

行政院原子能委員會放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

建置 205L 桶形校正系統及測試

計畫編號：102FCMA004

報告編號：102FCMA004-01

執行單位：核能研究所

計畫主持人：周鼎

子項工作負責人：邱鏗盛

報告作者：葉俊賢、黃珮吉、袁明程

報告日期：中華民國 102 年 12 月

[本頁空白]

Establishment and of calibration system for 205L standard drums

Yeh, Chin-Hsien Huannng, Ping-Ji Yuan, Ming-Chen

Abstract

The National Radiation Standard Laboratory (NRSL) simulated the low-level radioactive waste produced from nuclear facilities and fabricated reference materials which were 9 rod-type volume sources used in HPGe detectors to construct measurement standard drums of various densities. Besides, NRSL tested the radionuclide counting efficiency of this type of detector using volume sources of five densities and put the detectors into the gamma spectrum analysis of drum-type samples for low-level radioactive waste.

Keyword: rod source, counting efficiency, low-level testing sample.

Institute of Nuclear Energy Research

建置 205L 桶形校正系統及測試

葉俊賢、黃珮吉、袁明程

摘 要

國家游離輻射標準實驗室(NRSL)，模擬核設施產生的低放射性廢棄物，製作單一核種 ^{241}Am 可用於純鍺偵檢器之 9 支棒體射源；另外，亦完成純鍺偵檢器五種密度體射源之核種計測效率，適用於桶形低放射性廢棄物加馬活度量測。

關鍵字：棒狀體射源、計測效率、低放射性試樣。

核能研究所

目 錄

1. 前 言	1
2. 實驗方法	2
2.1 校正用假體製作	2
2.2 棒狀射源製作	5
2.3 量測驗證儀器	7
2.4 量測驗證結果	8
3. 量測比對	10
3.1 核種活度比對方法	11
3.2 比對結果	12
4. 結論與建議	13
參考文獻	14

附 圖 目 錄

圖 1：HPGe 使用校正假體射源配置方式	2
圖 2：殼狀棒校正桶側視圖與尺寸	3
圖 3：五種密度 9 支棒桶形校正假體	4
圖 4：核種 ^{241}Am 液態棒狀射源	5
圖 5：閃爍體偵檢器測試個別棒狀射源活度	6
圖 6：9 支棒 ^{241}Am 射源活度均勻性測試	6
圖 7：ORTEC-ISOCART 移動式純鍺偵檢器	7
圖 8：ORTEC-ISOCART 幾何模板	8
圖 9：純鍺偵檢器之假體密度與核種效率曲線	9
圖 10：Canberra-ISOCS 移動式加馬活度偵檢器	10
圖 11：ISOCS 幾何模板	11

附表目錄

表 1：純鍺偵檢器使用之 9 支棒密度假體規格.....	3
表 2：純鍺偵檢器使用之 9 支棒密度規格.....	8
表 3： ^{241}Am 活度量測比對結果.....	12

1. 前 言

為解決相關設施除役及核能電廠營運多年來庫存之放射性廢棄物問題，考量國內核能電廠及研究機構等，大多使用桶型偵檢系統來量測放射性廢棄物之解除管制試樣的比活度⁽¹⁾，我國國家游離輻射標準實驗室(NRSL)遂利用 9 個大面積片狀射源，以水平等間距方式放置於校正桶中，或利用 9 支均勻棒狀體射源，以等體積方式插入校正桶中，以校正儀器的偵測效率，並實際用於 98 年解除管制試樣量測分析之能力試驗，獲得初步良好的成果。

依據過去製作桶型體射源之經驗⁽²⁻⁴⁾，並參考 Canberra 公司利用殼狀模型發展之校正桶。本報告採用單一 ^{241}Am 核種，利用殼狀模型製作內含 9 支棒狀體射源且適用於純鍺偵檢器校正之標準校正桶。

本文將敘述建立純鍺偵檢器的各五種密度體射源校正桶的製作過程，並利用此校正桶評估量測系統對核種的計測效率，以及經此校正後的量測系統其樣品活度量測準確度的驗證與比較結果。

2. 實驗方法

2.1 校正用假體製作

校正用標準桶之製作分為兩部分，一是製作不同密度的假體，另一是製作要放入假體中的射源。使用於純鍍偵檢器校正的標準桶假體製作，材質為紙板、木板、塑膠粒、水泥或小彈珠製作之假體，其平均密度分別為 0.138 g/cm^3 、 0.498 g/cm^3 、 0.960 g/cm^3 、 1.583 g/cm^3 及 1.755 g/cm^3 。於假體鑽出 9 個圓柱形孔洞，各孔洞相對位置如圖 1 所示，以便隨後放入 9 支棒狀射源，而其淨重與材質如表 1 及圖 2 所示。五種密度 9 支棒桶型校正假體如圖 3 所示。

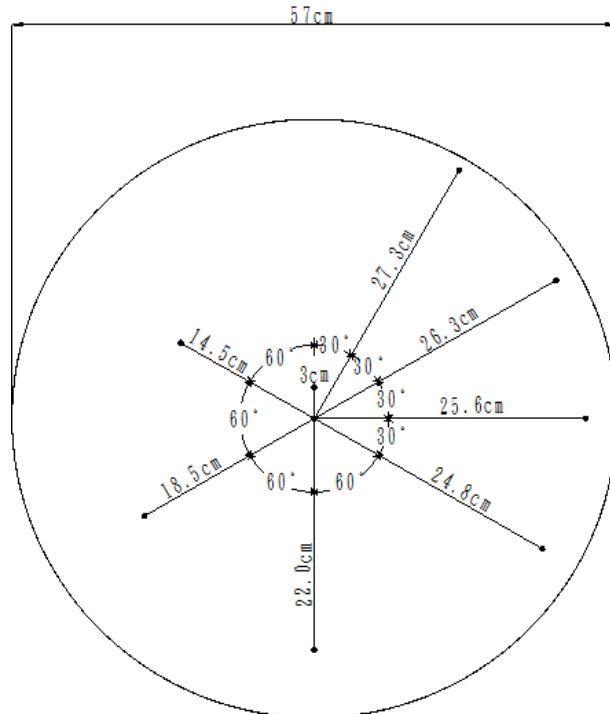


圖 1：HPGe 使用校正假體射源配置方式

表 1：純鍺偵檢器使用之 9 支棒密度假體規格

材質	淨重(kg)	密度(g/cm ³)
紙板	29	0.138
木板	104.5	0.498
塑膠	201.5	0.960
玻璃	332.5	1.583
水泥	368.5	1.755

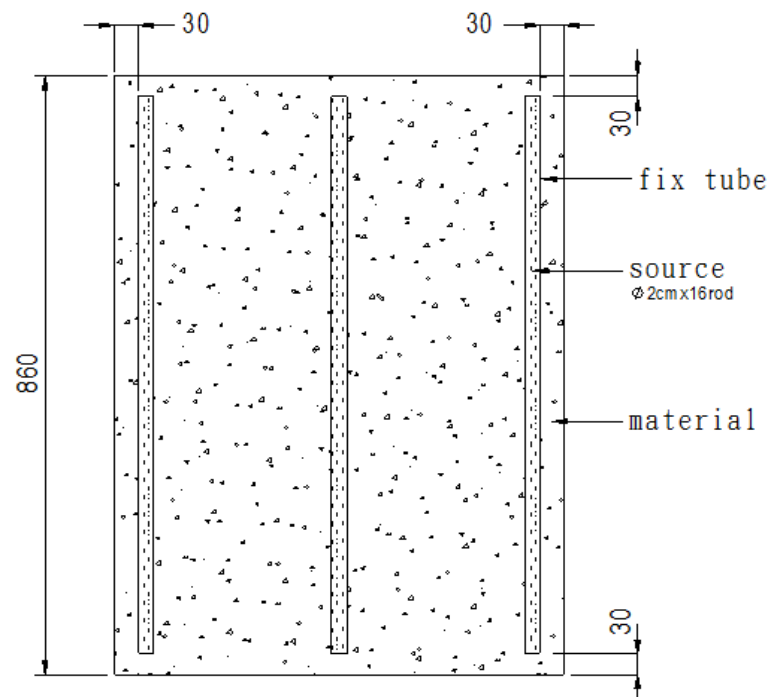


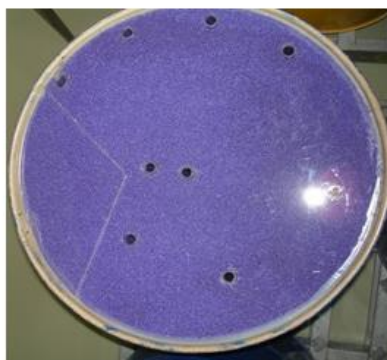
圖 2：殼狀棒校正桶側視圖與尺寸



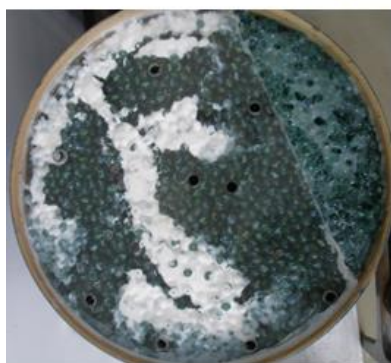
紙板(0.138 g/cm^3)



木板(0.498 g/cm^3)



塑膠(0.960 g/cm^3)



玻璃(1.583 g/cm^3)



水泥(1.755 g/cm^3)

圖 3：五種密度 9 支棒桶形校正假體

2.2 棒狀射源製作

採用單一核種 ^{241}Am 製作適用於純鍺偵檢器使用的 9 支棒狀體射源組，是使用直徑 1.5 cm、長 86 cm、厚度 5mm 的塑膠管內裝滿 60 mL 的 ^{241}Am 液態射源密封後，再放入直徑 2.0 cm、厚度 5mm 的塑膠管中密封完成，每支 60 mL 的 ^{241}Am 液態射源活度為 45.5 kBq，其標準不確定度 $< 1.8\%$ 。9 支液態射源棒總活度為 409 kBq，包括追溯國家游離輻射標準射源、鹽酸及載體等如圖 4，並使用微電腦自動分注器分別注入射源棒中。

使用直徑 3 cm 閃爍體偵檢器(INER/Fs-99)測試製作完成的棒狀射源的均勻度的裝置如圖 5，偵檢器的背景值為 44 cps。受測的 76 cm 長棒狀射源每 3 cm 量測一次，每支棒量測 20 個位置，在核種 ^{241}Am 棒射源組中，各別抽樣 3 支作均勻度測試的結果分別如圖 6，而相對平均值的標準差分別為 3.2%、4.3% 及 3.8%。



