



# 輻射防護

106年度高榮輻射防護繼續教育

陳博洲

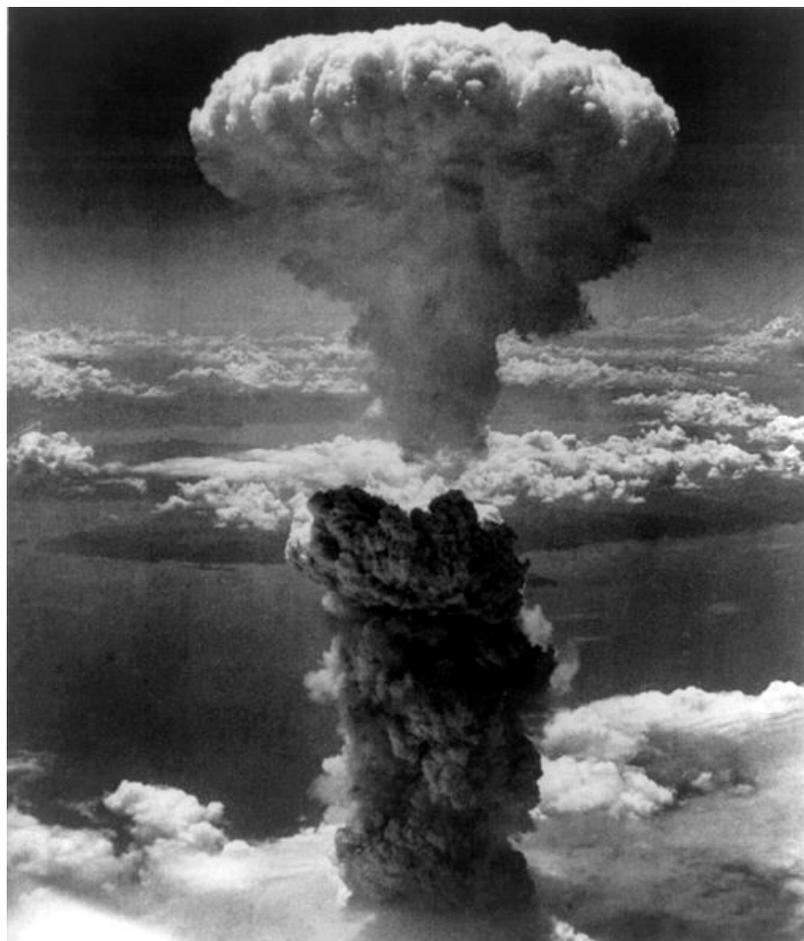
義守大學生物醫學工程學系

# 福島事故



# 核子武器

- 1945 日本廣島、長崎原子彈。



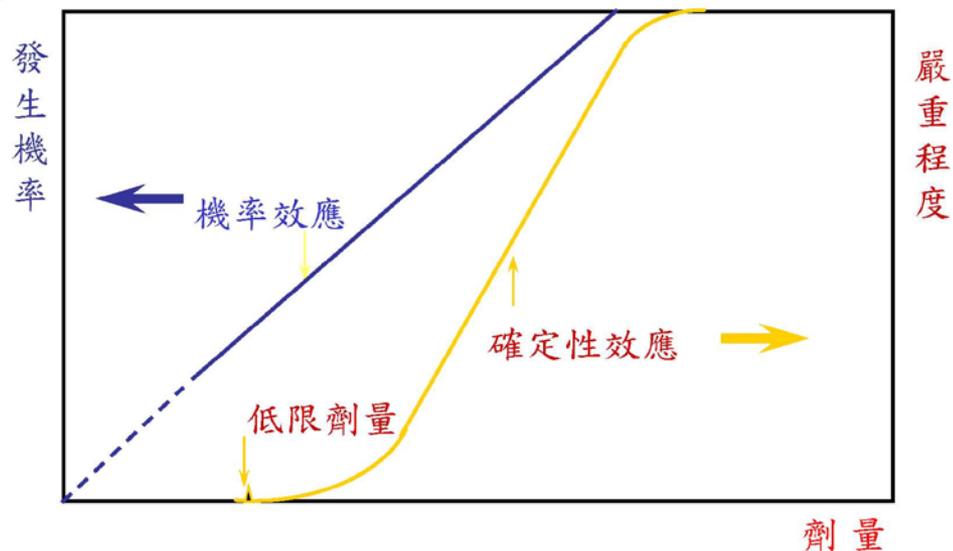
# 目錄

- 輻射傷害
- 體外曝露之防護
- 體內曝露之防護
- 自我防護法

# 輻射傷害

- 輻射效應：**機率效應**及**確定性效應**。
- 確定性效應：
  - 須超過某一最低劑量。
  - 效應隨劑量的增加而增加。
- 機率效應：**癌症**及**基因**效應。

