



114年地方政府輻射災害防救講習

游離輻射防護簡介

簡報大綱 **Outline**



- ① 認識輻射
- ② 輻射民生應用
- ③ 輻射安全管制
- ④ 輻射防護

簡報大綱 **Outline**



- ① 認識輻射
- ② 輻射民生應用
- ③ 輻射安全管制
- ④ 輻射防護

什麼是輻射？



單字：輻

注音：ㄈㄨˊ

漢語拼音：fú

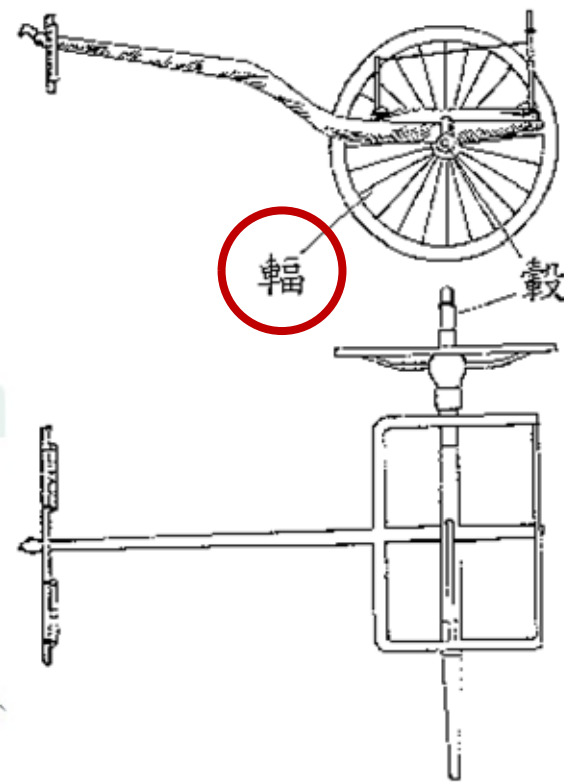
部首：車

部首外筆畫：09

總筆畫數：16

解釋

- (1) 車輪中連接外輪圈與軸心的木條。
- (2) 輻射：光、熱、核射線等向外放射的現象。

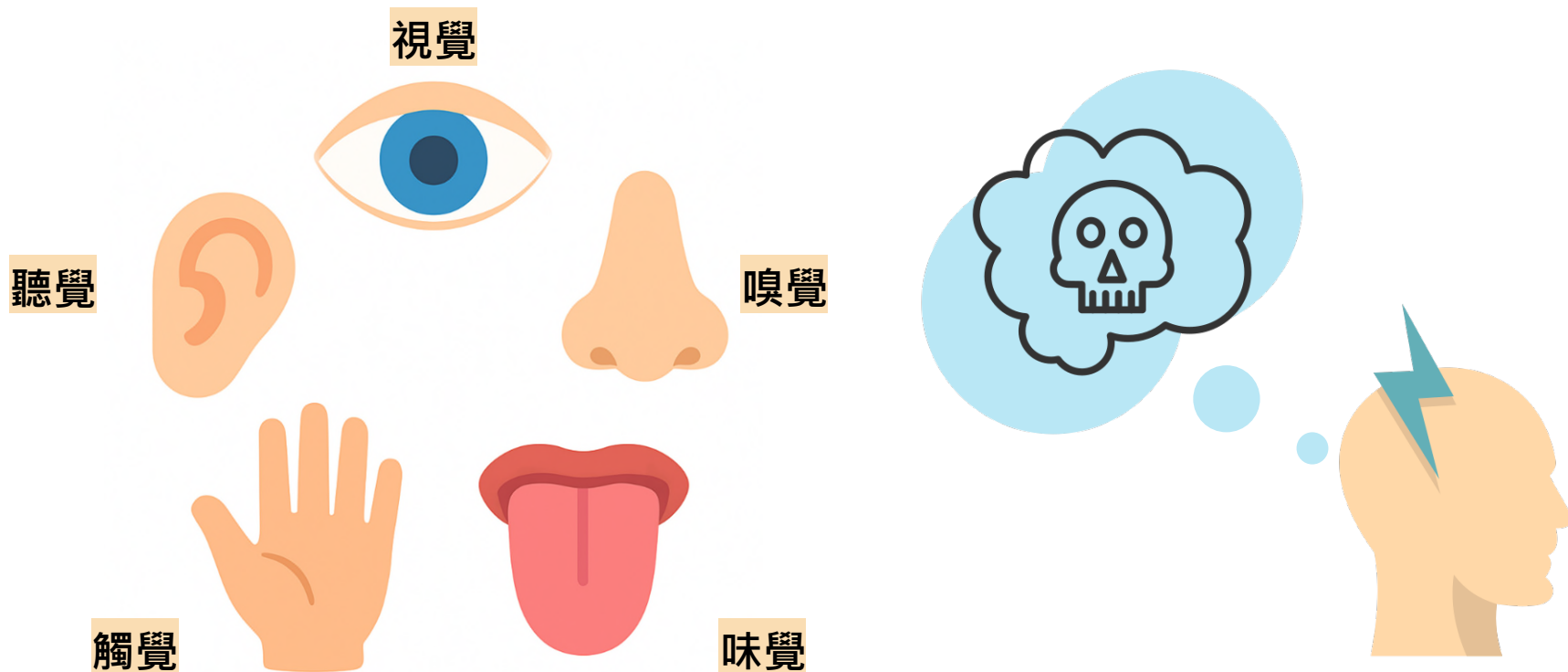


引用自教育部國語小字典

為什麼談「輻」色變？

□ 輻射無色無味無聲無形，
無法透過人體五感察覺。

□ 想像會加深恐懼感！

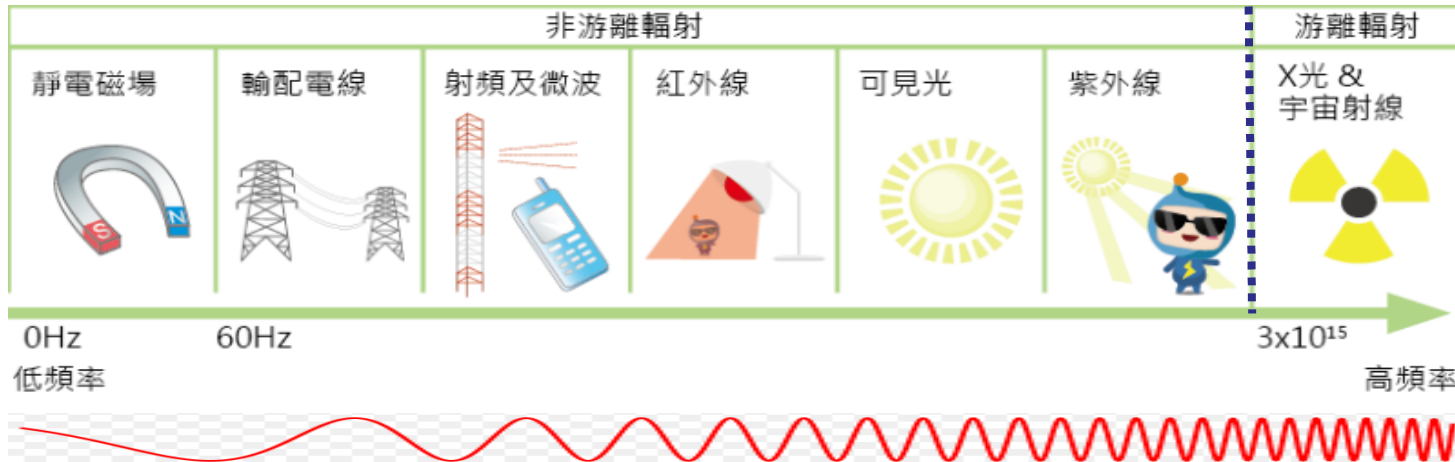


非游離輻射 vs 游離輻射

非游離輻射

能量約為
10 keV

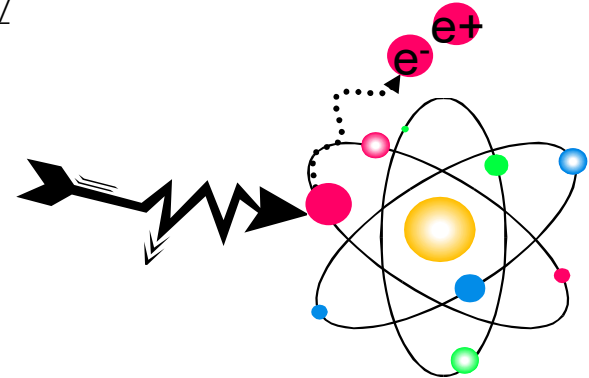
游離輻射



圖片來源：環境部非屬原子能游離輻射管制網、<https://nonionized.moenv.gov.tw/>

游離作用：

原子核外圍的**電子**被打出，產生一個離子對（帶正電的離子及電子）。



非游離輻射

游離輻射

代表符號



能量高低

低能量
不會使物質產生游離作用

高能量
會使物質產生正、負電荷的游離作用

波 長

較**長**

較**短**

頻 率

較**低**

較**高**

種類區分

無線電波、電磁波、微波、
紅外線、可見光、紫外線等

電磁輻射：X光、 γ 射線、
粒子輻射： α 粒子、 β 粒子、電子、
質子、中子等

常見來源

高壓電塔、手機、基地台、微波爐

放射性物質（鈷-60、銻-137）、
X光機

度量單位

高斯（G）、特士拉（T）

貝克（Bq）、西弗（Sv）

主管機關

環境部（環境影響及監測）
衛福部國民健康署（人體健康的影響）
國家通訊傳播委員會（基地台管理）
經濟部標準檢驗局（商品檢測）

核能安全委員會
（游離輻射作業之安全管制與劑量管理、
全台環境輻射的監測等）

游離輻射是IARC第1級致癌物

第1級致癌物

對人類具有致癌性
流行病學證據充分！



檳榔



吸菸



加工肉

游離輻射



包含X-ray、加馬射線、宇宙射線、氡氣、與各種放射性物質及其衰變產物。

第2級致癌物

第2A類致癌物 可能對人類有致癌作用

第2B類致癌物 也許對人類有致癌作用

「非」游離輻射



極低頻磁場對兒童白血病、含無線電話在內之射頻電磁波 (第2B類)

極低頻電場、靜電磁場 (第3級)

