

# 輻射安全基本概念

趙豪瑜

▶ 輻射防護師



輻射危機~

您身邊有潛藏的輻射嗎？





# 清大同位素館 疑爆輻射外洩

【本報記者李永拓／台北報導】清華大學原能處日前接獲輻射外洩事件，原能會委員曾親臨分析報告，發現核反應器周圍環境輻射量上升，懷疑與輻射外洩有關。上週五緊急派員採樣分析後，發現附近草地和樹木均有放射性物質，一三二一核素，確認為製造核藥物時的「同位素廢」。輻射氣體外洩導致。

為追查同位素館發生輻射氣體外洩原因，原能會昨日要求清大原子科學技術開發中心主任周鳳英與相關人員說明意外發生原因。

## 原委會採樣 發現草樹殘留碘131

原能會強調，清大口坦同位素館在去年十一月六日、今年三月十九日生產一三二一核藥物過程中，「有些狀況發生」，但否認有輻射氣體外洩。而該會確實在附近草地和樹木檢出碘一三二一殘留。證實研究用反應器產生的碘一三二一排洩到同位素館過程，確實有「東西」跑出來。

清大則表示，根據檢測，當時在廠房內的工作人員接受的輻射劑量極低，沒有任何異常反應。原能會副主委謝得志指出，清大檢出碘一三二一殘留事件不會影響學生安全，但原能會認為應再審慎評估影響層面，已要求清大在找出輻射外洩原因前，要完全封鎖。



## 警戒區

►原能會懷疑清大原子科學技術發展中心發生輻射外洩事件，上週緊急派員採樣分析，圖為位於緊急應變限制區內的清大原子科學技術發展中心外觀。(李坤攝攝)

清華大學研究用核反應器輻射氣體外洩範圍與原子科學院教學大樓位置圖



環境輻射監測。

## 反推半衰期 去年底外洩量驚人

清大承認，原子科學院內的研究用反應器周圍環境輻射監測值若持續偏高，該校願意暫時停止生產一三二一核藥物，但前提是，不能影響國內核藥物供應的正常供應。

謝得志說，該會上週五以研究用核反應器為中心，在半徑廿公尺範圍內採集環境樣本，測到碘一三二一含量最高每公升二千七百克，但未超過調查基準值（每公升二千七百克）。但原能會認為，上週五測到碘一三二一含量，僅象徵研究反應器周圍環境「已爆」的輻射監測現況，不代表意外發生當時外洩放射性物質的實際含量。

碘一三二一半衰期僅八天（每八天放射量減至一半），以此計算回推去年十一月首次發生輻射氣體外洩，就「非常恐怖」。

原能會日前仍在查證輻射氣體外洩日期是否如清大所言，並嘗試發生日期與現有殘留含量，反推推測的輻射氣體排放量。

原能會一再強調，學校發生這種事情，為了眾多師生安全，應慎重處理，不能等到超過調查基準值才採取行動。校方應主動檢討為什麼會發生這種事情。

## 防護專家：校方應第一時間通報

國內輻射防護專家指出，雖然原能會的環境試探一三二一劑量未超過調查基準值，但清大應在第一時間通報原能會，以免事件曝光後，引發全校師生和學生家長對輻射恐慌。

輻射專家指出，清大應將製造核藥物的輻射氣體有排放到廠房外，但原能會在附近採集的草樹和樹木樣本確實檢出有碘一三二一殘留。清大的說辭與環境監測結果有衝突。

## 原科中心：沒東西跑出去

李淑芬／台北報導

清華大學原子科學技術開發中心主任任國鳳強調，該中心研究用核反應器製成碘一三二一核藥物過程產生的輻射氣體，全部「排放」在製成廠房裡面，我可以保證，根本沒有東西跑出去。他說，原科中心屋內的輻射防護極嚴，「我們會自己警惕自己」。

周鳳英指出，該中心去年十一月六日和今年三月十九日以研究用核反應器製成碘一三二一核藥物時，確實發生輻射氣體洩漏，但全部「排放」在製成廠房內。周鳳英強調，製成廠房廢氣排放系統配有西道，總長九十公分的活性炭過濾系統，再經電離層氣排放系統每五公分活性碳，就可有安全疑慮。

以製成廠房內放射性核藥物到僅剩千分之一，該中心研究用核反應器廠房外部的數量也幾乎為零，「我可以保證，根本沒有東西跑出去，不曉得裡面，在發生什麼事情？」

周鳳英表示，即使原能會在附近草地和樹木採集的環境試探發現有碘一三二一殘留，但含量在法規容許範圍內。製成廠房有輻射氣體過濾系統，是原科中心研究改善一三二一核藥物製成過程時發生意外，「原能會希望我們改善得更好，我們本來就一直在改善。」

對於原能會要求暫時停止生產，周鳳英指出，研究用核反應器本來就計畫在本周停機檢修，輻射對不因為有安全疑慮。

張淑芬／台北報導

三軍總醫院核醫部主任黃文盛指出，高劑量的碘一三二一主要是用在甲狀腺癌治療，一般人若接觸劑量不高，通常可由尿液代謝排出。但幼兒及孕婦須特別當心，否則新發覺甲狀腺功能異常。

甲狀腺腺在手術切除後，通常會讓病人把帶有輻射的碘一三二一，又稱為「原子碘」吞入體內，它是一種體內的放射治療，用來清除殘餘癌細胞。

病人使用碘一三二一治療後，形同「輻射人」，身體會放出

## 碘131 專治甲狀腺癌

輻射，因此須住進隔離病房數天的特殊病房三天，等輻射量降低，不會危害旁人，才走出醫院。

黃文盛表示，接觸碘一三二一的劑量超過治療劑量，碘濃度雖高，以免病人受輻射污染。

他建議，一般人若不慎接觸到碘一三二一，最好在十二至廿四小時內，多喝水、服用碘片，或吃含碘較多的食物如海帶、紫菜等，來阻斷甲狀腺吸收放射物質，經尿液排出後，即無大礙。

