

空中偵測系統技術引進與研發

期末報告

摘要

原子能委員會為落實「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，委請本所保物組協助辦理 104 年度緊急應變空中輻射劑量偵測與評估技術研究。本期末報告說明計畫執行之成果。

委託單位：原子能委員會

受委單位：核能研究所保健物理組

目錄

第 1 章前言	1
第 2 章依空中輻射劑量偵檢設備設計之特性，建立自主化簡易備品製 程研究技術	2
2.1 SPARCS-A 硬體概述	4
2.2 SPARCS-A 能量校正	11
2.3 SPARCS-A 故障檢修	13
第 3 章搭配核子事故外釋核種之特性，建立空中輻射劑量偵測數據推 算至地面核種沉積量之評估技術	22
3.1 出國摘要與目的	23
3.2 訓練過程	24
3.3 訓練心得	55
3.4 建議事項	56
3.5 本章附錄	57
3.5.1 附錄一、美國能源部國家核子保安總署(NNSA)邀請文件	57
3.5.2 附錄二、SPARCS / AVID 進階訓練議程	58
第 4 章開發與建置空中偵測設備之外加式即時資料傳輸模組，建立空 中輻射劑量偵檢設備即時資料傳輸能力	60
4.1 SPARCS-A 空中偵測系統數據傳輸模組之研發	62
4.2 PGIS-2 輻射偵檢設備數據傳輸模組之研發	66
4.3 建立空中輻射劑量偵檢設備即時資料傳輸能力	70
第 5 章辦理空中輻射偵測任務規劃及相關人員輻防專業訓練	74
5.1 空中輻射偵測任務規劃	74
5.1.1 核一廠緊急應變劑量評估系統模擬設定	75

5.1.2 核一廠緊急應變劑量評估系統相對地理位置討論	76
5.1.3 核一廠緊急應變劑量評估系統模擬結果分析與統計研究	79
5.2 辦理相關人員輻防專業訓練課程	93
5.3 派員支援年度的核安第 21 號演習	94
第 6 章期末報告總結	97

圖目錄

圖 2-1 SPARCS-A 空中偵測系統.....	4
圖 2-2 SPARCS-A 空中偵測系統架構.....	4
圖 2-3 碘化鈉偵檢箱內部各偵檢器(含尺寸)示意圖.....	5
圖 2-4 碘化鈉無機閃爍晶體的發光機制	6
圖 2-5 碘化鈉閃爍偵檢器的工作原理	7
圖 2-6 左圖為光電倍增管的陽極端、右圖為偵檢器帽蓋，兩者互為鎖 匙關係	8
圖 2-7 位於 SPARCS-A 偵檢箱內的 2 個控制模組(stack)，左方為 223 模組、右方為 224 模組	9
圖 2-8 資料擷取和傳送單元(ATU)的前面板(front panel).....	10
圖 2-9 資料擷取和傳送單元(ATU)的後面板(rear panel)	10
圖 2-10 圖示執行能量校正之目的.....	11
圖 2-11 使用 K-40 射源執行高能量增益的穩定性校正.....	12
圖 2-12 使用 Am-241 射源執行低能量閾值設定之校正.....	13
圖 2-13 顯示 ATU 自動去偵測 2 個控制模組訊號之過程	13
圖 2-14 顯示 4 根碘化鈉偵檢器的計數值和 GPS 的訊號.....	14
圖 2-15 ATU 未找到偵檢箱訊號之應變.....	16
圖 2-16 兩組(四根)偵檢器都沒有訊號之應變	17
圖 2-17 單一組(兩根)偵檢器沒有訊號之應變	19
圖 2-18 ATU 細部的線路圖	20
圖 2-19 SPARCS-A 細部的線路圖.....	21
圖 3-1 AVID 系統畫面	27
圖 3-2 模擬器視窗	28

圖 3-3 Tiled-Pane 功能窗格選項.....	29
圖 3-4 Ribbon 功能選單.....	30
圖 3-5 顯示地圖與帶狀圖.....	30
圖 3-6 顯示地圖、帶狀圖與警示視窗.....	31
圖 3-7 顯示地圖、雙瀑布圖、帶狀圖與警示視窗.....	31
圖 3-8 AVID 的地圖圖層選項.....	33
圖 3-9 Bing Hybrid 圖層範例.....	33
圖 3-10 AVID 追蹤功能.....	34
圖 3-11 AVID 地圖 Table of Content 圖層管理工具.....	34
圖 3-12 AVID 顯示偵測路徑軌跡與警示結果.....	35
圖 3-13 將偵測數值屬性以不同顏色表示之結果.....	36
圖 3-14 AVID 數據處理啟動選項.....	37
圖 3-15 AVID 載入偵測數據資料庫.....	38
圖 3-16 測試線數據遮罩建立.....	38
圖 3-17 全部數據與遮罩數據選取.....	39
圖 3-18 Window Metric 的參數設定.....	40
圖 3-19 Window Metric 的演算法選項.....	40
圖 3-20 Window Metric 視覺化輔助設定功能.....	41
圖 3-21 Window Metric 進階功能選項.....	41
圖 3-22 「Calculations」中的空間內插模組.....	42
圖 3-23 空間內插模組分析參數設定視窗.....	42
圖 3-24 空間內差分析前之點偵測資料呈現.....	43
圖 3-25 空間內差分析後之等值線偵測資料呈現.....	43
圖 3-26 空間分析結果新增圖層.....	43
圖 3-27 陸線與水線之校正參數分析.....	44

圖 3-28 選取背景路線並取得背景之平均計數率	45
圖 3-29 利用選取工具建立調查區域遮罩	46
圖 3-30 單視窗演算法計算地表計數率	46
圖 3-31 GPS 高度，數值地形與大地起伏之關係示意圖	47
圖 3-32 「Data View Tool」上輸入計算公式的功能	47
圖 3-33 選取高度修正後總計數率執行背景計數率扣除	48
圖 3-34 二視窗演算法設定視窗	48
圖 3-35 計數率轉換成劑量率	49
圖 3-36 特定區域選取與檢視	49
圖 3-37 三視窗演算法汲取 Cs-137	50
圖 3-38 三視窗演算法的各項參數輸入介面	50
圖 3-39 三視窗演算法 Cs-137 汲取結果	50
圖 3-40 利用高斯擴展完成等值線成果繪製	51
圖 3-41 AVID 地圖產品輸出之樣板式樣	51
圖 3-42 AVID 地圖產品輸出編輯介面	52
圖 3-43 AVID 即時傳輸功能示範	54
圖 4-1 ATU 每秒資料儲存畫面圖	62
圖 4-2 ATU 寫入每秒之動態於同一個*.dat 紀錄檔中	63
圖 4-3 ATU 會自動將座標值轉換成 ArcGIS 的 SHP 檔案格式	64
圖 4-4 PGIS-2 輻射偵檢設備外觀示意圖	66
圖 4-5 PGIS-2 輻射偵檢設備內部構造圖	67
圖 4-6 PGIS-2 輻射偵檢設備與無人載具整合研發圖	67
圖 4-7 展示無線傳輸與接收顯示平台	70
圖 4-8 展示 SPARCS-A 程式即時傳輸模組介面	71
圖 4-9 展示 PGIS-2 即時傳輸模組介面	72

圖 5-1 核一廠區域地形高度分布圖，黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅點代表核一廠所在位置。(網格範圍以核一廠為中心各向外 20 km).....	76
圖 5-2 核一廠區域地形高度分布圖，黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅點代表核一廠所在位置。(網格範圍以核一廠為中心各向外 10 km).....	77
圖 5-3 核一廠民眾集結點和收容站，圖中紅色圓框代表以核電廠為中心向外半徑 5 km 之緊急應變區，左上方之數字代表核一廠的疏散集結點。	77
圖 5-4 Cs-137 年平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖(A)網格範圍為核一廠為中心各向外 20 km，圖(B)網格範圍為核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m ²)，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m ²)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。	81
圖 5-5 2013 年(上半年)核一廠之風向月份時序圖。	82
圖 5-6 2013 年(下半年)核一廠之風向月份時序圖。	83
圖 5-7 Cs-137 季平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖(A)(B)(C)(D)四季皆以網格範圍為核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m ²)，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m ²)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。	86
圖 5-8 Cs-137 月平均地表沉積累積量之空間分布圖。以上所有圖形皆以核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m ²)，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m ²)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代	

表核一廠所在位置。.....	87
圖 5-9 Cs-137 年平均累積有效劑量之空間分布圖。圖(A)網格範圍為核一廠為中心各向外 20 km，圖(B)網格範圍為核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。.....	90
圖 5-10 Cs-137 季平均累積有效劑量之空間分布圖。圖(A)(B)(C)(D)四季皆以網格範圍為核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。.....	91
圖 5-11 Cs-137 月平均累積有效劑量之空間分布圖。以上所有圖形皆以核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。.....	92
圖 5-12 空中輻射偵測作業之飛行區域.....	94
圖 5-13 空中輻射偵測作業之飛行路線.....	95
圖 5-14 104 年核安第 21 號演習空中輻射偵測站(UAV).....	95
圖 5-15 104 年核安第 21 號演習空中輻射偵測站(SPARCS-A).....	96

第1章 前言

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，原子能委員會(以下簡稱原能會)委請核能研究所(以下簡稱本所)協助辦理 104 年度空中偵測系統技術引進與研發(原能會 104 年 2 月 6 日會輻字第 1040003556 號)計畫。本所遂於 104 年 2 月 24 日提出研究計畫書，並業經審核同意(原能會 104 年 3 月 12 日會輻字第 1040010805 號)。

本期末報告將依據計畫書所提工作項目，闡述計畫之執行成果。各章節編排如下：第 2 章為依空中輻射劑量偵檢設備設計之特性，建立自主化簡易備品製程研究技術，期能符合兼具使用操作與故障排除之目標；第 3 章為搭配核子事故外釋核種之特性，建立空中輻射劑量偵測數據推算至地面核種沉積量之評估技術，預期將派員赴美國能源部國家核子保安總署，參加空中輻射偵測進階訓練課程，建立進階之偵測數據後處理技術及引進 AVID 數據後處理操作程式；第 4 章為開發與建置空中偵測設備之外加式即時資料傳輸模組，建立空中輻射劑量偵檢設備即時資料傳輸能力，以便即時接收最新的數據資料，滿足緊急應變立即決策之需求；第 5 章為辦理空中輻射偵測任務規劃及相關人員輻防專業訓練，說明核電廠周邊之空中偵測飛航路線規劃狀況及訓練課程之辦理情形，另外亦有支援本年度的核安演習；第 6 章為期末報告總結。

第2章 依空中輻射劑量偵檢設備設計之特性，建立自主化簡

易備品製程研究技術

空中偵測進步型輻射能譜量測電腦系統 SPARCS-A 型號係用於核子反應器意外或放射性散佈事故時，裝載於飛行器上執行大區域地表污染物放射性調查工作。SPARCS-A 共具備四組大小不一、特定方向設計之碘化鈉偵檢器，其中三組不同大小的向下碘化鈉偵檢器係用於確認地面核種沉積劑量與輻射曝露，而另一組向上的碘化鈉偵檢器則是用於確保機組人員的輻射安全。

長期的使用操作 SPARCS-A 偵檢系統難免會遭遇到一些不可預期的狀況需要排除，例如線路鬆脫或偵檢器帽蓋毀損等問題。其中，線路鬆脫將會使 SPARCS-A 所顯示出來的計數率與穩定值相左，甚至完全沒有訊號；而偵檢器帽蓋毀損則會影響後方接的放大器，可能導致輸出的計數率出錯，故本計畫今年預計針對 SPARCS-A 偵檢箱內部的各關鍵零組件進行更換測試與故障排除，同時透過去年(103年)台美雙邊會議之決議，與美方儀器開發單位建立聯繫管道與相關技術支援，替換或修復系統之關鍵零組件，期能有效建立自主化簡易備品之製程研究技術，以達同時兼具使用操作與故障排除之目標，確保空中偵測設備之可用性與偵測品質。

本年度透過我國駐美代表官員趙衛武博士的協助，邀請美方儀器開發單位派遣數位資深工程師赴核研所，教導本所的技術團隊有關 SPARCS-A 空中偵測設備之故障排除與修復方法，此課程為首次在非

美國境內開設，實屬難得，希冀能夠完整地在台灣建立 SPARCS 系統維修技術。以下將針對此次美方專家群之教學內容做一整理，以建立我國自主化的檢測、維修與備品更換技術。

2.1 SPARCS-A 硬體概述

欲對 SPARCS-A 系統做故障檢修前，必須先對整套系統的硬體架構及其作用原理有全盤之了解，避免檢修或更換到不需更換的零組件及線路，本節將針對整套系統的運作原理做說明。

SPARCS-A 空中偵測系統主要由(1)碘化鈉偵檢箱、(2)資料擷取和傳送單元(ATU)及(3)筆記型電腦共三個部分所組成(如圖 2-1 和圖 2-2 所示)，每個部分都扮演著重要的角色，以下將一一做介紹：

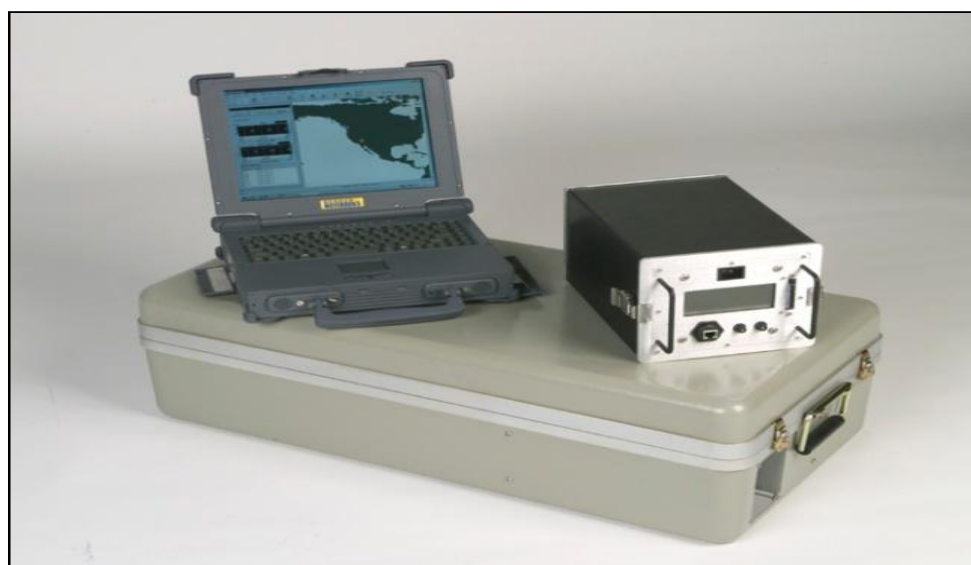


圖 2-1SPARCS-A 空中偵測系統

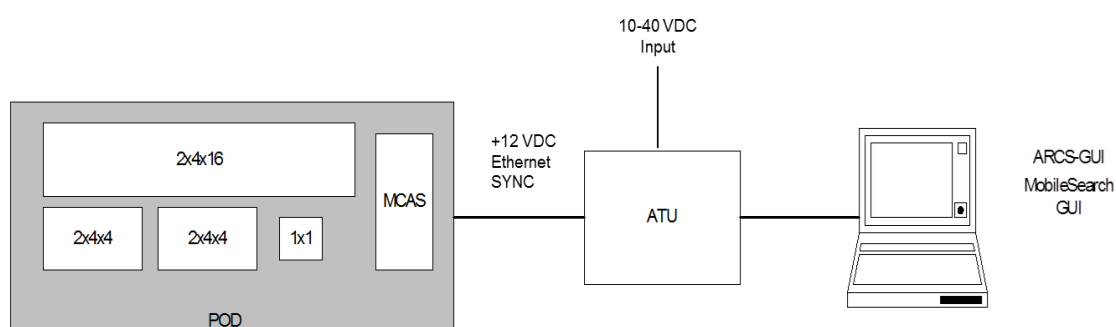


圖 2-2SPARCS-A 空中偵測系統架構

壹、碘化鈉偵檢箱：為整個輻射偵檢系統的核心，含有 1 個 2''×4''×16''(5cm×10cm×40cm, 2L) 的 NaI 晶體、1 個 2''×4''×4'' (5cm×10cm×10cm, 0.5L) 的 NaI 晶體 (向下偵檢器)、1 個 1''×1''(2.5cm×2.5cm) 的 NaI 晶體及 1 個 2''×4''×4'' (5cm×10cm×10cm, 0.5L) 的 NaI 晶體(向上偵檢器)，每個晶體後方都會接上光電倍增管(photo-multiplier tube, PMT)以做訊號的放大，然後再輸出到多頻道分析儀(multi-channel analyzer, MCA)中做訊號的鑑別及處理，如圖 2-3 所示。

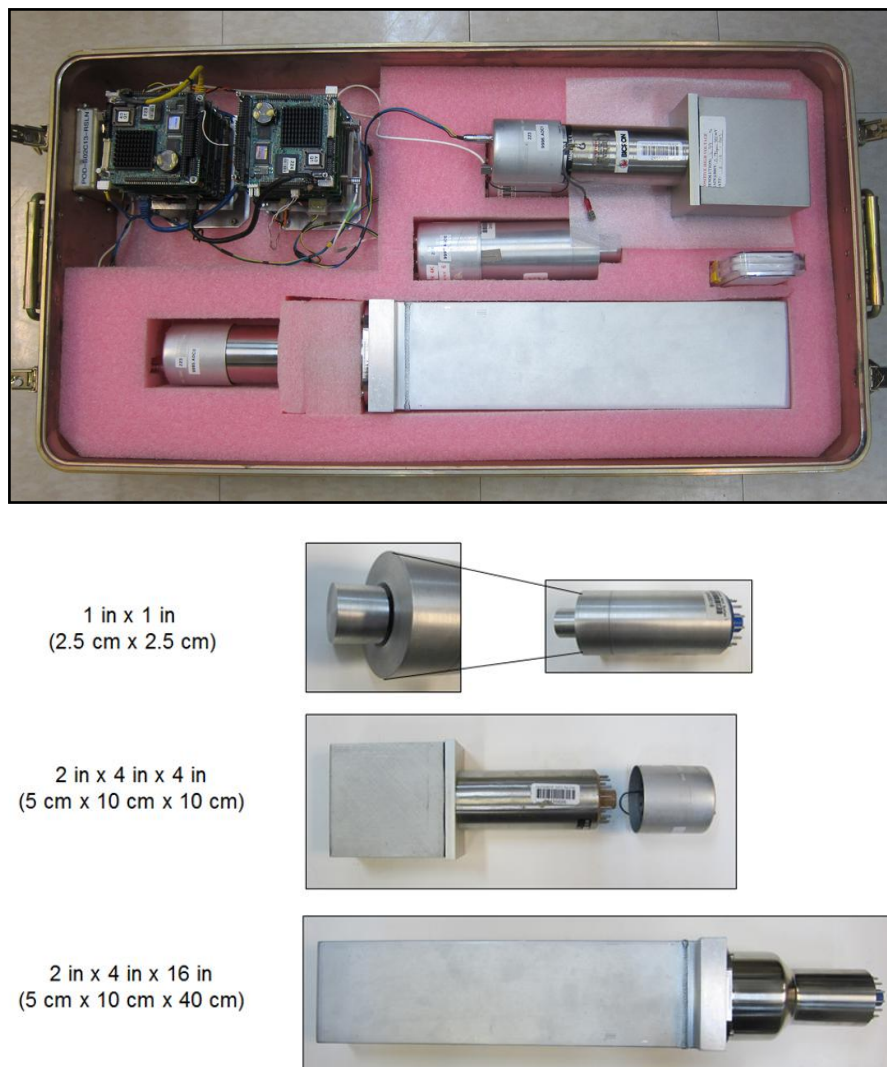


圖 2-3 碘化鈉偵檢箱內部各偵檢器(含尺寸)示意圖

碘化鈉偵檢器由固態的無機閃爍晶體所構成，具有高密度及高原子序之特性，對 X-ray 和 γ -ray 等非荷電之電磁型輻射偵測效率較佳，其發光的機制如圖 2-4 所示。晶體中電子的能階主要分成價電帶 (valence band) 和導電帶 (conduction band) 兩種，介於兩者之間稱為能隙 (energy band gap)，入射之游離輻射可將電子由價電帶激發至導電帶，當電子由導電帶跳回至價電帶可以放出相當於能隙能量之光子，但利用這種方式放出的光子能量等於能隙，很容易再被晶體給吸收。

一種增加閃爍晶體發光效率的方法便是在閃爍晶體中加入稱作活化劑 (activator) 的雜質，活化劑會在能隙中形成雜質能階，使電子可以在活化能階上做短暫之停留，此時的活化能階常處於激發狀態，當其返回到基態時即可放出相當於其激發能的螢光，該螢光的能量會比晶體的能隙還要小，故不會再被晶體給重新吸收，使閃爍計數器對其所發出之螢光成高度透明性，符合閃爍偵檢器的要求。

