

行政院原子能委員會

106 年度輻射災害防救與應變技術之研究發展

分項計畫：輻射災害鑑識能力建立

期末報告



主辦單位：行政院原子能委員會

執行單位：輻射偵測中心

執行期間：106 年 01 月 01 日至
106 年 12 月 31 日

中華民國 106 年 12 月 14 日

目 錄

壹、緣起	1
貳、研究目的	2
參、106 年計畫執行成果	3
肆、結論與建議	20

《附錄》106 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案期末報告書

壹、緣起

日本福島核能電廠事故後續之環境放射性污染影響及復原引起世界各國關注，因而日本進口食品的放射含量監測特別受到重視。鑒於國內放射性分析能量有限，為提升國內放射性分析能量，原子能委員會委由所屬輻射偵測中心(以下簡稱本中心)，輔導國立屏東科技大學(以下簡稱屏科大)建置輻射災害放射性分析備援實驗室，投入放射性分析相關檢測工作，為國人之食品輻射安全把關盡一份心力。

大陸沿海區域核能電廠持續興建運轉，距離台灣雖然並不算太近，然而由福島事件後的國際影響與反應程度可以推估，距離接近台灣的大陸、韓國及日本等地區，萬一有境外核子事故發生時，台灣社會經濟也將受到大幅影響。鑒於國人對於食安、輻安的要求，國內各放射分析實驗室目前仍難以應付事故後大量進口樣品的檢測，因此，為提升與強化台灣地區放射性分析能量，建立輻射災害放射性分析備援實驗室有其迫切性及重要性，對災害後續的處理、調查及民眾的安全保障將有相當大的效益。

貳、研究目的

災害事故的預防是世界各國相當重視的課題，當國內發生核子事故或輻射相關意外事件時，必須檢測民生相關的大量流通商品與生活環境飲用水及土壤等樣品。我國目前面臨放射性分析能量不足，當國內發生各種形式輻射相關之複合性輻射污染災害時，尤其南部地區專業輻射檢測實驗室僅有行政院原子能委員會輻射偵測中心與台灣電力公司放射試驗室核三工作隊等 2 個單位。本計畫目的希冀在國立屏東科技大學建置輻射災害放射性分析備援實驗室，提升並強化南部地區放射性分析能量，平時可以培訓相關專業人員與年輕在學學生的參與，協助各級單位或地方政府進行市售商品調查或環境輻射採樣檢測作業，接受民眾或廠商委託進行進出口食品、消費性商品、環境試樣放射性含量檢測等技術服務；當發生核子事故或輻射相關意外事件時，放射性分析備援實驗室亦可支援應變單位執行各類樣品的放射性檢測作業，提升輻災應變能量，確保民眾的安全。

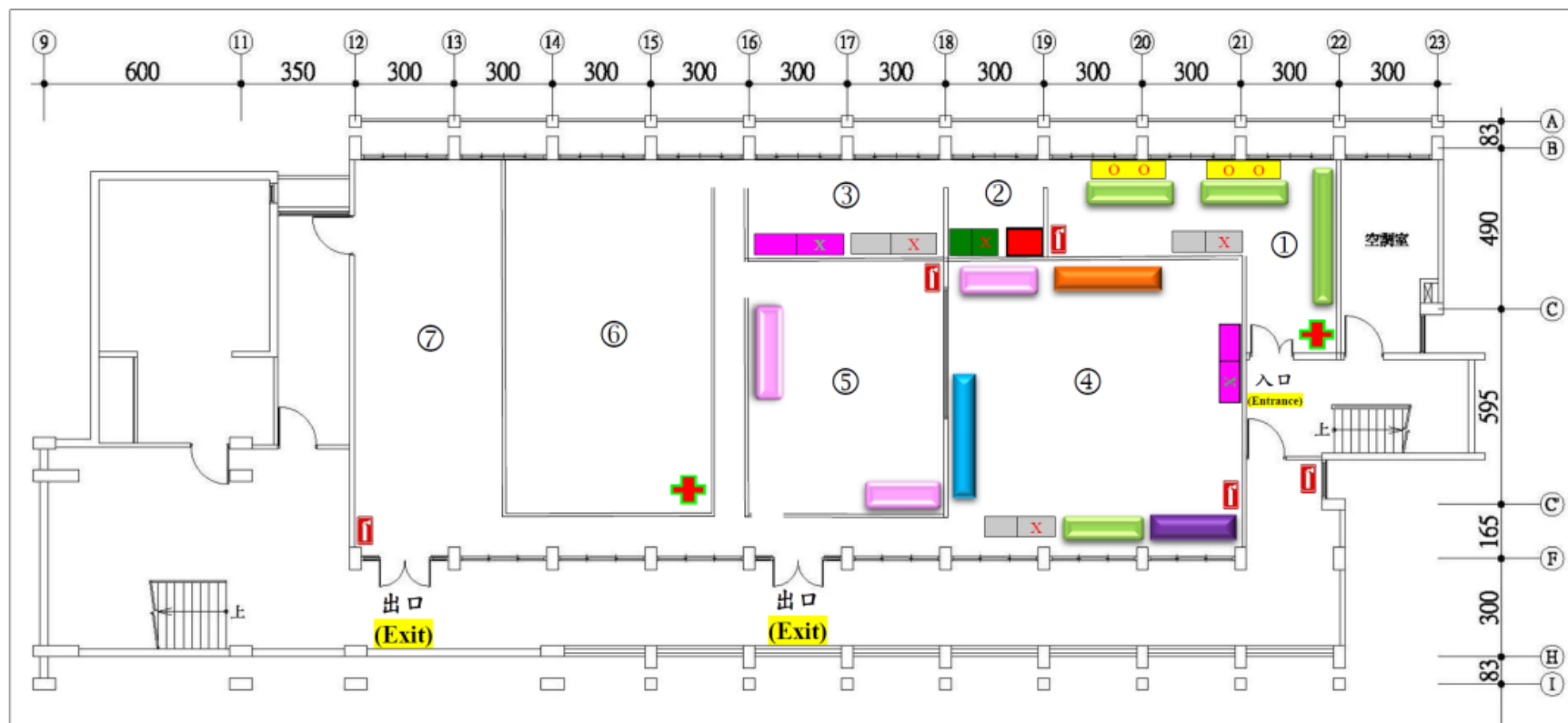
參、106 年計畫執行成果

106 年度本計畫主要工作項目與內容包括：在屏科大建置輻射災害備援實驗室及擴充分析技術能力。主要工作項目分別如下所述：

1. 完成備援實驗室空間規劃。
2. 完成購置純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統 1 套。
3. 完成撰寫純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統等操作程序書。
4. 訓練操作人員取得輻安證書等專業證照。
5. 參加環境試樣放射性分析比較實驗。
6. TAF(財團法人全國認證基金會)游離輻射領域測試實驗室認證的申請。

一、輔導建置輻射災害放射性備援實驗室

屏科大已於 105 年及 106 年逐步執行『輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』計畫，已完成該實驗室之建置，建置地點在屏科大電算中心地下室 IB001。實驗室空間配置包含儀器分析室(20 坪)、樣品前處理室(10 坪)、計測完畢樣品儲存室(10 坪)、行政辦公室(14 坪)、支援空間(45 坪)等，樓地板面積總計約 100 坪，有關實驗室建置皆符合契約要求。屏科大另於 105 年亦有購置用於樣品快速篩檢之輻射偵檢儀器（如碘化鈉偵檢器、手提式輻射偵檢器）及其他實驗室相關儀器設備等，相關儀器設備位置及空間配置如表 1.及圖 1.所示。



- | | | |
|--|---|---|
| 空間①:樣品前處理室-10.90 坪(36.03 m ²) | 空間②:廢棄物置放區 2.72 坪(9.0 m ²) | 空間③:試樣儲存室 5.44 坪(18.0 m ²) |
| 空間④:儀器分析室 25.86 坪(85.5 m ²) | 空間⑤:行政辦公室 15.43 坪(51.0 m ²) | 空間⑥:支援空間 22.61 坪(74.75 m ²) |
| 空間⑦:討論室 17.02 坪(56.25 m ²) | 核污染廢棄物置放區 計測容器存放區 實驗工作台 緊急淋洗設備 | |
| 排煙櫃 文件置放區 移動型碘化鈉(NaI)加馬分析系統 1 套 純鍺偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統 1 套 | 一般廢棄物置放區(無污染/汙染) 已測樣品存放區(無污染/汙染) 待測樣品存放區(無污染/汙染) 滅火器 | |

圖 1. 輻射災害放射性分析備援實驗室空間配置分佈圖

表 1. 備援實驗室空間配置結果一覽表

名稱	要求面積(坪)	實際面積(坪)	結果
儀器分析室	12	25.86	符合
樣品前處理室	8	10.90	符合
樣品貯存室	6	8.16	符合
辦公室	0	15.43	
支援空間	0	40.00	

二、建置純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統 1 套

完成辦理 1 套純鍺半導體偵檢器(HpGe)系統(相關設備與規格包括 40 %(含)以上純鍺半導體偵檢器、高壓供應器、能譜放大器、類比數位訊號轉換器、電源供應器、10 cm 厚低背景鉛屏蔽內含銅錫等低回散射層、液態氮容器、分析軟體、訊號收集器、能譜分析用電腦等週邊設備)採購，如圖 2.，並於 8 月 30 日由屏科大完成採購、驗收，如圖 3.，純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書亦由本中心協助完成，詳如屏科大期末報告【肆、四】。



圖 2. 純鍺半導體偵檢器系統



圖 3. 純鍺半導體偵檢器教育訓練

三、訓練操作人員取得輻安證書等工作項目

屏科大選派 2 員參加 36 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書：
林聖淇與黃韋翔(受訓期間：105 年 8 月 9 日至 105 年 8 月 16 日)，目前
林員及黃員均已取得輻安證書，如圖 4.所示，另研究助理黃小姐也已於
12 月取得輻安證書，該團隊人員已具備可操作法定放射性物質與儀器
之能力與資格。



圖 4. 屏科大已取得之證書

四、操作人員教育訓練

本中心 106 年度辦理 3 場次之人員教育訓練，計有純鍺半導體偵檢器(HpGe)系統實務訓練、實驗室食品檢驗操作流程實作訓練(含 TAF 認證流程經驗交流)及核能三廠取樣示範訓練各 1 場。

本中心於 5 月 8~11 日辦理「純鍺半導體偵檢器(HpGe)系統實務訓練」共計 4 天，訓練內容包含儀器簡介說明及維護、分析軟體操作教學、效率曲線建置及環測樣品分析及活度計算之操作等項目，經過本次訓練可讓屏科大受訓人員熟悉純鍺半導體偵檢器(HpGe)系統的操作與調整，圖 5.為課程訓練及綜合討論情形，本次課程表如表 2。

本中心於 8 月 10~11 日辦理「實驗室食品檢驗操作流程實作訓練(含 TAF 認證流程經驗交流)」，參加單位有本會、陽明大學、屏科大及本中心，本次訓練內容包含實驗室檢驗業務實務介紹、檢驗操作示範及 TAF 認證實務經驗分享等，有助於陽明大學及屏科大對於實驗室運作模式及 TAF 認證有進一步的認知，對於陽明大學(北部備援實驗室)及屏科大(南部備援實驗室)辦理申請 TAF 實驗室認證有相當的幫助，圖 6.為參加單位經驗交流及討論情形，本次行程表如表 3。

本中心也於 11 月 7 日辦理「核能三廠周圍環境試樣取樣作業示範」，亦請屏科大派員參加，取樣示範內容包含水樣(湖水、海水)、土樣、草樣、岸沙及相思樹之採樣、前處理及計測標準程序，行程表如表 4。屏科大參與此次示範，除了解取樣的方式也對核能三廠周圍環境試樣取樣點及相關路線有相當的認識，未來如果核能三廠有事故發生時，屏科大備援實驗室團隊亦可參與協助輻射監測中心之取樣、監測等工作，圖 7.為環境試樣取樣示範與講解。

表 2

106 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案 純鍺半導體偵檢器實務訓練課程表

時間：5 月 8 日至 11 日

地點：本中心加馬分析室及相關實驗室

課程內容	時數	受訓時間	督導者
儀器簡介說明及維護	2	5 月 8 日 13:40~15:30	李建興
機器的調整(高壓及波形參數的調整，能量校準)	1	5 月 8 日 15:40~16:30	林彥宏
操作方法簡介說明與實作	3	5 月 9 日 09:00~11:50	林彥宏
分析軟體操作教學	3	5 月 9 日 13:40~16:30	李建興
效率曲線建置	1	5 月 10 日 09:00~09:50	謝整昌
測定試樣的製備(灰樣品，土壤樣品等)	2	5 月 10 日 10:00~11:50	潘嘉吟
環測樣品分析及活度計算之操作	3	5 月 10 日 13:40~16:30	李建興
Coincidence sum peaks 的修正與干擾核種的判別不確定度的計算	3	5 月 11 日 09:00~11:50	謝整昌
心得與討論	3	5 月 11 日 13:40~16:30	謝整昌

相關人員:黃韋翔、蔡文賢、謝整昌、潘嘉吟、李建興、林彥宏



圖 5.純鍺半導體偵檢器實務訓練情形

表 3

「106 年政府科技計畫-備援實驗室建置計畫」

實驗室食品檢驗操作流程討論(含訓練實作)

時間:8/10(四)- 8/11 (五)

地點:輻射偵測中心

參加人員:核技處(蘇軒銳執行秘書、高薇喻技正、張維荏技士)、陽明大學(吳杰教授、助理 2 名)、屏科大(林聖淇教授、黃韋翔)

行程表

時 間	行 程	備 註
8/10(四) 14:30~16:30	實驗室食品檢驗操作流程討論(含訓練實作) (地點:輻射偵測中心會議室及實驗室) 1. 實驗室檢驗業務實務介紹 2. 檢驗操作示範(含實作) 3. 意見交流	1. 實驗室檢驗業務實務介紹 包含:檢驗樣品來源、樣品收送方格式、檢驗文件格式、樣品收費方式、繳費方式與計費方式、報告產出流程與格式、樣品檢驗後處理方式等實務經驗 2. 檢驗操作示範(含實作)建議 包含:樣品前處理、定性檢驗流程、二階段定量檢能與操作、HpGe 能量與項目校正、每日品保項目與操作流程。
8/11(五) 09:30~11:30	TAF 認證流程經驗交流 (地點:輻射偵測中心會議室) 1. TAF 認證實務經驗分享 2. 意見交流	TAF 認證實務經驗建議包含: 實驗室能力試驗方式、不確定度計算方式與公式、內部稽核會議相關文件、每年管理審查會議召開相關資料、對外服務內容、文件資料夾分類方式等。



圖 6.TAF 認證流程經驗交流

表 4

核能三廠周圍環境試樣取樣作業觀摩行程表

日期：106 年 11 月 7 日

時間	地點	項目	作業(含行車) 時間	執行單位
09:50~10:05	核三工作隊 會議室	廠區內環境輻射監 測計畫簡報	5 分鐘	核三廠保物組
		廠區外環境輻射監 測計畫簡報	5 分鐘	核三工作隊
		環境輻射監測計畫 簡報	5 分鐘	輻射偵測中心
10:05~10:25	核三廠區內	草樣、土樣、空浮 微粒	20 分鐘	核三廠保物組
10:25~10:45	龍鑾潭	池水	20 分鐘	輻射偵測中心
10:45~11:05	大光國小	空浮微粒、碘	20 分鐘	核三工作隊
11:05~11:30	白沙	海水、岸沙	25 分鐘	輻射偵測中心
11:30~11:50	南樹林	相思樹	20 分鐘	核三工作隊
11:50~12:10	核三工作隊 分析室	試樣計測	20 分鐘	核三工作隊
12:10~13:30	核三工作隊 會議室	討論與交流(午餐)		



圖 7.環境試樣取樣示範

五、舉辦國內外環境試樣比較試驗

本中心每二年舉辦國內外環境試樣比較試驗，國內相關放射性分析實驗室包含本中心、核研所、清華大學及台電放射試驗室等皆有參加，今年增加屏科大及陽明大學參與本次比較試驗，屏科大參與土壤及茶葉之銈-137 加馬分析項目，陽明大學參與土壤及茶葉之銈-7、鉀-40 及銈-137 加馬分析項目，屏科大及陽明大學實驗室分析結果皆通過測試。未來比較試驗本中心會協助屏科大實驗室可以在加馬分析項目上更加精進銈-7、鉀-40 的核種分析能力。

六、輔導 TAF 認證申請

屏科大實驗室於 106 年 8 月陸續建立 TAF 認證的相關文件，並於 106 年 11 月 17 日於 TAF 網路平台完成帳號資料填寫、實驗室認證申請書、網路服務帳號密碼申請表及申請書所列文件與資料之填寫，且上傳認證文件，並於 11 月 28 日完成申請程序，詳如屏科大期末報告附件三。

七、106 年度經費執行情形

表 5. 本中心經費執行情形

科目	項目	說明	金額(元)
經常門	其他研究有關費用	第 2 加馬分析室整修、差旅、實驗用藥品、耗材與辦公室雜支等	800,000
資本門	儀器設備費用	萬向抽風罩(第 2 加馬分析室)	14,900
		抽器機流量校正器	65,000
		前處理室集塵桌(含	55,000

		抽氣系統)	
		加熱攪拌器 4 部	42,000
		離心機	174,900
		不斷電系統	20,500
		氣體調節閥	25,000
合計	1,197,300		

表 6. 屏科大經費執行情形

科目	項目	說明	金額(元)
經常門	人事費用	計畫(共同)主持人、專任助理費用(含保險與年終)	752,723
	消耗性器材及藥品費用	實驗用物品與辦公室雜支等	319,088
	其他研究有關費用	租車、研習、工讀金、差旅與資料蒐集等(含行政管理費)。	428,189
資本門	儀器設備費用	純鍺偵檢器加核儀模組系統	2,390,000
		木紋會議討論桌組	49,800
		20-200ul 兩段式微量分注器...等	31,600
		加馬能譜分析系統配件-ORTEC30 公升液態補充桶	98,500
		清淨除濕機	38,800
		一般型電腦 3 組	97,725
		固定式區域輻射偵測儀暨標準體射源	565,000
		排煙櫃 W150*D95*H235	99,700
		電動移門附指紋鎖	99,700
		鋼構木製實驗邊桌	99,500
		環境溫溼度監控系統	29,675
合計	5,100,000		

八、擴充分析技術能力

本中心今年在分析技術能力上著重於台灣環境背景調查及分析方法的精進，台灣環境輻射背景調查以銻來源來鑑別是否為核能電廠所排放，並逐步建立台灣環境背景銻調查分析，今年調查範圍以北台灣為主；核能電廠事故會排放銻-137 指標核種，本中心精進海水銻-137 分析方法，由海水利用磷鉬酸銻吸附放射性銻核種並利用樹脂去除其他干擾核種，及鉬氯酸銻計算化學回收率做修正，最後以貝他計測儀計測，過程較為繁瑣耗時，不適合快速監測目的，為此本中心嘗試利用純鍺半導體加馬能譜儀直接進行海水放射性銻分析可行性，另亦探討僅以傳統分析流程中磷鉬酸銻進行銻濃縮配合純鍺半導體加馬能譜儀應用於環境背景超微量分析的可行性，有助於未來執行核電廠事故海水銻排放的快速監測。本計畫 2 份研究發表於 2017 年(第 31 屆)環境分析化學研討會，研討會時間為 106 年 5 月 3 日~4 日，如圖 8。

台灣沿岸海水銻-137 分析方法探討研究

台灣四面環海，海岸線長且沿海地區蘊藏非常豐富之生物資源，居民許多活動及飲食與海洋有密切關係，海洋和海岸環境倍受國人關注。海域中大部分的人工放射性核種主要是來自 1945 至 1980 年間擁核國家進行大規模的核子武器試爆，輻射塵隨著大氣沈降散落全球各地，另核能設施的正常運轉及核能電廠意外事故亦是導致環境中人工放射性核種水平增加的主因。台灣沿岸海水輻射污染最嚴重的是 1986 至 1988 年受蘇聯車諾比核電廠事故影響，兩年間海水測得銻-137 活度濃度略高於平常監測值但仍低於「環境輻射監測規範」的調查基準，之後的數十年經日本福島核電廠事故至今監測結果皆遠低於調查基準。

然而日本福島核電廠事故導致放射性物質向東洩漏流入海洋造成

大規模的海洋污染，國外有研究學者完成海域放射性核種水平調查評估，認為福島核電廠事故洩漏的放射性污染物未來會順著洋流擴散回流污染亞洲東部包含台灣的沿海。另，面對大陸沿岸區域一長串核能電廠持續興建運轉，離台灣本島最近直線距離僅大約 160 公里，加強台灣沿岸海水輻射監測有其必要性。海水中放射性銫分析以往常用的有貝他計測儀計測，通常需先利用磷鉬酸銨吸附放射性銫核種並利用樹脂去除其他干擾核種，及鉑氯酸銫計算化學回收率做修正，過程較為繁瑣耗時，不適合快速監測目的。因而如何快速進行監測儘早預警保障國人輻射安全及民眾之健康遂成為重要課題。

本研究利用純鍺半導體加馬能譜儀進行海水放射性銫分析，前處理分為直接計測及以磷鉬酸銨進行濃縮兩種方法，結果顯示最小可測量值（Minimum Detectable Amount，MDA）直接計測法為 0.12 貝克/升、磷鉬酸銨濃縮法為 0.001 貝克/升，兩種方法之皆可符合現行「環境輻射監測規範」0.4 貝克/升的要求。其中磷鉬酸銨濃縮法因可以加大樣品體積進行濃縮，可進一步適用於海水放射性銫背景調查，以探究放射性核種如何隨洋流擴散現象，因福島核電廠事故後國外學者已立即投入相關研究，結果並指出放射性污染物未來會順著洋流擴散回流污染台灣沿岸，為免浪費資源重複研究，所以本研究仍以符合現行規範要求快速監測為目的進行台灣沿岸海水監測，結果顯示台灣沿岸海水僅測得微量銫-137 活度介於 1.5~2.1 毫貝克/升，遠低於「環境輻射監測規範」的調查基準。



行政院原子能委員會輻射偵測中心

台灣北部環境土壤中銻來源鑑別分析研究

近年來長半化期放射性核種分析愈來愈受國際間環境科學工作者的關注，因為隨著時間的推移，這些長半化期放射性核種將成為環境放射性危害的主要貢獻核種；在國內則因核能電廠乾式貯存場的議題，使長半化期放射性核種分析開始受到重視。環境中的長半化期核種除了核能電廠等核能工業所產生的放射性廢棄物為可能來源外，1950 年代到 1960 年代間大規模的核武試爆隨大氣沉降擴散全球亦為主要原因。因此，如何分析並辨識環境中的長半化期核種是否源自核能電廠，已成為核能電廠環境輻射監測一個重要課題。

環境樣品通常會受到各種理化或生物因子、氣候化環境地形地貌變遷等影響，雖同一區域因採樣地點稍為差異，同一核種活度濃度分析的結果往往變化亦會相當大，因此若僅監測活度濃度分析易造成大眾對起伏明顯的分析結果誤解。相反地，若採同位素分析，因為化學性質相同，同一核種的同位素比值則較為穩定，因此同位素分析成為判定污染來源的利器。銻(Pu)是一種與核武和能源領域密切相關的人工放射性核種，具有極強毒性及非常長的半化期，在環境和核武監測研究中是一種非常重要的研究對象，國內對於長半化期銻放射性核種分析，主要以阿伐能譜儀進行計測，不但分析時間長、靈敏度低，通常只能測定 $^{239+240}\text{Pu}$ ，無法分別測定 ^{239}Pu 和 ^{240}Pu 。質譜儀已廣泛應用於長半化期核種的分析，尤其是對於事故現場鑑識少量樣品的同位素比值分析更具有無可取代的優勢，可藉由同位素比值分析以研判污染來源，依台灣緯度目前銻的平均沉降 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值約為 0.178 ± 0.019 ，武器級銻的 ^{240}Pu 含量較低， $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值為 $0.03\sim 0.07$ ，若源於核電廠反應器由於製造技術和設計上的不同，Pu 同位素比值不盡相同，一般 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值會大於 0.2。

本研究同時利用阿伐能譜儀及感應耦合電漿質譜儀進行台灣北部環境土壤銻監測分析，兩種儀器測得 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度濃度分析的結果相當一致；另，以感應耦合電漿質譜儀分析 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值皆落於 0.178 ± 0.019 範圍內，顯示其來源應來自昔日核爆落塵，非源自台電核能發電廠，此結果可提供未來核能電廠除役期間環境輻射監測分析數據比對及研判污染來源。

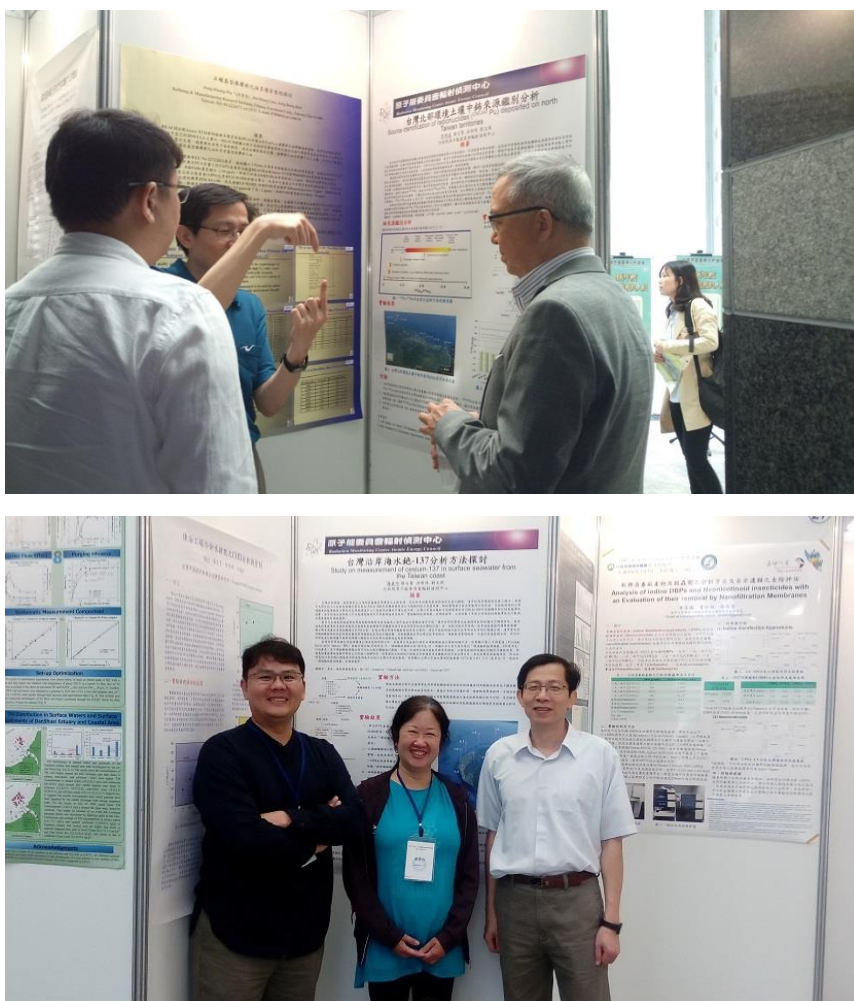


圖 8. 2017 年(第 31 屆)環境分析化學研討會發表

摘要

關鍵詞：感應耦合電漿質譜儀、核能電廠 (ICP-MS、nuclear power plant、plutonium)

鑑別鈾源於核電廠反應器或武器級鈾可能性圖示如下[1、2]:



```

graph TD
    A[残渣] --> B[濾液]
    B --> C[陰離子交換樹脂管  
Dowex 1×8  
(100-200mesh)]
    B --> D[NaNO2 調價]
    C --> E[蒸發乾固]
    D --> E
    E --> F[硝酸 5mL]
    F --> G[過氧化氫 1mL]
    G --> H[蒸發乾固]
    H --> I[電鍍用試液]
    I --> J[電鍍]
    J --> K[電鍍殘液]
    J --> L[電鍍板  
(α 輻射分析)]
    I --> M[ICP-MS]
    I --> N[硝酸(1:9) 7mL  
氨水 pH 2.0-2.5]
    N --> L
    
```



1. J.M. Kelley, L.A. Bond, T.M. Beasley, *Sci. Total Environ.* 237/238 (1999) 483–500.
2. M.E. Ketterer, S.C. Szechenvi, *Spectrochim. Acta Part B* 61 (2008) 719–737.

小結

本中心執行「106 年度輻射災害防救與應變技術之研究發展分項計畫：輻射災害鑑識能力建立」工作成效整理如下表：

表 6.本中心計畫執行成效表

工作項目	工作成效	備註
1.協助完成備援實驗室空間規劃與設置	已完成分析室、前處理室、樣品儲存室等面積總計約 100 坪之足以長期經營運作的空間。	本中心輔導設置
2.購置純鍺半導體偵檢器 (HpGe)加馬能譜分析系統 1 套	已完成購置，並已可上線操作。	本中心教導操作
3.撰寫純鍺半導體偵檢器 (HpGe)加馬能譜分析系統操作程序書。	已撰寫完成，並已可上線操作。	本中心協助完成
4.訓練操作人員取得輻安證書等專業證照。	屏科大團隊已 3 員取得輻安證書。	校方自主完成
5.參與環境試樣放射性分析比較實驗	屏科大之核種分析結果與其他 7 個實驗室結果一致。	本中心主辦
6.TAF(財團法人全國認證基金會)游離輻射領域測試實驗室認證的申請。	屏科大已於 106 年 11 月底送出申請，107 年持續進行認證。	本中心輔導申請
7.辦理操作人員教育訓練	本中心完成辦理 3 場次操作人員教育訓練包含儀器操作、TAF 認證經驗交流及環境試樣取樣示範。	本中心主辦
8.擴充分析技術能力	完成「台灣沿岸海水銫-137 分析方法探討研究」及「台灣北部環境土壤中銻來源鑑別分析研究」二篇有關分析技術能力之論文	本中心自辦

肆、結論與建議

屏東科技大學防災中心轄下的『輻射災害放射性分析備援實驗室』已於民國 105 年初步建置完成空間規劃，並於 106 年完成建置純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統，相關人員亦完成儀器操作訓練，屏科大今年參加本中心舉辦之「國內環境試樣比較分析試驗」，參與土壤及茶葉加馬銻-137 核種分析，分析結果通過測試，對剛成立實驗室的屏科大而言，實屬不易，未來本中心會再協助屏科大強化分析核種項目的量能。

107 年本計畫規劃將由屏科大再購置 1 套純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統，並已運用 106 年經費已先行購置加馬標準混合校正射源，在分析實驗室的例行品保作業及樣品檢測上，屏科大已具備獨立作業能力。本中心將按規劃於 107 年上半年舉辦『進階加馬能譜系統操作教育訓練』，內容包含例行品保作業能力、熟悉系統操作能力、效率曲線製作、檢測報告輸出及相關文件建檔等，以提升屏科大實驗室分析能力及品質，以利取得 TAF(財團法人全國認證基金會)游離輻射領域測試實驗室認證。

本中心將於 107 年持續投入執行擴充輻射災害鑑識分析技術能力作業，提升水樣阿伐/貝他計測的分析能力，以有效運用時間與人力資源，配合各項種水樣如飲用水與水庫水源、自來水等民生相關水樣之檢測需求。

附錄

106 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案期末報告書

106 年度輻射災害放射性分析 備援實驗室建置案

期末報告書

主辦單位：行政院原子能委員會

執行單位：國立屏東科技大學

主持人：葉 一 隆 教授

執行期間：106 年 03 月 15 日至

106 年 12 月 31 日

中 華 民 國 1 0 6 年 1 1 月 1 7 日

目 錄

壹、緣起	1
一、計畫構想	1
二、背景說明	2
三、團隊經驗與實績背景說明	5
四、放射性備援實驗室認證	7
五、放射性分析檢測	14
貳、計畫執行方式	19
一、計畫目的	19
二、計畫期程	19
三、重要工作項目	19
四、執行方法	21
五、計畫進度(甘特圖)	30
參、研究人力	34
肆、106 年計畫執行成果	36
一、實驗室空間規劃符合本計畫之要求	36
二、操作人員輻射安全訓練及相關證照	38
三、接受輻射偵測中心純鍍偵檢器系統實務訓練	40
四、純鍍半導體偵檢器加馬能譜分析系統採購案	41
五、純鍍半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書	43
六、純鍍偵檢器效率曲線的製作	43
七、參加輻射偵測中心所舉辦國內外環境試樣比較實驗及檢討報告 ..	45
八、TAF 認證申請	51
九、核能三廠周圍環境試樣取樣作業觀摩	52
十、參加屏科大與北京科大學術研討會	53

十一、執行績效內容	54
十二、經費執行現況	55
伍、未來工作內容規劃	56
附件一 純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統實務訓練	59
附件二 純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作作業程序書	91
附件三 TAF 認證申請相關資料	127
附件四 通識課程相關資料	146

表目錄

表 1 日本進口食品樣本一覽表.....	6
表 2 ISO/IEC 17025 中系統面與管理面規範一覽表.....	11
表 3 放射性加馬核種半衰期與能量光譜一覽表.....	15
表 4 食品樣品前處理灰化溫度一覽表.....	16
表 5 放射性核種揮發溫度一覽表.....	16
表 6 備援實驗室空間配置結果一覽表.....	22
表 7 屏科大輻射災害備援實驗室儀器設備規劃一覽表	23
表 8 工作項目預定進度表(甘特圖).....	30
表 9 工作項目預定查核點一覽表.....	31
表 10 TAF 實驗室認證文件預定進度表(甘特圖).....	32
表 10 TAF 實驗室認證文件預定進度表(甘特圖)(續 1).....	33
表 11 實驗室空間規劃表	37
表 12 Cs-137 不確定度	50
表 13 認證文件完成紀錄表.....	51
表 14 經費執行現況.....	55

圖目錄

圖 1 大陸鄰近台灣核電廠分布圖.....	4
圖 2a 綠茶(已烘培)圖譜.....	6
圖 2b 烘培搽粉圖譜.....	6
圖 2c 抹茶圖譜.....	7
圖 2d 抹茶(添加 Cs-137 射源)圖譜.....	7
圖 3 ISO/IEC 17025 實驗室認證程序流程圖.....	10
圖 4 ISO/IEC 17025 的技術及管理要求作業流程圖.....	12
圖 5 全國認證基金會的評鑑流程圖.....	13
圖 6 Ba-133 和 I-131 的放射性元素的能量光譜圖.....	18
圖 7 建置「輻射災害備援實驗室」流程圖.....	20
圖 8 輻射災害放射性分析備援實驗室空間配置分佈圖.....	24
圖 9 輻射災害放射性分析備援實驗室儀器設備位置分佈圖.....	25
圖 10 輻射災害放射性分析備援實驗室儀器設備位置圖例說明...	26
圖 11 「輻射災害備援實驗室」組織架構圖.....	35
圖 12a 樣品貯存室.....	37
圖 12b 儀器分析室.....	37
圖 12c 辦公室.....	37
圖 12d 廢棄物置放區.....	37
圖 12e 樣品前處理室.....	38
圖 12f 樣品前處理室.....	38
圖 13a 輻射偵測中心訪查.....	38
圖 13b 輻射偵測中心訪查.....	38
圖 14a 純銻偵檢器實務訓練.....	40
圖 14b 純銻偵檢器實務訓練.....	40
圖 14c 純銻偵檢器實務訓練.....	41
圖 14d 純銻偵檢器實務訓練.....	41
圖 15a 原能會第二季訪查.....	41
圖 15b 原能會第二季訪查.....	41
圖 16a 純銻偵檢器搬運過程.....	42
圖 16b 純銻偵檢器搬運過程.....	42
圖 16c 純銻偵檢器搬運過程.....	42
圖 16d 純銻偵檢器搬運過程.....	42
圖 17a 純銻偵檢器教育訓練.....	42
圖 17b 純銻偵檢器教育訓練.....	42
圖 18a 原能會第三季訪查.....	43
圖 18b 原能會第三季訪查.....	43
圖 19a 混合射源 4.5 cm 之效率曲線圖.....	44

圖 19b 混合射源 10 cm 之效率曲線圖	45
圖 20a 茶葉試樣經純鍮分析後的圖譜	45
圖 20b 土壤試樣經純鍮分析後的圖譜	46
圖 21a 核三廠採樣觀摩	52
圖 21b 核三廠採樣觀摩	52
圖 21c 核三廠採樣觀摩	53
圖 21d 核三廠採樣觀摩	53
圖 21e 核三廠採樣觀摩	53
圖 21f 核三廠採樣觀摩	53
圖 22a 學術研討會口頭報告	53
圖 22b 學術研討會口頭報告	53

壹、緣起

一、計畫構想

日本福島核電事故震撼全球，後續環境放射性污染影響及復原亦引起世界各國關注，國人非常喜歡食用日本食品，因而日本進口食品的放射含量監測特別受到重視。由於國內放射性分析能量有限，為提升並強化南部地區放射性分析能量，國立屏東科技大學接受原子能委員會委託建置輻射災害備援實驗室，投入放射性分析相關檢測工作，為國人之食品輻射安全把關盡一份心力。

福島核能電廠發生輻射外洩嚴重的輻射污染事件在國際間引起極大的關注與衝擊，影響所及包涵各項貿易(貨物、旅遊等)的進行。台灣長期以來與日本民間交流緊密，輻射事故後大量與日本相關的樣品需進行輻射檢測，即使該產品確定在事故發生前就已進口，消費者仍要求出具檢測報告方有信心採購。鑒於國內各放射分析實驗室當時均面對遠高於原先規劃之人力與設備資源所能處理的樣品量，劉祺章等(2012)針對福島事故這樣的特例，建議大量樣品檢測可採快篩定性分析作業方式進行，第一階段的污染確認，一旦發現有污染之虞，再進行第二階段定量偵測，以大幅減少分析的時間與人力。然而，即使以快篩定性分析作業方式因應，國內現有放射分析相關實驗室仍難以應付事故後大量樣品的檢測，檢測能量不足，因此，為提升或強化台灣地區放射性分析能量，建立輻射災害備援實驗室有其迫切性及重要性，對災害後續的處理、調查及民眾的安全保障將有相當大的效益。

國立屏東科技大學對政府相關政策及社會責任一向積極配合，其防災中心轄下的『輻射災害放射性分析備援實驗室』已於民國 105 年初步建置完成，期望能陸續於民國 106 年與 107 年添購至少

2 套加馬能譜儀(Gamma-Ray Spectrometer, GRS)搭配純鍺偵檢器(High Purity Germanium Detector)，作為加馬(Gamma)放射性核種定性與定量檢測技術之開發與提升的基礎，並以此基礎配合政府放射分析檢測能量提升之政策。

二、背景說明

台灣目前有三座核能電廠持續穩定提供國內的電力需求，然而對於核子事故的疑慮仍是國人一直關注的議題。原子能委員會與台灣電力公司每年均舉辦核安演習，確認各項應變程序措施與人力設備資源能夠符合要求。過去核子事故環境監測樣品分析程序主要針對污染區域進行緊急應變規劃，人力與設備需求在歷年演習中加以檢討與演練(劉祺章等，2012)。然而由日本福島核電廠放射性物質外釋事件的後續處理發現，雖然事故地點距離台灣約兩千公里，釋出的輻射物質並不會直接衝擊台灣，但由於國際貿易之需求與現實，非污染區域的樣品也有進行輻射檢測的需求，以取得無輻射污染證明，而其樣品量為污染區的數百倍，國內各放射分析實驗室之人力與設備資源有限，能處理的樣品量勢必無法負荷日益增加的進出口食品、消費性商品、環境試樣放射性含量檢測等技術服務。

除了國內現有核能電廠，大陸沿海區域核能電廠持續興建運轉(如圖 1)，其中福清電廠離台灣本島最近直線距離的大約 162 公里，離馬祖南竿島則大約 80 公里，寧德電廠離馬祖北竿島也差不多。2014 核准開展前期工作的漳州核電廠則距離金門約 90 公里。由福島事件的污染狀況來看，這樣的距離並不會有受到嚴重污染而需要撤離民眾的可能，但是若氣象條件的因素，這些外島的食品、飲用水則有可能遭受污染而需要管制，如同日本千葉縣距離

福島電廠約 200 公里，仍因有農產受到污染而在我國管制輸入的五縣之列。

根據食品藥物管理署於民國 100 年所公告的資訊得知，台灣地區可執行產品(食品、藥物、化粧品等)輻射檢驗之機構共計有 6 個：中部以北即涵蓋 4 個，包括核能所(桃園)、清華大學(新竹)、台電放射試驗室(石門)與台電低背景計測室(萬里)；南部僅有輻射偵測中心(高雄)與台電放射試驗室(恆春)，加上所屬單位有例行性的分析檢測工作，額外分析能量相當有限。

若同樣由福島事件國際影響與反應程度可以推估，假設國內或距離接近台灣地區的區域，萬一有境外核子事故輻射污染事故與災害發生時，將再次出現大量湧入需檢測之各類農、漁、畜牧等產品，以及國內環境中水、空氣、土壤、植物樣品，環境輻射分析實驗室必須面對大量低活度(但仍有少數具高活度)的樣品做檢測，而輻射檢測人力需求又必須是能獨立作業的專業保健物理人員，很難用以臨時的志工或其他人力取代，因此，當務之急應規劃建置支援之實驗室，積極增加輻射檢測人力並提升輻射檢測設備能量，以防止事故對台灣社會及經濟的衝擊與影響，而善用民間及學術單位資源，將有助於政府目標的儘速達成。



圖 1 大陸鄰近台灣核電廠分布圖

三、團隊經驗與實績背景說明

國立屏東科技大學對政府相關政策及社會責任一向積極配合，本校執行『105 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』已於 105 年 12 月順利完成結案，陸續完成的工作項目分別包括：已陸續完成備援實驗室規劃、提交實驗室設計圖說(4 月)；碘化鈉偵檢器、手提式輻射偵檢器實務訓練(5 月)；碘化鈉偵檢器、手提式輻射偵檢器採購案(8 月)；18 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書 1 人(1 月)；36 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書 2 人(8 月)；實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練 1 人(8 月)；備援實驗室建置工程設計與發包工作(9 月)以及碘化鈉偵檢器操作程序書撰寫(9 月)；參加 105 年度食品衛生檢驗科技研討會 1 篇論文發表(10 月)；備援實驗室配合輻射偵測中心進行食品輻射快篩測試並繳交測試報告(11 月)等工作項目。

