

108 年 空中輻射偵測系統維運作業 年度執行報告



計畫全程：自 108 年 1 月 1 日至 108 年 12 月 31 日

執行單位：行政院原子能委員會輻射偵測中心

108 年 12 月

摘 要

利用飛行載具量測地面大範圍區域之輻射強度，已在日本福島核事故中證明為有效方法，可支援核子事故緊急應變作業。為了達到預期成效，作業團隊必須維持一定的作業能量，方能保證緊急情況下應變量測數據品質。過去規劃的演練作業，主要進行 25 平方公里範圍空間的量測以及輻射源熱點搜索；今年度規劃課目包括人員操作訓練與事故模擬污染範圍的全境偵測。為確保今年度空中偵測任務之順利完成，也首度請內政部空中勤務總隊的 AS365 海豚直升機加入，作為主要的支援飛行載具。

108 年度完成工作項目如下：(1)辦理空中輻射偵測設備維運及訓練；(2)完成空勤總隊載具之空中輻射偵測系統機上裝載偵測儀器測試；(3)辦理 108 年核安 25 號演習空中輻射偵測實作演練。透過本計畫執行，增進空中輻射偵測團隊合作之默契與任務之執行效率，並精進相關人員技術經驗與能力。

目錄

壹、前言	2
一、計畫背景	2
二、計畫目標	3
貳、執行策略及方法	4
參、期程與資源需求	7
一、計畫期程	7
二、經費執行情形	8
肆、結果與討論	9
一、參加第七屆空中輻射偵測系統國際技術交流研討會	9
二、偵測人員儀器操作訓練	10
三、空中勤務總隊 AS365 海豚直升機試飛測試	13
四、核安演習情境想定污染區域實地飛行	16
五、作業討論	27
伍、結論	30
陸、附件	30

壹、前言

一、計畫背景

日本 311 地震伴隨引發強烈海嘯，造成福島第一核能發電廠發生核子事故。美國能源部國家核子保安局（DOE/NNSA）在第一時間提供空中偵測系統（Aerial Measuring Systems, AMS）之技術支援，利用飛機進行福島電廠周圍地面 80 公里範圍的輻射強度偵測，飛行高度在 150 公尺至 700 公尺間（視地表輻射劑量率高低而作適度調整），再藉由測量數據反推地表 1 公尺高之輻射曝露率及土壤表面核種濃度分佈，美國能源部並於 2011 年 4 月 22 日公布其自 3/11 至 4/17 支援日本空中輻射偵測推算地表 1 公尺高之輻射曝露率分布圖。

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」有關空中輻射偵測作業之檢討與精進規劃，委託核研所進行四年期(101-104 年)之空中輻射偵測系統引進與研發，採用美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)提供之空中輻射偵測 SPARCS (Spectral Advanced Radiological Computer System)系統。並於後續核安演習中將空中輻射偵測作業，併入正式演練項目，演練係陸軍航空特戰部隊派遣直升機裝載 SPARCS，陸軍化兵群派遣專業士官兵於機上進行儀器操作，核能研究所與輻射偵測中心分別擔任北部與南部的技術支援團隊。完成建置我國空中輻射劑量偵測技術能量，強化我國於核子事故當下及核子事故後對國土大範圍輻射污染之調查技術與核子事故應變能力。並藉由台美民用核能合作，原能會與美國能源部國家核子保安局之技術團隊，針對 SPARCS 空中輻射偵測系統進行多次的技術交流，使我國的空中輻射偵測技術更加成熟，並強化我國空中偵測於任務規劃與實務執行之經驗。

核子事故緊急空中輻射偵測作業，實務上由國軍跨部隊(航特部及化學兵群)聯合執行，偵測系統維護、任務路線規劃與數據分析，則由核子事故輻射監測中心擬定；當任務下達後，從航特部與化兵群集結，乃至飛行前會議、任務賦予、SPARCS 儀器裝載測試等，事前整備作業需花費不少時間，參與人員如未能在平時培養足夠的默契與偵測能量的維持，當核子事故發生時，便很難及時發揮預期的效能。今年度陸軍航特部因為全面換裝，無法支援飛行載具，改由內政部空中勤務總隊提供直升機，原子能委員會偵檢人員登機作業，化兵群偵檢人員參與訓練與支援地面後勤維安作業，其中駕駛與實務登機共勤之偵檢人員為第一次參與空中輻射偵測作業，因此亟須透過堅實之實務作業訓練，強化作業執行能力。

二、計畫目標

每年因人事異動，實際執行空中輻射偵檢與駕駛人員幾乎都是第一次參與，使得經驗的傳承已然不易；再加上過去使用的載具 UH1H 直升機已全面除役，必須重新測試偵檢儀器於其他機型之飛行載具上裝載位置與固定方式等，方能讓空中偵測系統量測數據保持最佳的應用效能。

(一) 目標說明

為能有效維持系統維運，降低進行任務時之風險。本計畫主要的重點工作目標如下：

1. 辦理空中輻射偵測設備維運及訓練，更新軟硬體設備以維持正常運作。
2. 搭配 108 年核安演習時機，利用空中輻射偵測系統，配合新型載具機上裝載偵測儀器飛行測試，以能讓駕駛與任務規畫人員熟悉

作業方式。

3. 辦理 108 年核安 25 號演習空中輻射偵測實作演練，以實地實物的演練方式，提升參與人員的作業能力。

(二) 預期效益

經審視目前國內空中輻射偵測系統的硬體設備與人力資源現況，已有技術交接斷層的風險，技術補強與人力提升均有其急迫性，方能維持現有輻射事故應變能量。為達成人才培育，硬體技術精進與轉移，本計畫在 108 年度預計達成之具體成果，包括：

1. 辦理空中輻射偵測設備維護及訓練，SPARCS 偵檢箱內部的各關鍵零組件進行簡易測試，全面檢視並建立備品維護技術，期能達到兼具使用操作與維運故障排除之目標，建立國內自主化空中輻射偵測作業，並進行新型載具的地面裝載實地測試飛行，以做為辦理 108 年核安演習(空中輻射偵測設備)實作演練之先期準備。
2. 為配合國防部空中載具進行換裝時程，邀請內政部空中勤務總隊人員參加，以增加國家應變能量，並偕同空勤總隊建立新型載具機上裝載偵測儀器測試及更新作業程序書。
3. 為能擴大參與偵測能量，協同空中輻射偵測任務之相關人員，分別於南北部辦理 108 年核安演習空中輻射偵測實作訓練；使得執行空中輻射偵測任務人員能更加熟練運用。利用 108 年核安演習演練機會，參與年度核安演習之演練實作示範，驗證本計畫執行成效。

貳、執行策略及方法

空中輻射偵測設備已使用多年，目前空中輻射偵測系統維運主要

面臨設備老舊與技術傳承兩大問題，目前的問題包括：硬體設備方面因數據擷取用軍用筆記型電腦老舊，新版軟體執行效能不佳，且電池蓄電困難。在技術傳承方面，軍方操作人員因輪調或退伍頻繁，無法專人專職執行空中輻射偵測業務，使得操作經驗及技術傳承容易出現斷層；因此，規劃增加人員訓練之深度與強度，以利建立足夠的技術支援能力。

本年度之執行策略及方法如下：

（一）強化空中輻射偵測設備維運能力。

目前所使用 SPARCS-A 及 SPARCS-M 等各型設備已使用逾 7 年，部分零組件已呈現老化現象，導致在實作過程中發生部分零組件接觸不良或記憶體故障等機率提升；惟上揭設備之維修，須請美方提供部分軍規零組件方能進行，進而影響與延誤使用時機。為了落實空中偵測作業技術及持續維運經驗，必須針對空中輻射偵測設備進行備料評估，積極替換易損耗零組件並於國內建立備料，以利核安演習或事故發生時能及時達成規劃的任務目標。

另在數據擷取與分析的部分，因使用的是美國儀器配置的軍規筆電，經過多年的使用，規格已不堪負荷新版軟體運作效能，部分過去所測試的數據無法保存查閱，造成未來運作的困擾。因此，今年度也積極檢視硬體維護的量能，除了硬體上增加零件備料外，也希望能夠持續累積維修經驗，進一步建立國內自主維運及永續發展的技術目標。

（二）搭配 108 年核安演習時機，利用空中輻射偵測系統，首度納入空勤總隊，建立新型載具機上裝載偵測儀器測試。

108 年核安演習演練初步規劃國防部合作並請內政部空中勤務總隊也加入協助，進行空中輻射偵測任務規劃，依假想情境進行適當飛行路線的規劃與討論。由於國防部目前直升機以 UH-60M 取代現有 UH1H 機型（原空中輻射偵測任務載具），空中勤務總隊也同樣有配置 UH-60M

直升機，但在高雄地區尚未開始換裝，因此今年度空中勤務總隊將以 AS365 直升機支援本次任務。為了因應更換載具，本計畫已將裝載測試結果納入作業程序書，包括測試油箱裝載量對量測的影響，以及儀器設備於飛機上固定與操作人員筆電連結的方式等。

（三）辦理 108 年核安演習空中輻射偵測實作演練。

過去參與演習的陸軍化兵群偵檢人員，往往因為職務輪調或退伍，無法專職專責持續擔任空中輻射偵測操作人員。因此，108 年規劃於南北辦理實作訓練課程與操作狀況測試，確定陸軍化兵群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。

訓練分兩梯次辦理，第一梯次為操作狀況測試，學員以化學兵偵測人員與任務規劃人員為主，執行方式除了講解課程外還包括儀器連接實作、道路模擬偵測、數據分析練習等，讓相關人員在實際上飛機偵測前能夠熟悉儀器狀況；並先以市區道路車載模擬位於機艙內情境，讓偵測人員對於量測時系統所發出的警示狀況進行處置演練，包含污染物研判及回報。第二梯次則為實際上機飛行偵測，訓練重點在於儀器固定、信號分析、飛行路線規劃與登機安全注意事項；訓練對象則包含駕駛、機工人員與偵檢人員；透過實務操作訓練課程，參與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，強化應變處置的能力。

參、期程與資源需求

一、計畫期程

本計畫期程為108年1月1日起至108年12月31日止，如表3.1.1。

表 3.1.1 計畫進度表

工作項目 \ 年月	108 年 1 月	108 年 2 月	108 年 3 月	108 年 4 月	108 年 5 月	108 年 6 月	108 年 7 月	108 年 8 月	108 年 9 月	108 年 10 月	108 年 11 月	108 年 12 月
工作協調會			*1									
北部儀器機上安裝 測試												
赴美參加技術交流 會議												
偵檢人員儀器操作 實務訓練						*2						
南部儀器機上安裝 測試												
恆春地區實地飛行 實務訓練												
核安演習預演及演 練									*3			
數據分析與任務規 劃檢討												
總結報告												*4
* 查核點說明	1. 確認各單位參與人員與窗口聯絡方式。 2. 完成偵檢人員訓練與飛行計畫。 3. 完成實地飛行、核安演習相關演訓。 4. 完成總結報告。											

二、 經費執行情形

本計畫 108 年度總經費為 1,000 仟元，結餘 305 仟元，執行率為 69.5%，執行情形如表 3.2.1 所示。

表 3.2.1 經費運用情形

單位：新臺幣元

經費科目	全年度預算數		已執行數		備註
	金額 (B)	占總額(%) $C=(B/A)$	金額 (H)	占總額(%) $I=(H/A)$	
業務費	1,000,000	1	695,266	0.695	
設備費	0	0	0	0	
總計(A)	1,000,000	1	695,266	0.695	

原規劃協調陸軍航空特戰指揮部與空中勤務總隊提供飛行載具，供空中輻射偵測執行實地飛行訓練，並共同參與108年度核安第25號演習。因陸軍航空特戰指揮部全面換裝，以UH60M黑鷹直升機汰換過去支援的UH1H直升機，108年度駕駛員戰備飛行時數無法支援訓練與演習，原訂於台南歸仁航特部603旅基地執行實地飛行訓練幾經協調後確定取消。相關之費用，包括前置作業準備(人員場地現勘、儀器裝載測試飛行以及訓練內容、教材準備與直升機駕駛溝通等差旅費)及訓練執行費用(工作人員差旅費、講師費、教材印刷、餐點與耗材雜支)等支出摺節繳回。

肆、結果與討論

一、參加第七屆空中輻射偵測系統國際技術交流研討會

本屆空中輻射偵測系統國際技術交流(AMS International Technical Exchange)研討會係由美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)規劃在美國內華達州北拉斯維加斯機場舉辦，參與國家包括美國、加拿大、捷克共和國、丹麥、法國、冰島、臺灣、日本、南韓、瑞典等十個國家，各國代表合計約 40 位，本屆研討會關注的重點涵蓋各國有關空中輻射偵測系統和模擬工具培訓、即時輻射偵測資料傳輸、AMS 機載與車載輻射偵測演練與結果圖像化，以及空中輻射偵測系統的功能和效益展現等，其主要目的係藉由各國之研究成果或經驗交流，以提升各國空中輻射偵測應變技術與能力。

我國代表在會中發表近年來空中輻射偵測發展及運用情形，主要內容包括進步型 SPARCS 系統使用與演訓情形、進步型視覺化資料處理系統(AVID)數據分析演練、無人機作業現況及未來發展方向等，與各國專家分享討論。其他國家也對數據即時通信系統建置、輻射偵測儀器的使用種類、分析模擬軟體與輻射偵測結果圖像化、移動式輻射偵測機載工具提供來源以及整合型環境輻射偵測系統平台建置等事項於會中報告發展現況。

透過研討會議收集各國執行經驗，考量我國之使用現況，有以下建議作法。由於我國的 SPARCS 硬體及 AVID 模擬分析軟體由美國能源部國家核子保安局引進，為提升核子事故空中輻射偵測執行效率，因此建議持續與美方協商，持續更新我國現行 AVID 軟體。此外，因為空中偵測系統機動性高，為使空中偵測任務規劃更具彈性，避免任

務受限直升機調度問題，宜規劃多元管道之機載工具來源，諸如軍方、空勤等現行合作對象外，或可與私營航空公司簽訂合同等。會議內容詳述於附件 1。

二、 偵測人員儀器操作訓練

考量偵檢人員在上機後才練習儀器的操作使用，會有機上噪音過大不易溝通的問題，且若遇到儀器發生問題、偵測信號異常等狀況無法迅速排除，也會造成飛行偵測演訓的偵測數據無法作為後續分析使用，浪費飛航資源。為了能讓偵檢人員在上直升機前就熟悉 SPARCS 儀器操作，分別於 6 月 19 日與 6 月 26 日假輻射偵測中心與核能研究所，辦理南部與北部空中輻射偵測人員儀器操作實作及維運訓練。訓練課程安排如表 4.2.1。

表 4.2.1 108 年空中偵測儀器操作實作及維運訓練課程

時間	課程內容
09:00 - 09:50	空中偵測儀器簡介
10:00 - 10:50	儀器實務操作訓練維運分享
11:00 - 11:50	空中偵測任務規劃
13:40 - 14:30	儀器連接實作測試
14:40 - 16:30	車載道路模擬偵測

課程中除對儀器的特性與操作訊號異常處理等，進行課堂說明外，為了確保所有偵測人員必須有獨立作業的能力，因此也要求每個參訓人員都必須逐一進行操作測試，所有操作人員必須能夠完整執行當

SPARCS 關機且所有儀器接線拆除後，正確的重新接上每條接線，並開機確認偵測所得能譜，可正確傳送至數據接收的筆記型電腦上。



圖 4.2.1 南部偵檢人員訓練課堂講解與實務操作。



圖 4.2.2 北部偵檢人員訓練課堂講解與實務操作。

除了室內課程及練習外，也使用車載安排於大發工業區與核能研究所內進行路線模擬測試，讓偵測人員能熟悉數據接收電腦上發出警報的狀況。儀器架設狀況如圖 4.2.3，南部於高雄市大寮區大發工業區的偵側路線規劃與偵測結果如圖 4.2.4，資料輸出及分機接相當完整。在進行北部車載測試時，過程中因記憶卡資料貯存出現問題，雖不斷嘗試建立新的資料庫，但仍因偵測資料不完整，無法擷取分析。經更換記憶卡後，再測試已恢復資料記錄功能。