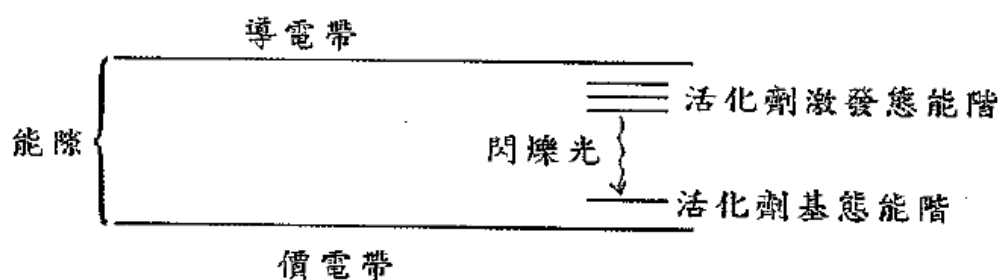


圖 2-4 碘化鈉無機閃爍晶體的發光機制

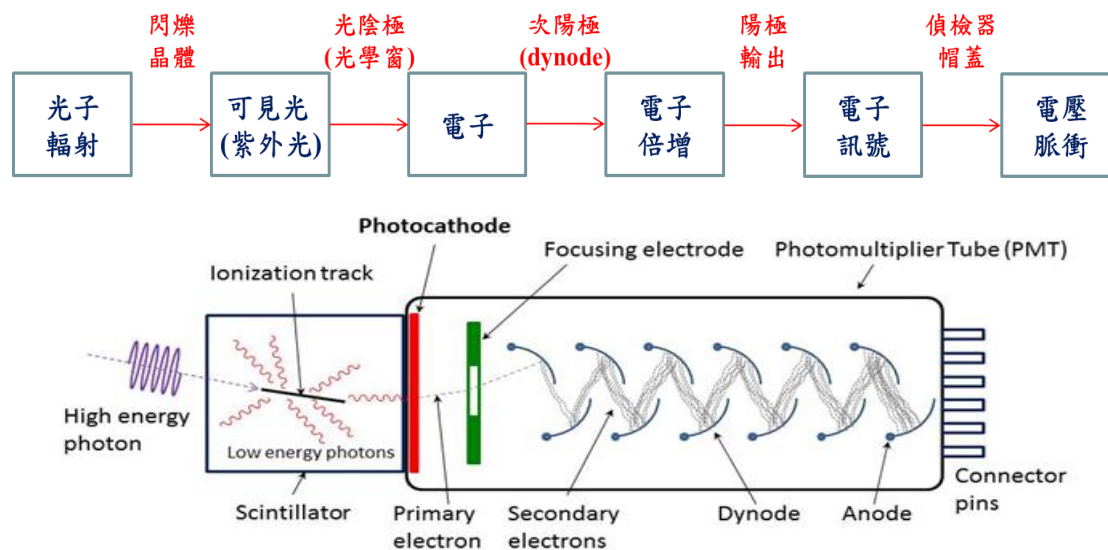


圖 2-5 碘化鈉閃爍偵檢器的工作原理

圖 2-5 呈現碘化鈉偵檢器的工作原理。光子輻射(X-ray 或 γ -ray)與閃爍晶體作用後會發出可見光和紫外光，其經過光陰極(或光學窗)後會產生光電子，此光電子經過光電倍增管(PMT)內許多的次陽極鏈(dynode chain)後，會將電子的數量倍增到 10^7 至 10^{10} 個不等，然後由陽極端輸出電子訊號，再經由偵檢器帽蓋轉換成脈衝訊號輸出。其中，光電倍增管後方所接的偵檢器帽蓋(如圖 2-6 所示)，包含前置放大器(pre-amplifier)和高壓電路系統，能透過位於光電倍增管陽極端的一系列引線(pins)，供應電壓梯度給次陽極鏈(dynode chain)，且光電倍增管的陽極端和偵檢器帽蓋兩者互為鎖匙關係，故於使用前須先確認偵檢器帽蓋已牢固在光電倍增管上，以避免未輸出訊號。偵檢器帽蓋上會印有不同的編號，編號 9995 帽蓋所對應的是 $2'' \times 4'' \times 16''$ ($5\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$, 2L)偵檢器和 $1'' \times 1''$ ($2.5\text{cm} \times 2.5\text{cm}$)偵檢器；而編號 9996 帽蓋所對應的是 $2'' \times 4'' \times 4''$ ($5\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$, 0.5L)的向上和向下偵檢器，每個偵檢器帽蓋能將產生的電子訊號轉換成電壓脈衝，此電壓脈衝將會和入射光子的能量成正比。

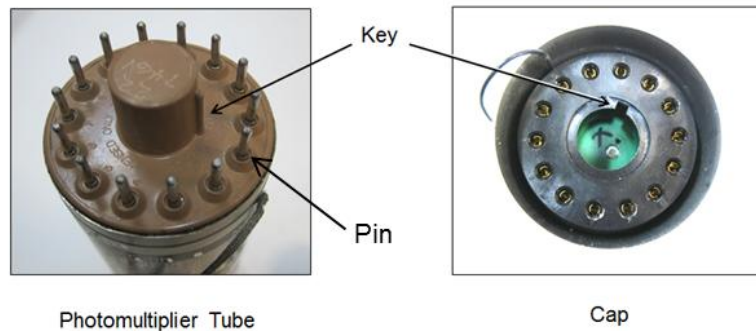


圖 2-6 左圖為光電倍增管的陽極端、右圖為偵檢器帽蓋，兩者互為鎖匙關係

透過偵檢器帽蓋輸出被些微放大的脈衝訊號後，會再經由其後方所接的放大器(amplifier)，放大訊號約 8000 倍，然後再接上脈高分析儀(pulse height analyzer, PHA)來將感興趣的訊號輸出。脈高分析儀(PHA)為分析紀錄脈衝高度或強度的電子儀器，脈衝能量的分布可以分成許多相同的寬度，先以固定的時間計測第一寬度間隔內的脈衝，然後再依序以固定的時間去計測其餘間隔內的脈衝，其又可分為單頻道分析儀(single channel analyzer, SCA)和多頻道分析儀(multi-channel analyzer, MCA)兩類。對於已知核種的放射性活度計測，利用簡單的單頻道分析儀(SCA)即可；而對於未知核種或多種複雜元素混合在一起的放射性活度計測，則必須利用多頻道分析儀(MCA)來幫忙，本 SPARCS-A 空中偵測系統因具備能譜分析能力，故運用的是 MCA。

藉由 MCA 設定低限鑑別器(lower level discriminator, LLD)和高限鑑別器(higher level discriminator, HLD)後，即可鑑別出所感興趣的訊號而後將其輸出，隨後再接上計數器，輸出計數值抑或計數值隨時間的變化(即計數率)。

每個 SPARCS-A 偵檢箱內會有 2 個控制模組(stack)，如圖 2-7 所示，左方為 223 模組、右方為 224 模組。每個控制模組內含有放大器(amplifier)、低限鑑別器(LLD)、用於類比數位轉換器(analog-to-digital converter, ADC)的零點偏移(zero offset)校正器及 2 個類比數位轉換器(ADC0 和 ADC1)。ADC0 和 ADC1 會分別對應到 2 組不同的碘化鈉偵檢器，ADC0 所對應的是編號為 9995 的偵檢器帽蓋，而編號 9995 偵檢器帽蓋所對應的是 2''×4''×16'' (5cm×10cm×40cm, 2L)偵檢器和 1''×1'' (2.5cm×2.5cm)偵檢器；ADC1 所對應的是編號為 9996 的偵檢器帽蓋，而編號 9996 偵檢器帽蓋所對應的是 2''×4''×4'' (5cm×10cm×10cm, 0.5L)的向上和向下偵檢器，因此，倘若偵檢器帽蓋發生錯置，則可能會導致計數率(counting rate)的輸出於筆記型電腦顯示之對應錯誤。

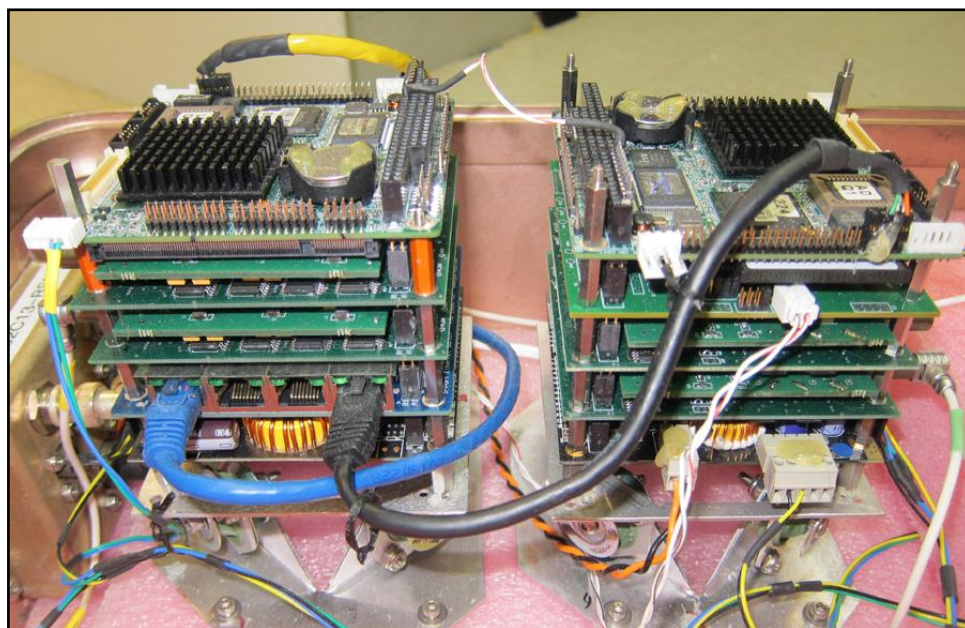


圖 2-7 位於 SPARCS-A 偵檢箱內的 2 個控制模組(stack)，左方為 223 模組、右方為 224 模組

貳、資料擷取和傳送單元(ATU)：ATU 可分為前面板(front panel)和後面板(rear panel)，前面板上含有 ATU 電源開關、CF 資料卡、線路斷路器、液晶輸出螢幕以及一個乙太網路連接槽，如圖 2-8 所示。其中，線路遮斷器(circuit breaker, CB)為一種過電流保護裝置，其主要的功能有兩項，一為短路保護、另一為防止過載。而 ATU 的後面板上則含有 GPS 天線連接槽、ATU 診斷用之接口(含鍵盤和 VGA 連接孔)、一個乙太網路備用連接槽、ATU 重置鈕、RS232 序列接口、10-40V 直流電壓輸入孔、碘化鈉偵檢箱訊號輸入孔，以及聲音擴音器接口等，如圖 2-9 所示。

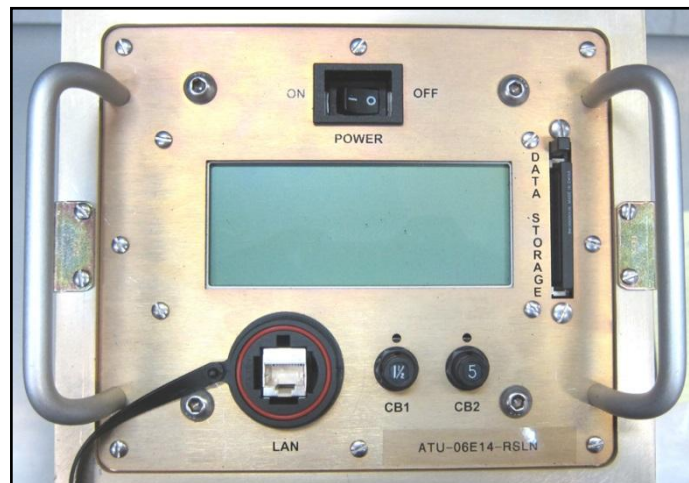


圖 2-8 資料擷取和傳送單元(ATU)的前面板(front panel)

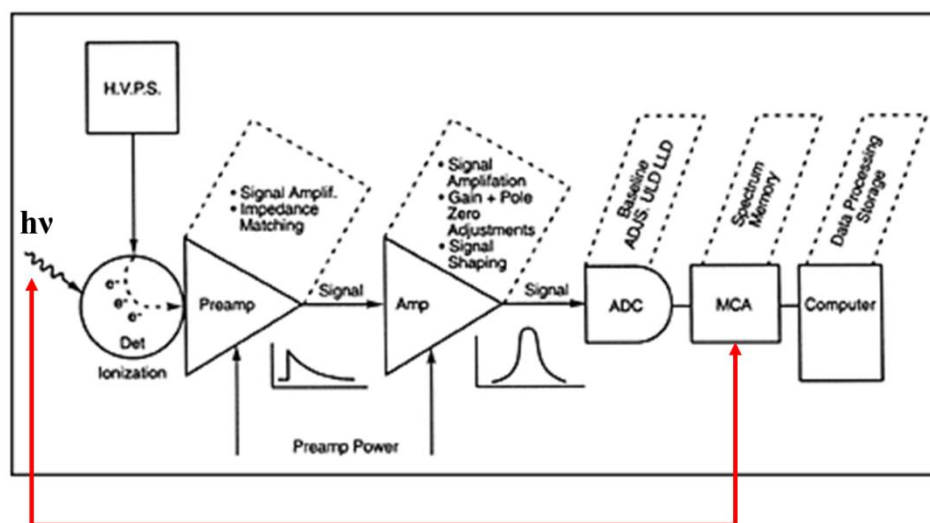


圖 2-9 資料擷取和傳送單元(ATU)的後面板(rear panel)

參、Getac 筆記型電腦：主要用途為執行 SPARCS 與 Mobile Cabin 等軟體程式控制與資料呈現。

2.2 SPARCS-A 能量校正

使用任何的輻射偵檢儀器設備之前，均需要定期做校正，而能量校正之目的在於找出入射光子能量與對應儲存頻道(channel)間之關係，如圖 2-10 所示。在執行能量校正時，需注意以下三點事項：(1) 所選用之校正射源的能量要適當，即標準射源與待測射源的能量要相近。(2) 最好使用具多個能峰的校正射源。(3) 需定期實施校正程序。



能量校正之目的：找出光子能量與對應儲存頻道間之關係

圖 2-10 圖示執行能量校正之目的

SPARCS-A 系統能量校正的程序分為兩道程序，一為高能量增益穩定性校正，二為低能量閾值設定之校正。針對高能量增益穩定性校正部分，使用的是鉀-40 (K-40) 射源，每個 SPARCS-A 偵檢箱內均附有一盒氯化鉀(KCl)粉末，KCl 粉末中包含微量的 K-40 放射性核種，

其會發射能量為 1460 keV 的加馬射線，該能量的加馬射線被用來穩定放大器(amplifier)的增益(gain)和最小化能量軸上的飄移(shift)，實際的校正能譜如圖 2-11 所示。

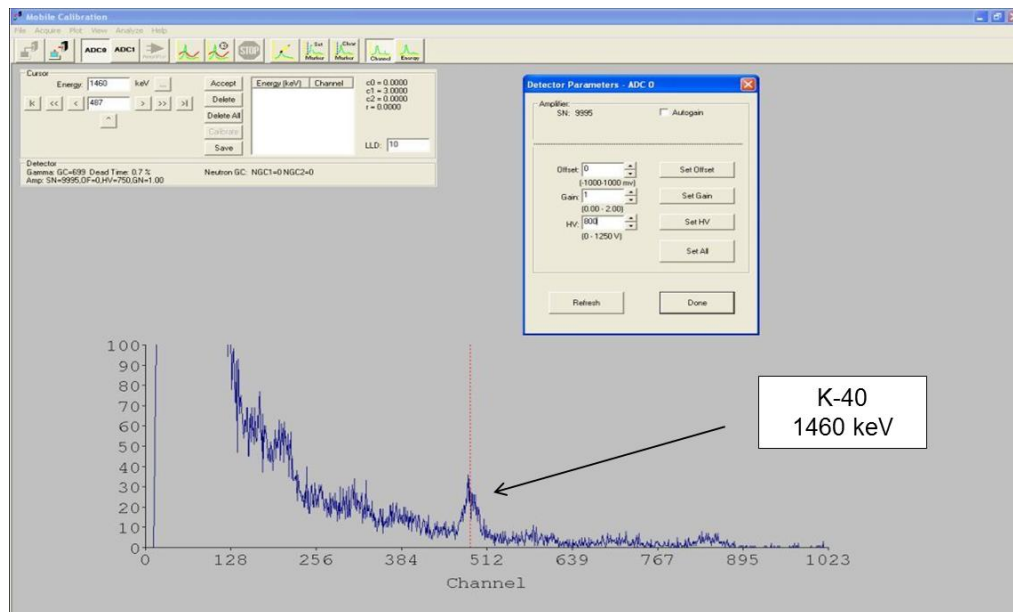


圖 2-11 使用 K-40 射源執行高能量增益的穩定性校正

針對低能量閾值設定之校正部分，使用的是銻-241 (Am-241)鈕扣狀射源，其會發射能量為 60 keV 的加馬射線，故一般會將低限鑑別器(LLD)設在小於 60 keV 的位置，例如 30 keV，以濾除低能量的電子雜訊干擾，實際的校正能譜如圖 2-12 所示。

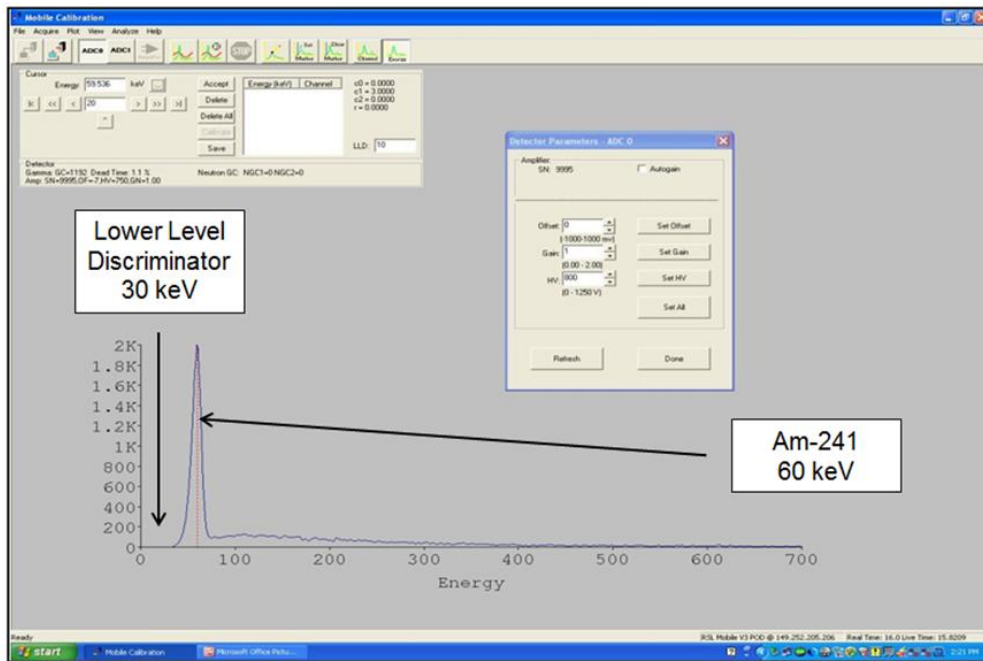


圖 2-12 使用 Am-241 射源執行低能量閾值設定之校正

2.3 SPARCS-A 故障檢修

將 SPARCS-A 系統架設完成後，啟動電源開關，會聽到喇叭發出「RSL Mobile System」的聲響，接著 ATU 會自動去偵測碘化鈉偵檢箱內的 2 個控制模組(stack)與全球定位系統(global position system, GPS)之訊號，如圖 2-13 所示。2 個控制模組(stack)中設定之 IP 位置分別為 POD 223 和 POD 224，成功偵測 POD 223 和 POD 224 約需要耗時 30 秒鐘，當 ATU 完成偵測後，喇叭又會再度發出「RSL Mobile System」的聲響。



圖 2-13 顯示 ATU 自動去偵測 2 個控制模組訊號之過程

當 SPARCS-A 系統開完機後，務必要先確認 ATU 的液晶螢幕上是否有顯示 4 根碘化鈉偵檢器的計數值和 GPS 的訊號，如圖 2-14 所示。有完整顯示代表 SPARCS-A 系統已順利啟動，即可開始執行空中輻射偵測任務；倘若沒有顯示相關的訊號，則代表碘化鈉偵檢箱內可能有線路鬆脫或故障，需要進行額外的檢測與故障排除。



圖 2-14 顯示 4 根碘化鈉偵檢器的計數值和 GPS 的訊號

圖 2-14 中，G0 將對應到 ADC0，而 ADC0 所對應的是編號為 9995 的偵檢器帽蓋，又編號為 9995 的偵檢器帽蓋所對應的是 2''×4''×16''(5cm×10cm×40cm, 2L)的偵檢器和 1''×1''(2.5cm×2.5cm)的偵檢器；G1 將對應到 ADC1，而 ADC1 所對應的是編號為 9996 的偵檢器帽蓋，又編號為 9996 的偵檢器帽蓋所對應的是 2''×4''×4''(5cm×10cm×10cm, 0.5L)的向上和向下偵檢器。

