

環境與健康 游離輻射與健康

盧家鋒

國立陽明大學 生物醫學影像暨放射科學系

alvin4016@ym.edu.tw

輻射線種類與劑量

課程大綱

- 輻射線種類與劑量
- 游離輻射與生物效應
- 游離輻射線防護
- 日本福島核災與台灣核災演習

輻射線種類

- 依來源區分
 - 天然輻射
 - 人造輻射
- 依能量高低區分
 - 游離輻射(Ionizing Radiation)
 - 非游離輻射(Non-ionizing Radiation)

依來源區分 - 天然輻射

- 宇宙射線
- 地表輻射
 - 土壤、岩石
- 氢氣
- 水源輻射
 - 鐵，安東及馬槽溫泉（氫氣），關子嶺溫泉

依來源區分 - 人造輻射

- 醫療輻射
 - 放射診斷影像、放射治療、核子醫學
- 工業用輻射
- 核能電廠、核能工業
- 核子試爆落塵

依能量區分 - 游離輻射

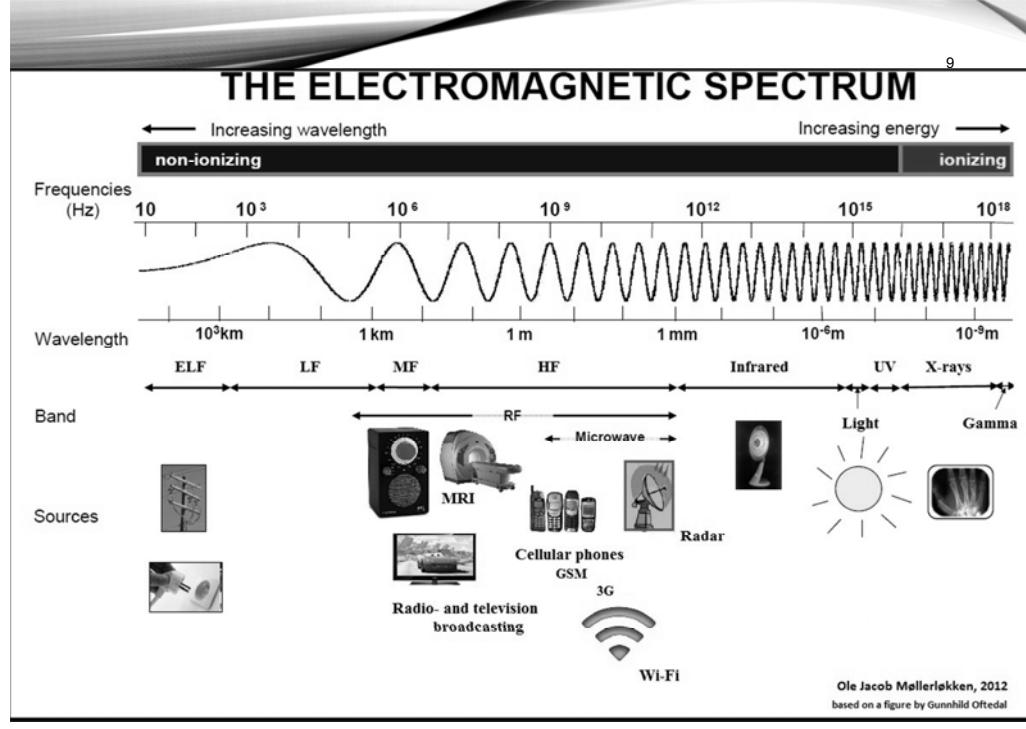
- 能量最強（波長短、頻率高），能使物質產生游離的輻射，如 α 、 β 、 γ 及X射線
- 宇宙射線
- 自然存在放射性元素所產生的輻射線
- 人工來源的輻射鋼筋、醫療放射線診斷及治療、核電廠等



依能量區分 - 非游離輻射

- 能量弱，不會破壞生物細胞分子，但會產生溫度
 - 微波、可見光、紅外線及紫外線
- 能量最弱，不破壞生物細胞分子，也不會產生溫度
 - 如無線電波、電力電磁場

