



核能安全委員會
Nuclear Safety Commission

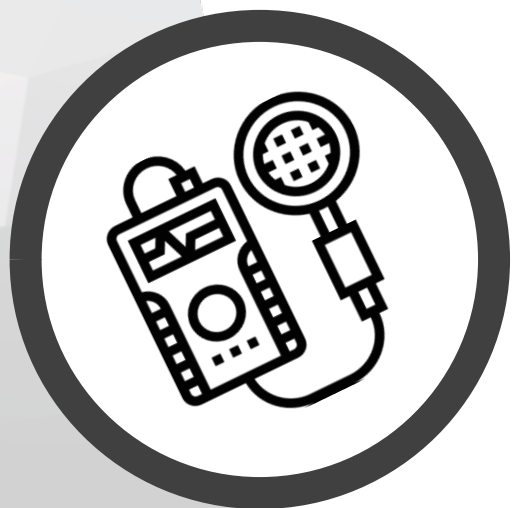


114年地方政府輻射災害防救講習

輻射偵檢儀器 操作要領與實作訓練

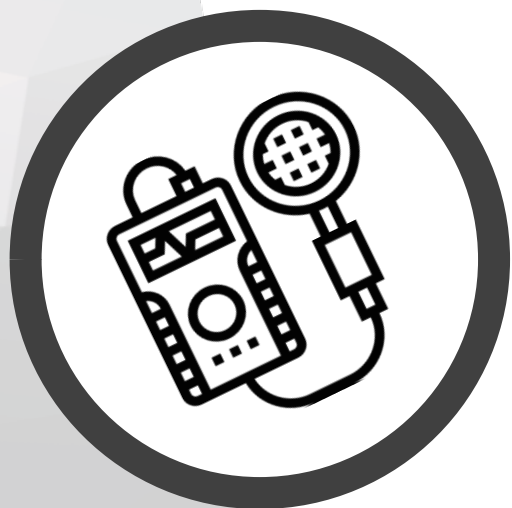
核能安全委員會
保安應變組

簡報大綱 **Outline**



- ① 偵檢儀器的重要性
- ② 儀器作用原理
- ③ 常用儀器介紹
- ④ 操作注意事項
- ⑤ 動手實作

簡報大綱 **Outline**



- 1 偵檢儀器的重要性**
- 2 儀器作用原理
- 3 常用儀器介紹
- 4 操作注意事項
- 5 動手實作**

為何需要輻射偵檢儀器？



視覺



嗅覺



聽覺



味覺



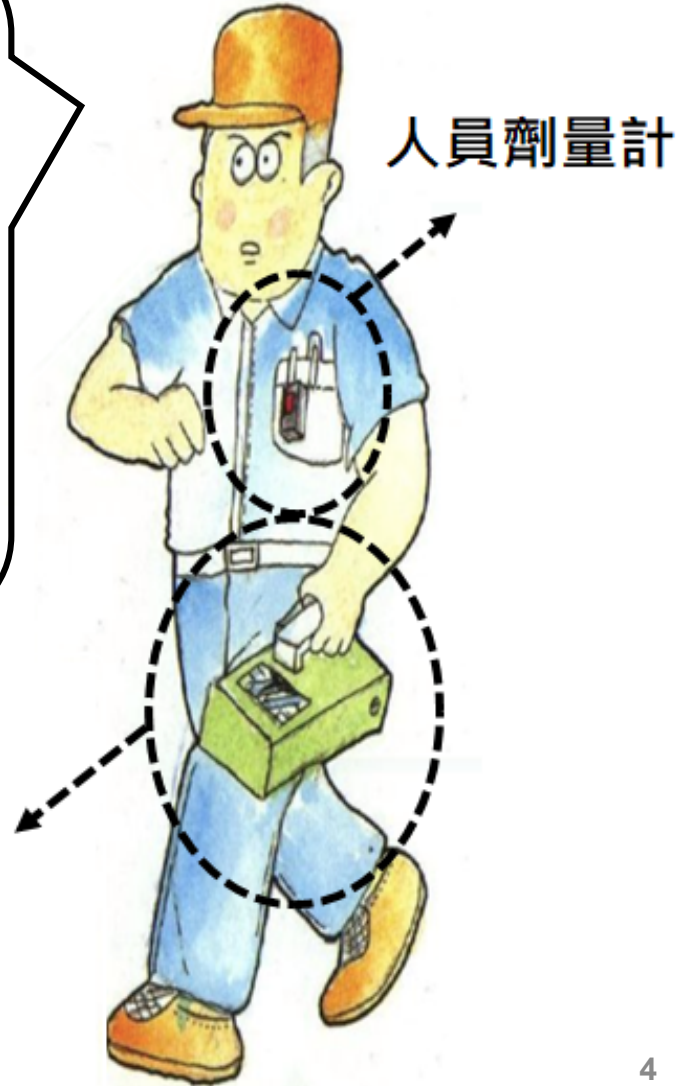
觸覺

輻射

無法透過五感
來感知其存在

但！可以透過

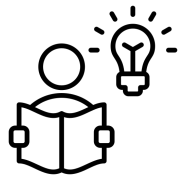
儀器



輻射偵檢
儀器

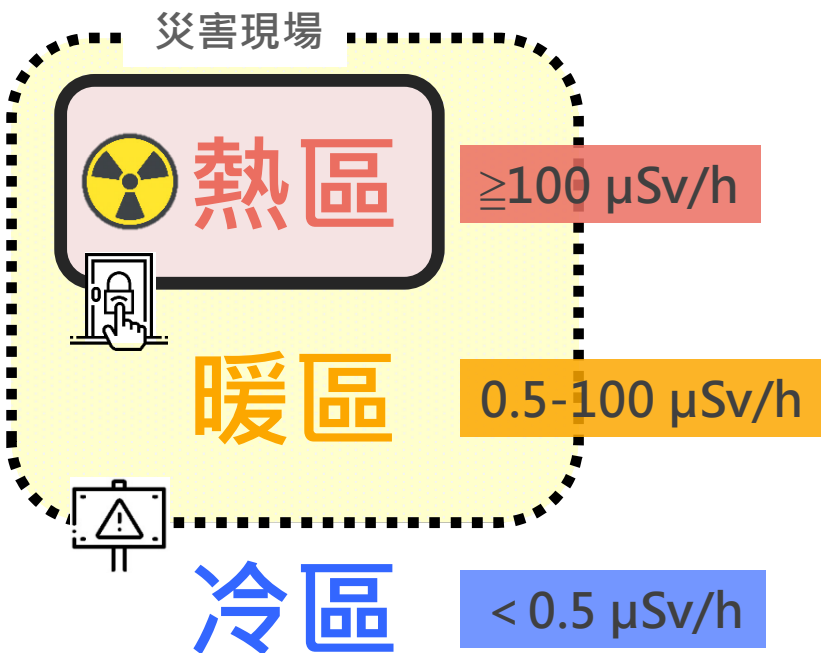
人員劑量計

知己知彼，百戰百勝！



瞭解災害現場輻射強度後，才能...

