

行政院原子能委員會

110 年度強化輻射災害應變與管制技術之研究

分項計畫：精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術

期末報告



主辦單位：行政院原子能委員會

執行單位：輻射偵測中心

執行期間：110 年 01 月 01 日至 12 月 31 日

中華民國 110 年 12 月 31 日

目 錄

壹、緣起	1
貳、研究目的	3
參、110 年計畫目標及執行成果說明	6
肆、結論與建議	31

壹、緣起

2011 年日本福島事故發生後，國內核能總體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行政院原子能委員會輻射偵測中心(以下簡稱本中心)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本中心的委託，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」計畫，在該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(以下簡稱南部備援實驗室)」，投入食品試樣之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，進一步發展南部備援實驗室在環境中水樣、空氣、土壤、植物樣品之檢測分析技術能力，並取得相關領域檢測技術認證。此外，南部備援實驗室亦可擴充及儲備緊急應變量能，於核子事故時，能立即投入支援進行放射性分析作業，肩負起緊急應變時環境樣品及食品放射性分析計測之功效。除了因應未來若發生各種境內外核子事故所致的放射性檢測需求外，近來日本食品進口議題所衍生民眾要求加強食品檢測的需求，及公民團體督促檢驗全程公開透明供公眾查驗，強化輻射災害備援實驗室之技術能力有其迫切性及重要性，爰於 109 年至 112 年「精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」計畫賡續辦理。

本計畫為四年期計畫，總目標為「強化備援實驗室之分析檢測量能」，

並規劃成四年分期完成「環境試樣放射性分析技術增項認證」、「核三廠環境輻射監測取樣及分析作業」、「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分析前處理技術並參與比較實驗」等分年目標，完成後將有助於強化我國核災時之整體檢測量能。

另為強化我國邊境管制可能發生的輻射異常事件，擬延續本中心辦理大港計畫執行成果，精進輻射災害應變整備機制。大港計畫（Megaport Initiative）係美國能源部主導推動，協調世界各國於主要港口安裝輻射偵測儀器，建立國際核子保安機制，防止恐怖份子利用海港運送非法核子及放射性物質，藉由輻射偵測儀器輻射偵測，以嚇阻及攔截非法輸出之核子或放射性物質。台美雙方於2006年展開合作，由美國能源部提供設備、訓練及維修服務等建置技術協助，於高雄港貨櫃碼頭進行貨櫃輻射偵檢，以阻絕非法核子原料或其他放射性物質進出國內從事不法活動，確保國家安全，也顯示我國參與國際反恐工作的決心；大港計畫由高雄海關負責一次及二次偵檢，若查屬有輻射異常之虞或其他技術門檻較高的案例時，則會通報原能會再轉請本中心派員前往支援第三次偵檢或其他輻射事件後續處理事宜。由於大港計畫的輻射源偵檢涉及之輻射異常事件，極有可能成為人為惡意或潛在犯罪或輻射彈恐怖攻擊事件的源頭，爰本計畫將配合大港計畫之執行，透過蒐集國內外有關輻射異常事件之偵檢人員防護裝備相關技術資料或結合實務應變經驗，提出改善現行輻射異常事件應變整備作業之建議，進而達到健全我國輻災應變機制及精進輻射災害應變能力的目的。

今(110)年度為本中心辦理109年至112年「精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」計畫之第二年，已依年度規劃完成各項工作，本報告為年度執行之成果報告。

貳、研究目標及執行策略

本「精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」計畫(以下簡稱本計畫)為 109 至 112 年之四年期計畫，因本計畫上位計畫之總目標為「建立南部備援實驗室環境輻射取樣及偵測分析技術，強化我國輻射災害緊急分析檢測備援能量」及「檢視國際經驗，精進我國輻射災害應變與實務管理」，爰本計畫以「建立環境試樣放射性分析技術與認證」及「精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制」作為計畫目標，各年度之執行策略分列如下：

表 1 本計畫之年度目標與策略

年度	執行工作	備註
109 年	1. 建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證： (1) 取得 TAF 環境試樣(沉積物、蔬菜及草樣)加馬檢測認證。 (2) 參加國內外環境試樣加馬能譜分析及總貝他實驗室間比對或能力試驗。 (3) 支援核三廠周遭鄉鎮里及學校核安講習辦理現場輻射偵檢器檢測展示。 (4) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。 (5) 完成核三廠環境試樣比對實驗作業。 2. 精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制： (1) 彙整過去大港計畫通報事件之處理情形，蒐集並翻譯國際上中子異常事件應變處置之相	

	<p>關技術文件及資料，以研擬大港計畫之中子異常事件應變處置之作業準則草案。</p> <p>(2) 辦理一場次大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練，精進我國相關作業人員偵檢能力。</p>	
110 年	<p>1. 建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證：</p> <p>(1) 完成核三廠環境試樣比對實驗作業。</p> <p>(2) 支援核三廠周遭鄉鎮里及學校核安講習辦理現場輻射偵檢器檢測展示。</p> <p>(3) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。</p> <p>(4) 取得 TAF 水樣總貝他分析認證。</p> <p>(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。</p> <p>2. 精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制：</p> <p>蒐集國內外有關輻射異常事件之偵檢人員防護裝備相關技術資料或結合實務經驗，針對大港計畫輻射異常事件，提出應變整備作業精進建議。</p>	
111 年	<p>建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證：</p> <p>(1) 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會。</p> <p>(2) 完成核三廠環境試樣比對實驗作業。</p> <p>(3) 支援核三廠周遭鄉鎮里及學校核安講習辦理現場輻射偵檢器檢測展示。</p>	

	<p>(4) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。</p> <p>(5) 完成氫及銻90核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員。</p> <p>(6) 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。</p>	
112 年	<p>建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證：</p> <p>(1) 建立氫及銻-90 分析前處理技術並參與國內環境試樣比對試驗。</p> <p>(2) 完成核三廠環境試樣比對實驗作業。</p> <p>(3) 支援核三廠周遭鄉鎮里及學校核安講習辦理現場輻射偵檢器檢測展示。</p> <p>(4) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。</p> <p>(5) 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會。</p> <p>(6) 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。</p>	

本年度計畫延續 109 年計畫累積之計畫成果，持續精進南部備援實驗室之環境試樣分析備援技術，強化南部備援實驗室之分析檢測量能及輻射災害應變整備機制。

參、110 年計畫目標及執行成果說明

一、110 年度計畫目標說明

本年度計畫目標為「建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證」及「精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制」，爰依兩個計畫目標研擬具體執行策略，重點工作內容如下：

(一) 建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證：

1. 通過財團法人全國認證基金會(TAF)游離輻射領域環境試樣水樣總貝他核種分析測試實驗室認證，強化南部地區放射性分析技術能量。
2. 完成核能三廠環境試樣比較實驗作業，藉此持續累積備援實驗室環境試樣分析經驗及精進分析技術。
3. 支援核能三廠周遭鄉鎮里及學校核安講習，辦理現場輻射偵檢器輻射檢測展示，以達民眾實際參與監督及監測資訊透明化之政策目標，亦可增進民眾對放射性分析檢測資訊之了解並提高備援實驗室曝光度。
4. 參加國內外環境試樣加馬能譜分析、水樣總貝他分析比對與能力試驗以維持檢測品質。
5. 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，安排學生實際參訪實驗室放射性分析作業，並協助學生瞭解本會輻射安全監測作為。

(二) 精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制：

蒐集國內外有關輻射異常事件之偵檢人員防護裝備相關技術資料或結合實務經驗，針對大港計畫輻射異常事件，提出應變整備作業精進建議。

二、110 年度執行成果說明

依既定計畫目標及執行策略，110 年度各項執行成果輔以佐證資料說明如下：

(一) 建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證：

1. 完成 TAF 水樣總貝他分析技術增項認證

(1) TAF 認證實驗室展延

南部備援實驗室係於 107 年 6 月 4 日取得 TAF 實驗室測試領域-食品類游離輻射實驗室認證(認證編號:3475)，因認證有效期限即將屆滿，須依規定於半年前提出展延申請，故南部備援實驗室於去(109)年 11 月 25 日提出 TAF 認證實驗室之展延申請，才能申請增項水樣總貝他分析，詳細之展延認證申請時序及佐證資料如表 2 所示。本次現場評鑑亦同時申請實驗室主管異動，因原本的實驗室主管林聖淇老師離職，已申請實驗室主管異動為林志忠老師擔任。TAF 實驗室認證展延之現場評鑑作業如圖 1，已於 110 年 3 月 23 日取得展延證書(如圖 2)。



