

# 放射性物質的輻射安全實務

(8月19日下午3小時課程)

林招澎 博士

國立清華大學原科院

# 密封放射性物質的輻射安全實務

# 密封放射性物質

- 法規定義：

指至於密閉容器內，在正常使用情形下，足以與外界隔離之放射性物質。

- 國際放射防護委員會(ICRP)定義：

將放射性物質密封在足夠強度的容器中，或將其牢固地攙合在非放射性材料內，在正常使用情況下，能防止放射性物質散失或逸漏，使人員不易與該放射性物質接觸，稱為密封射源。

# 密封射源種類

- 以**種類**區分，計有阿伐、貝他、加馬、中子和低能量光子射源。
- 以**幾何形狀**區分，有點狀、線狀、面狀、圓柱狀、圓環類。
- 以**活度的精確度**區分，有核對級(check)、操作級、參考級、標準級等不同級別的射源。
- 以**用途**區分，有醫學應用、工業程式控制用、工業照相用、加馬照射用、輻射儀表用、離子發生器用、放射測量用。

# 密封放射性物質實務應用

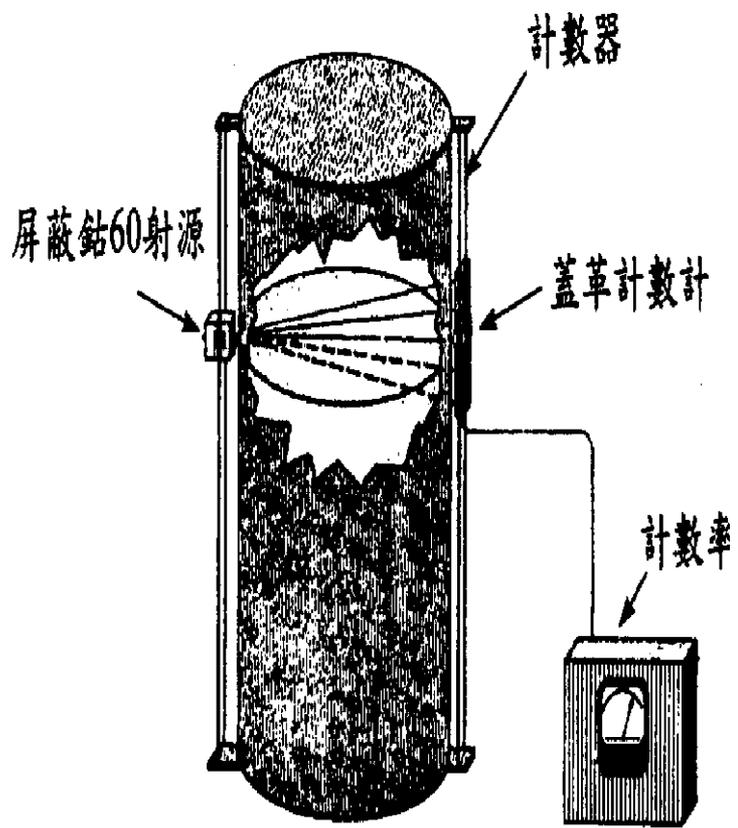
- 阿伐射源：煙霧警報器、靜電消除器、避雷器的離子產生器, Ex:  $^{210}\text{Po}$ 、 $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ 。
- 貝他射源：測濃計、標誌發光體、離子產生器、參考射源或操作級射源。
- 低能量加馬或X光：X光螢光分析儀、濃度計、密度計。
- 加馬射源：廣泛用於工業、農業、科學研究等。
- 中子射源：用於地質探勘、輻射育種、活化分析、濕度計和科學研究。

表 5.3 加馬射源的用途和特性

用 途	放射核種	半衰期	加馬能量 (Mev)	活度範圍 Bq (Ci)
照射、消毒	$^{60}\text{Co}$	5.26 y	1.17 , 1.33	大於 $10^{16}$ ( $3 \times 10^5$ )
滅菌	$^{137}\text{Cs}$	30.0 y	0.662	
	$^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$	同上	同上	
輻射儀表	$^{192}\text{Ir}$	73.83 d	0.296-0.604	$10^8$ - $2 \times 10^{12}$
(厚度計、	$^{170}\text{Tm}$	128.6 d	0.084	( $3 \times 10^{-3}$ - $6 \times 10^1$ )
液位計、密	$^{152}\text{Eu}$	5.33 y	0.122-1.408	
度計)	$^{154}\text{Eu}$	8.8 y	0.123-1.274	
	$^{241}\text{Am}$	432.2y	0.0595	
工業照相	$^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$	同上	同上	$10^9$ - $10^{13}$
／非破壞	$^{192}\text{Ir}$ , $^{170}\text{Tm}$			( $3 \times 10^{-2}$ - $3 \times 10^2$ )
檢驗				