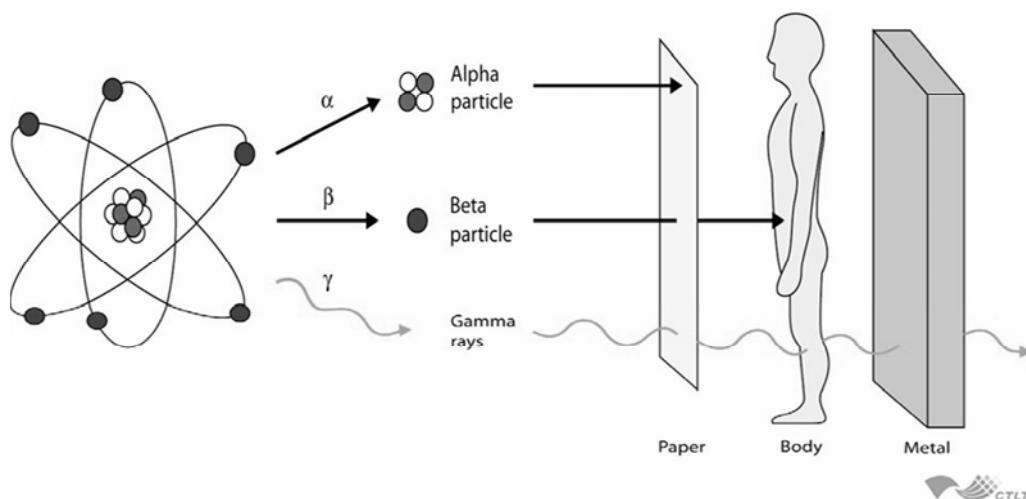




- 10
- ## 游離作用與輻射線種類
- **直接游離**
 - 帶電的粒子輻射直接與原子核撞擊，直接傳遞能量給原子核，使粒子游離原子核的束縛而離開。
 - α 粒子：由原子核放出的帶正電的氦原子核
 - β 粒子：由原子核放出之電子
 - **間接游離**
 - 不帶電的粒子先與物質發生某些作用後，產生的粒子，再由所產生的粒子發生游離作用
 - γ 射線：當原子核衰變時所放出的粒子，由高能階降到低能階時，所放出的能量
 - X射線：高能量的電磁波