責任編輯：陳建豐 編輯：潘文賢

您身邊有潛藏的輻射~  
輻射危機？







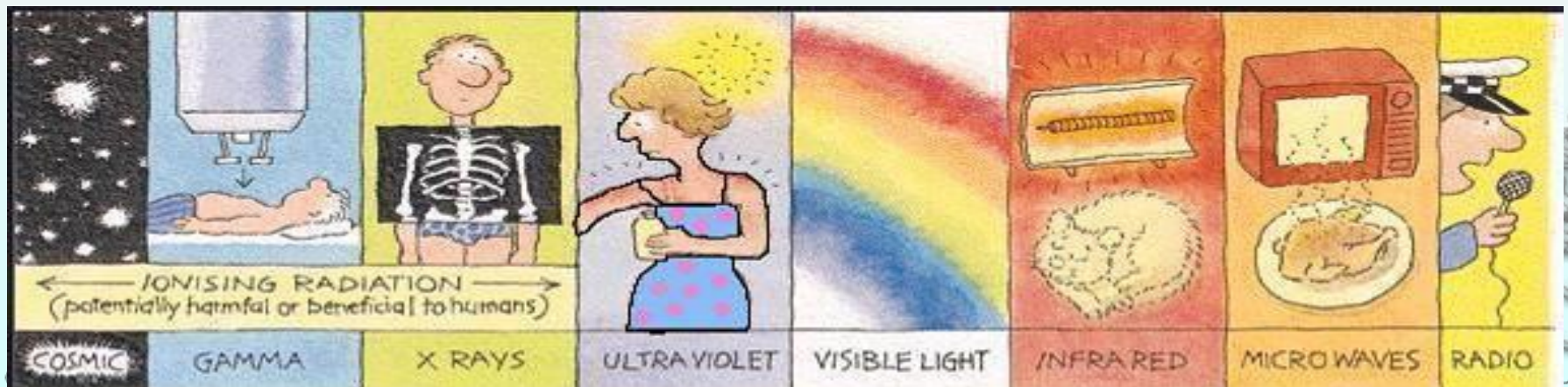
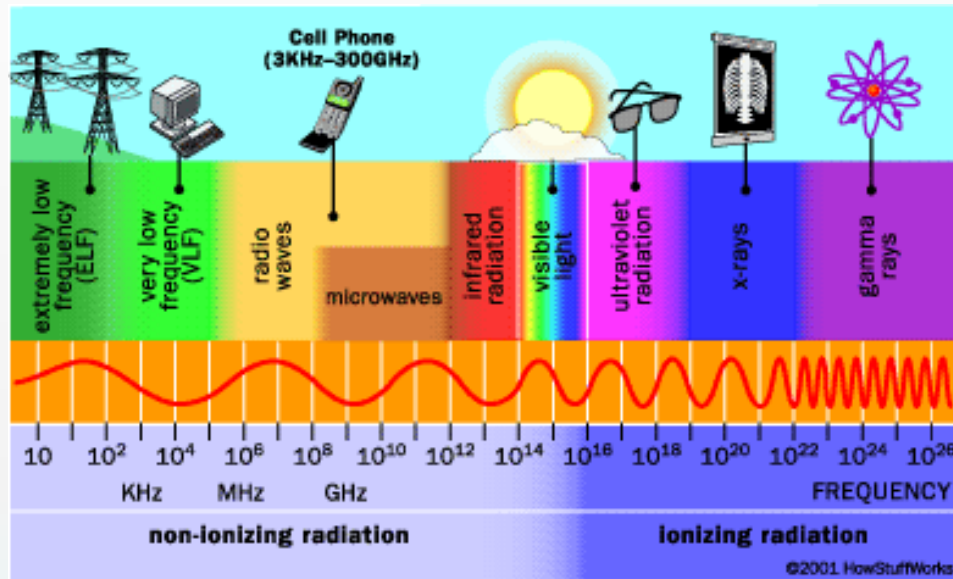
- ◆ 輻射無所不在
- ◆ 輻射對人體產生的效應
- ◆ 輻射健康效應的影響因素



輻射無所不在



# 輻射就是能量





# 輻射的分類

## ■ 非游離輻射

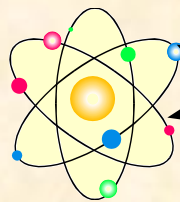
- 如：紫外線、雷射、紅外線、微波

## ■ 游離輻射

- 輻射能量  $> 10\text{keV}$
- 如： $\alpha$  粒子、 $\beta$  粒子、中子、X光、 $\gamma$  射線

游離：

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)





# 自然世界中輻射無所不在



人類自古至今生存在一個陽光、空氣、水與輻射的自然環境中

# 天然游離輻射

爬山



搭乘飛機

宇宙間、地球上、大氣中，到處都有輻射存在。

宇宙射線

食物中



洗溫泉



地表輻射



# 人造游離輻射



核爆落塵



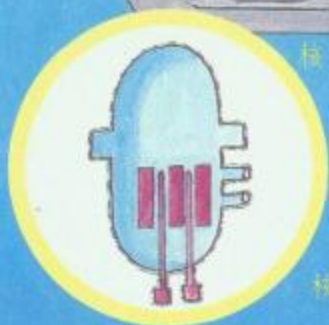
工業用



迴旋加速器



核電廠



核子反應器

核能電廠、醫療單位、研究機構  
都可能製造少許的人造游離輻射。



醫療診斷與治療



研究單位



X光機



# 輻射的應用



鈷60治療癌症



X光攝影診斷檢查



利用加速器製造  
核子醫學藥物



工業上利用輻射  
進行非破壞檢測



農業上利用輻射  
做農作物品種改良



放射線照射使玉石增艷



食品之輻射照射  
使其易於保存



考古學利用輻射  
進行年代測定



輻射照射處理標章



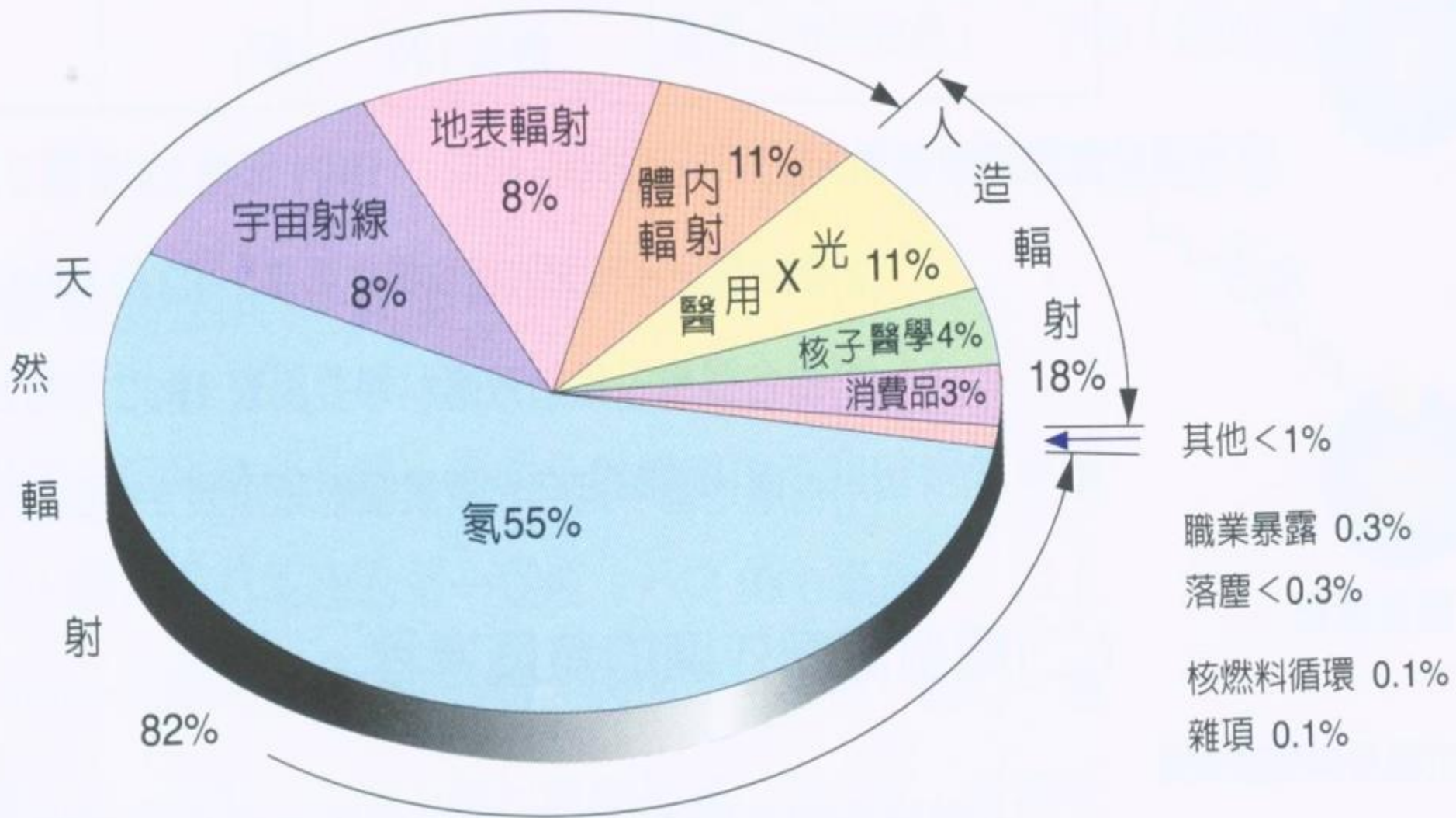
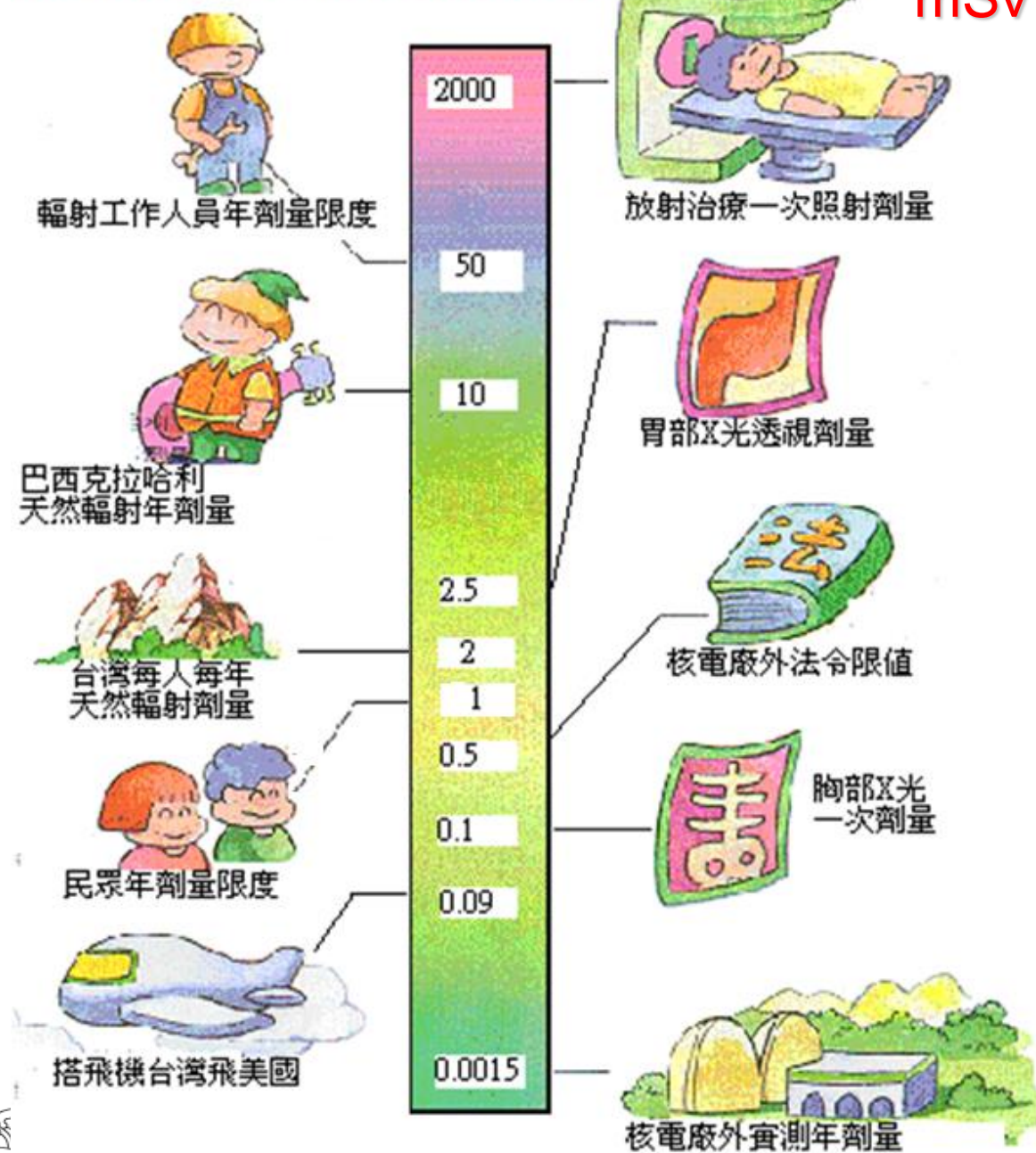


