這個嚴重的輻射外洩事件。並由美國能源部門藉加州大學及勞倫斯利物摩國家實驗室的援助下 完成評估：

112000人接受輻射調查，共250人被輻射污染

●外部照射劑量評估：

染色體變異的129個個案中：

5個人超過3戈雷

16個人超過1戈雷

24個人超過0.5戈雷

●體內污染/曝露評估：

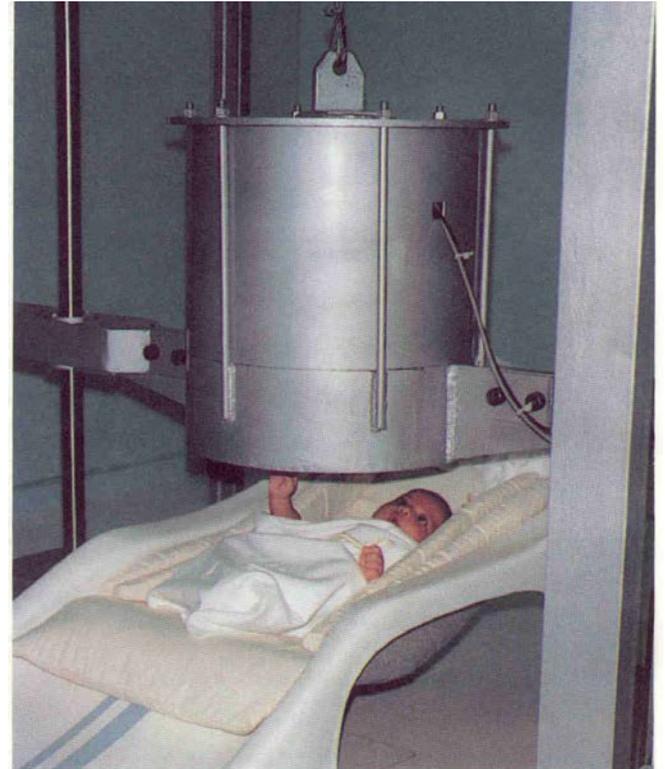
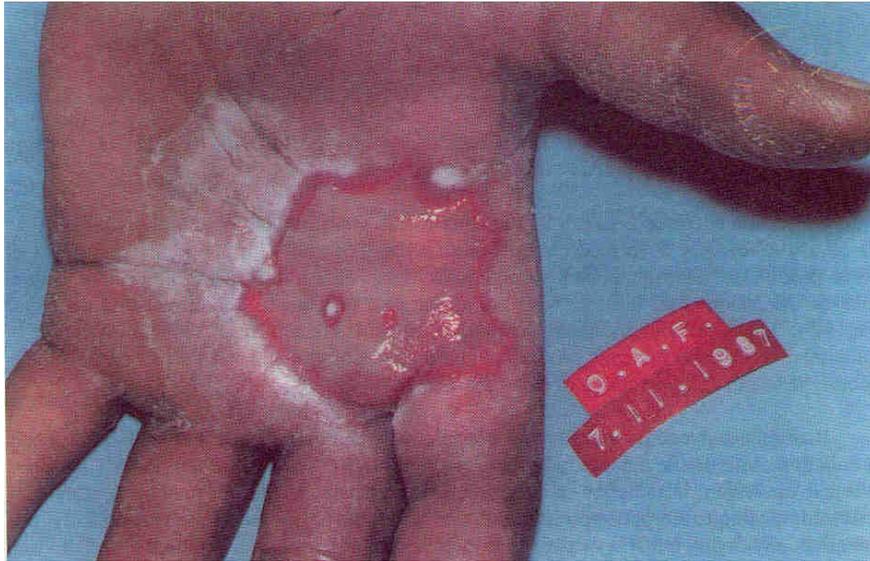
50個人因為體內和體外污染被隔離住院治療。



傷亡統計：

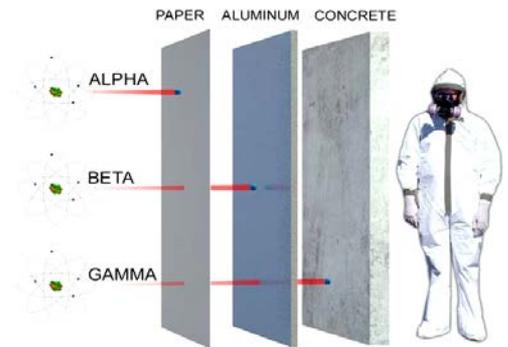
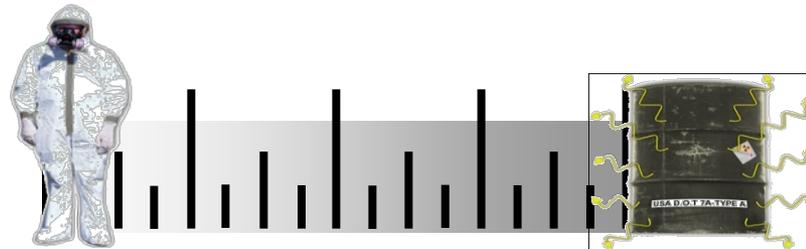
4人死亡、28人皮膚嚴重傷害

50人因食入污染物造成體內輻射曝露

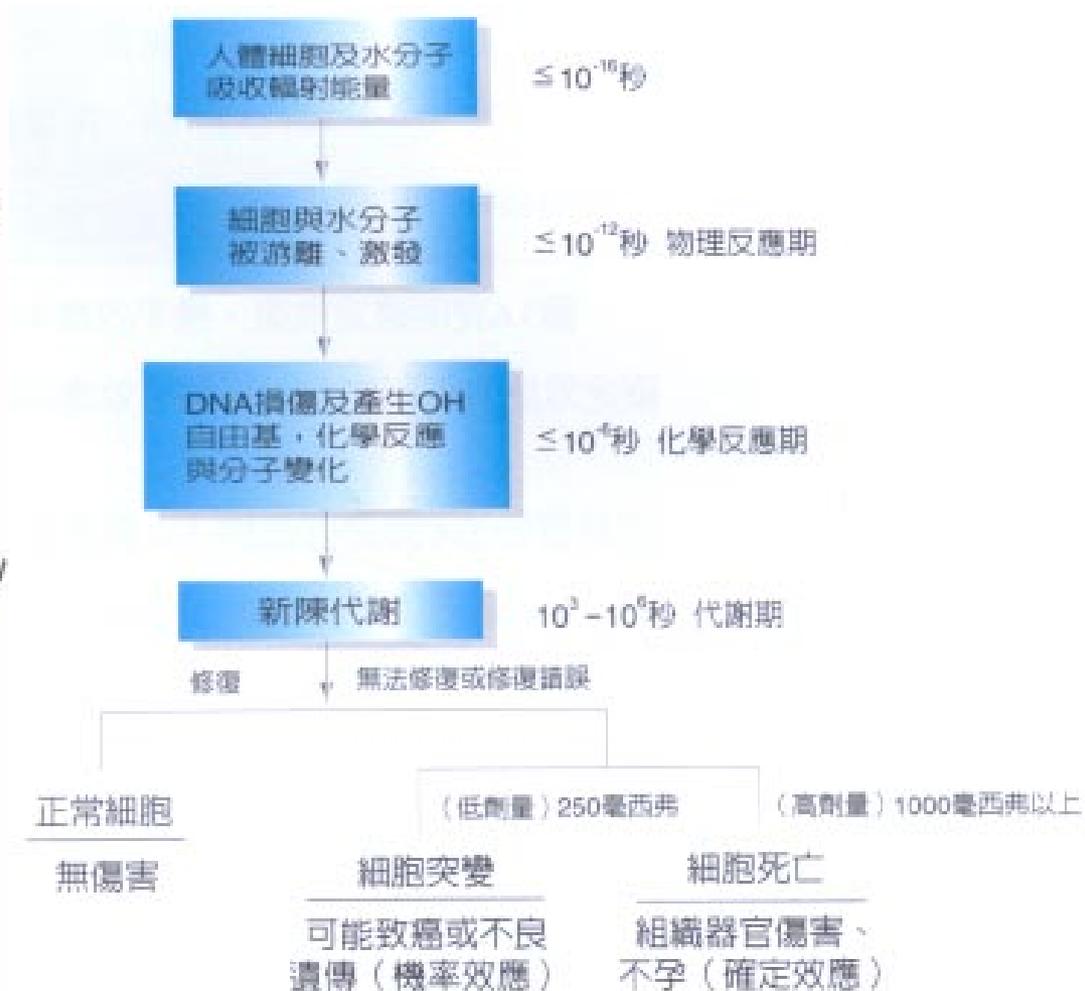
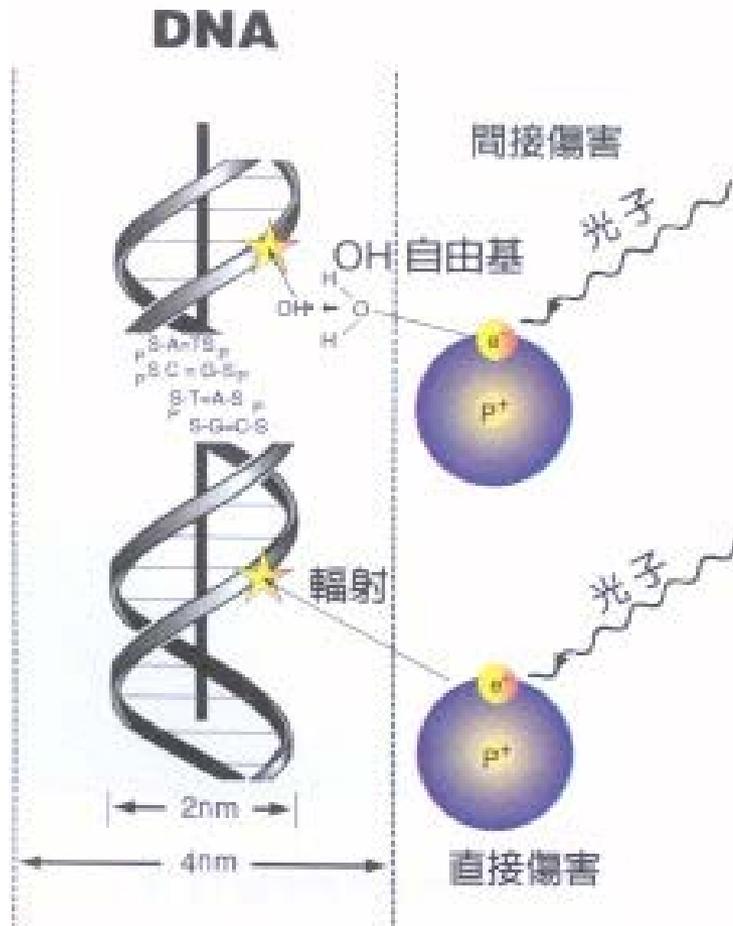


# 巴西戈亞納事件後之緊急應變建議：

- 輻射量測
- 立即隔離污染區
- 儘快疏散
- 災民必須初步除污(移去外衣)
- 尋求呼吸防護，避免吸入輻射物質
- 人在室內必須緊閉門窗及空調
- 人在室外向上風區移動，遠離輻射源