碘化鈉晶體的體積或表面積大小將直接影響其偵測效率和偵測靈敏度，故 2''×4''×16''(5cm×10cm×40cm, 2L)偵檢器的計數率約會是 2''×4''×4''(5cm×10cm×10cm, 0.5L)向上和向下偵檢器的 4 倍(因為 $2L/0.5L=4$)。2''×4''×16''(5cm×10cm×40cm, 2L)偵檢器典型的計數率約為 2000，2''×4''×4''(5cm×10cm×10cm, 0.5L)向上和向下偵檢器典型的計數率約為 500，1''×1''(2.5cm×2.5cm)圓形偵檢器典型的計數率約為 30。

接著透過乙太網路線連接筆記型電腦和資料擷取傳送單元(ATU)後，從微軟 Windows 系統中啟動「SPARCS」程式，按下程式內的開始鈕「Start」後，確認碘化鈉偵檢器計數率與 GPS 訊號可以正常顯示，代表整個 SPARCS-A 系統目前是處於穩定運作的狀態。

值得一提的是，在空中偵測任務執行期間，需要隨時注意碘化鈉偵檢器的訊號是否突然有喪失，若有則代表碘化鈉偵檢箱的內部可能有線路鬆脫或故障。倘若發生此事故，建議停止空中輻射偵測任務，返航進行額外的檢測與故障排除。以下將闡述三種常會遭遇到的故障排除方法，供未來的使用者做參考，期能達到技術傳承之效。

情況一、ATU 未找到偵檢箱訊號之應變：

當資料擷取與傳送單元(ATU)沒有找到由偵檢箱輸出之訊號時，最有可能的原因有以下三個：

- (1)沒有連接上乙太網路線
- (2)沒有從控制模組(stack)的電源供應中輸出 12V 的電壓
- (3)偵檢箱內的控制模組(stack)訊號未被導引(booting)出來

此時，可嘗試依圖 2-15 的故障排除流程來試圖做檢修：

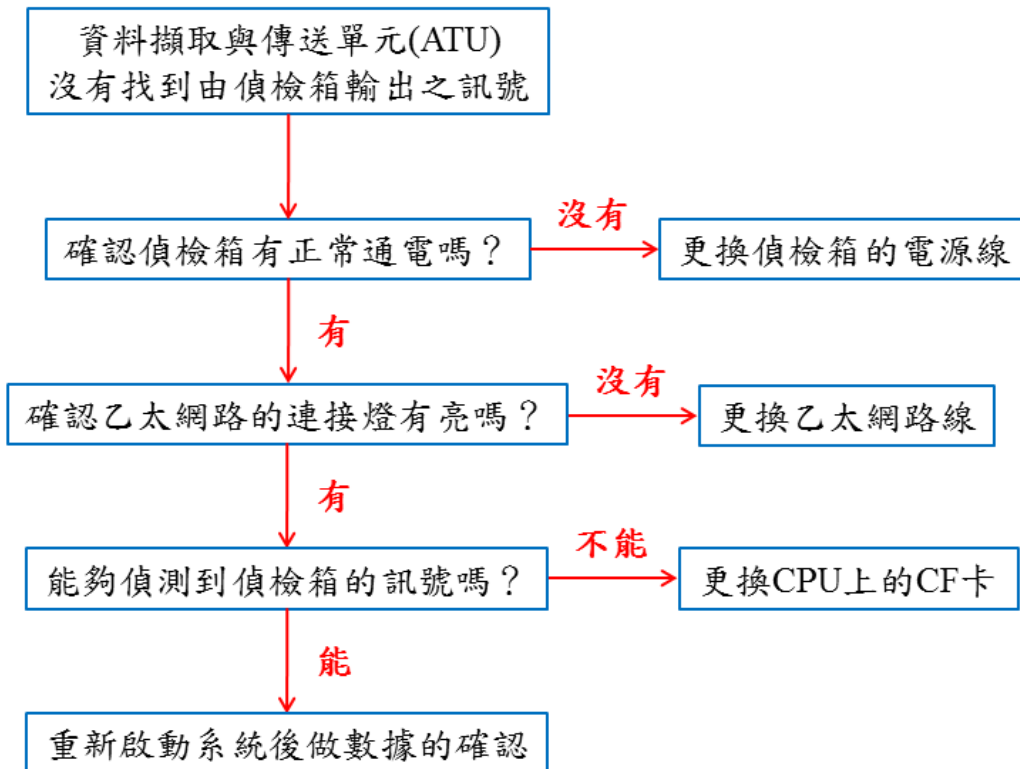


圖 2-15ATU 未找到偵檢箱訊號之應變

情況二、兩組(四根)偵檢器都沒有訊號之應變：

當沒有任何一筆資料由每個偵檢器組中輸出時，即暗示在兩個偵檢器組中出現了某些較常見的問題，其中三個可能的原因為：

- (1)沒有連接上乙太網路線
- (2)沒有從控制模組(stack)的電源供應中輸出 12V 的電壓
- (3)GPS 沒有輸出每秒的脈衝訊號(pulse per second, PPS)

