

原子科學技術發展中心

Nuclear Science & Technology
Development Center



認識輻射災害與案例分析

報告人：劉千田

國立清華大學

原子科學技術發展中心

TEL : 0922248969

e-mail : [ctliu @ mx.nthu.edu.tw](mailto:ctliu@mx.nthu.edu.tw)

內容大綱

✿前言

✿輻射災害

✿認識輻射

✿游離輻射與物質作用

✿輻射劑量與單位

✿生活中的游離輻射

✿案例分析

輻射災害定義：

因輻射源或輻射作業過程中，或因天然、人為等因素，產生輻射意外事故，造成人員輻射曝露之安全危害或環境污染者。

共分為：

放射性物質意外事件、
放射性物料管理及運送等意外事件、
輻射彈事件、
核子事故、
境外核災5種。

放射性物質意外事件

放射性物質是指自發性核變化釋出游離輻射之物質。

放射性物質在民生的應用廣泛，包括醫、農、工、研等領域，都有使用放射性物質。

若放射性物質在使用、貯存或運送等過程中發生意外、遺失、遭竊或受破壞，產生輻射曝露之安全危害或環境污染，就稱為「放射性物質意外事件」。

放射性物料管理及運送等意外事件

放射性物料是指核子原料、核子燃料及放射性廢棄物。目前國內並無核子原料與核子燃料之生產設施，因此放射性物料管理可分為處理、貯存、運送與最終處置。若放射性物料在管理或運送過程中發生意外、遺失、遭竊或受破壞，產生輻射曝露之安全危害或環境污染，就稱為「放射性物料管理及運送等意外事件」。

輻射彈事件

輻射彈（又叫髒彈）是一種放射性物質散布裝置，結合傳統炸藥及放射性物質的爆裂物。

輻射彈引爆後，放射性物質會隨爆炸能量及風向散播，造成民眾與環境的污染。

輻射彈散播的放射性物質不見得會造成立即性輻射傷害，但民眾的心理憂慮可能遠比實質生理傷害大。

輻射彈所造成的意外事件，就稱為「輻射彈事件」。

輻射**髒**彈危害性

- 髒彈不屬於核武器，因為爆炸後不能產生蘑菇雲
- 髒彈是大規模破壞性武器而不是大規模殺傷性武器
- 經由細心規劃小髒彈也可污染數十個街區，導致無法居住

輻射髒彈的放射性物料

- 輻射髒彈的放射性物料，基本上可分為三大類：

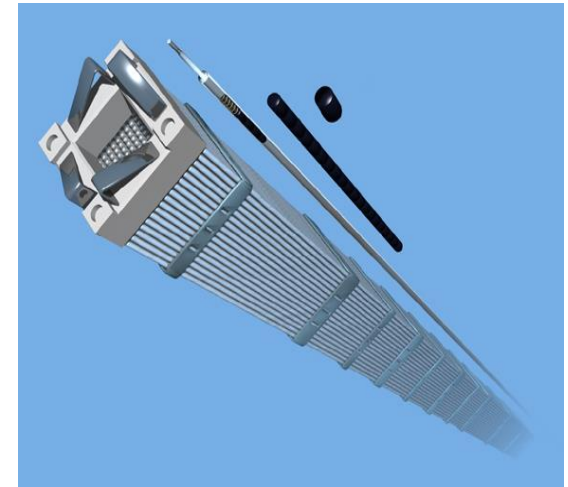
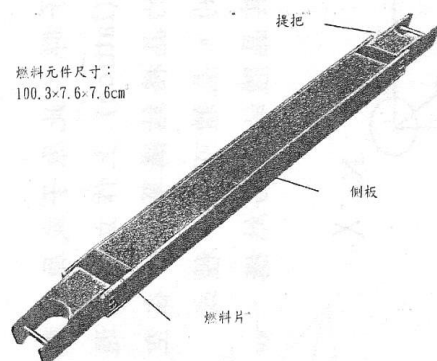
- 1. **核物(原)料**：

經濃縮處理的**鈾(U)**與**釷(Th)**等核(原)物料及經核反應器運轉後的**分裂產物**：如**鈾239(^{239}Pu)**。

此類物料絕大部分在數量有限且嚴格管制的核設施(如**核燃料製造廠**與**核電廠**)。

投擲日本**廣島**與**長崎**的兩顆**原子彈**為一典型的例子。

MTR(HEU)型核子燃料元件
(早期**THOR**核子反應用)



動力用核子反應器核子燃料元件(壓水反應器燃料棒與內部組件)



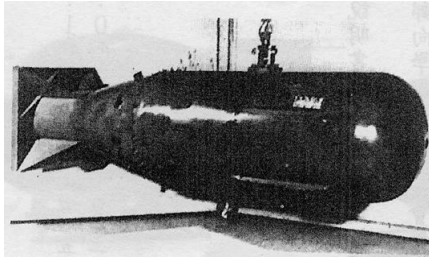
放射性物料來源

- 核設施
- 醫療場所
- 建築工地
- 食物照射廠
- 焊接工廠
- 學校及研究機構
- 煙霧偵測器

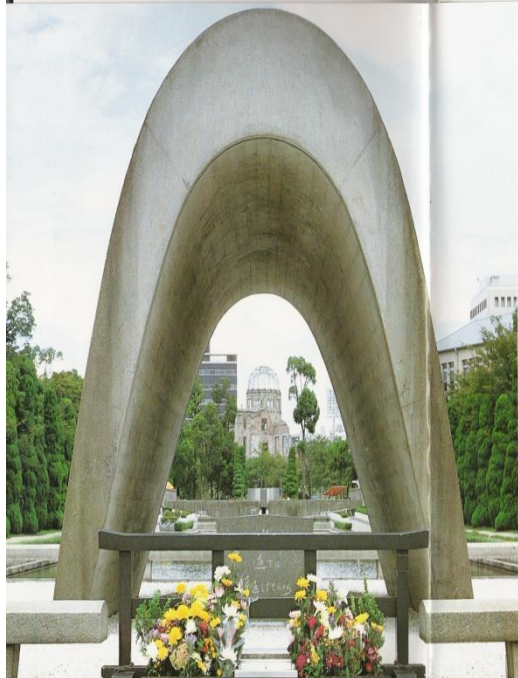


原子彈空中爆炸與核試爆放射性落塵

炸廣島的鈾原子彈(小男孩)

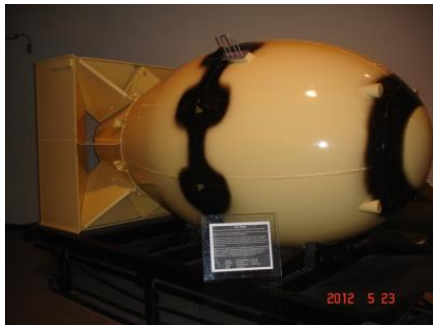
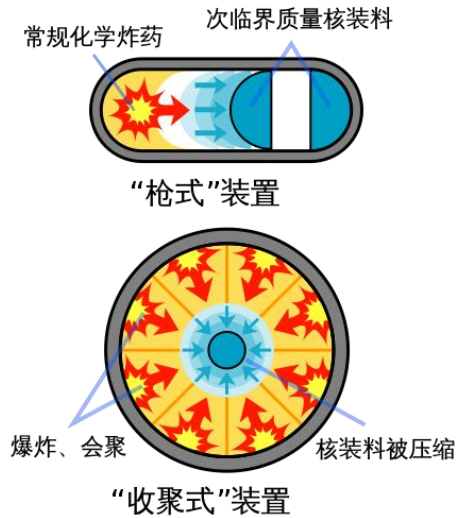


炸長崎的鈾原子彈(胖子)



炸廣島的鈾原子彈(小男孩)爆炸放射性落塵

炸長崎的鈾原子彈(胖子)



Fat Man

This weapon casing is identical to that used for the Fat Man Atomic bomb.

On July 16, 1945, the Fat Man prototype was tested in the New Mexico desert site code named Trinity. Thus, the Atomic Age began.

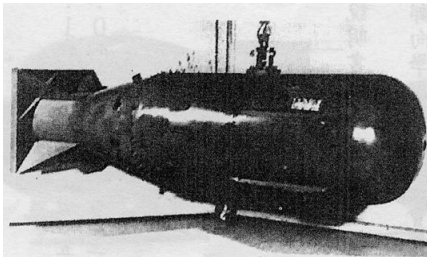
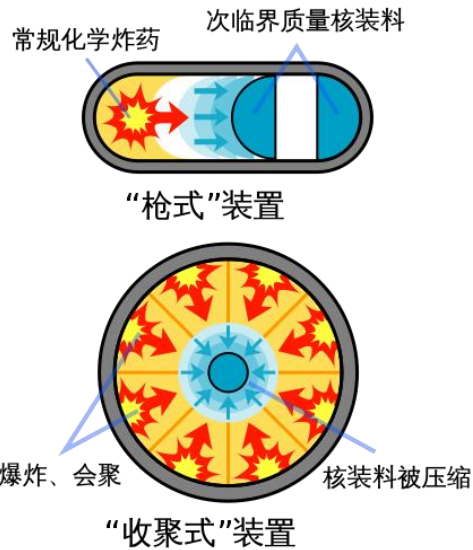
Fat Man was the second, and last nuclear weapon used in warfare. Dropped on Nagasaki, Japan on August 9, 1945, Fat Man devastated more than two square miles and caused more than 45,000 immediate deaths. U.S. Army Air Forces Maj. Charles W. Sweeney piloted the Boeing B-29 bomber-nicknamed *Bockscar*-that dropped Fat Man.

Fat Man was an implosion device. Several thousand pounds of conventional high explosives surrounded a ball shaped, sub-critical mass of plutonium (Pu-239). At the time of detonation, implosion - which had been tested at the Trinity Site - again took place. The plutonium then went into the supercritical stage. It exploded with the force of approximately 20 kilotons of TNT.

Length	10 feet 8 inches	(3.25 m)
Diameter	60 inches	(1.52 m)
Weight	10,800 pounds	(4898.8 kg)
Yield	20 kilotons	

2012 5 23

炸廣島的鈾原子彈(小男孩)



Little Boy

This weapon casing is identical to that used for the Little Boy atomic bomb. Little Boy was the first nuclear weapon applied to warfare. Little Boy exploded approximately 1,800 feet over Hiroshima, Japan on the morning of August 6, 1945. Immediate deaths were estimated between 70,000 and 130,000. A Boeing B-29 dropped the bomb. U.S. Army Air Force Major Paul W. Tibbets piloted the bomber, which he named Enola Gay after his mother.

The Little Boy designers in Los Alamos were confident the bomb would work. Unlike the Fat Man plutonium weapon, Little Boy was not tested prior to use in Japan.

Little Boy was a gun-type device. A sub-critical piece of uranium (U-235) was placed at each end of a large gun barrel. When the bomb was detonated, a high explosive charge drove one piece of U-235 down the barrel till it joined with the other piece of U-235. A super-critical mass resulted. This produced an explosion with the power (yield) of approximately 13,000 tons of TNT.

Length	10 feet	(3.48 m)
Diameter	28 inches	(0.71 m)
Weight	8,900 pounds	(4036 kg)
Yield	13 kilotons	

2012 5 23

核子事故

核子反應器設施是指裝填有適當安排的核子燃料，而能發生可控制的原子核分裂自續連鎖反應的裝置及其相關附屬廠房與設備，如核能電廠。

核子反應器設施若發生緊急事故，且核子反應器設施內部之應變組織無法迅速排除事故成因跟防止災害之擴大，而造成(或有可能造成)放射性物質外釋，足以引起輻射危害的事故，就稱為「核子事故」。

追尋永續的文明即是追尋永續的能源



能源之路即是人類文明之路

核三廠廠房配置圖

總面積：340公頃



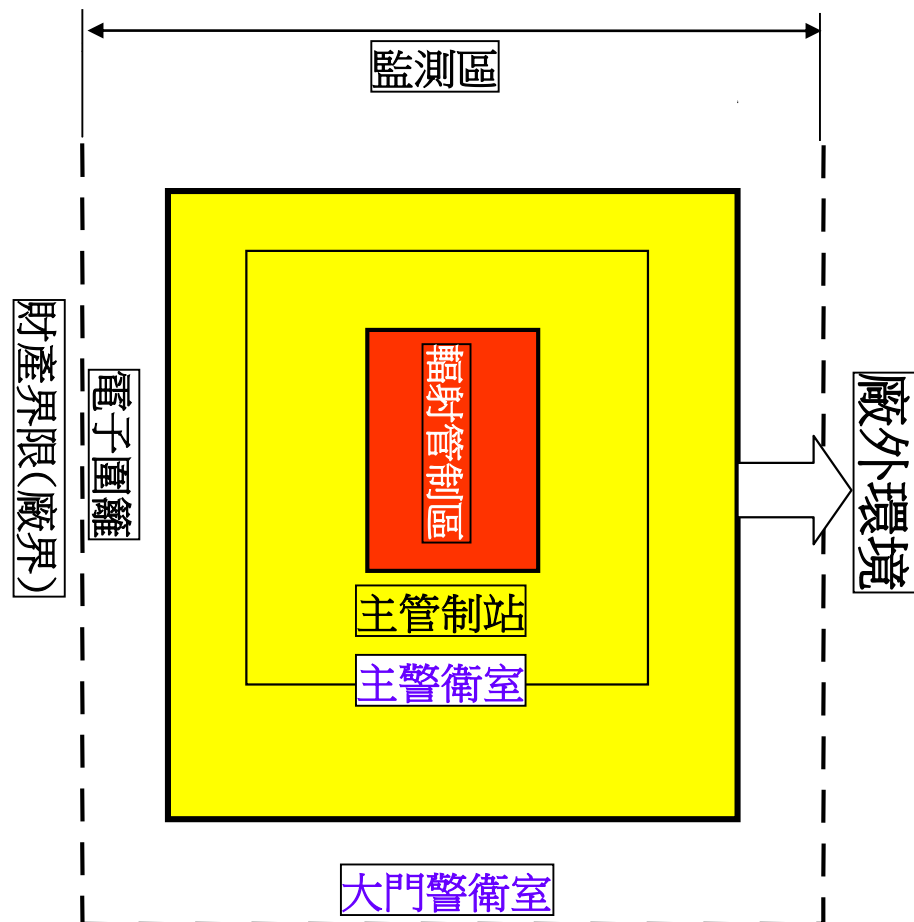
本廠各工作區域管制區分

監測區：

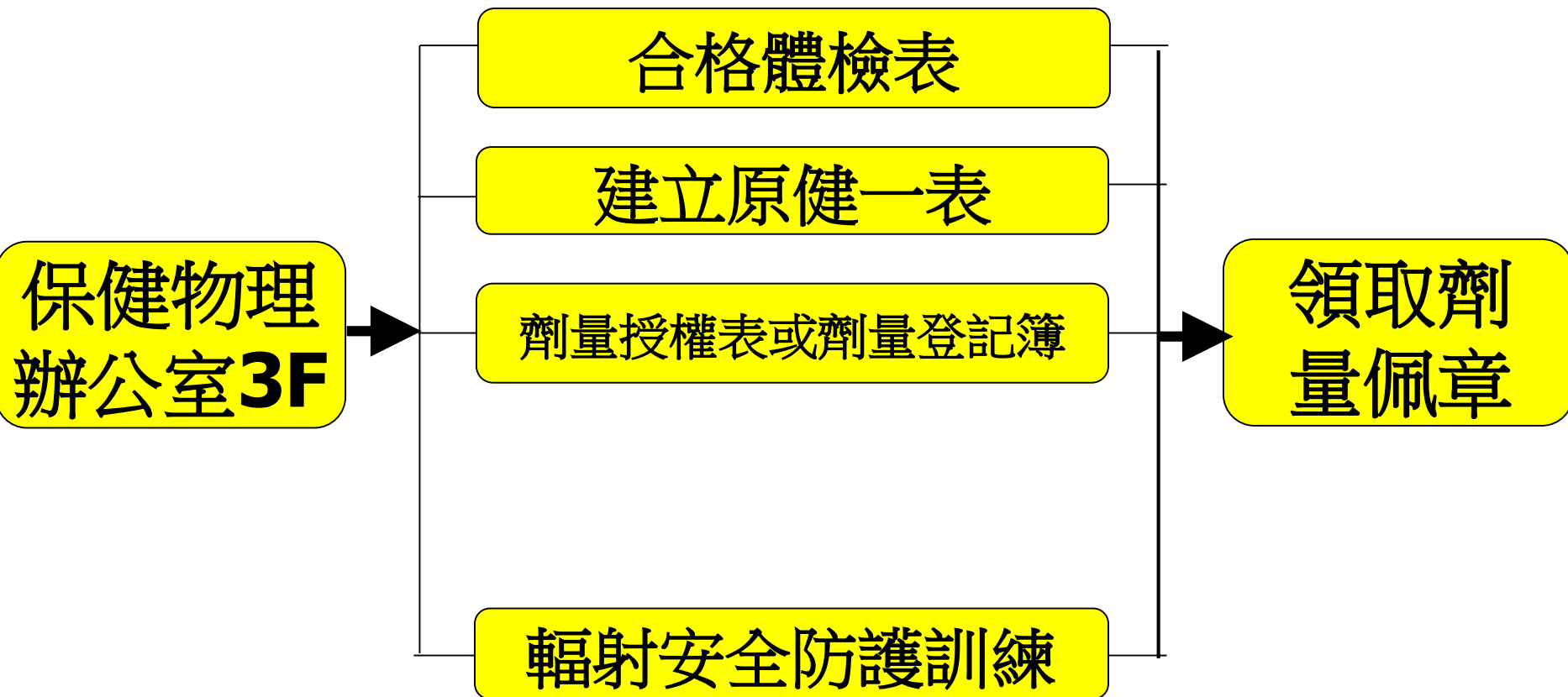
- 一、進出不必經由輻射安全管理站。
- 二、工作時不必配戴劑量徽章。

管制區：

- 一、進出須經由輻射安全管理站。
- 二、工作時須配戴劑量徽章與劑量警報計。



進廠手續



輻射安全管制站



偉大的發現-游離輻射



1895年倫琴發現 X 射線

1895年11月，德國物理學教授倫琴 (Roentgen) 發現一種眼睛看不見但能穿透物質的射線。因不知其名，故稱為X射線，一般俗稱X光。隨後不久發現X射線會使空氣游離而導電。

