

行政院原子能委員會

109 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：109 年 01 月 01 日至 12 月 31 日

中華民國 109 年 12 月 31 日

目 錄

壹、緣起	1
貳、研究目的	3
參、109 年計畫目標及執行成果說明	6
肆、結論與建議	31

《附錄 1》109 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

壹、緣起

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偵檢人力及設備備援能量檢討報告之結論顯示，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、植物試樣，目前已完成設置核子意外事故後備實驗室，具備食品放射性檢測之量能，但檢視該實驗室環境輻射偵測技術能力，仍須加以補實與精進。

據此，經檢整國內的放射性分析檢測作業能量，南部地區專業輻射檢測實驗室僅有本會輻射偵測中心與台灣電力公司放射試驗室核三工作隊等 2 個單位，為強化南部地區放射性分析檢測能量，透過前期計畫「輻射災害防救與應變技術之研究發展」(105-108 年)之分項工作「輻射災害鑑識分析能力建立」，於國立屏東科技大學災害防救科技研究中心建置南部輻射災害放射性分析備援實驗室，投入放射性分析相關檢測工作。

接續前期計畫之成果，南部備援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）與衛福部食品藥物管理署（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，該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，在環境試樣檢測上，亦將面臨大量檢測量能之需求，因此仍需由輻射偵測中心輔導南部備援實驗室擴展檢測能量至環境中水樣、空氣、土壤、植物

試樣之檢測分析技術領域，並取得相關領域檢測技術認證。

與政策結合方面，本計畫落實行政院「提升輻射災害防救能量」之施政方針，並持續推動公眾參與監督及資訊透明機制，作為全民的原能會，輻安核安民眾心安之施政願景。「南部備援實驗室」預期可擔任第三方公正實驗室之角色，克服因技術上專業知能所造成的誤解與隔閡，突破往昔專業分析技術獨斷之迷思，以利後續原能會規劃及推動各項管制作為，積極規劃與其他單位合作縱、橫向政策目標，本計畫縱向由本中心技術移轉並訓練南部備援實驗室人員相關輻射核種分析技能，橫向部分則由南部備援實驗室以地緣因素，支援辦理核能三廠周遭鄉鎮里及學校環境輻射監測與緊急應變輻射偵測作業說明，積極扮演民眾溝通腳色、促進公民參與環境輻射監測作業，並藉由互動提升民眾瞭解並認同原能會監督作為，可達多贏之局面。

此外，南部備援實驗室亦可擴充及儲備緊急應變量能，於核能電廠發生核子事故時，能立即投入支援進行放射性分析作業，肩負起支援緊急應變時環境試樣及食品放射性分析計測之功效。

本「精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」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」，並規劃四年完成「環境試樣放射性分析技術增項認證」、「核能三廠環境試樣平行監測作業」、「結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明」、「建立氙及鋇90分析技術並參與比較實驗」等重要工作項目。

備援實驗室建置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之議題，都突顯了強化輻射災害備援實驗室量能之迫切性及重要性。

另為強化我國邊境管制可能發生的輻射異常事件，擬精進大港計畫

所需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，有極大可能成為人為惡意或恐怖攻擊的潛在犯罪或輻射彈事件，爰本計畫將針對大港計畫部分，探討邊境管制可能發生的輻射異常事件的樣態和技術需求，提出改善現行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。

貳、研究目的

本「精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」計畫為四年期計畫，為完成本計畫目標，各年度之執行策略分列如下：

