

# 108 年輻射災害鑑識分析能力建立

## Establishment of Radiation Disaster Identification and Analysis Capability

主管單位：原子能委員會輻射偵測中心

葉一隆<sup>1</sup>

陳庭堅<sup>2</sup>

林聖淇<sup>3</sup>

Yeh, Yi-Lung<sup>1</sup>

Chen, Ting-Chien<sup>2</sup>

Lin, Sheng-Chi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學土木工程系

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學環境工程系

<sup>3</sup> 國立屏東科技大學科技管理研究所

日本福島事故引起廣泛關注，我國民眾對於日本進口食品的安全也特別重視。然而，國內放射性分析檢測能量有限，為提升南部地區放射性分析檢測能量，建立輻射災害備援實驗室有其迫切性及重要性。本計畫分四年期(105-108年)在南部地區逐步建置輻射災害放射性分析備援實驗室，今(108)年度目標為輔導備援實驗室取得衛生福利部食品藥物管理署(Taiwan Food and Drug Administration,TFDA)放射性核種之食品檢驗機構認證，購置低背景比例計數器分析系統及擴充阿伐/總貝他放射性分析能力，參加國際原子能總署(IAEA)及國內比較實驗所舉辦之放射性核種分析能力試驗，藉此驗證檢驗人員穩定性與熟練度，以強化南部地區放射性分析能量。而備援實驗室則持續與輻射偵測中心進行檢驗技術交流，並透過國內研討會議發表研究成果，累積放射性領域科學研究能量並確保與最新檢驗技術接軌。一旦核子事故或輻射相關意外事件發生時，備援實驗室可支援應變單位執行各類樣品的放射性檢測作業，以確保國人的安全。

### Abstract

Fukushima nuclear accident has aroused widespread concern. Many people in Taiwan have worried about the safety of imported food from Japan. However, the capacity of radioactive analysis in accident is insufficient. In order to enhance the capacity of radioactive analysis in Taiwan, the establishment of a backup laboratory has its urgency and importance. The purpose of the project is to enhance the overall capabilities of radiological analysis for radiation accidents, via establishing a backup laboratory in Southern Taiwan from 2016 to 2019. The main goals in 2019 include the purchase of a set of low background ratio counters and strengthen the  $\alpha/\beta$  radiological analysis capability. In addition, the backup laboratory has earned the accreditation of Taiwan Food and Drug Administration (TFDA). Also the backup laboratory passed the IAEA and “Domestic Comparative Experiments” proficiency tests to ensure its analytical

ability and quality. The laboratory persists sharing inspection information with Radiation monitoring center of AEC and publishes research results in domestic seminars so as to accumulate scientific research energy in the field of radioactivity and continue to be in line with the latest inspection technology. If a nuclear accident or radiation-related accidents occurs, the backup laboratory can support the government to implement all kinds of radioactive sample analysis and detection works to ensure people's safety.

## 一、計畫目標

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。本計畫的目的希冀在國立屏東科技大學建置輻射災害備援實驗室，規劃於民國 108 年分別完成衛福部食藥署(TFDA)的放射性食品核種分析認可實驗室認證，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、參加原能會輻射偵測中心及國際原子能總署(IAEA)所舉辦認證項目之放射性核種分析能力試驗等工作，以提升並強化南部地區放射性分析能量。平時可以訓練相關人員與學生的參與，協助各級政府進行市售商品調查或環境輻射採樣檢測作業，接受民眾或廠商委託進行進出口食品、消費性商品、環境試樣放射性含量檢測等技術服務，當核子事故或輻射相關意外事件時，備援實驗室亦可支援應變單位執行各類樣品的放射性檢測作業，提升輻災應變能量，確保國人的安全。

## 二、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持續建置輻射災害放射性分析備援實驗室，108 年度主要工作項目分別如下所述：

1. 完成衛福部食藥署(TFDA)的放射性食品核種分析認可實驗室認證(申請及通過認證條件)。
2. 完成 1 套低背景比例計數器系統採購案。
3. 培育輻射度量、低背景比例計數器、純鍍半導體偵檢器加馬能譜分析系統等相關之實務操作人員，完成環境樣品取樣及分析方法標準作業程序書及相關實務訓練報告。
4. 參加原能會輻射偵測中心及 IAEA 所舉辦認證項目之放射性核種分析能力試驗。
5. 完成核設施第 2、3 與 4 季環境輻射監測取樣分析及樣品平行監測作業。
6. 建立移動式碘化鈉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。
7. 評估實驗室食品快篩檢驗量能，並完成分析報告。