圖 4：核種 ^{241}Am 液態棒狀射源



圖 5：閃爍體偵檢器測試個別棒狀射源活度

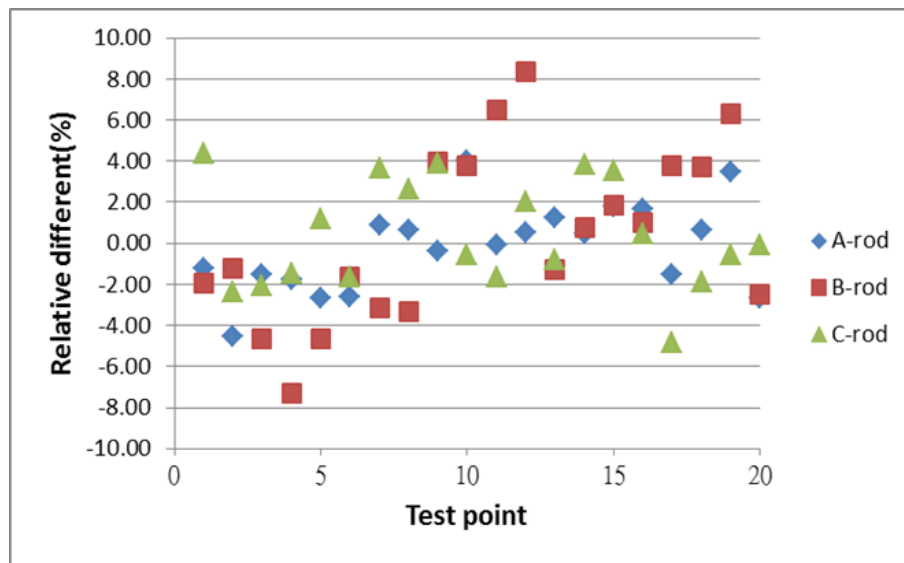


圖 6：9 支棒 ^{241}Am 射源活度均勻性測試

2.3 量測驗證儀器

使用 ORTEC 公司所製造之量測設備，移動式單純鍍加馬活度量測裝置(ISO-CART)⁽⁵⁾，如圖 7 所示；此移動式加馬偵檢器係利用點射源進行效率校正，並使用程式內建幾何模板模擬樣品形狀與活度分佈如圖 8 所示，再經由數學軟體(ISOTOPIC)計算量測樣品活度。



圖 7：ORTEC-ISO-CART 移動式純鍍偵檢器

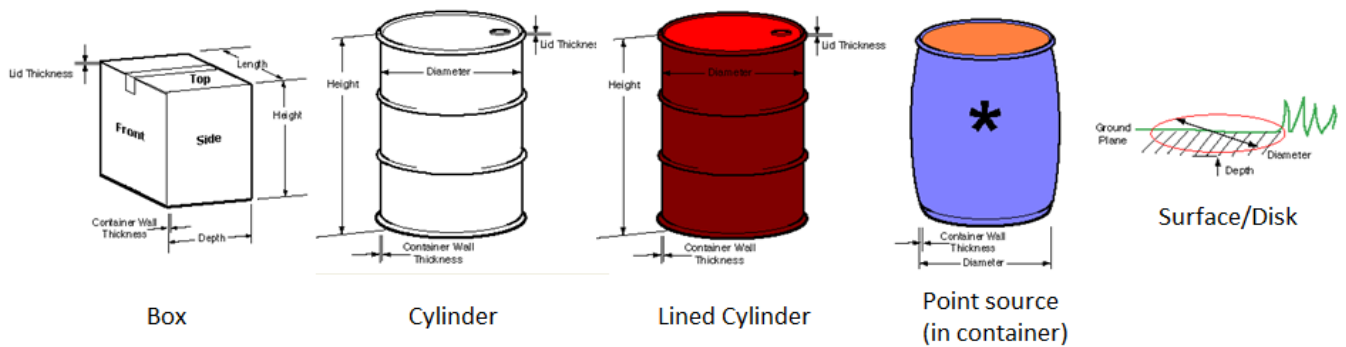


圖 8：ORTEC-ISOCART 幾何模板

2.4 量測驗證結果

使用於純鍺偵檢器的桶型 9 支棒體射源的核種 ^{241}Am (60 keV) 的五種密度假體的量測規格如表 2，低至高密度 $0.138 \text{ g/cm}^3 \sim 1.75 \text{ g/cm}^3$ 的 60 keV 的計測效率為 $0.00003 \sim 0.000004$ 。隨著桶形假體密度增大，光子受材質屏蔽效應愈大，故密度與核種偵測效率呈現反比關係，如圖 9 所示。

表 2：純鍺偵檢器使用之 9 支棒密度規格

材質	總重(kg)	淨重(kg)	密度(g/cm^3)	效率
水泥	390.5	368.5	1.7548	3.66E-06
玻璃	354.5	332.5	1.5833	3.70E-06
塑膠	223.5	201.5	0.9595	7.25E-06
木質	126.5	104.5	0.4976	1.36E-05
紙質	51.0	29.0	0.1381	2.84E-05

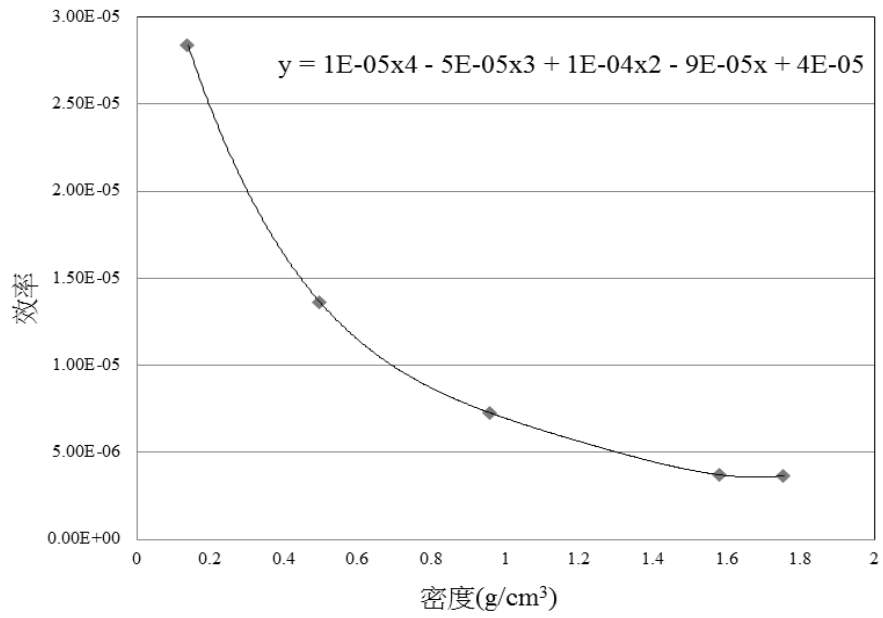


圖 9：純鍺偵檢器之假體密度與核種效率曲線

3. 量測比對

將 9 支棒體射源的核種 ^{241}Am 放置於 9 孔水泥校正桶中，以兩台不同廠牌移動式加馬活度量測系統，進行整桶加馬活度量測比對。其中由 ORTEC 公司製造量測設備規格，已在 2.3 節中簡介。另外由 Canberra 公司製造移動式單純銻偵檢器量測系統(ISOCS)，如圖 10 所示，可搭配 2.5 公分或 5 公分之鉛屏蔽，以及不同角度(0° 、 30° 、 90° 、 180°)的準直器進行量測，此量測設備之純銻偵檢器皆利用蒙地卡羅程式校正(MCNP-Characterized) 如圖 11，利用幾何模板模擬樣品形狀與活度分佈，再經由數學計算效率校正曲線。



圖 10：Canberra-ISOCS 移動式加馬活度偵檢器

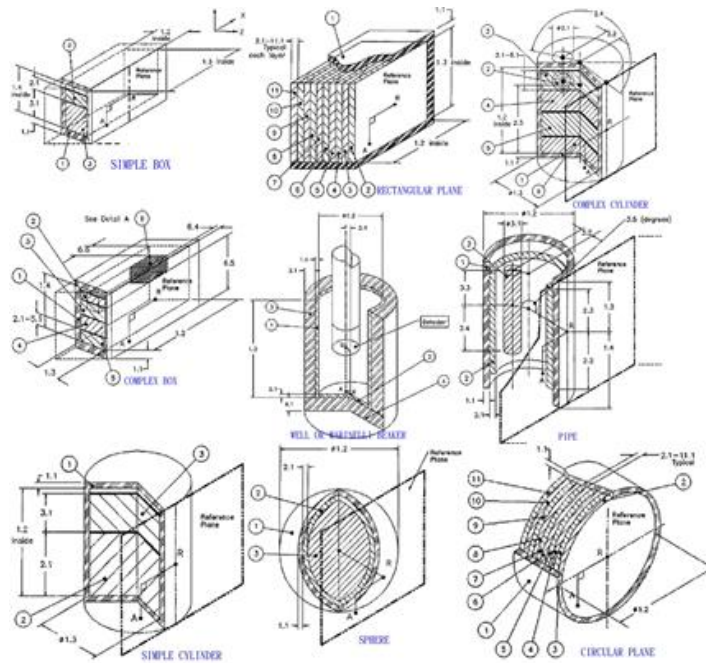


圖 11：ISOCS 幾何模板

3.1 核種活度比對方法

測試樣核種活度比對方法，基本上以下列公式計算，實驗室量測值為 V_i ，參考標準值為 V_s ，偏差 B_i (Bias) 定義為：

$$B_i = \frac{V_i - V_s}{V_s}$$

其中 B_i ：量測值與標準值的偏差

V_i ：核種量測活度(Bq)，

V_s ：核種標準活度(Bq)

3.2 比對結果

兩部移動式加馬活度量測系統，量測比對 205 L 水泥桶內 ^{241}Am 加馬活度，量測結果整理如表 3 所示：

表 3： ^{241}Am 活度量測比對結果

系統	標準活度 (Bq)	量測活度 (Bq)	相對誤差(%)
ISOCART	606300	636215	4.9
ISOCS	606300	757700	25.0