第3級致癌物

尚無法歸類為對人類的致癌性

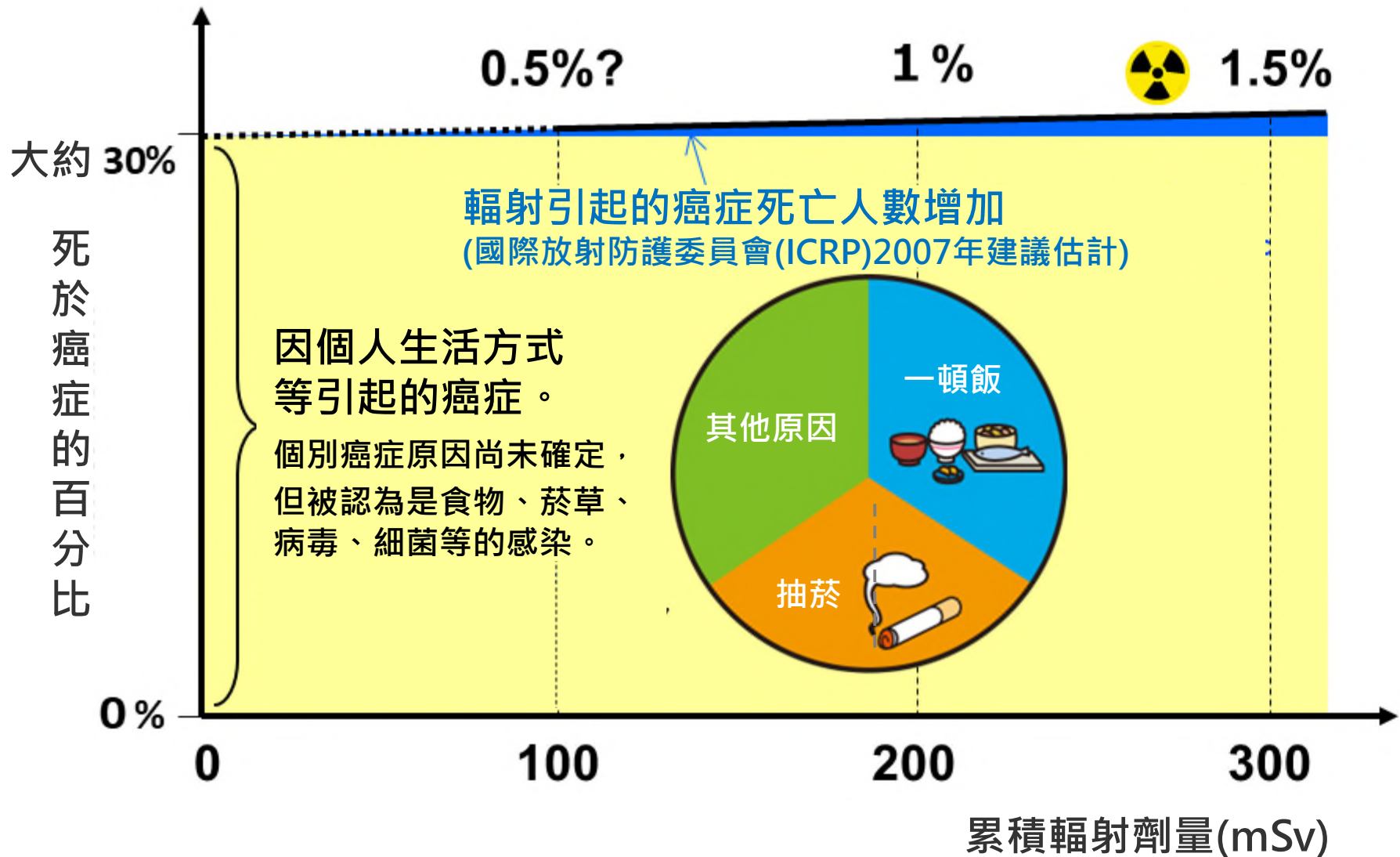
第4級致癌物

可能對人類沒有致癌性

Adapted from 國民健康署 facebook 圖片

國際癌症研究總署 (International Agency for Research on Cancer · IARC)

輻射曝露致癌風險



輻射燒傷(Radiation Burn)

□ 臨床症狀類似「熱傷害」

□ 輻射「燒傷」的症狀

- 皮膚發炎
- 發癢及泛紅
- 疼痛、脫皮
- 潰瘍、起水泡
- 組織壞死、皮膚剝落

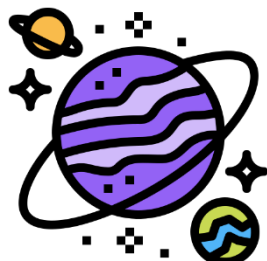




身在「輻」中要知輻！

宇宙射線：

宇宙射線來自於外太空，故所處地勢越高，接受到的宇宙射線也會較多！



岩石土壤：

地球的生成即為一連串核反應，故形成之初，地殼中就有許多微量的放射性元素。



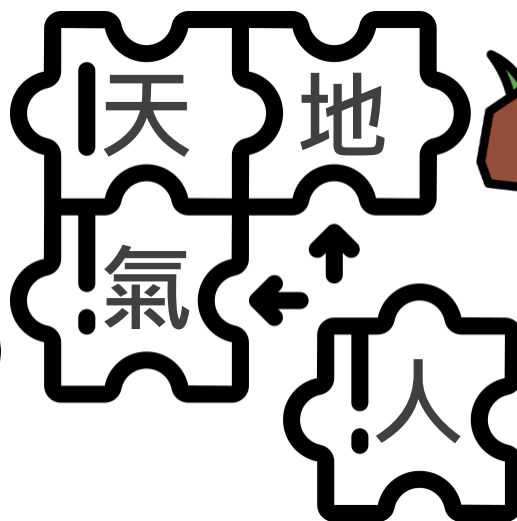
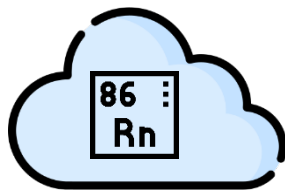
食物：

我們吃的食物中含有許多微量的天然放射性元素，其中以鈾-210及鉀-40含量最高。



氡氣：

氡氣是天然背景輻射中，人體最主要的劑量來源；建築中所使用的石材，也是氡氣的來源之一。



天然輻射-來自宇宙射線(1/2)

- 宇宙射線來自外太空，主要由83%的高能質子，16%的 α 粒子及其他高能粒子所組成，稱為一次宇宙射線。
- 一次宇宙射線與大氣層中的空氣分子作用後，產生包括中子，質子等的二次宇宙射線，並穿透大氣層對生物體造成曝露。

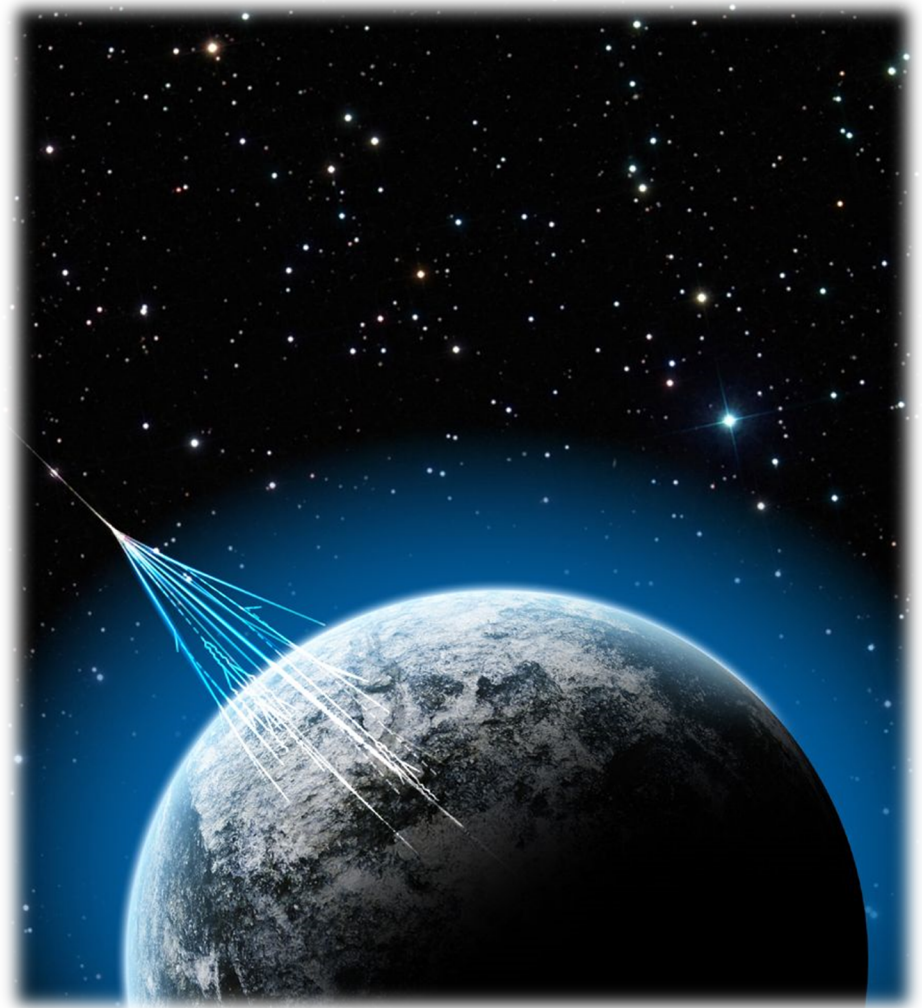


Image credit: NSF/J. Yang

天然輻射-來自宇宙射線(2/2)

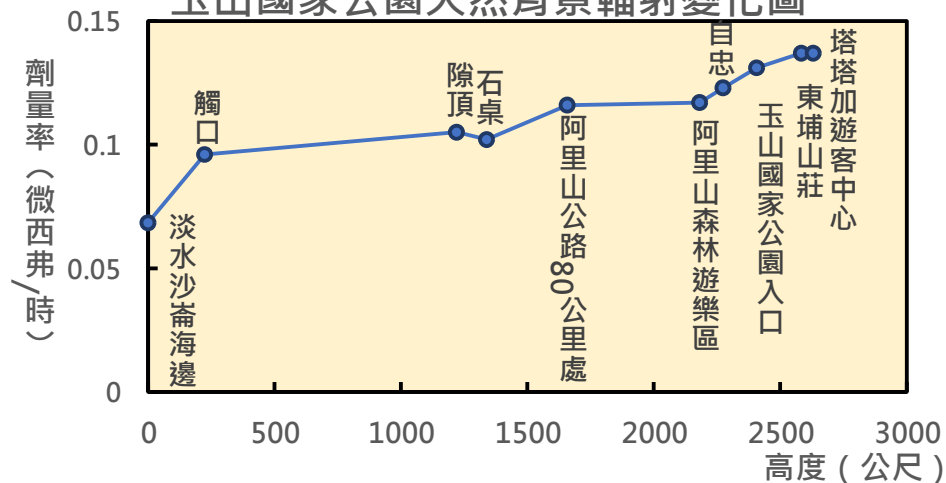
□ 宇宙射線在離地表愈高的位置愈強，所以造成的劑量也較高；約每升高1,500~2,000公尺，劑量率就會增加一倍。

□ 受地磁影響，在同一高度時，赤道附近之宇宙射線強度較低，而愈往南北兩極則愈高。

玉山國家公園輻射地圖



玉山國家公園天然背景輻射變化圖



天然輻射-來自地表輻射

□ 地表輻射即存在於地殼、岩石、土壤中的天然放射性核種，主要為鉀-40、釷、鈾元素及釷、鈾衰變系列核種所產生之輻射。



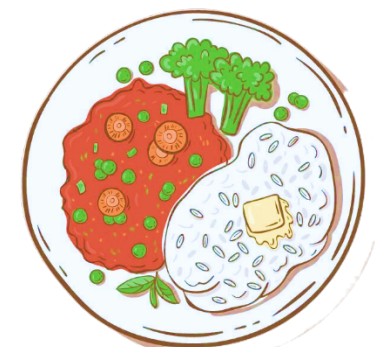
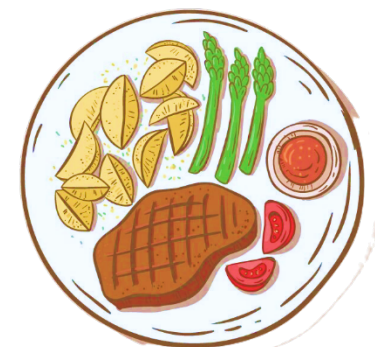
▲ 北投石：北投溫泉博物館展鎮館之寶
(母岩約800公斤) / 照片：北投溫泉博物館提供