(a) TAF 委員現場評鑑(展延)



(b) TAF 委員現場評鑑(展延)

圖 1 TAF 實驗室認證展延現場評鑑

表 2 申請 TAF 實驗室認證展延時序表

日期	事項	完成比例
109 年 11 月 25 日	南部備援實驗室向 TAF 提出展延申請。	20%
109 年 12 月 04 日	TAF 要求補件並回覆。	40%
110 年 01 月 21 日	TAF 展延現場評鑑 評鑑結果:委員開立兩項不符合事項: 1. 缺少對資訊管理系統失效處理措施。 2. 管理審查會議記錄未包含審查的輸出。	80%
110 年 03 月 08 日	南部備援實驗室回覆 TAF 不符合事項並經委員認可。 1. 於程序書中訂定資訊系統管理週期。 2. 已於品質手冊新增 5.3 節管理審查的輸出事項。	90%
110 年 03 月 23 日	南部備援實驗室完成 TAF 展延並取得證書。	100%

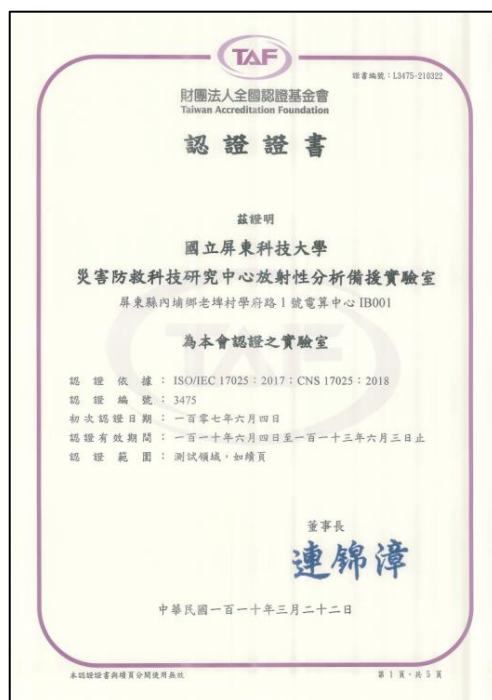


圖 2 TAF 實驗室認證展延證書

(2) 申請 TAF 水樣總貝他分析增項認證

為了將放射性分析擴展至環境領域並健全各類放射性核種檢測，本計畫於去年度完成技術能力之建置，並規劃於今(110)年度申請水中總貝他分析之 TAF 增項認證，包括海水、淡水及空浮微粒等總貝他檢測之等項目；南部備援實驗室於 109 年 11 月開始撰寫環境認證相關文件，於 110 年 3 月 17 日完成相關操作程序書後，於 3 月 18 日向 TAF 提出總貝他分析之增項申請(如圖 3)。認證的作業時程雖受疫情影響而有延後(如圖 4)，但仍於今年度陸續完成書面補件及現場評鑑作業(如圖 5)，南部備援實驗室已於 110 年 10 月 15 日完成增項認證並取得證書(如圖 6)，詳細認證時序如表 3 所示。

申請日期	申請領域	類別	案件編號	案件狀態	流程進度	待處理工作
2020/11/11	實驗室_測試-游離輻射(I)	認證	2011104	送出		
2021/03/18	實驗室_測試-游離輻射(I)	異動	21031821	送出		
2021/03/18	實驗室_測試-游離輻射(I)	增列	21031820	送出		

圖 3 向 TAF 申請水樣總貝他分析增項

認證編號：	3475
實驗室名稱：	災害防救科技研究中心放射性分析備援實驗室
■ 評鑑變更通知：	
評鑑變更通知類型	<input type="radio"/> 變更評鑑日期 <input checked="" type="radio"/> 暫緩評鑑 <input type="radio"/> 其他
評鑑變更通知內容	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 因應國家防疫需求，原訂2021年6月1日之現場評鑑(增列21031820及異動21031821)，經實驗室與評審員溝通，均同意暫緩現場評鑑，變更後時間待疫情發展再行確認及溝通，特此通知。 </div>

圖 4 TAF 通知現場評鑑延期

表 3 申請 TAF 水樣總貝他分析增項認證時序表

日期	事項	完成比例
110 年 03 月 17 日	南部備援實驗室完成總貝他相關操作程序書及品質文件的轉寫及發行。	10%
110 年 03 月 18 日	向 TAF 提出總貝他分析之增項並上傳相關文件(增項項目:海水、淡水、空浮微粒)。	20%
110 年 03 月 29 日	TAF 要求補件並回覆	30%
110 年 05 月 12 日	TAF 通知現場評鑑時間與評鑑委員。	35%
110 年 05 月 24 日	TAF 通知因疫情故延期現場評鑑時間。	35%
110 年 08 月 27 日	TAF 現場評鑑 評鑑結果:委員開立兩項不符合事項: 1. 缺總貝他能力試驗結果。 2. 程序書未明訂不同送樣方式之合約處理程序級報告發出方式。	70%
110 年 09 月 27 日	TAF 系統上回覆 NC 並經委員認可 1. 已發文至偵測中心,請中心協助提供 110 年比較實驗之結果。 2. 程序書已新增及修訂不同送樣方式之合約處理程序及報告發出等對應之文件。	90%
110 年 10 月 15 日	TAF 通知增項認證通過並取得證書。	100%



圖 5 TAF 增項認證現場評鑑



圖 6 TAF 實驗室水中總貝他分析增項認證證書

(3) TFDA 認證實驗室展延

南部備援實驗室於 108 年 2 月 21 日取得衛生福利部食品藥物管理署 (TFDA) 游離輻射食品檢驗實驗室認證(認證編號:F118)，因認證有效期限即將屆滿，依規定須於到期半年前提出展延申請，爰南部備援實驗室先於今(110)年 7 月 5 日向食藥署提出 TFDA 認證實驗室展延申請，食藥署(TFDA)於 110 年 10 月 7 日赴實驗室進行展延認證現場評鑑(如圖 7)，南部備援實驗室已依評鑑結果完成改善作業，並於 110 年 11 月 11 日函覆食藥署，目前正待食藥署(TFDA)安排後續審查會議，應可於期限前再次取得認證。展延作業之相關過程文件如圖 8 至圖 10；詳細展延時序如表 4 所示。



圖 7 TFDA 實驗室展延認證現場評鑑

檔 號：060501/1
保存年限：5

國立屏東科技大學 函 (稿)

機關地址：912301屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號
傳 真：08-7740479
聯 絡 人：葉一隆 08-7740425
電子郵件：yalung@mail.npust.edu.tw

受文者：如行文單位
發文日期：中華民國110年7月13日
發文字號：屏科大研字第1103500434號
類別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：TFDA展延附件.pdf

主旨：本校申請『食品藥物化妝品檢驗機構認證』展延，申請書等資料如說明，請惠予審查。

說明：
一、依據貴署『食品藥物化妝品檢驗機構認證作業程序』辦理。
二、本校相關認證資料已於貴署『線上申請作業系統』登錄上傳，展延申請編號為110F0130。
三、隨函檢附認證申請書等資料7份。

正本：衛生福利部食品藥物管理署
副本：本校災害防救科技研究中心葉一隆教授
會辦單位：
決行層級：一層決行

校長 戴 昌 賢

國立屏東科技大學
1103500434

第1頁 (共1頁)

圖 8 申請 TFDA 實驗室認證轉版

檔 號：
保存年限：

衛生福利部食品藥物管理署 函

地址：11561 臺北市南港區昆陽街161-2號
聯絡人：陳淑君
聯絡電話：02-27877118
傳真：02-27877118
電子信箱：yosiko21@da.gov.tw

受文者：如行文單位
發文日期：中華民國110年7月26日
發文字號：FDA品字第1109028517號
類別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：有關貴校(災害防救科技研究中心放射線分析備援實驗室)申請食品檢驗機構展延認證乙案，詳如說明段，請查照。

說明：
一、復貴校110年7月13日屏科大研字第1103500434號函。
二、文件初審結果：以下資料請於文到後15日內補齊相關資料，如逾期未補件，即依規定退件。
(一)申請文件尚缺檢驗機構代表人(校長)證明文件、校院組織規程(章)程影本及「品質手冊」第二及三階文件。
(二)實驗室人員資料總表(附件二表四)-請敘明人員簽署或執行之檢驗項目。
(三)實驗室人員資格表(附件二表五)- 請重新確認品質主管及技術主管之代理人。
(四)檢驗報告格式-請檢附申請檢驗項目之範例。
(五)放射性核種計1項，尚缺完整之15組品管數據(未使用表八之五、缺品管圖)。