圖 4.2.3(左)北部(右)南部，車載偵測儀器架設測試。

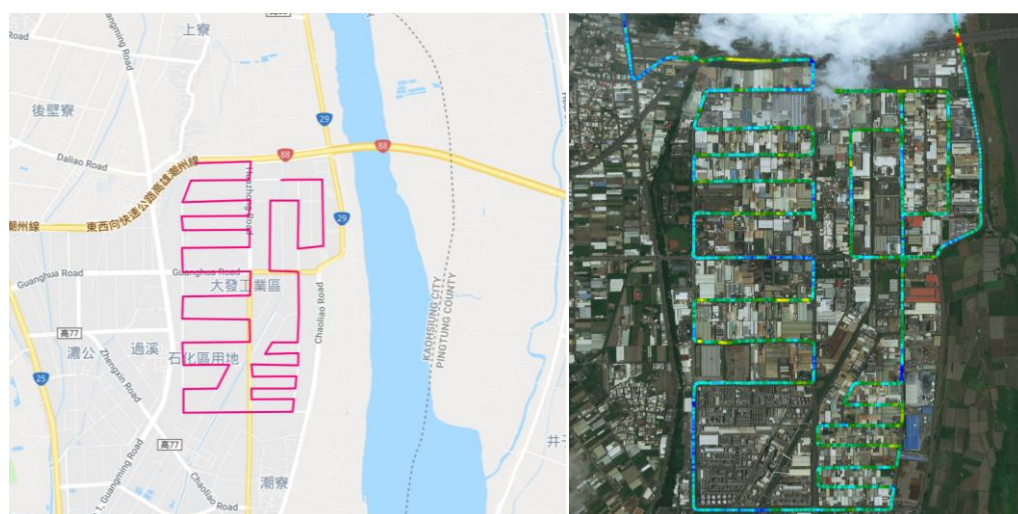


圖 4.2.4 高雄市工業區車載偵測路線規劃與偵測結果。

訓練過程中講師依現場可能狀況提出問題，由偵檢人員答覆處理方式，確認偵檢人員已能對於儀器的架設、操作、路線偏移提醒駕駛與異常信號的基本判讀等等，確保參訓人員對於在直升機上須執行的任務內容，有足夠程度的認知。

今年度北部雖未執行核安演習空中輻射偵測，但為確保 SPARCS 系統之穩定與可用性，仍定期執行能量校正與長距離道路測試，圖 4.2.5 為其中兩次測試結果。同時也更新 SPARCS 操作的筆記型電腦與手提式電源供應器，以提升作業執行效率，如圖 4.2.6 所示。

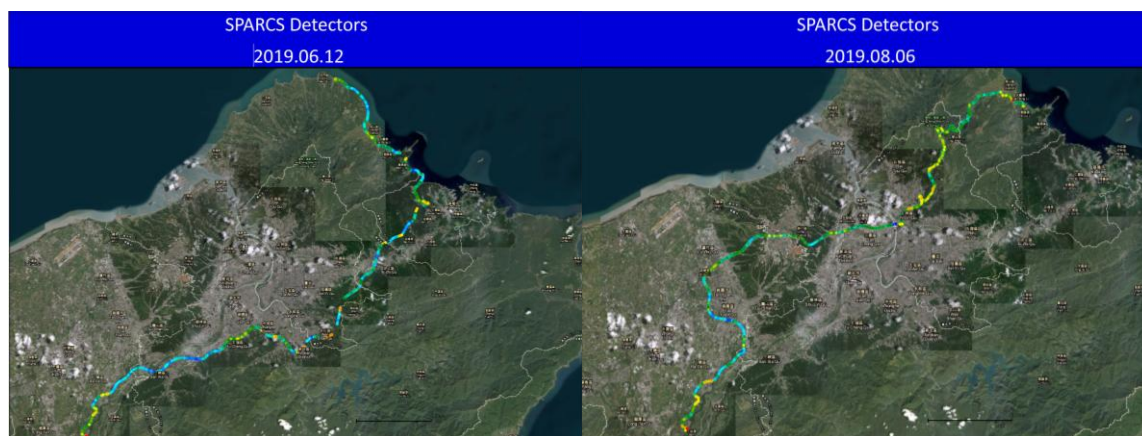


圖 4.2.5 SPARCS 長距離道路測試案例

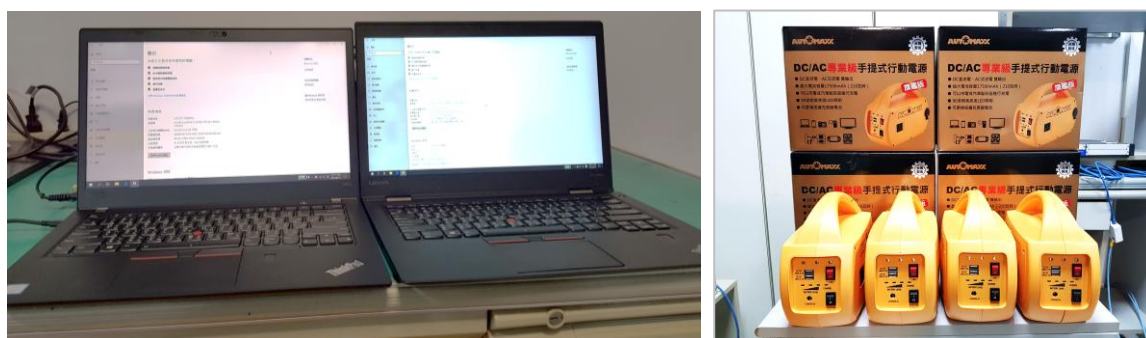


圖 4.2.6 筆記型電腦與手提式行動電源更新

三、 空中勤務總隊 AS365 海豚直升機試飛測試

本年度訓練所使用飛行載具 AS365 海豚直升機機型，首次參與核子事故空中輻射偵測任務。為測試該機型的儀器固定位置、飛行航向引導與偵檢人員操作的便利性等，規劃於屏東縣東港鎮與潮州鎮之間的崁頂鄉上空，進行小範圍飛行測試，以利後續實地飛行訓練之執行。

本次測試飛行設定飛行速度 70 節(knots)，飛行高度距地面約 400~600 呎(130~200 公尺)，任務起始進入座標點(22.027447°N, 120.685271°E) 任務結束脫離座標點(22.033583°N, 120.702898°E)，其中規劃五條平行等距格線，如圖 4.3.1，格線間距約為飛行高度的兩倍，故設定為 400 公尺。

由於直升機飛行高度較低，駕駛多採用目視飛行。空勤總隊執行搜救任務，其飛行任務的進行方式為依據所提供搜尋範圍座標，由駕

駛於範圍內往返飛行，並注意範圍內可能影響飛安之障礙物及氣流，再由登機共勤之搜救人員進行搜索與救援任務。因此駕駛對於格線飛行方式並不熟悉，經前置作業討論後，決定由副駕駛攜帶自行購置之衛星導航系統，搭配偵檢人員注意電腦中飛行軌跡，口頭指引駕駛飛行方向修正。

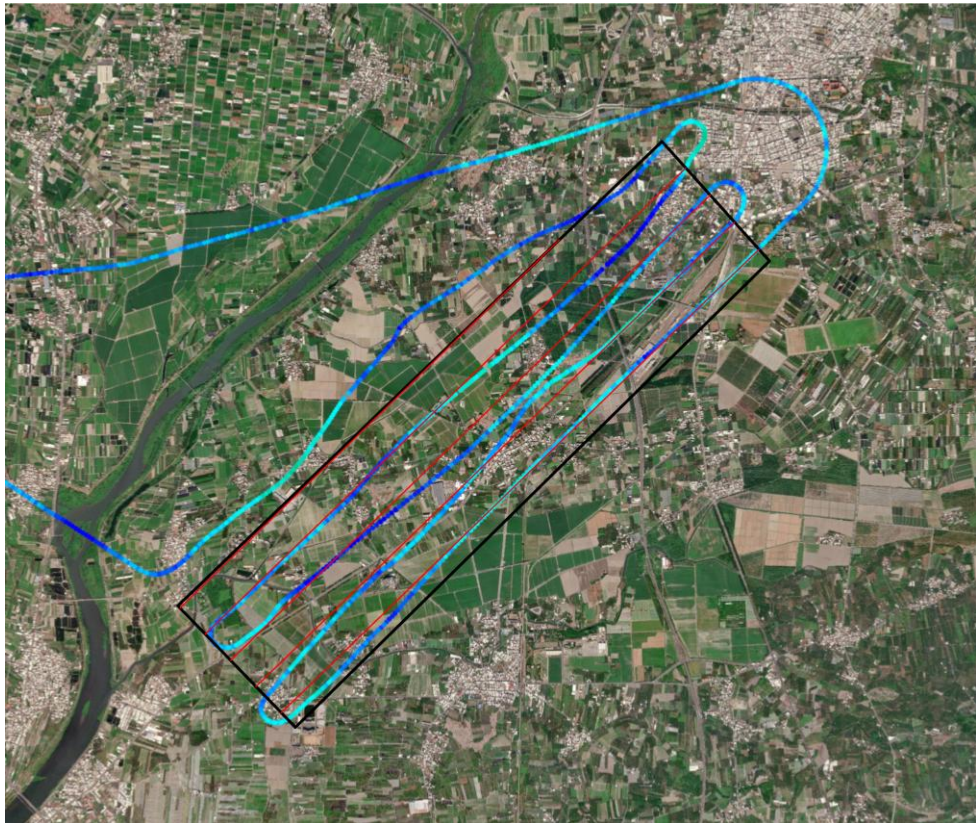


圖 4.3.1 格線飛行規劃與飛行結果。

此次規劃飛行時間約 15 分鐘，加上起降及路程共計約 30 分鐘，共完成五條格線飛行。圖中第一條格線飛行差異較大，主要是駕駛、副駕駛與偵檢人員在溝通上不夠熟悉，導致對於進入點的位置、格線受側風影響的修正等引導方式還須建立默契，然而到第 4 條線與第 5 條線已經能夠大致在要求的格線上飛行。建立飛行載具駕駛與偵檢人員間的合作默契，有助於實地任務飛行。

在裝設儀器部分，儀器固定位置會影響空中偵測數據品質，經與機工長討論後，確認受限於海豚直升機空間配置，實在無法避開油箱

屏蔽的影響，只能優先考量人員上下機安全以及機艙內重量平衡，故審酌後將儀器架設於機艙中央位置，如圖 4.3.2。油箱位置對於偵測結果的影響，也是這次作業需要考量評估的重點。



圖 4.3.2 SPARCS 儀器架設建議架設於機艙中央位置。

圖 4.3.3 顯示起飛與降落時會有一段跑道位置幾乎重疊，因此選擇此位置的偵測結果作為評估油量影響的參考依據。本次任務，起飛時平均計數率為 1391 ± 32 ，降落時平均計數率為 1482 ± 44 ，提高了 6.5% 且由 t 檢定結果兩者 $p=0.0001$ 統計意義上有顯著差異，顯示偵測結果會受油箱內油料容量的干擾。本次測試飛行時間僅 30 分鐘，其耗油量已對偵測結果造成影響，若未來空中偵測任務執行約 2 小時以上，其影響更需要審慎評估。

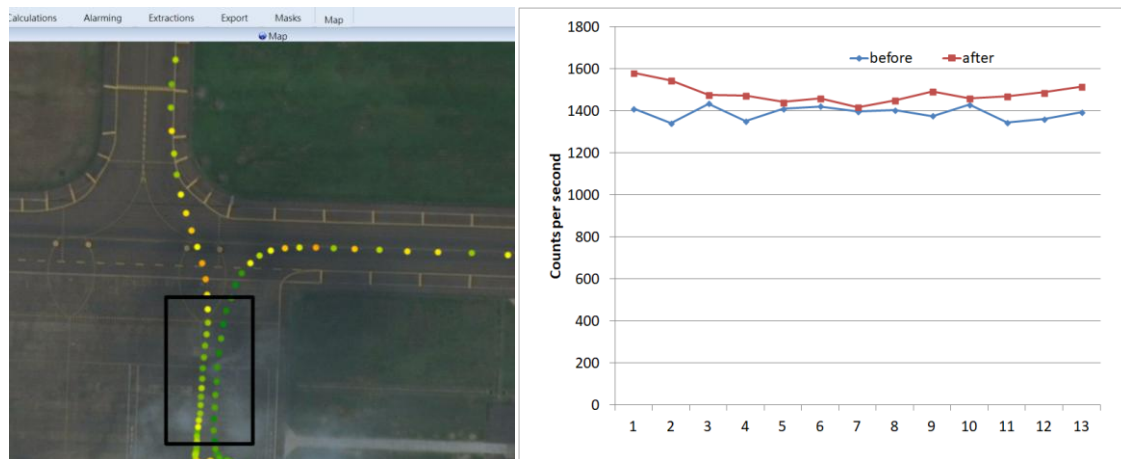


圖 4.3.3 於起飛與降落跑道評估油料對偵測之影響。

四、核安演習情境想定污染區域實地飛行

依據 108 年度核安演習之演練劇本情境想定為事故發生時風向為東南風，核能三廠因地震導致管路破損，放射性物質洩漏至圍阻體內並進行計畫性排放；依據劑量評估結果，下風向(西北方)3 公里內民眾已完成疏散，3 到 8 公里範圍內民眾正於屋內掩蔽。當排放閥門已關閉，且推測計畫性排放之放射性物質已大部分沉降於地面，由南部輻射監測中心啟動空中輻射偵測作業，確認輻射污染範圍，以作為後續民眾防護行動決策之依據。

空中輻射偵測作業規劃係依據擴散模式評估結果，主要的污染區域為西北方，因此規劃作業範圍為西方與北方兩個區塊進行偵測(如圖 4.4.1 所示)。飛行高度原則在 400 至 600 呎(130 公尺到 200 公尺)之間，授權飛行駕駛依現場障礙物狀況調整，格線間距建議為高度的兩倍，格線規劃設定為 400 公尺，以能有效涵蓋任務範圍。飛行速度 70 節(約每小時 129.6 公里)。訓練地點於小港機場空勤總隊第三大隊，參訓人員包括飛行機組人員(空中勤務總隊)、輻射偵檢人員(國軍 39 化兵群)以及數據分析人員(原子能委員會輻射偵測中心與核能研究所)等。

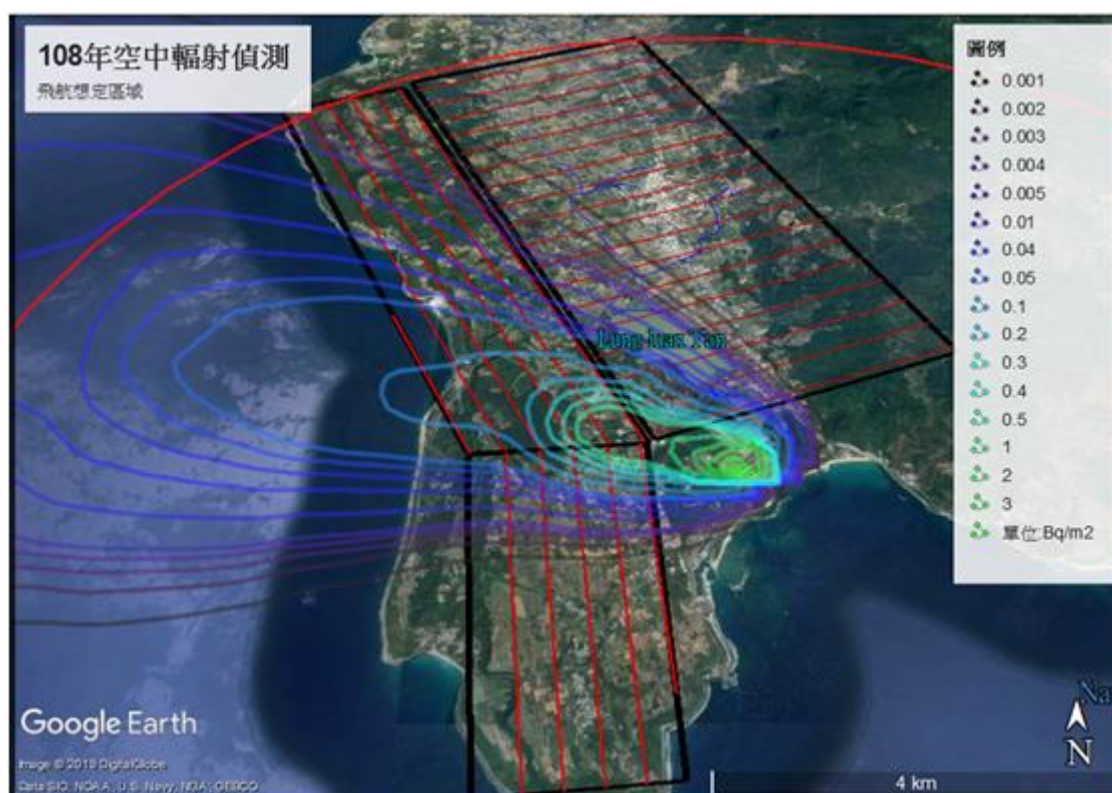


圖 4.4.1 108 年核安演習空中輻射偵測作業情境想定。

實地飛行的重點之一，在於依今年演習所想定之情境，檢視空中偵測的任務規劃，是否能於核子事故發生時在預定時間內得到想定區域內的劑量分布結果，並透過任務實作能讓直升機駕駛與偵檢人員更為熟悉實地之地形地物與背景劑量狀況，也讓規劃人員與數據分析人員能熟悉相關軟體參數設定與分析運作作業。

