

「107 年空中輻射偵測系統維運與設備更新作業計畫」

期末報告



原子能委員會 輻射偵測中心
中華民國 107 年 12 月 3 日

摘要

本計畫工作項目有 4 項：(1)辦理空中及陸域輻射偵測設備維運及訓練。(2)派員赴美參加高階訓練課程。(3)搭配 107 年核安演習時機，利用空中輻射偵測系統，偕同國防部建立新型載具機上裝載偵測儀器測試。(4)辦理陸域輻射偵測實作訓練及 107 年核安演習空中輻射偵測實作演練。

4 月及 6 月分別派員赴美參加空中輻射偵測進階數據分析研習會議及第 6 屆空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議，除了熟悉 AVID(Advanced Visualization and Integration of Data)系統新版軟體數據分析功能，針對各國空中輻射現況交換寶貴經驗；配合 107 年核安演習，空中偵測團隊分別執行 5 次課程訓練，2 次陸域車載實作訓練，4 航次空中輻射偵測實作演練。由於國內空勤總隊及陸軍航特部更換黑鷹直升機新載具，提升飛行導航新功能，增加飛行偵測數據的準確性。兩次車載演練完成街道輻射分布偵測練習，包括路線規畫、依路線引導執行、執行數據分析與渲染圖製作等。4 航次上機空中輻射偵測演練，搭配空勤總隊及陸軍航特部黑鷹直升機新載具，其中台中空勤總隊實作訓練，首次完成完整科目，包括飛行前會議、水路線不同高度飛行、格線飛行等。其中空勤總隊飛行後結果資料，利用辦理空中輻射偵測 AVID 分析軟體操作訓練機會加以運用，進行整體操作分析驗證，確認以國內目前能量可執行完整空中輻射偵測。

本計畫派員赴美瞭解空中輻射偵測系統操作軟體更新狀況，吸取各國使用 SPARCS 空中輻射偵測經驗回饋，以增進空中輻射偵測之執行能力。於 107 年核安演習進行實作演練，並於國內進行各項訓練及講習等，維持國內空中輻射偵測技術，使得空中輻射偵測人員能更加熟練運用。

關鍵字： 空中偵測、AMS、AVID

目 次

壹、前言	1
貳、派員赴美參加高階訓練課程	2
參、南北部化兵群偵檢人員硬體操作與簡單維修訓練	41
肆、台中空勤總隊空中偵測實作訓練	44
伍、航特部 601 旅空中偵測裝機訓練	46
陸、核安演習現場實作演練	48
柒、空中輻射偵測 AVID 分析軟體操作訓練	48
捌、結論	49
玖、附件	51
參考資料	52

壹、前言

鑑於日本311福島核災，原子能委員會(以下簡稱原能會)為落實「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」中有關空中輻射偵測作業之檢討與精進，自101-104年委託核研所進行四年期空中輻射偵測系統引進與研發，完成我國空中輻射劑量偵測與地面污染調查評估技術，強化我國在核子事故發生時，進行大範圍輻射污染之偵測技術。105年美國提供分析軟體改版，整合執行空中與陸域之偵測規劃與執行在同一操作介面AVID分析軟體；102年之後配合每年核安演練進行實作測試；目前國內共計有3套空中輻射偵測設備及1套陸域輻射偵測設備；分別置於國防部陸軍化兵群和原能會核研所。由於軍方原使用載具UH1H直升機於110年以前除役，加上軍方參與人員異動較大，每次實際演練人員均首次參與。為持續空中輻射劑量偵測與地面污染調查評估技術維運，本計畫實際執行工作項目如下：

執行項目	執行期間	執行地點	執行內容
派員赴美參加高階訓練課程	04/14-04/22	美國拉斯維加斯沙漠岩機場	空中輻射偵測進階數據分析研習會議
	06/24-07/01	美國北拉斯維加斯機場	第6屆空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議
南北部化兵群偵檢人員硬體操作與簡單維修訓練	06/13	核能研究所保物組	針對今年核安演習33化兵群偵檢人員，進行實作訓練課程與陸域車載操作測試
	06/20	輻射偵測中心	針對核子事故南部輻射監測中心空中輻射偵測39化兵群偵檢人員，進行實作訓練課程與陸域車載操作測試
台中空勤總隊空中偵測實作訓練	07/25	空勤總隊台中基地	委請空勤總隊加入空中輻射偵測團隊，支援利用已裝配完成的UH-60M黑鷹直升機作為載具，進行課程、裝載測試及飛行偵測，2航

			次實作飛行訓練
航特部601旅 空中偵測裝機 訓練	08/22	航特部 601旅基 地	國軍航特部換裝UH-60M黑 鷹直升機新型載具，針對 33化兵群偵檢人員進行課 程及裝載測試
核安演習現場 實作演練	09/12	新北市石 門區老梅 國小	配合107年核安演習預習 演練，進行空中輻射偵測 1航次實作演練及展示解 說
	09/15	新北市石 門區老梅 國小	配合107年核安演習實兵 演練，進行空中輻射偵測 1航次實作演練及展示解 說
空中輻射偵測 AVID分析軟體 操作訓練	09/28	核能研究 所保物組	針對07/25台中空勤總隊 空中偵測實作飛行資料， 進行一人一機空中輻射偵 測AVID分析軟體操作實作 課程訓練

本計畫實際執行共計2梯次派員赴美參加研習會議及技術交流會議，配合107年核安演習，空中偵測團隊分別執行5次課程訓練，2次陸域車載實作訓練，4航次空中輻射偵測實作演練，維持國內空中輻射偵測技術，使得空中輻射偵測人員能更加熟練運用。

貳、派員赴美參加高階訓練課程

本計畫受美國能源部國家核子保安總署(National Nuclear Security Administration, NNSA)規劃邀請，派員赴美研習行程與技術交流，4月研習行程我國代表(輻射偵中心劉祺章技正及陸軍化生放核訓練中心黃鈺棠組長)與法國、挪威、加拿大等國代表共同於位在美國拉斯維加斯的沙漠岩機場(Desert Rock Airport)，進行空中輻射偵測進階數據分析研習會議，利用AVID(Advanced Visualization and Integration of Data)分析軟體系統以專題的方式，針對數據分析的各種不同技巧，進行參數微調差異的嘗試，應用各種不同的條件活用各種分析方法，以熟悉該系統新版軟體數據分析功能。6月於美國拉斯維加斯的北拉斯維加斯機場(North Las Vegas Airport)舉辦

第6屆空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議，參加國家美洲地區有地主國美國及加拿大；歐洲地區有丹麥、法國、冰島、挪威、瑞典、英國；亞洲地區有日本、韓國與台灣(輻射偵中心黃富祈技正及林明仁技士)共11個國家；以空中偵測現況交換經驗，針對空中偵測不確定度提出各國初步做法進行交流。

今年赴美研習課程與國際經驗交流會議主要目的為強化國內空中偵測實務操作經驗，並更新相關軟體，同時建立國內數據資料後處理與結果製圖之能力。我們也希望藉此機會能夠與世界其他國家相關領域的專家們進行技術與經驗交流。並能參考其他國家研究的方向與內容以及國際間關心的課題，作為我們國內未來政策制定與相關技術發展或精進的借鏡。

一、4月赴美空中輻射偵測進階數據分析研習會議

1. 行程概要：

4月14日	桃園至洛杉磯轉拉斯維加斯
4月15日	會前聚會
4月16-18日	沙漠岩機場進行核彈坑飛行輻射偵測與數據分析
4月19-20日	背景飛行輻射偵測及數據分析與參訪核子試爆博物館
4月21-22日	拉斯維加斯至西雅圖轉桃園

由於這次會議舉辦的地點主要位於美國內華達保安場址(NNSS, Nevada National Security Site)的沙漠岩機場，該區域前身即為內華達核子試爆場，為地處沙漠地區的管制區域，一般人無法進入。過去在此舉辦的相關活動，大都由美國能源部主辦單位租巴士接送所有與會人員，以利保安管制。但因為這次參加人數較少，加上挪威團隊因為有儀器運送之需求，所以比其他國家團隊提早一星期抵達，且自行租賃車輛運送儀器與人員。其餘與會人員在前置聯繫作業時，透過電子郵件協商後，均同意交通工具以租賃車輛的方式來進行。因此，

在會議前一天，除加拿大團隊尚未抵達外，台灣、法國與國際原子能總署參加人員，由主辦人Dr. Piotr Wasiolek夫婦邀約至咖啡廳舉行歡迎會(如圖1)，並說明各單位搭乘車輛與交通路線之安排，並就生活須注意事項加以說明，例如管制區域不得攜帶任何筆電、手機及照相機等電子產品，以及如需使用手機導航、沿途遇到修路狀況時的替代道路安排等的處理方式提醒。

與會人員中有幾位是第一次參加空中輻射偵測技術交流，因此也藉此機會彼此自我介紹相互認識，並交換各國進行輻射量測與緊急應變規劃工作經驗，氣氛十分融洽愉快。也確認國際原子能總署與會人員，在會議期間都和台灣團隊同車參與各項活動。



圖 1. 會前說明會

2. 自訂方程式進行量測背景扣除及高度修正實作

將空中偵測值修正至地面的劑量率是過去數據分析必要進行的研習項目，本次研習與過去不同之處，在於介紹如何使用自訂方程式的方法來進行修正。利用在莫哈維湖(Lake Mohave)及附近區域進行高度修正參數以及水線背景扣除的飛行偵測數據，將陸地飛行不同高度的區域與水面不同高度飛行的區域進行遮罩選取與儲存如圖 2。

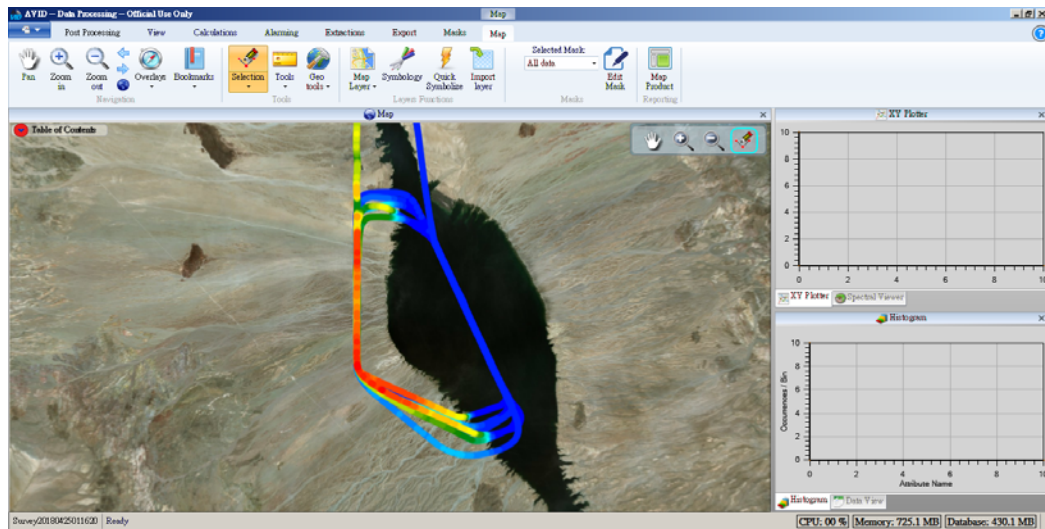


圖 2. 參考陸域與水線遮罩選取

在 XY Plot 視窗中分別作圖，X 軸使用雷達測距所得到的真正高度，Y 則是 4 個偵檢器計數值相加的總和。由於實際應用時飛行的高度不高於 1000 英尺，所以再將 1000 英尺以下的數據點分別對陸地與水線數據作新的遮罩，並排除明顯不符合需求的數據。顯示範圍屬性改為新的遮罩如圖 3。

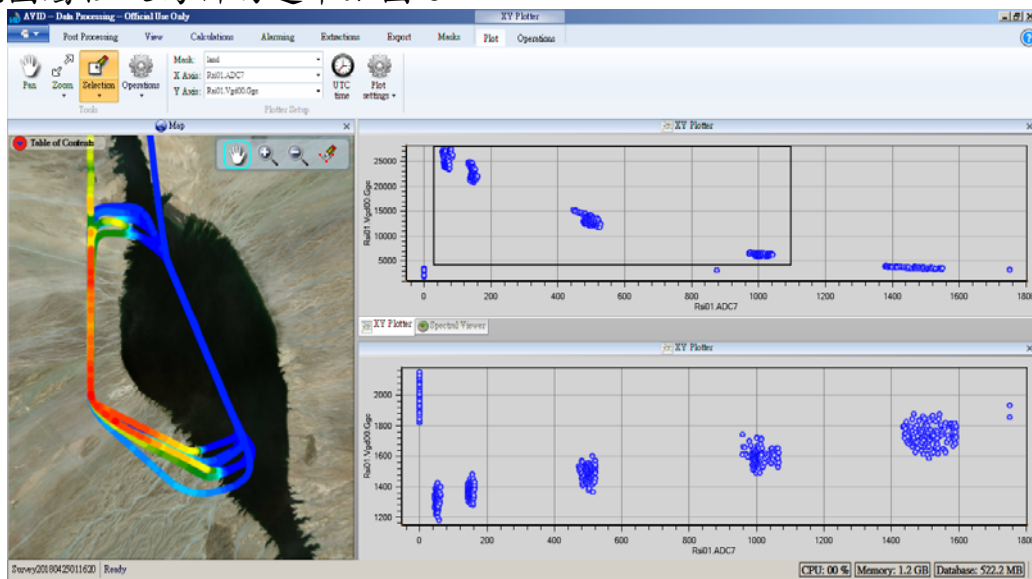


圖 3. 遮罩數據於 XY Plot 作圖

點選 Operation，對於水面測得數據建議以三次多項式加以擬合，取得水面背景隨高度增加的最佳化三次方程式如圖 4。

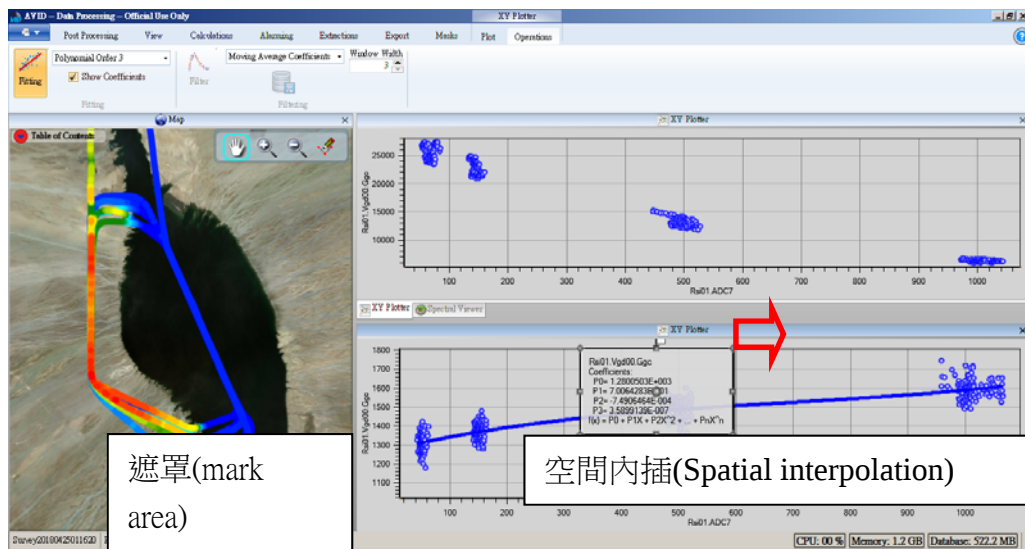


圖 4. 使用 Fitting 功能擬合水線隨高度變化的背景值

當使用 2.6 版時可以將參數直接複製，以供方程式編修時使用，目前國內使用的 1.8X 版尚未提供此功能，必須手動抄下這些擬合的參數。新增 DATA VIEW 視窗，選 Formula Editor 將總計數率扣除水線計算所得的三次方程式，並適當命名以區分為扣除水線後的陸域數據如圖 5。回到原先的 XY Plot 視窗，同時顯示扣除前後的偵測數據以確認扣除後數據略低於原始數據，如果三次方程式擬合有問題或是方程式輸入錯誤，有時會導致部分高度反而會增加計數值，此時就必須從新計算或修改方程式。方程式編輯有自行檢查語法的功能，對於常用的函數如對數、三角函數、統計函數等均已內建語法，可在下方 Functions 表單中直接選取，以減少輸入錯誤。

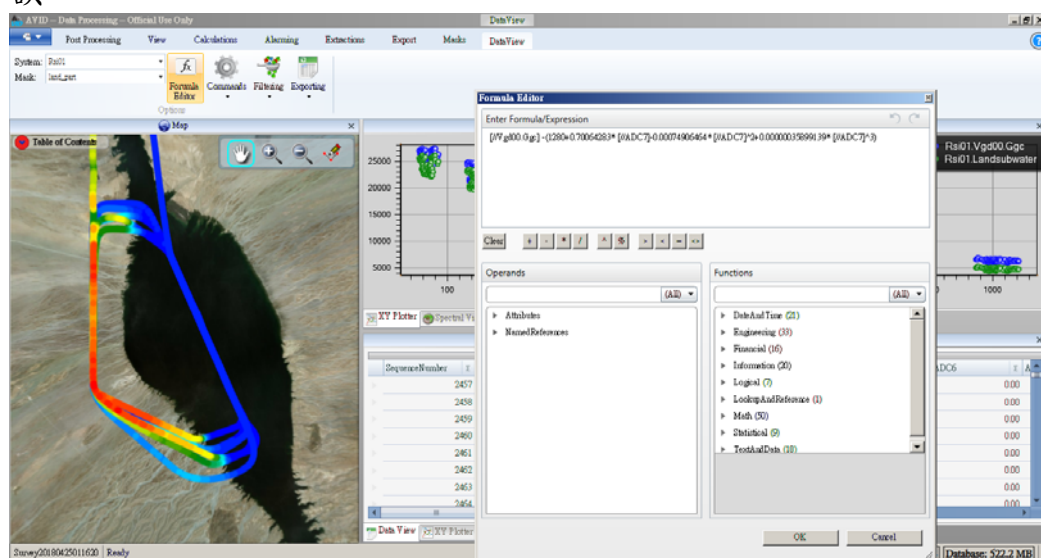


圖 5. 使用方程式編輯器定義公式將不同高度量測值扣除不同高度水線背景
此時再點選 Operation，擬合函數改為 Least Square

Exponential，進行擬合作業，即會出現兩個參數，其中 B 即為我們想要的高度修正參數如圖 6。沒扣水線所得到的結果為 0.001499 ft^{-1} 扣水線後則變為 0.001724 ft^{-1} 。

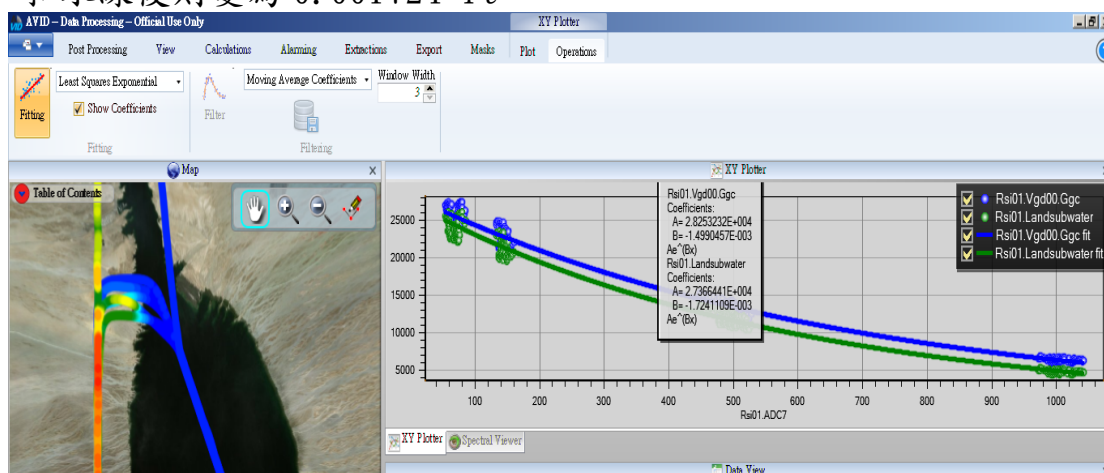


圖 6. 擬合最佳的高度衰減係數

同樣的，為了確認此擬合參數是否正確，啟動 Formula Editor 將偵測數據進行 $\exp(0.001724 * H)$ 高度修正後，在 XY Plot 中呈現所有高度的計數值，修正後的數據應該在相同的計數變動範圍，如此則可確認所採用的擬合參數是正確的，如圖 7。如果修正後的結果，數據仍有隨高度降低或是增高的趨勢，就表示修正的方式有誤，必須重新檢視作業過程中是否有輸入錯誤或是資料選取錯誤的狀況。

