



核能安全委員會

Nuclear Safety Commission

113年地方政府輻射災害防救講習

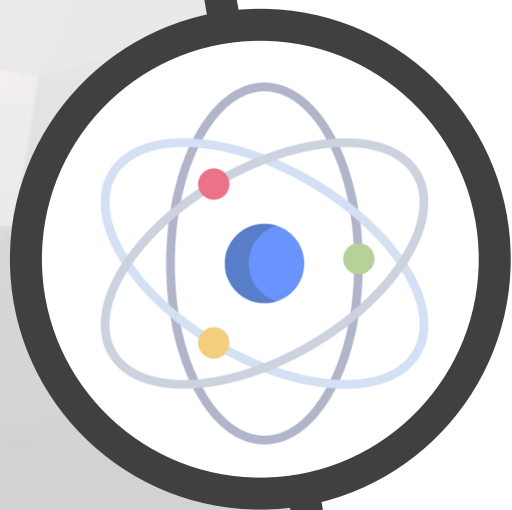


# 游離輻射 防護簡介

核能安全委員會

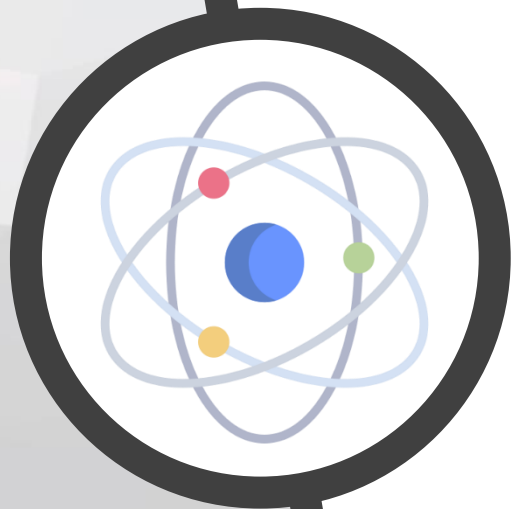
保安應變組

# 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

# 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！



圖片來源：Shutterstock

# 什麼是輻射？



單字：輻

注音：ㄈㄨˊ

漢語拼音：fú

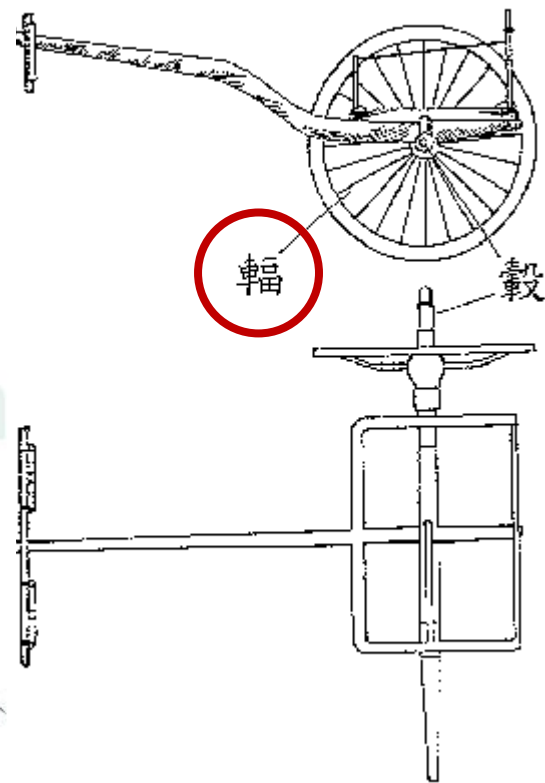
部首：車

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。



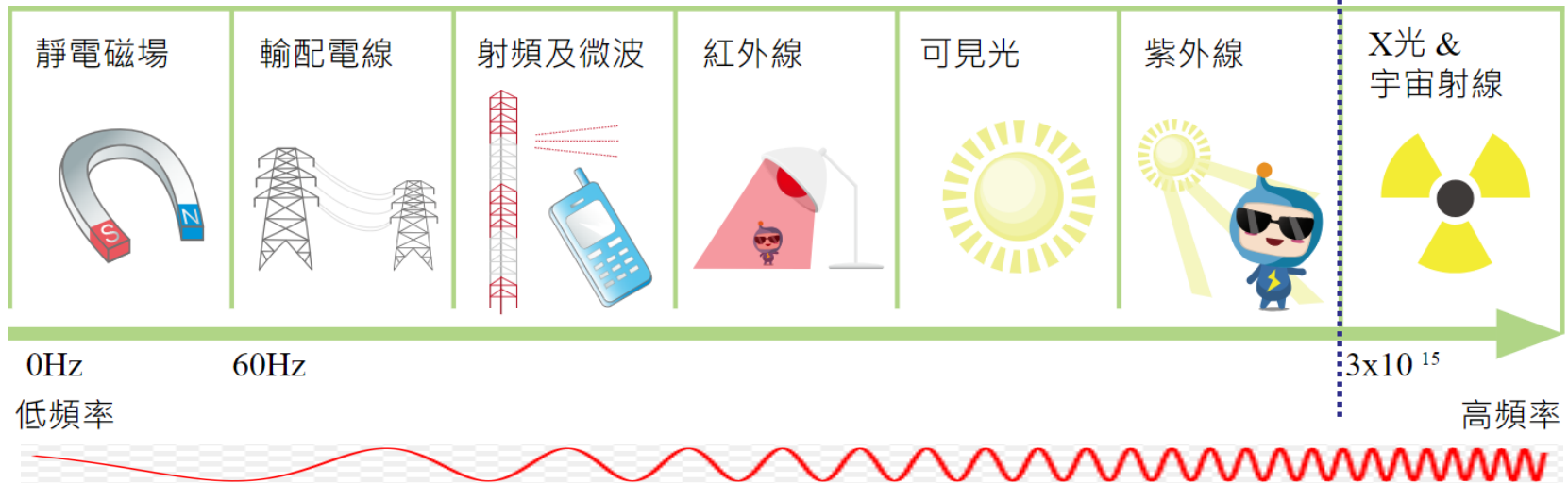
引用自教育部國語小字典

# 非游離輻射 vs 游離輻射

## 非游離輻射

能量約為  
10 keV

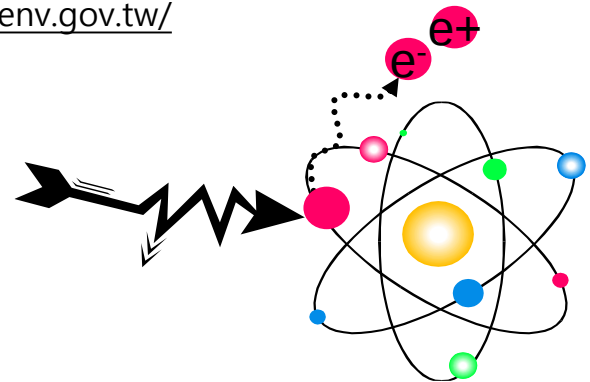
## 游離輻射



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

能量低

不會使物質產生游離作用

能量高

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、 $\gamma$  射線  
粒子輻射： $\alpha$  粒子、 $\beta$  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、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

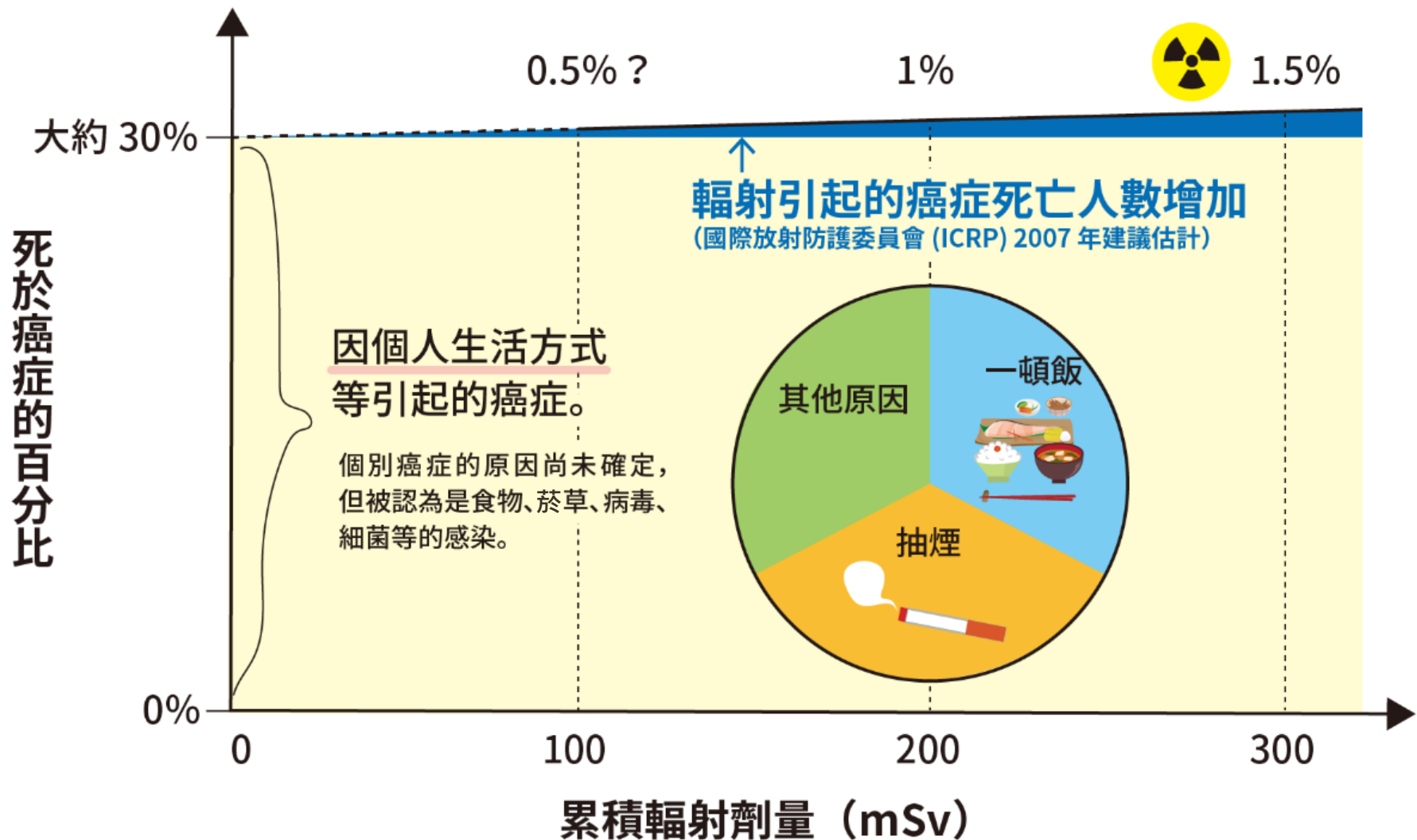
## 第4級致癌物

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 )