正本：國立屏東科技大學
副本：

第1頁 (共1頁)

圖 9 TFDA 要求補件公文

檔 號：060501/1
保存年限：5

國立屏東科技大學 函 (稿)

機關地址：912301屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號
傳 真：08-7740479
聯 絡 人：葉一隆 08-7740425
電子郵件：yalung@mail.npust.edu.tw

受文者：如行文單位
發文日期：中華民國110年11月9日
發文字號：屏科大研字第1103500726號
類別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如文(請至附件下載區<https://npuop.npust.edu.tw/JAppendix/>【登入序號：P02066】)

主旨：本校放射性分析備援實驗室(編號：F118)提送『食品藥物化妝品檢驗機構認證』展延現場評鑑缺失改善文件，如說明，請查收。

說明：
一、依據貴會於110年9月28日及10月7日至本校執行旨揭現場評鑑之實地查核紀錄表，如附件一，計有4項缺失紀錄。
二、本校放射性分析備援實驗室之查核缺失改善文件(不符合事項處理表4份，編號032、033、034、035)如附件二、三、四、五，並已於食藥署『線上申請作業系統』登錄上傳，請惠予審查。

正本：財團法人全國認證基金會
副本：衛生福利部食品藥物管理署、本校災害防救科技研究中心葉一隆教授
會辦單位：
決行層級：一層決行

校長 戴 ○ ○

國立屏東科技大學
1103500726

第1頁 (共1頁)

圖 10 TFDA 實驗室展延認證缺失回覆

表 4 申請 TFDA 實驗室認證展延時序表

日期	事項	完成比例
110 年 07 月 05 日	南部備援實驗室向 TFDA 提出展延申請，並上傳相關文件。(發公文)	10%
110 年 07 月 26 日	TAF 要求補件。(收到公文)	20%
110 年 08 月 02 日	回覆 TFDA 並上傳相關補充文件。	40%
110 年 10 月 07 日	TFDA 展延認證現場評鑑。 評鑑結果:委員開立四項不符合事項: 1. 檢驗機構缺樣本前處理之紀錄；未驗證儀器及公告方法之 MDA 公式。 2. 缺外部供應或機構之保密聲明書。 3. 檢驗機構之活動範圍規範未文件化。 4. 檢驗機構缺輻射污染樣品接收及儲存防護措施。	70%
110 年 10 月 20 日	南部備援實驗室回覆 TAF 不符合事項。 1. 擬定外部供應或機構之保密聲明書。 2. 將檢驗機構之活動範圍規範納入品質手冊中。 3. 擬定輻射污染樣品接收及儲存防護措施。 4. 新增樣本前處理紀錄表；驗證儀器及公告方法之 MDA 公式。	90%
110 年 11 月 11 日	南部備援實驗室向 TAF 及 TFDA 發公文告知完成不符合事項回覆並改善完成。目前 FDA 正安排審查會議。	90%

2. 核能三廠各季環境試樣計測比較實驗報告

南部備援實驗室辦理核能三廠各季之環境試樣計測比較實驗，110 年度共完成四季的採樣及計測作業，種類及數量之統計結果如表 5 所示，環境試樣項目包括水樣、沉積物及生物試樣，涵蓋種類包括：岸沙、海水、淡水、土壤、牧草、羊奶、相思樹、葉菜類、海藻、海魚、家禽等，共計 86 個樣本。圖 11 為核能三廠第三季環境試樣採樣之相關照片。

表 5 核能三廠 110 年度環境試樣採樣數量統計表

項目	水樣	沉積物	生物試樣	合計
第一季	7	8	6	21
第二季	8	5	9	22
第三季	11	8	6	25
第四季	7	5	6	18
總計			86	



(a)墾丁-岸沙



(b)白沙-海水



(c)大光國小-土壤



(d)龍鑾潭-池水



(e)南樹林-相思樹



(f)南灣-山泉水



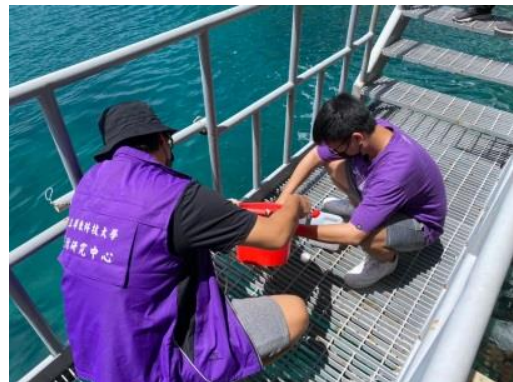
(g)員工宿舍-牧草



(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)白沙社區-生物試樣



(l)出水口附近-海魚

圖 11 核能三廠第三季環境試樣採樣之相關照片

南部備援實驗室已建立環境試樣之前處理流程，上述環境試樣分別依據南部備援實驗室的「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 程序書)進行處理。以下為環境試樣各類樣本前處理操作流程:

- (1) 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。
- (2) 海水、淡水、羊奶:定量 900 mL 後倒入馬林杯。
- (3) 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，裝入計測皿並壓密後秤重。
- (4) 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，裝入計測皿並壓密後秤重。
- (5) 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 高計測皿。利用純鍺偵檢器分析，主要分析核種為鉀-40、鈷-60、鈷-232、鈾-238、碘-131、銫-134 及銫-137 等。

南部備援實驗室水樣總貝他前處理流程，則依據南部備援實驗室所建立的「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 程序書)。以下為淡水總貝他前處理操作流程:

- (1) 以量筒量測 1 公升淡水試樣並到入 1 公升結晶皿中。
- (2) 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)。
- (3) 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。
- (4) 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)。
- (5) 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。

今(110)年度之比較實驗，規劃作業流程為輻射偵測中心與南部備援實驗室共同取樣，由南部備援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，由南部備援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。

南部備援實驗室由四季的比較實驗結果可以發現，南部備援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%，可見南部備援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南部備援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，對此現象，南部備援實驗室與偵測中心也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，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。為驗證前述決議共識，南部備援實驗室與偵測中心共同規劃實驗設計過程如下：

- (1) 針對岸沙樣本，南部備援實驗室試著將計測時間從 30,000 秒延長至 90,000 秒，確實能有效降低 MDA 值與誤差值。
- (2) 南部備援實驗室利用經濟部中央地質資料整合系統，查詢核三廠的地質特性，核三廠沿岸屬於珊瑚礁地質，故推斷岸沙是由珊瑚礁風化而來，與澎湖沿海岸沙樣本雷同，珊瑚礁天然核種活度較低，為了驗證岸沙活度是否與地質有關，偵測中心提供核二廠岸沙樣本進行雙方實

驗室比對，其天然核種活度相對較高，而核二廠沿岸屬於沖積層(如圖 12 所示)，且 30,000 秒的計測時間即可降低 MDA 值及相對百分誤差值。

(3) 南部備援實驗室也收集到文獻指出，岸沙中的天然核種的活度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)。

(4) 岸沙樣本因其天然核種活度較低，故對此類樣本需增加計測次數，並擴大其相對百分誤差之允收標準至 40%。

據此在核設施周遭人工核種環境監測之目標上南部備援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。



(a)核能二廠岸沙地質



(b)核能三廠岸沙地質

圖 12 核能二廠及核能三廠地質圖

3. 核能三廠周圍鄉鎮里及學校核安講習辦理現場輻射偵檢器輻射檢測展示

本檢測展示主要是向民眾介紹輻射的來源、曝露途徑、南部備援實驗室建立的原因以及扮演的角色、同時準備當地農產品(洋蔥、稻米、地瓜葉)並實際前處理及分析給民眾觀賞，並將分析結果告知民眾。活動期間民眾反應熱絡，甚至提供自家種植的農作物(番石榴、青辣椒、地瓜葉、檳榔等)當樣本現場前處理及分析；亦對備援實驗室的建立及扮演的角色表示肯定。因部分場次參與說明會民眾以年長者居多，為將資訊拓展至年輕族群，利用恆春國小校慶活動，駐點擺設攤位介紹備援實驗室及進行輻射檢測流程展示，使學生及家長了解輻射基本原理及與日常生活的關聯性與應用，進而建立正確概念。

本檢測展示配合屏東縣 110 年度核子事故緊急應變計畫區內逐里宣導及疏散撤離演練計畫共同辦理與執行。詳細辦理時間、地點及參與人數如下表所示。

表 6 核安講習及教育訓練詳細辦理情形

時間	地點	參與人數
110 年 4 月 08 日	恆春鎮南灣里	66 人
110 年 4 月 09 日	恆春鎮龍水里	45 人
110 年 4 月 27 日	恆春鎮墾丁里	66 人
110 年 4 月 29 日	恆春鎮恆春國小	108 人
總計		285 人