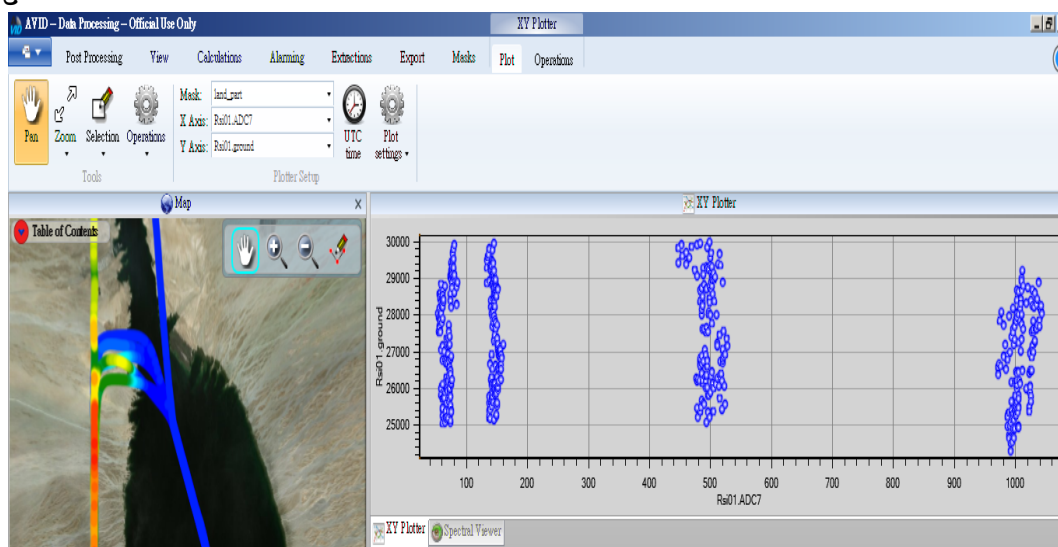


圖 7. 分析確認擬合所得參數可修正量測結果

使用 Selection 功能將所有數據選取，選用 Get Stat 則可得到在該參考陸域平均計數率值與標準差為 $27242 \pm 1415 \text{ cps}$ 如圖 8。如果，已經在該地區進行過精確的地面劑量率量測，假設量測結果地面

劑量率為每小時 0.075 微西弗，便可開始進行整體劑量率分布的計算。

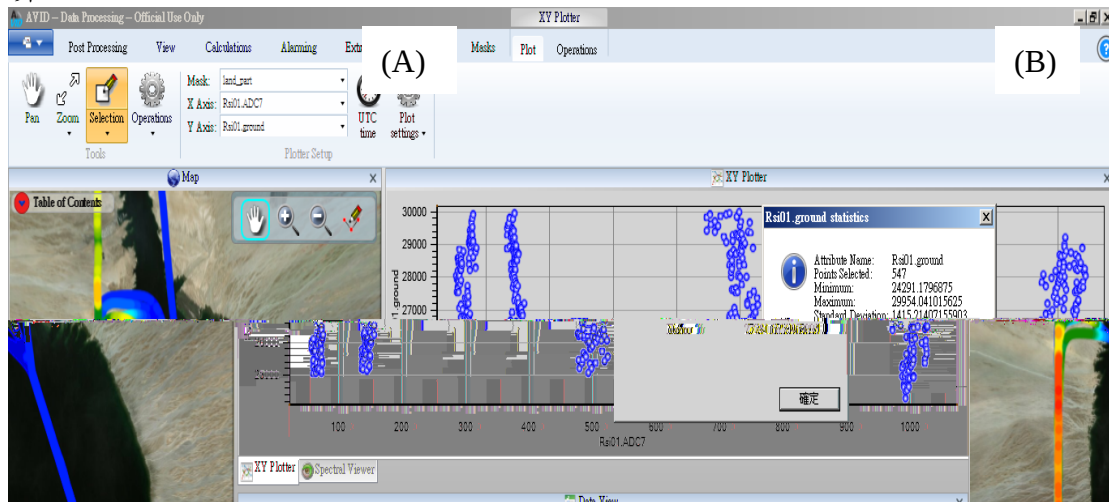


圖 8. 統計地面量測計數率

劑量率轉換的作法有兩種，一種是如上面所提直接引用方程式編輯的方式，建立一個新的屬性進行全域或部分遮罩的高度修正，並利用地面所測結果 0.075/27242 得到計數率(cps)到劑量率的轉換因子為 $2.7531\text{E-}6(\mu\text{Sv/h})/\text{cps}$ 。另一種是採用擷取範圍修正 (Extractions)，選取 Extractions 功能，範圍選取套用到所有數據，將前面計算所得的劑量率轉換因子填入 α ，高度修正因子填入 β ， f_0 填入水線的 P_0 值如圖 9，再進行計算，也可得到修正後的劑量率分布。

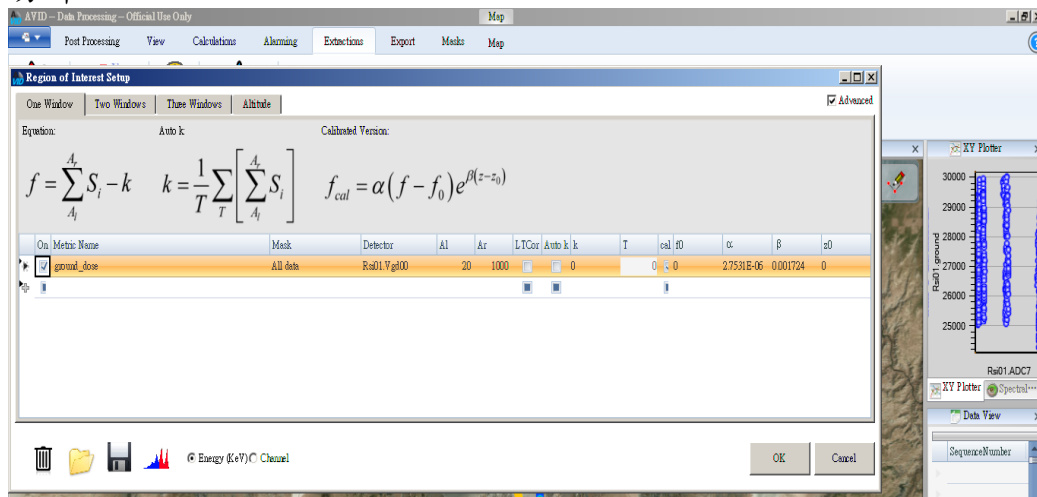


圖 9. 使用 Extraction 功能進行高度修正

比較不同的修正方式可發現差異不大如圖 10。但是就實際功能來說，使用方程式編輯器的修正方式，水線修正可以建立依據高度不同的背景值方程式做到更為精確的修正，但是使用 Extract 功能背景值只能設一個定值。由於國內目前不進行水線飛行，改為使用高於

2000 英尺的量測數據做為修正背景值，因此也不會有隨高度修正背景的需求。這兩種修正方法的使用不會有差異，端看操作人員熟悉哪一種作業方式彈性選擇。

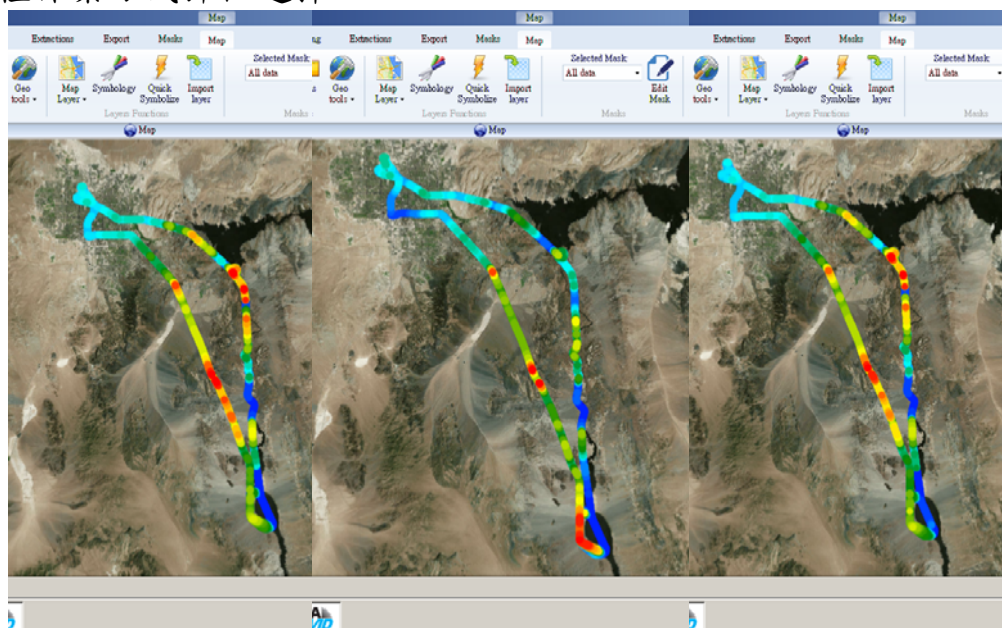


圖 10. 水線與高度修正 (左)未修正前(中)Formula 修正法(右)Extract 修正法
使用方程式編輯(Formula Editor)來處理數據是過去沒提到的功能，可以用來測試不同資料屬性的關係與使用者自行定義處理資料的方式，讓 AVID 在數據分析與處理上，能擴展與強化內定的功能，在使用上更具彈性。

3. 核種分布資訊擷取實作

為了提供本次研習所需，規劃飛 6 個管制區域與兩個背景區域，然而因為天候影響，最後僅飛了四個管制區域分別是 3 區、8&10 區、11 區與 30 區以及兩個背景區域。在資料分析中以前三個區域討論較多。3 區是過去研習主要進行練習的區域，因此仍然是一開始練習分析銻 137 與銻 152 於不同彈坑分布的範本。本次研習加強探討銻 241 的分析技巧，11 區為銻 241 主要分布的區域。8&10 區中有個十分著名的薩當彈坑(Sedan Crater)，是參觀 NNSS 必安排的景點。當初是為了原子能和平用途所設計的一次地底核爆，將超過千萬噸的土石位移所形成的坑洞，目前可以讓一般民眾透過美國能源部開放的每月參觀行程，登記前往該彈坑參觀，也成為這次數據分析中大家討論較多的一個彈坑。

首先以 3 區的結果複習過去的分析作業，首先進行劑量率的修正，然後使用圓形遮罩功能在彈坑處選取範圍後，選用 Invesgate 功能，可以確認主要的污染核種為銻 137 與銻 152。再將該遮罩儲存，選用高斯擷取(Gaussian Extraction)功能，在畫面中利用核彈坑的數據點總和，選取銻 137 的能峰範圍，建立擷取參數，然後將使用範

圍改為選取 3 區偵測區域如圖 11。同樣的方式選擇銻 152 的能峰，由於銻 152 的能峰很多，考量能量盡量取高能量的部分以及豐度盡量高，建議取 964keV 或 1112keV 能峰來代表。

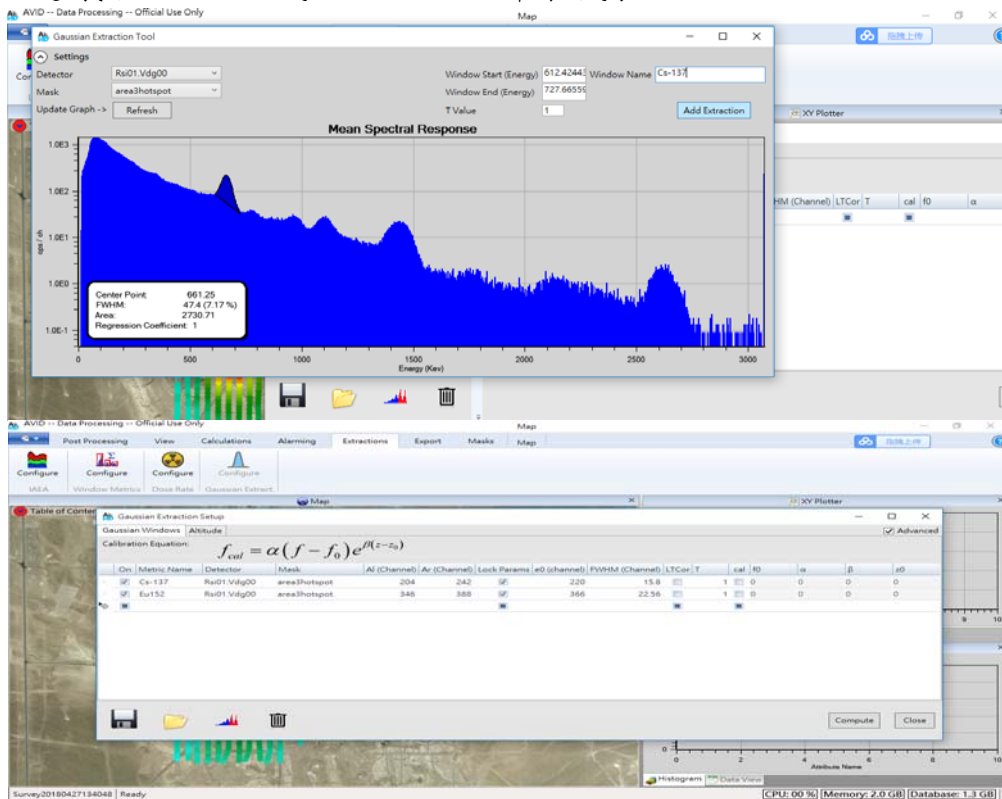


圖 11. (上)選取核種能峰範圍(下)建立擷取的參數並選擇適當的應用遮罩區域
計算結果繪製分布圖如圖 12，可看出三個核彈坑中，只有一個具有較高的銻 137，其他兩個則是具有較高的銻 152。污染物的不同代表產生該彈坑的核彈設計與核原料配方有差異。

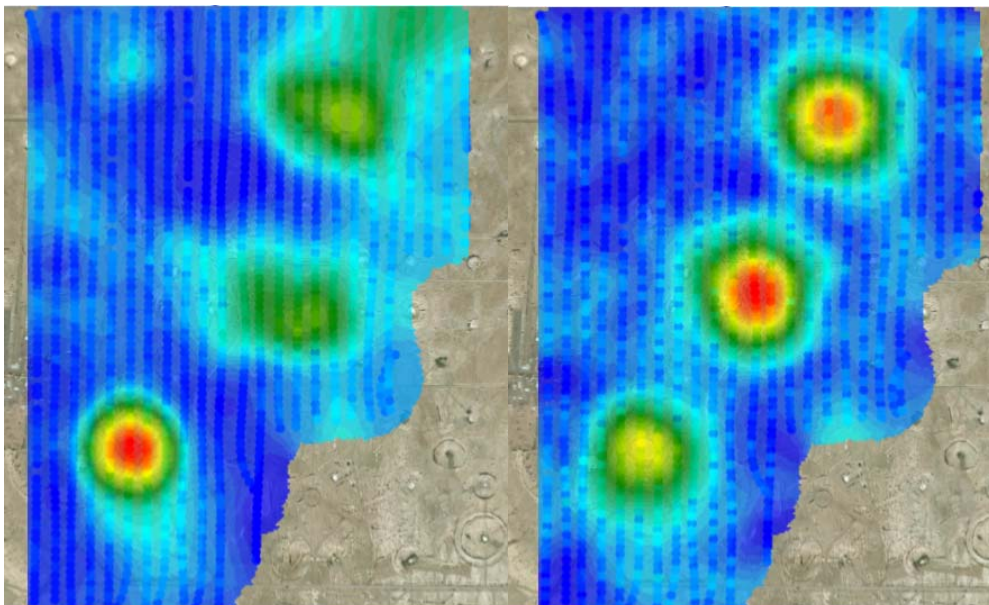


圖 12. 不同核彈坑污染差異(左)銻 137 污染分布(右)銻 152 污染分布
由於量測儀器的設計與設定並沒有改變，所以可直接套用分析 3

區時所設定的高斯擷取參數，改變應用的遮罩範圍來進行 11 區銻 137 與銻 152 污染分布分析。分析結果卻發現兩者都無法得到明確的分布資訊，採用直方圖統計結果分布銻 137 為負值而銻 152 中值為零，也就是該區域污染核種並非這兩類。於是將核彈坑數據進行遮罩選取並作 Investigate，由能譜確認主要核種是銻 241 的污染如圖 13。

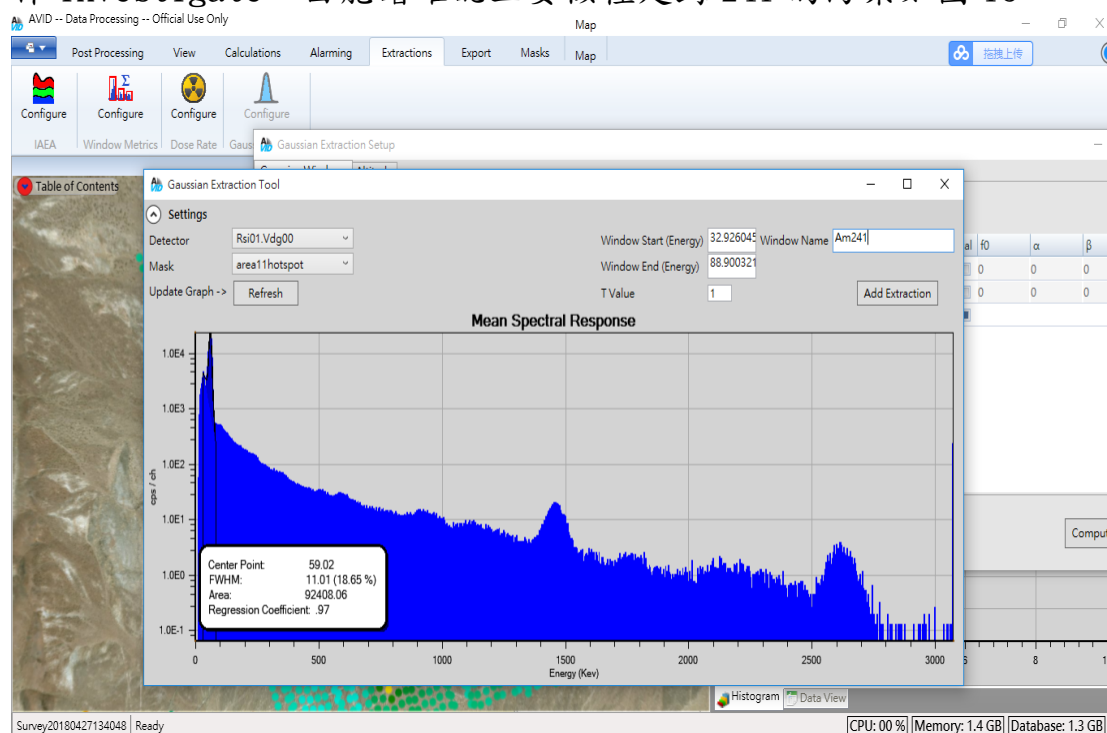


圖 13. 位於 11 區的核彈坑污染能譜

比照上述方式，建立銻 241 的能峰擷取範圍，對於偵測區域進行污染分布分析計算，如圖 14(左)，可看出三個核彈坑的污染分布差異。由於使用高斯擷取法往往在多種污染核種同時存在時，會有能峰重疊造成非高斯波型，影響擷取數據精準度問題。為了提高鑑別敏感度，因此美方依過去經驗，建議測試雙視窗法，原理是利用兩段能區的總計數值比例來研判可能的污染計數。過去常常使用雙視窗法作為人造核種的快篩，由於 1360keV 以上的能量主要來自天然核種，大多數人造核種都會低於 1360keV，因此利用背景量測結果取得兩邊總計數率的比值，偵測儀疑似污染樣品時，可將低能量區域計數值扣除高能量區域計數值對低能量區域的影響，便可提高人工核種分布資訊的敏感度。

使用雙視窗法要得到較高斯法更好的結果，視窗範圍的選擇十分重要。經大家討論結果，可以選擇銻 241 的能峰範圍當作第一視窗，相同的能量範圍但平均能量高於銻 241 主能峰接續的範圍作為第二視窗，所得結果如圖 14(右)。然而，在這個案例中顯示與高斯擷取法所得的結果差異不大。

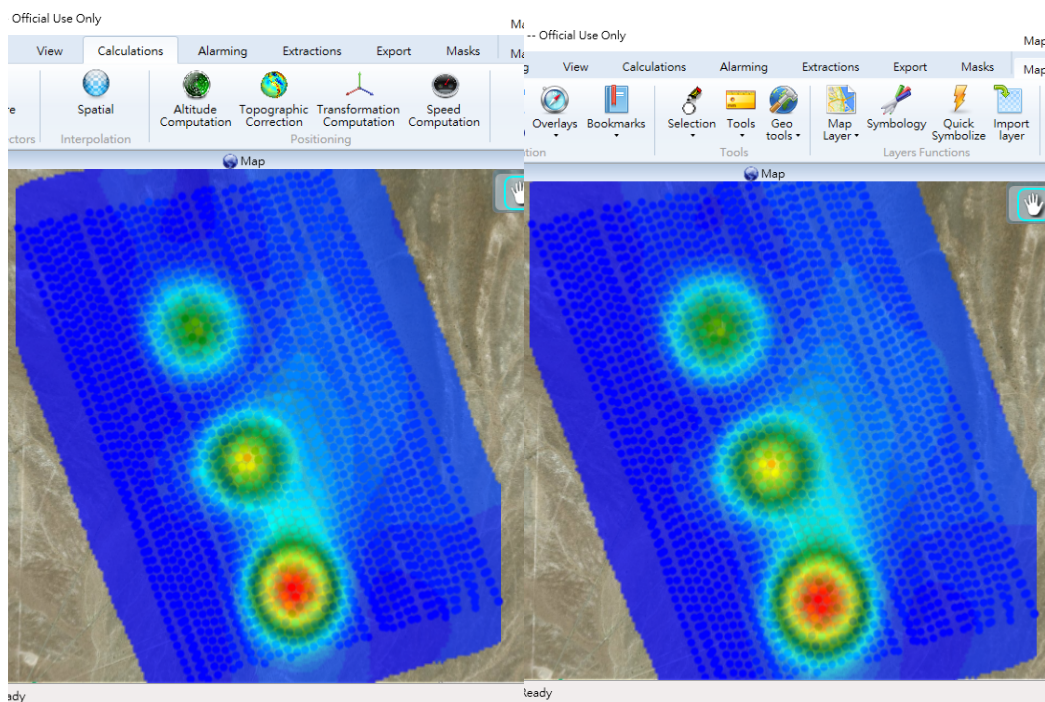


圖 14. 不同方法測試分析 11 區核彈坑鉅 241 分布(左)高斯擷取法(右)雙視窗法

第 8&10 區的量測是以薩當彈坑為主，量測結果進行劑量率轉換後，繪製分布圖如圖 15。由圖中可發現輻射劑量率分布的模式與其他彈坑完全不同。彈坑中的輻射劑量很低，主要的劑量率分布反而在彈坑外東南方。同時在彈坑西方略偏北處也有一個小範圍的污染。究竟是甚麼原因造成這樣的差異引起大家的討論。於網路查閱有關文獻，得知這次的試爆是地底 190 公尺處的測試，因此推測大部分的輻射物質仍被侷限在地底，只有部分污染物隨熱釋出並與被爆炸威力推開的沙石分布在彈坑周圍。由於彈坑附近劑量率不高，由空中偵測的數據推估，最高處大約每小時 1.5 微西弗，所以可提供一般民眾不需穿著任何防護裝備前往參觀。

