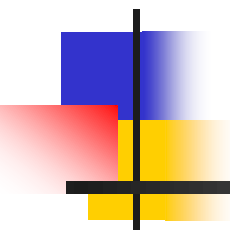


輻射防護管制與意外事件分析



林招鵬 博士
國立清華大學原子科學所



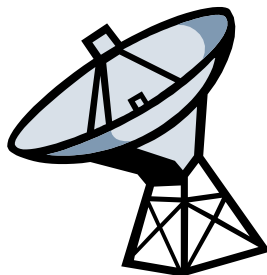
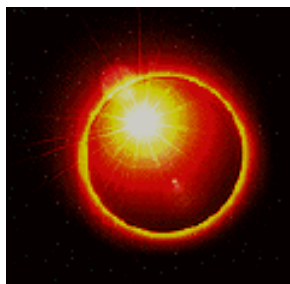
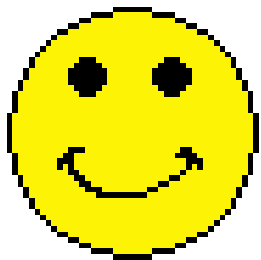
內容

- 輻射概述
- 輻射防護管制
- 輻射意外事件分析

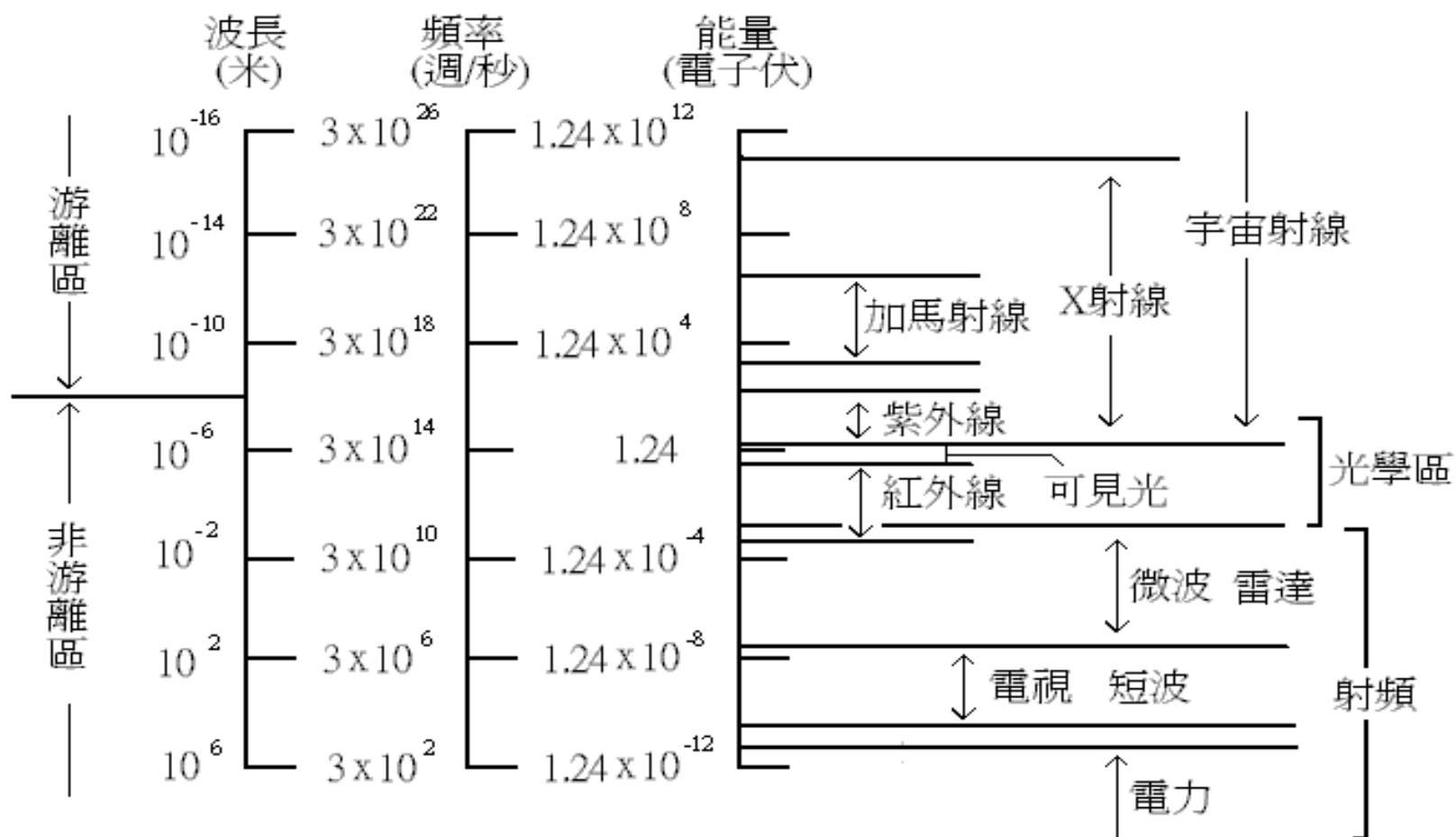
輻射概述

什麼是輻射？

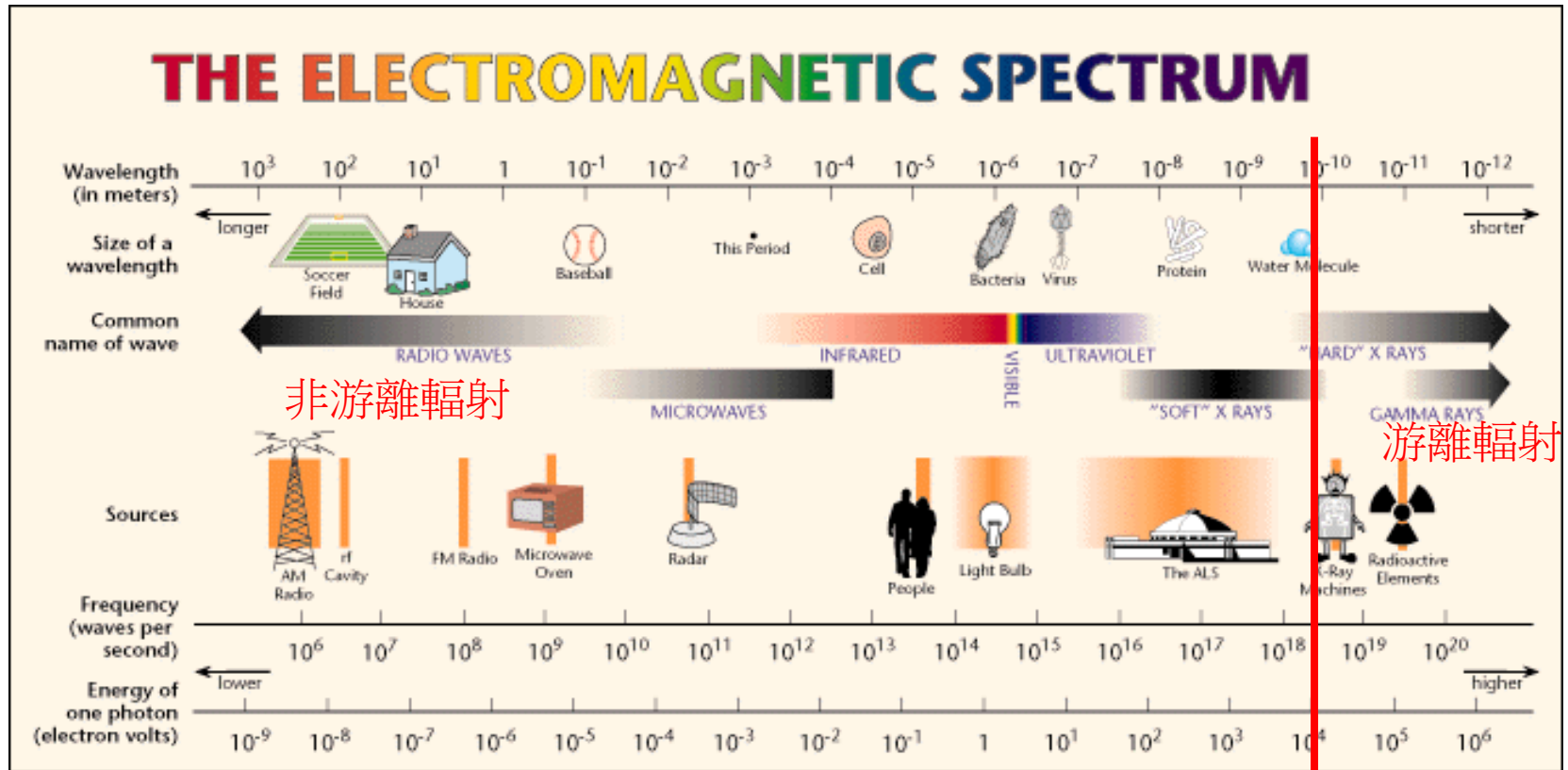
- 簡單的說輻射是一種能量



生活環境中的各種電磁波輻射



電磁游離輻射



非游離輻射

游離輻射

NCC、DEP

AEC

$$c = v\lambda, E = hv$$

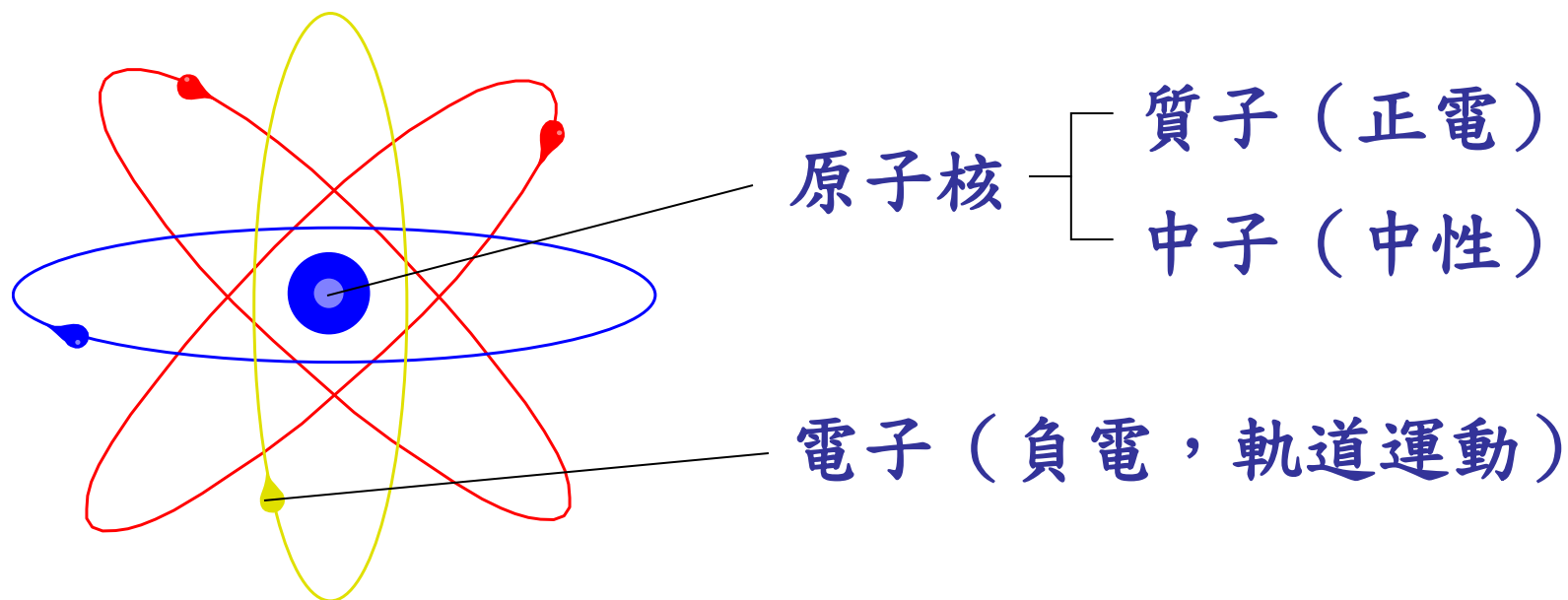
wavelength from 10^7 (radio waves) to 10^{-13} m (ultrahigh energy x-rays)