由上表可知，兩部不同廠牌量測系統，量測 205 L 整桶 ^{241}Am 加馬活度相對誤差在 30%以內，未來將拓展於國內低放射性廢棄物整桶加馬活度量測比對活動當中。

4. 結論與建議

1. 製作完成移動式純鍺偵檢器使用之單一核種²⁴¹Am 的殼狀 9 支棒體射源。
2. 建立的五種桶型密度體射源的核種計測效率，適用於純鍺偵檢器量測低放射性活度試樣的活度。
3. 抽樣 3 支棒體射源均勻度測試的結果，相對平均值的最大標準差為 4.3 %。
4. ²⁴¹Am 整桶加馬活度量測比對結果，相對誤差小於 30%，未來將應用於國內低放射性廢棄物加馬活度量測比對活動之中。

參考文獻

1. 葉俊賢、袁明程”桶型加馬活度計測系統之校正方法 ”，INER-5068R，2007。
2. 葉俊賢、袁明程”解除管制試樣量測之棒狀射源校正桶”，INER-8525，2011。
3. Yuan, M.C., Yeh, C.H., Yeh, C.Y., Chen, I.J., Wang, C.F., 2010. Proficiency testing feasibility study for the measurement of gamma-emitting. *Appl. Radiat. Isot.* **68**, 1211-1216.
4. Yuan, M.C., Yeh, C.H., Wang, J.J., Chen, I.J., Wang, C.F., 2009. The calibration and evaluation of a radioactive waste drum counting system. *Appl. Radiat. Isot.* **67**, 931-934.
5. ISOTOPIC-32 Software Version 4.1-User' Manual, 2008. AMETEK/ORTEC.
6. Dean, J., 2010. A second comparison of procedures for the assay of low levels of gamma-emitters in nuclear site waste. National Physical Laboratory (NPL).

行政院原子能委員會放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

建立低放射性廢棄物量測實驗室
品質認證相關規範草案

計畫編號：102FCMA004

報告編號：102FCMA004-02

執行單位：核能研究所

計畫主持人：周鼎

子項工作負責人：邱鎧盛

報告作者：黃珮吉、邱鎧盛

報告日期：中華民國 102 年 12 月

[本頁空白]

Establishing Quality Certification Specifications for Low-Level Radioactive Waste Measurement Laboratory (Draft)

Huang, Ping-Ji Chiu, Huang-Sheng

Abstract

The low-level radioactive waste (LLW) measurement laboratory belonged to Health Physics Division, is responsible for the research and development of LLW measurement techniques in INER. This report illustrates a way of establishing laboratory measurement system through the introduction of international standards ISO17025:2005 and continues to improve measurement quality and enhance the credibility of the measurement results to meet the requirements from the authorities and policy.

Keyword: Low-level radioactive waste, Quality Certification.

Institute of Nuclear Energy Research

建立低放射性廢棄物量測實驗室品質認證相關規範草案

黃珮吉、邱鎧盛

摘 要

保健物理組所屬低放射性廢棄物量測實驗室，負責核能研究所低放射性廢棄物核種及活度量測技術之研發，本報告以上述實驗室為例，說明如何透過引進國際標準 ISO 17025：2005，建立實驗室管理系統，達到持續提升量測品質並增進量測分析結果公信力之目標，並符合主管機關及本所之政策要求。

關鍵字：低放射性廢棄物、品質認證。

核能研究所

目 錄

1. 前 言	1
2. 管理要求	2
2.0 名詞解釋	2
2.1 組織與管理	3
2.1.1 管理	3
2.1.2 組織	3
2.1.3 職責	3
2.2 管理系統	5
2.2.1 品質政策、目標及目的	5
2.2.2 管理系統	6
2.3 文件管制	6
2.4 合約及要求審查	7
2.5 測試之外包	7
2.6 服務及供應品採購	7
2.7 顧客服務	8
2.8 抱怨	8

2.9 測試結果不符合管制	9
2.10 改進	9
2.11 矯正措施	9
2.12 預防措施	10
2.13 紀錄	10
2.14 內部稽核	11
2.15 管理審查	12
3. 技術要求	13
3.0 名詞解釋	13
3.1 人員	13
3.2 設施與環境條件	14
3.3 測試方法	14
3.4 設備	14
3.5 量測追溯性	15
3.6 取樣	15
3.7 測試件處理及運送	15
3.8 測試結果之品質保證	16
3.9 結果報告	16

4. 結 論.....	18
參考文獻.....	19

1. 前 言

行政院原子能委員會放射性物料管理局，於 2002 年 12 月 25 日發佈「放射性物料管理法」⁽¹⁾，其中第 21 條規定所訂定之「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」⁽²⁾第三章中規定，低放射性廢棄物處置、貯存必須說明廢棄物來源及核種與活度，依核種與活度分為 A、B、C 及超 C 類，再依類別處置。由此可知廢棄物之核種及活度是廢棄物分類的重要依據，而核種活度量測技術之可靠度與量測數據精確度，有賴良好認證制度之運作維持。

財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation，簡稱 TAF)，成立於 2003 年 9 月 17 日，其前身為中華民國實驗室認證體系(Chinese National Laboratory Accreditation，簡稱 CNLA)，以提供經濟與社會發展需求之公正、客觀、獨立及符合國際規範之第三者認證服務為宗旨。TAF 實驗室認證運作係依據 ISO/IEC 17011:2004⁽³⁾，並採用 ISO/IEC 17025:2005⁽⁴⁾為實驗室之共通性規範，並藉由對校正與測試實驗室之評鑑認證，達到實驗室符合國際標準與品質及技術提升之目的。

隸屬保健物理組(以下簡稱本組)之低放射性廢棄物量測實驗室，負責核能研究所(以下簡稱本所)低放射性廢棄物核種及活度量測技術之研發，本報告以上述實驗室為例，說明如何透過引進國際標準 ISO 17025:2005，並依據規範中管理與技術要求，建立實驗室管理系統，達到持續提升量測品質並增進量測分析結果公信力之目標，並符合主管機關及本所之政策要求。

2. 管理要求

2.0 名詞解釋⁽⁵⁾

1. 合約：以任何方式，傳達供應商與顧客之間雙方同意之各項要求。
2. 合約審查：供應商在簽訂合約前所採取之有系統的活動，以確保品質要求已作適當界訂，無模糊之處，並已文件化，且能由供應商所實施。
3. 顧客抱怨：實驗室之顧客書面或口頭抱怨，申訴或反映意見，需實驗室與顧客協調與後續處理者。
4. 不符合：不合規定的要求。即一種或多種品質特性或管理系統要項，與管理系統或標準規定的要求有所偏離或短缺。
5. 矯正措施：為預防再發生所採取的行動，以消除現存的不符合、缺點或其他不合意狀況的根本原因。
6. 預防措施：為預防發生所採取的行動，以消除一個潛在的不符合、缺點或其他不合意狀況的根本原因。
7. 紀錄：提供執行品質活動或已達到結果之客觀證據的文件。
8. 品質稽核：有系統而獨立的查驗，以判別品質活動及其相關結果是否符合預訂的計畫，及這些計畫事項是否有效地執行，且適切地達成目標。
9. 管理審查：高階層管理人員，依據品質政策及因環境改變，所導致的新目標，對管理系統的現況與適切性，所作的正式評估。

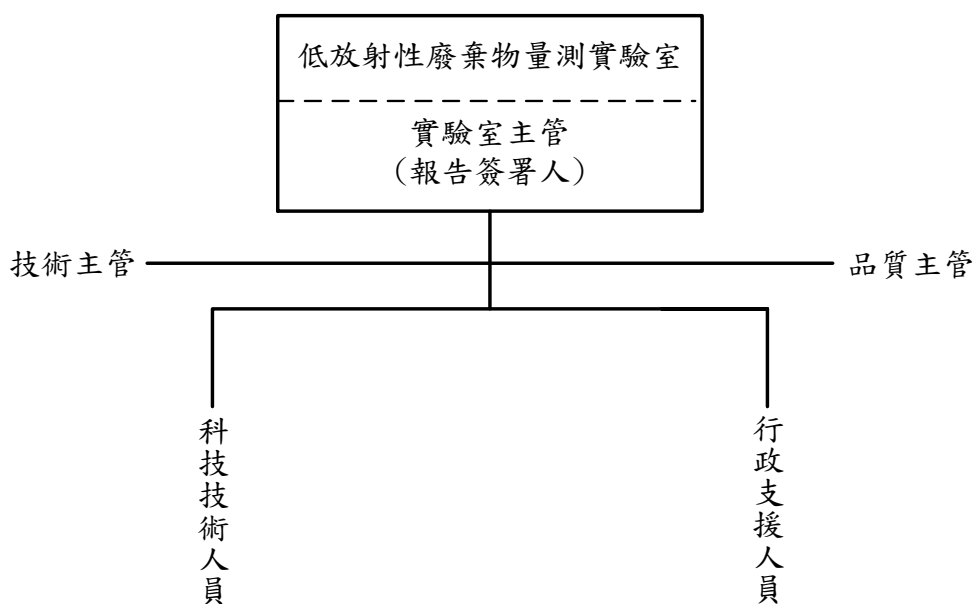
2.1 組織與管理

2.1.1 管理

1. 實驗室管理系統之運作，除需遵照相關法令及本所規章外，尚需符合 ISO 17025：2005 及本手冊之要求。
2. 實驗室依據相關品質文件及作業程序執行規定之量測分析業務，並將量測分析結果正確完整記錄之；量測分析結果應由實驗室獨立自主研判，不得受任何行政、業務、財務或人員影響。