屏科大備援實驗室地點為本校電算中心地下室 IB001。實驗室內部空間規劃儀器分析室(20 坪)、樣品前處理室(10 坪)、計測完畢樣品儲存室(10 坪)、行政辦公室(14 坪)、支援空間(45 坪)等，樓地板面積總計約 100 坪。建置合適實驗室之空間，提供符合實驗室之各組成物如排煙櫃、生物安全櫃、實驗檯、儀器、儲藏所需之空間；空間亦必須合適提供安全之工作區域，包括如使用設備、防止污染裝置、桌面等。

本研究團隊黃韋翔專任助理於 105 年 5 月 11 日至 13 日到原能會輻射偵測中心學習加馬核種能譜分析系統與手提式輻射偵檢器及純鍍偵檢器之實務操作訓練(詳見『105 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』期末報告)。105 年 9 月 21 日於屏科大進行碘化鈉(NaI)偵檢器的原理介紹與操作示範舉行儀器教育訓練，並

完成該操作程序書撰寫，分為簡易操作版本與完整說明版本兩部份(詳見『105 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』期末報告)。

輻射偵測中心提供了 18 個日本進口食品樣本讓本研究團隊進行快篩測試，表 1 為 18 個日本進口食品樣本，快篩測試結果皆在法規標準合格內，經檢測結果顯示 18 個樣本中均未檢測出人工核種，具體說法是低於儀器偵測的極限，因為其活度較低，圖片顯示的都是背景值，如圖 2a-2c 所示。其中，透過人工核種(Cs-137)的添加過程，本團隊能將 Cs-137 在其分析圖譜中顯示出來，如圖 2d 所示。

表 1 日本進口食品樣本一覽表

1.抹茶	2.NIPPON OH MY 快煮義大利沙拉
3.MUSO 烘培咖哩粉甜味	4.小麥粉
5.綠茶(已烘培)	6.洋蔥
7.深川 海苔南蠻洋芋片	8.烘培黑豆顆粒
9.烘培茶粉	10.抹茶入玄米茶
11.南日本酪農乳酸飲料 1000 ML	12.KAMEYA 伊豆山葵美乃滋 210G
13.SANGARIA 您的綠茶 280 ML	14.北海道日高草莓調味保久乳
15.南日本酪農 柳橙果汁 200 ML	16.南日本酪農 蘋果果汁 200 ML
17.食品添加物 烏龍茶香料	18.高湯醬油

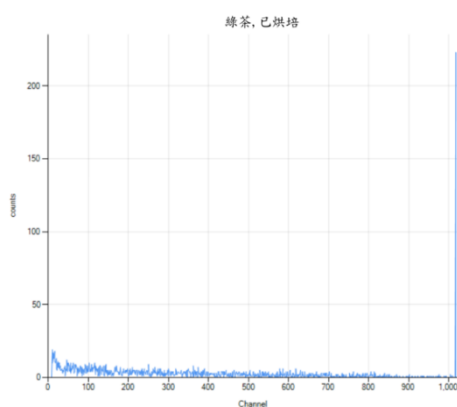


圖 2a 綠茶(已烘培)圖譜

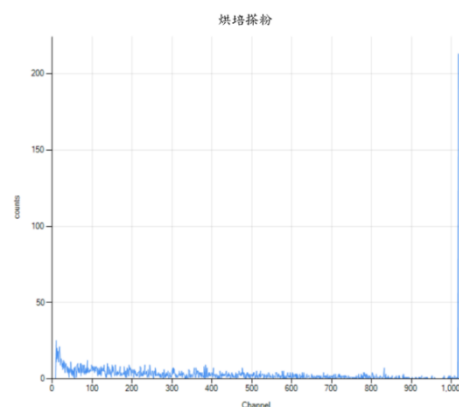


圖 2b 烘培茶粉圖譜

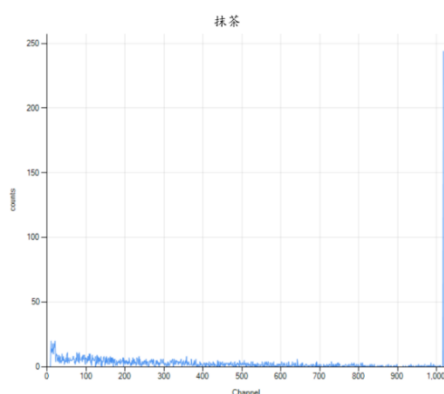


圖 2c 抹茶圖譜

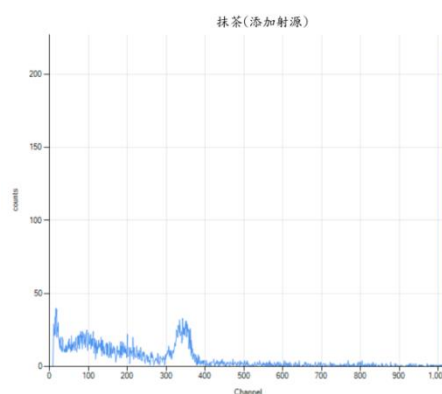


圖 2d 抹茶(添加 Cs-137 射源)圖譜

本研究團隊於 105 年 10 月 17 號參加食品衛生檢驗科技研討會並以海報方式發表一篇文章『105 年台灣地區日本食品中放射性檢測調查』，內容為原能會輻射偵測中心提供的日本進口食品樣本快篩分析試驗，首先以碘化鈉(NaI)偵檢器，針對米食、食用油、牛乳、咖啡、飲料、調味醬料、香料等市售 34 件日本進口食品進行快篩檢測，均未檢測出銫-137 等任何人造核種，同時以原子能委員會輻射偵測中心純鍺偵檢器(HpGe)分析進行再確認，亦均未測得任何人造核種，皆符合衛生福利部 105 年 1 月 18 日公告食品中原子塵或放射能污染容許量標準。

為積極配合政府「輻射災害放射性分析備援實驗室建置」政策，本校將於現有基礎架構下，規劃增設放射性分析備援實驗室，協助政府相關政策推動。

四、放射性備援實驗室認證

財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)是一個提供全方位專業認證服務的機構，目前也是我國唯一獲得國際認證組織承認的認證機構，其主旨在建立符合國際規範且公正、獨立、透明之認證機制，建構符合評鑑(conformity

assessment)制度之發展環境，結合專業人力評鑑及運用能力的試驗，推動國內各類符合性評鑑機構(驗證機構、檢驗機構、能力試驗執行機構、參考物質生產機構及實驗室)各領域之國際認證，提昇其品質與技術能力，並致力於人才培訓與資訊推廣，強化認證公信力，以滿足顧客(政府、工商業、消費者等)之需求，促進與提昇產業、國家競爭力及民生消費福祉。

TAF 揭櫫與秉持下列五項認證原則執行實驗室與檢驗機構認證服務：

I. 確認符合國際規範 ISO/IEC 17011

ISO/IEC 17011 為規範認證機構之國際標準，亦為簽屬國際實驗室認證聯盟相互承認的基本要求。TAF 致力確保實驗室與檢驗機構認證符合 ISO/IEC 17011 之要求。

II. 認證規範以國際規範為基礎

TAF 所採用或訂定之認證規範是以國際規範為基礎，如 ISO/IEC 17025、ISO 15189、ISO/IEC 17020 或國際組織之相關文件等。

III. 維護認證公信

TAF 秉持公平與公正的精神，經由實驗查證，實驗室或檢驗機構已展現滿足認證規範後方授予，無任何差別待遇；同時亦要求實驗室與檢驗機構應共同維護認證公信力。

IV. 實施同儕評鑑

實驗室與檢驗機構評鑑屬同儕評鑑，強調所指派的評鑑小組必具備所對應評鑑範圍的技術專業能力；同時藉由評審員與受評機構人員間同儕經驗的分享與切磋，以創造評鑑價值。

V. 鼓勵自主管理

經由認證所產生的效益唯有在實驗室與檢驗機構自主管理下方可獲致與持續，因此，TAF 鼓勵與協助實驗室與檢驗機構應致力於自主管理。

本校於 105 年執行行政院原子能委員會計畫，於計畫協助下成立了放射性備援實驗室，並添購檢驗分析輻射的相關儀器，主要目的在於當國內發生核子事故或輻射相關意外事件或國外有相關進口食品時，必須檢測民生相關的大量流通食品、商品與生活環境飲用水及土壤等樣品，而為了使檢驗結果更具有公信力，故需通過國家承認的認證機構的認證。申請實驗室認證主要目的如以下幾點：

1. 透過評鑑活動，可提升檢測技術及品質管理，建立優良的操作規範。
2. 可登載於認可實驗室名錄，提高其校正或測試報告之公信力。
3. 校正或測試亦被各界如政府單位和廠商所接受。
4. 藉國際間之相互認可，校正或測試報告將被國外相互認可單位所接受。
5. 可於規定之範圍內使用中華民國實驗室認證體系之標誌。

實驗室認證所需要的文件分為四個階段，如下列：

1. 第一階文件 QM(品質手冊)-在這指的是 ISO 17025 品質手冊。
2. 第二階文件 QP(品保程序)-此依 ISO 17025 建立相關之品保程序。
3. 第三階文件 WI(標準作業程序及參考資料)-包括檢驗、操作等標準書相關之檢驗標準如食藥署、衛生福利部、

原子能委員會公告之檢驗方法；量測品保、不確定度評估報告。

4. 第四階(表單紀錄)-執行之表單紀錄。

圖 3 為參考 ISO/IEC 17025 的資料加以考量的流程圖，能更明確了解實驗室認證所需要的程序。

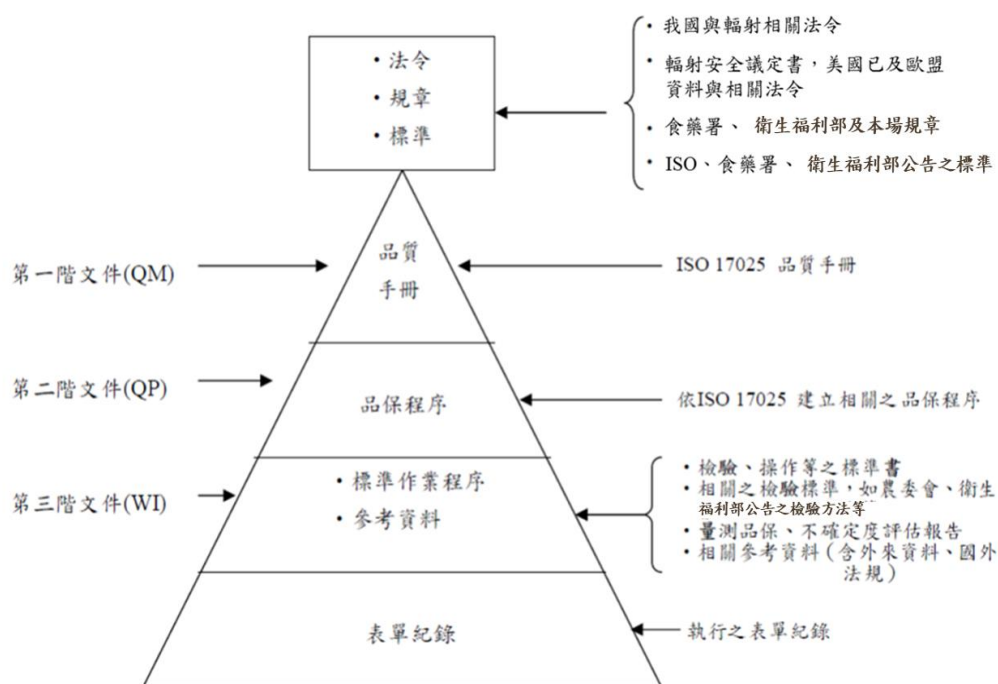


圖 3 ISO/IEC 17025 實驗室認證程序流程圖

第一階品質手冊又劃分出系統面與管理面兩種認證規範（如表 2 所示），系統面是為實驗室運作順利所建立、實施、維持的大綱規範，依 ISO/IEC 17025 所規範可分為組織、文件管理、顧客服務、矯正措施、內部稽核等共 15 項管理要求；管理面則是為了達到實驗室執行試驗與校正的正確性與可靠性，而針對人員、設施環境、設備、試驗方法、校正方法、結果報告等 10 項技術要求進行規範。

舉例來說，4.10 改進與 4.11 矯正措施不同在於改進是指實

驗室應運用品質政策、數據分析、矯正及預防措施及管理審查，持續改進其管理系統的有效性；而矯正措施是指實驗室應建立矯正措施之政策與相關程序，當管理系統或技術作業之不符合工作或偏離政策與程序得到鑑別時，應指定實施矯正措施之適當權力。

表 2 ISO/IEC 17025 中系統面與管理面規範一覽表

系統面	管理面
4.1 組織	5.1 概述
4.2 管理系統	5.2 人員
4.3 文件管理	5.3 設施與環境條件
4.4 要求、標單及合約之審查	5.4 試驗與校正方法及方法確認
4.5 試驗與校正之外包	5.5 設備
4.6 服務與供應品之採購	5.6 量測追溯性
4.7 顧客服務	5.7 抽樣
4.8 抱怨	5.8 試驗與校正之處理
4.9 不符合測試與(或)校正工作之管制	5.9 試驗與校正結果品質之保證
4.10 改進	5.10 結果報告
4.11 矯正措施	
4.12 預防措施	
4.13 紀錄管制	
4.14 內部稽核	
4.15 管理審查	

系統面和管理面中的各項要求皆環環相扣，由圖 4 所舉出的作業流程圖可以看到，實驗室從收件、測試、紀錄，到最後的報告產出，皆須確保各項流程符合上述的各項要求，才能使整個品

質系統完整地運作。

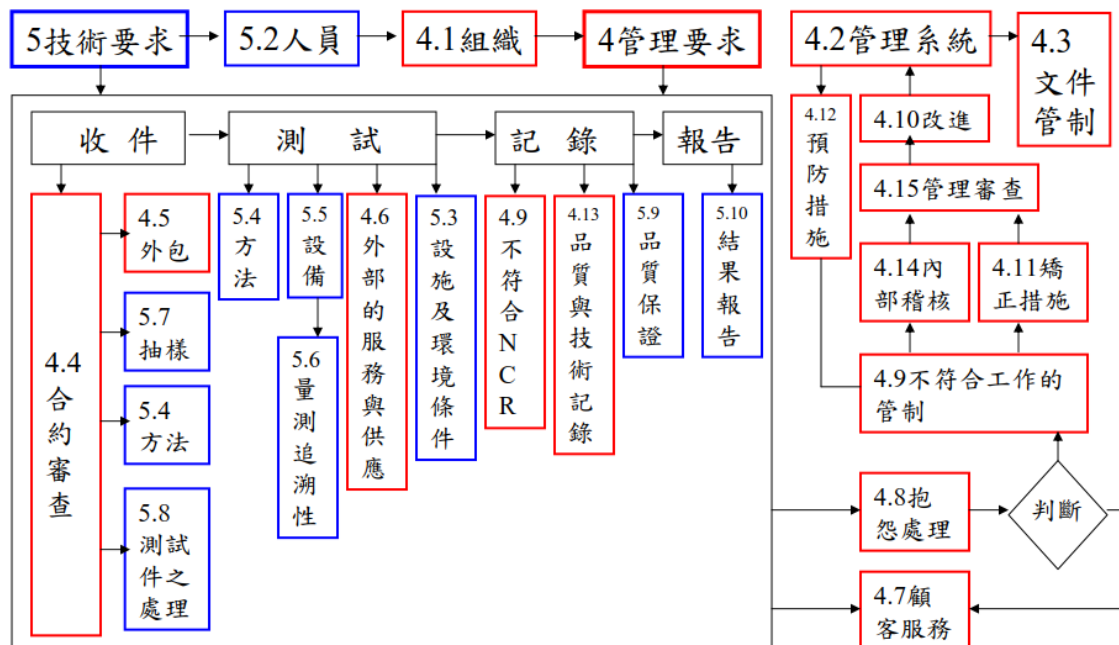


圖 4 ISO/IEC 17025 的技術及管理要求作業流程圖

圖 5 是全國認證基金會的評鑑流程圖，由圖可以了解整個認證的流程，包括先在網路上提出認證申請並繳交申請費，約 1 至 2 個星期會審查申請資料與初訪及確認申請認證的範圍；接著約 4 至 6 個星期來評鑑安排與計價收費、文件審查(文件審查若遇重大問題，則可能暫時執行評鑑)及現場評鑑；再來約 2 至 3 個月確認改善措施包括回報改善措施、現場複查或書面審查等改善措施；最後約 1 個月評鑑小組認可建議，接著審議、決議認證通過(通過認證決定後十個工作天內完成發證)。

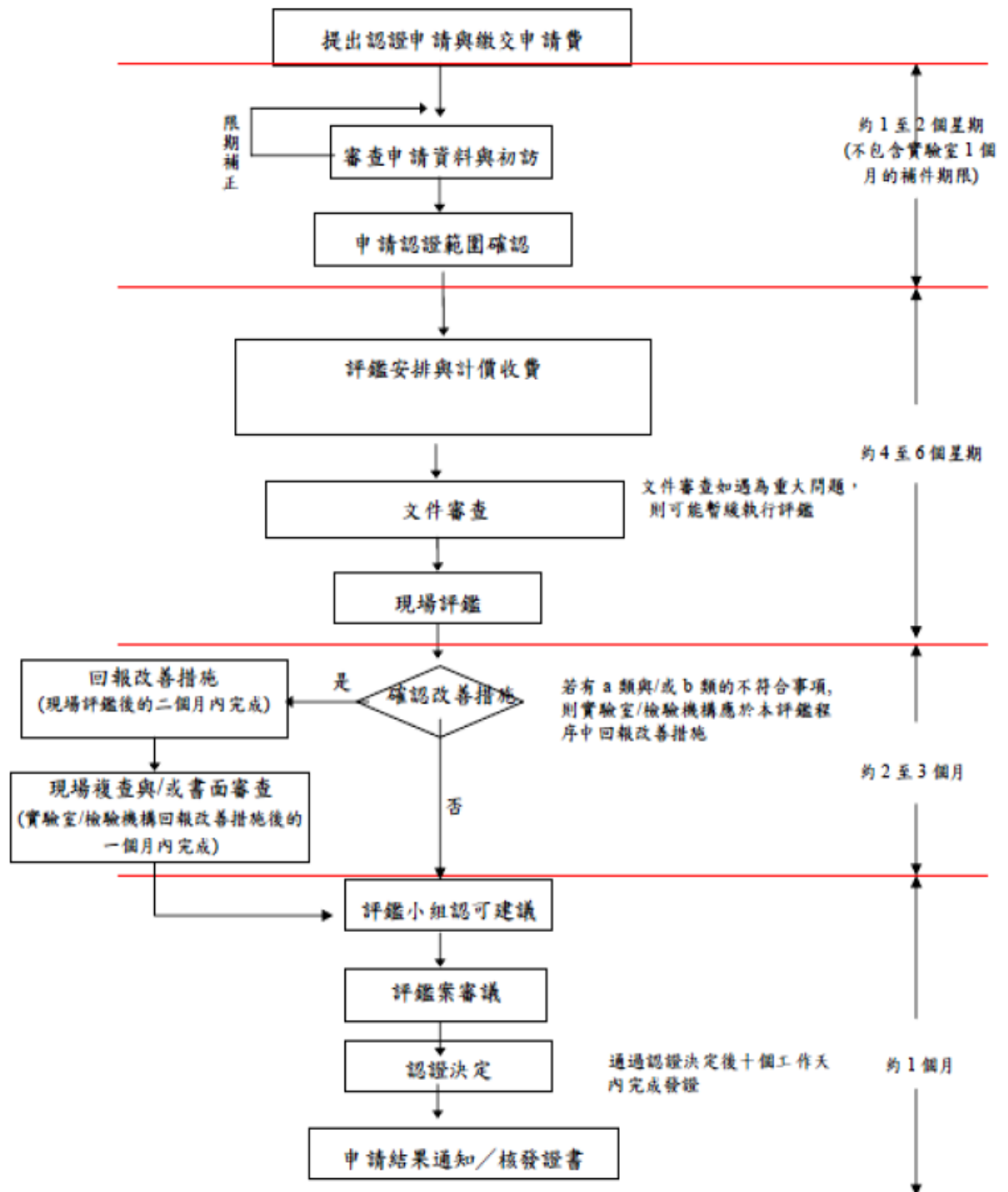


圖 5 全國認證基金會的評鑑流程圖

五、放射性分析檢測

環境試樣分析方法參考原能會輻射偵測中心的「化學實驗室管理作業程序」、「水樣加馬能譜分析直接計測」、「沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析」、「生物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理」、「水樣加馬能譜分析直接計測之前處理操作」、「環境試樣取樣作業程序」、「環境試樣前處理法」、「環境試樣取樣法」等操作程序。

根據食品藥物管理署於民國 100 年所公告的資訊得知，台灣地區可執行產品(食品、藥物、化粧品等)輻射檢驗之機構共計有 6 個：中部以北即涵蓋 4 個，包括核能所(桃園)、清華大學(新竹)、台電放射試驗室(石門)與台電低背景計測室(萬里)；南部僅有輻射偵測中心(高雄)與台電放射試驗室(恆春)，其所屬單位都有例行性的分析檢測工作。因此，投入研究放射性核種分析方法的資源有待進一步的提升。(參考網址為 <http://www.fda.gov.tw/TC/siteContent.aspx?sid=1865#.WNfGNGY6wS8>)

一般核子事故初期的輻射污染核種，以碘-131、銫-134 及銫-137 為主，因銫-137 半衰期 30 年最長，故作為監測的主要指標核種，此三個核種皆可放出穿透力較強的加馬輻射，所以可利用加馬能譜分析系統進行檢測。本研究團隊希冀透過加馬(Gamma)放射性核種定性與定量檢測技術之開發，提供利用放射性核種分析方法，達到確保進口我國之農、漁、畜牧等產品不受輻射污染。

放射性人工核種會因為半衰期的差異導致在不同時間檢測分析所得到的結果，根據文獻資料可以得知放射性加馬核種半衰期與能量光譜資料，如表 3 所示(Sanderson et al., 1993; Browne et al., 1986)。本研究所關注的放射性人工核種包含碘 131(Iodine-131)、

銫 134(Cesium-134) 與銫 137(Cesium-137)等，其半衰期分別為 8 天、2.1 年與 30.2 年。在加馬(Gamma)放射性核種定量檢測時，各種農產品前處理所需灰化的建議溫度如表 4 所示，如牛奶(wet milk)介於 175-325 °C、稻穀(grains)介於 225-325 °C、魚或肉類需灰化完全等。因此，考量所對應之放射性核種揮發溫度得知，I-131 在食品灰化過程中容易揮發至空氣中，Cs-134 與 Cs-137 則不受影響(如表 5)。

表 3 放射性加馬核種半衰期與能量光譜一覽表

NUCLIDE	ENERGY(KeV)	HALF-LIFE
²¹⁰ Pb	46.5	22.3 yaers
²⁴¹ Am	59.5	432.2 years
¹⁰⁹ Cd	88.0	462.6 days
⁵⁷ Co	122.1	273 days
¹⁴¹ Ce	145.4	32.5 days
¹³⁹ Ce	165.9	137.7 days
²⁰³ Hg	279.2	46.6 days
¹³¹ I	284.3	8.05 days
⁵¹ Cr	320.1	27.7 days
¹¹³ Sn	391.7	115.1 days
⁸⁵ Sr	514.0	64.8 days
¹³⁴ Cs	605.0, 796.0	2.06 years
¹³⁷ Cs	661.7	30.0 years
⁵⁴ Mn	834.8	312.5 days
⁸⁸ Y	898.1, 1836.1	106.6 day
⁶⁵ Zn	1115.5	243.8 days
⁶⁰ Co	1173.2, 1332.5	5.27 years
⁴⁰ K	1460.8	1.28×10 ⁹ years

資料來源：Sanderson et al.,(1993) and Browne et al.,(1986)

表 4 食品樣品前處理灰化溫度一覽表

Material	Temperature (° C)
Eggs	150-250
Meat	Burning
Fish	Burning
Fruit (fresh)	175-325
Fruit (canned)	175-325
Milk (dry)	—
Milk (wet)	175-325
Buttermilk (dry)	—
Vegetables (fresh)	175-225
Vegetables (canned) ...	175-250
Root vegetables	200-325
Grass	225-250
Flour	Burning
Dry beans	175-250
Fruit juices	175-225
Grains	225-325
Macaroni	225-325
Bread	225-325

資料來源：(Method Sr-02-RC, HASL-300[DOE, 1997])

表 5 放射性核種揮發溫度一覽表

Isotope	Chemical Form	Boiling Point(°C)
Tritium- ³ H	H ₂ O	100
Carbon- ¹⁴ C	CO ₂ (produced from CO ₃ ⁻² or oxidation of organic material)	-78.5
Iodine- ¹³¹ I, ¹²⁹ I	I ₂	185.2(sublimes readily)
Cesium- ¹³⁴ Cs, ¹³⁵ Cs, ¹³⁷ Cs	Cs metal Cs oxides (nitrates decompose to oxides) CsCl	678.4 ~650 1290
Ruthenium- ¹⁰⁶ Ru	RuO ₄ RuCl ₃ -xH ₂ O	40 Decomposes above 500
Technetium- ⁹⁹ Tc	Tc ₂ O ₇ TcCl ₄	310 Sublimes above 300
Strontium- ⁹⁰ Sr	SrH ₂	1384

Source:Greenwood and Eamshaw(1984)

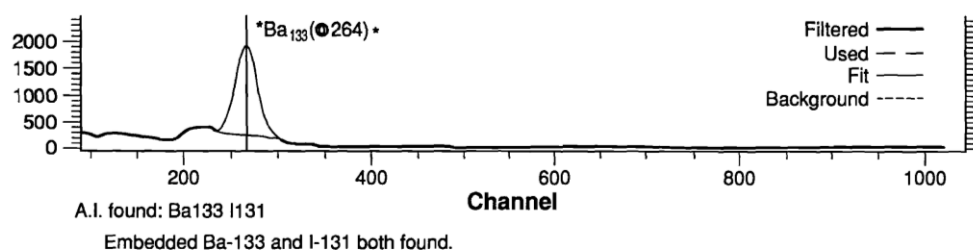
針對食品輻射之檢測，衛生福利部食藥署於 105 年 5 月 19 日部授食字第 1051900834 號公告「食品中放射性核種之檢驗方法」，該方法與歐盟、日本相同。係採二階段式檢驗：採取「快速定性篩選」(1000 秒計測)及疑似污染食品「精確定量確認」(6000 秒計測)的二階段檢測程序。先進行樣品「快速定性篩選」，若有人工核種輻射反應，則進行「精確定量確認」檢測程序，無論「快速定性篩選」或「精確定量確認」檢測程序，皆使用純鍺(HPGe)偵檢器進行加馬能譜分析。第一階段「快速定性篩選」計測時間為 1000 秒，針對碘-131、銫-134、銫-137 等核種，其最小可測值約為 10 貝克/公斤，對照國內現行「食品中原子塵或放射能污染安全容許量標準」(105.1.8)之一般食品含量限值(碘-131 為 100 貝克/公斤，銫-134 與銫-137 之總和為 100 貝克/公斤)及乳品與嬰兒食品碘-131 含量限值(55 貝克/公斤)。

針對食品輻射之檢測將參考衛生福利部公告之「食品中放射性核種之檢驗方法」以及原能會公告之「食品緊急計測之放射性含量檢測方法」等資料，若於「快速定性篩選」發現有碘-131、銫-134、銫-137 等人工核種，則進行「精確定量確認」檢測程序，採取與世界各國檢測程序一致之步驟，依據作業程序進行食品切割、搗碎等破壞性處理，裝入固定幾何形狀的計測容器中，並延長計測時間(表定計測時間至 6000 秒以上)，進行精確定量確認，目前已得知精確之放射性含量，國內檢測研究機構其最小可測值可低至 1 貝克/公斤。

在原能會輻射偵測中心對於放射性核種分析技術的支援下，本計畫針對碘-131、銫-134 與銫-137 等加馬(Gamma)放射性核種利

用屏科大純鍺偵檢器進行定性檢測技術步驟的開發，透過標準混合校正射源組的添加程序，驗證本實驗室分析放射性核種技術的可靠性。後續再針對上述 3 種放射性核種利用屏科大純鍺偵檢器進行定量檢測技術步驟的建立，其中碘-131 的半衰期(half-life)僅有 8 天，其標準射源會因運送時程過長導致活度衰變遞減，無法有效建立效率校正曲線，改用 Ba-133 代替碘-131，理由如下所述。

一般而言，同位素鉬-133(Barium-133)與碘-131(Iodine-131)在 γ 射線光譜中，在特定的放射性能量峰具有相似的光譜，分別是在 302.8 與 284.3 keV。這兩個放射性元素的光譜寬度在 40 keV 的碘化鈉偵測器中，其兩個峰之間在光譜空間距離小到，使得它們無法被峰值擬合算法或直接透過人眼觀察加以識別(Charles et. al., 2011)。因此，當 Ba-133 和 I-131 都存在時，在 γ 射線譜中僅可見到一個不同的峰，如圖 6 所示。本研究將利用此一特性，透過 Ba-133 的放射性元素的光譜作為校正 I-131 的放射性元素的光譜。



資料來源：Charles et. al., 2011

圖 6 Ba-133 和 I-131 的放射性元素的能量光譜圖

貳、計畫執行方式

一、計畫目的

災害事故的預防是世界各國相當重視的課題，當國內發生核子事故或輻射相關意外事件時，必須檢測民生相關的大量流通商品與生活環境飲用水及土壤等樣品。我國目前面臨放射性分析能量不足，當國內發生各種形式輻射相關之複合性輻射污染災害時，尤其南部地區專業輻射檢測實驗室僅有行政院原子能委員會輻射偵測中心與台灣電力公司放射試驗室核三工作隊等 2 個單位。本計畫目的希冀在國立屏東科技大學建置輻射災害備援實驗室，提升並強化南部地區放射性分析能量，平時可以訓練相關人員與年輕學生的參與，協助各級政府進行市售商品調查或環境輻射採樣檢測作業，接受民眾或廠商委託進行進出口食品、消費性商品、環境試樣放射性含量檢測等技術服務，當發生核子事故或輻射相關意外事件時，備援實驗室亦可支援應變單位執行各類樣品的放射性檢測作業，提升輻災應變能量，確保國人的安全。

二、計畫期程

本計畫自 106 年 3 月 15 日起，至 106 年 12 月 31 日止。

三、重要工作項目

本計畫主要工作目標是在國立屏東科技大學建置輻射災害備援實驗室，其主要工作項目分別如下所述：

1. 完成備援實驗室空間規劃。
2. 完成購置純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統 1 套。
3. 完成撰寫純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統等操作程序書。

4. 訓練操作人員取得輻安證書等工作項目。
5. 環境試樣放射性分析比較實驗。
6. TAF(財團法人全國認證基金會)游離輻射領域測試實驗室認證的申請。

規劃計畫流程圖、建置執行步驟圖如 7 所示。

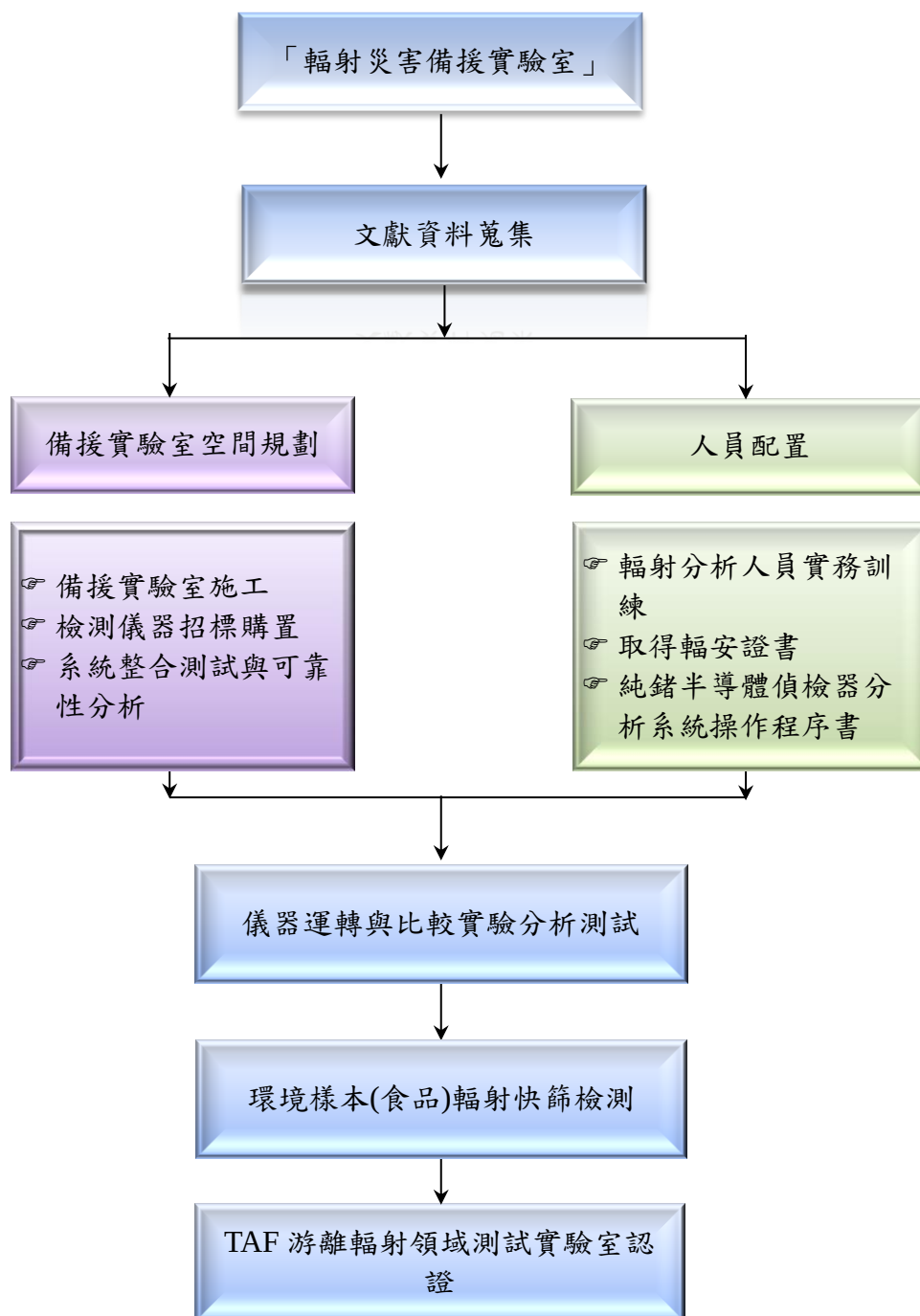


圖 7 建置「輻射災害備援實驗室」流程圖

四、執行方法

本計畫為順利完成建立輻射災害備援實驗室，將針對學術文獻資料回顧、實驗室空間規劃與動線流程設計、人員配置與教育訓練、儀器購置、環境試樣放射性分析比較實驗、提出 TAF(財團法人全國認證基金會)游離輻射領域測試實驗室認證的申請、開授輻射相關通識課程等，工作項目分述如下：

1. 文獻資料—

蒐集本研究計畫相關國內、外輻射分析與 TAF 實驗室認證之文獻資料，包括加馬能譜分析、核種分析方法、環境輻射污染案例分析等。

2. 備援實驗室空間佈置與動線流程—

本研究團隊已執行『105 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』計畫，其輻射備援實驗室建置地點在本校電算中心地下室 IB001。實驗室內部動線、儀器分析室(20 坪)、樣品前處理室(10 坪)、計測完畢樣品儲存室(10 坪)、行政辦公室(14 坪)、支援空間(45 坪)等，樓地板面積總計約 100 坪，如圖 8 及表 6 所示。建置合適實驗室之空間，提供符合實驗室之各組成物如排煙櫃、生物安全櫃、實驗檯、儀器、儲藏所需之空間；空間亦必須合適提供安全之工作區域，包括如使用設備、防止污染裝置、桌面等。實驗室儀器設備位置分佈圖依照購置的不同年度(105 年與 106 年)加以區分，詳如圖 9 與圖 10 所示。

- i. 行政辦公室(4 坪)設置於鄰近實驗室，同時並提供檔案、資料及辦公傢俱之儲存空間。

- ii. **儀器分析室(至少 12 坪)**：規劃放置碘化鈉(NaI)偵檢器 1 套、純鍺偵檢器(HpGe)系統 1 套(含 2 個鉛屏蔽；2 個類比數位訊號轉換器等模組機箱之電源供應器)、工作人員樣品分析空間(操作電腦及印表機)、待測樣品與已測樣品的存放區、分析室相關文件置放區(操作程序書；儀器使用手冊；紀錄表單及報告)、再擴充 2 個純鍺偵檢器設備的空間等。
- iii. **樣品前處理室(至少 8 坪)**：手提式輻射偵檢器置放區(電子防潮箱)、新鮮樣品(未經前處理)存放區、前處理工作檯面、天平稱重及記錄區、前處理工具及計測容器存放區、一般廢棄物置放區。
- iv. **計測完畢樣品貯存室(12 坪)**：手提式輻射偵檢器置放區(電子防潮箱)、樣品存放區(待分析結果確認無誤後分為可廢棄及不可廢棄樣品)、污染廢棄物暫時存放區。
- v. 規劃完成儀器分析室、樣品前處理室、樣品貯存室及動線流程建置，本計畫的實驗室與支援空間之比率設定為 1:1，主要係考慮未來其他分析儀器建置所需空間。

表 6 備援實驗室空間配置結果一覽表

名稱	要求面積(坪)	實際面積(坪)	結果
儀器分析室	12	25.86	符合
樣品前處理室	8	10.90	符合
樣品貯存室	6	8.16	符合
辦公室	0	15.43	
支援空間	0	40.00	

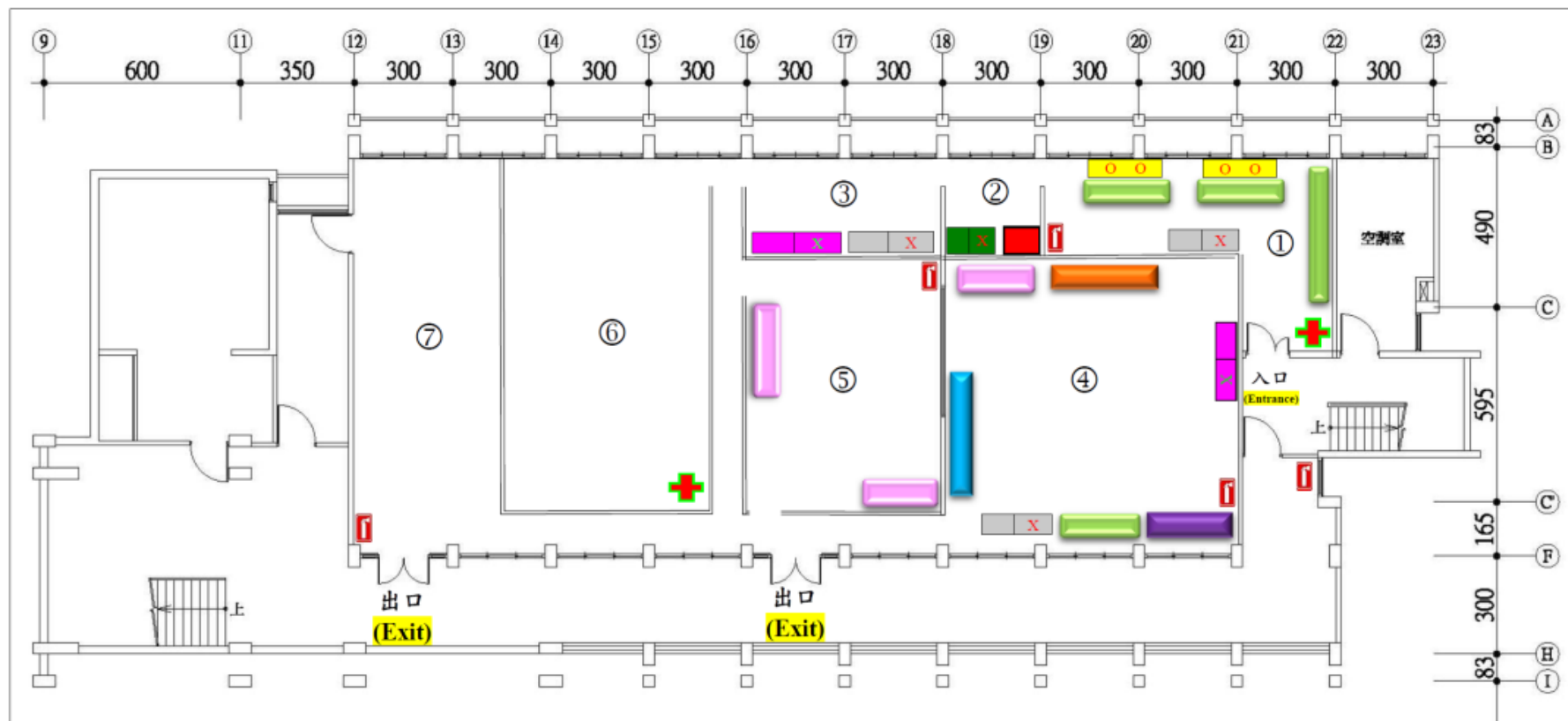
屏科大輻射災害備援實驗室建置時間為期 4 年，執行進度內容與未來 2 年需要的儀器設備詳列如表 7 所示。截至 106 年底為止，儀器設備

累進購置金額 540 萬，執行進度為 71.2%。添購設備已包含碘化鈉偵檢器 1 套、純銻偵檢器 1 套、實驗室基礎設備以及標準射源等。107 年與 108 年陸續規劃添購純銻偵檢器、純水製造系統、ICP-MS、標準射源等。