1895.12.28醫學物理會上提出報告。1901年獲得第一屆諾貝爾物理獎。



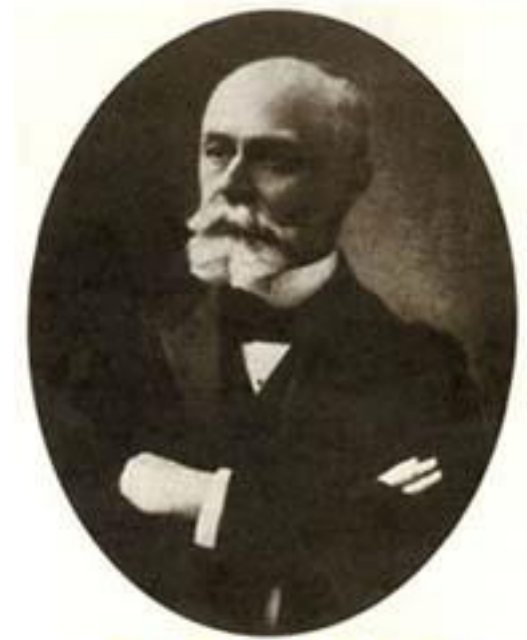
倫琴夫人手部X光照片 (攝於1895年12月22日)



倫琴 1845-1923

1896年貝克勒爾發現放射性

1896年2月，法國科學家貝克勒爾 (Becquerel) 發現鈾的化合物會發出一種不同於X射線，但也具有穿透能力使照相底片感光的射線，稱它為鈾放射線。他是第一位發現放射性的人。



貝克勒爾教授玉照

1898年居禮分離出天然放射性元素 釷和鐳

1898年7月在法國巴黎，居禮(Curie)夫婦首次自瀝青鈾礦中提煉出一種新元素，命名為釷(Po)以紀念居里夫人的祖國波蘭。同年12月又成功地分離出另一新元素鐳(Ra)。

「放射性」這個名詞就是居里夫人所創。

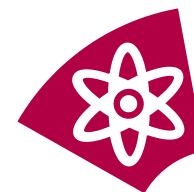
貝克與居禮夫婦共同獲得1903年第三屆諾貝爾物理獎。



居里夫人約攝於1920年

輻射是什麼？

簡單的說輻射是一種**能量**



為什麼談「輻」色變

看不見、摸不到、聞不到

輻射的分類

游離輻射：能量高，能使物質產生游離作用

電磁輻射：加馬(γ)射線、X 射線

粒子輻射：阿伐、貝他、中子、質子

主管機關為行政院原子能委員會



非游離輻射：能量低，不能使物質產生游離作用

紫外線、可見光、紅外線、微波、雷達、

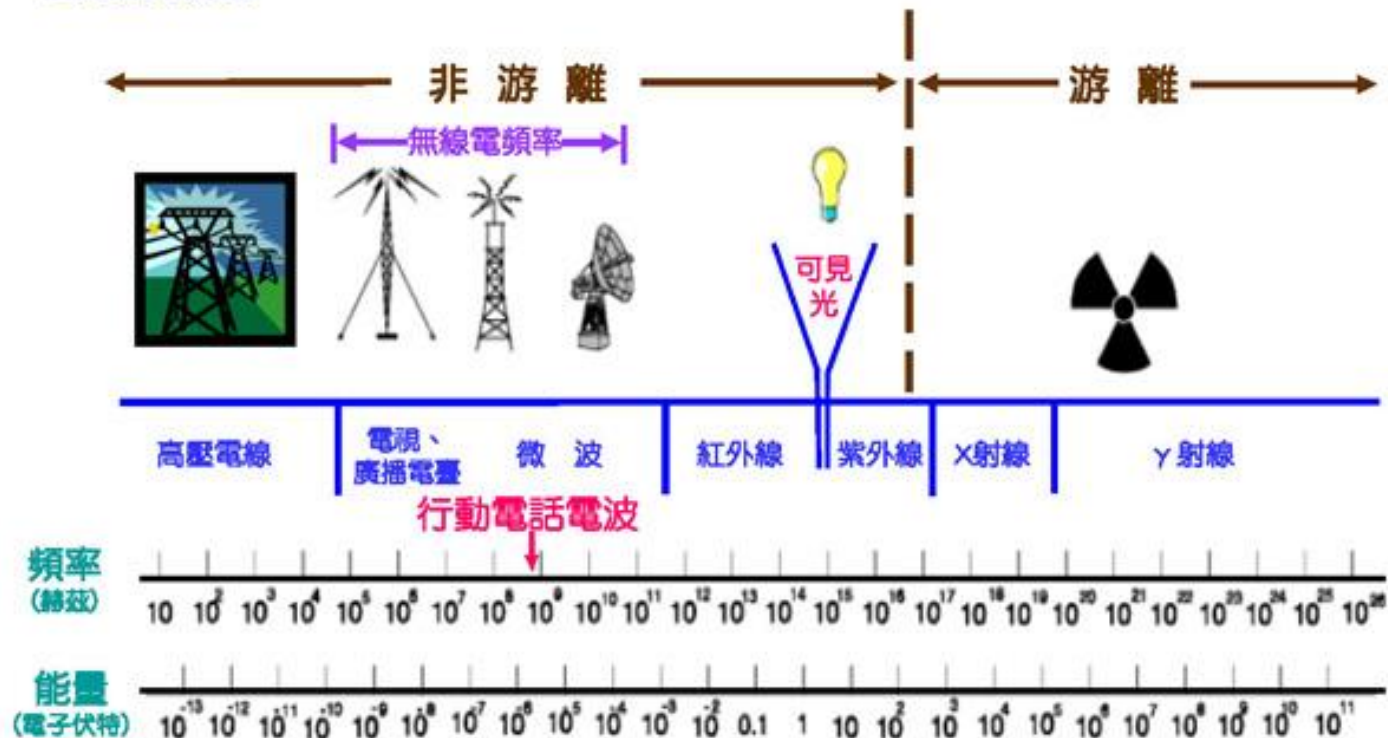
無線電波、短波、長波、長交流電波

主管機關為行政院環境保護署

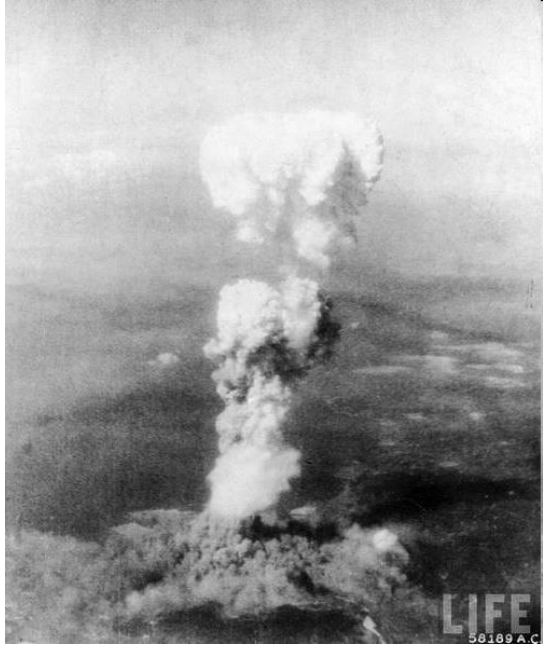


電磁輻射頻譜圖

電磁頻譜



游離輻射安全嗎？



核爆



核電廠



核廢料

懂的人不“怕”輻射

- 可量測，且很容易量
- 它會衰減
 - 距離平方成反比
 - 隨時間衰減
- 它不會增生：不像H5N1或SARS
- 自然界原就存在

游離輻射！安全！

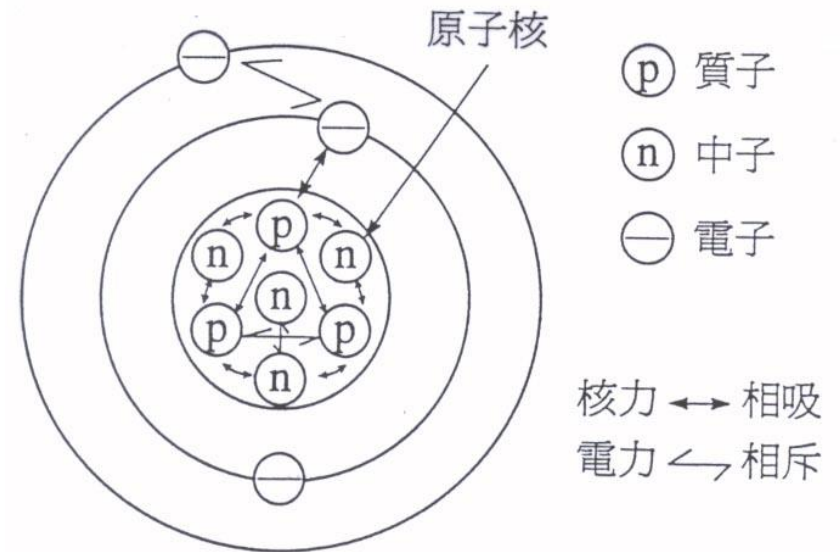
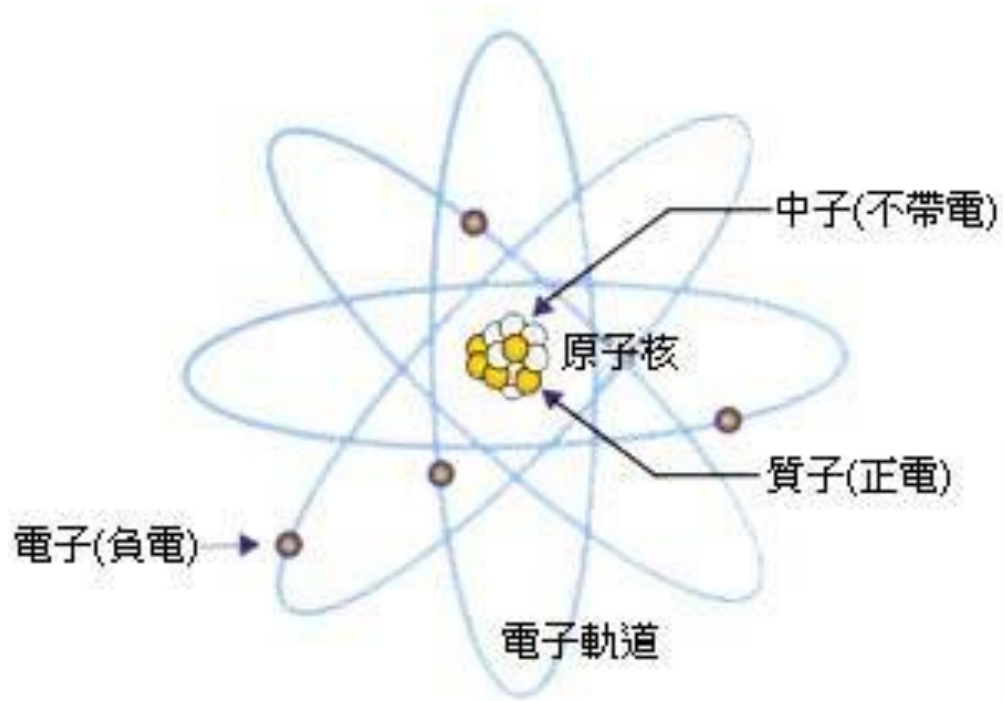
- 了解輻射基本知識
 - 專有名詞
 - 放射性物質… α 射線、 β 射線及 γ 射線
 - 可發生游離輻射設備…X光機等
- 維護安全工作環境
 - 合理的安全環境
 - 判斷與維護

認識游離輻射

- ◆ 原子構造
- ◆ 游離輻射的產生
- ◆ 游離輻射的特性



原子構造

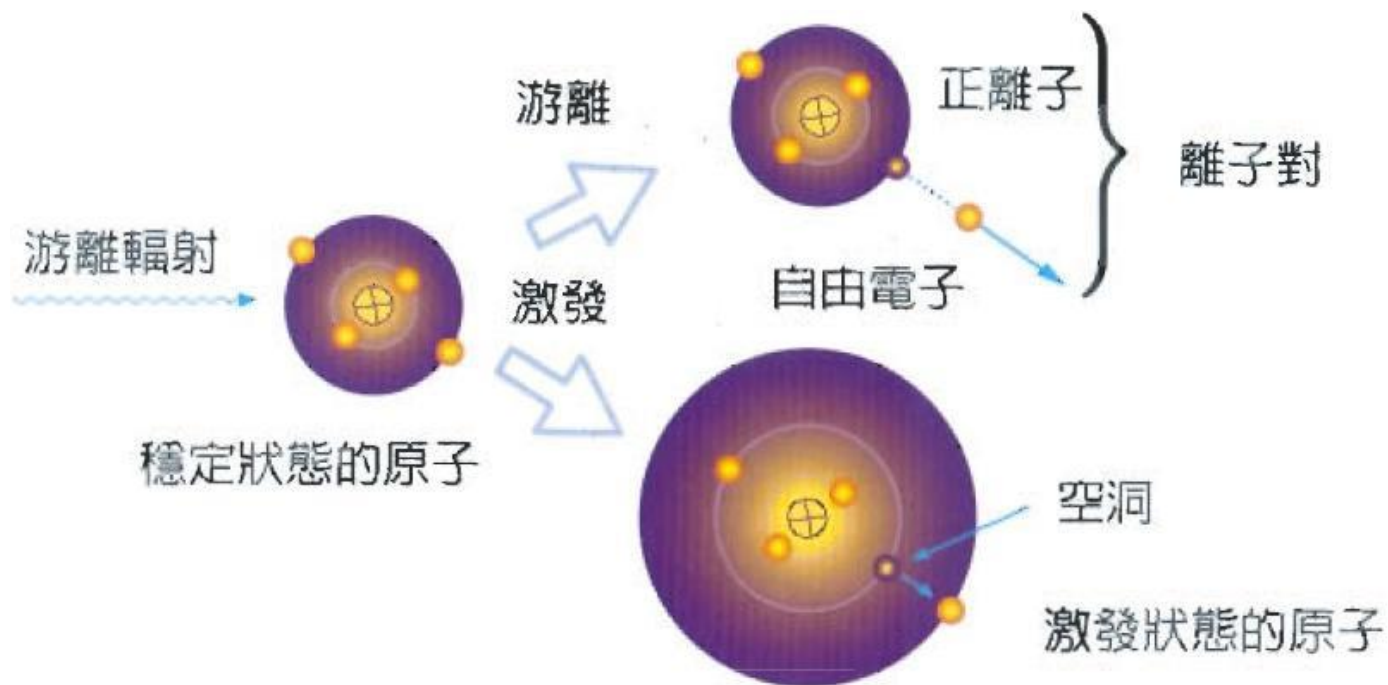


質子、中子以及電子

名稱	符號	質 量		電 量
		千 克	原子質量單位(u) *	庫 倫
質子	p	1.6725×10^{-27}	~1	1.602×10^{-19}
中子	n	1.6747×10^{-27}	~1	0
電子	e ⁻	9.1089×10^{-31}	~1/1840	-1.602×10^{-19}

*國際上規定以一個¹²C原子質量的1/12作為一種質量單位，稱為原子質量單位(u)

游離輻射與物質的作用



核種表示法

質量數

A

元素化學符號

X

Z

N

原子序

中子數

⁶⁰Co

(鈷60)

