



H1 輻射防護基本概念



教材使用注意事項

本教材中所有投影片內容(含文字檔及圖檔)著作權皆屬於本部所有。

一、種子師資：對任一單張投影片之教材須完整擷取進行授課，不得將任一單張投影片內容任意進行修改及編輯。

二、作為一般授課使用之參考資料時需標註引用出處。



內 容

壹、游離輻射

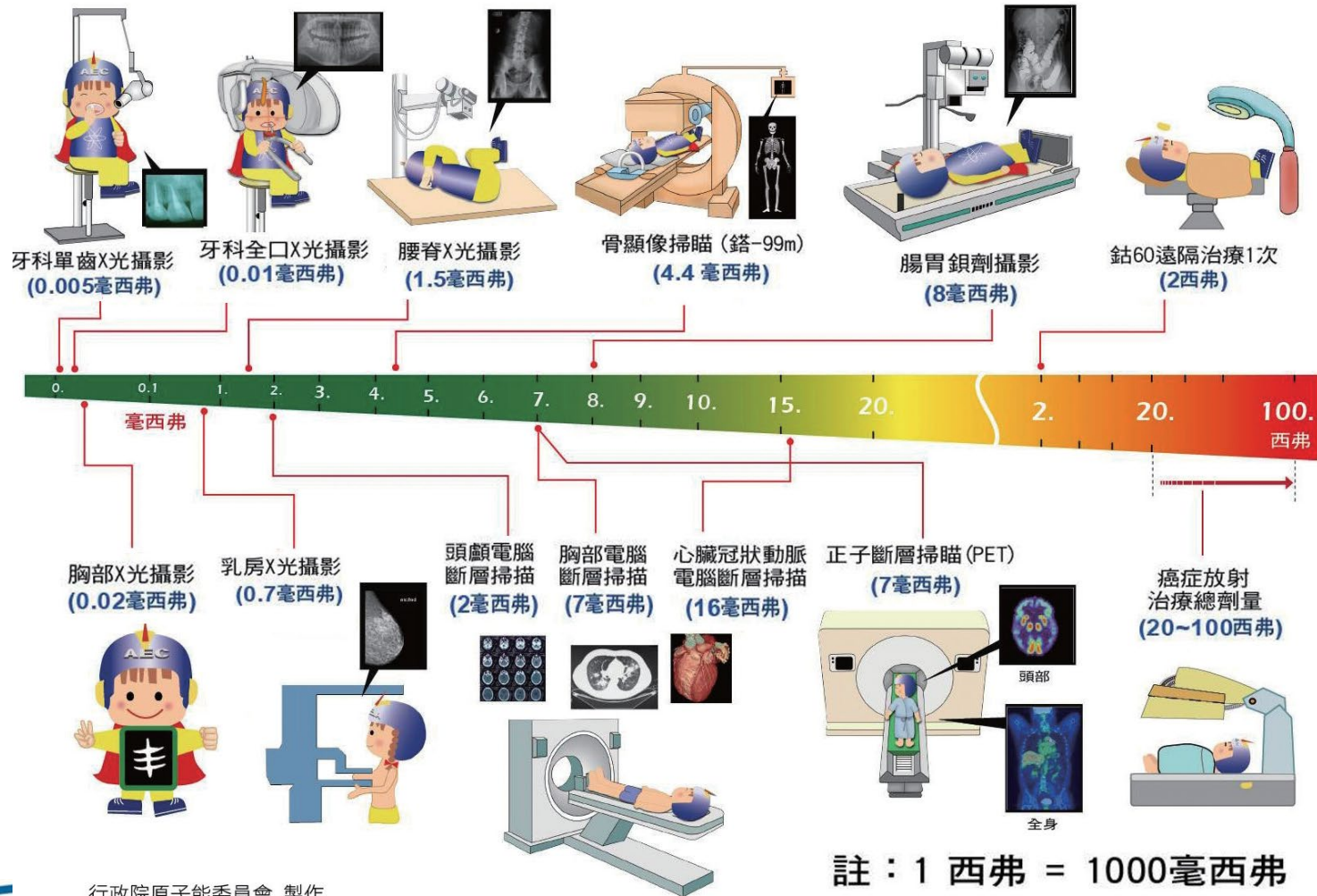
貳、非游離輻射



壹、游離輻射

其實醫療設備也有很多輻射

醫療游離輻射劑量比較圖





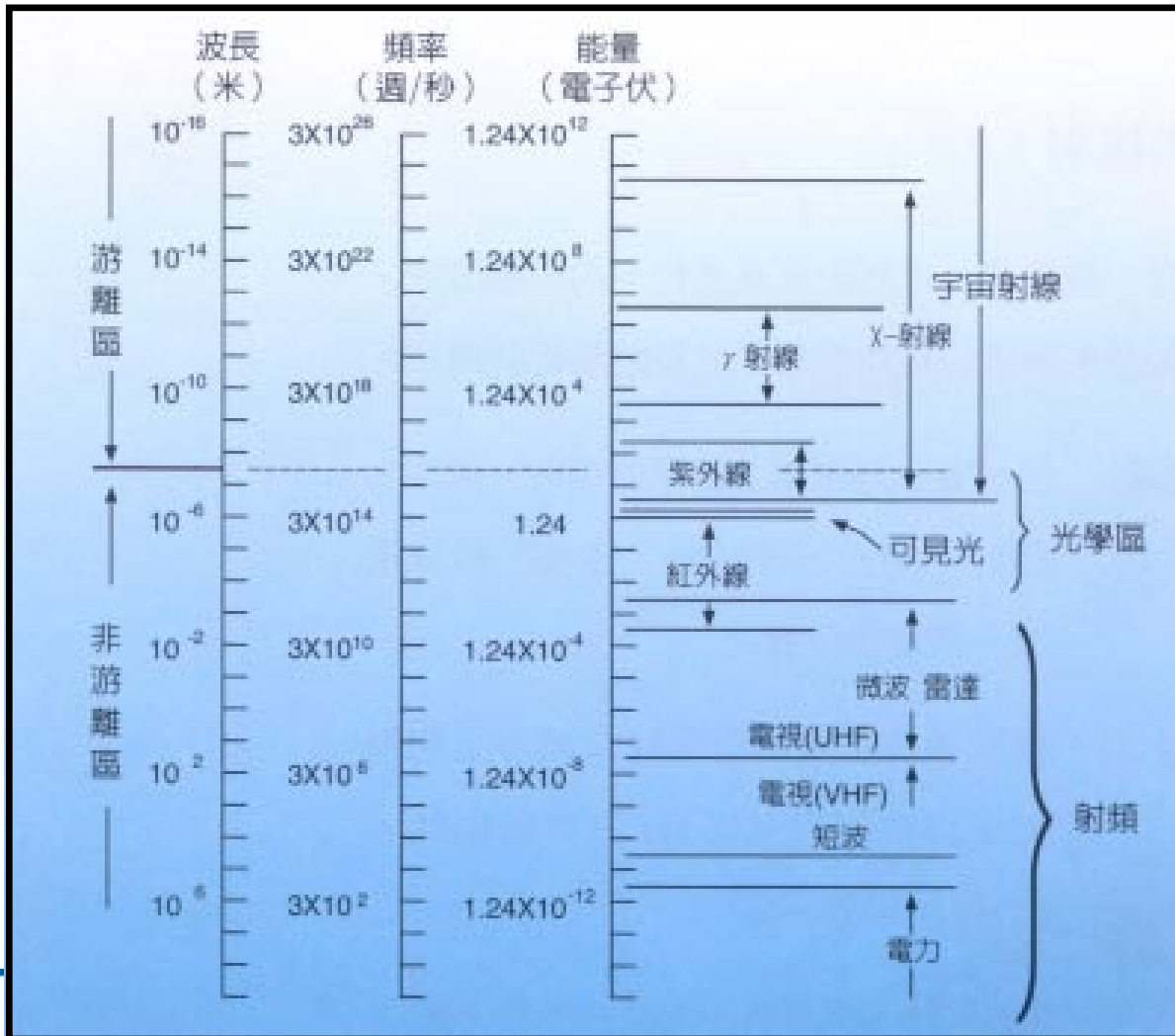
輻射的定義

- 輻射是具有能量的波或粒子
- 從源頭往外向所有方向直線放射
 - 來自地球的、來自大氣層
 - 由地殼內經過放射性衰變散逸至大氣層內的氫，隨後的衰變會使大氣層內的灰塵和微粒都帶有輻射
 - 自高能量宇宙射線照射大氣層中的原子產生的放射性元素(自發性核變化釋出輻射)
 - 人造輻射



