

財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 170 期

出刊日期 111 年 8 月 15 日

本期內容

CONTENT

手持式加馬能譜分析成像系統介紹與定性能力測試

1

除役期間由於各種目的，需要獲得建物、土地、放射性廢棄物、設備物質等輻射特性資訊，若善用進步型儀器可以提升整體偵檢作業效率，作者模擬在低微放射性污染下，以手持式加馬能譜分析成像系統的量測能力(定性、定量)及適用範圍。

消費性產品的輻射安全(II)- 豁免管制與防護最佳化概念

6

正當性及輻射防護方法的最佳化，這兩者與輻射危害及利益的平衡有關。然而正當性要求正的淨利益，而最佳化則要求淨利益的最大化，在消費性產品的設計和製造應充分考慮其最佳化。

訓練班課程

9

公告本會各項訓練班開課時間

輻協新聞廣場

10

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞

手持式加馬能譜分析成像系統能力測試 I-熱點定位

15

手持式加馬能譜分析成像系統熱點定位原理，係以康普敦散射回推大量入射加馬光子之可能來源位置範圍，再由這些範圍取交集區域，依交集程度判別射源位置，並以顏色區分熱度。

手持式加馬能譜分析成像系統能力測試 II-極低微活度與高活度測試

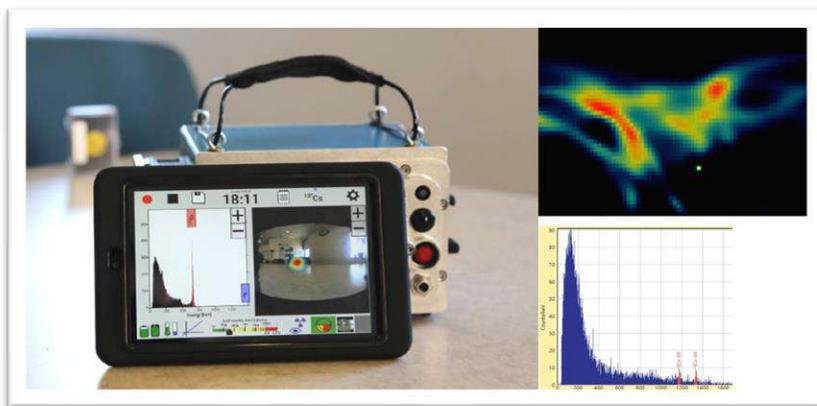
19

作者分享以手持加馬能譜分析成像系統測試系統對極低微活度與高活度之偵檢度量測試結果，系統對極低微活度測量顯示不好的定性能力，對高活度測試除了短時間能識別核種與位置外，對於活度的推估亦有好的效果。

手持式加馬能譜分析成像系統介紹 與定性能力測試

徐世融

台灣電力公司核能一廠



前言

除役期間由於各種目的，需要獲得建物、土地、放射性廢棄物、設備物質等輻射特性資訊。包含並不限於廢棄物估算的特性調查、ALARA 計畫的輻射量測、除污作業的前後性評估、拆除後廢棄物處置、建物與土地的特性調查以協助後續整治作業及最終廠址外釋等...。以往用於獲取這些放射性數據的技術，在核種分析層面的能力及易用性方面，均受到一定程度的限制，近年來科技進步，手持式加馬能譜分析儀已商業化，善用進步型儀器藉以提升除役偵檢作業整體效率，為重要的指標。此初步研究報告模擬低微放射性污染，並以手持式加馬能譜分析成像系統進行量測，確認其量測能力(定性、定量)及適用範圍後，方能用於除役期間各式各樣的待測物。

常見手持、移動式加馬能譜分析儀器簡述詳見表 1-常見手持/移動式加馬能譜分析儀器比較表。手持式加馬能譜分析成像系統(如 CZT 碲化鋅鎘半導體偵檢器)與其他常見加馬能譜分析儀(如 NaI 碘化鈉閃爍偵檢器及 HPGe 高純

鍺半導體偵檢器)相比(圖 1~圖 3)，能譜解析度辨識力優於 NaI 碘化鈉閃爍偵檢器，對於除役電廠關注核種如 Co-60、CS-137 等核種能輕易識別。而解析力最高之 HPGe 高純鍺半導體偵檢器，過去需使用液態氮來冷卻，近年來已有突破，改用電冷式冷卻可提高其移動性(如 ISOCS)，惟移動式高純鍺偵檢器重量約達 83~190 公斤(視屏蔽厚度變動)，需搭配推車或吊掛使用，且開機冷卻時間需花費約 2 小時達到工作溫度以執行偵檢作業。CZT 可於常溫下執行，開機時間約 2 分鐘，重量約 3.2 公斤，綜合上述，CZT 有好的解析度、快速的可用性及輕便的優點，在除役偵檢作業若能善用，將可大幅提升偵檢效率、降低量測成本。

近年 CZT 半導體偵檢器結合康普頓散射模型，發展出一套具有加馬能譜分析能力同時包含射源位置顯示之手持式加馬能譜分析成像系統(如圖 4)，可進行 4π 全方位角度探測並包含簡易軟體建模用於初估活度。在國外除役經驗已廣泛使用，對於未受影響區域的污染程度確認、受影響區域的熱點查

找、設備物質污染程度初篩等作業能提供快速偵檢的效果，本報告採用儀器即屬於此類型。

另 NUREG-1575(MARSSIM)^[1] 於 2020 年進行 R2 版修訂，在第六章量測方法與儀器介紹之 6.6.2.3 半導體偵檢器小節，於常見半導體物質除鍺、矽以外另補充加入 CZT，意即 CZT 已獲美國管制單位認同，可應用於除役偵檢作業。

能力測試

一、環境與模擬條件說明

1.量測環境：

A. 核一廠保健物理組辦公室，背景劑量率 0.06 微西弗/時。

2.射源：

核一廠保健物理組 Co-60 編號 HP-xxxx

A.總活度:41921 Bq(1991/5/1) · 724 Bq(2021/12/9，半衰期以 5.26 年計算)

B.幾何條件:直徑 9.8cm 圓形面射源

C.表面活度：9.6 Bq/cm²

D.接觸劑量率:0.2 微西弗/時

表 1 常見手持/移動式加馬能譜分析儀器比較表

廠商/型號	偵檢頭形式	能譜解析度	重量(Kg)	便攜性	優點	備註
Mirion ISOCS 	HPGe 高純 鍺半導體	極高	83 (僅偵檢頭)	可移動	1.具定量分析能力 2.接電式冷卻不需填充 液態氮 3.多數除役電廠採用	開機時間長 (約 2 小時)
ORTEC 3BY3 	NaI 碘化鈉 閃爍	較差	4.6 (僅偵檢頭)	可移動/ 手持	國際除役電廠用於環境 級快篩偵測 如廠址歷史評估	
H3D H400 	CZT 碲化鋅 鍺半導體	高	3.2 (整組)	手持	1.具射源定位功能 2.開機時間短(約 2 分 鐘) 3.操作介面簡單 4.4π全方位角度探測	定量能力待確認

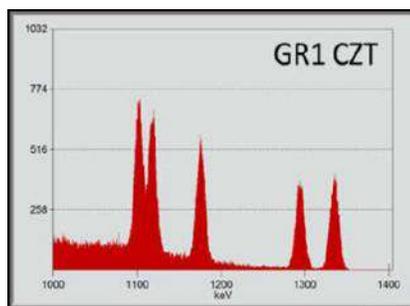


圖 1 CZT 能譜解析示意圖

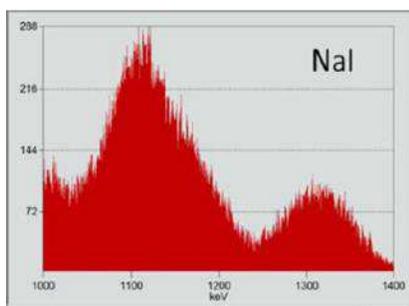


圖 2 NaI 能譜解析示意圖

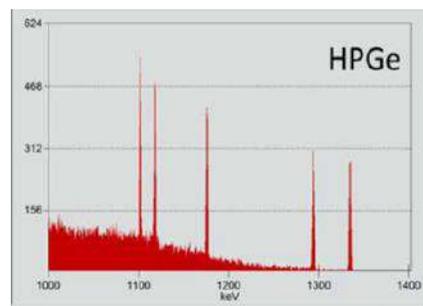


圖 3 HPGe 能譜解析示意圖

3.量測儀器:

A.Thermo BP-19BD 手持式表面污染
偵檢器 序號----/xxxx

i.塑膠閃爍體，總貝他/加馬粒子量
測。

ii.儀器效率 35.8%

iii.有效偵檢面積 100cm²。

B. H3D H400 手持式加馬能譜分析儀

i.CZT 半導體，加馬能譜分析

ii.偵檢體積 19cm³

C.Thermo RADEYE PRD 手持式劑量
率偵檢器 序號 xxxx

i.NaI 碘化鈉閃爍偵檢體，劑量率顯示。

4.模擬用屏蔽:

A.鉛箱，厚 0.5cm

B.鐵板，厚 0.2cm。

C.鉛版，厚 1.0cm。



圖 4 手持式加馬能譜分析成像系統



圖 5 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鋁箱)