表 7 屏科大輻射災害備援實驗室儀器設備規劃一覽表

年度	儀器設備	累進經費 (萬元)	執行進度 (%)
105	碘化鈉偵檢器 1 套 高溫灰化爐 實驗室建置基礎設備	180	13.8
106	純銻偵檢器 1 套 實驗室建置基礎設備 標準射源 固定式區域輻射偵測儀 1 套	540	41.5
107	純銻偵檢器 1 套 實驗室建置設備 純水製造系統 標準射源	890	(68.5)
108	純銻偵檢器 1 套 FLIR/identFINDER2 手提式偵檢器 ICP-MS 一台(屏科大編列配合款執行)	1,300	(100)

備註: () 表示預計執行的進度



- 空間①:樣品前處理室-10.90 坪(36.03 m²) 空間②:廢棄物置放區 2.72 坪(9.0 m²) 空間③:試樣儲存室 5.44 坪(18.0 m²)
- 空間④:儀器分析室 25.86 坪(85.5 m²) 空間⑤:行政辦公室 15.43 坪(51.0 m²) 空間⑥:支援空間 22.61 坪(74.75 m²)
- 空間⑦:討論室 17.02 坪(56.25 m²)
- 核汙染廢棄物置放區 ■ 計測容器存放區 ■ 實驗工作台 + 緊急淋洗設備
○ 排煙櫃 ■ 文件置放區 ■ 移動型碘化鈉(NaI)加馬分析系統 1 套 ■ 純鍺偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統 1 套
■ 一般廢棄物置放區(無汙染/汙染) ■ 已測樣品存放區(無汙染/汙染) ■ 待測樣品存放區(無汙染/汙染) f 滅火器

圖 8 輻射災害放射性分析備援實驗室空間配置分佈圖

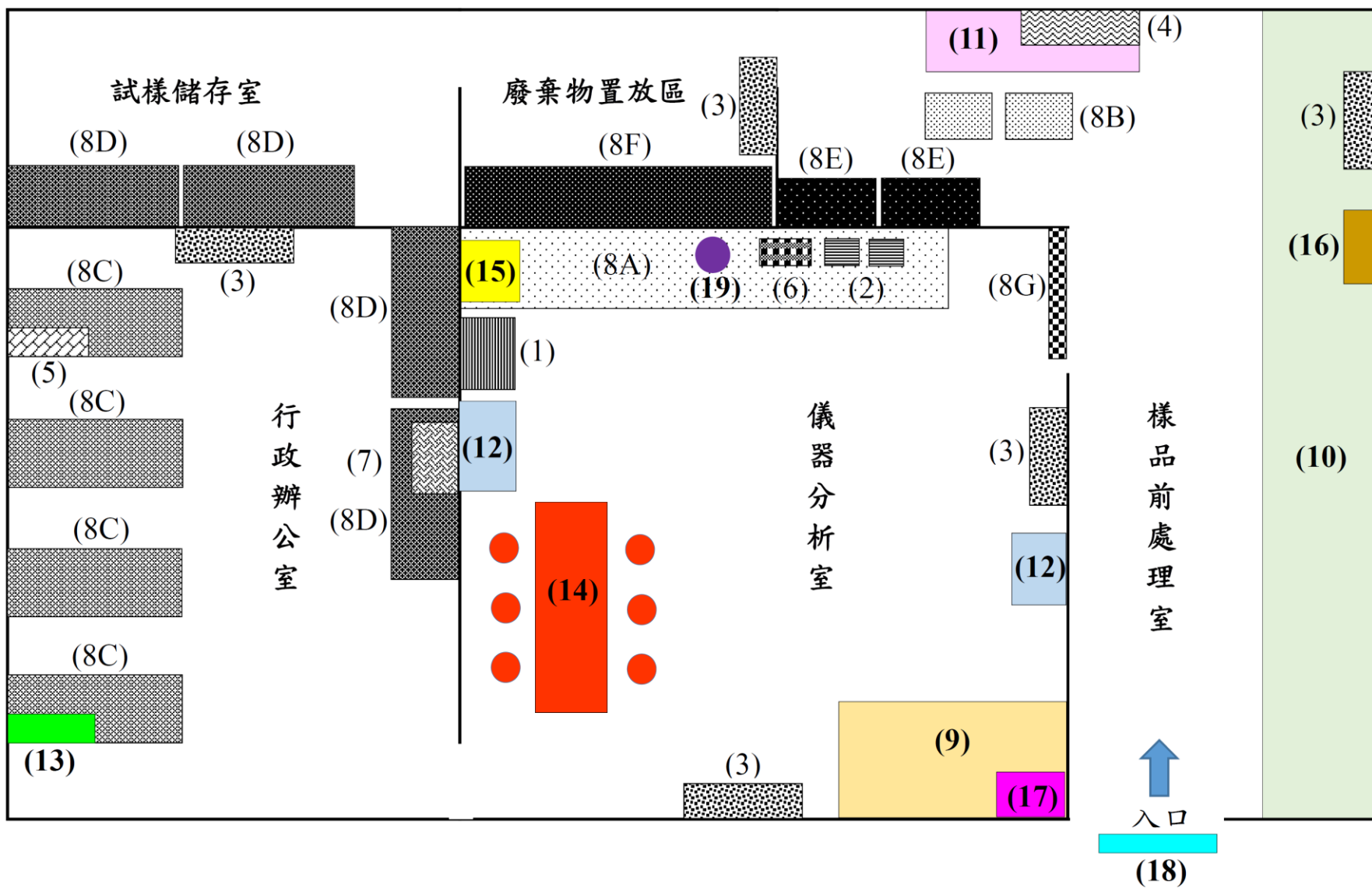


圖 9 輻射災害放射性分析備援實驗室儀器設備位置分佈圖

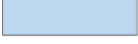
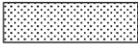
105 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案 資本門-儀器設備		106 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案 資本門-儀器設備	
1. 碘化鈉加馬核種能譜分析系統 1 套		9. 高純鍺加馬核種能譜分析系統 1 套	
2. 手提式輻射偵檢器 2 台		10. 實驗工作台(含洗手台)1 個	
3. 分離式冷氣機 5 台		11. 抽氣排煙櫃 1 個	
4. 電氣高溫爐 1 台		12. 除濕機 2 台	
5. 桌上型電腦 1 台		13. 桌上型電腦 3 台	
6. 筆記型電腦 1 台		14. 會議桌椅 1 套	
7. 功能彩色印表機 1 台		15. 固定式區域輻射偵測儀 1 套	
8. 實驗室建置工程一批		16. 電子天平 1 台	
8A. 實驗工作台 1 個		17. 環境溫溼度監控系統 1 套	
8B. 活性碳過濾器 2 套		18. 電動大門 1 組	
8C. 辦公桌椅 4 套		19. 標準體射源	
8D. 置物櫃 4 套			
8E. 藥品櫃 2 個			
8F. 廢棄物置放櫃			
8G. 電動門 1 組			
8H. 辦公室隔間、天花板與樓地板建置			

圖 10 輻射災害放射性分析備援實驗室儀器設備位置圖例說明

3. 人員配置與教育訓練—

- i. 本計畫實驗室人力規劃如下：實驗室主持人 1 人(葉一隆教授)、品質主管 1 人(陳庭堅教授)、技術主管 1 人(林聖淇助理教授)、行政暨檢測分析人員 1 人(黃韋翔研究助理)以及協助實驗室檢測工作數人。
- ii. 本計畫執行期間至少派員 1 名至輻射偵測中心接受純鍍偵檢器(HpGe)系統實務訓練。
- iii. 規劃參加「行政院原能會輻射防護專業測驗與操作人員輻射安全證書測驗」18 小時與 36 小時；輻射防護師之輻射防護訓練 144 小時；TAF 測試實驗室主管訓練等教育訓練。

4. 儀器購置—

- i. 完成辦理 1 套純鍍偵檢器(HpGe)系統(相關設備與規格包括 40 %(含)以上純鍍偵檢器、高壓供應器、能譜放大器、類比數位訊號轉換器、電源供應器、10 cm 厚低背景鉛屏蔽內含銅錫等低回散射層、液態氮容器、分析軟體、訊號收集器、能譜分析用電腦等週邊設備)採購，並完成驗收、儀器校正、操作程序書建立及人員訓練。
- ii. 為符合 TAF 實驗室認證之申請，規劃購置排煙櫃(耐高溫與抗酸鹼排煙櫃(含配管工程))、鋼製靠邊水槽桌(鋼製靠邊水槽桌(含吊櫃) W584*75* H83.8/220 (含安裝工程))、電子分析天平以及實驗室環境監控系統等儀器裝置。

5. 環境試樣放射性分析比較實驗—

- i. 本團隊已於 106 年 5 月參加國內「輻射偵測中心」環境試樣放射性分析比較實驗，並於 106 年 10 月繳交測試報告文件至「輻射偵測中心」。
- ii. 配合輻射偵測中心進行輻射偵測技術或放射性分析相關研究，完成學術文章發表。

6. TAF 游離輻射領域測試實驗室認證—

- i. 本校執行行政院原子能委員會『105 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』，主要目的在於當國內發生核子事故或輻射相關意外事件或國外有相關進口食品時，必須檢測民生相關的大量流通食品、商品與生活環境飲用水及土壤等樣品，而為使檢驗結果更有說服力，藉由通過國家承認的認證機構(TAF)的認證，增進本校放射性備援實驗室的公信力。
- ii. 申請實驗室認證主要目的分別包括透過評鑑活動，可提升檢測技術及品質管理，建立優良的操作規範；可登載於認可實驗室名錄，提高其校正或測試報告之公信力；校正或測試亦被各界如政府單位和廠商所接受；藉國際間之相互認可，校正或測試報告將被國外相互認可單位所接受，以及可於規定之範圍內使用中華民國實驗室認證體系之標誌。
- iii. 本計畫為能順利於 106 年 11 月向財團法人全國認證基金會(TAF)提出游離輻射領域測試實驗室認證的申請程序，規劃於 106 年 04 月開始蒐集實驗室認證相關資料，並在本校農水產檢驗中心的協助下，撰寫實驗室認證相關文件。
- iv. 根據招標文件的『需求規範說明書』要求，計畫執行期間實驗室認證所需要的文件分為四個階段，分別包括 QM(品質手冊)、QP(品保程序)、WI(標準作業程序及參考資料)以及表單紀錄。

7. 屏科大通識課程—

- i. 計畫主持人(葉一隆教授)偕同 2 位共同主持人(陳庭堅教授；林聖淇助理教授)於 106 學年度第 2 學期在屏科大開設『輻射與安全』通識課程，如附件四所示。
- ii. 台灣核三廠至屏科大直線距離僅有 80 公里，提供正確輻

射相關知識與建立適當輻射防護觀念對屏科大學生都是當務之急。本課程以淺顯易懂的授課內容(案例分析)與方式(參訪核三廠)，讓學生瞭解輻射的基本原理，引入輻射與日常生活的關聯性及應用，進而對輻射建立正確的觀念。

- iii. 『輻射與安全』是讓學生了解輻射的特性與應用的課程，於此同時也週知輻射與生活息息相關，無法避免。希冀透過輻射教育的普及性，讓學生重視如何做好輻射防護、避免輻射傷害，才不會遇到相關問題產生時而慌張失措，最終啟發學生對輻射利弊的省思。

五、計畫進度(甘特圖)

本計畫工作項目預定執行進度表如表 8 所示，並依行政院原子能委員會輻射偵測中心要求查核日期與項目進行控管，同時與該中心保持密切聯繫，以有效掌握並確保整體計畫執行進度。本計畫執行規劃的重要查核日期分別為 106 年 04 月 30 日、06 月 20 日、09 月 20 日與 11 月 30 日，所屬各個查核項目分述如表 9 所示。

表 8 工作項目預定進度表(甘特圖)

工作項目 \ 月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
背景資料文獻蒐集													
提交實驗室空間及操作人員相關資料(至少 1 名取得輻安證書)													
提交輻射偵測中心純鍺偵檢器系統實務訓練(包含報告)													
辦理純鍺偵檢器系統採購案與操作程序書													
參加輻射偵測中心舉辦國內、外環境試樣放射性分析比較實驗													
環境試樣放射性分析比較實驗檢討報告													
TAF 認證相關文件及提出申請													
期末報告撰寫及修正													
工作進度估計百分比			5%	15%	20%	30%	45%	60%	75%	80%	95%	100%	

表 9 工作項目預定查核點一覽表

預定查核點	<u>106 年 4 月 30 日</u> 1. 輻射偵測中心確認實驗室空間規劃符合本計畫之規定。 2. 本計畫操作人員應至少 1 名具行政院原子能委員會輻射安全證書。 3. 提交實驗室空間及操作人員相關資料。 <u>106 年 6 月 20 日</u> 1. 完成接受輻射偵測中心純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統實務訓練。 2. 完成實務訓練報告。 <u>106 年 9 月 20 日</u> 1. 完成純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統採購案。 2. 完成純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書。 <u>106 年 11 月 30 日</u> 1. 參加輻射偵測中心所舉辦國內外環境試樣放射性分析比較實驗。 2. 完成放射性分析比較實驗檢討報告。 3. 完成備援實驗室認證相關文件及提出申請。
說明： 1、工作項目請視專案性質及需要自行訂定。預定進度以粗線表示其起迄日期。 2、「工作進度百分比」欄係為配合管考作業所需，累積百分比請視工作性質就以下因素擇一估計訂定：(1) 工作天數，(2) 經費之分配，(3) 工作量之比重，(4) 擬達成目標之具體數字。 3、「預定查核點」，請在條形圖上標明※符號，並在「預定查核點」欄具體註明關鍵性工作要項。	

本計畫已於 106 年 11 月向財團法人全國認證基金會(TAF)提出游離輻射領域測試實驗室認證的申請程序，於 106 年 04 月開始蒐集實驗室認證相關資料，並在本校農水產檢驗中心的協助下，撰寫實驗室認證相關文件。根據招標文件的『需求規範說明書』要

求，期間實驗室認證所需要的文件分為四個階段，分別包括 QM(品質手冊)、QP(品保程序)、WI(標準作業程序及參考資料)以及表單紀錄。特就所需相關文件的蒐集、準備、撰寫、修正與定稿的進度以甘特圖規劃之(如表 10 所示)，以有效掌握並確保整體計畫執行進度。

表 10 TAF 實驗室認證文件預定進度表(甘特圖)

工作項目 \ 月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
組織(1-4 階)													
管理系統(1-4 階)													
文件管制(1-4 階)													
要求、標單與合約之審查(1-4 階)													
試驗與校正之外包(1-4 階)													
服務與供應品之採購(1-4 階)													
顧客服務(1-4 階)													
抱怨(1-4 階)													
不符合試驗與校正工作之管制(1-4 階)													
改進(1-4 階)													
矯正措施(1-4 階)													
預防措施(1-4 階)													
紀錄管制(1-4 階)													
內部稽核(1-4 階)													
管理審查(1-4 階)													

表 10 TAF 實驗室認證文件預定進度表(甘特圖)(續 1)

工作項目 \ 月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
人員(1-4 階)													
設施和環境條件(1-4 階)													
試驗與校正方法確認(1-4 階)													
設備(1-4 階)													
量測追溯性(1-4 階)													
抽樣(1-4 階)													
試驗和校正件的處理(1-4 階)													
試驗和校正結果的品質保證(1-4 階)													
報告結果(1-4 階)													
提出認證申請與繳交申請費													

叁、研究人力

本計畫的備援實驗室組織架構如圖 11 所示。本計畫人力配置及需求規劃實驗室主持人是土木系葉一隆教授、品質主管由環工系陳庭堅教授擔任、技術主管則由林聖淇助理教授(普通化學教學小組副召集人)擔任、實驗室檢測分析人員聘用專任碩士級黃韋翔研究助理擔任(已取得輻射操作人員資格)，另聘兼任研究助理陳麗珍與黃晏珊協助處理一般行政庶務與實驗檢測分析試驗等工作。

計畫主持人土木系葉一隆教授負責控管計畫執行進度與研究方向，協調校內、外研究資源配置等工作；環工系陳庭堅教授針對環境試樣採集和農產品產源的收集、文獻資料彙整以及分析檢測數據之統計分析工作等進行規劃；林聖淇助理教授擔任加馬(Gamma)放射性核種定性與定量檢測技術之開發、文獻資料蒐集與實驗室樣品檢測進度控管等；同時，規劃聘用專任碩士級研究人員一名(黃韋翔先生)負責執行加馬(Gamma)放射性核種定性與定量檢測工作、文獻資料蒐集以及協助處理一般行政庶務。

本研究團隊積極規劃研究人員接受輻射檢測分析相關知識課程的訓練，已於 105 年完成受訓人次與教育訓練資訊分述如下：18 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書 1 人：黃韋翔(受訓期間：105 年 1 月 27 日至 105 年 1 月 29 日)；36 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書 2 人：林聖淇與黃韋翔(受訓期間：105 年 8 月 9 日至 105 年 8 月 16 日)，並於 11 月取得『105 年第 2 次操作人員輻射安全證書測驗』及格證書；18 小時實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練班結訓證書 1 人：林聖淇(受訓期間：105 年 8 月 9 日至 105 年 8 月 16 日)；18 小時實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練班訓練合格證書 1 人：林聖淇。

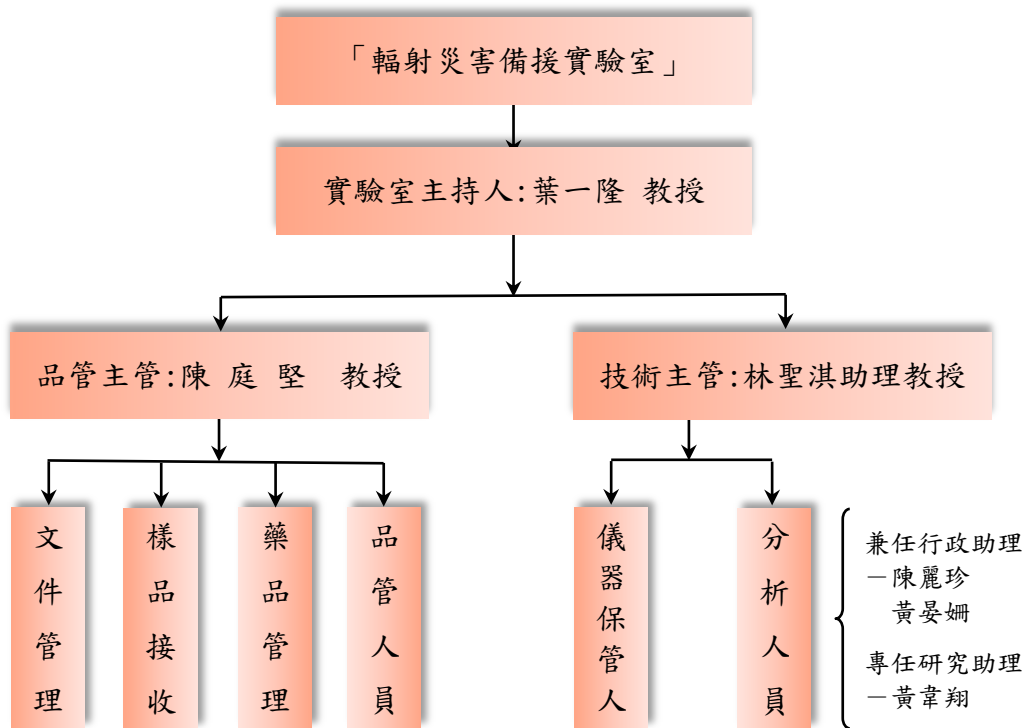


圖 11 「輻射災害備援實驗室」組織架構圖

肆、106 年計畫執行成果

本計畫工作項目依行政院原子能委員會輻射偵測中心要求查核日期與項目進行控管，截至民國 106 年 12 月已完成空間規劃符合本計畫之規定並經由輻射偵測中心確認、本計畫操作人員應至少 1 名具行政院原子能委員會輻射安全證書；提交實驗室空間及操作人員相關資料等(4 月)；純鍺偵檢器系統實務訓練並完成實務訓練報告(6 月)；純鍺偵檢器系統採購及純鍺偵檢器系統操作程序書(9 月)；參加輻射偵測中心所舉辦國內外環境試樣放射性分析比較實驗並完成比較實驗檢討報告、完成備援實驗室認證相關文件及提出申請(11 月)等工作項目。茲就所屬各個工作項目執行日期與佐證相關資料分述如下。

一、實驗室空間規劃符合本計畫之要求

本實驗室空間規劃於 105 年度已確認實驗室地點，並規劃好儀器分析室、樣品前處理室、樣品貯存室、辦公室及支援空間等，均符合本計畫之規定，如表 11 及圖 12a-12f 所示。輻射偵測中心於 106 年 4 月 30 日至本實驗室確認訪查並確認實驗室空間規劃符合本計畫之規定及本計畫操作人員應至少 1 名具行政院原子能委員會輻射安全證書，如圖 13a-13b 所示。

表 11 實驗室空間規劃表

名稱	要求面積(坪)	實際面積(坪)	結果
儀器分析室	12	25.86	符合
樣品前處理室	8	10.90	符合
樣品貯存室	6	8.16	符合
辦公室	0	15.43	
支援空間	0	40.00	



圖 12a 樣品貯存室



圖 12b 儀器分析室



圖 12c 辦公室



圖 12d 廢棄物置放區



圖 12e 樣品前處理室



圖 12f 樣品前處理室



圖 13a 輻射偵測中心訪查



圖 13b 輻射偵測中心訪查

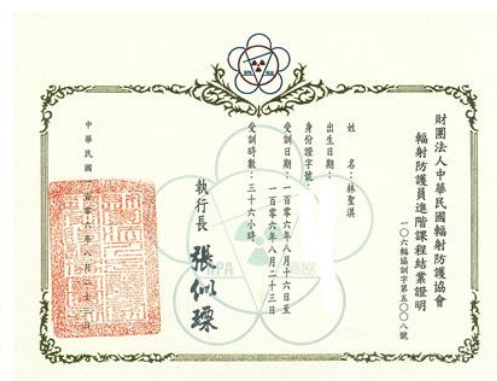
二、操作人員輻射安全訓練及相關證照

- i. 36 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書 2 人：林聖淇與黃韋翔(受訓期間：105 年 8 月 9 日至 105 年 8 月 16 日)及黃晏姍(受訓期間:106 年 8 月 1 日至 106 年 8 月 8 日)；目前林聖淇與黃韋翔均拿到輻安證書。





- ii. 108 小時輻防人員輻防專業訓練班及 36 小時輻防人員
輻防專業訓練進階班 1 人:林聖淇(受訓時間:106 年 6
月 26 日至 106 年 7 月 27 日及 106 年 8 月 16 日至 106
年 8 月 23 日)



- iii. 18 小時實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練班結訓證
書 2 人：黃韋翔及黃晏姍(受訓期間：106 年 9 月 18
日至 106 年 9 月 20 日)



三、接受輻射偵測中心純鍺偵檢器系統實務訓練

本實驗室黃韋翔於 106 年 5 月 8 日至 11 日到輻射偵測中心接受純鍺偵檢器系統實務訓練，如圖 14a-14d 所示；實務訓練報告如附件一。原能會於 106 年 6 月 23 日至本實驗室進行第二季的訪查，如圖 15a-15b 所示。



圖 14a 純鍺偵檢器實務訓練



圖 14b 純鍺偵檢器實務訓練



圖 14c 純鍺偵檢器實務訓練

圖 14d 純鍺偵檢器實務訓練



圖 15a 原能會第二季訪查

圖 15b 原能會第二季訪查

四、純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統採購案

- i. 6 月 16 日-純鍺偵檢器上網公告限制性招標
- ii. 6 月 20 日-純鍺偵檢器開標
- iii. 7 月 18 至 19 日-純鍺偵檢器交貨
- iv. 8 月 14.15 日-純鍺偵檢器教育訓練
- v. 8 月 30 日-純鍺偵檢器驗收
- vi. 儀器安裝位置實景照片，圖 16a-16d(地點：屏科大電算中心地下一樓輻射備援實驗室)

vii. 純鍺偵檢器教育訓練之照片，圖 17a-17b 所示。



圖 16a 純鍺偵檢器搬運過程



圖 16b 純鍺偵檢器搬運過程



圖 16c 純鍺偵檢器搬運過程



圖 16d 純鍺偵檢器搬運過程



圖 17a 純鍺偵檢器教育訓練



圖 17b 純鍺偵檢器教育訓練

五、純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書

純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書如附件二。另外原能會與偵測中心也於 106 年 10 月 12 至本實驗室做第三季訪查，如圖 18a-18b 所示。



圖 18a 原能會第三季訪查

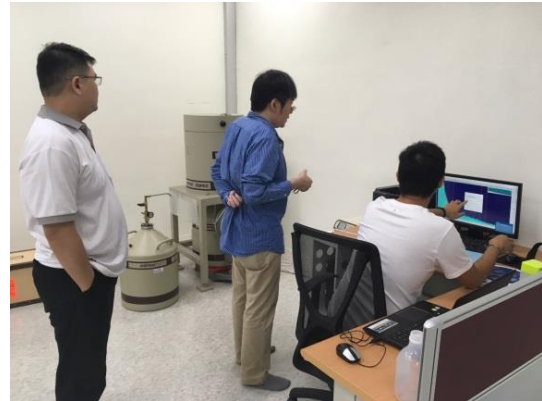


圖 18b 原能會第三季訪查

六、純鍺偵檢器效率曲線的製作

效率曲線建置的時機乃軟體初次安裝時需建立或定期、不定期重新建立。使用軟體計測試樣之前，必須先建立試樣的背景檔及效率曲線，才能扣除背景，並依效率曲線以核種能量求的效率值，進而換算出活度。(背景檔及效率曲線應於儀器大修後或執行品管作業發現超出管制範圍時，且無法再恢復至正常範圍內應重新建立。)

效率曲線的點取決於混合射源的選擇，通常會取從低能量

至高能量之間的核種來建立效率曲線。除了要做純鍺偵檢器的效率曲線外，還需要製作馬氏杯幾何形狀的效率曲線，意指不同高度的試樣皆須有其該對應的效率曲線。本實驗室向輻射偵測中心借取 4.5 cm 及 10 cm 的混合射源來製作效率曲線，計測時間均為 60,000 秒，因為此兩個混合射源為兩年前製作，故一些核種已計測不到足夠的 counts 數，所以該效率曲線只能有 7 個核種(Cd-109、Co-57、Te-123m、Sn-113、Cs-137、Y-88、Co-60 等)9 個能量點建立，如圖 19a-19b 所示。

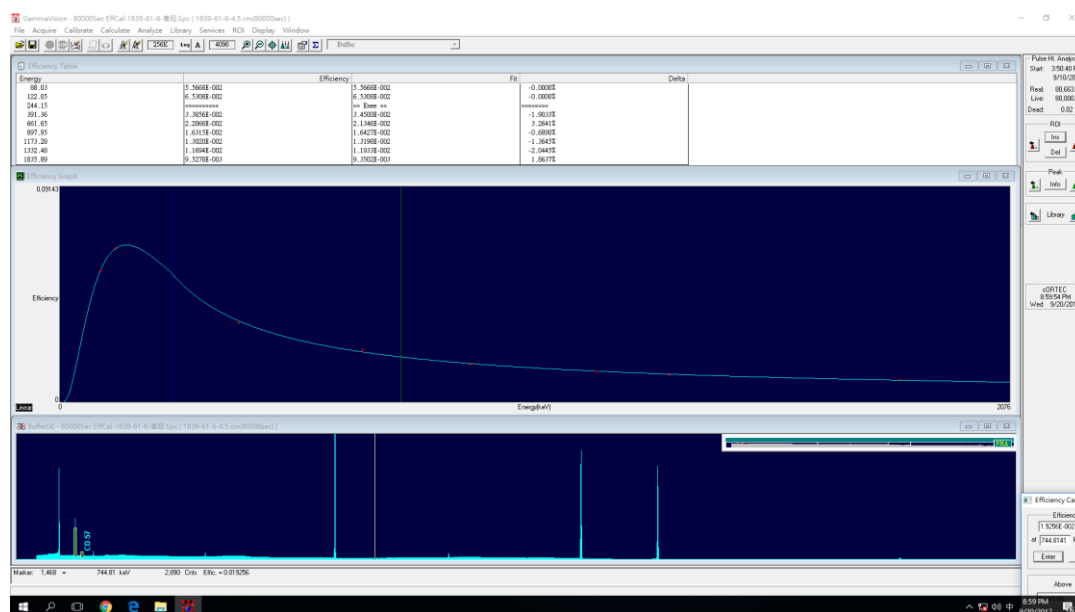


圖 19a 混合射源 4.5 cm 之效率曲線圖

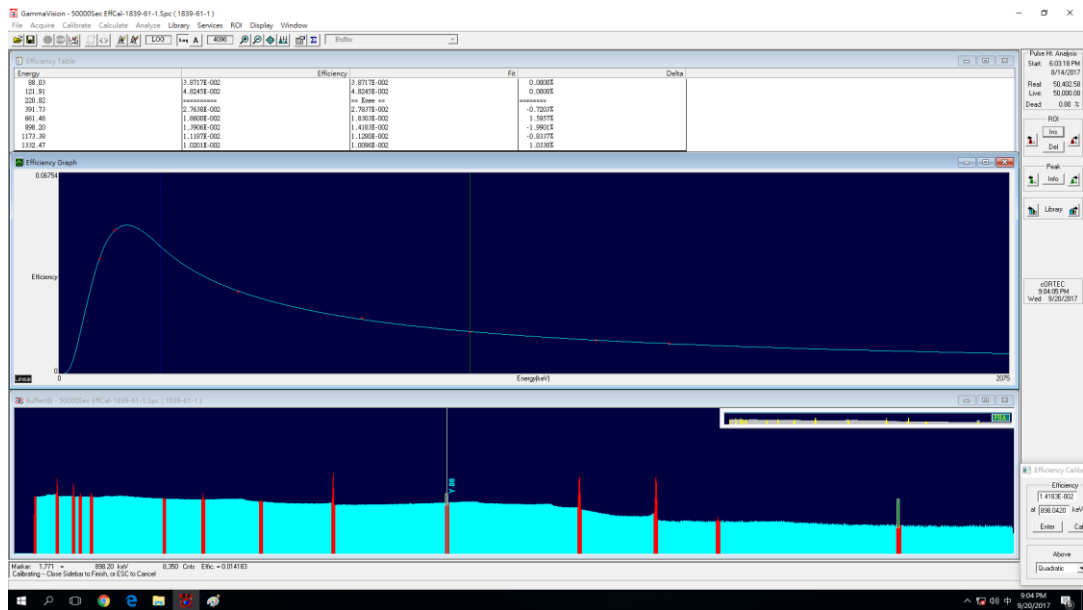


圖 19b 混合射源 10 cm 之效率曲線圖

七、參加輻射偵測中心所舉辦國內外環境試樣比較實驗及檢討報告

本實驗室已參加 106 年輻射偵測中心所舉辦國內外環境試樣放射性分析比較實驗，並對輻射偵測中心發送的盲樣進行分析以撰寫檢討報告，圖 20a-20b 為純鍺偵檢器分析盲樣之圖譜。

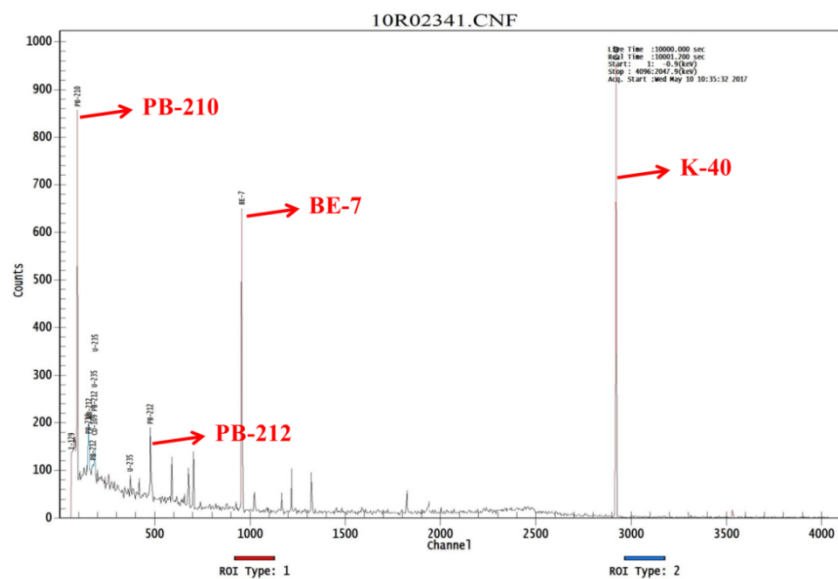


圖 20a 茶葉試樣經純鍺分析後的圖譜

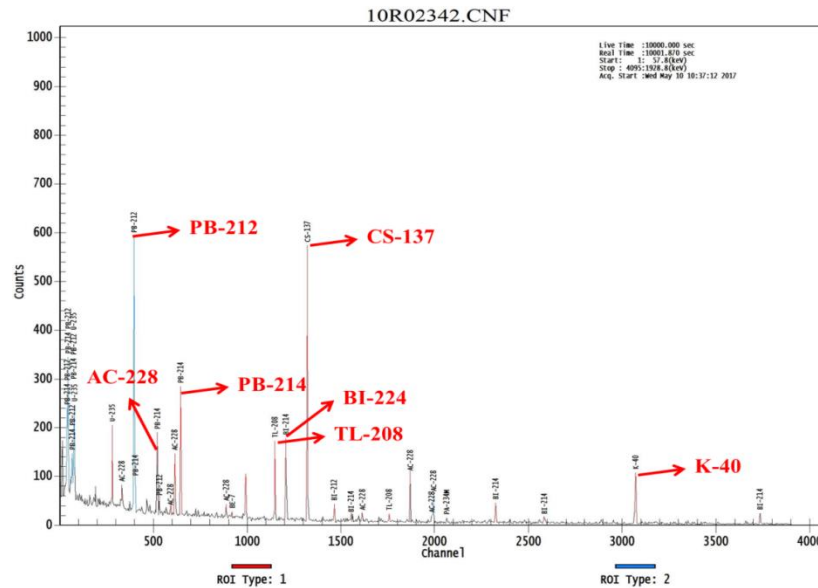


圖 20b 土壤試樣經純鍮分析後的圖譜

1. 樣本製備的不確定度

A. 樣本不均勻性之不確定度

因為只有一個樣本故不納入考量

B. 樣品秤重之不確定度

因為直接從輻射偵測中心接過已前處理之樣本，故不納入考量

2. 加馬儀器校正之不確定度

A. 能量校正點的效率值之不確定度

C_S -137 (661.66 keV) 計數率

茶葉:

$$S = 1178991(\text{counts}) / 80000(\text{sec}) = 14.74 \text{ cps}$$

$$\frac{u_c(C_S)}{C_S} = \frac{1}{\sqrt{S \cdot ts}} = \frac{1}{\sqrt{14.74 \times 80000}} = \frac{1}{\sqrt{1178991}} \times 100\% = 0.09\%$$

土壤:

$$\frac{u_c(C_s)}{C_s} = \frac{1}{\sqrt{S \cdot ts}} = \frac{1}{\sqrt{14.74 \times 80000}} = \frac{1}{\sqrt{1178991}} \times 100\% = 0.09\%$$

B. 執行效率校正曲線的不確定度

從標準射源證書得到相對標準之不確定度

$$\frac{u(a)}{a} = 1.16\%$$

C. 能量導致效率曲線的不確定度

加馬能譜計測與計算之間的差異(茶葉)

keV	Calc Eff	Measure Eff
88	0.05567	0.05567
122	0.06531	0.06531
392	0.03450	0.03386
661	0.02135	0.02207
898	0.01643	0.01632
1173	0.01320	0.01302
1332	0.01193	0.01170
1836	0.09350	0.09528

加馬能譜計測與計算之間的差異(土壤)

keV	Calc Eff	Measure Eff
88	0.05567	0.05567
122	0.06531	0.06531
392	0.03450	0.03386
661	0.02135	0.02207
898	0.01643	0.01632
1173	0.01320	0.01302
1332	0.01193	0.01170
1836	0.09350	0.09528

茶葉

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (\varepsilon_i - f(\varepsilon_i))^2}{8-4}} =$$

$$\sqrt{\frac{(0.05567-0.05567)^2+(0.06531-0.06531)^2+(0.03450-0.03386)^2+(0.02135-0.02207)^2+(0.01643-0.01632)^2+(0.01320-0.01302)^2+(0.01193-0.01170)^2+(0.09350-0.09528)^2}{8-4}}$$

$$= 1.024 \times 10^{-3}$$

C_S -137(661.66 keV)之測量效率為 0.02207

$$\frac{\sigma_f}{E_{ff}} = 1.024 \times 10^{-3} / 0.02207 = 4.64 \%$$

土壤

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (\varepsilon_i - f(\varepsilon_i))^2}{8-4}} =$$

$$\sqrt{\frac{(0.05567-0.05567)^2+(0.06531-0.06531)^2+(0.03450-0.03386)^2+(0.02135-0.02207)^2+(0.01643-0.01632)^2+(0.01320-0.01302)^2+(0.01193-0.01170)^2+(0.09350-0.09528)^2}{8-4}}$$

$$= 1.024 \times 10^{-3}$$

C_S -137(661.66 keV)之測量效率為 0.02207

$$\frac{\sigma_f}{E_{ff}} = 1.024 \times 10^{-3} / 0.02207 = 4.64 \%$$

加馬能量校正之總不確定度

茶葉

$$\frac{u(E_{ff})}{E_{ff}} = \sqrt{\frac{1}{S \cdot t_s} + \left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_f}{E_{ff}}\right)^2} = \sqrt{(0.09)^2 + (1.16)^2 + (4.64)^2}$$

$$= 4.78 \%$$

加馬能量校正之總不確定度

土壤

$$\frac{u(E_{ff})}{E_{ff}} = \sqrt{\frac{1}{S \cdot t_s} + \left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_f}{E_{ff}}\right)^2} = \sqrt{(0.09)^2 + (1.16)^2 + (4.64)^2}$$

$$=4.78 \%$$

3. 加馬儀器計測的誤差所導致的不確定度

茶葉 C_S -137 計測誤差之不確定度=4.37 %

土壤 C_S -137 計測誤差之不確定度=2.16 %

相對總標準的不確定度

茶葉

$$u_c (C_S 137) = \frac{u_c(A)}{A} = \sqrt{\left(\frac{u_c(E_{ff})}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_R)}{C_R}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(4.78)^2 + (4.37)^2} = 6.47 \%$$

擴大的不確定度: $U=k \times u_c=2 \times u_c$

$$U (C_S-137) = 2 \times 6.47 \% = 12.94 \%$$

土壤

$$u_c (C_S-137) = \frac{u_c(A)}{A} = \sqrt{\left(\frac{u_c(E_{ff})}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_R)}{C_R}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(4.78)^2 + (2.16)^2} = 5.24 \%$$

擴大的不確定度: $U=k \times u_c=2 \times u_c$

$$U (C_S-137) = 2 \times 5.24 \% = 10.48 \%$$

表 12 Cs-137 不確定度

樣本		茶葉	土壤
加馬儀器校正之不確定度	$\frac{u_c(C_s)}{C_s}$	0.09 %	0.09 %
	$\frac{u(a)}{a}$	1.16 %	1.16 %
	$\frac{\sigma_f}{E_{ff}}$	4.64 %	4.64 %
	$\frac{u(E_{ff})}{E_{ff}}$	4.78 %	4.78 %
計測誤差	$\frac{u(C_R)}{C_R}$	4.37 %	2.16 %
相對總標準的不確定度	$u_c = \frac{u_c(A)}{A} = \sqrt{\left(\frac{u_c(E_{ff})}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_R)}{C_R}\right)^2}$	6.47 %	5.24 %
擴大的不確定度	$U=k \times u_c = 2 \times u_c$	12.94 %	10.48 %
儀器分析之數據		3.7618E+001 Bq/kg	5.0272E+001 Bq/kg
最後結果	$A \pm A \times \text{不確定度}$	37.618±4.868 Bq/kg	50.272±5.269 Bq/kg

八、TAF 認證申請

本實驗室於 106 年 8 月陸續建立 TAF 認證的相關文件如表 13 所示，並於 106 年 11 月 17 日於 TAF 網路平台完成虛擬帳號資料填寫，完成實驗室認證申請書、網路服務帳號密碼申請表及申請書所列文件與資料之填寫，且上傳認證文件，完成申請程序。如附件三。

表 13 認證文件完成紀錄表

文件名稱	文件編號	版次	完成日期	備註
放射性分析備援實驗室品質手冊	QM00	1	106 年 8 月 29 日	
品質文件發行及修訂管制作業	RAL-M01	1	106 年 9 月 5 日	
環境試樣分析作業流程	RAL-M02	1	106 年 9 月 5 日	
管理系統稽核作業程序	RAL-M03	1	106 年 9 月 12 日	
標準操作程序書制訂與發行	RAL-M04	1	106 年 9 月 12 日	
品質文件管理辦法	RAL-M05	1	106 年 9 月 19 日	
紀錄審核及管制程序	RAL-M06	1	106 年 9 月 19 日	
證書及報告之審核發行程序	RAL-M07	1	106 年 9 月 26 日	
數據異常處理程序	RAL-M08	1	106 年 9 月 26 日	
顧客抱怨處理程序	RAL-M09	1	106 年 9 月 26 日	
實驗室環境設施管理程序	RAL-M10	1	106 年 10 月 3 日	
環境試樣取樣作業流程	RAL-M11	1	106 年 10 月 3 日	
著作權及保密管理程序	RAL-M12	1	106 年 10 月 17 日	
量測設備之追溯與校正作業程序	RAL-M13	1	106 年 10 月 17 日	
電腦程式軟體管制作業程序書	RAL-M14	1	106 年 10 月 17 日	

參加環境試樣分析比較實驗作業程序	RAL-M15	1	106 年 10 月 24 日	
實驗室管理作業程序	RAL-M16	1	106 年 10 月 24 日	
儀器設備檢修作業程序	RAL-M17	1	106 年 10 月 24 日	
儀器設備管理及採購作業程序	RAL-M18	1	106 年 10 月 24 日	
品質異常處理程序	RAL-M19	1	106 年 11 月 14 日	
環境試樣放射性核種分析不確定度評估作業程序書	RAL-M20	1	106 年 11 月 14 日	
放射化學分析品管作業程序	RAL-M21	1	106 年 11 月 17 日	
實驗室人員訓練作業要點	RAL-M25	1	106 年 11 月 17 日	
對外技術服務作業程序	RAL-M27	1	106 年 11 月 17 日	