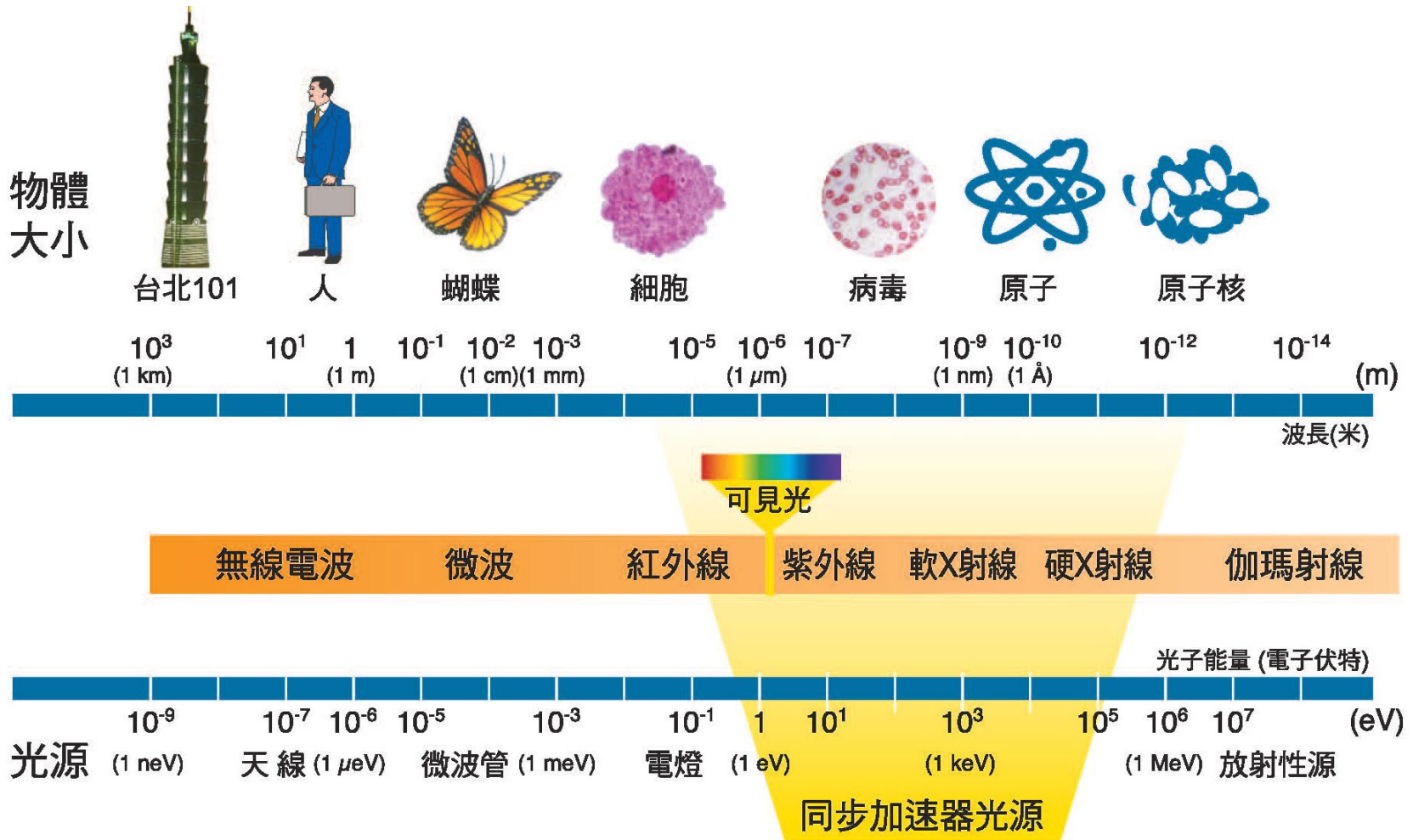
認識游離輻射

區分游離輻射與非游離輻射



電磁輻射能譜圖

波長與能量決定游離性質



游離輻射的分類

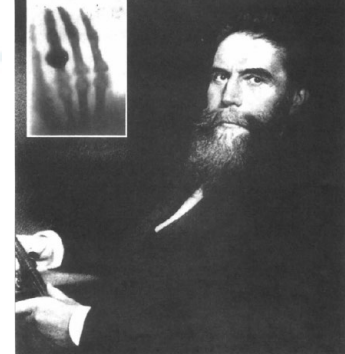


圖 1.2 倫琴攝於 1895 年，左上圖為 X 光拍攝倫琴夫人左手的手的照片，戒指清晰可見。



圖 1.4 居里夫人約攝於 1920 年，這張皮埃爾·居里教授的玉照為居里夫人最喜歡的一張。

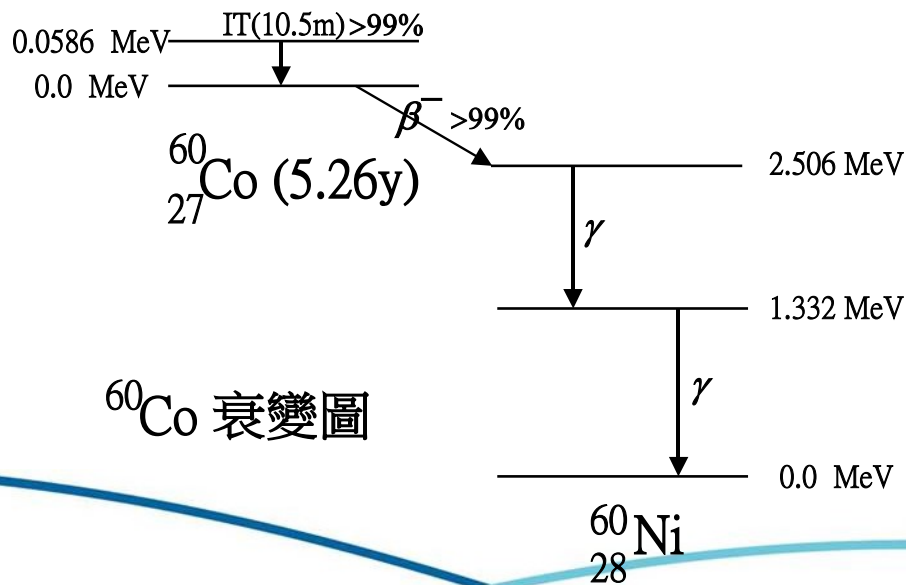
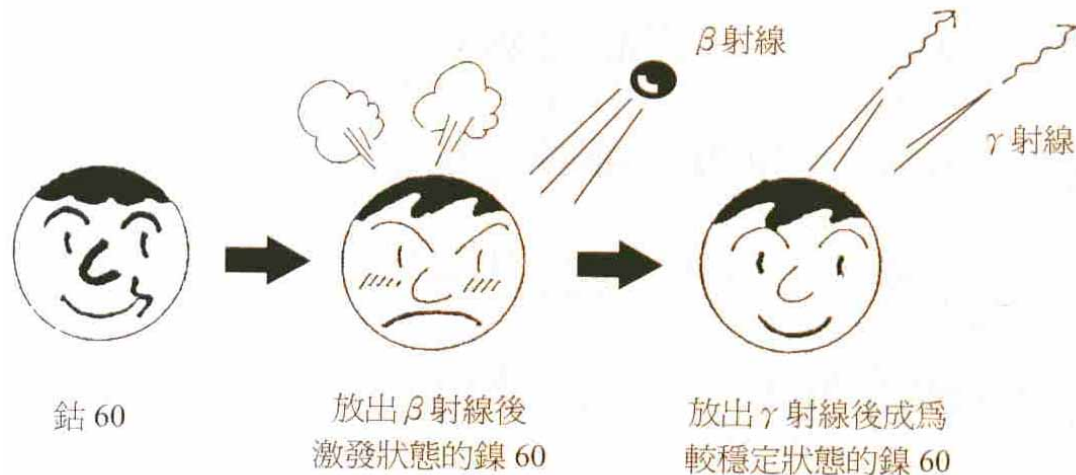


圖 1.5 1971 年拉塞福的出生地紐西蘭為他發行了一套百週年誕辰紀念郵票，並繪出拉塞福用 α 粒子撞擊金箔而被撞偏的情形。



游離輻射的產生

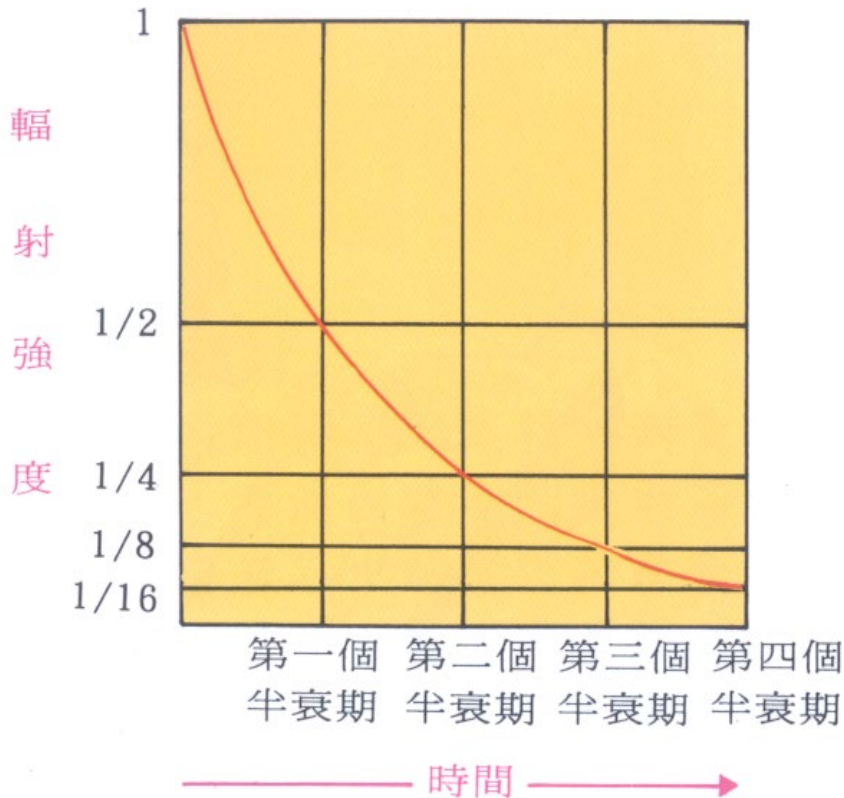
►核種衰變(Nuclear Decay)