# 1.4 輻射對身體細胞傷害的機制



# 輻射劑量之關係

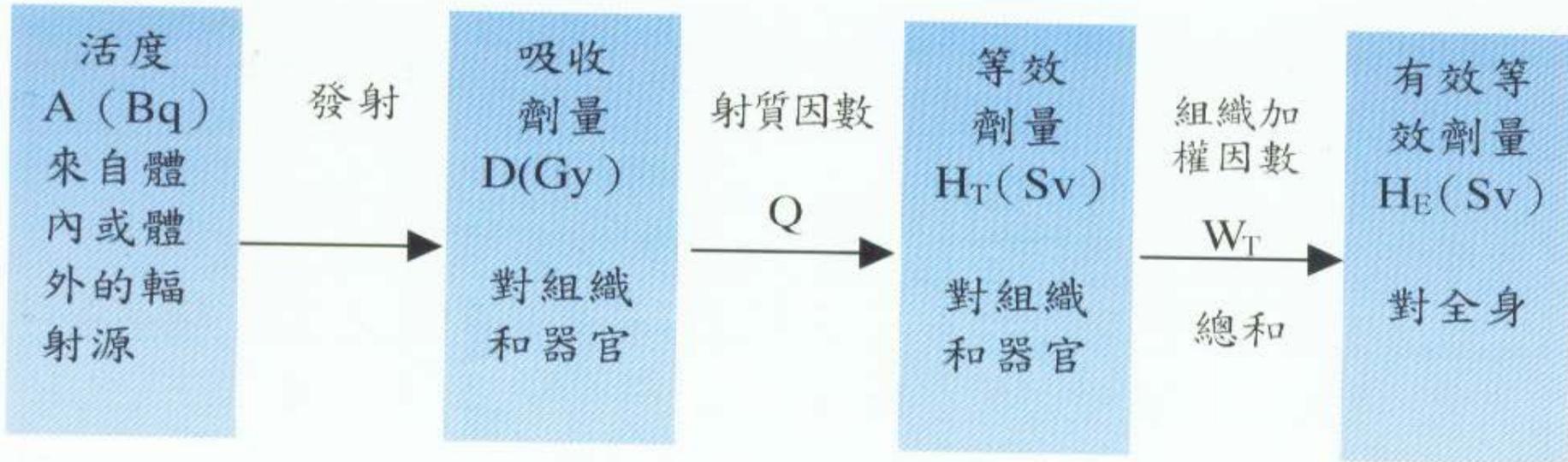


圖 12 活度 A、吸收劑量 D、等效劑量  $H_T$  和有效等效劑量  $H_E$  之間相互關係

# 游離輻射之健康效應

- 游離輻射之健康效應，一般可分為：

- 遺傳效應
- 急性全身效應
- 局部延遲效應

- 遺傳效應

1. 輻射可能導致染色體結構變異或基因突變
2. 染色體分裂時如受嚴重照射將改變其特性
3. 基因突變可能導致智能或身材的差異，如侏儒、智能減退、早產、多病等。

# 埃及婦人誕下獨眼嬰 疑似曝露輻射所致



埃及一名婦人近日誕下一名「獨眼龍」畸形男嬰，醫生估計存活率不高，恐怕只能存活數日。醫生認為，男嬰畸形的原因，可能是母親懷孕時，子宮長期曝露在輻射下有關。

# 游離輻射之健康效應

## ● 急性全身效應

### 一次劑量(毫西弗)

### 一般症狀說明

小於 10

無可察覺症狀，但遲延輻射病的產生仍可能發生。

100~250

能引起血液中淋巴球的染色體變異。

250~1000

可能發生短期的血球變化(淋巴球、白血球減少)，有時有眼結膜炎的發生，但不致產生機能之影響。

1000~2000

有疲倦、噁心、嘔吐現象，血液中淋巴及白血球減少後恢復緩慢。

2000~4000

24小時內會噁心、嘔吐，數週內有脫髮、食慾不振、虛弱、腹瀉及全身不適等症狀，可能死亡。

4000~6000

與前者相似，僅症狀顯示的較快，在2~6週內死亡率為50%。

**6000以上 若無適當醫護，死亡率為100%。**

# 游離輻射之健康效應

## ● 局部或遲延效應

- 皮膚 紅斑、脫毛、嚴重者會紅腫、起泡、潰瘍，有如一般燒傷。
- 眼睛 水晶體受5西弗以上之輻射劑量破壞後透明性喪失，出現雲絲狀物(俗稱翳)，是為白內障，嚴重者可能失明。
- 造血機能 紅骨髓為造血器官，對輻射極為敏感，受破壞後將減弱血液之殺菌，運輸及凝血功能，且可能導致血癌(俗稱白血病)。
- 消化器官 受輻射傷害之主要症狀為噁心、嘔吐、腹瀉及食慾不振。小腸內壁最為敏感，受損後易致潰瘍，大量出血(不易凝結止血)，且不易消化吸收，造成體弱及貧血，並易感染併發症。
- 甲狀腺 位於喉部，分泌荷爾蒙控制新陳代謝。碘-131侵入人體後，即被吸收，集中於此，減少生產荷爾蒙，以致減低新陳代謝而損及健康，或可能導致甲狀腺癌。
- 生殖機能 男子睪丸一次接受5西弗以上時可能導致永久不孕，劑量較低或慢性累積者均可恢復，女子不孕劑量約為3西弗。遭受高劑量損害之精子或卵子，如成孕則可能造成流產、死胎、畸形或智能遲鈍等現象。胎兒於細胞分裂生殖期中最易受輻射影響，故孕婦懷孕初期宜特別注意。孩童對輻射亦遠較成人為敏感。

# 輻射暴露與污染

- 造成人體之輻射曝露，其輻射源來自於體外者稱為體外曝露，來自於體內者稱為體內曝露。
- 輻射照射與輻射污染
  - 照射**：人曝露於體外輻射場中受到輻射之照射，不會造成輻射之擴散。
  - 污染**：人的髮膚附著或體內吸入或攝入放射核種而受到輻射之照射，污染通常會造成輻射之擴散。

# 輻射劑量量測

1. 輻射是無色、無味、無聲的，人類的感官不能察覺輻射的存在，因此必須藉著儀器來偵測與度量。
2. 輻射偵檢器的原理是將輻射的能量轉換成電、光、化學、熱或核反應等可以被指示或度量的能量型態後，再藉此決定輻射的質與量。

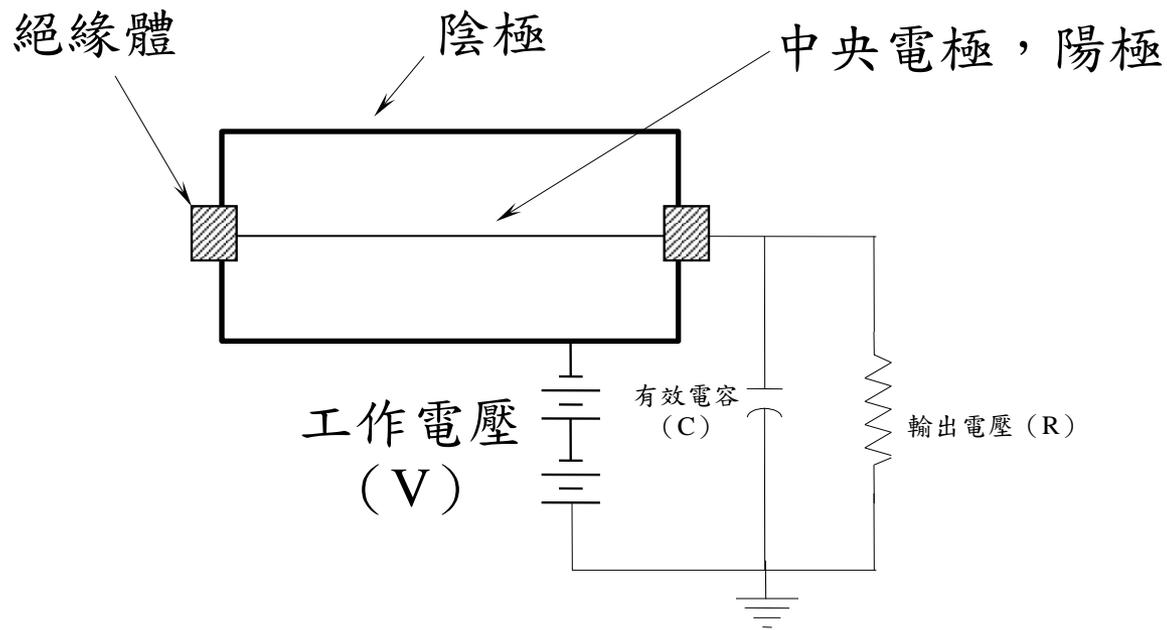
# 游離輻射偵測器原理

根據輻射與偵測物質產生反應的方式可分為下列五種基本原理：

1. 游離式：利用輻射與物質作用產生正、負離子對的數目來評估輻射的質與量。一般可分成：充氣式偵檢器與半導體偵檢器兩種。常見的如：游離腔、比例計數器、蓋革管。
2. 激發式：某些物質吸收輻射的能量之後會放出可見光，藉著量測該可見光的訊號可以度量輻射的強度與能量。例如：閃爍偵檢器、熱發光劑量計。
3. 化學劑量計：物質吸收輻射能量引起化學變化，此變化量可用來標定輻射劑量。常見的如：弗立克（Fricke）劑量計、膠片等。
4. 熱卡計：度量輻射與物質作用所產生的熱量來量測輻射劑量。
5. 核反應：物質吸收了中子會被活化或產生核反應，藉此來偵測中子。如：氟化硼（ $\text{BF}_3$ ）計數器

# 充氣式輻射偵測器原理

充氣式偵檢器的原理是讓游離輻射與充氣腔中的填充氣體產生游離或激發作用，而被游離的電子經電路收集處理後即可測得游離輻射之強度。是目前使用最廣泛的輻射偵檢儀器，可分為游離腔（ionization chamber）、比例計數器（proportional counter）、蓋革計數器（Geiger-Mueller counter）等三種