# 輻射曝露的致癌風險



# 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



接下來所說的  
「輻射」，都是  
「游離輻射」！



# 身在「輻」中要知輻

## 宇宙射線：

宇宙射線來自於外太空，所處地勢越高，接受到的宇宙射線也會較多！



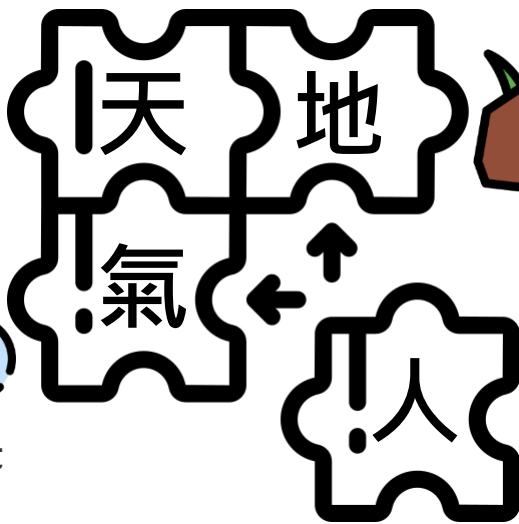
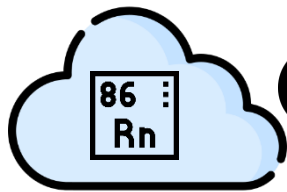
## 岩石土壤：

地球的生成即為一連串核反應，形成之初，地殼中就有許多微量的放射性元素。



## 氡氣：

天然背景輻射中，氡氣是最主要的人員劑量來源；建築中所使用的石材，也是氡氣的來源之一。



## 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。



# 天：來自宇宙射線<sub>(1/2)</sub>

- 宇宙射線來自外太空，主要由83%的高能質子，16%的 $\alpha$ 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。

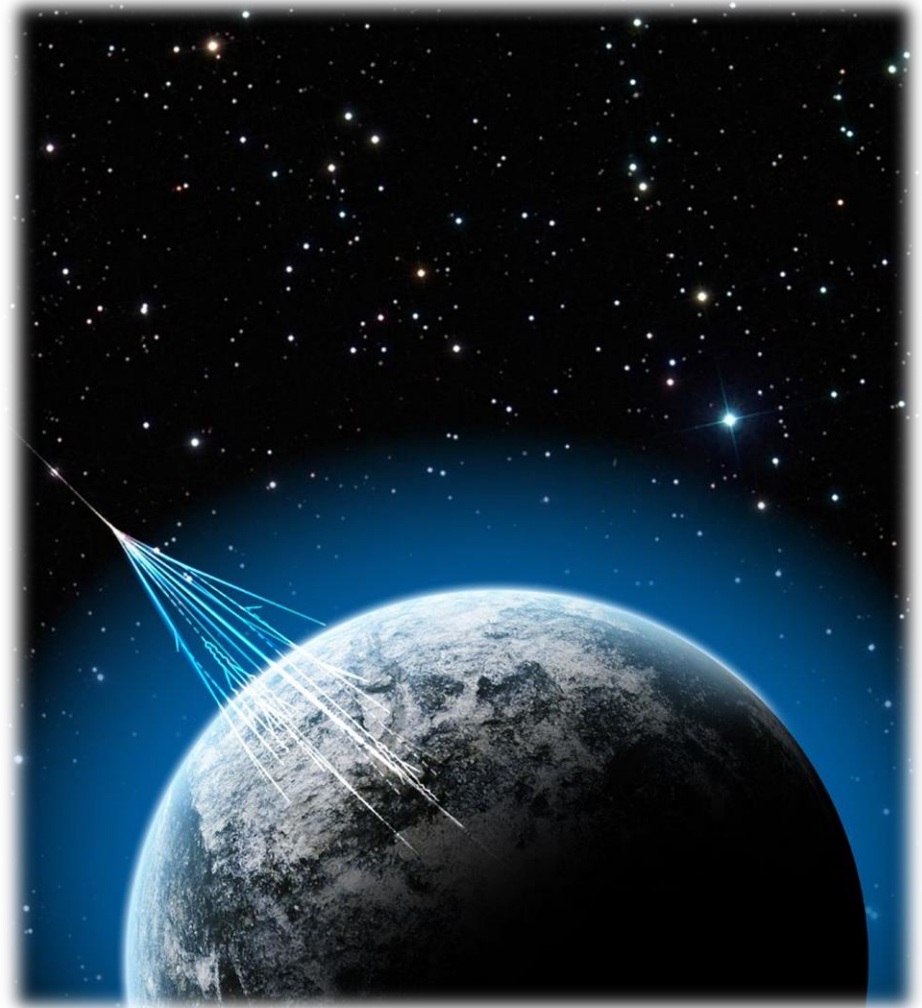


Image credit: NSF/J. Yang

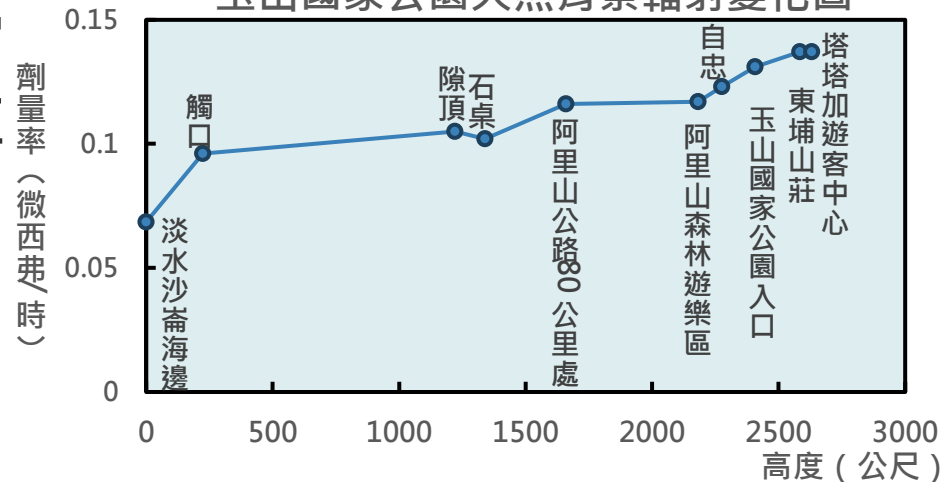
# 天：來自宇宙射線(2/2)

- 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；大約每升高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。



玉山國家公園天然背景輻射變化圖



# 地：來自地表

- 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釷，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」，並由臺北市政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）

# 人：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。



Designed by pngtree

| 核種種類            |       | 國民輻射劑量<br>(毫西弗) | 佔比<br>(%) |
|-----------------|-------|-----------------|-----------|
| 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%     |
|                 | 鈾-232 | 0.0000118       | 0.00%     |
| 人造核種<br>(放射性落塵) | 銻-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！到底能不能吃？

- 萬物均有 ，難以避免，我們要注意的是「劑量」，畢竟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，必須一次吃下逾1萬根，而且都不排出體外，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，腎功能正常的情况下，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」

# 氣：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，所以我們的居住環境中難免有氡氣的存在。



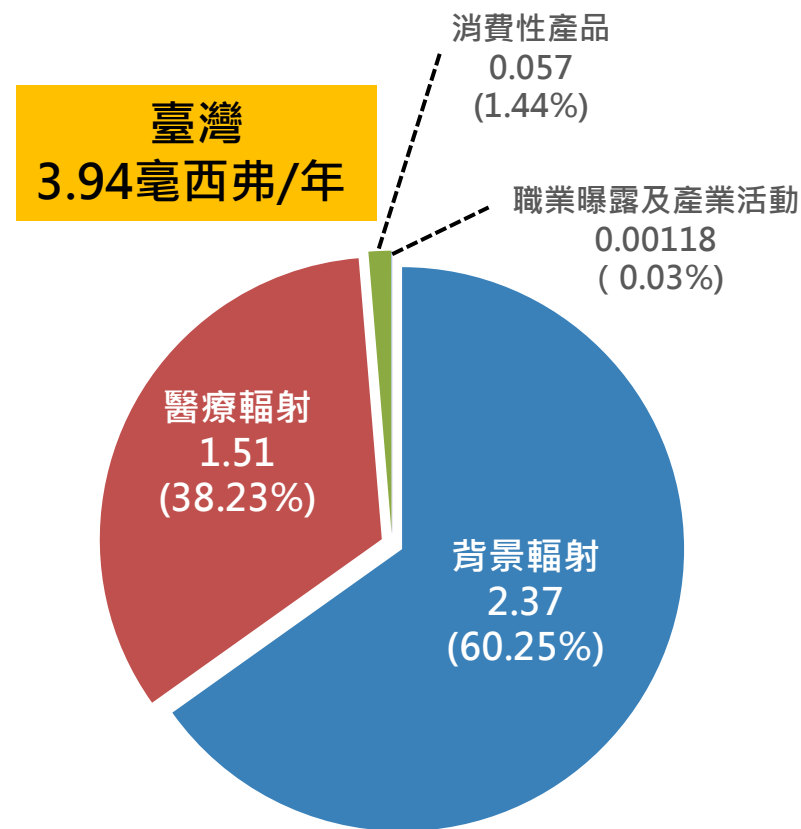
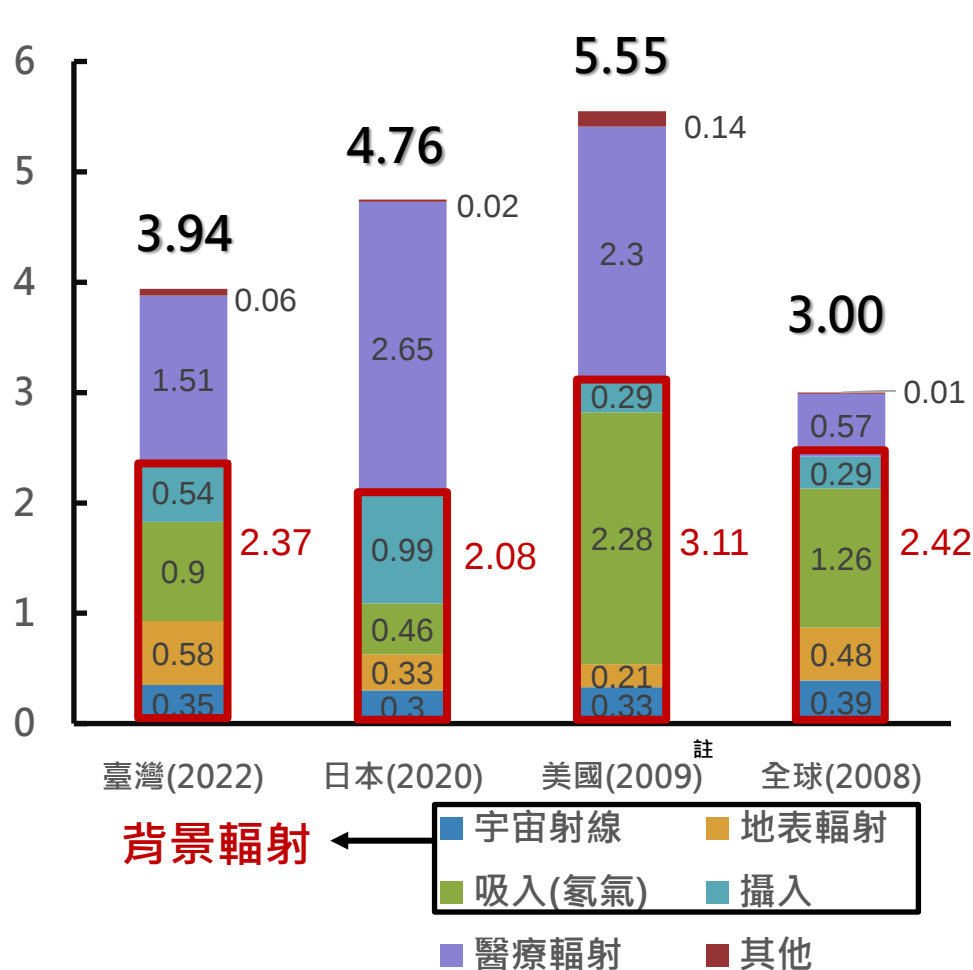
- 室內氡氣造成的輻射劑量，世界的年平均值為1.26毫西弗，臺灣約為0.9毫西弗。
- 保持室內空氣流通，可有效降低室內氡氣濃度。