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

^{60}Co

半衰期

5.3 年

^{137}Cs

30.0 年

^{90}Sr

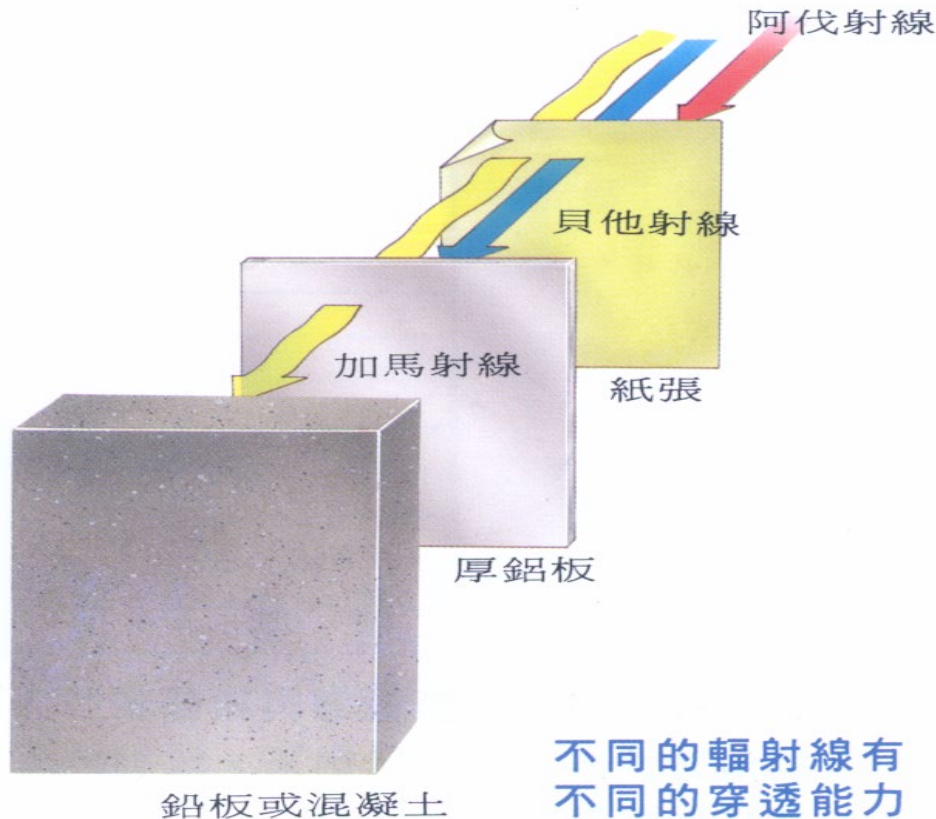
28.1 年

^{192}Ir

73.8 天

放射性核種的輻射強度
會隨時間之增加而衰減

► **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。



輻射的應用

醫療應用- 醫用X光、放射性治療、核醫藥物...

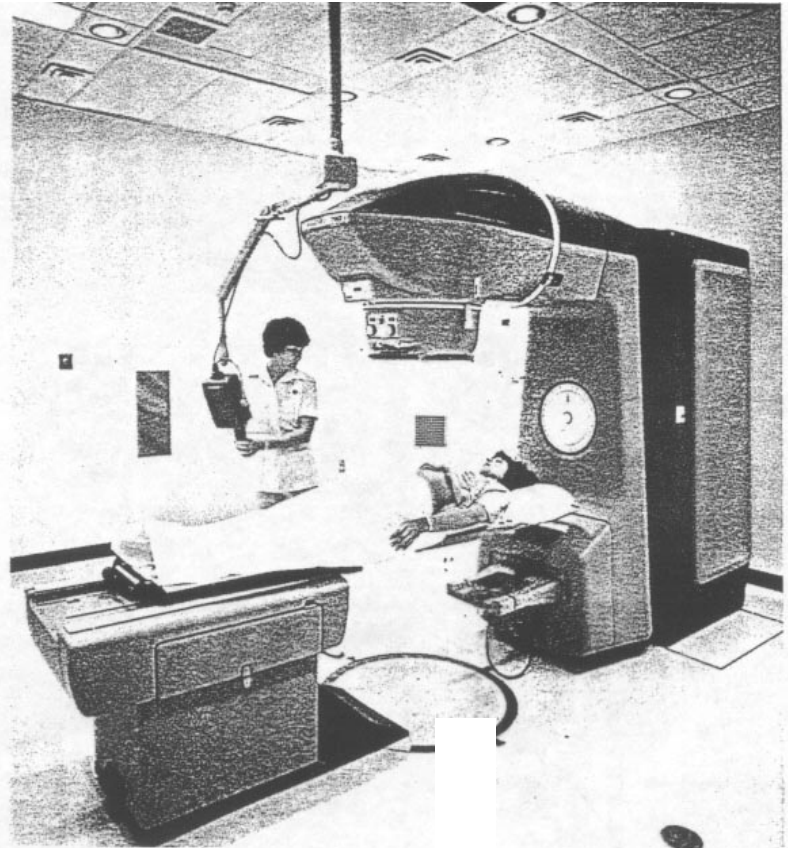
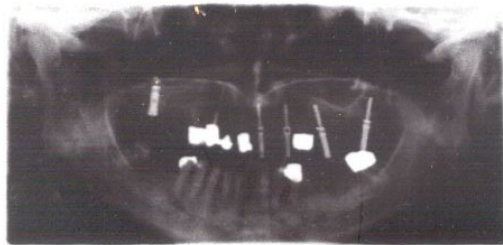
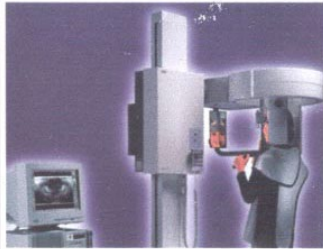


Figure 4.13. Photograph of cobalt unit, Theratron 780.
Ltd., Ottawa, Canada.

工業上之輻射應用

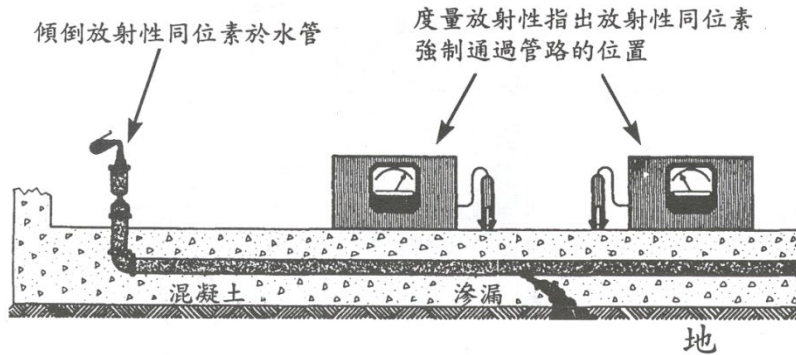
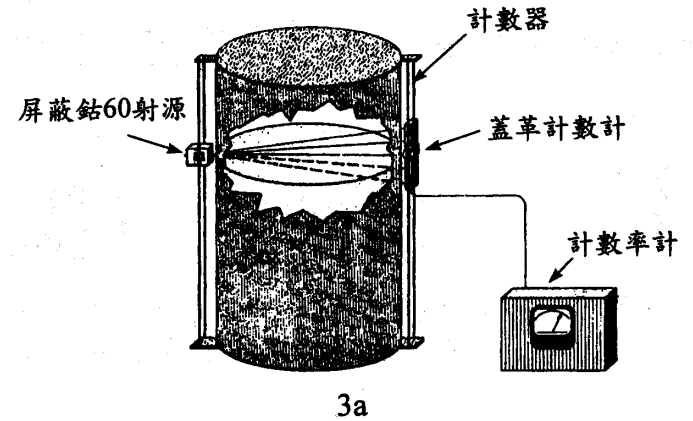
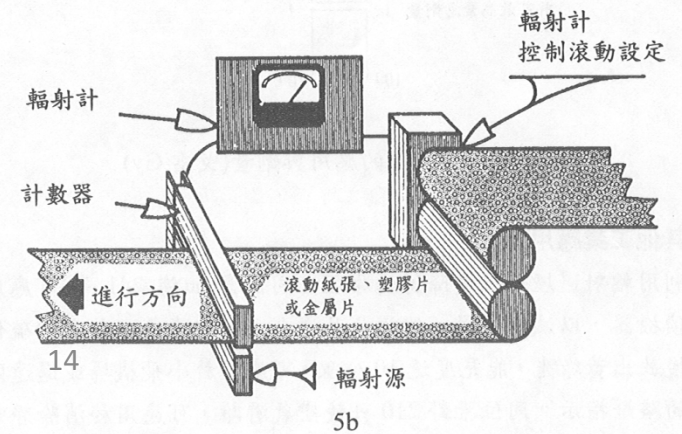