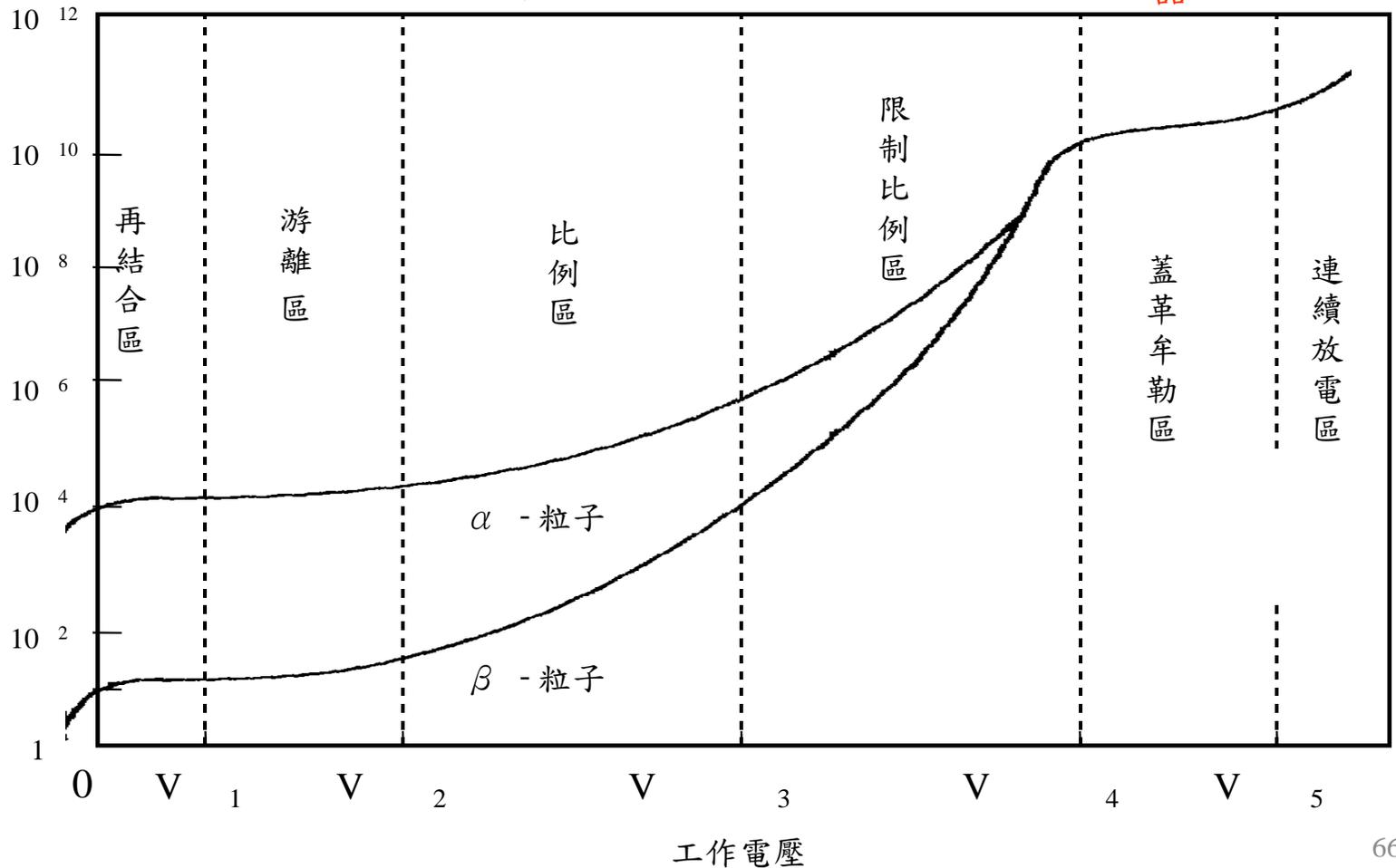
# 充氣式偵檢器的特性曲線

游離腔

比例計數器

蓋革計數器

每次游離所收集到的離子對



# 常見之充氣式輻射偵測器種類

游離腔



比例計數器



蓋革計數器



項目	游離腔	比例計數器	蓋革計數器
適用範圍	高劑量率	皆可	低劑量率
電壓	低	中	高
氣體	空氣、氬氣	P-10	氦或氬氣
氣體增殖	無	低	高
靈敏度	較差	高	高
準確度	高	高	較差
鑑別輻射種類	脈衝式：可、少用	可	否
	電流式：否		

# 人員劑量監測

## 體外劑量偵測：

1.人員劑量計：評估人體組織及器官所受的等效劑量。

如膠片佩章 (film badge)：或稱為劑量配章，只能用一次，可重複計讀。是一種法定劑量計。

2.體外污染偵測儀器：量測環境中的輻射劑量率。如：蓋革計數器。

## 體內劑量偵測：

1.直接偵測 (全身計測)：

偵測由體內貫穿至體外的輻射劑量

2.間接偵測 (生物鑑定)：採取糞便、尿、血液等檢體樣本，經過適當處理後加以偵測，據以推算全身污染的活度。此方法適於偵測發射任何輻射( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\chi$ )的放射性核種。

# 體內劑量暴露的偵測

## 全身計測法

可直接自體外計測體內含核種及活度，對體內污 $\chi$ 或 $\gamma$ 核種的測量甚為方便，高能量 $\beta$ 核種也可能測量。



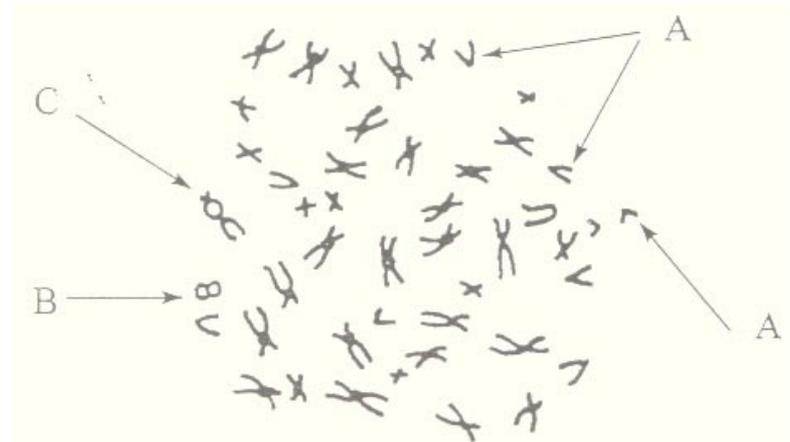
全身計測

全身計數器

## 生化分析法

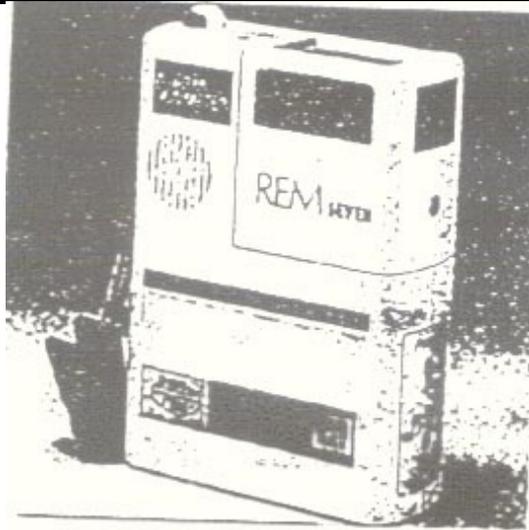
藉由取人的排泄物(糞便、尿、血液等)，經過適當處理後加以偵測，據以推算全身污染的活度，此方法適於偵測發射任何輻射( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\chi$ )的放射性核種。

## 染色體變異分析



# 人員劑量監測

個人劑量計

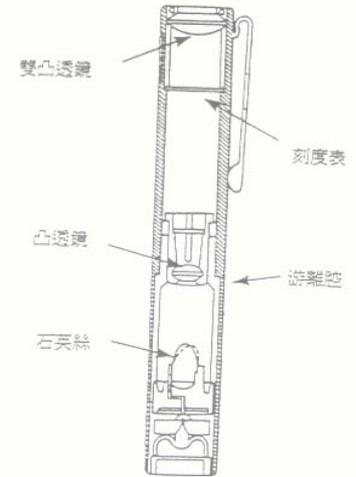


個人警報器

劑量筆

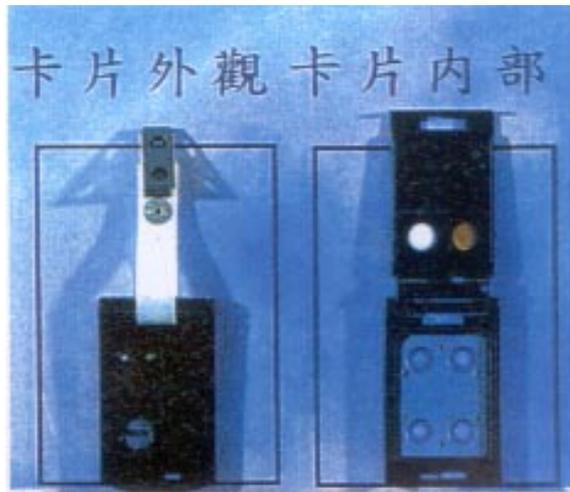


袖珍劑量筆



直讀式劑量筆

人員劑量徽章



人員輻射劑量徽章

手提輻射偵檢器



手提輻射偵檢器



手提污染偵檢器

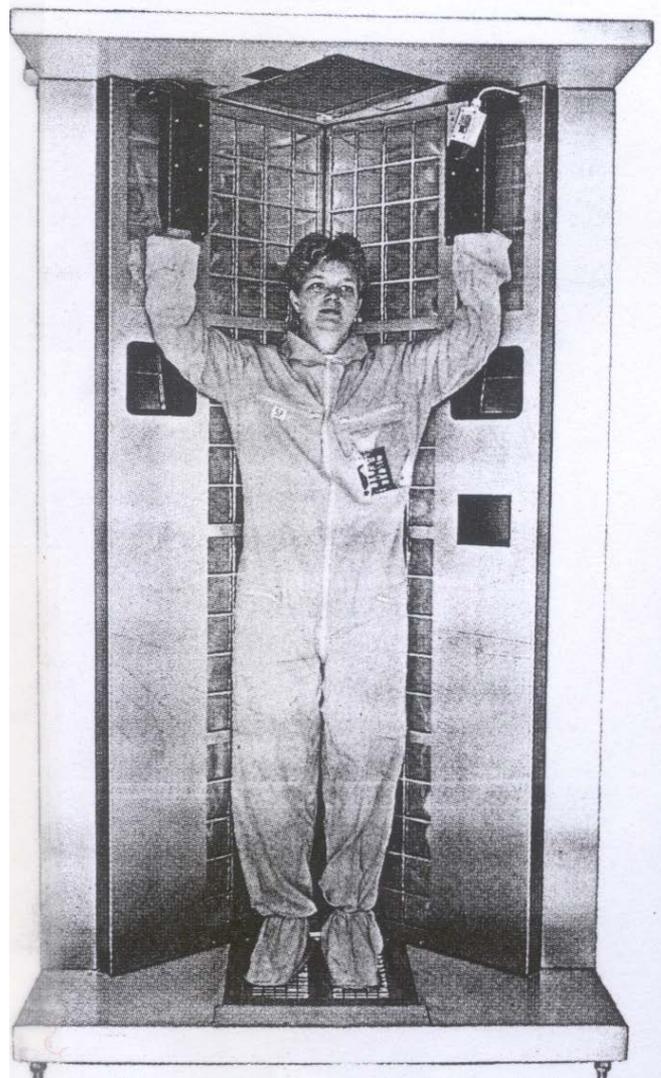


核能研究所 SM-99 輻射偵測器

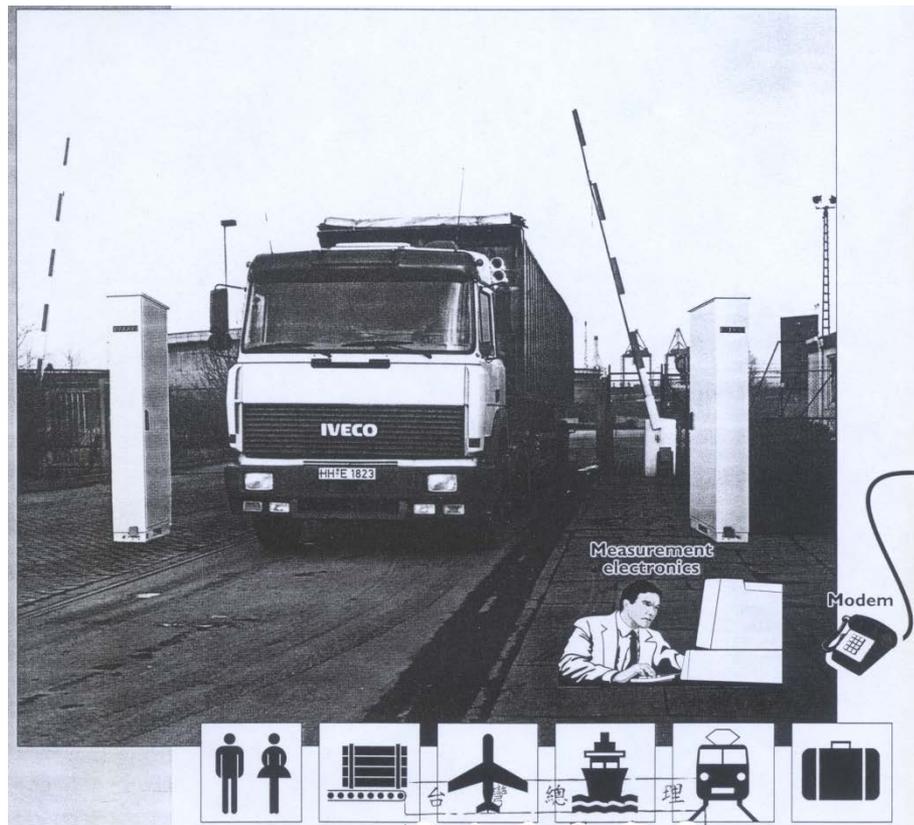
# 人員劑量計使用注意事項

1. 工作時，應將佩章戴在胸前衣著上，如果穿著鉛裙等防護裝備時，佩章應帶在防護裝備內側。
2. 佩章專屬，不得轉借或與他人交換使用。
3. 不可私自將佩章打開或故意暴露。工作完畢後，應將佩章放置於指定的佩章架上。
4. 佩章架應設置在不易受潮且在正常使用輻射源時不致受到輻射照射之場所。
5. 工作人員如果以病人身份接受輻射照射時，不應佩戴佩章。