- 北投石（英語：Hokutolite）是以**臺灣地名**命名的稀有**放射性溫泉礦物**，含有微量的放射性元素**鐳**，因意外引起底片曝光才會被發現。
- 全球僅發現於臺北市北投溫泉及日本秋田縣玉川溫泉。
- 臺灣指定為「自然文化景觀」，並由臺北市府於北投溫泉博物館上游北投溪河段劃定自然保留區。

（資料來源：維基百科）

天然輻射-來自食物

□ 人類的食物來源中，或多或少都含有微量的放射性核種存在。



核種種類		國民輻射劑量 (毫西弗)	佔比 (%)
天然核種	鈾-210	0.377	69.60%
	鉀-40	0.152	28.06%
	碳-14	0.012	2.22%
	鈾-238	0.000291	0.05%
	釷-232	0.0000118	0.00%
人造核種 (放射性落塵)	銨-90	0.00032	0.06%
	銻-137	0.0000544	0.01%
合計		0.542	100%

數據來自核安會輻射偵測中心「國人攝食導致的體內輻射曝露劑量評估」(112年8月)

香蕉有輻射，我們還能吃嗎？

- 萬物均有「**輻**」，難以避免，我們要關注的是「**劑量**」，**天然輻射**已經跟我們共存許久，千萬不要因噎廢食！
- 以富含鉀的🍌為例，必須一次吃下1.2萬根，而且都不排出，才有可能達到民眾劑量限值。



香蕉含有輻射？ 對人體無害啦！

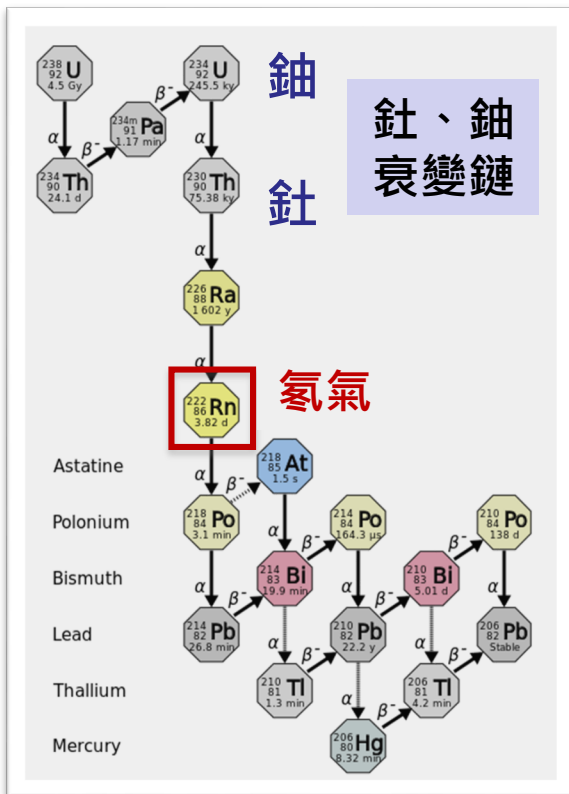
- 大自然中的鉀元素有0.0117%是放射性同位素鉀，因此富含鉀離子的香蕉，每根香蕉帶有相當於0.0778微西弗的同位素鉀-40。
- **人體不會累積放射性同位素鉀！**
- 血液中的鉀離子濃度是恆定的，腎功能正常的情況下，就算攝取許多鉀也不會蓄積在體內，會被排出體外喔！

支持蕉農！
安心吃蕉！

圖片摘自「農藝女孩看世界」臉書、
時報出版「怕輻射，不如先補腦」

天然輻射-來自空氣

- 空氣中的天然輻射主要來自氡氣，氡氣為鈾、釷系元素衰變過程中的產物，因為土壤和岩石裏都含有少量的鈾與釷，所以我們居住環境中難免有氡氣的存在。



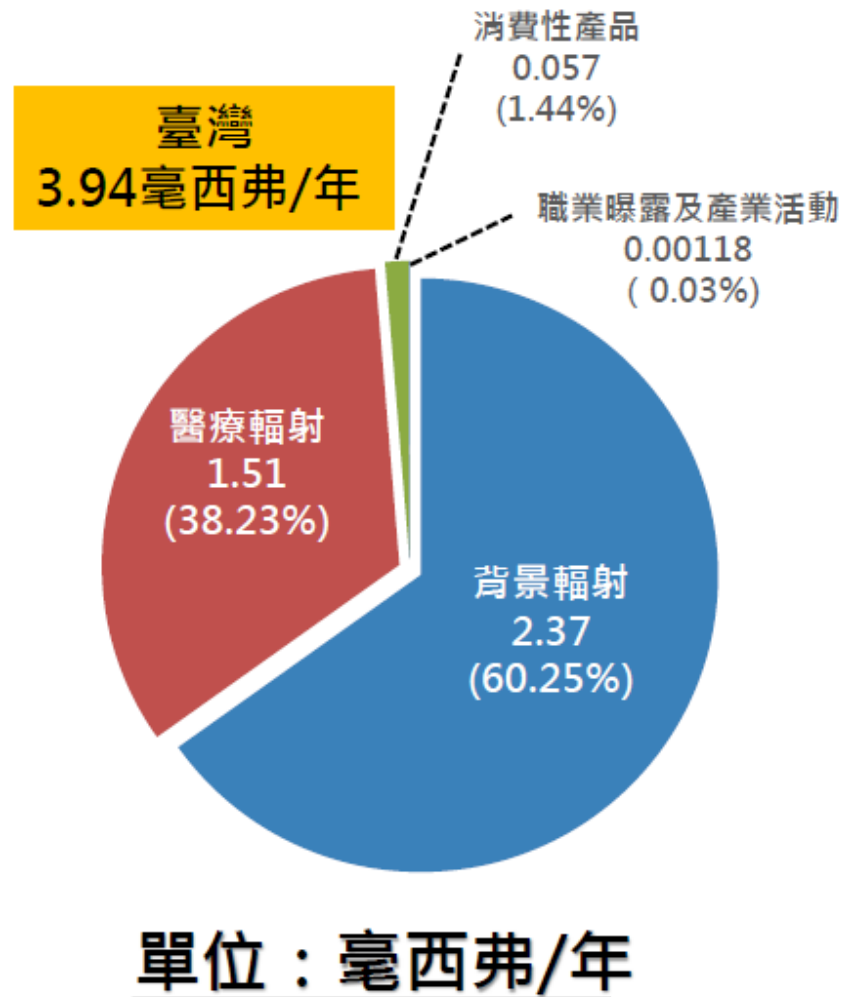
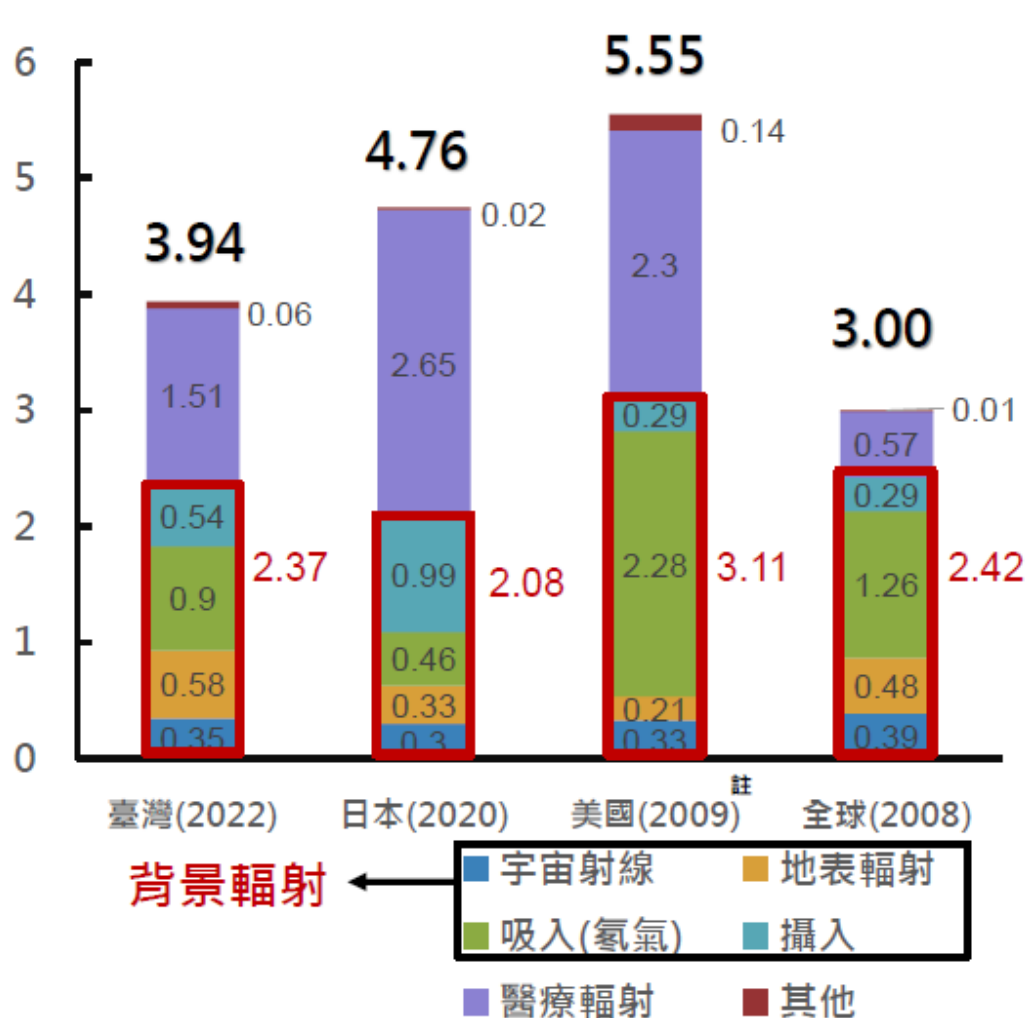
- 室內氡氣造成的輻射劑量，世界的年平均值為1.26毫西弗，臺灣約為0.9毫西弗。
- 保持室內空氣流通，可有效降低室內氡氣濃度。

氫氣進入屋內的方式



圖片來源：<http://www.a2c.it/>

國民輻射劑量調查



註：美國NCRP於2021年下修醫療輻射劑量，由3毫西弗/年改為2.3毫西弗/年。

資料來源：核能安全委員會輻射偵測中心108-111年國民輻射劑量評估總結報告

各國背景輻射比較

單位：毫西弗/年(mSv/y)