游離輻射效應與劑量關係



# 輻射傷害

- 輻射效應：急性效應、延遲效應。
- 急性輻射併發症：造血併發症、胃腸併發症、中央神經系統併發症。
  - 共同的反應有(1)噁心及嘔吐，(2)不舒服及疲勞，(3)體溫增加，(4)血液變化。
- 造血併發症
  - 主要發生在造血組織，疾病的狀況為骨髓下降。
  - 全身加馬劑量達到約2Gy，造血併發症將顯現出。

# 輻射傷害

- 胃腸併發症

- 全身劑量約10Gy或更高，胃腸併發症將跟隨而來。
- 嚴重的噁心、嘔吐及腹瀉外，所有的造血併發症都會顯現。

- 中央神經系統併發症

- 全身劑量超過20Gy會破壞神經系統及身體其他器官系統。
- 曝露後數分鐘內會失去知覺，數小時至數天會死亡；失去知覺的快慢與劑量有關。

# 輻射傷害

- 延遲效應：一次大量超曝露或是連續低量超曝露所引起。連續低量超曝露可能是外部輻射場的曝露或者是攝入放射性同位素所引起。
- 延遲效應：癌症、基因效應、壽命縮短及白內障。

# 輻射傷害

- 癌症：白血病(血癌)、骨癌、肺癌、甲狀腺癌
  - 超曝露會增加癌症發生的可能性，但仍無法確認任何癌症在某種曝露下一定發生。
  - 白血病：全身超曝露所引起。從日本原子彈資料，顯示劑量約在0.4Gy或更高時會增加白血病人的死亡；劑量低於0.4Gy，死亡率並沒有增加的現象。

# 輻射傷害

- 骨癌：鐳、鈾、鈷累積在骨頭內，產生骨癌。
- 肺癌：礦工病。氡氣是肺癌的病源劑。濃度值 $<1000\text{Bq}/\text{m}^3$ 。肺癌也與體外輻射超曝露有關。在日本原子彈爆炸接受到高輻射劑量的生存者間，也發現肺癌發生率偏高的情況。
- 甲狀腺癌：接受X-ray的有效治療的兒童中，發現其甲狀腺癌發生率偏高。使用放射性碘進行診斷，甲狀腺劑量約 $0.5\text{Gy}$ ，在流行病學的研究顯示未增加甲狀腺癌的發生。

# 輻射傷害

- 基因效應

- 日本原子彈爆炸輻射範圍，並未發現輻射的基因效應。
- 游離輻射，會引起染色體的突變或斷裂。

- 壽命縮短

- 輻射超曝露引起的癌症，在動物實驗中觀察出會縮短壽命，但在日本原子彈爆炸生存者中並無效應。

- 白內障

- 早期在迴旋加速器的物理學家，具有較高的白內障發生率。
- 中子可能比貝他或加馬射線，更會引起白內障。

# 國內非破壞檢驗傷害



# 國外非破壞檢驗傷害



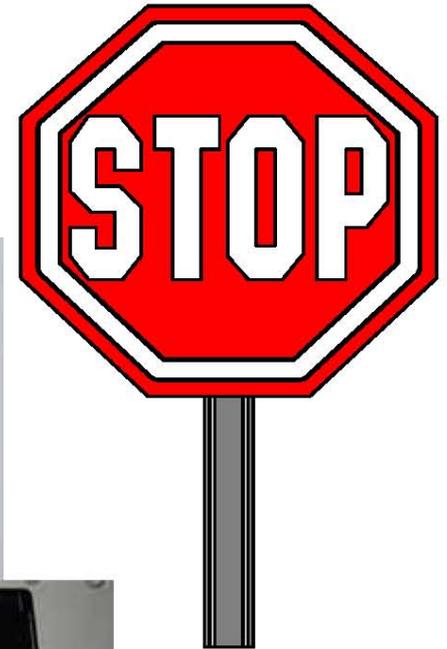
# 輻射傷害

- 大量輻射，會對人體造成危害。
- 自有地球以來，天然輻射一直存在：(a) 宇宙射線，(b) 地殼或大氣中之天然放射性物質釋出之游離輻射，(c) 人體組織中所含天然放射性物質釋出之游離輻射。
- 礦工罹患肺癌、製造夜光錶盤女工的骨癌、早期從事X光工作者的輻射傷害，若稍具現今的輻射防護常識，將可避免。