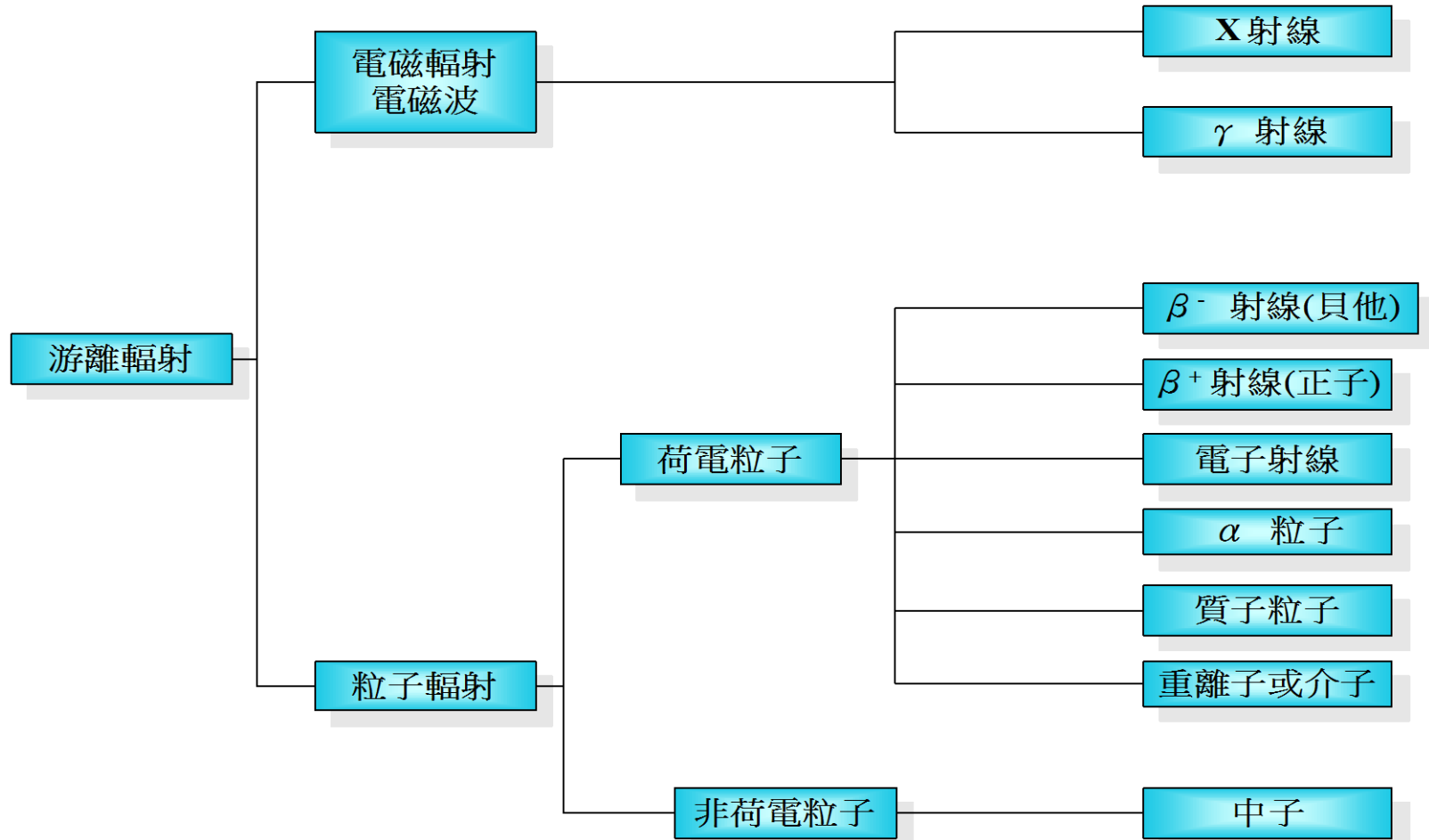
同位素

質子的數目決定元素的名稱和它的性質。若某一元素含有不同的中子數目，則稱為該元素的同位素。

生活中常見的放射性同位素：

氚(^3H)、碳14、鈷60、鉀40、鈾235、鈾238。

游離輻射的分類



游離輻射的產生

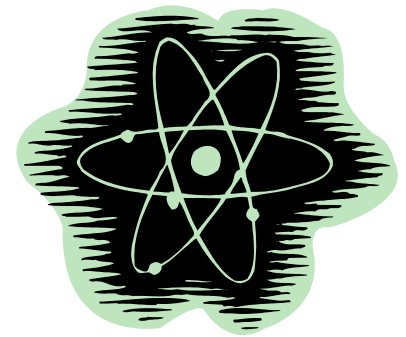
★來自放射性元素

α 射線、 β 射線、 γ 射線

★來自產生輻射的機具

如：X光機、加速器

★來自核反應

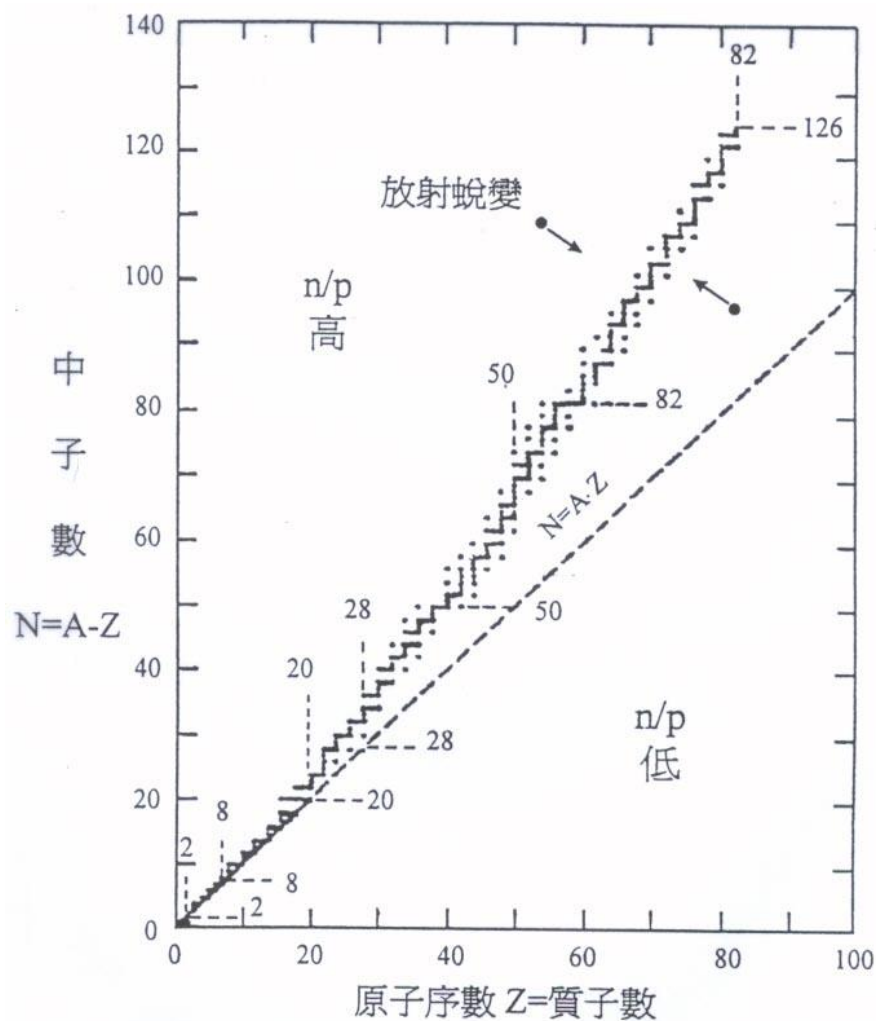


來自放射性同位素

阿伐衰變 (α -decay)

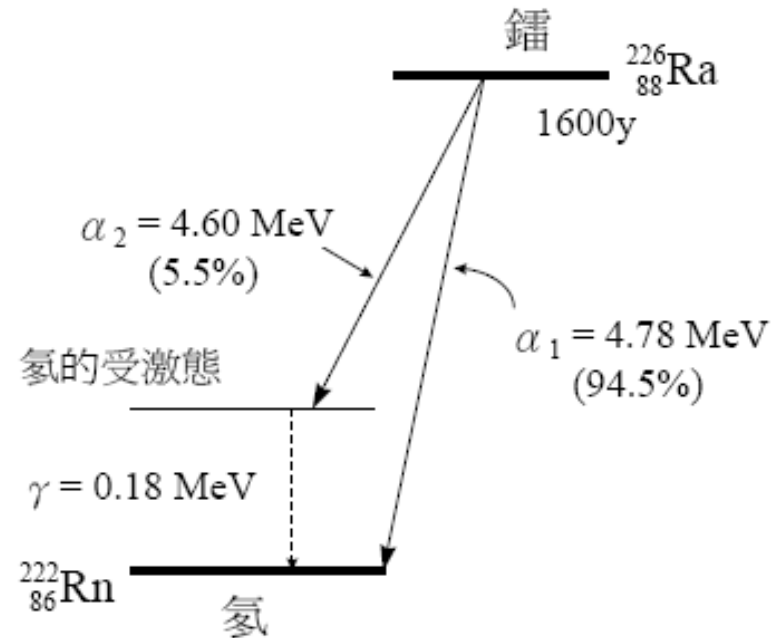
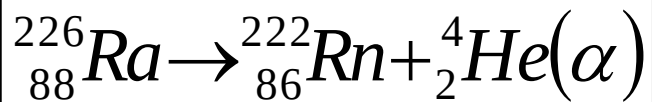
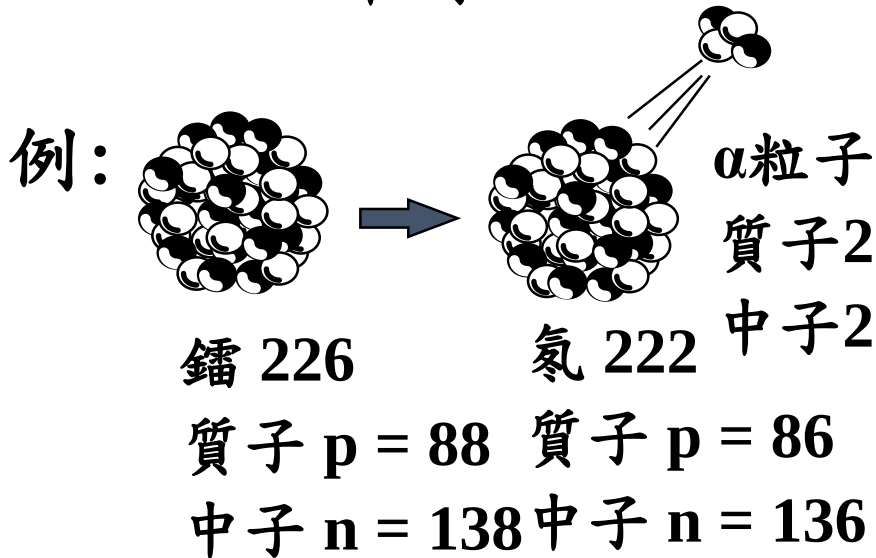
貝他衰變 (β -decay)

加馬衰變 (γ -decay)



阿伐衰變

- 產生新的核種
- 自發性放出輻射
- α 粒子



貝他衰變

- 產生新的核種
- 自發性放出輻射
- β 粒子

例：

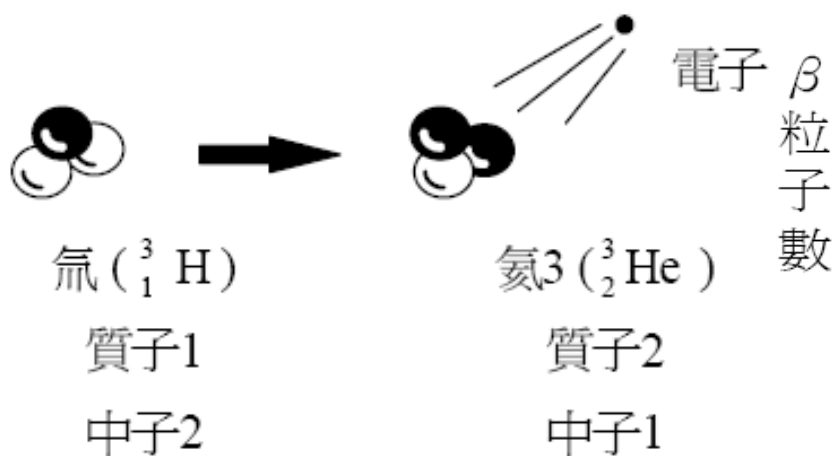


圖 1.12 氚的 β -衰變

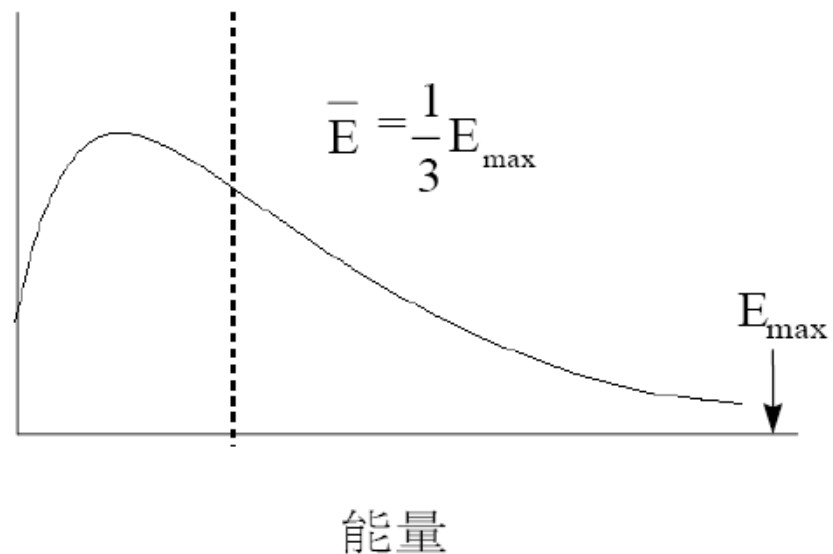
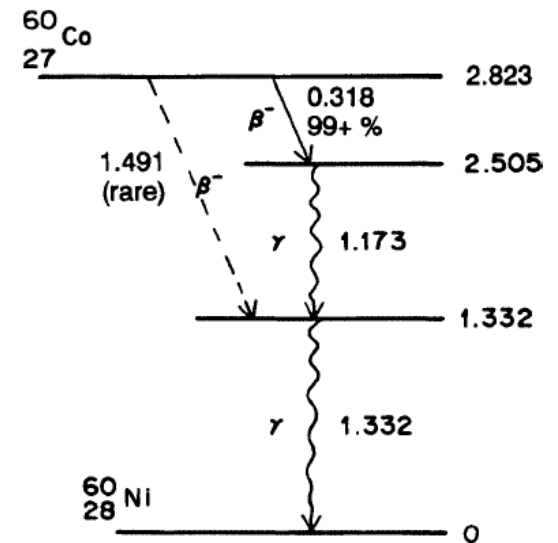
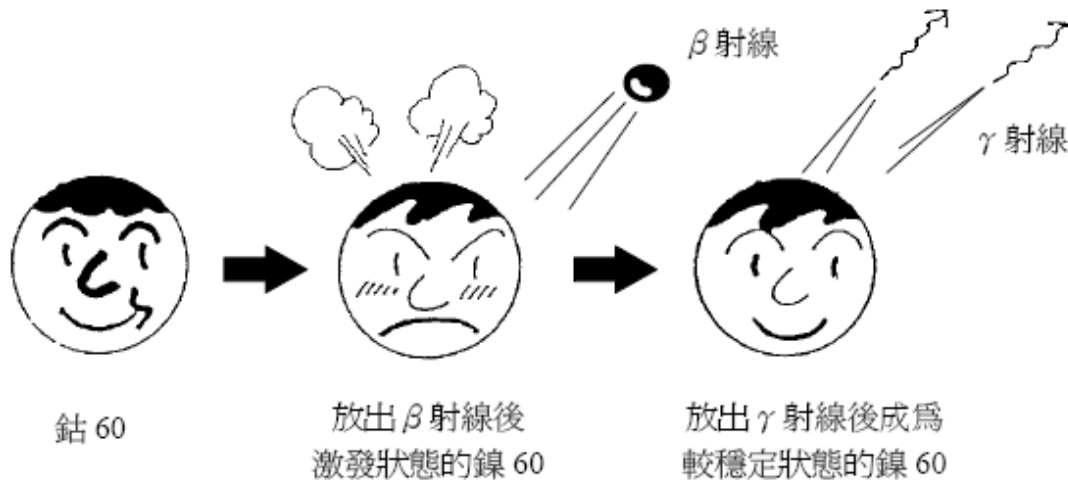


圖 1.13 β^- 能譜示意圖

加馬衰變

- 自發性放出輻射
- γ 射線

例：

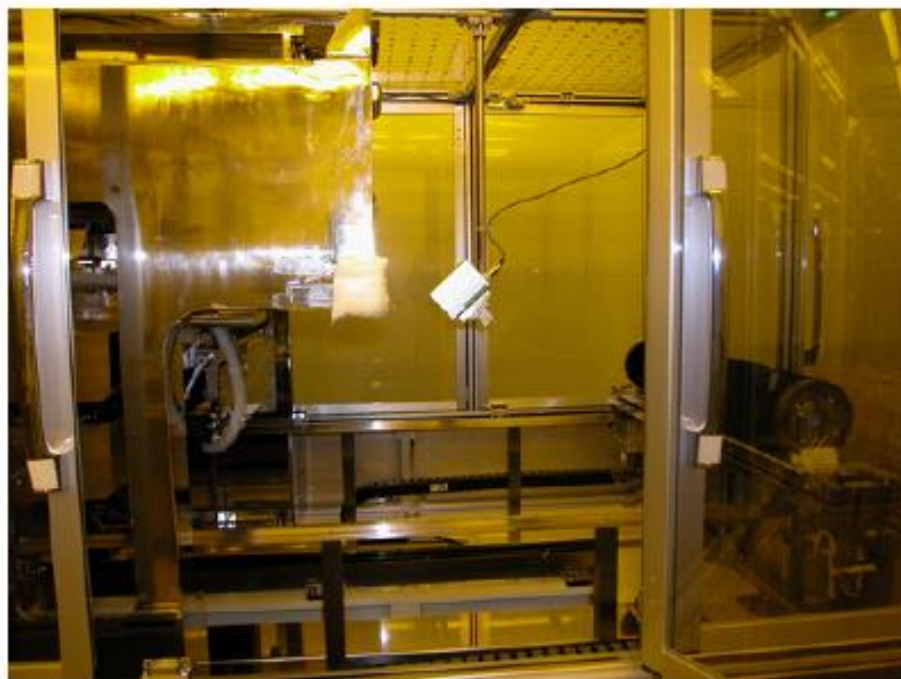


可發生游離輻射設備



各式X光機

可發生游離輻射設備



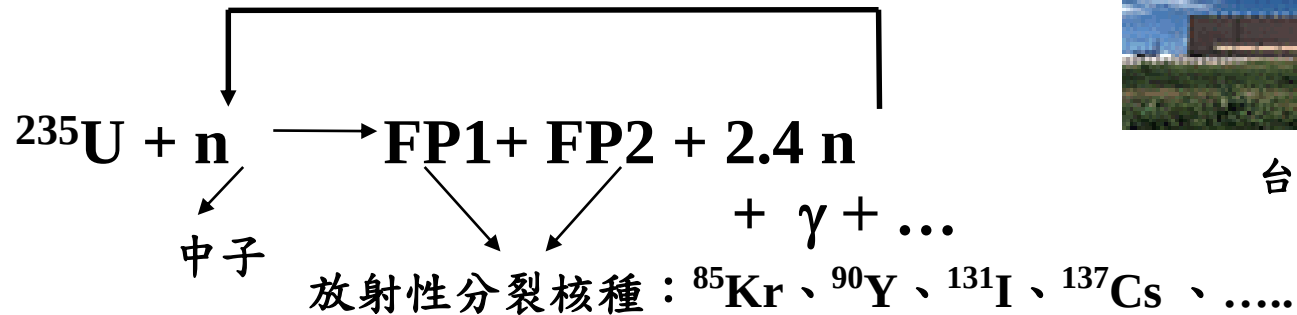
靜電消除器



電子束曝光機

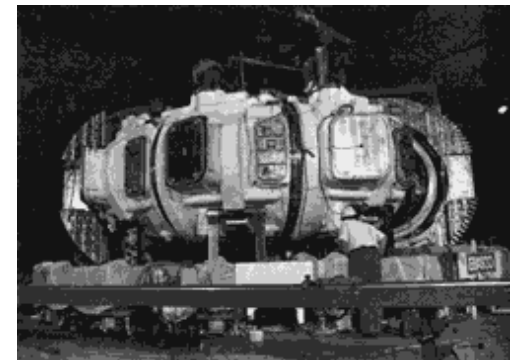
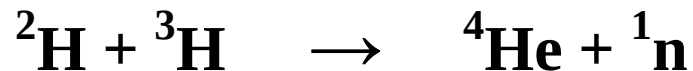
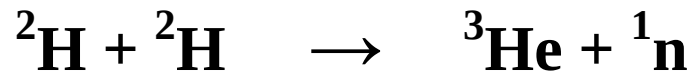
來自核反應

