

# 低放射性廢棄物活度量測追溯管制技術研究

## Proficiency Test for Low-Level Radioactive Waste Drum Measurement

主管單位：原子能委員會放射性物料管理局

葉俊賢

邱鎧盛

Yeh, Chin-Hsien

Chiu, Huang-Sheng

行政院原子能委員會核能研究所

### 摘要

國家游離輻射標準實驗室(NRSL)舉辦的低放射性活度量測比對，國內6部純鍺偵檢器加馬能譜定性定量系統參加，模擬放射性廢棄物將測試桶分成活度非均勻分布金屬桶5桶，與已知標準值比較 $^{137}\text{Cs}$ 及 $^{60}\text{Co}$ 最大差異為-65%及-62%。另一模擬放射性廢棄物整桶活度均勻分布的非金屬桶4桶，與全體參與偵檢器的平均值比較 $^{137}\text{Cs}$ 及 $^{60}\text{Co}$ 最大差異為25%及33%。

**關鍵詞：**能力試驗、低放射性廢棄物

### Abstract

The National Radiation Standard Laboratory (NRSL) organized a comparison test by offering 9 different low-level activity samples for six laboratories in Taiwan to measure known and unknown activities with measuring instruments using HPGe detector. Uniform metal and heterogeneous nonmetal of drum-type were used to measure the gamma activity of the radionuclide of  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$ .

**Keywords :** proficiency test, low-level radioactive waste.

### 一、前言

因應我國核一廠一號機自民國67年12月10日開始商業運轉迄今已接近設計的40年運轉年限，核一廠將依「核子反應器設施管制法」第23條由台電公司檢附除役計畫，向主管機關提出除役申請，並依該法施行細則第16條以拆除方式於取得主管機關核發之除役許可後二十五年內完成除役。本計畫研究重點於低放射性廢棄物整桶活度量測能力試驗技術研究，藉以厚實主管機關執行除役審查之技術。

## 二、研究方法

本年度(103年)量測比對用測試桶共9桶，主要分成整桶活度均勻分布桶樹脂、過濾器活性碳、水泥及水溶液(450 g罐 × 360個)等4桶，如圖1～圖4；與整桶活度非均勻分布桶(射源水平分布3桶及射源垂直分布2桶)等5桶，如圖5～圖8等二類。其中水平分布的直徑40公分面射源， $^{137}\text{Cs}$ 與 $^{60}\text{Co}$ 活度約89 kBq與33 kBq，如圖6；及垂直分布的直徑1.5 cm × 長60 cm棒射源， $^{137}\text{Cs}$ 與 $^{60}\text{Co}$ 活度約86 kBq與78 kBq，如圖8，二者射源活度皆追溯國家游離輻射標準其標準不確定度皆小於0.8 %。

參加103年低放射性活度比對之機構，皆使用純鍺偵檢加馬能譜定性定量系統共6部，分別為台電公司核二廠之廢料處理組2部、台電公司核三廠之廢料處理組1部、核能研究所化學分析組1部及核能研究所保健物理組2部(含解除管制量測實驗室1部)，其中核三廠定性定量系統無55加侖桶旋轉座。參加廢棄物活度量測比對儀器如表1。

表 1、參加廢棄物活度量測比對儀器

機構	代碼	廠牌	型號	偵檢器×個	型式	分析程式
核二廠	A	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genius2000
核三廠	B	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	固定	Genius2000
化學分析組	C	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genius2000
核二廠	D	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genius2000
保健物理組	E	Canberra	Q2	HPGe ×3	固定	Genius2000
保健物理組	F	ORTEC	ISOCART	HPGe ×1	移動	GammaVision



圖 1、整桶樹脂(充填率 96%)



圖 2、整桶過濾器活性碳(充填率 90%)



圖 3、整桶水泥(充填率 100%)



圖 4、整桶水溶液(充填率 100%)