游離作用與輻射線種類

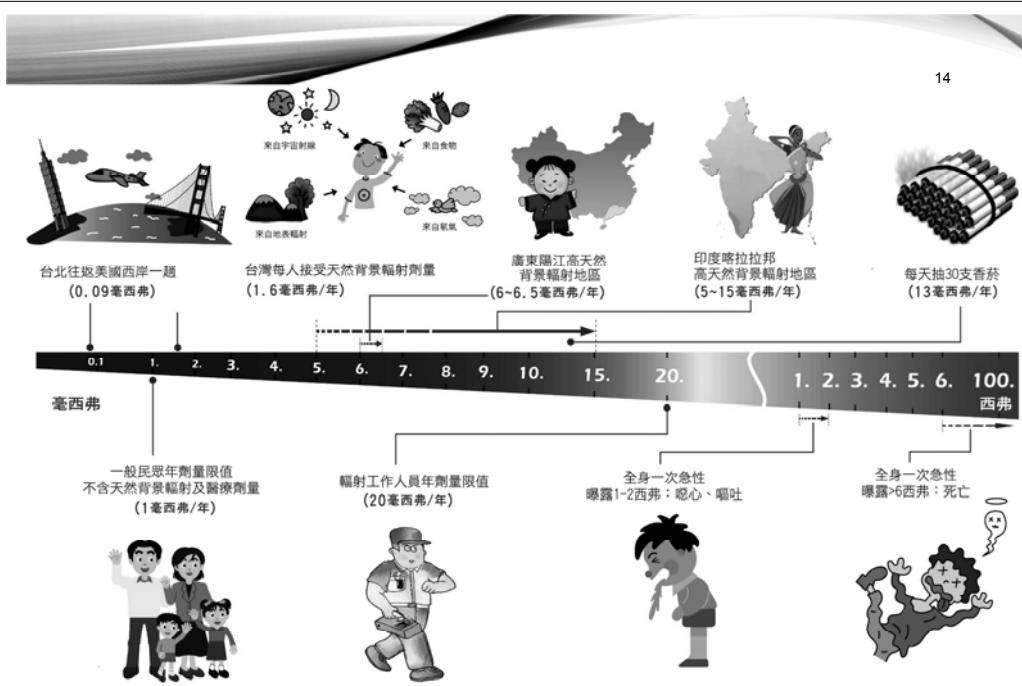


國際輻射劑量單位

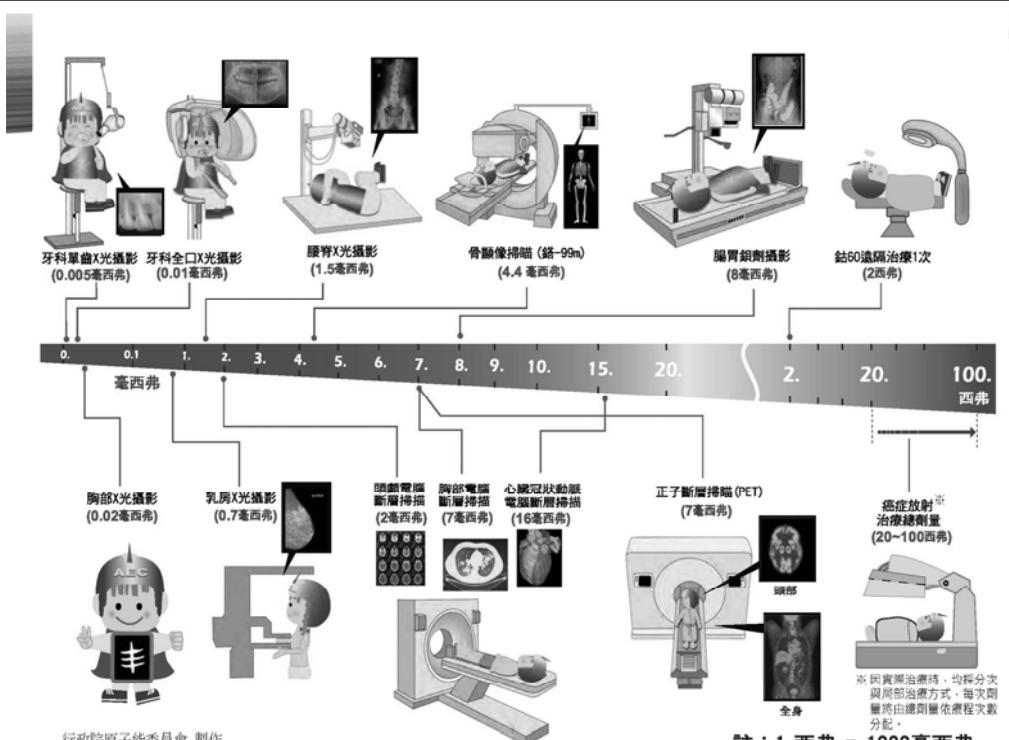
- **吸收劑量 (Absorb Dose)**
 - 指每單位質量從游離輻射吸收的能量
 - 1格雷(Gy) = 1焦耳/公斤(J/Kg) = 100雷得(rad)
- **等價劑量 (Equivalent Dose)**
 - 指器官劑量與對應輻射加權因數乘積之和
 - 1西弗(Sv) = 1焦耳/公斤(J/Kg) = 100倫目(rem)
- **有效劑量 (Effective Dose)**
 - 指人體中受曝露之各組織或器官之等價劑量與各該組織或器官之組織加權因數乘積之和
 - 1西弗(Sv) = 1焦耳/公斤(J/Kg) = 100倫目(rem)

常見輻射劑量

- 年攝入限度：指參考人在一年內攝入某一放射性核種而導致50毫西弗之約定有效劑量或任一組織或器官500毫西弗之約定等價劑量兩者之較小值。
- 台灣每人每年受到天然的輻射約1~2毫西弗
- 照一張X光約為0.02~0.05毫西弗
- 作一次電腦斷層掃描攝影約2毫西弗