2.1.2 組織

低放射性廢棄物量測實驗室之組織架構如下：



2.1.3 職責

A. 實驗室職責

1. 提供各界低放射性廢棄物量測及技術諮詢服務。
2. 低放射性廢棄物量測之技術研究發展。

3. 培訓及儲備技術人才，滿足未來發展需求。

4. 執行其他交辦事項。

B. 人員職責

人 員	職 責
實驗室主管 (報告簽署人)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確保實驗室依據 ISO 17025 及品質手冊持續有效執行與監督。 2. 實驗室品質相關問題直接反映單位最高主管。 3. 監督管理實驗室人員。 4. 審查監督管理系統之適切性及有效性。 5. 確保實驗室量測分析品質與能力之維持。 6. 查證實驗室管理系統，提供改善建議跟催改善結果。 7. 負責量測分析報告審核與發行。 8. 指派品質主管與技術主管。 9. 執行上級交辦事項。
品質主管	<ol style="list-style-type: none"> 1. 實驗室管理系統規劃、監督與執行。 2. 實驗室量測分析品保措施之規劃與監督。 3. 確保管理系統之正常運作；遇有問題，直接反映實驗室主管。 4. 規劃實驗室相關人員訓練。 5. 異常與顧客抱怨之處理。 6. 規劃執行內部稽核與管理審查。 7. 查核量測分析紀錄與報告。 8. 負責勞工安全衛生與輻防環保相關業務。 9. 執行其他交辦業務。
技術主管	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確保實驗室執行之量測分析業務符合規定之作業程序。 2. 量測相關技術問題之協調解決。 3. 確保實驗室技術能力維持。 4. 協助查核量測分析紀錄與報告。 5. 確保實驗室各量測系統之功能正常運作。 6. 執行上級交辦事項。
行政支援人員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 執行實驗室一般行政總務及文書業務。 2. 負責量測分析報告繕打、編號及列印。

	3. 負責樣品接收、登錄、編號、儲存等相關業務。 4. 執行上級交辦事項。
技術人員	1. 依作業程序執行量測分析工作，並正確完整的記錄其結果。 2. 儀器設備、器皿、藥品之購置、儲存、校正、使用與管理。 3. 量測相關作業之執行，如環境整理保持、廢棄物處理等。 4. 依規定執行量測品保，確保量測分析結果準確性。 5. 主動提昇技術能力。 6. 執行上級交辦事項。

C. 代理人制度

為確保實驗室量測分析服務之正常運作與品質，應制訂職務代理人制度，另對重要職務代理人，如實驗室主管、報告簽署人、品質主管與技術主管等，其資格應由實驗室主管評估認定。

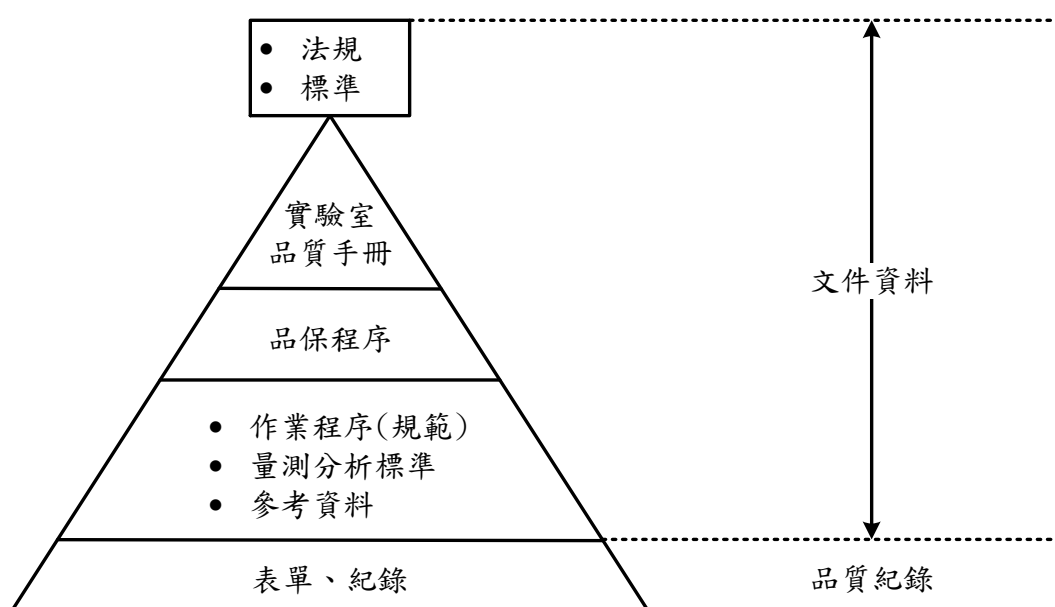
2.2 管理系統

2.2.1 品質政策、目標及目的

1. 實驗室執行 ISO 17025 國際標準管理系統之目的，在於確保實驗室品質與技術能力，以提昇實驗室或服務顧客之公正性與公信力。
2. 品質政策為實驗室品質管理最高指導原則，亦為高階管理者之期許，實驗室全體員工均應瞭解並遵循不得違背之。
3. 依據品質政策，實驗室品質目標由品質主管訂定，經實驗室主管及本組組長核准後頒佈，並定期於管理審查檢討修正之。

2.2.2 管理系統

1. 本實驗室依據相關法令規章，國際標準 ISO 17025、標準量測分析方法及本所相關規定，規畫制訂實驗室管理系統，並對管理系統相關之作業程序等予以書面化。
2. 品質手冊為實驗室管理系統最高政策指導文件，另對實驗室管理系統作業程序及檢驗量測分析方法等制訂品保程序、作業程序，並保存執行結果之紀錄表單，管理系統文件架構如下：



2.3 文件管制

1. 實驗室依據 ISO 17025 規定，應制訂相關之文件，供執行管理系統之書面依據。
2. 對文件之建立、修改、審核、核准、管理等制訂管制作業程序，並由實驗室主管指派專責人員負責文件之分發、回收與管制。
3. 實驗室應有相關之品質文件以供使用，需方便取用，維護良好，且保持最新有效之版本。

- 4.對實驗室執行管理系統相關之標準、參考資料等，亦由專責人員負責彙整、管理及分發使用。

2.4 合約及要求審查

- 1.委託者以委託申請單，連同樣品送至實驗室，實驗室收樣人員先審查雙方要求條件是否適切規定，樣品是否合適足夠，且實驗室有能力達成委託者要求，收樣時視需要知會技術人員參與。
- 2.收樣後，應排定時程執行量測分析，並管制作業進度及數量，以期準時完成。
- 3.當委託者要求更改原申請內容時，由實驗室承辦權責人員負責修改內容，並通知執行人員。
- 4.實驗室因某些因素無法達成委託者要求時，需事先協調委託者解決之。
- 5.委託申請及審查之相關紀錄由實驗室建檔保存。

2.5 測試之外包

- 1.如量測分析項目需委託其他實驗室代為執行時，應事先徵求顧客同意。
- 2.量測分析項目如需外包，受委託之實驗室需為全國認證基金會(TAF)認可之實驗室，認證項目及範圍亦符合需求，並制訂相關外包管制程序，依規定執行。

2.6 服務及供應品採購

- 1.實驗室對一般之服務及供應品之採購，依所屬機關相關採購法規規定進行採購。

2. 為確保所採購之服務及供應品符合規定要求，對採購之供應品依採購合約規定驗收合格後才可使用。

2.7 顧客服務

1. 實驗室應提供顧客要求事項及實驗室量測分析能量之諮詢服務，以滿足顧客需求。
2. 實驗室執行量測分析工作，如無法於顧客要求的期限內完成，應事先通知顧客。
3. 實驗室如發生儀器設備、環境、量測分析方法等發生偏離時，應評估影響量測分析結果之有效性，必要時得通知顧客採取適當措施。
4. 當顧客要求正式報告以外之量測分析數據及紀錄時，應由實驗室主管核准，並確保品質要求及保密。
5. 實驗室應主動蒐集顧客正面與負面的相關回饋意見，以提供實驗室管理系統改善參考；如有顧客對服務有所抱怨，則依 2.8 章顧客抱怨規定處理。

2.8 抱怨

1. 實驗室主管應督導主動蒐集顧客回饋意見之相關作業，以作為實驗室改善參考；另對情況重大之顧客抱怨，實驗室主管得視需要執行內部品質稽核，以徹底瞭解原因並作改善。
2. 顧客抱怨之調查與矯正措施相關紀錄應依規定保存，並提供管理審查，以確保維護顧客滿意度。

2.9 測試結果不符合管制

- 1.實驗室應依管理系統規定執行量測分析及品保作業，若任何人發現量測分析作業或報告結果有不符合事項時，應立即呈報品質主管，除評估不符合發生原因外，並採補救措施予以改善。
- 2.不符合事項如無法立即改善，則應由實驗室主管決定是否暫停量測分析作業或保留結果報告，待其原因改善消除並由實驗室主管確認符合後，始重新執行後續工作。
- 3.當不符合事項之產生影響到已發出顧客結果報告時，實驗室應主動聯繫顧客，另採處理措施，包括重測或發出補充報告更正之。
- 4.實驗室如未能消除不符合事項，則應依 2.11 章矯正措施之規定辦理，以徹底消除不符合發生之原因。

2.10 改進

- 1.實驗室應運用品質政策、品質目標、稽核結果、數據分析、矯正及預防措施及管理審查，持續改進管理系統之有效性。

2.11 矯正措施

- 1.實驗室任何人員發現有不符合事項及異常事件，應立即反應品質主管或實驗室主管，除進行調查發生原因外，另研擬訂定矯正措施，以消除不符合事項或異常的根本原因。
- 2.實驗室對於顧客抱怨或回饋相關資料，皆彙整至實驗室主管，除進行調查發生原因外，另研擬訂定矯正措施，以徹底解決抱怨的根本原因。
- 3.實驗室於內部品質稽核或外部評鑑所發現之缺點，由實驗室主管督導矯正措施，以確保管理系統之有效性與適切性。

- 4.實驗室對於不符合事項及異常處理、顧客抱怨及內外部稽核評鑑所採取的矯正措施，實驗室品質主管應督導跟催改善結果，必要時得執行特別或局部的稽核，以確認改善結果。
- 5.執行內外部稽核、異常處理及顧客抱怨之矯正措施相關紀錄應依規定保存，並提供管理審查討論。

2.12 預防措施

- 1.實驗室對現有不符事項、異常事件、顧客抱怨及內外部稽核缺失，除採取矯正措施予以改善外，另視需要得執行預防措施，以防止經改善後之缺點重新再發生。
- 2.實驗室主動蒐集管理系統與量測分析業務之相關資訊，以利事先偵測、量測分析與消除不符合潛在的原因。
- 3.實驗室對任何潛在不符原因採取預防措施，應予以監督管制，以確保預防措施方法有效，必要時得執行特別或局部稽核以確認之。
- 4.預防措施相關紀錄應由實驗室建檔保存，並提供管理審查。

2.13 紀錄

- 1.實驗室對表單紀錄之使用應規定於相關品質文件內，對其新增、修訂與作廢應依據「文件及資料管制程序」規定辦理。
- 2.實驗室內所有品質紀錄之保存期限，應由品質主管與技術主管共同擬訂，經實驗室主管同意後辦理，保存期滿並依規定處理。
- 3.品質紀錄由各權責保管人員負責歸檔保存，保存方式以方便取閱且防止遺失、損害為原則。
- 4.各品質紀錄應可鑑定出執行人員，且有相關人員核閱簽章。