# 如何做好輻射防護？

## 輻射傷害

- 體外曝露的輻射防護
- 體內曝露的輻射防護
- 輻射源管理
- 作業環境管理
- 人員管理
  - 劑量管理
  - 健康管理

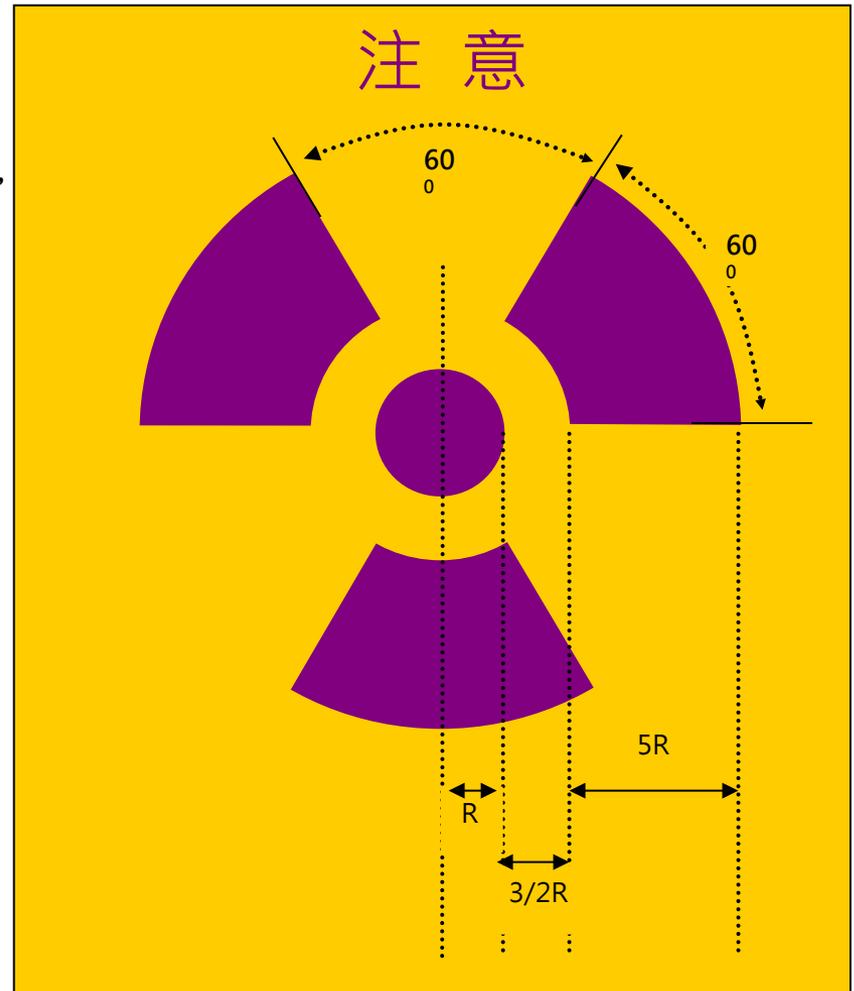


# 輻射示警標誌

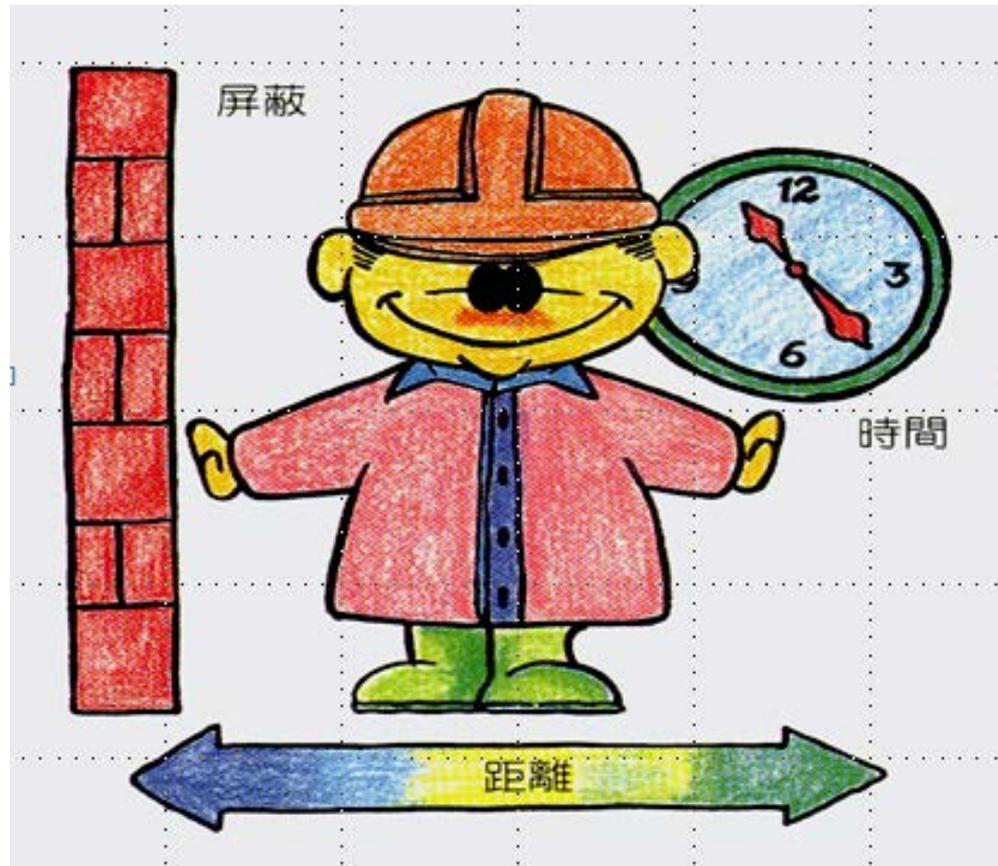
警語與必要說明之文字應由左向右橫式書寫，其單一文字之尺寸不得小於二乘二公分。

輻射示警標示中應附註設置單位名稱、負責人及聯絡電話等。

輻射示警標示之顏色應維持明顯易於辨識。



# 輻射防護三原則



# 輻射防護三原則

- 面對放射性物質，防止過量游離輻射對健康危害的作法：
  - 1.縮短曝露時間
  - 2.有適當物質屏蔽
  - 3.遠離輻射源

# 體外曝露之防護

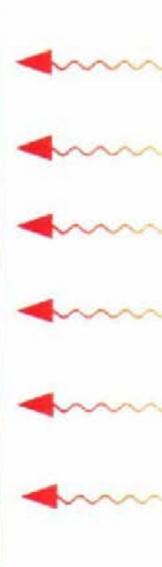
## 輻射防護三原則

1. 作業時間短
2. 等待活度衰減

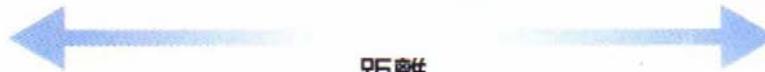
時間



屏蔽



距離



- 減少曝露時間(等待活度衰減)
- 增加與輻射源的距離
- 屏蔽輻射源

# 體外暴露之防護原則

- 時間
- 距離
- 衰變
- 屏蔽

# 體外曝露之防護-時間

- 減少曝露時間
  - 生物效應與輻射劑量率及全部的劑量有關。
  - 全部的劑量=劑量率×曝露時間
  - 不可超過最大可允許劑量。
  - 活度  $A(t) = A_0 e^{-\lambda \cdot t}$

# 體外曝露之防護

- 減少曝露時間
  - 半化期( $t_{1/2}$ )

$$A(t_{1/2}) = A_0 e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{1}{2} A_0 \quad t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

- 平均壽命( $t_{av.}$ )

$$t_{av.} = \frac{1}{\lambda}$$

# 體外曝露之防護

- 減少曝露時間
  - 了解輻射作業場之輻射狀況
  - 事先明瞭工作要領
  - 熟記工作步驟
  - 熟練工作技巧(在非輻射作業場演練)
  - 分工合作(高輻射作業場)
  - 輻射作業若無時間性，等待其活度衰減後，再作業。