註：1 西弗 = 1000毫西弗



行政院原子能委員會 製作

註：1 西弗 = 1000毫西弗

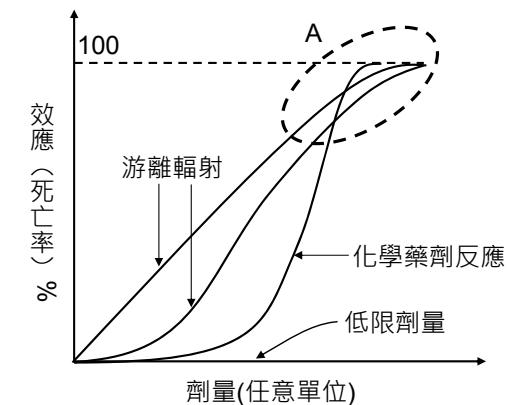
游離輻射與生物效應



輻射線曝露種類

- 體外曝露
 - 指游離輻射由體外照射於身體之曝露
 - 例如：鈷60 → γ -ray由體外穿入體內
 - 可用人員劑量計及環境監測作量測
- 體內曝露
 - 指由侵入體內之放射性物質所產生之曝露
 - 空浮污染導致吸入、由食物嚥入體內、附著於髮膚污染皮膚、經傷口流入體內
 - 可用化學及生物劑量計量測

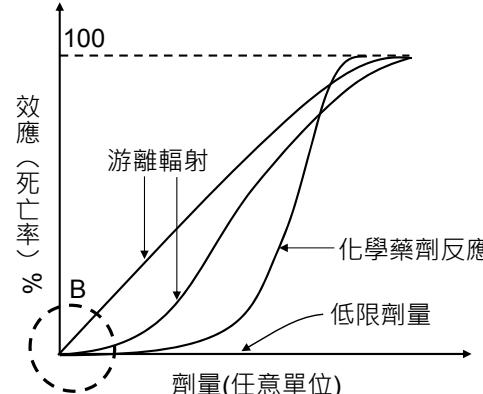
輻射劑量與效應



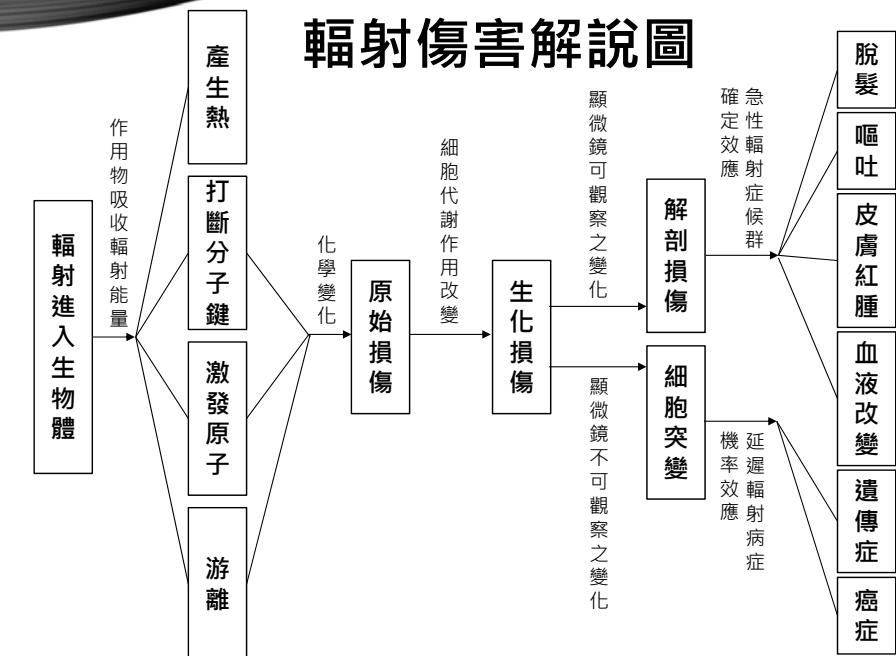
- (A) 高劑量效應區
 - 確定效應
 - 傷害效應的發生，需要的劑量必須多過低限劑量。劑量越大，傷害效應越嚴重。