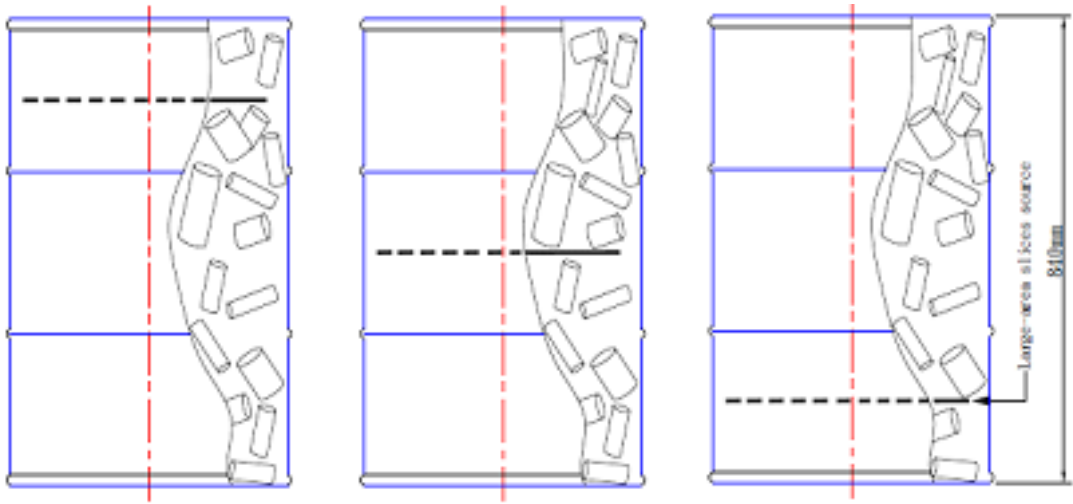


圖 5、面射源放置金屬桶內水平軸之上、中、下層位置

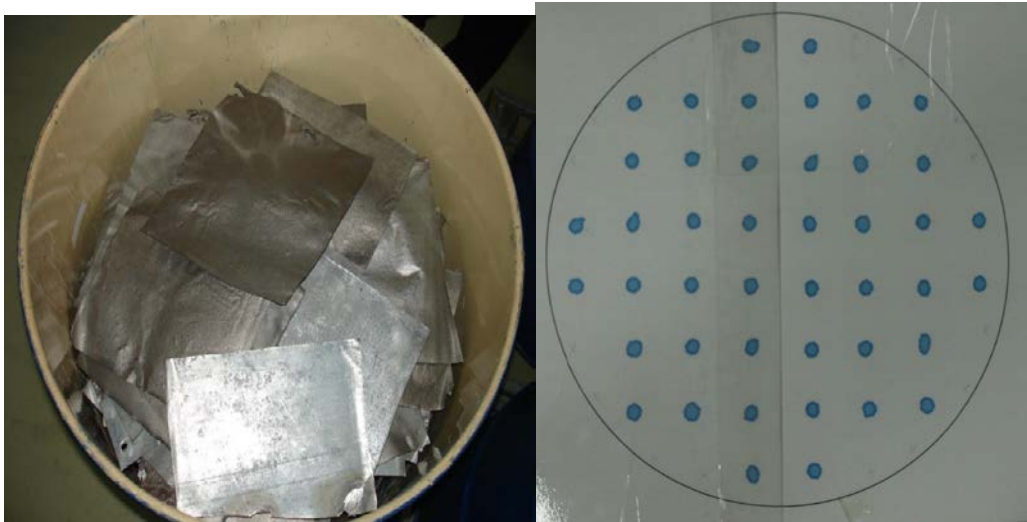


圖 6、整桶鐵片及直徑 40 公分圓形面射源

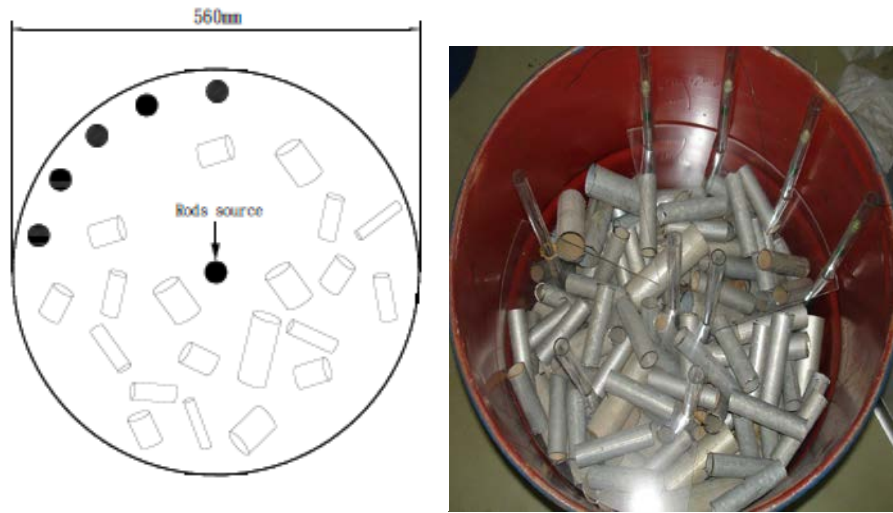


圖 7、金屬桶內射源棒放置偏單邊或集中中心位置

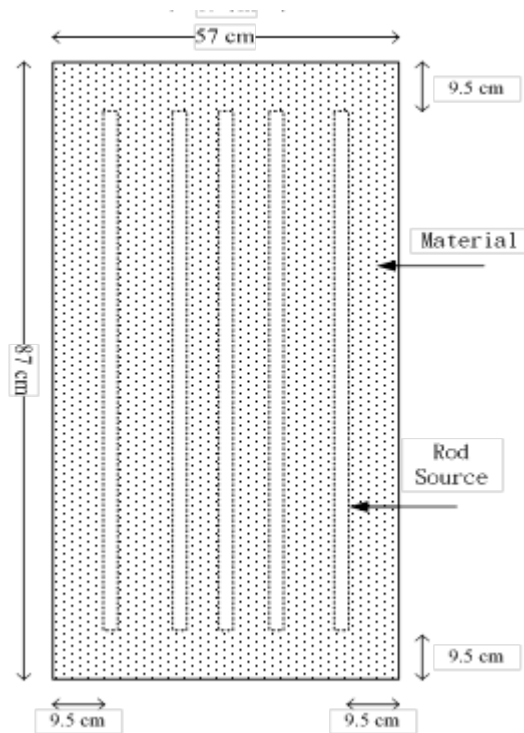


圖 8、液態棒狀射源及桶內棒狀射源放置

### 三、研究成果

參加比對之9桶測試桶的6部偵檢系統的定性定量量測結果，非均勻分布金屬桶5桶之活度差異(%)是與已知活度之面射源與棒射源的標準值比較結果如圖9與圖10，當熱點集中在某個方位的5桶中，6部偵檢器能譜分析結果與已知標準值間差異最大者，皆為位置在桶中間的垂直棒，因自屏蔽效應大，關鍵核種 $^{137}\text{Cs}$ 與 $^{60}\text{Co}$ 的最大差異為-65%與-62%，而6部偵檢器能譜分析結果與已知標準值間差異最小者，為位置在桶中間層的面射源，因定性定量系統的純鍺偵檢器皆放置在整桶的中間量測，其距離偵檢器最近提高放射性靈敏度差異會較小。在6部偵檢系統中唯一由3部純鍺偵檢器組合的代碼E量測系統效率較高，整桶全體廢棄物的放射性皆被均勻偵檢得到其量測效果較佳，因此量測整桶活度非均勻分布的5桶的結果差異皆較小，除了在桶中間位置的垂直棒外，其餘4種活度非均勻分布的差異約為20%。

另外，均勻分布非金屬桶4桶之活度差異(%)是與6部偵檢器之平均值比較結果如圖11與圖12，其中整桶水溶液活度是追溯國家游離輻射標準，核種 $^{137}\text{Cs}$ 與 $^{60}\text{Co}$ 為390 kBq與350 kBq，為確認6部偵檢器之量測水準，先行驗證水溶液桶其核種 $^{137}\text{Cs}$ 與 $^{60}\text{Co}$ 的最大差異為15%與16%，其餘3桶之非金屬桶核種 $^{137}\text{Cs}$ 與 $^{60}\text{Co}$ 的最大差異為32%與33%，但是這6部偵檢器之核種 $^{137}\text{Cs}$ 與 $^{60}\text{Co}$ 各18個量測值中的活度最大差異約為20%。