此時，可嘗試依圖 2-16 的故障排除流程來試圖做檢修：

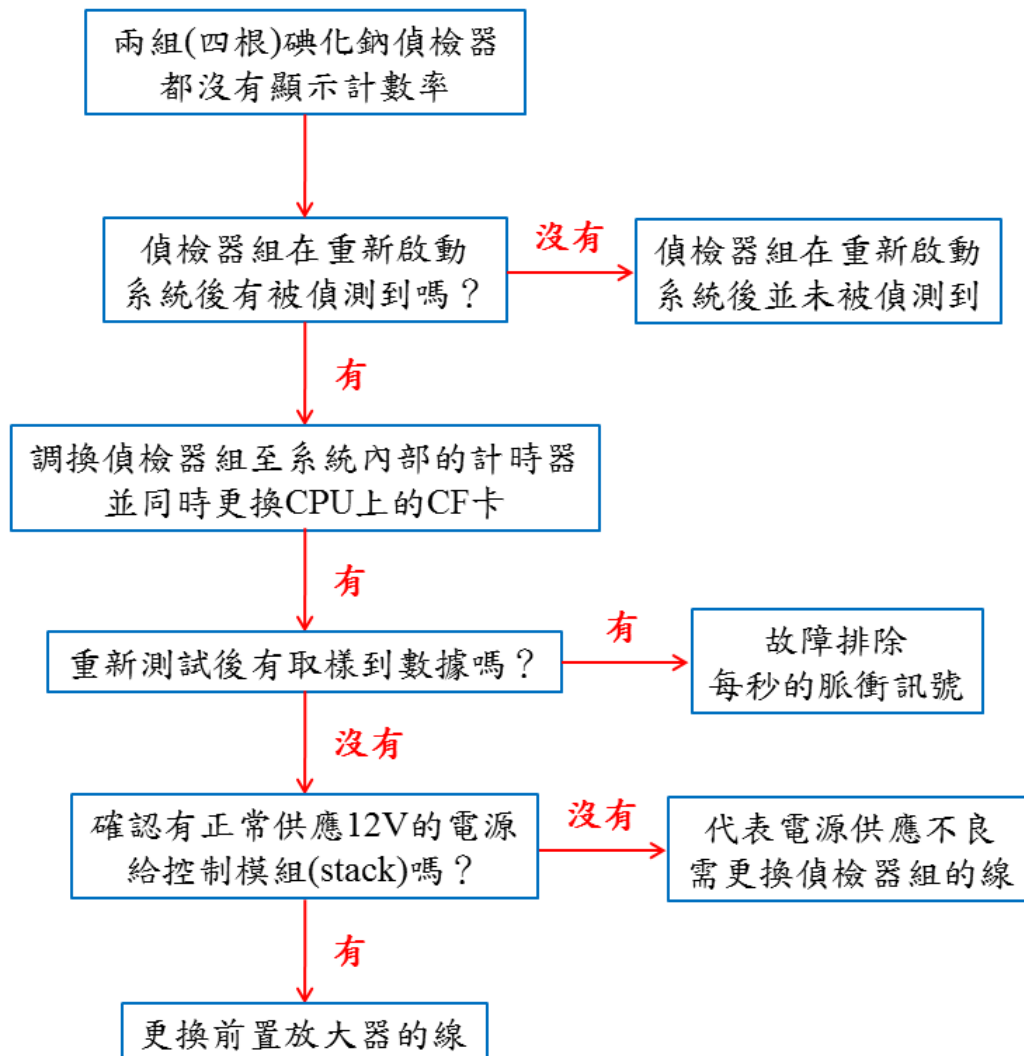


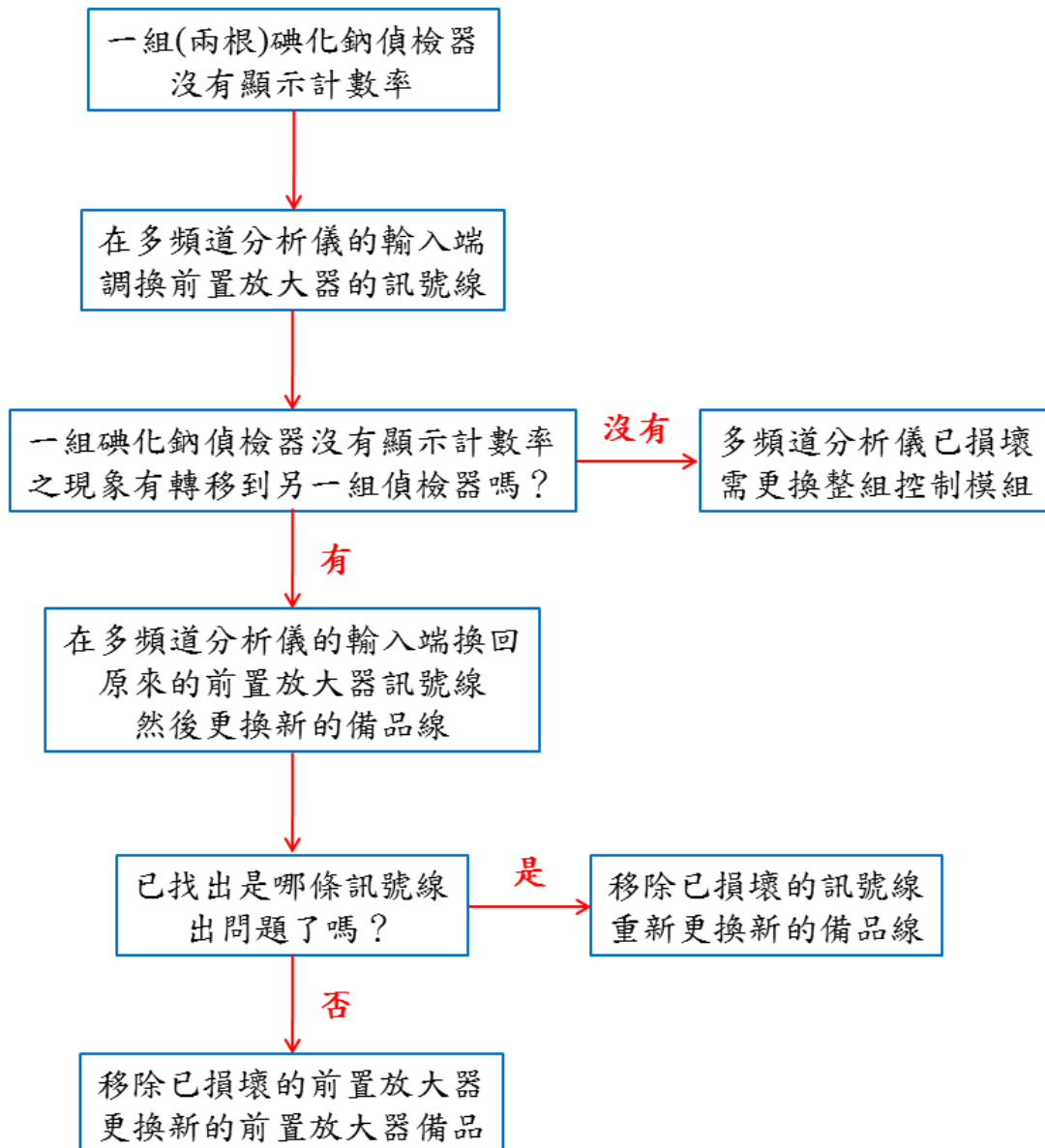
圖 2-16 兩組(四根)偵檢器都沒有訊號之應變

情況三、單一組(兩根)偵檢器沒有訊號之應變：

當沒有任何一筆資料由單一偵檢器組中輸出時，即暗示在兩個偵檢器組中出現了某些不常見的問題，其中三個可能的原因為：

- (1)沒有供應 12V 的電壓給前置放大器
- (2)某條線路可能已經損壞
- (3)前置放大器可能有故障

此時，可嘗試依圖 2-17 的故障排除流程來試圖做檢修：



承接上一頁：

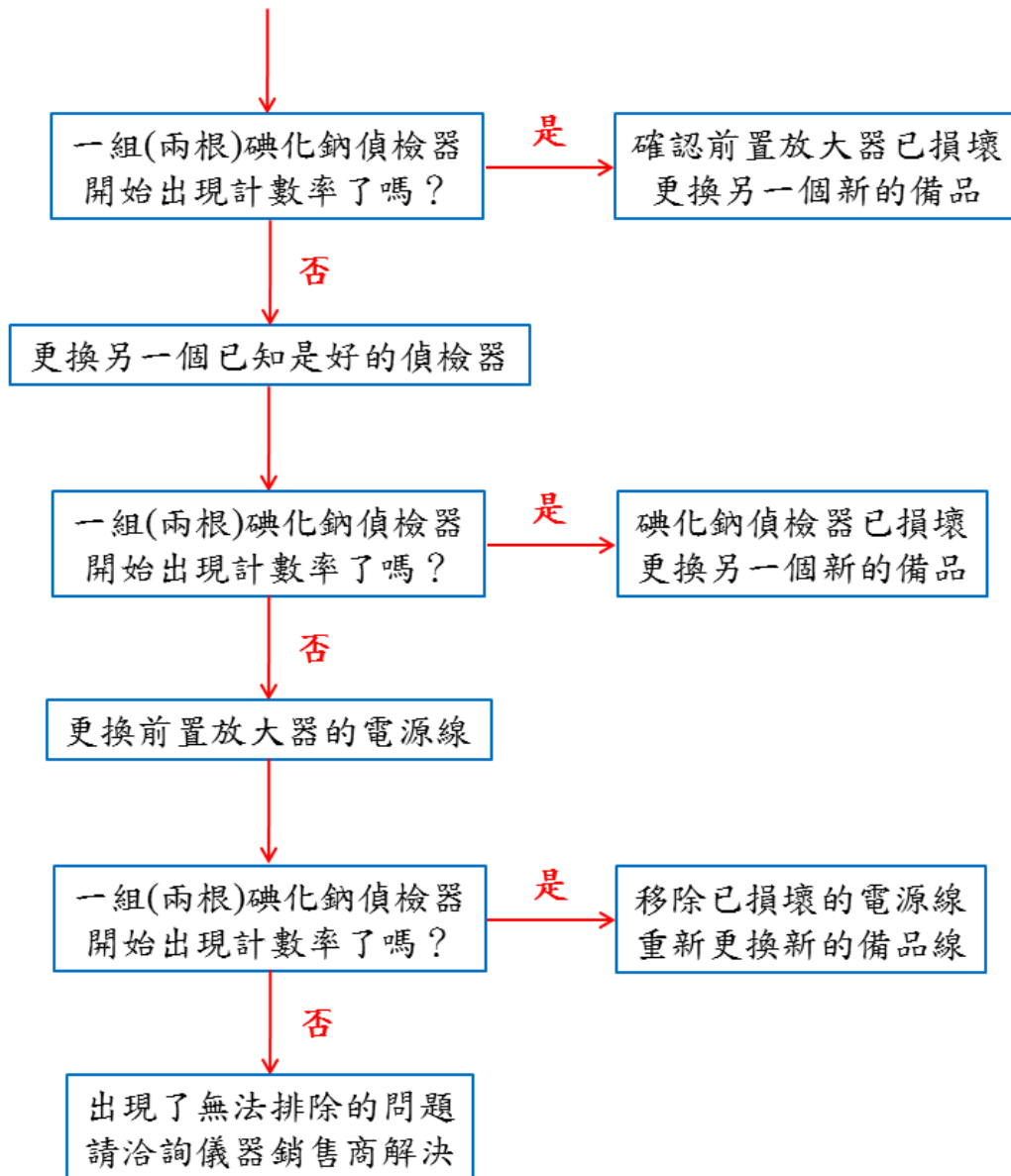


圖 2-17 單一組(兩根)偵檢器沒有訊號之應變

本小節最後附上 ATU 細部的線路圖(圖 2-18)和 SPARCS-A 細部的線路圖(圖 2-19)，供未來的使用者做參考，以利故障排除之執行。

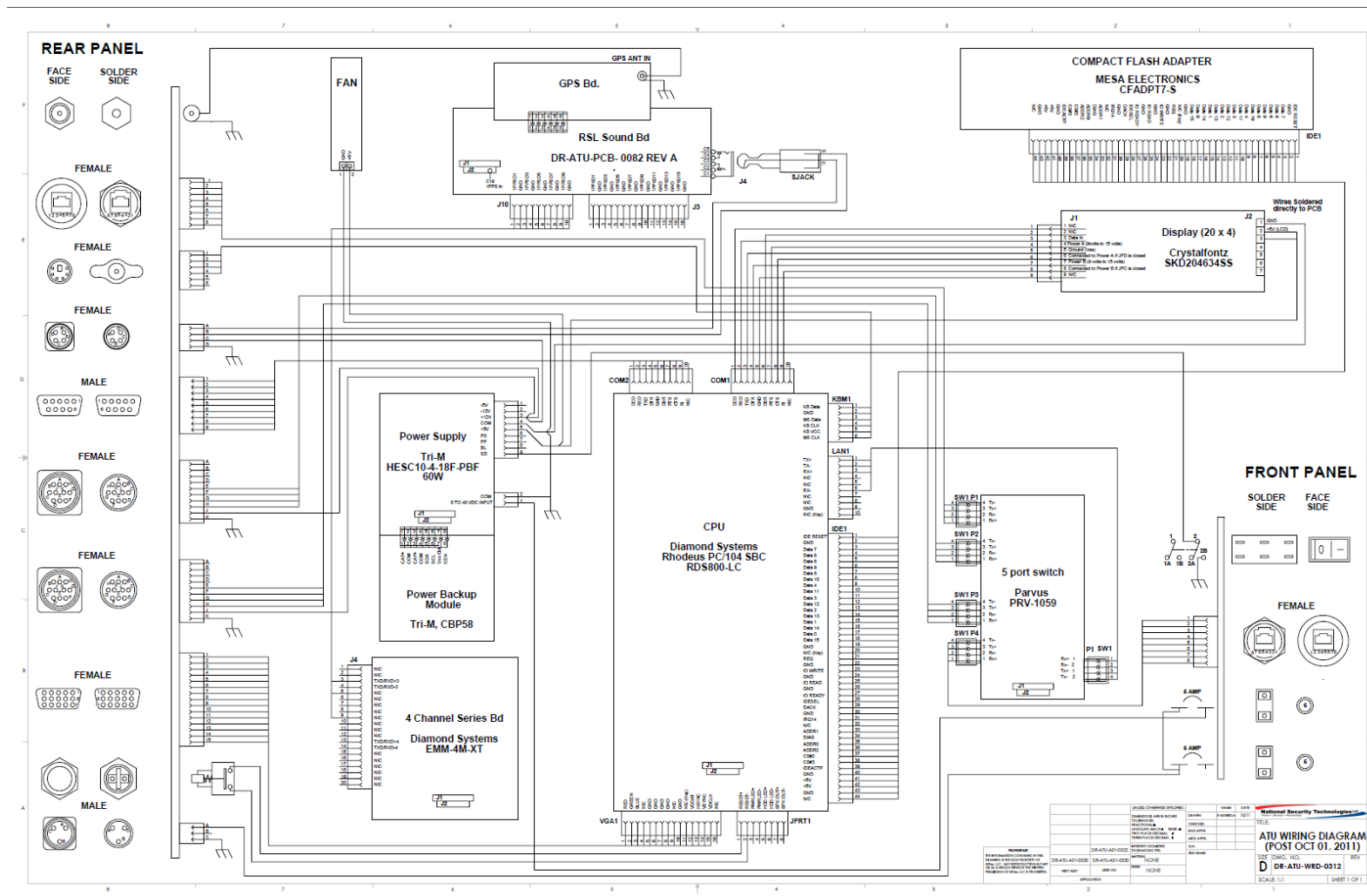


圖 2-18ATU 細部的線路圖

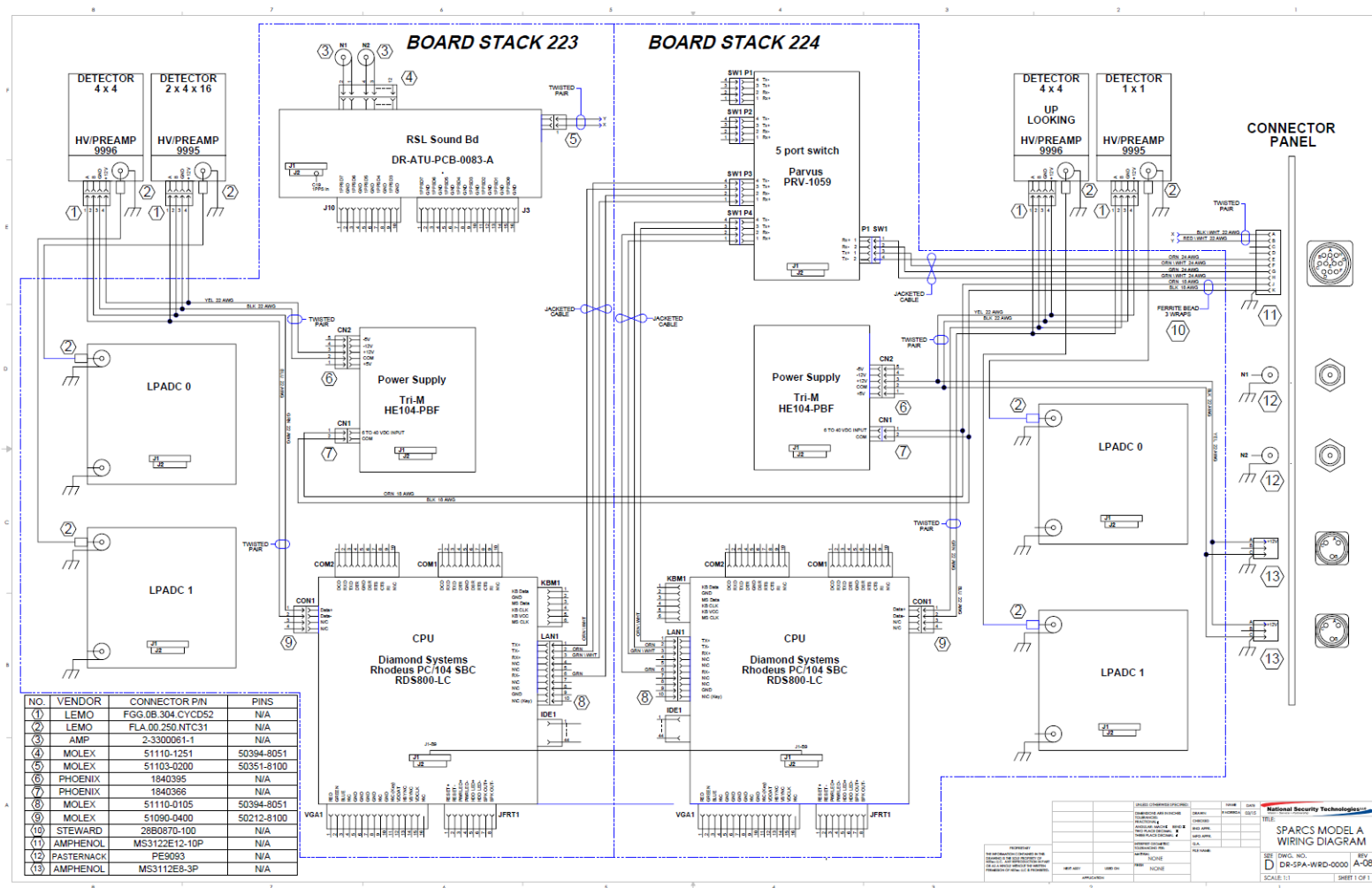


圖 2-19SPARCS-A 細部的線路圖

第3章 搭配核子事故外釋核種之特性，建立空中輻射劑量偵測數據推算至地面核種沉積量之評估技術

藉由 103 年度赴美國能源部(Department of Energy, DOE)國家核子保安總署(National Nuclear Security Administration, NNSA)參加空中偵測基礎訓練，以及先前參訪日本 JAEA、NUSTEC 等，對空中偵測系統(Aerial Measurement System, AMS)進行交流學習，了解從空中輻射偵測推算至地面輻射劑量率需考量輻射會因不同的飛行高度而造成不同程度之空氣衰減，以及將輻射偵檢器量測所得之計數率轉換成地表劑量率需取得空氣衰減係數值(μ)與計數率-劑量率轉換係數(conversion factor, CF)。故本計畫派員於今年 11 月 2 日至 11 月 6 日赴美國能源部國家核子保安總署，參加空中輻射偵測進階訓練課程，建立進階之偵測數據後處理技術及引進 AVID 數據後處理操作程式。

3.1 出國摘要與目的

本次技術交流與訓練行程係由美國能源部國家核子保安總署(National Nuclear Security Administration, NNSA)規劃邀請，我國代表與巴西、智利、墨西哥、冰島與法國等國代表共同於位在拉斯維加斯的北拉斯維加斯機場(North Las Vegas Airport)，進行空中偵測技術與經驗交流，並由 RSL (Remote Sensing Laboratory)專家群介紹與說明 AVID (Advanced Visualization and Integration of Data)軟體，並以 AVID 軟體展示偵測數據資料後處理與結果製圖之功能。

本次國外公差行程係由美國能源部國家核子保安總署規劃邀請，舉辦國際性的空中輻射偵測系統技術交流與訓練課程(International Training Course on Aerial Measurement System Technical Exchange)，我國參加的成員有陸軍司令部蘇冠宇少校及原能會核能研究所盧仲信助理工程師等二人，與巴西、智利、墨西哥、冰島與法國等國家代表共同於拉斯維加斯的北拉斯維加斯機場(North Las Vegas Airport)，進行為期五天的 AMS 技術交流與訓練課程，主要為介紹與實作嶄新的空中偵測數據擷取與分析處理軟體 AVID(Advanced Visualization and Integration of Data)，其中兩天並安排實際於內華達州國家安全區(Nevada National Security Site, NNSS)第三區(Area 3)執行上機實務訓練，並將偵測所得之數據，利用 AVID 數據分析功能，進行數據分析與結果製圖之講解與實作。

本次訓練課程主要的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。

3.2 訓練過程

本次出國公差日期為自 2015 年 10 月 31 日至 11 月 8 日，共計 9 日，參加由美國能源部國家核子保安總署所舉辦之國際空中輻射偵測系統技術交流與訓練課程(International Training Course on Aerial Measurement System Technical Exchange)，共有台灣、巴西、智利、墨西哥、法國與冰島等 6 個國家，共 13 名成員參與本次交流與訓練。並由 NNSA 國際緊急應變與合作辦公室處長 Vincent J. McClelland 及副處長 Ann Heinrich 全程陪同，出國行程概述如下：

10/31(六)由桃園國際機場飛往美國洛杉磯國際機場，再轉機至拉斯維加斯麥卡倫國際機場，之後搭車抵達住宿地點。

11/01(日)行前準備會議。

11/02(一)於北拉斯維加斯機場，進行 AVID 系統的介紹與功能展示。

11/03(二)-11/04(三)前往內華達國家安全區(NNSS)的 Desert Rock Airport，並分組搭乘直升機執行第三區(Area 3)的空中偵測作業。

11/05(四)於北拉斯維加斯機場進行，介紹與實作利用 AVID 處理 Area 3 偵測數據，包含數據匯入、資料展示、雙視窗(2 Windows)演算法與結果製圖等。

10/06(五)介紹 IXP(International eXchange Program)與 IRMA(International Radiological Mapping Application)系統。

11/07(六)-11/08(日)回程。

AVID 為今年初所釋出之最新偵測數據截取、顯示與分析後處理程式，本次訓練課程由 AMS 的部門經理 Piotr Wasiolek 博士與 AVID 開發成員共同擔任示範講解。AVID 具備偵測數據處理功能，與原本之數據處理程序與應用軟體比較，AVID 提供了整體性的解決方案。

Wasiolek博士在訓練課程最後也提到本次國際訓練課程的開辦，主要為台灣透過台美交流之管道所促成，數據處理也是國內空中偵測技術建立的最後關鍵。經由本次訓練課程之學習，也完成國內空中偵測作業技術建立，將來除了持續維持 SPARCS 系統運作與 AVID 程式版本的更新外，以此技術建立國內本土空中偵測實測數據，方能落實空中偵測技術與實務作業的連結。

AVID 程式目前仍定位於開發測試階段，故美國能源部尚未正式核准將 AVID 程式於國際發布(international distribution)，因此本次訓練課程之 AVID 程式版權係以授權參與學員個人方式提供使用。

AVID 介紹：

AVID(Advanced Visualization and Integration of Data)為空中或行動輻射偵測即時資料擷取、顯示與分析之軟體架構與相關模組。原 SPARCS 系統軟體分為 SPARCS 與 Mobile Cabin 兩套，分別為對應空中與車載偵測使用，然兩套程式各有對方所沒有的功能(如偵測數據顯示方式、檔案輸出、資料模擬等)，在實際應用上會出現只應用其中一套程式無法滿足任務需求的窘境。故 AVID 開發的主要目的，即是為了取代 SPARCS 軟體，並加入行動車載應用於單一整合套件內。AVID 同時支援輻射偵檢系統之資料擷取與分析功能，並具有可整合外加其他功能模組的擴充性與彈性。

美國自 2010 年即開始 AVID 的開發計畫，根據以往的程式發展經驗回饋，考量程式後續維護與軟硬體支援，AVID 屏除自行開發的模式，採用物件導向語言架構之商業軟體，再依據需求自行開發撰寫與加入各項功能模組。AVID 系統架構之基礎為(1).以資料庫驅動與感測器融合(sensor-fusion)為中心，(2).模組化程式結構，(3).使用瓦片窗格(tiled-pane)的使用者圖形介面，(4).高資料擷取能力：如多視窗全能譜即時顯示、三維能譜模擬與即時等值線顯示、數據遙測傳輸能力、快速產製標準評估成果等，(5).具備建立數據後處理的能力(模組)，(6).具備延伸開發架構之能力等目標。圖 3-1 為 AVID 系統畫面，目前的最新版本為 1.8 版。

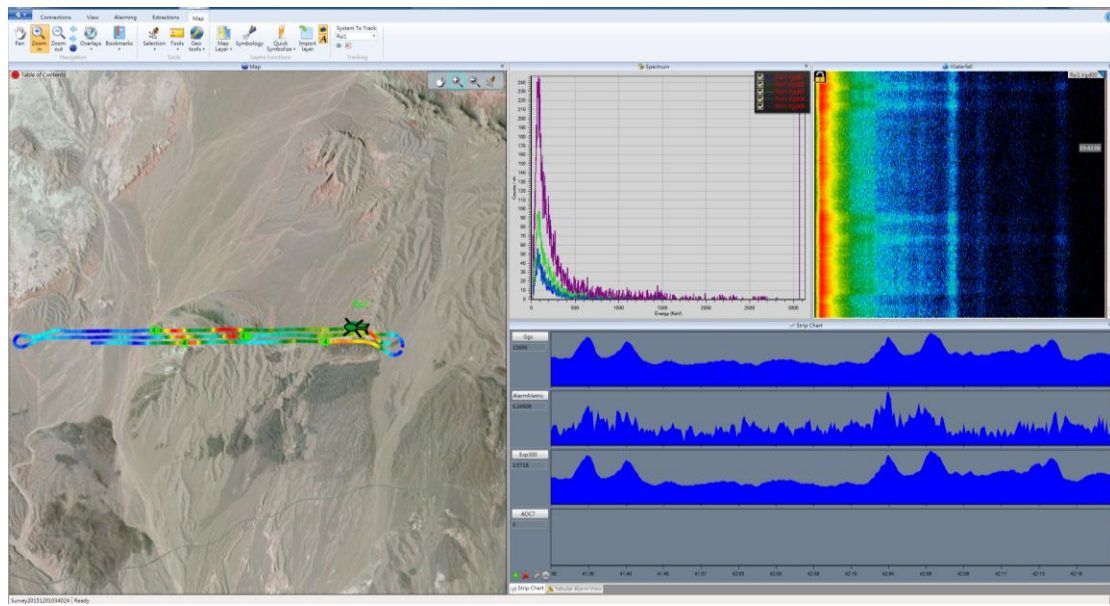


圖 3-1 AVID 系統畫面

模擬器(Emulator)：

模擬器為AVID進行偵測數據重播之工具程式，為模擬連接ATU與偵檢器箱的功能，即可於AVID以動態方式上重現偵測的軌跡與各項偵測數據，匯入檔案為csv檔案格式。圖3-2為模擬器視窗，因模擬器為獨立程式，若需使用此功能，須於開啟AVID後，再執行RSI Emulator。

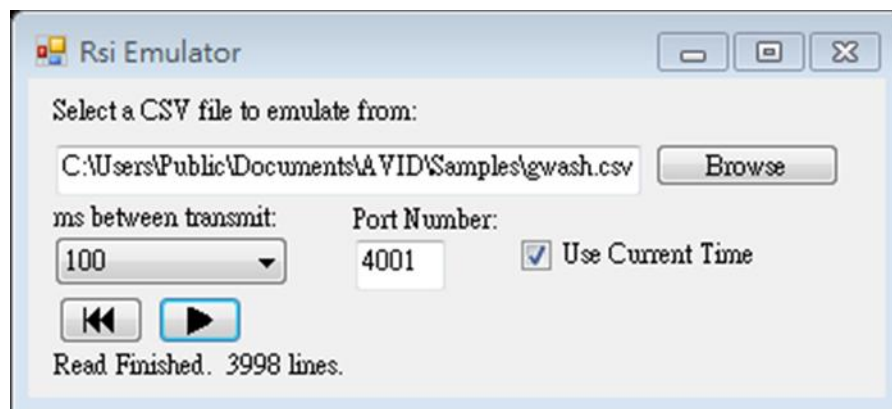


圖 3-2 模擬器視窗

AVID使用者介面：

AVID界面採用模組化之瓦片窗格(tiled-pane)，故使用者可以自行依需求新增顯示窗格，調整顯示窗格的位置與大小，顯示窗格選項如圖3-3所示。功能區則採用微軟Office風格以面板及標籤頁為架構的Ribbon使用者介面，有些Ribbon功能為固定出現於程式上方，有些則會依選取的顯示窗格動態改變，當點選不同功能之顯示窗格，即會出現相對應之Ribbon及其所有功能選項，圖3-4為Ribbon功能區，其中「Connections」、「View」、「Alarming」、「Extractions」為固定Ribbon，「Map」則為動態Ribbon，當滑鼠游標點到地圖顯示窗格時才會出現。

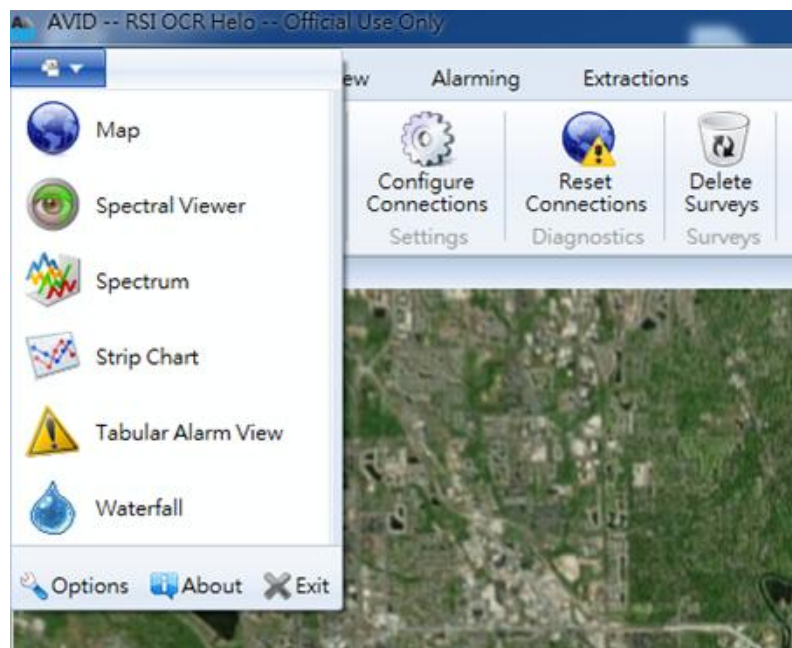


圖 3-3 Tiled-Pane 功能窗格選項

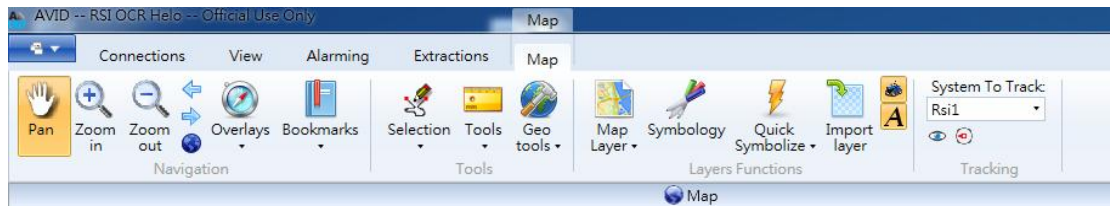


圖 3-4 Ribbon 功能選單

圖3-5、圖3-6、圖3-7分別為不同使用者自定義的顯示窗格，依任務需求可隨時變換須檢視的項目，同時也可任意擺放於合適位置，只需要靠滑鼠拖拉移動，窗格位置可重疊或並列，程式會出現輔助符號協助排列，拉動窗格上下、左右邊界或四角，則可調整窗格大小。AVID整體介面符合現代化主流程式操作設計，可大幅降低使用者對介面操作的學習門檻。