- ✓ 劃設管制區（冷、暖、熱區）
- ✓ 採取適當的應變措施
- ✓ 評估應變人員可以停留時間
- ✓ 災後追溯應變人員可能接受劑量

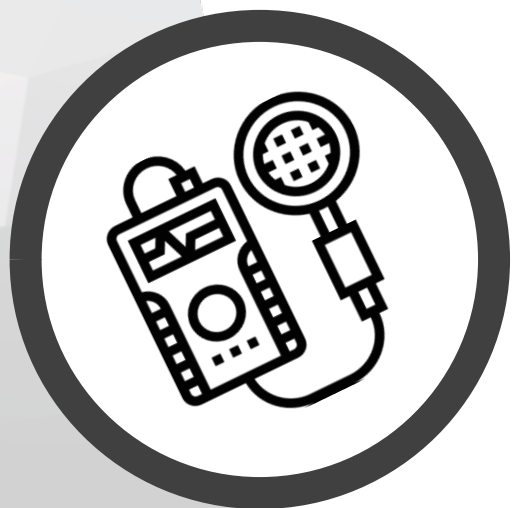


接受緊急曝露人員之劑量應符合下列規定：

任務	任一年內累積之有效劑量 盡量不要超過
搶救生命	500毫西弗 (mSv) 10倍
減少大量集體有效劑量 防止發生災難	100毫西弗 (mSv) 2倍
其他應變行動	50毫西弗 (mSv)

【游離輻射防護安全標準】

簡報大綱 **Outline**



- ① 偵檢儀器的重要性
- ② 儀器作用原理
- ③ 常用儀器介紹
- ④ 操作注意事項
- ⑤ 動手實作

偵檢器外觀與作用原理

1. 偵測探頭

與入射輻射產生
游離或激發作用



2. 電子電路

收集與分析探頭訊號

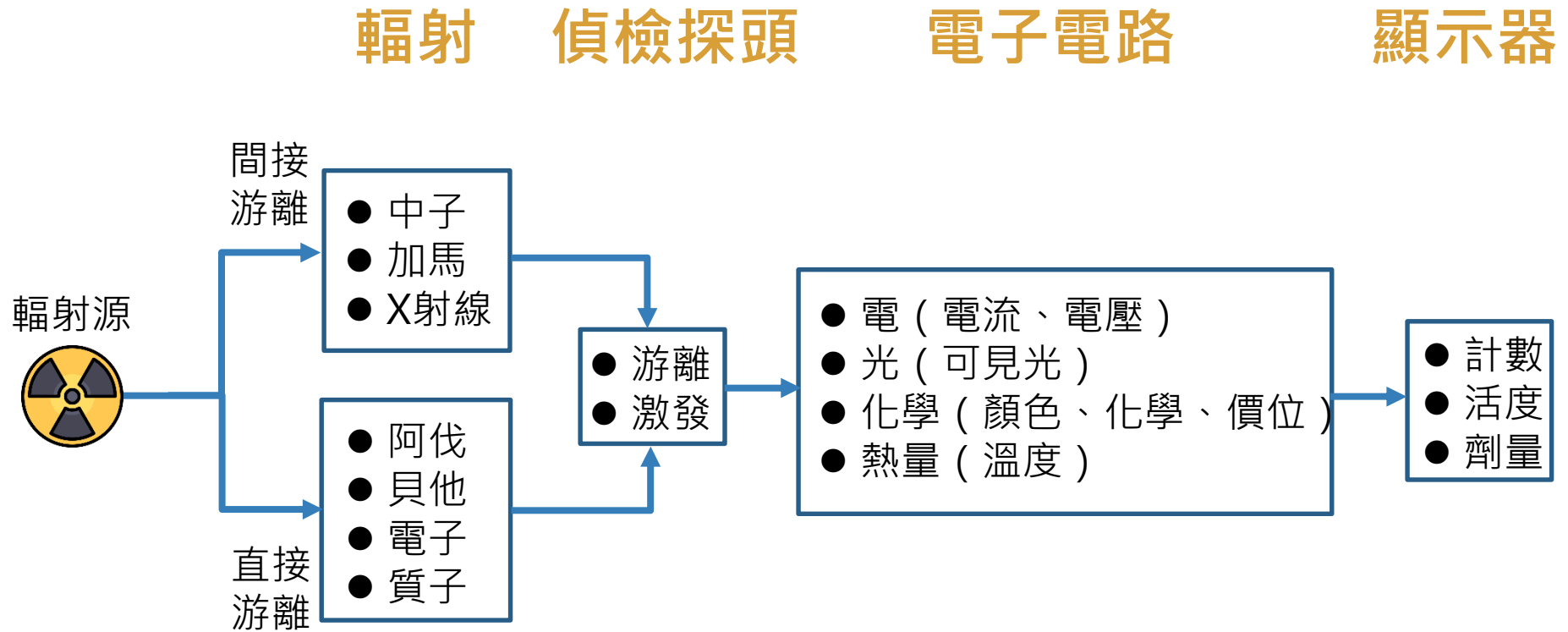
- 電 (電流、電壓)
- 光 (可見光)
- 化學 (顏色、價位)
- 熱量 (溫度)