一般游離輻射 劑量比較圖



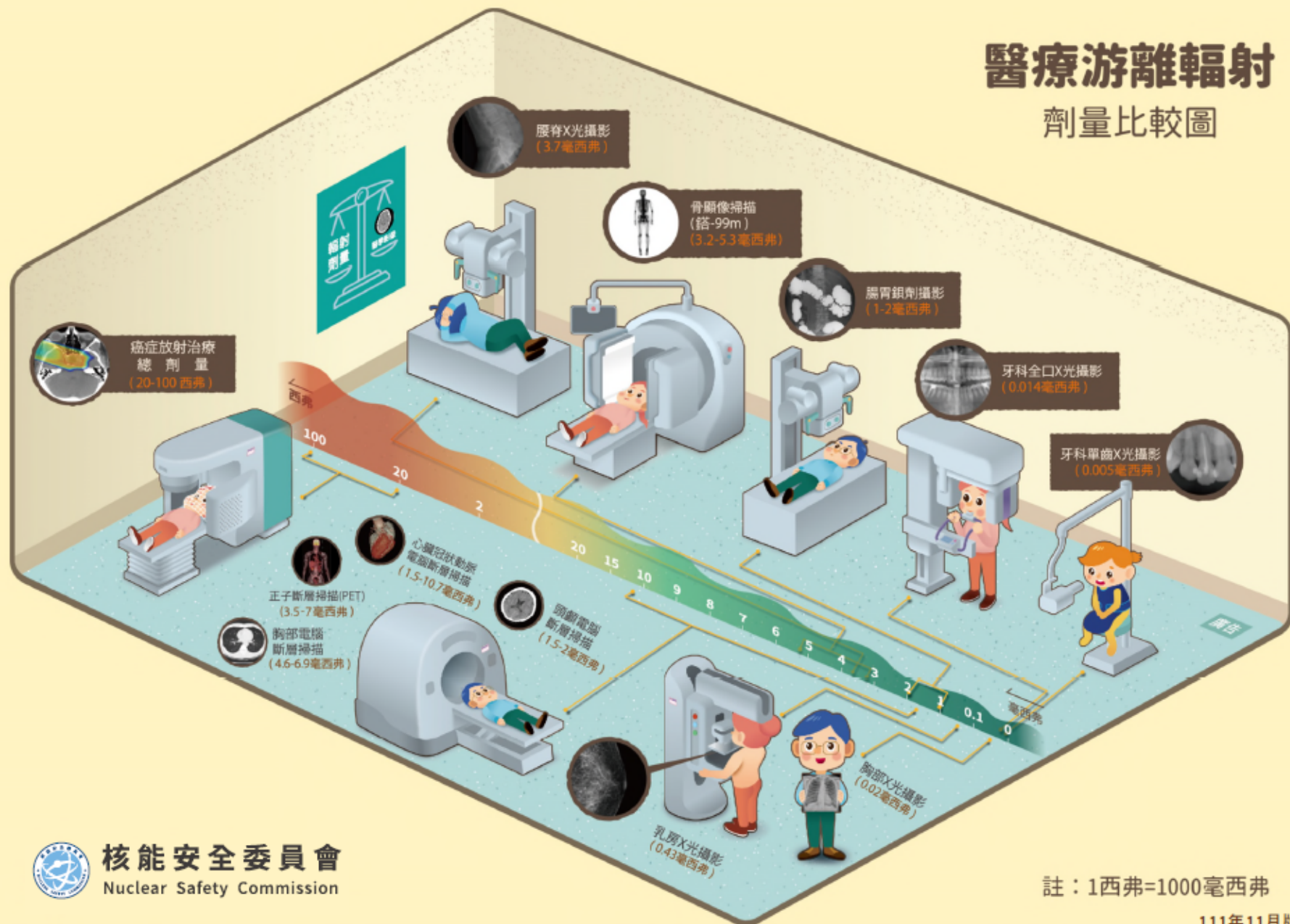
核能安全委員會
Nuclear Safety Commission

註：1西弗=1000毫西弗

111年11月版

醫療游離輻射

劑量比較圖



核能安全委員會

Nuclear Safety Commission

註：1西弗=1000毫西弗

111年11月版

簡報大綱 **Outline**



- ① 認識輻射
- ② 輻射民生應用
- ③ 輻射安全管制
- ④ 輻射防護

輻射應用開端

1895



倫琴

發現X光



1896



貝克勒爾

發現放射性

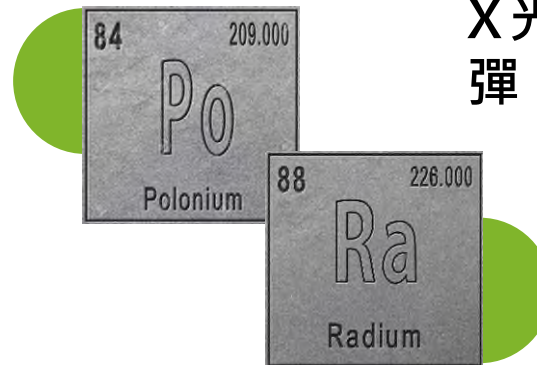


1898

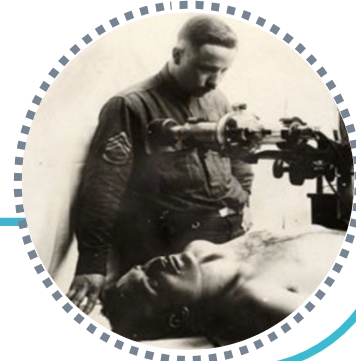


居禮夫婦

發現放射性元素



1918



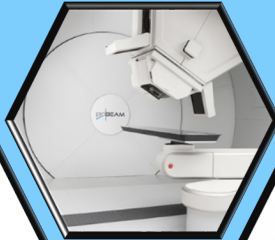
一戰時期利用
X光機尋找子
彈、骨折區域

核能電廠



輻射應用

質子治療機



牙科全口
X光機



一般診斷
X光機



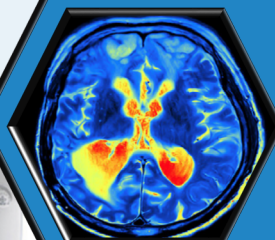
醫用



醫用直線
加速器



電腦斷層掃描
(CT) 儀



核子醫學

測厚儀



行李檢查
X光機



輻射滅菌



非醫用



非破壞
照相檢驗

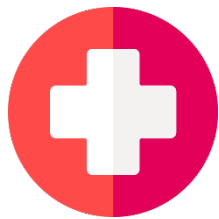


液位計

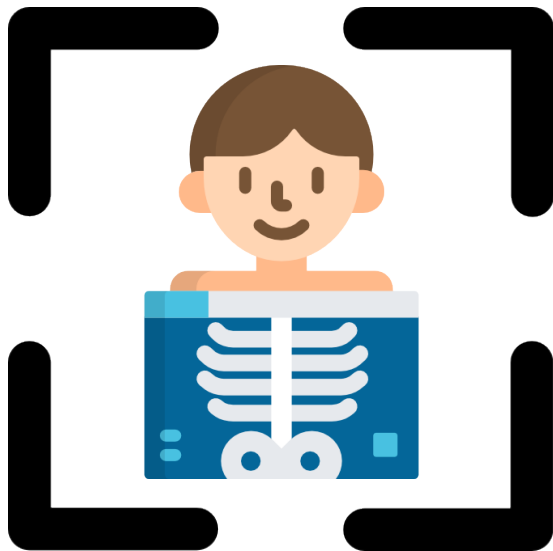


X光
繞射儀

科學發展至今...輻射的民生應用已相當普遍



醫療(1/3)



放射診斷：

利用輻射穿透人體，
得到身體構造的影像
，以進行疾病診斷。



胸部X光影像

診斷型X光機

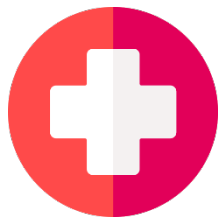


乳房X光攝影儀



電腦斷層掃描儀(CT)

[台大醫院、三軍總醫院、ewstfrancisinternship.weebly.com](http://www.ewstfrancisinternship.weebly.com)



醫療(2/3)



放射治療：
將高能輻射集中
照射在腫瘤患部
，殺死癌細胞。

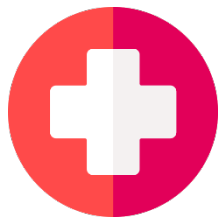


直線加速器

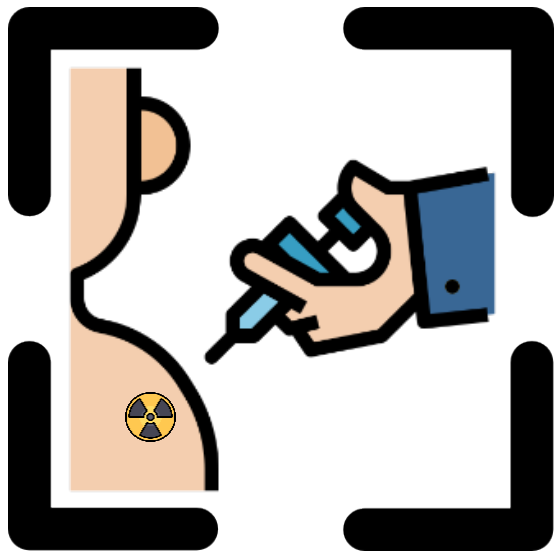
news.ltn.com.tw



質子治療設備

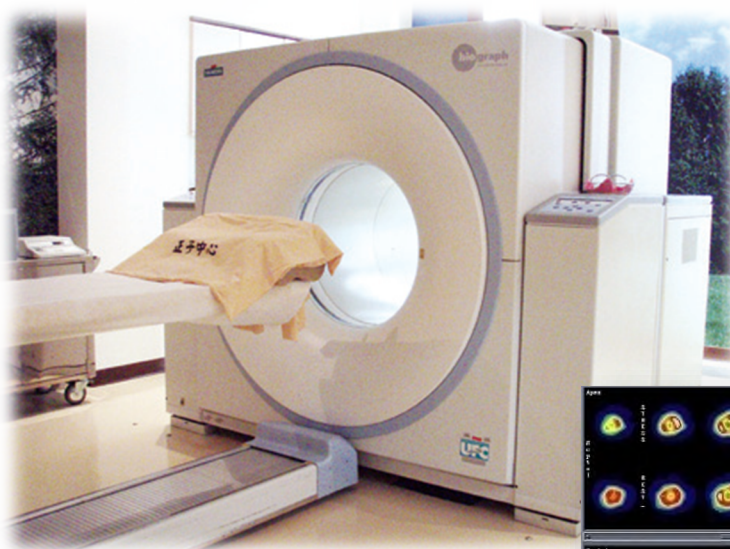


醫療(3/3)

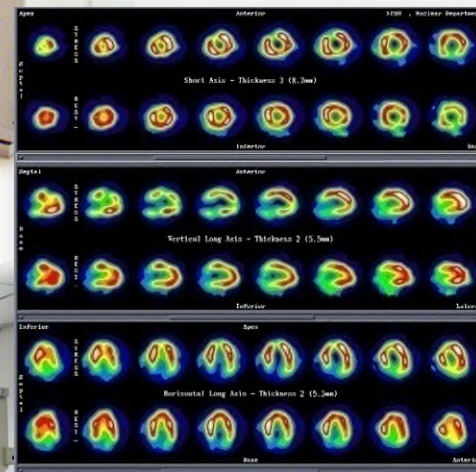


核子醫學：

利用吃入或注入放射性物質標誌的藥物，得到身體生理功能影像，進行疾病診斷。



正子斷層掃描儀(PET)