## 氡氣進入屋內的方式



圖片來源：<http://www.a2c.it/>

# 國民輻射劑量調查



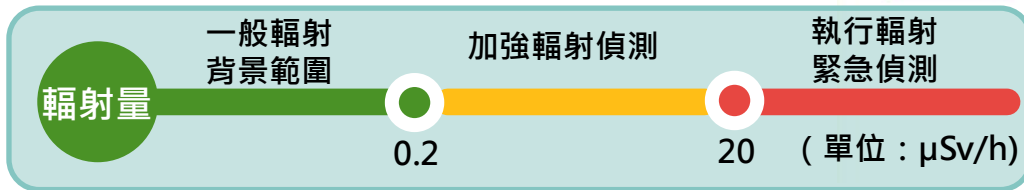
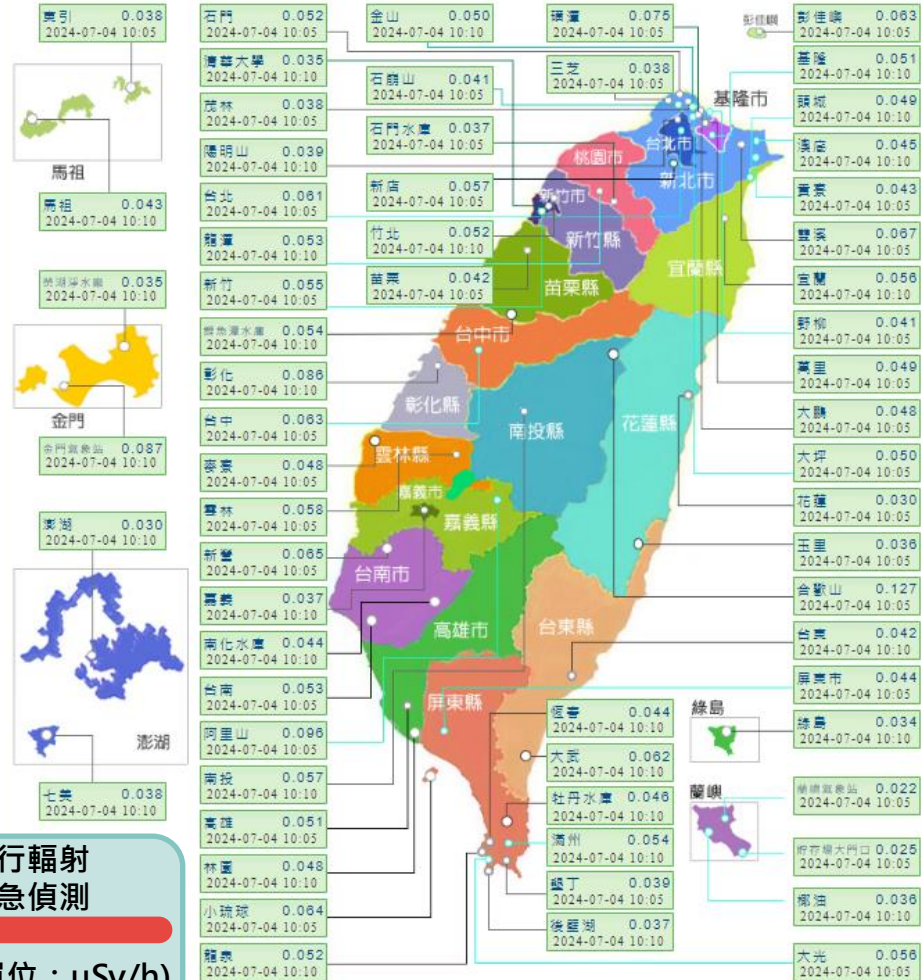
單位：毫西弗/年

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。

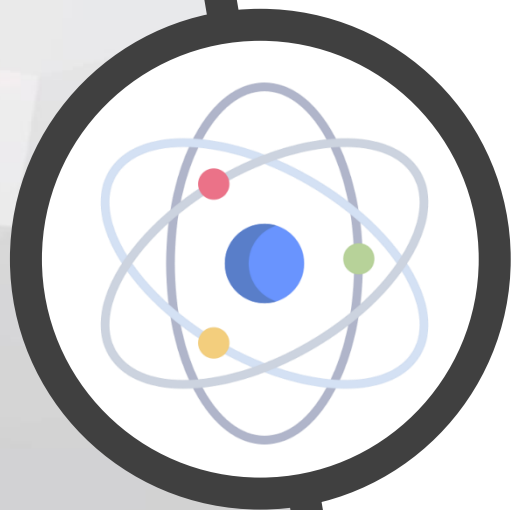
資料來源：核能安全委員會輻射偵測中心108-111年國民輻射劑量評估總結報告

# 全國環境輻射監測

- 全國共120個環境輻射監測站，包含核安會於各地(含離島)建置之63站。
- 24小時即時更新(每5分鐘)於核安會網站或核安e點通App。



# 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

# 輻射應用的開端

1896

貝克勒爾  
發現放射性



1895

倫琴  
發現X光



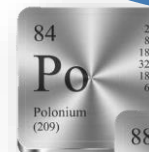
1918

一戰時期利用X光機  
找子彈、骨折區域



1898

居禮夫婦  
發現放射性元素



核能電廠



# 輻射應用

電腦斷層掃描儀  
(CT)



一般診斷  
X光機



牙科全口  
X光機



醫用

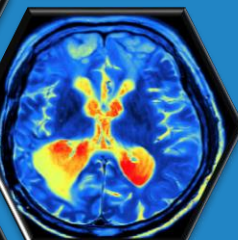


醫用直線  
加速器



質子治療機

核子醫學



X光  
繞射儀



離子  
佈植機



非醫用

行李檢查  
X光機



非破壞  
照相檢驗



測厚儀



輻射照射

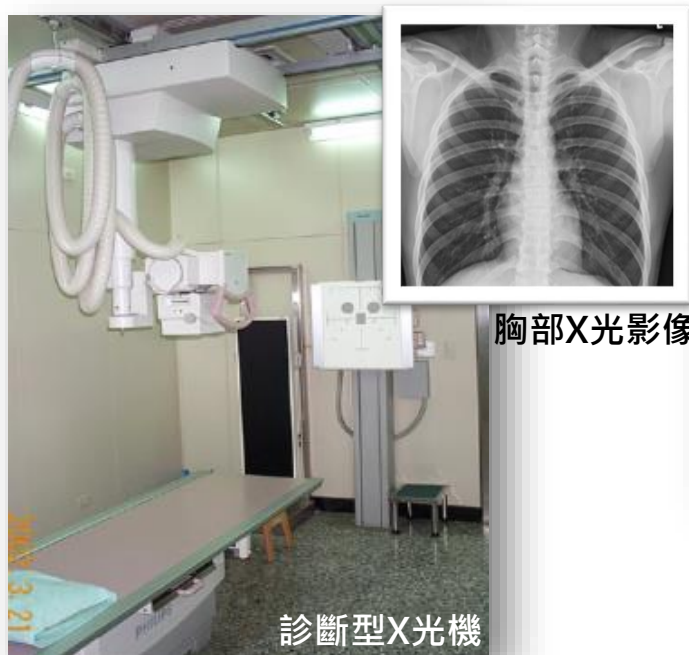


科學發展至今...輻射的民生應用已相當普遍

# 醫療



利用輻射穿透人體，得到身體構造的影像，以進行疾病診斷。



# 醫療

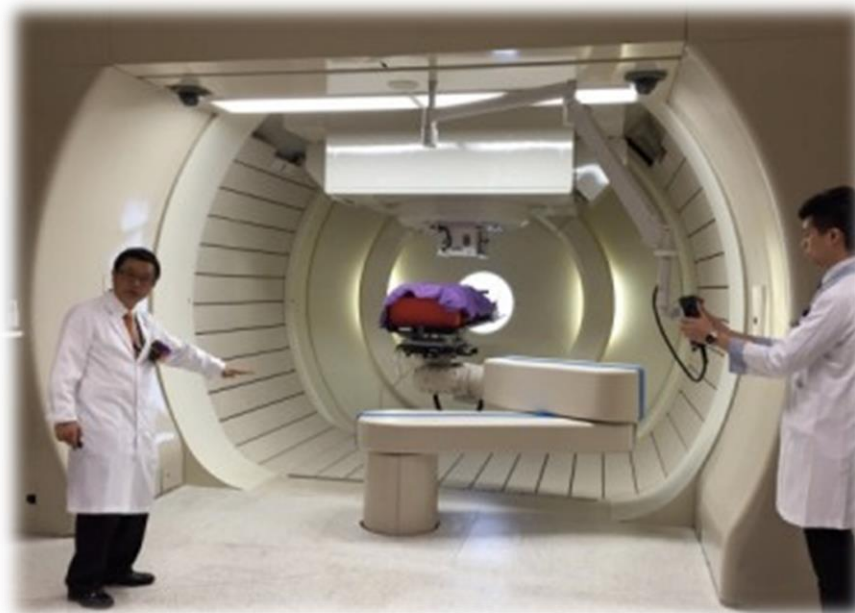


將高能輻射集中照射在腫瘤區域，殺死癌細胞。



直線加速器

[news.ltn.com.tw](http://news.ltn.com.tw)