## 三、計畫成果

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之查核日期與項目進行控管，108 年完成之工作項目包括：備援實驗室操作人員應至少 2 名具行政院原子能委員會輻射安全證書；完成環境樣品取樣及分析方法標準作業程序書及認證相關文件、採購低背景比例計數器及擴充阿伐/總貝他放射性分析能力、食品快篩檢驗技術及設備量能分析報告、環境樣品取樣/前處理及計測分析實務訓練報告與核設施第 2、3、4 季環境輻射平行監測作業；建立移動式碘化鈉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；參加 IAEA、國內環境試樣放射性分析能力試驗並提交檢討報告。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 操作人員輻射安全訓練及相關證照

- (1) 36 小時操作人員輻射安全訓練班結訓證書 3 人：林聖淇與黃韋翔(受訓期間：105 年

8月9日至105年8月16日)及葉宜蓁(受訓期間:108年8月6日至108年8月13日);目前林聖淇、黃韋翔與葉宜蓁均取得輻安證書,如圖1a-1b所示。



圖 1a 參加 36 小時操作人員輻射安全訓練班訓練合格證書



圖 1b 36 小時操作人員輻射安全證書

(2) 18 小時實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練班結訓證書 6 人：林聖淇、葉一隆、陳庭堅、黃韋翔、葉宜蓁及陳麗珍(受訓期間：107 年 8 月 7 日至 107 年 8 月 9 日)，如圖 2 所示。





圖 2 參加 18 小時實驗室認證規範 ISO/IEC 17025 訓練合格證書

### 3.2 環境樣本取樣及分析方法標準作業程序書

備援實驗室成立時就以通過 TAF 實驗室認證為其中一個重要目標，目前已通過 TAF 實驗室食品加馬放射性核種分析認證，並預計於 109 年向 TAF 提出增項申請(環境類放射性核種分析)，因此，輻射偵測中心共技術移轉 4 份技術操作程序書，內容包括環境試樣取樣作業程序、生物試樣前處理作業程序、沉積物及淡水試樣總貝他與總阿伐分析之前處理作業程序，並由備援實驗室接續修訂為適用該實驗室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，相關程序書編號名稱詳如表 1 所示。

表 1 環境樣本取樣及分析方法標準作業程序書

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-M-11	環境試樣取樣作業程序	RAL-O05	環境試樣取樣作業程序書
2	RMC-O-001	沉積物試樣總貝他與加馬分析前處理	RAL-O06	沉積物試樣加馬能譜分析之前處理操作程序書
3	RMC-O-002	生物試樣之前處理作業程序書	RAL-O02	生物試樣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

### 3.3 輻射偵測中心環境樣品取樣/前處理及計測分析實務訓練

備援實驗室派員於 108 年 5 月 13 日到輻射偵測中心接受環境樣品取樣、前處理與計測分析及水樣阿伐/貝他計測分析實務訓練，由輻射偵測中心同仁介紹環境樣品取樣、前處理與計測分析、效率曲線的配製實作及總貝他水樣樣品前處理作業程序並實際操作，如圖 3a-7b 所示。

本次教育訓練讓備援實驗室更了解環境樣品的採樣流程及注意事項，對於實務委託樣品的接收到前處理、儀器分析、出檢測報告等作業更熟稔；由於備援實驗室於本年度添購低背景比例計數器，藉此次教育訓練，讓實驗室檢驗人員能更快速熟悉儀器的操作及效率曲線的建立，並學習總貝他水樣分析流程。



圖 3a 環境樣本取樣與前處理介紹



圖 3b 環境樣本取樣與前處理介紹



圖 4a 總貝他前處理實作



圖 4b 總貝他前處理實作



圖 5a 低背景比例計數器介紹



圖 5b 低背景比例計數器介紹



圖 6a 樣本前處理實作



圖 6b 高溫灰化爐介紹



圖 7a 效率曲線配製實作



圖 7b 效率曲線配製實作

### 3.4 低背景比例計數器採購案

- (1) 3月08日-低背景比例計數器第一次上網公告招標(流標)
- (2) 3月21日-低背景比例計數器第二次上網公告招標
- (3) 3月26-開標
- (4) 6月18日-低背景比例計數器交貨
- (5) 6月19-21日-儀器教育訓練
- (6) 7月04日-低背景比例計數器驗收