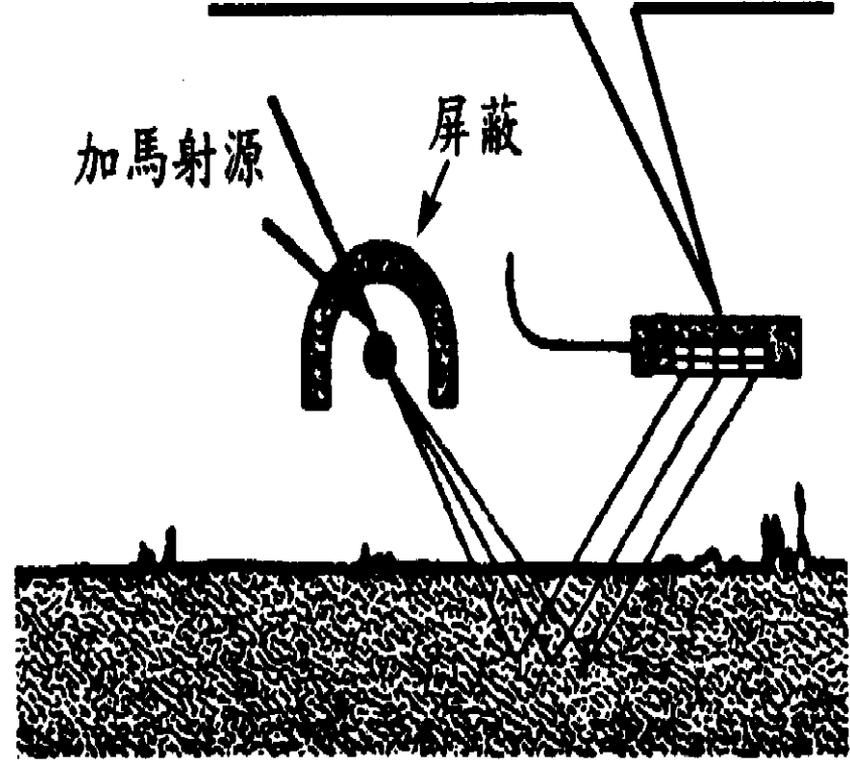
註：y 為年，d 為日。

# 工業應用: 液位計測



3a

# 加馬射線偵檢器 (土壤密度)



3b

# 工業應用: 密度計測

# 輻射防護基本觀念

- 體外暴露的輻射防護

- 體內暴露的輻射防護

# 體外暴露的輻射防護基本原則

- 體外輻射防護的基本原則是指TSD原則
- T: Time(時間)
- S: Shielding(屏蔽)
- D: Distance(距離)
  
- TSD原則是儘量減少體外暴露時間, 使用輻射屏蔽與增加距射源距離

- 最簡單有效的體外輻射防護方法是距離
- 如：使用長柄鉗取用射源
- 原因：輻射強度與距離平方成反比
  
- 為使工作人員降低暴露時間，熟悉工作流程，常受訓練亦可降低暴露時間
  
- 屏蔽的設計使用，亦可將暴露劑量降至法規許可值

# 體內暴露的輻射防護基本原則

- 體內輻射防護基本原則是指3D原則
- 第一個D: Dilute(稀釋)
- 第二個D: Disperse(分散)
- 第三個D: Decontaminate( 除污)

- 稀釋是指將受放射性污染的空氣或水稀釋至可接受範圍，然後排放
- 分散是指放射性污染的物質由空氣或水域加以分散
- 除污是指對人體或物體遭受放射性污染，利用各種除污方法，使附著的放射性污染減少

# 密封射源的輻射防護

## 基本觀念:

- 使用密封射源，須嚴守使用規定，絕對禁止在超出規定的條件下運作(如溫度、壓力、機械振動、磨損狀況等)，也須定期安全檢查，降低密封容器破損的機會。
- 使用射源之前，須了解射源的物理特性、安全性能和密封結構，依規定做好輻防準備工作及操作人員之職前訓練，才能減少輻射曝露的意外事故發生。

# 密封射源的輻射防護特點

- 防止人員接受過量的體外曝露，並防止射源遺失或密封的性能遭受破壞，造成不必要的輻射曝露或污染，甚至攝入體內，造成體內曝露。
- 射源均須管制，並要向原子能委員會申請登記及申請使用執照，操作人員須接受射源操作和輻射防護的訓練。

- 低活度密封射源造成體外劑量不大，不須固定的屏蔽。通常可在無特殊保護情況下使用，但是要預防遺失。
- 高活度射源常固定於設施內使用，有固定屏蔽及防護措施，不易遺失。
- 非破壞檢驗所用射源的活度高且可攜帶，因為工作性質或疏忽緣故，射源遺失機會很大。

# 檢驗射源洩漏的方法

- 濕擦拭法:濾紙沾液體擦拭物體表面再計測
- 乾擦拭法:物體洗淨後使用乾濾紙擦拭計測
- 浸泡法:在50°C下浸泡液體四小時
- 煮沸浸泡法:煮沸10分鐘,冷卻加新鮮液體重複三次
- 射氣固體吸收法( $^{226}\text{Ra}$ 適用):射源置於含吸附劑的密閉容器三小時,取出迅速計測
- 射氣液體閃爍法( $^{226}\text{Ra}$ 適用):射源置於液體閃爍劑中三天,取出迅速計測

# 阿伐射源的防護(一)

## 基本概念：

- 阿伐核種的物理、化學性質及體內曝露的重要性，使用阿伐射源必須特別注意保持射源的密封完整性和防止遺失。
- 阿伐核種體內暴露危險度遠大於體外暴露，故需防止密封射源因外漏而被人體攝入或吸入( $^{222}\text{Rn}$ )
- 由於阿伐核種具有高的直線能量轉移(LET)，可在組織內極短距離內將其能量(一般約為4~6MeV)完全釋出，故需特別注意不可因任何動作攝入。

## 阿伐射源的防護(二)

- 射源的覆蓋層很薄，切勿用手指或其他尖硬的物品碰劃射源窗表面。
- 避免密封層震裂、摔壞、受酸鹼腐蝕。
- 經常檢查射源的外表有無阿伐放射性污染。
- 強活度阿伐射源常伴隨放射其他輻射[如X、加馬、 $(\alpha、n)$ 反應生成的中子]，故須考慮其他輻射的防護。
- 防止遺失和被盜，不可隨便拆開或丟棄。

# 貝他射源的防護(一)

- 貝他射線的穿透力大於阿伐射線，故須注意貝他體外曝露的防護。
- 貝他射源常伴隨發射加馬或其他形式的光子，設計屏蔽時須加以考慮，一般不使用鉛屏蔽。
- 貝他射線穿透物質時會產生制動輻射(連續X射線)，此輻射是防護的重點之一。
- 通常貝他射線所使用的屏蔽材料，捨棄容易發生制動輻射的高原子序物質(Pb)。

## 貝他射源的防護(二)

- 依照時間、距離、屏蔽三輻射防護原則降低體外曝露。
- 貝他射源的內層包封材質或屏蔽應選用低原子序數的材料，可減少制動輻射的產率。
- 射源窗的厚薄與貝他射線的能量有關，使用時應避免射源窗被刺破、磨損、腐蝕、震裂。
- 定期檢查射源的外表有無貝他放射性污染。
- 嚴密保管及上鎖，外表安置輻射警告標誌。

# 加馬射源的防護 (一)

- 加馬射線穿透力甚強，使用加馬射源要注重體外曝露的防護。
  1. 建立監測區和管制區
  2. 適當的屏蔽
  3. 執行輻射監測
  4. 設置聯鎖保全系統
  5. 建立保管、貯存和運送的程序