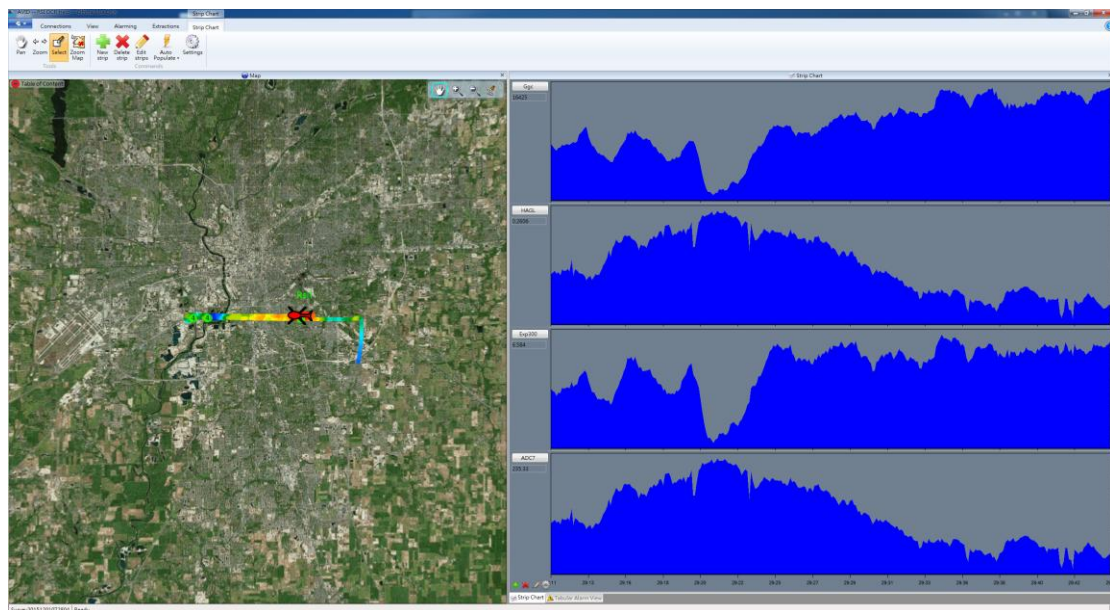


圖 3-5 顯示地圖與帶狀圖

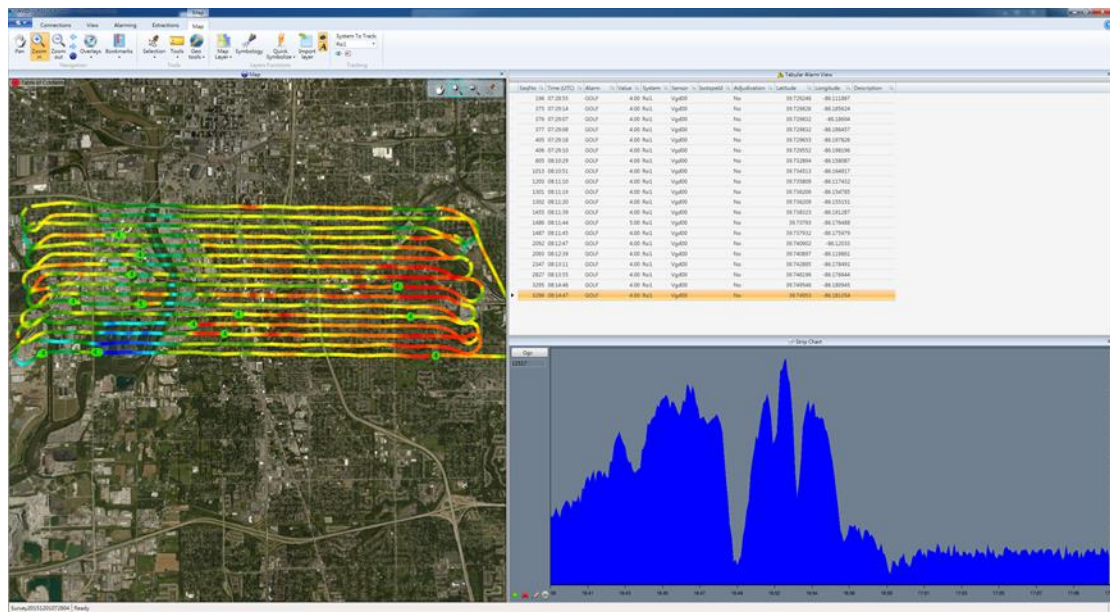


圖 3-6 顯示地圖、帶狀圖與警示視窗

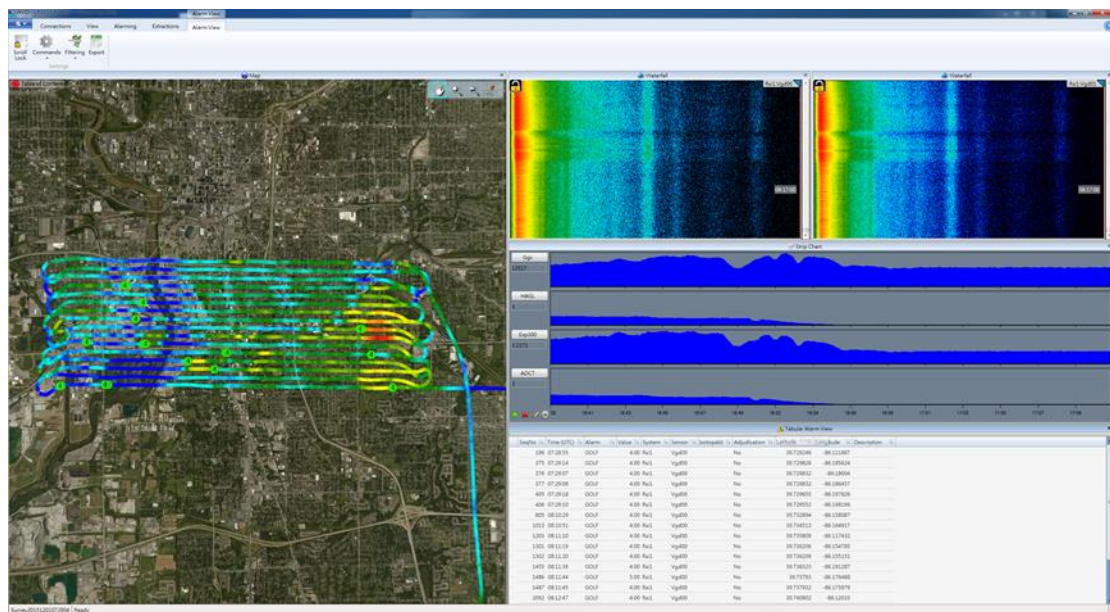


圖 3-7 顯示地圖、雙瀑布圖、帶狀圖與警示視窗

AVID地圖：

原操作程式SPARCS或Mobile Cabin對於地圖的底圖，都需要預先針對調查區域進行影像底圖(衛星影像或電子地圖)與其地理參照描述檔製作，再加入顯示圖層中，於顯示偵測數據與軌跡時，才會有相對應的地理位置參照圖層，否則底圖將為空白，而圖層的處理與製作需具有相當GIS專業知識，對於一般空中偵測儀器操作人員而言，很難完成此項工作，且若採用高解析度底圖，則會使SPARCS與Mobile Cabin在圖層的顯示上產生延遲的現象。

AVID在地圖圖層上，除了提供網路地圖的選項，如圖3-8所示，在有網路的條件下，可選用線上地圖服務，而無須再自行製作。這些線上地圖服務，可依地圖的縮放提高或降低解析度且顯示效果流暢，不佔用太多電腦資源，一般較常使用的為微軟提供的Bing Map的衛星街道混合圖層，如圖3-9所示。

在執行空中偵測作業時，可能會有無法取得網路的問題，因此AVID也提供使用者使用自行準備的圖層，如圖3-8下方「Options」中設定圖層檔案位置，在於「Local base maps」選擇圖層，即可於沒有網路的情況下使用自行預先準備的圖層。惟自行準備的地圖檔案格式須為.tpk (tile package)檔案格式。

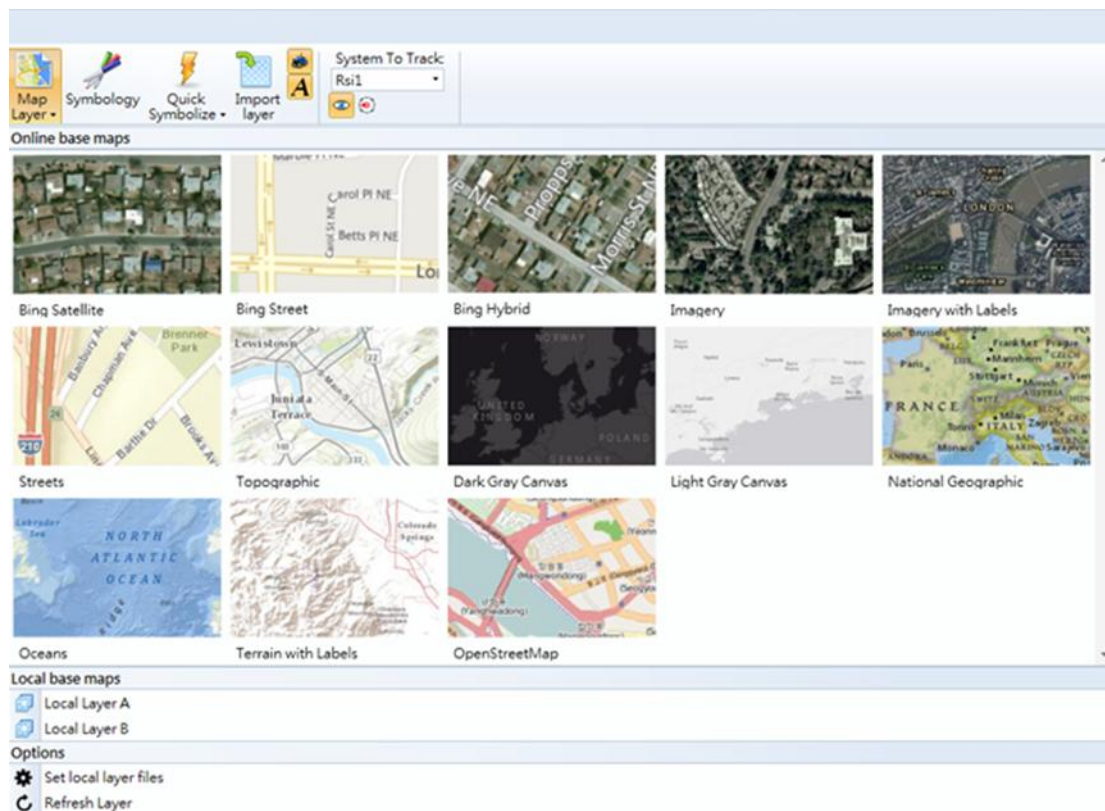


圖 3-8 AVID 的地圖圖層選項

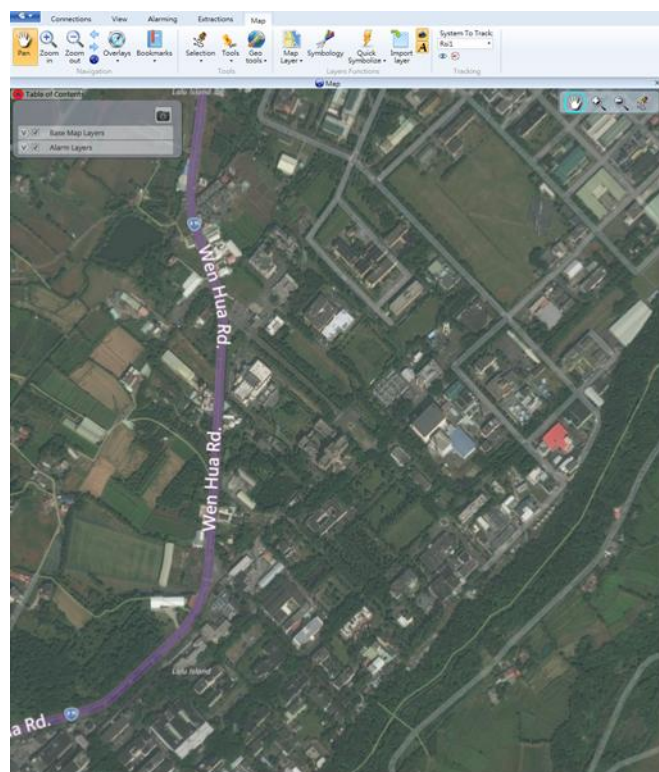


圖 3-9 Bing Hybrid 圖層範例

AVID地圖介面的操作符合目前一般網路地圖的操作方式，可以利用掌型工具平移，雙擊滑鼠放大，shief+雙擊滑鼠縮小，同時亦支援以滑鼠滾輪的縮放操作。在偵測作業時，尤其在晃動的直升機上操作，為確保不會因地圖的平移縮放而找不到偵檢器於地圖上的位置顯示，AVID提供追蹤鎖定的功能，如圖3-10所示。點選藍色眼睛圖示，系統會將地圖顯示鎖定在以偵檢器為中心的位置，若點選紅色指北針圖示，則地圖顯示將以偵檢器的行進方向作為地圖的方向。

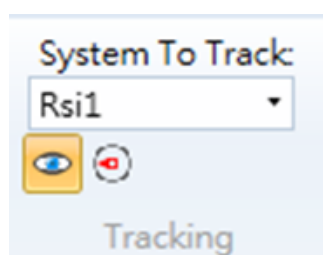


圖 3-10 AVID 追蹤功能

AVID地圖支援圖層匯入，支援的檔案格式為KML/KMZ、SHP、GeoTIFF與GeoJPEG等，並可於地圖利用「Selection」工具繪製區域後，將成果輸出成KMZ。所有在地圖上顯示的圖層均可利用左上角的「Table of Content」管理，如圖3-11所示。

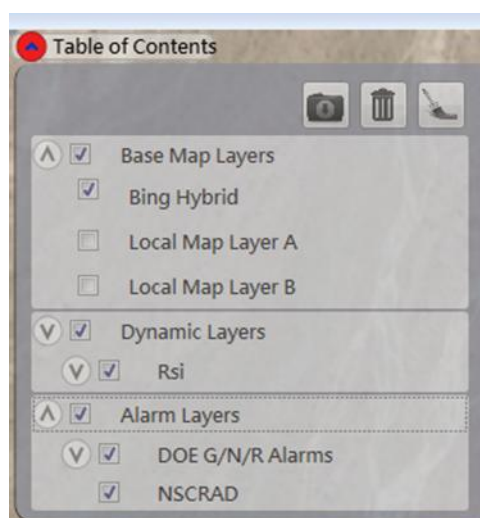


圖 3-11AVID 地圖 Table of Content 圖層管理工具

AVID地圖顯示偵測數據與偵測軌跡，預設值為以黑色標示，未帶入偵測數值屬性，如圖3-12所示。利用點選Map Ribbon功能區黃色閃電圖示之「Quick Symbolize」，可快速將偵測數值屬性以顏色梯度的方式呈現，可讓使用者無須繁複設定即可獲得偵測數值快速視覺化的成果，如圖3-13所示。AVID同樣提供使用者自行設定的選項供做個人化調整。

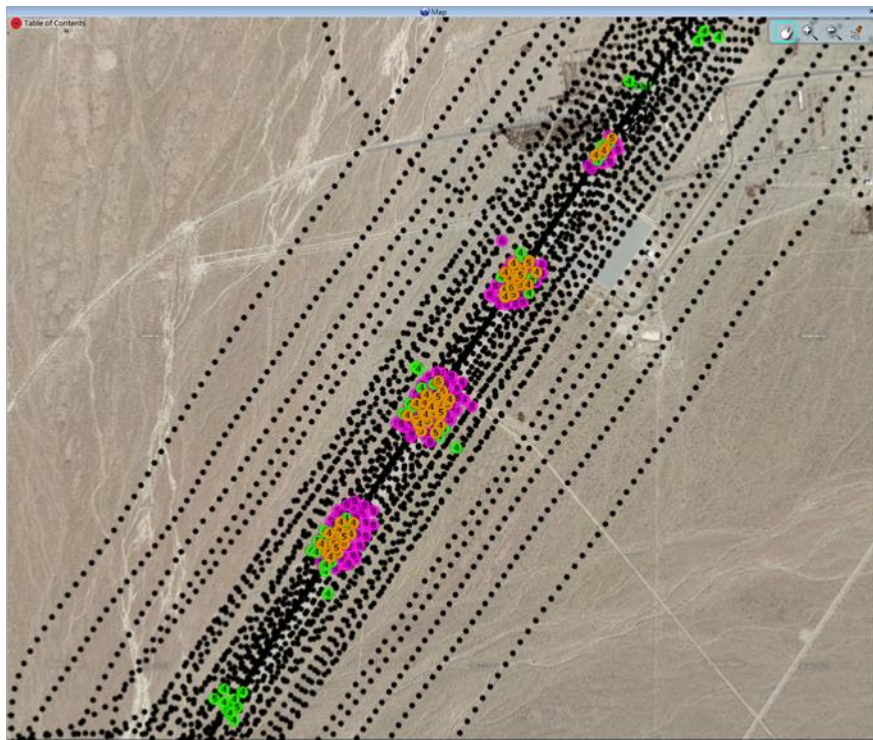


圖 3-12AVID 顯示偵測路徑軌跡與警示結果

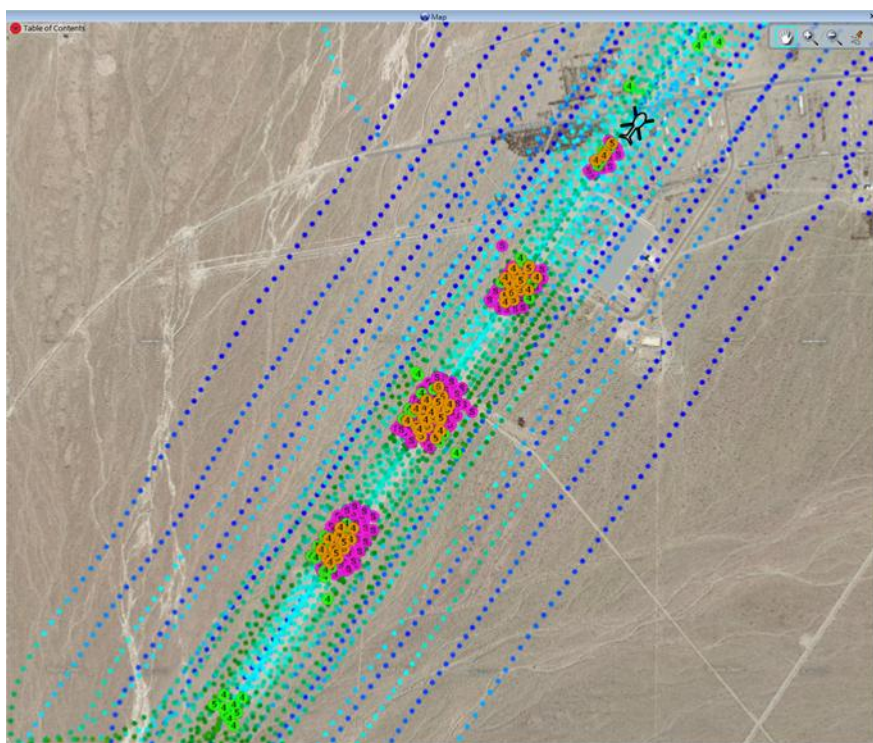


圖 3-13 將偵測數值屬性以不同顏色表示之結果

AVID數據處理：

AVID數據為程式模組之一，可透過AVID啟動器選取開啟，如圖3-14所示。於匯入預處理之資料庫後，系統會載入偵測結果並於地圖上顯示，如圖3-15所示。由於載入資料庫為全程之偵測數據，而數據處理可能須將全部的偵測過程區分為測試線、背景參考線與主要調查區域等，AVID提供遮罩(Mask)工具，作為數據篩選使用。遮罩的操作為以選取工具(Selection Tool)圈選，選取工具包括有點、手繪、直線、長方形、圓形、橢圓形等選取方式，圖3-16為測試線數據選取與遮罩建立。篩選完成後可以將遮罩命名存檔，之後即可在「Selected Mask」Ribbon上以下拉選單選取不同遮罩之數據。圖3-17為全部數據與選擇調查區域遮罩後之差別。