(a) 輻射基礎知識介紹



(b) 輻射基礎知識介紹



(c) 輻射基礎知識介紹



(d) 輻射基礎知識介紹



(e) 輻射基礎知識介紹



(f) 樣本前處理實作



(g) 樣本分析實作



(h) 樣本分析實作

圖 13 核安講習及現場輻射偵檢器檢測教育訓練照片

4. 參加國內外環境試樣放射性分析能力比較實驗

為確認南部備援實驗室的分析能力與儀器的準確度，於 110 年報名 IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗、TAF 放射性分析能力試驗及 JCAC 國內環境試樣比較實驗，藉此檢視南部備援實驗室的分析能力與數據的可靠性。

(1) IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗

南部備援實驗室於 110 年 2 月 17 日報名參加 2021 年 IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗，並於 110 年 7 月 20 日收到樣本，包括四個水樣(Sample-1、Sample-2、Sample 3-QC、Sample-5)、1 個竹子(Sample-4)及三個濾紙(Sample-7a、Sample-7b、Sample-8)，如圖 14 所示。



圖 14 IAEA 試樣樣品

收到樣本時，先利用手提式蓋格計數器確認包裝及樣本無高活度輻射，接著進行加馬分析之樣本裝罐處理，Sample-1、Sample-2、Sample-3(QC)、Sample-5 為水樣，故可直接裝罐；Sample-4 為竹子，依據 IAEA PT Informed Notice 規定須先經烘箱去除多餘的水分，再裝入 4.5 公分計測皿並利用器具將樣本壓實後秤重，並將樣本鮮重紀錄於樣本標籤上。圖 15 為 IAEA 各樣本分裝 4.5 公分計測皿。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。濾紙部分則先用 Sample-8(QC)進行效率曲線的建立，後續再用 Sample-8 進行反分析，以確認效率曲線是否正確，反分析結果回

收率為 98.06% 符合允收標準，故可直接分析 Sample-7a 及 Sample-7b。

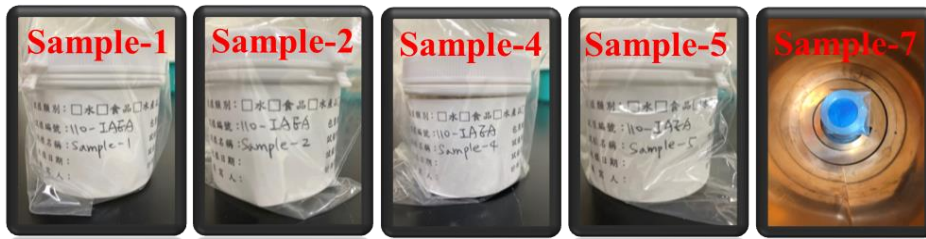


圖 15 IAEA 樣本之加馬前處理

總貝他樣本主要以水樣(Sample-1、Sample-2、Sample-5)及濾紙(Sample-7a、Sample-7b)為主，因 IAEA 提供的水樣僅 0.5 L，故不適合使用南部備援實驗室 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，故南部備援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-5)10 mL 並裝入 25 ml 燒杯中，利用加熱板加熱使其蒸乾約小於 1 mL，並將燒剩下的樣本移至包覆好封口膜的螺紋盤上，並均勻分布，如圖 16 所示。濾紙樣本(Sample-7a、Sample-7b)則直接計測。



圖 16 IAEA 樣本總貝他前處理

南部備援實驗室最終於 110 年 10 月 29 日提報 IAEA 數據，如圖 17 所示，南部備援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 Ba-133；Sample-4 核種為 Cs-137 及 Cs-134；Sample-5 核種為 Cs-137 及 Cs-134；Sample-7a 與 7b 核種

為 Cs-137;總貝他分析結果如圖 18 所示, Sample-1、Sample-2、Sample-5、Sample-7a 與 7b 等樣本其總貝他分析皆有活度。相關能力試驗數據請參閱附件四。

IAEA 能力試驗結果顯示加馬分析部分, Sample-1(水樣)、Sample-2(水樣)、Sample-4(日本竹子)及 Sample-5(水樣)均為準確度及精密度皆接受;而 Sample-7a 及 7b(濾紙)其準確度及精密度亦為接受。總貝他分析部分 Sample-1(水樣)、Sample-2(水樣)及 Sample-5(水樣)均為準確度及精密度皆接受;而 Sample-7a 及 7b(濾紙)準確度及精密度亦為接受,代表南部備援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 17、18 所示。

Sample 01

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
1	gross_beta	alpha/beta	138.11	4.47
1	Co-60	gamma	73.47	4.31
1	Cs-134	gamma	112.77	6.55
1	Cs-137	gamma	68.51	4.03

Sample 02

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
2	gross_beta	alpha/beta	390.12	9.95
2	Ba-133	gamma	140.77	8.16
2	Cs-137	gamma	141.67	8.20

Sample 04

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
4	Cs-134	gamma	79.94	4.69
4	Cs-137	gamma	1798	103

Sample 05

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
5	gross_beta	alpha/beta	26.38	1.73
5	Cs-134	gamma	18.42	1.15
5	Cs-137	gamma	25.77	1.58

Sample 07

Sample Code	Analyte	Measured by	Reported Value	Reported Uncertainty
7	gross_beta	alpha/beta	21.61	0.60
7	Cs-137	gamma	22.07	0.67

圖 17 提報 IAEA 試驗結果

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	74.2	3.3	20 %	73.47	4.31	-0.98 %	3.31	0.31	A	7.36	A	A
1	Cs-134	113.2	5.1	20 %	112.77	6.55	-0.38 %	6.12	0.46	A	7.35	A	A
1	Cs-137	69.2	3.1	20 %	68.51	4.03	-1.00 %	3.23	0.36	A	7.39	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	Ba-133	147.3	6.6	20 %	140.77	8.16	-4.43 %	7.17	0.34	A	7.33	A	A
2	Cs-137	147.4	6.6	20 %	141.67	8.20	-3.89 %	5.9	0.59	A	7.32	A	A

Evaluation Result Table for Sample 4

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc.	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
4	Cs-134	86.6	4	25 %	79.94	4.69	-7.69 %	10	0.12	A	7.47	A	A
4	Cs-137	2063	93	20 %	1798	103	-12.85 %	180.39	0.78	A	7.29	A	A

Evaluation Result Table for Sample 5

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc.	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
5	Cs-134	19.05	0.86	30 %	18.42	1.15	-3.31 %	1.18	0.04	A	7.70	A	A
5	Cs-137	26.02	1.17	25 %	25.77	1.58	-0.96 %	1.29	0.24	A	7.60	A	A

Evaluation Result Table for Sample 7

Sample Code	Analyte	Target Value	Target Unc.	MARB	Rep. Value	Rep. Unc.	Rel. Bias	Robust SD	Z-Score	Accuracy	P	Precision	Final Score
7	Cs-137	11.2	0.6	20 %	11.35	0.67	1.34 %	0.79	0.19	A	7.97	A	A

Sample Code	Analyte	Robust Mean	Robust SD	Rep. Value	Rep. Unc.	Z-Score	Z-Score Evaluation
1	gross_beta	159	45	138.11	4.47	0.46	A
2	gross_beta	457	112	390.12	9.95	0.60	A
5	gross_beta	33	9	26.38	1.73	0.74	A
7	gross_beta	10.18	2.69	10.81	0.60	0.23	A

圖 18 110 年 IAEA 能力試驗最終結果

(2) TAF 放射性分析能力試驗

南部備援實驗室於 109 年 12 月 23 日報名參加 TAF 放射性分析能力試驗，並於 110 年 6 月 15 日收到試驗樣本，包括水樣、濾紙、土壤、植物、牛乳、畜產肉類、菇類及米樣等 8 個樣本，如圖 19 所示。



圖 19 TAF 能力試驗樣本

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，先裝入 4.5 公分計測皿並利用器具將樣本壓實後秤重，並將樣本鮮重紀錄於樣本標籤上，然後進行下一步分析，圖 20 為 TAF 各樣本分裝 4.5 公分計測皿。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。本年度實驗室初次建立能力試驗濾紙效率曲線技術，技術方法係由偵測中心移轉，並由中心協助支援濾紙標準射源。濾紙樣本則直接計測。