輻射劑量與效應

- (B) 低劑量效應區
 - 機率效應
- 由高劑量效應區以外推法延伸或動物實驗推論而得，尚無足夠人體經驗數據證實。
- 發生的機率與吸收劑量有關。



輻射傷害解說圖

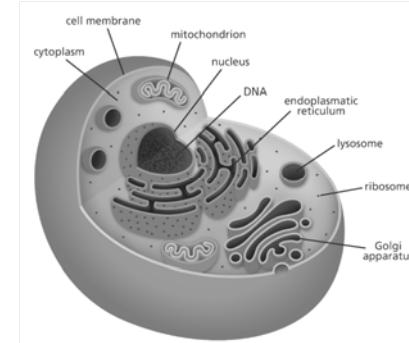


一次急性體外曝露傷害效應

一次劑量 (西弗Sv)	一般症狀說明
<0.1	無可察覺症狀，但遲延輻射病的產生仍可能發生。
0.10-0.25	能引起血液中淋巴球的染色體變異。
0.25-1.00	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，但不致發生機能之影響。
1.00-2.00	有疲倦、噁心、嘔吐現象，血液中淋巴球及白血球減少後恢復緩慢。
2.00-4.00	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。
4.00-6.00	與前者相似，僅症狀顯示的較快，在2-6週內死亡率為50%。
6.00以上	若無適當醫護，死亡率為100%。

游離輻射對細胞的作用

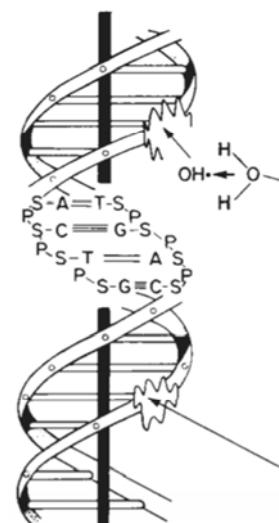
- 細胞膜：對輻射最不敏感，約需30-50 Gy才會被破壞
- 酵素作用：需高達 10^4 Gy才會被破壞
- 細胞核：僅需數Gy就可造成染色體變異與細胞突變。
- 細胞死亡原因主要來自細胞核受到傷害。



游離輻射對細胞的作用

- 輻射曝露後，受損細胞可能有以下反應：
- 延遲細胞的正常循環，過一段時間後恢復正常。
- 受損細胞失去分裂繁殖能力，最後死亡消失。
- 受損細胞不正常分裂繁殖，性細胞遺傳物質改變而影響後代，體細胞不正常繁殖形成腫瘤。
- 輻射能量很高時，受照射細胞會立即腫脹破裂。

游離輻射對細胞的作用



間接作用：

身體組織內的水分子受輻射照射而造成鍵結斷裂，產生OH自由基，離子化的自由基反應性強，很容易與DNA作用而使DNA受損，約75%的輻射傷害是由OH自由基造成。

直接作用：

DNA直接受到輻射的照射而產生游離現象，使得DNA受到損害。

DNA單股斷裂修復

- 活性氧分子(ROS)破壞去氧核糖序列導致DNA單股斷裂。
- DNA單股斷裂時，利用 BER 的酵素，如 Ligase 來接合修補。
- PARP1 可以保護DNA單股斷裂，以利後續修補。

DNA雙股斷裂修復

- DNA暴露在游離輻射中產生大約5-7%的雙股DNA斷裂
- DNA雙股斷裂修復包含
 - 非同源段修補----快速反應
 - 非同源段修補----緩慢修補
 - 同源染色體重組

游離輻射線防護

輻射防護的原則

體外曝露的防護原則

- 時間 (Time)
 - 縮短曝露時間及等候射源強度衰減(Decay)
- 距離 (Distance)
 - 遠離射源
- 屏蔽 (Shielding)
 - 用屏蔽物質把輻射擋住