- 5.品質紀錄內容如發生錯誤，修改時應以適當方式予以更正，且應符合鑑定與追溯。
- 6.實驗室應確保儲存於電腦之數據紀錄正確完整，且應防止非經授權使用該電腦，並應保存備份檔案。
- 7.執行量測分析業務，應依標準作業程序相關規定，對於量測分析數據紀錄得以追蹤管理。
- 8.實驗室所有品質紀錄之鑑定、索引、建檔、保存、取閱、維護與處理依「品質紀錄及量測分析數據管制程序」規定辦理。

2.14 內部稽核

- 1.實驗室內部品質稽核每年至少一次，另機關首長及實驗室主管得視需要不定期要求執行內部稽核。
- 2.內部品質稽核應由受過相關訓練之人員組成稽核員，稽核員應不稽核自身業務，以維持品質稽核之獨立性。
- 3.實驗室內部品質稽核依據標準為 ISO 17025 及書面標準，並參照品質手冊、相關品保程序及量測分析作業程序等。
- 4.實驗室品質主管應執行稽核作業之後續追蹤、督導及改善，並查證與記錄所採取的矯正措施的實施情形及其有效性。內部品質稽核缺點改善由實驗室主管督導改善，並追蹤確認之。
- 5.內部品質稽核結果，應提報於管理審查，以檢討管理系統之有效性與適切性。

2.15 管理審查

1. 實驗室每年應至少規劃執行一次管理審查，機關首長或實驗室主管得視情況需要不定期舉行之，以評估實驗室管理系統之適切性及有效性。
2. 實驗室執行管理審查，品質主管應彙整相關品質資料以提供審查，其內容包括：
 - a、實驗室內部品質稽核、外部評鑑稽核等結果。
 - b、實驗室間能力比對及能力試驗之結果。
 - c、實驗室異常案件及顧客抱怨案件。
 - d、實驗室量測分析能量及類別改變情況（包含相關標準作業程序之更新）。
 - e、顧客回饋資料及其他相關品質分析資料。
 - f、品質政策、目標之檢討。
3. 管理審查結果之相關決議事項，其後續改善活動，實驗室主管督導改善並確認其執行成效。

3. 技術要求

3.0 名詞解釋

1. 測試：依據某一特定的程序所執行之技術性作業用以決定產品、材料、設備、有機體、物理現象、製程或服務的一個或多個特性或性能。
2. 量測設備：使用在測試、檢驗及校正過程的所有量測儀器、量測標準、參考物質、附屬裝置及儀器，總稱為量測設備。
3. 追溯性：為量測結果的特性，可透過連續的比較鏈，將量測結果與適當的標準（通常是指國際或國家標準）聯繫起來。
4. 校正：在特定條件下，為確立量測儀器或量測系統的測試值（或實物量具、參考物質所代表的值）與相對應被量測的已知值之間關係的一組操作。

3.1 人員

1. 實驗室人員之任用依各機關規定辦理，且量測分析作業應依其需要使用適當工作人員，並提供其相關訓練。
2. 實驗室人員依各機關訓練管控制程序實施新進及在職訓練，並指派訓練負責人規劃訓練事項，實驗室主管應定期評估考核訓練結果及人員資格或法定證照要求。
3. 從事量測分析之技術人員，視需要自行舉行盲樣測試，以確保其量測分析能力，並提昇實驗室之技術能力。
4. 實驗室對重要管理及技術人員應制訂代理人制度，且對學經歷及內外訓練紀錄應由訓練負責人保存。

3.2 設施與環境條件

1. 實驗室之設施如能源、照明等應適當配置，以確保測試分析得以正確執行。
2. 凡對影響現場操作與量測分析結果正確性之環境條件，包含樣品保存、輸送等項目，均應以相關作業規範規定，並定期監控、管制與記錄。
3. 為影響量測分析結果正確性之環境條件超出管制範圍時，應依「不符合事項管制程序」規定處理，必要時應停止量測分析作業並採矯正措施。
4. 實驗室對人員進出及內務管理作業程序予以適當規定。

3.3 測試方法

1. 實驗室對所執行的量測分析項目，應依「文件及資料管制程序」規定，並參照參考資料，建立各分析量測分析項目之作業程序。
2. 實驗室所提供對外服務之量測分析項目，所使用的方法係公告之標準方法，如果採取非標準方法時，應事先予以驗證後方能執行。
3. 量測分析或測試作業方法應參照各測試標準及使用的儀器設備操作手冊或使用說明書等制訂之。
4. 實驗室所發出之報告，應告知顧客所使用之量測分析方法。

3.4 設備

1. 實驗室應具備執行量測分析之適當設備，且應符合所需之準確度與精密度。

2. 每一儀器設備定期校正／查檢及維護，並建立履歷卡及適當的標籤標示，以利管理，詳見「儀器設備管制程序」及「量測追溯及查驗管制程序」。

3.5 量測追溯性

1. 實驗室用於校正或查驗量測設備之標準件或參考物質，需追溯至國際或國家標準，其校驗報告可顯示追溯情形。
2. 當儀器設備或器皿以自行校正方式進行時，應制訂各項校正方法；若無法追溯時，則需以其他方式查驗之，亦應制訂各查驗作業程序。
3. 實驗室應制訂量測設備校正之計畫，內容包括量測設備名稱、廠牌型號序號、保管人、查驗週期、查驗方法、允收標準及紀錄等相關資訊。
4. 量測設備除依計畫定期校正外，並視需要於週期內予以查驗，查核其性能是否正常，以確保其量測準確性。

3.6 取樣

1. 實驗室所有之量測分析樣品，均由委託者自行取樣後送交實驗室執行量測分析，實驗室目前無自行取樣，量測分析結果僅對樣品本身負責。
2. 實驗室如自行取樣時，採樣點之選擇、取樣數量、取樣方法等參照相關標準之規定，制訂相關之品保程序及作業程序，遵照實施。

3.7 測試件處理及運送

1. 實驗室接收外界委託量測分析之樣品後，由收樣人員對樣品之點收、登錄及編號，並轉送至實驗室予以保存處理，以供量測分析。

2. 量測分析之樣品如有異常，或實驗室於處理、量測分析過程中對樣品造成損壞或變質，實驗室量測分析人員，應主動接洽顧客協調重新採樣或送樣。
3. 實驗室對樣品進行量測分析時，技術人員應依相關作業程序之規定執行。
4. 除顧客特別要求外，實驗室於量測分析完成並出具結果報告後，對測試分析樣品不予留樣。

3.8 測試結果之品質保證

1. 為保證測試結果之正確性，本實驗室得採下列措施：
 - a、量測分析作業之檢查監督，由實驗室主管不定期抽驗之。
 - b、參加相關之能力試驗或比對試驗。
 - c、技術主管對測試報告之審核。
 - d、視需要執行重覆再測試。
 - e、使用標準參考物質查核量測結果之準確性，並點繪管制圖。
2. 實驗室依據相關標準制定作業程序外，並應依規定相關品保品管作業並執行之。
3. 凡有不符合實驗室管理系統之非偶發或嚴重事件，由實驗室主管或品質主管採矯正預防措施。

3.9 結果報告

1. 實驗室執行相關量測分析業務，並依 ISO 17025:2005 之規定出具正確與完整之結果報告。
2. 量測分析測試報告需經報告簽署人審核簽署後發行。

- 3.當量測分析測試結果有偏異或懷疑，實驗室主管得要求重新測試，或洽顧客解決。
- 4.對已發出之量測分析測試報告，如發現錯誤或需補充時，其更正或補充之報告需註明原報告編號日期或其他說明。

4. 結 論

本研究報告說明如何透過引進國際標準 ISO 17025：2005，建立實驗室管理系統，達到持續提升量測品質並增進量測分析結果公信力之目標，並可供主管機關作為推動我國低放射性廢棄物加馬活度量測能力比對之參考。

參考文獻

1. 原子能委員會放射性物料管理局，放射性物料管理法，2002。
2. 原子能委員會放射性物料管理局，低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則，2003。
3. International Organization for Standardization, General requirements for accreditation bodies accrediting conformity assessment bodies, ISO/IEC 17011, Switzerland, 2004.
4. International Organization for Standardization, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO/IEC 17025, Switzerland, 2005.
5. International Organization for Standardization, Quality management systems – Fundamentals and vocabulary, ISO 9000, Switzerland, 2005.
6. 黃珮吉、葉俊賢、武及蘭，"建立低放射性廢棄物量測不確定度評估規範與追溯體系草案"，核能研究所保健物理組，民國 101 年 12 月。

行政院原子能委員會放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

**建立低放射性廢棄物整桶活度
量測能力試驗技術及試運轉**

計畫編號：102FCMA004

報告編號：102FCMA004-03

執行單位：核能研究所

計畫主持人：周鼎

子項工作負責人：邱鏗盛

報告作者：葉俊賢、黃珮吉

報告日期：中華民國 102 年 12 月

[本頁空白]

Establishment of Measurement Capability Techniques for Low-level Radioactive Waste and Commissioning

Yeh, Chin-Hsien Huang, Ping-Ji

Abstract

The National Radiation Standard Laboratory (NRSL) of the Institute of Nuclear Energy Research (INER) organized the comparison test for measurement of low-level activity samples in 2013. The first comparison test was done by INER preparing a set of samples which were added with known radionuclides of ^{60}Co or ^{137}Cs radioactivities of 100 kBq~300 kBq. Six laboratories took part in the comparison test workshop by offering 9 measuring instruments. The second comparison test was also hold by INER preparing two different densities of 55-gallon drum containing mixed radionuclides of ^{60}Co and ^{137}Cs (100 kBq~400 kBq). Four laboratories took part in the comparison test workshop by offering 5 measuring instruments. The participating laboratories measured and analyzed the samples and their results were compared with the standard radioactivities.

Keyword: low-level radioactive waste, performance test, uncertainty.