表 1 「精進輻射災害環境輻射偵測能量與技術」計畫年度目標與策略

年度	執行工作	備註
109 年	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證： <ol style="list-style-type: none"> (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。 (4) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。 (5) 完成核能三廠環境試樣平行監測作業。 2. 精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制： <ol style="list-style-type: none"> (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關技術文件及資料，以研擬大港計畫之中子異常事件之通報及處理作業原則。 (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。 	
110 年	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證： <ol style="list-style-type: none"> (1) 取得 TAF 水樣總貝他分析認證。 (2) 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>(3) 備援實驗室完成核能三廠環境試樣平行監測作業。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。</p> <p>2. 精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制：</p> <p>(1) 蒐集並翻譯國際上輻射異常事件中輻射偵檢人員之防護裝備之相關技術文件及資料。</p> <p>(2) 針對處理大港計畫輻射異常事件中輻射偵檢人員之防護裝備，進行整體評估並完成建議報告。</p> <p>(3) 辦理輻射偵檢人員之防護裝備相關講座或教育訓練。</p>	
111 年	<p>1. 精進備援實驗室環境試樣放射性分析技術：</p> <p>(1) 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> <p>(2) 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>(3) 備援實驗室完成核能三廠環境試樣平行監測作業。</p> <p>(4) 結合恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量分析及說明會。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。</p> <p>2. 精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制：</p> <p>(1) 針對大港計畫輻射異常事件，蒐集並翻譯國際上現場管制及輻射除污實際作法之相關技術文件及資料。</p> <p>(2) 研擬大港計畫輻射異常事件涉及輻射污染之除污</p>	

	<p>作業準則。</p> <p>(3) 辦理大港計畫輻射異常事件之除污作業準則相關講座或教育訓練。</p>	
112 年	<p>1. 精進備援實驗室環境試樣放射性分析技術：</p> <p>(1) 建立氫及鋇-90 分析前處理技術並參與國內環境試樣比對試驗。</p> <p>(2) 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>(3) 備援實驗室完成核能三廠環境試樣平行監測作業。</p> <p>(4) 結合恆春鎮農會提供在地農特產品放射性含量分析及說明會。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。</p> <p>2. 精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制：</p> <p>(1) 辦理一場次結合各式輔助設備執行大港計畫輻射通報事件偵檢之示範型訓練。</p> <p>(2) 結合大港計畫辦理輻射災害應變相關實兵演練。</p>	

參、109 年計畫目標及執行成果說明

一、109 年度計畫目標說明

本年度計畫目標：「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，而具體執行策略內容說明如下：

一、建立備援實驗室環境試樣放射性分析技術與認證：

1. 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。
4. 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程。
5. 完成核能三廠環境試樣平行監測作業。

二、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關技術文件，研擬大港計畫之中子異常事件之通報及處理作業原則草案。
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。

二、109 年度執行成果說明

依既定計畫目標及執行策略，109 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. 取得 TAF 環境試樣(沉積物、蔬菜及草樣)加馬檢測認證

(1) TAF 認證實驗室 ISO/17025:2017 改版

屏科大備援實驗室(以下稱本實驗室)於107年6月4日取得TAF實驗室測試領域-食品類游離輻射(I)實驗室認證(認證編號:3475),但因應ISO/IEC 17025實驗室認證規範改版之緣故,故本實驗室需先申請ISO/IEC 17025(2017)版本,才能申請增項環境類加馬核種分析。

表 2 申請 TAF 實驗室認證 ISO/IEC 17025 (2017)版本異轉

日期	事項	完成比例
109年03月20日	本實驗室將品質文件及程序書改版 ISO/IEC 17025 (2017)並發行。	40%
109年03月20日	向 TAF 提出異轉申請並上傳相關資料。	60%
109年05月11日	TAF 異轉現場評鑑及監督評鑑 監督評鑑:無不符合事項。 評鑑結果:委員開立兩項不符合事項:1.天秤需送外校正。2.不符合事項表單需加入風險評估。	80%
109年05月29日	本實驗室回覆 TAF 不符合事項。	90%
109年07月02日	本實驗室完成 TAF 改版並取得證書。	100%



(a) TAF 委員現場評鑑(異轉)



(b) TAF 委員現場評鑑(異轉)