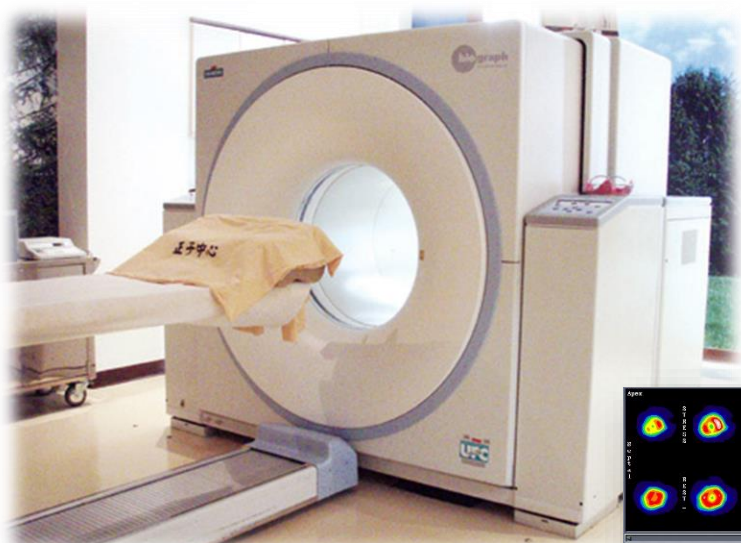


質子治療設備

# 醫療



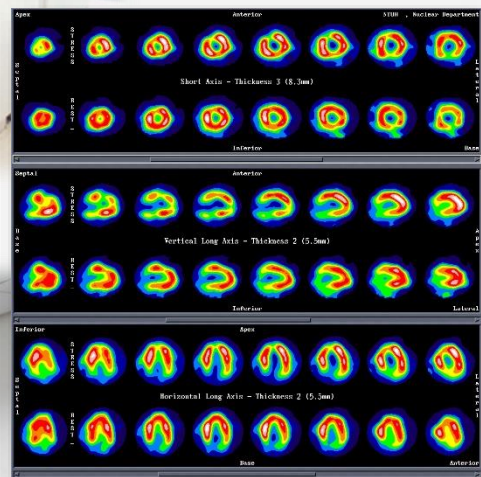
利用吃入或注入帶有放射性的藥物，得到身體生理功能的影像，進行疾病診斷。



正子斷層掃描儀(PET)



單光子斷層掃描儀(SPECT)

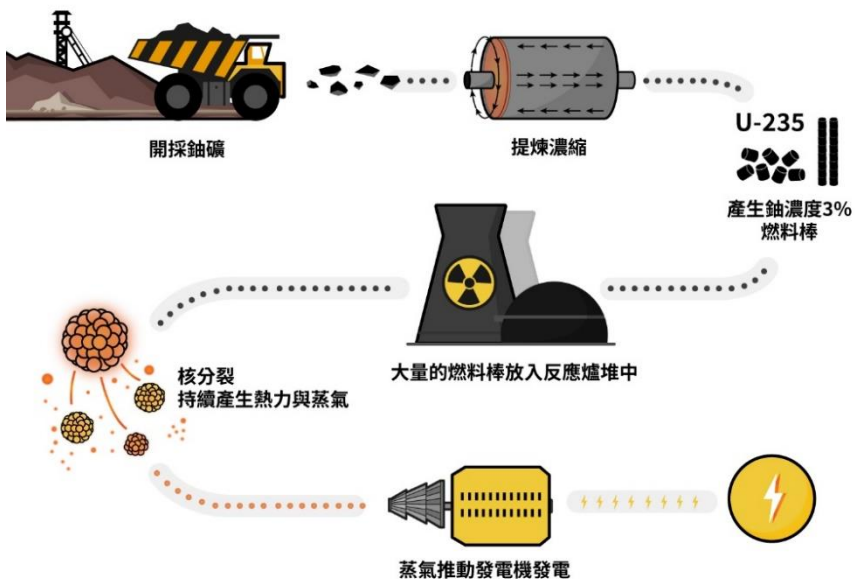


心肌灌注造影



# 工業<sup>(1/2)</sup>

## □ 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



(Ir-192、Se-75、Co-60)





# 工業 (2/2)

## □ 液位量測



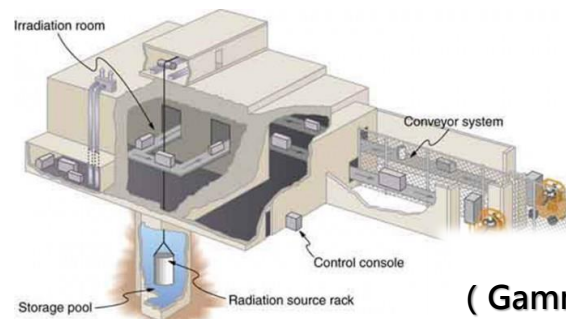
利用加馬射線  
確認管槽液位



利用加馬射線  
量測液位高度

## □ 輻射照射

( 醫材滅菌、材質改良 )



照射廠  
( Gamma ray/加速器 )



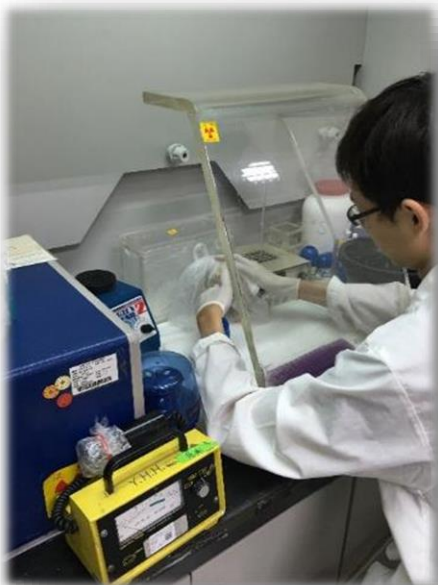
醫療器材經照射處理  
之外箱包裝辨識貼紙



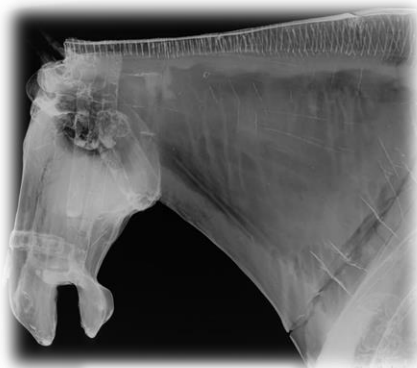
圖片來源：中國生化公司網站



# 研究



DNA、蛋白質標誌  
( H-3、P-32、S-35... )

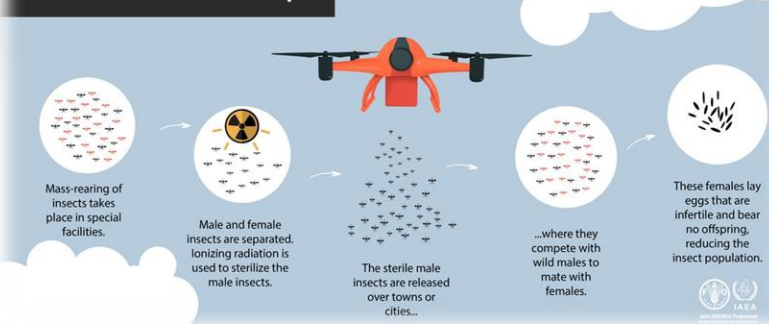


古物鑑定  
( X光 )



水文研究  
( H-3、C-14、O-16... )

## Sterile Insect Technique



昆蟲防治  
( X / Gamma ray )



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 )



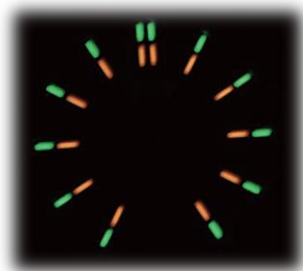
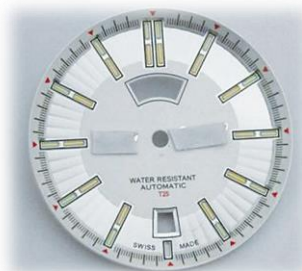
毒氣偵檢器  
( Am-241、Ni-63 )