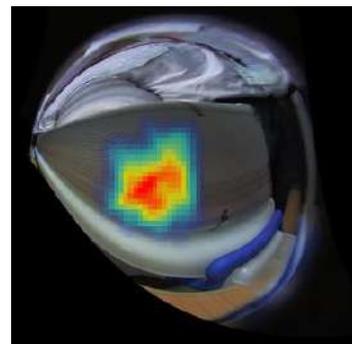


圖 6 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鋁箱) 量測結果成像

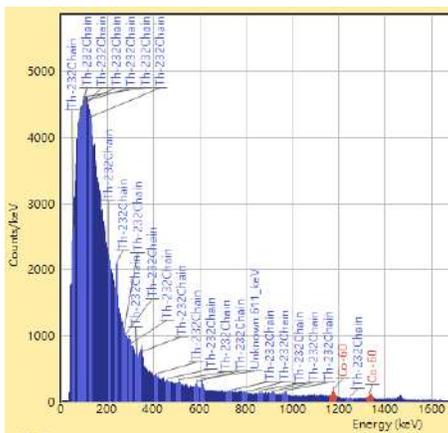


圖 7 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鋁箱) 量測結果能譜分析



圖 8 Thermo BP-19BD 偵測模擬射源 (Co-60+鐵板)

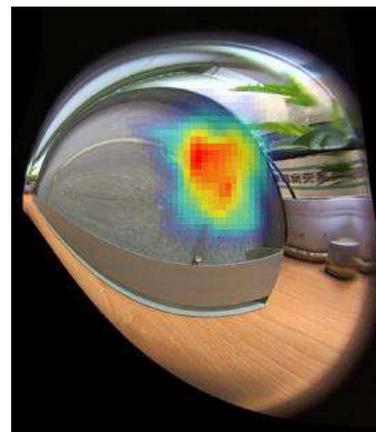


圖 9 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鐵板) 量測結果成像

二、定性能力測試

1. 以 Thermo BP-19BD 量測環境背景值 5 次，每次 60 秒，平均值為 9.54 cps。經計算 MDC 為 30.42 Bq/100cm²，以 Thermo RADEYE PRD 量測環境劑量率為 0.06 微西弗/時。2. Co-60 射源黏貼於鋁箱內層，以 0.5cm 鋁板作為屏蔽。Thermo BP-19BD 量測 5 次，每次 60 秒，平均值為 18.02cps。經換算後可視為模擬表面污染 94.75 Bq/100cm²，約略小於金屬、建物再使用參考表面污染標準[2]100Bq/100cm²。以 Thermo RADEYE PRD 量測接觸劑量率為 0.16 微西弗/時。接著以 H3D H400 距離表面 10cm 處進行偵測(如圖 5)· 4 分

鐘偵測到 Co-60 射源，成像結果參考圖 6，能譜分析參考圖 7。
3. Co-60 射源黏貼於鐵板後，以 0.2cm 鐵板作為屏蔽。Thermo BP-19BD 量測 5 次(如圖 8)，每次 60 秒，平均值為 16.42cps。經換算後可視為模擬表面污染 76.87 Bq/100cm²，約略小於金屬、建物再使用參考表面污染標準 100Bq/100cm² 之臨界值 82.23 Bq/100cm²。以 Thermo RADEYE PRD 量測接觸劑量率為 0.13 微西弗/時。接著以 H3D H400 距離表面 10cm 處進行偵測，16 分鐘偵測到 Co-60 射源，成像結果參考圖 9，能譜分析參考圖 10。

4. Co-60 射源黏貼於鉛板後，以 1.0cm 鉛板作為屏蔽。Thermo BP-19BD 量測 5 次，每次 60 秒，平均值為 12.82cps。經換算後可視為模擬表面污染 36.65 Bq/100cm²，約略大於 MDC 30.42Bq/100cm²。以 Thermo RADEYE PRD 量測接觸劑量率為 0.07 微西弗/時。為減少量測時間，H3D H400 縮減量測距離，以表面 2cm 處進行偵測，5 分鐘偵測到 Co-60 射源，成像結果參考圖 11，因距離太近已無法與實際成像疊加，能譜分析參考圖 12。

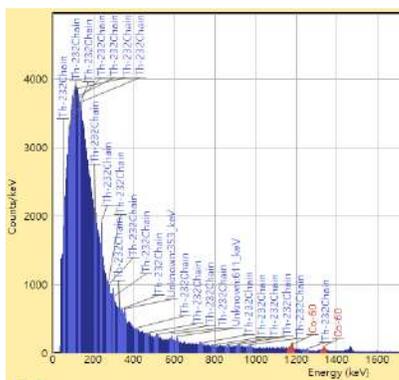


圖 10 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鐵板) 量測結果能譜分析

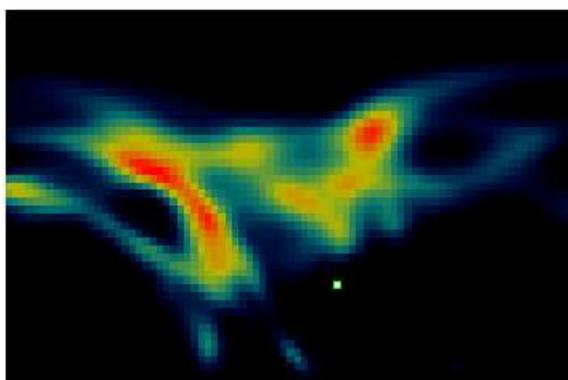


圖 11 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鉛板) 量測結果成像

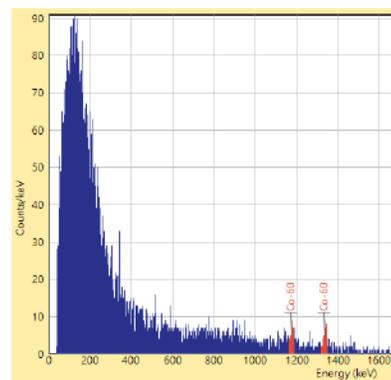


圖 12 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鋁板) 量測結果能譜分析



圖 13 H3D H400 偵測模擬射源 示意(Co-60+鐵板+鉛板)

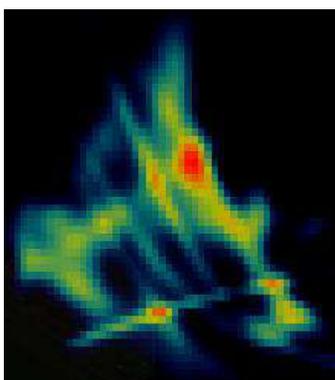


圖 14 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鐵板+鉛板) 量測結果成像

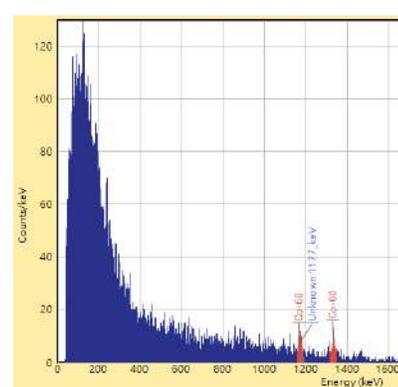


圖 15 H3D H400 偵測模擬射源 (Co-60+鐵板+鉛板)量測能譜分析

表 2 加馬能譜分析成像系統對各低強度射源判別結果

模擬條件	模擬射源強度* (Bq/100cm ²)	接觸劑量率(微 西弗/時)	量測時間 (分鐘)	距離 (公分)	判別結果
Co-60 + 0.5 cm 鋁板	94.75 (小於參考表面污染標準 100)	0.16	4	10	✓測得 Co-60
Co-60 + 0.2 cm 鐵板	76.87 (小於參考表面污染標準臨界值 82.23)	0.13	16	10	✓測得 Co-60
Co-60 + 1.0 cm 鉛版	36.65 (略大於表面量測 MDC 30.42)	0.07	5	2	✓測得 Co-60
Co-60 + 0.2 cm 鐵板 + 1.0 cm 鉛版	與背景無法區分	0.06 (與背景值相同)	8	2	✓測得 Co-60

5. Co-60 射源黏貼於鐵板+鉛版後，以 0.2cm 鐵板+1.0cm 鉛板作為屏蔽。Thermo BP-19BD 量測 5 次，每次 60 秒，平均值為 8.152cps，已經低於背景值(因屏蔽同時也將天然背景屏蔽)。可視為模擬表面污染值與背景無法區分。以 Thermo RADEYE PRD 量測接觸劑量率為 0.06 微西弗/時，與背景劑量率相同。為減少量測時間，H3D H400 縮減量測距離，以表面 2cm 處進行偵測(如圖 13)，8 分鐘偵測到 Co-60 射源，成像結果參考圖 14，因距離太近已無法與實際成像疊加，能譜分析參考圖 15。

6. 綜合 2~5 項量測比對結果詳見表 2- 加馬能譜分析成像系統對各低強度射源判別結果。

可得知即使模擬表面污染活度等同接近金屬建物再使用參考表面污染標準、金屬建物再使用參考表面污染標準臨界值、最小可測活度甚至是與背景無法區分及接觸劑量率等同背景值，手持式加馬能譜分析成像系統均能在一定時間內判別出 Co-60 核種，且量測距離顯著的影響量測時間。總和上述，手持式加馬能譜分析系統對於低微活度或環境級污染具有非常強力的定性判別能力。

可藉由調整與待測物的距離藉以提高量測面積並拉長量測時間來執行偵檢作業。

*註:模擬射源強度、臨界值、MDC 以 Thermo BP-19BD 手持式表面污染偵

檢器推算(量測背景為 9.54cps、儀器效率 35.8%、Co-60 射源效率 25%、誤判率之第一型誤差及第二型誤差均為 5%)

參考文獻

[1] NUREG-1575, Revision 2, MULTI-AGENCY RADIATION SURVEY AND SITE INVESTIGATION MANUAL (MARSSIM), 美國眾部會, 2020/5。

[2] European Commission Radiation protection 89、101、113, European Communities, 1998~1999。

消費性產品的輻射安全(II)- 豁免管制與防護最佳化概念

作者 李境和
義守大學助理教授(退休)