圖 1 TAF 實驗室認證改版現場評鑑



圖 2 TAF 實驗室認證 ISO/17025:2017 版證書

(2) 申請 TAF 環境試樣及生物試樣增項認證

為了將放射性分析擴展至環境領域，規劃申請環境試樣放射性分析增項認證，包括環境試樣沉積物、蔬菜及草樣等加馬

檢測之 TAF 認證，於 108 年已在 11 月開始撰寫環境認證相關文件，於 109 年 3 月 20 完成相關操作程序書。並於 5 月 15 日向 TAF 提出環境類游離輻射分析之增項申請，增項項目包括海水、淡水、沉積物、生物試樣、空浮微粒及乳類等 6 項。

表 3 申請 TAF 環境類游離輻射增項認證

日期	事項	完成比例
109 年 03 月 20 日	本實驗室完成環境類相關操作程序書及品質文件的撰寫及發行。	30%
109 年 05 月 15 日	向 TAF 提出環境類游離輻射分析之增項並上傳相關文件，增項項目：海水、淡水、沉積物、生物試樣、空浮微粒、乳類等 6 項。	50%
109 年 06 月 03 日	TAF 要求補件並即時回覆	55%
109 年 07 月 31 日	TAF 委員現場評鑑。 評鑑結果：委員開立三項不符合事項：1. 溫濕度計需定期校正。2. 未對校正服務之廠商進行評估。 3. 已有處理風險與機會的程序，但尚未有實際風險與機會的鑑別與分析評估。	80%
109 年 08 月 28 日	本實驗室回覆 TAF 不符合事項。	90%
109 年 10 月 07 日	本實驗室完成 TAF 改版並取得證書。	100%



圖 3 TAF 實驗室環境類游離輻射增項認證證書

(3) TFDA 認證實驗室 ISO/17025:2017 改版

本實驗室於 108 年 2 月 21 日取得衛生福利部食品藥物管理署游離輻射食品檢驗實驗室認證(認證編號:F118)，但因應 ISO/IEC 17025 實驗室認證規範改版之緣故，故本實驗室需申請 ISO/IEC 17025(2017)版本異轉。

表 4 申請 TFDA 實驗室認證 ISO/IEC 17025 (2017)版本異轉

日期	事項	完成比例
109 年 05 月 03 日	本實驗室將品質文件及程序書改版符合 TFDA 認證規範並發行。	40%
109 年 05 月 29 日	向 TFDA 提出異轉申請	45%
109 年 06 月 08 日	向 TFDA 提出異轉申請(發公文)	50%
109 年 06 月 29 日	TFDA 要求補件，並立即回覆。	55%
109 年 09 月 14 日	TFDA 異轉現場評鑑。	70%

	評鑑結果:委員開立三項不符合事項:1.缺方法查證人員之授權、查證程序及查證紀錄。2.應刪除顧客抱怨處理程序書及顧客抱怨紀錄表中的「顧客」。3.實驗室不執行試驗之外包應註明於相關文件中。	
109年11月06日	本實驗室回覆 TAF 不符合事項。	85%
109年11月11日	本實驗室向 TAF 及 TFDA 發公文告知完成不符合事項回覆並改善完成。	95%
109年11月12日	本實驗室接獲 TFDA 告知完成改版，無另提供證書。	100%

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

南部備援實驗室於 108 年 12 月 17 日報名參加 2020 年 IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗，並於 109 年 7 月 21 日收到樣本，包括三個水樣(Sample 1、Sample 2、Sample 3-QC)、一個魚粉(Sample 4)以及三個濾紙(Sample 5、Sample 6、Sample 7)。

南部備援實驗室針對今年 IAEA 樣本進行加馬核種分析，包括水樣(Sample-1、Sample-2)及魚粉(Sample-4)，而濾紙雖然有分析，但濾紙因幾何形狀的緣故，南部備援實驗室現有的效率曲線無法分析，原本是要利用 108 年 IAEA 樣本中的濾紙去做修正，卻發現今年的濾紙中的核種與 108 年的樣本無重複的核種，故無法計算修正誤差值；加上實驗室所使用的純鍍偵檢器無特性化功能，無法藉由軟體修正幾何形狀的誤差，故只提報水樣及魚粉之加馬能譜分析數據。