# 消費性產品



花崗岩、大理石等（天然礦石）

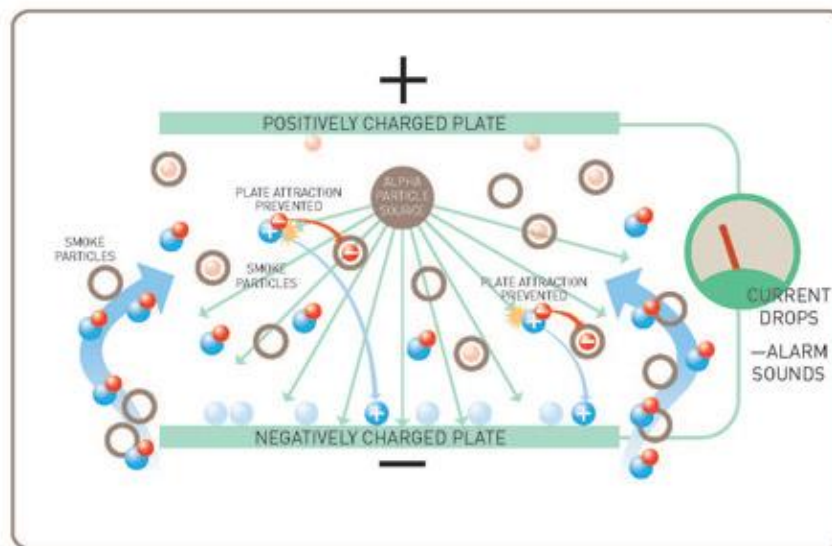


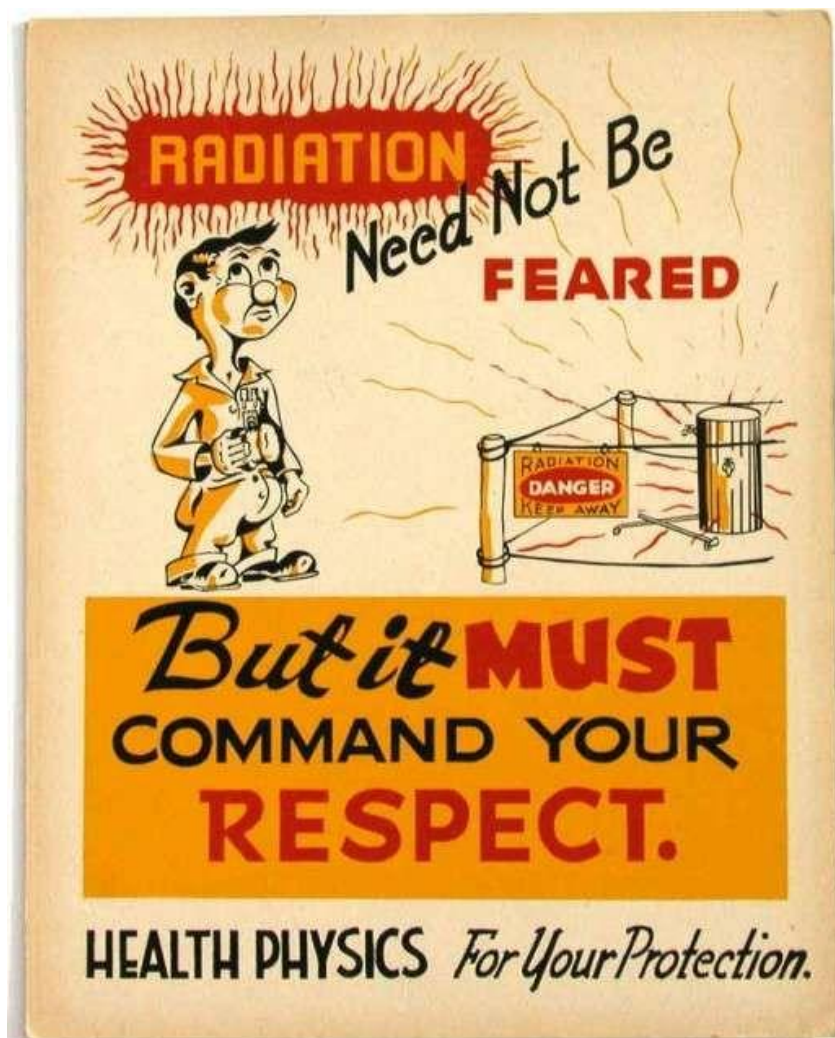
含氚的夜光錶（H-3）

（左：白天；右：晚上）



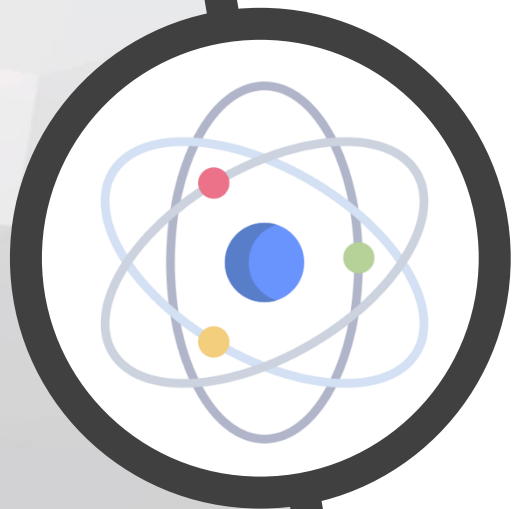
含鎢-241的煙霧偵測器（上）、  
作用原理（下）





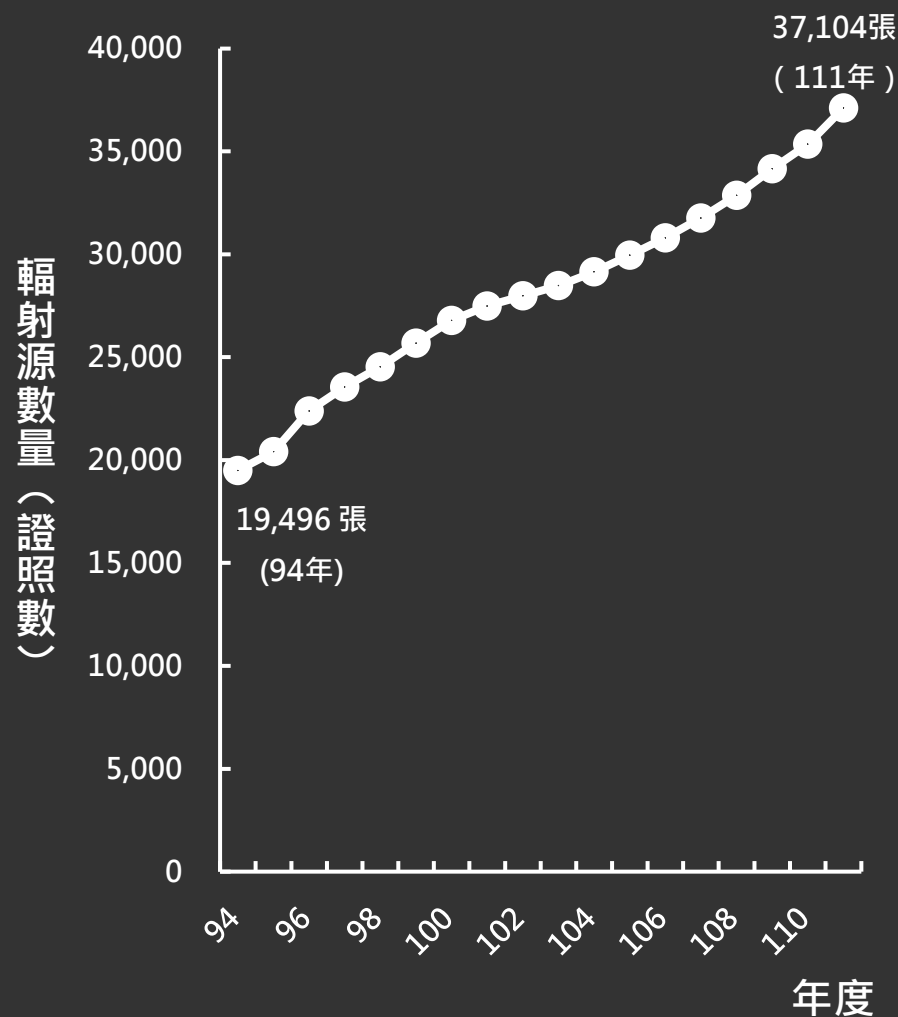
This is one of many posters produced by the **Oak Ridge National Laboratory** in **1947** to advise its staff on how to deal with the risks from **working with nuclear radiation**.

# 簡報大綱 **Outline**



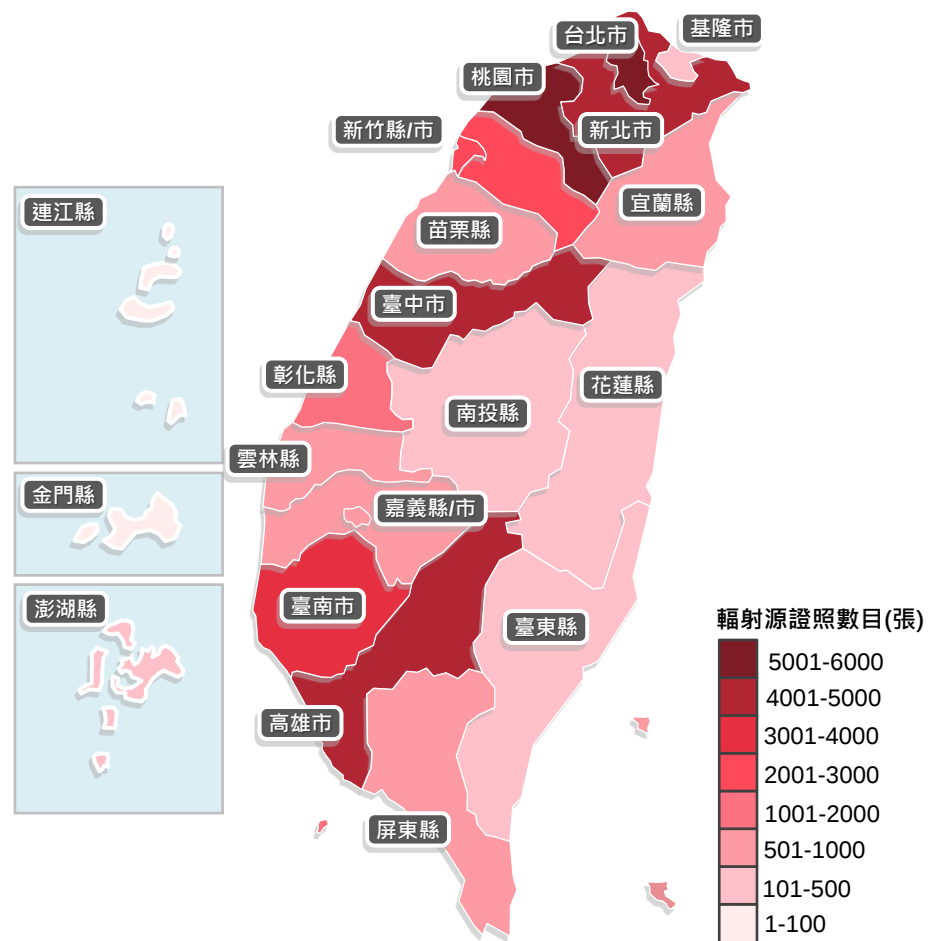
- 1 認識輻射
- 2 輻射民生應用
- 3 輻射安全管制
- 4 輻射防護

# 輻射源增長趨勢



輻射源證照數量每年增加約千張！

# 輻射源分布地圖



資料來源：111年游離輻射應用與管理統計

醫用 22,420 張，非醫用 14,684 張，  
「醫療曝露」為輻射主要應用！ (34)