本文的消費性產品是指國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA) 定義的消費性產品。在 2014 年 IAEA 發布「輻射源的輻射防護與安全：國際基本安全標準」(IAEA 安全標準叢書編號 GSR 第 3 部分) 中消費性產品的定義為「有意在產品中摻入或藉活化產生放射性核種，或產品會產生游離輻射，且在售後無需特別監督或法規管制即可出售或提供給民眾之設備或製品。例如煙霧偵測器，但不包括瓷磚、溫泉水和食品等。

豁免管制

製造商或進口商擬執行具有正當性與可豁免法規管制的消費性產品之措施並通報管制機關，但豁免法規管制仍需應由管制機關做出決定。

IAEA GSR 第 3 部分第 1.1 段[1]說明豁免管制的一般標準為：(1) 從措施內射源或作業所產生的輻射風險足夠低，以致不需法規管制，也沒有明顯可能會引起導致不符合豁免一般標準的情

況；或(2) 作業或射源的法規管制不會產生淨利益，就減少個人劑量或健康風險而言，沒有合理的法規管制措施可得到有價值的回報。這些豁免管制標準本質上是主觀的，就其本身而言，需要管制機關做出價值判斷。

上述輻射風險足夠低的含義，GSR 第 3 部分第 1.2 段[1]係指“所有合理可預見的情況，由於在措施內豁免射源或豁免作業，對任何個人預期產生的有效劑量(通常在安全評估的基礎上進行評估) 一年內不超過 $10\mu\text{Sv}$ 或更低，則在措施內射源或作業可被豁免，而無需進一步考量這些標準的某些或全部的要求。為了考量低機率情節，可以使用不同的標準，即對於這種低機率情節(假設每年發生的機率不超過 0.01)，任何個人預期產生的有效劑量在一年內均不超過 1mSv 。”劑量標準的建立，以達到措施豁免法規管制的決定，有助於管制機關達成一致的方法來保護工人和民眾免除輻射風險。藉應用相同的劑量標準，預計各



國之間的一致性會更高。如果符合 GSR 第 3 部分第 1.2 段中定義的劑量標準，則相關措施或該措施內射源，在無需進一步考慮下，應可被豁免管制。

進行安全評估可能既昂貴又耗時，而且在預期曝露可能極低的情況下，安全評估可能沒有必要。為進一步協助管制機關，對中等數量和大量物質內天然和人造放射性核種的總活度和活度濃度的豁免值已被推導出。此計算是基於一組典型曝露情節的評估，包括體外曝露、灰塵吸入和嚥入之體內曝露。因此，如果個別放射性核種的總活度或措施中使用的活度濃度不超過導出的豁免基準，則個人年有效劑量不會超過 $10\mu\text{Sv}$ ，且該措施在無進一步考慮的要求下，可以被豁免。消費性產品添加的放射性核種，可能有 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{63}Ni 、 ^{85}Kr 、 ^{133}Ba 、 ^{147}Pm 、 ^{210}Po 、 ^{232}Th 、 ^{241}Am 等，它們的總活度和活度濃度的豁免值[1]，如表 1。

表 1 消費性產品可能添加入的放射性核種的豁免管制限值

核種名稱	活度濃度(Bq/g)	總活度(Bq)	核種名稱	活度濃度(Bq/g)	總活度(Bq)	核種名稱	活度濃度(Bq/g)	總活度(Bq)
³ H	1×10 ⁶	1×10 ⁹	⁸⁵ Kr	1×10 ⁵	1×10 ⁴	²¹⁰ Po	1×10 ¹	1×10 ⁴
¹⁴ C	1×10 ⁴	1×10 ⁷	¹³³ Ba	1×10 ²	1×10 ⁶	²³² Th	1×10 ¹	1×10 ⁴
⁶³ Ni	1×10 ⁵	1×10 ⁸	¹⁴⁷ Pm	1×10 ⁴	1×10 ⁷	²⁴¹ Am	1×10 ⁰	1×10 ⁴

GSR 第 3 部分第 I.3(c)段[1]還規定了，在正當性措施內且無需進一步考量下，經主管機關核准過的輻射產生器，或是電子管形式的自動豁免，條件是：

- (1)在正常操作條件下，離設備任何可觸及表面距離為 0.1 m 處，不會導致環境等效劑量率 (ambient dose equivalent rate) 或定向等效劑量率 (directional dose equivalent rate)(視情況而定)超過 1μSv/h；或
- (2)產生的輻射最大能量不大於 5 keV。

GSR 第 3 部分第 I.6 段[1]允許根據管制機關規定的條件給予豁免，條件是：

- (1)含有放射性物質的設備是管制機關核准的類型。
- (2)放射性物質：
 - (a)密封射源形式，可有效防止與放射性物質任何接觸並防止其洩漏；或
 - (b)少量未密封射源形式，例如用於放射免疫分析(radioimmunoassay)的射源。

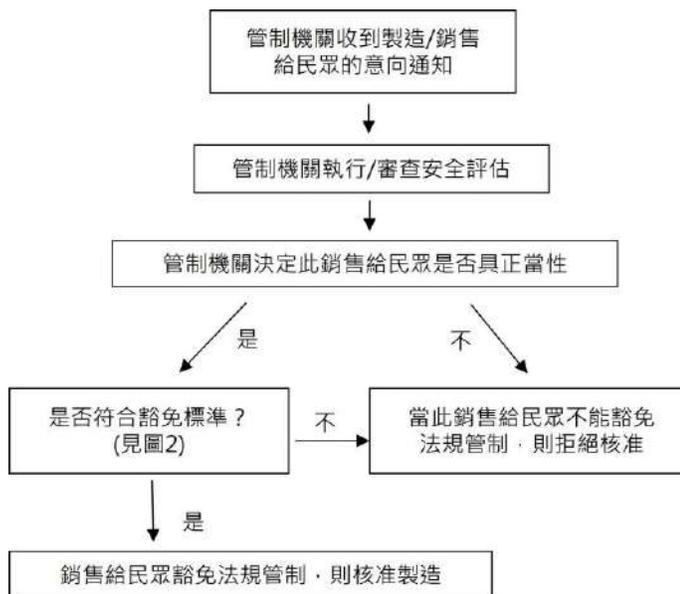


圖 1. 消費性產品的法規管制

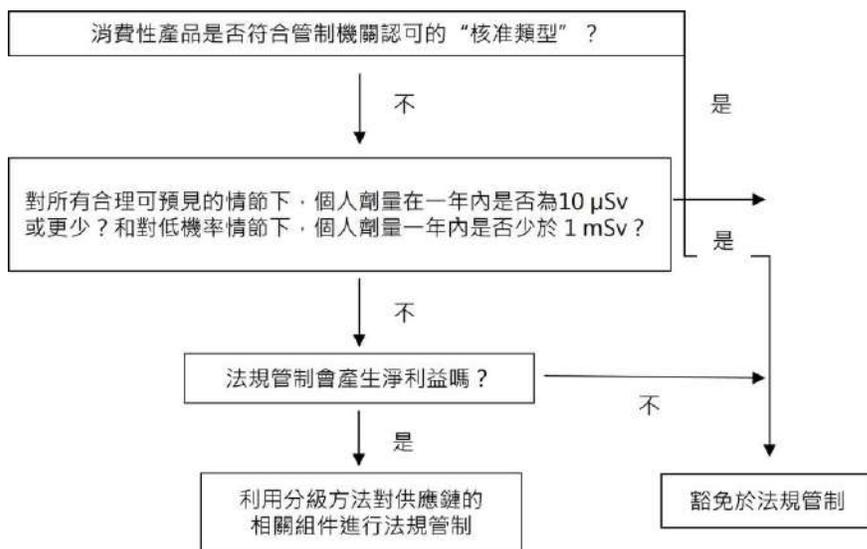


圖 2.消費性產品豁免法規管制的標準

(3)在正常操作條件下，離設備任何可觸及表面 0.1 m 處不會引起周圍等效劑量率或定向等效劑量率超過 1 $\mu\text{Sv/h}$ 的設備。

(4)管制機關已規定設備處置的必要條件。

上述所謂的“類型核准 (type approval)” [2]，管制機關可以藉此在非常特定的條件下豁免某些儀器或設備的法規管制。通常儀器或設備豁免於法規管制應符合國家或國際標準，例如國際標準化組織 (the International Organization for Standardization, ISO) 發布的標準。雖然豁免可以基於距離設備表面 0.1 m 處的外部劑量率，但管制機關也應充分考慮安全評估的結果。如果安全評估顯示在設備拆除或焚燒等情況下可能會有更高的劑量率，則豁免法規管制可能不合適。對於含有密封射源的設備之豁免規定可適用於消費性產品。

雖然對設備外部的劑量率有限制，但對密封源的活度沒有限制。因此，例如，游離腔煙霧偵檢器具有的活度高於豁免的規定值，無需進一步考量則可被豁免，前提是應符合管制機關對劑量率和其他標準規定的條件，且它們是管制機關核准的類型。

豁免於法規管制決策的管制過程，總結在圖 1 和圖 2 中 [2]。

輻射防護和安全的最佳化

證明措施具有淨利益的本身並不足以獲得管制機關的核准。管制機關還會要求“登記人和持照人應確保輻射防護和安全被最佳化”。措施的正當性及應用到措施的輻射防護和安全方法的最佳化兩者都涉及輻射危害與利益

的平衡。然而，前者(正當性)只要求有一個正的淨利益，而後者(最佳化)則要求淨利益應該最大化。這意味著在當前情況下，輻射防護和安全基準應該是最好的。在消費性產品的設計和製造中，特別是要使用的射源及其活度之選擇，應充分考慮其最佳化。消費性產品的設計和配置之輻射防護和安全最佳化，也可以藉程序控制的應用來達成。然而，如果程序控制對最佳化是必要的，則此措施不太可能被豁免的。