九、核能三廠周圍環境試樣取樣作業觀摩

本實驗室於 106 年 11 月 7 日參加輻射偵測中心舉辦的核能三廠周圍環境試樣取樣作業，學習環境樣本採樣之相關步驟及注意事項，如圖 21a-21f 所示。



圖 21a 核三廠採樣觀摩



圖 21b 核三廠採樣觀摩



圖 21c 核三廠採樣觀摩



圖 21d 核三廠採樣觀摩



圖 21e 核三廠採樣觀摩



圖 21f 核三廠採樣觀摩

十、參加屏科大與北京科大學術研討會

本實驗室於 106 年 11 月 24 日參加屏科大與北京科大共同舉辦的學術研討會，並以口頭方式介紹目前南部輻射災害放射性分析備援實驗室的建置過程及未來規劃，如圖 22a-22b 所示。



圖 22a 學術研討會口頭報告



圖 22b 學術研討會口頭報告

十一、執行績效內容

屏科大輻射災害放射性分析備援實驗室在 106 年都已完成規劃工作項目的內容，茲就具體成果與達成情形表列如下：

- (1) 完成屏科大輻射災害放射性分析備援實驗室空間規劃。
- (2) 辦理購置 1 套純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統(包含純鍺偵檢器、高壓供應器、能譜放大器、類比數位訊號轉換器、電源供應器、機箱、鉛屏蔽、液態氮容器、磅秤、分析軟體、訊號收集器、能譜分析用電腦、印表機)，並完成驗收、儀器校正、品管作業、操作程序書建立及人員訓練。
- (3) 完成實驗室認證準備作業(包括實驗室品質手冊、管理及操作程序書等相關品質文件)，並向財團法人全國認證基金會(TAF)提出游離輻射領域測試實驗室認證申請。
- (4) 黃晏珊研究助理於 106 年 12 月取得輻安證書。
- (5) 黃韋翔研究助理至偵測中心接受純鍺偵檢器(HpGe)分析實做、儀器校正、品管作業訓練。
- (6) 完成參加「輻射偵測中心」環境試樣放射性分析比較實驗，於 106 年 10 月繳交測試報告文件至「輻射偵測中心」。
- (7) 完成於屏科大開設『輻射與安全』通識課程，擬於 106 學年度第 2 學期開設，如附件四所示。
- (8) 106 年 11 月參加屏科大與北京科大共同舉辦的學術研討會，並以口頭方式介紹目前南部輻射災害放射性分析備援實驗室的建置過程及未來規劃。

十二、經費執行現況

表 14 經費執行現況

科目	項目	說明	金額(元)
經常門	人事費用	計畫(共同)主持人、專任助理費用(含保險與年終)	752,723
	消耗性器材及藥品費用	實驗用物品與辦公室雜支等	319,088
	其他研究有關費用	租車、研習、工讀金、差旅與資料蒐集等(含行政管理費)。	428,189
資本門	儀器設備費用	純鍺偵檢器加核儀模組系統	2,390,000
		木紋會議討論桌組	49,800
		20-200ul 兩段式微量分注器...等	31,600
		加馬能譜分析系統配件-ORTEC30 公升液態補充桶	98,500
		清淨除濕機	38,800
		一般型電腦 3 組	97,725
		固定式區域輻射偵測儀暨標準體射源	565,000
		排煙櫃 W150*D95*H235	99,700
		電動移門附指紋鎖	99,700
		鋼構木製實驗邊桌	99,500
		環境溫溼度監控系統	29,675
合計	5,100,000		

伍、未來工作內容規劃

本計畫已於 106 年 11 月辦理 1 套純鍺半導體偵檢器(HpGe)加馬能譜分析系統(包含純鍺偵檢器、高壓供應器、能譜放大器、類比數位訊號轉換器、電源供應器、機箱、鉛屏蔽、液態氮容器、磅秤、分析軟體、訊號收集器、能譜分析用電腦、印表機)採購，並完成驗收、儀器校正、品管作業、操作程序書建立及人員訓練。完成實驗室認證準備作業(包括實驗室品質手冊、管理及操作程序書等相關品質文件)，並向財團法人全國認證基金會(TAF)提出游離輻射領域測試實驗室認證申請。派員至偵測中心接受純鍺偵檢器(HpGe)分析實做、儀器校正、品管作業訓練。

後續為能提升本實驗室的分析與研究能量，規劃為期 2 年的相關檢測設備購置與人員訓練工作計畫，分述如下所示。

(一) 107 年工作計畫

1. 完成 107 年度細部工作計畫書。
2. 辦理第 1 套純鍺偵檢器(HpGe)、鉛屏蔽、液態氮容器、磅秤、高壓供應器、能譜放大器、類比數位訊號轉換器等設備採購，並完成驗收。
3. 持續完備儀器分析室、樣品前處理室及樣品貯存室等相

關設備建置，以符合 TAF 認證的相關規定。

4. 完成財團法人全國認證基金會(TAF)游離輻射領域測試實驗室認證現場評鑑並通過認證。
5. 派員至偵測中心接受純鍺偵檢器(HpGe)分析實務訓練。
6. 偵測中心提供國內外環境試樣放射性分析比較實驗樣品，作為屏科大碘化鈉(NaI)偵檢器及純鍺偵檢器(HpGe)分析能力測試及實務操作訓練。必要時偵測中心派員赴屏科大技術交流。
7. 完成備援實驗室認證所需項目，自行規劃實施內部稽核作業，另邀請具參與實驗室認證實務經驗專家進行預先評鑑，並對發現缺失進行改正(規劃 11 月前)。
8. 完成認證前必須參加 TAF 所舉辦認證項目之放射性核種分析能力試驗並獲得通過(申請及通過認證條件)。
9. 辦理食品輻射含量檢測教育訓練講習至少 1 場次或參加學術研討會並發表論文至少 1 篇等成果。
10. 完成 107 年期末報告。

(二) 108 年工作計畫

1. 完成 108 年度細部工作計畫書。
2. 偵測中心提供食品或環境樣品或屏科大自備樣品等，驗證屏科大碘化鈉(NaI)偵檢器及純鍺偵檢器(HpGe)分析

作業流程與程序書的一致性。必要時偵測中心派員赴屏科大技術交流。

3. 參加偵測中心舉辦國內外環境試樣放射性分析比較實驗，驗證備援實驗室的放射性分析能力(通過認證條件)及分析人員的分析品質。
4. 參與核安第 25 號演習(核三廠)實兵聯合演練並完成演練成果報告。
5. 辦理食品輻射含量檢測教育訓練講習至少 1 場次或參加國內外學術研討會並發表論文少 1 篇等成果。
6. 偵測中心提供高屏地區市售食品及核三廠環境樣品進行放射性含量分析之驗證比對。
7. 完成 108 年期中報告及 105-108 總結報告。

附件一 純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統實務訓練

106 年度輻射災害放射性 分析備援實驗室建置案

儀器教育訓練報告書

主辦單位：行政院原子能委員會

執行單位：國立屏東科技大學

主持人：葉 一 隆 教授

執行期間：106 年 03 月 31 日至

106 年 12 月 31 日

中華民國 106 年 06 月 14 日

106 年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案

純鍺偵檢器實務訓練

時間：5 月 8 日至 11 日

地點：本中心加馬分析室及相關實驗室

課程內容	時數	受訓時間	督導者
儀器簡介說明及維護	2	5 月 8 日 13:40~15:30	李建興
機器的調整(高壓及波形參數的調整，能量校準)	1	5 月 8 日 15:40~16:30	林彥宏
操作方法簡介說明與實作	3	5 月 9 日 09:00~11:50	林彥宏
分析軟體操作教學	3	5 月 9 日 13:40~16:30	李建興
效率曲線建置	1	5 月 10 日 09:00~09:50	謝整昌
測定試樣的製備(灰樣品，土壤樣品等)	2	5 月 10 日 10:00~11:50	潘嘉吟
環測樣品分析及活度計算之操作	3	5 月 10 日 13:40~16:30	李建興
Coincidence sum peaks 的修正與干擾核種的判別不確定度的計算	3	5 月 11 日 09:00~11:50	謝整昌
心得與討論	3	5 月 11 日 13:40~16:30	謝整昌

相關人員:黃韋翔、蔡文賢、謝整昌、潘嘉吟、李建興、林彥宏

目錄

第一章 前言	62
第二章 純鍺加馬核種能譜儀器簡介說明及維護	64
第三章 純鍺儀器之高壓及波形參數的調整，能量校準).....	68
第四章 純鍺儀器操作方法簡介說明實作及分析軟體操作教學	69
第五章 純鍺儀器的效率曲線建置	74
第六章 測定試樣的製備(灰樣品，土壤樣品等)	79
第七章 環測樣品分析及活度計算之操作	81
第八章 Coincidence sum peaks 的修正與干擾核種的判別不確定度的 計算.....	87
第九章 心得與討論	90

第一章 前言

日本福島核電事故震撼全球，後續環境放射性污染影響及復原亦引起世界各國關注，國人非常喜歡食用日本食品，因而日本進口食品的放射含量監測特別受到重視。由於國內放射性分析能量有限，為提升並強化南部地區放射性分析能量，國立屏東科技大學接受原子能委員會委託建置輻射災害備援實驗室，投入放射性分析相關檢測工作，為國人之食品輻射安全把關盡一份心力。

福島核能電廠發生輻射外洩嚴重的輻射污染事件在國際間引起極大的關注與衝擊，影響所及包涵各項貿易(貨物、旅遊等)的進行。台灣長期以來與日本民間交流緊密，輻射事故後大量與日本相關的樣品需進行輻射檢測，即使該產品確定在事故發生前就已進口，消費者仍要求出具檢測報告方有信心採購。鑒於國內各放射分析實驗室當時均面對遠高於原先規劃之人力與設備資源所能處理的樣品量，劉祺章等(2012)針對福島事故這樣的特例，建議大量樣品檢測可採快篩定性分析作業方式，進行第一階段的污染確認，一旦發現有污染之虞，再進行第二階段定量偵測，以大幅減少分析的時間與人力。然而，即使以快篩定性分析作業方式因應，國內現有放射分析相關實驗室仍難以應付事故後大量樣品的檢測，檢測能量不足，因此，為提升或強化台灣地區放射性分析能量，建立輻射災害備援

實驗室有其迫切性及重要性，對災害後續的處理、調查及民眾的安全保障將有相當大的效益。國立屏東科技大學對政府相關政策及社會責任一向積極配合，其防災中心轄下的『輻射災害放射性分析備援實驗室』已於民國 105 年初步建置完成，期望能陸續於民國 106 年與 107 年添購至少 2 套加馬能譜儀(Gamma-Ray Spectrometer, GRS) 搭配純鍺偵檢器(High Purity Germanium Detector)，作為加馬(Gamma)放射性核種定性與定量檢測技術之開發與提升的基礎，並以此基礎配合政府放射分析檢測能量提升之政策。

第二章 高純鍺加馬核種能譜儀器簡介說明及維護

廠牌：CANBERRA

儀器設備：純鍺偵檢器、液態氮儲存桶、多頻道分析儀、

鉛屏蔽、桌上型電腦、印表機。

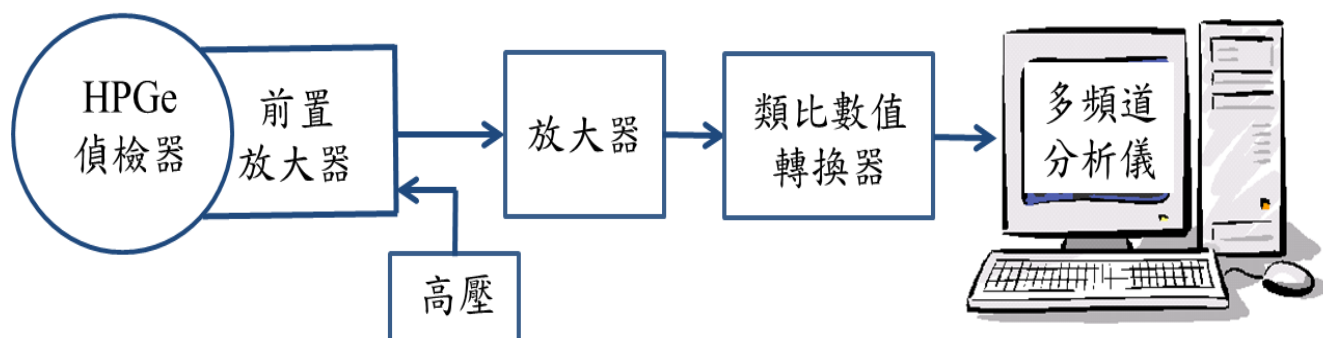


圖 1 純鍺偵檢器與多頻道脈衝分析儀結構圖

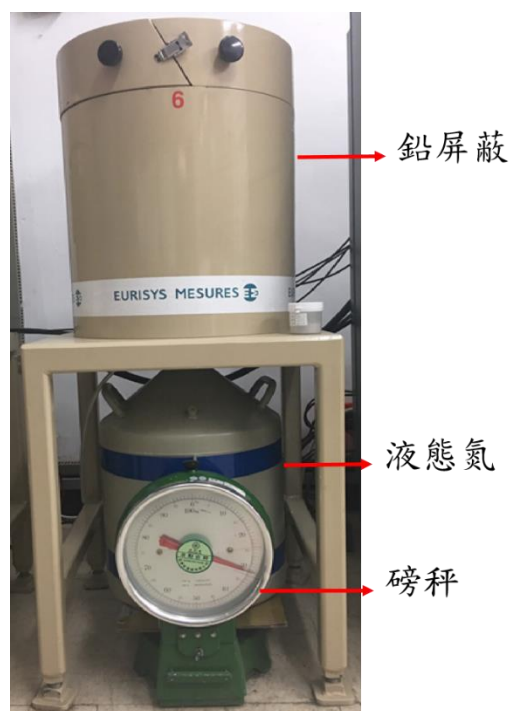


圖 2 純鍺偵檢器分析系統



圖 3 純鍺偵檢器

高純度鍺(HPGe)偵檢器，是利用高純度的鍺晶體(雜質濃度約 10^{-10} cm^{-3} 左右)，藉由雜質擴散法或離子佈植法，於鍺晶體形成一 p-n 接面的空間電荷區所做成。此空間電荷區，並非利用鋰原子的互補作用，以減少晶體內的有效雜質濃度，因此，無鋰原子的漂移及不穩定問題。

高純度鍺偵檢器在室溫下保存，並不影響其偵檢器的特性。但為減少漏電流的發生及確保對加馬能量的解析能力，高純度鍺偵檢器，仍必須處於液態氮的環境溫度，才能正常工作。高純度鍺偵檢器對加馬的能量解析度、工作特性、應用範圍與鍺(鋰)偵檢器相似。



鉛屏蔽Lead Shield

9.5 mm carbon steel碳鋼

100 mm lead鉛

0.76 mm tin錫

1.62 mm copper銅

圖 4 純鍺鉛屏蔽結構介紹圖

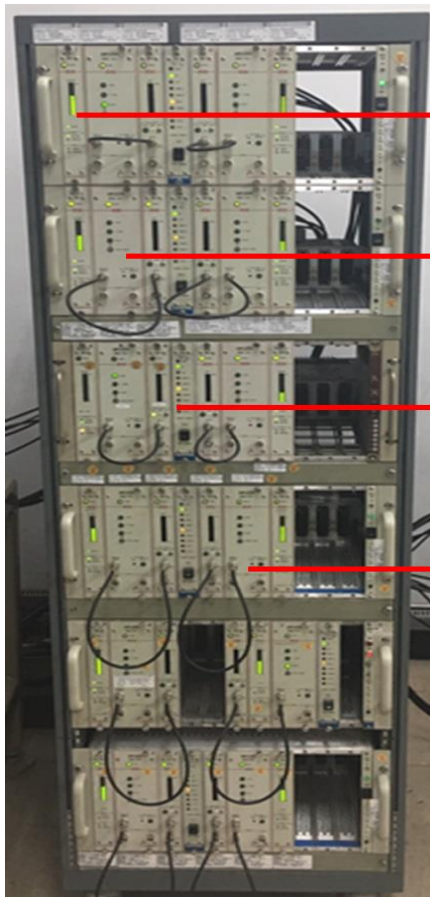


液態氮桶LN2 Dewar

Liquid Nitrogen

-196 °C (77 ° K) 30 L

圖 5 純鍺液態氮桶



HVPS 高壓電源供應器
High Voltage Power Supply

AMP 放大器
Amplifier

ADC 類比數位轉換器
Analog to Digital Converter

AIM
整合以上三個並傳至電腦

圖 6 純鍺控制中樞

純鍺偵檢器保養及注意事項如下：

1. 偵檢器須保存在液態氮儲存桶裡，確保它在低溫下穩定狀態，故每週需填充液態氮，務必讓液態氮桶裡的液態氮有一定的量(通常是利用磅秤來確認液態氮的量)。
2. 液態氮填充完畢後需靜置約 4 個小時等其平衡後再作分析，確保能譜的能量穩定，液態氮灌完後一小時需擦拭水滴，確保低誤差。
3. 偵檢器需有不斷電系統，確保儀器不會因斷電而損壞到偵檢器中的儀器(包括高壓電源供應器、放大器及類比數位轉換器等)。
4. 儀器需處在恆溫恆濕的狀態下，溫度需在 23 °C 上下，濕度需在 55 公克／立方公尺上下。
5. 注意試樣表面是否有污染，必要時，可在外面套保鮮膜，計測結果發現是高活度樣品時，需計測背景觀察偵檢器是否有污染，如有污染，要進行除污工作。

第三章 純鍺儀器之高壓及波形參數的調整，能量校準

純鍺偵檢器的高壓部分是固定的，指每台純鍺偵檢器的高壓都不一樣，高壓的調整及波形參數的調整，係為例行性儀器操作流程的一部份，建議應由操作人員執行，原廠工程師為輔。

能量校準能迅速了解儀器的穩定性及了解儀器的狀況是否正常，能量校正是將已知核種放入純鍺偵檢器作分析，判斷其分析出來的能量位置是否與放入的核種所釋放的能量位置相符或接近，再利用軟體調整至核種應對應的能量。當偵檢器能量漂移時，須利用混合射源做能量校正，使能譜回到正確頻(Channel)。

例如銫 137 的能量為 661.6 keV、鈷-60 則有兩個能量分別為 1173.2 keV 及 1332.5 keV 等，利用各核種釋放出不同的能量來加以校正。



圖 7 純鍺能量校正之教學

第四章 純鍮儀器操作方法簡介說明實作及分析軟體操作教學

輻射偵測中心的儀器是 CANBERRA 的儀器，雖然與屏科大往後要購買的廠牌不一樣，但操作上可能大同小異，故目前就以偵測中心的儀器作教育訓練。

在分析樣品前會先將樣品進行前處理(前處理部分會在後面作介紹)，處理好的樣品再進行分析，目前中心會分析的樣本包括土壤(岸沙、海底沉積物及淤泥)、草樣(指標植物)、農漁產物、海水、淡水、空浮微粒、進口奶粉、進口穀糧、進口肉類及鮮奶等，而計測皿的高度也分為 0.5 cm、1 cm、2 cm、3 cm、4.5 cm 及 10 cm(馬林杯)等，由於不同的高度其測出來的輻射值有所不同，因為牽扯到效率的部分(此部分會在後面章節作說明)。

分析樣本時先打開鉛屏蔽，再將計測皿或馬林杯放在純鍮偵測器的正上方，由於考量每次的分析有一致性故都會將蓋子上的突出地方(如圖 8 所示)固定放置同一個方向，將鉛屏蔽的關上並鎖緊，因為鉛屏蔽很重故在操作時要小心避免夾到手。

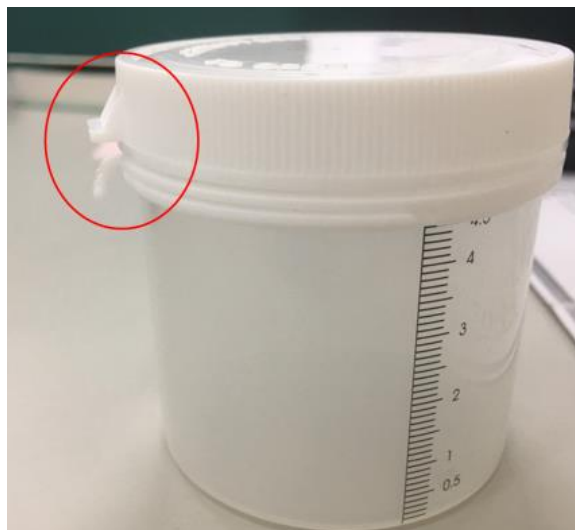


圖 8 計測皿蓋子突出點

再來就是軟體操作程序如下：

1. 選擇要分析的樣本類別

TREE or GRASS(草樣、相思樹)

A. CLIENT (臨時、委託)

B. FALLDUST (水盤、雨水)

C. FAUNA (動物類生物)

D. FLORA (植物類生物)

E. FOODS (出口、其他)

F. HOSPITAL (核醫)

G. MILK (牛、羊、鮮奶)

H. RESEARCH (研究用、比較實驗用)

I. SOIL (土壤、岸沙、淤泥)

J. AIRDUST (抽氣、EML 抽氣)

K. WATER (海水、陸水、連續海水)

2. 選擇純鍺偵檢器 DET1.~DET12.

DET01	DET02
DET03	DET04
DET05	DET06
DET07	DET08
DET09	DET10
DET11	DET12

3. 選擇試樣幾何形狀 Geometry

0.5 cm
1 cm
2 cm
3 cm
4 cm
4.5 cm
10 cm

4. 輸入計測時間

試樣種類	計測時間
土壤、岸沙、海底沉積物、淤泥	30,000 秒
草樣(指標植物)	30,000 秒
農漁產品	30,000 秒
海水、淡水	60,000 秒
空浮微粒	30,000 秒
進口奶粉、穀糧、肉類	1,000 秒
鮮奶	120,000 秒

5. 輸入試樣名稱、計測時間、採樣日期、採樣時間
6. 等分析時間完畢數據會直接列印出來

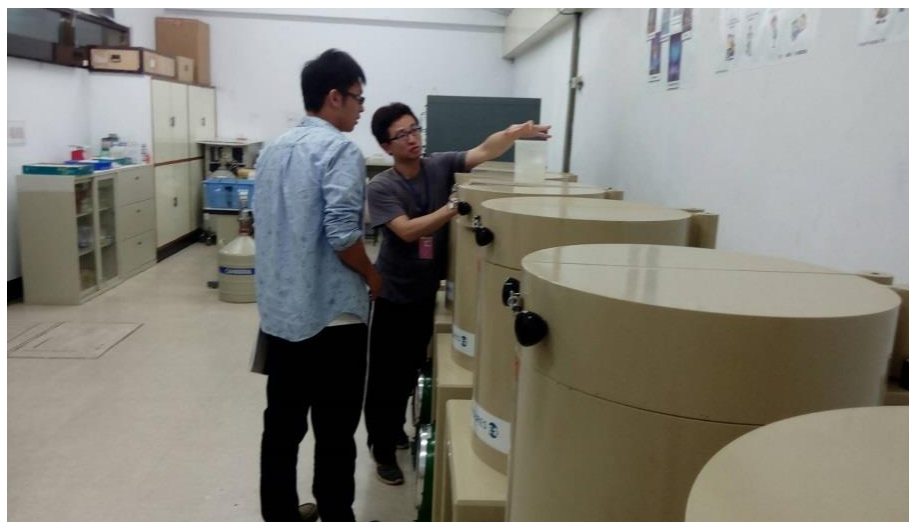


圖 9 純鍺偵檢器其放置不同樣品之簡介



圖 10 純鍺實作



圖 11 純鍺實作



圖 12 純鍺操作軟體之教學



圖 13 純鍺偵檢器之維護-液態氮的補充與品管的操作

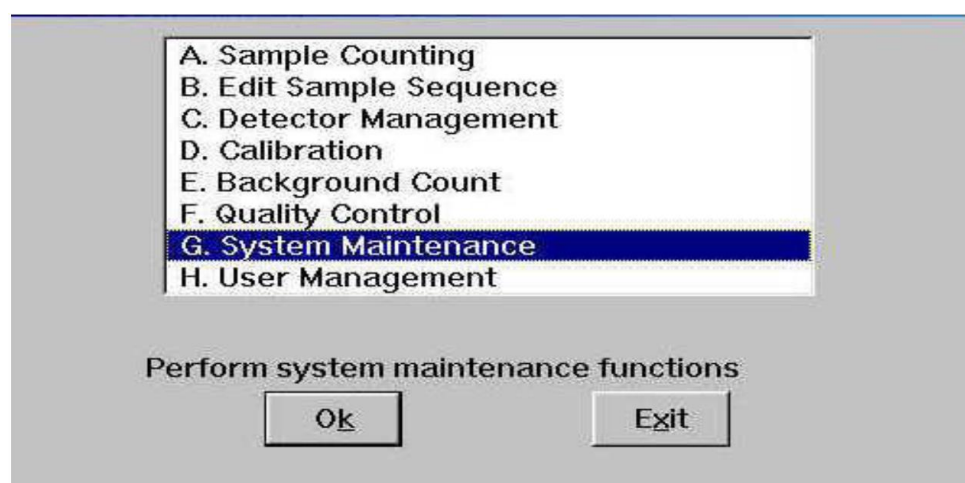
第五章 純鍺儀器的效率曲線建置

效率曲線建置的時機乃軟體初次安裝時需建立或定期、不定期重新建立。使用軟體計測試樣之前，必須先建立試樣的背景檔及效率曲線，才能扣除背景，並依效率曲線以核種能量求的效率值，進而換算出活度。(背景檔及效率曲線應於儀器大修後或執行品管作業發現超出管制範圍時，且無法再恢復至正常範圍內應重新建立。)

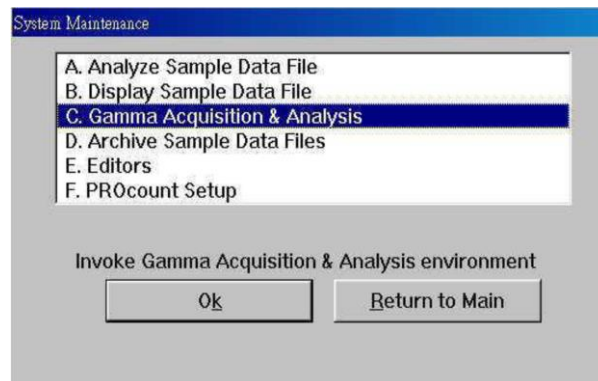
效率曲線的點取決於混合射源的選擇，通常會取從低能量(150 keV)至高能量(2000 keV)之間的核種來建立效率曲線。除了要做純鍺偵檢器的效率曲線外，還需要製作馬氏杯幾何形狀的效率曲線，意指不同高度的試樣皆須有其該對應的效率曲線。

以下是效率曲線的操作方法：

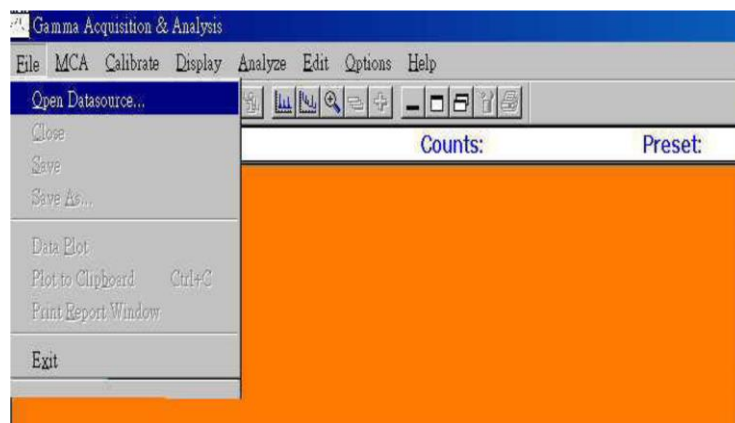
1. 選取 G.System Maintenance



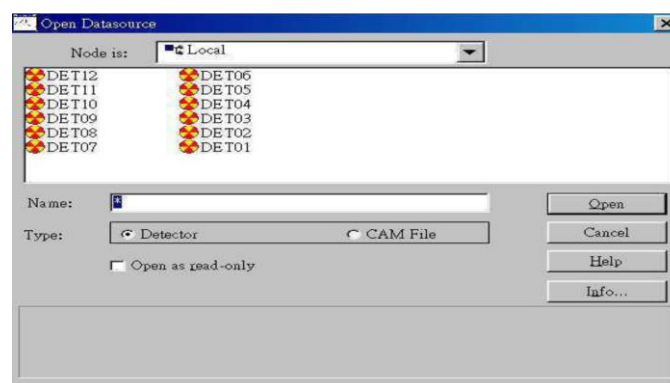
2. 選取 C. Gamma Acquisition & Analysis



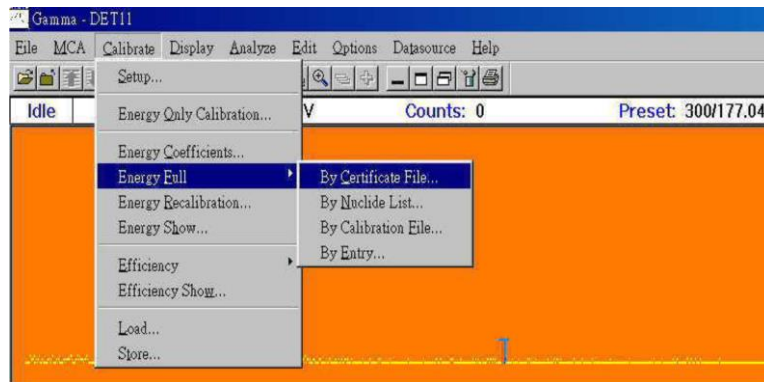
3. 選 File，並選 Open Datasource...



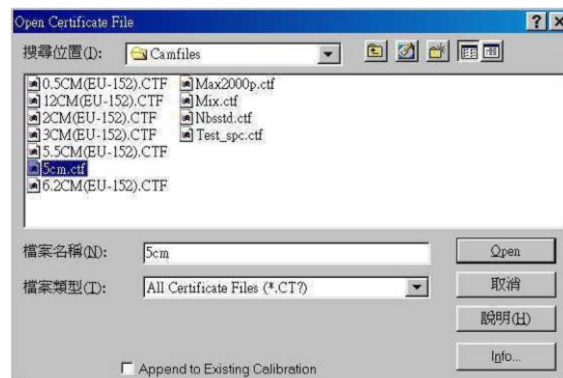
4. 再出現的畫面中，Type:點選 **Detector**，此時會出現全部的偵檢器，
應選擇所需的偵檢器並按 **Open**



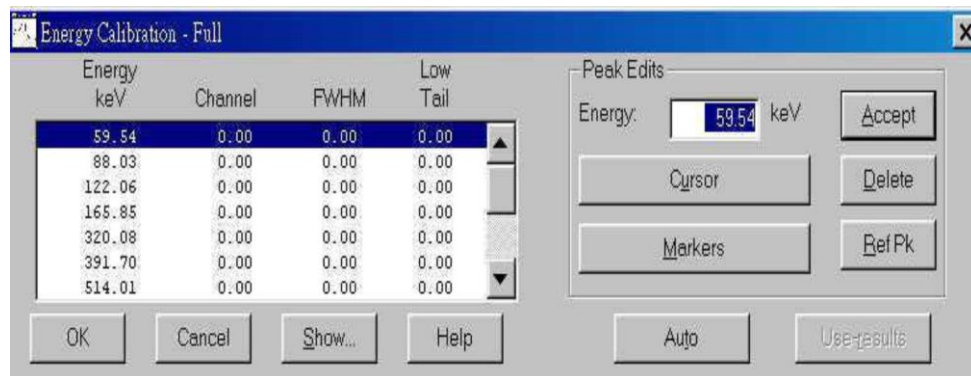
5. 選 Calibrate →選 Energy Full →選 By Certificate File...



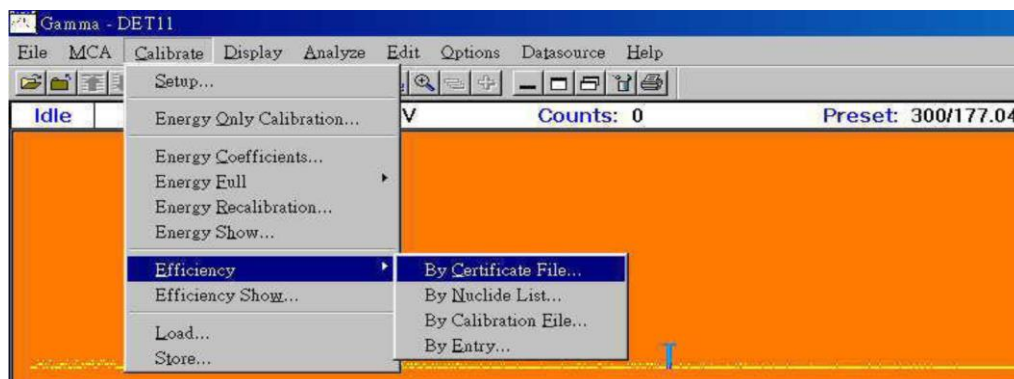
6. 再出現的畫面中，點選所需的射源檔，如 0.5 cm. ctf



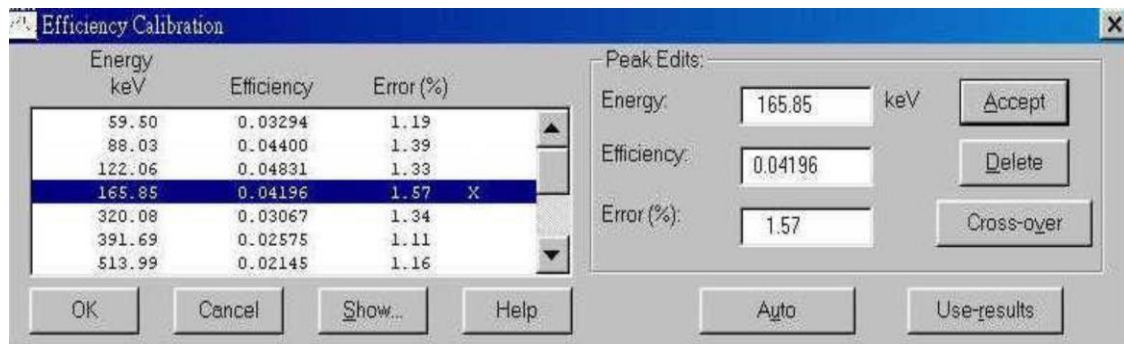
7. 在出現的小畫面中，按 **Auto**(此時自動作能量校正)



8. 選 **Calibrate** →選 **Efficiency** →選 **By Certificate File...**



9. 在出現的畫面中，按 **Auto**(此時自動作效率計算)



10. 此時一個偵檢器不同特性，建立適當的效率曲線圖。

共可分為 **Dual**(有設定轉折點、無設定轉折點)、**Linear**、**Interpolated** 三種型式，在此僅敘述本中心目前使用的 Dual(有設定轉折點)模式進行說明：

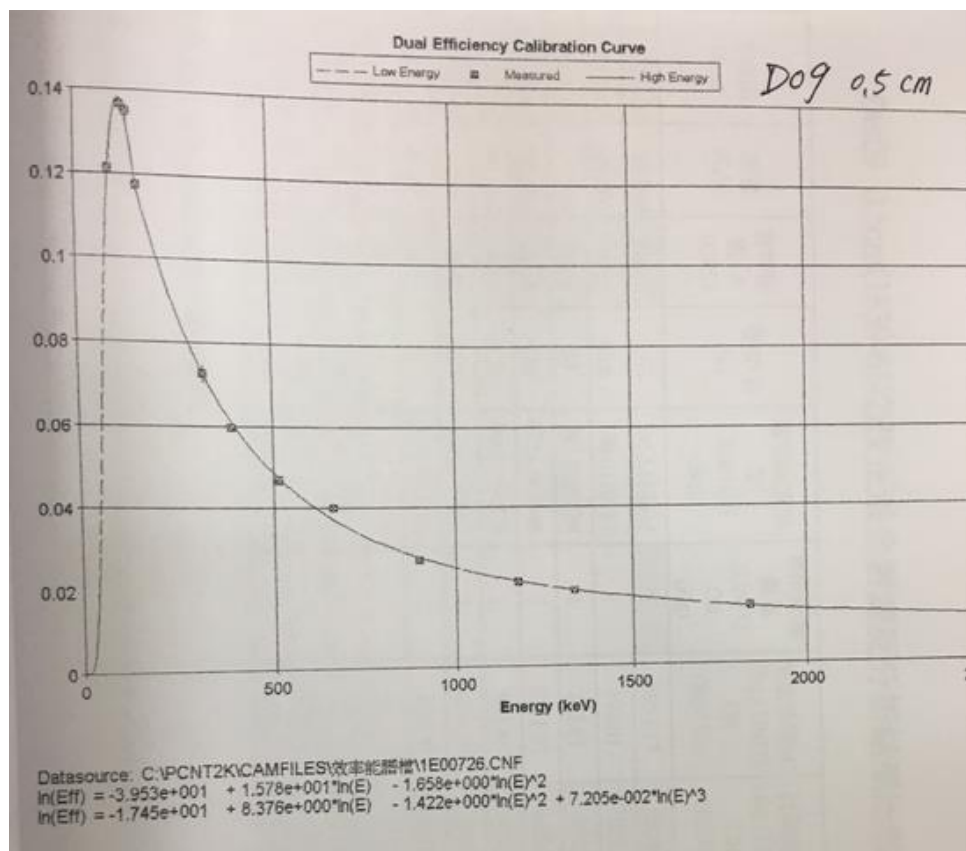


圖 14 純鍺偵檢器之效率曲線

Det09 0.5cm(1839-61-2)校正混合射源反分析結果比較表										射源配置
核種	半衰期 (Sec)	能量 (Kev)	實際配置=A (GPS)	豐度=B (%)	實際配置活 度 A/B*100 (Bq)	實際配置 重量 (UNIT) OR (Kg)	標定活度=C (Bq / UNIT) OR (Bg / Kg)	計測值=D (Bq / UNIT) OR (Bq / Kg)	偏差=(D- C)/C*100% (%)	
Cd-109	3.997E+07	88.034	216.1	3.63	5953.168044	1	5953.17	6024.30	1.19	1.012
Co-57	2.348E+07	122.061	169.5	85.6	198.0140187	1	198.01	197.23	-0.40	0.996
Te-123m	1.034E+07	159	238.4	84	283.8095238	1	283.81	290.42	2.33	1.023
Cr-51	2.394E+07	320.082	661.8	9.86	6711.967546	1	6711.97	6254.50	-6.82	0.932
Sn-113	9.944E+06	391.698	645.5	64.97	993.5354779	1	993.54	978.48	-1.52	0.985
Sr-85	5.603E+06	514.007	1276	98.4	1296.747967	1	1296.75	1285.70	-0.85	0.991
Cs-137	9.514E+08	661.657	728	85.1	855.4641598	1	855.46	897.61	4.93	1.049
Y-88	9.213E+06	898.042	1901	94	2022.340426	1	2022.34	1991.10	-1.54	0.985
Co-60	1.663E+08	1173.237	1061	99.86	1062.487482	1	1062.49	1047.90	-1.37	0.986
Co-60	1.663E+08	1332.501	1062	99.98	1062.212442	1	1062.21	1047.90	-1.35	0.987
Y-88	9.213E+06	1836.063	2010	99.4	2022.132797	1	2022.13	1991.10	-1.53	0.985

備註欄：原則上反分析結果訂定在不過±7%

圖 15 純鍺偵檢器之效率曲線反分析結果比較表



圖 16 純鍺偵檢器效率曲線教學

第六章 測定試樣的製備(灰樣品，土壤樣品等)

樣本採樣後須將樣品前處理，把不必要或多餘的部分去除，以方便計測後數據的分析，此次的教育訓練準備的樣本是茶葉、土壤及海水，以下是樣本前處理之流程：

茶葉前處理

將茶葉試樣放入瓷蒸發皿中，置於 105 °C 烘箱中乾燥，經過充分的乾燥，烘乾後再利用灰化爐(450 °C)灰化約 30 分鐘，並裝入計測皿中，裝至 4.5 cm 高並利用工具將茶葉灰壓至緊密。

土壤前處理

將土壤試樣放入瓷蒸發皿中，置於 105 °C 烘箱中乾燥，經過充分的乾燥之後，待冷卻後取出，乾燥後的土壤試樣用 2 mm (10 mesh) 篩網篩選，除去小石子及植物的根等。並裝入計測皿中，裝至 4.5 cm 高並敲擊試樣使其緊密。