心肌灌注造影

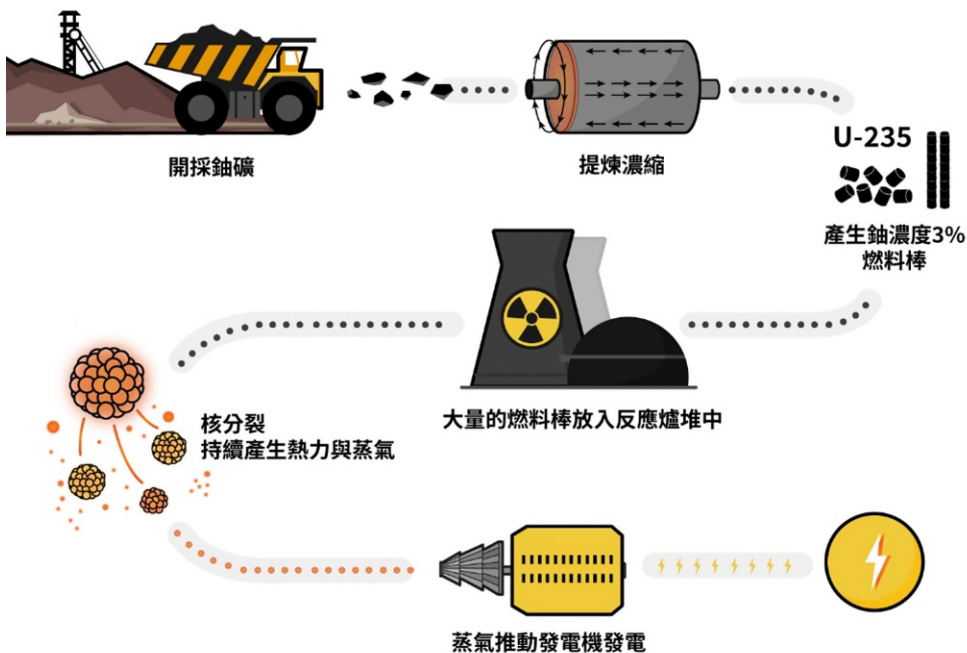


單光子斷層掃描儀(SPECT)



工業(1/2)

□ 核能發電



圖解核能從開採到發電過程
圖片摘自綠色和平Greenpeace網站

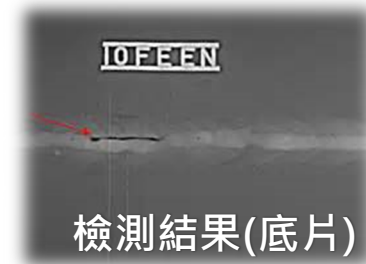
□ 非破壞照相檢驗



RT非破壞檢測
(Ir-192、Se-75、Co-60)



管路檢測



檢測結果(底片)



工業(2/2)

□ 液位量測



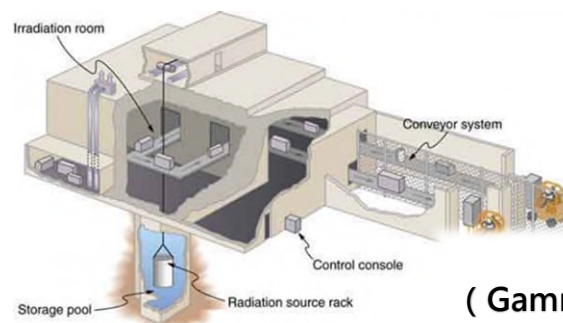
化工廠利用
輻射確認管槽液位



利用加馬射線量測
罐裝飲料液位高度

□ 輻射照射

(醫材滅菌、材質改良)



照射廠
(Gamma ray/加速器)

醫療
安全

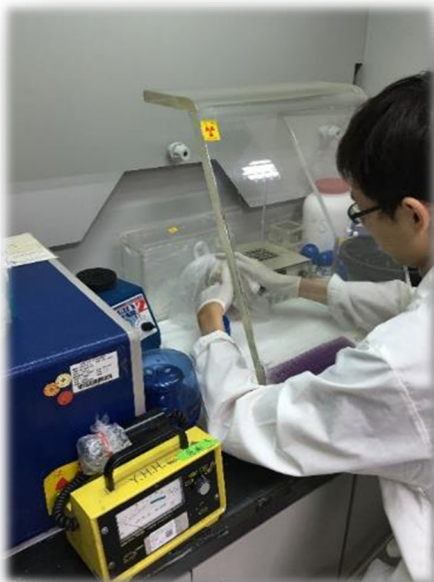


圖片來源：
中國生化公司網站

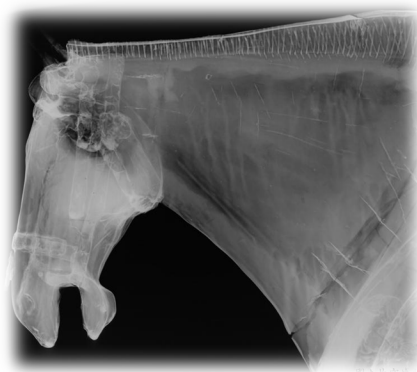


醫療器材經照射處理
之外箱包裝辨識貼紙

研究

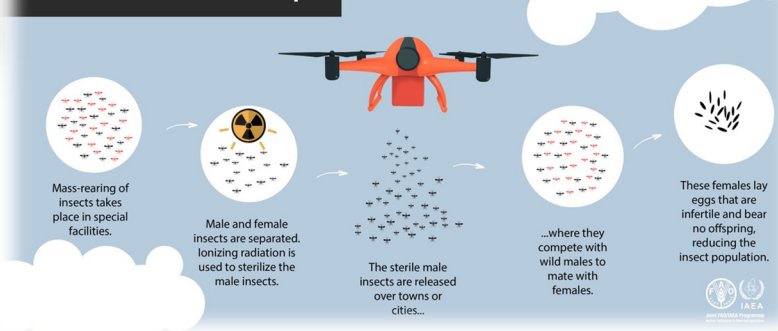


DNA、蛋白質標誌
(H-3、P-32、S-35...)



古物鑑定
(X光)

Sterile Insect Technique



昆蟲防治
(X / Gamma ray)



水文研究
(H-3、C-14、O-16...)



土壤溼密度儀
(Cs-137 + Am-241/Be)



國土安全



行李檢查X光機
(X光)



貨櫃檢查儀
(加速器)



爆裂物偵檢
(X光)



夜視準星
(H-3)



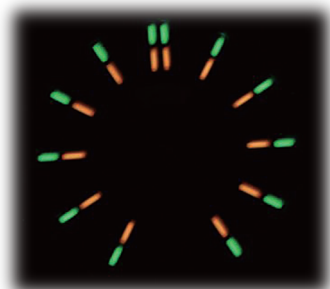
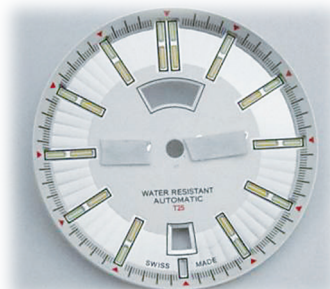
毒氣偵檢器
(Am-241、Ni-63)