➤ 核分裂



台灣核三廠圖

➤ 核融合

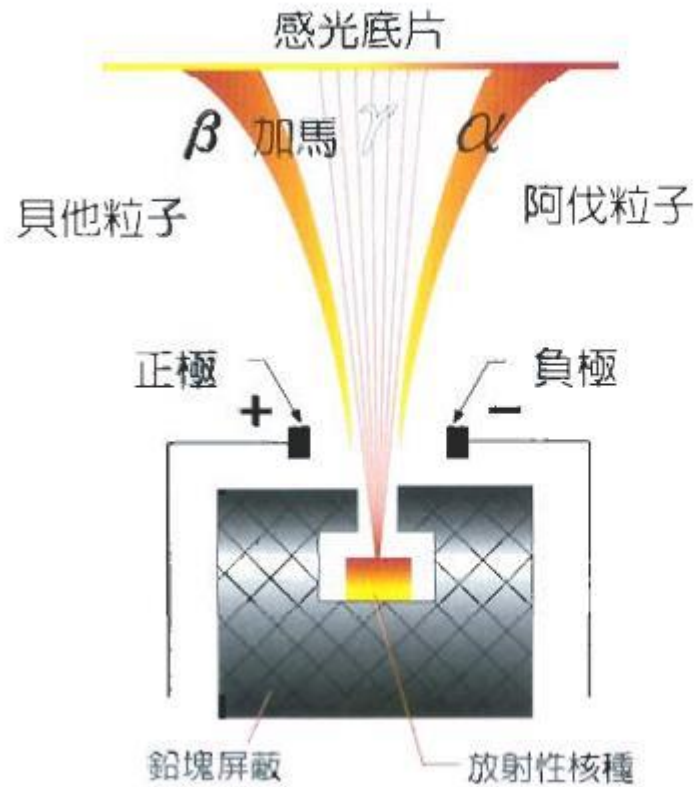


美國普林斯頓大學的Tokamak
核融合測試反應器

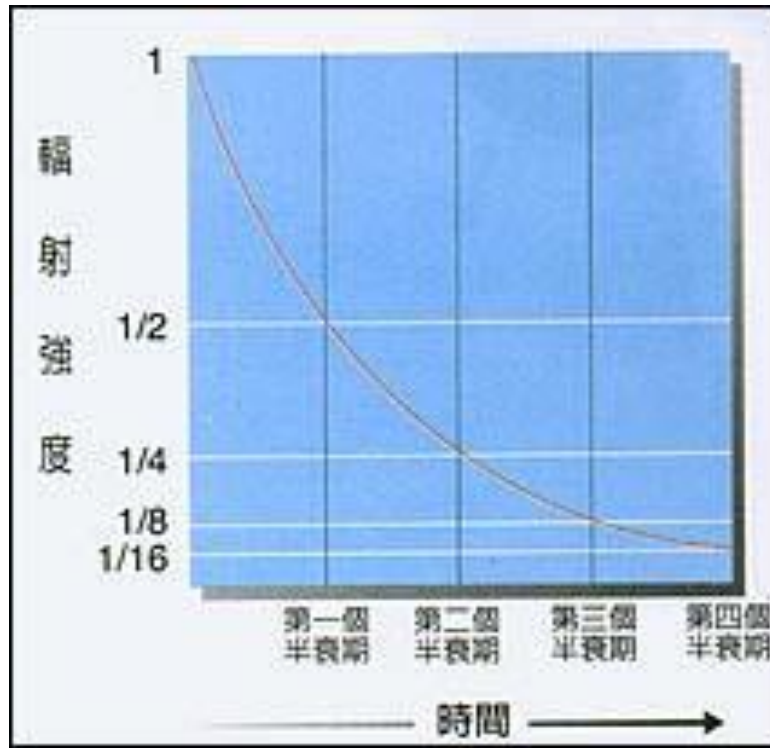
游離輻射的特性

- ★ 放射性蛻變是自發性的反應
- ★ 輻射受電磁場影響
- ★ 放射性核種活度隨時間的增加而遞減
- ★ 不同的輻射有不同的穿透能力

輻射受電磁場影響



放射性核種活度隨時間的增加而遞減



放射性同位素半衰期：

^{14}C : 5730 年

^{137}Cs : 30.07 年

^{60}Co : 5.26 年

^{131}I : 8.02 天

$^{99\text{m}}\text{Tc}$: 6.01 小時

半衰期 (Half Life, $T_{1/2}$): 輻射強度減弱為一半所需的時間

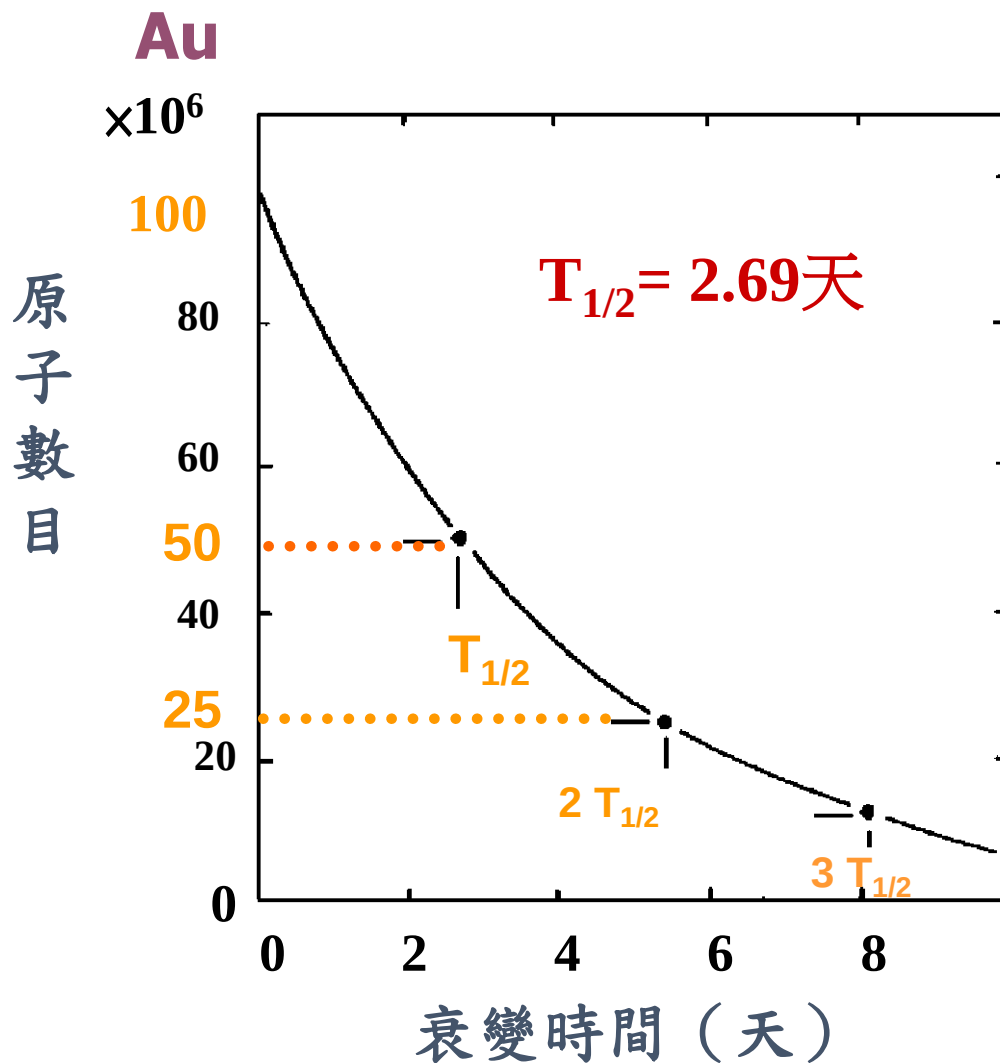
指數衰減

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

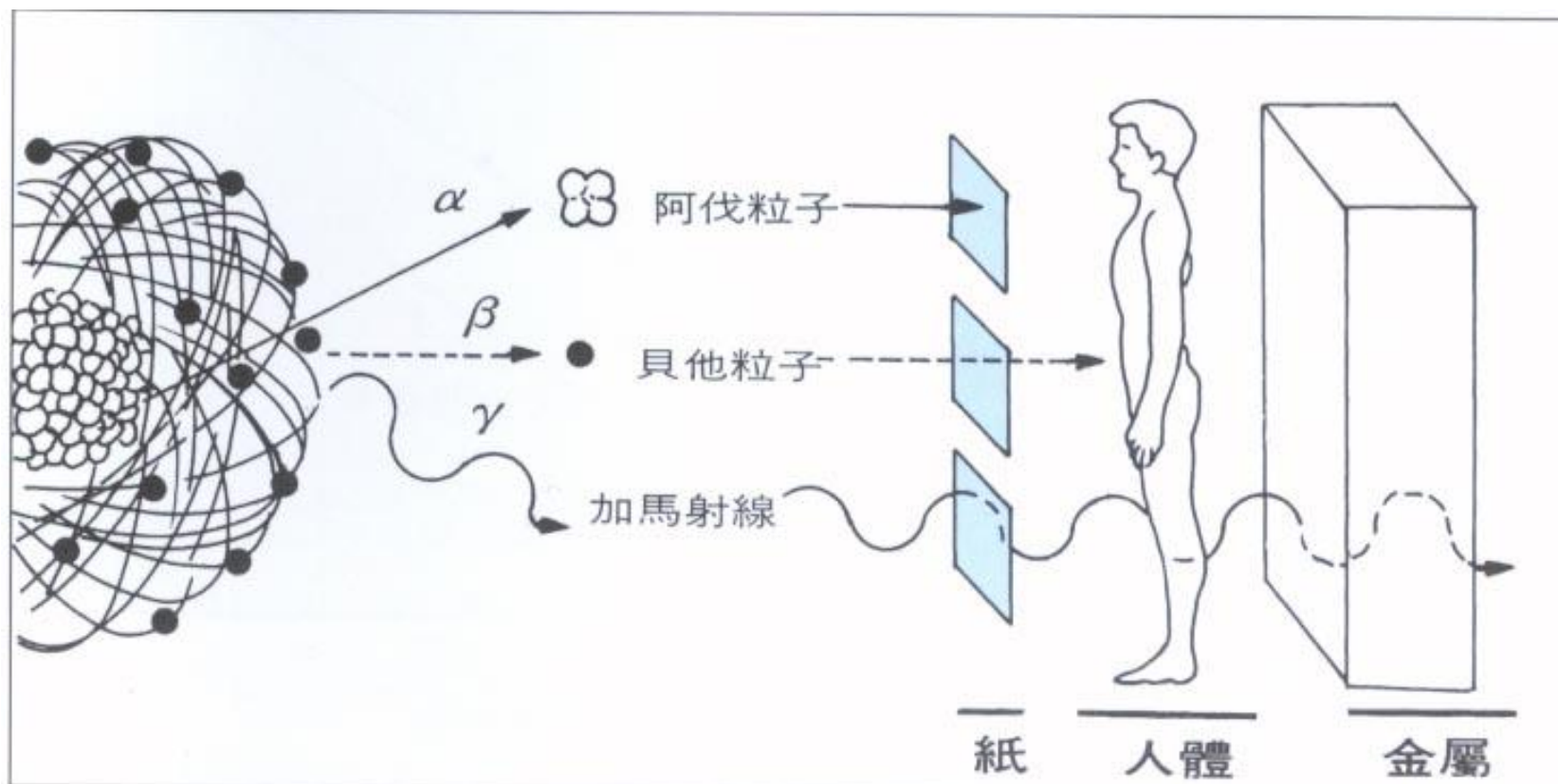
N_0 ：放射性核種初始的數目

N ：放射性核種經時間 t 衰變後原子數目

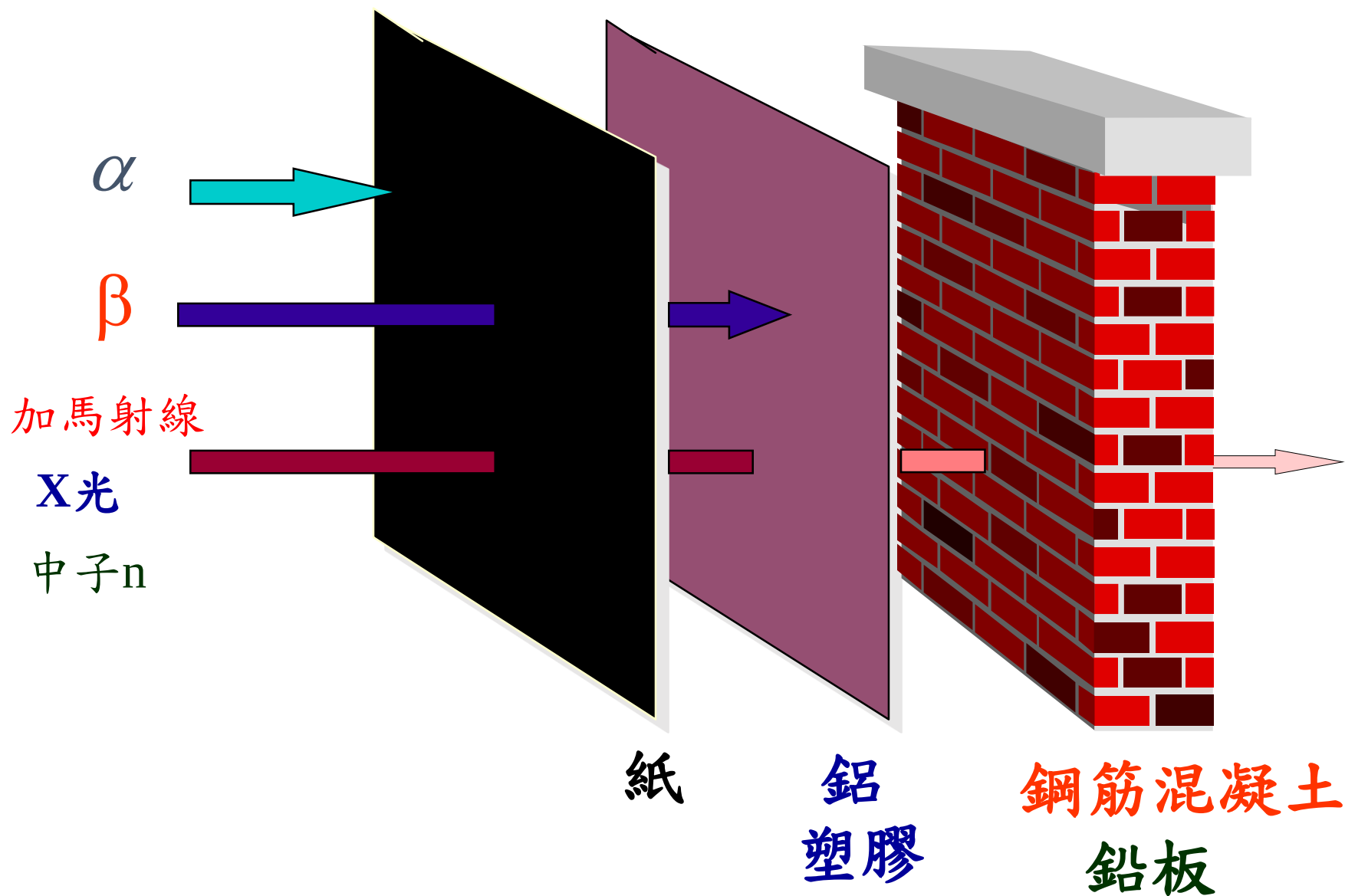
λ ：衰變常數



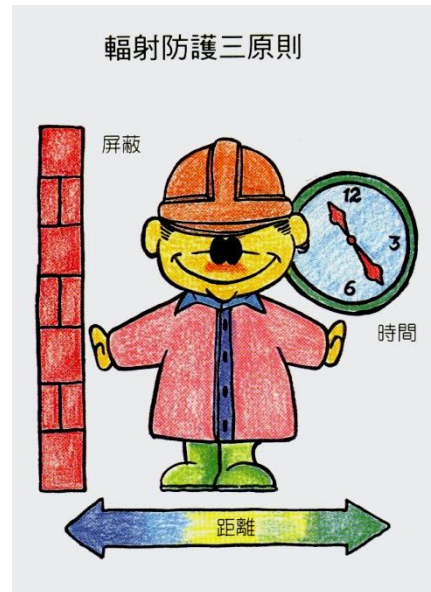
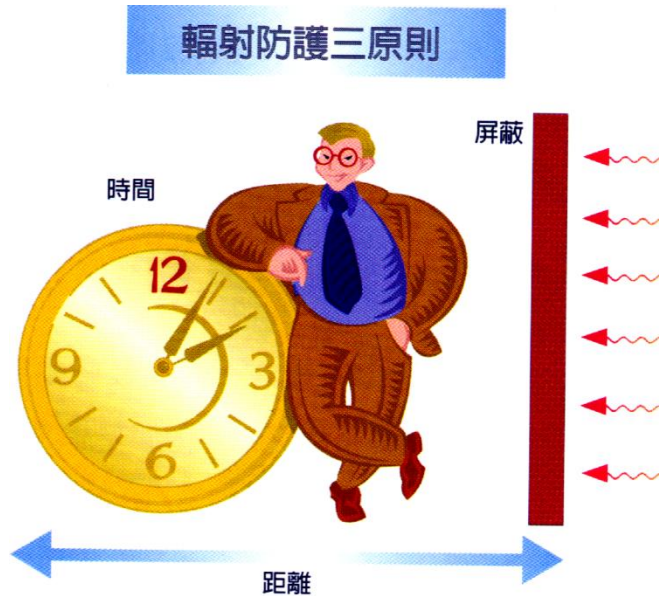
不同的輻射有不同的穿透能力