Visual light : 4×10^{-7} m (blue light) $\sim 7 \times 10^{-7}$ m (red light)

名稱	非游離輻射	游離輻射
能量高低	小於 10keV，能量低 不會使物質發生游離現象	大於 10keV，能量高 可使物質產生正、負電荷的游離現象
區分種類	電磁波、無線電波微波、 紅外線可見光、紫外線	α 粒子、 β 粒子 γ 射線、 X 射線中子
常見品項	手機、微波爐高壓電塔、 基地台	X 光機 放射性物質 (如鈷 -60、碘 -131)
主管機關	國家通訊傳播委員會 (基地台管理) 行政院環境保護署 (非游離輻射之管制) 經濟部標準檢驗局 (商品檢測)	核能安全委員會



原子模型

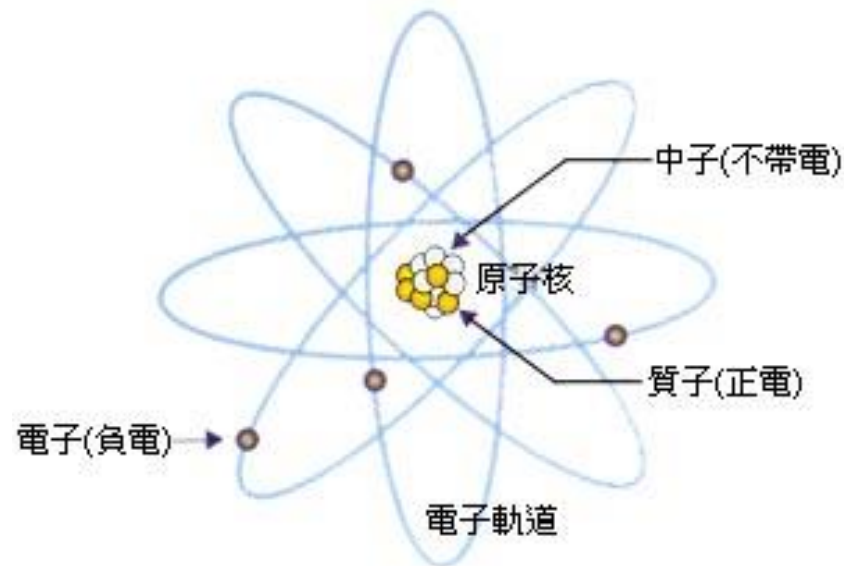


$$\begin{aligned} Z &= \text{原子序} = \text{質子個數} = \text{電子個數} \\ A &= \text{質量數} = \text{質子個數} + \text{中子個數} \end{aligned}$$