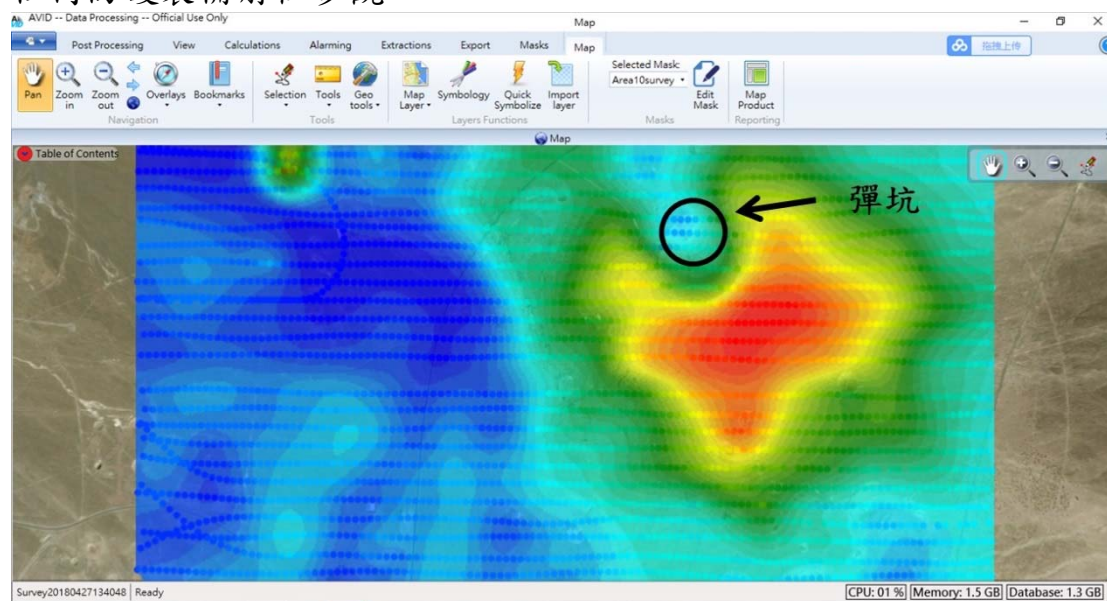


圖 15. 空中偵測數據推估薩當核彈坑附近地表劑量率分布圖

接著進行污染區域核種分析，首先對銫 137 進行分析，分析結果如圖 16，在彈坑附近的分布狀況大致與劑量率分布相同，所以確定主要污染物質為銫 137。但是位於西北西方的高劑量區域則完全消失，顯示該區域不是受到銫 137 污染而需再進行其他核種的探討。

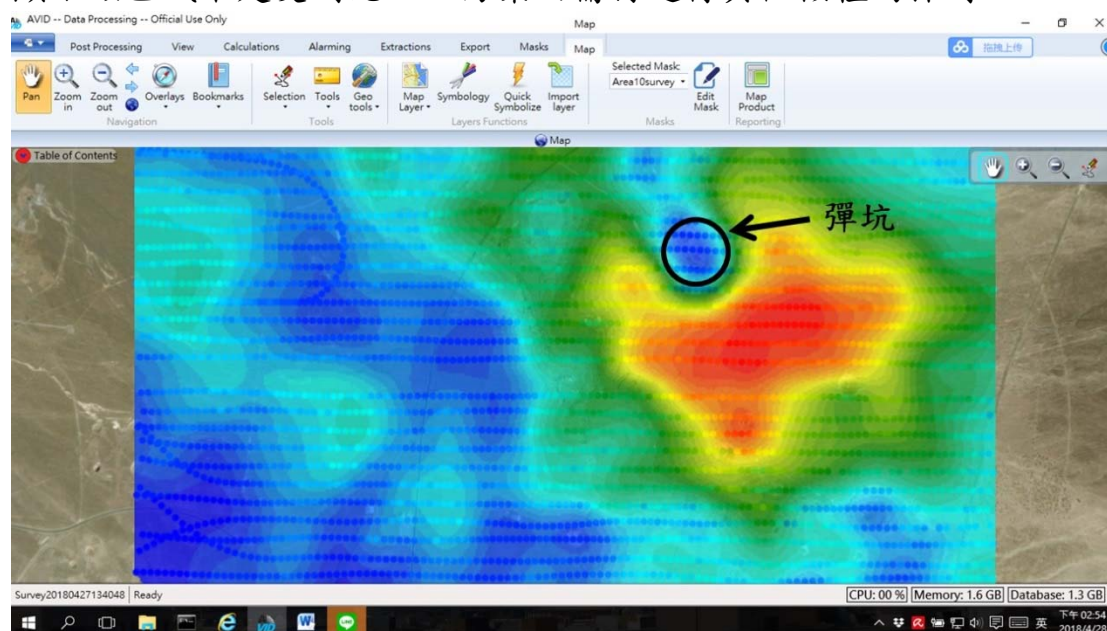


圖 16. 薩當核彈坑銫 137 計數率分布圖

使用銻 152 分析結果顯示無污染分布，改用鉕 241 分析則可發現在西北西方的污染區域主要是來自於鉕 241 核種，在核彈坑周圍也有少量的污染分布，但是在彈坑內則與銫 137 一樣沒有污染，如圖 17。

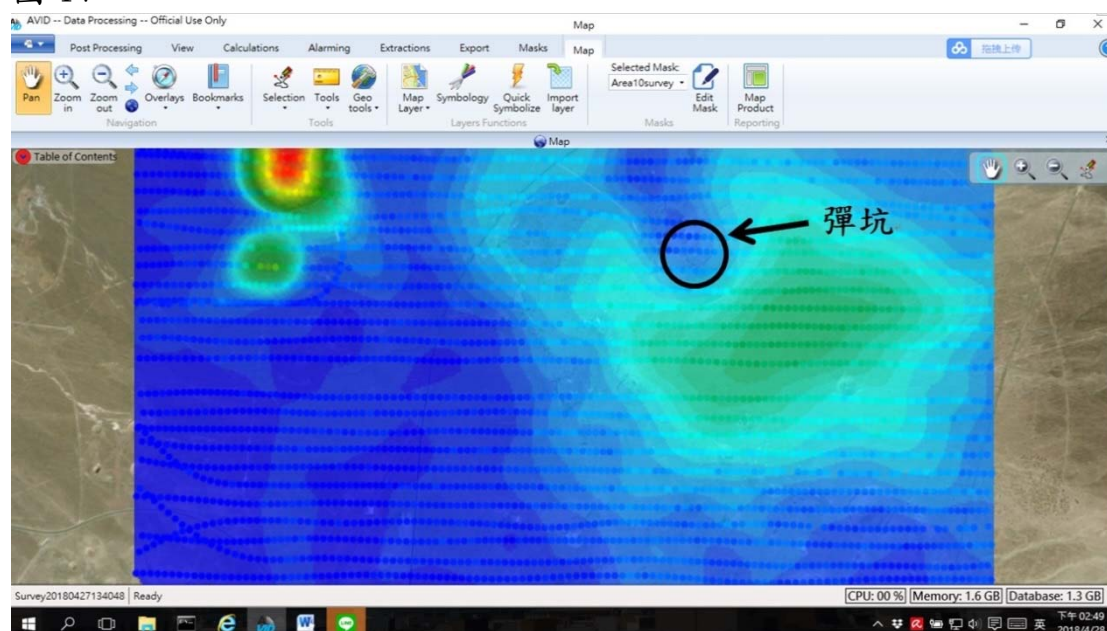


圖 17. 鉕 241 污染分布顯示西北西方的劑量率主要來自鉕 241

再使用雙視窗方進行分析，西北西方的污染分布仍然差異不大，但是在薩當彈坑中就有的不同的結果，這次顯示彈坑中也有少量的鉕

241 如圖 18。

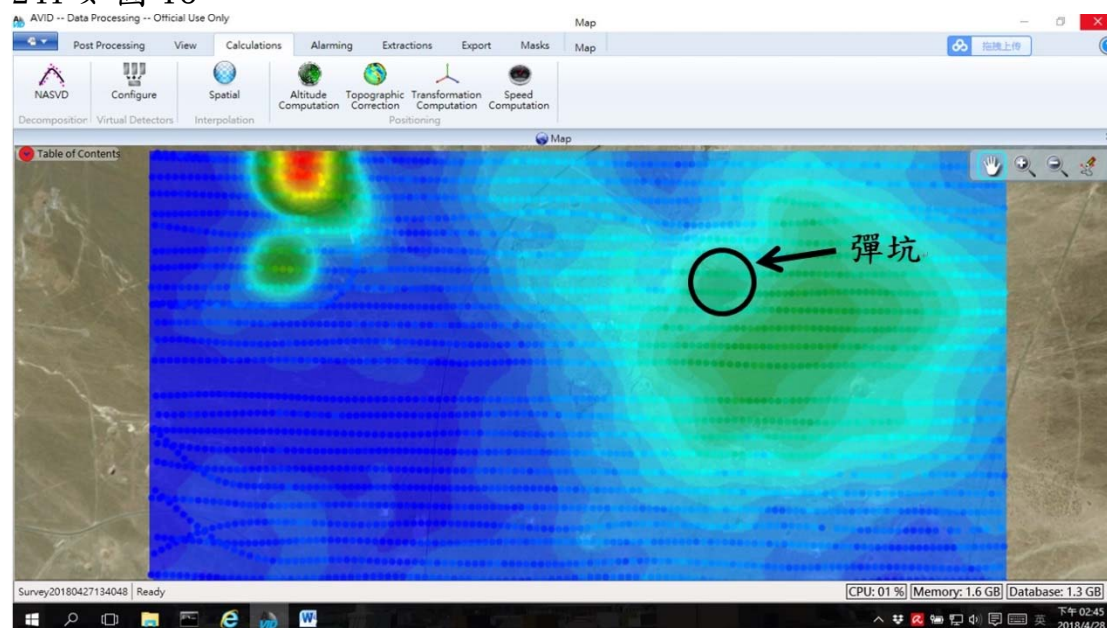


圖 18. 雙視窗法分析鉍 241 污染分布

由於鉍 241 的能量不高只有 59.5keV 很容易被環境物質屏蔽，因此能夠偵測到的應該是只有表層的土壤污染，且相關的屏蔽及散射影響難以評估，造成在偵測與分析技巧上本來有相當大的困難。加拿大團隊提出一個背景扣除的模式，不是扣除水線資料而是無污染的背景能譜並展示結果，鉍 241 的分布在西北西方的位置被強化，但在彈坑附近竟然就完全沒有。挪威團隊更是顯示用鈷 60 分析可以發現有部分區域有數據。但是經過討論均認為鈷 60 應該是鉀 40 的康普吞邊界 (Compton edge) 誤判，而加拿大的扣法會造成過度扣除，反而會失去一些資訊，但是加拿大的作法對於銫 137 的分布則可能有較高的感度。各國對於此彈坑分析結果的討論，美方也參與表達一些過去量測的經驗，究竟是哪一種方法比較好最後並未達成共識，必須視各種污染狀況與污染核種而定，因此需要透過不同方式的分析嘗試後，再共同討論才不會造成誤判。

4. 資料庫合併分析實作

如果輻射污染區過大，無法規劃於一次飛行任務完成偵測，而必須進行多次飛行後才能涵蓋所有範圍時的作業方式，這次以 30 區的彈坑分兩次飛行來進行實作演練。飛行任務結束後，首先開啟第一次飛行偵測的結果資料，然後再以資料庫匯入的方式開啟第二次的量測結果，便可完成合併作業如圖 19。

然而在執行資料庫合併時，建議在飛行規劃時要設定適當的重疊區域，也就是飛行進行時大約有一、二條路徑是重疊的，藉以確認兩次量測的差異。當兩次量測作業來自不同團隊的不同量測系統時，更應該注意此問題，才能夠將不同團隊分別作業內容整併成完

整的污染分布圖。

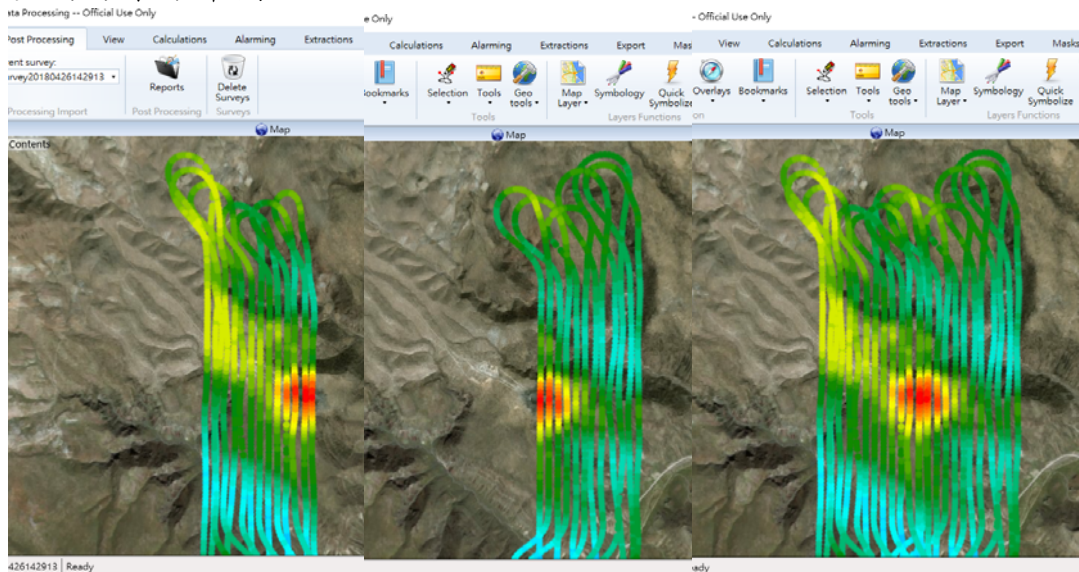


圖 19. 資料庫整併範例(左)第一次飛行(中)同一天第二次飛行(右)整併後的結果

以這次的偵測為例，就有兩條線是重疊的如圖 20，因此可以個別取遮罩，再以 XY Plot 畫出不同次飛行但是相同路徑的偵測結果差異。雖然路徑規劃是相同的，但兩次飛的實際路徑卻會有些差異，也導致了量測結果不完全相同，但是初步研判差異不大。如果使用不同的量測系統，就有可能造成系統的偏差，可以利用統計方法確認偏差程度，再利用方程式編輯加以修正，讓兩次的作業結果不會有太大的差異。

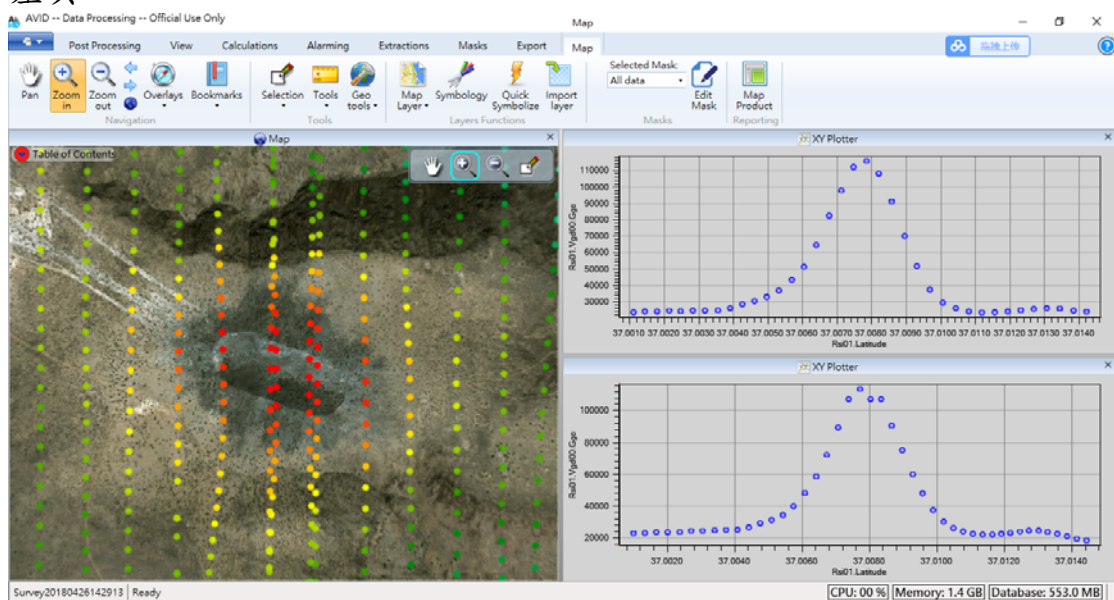


圖 20. 兩次任務資料重疊區域比對

5. 地形高程修正實作

地形高程修正是台灣團隊所提出的議題，由於目前在台灣所使用的直升機並未安裝雷達測距儀，因此高度資訊是透過衛星定位推算所得的海拔高度，無從得知真正距離地面的高度，因此當進行劑

量率對高度修正時便會衍生出相當大的誤差。在實務上，建議透過數位高程模式(DEM, Digital Elevation Model)數據來進行修正。實作練習以偵測 3 區的結果為例，選擇飛行過程中地形變化較大的區域進行遮罩選取。將遮罩內的數據高度資訊以 XY Plot 作圖如圖 21。

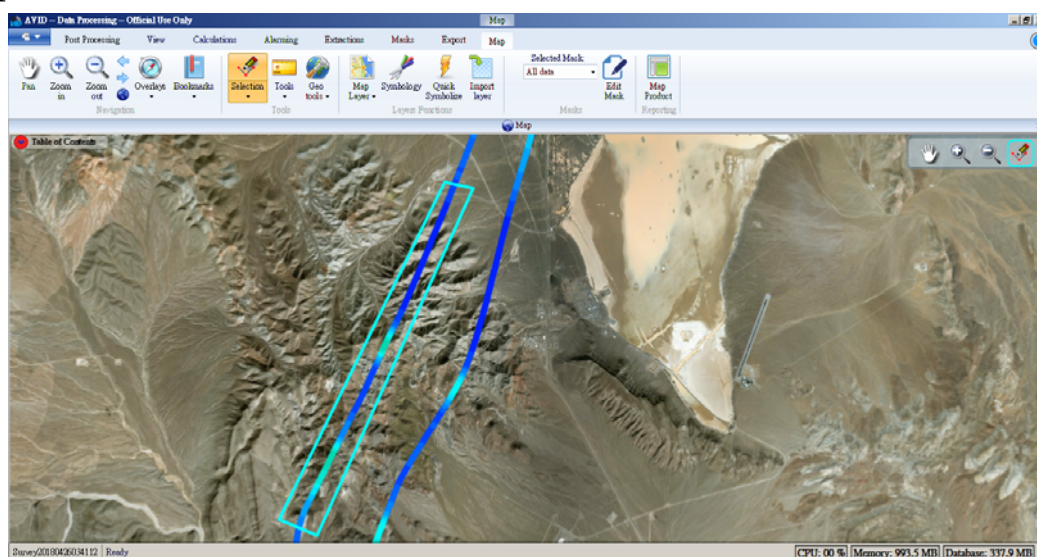


圖 21. 選取地形差異較大的區域

在美國的輻射偵測系統中，直升機鼻翼處裝有雷達測距儀器，可量得實際地對地高度，雷達測距儀所測得的高度資料屬性為 AD7，利用衛星定位推測所得的海拔高度資料屬性為 HAE。衛星定位的結果顯示飛行高度穩定在 1500-1600 公尺之間，但是實際量測高度卻隨著時間有很大的起伏變化如圖 22，可以看出地形高程的影響是個難以忽略的因素，必須加以修訂。假設沒有雷達測距儀的狀況下，引用數位高程模式資料檔來進行修正。