# 加馬射源的防護 (二)

## --加馬射源屏蔽

- 幾何良好、具有單一能量之光子射束，其經過屏蔽之透射情形符合公式  $I/I_0 = e^{-\mu x}$ ；其中， $I/I_0$  為此光子射束經過厚度為  $x$  之某屏蔽，光子未與屏蔽作用之相對強度(即透射率)， $\mu$  為衰減係數(即單位屏蔽距離內，光子與屏蔽之作用機率)。

# 表面污染

- 操作放射性物質的工作並非全部在密閉系統內，所以操作中可能出現潑灑、溢出、蒸發等現象。
- 在檢修、運輸和廢棄物處理過程中，都可能使污染轉移。
- 表面污染如果不能及時發現，則會對人員產生體內外曝露的危險。

# 體外曝露危害

- 任何表面上污染的放射性物質，均可能成為體外曝露源。
- 某些  $\alpha$  與  $\beta$  放射核種因穿透力小，故體外曝露較不嚴重。體外曝露則須特別注意高穿透力的  $\gamma$  放射核種。

鉛手套



鉛眼鏡



# 人員劑量偵測

- 體外曝露偵測: 追蹤體外可能遭受的輻射危害，可分為即時式與追蹤式。
- 體內曝露偵測: 追蹤攝入體內的放射性物質

# 體外曝露偵測

- 常使用即時式輻射偵檢器計測工作場所的輻射背景值，此外，人員需佩帶追蹤用的TLD熱發光劑量計、膠片佩章、劑量筆、OSL冷發光劑量計等。



## ■ 輻射安全測試及密封放射性物質擦拭測試

- 從事輻射防護偵測業務者
- 設施經營者指定之輻射防護人員



# 非密封放射性物質的輻射安全實務

# 何謂非密封放射性物質？

1. 密封放射性物質：只至於密封容器內，在正常使用情況下，足以與外界隔離之放射性物質。
2. 非密封性放射性物質：除以上所述外。

# 何處可見非密封放射性物質？

## 1. 醫用非密封性放射線物質

- 放射性造影診斷、治療及放射性免疫分析。

## 2. 實驗室非密封放射性物質

- 主要應用在基因定序、蛋白質合成、賀爾蒙定量分析、校正及環境分析等方面。

## 3. 非醫用非密封性放射性物質

- 製造業的手錶、指北針上的夜光塗料及IC封裝、燈泡測漏、施肥效率。

傾倒放射性同位素於水管

度量放射性指出放射性同位素  
強制通過管路的位置

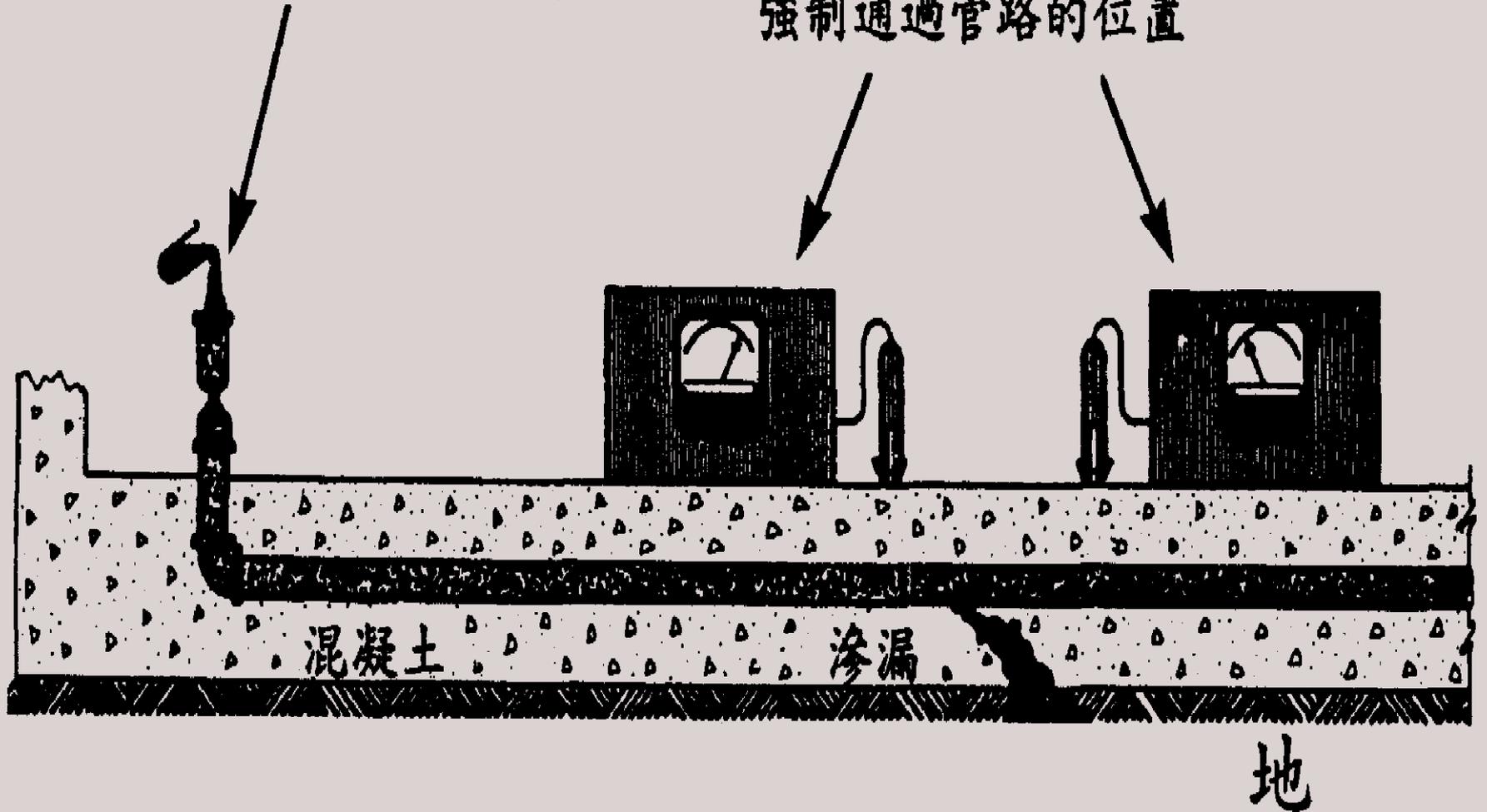


圖 4 測漏計



# 射源種類、型態及對人員的影響

- a. 以 $\beta$ 、 $\gamma$ 發射體居多。
- b. 型態為固、液、氣三態皆有。
- c. 使用或操作過程中，其物理化學性質可能變化，如加溫時固體可變成液體，液體又可變成氣體。
- d. 又以液態及氣態非密封性射源最難防護。
- e. 放在容器中的放射性物質，當容器損壞時液體氣體就有漏出擴散之虞，使操作過程中的輻射危險性增加。
- f. 除須針對體外暴露加以防護外，避免體內暴露為主要防護重點。