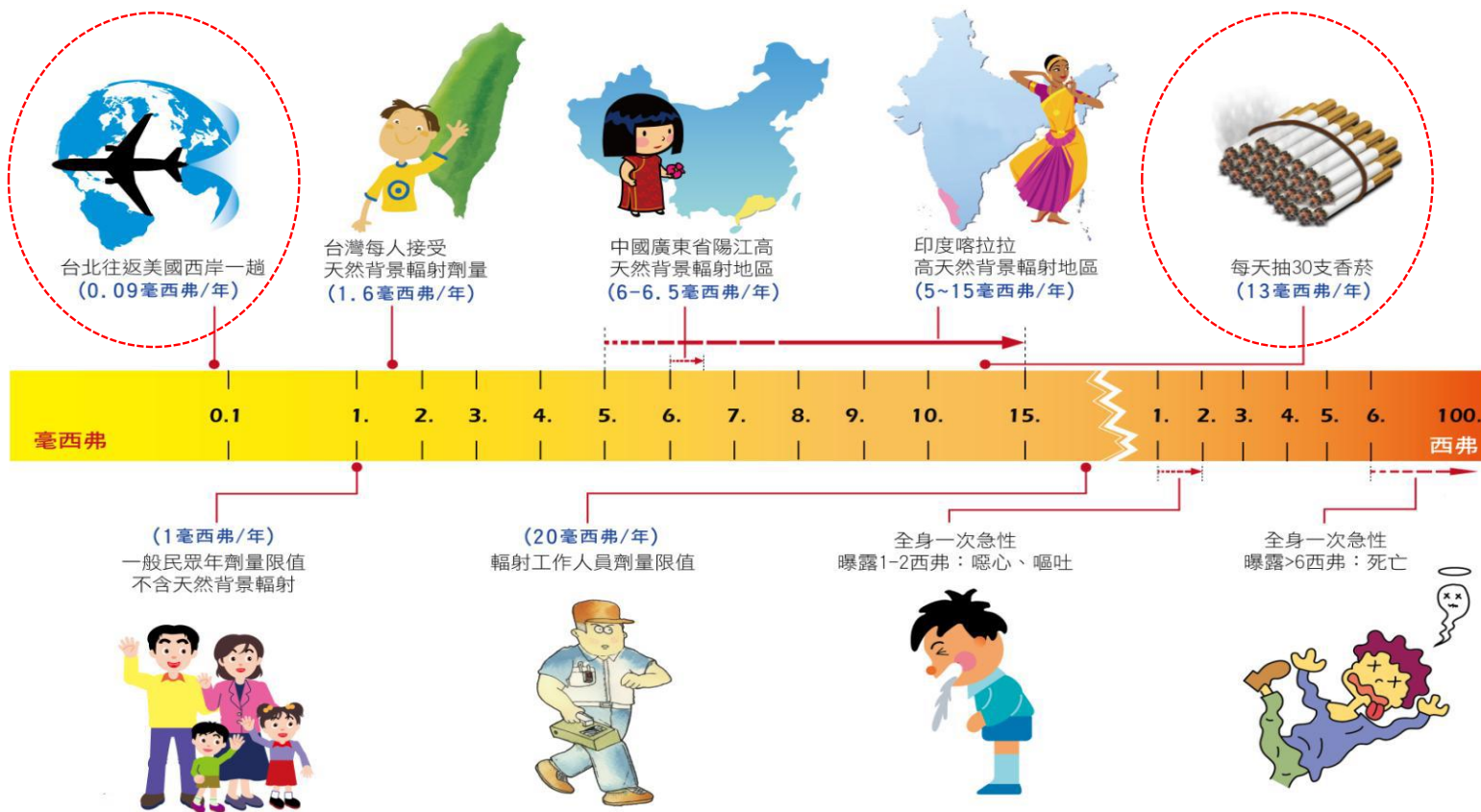
原子的構造

原子的中心為原子核，內含質子和中子，體積很小但質量很大。原子核的外面有電子，像行星繞太陽一般，循著固定的軌道繞著原子核旋轉。

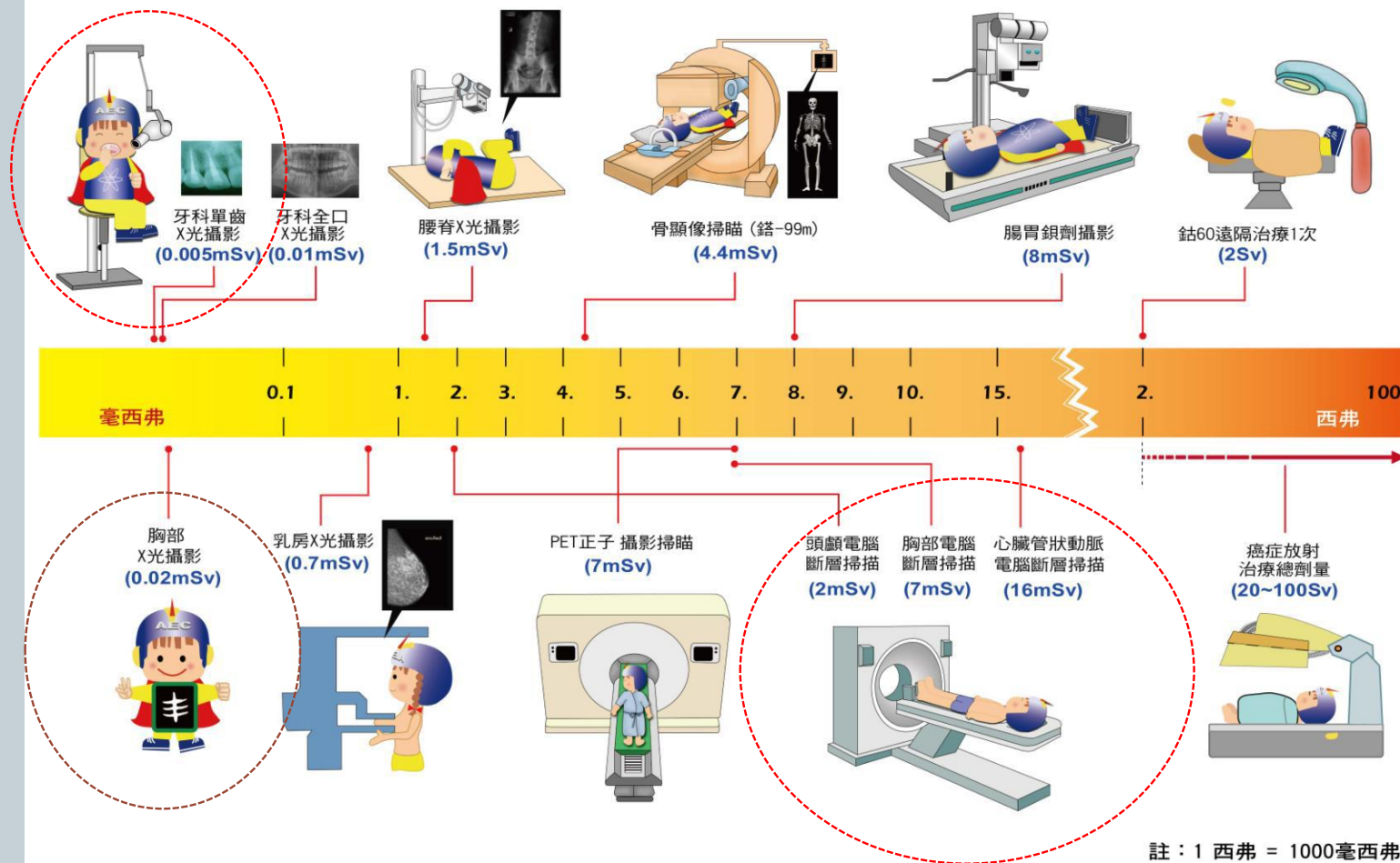
我們把原子核內質子數和中子數的總和稱作質量數，例如鈷 60，記成 ^{60}Co ，它有27個質子和33個中子，其質量數為60。