海水前處理

海水採樣後直接取 0.9 升裝入馬林杯中，無須過濾。

以上前處理完後須在計測皿或馬氏杯上標記採樣名稱、試樣類別、採樣時間及試樣的重量，以方便活度的計算。



圖 16 測定試樣的製備實作-1



圖 17 測定試樣的製備實作-2

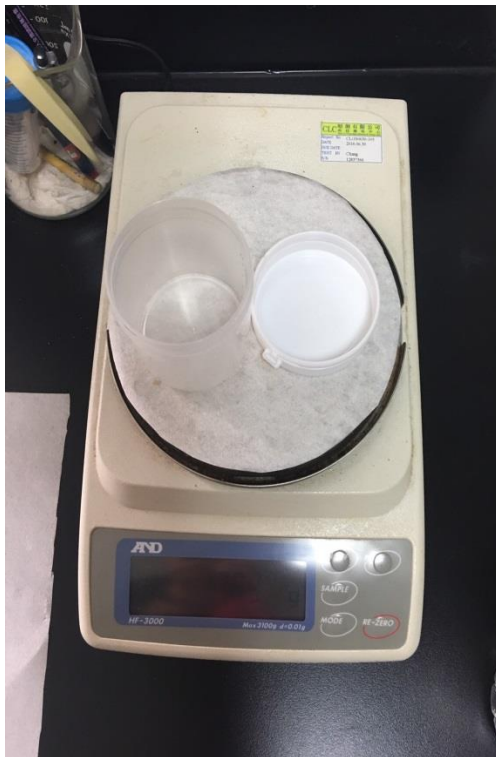


圖 18 測定試樣的製備實作-3



圖 19 測定試樣的製備實作-4

第七章 環測樣品分析及活度計算之操作

環測樣品分析是將上述製備好的茶葉及土壤利用純鍺偵檢器進行分

析，設定條件如下：

茶葉試樣的條件設定

Acquisition Started: 106 年 5 月 10 日 10:35:32 am

Sample Identification: Tea

Sample Geometry: 4.5 cm

Sample Size: 0.05489 kg

Sample Taken On: 106 年 3 月 20 11:00:00 am

Live Time: 10000 seconds

土壤試樣的條件設定

Acquisition Started: 106 年 5 月 10 日 10:37:12 am

Sample Identification: Soil

Sample Geometry: 4.5 cm

Sample Size: 0.1117 kg

Sample Taken On: 106 年 3 月 20 11:00:00 am

Live Time: 10000 seconds



圖 20 環測樣品分析實作-1



圖 21 環測樣品分析實作-2

加馬能譜分析試樣活度之計算公式如下：

$$A = \frac{(G - B) - (G_b - B_b)}{60 \times T \times E_{ff} \times V \times K_c \times K_w \times Y}$$

此處 A:目標加馬核種活度(Bq/Kg 或 Bq/L)。

$G - B$:環境試樣中目標加馬核種在特定能量範圍內之淨計數
(counts)。

$G_b - B_b$:空白式樣中目標加馬核種在特定能量範圍內之淨計數
(counts)。

T :環境試樣執行加馬能譜分析實設定之計測時間(min)。

E_{ff} :目標加馬核種之計測效率。

V :試樣分析量(kg 或 L)

K_c :目標加馬核種在家測時間內的蛻變修正因子。

K_w :目標加馬核種在取樣時刻至計測時刻之間的蛻變修正因子

Y :目標加馬核種的豐度(yield)。

其中 $K_w = e^{-\frac{0.693 \times t_w}{t_{1/2} \times 60}}$

$$K_c = \frac{t_{1/2} \times 60}{0.693 \times t_c} \times (1 - K_w)$$

而 t_w :環境試樣中目標加馬核種在取樣時刻之計測時刻之間差
(min)。

t_c :計測時間(min)。

由於試樣分析時已將上述公式中的資料輸入軟體，故分析後的數據已

直接計算完畢，計測結果如下：

茶葉分析結果

Nuclide Name	Nuclide Id Confidence	Wt mean Activitv(Bq/kg)	Wt mean Activitv Uncertainty %
BE-7	0.869	2.4606E+003	3.0498E+000
K-40	0.999	7.0463E+003	2.4707E+000
CD-109	0.877	4.4594E+001	4.0559E+001
I-129	0.646	6.5099E+001	3.4530E+001
*EU-155	0.331	-	-
PB-210	0.937	2.9839E+003	1.4400E+001
PB-212	0.829	3.0456E+001	6.0560E+000
U-235	0.473	2.1017E+000	2.8381E+001

*=nuclide rejected by the interference analysis

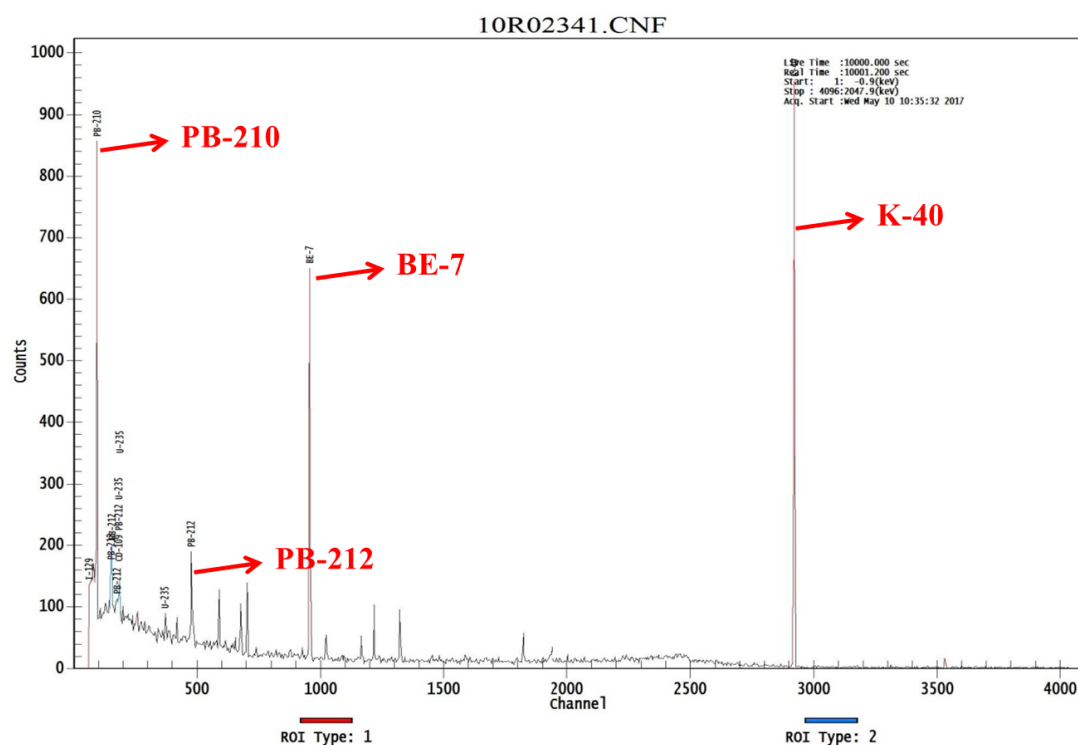


圖 22 茶葉試樣經純鍺分析後的圖譜

從茶葉試樣的報告表顯示，Confidence(可信賴度)大於 0.7；Uncertainty%(不確定度)介於正負 30 %間，分析出的數據同時符合 Confidence 及 Uncertainty %之範圍內才表示測出的核種及活度確實存在，如 Be-7 的活度是 2460 Bq/kg、K-40 的活度是 7046 Bq/kg、Pb-210 的活度是 2984 Bq/kg 及 Pb-212 的活度是 30.46 Bq/kg。而其他位在範圍內的核種可能是儀器判斷錯誤或是背景值及天然輻射等因素。

土壤分析結果

Nuclide Name	Nuclide Id Confidence	Wt mean Activitv(Bq/kg)	Wt mean Activitv Uncertainty %
BE-7	0.992	8.8103E+000	6.3148E+001
K-40	0.994	1.6952E+002	6.1283E+000
*CD-109	1.000	-	-
CS-137	0.996	4.9689E+001	2.7143E000
TL-208	0.851	3.0413E+001	6.9005E+000
BI-212	0.642	4.2248E+001	1.6932E+001
PB-212	0.937	2.2802E+000	7.3079E+000
BI-214	0.700	2.3407E+001	5.5478E+000
PB-214	0.960	2.6519E+001	4.5832E+000
*RA-226	0.999	-	-
AC-228	0.726	3.9232E+001	4.0992E+000
*PA-231	0.398	-	-
PA-234M	0.641	-4.6479E+000	-1.0104E+003
U-235	0.508	6.3678E+000	1.3164E+001

*=nuclide rejected by the interference analysis

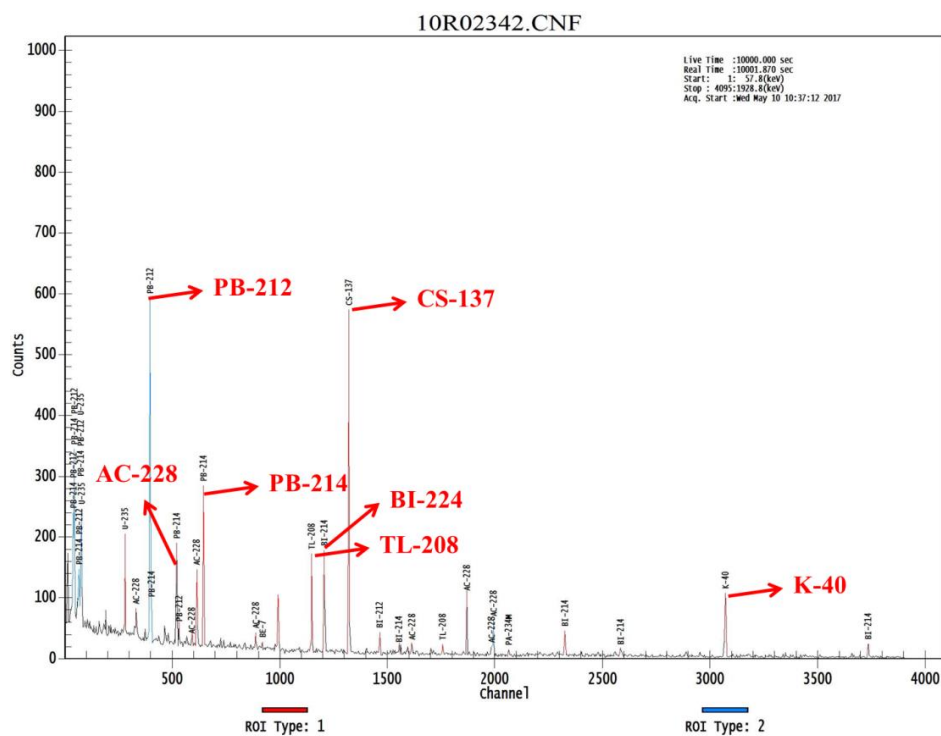


圖 23 土壤試樣經純鍮分析後的圖譜

從土壤試樣的報告表顯示，Confidence(可信賴度)大於 0.7；Uncertainty %(不確定度)介於正負 30 %間，分析出的數據同時符合 Confidence 及 Uncertainty %之範圍內才表示測出的核種及活度確實存在，如 K-40 的活度是 169.5 Bq/kg、Cs-137 的活度是 49.69 Bq/kg、Tl-208 的活度是 30.41 Bq/kg、Pb-212 的活度是 22.80 Bq/kg、Bi-214 的活度是 23.41 Bq/kg、Pb-212 的活度是 26.52 Bq/kg 及 Ac-228 的活度是 39.23 Bq/kg，而其他位在範圍內的核種可能是儀器判斷錯誤或是背景值及天然輻射等因素。



圖 24 環測樣品活度計算之教學

第八章 Coincidence sum peaks 的修正與干擾核種的判別不確定度的

計算

本次教育訓練主要以環境試樣加馬核種分析活度不確定度為主，以下是介紹加馬能譜分析不確定度之估算：

首先先介紹環境試樣中各目標核種加馬能譜分析最小可測得活度之計算公式：

環境試樣在 95 %可信賴度基準(Certainty Level)下的最小可測得活度 Minimum Detectable Activity，即 MDA 值，可以下式表示：

$$MDA = \frac{2.71 + 4.66 \times \sqrt{B}}{60 \times T \times E_{ff} \times V \times K_c \times K_w \times Y}$$

由於由於加馬核種活度通常可以下列通式表示：

$$A = \frac{C_R}{60 \times E_{ff} \times V \times K_c \times K_w \times Y}$$

此處 $C_R = [(G - B) - (G_b - B_b)]/T$

假設時間引起的不確定度可以忽略，則 K_c 、 K_w 可視為常數， Y 豐度也可視為常數。如此環境試樣中各目標核種之活度 A 可視為獨立觀察量 C_R 、 E_{ff} 、 P 的連乘積，而加馬能譜分析的相對組合不確定度可以下式表示：

$$\frac{u(A)}{A} = \sqrt{\left(\frac{u(C_R)}{C_R}\right)^2 + \left(\frac{u(E_{ff})}{E_{ff}}\right)^2 + \left(\frac{u(P)}{P}\right)^2}$$

分別求出 $\frac{u(C_R)}{C_R}$ 、 $\frac{u(E_{ff})}{E_{ff}}$ 、 $\frac{u(P)}{P}$ ，代入上式即可求得加馬能譜分析之總

不確定度。

i. $\frac{u(P)}{P}$ 指樣品製備的不均勻性:

a) 樣本的不均勻性 $\frac{u_c(H)}{H}$:指在同一批樣本，分裝分析時，可能在分裝時會有不均勻故需要納入樣本的不確定度。

b) 秤重的不確定性 $\frac{u_c(W)}{W}$:指天平校正的不確定度及秤重的不確定度。

ii. $\frac{u(E_{ff})}{E_{ff}}$ 指加馬儀器的校正:

a) 能量校正點的效率值 $\frac{u_c(C_s)}{C_s}$:指在執行能量校正效率時所產生的不確定度。

b) 效率校正曲線 $\frac{u(a)}{a}$:指在執行效率校正曲線的不確定度。

c) 能量導致效率曲線的不確定度: $\frac{\sigma_f}{E_{ff}}$:指各能量校正點執行效率校正作業和檢量線校正所產生的不確定度。

iii. $\frac{u(C_R)}{C_R}$ 加馬儀器計測誤差:加馬儀器計測的誤差所導致的不確定度。

最後再將以上三個不確定度利用下列這個公式整合起來即可求的加馬能譜分析的相對組合不確定度。

$$\frac{u(A)}{A} = \sqrt{\left(\frac{u(C_R)}{C_R}\right)^2 + \left(\frac{u(E_{ff})}{E_{ff}}\right)^2 + \left(\frac{u(P)}{P}\right)^2}$$



圖 25 干擾核種的判別不確定度之教學-1



圖 26 干擾核種的判別不確定度之教學-2

第九章 心得與討論

這次是我第二次前往偵測中心參加加馬偵檢器的訓育訓練，感覺比較熟悉，感謝中心提供這個機會讓我對加馬偵檢器能有更進一步的了解，在林彥宏技士的教導下我學習到很多包括輻射的一些基本知識及實務上的操作與經驗，也了解樣品的純鍺儀器的分析操作與維護；在謝整昌技正的教導下我學習到測量不確定度的計算與概念及效率曲線的原理及建置，讓我了解分析出來的數據是否可靠；在潘嘉吟技士的教導下讓我學習樣品的前處理的操作及相關注意事項。也從蔡技正那學到輻射這個領域的相關知識與認識，雖然短短的四天可能沒辦法馬上上手輻射偵測這個領域的所有技術與知識，但未來我會繼續努力朝這個領域前進，讓屏科大輻射備援實驗室能夠有能力來協助分析樣本，感謝偵測中心的各位前輩這四天的照顧與指導。



圖 27 教育訓練心得與討論-1



圖 28 教育訓練心得與討論-2

附件二 純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作作業程序書

放射性分析備援實驗室品質文件		版 次	1
名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統 操作 作業程序書單機版		頁 次 第0頁，共35頁
編號	SC2017HPGe-01		
編寫：		初審：	 主管： 
會 審	無		
品質 主管		實驗室 主管	 106. 9. 20
		實施 日期	106 年 09 月 20 日

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第1 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

1. 目的:

GammaVision-32 V6 軟體整合了 γ 能譜資料擷取與能譜分析，以視窗作業系統環境為基礎，透過本操作作業程序書，得知GammaVision 的使用方法和 γ 射線量測，提供本實驗室以純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統進行樣品加馬核種定性分析，並供作業人員正確操作程序之依循。

2. 範圍: 本作業程序書適用於本實驗室進行各類樣品加馬核種能譜的定性及定量分析作業。

3. 參考資料

3.1 克馬企業有限公司 Gamma Vision 軟體使用手冊。

3.2 克馬企業有限公司 LVis 2.5 中文使用手冊。

3.3 輻射偵測中心品質文件，GENIE-2000 加馬能譜分析系統操作程序書。

4. 名詞解釋:

釋: 無

5. 職責 計測人員負責樣品之測定，將計測結果交給審核人員，並由實驗室主任核定。

6. 儀器設備

6.1 GammaVision 是一個動態套裝軟體，能夠辨識系統上的硬體架構，並根據所連接之硬體提供支援，並啟動 GammaVision 相關功能。本操作手冊所使用之儀器及軟體如下表所示：

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第2 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

表1 本操作程序書使用軟體與儀器一覽表

項目	ORTEC 型號	說明/功能
GammaVision-32 V6	A66-B32	γ 能譜分析軟體
Ge Detector GEM 100%	GEM100	高解度 γ 射線偵檢器
Vertical Cryostat	CFG-PV-1	偵檢器之冷卻器及機件
30 Liter Dewar	DWR-30	液態氮桶
Lead (Pb) Shielding	NA	鉛磚含銅襯裡
Digital Spectrometer	DSPEC-PLUS	數位光譜儀和 MCA(含偵檢器之 HV 偏壓供應器和網路電腦介面)
Interface	ETHCBL1 or ETHRJ45	連接網路 (10Base2 coax 和 10BaseT RJ-45 to coax converter)
Computer(Pentium 233)	NA	電腦(Windows 98、64MB 記憶體)
Calibration Source	NA	校正射源：2-L Marinelli Beaker geometry (廠 牌：Analytics, Inc., Atlanta GA)
Maroinelli Beaker(2 L)	NA	型號 138-G (廠牌：GA-MA Associates, Miami FL.)

7. 作業程序

7.1 效率曲線建立時機、建立方式

7.1.1 建立時機：軟體初次安裝時建立或定期、不定期重新建立。

7.1.2 使用軟體計測試樣之前，必須先建立試樣的背景檔及效率曲線，才能夠扣除背景，並依效率曲線以核種能量求得效率值，進而換算出活度。

背景檔及效率曲線應於儀器大修後或執行品管作業發現超出管制範圍時，且無法再恢復至正常範圍內應重新建立。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第3 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.2 校正

系統中有三個基本參數必須做校正：能量與頻度數、效率以及能峰寬度校正

7.2.1 能量與頻度數

當 γ 射線(光子)被鍺偵檢器吸收，會產生一個小訊號(通常是脈衝)，系統會將這訊號放大過濾減少干擾，產生一個清晰訊號；淨訊號的強度跟光子能量是成正比的，例如，大的能量光子會產生大的脈衝，類比/數位轉換器(ADC)就是用來轉換每個脈衝為頻道(大的脈衝會轉為高的頻道)，多頻道分析儀(MCA)將每個脈衝，在獨一的頻道中記錄為一個計數，成為一個長條形的統計圖稱為能譜，在GammaVision的MCA模擬視窗中顯示為頻道中的計數；只要有接收到脈衝並經過處理，GammaVision會持續顯示所得到的能譜，直到系統收不到入射光子能量資訊時，才會進行能量校正，將正確的能量分派到適當的頻道。系統是以已知核種能量的標準射源作能量校正，並根據已知能量設定GammaVision的頻道數，這些資訊都是用來評估未知的能譜。

7.2.2 效率校正

通常只有小許的光子射線會被記錄為計數，這部分(效率)是放射性光子能量、射源幾何、偵檢器大小和樣品成分的主要函數，效率就是使用標準射源計測而來，這標準射源必須跟樣品有相同成分、相同幾何，並且是一套有能量的核種，它包含所有想要量測的各種核素，在我們的範例中，將使用GammaVision的自動校正功能，校正系統的能量和效率。

7.2.3 能峰寬度校正

加馬射線能峰寬度是以 γ 輻射訊號收集、傳送到多頻道分析儀(MCA)時的統計不確定值來決定，要知道能峰寬度的改變，必須增加能量來作能峰區域及能峰合適的量測，能峰寬度通常是以FWHM量測，GammaVision能讓使用者使用相同能譜為能量和效率來校正能峰寬度，在這範例中，自動校正功能就是用來作能峰寬度校正。

7.3 校正步驟

7.3.1 將校正射源放在偵檢器的上蓋，並關上屏蔽。本例子使用的是2-L Marinelli beaker標準射源，標準母體是 $1.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 密度(水密度)的環氧化物。量測水樣品時，它的幾何及密度也要跟這2-L Marinelli beaker相同。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第4 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.2 從 Windows 的桌面上點選“開始”、“程式”、“GammaVision-32”、“Gamma Vision”(圖 1) ， 召喚 GammaVision 軟體，就會出現多頻道分析儀的模擬視窗，這模擬視窗是 GammaVision 主要的工作介面，有 九個選項：

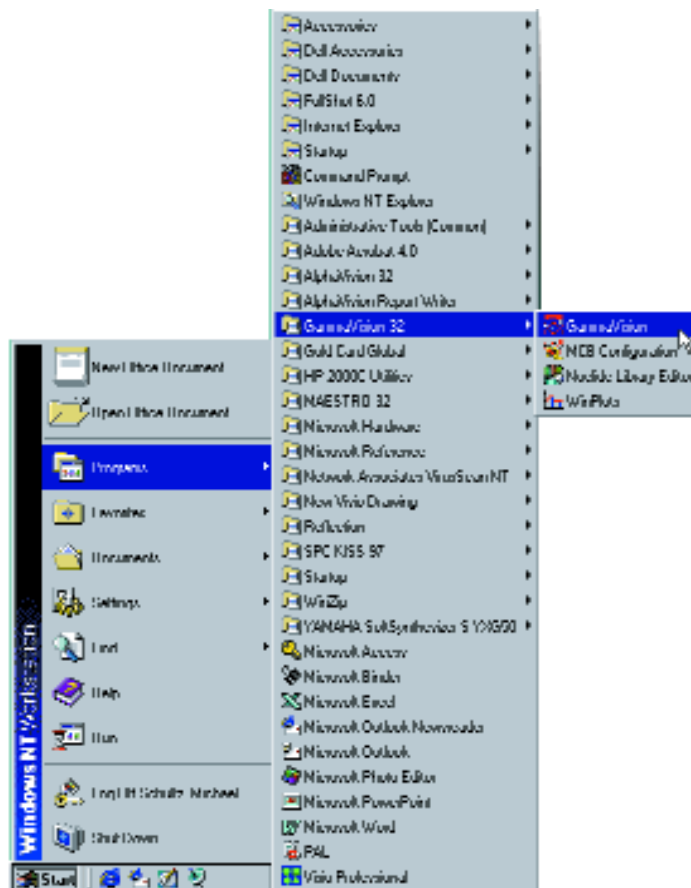


圖 1 GammaVision 主要的工作介面

- File (檔案)
- Acquire (擷取)
- Calibrate (校正)
- Calculate (計算)
- Analyze (分析)
- Library (資料庫)
- Services (服務)
- ROI (感興趣的區域)
- Display (顯示)

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第5 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.3 選“ Acquire ” 項 的 “Start”開始標準射源的計測(圖 2)，直到主要視窗中出現輪廓分明的能峰，選“Acquire”項目中的“Stop”。

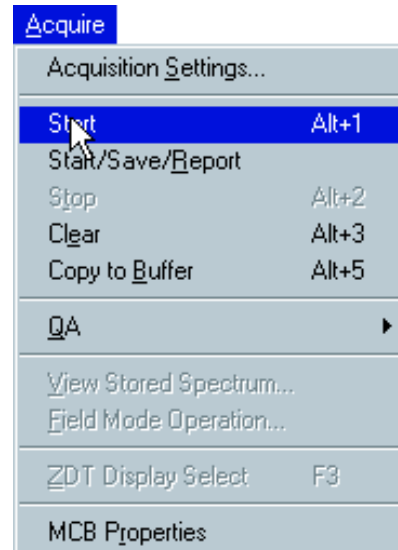


圖 2 標準射源計測的工作介面

7.3.4 查看您所獲取到的能譜，若要改變能譜的外觀(例如填上色彩或以陰影強調興趣區域)，請選“ Display ”項目中的“Preferences”，並在其副選單中挑選任一項，例如這裏選擇 Fill All (圖 3)能譜背景就會反白。在主能譜視窗右上角的 Thumbnail 圖面，按住滑鼠左鍵拖拉，就可從能譜的某一部分移動到另一部分(如圖 4)

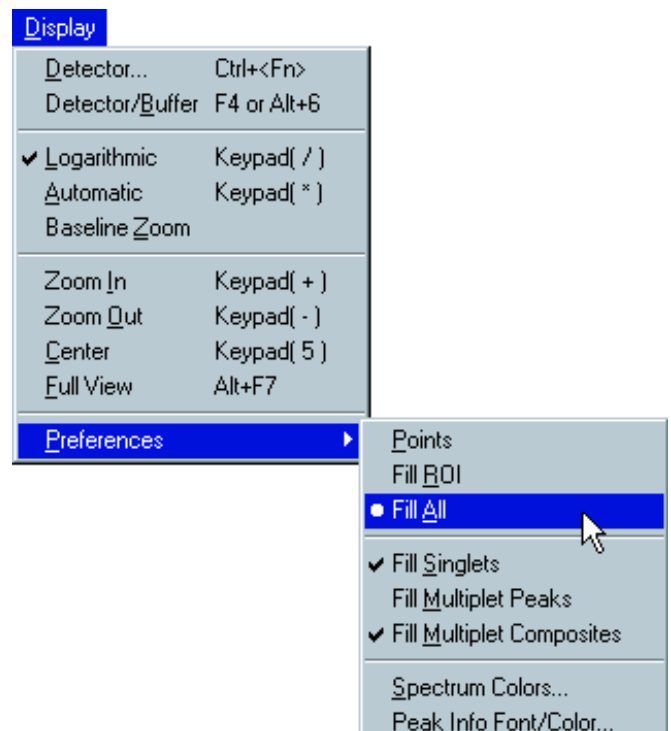


圖 3 改變能譜外觀的工作介面

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第6 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

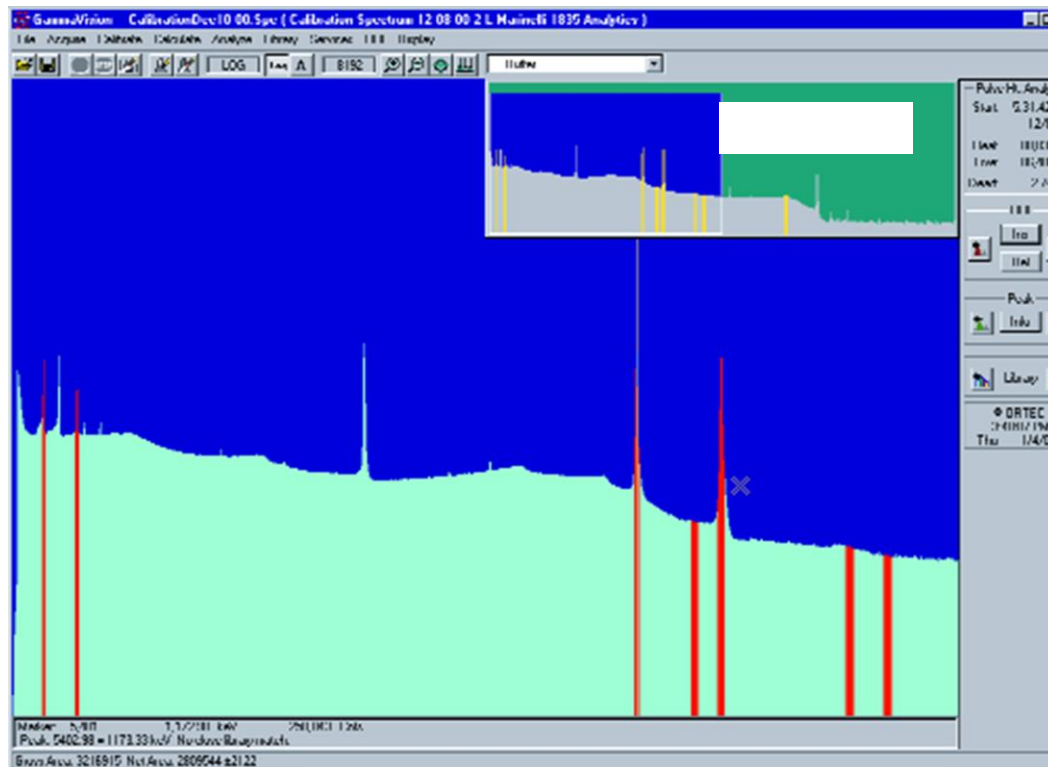


圖 4 Thumbnail 圖面

7.3.5 在 MCA 能譜的主要部份找出一個 全能峰(清晰能峰)，並使用 Zoom(放大)功能 仔細查看能峰的結構，這裏有三個方法進行放大；第一是使用 選單；或是拖拉 Thumbnail 到想看的能峰使能峰約位於 Thumbnail 的中央部位；或是點選主 MCA 視窗的能峰，再點選選單上的 Display 內的副選項 Zoom In 就可放大這能峰(圖5)。點選工具列的 Zoom In 可以繼續放大能峰

(圖 6)，要 Zoom Out(縮小)能峰也是使用同樣的方法；也可以用鍵盤上的功能鍵 <+>(放大)和 <->(縮小)。通常，電腦的數字鎖都容許使用鍵盤功能。

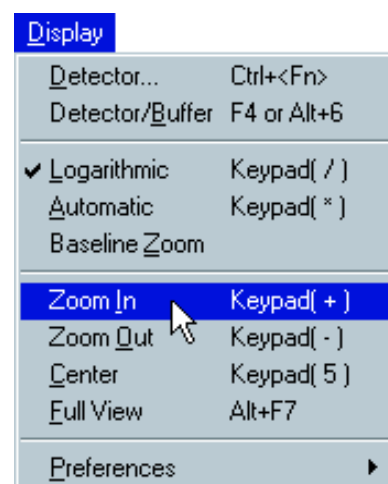


圖 5 放大/縮小能峰的功能鍵

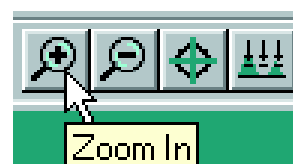


圖 6 放大/縮小能峰的功能鍵

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第7 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

注意：如上所述，全能峰的形狀是精確量測 γ 射線的重要參數，為了正確地描寫能峰寬度，應使 MCA 中的脈衝最完美地轉換為計數，使用人工方式調整系統的極零功能可達成這目的，GammaVision 使用選單 Acquire 中的 MCB Properties 副選項就可自動執行這程序。這範例使用 DSPEC Plus 數位能譜儀。

7.3.6 為使系統的 γ 射線能峰最完美請選選單中的 Acquire 之 MCB Properties 選項，並點選 Amplifier 標籤調整 Fine Gain 為 0.67，並選擇 X1 為粗調(Coarse Gain) 如圖 7，在 Optimize 控制欄點選 Start Auto，電腦就會自動調整 DSPEC Plus 的極零功能，當作業完成時，電腦會發出完成的訊號。

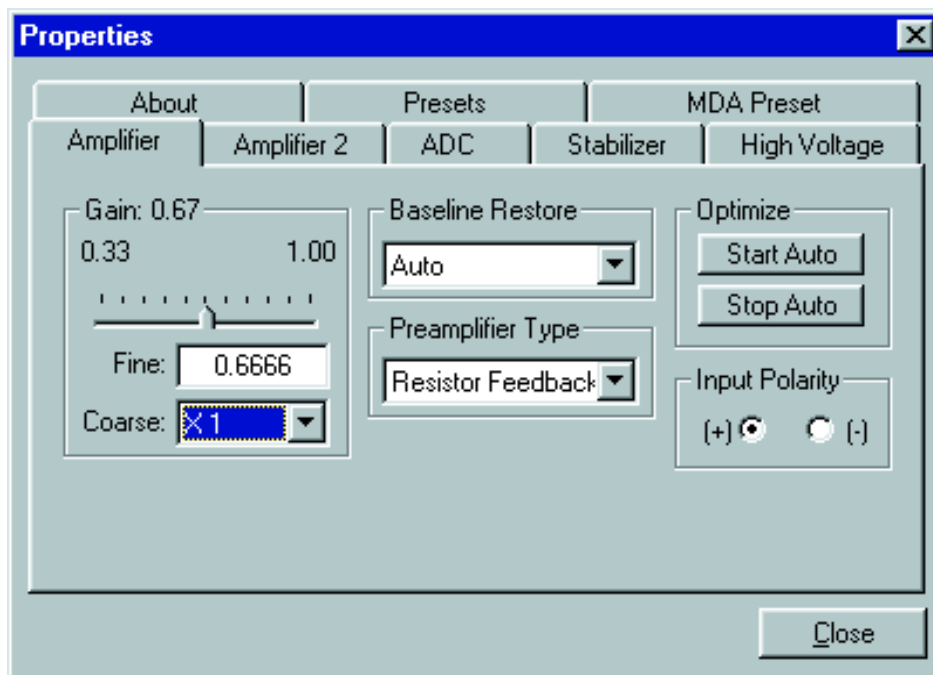


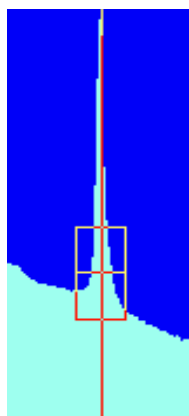
圖 7 Acquire 之 MCB Properties 選項的功能鍵

注意：用 Thumbnail 和 Zoom 檢查其中一個全能峰，一個形狀好的能峰就如“Gaussian 高斯”的形狀(與中心點的距離大體上對稱)，由於康普頓現象，低能量那邊的能峰底層會稍微高一些。

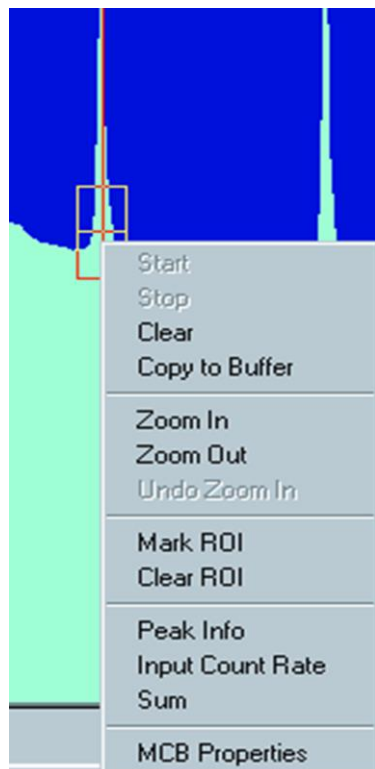
名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第8 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.7 能量校正的第一步是使用已知能量的標準射源收集能譜，計測時間的長短取決於標準校正射源能峰區域的計數率和要達成的計數統計值，校正時全能峰區域較好的計數是 100,000(0.3%計數統計值) GammaVision 可讓使用者預設計數時間(真正時間或有感時間)、能峰距心或ROI 興趣區域的整體計數。

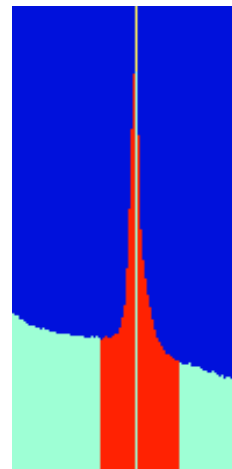
7.3.8 做幾分鐘的計測，然後選用 Acquire 選單的 Stop 停止。這樣使用者就可用 GammaVision 內建的功能來決定興趣區域的淨計數將游標移到能峰的左邊，按住左邊滑鼠並拖拉游標橫過能峰——拖拉游標時會出現一個視窗如圖 8A，當這個視窗包圍整個能峰寬度時，停止拖拉並鬆開滑鼠，這視窗仍然會在螢幕上；接著，將滑鼠移到這視窗內按滑鼠右鍵，點選 Mark ROI 選項如圖 8B，使 ROI 區反白如圖 8C 要查看能峰屬性時請在區域內按滑鼠右鍵選 Peak Info 選項如圖 9，會出現資料視窗，內有所選區域的相關資訊如圖 10，在這個範例中，我們可以找到 1173 keV Co-60 能峰的淨計數值為 3,302,351——正好超過能量校正之良好能峰所需的統計數(<0.1%)，請使用標準射源的其他能峰，重覆這練習，為標準射源中的所有核種比例計算出校正的計數時間，確認良好的統計值。



(A)



(B)



(C)

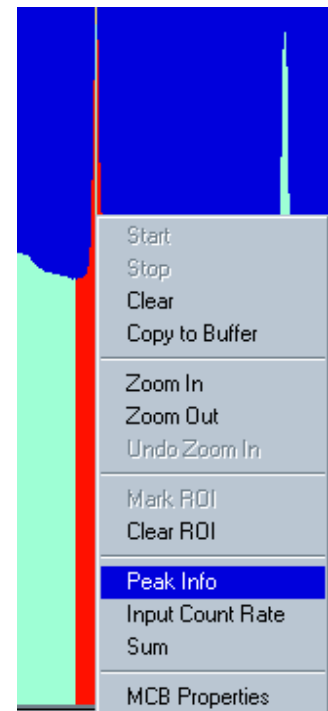


圖 9 Peak Info 功能鍵

圖 8 (A)區域淨計數;(B) Mark ROI 的資訊;(C) Mark ROI

的反白功能鍵

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第9 頁，共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

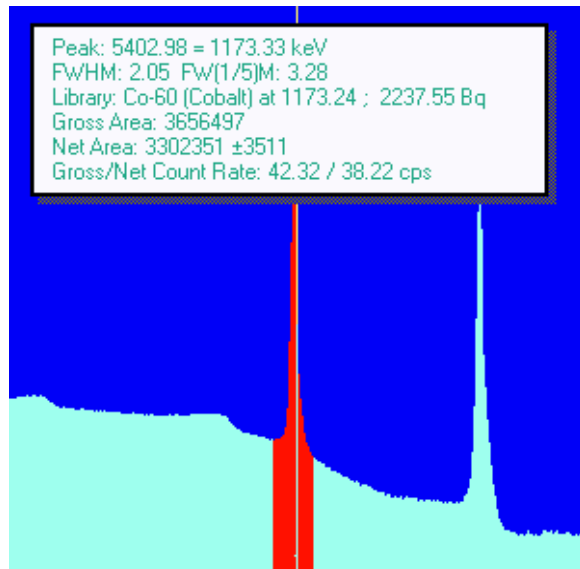


圖 10 選區域的淨計數範例(1173 keV Co-60)

7.3.9 當校正的計數時間決定後，就要為計數時間預設數值，選 Acquire 選單中 MCB Properties 的 Preset Limits，點選 Live Time 輸入視窗，並以秒為校正鍵入所要的有感時間如圖 11。

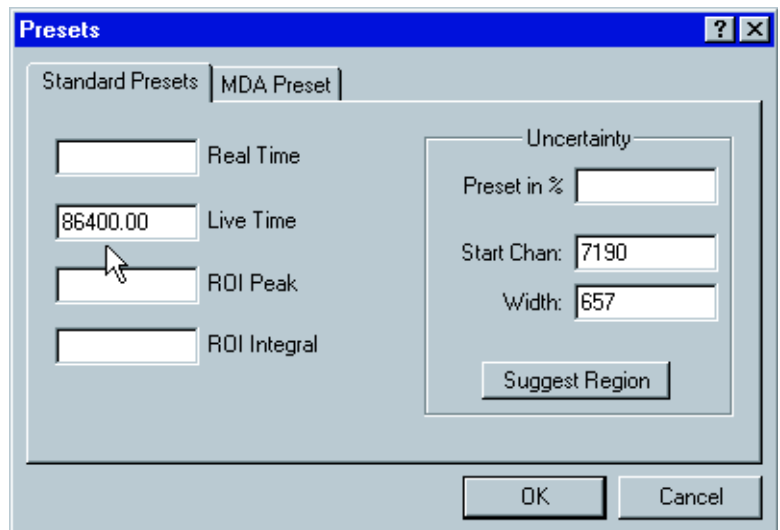


圖 11 MCB Properties 的Preset Limits 功能表單

7.3.10 選Acquire 的Start 並選系統以預設有感時間累積計數，當擷取資料完成，選 File 的Save 儲存 檔案到正確的工作目錄中。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第10 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

注意：達成校正有三個步驟，就是 Energy Calibration (能 量校正)、Peak Shape Calibration (FWHM,能峰形狀校正) 和 Efficiency Calibration (效能校正)。每一步驟都會在能譜上選擇能譜、輸入已知能峰資料，並將能譜及能峰資料歸檔。首先要校正能量(能峰形狀亦會在這步驟中完成)，繼而儲存能量校正(.ent 的檔案形態)到工作目錄中，然後校正效能並儲存校能校正(.eft 的檔案形態)，最後要儲存能譜為.clb 檔案，包含所有校正資料作樣品分析用。

7.3.11 選Calibrate 的Energy(圖 12A)，會出現三個新視窗—Energy、Energy Table 和 Calibr 圖12B，可用滑鼠點選這些 視窗，並可在這些視窗上方有顏色的部位按住滑鼠左鍵拖拉該視窗移動到別的地方。