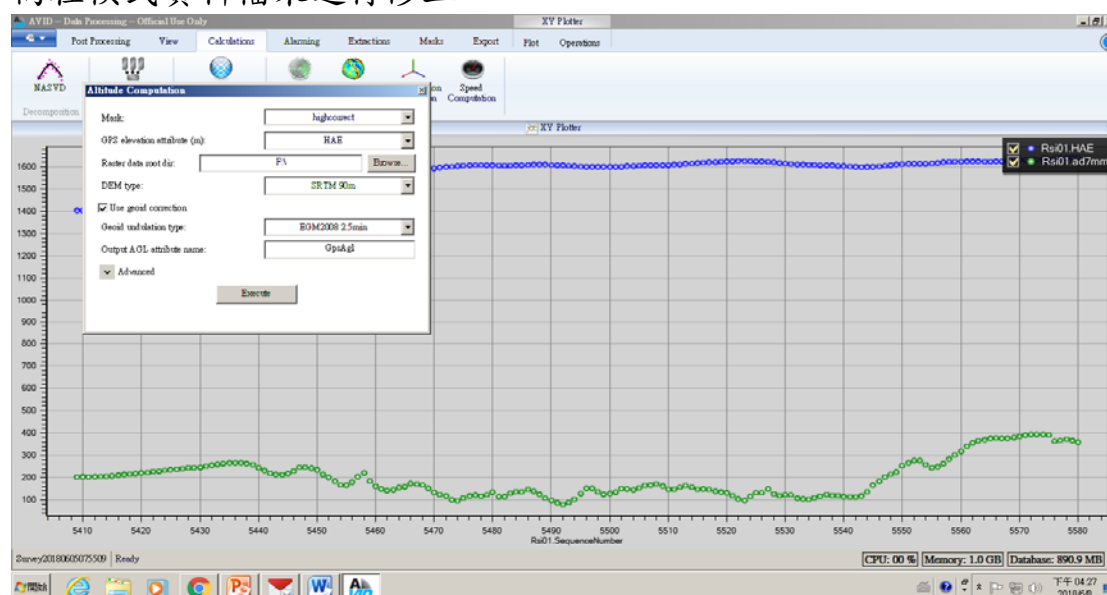


圖 22. 衛星定位高度與實測高度之差異與修正畫面

選 Calculation，使用 Altitude Computation，Mask 欄點選需要換

算的遮罩範圍，GPS elevation altitude (m) 選取 HAE，Raster data root dir. 選取 DEM 檔所在位置如 F:\，DEM Type 選 SRTM 90m，所謂 SRTM 即是太空梭雷達地形測繪任務(Shuttle Radar Topography Mission)，是由美國太空總署(NASA)和國防部國家測繪局(NIMA)聯合測量並提供免費下載使用，涵蓋全球地形高程資料。SRTM 提供的 DEM 數據資料庫有分為 1 弧秒與 3 弧秒兩種，約相當 30 公尺與 90 公尺的空間解析度，分別稱為 SRTM-1 與 SRTM-3 數據庫，其中 90 公尺解析度即可滿足空中偵測的需求。美方也提供另一個 NED 型態的地形高程資料，為美國國內高程數據集(National Elevation Dataset)只適用於美國國土範圍。此外還要勾選使用 Geoid Correction 修正高程基準點，Geoid undulation type 選用 EGM2008 2.5m，所謂 Geoid 是指海平面延伸推估陸地下方的高度基準點位置，直觀的假設是將地球視為一個橢圓球，但實際上的作法大多是採用重力模式(Earth Gravitational Model, EGM2008)來推估陸地等重力面作為高度基準點。輸出項 Output AGL Attribute Name 可自行設定一個高度屬性，以上設定值確定無誤，即可點選 Execute 執行修正，如圖 22。

換算的作法啟動 Data View，使用方程式編輯器將高程修正後的高度乘上 3.2 倍即為英尺單位，再將換算修正的英尺結果增加至 XY Plot 圖內，此時可發現修正值與雷達測距儀所測得的結果差異不大如圖 23。所以可知在沒有測量實際高度的設備時，使用衛星定位與數位高程模型數據來進行推算，不失為是一個有效的修正方法。

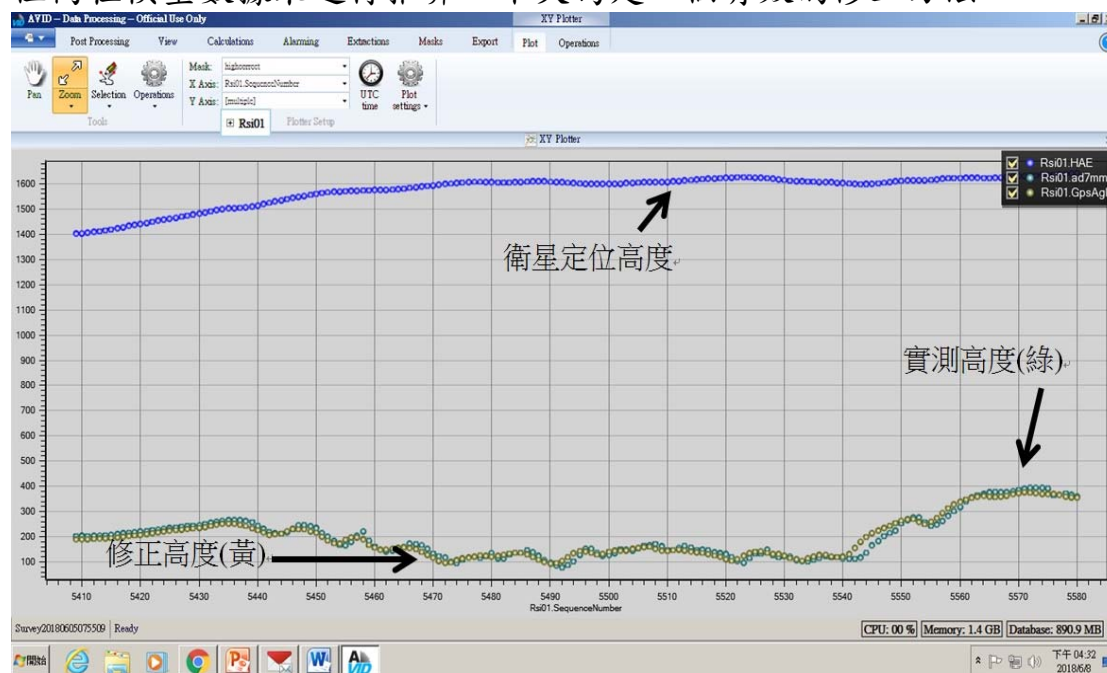


圖 23. 地形高程修正後數據

雖然藉由數位高程模式地形檔的修正，可得到接近於使用雷達測

距儀所測得的結果。然而，必須注意的是 DEM 檔的發行日期與實際量測位置的地理環境是否已經有了重大改變，如果受到人為開發、地震或風災等天然災害因素，導致地形條件已有大幅變更，此種修正方式也會失效，因此進行空中輻射偵測應該優先考量裝設雷達測距設備，來測量實際的距離地面高度，當無法裝設時才使用地形檔進行修正。

國內政府資料開放平台中，內政部提供 100 公尺網格數值地形模型資料，內含內含全臺灣 100 公尺網格之數值高程模型（DEM）及數值地表模型（DSM）資料，以及全臺灣 20 公尺網格間距的數值地形模型（DTM）資料，每一個網格點記錄該點之平面坐標與高程資料。這些資料定期更新，為修正台灣地區地形高程重要的依據。但是網格距與 SRTM-3 格式不同，是否可直接匯入至 AVID 系統進行運算，仍需加以測試與探討。

6. 空中輻射偵測實際上機作業

第 4 天配合挪威輻射防護局人員共同上機進行操演，飛行的地點是拉斯維加斯市外圍的沖刷區域，執行陸域的背景輻射數據擷取。駕駛幾乎完全按照飛行任務所設定的路線飛行，如遇風速或地形地物之影響，駕駛透過調整直升機位置後，繼續回到指定路線飛行，飛行技術具備水準；而架設於直升機上的輻射監測系統，以水流圖(waterfall)的方式呈現即時輻射偵測數據，人員可於機上針對疑慮的水流圖圖形進行核種分析比對，然就突顯出操作人員的專業及經驗必需有一定水準，方能即時作出正確的判斷(如圖 24 及圖 25)。



圖 24. 空中輻射偵測作業實況

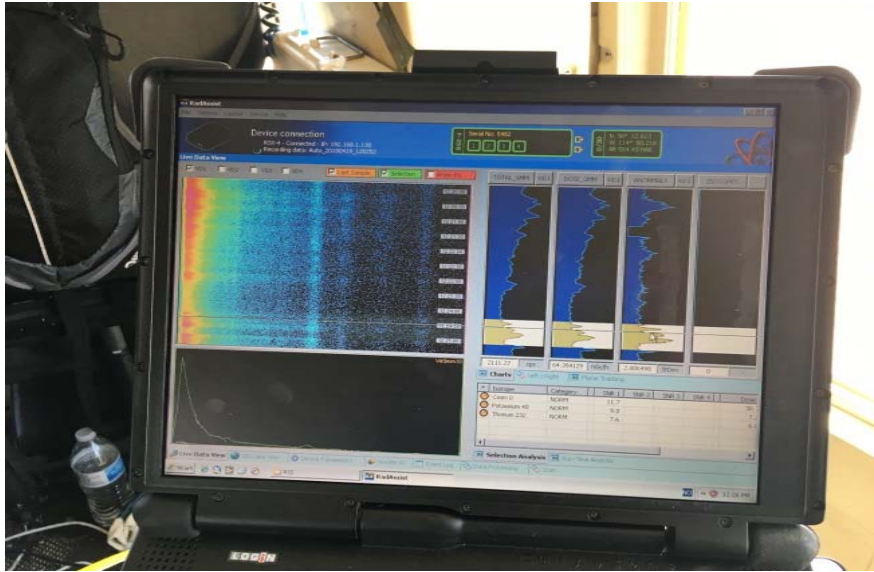


圖 25. 偵測數據及時監測系統

在飛行的後半段，因當時大氣條件不佳風速持續增強，為了確保人員安全，駕駛直接判斷終止任務直升機返回機場，然而在這將近 1 小時的飛行裡，看到了駕駛幾乎完美地按照飛行任務路線飛行，操作輻射偵測裝備人員，除一邊持續掌握即時偵測數據外，並非常親切地解釋裝備各種功能及圖示，美國的駕駛及挪威的技術人員，各自展現其專業，令人印象深刻。

7. 挪威軍方支援空中輻射偵測作業程序交流

挪威國內空中輻射偵測任務的執行，直升機也是由軍方支援。因此利用此次會議的機會，台灣與挪威也進行約一小時的技術交流。主要討論的議題包括：(1)軍方駕駛的訓練內容，(2)軍方參與空中輻射偵測的輻射防護做法，(3)軍方與挪威輻射防護局(NRPA)的介面。

目前挪威支援空中輻射偵測的軍種為空軍，在國內 8 個空軍基地中，有兩個基地擔負有搜救的任務，分別位於挪威南北部各一。由於挪威地廣人稀，聯繫極為不易，因此 NRPA 的輻射專家平時將儀器置於這兩處基地，每年定期前往確認儀器的狀態是否正常。當發生核子事故時，NRPA 並不會派人至基地，而是由空軍人員將儀器依規定固定在直升機上，空軍的駕駛會與 NRPA 人員電話確認建議規劃量測的範圍與飛行高度，並就範圍內可能的地形障礙等進行溝通調整後，即開始飛行偵測任務。任務結束後再將數據傳給 NRPA 的輻射專家分析確認，如有必要 NRPA 會再派遣人員進行後續的偵測任務。

對於駕駛的輻射防護由空軍自行負責管理。目前支援空中輻射偵測任務的直升機上配置有輻射偵檢器，駕駛不會去注意空中輻射偵測儀器的量測結果，而是以機上的輻射偵檢器作為輻射防護研判的基準。飛行的駕駛會記錄其任務執行所接受的輻射劑量，一旦超過年劑量 1 毫西弗，飛安管制即會安排其他駕駛進行任務。如果在任務前便得知

可能受到偏高輻射劑量，例如該任務所受輻射劑量可能會超過 1 毫西弗，會請駕駛簽署風險告知確認書，以確認其充分了解增加額外劑量的風險(我方詢問是否有正式的文件簽署格式可供參考，他們告知雖有這樣的規定，但因為實務上幾乎不可能用到，所以並沒有制式的文件格式)。執行任務的駕駛不須任何的防護措施(穿防護衣或戴口罩等)，但機上的輻射偵檢器除了有劑量率顯示外也有累積劑量的功能，一旦超過 0.5 毫西弗便會發出警訊，駕駛被授權可斷然處置，立即停止任務回航。這些輻射管制措施均由空軍自行管控而非由 NRPA 執行。

由於軍方駕駛的戰術訓練不喜歡採取固定模式的飛行軌跡，以免在戰場中被鎖定而擊落。因此挪威空軍支援空中偵測的駕駛均為支援搜救任務的駕駛。在訓練上已經將格線飛行納入例行飛行訓練之中，並列入考核項目，因為格線飛行訓練未必要有輻射偵檢器在機上才能做，他們可以獨立進行而不需配合 NRPA。但他們也提到過去的經驗發現前兩條格線駕駛能夠配合飛在線上，之後的格線確實很難專心去完成，因此這次特別也安排挪威的駕駛與輻射專家一同上機，瞭解實際輻射偵測作業的全貌，更換角色以輻射專家的位置而非駕駛的角度來看任務的執行，他們也覺得改變了過去的一些想法，對於未來任務的執行更有把握。

8. 心得及建議

藉由參加本次研習的機會，從參加飛行任務會議、實際體驗空中輻射偵測作業到進行檢測數據分析作為，完整地瞭解整個空中輻射偵測的全貌，然空中輻射偵測屬高階且技術層面高的一項技術，需靠儀器裝備保養人員、直升機駕駛、偵測人員及分析人員等不同專業領域人員團體合作而成，實屬不易維持及推廣的偵測技術，應藉由國內各項訓練、演習及講習等，賡續維持國內空中輻射偵測技術，以有效執行相關任務。

美國有豐富的空中輻射偵測經驗及適切的訓練場地，而其他國家例如挪威對於空中偵測技術也進行年輕化的安排，由於國內缺乏也不可能設置像美國這樣的大規模輻射污染訓練場所，建議國內各單位如有機會應安排同仁參與相關會議，並藉由與國外專業技術人員交流的機會，吸取國外的經驗，讓國內空中輻射偵測技術能夠傳承與永續維持。

二、6月空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議

1. 行程概要：

日期	行程
----	----

6 月 24 日	台灣桃園至韓國仁川轉美國拉斯維加斯
6 月 25-26 日	空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議
6 月 27 日	內華達國家安全區(NNSS)參觀行程
6 月 28 日	空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議
6 月 29-7 月 1 日	美國拉斯維加斯至韓國仁川轉台灣桃園

2018年6月25~28日美國能源部核子保安局(DOE/NNSA)於拉斯維加斯的北拉斯維加斯機場(North Las Vegas Airport)，舉辦第6屆空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議，參加國家美洲地區有地主國美國及加拿大；歐洲地區有丹麥、法國、冰島、挪威、瑞典、英國；亞洲地區有日本、韓國與台灣共11個國家；台灣代表由輻射偵中心黃富祈技正及林明仁技士出席參加；這次會議舉辦的地點主要位於美國拉斯維加斯地處國際有名賭城，規劃安排各國與會人員入住指定賭場飯店TUSCANY SUITE & CASINO，由美國能源部主辦單位租巴士接送所有與會人員，以利保安管制。

2. 6月25日空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議

第1場係由美國Remote Sensing Laboratory(RSL) Dr. Piotr Wasiolek報告，主題為-空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議發展歷史(如圖26)。說明自日本福島事故之後，空中輻射偵測能夠快速提供輻射污染分布，成為核子事故緊急應變重要的技術。因應日本福島事故空中輻射偵測扮演重要角色，並持續推廣至世界各國參與技術發展及應用，故在2012年4月9-12日於美國拉斯維加斯召開空中輻射偵測系統(AMS)國際研討會，會中決議往後每年以國際技術交流會議方式辦理。以下為2013至2018年共6次會議，分別說明如下：(1) 2013年第1屆空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議，主題為空中輻射偵測系統設備處理操作(AMS Consequence Management Operations)；(2) 2014年第2屆空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議，主題為空中輻射偵測系統資料分析(AMS Data Analysis)；(3) 2015年第3屆空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議，主題為輻射異常偵測演算法(Radiological Anomaly Detection Algorithms)；(4) 2016年第4屆空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議，主題為輻射異常無人機/無人機系統運用(UAV/UAS for Radiological Emergencies)；(5) 2017年第5屆空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議，主題為空中輻射偵測進階數據分析(AMS Advanced Data Analysis)；(6) 2018年第6屆空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議，主題為空中輻射偵

測不確定度(Uncertainty in Radiological Aerial Measurements)。

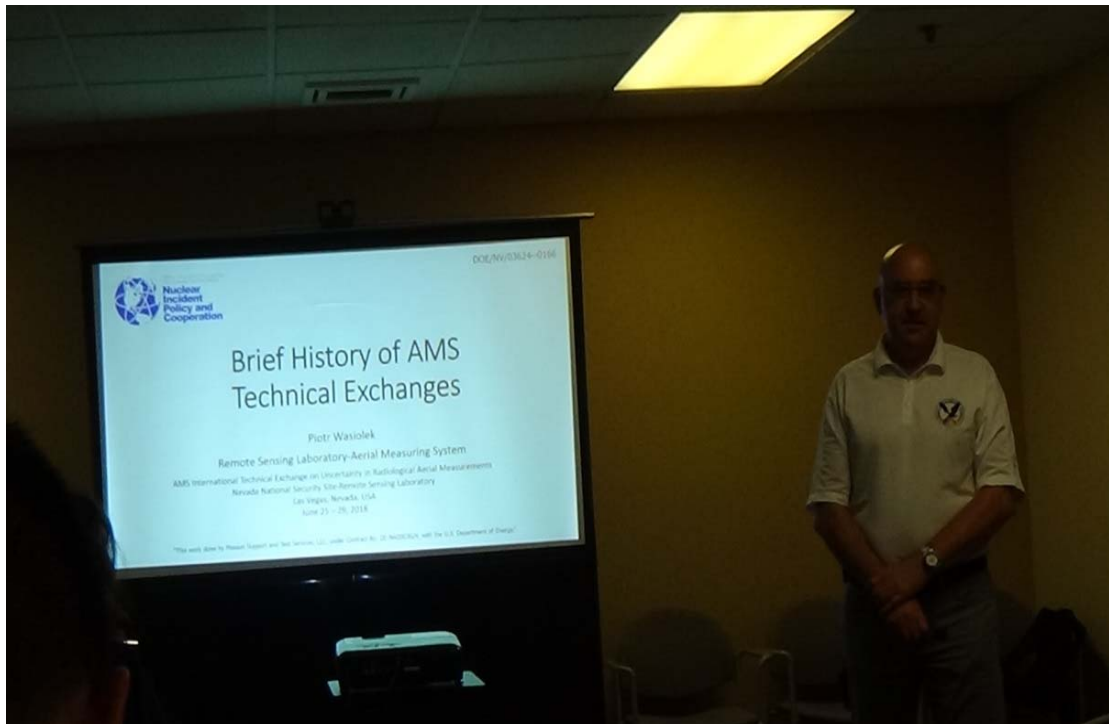


圖26. Dr. Piotr Wasiolek說明空中輻射偵測系統(AMS)國際技術交流會議發展歷史

第2場由加拿大Natural Resource Canada(NRCAN) Dr. Laurel Sinclair報告，主題為-加拿大空中輻射偵測不確定度觀點（如圖27）。介紹加拿大核子事故緊急應變做法、無人機空中輻射偵測研究現況、輻射偵測不確定度評估及空中輻射偵測不確定度分析等。

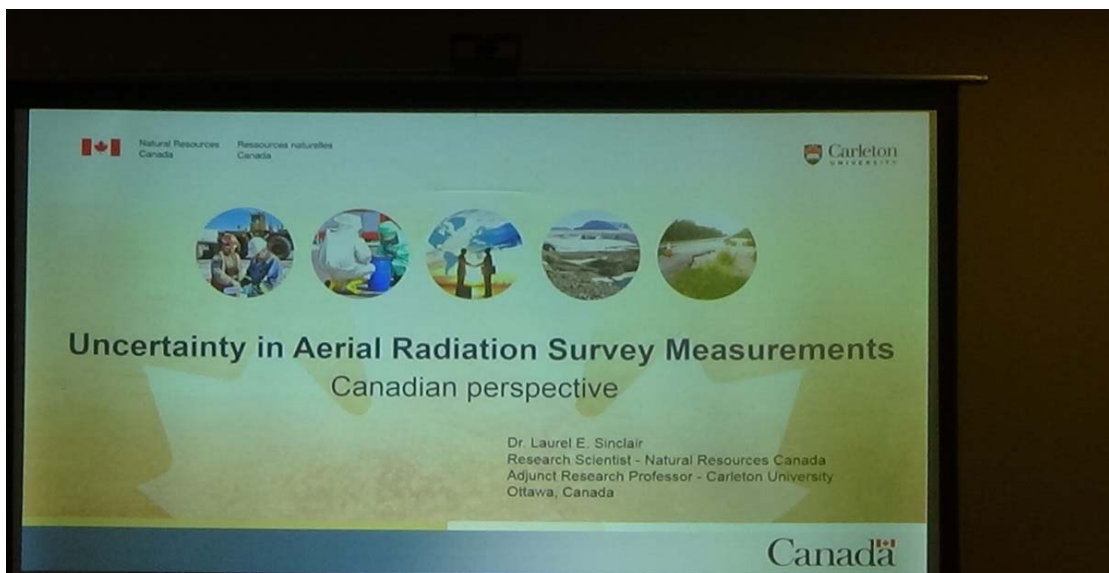


圖27. 加拿大簡報主題：空中輻射偵測不確定度觀點

第3場由台灣Atomic Energy Council(AEC)Ming-Jen Lin(林明仁)報告，主題為-台灣空中輻射偵測現狀與不確定度評估(如圖28)。介紹自2010年起，美國國家核子保安局(NNSA)因台美民用核能合作關