游離輻射的穿透力

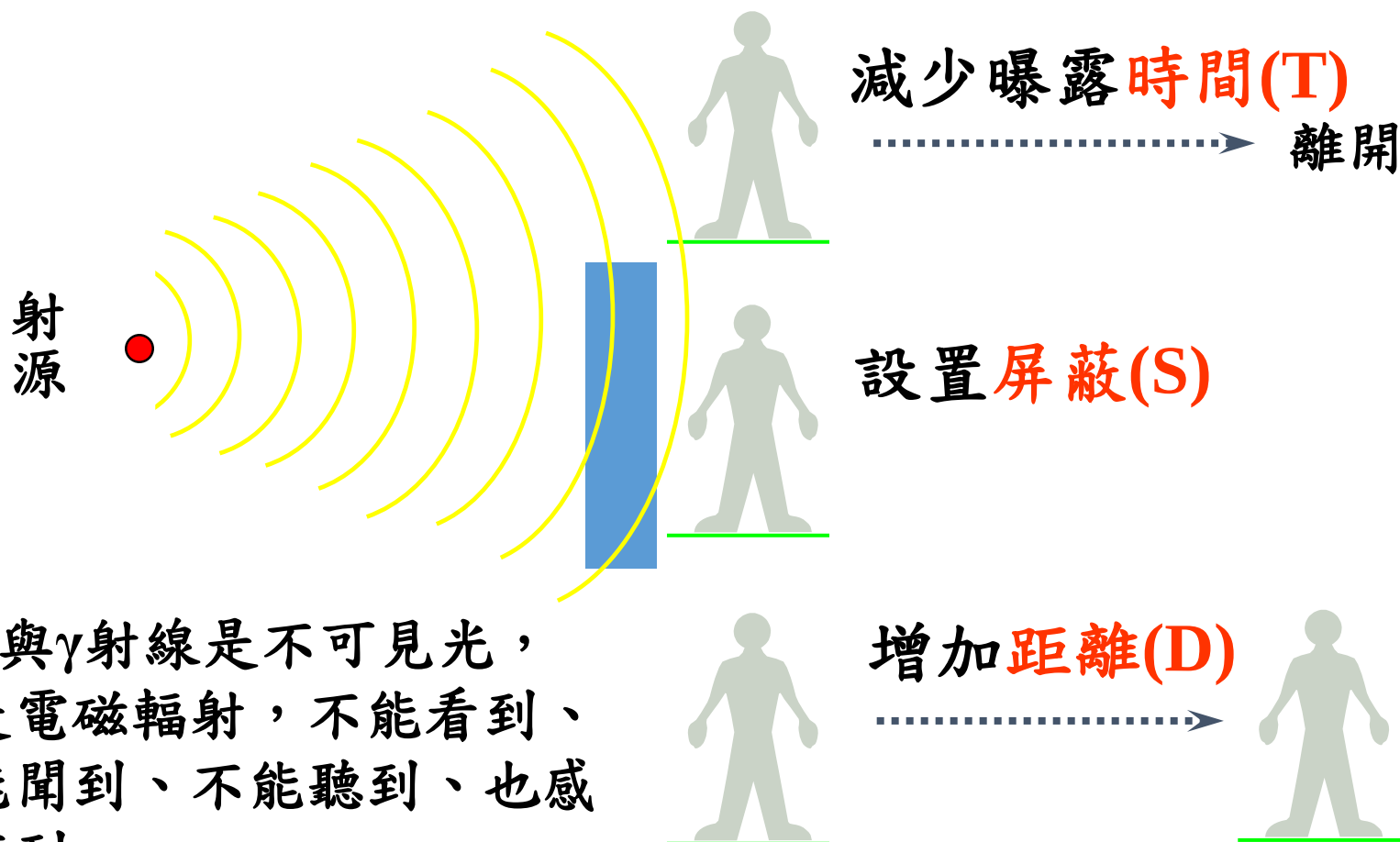


降低輻射劑量之TSD原則



- 一、縮短時間(T)
- 二、適當屏蔽(S)
- 三、加長距離(D)

體外曝露的輻射防護原理 (TSD原理)



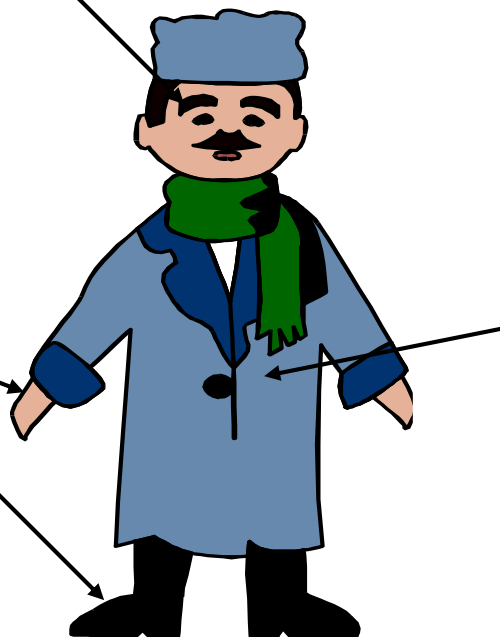
X光與 γ 射線是不可見光，
也是電磁輻射，不能看到、
不能聞到、不能聽到、也感
覺不到

工作人員職業曝露的年個人劑量限度

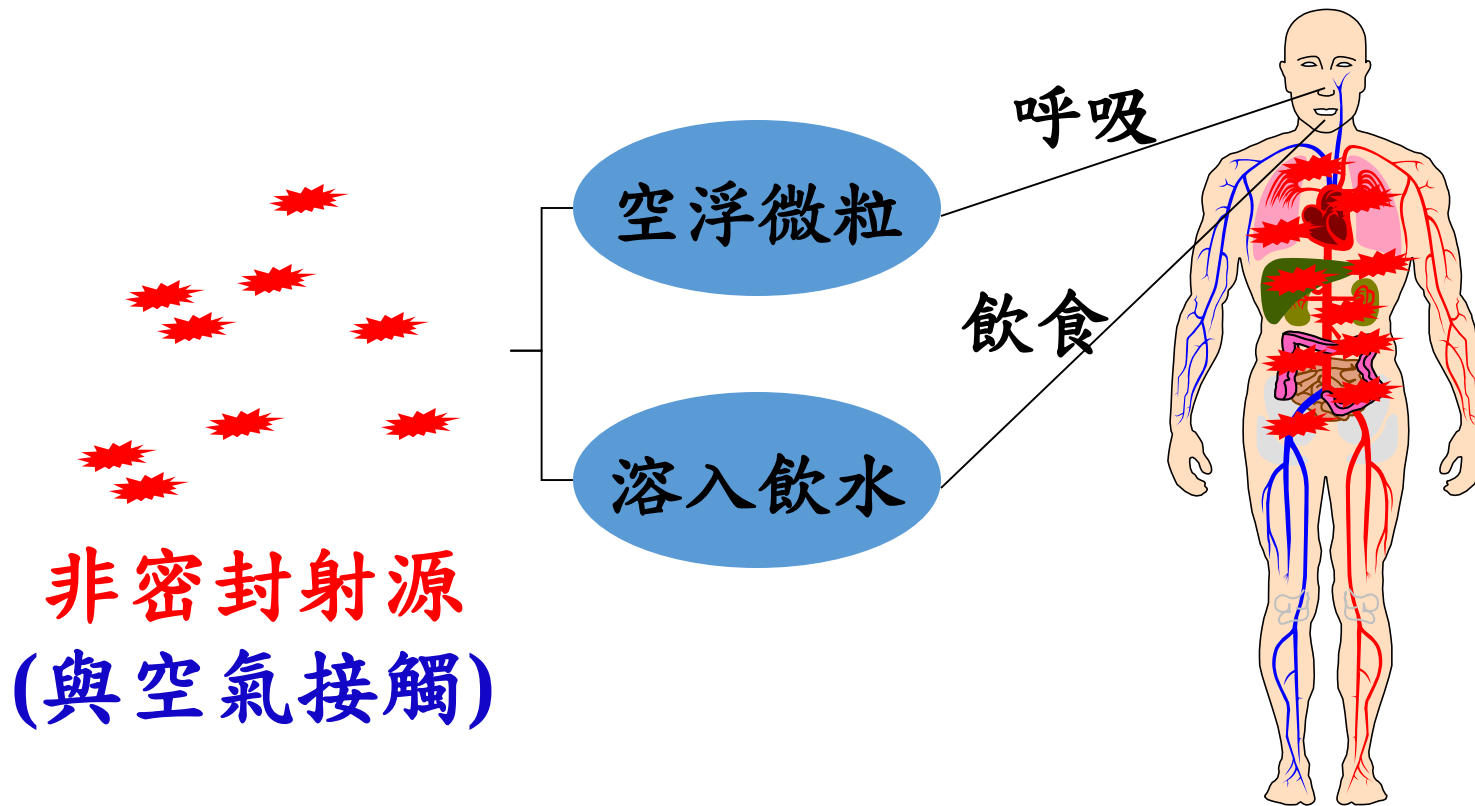
眼球水晶體等價劑量 150mSv/y

四肢或皮膚
等價劑量
 500mSv/y

全身有效劑量單一年
不得超過 50mSv/y
每連續5年不得超過
 100mSv/5y



什麼是體內曝露？



輻射源污染至身體內，輻射自體內射入組織器官。

操作人員的體內輻射防護

- 體內輻射防護(internal radiation protection)的3D原則為：
- (1)稀釋(dilute) ，
- (2)分散(disperse) ，
- (3)除污(decontaminate) 。

稀釋(dilute)

- 稀釋係指對受放射性物質污染的水或空氣，藉由大量的非污染的水或空氣，將其所含放射性物質濃度稀釋至可接受的程度，如「游離輻射防護安全標準」，附表四之二中第四、五欄為含放射性物質之氣體或液體排放至一般環境之排放物濃度限度，適用於評估及管制一般人之劑量。附表四之一中第六欄為輻射工作人員(radiation workers)推定空氣濃度(derived air concentration，DAC)管制限度。

分散(disperse)

- 分散的目的與方法和稀釋相同，將放射性污染物，藉由大氣或水域的擴散作用，將放射性污染物分散。

除污(decontaminate)

- 除污係指將附著在人體或物件上的放射性污染物，藉由物理或化學方法去除或減少。
- 除污前、後的活度比值即為除污因數(decontamination factor, DF)，亦即除污前的活度 C_i 與除污後的活度 C_f 之比值就是除污因數($DF = C_i / C_f$)。
- 除污因數DF越大表示除污效果越好，反之，除污因數DF越小表示除污效果越差。

人體攝入(intake)放射性核種的途徑

- 人體攝入放射性核種的途徑是經由吸入(inhalation)、食入(ingestion)、傷口(wound)或皮膚(skin)等，從事醫用非密封射源操作的核醫醫療人員，若不遵循醫用非密封射源的安全操作規則，則很容易發生放射性污染，如空氣污染、配藥桌面污染、人員的皮膚污染或體內污染(internal contamination)等，所以應該瞭解體內曝露(internal exposure)的個人偵測。

放射性同位素實驗室之屏蔽

機械手臂

鉛室

鉛玻璃



熱室(hot cell)

清華同位素組照射場操作區



清華大學鈷60照射熱室具有30kCi鈷60氣動式射源



體內曝露的個人偵測方法

- 體內曝露的個人偵測主要是利用生物鑑定法(bioassay)與全身計測(whole-body counting)兩種方法。所謂的生物鑑定法是分析生物試樣，如人體排泄的尿、糞、汗液與呼出氣體，以體外(*in vitro*)計測分析生物試樣的活度濃度，然後再評估體內曝露所造成的體內劑量。所謂的全身計測是利用全身計數系統以全身或部份身體直接計測體內(*in vivo*)某一器官或全身所含的活度。全身計數系統所使用的偵檢器為計數效率高的NaI(Tl)偵檢器或靈敏度高的Ge(Li)、HPGe偵檢器。利用生物鑑定法或全身計測所測量的結果，依據攝入放射性物質衰變的物理半化期與新的陳代謝的生物半化期之特性，以估計攝入放射性物質的約定等價劑量或約定有效劑量。

體內輻射曝露偵測

- 為了評估操作非密封射源的輻射工作人員之體內曝露程度與輻射作業場所的輻射安全，應定期或不定期利用生物鑑定法與全身計測進行體內輻射曝露偵測。
- 通常體內輻射曝露偵測的誤差頗大，所以應該多次重覆測量以獲得較為可靠的數據。

體內輻射曝露偵測

- 體內輻射曝露偵測的週期長短應該取決於所操作非密封放射性物質的半化期、物理特性與活度而定。操作易揮發、高活度的短半化期之放射性物質，體內輻射曝露偵測的週期應該很短，如每週一次。很多情況，體內輻射曝露偵測的週期是每月一次。
- 當發生輻射意外事故而造成可能攝入大量放射性物質時，應立即進行生物鑑定法與全身計測的體內輻射曝露偵測，且應由輻射防護人員或保健物理學家(health physicist)擔任。

體內輻射曝露偵測

- 當體內輻射曝露偵測出體內放射性活度大於「游離輻射防護法」與其授權辦法所規定的限值時，應對進行輻射作業之輻射工作場所的輻射操作程序與設備進行檢討與檢查，以找出放射性污染的發生原因，並立即採取必要的輻射防護措施加以除污。此時，應繼續對遭受放射性體內污染的輻射工作人員進行體內輻射曝露偵測，其週期可以從每日一次、每週一次到每月一次，以評估其所接受的體內劑量，並檢討輻射防護措施的效益。

實驗桌污染量測



偵檢器

工作場所輻射監測

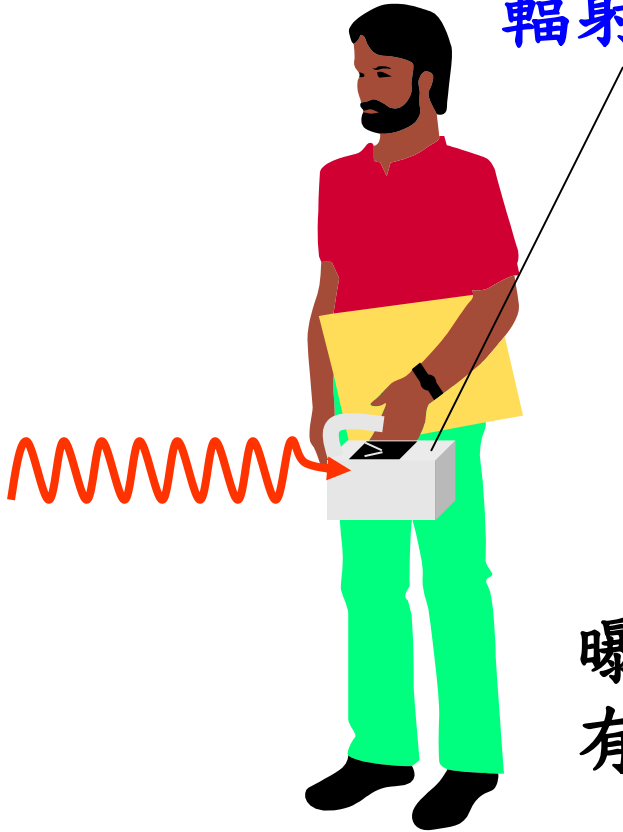
輻射監測器(radiation survey meter)

1. 曝露(exposure)

2. 輻射劑量

曝露的舊單位為倫琴(R)

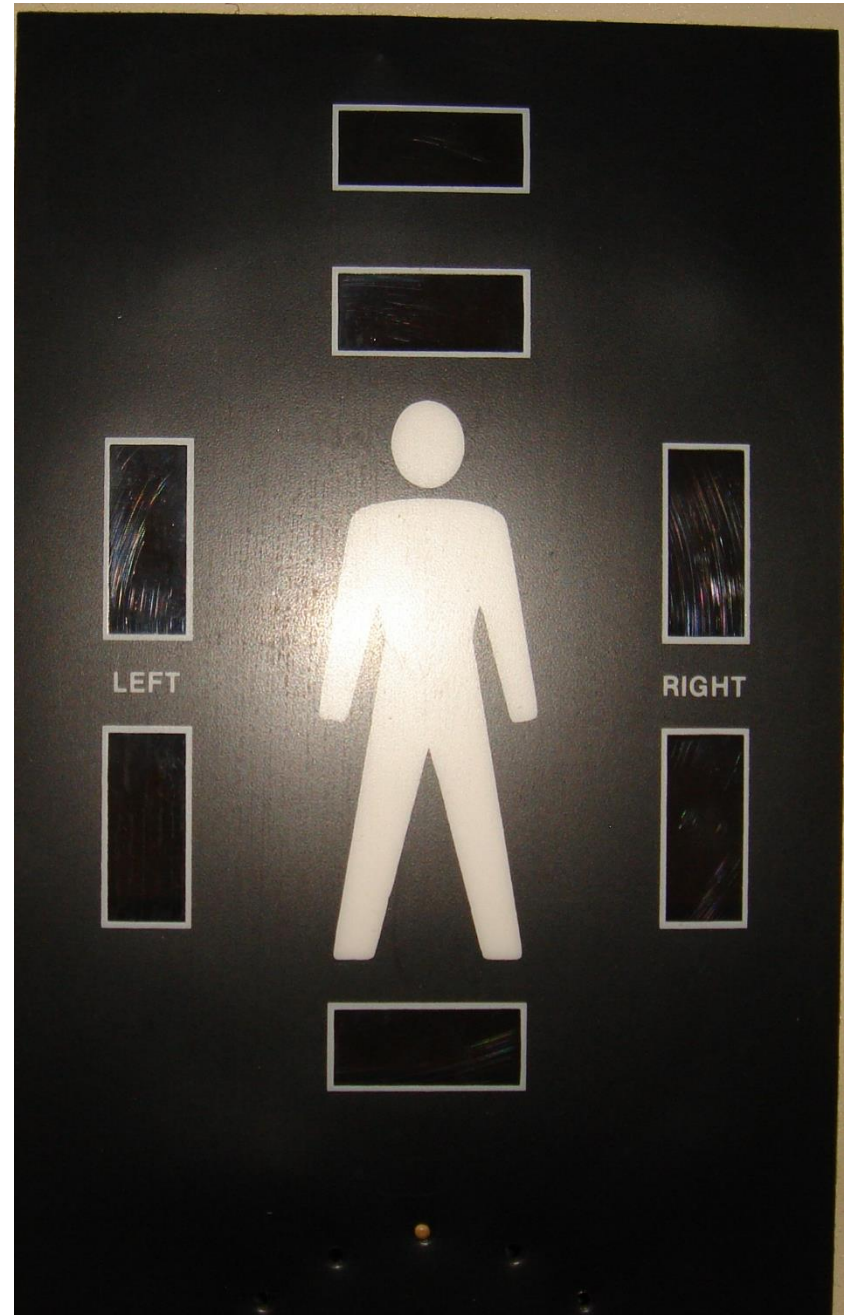
有效劑量的單位為西弗(Sv)