南部備援實驗室同時也試著分析總貝他核種，同時派員至輻射偵測中心學習樣本總貝他核種分析之前處理方法，並親自處理 IAEA 樣本，實驗室於 108 年與輻射偵測中心技術交流，已完成建立 K-40 總貝他計測之效率曲線，但考量此次待測樣品量不足，無法以 K-40 之效率曲線進行量測，需以銻 90 微量、適當蒸乾濃縮(前處理)及單點建立效率值，前述方法將再與輻射偵測中心討論後建立南部備援實驗室之銻 90 單點效率值。

南部備援實驗室於 109 年 11 月 12 日提報 IAEA 數據，其檢測結果顯示 Sample-1 核種為 Cs-137、Cs-134 及 Na-22；Sample-2 核種為 Ra-228 及 Ac-228；Sample-4 核種為 Cs-137、Cs-134、Ra-228、

Ac-228 及 K-40 等，而 IAEA 於 109 年 11 月 25 日公布試驗結果，該實驗室提報數據其準確度及精密度皆為”接受”。

Final Score A:準確度及精密度皆“接受”													
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	Cs-134	33.5	0.5	20 %	33.97	1.97	1.40 %	1.4	0.34	A	5.99	A	A
1	Cs-137	64.4	0.9	20 %	64.80	3.72	0.62 %	1.7	0.24	A	5.91	A	A
1	Na-22	76.8	1.2	20 %	70.09	4.06	-8.74 %	5	1.34	A	6.00	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	Ac-228	24.7	1	25 %	22.87	1.50	-7.41 %	1.9	0.96	A	7.71	A	A
2	Ra-228	24.7	1	25 %	22.87	1.50	-7.41 %	1.9	0.96	A	7.71	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	Ac-228	34.9	2	30 %	34.34	2.26	-1.60 %	3.6	0.16	A	8.73	A	A
4	Cs-134	119.4	5	20 %	120.62	7.02	1.02 %	8.8	0.14	A	7.17	A	A
4	Cs-137	18.9	1	25 %	19.74	1.28	4.44 %	1.3	0.65	A	8.37	A	A
4	K-40	369	18	25 %	402.44	24.83	9.06 %	26.2	1.28	A	7.87	A	A
4	Ra-228	34.9	2	30 %	34.34	2.26	-1.60 %	3.6	0.16	A	8.73	A	A

圖 4 IAEA 能力試驗比對結果

3. 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

本教育訓練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。教育訓練期間民眾反應熱絡，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。因參與說明會民眾以年長者居多，現場反應多為單方面接受訊息聽取，互動性較不活躍。據此，未來將積極延伸該活動至學校內，以年輕族群為主並引入輻射與日常生活的關聯性及應用，使其了解輻射的基本原理，並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。

本教育訓練配合屏東縣 109 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 5 核安講習及教育訓練詳細辦理情形

時間	地點	參與人數
109 年 7 月 17 日	恆春鎮城西里	112 人
109 年 7 月 18 日	恆春鎮仁壽里	58 人
109 年 7 月 25 日	恆春鎮山腳里	60 人
109 年 7 月 26 日	恆春鎮城南里	54 人
109 年 8 月 11 日	恆春鎮山海里	56 人
總計		340 人