係提供台灣SPARCS-M(Mobile)移動式輻射偵測設備，適用於放射性事故和反恐緊急應變地面輻射偵測。2011年日本福島事故後，再提供SPARCS-A(Aerial)能進行空中輻射偵測任務。於2012和2013年在台灣進行SPARCS空中輻射偵測培訓課程。2014年原能會派員參加拉斯維加斯實作飛行和SPARCS培訓課程。2015年派員參加拉斯維加斯的SPARCS數據處理培訓課程。2016年派員參加拉斯維加斯高階SPARCS數據處理培訓課程。自2013年以來，SPARCS系統在台灣核電廠緊急應變年度演練中空中輻射偵測為重要演練項目，利用每次核安演習運作對應台灣空中輻射偵測作業程序修正。會議中以動畫展示2015年金山核電廠演習、2016年台南歸仁培訓、2016年馬鞍山核電廠演習以及2017年的國聖核電廠演習飛行偵測成果。為建立SPARCS的維護能力，2015年美國國家核子保安局(NNSA)派專家來台灣進行SPARCS電子設備維護培訓課程，課程涵蓋了SPARCS硬件設計概念、維護、檢查和故障排除，使SPARCS基本檢測和故障排除的能力已在台灣確立。目前四套設備分配給台灣陸軍化生放核(CBRN)軍隊進行運作，每年SPARCS系統召回進行校準和系統穩定性檢查。有關空中輻射偵測地面劑量率的不確定度評估，基於ISO GUM 1994和BIPM GUM 2008指導準則進行評估，首先建立劑量率轉換方程式，分析可能變異數來源，進行變異數不確定量化計算，最後統計所有變異數不確定度組合。另外放射性污染核種活度不確定度評估，是台灣未來的挑戰，空中輻射測量結果轉換呈現放射性污染核種活度地面分佈，有待進行校正及驗證測試，其不確定度評估是不容易驗證，台灣又沒有適當的放射性污染區域當作標準校正區域來進行量測作業，這是目前面臨困難及挑戰。



圖28. 台灣主題-空中輻射偵測現狀與不確定度評估

第4場由丹麥Danish Emergency Management Agency (DEMA) Helgi&Sune報告，主題為-丹麥空中輻射偵測不確定度(如圖29)。介紹丹麥緊急事務管理局核子科工作、現有輻射偵測現狀、輻射偵測校正、不確定度評估狀況以及未來發展等。

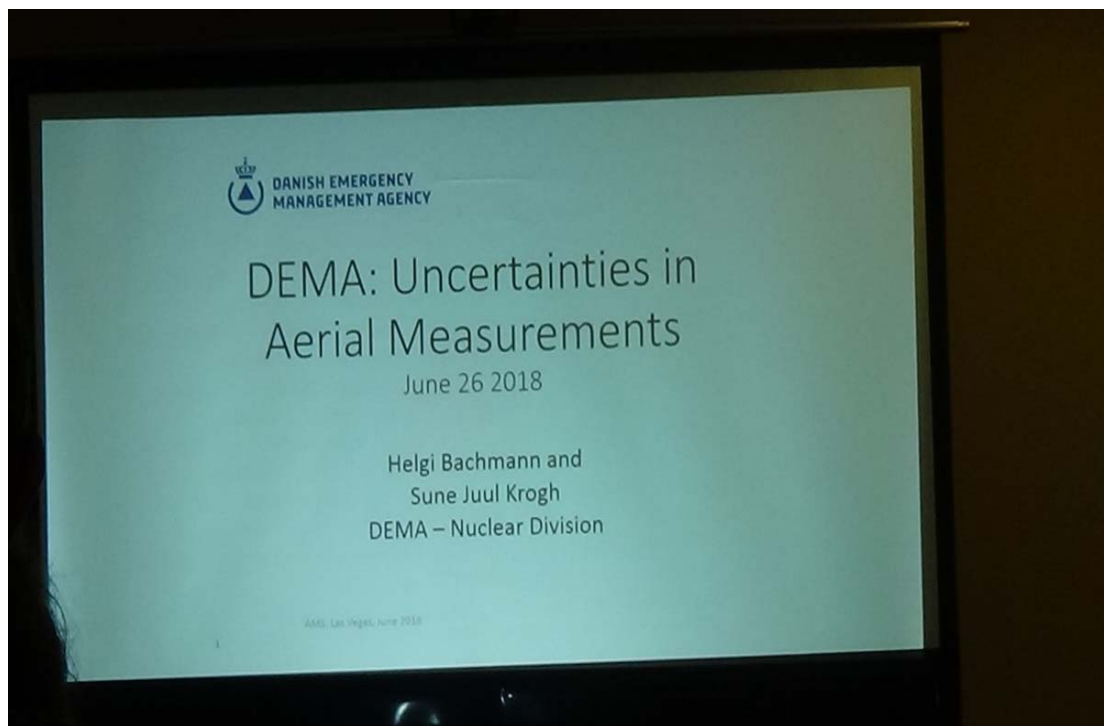


圖29. 丹麥簡報主題-空中輻射偵測不確定度

第5場由法國French Alternative Energies and Atomic Energy Commission(CEA)Marc Wansek報告，主題為-使用HELINUC加馬輻射偵測系統空中輻射偵測不確定度（如圖30）。其說明法國替代能源和原子能委員會自1983年開始使用HELINUC加馬輻射偵測系統，其包含4顆16公升碘化鈉及2個70%純鍍偵檢器，該系統20年來進行空中輻射偵測任務100次以上，該系統透過參數設定及能譜分析軟體，利用高度修正、空氣衰減因子、背景修正、水線扣除宇宙射線、土壤成分、土壤濕度、能譜分析STRIPPING RATIOS、核種活度校正、IAEA -Extended Windows Method等方式，進行鑑別天然放射性鉀(K-40)釷(Th-232)鈾(U-238)系列核種，計算淨計數值後換算成地面活度值，其不確定度評估可利用蒙地卡羅法(MCNP)程式模擬。

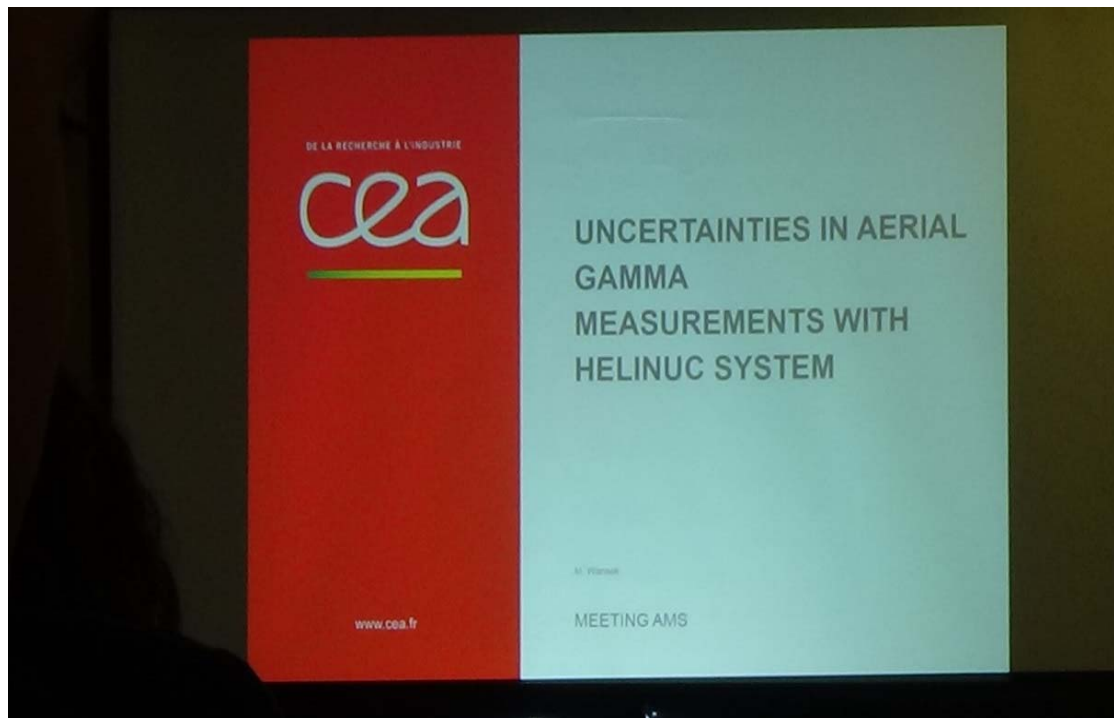


圖30. 法國CEA簡報主題-使用HELINUC加馬輻射偵測系統空中輻射偵測不確定度

第6場由法國Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety(IRSН)-Christophe Debayle報告，主題為-空中輻射偵測系統(AMS)活度不確定度(如圖31)。其說明法國放射防護與核安全研究所(IRSН)於2002年起接受法國政府委託進行環境輻射偵測這項重要任務。平時進行例行性環境輻射偵測，核子事故時進行緊急應變輻射偵測任務。會中介紹該所在法國扮演角色及任務、主要輻射偵測工具及策略、空中輻射偵測系統及飛行載具、其他移動式輻射偵測應用、國際合作經驗、空中輻射偵測系統(AMS)進展及誤差不確定性評估等。針對空中輻射偵測系統(AMS)活度不確定度提出因素來源、加權、評論及問題等供探討。

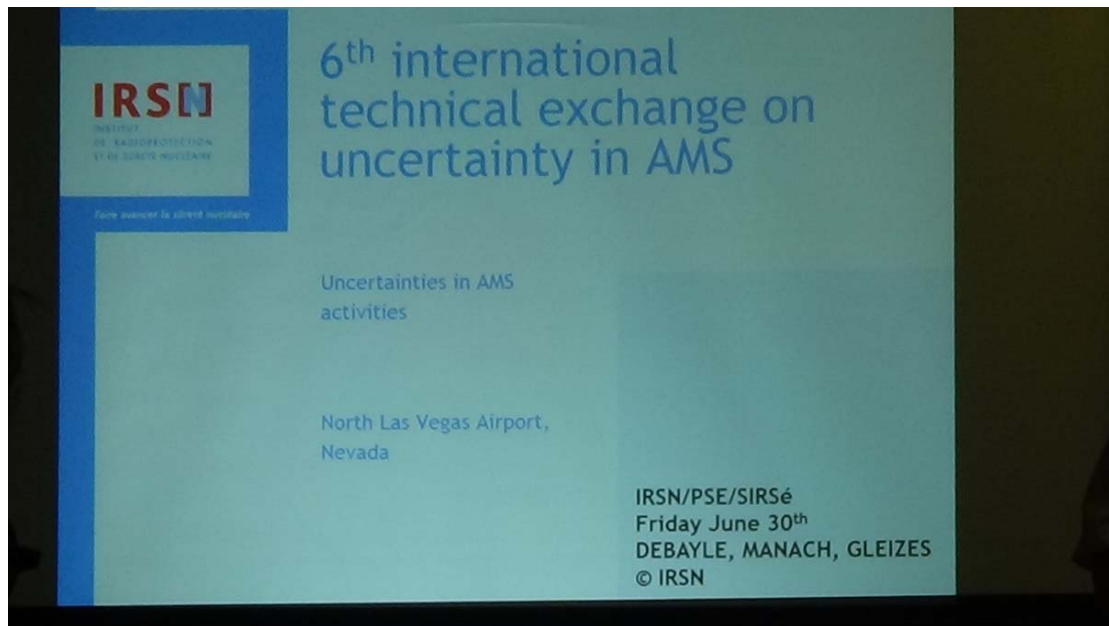


圖31. 法國 IRSN 簡報主題-空中輻射偵測系統(AMS)活度不確定度

3. 6月26日空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議

第1場由冰島 Icelandic Radiation Safety Authority (IRSA) – Gisli Jonsson 報告，主題為-冰島空中輻射偵測挑戰（如圖32）。其介紹冰島是一個大區域海洋人口稀少(35萬人)的國家，負責全國游離及非游離輻射的輻射安全局(IRSA)僅11名員工，說明在游離輻射偵測方面的例行作業內容，以及國內合作項目。在緊急應變偵測設備上，引進3套美國核子保安局(NNSA) SPARCS 空中偵測系統，提及冰島環境空間加馬輻射量測狀況，最後說明使用 SPARCS 實際偵測狀況以及面臨問題挑戰。

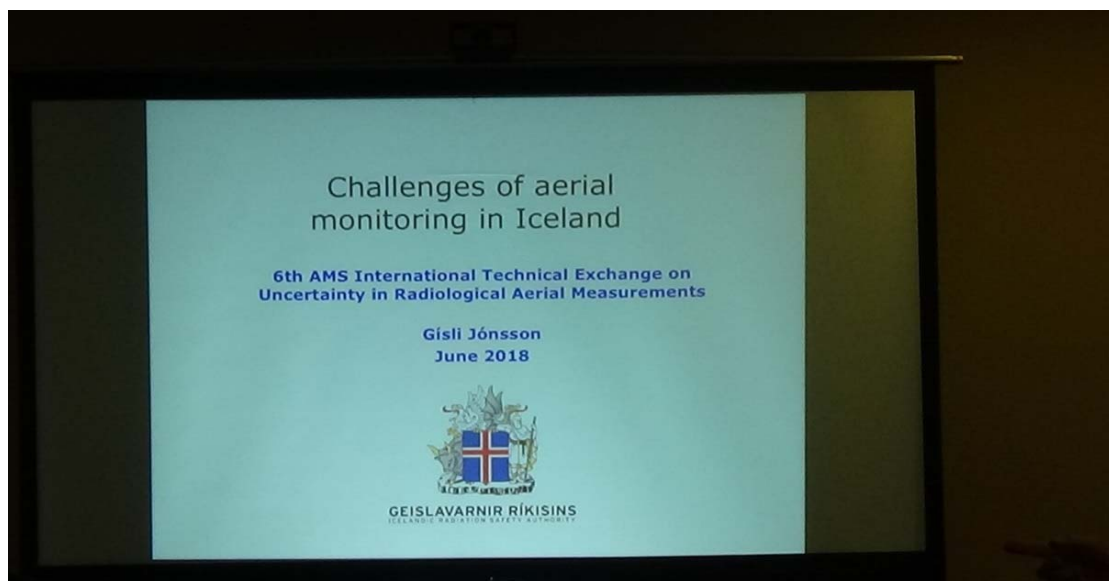


圖32. 冰島 IRSA 簡報主題-冰島空中輻射偵測挑戰

第2場由日本 Japanese Atomic Energy Agency (JAEA) – Yukihisa

Sanada報告，主題為-日本福島事件後空中輻射偵測活度準確性修正(如圖33)。其簡述說明日本福島事件發生，造成輻射污染區域範圍，推估日本福島事件各反應器洩漏污染核種活度，直至目前輻射污染狀況。日本福島事件，第一次使用美國能源部核子保安局(DOE/NNSA)SPARCS進行空中輻射偵測，日本1980年代發展空中輻射偵測系統(AMS)無法派上用場，福島事件後JAEA學習美國空中輻射偵測系統(AMS)，考量調整日本實際狀況進行目前運作，針對污染區空中輻射偵測，小區域使用無人機及大區域使用直升機分別進行量測作業，目前污染區實際空間加馬輻射劑量率比物理衰減降低很多。污染區空中輻射偵測核種活度量測分析使用美國能源部核子保安局(DOE/NNSA)MMGC(Man Made Gross Count)方法，進行加馬能譜天然輻射區分方式分析污染核種活度。針對空中輻射偵測量測結果準確度修正的部分，須考量GPS準確性、氬子核影響、地形效應及土壤放射性銫滲透效應評估等因素，最後針對GPS準確性及氬子核影響等兩部分進行說明，GPS準確性部分，飛行越高GPS高度偏差大進行校正修正；氬子核影響部分，利用向上及向下偵檢器差異進行修正。



圖33. 日本Yukihsa Sanada簡報主題-日本福島事件後空中輻射偵測活度準確性修正

第3場由日本Japanese Atomic Energy Agency(JAEA)-Azusa Nagakubo Ishizaki報告，主題為-空中輻射偵測地形輻射修正模式應用(如圖34)。其說明日本及核電廠所處為多山地形，造成地形輻射效

應很大，使用蒙地卡羅法(MCNP)程式模擬評估地形輻射效應修正，利用不同地形參數表示量級，進行複雜地形模擬評估地形輻射效應修正，將地形輻射效應模擬應用到空中輻射偵測量測值進行修正，其與地面量測值比較準確性有提高。透過蒙地卡羅法(MCNP)程式模擬評估，考慮地面相對於平均海拔高度和低地區域的高度，提高了空中輻射偵測的測量精度，目前將此修正應用於過去的量測數據，並進一步進行驗證。

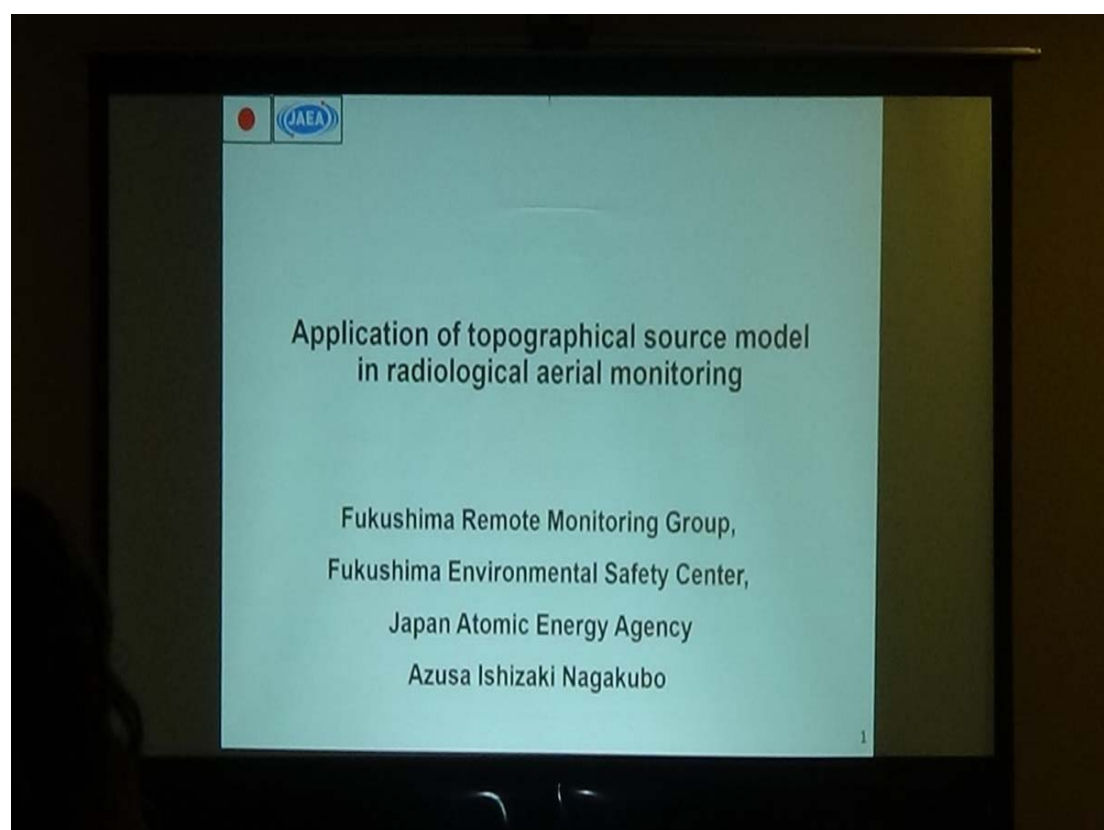


圖34.日本Azusa Nagakubo Ishizaki簡報主題-空中輻射偵測地形輻射修正模式應用

第4場由日本Japanese Atomic Energy Agency(JAEA)-Kotaro Ochi報告，主題為-空中輻射偵測能譜分析估算土壤放射性銫垂直分布(如圖35)。其說明日本福島污染地區，由於降雨、反轉耕作及野生動物干擾等因素，造成地面土壤放射性銫垂直分布改變，有必要知道放射性銫在土壤中的分佈狀況進行調查。探討方法是利用無人機以快速簡易方法，進行大規模調查地面土壤放射性銫垂直分布。利用深層土壤放射性銫來自上層土壤屏蔽作用，造成散射加馬輻射增加，觀察土壤放射性銫散射(50-450keV)及直接加馬輻射(450-760 keV)比值(RPC)差異，來辨別地面土壤放射性銫垂直分布。無人機使用偵檢器(溴化鐳)在實驗室模擬放射性銫-137射源不同水體深度(垂直分布)進行測試，推算放射性銫散射及直接加馬輻射比值與水體深度關係式，其中深度相對應考慮到土壤含水率與密度係數 β (土壤鬆

弛質量深度，單位:克/平方厘米)非常重要，透過簡單及複雜案例進行反複運算，導出RPC與 β 關係式，運用到地面土壤放射性銫垂直分布。日方認為其所開發方法對於大規模調查地面土壤放射性銫是有效的，也有助於瞭解放射性銫沉積對空間劑量率的影響。