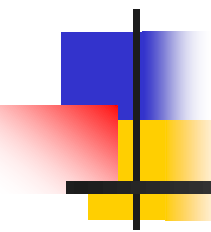


一般輻射劑量比較

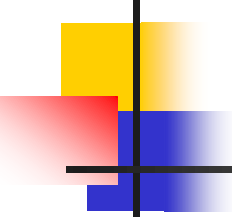


醫療輻射劑量比較





輻射安全管理



輻射防護法相關規定

- 游離輻射防護法第一條：為**防制游離輻射之危害，維護人民健康及安全，輻射作業必須合理抑低其輻射劑量。**
- 從第二章及第三章管制內容可以得知輻射安全管理分為
 - **人員**的管制
 - **地區**的管制
 - **物質及設備**的管制
 - **作業**的管制



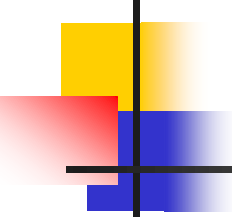
人員管制相關法規

- 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**
- 輻射防護人員管理**辦法**
- 放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理**辦法**
- 放射性物質生產設施運轉人員管理**辦法**
- 高強度輻射設施種類及運轉人員管理**辦法**



人員的管制

- 人員劑量管制
- 人員監測
- 人員醫護
- 人員訓練
- 人員執照



人員劑量管制

- 輻射工作人員**職業曝露之劑量限度** (游離輻射防護安全標準第七條)
 - 每**連續五年週期**之**有效劑量**不得超過**100毫西弗**，且任何**單一年內**之**有效劑量**不得超過**50毫西弗**。
 - **眼球水晶體**之**等價劑量**於**一年內**不得超過**150毫西弗**。
 - **皮膚或四肢**之**等價劑量**於**一年內**不得超過**500毫西弗**。
- **五年週期**，自**民國92年1月1日**起算。



人員劑量管制

- 十六歲以上未滿十八歲者接受輻射作業教學或工作訓練，其個人年劑量限度(游離輻射防護安全標準第十條)
 - 有效劑量不得超過6毫西弗。
 - 眼球水晶體之等價劑量不得超過50毫西弗。
 - 皮膚或四肢之等價劑量不得超過150毫西弗。



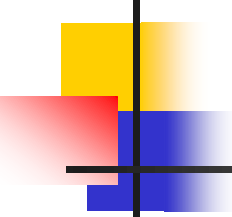
人員劑量管制

- **孕婦**工作人員劑量管制(游離輻射防護安全標準第十一條)
 - 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，使其**胚胎或胎兒接受與一般人相同之輻射防護**。
 - **妊娠期間下腹部表面之等價劑量，不得超過2毫西弗，且攝入體內放射性核種造成之約定有效劑量不得超過1毫西弗。**



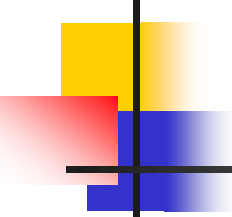
人員劑量管制

- 緊急曝露人員劑量管制(游離輻射防護安全標準第十八條)
 - 為搶救生命，劑量儘可能不超過500毫西弗。
 - 除搶救生命外，劑量儘可能不超過100毫西弗。



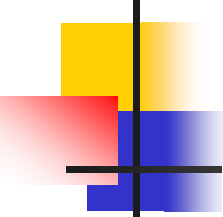
人員劑量管制

- 輻射作業造成一般人之年劑量限度(游離輻射防護安全標準第十二條)
 - 有效劑量不得超過1毫西弗。
 - 眼球水晶體之等價劑量不得超過15毫西弗。
 - 皮膚之等價劑量不得超過50毫西弗。



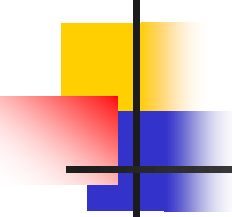
人員監測

- 雇主應對輻射工作人員實施**個別劑量監測**。但經評估輻射作業後，**不可能超過劑量限度之十分之三(6mSv/yr)**者，得以**作業環境監測或個別劑量抽樣監測**代之。
(游離輻射防護法第十五條)
- **作業環境監測**，指作業場所具備有用於監測工作位置之**輻射劑量(率)監測器**，且其監測結果**足以代表輻射工作人員所接受之劑量**。(游離輻射防護法施行細則第六條第二項)



人員監測

偵測方法	用途
一、劑量徽章	人員體外曝露監測，其偵測放射種類可分 β 、 α 、 γ 、 n 等；其偵測範圍30mR~1000R。
二、TLD徽章	人員體外曝露監測，其偵測放射種類可分 β 、 α 、 γ 、 n 等；其偵測範圍1mR~ 10^5 R。
三、劑量筆（警報劑量器）	可立即顯示體外曝露數據（並依設定發出警報），供管制參考。
四、輻射偵測器（污染偵測器）	直讀輻射曝露率（污染活性）可供評估人員劑量及管制參考。
五、空氣取樣	樣品核種分析並計測後可供劑量評估及防護、管制參考。
六、水取樣	樣品核種分析並計測後可供劑量評估及管制參考。
七、擦拭取樣	同空氣取樣。
八、生化分析	分析人員體內污染活性可供劑量評估。
九、全身計測	計測人員體內污染活性以評估劑量（限 γ 放射核種）。



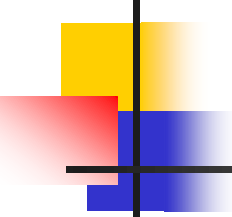
人員醫護

- 雇主僱用輻射工作人員時，應要求其實施體格檢查；對在職之輻射工作人員應實施定期健康檢查。（游離輻射防護法第十六條第一項）
- 一次意外曝露或緊急曝露所接受之劑量超過50毫西弗以上時，雇主應即予工作人員特別健康檢查、劑量評估、放射性污染清除、必要治療及其他適當措施之特別醫務監護。（游離輻射防護法第十六條第二項）
- 雇主應就特別健康檢查結果、曝露歷史及健康狀況等徵詢醫師、輻射防護人員或專家之建議後，為適當之工作安排。（游離輻射防護法第十六條第三項）

人員訓練

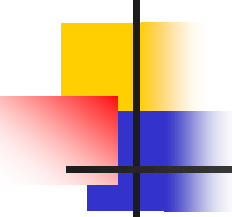
- 雇主對在職之輻射工作人員應定期實施從事輻射作業之防護及預防輻射意外事故所必要之教育訓練，並保存紀錄。（游離輻射防護法第十四條第三項）
- 在職之輻射工作人員定期實施之教育訓練，應參酌下列科目規劃，且每人每年受訓時數須為三小時以上，並記錄備查：（游離輻射防護法施行細則第五條第一項）

■ 輻射基礎課程	輻射度量及劑量	輻射生物效應
■ 輻射防護課程及工作守則	原子能相關法規	安全作業程序
- 紀錄，應記載參加訓練人員之姓名、時間、地點、時數、訓練科目及授課人員等相關資料，並至少保存十年。（游離輻射防護法施行細則第五條第三項）