總貝他樣本主要以水樣及濾紙為主，因 TAF 提供的總貝他水樣僅約 20 mL，故不適合使用南部備援實驗室 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，故南部備援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，取總貝他水樣 5 mL 並裝入 25 ml 燒杯中，利用加熱板加熱使其蒸乾約小於 1 mL，並將燒剩下的樣本移至包覆好封口膜的螺紋盤上，並均勻分布，如圖 21 所示。濾紙樣本則直接計測。

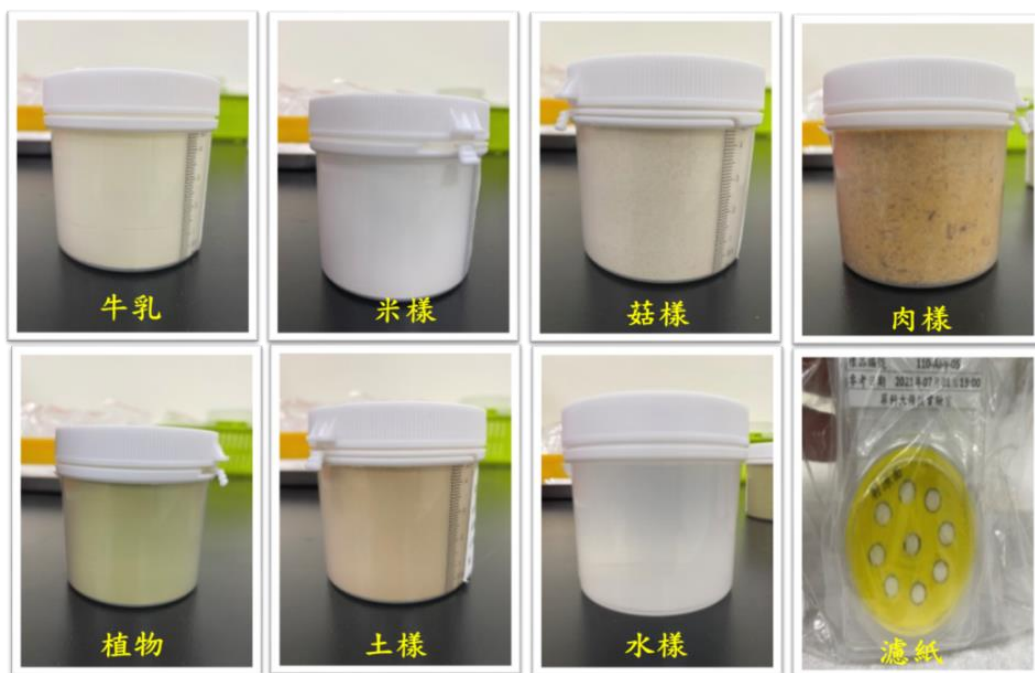


圖 20 TAF 樣本加馬前處理



圖 21 TAF 樣本總貝他前處理

TAF 能力試驗加馬分析結果其中分析項目:空浮樣品類型即是濾紙，該項分析計測技術經與偵測中心討論後，因南部備援實驗室缺乏濾紙 Co-60 射源，僅具備 Cs-134 及 Cs-137 射源，故無法完整建立 3 項核種純鍺偵檢器之效率曲線，對此僅提報 Cs-134 及 Cs-137 分析數值，並通過允收標準，另備援實驗室仍將繼續與偵測中心技術討論可行之替代解決方案；總貝他分析結果如表 7 所示。

表 7 能力試驗分析結果

分析項目 (三重覆)		Co-60	Cs-134	Cs-137	總貝他
		Bq/kg			
土壤	1th	187.0	261.2	224.0	-
	2th	186.4	263.7	223.6	-
	3th	188.8	263.9	223.3	-
植物	1th	35.8	41.9	36.2	-
	2th	35.4	42.6	38.2	-
	3th	35.3	43.8	37.0	-
空浮	1th	-	0.0570 Bq/m ³	0.0550	0.171 Bq/m ³
	2th	-	0.0570 Bq/m ³	0.0550	0.172 Bq/m ³
	3th	-	0.0560 Bq/m ³	0.0550	0.171 Bq/m ³
水樣	1th	34.4	31.9	32.7	1755.2
	2th	34.1	29.7	33.3	1751.3
	3th	34.0	31.5	33.3	1760.8
牛乳	1th	40.0	34.1	35.4	-
	2th	40.3	34.2	35.0	-
	3th	38.0	33.9	34.2	-
肉類	1th	24.8	29.3	24.7	-
	2th	24.1	27.8	25.0	-
	3th	25.1	28.8	25.0	-
菇類	1th	50.9	51.9	43.9	-
	2th	48.7	52.3	42.2	-
	3th	48.7	52.4	42.5	-
米樣	1th	45.0	35.4	40.8	-
	2th	44.4	34.1	41.2	-
	3th	44.9	34.9	41.9	-

TAF 放射性核種分析能力試驗結果，加馬分析包括土壤、牛乳、植物、肉類、菇類、米樣、濾紙及水樣等均符合主辦單位要求；總貝他分析包括水樣及濾紙均符合主辦單位要求，詳細資料如圖 22 所示。

試樣	核種	分析活度 (A±U), k=1	平均活度 (A±U), k=1	添加活度 (Aa±U), k=1	相對偏差 (Br _i)	平均相對偏差 (-0.25 ≤ Br ≤ +0.5)	相對精密度 (S _A ≤ 0.4)	相對精密度 (S _B ≤ 0.4)	測試結果 ⁽¹⁵⁾
土壤	⁶⁰ Co	187.0 ± 10.9	187.4 ± 10.9	203.1 ± 1.3	-0.079	-0.077	0.007	0.006	通過
		186.4 ± 10.8			-0.082				
		188.8 ± 11.0			-0.070				
	¹³⁴ Cs	261.2 ± 15.1	262.9 ± 15.2	284.7 ± 2.7	-0.083	-0.076	0.006	0.005	通過
		263.7 ± 15.3			-0.074				
		263.9 ± 15.3			-0.073				
	¹³⁷ Cs	224.0 ± 13.0	223.6 ± 13.0	254.9 ± 2.9	-0.121	-0.123	0.002	0.001	通過
		223.6 ± 13.0			-0.123				
		223.3 ± 13.0			-0.124				
植物	⁶⁰ Co	35.8 ± 2.2	35.5 ± 2.20	35.8 ± 1.4	-0.001	-0.009	0.007	0.007	通過
		35.4 ± 2.2			-0.012				
		35.3 ± 2.2			-0.015				
	¹³⁴ Cs	41.9 ± 2.5	42.8 ± 2.60	39.9 ± 1.8	0.049	0.071	0.022	0.024	通過
		42.6 ± 2.6			0.067				
		43.8 ± 2.7			0.097				
	¹³⁷ Cs	36.2 ± 2.3	37.1 ± 2.37	35.7 ± 1.5	0.013	0.039	0.027	0.028	通過
		38.2 ± 2.4			0.069				
		37.0 ± 2.4			0.036				

試樣	核種	分析活度 (A±U), k=1	平均活度 (A±U), k=1	添加活度 (Aa±U), k=1	相對偏差 (Br _i)	平均相對偏差 (-0.25 ≤ Br ≤ +0.5)	相對精密度 (S _A ≤ 0.4)	相對精密度 (S _B ≤ 0.4)	測試結果 ⁽¹⁵⁾
牛乳	⁶⁰ Co	40.0 ± 2.5	39.4 ± 2.5	38.5 ± 1.9	0.039	0.024	0.032	0.032	通過
		40.3 ± 2.5			0.047				
		38.0 ± 2.4			-0.013				
	¹³⁴ Cs	34.1 ± 2.2	34.1 ± 2.2	31.50 ± 0.70	0.083	0.082	0.004	0.005	通過
		34.2 ± 2.2			0.086				
		33.9 ± 2.1			0.076				
	¹³⁷ Cs	35.4 ± 2.3	34.9 ± 2.3	33.98 ± 0.30	0.042	0.026	0.018	0.018	通過
		35.0 ± 2.3			0.030				
		34.2 ± 2.3			0.007				
肉類	⁶⁰ Co	24.8 ± 1.6	24.7 ± 1.6	23.23 ± 0.76	0.068	0.062	0.021	0.022	通過
		24.1 ± 1.6			0.037				
		25.1 ± 1.7			0.081				
	¹³⁴ Cs	29.3 ± 1.8	28.6 ± 1.8	25.47 ± 0.50	0.150	0.124	0.027	0.030	通過
		27.8 ± 1.7			0.092				
		28.8 ± 1.8			0.131				
	¹³⁷ Cs	24.7 ± 1.7	24.9 ± 1.7	23.9 ± 1.1	0.035	0.043	0.007	0.007	通過
		25.0 ± 1.7			0.047				
		25.0 ± 1.7			0.047				
菇類	⁶⁰ Co	50.9 ± 3.4	49.4 ± 3.3	45.2 ± 1.7	0.127	0.095	0.026	0.028	通過
		48.7 ± 3.2			0.078				
		48.7 ± 3.2			0.078				
	¹³⁴ Cs	51.9 ± 3.2	52.2 ± 3.2	47.8 ± 1.6	0.086	0.092	0.005	0.006	通過
		52.3 ± 3.3			0.094				
		52.4 ± 3.3			0.096				
	¹³⁷ Cs	43.9 ± 3.0	42.9 ± 3.0	42.8 ± 1.4	0.026	0.002	0.021	0.021	通過
		42.2 ± 2.9			-0.014				
		42.5 ± 2.9			-0.006				