圖 4 測漏計

測漏計



液位計

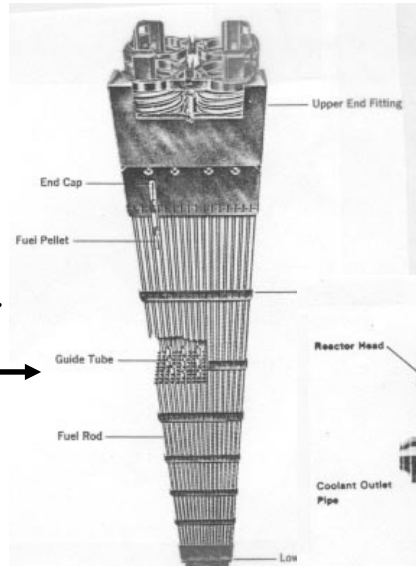


厚度計

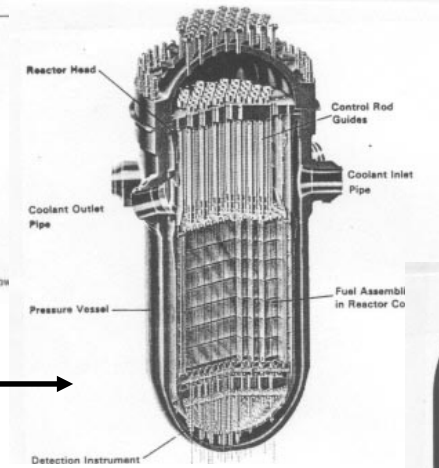
核能發電



UO₂燃料丸

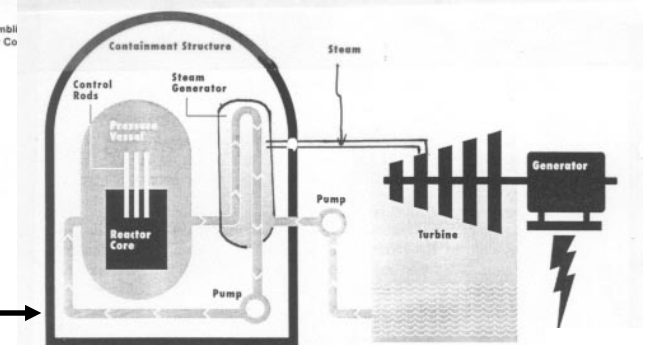


燃料束



核反應爐

每一個²³⁵U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)ⁿ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。

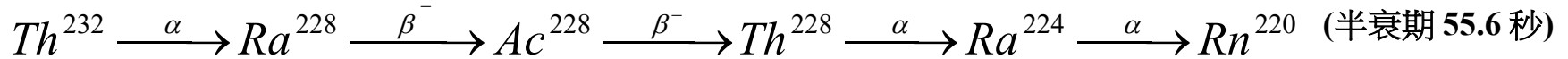
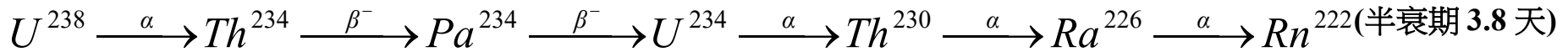


核能電廠



天然輻射

A. 氡氣 - 天然放射性氣體(α 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 1.27×10^9 年)為 β 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

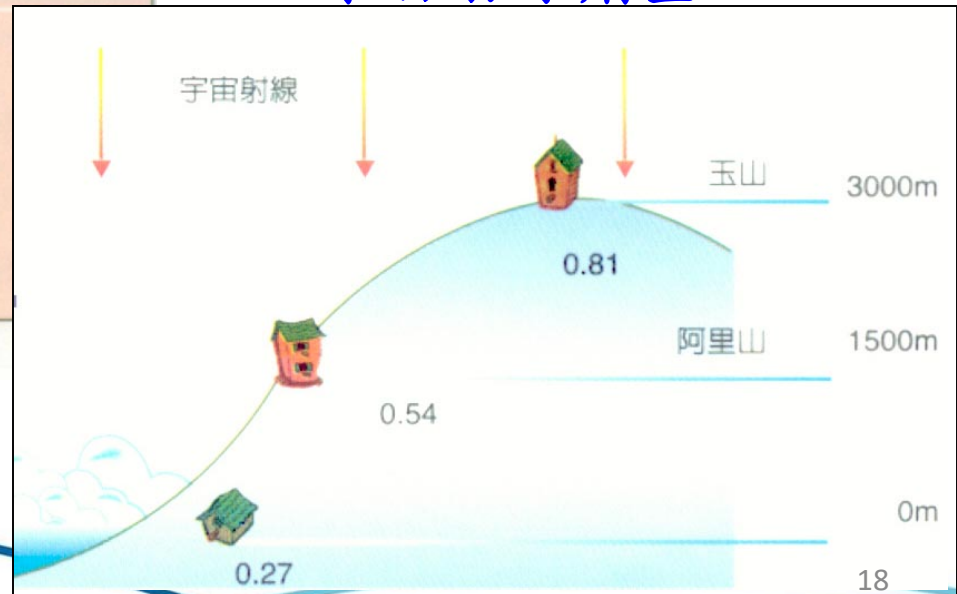
高空飛行可能接受之宇宙射線劑量

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



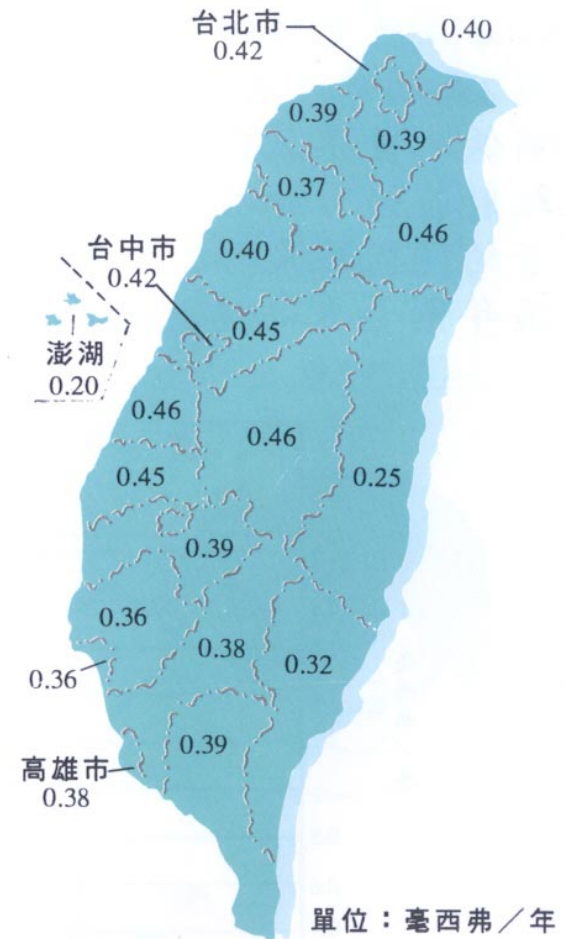


D. 地表輻射

- ▶ 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(3.7×10^{-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
磁磚	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