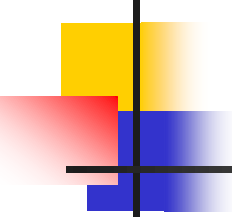
人員執照

- 輻射防護人員分為**輻射防護師**、**輻射防護員**（輻射防護人員管理辦法第二條）
- 輻射防護人員認可證書有效期限為**六年**。（輻射防護人員管理辦法第六條）
- **六年**之學術活動或繼續**教育積點**：**輻射防護師至少九十六點**，**輻射防護員至少七十二點**。（輻射防護人員管理辦法第七條）



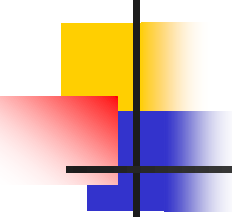
人員執照

- 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。前項證書或執照，於操作一定活度以下之放射性物質或一定能量以下之可發生游離輻射設備者，得以訓練代之（以輻射防護訓練取代輻射安全證書班18小時訓練課程）。（游離輻射防護法第三十一條第一項）
- 輻射安全證書有效期間為六年，六年內訓練積分合計時數36小時（放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法第七條）



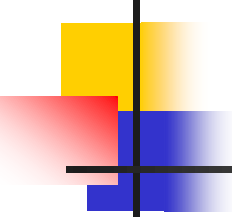
人員執照

- 放射性物質生產設施，應由合格之運轉人員負責操作。（游離輻射防護法第三十條第二項）
- 領有輻射安全證書或相關執業執照之人員，經完成生產設施運轉訓練及運轉操作訓練者，經測驗合格者，由主管機關發給運轉人員證書（放射性物質生產設施運轉人員管理辦法第三條）
- 運轉人員證書有效期限為六年，六年內訓練積分合計時數36小時。（放射性物質生產設施運轉人員管理辦法第三條）



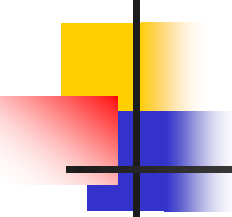
人員執照

- 高活度放射性物質或高能量可發生游離輻射設備，應由合格之運轉人員負責操作。（游離輻射防護法第二十九條第四項）
- 領有輻射安全證書或相關執業執照之人員，經完成設施運轉訓練及運轉操作實務訓練者，經測驗合格者，由主管機關發給運轉人員證書。（高強度輻射設施種類及運轉人員管理辦法第三條）
- 運轉人員證書有效期限為六年，六年內訓練積分合計時數36小時。（高強度輻射設施種類及運轉人員管理辦法第三條）



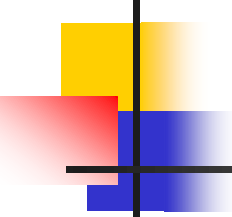
人員執照

場所	一般輻射作業場所	物質與設備操作場所	放射性物質生產場所	高強度輻射場所設施運轉
任務	輻射防護作業	物質、設備操作	生產設施運轉操作	設施運轉操作
資格	輻射防護人員	操作人員	運轉人員	運轉人員
證照與訓練	輻防師(96h/6y) 輻防員(72h/6y)	輻安證書 (36h/6y)	運轉人員證書 (36h/6y)	運轉人員證書 (36h/6y)



地區管制的相關法規

- 游離輻射防護**法**
- 游離輻射防護法施行**細則**
- 輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業**準則**

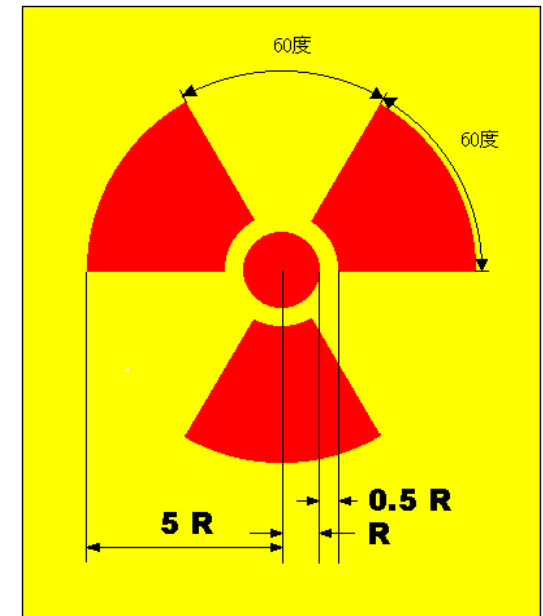


地區的管制

- 輻射工作場所依其設施、輻射作業特性及輻射曝露程度，劃分為管制區及監測區。管制區內應採取管制措施；監測區內應為必要之輻射監測，輻射工作場所外應實施環境輻射監測。
(游離輻射防護法第十條)
- 為規範輻射作業、管制人員和物品進出，及防止放射性污染擴散之地區，應劃定為管制區；管制區外，輻射狀況需經常處於監督下之地區，應將其劃定為監測區。(輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第四條)

地區的管制

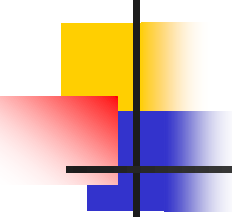
- **管制區**應設置**實體圍籬**，並於**進出口處**及**區內適當位置**，設立明顯之**輻射示警標誌**及**警語**。
(輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第五條)
- **監測區**邊界於**人員進出處所**之適當位置設立**標示牌**。(輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第五條)





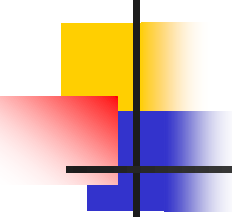
地區的管制

- 管制區有放射性污染之虞時，設施經營者應採取下列措施，以防止放射性污染：
(輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第八條)
 - 禁止將飲料、食物、香煙、化粧品、檳榔、口香糖及其它非工作必要物品攜入管制區。
 - 攜出管制區之物品應實施放射性污染偵測。
 - 人員離開管制區應實施放射性污染偵測，若發現污染，應予適當除污。



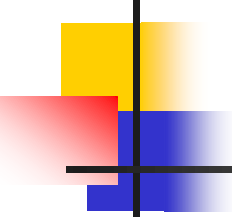
地區的管制

- 管制區之輻射監測措施包括測定曝露程度、評定放射性污染、鑑定輻射及核種。
(輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第九條)
- 於監測區選適當地點及監測頻次，實施定期或連續性輻射及放射性污染監測。
(輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則第十一條)



物質及設備管制的相關法規

- 游離輻射防護**法**
- 游離輻射防護法施行**細則**
- 放射性物質安全運送**規則**
- 放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理**辦法**

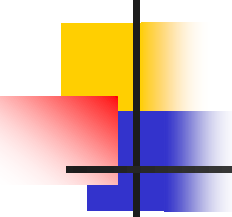


物質及設備的管制

- 管制方式：登記備查、許可
- 管制流程：建造與製造許可、運轉管制、換證、變更登記、停用管制、再使用或再運轉管制、永久停止使用或運轉。
- 放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業，應依主管機關之指定申請許可或登記備查。
(游離輻射防護法第二十九條第一項)
- 放射性物質之生產與其設施之建造及可發生游離輻射設備之製造，非經向主管機關申請審查，發給許可證，不得為之。(游離輻射防護法第三十條第一項)