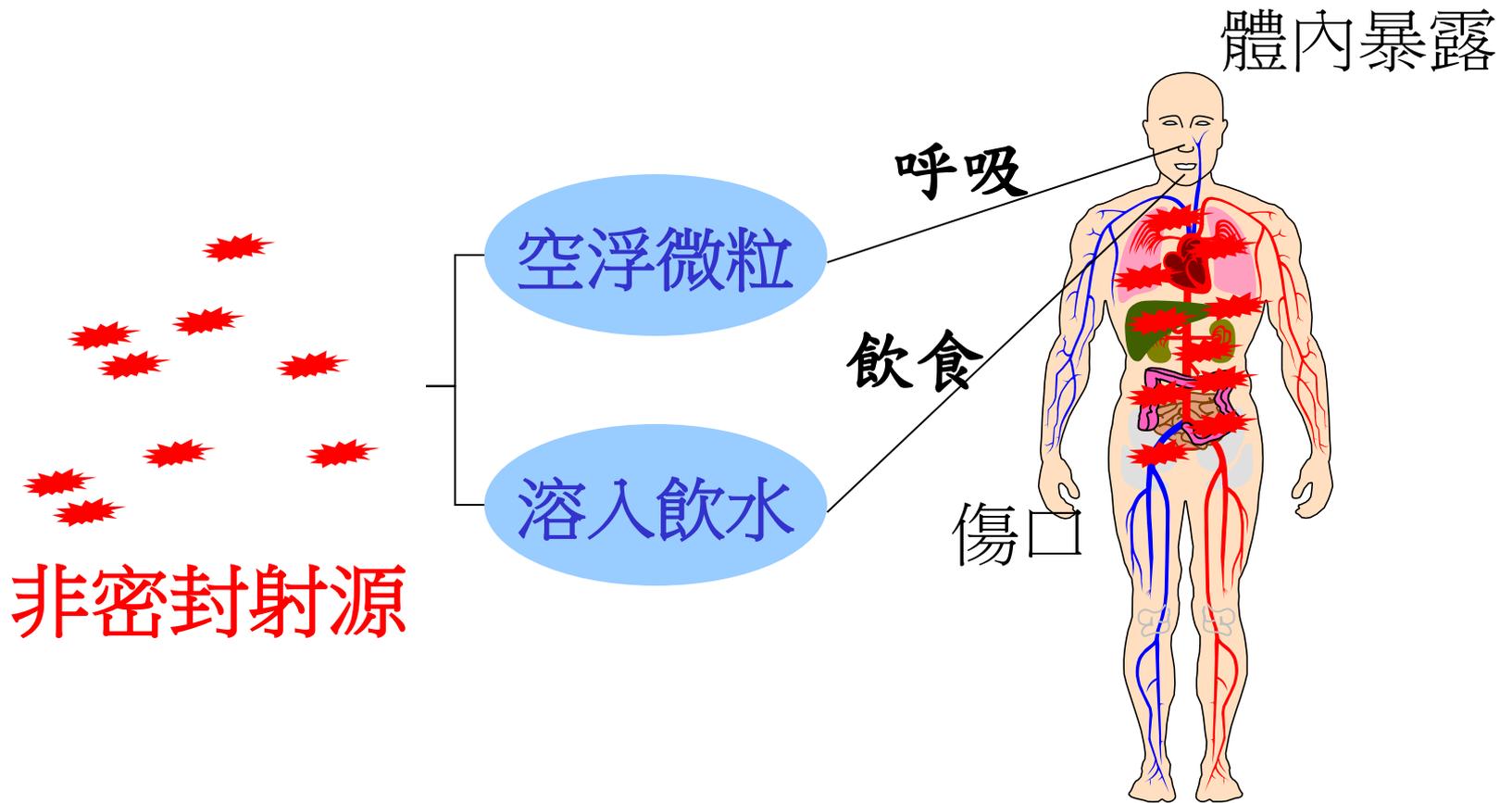
# 常見的核種

- a. 醫療用：Tc-99m, In-133m, Ga-67, Ga-68, Tl-201, I-123, Cr-51, Xe-133, F-18, P-32...
- b. 實驗室：Tc-99m, Tc-99, In-111, Ga-67, Ga-68, Tl-201, I-123, I-125, I-131...
- c. 工業界：H-3, Pm-147, Kr-85