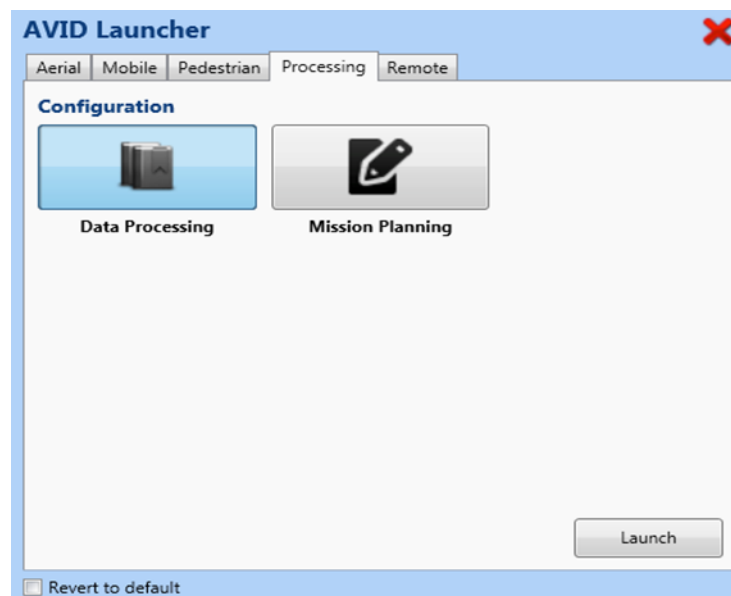


圖 3-14AVID 數據處理啟動選項

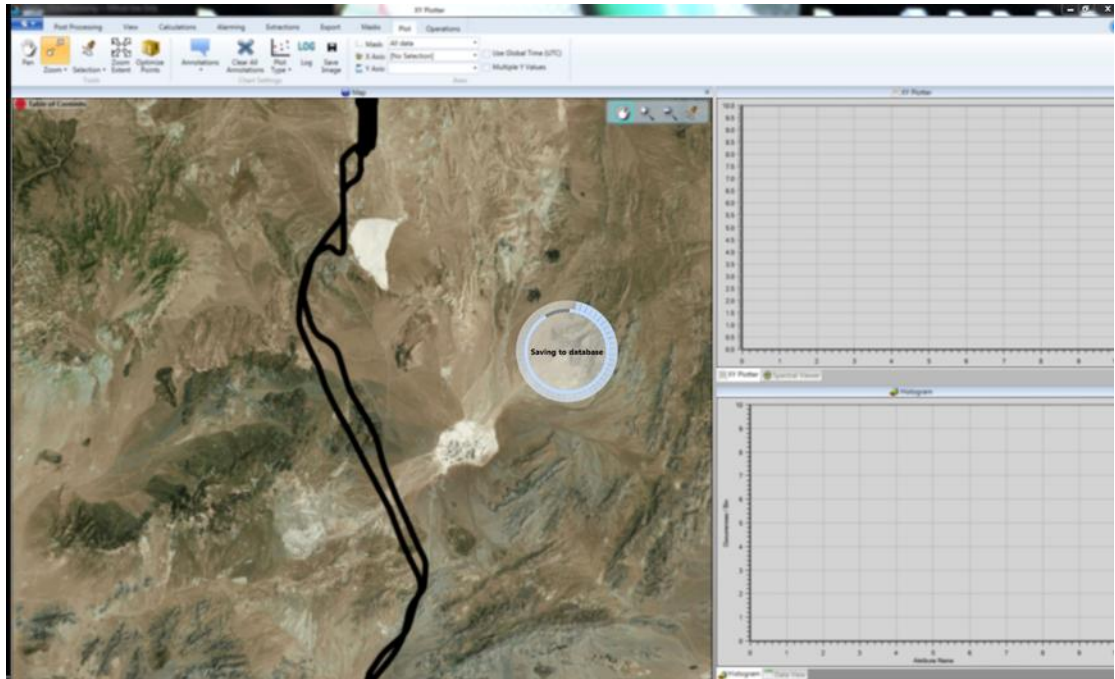


圖 3-15AVID 載入偵測數據資料庫

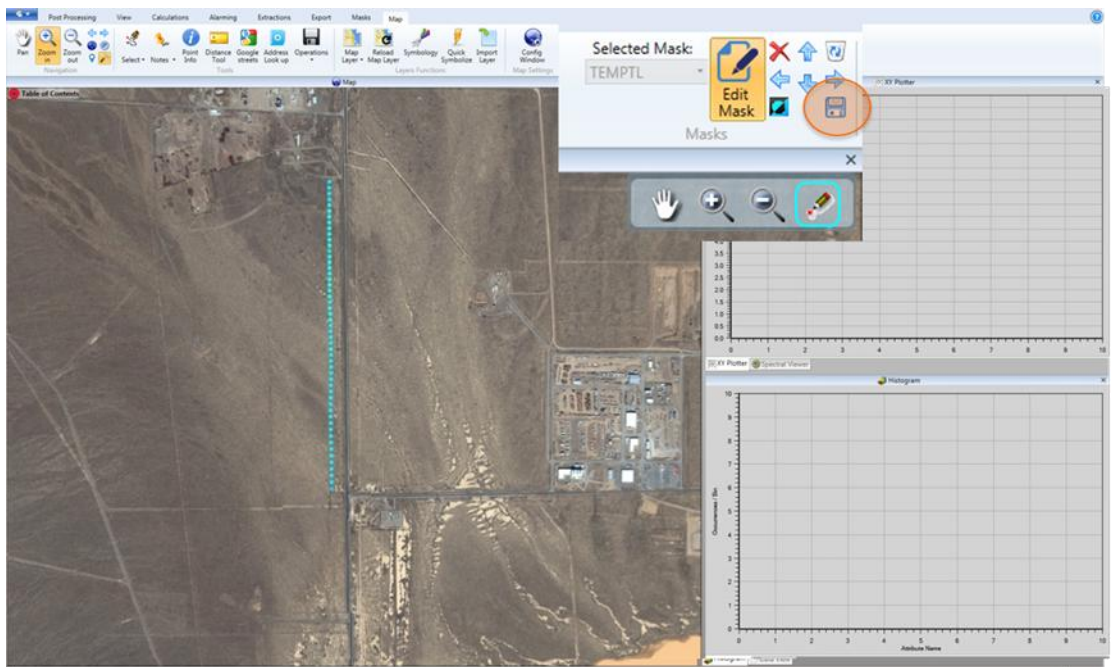


圖 3-16 測試線數據遮罩建立

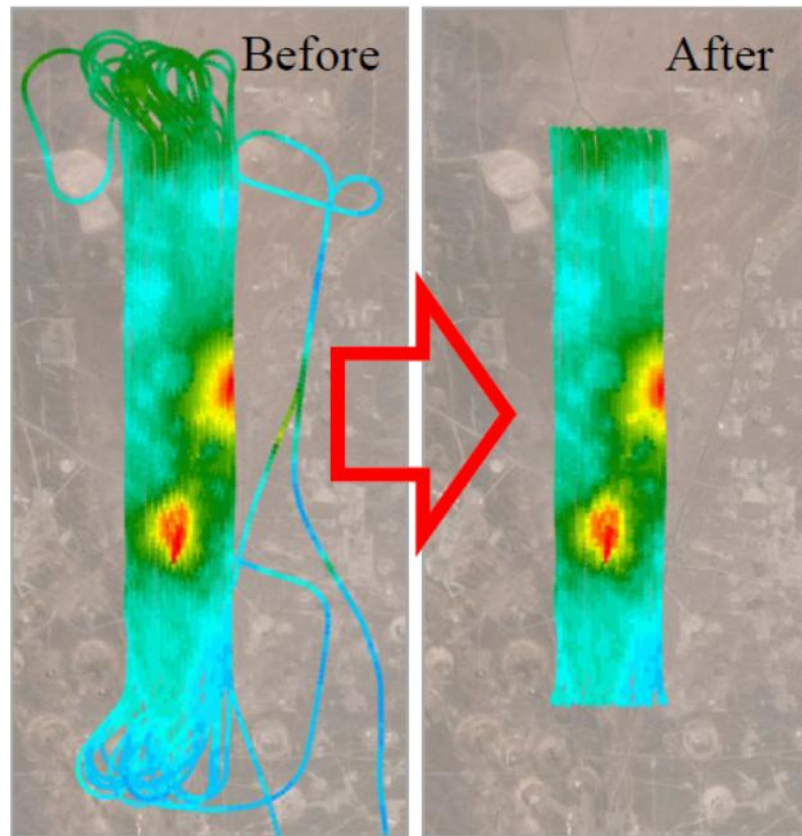


圖 3-17 全部數據與遮罩數據選取

AVID支援多種計算模組，可協助空間特性分析以汲取出有用之資訊。最常用的為視窗演算法(Window Algorithm)，在「Extractions」Ribbon中有各種汲取工具配置設定，其中選取「Window Metrics」可設定視窗演算法的各項參數，如圖3-18所示。共有單視窗、雙視窗、三視窗與高度計算等演算程序，如圖3-19所示。AVID並提供視覺化輔助工具，協助使用者操作與設定參數，圖3-20為三視窗設定功能。而勾取進階選項，則會出現更詳細的公式說明與讓使用者自訂公式中的各項參數，如圖3-21所示。

另外，高斯汲取為偵測能譜中特定能峰淨計數的分析工具，同樣可利用視覺化輔助工具進行相關參數之設定。

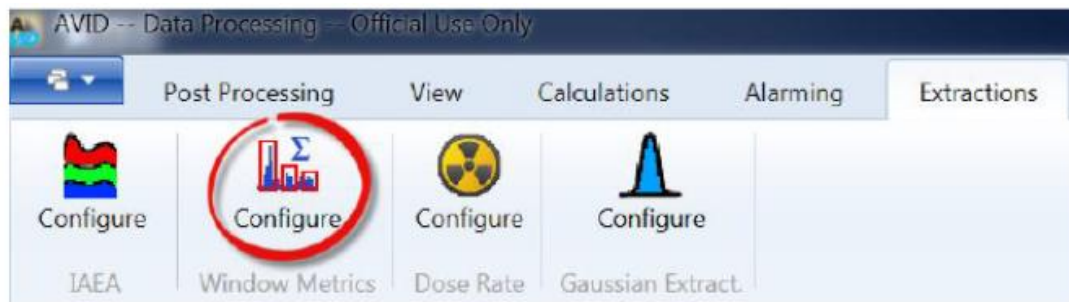


圖 3-18 Window Metric 的參數設定

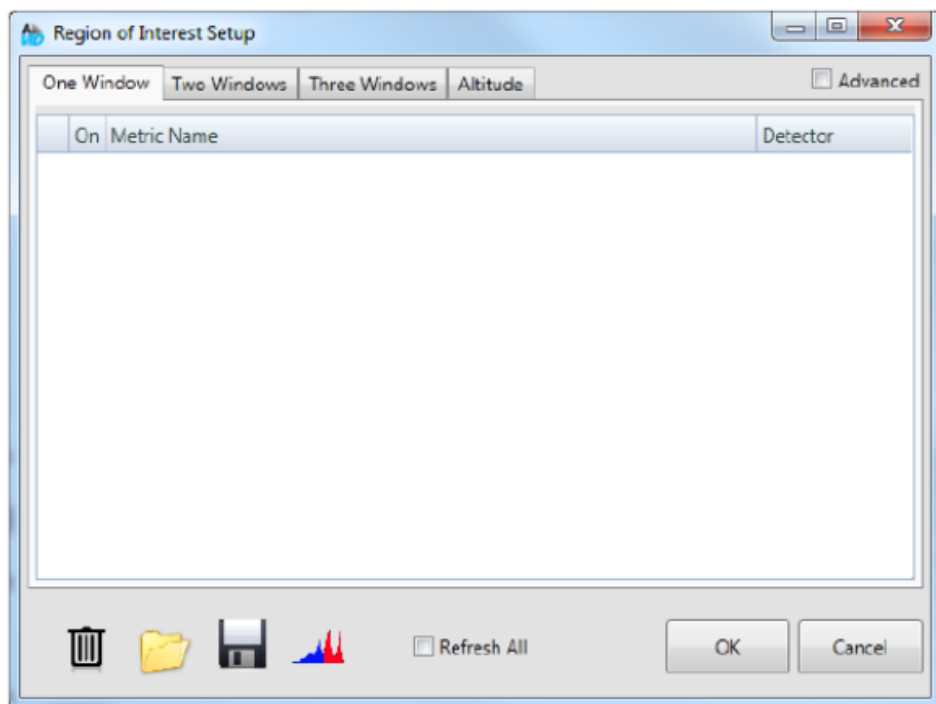


圖 3-19 Window Metric 的演算法選項

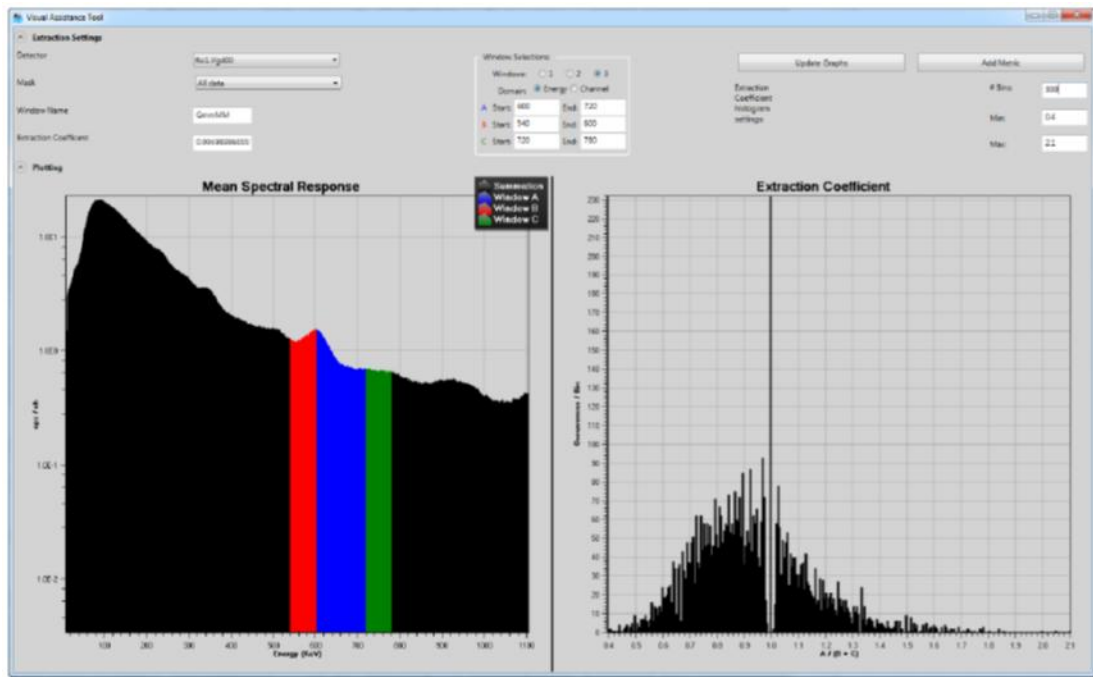


圖 3-20Window Metric 視覺化輔助設定功能

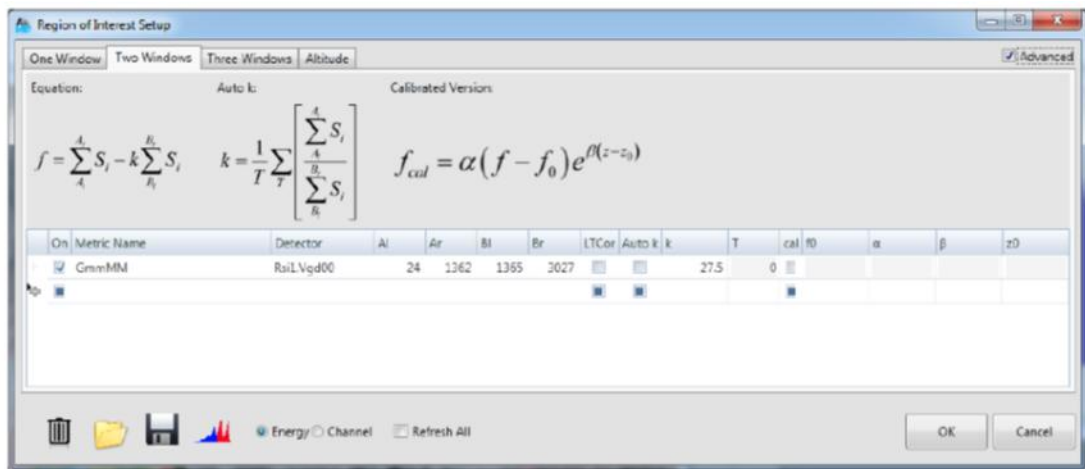


圖 3-21Window Metric 進階功能選項

在「Calculations」Ribbon 中的 Spatial 為用來做空間數據之內差，為最後繪製等值線(Contouring)的模組，如圖 3-22 所示。設定參數則如圖 3-23 所示，圖左為基本設定，圖右為進階設定。



圖 3-22 「Calculations」中的空間內插模組

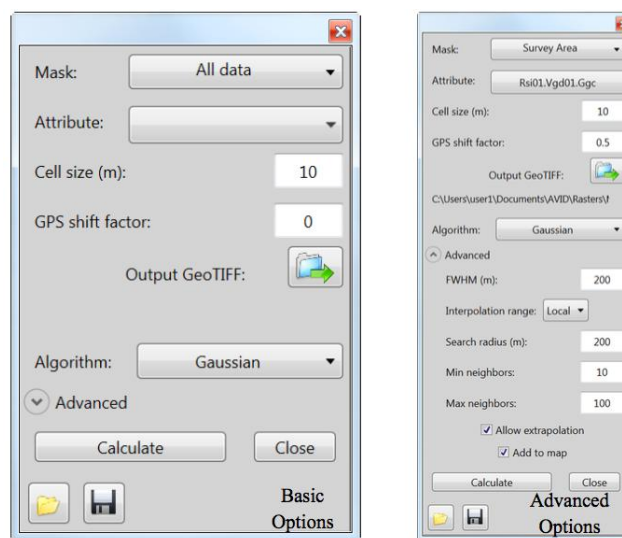


圖 3-23 空間內插模組分析參數設定視窗

經過空間內差分析，可將汲取修正後之偵測數據由原本點的呈現方式(如圖 3-24 所示)，內差擴展成面的等值線圖(如圖 3-25 所示)。空間分析處理後之結果，係以 Geo TIFF 的格式存取，並會自動於顯示地圖圖台上以圖層方式加入，可由圖台左上方之「Table of Contents」進行管理或修正其參數，如圖 3-26 所示。

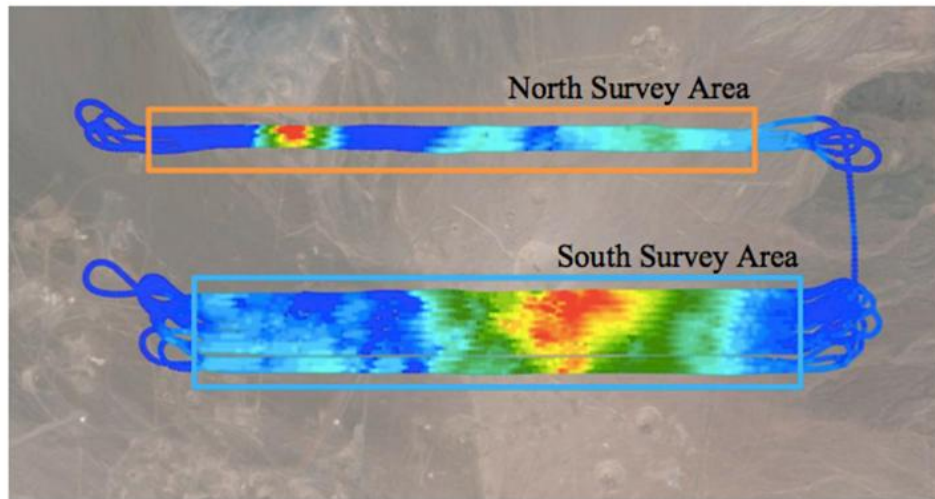


圖 3-24 空間內差分析前之點偵測資料呈現

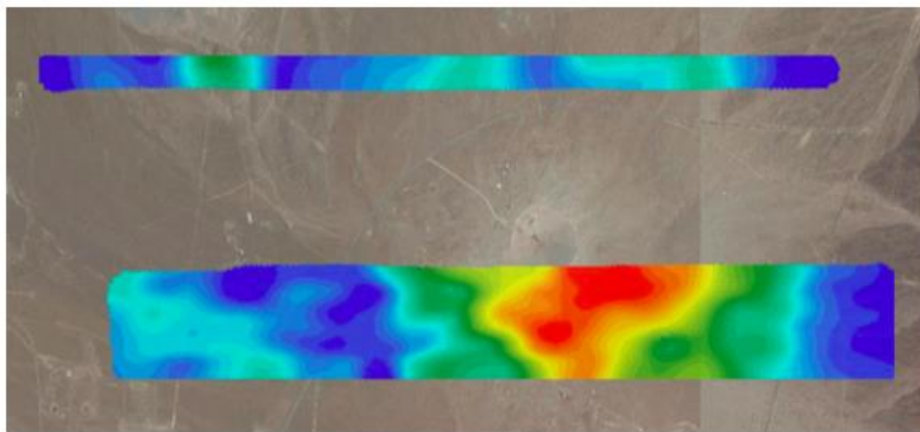


圖 3-25 空間內差分析後之等值線偵測資料呈現



圖 3-26 空間分析結果新增圖層

AVID 數據分析程序：

數據分析前，須先完成校正線(含水線與陸線，如圖 3-27 所示)之數據取得，其中計數率對劑量率的轉換係數與空氣衰減係數為主要參數。在日本福島事故期間，由於不同外釋沉降到地面的放射性核種，能量與半衰期均不相同，因此校正線之校正參數為每周更新一次。一般背景調查，則可每季或每半年更新一次。



圖 3-27 陸線與水線之校正參數分析

AVID 數據分析程序為先載入預處理之偵測資料庫，從偵測路線中選取作為背景的路線，並以「Data View Tool」得到背景之平均計數率，如圖 3-28。

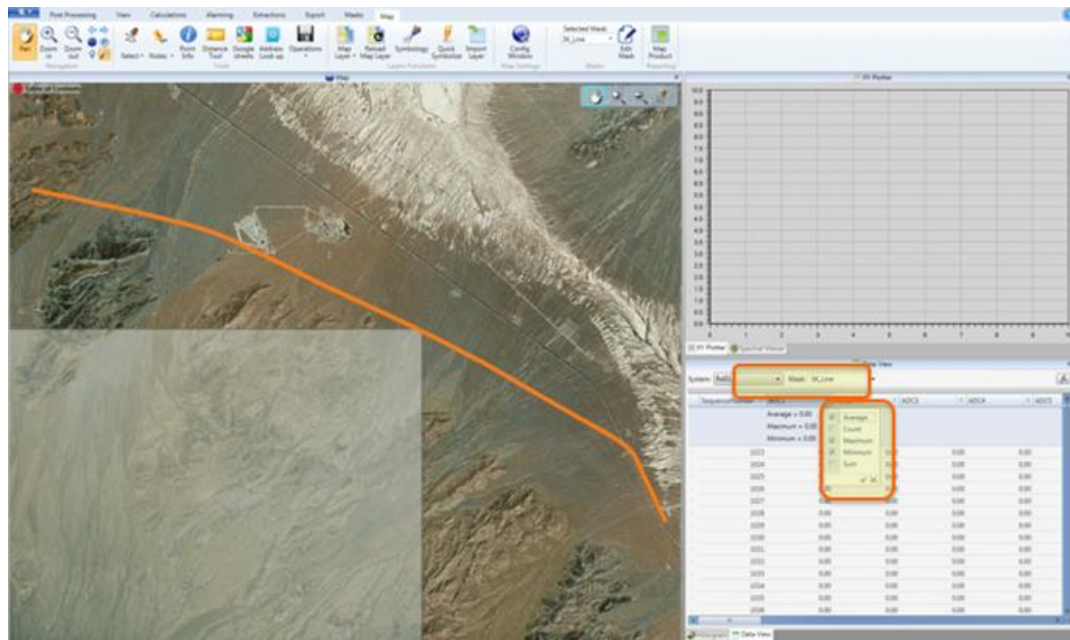


圖 3-28 選取背景路線並取得背景之平均計數率

以選取工具建立重點調查區域的遮罩，如圖 3-29 所示。將此遮罩部分計數率以單視窗演算法(如圖 3-30)進行高度修正，此程序之目的為將空中測得到之計數率轉換為地面的計數率。高度修正需要有偵測時 SPARCS 系統之離地高度，離地高度可藉由高度計取得，而一般在無配備高度計之直升機上，則須利用 SPARCS 系統之 GPS 高度與數值地形資料以及大地起伏作修正，三者關係如圖 3-31 所示。數值地形高度為正高(Orthometric Height)，而 GPS 高度則是假設地球為光滑橢球的橢球高，因此須透過大地起伏(Geoid Height)將其修正為正高，修正後的高度與數值地形的差值，即為 SPARCS 量測時正確之離地高度。



