

行政院原子能委員會輻射偵測中心

建立南部備援實驗室之 環境試樣分析備援技術

111 年度期末報告

(修正版)

- 主辦單位： 行政院原子能委員會輻射偵測中心
計畫執行單位：國立屏東科技大學/災害防救科技研究中心
計畫主持人：葉一隆 教授
計畫執行期間：109 年 01 月 01 日起至
112 年 12 月 31 日止

中華民國 111 年 12 月 19 日

期末報告審查意見回覆表

項次	頁次	原文內容	建議修訂意見	意見回覆
1	10	(2)台灣核能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(參訪台電公司核能三廠南部展示館及放射性分析備援實驗室)，引入輻射與日常生活的關聯性及應用，讓學生瞭解輻射的基本原理，進而對輻射建立正確的觀念。(若受疫情影響則以其他方式替代)	建議刪除(若受疫情影響則以其他方式替代)	感謝偵測中心的建議，已修正完成，請參閱 p10。
2	20	本實驗室於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證。本實驗室為了在總貝他分析技術上能更趨成熟穩定，於第二至四季前往屏東牡丹鄉牡丹水庫進行樣本採集	建議此段另起章節並新立標題說明彰顯功效(因屬額外績效，可強化本計畫之績效亮點)	感謝偵測中心的建議，已修正完成，請參閱 p21，3.2 牡丹水庫總貝他核種分析。

		以進行水樣總貝他核種分析，如圖 3-2 及圖 3-3 所示。亦同時採取牡丹給水廠之淨化後自來水樣本進行總貝他核種分析，以探討經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化。		
3	21	本實驗室由四季的比較實驗結果可以發現，本實驗室與輻射偵測中心比對的結果 K-40 核種相對百分誤差大多數皆小於 20%(係參考國際原子能總署 IAEA 舉辦之能力試驗允收標準為 20%)，只有少部分樣本超過 20%，而經第二次分析後相對誤差皆小於 20%，可見本實驗室已具備該類樣品前處理及計測分析技術，本年度相同作業可驗證本實驗室之技術能力穩定性。	請將核設施周遭環境調查成果與牡丹水庫部分成果個別對應分類整理	感謝偵測中心的建議，已修正完成，請參閱 p21，3.2 牡丹水庫總貝他核種分析。
4	22	本計畫於 110 學年度第二學期於屏科大開設「天然災害防救概論」通識課程，並由本團隊	本成果係與天然災害相關，建議是否減少內容描述，請斟酌	感謝偵測中心的建議，已修正完成，請參閱 p23。

		葉一隆教授、徐文信教授、林志忠助理教授及陳智謀助理教授輪流授課。主要課程內容介紹氣候變遷對環境與生活之影。		
5	23	本計畫亦於 110 學年度第一學期於屏科大開設「輻射與安全」通識課程。	請確認年度是否為 111 學年度	感謝偵測中心的建議，已修正完成，請參閱 p23。
6	27	讓修課學生能進一步了解核能發電及輻射防護相關知識，如圖 4-9 所示。	請確認是否為圖 3-9	感謝偵測中心的建議，已修正完成，請參閱 p27。
7	30	圖 2 為本實驗室執行 IAEA 各樣品之前處理，分裝待測水樣至加馬計測系統標準 4.5 公分計測皿之示意圖。	圖 2 用詞是否誤植，是否為圖 3-11。	感謝偵測中心的建議，已修正完成，請參閱 p30。

目錄

期末報告審查意見回覆表	I
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
壹 緣起.....	1
1.1 計畫構想.....	1
1.2 背景說明.....	2
貳 計畫執行方式	8
2.1 計畫目的.....	8
2.2 計畫期程.....	8
2.3 111 年度重要工作項目.....	8
2.4 執行方法.....	9
2.5 設計理念及構想.....	10
2.6 執行進度及查核點.....	11
參 計畫執行成果	14
3.1 核能三廠各季環境試樣計測比較實驗報告	14
3.2 牡丹水庫總貝他核種分析	21
3.3 開設輻射安全與災害防救環境教育通識課程	23
3.4 參加國內外環境試樣放射性分析能力比較實驗	30
3.5 建立氫及銻 90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員	33
3.6 結合恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量檢驗分析及說明	35
3.7 實驗室參加屏東縣環境教育暨防災教育成果宣導活動	37
3.8 高級中等學校參訪放射性分析備援實驗室	38
3.9 參與核安第 28 號演習.....	39
3.10 學術發表.....	41

3.11 執行績效內容.....	42
參考文獻.....	45
附件一 核能三廠各季環境試樣計測比較實驗報告.....	46
附件二 放射性核種能力試驗檢討報告.....	128
附件三 氙及鋇 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練報告.....	137
附件四 結合恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量檢測分析及說明 之報告.....	163

表目錄

表 1-1 本實驗室 105-110 年計畫執行成果	3
表 2-1 工作項目進度表(甘特圖).....	12
表 2-2 工作項目查核點一覽表.....	13
表 3-1 備援實驗室操作程序書一覽表.....	15
表 3-2 核能三廠委託取樣通知單.....	16
表 3-3 核能三廠四季樣本統整表.....	17
表 3-4 111 年度通識課程修課相關資料.....	24
表 3-5 核安第 28 號演習參與人員	40
表 3-6 學術發表.....	42

圖目錄

圖 3-1 核能三廠環境試樣採樣之相關照片.....	19
圖 3-2 牡丹水庫採樣點.....	21
圖 3-3 牡丹水庫採樣圖.....	22
圖 3-4 天然災害防救概論課程進度表.....	25
圖 3-5 天然災害防救概論通識課程上課照片.....	26
圖 3-6 輻射與安全課程進度表.....	27
圖 3-7 輻射與安全通識課程上課照片.....	28
圖 3-8 通識課程安排參觀放射性分析備援實驗室.....	29
圖 3-9 通識課程校外參訪.....	30
圖 3-10 IAEA 試樣樣品.....	31
圖 3-11 IAEA 加馬核種計測前處理後樣本.....	31
圖 3-12 IAEA 總貝他核種計測前處理後樣本.....	32
圖 3-13 111 年提報 IAEA 試驗結果.....	33
圖 3-14 111 年 IAEA 能力試驗最終結果.....	33
圖 3-15 氫及銨 90 核種前處理及計測程序培訓訓練視訊上課.....	34
圖 3-16 氫前處理及分析計測實務訓練.....	35
圖 3-17 銨 90 前處理及分析計測實務訓練.....	35
圖 3-18 恆春在地農田土壤及農作物採樣.....	37
圖 3-19 檢送恆春在地農作物檢測報告並向農民說明.....	37
圖 3-20 屏東縣環境教育暨防災教育成果宣導活動.....	38
圖 3-21 北科附工參觀放射性分析備援實驗室.....	39
圖 3-22 參與核安第 28 演習演練.....	41

壹 緣起

1.1 計畫構想

2011 年日本福島事故發生後，國內核能總檢辦理成果報告敘述緊急應變機制有關輻射檢測人力及設備備援能量檢討報告之結果顯示，國內若發生境內或鄰近之境外發生類似福島電廠核子事故時，將會湧入大量需要檢測的各類農、漁、畜牧等產品，以及環境中水樣、空氣、土壤、生物樣品等樣本。

南部地區專業輻射檢測實驗室僅有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，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行政院原子能委員會輻射偵測中心的委託，於 105 年至 108 年執行「輻射災害放射性分析備援實驗室建置案建置案」計畫，在本校災害防救科技研究中心轄下已完成建置『放射性分析備援實驗室』，投入放射性分析相關檢測工作。

本實驗室之軟硬體設施已建置完成，操作人員已具備加馬能譜分析技術能力並取得輻射安全證書，實驗室於食品放射性檢測分析已取得財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)與台灣衛生福利部食品藥物管理署(Taiwan Food and Drug Administration, TFDA)之游離輻射測試領域之食品加馬能譜分析項目認證；在食品檢測上，本實驗室已成為具有公信力之放射性分析檢測機構。

然而於輻射災害發生時，為確保環境之輻射安全，在環境樣品檢測上，亦將面臨大量檢測量能之需求，因此本實驗室仍需擴展檢測能量至環境中水樣、空氣、土壤、植物樣品與生物樣本之檢測分析技術領域，故本實驗室於 109 年向 TAF 申請增項環境試樣放射性檢測分析並順利取得證書。並於 110 年積極擴展分析技術量能為具備水樣總貝他放射性分析技術，並順利取得相關領域檢測技術認證。

1.2 背景說明

本實驗室於 105 至 108 年在行政院原子能委員會補助下建立「放射性分析備援實驗室」，包括實驗室空間的配置與建立、儀器的採購、人員的訓練及食品放射性分析的認證實驗室等，並在輻射偵測中心的輔導下建立放射性分析的檢測技術與能力，在四年的計畫執行下完成南部備援實驗室的建立，藉此提升並強化南部地區放射性分析能量。當核子事故或輻射相關意外事件發生時，備援實驗室乃國家重要備援能量，可支援應變單位執行各類樣品的放射性檢測作業，確保國人的安全。平時實驗室則可以訓練相關人員與學生，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。

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，其災害防救科技研究中心轄下的『放射性分析備援實驗室』已於民國 105 年完成實驗室空間整治，並於民國 106 年與 107 年完成添購共計 2 套加馬能譜儀(Gamma-Ray Spectrometer, GRS)搭配純鍺偵檢器(High Purity Germanium Detector, HPGe)，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，同時於 107 年 6 月通過 TAF(財團法人全國認證基金會)的游離輻射領域測試實驗室的認證，並於隔年 2 月通過 TFDA(衛生福利部食品藥物管理署)的放射性食品核種分析認可實驗室的認證工作，並以此基礎配合政府放射分析檢測能量提升之政策。後續於民國 108 年購買 1 套低背景比例計數器，擴充阿伐/總貝他放射性分析能力；於 109 年取得 TAF 環境試樣放射性核種檢測認證證書；於 110 年取得 TAF 環境試樣總貝他核種檢測認證證書。表 1-1 為本實驗室 105-110 年計畫執行成果整理。

表 1-1 本實驗室 105-110 年計畫執行成果

執行項目	執行成果
備援實驗室空間規劃	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。
人員訓練證書	<ol style="list-style-type: none"> 1. 36 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書 4 人(105 年 2 人、108 年 1 人、109 年 1 人、110 年 2 人)。 2. 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(106 年)。 3. 18 小時實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 (2017)訓練班結訓證書 12 人(107 年 6 人、109 年 3 人、110 年 3 人)。
輻射相關教育訓練	<ol style="list-style-type: none"> 1. 105 年-碘化鈉加馬核種能譜分析系統(1 人次)。 2. 106、107 年-純鍍偵檢器加馬核種能譜分析系統(3 人次)。 3. 107 年-輻射偵測與取樣分析專業訓練(3 人次)。 4. 108 年-環境樣品取樣、前處理與計測分析及水樣阿伐/貝他計測分析實務訓練(4 人次)。 5. 109 年-輻射偵測專業人員教育訓練(2 人次)。 <p>備註:以上均由輻射偵測中心辦理。</p>
輻射檢測儀器採購	<ol style="list-style-type: none"> 1. 105 年-碘化鈉偵檢器 1 套。 2. 105 年-手提式蓋格偵檢器 2 台。 3. 106、107 年-純鍍偵檢器 2 套。 4. 108 年-低背景比例計數器 1 套。
放射性核種分析能力試驗	<ol style="list-style-type: none"> 1. 106、108、110 年-參加輻射偵測中心-國內比較實驗 3 次(比對結果符合)。 2. 107-110 年-國際原子能總署-試樣比對試驗 4 次(比對結果 107 年為 3/4 符合，108-110 年為全符合)。 3. 107、110 年-核能研究所-環境試樣放射性核種分析能力試驗 2 次(比對結果符合)。

實驗室認證	<ol style="list-style-type: none"> 1. 107年6月4日通過財團法人全國認證基金會(TAF)游離輻射領域測試實驗室食品放射性分析檢測認證。 2. 108年2月21日通過TFDA食藥署游離輻射領域測試實驗室認證。 3. 109年10月7日通過TAF游離輻射領域測試實驗室環境試樣放射性分析檢測認證。 4. 110年10月6日通過TAF游離輻射領域測試實驗室總貝他放射性核種分析檢測認證。
參加核安演習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參與105年核安第22號演習，學習環境樣本採樣之相關步驟及注意事項。 2. 參與108年核安第25號演習，備援實驗室擔任輻射污染樣本後送分析實驗室，並派員至加祿堂營區收容所擔任醫療救護中心專業輻射的諮詢人員。 3. 參與109年核安第26號演習，協助輻射偵測中心執行「海上輻射偵測及取樣」。
參加學術研討會	<ol style="list-style-type: none"> 1. 105年食品衛生檢驗科技研討會-105年台灣地區日本食品中放射性檢測調查(海報)。 2. 106年屏科大與北京科大共同舉辦學術研討會-南部輻射災害放射性分析備援實驗室建置過程與未來規劃(口頭)。 3. 107年食品衛生檢驗科技研討會-屏科大加馬(Gamma)放射性核種食品檢驗技術建立(海報)。 4. 107年農業工程研討會-高純鍍偵檢器應用於農業產品檢測技術之初探(口頭)。 5. 行政院災害防救應用科技方案(第二期)104-107年度總成果研討會-展示本實驗室從無到有的建置過程及實驗室的運作與研究，將碘化鈉偵檢器移至研討會現場展示，並現場實作與講解給參與的來賓(設攤展示)。

	<p>6. 108 年農業工程研討會-台灣香蕉植體天然放射性核種鉀 40 含量之分佈(海報)。</p> <p>7. 109 年馬來西亞「International Congress on Engineering, Sciences and Innovative Technologies」國際研討會-「Study on the Distribution of Radionuclide Activity in Soil, Rice Component in Taiwan.」(口頭)。</p> <p>8. 109 年「2020 International Sustainable Development Conference」國際研討會-「Study on the Distribution of Radionuclide Activity in Soil, Tobacco Component in Taiwan.」以及「Assessment of Natural Radioactivity Levels and Radiation Hazards in Water in the Pintung, Taiwan」共兩篇。(口頭)</p> <p>9. 110 年第 27 屆國際氣膠科技研討會-火力發電製程產生之微粒及廢棄物放射性核種活度特性。(海報)</p> <p>10.110 年「2021 International Conference on Applied System Innovation」國際研討會-「Transfer factor of natural radionuclides from soil to tobacco compartments and tobacco leaves hazard assessment due to smoking」以及「Artificial and natural radioactivity in edible mushrooms from Taiwan」共兩篇。(口頭)</p>
<p>開設輻射相關 通識課程</p>	<p>於本校開設通識課程『輻射與安全』，授課人數至 106 學年第 2 學期至 110 學年第 2 學期共累積 934 位學生，每學期亦舉辦核能三廠南部展覽館校外參觀。</p> <p>106 年共 96 名；107 年共 228 名；108 年共 111 名；109 年共 208 名；110 年 213 名。</p>
<p>參與研究計畫</p>	<p>1. 108 年原子能科技學術合作研究計畫-台灣與境外水稻的放射性核種分布之初探，樣本數共 110 個。(樣本包括北中南東部等共 5 個點之水稻田，種植前(後)土壤、灌溉</p>

	<p>水、水稻植體(根、莖、葉、稻穗)等)。</p> <p>2. 108 年原子能科技學術合作研究計畫-應用放射性核種檢測技術探討台灣地區香蕉鉀 40 含量之差異分析，樣本數共 133 個。(樣本包括中南東部等共 9 個點/三種品種之香蕉園，含土壤、灌溉水、香蕉植體(莖、葉、果實等))。</p> <p>3. 109 年原子能科技學術合作研究計畫-台灣與境外食用菇類與栽種介質的放射性核種分布之初探，樣本數共 158 個。(樣本包括台灣不同地區包括太空包基質與太空包香菇、段木基質與段木香菇、洋菇堆肥基質與洋菇、金針菇木屑基質與金針菇及國內外市售香菇等樣本)。</p> <p>4. 109 年原子能科技學術合作研究計畫-台灣菸草(美濃地區)與土壤背景放射性物質 ^{238}U、^{232}Th 與 ^{226}Ra 之初探，樣本數共 36 個。(樣本包括屏東 3 個地區之土壤及菸草植體(根、莖、菸葉))。</p> <p>5. 110 年原子能科技學術合作研究計畫-加馬能譜法測量環境中水的鐳元素含量，樣本數共 91 個。(樣本包括國內外市售瓶裝水、地下水、飲用水、環境水等)。</p> <p>6. 110 年原子能科技學術合作研究計畫-燃煤設施周圍之空浮採樣調查及居民輻射劑量評估，樣本共計 66 個。(樣本包括火力發電廠煤礦、底灰、洗滌塔水樣、空浮微粒等)。</p>
程序書建立	本實驗室品質文件共 23 件、技術文件共 17 件。
核設施環境輻射監測取樣分析及樣品計測比較實驗	本實驗室於 108 年至 110 年每季皆與輻射偵測中心前往核能三廠周遭進行每季的採樣工作，一方面學習採樣流程及注意事項，另一方面則學習樣本的前處理及計測分析，並同時跟著分析藉此與中心比對數據，來確認檢測結果的可靠性與增進分析技術的熟練度。比較實驗執行方法：共同取樣兩份，雙方各自進行樣品前處理及加馬放射性分析計

	<p>測，後續交換前處理樣品並計測分析，藉此分析雙方實驗室於樣品前處理及加馬分析系統技術上之差異，檢視 108 年至 110 年比較實驗之結果，顯示雙方實驗室 11 次比較實驗計測結果差異數量有顯著減少，代表雙方於環境樣品之前處理及樣本分析計測能力漸趨一致。</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

然而當輻射災害發生時，除出現大量湧入須檢測之各類農、魚、畜牧等產品外，在環境樣品檢測上，亦將面臨大量檢測量能之需求，因此本實驗室仍需由輻射偵測中心的輔導擴展環境試樣的檢測能量，包括水樣、空氣、土壤、生物試樣之檢測分析技術領域，以取得環境試樣相關領域檢測技術認證為目標，例如建立氫與錒 90 核種前處理方法作業程序書及培訓技術人員(111 年績效目標)、參加錒 90 核種能力試驗或比較實驗(112 年績效目標)。

貳 計畫執行方式

2.1 計畫目的

本計畫的目的希冀在國立屏東科技大學放射性分析備援實驗室，建立環境試樣放射性分析技術，強化備援實驗室之分析檢測量能，並規劃四年分期完成，包括完成環境試樣放射性分析技術增項認證，完成核能三廠環境試樣計測比較實驗、結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明、建立氫及錒 90 分析技術並參與能力試驗等分年目標。此外，計畫包含校內開辦輻射安全及災害防救環境教育課程、支援核能三廠周遭鄉鎮里學校核安講習及現場輻射偵檢器檢測展示等項目。平時訓練相關技術人員，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，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，確保國人的安全。

2.2 計畫期程

全期計畫自 109 年 01 月 01 日起，至 112 年 12 月 31 日止。

本年度計畫自 111 年 01 月 01 日起，至 111 年 12 月 31 日止。

2.3 111 年度重要工作項目

本計畫主要工作目標是在國立屏東科技大學災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室建立環境試樣放射性分析技術，其主要工作項目分別如下所述：

1. 結合恆春鎮農會提供在地農產品放射性含量檢驗分析及說明。
2. 完成核能三廠環境試樣計測比較實驗。
3. 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。
4. 完成建立氫及錒 90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員。
5. 參加國內外環境試樣加馬能譜分析實驗室間比對或能力試驗。

2.4 執行方法

為有效達成所訂立的各項年度工作項目，經多次與偵測中心討論，詳細訂立各項績效目標執行方法分述如下：

1. 完成核能三廠第一~四季環境試樣採樣與分析作業及每季與偵測中心進行比較實驗並撰寫專案報告

於 111 年的 1、4、7、10 月配合輻射偵測中心安排前往核能三廠採及核能三廠周遭環境樣本，包括岸沙、海水、淡水、土壤、牧草及生物試樣等，並將樣本前處理後進行加馬放射性分析；分析完畢之樣本再轉交給輻射偵測中心分析，藉此比對樣品前處理及放射性計測分析的能力，確保實驗室技術能力並符合實驗室品質規範要求。

2. 完成建立氫及銻 90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員

本實驗室已取得財團法人國際認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)之游離輻射測試領域之食品 and 環境加馬核種分析項目認證，更於 110 年擴展實驗室環境樣品放射性分析能力至「環境試樣水樣總貝他放射性分析」並順利取得該項目 TAF 認證，本年度持續規劃拓展本實驗室放射分析技術，建立氫及銻 90 分析技術，執行方法係派員參與輻射偵測中心舉辦相關分析技術教育訓練及實務操作，並完成相關作業程序書。

3. 參加國際原子能總署(IAEA)環境試樣放射性分析能力試驗並撰寫能力試驗檢討報告

為驗證實驗室技術能力及確保實驗室運作品質管理有效性，南部備援實驗室仍持續參與國內、外實驗室間環境試樣放射性分析比較實驗或能力試驗，配合本年度可預期能力試驗活動如國際原子能總署(IAEA)實驗室環境試樣放射性分析能力試驗，強化並檢視南部備援實驗室的放射性分析能力及分析人員的品質。

4. 於校內開辦輻射安全及災害防救環境教育課程

- (1)計畫主持人葉一隆教授、陳庭堅教授、徐文信教授、林志忠助理教授及陳智謀助理教授已於 108 學年至 110 學年持續在屏科大開設『天然災害防救概論』與『輻射與安全』通識課程。
- (2)台灣核能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(參訪台電公司核能三廠南部展示館及放射性分析備援實驗室)，引入輻射與日常生活的關聯性及應用，讓學生瞭解輻射的基本原理，進而對輻射建立正確的觀念。
- (3)『輻射與安全』是讓學生瞭解輻射的特性與應用的課程希冀透過輻射教育的普及性，讓學生重視如何在災害時做好輻射防護、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。

5. 結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明

國立屏東科技大學主要以農業領域為基礎，並與當地農民或農會常有合作，包括建教合作、產學合作、產銷履歷認證等，故能結合在地農民提供當地農特產品的放射性檢測。針對在地農民生產的農作物，採集至本實驗室進行前處理及放射性核種分析，將分析結果提供給農民並詳細說明其作物狀況。

2.5 設計理念及構想

本計畫設計理念及構想是為了落實行政院「提升輻射災害防救能量」之施政方針，以持續推動民眾參與監督及資訊透明化機制，作為全民的原能會，建立「輻安」、「核安」、「民眾心安」之施政願景。詳細構想如下：

1. 本實驗室已完成建置輻射檢測所需基本儀器設備，通過財團法人全國

認證基金會(TAF)游離輻射領域食品及環境試樣加馬核種分析測試實驗室認證，確認備援實驗室成為具專業性及公信力的輻射檢測單位。本年度規劃持續與輻射偵測中心進行核能三廠環境試樣計測比較實驗，藉此驗證本實驗室之技術水準。

2. 本實驗室自我要求具備第三方公正實驗室之角色，克服因技術上專業知識與能力所造成民眾認知誤解與隔閡，突破以前專業分析技術獨斷之迷思。
3. 本實驗室位處屏東科技大學，且實驗室品質或技術主管皆為本校教授，可善加利用其教學優勢，開辦「輻射安全及災害防救環境教育」課程，藉由教學課程之設計，以課堂講習方式說明食品及環境試樣放射性分析等知識，並安排學生實際參訪實驗室放射性分析作業，以協助學生瞭解本實驗室輻射安全監測作為。
4. 持續參加實驗室比對與能力試驗以維持檢測品質，並協助主管機關進行國內地區食品放射性調查作業及環境樣品放射性分析。
5. 本實驗室可擴充及儲備緊急應變量能，於核能三廠發生核子事故時，能立即投入支援進行放射性分析作業，肩負起緊急應變時協助環境樣品及食品放射性分析計測之責任。
6. 本實驗室積極參與及配合原能會或輻射偵射中心所規劃民眾科普宣導之工作，增加民眾對於輻射相關知識了解並建立民眾與政府間溝通管道。

2.6 執行進度及查核點

本計畫 111 年工作項目執行進度表如表 2-1 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 111 年 03 月 20 日、06 月 20 日、09 月 20 日與 12 月 20 日，所屬各個查核項目分述如表 2-2 所示。

表 2-1 工作項目進度表(甘特圖)

工作項目	月份												備註	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
備援實驗室完成氫及鋇 90 核種前處理方式作業程序書之建立,並派員至輻射偵測中心培訓相關技術人員		■												
「輻射安全及災害防救環境教育」通識課程			■						■					
結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明			■											
完成核能三廠環境試樣比較實驗作業	■			■			■			■				
參加 IAEA 試樣放射性分析能力試驗			■											
期末報告撰寫及修正											■			
工作進度估計百分比		5%	10%	15%	20%	30%	45%	60%	75%	80%	95%	100%		

表 2-2 工作項目查核點一覽表

<p>預定查核點</p>	<p><u>111 年 3 月 20 日</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成核能三廠第一季環境試樣比較實驗報告。 2. 輻射安全及災害防救環境教育通識課程上學期選課人數及講義內容。(修課人數 90 人以上) <p><u>111 年 6 月 20 日</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成核能三廠第二季環境試樣比較實驗報告。 2. 完成建立氫及鋇 90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員。 <p><u>111 年 9 月 20 日</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成核能三廠第三季環境試樣比較實驗報告。 2. 輻射安全及災害防救環境教育通識課程下學期選課人數及講義內容。(修課人數 90 人以上) 3. 結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明。 <p><u>111 年 12 月 20 日</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成核能三廠第四季環境試樣比較實驗報告。 2. 完成參加國內外環境試樣放射性分析能力比較實驗檢討報告。 3. 完成計畫期末報告。
<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> 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。 	

參 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，迄今，共完成下列項目：

1. 已完成本年度第一~四季核三廠周遭環境試樣作業及樣品前處理計測分析，取樣樣品量共 82 件，接續分析數據與中心進行比較實驗，並產出共四份比較實驗報告。
2. 開設災害防救環境教育及輻射與安全通識課程，本年度修課人數共 213 人。
3. 完成國內外環境試樣放射性分析能力試驗及比較實驗共 1 場，分析數據比對結果通過主辦單位允收標準。
4. 完成建立氫及錒 90 核種前處理方式操作程序書共 4 件，並完成氫及錒 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練。
5. 完成恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量檢驗分析及說明共 32 件樣本。
6. 參與 111 年第 28 號核安演習，負責的演練項目為「污染樣本接收」。
7. 完成學術發表國際期刊 SCI 論文共計 4 篇。

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。

3.1 核能三廠各季環境試樣計測比較實驗報告

輻射偵測中心依職責執行核能設施環境輻射監測作業，累積多年環境樣品取樣計測分析實務經驗，遵循 ISO /IEC 17025 (2017)實驗室認證規範執行品質保證與品質管制作業，並通過財團法人全國認證基金會 (TAF) 認證；藉由此次計畫建立輻射偵測中心與本實驗室比較實驗機制，訂立雙方共同進行核能三廠環境輻射監測作業之合作模式，分析結果更可作為本實驗室樣品分析技術比對依據。

目前偵測中心技術移轉作業程序書累計共 14 份，內容包括環境試樣取樣作業程序、生物試樣、沉積物、植物、淡水及海水之前處理作業程序、水樣加馬能譜分析直接計測作業程序與總貝他前處理及分析程序書、植物及水試樣氡活度分析之前處理作業程序書、試樣鋇-90 分析及效率校正作業程序書等。本實驗室接續修訂為實驗室特有之作業程序書並歸類為品質文件符合品質管理與品質保證之要求，相關程序書標號名稱詳如表 3-1。

表 3-1 備援實驗室操作程序書一覽表

項次	程序書編號	程序書名稱	版次	更新日期
1	RAL-O04	生物試樣加馬能譜分析之前處理操作程序書	2	109.03.11
2	RAL-O05	環境試樣取樣作業程序書	1	109.03.18
3	RAL-O06	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書	1	109.03.19
4	RAL-O07	淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書	1	109.03.19
5	RAL-O08	污染樣品接收作業程序書	1	109.03.19
6	RAL-O09	移動式偵檢器於輻射災害污染現場食品及飲用水快篩作業程序書	1	109.03.19
7	RAL-O10	低背景比例計測系統操作程序書	1	109.03.19
8	RAL-O11	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書	1	109.03.11
9	RAL-O12	水樣加馬能譜分析直接計測之前處理操作程序書	1	109.03.12
10	RAL-O13	海水試樣總貝他分析前處理作業程序書	1	109.03.19
11	RAL-O14	植物試樣氡活度分析之前處理作業程序書	1	111.01.28
12	RAL-O15	水樣氡活度分析之前處理作業程序書	1	111.01.28
13	RAL-O16	試樣鋇-90 分析作業程序書	1	111.01.28
14	RAL-O17	鋇-90 分析效率校正作業程序書	1	111.01.28

輻射偵測中心依據內部「環境試樣委外取樣作業程序書(RMC-M-29)」，委託本實驗室執行環境試樣取樣及分析作業，由輻射偵測中心於取樣前先行規劃取樣樣品項種類地點等，以取樣通知單形式交付本實驗室，本實驗室將依此規劃取樣設備、取樣路徑等事前準備工作，詳細取樣通知單如表 3-2。

表 3-2 核能三廠委託取樣通知單

取樣地點	樣品類別	樣品數量	採樣頻次	分析項目
出水口右側	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
恆春氣象站	地下水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
南灣	山泉水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	海水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
墾丁	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
入水口	海水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
雨水渠道口	排放水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
白沙	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
	海水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	地瓜葉	3公斤	每半年	加馬
	家禽	3公斤	每半年	加馬
	地瓜	3公斤	每半年	加馬
恆春市場	稻米	3公斤	每年	加馬
恆春市場	葉菜	3公斤	每半年	加馬

	洋蔥	3公斤	每半年	加馬
南樹林	相思樹	1公斤	每季	加馬
龍鑾潭	池水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氙
員工宿舍	土壤	0.5公斤	每半年	加馬
	牧草	1公斤	每半年	加馬
		0.3公斤	每半年	氙
大光國小	土壤	0.5公斤	每半年	加馬
	牧草	1公斤	每半年	加馬
		0.3公斤	每半年	氙
高山巖	土壤	0.5公斤	每半年	加馬
	牧草	1公斤	每半年	加馬
		0.3公斤	每半年	氙
出水口附近海域	魚/貝	2公斤	每季	加馬
	海藻	2公斤	每半年	加馬
墾丁牧場	羊奶	1公升	每季	加馬
	牧草	1公斤	每半年	加馬
		0.3公斤	每半年	氙

本實驗室統計核能三廠共四季的採樣種類及數量如 3-3 所示，包括岸沙、海水、淡水、土壤、牧草、羊奶、相思樹、稻米、家禽、根莖類、葉菜類、海藻、海魚、家禽等共計 82 個樣本。圖 3-1 為核能三廠環境試樣採樣之相關照片。

表 3-3 核能三廠四季樣本統整表

項目	水樣	沉積物	生物試樣	合計
第一季	7	8	6	21
第二季	7	5	9	21
第三季	7	8	6	21
第四季	7	5	7	19
總計			82	



(a)南灣-岸沙



(b)白沙-海水



(c)員工宿舍-土壤



(d)龍鑾潭-池水



(e)南樹林-相思樹



(f)南灣-山泉水



(g)高山巖-牧草



(h)恆春氣象站-地下水



(i)雨水渠道口-排放水



(j)入水口-海水



(k)恆春市場-葉菜類



(l)出水口附近-海魚

圖 3-1 核能三廠環境試樣採樣之相關照片

本實驗室前處理流程，以遵循本實驗室的「生物試樣之前處理作業程序書」(RAL-O04 程序書)及「沉積物試樣加馬能譜分析之試樣前處理操作程序書」(RAL-O06)。以下為環境試樣各類樣本前處理操作流程:

- I. 岸沙、土壤:置入 105 °C 烘箱烘一天以上，並以 2 mm 篩網過篩，裝入計測皿並壓密後秤重。
- II. 海水、淡水、羊奶:定量 900 mL 後倒入馬林杯。
- III. 相思樹、葉菜類、牧草:切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入 4.5 cm 計測皿並壓密後秤重。
- IV. 海魚、家禽:去除魚鱗、內臟及魚骨等不可食部位，切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入 4.5 cm 計測皿並壓密後秤重。
- V. 樣本前處理完後會裝罐以固定其幾何形狀，像海水、淡水及羊奶皆

以馬林杯為主、岸沙則以 4.5 cm 高計測皿、其餘樣本皆介於 0.5 cm-3 cm。利用純鍍偵檢器分析，主要分析核種為鉀-40、鈷-60、鈷-232、鈾-238、碘-131、銫-134 及銫-137 等。

此比較實驗規劃作業流程為輻射偵測中心與本實驗室共同取樣，由本實驗室進行樣品前處理，後續以各實驗室加馬能譜分析系統進行樣品放射性分析，因此以實驗設計的觀點來看，由本實驗室進行樣品前處理，經不同實驗室計測分析，可檢視兩實驗室間加馬能譜分析系統(計測分析系統)之差異。本實驗室同時針對牡丹水庫進行總貝他分析，以探討牡丹水庫水樣經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化。

本實驗室由四季的比較實驗結果可以發現，本實驗室與輻射偵測中心比對的結果 K-40 核種相對百分誤差大多數皆小於 20%(係參考國際原子能總署 IAEA 舉辦之能力試驗允收標準為 20%)，只有少部分樣本超過 20%，而經第二次分析後相對誤差皆小於 20%，可見本實驗室已具備該類樣品前處理及計測分析技術，本年度相同作業可驗證本實驗室之技術能力穩定性。

檢視第一至四季之比較實驗數據，相對百分誤差較高情況皆發生於岸沙樣本，對此現象，本實驗室與偵測中心於 110 年時嘗試以學理及加強實測條件參數等方法，並佐以中央地調所地質開放資料庫，驗證核三廠周遭海岸岸沙多為珊瑚礁岩風化而來，並以文獻佐證珊瑚礁岩具低天然放射性活度特性，對此特性經與偵測中心與核技處三方溝通說明後，約定共識內容：鑒於核三廠岸沙特殊地質條件，面臨低活度樣品分析實際狀況，另考量計測系統延長計測時間之有效性及低活度樣品分析數值跳動及誤差值偏高等現實狀況，岸沙樣本其核種 Th-232 及 U-238 採放寬百分誤差允收標準至 40%，但對於數值跳動之狀況仍須採多次量測統計。針對岸沙樣本，本實驗室將計測時間從 30,000 秒延長至 60,000 秒，甚至 90,000 秒，以確保有效降低 MDA 值與誤差值。