(a) 輻射來源介紹



(b) 展示碘化鈉偵檢器



(c) 樣本前處理實作



(d)樣本分析實作

圖 5 核安講習及現場輻射偵檢器檢測教育訓練照片

4. 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程

核能三廠位於屏東恆春鎮，與屏科大的直線距離僅約 80 公里，故對屏科大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。108 學年第 2 學期，屏科大葉一隆教授偕同 2 位南部備援實驗室團隊(陳庭堅教授與徐文信助理教授)於屏科大開設『天然災害防救概論』通識課程，讓學生了解天然災害的介紹及預防策略。109 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，課程以淺顯易懂的授課內容(案例分析)與方式(台灣電力公司南部展示館參訪核能三廠)，讓學生瞭解輻射的基本原理，引入輻射與日常生活的關聯性及應用，進而對輻射建立正確的觀念。



(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

圖 6 輻射與安全通識課程上課照片

本通識課程於 109 年 3 月 27 日及 9 月 25 日安排學生參觀放射性分析備援實驗室，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。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度純

銻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。

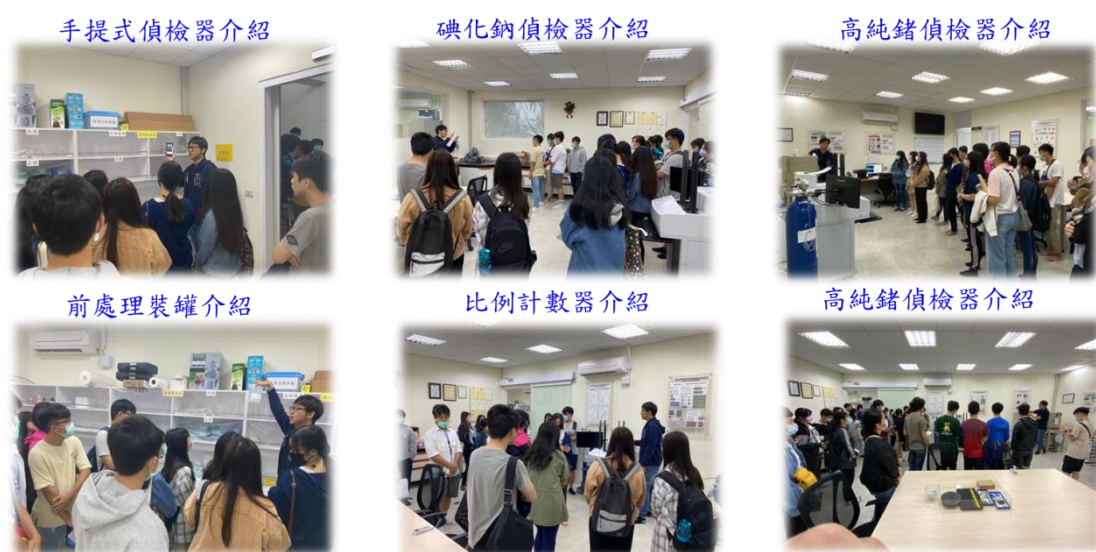


圖 7 通識課程安排參觀放射性分析備援實驗室

另於 109 年 11 月 21 日安排修課學生前往台灣電力公司南部展示館校外參訪，請台灣電力公司南部展示館的解說員解說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相關知識。



圖 8 通識課程校外參訪台灣電力公司南部展示館

5. 完成核能三廠環境試樣計測比較實驗

於 109 年 1、4、7、10 月偕同輻射偵測中心前往屏東恆春核能三廠進行環境試樣的採集及分析，一方面學習環境試樣的採樣方法及注意的事項，藉此熟悉採樣流程，以加強環境樣本放射性分析的能力。此次規劃實際參與樣本採集、樣本前處理及樣本分析以外，還會將南部備援實驗室所前處理好的樣本交給輻射偵測中心分析，以比對雙方的樣本計測分析能力是否有一致性，藉此達到比較實驗的目的。

此次比較實驗，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，由備援實驗室進行樣品前處理，後續以各實驗室中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%，發現可能的影響因素與樣本本身的放射性核種活度高低有關，像土壤樣本及牧草樣本其鉀-40 的活度較高，而其相對百分誤差皆小於 10%，故推測核種活度越低，其誤差值越大，間接影響相對百分誤差的值。