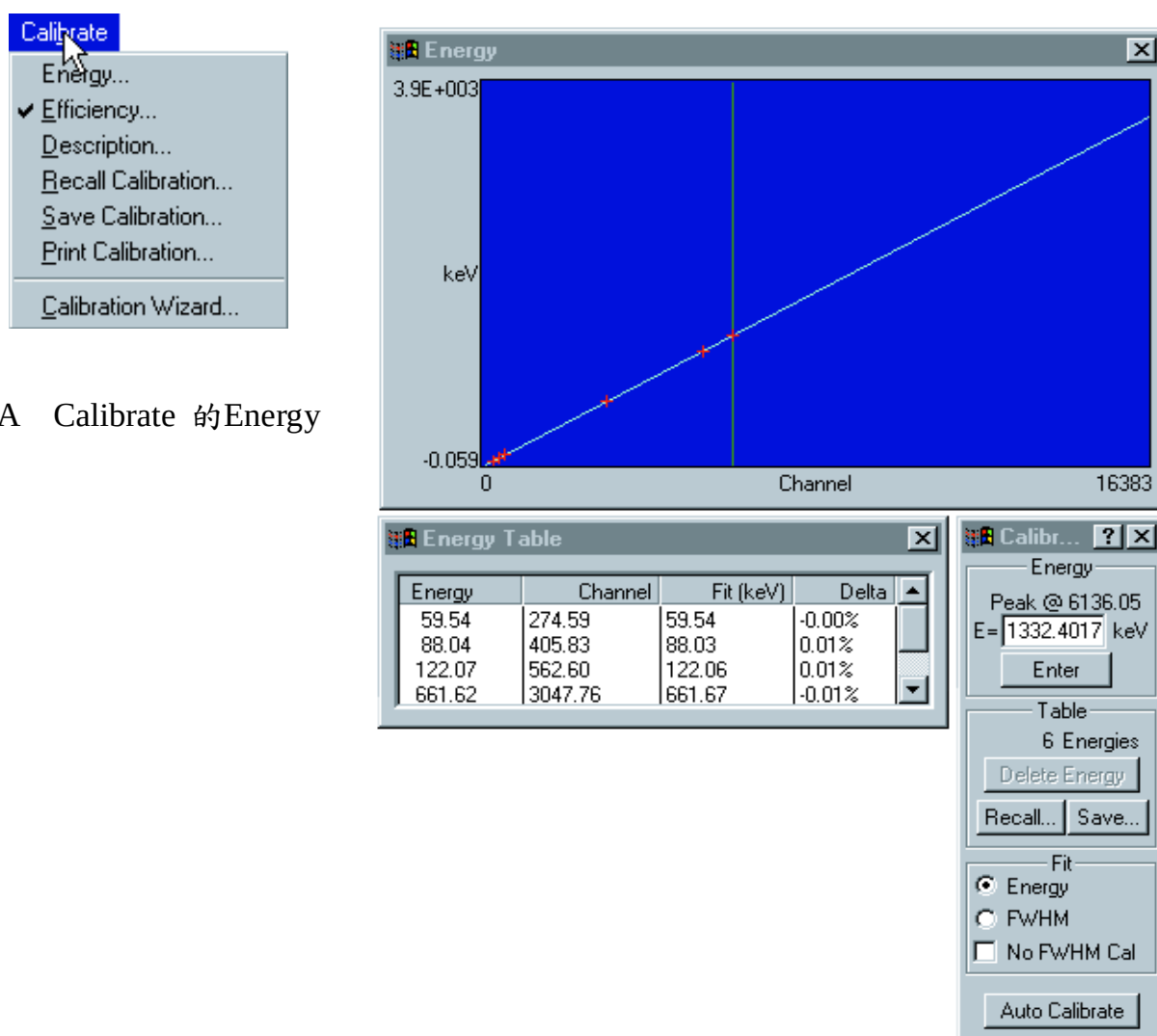


圖 12A Calibrate 的Energy

圖 12B Energy、Energy Table 和Calibr 圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第11 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.12 在Calibr 視窗左上角的 Windows™ 圖上點選滑鼠左鍵並滑到 Destroy 選項，可以刪去任何現存的校正資料。(圖 13)

注意:GammaVision 以資料庫方式管理分析資料GammaVision 中有幾個資料庫，在校正方面Calib 資料庫包含全能譜校正射源的一般核種清單。

7.3.13 選 Library 的 Select File(圖 14A)，Calib 資料庫是在 User 目錄(預設)下，若曾經移動 Calib 資料庫請到正確的目錄上尋找選 Calib 資料庫點選 Open 下載(圖 14B)。

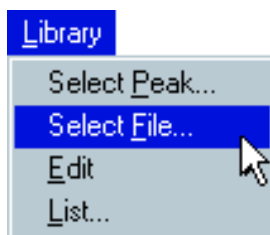


圖 14A Library 的 Select File

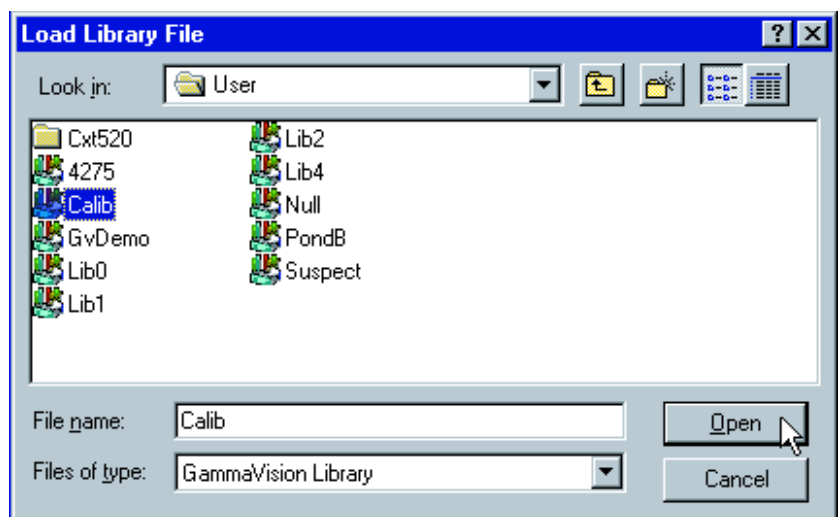


圖 14B Calib 資料庫的選取

7.3.14 選 Library、Edit、GammaVision Editor 如圖 15，會出現視窗內有核種(和每個能峰的資料)。

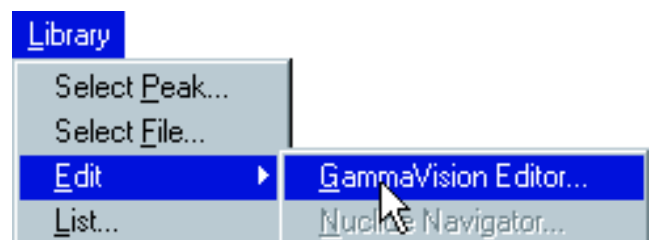


圖 15 選取檢測分析的核種

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第12 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.15 將 Calib 資料庫的核種清單與標準射源的核種清單作比較後，從清單中點選核種，選Cut (圖 16)就可刪除該核種。

7.3.16 在清單上增加核種，點選Insert，輸入核種名稱、半衰期和不確度(參閱射源證明書)，並按OK 如圖 17，這視窗中的 Nuclide Flags 核種旗標是報表列印使用，這裏跳過。

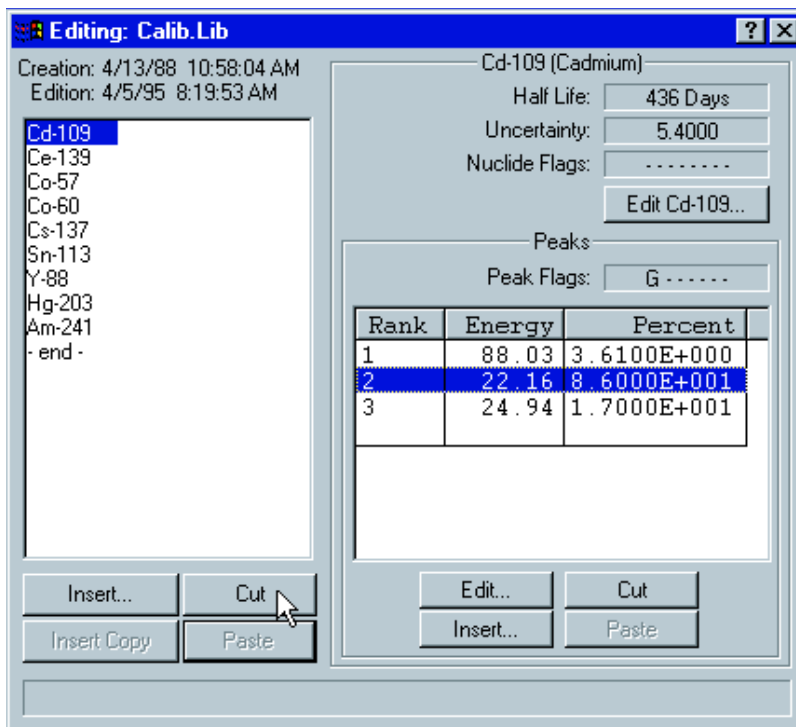


圖16 核種清單與標準射源的核種清單的比較

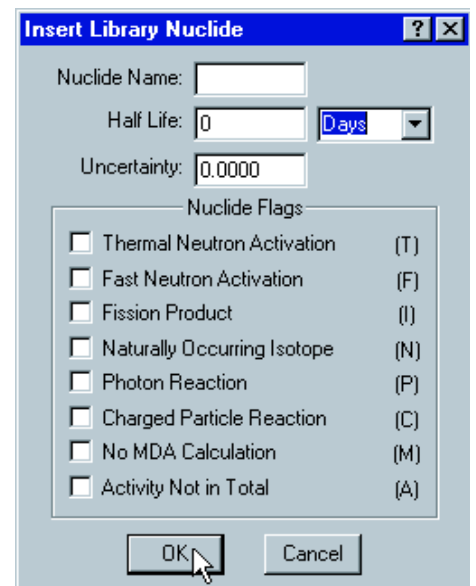


圖17 核種名稱、半衰期和不確度的比較

7.3.17 在 Calibr 視窗中選 Auto Calibrate 校正能量和 FWHM 如圖 18A,會出現 Energy Calibration Table (能量校正表)和代表合適的圖，能量/頻道合適會以線型出現如圖 18B，若不是線型，請回到 1.14 並小心比較資料庫跟標準射源的核種—應配合能量。檢查能量校正的另一方法是檢查能量表(圖 18C)的 Delta 值，這些值是度量校正是否符合真正的資料點，一個好的屏蔽系統，好的能量校正 Delta 值應是小的—通常小於1%。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第13 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

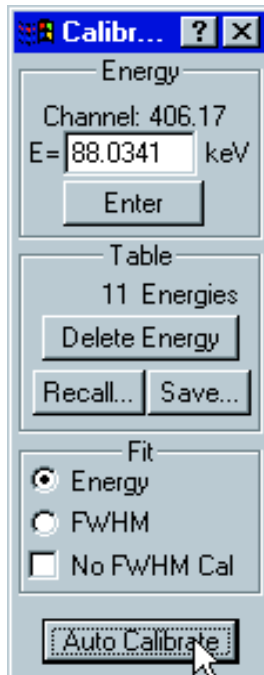


圖18A Auto Calibrate 校正能量和FWHM設定

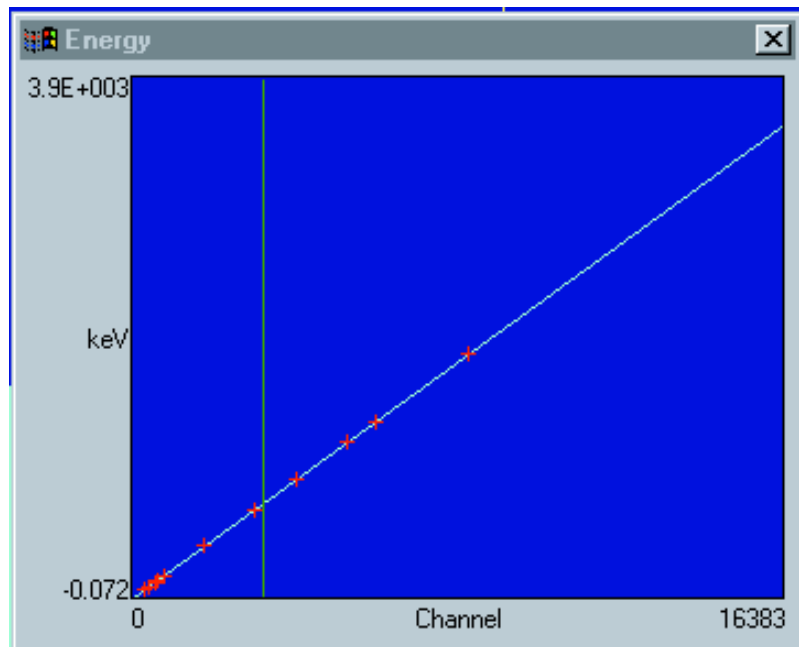


圖18B 能量/頻道線型圖

Energy Table			
Energy	Channel	Fit (keV)	Delta
59.54	274.19	59.47	0.12%
88.03	405.67	88.02	0.02%
122.07	562.48	122.07	-0.00%
136.43	628.96	136.51	-0.06%
165.85	764.21	165.88	-0.02%
391.69	1804.00	391.67	0.00%

圖18C 檢查能量表的Delta 值

7.3.18 在 Calibr 視窗中選FWHM 檢查FWHM 校正，表跟圖會立刻顯現如圖 19，FWHM 會跟著能量以非線趨勢增加。

名稱	純鋅半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第14 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.19 在 Calibr 視窗中選 Save 儲存能量校正到某目錄下,設定有代表性的名稱,按 Save 如圖20,在Calibr 視窗的右上角點選“X” 離開效率校正工作區,剛剛儲存的檔案就是能量校正,包括有FWHM 和能量與頻道數。

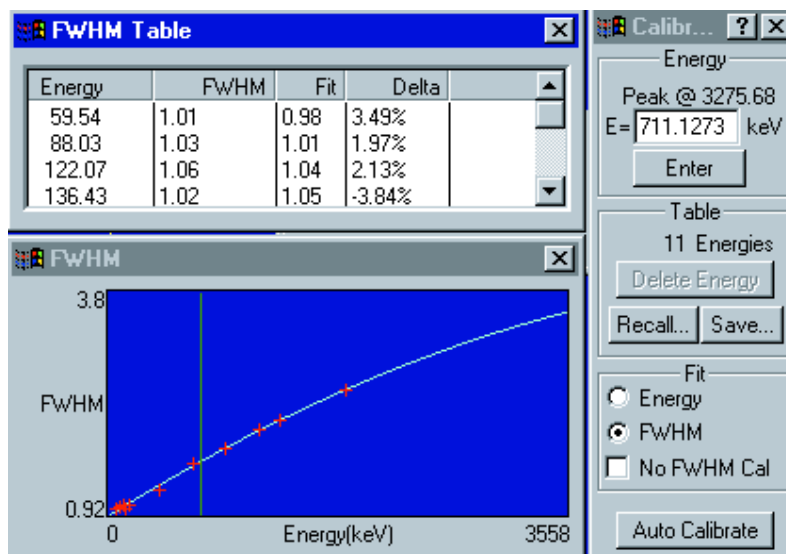


圖19 FWHM 校正圖

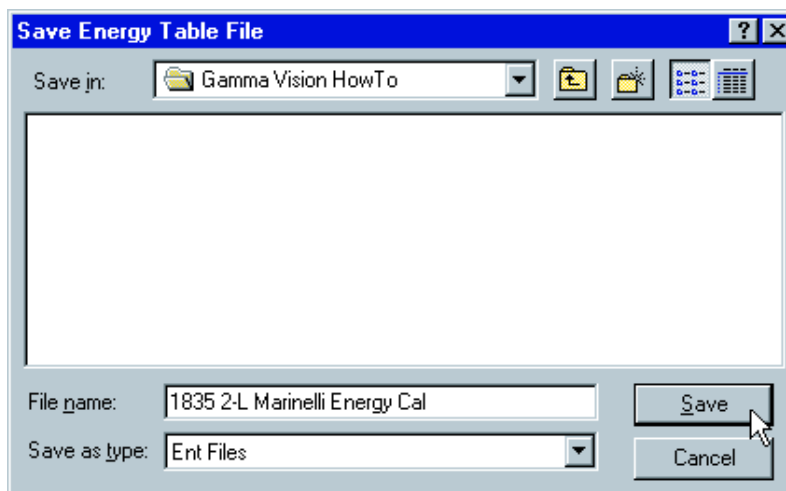


圖20 儲存能量校正目錄圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第15 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.20 選 Calibrate 的 Efficiency(圖 21)開始效率校正，接著點選 Calibr 視窗左上角的 Windows 小圖，並在選單中選 Destroy 如圖 22，就會刪去現在的效率校正資料—能量和能峰寬度校正仍原封不動。

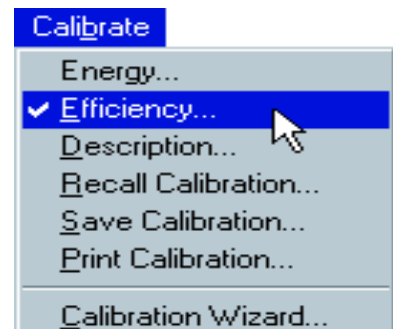


圖21 Calibrate 的Efficiency
的表單

注意：下一節，會以人工方式建立效率資料庫，並校正系統的效率及能量，步驟 7.3.21 和 7.3.22 會插入能峰，應先從最低的能峰開始插入，然後插入較高的能峰逐漸到最高的能峰。

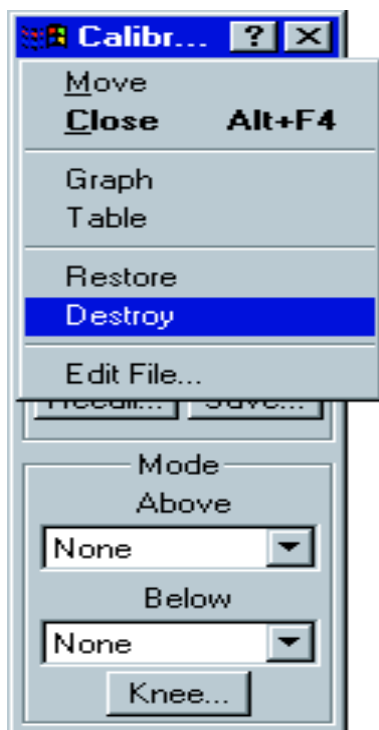


圖22 Calibrate 的Destroy 的表單

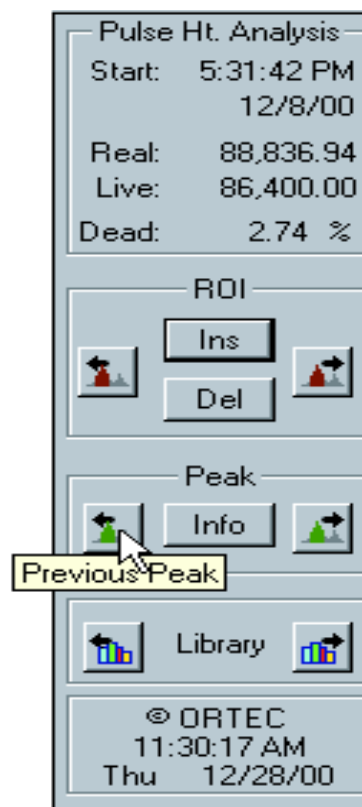


圖23 選擇最低能峰的核種的表單

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第16 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.21 開始效率校正時，請先選擇最低能峰的核種，這範例的 Am-241 是 2-L Marinelli 標準射源中最低能量的核種，請在 MCA 視窗右邊工具列(圖 23) 用 Peak 工具移到 Am-241 的能峰如步驟 7.3.8 點選 Peak Info 查閱每個能峰的能量或從 MCA 視窗底部的狀態讀取能量。

7.3.22 請依照下列程序選擇每個能峰：

- 點選 Calibr 視窗(圖 24A)中的 ENTER—登錄資料會出現在 Efficiency Table 中。

選擇表中的登錄資料，在Calibr 視窗中點選 Calc(圖 24B) 一會出現效率計算工作視窗如圖24C。

用標準射源資料完成這表格，並點選工作視窗中的按鈕 Calculate Efficiency。

表格完成 且效率計算好後，點選OK 回到MCA 視窗。

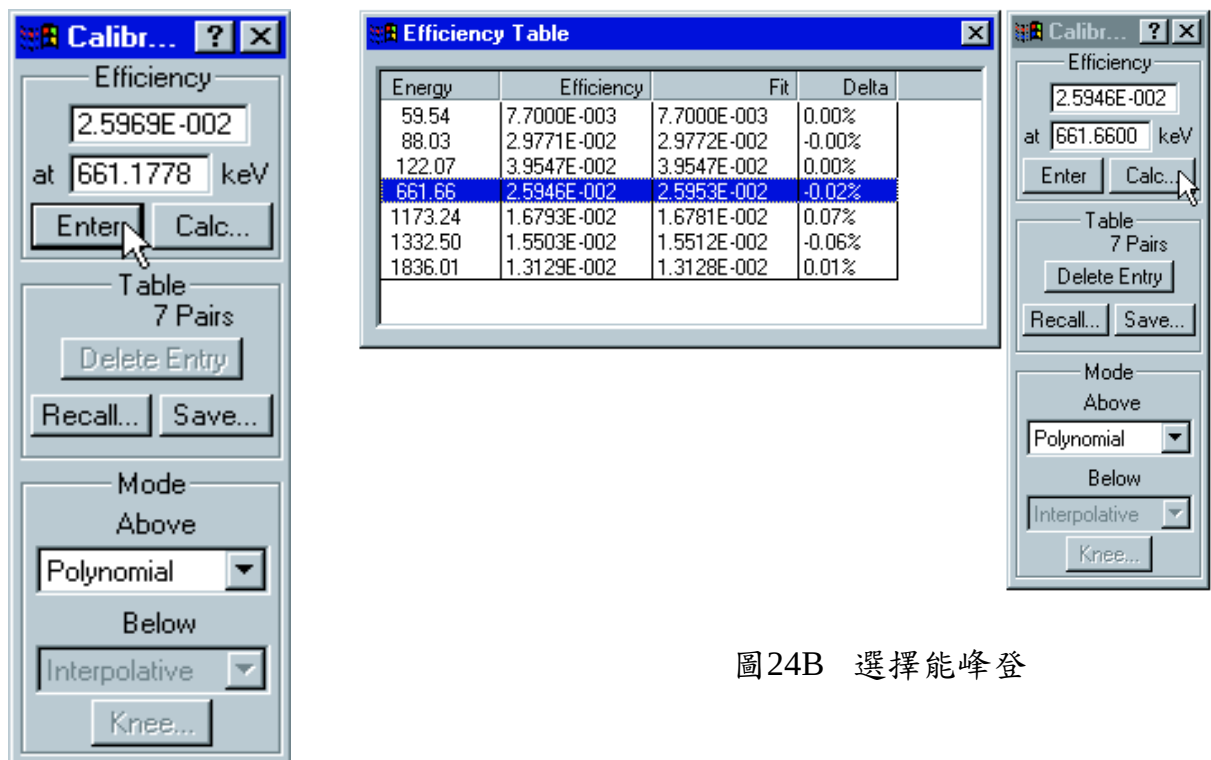


圖24B 選擇能峰登

錄資料的表單 圖24A 選擇每個能峰的表單

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第17 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

圖24C 能峰效率計算工作視窗

7.3.23 若要將標準射源包括在效率校正中，標準射源的每一個核種都要做以上的步驟，務必以能量遞增方式插入能峰。

7.3.24 當選好能峰作效率校正時在Calibr 視窗的Mode 區塊中選Polynomial (圖25A)，所得結果類似這範例如圖 25B。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第18 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

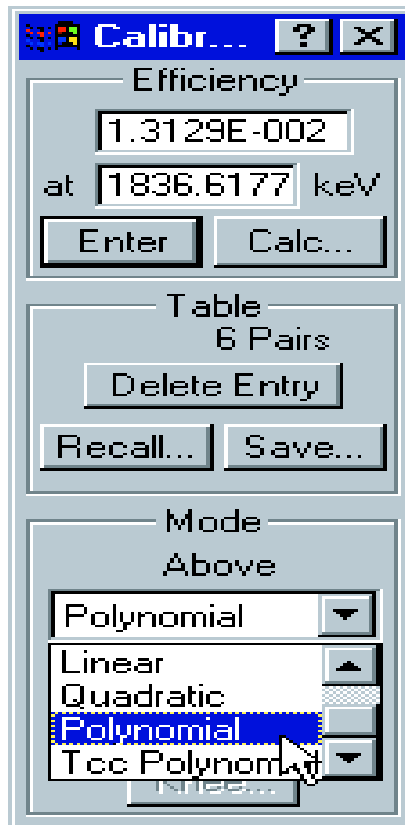


圖25A Polynomial 的表單選項

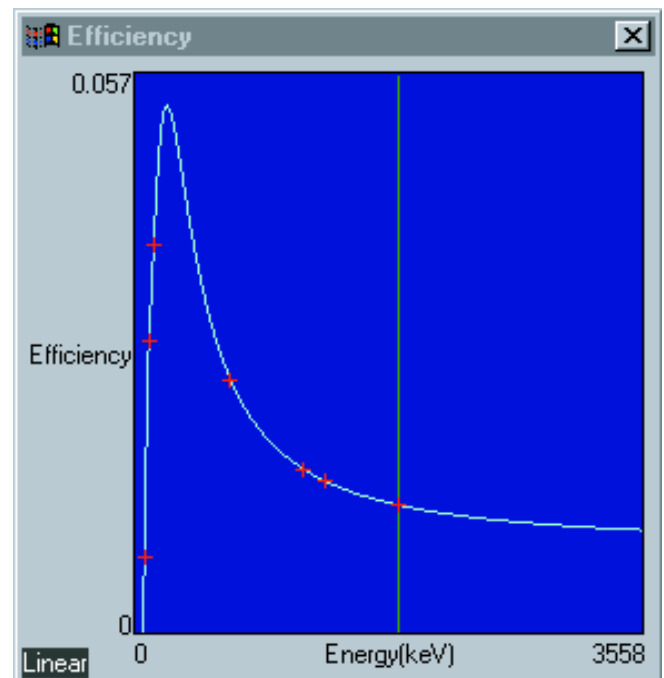


圖25B Polynomial 的範例圖

7.3.25 在 Calibr 視窗中點選 Save 儲存效率校正，選好路徑後，輸入檔案名稱並按 Save 儲存(如圖 26)。

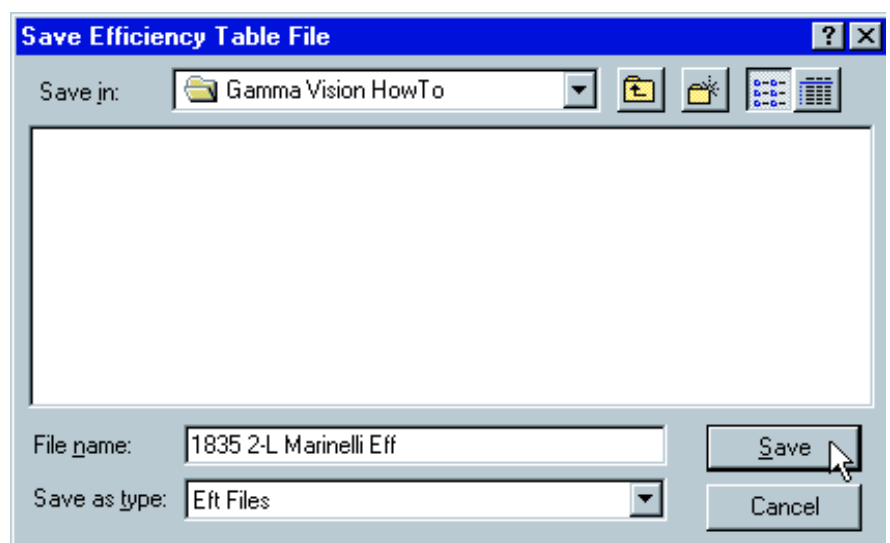


圖26 Calibr 視窗儲存效率校正示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第19 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.3.26 儲存效率表後，請按Calibr 視窗右上角的“X”離開校正。

7.3.27 接著儲存整個校正為“.clb”檔案，作為日後型號138 Marinelli beaker 分析 2-L 水樣品之用。

7.3.28 選 Calibrate 的 Save Calibration 如圖 27A，選擇路徑後鍵入檔案名稱，按 Save(圖27B)，會出現對話匣輸入詳細的校正敘述(圖27C)，請輸入敘述後按 OK。

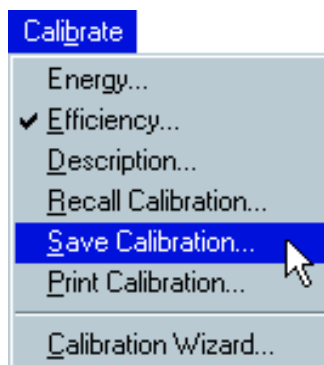


圖27A 儲存Calibr
的表單選項

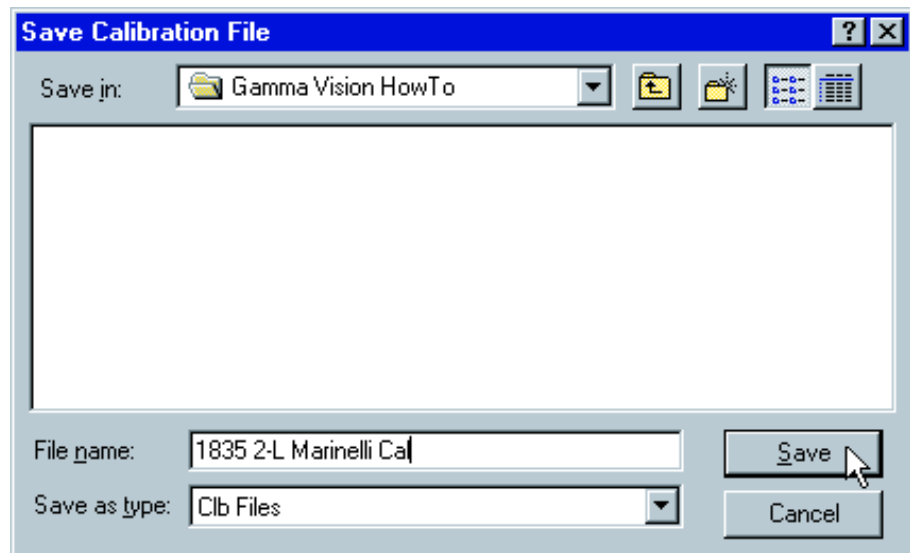


圖27B Calibr 視窗儲存效率校正示意圖



圖27C Calibr 視窗校正敘述說明對話框

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第20 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4 樣品種類之設定

GammaVision 將 γ 射線分析的重要參數集中在一個叫 Sample Type 的視窗對話匣中，通常一個模板必須能將很多樣品作成一個分析，常用於自訂程序的參數有：

- Calibration 校正
- Peak Library Data 能峰資料庫資料
- Report Output Requirements 報告所需參數
- Decay Corrections 衰減修正
- Method of Peak Analysis 能峰分析方法

使用 Sample Type 建立 2-L 水樣品之分析模板，這些樣品是從南美的一個小井以 0~9m 不同深度採集而來。

注意：為方便使用者建立多個自訂之分析程序，GammaVision 設有四種分析系統，它們有各自獨特的功能，在這裏，我們使用 WAN32 分析程式。

7.4.1 要開始建立資料庫(包括要做分析報告的核種)，請在 MCA 視窗點選 Library 的 Select File 如圖 28A。

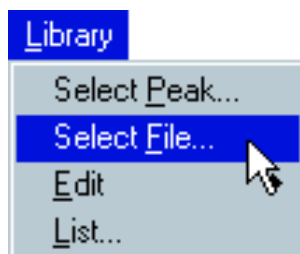


圖28A Library 的檔案

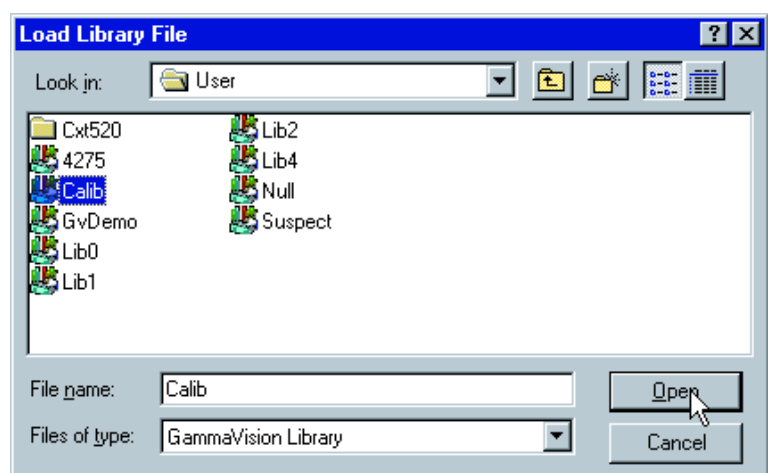


圖28B Calib 資料庫的路徑圖

7.4.2 選擇路徑後，選 Calib 資料庫並點選 Open(圖 28B)。

7.4.3 選 Library、Edit 的 GammaVision Editor，如圖 28C。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第21 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

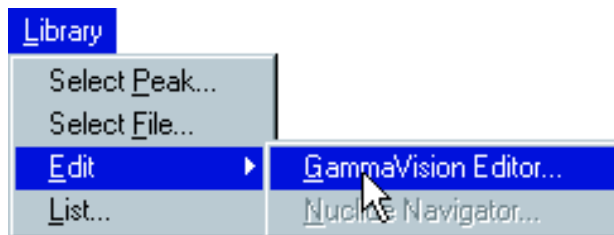


圖28C GammaVision Editor 的路徑圖

7.4.4 因為我們只要 Cs-137 和一些天然的放射核種，故刪除數個校正用的同位素，以能代表分析類型的新名稱儲存資料庫，請點選左上角的 Windows 圖，選擇 Save Library As 如圖 29，儲存資料庫檔名“PondB”。

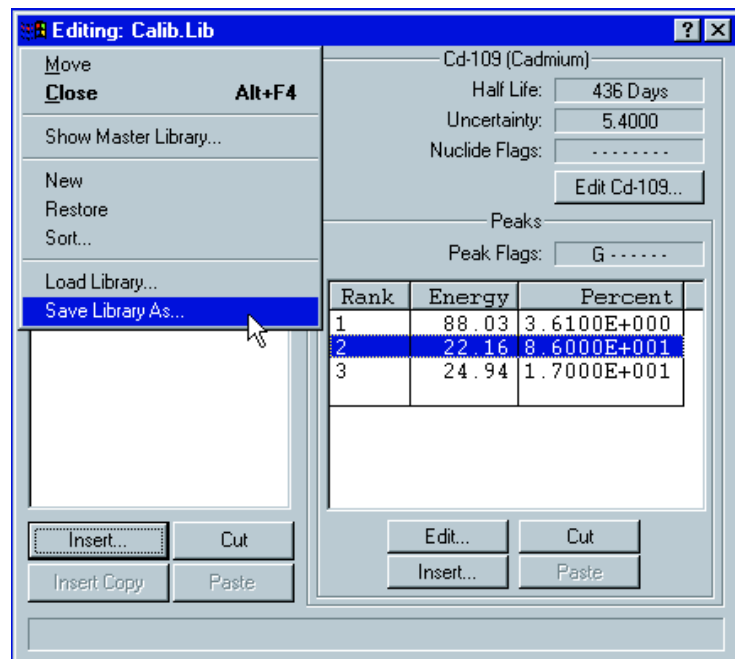


圖29 建立儲存資料庫檔名示意圖

7.4.5 要從資料庫中刪除同位素時，請點選清單上的同位素，點選Cut 如圖 30，將清單中所有同位素刪除，只餘 Cs-137 和 Am-241。

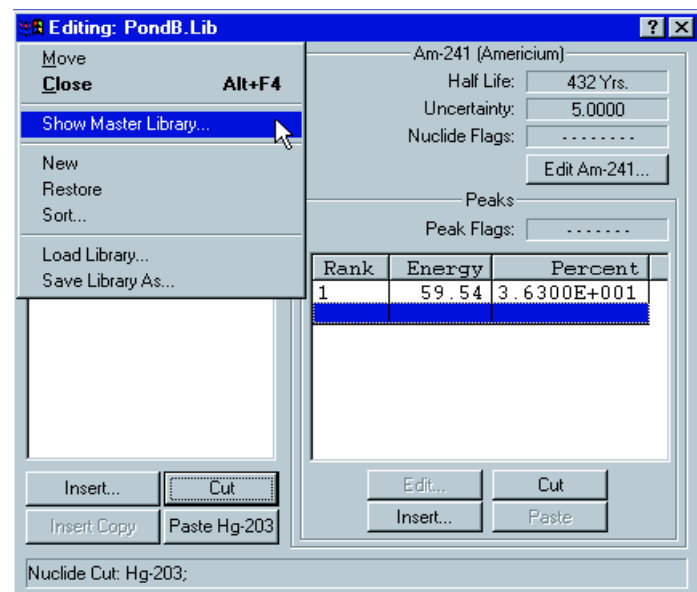


圖30 資料庫中刪除同位素示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第22 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.6 要在資料庫清單中增加同位素時請點選左上角的 Windows 圖,選 Show Master Library 如圖31從User 目錄中選Suspect 資料庫清單並點選Open 如圖32。

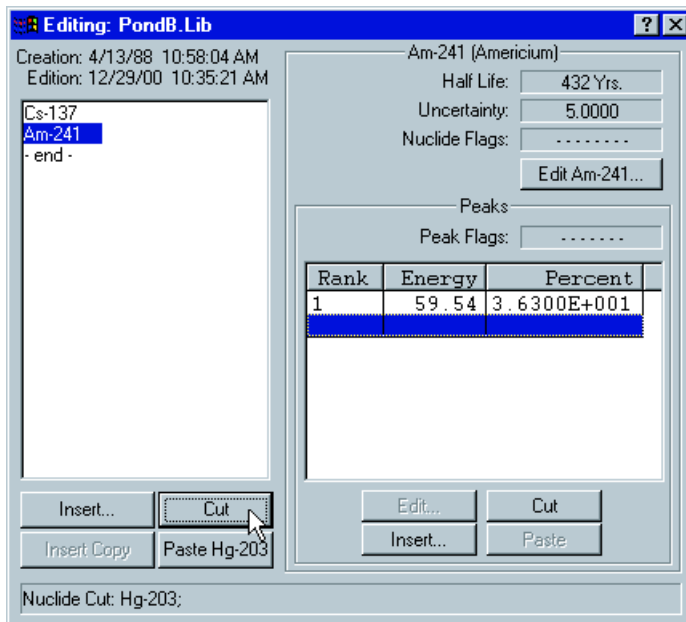


圖31 資料庫清單中增加同位素示意圖

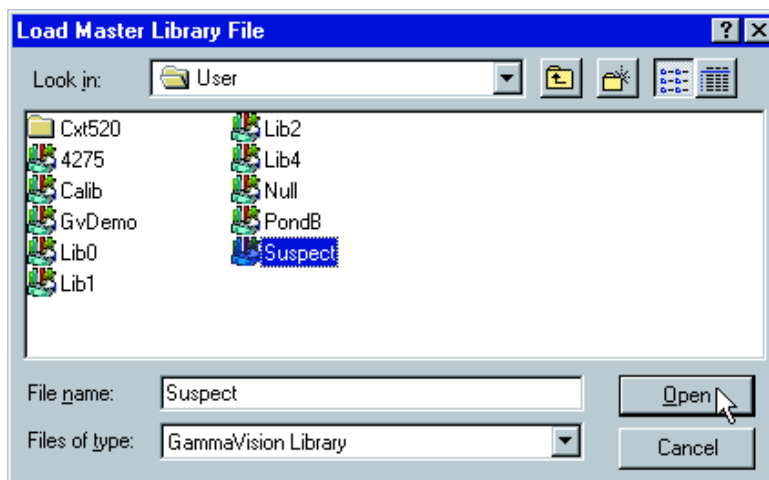


圖32 Suspect 資料庫清單路徑圖

7.4.7 我們要在資料庫中增加 Ra-226 和 Th-234,請在 Suspect 清單中點選 Ra-226 , 然後在 PondB Editor 視窗中點選 Insert 將Ra-226 加入,如圖 33,重覆這步驟將 Th-234 加到資料庫中,點選這視窗右上角的“X”關閉 Suspect 清單,也以同樣方法關閉 PondB 資料庫,會出現詢問視窗確認資料庫已變更是否要儲存,若回答 Yes,就會回到MCA 視窗畫面。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第23 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

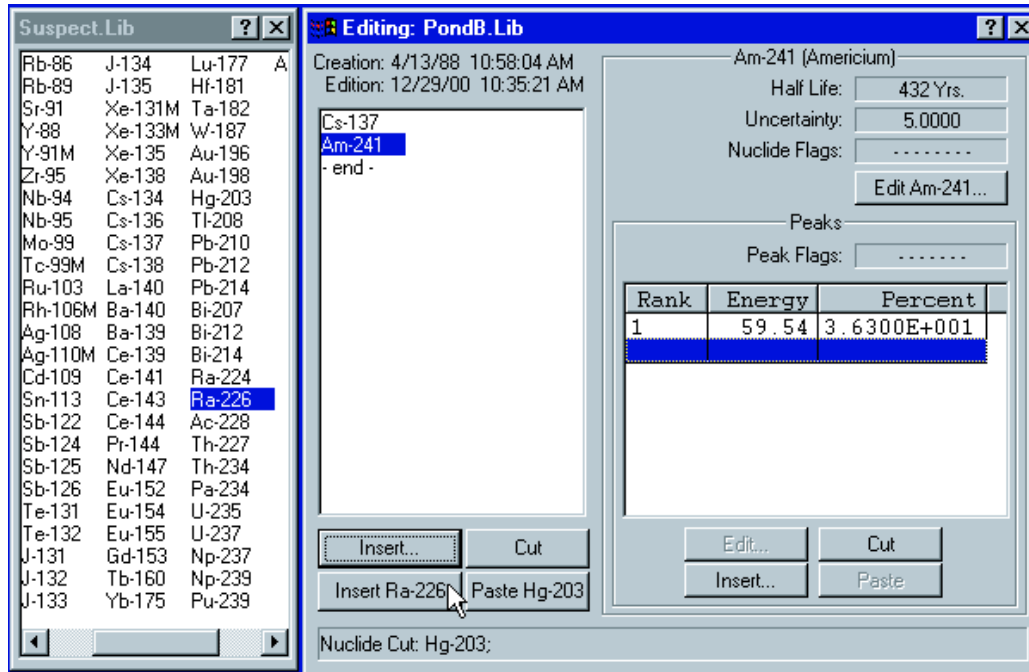


圖33 資料庫中增加Ra-226 和Th-234 示意圖

注意：現在已完成系統校正(三個基本參數)的必要步驟：

- Energy vs. Channel Number 能量與頻道數。
- Peak Shape (FWHM)能峰形狀。
- Efficiency vs. Energy 效率與能量 現在要建立一個模板應用於大量樣品，這模板會用來分析群組的所有樣品。