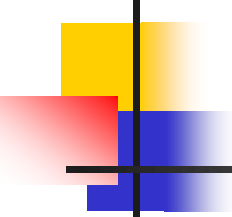
物質及設備的管制

- 放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業許可證，有效期間最長為五年。（游離輻射防護法第三十二條第一項）
- 放射性物質生產設施許可證，有效期間最長為十年。（游離輻射防護法第三十二條第二項）
- 許可證之放射性物質、可發生游離輻射設備每年至少偵測一次。（游離輻射防護法第三十二條第三項）
- 經主管機關同意登記之放射性物質或可發生游離輻射設備，其設施經營者應每五年於同意登記日之相當日前後一個月內，實施輻射安全測試，並留存紀錄備查。



物質及設備的管制

- **放射性物質安全運送**應經主管機關核准之事項。
(放射性物質安全運送規則第八十六條)
 - 特殊型式放射性物質之設計
 - 乙型包件之設計
 - 可分裂物質包件之設計
 - 丙型包件之設計
 - 六氟化鈾包件之設計
 - 低擴散性放射性物質之設計
 - A1及A2值及其豁免值之計算
 - 特殊用途船舶之輻射防護計畫



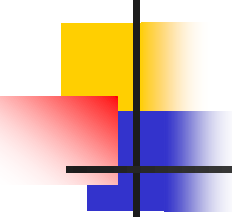
物質及設備的管制

- 放射性物質或可發生游離輻射設備之**輸入、轉讓、輸出、過境或轉口**，須經主管機關許可。(放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法第二章)
- 放射性物質或可發生游離輻射設備之**使用、安裝、改裝或持有**，須經主管機關之許可或登記備查。(放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法第三章)



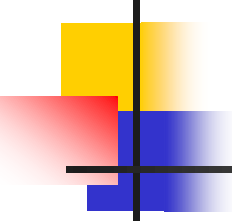
物質及設備的管制

- 第四類及第五類密封放射性物質者。
- 放射性物質在儀器或製品內形成一組件，其活度為豁免管制量一千倍以下，在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為5 $\mu\text{Sv/hr}$ 以下者。
- 前二款以外之放射性物質活度為豁免管制量一百倍以下者。
- 其他經主管機關指定者。使用前項規定以外之放射性物質者，應向主管機關申請許可證。



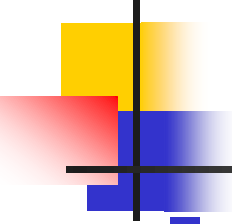
物質及設備的管制

- 使用下列可發生游離輻射設備者，應向主管機關申請登記備查
 - 公稱電壓為十五萬伏（150kV）或粒子能量為十五萬電子伏（150keV）以下者
 - 櫃型或行李檢查X光機、離子佈植機、電子束焊機或靜電消除器，可接近表面五公分處劑量率為5 $\mu\text{Sv/hr}$ 以下者。
- 其他經主管機關指定者。
使用前項以外或前項第一款非屬醫療用途，而對人體直接照射之可發生游離輻射設備者，應向主管機關申請許可證。



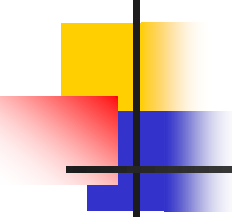
物質及設備的管制

- 應申請許可之密封放射性物質或可發生游離輻射設備，需安裝者，須經主管機關審查合格發給安裝許可。
- 使用許可證有效期間最長為五年。
- 應申請許可之放射性物質或可發生游離輻射設備改裝時，須經主管機關審查合格後，發給改裝許可。
- 使用高強度輻射設施，須經主管機關審查合格發給安裝許可。



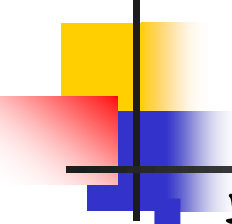
作業管制的相關法規

- 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**
- 放射性物質安全運送**規則**
- 輻射防護管理組織及輻射防護人員設置**標準**
- 放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理**辦法**



作業的管制

- 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。(游離輻射防護法第七條)
- **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。(游離輻射防護法第七條)
- 設施經營者應確保其輻射作業對**輻射工作場所以外地區造成之輻射強度與水中、空氣中及污水下水道中所含放射性物質之濃度**，**不超過游離輻射防護安全標準之規定**。(游離輻射防護法第八條)

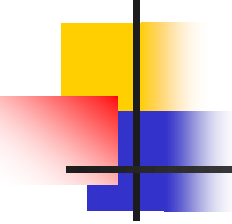


作業的管制

輻射工作場所排放含放射性物質之廢氣或廢水者，設施經營者應實施輻射安全評估，並報請主管機關核准後，始得為之。(游離輻射防護法第九條)

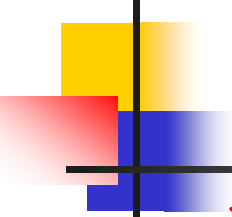
- 設施經營者於下列事故發生時，應採取必要之防護措施，並立即通知主管機關(游離輻射防護法第十三條)

- 人員接受之劑量超過游離輻射防護安全標準之規定者。
- 輻射工作場所以外地區之輻射強度或其水中、空氣中或污水下水道中所含放射性物質之濃度超過游離輻射防護安全標準之規定者。
- 放射性物質遺失或遭竊者。



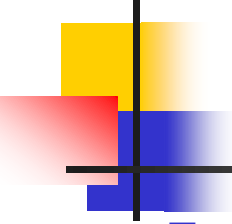
作業的管制

- 醫療機構使用經主管機關公告應實施醫療曝露品質保證之放射性物質、可發生游離輻射設備或相關設施，應依醫療曝露品質保證標準擬訂醫療曝露品質保證計畫，報請主管機關核准後始得為之。
(游離輻射防護法第十七條)
- 醫療機構對於協助病人接受輻射醫療者，其有遭受曝露之虞時，應事前告知及施以適當之輻射防護。(游離輻射防護法第十八條)



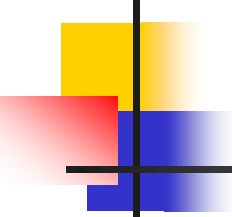
作業的管制

- 商品非經主管機關許可，不得添加放射性物質。(游離輻射防護法第二十一條)
- 從事輻射防護服務相關業務者，應報請主管機關認可後始得為之。(游離輻射防護法第二十六條)
- 主管機關為達成本法管制目的，得就有關輻射防護事項要求設施經營者、雇主或輻射防護服務業者定期提出報告。(游離輻射防護法第二十八條)



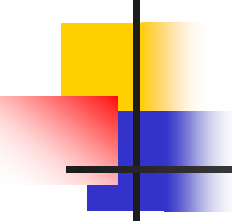
作業的管制

- 輻射防護計畫，應參酌下列事項規劃：(游離輻射防護法施行細則第二條)
 - 輻射防護管理組織及權責
 - 人員防護
 - 醫務監護
 - 地區管制
 - 輻射源管制
 - 放射性物質廢棄
 - 意外事故處理
 - 合理抑低措施
 - 紀錄保存



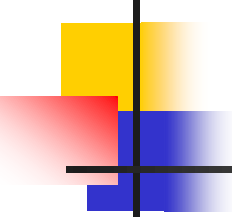
作業的管制

- **輻射安全評估**，應載明下列事項 (游離輻射防護法施行細則第三條)
 - **輻射作業說明**
 - 計劃**排放**廢氣或廢水所含放射性物質之性質、種類、數量、核種及活度
 - **場所外圍情況描述**
 - 防止環境污染之**監測設備與處理程序及設計**