此次試樣的分析結果發現核種 Th-232 及 U-238 於南部備援實驗室定性分析成立且定量分析不確定度也低於 30%，但相對輻射偵測中心計測結果則是低於 MDA，針對此問題可能的原因為兩間實驗室計測系統(Gene 200 及 Gamma vision)於核種定性判定功能項目

(NID 及 Fraction Limit)且預設值(70%及 75%)各有不同，從輻射偵測中心之計測報表中顯示於鈾鈾系定性判定之 NID 值多為 65%以上，然中心以 70%作為判定依據係為實作經驗值，此外以計測定性 Limit Of Detection(LOD)解釋之，其最小可測值皆貼近計測值，未達理論有效值定義：計測值 >3 倍 MDA，且檢視第一至三季之數據，問題皆發生於岸沙，因此對於此樣品種類，若需進行比對試驗，建議採用加長計測時間為之。

南部備援實驗室於第三季與輻射偵測中心一同執行核能三廠海域案出水口海水採樣，委請海委會艦隊分署第 14 海巡隊協助派艦，執行核能三廠出水口周圍海域 1、0.5、0.25 公里處之海水取樣，以進行氬排放擴散之模擬及監測作業，這也是南部備援實驗室第一次參與海上取樣作業，也藉此機會熟悉緊急應變海上取樣及後續樣品分析作業，茁壯厚植備援實驗室緊急應變能力，扮演好”備援”的角色。整體上南部備援實驗室無論在樣本前處理的技術及樣本檢測的能力上皆有一定的水準及穩定性。



(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)白沙社區-生物試樣



(j)出水口附近-海魚

圖 9 核能三廠海域案採樣相關照片



(a)核能三廠外海採樣



(b)核能三廠外海採樣

圖 10 核能三廠周遭採樣相關照片

(二)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

自民國 95 年台美雙方共同簽訂「關於合作防止非法運送核子及其輻射物質的瞭解備忘錄」，由財政部關務署執行，原能會配合提供輻射偵測及判讀協助，自 100 年開始執行迄今，本中心持續與財政部關務署合作，提供輻射偵測及輻射源判讀之技術協助。為完備輻射事件應變處置機制，就歷年之輻射異常通報事件特性進行分析，並於 109 年 3 月 25 日完成「大港計畫之歷年通報事件之處理情形分析報告」(報告編號：RMC-109304)，作為精進後續規劃之參考。

2. 蒐集並翻譯國際上中子異常事件應變處置之相關技術文件及資料

為完善大港計畫所需輻射災害應變整備機制，藉由蒐集或翻譯國際上相關異常事件應變處置之相關技術文件及資料，並針對中子通報事件之偵檢辨識及災害識別、輻射偵檢人員之防護裝備、現場管制及除污等三面向之應變處置持續精進。已完成「橡膠鉛毯於輻射場屏蔽測試報告」、「放射性物質分類之安全導則 (IAEA 第 RS-G-1.9 號摘要報告)」、「國土安全中替代氦-3 中子偵測之技術報告」、「個人用具中子偵測之輻射偵檢器市場現況報告」四份報告，提供研擬中子異常事件之通報及處理作業原則之參考。