3. 顯示裝置

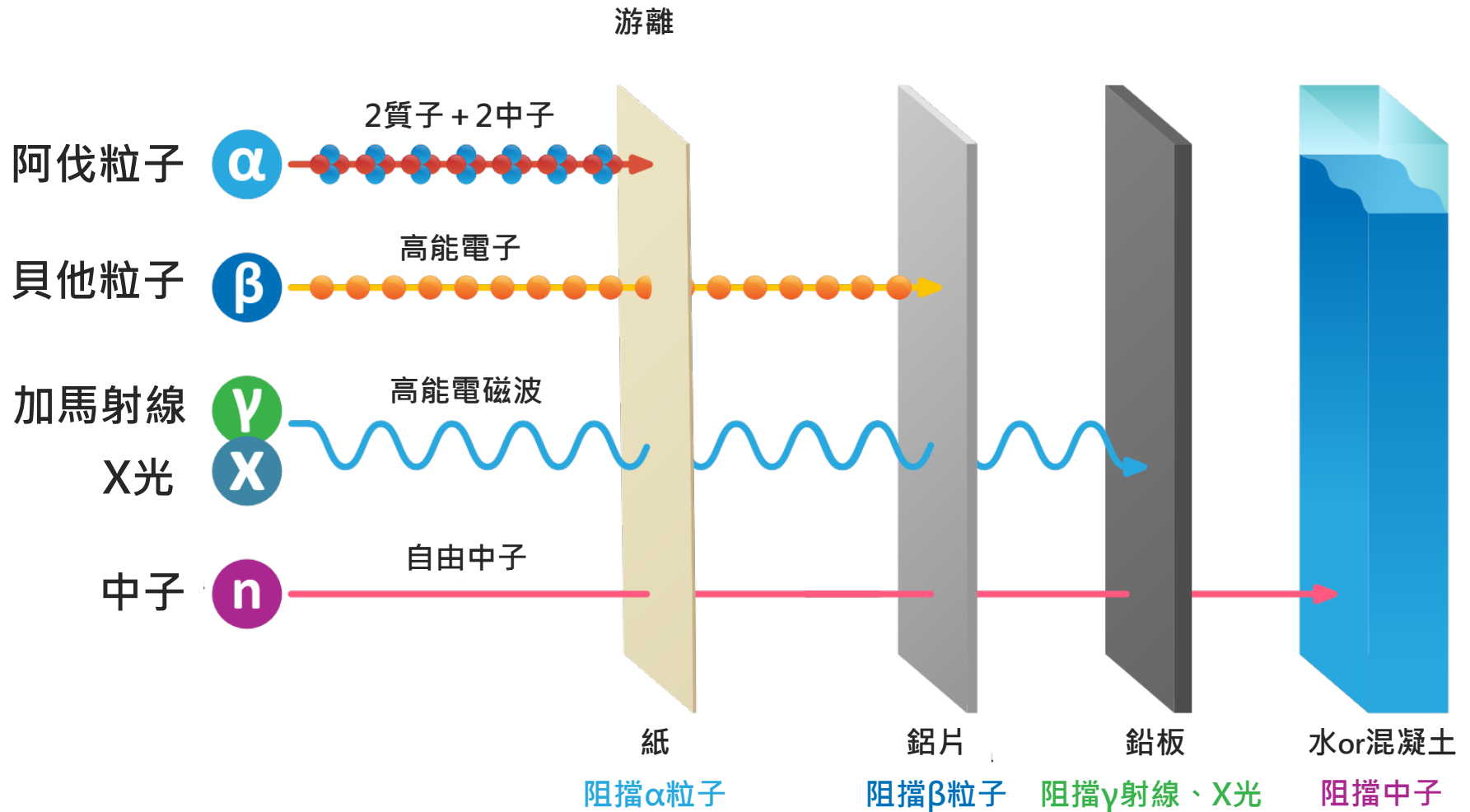
顯示偵測結果

- 計數
- 活度
- 劑量

輻射偵測原理

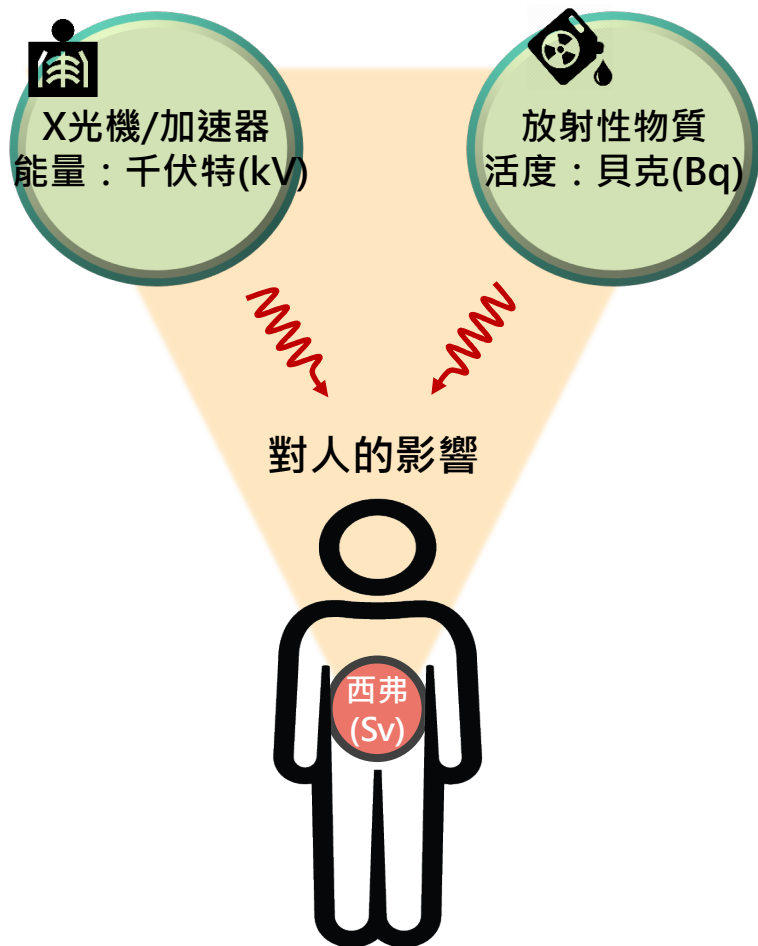


輻射類型



【<https://www.ans.org/nuclear/radiation>】

輻射單位



X光機/加速器

管電壓決定輻射能量大小
常用單位為**kV**

電壓 ↑
輻射能量 ↑

放射性物質

以其在一定時間內衰變的次數代表其活度
常用單位為**貝克 (Bq)**或**居里 (Ci)**

貝克：每秒衰變的次數

$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

對人體的影響

- 不同輻射對人體的影響程度不同

輻射加權因數 W_R

- X-ray、 γ -ray、電子：1
- α 粒子：20
- 中子(不同能量範圍)：5-20

- 人體不同組織對於輻射的敏感度也不同

組織加權因數 W_T

- 性腺：0.2
- 肺、胃、結腸、紅骨髓：0.12
- 甲狀腺、食道、肝、膀胱：0.05

- 綜合考量上述因素，描述輻射對人體影響所使用的單位為**西弗 (Sv)**

輻射劑量單位換算

符 號	T	G	M	k	c	m	μ	n	p	f
數 字	10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}