門窗型偵檢器



phosphor scintillation



手足偵檢器



主要用於偵測人員污染

人員體表污染監測



污染監測器(contamination survey meter)

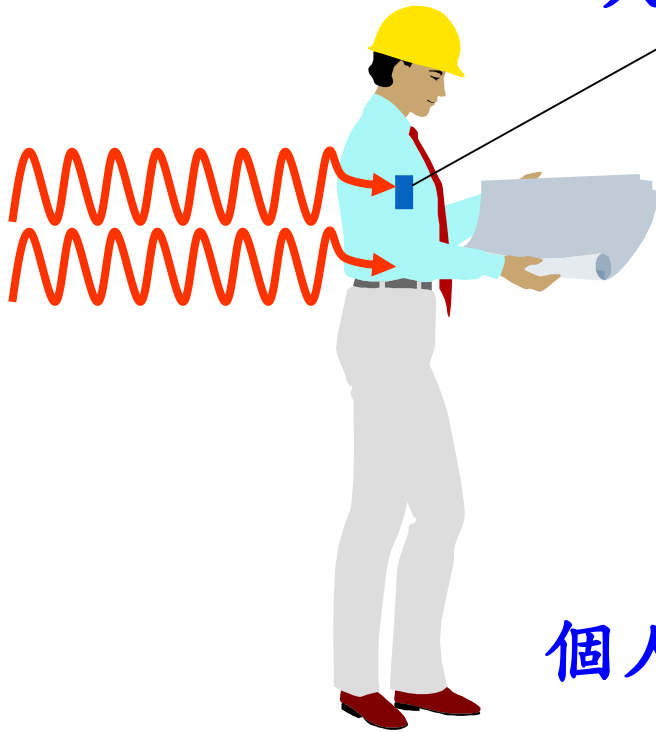
1. 衣物污染
(單位面積上的污染活度)
2. 皮膚污染
(單位面積上的污染活度)

放射性活度的單位為貝克(Bq)

污染監測器的單位為計數率(cpm)

個人劑量監測

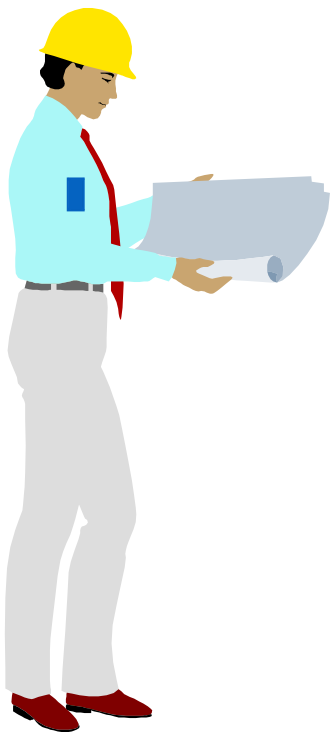
人員劑量計(personnel dosimeter)



1. 深部等效劑量(有效劑量)
(深度1公分處的軟組織)
2. 淺部等效劑量(皮膚等價劑量)
(深度0.007公分處的軟組織)
(水晶體0.3公分處)

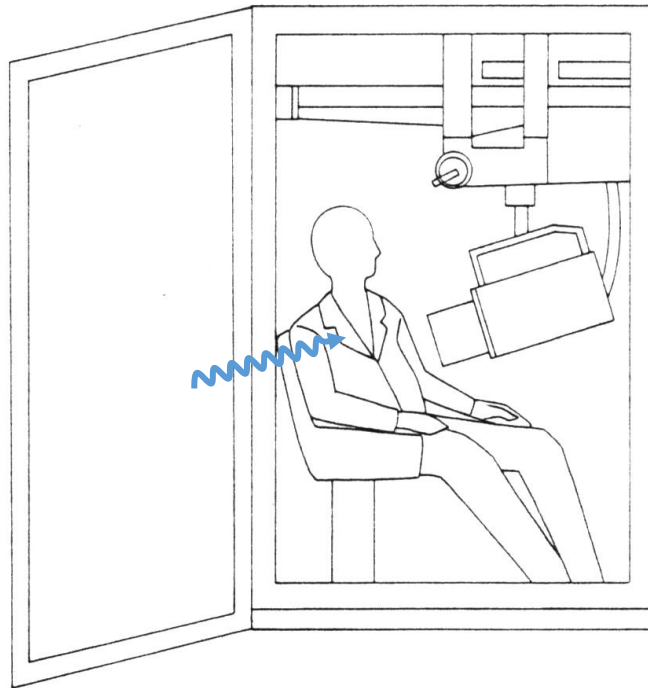
個人等效劑量的單位為西弗(Sv)

人員劑量計



1. 熱發光劑量計(thermoluminescent dosimeter)
(長期人員劑量監測)
2. 直讀式劑量筆(direct reading dosimeter)
(短期人員劑量監測，無警報功能)
3. 警報型劑量計(alarm dosimeter)
(短期人員劑量監測，有警報功能)

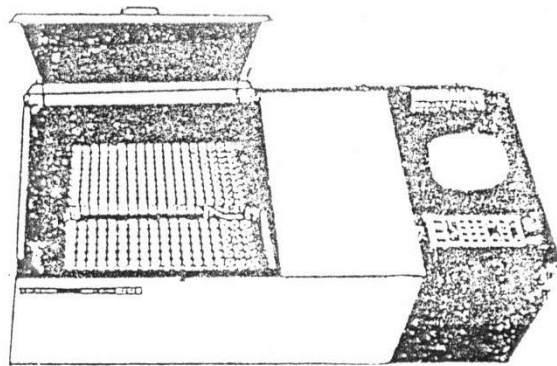
人員體內污染監測(全身計測)



清華大學全身計測室

適用於加馬衰變
之體內污染核種，
可作全身掃描或
單一組織或器官
計測。

人員體內污染監測(生物鑑定)



適用於阿伐、貝他或加馬衰變之體內污染核種，常用於尿樣分析。

液態閃爍計數器
liquid scintillation counter

輻射劑量與單位

輻射的單位

等效劑量：

用以表示游離輻射對人體組織的影響程度。

國際單位是西弗（Sv）。

活度：

用以表示放射性同位素在單位時間內衰變的次數，
活度愈大表示放射性愈強，國際單位是貝克（Bq）。

輻射單位換算

1西弗 = 1000毫西弗

1毫西弗 = 1000微西弗

生活中的非游離輻射

- 手機與基地台

- 家電產品

微波爐、電視、吹風機、冰箱、電鬍刀、
洗衣機、吸塵器、檯燈

- 變電所

- 紫外線(主要來自陽光)



生活中的游離輻射



天然輻射-宇宙射線

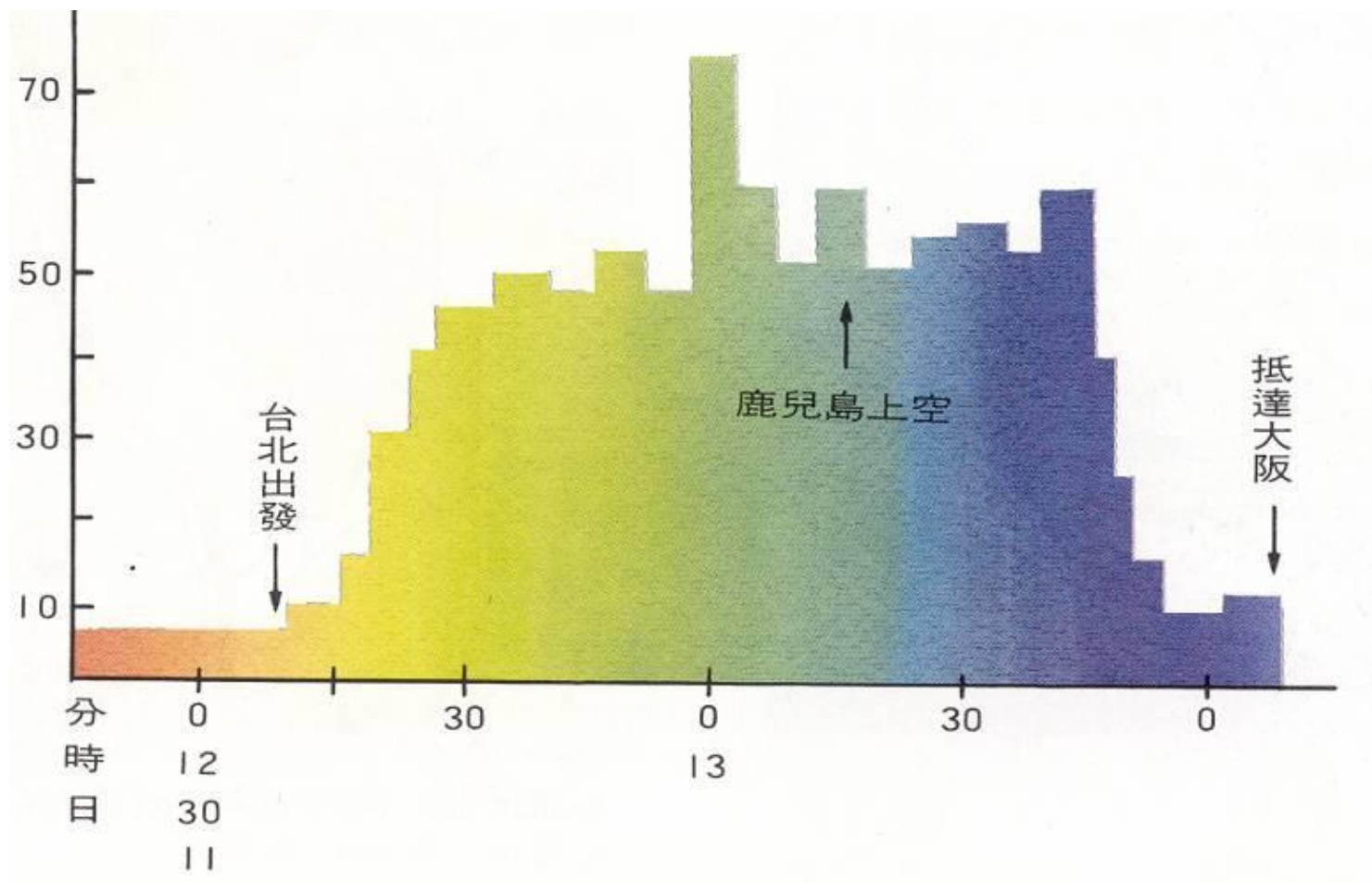
高空飛行可能接受之宇宙射線劑量

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



台北 → 大阪 宇宙射線相對劑量率

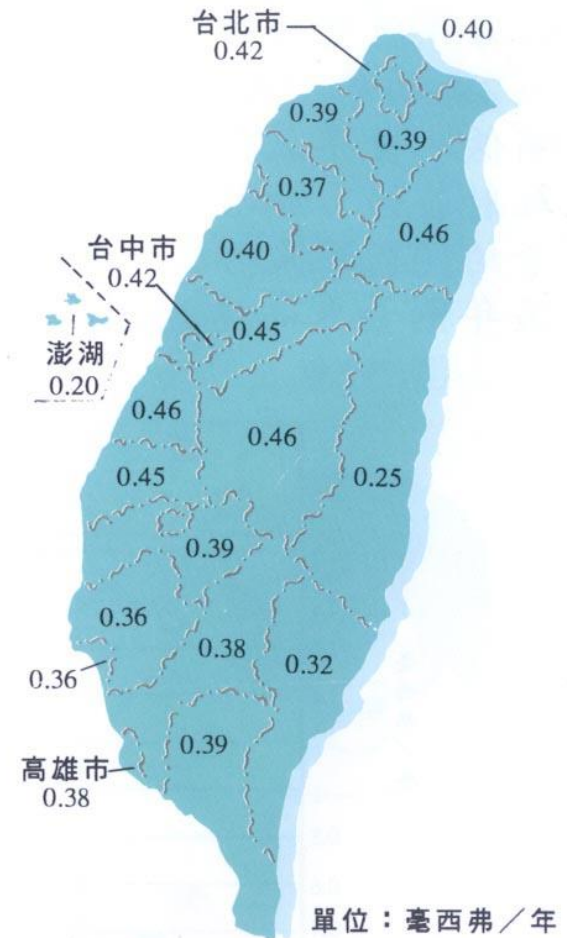


資料來源： 輻射偵測中心

天然輻射-地表輻射

►地表的土壤及岩石含有天然放射性核種。

►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劑量。



台灣地區地表輻射年劑量

輻射偵測中心

<http://www.trmc.aec.gov.tw/big5/start.htm>

具放射性之北投石

- 北投石是一種溫泉沉澱結晶物，北投地熱谷冒出的泉水，酸性硫酸鹽及氯化物含量很高，當水溫、酸鹼值適當時，鋇離子和鉛離子就會結合，而沉澱在河床或兩岸的岩石表面上或縫隙間，形成一層一層細粒的礦物結晶。
- 全球唯一以台灣地名命名的礦石，僅在台灣和日本有發現。
- 由日本人岡本要八郎發現命名（1912），我國中研院前院長李遠哲博士之碩士論文(北投石的放射能研究，1961)即以北投石為研究對象。



北投石—北投溫泉博物館鎮館之寶。
(800公斤重，表面最高劑量約為1.29
微西弗/時)

具放射性之北投石



展品提供 | 中華民國礦岩協會

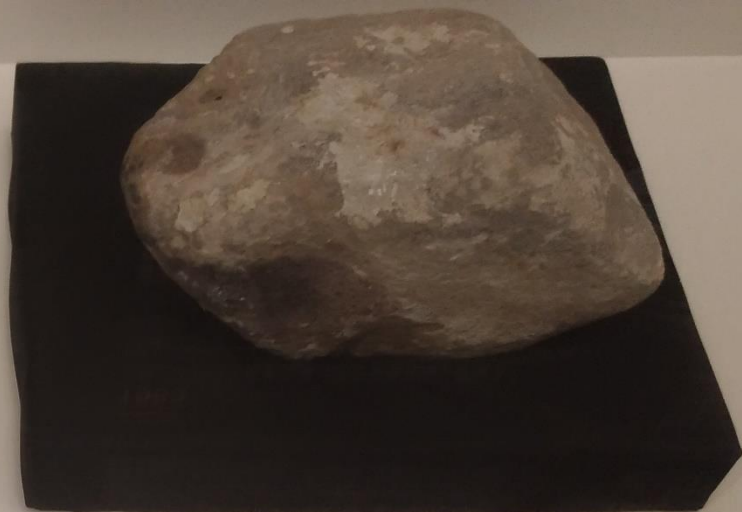
Hokutoite sample courtesy of the Mineral Association of the R.O.C.

展示物提供 | 中華民國礦岩協會

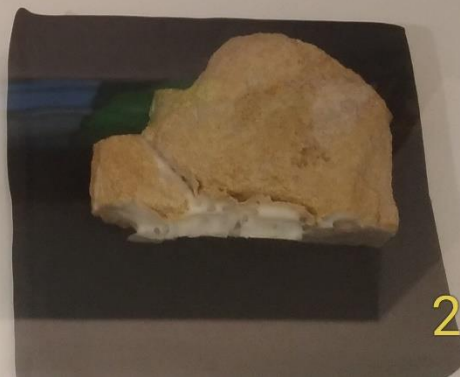
具放射性之北投石



北投石
Hokutolite
北投石



北投石
Hokutolite
北投石



2020年3月14日

具放射性之北投石



具放射性之北投石

岡本要八郎與北投石研究

Okamoto Yohachiro and the Study of Hokutolite 岡本要八郎と北投石の研究

西元1905年（明治38年），岡本要八郎在北投溪發現北投石，並首先證明這種天然礦物含有微量放射性；1909年東京帝國大學的神保小虎教授確定北投石是「硫酸鉛鋇放射能礦石」，後來在1912/11/20國際礦物會議上被正式命名為「北投石」。岡本要八郎（1876—1960）生於日本愛知縣，1899年來到臺灣，曾任教於艋舺祖師廟第一附屬學校。1908年創立「臺灣博物學會」並任總督府技術員；1925年離開臺灣，1928年由廈門返回日本。岡本要八郎利用公餘時間研究臺灣礦物，先後於1902年發現角閃石、1903年發現風信子礦、1905年發現北投石，1907年注意到北投石特殊的結晶、1916年在新店發現酸化鈦礦等；著有「臺灣礦物調查報告」「臺灣產北投石調查報告」，是臺灣非常重要的礦物文獻。

In 1905, (the 38th year of Japanese Emperor Meiji's reign), Okamoto Yohachiro discovered hokutolite in the Beitou Stream and proved that this natural mineral was slightly radioactive. In 1909, Professor Jinbo Kitora of Tokyo Imperial University confirmed that the mineral hokutolite was a "radioactive lead-barium sulfate mineral." This particular kind of mineral was officially presented at International Mineral Council on November 20, 1912 and named hokutolite in 1913.

Okamoto Yohachiro (1876-1960) was born in Aichi, Japan. He came to Taiwan in 1899 and taught at the First Affiliated School of Chingshui Master's (Zhu-shi) Temple. In 1908, he established the Natural History Society of Taiwan and served as a technician at the Governor's Office.

He left Taiwan in 1925, returning to Japan from Xiamen in 1928. Okamoto Yohachiro studied minerals in Taiwan during his free time, discovering hornblende in 1902, hyacinth mines in 1903, hokutolite in 1905 and noticing its special crystals in 1907, and also discovered acidified titanium mines in Xindian in 1916. His research, "A Report on Minerals in Taiwan" and "A Report on Taiwanese Hokutolite" were both very important pieces of literature about the minerals in Taiwan.