試樣	核種	分析活度 (A±U), k=1	平均活度 (A±U), k=1	添加活度 (Aa±U), k=1	相對偏差 (Br _i)	平均相對偏差 (-0.25 ≤ Br ≤ +0.5)	相對精密度 (S _A ≤ 0.4)	相對精密度 (S _B ≤ 0.4)	測試結果 ⁽¹⁵⁾
空浮	¹³⁴ Cs	0.0570 ± 0.0027	0.0567 ± 0.0027	0.0515 ± 0.0023	0.106	0.099	0.010	0.011	通過
		0.0570 ± 0.0027			0.106				
		0.0560 ± 0.0027			0.086				
	¹³⁷ Cs	0.0550 ± 0.0025	0.0550 ± 0.0025	0.0512 ± 0.0021	0.074	0.074	0.000	0.000	通過
		0.0550 ± 0.0025			0.074				
		0.0550 ± 0.0025			0.074				
	總貝他	0.171 ± 0.019	0.17120 ± 0.01910	0.18028 ± 0.00073	-0.051	-0.050	0.002	0.002	通過
		0.172 ± 0.019			-0.048				
		0.171 ± 0.019			-0.051				
水樣	⁶⁰ Co	34.4 ± 2.1	34.2 ± 2.1	35.8 ± 1.5	-0.040	-0.047	0.006	0.006	通過
		34.1 ± 2.1			-0.048				
		34.0 ± 2.1			-0.051				
	¹³⁴ Cs	31.9 ± 2.0	31.0 ± 1.9	30.8 ± 1.4	0.035	0.007	0.038	0.038	通過
		29.7 ± 1.9			-0.036				
		31.5 ± 2.0			0.022				
	¹³⁷ Cs	32.7 ± 2.1	33.1 ± 2.1	33.4 ± 1.4	-0.020	-0.008	0.010	0.010	通過
		33.3 ± 2.2			-0.002				
		33.3 ± 2.2			-0.002				
總貝他	1755.2 ± 225.0	1755.8 ± 225.1	1795.9 ± 79.2	-0.023	-0.022	0.003	0.003	通過	
	1751.3 ± 224.7			-0.025					
	1760.8 ± 225.7			-0.020					

試樣	核種	分析活度 (A±U), k=1	平均活度 (A±U), k=1	添加活度 (Aa±U), k=1	相對偏差 (Br _i)	平均相對偏差 (-0.25 ≤ Br ≤ +0.5)	相對精密度 (S _A ≤ 0.4)	相對精密度 (S _B ≤ 0.4)	測試結果 ⁽¹⁵⁾
米樣	⁶⁰ Co	45.0 ± 2.8	44.8 ± 2.8	44.6 ± 1.5	0.010	0.005	0.007	0.007	通過
		44.4 ± 2.7			-0.004				
		44.9 ± 2.8			0.008				
	¹³⁴ Cs	35.4 ± 2.2	34.8 ± 2.2	34.2 ± 1.6	0.034	0.016	0.019	0.019	通過
		34.1 ± 2.1			-0.004				
		34.9 ± 2.2			0.019				
	¹³⁷ Cs	40.8 ± 2.6	41.3 ± 2.7	42.7 ± 1.3	-0.044	-0.032	0.013	0.013	通過
		41.2 ± 2.6			-0.034				
		41.9 ± 2.7			-0.018				

圖 22 110 年 TAF 能力試驗最終結果

(3) JCAC 國內環境試樣比較實驗

南部備援實驗室於 109 年 11 月 11 日報名參加 2021 年 JCAC 國內環境試樣放射性分析比較實驗，並於 110 年 01 月 27 日收到樣本，包括海水、地下水、茶葉及土壤，如圖 23 所示。



圖 23 JCAC 比較實驗樣本

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，土壤及茶葉樣本先裝入 4.5 公分計測皿並利用器具將樣本壓實後秤重；海水樣本則裝入 12 公分馬林杯中，並將樣本鮮重紀錄於樣本標籤上，然後進行下一步分析，圖 24 為 JCAC 各樣本前處理。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。總貝他樣本主要以為海水、地下水、茶葉及土壤，南部備援實驗室使用 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」及 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，如圖 25 所示。

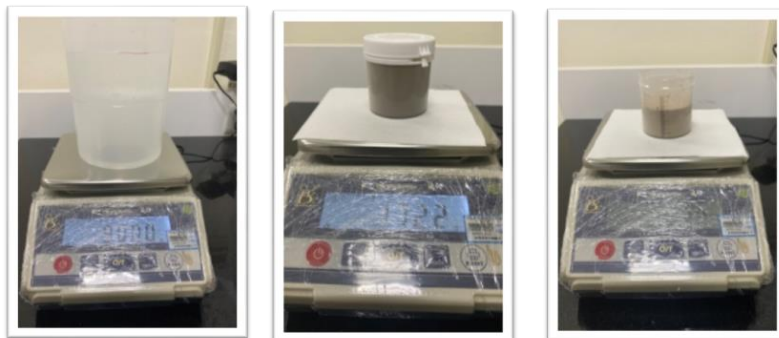


圖 24 JCAC 樣本加馬前處理



圖 25 JCAC 樣本總貝他前處理

JCAC 比較實驗加馬分析結果，海水樣本測到核種為 K-40；土壤樣本為 K-40、Cs-137、Tl-208、Bi-214 及 Ac-228；茶葉樣本為 K-40、Cs-137。詳細數據如表 8 所示。總貝他分析結果如表 9 所示。

表 8 JCAC 能力試驗加馬分析結果

樣品 項目	計測值(A±A×不確定度) Bq/kg				
	K-40	Cs-137	Tl-208	Bi-214	Ac-228
海水	11.88±2.34	-	-	-	-
土壤	554.18±64.17	98.71±11.22	13.91±1.76	25.51±3.51	41.21±5.05
茶葉	6857.95±778.38	21.98±3.21			

表 9 JCAC 能力試驗總貝他分析結果

樣本	計測值(A±A×不確定度)	單位
海水	39.12±12.35	mBq/L
地下水	1414±62	mBq/L
土壤	766±33	Bq/kg
茶葉	10848±253	Bq/kg

110 年國內比較實驗結果討論會議已於 12 月 16 日舉辦，經偵測中心公布南部備援實驗室各項樣品數據與偵測中心數值比對結果皆通過允收標準，然經偵測中心會議間說明本年度日本分析中心因疫情關係，致使原預定與偵測中心比較實驗討論會議時間延後，後續將由偵測中心持續追蹤日方比對進度，並將更新日本分析中心與南部備援實驗室數值比較實驗結果，承諾以正式報告方式公告。圖 26 為南部備援實驗室參加 JCAC 國內環境試樣比較實驗研討會照片。