圖 3-29 利用選取工具建立調查區域遮罩

在本次訓練課程中 RSL 提供美國太空梭雷達偵測全球地形任務 (The Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) 全球 90 公尺解析度的數值地形檔案，以及美國國家地球空間情報局 (National Geospatial-Intelligence Agency) 提供之地球重力模型 2008 年版 (Earth Gravitational Model 2008, EGM2008)。於課程結束後，有鑑於國內空中偵測作業之直升機並無高度技配備，因此我方詢問能否複製數值地形與大地起伏之檔案，作為國內日後之高度修正使用，經 McClelland 處長同意，RSL 當場提供所有參訓國家上述資料。

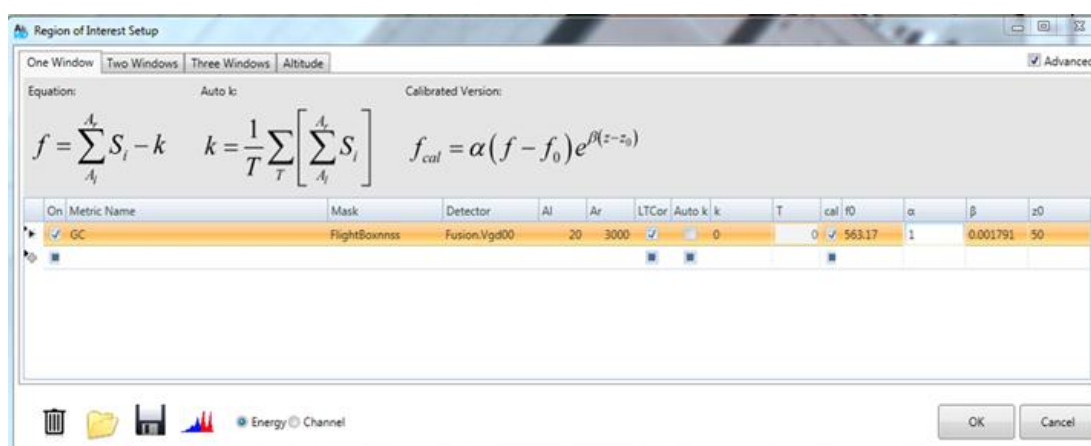


圖 3-30 單視窗演算法計算地表計數率

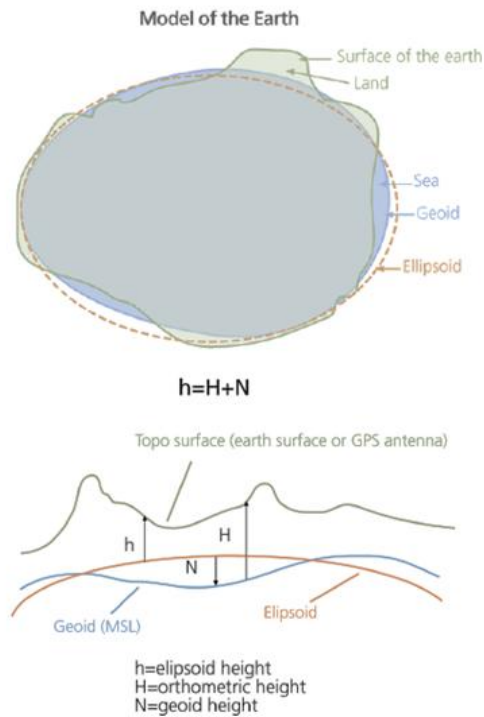


圖 3-31GPS 高度，數值地形與大地起伏之關係示意圖

完成高度修正處理後，利用「Data View Tool」右上角上輸入計算公式的功能(如圖 3-32 所示)，選取高度修正後總計數率，編輯公式後，即可執行背景計數率扣除，如圖 3-33 所示。

Data View					
System: Rxi01		Mask: 3K_Line			
	Vgd01.DetectorCt	Vgd01.Ggc	Vgd01.LiveTime	Vgd01.RealTime	Vgd02.DetectorCt
Average =	3.00	563.17			
Maximum =	3.00	644.00			
Minimum =	3.00	493.00			
39,000.00	3.00	563.00	1.00	1.00	1.00
40,000.00	3.00	544.00	1.00	1.00	1.00
41,000.00	3.00	543.00	1.00	1.00	1.00
42,000.00	3.00	555.00	1.00	1.00	1.00
43,000.00	3.00	580.00	1.00	1.00	1.00
44,000.00	3.00	571.00	1.00	1.00	1.00
45,000.00	3.00	512.00	1.00	1.00	1.00
46,000.00	3.00	566.00	1.00	1.00	1.00
47,000.00	3.00	531.00	1.00	1.00	1.00
48,000.00	3.00	548.00	1.00	1.00	1.00
49,000.00	3.00	595.00	1.00	1.00	1.00
50,000.00	3.00	587.00	1.00	1.00	1.00
51,000.00	3.00	521.00	1.00	1.00	1.00
52,000.00	3.00	581.00	1.00	1.00	1.00

圖 3-32「Data View Tool」上輸入計算公式的功能

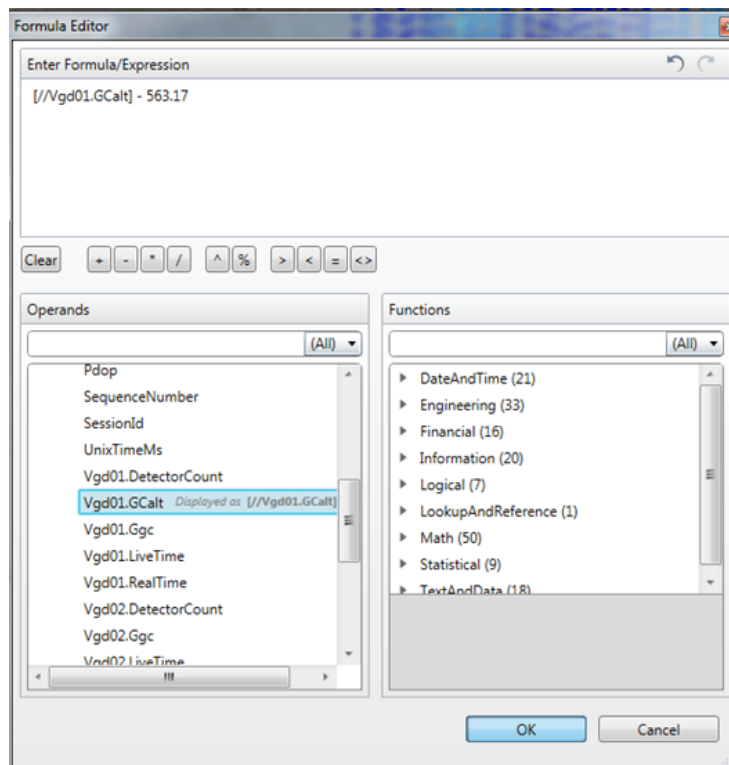


圖 3-33 選取高度修正後總計數率執行背景計數率扣除

在完成計數率高度修正與背景扣除後，利用「Extractions」Ribbon 中的二視窗演算法(如圖 3-34 所示)，將計數率轉換成劑量率，圖 3-35 為計數率轉換成劑量率之結果。

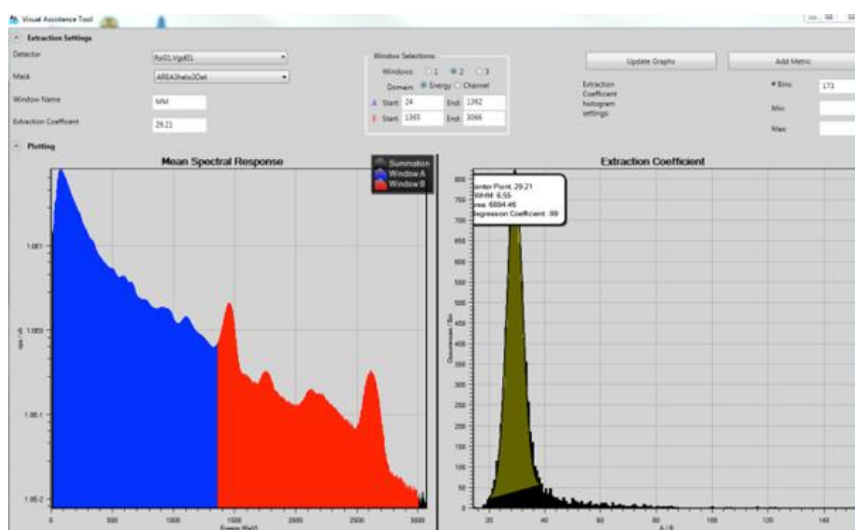


圖 3-34 二視窗演算法設定視窗

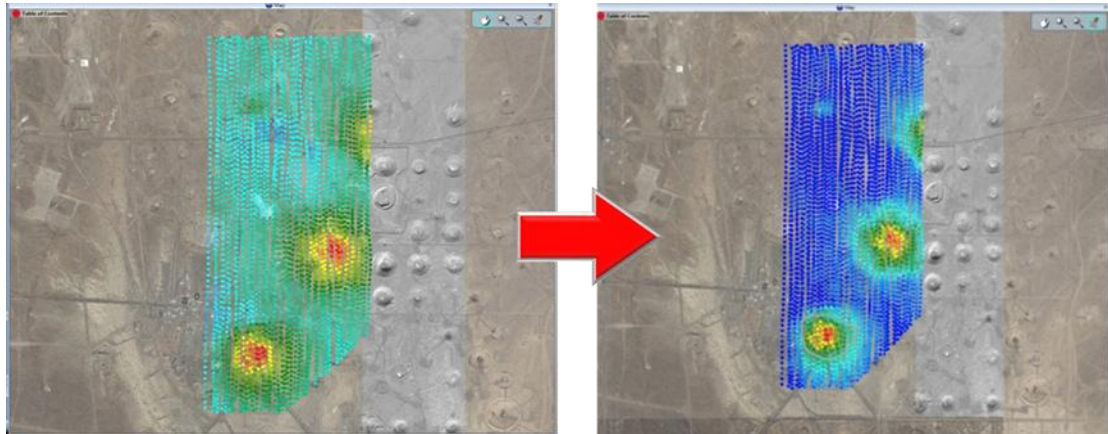


圖 3-35 計數率轉換成劑量率

進一步對於特定區域，如高劑量區，進行數據汲取分析，可利用選取工具，圈繪有興趣之區域，執行數據檢視，如圖 3-36。完成選取後，利用「Extractions」Ribbon 中的三視窗演算法，完成各項參數設定後，可解析出特定放射性核種。圖 3-37 為對 Cs-137 進行數據截取之設窗區間設定，圖 3-38 為三視窗演算法的各項參數輸入，圖 3-39 則為汲取演算後的結果，可以清楚了解圖中三個高劑量區域，左下角區為 Cs-137 造成之影響，其餘兩處則為其他放射性核種，依此程序執行，可逐步分析出各高劑量區的主要放射性核種。

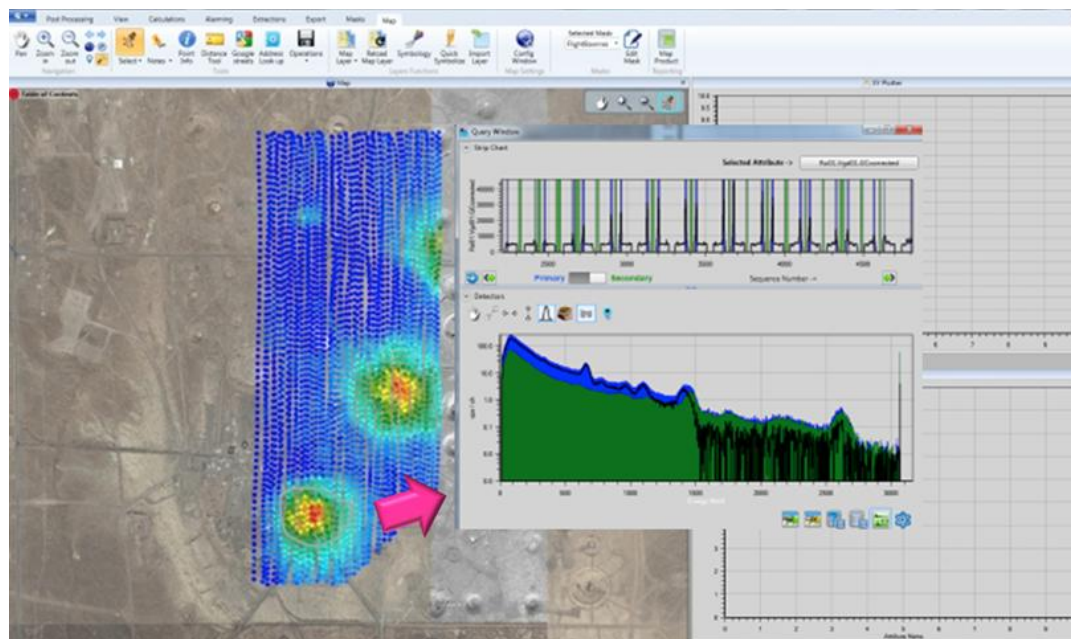


圖 3-36 特定區域選取與檢視

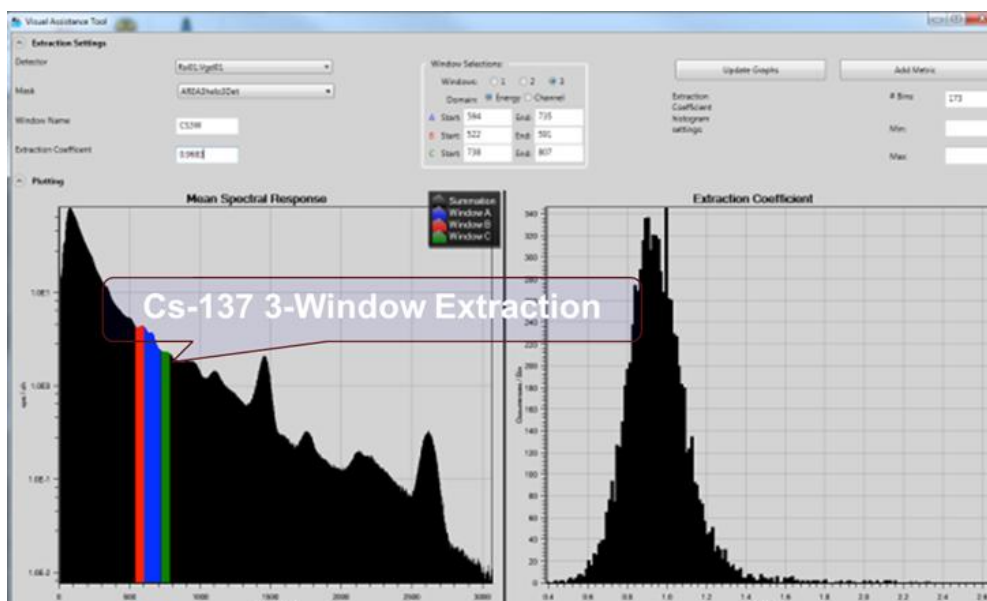


圖 3-37 三視窗演算法汲取 Cs-137

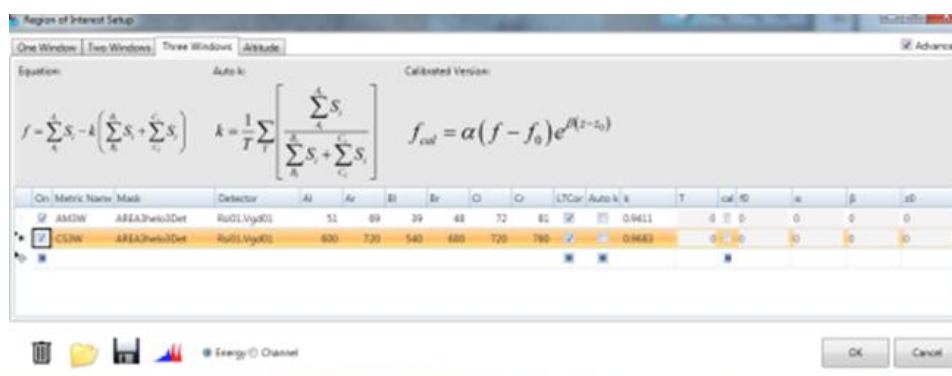


圖 3-38 三視窗演算法的各項參數輸入介面

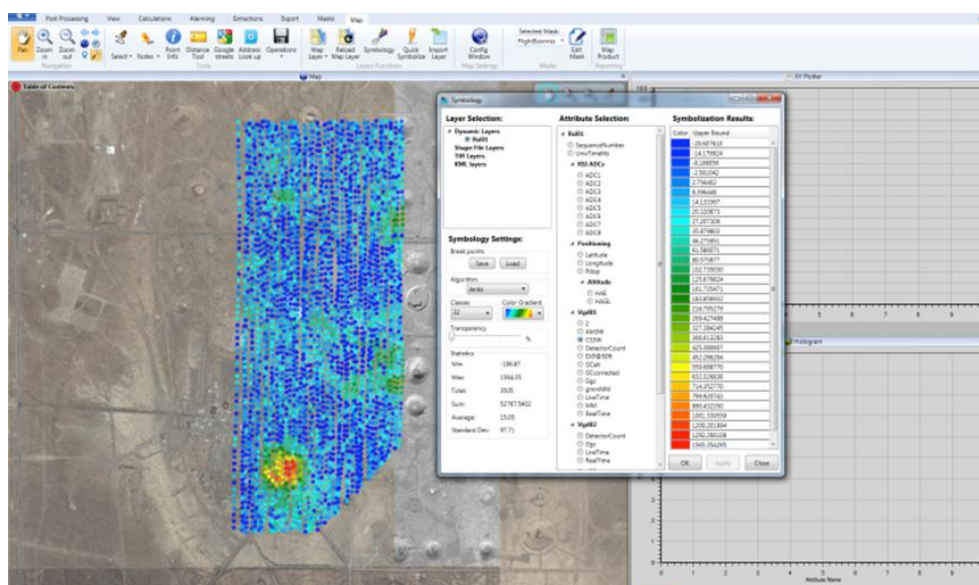


圖 3-39 三視窗演算法 Cs-137 汲取結果

上述數據處理程序完成後，經由「Calculations」Ribbon 中的 Spatial 空間數據內差功能，完成等值線繪製，將點的資料轉換成面的空間分布圖，如圖 3-40 所示。最後 AVID 建有地圖產品輸出功能，以方便發布處理後之圖像成果。地圖產品輸出檔案格式為 XPS 與 PDF 兩種，使用者可由內建的樣板(如圖 3-41)，選用適合的樣式作為接下來編輯的範本。

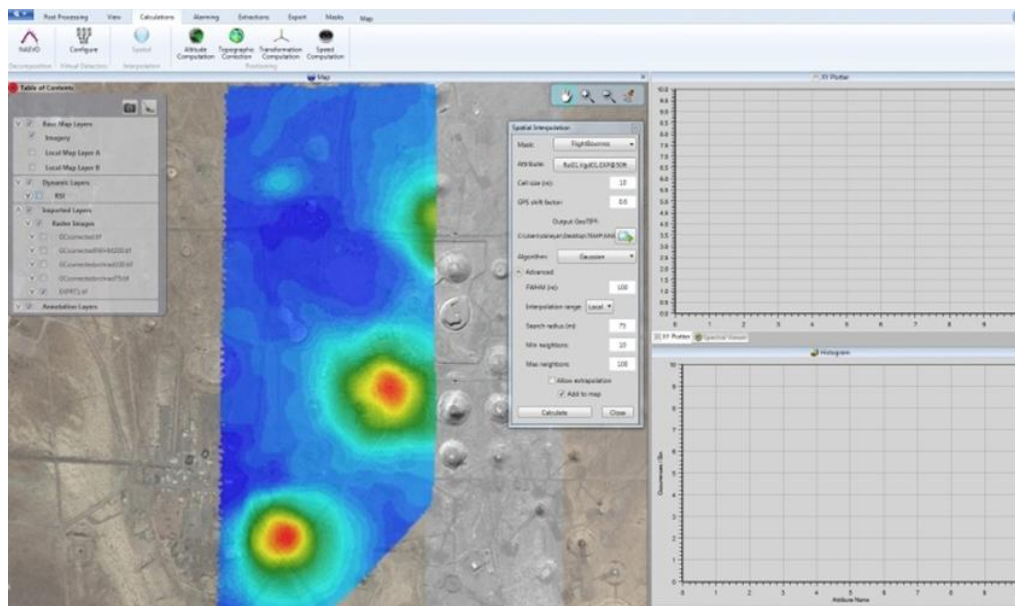


圖 3-40 利用高斯擴展完成等值線成果繪製

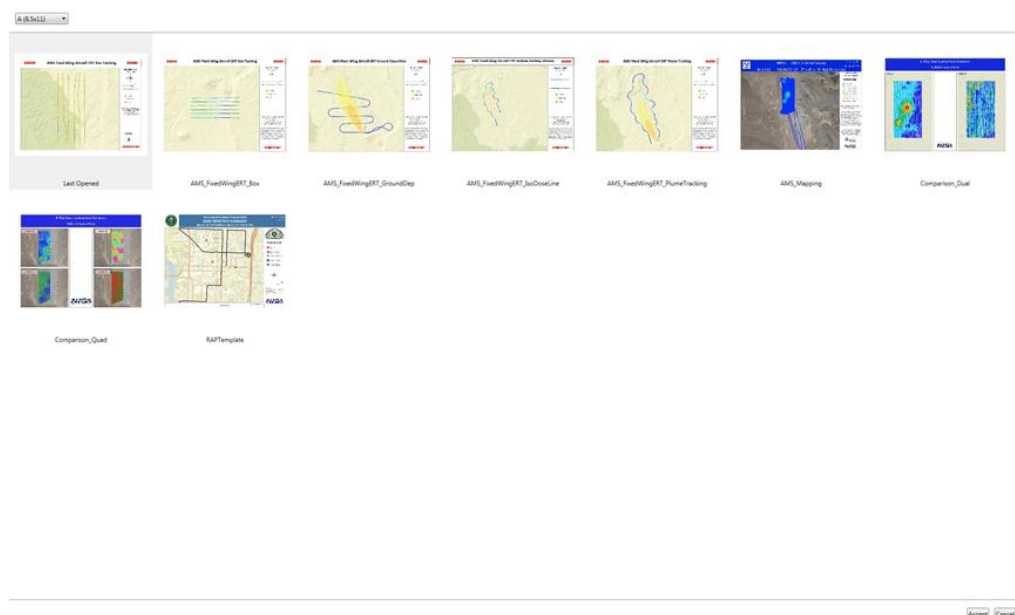


圖 3-41AVID 地圖產品輸出之樣板式樣

範本中所有的文字，單位圖示，圖例說明等，都可依使用者的需求更改，地圖的位置，縮放比例，圖層顯示開啓關閉，都可於此介面進行調整，如圖 3-42，等確認一切都完成後，再行輸出。