放射性核種半衰期表 (DECAY)

• 鉀-40	1,260,000,000 年
• 鈾-235	703,8000,000 年
• 碘-129	17,000,000 年
• 碳-14	5,730 年
• 銀-137	30 年
• 鈷-60	5.26 年
• 碘-131	88 日
• 硒-73	7.22 小時
• 鉀-38	7.66 分鐘
• 氰-219	44 秒

距離(DISTANCE)

- 呈平方成反比的遞減
 - 距離增加一倍, 劑量只剩4分之一

屏蔽(SHIELDING)

- α : 不足構成體外危害，無須屏蔽。
- β : 宜用較輕物質，因可減少制動輻射的產生。
- γ : 宜用鉛等高原子序物質，但須注意其康普吞
宜用鉛等高原子序物質。
- 中子: 含氫多的物質(水，塑膠，石蠟水，塑膠，
石蠟等)為宜，水泥及石墨亦為常使用者。

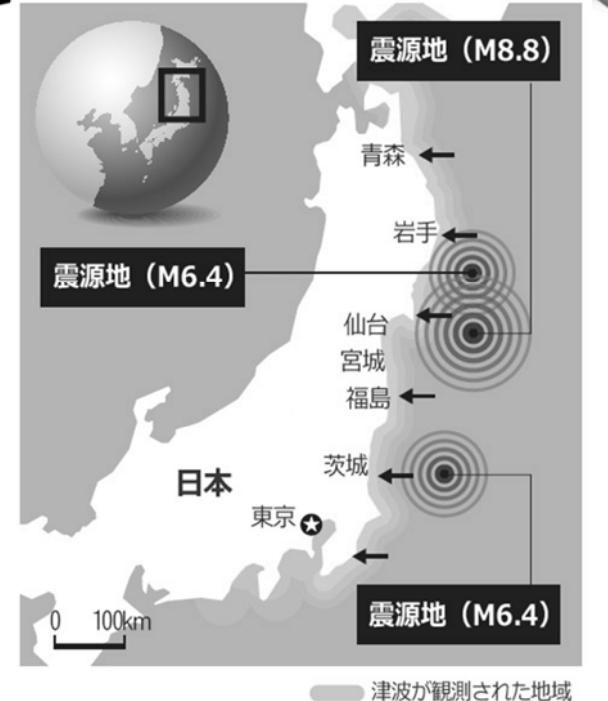
輻射防護的原則

- 體內曝露的防護原則
- 避免食入吸入放射性物質
 - 減少吸收
 - 增加排泄
 - 避免在污染區逗留

日本福島核災與台灣核災演習



2011年3月11日
日本地震海嘯與
福島第一核電廠
核災

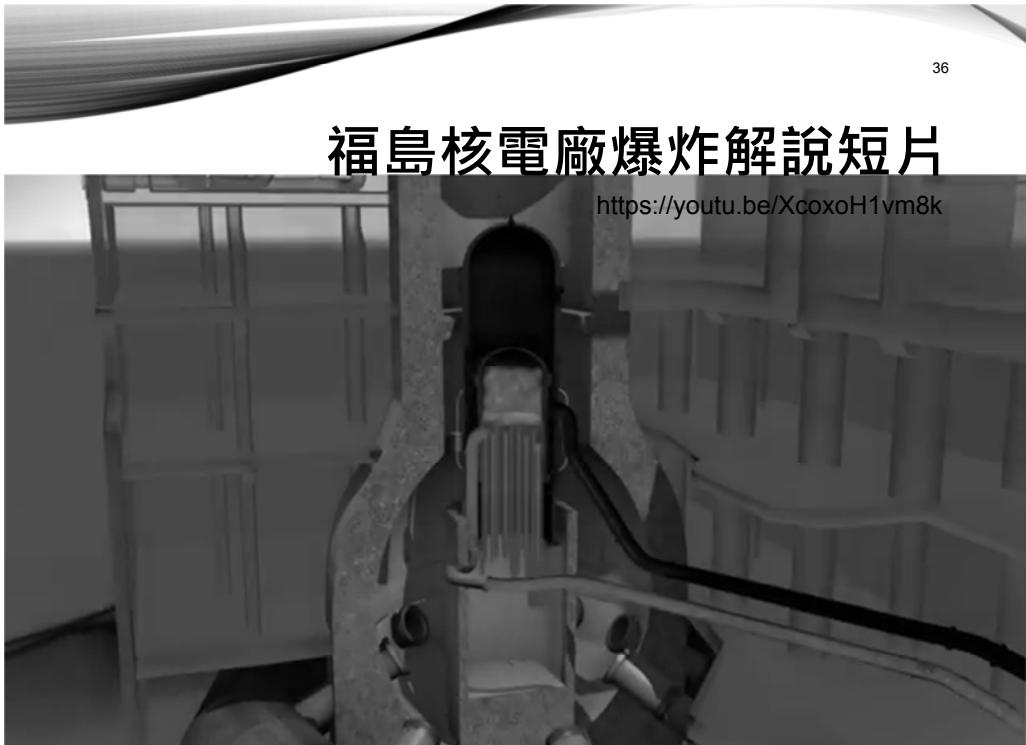


國際核能事件分級制度基本架構

等級	準則1 廠外衝擊程度	準則2 廠內衝擊程度	準則3 安全防禦之衰減程度
7級 最嚴重意外事故	極大量放射性物質外釋：造成廣泛性民眾健康及環境之影響		