(一) 水域背景線與控制線規劃

由於偵檢系統、飛航載具、機組與共勤偵測人員等，本身就有少許天然放射性物質，所以此固有背景值(intrinsic background)會對偵測結果造成誤差，偵測結果需扣除此固有背景輻射劑量，可以利用超過 3 公里以上的水域上空量測結果，視為固有背景劑量進行扣除。因此，規劃的量測路線也會函告部分水域，稱為水域背景線(water line)。如果任務區域附近無遼闊水域，或是水域本身已受到高輻射污染時，建議規劃一段飛航至 3000 英尺高空飛行路線，此高度的地表輻射低微，宇宙輻射也尚未大幅增加，量測結果也可視為是固有背景輻

射。

此外，為了確認在空中輻射偵測執行過程中，直升機是否遭受污染，也會在已確認無輻射污染的區域，規劃一條劑量率變化不大約 3 公里左右的路線，於前往任務區執行空中輻射任務之前先進行度量，任務執行完畢返航的途中也必須飛過同一條路線，以比較任務前後的量測結果並確認污染程度，此路線稱為控制線(control line)。如任務前後控制線偵測結果差異在誤差範圍內，即可確認任務執行過程中，並未受到輻射污染，返航後可不須進行除污作業。若任務後的量測結果明顯高於任務前，則可能在任務執行過程中，尚有放射性雲團未沉降而污染直升機機體，須通知返航基地準備除污相關設備，並於降落後進行機體污染檢測，如有必要則擦拭取樣送實驗室檢測。人員也須進行污染檢測，並確認是否需要除污。本次作業規劃，水域背景線與控制線均設定在枋寮外海位置，以節省作業時間，如圖 4.4.2。



圖 4.4.2 水域背景線與控制線執行區域。

（二）飛行區域規劃

本次任務於直升機上除三位機組人員外，共計架設兩套儀器與 4 名共同執行勤務之偵測作業人員，由於海豚直升機續航力最高為 3 小時，由小港機場到任務區域直線距離大約 70 公里，估計時程約 35 分鐘，來回需 70 分鐘，因此保守規劃每個區域的作業時間約 50 分鐘，每航次任務時間約兩小時，以保有餘裕可應付臨時狀況。規劃課目分為西岸區域與北方區域兩個課目航次。

課目 1: 西岸區域格線飛行

任務起始進入點: $22^{\circ} 1' 38.81''\text{N}; 120^{\circ} 41' 6.98''\text{E}$

任務結束脫離點: $22^{\circ} 2' 0.90''\text{N}; 120^{\circ} 42' 10.43''\text{E}$

由西向東逐線飛行，飛行格線規劃如圖 4.4.3。

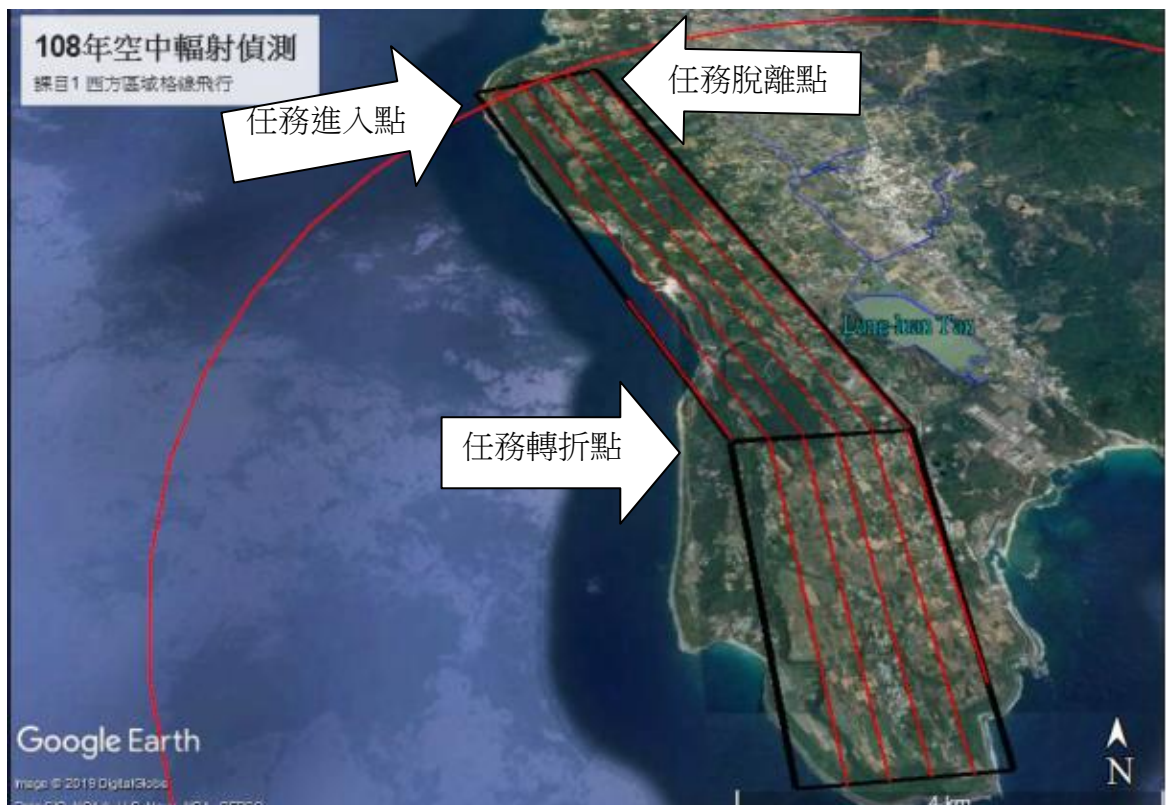


圖 4.4.3 西岸區域飛行格線規劃。

每條格線飛行座標規劃如下表，

飛行路線	進入點經緯度		航向	轉折點經緯度		航向	脫離點經緯度	
L01	22° 1' 38.81"N	120° 41' 6.98"E	154°	21° 57' 36.75"N	120° 43' 6.93"E	175°	21° 55' 30.99"N	120° 43' 14.23"E
L02	21° 55' 14.27"N	120° 43' 32.65"E	334°	21° 57' 38.25"N	120° 43' 22.32"E	357°	22° 1' 43.44"N	120° 41' 17.64"E
L03	22° 1' 47.73"N	120° 41' 30.79"E	154°	21° 57' 39.16"N	120° 43' 36.89"E	175°	21° 55' 15.25"N	120° 43' 46.86"E
L04	21° 55' 16.75"N	120° 44' 1.15"E	334°	21° 57' 40.20"N	120° 43' 51.37"E	357°	22° 1' 52.11"N	120° 41' 43.98"E
L05	22° 1' 56.10"N	120° 41' 57.37"E	154°	21° 57' 41.74"N	120° 44' 6.04"E	175°	21° 55' 18.17"N	120° 44' 15.51"E
L06	21° 55' 38.02"N	120° 44' 27.90"E	334°	21° 57' 42.66"N	120° 44' 20.77"E	357°	22° 2' 0.90"N	120° 42' 10.43"E

課目 2: 北方區域格線飛行

任務起始進入點：22° 0' 59.80"N；120° 42' 51.05"E

任務結束脫離點：21° 57' 46.58"N；120° 44' 24.35"E

由北向南逐線飛行，飛行格線規劃如圖 4.4.4。

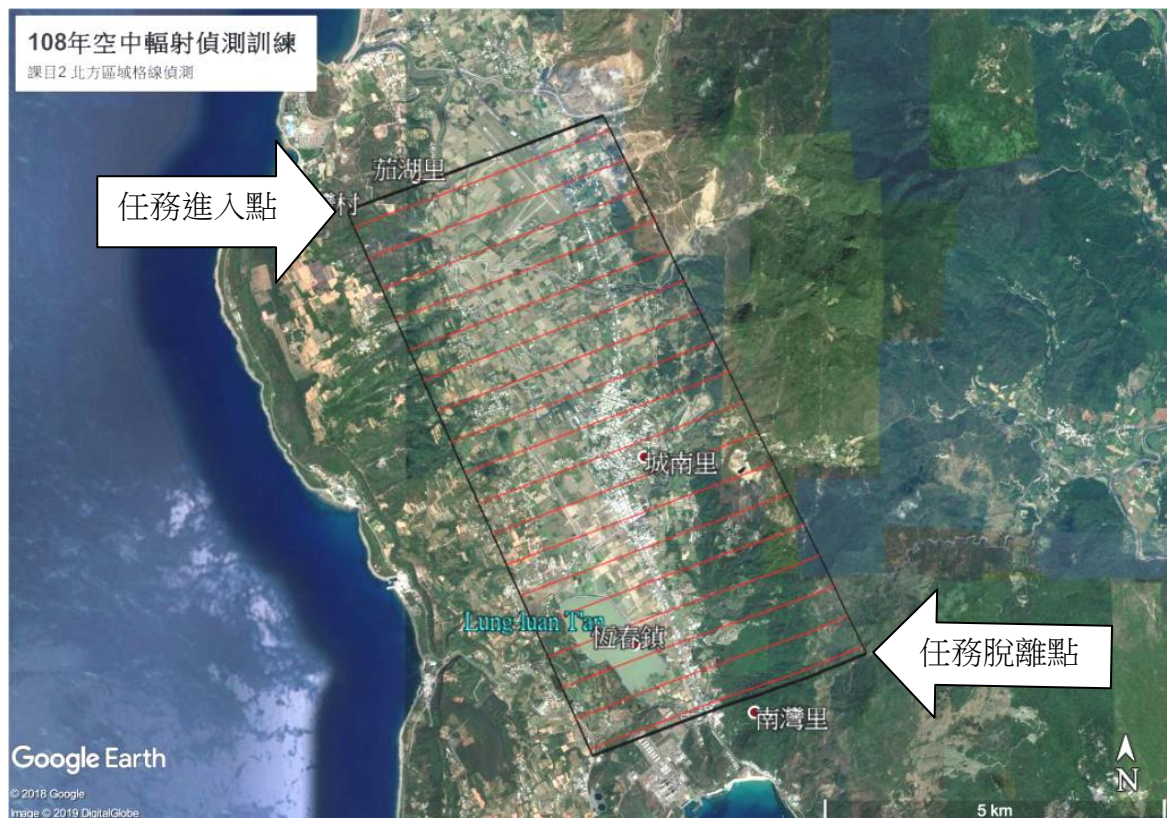


圖 4.4.4 北方區域飛行格線規劃

每條格線飛行如下表，

飛行 路線	進入點經緯度		航向	脫離點經緯度	
Line01:	22° 0' 59.80"N	120°42' 51.05"E	68°	22° 1' 47.83"N	120°45' 6.62"E
Line02:	22° 1' 33.01"N	120°45' 14.14"E	248°	22° 0' 44.70"N	120°42' 58.13"E
Line03:	22° 0' 29.90"N	120°43' 5.22"E	68°	22° 1' 18.62"N	120°45' 20.97"E
Line04:	22° 1' 3.95"N	120°45' 29.54"E	248°	22° 0' 14.67"N	120°43' 12.52"E
Line05:	22° 0' 0.27"N	120°43' 19.45"E	68°	22° 0' 49.17"N	120°45' 37.15"E
Line06:	22° 0' 34.49"N	120°45' 44.79"E	248°	21°59' 45.31"N	120°43' 26.42"E
Line07:	21°59' 30.51"N	120°43' 33.56"E	68°	22° 0' 19.83"N	120°45' 52.51"E
Line08:	22° 0' 5.19"N	120°46' 0.22"E	248°	21°59' 15.65"N	120°43' 40.64"E
Line09:	21°59' 0.51"N	120°43' 47.75"E	68°	21°59' 50.28"N	120°46' 7.80"E
Line10:	21°59' 35.68"N	120°46' 15.48"E	248°	21°58' 45.55"N	120°43' 54.82"E
Line11:	21°58' 30.82"N	120°44' 1.81"E	68°	21°59' 21.22"N	120°46' 23.19"E
Line12:	21°59' 6.29"N	120°46' 30.74"E	248°	21°58' 15.80"N	120°44' 8.80"E
Line13:	21°58' 0.97"N	120°44' 16.08"E	68°	21°58' 51.83"N	120°46' 38.43"E
Line14:	21°58' 37.38"N	120°46' 45.05"E	248°	21°57' 46.58"N	120°44' 24.35"E

(三) 數據處理規劃

AS365 海豚直升機的油箱位於機艙底部，國外對於此類型直升機執行空中輻射偵測任務時，會考慮將儀器外掛於機艙外，以避免因為油料的多寡，造成低能量光子輻射的屏蔽作用影響量測的結果。由於外掛儀器設備需要考量飛安問題，必須透過專業評估與配合機型之儀器固定架製作，並依相關法令完成檢驗與標準。因此，本年度演訓的作法只能採用將儀器固定於機艙內部，並於操演後探討油箱屏蔽之影響。在能譜處理過程擷取能量在 20keV 到 3MeV 之間的計數率作為劑量轉換的依據，此能量範圍已可涵蓋核子事故主要之目標人造核種如放射性碘、銫等以及天然放射物質鈾系與釷系的主要能量。

這次操演作業未規劃高度衰減修正因子的演練課目，主要是 107 年於空勤總隊台中基地演練不同高度計測值，所得到的高度衰減修正因子 $\beta=0.004803 \text{ m}^{-1}(0.001464 \text{ ft}^{-1})$ ，與過去在美國內華達州演訓時所得之高度衰減修正因子 $0.005656 \text{ m}^{-1} (0.001724 \text{ ft}^{-1})$ 差異，尚在

可接受範圍內，故直接引用 107 年之高度衰減修正因子。

(四) 飛行前會議與安全提示

為確認飛行任務執行細節，任務作業前由空勤總隊第三大隊大隊長於第三大隊講堂主持飛行前會議；會議由核子事故南部輻射監測中心進行任務說明，空勤總隊任務執行教官報告飛機狀況、飛航安全事項說明與飛行航程規劃。因本次任務途徑包含海域上空，所有登機作業人員務必穿上救生衣，且確實固定機上各項設備與個人攜帶之裝備。會議結束後由機工長於直升機旁解說登機安全規定，包括安全門開關位置，各項救生裝備與安全帶使用等，再由核能研究所提示機上儀器操作注意事項，例如信號異常之研判與處置等，如圖 4.4.5。



圖 4.4.5 (A)空勤總隊報告飛機狀況、性能與依飛行計畫調整之飛行建議。(B)機工長安全提示:登機人員救生衣穿著。(C)機工長安全提示:安全帶使用與逃生安全門操作。(D)核研所提示機上儀器操作注意事項。

本年度的空中偵測實地飛行結果如下：

(一) 水域背景線與控制線偵測結果

課目一與課目二之水域背景線與控制線偵測結果如圖 4.4.6。水域背景測得來自儀器與機上人員裝備的背景輻射計數率約為每秒 305 左右。任務後返航之控制線量測結果也都在誤差範圍內。

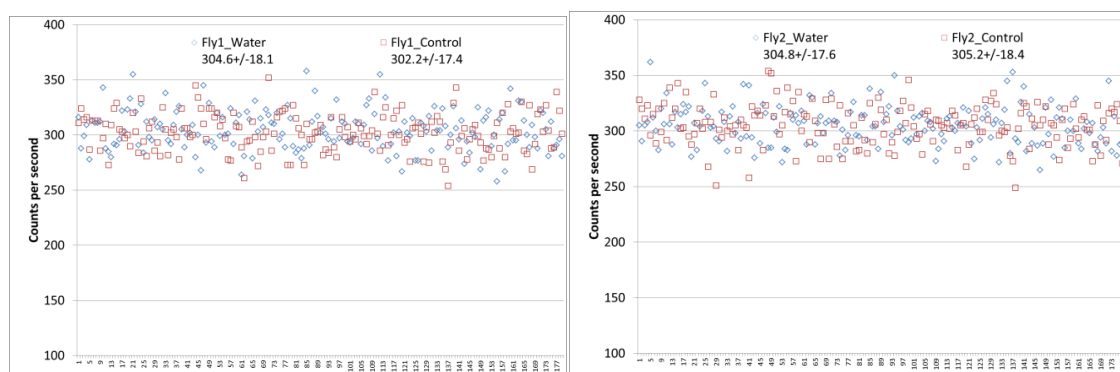


圖 4.4.6 兩課目水域背景線與控制線偵測結果。

(二) 平行格線偵測結果

將兩課目之偵測結果匯入 AVID 系統，整併為一個資料庫如圖 4.4.7(A)，直接選取空間內插計算功能(Spatial interpolation)做渲染計算，設定渲染方法為距離反比加權法(inverse distance weighting, IDW)，因格線間距規劃為 400 公尺，選擇 500 公尺作為鄰近數據點搜尋範圍，量測結果計數率分布結果如圖 4.4.7(B)。