# 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



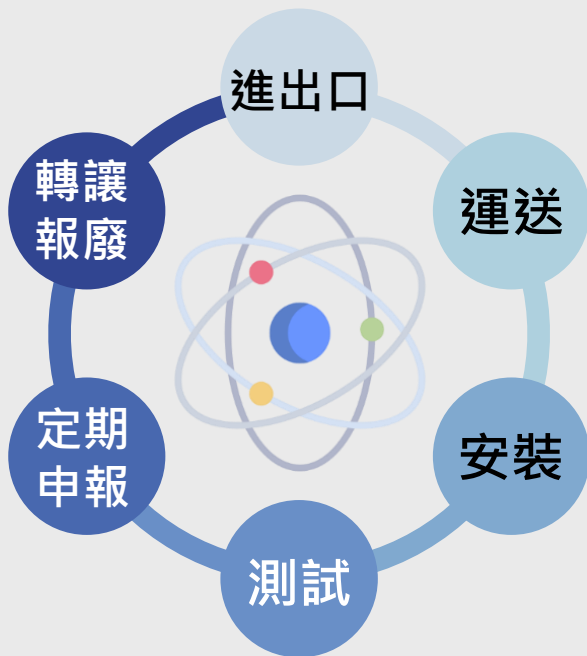
## 醫療曝露品保



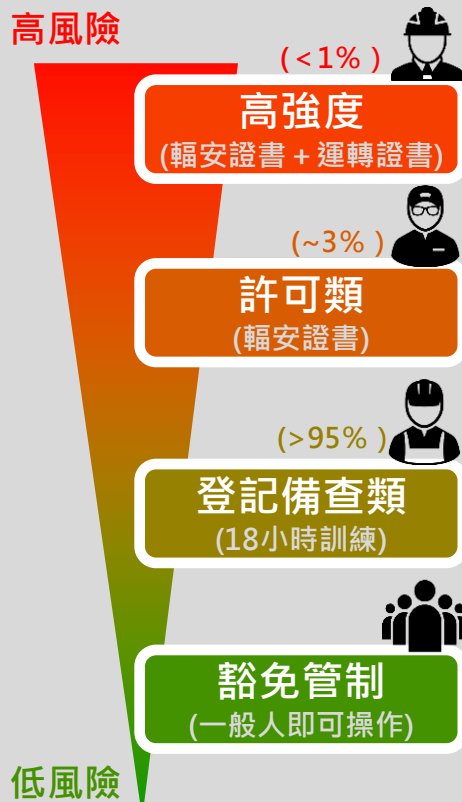
- 放射治療：照的不偏不倚、照的不多不少
- 放射診斷：在合理的劑量下，得到最佳的診斷影像

# 輻安管制策略

## 1 全程管制



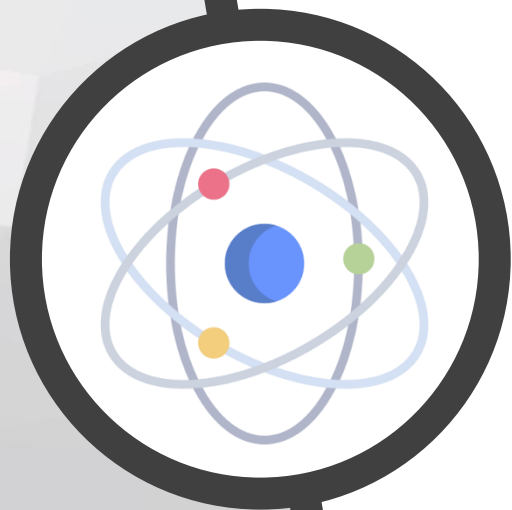
## 2 風險分級



## 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

# 游離輻射的來源



**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

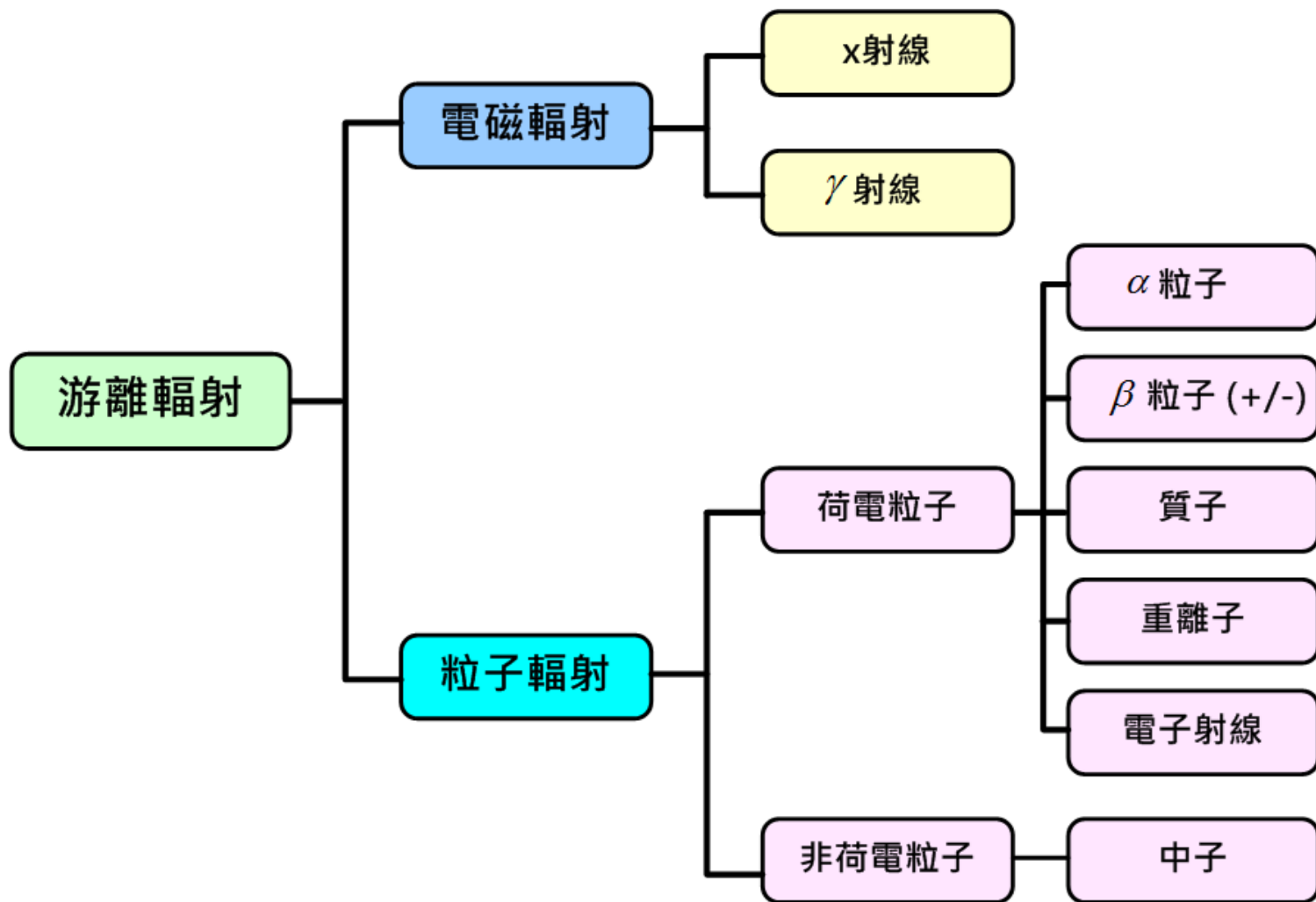
放射性  
廢棄物

核子反應器設施  
管制法

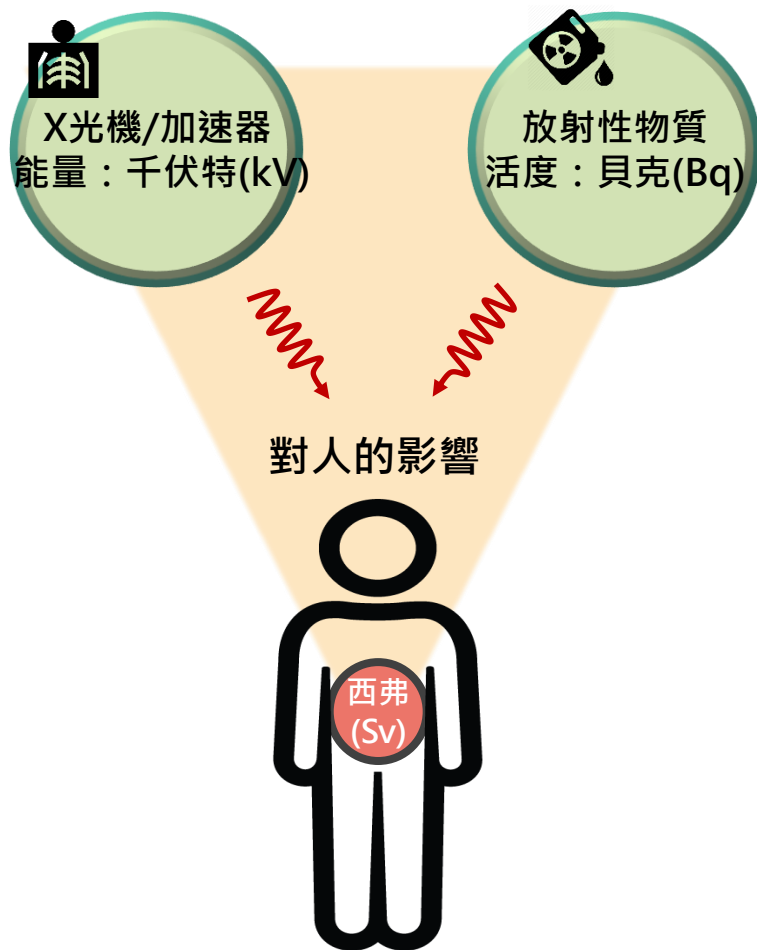
游離輻射防護法

放射性物料管理法

# 游離輻射的種類



# 游離輻射的單位



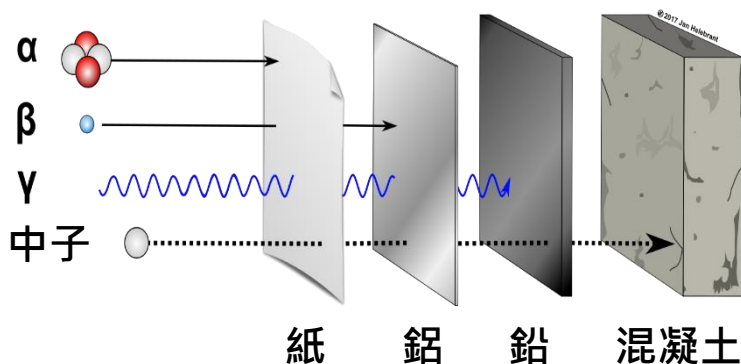
- **X光機/加速器**：管電壓決定輻射能量大小，電壓越高，輻射能量越高，常用單位為**kV**。
- **放射性物質**：以其在一定時間內衰變的次數代表其活度，常用單位為**貝克 (Bq)**：每秒衰變的次數)或**居里 (Ci)**： $3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$  )。
- **對人體的影響**：
  - 不同輻射對人體的影響程度不同 ( **輻射加權因數 $W_R$**  )。
  - 人體不同組織對於輻射的敏感度也不同 ( **組織加權因數 $W_T$**  )。
  - 當描述輻射對人體影響時，會綜合考量以上因素，並用**西弗 (Sv)** 作為劑量的單位。