3. 研擬大港計畫之中子異常事件之通報及處理作業原則

本中心於 109 年 9 月 25 日完成「中子異常事件之通報及處理作業原則」之研擬，並於 109 年 12 月 11 日召集專家學者及相關單

位召開「中子異常事件之通報及處理作業原則專家審查會議」，並完成會議紀錄。

4. 辦理一場次大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練

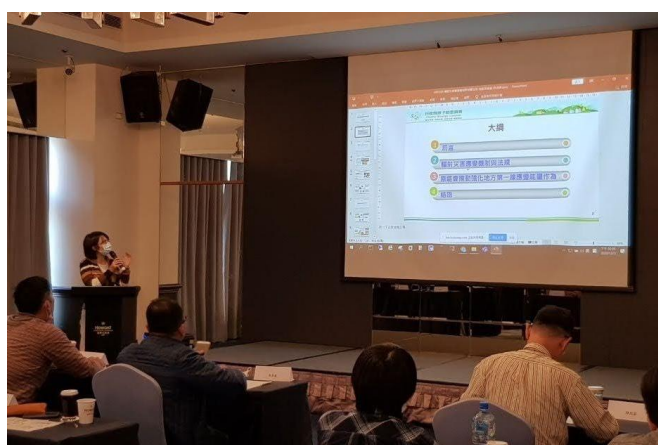
為精進我國相關作業人員偵檢能力及後續處置作為，已於 109 年 12 月 2 日至 4 日辦理大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練，今年度首次與海關合辦技術人員教育訓練，並結合 NNSA 大港計畫工作坊方式辦理，增進技術能力之餘也促進雙方應變人員交流。



(a)大港計畫人員交流餐會



(b)交流合影



(c)輻射災害應變機制及相關法規



(d)國土安全管制機制及核子保安之介紹



(e) 輻射異常事件案例分享



(f) 核種分析判讀實務案例分享



(g) 大港輻射偵檢設備及輔助裝置之介紹



(h) 輻射偵檢設備及輔助裝置之實務操作

圖 11 大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練照片

三、109 年度經費執行情形

統計本計畫迄 109 年 12 月 25 日經費執行情形如表 4，本中心與屏東科技大學備援實驗室經常及資本門執行明細如表 5、6。

表 6 109 年經費執行統計表

	109 年度		
	單位:千元		
	小計	經常門	
輻射偵測中心		屏科大	
預算數	2,800	700	2,100
實際數	2,692	592	2,100
執行率	96 %		

表 7 109 年屏科大備援實驗室經費執行明細

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)	1,327,538
	消耗性器材及藥品費用	實驗室物品與辦公室雜支等	267,400
	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)	505,062
合計			2,100,000

表 8 109 年本中心經費執行明細

科目	項目	說明	金額(元)
經常門	印刷費	各項報告印製與會議資料印製、文件印製等費用。	4,040
	資料蒐集費	購買期刊論文與書籍	6,616
	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）。	75,103
	稿費、鐘點費及審查費	稿費、鐘點費、審查費、翻譯費。	103,000
	其他經費	辦理教育講習、支援輻射偵檢應變作業等費用。	170,557
	計畫研發相關耗材	執行輻射偵檢所需耗材。	136,964
	行政管理費	一般事務費。	96,089
合計	592,369		

小結

本中心執行「109 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」工作成效整理如下表：

表 9 計畫執行成效表

工作項目	工作成效
1. 取得 TAF 環境試樣(沉積物、蔬菜及草樣)加馬檢測認證	109 年 07 月 02 日完成 TAF 認證實驗室 ISO/17025:2017 改版，109 年 10 月 7 日完成環境類游離輻射分析之增項申請，109 年 11 月 12 日完成 TFDA 認證實驗室 ISO/17025:2017 改版。
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	南部備援實驗室實驗室於 109 年 11 月 12 日提報 IAEA 數據，本實驗室檢測結果顯示 Sample-1 核種為 Cs-137、Cs-134 及 Na-22；Sample-2 核種為 Ra-228 及 Ac-228；Sample-4 核種為 Cs-137、Cs-134、Ra-228、Ac-228 及 K-40 等，而 IAEA 於 109 年 11 月 25 日公布試驗結果，本實驗室提報數據其準確度及精密度皆為”接受”。
3. 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	配合屏東縣 109 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，已於恆春鎮城西里、仁壽里、山腳里、城南里、山海里辦理。
4. 開辦校內輻射安全及災害防救環境教育課程	計畫主持人葉一隆教授偕同 2 位本實驗室團隊(陳庭堅教授；徐文信助理教授)於 108 學年第 2 學期，在屏科大開設『天然災害防救概論』通識課程，並 109 學年第