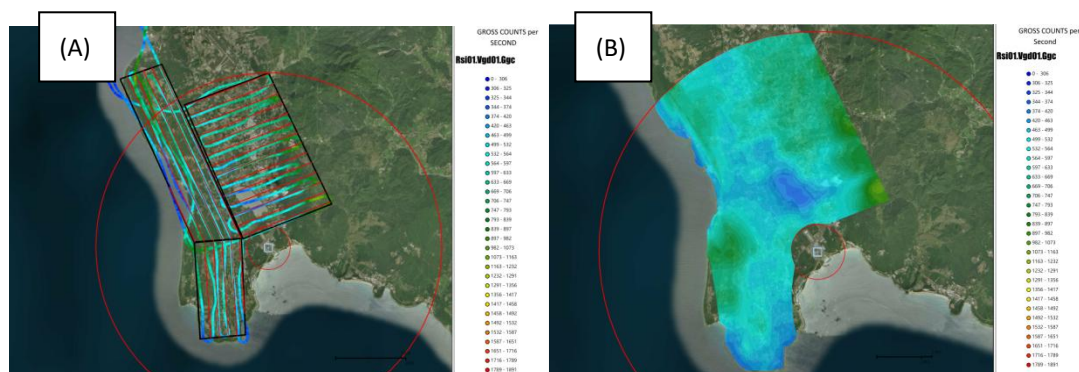


圖 4.4.7 (A)飛行軌跡與規劃格線因側風與障礙物略有差異。(B)計數率分布渲染圖。

圖 4.4.7 所顯示的數據，為尚未經地形高程與高度衰減修正的計

數率分布，由於色階分得較細，渲染結果也較為細緻。量測結果丘陵區域較平地計數率高，可能受高程與側向輻射影響，龍鑾潭附近則明顯較低，主要是水面輻射劑量較低。

將計數率透過數位高程模式(DEM, Digital Elevation Model)修正丘陵區域的地形，並進行高度衰減修正後換算為地表劑量率，同樣使用 IDW 法進行渲染分布，結果如圖 4.4.8。由於劑量分佈以每小時 0.01 微西弗作為一個色階，而所有數據劑量率均低於每小時 0.05 微西弗，所以色階區分較少，圖形看起來較粗糙，只有龍鑾潭區域清晰可見。由過去的經驗得知，水面上劑量率通常較地面為低，此結果是符合預期。由此結果也顯示，空中輻射偵測系統有能力區分水面上與陸地差異（大約每小時 0.03 微西弗的差異），如果有放射性污染較一般陸地劑量率高每小時 0.03 微西弗以上的區域，應可輕易鑑別出差異範圍。

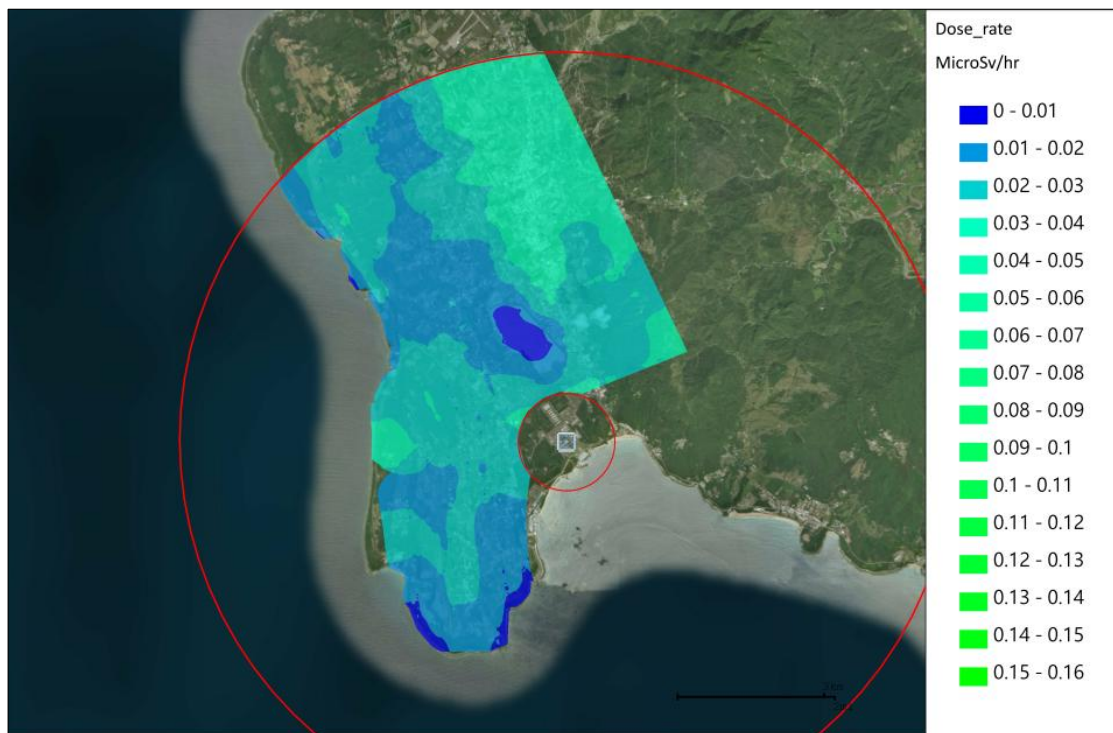


圖 4.4.8 任務區域內劑量率分布圖

為評估油箱內油料多寡對偵測結果的影響，同樣以直升機於起降過程經過的同條跑道區域作為比對依據。任務前後計數率分別為每秒

1409±47 與 1640±38，顯示因任務執行油料減少造成輻射屏蔽降低，使得總計數率升高約 16%，如圖 4.4.9(A)；此外，由任務前後所量測能譜進一步比較，主要增加的計數率來自能量低於 350 keV 以下的光子，如圖 4.4.9(B)。因此，可以推斷油料消耗，對於核子事故污染目標核種中銫 137(662 keV)及銫 134 (605 keV;796 keV)油箱輻射屏蔽所致影響不大，但可預期碘 131(364 keV)的偵測則會造成部分影響。綜上，當任務規劃時間過長(超過 1 小時)，就必須考量高估碘 131 濃度的影響。

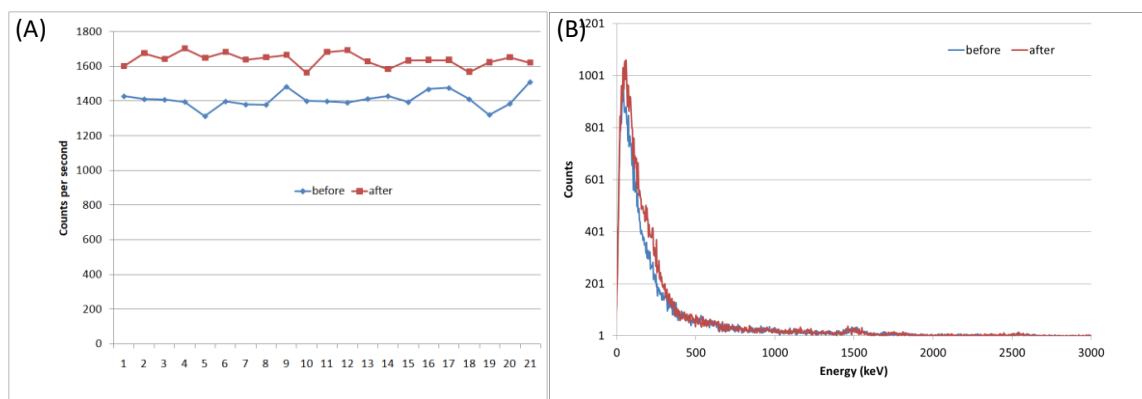


圖 4.4.9 (A)任務結束後計數率增加。(B)任務前後同一地點背景輻射能譜比較。

五、核安 25 號演習實兵演練空中輻射偵測

(一) 實兵演練空中輻射偵測執行過程

核安演習實兵演練的空中輻射偵測項目，係依據各項演練項目時序協調後，規劃由空勤總動海豚直升機於演練前 1 小時由小港機場起飛後抵達恆春機場待命，並由偵測中心與核研所各派遣一專業人員上機安裝與設定 SPARCS 系統，並隨同上機執行空中輻射偵測作業，如圖 4.5.1 所示。



圖 4.5.1 實兵演練 SPARCS 儀器架設

為使評核與參訪人員能有最佳觀看體驗，實兵演練空中偵測飛行範圍規劃為恆春機場上空之水平間距飛行，如圖 4.5.2 所示；圖 4.5.3 為實際作業執行情況，左圖為 SPARCS 儀器操作與監看偵測結果，右圖為由機艙向外俯視恆春航空站。

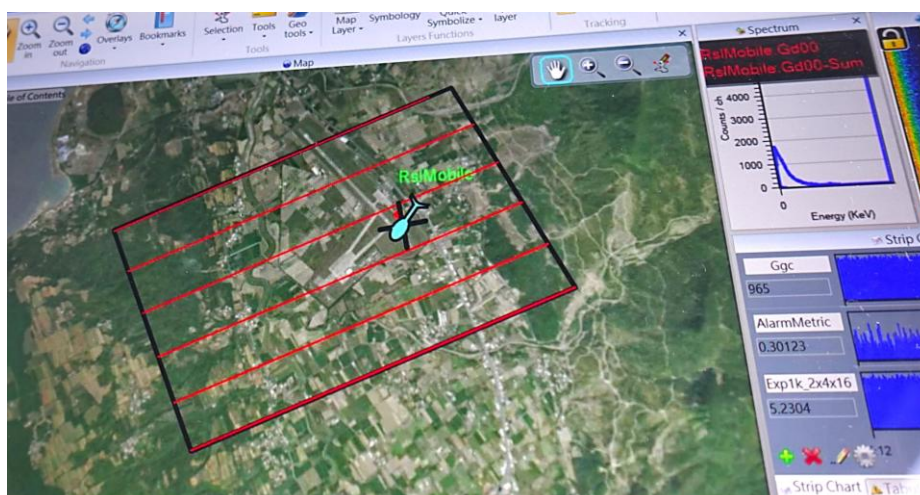


圖 4.5.2 恆春機場上方水平間距飛行規劃路線



圖 4.5.3 空中偵測執行實況

(二) 核安演習空中輻射偵測展示解說

本計畫有關核安演習空中輻射偵測展示與解說，由核研所支援專

業人員協助派駐於恆春機場，於演習過程向評核與參訪團解說空中輻射偵測任務與 SPARCS 儀器，如圖 4.5.4 與圖 4.5.5 所示。



圖 4.5.4 SPARCS 儀器展示設置與專業解說團隊



圖 4.5.5 外賓、評核與參訪團解說過程

六、 作業討論

105 年核安演習同樣以核三廠為主，當時的空中輻射偵測受限於空域管制，只能飛關山地區上空大約 25 平方公里區域，加上雲層太厚，因此演訓重點規劃在於熱點搜索。今年的演訓重點，是首次在南部地區進行大範圍空中輻射偵測，偵測面積達 100 平方公里，並完成劑量率分布圖製作，達到原先規劃目標，但仍有下列檢討事項可供日後執行任務之參考：

(一) 受限於飛航資源有限，任務規劃人員經驗不足，因此在任務區域大小與時間的規劃安排與實際執行結果有落差。由於演訓當天氣候良好，因此由小港機場到任務區的飛行速度較快，單趟路程比預計時

間快約 10 分鐘；而任務區內作業時間也同樣較預期快 10 分鐘；因此，原規劃每航次 2 小時的任務，都提早到 1 個半小時左右結束。未來規劃人員對於任務時間的估算，除使用 AVID 軟體估算外，建議在規劃任務區域範圍時能更有彈性，並與駕駛在任務前，能確認任務執行所需時間，機動調整作業區域範圍，以能達到最佳化的空中輻射作業規劃。

（二）由於水域背景線的扣除，已將機體、人員與儀器本身的輻射劑量率扣除，導致換算後之劑量率比在地面量測的劑量率略低約每小時 0.01 到 0.02 微西弗。此誤差對於研判每小時 0.2 微西弗以上可能污染區域的分布範圍，應該影響不大。而過去與美國能源部專家討論時，他們也認為在事故發生進行緊急偵測時，可以無需修正。但空中偵測用於平時背景輻射劑量率的推估時，則明顯會有低估的現象，是否進行修正或是如何修正，是未來需討論的議題。

（三）受限於我國飛航法規，偵檢器只能置於機艙內，一般直升機油箱設計都是置於機艙底部，UH60M 黑鷹直升機的油箱位置較靠後方，因此偵檢儀器固定於座位中間區域並不會受到太大的干擾；但如果是 AS365 海豚直升機，則難以避開油箱的位置。由於偵檢儀器無法外掛於機艙外，就必須注意污染偵測目標核種是否包含低能量光子核種如碘 131 等。若只考慮劑量率的影響，以這次規劃任務區域內作業時間 40 分鐘，對於劑量率的影響估計小於 8%，以目前手提式輻射偵檢器的不確定度大約 20% 來看，尚在可接受的範圍內。

（四）目前使用的 SPARCS 系統由於年限已久（101 與 102 年迄今）各項零件均已老舊陸續出現問題。SPARCS 系統係由 PC/104 單板電腦模組組裝之開放架構，非整合性晶片系統，雖具有易於檢測維修之優勢，但也易受外界環境之溫溼度所影響，而出現不預期故障問題，如自動數據傳輸單元(Acquisition and Telemetry Unit, ATU)不預期關機，車充電源跳脫後 ATU 系統錯誤無法連線偵檢器，以及 ATU 冒煙與偵檢

器端之嵌入式系統 BIOS 設定異常等問題。目前核研所具有 NNSA 提供之一組(POD223 與 POD224)偵檢器箱內的 PC/104 模組備品，但無 ATU 備品，另 SPARCS 系統所採用之 PC/104 板係美方軍用規格，無法自行購置取得，之前若遇有設備異常須修復更換之模組單板，均須協請 NNSA 補充，現階段核研所雖具備維修能量，然長期來看，未來仍受限於零組件缺料與電腦操作程式 AVID 無法取得更新之隱憂。因此對於國內空中輻射偵測技術之發展與延續，於軟硬體層面需有更積極與前瞻性之規劃。建議透過台美會合作事項，請美國能源部 NNSA 提供新版 AVID 程式，並建立後續程式維護升級機制。同時也建議朝向國內自行發展維護能力方向努力，建議由基金編列預算購置 AVID 相容偵檢系統或相容零組件，以提升硬體可靠度與穩定性。

(五)核能電廠附近區域大多設定為禁航區，對於執行任務的直升機教官而言較為陌生，加上有不少障礙物如高壓傳輸電線、電塔等如圖 4.6.1，目前國內可配合空中偵測飛行的直升機，除黑鷹直升機已配置導航系統，可直接將預先規劃飛行格線導入外，本次演訓全靠 AS365 海豚直升機副駕駛口頭協助指引與駕駛的經驗配合，在飛行過程必須不斷做側風修正、研判障礙物影響與盡量維持在固定高度，對於駕駛技術是一大挑戰。雖然演訓結果圓滿達成任務，建議能持續累積相關區域的飛行經驗。



圖 4.6.1 任務執行中遠眺核能三廠，附近的高壓電傳輸線可能影響飛行安全。

伍、 結論

108 年空中輻射偵測演訓參與人員熱心投入，包括各項偵檢設備的操作測試、飛行路徑的座標討論、數據分析的參數設定以及依現場狀況實地飛行高度與航線的調整等，最後成功完成核能三廠廠外 8 公里下風向區域劑量分布圖。由於大部分參訓人員為第一次參加空中輻射偵測作業，藉由本次訓練增進了解團隊中彼此在任務執行中所應扮演的角色與合作經驗，雖然在計畫規劃與執行之時間掌控等仍有可改進之處，但由結果來看，空中輻射偵測團隊有信心在核子事故發生後，有能力以最短的時間，完成大範圍污染範圍的分布趨勢，可做為核子事故平時整備及各項民眾防護行動決策之參考。

陸、 附件

附件 1 參加第七屆空中輻射偵測系統國際技術交流研討會出國報告

出國報告（出國類別：會議）

參加第七屆空中輻射偵測系統國際技術 交流研討會

服務機關：原子能委員會輻射偵測中心
陸軍化生放核防護研究中心

姓名職稱：洪明崎 副主任
張春松 副主任

派赴國家/地區：美國/內華達州拉斯維加斯

出國期間：108 年 5 月 12 日至 19 日

報告日期：108 年 7 月 8 日

摘要

本次奉派參加第七屆空中輻射偵測系統(AMS: Aerial Measuring System)國際技術交流研討會，於 2019 年 5 月 13 日至 16 日在美國內華達州拉斯維加斯(Las Vegas)舉行，由美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)主辦，各國專家就 AMS 相關研發與應用及其訓練心得提出分享，並實際觀摩機載 AMS 儀器與數據即時通信系統，提供了與會專家相互交流的機會。

依各國簡報資料及 AMS 相關議題討論內容，提出 AMS 資料即時通信系統建置、組成 AMS 之輻射偵測儀器、分析模擬軟體與輻射偵測結果圖像化、移動式輻射偵測機載來源、整合型環境輻射偵測系統平台建置、無人機空中偵測系統建置等六項心得，另也擬出二項建議，期能精進國內 AMS 軟硬設備，並培訓專業人員，增進核子事故緊急應變能量。