儀器搬運及安裝位置實景照片，圖 8a-b(地點：屏科大電算中心地下一樓放射性分析備援實驗室)，並辦理低背景比例計數器教育訓練，圖 8c-d 所示。



圖 8a 比例計數器組裝過程



圖 8b 比例計數器搬運過程



圖 8c 比例計數器



圖 8d 比例計數器教育訓練

### 3.5 建立移動式碘化鈉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

輻射偵測中心於第 3 季 9 月時，移轉「RAL-O08 污染樣品接收作業程序書」給備援實驗室，由實驗室接續修訂為適用該實驗室之作業程序書。另外，為使該實驗室於核能電廠發生事故，疑似有放射性物質外釋時，能以碘化鈉(NaI)快速篩檢系統進行食品及飲用水加馬核種定性及定量分析。在輻射偵測中心協助下，針對移動式碘化鈉偵檢器撰寫「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」，作為事故應變時檢驗人員正確作業依循。

### 3.6 完成食品快篩檢驗技術及設備量能分析報告

食品中放射性核種之檢驗方法可依據衛生福利部(以下簡稱衛福部)105 年 5 月 19 日部授食字第 1051900834 號公告「食品中放射性核種之檢驗方法」，檢測儀器為加馬能譜儀(Gamma-Ray Spectrometer, GRS)搭配純鍍偵檢器(High Purity Germanium Detector)，採二階段式檢驗，第一階段為篩檢，其最小可測量(Minimum Detectable Amount, MDA)需小於 5 貝克/公斤(飲料及包裝水)或 10 貝克/公斤(乳及乳製品、嬰兒食品及其他食品)；第二階段為定量分析，其最小可測量需小於 1 貝克/公斤需小於 1 貝克/公斤。依備援實驗室實務經驗，若樣本的重量為 700 克左右，則約分析 5000 秒即可達到衛福部公告第二階段(定量分析)樣品量測之最小可測量，詳細計測時間如表 2 所示。

表 2 本實驗室食品樣本計測時間參考表

樣本重量	第一階段計測時間		第二階段計測時間	備註
	10 MDA	5 MDA	1 MDA	
100 克以下	3,000 秒	6,000 秒	3,000 秒	以實際測量值為主
100 克以上	1,000 秒	2,000 秒	10,000 秒	
700 克以上	1,000 秒	1,000 秒	5,000 秒	

依據備援實驗室實務經驗，90%食品試樣可透過第一階段篩檢排除、約 10%試樣才需進行第二階段量測。其中，第一階段定性作業約需 1000 秒、第二階段定量作業約需 6000 秒。加權後平均一個試樣所需計測時間為 25 分鐘，試樣前處理平均需要 20 分鐘，每日工時 8 小時，扣除品保作業與報告製作 1 小時，一個檢驗人員平均每日可執行 10 件試驗檢驗作業，另實驗室計兩台純鍍偵檢器，最大檢驗量能為 20 件試樣/日。若以每月 22 個工作日為計算基準，每年最多可執行 5,280 件。

### 3.7 TFDA 實驗室認證申請

本實驗室自成立時就以通過 TAF 實驗室認證及衛福部食藥署(TFDA)食品檢驗機構認證為重要目標，本實驗於 107 年 6 月通過 TAF 實驗室認證並取得認證證書。另於 107 年 8 月向衛福部食藥署(TFDA)提出放射性核種之食品檢驗機構認證申請，並於 108 年 2 月 21 日正式通過實驗室認證並取得證書，認證過程如表 3 所示，圖 9 及圖 10 為 TFDA 認證大事紀及證書，現場評鑑情形如圖 11a-b 所示。

表 3 備援實驗室參加 TFDA 認證紀事

日期	重要事項	完成比例
107 年 8 月 16 日	提出 TFDA 申請案	10 %
107 年 9 月 21 日	補齊相關文件	40 %
107 年 10 月 1 日	TFDA 委託 TAF 安排書面審查	50 %
107 年 10 月 28 日	補齊相關文件	60 %
107 年 11 月 21 日	現場評鑑，共開出 7 個不符合事項	80 %
107 年 12 月 03 日	完成回覆改善確認	95 %
108 年 2 月 21 日	通過認證	100 %