# 安全使用射源的條件

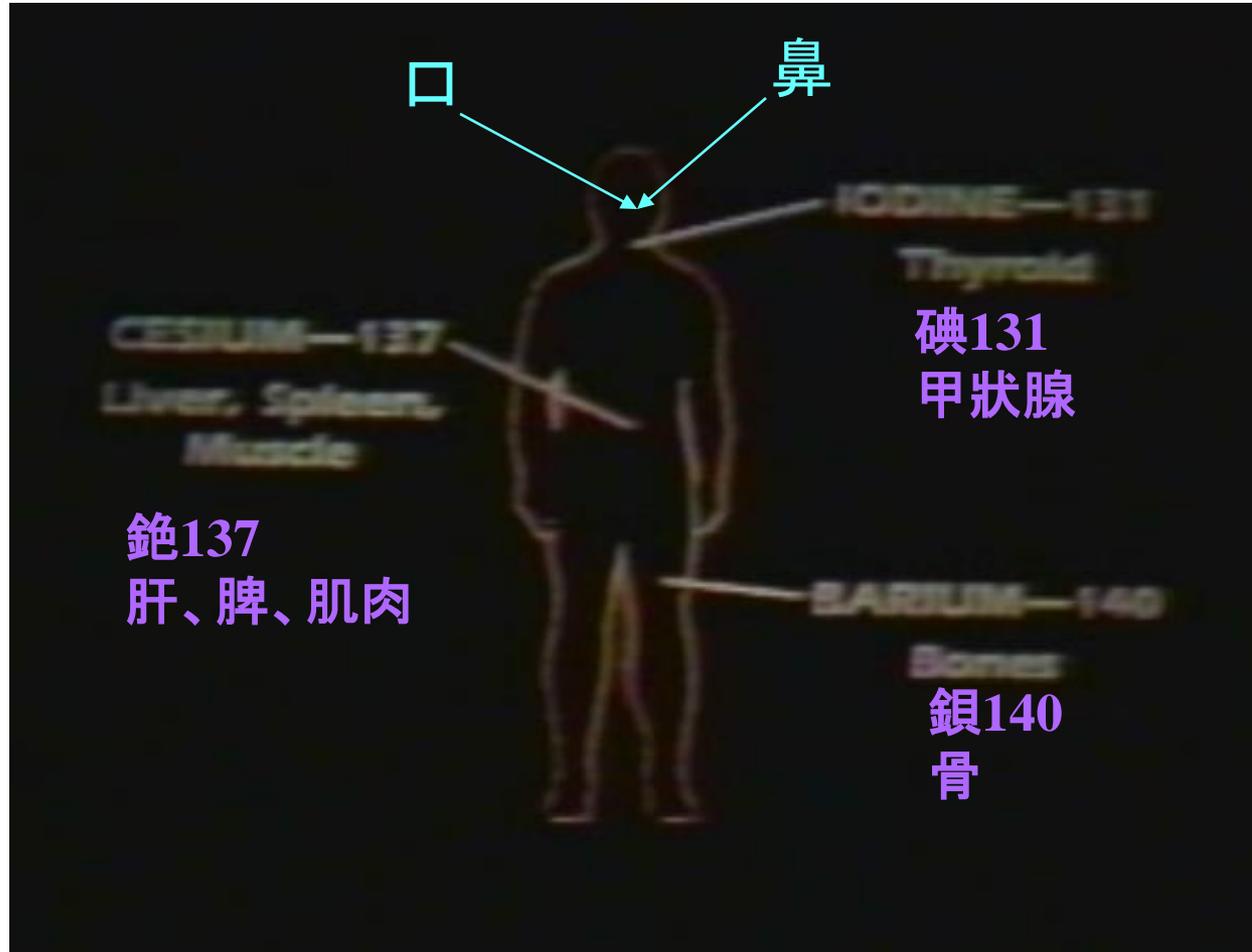
1. 完善的安全防護設施，亦即要有適當的測量計與操作器具；
2. 熟習操作程序、確實遵守安全防護規定與保持良好的工作習慣；
3. 服從輻射管制措施。

# 非密封射源以體內曝露為防護重點



輻射源污染體內，輻射由體內射入組織器官。

# 體內曝露



# 射源於體內的分佈及代謝

1. 進入體內的放射性物質，依其核種物理及化學特性，及與身體組織間生化作用的不同而決定其排泄率。排出方式包括呼氣、流汗、尿、糞便及其他排泄物，其中以尿及糞便為重要的排出途徑。
2. 氚隨體液分布全身，含鈉、磷的鹽類，亦將均勻分布，碘化物則集中於甲狀腺內，鋇、鋇、銅、鈾與鈾，將積滯於骨中，固稱為趨骨物，鈾與鈾的氧化物，則將在腸或肺內沈積。

# 體內暴露的輻射防護基本原則

- 體內輻射防護基本原則是指3D原則
  - a. 第一個D: Dilute(稀釋)
  - b. 第二個D: Disperse(分散)
  - c. 第三個D: Decontaminate( 除污)

# 體內暴露的輻射防護基本原則 (續)

- a. 稀釋是指將受放射性污染的空氣或水稀釋至可接受範圍，然後排放。
- b. 分散是指放射性污染的物質由空氣或水域加以分散。
- c. 除污是指對人體或物體遭受放射性污染，利用各種除污方法，使附著的放射性污染減少。

# 防護衣物

- a.**在非密封射源的工作環境下，要保持絕無放射線是極端困難的，而且意外地濺出或釋出放射線物質至環境的可能性總是存在，所以在此區域工作的人員應穿上防護衣物避免皮膚被污染，且此衣物被侷限在放射性區域才能使用。
- b.**防護衣物包括實驗外衣、罩衣、帽子、手套、鞋子及鞋套。