Institute of Nuclear Energy Research

建立低放射性廢物整桶活度量測能力試驗技術及試運轉

葉俊賢、黃珮吉

摘 要

核能研究所國家游離輻射標準實驗室(NRSL)，執行本次低放射性廢棄物活度量測比對之試運作。本次比對活動共為兩個階段，第一階段共有 6 家實驗室，總計 9 部量測儀器參加；提供 4 個不同密度單一核種活度約 100 kBq~300 kBq 的測試桶。第二階段共有 4 家實驗室，總計 5 部量測儀器參加；提供 2 個不同密度、 ^{60}Co 與 ^{137}Cs 混合核種，活度約 100 kBq~400 kBq 的測試桶。

關鍵字：低放射性廢棄物、能力試驗、不確定度。

核能研究所

目 錄

1. 前 言	1
2. 量測儀器介紹	2
3. 活度比對方法	6
3.1 受測時程與流程	6
3.2 測試樣(校正桶)	6
3.3 核種活度比對方法	8
4. 比對結果與分析	10
4.1 第一階段比對結果	10
4.2 第二階段比對結果	11
5. 檢討與改善	15
參考文獻	16

附 圖 目 錄

圖 2-1： Canberra-ISOCS 移動式加馬活度偵檢器	3
圖 2-2： Canberra-AQ2 固定式加馬活度量測設備	3
圖 2-3： ISOCS 幾何模板	4
圖 2-4： ORTEC-ISOCART 移動式純鍍偵檢器	4
圖 2-5： 核研所自製塑膠閃爍體桶形偵檢器	5
圖 3-1： 9 孔 55 加侖校正桶	7
圖 3-2： 16 孔 55 加侖校正桶	8
圖 3-3： 單一核種 ^{57}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{60}Co 棒狀體射源	8
圖 4-1： 9 孔校正桶量測比對結果	11
圖 4-2： 16 孔校正桶量測比對結果	11
圖 4-3： 均勻水質與 9 孔水泥桶	13
圖 4-4： 均勻水質校正桶量測比對結果	13
圖 4-5： 9 孔水泥校正桶量測比對結果	14

附表目錄

表 1 參加能力試驗試運作之機構及數量.....	5
表 2 能力試驗之桶型標準樣規格.....	7
表 3 參加第二階段能力試驗試運作之機構.....	12
表 4 第二階段能力試驗之桶型標準樣規格.....	12

1. 前 言

國家游離輻射標準實驗室，為整合國內核設施除役之廢棄物量測技術能力與技術交流、擴展本所與各核設施相關單位的合作契機、並達成物管局認同廢棄物活度量測技術與能力之目標，於本年度舉辦低放射性廢棄物加馬活度量測比對試運作。

本實驗室調查結果顯示，我國目前使用中的低放射性廢棄物桶型量測儀器，大部分皆以量測加馬能譜的方式同時判定廢棄物中核種種類與活度；其中核研所自製塑膠閃爍體量測系統(SWAM2 與 SWAM3)，則屬於總加馬活度量測裝置。

本次能力試驗試運轉，計有台電公司核能發電第一廠、第二廠與第三廠之廢料處理組，與核能研究所化學分析組、化學工程組與保健物理組共 6 個實驗室，總計有 9 部桶型量測儀器加入此比對活動。

2. 量測儀器介紹

國內低放射性廢棄物活度量測設備，大部分為美國 Canberra 與 ORTEC 公司所製造。參與量測比對實驗室中，使用 Canberra 公司所製造之量測設備，其型態可分為移動式與固定式之加馬活度量測裝置；如圖 2-1，移動式單純銻偵檢器(ISOCS)，可搭配 2.5 公分或 5 公分之鉛屏蔽，以及不同角度 (0° 、 30° 、 90° 、 180°)的準直器進行量測；另外如圖 2-2，固定式加馬活度偵檢器(AQ2)，則由固定式三純銻偵檢器，搭配屏蔽計測外箱與機械式輸送帶所組成。兩種量測設備之純銻偵檢器皆利用蒙地卡羅程式校正 (MCNP-Characterized) 如圖 2-3，利用幾何模板模擬樣品形狀與活度分佈，再經由數學計算效率校正曲線。

另外參與量測比對實驗室中，使用 ORTEC 公司所製造之量測設備，則為移動式單純銻加馬活度量測裝置(ISOCART)，如圖 2-4 所示；其中利用 ISOTOIC 軟體計算不同量測物件中核種之量測效率。

塑膠閃爍體總加馬量測系統(SWAM2 與 SWAM3)，則為核研所自行研發之 55 加侖桶型廢棄物總加馬活度量測設備，為一個 6 面鉛屏蔽之 4π 總加馬計測活度監測系統，如圖 2-5 所示。

參加低放射性活度量測比對試運作的機構，與儀器基本特性如廠牌、型號、偵檢器型式及分析程式如表 1。

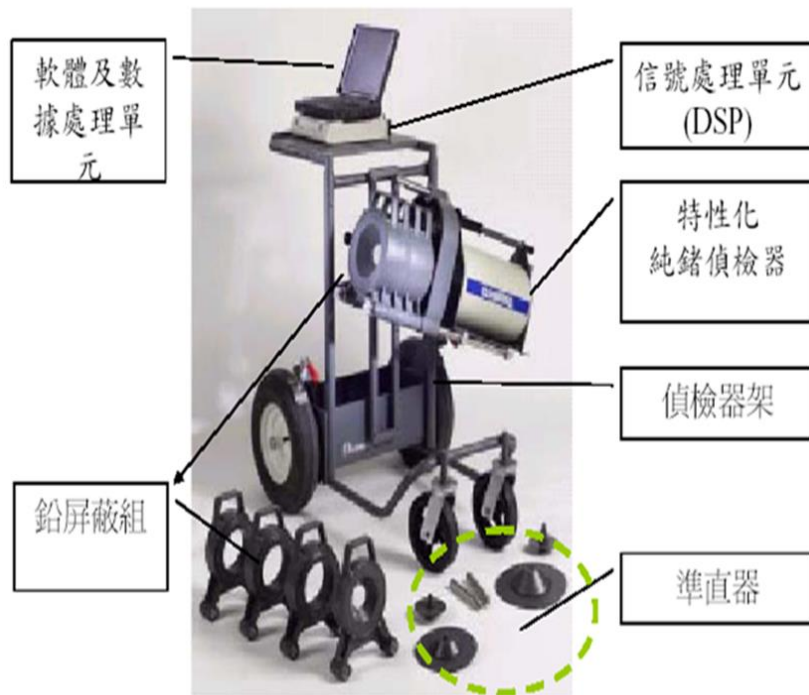


圖 2-1： Canberra-ISOCS 移動式加馬活度偵檢器



圖 2-2： Canberra-AQ2 固定式加馬活度量測設備

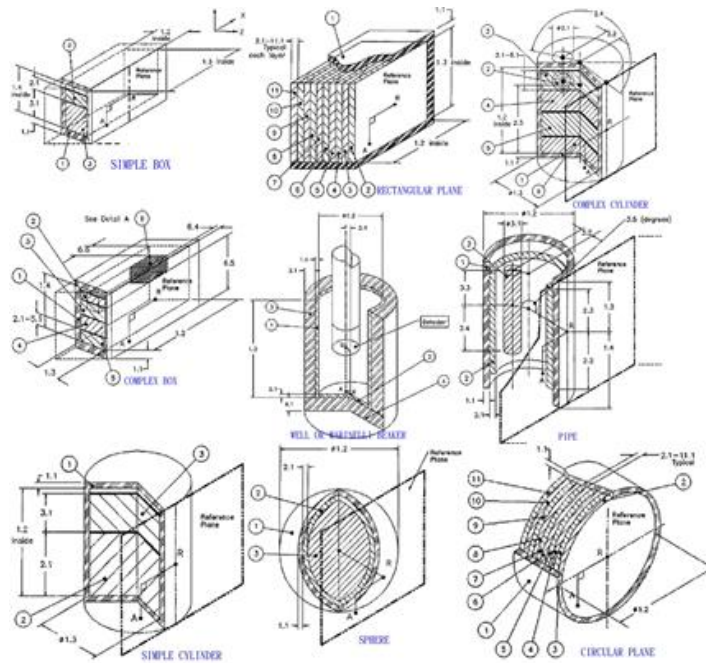


圖 2-3：ISOCS 幾何模板



圖 2-4：ORTEC-ISOCART 移動式純鍍偵檢器



圖 2-5：核研所自製塑膠閃爍體桶形偵檢器

表 1 參加能力試驗試運作之機構及數量

代碼	儀器所屬機構	儀器基本特性				
		廠牌	型號	偵檢器	型式	分析程式
A	台電核一廠廢料處理組	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genie-2000
B	台電核二廠廢料處理組	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genie-2000
C	台電核三廠廢料處理組	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genie-2000
D	核研所化學分析組	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genie-2000
E	核研所化學工程組	Canberra	2101P	HPGe ×2	固定	Genie-2000
F	核研所保物組(A)	Canberra	AQ2	HPGe ×3	固定	Genie-2000
G	核研所保物組(B)	ORTEC	ISOCART	HPGe ×1	移動	ISOTOPIC
H	核研所保物組(C)	INER	SWAM2	PSC ×6	固定	全量檢測系統
I	核研所保物組(D)	INER	SWAM3	PSC ×6	固定	全量檢測系統

3. 活度比對方法

活度量測比對之方法係參考環境試樣放射性核種分析測試實驗室認證技術規範及校正領域量測不確定度評估指引，規劃活度量測比對的時程與流程、製作測試樣(校正桶)、訂定比對範圍(項目、能量及活度)、量測比活度的計算方法與測試樣品的不確定度評估方法、比對結果的分析與判別等。

3.1 受測時程與流程

101 年底量測比對執行機構(國家游離輻射標準實驗室)，邀請國內從事核能相關機構參加低放射性廢棄物量測比對，並於 102 年 4 月底召開試運轉說明會，討論初步比對結果及進一步受測之時程與流程，會中決議，由執行機構提供受測機構體射源測試樣(55 加侖校正桶)、量測系統不確定度之評估方法與項目、說明數據更正及重新計測方式、密度與材質等參數，並負責所有測試樣之運送與技術支援，部分機構儀器經維修後並檢討數據重測，102 年底前完成受測機構之數據分析結果，103 年召開試運轉總結報告。

3.2 測試樣(校正桶)

本次試運作，主要考量國內核能設施之廢棄物量測現況，純銻偵檢器種類分為移動式與固定式，測試樣(校正桶)平均密度範圍為 $0.50 \text{ g/cm}^3 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ ，而測試核種分為 ^{60}Co 及 ^{137}Cs ；測試樣活度濃度範圍約為 $100 \text{ kBq} \sim 300 \text{ kBq}$ 。另外，測試桶尺寸為內徑高 86 cm、直徑 56 cm 及厚 0.1 cm 鐵容器。各校正桶之材質、核種、活度、平均密度(g/cm^3)等列於表 2，及如圖 3-1 與 3-2 所示。