# 進出輻射管制區之門型偵檢器

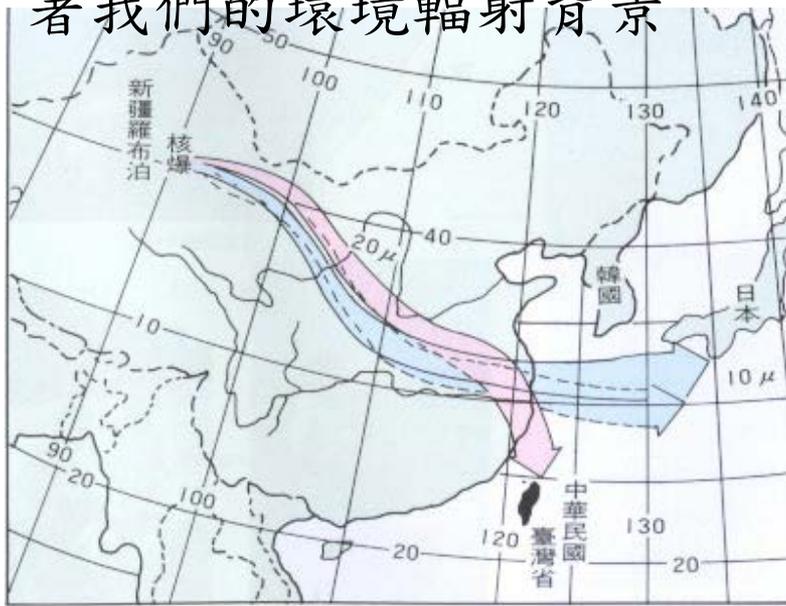


# 進出海關碼頭之門型偵檢器



# 環境輻射監測

地球整體大氣之流動影響  
著我們的環境輻射背景



核二廠附近之輻射偵測站  
位置圖





# 中華民國醫事放射師公會全國聯合會

## 100年度基層醫事機構游離輻射防護品質評定證明書

基層醫事機構合格證字第 0100066 號

# 通過

機構名稱：鈺展骨科診所

機構地址：桃園縣中壢市健行路 83 號

評核項目：

1. 影像品質
2. 游離輻射設備品保與輻射安全
3. 游離輻射環境安全作業
4. 游離輻射工作人員安全作業

評定結果：通過

評定效期：自 101 年 1 月 1 日起至 102 年 12 月 31 日止

理事長 **魏 聰 文**

中華民國 101 年 4 月 7 日

# 輻射劑量之法規限值

▶ 游離輻射防護法 → 游離輻射防護法施行細則  
游離輻射防護安全標準(92.02.01開始施行)

▶ 年劑量限值

目的	組織器官	劑量限度(毫西弗/年)	
		輻射職業人員	一般民眾
抑低機率效應至可接受水平	全身 (有效等效劑量)	<b>50</b> (連續五年之年平均小於20)	<b>1</b>
防止確定效應發生	眼球水晶體	<b>150</b>	<b>15</b>
	個別組織或器官	<b>500</b>	<b>50</b>

# 輻射防護的原則

## 體外輻射防護的原則

- ▶ 時間：縮短於輻射場中的逗留時間
- ▶ 衰減：注意射源原始強度與衰減時間  
(瞭解你的射源)

$$C=C_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

- ▶ 距離：加馬射源強度隨距離平方成反比
- ▶ 屏蔽：使用各種有效的屏蔽材料



## 輻射屏蔽之考量

### ▶ $\alpha$ 粒子之屏蔽考量：

$\alpha$ 粒子因其穿透力甚弱，人體皮膚之死層(Dead Layer)可有效阻止 $\alpha$ 粒子( $\alpha$ 至少需具有7.5MeV以上之能量，才可能穿透皮膚)，因此 $\alpha$ 粒子在體外將不會構成傷害。故 $\alpha$ 粒子之屏蔽問題可以不考慮。但 $\alpha$ 粒子如進入體內，則其輻射加權因數( $W_R$ )值為20，對身體構成很嚴重的傷害，故該特別小心防護 $\alpha$ 粒子進入體內。

### ▶ $\beta$ 粒子之屏蔽考量：

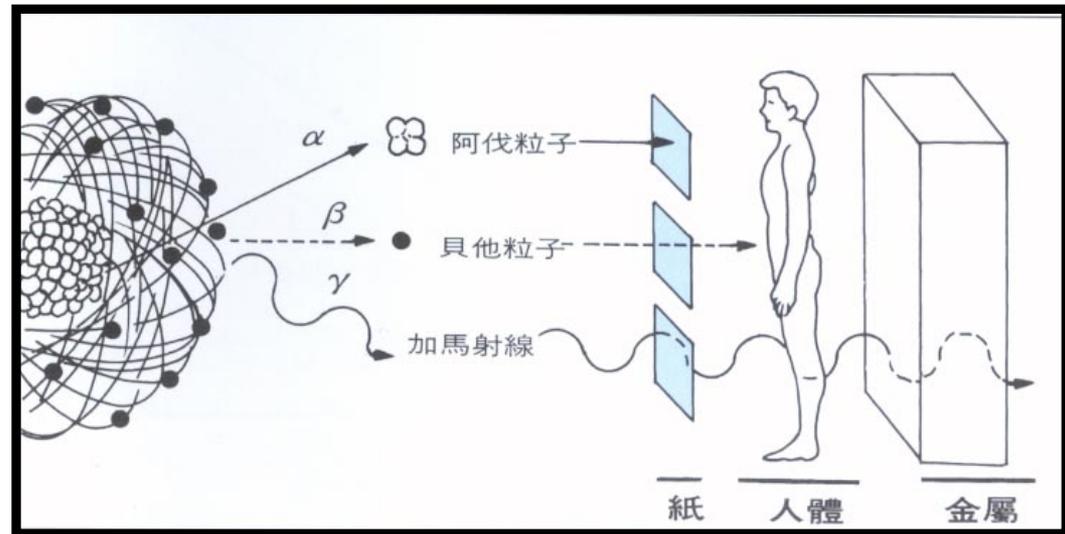
$\beta$ 粒子之穿透力較 $\alpha$ 強，通常1 MeV之 $\beta$ 粒子在空氣中可通行3.3公尺，故 $\beta$ 粒子可穿過皮膚之死層，對人體之皮膚具有傷害力，但通常無法穿透深層體下組織。

## ► 中子之屏蔽考量：

一般非核能或非核燃料循環之實驗室，均極少有機會接觸到中子輻射場。屏蔽中子的最好方法是使用含低原子序較多的物質(如水、塑膠)來減速中子，然後用強中子吸收體(如硼-10)來吸收中子。

## ► $\gamma$ 或 $X$ 射線之屏蔽考量：

$\gamma$  或  $X$  射線對物質之穿透力很強，必須使用密度較高的物質為屏蔽(如鐵或鉛)，才能有效阻擋 $\gamma$  或  $X$  射線。



## 簡易的 $\gamma$ 或 X 射線之屏蔽估算

▶ 半值層法：衰減一半 $\gamma$  或 X 射線輻射場強度之屏蔽材質厚度，稱為此材質之半值層 (HVL；Half Value Layer)

輻射源	鉛(cm)	混凝土(cm)	鐵(cm)
$^{137}\text{Cs}$ (0.662MeV)	0.65	4.8	1.6
$^{60}\text{Co}$ (1.25MeV)	1.2	6.2	2.1
50kV X-ray	0.006	0.43	
100kV X-ray	0.027	1.6	
250kV X-ray	0.088	2.8	



# 游離輻射之管理

## ▶校園裡可能接觸的游離輻射來源

### ●操作放射性物質(密封及非密封)

- 實驗用校正射源、
- 儀器內的密封射源  
如：層析儀內的Ni-63、  
電荷中和器內的Kr-85  
液態閃爍計數儀內的  
Cs-137...

用途	放射核種	半衰期
輻射照射處理 (消毒、滅菌)	<sup>60</sup> Co	5.3y
	<sup>137</sup> Cs	30.0y
輻射計測儀(厚度計、液位計、密度計等)	<sup>60</sup> Co	5.3y
	<sup>90</sup> Sr	28.1y
	<sup>137</sup> Cs	30.0y
非破壞檢驗	<sup>192</sup> Ir	73.8d
	<sup>60</sup> Co	5.3y
	<sup>192</sup> Ir	73.8d

註：y 為年，d 為日

### ●操作可發生游離輻射設備

- 例如 教學用X光機、X光粉末繞射儀...

## ► 游離輻射防護法(91.01.30公布施行)

### ● 第七條

設施經營者應依其輻射作業之規模及性質，依主管機關之規定，設輻射防護管理組織或置輻射防護人員，實施輻射防護作業。

前項輻射防護作業，設施經營者應先擬訂輻射防護計畫，報請主管機關核准後實施。未經核准前，不得進行輻射作業。

# ▶ 學生能不能進行與游離輻射相關的各項操作？

## ● 第十四條

從事或參與輻射作業之人員，以年滿十八歲者為限。但基於教學或工作訓練需要，於符合特別限制情形下，得使十六歲以上未滿十八歲者參與輻射作業。

## ● 第三十一條

操作放射性物質或可發生游離輻射設備之人員，應受主管機關指定之訓練，並領有輻射安全證書或執照。但領有輻射相關執業執照經主管機關認可者或基於教學需要在合格人員指導下從事操作訓練者，不在此限。

# ▶ 學生在游離輻射實驗室工作，需不需要佩戴人員劑量計？

- 「游離輻射防護法」第十五條，及其「游離輻射防護法施行細則」第六條規定如下：
  - (1) 輻射工作人員一年之曝露可能超過年個人劑量限度十分之三者(通常稱為甲種狀況)，其有效等效劑量 6 毫西弗，眼球水晶體之等效劑量為 50 毫西弗，皮膚及四肢之等效劑量為 150 毫西弗)，雇主或場所主管應對輻射工作人員實施個別劑量監測。——→進入工作場所應佩帶人員劑量計(如：膠片佩章、熱發光劑量計等)
  - (2) 雇主或場所主管評估其工作人員曝露可能低於年個人劑量限度十分之三者(通常稱為乙種狀況)，得以工作環境監測代替個別人員偵測。——→工作場所應配備輻射劑量(率)監測器
- 非輻射工作人員(如：學生、水電工、清潔工等無申請個人劑量計者)必須進入管制區者，須登記後，發給即讀式劑量計(如：筆式劑量計)或手提式輻射偵檢器，於離開管制區時繳回，並登記曝露劑量。