圖 3.3 美國民衆接受天然輻射與人造輻射比例圖



# 輻射劑量比較圖 (mSv)

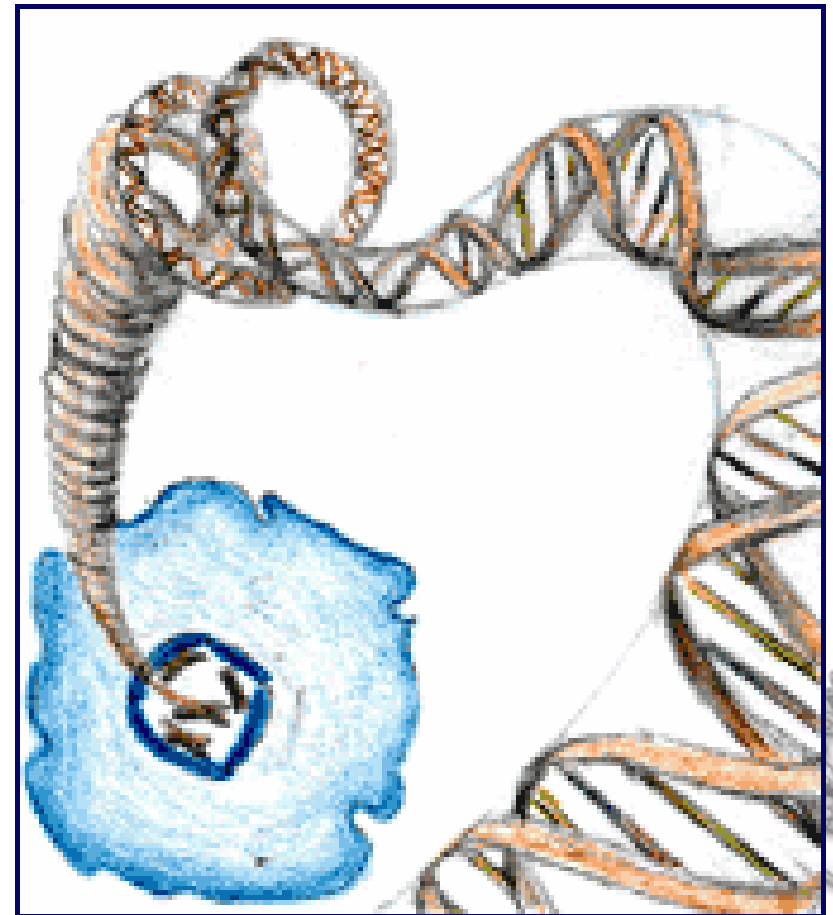
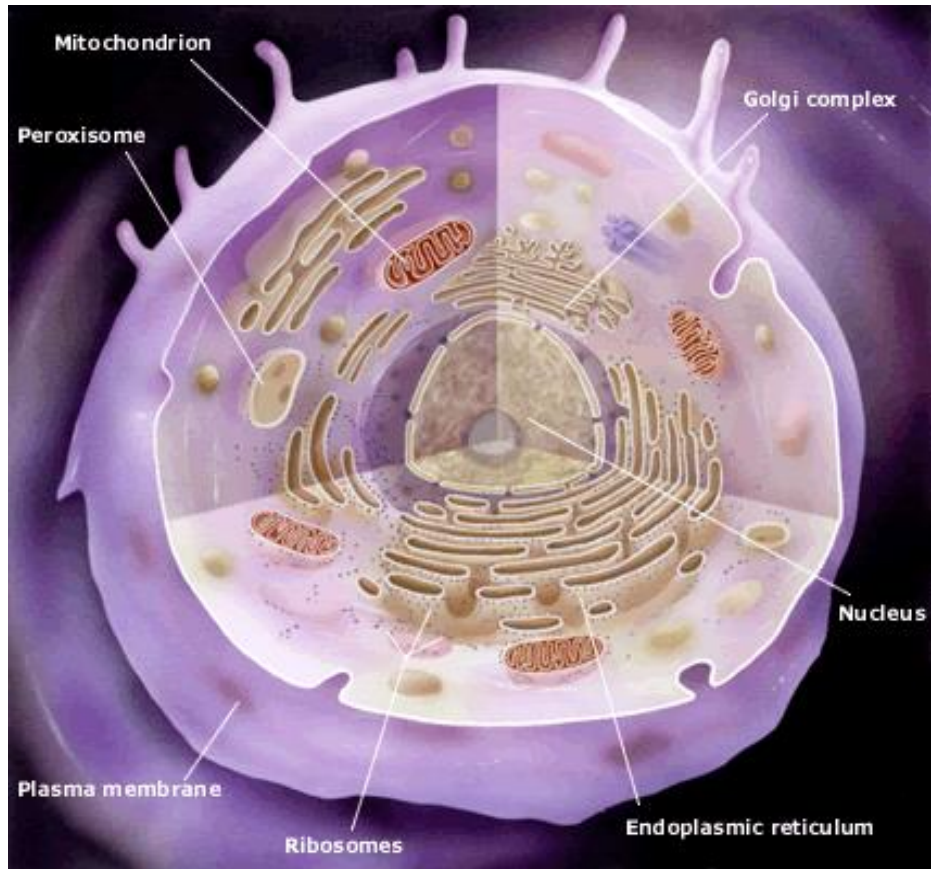
mSv = 毫西弗