西曆1905年（明治38年），岡本要八郎在北投溪發現北投石，此天然礦物含有微量放射性物質，他首先證明。1909年東京帝國大學的神保小虎教授確定北投石含有放射性的拉鋯石（硫酸鋇鋇）和硫酸鉛組成。1907年他注意到北投石特殊的結晶，1916年在新店發現酸化鈦礦等。1908年他創立「臺灣博物學會」並任總督府技術員。1925年他離開臺灣，1928年由廈門返回日本。岡本要八郎利用公餘時間研究臺灣礦物，先後於1902年發現角閃石、1903年發現風信子礦、1905年發現北投石，1907年注意到北投石特殊的結晶、1916年在新店發現酸化鈦礦等；著有「臺灣礦物調查報告」「臺灣產北投石調查報告」，是臺灣非常重要的礦物文獻。

800公斤的北投石

An 800-kilo Piece of Hokutolite
800KG的北投石

800kg

北投石產於北投溪，為表面顆粒狀乳白色的結晶部分，北投石形成一公分厚的結晶所需時間約120年。現在所見的標本母岩為「石英安山岩」，全重約800公斤，是目前所發現的北投石中最大的一顆。

展品提供 | 中華民國礦岩協會(The Minerals Association R.C.C)

Hokutolite, which is found in the Beitou Stream, takes the form of granular milky-white crystals. The host rock shown here is dacite; its total weight is approximately 800 kilos, making this the largest example of hokutolite ever discovered.

Hokutolite sample courtesy of the Mineral Association of the R.O.C.

表面に見える粒状の乳白色の結晶部分が北投石で、北投溪に産出します。この岩石標本は母岩が「デイサイト」(Dacite)であり、これまでに発見された北投石の中で最大で、総重量は約800Kgです。

展示物提供 | 中華民國礦岩協會(The Minerals Association R.C.C)

北投石的化學性質

Chemical Properties of Hokutolite
北投石的化學性質

北投石是具有放射性，以「硫酸鉛鋇」為主要成分的稀有礦物，因此在國際間享有盛名。除了北投溫泉外，日本玉川溫泉、俄羅斯等地也有微量的「北投石」。

Hokutolite is radioactive, and is mainly comprised of lead-barium sulfate. It is a rare mineral well-known around the world. Apart from Beitou, small amounts of hokutolite have been found in Tamagawa Hot Spring in Japan and in Russia.

北投石は放射線を放出し、硫酸鉛と硫酸バリウムを主な化学組成とする稀有な鉱物であることから、国際的に有名です。北投温泉だけでなく、日本の玉川温泉とロシアで微量の北投石が発見されています。

2020年3月14日

原子能的民生應用

研究



微量元素分析



年代測定



示蹤劑

工業



非破壞檢測



厚度測定



夜光錶塗料

農業



食品照射



害蟲防除



品種改良

醫療



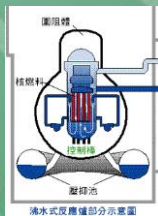
癌症治療



醫療用具滅菌



X光檢查



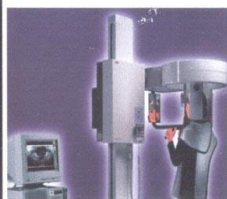
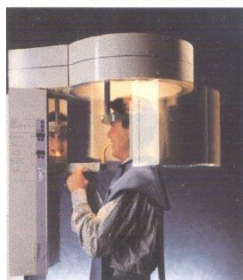
核能發電

人造輻射-醫療輻射

放射診斷

進步型數位全口與矯正 X 光

ORTHOPHOS Plus DS



電腦斷層掃描儀

2010年檢查人次

約150萬人次

劑量:依部位不同，
約2-16mSv



乳房攝影X光機

2010年檢查人數

約50.2萬人

劑量:平均約0.7mSv/人

人造輻射－醫療輻射

放射治療、核醫藥物.....



高能遠距+近接式
放射治療

2010年檢查人次
約122萬人次

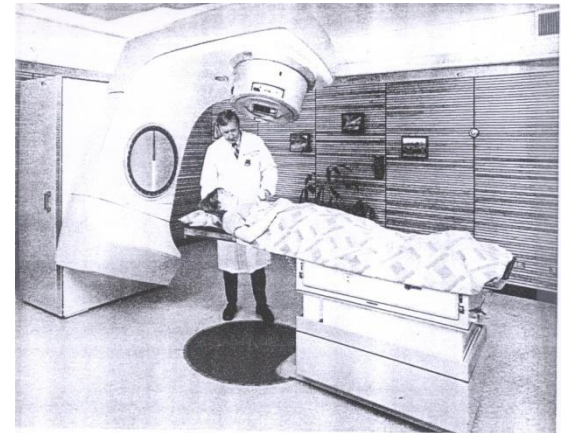
劑量:視不同癌症
給予不同治療劑量



核醫檢查含
正子斷層掃描儀

2010年檢查人次
約47萬人次

劑量:以腦部PET
為例約7mSv



人造輻射-民生消費品

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

陶瓷器皿
(天然的U、Th、K)

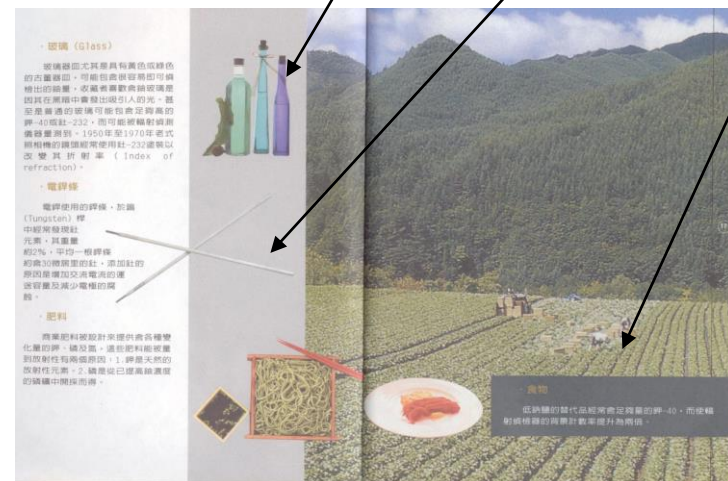


煙霧偵檢器
(²⁴¹Am)

黃綠古董玻璃
(天然的U、Th、K)

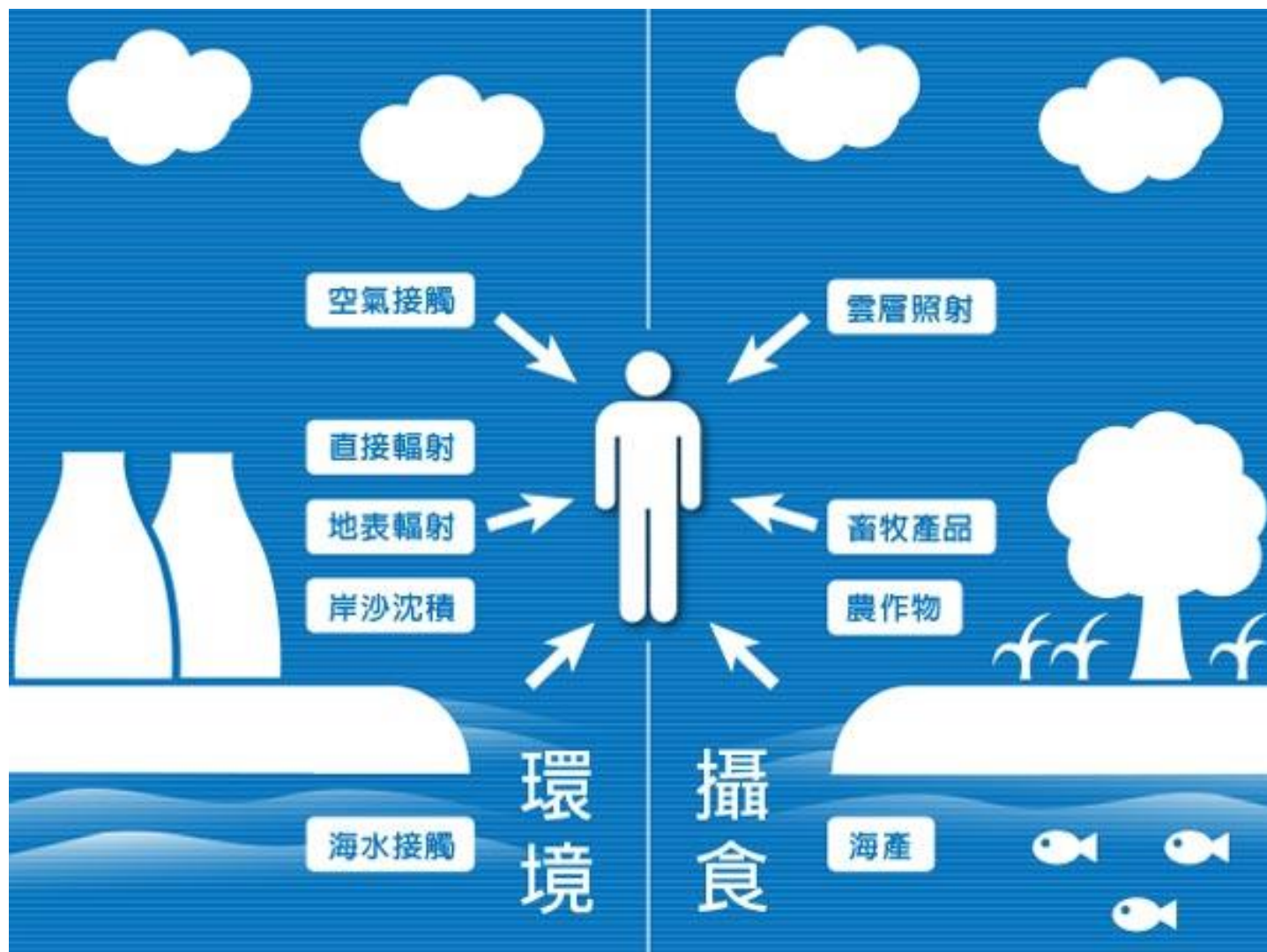
電焊條
(鎢桿中的Th)

肥料
(K, P, U)

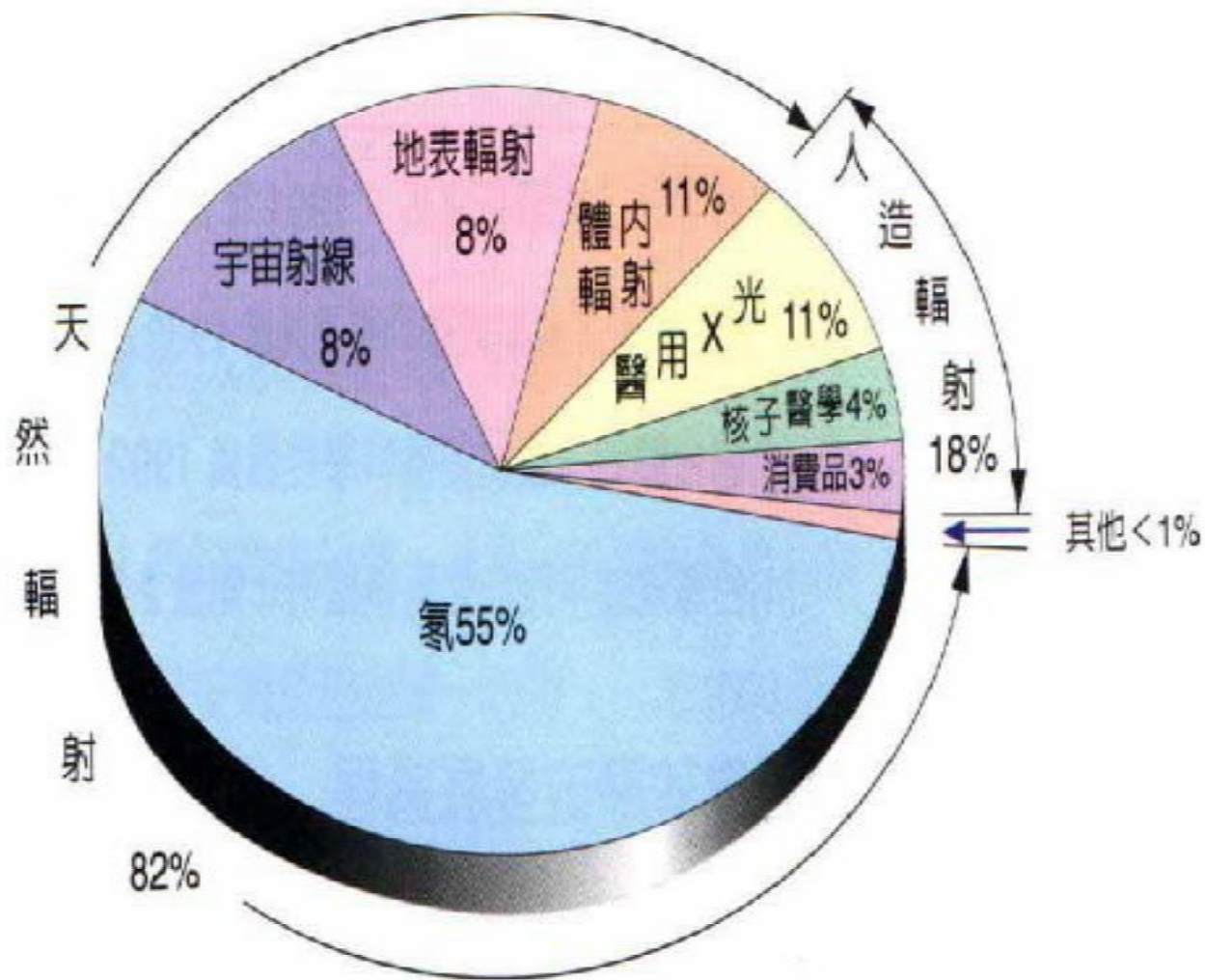


人造輻射-核能設施

核能電廠的環境影響途徑



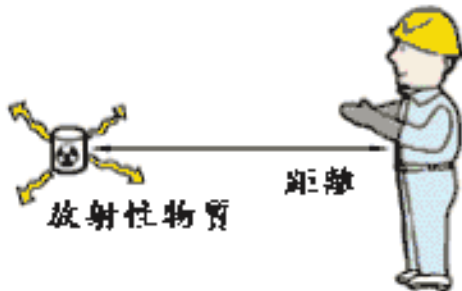
生活中的輻射



體外暴露的輻射防護

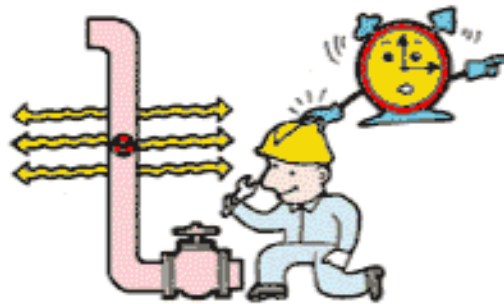
距離

劑量率與距離的平方成反比

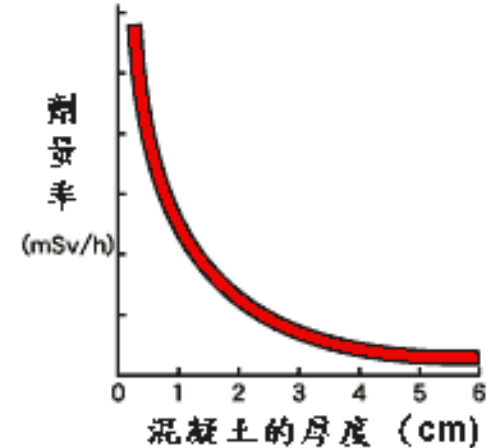
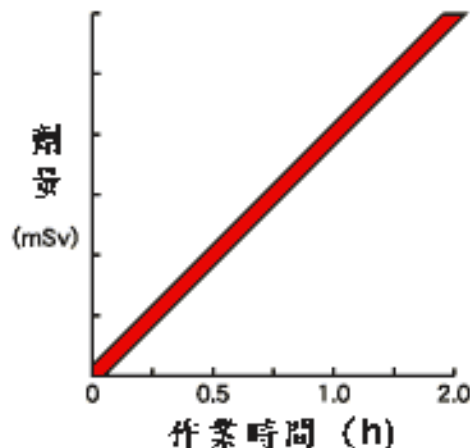
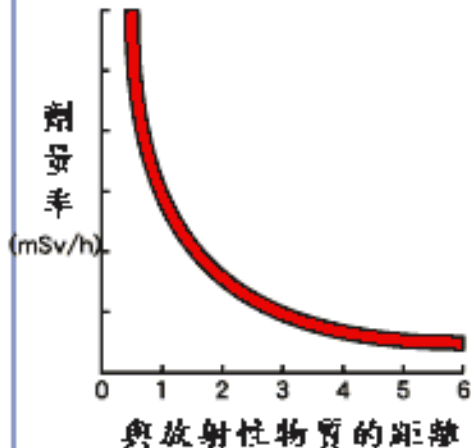
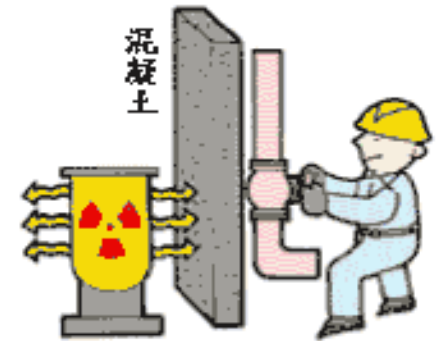


時間

[劑量]=[作業場所劑量率]X[作業時間]