對於消費性產品有意摻入放射性核種的輻射防護和安全之最佳化時，應考慮的重要因素 [2] 包括：

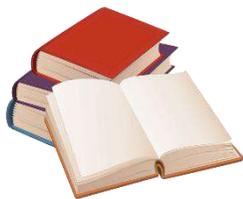
- (1)最合適放射性核種的選擇，對產品能有效發揮其功能所必需的半化期、輻射種類、能量和活度；
- (2)放射性核種物理和化學形式的選擇，以便在正常條件和事故條件下均能提供最高程度的本質安全並可用於處置；
- (3)消費性產品的配置；
- (4)防止在未使用特殊工具的情況下接觸放射性核種；
- (5)使用以前評估過的其他產品之經驗，特別是類似產品；
- (6)品質保證。

最佳化是輻射防護和安全的最佳選擇，同時考慮到適用的技術、經濟、法律和社會背景。最佳選擇始終特定於相關的曝露途徑，並代表在給定情況下可以達到輻射防護和安全的最佳基準。對於消費性產品，無論是否超過豁免值，管制機關應確保輻射防護和安全都被最佳化。在輻射照射寶石的情況下，許多活化產物放射性核

種的半化期短，意味著劑量率會隨著它們提供給民眾後的時間顯著降低。輻射防護和安全應藉規劃它們的照射條件來最佳化，以盡量減少具有較長半化期的放射性核種的產生，並保留那些具有最高活度濃度的寶石。

參考文獻

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety for Consumer Products, IAEA Safety Standards Series, No. SSG-36, IAEA, Vienna (2016).



訓練班課程(111 年度)

放射性物質或可發生游離
輻射設備操作人員研習班

A 組 36 小時-許可類

A4 高雄 文化大學推廣部
8 月 03 日~8 月 10 日

B 組 18 小時-登記類

B17 新竹 帝國經貿大樓
8 月 24 日~8 月 26 日

B18 台中 文化大學推廣部
9 月 20 日~9 月 22 日

B19 高雄 文化大學推廣部
9 月 27 日~9 月 29 日

B20 台北 進出口同業公會
10 月 19 日~10 月 21 日

B21 新竹 帝國經貿大樓
10 月 26 日~10 月 28 日

B22 台中 文化大學推廣部
11 月 16 日~11 月 18 日

B23 高雄 文化大學推廣部
11 月 23 日~11 月 25 日

輻射防護專業人員訓練班：
輻防員(108 小時) / 輻防師
(144 小時)

員 39 期

新竹 帝國經貿大樓
第一階段

6 月 27 日~7 月 1 日
第二階段

7 月 4 日~7 月 8 日
第三階段

7 月 25 日~7 月 29 日
第四階段

8 月 1 日~8 月 4 日

進階 24 期

新竹 帝國經貿大樓
第一階段

8 月 10 日~8 月 12 日
第二階段

8 月 15 日~8 月 17 日

輻射防護繼續教育訓練班
(3/6 小時)

高雄 科學工藝博物館南館

9 月 6 日(上午&下午)

台北 進出口同業公會

9 月 23 日(上午&下午)

台中 文化大學推廣部

10 月 4 日(上午&下午)

新竹 經濟部專研中心

10 月 14 日(上午&下午)

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班

鋼 2 新竹 帝國經貿大樓

9 月 15 日~9 月 16 日

上課地點

台北

建國大樓：台北市館前路
28 號

進出口同業公會：台北市中
山區松江路 350 號

新竹

經濟部專研中心：新竹市光
復路二段 3 號

帝國經貿大樓：新竹市光復
路二段 295 號 20 樓

台中

文化大學推廣部：台中市西
屯區台灣大道三段 658 號

高雄

國立科學工藝博物館-南館：
高雄市三民區九如一路
797 號

文化大學推廣部高雄教育
中心：高雄市前金區中正
四路 215 號 3 樓

課程安排問題，請聯絡本會，電話 (03) 572-2224
分機 313 李貞君 (繼續教育)；
314 林珣汶 (專業人員)；
315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射物質與游離輻射設備)
傳真 (03) 572-2521315



輻防新聞廣場

最新證照考試日期與榜單

- 行政院原子能委員會 111 年第 2 次輻射防護及操作人員測驗
[訊息連結](#)

報名期間：民國 111 年 8 月 1 日起至 8 月 19 日截止。

測驗日期：民國 111 年 10 月 22 日(星期六)。

測驗地點：

台北試區：考試院國家考場(台北市文山區木柵路 1 段 72 號)

高雄試區：高雄市立新興高級中學(高雄市新興區五福二路 218 號)

詳細報名簡章等相關測驗資料，請點選下方(相關網站)即可下載瀏覽。

相關連結：[輻防及輻安測驗](#)

國內新聞

- 經濟日報報導「安口食品應用 X 光檢測機 檢測能力強高安全性」。 [訊息連結](#)

安口食品機械公司跨域合作研發出食品應用 X 光檢測機，適用於食品業、製藥業和化工廠的自動化生產線，能檢測出人眼難以辨識的微小污染物，檢測能力強且具高安全性，將於今年食品週展出。

該公司表示，食品生產線製程中可能產生雜質異物，如橡皮筋、塑膠物、鋼絲、機台零件、碎骨、魚刺等，食品衛生客訴案件除造成品牌名譽受損外，更可能被要求巨額的賠償。而此 X 光檢測機能檢測出人眼難以辨識的微小污染物，如鋼絲、不鏽鋼削屑、塑膠片等，並兼具檢核食品數量及缺損的功能，能協助解決產業界面臨的難題。

該機機體設計以安全為最高考量，檢測外部輻射劑量低於原能會規定 $0.5\mu\text{Sv/hr}$ ，確保工作人員安全、健康無虞。售後服務提供快速即時、專業安全、符合需求的調整及檢修。在自動化生產線終端延伸 X 光檢測機，即時監控精準提高食安品管標準。

該機並具有多項特性，包括檢測能力強，可檢測出小至 0.4mm 污染物；檢測範圍廣，可透視且檢測範圍比光學 (AOI)、紅外線、雷射更廣；檢測種類多，生產線常見金屬及非金屬物質，其材質及最小可測得尺寸為#304 不銹鋼 0.4mm 、石材 1.0mm 、骨頭 1.0mm 、玻璃 2.0mm ；高解析精度，以更精細的圖像解析度，全面確保食品檢測無死角；高發光效率，發光效果提升，影像透析度更清晰，大幅提高檢測率。

另具有最安全的輻射設備設計，全機以鉛板包覆及輻射防護簾阻隔輻射能量，檢測外部輻射劑量安全優於法規要求；監控介面快速上手，以 21.5 吋顯示器結合

AI 人工智慧圖像檢測技術，圖形化軟體介面，一鍵式調整參數；資料傳送存取超便捷，自動產出報表時，可使用 USB 或網路線存取資料，方便內部資料傳送及外部遠端服務；食品應用設計，使用食品級皮帶與輻射防護橡膠並可依需求客製剔除系統。(發布日期 111 年 6 月 14 日)

- ➔ 理財周刊報導「乳癌治療新選！新型「環形放射治療機」降輻射量」。 [訊息連結](#)

近年來乳癌已成為台灣女性癌症發生率成長快速癌別之一，2019 年全國新增 14,856 位乳癌患者，年成長率為 4.7%。由於乳癌患者快速增加，醫療資源亦進而大量投入乳癌治療。安南醫院放射腫瘤科引進新型「環形放射治療機」，發展「好神刀低分次乳癌放射治療」，至今已 30 名患者受惠，其中對於心臟、肺臟的保護及治療效果，已發表在 2022 年第 26 屆台灣癌症學術年會。

傳統放療輻射劑量高 年增 7.4%冠狀動脈風險

安南醫院放射腫瘤科主任詹凱翔指出，乳癌放射治療主分長時間傳統分次與低分次治療，兩者療效不相上下。根據研究顯示，乳癌放射治療有可能增加患者日後罹患心血管疾病風險，每增加 1Gy (輻射劑量單位) 照射，每年就相對增加 7.4% 的冠狀動脈疾病風險，而在傳統乳癌放射治療或者在強度調控放射治療下，平均心臟照射劑量也可能接受 3.4~5.6Gy 輻射劑量，早期患者進行全乳照射也可能會增加約 3.7Gy 平均劑量。

新型「環形放射治療機」降輻射量 減少進出醫院次數

詹凱翔表示，新型「環形放射治療機」利用其「新一代雙層多葉準直儀」並搭配更快的旋轉速度，以及智能化治療系統，協助設計更加細緻之腫瘤照射計畫，更有效保護治療區域周遭之正常器官，尤其低分次能減少進出醫院次數，是疫情期間治療乳癌的好選擇。

至今已近 30 位符合條件的女性乳癌病友已接受「好神刀低分次乳癌放射治療」，平均心臟劑量均已降低至 1.6Gy，對於左側乳癌病患為 2.2Gy，對於同側肺臟平均劑量為 5.4Gy，對於側肺臟平均為 0.16Gy，上述數值皆低於相關文獻研究資料數值，對於乳癌患者有相當大的助益。

醫療服務多選擇 抗癌也改善生活品質

詹凱翔提醒，近來 COVID-19 疫情嚴峻，低分次乳癌放射治療能減少患者進出醫院次數，減少被感染機率及安心治療，不致因疫情而影響治療。

此外，治療團隊更提供患者「乳癌皮膚照護方案」、「疊代式錐狀斷層影像導引放射治療」及「SDX 呼吸調控放射治療」等醫療服務，將輻射傷害至更低，精進乳癌放射治療品質，改善長期生活品質，患者可開啟嶄新第二人生。(發布日期 111 年 6 月 25 日)