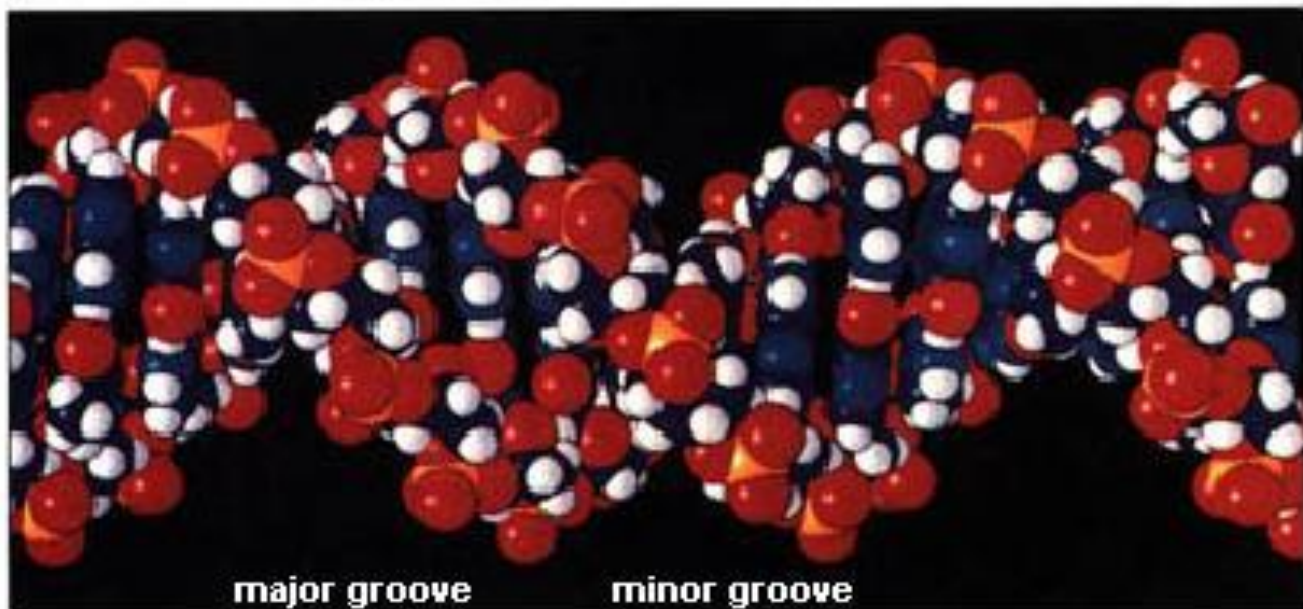
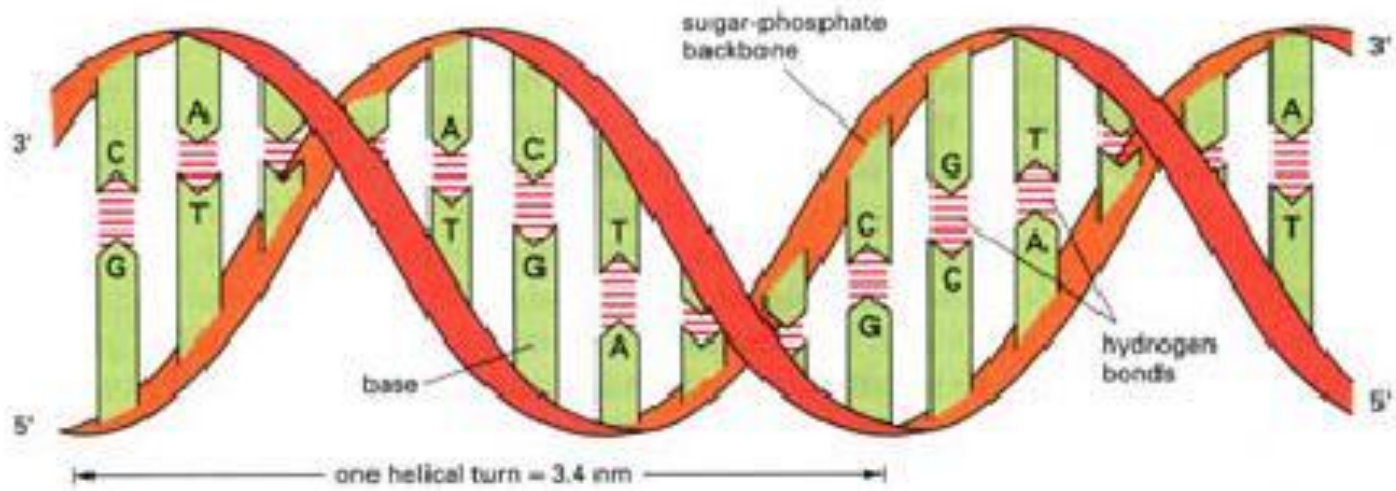
# 輻射對人體產生的效應