# 體外曝露之防護-屏蔽

- 屏蔽防護
  - 在射源與工作者之間加設屏蔽。
  - 屏蔽物質之選擇：輻射種類、作業場空間、經濟、屏蔽重量、結構強度。
  - $\alpha$ 輻射：無須屏蔽
  - $\beta$ 輻射：用原子序較小的材料，做屏蔽；但可能有制動輻射。(質量阻擋本領)
  - $\gamma$ 輻射：用原子序較大的材料，做屏蔽；但需注意康普吞(compton)散射，與增建因子B。

# 體外曝露之防護

- 屏蔽防護

- 中子輻射：先讓中子減能、再吸收中子；中子屏蔽，先以含氫多的物質(水、塑膠、石蠟)、再以吸收熱中子的材料(硼)、外部再以高原子序材料阻擋其產生的 $\gamma$ 輻射。

- 半值層( $X_{1/2}$ )：  $I(x_{1/2}) = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x_{1/2}} = \frac{1}{2} I_0$   $x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$

- 十分之一值層( $X_{1/10}$ )：

$$I(x_{1/10}) = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x_{1/10}} = \frac{1}{10} I_0 \quad x_{1/10} = \frac{\ln(10)}{\mu}$$

$$x_{1/10} = \frac{\ln 10}{\mu} = \frac{\ln 2}{\mu} \times \frac{\ln 10}{\ln 2} = 3.3x_{1/2}$$