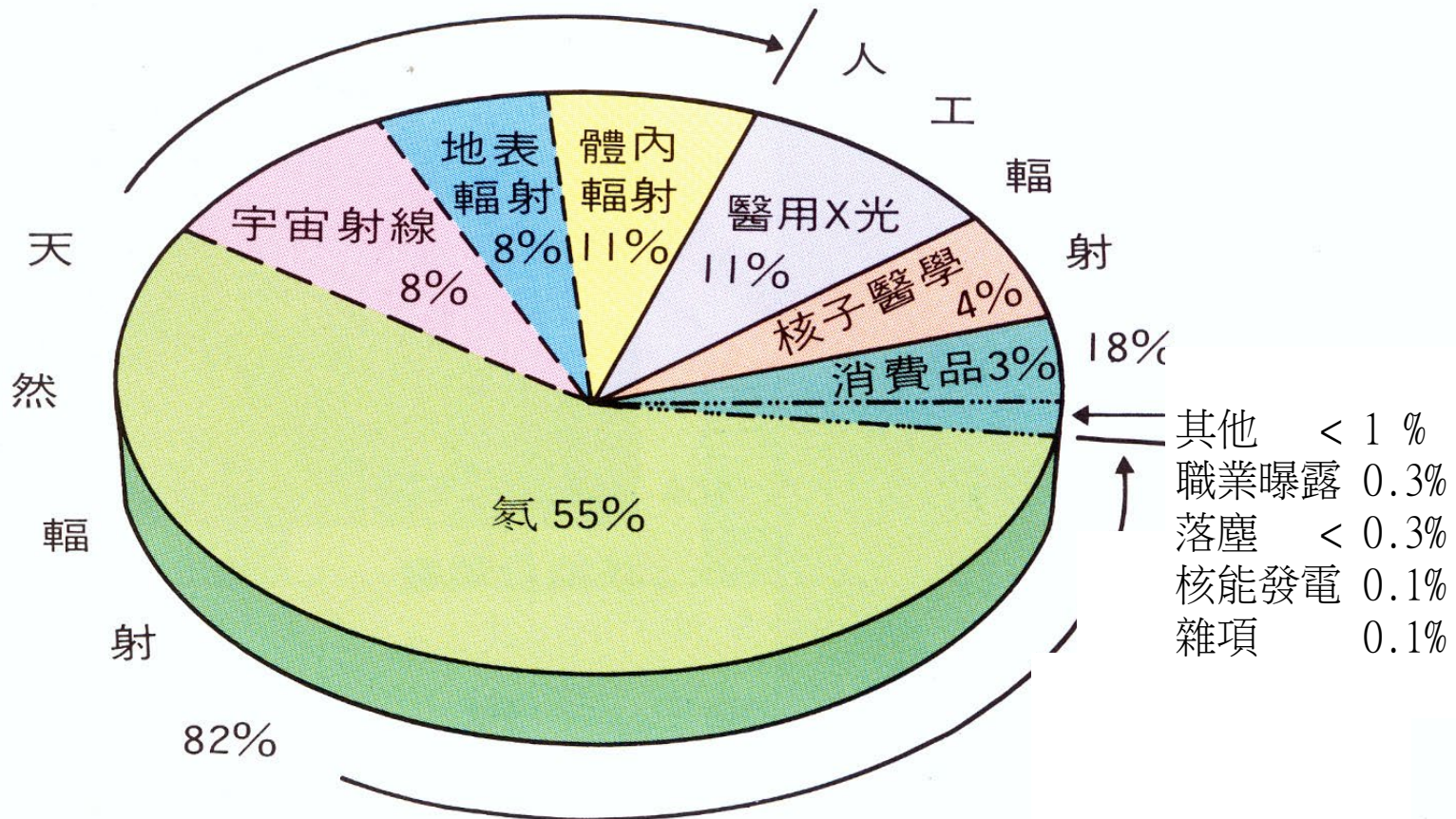


台灣地區地表輻射年劑量

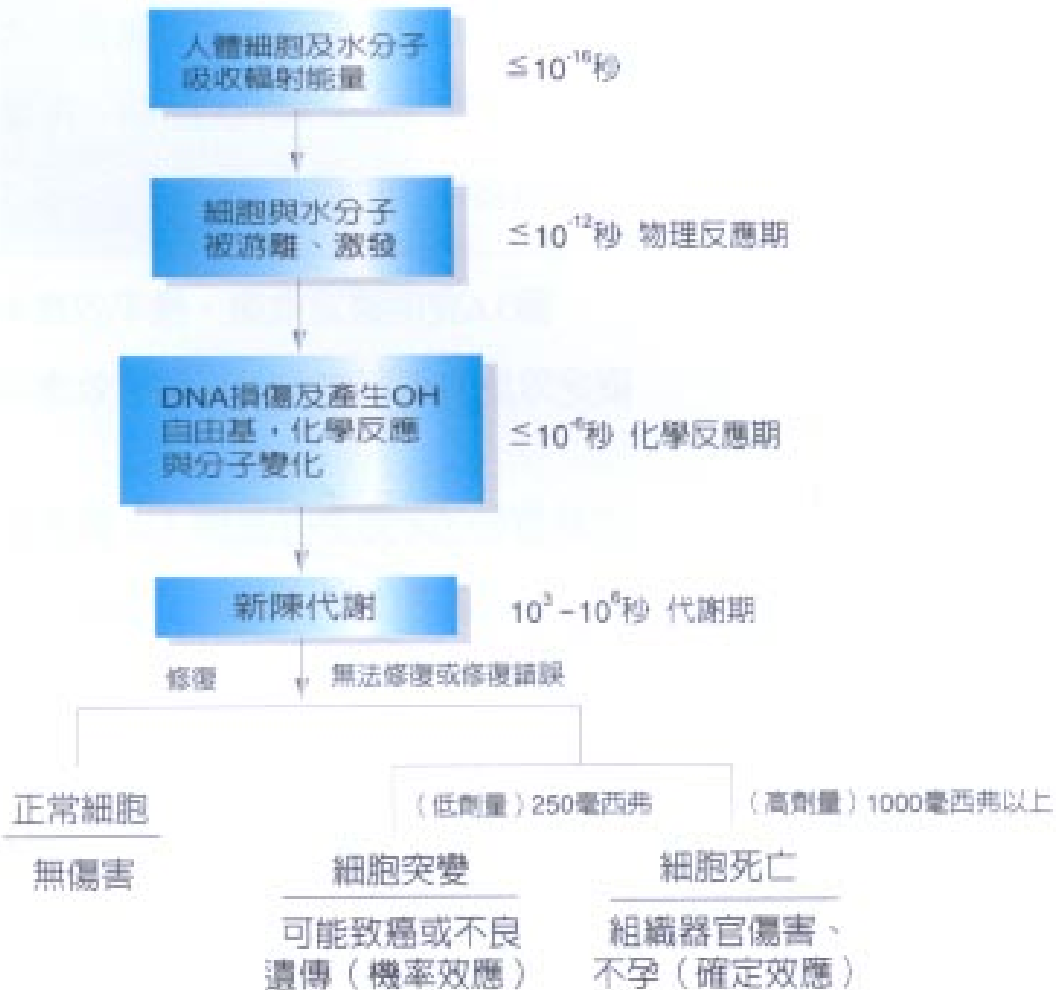
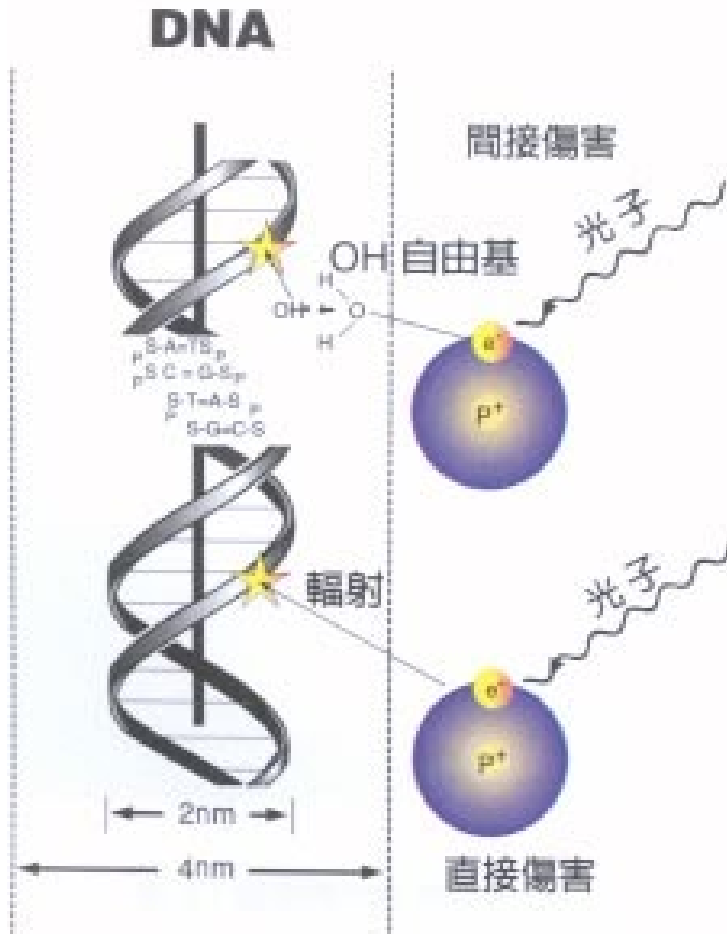


生活中的游離輻射來源

一般民眾接受天然與人造輻射來源分佈圖



輻射對身體細胞傷害的機制





游離輻射之健康效應

▶ 遺傳效應：輻射可能導致染色體結構變異或基因突變，染色體分裂時如受嚴重照射將改變其特性。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、多病或白痴等。

▶ 軀體效應

(1) 急性全身效應如下表所列：

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%。



(2)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



輻射劑量的量測

- 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。

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 χ 或 γ 核種的測量甚為方便，高能量 β 核種也可能測量。