目次

壹、前言(含緣起、目的)	3
貳、行程	3
參、會議過程紀要	4
一、摘述各國簡報重點	5
(一)美國能源部 RAP5 輻射應急訓練執行概況	5
(二)加拿大核與放射性事件應急能量	8
(三)捷克共和國機載輻射偵測	11
(四)丹麥輻射偵測專家的培訓	11
(五)法國 AMS 應急整備與實務演訓	13
(六)冰島 SPARCS 和 AVID 實務訓練	15
(七)日本 AMS 發展與核應急整備	16
(八)瑞典輻射偵測應急能量與整備	20
(九)韓國 AMS 發展與訓練	22
二、參觀 DOE Be11 412 直升機上的	25
肆、心得	26
一、AMS 資料即時通信系統建置	26
二、組成 AMS 之輻射偵測儀器	27
三、分析模擬軟體與輻射偵測結果圖像化	27
四、移動式輻射偵測機載工具提供來源	27
五、整合型環境輻射偵測系統平台建置	27
六、無人機空中偵測系統建置	27
伍、建議	28
陸、附件	29
一、2019 年空中偵測系統國際技術交流研討會議程	29

壹、前言(含緣起、目的)

自 2011 年福島第一核電廠事故後，為落實「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」中有關空中輻射偵測作業，經台美民用核能合作管道，已由美國能源部 (Department of Energy) 提供我國 4 套空中輻射偵測系統 (AMS: Aerial Measuring System)，確實提升了國內核子事故緊急應變空中輻射偵測的能量。為建立自主 AMS 維護及我國空中輻射偵測與地面污染輻射劑量評估技術，原能會暨所屬機關積極派員參與國際 AMS 技術交流會議及實務操作訓練。

本屆空中輻射偵測系統國際技術交流 (AMS International Technical Exchange) 研討會係由美國能源部國家核子保安局 (DOE/NNSA) 規劃在北拉斯維加斯機場舉辦，參與國家包括美國、加拿大、捷克共和國、丹麥、法國、冰島、臺灣、日本、南韓、瑞典等十個國家，各國代表合計約 40 位，本屆研討會關注的重點涵蓋各國有關空中輻射偵測系統和模擬工具培訓、即時輻射偵測資料傳輸作為、AMS 機載與車載輻射偵測演練與結果圖像化、以及空中輻射偵測系統的功能和效益展現等，其主要目的係藉由各國之研究成果或經驗分享，以提升各國空中輻射偵測應急技術與能力。

各國簡報議題包括(一)美國能源部 RAP5 輻射應急訓練執行概況、(二)加拿大核與放射性事件應急能量、(三)捷克共和國機載輻射偵測、(四)丹麥輻射偵測專家的培訓、(五)法國 AMS 應急整備與實務演訓、(六)冰島 SPARCS 和 AVID 實務訓練、(七)日本 AMS 發展與核應急整備、(八)瑞典輻射偵測應急能量與整備、(九)韓國 AMS 發展與訓練等，本報告針對各國簡報議題內容重點摘述，並提出心得分享與建議。

貳、行程

本次赴美國行程如表 1 所示。

表 1、赴美國行程表

日期	地點	工作內容
5 月 12 日(日)	台灣桃園-美國拉斯維加斯	1. 去程(台灣桃園國際機場→美國舊金山國際機場→美國麥卡倫國際機場→美國北拉斯維加斯機場) 2. 至研討會會場簡報資料測試準備
5 月 13 日(一) ~ 5 月 16 日(四)	美國拉斯維加斯	1. 參加研討會 2. 參觀 AMS 相關儀器
5 月 17 日(五) ~ 5 月 19 日(日)	美國拉斯維加斯-台灣桃園	回程(美國北拉斯維加斯機場→美國麥卡倫國際機場→美國西雅圖國際機場→台灣桃園國際機場)

參、會議過程紀要

2019 年 5 月 13 日至 16 日在北拉斯維加斯機場舉行第七屆空中輻射偵測系統國際技術交流研討會，研討會會議場所外觀如圖 1。參與國家包括加拿大、捷克共和國、丹麥、法國、冰島、日本、南韓、瑞典、臺灣、以及主辦國美國等十個國家，參與會議人數約 40 位，與會人員合影如圖 2。



圖 1 研討會會議場所外觀(美國北拉斯維加斯機場)



圖 2 與會人員合影

本屆研討會開幕由美國能源部國家核子保安局核事故政策與合作辦公室(NIPC: Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation) 負責人 Ann Heinrich 主任迎賓致詞，並講述本屆研討會所關注的重點涵蓋各國有關空中輻射偵測系統和模擬工具培訓、即時輻射偵測資料傳輸作為、AMS 機載與車載輻射偵測演練與結果圖像化、以及空中輻射偵測系統的功能和效益展現等。另由 Kirk Czap 副主任簡介 NIPC 的工作內容，包括 1. 應對核與放射性事件、事故和恐怖威脅的政策制定和能力建立；2. 重大公共活動和緊急情況提供海外業務支助；3. 事故應變設備和海外培訓；4. 國際合作夥伴急救人員提供放射醫學培訓；5. 整體政府(Whole of Government)核與放射性事件(故)反恐整備和應變培訓；6. 國際輻射釋放預測模式建立能力和培訓；7. 國際空中輻射偵測設備建立和培訓；8. 境外緊急行動中心的開發和支援；9. 國際夥伴提供技術支援；10. 多邊核事故整備和應變政策的制定等事項，本屆研討會舉辦之目的就在執行上述第 7

項國際空中輻射偵測設備建立和培訓任務。

為了讓與會各國代表瞭解本屆研討會舉辦動機及歷年技術交流主題，由內華達州遙測實驗室(RSL: Remote Sensing Laboratory)資深專家 Piotr Wasiolek 博士簡介空中偵測系統技術交流的動機及歷年執行情形。2011 年 3 月空中偵測系統有效運用於福島第一核電廠事故，2011 年 5 月空中偵測系統執行任務轉移至日本應急組織，經過一年的資料收集，日本提出了一些有關背景、高度和地形校正、空間解析度、偵檢器特性等問題。2012 年 4 月 9 日至 12 日 RSL 在美國內華達州拉斯維加斯舉辦國際空中輻射偵測系統專題會議，其主要的目的是召集 AMS 專家討論在日本遇到的空中偵測和數據分析問題，並解析日本提出的上述問題。另也討論了 AMS 偵測結果顯示方式及數據通信問題。北歐國家建議聚集各國專家經驗，並建立一個論壇，針對與空中輻射偵測有關的具體問題進行討論，將有助於參與此類任務的組織，並找到可能的解決方案，此建議促進 RSL 舉辦 AMS 技術交流動機。自 2012 年至今(2019 年)業已舉辦 7 屆技術交流研討會，每一屆均有一空中偵測系統技術交流主題如表 2。

表 2 空中偵測系統歷年技術交流研討會主題及參與國家

年份	日期	技術交流主題	參與國家
2012	4月9日至12日	不斷改進空中偵測任務	加拿大、丹麥、法國、挪威、瑞典、瑞士、英國、美國
2013	4月15日至19日	空中偵測系統災後處理營運	奧地利、加拿大、丹麥、芬蘭、冰島、挪威、瑞典、美國
2014	4月28日至5月2日	空中偵測系統數據分析	冰島、法國、挪威、瑞典、美國、國際原子能總署(IAEA)
2015	4月20日至24日	輻射異常檢測演算法	加拿大、芬蘭、法國、冰島、挪威、瑞典、美國、國際原子能總署、北約
2016	4月11日至15日	無人航空載具用於輻射緊急情況	阿根廷、智利、加拿大、丹麥、法國、德國、日本、挪威、瑞典、瑞士、韓國、美國、原子能機構、全面禁止核子試驗條約組織(CTBT)
2018	6月25日至29日	放射性空中偵測的不確定性	加拿大、丹麥、法國、德國、冰島、日本、韓國、挪威、瑞典、臺灣、英國、美國
2019	5月13日至16日	空中偵測的訓練和練習	加拿大、捷克共和國、丹麥、法國、冰島、日本、韓國、瑞典、臺灣、美國

一、摘述各國簡報重點

我國代表在會中發表近年來空中輻射偵測發展情形，主要內容包括進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS: Spectral Advanced Radiological Computer System)使用與演訓情形、進步型視覺化資料處理系統(AVID)數據分析演練、無人機發展情形、及未來發展方向等，與各國專家分享討論，另有關其他各國簡報內容摘述如下。

(一)美國能源部 RAP5 輻射應急訓練執行概況

1. 美國防擴散和國土安全現場支援小組根據美國能源部放射性援助計畫(RAP: Radiological Assistance Program)提供聯邦和州政府放射性援助，整個美國 50 州區分 9 個區域(Region 0 至 Region 8)組成應變隊，各區域應變隊提供援助項目包括搜索丟失或隱藏的放射性物質、區域輻射監測、放射性防護建議和諮詢等。

RAP 第 5(RAP5)地區應變隊的 Frank Moore 專家提出有關該區 AMS 設備和應急訓練執行概況。RAP5 區域涵蓋美國中西部 10 州，其中有 7 州是美國 50 個最大城市之一，該區域與加拿大的邊境線超過 1600 公里，並有 26 個核反應器機組座落如圖 3。RAP5 歸屬美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)督導管理，應變任務執行運作由阿岡國家實驗室(ANL: Argonne National Laboratory)負責，該區域成員包括志願團隊(約 30 位)及 AMS 應變值勤人員(6 至 8 位)。志願團隊人員大部分為具有保健物理相關專長之 ANL 職員，也有來自美國能源部聯邦政府的專家。另 AMS 應變值勤人員必須安排定期實務培訓或參與任務援助活動，例如 RAP5 空中輻射偵測活動、大型集會場地毯式搜索、移動式監測、災後處理等如圖 4，以增進應急能力。



圖 3 美國能源部 RAP5 AMS 任務執行區域



圖 4 美國能源部 RAP5 成員執行各應變作業情形

2. 為確保美國邊境安全，2016 年 RAP5 與美國海關及邊境保衛局(CBP： Customs and Border Protection)共同合作進行空中和海上偵測作業，AMS 載具使用直升機和固定翼飛機。2016 年 4 月至 2018 年 7 月期間 RAP5 將 AMS 相關儀器安裝於 CBP ASTAR 350 和黑鷹(Blackhawk)直升機，進行 AMS 輻射偵測訓練，訓練地點包括塞爾弗里奇空軍國民警衛基地、俄亥俄州克利夫蘭市、伊利諾伊州杜佩奇縣及威斯康辛州馬尼托瓦克市等，進行 AMS 輻射偵測訓練；其 AMS 主要儀器包括 4 個至 10 個碘化鈉加馬偵檢器、1 組 12V 電池供電儀器、數據處理器及通信設備等如圖 5 所示，其偵測數據分析與圖像化工具採用進步型視覺化資料處理系統(AVID)。



圖 5 RAP5 採用航空器上之 AMS 儀器安裝實況

3. 2016 年 4 月 RAP5 在俄亥俄州克利夫蘭市舉辦 AMS 實務訓練，以鈷 60 輻射源置設在海上之船隻甲板當作搜索目標，航空器採美國海關及邊境保衛局黑鷹進行空中偵測訓練作業，偵測結果圖像化如圖 6，圖中也顯示飛行高度距海面上空約 120 公尺處鈷 60 之能譜圖。2018 年 7 月 RAP5 在威斯康辛州 Point Beach 核電廠內及其周圍地區舉辦 AMS 實務訓練，航空器採美國海關及邊境保衛局 ASTAR 350 進行空中偵測訓練作業，飛行高度及速度分別約為距地面上 150 公尺及每小時 130 公里，偵測結果圖像化如圖 7，圖中可知在乾式貯存場上空處在 2MeV 內之加馬能譜明顯上升，可能是受天空輻射散射影響，另在 Point Beach 核電廠上空處有明顯偵測到鈷 60。

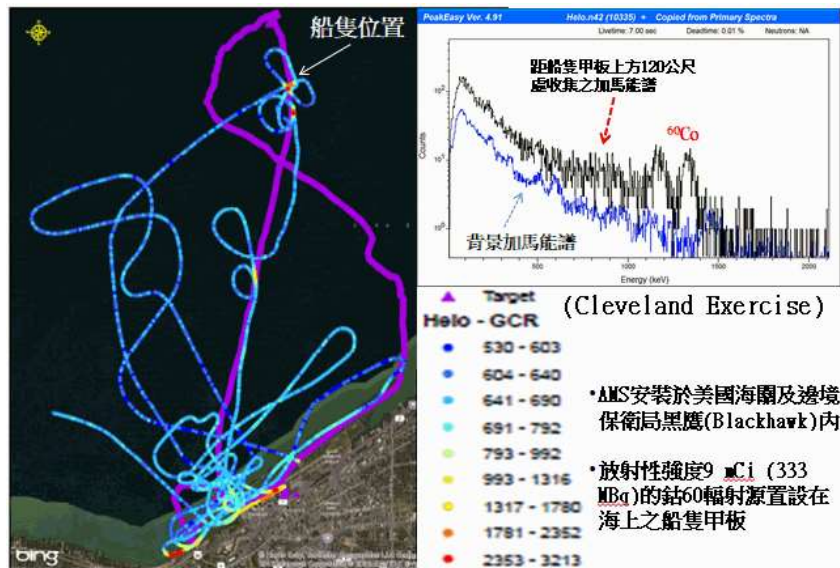


圖 6 2016 年 4 月 RAP5 在俄亥俄州克利夫蘭市偵測結果

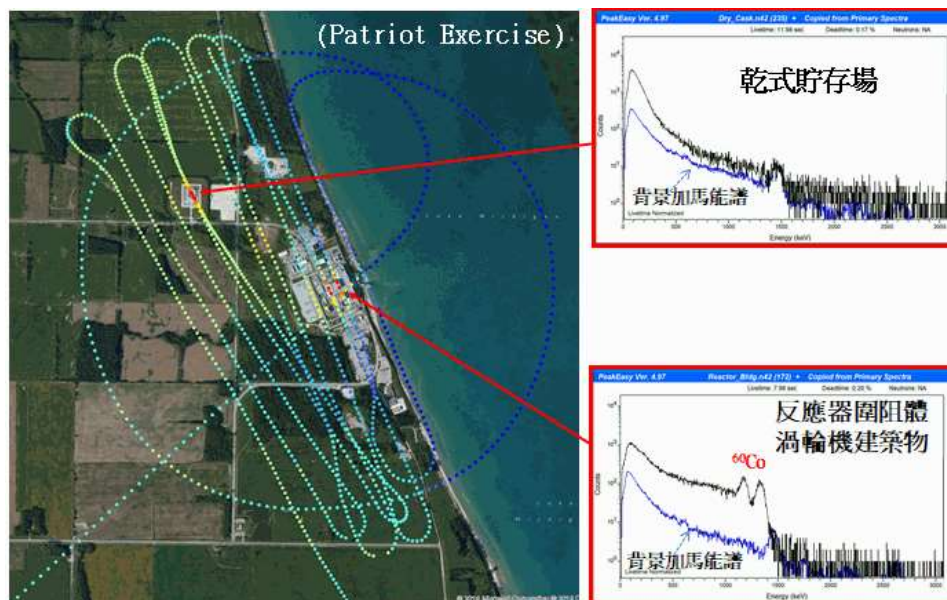


圖 7 2018 年 7 月 RAP5 在威斯康辛州 Point Beach 核電廠訓練偵測結果

(二)加拿大核與放射性事件應急能量

加拿大政府部門負責為各種自然災害、事故和安全威脅提供科學、技術和政策資訊，其中核與放射性安全事件、威脅和事故等任務由加拿大國防部及防衛組織等負責應變，加拿大民間機構提供專業協助。加拿大自然資源部災害風險專家 Reid Van Brabant 針對近 10 年來發展之輻射偵測系統應用與演訓情形提出心得分享。

1. 為因應加拿大政府不預警快速部署空中和地面機動輻射系統並進行偵測調查作業需求，近年來發展一套即時遙測輻射偵測系統如圖 8 所示，該系統由碘化鈉加馬偵檢器、氦-3 中子偵檢器、高解析度光譜儀、資料存儲和全球定位系統、及即時遙測(Real-time telemetry)設備等組成。另為提高執行任務機動性也發展體積

小、堅固耐用、模組化、可移動且易於安裝之輕便型整合式偵測系統如圖 9 所示，該系統由碘化鈉加馬偵檢器、光譜儀、慣性導航系統、資料存儲和全球定位系統 (GPS)、及雷射測高器等組成，可獨立安裝於車輛或飛行載具。為精進上述系統偵測結果展現圖像化及核種識別，且須具即時控制和監視功能，近年來採用 RadAssist 輔助分析展示系統如圖 10，其功能類似 AVID 數據分析處理系統。