9 支棒射源與 16 支棒射源的液態射源棒(直徑 1.5 cm 及長度 76 cm)的組成，包括可追溯至國家游離輻射標準之液態射源、鹽酸及載體，如圖 3-3 所示。

表 2 能力試驗之桶型標準樣規格

校正桶孔數	材質	密度(g/cm ³)	核種	活度(kBq)
9	木材	0.50	¹³⁷ Cs	247.6
9	塑膠	0.96	⁶⁰ Co	98.7
16	塑膠	0.97	¹³⁷ Cs	303.3
16	水泥	1.55	⁶⁰ Co	238.7

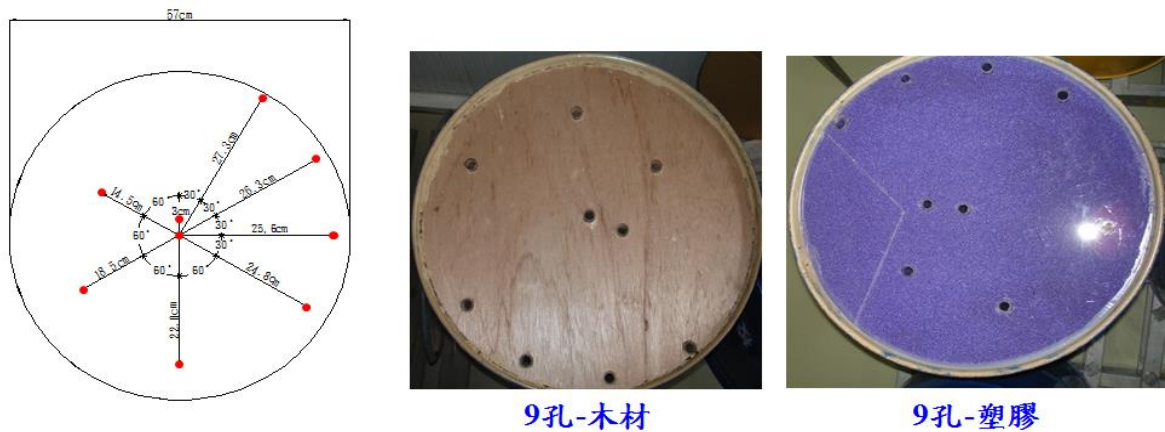


圖 3-1：9 孔 55 加侖校正桶

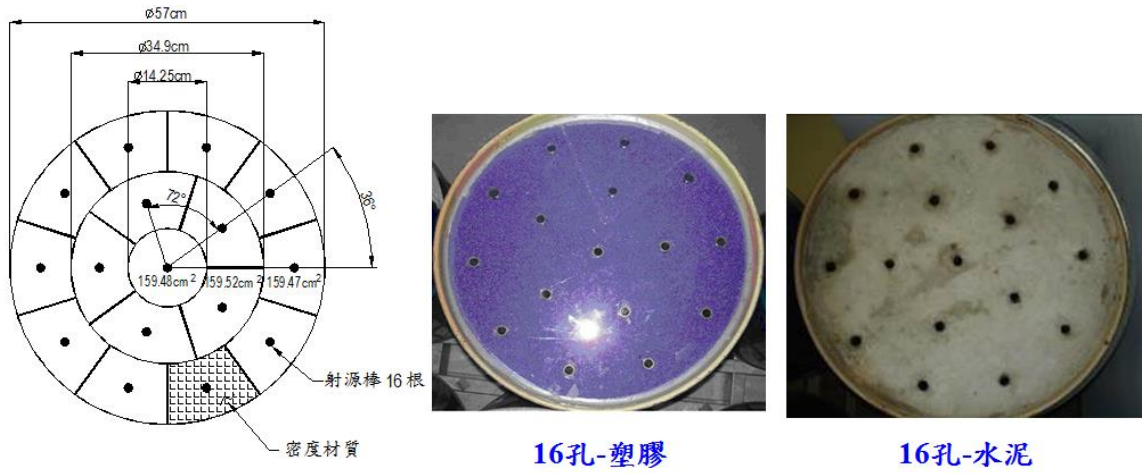


圖 3-2：16 孔 55 加侖校正桶

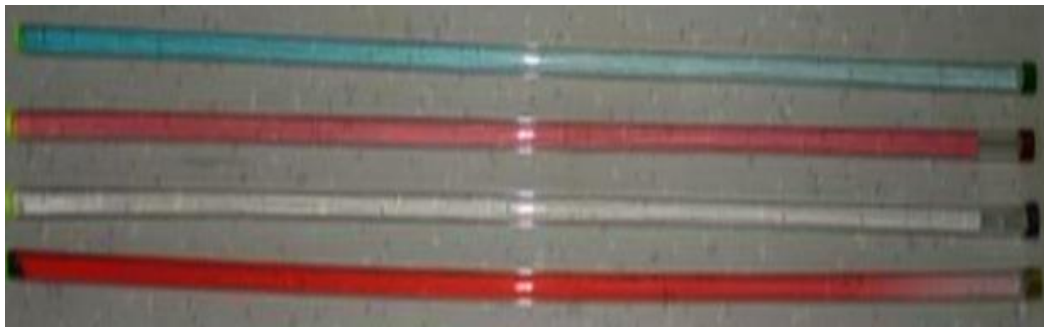


圖 3-3：單一核種 ^{57}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{60}Co 棒狀體射源

3.3 核種活度比對方法

測試樣核種活度比對方法，基本上以下列公式計算，受測實驗室量測值為 V_i ，執行機構測定受測實驗室之參考標準值為 V_s ，偏差 B_i (Bias) 定義為：

$$B_i = \frac{V_i - V_s}{V_s}$$

其中 B_i : 量測值與標準值的偏差

V_i : 核種量測活度(Bq),

V_s : 核種標準活度(Bq)

4. 比對結果與分析

4.1 第一階段比對結果

本次活度比對試驗屬試運作性質，其目的之一即是要找出合理比對結果之判定方法，供未來制訂相關低放射性廢棄物活度量測技術規範時參考。本文以每個受測實驗室量測核種活度，相對與標準活度之所求得偏差係數(B_i)來分析量測結果。第一階段(101 年 10 月至 102 年 4 月)共有 9 部儀器參與量測比對，比對結果整理(如圖 4-1 與 4-2)如下：

1. 除了 9 孔木質校正桶量測結果整體偏差較大之外，其餘 3 桶校正桶量測結果差異，大部分皆小於 20 %，推測原因為棒狀體射源內液體已有部分揮發，導致體射源實際活度較理論活度低上許多，造成整體量測誤差較差。
2. 某些參與比對實驗室之量測系統，由於其例行量測工作僅針對水泥桶，故尚未建立低密度校正桶(如木材與塑膠)密度效率曲線，導致發生隨著校正桶密度降低，整桶活度量測誤差增大之現象。
3. 9 部參與量測比對設備中，發現核研所化工組之量測結果皆有顯著誤差，經調查後發現其偵檢器冷卻系統維修後，尚未經原廠效率特性化，故將不參與第二次量測比對活動。
4. 9 孔校正桶需在旋轉條件下，桶內棒狀體射源才能呈現均勻分佈；國內核一廠、核二廠與核三廠之量測系統，由於尚未建置桶形用旋轉平台，因此在量測 9 孔校正桶之加馬活度時，呈現較大偏差。