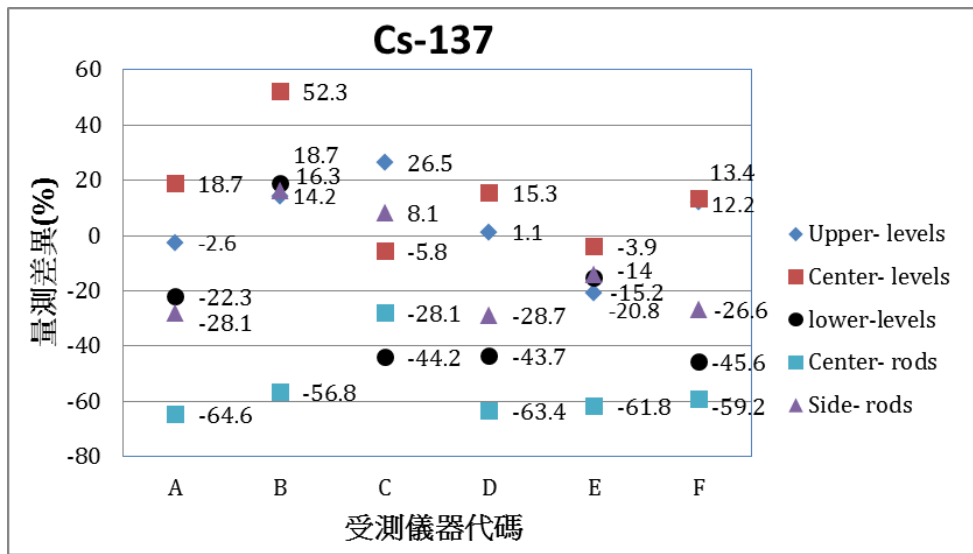


圖 9、非均勻分布桶  $^{137}\text{Cs}$  量測活度差異

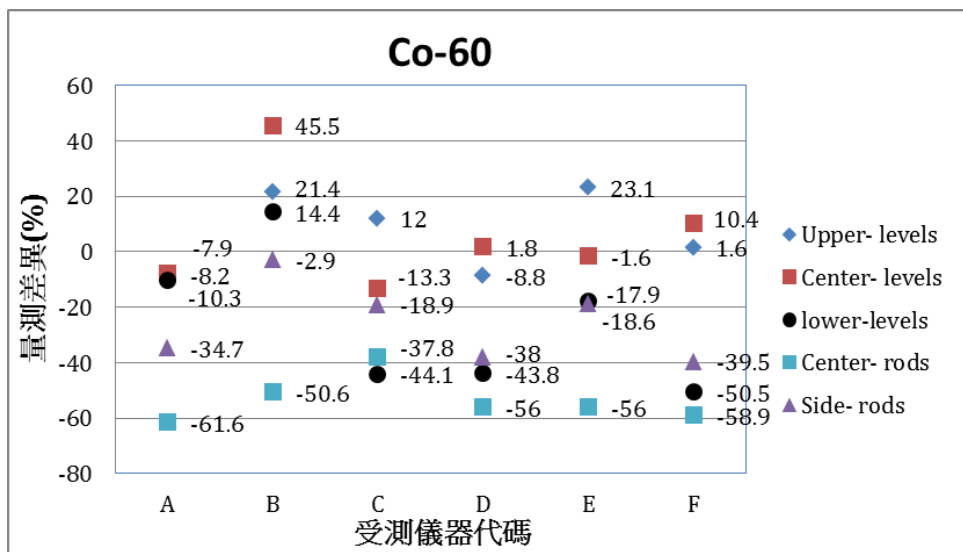


圖 10、非均勻分布桶  $^{60}\text{Co}$  量測活度差異



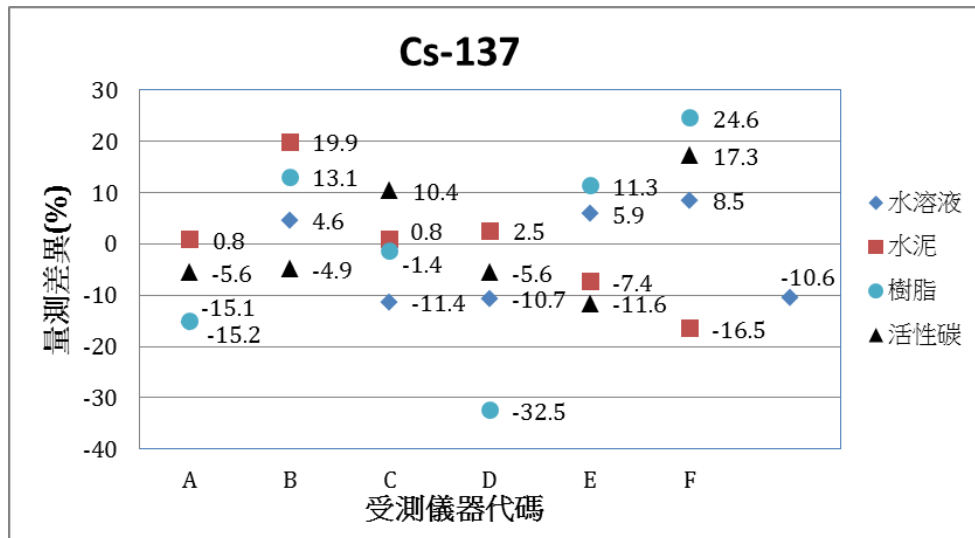


圖 11、均勻分布桶 <sup>137</sup>Cs 量測活度差異

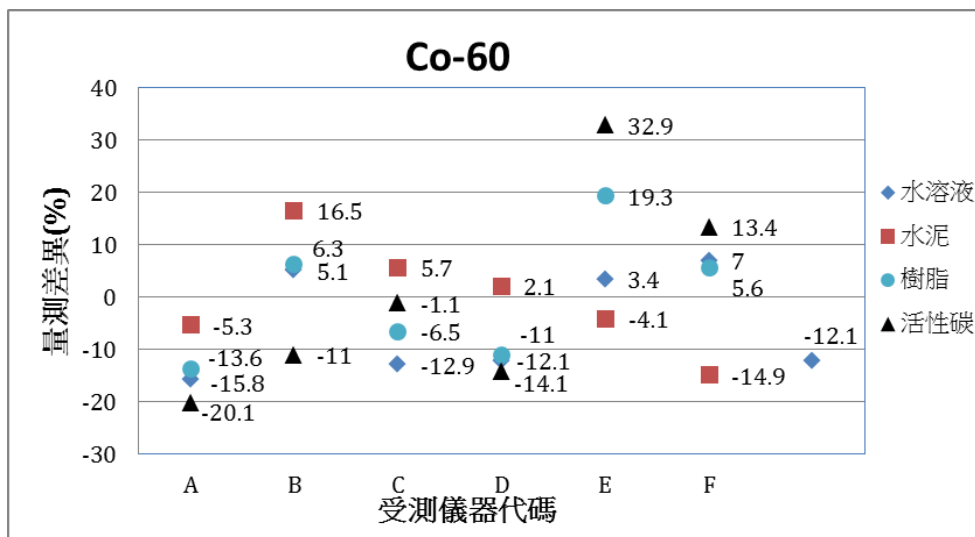


圖 12、均勻分布桶 <sup>60</sup>Co 量測活度差異

#### 四、結論與建議

舉行低放射性廢棄物整桶活度量測試驗，可藉以了解國內核設施或研究機關，量測低放射性廢棄物整桶加馬活度之能力，並進一步整合國內量測技術與建立放射性廢棄物量測認證制度，以提升國內低放射性廢棄物量測技術能力達國際水平。另完成低放射性廢棄物整桶量測技術規範草案，說明如何配合我國現有量測標準追溯體系，建立符合本土化之追溯鏈，以確保量測結果之公信力，並提供國內主管機關及各核設施做為參考之依據。

## 參考文獻

1. 葉俊賢、袁明程(2007)，「桶型加馬活度計測系統之校正方法：INER-5068R」。
2. 葉俊賢、袁明程(2010)，「解除管制試樣量測分析之能力試驗總結報告：INER-6960」。
3. 林崇智(2007)，「SWAM-2 加馬活度計測系統：INER-3506」。
4. 林國禎(2009)，「SWAM-3 量測系統操作說明書：INER-SOP-0162R」。
5. 財團法人全國認證基金會(2005)，「測試結果量測不確定度評估指引：TAF-CNLA-G03(1)」。
6. 財團法人全國認證基金會(2004)，「測試領域環境試樣放射性核種技術規範：TAF-CNLA-T09(1)」。
7. ANSI (1995) American national standard traceability of radioactive sources to NIST and associated instrument quality control. N42.22-1995, American National Standards Institute, New York.
8. IAEA (2004) Application of the Concepts of Exemption and Clearance. IAEA RS-G-17.
9. International Organization for Standardization (1995) Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO, Switzerland.