據此在核設施周遭人工核種環境監測之目標上，本實驗室具有絕對檢測能力；然對於天然核種的比對結果，其效益可以視為雙方實驗室間加馬分析技術之討論精進，雙方經由此次岸沙樣品比對實驗，顯示岸沙樣品特異性(較低鈾與鈾天然核種活度)，最終檢視比對結果為在可接受範圍，各季詳細比較實驗報告於附件一。

3.2 牡丹水庫總貝他核種分析

本實驗室於110年10月通過TAF測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證。本實驗室為了在總貝他分析技術上能更趨成熟穩定，於第二至四季前往屏東牡丹鄉牡丹水庫進行樣本採集以進行水樣總貝他核種分析，如圖 3-2 及圖 3-3 所示。亦同時採取牡丹給水廠之淨化後自來水樣本進行總貝他核種分析，以探討經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化。

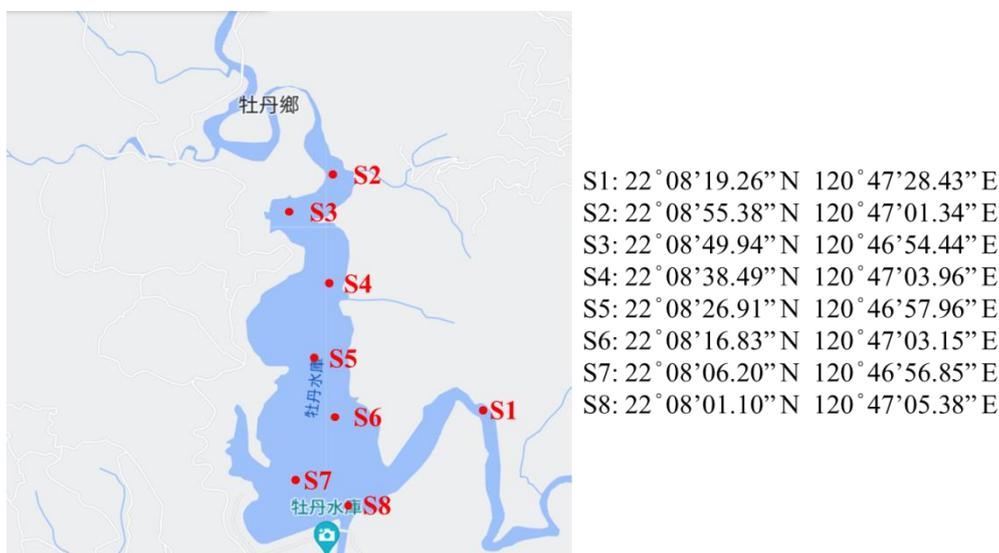


圖 3-2 牡丹水庫採樣點



圖 3-3 牡丹水庫採樣圖

本實驗室水樣總貝他前處理流程，以遵循本實驗室的「淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書」(RAL-O07)。以下為淡水總貝他前處理操作流程：

- I. 以量筒量測 1 公升淡水試樣並到入 1 公升結晶皿中。
- II. 加入 1 mL 濃硝酸(目的是利用酸將結晶皿上的殘留物淋洗至底部)。
- III. 用加熱板加熱，不能使試樣沸騰(防止沸騰時樣本噴灑出去造成誤差)，加熱至剩餘約 5-10 mL。
- IV. 以 1:15 硝酸溶液將剩餘液體洗入已知重量之螺紋盤中，並將螺紋盤放至加熱板上蒸乾(溫度不要太高)。
- V. 利用本生燈高溫燒螺紋盤(將硝酸鹽轉化成氧化物)，冷卻後秤重，即可上機計測。

本實驗室於 111 年度已執行三次牡丹水庫及牡丹給水廠之水樣採樣及總貝他分析檢測，一方面使實驗室總貝他前處理及計測技術更加穩定，另一方面則累積牡丹水庫之民生用水總貝他核種活度數據。

牡丹水庫三季樣本共計 36 件，其總貝他活度介於 20-65 mBq/L 之間，遠低於游離輻射防護商品輻射限量標準第 4 條飲用水總貝他管制標準每立方公尺 1,800 貝克。從支流(S1 與 S2)到牡丹水庫中間(S4~S6)，再到閘門(S8)，以上下游來看，其活度無明顯的趨勢。未來將繼續執行，藉此增加本實驗室檢測經驗及累積相關數據。

3.3 開設輻射安全與災害防救環境教育通識課程

核能三廠位於屏東縣恆春鎮，與屏科大的直線距離僅約 80 公里，故對本校學生提供正確輻射相關知識及建立適當輻射防護觀念是當務之急。

本計畫於 110 學年度第二學期於屏科大開設「天然災害防救概論」通識課程，並由本團隊葉一隆教授、徐文信教授、林志忠助理教授及陳智謀助理教授輪流授課。此科目主要教學目標為知識(使學生了解天然災害發生原因與應變方式)、技能(訓練學生面臨天然災害時可以自我研判與保護自己及他人)與態度(訓練學生積極自我學習與團隊合作精神)。圖 3-4 為天然災害防救概論課程進度表，圖 3-5 為天然災害防救概論上課情形。

本計畫亦於 111 學年度第一學期於屏科大開設「輻射與安全」通識課程，並由本團隊葉一隆教授及林志忠助理教授輪流授課。主要課程以淺顯易懂的授課內容(案例分析)與方式(參訪放射性分析備援實驗室或核能三廠展覽館)，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向做探討：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(如 X 光檢測)、工業、環境(背景輻射的影響)、農業(如放射線殺菌)與能源(核能發電)方面之應用。4.核電廠的風險與事故案例分析(如美國三哩島事件、前蘇聯車諾比事件、日本福島核災事件等)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。

表 3-4 為通識課程修課相關資料。本年度修課人數共計 213 人。圖 3-6 為輻射與安全課程進度表，圖 3-7 為輻射與安全上課情形。

表 3-4 111 年度通識課程修課相關資料

時間	課程名稱	上課時間	授課老師	授課人數
110 學年 第二學期	天然災害 防救概論	週五 第 1、2 節	葉一隆 教授 徐文信 教授 林志忠 助理教授 陳智謀 助理教授	110 人
111 學年 第一學期	輻射與安全	週五 第 1、2 節	葉一隆 教授 林志忠 助理教授	103 人
合計			213 人	

國立屏東科技大學 110 學年度第 2 學期 課程進度表

科目名稱		天然災害防救概論			上課時間	週五第 1、2 節(RE146)	
開課班級	共同授課	<input type="checkbox"/> 二技 <input checked="" type="checkbox"/> 四技 <input type="checkbox"/> 碩士班 <input type="checkbox"/> 博士班	二年級 A、B 班	學分數 2	<input checked="" type="checkbox"/> 單學期 <input type="checkbox"/> 全學年	授課教師	葉一隆、林志忠、陳智謀、徐文信
主要教材		講義					
參考書目							
講授方式		<input checked="" type="checkbox"/> 課堂講授 <input checked="" type="checkbox"/> 分組討論 <input type="checkbox"/> 參觀實習 <input type="checkbox"/> 其他(_____)					
成績考核方式		<input checked="" type="checkbox"/> 學前測驗：_____% <input checked="" type="checkbox"/> 期中考：_____% <input checked="" type="checkbox"/> 期末考：_____% <input type="checkbox"/> 讀書報告：_____% <input checked="" type="checkbox"/> 其他（由授課教師評分後依授課時數比例計算）：100_%					
週次	上課日期	授課單元	主 題 內 容			授 課 教 師	
一	2022/02/25	0.緒論	課程說明			葉一隆老師	
二	2022/03/04	1.氣候變遷	1. 氣候變遷之成因與影響 2. 氣候變遷之國際條約與組織			林志忠老師	
三	2022/03/11		1. 如何評估氣候變遷的影響 2. 氣候變遷對水資源的影響			林志忠老師	
四	2022/03/18	參觀放射性分析備援實驗室	1. 介紹放射性分析備援實驗室 2. 參觀放射性分析備援實驗室			林志忠老師	
五	2022/03/25	2.颱風災害	颱風災害之成因與歷史災害			陳智謀老師	
六	2022/04/01		補假				
七	2022/04/08	2.颱風災害	颱風災害之整備與預防策略			陳智謀老師	
八	2022/04/15		颱風災害應變作業			陳智謀老師	
九	2022/04/22		期中考試			葉一隆老師	
十	2022/04/29	3.旱災	台灣之水資源開發			陳智謀老師	
十一	2022/05/06		旱災成因與抗旱策略			陳智謀老師	
十二	2022/05/13	4.土石流與崩塌災害	土石流與崩塌災害之成因介紹			徐文信老師	
十三	2022/05/20		台灣之土石流與崩塌災害歷史分析			徐文信老師	
十四	2022/05/27		土石流與崩塌災害防治與應變概況			徐文信老師	
十五	2022/06/03		端午節放假				
十六	2022/06/10	5.地震災害	地震成因與地震災害類型簡介			徐文信老師	
十七	2022/06/17		常見地震災害類型說明與震害評估			徐文信老師	
十八	2022/06/24		期末考試			葉一隆老師	
備註							

圖 3-4 天然災害防救概論課程進度表



(a)通識課程上課情形



(b)通識課程上課情形



(c)通識課程上課情形



(d)通識課程上課情形

圖 3-5 天然災害防救概論通識課程上課照片

國立屏東科技大學 111 學年度第 1 學期 課程進度表										
科目名稱		輻射與安全				上課時間	週五第 1、2 節(RE146)			
開課 班級	共同課程	<input type="checkbox"/> 二技 <input checked="" type="checkbox"/> 四技 <input type="checkbox"/> 碩士班 <input type="checkbox"/> 博士班	二年級 A、B 班	學分數	2	<input checked="" type="checkbox"/> 單學期 <input type="checkbox"/> 全學年	授課 教師	葉一隆、林志忠		
主要教材		講義								
參考書目										
講授方式		<input checked="" type="checkbox"/> 課堂講授 <input checked="" type="checkbox"/> 分組討論 <input checked="" type="checkbox"/> 參觀實習 <input type="checkbox"/> 其他(_____)								
成績考核方式		<input type="checkbox"/> 學前測驗：_____% <input checked="" type="checkbox"/> 期中考：__0__% <input checked="" type="checkbox"/> 期末考：__35__% <input checked="" type="checkbox"/> 讀書報告：__50__% <input checked="" type="checkbox"/> 其他(由授課教師評分後依授課時數比例計算)：__15__%								
週次	上課日期	授課單元	主 題 內 容				授 課 教 師			
一	2022/09/16	1.課程內容簡介	1.介紹課程授課規劃與執行方式並說明輻射基本概念。				葉一隆老師			
二	2022/09/23	2.核電廠的介紹	1.核電廠事故概述 2.參觀備援實驗室				葉一隆老師			
三	2022/09/30	3.核電廠的風險	核電廠的風險與事故(核廢料處置議題)				葉一隆老師			
四	2022/10/07	4.輻射災害防救對策	1.核子事故應變 2.輻射災害防救計畫				葉一隆老師			
五	2022/10/14	5.輻射單位與輻射來源	1.輻射單位與量測方式 2.輻射的來源-背景輻射種類、分類與特性				葉一隆老師			
六	2022/10/21	6.輻射防護	輻射防護原理與劑量限值				葉一隆老師			
七	2022/10/28	7.輻射的生物效應	輻射的生物效應(例如國際航線的影響、醫療檢查的暴露(X光、正子攝影等))				葉一隆老師			
八	2022/11/04	8.輻射與安全	輻射安全(土壤、水、食品與環境)				葉一隆老師			
九	2022/11/11		期中考試							
十	2022/11/18	9.參訪台電核能三廠或核子事故防災影片欣賞	參訪台電核能三廠或核子事故防災影片欣賞				林志忠老師			
十一	2022/11/25	10.輻射的檢測	輻射的檢測方法概述(蓋革計數器、碘化鈉與純鍺偵檢器等)				林志忠老師			
十二	2022/12/02	11.輻射的應用	輻射的應用-環境(背景輻射的影響)、農藥(放射線殺菌)				林志忠老師			
十三	2022/12/09	12.輻射的應用	輻射的應用-醫學(檢查的暴露、工業等)				林志忠老師			
十四	2022/12/16	13.輻射的應用	輻射的應用-核能(核能電廠)				林志忠老師			
十五	2022/12/23	14.輻射的議題	核能、環境保護與社會				林志忠老師			
十六	2022/12/30	15.放射性落塵	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)				林志忠老師			
十七	2023/01/06	16.核子事故影片心得分享	核子事故影片心得繳交(期末報告)				林志忠老師			
十八	2023/01/13		期末考試							
備註										

圖 3-6 輻射與安全課程進度表



(a)通識課程上課情形



(b)通識課程上課情形



(c)通識課程上課情形



(d)通識課程上課情形

圖 3-7 輻射與安全通識課程上課照片

本通識課程於 111 年 3 月 11 日安排「天然災害防救概論」之學生參觀放射性分析備援實驗室；111 年 9 月 23 日安排「輻射與安全」之學生參觀放射性分析備援實驗室，先利用簡報講解輻射基本知識和核子事故發生時樣本後送備援實驗室分析之流程，以及一般民眾委託樣本之分析流程，讓學生了解放射性分析中樣本的前處理及樣本計測。另外針對手提式蓋革偵檢器、碘化鈉偵檢器、低背景比例計數器以及高純鍍偵檢器等儀器做介紹，讓學生了解各個儀器的優缺點及其應用之時機。圖 3-8 為通識課程安排學生參觀放射性分析備援實驗室之情況。

因疫情趨緩，故本課程於 111 年 12 月 11 日安排通識課程「輻射與安全」修課學生前往台灣電力公司南部展示館(以下簡稱南展館)校外參訪，由南展館的解說員介紹台灣目前現有的能源種類及核能電廠的運作原理，並體驗館內的設施與觀賞 4D 影片等，讓修課學生能進一步了解核能發電及輻射防護相關知識，如圖 3-9 所示。



(a)簡報介紹實驗室



(b)介紹碘化鈉偵檢器



(c)介紹高純鍺偵檢器



(d)介紹樣本收樣及前處理



(e)介紹樣本分析流程



(f)介紹低背景比例計數器

圖 3-8 通識課程安排參觀放射性分析備援實驗室



(a)參訪南展館



(b)參訪南展館



(c)參訪南展館



(d)參訪南展館



(e)參訪南展館



(f)參訪南展館

圖 3-9 通識課程校外參訪

3.4 參加國內外環境試樣放射性分析能力比較實驗

本實驗室一方面為了符合 TAF 與 TFDA 實驗室認證單位規定，已認證實驗室須參加國內外能力試驗比對確認實驗室品質外，另一方面可驗證確認本實驗室的分析能力與儀器的準確度，據此本實驗室於本年度計畫執行目標即規劃參與 111 年國際原子能總署(IAEA)試樣比對試驗，藉此檢視本實驗室的分析能力與數據的可靠性。

本實驗室於 111 年 2 月 15 日報名參加 2022 年 IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗，並於 111 年 6 月 29 日收到樣本，包括四個水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3、Sample-QC)及兩個濾紙(Sample-5、Sample-6BK)，如圖 3-10 所示。

Sample-1 water Sample-2 water Sample-3 water Sample-QC water Sample-5,6 surface sample



圖 3-10 IAEA 試樣樣品

收到樣本時，先利用手提式蓋格計數器先確認過包裝及樣本無高活度輻射，接著進行樣本裝罐處理，Sample-1、Sample-2、Sample-3、Sample-QC 為水樣，故可直接裝罐，圖 3-11 為本實驗室執行 IAEA 各樣品之前處理，分裝待測水樣至加馬計測系統標準 4.5 公分計測皿之示意圖。裝樣時必須謹慎小心避免樣本污染實驗桌或環境，所有接觸過樣本的物品均須妥善處理。濾紙部分不像往年，今年是提供一整片濾紙，要實驗室自行裁切成適合的大小進行計測，故本實驗室參考 2021 年 IAEA 提供的濾紙樣本的面積為 17.35 cm^2 ，且同時也有 2021 年 IAEA 提供濾紙樣本的已知活度，故可利用 2021 年的濾紙進行效率曲線的建立，而今年 IAEA 提供的濾紙樣本 Sample-5 則同樣裁切成一樣的面積 17.35 cm^2 大小，如此一來相同的幾何形狀即可直接進行濾紙樣本的計測。

Sample-1 Sample-2 Sample-3 Sample-QC Sample-5

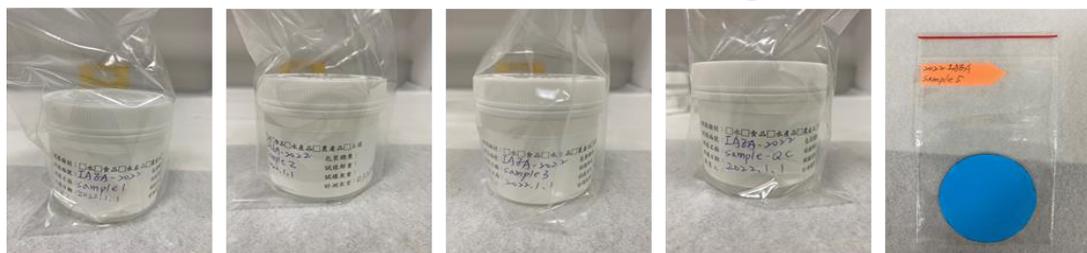


圖 3-11 IAEA 加馬核種計測前處理後樣本

總貝他樣本主要以水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3)為主，因總貝他樣本主要以水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3)為主，因 IAEA 提供的水樣僅 0.5 L，故不適合使用本實驗室 RAL-O07「淡水試樣總貝他

活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書」之前處理方法，因為此程序書的前處理方法所需樣本量為 1 L，且 IAEA 提供的水樣除了要分析總貝他核種以外，還需分析加馬核種，故無足夠的樣本量進行前處理。

故本實驗室參考輻射偵測中心之方法，在螺紋盤上包覆封口膜，並直接計測，計測得到的計數值作為背景值。取水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3) 40 mL 並裝入燒杯中，利用加熱板加熱使其蒸乾約小於 1 mL，並將蒸乾剩下的樣本利用微量分注器移至包覆好封口膜的螺紋盤上，藉此使樣本較易附著於螺紋盤上使其能平均分布，如圖 3-12 所示。



圖 3-12 IAEA 總貝他核種計測前處理後樣本

本實驗室最終於 111 年 09 月 20 日提報 IAEA 數據，如圖 3-13 所示，加馬分析結果 Sample-1 核種有 Cs-137、Cs-134 及 Co-60；Sample-2 核種為 Cs-137 及 Am-241；Sample-3 核種為 Cs-137 及 Cs-134；Sample-5 核種為 Cs-137；Sample-QC 與 Sample-6 為校正用故無需回報數據。Sample-QC 樣品的計測，因其 Sample-QC 樣本已提供其核種種類及已知活度，故可利用 Sample-QC 樣本確認實驗室儀器的準確度，並進行活度誤差值的修正。相關能力試驗數據請參閱附件二。

IAEA 能力試驗結果顯示加馬分析部分 Sample-1(水樣)、Sample-2(水樣)、Sample-3(水樣)及 Sample-5(濾紙)皆為準確度及精密度皆接受。總貝他分析部分 Sample-1(水樣)、Sample-2(水樣)及 Sample-3(水樣)皆為準確度及精密度皆接受，代表本實驗室本年度提報各試樣及分析技術皆獲得 IAEA 肯定，佐證資料如圖 3-14 所示。

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
1	gross_beta	alpha/beta	104.67	2.43
1	Co-60	gamma	17.40	1.03
1	Cs-134	gamma	16.66	0.98
1	Cs-137	gamma	24.04	1.44

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
2	gross_beta	alpha/beta	25.26	0.75
2	Am-241	gamma	10.25	0.71
2	Cs-137	gamma	8.56	0.61

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
3	gross_beta	alpha/beta	24.05	0.72
3	Cs-134	gamma	12.63	0.74
3	Cs-137	gamma	22.88	1.36

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
5	Cs-137	gamma	0.36	0.01

圖 3-13 111 年提報 IAEA 試驗結果

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
1	Co-60	17.7	1.1	20 %	17.40	1.03	-1.69 %	1.1	0.27	A	8.58	A	A
1	Cs-134	15.9	1	20 %	16.66	0.98	4.78 %	1	0.76	A	8.61	A	A
1	Cs-137	24.2	1.5	20 %	24.04	1.44	-0.66 %	1.5	0.11	A	8.62	A	A

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
2	Am-241	10.1	0.6	30 %	10.25	0.71	1.49 %	0.6	0.25	A	9.13	A	A
2	Cs-137	8.36	0.5	20 %	8.56	0.61	2.39 %	0.5	0.40	A	9.30	A	A

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
3	Cs-134	12.1	0.7	20 %	12.63	0.74	4.38 %	0.7	0.76	A	8.23	A	A
3	Cs-137	22.6	1.4	20 %	22.88	1.36	1.24 %	1.4	0.20	A	8.59	A	A

Sample Code	Analyte	Robust Mean	Robust SD	Rep. Value	Rep. Unc	Z-Score	Z-Score Evaluation
1	gross_beta	124.75	29.46	104.67	2.43	0.68	A
2	gross_beta	28.94	6.35	25.26	0.75	0.58	A
3	gross_beta	27.63	6.78	24.05	0.72	0.53	A
5	Cs-137	0.332	0.048	0.36	0.01	0.58	A

圖 3-14 111 年 IAEA 能力試驗最終結果

3.5 建立氚及鋇 90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員

本實驗室已取得財團法人國際認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)之游離輻射測試領域之食品和环境加馬能譜分析項目認證，更於 110 年擴展實驗室環境樣品放射性分析能力至「環境試樣水樣總貝他放射性分析」並順利取得該項目 TAF 認證。本年度持續規劃拓展本實驗室放射分析技術，建立氚及鋇 90 分析技術，執行方法係派員

參與輻射偵測中心舉辦相關分析技術教育訓練及實務操作，並完成相關作業程序書。

輻射偵測中心於 111 年 1 月移轉氫及銻 90 相關程序書共 4 份，本實驗室接續修訂為實驗室特有之作業程序書並歸類為品質文件，以符合品質管理與品質保證之要求。相關程序書包括 RAL-O14 植物試樣氫活度分析之前處理作業程序書、RAL-O15 水樣氫活度分析之前處理作業程序書、RAL-O16 試樣銻-90 分析作業程序書及 RAL-O17 銻-90 分析效率校正作業程序書。

本實驗室於 111 年 5 月 25 日前往高雄輻射偵測中心參加氫及銻 90 核種前處理及計測程序培訓訓練，參加單位包括高雄市衛生局檢驗科、屏科大農學院、屏科大食安所等共同參與。此次教育訓練因為疫情關係故採線上視訊方式上課。偵測中心人員分別提供不同的上課內容，由方鈞屹技正分享氫和銻 90 核種基本介紹；陶良榆技士負責氫前處理之技術；葉宣琦助理負責銻 90 前處理之技術，最後由羅會義技士負責氫及銻 90 分析計測程序的介紹，圖 3-15 為視訊上課情況。附件三為氫及銻 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練報告。



圖 3-15 氫及銻 90 核種前處理及計測程序培訓訓練視訊上課

然因疫情緣故，並為符合偵測中心防疫規定，既定實作課程延後至第三季辦理，並於9月27至9月30完成實作課程。訓練內容包含淡水樣本之氚前處理和分析，以及淡水樣本之鋇90前處理及分析。

氚前處理實務訓練是由輻射偵測中心陶良榆技士協助執行，而氚分析計測實務訓練則由羅會義技士指導，如圖3-16所示。另外鋇90前處理實務訓練是由葉宣琦助理協助執行，而鋇90分析計測實務訓練則由羅會義技士指導。如圖3-17所示。



圖 3-16 氚前處理及分析計測實務訓練



圖 3-17 鋇90前處理及分析計測實務訓練

3.6 結合恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量檢驗分析及說明

本實驗室透過恆春鎮農會及社區理事長的協助，於111年4月7日至恆春鎮網紗里採集洋蔥農田土壤及洋蔥作物共計10塊農田(20個樣本)；亦於8月18日前往恆春鎮龍水社區採集韭菜農田土壤及韭菜作物

(4 個樣本)、地瓜葉農田土壤及地瓜葉作物(6 個樣本)和白蘿蔔農田土壤(2 個樣本)等，總計 32 個樣本，如圖 3-18 所示。

樣本採集至本實驗室並依本實驗室的操作程序書進行前處理及放射性核種分析，分析結果將產出檢測報告，後續再提供給農民並向農民解說檢測結果。因本實驗室已通過 TAF 及 TFDA 游離輻射測試領域實驗室認證，故檢測報告具有公信力。

本實驗室採集並檢測樣本共 32 件，包括農田土壤及種植的作物，檢測項目為衛服部食藥署公告目標核種： ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs ；檢測結果皆”未檢出”。而本實驗室同時將檢測報告提供給農民並向其說明檢測結果，如圖 3-19 所示。



(a)洋蔥田土壤採樣



(b)洋蔥採樣



(c)地瓜葉土壤採樣



(b)地瓜葉採樣



(e)韭菜田土壤採樣



(f)韭菜採樣

圖 3-18 恆春在地農田土壤及農作物採樣



(a)向農民說明檢測結果



(b)向農民說明檢測結果

圖 3-19 檢送恆春在地農作物檢測報告並向農民說明

此工作項目獲得恆春鎮農會及社區農民的肯定，不僅能幫在地農田土壤及農作物把關，農民一方面能對自己生產的農作物有信心，一方面也能消除核電廠是否有對當地造成污染的疑慮。由於當地農民起初擔心萬一自產農作物有檢測出輻射時會影響其銷售狀況，但經過此次與農民溝通後，促使更多農民願意提供自產的農作物進行放射性核種檢測。詳細執行成果如附件四所示。

3.7 實驗室參加屏東縣環境教育暨防災教育成果宣導活動

本實驗室於 111 年 3 月 3 日參加「屏東縣環境教育暨防災教育成果宣導活動」，並將本實驗室的碘化鈉偵檢器移至現場展示，同時也準備

屏東的農場品(香蕉、紅豆、洋蔥)現場檢測給學生觀摩。本團隊同時也設計數個小遊戲，包括輻射、地震及火災等災害內容，讓學生從遊戲中學習防災相關知識，也感謝行政院原子能委員會提供宣導品，如圖 3-20 所示。



(a)展示碘化鈉偵檢器



(b)展示碘化鈉偵檢器



(c)地震災害小遊戲



(d)輻射災害小遊戲



(e)火災災害小遊戲



(f)原能會提供宣導品

圖 3-20 屏東縣環境教育暨防災教育成果宣導活動

3.8 高級中等學校參訪放射性分析備援實驗室

國立臺北科技大學附屬桃園農工高級中等學校(北科附工)的化工科老師及學生於 111 年 9 月 1 日至本實驗室參觀(共計 40 名)，本實驗室以簡報方式講解輻射基本知識和核子事故發生時樣本後送備援實驗室分析之流程，以及一般民眾委託樣本之分析流程，讓學生了解備援實驗室所扮演的角色，如圖 3-21 所示。這也是本實驗室建立至今首例有校外單位至本實驗室參觀，給予實驗室肯定。



(a)高中職參觀實驗室



(b)高中職參觀實驗室



(c)高中職參觀實驗室



(d)高中職參觀實驗室

圖 3-21 北科附工參觀放射性分析備援實驗室

3.9 參與核安第 28 號演習

本實驗室於 111 年 9 月 7 日參與核安第 28 號演習，負責的演練項目為「污染樣本接收」，演練內容包含高低污染樣本的接收、樣本的前處理、樣本的傳遞、樣本的計測到最後樣本的儲存等。

本實驗室也藉此建立相關作業程序書，並同時規劃高污染與低污染前處理獨立空間，提升實驗室緊急應變的能力，於核子事故發生時，能立即投入支援進行放射性分析作業。表 3-5 為核安第 28 號演習參與人員，圖 3-22 為核安第 28 號演習相關照片。

表 3-5 核安第 28 號演習參與人員

工作項目	負責人員
統籌	葉一隆教授
管控人	陳裕君
講解人	林志忠助理教授
樣本配送	張佑慈、周政毅
樣本接收	邱馨標
樣本前處理	陶柏邵、呂元富 高嘉萱、高家懋
樣本傳遞	簡加睿
樣本秤重	翁子晴
樣本計測	黃韋翔



(a)核安演練講解



(b)核安演練觀摩來賓



(a)核安演練-污染樣本接收



(b)核安演練-低污染前處理



(a)核安演練-高污染前處理



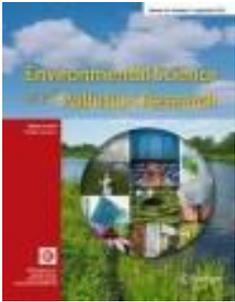
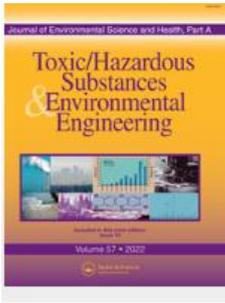
(b)核安演練-樣本傳遞

圖 3-22 參與核安第 28 演習演練

3.10 學術發表

本實驗室除了持續建立放射性相關檢測技術外，亦積極爭取研究計畫，並將計畫執行成果整理成期刊或論文並發表。本實驗室將 108 年及 109 年執行的原子能學術合作研究計畫整理成論文並發表在國際期刊共計 4 篇，如表 3-6 所示。

表 3-6 學術發表

期刊封面	論文
	<p>Activity concentrations and bioconcentration factors (BCF) of natural radionuclides (^{40}K, ^{226}Ra, and ^{232}Th) from cultivated substrates to mushrooms. 2022 (期刊: <i>Environment Science and Pollution Research</i>, SCI, IF: 5.190)</p>
	<p>Soil to tobacco component transfer factors for natural radionuclides ^{40}K, ^{226}Ra, and ^{232}Th and the risk assessment of tobacco leaf in smoking. 2022 (期刊: <i>Journal of Environmental Science and Health, Part A</i>, SCI, IF: 2.582)</p>
	<p>Assessment of doses from ingestion of radionuclides ^{40}K, ^{137}Cs, ^{226}Ra and ^{232}Th in edible commercial mushrooms from Taiwan. 2022 (期刊: <i>Radiation Protection Dosimetry</i>, SCI, IF:0.954)</p>
	<p>Assessment of doses from ingestion of naturally occurring radionuclides K-40 and Ra-226 in rice consumed in Taiwan. 2022 (期刊: <i>Radiation Protection Dosimetry</i>, SCI, IF:0.954)</p>

3.11 執行績效內容

屏科大輻射災害放射性分析備援實驗室在 111 年已如期完成規劃工作項目，茲就具體成果與效益分析情形條列如下：

一、具體成果

1. 完成本年度第一~四季核三廠周遭環境試樣作業及樣品前處理計測分析，取樣樣品量共 82 件，接續分析數據與中心進行比較實驗，並產出共四份比較實驗報告。
2. 完成本年度第二~四季牡丹水庫水樣及牡丹給水廠水樣總貝他核種分析，樣品量共 36 件，以探討經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化。
3. 開辦「輻射安全及災害防救環境教育」通識課程，本年度修課人數共 213 人。
4. 完成國內外環境試樣放射性分析能力試驗及比較實驗共 1 場，分析數據比對結果皆通過主辦單位允收標準。
5. 完成建立氫及錒 90 核種前處理方式操作程序書共 4 件，並完成氫及錒 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練。
6. 完成恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量檢驗分析及說明共 32 件樣本。
7. 參與 111 年第 28 號核安演習，負責的演練項目為「污染樣本接收」。
8. 完成學術發表國際期刊 SCI 論文共計 4 篇。

二、效益說明

- (1) 完成核能三廠環境試樣比較實驗，藉此檢視本實驗室之樣本前處理及檢測能力。
- (2) 開辦「輻射安全及災害防救環境教育」課程，藉由教學課程設計，以課堂講習方式說明食品及環境試樣放射性分析等知識，安排學生實際參訪備援實驗室放射性分析作業，並協助學生瞭解原能會輻射安全監測作為。
- (3) 參加國內外環境試樣加馬能譜分析比對與能力試驗以維持檢測品質，並將實際協助主管機關進行國內地區食品放射性調查作業及環境樣品放射性分析。

- (4) 完成建立氫及鋇 90 分析前處理方式作業程序書，並派員前往輻射偵測中心培訓相關技術人員，以擴展更多放射性核種分析能力。
- (5) 結合在地農會提供農特產品放射性檢驗分析及說明，積極扮演民眾溝通、促進公民參與環境輻射監測作業，藉由互動機制之建立，將可提升民眾認同原能會監督作為，可達雙贏之局面。

參考文獻

1. UNSCEAR Report, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, N. Y. (1993) .
2. UNSCEAR Report, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, N. Y. (2000) .
3. UNSCEAR Report, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, N. Y. (2013) .
4. 林友明，黃景鐘，林培火，陳清江，“台灣地區地表加馬輻射劑量率之調查”，核子科學，23 卷 1 期，80-85，(1986)。
5. 財團法人全國認證基金會，2012，國際區域貿易協定有關技術性貿易障礙之認證、驗證相關規定及對我國貿易之影響。
6. 劉祺章、林明仁、黃禎財、洪明崎與黃景鐘，2012，核子事故放射分析實驗室大量樣品管理替代方案探討，臺灣災害管理研討會。
7. 陳清江、黃景鐘、葉錦勳(2001)，“台灣地區天然背景輻射介紹”，物理雙月刊，23，3，433-441。
8. 衛生福利部食品藥物管理署，2016，「食品中放射性核種之檢驗方法」，105 年 5 月 19 日部授食字第 1051900834 號，MOHWO0015.00。
9. 衛生福利部食品藥物管理署，2016，「食品中原子塵或放射能污染容許量標準」，全國法規資料庫，<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=L0040079>。