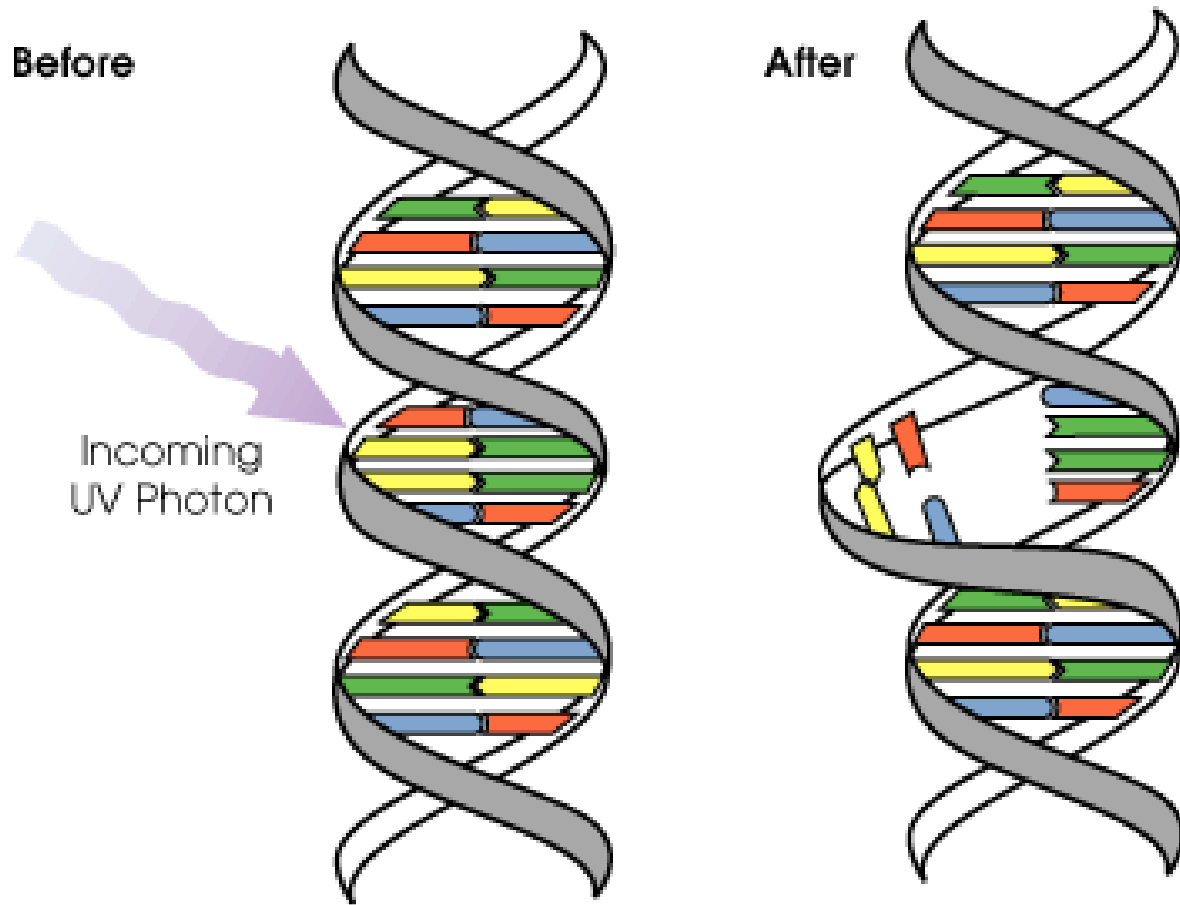
# 輻射與細胞作用的機制







# 非游離輻射的作用



# 游離輻射的作用

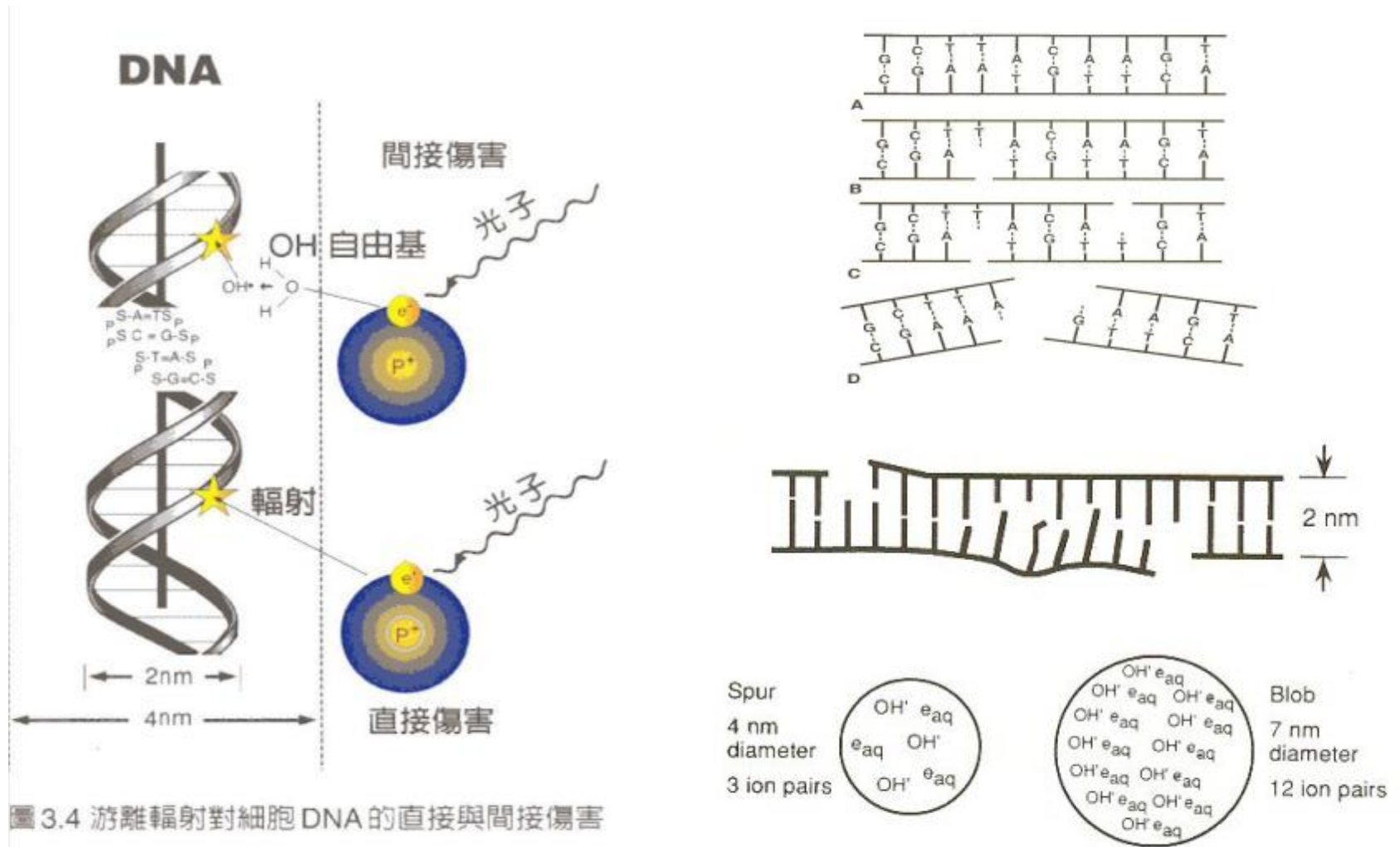


圖 3.4 游離輻射對細胞 DNA 的直接與間接傷害



# 輻射作用分類

## ◆ 直接作用

- ◆ 輻射直接作用於具有生物活性的大分子，使其發生游離、激發或化學鍵的斷裂而造成分子結構和性質的改變，從而引起功能和代謝的障礙。

## ◆ 間接作用

- ◆ 指輻射作用於體液中的**水分子**，引起水分子的游離和激發，形成化學性質非常活潑的**自由基**，如： $\text{H}\cdot$ 、 $\text{OH}\cdot$ 等，繼而作用於生物大分子引起損傷。
- ◆ 由於生物體的多數細胞含水量很高，因此間接作用在輻射生物學效應的發生上佔有十分重要的地位。