## ▶ 輻射作業教學或工作訓練之規定

依據游離輻射防護安全標準第九條定：

「十六歲至十八歲接受輻射作業教學或工作訓練者，其個人劑量限度，依下列之規定： —————→ 乙種狀況

- (1) 一年內之有效等價劑量不得超過 6 毫西弗。
- (2) 眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過 50 毫西弗。
- (3) 皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過 150 毫西弗。」

## ▶ 對於母性保護之特別之規定

依據游離輻射防護安全標準第十條：

「雇主於接獲女性輻射工作人員告知懷孕後，應即檢討其工作條件，以確保妊娠期間胚胎或胎兒所受之曝露符合第十一條一般人之劑量限度。對告知懷孕之女性輻射工作人員，其腹部表面之等效劑量於剩餘妊娠期間不超過 1 毫西弗，且攝入體內之放射性核種不超過年攝入限度之百分之 2，視為不超過前項胎兒之劑量限度。」



# ▶ 實驗室操作輻射源或游離輻射發生設備之危害因子

- 直接輻射

- 來自於射源或游離輻射發生設備，造成體外曝露

- 表面污染

- 來自於射源(通常是非密封射源)，造成體外曝露、食入體內、滲入皮膚、污染空氣

- 場所內空氣污染

- 來自於射源(通常是非密封射源)的自然揮發、隨空氣流揚起

- 場所外環境污染

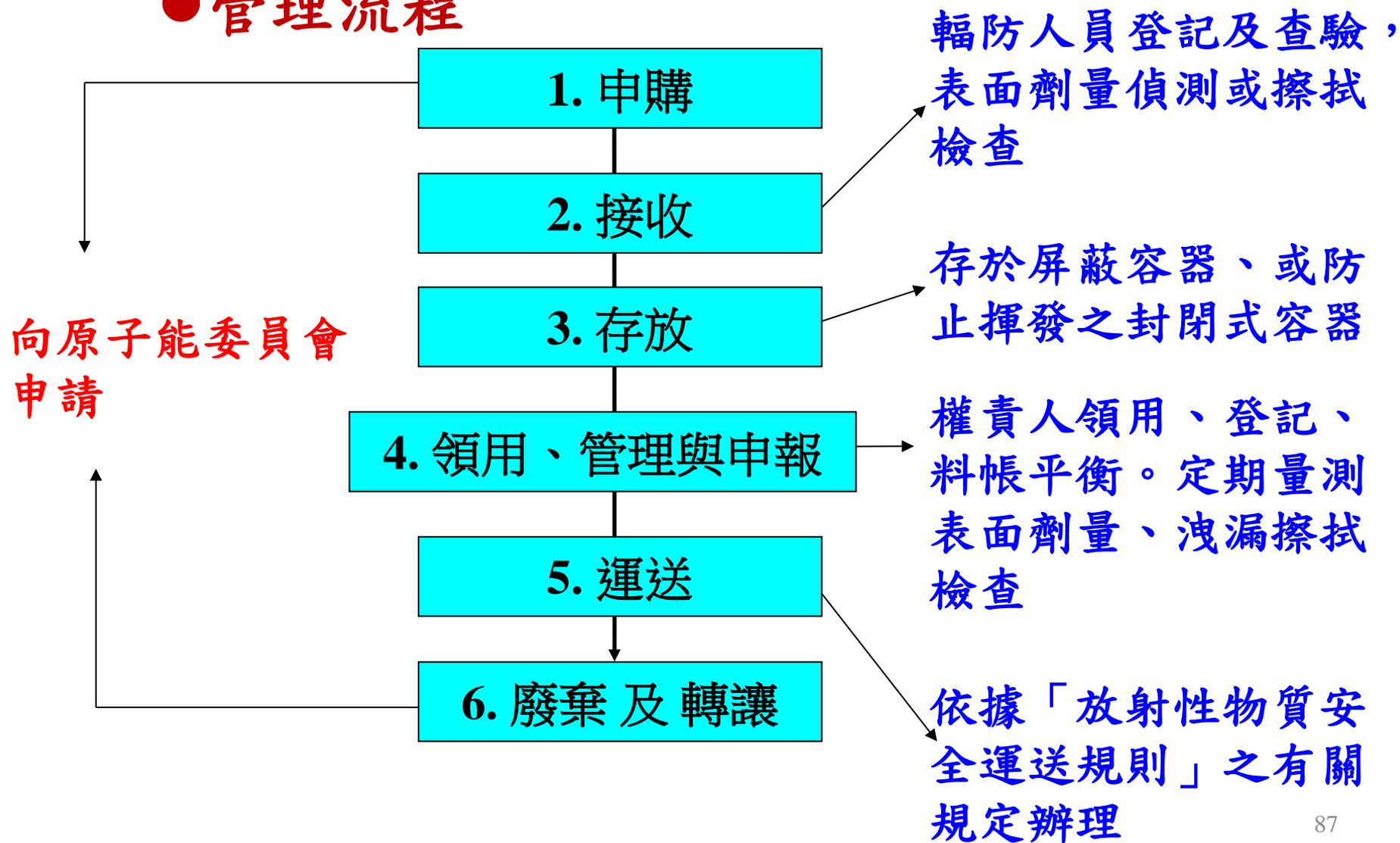
- 運送、被盜丟失，引起更多輻射擴散問題

## ▶校園內的游離輻射管理要項

- 輻防計畫/ 輻射防護組織/ 輻射防護人員  
→報原子能委員會核備
- 輻射工作人員定期訓練及體檢
- 劃分管制區(一般以校內操作放射性物質之實驗室及  
可發生游離設備之場所為管制區)
- 合理抑低輻射劑量
- 射源及可發生游離設備之管制與檢查
- 輻射偵檢儀器校正
- 放射性廢料收集
- 緊急通知與事故處理
- 紀錄保存

# ▶ 射源及可發生游離設備之管制與檢查

## ● 管理流程



## ● 管理流程要點

- ◆ 新購、停止、或廢棄使用輻射源或可發生游離設備時，應依規定申請。
- ◆ 建立輻射源或可發生游離設備使用程序與料帳平衡清冊，並隨時清點、定期檢查：
  - 使用非密封放射性物質者，應定期偵測其工作場所污染情形。
  - 使用密封放射性物質或可發生游離設備者，可以定期請專業機構進行洩漏檢查。
- ◆ 輻射源容器表面應有明顯耐久之輻射警告標誌，並註記核種名稱、活度、廠牌、型號、製造日期及相關必要之說明。並進行定期或不定期輻射偵檢。



## ▶ 輻射偵檢儀器校正

- 輻射偵檢儀器應至少每一年送標檢局核可之游離輻射校正實驗室校正一次。
- 當偵測儀器經修理或更換內部零件，須依據該儀器原訂功能進行全程校驗，以確保儀器之功能及準確度。

## ►放射性廢料收集

- 學校放射性實驗室若有固態放射性廢料產生，應該予以收集於內襯無孔塑膠袋之桶裝容器內，並經輻防人員偵檢後，待其衰變後請專業單位進行處理。
- 非密封射源之實驗活動可能產生液體或氣體之排放，應先收集、偵檢，依據相關排放標準，低於排放濃度，始得排放，並記錄之。每年並就廢水排放取樣，偵測分析其核種，並紀錄備查。
- 某些醫學院可能有動物組織或屍體等放射性污染動物廢棄物，應進行適當包裝、標示、冷凍、及偵檢，待其衰變後請專業單位進行處理。

## ▶ 緊急通知與事故處理

- 緊急聯絡體系及聯絡方式之公告張貼
- 以下重大事故，應依據校內緊急應變體系，進行通知及防護措施，並通知原子能委員會
  - ◆ 人員接受之劑量超過游離輻射防護安全標準之規定
  - ◆ 液體或氣體排放超過游離輻射防護安全標準之規定
  - ◆ 放射性物質或可發生游離輻射設備遭破壞、遭竊或遺失
- 事故肇因分析及事故處理報告撰寫

## ▶ 紀錄保存

記錄項目	至少保存年限	備註
工作人員劑量記錄	30年	自停止參與輻射工作之日起，並至該工作人員75歲
工作人員體檢記錄	30年	與人員劑量記錄一併保存
輻射偵檢儀器校正記錄	3年	記錄至儀器報廢為止
輻射工作場所與外圍環境	3年	
放射性物質管理	3年	
教育訓練紀錄	10年	
放射性物質廢棄	3年	
輻射防護會議記錄	3年	備日後工作改進與評估用
意外事故處理報告	20年	備日後檢查與評估用

# 核廠職員罹癌求償 台電判賠126萬

f 分享

G+ 分享

留言

列印

存新

A-

A+

2015-11-12 17:53 中央社 台北12日電

f 讚

分享

{

G+1

}

0

曾在核能反應爐廠房工作多年的李姓退休員工控告台電未提供完整防護，導致身體累積大量輻射，退休後罹患喉癌，訴請台電給付補償金，高院今天判台電須賠126萬元。全案可上訴。

李男主張，他從民國63年起於台電任職核一廠核能儀器技術員，之後轉到核二廠任電子儀器裝修員，後來赴醫發現因輻射線傷害致「次發性白血球及血小板減少」而調至水力發電廠半年後，再被調到核二廠支援，直到75年才調離核能反應爐廠房工作，並在96年屆齡60歲辦理退休。

李男說，他在91年赴三軍總醫院診斷為「再生不良性貧血」，96年赴台大醫院診斷為「中重度低細胞性骨髓併巨核細胞耗盡」等症狀，職業疾病鑑定委員會判定他是職業病。因核一及核二廠以石綿作為管線保溫，建廠致試運期間石綿粉塵飛揚，他長期暴露其中。