屏蔽



游離輻射體外曝露防護法則

- 時間：
減少輻射照射時間
- 距離：
遠離輻射源降低劑量
- 屏蔽：
加屏蔽阻擋輻射



體內曝露的輻射防護

- 放射性物質侵入體內的途徑

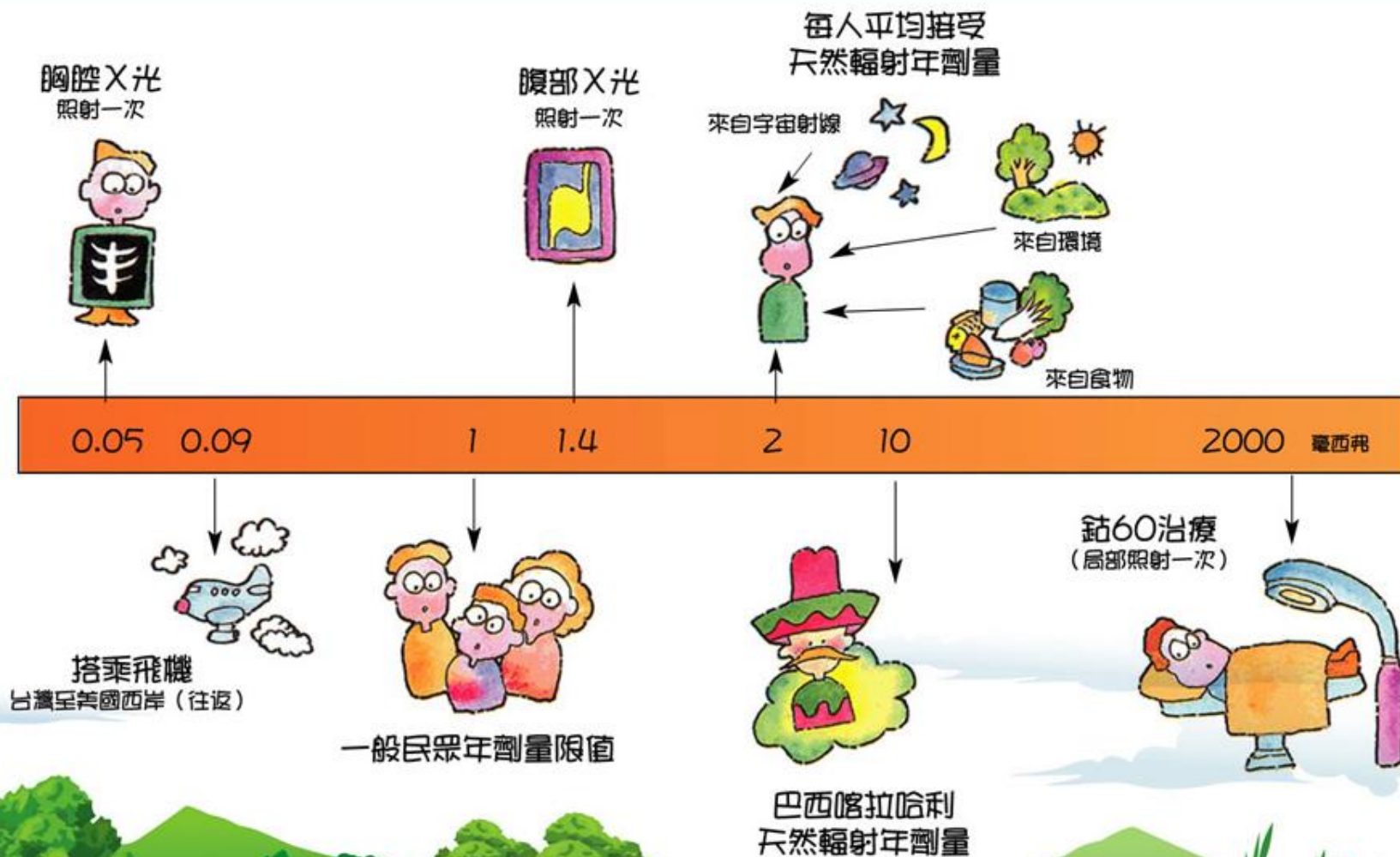
飲食、呼吸、皮膚吸收、傷口侵入

- 防護法則

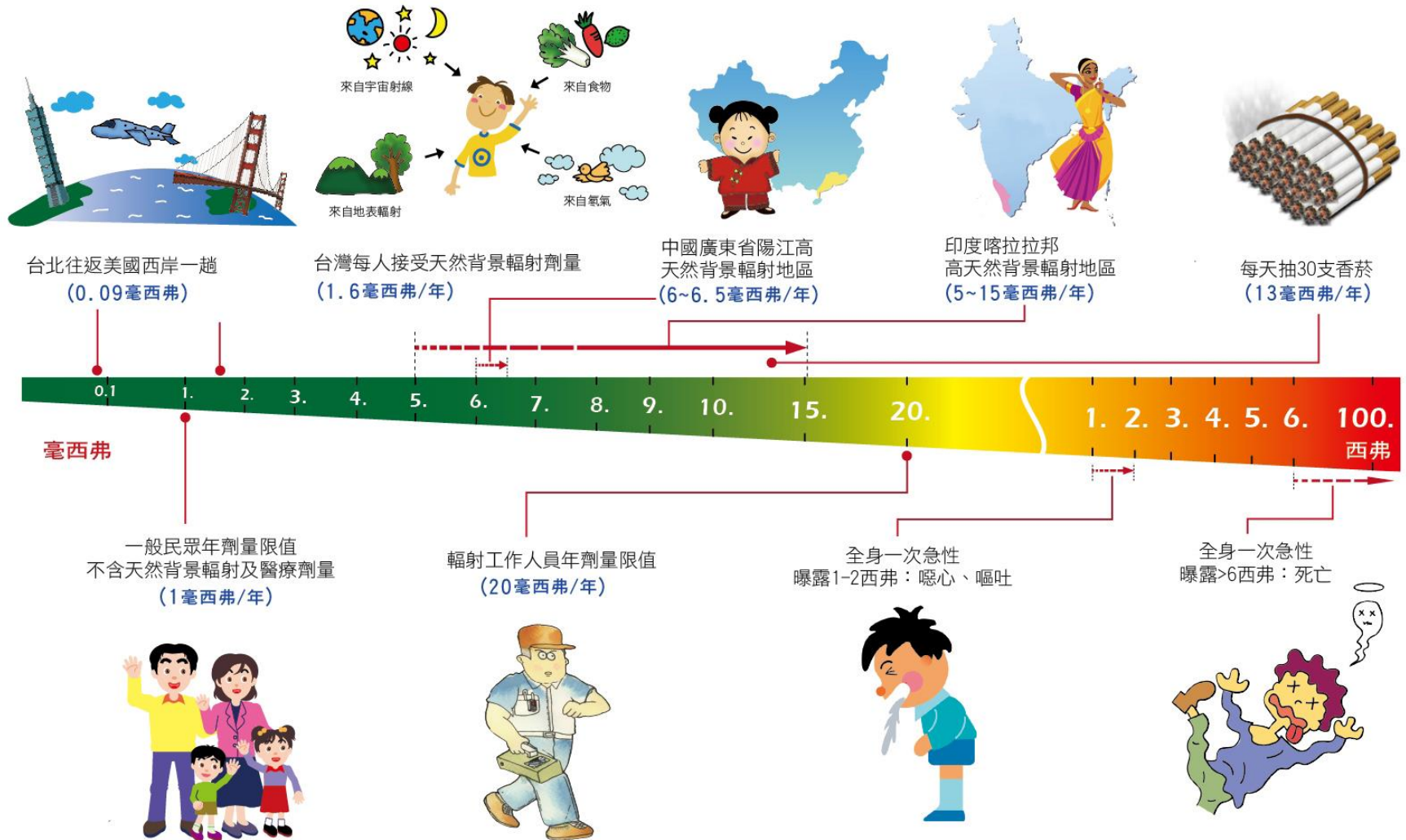
避免攝入、減少吸收、增加排泄、
避免污染、加強除污



輻射劑量比較圖

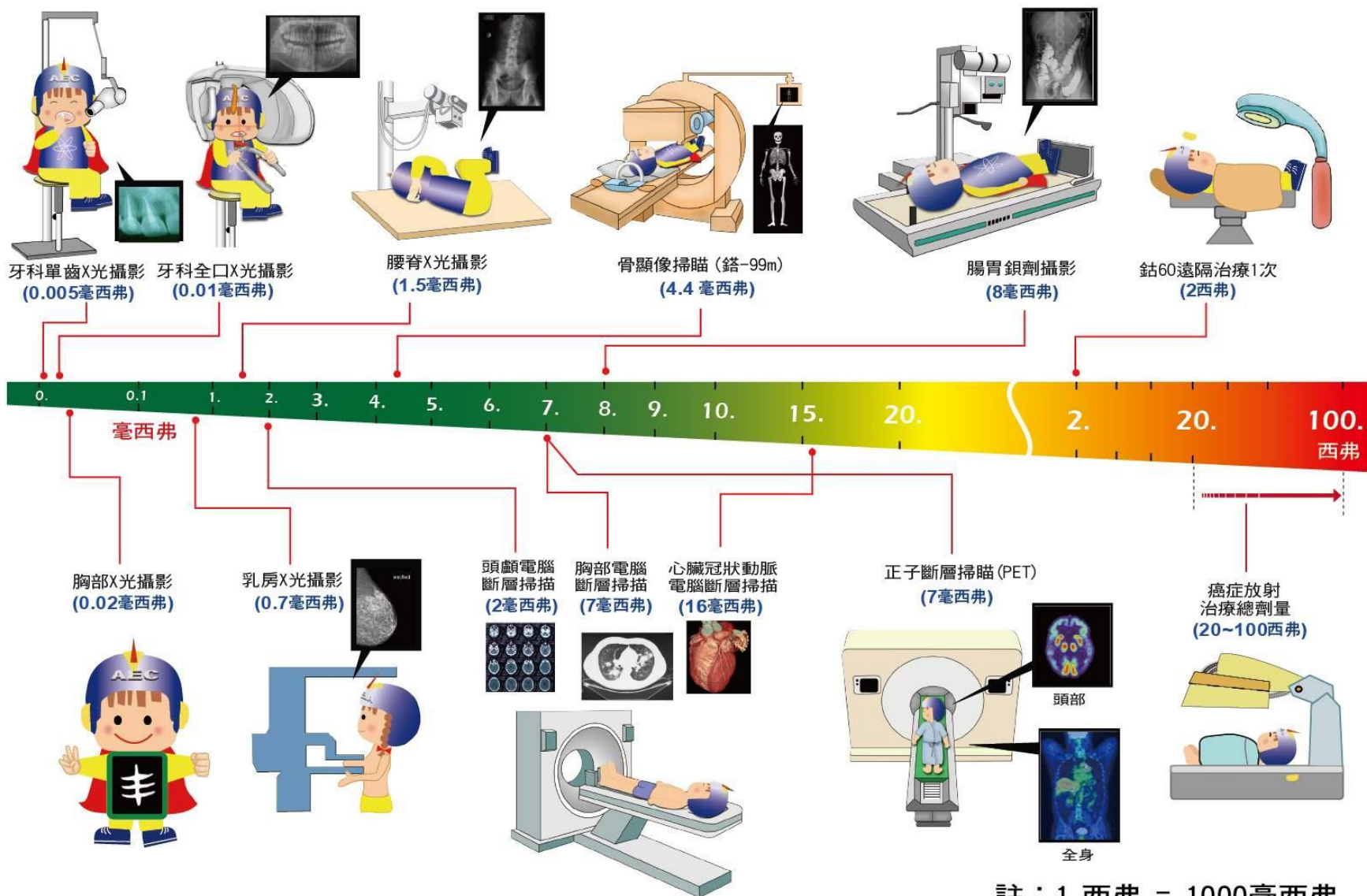


一般游離輻射劑量比較圖



註：1 西弗 = 1000毫西弗

醫療游離輻射劑量比較圖



- **機率效應(stochastic effect)**：是指效應發生的機率而非嚴重性，因此應以機率表示，是劑量的函數，且無低限劑量存在。例如遺傳效應是屬於機率效應，而致癌的軀體效應也是屬於機率效應，而且兩者均無低限劑量存在。換句話說，只要受到輻射的照射，就有發生機率效應的可能性存在。
- **非機率效應(non-stochastic effect)**：是指效應發生的嚴重性，而且非機率效應有低限劑量存在。例如皮膚的紅斑、脫毛、眼球的白內障，以及不孕等都屬於非機率效應。此種效應的嚴重程度與輻射劑量的多寡成正比關係。在ICRP-60出版物內非機率效應已改稱為**確定效應(deterministic effect)**。

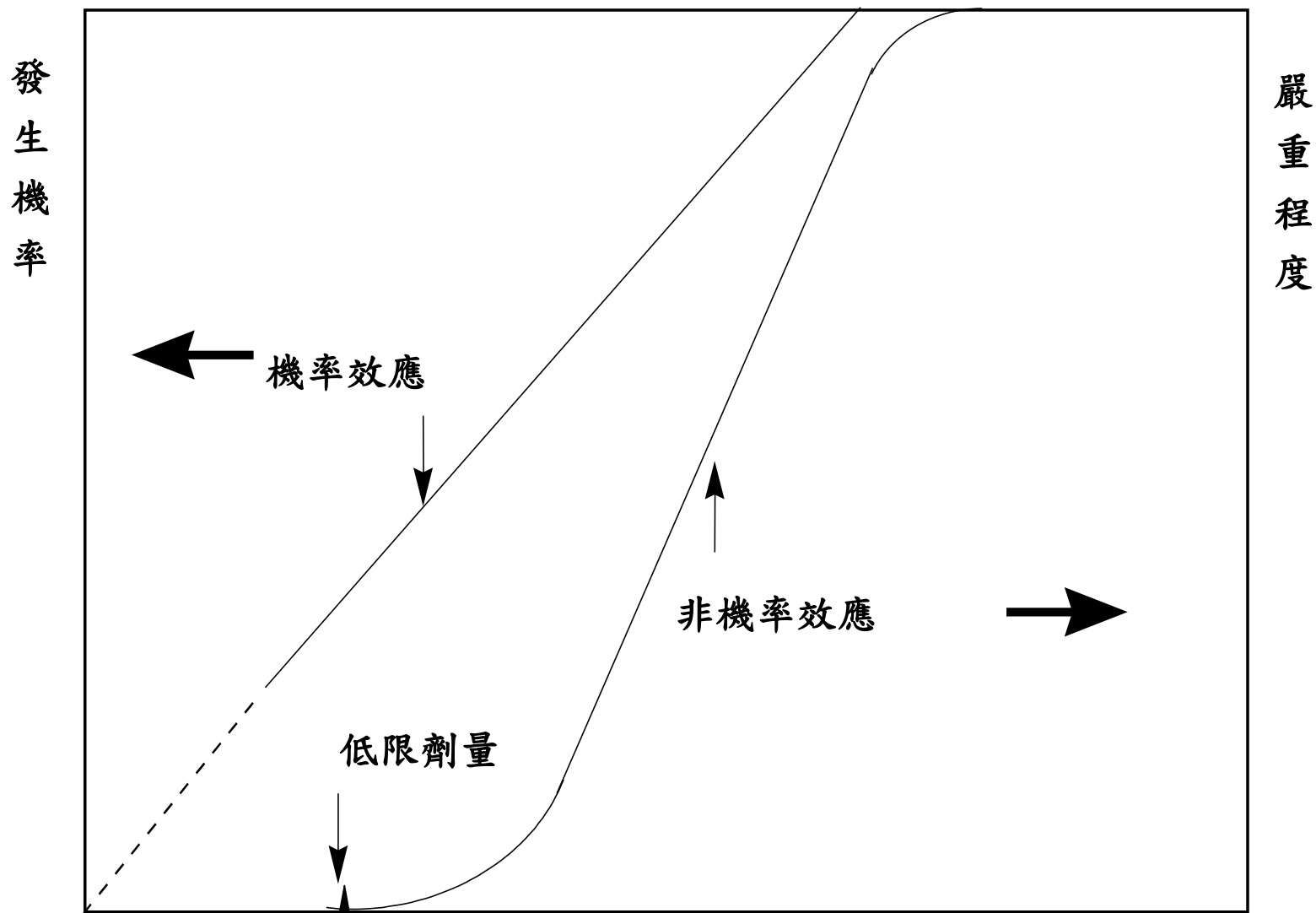


圖1.22機率效應和非機率效應與劑量關係

車諾比事故民眾健康影響

國際權威衛生單位(WHO、UNSCEAR等)經多年長期研究，已對車諾比事故民眾健康影響有嚴謹完整結論：

- 截至2013年為止，確認與輻射有關死亡者共28人，都屬於事故初期重度輻射曝露的救火人員，其他21例死因與輻射關聯性均已合理排除。
- 甲狀腺癌是目前唯一可歸因於車諾比事故所造成的民眾健康影響。事故迄今約有6,000例甲狀腺癌發生，但死亡案例為15例。甲狀腺癌非屬致死癌症，可以手術治療，一般預後良好。
- 即使在嚴重汙染的三個地區(俄羅斯、白俄羅斯、烏克蘭)，也沒有證據顯示會增加民眾罹癌風險。比對輻射較高與較低區域民眾的罹癌風險，前者並沒有增加。一般民眾在車諾比事故所受的輻射劑量太低，不可能找到罹癌風險增加的證據。

福島事故健康風險評估

2011年3月11日
日本福島發生了什麼事？

福島事故健康風險評估



2011年3月11日，日本發生九級強震

福島核電爆發核災！

福島事故健康風險評估



福島事故健康風險評估

世界衛生組織(WHO)與聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)在2013年2月、5月陸續發表福島事故民眾與救災員工健康風險評估報告，結論說明如下：

- 除2個村莊(浪江町及飯館村)的嬰幼兒族群外，其他地區罹癌風險都不會增加。這兩地也只有男嬰白血病、女嬰乳癌與女嬰甲狀腺癌的罹患風險會比自然罹癌風險增加0.04% - 0.52%不等，其餘癌症風險並未增加。但甲狀腺癌不是致死癌症，可以手術治療，癒後通常良好。
- 所有地區民眾都不會發生確定健康效應，不影響胚胎發育、妊娠與胎兒發展、也不會增加流產或先天缺陷及認知功能障礙風險，更不會因輻射而死亡。
- 目前7名死亡員工都證實與輻射無關，估計除3名員工甲狀腺功能可能略受影響外，其他工作人員健康不受影響。

謝謝大家!
Thanks for Your Attention!