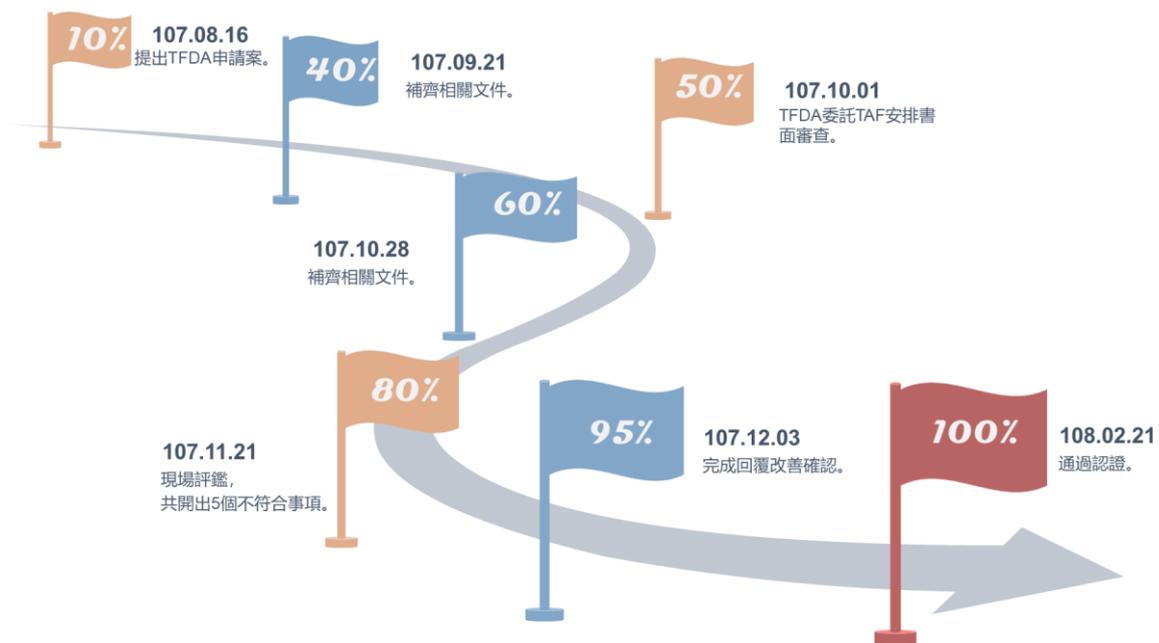


圖 9 衛福部食藥署(TFDA)認證大事紀



圖 10 衛福部食藥署(TFDA)食品檢驗機構認證證書



圖 11a TFDA 委員現場評鑑



圖 11b TFDA 委員現場評鑑

### 3.8 TAF 監督評鑑

備援實驗室於 108 年 8 月 29 日接受 TAF 的監督評鑑，在此次評鑑中，有三個不符合事項，已於 9 月 26 日將不符合事項改善並回覆評鑑委員，圖 12a-b 為 TAF 監督評鑑委員現場評鑑之照片。



圖 12a TAF 監督評鑑



圖 12b TAF 監督評鑑

### 3.9 參與 108 年核安第 25 號演習

為了讓民眾對備援實驗室及政府因應核子事故污染樣品檢測之整備作為有進一步的了解，備援實驗室預錄輻射污染樣品後送實驗室分析影片，並於 108 年核安第 25 號演習觀摩時播放。圖 13 為本實驗室參與核安演習所拍攝的過程包括場地佈置、樣本接收、樣本送至前處理室、樣本前處理、樣本傳遞、樣本秤重、樣本分析、數據分析等流程。

該實驗室並派員於 9 月 10 日至車城監測中心參與演出，負責輻射污染樣本的前處理與計測，如圖 14a-b 所示；另派員於 9 月 11 日赴加祿堂營區收容所，負責醫療救護中心專業輻射諮詢，如圖 15a-b 所示。



圖 13 本實驗室參與核安演習影片拍攝流程



圖 14a 核安演習車城監測中心



圖 14b 核安演習車城監測中心



圖 15a 核安演習加祿堂營區收容所



圖 15b 核安演習加祿堂營區收容所

### 3.10 國際原子能總署(IAEA)試樣比對試驗

備援實驗室於 108 年 4 月 14 日報名參加 2019 年國際原子能總署(IAEA)試樣比對試驗，並於 108 年 5 月 28 日收到樣本，並於 108 年 9 月 14 日上傳檢測數據，圖 16 為 IAEA 試驗樣本。能力試驗結果顯示準確度及精密度皆達標如圖 17 所示。