- ➔ Yahoo 新聞報導「乳癌傳統治療 易增心血管風險 弧形刀新技術減少器官輻射量」。 [訊息連結](#)

64 歲的王女士是左側乳癌患者，至亞東醫院就診後隨即安排手術切除乳房腫瘤，並進行病理檢測，發現有多顆淋巴結轉移，術後陸續接受化療等藥物治療及放射治療。乳癌患者經由手術後的藥物治療、放射治療可以減少復發並提高存活

率，然而對於左側乳癌患者，接受乳房及淋巴區域的放射治療時，因位於乳房附近的心臟也接受了部份輻射劑量，進而增加晚期心血管疾病的風險。

為避免此狀況，亞東醫院放射腫瘤科侯沛羽醫師特別採用弧形刀放射治療，不僅同時兼顧療效，也較傳統治療更能保護心肺，減少治療的副作用。以心臟超音波追蹤王女士放療前及放療 3 年後的左心室收縮功能，顯示其心臟收縮功能皆未受到影響，保障了病患的心臟功能與生活品質。

弧形刀 (Volumetric modulated arc therapy, VMAT) 放射治療技術，藉由 360 度全體積弧形式調控治療，使多個不同角度的放射線進入體表，不但能避開照野附近的心、肺等內臟器官，也提供乳房最優化的放射劑量分佈。侯沛羽醫師表示，針對乳癌病友接受乳房及淋巴區域放射治療時，在臨床治療上使用弧形刀技術，可有效減少心、肺、對側乳房、食道等器官受到的輻射劑量，進而降低心肺毒性和副作用。

亞東醫院乳癌病人接受高端先進的弧形刀放療，及其治療後保留心臟功能的優異成果，近兩年亦分別發表於國際知名的學術期刊 (*Cancers*, 2021) 及 (*Bioengineering*, 2022)。(發布日期 111 年 7 月 8 日)

➡ 自由時報報導「俄軍入侵車諾比綠色和平調查：輻射數值現已達核廢料等級」。 [訊息連結](#)

俄羅斯入侵烏克蘭，一度占領曾經的核災地區車諾比核電廠，國際原子能機構 (IAEA) 雖在 4 月宣稱當地輻射水平正常，但綠色和平團隊連同烏克蘭科學家偵測發現，輻射數值較 IAEA 的推估高出 3 倍，已達核廢料等級。

綠色和平組織今天 (20 日) 在烏克蘭基輔舉行記者會，公布調查結果，烏克蘭國家禁區管理機構 (SAUEZM) 負責人 Yevhen Kramarenko、副總監 Maksym Shevchuk 和車諾比國家專業企業 EcoCentre 實驗室總監 Serhiy Kireev 等人也出席。

綠色和平指出，經烏克蘭批准合作，團隊連同烏克蘭科學家，在車諾比被高度污染的 30 公里禁區內，進行有限度的輻射調查，也紀錄俄軍軍事行動對重要實驗室、數據庫及輻射監測系統所造成的嚴重破壞。

綠色和平德國辦公室資深核專家 Shaun Burnie 指出，了解車諾比核電廠的複雜輻射反應對世界至關重要，俄羅斯對烏克蘭的侵略卻讓此處置身危險之中，而且俄軍部署了數量不詳的地雷和爆炸物，讓科學家跟工作人員身處不安與威脅，且 IAEA 似乎不願針對車諾比核輻射危害的規模，和俄羅斯佔領造成的影響，多做解釋。

綠色和平公布，位於 Stantzaya Yanov 的俄軍軍營，離地高 10 公分處，測量到每小時 0.18 微西弗 ($\mu\text{Sv} / \text{h}$) 到 2.5 微西弗的輻射劑量 (用於量度輻射對人體傷害單位)，最高比的 IAEA 推估高 3 倍；而位於紅色森林旁的俄軍路障，更測量到每小時 7.7 微西弗，遠高於 IAEA 檢測所得的水平。

而泥土樣本檢測，發現極大對比的銫-137 含量水平，樣本每公斤含 500 貝克至 45000 貝克的輻射含量（用於量度在物體內的放射性核種活度單位），反映俄軍的干擾已將原來深層的高輻射泥土帶到表層，讓當地放射性核種的流動再度活躍。

即使在 100 公尺的高空，特製的無人機也在俄軍軍營測量到約 200 秒計量（cps）的輻射水平，但從軍營向南延飛 600 到 700 公尺處，卻測到 40 倍，達 8000 秒計量的輻射水平。

綠色和平比利時辦公室首席輻射專家 Jan Vande Putte 說，測量已被棄置的俄軍戰壕內的伽馬輻射水平，足以列為低階放射性核廢料，由此可推斷俄軍是在高輻射環境中作業，但 IAEA 並沒有傳達這訊息，調查可看出，車諾比禁區內的輻射水平絕不正常，但 IAEA 卻希望全世界相信『正常』。

綠色和平擔心，IAEA 與俄羅斯國家原子能公司 ROSATOM 的關係，將會影響其對於烏克蘭核安全的判斷，如現任 IAEA 副總監 Mikhail Chudakov，同時也是 ROSATOM 的長期官員。

綠色和平台北辦公室專案經理古偉牧曾 3 度到車諾比，他呼籲台灣核電專業好好學習車諾比核電廠的除役工作：「在淘汰核電的政策下，希望台灣核電專業人士未來 20 年可轉型工作重點到核電除役之上，以至研究戰火中安全維護除役核電廠的科學方法。這比辦論壇鼓吹重用核電更為實在，也更符合社會福祉，同時也可保障他們的就業。」（發布日期 111 年 7 月 20 日）

- ➔ Yahoo 新聞報導「日本核能監管機構批准 福島核廢水可排放入海」。 [訊息連結](#)

日本核能監管機構今天正式批准一項計畫，允許福島第一核電廠中逾 100 萬噸處理過核廢水排入海中。

2011 年 3 月 11 日的東日本大震災引發巨大海嘯，衝擊東京電力公司（Tepco）福島第一核電廠，造成自 1986 年車諾比核電廠事故以來最嚴重的核災，數十萬人被迫撤離，而福島第一核電廠的核廢水處理問題持續受到關注。

日本共同社報導，日本政府原子力規制委員會（原子能管制委員會）今天召開臨時會議，認為東京電力公司福島第一核電廠處理水排海計畫安全性沒有問題，予以批准。

根據共同社，東京電力公司擬在獲得當地政府同意後，啟動排放設備的正式施工，力爭明春前後開始排放。（發布日期 111 年 7 月 22 日）

- ➔ 中央通訊社報導「核二除役環評案過關 台電將試辦養蜂做輻射監測」。 [訊息連結](#)

環保署今天召開環評大會，審查核二廠除役環評案。在環委堅持、原能會同意下，台電公司願意試辦養蜂，做為輻射監測指標生物，本案建議補充修正後通過。

行政院環境保護署今天召開環境影響評估審查委員會第 425 次會議，審查「核能二廠除役計畫環境影響評估報告書初稿」。

根據資料，核能二廠 1 號機已經於去年 7 月 1 日，因用過燃料池爆滿，提前停機，並於同年 12 月 27 日運轉執照到期；2 號機也將於民國 112 年 3 月 14 日運

轉執照到期。開發單位台電公司表示，將於取得除役許可後 25 年內完成除役作業。

初審會議時，環評委員陳裕文建議台電在核二廠區養蜂做為指標生物，並指出在車諾比事件後輻射塵飄散，國外有用蜜蜂、蜂產品（如蜂蜜）做為輻射監測的指標生物。

陳裕文今天說明，在美國、法國、波蘭等都已具有相關措施，但台電都沒有進行收集評估；養蜂功能並不是吃蜂蜜，而是環境監測的功能，美國是用蜜蜂體本身，歐洲是搭配蜂產品，都是具有重要的生態意義，這些技術都有文獻，也對居民影響不大，應先試辦 3 年再行評估。

原能會也同意環委意見。台電表示願遵照建議，會來試辦養蜂和取樣，若有技術困難會再請益。

另外，台電表示，在室內乾貯設施輻射監測部分，在設施外圍會設置高壓游離腔及熱發光劑量計，偵測即時及連續輻射劑量率；設施內會設置流程輻射偵測及區域輻射偵測系統，提供區域輻射偵測與示警功能；除役完成後，室內乾貯設施及低放廢棄物貯存庫所在區域將劃入保留區，台電將持續派員管理。

本案於去年 9 月 16 日、今年 1 月 24 日召開環評初審會議，於今天進入環評大會審查，最後納入「取得除役許可後，在核二廠範圍內試辦生態物種（如蜜蜂），進行輻射安全監測研究至少 3 年」，本案決議補充修正後通過。

核二廠位於新北市萬里區，總占地面積約為 220 公頃，開發範圍指除役計畫範圍約 60 公頃。計畫除役活動期程 25 年，包含除役工作前置作業 8 年、主要除役工作 12 年、拆除無污染建築物及廠址最終輻射調查 3 年、土地復原 2 年。（發布日期 111 年 8 月 10 日）

手持式加馬能譜分析成像系統 能力測試 I-熱點定位

徐世融

台灣電力公司核能一廠

簡介

手持式加馬能譜分析成像系統熱點定位原理，係以康普敦散射回推大量入射加馬光子之可能來源位置範圍，再由這些範圍取交集區域，依交集程度判別射源位置，並以顏色區分熱度。

本能力測試以 Co-60 射源搭配 0.2 cm 鐵板及 1.0 cm 鉛版(圖 1、2)，模擬表面污染量測判別與背景無法區分之射源，放置於環境中，再由手持式加馬能譜分析成像系統量測，經由調整距離與量測時間，確認是否能判別出射