附件一 核能三廠各季環境試樣計測比較實驗報告

111 年建立南部備援實驗室 之環境試樣分析備援技術

核設施第 1 季環境輻射監測取樣分析
及樣本比較實驗

分析報告書

採樣人員:黃韋翔、邱馨標、黃朝敏

中華民國 111 年 02 月 25 日

一、緣起

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。國內若在境內或鄰近之境外發生類似福島電廠核電事故，將會大量湧入需要檢測的各類農、漁、畜牧等產品，以及國內環境中水樣、空氣、土壤、植物樣品，我國目前面臨放射性分析能量不足，當國內因發生複合性災害，導致輻射外釋污染時，考量南部地區專責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實驗室核三工作隊等 2 個單位，因此有必要設置核子意外事故後備實驗室，以儲備緊急應變能量；為提升或強化南部地區放射性分析能量，屏科大災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室(以下稱本實驗室)有特殊功能性，對輻射災害後續的處理及調查有相當大的效益。

本實驗室承接行政院原子能委員會輻射偵測中心(以下稱偵測中心)「建立南部備援實驗室之環境試樣分析備援技術」之計畫，本計畫的目的希冀在屏科大建立環境試樣分析備援技術，強化備援實驗室之分析檢測量能，包括環境試樣放射性分析技術增項認證、核能三廠環境試樣比較實驗作業、結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明等績效目標。

本報告係針對績效目標：「核三廠環境試樣比較實驗作業」，執行方法與執行成果之呈現。經多次與偵測中心開會討論，規劃執行方案為：參與偵測中心每季例行核能設施周圍環境輻射偵測作業，且定義此方案為：「環境輻射監測取樣及樣品比較實驗」之作業方法。此外考量本實驗室地緣關係，僅鎖定核能三廠環境監測作業，作業內容則依循偵測中心「111 年台灣地區環境輻射監測計畫書」中核三廠環境輻射監測計畫如表 1、2、3，制定環境樣品品項、取樣地點，樣品前處理與計測分析則依循本實驗室建立之環境樣品前處理與計測相關標準作業程序書，後續分析結果與輻射偵測中心進行比對，確保實驗室分析技術品質。

表1 核能三廠環境輻射監測計畫

監測類別	監測項目	監測地點(試樣種類，取樣月別)		監測頻率	
		站點數	位置		
直接輻射	熱發光劑量計 (TLD)	18	員工宿舍、南灣分校、永港國小、墾丁牧場、鵝鑾鼻、後壁湖漁港、貓鼻頭、大光國小、水泉國小、南樹林、農試所、砂尾路、高山巖、山海國小、車城國小(廠外)、龍泉、恆春氣象站、牡丹水庫	每季	
	自動監測	6	恆春氣象站、墾丁牧場、大光國小、龍泉、後壁湖漁港、滿州	連續	
空浮微粒	總貝他	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場抽氣	每週	
	加馬能譜	3		每季	
落塵	加馬能譜	3	恆春氣象站、大光國小、墾丁牧場	每月	
落塵水	加馬能譜	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場	每月	
植物	氡	3	高山巖、員工宿舍、大光國小草樣	每半年 (1、7月)	
	加馬能譜	3			
	氡	1	南樹林相思樹	每季	
	加馬能譜	1			
水樣	總阿伐	1	牡丹淨水廠飲用水	每季	
	總貝他	1			
	氡	1			
	氡	4	恆春氣象站地下水、南灣山泉水	每季	
	加馬能譜	4			
	樣	加馬能譜	3	入水口、南灣、白沙海水	每季
		氡	1	出水口海水	每月
		加馬能譜	1		
農畜	加馬能譜	1	墾丁牧場羊奶	每季	
	加馬能譜	2	白沙、恆春市場葉菜類	每半年 (4、10月)	

產物	加馬能譜	1	白沙根莖類	每年 (4月)
	加馬能譜	1	白沙稻米	每年 (10月)
	加馬能譜	1	白沙雞/鴨	每年 (4月)
	加馬能譜	1	車城洋蔥	每年 (4月)
海產物	加馬能譜	1	出水口附近海域魚/貝類	每季
	加馬能譜	1	出水口附近海域海藻	每年 (4月)
沉積物	加馬能譜	3	大光國小、高山巖、員工宿舍土壤	每半年 (1、7月)
	加馬能譜	5	出水口右側、南灣、白沙、墾丁、雨水渠道口岸沙	每季

表2 環境試樣之前處理及計測方法(加馬能譜分析法)

試樣種類	前處理方法	計測試樣量	計測時間	單位	目的核種	參考核種
土壤	烘乾後篩選 2毫米以下	0.2 千克·乾重	30,000 秒	貝克/千克乾重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鈾系列、 鈾系列、 鉀-40
岸沙			30,000 秒			
海底沉積物			30,000 秒			
淤泥	直接計測	0.2 千克·乾重	30,000 秒			
草樣 指標植物	灰化	1 千克·鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
農漁產物	灰化	1 千克·鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
海水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58、 鈷-60、銫-137	鉀-40
		60 升	120,000 秒	毫貝克/升		
淡水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
空浮微粒	抽氣濾紙	1600 立方公尺	30,000 秒	毫貝克/立方公尺	鈾-103、碘-131 、銫-134、銫-137	銻-7
進口食品	直接計測	1 千克·鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	銫-137	鉀-40
鮮奶	直接計測	0.9 升	120,000 秒	貝克/升	碘-131	

表 3 環境試樣之前處理及計測方法(總貝他分析法)

試樣種類	前處理方法	計測試樣量	計測方法		
			計測皿	計測時間	校正試樣
沉積物	烘乾法	1.0 克乾重	2 吋計測皿	50 分	氯化鉀
植物	灰化法	0.5 克灰重			
茶葉	灰化法	0.5 克灰重			
淡水	蒸乾法	2 升沉澱物重			
海水	硫化物共沉法	1 升沉澱物重			
生物試樣	灰化法	0.5 克灰重			
空氣	抽氣法	400 立方米			

註:1.生物試樣含甘薯、牛羊奶、稻米、雞、鴨、海產物等。

2.植物含草樣、指標植物(相思樹)。

3.落塵水蒸乾後取實際沉澱物重計測。

4.沉積物含土壤、岸沙、淤泥、海底沉積物等。

二、比較實驗規劃

1.比較實驗機制

本實驗室建立至今已執行核能三廠環境取樣作業多次，累積多年環境樣品取樣計測分析實務經驗，並制定作業程序書以遵循 ISO /IEC 17025 (2017)實驗室認證規範及執行品質保證與品質管制作業，取得 TAF 環境試樣放射性核種分析認證。藉由此次機會建立偵測中心與本實驗室比較實驗機制，訂立雙方共同進行核三廠環境輻射監測作業之合作模式，分析結果更可作為本實驗室樣品分析技術比對依據，初步構建之作業機制如下：

(1).取樣作業、前處理與加馬、總貝他分析技術等作業程序書移轉

目前偵測中心移轉相關作業程序書累計共 11 份，內容包括環境試樣取樣作業程序、生物試樣、沉積物、植物、淡水及海水之前處理作業程序、水樣加馬能譜分析直接計測作業程序與總貝他前處理及分析程序書、植物及水試樣氡活度分析之前處理作業程序書、試樣鋇-90 分析及效率校正作業程序書等。本實驗室接續修訂為實驗室特有之作業程序書並歸類為品質文件符合品質管理與品質保證之要求，相關程序書標號名

稱詳如表 4。而本實驗室為了將放射性分析擴展至環境領域，在偵測中心的輔導之下，於 109 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(土壤、生物試樣、乳類、空浮微粒、海水、淡水)加馬核種分析認證；亦於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證，讓本實驗室於放射性核種檢測能力更受肯定。而今年將規劃建立氫及鋇 90 分析相關操作程序書，並於第二季前往偵測中心參與教育訓練及實作。

表 4 偵測中心技術移轉

項次	偵測中心程序書編號	偵測中心程序書名稱	備援實驗室程序書編號	備援實驗室程序書名稱
1	RMC-O-002	生物試樣之前處理作業程序書環境試樣取樣作業程序	RAL-O04	生物試樣加馬能譜分析之前處理操作程序書
2	RMC-M-2	環境試樣取樣作業程序書	RAL-O05	環境試樣取樣作業程序書
3	RMC-O-001	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O06	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書
4	RMC-O-003	淡水試樣總貝他與總阿伐分析之前處理作業程序	RAL-O07	淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書
5	RMC-O-004	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O11	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書
6	RMC-O-011	水樣加馬能譜分析直接計測	RAL-O12	水樣加馬能譜分析直接計測
7	RMC-O-005	海水試樣總貝他分析前處理	RAL-O13	海水試樣總貝他分析前處理作業程序書
8	RMC-O-008	植物試樣氡活度分析之前處理操作程序書	RAL-O14	植物試樣氡活度分析之前處理作業程序書
9	RMC-O-009	水樣氡活度分析之前處理作業程序書	RAL-O15	水樣氡活度分析之前處理作業程序書
10	RMC-O-025	試樣鋇-90 分析操作程序書	RAL-O16	試樣鋇-90 分析作業程序書
11	RMC-O-030	鋇-90 分析效率校正作業程序書	RAL-O17	鋇-90 分析效率校正作業程序書

(2).委託取樣作業通知單

偵測中心依據內部「環境試樣委外取樣作業程序書(RMC-M-29)」，進行委託本實驗室執行環境試樣取樣及分析作業，由偵測中心於取樣前先行規劃取樣樣品項種類地點等，以取樣通知單形式交付本實驗室，本實驗室將依此規劃取樣設備、取樣路徑等事先準備工作，本季取樣通知單如表5。

表5 核能三廠第一季委託取樣通知單

取樣地點	樣品類別	樣品數量	採樣頻次	分析項目
出水口右側	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
恆春氣象站	地下水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
南灣	山泉水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	海水	2公升	每季	加馬
	岸沙	1公斤	每季	加馬(雙重)
墾丁	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
入水口	海水	2公升	每季	加馬
雨水渠道口	排放水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
白沙	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
	海水	4公升	每季	加馬(雙重)
南樹林	相思樹	2公斤	每季	加馬(雙重)
		0.6公斤	每季	氫(雙重)
員工宿舍	牧草	1公斤	半年	加馬

		0.5公斤	半年	氫
	土壤	0.5公斤	半年	加馬
大光國小	牧草	1公斤	半年	加馬
		0.5公斤	半年	氫
	土壤	0.5公斤	半年	加馬
高山巖	牧草	1公斤	半年	加馬
		0.5公斤	半年	氫
	土壤	0.5公斤	半年	加馬
龍鑾潭	池水	4公升	每季	加馬(雙重)
		0.6公升	每季	氫(雙重)
出水口附近海域	魚/貝	4公斤	每季	加馬
墾丁牧場	羊奶	2公升	每季	加馬(雙重)

(3). 放射性分析備援實驗室取樣紀錄表

本實驗室於取樣作業完成後，進行樣品前處理作業，包括生物樣品乾燥灰化，沉積物(岸沙及土壤)烘乾等，各式樣品依對應程序書要求填裝至計測皿中，樣品相關重量資料記載於取樣紀錄表如表 6，隨樣品交付與偵測中心進行比較實驗作業，其中 RALS#111121-墾丁羊奶樣本因為考量羊奶的期限且前處理作業係直接裝罐計測，因此由雙方實驗室購入同一批號之羊乳，各別進行前處理裝罐計測後進行分析數據比對。

表 6 放射性分析備援實驗室取樣紀錄

樣品代碼	試樣名稱	取樣日期	取樣地點	試樣量	備註
RALS#111101	出水口右側-岸沙	111.01.11	出水口右側	0.190 kg	
RALS#111102	南灣-岸沙	111.01.11	南灣	0.202 kg	
RALS#111103	墾丁-岸沙	111.01.11	墾丁	0.197 kg	
RALS#111104	雨水渠道口-岸沙	111.01.11	雨水渠道	0.198 kg	
RALS#111105	白沙-岸沙	111.01.11	白沙	0.206 kg	
RALS#111106	恆春氣象站-地下水	111.01.12	恆春氣象站	0.9 L	
RALS#111107	南灣-山泉水	111.01.11	南灣	0.9 L	
RALS#111108	南灣-海水	111.01.11	南灣	0.9 L	
RALS#111109	入水口-海水	111.01.11	入水口	0.9 L	
RALS#111110	白沙-海水	111.01.11	白沙	0.9 L	
RALS#111111	龍鑾潭-池水	111.01.11	龍鑾潭	0.9 L	
RALS#111112	雨水渠道口-排放水	111.01.11	雨水渠道	0.9 L	
RALS#111113	楠樹林-相思樹	111.01.11	楠樹林	1.582 kg	
RALS#111114	高山巖-土壤	111.01.11	高山巖	0.176 kg	
RALS#111115	大光國小-土壤	111.01.11	大光國小	0.176 kg	
RALS#111116	員工宿舍-土壤	111.01.11	員工宿舍	0.161 kg	
RALS#111117	高山巖-牧草	111.01.11	高山巖	1.388 kg	
RALS#111118	大光國小-牧草	111.01.11	大光國小	1.449 kg	
RALS#111119	員工宿舍-牧草	111.01.11	員工宿舍	1.594 kg	
RALS#111120	出水口附近-海魚	111.01.12	出水口附近	2.946 kg	
RALS#111121	墾丁-羊奶	111.01.11	墾丁	0.9 L	

2.實際參與核能三廠第一季取樣環境樣品取樣

本實驗室於 111 年 01 月 11 日前往屏東恆春核三廠進行第一季環境試樣的採集，依據 110 年第四季的比對結果驗證”分析計測系統才是雙方技術差異原因所在”。據此本年度由偵測中心委託本實驗室執行採樣工作，然取樣方法仍採取樣 2 份，1 份交予偵測中心作為例行監測分析依據，而另一份則由本實驗室依完整樣品前處理及計測作業流程，並將本樣本交予偵測中心計測分析，其目標為驗證雙方計測系統之差異，達每季皆可進行環境試樣放射性分析比較實驗，比對雙方的樣本技測分析能力一

致性。

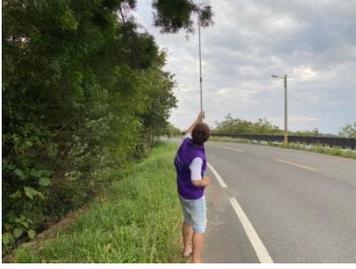
(1).核三廠樣本採集

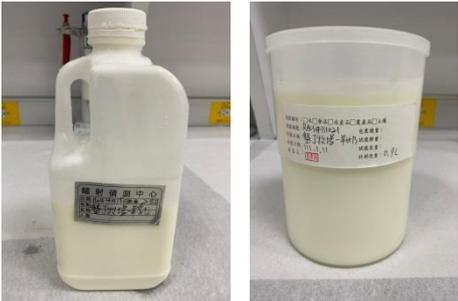
本實驗室於 111 年 1 月至核三廠採集樣本，依偵測中心事先交付「核三廠第一季委託取樣通知單」(表 4)，同時也遵循本實驗室程序書「環境試樣取樣作業程序書」(RAL-O05)安排取樣行程、工具及容器規劃，此次採集樣本紀實如表 7，包括 8 個沉積物(岸沙、土壤)、3 個海水、4 個淡水(包括地下水、山泉水及池水、排放水)、6 個生物試樣(包括海魚、牧草、相思樹、羊奶等)，共 21 項各式環境試樣。

表 7 取樣作業紀實

項次	取樣地點	取樣類別	取樣及前處理相關照片	
1	出水口右側	岸沙		
2	南灣	岸沙		
3	墾丁	岸沙		

4	雨水渠道口	岸沙	
5	白沙	岸沙	
6	恆春氣象站	地下水	
7	南灣	山泉水	
8	南灣	海水	
9	入水口	海水	

10	白沙	海水	
11	龍鑾潭	池水	
12	雨水渠道口	排放水	
13	南樹林	相思樹	
14	高山巖	土壤	
15	大光國小	土壤	

16	員工宿舍	土壤	
17	高山巖	牧草	
18	大光國小	牧草	
19	員工宿舍	牧草	
20	出水口附近	海魚	
21	墾丁牧場	羊奶	

(2).核三廠樣品前處理

本實驗室前處理流程，以遵循本實驗室的「生物試樣之前處理作業程序書」(RAL-O05 程序書)及「沉積物試樣加馬能譜分析之試樣前處理操作程序書」(RAL-O06)。以下為本次環境試樣各類樣本前處理操作流程：

- I. 岸沙、土壤:置入 105 °C 烘箱烘一天以上，並以 2 mm 篩網過篩，裝入計測皿並壓密後秤重。
- II. 海水、淡水、羊奶:定量 900 mL 後倒入馬林杯。
- III. 相思樹、葉菜類:切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。
- IV. 海魚:去除魚鱗、內臟及魚骨等不可食部位，切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。
- V. 樣本前處理完後會裝罐以固定其幾何形狀，像海水、淡水及羊奶皆以馬林杯為主、岸沙則以 4.5 cm 高計測皿、其餘樣本皆介於 0.5 cm-3 cm。利用純鍺偵檢器分析，主要分析核種為鉀-40、鈷-60、鈾-232、鈾-238、碘-131、銫-134 及銫-137 等。



圖 1 放射性分析備援實驗室完成前處理之加馬樣本

本實驗室水樣總貝他前處理流程，以遵循本實驗室的「淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書」(RAL-O07)。以下為本

次淡水總貝他前處理操作流程:

- I. 以量筒量測 1 公升淡水試樣並到入 1 公升結晶皿中。
- II. 加入 1 mL 濃硝酸(目的是利用酸將結晶皿上的殘留物洗至底部)。
- III. 用加熱板加熱, 不能使試樣沸騰(防止沸騰時樣本噴灑出去造成誤差), 加熱至剩餘約 5-10 mL。
- IV. 以 1:15 硝酸溶液將剩餘液體洗入已知重量之螺紋盤並將螺紋盤放至加熱板上乾燥(溫度不要太高)。
- V. 利用本生燈高溫燒螺紋盤(將硝酸鹽轉化成氧化物), 即可上機計測。

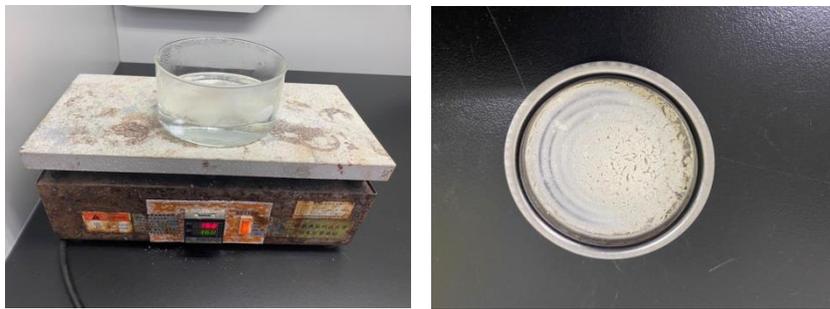


圖 2 放射性分析備援實驗室完成前處理之總貝他樣本(恆春氣象站-地下水)

三、比較實驗結果

此次比較實驗, 規劃作業流程為本實驗室取樣, 由本實驗室進行樣品前處理, 後續以偵測中心與本實驗室之加馬能譜分析系統進行樣品放射性分析, 因此以實驗設計的觀點來看, 由本實驗室進行樣品前處理, 經不同實驗室計測分析, 可檢視兩實驗室間加馬能譜分析系統(計測分析系統)之差異。本實驗室於 111 年 2 月 7 日完成第一季樣本前處理及加馬放射性核種分析, 並於 2 月 8 日將樣本送至偵測中心進行比較實驗, 彙整兩間實驗室分析結果並進行相對百分誤差分析如表 8 所示。

本實驗室同時針對樣本 RALS#111106 恆春氣象站-地下水於進行總貝他分析及比較實驗, 彙整兩間實驗室分析結果並進行總貝他計測系統比較實驗, 比對結果如表 10 所示。

四、比對結果分析討論

依表 8 內容顯示，樣品取樣及前處理作業由本實驗室執行，計測分析則由本實驗室與偵測中心各別進行，分析結果可說明 2 計測實驗室加馬分析系統之差異。第一季樣本除了例行的岸沙及水樣(淡水、海水)以外，較不同的試樣種類包含沉積物(土壤)及生物試樣(牧草)等品項，另依 109、110 年第一季及第三季草樣分析結果顯示，雙方分析誤差若在 20% 範圍內，代表該樣品本實驗室已具備前處理及分析計測之能力。

本季比對結果，表 8 顯示核種 K-40 其所有樣本於第一次比對後相對百分誤差均小於 20%(係參考國際原子能總署 IAEA 舉辦之能力試驗允收標準)，顯示本實驗室對於沉積物、海水試樣、淡水試樣、生物試樣等樣本在加馬分析能力越趨穩定，在樣本前處理及樣本檢測分析上也越趨熟練。

岸沙樣本部分與偵測中心討論因其樣本特性較其他樣本不同，故其核種 Th-232 及 U-238 的相對百分誤差允收標準訂在 40%。第一次分析結果，5 個岸沙樣本除了白沙-岸沙樣本外，其相對百分誤差皆符合允收標準小於 40%。而白沙-岸沙樣本其核種 Th-232 相對百分誤差 84.46%；核種 Ra-226 相對百分誤差 126.23%。本實驗室針對白沙-岸沙樣本進行第二次分析如表 9 所示，其相對百分誤差仍大於允收標準，Th-232 相對百分誤差 51.81%；核種 Ra-226 相對百分誤差 196.72%。針對此樣本與偵測中心討論後並參考 110 年第四季比對結果，該樣品於此次比對計測時間為 6 萬秒，經此次比對後技術討論將針對該樣品特別延長計測時間至 9 萬秒或 12 萬秒，但在考量計測時間成本因素下，會找出最佳化之計測條件後續據以執行。

本實驗室於本季針對恆春氣象站地下水樣本進行總貝他分析與比較實驗，表 10 為總貝他計測系統比較實驗，主要是本實驗室進行前處理，並由本實驗室與偵測中心雙方進行樣本計測，此設計觀點主要檢視兩實驗室間總貝他分析系統(計測分析系統)之差異。由表 10 可以發現恆春氣象站地下水總貝他分析比對結果期相對百分誤差為-1.96%，顯示兩

實驗室在總貝他計測系統上差異不大，代表本實驗室具備水樣總貝他分析計測能力。本實驗室於第二季將探討牧丹水庫之民生用水總貝他核種活度分析，規劃採及牧丹水庫及牡丹給水廠之水樣，分析其總貝他活度，已探討經牡丹給水廠處理後其總貝他之去除率。

表 8 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表
(取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)								相對百分誤差(%)			
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銫-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銫-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	29.07	29.36	<MDA		3.18	3.57	<MDA		-0.99	-	-10.92	-
南灣-岸沙	66.24	63.68	2.70	2.50	2.09	2.60	<MDA		4.02	8.00	-19.62	-
墾丁-岸沙	132.93	138.70	5.42	4.55	5.13	5.21	<MDA		-4.16	19.12	-1.54	-
雨水渠道-岸沙	35.18	35.91	2.78	2.16	2.52	4.01	<MDA		-2.03	28.70	-37.16	-
白沙-岸沙	32.15	26.82	3.56	1.93	2.76	1.22	<MDA		19.87	84.46	126.23	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	11.76	12.94	<MDA		<MDA		<MDA		-9.13	-	-	-
入水口-海水	12.43	14.09	<MDA		<MDA		<MDA		-11.81	-	-	-
白沙-海水	13.91	14.14	<MDA		<MDA		<MDA		-1.64	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	13.44	12.49	<MDA		<MDA		<MDA		7.65	-	-	-
楠樹林-相思樹	160.58	165.35	<MDA		<MDA		<MDA		-2.88	-	-	-
高山巖-土壤	199.73	200.80	16.49	17.70	17.26	17.89	<MDA		-0.53	-6.83	-3.49	-
大光國小-土壤	182.16	186.62	12.47	11.19	11.00	9.76	<MDA		-2.39	11.46	12.68	-
員工宿舍-土壤	378.20	382.36	24.25	22.05	16.81	18.17	<MDA		-1.09	9.96	-7.51	-
高山巖-牧草	233.62	242.55	<MDA		<MDA		<MDA		-3.68	-	-	-
大光國小-牧草	230.55	263.22	<MDA		<MDA		<MDA		-12.41	-	-	-
員工宿舍-牧草	210.14	211.15	<MDA		<MDA		<MDA		-0.48	-	-	-
出水口附近-海魚	123.00	123.11	<MDA		<MDA		0.10	0.10	-0.09	-	-	-0.00
墾丁牧場-羊奶	49.43	49.48	<MDA		<MDA		<MDA		-0.10	-	-	-

表 9 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表(第二次分析)
 (取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)								相對百分誤差(%)			
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銫-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銫-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	29.07	29.36	<MDA		3.18	3.57	<MDA		-0.99	-	-10.92	-
南灣-岸沙	66.24	63.68	2.70	2.50	2.09	2.60	<MDA		4.02	8.00	-19.62	-
墾丁-岸沙	132.93	138.70	5.42	4.55	5.13	5.21	<MDA		-4.16	19.12	-1.54	-
雨水渠道-岸沙	35.18	25.91	2.78	2.16	2.52	4.01	<MDA		-2.03	28.70	-37.16	-
白沙-岸沙	27.77	26.82	2.93	1.93	3.62	1.22	<MDA		3.54	51.81	196.72	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	11.76	12.94	<MDA		<MDA		<MDA		-9.13	-	-	-
入水口-海水	12.43	14.09	<MDA		<MDA		<MDA		-11.81	-	-	-
白沙-海水	13.91	14.14	<MDA		<MDA		<MDA		-1.64	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	13.44	12.49	<MDA		<MDA		<MDA		7.65	-	-	-
楠樹林-相思樹	160.58	165.35	<MDA		<MDA		<MDA		-2.88	-	-	-
高山巖-土壤	199.73	200.80	16.49	17.70	17.26	17.89	<MDA		-0.53	-6.83	-3.49	-
大光國小-土壤	182.16	186.62	13.46	11.19	11.00	9.76	<MDA		-2.39	11.46	12.68	-
員工宿舍-土壤	378.20	382.36	24.25	22.05	16.81	18.17	<MDA		-1.09	9.96	-7.51	-
高山巖-牧草	233.62	242.55	<MDA		<MDA		<MDA		-3.68	-	-	-
大光國小-牧草	230.55	263.22	<MDA		<MDA		<MDA		-12.41	-	-	-
員工宿舍-牧草	210.14	211.15	<MDA		<MDA		<MDA		-0.48	-	-	-
出水口附近-海魚	123.00	123.11	<MDA		<MDA		0.10	0.10	-0.09	-	-	-0.00
墾丁牧場-羊奶	49.43	49.48	<MDA		<MDA		<MDA		-0.10	-	-	-

表 10 總貝他計測系統比較實驗

樣本名稱	活度 (mBq/L)		MDA ((mBq/L))		相對百分誤差(%)
	屏科大	中心	屏科大	中心	
恆春氣象站地下水	62.40±6.53	63.65±6.80	27.53	28.27	-1.96

111 年建立南部備援實驗室 之環境試樣分析備援技術

核設施第 2 季環境輻射監測取樣分析
及樣本比較實驗

分析報告書

採樣人員:黃韋翔、邱馨標、黃朝敏

中華民國 111 年 05 月 18 日

一、緣起

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。國內若在境內或鄰近之境外發生類似福島電廠核電事故，將會大量湧入需要檢測的各類農、漁、畜牧等產品，以及國內環境中水樣、空氣、土壤、植物樣品，我國目前面臨放射性分析能量不足，當國內因發生複合性災害，導致輻射外釋污染時，考量南部地區專責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實驗室核三工作隊等 2 個單位，因此有必要設置核子意外事故後備實驗室，以儲備緊急應變能量；為提升或強化南部地區放射性分析能量，屏科大災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室(以下稱本實驗室)有特殊功能性，對輻射災害後續的處理及調查有相當大的效益。

本實驗室承接行政院原子能委員會輻射偵測中心(以下稱偵測中心)「建立南部備援實驗室之環境試樣分析備援技術」之計畫，本計畫的目的希冀在屏科大建立環境試樣分析備援技術，強化備援實驗室之分析檢測量能，包括環境試樣放射性分析技術增項認證、核能三廠環境試樣比較實驗作業、結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明等績效目標。

本報告係針對績效目標：「核三廠環境試樣比較實驗作業」，執行方法與執行成果之呈現。經多次與偵測中心開會討論，規劃執行方案為：參與偵測中心每季例行核能設施周圍環境輻射偵測作業，且定義此方案為：「環境輻射監測取樣及樣品比較實驗」之作業方法。此外考量本實驗室地緣關係，僅鎖定核能三廠環境監測作業，作業內容則依循偵測中心「111 年台灣地區環境輻射監測計畫書」中核三廠環境輻射監測計畫如表 1、2、3，制定環境樣品品項、取樣地點，樣品前處理與計測分析則依循本實驗室建立之環境樣品前處理與計測相關標準作業程序書，後續分析結果與輻射偵測中心進行比對，確保實驗室分析技術品質。

表1 核能三廠環境輻射監測計畫

監測類別	監測項目	監測地點(試樣種類, 取樣月別)		監測頻率
		站點數	位 置	
直接輻射	熱發光劑量計 (TLD)	18	員工宿舍、南灣分校、永港國小、墾丁牧場、鵝鑾鼻、後壁湖漁港、貓鼻頭、大光國小、水泉國小、南樹林、農試所、砂尾路、高山巖、山海國小、車城國小(廠外)、龍泉、恆春氣象站、牡丹水庫	每季
	自動監測	6	恆春氣象站、墾丁牧場、大光國小、龍泉、後壁湖漁港、滿州	連續
空浮微粒	總貝他	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場抽氣	每週
	加馬能譜	3		每季
落塵	加馬能譜	3	恆春氣象站、大光國小、墾丁牧場	每月
落塵水	加馬能譜	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場	每月
植物	氡	3	高山巖、員工宿舍、大光國小草樣	每半年 (1、7月)
	加馬能譜	3		
	氡	1	南樹林相思樹	每季
	加馬能譜	1		
水樣	總阿伐	1	牡丹淨水廠飲用水	每季
	總貝他	1		
	氡	1		
	氡	4	恆春氣象站地下水、南灣山泉水 龍鑾潭池水、雨水渠道口排放水	每季
	加馬能譜	4		
	加馬能譜	3	入水口、南灣、白沙海水	每季
	氡	1	出水口海水	每月
	加馬能譜	1		
農畜產物	加馬能譜	1	墾丁牧場羊奶	每季
	加馬能譜	2	白沙、恆春市場葉菜類	每半年 (4、10月)
	加馬能譜	1	白沙根莖類	每年 (4月)

	加馬能譜	1	白沙稻米	每年 (10月)
	加馬能譜	1	白沙雞/鴨	每年 (4月)
	加馬能譜	1	車城洋蔥	每年 (4月)
海 產 物	加馬能譜	1	出水口附近海域魚/貝類	每季
	加馬能譜	1	出水口附近海域海藻	每年 (4月)
沉 積 物	加馬能譜	3	大光國小、高山巖、員工宿舍土壤	每半年 (1、7月)
	加馬能譜	5	出水口右側、南灣、白沙、墾丁、雨水渠道口岸沙	每季

表2 環境試樣之前處理及計測方法(加馬能譜分析法)

試樣種類	前處理方法	計測試樣量	計測時間	單 位	目的核種	參考核種
土壤	烘乾後篩選 2毫米以下	0.2 千克•乾重	30,000 秒	貝克/千克乾重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鈾系列、 鈾系列、 鉀-40
岸沙			30,000 秒			
海底沉積物			30,000 秒			
淤泥	直接計測	0.2 千克•乾重	30,000 秒			
草樣 指標植物	灰 化	1 千克•鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
農漁產物	灰 化	1 千克•鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
海水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58、 鈷-60、銫-137	鉀-40
		60 升	120,000 秒	毫貝克/升		
淡水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
鮮奶	直接計測	0.9 升	120,000 秒	貝克/升	碘-131	

表 3 環境試樣之前處理及計測方法(總貝他分析法)

試 樣 種 類	前 處 理 方 法	計 測 試 樣 量	計 測 方 法		
			計 測 皿	計測時間	校正試樣
沉積物	烘 乾 法	1.0 克乾重	2 吋計測皿	50 分	氯化鉀
植物	灰 化 法	0.5 克灰重			
茶葉	灰 化 法	0.5 克灰重			
淡水	蒸 乾 法	2 升沉澱物重			
海水	硫化物共沉法	1 升沉澱物重			
生物試樣	灰 化 法	0.5 克灰重			
空氣	抽 氣 法	400 立方米			

註:1.生物試樣含甘薯、牛奶奶、稻米、雞、鴨、海產物等。

- 2.植物含草樣、指標植物(相思樹)。
- 3.落塵水蒸乾後取實際沉澱物重計測。
- 4.沉積物含土壤、岸沙、淤泥、海底沉積物等。

二、比較實驗規劃

1.比較實驗機制

本實驗室建立至今已執行核能三廠環境取樣作業多次，累積多年環境樣品取樣計測分析實務經驗，並制定作業程序書以遵循 ISO /IEC 17025 (2017)實驗室認證規範及執行品質保證與品質管制作業，取得 TAF 環境試樣放射性核種分析認證。藉由此次機會建立偵測中心與本實驗室比較實驗機制，訂立雙方共同進行核三廠環境輻射監測作業之合作模式，分析結果更可作為本實驗室樣品分析技術比對依據，初步構建之作業機制如下：

(1). 取樣作業、前處理與加馬、總貝他分析技術等作業程序書移轉

目前偵測中心移轉相關作業程序書累計共 11 份，內容包括環境試樣取樣作業程序、生物試樣、沉積物、植物、淡水及海水之前處理作業程序、水樣加馬能譜分析直接計測作業程序與總貝他前處理及分析程序書、植物及水試樣氡活度分析之前處理作業程序書、試樣鋇-90 分析及效率校正作業程序書等。本實驗室接續修訂為實驗室特有之作業程序書並歸類為品質文件符合品質管理與品質保證之要求，相關程序書標號名稱詳如表 4。而本實驗室為了將放射性分析擴展至環境領域，在偵測中心的輔導之下，於 109 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(土壤、生物試樣、乳類、空浮微粒、海水、淡水)加馬核種分析認證；亦於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證，讓本實驗室於放射性核種檢測能力更受肯定。而今年將規劃建立氡及鋇 90 分析相關操作程序書，並於第二季(5 月 25 日)參與偵測中心開設的「氡及鋇 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練」，因疫情關係故以視訊上課方式授課。