消費性產品



花崗岩、大理石等（天然礦石）

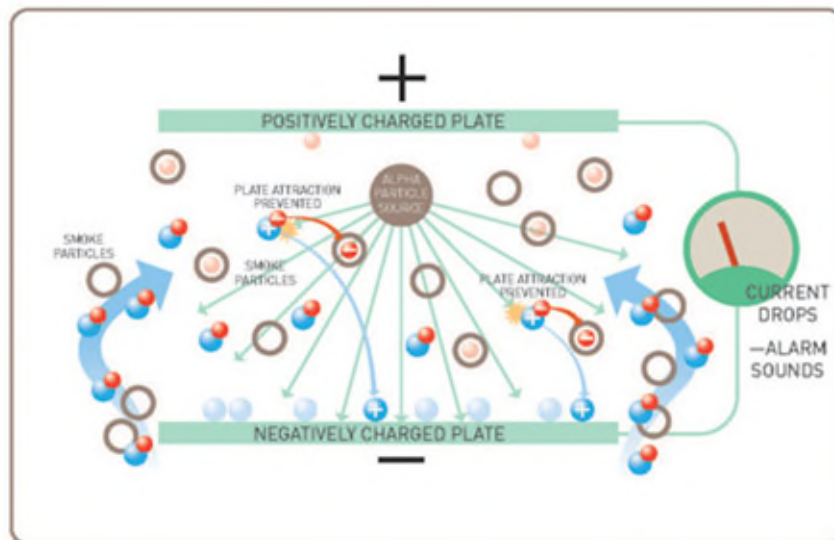


含氚的夜光錶（H-3）

（左：白天；右：晚上）



含銻-241的煙霧偵測器（上）、作用原理（下）





□ 抑制發芽、防治蟲害



□ 基因改良育種



聖誕紅桃園核研1號(小桃紅)及2號(粉紅佳人)新品種

□ 國際通用的輻射照射處理標章「Radura」



□ 提高經濟價值



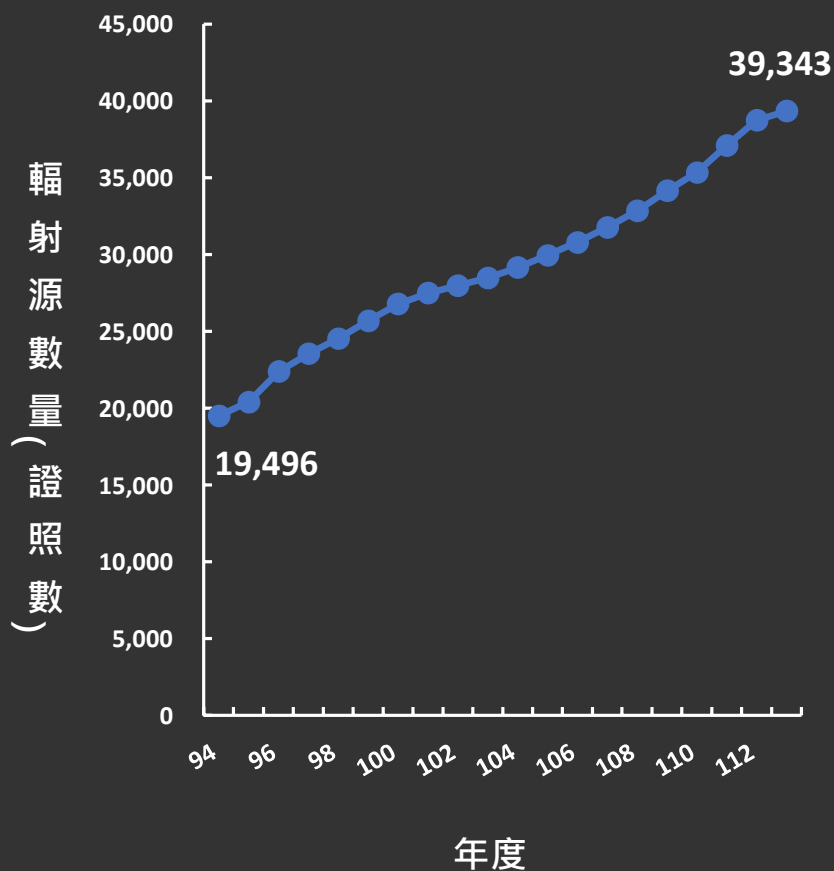
簡報大綱 **Outline**



- ① 認識輻射
- ② 輻射民生應用
- ③ 輻射安全管制
- ④ 輻射防護

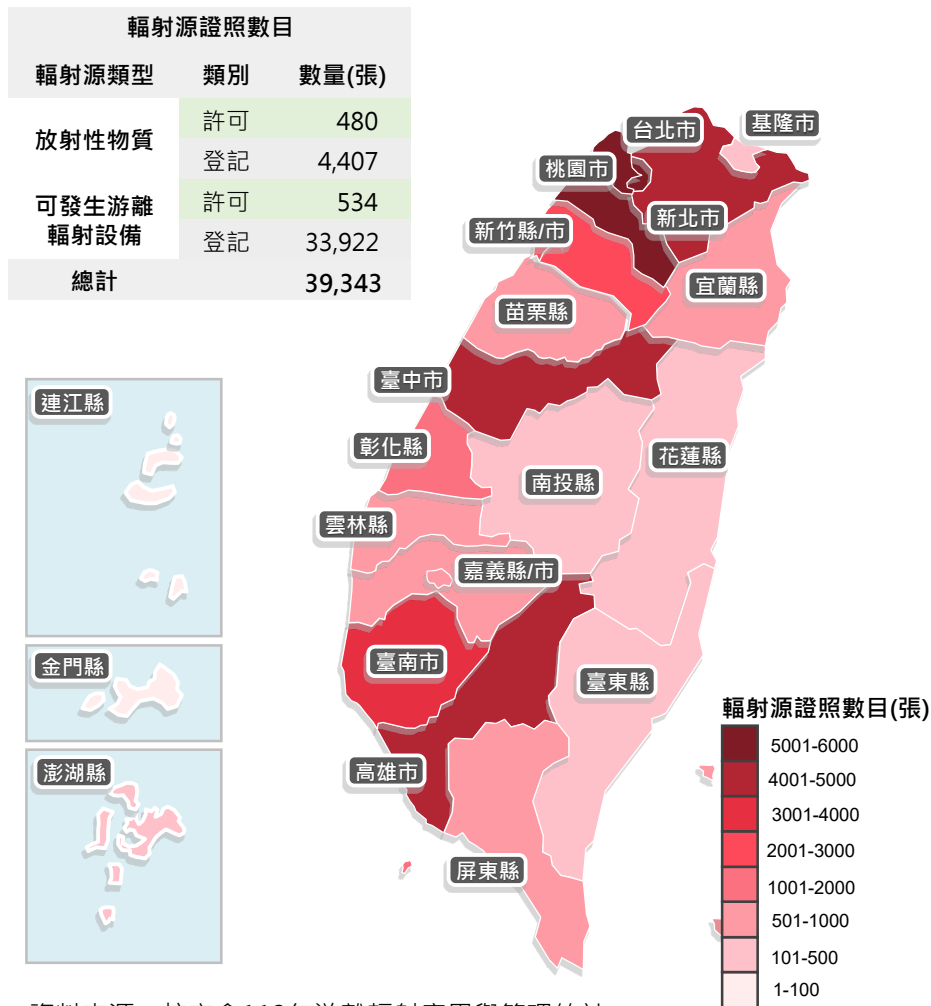
輻射源增長趨勢

輻射源證照數成長趨勢



輻射源證照數量每年增加約千張！

輻射源分布地圖



醫用 22,701 張，非醫用16,642 張，
「醫療曝露」為輻射主要應用！

輻安管制目標



輻射源

指產生或可產生游離輻射之來源，
包括放射性物質、可發生游離輻射設備、核子反應器等。



作業場所及環境

規範輻射作業、管制人員及物品進出、防止污染擴散等。



工作人員及民眾

- 經常從事輻射作業，並認知會接受曝露之人員。
- 一般民眾。



醫療曝露品保



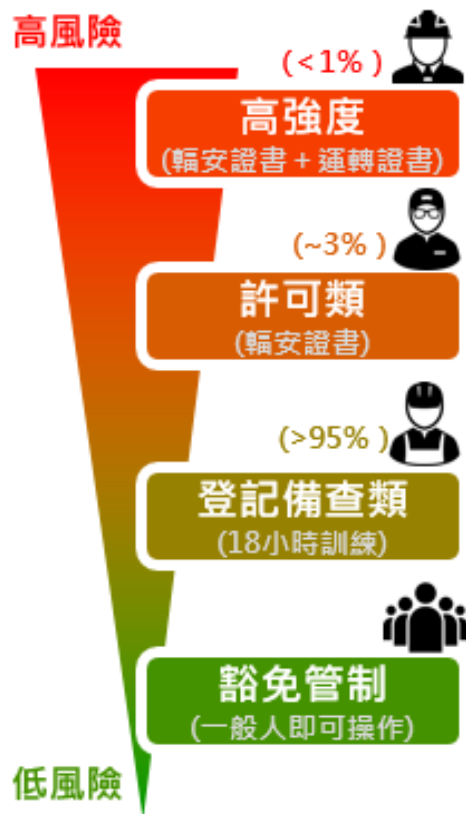
- 放射治療：照的不偏不倚、照的不多不少。
- 放射診斷：在合理的劑量下，得到最佳的診斷影像。

輻安管制措施

1 全程管制



2 風險分級



3 預防管控



簡報大綱 **Outline**



- ① 認識輻射
- ② 輻射民生應用
- ③ 輻射安全管制
- ④ 輻射防護

游離輻射來源



輻射源 (可釋出游離輻射之來源)