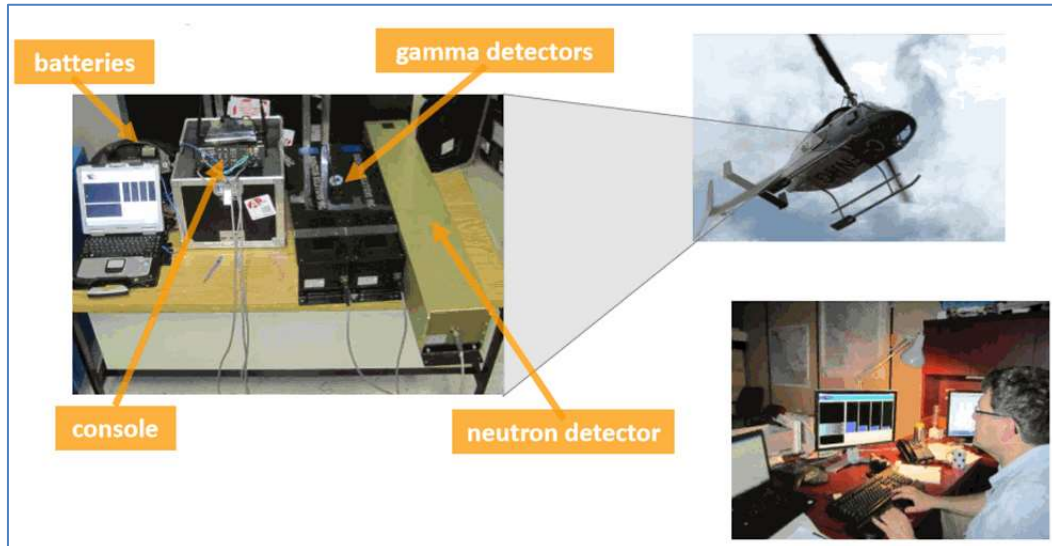


圖 8 即時遙測輻射偵測系統



圖 9 輕便型整合式偵測系統

(三)捷克共和國機載輻射偵測

1. 捷克共和國國家輻射防護研究所輻射監測網路專家 Lubomír Gryc 在會中簡介捷克共和國機載輻射偵測系統發展與演訓情形。為處理核電廠事故、輻射恐怖行為、尋找丟失或非法運輸的輻射源等緊急應變整備作業，在 2000 年初步建置整合輻射資訊系統(IRIS: Integrated Radiation Information System)，該系統是由 4 組 4 升碘化鈉偵檢器、光譜儀、數據處理分析模組、電源組件等組成，也可附加高純鍺偵檢器。
2. 捷克共和國執行機載輻射偵測應急任務或演訓時，由國家輻射防護研究所負責 IRIS 儀器設備及數據分析；捷克共和國軍方或警政單位提供直升機及機組員。捷克軍方每年機載輻射偵測演訓兩次如圖 12 所示，而捷克員警不定期接受相關培訓作業。

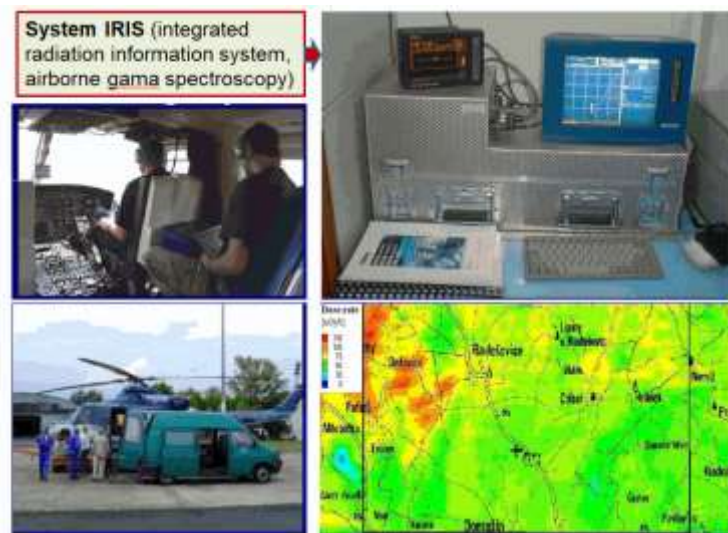


圖 12 國家輻射防護研究所與軍方聯合應急演訓情形

(四)丹麥輻射偵測專家的培訓

1. 丹麥緊急事務管理局 (DEMA: Danish Emergency Management Agency) 核安部門物理學家 Sune Juul Krogh 負責核安應急整備工作，其主要業務為開發移動式輻射偵測系統與方法，並與其他國家的專家建立良好的技術交流管道。為提升核應急整備能量，已開發了機載加馬射線能譜分析系統(AGSS: Airborne Gamma-Ray Spectrometry System)，該系統係由 RadAssist 輔助分析展示系統、MapAssist 繪圖輔助系統、即時數據傳輸器、2 組 4 升碘化鈉偵檢器、全球定位系統(GPS)、測高計、電源組件等組成，任務執行時由 DEMA 負責提供 AGSS 及其操作人員，採用軍方直升機或歐洲直升機(民間)，AGSS 相關儀器安裝於直升機外掛吊艙內。另也開發了車載加馬射線能譜分析系統(CGSS: Car-borne Gamma-Ray Spectrometry System)係由 RadAssist 輔助分析展示系統、

MapAssist 繪圖輔助系統、即時數據傳輸器、1 組 4 升碘化鈉偵檢器、全球定位系統(GPS)、電源組件等組成，任務執行時 DEMA 負責提供裝載車輛、CGSS 及其操作人員，CGSS 相關儀器安裝於車頂平架上。

2. 針對核災害應急專家的教育訓練，地方政府輻射偵測演練與兵棋推演、參加國際機載輻射偵測系統技術交流等原則上每兩年一次，而機載加馬射線能譜分析系統(AGSS)演訓每年 1 次為期 1 週，期間約 20 小時空中偵測的訓練。AGSS 演訓時由 DEMA 儀器操作員和丹麥空軍直升機飛行員執行，同時車載加馬射線能譜分析系統(CGSS)也執行丹麥國內主要運輸路線輻射偵測。
3. 國際演習 CONTEX 18 於 2018 年 6 月 19 日至 21 日依循國際原子能總署(IAEA)應變和援助網絡(RANET: Response and Assistance Network)架構執行，由丹麥緊急事務管理局(DEMA)協調在丹麥北部舉辦，參與國家有冰島、挪威、瑞典、芬蘭、丹麥、德國、英國、瑞士和奧地利等 9 個計約 120 人，主要裝備有 7 套高純銻偵檢器、10 組車載加馬射線能譜分析系統、1 組機載加馬射線能譜分析系統、1 架直升機、1 架無人機、及 10 組輕便型輻射偵測器等，實況如圖 13 所示。在演習區放置了 Cs-137, Ir-192, Tc-99m, Se-75 和 In-111 等輻射源，空中輻射偵測結果如圖 14，並與陸域輻射偵測結果比較分析，以利測試空中輻射偵測的性能。針對上述國際演習執行情形，與會專家們提出一些問題討論，諸如各參與國家之偵測數據檔如何接收處理與彙整統計、GIS 檔案格式一致性、檔案容量大小、偵測數據檔如何轉換為可理解的地圖等。



圖 13 國際演習 CONTEX 18 在丹麥北部舉辦實況

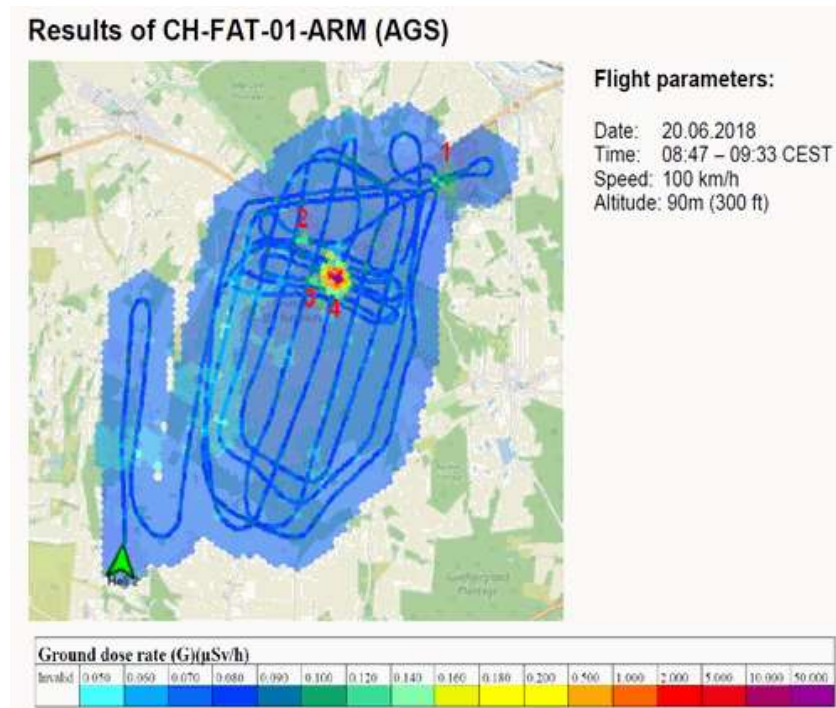


圖 14 國際演習 CONTEX 18 機載輻射偵測結果圖像化情形

(五)法國 AMS 應急整備與實務演訓

1. 法國輻射防護與核能安全研究所(IRSIN :The Institute for Radiation Protection and Nuclear)工程師Erwan Manach博士說明有關法國核能電廠核安演習概況，並特別針對機動組國內外演訓心得與大家分享。IRSIN隸屬於法國核能安全署(ASN: Nuclear Safety Authority)，平時負責核能安全及輻射防護之研究，提供ASN安全管制之技術支援，執行環境、健康、工業、國防等部會所委託之研究業務，並結合相關單位專家進行各項研究工作，提供民生與國防等主管機關之技術支援與諮詢。當發生核子事故時，ASN及所屬IRSIN扮演重要角色，須監督核能電廠緊急搶救、事故影響評估及資訊提供等作為，並隨時提供透明化資訊予各級政府機關、一般民眾、新聞媒體、鄰近國家及國際機構，例如國際原子能總署(IAEA)及歐盟。IRSIN成立緊急應變中心，包括技術緊急中心、機動組、環境監測組、醫療組、訊息溝通組、國際組、諮詢組等主要功能編組，其中機動組附屬於技術緊急中心，負責至事故現場進行取樣，執行機動性環境及人員輻射偵測(包括空中偵測)，並配置移動型實驗室進行環境樣品分析，是提供法國地方政府下達民眾防護行動命令之重要資訊來源。
2. 法國現有19座核電廠，58個壓水式機組，所有核能機組均屬國營，由法國電力公司經營，每座核電廠每年應舉行廠內演習一次，主要在測試核電廠之各項應變能力，未動員核電廠鄰近民眾參與，而每三年應舉行國家級演習(即廠外演習)一次。每座核電廠每三年應舉行國家級演習(即廠外演習)一次，法國每年原則上至少有12次廠外演習，ASN及IRSIN參與演練外，地方政府將動員民眾進行掩蔽、疏散等演練。由於在演習期間不容易真正部署的空中偵測系統，為提高演練效率和真實感，配備一套合適的空中偵測系統模擬工具是有其必要性。

空中偵測系統機動性高，其未固定設置於專用機載體(直升機)，為避免受限直升機調度問題，法國國內演習以往常規劃將機載空中偵測系統安裝於汽車頂架上，以車載方式進行機動輻射偵測作業如圖15所示。近幾年已計畫與私營(大型)公司簽訂合同，以便在緊急需要時處置直升機，並定期飛行。



圖 15 AMS 安裝於汽車頂架上執行作業及其偵測結果

3. 為提升AMS偵測能力與增進系統模擬技術，IRSN積極參與國際相互比較的訓練，包括AGC2015(德國)、ARM2017(瑞士)、DOE 2017(美國)等，與各國合作培訓與AMS技術交流，大部分訓練重點在於執行輻射源搜索任務及偵測結果綜合製圖等如圖16所示。

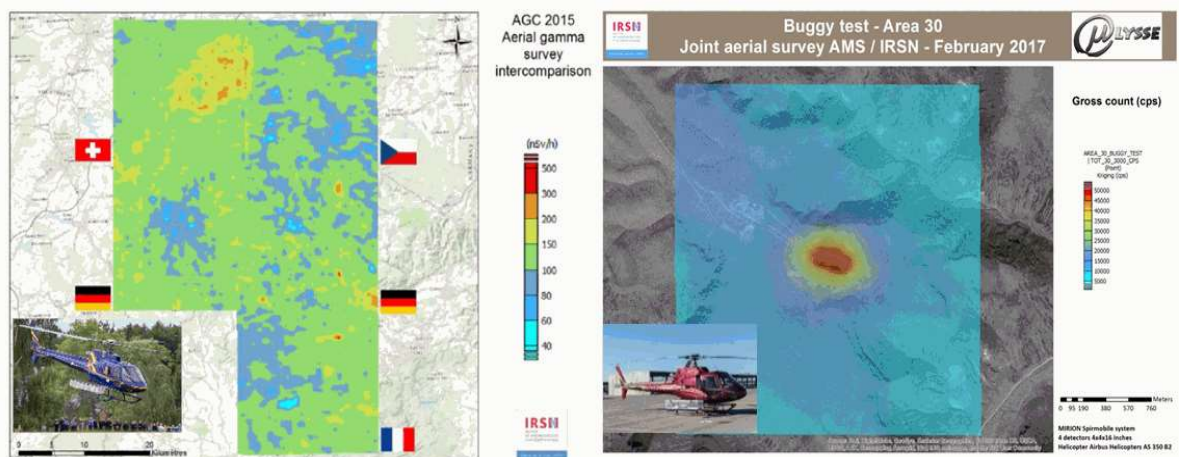


圖 16 IRSN 參與國際相互比較的訓練情形

4. 法國原子能和替代能源委員會(CEA)Marine Wansek 研究員也就 HELINUC 機載加馬能譜(AGS: Airborne Gamma Spectrometry)系統開發與其使用訓練心得提出分享。HELINUC 機載加馬能譜系統由 4 個 4 公升的碘化鈉偵檢器、2 個高純鍺偵檢器(效率 70%)等組成，該系統主要用於調查法國地表輻射並產製圖像，其任務包括執行放射性環境調查研究、核安與輻安應急、及尋找遺失輻射源。近二十年來，法國進行國內外超過 100 次機載調查，執行任務之直升機裝置 HELINUC 機載加馬能譜系統、無線電高度計、攝像機、全球定位系統等，數據收集頻次為每秒 1 次，飛行高度和速度分別為 40 公尺和每小時 70 公里，航距 80 公尺，偵測面積為每小時 5 至 10 平方公里，由 CEA 工程師處理分析偵測數據並繪製圖像化如圖 17 所示。

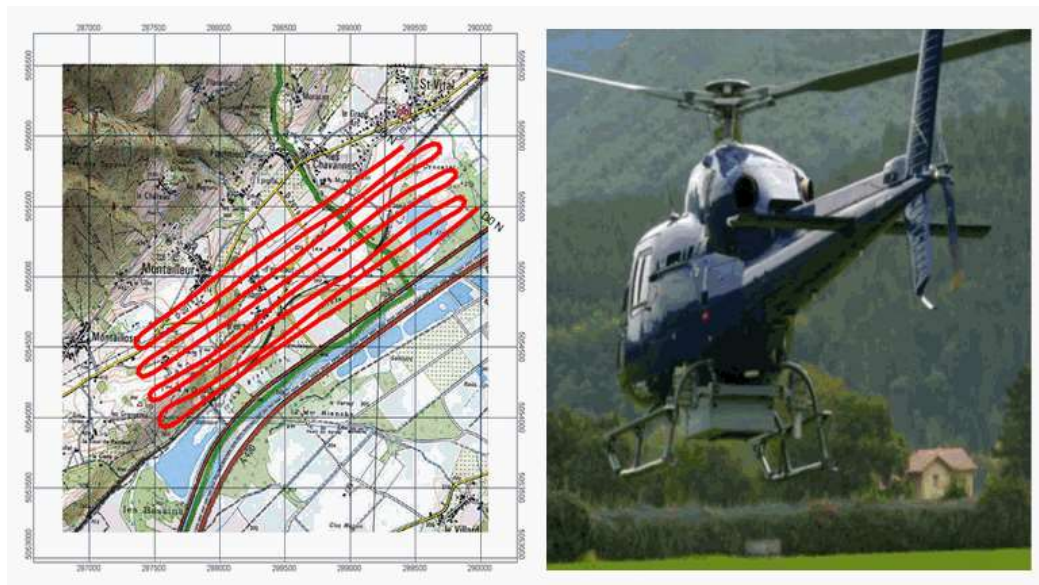


圖 17 法國 HELINUC 機載加馬能譜系統執行調查情形

(六)冰島 SPARCS 和 AVID 實務訓練

1. 為提升核安及輻安應急整備能力，冰島輻射安全局(IRSA: Icelandic Radiation Safety Authority)引進美國 SPARCS 設備和 AVID 模擬分析圖像化軟體，並持續與冰島國內海岸警衛隊、海關、警務等政府單位合作演訓。從 2011 年以來冰島輻射安全局陸續辦理應急教育訓練與輻射偵測設備實作練習，諸如與特種警察部隊舉行 2 次演習、2015 年至 2018 年期間與海岸警衛隊舉行 4 個航次空中輻射偵測作業(演習實況如圖 18)、2016 年起 SPARCS 設備安裝於汽車上進行冰島全國環境背景輻射偵測、與海關舉行不定期培訓等。