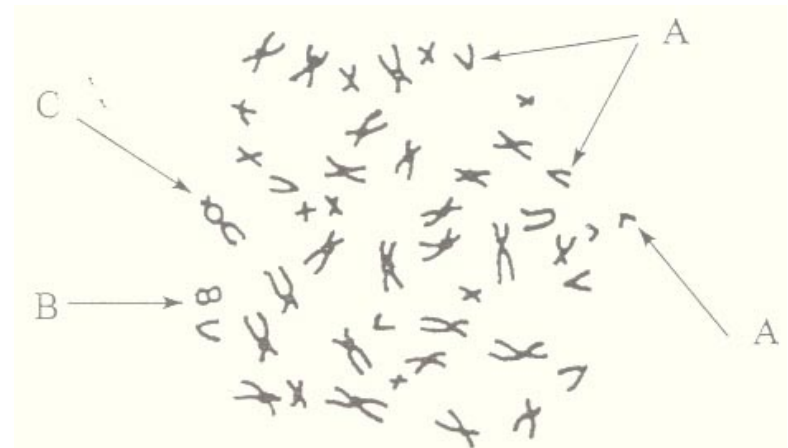
全身計數器

全身計測

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(α 、 β 、 γ 、 χ)的放射性核種。

染色體變異分析



體外劑量暴露監測

個人劑量計

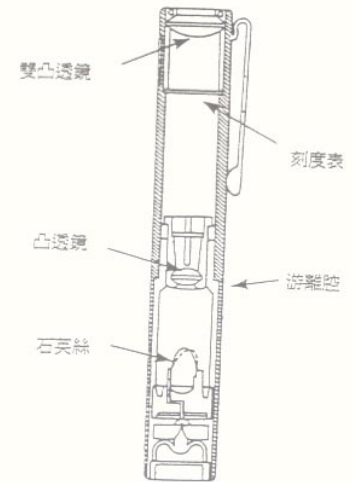


個人警報器

劑量筆

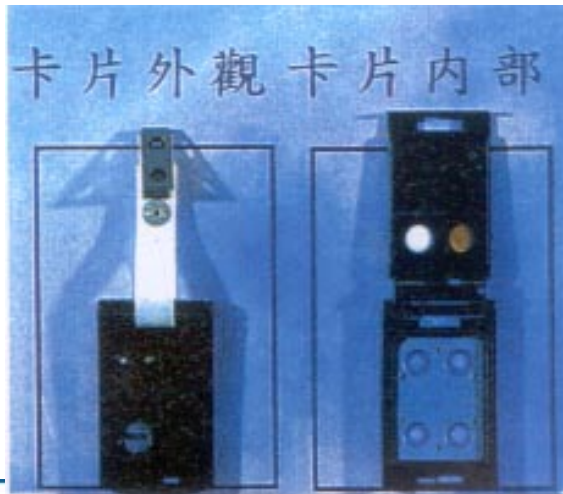


袖珍劑量筆



直讀式劑量筆

人員劑量配章



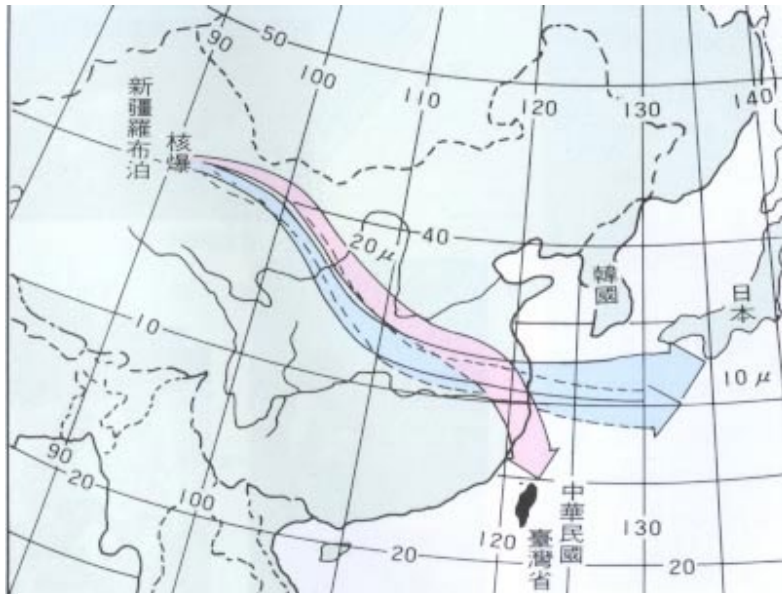
人員輻射劑量佩章

手提輻射偵檢器

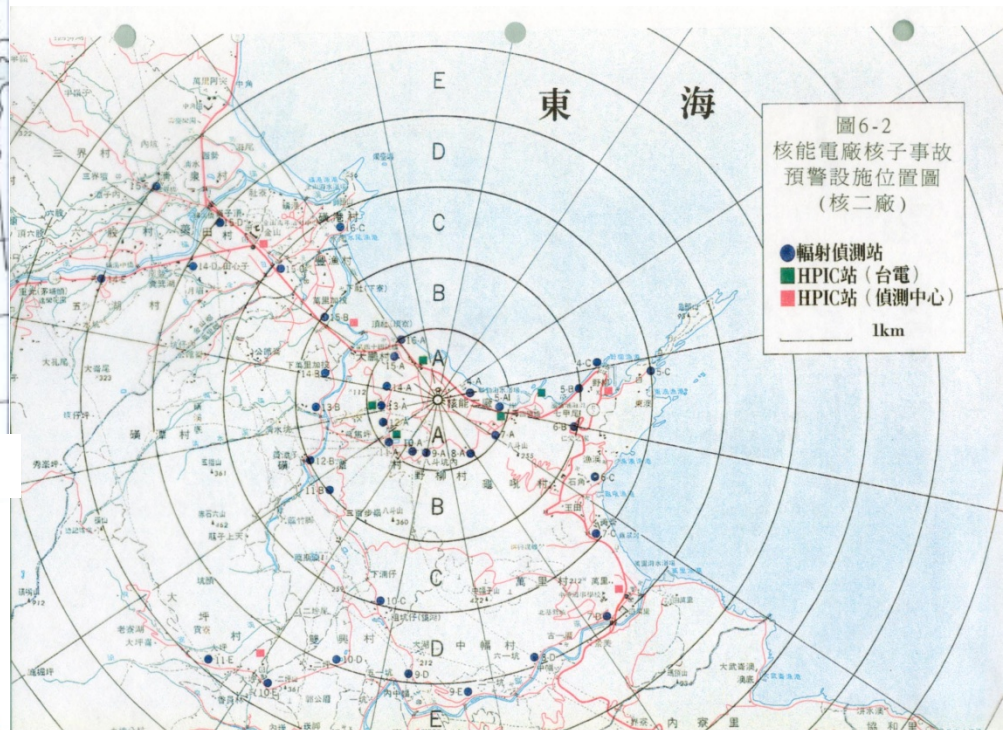


環境輻射監測

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





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)	50 (連續五年之年平均小於20)	1
防止確定效應發生	眼球水晶體	150	15
	個別組織或器官	500	50



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

▶ α 粒子之屏蔽考量：

α 粒子因其穿透力甚弱，人體皮膚之死層(Dead Layer)可有效阻止 α 粒子(α 至少需具有7.5MeV以上之能量，才可能穿透皮膚)，因此 α 粒子在體外將不會構成傷害。故 α 粒子之屏蔽問題可以不考慮。但 α 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 α 粒子進入體內。

▶ β 粒子之屏蔽考量：

β 粒子之穿透力較 α 強，通常1 MeV之 β 粒子在空氣中可通行3.3公尺，故 β 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。

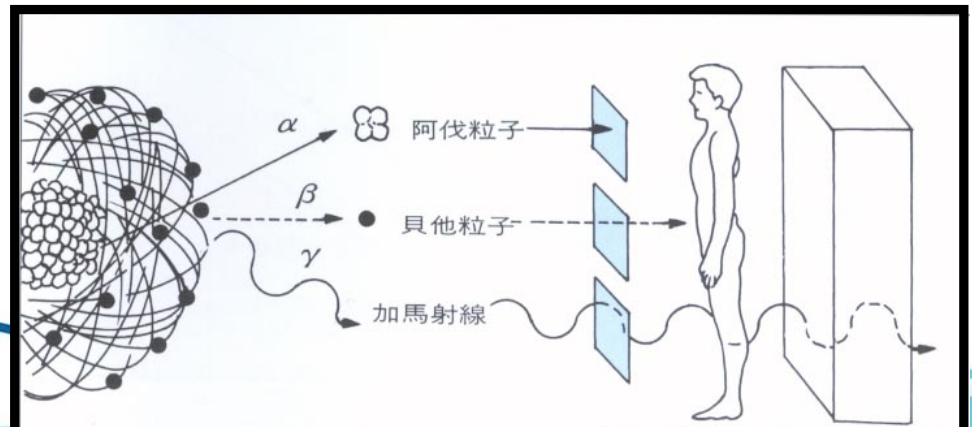


► 中子之屏蔽考量：

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。

► γ 或 X 射線之屏蔽考量：

γ 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 γ 或 X 射線。





簡易的 γ 或 X 射線之屏蔽估算

半值層法：衰減一半 γ 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}Cs (0.662MeV)	0.65	4.8	1.6
^{60}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...