表 4 偵測中心技術移轉

項次	偵測中心程序書編號	偵測中心程序書名稱	備援實驗室程序書編號	備援實驗室程序書名稱
1	RMC-O-002	生物試樣之前處理作業程序書環境試樣取樣作業程序	RAL-O04	生物試樣加馬能譜分析之前處理操作程序書
2	RMC-M-2	環境試樣取樣作業程序書	RAL-O05	環境試樣取樣作業程序書
3	RMC-O-001	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O06	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書
4	RMC-O-003	淡水試樣總貝他與總阿伐分析之前處理作業程序	RAL-O07	淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書
5	RMC-O-004	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O11	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書
6	RMC-O-011	水樣加馬能譜分析直接計測	RAL-O12	水樣加馬能譜分析直接計測
7	RMC-O-005	海水試樣總貝他分析前處理	RAL-O13	海水試樣總貝他分析前處理作業程序書
8	RMC-O-008	植物試樣氫活度分析之前處理操作程序書	RAL-O14	植物試樣氫活度分析之前處理作業程序書
9	RMC-O-009	水樣氫活度分析之前處理作業程序書	RAL-O15	水樣氫活度分析之前處理作業程序書
10	RMC-O-025	試樣鋇-90 分析操作程序書	RAL-O16	試樣鋇-90 分析作業程序書
11	RMC-O-030	鋇-90 分析效率校正作業程序書	RAL-O17	鋇-90 分析效率校正作業程序書

(2).委託取樣作業通知單

偵測中心依據內部「環境試樣委外取樣作業程序書(RMC-M-29)」，進行委託本實驗室執行環境試樣取樣及分析作業，由偵測中心於取樣前先行規劃取樣樣品項種類地點等，以取樣通知單形式交付本實驗室，本實驗室將依此規劃取樣設備、取樣路徑等事先準備工作，本季取樣通知單如表5。

表5 核能三廠第二季委託取樣通知單

取樣地點	樣品類別	樣品數量	採樣頻次	分析項目
出水口右側	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
恆春氣象站	地下水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
南灣	山泉水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	海水	2公升	每季	加馬
	岸沙	1公斤	每季	加馬(雙重)
墾丁	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
入水口	海水	2公升	每季	加馬
雨水渠道口	排放水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
白沙	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
	海水	4公升	每季	加馬(雙重)
	根莖類	3公斤	4月	加馬
	葉菜類	2公斤	4月	加馬
	家禽類	3公斤	4月	加馬

南樹林	相思樹	2公斤	每季	加馬(雙重)
		0.6公斤	每季	氫(雙重)
龍鑾潭	池水	4公升	每季	加馬(雙重)
		0.6公升	每季	氫(雙重)
恆春市場	葉菜類	4公斤	4月	加馬(雙重)
車城	洋蔥	3公斤	4月	加馬
出水口附近海域	魚/貝	4公斤	每季	加馬
出水口附近海域	海藻	2公斤	4月	加馬(雙重)
墾丁牧場	羊奶	2公升	每季	加馬(雙重)

(3). 放射性分析備援實驗室取樣紀錄表

本實驗室於取樣作業完成後，進行樣品前處理作業，包括生物樣品乾燥灰化，沉積物(岸沙及土壤)烘乾等，各式樣品依對應程序書要求填裝至計測皿中，樣品相關重量資料記載於取樣紀錄表如表 6，隨樣品交付與偵測中心進行比較實驗作業，其中 RALS#111221-墾丁羊奶樣本因為考量羊奶的期限且前處理作業係直接裝罐計測，因此由雙方實驗室購入同一批號之羊乳，各別進行前處理裝罐計測後進行分析數據比對。

表 6 放射性分析備援實驗室取樣紀錄

樣品代碼	試樣名稱	取樣日期	取樣地點	試樣量	備註
RALS#111201	出水口右側-岸沙	111.04.07	出水口右側	0.182 kg	
RALS#111202	南灣-岸沙	111.04.07	南灣	0.198 kg	
RALS#111203	墾丁-岸沙	111.04.07	墾丁	0.205 kg	
RALS#111204	雨水渠道口-岸沙	111.04.07	雨水渠道	0.206 kg	
RALS#111205	白沙-岸沙	111.04.07	白沙	0.210 kg	
RALS#111206	恆春氣象站-地下水	111.04.08	恆春氣象站	0.9 L	
RALS#111207	南灣-山泉水	111.04.07	南灣	0.9 L	
RALS#111208	南灣-海水	111.04.07	南灣	0.9 L	
RALS#111209	入水口-海水	111.04.07	入水口	0.9 L	
RALS#111210	白沙-海水	111.04.07	白沙	0.9 L	
RALS#111211	龍鑾潭-池水	111.04.07	龍鑾潭	0.9 L	
RALS#111212	雨水渠道口-排放水	111.04.07	雨水渠道	0.9 L	
RALS#111213	楠樹林-相思樹	111.04.07	楠樹林	1.049 kg	
RALS#111214	白沙-地瓜葉	111.04.07	白沙	2.095 kg	
RALS#111215	白沙-地瓜	111.04.07	白沙	2.486 kg	
RALS#111216	白沙-雞	111.04.07	白沙	1.248 kg	
RALS#111217	恆春市場-葉菜	111.04.08	恆春市場	2.091 kg	
RALS#111218	車城-洋蔥	111.04.08	車城	2.831 kg	
RALS#111219	出水口附近-海魚	111.04.08	出水口附近	2.789 kg	
RALS#111220	出水口附近-海藻	111.04.08	出水口附近	1.574 kg	
RALS#111221	墾丁-羊奶	111.04.07	墾丁	0.9 L	

2.實際參與核能三廠第二季取樣環境樣品取樣

本實驗室於 111 年 04 月 07 日前往屏東恆春核三廠進行第二季環境試樣的採集，依據 110 年第四季的比對結果驗證”分析計測系統才是雙方技術差異原因所在”。據此本年度由偵測中心委託本實驗室執行採樣工作，然取樣方法仍採取樣 2 份，1 份交予偵測中心作為例行監測分析依據，而另一份則由本實驗室依完整樣品前處理及計測作業流程，並將本樣本交予偵測中心計測分析，其目標為驗證雙方計測系統之差異，達每季皆可進行環境試樣放射性分析比較實驗，比對雙方的樣本技測分析能力一

致性。

(1).核三廠樣本採集

本實驗室於 111 年 4 月至核三廠採集樣本，依偵測中心事先交付「核三廠第二季委託取樣通知單」(表 4)，同時也遵循本實驗室程序書「環境試樣取樣作業程序書」(RAL-O05)安排取樣行程、工具及容器規劃，此次採集樣本紀實如表 7，包括 5 個沉積物(岸沙)、3 個海水、4 個淡水(包括地下水、山泉水及池水、排放水)、9 個生物試樣(包括海魚、海藻、相思樹、羊奶、葉菜類、根莖類、家禽類等)，共 21 項各式環境試樣。

表 7 取樣作業紀實

項次	取樣地點	取樣類別	取樣及前處理相關照片
1	出水口右側	岸沙	
2	南灣	岸沙	
3	墾丁	岸沙	

4	雨水渠道口	岸沙	
5	白沙	岸沙	
6	恆春氣象站	地下水	
7	南灣	山泉水	
8	南灣	海水	
9	入水口	海水	

10	白沙	海水	 
11	龍鑾潭	池水	 
12	雨水渠道口	排放水	 
13	南樹林	相思樹	 
14	白沙	葉菜類	
15	白沙	根莖類	 

16	白沙	家禽類		
17	恆春市場	葉菜		
18	車城	洋蔥		
19	出水口附近	海魚		
20	出水口附近	海藻		
21	墾丁牧場	羊奶		

(2).核三廠樣品前處理

本實驗室前處理流程，以遵循本實驗室的「生物試樣之前處理作業程序書」(RAL-O05 程序書)及「沉積物試樣加馬能譜分析之試樣前處理操作程序書」(RAL-O06)。以下為本次環境試樣各類樣本前處理操作流程：

- I. 岸沙、土壤:置入 105 °C 烘箱烘一天以上，並以 2 mm 篩網過篩，裝入計測皿並壓密後秤重。
- II. 海水、淡水、羊奶:定量 900 mL 後倒入馬林杯。
- III. 相思樹、葉菜類:切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。
- IV. 海魚:去除魚鱗、內臟及魚骨等不可食部位，切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。
- V. 樣本前處理完後會裝罐以固定其幾何形狀，像海水、淡水及羊奶皆以馬林杯為主、岸沙則以 4.5 cm 高計測皿、其餘樣本皆介於 0.5 cm-3 cm。利用純鍍偵檢器分析，主要分析核種為鉀-40、鈷-60、鈾-232、鈾-238、碘-131、銫-134 及銫-137 等。



圖 1 放射性分析備援實驗室完成前處理之加馬樣本

(3) 牧丹水庫樣本採樣

本實驗室於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證。本實驗室為了在總貝他分析技術上能

更趨成熟穩定，於 111 年 3 月 28 日前往屏東牡丹鄉牡丹水庫進行樣本採集以進行總貝他核種分析，如圖 2 所示。亦同時採取牡丹給水廠之淨化後自來水樣本進行總貝他核種分析，以探討經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化。(目前尚未收到牡丹給水廠處理後之自來水樣本)

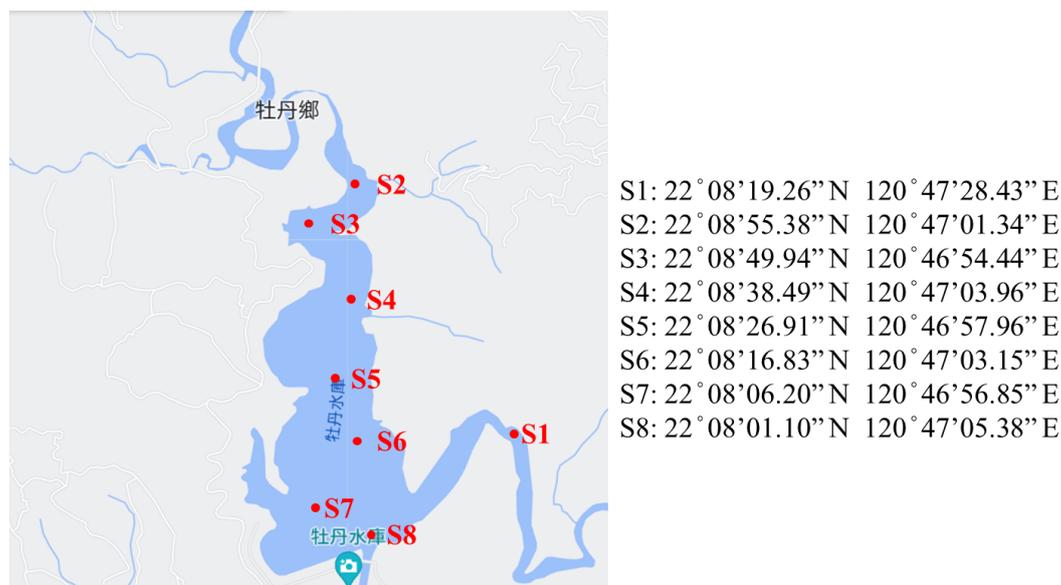


圖 2 牡丹水庫採樣點



圖 3 牡丹水庫採樣圖

(4) 牡丹水庫樣本前處理

本實驗室水樣總貝他前處理流程，以遵循本實驗室的「淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書」(RAL-O07)。以下為本次淡水總貝他前處理操作流程：

- I. 以量筒量測 1 公升淡水試樣並到入 1 公升結晶皿中。
- II. 加入 1 mL 濃硝酸(目的是利用酸將結晶皿上的殘留物洗至底部)。

- III. 用加熱板加熱，不能使試樣沸騰(防止沸騰時樣本噴灑出去造成誤差)，加熱至剩餘約 5-10 mL。
- IV. 以 1:15 硝酸溶液將剩餘液體洗入已知重量之螺紋盤並將螺紋盤放至加熱板上乾燥(溫度不要太高)。
- V. 利用本生燈高溫燒螺紋盤(將硝酸鹽轉化成氧化物)，即可上機計測。



圖 4 放射性分析備援實驗室完成前處理之總貝他樣本(牡丹水庫樣本)

三、比較實驗結果

此次比較實驗，規劃作業流程為本實驗室取樣，由本實驗室進行樣品前處理，後續以偵測中心與本實驗室之加馬能譜分析系統進行樣品放射性分析，因此以實驗設計的觀點來看，由本實驗室進行樣品前處理，經不同實驗室計測分析，可檢視兩實驗室間加馬能譜分析系統(計測分析系統)之差異。本實驗室於 111 年 4 月 26 日完成第二季樣本前處理及加馬放射性核種分析，並於 4 月 27 日將樣本送至偵測中心進行比較實驗，彙整兩間實驗室分析結果並進行相對百分誤差分析如表 8 所示。

本實驗室同時針對牡丹水庫進行總貝他分析，以探討牡丹水庫水樣經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化，分析結果如表 10 所示。

四、比對結果分析討論

依表 8 內容顯示，樣品取樣及前處理作業由本實驗室執行，計測分

析則由本實驗室與偵測中心各別進行，分析結果可說明 2 計測實驗室加馬分析系統之差異。第一季樣本除了例行的岸沙及水樣(淡水、海水)以外，較不同的試樣種類主要為生物試樣包含根莖類(地瓜)、葉菜類(地瓜葉、油菜、洋蔥)、家禽類(雞)、海藻等品項，另依 109、110 年第二季生物試樣分析結果顯示，雙方分析誤差落在 20% 範圍內，代表該樣品本實驗室已具備前處理及分析計測之能力。

本季比對結果，表 8 顯示核種 K-40 其所有樣本於第一次比對後相對百分誤差均小於 20%(係參考國際原子能總署 IAEA 舉辦之能力試驗允收標準)，顯示本實驗室對於沉積物、海水試樣、淡水試樣、生物試樣等樣本在加馬分析能力越趨穩定，在樣本前處理及樣本檢測分析上也越趨熟練。

岸沙樣本部分與偵測中心討論因其樣本特性較其他樣本不同，故其核種 Th-232 及 U-238 的相對百分誤差允收標準訂在 40%。本季岸沙樣本除了白沙-岸沙樣本計測 12 萬秒以外，其於岸沙樣本皆計測 6 萬秒。第一次分析結果，5 個岸沙樣本除了南灣-岸沙及白沙-岸沙樣本以外，其相對百分誤差皆符合允收標準小於 40%。而南灣-岸沙樣本其核種 Ra-226 相對百分誤差為 163.46%；白沙-岸沙樣本其核種 Th-232 相對百分誤差 41.36%。因為白沙-岸沙樣本已經延長計測時間至 12 萬秒，且其相對百分誤差也比第一季大幅縮小，故不再針對此樣本重新分析。

本實驗室針對南灣-岸沙樣本進行第二次分析如表 9 所示，其相對百分誤差仍大於允收標準，核種 Ra-226 相對百分誤差 209.62%。關於南灣-岸沙樣本其 Ra-226 相對百分誤差大於允收標準之問題，後續將此樣本轉交給偵測中心，再次分析做確認。

表 8 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表
(取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)								相對百分誤差(%)			
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銻-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銻-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	32.03	26.92	<MDA		3.30	2.44	<MDA		18.98	-	35.25	-
南灣-岸沙	66.28	69.52	3.64	2.88	2.74	1.04	<MDA		-4.66	26.39	163.46	-
墾丁-岸沙	108.24	92.11	4.03	4.13	4.35	4.30	<MDA		17.51	-2.42	1.16	-
雨水渠道-岸沙	45.44	39.67	2.61	2.28	3.14	2.27	<MDA		14.54	14.47	38.33	-
白沙-岸沙	32.65	31.64	2.70	1.91	3.73	4.59	<MDA		3.20	41.36	-18.74	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	12.24	11.97	<MDA		<MDA		<MDA		2.26	-	-	-
入水口-海水	12.53	13.07	<MDA		<MDA		<MDA		-4.13	-	-	-
白沙-海水	13.65	14.22	<MDA		<MDA		<MDA		-4.00	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	12.22	12.48	<MDA		<MDA		<MDA		-2.08	-	-	-
楠樹林-相思樹	183.31	180.00	<MDA		<MDA		<MDA		1.84	-	-	-
白沙-地瓜葉	150.64	147.17	<MDA		<MDA		<MDA		2.36	-	-	-
白沙-地瓜	94.97	95.33	<MDA		<MDA		<MDA		-0.38	-	-	-
白沙-雞	106.03	107.09	<MDA		<MDA		<MDA		-0.99	-	-	-
恆春市場-葉菜	106.14	91.89	<MDA		<MDA		<MDA		15.51	-	-	-
車城-洋蔥	41.04	41.11	<MDA		<MDA		<MDA		-0.17	-	-	-
出水口附近-海魚	124.56	127.84	<MDA		<MDA		0.12	0.12	-2.57	-	-	-0.00
出水口附近-海藻	411.71	428.34	<MDA		<MDA		<MDA		-3.88	-	-	-
墾丁牧場-羊奶	40.04	41.68	<MDA		<MDA		<MDA		-3.93	-	-	-

表 9 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表(第二次分析)
 (取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)								相對百分誤差(%)			
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銫-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銫-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	32.91	26.92	<MDA		3.30	2.44	<MDA		22.26	-	35.25	-
南灣-岸沙	66.28	69.52	2.90	2.88	3.22	1.04	<MDA		-4.66	0.69	209.62	-
墾丁-岸沙	108.24	92.11	4.03	4.13	4.35	4.30	<MDA		17.51	-2.42	1.16	-
雨水渠道-岸沙	45.44	39.67	2.61	2.28	3.14	2.27	<MDA		14.54	14.47	38.33	-
白沙-岸沙	32.65	31.64	2.70	1.91	3.73	4.59	<MDA		3.20	41.36	-18.74	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	12.24	11.97	<MDA		<MDA		<MDA		2.26	-	-	-
入水口-海水	12.53	13.07	<MDA		<MDA		<MDA		-4.13	-	-	-
白沙-海水	13.65	14.22	<MDA		<MDA		<MDA		-4.00	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	12.22	12.48	<MDA		<MDA		<MDA		-2.08	-	-	-
楠樹林-相思樹	183.31	180.00	<MDA		<MDA		<MDA		1.84	-	-	-
白沙-地瓜葉	150.64	147.17	<MDA		<MDA		<MDA		2.36	-	-	-
白沙-地瓜	94.97	95.33	<MDA		<MDA		<MDA		-0.38	-	-	-
白沙-雞	106.03	107.09	<MDA		<MDA		<MDA		-0.99	-	-	-
恆春市場-葉菜	106.14	91.89	<MDA		<MDA		<MDA		15.51	-	-	-
車城-洋蔥	41.04	41.11	<MDA		<MDA		<MDA		-0.17	-	-	-
出水口附近-海魚	124.56	127.84	<MDA		<MDA		0.12	0.12	-2.57	-	-	-0.00
出水口附近-海藻	411.71	428.34	<MDA		<MDA		<MDA		-3.88	-	-	-
墾丁牧場-羊奶	40.04	41.68	<MDA		<MDA		<MDA		-3.93	-	-	-

五、牡丹水庫與牡丹給水廠之總貝他分析結果

表 10 為牡丹水庫總貝他分析結果，其活度介於 40.05 ± 8.95 至 66.25 ± 10.03 mBq/L 之間，遠低於管制標準 1,800 mBq/L。從支流(S1 與 S2)到牡丹水庫中間(S4~S6)，再到閘門(S8)，以上下游來看，其活度無明顯的趨勢。而本實驗室再 S8 重複採三個樣本進行前處理與分析，其平均活度為 52.50 mBq/L，標準偏差為 0.97 mBq/L，顯示本實驗於樣本前處理技術上越趨穩定。牡丹淨水廠目前尚未寄送樣本來，故無法呈現於報告中，後續若收到樣本會盡快分析並補上。

本實驗室未來會持續於第三季及第四季規劃採集牡丹水庫及牡丹給水廠之水樣，一方面使實驗室總貝他前處理及計測技術更加穩定，另一方面則累積牡丹水庫之民生用水總貝他核種活度數據，已探討經牡丹給水廠處理後其總貝他之去除率。

表 10 牡丹水庫總貝他分析結果

樣本名稱	活度 (mBq/L)	MDA ((mBq/L))
牡丹水庫-S1	51.12 ± 9.43	25.51
牡丹水庫-S2	41.39 ± 9.02	25.49
牡丹水庫-S3	49.18 ± 9.32	25.40
牡丹水庫-S4	44.47 ± 9.17	25.54
牡丹水庫-S5	66.25 ± 10.03	25.52
牡丹水庫-S6	46.43 ± 9.26	25.57
牡丹水庫-S7	40.05 ± 8.95	25.42
牡丹水庫-S8-1	51.59 ± 9.44	25.46
牡丹水庫-S8-2	53.53 ± 9.52	25.47
牡丹水庫-S8-3	52.38 ± 9.47	25.48

111 年建立南部備援實驗室 之環境試樣分析備援技術

核設施第 3 季環境輻射監測取樣分析
及樣本比較實驗

分析報告書

採樣人員:黃韋翔、邱馨標、黃朝敏

中華民國 111 年 08 月 25 日

一、緣起

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。國內若在境內或鄰近之境外發生類似福島電廠核電事故，將會大量湧入需要檢測的各類農、漁、畜牧等產品，以及國內環境中水樣、空氣、土壤、植物樣品，我國目前面臨放射性分析能量不足，當國內因發生複合性災害，導致輻射外釋污染時，考量南部地區專責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實驗室核三工作隊等 2 個單位，因此有必要設置核子意外事故後備實驗室，以儲備緊急應變能量；為提升或強化南部地區放射性分析能量，屏科大災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室(以下稱本實驗室)有特殊功能性，對輻射災害後續的處理及調查有相當大的效益。

本實驗室承接行政院原子能委員會輻射偵測中心(以下稱偵測中心)「建立南部備援實驗室之環境試樣分析備援技術」之計畫，本計畫的目的希冀在屏科大建立環境試樣分析備援技術，強化備援實驗室之分析檢測量能，包括環境試樣放射性分析技術增項認證、核能三廠環境試樣比較實驗作業、結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明等績效目標。

本報告係針對績效目標：「核三廠環境試樣比較實驗作業」，執行方法與執行成果之呈現。經多次與偵測中心開會討論，規劃執行方案為：參與偵測中心每季例行核能設施周圍環境輻射偵測作業，且定義此方案為：「環境輻射監測取樣及樣品比較實驗」之作業方法。此外考量本實驗室地緣關係，僅鎖定核能三廠環境監測作業，作業內容則依循偵測中心「111 年台灣地區環境輻射監測計畫書」中核三廠環境輻射監測計畫如表 1、2、3，制定環境樣品品項、取樣地點，樣品前處理與計測分析則依循本實驗室建立之環境樣品前處理與計測相關標準作業程序書，後續分析結果與輻射偵測中心進行比對，確保實驗室分析技術品質。

表1 核能三廠環境輻射監測計畫

監測類別	監測項目	監測地點(試樣種類, 取樣月別)		監測頻率
		站點數	位 置	
直接輻射	熱發光劑量計 (TLD)	18	員工宿舍、南灣分校、永港國小、墾丁牧場、鵝鑾鼻、後壁湖漁港、貓鼻頭、大光國小、水泉國小、南樹林、農試所、砂尾路、高山巖、山海國小、車城國小(廠外)、龍泉、恆春氣象站、牡丹水庫	每季
	自動監測	6	恆春氣象站、墾丁牧場、大光國小、龍泉、後壁湖漁港、滿州	連續
空浮微粒	總貝他	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場抽氣	每週
	加馬能譜	3		每季
落塵	加馬能譜	3	恆春氣象站、大光國小、墾丁牧場	每月
落塵水	加馬能譜	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場	每月
植物	氡	3	高山巖、員工宿舍、大光國小草樣	每半年 (1、7月)
	加馬能譜	3		
	氡	1	南樹林相思樹	每季
	加馬能譜	1		
水樣	總阿伐	1	牡丹淨水廠飲用水	每季
	總貝他	1		
	氡	1		
	氡	4	恆春氣象站地下水、南灣山泉水 龍鑾潭池水、雨水渠道口排放水	每季
	加馬能譜	4		
	加馬能譜	3	入水口、南灣、白沙海水	每季
	氡	1	出水口海水	每月
	加馬能譜	1		
農畜產物	加馬能譜	1	墾丁牧場羊奶	每季
	加馬能譜	2	白沙、恆春市場葉菜類	每半年 (4、10月)
	加馬能譜	1	白沙根莖類	每年 (4月)

	加馬能譜	1	白沙稻米	每年 (10月)
	加馬能譜	1	白沙雞/鴨	每年 (4月)
	加馬能譜	1	車城洋蔥	每年 (4月)
海 產 物	加馬能譜	1	出水口附近海域魚/貝類	每季
	加馬能譜	1	出水口附近海域海藻	每年 (4月)
沉 積 物	加馬能譜	3	大光國小、高山巖、員工宿舍土壤	每半年 (1、7月)
	加馬能譜	5	出水口右側、南灣、白沙、墾丁、雨水渠道口岸沙	每季

表2 環境試樣之前處理及計測方法(加馬能譜分析法)

試樣種類	前處理方法	計測試樣量	計測時間	單位	目的核種	參考核種
土壤	烘乾後篩選 2毫米以下	0.2 千克•乾重	30,000 秒	貝克/千克乾重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鈾系列、 鈾系列、 鉀-40
岸沙			30,000 秒			
海底沉積物			30,000 秒			
淤泥	直接計測	0.2 千克•乾重	30,000 秒			
草樣 指標植物	灰化	1 千克•鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
農漁產物	灰化	1 千克•鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
海水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58、 鈷-60、銫-137	鉀-40
		60 升	120,000 秒	毫貝克/升		
淡水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
鮮奶	直接計測	0.9 升	120,000 秒	貝克/升	碘-131	

表 3 環境試樣之前處理及計測方法(總貝他分析法)

試樣 種類	前處理 方法	計測 試樣量	計測方法		
			計測皿	計測時間	校正試樣
沉積物	烘乾法	1.0 克乾重	2 吋計測皿	50 分	氯化鉀
植物	灰化法	0.5 克灰重			
茶葉	灰化法	0.5 克灰重			
淡水	蒸乾法	2 升沉澱物重			
海水	硫化物共沉法	1 升沉澱物重			
生物試樣	灰化法	0.5 克灰重			
空氣	抽氣法	400 立方米			

註:1.生物試樣含甘薯、牛奶奶、稻米、雞、鴨、海產物等。

- 2.植物含草樣、指標植物(相思樹)。
- 3.落塵水蒸乾後取實際沉澱物重計測。
- 4.沉積物含土壤、岸沙、淤泥、海底沉積物等。

二、比較實驗規劃

1.比較實驗機制

本實驗室建立至今已執行核能三廠環境取樣作業多次，累積多年環境樣品取樣計測分析實務經驗，並制定作業程序書以遵循 ISO /IEC 17025 (2017)實驗室認證規範及執行品質保證與品質管制作業，取得 TAF 環境試樣放射性核種分析認證。藉由本實驗室與偵測中心比較實驗機制，訂立雙方共同進行核三廠環境輻射監測作業之合作模式，分析結果更可作為本實驗室樣品分析技術比對依據，初步構建之作業機制如下：

(1). 取樣作業、前處理與加馬、總貝他分析技術等作業程序書移轉

目前偵測中心技術移轉作業程序書累計共 11 份，內容包括環境試樣取樣作業程序、生物試樣、沉積物、植物、淡水及海水之前處理作業程序、水樣加馬能譜分析直接計測作業程序與總貝他前處理及分析程序書、植物及水試樣氚活度分析之前處理作業程序書、試樣鋇-90 分析及效率校正作業程序書等。本實驗室接續修訂為實驗室特有之作業程序書並歸類為品質文件符合品質管理與品質保證之要求，相關程序書標號名稱詳如表 4。而本實驗室為了將放射性分析擴展至環境領域，在偵測中心的輔導之下，於 109 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(土壤、生物試樣、乳類、空浮微粒、海水、淡水)加馬核種分析認證；亦於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證，讓本實驗室於放射性核種檢測能力更受肯定。而本實驗室於今年第一季時已建立氚及鋇 90 分析相關操作程序書，並於第二季(5 月 25 日)參與偵測中心開設的「氚及鋇 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練」，然因遭逢疫情緣故，為符合偵測中心防疫規定，既定實作課程延後辦理，目前仍將視疫情狀況機動調整訓練日期。

表 4 偵測中心技術移轉

項次	偵測中心 程序書編號	偵測中心 程序書名稱	備援實驗室 程序書編號	備援實驗室 程序書名稱
1	RMC-O-002	生物試樣之前處理作業程序書 環境試樣取樣作業程序	RAL-O04	生物試樣加馬能譜分析之前處理操作程序書
2	RMC-M-2	環境試樣取樣作業程序書	RAL-O05	環境試樣取樣作業程序書
3	RMC-O-001	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O06	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書
4	RMC-O-003	淡水試樣總貝他與總阿伐分析之前處理作業程序	RAL-O07	淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書
5	RMC-O-004	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O11	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書
6	RMC-O-011	水樣加馬能譜分析直接計測	RAL-O12	水樣加馬能譜分析直接計測
7	RMC-O-005	海水試樣總貝他分析前處理	RAL-O13	海水試樣總貝他分析前處理作業程序書
8	RMC-O-008	植物試樣氡活度分析之前處理操作程序書	RAL-O14	植物試樣氡活度分析之前處理作業程序書
9	RMC-O-009	水樣氡活度分析之前處理作業程序書	RAL-O15	水樣氡活度分析之前處理作業程序書
10	RMC-O-025	試樣鋇-90 分析操作程序書	RAL-O16	試樣鋇-90 分析作業程序書
11	RMC-O-030	鋇-90 分析效率校正作業程序書	RAL-O17	鋇-90 分析效率校正作業程序書

(2).委託取樣作業通知單

偵測中心依據內部「環境試樣委外取樣作業程序書(RMC-M-29)」，進行委託本實驗室執行環境試樣取樣及分析作業，由偵測中心於取樣前先行規劃取樣樣品項種類地點等，以取樣通知單形式交付本實驗室，本實驗室將依此規劃取樣設備、取樣路徑等事先準備工作，本季取樣通知單如表5。

表5 核能三廠第三季委託取樣通知單

取樣地點	樣品類別	樣品數量	採樣頻次	分析項目
出水口右側	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
恆春氣象站	地下水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
南灣	山泉水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	海水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	岸沙	1公斤	每季	加馬(雙重)
墾丁	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
入水口	海水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
雨水渠道口	排放水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
白沙	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
	海水	4公升	每季	加馬(雙重)

		0.3公升	每季	氡
南樹林	相思樹	2公斤	每季	加馬(雙重)
		0.6公斤	每季	氡(雙重)
龍鑾潭	池水	4公升	每季	加馬(雙重)
		0.6公升	每季	氡(雙重)
員工宿舍	牧草	1公斤	半年	加馬
		1公斤	半年	氡
	土壤	0.5公斤	半年	加馬
大光國小	牧草	1公斤	半年	加馬
		1公斤	半年	氡
	土壤	0.5公斤	半年	加馬
高山巖	牧草	1公斤	半年	加馬
		1公斤	半年	氡
	土壤	0.5公斤	半年	加馬
出水口附近海域	魚/貝	4公斤	每季	加馬
墾丁牧場	羊奶	2公升	每季	加馬(雙重)

(3). 放射性分析備援實驗室取樣紀錄表

本實驗室於取樣作業完成後，進行樣品前處理作業，包括生物樣品乾燥灰化，沉積物(岸沙及土壤)烘乾等，各式樣品依對應程序書要求填裝至計測皿中，樣品相關重量資料記載於取樣紀錄表如表 6，隨樣品交付與偵測中心進行比較實驗作業，其中 RALS#111321-墾丁羊奶樣本因為考量羊奶的期限且前處理作業係直接裝罐計測，因此由雙方實驗室購入同一批號之羊乳，各別進行前處理裝罐計測後進行分析數據比對。

表 6 放射性分析備援實驗室取樣紀錄

樣品代碼	試樣名稱	取樣日期	取樣地點	試樣量	備註
RALS#111301	出水口右側-岸沙	111.07.12	出水口右側	0.192 kg	
RALS#111302	南灣-岸沙	111.07.12	南灣	0.206 kg	
RALS#111303	墾丁-岸沙	111.07.12	墾丁	0.208 kg	
RALS#111304	雨水渠道口-岸沙	111.07.12	雨水渠道	0.196 kg	
RALS#111305	白沙-岸沙	111.07.12	白沙	0.218 kg	
RALS#111306	恆春氣象站-地下水	111.07.12	恆春氣象站	0.9 L	
RALS#111307	南灣-山泉水	111.07.12	南灣	0.9 L	
RALS#111308	南灣-海水	111.07.12	南灣	0.9 L	
RALS#111309	入水口-海水	111.07.12	入水口	0.9 L	
RALS#111310	白沙-海水	111.07.12	白沙	0.9 L	
RALS#111311	龍鑾潭-池水	111.07.12	龍鑾潭	0.9 L	
RALS#111312	雨水渠道口-排放水	111.07.12	雨水渠道	0.9 L	
RALS#111313	楠樹林-相思樹	111.07.12	楠樹林	1.057 kg	
RALS#111314	員工宿舍-土壤	111.07.12	員工宿舍	0.180 kg	
RALS#111315	大光國小-土壤	111.07.12	大光國小	0.168 kg	
RALS#111316	高山巖-土壤	111.07.12	高山巖	0.158 kg	
RALS#111317	員工宿舍-牧草	111.07.12	員工宿舍	1.246 kg	
RALS#111318	大光國小-牧草	111.07.12	大光國小	1.174 kg	
RALS#111319	高山巖-牧草	111.07.12	高山巖	1.332 kg	
RALS#111320	出水口附近-海魚	111.07.12	出水口附近	2.738 kg	
RALS#111321	墾丁-羊奶	111.07.12	墾丁	0.9 L	

2.實際參與核能三廠第三季取樣環境樣品取樣

本實驗室於 111 年 07 月 12 日前往屏東恆春核三廠進行第三季環境試樣的採集，依據 110 年第四季的比對結果驗證”分析計測系統才是雙方技術差異原因所在”。據此本年度由偵測中心委託本實驗室執行採樣工作，然取樣方法仍採取樣 2 份，1 份交予偵測中心作為例行監測分析依據，而另一份則由本實驗室依完整樣品前處理及計測作業流程，並將本樣本交予偵測中心計測分析，其目標為驗證雙方計測系統之差異，達每季皆可進行環境試樣放射性分析比較實驗，比對雙方的樣本計測分析能力一