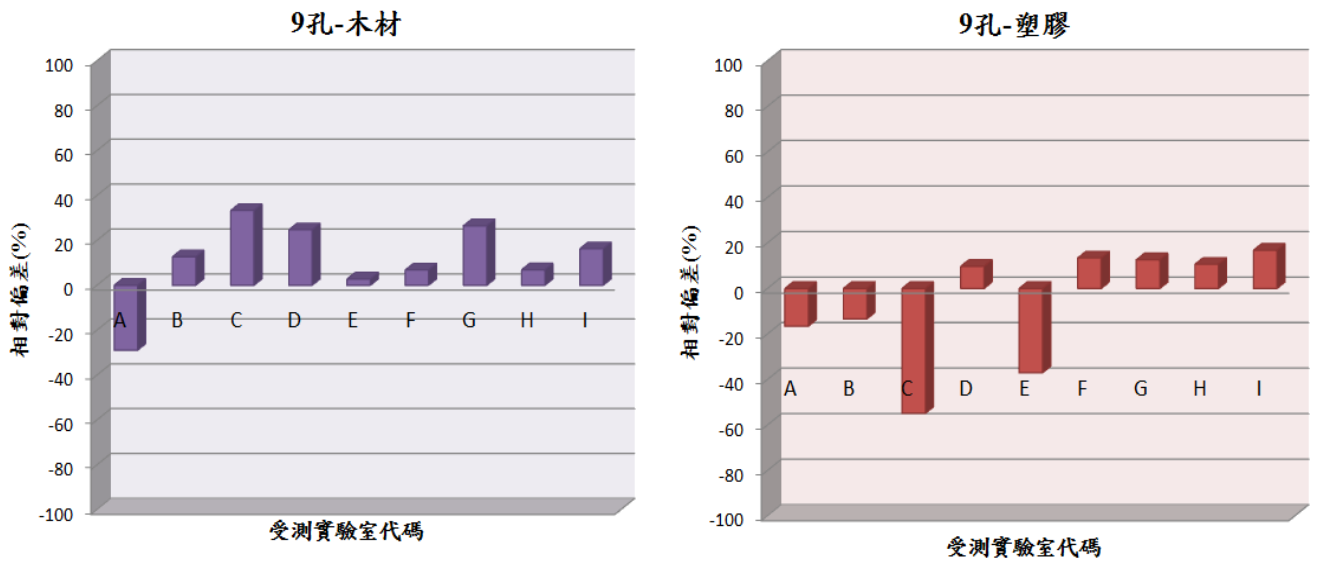


圖 4-1：9 孔校正桶量測比對結果

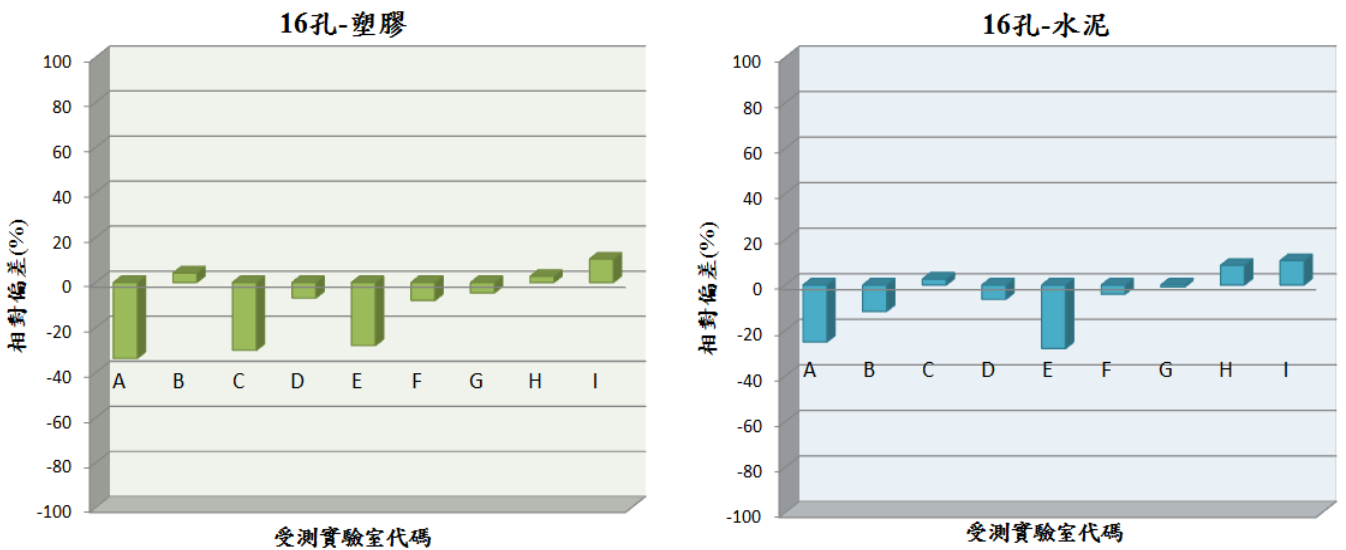


圖 4-2：16 孔校正桶量測比對結果

4.2 第二階段比對結果

經過與參加量測比對的機構討論與檢討後，決議第二階段(102 年 5 月至 102 年 8 月)比對活動摘要如下：

1. 待 103 年核一廠、核二廠與核三廠所屬量測實驗室，建置桶形用旋轉平台後，再重新進行 9 孔木材與塑膠校正桶加馬活度量測比對。
2. 由於台電核一廠與核研所化工組所屬實驗室之量測設備，由於仍在檢修中；且核研所自行研發塑膠閃爍體總加馬量測系統(SWAM2 與 SWAM3)，僅能判讀總加馬活度，無法判別核種種類，故此 4 台量測系統皆未參與第二階段量測比對活動。其餘參與第二階段比對活動之實驗室，則列於表 3。
3. 新增兩桶 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 混合核種校正桶加入比對活動，分別為均勻水質與水泥桶，如圖 4-3 所示；其材質、核種、活度、平均密度(g/cm^3)則列於表 4。

表 3 參加第二階段能力試驗試運作之機構

代碼	儀器所屬機構	儀器基本特性				
		廠牌	型號	偵檢器	型式	分析程式
B	台電核二廠廢料處理組	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genie-2000
C	台電核三廠廢料處理組	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genie-2000
D	核研所化學分析組	Canberra	ISOCS	HPGe ×1	移動	Genie-2000
F	核研所保物組(A)	Canberra	AQ2	HPGe ×3	固定	Genie-2000
G	核研所保物組(B)	ORTEC	ISOCART	HPGe ×1	移動	ISOTOPIC

表 4 第二階段能力試驗之桶型標準樣規格

校正桶孔數	材質	密度(g/cm^3)	核種	活度(kBq)
0 (均勻狀)	水質	0.89	^{60}Co	350.2
			^{137}Cs	398.5
9	水泥	1.61	^{60}Co	98.2
			^{137}Cs	99.9



圖 4-3：均勻水質與 9 孔水泥桶

整理第二階段比對結果後，如圖 4-4 與 4-5 所示，除了受測實驗室 C 量測 9 孔混合核種水泥桶之相對偏差較高之外，其餘受測實驗室之量測結果相對偏差皆 $\leq \pm 30\%$ 。

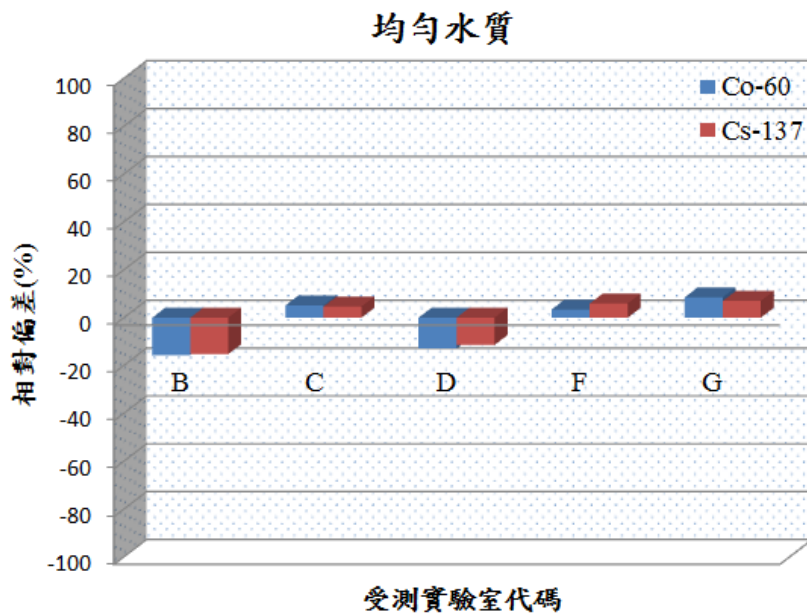


圖 4-4：均勻水質校正桶量測比對結果

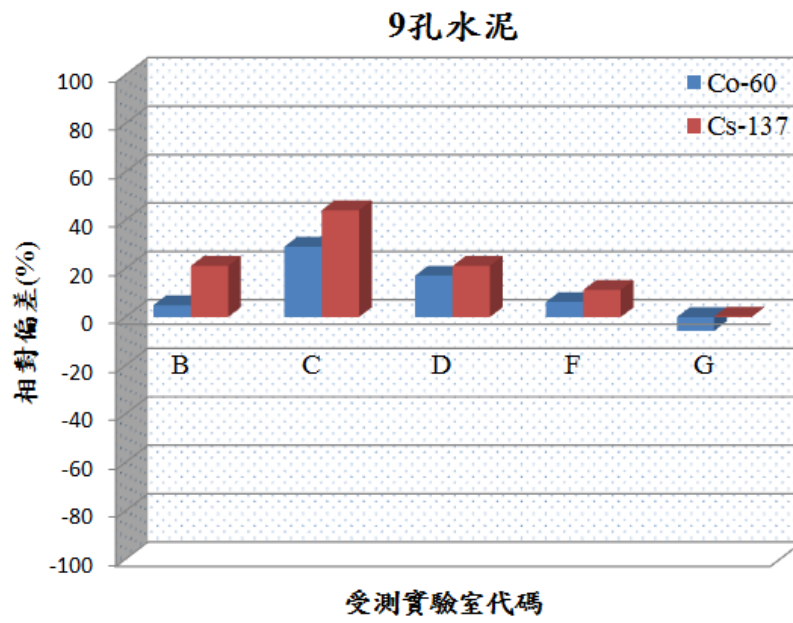


圖 4-5：9 孔水泥校正桶量測比對結果

5. 檢討與改善

總結 102 年低放射性廢棄物活度量測比對結果，整理如下：

1. 關於部分體射源洩漏問題，利用本年度新購置射源重新製作體射源，再針對量測偏差較大樣品重新進行量測比對。
2. 督促相關實驗室建立合適密度效率曲線，以便做為未來核設施除役產生不同種類、密度固體廢棄物活度量測之用。
3. 鼓勵台電核一廠、核二廠與核三廠所屬量測實驗室，建置桶形用旋轉平台，再重新進行 9 孔校正桶加馬活度量測比對。

參考文獻

1. 一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法，行政院原子能委員會放射性物料管理局，中華民國九十三年十二月。
2. 能力試驗要求，實驗室認證技術規範，TAF-CNLA-R05(2)，2004。
3. 環境試樣放射性核種分析測試，實驗室認證技術規範，TAF-CNLA-T09，2004。
4. 校正領域量測不確定度評估指引，TAF-CNLA-G16(1)，2008。
5. 箱型廢棄物活度監測器之校正及特性，INER-4229，2006。
6. 桶型加馬活度計測系統之校正方法，INER-5068R，2007。
7. “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement,” International Organization for Standardization, ISO GUM,1995.
8. R. A. Dewberry, V. R. Casella and R. A. Sigg, “Benchmarking Ortec ISOTOPIC Measurements and Calculations,” SRNS-STI-2008-00053, 2008.
9. Julian Dean, “A second Comparison of Procedures for the Assay of Low Levels of Gamma-emitters in Nuclear Site Waste,” NPL-IR19, 2010.

「行政院災害防救應用科技方案」 102 年度細部計畫清單(科研計畫)

期末成果報告:請繳交電子檔與報告書 2 份、自評表:請繳交 word 檔(一項細部計畫一個自評表檔)

備註欄:說明繳交/缺交情況。如無法如期提供者,請註明預計繳交時程。

主管單位	細部計畫名稱	執行單位	主持人	成果報告	自評表	備註欄
行政院原子能委員會	低放射性廢棄物活度量測追溯管制技術研究(2/3)	原能會放射性物料管理局	邱賜聰 邱鎧盛	繳交成果報告 3 冊各 2 份	繳交 2 份	
行政院原子能委員會	建構國土安全輻射監測網	原能會輻射偵測中心	洪明崎			
行政院原子能委員會	新輻射源項分析技術發展與應用(2/4)	原能會核能管制處	陳宜彬			
行政院原子能委員會	人員生物劑量評估研究(1/4)	原能會輻射防護處	李若燦			
行政院原子能委員會	國際輻射災害應變技術開發研究	原能會核能技術處	徐明德			
行政院原子能委員會	核設施與其他基礎設施互依性分析技術研究	原能會核能技術處	徐明德			