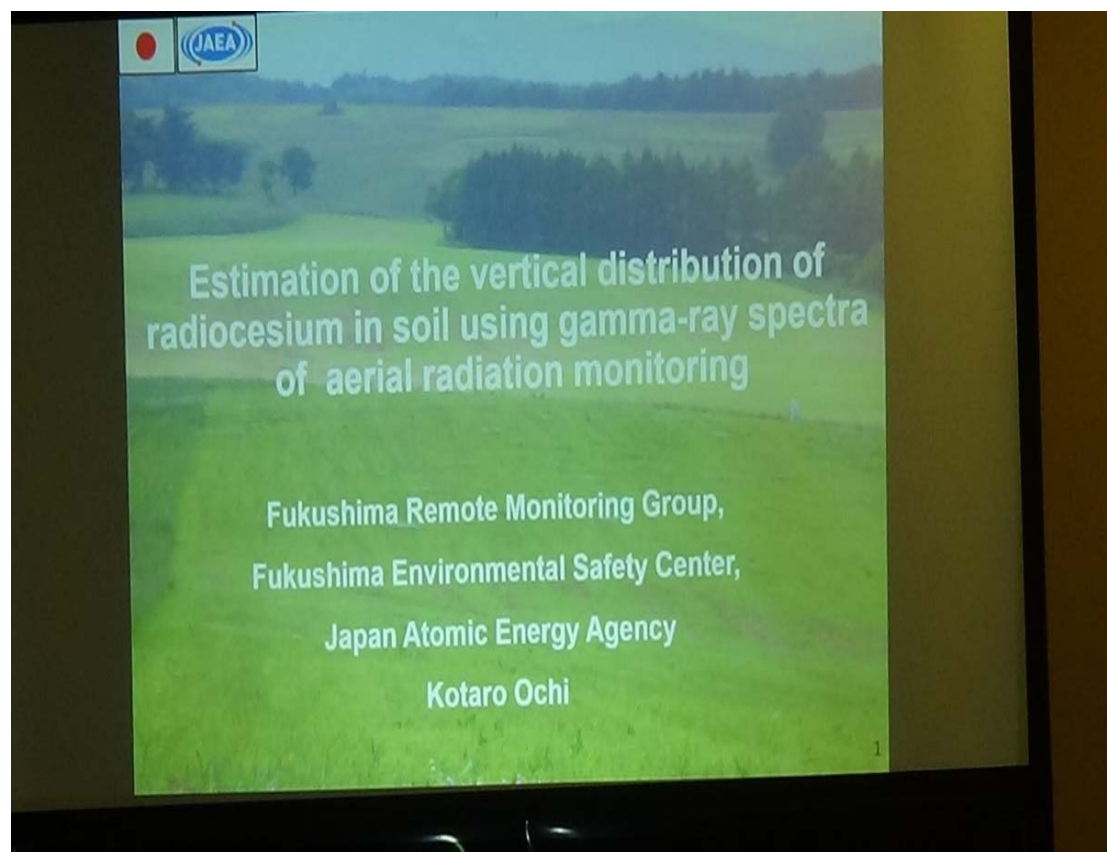


圖35. 日本Kotaro Ochi簡報主題-空中輻射偵測能譜分析估算土壤放射性銫垂直分布

第5場由韓國Korea Institute of Nuclear Safety(KINS)Byoung - Jik Kim以及Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) - Young-Yong Ji報告，主題為-韓國現場量測技術及應用(如圖36)。其說明韓國核研究所(KINS)現場量測技術是環境輻射偵測中一個研究項目，包含地面1公尺固定式、簡易移動式背包車載及空中飛行等現場量測技術。放射性核種沉積造成劑量率，以地面1公尺偵檢器量測計數率(cps)換算為基準，使用不同量測儀器的放射性核種的地面沉積評估，各類型現場量測儀器需進行計數率(cps)與劑量率(nGy/h)間轉換，其中所有加馬能譜偵測儀透過蒙地卡羅法(MCNP)程式模擬轉換。此外介紹簡易移動式背包及車載現場量測技術，並遠赴至日本福島放射性污染區域進行現場量測。另外韓國原子能研究所(KAERI)-Young-Yong Ji說明KAERI開發多用途環境輻射測量系統在空中輻射偵測的應用，該系統使用2顆2吋溴化鏷偵檢器，淨重6公斤電池供應約12小時電力，除了應用於無人機空中輻射偵測外，也應用在簡易移動式車載及現場固定點量測等。



圖36. 韓國簡報主題-韓國現場量測技術及應用

第6場由挪威Norwegian Radiation Protection Authority (NRPA) -Morten Sickel報告，主題為-挪威空中輻射偵測系統(AMS)現況及發展(如圖37)。其說明挪威約2個佛羅里達州大小，南北1500公里長，該國境內無核能電廠，有兩個研究用反應器，鄰近國家有核能電廠及核動力潛艇出沒於該國海域。環境輻射偵測由挪威輻射防護局負責(NRPA)，目前使用之空中輻射偵測系統(AMS)為NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE (NGU)委託挪威軍方進行實際飛行量測作業。透過與美國能源部核子保安局(DOE/NNSA)進行兩方空中輻射偵測系統(AMS)比對，持續精進空中輻射偵測系統(AMS)發展。

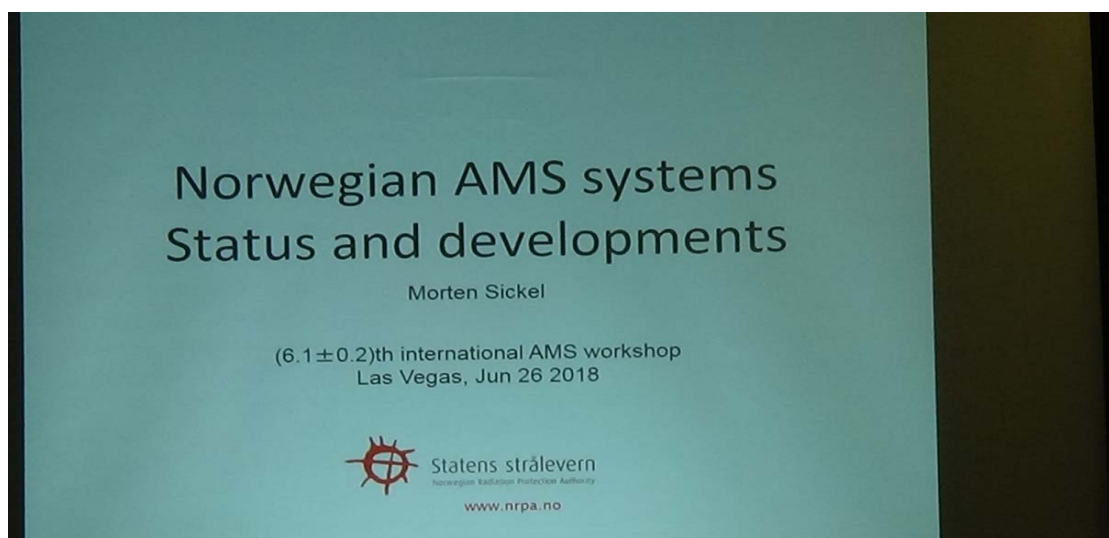


圖37. 挪威簡報主題-挪威空中輻射偵測系統(AMS)現況及發展

第7場由瑞典Swedish Radiation Safety Authority (SSM)-

Simon Karlsson報告，主題為-瑞典空中輻射偵測最近發展(如圖38)。其說明瑞典空中輻射偵測狀況，其使用4、16公升NaI偵檢器及120%HPGe純鍺偵檢器，以及內部發展"Nugget"分析軟體。回顧瑞典緊急應變計畫部分，為了加強瑞典空中輻射偵測，規劃2016-2018年發展第二套空中輻射偵測系統，找尋適當區域進行校正作業，針對不同場景制定偵測策略，以蒙地卡羅法(MCNP)程式模擬，發展數據分析及地理資訊顯示方法，調查地面實測值的不確定度及偵檢器限度，飛行人員教育訓練，以及空中輻射偵測演練等課題。

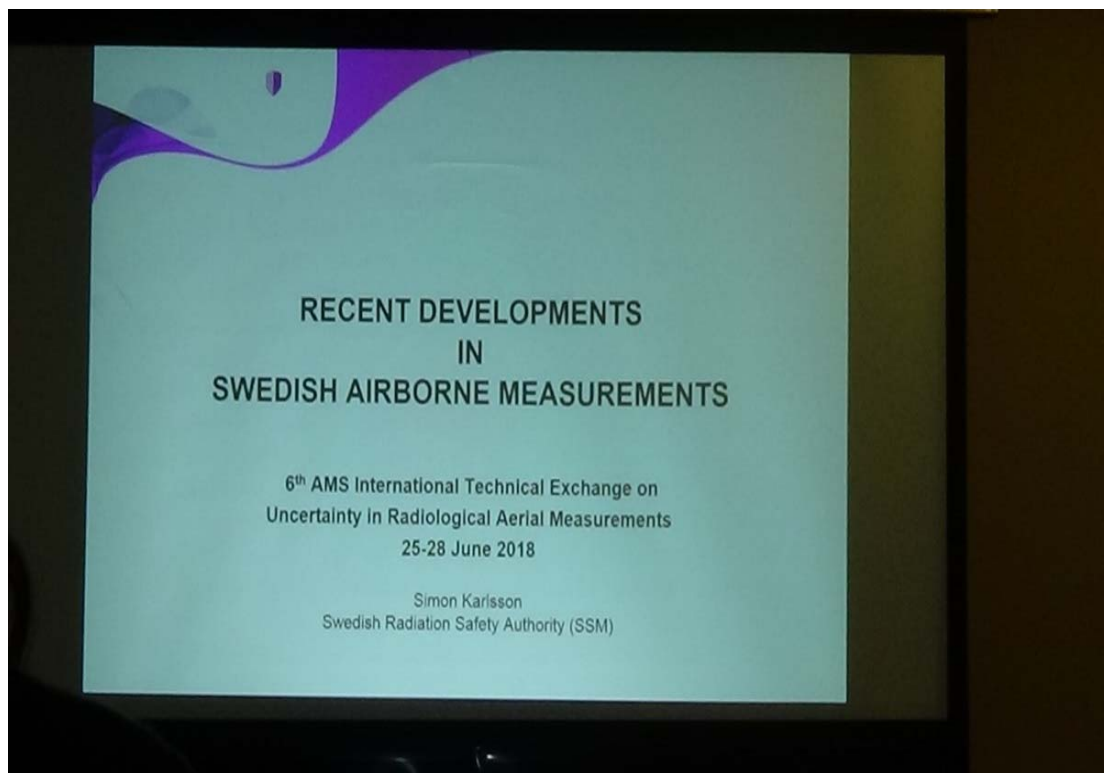


圖38. 瑞典SSM簡報主題-瑞典空中輻射偵測最近發展

第8場由瑞典Geological Survey of Sweden (SGU)-Cecilia Jelinek報告，主題為-瑞典SUG針對空中輻射偵測天然核種能譜量測(如圖39)。其說明瑞典地質調查局(SGU) 1969年開始發展空中偵測技術，早期主要進行地形及礦物偵測。1986年車諾比事故後，開始加入空中輻射偵測任務。其空中輻射偵測使用4、16公升NaI偵檢器及120%HPGe純鍺偵檢器，利用天然放射性鉀(K-40)釷(Th-232)鈾(U-238)校正射源墊，進行地面至150公尺高的空氣衰減影響評估，以及量測海域平面300至500公尺高，進行宇宙射線及系統本身背景修正等校正作業。計算地面活度時，假設地面長期平衡及密度1700千克/立方米，以空中輻射偵測量測天然核種能譜，並利用網格內插方式，推算出地面活度。

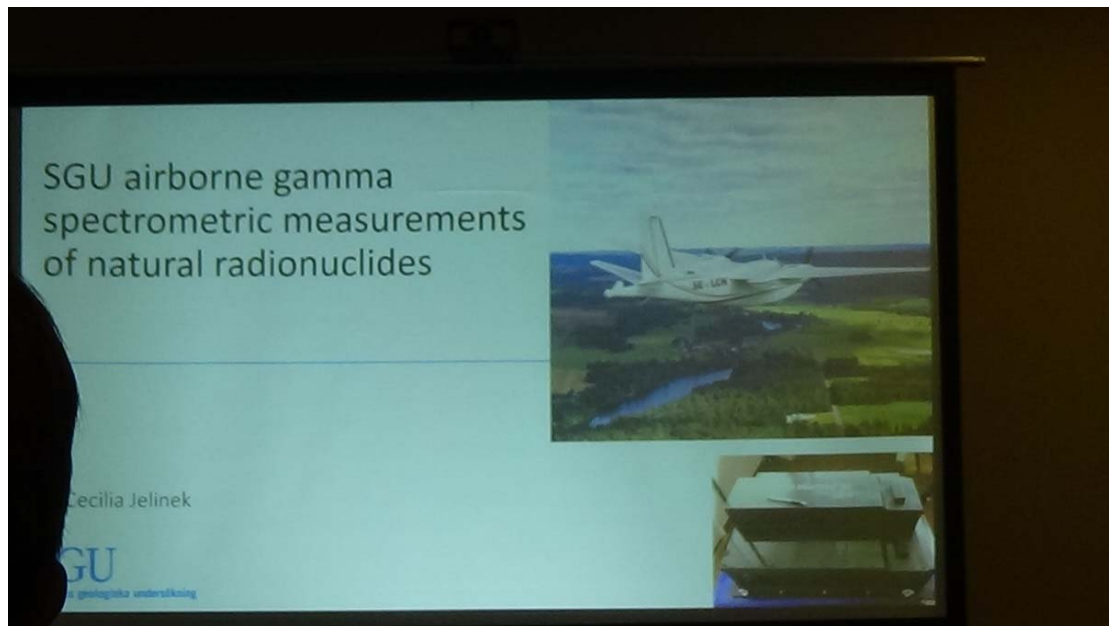


圖39. 瑞典SGU簡報主題-瑞典SUG針對空中輻射偵測天然核種能譜量測

第9場由瑞典Geological Survey of Sweden (SGU)-Henrik Johansson報告，主題為-瑞典SUG空中輻射偵測不確定度(如圖40)。其說明瑞典地質調查局(SGU)探討空中輻射偵測不確定度計算目標，找到簡易快速方法，提供NaI能譜分析模擬練習，發展出一種不確定度評估模擬方式，將不確定性評估納入資料庫處理。簡報列舉出空中輻射偵測不確定度因素非常多，利用NaI加馬能譜偵測儀透過蒙地卡羅法(MCNP)程式模擬，初步運跑劑量率不確定度。利用天然放射性鉀(K-40)釷(Th-232)鈾(U-238)，初步運跑背景不確定度。利用3-windows法，初步運跑計算放射射性銫及碘等結果加以說明。

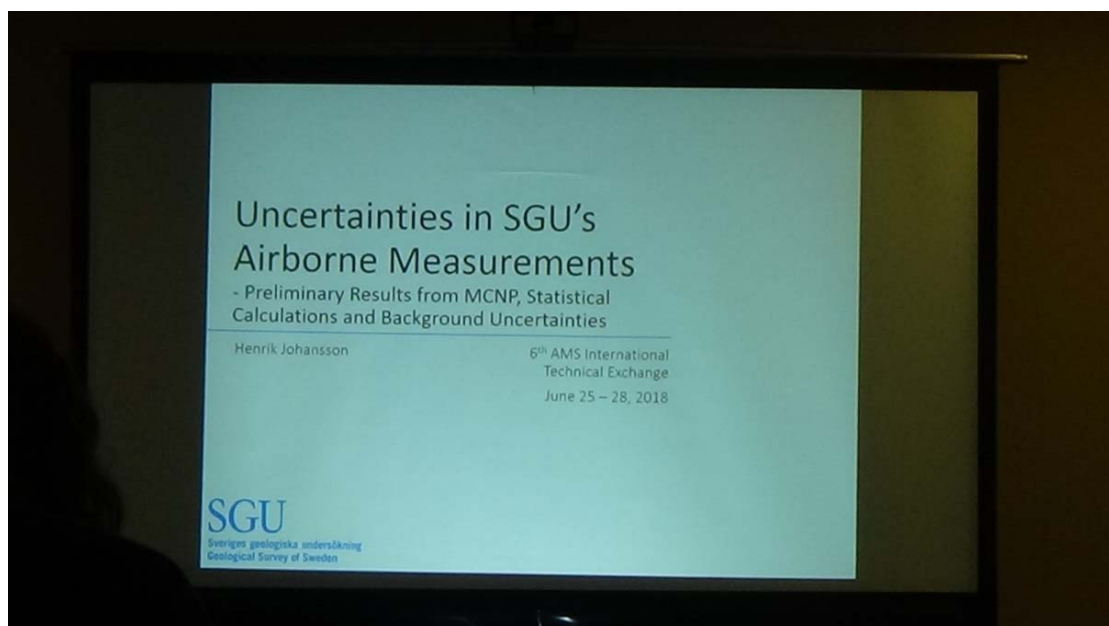


圖40. 瑞典SGU簡報主題-瑞典SUG空中輻射偵測不確定度

4. 6月27日內華達國家安全區(NNSS)參觀行程

6月27日安排與會人員進行內華達國家安全區(NNSS)一天參觀行程，其屬管制區域要求不得攜帶任何筆電、手機及照相機等電子產品。內華達國家安全區(NNSS)位於內華達州南部偏遠，高度安全的地區，是一個首屈一指的室外、室內和地下國家實驗室。它是支持美國國家核子保安局(NNSA)核武庫存管理計畫、國防計畫、國家安全研究、開發和培訓計畫以及其他聯邦機構重要計畫的實驗首選地點。美國杜魯門總統於1950年12月建立了NTS(NNSS前身)，作為該國的陸上核武器試驗區。在1950年之前，大多數測試都是在太平洋地區進行的。1951年1月27日，第一枚炸彈是從飛機上掉落的一枚千噸級彈頭，在1951年至1962年間，在試驗場的邊界內進行了126次大氣原子武器試驗。內華達國家安全區(NNSS)通過支持核威脅的管理，提供緊急應變能力和培訓，以及為關鍵的防核武擴散和軍備控制舉措做出貢獻，幫助確保美國及其盟國的安全。

首先參觀團到達內華達國家安全區(NNSS)外沙漠岩機場(Desert Rock Airport)，展示小型無人機以及模擬飛行影片。接續安檢進入達內華達國家安全區(NNSS)內，參觀核試爆時建置儀器感應塔，再前往核爆試驗區Sedan 彈坑合影(如圖41)；接續參觀核試爆後建物損毀效應遺跡等。



圖41. 所有與會人員在內華達核爆試驗區Sedan彈坑合影

5. 6月28日空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議

第1場由美國Radiological Assistance Program 5(RAP5)-Frank Moore報告，主題為-美國RAP5區空中輻射偵測系統(AMS)運作基本概

況（如圖42）。其說明美國能源部(DOE)放射性援助方案(Radiological Assistance Program)總共依各州地區性共劃分為8個區域(如圖43)，第5區(RAP5)為中北部各州，負責各種重要會場進出入口輻射安全偵測，例如芝加哥馬拉松、美國大聯盟芝加哥小熊總冠軍賽及小熊隊獲世界冠軍遊行等。介紹第5區(RAP5)空中輻射偵測支援載具類型及機種，利用海關與邊境保護夥伴關係，於加拿大相鄰密西根湖，利用船艇載運標準射源方式，進行飛行校正作業。

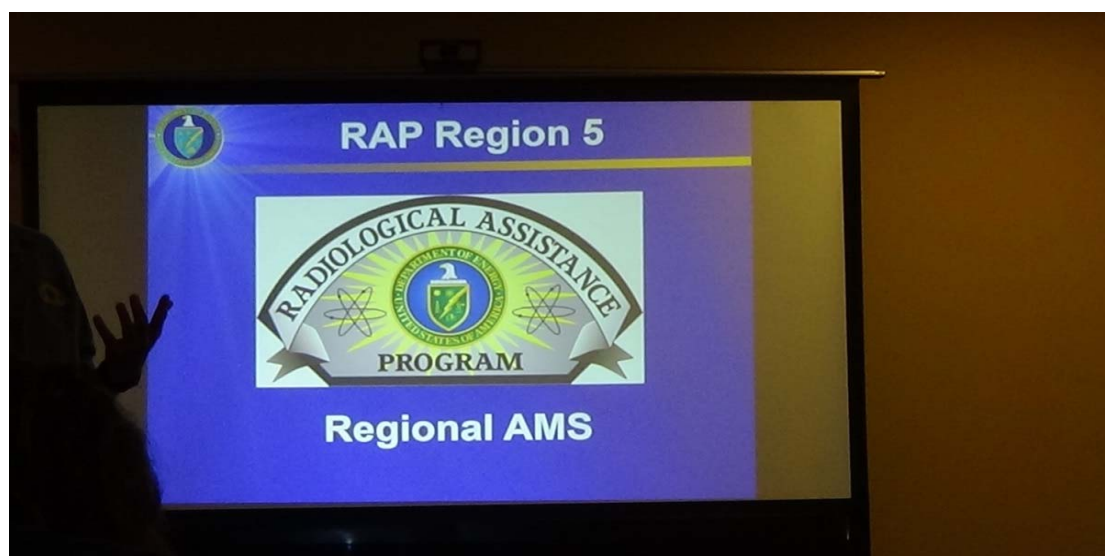


圖42. 美國RAP5簡報主題-美國RAP5區空中輻射偵測系統(AMS)運作基本概況



圖43. 美國能源部(DOE)放射性援助方案8個區域劃分

第2場由美國Radiological Assistance Program 3(RAP3)-Ron Smith報告，主題為-美國RAP3區空中輻射偵測系統(AMS)運作基本概況(如圖44)。其說明美國能源部(DOE)放射性援助方案第3區(RAP3)為東南部各州，簡介空中輻射偵測歷史及整體概念。利用支援日本福島、薩凡納河遺址及南卡羅萊內洲沿海等空中輻射偵測結果，說明RAP3區

空中輻射偵測系統(AMS)運作成果。

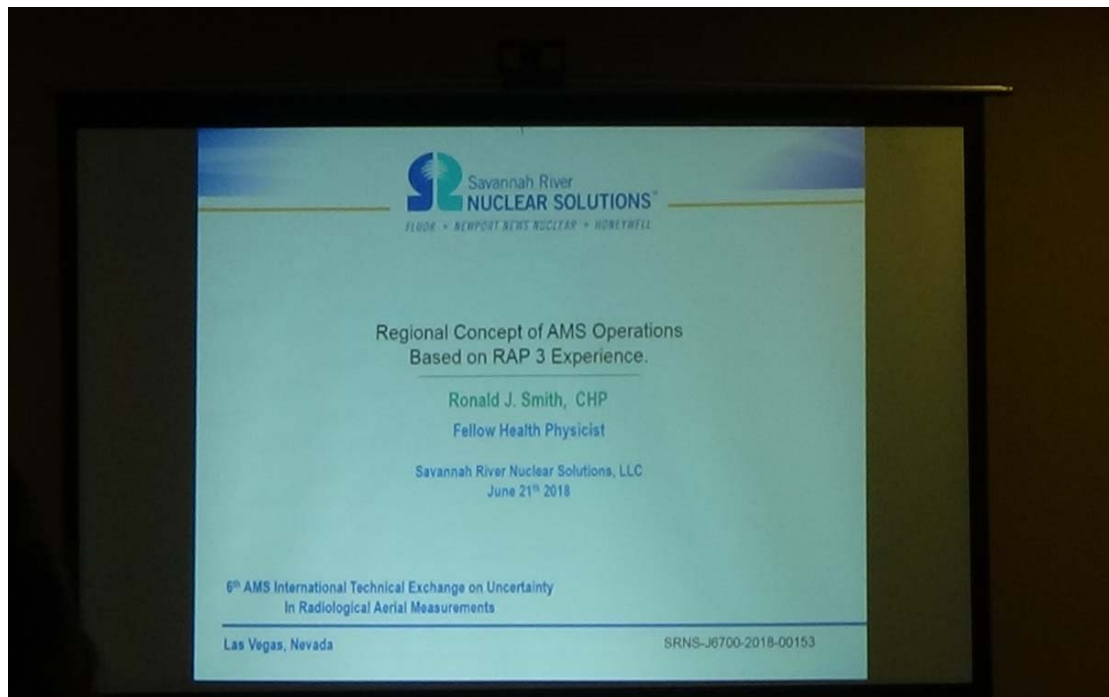


圖44. 美國RAP3簡報主題為-美國RAP3區空中輻射偵測系統(AMS)運作基本概況
第3場利用車輛接駁方式，至北拉斯維加斯機場(North Las Vegas Airport)美國能源部(DOE)直升機Bell 412停機棚，參觀裝載空中輻射偵測(AMS)設備展示(如圖44-49)。