源位置，定位射源位置所需的量測時間與加馬粒子能量強度、活度及量測距離有關。熱點定位能力測試環境如圖 3 所示。

測試 A-G 的條件與結果

以下將幾種不同距離與時間條件的能力測試結果簡述如下，儀器架設測試高度均為 1.2 公尺。

A-量測距離 2 公尺，光學照野寬度為 25.26 公尺(162°)、照野高度為 2.4 公尺，光學照野面積為 47.6 平方公尺以上。量測時間設定有 1 小時與 16 小

時，均能辨識出熱點存在，惟系統判定核種可能為 Th-232 且熱點範圍較大(圖 4、5、6、7)，提高量測時間可以提高熱點精細度但無法縮小熱點範圍，係因 Co-60 射源放射之加馬射線，經由鉛、鐵屏蔽及 2 公尺的距離後，已不能維持初始能量(1.17MeV、1.33MeV)，因而造成系統核種誤判，且因多重屏蔽及一定距離產生之複雜散射，使得系統以康普敦散射原理回推範圍較大，但確實有判別熱點存在及其大略範圍。

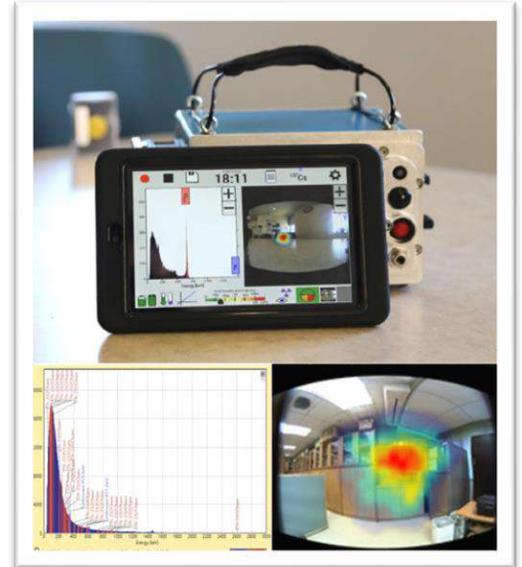


圖 1 Co-60 射源搭配鐵板及鉛板



圖 2 鐵板及鉛板



圖 3 熱點定位能力測試環境

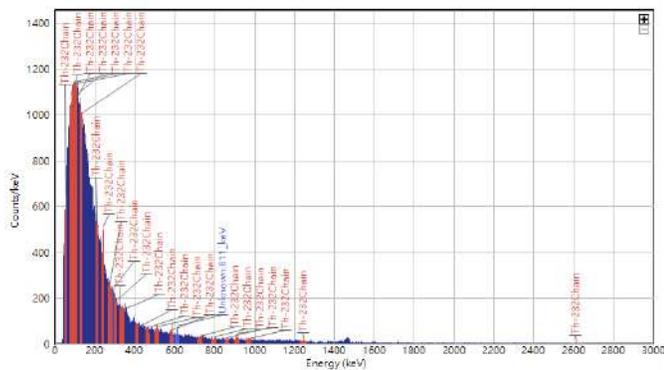


圖 4 熱點定位能力測試-2 公尺-1 小時-能譜分析

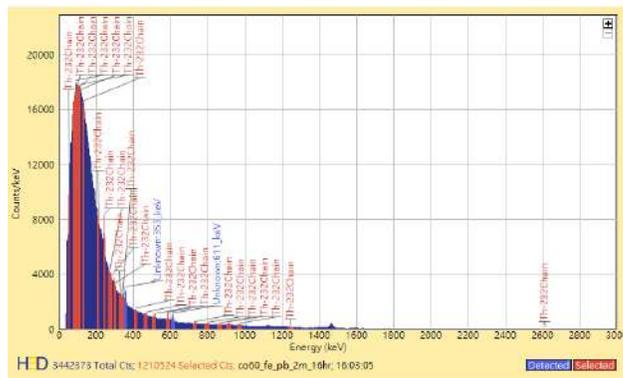


圖 5 熱點定位能力測試-2 公尺-16 小時-能譜分析

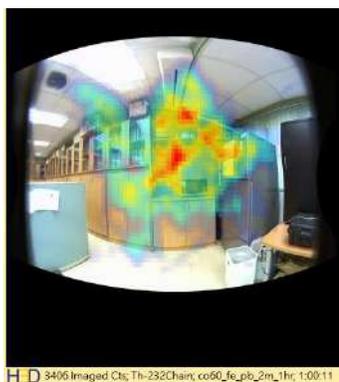


圖 6 熱點定位能力測試-2 公尺-1 小時-熱點判斷

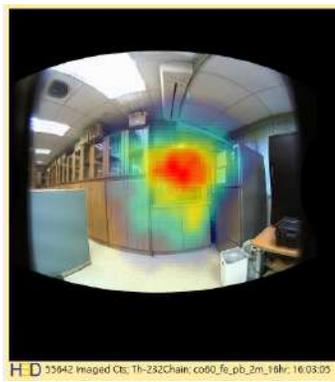


圖 7 熱點定位能力測試-2 公尺-16 小時-熱點判斷

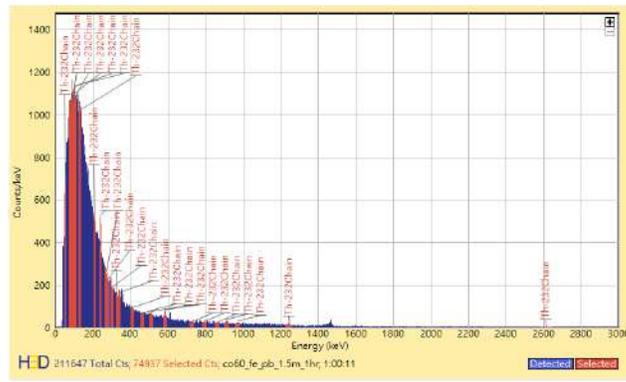


圖 8 熱點定位能力測試-1.5 公尺-1 小時-能譜分析

B-量測距離 1.5 公尺，光學照野寬度為 18.94 公尺(162°)、光學照野高度為 2.4 公尺以上，光學照野面積為 35.7 平方公尺以上。量測時間設定為 1 小時，能辨識出熱點存在(圖 8、9)，與距離 2 公尺之量測結果相比熱點評估範圍稍微縮小，系統判定核種可能為 Th-232，係因 Co-60 射源放射之加馬粒子，經由鉛、鐵屏蔽及 1.5 公尺的距離後，已不能維持初始放射能量(1.17MeV、1.33MeV)，因而造成系統核種誤判，且因多重屏蔽及一定距離產生之複雜散射改變方向，使得系統以康普敦散射原理回推範圍有所差異，但確實有判別熱點存在及可能分布範圍。

C-量測距離 1 公尺，光學照野寬度為 12.63 公尺(162°)、光學照野高度為

2.4 公尺以上，光學照野面積為 23.8 平方公尺以上。量測時間設定為 1 小時，能辨識出熱點存在，與距離較遠之量測結果相比熱點範圍較小但仍屬保守(圖 10、11)，系統判定核種可能為 Th-232，係因 Co-60 射源放射之加馬粒子，經由鉛、鐵屏蔽及 1 公尺的距離後，已不能維持初始放射能量(1.17MeV、1.33MeV)，因而造成系統核種誤判，且因多重屏蔽及一定距離產生之複雜散射改變方向，使得系統以康普敦散射原理回推範圍有所差異，但確實有判別熱點存在及可能分布範圍。

D-量測距離 0.5 公尺，光學照野寬度為 6.31 公尺(162°)、光學照野高度為 1.8 公尺，光學照野面積為 8.9 平方公

尺。量測時間設定為 1 小時，能辨識出熱點存在，與距離較遠之量測結果相比熱點範圍較小但仍屬保守，並可正確辨識出 Co-60(圖 12、13)。因多重屏蔽及一定距離產生之複雜散射改變方向，使得系統以康普敦散射原理回推範圍有所差異，但確實有判別熱點存在及可能分布範圍。

E-量測距離 0.3 公尺，光學照野寬度為 3.79 公尺(162°)、光學照野高度為 1.08 公尺，光學照野面積為 3.2 平方公尺。量測時間設定為 1 小時，能辨識出熱點存在並可正確辨識出 Co-60(圖 14、15)，與 0.5 公尺量測結果相比熱點範圍及核種較精準。