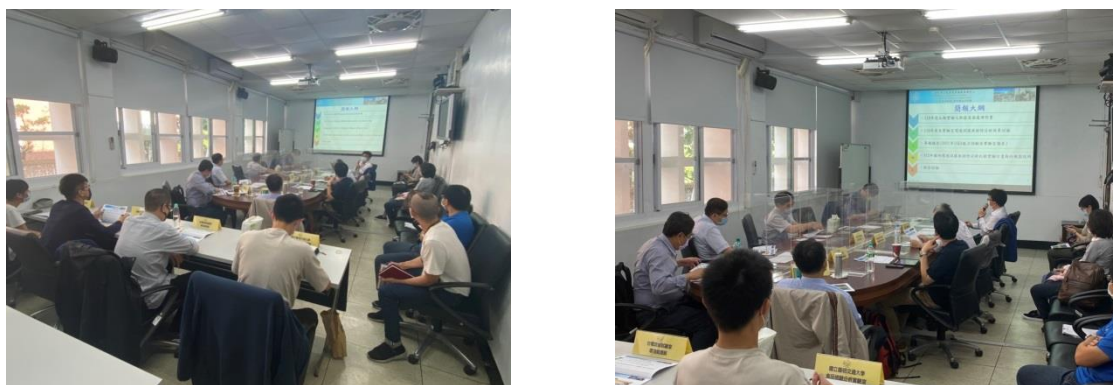


圖 26 參加 JCAC 國內環境試樣比較實驗研討會

5. 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程

109 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、徐文信副教授及林志忠助理教授輪流授課，亦針對產學攜手合作計畫專班(產專班)開設「天然災害防救概論」通識課程，並由本團隊葉一隆教授授課，讓學生了解天然災害的介紹及預防策略。110 學年第 1 學期由葉一隆教授及陳庭堅教授共同開設『輻射與安全』通識課程，課程於屏科大開設「輻射與安全」通識課程，並由本團隊葉一隆教授、陳庭堅教授及林志忠助理教授輪流授課。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。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 10 110 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
109 學年 第二學期	天然災害 防救概論	週一 第 5、6 節	葉一隆 教授	71 人
	天然災害 防救概論	週五 第 1、2 節	葉一隆 教授 徐文信 副教授 林志忠 助理教授	110 人
110 學年 第一學期	輻射與安全	週五 第 1、2 節	葉一隆 教授 徐文信 副教授 林志忠 助理教授	110 人
合計				291 人

本通識課程於 110 年 3 月 12 日、3 月 15 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；110 年 10 月 1 日安排「輻射與安全」之學生參觀放射性分析備援實驗室；參觀時會向學生講解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，讓學生了解食品及環境樣本的前處理及樣本放射性檢測的原理及操作流程，學生參與各解說項目及參觀過程之照片如圖 28、圖 29 所示。另外，也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度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的時機。其中產專班裡有一部分學生是居住在恆春當地的學生，他們對輻射原理及檢測很踴躍的發問，互動熱烈，有助於增進學子對輻射知識之了解。



(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



(e)通識課程上課情形



(f)通識課程上課情形



(g)通識課程上課情形



(h)通識課程上課情形

圖 27 輻射與安全通識課程上課照片



圖 28 放射性分析備援實驗室解說圖



(a)參觀備援實驗室



(b)參觀備援實驗室



(c)參觀備援實驗室



(d)參觀備援實驗室

圖 29 通識課程安排參觀放射性分析備援實驗室

(二)精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制

1. 蒐集國內外有關輻射異常事件之偵檢人員防護裝備相關技術資料並提出應變整備作業精進建議

本報告整理了包括「Development of Models for Emergency Preparedness: Personal Protective Equipment (2005)」、「Best Practices for Protecting EMS Responders during Treatment and Transport of Victims of Hazardous Substance Releases. (2009)」、「NRT Quick Reference Guide : Improvised Nuclear Device (IND) (2013)」、「NRT Quick Reference Guide : Radiological Dispersion Device (RDD) (2012)」、「TEPP Planning Products Model Procedures-Hazardous Materials Incident Response (2017)」以及勞動部職業安全衛生署之「呼吸防護計畫技術參考手冊」、「呼吸防護具選用參考原則」等文獻，完成「輻射應變人員呼吸防護具之使用實務檢討報告」、「輻射異常事件應變人員防護裝備選用技術報告」兩份報告，如附錄 2、附錄 3；並已將上述技術資料彙整成「輻射異常事件應變人員個人防護裝備選用使建議(初稿)」如附錄 4，可做為參與輻射異常作業之應變人員在防護裝備選用之參考。

長桿輻射偵檢器因具遠距離偵測功能，為偵檢人員運用 TDS(時間、距離、屏蔽)進行輻射體外防護的重要設備，爰本中心依據執行經驗完成「長桿式加馬輻射偵檢器(CANBERRA TELE-STTC)操作程序書」、「長桿式加馬輻射偵檢(Automess_Teletector)操作程序書」等兩份程序書如附錄 5、附錄 6，亦可為應變人員執行輻射異常作業偵檢時設備使用之參考。

2. 辦理一場次大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練

大港計畫 (Megaport Initiative) 由高雄海關負責一次及二次偵檢，若查屬有輻射異常之虞或其他技術門檻較高的案例時，則會通報原能會核安監管中心，核安監管中心依通報種類轉請輻射防護處或放射性物料管理局研判，若有至現場複判或複檢的需要時，會再轉請本中心派員前往高雄港支援異常貨櫃之第三次偵檢及相關輻射事件之後續處理。

依我國現行之應變及處置機制，輻射異常事件之處置由原能會輻射應變技術隊負責，另因大港計畫之輻射異常貨櫃偵檢作業亦涉及高雄港之海關人員，為能精進我國輻射異常偵檢相關作業人員偵檢技術及後續處置能力，本計畫於 110 年 11 月 30 日至 12 月 2 日(共計三日)與財政部高雄關合作，共同辦理大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練，訓練日程如表 11。參訓對象包含原能會輻射應變技術隊成員及高雄關儀檢、查驗、稽核相關作業人員，共計 56 人；今年度首次納入美國能源部核子保安總署(NNSA)核鑑識基礎介紹之課程，同時結合 NNSA 大港計畫工作坊之實務課程，增進技術能力之餘也促進不同單位應變人員間之交流，訓練相關活動照片如圖 29。本訓練之教材如附錄 7。

表 11 110 年大港計畫輻射異常事件處置教育訓練日程表

日期	11/30	12/1	12/2
地點	7 樓金龍廳	M3 福華 I 廳	
0830-0900	開幕式		
0900-1130	1. 9：00~10：00 大港輻射偵測設備之介紹(林明仁技士) 2. 10：00~11：30 輻射災害應變機制及相關法規(羅玉芳技正)	1. DART 高階資訊之介紹如何處理故障及異常現象 (Alex Okowita /Stew Voit) 2. RPM 故障排除 (Alex Okowita /Stew Voit)	1. 電子校準 (Alex Okowita /Stew Voit) 2. 功能相容性測試 (Alex Okowita /Stew Voit)
1130-1330	午餐	午餐	餐會
1330-1400	1. 13：30~15：00	1. 13：30~15：00	
1400-1600	輻射異常事件案例分享(張富涵技士) 2. 15：00~16：00 大港三次偵檢之應用-加馬能譜分析(劉任哲技正)	核鑑識之介紹 (Mansie Iyer) 2. 15：00~16：00 Solarwinds 之介紹 (Sam Leininger)	1. 大港無線電系統無線電參數設定、維修保養(中字) 2. 大港計畫 RPM 工程遷移及建置介紹(中字)
1600~	Q&A	Q&A	Q&A



(a)開幕式



(b) 輻射災害應變機制及相關法規



(c) 核鑑識之介紹



(d) 大港三次偵檢之應用-加馬能譜分析



(e) RPM 故障排除



(f) 電子校準、功能相容性測試

圖 29 大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練照片

3. 完成大港計畫輻射異常事件三次偵檢作業影片

針對本中心執行大港計畫輻射異常事件之三次偵檢作業拍攝成「高雄港異常貨櫃輻射偵檢作業」影片(如圖 30)，針對執行該項偵測作業之流程、儀器選用及作業方式進行說明，以淺顯易懂的方式說明專業技術流程，除可供技術人員快速知悉任務內容外，亦可用於對外宣導民眾溝通，讓大眾知悉我國邊境管制及輻安管制之作為。