圖44. 美國能源部(DOE)直升機Bell 412



圖45. 直升機Bell 412裝載空中輻射偵測系統(AMS)設備



圖46. 直升機Bell 412裝載空中輻射偵測系統(AMS)設備



圖47. 直升機Bell 412裝載空中輻射偵測系統(AMS)設備



圖48. 直升機Bell 412裝載空中輻射偵測系統(AMS)設備

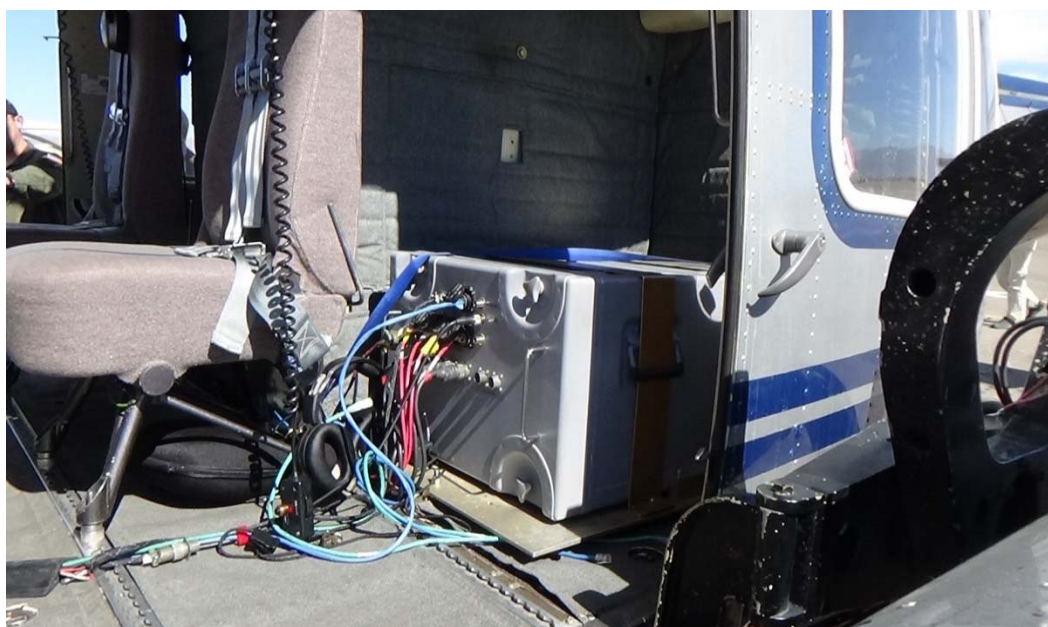


圖49. 直升機Bell 412裝載空中輻射偵測系統(AMS)設備

第4場由英國University of Glasgow(UG)-Dr. David Sanderson 報告，主題為-從英國及國際比對工作經驗透視空中輻射加馬能譜分析不確定度(如圖50)。首先說明空中輻射偵測系統(AMS)不確定度來源分為隨機及非隨機性，需要考量因素很多，經該團隊30年經驗探討英國AGS移動式輻射偵測系統不確定度，許多工作需待進行調查。透過前蘇聯車諾比事故對英國影響，1988年對西坎布里亞事件的調查，造成不確定性散佈，以及日本福島事件污染區作為英國AGS移動式輻射偵測系統與國際上比對作業，其認為儘管無人機空中輻射偵測發展進步迅速，但英國AGS移動式輻射偵測系統對空中輻射偵測也有不錯成績。



圖50. 英國簡報主題-從英國及國際比對工作經驗透視空中輻射加馬能譜分析不確定度

第5場由美國Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)- Mitchell Myjak報告，主題為-空中及地面射源偵測定量能譜分析法(如圖51)。其說明研究開發放射性煙羽及地面沉降區分的方法，建立放射性煙羽即時偵測警報能力，同時建立放射性煙羽存在下如何定量地面沉降活度，讓此方法能運用於任何飛行載具及不同空中輻射偵測狀況。此方法是在三個朝下偵測偵檢器硬體上增加1組朝上偵測偵檢器，利用朝上、朝下及周圍不同偵檢器偵測到結果，使用三種分析軟體(spectral anomaly detection algorithm、discrimination algorithm to indicate direction (up / down / surrounding)、quantification algorithm to subtract aerial source term)進行交叉詳細分析，在佛羅里達大學訓練反應器(University of Florida Training Reactor UFTR)進行放射性煙羽Ar-41模擬洩漏擴散空中輻射偵測試飛。首先區分異常放射性污染源及背景，再依幾何區分空中及地面放射性污染源，最後進行空中及地面放射性污染源定量化。

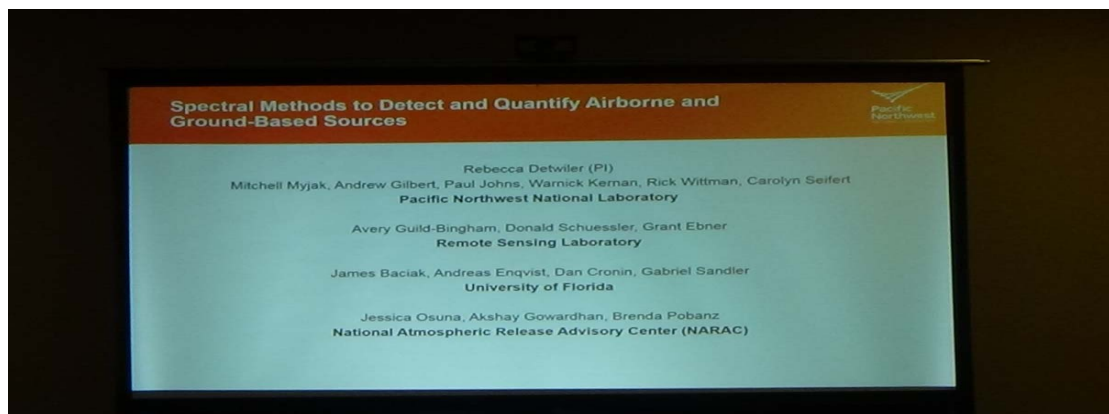


圖51. 美國PNNL簡報主題-地面射源空中偵測定量能譜分析法

第6場由美國Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) - Mitchell Myjak報告，主題為-空中輻射偵測系統(AMS)資料處理結果不確定度分析(如圖52)。其說明資料處理結果透過評估導致不確定性的主要影響，量化空中輻射偵測數據處理結果的預期準確性，利用建置模式和歷史量測進行運跑貢獻，為空中輻射偵測系統(AMS)使用者開發可用現場量測指南。其主要目的除了提供一個空中輻射偵測系統(AMS)資料處理結果準確性機制外，對於改善空中輻射偵測系統(AMS)數據處理結果準確性，其設備及方法精進是必要的。

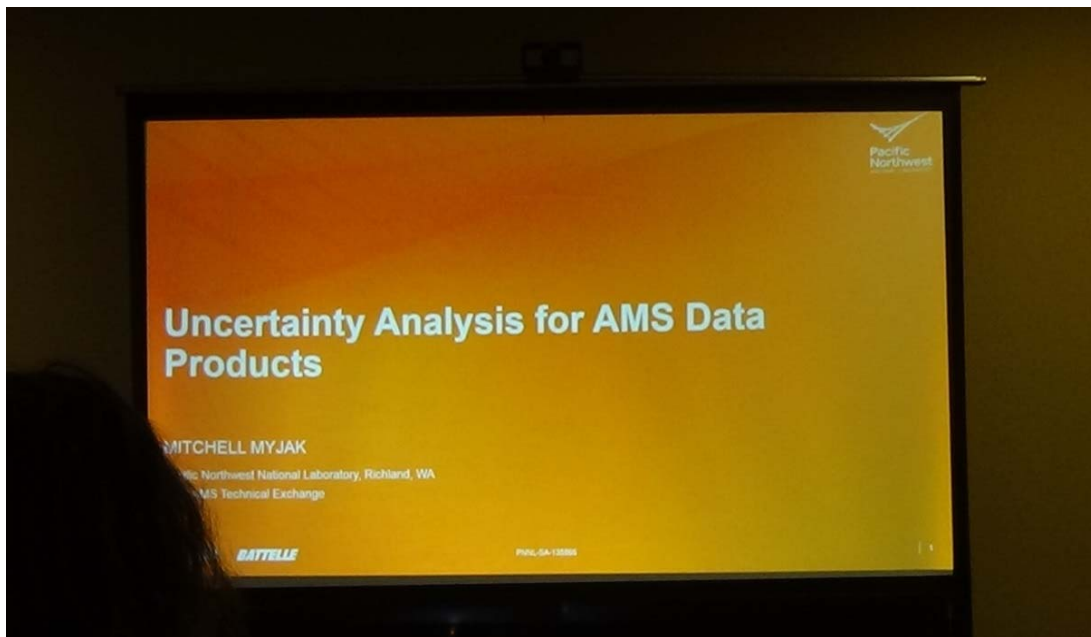


圖52. 美國PNNL簡報主題-空中輻射偵測系統(AMS)資料處理不確定度分析

第7場由美國Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) -Warnick Kernan報告，主題為-地面及空中輻射偵測資料關聯性能譜分析(如圖53)。其說明地面、移動式及空中輻射偵測，在空間範圍、不確定度及量測單位等存在不同類型數據資料。該團隊正在發展視覺化、可分析及不確定度評估，適當整合不同類型數據的技術，藉著合併多方類型數據，同時評估不確定性來源，提出行動決策依據，有效公共輻射防護。

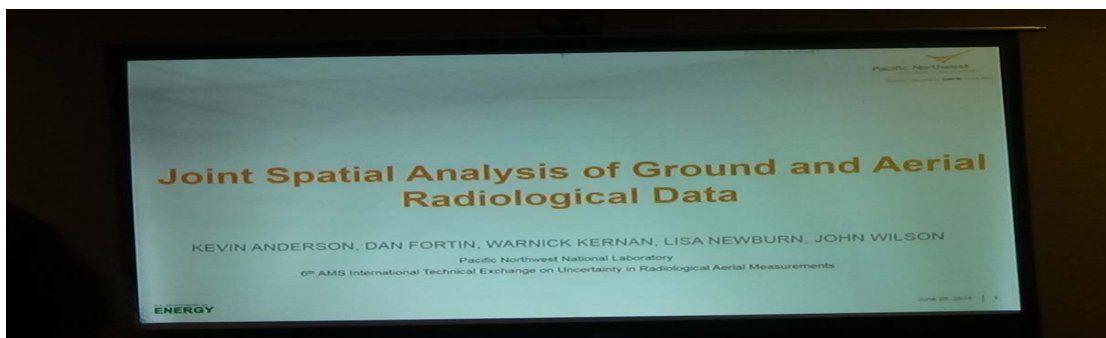


圖53. 美國PNNL簡報主題-地面及空中輻射偵測資料關聯性能譜分析

第8場由美國Sandia National Laboratory (SNL) - Lainy Dromgoole Cochran報告，主題為-資料處理產製結果不確定度分析(如圖54)。其說明資料處理結果不確定度分析，使用美國環境保護局(EPA)行動基準環境放射水平(Derived Response Level DRL)值，進行蒙地卡羅法(MCNP)程式模擬分析，確保資料處理結果可信度，作為公共輻射防護行動決策。分析過程中找出不確定度主要來源，並進一步研究如何降低不確定度。

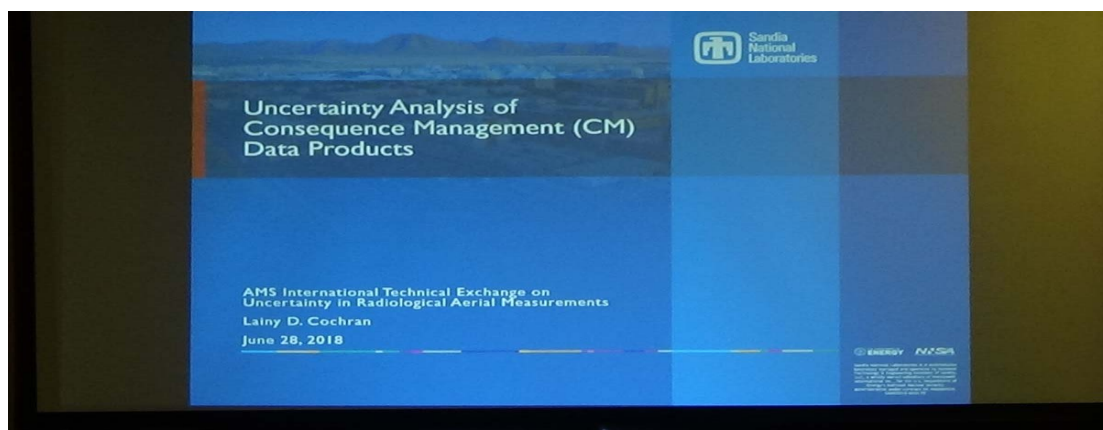


圖54. 美國SNL簡報主題-資料處理產製結果不確定度分析

第9場由美國Remote Sensing Laboratory(RSL)-Scott Suchyta報告，主題為-波士頓馬拉松賽空中輻射偵測系統(AMS)不確定度分析(如圖55)。其說明利用2018年波士頓馬拉松賽空中輻射偵測詳細資料為例，首先計算陸地1米高曝露劑量率方程式，針對方程式中每個變數詳細進行不確定度統計分析，最後將個別變數不確定度進行組合，推算出陸地1米高曝露劑量率總不確定度。此外，再將過去2014至2018年波士頓馬拉松賽空中輻射偵測資料進行相互比對，做出差異分析。

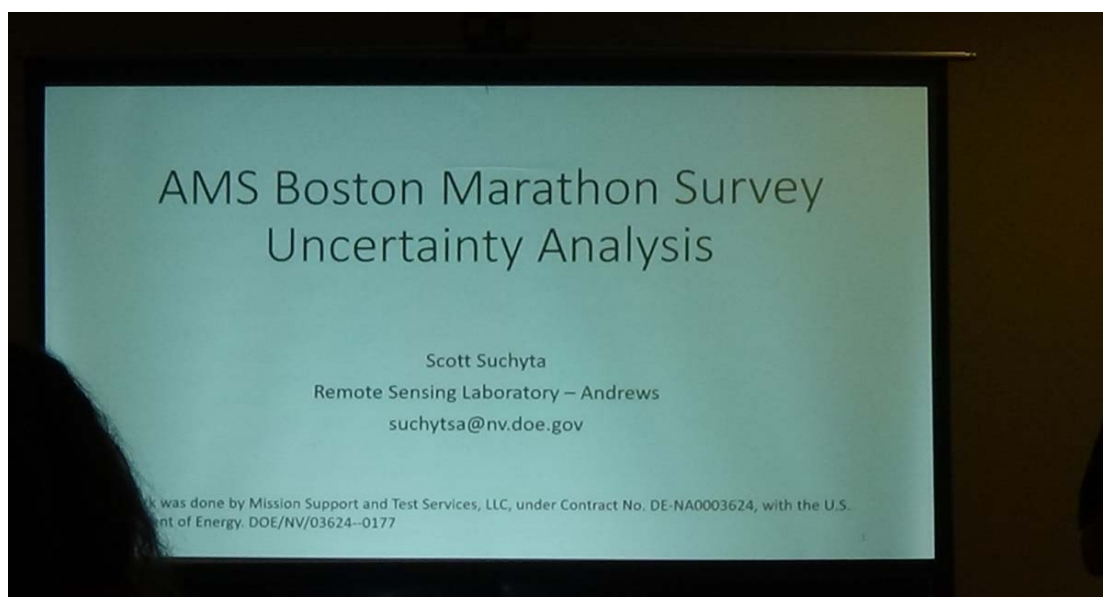


圖55. 美國SNL簡報主題為-波士頓馬拉松賽空中輻射偵測系統(AMS)不確定度分析

第10場由美國Remote Sensing Laboratory(RSL)-Daniel Haber報告，主題為-使用高斯擴散法放射性鉀鈾鈾等活度不確定度量化分析(如圖56)。其說明針對空中輻射偵測系統(AMS)中放射性核種活度不確定度量化分析，目前採用IAEA擴散方法(IAEA extraction method)及高斯擴散方法(Gaussian extraction method)兩種，比較兩種方法後，採用容易連續計數統計少雜訊的高斯擴散方法。利用加入已知量放射性鉀鈾鈾礦石當作校正射源進行實驗，採取核種(鉀鈾鈾)能譜視窗扣除背景後計數值進行資料收集分析，換算出活度與淨計數的比值。針對氬氣子核干擾及核種鉀進行考慮，最後將兩種方法針對核種活度不確定度量化分析結果比對，發現高斯擴散方法(Gaussian extraction method)較優。

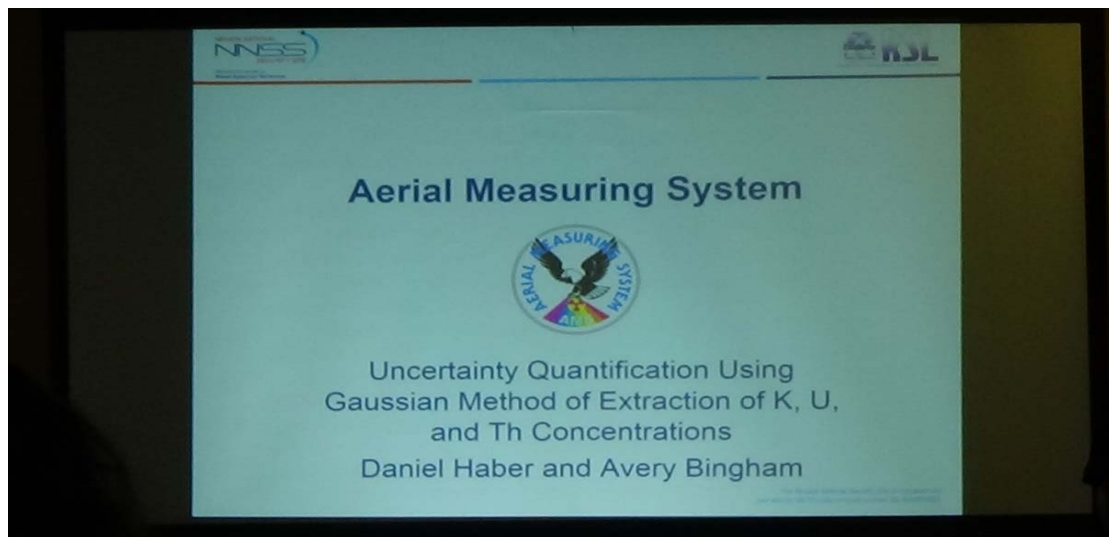


圖56. 美國SNL簡報主題-使用高斯擴散法放射性鉀鈾鈾等活度不確定度量化分析

最後第11場由美國Remote Sensing Laboratory(RSL)-Avery Guild-Bingham報告，主題為-利用空中輻射偵測系統(AMS)校正曲線不確定度經驗量化分析(如圖57)。其說明以美國能源部(DOE)直升機Bell 412裝載12顆碘化鈉(NaI) 2公升偵檢器，於2010-2018年間，利用莫哈維湖(Lake Mohave)及附近區域進行11次空中輻射偵測系統(AMS)飛行偵測作業。將陸地飛行不同高度的區域與水面不同高度飛行的區域，建立不同高度背景校正及水線校正曲線函數，扣除水線計算所得的函數為陸地上隨著不同高度之計數率分布。以不同高度背景校正曲線函數，推算不同高度輻射空氣衰減因子，再利用精確的地面劑量率量測，推算出計數率與劑量率間的轉換因子，即可建立陸地上隨著不同高度計數率轉換劑量率的分布。針對11次不同高度水線校正曲線函數，進行地面計數修正與劑量率估算差異分析，推算出平均值及偏差值，即依空中輻射偵測系統(AMS)不確定度理論，經驗量化分

