

強化輻射災害應變與管制技術之研究(3/4)

建立南部備援實驗室之環境試樣分析備援技術

Strengthen research of radiation disaster response and control technology (3/4)

Establishment the technology of environmental sample analysis in the southern backup laboratory

主管單位：原子能委員會輻射偵測中心

葉一隆¹

陳庭堅²

林志忠²

黃韋翔²

Yeh, Yi-Lung¹ Chen, Ting-Chien² Lin, Chih-Chung² Huang, Wei-Shiang²

¹ 國立屏東科技大學土木工程系

² 國立屏東科技大學環境工程系

摘要

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，若在境內或鄰近之境外發生類似福島電廠核子事故，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。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。因此本計畫主要目的是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，並取得相關領域檢測技術認證。

本計畫執行成果包括 1.完成核能三廠環境試樣計測比較實驗，藉此比對本實驗室樣本前處理及檢測的能力；2.完成「IAEA 國際原子能總署」環境試樣放射性分析能力試驗，驗證實驗室技術人員檢測穩定性與熟練度等項目；3.開設輻射安全及災害防救環境教育訓練課程，讓學生瞭解輻射的基本原理，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；4.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，積極扮演民眾溝通、促進公民參與環境輻射監測作業，及提升南部備援實驗室曝光度；5.完成氫及銨-90 分析前處理方式作業程序書，以擴展放射性核種分析能力。

關鍵詞:核能三廠、比較實驗、環境試樣、放射性分析

Abstract

After the Fukushima accident in Japan in 2011, the Atomic Energy Council (AEC), thoroughly reviewed the lessons learned from Fukushima accident and proposed the “Post Fukushima Safety Assessment Summary”, make a proposal of the program and then publish the report. According to the report, it implies various radiation-contaminated food must be analyzed in case of the nuclear disaster. As a result, there is a great demand for analysis of those environmental samples, including crops, fishery, livestock products, water, air, soil, and biological environmental samples. In conclusion, for the sake of ensuring the environmental radiation safety, it has to promote the capacity of radioactive analysis of the Southern backup laboratory. Therefore, the aim of this project is to enhance the capacity of radioactive analysis for environmental samples, and finally acquired the accreditation about the items of environmental samples from the Taiwan Accreditation Foundation (TAF).

Our laboratory has achieved the preset goals of this project this year. Those achievements include: (1) Collaborating with the Radiation Monitoring Center (RMC) for the task of monitoring the Maanshan Nuclear Power Plant, taking and analyzing the samples around the nuclear power plant, and carries out the comparison experiment between two offices, (2) The laboratory passes the proficiency test held by "International Atomic Energy Agency (IAEA), to verify the laboratory technicians' proficiency, (3) Conduct the on-site foodstuff radioactive analysis and face-to-face dialogs among local resident the Maanshan nuclear power plant to promote citizens' participation in environmental monitoring work, (4) Providing real-time radioactive analysis service of indigenous agricultural products and expounding the analytical result,(5) Complete the operating procedures for tritium and strontium-90 analysis pre-processing methods to expand the analysis capabilities.

Keyword : Maanshan Nuclear Power Plant, comparative experiment, Environmental samples, Radioactivity analysis.

一、前言

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」計畫，在本校災害防救科技研究中心轄下建置『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 年積極建立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。

本計畫的目的係在國立屏東科技大學輻射災害備援實驗室，擴充環境試樣分析技術，強化備援實驗室之分析檢測量能，本年度依計畫目標已完成核能三廠環境試樣計測比較實驗、於校內開辦輻射安全及災害防救環境教育訓練、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、建立氫及鎳-90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員。另本實驗室於平時可透過相關人員與學生的訓練參與，協助各級政府進行市售商品調查或環境輻射採樣檢測作業，接受民眾或廠商委託進行進出口食品、消費性商品、環境試樣放射性含量檢測等技術服務；當發生核子事故或輻射相關意外事件時，可支援應變單位執行各類樣品的放射性檢測作業，提升輻災應變能量，確保國人的安全。

二、執行方法

本計畫為建立南部備援實驗室之環境分析備援技術，將針對核能三廠環境試樣計測比較實驗、校內開辦輻射安全及災害防救環境教育訓練課程、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、建立氫及鎳-90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員、參加國內外環境試樣加馬能譜分析及總貝他實驗室比對或能力試驗等，其工作項目分述如下：

2.1 完成核能三廠環境試樣計測比較實驗

於 111 年的 1、4、7、10 月配合輻射偵測中心安排前往台電核能三廠採集電廠周遭環境樣本，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放射性分析；分析完畢之樣本再交予輻射偵測中心進行平行比對分析，藉此比較雙方樣本放射性分析能力。