7.4.8 選Analyze、Settings、Sample Type 如圖34A，開啟分析對話匣視窗，如圖34B。

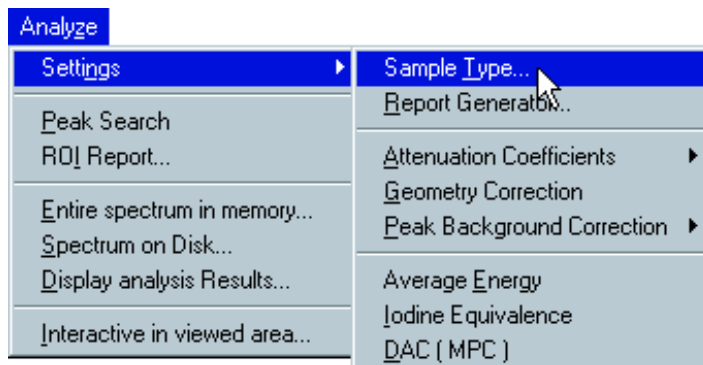


圖34A 選Analyze、Settings、Sample Typ 示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第24 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

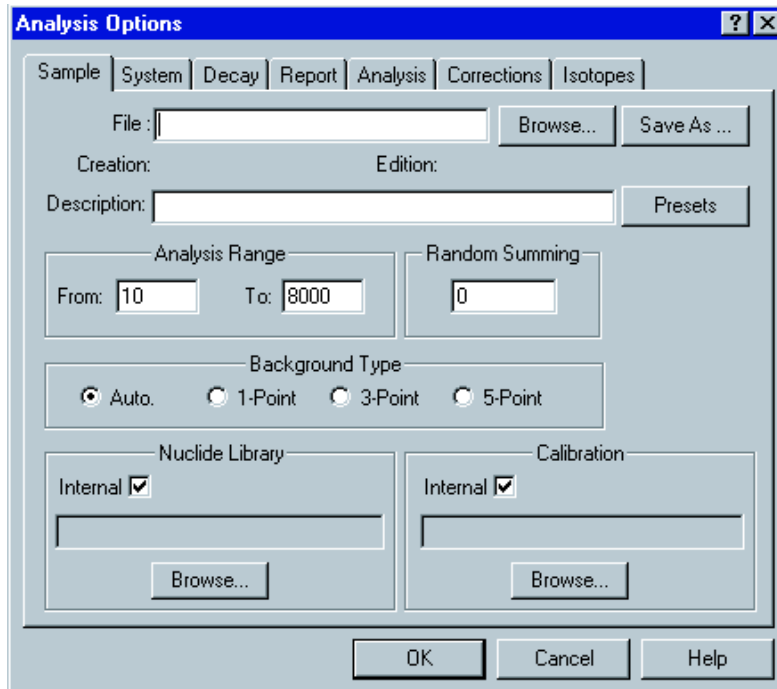


圖34B Analyze、Settings、Sample Typ 設定示意圖

7.4.9 選 Sample 標籤,建立多樣品模板,儲存為檔案“.sdf”作分析之用,點選這頁面的按鈕Save As...,選擇路徑並鍵入檔案名稱,點選Save 儲存,如圖35。

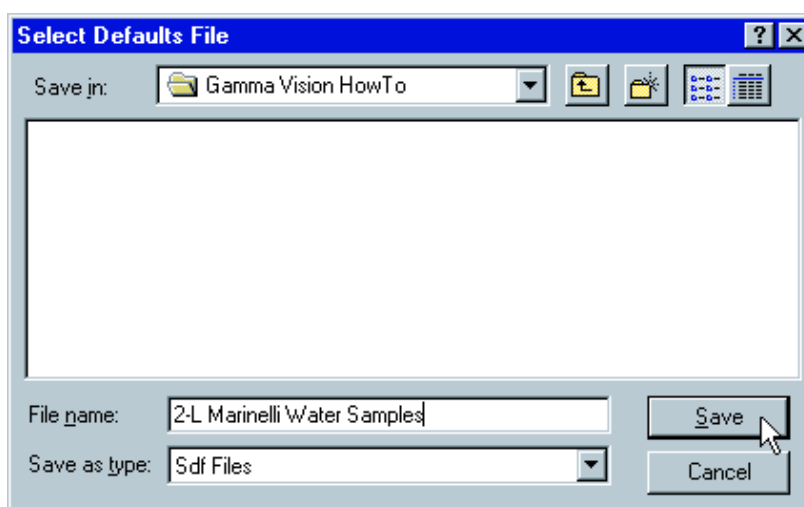


圖35 建立多樣品模板路徑示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第25 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.10 依以下步驟設定 Sample 標籤 (如圖 36)：

點選 Presets 並將游標移到 Live Time 欄，輸入計測秒數(本例一日的計測時間為86,400 秒)，點選 OK，並鍵入樣品計測的說明。

- 在 Analysis Range 欄位輸入 From 200 To 16,000 並設 Random Summing 為 0。
- 而 Background Type 欄位請選擇 Auto。

在 Nuclide Library 欄中，用 Browse... 按鈕來選取步驟 7.4.1~7.4.7 所建立的核種資料庫。

按 Calibration 欄中的 Browse 按鈕選取步驟 7.3.28 儲存的檔案。

- 不勾選 Nuclide Library 和 Calibration 欄的 Internal 選項。

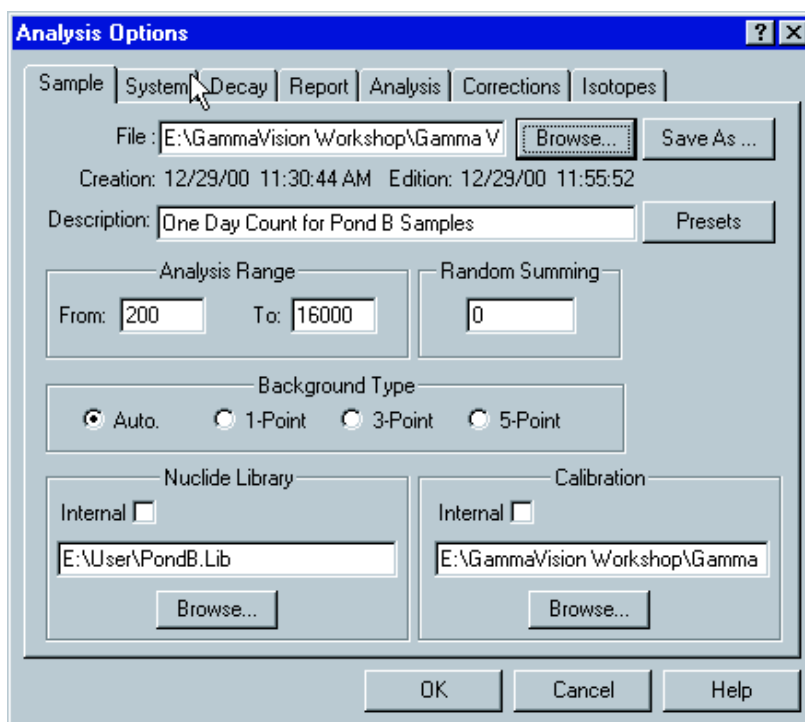


圖36 設定 Sample 標籤示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第26 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.11 依以下步驟設定System 標籤：

- Laboratory name 和 Operator name 欄位中填入實驗室名稱和使用者的名稱。
- MDA Type 欄，選取Traditional ORTEC。
- 設 Peak Search Sensitivity 為“3”。

如圖 37 所示 完成其他表格。

The screenshot shows the 'Analysis Options' dialog box with the 'System' tab selected. The 'Laboratory name' is 'PerkinElmer ORTEC' and the 'Operator name' is 'ORTEC User'. The 'MDA Type' is set to 'Traditional ORTEC'. The 'Match Width' is '0.5000 * FWHM (keV)' and the 'Fraction Limit' is '0.0000 Percent'. The 'File for Suspected Nuclides' is 'C:\User\Suspect.Lib'. The 'PEAK SEARCH SENSITIVITY' is set to '3' (radio button). The 'Units' are set to 'Bq' (radio button). The 'Multiplier' is '1.00000' and the 'Divisor' is '1.00000'. The 'Activity' is 'Bq' and the 'Size' is '1.9 Kg'. The 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are at the bottom.

圖37 設定System 標籤示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第27 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.12 依以下步驟設定 System 標籤(如圖 38)：

- Decay Correction 欄中勾選 Collection，以採樣日期作衰變修正。
- 填入日期 Date 和時間 Time。

注意：During Acquisition 選項是計測時作衰變修正。GammaVision 也可在採樣時作衰變修正 (Sample Collection 欄內的 Collection 選項)，因我們使用 Cs-137($t_{1/2} = 30.2$ 年)，可以忽略修正—收集樣品的時間超過30 分鐘計測時間約一日(遠低於30 年半衰期)。

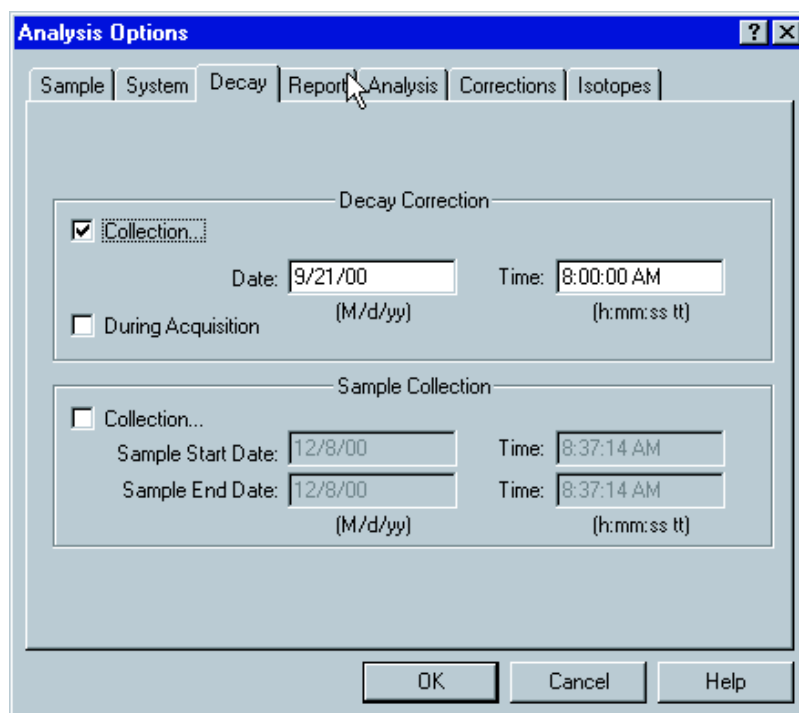


圖38 設定 System 標籤示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第28 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.13 點選 Report 標籤(圖 39)

- 跳過 Reporting Options 內的四個選項保留為空白。
- 在 Uncertainty Reporting 欄內點選 Percent 和 Total，並點選 Confidence level 欄內的 2-Sigma 以 2 個標準差可信度的活度濃度百分比作報表(也可以以活度單位作不確度的報告)。
- 在 Output 欄內點選 Display Analysis Results，並點選 Program。使用者應選用文字編輯器顯來顯示結果，本範例是選用 NOTEPAD.EXE，挑選那些呼叫 NOTEPAD 的選項，並在分析完成後顯示報告。注意：GammaVision 能建立多個客製報表，這裏所選擇的設定會產生一個簡單報表。

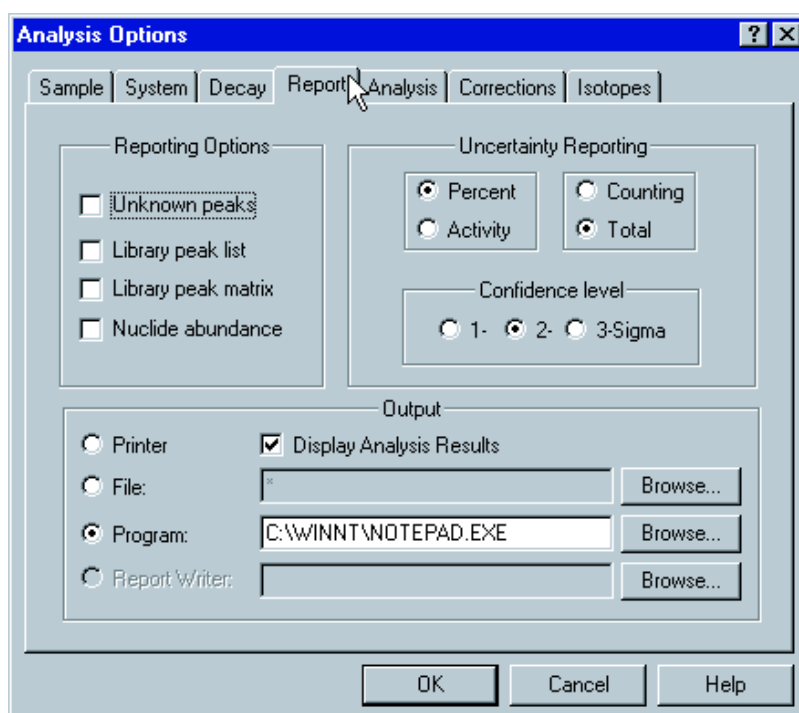


圖39 Report 標籤示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第29 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.14 點選 Analysis 標籤選擇分析方法及附加不確定元素。

- 在 Analysis Method 欄選 WAN32 程式。

在 Additional Error 欄輸入任何附加不確定元素。我們決定範例的樣品容積量測不確定度佔總不確定度之 2%，也可在這 Additional Error 欄中輸入 Random 元素。

請依圖 40 填滿表格中的其他欄位。

注意：GammaVision 有四個分析引擎，雖然這些分析引擎結合相同的基
本常數及衰變公式，但每一個程式是做不同的樣品分析，WAN32
分析程式是簡單小量核種分析的最佳選擇。

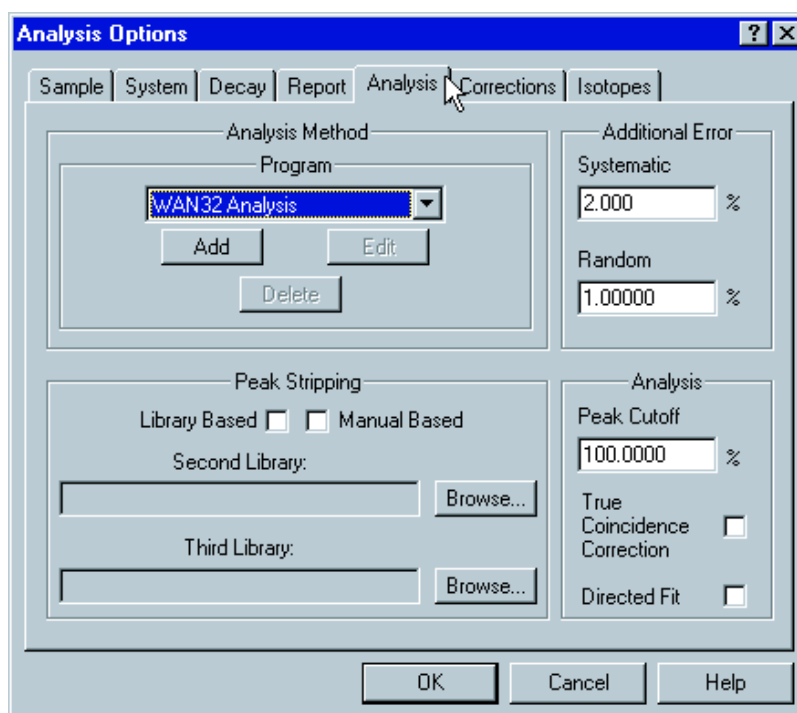


圖40 Analysis 標籤示意圖

7.4.15 在這分析中，不需要使用 Corrections 和 Isotopes 標籤。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第30 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.16 因為每個樣品的容積有些許差異(不需要一定跟標準射源一樣),所以要輸入樣品容積,可使用 Ask On Start 或Ask On Save Options 來完成。

7.4.17 當使用者 Saves 儲存能譜時,要指示 GammaVision 詢問 Sample Volume—就是擷取結束時,選 File, Settings 如圖 41, 並檢查 Ask On Save Options 欄內的選項 Sample Size(圖 42),以確保樣品的參數值已輸入,並且使用者可以建立一個樣板使用於很多樣品。現在取消 Sample Size 的勾選—我們會改用步驟 3 的 Ask On Start Option。

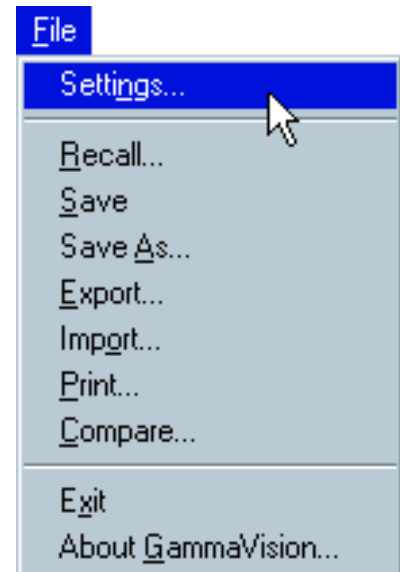


圖41 File, Settings 示意圖

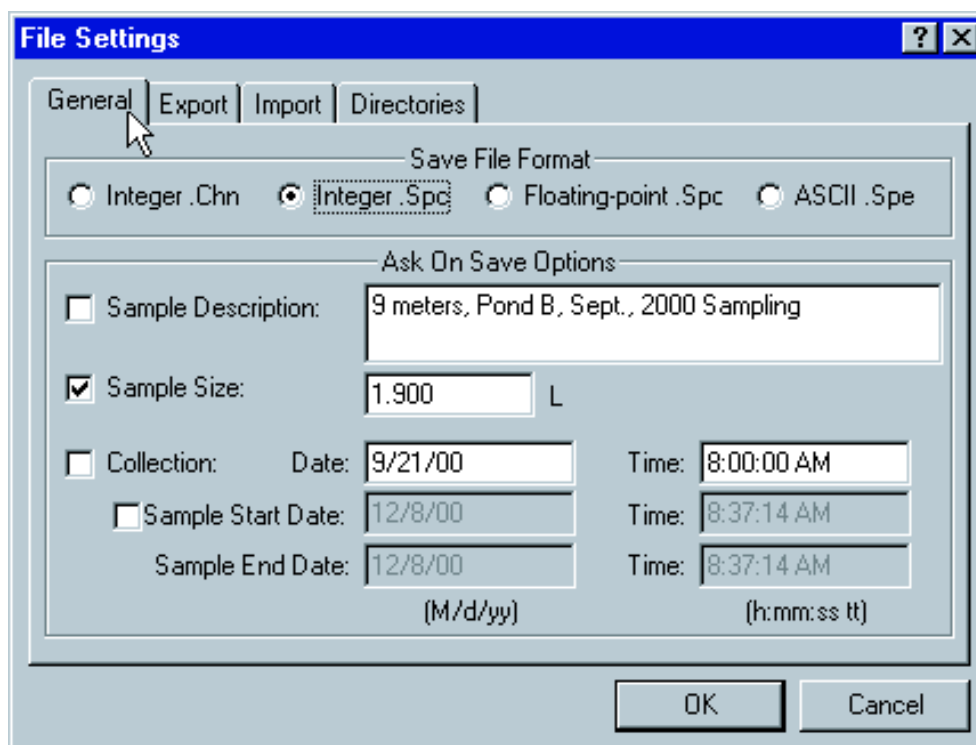


圖42 Ask On Save Options 欄內選項填寫示意圖

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第31 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.4.18 在 Save File Format 下檢查 Integer.Spc。Integer.Spc 格式 應可使用於很多狀況，可查閱 GammaVision 軟體所附手冊中關於檔案格式的詳細敘述。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第32 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

7.5 樣品分析及報表：擷取、儲存和報表

在這個範例中，我們選擇顯示報表，但不儲存報表(步驟 7.4.13)，這樣我們就選擇建立報表、顯示並歸檔入使用者定義的路徑如步驟7.4.13。

注意：當 GammaVision 進行分析時，會產生一些報表—一些是由使用者主導，一些是自動產生。這些報表的預設路徑是在主 MCA 視窗的 File, Settings 底下，選擇 Directories 就可檢視這預設路徑(圖43)，若要修改這些設定值，請在 Directories 標籤中選 Modify，瀏覽選擇您要的路徑。

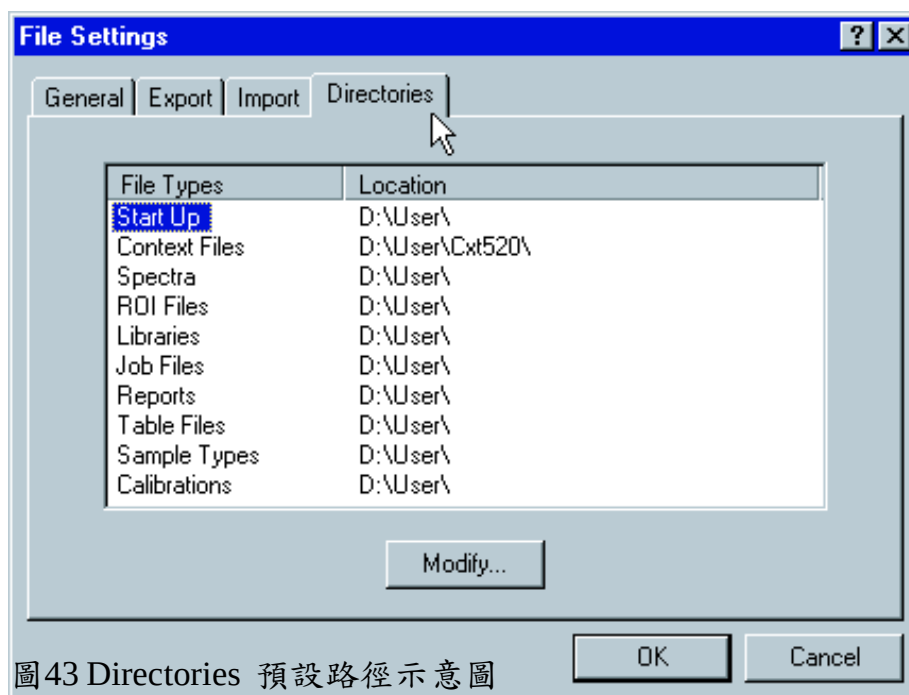


圖43 Directories 預設路徑示意圖

7.5.1 將樣品放置到偵檢器，如同使用標準射源校正。如這範例，我們分析六個水樣

品的 Cs-137，樣品分析和報告特性是普遍使用於所有樣品，均包括在步驟2 所建立的 Sample Definition File 樣品定義檔(.sdf)中，Live Time Preset 是在步驟7.3.9(Acquire ， MCB Properties)。接著，我們會建立一個自動對話匣用來指導使用者輸入個別樣品獨有的參數，其特性包括有：

樣品敘述

樣品尺寸

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第33 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

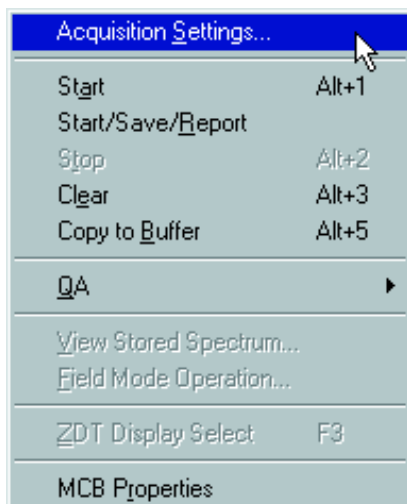


圖44 Acquisition Settings 示意圖

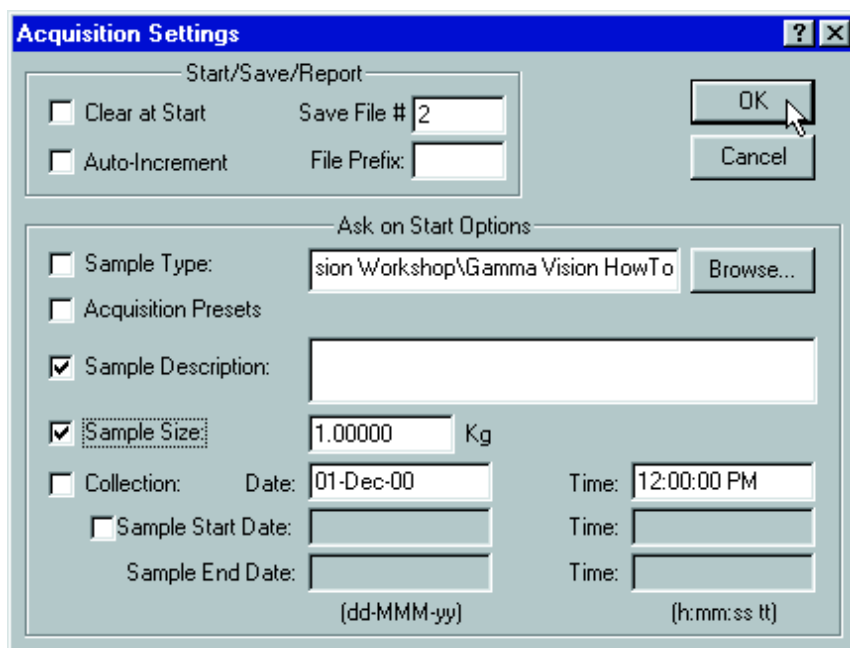


圖45 Sample Description 和 Sample Size 欄位填寫示意圖

7.5.2 為輸入這些獨有樣品參數建立使用者對話匣時請點選 Acquisition Settings(圖 44)，若步驟2 建立的ample Definition File 沒有選入這輸入匣中，請瀏覽檔案位置並開啟這檔案，勾選 Sample Description 和 Sample Size 欄位(圖 45)。

7.5.3 選 Acquire 的Start,對話匣就會出現,要求使用者開始擷取前輸入樣品資料(圖 46A,B) ，在每個對話匣中輸入資料並點選OK，資料就會跟著能譜儲存起來作分析用，只要參數輸入完畢，就會開始計測。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第34 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

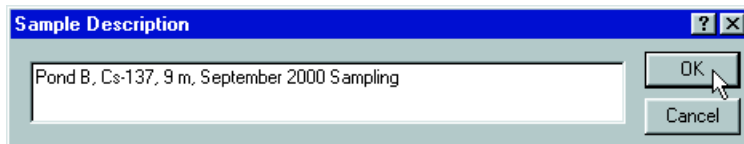


圖46A Sample Description 輸入樣品資料示意圖

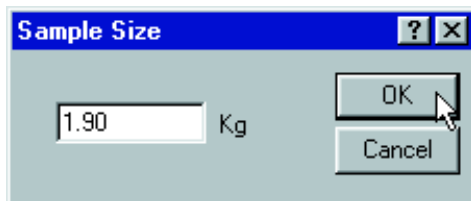


圖46B Sample Size 輸入樣品資料示意圖

7.5.4 計測完成後選 Analyze 的 Entire Spectrum in Memory(圖 47) 步驟 2 建立的 Sample Definition File 儲存所有分析選項參數，在螢幕上會出現報表—這動作會呼叫 Notepad 軟體建立報表如步驟 2.13(圖 39)所設定的。

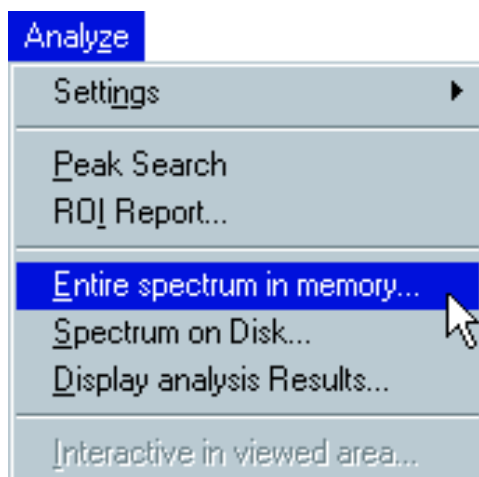


圖47 Entire Spectrum in Memory 輸入示意圖

7.5.5 這報告包含所有相關資料和資訊，如校正、收集日期和時間、光譜分析程式和 步驟 2(圖 48A, B, C)建立的 Pond B 資料庫中核種活度的彙總資料。

名稱	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作 作業程序書單機版	版次	1
		頁次	第35 頁,共35 頁
編號	SC2017HPGe-01	日期	106.09.20.

Sample description	
9 meters, Pond B, Sept., 2000 Sampling	
 Spectrum Filename: D:\GammaVision Workshop\Ron's Machine\Sept2000Sampling\PondB9m.An1	
Acquisition information	
Start time:	08-Dec-2000 08:37:14
Live time:	86400
Real time:	86498
Dead time:	0.11 %
Detector ID:	1

圖48A 樣本校正、收集日期和時間示意圖

Calibration	
Filename:	PondB9m.An1
1835 2-L Marinelli GEM 100	
 Energy Calibration	
Created:	07-Dec-2000 16:50:34
Zero offset:	-0.059 keV
Gain:	0.217 keV/channel
Quadratic:	2.235E-08 keV/channel ²
 Efficiency Calibration	
Created:	10-Dec-2000 10:29:37
Type:	Polynomial
Uncertainty:	1.063 %
Coefficients:	-0.728344 -3.254841 0.048199

圖48B 樣本光譜分析程式示意圖

附件三 TAF 認證申請相關資料

2017/11/17

TAF財團法人全國認證基金會

認證資訊表					
案件編號：無 (流水號：T1510630971721)		建立日期：2017/11/14			
實驗室名稱：(放射性分析備援實驗室)		認證服務/領域：實驗室_測試-游離輻射(I)			
類別：初次					
申請實驗室認證服務時，因「申請認證項目」與其他章節資料有對應關係，請最後填寫此章節。 調整特定計畫					
No	檢視	表單名稱	填寫狀態	表單下載	審核紀錄
第一部份		申請機構基本資料 編輯 ✖	暫存		
第二部份		實驗室基本資料 編輯 ✖	暫存		
第三部份		實驗室主管 編輯 ✖	暫存		
第四部份		品質負責人 編輯 ✖	暫存		
第五部份		申請認證內容 編輯 ✖	暫存		
第六部份		測試場地 編輯 ✖	暫存		
第七部份		報告簽署人 新增			
		報告簽署人(林聖淇) 編輯 ✖	暫存		
		報告簽署人(黃章翔) 編輯 ✖	暫存		
第八部份		文件總覽 編輯 ✖	暫存		
第九部份		設備 / 參考物質總覽 編輯 ✖	暫存		
第十部份		能力試驗 編輯 ✖	暫存		
第十一部分		對照ISO/IEC 17025認證規範資訊 編輯 ✖	暫存		
第十二部份		備置表			

文件總覽檢視

1.實驗室品質手冊

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期
	放射性分析備援實驗室品質手冊	QM00	1	106.08.01

2.品質系統作業程序

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期
	品質文件發行及修訂管制作業	RAL-M01	1	2017/08/01
	環境試樣分析作業流程	RAL-M02	1	2017/08/01
	管理系統稽核作業程序	RAL-M03	1	2017/08/01
	品質文件管理辦法	RAL-M05	1	2017/08/01
	標準操作程序書制定與發行	RAL-M04	1	2017/08/01
	紀錄審核及管制程序	RAL-M06	1	2017/08/01
	證書及報告之審核發行程序	RAL-M07	1	2017/08/01
	數據異常處理程序	RAL-M08	1	2017/08/01
	客戶抱怨處理程序	RAL-M09	1	2017/08/01
	實驗室環境設施管理程序	RAL-M10	1	2017/08/01
	著作權及保密管理程序	RAL-M12	1	2017/08/01
	量測設備之追溯與校正作業	RAL-M13	1	2017/08/01
	電腦程式軟體管制作業程序書	RAL-M14	1	2017/08/01

2017/11/17

TAF財團法人全國認證基金會

	參加環境試樣分析比較實驗作業程序	RAL-M15	1	2017/08/01
	儀器設備檢修作業程序	RAL-M17	1	2017/08/01
	品質異常處理程序	RAL-M19	1	2017/08/01
	不確定度評估程序書	RAL-M20	1	2017/08/01
	放射分析品管作業程序書	RAL-M21	1	2017/08/01
	人員訓練進修作業	RAL-M25	1	2017/08/01
	對外技術服務辦法	RAL-M27	1	2017/08/01
	儀器設備管理及採購作業程序	RAL-M18	1	2017/08/01

3.申請項目之標準作業程序(申請實驗室認證服務時，此類別上傳的文件與申請項目有對應關係)

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期
	純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作作業程序書 單機版	SC2017HPGe-01	1	2017/09/20
	生物試樣之前處理作業程序書	RAL-O02	1	2017/08/01

4.量測不確定度評估數據資料

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期
	量測不確定度評估數據資料			

5.參加能力試驗活動計畫

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期



參加能力試驗活動計畫

◀ ▶

6.實驗室地理 / 組織圖及實驗室配置簡圖

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期
	放射性分析備援實驗室配置圖			
	放射性分析備援實驗室組織圖			

◀ ▶

7.特定服務計畫相關表單

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期
------	------	------	------	------

◀ ▶

8.其他

上傳檔案	文件名稱	文件編號	最新版本	發行日期
------	------	------	------	------

◀ ▶

簽 106 年 11 月 30 日
於 災害防救科技研究中心

主旨：惠請鈞長同意職執行『106年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』其工作項目之實驗室認證申請資料申請用印，請核示。

說明：職執行行政院原子能委員會輻射偵測中心『106年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』，其工作項目之TAF(財團法人全國認證基金會)游離輻射領域測試實驗室認證的申請資料須辦理用印。

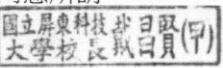
會辦單位：研究發展處、環境保護暨安全衛生中心
決行層級：一層決行
承辦單位：災害防救科技研究中心

決行



公文文號：1062700041

識別號：106BG00162~公文主旨：惠請鈞長同意職執行『106年度輻射災害放射性分析備援實驗室建置案』其工作項目之實驗室認證申請資料申請用印，請核示。

	單位	姓名	意見	辦理日期	職章
1	災害防救科技研究中心	葉一隆 中心主任		106/11/30 17:42:58 (承辦)	
2	研究發展處 研究推動組	黃貞甄 行政助理	本案計畫處理表編號為：B10600137。	106/12/01 14:12:14 (會辦)	
3	研究發展處 研究推動組	鄭雪玲 組長		106/12/04 11:29:37 (會辦)	
4	研究發展處	陳又嘉 研發長		106/12/04 18:24:40 (會辦)	
5	秘書室	蔡韶玲 ~代理陳桂琴 秘書	請加會環境保護暨安全衛生中心	106/12/05 11:11:57 (核示)	
6	環境保護暨安全衛生中心 安全衛生組	楊國輝 技士	經詢問該計畫助理，該實驗室已設置偵檢器及射源，其中：1.偵檢器無輻射之虞。2.射源(共計4顆)其活度低於管制標準，屬豁免登記。故無需向原能會申請輻射物質或設備之登記證明，惟仍請將偵檢器及射源等相關資料影送環安衛中心，俾利中心管理。	106/12/05 14:17:21 (會辦)	
7	環境保護暨安全衛生中心	張金龍 中心主任		106/12/05 14:25:21 (會辦)	
8	秘書室	陳桂琴 秘書		106/12/05 15:09:25 (核示)	
9	秘書室	葉桂君 主任秘書	同意所請 	106/12/06 18:49:30 (決行)	

實驗室認證申請書

(適用於初次認證申請、延展認證申請與增列認證申請)



本欄申請機構請勿填寫	
申請機構編號：	實驗室編號：
收件日期：	收件編號：
承辦之技術負責人：	
申請審查與聯絡紀錄：	

申請書

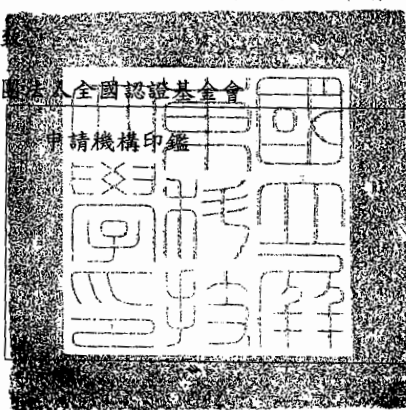
申請機構(下稱「申請人」)擬向財團法人全國認證基金會(下稱「基金會」)提出實驗室認證申請，同意接受條款如下：

- 一、申請人願依基金會之相關規範，提出實驗室認證申請，有關「申請機構基本資訊」、「申請類別」、「申請領域」、「申請特定服務計畫」，填載如附件一。
- 二、申請人同意與基金會就實驗室認證有關之所有文件均使用繁體中文，其中將包括具有法律效力之文件、規章等。如申請人有因不熟悉繁體中文字義而影響認證相關權利，申請人同意自行承擔一切責任。
- 三、申請人同意並知悉，除本申請書附件二「權利義務規章」構成雙方權利義務規範之一部份外，基金會將另就「申請類別」、「申請領域」、「申請特定服務計畫」之相關認證事項公開揭露繁體中文規範文件(包括但不限於以書面或網路形式揭露之公告、電子郵件通知等)，其中將包括具有法律效力之文件，申請人承諾將自行取得瞭解，且遵守各該文件規範暨受其拘束。
- 三、申請人申請認證之實驗室如有任一所在地點在台、澎、金、馬以外地區，經基金會認證後，致有需對當地政府繳交任何稅捐或費用等，申請人同意全額負擔，申請人並承諾保證代辦稅務事宜並提供完稅證明予貴會。申請人如有違反，致基金會受有損害，申請人願對基金會負一切賠償責任。
- 四、申請人指定 林聖淇 (中文姓名) 為實驗室主管，並授權實驗室主管代表申請人就本申請案與基金會進行評鑑事宜，同時負監督實驗室遵守基金會所訂規章之責。
- 五、申請人同意依「認證服務網路帳號密碼申請說明」指定使用人與基金會進行實驗室評鑑認證相關事宜之聯絡。倘發生使用者更換或聯絡資訊變動，申請人應於異動發生後 15 日內重新填寫「網路服務帳號密碼申請表」，申請人如有違反，致申請人因未收受基金會通知所生之相關損失均應由申請人自行負責。

此致

財團法人全國認證基金會

申請機構印鑑



申請機構負責人簽名或蓋章

國立屏東科技大學校長 戴昌賢



申請日期：106 年 11 月 28 日

附件一：申請事項

一、申請機構基本資訊

機構負責人姓名：戴昌賢

機構全名	國立屏東科技大學 (中文)
	National Pingtung University of Science and Technology (英文)

機構地址	屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號 (中文)
	1, Shuefu Road, Neipu, Pingtung 91201, TAIWAN (英文)

2.實驗室資訊，如為已經認可實驗，請填寫認可編號_____。(初次申請認證，免填寫認可編號)

實驗室主管姓名：林聖洪

實驗室名稱	放射性分析備援實驗室 (中文)
	Radioactive analysis backup laboratory (英文)

實驗室地址	屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號電算中心 IB001 (中文)
	IB001, 1, Shuefu Road, Neipu, Pingtung 91201, TAIWAN (英文)

【備註】：請留意上述機構全名與機構地址應該與法定證明文件之資訊一致，實驗室名稱是由實驗室自行明定，但應注意與於網路上填寫資料及網路服務帳號密碼申請表(TAF-CNLA-B06)中，所填寫實驗室名稱應相同。

二、申請類別為(請於適當方框內勾選)

☒初次認證申請 ☐延展認證申請 ☐增列認證申請

二、申請領域為(請於適當方框內勾選)

☐校正領域

☒測試領域，申請項目之技術領域為下列 (☐音響(A) ☐生物(B) ☐化學(C) ☐電性(E) ☒

☒ 游離輻射(I) ☐ 機械(M) ☐ 非破壞(N) ☐ 光學(O) ☐ 溫度(T) ☐ 鑑識科學(Z)

☐ 醫學領域

☐ 土木工程測試領域

(備註:申請領域與技術類別,請參考本會「實驗室與檢驗機構認證服務手冊(TAF-CNLA-A01)」內容)

三、申請特定服務計畫為 (請於適當方框內勾選)

☒ 無

*有申請服務計畫,如下(請勾選)

- ☐ 商品檢驗指定試驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A02)
- ☐ 工地實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A05),對應之"原認可實驗室編號: _____"
- ☐ 通訊傳播設備測試實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A06)
- ☐ 受聘僱外國人入國後健康檢查作業規範認證服務計畫(TAF-CNLA-A07)
- ☐ 財政部國庫署菸酒管理法菸酒衛生標準實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A08)
- ☐ 環境保護產品驗證檢驗實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A09)
- ☐ 觀測儀器校正認證服務計畫(TAF-CNLA-A11)
- ☐ 資訊技術安全測試/檢測實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A12)
- ☐ 經濟部標準檢驗局與國外相互承認協議實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A13)
- ☐ 職業衛生實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A15)
- ☐ 國家標準實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A16)
- ☐ 公共工程材料實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A17)
- ☐ 能源效率測試實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A18)
- ☐ 美國能源之星實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A19)
- ☐ 美國能源部 LED Lighting Facts®實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A22)
- ☐ 外銷水產品登錄試驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A23)
- ☐ 行動應用 APP 基本資安檢測實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A24)
- ☐ 其他,請說明: _____

(備註:服務計畫內容請參照本會對應文件說明,文件可由本會官網(<http://www.taftw.org.tw>)的文件專區下載文件)

附件二：

財團法人全國認證基金會
權利義務規章 TAF-AR-10 (3)

申請人茲向財團法人全國認證基金會（以下簡稱本會）申請或已獲認證成為本會認可之機構，經本會盡充分之告知義務後，同意遵守以下條款：

1、名詞定義

- 1.1 認證：係指申請人依本會申請規定提出申請，經確認申請人符合本會所訂之規範與要求，並有能力執行特定工作。
- 1.2 暫時終止：使認證範圍的全部或一部分在特定期限失效的決定。
- 1.3 終止：使認證範圍全部失效的決定。
- 1.4 撤銷：使認證範圍全部溯及既往使其失效的決定。

2、認證標誌之使用權

- 2.1 申請人經確認符合本會所訂之規範與要求，並經認證通過，即取得認證標誌之使用權。
- 2.2 申請人未取得認證前，不得使用認證標誌。
- 2.3 申請人之認證範圍，經暫時終止、終止或撤銷者，於該暫時終止、終止或撤銷之範圍內，不得使用認證標誌。
- 2.4 申請人限於認證證書之有效期間及認證範圍內使用認證標誌。
- 2.5 申請人核發符合性評鑑之證明文件包含非認證範圍內容時，應清楚、明確區別已認證內容與非認證內容。
- 2.6 申請人對取得認證標誌，不得以任何方式直接或間接轉讓或授權第三人使用。
- 2.7 申請人於使用具認證標誌之物件時，不得以文字、圖形、數字、符號或其他相同或相類表達方式暗示或混淆本會對申請人核發之認證證書內容。
- 2.8 申請人如有違反上述認證標誌使用禁止之情事，本會得逕行必要之處置，違反情節重大者，得終止或撤銷認證資格，並終止認證標誌之使用權。申請人並應賠償因此違約事由所致之損害、支出之費用及損害總額三倍之違約金。
- 2.9 本會對認證標誌有異動並以書面通知申請人後，如前揭申請人不為變更，本會得終止認證資格及認證標誌之使用權。