西弗(Sv)：輻射劑量(dose)的單位。

毫西弗(mSv)=千分之一西弗($1/1,000\text{Sv}$)

微西弗(μSv)=百萬分之一西弗($1/1,000,000\text{Sv}$)

奈西弗(nSv)=十億分之一西弗($1/1,000,000,000\text{Sv}$)

微西弗/小時($\mu\text{Sv/hr}$)：輻射劑量率

1毫侖琴(mR)=
10微西弗(μSv)

輻射劑量率 x 時間 = 輻射劑量

- 西弗(Sv)：表示人體吸收的輻射劑量。
(依照射的輻射種類、受照射的器官組織而不同)

瑞典科學家
西弗(Sievert)



挑選偵檢儀器

輻射種類

- 電磁輻射：X射線、 γ 射線
- 粒子輻射： α 粒子、 β 粒子、中子(n)、質子(p)

使用目的

- 核種辨識 (天然、人工)
- 劑量率量測 ($\mu\text{Sv/h}$ 、 mSv/h 、 Sv/h)、累積劑量 (μSv 、 mSv 、 Sv)
- 污染偵測 (cps 、 cpm 、 Bq 、 Bq/cm^2)
- 環境劑量、環測樣品分析、空浮偵測、全身計測...etc.

※ 其他考量因素：能量範圍、反應時間...etc

偵檢儀器其他考量因子

項目	說明
偵測效率	效率高低主要取決於 偵檢頭的材質與大小 。 一般而言，固態偵測器效率 > 氣態偵測器。
準確度	儀器讀值與標準值的比值。可藉由將儀器送往標準實驗室校正以取得校正因子，來改善儀器準確度的問題。 器示值 × 校正因子 = 參考值（實際值）
穩定度	每次量測結果的差異小 。穩定度高的儀器通常偵測效率也較高，比較能獲得穩定的量測結果。
能量依持性	在 相同輻射劑量強度 ， 不同輻射粒子能量 的情況下，儀器準確度間的差異表現稱為能量依持性。
角度依持性	在 相同輻射劑量強度 下，儀器 偵測探頭方向與輻射線入射方向角度不同 造成的讀數差異。
低計數率情況統計差異	低劑量率或是使用低偵測效率儀器的情況下，因 機率統計效應 造成儀器讀數的變動將相當顯著。

準確度

(Accuracy)

- 儀器讀數與真實劑量率之比值

- 校正因子 = $\frac{\text{劑量(率)}}{\text{讀值}}$

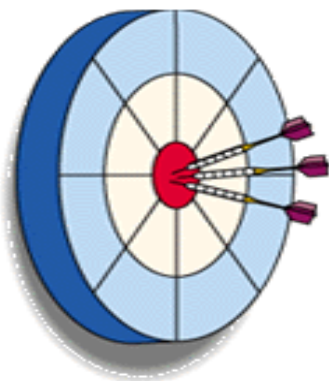
越接近1越好

穩定度

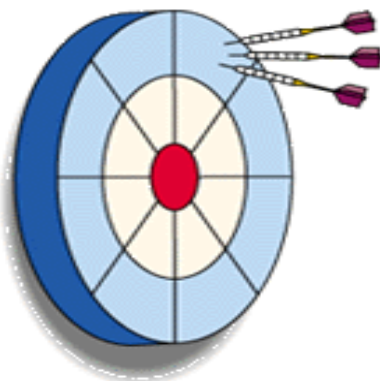
(Precision)

- 對固定輻射強度重複進行多次計讀

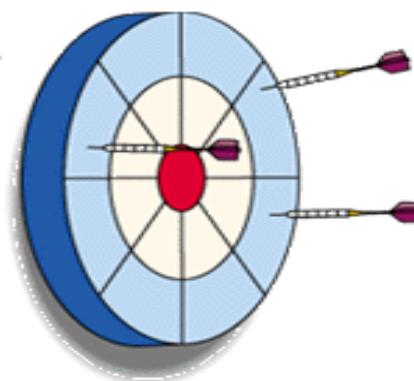
每次讀值越接近越好



高準確度
高穩定度



低準確度
高穩定度



低準確度
低穩定度

校正報告

100/01/25

國立清華大學原子科學技術發展中心
輕便型輻射偵檢儀校正實驗室



Calibration Laboratory
0304

共 1 頁 第 1 頁

新竹市光復路二段 101 號

TEL: (03)5745157

FAX: (03)5722660

單位名稱: 國立中央大學

報告編號: 100-4047-001-0

單位代號: 4047

單位地址: 中壢市五權里中大路300號

儀器廠牌: SE

儀器型號: Inspector

儀器序號: 16359

偵檢器: 蓋革管

偵檢器型號: —

偵檢器序號: —

溫度: 18.7 °C

壓力: 100.5 kPa

相對溼度: 47 %RH

校正射源: 銻 137

校正日期: 100/01/24

單位: $\mu\text{Sv/h}$

射源活度: 111GBq, 18.5GBq, 1850MBq (July 1, 1996)