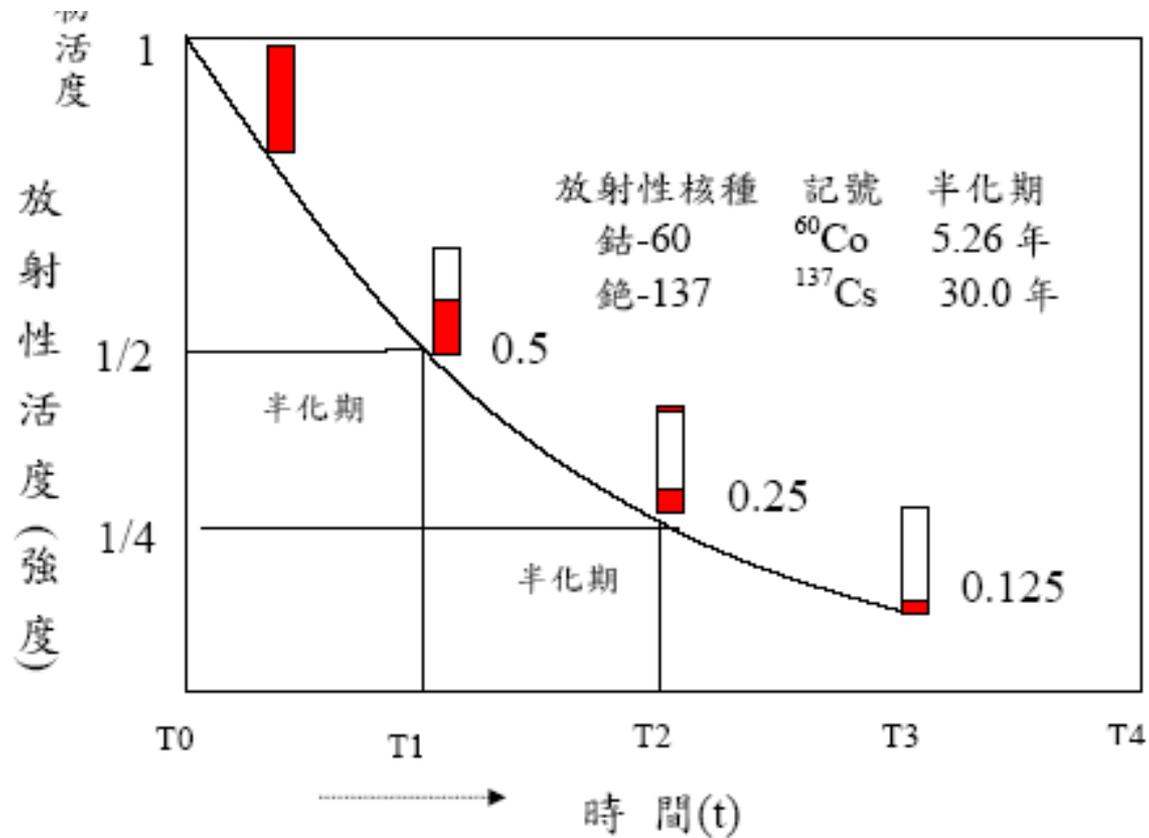
# 距離

- 儘量遠離射源，輻射場之強度，隨著與輻射源之距離的增加而急劇降低， $\gamma$ 及中子均有平方反比之關係，即距離加倍則強度將減弱四倍； $\beta$ 則減弱更甚；至於 $\alpha$ 或將會完全消失矣。故工作時應注意儘可能遠離射源，多靠近一寸說不定就平白地接受了甚多不必要的照射。尤其於操持射源時，更應注意儘量使用長柄工具，需知既令射源極為微弱，如與之直接接觸，則距離為零，理論上其強度亦將趨於無窮大矣。

# 衰變

- 等候射源強度衰減：當放射性物質不斷地放射出輻射時，該物質之數量即越變越少，則其所放射之輻射的強度也就越來越弱，是為衰變（或稱蛻變，即變另一種東西的意思）。
- 蛻變至原來數量的一半所需之時間，稱為半化期，為各物質所特有的性質，不容更改。除了靜候放射外，目前尚無任何方法，可用人工改變其輻射強度。半化期短的很快，應等候其輻射強度自然減弱後，再作，以免接受許多不必要的照射（等候一個半化期的時間，所受的照射即可減半）。

# 衰變曲線



放射性衰變曲線示意圖

# 屏蔽

- 用屏蔽物質把輻射擋住：如勢必接近半化期在天數以上的輻射源，作較長時間的工作時，應在射源與工作者之間加設屏蔽物質，以減少曝露。至屏蔽物質之選取，除考慮經濟重量佔用空間及構造強度等因素外，更應注意所屏蔽之輻射的種類。

# 屏蔽

- $\alpha$ 不足構成體外危害，毋需屏蔽
  - 不穩定的原子核自發地從核內放射出
  - 穿透力很差，人體的皮膚表層即可阻擋，不致造成體外曝露
  - 發射 $\alpha$ 的放射性物質一旦進入人體，會造成體內傷害
- $\beta$ 屏蔽宜用較輕物質，因可能連帶產生制動輻射
  - 不穩定的原子核內放射出
  - 穿透力較 $\alpha$ 強，造成體內傷害較 $\alpha$ 為小
  - 制動輻射：亦可能造成體外曝露
  - 特性輻射
- $\gamma$ 屏蔽宜用鉛等較重物質，但尚需注意康氏散射效應
  - 不穩定的原子核內放射出
- 中子之屏蔽，以含氫多之物質（水、塑膠、石腊等）最宜
  - 石墨（碳）亦為常用者
  - 水泥具堅固、便宜、可做成各種形狀或大小，為中子之優良屏蔽，亦可有效屏蔽中子所附帶產生的 $\gamma$ 射線

# 屏蔽

- 至於各種屏蔽之厚度，除取決於該屏蔽物質之密度外，尚與所屏蔽輻射之能量有關。將輻射強度減弱一半所需之厚度，稱為半值層厚度。常用屏蔽物質之半值層厚度，均可在有關手冊之圖表中查得，使用一個半值層厚度，可將輻射強度減弱一半如用三個半值厚度，則將減弱為八分之一。以上縮短時間，遠離射源等待衰變及加設屏蔽是為減低體外曝露之四大原則，允為從事輻射工作者之座右銘。

# 體內曝露之防護

- 放射性物質侵入體內之途徑及其防護法
- 放射性物質侵入體內之分佈與滯留
- 生化分析
- 全身或甲狀腺計數
- 體內曝露之防治
- 自我防護法

# 體內曝露的輻射防護

- 避免在污染區逗留
- 避免在污染區飲食或吸菸
- 輻射作業後及吃飯前，要洗手。
- 有外傷不在污染區工作
- 平時輻射作業必戴手套及穿工作服
- 空浮區工作，應依規定戴適當面具或穿塑膠防護衣。

# 放射性物質侵入體內之途徑

- 吃入：俗云病從口入，如手或食物上，飲料中沾有放射性物質，即可能將其吃入體內，構成體內曝露。
- 吸入：空氣中如有放射性物質塵粒之污染，氣體，蒸汽或烟霧，亦會被吸入體內。