致性。

(1).核三廠樣本採集

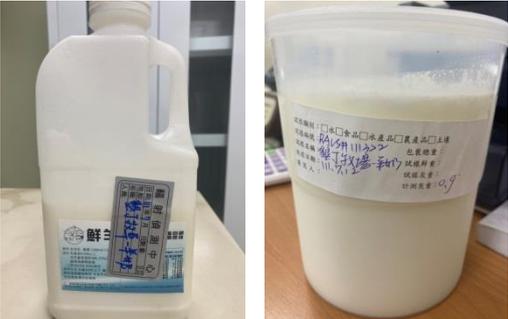
本實驗室於 111 年 7 月至核三廠採集樣本，依偵測中心事先交付「核三廠第三季委託取樣通知單」(表 4)，同時也遵循本實驗室程序書「環境試樣取樣作業程序書」(RAL-O05)安排取樣行程、工具及容器規劃，此次採集樣本紀實如表 7，包括 8 個沉積物(岸沙和土壤)、3 個海水、4 個淡水(包括地下水、山泉水及池水、排放水)、6 個生物試樣(包括海魚、相思樹、羊奶、牧草等)，共 21 項各式環境試樣。

表 7 取樣作業紀實

項次	取樣地點	取樣類別	取樣及前處理相關照片	
1	出水口右側	岸沙		
2	南灣	岸沙		
3	墾丁	岸沙		

4	雨水渠道口	岸沙	
5	白沙	岸沙	
6	恆春氣象站	地下水	
7	南灣	山泉水	
8	南灣	海水	
9	入水口	海水	

10	白沙	海水		
11	龍鑾潭	池水		
12	雨水渠道口	排放水		
13	南樹林	相思樹		
14	員工宿舍	土壤		
15	員工宿舍	牧草		

16	大光國小	土壤	
17	大光國小	牧草	
18	高山巖	土壤	
19	高山巖	牧草	
20	出水口附近	海魚	
21	墾丁牧場	羊奶	

(2).核三廠樣品前處理

本實驗室前處理流程，以遵循本實驗室的「生物試樣之前處理作業程序書」(RAL-O05 程序書)及「沉積物試樣加馬能譜分析之試樣前處理操作程序書」(RAL-O06)。以下為本次環境試樣各類樣本前處理操作流程：

- I. 岸沙、土壤:置入 105 °C 烘箱烘一天以上，並以 2 mm 篩網過篩，裝入計測皿並壓密後秤重。
- II. 海水、淡水、羊奶:定量 900 mL 後倒入馬林杯。
- III. 相思樹、葉菜類:切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。
- IV. 海魚:去除魚鱗、內臟及魚骨等不可食部位，切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。
- V. 樣本前處理完後會裝罐以固定其幾何形狀，像海水、淡水及羊奶皆以馬林杯為主、岸沙則以 4.5 cm 高計測皿、其餘樣本皆介於 0.5 cm-3 cm。利用純鍍偵檢器分析，主要分析核種為鉀-40、鈷-60、鈾-232、鈾-238、碘-131、銫-134 及銫-137 等。



圖 1 放射性分析備援實驗室完成前處理之加馬樣本

(3) 牧丹水庫樣本採樣

本實驗室於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證。本實驗室為了在總貝他分析技術上能

更趨成熟穩定，於 111 年 3 月 28 日前往屏東牡丹鄉牡丹水庫進行樣本採集以進行總貝他核種分析，如圖 2 所示。亦同時採取牡丹給水廠之淨化後自來水樣本進行總貝他核種分析，以探討經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化。(目前尚未收到牡丹給水廠處理後之自來水樣本)

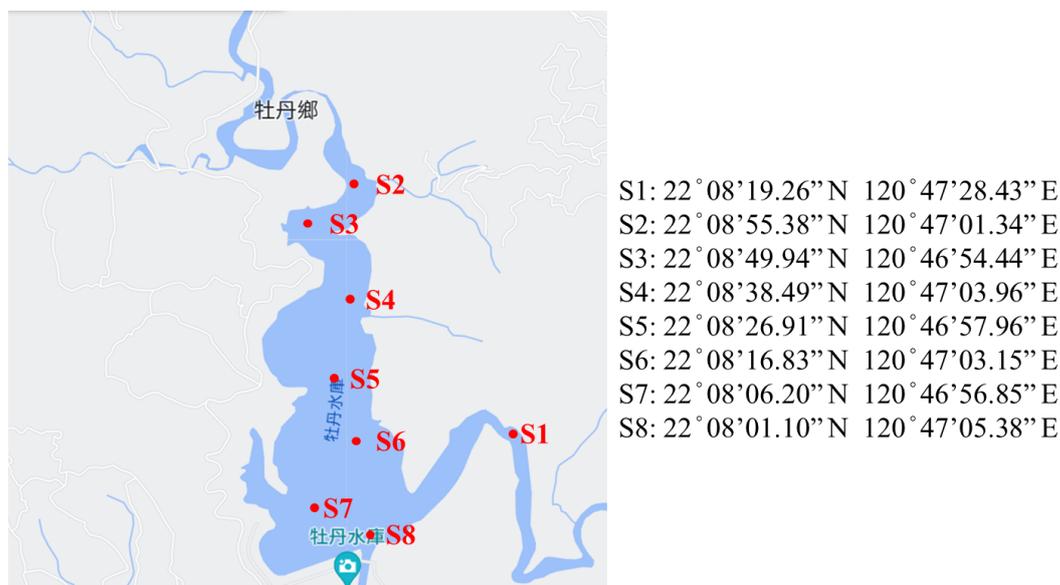


圖 2 牡丹水庫採樣點



圖 3 牡丹水庫採樣圖

(4) 牡丹水庫樣本前處理

本實驗室水樣總貝他前處理流程，以遵循本實驗室的「淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書」(RAL-O07)。以下為本次淡水總貝他前處理操作流程：

I. 以量筒量測 1 公升淡水試樣並到入 1 公升結晶皿中。

- II. 加入 1 mL 濃硝酸(目的是利用酸將結晶皿上的殘留物洗至底部)。
- III. 用加熱板加熱, 不能使試樣沸騰(防止沸騰時樣本噴灑出去造成誤差), 加熱至剩餘約 5-10 mL。
- IV. 以 1:15 硝酸溶液將剩餘液體洗入已知重量之螺紋盤並將螺紋盤放至加熱板上乾燥(溫度不要太高)。
- V. 利用本生燈高溫燒螺紋盤(將硝酸鹽轉化成氧化物), 即可上機計測。



圖 4 放射性分析備援實驗室完成前處理之總貝他樣本(牡丹水庫樣本)

三、比較實驗結果

此次比較實驗, 規劃作業流程為本實驗室取樣, 由本實驗室進行樣品前處理, 後續以偵測中心與本實驗室之加馬能譜分析系統進行樣品放射性分析, 因此以實驗設計的觀點來看, 由本實驗室進行樣品前處理, 經不同實驗室計測分析, 可檢視兩實驗室間加馬能譜分析系統(計測分析系統)之差異。本實驗室於 111 年 7 月 30 日完成第三季樣本前處理及加馬放射性核種分析, 並於 8 月 1 日將樣本送至偵測中心進行比較實驗, 彙整兩間實驗室分析結果並進行相對百分誤差分析如表 8 所示。

本實驗室同時針對牡丹水庫進行總貝他分析, 以探討牡丹水庫水樣經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化, 分析結果如表 10 所示。

四、比對結果分析討論

依表 8 內容顯示, 樣品取樣及前處理作業由本實驗室執行, 計測分

析則由本實驗室與偵測中心各別進行，分析結果可說明 2 計測實驗室加馬分析系統之差異。第三季樣本特性與其他季比較，岸沙、水樣(淡水、海水)及沉積物(土壤)屬每季例行取樣樣品，並無特別差異；相較之下生物試樣(牧草)是本季樣品特色。

本季比對結果，表 8 顯示核種 K-40 除了岸沙樣本以外，所有樣本包括海水、淡水、土壤、牧草、海魚及鮮奶等，於第一次比對後相對百分誤差均小於 20% (係參考國際原子能總署 IAEA 舉辦之能力試驗允收標準)，可見本實驗室在樣本前處理及樣本檢測分析上越趨熟練，加馬分析能力亦越趨穩定，可堪任環境試樣放射性分析專責實驗室。

岸沙樣本部分經過前幾季的比對結果並與偵測中心討論因其樣本特性較其他樣本不同，故其核種 Th-232 及 U-238 的相對百分誤差允收標準訂在 40%。

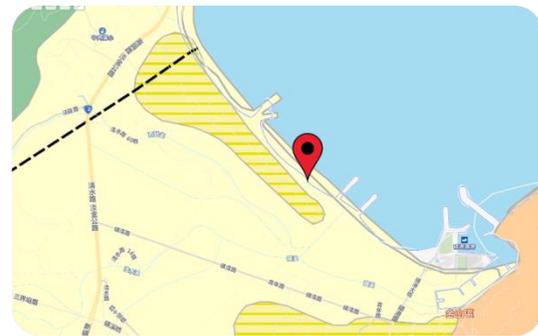
本季岸沙樣本第一次分析以 6 萬秒計測，比對結果白沙-岸沙其 K-40 核種相對百分誤差為-22.02%，其餘樣本相對百分誤差皆符合允收標準小於 20%。而核種 U-238 與核種 Th-232 的相對百分誤差則小於 40%。

而本實驗室將岸沙樣本進行第二次分析，並將計測時間延長至 9 萬秒(表 9 所示)，發現白沙-岸沙其 K-40 核種相對百分誤差降為 9.85%，且核種 U-238 與核種 Th-232 的相對百分誤差也有明顯的降低，可見岸沙樣本因其天然核種 Th-232 及 U-238 活度較低(本實驗室參考經濟部中央地質資料整合系統，查詢核二廠與核三廠的地質特性，發現核二廠岸沙屬於沖積層；核三廠岸沙屬於珊瑚礁，如圖 5 所示。有文獻指出岸沙中的天然核種的高低取決於基岩和礦物的沉積，亦取決於當地的地質和地理條件(Radenkovic et al., 2009; Papadopoulos et al., 2016; Khandaker et al., 2018)，誤差較大，故計測時間越長，越能降低兩間實驗室之誤差值，雙方實驗室經技術討論，針對核三廠岸沙屬珊瑚礁風化而來，而珊瑚礁岩本質上天然放射性活度較低，因此於該樣品計測時雙方約定先以 6 萬秒進行量測，後續比對結果或計測結果誤差過大則延長 9 萬秒為主。

考量執行核能三廠環境輻射監測主要目標是針對環境試樣與生物試樣之人工核種 I-131、Cs-134、Cs-137，從樣本 RALS#111320-出水口附近-海魚其人工核種 Cs-137 比對結果相對百分誤差為-8.33%，且活度可檢測到 0.13 Bq/kg，據此在核設施周遭人工核種環境監測之目標上本實驗室具有絕對檢測能力。



核能三廠



核能二廠

圖 5 核二廠與核三廠地質

表 8 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表
(取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)						相對百分誤差(%)					
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銻-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銻-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	26.81	28.89	2.63	<MDA	3.36	4.44	<MDA		-7.20	-	-24.32	-
南灣-岸沙	57.11	61.71	2.48	2.83	<MDA	3.73	<MDA		-7.45	-12.46	-	-
墾丁-岸沙	95.73	107.76	5.19	3.76	2.73	4.55	<MDA		-11.16	38.02	-39.96	-
雨水渠道-岸沙	37.64	39.52	3.31	<MDA	2.13	2.21	<MDA		-4.76	-	-3.76	-
白沙-岸沙	21.62	27.72	<MDA	<MDA	3.01	4.63	<MDA		-22.02	-	-35.01	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	12.35	13.44	<MDA		<MDA		<MDA		-8.11	-	-	-
入水口-海水	14.54	13.25	<MDA		<MDA		<MDA		9.74	-	-	-
白沙-海水	10.39	12.65	<MDA		<MDA		<MDA		-17.87	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	12.44	13.22	<MDA		<MDA		<MDA		-5.90	-	-	-
楠樹林-相思樹	176.94	185.70	<MDA		<MDA		<MDA		-4.72	-4.81	-19.69	-
員工宿舍-土壤	411.36	451.32	27.34	28.72	17.48	21.77	<MDA		-8.85	-0.35	-12.52	-
大光國小-土壤	376.02	371.97	27.53	27.63	19.93	22.78	<MDA		1.09	16.12	-6.76	-
高山巖-土壤	354.02	344.72	22.96	19.77	15.80	16.95	<MDA		2.70	-	-	-
員工宿舍-牧草	209.48	209.76	<MDA		<MDA		<MDA		-0.13	-	-	-
大光國小-牧草	245.54	230.91	<MDA		<MDA		<MDA		6.34	-	-	-
高山巖-牧草	236.54	217.16	<MDA		<MDA		<MDA		8.92	-	-	-
出水口附近-海魚	124.90	115.64	<MDA		<MDA		0.13	0.12	8.01	-	-	-8.33
墾丁牧場-羊奶	50.01	46.68	<MDA		<MDA		<MDA		-7.13	-	-	-

表 9 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表(第二次分析)
(取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)						相對百分誤差(%)					
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銻-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銻-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	25.40	26.09	<MDA	1.56	2.28	3.26	<MDA		-2.64	-3.85	-30.06	-
南灣-岸沙	57.11	61.71	2.48	2.83	<MDA	3.73	<MDA		-1.02	15.78	-25.70	-
墾丁-岸沙	95.73	107.76	5.19	3.76	2.73	4.55	<MDA		-10.77	14.62	-19.51	-
雨水渠道-岸沙	34.77	39.50	2.45	<MDA	2.56	2.21	<MDA		-11.97	-17.51	-15.84	-
白沙-岸沙	30.45	27.72	<MDA	<MDA	3.39	4.63	<MDA		9.85	-	-26.78	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	12.35	13.44	<MDA		<MDA		<MDA		-8.11	-	-	-
入水口-海水	14.54	13.25	<MDA		<MDA		<MDA		9.74	-	-	-
白沙-海水	10.39	12.65	<MDA		<MDA		<MDA		-17.87	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	12.44	13.22	<MDA		<MDA		<MDA		-5.90	-	-	-
楠樹林-相思樹	176.94	185.70	<MDA		<MDA		<MDA		-4.72	-4.81	-19.69	-
員工宿舍-土壤	411.36	451.32	27.34	28.72	17.48	21.77	<MDA		-8.85	-0.35	-12.52	-
大光國小-土壤	376.02	371.97	27.53	27.63	19.93	22.78	<MDA		1.09	16.12	-6.76	-
高山巖-土壤	354.02	344.72	22.96	19.77	15.80	16.95	<MDA		2.70	-	-	-
員工宿舍-牧草	209.48	209.76	<MDA		<MDA		<MDA		-0.13	-	-	-
大光國小-牧草	245.54	230.91	<MDA		<MDA		<MDA		6.34	-	-	-
高山巖-牧草	236.54	217.16	<MDA		<MDA		<MDA		8.92	-	-	-
出水口附近-海魚	124.90	115.64	<MDA		<MDA		0.13	0.12	8.01	-	-	-8.33
墾丁牧場-羊奶	50.01	46.68	<MDA		<MDA		<MDA		-7.13	-	-	-

五、牡丹水庫與牡丹給水廠之總貝他分析結果

表 10 為牡丹水庫總貝他分析結果，其活度介於 36.23 至 70.11 mBq/L 之間，遠低於管制標準 1,800 mBq/L。從支流(S1 與 S2)到牡丹水庫中間(S4~S6)，再到閘門(S8)，以上下游來看，其活度無明顯的趨勢。而本實驗室再 S8 重複採三個樣本進行前處理與分析，其平均活度為 54.64 mBq/L，標準偏差為 0.67 mBq/L，顯示本實驗於樣本前處理技術上越趨穩定。牡丹淨水廠總貝他活度平均為 67.99 mBq/L，活度比牡丹水庫之水樣無顯著差異，故去除效果不顯著。

本實驗室未來會持續於第四季規劃採集牡丹水庫及牡丹給水廠之水樣，一方面使實驗室總貝他前處理及計測技術更加穩定，另一方面則累積牡丹水庫之民生用水總貝他核種活度數據，已探討經牡丹給水廠處理後其總貝他之去除率。

表 10 牡丹水庫總貝他分析結果

樣本名稱	活度 (mBq/L)	MDA ((mBq/L))
牡丹水庫-S1	58.89±6.92	17.67
牡丹水庫-S2	70.11±7.17	17.48
牡丹水庫-S3	41.81±6.36	17.43
牡丹水庫-S4	36.23±6.21	17.49
牡丹水庫-S5	54.75±6.74	17.44
牡丹水庫-S6	67.60±7.08	17.42
牡丹水庫-S7	47.14±6.52	17.44
牡丹水庫-S8-1	55.22±6.76	17.47
牡丹水庫-S8-2	53.91±6.71	17.41
牡丹水庫-S8-3	54.81±6.74	17.46
牡丹淨水廠-1	68.60±6.88	17.70
牡丹淨水廠-2	69.23±7.22	17.74
牡丹淨水廠-3	66.14±7.08	17.54

111 年建立南部備援實驗室 之環境試樣分析備援技術

核設施第 4 季環境輻射監測取樣分析
及樣本比較實驗

分析報告書

採樣人員：黃韋翔、邱馨標、簡加睿

中華民國 111 年 11 月 16 日

一、緣起

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。國內若在境內或鄰近之境外發生類似福島電廠核電事故，將會大量湧入需要檢測的各類農、漁、畜牧等產品，以及國內環境中水樣、空氣、土壤、植物樣品，我國目前面臨放射性分析能量不足，當國內因發生複合性災害，導致輻射外釋污染時，考量南部地區專責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實驗室核三工作隊等 2 個單位，因此有必要設置核子意外事故後備實驗室，以儲備緊急應變能量；為提升或強化南部地區放射性分析能量，屏科大災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室(以下稱本實驗室)有特殊功能性，對輻射災害後續的處理及調查有相當大的效益。

本實驗室承接行政院原子能委員會輻射偵測中心(以下稱偵測中心)「建立南部備援實驗室之環境試樣分析備援技術」之計畫，本計畫的目的希冀在屏科大建立環境試樣分析備援技術，強化備援實驗室之分析檢測量能，包括環境試樣放射性分析技術增項認證、核能三廠環境試樣比較實驗作業、結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明等績效目標。

本報告係針對績效目標：「核三廠環境試樣比較實驗作業」，執行方法與執行成果之呈現。經多次與偵測中心開會討論，規劃執行方案為：參與偵測中心每季例行核能設施周圍環境輻射偵測作業，且定義此方案為：「環境輻射監測取樣及樣品比較實驗」之作業方法。此外考量本實驗室地緣關係，僅鎖定核能三廠環境監測作業，作業內容則依循偵測中心「111 年台灣地區環境輻射監測計畫書」中核三廠環境輻射監測計畫如表 1、2、3，制定環境樣品品項、取樣地點，樣品前處理與計測分析則依循本實驗室建立之環境樣品前處理與計測相關標準作業程序書，後續分析結果與輻射偵測中心進行比對，確保實驗室分析技術品質。

表1 核能三廠環境輻射監測計畫

監測類別	監測項目	監測地點(試樣種類, 取樣月別)		監測頻率
		站點數	位 置	
直接輻射	熱發光劑量計 (TLD)	18	員工宿舍、南灣分校、永港國小、墾丁牧場、鵝鑾鼻、後壁湖漁港、貓鼻頭、大光國小、水泉國小、南樹林、農試所、砂尾路、高山巖、山海國小、車城國小(廠外)、龍泉、恆春氣象站、牡丹水庫	每季
	自動監測	6	恆春氣象站、墾丁牧場、大光國小、龍泉、後壁湖漁港、滿州	連續
空浮微粒	總貝他	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場抽氣	每週
	加馬能譜	3		每季
落塵	加馬能譜	3	恆春氣象站、大光國小、墾丁牧場	每月
落塵水	加馬能譜	3	大光國小、恆春氣象站、墾丁牧場	每月
植物	氡	3	高山巖、員工宿舍、大光國小草樣	每半年 (1、7月)
	加馬能譜	3		
	氡	1	南樹林相思樹	每季
	加馬能譜	1		
水樣	總阿伐	1	牡丹淨水廠飲用水	每季
	總貝他	1		
	氡	1		
	氡	4	恆春氣象站地下水、南灣山泉水 龍鑾潭池水、雨水渠道口排放水	每季
	加馬能譜	4		
	加馬能譜	3	入水口、南灣、白沙海水	每季
	氡	1	出水口海水	每月
	加馬能譜	1		
農畜產物	加馬能譜	1	墾丁牧場羊奶	每季
	加馬能譜	2	白沙、恆春市場葉菜類	每半年 (4、10月)
	加馬能譜	1	白沙根莖類	每年 (4月)

	加馬能譜	1	白沙稻米	每年 (10月)
	加馬能譜	1	白沙雞/鴨	每年 (4月)
	加馬能譜	1	車城洋蔥	每年 (4月)
海 產 物	加馬能譜	1	出水口附近海域魚/貝類	每季
	加馬能譜	1	出水口附近海域海藻	每年 (4月)
沉 積 物	加馬能譜	3	大光國小、高山巖、員工宿舍土壤	每半年 (1、7月)
	加馬能譜	5	出水口右側、南灣、白沙、墾丁、雨水渠道口岸沙	每季

表2 環境試樣之前處理及計測方法(加馬能譜分析法)

試樣種類	前處理方法	計測試樣量	計測時間	單位	目的核種	參考核種
土壤	烘乾後篩選 2毫米以下	0.2 千克•乾重	30,000 秒	貝克/千克乾重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鈾系列、 鈾系列、 鉀-40
岸沙			30,000 秒			
海底沉積物			30,000 秒			
淤泥	直接計測	0.2 千克•乾重	30,000 秒			
草樣 指標植物	灰化	1 千克•鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
農漁產物	灰化	1 千克•鮮重	30,000 秒	貝克/千克鮮重	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
海水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58、 鈷-60、銫-137	鉀-40
		60 升	120,000 秒	毫貝克/升		
淡水	直接計測	0.9 升	60,000 秒	毫貝克/升	錳-54、鈷-58 、鈷-60、銫-137	鉀-40
鮮奶	直接計測	0.9 升	120,000 秒	貝克/升	碘-131	

表 3 環境試樣之前處理及計測方法(總貝他分析法)

試樣 種類	前處理 方法	計測 試樣量	計測方法		
			計測皿	計測時間	校正試樣
沉積物	烘乾法	1.0 克乾重	2 吋計測皿	50 分	氯化鉀
植物	灰化法	0.5 克灰重			
茶葉	灰化法	0.5 克灰重			
淡水	蒸乾法	2 升沉澱物重			
海水	硫化物共沉法	1 升沉澱物重			
生物試樣	灰化法	0.5 克灰重			
空氣	抽氣法	400 立方米			

註:1.生物試樣含甘薯、牛奶奶、稻米、雞、鴨、海產物等。

- 2.植物含草樣、指標植物(相思樹)。
- 3.落塵水蒸乾後取實際沉澱物重計測。
- 4.沉積物含土壤、岸沙、淤泥、海底沉積物等。

二、比較實驗規劃

1.比較實驗機制

本實驗室自 108 年第 2 計開始每季執行核能三廠環境取樣作業，迄今已完成 15 次，累積多年環境樣品取樣計測分析實務經驗，並制定作業程序書以遵循 ISO /IEC 17025 (2017)實驗室認證規範及執行品質保證與品質管制作業，取得 TAF 環境試樣放射性核種分析認證。藉由本實驗室與偵測中心比較實驗機制，訂立雙方共同進行核三廠環境輻射監測作業之合作模式，分析結果更可作為本實驗室樣品分析技術比對依據，初步構建之作業機制如下：

(1). 取樣作業、前處理與加馬、總貝他分析技術等作業程序書移轉

目前偵測中心技術移轉作業程序書累計共 11 份，內容包括環境試樣取樣作業程序、生物試樣、沉積物、植物、淡水及海水之前處理作業程序、水樣加馬能譜分析直接計測作業程序與總貝他前處理及分析程序書、植物及水試樣氡活度分析之前處理作業程序書、試樣鋇-90 分析及效率校正作業程序書等。本實驗室接續修訂為實驗室特有之作業程序書並歸類為品質文件符合品質管理與品質保證之要求，相關程序書標號名稱詳如表 4。而本實驗室為了將放射性分析擴展至環境領域，在偵測中心的輔導之下，於 109 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(土壤、生物試樣、乳類、空浮微粒、海水、淡水)加馬核種分析認證；亦於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證，讓本實驗室於放射性核種檢測能力更受肯定。而本實驗室於今年第一季時已建立氡及鋇 90 分析相關操作程序書，並於第二季(5 月 25 日)參與偵測中心開設的「氡及鋇 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練」，然因疫情緣故，並為符合偵測中心防疫規定，既定實

作課程延後至第三季辦理，並於9月27至9月30完成實作課程。訓練內容包含淡水樣本之氫前處理和分析，以及淡水樣本之鋇-90前處理及分析。

表4 偵測中心技術移轉

項次	偵測中心程序書編號	偵測中心程序書名稱	備援實驗室程序書編號	備援實驗室程序書名稱
1	RMC-O-002	生物試樣之前處理作業程序書環境試樣取樣作業程序	RAL-O04	生物試樣加馬能譜分析之前處理操作程序書
2	RMC-M-2	環境試樣取樣作業程序書	RAL-O05	環境試樣取樣作業程序書
3	RMC-O-001	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O06	沉積物試樣總貝他活度與加馬能譜分析之前處理操作程序書
4	RMC-O-003	淡水試樣總貝他與總阿伐分析之前處理作業程序	RAL-O07	淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書
5	RMC-O-004	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書	RAL-O11	空浮微粒試樣總貝他與加馬能譜分析之前處理操作程序書
6	RMC-O-011	水樣加馬能譜分析直接計測	RAL-O12	水樣加馬能譜分析直接計測
7	RMC-O-005	海水試樣總貝他分析前處理	RAL-O13	海水試樣總貝他分析前處理作業程序書
8	RMC-O-008	植物試樣氫活度分析之前處理操作程序書	RAL-O14	植物試樣氫活度分析之前處理作業程序書
9	RMC-O-009	水樣氫活度分析之前處理作業程序書	RAL-O15	水樣氫活度分析之前處理作業程序書
10	RMC-O-025	試樣鋇-90分析操作程序書	RAL-O16	試樣鋇-90分析作業程序書
11	RMC-O-030	鋇-90分析效率校正作業程序書	RAL-O17	鋇-90分析效率校正作業程序書

(2).委託取樣作業通知單

偵測中心依據內部「環境試樣委外取樣作業程序書(RMC-M-29)」，進行委託本實驗室執行環境試樣取樣及分析作業，由偵測中心於取樣前先行規劃取樣樣品項種類地點等，以取樣通知單形式交付本實驗室，本實驗室將依此規劃取樣設備、取樣路徑等事先準備工作，本季取樣通知單如表5。

表5 核能三廠第四季委託取樣通知單

取樣地點	樣品類別	樣品數量	採樣頻次	分析項目
出水口右側	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
恆春氣象站	地下水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
南灣	山泉水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	海水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	岸沙	1公斤	每季	加馬(雙重)
墾丁	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
入水口	海水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
雨水渠道口	排放水	2公升	每季	加馬
		0.3公升	每季	氫
	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
白沙	岸沙	0.5公斤	每季	加馬
	海水	4公升	每季	加馬(雙重)
		0.3公升	每季	氫

	稻米	3公斤	每年	加馬
	葉菜類	2公斤	每半年	加馬
南樹林	相思樹	2公斤	每季	加馬(雙重)
		0.6公斤	每季	氫(雙重)
龍鑾潭	池水	4公升	每季	加馬(雙重)
		0.6公升	每季	氫(雙重)
出水口附近海域	魚/貝	4公斤	每季	加馬
恆春市場	葉菜類	2公斤	每半年	加馬(雙重)
墾丁牧場	羊奶	2公升	每季	加馬(雙重)
	牧草	1公斤	每半年	加馬(雙重)

(3). 放射性分析備援實驗室取樣紀錄表

本實驗室於取樣作業完成後，進行樣品前處理作業，包括生物樣品乾燥灰化，沉積物(岸沙及土壤)烘乾等，各式樣品依對應程序書要求填裝至計測皿中，樣品相關重量資料記載於取樣紀錄表如表 6，隨樣品交付與偵測中心進行比較實驗作業，其中 RALS#111419-墾丁羊奶樣本因為考量羊奶的期限且前處理作業係直接裝罐計測，因此由雙方實驗室購入同一批號之羊乳，各別進行前處理裝罐計測後進行分析數據比對。

表 6 放射性分析備援實驗室取樣紀錄

樣品代碼	試樣名稱	取樣日期	取樣地點	試樣量	備註
RALS#111401	出水口右側-岸沙	111.10.04	出水口右側	0.194 kg	
RALS#111402	南灣-岸沙	111.10.04	南灣	0.203 kg	
RALS#111403	墾丁-岸沙	111.10.04	墾丁	0.200 kg	
RALS#111404	雨水渠道口-岸沙	111.10.04	雨水渠道	0.205 kg	
RALS#111405	白沙-岸沙	111.10.04	白沙	0.215 kg	
RALS#111406	恆春氣象站-地下水	111.10.05	恆春氣象站	0.9 L	
RALS#111407	南灣-山泉水	111.10.04	南灣	0.9 L	
RALS#111408	南灣-海水	111.10.04	南灣	0.9 L	
RALS#111409	入水口-海水	111.10.04	入水口	0.9 L	
RALS#111410	白沙-海水	111.10.04	白沙	0.9 L	
RALS#111411	龍鑾潭-池水	111.10.04	龍鑾潭	0.9 L	
RALS#111412	雨水渠道口-排放水	111.10.04	雨水渠道	0.9 L	
RALS#111413	楠樹林-相思樹	111.10.04	楠樹林	0.890 kg	
RALS#111414	白沙-稻米	111.10.04	白沙	2.935 kg	
RALS#111415	白沙-葉菜類	111.10.04	白沙	2.009 kg	
RALS#111416	恆春市場-葉菜類	111.10.05	恆春市場	1.857 kg	
RALS#111417	出水口附近-海魚	111.10.05	出水口附近	1.667 kg	
RALS#111418	墾丁牧場-牧草	111.10.04	墾丁牧場	1.169 kg	
RALS#111419	墾丁-羊奶	111.10.04	墾丁牧場	0.9 L	

2.實際參與核能三廠第四季取樣環境樣品取樣

本實驗室於 111 年 10 月 04 日前往屏東恆春核三廠進行第四季環境試樣的採集，依據 110 年第四季的比對結果驗證”分析計測系統才是雙方技術差異原因所在”。據此本年度由偵測中心委託本實驗室執行採樣工作，然取樣方法仍採取樣 2 份，1 份交予偵測中心作為例行監測分析依據，而另一份則由本實驗室依完整樣品前處理及計測作業流程，並將本樣本交予偵測中心計測分析，其目標為驗證雙方計測系統之差異，達每季皆可進行環境試樣放射性分析比較實驗，比對雙方的樣本計測分析能力一致性。

(1).核三廠樣本採集

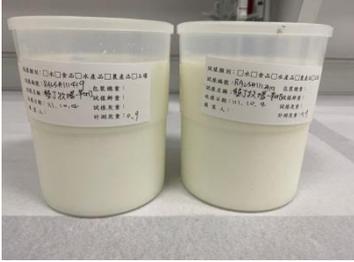
本實驗室於111年10月至核三廠採集樣本，依偵測中心事先交付「核三廠第四季委託取樣通知單」(表4)，同時也遵循本實驗室程序書「環境試樣取樣作業程序書」(RAL-O05)安排取樣行程、工具及容器規劃，此次採集樣本紀實如表7，包括5個沉積物(岸沙)、3個海水、4個淡水(包括地下水、山泉水及池水、排放水)、7個生物試樣(包括海魚、相思樹、羊奶、稻米、牧草等)，共19項各式環境試樣。

表7 取樣作業紀實

項次	取樣地點	取樣類別	取樣及前處理相關照片	
1	出水口右側	岸沙		
2	南灣	岸沙		
3	墾丁	岸沙		
4	雨水渠道口	岸沙		

5	白沙	岸沙	
6	恆春氣象站	地下水	
7	南灣	山泉水	
8	南灣	海水	
9	入水口	海水	
10	白沙	海水	

11	龍鑾潭	池水	
12	雨水渠道口	排放水	
13	南樹林	相思樹	
14	白沙	稻米	
15	白沙	葉菜類	
16	恆春市場	葉菜類	

17	出水口附近	海魚	 
18	墾丁牧場	牧草	 
19	墾丁牧場	羊奶	

(2).核三廠樣品前處理

本實驗室前處理流程，以遵循本實驗室的「生物試樣之前處理作業程序書」(RAL-O05 程序書)及「沉積物試樣加馬能譜分析之試樣前處理操作程序書」(RAL-O06)。以下為本次環境試樣各類樣本前處理操作流程：

- I. 岸沙、土壤:置入 105 °C 烘箱烘一天以上，並以 2 mm 篩網過篩，裝入計測皿並壓密後秤重。
- II. 海水、淡水、羊奶:定量 900 mL 後倒入馬林杯。
- III. 相思樹、葉菜類:切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。
- IV. 海魚:去除魚鱗、內臟及魚骨等不可食部位，切碎後裝入蒸發皿並秤樣本鮮重，置入 105 °C 烘箱烘一天以上，置入 450 °C 高溫灰化爐灰化 2 天以上，裝入計測皿並壓密後秤重。

V. 樣本前處理完後會裝罐以固定其幾何形狀，像海水、淡水及羊奶皆以馬林杯為主、岸沙則以 4.5 cm 高計測皿、其餘樣本皆介於 0.5 cm-3 cm。利用純鍍偵檢器分析，主要分析核種為鉀-40、鈷-60、鈷-232、鈾-238、碘-131、銫-134 及銫-137 等。