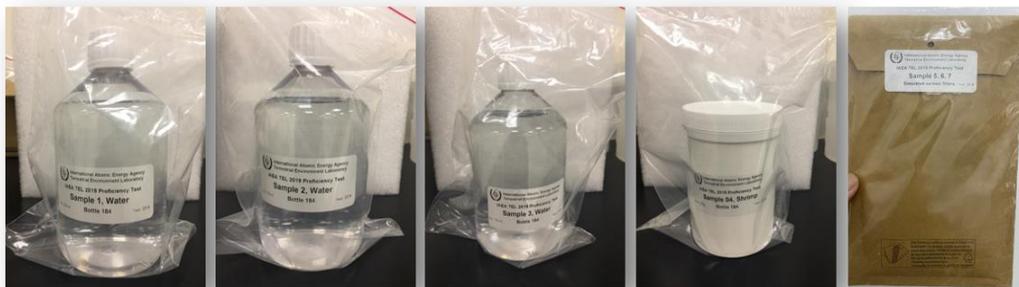


圖 16 IAEA 試驗樣品

**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	9.3	0.3	20 %	9.226	0.411	-0.80 %	0.65	0.11	A	5.50	A	A
1	Cs-137	8.92	0.25	20 %	8.892	0.405	-0.31 %	0.4	0.07	A	5.35	A	A
1	Ra-228	22.08	1	20 %	22.128	1.129	0.22 %	1.25	0.04	A	6.82	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	Cs-134	5.05	0.15	40 %	4.779	0.283	-5.37 %	0.35	0.77	A	6.62	A	A
2	Cs-137	4.19	0.12	40 %	4.271	0.277	1.93 %	0.22	0.37	A	7.09	A	A

圖 17 IAEA 試樣比對試驗結果

**3.11 國內環境試樣放射性分析能力比較試驗**

本實驗室於 107 年 12 月報名參加國內環境試樣放射性分析能力比較試驗，後於 108 年 2 月 19 日收到試驗樣本，包括海水、土壤、茶葉等 3 個樣本，如圖 18 所示，並於 108 年 8 月 1 日回傳數據，試驗比對結果均在合理範圍內(En 值皆小於 1)，如圖 19 所示。



圖 18 國內環境試樣放射性分析能力比較試驗能力試驗樣本

**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	9.3	0.3	20 %	9.226	0.411	-0.80 %	0.65	0.11	A	5.50	A	A
1	Cs-137	8.92	0.25	20 %	8.892	0.405	-0.31 %	0.4	0.07	A	5.35	A	A
1	Ra-228	22.08	1	20 %	22.128	1.129	0.22 %	1.25	0.04	A	6.82	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	Cs-134	5.05	0.15	40 %	4.779	0.283	-5.37 %	0.35	0.77	A	6.62	A	A
2	Cs-137	4.19	0.12	40 %	4.271	0.277	1.93 %	0.22	0.37	A	7.09	A	A

圖 19 國內環境試樣放射性分析比較試驗分析結果

**3.12 核設施環境輻射監測取樣分析及樣本平行監測作業**

為建立輻射偵測中心與備援實驗室平行監測作業機制，訂立雙方共同進行核三廠環境輻射監測作業之合作模式，分析結果更可作為備援實驗室樣品分析技術比對依據。該實驗室於 108 年 4、7、10 月皆與原能會輻射偵測中心前往核三廠周遭進行每季的採樣工作，如圖 20a-f 所示，包括土壤、相思樹、牧草、岸沙、海水、核三廠內雨水渠道口、白沙社區生物試樣及恆春地區的葉菜類等樣本，完成樣本的前處理及分析作業並藉此與中心比對數據，來確認檢測結果的正確性與增進分析技術的熟練度。並將備援實驗室前處理好的樣本與輻射偵測中心交換，彼此分析雙方的樣本，以比對雙方的前處理能力及樣本分析能力是否有一致性，達到驗證雙方實驗室檢驗能力的目的。



圖 20a 核三廠第二季採樣



圖 20b 核三廠第二季採樣



圖 20c 核三廠第三季採樣



圖 20d 核三廠第三季採樣



圖 20e 核三廠第四季採樣



圖 20f 核三廠第四季採樣

### 3.13 參加學術研討會

備援實驗室於 108 年 5 月 28 日參加「108 年度行政院災害防救應用科技方案(第二期)104 年-107 年度總成果研討會」，並設攤展示本實驗室從無到有的建置過程及實驗室的研究成果，如圖 21a-b 所示。另於 108 年 10 月 25 日參加 108 年度農業