圖 18 冰島輻射安全局與海岸警衛隊國際合作演習實況

2. 為使海岸警衛隊和特種警察部隊等第一線應變人員熟悉 SPARCS 和 AVID，並有能力尋找輻射源和調查受污染地區，冰島輻射安全局於 2018 年 4 月舉辦輻

射偵測實務訓練，以壞人偷走了冰島所有的 HASS 輻射源(Co-60, Am-241, Ir-192, Cs-137)、Tc-99m 及 F18 等作為實務培訓想定情境，由第一線應變人員利用 SPARCS 設備搜尋輻射源，偵測數據藉由 AVID 分析並圖像化展現結果如圖 19。IRSA 輻射防護專家 Gísli Jónsson 就 SPARCS 和 AVID 實務訓練心得提出分享：(1)任務執行開始先行計畫(我們要做什麼及我們期待什麼)；(2)備份可能的設備；(3)當你遇到問題時，你學習更快，而不是閱讀他們；(4)小心模擬數據，廣泛的輻射污染來源可隱藏較小的輻射污染來源；(5)不要忘記非專業人員的輻射防護教育等。



圖 19 2018 年 4 月輻射偵測實務訓練偵測結果

(七)日本 AMS 發展與核應急整備

1980 年日本原子力研究開發機構(JAEA: Japan Atomic Energy Agency)開發一套利用直升機進行空中輻射偵測系統，後續移轉至核安全技術中心(NUSTEC: Nuclear Safety Technology Center)管理運作。日本福島第一核電站(FDNPS: Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station)發生事故時，該系統尚不足以因應環境偵測需求，因此 2011 年 3 月美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)首次在福島進行機載輻射偵測作業，2012 年美國 DOE/NNSA 在福島進行機載輻射偵測結果如圖 20，JAEA 也從此支援行動中學習了 AMS 偵測方法，並精進原開發之系統。日本國內空中輻射偵測系統(AMS)執行任務分工合作關聯性如圖 21 所示，應急監測中心啟動、資訊整合、AMS 行動指導等由日本原子能規制委員會(NRA: Nuclear Regulation Authority)負責，AMS 專家調度、RSI (Radiation Solutions Inc.)系統運作、偵測與數據分析等由日本原子力研究開發機構所屬的核緊急援助和培訓中心(NEAT: Nuclear Emergency Assistance and Training Center)負責，NRA 與 JAEA-NEAT 之間執行 AMS 任務夥伴關係；另派遣飛行員及直升機操作係由日本國防部負責，以利協助 JAEA-NEAT 機載輻射偵測之執行。日本原子力研究開發機構 Tamotsu KUDO and Akira FUTEMMA 兩位專家分別簡報近年來日本 AMS

偵測發展與其應用和核應急整備情況，摘述兩位專家簡報重點如下。

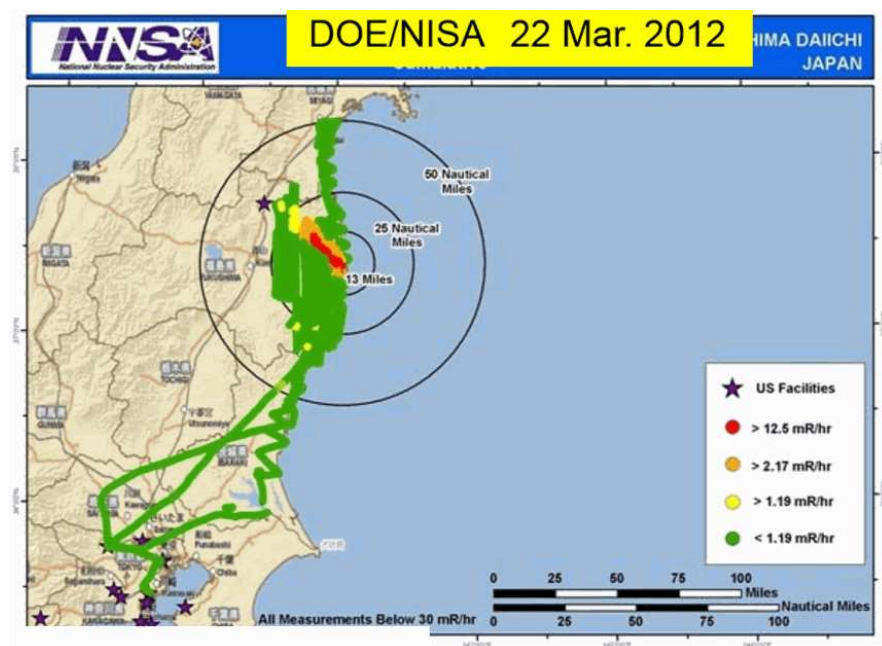


圖 20 2012 年美國 DOE/NISA 在福島進行機載輻射偵測結果

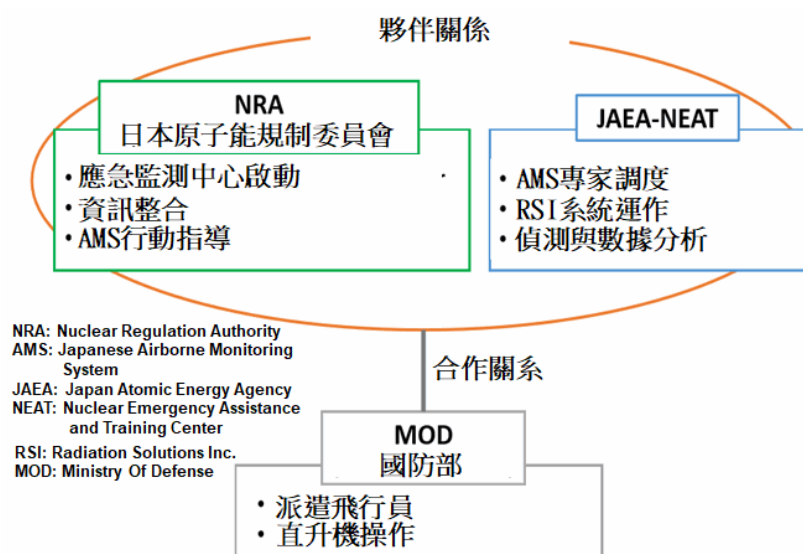


圖 21 日本 AMS 合作架構

1. 近年來日本發展的 AMS 軟硬體仿似美國作法，系統總共使用了 6 個碘化鈉偵測器，每個偵測器尺寸為 2" × 4" × 16"，偵測能量範 0.02 至 3 MeV，每秒取一組計數率及加馬能譜分布圖。該系統安裝直升機的機艙內部，另也設置即時數據傳輸器、全球定位系統(GPS)、測高計、電源組件等。原則上直升機飛行速度和高度分別每小時 130 至 150 公里和 300 公尺，有關日本發展的 AMS 硬體及機載用的直升機型號如圖 22。

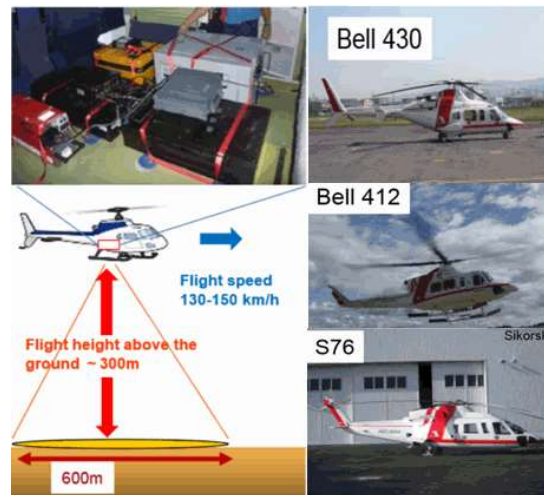


圖 22 日本 AMS 機載用的直升機型號

2. 2011 年 3 月 11 日發生 FDNPS 事故後，為了解沉積的放射性核種活度隨時間的變化，JAEA 不斷以機載 AMS 方式進行 FDNPS 周圍區域輻射偵測，並精進空中輻射偵測技術與系統整合。從 FDNPP 80 公里區域的輻射劑量率變化情形如圖 23，該區域的輻射劑量率強度變化隨著沉積的放射性核種活度隨時間的衰減而降低。一般而言，空中輻射偵測結果包括來自天然放射性核種的加馬射線的影響，對於放射性銫的高劑量區域，天然放射性核種的影響可以忽略不計；但是，對於放射性銫的低劑量區域，應考慮天然放射性核種的任何影響。倘若事先已調查了低劑量區域的背景環境輻射，就可扣除背景獲得正確估計的實際輻射水平數值。

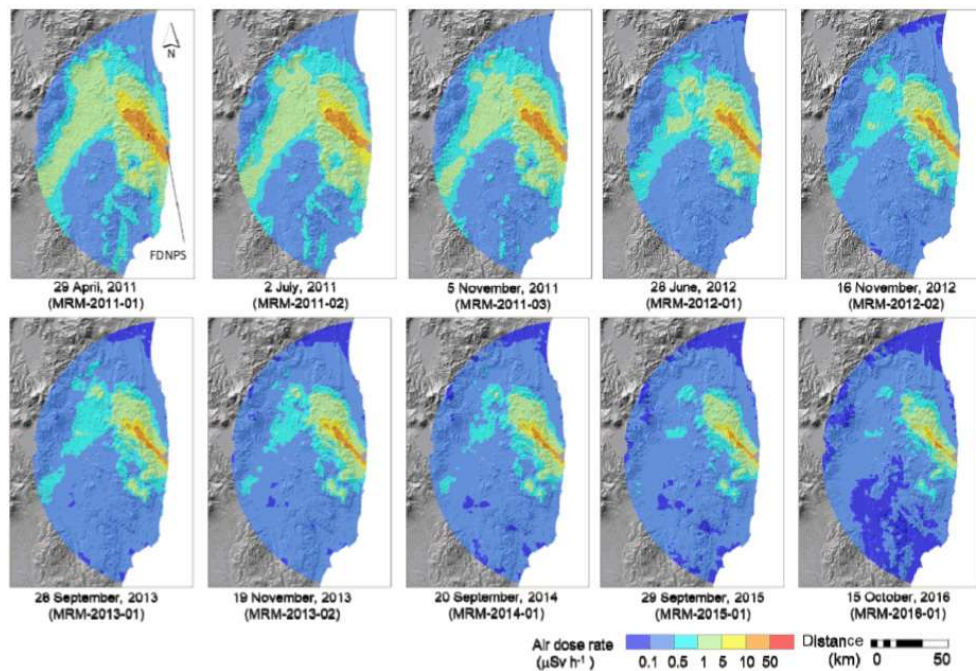


圖 23 從 FDNPP 80 公里區域的輻射劑量率變化情形(2011 年至 2016 年)

3. 執行機載或車載 AMS 獲得之監測結果是日本核電廠發生核事故時民眾防護保護行動參考之一，而執行機載或車載 AMS 偵測期間資料即時遙測技術建立與否，會影響核應急輻射偵測執行效率，與會期間日本原子力研究開發機構 Akira FUTEMMA 專家提出相關通信技術發展過程。2016 年 JAEA 著手規劃 AMS 數據即時通信系統建置架構，並進行衛星通信終端設備性能測試；2017 年設計通信網路，包括 RSI 系統通信測試及相關軟硬體設計；2018 年 AMS 數據即時通信系統建置完成並安裝於核緊急援助和培訓中心(NEAT)，AMS 數據即時通信系統整體架構如圖 24，先行以車載方式進行測試，車載設備包括 RSI 系統、全球定位系統、衛星通信終端設備、衛星天線等如圖 25，每 30 秒間隔資料傳輸一次，車輛行駛路線由 NEAT 出發經過一般道路及高速公路，再回 NEAT，其路線及結果圖像化如圖 26 所示。



圖 24 日本 AMS 數據即時通信系統整體架構



圖 25 日本車載 AMS 相關儀器概況



圖 26 日本車載 AMS 執行測試路線及其偵測結果圖像化

(八)瑞典輻射偵測應急能量與整備

瑞典環境部輻射安全局(RSA: Radiation Safety Authority)負責政府機關輻射防護，會議期間由該局 Jonas Boson 和 Simon Karlsson 兩位專家分別簡介瑞典輻射偵測應急整備和移動式加馬能譜測定法模擬能力，綜合摘錄簡報重點如下：

1. 在核設施發生事故時瑞典環境部輻射安全局執行環境偵測、採樣和分析，並提供大氣擴散計算和輻射影響評估等輻射防護方面的專業知識與技術諮詢及建議。環境偵測應變能量與作為：(1)瑞典全國線上加馬輻射劑量率監測站網路(包括國家建置 28 站及每個核電廠周圍 30 站)，各輻射監測站自動將資料傳輸到 RSA 監控，輻射監測站外觀如圖 27；(2)由當地消防員組成的偵測隊執行空氣取樣及輻射劑量率等區域偵測作業如圖 28；(3)為執行機載及車載輻射偵測作業，RSA 建置移動實驗室及 1.5 吋溴化鑷(鉀)閃爍偵檢器人員背載(背包)系統如圖 29，並於 2019 年增購移動式 4 升碘化鈉偵測系統；(4)為成立專家應變組織，與多個政府機構和大學簽署協定，參與單位提供輻射偵測和實驗室分析的工作人員並須進行內部培訓和練習，RSA 提供偵測設備和國家演習等。



圖 27 輻射監測站外觀



圖 28 區域輻射偵測儀器及執行情形



圖 29 車載及人員背載輻射偵測作業

2. RSA 成立的專家應變組職的輻射監測訓練包括各參與組職內部培訓、RSA 舉辦年度功能性或大規模的演練等，年度大規模的演練為期 4 天，演練事項包括機載及車載輻射偵測、現場加馬能譜分析儀偵測作業、加馬劑量率偵測及取樣分析作業等如圖 30 所示。另 RSA 也負責瑞典國內核電廠演習及參與國際性 AMS 技術交流。從參與多次瑞典國內及國際輻射監測演練，RSA Jonas Boson 專家提出一些結論與大家分享，即(1)模擬能力有助於更好、更經濟的高效率演練；(2)國際合作的重要性；(3)國際援助(International assistance)並非沒有挑戰等。



圖 30 年度大規模的演練情形

- 為提升輻射偵測演練效果與應急能力，RSA 自行開發 Nugget 軟體，該軟體平台模擬作業時可同時採用兩個碘化鈉偵測器和一個高純鍺偵測器，也可用於手持式輻射偵測儀器的模擬，並進行點輻射源或廣泛(大面積)污染評估。圖 31 顯示 Nugget 軟體平台上模擬碘化鈉偵測器偵測點輻射源(^{137}Cs)的結果並以圖像化情形，另在瑞典核安演習也常應用 Nugget 軟體模擬 HPGe 加馬能譜分析，作為人員實務教育訓練用。

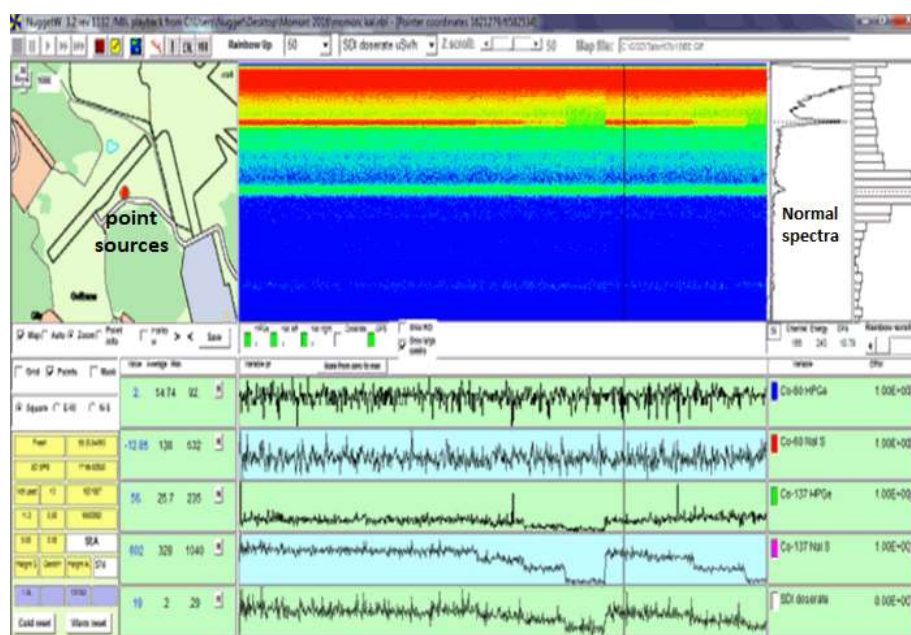


圖 31 Nugget 軟體平台上模擬碘化鈉偵測器偵測點輻射源(^{137}Cs)的結果

(九)韓國 AMS 發展與訓練

- 韓國核安全研究所 (KINS: Korea Institute of Nuclear Safety) Byoung-Jik Kim 博士和韓國原子能研究所(KAERI: Korea Atomic Energy Research Institute) Young-Yong Ji 研究員等分別簡介全國環境輻射鑑別系統和環境輻