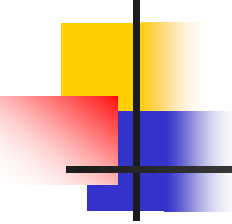
作業的管制

- **事故發生報告**，應載明下列事項(游離輻射防護法施行細則第四條)
 - **人、事、時、地、物**之事故描述
 - **事故原因**分析
 - **輻射影響**評估
 - **事故處理經過、善後措施及偵測紀錄**
 - **檢討改善及防範措施**



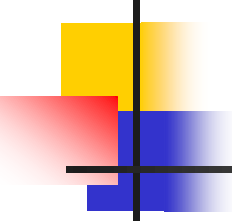
作業的管制

- 輻射作業應防止確定效應之發生及抑低機率效應之發生率，且符合下列規定(游離輻射防護安全標準第六條)
 - 利益須超過其代價。(正當性)
 - 考慮經濟及社會因素後，一切曝露應合理抑低。(最佳化)
 - 個人劑量不得超過游離輻射防護安全標準之規定值。(劑量限制)



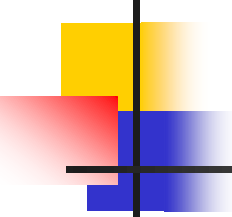
作業的管制

- 設施經營者依其設備、業務或規模，應設立輻射防護管理組織，並配置適當的各級輻射防護人員。(輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準第四、五條)



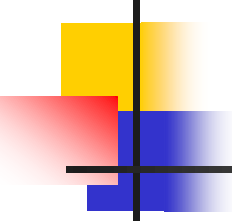
作業的管制

- 放射性物質或可發生游離輻射設備之輻射安全測試及密封放射性物質擦拭測試，應由經主管機關認可之輻射防護偵測業務者或設施經營者指定之輻射防護人員為之。
- 設施經營者使用非密封放射性物質者，應於每週或每次作業完畢後，偵測其工作場所污染情形乙次並記錄。每年應就排放之廢水取樣至少二次，並偵測分析其核種。



作業的管制

- 設施經營者對下列證件所載之放射性物質或可發生游離輻射設備，**每半年應查核其料帳及使用現況**，查核紀錄並應留存備查：
 - **放射性物質**使用或持有**許可證、登記證**。
 - 可發生游離輻射**設備**使用或持有**許可證**。
- 使用或持有**密封放射性物質**之設施經營者，應於**每月一日至十五日之期間內**，向**主管機關申報前月之使用或持有動態**。



作業的管制

- 設施經營者使用或持有半化期大於三十天之貝他或加馬核種活度大於三百七十萬貝克（3.7MBq）或阿伐核種活度大於三十七萬貝克（370kBq）之密封放射性物質者，應依第三項規定時間，實施密封放射性物質擦拭測試，並留存紀錄備查。
- 下列密封放射性物質得免依前項規定，實施擦拭測試：
 - 液態閃爍計數器中供校正用密封放射性物質。
 - 氣態密封放射性物質。（如：Kr-85）
 - 其他經主管機關指定者。

作業的管制

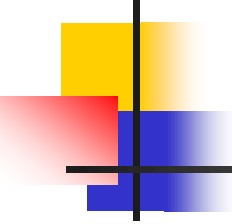
- 密封放射性物質之擦拭報告，設施經營者應依下列規定時間實施：

- 遠隔治療設備、遙控後荷式治療設備用之密封放射性物質為半年實施一次。
- 其他用途之密封放射性物質為每年實施一次。
- 毒氣偵檢器中所含之銻二四一為每三年實施一次。
- 其他經主管機關公告者應於規定時間實施。

第一項放射性核種為鐳者，其擦拭測試應包含氦氣洩漏測試。

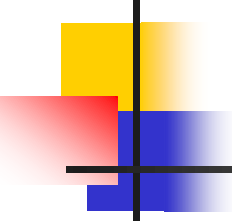
第一項擦拭測試結果大於一百八十五貝克者，設施經營者應即停止使用，並於七日內向主管機關申報。

- 本辦法規定之測試報告、擦拭報告、廢水樣品偵測紀錄、工作場所偵測紀錄及定期查核紀錄，應保存五年。



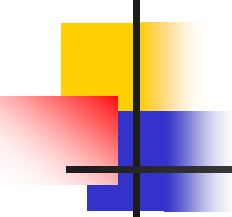
輻射意外事件分析

- 輻射意外事件的分析及處理方式
- 輻射意外的緊急處理



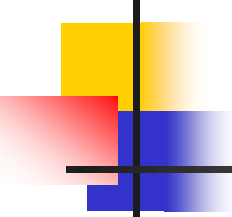
輻射意外事件

- 未預期發生的輻射曝露，而直接或間接地危害到人員之事件。
- 小至實驗室內微居里級放射性溶液污染事件，大至數萬居里級核分裂產物活度的大型反應器事件，均稱之為輻射意外事件。
- 發生的主要原因
 - 天然災害延及
 - 人為因素造成
 - 機械材料變異



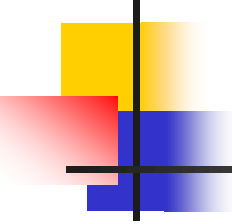
輻射意外事件的分析及處理方式

- 意外事故，導致人員傷害之方式：
 - 直接輻射曝露：因意外發生輻射外洩，且無適當屏蔽。
 - 輻射污染傷害：因設施故障或容器破損，使放射性物質外釋，污染空間所致。
- 期能藉著對各種輻射意外事件，瞭解其原因、分析其由來及預擬處理方式，減少意外事件之發生及影響，進而消除輻射意外事件於無形。



天然災害的由來及處理方式

- 由來：天然災害，如地震、火災、水災、風災.....等，均可能造成核能或游離輻射設備的損毀，而引發放射性物質的外洩或輻射曝露，進而威脅到人員的安全。
- 處理方式：天然災害較難預警，避免引起輻射意外事件的最有力作法
 - 設施選擇在適當的地點，務使天然災害的影響最少。
 - 完善的結構設計，務使天然災害的影響最小。
 - 掌握各項天然災害的資訊，隨時加強防治應變措施。

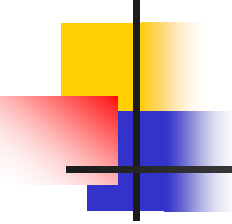


人為因素的由來及處理方式

■由來：

- 蓄意的人為因素：惡意的敵對國家、反政府的暴力集團或滿懷私怨的個人，對可發生游離輻射設施設備所進行的蓄意破壞行為。
- 疏忽的人為因素
 - 人員不諳輻射防護知識，不瞭解輻射的生物傷害性。
 - 工作人員心存僥倖心理，未按規定程序進行工作。
 - 工作前後協調不足，造成防護上的漏洞。

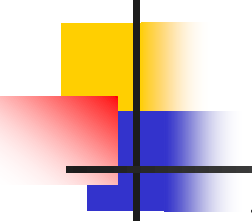
(continue)



人為因素的由來及處理方式

■ 疏忽的人為因素

- 警覺性不足，未能及時發現潛伏的輻射意外徵兆。
- 對於放射源的管制不當，造成輻射曝露。
- 對於小型的輻射意外事故掉以輕心，未作適當處理，以致引發大型的輻射意外事故。
- 操作時選擇不當的工具及措施。
- 誤用不當的或故障的輻射偵檢儀器，導致對輻射場的錯誤研判。