放射性物質

可發生游離輻射
設備



核子反應器
設施



放射性物料



其他
放射性物質



核子
原料

核子
燃料

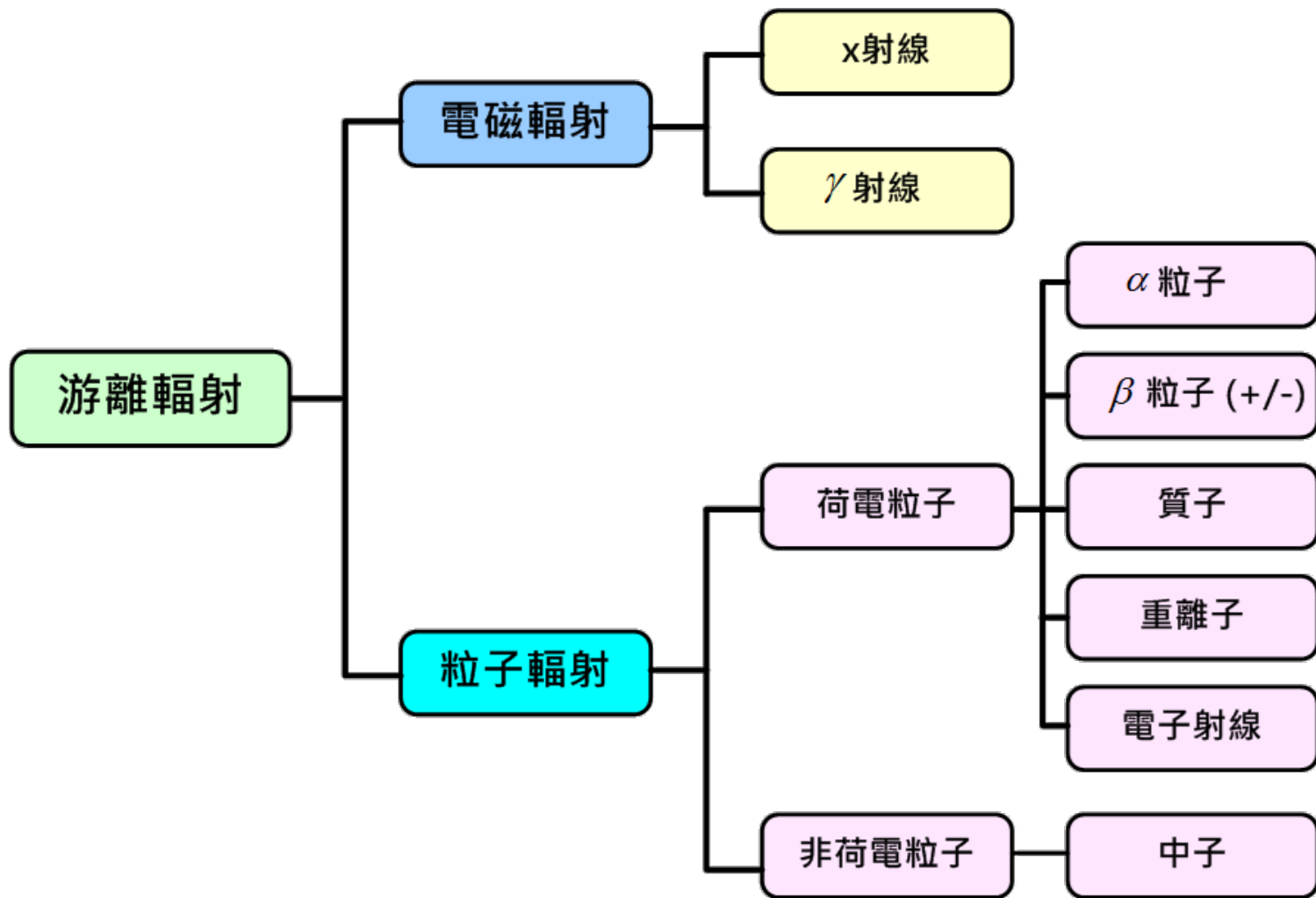
放射性
廢棄物

核子反應器設施
管制法

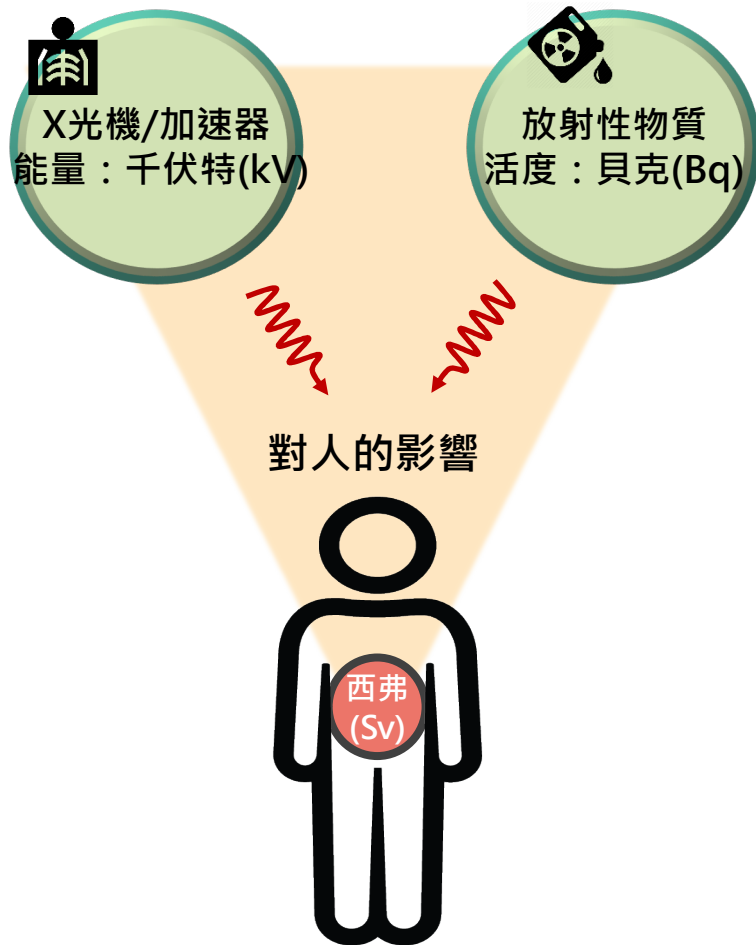
游離輻射防護法

放射性物料管理法

游離輻射種類



游離輻射單位



X光機/加速器

管電壓決定輻射能量大小
常用單位為**kV**

電壓 ↑
輻射能量 ↑

放射性物質

以其在一定時間內衰變的次數代表其活度
常用單位為**貝克 (Bq)**或**居里 (Ci)**

貝克：每秒衰變的次數

$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

對人體的影響

- 不同輻射對人體的影響程度不同

輻射加權因數 W_R

- X-ray、 γ -ray、電子：1
- α 粒子：20
- 中子(不同能量範圍)：5-20

- 人體不同組織對於輻射的敏感度也不同

組織加權因數 W_T

- 性腺：0.2
- 肺、胃、結腸、紅骨髓：0.12
- 甲狀腺、食道、肝、膀胱：0.05

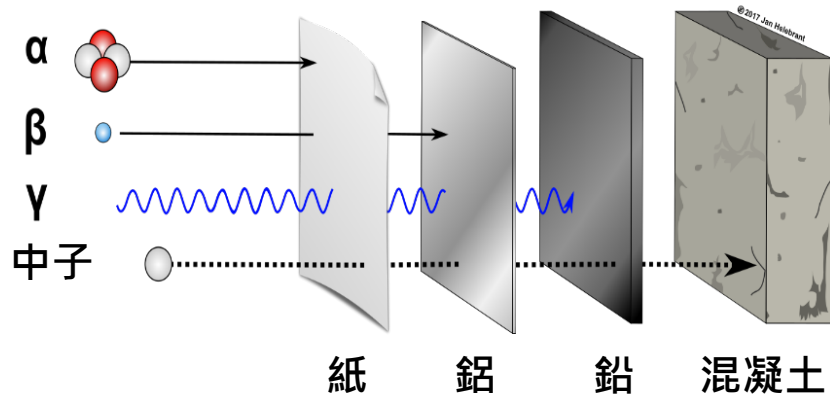
- 綜合考量上述因素，描述輻射對人體影響所使用的單位為**西弗 (Sv)**

游離輻射特性

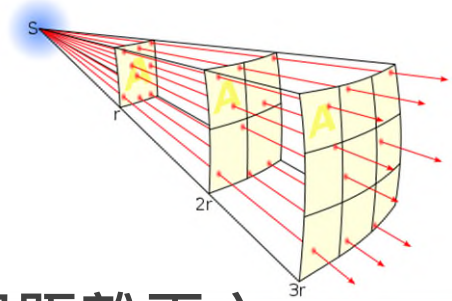
- 無色、無聲、無味、無形，只有偵檢儀器量的到！



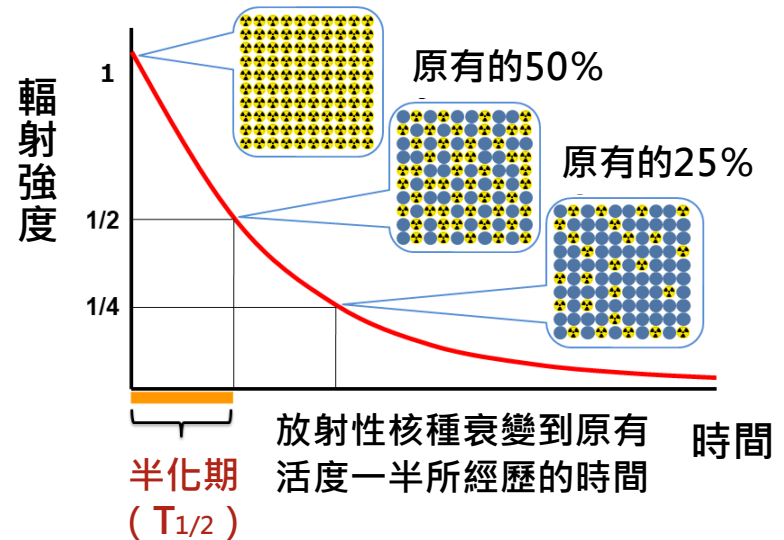
- 具有穿透性，穿透能力因輻射種類而不同。



- 輻射強度與距離平方成反比。



- 放射性物質的輻射強度會隨時間遞減。



輻射健康效應

□ 確定效應：

- 導致組織或器官功能損傷而造成之效應。
- 嚴重程度與劑量大小成比例增加。
- 可能有**劑量低限值**。

(Ex: 皮膚紅斑、白內障、不孕、脫毛等)

□ 機率效應：

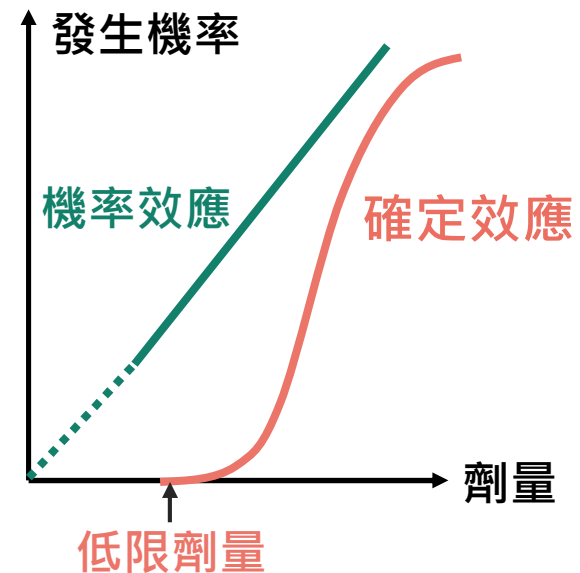
- 指**致癌效應**及**遺傳效應**。
- 劑量越高，誘發癌症的機率越高，但跟嚴重程度無關，且不一定會發生。
- 並**無劑量低限值**。
- ICRP、NCRP、UNSCEAR、BEIR皆對游離輻射曝露風險評估採用**線性無低限 (LNT)**的假設與模型。

(Ex: 癌症等)

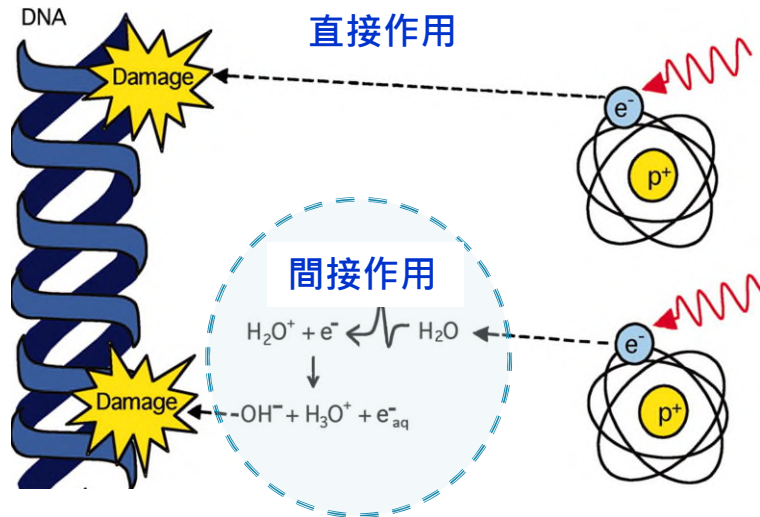
皮膚紅斑低限劑量



確定效應 > 低限劑量 劑量愈高
不會發生 效應確定發生 嚴重程度愈大



輻射如何傷害DNA?

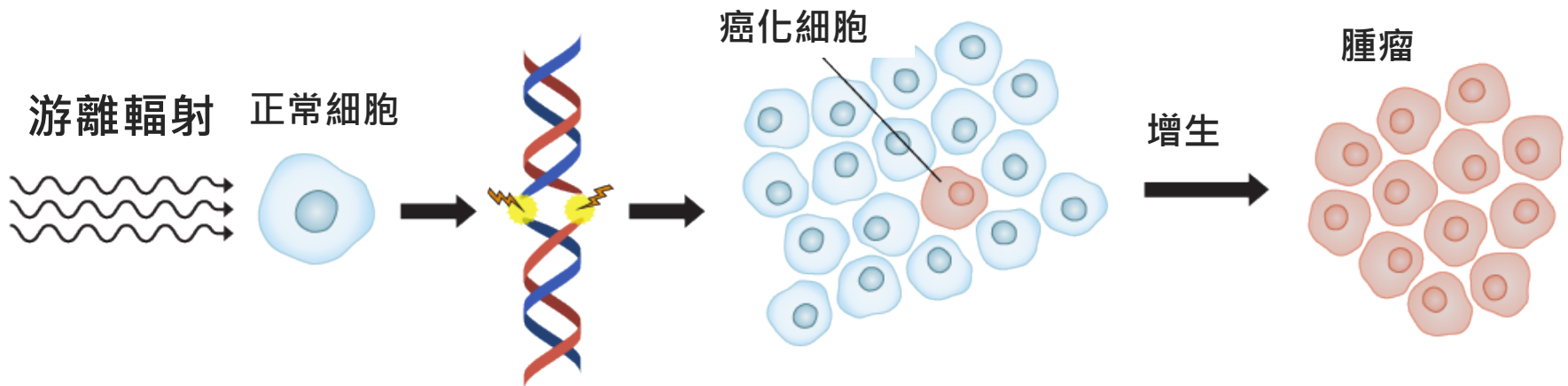


直接作用 (< 1%)

DNA直接受到輻射照射而游離，使DNA受損。

間接作用 (> 99%)

- 組織中的水分子受輻射照射後，產生不穩定的自由基，自由基再造成DNA的損傷。
- 大部分輻射傷害是由間接作用造成。



William F. Morgan and Marianne B. Sowa
PNAS October 4, 2005 102 (40) 14127-14128; <https://doi.org/10.1073/pnas.0507119102>

不同組織器官輻射敏感度

- 分裂**頻率**跟**次數**越高的細胞，對輻射越敏感。
- 型態跟功能**尚未分化**的細胞，對輻射越敏感。
 - 輻射敏感度與細胞分裂頻次成正比，與細胞的分化程度成反比。

輻射敏感度	組織器官名稱
高	胎兒、淋巴組織、生殖腺、骨髓、脾臟
稍高	皮膚、水晶體、消化道
中等	肝臟、血管
低	肌肉、骨骼、神經

輻射誘發癌症潛伏期

- 從接受輻射曝露，到臨床確診癌症，需要一段**潛伏期**（latent period），不同癌症的潛伏期也有所差異。
- 輻射誘發癌症的潛伏期，如下表所示：

癌別	最小年限（年）	平均值（年）	最長年限（年）
白血病	2-4	10	25-30
甲狀腺癌	5-10	20	> 40
乳癌	5-15	23	> 40
骨癌	2-4	15	25-30
其他非造血組織癌	10	20-30	> 40

摘自游離輻射生物效應委員會(Biological Effects of Ionizing Radiation Committee，BEIR)報告

輻射生物效應

軀體效應

急性效應

- 皮膚發生紅斑
- 骨髓、肺、消化道傷害
- 白血球減少
- 不孕
- 噁心、嘔吐、腹瀉

慢性效應 (延遲效應)