# 良好的操作習慣

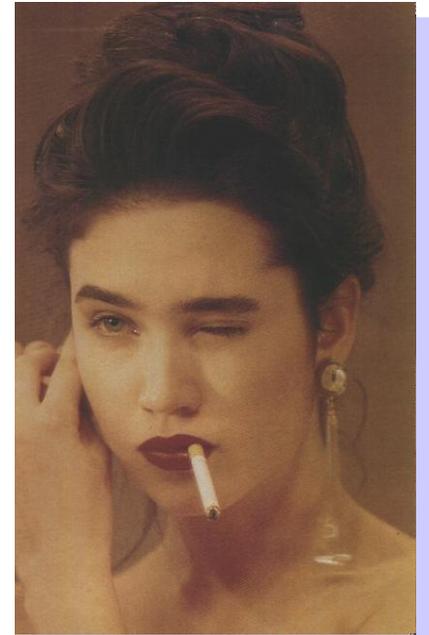


- Cover work surfaces
- Use correct pipetting technique
- Wash hands frequently

# 實驗室禁止事項



- Don't Drink
- Don't Eat
- Don't Smoke
- No cosmetics



# 物料的管制

- a.**放射性物料申購,運送,儲存；
  
- b.**放射帳料管制:原子能法規定放射性物質設備  
所有人應領有執照；
  
- c.**放射性廢料處理

# 物料的管制（續）

- d. 輻射強度、空氣中、水中、污水下水道的放射性物質濃度不超過游離輻射防護安全標準之規定
  
- e. 放射性廢水、廢氣之排放（輻防法第9條）
  - (1) 實施輻射安全評估，報請核准
  
  - (2) 記錄及申報並保存

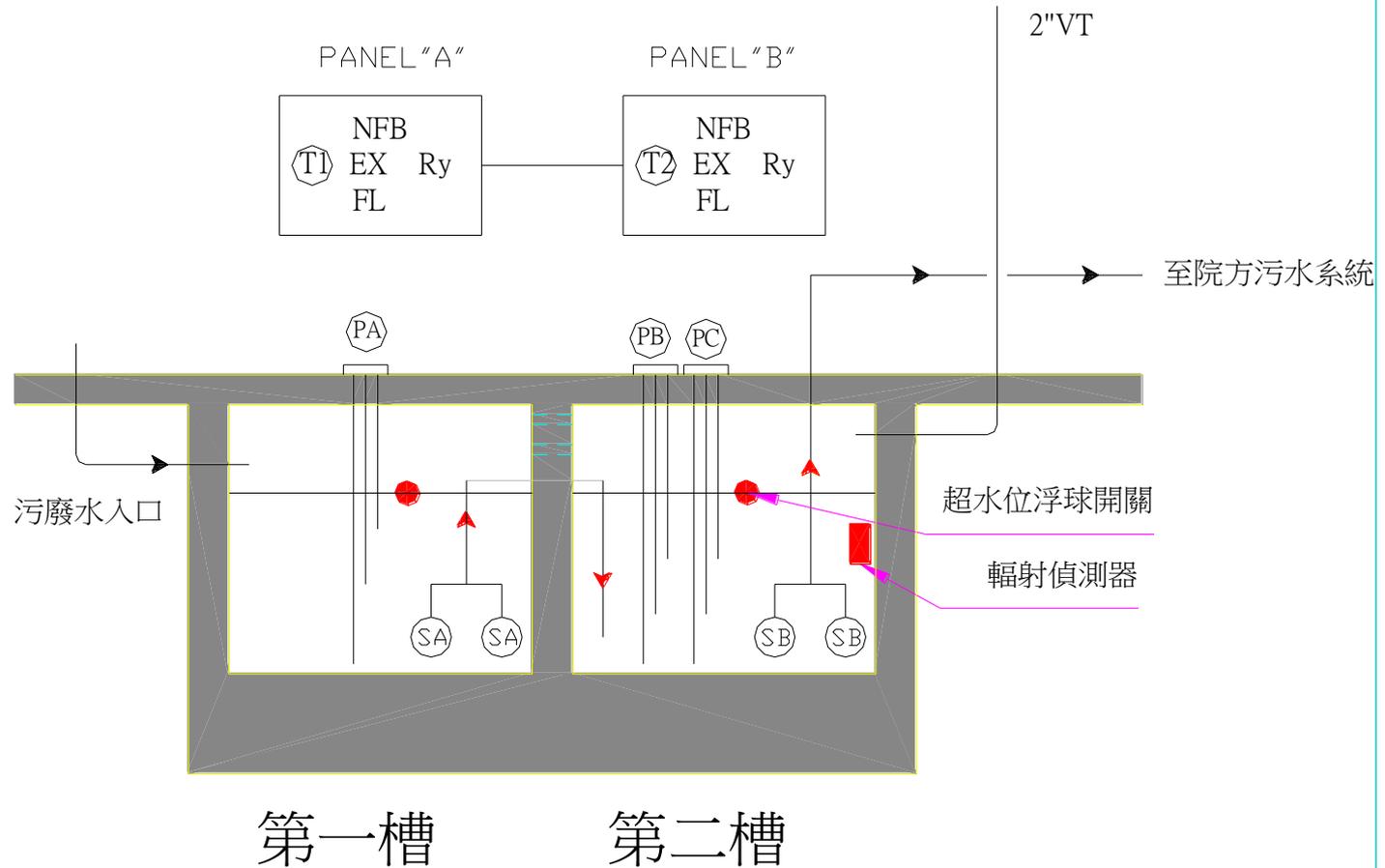
# 物料的管制（續）

- (3) 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，並報經主管機關核准，定期(半年)申報。  
(輻防法第9條、施行細則第3條)
- (4) 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。(管理辦法第48條)
- (5) 申報非密封放射性物質之進貨及使用紀錄(半年報)。  
(管理辦法第49條)
- (6) 放射性物質之輸入經主管機關許可後，申請人應於放射性物質到貨時，確認包裝、包件表面完整性，並偵測其表面劑量率及擦拭測試後記錄之。(管理辦法第51條)
- (7) 使用許可證每年依主管機關公告(0920022890)之偵測項目至少偵測一次，並提報主管機關備查。(輻防法第32條)

# 放射性廢氣之處理



# 放射性廢污水排放系統



# 射源管理

1. 限制放射性物質擴散最簡單的方式為侷限及密封。
2. 對於可能釋出氣體、汽、或氣溶膠至大氣的物質最好使用通風氣櫃。
3. 如氣櫃的廢氣有可能造成放射性污染的性質，則氣櫃的流出物應以適當空氣清潔裝置予以除污。
4. 若操作的環境遠超過人體最大可負載量則須使用套手工作箱。

# 放射性廢棄物交運文件

fcma-ap-w001

(託運人於運送啟運前，接收人於運送結束後一天內，請將該文件及其附表電傳主管機關備查，fax:02-2232-2307；

另專案核准之運送，託運人請於運送前一天，以電話告知主管機關承辦人，tel:02-22322320)