工業上常用的輻射源

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

實驗室常用的標準射源

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。

► 對於女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



● 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，應先收集、偵檢，依據相關排放標準，低於排放濃，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。



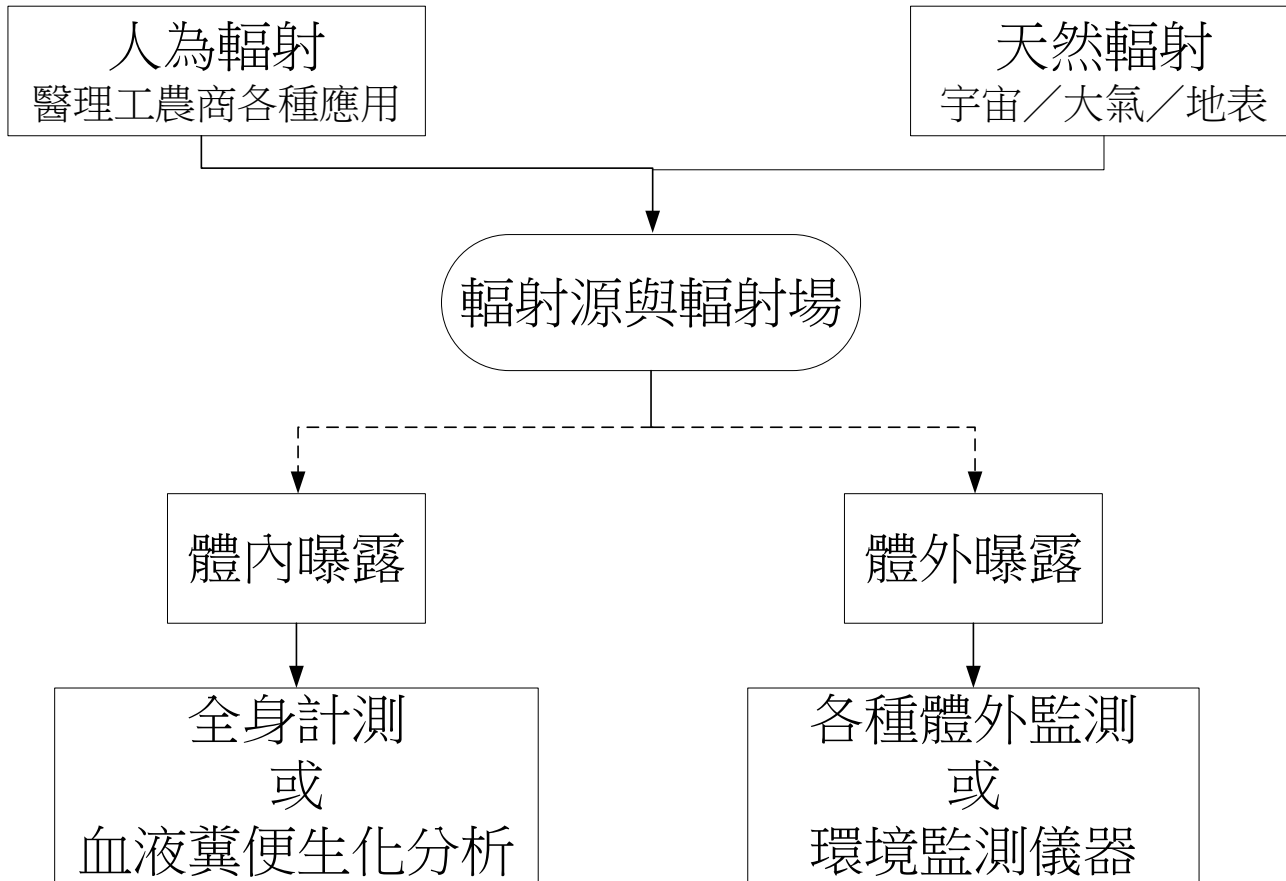
緊急通知與事故處理

- 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



個人體外輻射防護原則：時間
個人體內輻射防護原則：阻絕
設施輻射防護原則：安全

衰減
稀釋
管理

距離
排除
法規

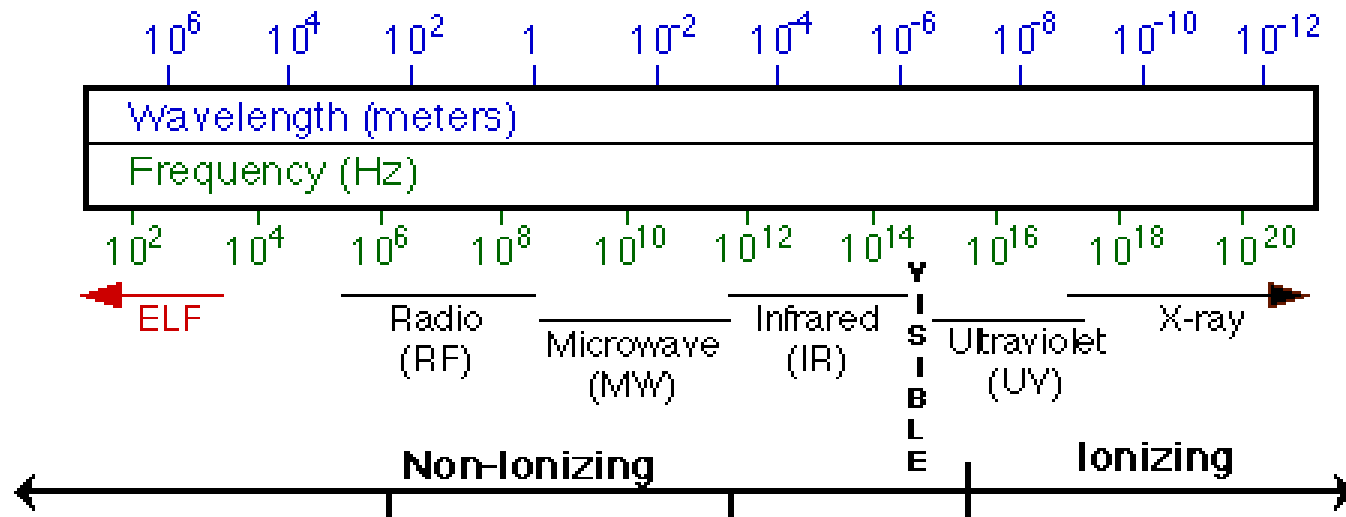
屏蔽
除污
應變



貳、非游離輻射



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>)



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)

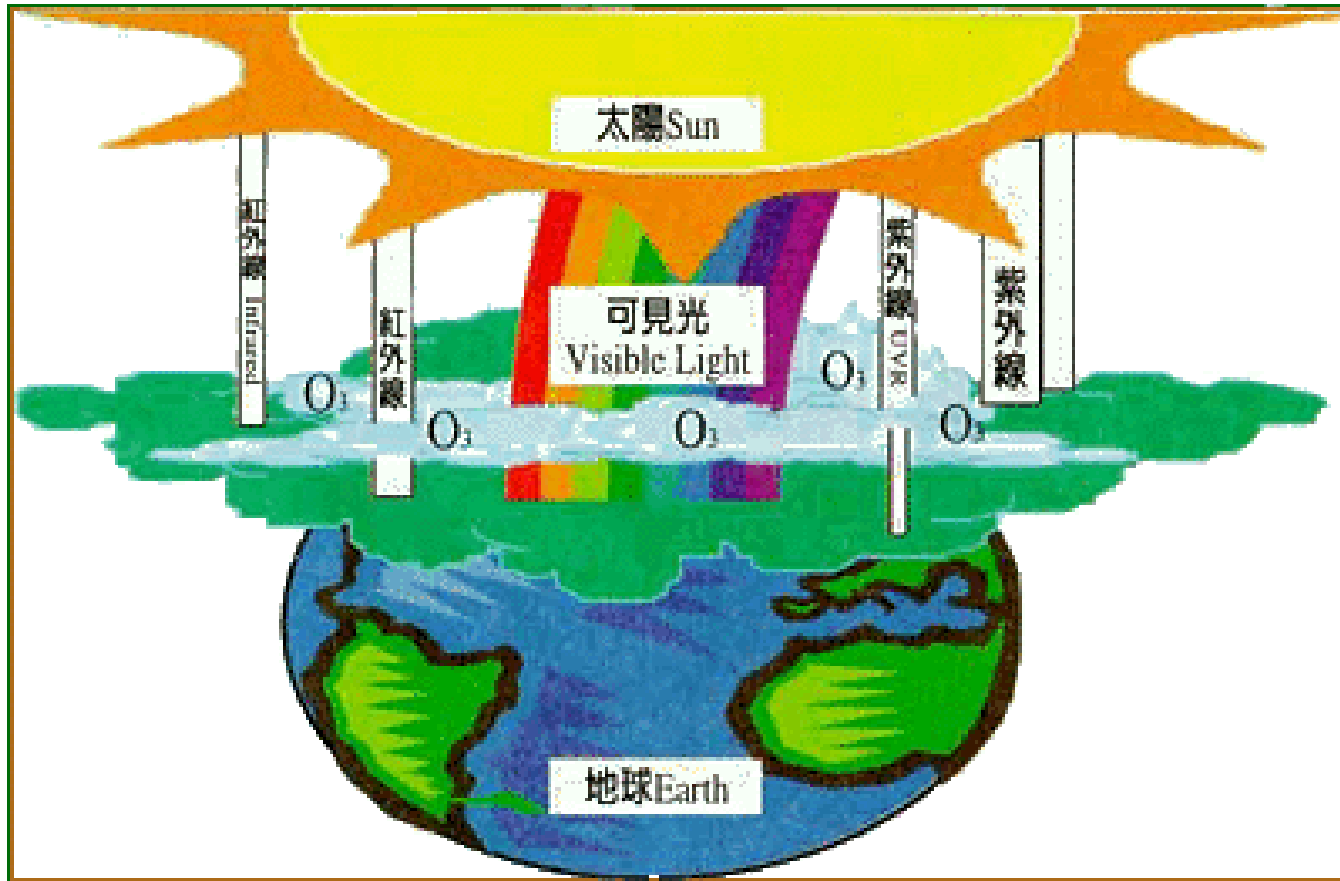
- 頻率愈高，能量愈大
 - 紫外線: 非游離輻射中能量最高
 - 射頻輻射與極低頻電磁場: 能量較低