3、本會之權利義務

- 3.1 本會對認證程序、規範或要求得隨時變更，並應於合理期間內通知因而受影響之申請人。前揭申請人於收到通知後，不即以書面為反對表示者，視為同意該項變更。
- 3.2 本會對認證標誌得隨時加以修改，並於認證標誌有異動時，以書面通知申請人。
- 3.3 本會應將認證證書之認證內容登載於本會網站或以其他方式對外公告之。
- 3.4 本會應記錄申請人對認證之抱怨或申訴，並依本會規定處理後回覆之。
- 3.5 本會所核發之認證證書僅表示申請人符合申請認證時之相關規範及要求，對於前揭申請人嗣後所使用認證標誌之物件與資料內容真實性不負任何擔保責任。

4、申請人之權利義務

- 4.1 申請人應配合本會之要求，據實提出認證所需之相關文件及資訊。
- 4.2 申請人於自始取得認證後，應維持符合本會所訂之認證規範、要求與相關規定。
- 4.3 申請人於取得認證資格前及取得認證資格後，應接受本會安排之各種認證活動。
- 4.4 申請人應配合本會之各種認證活動，提供所需場地、人員及完成活動所需之必要協助，使相關活動順利完成，且應擔保該場所具備充分的安全措施及符合所有相關法令的安全工作標準。
- 4.5 申請人依認證範圍內所執行之工作應予以記錄，並將相關紀錄資料保存至少一個認證週期，且接受本會之查核。若認可範圍涉及本會其他相關規定者，則依該規定辦理。
- 4.6 於認證有效期間屆滿前六個月，申請人應依本會所規定之方式，提出延長認證。如前揭申請人未於前述期限內提出或未能配合本會認證作業，而致認證有效期間無法延續，所生之損失應由前揭申請人自行負擔。
- 4.7 申請人應將認證所涉及或引入之相關實際或潛在危險，及所需之各項必要安全措施告知本會，如因疏失不實或疏漏而造成本會損害，應負賠償責任。
- 4.8 本會因提供申請人之認證而遭任何第三人求償時，申請人應就第三人之求償負責。
- 4.9 申請人若有下述之異動，至遲應於異動發生之日起十五日內向本會提出申請：
 - ① 機關(構)所有權、負責人、名稱及地址。
 - ② 認證相關要求之關鍵人員。
 - ③ 認證證書內記載事項。
 - ④ 連續停業三十日以上或其他足以影響申請人能力及運作。
- 4.10 申請人經本會暫時終止、終止或撤銷認證資格，如依所認證範圍內已對第三人進行相關服務者，申請人應即以書面通知前述第三人，並停止相關之服務。
- 4.11 申請人無法履行本章程內容者，本會得逕行必要之處置，違反情節重大者得終止或撤銷認證資格，並終止認證標誌之使用權。
- 4.12 申請人對本會之服務得提出抱怨或申訴。

5、費用

- 5.1 申請人應依本會規定之方式與期限繳納費用，如有遲延，應負法律上之遲延責任。
- 5.2 前項費用包含本地營業稅，但不含任何其他稅目。
- 5.3 申請人應於收到繳款通知單後，在指定時間之內支付。如有遲延，自遲延之日起至清償日止，按月利率百分之一計算利息，不足一個月者依比例計息。
- 5.4 申請人對於認證所需之費用有給付遲延情事時，本會得逕行停止申請人之申請案或終止認證資格。

6、智慧財產權歸屬

- 6.1 申請人授權本會得因認證業務或其他相關認證案件之需要，無償使用該申請人所交付之文件或物品之智慧財產權。
- 6.2 本會在認證期間所開發的任何資訊、文件、資料與電腦程式之智慧財產權等皆歸屬於本會。
- 6.3 除非雙方另有書面約定，凡在申請人申請之前即已存在的智慧財產權不受本權利義務的影響。

7、其他違約處置

- 7.1 除另有特別規定外，申請人若有違約情事時，情節輕微者，本會得以書面通知其限期改善。
- 7.2 前條違反情事若屆期仍未改善，本會得逕行暫時終止或終止認證資格及認證標誌之使用。
- 7.3 申請人有下列情事之一者，本會得逕行終止或撤銷資格並終止認證標誌之使用。
 - ① 填報申請資料虛偽不實者。
 - ② 運作違反相關法令規定者。
 - ③ 出具不實證書、報告或相同用途之文件。
 - ④ 作出致本會陷於爭議者，包括但不限於聲明、使用、廣告、主張等相關不當行為。
 - ⑤ 其他違反本會規定，且情節重大者。
- 7.4 如申請人經政府公文書載明有違反本會規定之情事，本會得依載明內容逕行暫時終止、終止或撤銷認證資格並終止認證標誌之使用。
- 7.5 申請人經本會終止或撤銷認證資格後，應立即繳回認證證書或自行作廢。

8、終止權之行使

- 8.1 申請人停業達一年時，本會得以書面方式通知，終止申請人之認證資格及雙方約定事項。
- 8.2 申請人欲終止雙方約定事項時，應在十個工作日以前以書面方式通知本會。申請人並應支付本會至終止日期(含)前已履行之所有案件工作費用及本會因處理終止雙方約定事項所生之一切費用。
- 8.3 若因可歸責於本會之單方終止雙方約定事項時，本會應於十個工作日以前，以書面方式通知申請人，逾收之費用，本會將予無息返還。
- 8.4 關於終止權行使之事由，終止之一方應將該終止事由通知他方，如有涉及公益，並得公告之。
- 8.5 雙方終止約定事項後，申請人應自終止日起五個工作日內繳回認證證書或自行作廢。

9、保密義務

- 9.1 本會對申請人提供之資料及相關資訊應提供合理之保密措施。除本會員工、評審員、技術專家、觀察員及因提供認證服務而有必要知悉者外，本會均不得使用、揭露或複製機密資料。除辦理認證服務之用途外，本會均不得將機密資料移做他用。
- 9.2 前條所稱機密資料不包括以下情形之任何資訊：
 - ① 申請人所提供當時已公開或之後非因本會之過失而公開者。
 - ② 本會合法自不須對申請人負任何保密義務之第三者取得者。

③ 申請人提供之前，已為本會所持有者。

④ 本會之員工，未以任何方式參考機密資料，而獨立開發出與機密資料相同之資訊者。

⑤ 因法令或政府機關要求而提供者。

9.3 本會因與第三方合約，需提供申請人相關機密資訊時，除法律禁止外，不受第9.1及9.2條限制，且應告知申請人所提供之相關資訊。

9.4 本會可應政府機關或法令之要求，提供申請人資料及其因評鑑所衍生之相關資料。

9.5 本規章之任何一方對於下列資訊得自由決定是否告知他方：

① 由第三人處得知之他方保密資訊。

② 認證適用之法令、技術規則或技術標準。

10、責任

10.1 申請人就可歸責於己之事由致本會未能於認證有效期內完成認證所生之一切損害，應負損害賠償責任並應負擔因而所支出之一切費用。

10.2 申請人如有濫用本會所授予認證情事，致本會遭受損害時，應對本會負損害賠償責任。

10.3 本會對於下述認證過程中所生之損害，除因故意行為所致者外，不負任何權益上之損害賠償責任。

① 申請人之員工、代表或轉包商於認證過程中之死亡或受傷。

② 申請人之員工、代表或轉包商之財產損失或損害。

10.4 雙方對可歸責於己之事由所致任何第三人之損害應自行對第三人負擔全部責任。

10.5 本規章之任何一方得知有任何事件可能造成上述賠償請求時應立即通知他方，並應以任何可能之方法防止損害之發生及擴大。

11、其他

11.1 認證有效期間內，如遇有本會所訂認證規範與要求之修正而需調整本規章內容時，本會得逕行修正本規章條文，申請人不得異議。

11.2 前述修正，本會應於合理期間內以書面通知申請人，並給予前揭申請人相當期間調整以符合修正之規範與要求。

11.3 本規章如遇有特殊認證類型，本會有權決定得不適用本規章，另以個別規章與個別申請人約定之。

11.4 因本規章所生之一切爭議，悉依中華民國法律為準。

11.5 因本規章發生爭議、糾紛、歧見或違反時，依中華民國仲裁法聲請仲裁，以新北市為仲裁地。如因而涉訟者，合意以臺灣士林地方法院為第一審管轄法院。

11.6 除本規章外，任何關於認證之附件各項約定或嗣後其他之規範，為拘束雙方權利義務之補充規定。如仍有未盡事宜，得由雙方另行協議補充訂定之。

寄送發票所需資料：實驗室之發票抬頭：國立屏東科技大學 統一編號：91004103寄送發票地址：屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號（郵遞區號：91201）發票收件人姓名：林聖淇 電話：08-7703202#6690發票類型：☐二聯式 ☒三聯式**實驗室認證申請應檢附的資料：**（請勾選所檢附的資料）

（一）認可實驗室且已經為網路使用者，請直接由本會的認證服務整合資訊平台系統之使用者專區提出延展、增列認證申請。

（二）初次認證申請且申請網路作業，請依據下列步驟辦理申請。（網路申請者優點，可以於專區中下載免費文件並且能夠即時獲知認證進度與回應相關改善資料，做好認證管理，建議初次申請者申請網路作業。）

步驟1：本會網站首頁(<http://www.taftw.org.tw>)的【認證系統(新系統)會員】登錄申請虛擬帳號。

- (1) 申請虛擬帳號，虛擬帳號首次登錄必須填寫機構相關基本資料。
- (2) 系統將發送啟動信至 email，請依照系統步驟登入使用者帳號。
- (3) 申請者登入帳號後，提出認證服務之申請案，並將該案資訊表填完成同時上載相關文件(品質手冊、品質系統作業程序、標準作業程序...等)。
- (4) 申請人應配合虛擬帳號之使用規則與本會網站規定，本會保有授與、變更及終止本網路服務功能的管理權利。

步驟2：請於完成上述步驟1後，將下列資料以掛號郵寄基金會實驗室認證處。

- ☒ 1.網路服務帳號密碼申請表(TAF-CNLA-B06)。
- ☒ 2.本申請書兩份（正本乙份，影本乙份）。
- ☒ 3.機構法定證件_____（證件名稱）影本乙份。
- ☒ 4.申請繳費證明_____影本。（請參考本會「認證收費標準與繳費方式」(TAF-CNLA-C02)方式繳交初次申請費）。

☐ 5.個資同意書(由資訊系統資訊表下載)並簽名之 正本乙份。

☐ 6.已完成資訊系統之資訊表填寫並且上傳相關文件，且送出申請案。

步驟3:本會收到紙本資料確認後，通知申請人初次申請案已經成案。

(1) 申請人收到一組申請編號(四碼)與新密碼，申請編號(四碼)則為成案後之新的使用者帳號。(此申請編號於認證通過後，則轉變為實驗室的認證編號)。

(2) 請重新以新使用帳號與密碼登入系統，申請人應密切留意系統各種通知與資訊。

(三)不使用網路之初次、延展或增列認證申請者，請檢附下列資訊並以掛號郵寄基金會實驗室認證處。(非網路使用申請案會因紙本往來之因素會較為費時，申請人應同意並且耐心配合本會規定辦理)

☐ 1.本申請書兩份(正本乙份，影本乙份)。

☐ 2.機構法定證件_____ (證件名稱)影本乙份(如公司執照、公司變更登記卡...等、法人登記證、申請醫學領域請附開業執照影本；申請機構為海外地區，請額外檢附當地法院或海外駐台辦事處對機構法定證件之公證文件)。

註1:欲申請特定服務計畫，請參照h項中各項服務計畫所應附之證件及申請表。

註2:初次認證務必檢附機構法定證件，延展/增列認證可免。

☐ 3.申請繳費證明_____影本。(請參考本會「認證收費標準與繳費方式」(TAF-CNLA-C02)方式繳交初次申請費)。

4.申請所需檢附資料/文件，請隨本申請書送達

☐ a 實驗室資訊表(申請醫學領域者，請填 TAF-CNLA-B04，其餘領域請填 TAF-CNLA-B02)

☐ b.實驗室品質手冊

☐ c.品質系統作業程序

☐ d.申請項目之標準作業程序

☐ e.量測不確定度評估數據資料

☐ f.參加能力試驗活動結果

☐ g 實驗室地理/位址圖及實驗室配置簡圖

h.申請特定服務計畫之相關文件

☐ h1 商品檢驗指定實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A02)：

- ☐h1.1 商品檢驗指定試驗室申請表或證書。(申請表請由 <http://www.bsmi.gov.tw> 下載，書面連同本會申請書一併附上)
- ☐h1.2 符合申請規定之相關法人證明文件。
- ☐h2 工地實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A05)：
- ☐h2.1 品質計畫乙份
- ☐h3.2 工程合約書乙份
- ☐h3 通訊傳播設備測試認證服務計畫(TAF-CNLA-A06)：
- ☐h3.1 若要申請成為 MRA 符合性評鑑機構(測試實驗室)需附 MRA 符合性評鑑機構(測試實驗室)指派申請書。(申請書請由 <http://www.dgt.gov.tw> 下載，書面連同本申請書一併附上。)
- ☐h4 經濟部標準檢驗局與國外相互承認協議實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A13)：
- ☐h4.1 申請紐西蘭及新加坡者請填寫經濟部標準檢驗局 MRA 符合性評鑑機構(測試實驗室)指定申請書(TAF-CNLA-B10)
- ☐h4.2 申請美國 FCC 相互承認者，請填寫 Laboratory Information for Applying FCC Test Firm Registration (TAF-CNLA-B11)
- ☐h5 職業衛生實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A15)係依據勞委會之勞工作業環境測定實施辦法：
- ☐h5.1 實驗室認可申請表。(申請表為勞工作業環境測定實施辦法附表八實驗室認可申請表，請由 <http://www.cla.gov.tw> 下載，書面連同本會申請書一併附上)
- ☐h6 公共工程材料實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A17)：
- ☐h6.1 公共工程材料實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A17)聲明書
- ☐h7 美國能源之星實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A19)：
- ☐h7.1 美國能源之星實驗室認證服務計畫實驗室自評表(TAF-CNLA-B15)
- ☐h8 美國能源部 LED Lighting Facts®實驗室認證服務計畫(TAF-CNLA-A22)：
- ☐h8.1 IES LM-79-08 自評暨評鑑記錄表(TAF-CNLA-B20)

【請勿傳真】

網路服務帳號密碼申請表

壹、申請機構

認可編號：_____ (初次認證申請得免填)

申請機構全名：國立屏東科技大學

符合性評鑑機構全名(申請單位)：_____

備註：實驗室、檢驗機構、能力試驗執行機構、參考物質生產機構與健康檢查醫院名稱即為符合性評鑑機構。

貳、申請種類

☒ 使用/更換

- 1) 本機構已詳讀並承諾遵守「認證服務網路帳號密碼申請說明」內任何條款，若有任何違反，申請機構同意認證基金會得逕依其管理規定辦理取消網路服務之使用權利。本機構授權下列窗口(使用者)與全國認證基金會進行上述申請單位評鑑認證相關事宜的連絡。本機構保證，提供予 TAF 之相關個人資料，均已符合個人資料保護法之規定，如有違反，願對 TAF 負損害賠償責任。

姓名(中文,限填1位): 林聖淇 姓名(英文): Sheng-Chi Lin使用者電子信箱: linsc0329@mail.npust.edu.tw (至多2個 E-mail)職稱: 助理教授 稱謂: ☒ 博士 ☐ 女士 ☐ 先生電話: 08-7703202 #6690 傳真: 08-774-0556 郵遞區號: 91201

本人(使用者)已詳閱並瞭解附件一「個人資料提供同意書」內容，同意 TAF 依「個人資料提供同意書」蒐集、處理、利用本人個人資料。

同意人(使用者)親自簽名: 林聖淇連絡地址: 91201 屏東縣內埔鄉老潭村常科路135號(科技管理研究所)☐ 停用，欲停用的使用者電子信箱：_____☐ 停用網路服務作業

申請機構：國立屏東科技大學

負責人：國立屏東科技大學校長 戴昌賢 (機構大章)

審查紀錄欄

財團法人全國認證基金會 個人資料提供同意書

認證編號：

建立日期：2017/11/14

案件編號：

申請類別：初次認證

1. 本實驗室/機構保證，提供予 TAF 之相關個人資料，均已符合個人資料保護法之規定，如有違反，願對 TAF 負損害賠償責任。
2. 本資訊表中皆已將實驗室/機構主管、品質負責人，與對應申請認證內容之每位報告簽署人、技術主管與分析員等所有人員之基本資料填寫完成，請前述人員詳閱並瞭解附件一「個人資料提供同意書」內容，於下表中簽名，同意 TAF 依「個人資料提供同意書」蒐集、處理、利用本人個人資料。
3. 受評機構請於現場評鑑前(適用於初次/延展/增列申請案)，或認證決定前(適用於異動申請案)，將此份已簽名之個人資料提供同意書寄抵本會實驗室認證處。
實驗室認證處地址：新竹市 30044 北大路 95 號 2 樓
CU 人員：
連絡電話：03 5336333 分機：
4. 個人資料提供同意書簽名處 (已簽署過申請案件之個人資料提供同意書者，不需再逐案簽署)

角色	姓名	簽名注意事項	簽名	日期
認證單位主管	林聖淇	本人已詳閱並同意【個人資料提供同意書】內容	林聖淇	106.11.28.
品質負責人	葉一隆	本人已詳閱並同意【個人資料提供同意書】內容	葉一隆	106.11.28
報告簽署人	林聖淇	本人已詳閱並同意【個人資料提供同意書】內容	林聖淇	106.11.28.
報告簽署人	黃韋翔	本人已詳閱並同意【個人資料提供同意書】內容	黃韋翔	106.11.28.

角色與姓名自系統之資訊表中篩選帶出人名

附件一

個人資料提供同意書

本人為申請/認可機構之網路帳號使用者，為向財團法人全國認證基金會(下稱「TAF」)申請認證，本人同意個人資料蒐集、處理、利用等相關事項如下：

一、蒐集之特定目的

TAF 基於下列特定目的蒐集、處理、利用本人之個人資料：

- (一)TAF 對實驗室/機構名冊之內部管理。
- (二)認證證書、認可名錄，檔案管理及應用。
- (三)教育或訓練行政。
- (四)契約或其他法律關係事務。
- (五)其他公部門(如行政法人、政府捐助財團法人及其他公法人)執行相關業務。
- (六)其他經營合於 TAF 捐助章程所定之業務。

二、蒐集及處理之個人資料類別

- (一)辨識個人者。如中英文姓名、性別、通訊聯絡資訊(E-mail、聯絡地址、電話)等。
- (二)個人描述。如申請/認可編號、服務單位名稱、部門、職稱等。
- (三)其他。如書面文件之檢索。

三、利用之期間、地區、對象及方式

本人同意 TAF 於特定目的存續期間、相關法令或契約約定就個人資料之保存期間、TAF 因執行業務必須之保存期間，在本國及外國，與 TAF 有業務往來之國內外機構、與 TAF 往來之國內外合作單位，得以自動化機器或其他非自動化方式利用本人個人資料。

四、本人知悉就本人提供之個人資料得以自己之費用向 TAF 行使下列權利：

- (一)查詢或請求閱覽。
- (二)請求製給複製本。
- (三)請求補充或更正。
- (四)請求停止蒐集、處理或利用。
- (五)請求刪除。

五、本人得自由選擇是否提供本人個人資料，但本人提供之個人資料，如有內容不完整，或經 TAF 發現不足以確認本人身分真實性，或個人資料不實等情形，可能影響 TAF 對資料管理之正確性，或實驗室/機構認證資格，或本人是否得擔任該項職務。

本人已完全知悉前揭告知事項，並同意 TAF 基於本同意書，蒐集處理利用本人個人資料。

發票日：中華民國 106 年 11 月 29 日

財團法人全國認證中心



匯票號碼：11 64 584314-4



憑票支付

壹萬圓

11645843144

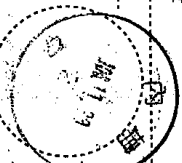
新臺幣

NT\$ \$12,000.00

禁止背書轉讓

兌款局戳記

備註：
(一) 本匯票可於各地郵局兌現。
(二) 本匯票應於有效期間內兌現，逾期恕不負責。
(三) 本匯票金額及抬頭是否相符，並請詳閱背面。
(四) 本郵政匯票可由全國各郵局交換所交換。



發票員蓋章

主簿員蓋章

06/15/17

主管：

匯款局郵戳

116458431411017010011111111170000000000

附件四 通識課程相關資料

國立屏東科技大學教師開授通識科目申請表

科目名稱	中文：輻射與安全		學分數	2
	英文：Radiation and Safety		級 職	
開課教師姓名	葉一隆	服務單位	土木工程系	
	陳庭堅		環境工程與科學系	
	林聖淇		教學資源中心	
最高學歷	葉一隆 1. 學位名稱：工學博士 2. 畢業學校與科系：國立台灣大學農業工程學研究所 3. 畢業年度：90 年 6 月 陳庭堅 1. 學位名稱：哲學博士 2. 畢業學校與科系：美國猶他大學/土木與環境工程系 3. 畢業年度：84 年 4 月 林聖淇 1. 學位名稱：工學博士 2. 畢業學校與科系：台灣大學/生物環境系統工程學系 3. 畢業年度：102 年 6 月			

經歷

葉一隆

1. 國立屏東科技大學土木工程系教授，2004/08-迄今
2. 國立屏東科技大學教務處教務長，2014/08-2016/07
3. 國立屏東科技大學電子計算機中心主任，2010/08-2012/07
4. 國立屏東科技大學災害防救科技研究中心主任，2008/02-2012/07
5. 國立屏東科技大學教務處教學資源中心主任，2008/02-2010/01
6. 國立屏東科技大學土木工程系主任，2004/08-2007/07
7. 國立屏東科技大學土木工程系副教授，1999/08-2004/07
8. 國立屏東科技大學電算中心教學研究組組長，1998/08-2004/07
9. 國立屏東科技大學土木工程系講師，1997/08-1999/07
10. 國立屏東技術學院土木工程技術系講師，1991/08-1997/07
11. 國立屏東技術學院教務處課務組主任，1991/08-1993/07
12. 國立屏東農業專科學校農業土木工程科講師，1990/08-1991/07
13. 國立屏東農業專科學校農業土木工程科助教，1986/02-1990/07
14. 國立屏東農業專科學校農業土木工程科助理，1984/09-1986/02

陳庭堅

1. 屏東科技大學/環境工程與科學系，教授，2009/8-迄今
2. 屏東科技大學/環境工程與科學系，副教授，2004/8-2009/7
3. 大仁技術學院，副教授，8/1999-7/2004
4. 大仁藥學專科學校，副教授，8/1995-7/1999

林聖淇

1. 國立屏東科技大學教學資源中心助理教授，2015/8-迄今
2. 國立台灣大學生物環境系統工程學系博士後研究員，2014/8-2015/6
3. 私立仁義高級中學教師，2010/8-2013/7。

學術 榮譽	葉一隆 1. 國立屏東科技大學 100 學年度第 2 學期『災害管理學』榮獲網路輔助教學優等課程。 2. 中華民國環境工程學會 103 年度學術論文獎。 陳庭堅 1. Best Poster Award (The Second Place). Presented for Metal partition between colloids and truly dissolved phase of sludge HS and affect factors investigation. The 2nd International Conference on Emerging Contaminants (emcon forum 2015) October 4-7, 2015 Kaohsiung, Taiwan. 2. 學術論文獎-環工學會 103 年學術論文獎”Performance assessment of a combined vacuum evaporator -Mechanical vapor re-compression technology to recover boiler blow-down wastewater and heat.” Sustain. Environ. Res. 23(2), 129-139。 3. 最佳論文獎 -三效蒸發器使用熱泵節能效益評估，2009『屏東科技大學』暨『北京科技大學』第四屆學術交流研討會，2009 年 11 月 06 日，屏東科技大學 林聖淇 1. 中華民國環境工程學會 2015 廢水處理技術研討會，『陽離子交換樹脂(IR-120)對重金屬的吸附效率與影響因子之探討』台灣，桃園，2015-11-13，WAT085，海報競賽傑出獎 2. 2006 獲頒第十五屆水利工程研討會學生論文(碩士)競賽第三名 3. 2002 獲頒台北市七星農田水利研究發展基金會「榮譽會友」
----------	---

其他學術專業資格	林聖淇 1. 民國 105 年擔任屏科大環工系環境教育機構授課講師(課程名稱：環境與土壤)。 2. 36 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書(105 輻協訓字第 0069 號)，併於民國 105 年 11 月取得『105 年第 2 次操作人員輻射安全證書測驗』及格證書(證號申請中)。 3. 18 小時實驗室認證規範 ISO_IEC 17025 訓練班結訓證書(證書號碼：TAF-QM105030-P-29)。 4. 18 小時實驗室認證規範 ISO_IEC 17025 訓練班訓練合格證書(證書號碼：TAF-QM105030-C-29)。
學術專長	葉一隆 1. 災害管理 2. 環境變遷風險評估 3. 淹水災害分析 陳庭堅 1. 環境風險評估 2. 水相溶解性有機與污染物分配 3. 環境新興污染物宿命. 林聖淇 1. 環境與農業工程 2. 環境土壤重金屬汙染與防制 3. 畜牧廢水汙染減量與處理

最近五
年出版
著作

葉一隆

(A) 期刊論文

1. Shi, Mei-Sheu, Chien-Wen Huang, Yi-Lung Yeh*, 2016, Correlation questionnaire design and analysis, Civil Engineering and Technology, Vol.5, No.1, pp.1-6. (* corresponding author)
2. Tsai, Chung-Hung*, Yi-Lung Yeh, 2016, The study of integrating geographic information with multi-objective decision making on allocating the appropriate refuge shelters: using Kengting National Park as an example, Natural Hazards, No. 82, pp.2133-2147. (SCI)
3. Yang, Shu-Rong, Yi-Lung Yeh, 2015, Geologic hazard risk assessment of slopeland village in southern Taiwan using remote sensing techniques, Sains Malaysiana, Vol. 44, No. 12, pp.1677-1683. (SCI)
4. 張丞霄, 葉一隆*, 傅金城, 2015, 林邊溪於2009年莫拉克颱風潰堤之淤泥堆積模擬, 台灣水利, 第63卷, 第3期, 第15-23頁。(*通訊作者)(Ei)
5. 周宜達, 葉一隆*, 陳庭堅, 2015, 苦茶粕與無患子之皂素萃取與對福壽螺防治成效, 農業工程學報, 第61卷, 第3期, 第56-60頁。(*通訊作者)(Ei)
6. Hsu, Po-Yuan, Yi-Lung Yeh, 2015, Study on flood para-tank model parameters with particle swarm optimization, Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Vol. 6, No. 5, pp.911-923. (Ei)
7. Yeh, Yi-Lung, Kuei-Jyum Yeh, Liang-Fong Hsu, Wu-Chou Yu, Ming-His Lee, Ting-Chien Chen*, 2014, Use of fluorescence quenching method to measure sorption constants of phenolic xenoestrogens onto humic fractions from sediment, Journal of Hazardous Materials, Vol. 277, pp. 27-33. (DOI: 10.1016/j.jhazmat.2014.03.057)(SCI)
8. 謝雲植, 徐文信, 葉一隆*, 2014, 單相分散系土壤結構分形維數與水力傳導關係, 台灣水利, 第62卷, 第3期, 第66-74頁。(*通訊作者)(Ei)
9. 張浣筑, 葉一隆*, 2014, 苦茶粕與無患子劑量之pH值特性與對福壽螺防治成效, 農業工程學報, 第60卷, 第3期, 第92-101頁。(*通訊作者)(Ei)
10. 高世豐, 葉一隆*, 鄒禕, 2012, 高屏溪流域區域降雨特性分析, 水利學報, 第43卷, 第11期, 第1341-1348頁。(*通訊作者)(Ei)
11. Tuan, Chi-I, Yi-Lung Yeh, Chi-Jen Chen, Ting-Chien Chen*, 2012, Performance assessment¹⁵⁰ with Pinch technology and integrated heat pumps for vaporized concentration processing, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, Vol.43, pp.226 -234.

7. Shi, Mei-Sheu, Mei-Ching Wu, Yi-Lung Yeh^{*}, 2014, Disaster-prevention literacy assessment of disaster responders by entropy weighting, Conference Proceedings of International Research Conference on Engineering and Technology, pp.336-345, Higher Education Forum, Bali, Indonesia. (2014/06/27~2014/06/29) (ISBN 978-986-89844-6-2)
8. Yeh, Yi-Lung^{*}, Sheng-Hsien Hsieh, Yu-Hui Liao, Ting-Chien Chen, 2014, Optimal grid resolution assessment of inundation simulation, Conference Proceedings of International Research Conference on Engineering and Technology, pp.451-461, Higher Education Forum, Bali, Indonesia. (2014/06/27~2014/06/29) (ISBN 978-986-89844-6-2)
9. Hung, Hao-Shen, Hong-Sheng Chen, Ting-Chien Chen^{*}, Yi-Lung Yeh, 2014, Investigating the extent of humification of dissolved organic matter with a fluorescence method in constructed wetland, Conference Proceedings of International Research Conference on Engineering and Technology, pp.335, Higher Education Forum, Bali, Indonesia. (2014/06/27~2014/06/29) (ISBN 978-986-89844-6-2)
10. Chen, Zhi-Mou, Yi-Lung Yeh^{*}, Ting-Chien Chen, 2014, Assessment of regional flood disaster indicator by entropy weighting method, 2014 International Conference on Earth Observations and Societal Impacts, National Unin University, Miaoli, Taiwan. (2014/06/22~2014/06/24)
11. 向宏雄, 葉一隆, 2014, 消防教育訓練對救災能力提升評估, 2014 工程永續與土木防災國際研討會, 國立屏東科技大學, 屏東, 台灣。(2014/05/30)
12. 林美延, 葉一隆, 2014, 第三層級政府防災人員防災素養不確定性評估, 2014 工程永續與土木防災國際研討會, 國立屏東科技大學, 屏東, 台灣。(2014/05/30)
13. 林雍儒, 葉一隆, 2014, 核子事故車輛撤離灰色博弈模式探討—以台灣核三廠為例, 2014 工程永續與土木防災國際研討會, 國立屏東科技大學, 屏東, 台灣。(2014/05/30)
14. 邱逸民, 葉一隆, 2014, 數位通訊系統應用於救災評估, 2014 工程永續與土木防災國際研討會, 國立屏東科技大學, 屏東, 台灣。(2014/05/30)
15. 黃亦祥, 葉一隆, 2014, 緊急救護任務分配評估, 2014 工程永續與土木防災國際研討會, 國立屏東科技大學, 屏東, 台灣。(2014/05/30)
16. 許博淵, 葉一隆, 2013, 淹水類水筒模式系統架構探討, 屏東科技大學暨北京科技大學第八屆學術交流研討會, 國立屏東科技大學, 屏東, 台灣¹⁵(2013/12/10)
17. 周宜達, 葉一隆, 2013, 苦茶粕與無患子劑量之皂素萃取與對福壽螺防治成效, 第 21 屆水利工程研討會, 國立宜蘭大學,

陳庭堅

(A) 期刊論文

1. **Ting-Chien Chen**, Zeng-Yei Hseu*, Jiin-Shuh Jean, Mon-Lin Chou, Association between arsenic and different-sized dissolved organic matter in the groundwater of black-foot disease area, Taiwan, *Chemosphere*, 2016, 159:214-220.
2. Yi-Lung Yeh, Kuei-Jyum Yeh, Liang-Fong Hsu, Wu-Chou Yu, Ming-His Lee, **Ting-Chien Chen*** "Use of fluorescence quenching method to measure sorption constants of phenolic xenoestrogens onto humic fractions from sediment," *Journal of Hazardous Materials*, 2014, 277:27-33.
3. **Ting-Chien Chen**, Kuei-Jyum C. Yeh*, Wen-Chien Kuo, How-Ran Chao, Shyang-Chwen Sheu "Estrogen degradation and sorption onto colloids in a constructed wetland with different hydraulic retention times," *Journal of Hazardous Materials*, 2014, 277:62-68.
4. Meei-Fang Shue, **Ting-Chien Chen**, Luzvisminda M. Bellotindos, Ming - Chun Lu* "Tributyltin distribution and producing androgenic activity in water, sediment, and fish muscle," *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 2014, 49(6):432-438.
5. Chi-I Tuan, Yu-Tsai Cheng, Ye-Lung Yeh, Liang-Fong Hsu and **Ting-Chien Chen*** "Performance assessment of a combined vacuum evaporator-Mechanical vapor re-compression technology to recover boiler blow-down wastewater and heat," *Sustain. Environ. Res.*, 2013, 23(2):129-139.
6. Kuei-JyumYeh*, **Ting-Chien Chen**, Wei-Lun Young "Competitive removal of two contaminants in goethite-catalyzed Fenton process at neutral pH," *Environmental Engineering and Science*, 2013, 30(1):1-6.
7. **Ting-Chien Chen**, Te S. Chen, Kuei J. Yeh*, Yu C. Lin, How R. Chao, Yi L. Yeh "Sorption of estrogens estrone, 17 β -estradiol, estriol, 17 α -ethinylestradiol, and diethylstilbestrol on sediment affected by different origins," *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 2012, 47:1768-1775.
8. Chi-I Tuan, Yi-Lung Yeh, Lang-Fong Hsu, **Ting-Chien Chen*** "The pinch technology combined with a heat pump applied in a three-effect evaporator and energy-saving performance assessment," *Korean J. Chem. Eng.*, 2012, 29(3):341-348.
9. Chi-I Tuan, Yi-Lung Yeh, Chi-Jen Chen, **Ting-Chien Chen*** "Performance assessment with Pinch technology and integrated heat exchanger network for wastewater treatment

最近五
年出版
著作

林聖淇

(A) 期刊論文

1. S.-C. Lin, T.-K. Chang, W.-D. Huang, G.-S. Shyu, "Accumulation of arsenic in rice plant a study of an arsenic-contaminated site in Taiwan." Paddy and Water Environment: Volume 13, Issue 1 (2015), Page 11-18.
2. 張尊國、林聖淇，2015，臺北關渡平原之砷汙染及對人體健康的影響。地質，第34卷第3期，38-41頁。
3. 林聖淇、張尊國，畜牧廢水中陰陽離子濃度組成與其導電度之關聯性探討。農業工程學報，民國103年9月接受。
4. Kai Ying Chiang, Kuo Chuan Lin, Sheng Chi Lin, Tsun-Kuo Chang, Ming Kuang Wang, "Arsenic and lead (beudantite) contamination of agricultural rice soils in the Guandu Plain of northern Taiwan", Journal of Hazardous Materials, Volume 181, Issues 1–3, 15 September 2010, Pages 1066-1071.
5. 張尊國、沈川洲、陳聖堃、羅允杰、鄭百佑、徐貴新、林聖淇，2010，以鉛同位素組成特徵探討臺北關渡平原農地汙染來源(專論)。農業工程學報，第56卷第4期，1-10頁。

(B) 研討會論文

1. 林聖淇、李政萱、徐偉展、黃致展、張尊國。2015。陽離子交換樹脂(IR-120)對重金屬的吸附效率與影響因子之探討。中華民國環境工程學會 2015 廢水處理技術研討會，台灣，桃園，2015-11-13，WAT085。
2. 張尊國、林聖淇、徐偉展、徐貴新、陳威智，2014，北投溫泉磺港溪不同粒徑底泥砷的分佈型態之研究。103年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗成果發表會，頁數144- 148。
3. Sheng-Chi Lin, Wei-Jhan Shyu, Wei-Chin Chen, Tsun-Kuo Chang, 2014, "The Fractionations of Arsenic in the Different Particles-size of Sediments from the Thermal Valley in Taipei, Taiwan." 2014, 4th International Conference on Environment and BioScience(ICEBS) Draft, Jinju, South Korea, Page 44.(Oral presentation)
4. 林聖淇、徐貴新、徐偉展、張尊國。利用逐級萃取程序評估長期受汙染水田土壤砷的生物有效性。農業工程研討會。民國97年，頁數546-551。
5. Sheng-Chi Lin, Tsun-Kuo Chang, Ming-Kuang Wang, Guey-Shin Shyu, Pei-Hsuan Yao, 2008, "A geochemical case study of Arsenic-tainted paddy soils in Guandu, Taipei, Taiwan." 33IGC (International Geological Congress), Oslo, Norway.(Oral presentation)
6. Chang T.K., Lin S.C., Wang M.K., Chen W.C., Chao J.H., Tsao T.M. and Shyu G.S. 2008. Distribution of arsenic and lead in the

主要課 本/參考 書目	1. 『實用游離輻射防護A』，作者：中華民國輻射防護協會，中華民國輻射防護協會出版，2010。 2. “Textbook of Radiological Safety”; K. Thayalan (Author), G.K. Roth (Ed.); ISBN 10: <u>8184488866</u> / ISBN 13: <u>9788184488869</u>; Published by Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd., 2010.
其他參 考書目	1. 『輻射度量學概論』，作者：鍾堅，五南出版社，2006。 2. 『游離輻射防護』，作者：姚學華，五南出版社，2009。 3. 『圖解能源與環境』，作者：吳志勇與楊授印，五南出版社，2015。 4. 『臺灣風險十堂課：食安、科技與環境』，作者：周桂田/主編，巨流圖書公司，2015。 5. 『自然科學概論』，作者：王應瓊，全華圖書，2015。 6. “Introduction to Radiation Protection”; 2010; Grupen, Claus; ISBN 978-3-642-02586-0.

中、英文課程綱要：

311 日本強震後，造成全球對核能電廠的安全疑慮與輻射外洩的恐慌，台灣核三廠至屏科大直線距離僅有 80 公里，提供正確輻射相關知識與建立適當輻射防護觀念對屏科大學生都是當務之急。本課程以淺顯易懂的授課內容(案例分析)與方式(參訪核三廠)，讓學生瞭解輻射的基本原理，引入輻射與日常生活的關聯性及應用，進而對輻射建立正確的觀念。課程內容主要針對四個面項做探討：

1. 輻射的基本原理、種類、來源與特性概述。
2. 解析輻射檢測方法、防護原理、劑量限值與生物效應等對輻射安全(土壤、水、食品與環境)的影響。
3. 輻射在醫學、工業、環境、農業、考古與能源方面之應用。
4. 核電廠的風險與事故案例分析作為輻射災害防救對策與應變措施之演練教材。

『輻射與安全』是讓學生了解輻射的特性與應用的課程，於此同時也週知輻射與生活息息相關，無法避免。希冀透過輻射教育的普及性，讓學生重視如何做好輻射防護、避免輻射傷害，才不會遇到相關問題產生時而慌張失措，最終啟發學生對輻射利弊的省思。

311 Fukushima nuclear disaster caused by global nuclear power plant safety concerns and radiation leak panic. After that, it is imperative to provide proper radiation-related knowledge and establish appropriate radiation protection concepts for students of National Pingtung University of Science and Technology(NPUST) due to the only 80 km straight-line distance from Taiwan Third Nuclear Plant to NPUST. This course will help students understand the basic principles of radiation by making use of the easy-to-follow instructional content and methods. At the same time, the course also introduces the relevance and application of radiation and daily life to establish the correct concept of radiation. The main contents of the course are discussed in four aspects, as following:

1. Basic principles, types, sources and characteristics of radiation.
2. Radiation protection methods, protection principles, dose limits and biological effects on radiation safety, including soil, water, food and the environment.
3. The application of radiation in medicine, industry, environment, agriculture, archeology and energy and so on.
4. Case analysis of risks and accidents in Nuclear Power as a radiation disaster prevention measures and contingency measures of the exercise materials.

"Radiation and Safety" is a course that allows students to understand the characteristics and applications of radiation. At the same time, it also shows that radiation and life are closely related, can not be avoided. Through the popularity of radiation education, so that students attach importance to how to do radiation protection in order to avoid radiation damage. Students will not encounter problems arising from time to time panic and ultimately this course enlightens students on the pros and cons of radiation considerations.

每週講授主題或進度：

- 第1週：課程內容簡介(核能的歷史演進)
- 第2週：輻射的來源－背景輻射種類、分類與特性
- 第3週：輻射單位與量測方式
- 第4週：輻射防護原理與劑量限值
- 第5週：輻射的生物效應
- 第6週：輻射安全(土壤、水、食品與環境)
- 第7週：輻射的應用－醫學、工業
- 第8週：輻射的應用－環境、農業
- 第9週：期中考
- 第10週：輻射的應用－考古學、能源
- 第11週：輻射的檢測方法概述(蓋格計數器、碘化鈉與純鍺偵檢器等)
- 第12週：核能、環境保護與社會
- 第13週：核電廠的介紹(核電廠事故概述)
- 第14週：核電廠的風險與事故(核廢料處置議題)
- 第15週：放射性落塵的體內劑量特性與應變措施(核子試爆的 70 年代)
- 第16週：輻射災害防救對策－以台電核能三廠為例
- 第17週：參訪台電核能三廠
- 第18週：期末考

上課方式（請勾選）：☒ 課堂講授 ☐ 小組討論 ☐ 參訪實習

☒ 其他：參訪核三廠

評分方式：平時成績 25 % 期中成績 25 % 期末成績 35 %
平時出席與上課狀況 15 % 其他（請註明） _____ %

本課程符合下列通識教育之「教育目標」項：(可複選)	
☐ 公民生活能力	☐ 美學鑑賞能力
☐ 人文關懷與社會適應能力	☐ 領導創新與溝通合作能力
☒ 倫理與理性思辨能力	☐ 語文應用能力
☒ 文化修養與科學知識能力	☒ 在地與全球思考能力
備註：各欄如不敷使用，可依本表格式另行製作。	

系所主任簽章：_____