第 頁共 頁

運送物名稱：				運送物聯合國編號：7UN					
託 運 人	公司名稱：		運 送 人	公司名稱：		接 收 人	公司名稱：		
	住 址：			住 址：			住 址：		
	負 責 人：			負 責 人：			負 責 人：		
	連絡電話：			連絡電話：			連絡電話：		
運送物特性		核種名稱及活度：(詳附表)		總重量：		化學成分：		物理狀態：	
運 送 資 料	車輛數：	包件型別：	包件類別：	車輛編號					
				車輛表面劑量率(mSv/h)					
				車輛二公尺劑量率(mSv/h)					
				駕駛座劑量率(mSv/h)					
				運送指數					
				每車承載包件數量					
<p>1. 車輛數超過五輛者，請再加頁。</p> <p>2. 運送指數：須考量倍乘因數(M)，設車輛承載包件最大截面積為A，當<math>A \leq 1m^2</math>，M=1；<math>1m^2 &lt; A \leq 5m^2</math>，M=2；<math>5m^2 &lt; A \leq 20m^2</math>，M=3；<math>20m^2 &lt; A</math>，M=10。</p> <p>3. 注意：車輛表面劑量率須小於2mSv/h，距車輛二公尺劑量率須小於0.1mSv/h，駕駛座劑量率須小於0.02mSv/h。</p>									
運送類別： <input type="checkbox"/> 專案核准運送				<input type="checkbox"/> 一般運送		預定運送日期：		預定啟運時間：	
託運人聲明：所運物品之包裝及交運等均已遵守放射性物質安全運送規則之規定。									
託運人簽章：			時間：			填表須知： 1. 運送物名稱及聯合國編號：請參考放射性物質安全運送規則附表十四。 2. 運送物化學成分：請說明運送物之主要組成。 3. 運送物物理狀態：請說明運送物為固體、液體或氣體。 4. 包件型別：請說明包件為工業包件IP-1、IP-2、IP-3或微量包件。 5. 包件類別：請說明包件為 I-白、II-黃、III-黃。 6. 運送類別：運送計畫已核准者，請勾選專案核准運送；其他勾選一般運送。			
運送人簽章：			時間：						
接收人簽章：			時間：						

# 人事的管制

- A. 健康檢查
- B. 意外事故處理
- C. 輻防計劃擬定
- D. 環境輻射偵測
- E. 教育訓練

# 人事的管制（續）

1. 依規定對輻射工作人員實施教育訓練（每年三小時），並留存紀錄備查。
2. 法規依據
  - a. 輻防法第十四條輻防法[施行細則第五條](#)
  - b. 輻防人員、操作人員管理辦法
3. 檢查重點
  - a. 訓練科目：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、原子能相關法規安全作業程序及工作守則、主管機關提供之相關資訊
  - b. 授課人員：輻射防護人員或國內、外大專校院相關科系畢業，且在公、私立機構、學校、研究單位從事輻射防護實務工作五年以上之人員。
  - c. 紀錄應記載參訓人員姓名與參訓時間、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。
  - d. 輻防人員、操作人員依規定參加繼續教育訓練。

# 人事的管制（續）

4. 依規定對輻射工作人員實施體格檢查及健康檢查，並依檢查結果為適當之處理，且留存紀錄備查。
5. 法規依據
  - a. 輻防法第十六條
  - b. 輻防法施行細則第八條
6. 實行重點
  - a. 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，並依檢查結果為適當之處理(如：簽辦是否適合從事輻射作業)。設施經營者亦應負責審查(如：台電應審查包商資格)。
  - b. 建立輻射工作人員之完整名冊

# 人事的管制（續）

1. 雇主應自輻射工作人員離職或停止參與輻射工作之日起，至少保存三十年，並至年齡超過七十五歲。
2. 經評估輻射作業對輻射工作人員一年之曝露不可能超過劑量限度之一定比例者，得以作業環境監測或個別劑量抽樣監測代之。（應於輻防計畫中載明或經主管機關核備）
3. 有體內曝露之虞者應實施全身計測（如：測 $\gamma$ 輻射-碘131（揮發性氣體）等）或生化分析（如：測純 $\beta$ 粒子-氚3等）。

# 體內暴露偵測

## 全身計測法

可直接自體外計測體內含核種及活度，對體內污 $\alpha$ 或 $\gamma$ 核種的測量甚為方便，高能量 $\beta$ 核種也可能測量，多以碘化鈉晶體及液體閃爍偵檢器，受測者站姿或做臥姿，使偵檢器將受測者重頭到尾掃描一遍。



全身計數器

# 體內暴露偵測

## 生化分析法

藉由取受測者的排泄物(糞便、尿、血液等)，經過適當處理後加以偵測，搭配核種體內排泄常數，據以推算全身污染的活度，此方法適於偵測發射任何輻射( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\chi$ )的放射性核種，並可於一般實驗室內完成，但分析式樣的收集困難且推估體內暴露結果誤差稍大。