# 放射性物質侵入體內之途徑

- 經由外傷傷口侵入：如帶有外傷，尚處理鬆散放射性物質，或工作於空氣污染區域內，或於平時工作中不小心被附有放射物質之工具或物料刮傷，則放射性物質會經由傷口侵入人體，其不溶性，尚祇聚集於局部器官或皮表，但可溶性者，則會由血液帶往全身，可能迅速被吸收。
- 經由無外傷之皮膚吸收：皮膚有毛細孔，兼有呼吸及排泄作用，某些放射性物質（如氫，碘等）可經由皮膚毛孔侵入人體。

# 放射性物質侵入體內之防護法

- 避免在可能有鬆散放射性物質污染之區域內飲食吸煙，並於工作後及飯前洗手，即可防止吃入；如有外傷不在污染區工作，並不從事涉有鬆散放射性之工作，平日工作時必戴手套，即可防止經由傷口侵入；至於防止吸入或經由完整皮膚吸收，則需於適當時機佩戴面具或穿塑膠防護衣。

# 放射性物質侵入體內之分佈與滯留

- 放射性物質侵入體內，通常大部份仍於數日內經由大小便呼氣或汗液排出體外，其被吸收部份，則依其物理，化學性質，或均勻分佈於全身，或集中滯留於某些器官。氡隨體液均勻分佈於全身（當然體液管囊內含量較多），含鈉磷之鹽分，亦將均勻分佈。碘化物則集中於甲狀腺內，鋇、鐳、銅、鈾與鈾，將積滯於骨中，故名曰趨骨物。鈾與鈾之氧化物，如被吃入或吸入，則將在腸或肺部內，產生局部照射。

# 放射性物質侵入體內之分佈與滯留

- 分佈或積滯於體內的物質，並非將永久存在於體內，仍將因新陳代謝作用慢慢排出體外，其排出一半所需之時間，稱為生物半化期。故放射性物質有兩種方式自體內消逝。一種以放射半化期自然衰變，另一種方式則以生物半化期自體內排出，二者之複合稱為有效半化期：

$$1 / \text{有效半化期} = 1 / \text{放射半化期} + 1 / \text{生物半化期}$$

$$\text{有效半化期} = \text{放射半化期} \times \text{生物半化期} / \text{放射半化期} + \text{生物半化期}$$

- 放射半化期遠大於生物半化期，則有效半化期即為生物半化期，反之亦然。

# 生化分析

- 在空氣有污染之區域內工作時，如污染情況穩定，吾人可藉空氣取樣計測或儀表直接測讀，預估或計算工作者所接受或可能接受之體內劑量，但如污染情況變化很大，就不得不從工作者本身推斷其實際所接受之體內劑量了。

# 生化分析

- 前已述及放射性物質進入體內後，既令係積留於某器官，仍將大部份數日內排出體外，在此期間，均將均勻地存在於人體之體液內（包括尿液、血液、汗及唾液等）。如採取曝露者之體液，作生物化學分析，以鑑定其濃度，即可評估其體內劑量。最易採取之體液為尿液，故驗尿為生化分析之主要項目，而僅祇於極少特殊情況時，始需作大便或血液之化驗。

# 生化分析

- 驗尿需曝露者合作，適時送繳尿樣，並忠實詳盡地填註有關資料，俾作評估之依據，一般化驗之對象有氡、碘、銻、鈾等。

# 全身或甲狀腺計數

- 侵入體內之放射性物質如係 $\gamma$ 發射體，可以計數器在體外直接測讀其 $\gamma$ 計數，從而評估其體內劑量。通常計數方式是使曝露者進入於一屏蔽完善之斗室內，以高效率之計數器對其全身計測，稱為全身計數器。僅祇對其喉部作甲狀腺中碘-131含量之計數，稱為甲狀腺計數器。近來更有僅對肺部計測之肺計數器，以決定吸入不溶性之銻、鈾等之劑量。體外計測方便迅速，允為體內劑量評估之良法。

# 體內曝露之防治

- 放射性物質一旦侵入體內後，即每分每秒一直危害著人體組織，不可能以增加距離或加設屏蔽來減少其暴露，亦不可能減短其照射時間，更不可能等候其衰變或以任何方法減短其放射半化期。故如欲減低體內曝露，除可設法減少吸收外，厥為增加排泄或防止滯留，以減短其生物半化期，從而減短其有效半化期。