# 輻射的健康效應

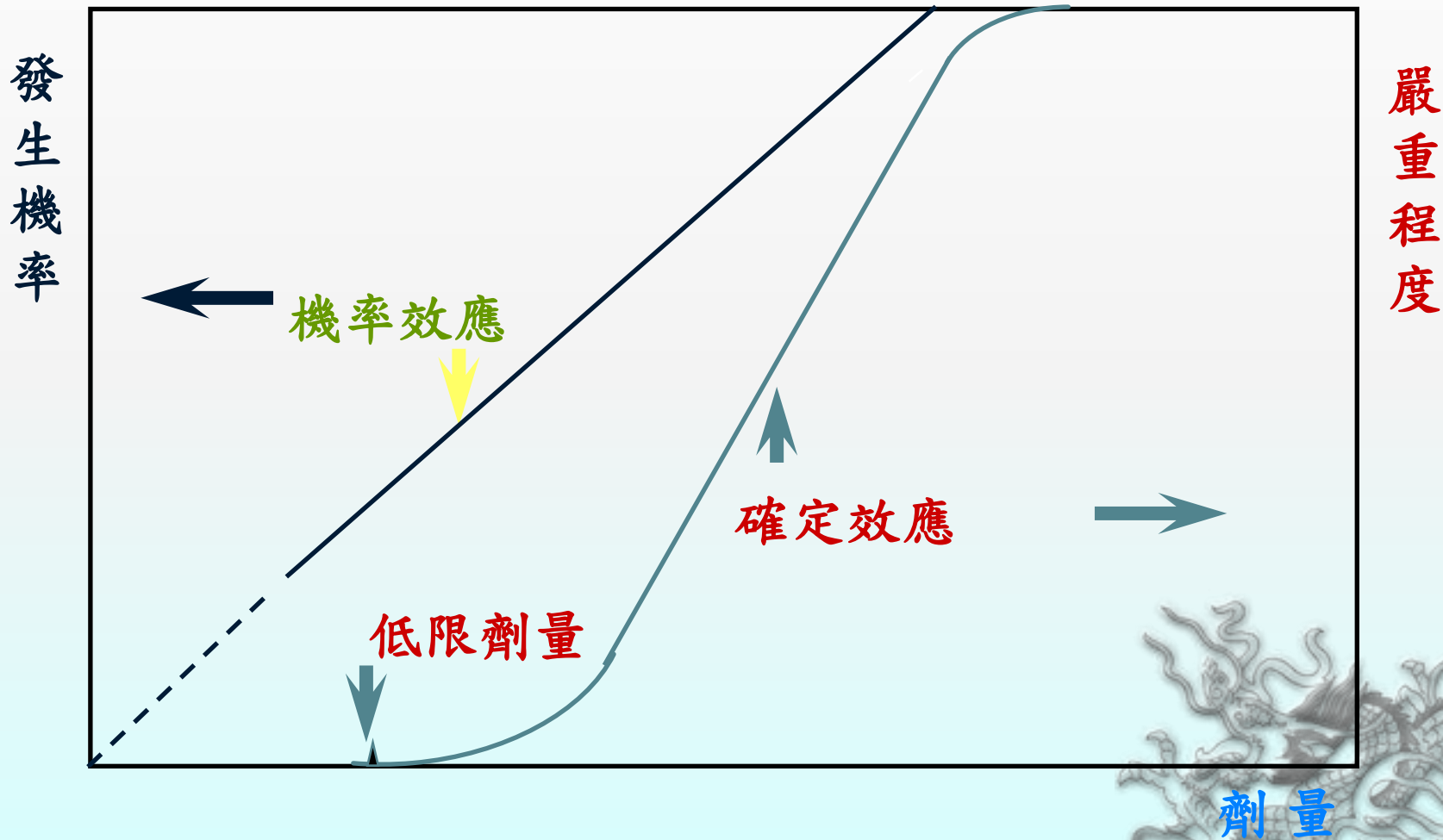
## ◆ 機率效應：

- ◆ 發生機率與所受劑量大小成比例增加
- ◆ 與嚴重程度無關
- ◆ 此種效應的發生無劑量之低限值。
- ◆ 發病潛伏期長：致癌、遺傳基因突變

## ◆ 確定效應：

- ◆ 嚴重程度與所受劑量大小成比例增加
- ◆ 此種效應的劑量低限值可能存在。
- ◆ 短時間內曝露於高輻射劑量(超過低限劑量)
- ◆ 急性效應(急性輻射徵候群)
- ◆ 延遲效應(白內障、不孕...)

# 游離輻射效應與劑量關係

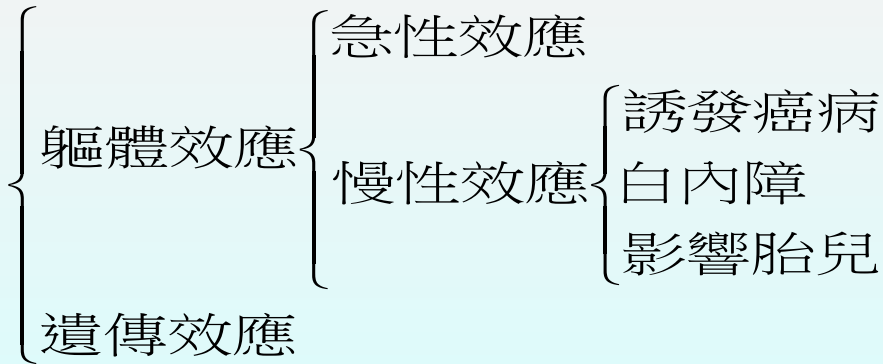




# 輻射對人體之影響

區分	病例	低限劑量	隨劑量的變化	防護的目標
機率效應	癌病 遺傳疾病	假設不存在	發生機率	受限於可接受的範圍內
確定效應	白內障 紅斑(皮膚) 脫毛 不妊	可能存在	嚴重程度	防止其發生

## 2.臨床分類



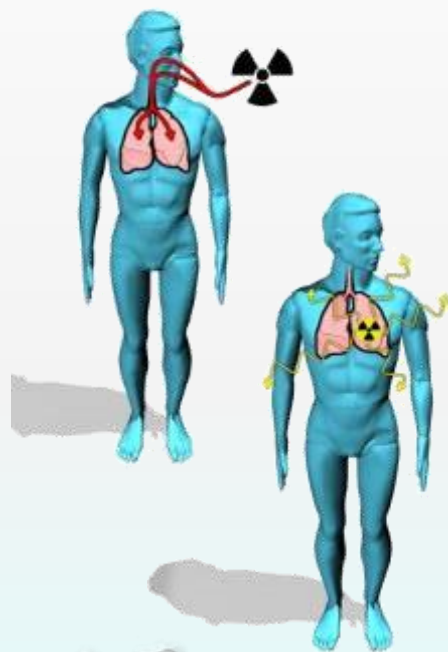
# 組織器官對輻射傷害的敏感度

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

# 曝露型態及健康效應

## ◆ 急性劑量

- ◆ 短時間接受大輻射劑量
- ◆ 大劑量造成可觀察的健康效應
  - ◆ 掉髮、疲勞
  - ◆ 早期：噁心及嘔吐
  - ◆ 燒傷及傷口癒合緩慢
- ◆ 例子：醫療曝露及密封射源的意外曝露



## ◆ 慢性劑量

- ◆ 長時間接受輻射劑量
- ◆ 接受慢性劑量身體較容易修復傷害
- ◆ 輻射劑量不易造成可觀察的健康效應
- ◆ 例子：背景輻射及體內累積





# 體外曝露(單次)

## ◆ 全身曝露

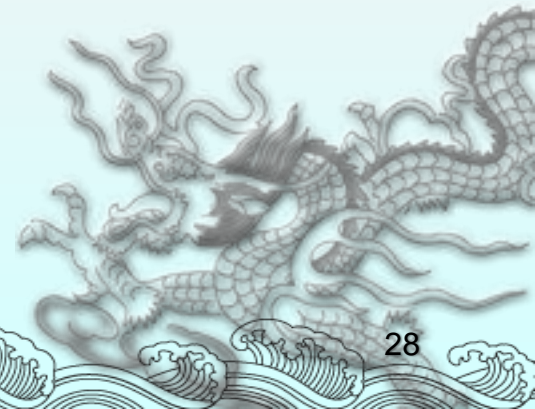
- ◆ **< 1,500 mSv** : 無急性症狀
- ◆ **4,000~6,000 mSv** : 早期噁心、嘔吐，一兩天即消失；三至六週後，造血系統異常
- ◆ **6,000~15,000 mSv** : 主要為腸胃道症狀，噁心嘔吐、持續腹瀉及血便，癒後極差
- ◆ **> 50,000 mSv** : 產生神經系統及循環系統衰竭，立即死亡

## ◆ 局部曝露

- ◆ 射源離身體很近，常合併全身曝露或污染
- ◆ 曝露劑量以身體接近射源部位最高(四肢)
- ◆ 臨床症狀類似熱傷害(皮膚紅腫、水腫、起水泡、組織壞死)
- ◆ 傷口脆弱、不易癒合