台電主張，職病鑑委員的鑑定結果，僅勞保局對勞保給付的認定，非得據以認定李男的病況即職業災害；李男所患疾病與其輻射曝露，也無相當的因果關係。

# 結語-游離輻射

人為輻射

理醫工農各種運用

天然輻射

宇宙/大氣/地表

輻射源與輻射場

體內曝露劑量

體外曝露劑量

全身計測或血液糞便生化分析

各種體外監測或環境監測儀器

個人體外輻射曝露防護原則：時間 衰減 距離 屏蔽

個人體內輻射曝露防護原則：阻絕 稀釋 排除 除污

設施輻射防護原則：安全 管理 法規 應變



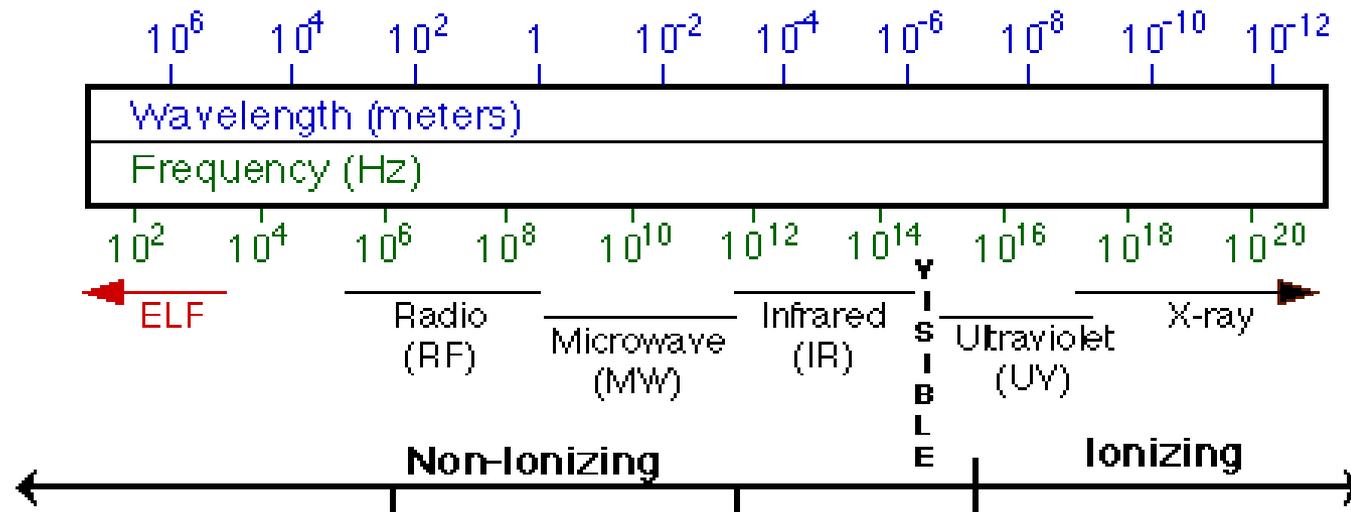
## 貳、非游離輻射



# 非游離輻射的定義

- 多屬能量小於10k電子伏特（keV）的電磁場
  - 10k電子伏特
    - 頻率約為 $2.4 \times 10^{15}$ 赫（Hz）
    - 波長則約為0.124微米（ $\mu\text{m}$ ）
    - 不足以使原子產生離子或自由基
- 紫外線
- 可見光
- 紅外線
- 微波與射頻輻射
- 極低頻電磁場
- 靜電場

# 非游離輻射在電磁場譜上的位置



(資料來源<http://www.mcw.edu/gcrc/cop/powerlines-cancer-FAQ/toc.html#spectrum>)

# 非游離輻射之波長與頻率範圍

種類	波長	頻率
部份紫外線	200—400 nm	$7.5 \times 10^5 - 1.5 \times 10^6$ GHz
可見光	400—700 nm	$4 \times 10^5 - 7.5 \times 10^5$ GHz
紅外線	700 nm—1 mm	300 GHz— $4 \times 10^5$ GHz
微波	1 mm—1 m	300 MHz—300 GHz
射頻輻射	1 m—100 km	3 kHz—300 MHz
極低頻電磁場	1,000 — 10,000 km	30—300 Hz

nm =  $10^{-9}$ 公尺；mm =  $10^{-3}$ 公尺；km =  $10^3$ 公尺；kHz =  $10^3$ 赫；MHz =  $10^6$ 赫；GHz =  $10^9$ 赫

# 決定非游離輻射能量的因素

- 電磁場的能量高低由其頻率所決定

- $C = \text{quantum speed} = 3 \times 10^8 \text{ m/sec} = \lambda \times f$

- $E = \text{radiant energy of quantum} = h \times f$

$h = 6.625 \times 10^{-27} \text{ erg-sec}$  (Plank's constant)

$\lambda = \text{波長 (公尺, m)}$

$f = \text{頻率 (赫茲, Hz)}$

- 頻率愈高，能量愈大

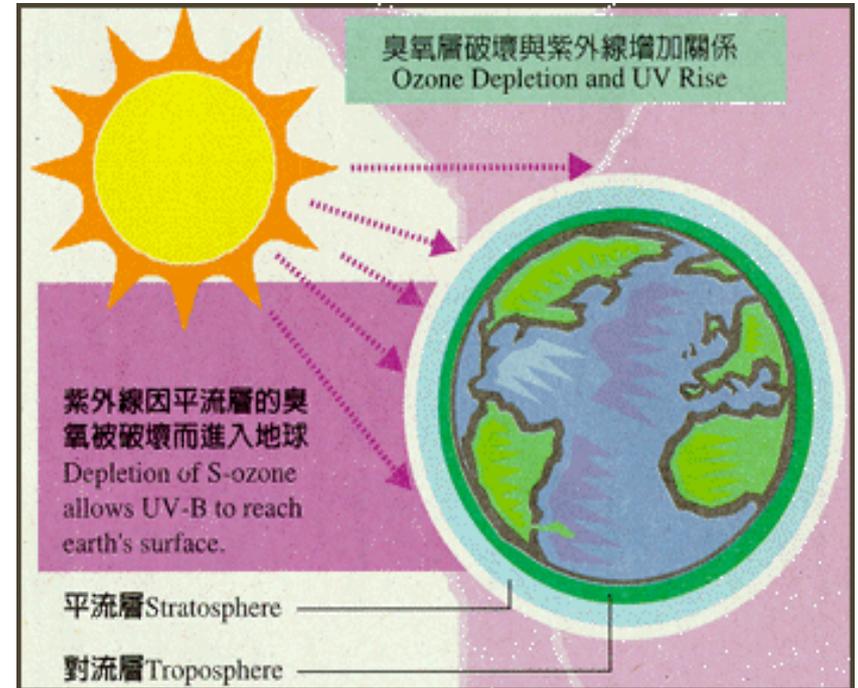
- 紫外線: 非游離輻射中能量最高

- 射頻輻射與極低頻電磁場: 能量較低

# 各種非游離輻射的環境來源

# 紫外線的環境來源

- 日常生活接觸多屬近紫外線
  - 遠紫外線(即波長295 nm以下的紫外線)多被大氣所吸收而無法到達地面
- 大氣層遭受人類活動破壞
  - 地球上某些地區的遠紫外線強度增加(右圖取自環保署網站資料)



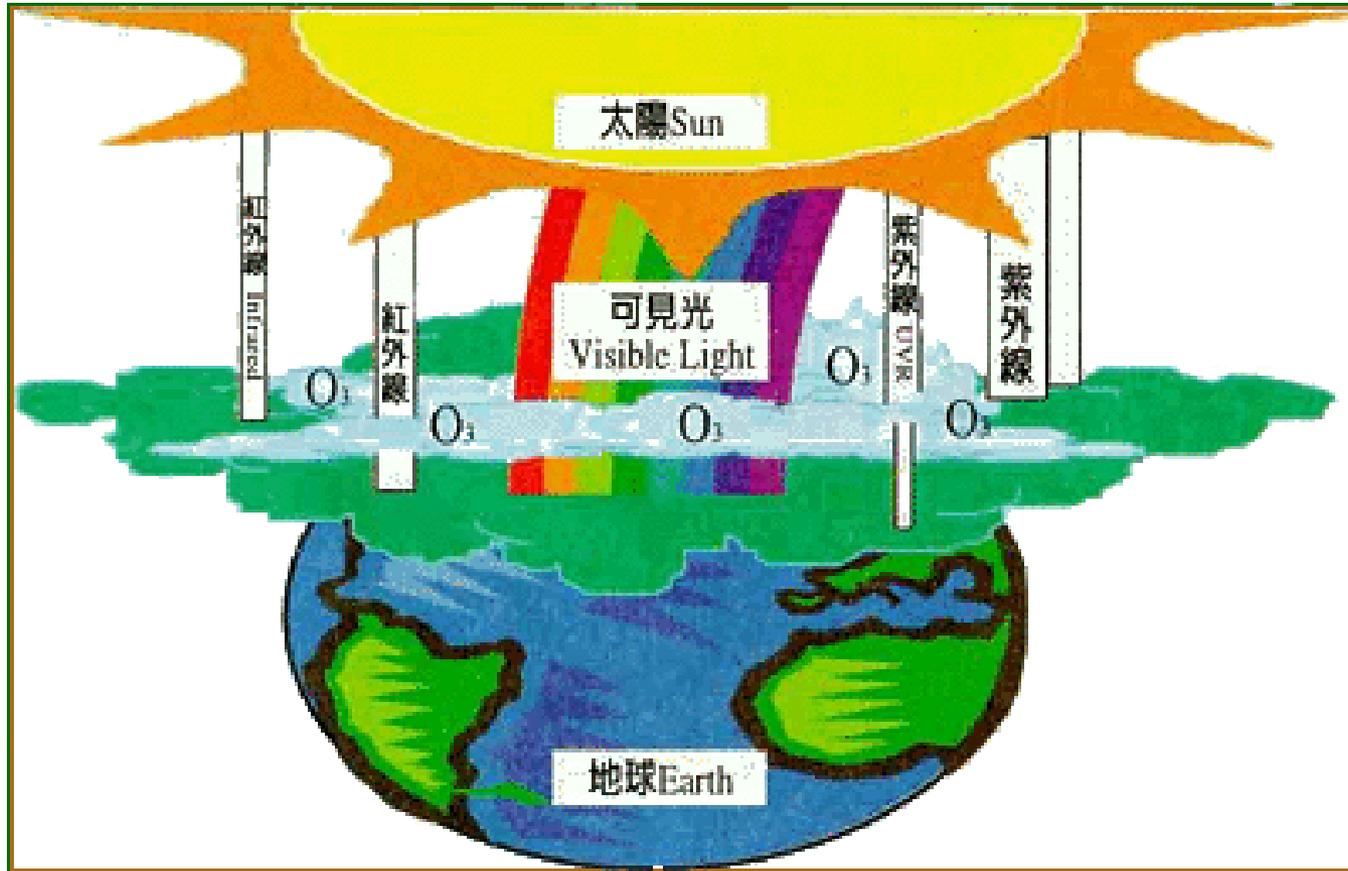
# 可見光的環境來源

- 多來自太陽光，波長介於400—700 nm
- 不具危害性，但不適當的照明強度或對比則對眼球會造成傷害
- 雷射產品
  - 利用激勵可見光輻射放射而再加以放大光而產生
  - 多使用於精密加工作業，如飛機/汽車製造，精密儀器加工，材料表面硬化/處理等

# 紅外線的環境來源

- 環境來源
  - － 太陽光
- 職場來源
  - － 以從事紅外線進行烘乾作業及乾燥處理作業的人員暴露於過量紅外線的機曾最高
  - － 加熱金屬零件、紡織品、紙張、皮革、肉製品、蔬菜等之脫水作業
- 其他
  - － 以氧化鋁、氧化鋯、二氧化鈦、三氧化釷等礦物質製成的精密陶瓷，經通電後亦可激發遠紅外線

# 環境中的紫外線、可見光、與紅外線 線多來自太陽光



- 資料來源行政院環境保護署  
環境監測及資訊處 (<http://www.epa.gov.tw>)

# 微波與射頻輻射的環境來源

- 微波與射頻輻射
  - 3kHz-300GHz
  - 隨處可遇，大多是人為產生
- 工業－科學－醫療（Industrial- Scientific-Medical，ISM）頻率電磁場
  - 美國聯邦通訊委員會將13.56，27.12，40.68，915，2,450，5,800及22,125 MHz指定提供工業、科學研究、與醫學方面的用途

行動電話基地台與電腦終端機產生的非游離輻射均屬於射頻輻射







# 極低頻（頻率介於30—300Hz）電磁場的環境來源

- 來源為現代電力系統（主要為50/60 Hz）
- 室內來源為家電設備以及配電系統（如牆壁內的配電線）
- 戶外來源為住家附近的電力設施，如變電所、高壓輸電線、配電線等
- 高暴露族群
  - 電焊工人、變電所工作者、影片放映技師、影印工作者、裁縫師等職業