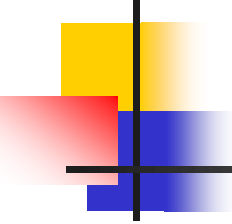


人為因素的由來及處理方式

■ 處理方式：

- 成立適當的警衛體系，避免有心分子的破壞。
- 從事輻射工作人員，應接受輻射防護基本知識訓練，認識輻射的生物性危害。
- 輻射工作人員應嚴守規則，並應保持良好的工作習慣。
- 多與輻射防護人員聯繫，以瞭解現場輻射狀況，配備完善的防護裝具。
- 多單位共同進行某輻射系統工作時，必須事先密切協調，以避免失誤發生。

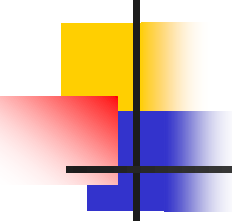
(continue)



人為因素的由來及處理方式

■ 處理方式：

- 裝置適當的輻射監測示警系統，並培養工作人員對輻射意外先期徵兆的警覺性。
- 徹底執行放射性物質的管制制度，並定期盤存追蹤。
- 任何已發生的輻射意外事件，在處理前應瞭解實際狀況，設計周詳的處理程序，避免引發更嚴重的意外事故；適時善後，以免意外事件擴大。
- 使用非原始設計之工具及設備，應慎重考慮其尺寸及功能是否能勝任工作。
- 使用輻射偵檢儀器前，應確定其功能正常。



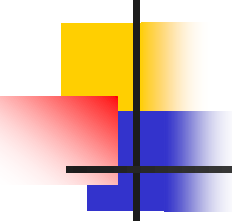
機械材料變異的由來及處理方式

■ 由來：

- 長期負荷，造成材料疲乏。
- 長期輻射暴露，造成材料組織上的變異。
- 受化學溶劑的侵蝕。
- 氧化銹蝕。

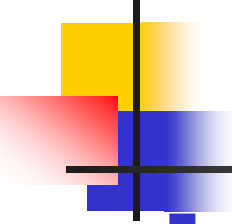
■ 處理方式：

- 慎重選擇使用的材料。
- 定期保養檢查，確保功能正常。
- 訂出保守的有效使用期限，按期淘汰。



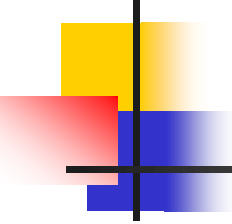
輻射意外的緊急處理

- 處理原則
- 輻射防護法法規規定
- 世界核能運轉協會(WANO)的經驗回饋



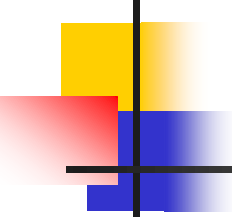
輻射意外事件的緊急處理原則

- **保持安全**：人命第一，財產居次，以救人為優先。
- **通報**：通知鄰近工作人員離開，並向負責人員說明狀況
 - **發生時間、地點**
 - **事件類別**：如曝露、污染、爆炸、火警...等。
 - **狀況**：人員有無傷亡，災害是否擴大等。
 - **報告自己姓名、所屬單位、電話號碼等。**
- **防止災害擴大**：啟動應變組織，採取既定措施，嚴密管制現場，把握安全原則，消除災害原因；對已控制下的嚴重輻射意外事件，慎重籌劃，熟練操持動作後，再作善後處理。



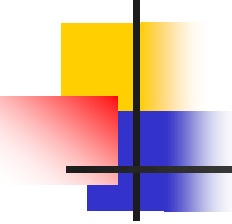
輻射防護法法規規定

- 游離輻射防護法第十二條規定：輻射工作場所發生重大輻射意外事故且情況急迫時，為防止災害發生或繼續擴大，以維護公眾健康及安全，設施經營者得依主管機關之規定採行緊急曝露。
- 游離輻射防護法第十三條規定：設施經營者於輻射意外事故發生時，應採取必要之防護措施，並立即通知主管機關。



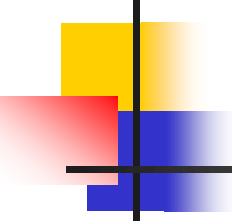
輻射防護法法規規定

- 輻射意外事故 (游離輻射防護法第十三條)
 - 人員接受之劑量超過游離輻射防護安全標準之規定者。
 - 輻射工作場所以外地區之輻射強度或其水中、空氣中或污水下水道中所含放射性物質之濃度超過游離輻射防護安全標準之規定者。
 - 放射性物質遺失或遭竊者。



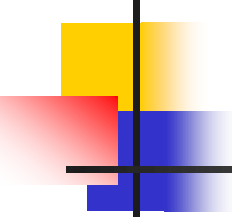
輻射防護法法規規定

- 事故發生後，設施經營者除應依相關規定負責清理外，並應依規定實施調查、分析、記錄及於三十日內向主管機關提出報告。（游離輻射防護法第十三條）
- 設施經營者於第一項之事故發生時，除採取必要之防護措施外，非經主管機關核准，不得移動或破壞現場。（游離輻射防護法第十三條）



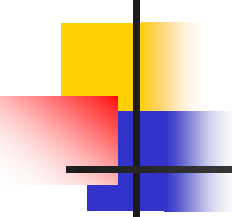
輻射防護法法規規定

- 事故發生後，設施經營者應依規定實施調查、分析、記錄及向主管機關提出報告。內容包括
 - 含人、事、時、地、物之事故描述。
 - 事故原因分析。
 - 輻射影響評估。
 - 事故處理經過、善後措施及偵測紀錄。
 - 檢討改善及防範措施。



世界核能運轉協會(WANO)的經驗回饋

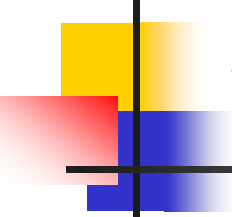
- 避免造成意外輻射曝露的途徑：(1)行政管制、(2)防止人為疏忽、(3)人員訓練、(4)經驗回饋、(5)管理階層的輻防體認
- 行政管制
 - 落實「輻射作業工作聯繫單」的管制機制。
 - 確實管制高輻射區門禁鑰匙。
 - 落實遵守輻防守則與作業程序。
 - 正確看待輻射示警標誌。



世界核能運轉協會(WANO)的經驗回饋

■ 防止人為疏忽

- 實施工具箱會議。
- 工作前，先對工作地點全區輻射偵測並留存紀錄，告知工作人員。
- 工作中有疑問時，停止工作，等待釐清。
- 工作中經常監測輻射狀況。遇異常，立即反應。
- 增加工作現場督導次數、進行深度工作檢查。
- 發現非工作計劃預期的狀況時，應勇於下令停工。
- 避免自恃經驗而產生盲目自信。
- 其他深度防禦的行政措施亦可避免人為疏失。



世界核能運轉協會(WANO)的經驗回饋

- 人員訓練：對**輻防人員**、**輻射工作人員**、**包商**等施行基本知識及輻防行政管理措施之訓練。
- 經驗回饋：**經驗回饋的分享**，可避免意外事件的重複發生，而經驗是舉世可通用的，應該鼓勵分享這些經驗。
- 管理階層的輻防體認：
 - **管理人員現場督導**，可深入了解潛在的問題及風險，教導工作人員養成良好輻防習性。
 - **主管的態度**將左右一切，若不重視輻防管制，則易發生輻安事件，造成損失。

Thank you for your attention