- 白內障、胎兒之影響
- 白血症、癌症

遺傳效應

- 遺傳基因突變或染色體變異所發生的各種疾病

確定效應

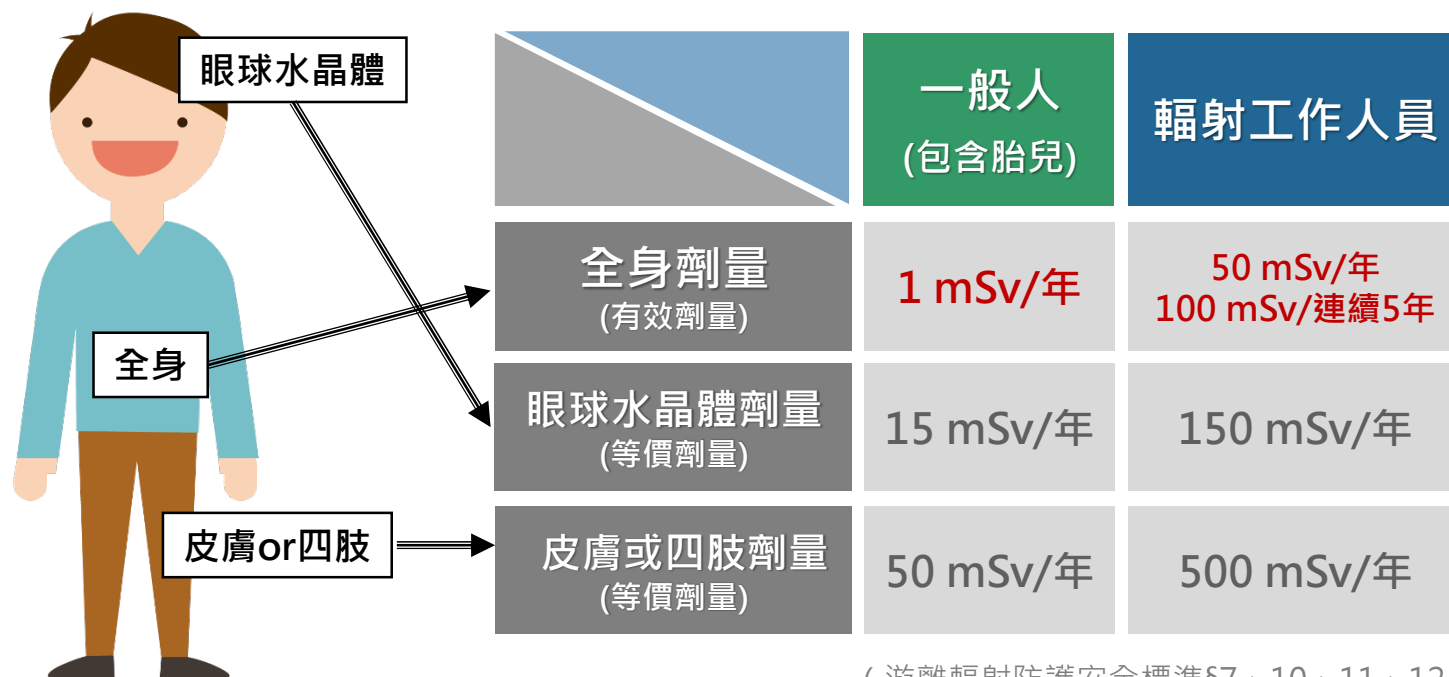
機率效應

輻射防護目的

□ 防止確定效應發生

□ 抑低機率效應發生的可能

- ALARA (As Low As Reasonably Achievable)



(游離輻射防護安全標準§7、10、11、12)

體外曝露 TDS防護原則

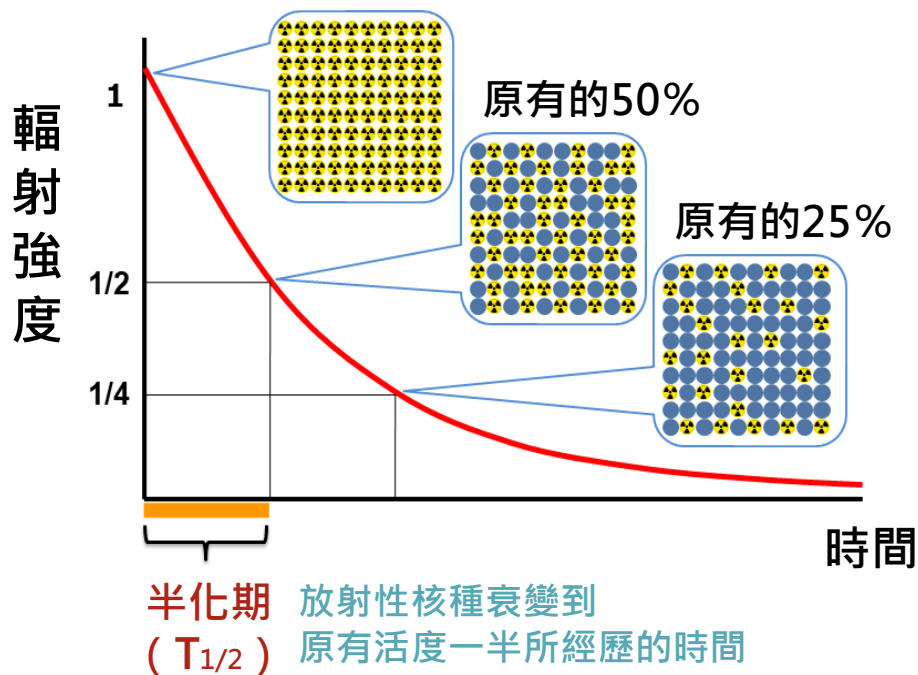
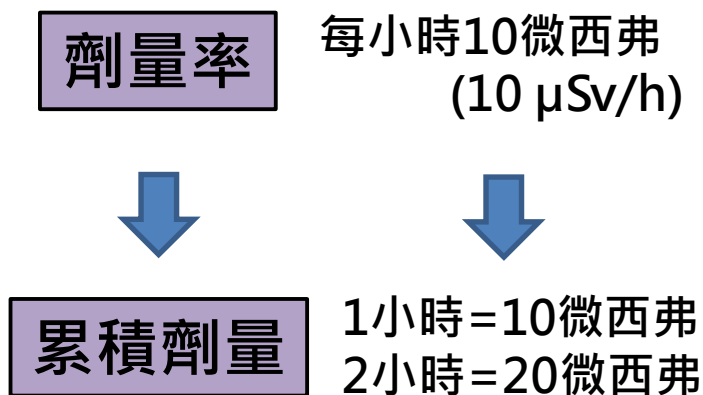
Time

時間

距離

屏蔽

- 曝露時間越久，累積劑量越高 → 縮短作業時間
- 輻射強度會隨時間遞減 → 擱置一段時間後再處理(如污染衣物)



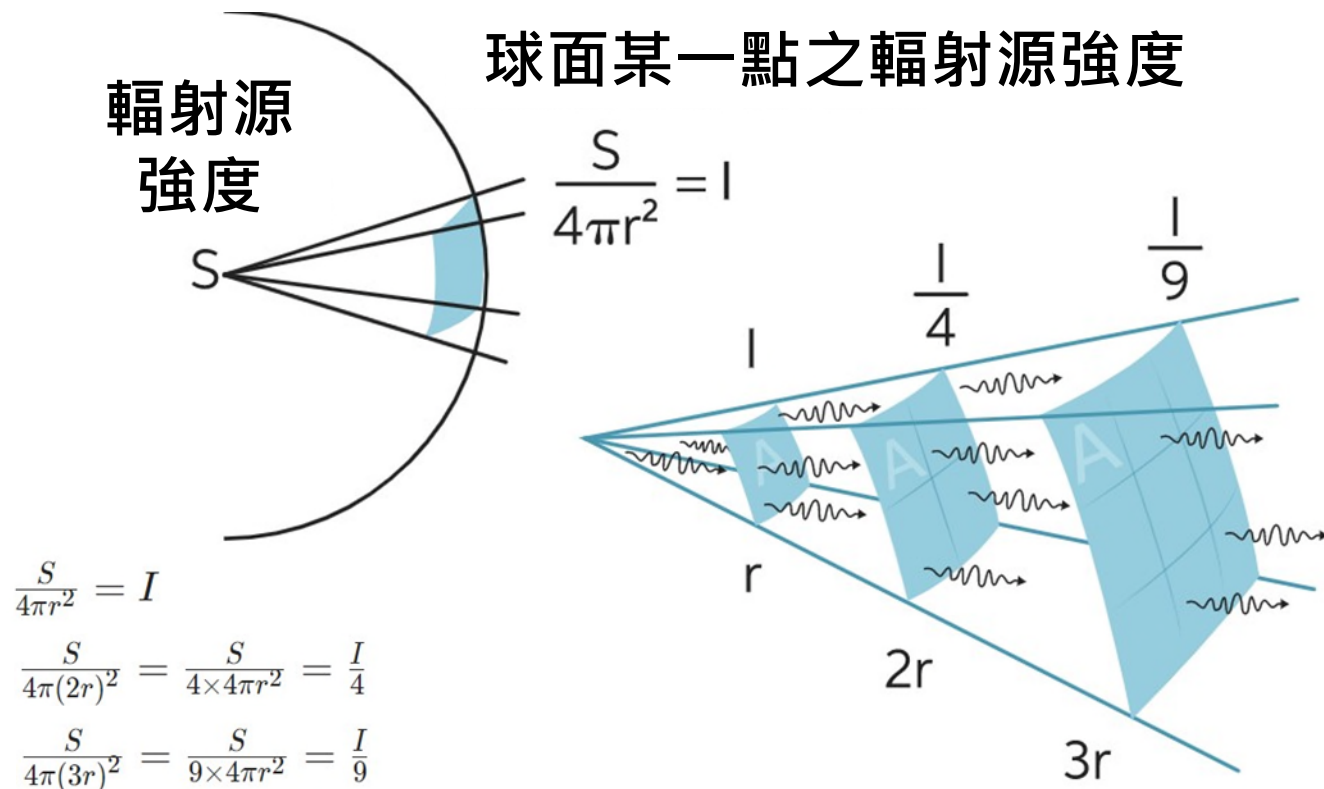
體外曝露TDS防護原則

時間

距離

屏蔽

□ 輻射強度與距離平方成反比 → 離射源越遠越好



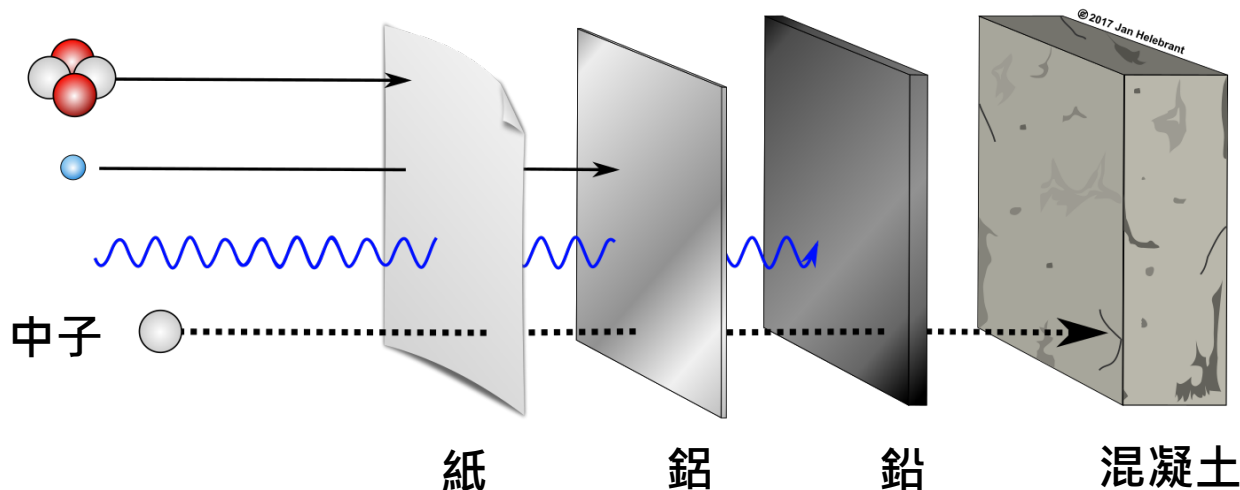
體外曝露TDS防護原則

時間

距離

屏蔽

□ 物質可屏蔽/衰減輻射 → 善用手邊或作業現場物品作為屏蔽

阿伐(α)粒子貝他(β)粒子加馬(γ)射線

鉛衣：阻隔輻射線

Any
questions ?