# 家電或辦公室設備為室內極低頻 電磁場的主要來源



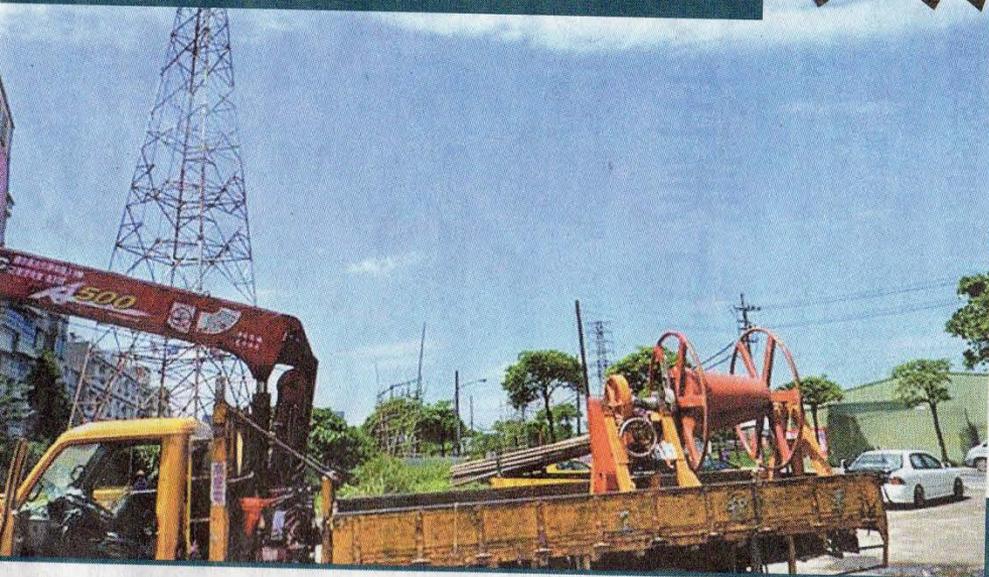


当空气与强烈的电场发生反应时 会发出不可见的光

# 高壓電塔

月底前先完成4座 要花5億多

# 大溪埔頂63座 10



〔記者邱奕統／大溪報導〕大溪鎮埔頂重劃區高壓纜線地下化工程正在進行，地面上六十三座高壓電塔要分批拆除，首批四座在月底完成，另五十九座都要在民國一〇四年前拆除完畢。

四座高壓電塔分別在松樹變電所、仁德北街、埔頂路二段等地，光是這四座電塔拆除經費就要五億兩千五百萬元，台電編預算送立法院通過。

爭取拆除高壓電塔的立法委員孫大千說，還有瑞源線與平鎮線共計五十九座電塔，其中瑞源線十座預計一〇二年拆除完畢、平鎮線四十九座在一〇四年完成。

孫大千表示，埔頂重劃區高壓電塔很多，且都和住家很近，居民常擔憂電磁波危害健康，希望拆除，但台電都以沒經費拖延。

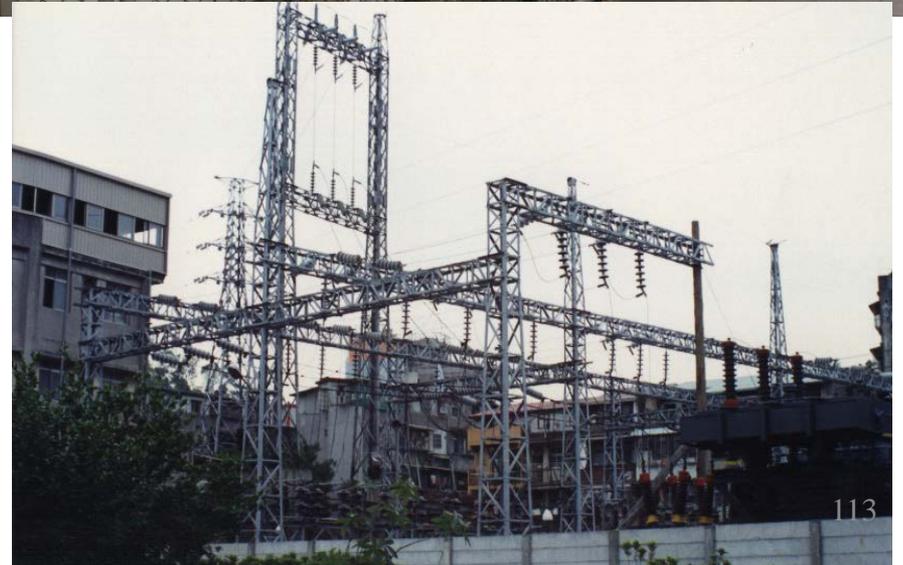
九十六年當地里長曾月娥拜託他協調台電，他也向台電承諾協助爭取預算遷移，台電才同意逐年分批拆除，讓高壓纜線地下化有了進展。

上月底機具進場開工，四座電塔預計五月底前完成拆除，居民擔心的電磁波問題，終於有一個未來的期待。

←預計5月底前會拆除完畢的大溪鎮埔頂重劃區內4座高壓電塔，拆除費竟需5億多元。

（記者邱奕統攝）

# 變電所與輸配電線為室外極低 頻電磁場的主要來源





# 環境中各種非游離輻射暴露概況

## 紫外線的暴露概況

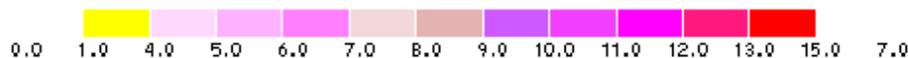
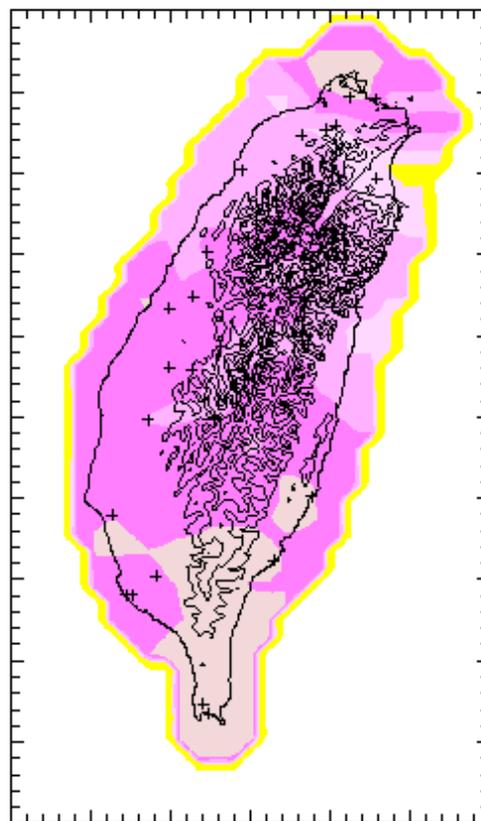
- 紫外線指數超過7，即紫外線過量，20分鐘即可曬傷
- 台灣在夏天（5—9月），紫外線指數超過7的日數，北部有四成，中部約六成，南部約八成

# 我國行政院環保署所公佈之紫外線指數預測圖

UVI 2004/02/25 forecast

紫外線指數與對應之級量數

微量	低量	中量	過量	危險
				
0-2	3-4	5-6	7-9	10-15



# 卡到陰？4員警驗屍險瞎 紫外線害的



TVBS - 2012年2月19日 上午11:53

字 +字

## 相關內容



卡到陰？4員警驗屍險瞎 紫外線害的



警察協助法醫解剖竟然「卡到陰」，真的嗎？這個月6日，宜蘭4名員警處理一起意外死亡案件，陪同法醫驗屍，沒想到回家後，4人陸續出現眼睛紅腫、皮膚脫皮的狀況，但法醫卻沒事，讓他們一度以為卡到陰，而原來是解剖室內「紫外線」殺菌燈，當時沒有關閉，4名員警沒防護措施，才造成眼睛及皮膚灼傷，所幸治療後沒有大礙。

怎麼會這樣，只是去殯儀館協助法醫驗屍，沒想到警員回家後，集體眼睛紅腫畏光，睜都睜不開，一度以為是卡到陰。記者：「第一天眼睛，第二天脫皮？」民族派出所警員徐健民：「對，脫皮，有灼熱感，整個臉部有灼熱感。」

# 個人通訊射頻輻射的暴露強度

- 頻率介於860—900 MHz以及1800—2200 MHz
- 多屬人為產生
- 行動電話基地台
  - 功率1600 W ERP
  - 架設於距離地面40至83公尺
  - 最大的射頻輻射功率密度
    - 出現在距地面20—80公尺的塔架附近
    - 約為0.002毫瓦特/平方公分 (mW/cm<sup>2</sup>)

# 個人通訊射頻輻射的暴露強度

- 最常發生之射頻輻射功率密度
  - 0.0001至0.005 mW/cm<sup>2</sup>之間
- 行動電話所產生之功率密度
  - 0.01—0.03 mW/cm<sup>2</sup>之間
  - 遠低於射頻輻射能產生熱效應的最低強度  
(即10 mW/cm<sup>2</sup>)

# 英國國家輻射防護局（NRPB）公佈之家 電設備極低頻磁場值

家電種類	極低頻磁場分佈範圍（單位：毫高斯,mG）	
	3公分	100公分
電視	25-500	0.1-1.5
微波爐	750-2,000	2.5-6.0
吹風機	60-20,000	0.1-3.0
電冰箱	5-17	<0.1
電鬍刀	150-15,000	0.1-3.0
洗衣機	8-500	0.1-1.5
吸塵器	2,000-8,000	1.3-20
檯燈	400-4,000	0.2-2.5

# 非游離輻射的生物效應

# 非游離輻射的生物效應

- 熱

- 與人體組織接觸時被吸收而產生
- 局部高溫造成身體特定部位的傷害，如皮膚、眼睛
- 生物體暴露於非游離輻射的主要效應

# 紫外線的生物效應

- 320—400 nm (近紫外線)
  - 對皮膚的穿透力最大，可達真皮層
  - 皮膚曬黑，損傷彈性纖維，皮膚老化，誘發皮膚癌
  - 角膜炎、白內障、以及眼球水晶體之眩光
- 280—315 nm
  - 只達表皮，但會讓皮膚紅腫、脫皮、曬黑，是曬傷的罪魁禍首
  - 角膜炎、結膜炎、白內障
  - 皮膚紅斑、皮膚癌等





# 可見光的生物效應

- 眩光
  - 使眼睛產生不適感，是可見光最常見的影響
  - 當光線充足時，甚至可能造成眼球的傷害
- 可見光較少會傷害到皮膚

# 紅外線的生物效應

- 皮膚會產生熱的感覺
- 5000 nm以上完全由皮膚的表層所吸收
- 750—1500 nm造成皮膚的燒傷以及眼球的傷害。
- 多屬於熱的生理危害



# 避免暴露於紫外線、紅外線的策略

- 工程控制
  - 注意產生紫、紅外線的設備(例:紫外線滅菌箱)的外殼是否有破損，開口門是否能確實密閉
- 行為預防
  - 活動屏蔽位置是否正確(例:生物安全氣櫃內使用紫外線燈殺菌時，應完全拉下玻璃拉門)
  - 是否誤觸開關(例:於紫外線燈照射範圍內進行實驗時，應先確認開關處於關閉狀態)
- 佩戴個人防護具(重點加強保護)
  - 實驗中有可能接觸紫、紅外線時，應佩戴適當眼部防護具以降低風險