圖 1 放射性分析備援實驗室完成前處理之加馬樣本

(3) 牡丹水庫樣本採樣

本實驗室於 110 年 10 月通過 TAF 測試領域游離輻射環境試樣(淡水、海水、空浮微粒)總貝他分析認證。本實驗室為了在總貝他分析技術上能更趨成熟穩定，於 111 年 3 月 28 日前往屏東牡丹鄉牡丹水庫進行樣本採集以進行總貝他核種分析，如圖 2 所示。亦同時採取牡丹給水廠之淨化後自來水樣本進行總貝他核種分析，以探討經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化。(目前尚未收到牡丹給水廠處理後之自來水樣本)

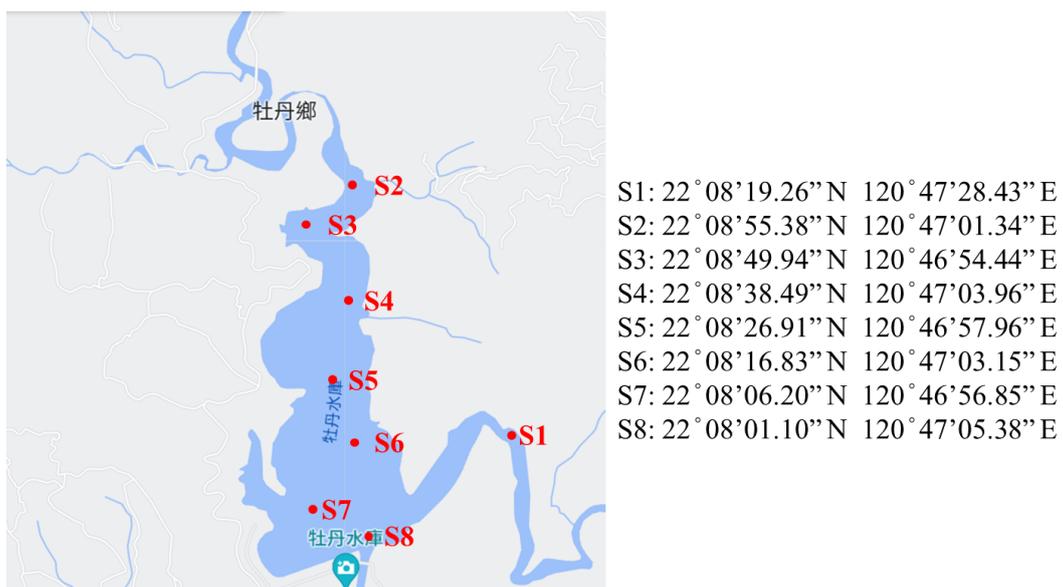


圖 2 牡丹水庫採樣點



圖 3 牡丹水庫採樣圖

(4) 牡丹水庫樣本前處理

本實驗室水樣總貝他前處理流程，以遵循本實驗室的「淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書」(RAL-O07)。以下為本次淡水總貝他前處理操作流程：

- I. 以量筒量測 1 公升淡水試樣並到入 1 公升結晶皿中。
- II. 加入 1 mL 濃硝酸(目的是利用酸將結晶皿上的殘留物洗至底部)。
- III. 用加熱板加熱，不能使試樣沸騰(防止沸騰時樣本噴灑出去造成誤差)，加熱至剩餘約 5-10 mL。
- IV. 以 1:15 硝酸溶液將剩餘液體洗入已知重量之螺紋盤並將螺紋盤放至加熱板上乾燥(溫度不要太高)。
- V. 利用本生燈高溫燒螺紋盤(將硝酸鹽轉化成氧化物)，即可上機計測。



圖 4 放射性分析備援實驗室完成前處理之總貝他樣本(牡丹水庫樣本)

三、比較實驗結果

此次比較實驗，規劃作業流程為本實驗室取樣，由本實驗室進行樣品前處理，後續以偵測中心與本實驗室之加馬能譜分析系統進行樣品放射性分析，因此以實驗設計的觀點來看，由本實驗室進行樣品前處理，經不同實驗室計測分析，可檢視兩實驗室間加馬能譜分析系統(計測分析系統)之差異。本實驗室於 111 年 10 月 26 日完成第四季樣本前處理及加馬放射性核種分析，並於 10 月 28 日將樣本送至偵測中心進行比較實驗，彙整兩間實驗室分析結果並進行相對百分誤差分析如表 8 所示。

本實驗室同時針對牡丹水庫進行總貝他分析，以探討牡丹水庫水樣經牡丹給水廠處理後之自來水其總貝他活度變化，分析結果如表 10 所示。

四、比對結果分析討論

依表 8 內容顯示，樣品取樣及前處理作業由本實驗室執行，計測分析則由本實驗室與偵測中心各別進行，分析結果可說明 2 計測實驗室加馬分析系統之差異。第四季樣本特性與其他季比較，岸沙及水樣(淡水、海水)屬每季例行取樣樣品，並無特別差異；相較之下生物試樣(葉菜、稻米)是本季樣品特色。

表 8 為第一次比對結果，核種 K-40 部分南灣-海水樣本其相對百分誤差為-20.7%，其餘的樣本相對百分誤差均小於 20% (係參考國際原子能總署 IAEA 舉辦之能力試驗允收標準)，可見本實驗室在樣本前處理及樣本檢測分析上越趨熟練，加馬分析能力亦越趨穩定，可堪任環境試樣放射性分析專責實驗室。

岸沙樣本部分經過前幾季的比對結果並與偵測中心討論因其樣本特性較其他樣本不同，故其核種 Th-232 及 U-238 的相對百分誤差允收標準訂在 40%。本季岸沙樣本第一次分析以 6 萬秒計測，其中白沙-岸沙樣本的核種 U-238 相對百分誤差為 32.58%，其餘岸沙樣本其核種 Th-232 及 U-238 的相對百分誤差甚至小於 20%。

而本實驗室將白沙-岸沙樣本及南灣-海水樣本進行第二次分析並延

長計測時間至 9 萬秒(表 9 所示)，分析結果白沙-岸沙樣本其核種 U-238 相對百分誤差降為 6.18%；而南灣-海水樣本其核種 K-40 相對百分誤差降為 4.53%。

表 8 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表
(取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)								相對百分誤差(%)			
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銫-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銫-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	35.91	32.47	3.43	3.23	3.77	3.99	<MDA		10.59	6.19	-5.51	-
南灣-岸沙	59.63	54.34	3.36	3.16	3.10	3.83	<MDA		9.74	6.33	-19.06	-
墾丁-岸沙	129.37	128.70	5.01	4.47	4.89	5.96	<MDA		0.52	12.08	-17.95	-
雨水渠道-岸沙	36.86	42.76	2.86	2.69	3.18	2.71	<MDA		-13.80	6.32	17.34	-
白沙-岸沙	24.50	24.93	2.36	1.78	3.79	3.81	<MDA		-1.72	32.58	-0.52	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	10.15	12.80	<MDA		<MDA		<MDA		-20.70	-	-	-
入水口-海水	12.26	13.25	<MDA		<MDA		<MDA		-7.47	-	-	-
白沙-海水	12.87	11.92	<MDA		<MDA		<MDA		-7.97	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	11.57	13.16	<MDA		<MDA		<MDA		-12.08	-	-	-
楠樹林-相思樹	194.21	181.92	<MDA		<MDA		<MDA		6.76	-	-	-
白沙-稻米	27.69	32.49	<MDA		<MDA		<MDA		-14.77	-	-	-
白沙-葉菜類	165.17	179.49	<MDA		<MDA		<MDA		-7.98	-	-	-
恆春市場-葉菜類	99.15	100.02	<MDA		<MDA		<MDA		-0.87	-	-	-
出水口附近-海魚	150.37	159.81	<MDA		<MDA		0.20	0.20	-4.79	-	-	0.00
墾丁牧場-牧草	230.00	235.02	<MDA		<MDA		<MDA		-2.14	-	-	-
墾丁牧場-羊奶	50.74	46.54	<MDA		<MDA		<MDA		9.02	-	-	-

表 9 偵測中心與備援實驗室加馬能譜分析系統比較表(第二次分析)
(取樣單位: 備援實驗室 計測分析單位: 備援實驗室與偵測中心)

樣品名稱	加馬能譜分析(單位:貝克/公斤)								相對百分誤差(%)			
	鉀-40		鈾-232		鈾-238		銫-137		鉀-40	鈾-232	鈾-238	銫-137
	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心	屏科大	中心				
出水口右側-岸沙	35.91	32.47	3.43	3.23	3.77	3.99	<MDA		10.59	6.19	-5.51	-
南灣-岸沙	59.63	54.34	3.36	3.16	3.10	3.83	<MDA		9.74	6.33	-19.06	-
墾丁-岸沙	129.37	128.70	5.01	4.47	4.89	5.96	<MDA		0.52	12.08	-17.95	-
雨水渠道-岸沙	36.86	42.76	2.86	2.69	3.18	2.71	<MDA		-13.80	6.32	17.34	-
白沙-岸沙	27.51	24.93	1.89	1.78	4.23	3.81	<MDA		10.35	6.18	11.02	-
恆春氣象站-地下水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-山泉水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
南灣-海水	13.38	12.80	<MDA		<MDA		<MDA		4.53	-	-	-
入水口-海水	12.26	13.25	<MDA		<MDA		<MDA		-7.47	-	-	-
白沙-海水	12.87	11.92	<MDA		<MDA		<MDA		-7.97	-	-	-
龍鑾潭-池水	<MDA		<MDA		<MDA		<MDA		-	-	-	-
雨水渠道口-排放水	11.57	13.16	<MDA		<MDA		<MDA		-12.08	-	-	-
楠樹林-相思樹	194.21	181.92	<MDA		<MDA		<MDA		6.76	-	-	-
白沙-稻米	27.69	32.49	<MDA		<MDA		<MDA		-14.77	-	-	-
白沙-葉菜類	165.17	179.49	<MDA		<MDA		<MDA		-7.98	-	-	-
恆春市場-葉菜類	99.15	100.02	<MDA		<MDA		<MDA		-0.87	-	-	-
出水口附近-海魚	150.37	159.81	<MDA		<MDA		0.20	0.20	-4.79	-	-	0.00
墾丁牧場-牧草	230.00	235.02	<MDA		<MDA		<MDA		-2.14	-	-	-
墾丁牧場-羊奶	50.74	46.54	<MDA		<MDA		<MDA		9.02	-	-	-

五、牡丹水庫與牡丹給水廠之總貝他分析結果

表 10 為牡丹水庫總貝他分析結果，其活度介於 20.16 至 62.57 mBq/L 之間，遠低於游離輻射防護商品輻射限量標準第 4 條飲用水總貝他管制標準每立方公尺 1,800 貝克。從支流(S1 與 S2)到牡丹水庫中間(S4~S6)，再到閘門(S8)，以上下游來看，其活度無明顯的趨勢，平均活度為 46.21 ± 13.69 mBq/L，與第三季(54.04 ± 10.45 mBq/L)比較其平均活度有下降。

而本實驗室再 S8 重複採三個樣本進行前處理與分析，其平均活度為 39.91 mBq/L，標準偏差為 1.33 mBq/L，顯示本實驗於樣本前處理技術上越趨穩定。而本季因尚未收到牡丹淨水廠樣本，故未呈現其數據。

本實驗室於 111 年度已執行三次牡丹水庫及牡丹給水廠之水樣採樣及總貝他分析檢測，一方面使實驗室總貝他前處理及計測技術更加穩定，另一方面則累積牡丹水庫之民生用水總貝他核種活度數據。明年將繼續執行，藉此增加本實驗室檢測經驗及累積相關數據。

表 10 牡丹水庫總貝他分析結果

樣本名稱	活度 (mBq/L)	MDA ((mBq/L))
牡丹水庫-S1	60.60 ± 6.87	17.29
牡丹水庫-S2	54.42 ± 6.69	17.27
牡丹水庫-S3	62.57 ± 6.93	17.31
牡丹水庫-S4	46.81 ± 6.47	17.27
牡丹水庫-S5	29.38 ± 5.95	17.31
牡丹水庫-S6	32.46 ± 6.05	17.32
牡丹水庫-S7	20.16 ± 5.63	17.26
牡丹水庫-S8-1	41.16 ± 6.36	17.45
牡丹水庫-S8-2	38.51 ± 6.23	17.30
牡丹水庫-S8-3	40.06 ± 6.28	17.31

附件二 放射性核種能力試驗檢討報告

111 年輻射災害放射性分析

備援實驗室建置案

放射性核種分析能力試驗檢討報告

執行單位:國立屏東科技大學

放射性分析備援實驗室

中華民國 111 年 11 月 22 日

本實驗室一方面為了符合 TAF 與 TFDA 實驗室認證單位規定，已認證實驗室須參加國內外能力試驗比對確認實驗室品質外，另一方面可驗證確認本實驗室的分析能力與儀器的準確度，據此本實驗室於本年度計畫執行目標即規劃參與 111 年國際原子能總署(IAEA)試樣比對試驗，藉此檢視本實驗室的分析能力與數據的可靠性。

● IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗

1. 樣本來源

本實驗室於 111 年 2 月 15 日報名參加 2022 年 IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗，並於 111 年 6 月 29 日收到樣本，包括四個水樣(Sample-1、Sample-2、Sample 3、Sample-QC)及兩個濾紙(Sample-5、Sample-6 BK)，如圖 1 所示。

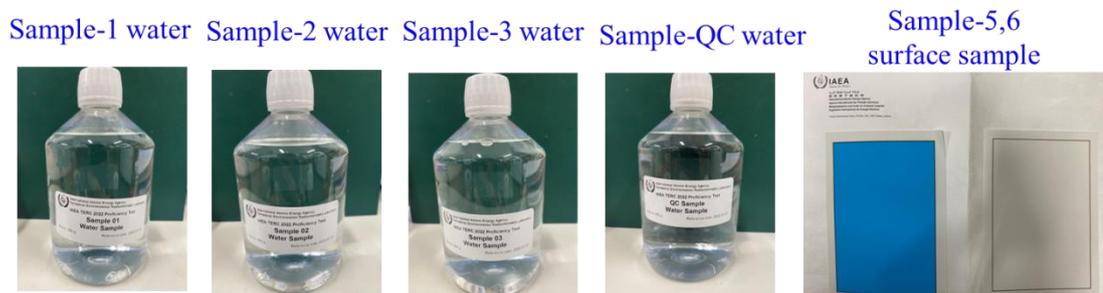


圖 1 IAEA 試驗樣品

2. 樣本前處理

(1). 加馬樣本

收到樣本時，先利用手提式蓋格計數器先確認過包裝及樣本無高活度輻射，接著進行樣本裝罐處理，Sample-1、Sample-2、Sample-3、Sample-QC 為水樣，故可直接裝罐，圖 2 為本實驗室執行 IAEA 各樣品之前處理，分裝待測水樣至加馬計測系統標準 4.5 公分計測皿之示意圖。裝樣時必須謹慎小心避免樣本污染實驗桌或環境，所有接觸過樣本的物品均須妥善處理。

濾紙部分不像往年，今年是提供一整片濾紙，要實驗室自行裁切成適合的大小進行計測，故本實驗室參考 2021 年 IAEA 提供的濾紙樣本的面積為 17.35 cm^2 ，且同時也有 2021 年 IAEA 提供濾紙樣本的已知活度，故可利用 2021 年的濾紙進行效率曲線的建立，而今年 IAEA 提供的濾紙樣本 Sample-5 則可裁切成一樣的面積 17.35 cm^2 大小，如此一來相同的幾何形狀即可直接濾紙樣本的進行計測。

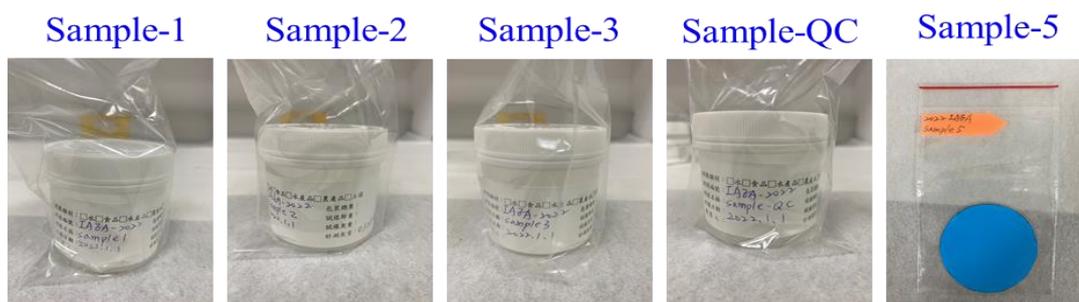


圖 2 IAEA 各樣本分裝 4.5 公分計測皿

(2). 總貝他樣本

總貝他樣本主要以水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3)為主，因 IAEA 提供的水樣僅 0.5 L，故不適合使用本實驗室 RAL-O07「淡水試樣總貝他活度與總阿伐活度分析前處理作業程序書」之前處理方法，因為此程序書的前處理方法所需樣本量為 1 L，且 IAEA 提供的水樣除了要分析總貝他核種以外，還需分析加馬核種，故無足夠的樣本量進行前處理。

故本實驗室參考輻射偵測中心之方法，在螺紋盤上包覆封口膜，並直接計測，計測得到的計數值作為背景值，取水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3) 40 mL 並裝入燒杯中，利用加熱板加熱使其蒸乾約小於 1 mL，並將蒸乾剩下的樣本利用微量分注器移至包覆好封口膜的螺紋盤上，藉此使樣本較易附著於螺紋盤上使其能平均分布，如圖 3 所示。



圖 3 水樣總貝他前處理

3. 偵檢器分析

(1). 純鍮偵檢器

本實驗室針對今年 IAEA 樣本利用純鍮偵檢器進行加馬核種分析，包括水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3、Sample-QC)及濾紙(Sample-5)。優先進行 Sample-QC 樣品的計測，因為 Sample-QC 樣本已提供其核種種類及已知活度，故可利用 Sample-QC 樣本確認實驗室儀器的準確度，並進行活度誤差值的修正。

在進行分析前會先在儀器上設定核種的資料，此次核種因為屬於盲樣，故須將所有核種全分析，每個樣本均計測 80,000 秒，並重複分析三次取平均及標準偏差。

(2). 低背景比利計數器

本實驗室同時利用低背景比例計數器進行總貝他分析，包括水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-3)。每個樣本均計測 100 分鐘，並重複分析三次取平均及標準偏差。

本次 IAEA 能力試驗總貝他的效率曲線是利用 100 μ L (0.1 mL) Sr-90+Y-90 標準射源建立，建立方法乃配製已知活度之 Sr-90+Y-90 樣本，利用微量分注器將其移至包覆好封口膜的螺紋盤上並平均分布，即可上機計測，計測得到的計數值即可推算儀器的效率值，後續待測樣本計測所得計數值則可套用此效率值並算出其活度。

4. 分析結果

(1). 加馬分析

本實驗室加馬分析結果 Sample-1 核種有 Cs-137、Cs-134 及 Co-60；Sample-2 核種為 Cs-137 及 Am-241；Sample-3 核種為 Cs-137 及 Cs-134；Sample-5 核種為 Cs-137；Sample-QC 與 Sample-6 為校正用故無需回報數據。詳細分析結果如表 1 所示。

(2). 總貝他分析

本實驗室總貝他分析結果如表 2 所示，Sample-1、Sample-2、Sample-3 等樣本其總貝他分析皆有活度。

5. 計測不確定度

(1). 加馬分析不確定度

I. 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

樣本項目	計算過程 $\frac{u(W)}{W}$
Sample-1	$\frac{u(W)}{W} = \frac{0.001}{124.4979} = 0.0008 \%$
Sample-2	$\frac{u(W)}{W} = \frac{0.001}{125.2734} = 0.0008 \%$
Sample-3	$\frac{u(W)}{W} = \frac{0.001}{125.8162} = 0.0018 \%$
Sample-5	無

II. 樣品製備總不確定度

樣本項目	計算過程 $\frac{u_c(P)}{P}$

Sample 1	$\frac{u_c(P)}{P} = \sqrt{(0.0008)^2} = 0.0008 \%$
Sample 2	$\frac{u_c(P)}{P} = \sqrt{(0.0008)^2} = 0.0008 \%$
Sample 3	$\frac{u_c(P)}{P} = \sqrt{(0.0018)^2} = 0.0008 \%$
Sample-5	無

III. 加馬儀器校正之不確定度

4.5 cm 混合射源

A. 校正點計數率的不確定度

校正點	計數值(counts)	計數時間 t_s (s)	$u(Cs)/Cs$
Y-88 (989.04 keV)	90721	20000	0.33 %

B. 效率校正曲線導出的不確定度

目標能峰(keV)	估算效率	實測效率	σ_f	σ_f/E_{ff}
391.69	0.031872	0.030986	9.29E-04	5.55 %
514.01	0.026334	0.025294		
661.66	0.021711	0.021018		
898.02	0.015876	0.016761		
1173.24	0.013132	0.013588		
1332.50	0.012070	0.012205		
1836.01	0.009318	0.009003		

C. 校正射源活度的不確定度

混合射源證書	u_a
Y-88, 99 % confidence level	1.16 %

計測效率不確定度

$$= \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} = \sqrt{(0.33)^2 + (5.55)^2 + (1.16)^2} = 5.68 \%$$

IAEA-Sample 5

A. 校正點計數率的不確定度

校正點	計數值(counts)	計數時間 t_s (s)	$u(Cs)/Cs$
Y-88 (989.04 keV)	13239	30000	0.87 %

B. 效率校正曲線導出的不確定度

因只有單點，故無需計算。

C. 校正射源活度的不確定度

混合射源證書	u_a
Cs-137, 99 % confidence level	3.75 %

計測效率不確定度

$$= \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{(0.87)^2 + (3.75)^2} = 3.85 \%$$

IV. 加馬儀器計測的誤差所導致的不確定度

樣本項目	計測誤差 (%)			
	Cs-134	Cs-137	Co-60	Am-241
Sample 1	2.00	2.20	1.94	-
Sample 2	-	4.43	-	4.15
Sample 3	1.97	2.24	-	-
Sample-5	-	1.29	-	-

V. 相對總標準的不確定度

樣本項目	核種	總不確定度計算
Sample 1	Cs-134	$\sqrt{(0.0008)^2 + (5.55)^2 + (2.00)^2} = 5.90\%$
	Cs-137	$\sqrt{(0.0008)^2 + (5.55)^2 + (2.20)^2} = 5.97\%$
	Co-60	$\sqrt{(0.0008)^2 + (5.55)^2 + (1.94)^2} = 5.90\%$
Sample 2	Cs-137	$\sqrt{(0.0008)^2 + (5.55)^2 + (4.43)^2} = 7.10\%$
	Am-241	$\sqrt{(0.0008)^2 + (5.55)^2 + (4.15)^2} = 6.93\%$
Sample 3	Cs-134	$\sqrt{(0.0008)^2 + (5.55)^2 + (1.97)^2} = 5.89\%$
	Cs-137	$\sqrt{(0.0008)^2 + (5.55)^2 + (2.24)^2} = 5.98\%$
Sample 5	Cs-137	$\sqrt{(3.85)^2 + (1.29)^2} = 4.06\%$

(2). 總貝他分析不確定度

I. 樣本製備總不確定度

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

樣本項目	計算過程 $\frac{u(W)}{W}$
------	-----------------------

Sample-1	$\frac{u(W)}{W} = \frac{0.0001}{40} = 0.00025 \%$
Sample-2	$\frac{u(W)}{W} = \frac{0.0001}{40} = 0.00025 \%$
Sample-3	$\frac{u(W)}{W} = \frac{0.0001}{40} = 0.00025 \%$

II. 儀器校正之不確定度

100 μ L (0.1mL) Sr-90+Y-90 射源

A. 校正點計數率的不確定度

校正點	計數值(counts)	計測誤差	u(Cs)/ Cs
1	2949.4750	54.31	1.84 %

B. 校正射源活度的不確定度

混合射源證書	u _a
Sr-90 confidence level	1.00 %

計測效率不確定度

$$= \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{(1.84)^2 + (1.00)^2} = 2.10 \%$$

III. 儀器計測的誤差所導致的不確定度

樣本項目	計測率 G(cpm)	背景 B(cpm)	計數時間 T(min)	$U(C_R)/C_R = \sqrt{(G+B)/t \times N/(G-B)}$
Sample-1	103.3	0.85	100	1.00
Sample-2	25.6	0.85	100	2.08
Sample-3	24.4	0.85	100	2.13

IV. 相對總標準的不確定度

樣本項目	總不確定度計算
Sample 1	$\sqrt{(0.00025)^2 + (1.00)^2 + (2.10)^2} = 2.32\%$
Sample 2	$\sqrt{(0.00025)^2 + (2.08)^2 + (2.10)^2} = 2.95\%$
Sample 3	$\sqrt{(0.00025)^2 + (2.13)^2 + (2.10)^2} = 2.99\%$

6. 上傳計測結果

本實驗室將分析的樣本活度及樣本計測不確定度整理並填入 IAEA 之網站上，於 111 年 09 月 22 號上傳數據。圖 4 為提報 IAEA 試驗結果。

表 1 IAEA-TEL-2022 加馬能力試驗分析結果

試驗名稱	分析項目	分析核種	提報活度 (Bq/kg)	組合標準不確定度 (1σ)	不確定度活度 (Bq/kg)	偵測極限 (Bq/kg)
Sample-1 (water)	加馬	Cs-134	16.66	5.90	0.98	0.43
		Cs-137	24.04	5.97	1.44	0.54
		Co-60	17.40	5.90	1.03	0.56
Sample-2 (water)	加馬	Cs-137	8.56	7.10	0.61	0.50
		Am-241	10.25	6.93	0.71	1.08
Sample-3 (water)	加馬	Cs-134	12.63	5.89	0.74	0.40
		Cs-137	22.88	5.95	1.36	0.49
Sample-5 (filter)	加馬	Cs-137	0.36 (Bq/cm ²)	4.06	0.01	0.004

表 2 IAEA-TEL-2022 總貝他能力試驗分析結果

試驗名稱	分析項目	提報活度 (Bq/kg)	組合標準不確定度 (1σ)	不確定度活度 (Bq/kg)	偵測極限 (Bq/kg)
Sample-1 (water)	總貝他	104.67	2.32	2.43	0.461
Sample-2 (water)	總貝他	25.26	2.95	0.75	0.461
Sample-3 (water)	總貝他	24.05	2.99	0.72	0.461

Sample 01

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
1	gross_beta	alpha/beta	104.67	2.43
1	Co-60	gamma	17.40	1.03
1	Cs-134	gamma	16.66	0.98
1	Cs-137	gamma	24.04	1.44

Sample 02

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
2	gross_beta	alpha/beta	25.26	0.75
2	Am-241	gamma	10.25	0.71
2	Cs-137	gamma	8.56	0.61

Sample 03

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
3	gross_beta	alpha/beta	24.05	0.72
3	Cs-134	gamma	12.63	0.74
3	Cs-137	gamma	22.88	1.36

Sample 05

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
5	Cs-137	gamma	0.36	0.01

圖 4 提報 IAEA-TEL-2022 能力試驗結果

7. IAEA 能力試驗結果

檢測結果顯示加馬分析部分 Sample-1(水樣)、Sample-2(水樣)、Sample-3(水樣)及 Sample-5(濾紙)皆為準確度及精密度皆接受。

總貝他分析部分 Sample-1(水樣)、Sample-2(水樣)及 Sample-3(水樣)皆為準確度及精密度皆接受，代表本實驗室本年度提報各試樣及分析技術皆獲得 IAEA 肯定，佐證資料如圖 5 所示。

Evaluation Result Table for Sample 1

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
1	Co-60	17.7	1.1	20 %	17.40	1.03	-1.69 %	1.1	0.27	A	8.58	A	A
1	Cs-134	15.9	1	20 %	16.66	0.98	4.78 %	1	0.76	A	8.61	A	A
1	Cs-137	24.2	1.5	20 %	24.04	1.44	-0.66 %	1.5	0.11	A	8.62	A	A

Evaluation Result Table for Sample 2

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
2	Am-241	10.1	0.6	30 %	10.25	0.71	1.49 %	0.6	0.25	A	9.13	A	A
2	Cs-137	8.36	0.5	20 %	8.56	0.61	2.39 %	0.5	0.40	A	9.30	A	A

Evaluation Result Table for Sample 3

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
3	Cs-134	12.1	0.7	20 %	12.63	0.74	4.38 %	0.7	0.76	A	8.23	A	A
3	Cs-137	22.6	1.4	20 %	22.88	1.36	1.24 %	1.4	0.20	A	8.59	A	A

Sample Code	Analyte	Robust Mean	Robust SD	Rep. Value	Rep. Unc	Z-Score	Z-Score Evaluation
1	gross_beta	124.75	29.46	104.67	2.43	0.68	A
2	gross_beta	28.94	6.35	25.26	0.75	0.58	A
3	gross_beta	27.63	6.78	24.05	0.72	0.53	A
5	Cs-137	0.332	0.048	0.36	0.01	0.58	A

圖 5 IAEA-TEL-2022 能力試驗最終結果

附件三 氙及鋇 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練報告

111 年度建立南部備援實驗室之 環境試樣分析備援技術

氙及鋇 90 核種前處理及 計測程序培訓教育訓練報告

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：109 年 01 月 01 日至

112 年 12 月 31 日

中華民國 111 年 06 月 10 日

氚及鋇 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練

時間：111 年 5 月 25 日

地點：本次訓練係採視訊方式辦理

日期	時間	課程	地點	負責人員
5 月 25 日	08：30~09：00	課程介紹	視訊會議	方鈞屹
	09：10~10：00	氚核種基本介紹		方鈞屹
	10：10~11：00	氚前處理技術		陶良榆
	11：10~12：00	氚分析計測程序說明		羅會義
	12：00~13：30	午餐時間		
	13：40~14：30	鋇 90 核種基本介紹		方鈞屹
	14：40~15：30	鋇 90 前處理技術		陶良榆
	15：40~16：30	鋇 90 計測分析程序說明		羅會義

備註：

本次訓練原本規劃實務操作，但因疫情關係尚無法執行，等疫情緩和再執行實務操作訓練。

一、前言

2011 年日本福島事故發生後，國內核能總檢辦理成果報告敘述緊急應變機制有關輻射檢測人力及設備備援能量檢討報告之結果顯示，國內若發生境內或鄰近之境外發生類似福島電廠核子事故時，將會湧入大量需要檢測的各類農、漁、畜牧等產品，以及環境中水樣、空氣、土壤、生物樣品等樣本。

南部地區專業輻射檢測實驗室僅有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，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行政院原子能委員會輻射偵測中心的委託，於 105 年至 108 年執行「輻射災害放射性分析備援實驗室建置案建置案」計畫，在本校災害防救科技研究中心轄下已完成建置『放射性分析備援實驗室』，投入放射性分析相關檢測工作。

然而於輻射災害發生時，為確保環境之輻射安全，在環境樣品檢測上，亦將面臨大量檢測量能之需求，因此本實驗室仍需擴展檢測能量至環境中水樣、空氣、土壤、植物樣品之檢測分析技術領域，並取得相關領域檢測技術認證。

本實驗室已取得財團法人國際認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)之游離輻射測試領域之食品 and 環境加馬能譜分析項目認證，更於 110 年擴展實驗室環境樣品放射性分析能力至「環境試樣水樣總貝他放射性分析」並成功取得該項目 TAF 認證，本年度持續規劃拓展本實驗室放射分析技術，建立氫及鋇 90 分析技術，執行方法係派員參與輻射偵測中心舉辦相關分析技術教育訓練及實作，並完成作業程序書。

本實驗室於 111 年 5 月 25 日參加輻射偵測中心舉辦「氫及鋇 90 核種前處理及計測程序培訓教育訓練」，訓練課程表如表 1 所示，本次訓練因疫情關係故無法執行實務操作訓練，等疫情緩和再擇日辦理實務操作訓練。

表 1 氘及銨 90 核種前處理及計測程序培訓課程表

日期	時間	課程	地點	負責人員
5 月 25 日	08:30~09:00	課程介紹	視訊會議	方鈞屹
	09:10~10:00	氘核種基本介紹		方鈞屹
	10:10~11:00	氘前處理技術		陶良榆
	11:10~12:00	氘分析計測程序說明		羅會義
	12:00~13:30	午餐時間		
	13:40~14:30	銨 90 核種基本介紹		方鈞屹
	14:40~15:30	銨 90 前處理技術		陶良榆
	15:40~16:30	銨 90 計測分析程序說明		羅會義

二、氘核種前處理及計測程序

1. 氘核種基本介紹

(1). 氘核種基本資料

天然存在的氫同位素包括氕(^1H)、氘(^2H)和氚(^3H)，單原子氫(H)是宇宙中最常見的化學物質，常態以雙原子分子(氫氣)存在，及以水分子(H_2O)存在自然界。氘(^2H ，符號為D)是穩定的同位素，無毒性。氘的水分子稱為重水，在核反應爐中，重水是一種中子減速劑和冷卻劑，亦是核融合的原料。氚(^3H ，符號為T)的原子核含有一個質子和兩個中子，具有放射性，會 β 衰變成氦-3，半衰期為 12.32 年，其放射性可用於發光顏料如夜光鐘錶等。氘的應用包括核融合反應、同位素地球化學示蹤劑、生物學實驗中用作放射性標識。由於氘的 β 衰變只會放出高速移動的電子，人體

皮膚即可有效阻擋，因此當意外攝入體內後，應當進行對於體內劑量之貢獻評估。

氚通過 β 衰變變成氦-3： ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}^+ + e^- + \bar{\nu}_e$ ，同時釋放之電子最大能量為 18.6 keV，其平均能量為 5.7 keV(1/3 最大能量)。另外，產生的 β 粒子只能穿透約 6.0 毫米的空氣，無法穿過人體皮膚。

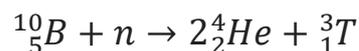
(2) 氚生成來源

自然界中的氚，源自宇宙射線和大氣發生作用 (air shower)，產生天然存在的氚，在其反應為快中子（能量大於 4.0 MeV）和大氣中的氮與氧反應，反應式為 ${}^{14}\text{N} + n \rightarrow {}^3\text{H} + {}^{12}\text{C}$ 、 ${}^{16}\text{O} + n \rightarrow {}^3\text{H} + {}^{14}\text{N}$ 。