# 游離輻射的特性

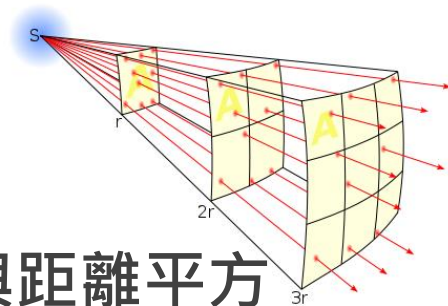
- 無色、無聲、無味、無形，只有偵檢儀器量的到！



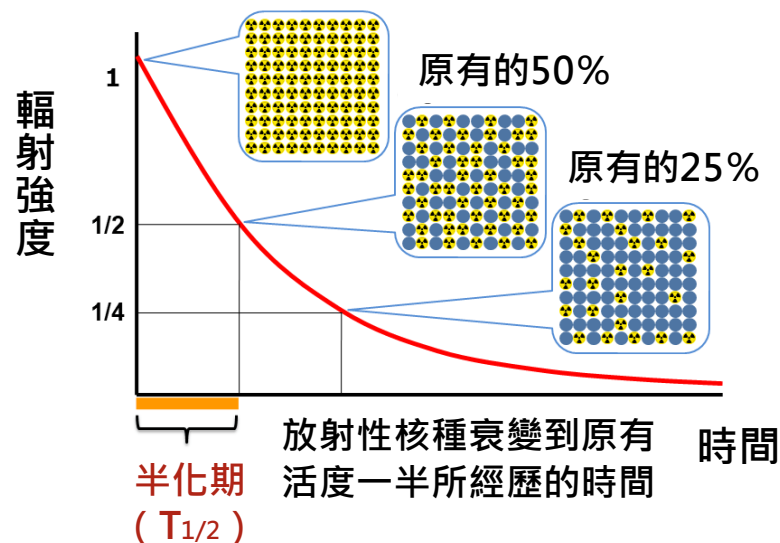
- 具有穿透性，穿透能力因輻射種類而不同。



- 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。



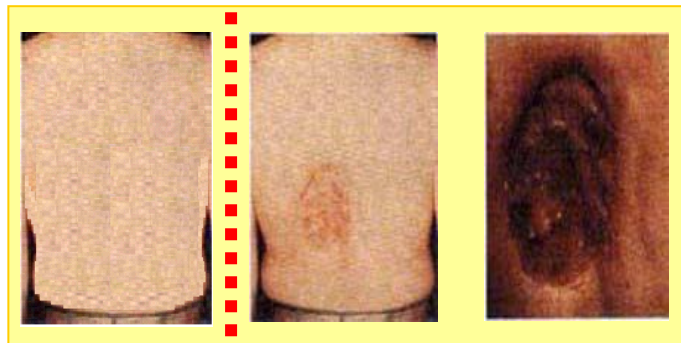
# 游離輻射的健康效應

## □ 確定效應：

- 導致組織或器官之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**。

(例：皮膚紅斑、白內障、不孕、脫毛等)

皮膚紅斑低限劑量



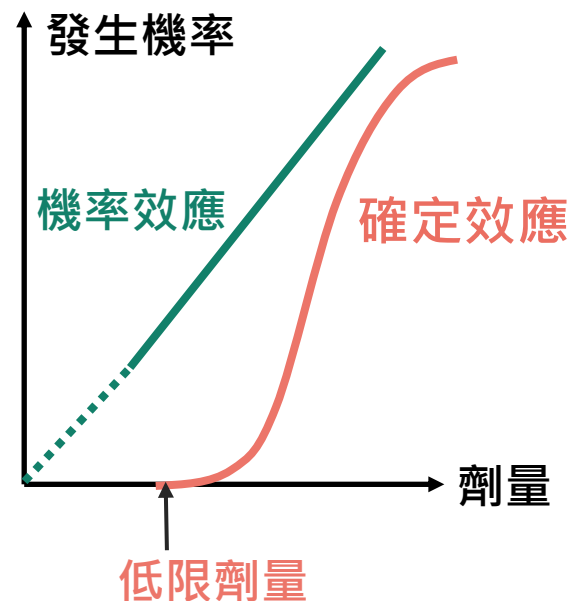
確定效應  
不會發生

> 低限劑量  
效應發生

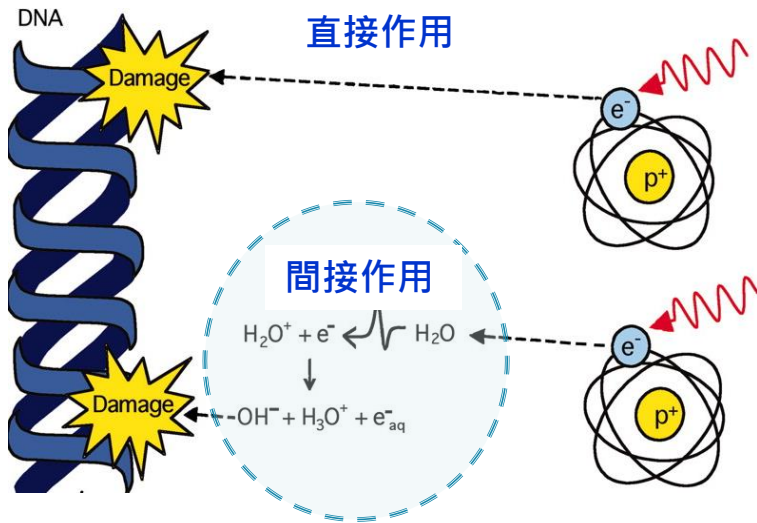
劑量 ↑  
嚴重程度 ↑

## □ 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。



# 游離輻射如何破壞DNA？

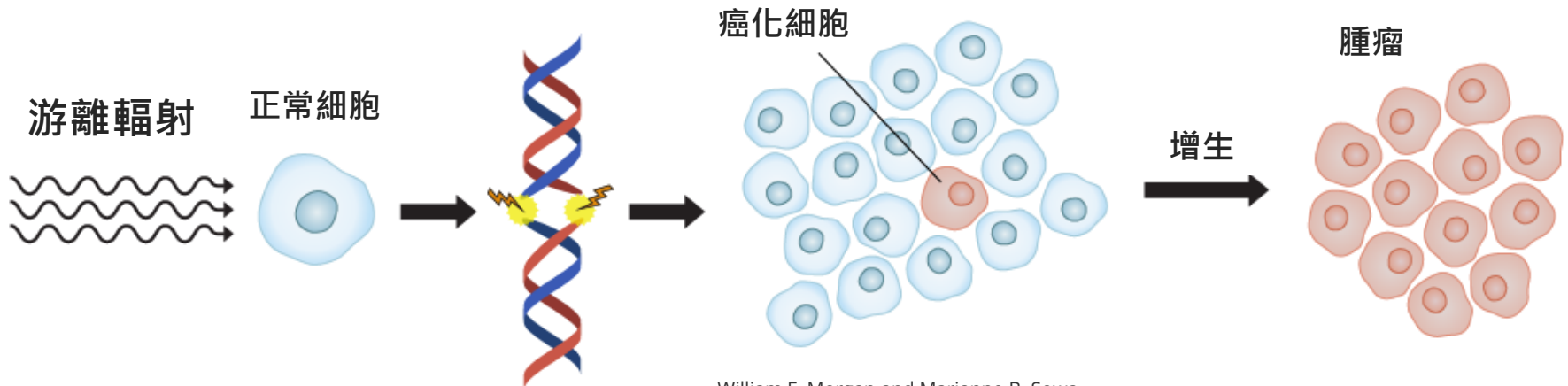


## 直接作用 ( < 1% )

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>

# 不同組織器官的輻射敏感度

- 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率成正比，與細胞的分化程度成反比。

| 輻射敏感度 | 組織器官              |
|-------|-------------------|
| 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          |