# 微波與射頻輻射的生物效應

- 熱效應
  - 皮膚紅腫、白內障、以及男性不孕等
- 其他效應
  - 癌症與生殖危害等



# 個人通訊射頻輻射之生物效應

- 環境中由行動電話或基地台所產生之射頻輻射
  - 強度均遠低於射頻輻射能產生熱效應的最低強度（即  $10 \text{ mW/cm}^2$ ）。
- 美國國家標準局之最高暴露建議值
  - 約  $1.2 \text{ mW/cm}^2$
  - 距天線5公尺內或職業族群(但仍低於  $10 \text{ mW/cm}^2$ )
  - 日常使用行動電話或居住於基地台附近，並不會有立即的熱生理危害現象
    - 但有可能會干擾心律調節器或其他植入式醫療設備儀器

# 個人通訊射頻輻射之生物效應（續）

- 流行病學研究至目前為止無一致性的發現，也缺乏合理的致病機轉解釋
  - 未發現行動電話使用者之全死因死亡率與一般民有所差異
  - 零星流行病學研究指出暴露於行動電話電磁場會增加罹患腦瘤的危險性

# 極低頻電磁場的生物效應



- 現代電力系統與設備所產生
- 高壓電線極低頻電磁場與小兒癌症之死亡有關
  - 1979年Wertheimer 和 Leeper 發表之流行病學研究
- 居家及職業場所暴露於極低頻電磁場與人體健康效應之研究
  - 極低頻電磁場所可能產生的生物效應在過去二十多年間亦為一熱門的科學辯論話題

# 高壓電線產生的極低頻電磁場是否會產生健康危害一直困擾著許多人



圖片資料來源：

WORLD HEALTH ORGANIZATION: ESTABLISHING A DIALOGUE  
ON RISKS FROM ELECTROMAGNETIC FIELDS, WHO, GENEVA, SWITZERLAND  
2002

# 被懷疑與極低頻電磁場有關之疾病

- 流行病學多針對磁場之生物效應進行探討
  - － 極低頻電場易受建築物或樹木屏蔽
  - － 磁場則幾乎不受屏蔽
- 許多研究指出居家或職場極低頻磁場暴露與癌症的有關（包括白血病/腦瘤/乳癌）
- 部分研究探討異常生殖或神經行為改變（包括睡眠障礙/沮喪/自殺/神經退化性疾病等）

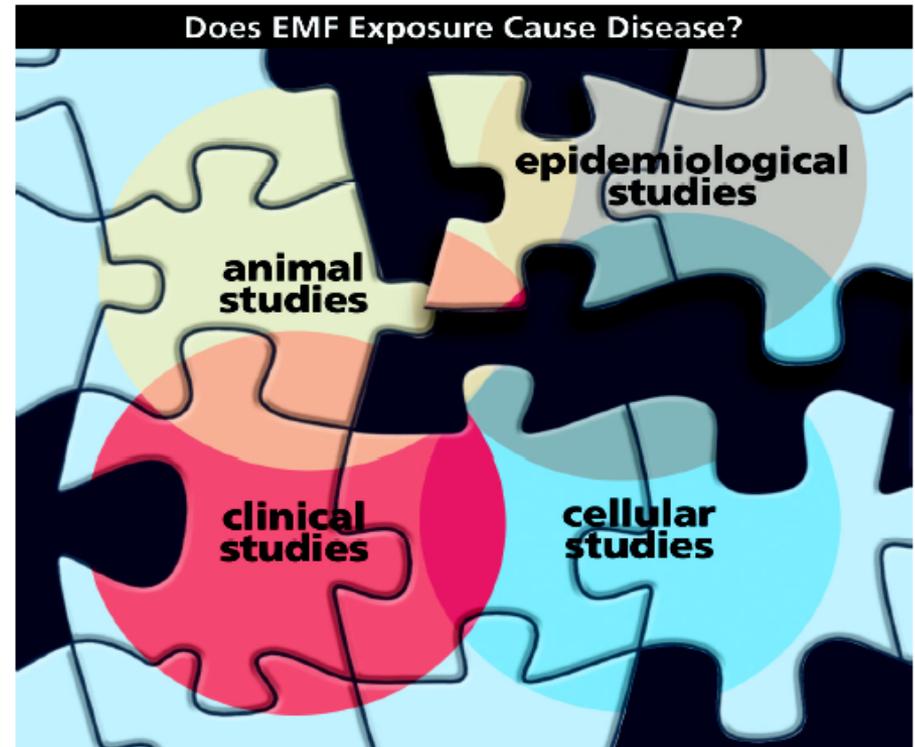
# 有關極低頻磁場生物效應之流行病學證據

- 長時間暴露（職業或居家）可能與白血病（特別是15歲以下的小兒白血病）的發生有關
- 長時間暴露與流產、先天畸形等異常懷孕結果，及與異常神經行為改變（例如，失眠、頭疼、甚至是自殺等）的相關性較低（或不明顯）

# 流行病學研究數據僅能提供有關極低頻 磁場生物效應之部分證據

- 目前動物或細胞的研究結果並無法完全支持流行病學有關極低頻磁場研究的發現

圖片資料來源：



WORLD HEALTH ORGANIZATION: ESTABLISHING A DIALOGUE  
ON RISKS FROM ELECTROMAGNETIC FIELDS, WHO, GENEVA, SWITZERLAND



# 頻率 300 GHz 以下非游離輻射 的管制建議值

# 台灣對於頻率300 GHz以下非游離輻射的管制現況

- 1994年12月環保署公布實施之「環境影響評估法」
  - 「輸電線路工程，其345kV輸電線路鋪設100公里以上者」應實施環境影響評估
- 2001年1月環保署訂定非游離輻射的管制建議值
  - 對於環境中極低頻磁場暴露的建議值為833mG
  - 行動電話基地台GSM 900與GSM 1800電磁場的安全值規範上限分別為每平方公分0.45與0.90毫瓦



# 目前所訂定之標準屬於安全建議值 旨在防範熱效應或感應電流的危害

- 國際間之電磁場暴露規範屬於安全準則
  - 考量電磁場可能引起足以傷害人體健康之電流強度
  - 此電流強度可能會造成休克與爆炸燃燒
- 目前並未有以衛生為考量所訂定的暴露標準
  - 科學證據尚無法支持建立衛生標準之合理性與正當性

# 避免過度暴露於非游離輻射的策略： 工程改善策略

- 電磁遮蔽
  - 採用低電阻的導電材料
  - 導體材料對電磁場具有反射與導引作用
  - 金屬材料的電磁屏蔽效果為電磁場的反射損耗、電磁場的吸收損耗與電磁場在遮蔽材料中的損耗三者之總和
  - 銅、鎳具有優異的導電性，其電磁場干擾遮蔽效果極佳

# 避免過度暴露於非游離輻射的策略：非工程改善策略

- 距離

- 高壓輸電線

- 345kV高壓輸電線下方所測得的極低頻磁場強度可以達到50—250毫高斯
    - 輸電線兩側一百公尺以外的地區所量測到的極低頻磁場強度只有1—3毫高斯，與一般環境中的背景強度2毫高斯類似

- 吹風機

- 距吹風機10公分處測得高達100毫高斯之極低頻磁場
    - 距吹風機50公分處降至1毫高斯



# 避免過度暴露於非游離輻射的策略：非 工程改善策略（續）

- 時間：若無法使用距離防護原則，建議避免長時間使用電器設備
  - － 吹風機
  - － 行動電話

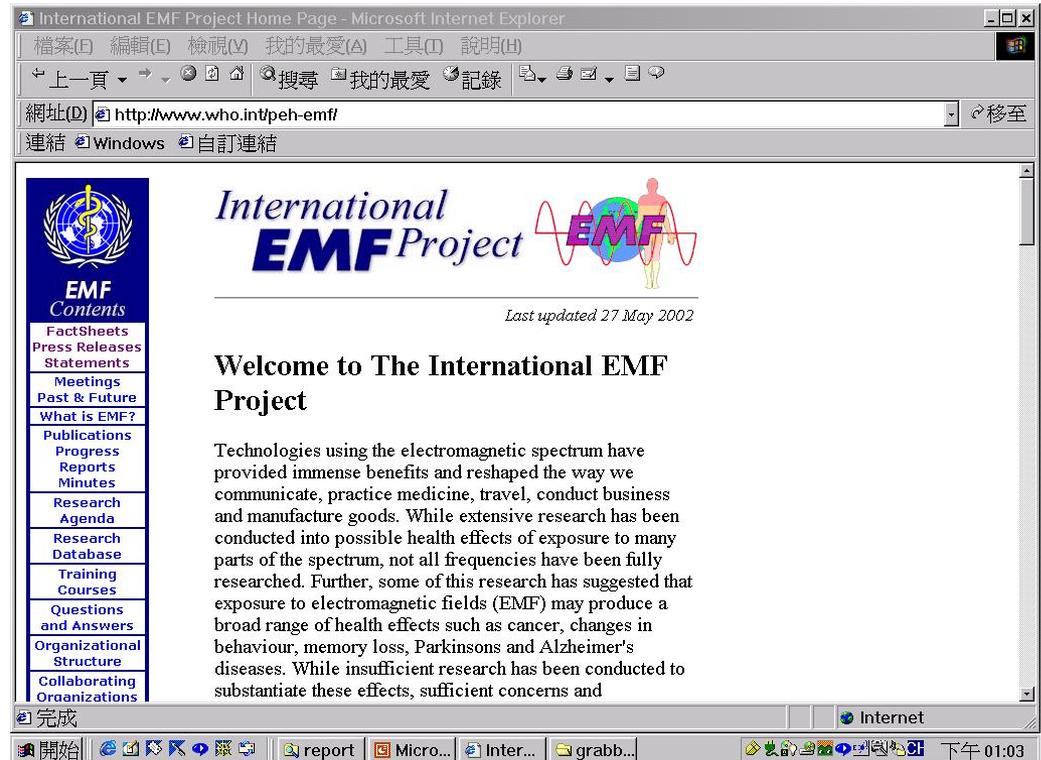


# 力行謹慎避免可以讓自身的非必要 暴露減至最低

- 謹慎避免（precautionary principle）
  - 個人能力許可
  - 使用現有技術
- 美國國家環境衛生研究所建議電力工程單位應持續努力降低電力設施所產生之極低頻磁場

# 聯合國世界衛生組織 (WHO) 國際電磁波計畫

- WHO 於 1996 年設立了「國際電磁波計畫」，預計以 10 年時間，研究探討頻率在 0—300 GHz 電磁波的健康效應。



WHO 國際電磁波計畫網站首頁  
<http://www.who.int/peh-emf/>



# WHO建議事項

- 使用電器時，盡量保持距離及使用時間。
- 基地台之輻射為非游離輻射，只要不近距離暴露於基地台前方，則對人體健康傷害非常低。

# 國際癌症研究總署（International Agency for Research on Cancer, IARC）2001年的報告

- WHO所屬IARC於2001年組成一個21人的專家會議，回顧並評估過去流行病學、動物實驗的研究證據，並在其研究報告中指出：對於15歲以下兒童白血病（childhood leukemia）而言，4 mG以上的ELF暴露是一個可能的致癌物質（possible carcinogen to human（在IARC人類致癌物質的分類中屬於Group 2B））



# 國際癌症研究所(IARC)

## 2011研究報告

- 每天使用手機超過30分鐘，並使用期間超過10年者，則手機電磁波可能導致手機使用者罹患腦瘤。
- 但這仍未是WHO最後的定論，各國也還在觀望後續WHO對此問題的態度與建議。

# 資料來源

- 編撰者：陸軍專科學校化學工程科  
黃俊哲副教授
- 參考資料：
  1. 非游離輻射
    - 教育部安全衛生教育中心通識教材
  2. 游離輻射
    - 教育部實驗室安全衛生知能中心