射偵測技術訓練概況。韓國全國環境輻射鑑別系統 (SIREN: System for Identifying Radiation in Environments Nationwide)係一套整合環境加馬輻射監測網路、連續空浮放射性監測網路、區域監測站網路、氫同位素監控系統、移動式現場偵測系統、車載及機載輻射偵測系統(AMS)等資訊之綜合性系統，提供全面性的分析資訊、顯示視覺化的輻射狀況等，以利技術支援國家政府的決策，全面性掌握輻射緊急應變情況。有關機載輻射偵測系統執行結果即時傳送並匯入全國環境輻射鑑別系統，並將結果以圖像化顯示如圖 32 所示。



圖 32 SIREN 圖像化顯示 AMS 執行結果

2. KAERI 環境放射性評估小組 Young-Yong Ji 研究員就韓國機載輻射偵測系統及其應用於環境輻射偵測訓練概況提出分享。KAERI 開發一套機載輻射偵測系統 (AMS)，該系統係由 2 顆 2 吋溴化鐳(鉍)閃爍偵檢器、多頻道分析及數據處理模組、全球定位系統(GPS)、電源組件等組成，其重量約 6 公斤，主要以機載、車載及現場固定點方式執行快速偵測核事件釋放的大面積地面上的放射性污染。為提高核安應急人員輻射偵測能力，不定期將 AMS 安裝於無人機在濟州島 (Jeju Island)執行環境輻射偵測訓練作業如圖 33 所示，訓練內容包括 AMS 偵測原理、硬體安裝技術、即時通訊數據分析及圖像化處理等。另為強化核安應急輻射偵測能力，去年與韓國釜山市政府合作在釜山廣安海灘進行直升機空中輻射偵測及現場輻射偵測訓練，如圖 34 及圖 35。釜山警察廳負責提供直升機並由 KAERI 專家安裝 AMS 及相關組件；同時 KAERI 專家在釜山廣安海灘也設置 4 升碘化鈉偵檢器及純鍺偵檢器各 1 組，釜山警察廳設置 3 組 2 升碘化鈉，以利實務訓練及偵測結果互相比對。



圖 33 在韓國濟州島(Jeju Island)執行環境輻射偵測訓練情形

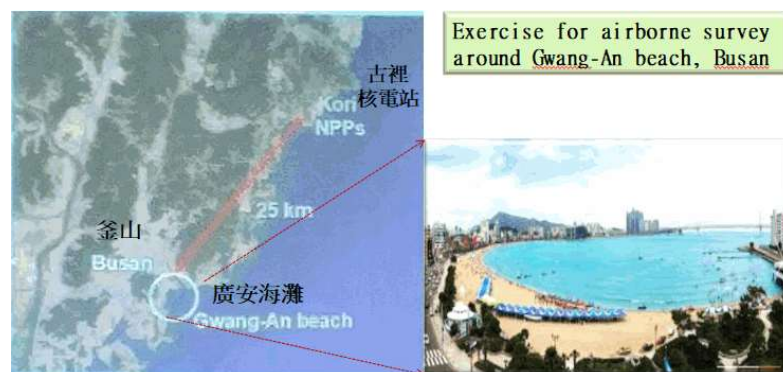


圖 34 直升機空中輻射偵測訓練地點(韓國釜山廣安海灘)



圖 35 在韓國釜山廣安海灘現場輻射偵測訓練情形

二、參觀 DOE Bell 412 直升機上的 AMS

與會期間也安排參觀裝設於美國 DOE Bell 412 直升機上的 Aerial Measuring System (AMS)，因北拉斯維加斯機場管制區內嚴密管制，與會專家分兩梯次進入機場管制區內，由 NNSA 的遙測實驗室(RSL: Remote Sensing Laboratory)人員引導並現場介紹如圖 36。現階段 RSL 將 AMS 委由美國國家安全技術有限責任公司(National Security Technologies)管理，系統操作由 AMS 專案的人員負責。原則上在飛行期間飛行高度保持不變，一般記錄在距地面(AGL: Above Ground Level)15 公尺到 91 公尺之間。每 1 秒記錄 1 筆加馬射線能譜，以 70 節(100~150 公里/小時)的速度飛行，飛行間距約 30 公尺。其獲得的加馬射線能譜資料，可以區分天然放射性與人造放射性，並可識別特定同位素，無論是來自天然的還是人造的。



圖 36 參觀美國 DOE Bell 412 直升機上的 AMS

RSL 的 AMS 係引用輻射解決方案公司(RSI: Radiation Solutions Incorporated)的輻射偵測系統，該公司是一家加拿大公司，主要生產航空輻射偵測系統，用於地球物理研究。AMS 使用雷達高度計進行垂直定位(地面高度)，並使用差分全球定位系統(DGPS: Differential Global Positioning Systems) 作為定位。AMS RSI 系統總共使用了 12 個碘化鈉偵測器，每個偵測器尺寸為 2"×4"×16"。這些偵測器採用四個 RSX-3 單元，每個單元包含三個碘化鈉偵測器如圖 37。RS-501 單元將每個 RSX-3/RS-701 單元的輸入組合在一起，並提供配電單元和 DGPS。四個 RSX-3 箱安裝在 Bell 412 直升機的左右兩側的外部安裝鋁吊艙(每個吊艙兩個 RSX-3)如圖 38。

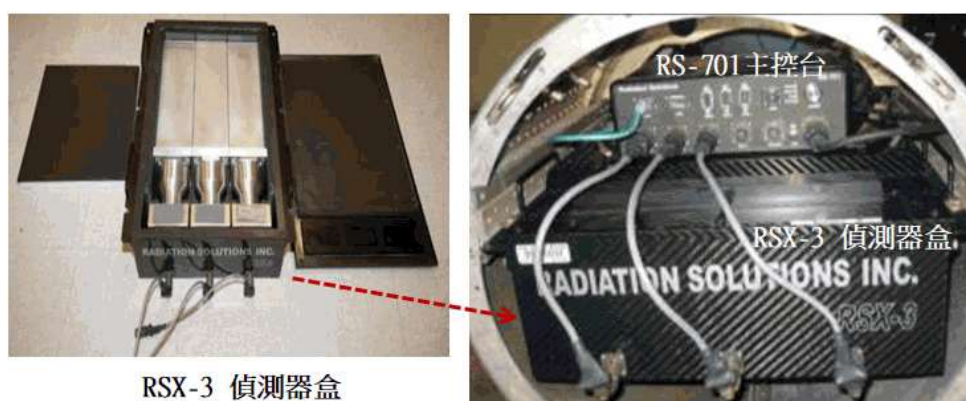


圖 37 RSX-3/RS-701 單元實體外觀



圖 38 DOE Bell 412 直升機(外掛 AMS 加馬輻射偵測儀器)

肆、心得

一、AMS 數據即時通信系統建置

各與會國家擁有之 AMS 大部分具有數據即時通信功能，諸如日本原子力研究開發機構(JAEA)於 2016 年規劃 AMS 數據即時通信系統架構，2018 年完成建置，並以車載方式順利測試。該系統係由 RSI 系統、全球定位系統、衛星通信終端設備、衛星天線等組成，其搭配 AMS 同時以機載或車載執行偵測作業，可大幅提升核子事故應急輻射偵測執行效率。

另加拿大也發展一套即時遙測輻射偵測系統，其係由碘化鈉加馬偵檢器、中子偵檢器、高解析度光譜儀、即時遙測設備、及資料存儲與全球定位系統等組成，有利於即時提供相關輻射分佈和特性資訊。綜合上述兩國之做法，值得我們學習。

二、組成 AMS 之輻射偵測儀器

碘化鈉加馬偵檢器、溴化鐳(銻)閃爍偵檢器、高純鍺偵檢器等均可識別放射性核種，因此這些偵檢器均可作為 AMS 之輻射偵測儀器。規劃 AMS 之輻射偵測儀器發展先要考量採用的機載工具，若機載工具為直升機，則航高、航速、及擷取偵測數據間隔時間等因素可能會影響偵測儀器功能設計；若機載工具採無人機則載重將是影響偵測儀器功能設計之主要因素。

三、分析模擬軟體與輻射偵測結果圖像化

由於在演習期間不容易真正部署的空中偵測系統，為提高演練效率和真實感，配備一套合適的空中偵測系統模擬工具是有其必要性。與會國家採用之模擬工具涵蓋 AVID 數據分析處理系統、RadAssist 輔助分析展示系統、Nugget 模擬軟體等，目前較多國家採用類似 AVID 數據分析處理系統作為 AMS 輻射偵測數據之模擬與分析處理工具。

我國採用的 AVID 數據分析處理系統係引用自美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)，但缺乏數據即時通信功能。上述各類模擬軟體的功能大同小異，而且均可介接匯入 AMS 輻射偵測數據，並可以各種層次之顏色轉置處理為圖像化，提高視覺化效果。

四、移動式輻射偵測機載工具提供來源

移動式輻射偵測系統採用的機載種類包括無人機、直升機和固定翼飛機等，目前各國機載以直升機為主，諸如 CBP ASTAR 350、CBP 黑鷹(Blackhawk)、日本 Bell 1430、日本 S76、美國 DOE Bell 412 等型號直升機。依各國國情的不同，機載工具提供來源大部分來自國防及救防災空勤單位提供協助，有的來自邊境防衛海關或警察單位。

為避免受限直升機調度問題，而且空中偵測系統(AMS)機動性高，法國輻射防護與核能安全研究所常未固定設置於專用機載體(直升機)，法國國內演習以往常規劃將 AMS 安裝於汽車頂架上執行機動輻射偵測作業。近幾年業已與私營(大型)航空公司簽訂合同，以利應急需要時彈性處置直升機，並可順利定期規劃 AMS 偵測訓練飛行計畫。

五、整合型環境輻射偵測系統平台建置

近年來韓國核安全研究所(KINS)發展一套環境輻射鑑別系統(SIREN)，該系統資料庫可介接來自環境加馬輻射監測網路、連續空浮放射性監測網路、區域監測站網路、氡同位素監控系統、移動式現場偵測系統、車載及機載輻射偵測系統(AMS)等資訊，屬一套偵測資訊綜合性的平台，平台上提供全面性的分析資訊、視覺化的輻射狀況等。此平台值得我國仿效建置，可提升核子事故輻射偵測應急整備能力。

六、無人機空中偵測系統建置

可能因現行各國發展之高靈敏輻射偵測系統組成儀器重量超過商用無人機無法載重負荷，本屆簡報中僅我國和韓國提到無人機 AMS 發展與應用問題。我國原能會

及所屬機關正積極精進現行空中輻射偵測儀器，然而偵測功能越好可能偵測儀器的重量越重，因此提升無人機載重能量有其必要性。

為了發展無人機可裝載之偵測系統，韓國 KAERI 已開發一套輕便型輻射偵測系統，該系統核心硬體組件涵蓋 2 個 2 吋溴化鏷(鉕)閃爍偵檢器、多頻道分析及數據處理模組、全球定位系統(GPS)、供電模組等，合計重量約 6 公斤，該重量一般商用直升機可以負荷乘載，目前韓國 KAERI 將此系統以機載、車載及現場固定點方式作為快速偵測核事件釋放的大面積地面上的放射性污染。我國可仿效韓國做法，建置本土化之輕便型空中輻射偵測系統。

伍、建議

- 一、我國的 AMS 硬體及 AVID 模擬分析軟體由美國能源部國家核子保安局引進，然而分析軟體方面有些功能尚未完備，特別是數據即時通信功能。為提升核子事故應急輻射偵測執行效率，建議再與美方協商增加現行我國使用 AVID 軟體的數據即時通信功能。
- 二、為避免受限直升機調度問題，而且空中偵測系統機動性高，建議宜規劃多元管道之機載工具來源，諸如軍方、空勤、或者與私營航空公司簽訂合同等。

陸、附件

一、2019 年空中輻射偵測系統國際技術交流會議議程



U.S. Department of Energy, National Nuclear Security Administration
Office of Nuclear Incident Policy and Cooperation



Nevada National Security Site-Remote Sensing Laboratory

Las Vegas, Nevada, USA

May 13 –16, 2019

DRAFT AGENDA ver 5

Participating Organizations

National Nuclear Energy Commission (CNEN) – Brazil
Radiation Solution, Inc. (RSI) – Canada
Natural Resources Canada (NRCan) – Canada
Ministry of Defense (MOD) - Czech Republic
National Radiation Protection Institute (SURO) – Czech Republic
Danish Emergency Management Agency (BRS) – Denmark
Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety (IRSN) – France
French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA) – France
Icelandic Radiation Safety Authority (IRSA) – Iceland
Japanese Atomic Energy Agency (JAEA) – Japan
Korea Institute of Nuclear Safety (KINS) – Korea
Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) – Korea
Swedish Radiation Safety Authority (SSM) – Sweden
Atomic Energy Council (AEC) – Taiwan
National Nuclear Security Administration Aerial Measuring System (AMS) – USA
DOE Radiological Assistance Program Region 3 (RAP 3) – USA
DOE Radiological Assistance Program Region 5 (RAP 5) – USA

Location

Technical Exchange will be held at the North Las Vegas Airport
Address: 1205 Airport Dr, North Las Vegas, NV 89032

Accommodation:

Participants will arrange own accommodations.

Transportation:

Participants will arrange own transportations.

May 13 (Monday) – North Las Vegas Airport

08:00 – 08:30 Welcome, Introductions, International Program Update. Kirk Czap, NNSA NA-81 (US)

08:30 – 09:00 Brief History of AMS Technical Exchanges, Piotr Wasiolek, RSL (US)

09:00 – 10:00 *Brazil Presentation and Q&A*

10:00 – 11:00 Natural Resources Canada Safety and Security Exercises 2009-2019: A Decade of Insight
Canada (NRCan) and Q&A

11:00 – 12:00 Airborne radiation monitoring in the Czech Republic - past and present.
Czech Republic Presentation (SURE and MOD) and Q&A

12:00 – 14:00 Lunch

14:00 – 15:00 *Denmark Presentation and Q&A*

15:00 – 16:00 Training and Exercises for Aerial Gamma Measurements with Helinuc™ System.
France (CEA) Presentation and Q&A

16:00 – 17:00 *Plenary Discussions*

17:00 End of Day

May 14 (Tuesday) - North Las Vegas Airport

08:00 – 09:00 IRSN's experiences in nuclear crisis exercises (preparedness, organization, training, simulation).
France (IRSN) Presentation and Q&A

09:00 – 10:00 Exercise and training of SPARCS and AVID in Iceland.
Iceland (IRSA) Presentation and Q&A

10:00 – 11:00 Recent Activities of AMS around Nuclear Power Stations and Preparedness against Nuclear
Emergency. *Japan (IAEA) Presentation and Q&A*

11:00 – 12:00 A simulator for measurements of radioactive distribution and the exercise for the operation.
Korea Presentation (KAERI and KINS) and Q&A

12:00–14:00 Lunch

14:00 – 15:00 Swedish programme for radiation monitoring exercises. *Sweden Presentation and Q&A*

15:00 – 16:00 *Taiwan Presentation and Q&A*

16:00 – 17:00 *Plenary Discussions*

17:00 End of Day

May 15 (Wednesday), North Las Vegas Airport

08:00 – 10:00 Demo of US DOE Bell 412 helicopter with AMS radiation detection system



SPECIAL Session on Training Data Simulation

10:00 – 11:00 *Simulation of training data - RSI Canada and Q&A*

11:00 – 12:00 *Simulation of training data - France and Q&A*

12:00 – 14:00 Lunch

14:00 – 15:00 Simulation capabilities for Swedish mobile gamma spectrometry. *Sweden and Q&A*

15:00 – 16:00 Simulation of training data. *Mike Reed, RSL (US)*

16:00 – 17:00 Plenary discussion on training data simulation

May 16 (Thursday), North Las Vegas Airport

08:00 – 09:00 *Regional Training Concept of AMS Operations - RAP 3/CBP Experience. Ron Smith, RAP 3 (US)*

09:00 – 10:00 *Regional Training Concept - RAP 5 Experience. Frank Moore, RAP 5 (US)*

10:00 – 10:30 *Prominent Hunt Exercises. Dan Haber, AMS (US)*

10:30 – 11:00 *WINGS Exercises. Piotr Wasiolek, AMS (US)*

11:00 – 12:00 *Aviation Challenges in Aerial Exercise Planning. Mike Toland CPT Pilot, AMS (US)*

12:00 – 14:00 **Lunch**

14:00 – 14:30 *Spatial Prediction with Observations at Multiple Spatial Scales. Dan Fortin, PNNL (US)*

14:30 – 15:00 *AMS Peer Review Process. Warnick Kernan, PNNL (US)*

15:00 – 16:00 *US Aerial Measuring System Personnel Training. Jessica McNutt, AMS (US)*

16:00 – 17:00 *Summary discussions*

17:00 **End of Day**