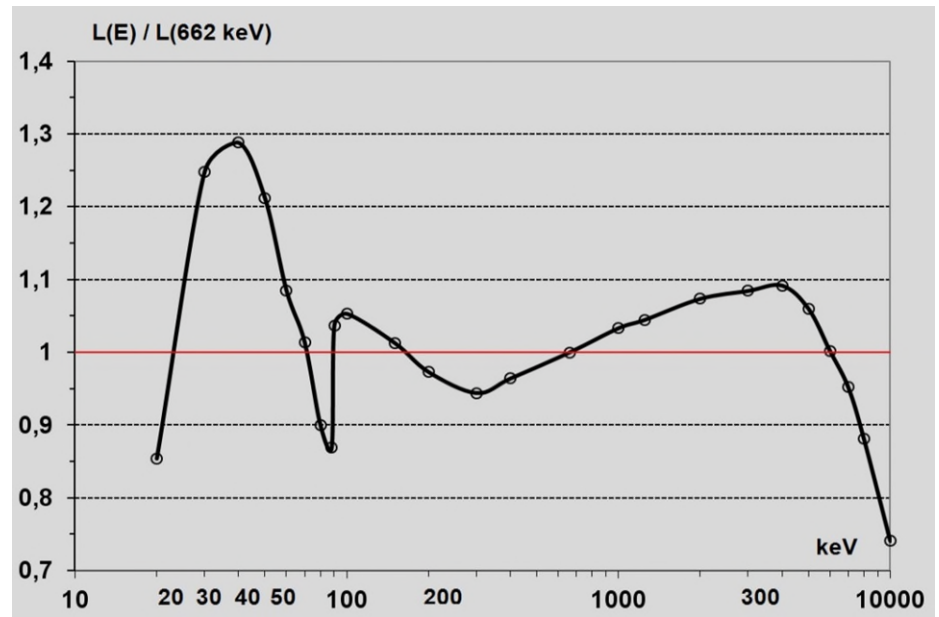
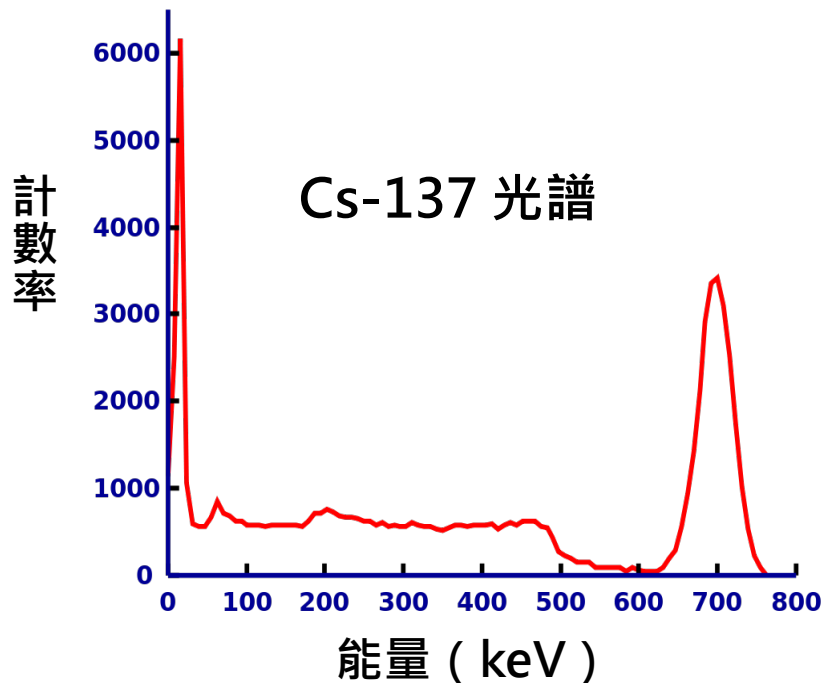
校正刻度	標準值 ($\mu\text{Sv/h}$)	計讀值 ($\mu\text{Sv/h}$)	校正因子
X1	10.00	9.37	1.06
X1	80.00	79.20	1.01
X1	200.00	203.80	0.98
X1	800.00	786.98	1.01

備註:

1. 校正因子 = $\frac{\text{標準值}}{\text{計讀值}}$

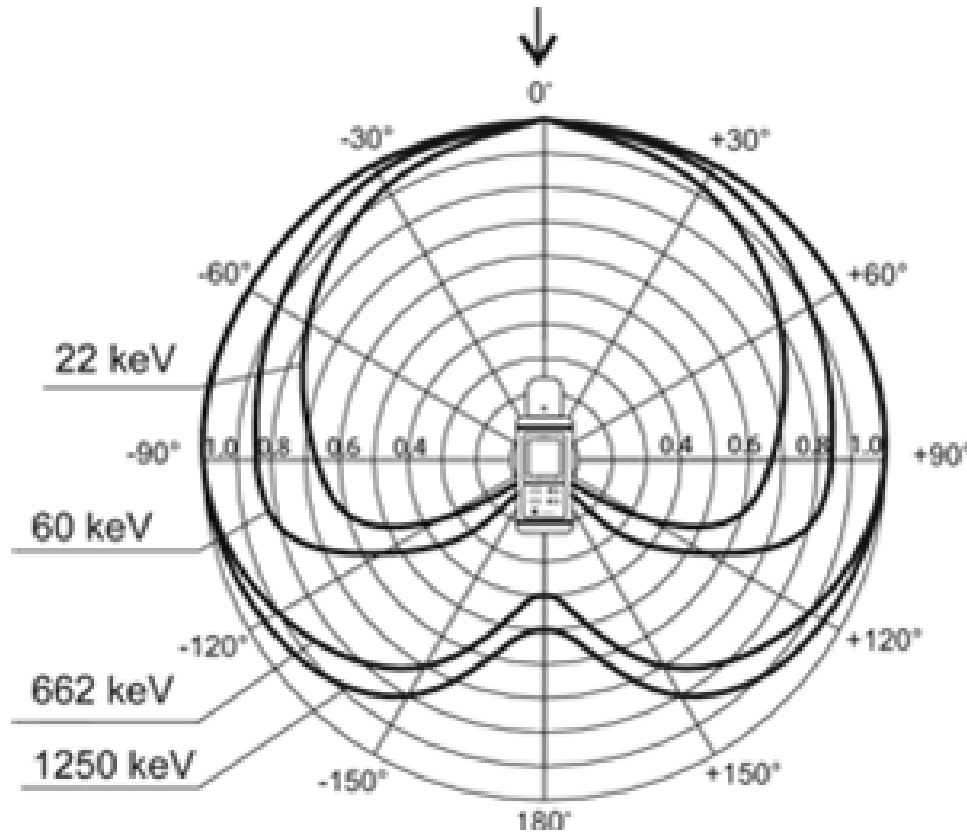
能量依持性

- 相同劑量率下，偵檢儀器讀值會隨輻射能量不同而改變。
- 鈷-60輻射場會高估，符合輻射防護原則！
- 範圍越小越好($\pm 30\%$ 內)