# 輻射誘發癌症的潛伏期

- 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

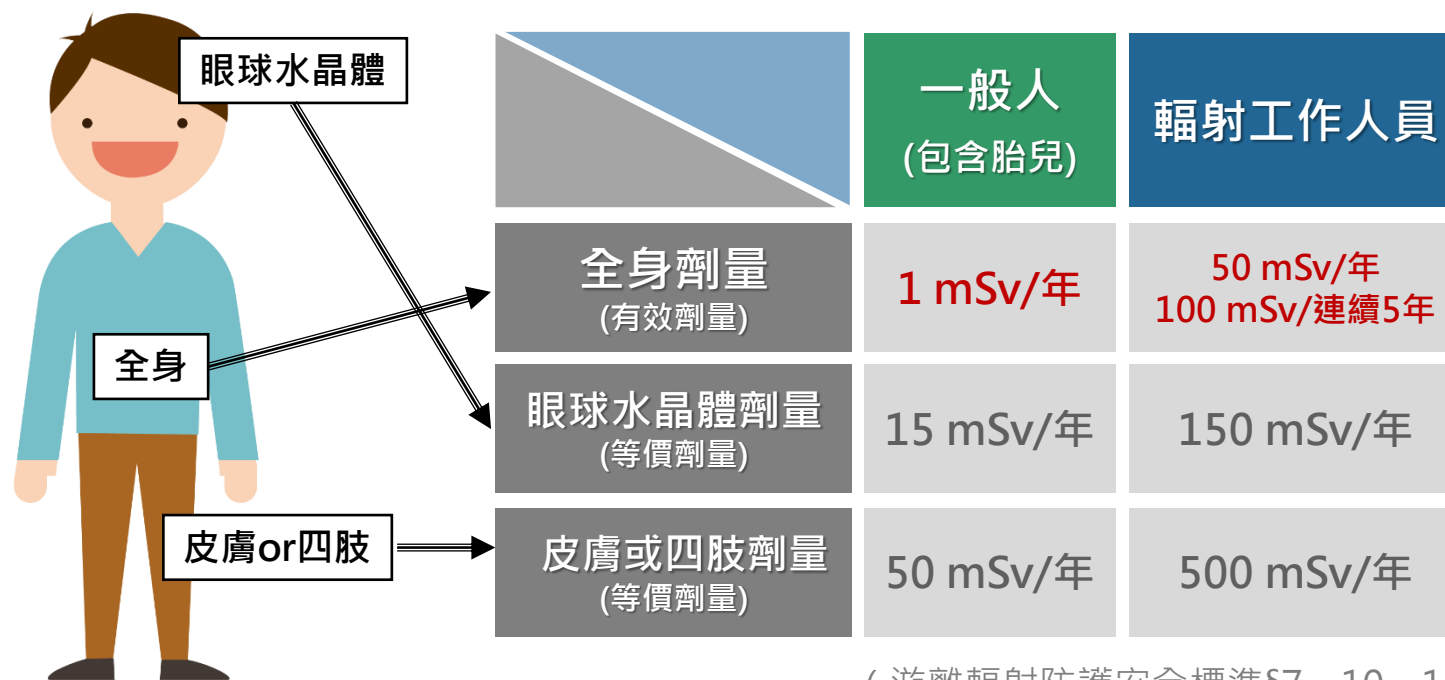
機率效應

# 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 )

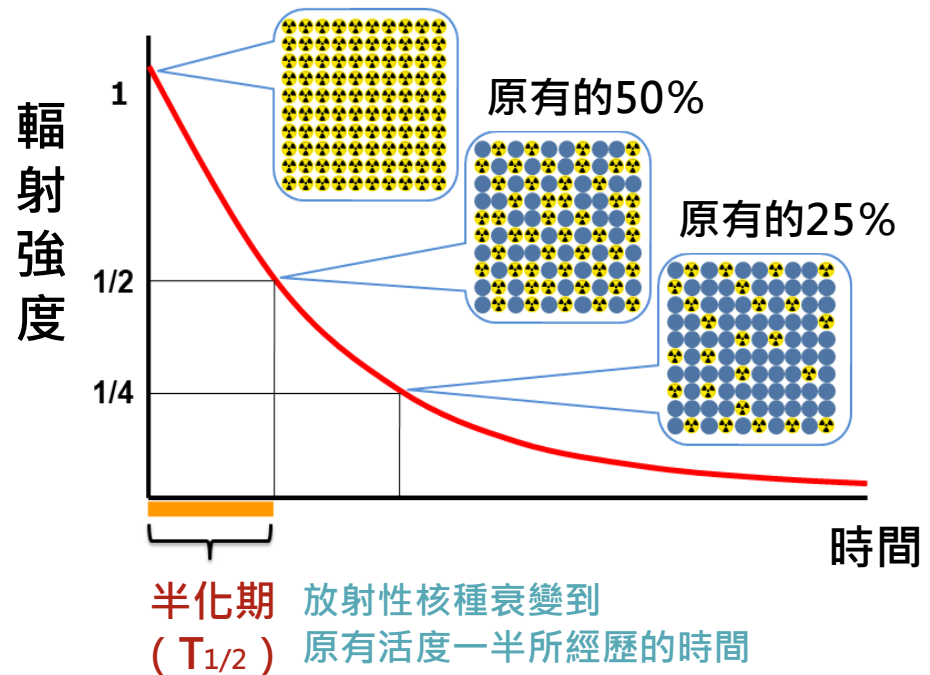
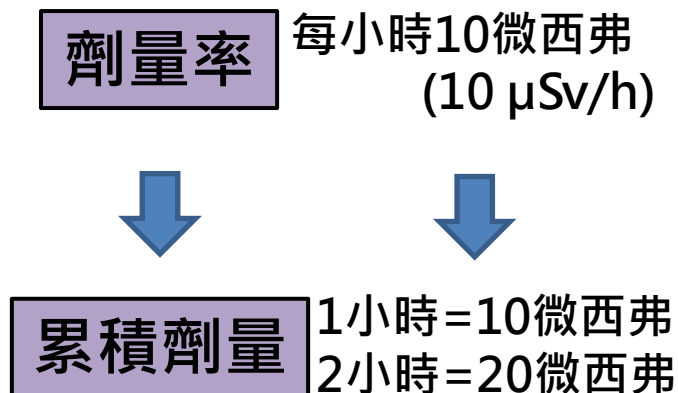
# 輻射防護三原則T<sub>DS</sub>

時間

距離

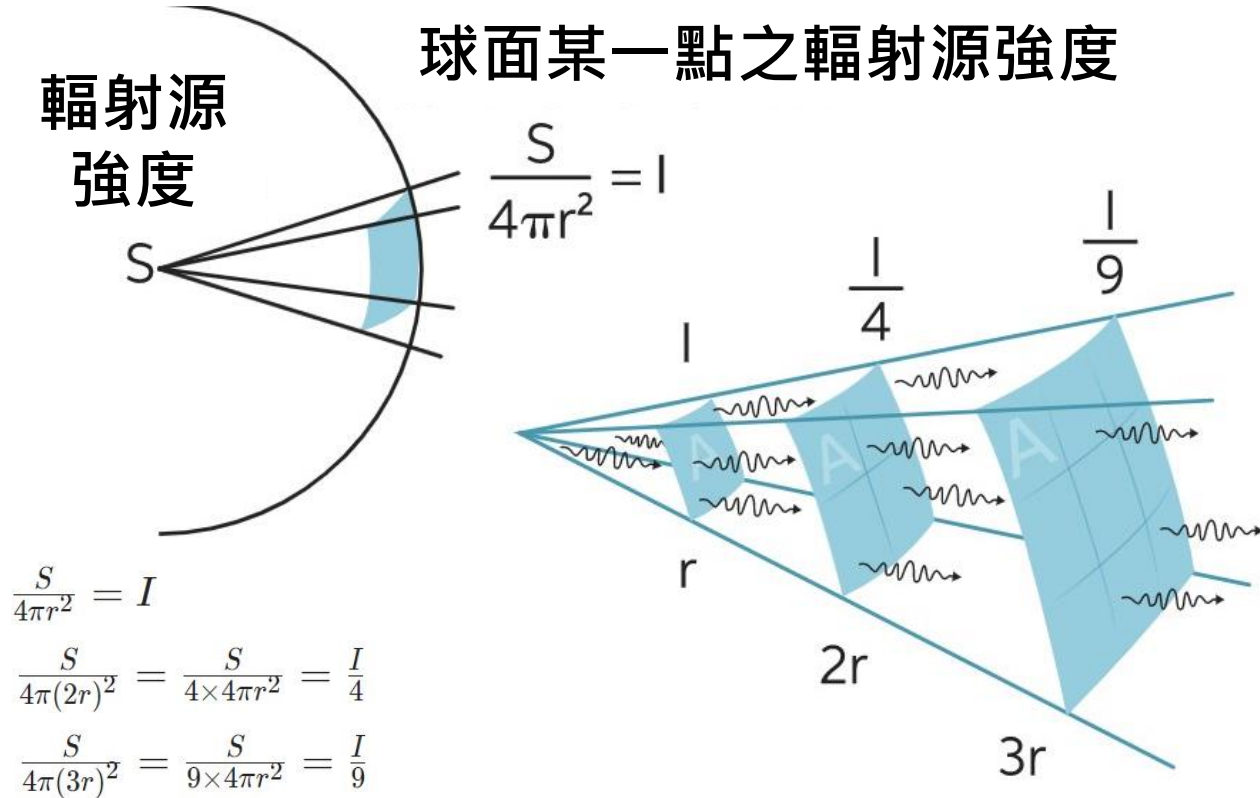
屏蔽

- 曝露時間越久，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)



# 輻射防護三原則 TDS 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



# 輻射防護三原則TDS

時間

距離

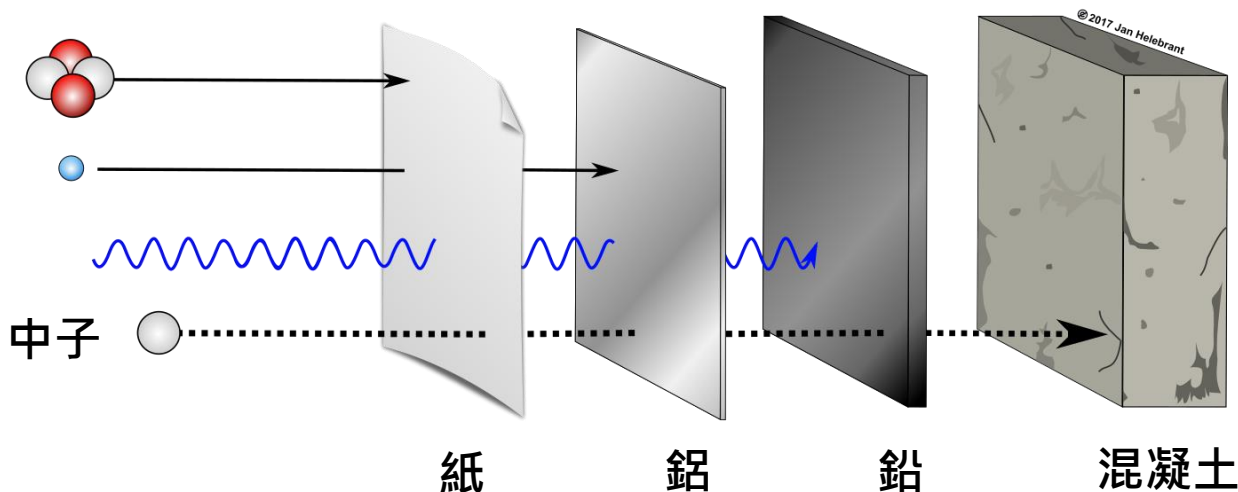
屏蔽

□ 物質可屏蔽or衰減輻射 → 善用手邊或作業現場物品

阿伐( $\alpha$ )粒子

貝他( $\beta$ )粒子

加馬( $\gamma$ )射線



鉛衣：屏蔽or衰減輻射



🔥可取暖，亦可成災  
💧可載舟，亦可覆舟  
天上地下，四處皆☢️  
妥善運用，利大於弊

Any questions ?