# 急性局部曝露

- ◆ **3,000 mSv** : 17日後開始掉髮
- ◆ **6,000 mSv** : 皮膚起紅疹
- ◆ **10,000~15,000 mSv** : 乾性脫皮
- ◆ **20,000~50,000 mSv** : 濕性脫皮
- ◆ **>50,000 mSv** : 潰瘍、壞死



# 輻射對生殖系統的急性傷害

劑量(mSv)	男性	女性
100~300	暫時性精蟲過少	
300~500	4-12個月無精蟲，2年恢復	
500~1,000	3-17個月無精蟲，8-38月恢復	
1,000~2,000	2-15個月無精蟲，11-20月恢復	40歲者排卵暫時抑制
2,000~3,000	1-2個月無精蟲，無法恢復	
2,500~5,000		
5,000~8,000		60-70%排卵永久抑制
> 8,000		排卵遭永久抑制





人員體外輻射劑量(3月)測試報告



Laboratory  
0622

單位代號：

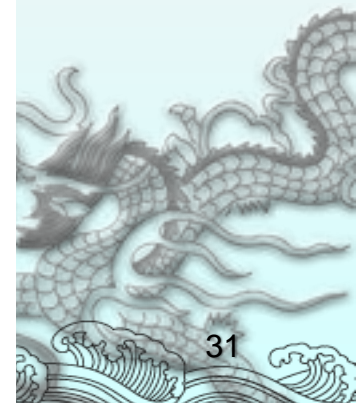
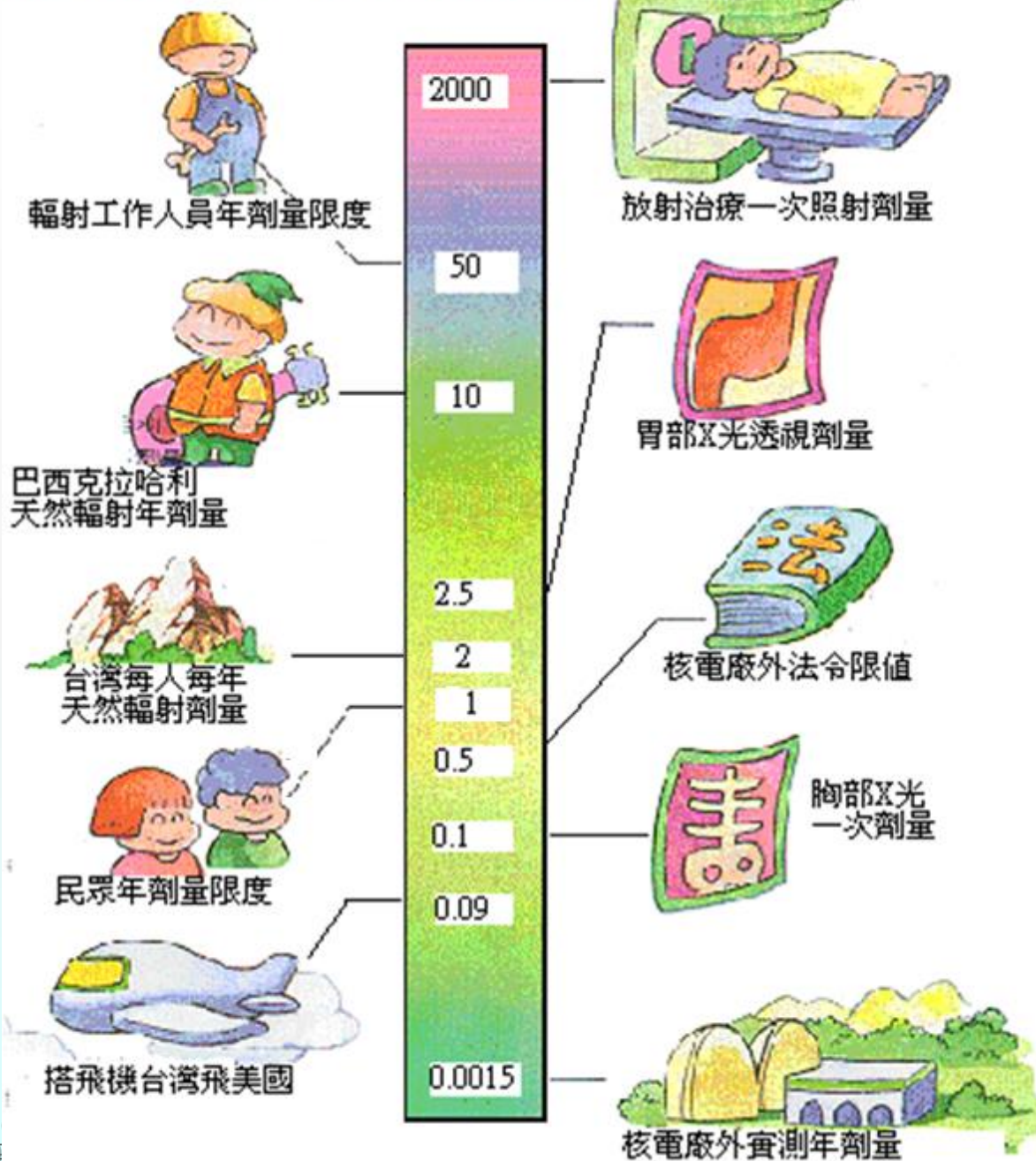
單位地址：

計讀日期：

使用期間：2009年3月1日~2009年3月31日

序號	姓名	身分證字號	本期個人等效劑量(mSv)			年累積個人等效劑量(mSv)			5年累積劑量	備註
			Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(0.07)指環	Hp(10)	Hp(0.07)	Hp(0.07)指環	Hp(10)	
1	#背景值-01	#BG-01	0.09	0.09	0.17				0.00	
2			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4			0.00	0.00	1.26	0.00	0.00	3.55	0.00	
5			0.00	0.00	0.00	0.22	0.22	0.42	1.31	
6			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	
7			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8			0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	1.44	0.00	
9			0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.93	0.00	
10			0.21	0.21	0.29	0.21	0.21	0.29	0.49	
11			0.00	0.00	0.00	0.21	0.40	0.00	2.88	
12			0.00	0.00	1.52	0.00	0.00	3.06	0.00	
13			0.00	0.18	0.96	0.44	0.62	3.11	0.44	
14			0.44	0.44	23.37	1.31	1.36	56.04	3.06	
			**以下空白**							

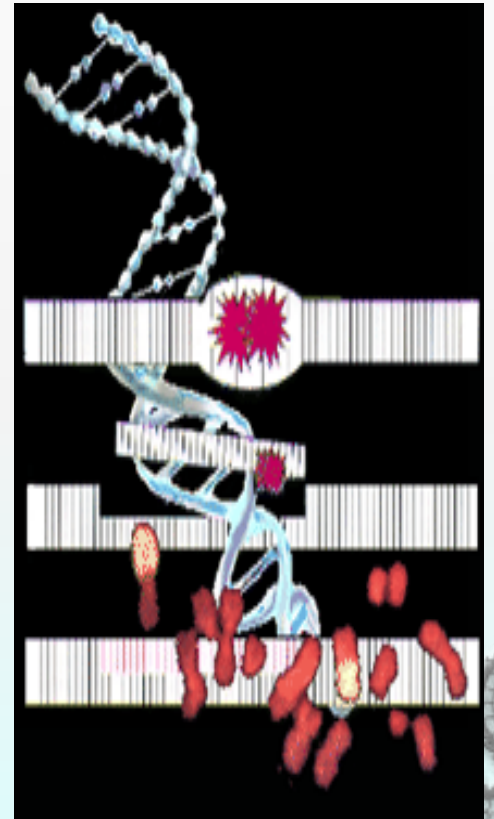
# 輻射劑量比較圖 (mSV)