氚最常見的生產方式就是透過核子反應，對鋰-6 進行中子活化。在陶瓷中由鋰裂變產生氚和氦，並發生釋放和擴散。對於聚變能反應爐的應用，例如國際熱核融合實驗反應爐，由含鋰陶瓷 (Li_2TiO_3 和 Li_4SiO_4) 於滋生器內進行氚繁殖：



壓水式反應器於日常反應功率控制單元中除控制棒外，對應加入硼酸液輔助反應度控制，如圖 1 所示，對應硼酸與中子反應式：



重水式反應器中中子緩速劑採氘(重水)，因其具有相當小的中子吸收截面，然而在重水在反應堆里，仍會發生氘核俘獲中子作用，進而產生氚，如圖 2 所示。

輕水式反應器中，氙是鈾-235、鈾-239、鈾-233 等可分裂和燃料經核分裂時罕見的產物，約 10,000 次分裂才會產生一個氙原子，如圖 3 所示。反應式如下：

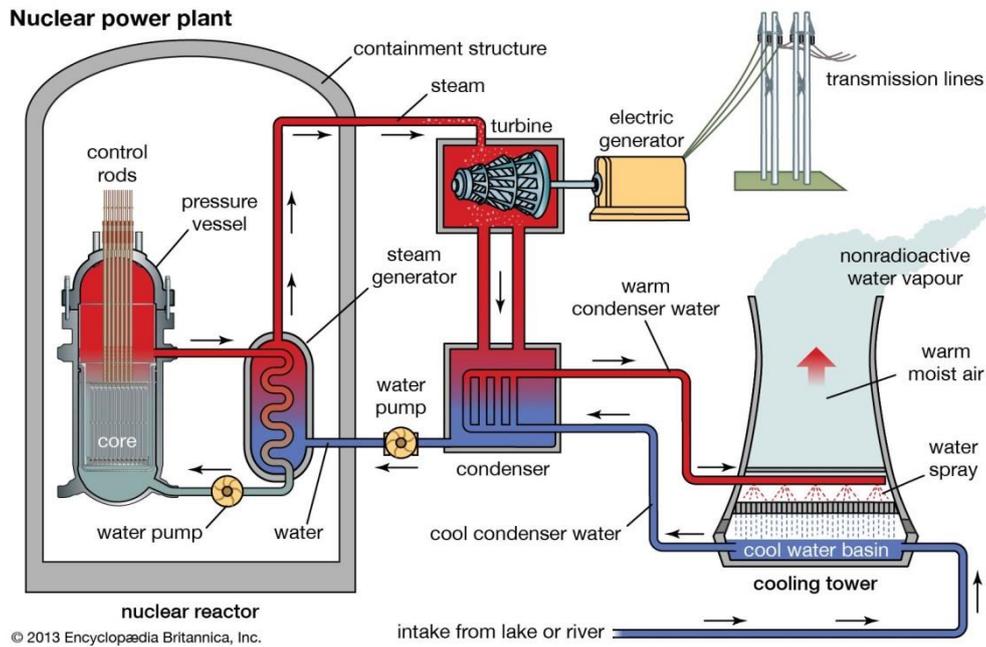
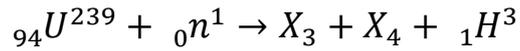
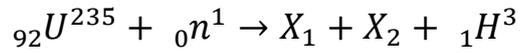


圖 1 壓水式反應器

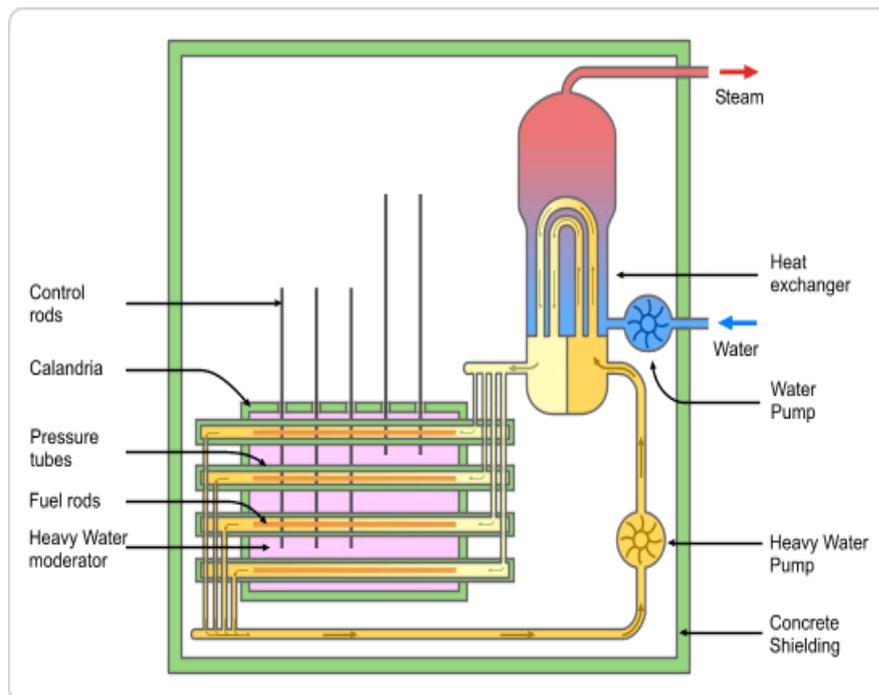


圖 2 重水式反應器

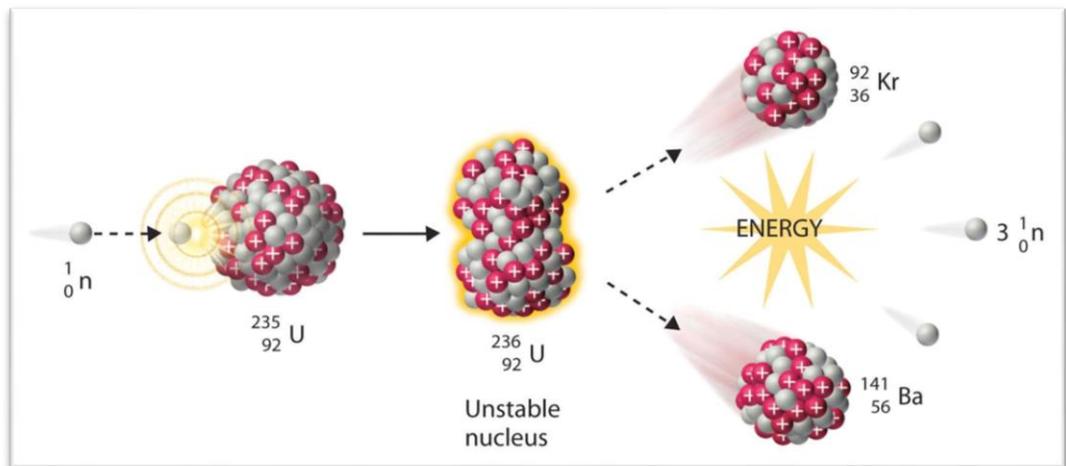


圖 3 核裂變

(3) 氚於生物圈循環

環境中氚存在的形式包括以下幾種：

1. Tritiated water(超重水): 屬環境中最大比例，由 HT 氣體氧化而來，與純水差異在於蒸發、冷凝或凝固物理性質。
2. Gaseous tritium(氣態氚): 由於生產能源的核聚反應，氣態氚釋放到空氣屬微量，但其氧化過程的結果，轉化為含氚水進入水循環。
3. Organically Bound Tritium, OBT(有機結合氚): 氚於在生命物質的合成過程結合到各種有機化合物中。這些有機化合物根據其特定的化學性質分佈。氚在這些化合物中的穩定性取決於氚和有機分子之間的鍵的性質以及有機分子與不同生物組織的親和力。
4. Tissue Free Water Tritium, TFWT(非組織結合自由態氚): 當細胞內之氧、硫或氮結合的氫原子被氚取代時，此類型生物分子結合狀態並與細胞內細胞質液處於平衡狀態。

氚在生物圈的循環如圖 4 所示，氚主要來自於宇宙射線及太陽風之高能粒子與大氣作用、核能電廠液態氚排放或氣態氚的大

氣擴散，後經降雨或下雪而沉降至地面或水體進入自然界中，而人類或動物經由飲食、喝水或直接接觸而累積在身體中，而人體又藉由排泄回到環境中繼續循環。而氫於植物及動物界循環途徑亦是相同的原理，如圖 5 所示。

在生物基質中，大陸環境中的總氫濃度為 1.5 至 2.5 Bq/kg，自由形式和結合形式的比例不同。在海洋環境中，一般小於 2 Bq/kg。例如，地中海貽貝中的氫含量小於 0.5 Bq/kg。



圖 4 氫於生物圈循環途徑

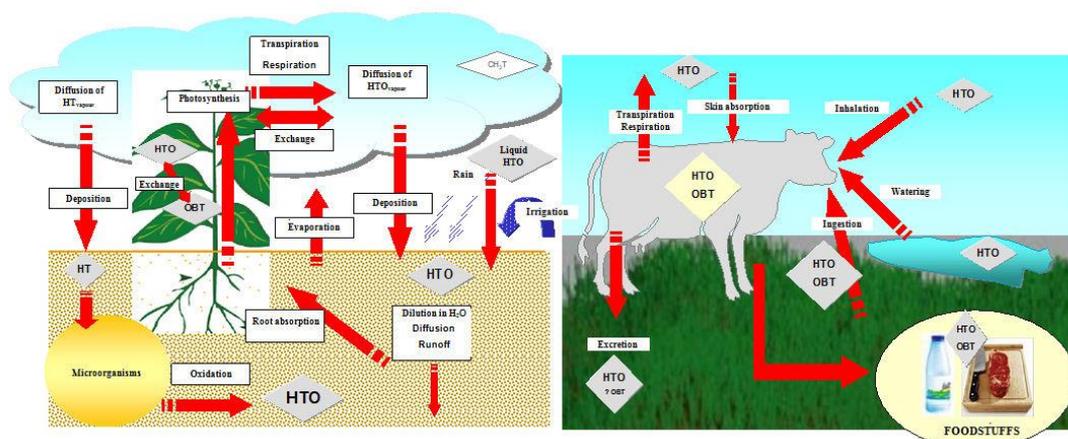


圖 5 氫於植物及動物界循環途徑

在生物基質中，大陸環境中的總氫濃度為 1.5 至 2.5 Bq/kg，

自由形式和結合形式的比例不同。在海洋環境中，氚濃度一般小於 2 Bq/kg，例如，地中海貽貝中的濕量小於 0.5 Bq/kg。

(4) 氚生物圈效應

對於人體組織，氚的貝它粒子無法穿透皮膚，並停留在人體之外。基於此理由，氚發射的貝他粒子，只有在大量的氚經呼吸、及攝入氚水，才會被考慮有危害。氚在人體內大致會表現得跟普通水一樣，在人體的水中相同地被分佈著，亦被以水一樣的相同方式排出，如同以尿與汗一樣。

氚不會有化學毒性效應，它對於人的危害只有來自發射游離輻射(貝他粒子)。該輻射曝露只有會使人在生命期稍微增加致癌的機率。然而，了解個人的癌症風險是由許多因素所影響是重要的，這包括遺傳(由你的父母、祖父母傳遞下來)、生活方式、吸菸及環境因素，而輻射只是其中之一。在美國，個人的輻射曝露主要來自醫用過程與天然背景輻射。因此，人總是曝露在輻射中，而我們的身體細胞在因輻射造成的傷害時，會有修復的機制。尚且，雖然已被認定高劑量游離輻射的曝露能引起癌症，但對於較低劑量之背景輻射，其致癌之低限劑量值存在形式，目前仍未有明確定義。

氚會經由吸入、吸收和攝取進入人體，有百分之 94~95% 為 HTO，而大約 10 天的生物半衰期分解成尿液、糞便、氣體等；而約 5~6% 與有機質結合成 OBT，其生物半衰期短則 40 天、長則約 1 年，如圖 5 所示。

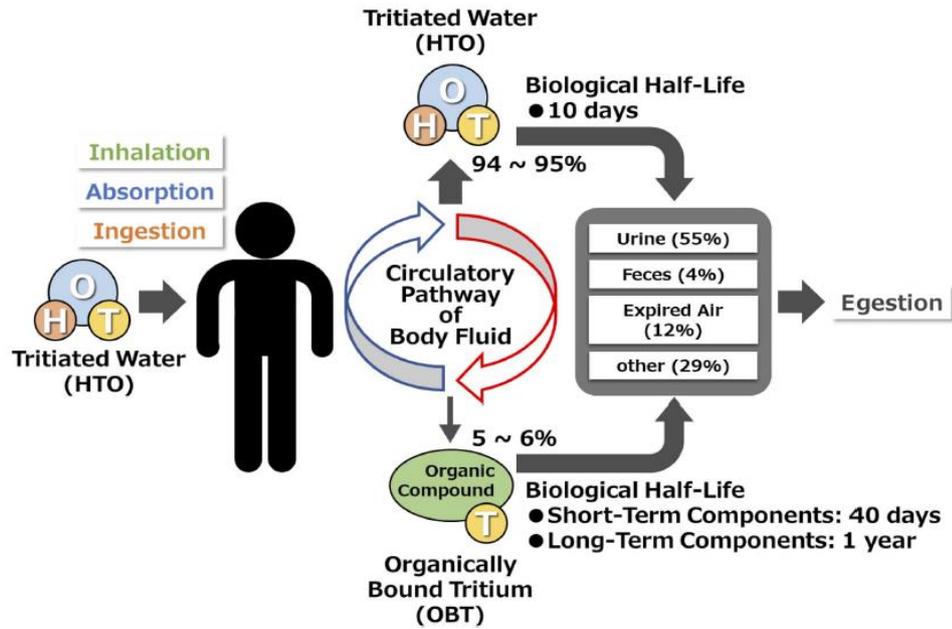


圖 5 氚在人體內的代謝

2. 氚前處理技術

現行水樣氚的前處理方法包括加熱蒸餾純化法(利用蒸餾水樣品純化)和電解濃縮法(利用 H_2O 及 HTO 的電位不同來濃縮樣品)。以下為氚的前處理流程:

(1). 藥品及設備

藥品包括高錳酸鉀(試藥級)、過氧化鈉(試藥級)及液體閃爍劑(Perkin Elmer Ultima Gold LLT)。

設備則包括電子天平、500 毫升圓底蒸餾瓶、耐熱手套、20 毫升聚乙烯計測瓶、蒸餾裝置(含加熱包及冷凝循環)、濾紙、漏斗和漏斗架。

(2). 加熱蒸餾純化法

- A. 氧化:加入 0.1 克過氧化鈉及 0.2~0.3 克高錳酸鉀至圓底蒸餾瓶, 取 250 ml 水樣加入, 搖晃均勻並使試藥溶解。
- B. 蒸餾:加熱蒸餾, 捨棄初始餾出液(5~10 ml), 控制溫度, 避免突沸現象, 如圖 6 所示。
- C. 計測:取 10 ml 蒸餾液至計測瓶 並加入 10 ml 液體閃爍劑, 搖晃均勻。



圖 6 加熱蒸餾純化法

(3). 直接過濾法

- A. 方法:將水樣以濾紙過濾,取 10 毫升濾液於 20 毫升塑膠瓶中,再加入 10 毫升液體閃爍劑,混和均勻後以低背景液體閃爍計數器計測,如圖 7 所示。
- B. 優點:節能、方便操作、縮短樣品前處理時間及減少廢液。
- C. 缺點:MDA 相對較高,高鹽度樣品將導致液體閃爍劑分析值偏高。

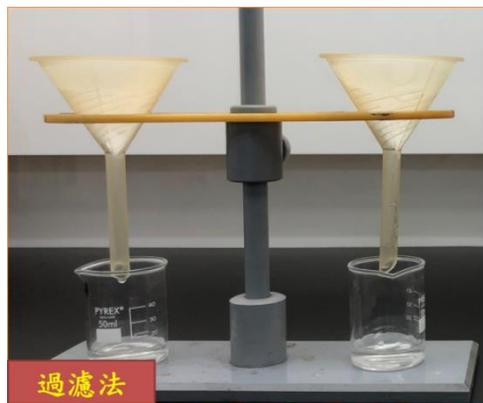


圖 7 直接過濾法

3. 生物試樣中氫的前處理

冷凍乾燥法:

利用試樣中的水份在高真空及低溫的環境中,可以由固態的冰昇華成氣態的水蒸氣,再使水蒸氣冷凝成液態水,藉此收集凝結下

的水樣，如圖 8 所示。

步驟：

- (1). 稱取約 300 公克樣品，切成適中大小，置於冷凍乾燥專用玻璃瓶。
- (2). 進行冷凍乾燥至抽取足夠之水樣。
- (3). 關閉冷凍乾燥機並收集解凍後之水樣。
- (4). 接續進行水樣氚之前處理。



圖 8 生物試樣冷凍乾燥

4. 水中氚分析計測程序說明

(1) 儀器與原理

液體閃爍計數器之工作原理是閃爍體的閃爍體分子吸收樣品中氚衰變所發散輻射能量轉變為激發態，當閃爍體分子再回到基態時，將能量以螢光型態發出。螢光被光電倍增管（PMT）接收轉換為光電子，再經倍增放大，在 PMT 最終陽極板上收集，以脈衝信號形式輸送計測。圖 9 為液體閃爍體測量原理，圖 10 則為液體閃爍計數系統。

液體閃爍體測量原理

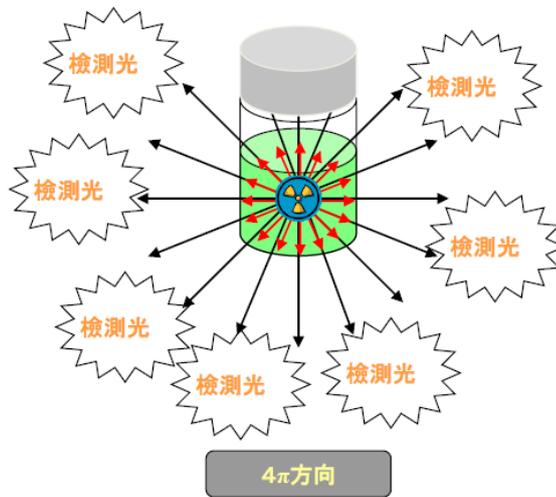


圖 9 液體閃爍體測量原理

液體閃爍計數系統

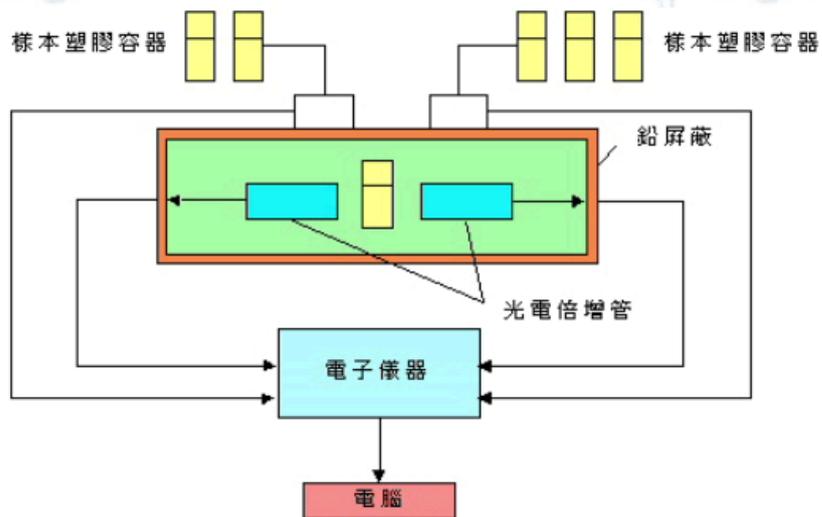


圖 10 液體閃爍計數系統

(2) 儀器品管

品管項目包括背景值、效率值、卡方值、 E^2/B 共 4 項，並以原廠配置的品管校正射源為標準品。其中卡方值的定義是

Chi-square(X^2)，表示觀察值與理論值之間的偏離程度，卡方值計算公式如下：

$$X^2 = \sum \frac{(A - E)^2}{E} = \sum_{i=1}^k \frac{(A_i - E)^2}{E}$$

其中 A_i :計測 20 次的每一次計測值； E :計測 20 次的平均值； i :1, 2, 3, . . . , k ； k :20。以統計學「卡方分配臨界值表」得知，量測 20 次在 99%信賴水準下的卡方值 (X^2) 範圍為 7.63~36.19。

背景值的建立與效率曲線的建立很重要，必須完成此兩項工作才可量測試樣。背景值試利用 10 毫升的純水及 10 毫升的閃爍劑進行 10 次 50 分計測，得到背景值(cpm 及 dpm)、背景不確定度、背景 tSIE 值、背景效率值及 MDA 值等。而效率曲線則利用不同濃度的射源氙及純水配置，水加越多消光程度越高。建立完效率曲線後須進行反分析以確認所建立的效率曲線的正確性。

液體閃爍計數器的活度計算公式如下：

$$A = \frac{\left(\frac{N}{E}\right) - B}{60 \times V}$$

其中 A :試樣活度(Bq/L)； N :試樣平均計數率(cpm)； E :試樣效率值； B :背景活度(dpm)； V :試樣的計測體積(0.01 L)。

MDA(最低可測活度)計算公式如下：

$$MDA = \frac{(3 + 4.65\sqrt{(B \times T)})}{T \times E \times V \times 60}$$

其中 B :背景計數率(cpm)； T :計測時間(500 分鐘)； E :計測效率； V :樣本體積(0.01 L)。

三、銫 90 核種前處理及計測程序

1. 銫 90 核種基本介紹

(1). 銫 90 核種基本資料

天然的銫是四種同位素的混合物： ^{84}Sr 、 ^{86}Sr 、 ^{87}Sr 和 ^{88}Sr 。原子序數是 38，屬於周期表的 2A 族，是一種銀白色有光澤的鹼土金屬。銫-90 是銫元素中具放射性的同位素，半衰期為 29.1 年，外觀為有光澤的銀色金屬，但與空氣接觸後迅速氧化為黃色，其衰變以貝他衰變方式，衰變後形成釷-90，其衰變能量最大值為 545.9 keV，衰變能量平均能量為 195.7 keV。

銫-90 衰變成釷-90 的反應是接近完美的典型貝他衰變，其中產生的伽瑪衰變可忽略不計，其衰變母核與子核關係如圖 11 所示。通常放射性元素的第一次核衰變時間會較短，且放出的輻射能量較高，接近最後或倒數第二次衰變的核分裂產物放出的輻射能量通常較小，銫-90 是少數的例外之一，擁有較長的半衰期，但放出的 β 輻射能量仍頗高。

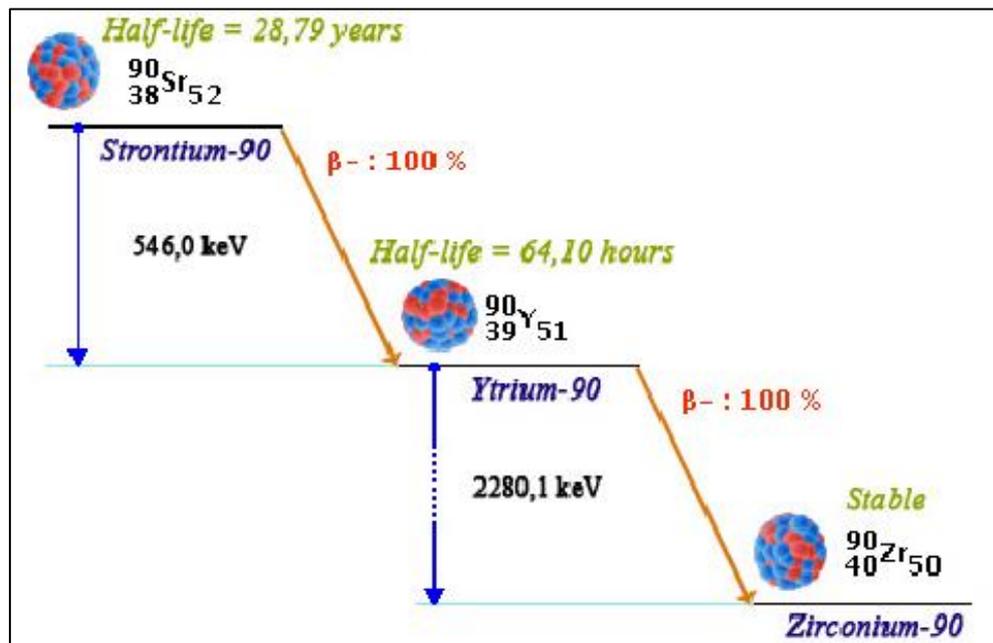
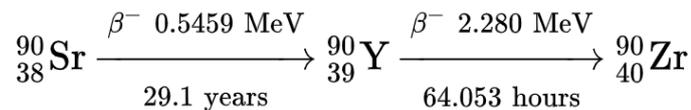


圖 11 銫-90 衰變

(2). 鋇 90 核種來源

自然界中鋇 90 核種來源主要是核武器核爆試驗所產生，從西元 1945-1962 年的大氣核武試驗，至西元 1962-1997 年的地底核武試驗，如圖 12 所示。有研究指出鈾-137 與鋇 90 有顯著的正相關，意味著只要樣本中測到鈾-137 核種，另考量鈾 137 若超過特定濃度之條件下，其樣品中存在鋇 90 核種的機率將大為增加，如圖 13 所示。此外，核能電廠事故(如車諾比及福島核事故)亦為自然界鋇 90 核種的來源，其主要原因為核分裂過程中，其分裂產物比例中鋇 90 占一定比例，，如圖 14 所示。

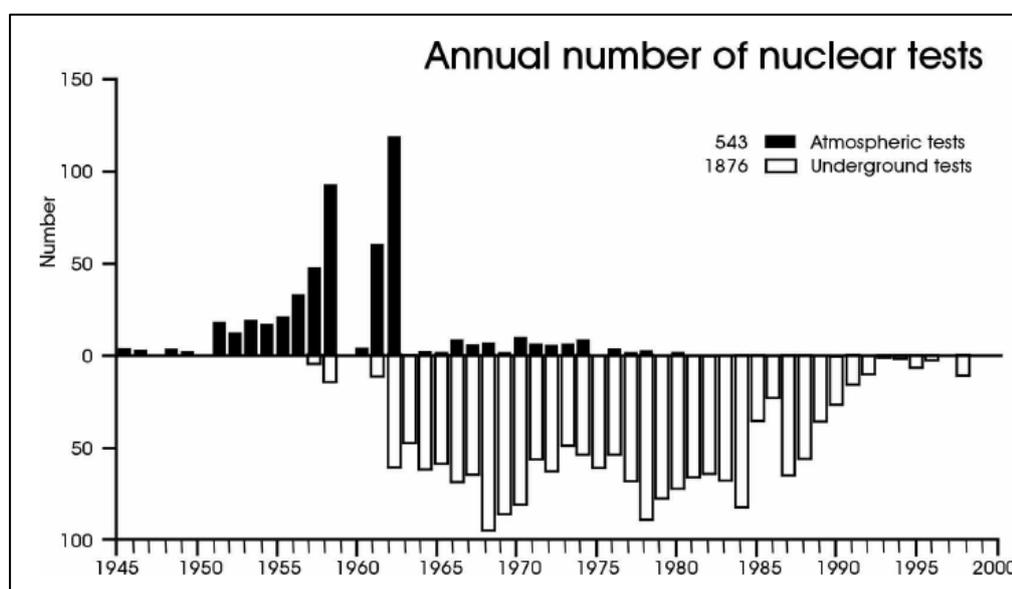


圖 12 年核試驗次數

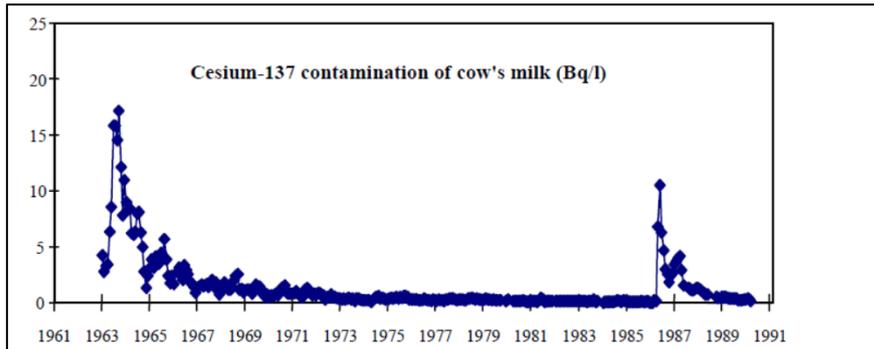


Figure 3. The cesium-137 contamination of milk from a farm in Dessel. For comparison, the potassium-40 content of milk is about 45 Bq/l.

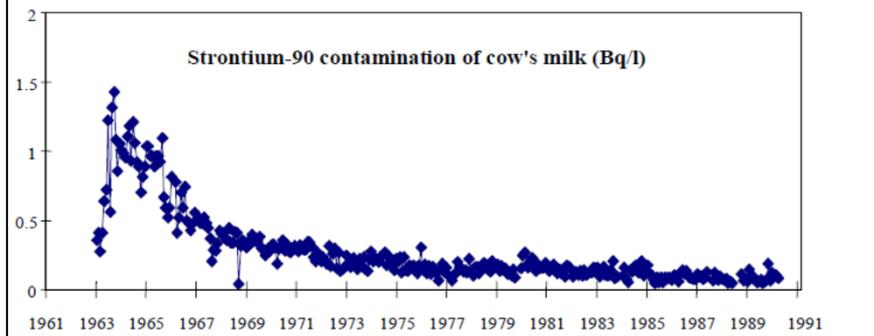


Figure 4. The strontium-90 contamination of milk from a farm in Dessel

圖 13 牛奶中銫-137 與銻 90 的活度

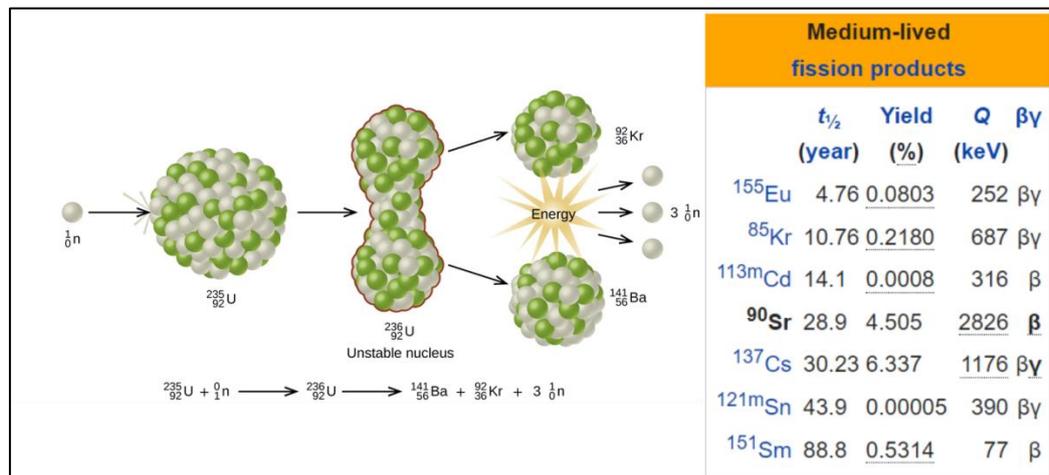


圖 14 鈾-235 核衰變產物

(3). 銻 90 核種生物效應

銻-90 是一種驅骨物核種，一般經由受污染的食物與水源進入人體，其中約 70%-80% 可被人體經排泄作用移除，剩餘部分幾乎皆儲存在骨骼中，如圖 15 所示。由圖中可以看到不溶解穩定的

銻和不溶解的銻 90 一般都存在於土壤和底泥中；相反的溶解性的銻和銻 90 則會經由動物或植物吸收而傳輸到生物體中，並累積在生物體的骨骼中。

經文獻回顧，世界衛生組織(WHO)長年進行幼兒牙齒調查中，累積十萬顆牙齒的分析表示，1963 年後出生的兒童的乳齒中銻 90 的含量較 1963 年前出生者高出 50 倍，這項數據說服了美國總統甘迺迪與英國和蘇聯簽署《部分禁止核試驗條約》，該條約中止了許多可能造成排放放射性落塵、污染環境進入生物圈之核試驗。

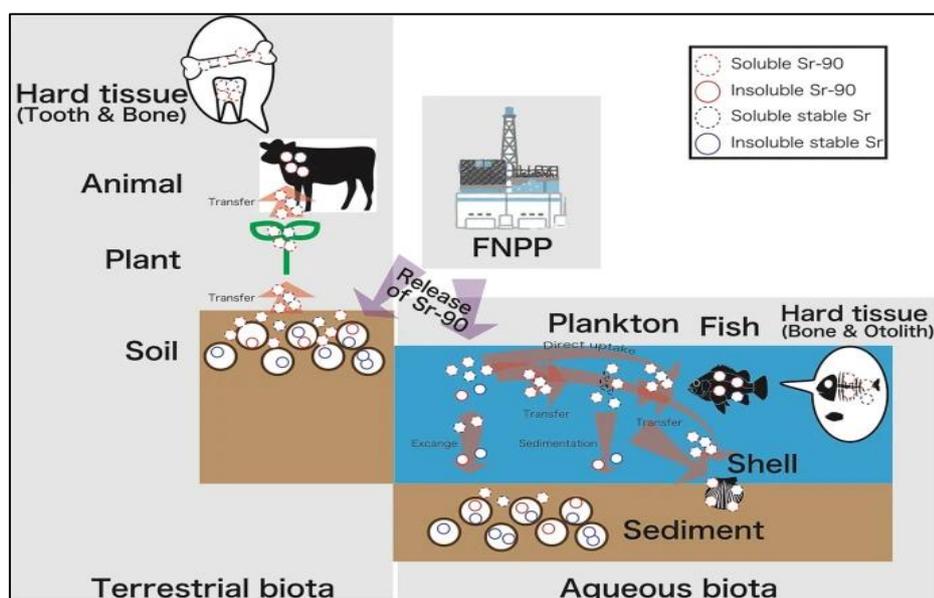


圖 15 不同型態的銻 90

2. 銻 90 前處理技術

(1). 銻 90 分析方法介紹

樣品預處理主要目的是去除干擾物質，方法為乾或濕式硝化及共沉澱等初步濃縮方法。放射性銻化學分離及純化主要包括沉澱分離、液相萃取及固相萃取，如以下所示；

A. 放射性銻化學分離純化-沉澱分離法(發煙硝酸及濃硝酸法)

此方法的目的是主要是去除樣品中的鈣，其優點是穩定且適用性廣，但缺點則是步驟多、操作時間長及高腐蝕性，其中濃

硝酸法穩定性較差。

B. 放射性鋇化學分離純化-液相萃取法

液相萃取法分為兩中溶劑萃取，一個是利用有機溶劑萃取(將樣品加入離子螯合或配對萃取劑與待測離子形成穩定錯合物(具疏水性)，溶於有機相)，另一個是冠醚類(環狀乙醚)萃取法(經疏水性基修飾的冠醚分子，使冠醚配合物易進入有機相，提高了金屬離子的萃取率。冠醚類化合物以DC18C6(dicyclohexano-18-crown-6)最能有效的抓住鋇)。