	<p>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，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。並於109年3月27日及9月25日安排學生參觀放射性分析備援實驗室，另於109年11月21日安排修課學生前往台灣電力公司南部展示館校外參訪，讓修課學生能進一步了解核能發電及輻射相關知識。</p>
<p>5. 完成核能三廠環境試樣計測比較實驗</p>	<p>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%，發現可能的影響因素與樣本本身的放射性核種活度高低有關，像土壤樣本及牧草樣本其鉀-40的活度較高，而其相對百分誤差皆小於10%，故推測核種活度越低，其誤差值越大，間接影響相對百分誤差的值。</p>
<p>6. 彙整過去大港計畫通報事件之處理情形</p>	<p>109年3月25日完成「大港計畫之歷年通報事件之處理情形分析報告」(報告編號：RMC-109304)。</p>
<p>7. 蒐集並翻譯國際上中子異常事件應變處置之相關技術文件及資料</p>	<p>已完成「橡膠鉛毯於輻射場屏蔽測試報告」、「放射性物質分類之安全導則(IAEA第RS-G-1.9號摘要報告)」、「國土安全中替代氦-3中子偵測之技術報告」、「個人用具中子偵測之輻射偵檢器市場現況報告」四份報告，作為研擬中子異常事件之通報及處理作業原則之參考。</p>

<p>8. 研擬大港計畫之中子異常事件之通報及處理作業原則</p>	<p>109年9月25日完成「中子異常事件之通報及處理作業原則」之研擬，並於109年12月11日邀集專家學者及相關單位召開「中子異常事件之通報及處理作業原則專家審查會議」。</p>
<p>9. 辦理一場次大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練</p>	<p>109年12月2日至4日與海關合作辦理大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練，本次教育訓練結合NNSA大港計畫工作坊，增進技術能力之餘也促進雙方交流。</p>

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 109 年的執行成果包括：取得 TAF 環境試樣(沉積物、蔬菜及草樣)加馬檢測認證、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、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、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關技術文件及資料、研擬大港計畫之中子異常事件之通報及處理作業原則、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，109 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(沉積物、蔬菜及草樣)加馬檢測認證並通過國際原子能總署(IAEA)能力試驗，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，因參與說明會民眾以年長者居多，現場反應多為聽取互動性較不活躍。據此，未來將積極延伸該活動至學校內，以年輕族群為主，使其了解輻射的基本原理，並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。屏科大亦開辦輻射安全與災害防救課程，於 109 年 3 月 27 日及 9 月 25 日安排學生參觀放射性分析備援實驗室，109 年 11 月 21 日安排修課學生前往台灣電力公司南部展示館校外參訪，讓修課學生

能進一步了解核能發電及輻射相關知識，為使讓修課學生能更進一步了解核能發電及輻射相關知識，未來將規劃評估採實地參訪進入核能三廠之可行性。

另有關精進大港計畫所需輻射災害應變整備機制之部分，109 年本中心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關技術文件及資料，完成「大港計畫之歷年通報事件之處理情形分析報告」、「橡膠鉛毯於輻射場屏蔽測試報告」、「放射性物質分類之安全導則（IAEA 第 RS-G-1.9 號摘要報告）」、「國土安全中替代氦-3 中子偵測之技術報告」、「個人用具中子偵測之輻射偵檢器市場現況報告」五份報告，提供研擬中子異常事件之通報及處理作業原則之參考。109 年 9 月 25 日完成完成「中子異常事件之通報及處理作業原則」之研擬，並於 109 年 12 月 11 日召集專家學者及相關單位召開「中子異常事件之通報及處理作業原則專家審查會議」。109 年 12 月 2 日至 4 日辦理大港計畫輻射異常事件處置之教育訓練，本次教育訓練結合 NNSA 大港計畫工作坊，增進技術能力之餘也促進雙方交流。

附錄 1

109 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