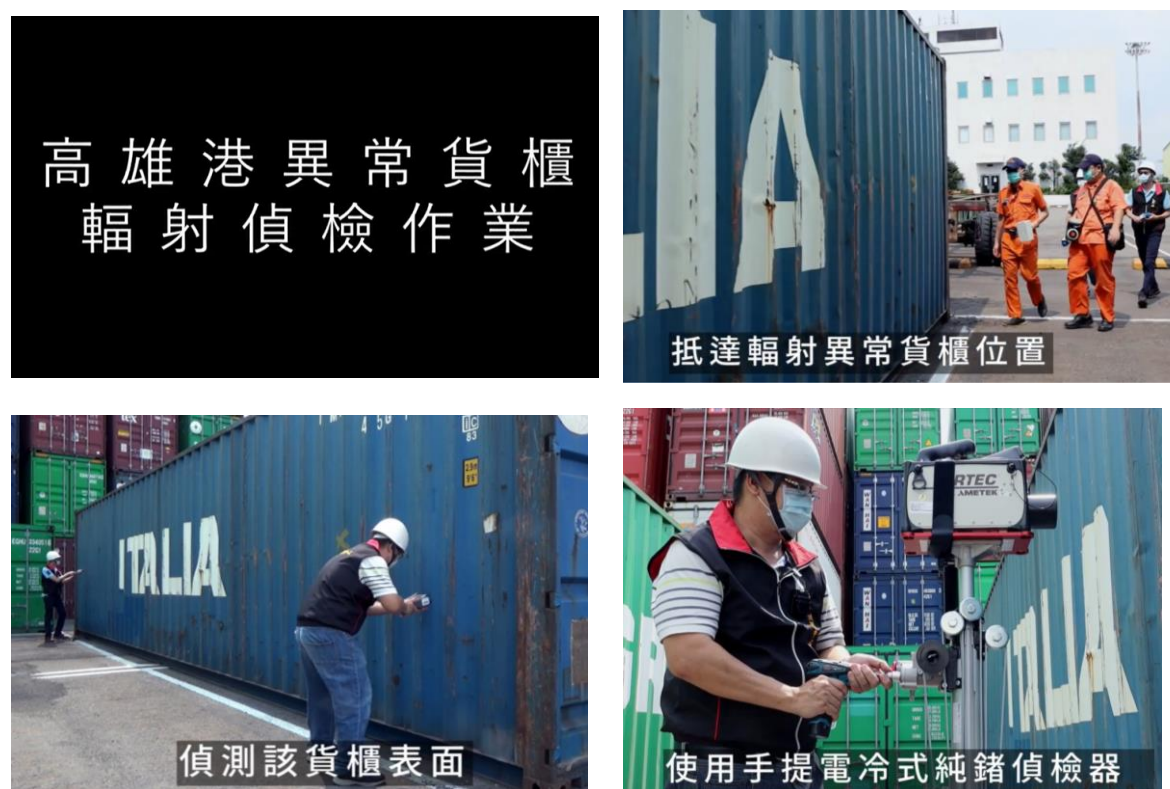


圖 30 「高雄港異常貨櫃輻射偵檢作業」影片截圖

三、110 年度經費執行情形

本計畫 110 年度總經費計 225 萬元(均為經常門),統計本計畫迄 110 年 12 月 28 日經費執行情形如表 12,年度經費執行率已達 100%;另本中心與屏東科技大學備援實驗室之經費執行明細如表 13、14。

表 12 110 年經費執行統計表

	110 年度		
	單位:千元		
	小計	經常門	
偵測中心		屏科大	
預算數	2,250	150	2,100
實際數	2,250	150	2,100
執行率	100 %		

表 13 110 年本中心經費執行明細表

科目	項目	說明	金額(元)
經常門	差旅費	國內旅費(參加或辦理訓練、開會討論、支援偵檢等工作)。	80,000
	其他經費	辦理教育講習、支援輻射偵檢應變作業等費用。	20,000
	計畫研發相關耗材	執行輻射偵檢所需耗材。	35,000
	行政管理費	一般事務費。	15,000
合計			150,000

表 14 110 年屏科大備援實驗室經費執行明細表

科目	項目	說明	金額(元)
經常門	人事費用	計畫主持人、專任助理費用(含保險與年終)	1,368,850
	消耗性器材及藥品費用	實驗室物品與辦公室雜支等	160,741
	其他研究有關費用	租車、研習、差旅與資料蒐集等(含行政管理費)	570,409
合計			2,100,000

四、小結

本中心執行 110 年度「強化輻射災害應變與管制技術之研究分項計畫：精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」工作成效整理如表 15。

表 15 110 年計畫執行成效表

工作項目	工作成效
1. 備援實驗室完成核三廠第一、二、三及四季環境樣品輻射比較實驗	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，對此現象，南部備援實驗室與偵測中心確認岸沙樣品特異性(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。
2. 通過環境試樣水樣總貝他放射性分析 TAF 認證	110 年 10 月 15 日 TAF 通知通過環境試樣水樣總貝他放射性分析增項認證通過並取得證書。
3. 配合核三廠周圍鄉鎮里及學校核安講習，辦理現場輻射偵檢器輻射檢測展示	配合屏東縣 110 年度核子事故緊急應變計畫區內逐里宣導及疏散撤離演練計畫共同辦理現場輻射偵檢器輻射檢測展示，已於恆春鎮南灣里、龍水里、墾丁里、恆春國小辦理。
4. 開設「輻射安全及災害防救環境教育」課程。	109 學年度第 2 學期於屏科大開設「天然災害防救概論」通識課程，由本團隊葉一隆教授、徐文信副教授及林志忠助理教授輪流授課，增進學生對天然災害資訊與防救策略的了解；另於 110 學年第 1 學期開設『輻射與安全』通識課程，並由本團隊葉一隆教授、陳庭堅教授及林志忠助理教授輪流授

	課，讓學生重視如何做好輻射防護、避免輻射傷害。
5. 持續參與國際及國內放射性分析比較實驗，確保檢測數據品質與公信力	於 110 年報名 IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗、TAF 放射性分析能力試驗及 JCAC 國內環境試樣比較實驗，實驗室分析數據均符合舉辦單位要求，藉此確認實驗室檢測分析能力與數據的可靠性。
6. 蒐集國內外有關輻射異常事件之偵檢人員防護裝備相關技術資料或結合實務經驗，針對大港計畫輻射異常事件，提出應變整備作業精進建議。	已完成「輻射應變人員呼吸防護具使用實務檢討報告」、「輻射異常事件應變人員防護裝備選用技術報告」、「長桿式加馬輻射偵檢器(CANBERRA TELE-STTC)操作程序書」、「長桿式加馬輻射偵檢(Automess_Teletector)操作程序書」共四份，可作為輻射異常事件應變整備作業精進建議之參考。

肆、結論與建議

依據「精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」4 年期計畫訂立各年度目標實現項目，檢核 110 年的執行成果包括：取得環境試樣水樣總貝他放射性分析 TAF 認證、參與國際及國內放射性分析比較實驗、核能三廠周遭鄉鎮里及學校核安講習辦理現場輻射偵檢器輻射檢測展示、開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程、完成核能三廠環境試樣計測比較實驗、蒐集國內外有關輻射異常事件之偵檢人員防護裝備相關技術資料或結合實務經驗、研擬應變整備作業精進建議、辦理一場次大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練，相關成果符合計畫規劃目標。

有關建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證之部分，110 年本中心持續備援實驗室輔導精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術，協助備援實驗室取得 TAF 環境試樣水樣總貝他放射性分析，並完成核能三廠環境試樣計測比較實驗。備援實驗室亦協助核能三廠周遭鄉鎮里核安講習辦理現場輻射偵檢器輻射檢測展示，提升實驗室曝光度。屏科大亦開設「輻射與安全」、「天然災害防救概論」通識課程，於 110 年 3 月 12 日、3 月 15 日、10 月 1 日安排學生參觀放射性分析備援實驗室，讓學生了解食品及環境樣本的前處理及樣本放射性檢測的原理及操作流程。綜上，屏科大備援實驗室在內部穩定維持技術能力情況下，對外亦能參與屏東縣之緊急應變相關民眾宣導作業，未來持續發展將更能勝任南部備援實驗室之角色定位。

另在精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制之部分，110 年本中心蒐集國內外有關輻射異常事件之偵檢人員防護裝備相關技術資料或結合實務經驗，完成「輻射應變人員呼吸防護具之使用實務檢討報告」、「輻射異常

事件應變人員防護裝備選用技術報告」、「長桿式加馬輻射偵檢器 (CANBERRA TELE-STTC)操作程序書」、「長桿式加馬輻射偵檢 (Automess_Teletector)操作程序書」共四份，可作為應變整備作業精進建議之參考。另於 110 年 11 月 30 日至 12 月 2 日辦理大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練，參與人員包含執行大港計畫之海關人員及原能會輻射應變技術隊成員，都是實際執行輻射異常偵測作業之第一線人員，該訓練在增進技術能力之餘也促進雙方交流互動，確助於強化輻射異常事件之處置機制，建議未來應持續辦理。

綜上，本計畫 110 年度之執行成果，已達到原計畫所訂之精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術之目的。

附錄

附錄 1 110 年度建立南部備援實驗室之環境試樣分析備援技術期末報告書

附錄 2 輻射應變人員呼吸防護具使用實務檢討報告

附錄 3 輻射異常事件應變人員防護裝備選用技術報告

附錄 4 輻射異常事件應變人員個人防護裝備選用使建議(草案)

附錄 5 長桿式加馬輻射偵檢器(CANBERRA TELE-STTC)操作程序書

附錄 6 長桿式加馬輻射偵檢器(Automess_Teletector)操作程序書

附錄 7 110 年大港計畫工作坊暨輻射異常事件處置教育訓練教材