各種非游離輻射的環境來源



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



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



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

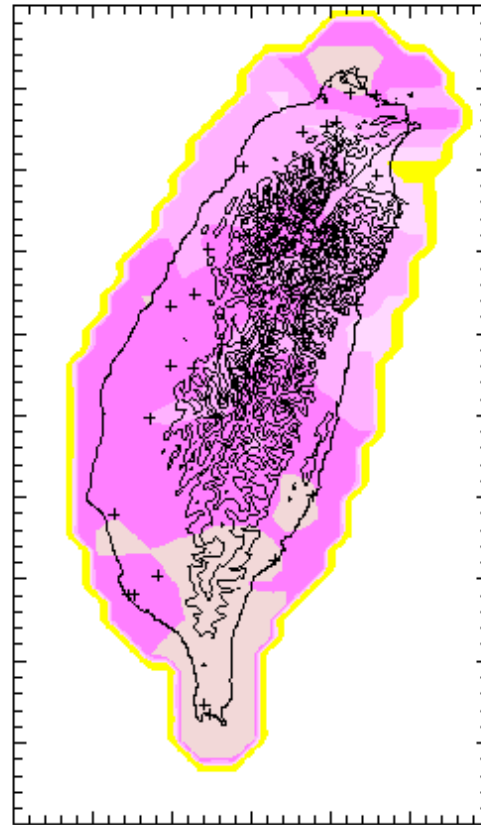


我國行政院環保署所公佈之紫外線指數預測圖

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

UVI 2004/02/25 forecast





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



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 mW/cm^2 ）。
- 美國國家標準局之最高暴露建議值
 - 約 1.2 mW/cm^2
 - 距天線5公尺內或職業族群(但仍低於 10 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





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）



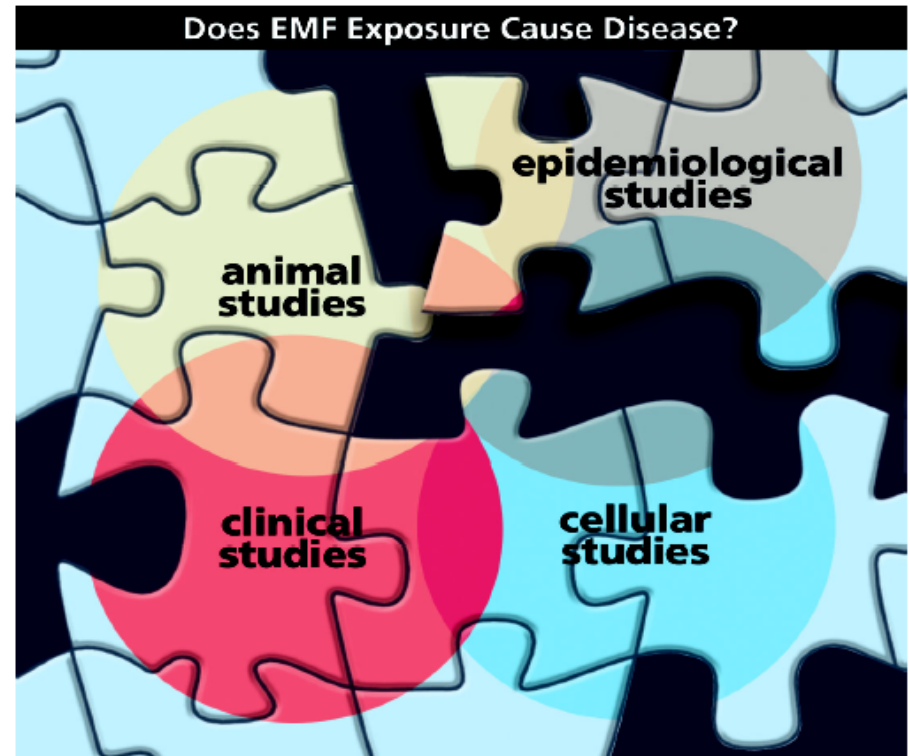
有關極低頻磁場生物效應之流行病學證據

- 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

2002



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



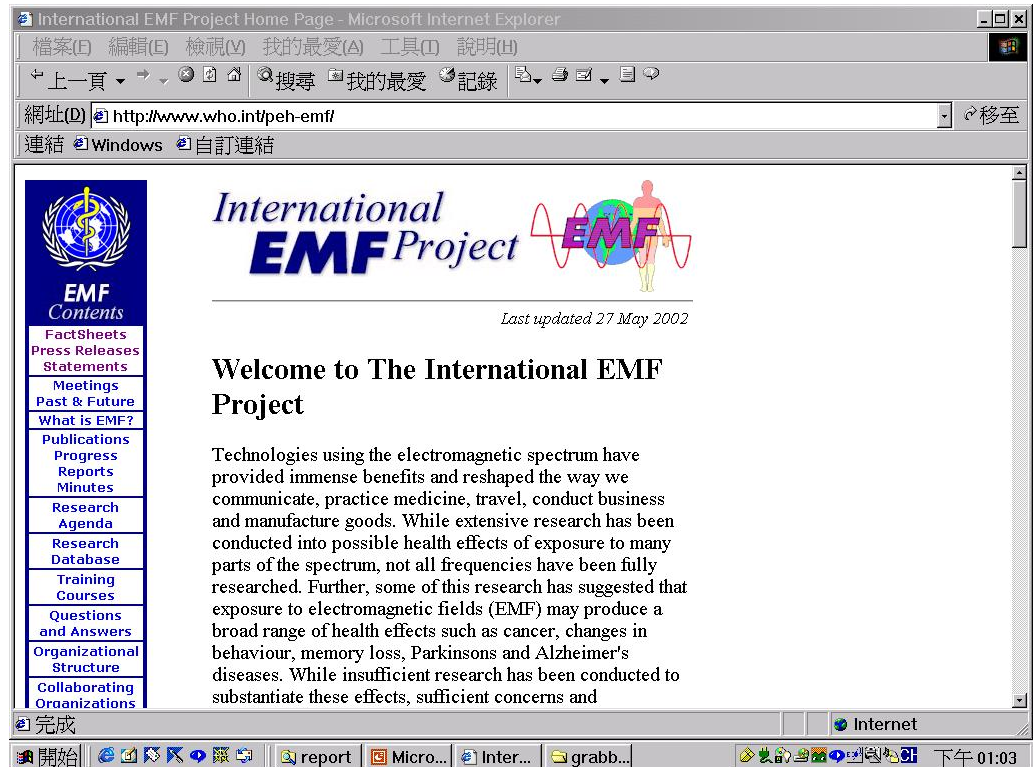
力行謹慎避免可以讓自身的非必要暴露減至最低

- 預警原則（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/>



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））
- IARC將電磁輻射分類至Group 2B
 - The Working Group classified radiofrequency electromagnetic fields - as emitted by mobile phones - as “possibly carcinogenic to humans” (IARC Group 2B).
 - https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/2011/IARC_Mobiles_QA.php



國際癌症研究所(IARC)

2011研究報告

- 瑞典科學家L. Hardell與歐盟INTERPHONE組織研究指出每天使用手機超過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風險40-170%。
- 但芬蘭輻射科學家Dariusz Leszczynski認為並不可能，只有暴露於致癌因子或是自體基因突變才會發生癌症
- 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
- 編修者：長榮大學團隊-莊啓佑
- 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