2.2 建立氫及鈾-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及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，建立氫及鈾-90 分析技術，執行方法係派員參與輻射偵測中心舉辦之分析技術教育訓練及實務操作，並完成相關作業程序書。

2.3 國內外環境試樣加馬能譜分析實驗室比對或能力試驗

本研究團隊於計畫執行期間針對國內實驗室間環境試樣放射性分析比較實驗、TAF 游離輻射領域環境試樣放射性分析能力試驗或國際間實驗室(如國際原子能總署 IAEA)舉辦之環境試樣放射性分析能力試驗。

2.4 開辦輻射安全及災害防救環境教育訓練課程

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：

- 1、『天然災害防救概論』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)。
- 2、『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。

2.5 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，讓民眾對自己的產品更具信心。

三、執行成果

本計畫工作項目依行政院原子能委員會輻射偵測中心要求查核日期與項目進行控管，截至民國 111 年 12 月已完成核能三廠第一~四季環境試樣計測比較實驗報告、開設「災害防救環境教育」與「輻射與安全」通識課程、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、建立氫及鈾-90 核種前處理方式作業程序書及培訓技術人員、

結合在地農會提供農特產品放射性檢測分析及說明等工作項目。茲就所屬各個工作項目執行日期與佐證相關資料分述如下。

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；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。

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。本實驗室於 111 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，此次規劃實際參與樣本採集、樣本前處理及樣本分析以外，還將本實驗室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。

本實驗室統計核能三廠共四季的採樣種類及數量如表 1 所示，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 82 個樣本。圖 1 為核能三廠比較實驗採樣之相關照片。

表 1 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	



圖 1 核能三廠周遭採樣相關照片

此次比較實驗，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，後續分別以本實驗室與輻射偵測中心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 年時嘗試以文獻資料蒐集及加強實測條件參數等方法，佐以中央地調所地質開放資料庫，驗證核能三廠周遭海岸岸沙為珊瑚礁岩風化而來，另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：鑒於核能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)。依本年度 4 季核能三廠周遭環境樣品放射性分析比對實驗結果皆符合允收標準範圍內，顯示本實驗室具備環境試樣分析檢測能力。

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 2 及圖 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。

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，並持續確保牡丹水庫民生供水地區飲用水輻射安全。圖 3 為牡丹水庫採樣狀況。

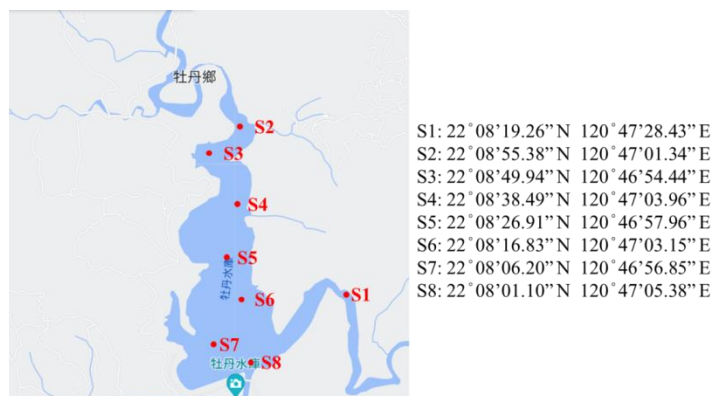


圖 2 牡丹水庫採樣點



圖 3 牡丹水庫採樣圖

3.2 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)。

本計畫亦於 111 學年度第一學期於屏科大開設「天然災害防救概論」及「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。本年度修課人數共計 213 人，圖 4 為輻射與安全通識課程上課情形。

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，課程安排先以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 5 為「天然災害防救概論」上課情形，圖 6 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 7 所示。



(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

圖 4 輻射與安全通識課程上課照片



(a)通識課程上課情形



(b)通識課程上課情形

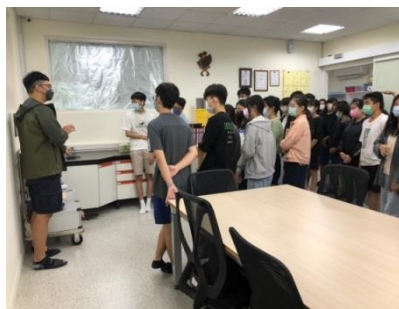


(c)通識課程上課情形

圖 5 天然災害防救概論通識課程上課照片



(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 6 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)通識課程上課情形