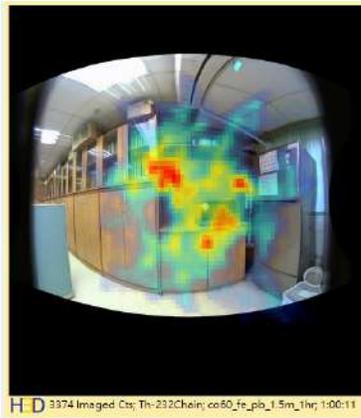


圖 9 熱點定位能力測試-1.5 公尺-1 小時-熱點判斷

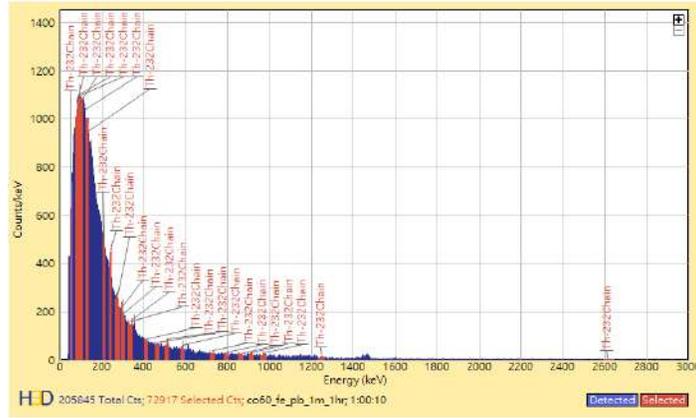


圖 10 熱點定位能力測試-1 公尺-1 小時-能譜分析

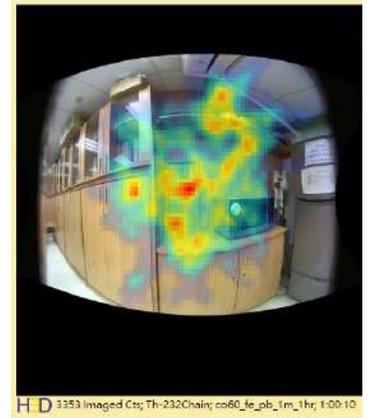


圖 11 熱點定位能力測試-1 公尺-1 小時-熱點判斷

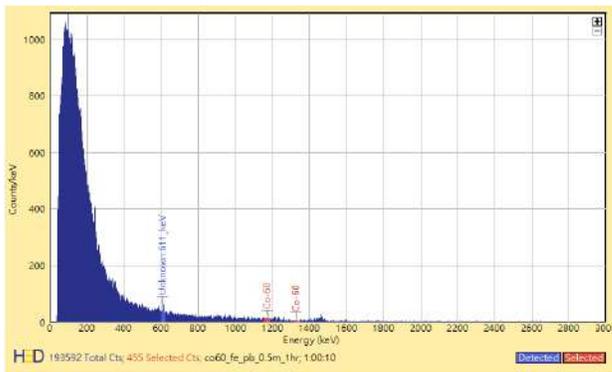


圖 12 熱點定位能力測試-0.5 公尺-1 小時-能譜分析

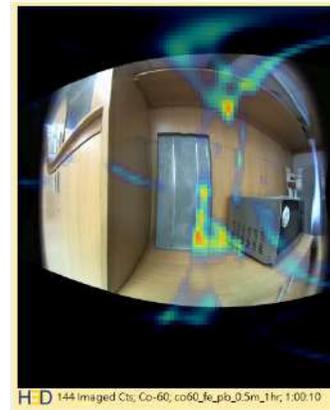


圖 13 熱點定位能力測試-0.5 公尺-1 小時-熱點判斷

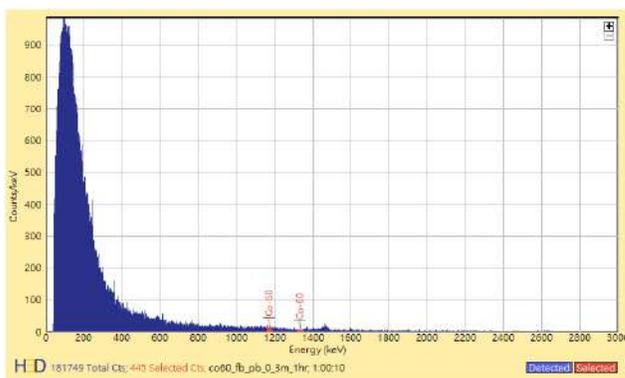


圖 14 熱點定位能力測試-0.3 公尺-1 小時-能譜分析

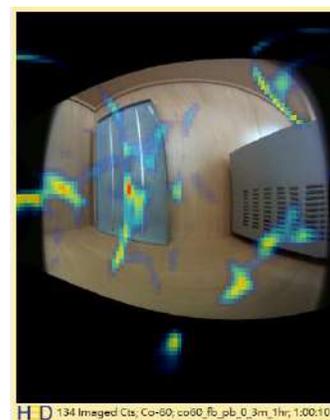


圖 15 熱點定位能力測試-0.3 公尺-1 小時-熱點判斷

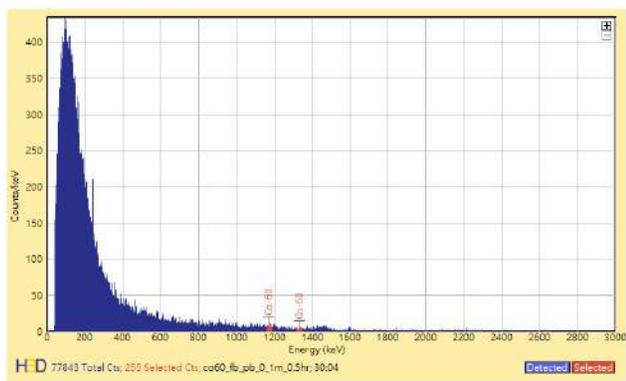


圖 16 熱點定位能力測試-0.1 公尺-0.5 小時-能譜分析



圖 17 熱點定位能力測試-0.1 公尺-0.5 小時-熱點判斷

表一 熱點定位能力測試結果

項次	量測距離(m)	光學照野寬度(m)	光學照野高度(m)	最小光學照野面積(m ²)	量測時間(h)	量測結果	備註
A	2.0	25.26	2.4	47.6	1	辨識為 Th-232	增加量測時間無法縮小熱點範圍。
A	2.0	25.26	2.4	47.6	16		
B	1.5	18.94	2.4	35.7	1	辨識為 Th-232	距離愈遠，熱點範圍越大越保守；距離越近，熱點範圍越小越精準。
C	1.0	12.63	2.4	23.8	1	辨識為 Th-232	
D	0.5	6.31	1.80	8.9	1	可辨識 Co-60	
E	0.3	3.79	1.08	3.2	1	可辨識 Co-60	
F	0.1	1.26	0.36	0.4	0.5	可辨識 Co-60	
G	0.02	0.25	0.07	0.014	0.13	可辨識 Co-60	

F-量測距離 0.1 公尺，光學照野寬度為 1.26 公尺(162°)、光學照野高度為 0.36 公尺，光學照野面積為 0.4 平方公尺。量測時間設定為 0.5 小時，能辨識出熱點存在並可正確辨識出 Co-60(圖 16、17)，與 0.3 公尺量測結果相比熱點範圍及核種已屬精準。

G-量測距離 0.02 公尺，光學照野寬度為 0.25 公尺(162°)、光學照野高度為 0.07 公尺，光學照野面積為 0.014 平方

公尺。量測時間設定為 8 分鐘，能辨識出熱點存在並可正確辨識出 Co-60。

結論

綜合上述更改量測距離、量測時間之實驗結果彙整於表一，分析結果如下：

1. 量測距離與熱點保守度有關，量大範圍，但熱點範圍也會較大較保守。隨著縮小量測距離，縮小照野面積，熱點範圍會較小較精準。

2. 因 Co-60 射源放射之加馬粒子，經由鉛、鐵屏蔽及一定距離後，大多粒子已不能維持初始放射能量(1.17MeV、1.33MeV)，在量測距離較大時(1~2 公尺)系統辨識成 Th-232 核種，距離較近時(0.5 公尺以下)系統可辨識 Co-60 核種。

3. 無論距離近或遠，系統均能對於極低微活度物件定性識別污染及熱點範圍。

手持式加馬能譜分析成像系統能力測試 II

—極低微活度與高活度測試

徐世融

台灣電力公司核能一廠

作者分享以手持式加馬能譜分析成像系統測試對極低微活度與高活度之偵檢度量測試的結果，以大面積面狀 Cs-137 射源進行極低微活度測試，以及以桶型校正 Eu-152 射源進行高活度測試，由手持式加馬能譜分析成像執行定性與熱點準確度之量測判別。

極低微活度測試

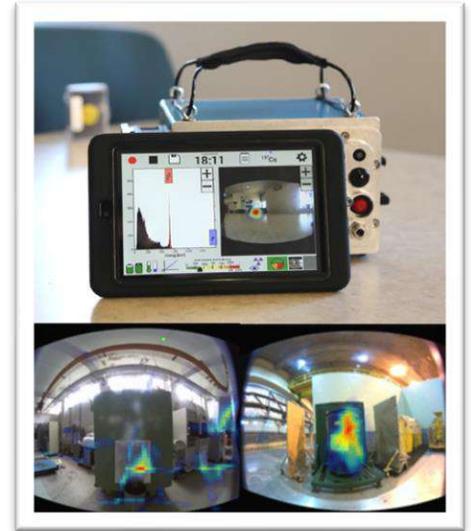
量測環境：核能研究所解除管制量測實驗室，背景劑量率 0.05 微西弗/時。

測試射源：核能研究所覆蓋聚酯膠膜大面積面狀射源(50 x 40 cm)

- 核種 :Cs-137 活度如表一 (2022/5/17):
- 接觸劑量率:三片均為 0.05 微西弗/時，等同背景值。
- 表面污染活度(Thermo B-20):量測三片均小於 MDC(0.25 Bq/cm²)

量測儀器:

- H3D H400 手持式加馬能譜分析儀：CZT 半導體，偵檢體積 19 cm³
- Thermo RADEYE PRD 手持式劑量率偵檢器：NaI 閃爍體
- Thermo B-20 手持式表面污染偵檢器：餅型蓋格，總貝他/加馬量測儀器，效率 31.1%，有效偵檢面積 15.52cm²