# 我們身體是有彈性的

- ◆ DNA 損傷是最重要的且能造成細胞功能失常或死亡
- ◆ 我們身體共有 60 兆個細胞
  - ◆ 背景輻射只會造成非常少數的DNA斷裂
  - ◆ 大約每個細胞每年約產生 5個 DNA斷裂
- ◆ 我們身體有高效能的 DNA 修補機制





# 輻射健康效應的影響因素



# 與輻射有關的因素

## ◆ 輻射種類

- ◆ 輻射對生物體作用的原理是相同的。
- ◆ 但不同射線的游離能力不同，對組織損傷的程度有所不同。
- ◆ 中子、 $\alpha$ 和 $\beta$ 粒子游離能力強，在組織中游離密度大，故產生的生物效應較相同物理當量的X射線或 $\gamma$ 光子大的多； $\alpha$ 粒子在組織中能量消耗大，射程短，故損傷範圍較小。

## ◆ 能量

- ◆ 相同種類的輻射，其生物學效應取決輻射能量的大小。

# 與輻射有關的因素(續)

## ◆ 輻射劑量

- ◆ 劑量越大，效應越顯著。但是兩者之間並非直線的關係。

## ◆ 劑量率

- ◆ 劑量率越大，效應越顯著。但當劑量率達成一定程度後，它與效應之間的關係則不成比例。



# 與輻射有關的因素(續)

## ◆ 照射面積

- ◆ 照射面積越大，效應越明顯
- ◆ 當照射面積超過人體總面積的 $1/2$ 或 $1/3$ 以上時，才能引起全身性效應。

## ◆ 照射部位

- ◆ 生物體各部位生物學效應不同，腹部>盆腔>頭、頸部>胸部>四肢。
- ◆ 均勻照射的效應>不均勻照射的效應。
- ◆ 一次照射的效應比分次照射的效應大
  - ◆ 分次越多效應越小；各次間隔時間越長，效應也越小。

# 與輻射有關的因素(續)

## ◇ 體外照射與體內照射

### ◇ 體外照射

- ◆ 除了輻射源本身的特點外，射源與受照部位的距離、照射時間及屏蔽物的性質、厚度，直接影響生物體受照射劑量。

### ◇ 體內照射

- ◆ 影響效應的因素複雜，包括物理化學特性、進入生物體的途徑、在體內的分布、代謝與排泄效率、有效半衰期等等。

# 與生物體有關的因素

## ◇ 生物種系的敏感性

- ◇ 演化越高，生物體組織結構越複雜，其敏感性越高。
- ◇ 多細胞生物比單細胞生物敏感，哺乳類比鳥類、魚類、兩棲類敏感。

## ◇ 個體敏感性

- ◇ 同一種體系不同個體放射敏感性不盡相同。
- ◇ 年齡、性別、生理狀態、遺傳特性、營養狀態。
- ◇ 同一個體在其發育的不同階段，對輻射敏感性亦有顯著的差異。隨著個體的發育過程，其敏感性逐漸降低。



# 與環境有關的因素

## ◆ 溫度

- ◆ 內外環境溫度的變化，可直接影響輻射生物學效應。
- ◆ 如：在進行放射治療之前，先提高腫瘤組織局部溫度，其療效得以明顯提高。

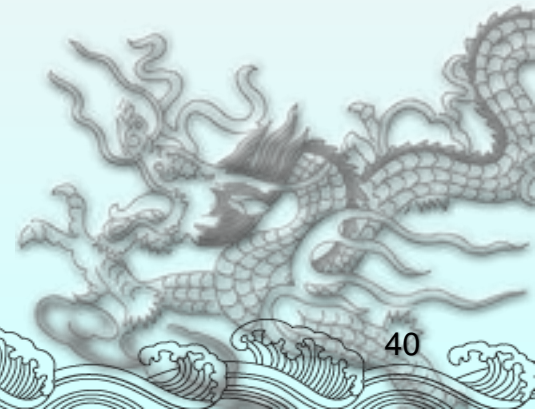
## ◆ 氧

- ◆ 輻射效應隨周圍介質中氧濃度的增加而提高。
- ◆ 如：在腫瘤局部注射血管擴張劑或給患者吸入3~4個大氣壓的氧氣，消除腫瘤組織中的“缺氧中心”，以提高放射治療效果。

# 與環境有關的因素(續)

## ◇ 化學物質

- ◇ 在溶液體系中，由於其它物質的存在而使一定劑量的輻射對溶質的損傷效應降低。
- ◇ 如某些激素和化學製劑對生物體起保護作用，可降低生物體的輻射敏感性。
- ◇ 維他命C、兒茶素等



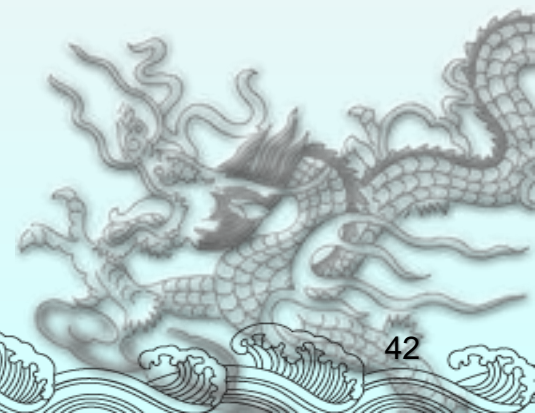
# 生活中的輻射





# 大型醫院內有那些輻射相關設施？

- ◆ 診斷型X光機
  - ◆ X光機、CT、牙科、泌尿科、心導管室
- ◆ 放射線治療設備
  - ◆ 直線加速器、近接治療、加馬刀
- ◆ 同位素診斷
  - ◆ 核醫檢查、正子造影
- ◆ 血品照射
  - ◆ 檢驗科
- ◆ 同位素生產、核醫藥物製造
  - ◆ 迴旋加速器製藥設施
- ◆ 使用同位素試劑之基礎生物醫學研究



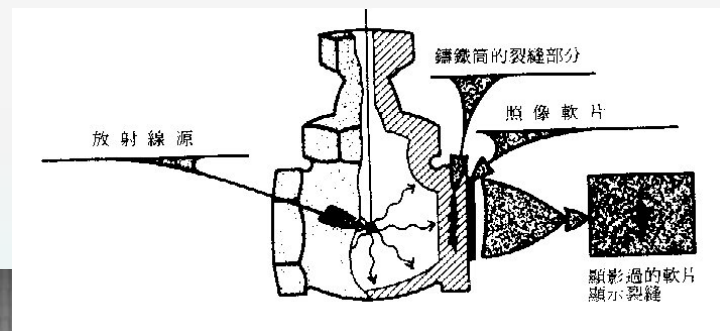
# 工業應用

## ◆ 輻射照射滅菌(農工醫)

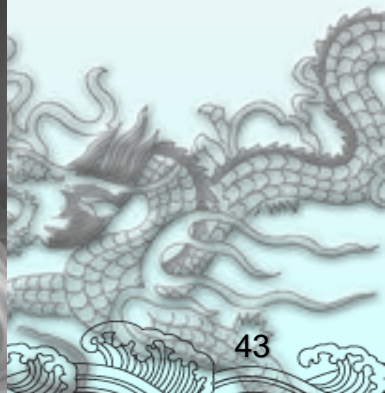
- ◆ 抑制發芽、防黴、殺滅昆蟲
- ◆ 處理快速且可大量
- ◆ 食品達到安全衛生標準
- ◆ 技術方便有效，不留照射痕跡
- ◆ ...



## ◆ 非破壞性檢測



## ◆ 貨櫃掃描



您身邊確實有潛藏的輻射~  
但沒有輻射危機





謝謝聆聽~