(c)通識課程上課情形

圖 7 通識課程校外參觀

3.2 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

輻射偵測中心於 111 年 1 月技術移轉氚及鋇-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納為品質文件，以符合品質管理與品質保證之要求。相關程序書包括 RAL-O14 植物試樣氚活度分析之前處理作業程序書、RAL-O15 水樣氚活度分析之前處理作業程序書、RAL-O16 試樣鋇-90 分析作業程序書及 RAL-O17 鋇-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氚及鋇-90 核種前處理及計測程序培訓訓練，包括高雄市衛生局檢驗科、屏科大農學院、屏科大食安所等單位共同參與。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，由方鈞屹技正分享氚和鋇-90 核種基本介紹；陶良榆技士負責氚前處理之技術；葉宣琦助理負責鋇-90 前處理之技術，最後由羅會義技士負責氚及鋇-90 分析計測程序的介紹，圖 8 為視訊上課情況。

因疫情緣故，為符合偵測中心防疫規定，實作課程延後至第三季辦理，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 9 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 10 所示。

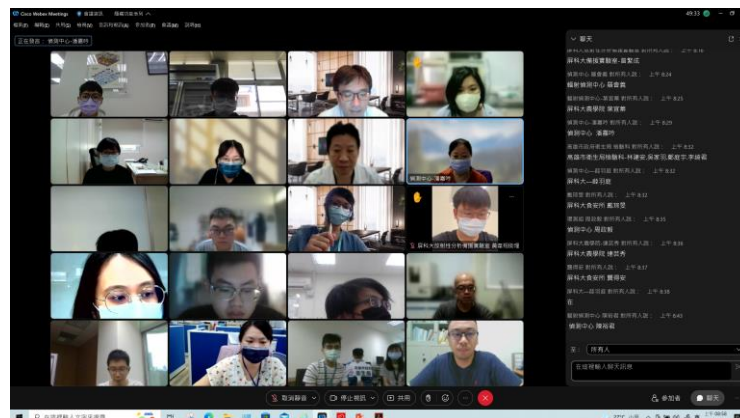


圖 8 氚及鋇-90 核種前處理及計測程序培訓訓練視訊上課



圖 9 氡前處理及分析計測實務訓練



圖 10 鋇-90 前處理及分析計測實務訓練

3.4 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)；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 11 所示。

樣本採集後依本實驗室的操作程序書進行前處理及放射性核種分析，依分析結果產出檢測報告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，檢測項目為衛福部食藥署公告目標核種： ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs ；檢測結果皆為”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 12 所示。

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。



(a)洋蔥採樣

(b)地瓜葉土壤採樣

(c)韭菜採樣

圖 11 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 12 向農民說明農作物檢測結果

3.5 參加國際環境試樣放射性分析能力比較實驗

本實驗室一方面因 TAF 與 TFDA 實驗室認證規定須參加國內外能力試驗比對外，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，於 111 年報名 IAEA 國際原子能總署試樣比對試驗，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 13 所示。

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(濾紙分析果之準確度及精密度皆判定為”接受”。總貝他分析部分 Sample-1(水樣)、Sample-2(水樣)及 Sample-3(水樣)分析結果之準確度及精密度皆判定為”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 14 所示。

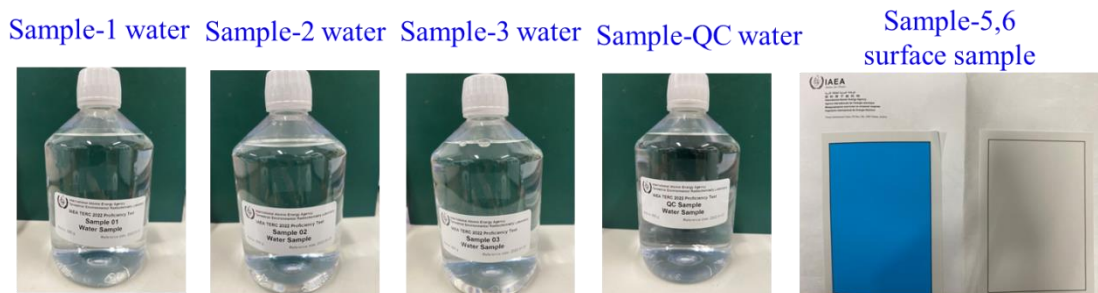


圖 13 IAEA 能力試驗樣本

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 14 111 年 IAEA 能力試驗最終結果

3.6 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作業等。

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。圖 15 為核安第 28 號演習相關照片。


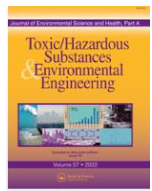




圖 15 參與核安第 28 號演習演練

3.7 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。本實驗室將研究計畫成果整理成論文並發表在國際期刊共計 4 篇，如表 2 所示。

表 2 學術發表

期刊封面	論文
	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)
	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)
	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)
	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)

四、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：

4.1 具體成果

1. 完成本年度第一~四季核能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. 完成氫及鋨-90 核種前處理方式操作程序書共 4 件，並完成氫及鋨-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。

4.2 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. 完成氫及鋨-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，以擴展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，及提升南部備援實驗室曝光度。