角度依持性

- 儀器因為幾何形狀非圓形，在不同角度會產生讀值差異。
- 開窗偵檢器，若偵測窗口未正對輻射源方向，讀數會明顯偏低。



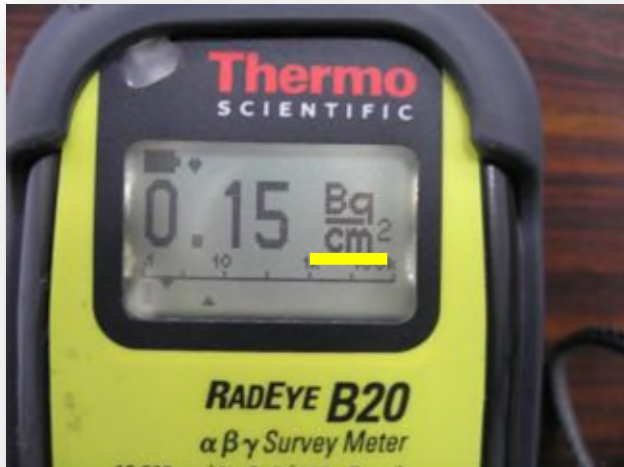
儀器模式好多 到底要用哪一個？



計數率



污染活度



單位面積污染活度

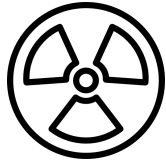


劑量率

對儀器而言，各種不同計量單位只是因應偵測目的不同而已。事實上都可相互轉換。

量測讀值來自？

儀器顯示的輻射讀值



環境輻射(天然、人造)

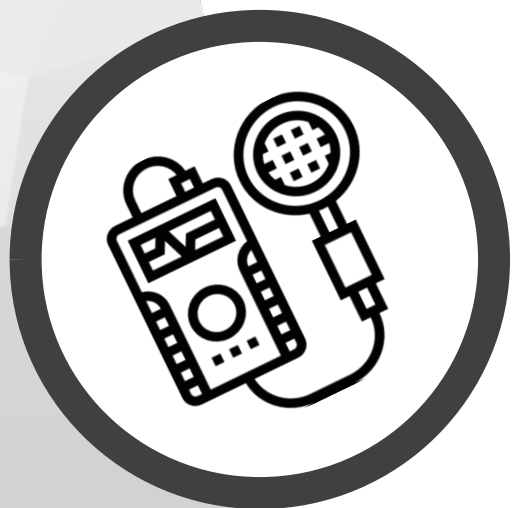


儀器本身的輻射



儀器本身的電子雜訊

簡報大綱 **Outline**



- ① 偵檢儀器的重要性
- ② 儀器作用原理
- ③ 常用儀器介紹
- ④ 操作注意事項
- ⑤ 動手實作

手持式輻射偵檢儀器

- 用以測量**所在環境的即時輻射劑量率**
- 單位：微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)、毫西弗/小時(mSv/h)
- 台灣天然背景輻射約為**0.2微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)** 以下
- 部分輻射劑量計具有記錄累積劑量跟核種辨識的功能



INER-9200



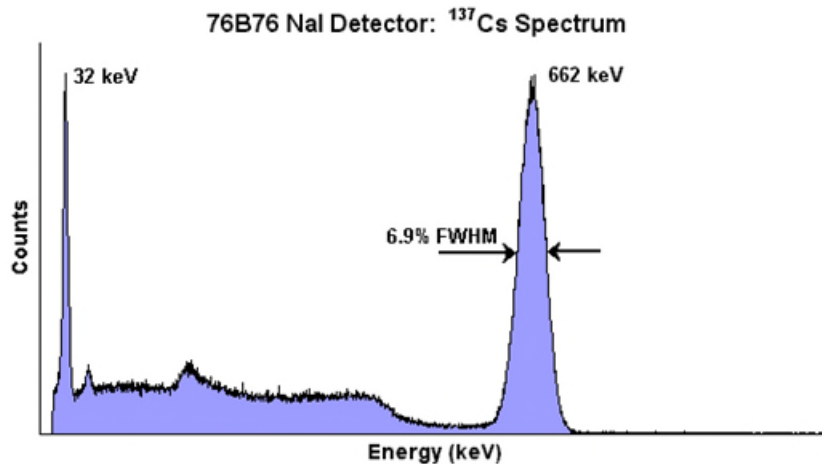
identiFINDER 2



RadEye PRD

核種辨識

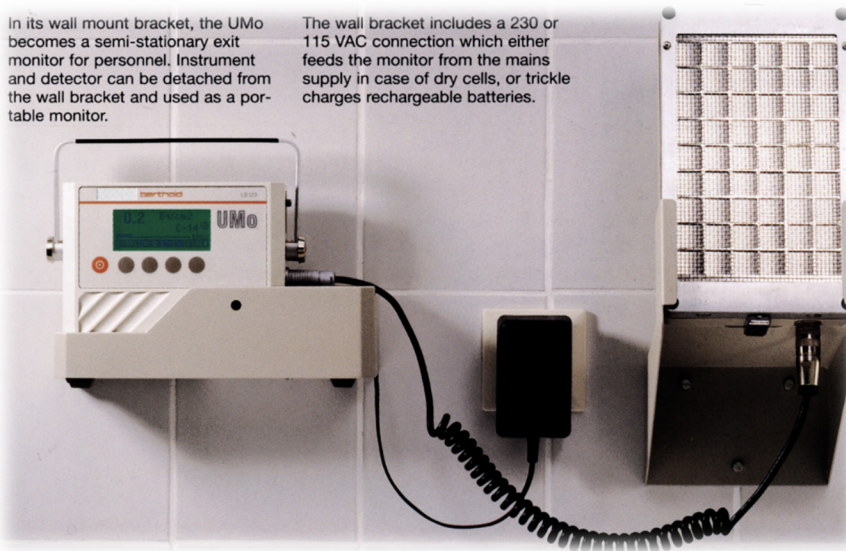
- 確認造成輻射災害的放射性核種，是否與**作業現場標示**、**交運文件**或**遺失射源**一致。
- 幫助應變人員控制及了解潛在危害。



污染偵檢儀器

- 大面積偵檢器 (α 、 β 粒子為主)
- 儀器反應快速
- 可顯示污染總量 (cps) 及單位面積污染活度(Bq/cm²)
- 固定式 (手、衣) 偵檢、手提式偵檢、地板大區域除污後之偵檢
- 可設定污染警報值及記憶存取列印

In its wall mount bracket, the UMo becomes a semi-stationary exit monitor for personnel. Instrument and detector can be detached from the wall bracket and used as a portable monitor.



The wall bracket includes a 230 or 115 VAC connection which either feeds the monitor from the mains supply in case of dry cells, or trickle charges rechargeable batteries.