析出校正曲線不確定度。

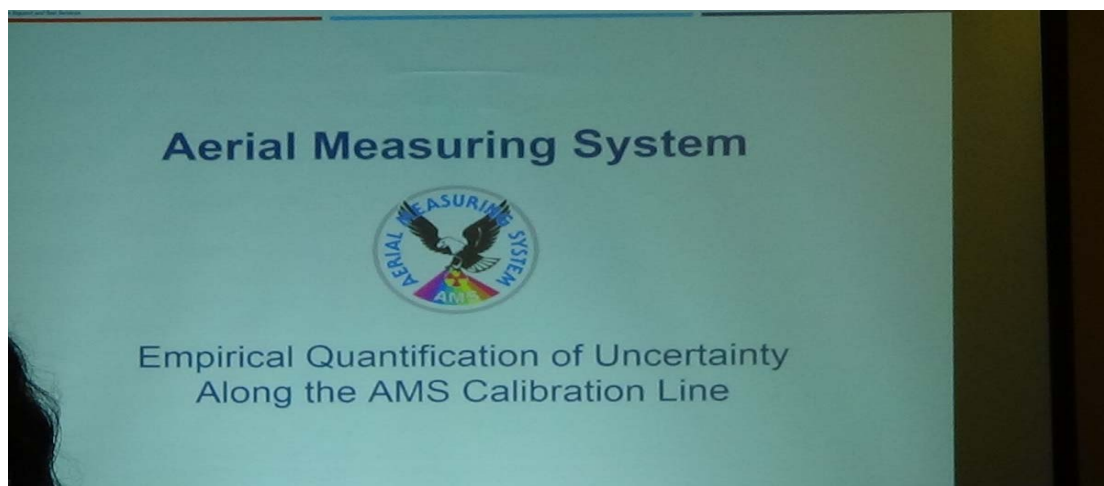


圖57. 美國SNL簡報主題-利用AMS校正曲線不確定度經驗量化分析

6. 心得及建議

空中輻射偵測是一個技術門檻較高，且需要不同技術背景(如駕駛、儀器維護人員、偵測人員、數據分析人員等)專業團隊，互相協調分工合作才能進行，不容許任何環節出現失誤或偏差，並不容易普及推廣的技術；加上國內沒有像美國核試爆區及日本福島輻射污染區，作為適當的放射性標準區域來進行訓練量測作業，以及品保作業上比對測試不確定度評估等問題；期待國內能建立一個永續本土化的訓練場所，作為核事故應變整備需求，是一個值得思考的問題。不確定度評估是研判偵測數據是否一致的重要依據。因此，須針對加強偵測數據分析及不確定度評估能力，作為今後在空中輻射偵測數據處理能力精進。

本次美國能源部核子保安局(NNSA)舉辦之空中輻射偵測不確定度評估國際技術交流會議，其目的為推廣空中輻射偵測技術，我國多年參加美國舉辦之訓練活動，為提升國內人員之偵測技術能力。然而空中輻射偵測屬高階且技術層面高的一項技術，需靠儀器裝備保養人員、直升機駕駛、偵測人員及分析人員等不同專業領域人員結合而成，實屬不易維持及推廣的偵測技術。應藉由國內各項訓練、演習及講習等，廣續維持國內空中輻射偵測技術，以有效執行相關任務。

參、南北部化兵群偵檢人員硬體操作與簡單維修訓練

為了配合本計畫以及今年核安 24 號演習(核能一廠)空中輻射偵測演練進行，北部地區維運訓練，以委託方式由核能研究所保物組承接辦理，南部地區維運訓練由輻射偵測中心負責；於 2018/02/08 假核能研究所保物組舉辦核子事故緊急應變北部地區空中輻射偵測任

務會議(如圖 58)，決議如下事項：(1)107 年空中輻射偵測任務由核能研究所保健物理組負責北部緊急應變訓練；輻射偵測中心負責南部緊急應變訓練。(2)2 月 28 日前請陸軍化學兵 33 群將空中輻射偵測儀器送核能研究所保物組檢修。(3)3 月 30 日前輻射偵測中心派員至核研所保物組攜回 2 套空中輻射偵測儀器，作為南部緊急應變人員訓練時所需。(4)預計於 5 月在龍潭陸軍航特 601 旅 UH60M(黑鷹)機棚內，進行儀器裝機測試與不確定度評估。(6)預計 6 月分別進行南北部陸軍化學兵 39 群及 33 群空中輻射偵測儀器操作與車載模擬訓練，請陸軍化學兵群單位討論確定日期後辦理。(7)預計 8 月進行飛行偵測訓練，配合 107 年核安演習時程規劃定案後辦理。



圖 58. 核子事故緊急應變北部地區空中輻射偵測任務會議

3 月期間陸軍化學兵 33 群將兩套空中輻射偵測儀器送回核研所歲修，共計有 3 套空中輻射偵測設備及 1 套陸域輻射偵測設備，於 3 月底完成零組件檢修及分析 AVID 系統更新作業。

2018/03/31 假核能研究所保物組辦理空中偵測赴美出國研習及會議行前講習會議，除讓出國研習及會議四位成員(陸軍化生放核訓練中心黃鈺棠組長及輻射偵中心劉祺章技正、黃富祈技正、林明仁技士)了解美方空中輻射偵測 SPARCS 系統及操作分析軟體 AVID 運作方式外(如圖 59)，輻射偵測中心攜回 2 套空中輻射偵測儀器，作為南部緊急應變人員訓練時所需。



圖 59. 空中偵測出國研習及會議行前講習會議

2018/04/26 會本部 107 會技字第 1070004963 號函同意辦理核子事故南部監測中心訓練計畫；其中空中偵測訓練計畫規劃包括：南北部化兵群偵檢人員硬體操作與簡單維修訓練及台中空勤總隊空中偵測實作訓練。

2018/06/13 假核能研究所保物組辦理北部化兵群偵檢人員硬體操作與簡單維修訓練(如圖 60)，針對今年核安 24 號演習的 33 化兵群偵檢人員，進行實作訓練課程與操作狀況測試，確定偵檢人員可在發現儀器異常時，便能即時做初步狀況排除，以避免任務中發生儀器異常現象仍持續進行，導致量測數據無法使用。課程安排包括上午講解儀器硬體規劃設計、使用前品管查核以及軟體操作，下午是實作測試包括接線全部拆除再接回以及車載模擬空中輻射偵測等，每個偵測人員均需一個人獨立操作給大家看，確認是否熟悉系統。在儀器品保作業過程中，為避免儀器開機狀況進行搬移，造成儀器內部接線帽蓋燒毀現象，改為先將偵測器安裝妥適，偵檢人員只帶數據擷取系統(ATU)上機連接。同時將原有軟體更新為新版的 AVID，配合無線網路擷取線上地圖，可讓在機上操作的偵測人員，確定飛行位置是否與規劃相同，並能在出現警報信號時，對發生位置做更為精準的回報。



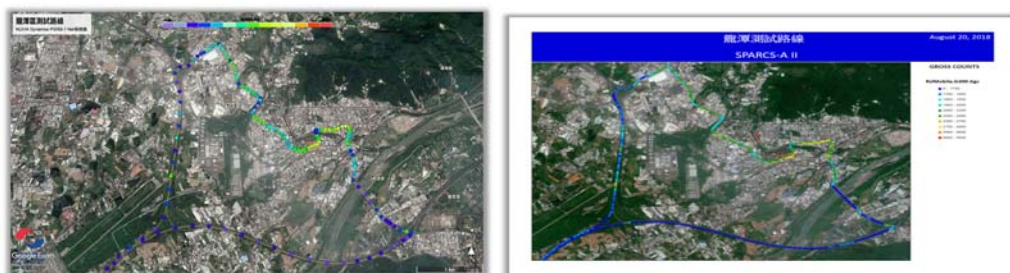


圖 60. 國軍 6 軍團 33 化兵群偵測人員參加硬體操作簡易維修車載測試訓練

2018/06/20 假輻射偵測中心辦理南部化兵群偵檢人員硬體操作與簡單維修訓練(如圖 61)，針對核子事故南部輻射監測中心空中輻射偵測 39 化兵群偵檢人員，進行實作訓練課程與操作狀況測試，課程安排講解儀器硬體規劃設計、簡單維修、品管查核以及軟體操作外，實作部分每個偵測人員獨立操作，確認是否熟悉系統，包括接線全部拆除再接回以及車載模擬空中輻射偵測等。為避免儀器因搬移造成故障現象，先於車上將偵測器安裝妥適，偵檢人員帶數據擷取系統(ATU)上車連接；配合無線網路擷取線上地圖，可讓在機上操作的偵測人員，確定飛行位置是否與規劃相同，並能在出現警報信號時，對發生位置做更為精準的回報；並透過遠端遙控軟體(TeamViewer)，進行遠端顯示畫面回傳，遙控觀察目前進行狀況。



圖 61. 國軍 8 軍團 39 化兵群偵測人員參加硬體操作簡易維修車載測試訓練

肆、台中空勤總隊空中偵測實作訓練

為求實務訓練，以空勤總隊台中基地換裝完成 UH-60M 黑鷹直升機作為載具，於 2018/07/25 假空勤總隊台中基地辦理空中輻射偵測設備裝機操作狀況測試與飛行實作訓練課程。

訓練主要目的，在國軍航特部換裝新型載具(UH-60M 黑鷹直升機)青黃不接之際，委請空勤總隊加入空中輻射偵測團隊，支援利用已裝配完成的 UH-60M 黑鷹直升機作為載具，進行裝載測試及飛行偵測協助，以實作飛行訓練，訓練偵檢人員可在儀器讀值出現異常時，便能即時進行研判並初步狀況排除，以避免任務中發生有儀器異常現象仍持續進行飛行量測，導致所得數據無法使用的問題，並確實落實經驗傳承，以能在發生事故時有足夠的偵測能量。藉由辦理空中輻射偵測訓練，建立作業人力、裝備、設備及作業流程，使相關人員熟悉空中輻射偵測系統操作及任務執行，俾於發生核子事故時，能確實執行空中輻射偵測作業。

訓練對象包含國防部(航特部飛官及 39 化兵群偵檢人員)、空勤總隊、核子事故緊急應變南北部輻射監測中心、核能研究所保物組及輻射偵測中心等。訓練方式採新型載具(UH-60M 黑鷹直升機)的裝載測試及飛行偵測實作課程(如圖 62)。課堂講授地點空勤總隊台中基地；飛行實作地點空勤總隊台中基地以西飛航區(如圖 63)



圖 62. 空勤台中基地空中輻射偵測實作訓練學員及教官



圖 63. 道路及港內海域進行背景及水線不同高度與方格區域飛行規劃圖

訓練課程以空勤總隊台中基地 UH-60M 黑鷹直升機新型載具的裝載飛行測試，以南部核子事故輻射監測中心空中輻射偵測團隊為主，包括 39 化學兵偵測人員、任務規劃人員及飛行載具人員，執行方式除了講解課程外還包括上機飛行前偵測儀器裝載、儀器固定與信號分析、飛行路線規劃及登機安全注意事項。課程內容包含核子事故緊急應變飛行安全規定下達、核子事故緊急應變空中輻射偵測計畫原則、空中輻射偵測器機上安裝與資訊回報實作。

其中上機飛行偵測，配合空勤總隊台中基地飛航區，進行科目包括飛行前會議、水路線不同高度飛行(上午航次)、格線飛行(下午航次)等完整空中輻射偵測實作飛行實務操作訓練(如圖 64)。

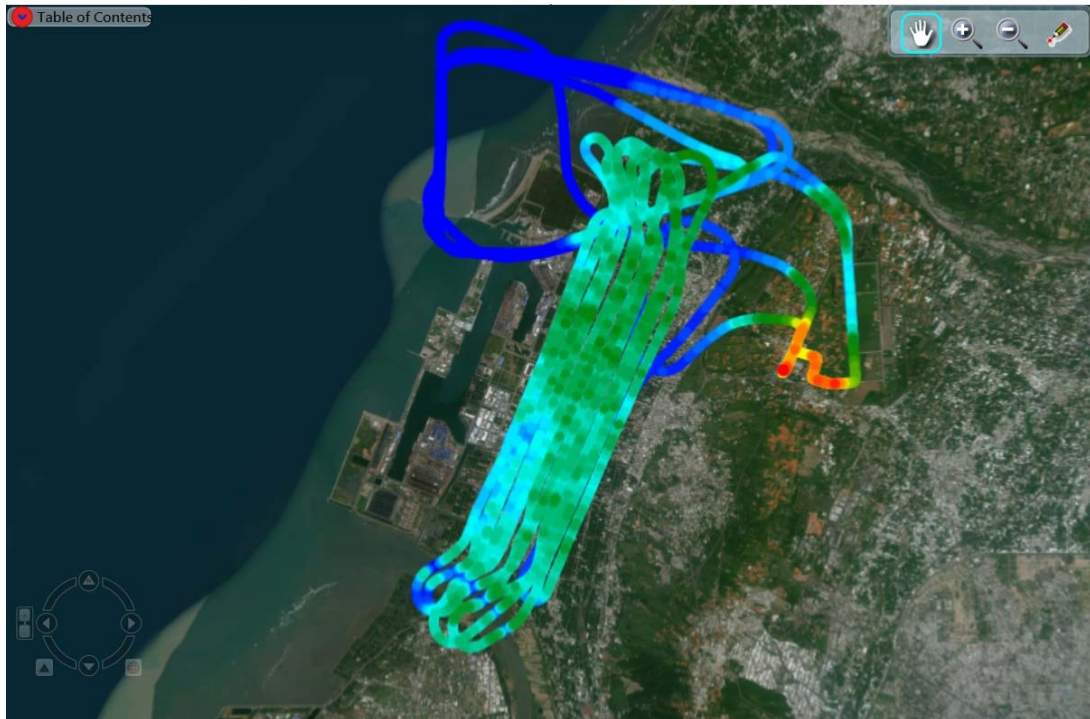


圖 64. SPARCS-A 飛行原始資料

透過實務操作訓練課程，使受訓人員可同時學習偵測任務規劃、偵測團隊運作整合、偵測系統的數據傳輸硬體設定、偵測結果分析、結果報表產出設定等技術細節，有助於提升故障自主維護能力，強化經驗傳承提升應變的能力，使能在發生事故時有足夠的偵測能量。

伍、航特部 601 旅空中偵測裝機訓練

目前國軍航特部支援空中輻射偵測所用的直升機機型(UH1H)較為老舊，不適合進行低空飛行，主要原因是因為屬於單引擎飛機，與美方所使用的雙引擎飛機性能不同；因此，在任務溝通時，飛行官在經驗上對於低空飛行與水線飛行的安排並不鼓勵，除非是在任務緊急的狀況下才會進行。由於飛行的高度偏高，偵測敏度也相對較低，因此除非偵測過程中有較目前背景高出 5~6 倍以上劑量率的大範圍區域，否則不太容易區分出背景劑量率的分布狀況。

國軍航特部規劃逐年汰換老舊直升機機型(UH1H)為 UH-60M 黑鷹直升機新載具，其中航特部 601 旅已換裝完成及配合 107 年核安演習在北部核能一廠舉行實兵演練，於 2018/08/22 假航特部 601 旅基地辦理空中輻射偵測設備裝機操作狀況測試訓練課程。

訓練主要目的，選擇國軍航特部換裝 UH-60M 黑鷹直升機新型載具進行裝載測試，為核安演習核能一廠實兵演練作準備，以實作裝載測試模擬飛行訓練，使 33 化兵群偵檢人員熟悉新載具裝載測試(如圖 65)，以能在發生事故時有足夠的偵測能量，建立作業人力、裝備、設備及作業流程，使相關人員熟悉空中輻射偵測系統操作及任務執行，俾於發生核子事故時，能確實執行空中輻射偵測作業。



圖 65. 國軍 6 軍團 33 化兵群偵檢人員儀具裝載測試

執行方式包括上機飛行前偵測儀器裝載、儀器固定與信號分析、飛行路線規劃及登機安全注意事項。透過實務操作訓練課程，使受訓人員可學習新載具儀具裝載、偵測任務規劃、偵測團隊運作整合、偵測系統的數據傳輸硬體設定等技術細節，有助於提升故障自主維護能力，強化經驗傳承提升應變的能力，使能在發生事故時有足夠的偵測能量。

陸、核安演習現場實作演練

配合 107 年核安 24 號演習在北部核能一廠舉行，空中偵測於 2018/09/12 配合進行預習演練，透過陸軍航特黑鷹直升機及 6 軍團 33 化兵群，在金山青年活動中心進行實務上機量測示範飛行演練，於指定時間飛抵空中偵測實作演練示範場地新北市石門區老梅國小上空，透過遠端遙控軟體(TeamViewer)，進行遠端顯示畫面回傳，於地面遙控觀測目前進行狀況展示進行解說。2018/09/15 核安 24 號演習進行實兵演練，陸軍航特部在龍潭 601 旅基地，利用黑鷹直升機裝載空中偵測 SPARCS-A 儀器及 6 軍團 33 化兵群偵檢人員，進行實務上機量測示範飛行演練，並於參訪團抵達實作演練示範場地新北市石門區老梅國小時，同時飛抵核安演習空中偵測實作演練示範場地上空，進行解說。更透過遠端遙控軟體(TeamViewer)，進行遠端顯示畫面回傳，由地面解說人員配合實際飛行載具抵達即時傳回地圖顯示畫面，進行實兵演練說明(如圖 66)。



圖 66. 核安 24 號演習空中輻射偵測實兵演練遠端顯示畫面回傳解說

柒、空中輻射偵測 AVID 分析軟體操作訓練

2018/09/28 利用台中空勤總隊空中偵測實作(2018/07/25)獲得水路線不同高度及模擬污染區格線等完整空中輻射偵測飛行資料；於核研所保物組舉辦空中輻射偵測 AVID 分析軟體操作訓練課程；由核研所保物組盧仲信講師進行 AVID 分析操作軟體介面介紹；接續由輻射偵測中心劉祺章技正針對 2018/07/25 台中空勤總隊空中偵測實作飛行資料，進行一人一機空中輻射偵測 AVID 分析軟體操作實作訓練；其中包含地形修正、水線扣除與路線高度修正係數換算；最後帶入污染區格線飛行資料進行劑量率轉換、渲染圖分布及報告製作等(如圖 67)。



圖 67. 空中輻射偵測 AVID 分析軟體操作訓練

捌、結論

檢討今年度空中輻射偵測系統維運與設備更新作業；於 2018/11/23 召開 107 年核子事故空中輻射偵測業務協調會，邀請陸軍司令部、陸軍航特部、內政部空中勤務總隊、台電放射試驗室及原能會所屬機關等 8 個單位參加，由輻射偵測中心、核能研究所及陸軍司令部報告 107 年核子事故空中輻射偵測執行現況；以及未來發展無人機應用於空中輻射偵測之可行性研究，並討論將來各單位合作模式。結論如下：

- 一、空中輻射偵測 SPARCS 系統及操作分析軟體 AVID，請主辦單位（輻射偵測中心）透過台美民用合作事項，請美方協助持續更新，以精進雲端即時傳輸功能。
- 二、有關空中輻射偵測 SPARCS 系統儀具送核研所檢修，發現筆記型電腦故障需汰換問題，涉及設備費之編列，請基金管理會協助。
- 三、陸軍司令部提出演習時飛行空域有民用空拍機，造成空域重疊等安全問題，請未來演習籌劃單位注意並避免再發生。
- 四、空中輻射偵測系統未來四年維運計畫(108-111 年)每年編列 2 名出國研習名額，將依實務需求選派適當人員參加。
- 五、無人機空中輻射偵測發展規劃，宜與有人機載具區隔，建立核

電廠周邊適合偵測範圍。

六、感謝內政部空勤總隊協助核子事故空中輻射偵測作業，有關核子事故空中輻射偵測作業，原則由國防部陸軍司令部擔任主要任務，空勤總隊協助支援，建議原能會核技處與空勤總隊簽訂合作備忘錄。

七、請輻射偵測中心依核子事故空中輻射偵測作業需求，進行相關程序書修訂。

綜合以上報告內容，檢討今年度的作業均能達到預期成果。在空勤台中基地黑鷹直升機空中輻射偵測實作訓練，所作的飛行量測，透過新載具黑鷹直升機在導航新功能強化，增加飛行偵測資料的準確性，也第一次得到國內背景輻射分布資訊；其餘維運訓練與演習演練依規劃圓滿完成。

玖、附件

1. 出席「空中輻射偵測進階數據分析研習會議」出國報告書。
2. 參加「第6屆空中輻射偵測不確定度國際技術交流會議」出國報告書。
3. 「107年空中輻射偵測儀器操作模擬實作及維運訓練」課程教材。
4. 「107年空中輻射偵測實作訓練」課程教材。
5. 「107年核子事故緊急應變空中輻射偵數據分析進階訓練」課程教材。
6. 「107年核子事故空中輻射偵測業務協調會」會議資料。

參考資料

1. The application of airborne gamma-ray spectrometry in the search for radioactive debris from the Russian satellite Cosmos 954 (Operation “Morning Light”), Q. Bristow, Current Research, Part B, Geol. Surv. Can., Paper 78-1B, 151-162 (1978).
2. Early measurements of the Chernobyl fallout in Sweden, Ingemar Vintersved, Lars-Erik De Geer, Bjorn Bjurman, Rune Arntsing, Siv Jakobsson and Hans Mellander, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-34, No. 1 (1987).
3. Aerial measuring system in Japan, Craig Lyons and David Colton, Health Physcs, Vol. 102, No. 5 (2012).
4. Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data, International Atomic Energy Agency, TECDOC 1363 (2003).
5. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS OFFICE FOR THE CO-ORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, IAEA Safety Standards Series No. GSG-2, IAEA, Vienna (2011).
6. Aerial radiation monitoring around the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant using an unmanned helicopter, Yukihiisa Sanada, Tatsuo Torii, Journal of Environmental Radioactivity, 139 (2015) 294-299.
7. A study on micro-scale airborne radiation monitoring by unmanned aerial vehicle for rural area re/orm contaminated by radiation, Tomoyuki Furutani, Kei Uehara, Kazunori Tanji, Masaki Usami and Toshihiko Asano, Proceedings of the 9 “ Annual International Conference of the International Institute for Infrastructure Renewal and Reconstruction (2013).
8. Emergency radiation survey device onboard the UAV, S. Bogatov, N. Mazny, A. Pugachev, S. Tkachenko, A. Shvedov, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-1/W2 (2013).