6級 嚴重意外事故	發生顯著放射性物質外釋：造成須全面施行區域性緊急計畫		
5級 廠外意外事故	有限度之放射性物質外釋：造成須部份施行區域性緊急計畫	嚴重之核心或放射性屏蔽毀損	
4級 廠區意外事故	輕微放射性物質外釋：造成民眾輻射曝露達規定限值程度	局部性核心或放射性屏蔽毀損之狀態或工作人員接受致命性曝露	
3級 嚴重事件	極小量之放射性物質外釋：民眾輻射曝露尚未達規定限值之程度	發生嚴重污染或工作人員超曝露導致急性健康效應	接近發生事故狀態，喪失安全防禦功能程度
2級 偶發事件		發生重大污染或工作人員超曝露	發生潛在安全影響之事件
1級 異常警示			發生功能上之偏差
0級 未達級數	無安全顧慮		

福島核電廠爆炸解說短片

<https://youtu.be/XcoxoH1vm8k>



當核電廠事故發生時

- 各種輻射性物質將排放至大氣中，它會隨著風向氣流移動，人類無法以感官的方式確認它的存在。因此對事故發生後的氣象需要用心詳細觀察，並預測可能的擴大趨勢。
- 輻射性物質的擴散速度與當時風速、風向有著密切的關係，也就是風速愈快擴散速度愈快。

發生核能事故時，該怎麼辦？



一、警報響起

- 透過電視、收音機、網路、警車廣播接受警報訊息

二、進行掩蔽動作

- 關閉所有門窗
- 關閉通風設備（包括冷氣）
- 將食物蓋上蓋子放進冰箱
- 暴露在外的食物和飲水不要食用
- 正在室內，請不要外出。
- 正在室外，請回到家裡或進入附近的建築物內。
- 正在車上，請立刻關上車窗、打開收音機收聽廣播，離開事故地區或進入室內。