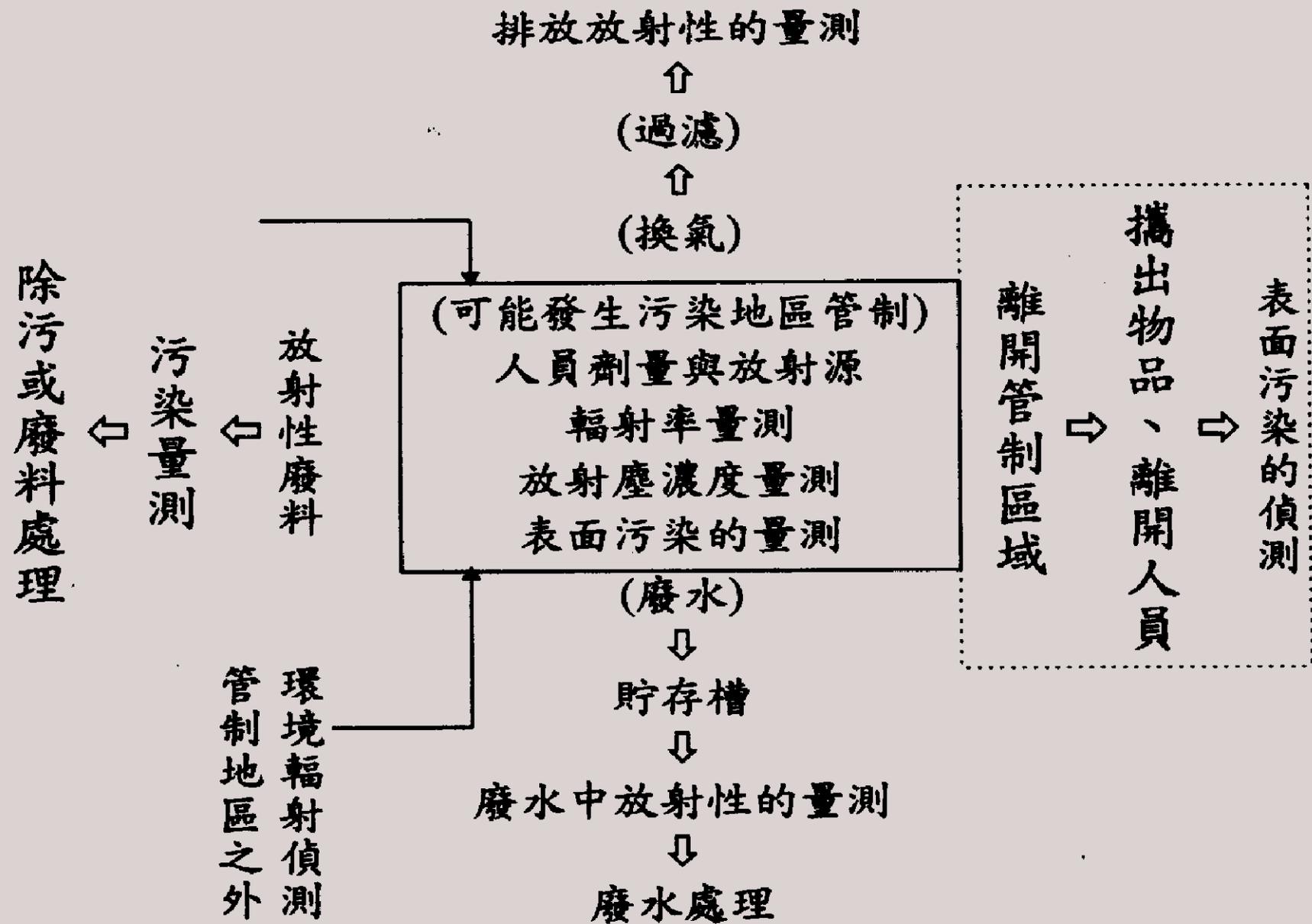


圖 1 使用非密封放射源輻射管制工作

# 污染的偵測

## 1. 直接以偵檢器偵測(如蓋格計數器)

- a. 偵測  $\alpha$  時聲音反應較指針為快，故聽到偵測儀器音響，立刻對該處測久些，其偵測管不超過表面  $0.5 \text{ cm}$ ，移動速度不超過  $1.5 \text{ cm/sec}$ 。
- b. 偵測  $\beta$  時，蓋格偵檢器距表面  $2.5 \sim 10 \text{ cm}$ ，偵測管移動速度  $10 \sim 15 \text{ cm/s}$
- c. 如有  $\gamma$ 、 $\beta$  同時存在時以偵測器之蓋子來區別，蓋上蓋子只測  $\gamma$ ，打開蓋子是  $\gamma$ 、 $\beta$  同時測，二值相減則為  $\beta$  污染值，另如無蓋子則可以拉長距離來區別  $\beta$  與  $\gamma$  輻射。
- d. 直接污染偵測其劑量限值不得超過  $0.5 \text{ mR/hr}$ 。

# 污染的偵測

2. 間接偵測用於直接偵測法無法偵測處，如凹處及偵測器不便進入處，其偵測方式即以約3平方公分之濾紙用水溼潤後，來回擦拭約100平方公分之污染物表面，再將此濾紙放入counting vial中，加入約3cc之閃爍液，以 $\beta$  counter測得污染值。（可採多點取樣，此法又稱為擦拭偵測smear test）
  - a. 間接法中污染被擦下之量很難決定，一般約為20%。
  - b. 間接污染偵測其劑量限值不得超過300cpm。
  - c. 間接擦拭如無污染，並非表示無輻射污染，因可能有固定污染。
  - d. 間接擦拭發現污染，除污完畢後，應再擦拭偵測。
  - f. 擦拭偵測應防自己手部污染，且擦拭之紙樣應分開放置，不可相互污染。

# 除污目的

- A. 避免或減少放射性物質進入體內
- B. 減少輻射暴露之劑量
- C. 避免污染擴散殃及他人

# 體外除污

- A. 移除衣物
- B. 溫水沖洗受污處
- C. 軟毛刷或是海綿輕柔地搓洗
- D. 以洗髮精洗毛髮
- E. 以1：10次氯酸水溶液搓洗污處
- F. 以玉米粉或洗衣粉各半混合物加水調成糊狀  
搓洗污處

# 傷口除污

- A. 將傷口附近包裹妥善
- B. 以生理食鹽水或3%過氧化氫(hydrogen peroxide)沖洗傷口
- C. 傷口附近施壓
- D. 手術清創除污
- E. 以防水敷料覆蓋

# 身體孔洞除污

- A. 眼睛：以清水或生理食鹽水由內眼眦向外眼眦沖洗
- B. 鼻孔：以清水或生理食鹽水沖洗
- C. 耳道：以清水或生理食鹽水沖洗，耳膜完整者可用針筒沖洗
- D. 口腔：以牙膏牙刷刷牙，間以 3% 檸檬酸 citric acid 水溶液漱口，污染到喉部可用 3%  $\text{H}_2\text{O}_2$  漱洗喉嚨，吞入胃內可以洗胃

# 體內除污

- a. 收集傷患之檢體(尿、糞、嘔吐物、傷口滲出物)以評估污染物質
- b. 給特定除污解毒劑
  - KI: 碘iodine
  - DTPA: 鈾plutonium, 超鈾transplutonics, 鈷yttrium, 稀鈷族rare earths
  - BAL: 釷polonium, 汞mercury, 砷arsenic, 鉍bismuth, 金gold
  - Uranium: 碳酸氫鹽bicarbonate
  - Prussium blue: 銫cesium, 銣rubidium, 鉈thallium

# 小產源可忽略微量放射性廢料管制

- 定義：小產源放射性廢棄物係指醫、農、工、學術及研究等單位所產生之少量放射性廢棄物及廢棄射源，並包含天然放射性物質衍生之廢棄物，由於數量不大，故簡稱為「小產源」。這類小產源多屬低活度、短半衰期放射性廢料，只要經過適當的留置衰變及包裝後，即可依照「可忽略微量」處置。

# 小產源可忽略微量放射性廢料處置

- 國內小產源放射性廢料產量以醫用方面的放射性廢料佔多數，尤其是放射性免疫分析所產生的放射性廢料又為醫用放射性廢料中的大宗。
- 目前均由核能研究所統籌接收處理，俟未來國內之低放射性廢棄物處置場興建完成後，將併同台電公司所產生之低放射性廢棄物，進行最終處置。



廢液儲存槽



樹脂淨化槽

感謝聆聽

---