# 減低體內曝露之三大原則

- 減少吸收
- 增加排泄
- 防止滯留

# 自我防護法

- 避免進入污染區。
- 進入污染區，須戴面具並穿防護衣。
- 離開污染區，應仔細偵檢髮、膚、衣、褲、鞋、襪是否污染。
- 離開管制區，需利用手足偵檢器檢測，無污染才可離開。
- 長柄工具操作射源：弱射源用鉗或鑷，強射源用機械手。
- 養成良好習慣：管制區不抽菸、不喝水、不吃東西；管路阻塞，不用口抽吸；從事輻射工作後，需洗手偵檢；從事輻射污染工作後，需淋浴並經偵檢。

# 面具

- 進入空氣污染地區時，須佩戴適當面具，有 $\beta$ 危害眼睛或空氣污染程度較高之地區，可佩代全面具，其濾器可防阻污染微粒或汽化之放射性碘，但對氬則無效；有氬 ( $^3\text{H}$ ) 污染之疑慮時，應使用送氣面罩或頭盔；輕便面具僅在污染程度較輕微時使用之。

# 防護衣

- 在污染較輕微之場合，穿著工作衣，如可能有嚴重污染，空氣中有氡，或可能用到放射性液體，污染之水或重水濺灑之處所，應著用塑膠衣。

# 自行偵檢

- 在離開可能有污染之區域時，應自行仔細偵檢髮、膚、衣、褲、鞋、襪有否污染。離開輻射管制區時，再利用手足偵測器作最後偵檢。如發現皮膚污染，應即用肥皂輕洗，切忌重力抓、刮，以免有傷皮膚。如仍無法除污洗不掉，則請輻射防護人員或醫師協助處理。

# 長柄工具

- 因劑量率隨距離之增加而急遽減弱（平方反比），故使用長柄工具，可使曝露大為減少。操持弱放射源，宜用鉗、鑷，而強放射源則應用機械手。

# 安全習慣

- 輻射工作人員安全，雖應由其主管及輻射防護人員負責監督，但主要還在自行主動遵守各項安全規章，養成良好的安全習慣。

# 安全習慣

- 抽烟：輻射管制區及污染區內嚴禁抽烟、飲食。
- 喝水：監視區儘可能飲用甫自飲水器內射出之水，避免使用茶杯飲茶，在特定的清潔區內飲用飲料前，應先洗手。
- 抽吸：任何管路如有阻塞，切忌用口抽吸。
- 洗手：從事輻射工作後，切記洗手偵檢，未洗手前不得飲食，吸烟或直接使用任何用品。
- 淋浴：從事涉有放射性污染之工作後，應先淋浴後再離開。

# ALARA

- 前美國能源研究發展署 ( Energy Research and Development Administration , 簡稱ERDA )
  - 降低工作人員輻射劑量最有效的方法就是在設施設計時就考慮配合 ALARA (As Low As Reasonably Achievement)措施
- ALARA
  - 人類過度曝露於游離輻射照射之下，將遭受危害，故任何人均應儘可能使其本身所接受的輻射劑量減為最小，儘量不作不必要的曝露。
  - 遇工作需要時則應從容將事，絕不吝惜接受安全標準額內的劑量，絕不張惶失措，產生無謂的恐懼。因我們平日所可能接受的劑量，較之導致輻射危害的劑量尚相差甚遠
  - 不能因此掉以輕心，玩忽疏失，因而導致不必要的傷害。

# 影響ALARA之三項因素

- 設計
  - 『輻射』場所在設計時就應將ALARA概念及要求考慮在內，如此對以後的運轉與除役時的輻射劑量有甚大的影響。
- 時間
  - 平時工作人員的專業訓練、模擬操作是否熟練，這些都與工作人員進入實地工作時，花費時間可能的長短有相當的關聯，故亦與劑量的多少有密切關係。
- 管理
  - 從事輻射之場所，常因管理不當及協調不好均會造成劑量的升高。
- ALARA措施決不只是一種口號，應先找出問題癥結

# 結論

- 有適當防護，安全使用。
- 病人、工作人員、公眾的防護。
- 輻射意外的發生，以人為疏忽為首要
- 『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，特依輻射作業必須合理抑低其輻射劑量之精神制定本法；.....

**Thank You for Your Attention**