三、接到服用碘片指示時

- 成人每日一錠（一三〇毫克）
- 孕婦及三至十二歲兒童每日半錠（六十五毫克）
- 未滿三歲兒童每日四分之一錠



四、接到疏散指示時

- 1. 關閉所有家中電源與瓦斯
- 2. 攜帶個人證件藥物和輕便物品。
- 3. 趕快到住家附近的集合點集合，再搭乘政府的專車到收容站。

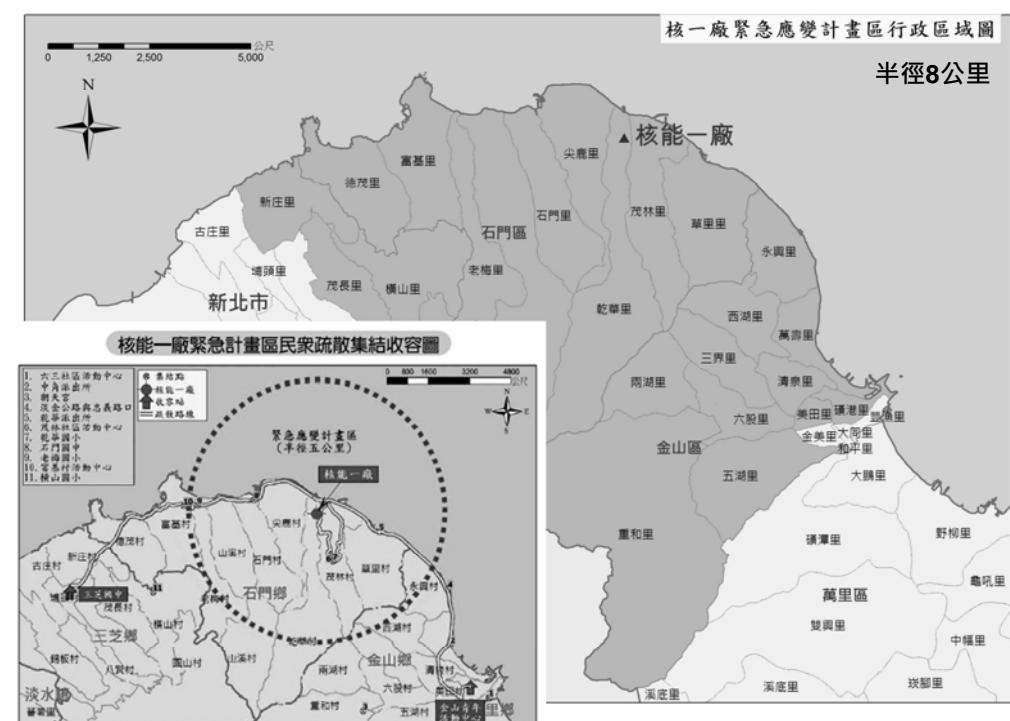
碘片(碘化鉀)藥劑

一、碘片之介紹：

- 碘是一種微量元素，主要存在於海帶、海苔中，而碘片則是碘化鉀之通稱，含有穩定碘。本碘片劑量為一三〇毫克，穩定碘含量是一〇〇毫克。

二、碘片效用：

- (一) 碘片可阻止游離碘集入甲狀腺，只要有足夠的量就可以阻止放射性碘進入甲狀腺；服用三十分鐘後，就可以發生阻塞功能。放射性碘由曝露環境吸入到甲狀腺約需十到十二小時，故在吸入後二到四小時服用本藥劑，可以阻擋百分之五十以上之放射碘進入甲狀腺內。
- (二) 服用碘片後，穩定碘即先蓄積於甲狀腺中，食物中適量的碘可維護甲狀腺之正常功能。唯於核子事故發生時，如有大量放射性碘經由呼吸道進入體內，將會傷害甲狀腺，影響甲狀腺功能；日後亦可能有罹患甲狀腺癌之虞。服用碘片後，放射性碘不易進入甲狀腺內，可避免或減少上述情形之發生。
- (三) 碘片對於核子事故發生時所釋放之其他放射性物質並無保護。





總結

- 防止輻射確定效應的發生，同時也要抑低機率效應的發生率到社會能接納的程度。
 - 利用輻射所獲得的效益必須超過它的代價。輻射作業人員與一般民眾接受輻射劑量均不得超過法規的限制。
 - 考慮到經濟與社會因素之後，一切輻射曝露必須保持合理抑低。
 - 認識輻射也合理善用輻射。



主要參考資料

- 台灣大學生物科技研究所 蔡孟勳教授 講義
 - 游離輻射防護彙翠，財團法人中華民國輻射防護協會 編印
 - 行政院原子能委員會網站資料
 - 輻射與健康，劉志青撰



THE END

alvin4016@ym.edu.tw