表一 Cs-137 活度

編號	表面活度(Bq/cm ²)	總活度(Bq)
1	0.0094	18.89
2	0.0467	93.47
3	0.0955	191.01



圖 1 極低微大面積面狀射源測試環境

極低微活度測試結果

1. 於核能研究所解除管制量測實驗室對極低微覆蓋聚酯膠膜大面積面狀射源執行定性與熱點準確度測試，以確認儀器量測極限，3 片射源之表面活度均小於 0.1 Bq/cm^2 。量測環境如圖 1，儀器架設高度 1.2 公尺，量測距離 1 公尺，光學照野寬度為 12.63 公尺(162°)、光學照野高度為 2.4 公尺以上。
2. 光學照野面積為 23.8 m^2 以上。量測時間設定為 1 小時。以 Thermo RADEYE PRD 量測三片射源之接觸劑量率均為 0.05 微西弗/時，等同背景值；Thermo RADEYE B-20 量測三片射源之表面活度均小於 MDC(0.25 Bq/cm^2) [量測 60 秒、儀器效率 31.1%]，與背景無法區分。
3. 編號 1 射源測試，能正確辨識出 Cs-137 核種並顯示熱點可能區域，如圖 2、3。惟射源活度太低以致儀器計數值太低(711)，以少量粒子推估之熱點位置稍微偏移，精確度尚嫌不足。
4. 編號 2 射源測試，能正確辨識出 Cs-137 核種並顯示熱點可能區域，如圖 4、5。惟射源活度太低以致儀器計數值太低(704)，以少量粒子推估之熱點位置偏移，精確度尚嫌不足。
5. 編號射源 3 測試，能正確辨識出 Cs-137 核種並顯示熱點可能區域，如圖 6、7。雖然射源活度低以致儀器計數值低(714)，但推估之熱點位置正確。

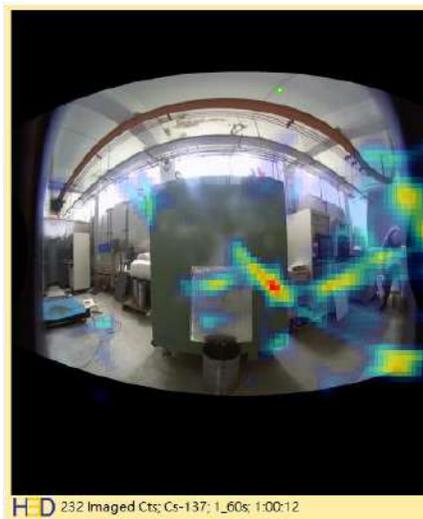


圖 2 編號 1 射源量測成像結果

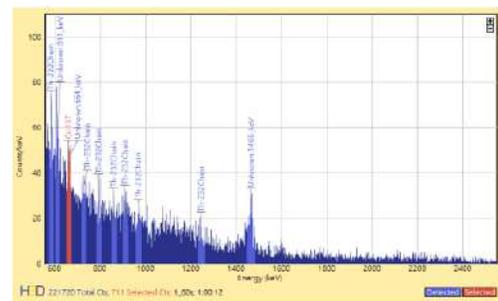


圖 3 編號 1 射源能譜分析

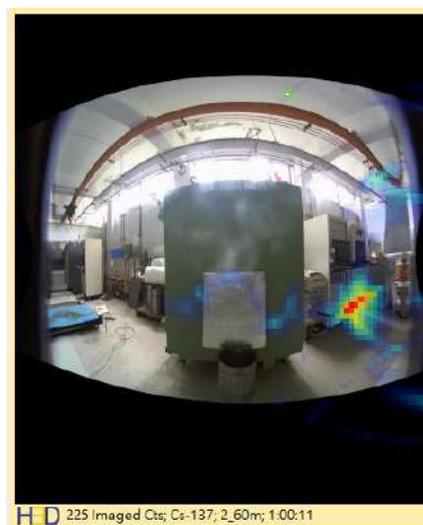


圖 4 編號 2 射源量測成像結果

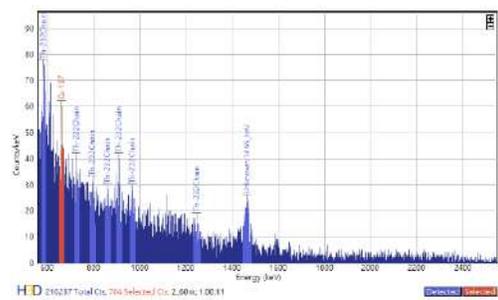


圖 5 編號 2 射源能譜分析

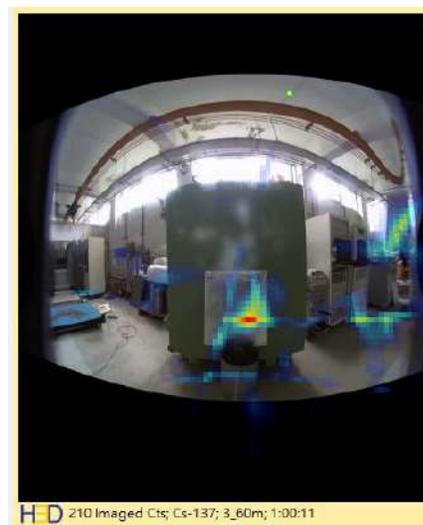


圖 6 編號 3 射源成像結果

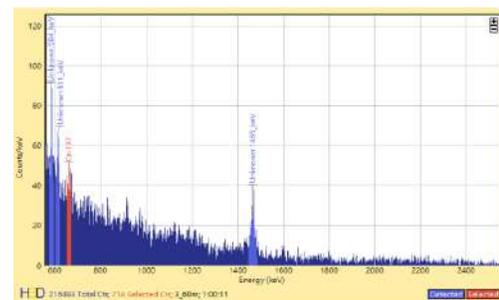


圖 7 編號 3 射源能譜分析

表二 極低微活度測試結果

編號	表面活度(Bq/cm ²)	量測距離(公尺)	量測時間	量測結果	備註
1	0.0094	1.0	1 小時	正確辨識 Cs-137	射源活度太低將影響熱點區域推估正確性。
2	0.0467	1.0	1 小時	正確辨識 Cs-137	
3	0.0955	1.0	1 小時	正確辨識 Cs-137	



圖 8 桶型射源量測環境

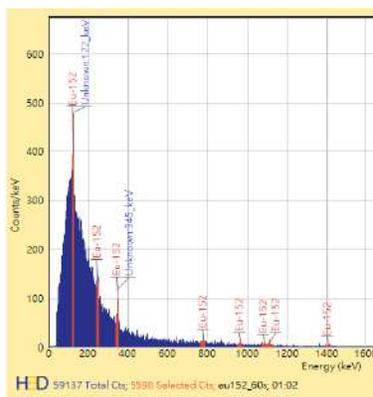


圖 9 桶型射源量測結果-能譜分析

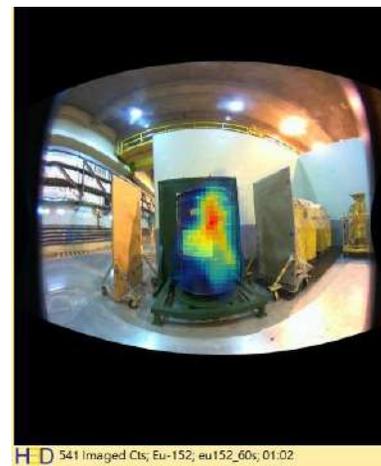


圖 10 桶型射源量測結果-熱點識別

綜合上述量測結果，整理詳見表二。從結果得知，手持式加馬能譜分析成像系統對於極低微(0.009~0.1 Bq/cm²)Cs-137 表面活度射源可正確辨識核種，惟因射源活度太低導致儀器偵測粒子數量過少，將影響熱點區域推估正確性。拉長測量時間增加計數值，應可提高熱點判別區域精確度。參考實驗結果，熱點區域之判定雖不完全正確，但可以確認手持式加馬能譜分析系統對於極低微活度污染具有非常強力的定性判別能力。

高活度桶型射源測試

測試環境:核一廠低放射性廢棄物壹號貯存庫整備區，整備區背景劑量率約

0.15~0.18 微西弗/時，量測區域(搭建鉛屏蔽)背景劑量率: 0.07 微西弗/時

標準校正射源：Eu-152

- 總活度:110.68 MBq(1997/3/4)，30.465 MBq(2022/4/2，半衰期以 13.5 年計算)
- 幾何條件:55 加侖桶填充混凝土桶形體射源
- 表面劑量率:40 微西弗/時

測試結果：

- 桶型校正射源置放於鉛屏蔽內旋轉平台，以減少干擾，平台高 30cm。手持式加馬能譜分析成像系統架高 85cm，距離 Eu-152 桶型校正射源 1 米處進行量測，量測時間 1 分鐘，如圖 8。量測系統於

30 秒時正確識別出 Eu-152 核種，並清楚辨識熱點(射源)位置。量測結果詳見圖 9、10。

- 以系統內建模擬軟體建立桶型模型，並以量測結果推估活度，計算結果為 33±3.8MBq。計算結果與實際值誤差為 8.32%，上限值誤差為 20.79%，下限值誤差為 -4.15%，誤差值均落在我國一定活度或比活度以下廢棄物解除管制之加馬量測技術規範-TAF-CNLA-T12(2)第 5.2.4(2)項能力試驗評估基準要求-25%~+50%之間。

由上述量測結果得知，對於高活度射源，手持式加馬能譜分析成像系統能在短時間內識別核種及污染位置，以系統內建軟體推估活度亦有相當的準確度。

發行人
張似璵

主編
劉代欽

執行編輯
林珏汶

編輯委員
尹學禮
江祥輝
劉代欽
蔡惠予
魯經邦



出版單位

財團法人中華民國輻射防護協會

行政院新聞局 出版事業登記證
局版北市誌字 第柒伍零號

地址

30017 新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話 | 03-5722521 傳真

01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵 | www.rpa.org.tw 網站