工程研討會，發表壁報論文 1 篇，題目為「台灣香蕉植體天然放射性核種鉀 40 含量之分佈」，如圖 22a-b 所示。

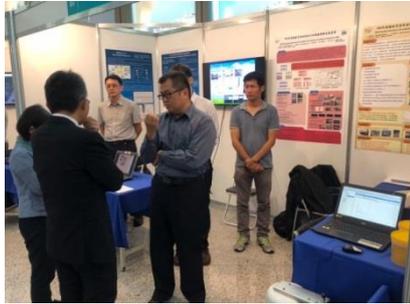


圖 21a 災防科技成果研討會

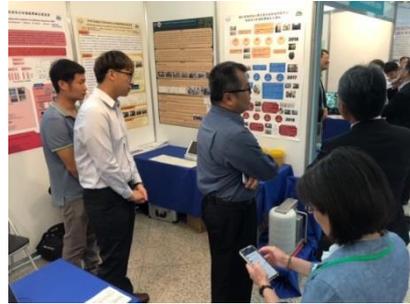


圖 21b 災防科技成果研討會



圖 22a 農業工程研討會



圖 22b 農業工程研討會

### 3.14 開設通識課程

本實驗室在國立屏東科技大學於 107 學年度第 2 學期及 108 學年度第 1 學期皆開設輻射相關領域的通識課程，課程名稱為「輻射與安全」，107 學年度第 2 學期有 124 名學生修課；108 學年度第 1 學期有 111 名學生修課，如圖 23a-d 所示，並在 108 年 5 月 25 日及 108 年 12 月 1 日舉辦核三廠校外參訪，讓修課學生能更進一步了解輻射應用與防護相關知識，如圖 24a-h 所示。



圖 23a 屏科大 107 學年度第 2 學期輻射與安全通識課程



圖 23b 屏科大 107 學年度第 2 學期輻射與安全通識課程



圖 23c 屏科大 108 學年度第 1 學期輻射與安全通識課程



圖 23d 屏科大 108 學年度第 1 學期輻射與安全通識課程



圖 24a 通識課程校外參訪



圖 24b 通識課程校外參訪



圖 24c 通識課程校外參訪



圖 24d 通識課程校外參訪



圖 24e 通識課程校外參訪



圖 24f 通識課程校外參訪



圖 24g 通識課程校外參訪



圖 24h 通識課程校外參訪

#### 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 108 年皆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：

##### ➤ 具體成果

1. 辦理購置 1 套低背景比例計數器，並完成驗收、儀器校正、品管作業、操作程序書建立及人員訓練。
2. 完成實驗室認證相關資料申請及現場評鑑，並通過 TFDA 實驗室認證，取得食品檢驗機構認證證書。
3. 完成環境樣品取樣及分析方法標準作業程序書及環境試樣認證相關文件。
4. 實驗室人員至偵測中心接受低背景比例計數器分析實做、儀器校正、品管作業訓練。
5. 參加「IAEA 國際原子能總署」及「國內比較實驗能力試驗」環境試樣放射性分析比較實驗，並通過加馬核種能力試驗。
6. 完成核設施第 2、3、4 季環境輻射監測取樣分析及樣品平行監測作業。
7. 建立移動式碘化鈉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。
8. 完成食品快篩檢驗技術及設備量能分析報告。
9. 108 年 9 月由實驗室人員參演核安第 25 號演習。
10. 於 107 學年度第 2 學期及 108 學年度第 1 學期於屏科大開設『輻射與安全』通識課程。
11. 108 年 5 月參加 108 年度行政院災害防救應用科技方案(第二期)104 年-107 年度總成果研討會，並設攤展示；此外亦參加 108 年 11 月農業工程研討會，並發表壁報論文一篇，題目為『台灣香蕉植體天然放射性核種鉀 40 含量之分佈。』

##### ➤ 效益說明

1. 屏科大輻射災害放射性分析備援實驗室之建置有助於提高台灣南部地區相關農產品、食品與環境等試樣的放射性檢測能量。
2. 通過「IAEA 國際原子能總署」及「國內比較實驗」放射性分析比較實驗，確保實驗室檢驗品質。

3. 藉由『輻射與安全』通識課程的開設，讓學生重視如何做好輻射防護、避免輻射傷害，提供正確輻射相關知識與建立適當輻射防護觀念，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。
4. 於國內研討會議發表研究成果並與偵測中心持續交流，藉此累積放射性領域科學研究能量並持續與最新檢驗技術接軌，增加屏科大輻射災害放射性分析備援實驗室的曝光度與影響力。