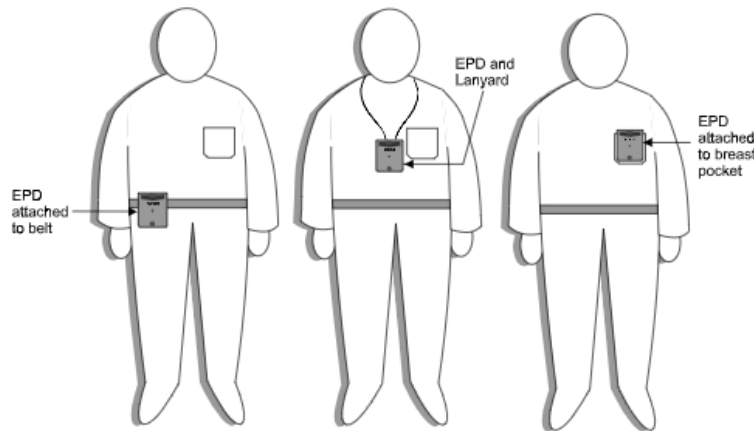


電子劑量計EPD (個人警報器)

EPD : Electronic Personal Dosimeter



- 可偵測貝他、光子
- 體積小、方便攜帶
- 具劑量值與劑量率警告(alert/warning)跟警報(alarm)聲響功能
- 於緊急事件中，建議設定10-30毫西弗作為人員累積劑量警報值
- 現場作業或第一線應變人員的保障



γ 3.3 μ Sv Hp10	Dose
γ 0.1 μ Sv/h Hp10	Dose Rate
Δ 150.0 μ Sv Hp10	Dose Alarm
$\square$ 100.0 μ Sv Hp10	Dose Warning
Δ 75.0 μ Sv/h Hp10	Dose Rate Alarm
$\square$ 50.0 μ Sv/h Hp10	Dose Rate Warning
3.6 μ Sv $\pm$ Hp10	Total Dose
0.6 μ Sv/h Pk Hp10	Peak Dose Rate

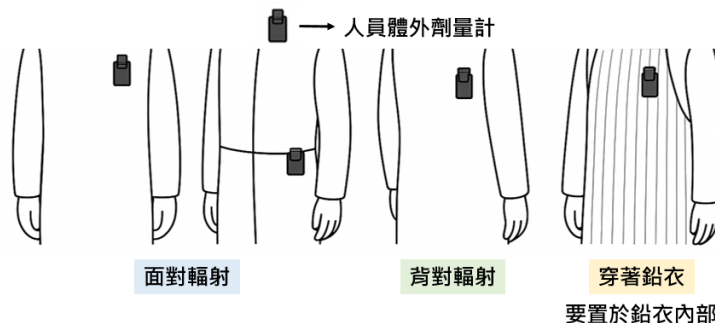
人員劑量佩章

法定劑量計

- 熱發光劑量計（TLD）、膠片劑量計、光刺激發光劑量計及其他經核安會公告之劑量計
- 評定機構須經實驗室認證及核安會認可

正確使用3步驟

- ① 正確佩戴
 - 穿鉛衣時，應佩戴於鉛衣內（非鉛衣外口袋）。
 - 佩章如有開窗處，開窗面應朝前。
- ② 妥善保存
 - 不使用時，應與背景佩章放置在一起。
- ③ 定期計讀
 - 每月計讀、追蹤管理。



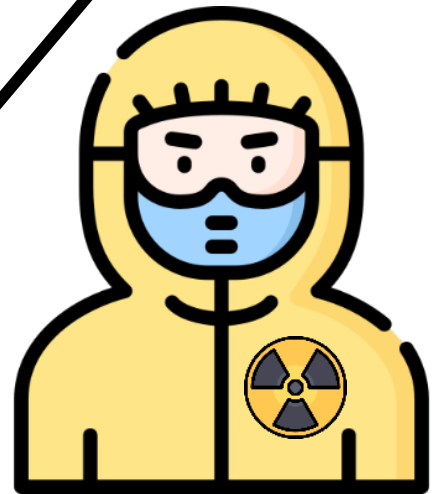
全身（深部、淺部）



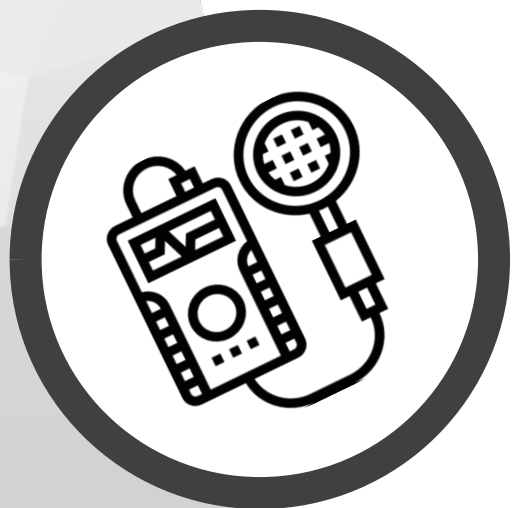
肢端

第一線應變人員 如何挑選偵檢儀器？

- ✓ 輕便好攜帶 手持式輻射偵檢器為主
- ✓ 操作簡單
- ✓ 反應快
- ✓ 偵測輻射種類：加馬輻射為主
- ✓ 能量範圍：常見核種能量 60 KeV-1.3 MeV
- ✓ 有聲、光警報功能

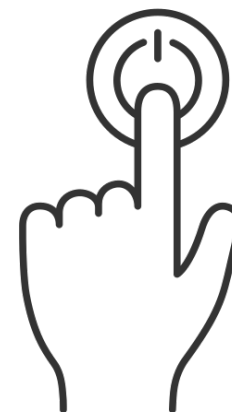
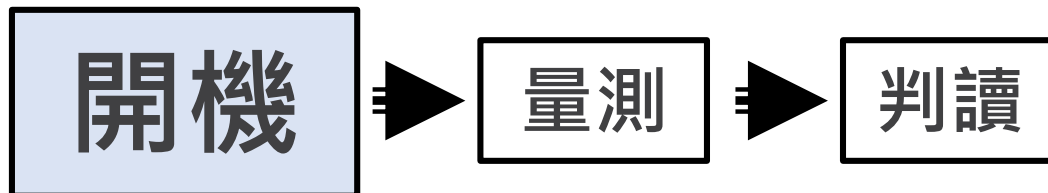