C. 放射性鋇化學分離純化-固相萃取法

是利用陽離子交換樹脂(Dowex-50、Amberlite IR-120、Zeokarb 225)或經修飾化之冠醚吸附鋇及鉍，再利用不同溶劑脫附後收集沖提液。

而計測也分為直接計測法及間接計測法，如以下所示：

1. 直接測定法

將分離純化後的放射性鋇製備計測樣品或添加液體閃爍液進行貝他放射性計測。

2. 間接測定法

將分離純化後的放射性鋇放置 14 天以上，子核釷-90 與母核鋇 90 達到放射平衡後，再進行貝他放射性活度計測。

常用的計測儀器包括契忍可夫偵檢器、低背景比例計數器或閃爍計數器。

3.偵測中心鋇 90 前處理流程介紹

圖 16 為樣品中鋇 90 分離純化方法，詳細步驟如下所示。

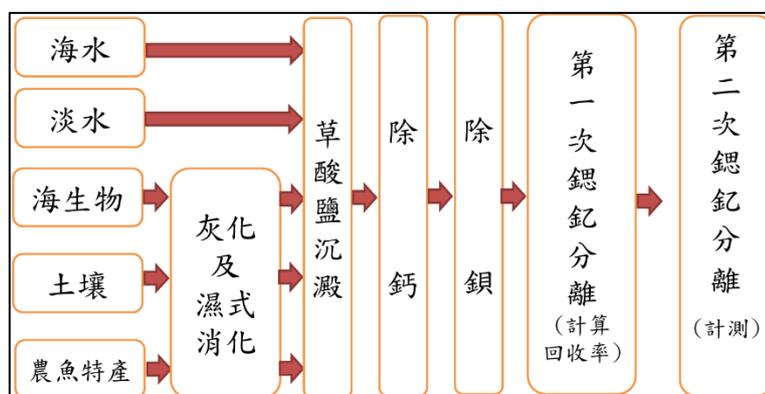


圖 16 鋇 90 分離純化圖

1. 灰化及濕式消化:其中海生物、土壤及農漁特產需先經過灰化及濕式消化，其主要目的是灰化可將樣品去除有機物質及大幅濃縮樣品體積；濕式消化可使固體之樣品轉變成液體型態(依樣品性質選擇適當的酸進行消化)，並將消化後的樣品液過濾並收集濾液，以利後續分析，如圖 17 所示。



圖 17 樣品濕式消化

2. 草酸鹽沉澱:其目的是利用草酸根離子於 pH 值 4.2 時易與IIA 族(鈣、鋇、鋇及鐳)元素生成草酸鹽，並沉澱下來的特性，收集此沉澱並加以純化之(視樣品性質加入草酸及鈣載體調整 pH 值至 4.2 後靜置隔

夜)，如圖 18 所示。



圖 18 草酸沉澱

3. **除鈣(發煙硝酸法)**:主要目的是利用鈣離子易溶於濃度較高的硝酸中而被除去的特性，樣品溶解後再加入發煙硝酸，反覆操作直到樣品中的鈣除乾淨。執行此實驗需戴雙層手套，且樣品液加入發煙硝酸後會發生強放熱反應,需於冰浴中進行，如圖 19 所示。



圖 19 除鈣-發煙硝酸法

4. **除鋇(鉻酸鹽法)**:主要目的是利用鋇離子在適當環境下易與鉻酸根離子生成鉻酸鋇沉澱的特性來除去樣品中的鋇，如圖 20 所示。

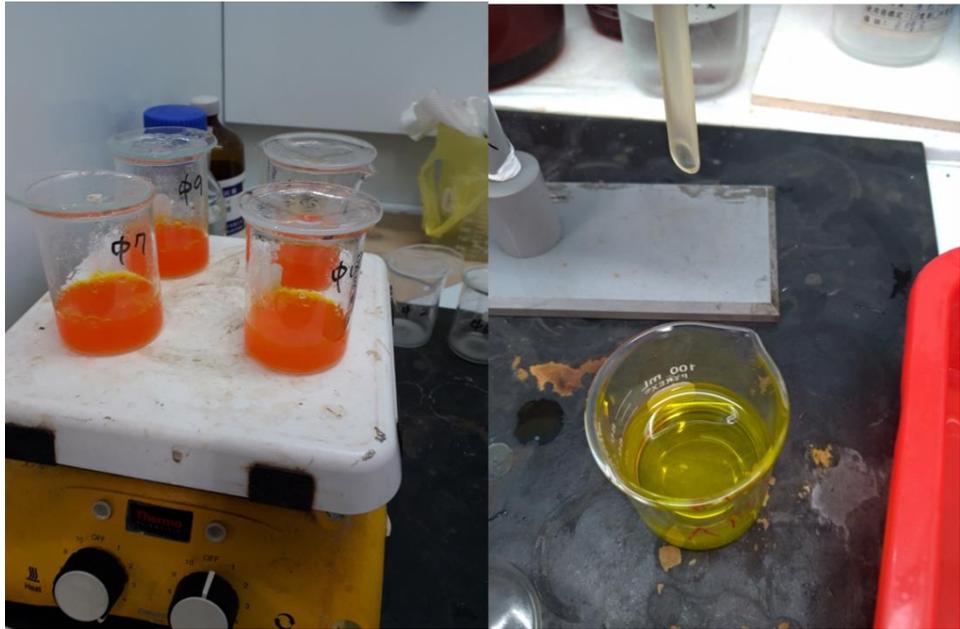


圖 20 除銀(鉻酸鹽法)

5. **第一次鋇鈾分離:**主要目的是將樣品中的鋇以碳酸鹽方式沉澱下來，且與樣品中既存的鈾分離開來(記錄此時間 t_1)，秤取碳酸鋇的重量，計算回收率後靜置等待 14 天，如圖 21 所示。



圖 21 第一次鋇鈾分離

6. **第二次鋇鈾分離:**再次將樣品中的鋇與鈾分離開來(記錄此時間 t_2)，收集氫氧化鈾沉澱物，以低背景比例計數器計測。

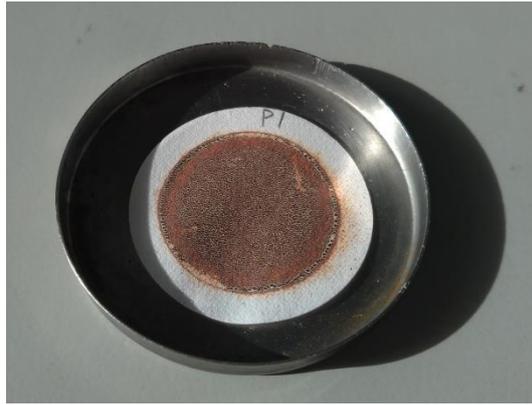


圖 22 氫氧化鈮沉澱物

4. 鐳 90 計測分析程序說明

(1). 儀器與原理

輻射與比例計數器內的氣體(P-10 混合氣體：10% 甲烷、90% 氫氣混合)作用產生電子—離子對，此種游離稱為初次游離。初次游離電子被高壓加速，加速的電子具有足夠的動能，使其他未游離的氣體亦因碰撞而游離稱為二次游離（氣體增值）。此時離子對的數目會急劇增加，脈衝信號亦隨著升高，脈衝高度正比於初次游離離子對的數目，脈衝信號由計數器計讀後輸出。

如果入射的輻射強度維持不變，每次游離所收集到的離子對數目（亦即測到的訊號大小）與所加電壓或電場強度的關係，稱為充氣式比例計數器之特性曲線，如圖 23 所示。

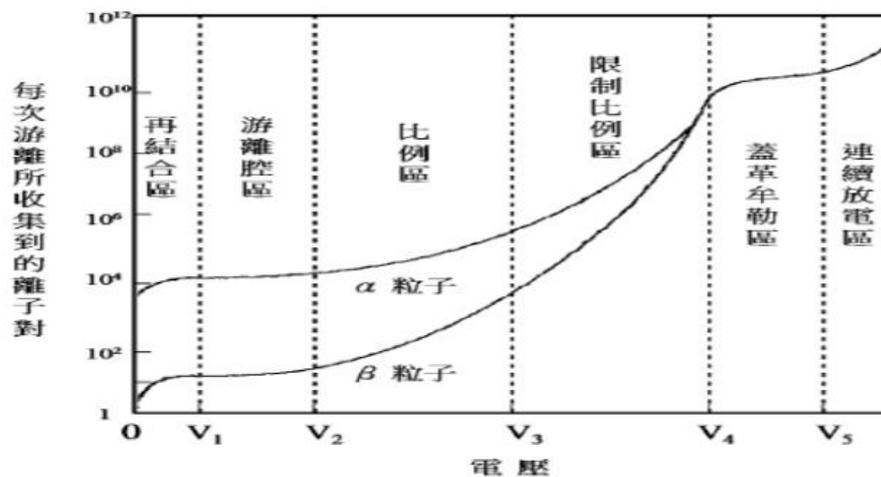


圖 23 充氣式比例計數器之特性曲線

(2). 儀器使用注意事項

P-10 氣體鋼瓶出氣口的壓力調節閥，不可調整超過 9 psi。計測托盤上之樣品高度不可超過計測托盤(尤其是濾紙)。每週須定期執行品管。

(3). 品管

品管項目包括背景值、效率值、卡方值共 3 項，背景值以螺紋空盤計測；效率值和卡方值則以 Sr-90 射源計測。其中卡方值的定義是 Chi-square(X^2)，表示觀察值與理論值之間的偏離程度，卡方值計算公式如下：

$$X^2 = \sum \frac{(A - E)^2}{E} = \sum_{i=1}^k \frac{(A_i - E)^2}{E}$$

其中 A_i :計測 20 次的每一次計測值；E:計測 20 次的平均值；i:1, 2, 3, . . . , k；k:20。以統計學「卡方分配臨界值表」得知，量測 20 次在 99%信賴水準下的卡方值 (X^2) 範圍為 7.63~36.19。

螺紋空盤背景值是放入螺紋空盤至比例計數器中計測 50 分鐘×20 次取其平均值，此平均值做為螺紋空盤的計測背景值；鋇 90 濾紙的背景值是將鋇 90 濾紙置入螺紋空盤並以比例計數器計測 100 分鐘×20 次取其平均值，此平均值做為抽氣濾紙的計測背景值。

效率曲線的建立比例計數器的效率曲線是利用 0.1 g-1.0 g 的 KCL，不同重量的 KCL(須磨成粉末，越細越好)裝入螺紋盤中並均勻鋪散，以比例計數器計測 100 分鐘×3 次取其平均值。1 g KCL=877 dpm，效率計算公式： $EFF (\%) = \frac{(cpm - BG)}{dpm} \times 100\%$ 。



圖 24 不同重量 KCl 之螺紋盤及低背景比例計數器效率曲線

(4). 計算公式

空浮微粒(抽氣)計算(活度單位:毫貝克/立方公尺):

$$\text{公式} = \frac{\text{試樣計數率} - \text{背景計數率}}{\text{效率} \times \text{抽氣體積} \times 60} \pm \frac{\sqrt{(\text{試樣計數率} + \text{背景計數率}) \times \text{計測時間}}}{\text{計測時間} \times \text{效率} \times \text{抽氣體積} \times 60}$$

水樣灰分沉澱計算(活度單位:毫貝克/升):

$$\text{公式} = \frac{(\text{試樣計數率} - \text{背景計數率})}{\text{效率} \times \text{體積} \times 60} \times \frac{\text{總灰重}}{\text{計測灰重}} \pm \frac{\sqrt{(\text{試樣計數率} + \text{背景計數率}) \times \text{計測時間}}}{\text{計測時間} \times \text{效率} \times \text{體積} \times 60} \times \frac{\text{總灰重}}{\text{計測灰重}}$$

生(植)物灰分計算(活度單位:貝克/千克):

$$\text{公式} = \frac{(\text{試樣計數率} - \text{背景計數率})}{\text{效率} \times \text{鮮重} \times 60} \times \frac{\text{總灰重}}{\text{計測灰重}} \pm \frac{\sqrt{(\text{試樣計數率} + \text{背景計數率}) \times \text{計測時間}}}{\text{計測時間} \times \text{效率} \times \text{鮮重} \times 60} \times \frac{\text{總灰重}}{\text{計測灰重}}$$

MDA(最低可測活度)計算:

$$\text{MDA} = \frac{2.71 + 4.65\sqrt{(B \times T)}}{T \times E \times V \times 60} \times \frac{\text{總灰重}}{\text{計測灰重}}$$

其中 B:背景計數率(cpm); T:計測時間(50 或 100 分鐘); E:計測效率; V:樣本體積(L or kg or m³)。

銻 90 活度計算(貝克/升或公斤):

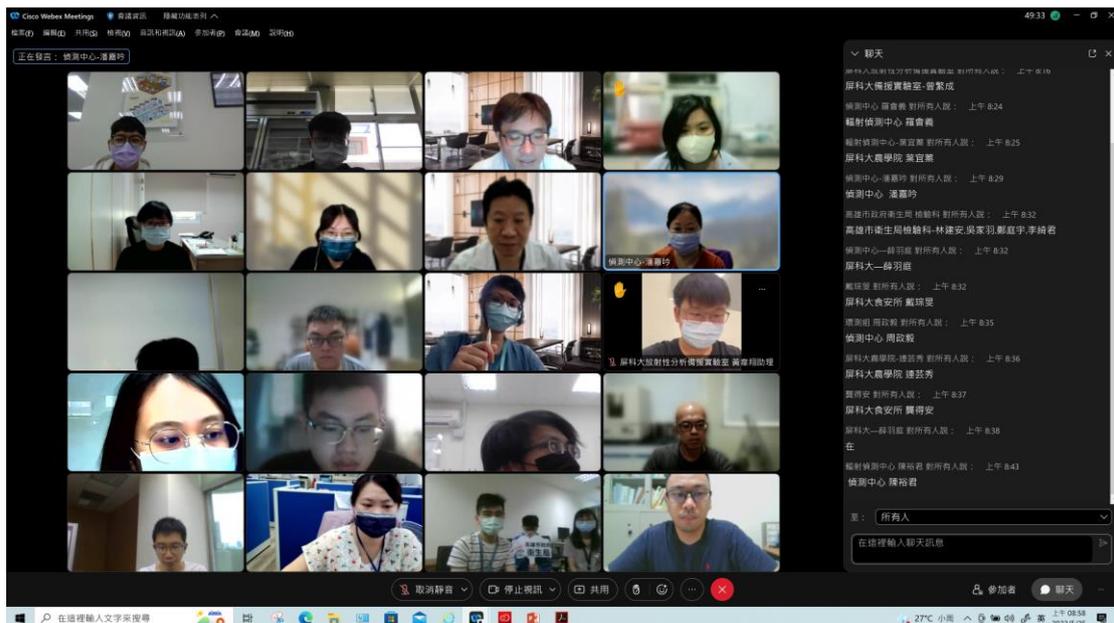
$$\text{銻 } 90 = \frac{\text{銻淨計數(Counts)}}{60 \times E \times Y \times V \times I \times T}$$

其中 60:每分鐘 60 秒；E:銻 90 計數效率；Y:銻載體回收率 = $\frac{\text{硝酸銻(毫克)} \times 0.4140}{\text{銻載體重(毫克)}}$ ；V:試樣量(升或公斤)；I:銻 90 升成因素： $1 - e^{-0.01083(t_c - t_1)}$ ， t_1 ， t_c 之單位為小時；T:計數時間(分)。

$$\text{計測誤差}(\sigma) = \frac{\sqrt{\text{試樣計數(counts)} + \text{空白樣計數(counts)}}}{60 \times E \times Y \times V \times I \times T}$$

四、綜合討論

111 年 5 月 25 日高雄輻射偵測中心舉辦氬及銻 90 核種前處理及計測程序培訓訓練，參加單位包括本實驗室、高雄市衛生局檢驗科、屏科大農學院、屏科大食安所等共同參與。此次教育訓練因為疫情關係故採線上視訊方式上課，但在偵測中心認真上課下亦有不錯的收穫，至於原本規劃的實務操作部分因疫情故暫停辦理，希望未來能有機會實際操作藉此增加熟悉度與熟練。雖然短短一天的課程可能沒辦法馬上上手所有技術與知識，但未來我會繼續努力朝這個領域前進。感謝輻射偵測中心提供這個課程讓本實驗室收穫良多。



附件四 結合恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量檢測分
析及說明之報告

111 年建立南部備援實驗室 之環境試樣分析備援技術

結合恆春鎮農會提供在地農特產品
放射性含量檢驗分析及說明

執行人員:黃韋翔、邱馨標

中 華 民 國 111 年 09 月 19 日

1. 目的

國立屏東科技大學主要以農業領域為基礎，並與在地農民或農會常有合作，包括建教合作、產業合作、產銷履歷認證等，故能結合恆春在地農會提供當地農特產品的放射性檢測。針對恆春在地農會或農民所生產的農作物及農田土壤進行放射性分析，並將分析結果提供給農民並詳細說明其作物狀況。讓民眾移除在地農作物是否受污染之疑慮，以安民心。

2. 執行內容

本實驗室透過恆春鎮農會及社區理事長的協助，於 111 年 4 月 7 日至恆春鎮網紗里採集洋蔥農田土壤及洋蔥作物共計 10 塊農田(20 個樣本)；亦於 8 月 18 日前往恆春鎮龍水社區採集韭菜農田土壤及韭菜作物(4 個樣本)、地瓜葉農田土壤及地瓜葉作物(6 個樣本)和白蘿蔔農田土壤(2 個樣本)等，總計 32 個樣本，如圖 1 所示。

樣本採集至本實驗室並依本實驗室的操作程序書進行前處理及放射性核種分析，分析結果將產出檢測報告，後續再提供給農民並向農民解說檢測結果。因本實驗室已通過 TAF 及 TFDA 游離輻射測試領域實驗室認證，故檢測報告具有公信力。

3. 成果

本實驗室採集並檢測樣本共 32 件，包括農田土壤及種植的作物，檢測項目為衛服部食藥署公告目標核種： ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs ；檢測結果皆“未檢出”。而本實驗室同時將檢測報告提供給農民並向其說明檢測結果，如圖 2 所示。檢測報告如附件一所示。

4. 績效管理

此工作項目獲得恆春鎮農會及社區農民的肯定，不僅能幫在地農田土壤及農作物把關，農民一方面能對自己生產的農作物有信心，一方面也能消除核電廠是否有對當地造成污染的疑慮。由於當地農民起初擔心

萬一自產農作物有檢測出輻射時會影響其銷售狀況，但經過此次與農民溝通後，促使更多農民願意提供自產的農作物進行放射性核種檢測。

5. 未來規劃

考量作物的收成時間不同，故許多不同種類的作物上未採集，未來將持續為當地農民的農作物及農田土壤進行放射性核種檢測，並規劃不同地區及不同農作物，一方面擴大採樣範圍，一方面了解不同作物的背景值。

本實驗室至恆春地區採集農作物及農田土壤進行放射性分析。詳細採樣及放射性檢測資料如表 1 所示。

表 1 恆春地區農作物及農田土壤採樣及放射性檢測資料

採樣時間	採樣地點	採樣項目	樣本數量	檢測結果*
111 年 4 月 07 日	恆春鎮網紗里 五里亭段	土壤	2 個	均未檢出
		洋蔥	2 個	
111 年 4 月 07 日	恆春鎮網紗里 五里亭段	土壤	3 個	
		洋蔥	3 個	
111 年 4 月 07 日	恆春鎮網紗里 五里亭段	土壤	2 個	
		洋蔥	2 個	
111 年 4 月 07 日	恆春鎮網紗里 機場段	土壤	3 個	
		洋蔥	3 個	
111 年 8 月 18 日	恆春鎮龍水里 赤崁路段	土壤	3 個	
		地瓜葉	3 個	
111 年 8 月 18 日	恆春鎮龍水里 糠林南路段	土壤	2 個	
		韭菜	2 個	
111 年 8 月 18 日	恆春鎮龍水里 白蘿蔔田	土壤	2 個	
總計			32 個	

備註:*放射性核種檢測項目為衛服部食藥署公告目標核種： ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 。



圖 1 恆春在地農田土壤及農作物採樣



圖 2 檢送恆春在地農作物檢測報告並向農民說明

附件一

國立屏東科技大學災害防救科技研究中心
放射性分析備援實驗室
輻射檢測報告



申請單位: 恆春鎮農民
地 址: [REDACTED]
聯 絡 人: [REDACTED]
聯絡電話 [REDACTED]

申請單編號:RAL-AS-T111-R001
收件日期:111.04.07
檢驗日期:111.05.03
報告編號:RAL-RP-R001
報告發行日期:111.07.08

一、樣品資訊

產品名稱: 農田土壤(1)-五里亭 [REDACTED]	數量: 1 公斤
製造日期:	有效日期:
製造廠商:	批號:
樣品保存方式: <input checked="" type="checkbox"/> 室溫 <input type="checkbox"/> 冷藏 <input type="checkbox"/> 冷凍	包裝: <input type="checkbox"/> 完整包裝 <input checked="" type="checkbox"/> 散裝

二、委託檢測項目、檢測方法、檢測範圍

檢測項目	檢測方法	檢測範圍(單位)
土壤	加馬能譜分析	貝克/公斤

三、樣本照片紀錄



四、檢驗結果

樣品代號	樣品名稱	核種活度 (貝克/公斤, Bq/kg)		
		碘-131	銫-134	銫-137
RALS#R111001	農田土壤(1) -五里亭 [REDACTED]	未檢出	未檢出	未檢出
最小可測值 (MDA)		5.28	1.91	1.27
備註	1. 測試儀器:純鍺偵檢器(High-Purity Germanium Detector, HPGe)。 2. 測試方法:RAL-O01 純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書; RAL-O06 沉積物試樣總貝他與加馬能譜分析之處理作業程序書。 3. 低於最小可測量之測定值以“未檢出”表示。			

1. 本報告僅就委託者之委託事項提供檢驗結果, 不對產品合法性做判斷。
2. 本報告共 2 頁, 分離使用無效。
3. 本報告結果僅對該送測樣品負責, 不代表委方所有樣品。
4. 本檢驗報告之所有檢驗內容, 均依委託事項執行檢驗, 如有不實, 願意承擔完全責任。

實驗室名稱: 國立屏東科技大學災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室

實驗室住址: 屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號 電話: (08)770-3202 # 6690



報告簽署人

林志忠

林志忠/Chih-Chung Lin

Signatory

第 1 頁 / 共 2 頁



國立屏東科技大學災害防救科技研究中心
放射性分析備援實驗室
輻射檢測報告



申請單位:恒春鎮農民
地 址: [REDACTED]
聯絡人: [REDACTED]
聯絡電話: [REDACTED]

申請單編號:RAL-AS-T111-R005
收件日期:111.04.07
檢驗日期:111.05.25
報告編號:RAL-RP-R005
報告發行日期:111.07.08

一、樣品資訊

產品名稱: 洋蔥(1)-五里亭 [REDACTED]	數量:3 公斤
製造日期:	有效日期:
製造廠商:	批號:
樣品保存方式: <input checked="" type="checkbox"/> 室溫 <input type="checkbox"/> 冷藏 <input type="checkbox"/> 冷凍	包裝: <input type="checkbox"/> 完整包裝 <input checked="" type="checkbox"/> 散裝

二、委託檢測項目、檢測方法、檢測範圍

檢測項目	檢測方法	檢測範圍(單位)
食品	加馬能譜分析	貝克/公斤

三、樣本照片紀錄



四、檢驗結果

樣品代號	樣品名稱	核種活度 (貝克/公斤, Bq/kg)		
		碘-131	銻-134	銻-137
RALS#R111011	洋蔥(1)-五里亭 段 721*	未檢出	未檢出	未檢出
最小可測值 (MDA)		5.07	0.08	0.06
備註	1. 測試儀器:純鍺偵檢器(High-Purity Germanium Detector, HPGe)。 2. 測試方法:依衛福部發食字第 1051900834 號公告,食品中放射性核種之檢驗方法(MOHWO0015.00)。 3. 低於最小可測量之測定值以“未檢出”表示。			

1. 本報告僅就委託者之委託事項提供檢驗結果,不對產品合法性做判斷。
2. 本報告共 2 頁,分離使用無效。
3. 檢驗項目有*者,系指此檢驗項目經衛生福利部認證,且依認證之檢驗方法執行檢驗。
4. 本報告結果僅對該送測樣品負責,不代表委方所有樣品。
5. 本檢驗報告之所有檢驗內容,均依委託事項執行檢驗,如有不實,願意承擔完全責任。

實驗室名稱:國立屏東科技大學災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室

實驗室地址:屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號 電話:(08)770-3202#6690



報告簽署人

林志忠

林志忠/Chih-Chung Lin

Signatory



Testing Laboratory
3475

國立屏東科技大學災害防救科技研究中心
放射性分析備援實驗室
輻射檢測報告



F118

申請單位:恆春鎮農民
地 址: [REDACTED]
聯 絡 人: [REDACTED]
聯絡電話: [REDACTED]

申請單編號:RAL-AS-T111-R012
收件日期:111.08.18
檢驗日期:111.09.06
報告編號:RAL-RP-R012
報告發行日期:111.09.13

一、樣品資訊

產品名稱: 地瓜葉(1)-赤崁路段	數量:1 公斤
製造日期:	有效日期:
製造廠商:	批號:
樣品保存方式: <input checked="" type="checkbox"/> 室溫 <input type="checkbox"/> 冷藏 <input type="checkbox"/> 冷凍	包裝: <input type="checkbox"/> 完整包裝 <input checked="" type="checkbox"/> 散裝

二、委託檢測項目、檢測方法、檢測範圍

檢測項目	檢測方法	檢測範圍(單位)
食品	加馬能譜分析	貝克/公斤

三、樣本照片紀錄



四、檢驗結果

樣品代號	樣品名稱	核種活度 (貝克/公斤, Bq/kg)		
		碘-131	銫-134	銫-137
RALS#R111028	地瓜葉(1)-赤崁路段*	未檢出	未檢出	未檢出
最小可測值 (MDA)		2.3	0.3	0.2
備註	1. 測試儀器:純鍺偵檢器(High-Purity Germanium Detector, HPGe)。 2. 測試方法:依衛福部授食字第 1051900834 號公告,食品中放射性核種之檢驗方法(MOHWO0015.00)。 3. 低於最小可測量之測定值以“未檢出”表示。			

1. 本報告僅就委託者之委託事項提供檢驗結果,不對產品合法性做判斷。
2. 本報告共3頁,分離使用無效。
3. 檢驗項目有*者,系指此檢驗項目經衛生福利部認證,且依認證之檢驗方法執行檢驗。
4. 本報告結果僅對該送測樣品負責,不代表委方所有樣品。
5. 本檢驗報告之所有檢驗內容,均依委託事項執行檢驗,如有不實,願意承擔完全責任。

實驗室名稱:國立屏東科技大學災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室

實驗室住址:屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號 電話:(08)770-3202#6690



報告簽署人

林志忠

林志忠/Chih-Chung Lin

Signatory

第 1 頁 / 共 3 頁

國立屏東科技大學災害防救科技研究中心
放射性分析備援實驗室
輻射檢測報告



申請單位:恆春鎮農民
地 址: [REDACTED]
聯 絡 人: [REDACTED]
聯絡電話: [REDACTED]

申請單編號:RAL-AS-T111-R009
收件日期:111.08.18
檢驗日期:111.09.01
報告編號:RAL-RP-R009
報告發行日期:111.09.13

一、樣品資訊

產品名稱: 農田土壤(3)-赤崁路段	數量:1 公斤
製造日期:	有效日期:
製造廠商:	批號:
樣品保存方式: <input checked="" type="checkbox"/> 室溫 <input type="checkbox"/> 冷藏 <input type="checkbox"/> 冷凍	包裝: <input type="checkbox"/> 完整包裝 <input checked="" type="checkbox"/> 散裝

二、委託檢測項目、檢測方法、檢測範圍

檢測項目	檢測方法	檢測範圍(單位)
土壤	加馬能譜分析	貝克/公斤

三、樣本照片紀錄



四、檢驗結果

樣品代號	樣品名稱	核種活度(貝克/公斤, Bq/kg)		
		碘-131	銻-134	銻-137
RALS#R111023	農田土壤(3)- 赤崁路段	未檢出	未檢出	未檢出
最小可測值 (MDA)		4.6	1.9	1.2
備註	1. 測試儀器:純鍺偵檢器(High-Purity Germanium Detector, HPGe)。 2. 測試方法: RAL-O01 純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書; RAL-O06 沉積物試樣總貝他與加馬能譜分析之處理作業程序書。 3. 低於最小可測量之測定值以“未檢出”表示。			

1. 本報告僅就委託者之委託事項提供檢驗結果,不對產品合法性做判斷。
2. 本報告共3頁,分離使用無效。
3. 本報告結果僅對該送測樣品負責,不代表委方所有樣品。
4. 本檢驗報告之所有檢驗內容,均依委託事項執行檢驗,如有不實,願意承擔完全責任。

實驗室名稱:國立屏東科技大學災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室

實驗室住址:屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號 電話:(08)770-3202#6690



報告簽署人

林志忠

林志忠/Chih-Chung Lin

Signatory



Testing Laboratory
3475

國立屏東科技大學災害防救科技研究中心
放射性分析備援實驗室
輻射檢測報告



申請單位:恆春鎮農民
地 址 [REDACTED]
聯 絡 人 [REDACTED]
聯絡電話 [REDACTED]

申請單編號:RAL-AS-T111-R013
收件日期:111.08.18
檢驗日期:111.09.08
報告編號:RAL-RP-R013
報告發行日期:111.09.13

一、樣品資訊

產品名稱: 韭菜(1)-隸林南路段	數量:1 公斤
製造日期:	有效日期:
製造廠商:	批號:
樣品保存方式: <input checked="" type="checkbox"/> 室溫 <input type="checkbox"/> 冷藏 <input type="checkbox"/> 冷凍	包裝: <input type="checkbox"/> 完整包裝 <input checked="" type="checkbox"/> 散裝

二、委託檢測項目、檢測方法、檢測範圍

檢測項目	檢測方法	檢測範圍(單位)
食品	加馬能譜分析	貝克/公斤

三、樣本照片紀錄



四、檢驗結果

樣品代號	樣品名稱	核種活度(貝克/公斤, Bq/kg)		
		碘-131	鈾-134	鈾-137
RALS#R111031	韭菜(1)- 隸林南路段*	未檢出	未檢出	未檢出
最小可測值 (MDA)		1.3	0.2	0.1
備註	1. 測試儀器:純鍺偵檢器(High-Purity Germanium Detector, HPGe)。 2. 測試方法:依衛福部授食字第 1051900834 號公告,食品中放射性核種之檢驗方法(MOHWO0015.00)。 3. 低於最小可測量之測定值以“未檢出”表示。			

1. 本報告僅就委託者之委託事項提供檢驗結果,不對產品合法性做判斷。
2. 本報告共 2 頁,分離使用無效。
3. 檢驗項目有*者,系指此檢驗項目經衛生福利部認證,且依認證之檢驗方法執行檢驗。
4. 本報告結果僅對該送測樣品負責,不代表委方所有樣品。
5. 本檢驗報告之所有檢驗內容,均依委託事項執行檢驗,如有不實,願意承擔完全責任。

實驗室名稱:國立屏東科技大學災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室

實驗室住址:屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號 電話:(08)770-3202#6690



第 1 頁/共 2 頁

報告簽署人

林志忠

林志忠/Chih-Chung Lin

Signatory

國立屏東科技大學災害防救科技研究中心
放射性分析備援實驗室
輻射檢測報告

申請單位:恆春鎮農民
地 址: [REDACTED]
聯絡人: [REDACTED]
聯絡電話: [REDACTED]

申請單編號:RAL-AS-T111-R010
收件日期:111.08.18
檢驗日期:111.09.04
報告編號:RAL-RP-R010
報告發行日期:111.09.13

一、樣品資訊

產品名稱: 農田土壤(2)-糠林南路段	數量:1 公斤
製造日期:	有效日期:
製造廠商:	批號:
樣品保存方式: <input checked="" type="checkbox"/> 室溫 <input type="checkbox"/> 冷藏 <input type="checkbox"/> 冷凍	包裝: <input type="checkbox"/> 完整包裝 <input checked="" type="checkbox"/> 散裝

二、委託檢測項目、檢測方法、檢測範圍

檢測項目	檢測方法	檢測範圍(單位)
土壤	加馬能譜分析	貝克/公斤

三、樣本照片紀錄



四、檢驗結果

樣品代號	樣品名稱	核種活度 (貝克/公斤, Bq/kg)		
		碘-131	銫-134	銫-137
RALS#R111025	農田土壤(2)- 糠林南路段	未檢出	未檢出	未檢出
最小可測值 (MDA)		5.5	1.5	1.0
備註	1. 測試儀器:純鍺偵檢器(High-Purity Germanium Detector, HPGe)。 2. 測試方法:RAL-O01 純鍺半導體偵檢器加馬能譜分析系統操作程序書; RAL-O06 沉積物試樣總貝他與加馬能譜分析之處理作業程序書。 3. 低於最小可測量之測定值以“未檢出”表示。			

1. 本報告僅就委託者之委託事項提供檢驗結果,不對產品合法性做判斷。
2. 本報告共2頁,分離使用無效。
3. 本報告結果僅對該送測樣品負責,不代表委方所有樣品。
4. 本檢驗報告之所有檢驗內容,均依委託事項執行檢驗,如有不實,願意承擔完全責任。

實驗室名稱:國立屏東科技大學災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室

實驗室住址:屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號 電話:(08)770-3202#6690



報告簽署人

林志忠

林志忠/Chih-Chung Lin

Signatory