簡報大綱 **Outline**



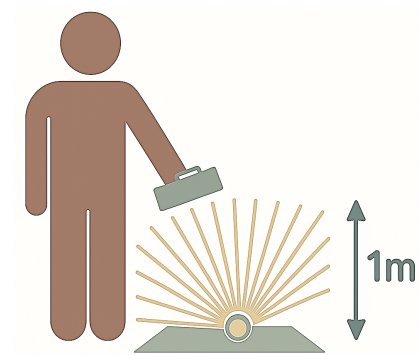
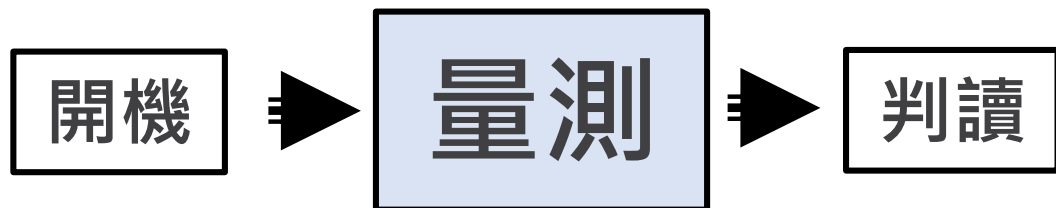
- ① 偵檢儀器的重要性
- ② 儀器作用原理
- ③ 常用儀器介紹
- ④ **操作注意事項**
- ⑤ 動手實作

1 輻射偵檢儀器操作要點



- 選擇未受異常輻射影響處。
- 開機後等待60秒：讓儀器穩定運作。
- 確認螢幕上顯示之單位。
- 記錄背景值。

2 輻射偵檢儀器操作要點

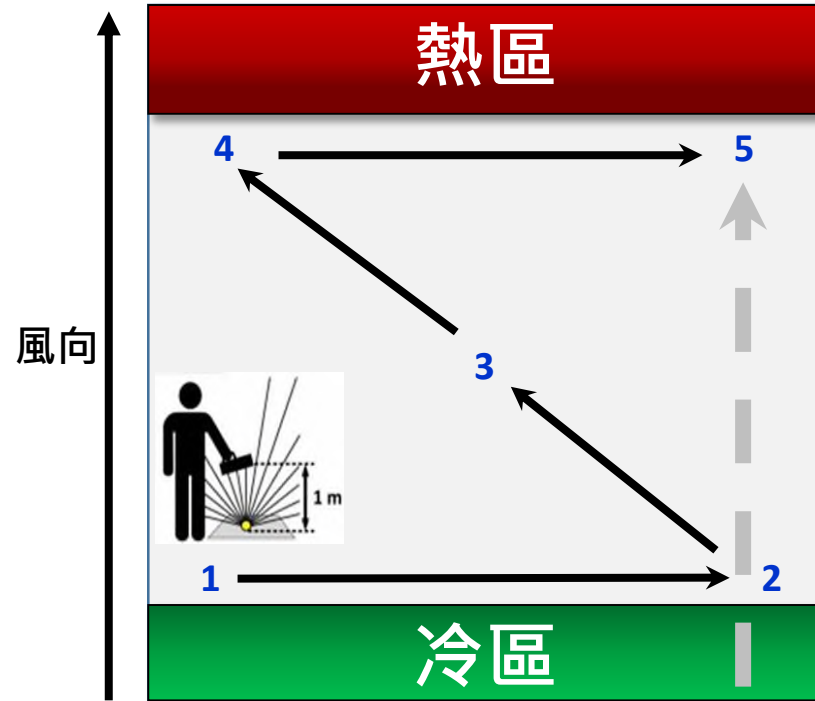


- 由遠至近，數值有無顯著變化？
- 各式儀器反應時間不同，計讀時應等數值穩定
- 高污染區偵檢：儀器建議包封處理
- 確認單位
- 記錄數值

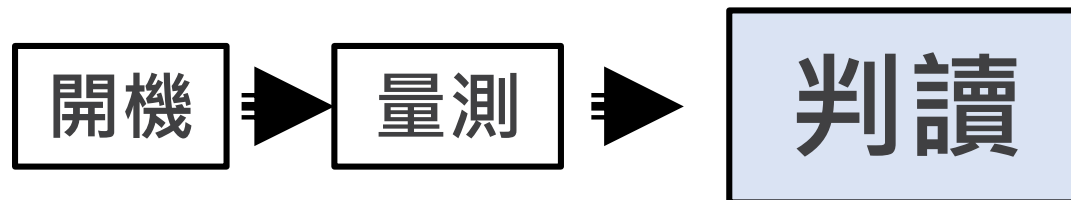
第一線應變人員偵測原則

Z字形勘查

- 利用**Z字形勘查**確認災害現場是否有輻射異常情形，據以劃設管制區，執行相關應變作為。
- 原則從第1點至5點**依序**進行偵測。
- 偵測時應記錄包含偵檢儀器資訊、背景值讀值及至少**5個以上的偵測點**的讀值。



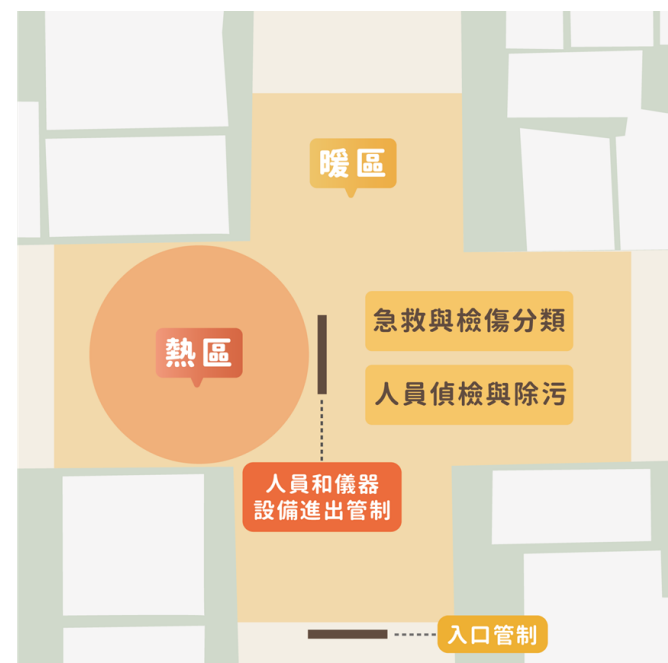
3 輻射偵檢儀器操作要點



現場有無異常輻射？

✗ → 毋須劃設管制區

○ → 依量測到的數值
調整管制區範圍



結語

輻射偵測三部曲



Selection : 選用適當儀器

Detection : 依程序偵測

Reading : 正確判讀

課程結束
敬請指教

Any questions ?



動手實作

請大家到台前來
實際操作看看！