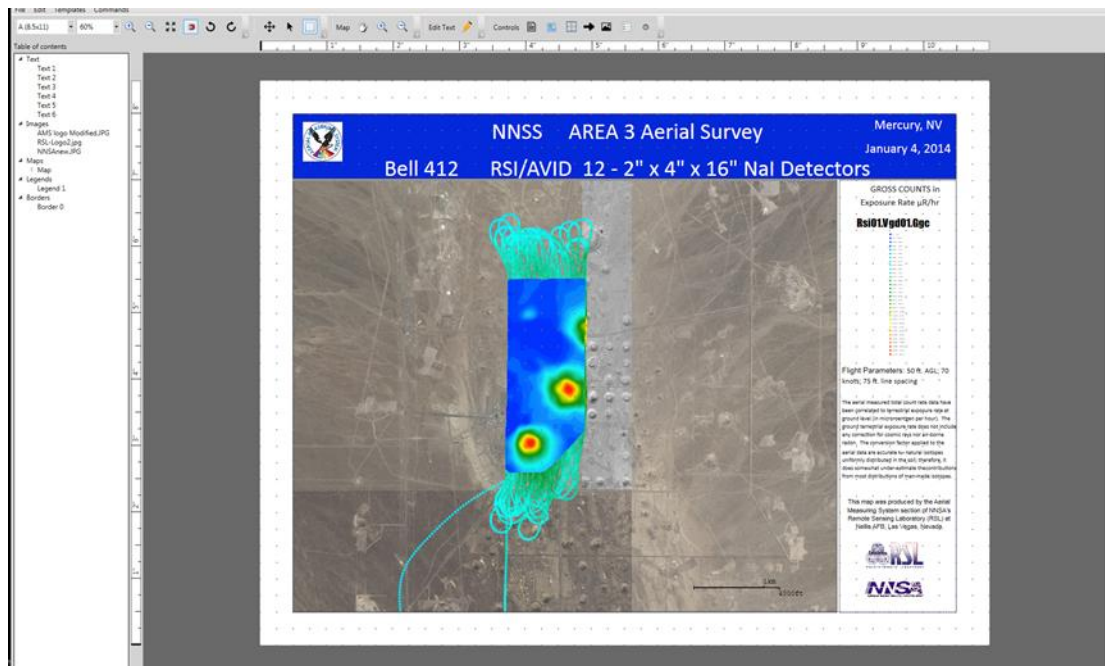


圖 3-42AVID 地圖產品輸出編輯介面

AVID 遙測功能：

空中偵測原 SPARCS 程式支援利用衛星通訊進行偵測數據即時無線傳輸，然為行通訊頻寬有線，無法傳送太多資訊。因此 AVID 開發時，行動通訊技術大幅提升且訊號涵蓋範圍也越來越密集，因此 AVID 支援透過手機網路通訊(3G)無線數據傳輸，以達到遙測的目的，根據 RSL 的使用經驗，在高度 2000 英尺以內，3G 網路均可正常連線傳輸。

AVID 無線傳輸為主從式(Client-Server)架構，現場偵測數據為傳回一伺服器，使用者可於遠端透過帳號密碼的登入伺服器，下載目前正在外面現場執行偵測的即時偵測數據，並於 AVID 圖台中顯示與操作，於訓練課程中，RSL 即藉由一組學員於 Government Wash 區域實務飛行時，示範即時數據傳輸與顯式的功能，如圖 3-43 所示。目前國內引進的 AVID 並未具備無線傳輸功能，Wasiolek 博士表示，可透過 NNSA 向 DOE 提出使用需求，RSL 可協助國內開啓與建立此項功能。

核研所目前已與逢甲大學地理資訊中心合作，經由程序解析與 SPARCS 程式檔案分析，於 ArcView Desktop 上開發無線傳輸與接收顯示平台，透過行動通訊網路可以即時傳輸及接收 SPARCS 坐標位置與偵測數據，然須透過另外的程式平台與介面顯示。而 AVID 整合無線傳輸功能，顯示圖台與操作介面都於同一平台，在展示成效上有更加的表現。



圖 3-43AVID 即時傳輸功能示範

3.3 訓練心得

NNSA於今年5月25日至28日由McClelland處長帶領三位專家，來核研所協助 SPARCS 儀器修復，並辦理儀器電路設計與原理訓練課程，此為 NNSA 首次於海外辦理本項課程；而本次於拉斯維加斯 AVID 的訓練課程也是因應台灣的需求而開辦。主要為核研所空中偵測技術研發團隊對於 SPARCS 系統之研究應用與積極態度，獲得 NNSA 的高度肯定。

本次訓練課程著重於AVID之介紹與數據處理實作，同樣也安排於內華達國土安全區，進行實際空中飛行偵測，同時也讓學員熟悉利用AVID取得量測數據之操作。AVID為空中偵測於軟體方面的整體解決方案，包含偵測數據截取與處理分析之能力，也提供產品輸出的功能，使以往分散的處理程序與應用軟體，簡化成單一程式操作。

然AVID的數據處理的操作，仍須具備多項不同領域之相關技術知識，如地理資訊，能譜解析，統計分析等。程式仍具相當之入門門檻，因此AVID程式引進後，仍須藉由參考相關文獻與不斷的熟悉操作程序練習，來達到真正將程式落實的成效。光擁有SPARCS偵檢設備與引進AVID程式，而人員欠缺熟練的操作技能，將無法發揮空中偵測的效益。

本次訓練獲益豐碩，除感謝 NNSA/RSL 規劃安排訓練課程內容及食宿經費補助外，也感謝原能會核技處與原能會派駐美國 TECRO 趙衛武副組長事前協助溝通協調，以及應變基金提供旅費支援，讓訓練行程得以圓滿完成。

3.4 建議事項

1. 利用程式範例檔案或於內華達國土安全區取得之實際空中偵測數據，持續熟悉與強化 AVID 數據處理分析操作程序。
2. 建議主管機關與國放部陸軍航特部隊或內政部空中勤務總隊協調，建立跨部會合作機制，開始逐步建立國內空中偵測相關之校正參數，與環境輻射基礎調查之示範。
3. 由於RSL方面表示願意提供國內AVID空中偵測無線傳輸功能之開放，建議主管機關透過台美民用核能合作之管道，向NNSA提出此項需求，以建立AVID即時無線傳輸與接收顯示之能力。
4. 空中偵測相關技術發展與應用，為國家長遠所需具備之能力，建議應有長期穩定的經費支持，持續派遣人員參加此類實務訓練課程，以提供偵測作業能力與數據分析技術，並維持系統與設備之可用性，更重要是要能維持專業技術人才，人力資源才是技術可長久傳承並突破的關鍵。

3.5 本章附錄

3.5.1 附錄一、美國能源部國家核子保安總署(NNSA)邀請文件

October 6, 2015

Mr. Chung-hsin Lu
Atomic Energy Council
4F, 80 SEC. 1 Cheng Kung Rd.
Yung-Ho Dist. New Taipei City
Taiwan 23452, R.O.C.

Dear Mr. Chung-Hsin Lu:

I would like to invite you to the United States Department of Energy, National Nuclear Security Administration (DOE/NNSA), Office of Emergency Operations, international training course on *Aerial Measuring System Technical Exchange* in the United States on November 2 through 6, 2015. The purpose of this training is to provide Spectral Advanced Radiation Computer System (SPARCS) users with detailed technical information on use of the SPARCS units for aerial radiation surveys and data interpretation. The training will be conducted in Las Vegas, Nevada.

The U.S. visa issuance process is rather lengthy. Therefore, we urge you to apply for a visa to travel to the United States as soon as possible. Please provide an electronic copy of the visa as soon as the visa is issued to Ms. Ann Heinrich at the email address noted below.

Please note that expenses for travel, lodging, etc. will be paid by the participant.

If you have any questions, please contact Ms. Ann Heinrich at ann.heinrich@nnsa.doe.gov, or + 1-202 586 8165.

Sincerely,



Vincent McClelland

cc: John Gelsthorpe, Remote Sensing Laboratory

3.5.2 附錄二、SPARCS / AVID 進階訓練議程

Agenda for Advance SPARCS/AVID Training

November 2-6, 2015

In April 2015, the AVID software was approved for international release to specific countries. AVID is a comprehensive software package for acquisition and analysis of aerial radiation data developed by the DOE Remote Sensing Laboratory. It is the same software as used by the DOE Aerial Measuring System (AMS) team. It replaces the SPARCS cabin software and SPARCS aerial software, that was distributed with the SPARCS detector pods. The November training will focus on AVID use for aerial data acquisition and especially aerial data analysis with build-in AVID tools.

Training tentative timeline:

Monday – Friday November 2-6, 2015

Location: Desert Rock Airport or North Las Vegas Airport

Monday: Classroom operators training on AVID used for data acquisition with SPARCS,

Tuesday: Flights over NNSS Area 3 (real radioactive contamination)

Wednesday: Flights over NNSS Area 25 or Pahrump Valley (simulated sources and contamination)

Thursday, Friday: Classroom training on data processing using AVID tools, training on creating simulation for proficiency flights

Main topics for the training may include:

1. Introduction to AVID Software
 - a. Philosophy of AVID design
 - b. User Interface for Data Acquisition (maps, display, available tools)
 - c. Real-Time In-Flight Data Processing
 - d. Post-Flight Data Analysis (data file formats, level 1, 2, 3 data processing, map generations)
 - e. Real Time Data Simulation for proficiency training/exercises
2. Interfacing SPARCS-A and SPARCS-M with AVID
 - a. SPARCS launchers
 - b. Communication Protocols and AVID Setup
 - c. Modification and updates to SPARCS hardware and firmware
 - d. Data Telemetry
3. Data Acquisition using SPARCS and AVID during four flights over NNSS Area 3 (real contamination) and over Area 25 or Pahrump Valley with AVID simulation.

4. Detailed Data Processing with AVID

a. Data Processing 1st level

- i. 1st level product generation (uncorrected gross count points)
- ii. Basic path plots on standard templates

b. Data Processing 2nd level

- i. 2nd level product generation (background and altitude corrected gross count point data, exposure rate calibration)
Background (system, radon, cosmic ray, terrestrial)
Altitude above ground level (AGL)
Radar altimeter
GPS and digital elevation map (DEM)
Water line and Test line altitude profile (background, radon and cosmic ray contribution)

c. Data processing 3rd level

- i. 3rd level product generation (raster/contour)
Interpolation (IDW and Gaussian algorithms)
Herring bone (direction of travel)
Global conversion (exposure rate scaling)
Man-made isotope extraction (2-window analysis)
Isotope spectral extraction (3-window and Gaussian analysis)
Radiological mapping

第4章 開發與建置空中偵測設備之外加式即時資料傳輸模

組，建立空中輻射劑量偵檢設備即時資料傳輸能力

鑒於本所現有的空中輻射偵測設備乃屬現場單機紀錄之運作方式，且需在偵測任務執行結束後方能進行事後之分析作業，故無法針對輻射劑量空間區域之累積狀況進行即時判讀，缺乏緊急應變任務所需之即刻性，且對核子事故之影響範圍亦無法即時做監控。因此，今年度將針對本所現有之空中輻射偵測設備及單機版程式，進行解析作業。其作業內容含括：設備與單機間之傳輸方式解析、單機紀錄程式解析，以及解析程式碼與程式碼間相關紀錄欄位，並針對這些解析資料，開發一套即時資料整合系統模組，安裝於空中偵測單機版電腦中，使緊急應變中心能夠即時取得空中偵測資料，滿足立即決策之需求。

由於空中輻射偵測目前係單機作業，故無法將資料回傳至遠端。因此，為配合前項工作之即時資料傳輸模組，另需再行開發一套無線傳輸回傳模組，以便將所紀錄之各筆資料傳至遠端。且由於空中偵測無線傳輸，須考量飛行速度與飛行高度，以建立傳輸能力架構，其包含了空中及地面如何發送、地面及遠端如何接收等，故另需再開發空中偵測單機版傳輸發送模組及遠端接收模組兩項主要程式，以便隨時接收最新資料並做即時之資料更新。

此外，傳輸能力必須額外考量若無線傳輸環境不佳時，需具備之儲存及補傳輸之能力，以避免偵測資料遺漏，且所有的空中偵測數據和結果，皆具有座標值及所對應之偵測值。因此，需針對傳輸回遠端

之各筆資料，進行即時空間展示作業，以建立在視覺化下即可立即做應變和決策之能力。同時，空間圖台必須即時展繪所接收到的各項偵測點位與資料，並整合本所現有之各項圖資資料，以利判讀與調整應變策略。

4.1 SPARCS-A 空中偵測系統數據傳輸模組之研發

SPARCS-A 空中偵測系統係由(1)碘化鈉偵檢箱、(2)資料擷取和傳送單元(ATU)及(3)筆記型電腦共三個部分所組成,如圖 2-1 和圖 2-2 所示。ATU 用以接收碘化鈉偵檢箱之偵測數據,並即時地展示偵測點位,但 ATU 和筆記型電腦必須搭配碘化鈉偵檢箱與空中偵測直昇機一同出勤,以致所有的偵測數據皆須等待任務結束返回地面後,指揮中心方能去執行後續的數據判讀及分析,此現象並不利於緊急應變快速決策需求。因此,本年度遂規劃進行無線數據傳輸模組之研發,但在此之前,須先進行空中偵測系統之解析。

SPARCS-A 空中偵測系統之解析程序可以細分為以下三個步驟：

➤ (一)、每秒儲存一筆偵測資料：

待 ATU 與碘化鈉偵檢箱連結成功後後, ATU 會以每秒一筆資料之方式將偵測結果儲存成如圖 4-1 之格式。



名稱	修改日期	類型	大小
Jun04_150609_0.log	2015/6/4 下午 03:07	文字文件	11 KB
Jun04_150609_10.log	2015/6/4 下午 03:07	文字文件	11 KB
Jun04_150609_20.log	2015/6/4 下午 03:07	文字文件	11 KB
Jun04_150609_30.log	2015/6/4 下午 03:07	文字文件	11 KB
Jun04_150609_40.log	2015/6/4 下午 03:07	文字文件	11 KB
Jun04_150609_50.log	2015/6/4 下午 03:07	文字文件	11 KB
Jun04_150609_60.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_66.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_67.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_68.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_69.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_70.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_71.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_72.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_73.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_74.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_75.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_76.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_77.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_78.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_79.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB
Jun04_150609_80.log	2015/6/4 下午 03:08	文字文件	11 KB

圖 4-1 ATU 每秒資料儲存畫面圖

➤ (二)、每秒儲存同一檔案偵測資料：

除了每秒儲存一筆偵測資料外，ATU 還會把每秒的資料儲存在同一個檔案內，並將每秒動態即時寫入同一個*.dat 紀錄檔中，直到偵測任務結束為止，如圖 4-2 所示。

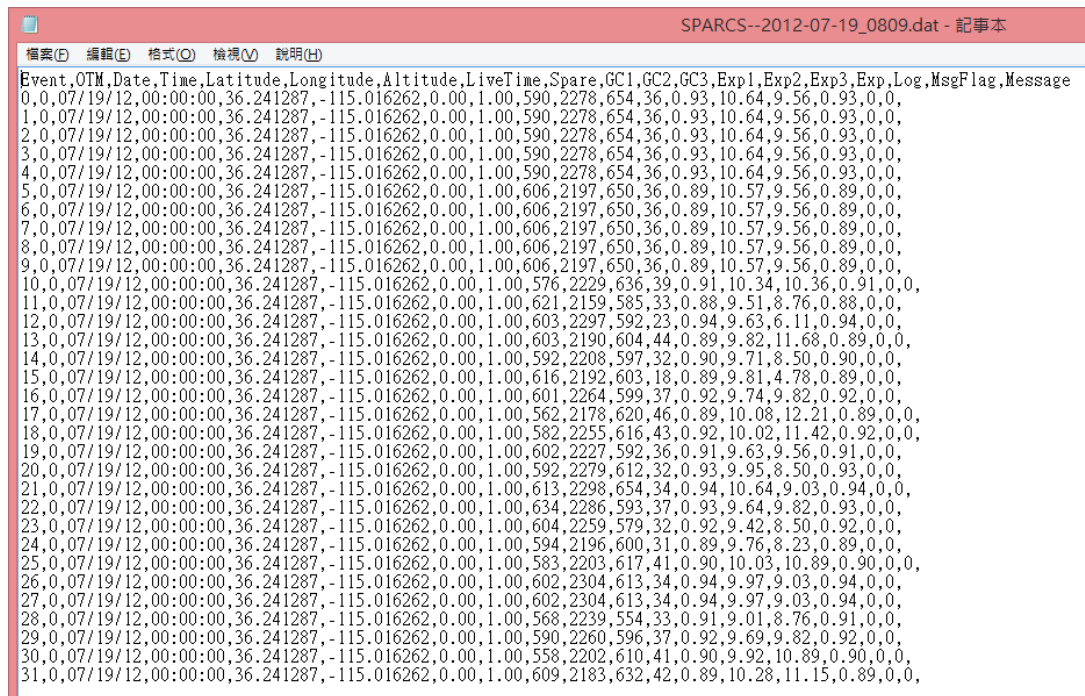


圖 4-2 ATU 寫入每秒之動態於同一個*.dat 紀錄檔中

➤ (三)、將偵測資料和座標轉換成 GIS 圖檔：

每個*.dat 紀錄檔內均含有重要的 GPS 坐標，故在偵測任務結束時，ATU 會自動地將座標值轉換成 ArcGIS 的 SHP 檔案格式及 Google Earth 的 KML 或 KMZ 檔案格式，如圖 4-3 所示。

SPARCS--2012-07-17_1340.dbf	2012/7/18 上午 0...	DBF 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1340.shp	2012/7/18 上午 0...	SHP 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1340.shx	2012/7/18 上午 0...	SHX 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1340_ontop.dbf	2012/7/18 上午 0...	DBF 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1340_ontop.shp	2012/7/18 上午 0...	SHP 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1340_ontop.shx	2012/7/18 上午 0...	SHX 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1347.dat	2012/7/18 上午 0...	DAT 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1347.dbf	2012/7/18 上午 0...	DBF 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1347.shp	2012/7/18 上午 0...	SHP 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1347.shx	2012/7/18 上午 0...	SHX 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1347_ontop.dbf	2012/7/18 上午 0...	DBF 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1347_ontop.shp	2012/7/18 上午 0...	SHP 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-17_1347_ontop.shx	2012/7/18 上午 0...	SHX 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-19_0807.dat	2012/7/19 下午 1...	DAT 檔案	1 KB
SPARCS--2012-07-19_0807.dbf	2012/7/19 下午 1...	DBF 檔案	1 KB

圖 4-3ATU 會自動將座標值轉換成 ArcGIS 的 SHP 檔案格式
及 Google Earth 的 KML 或 KMZ 檔案格式

SPARCS-A 空中偵測系統無線數據傳輸模組之研發：

➤ (一)資料傳輸模組：

本研究將以可延伸標記式語言(eXtensible Markup Language, XML)技術來開發無線資料傳輸模組程式，該 XML 所開發之程式，將安裝於單機版電腦中，並結合雲端的技術，將本設備之偵檢資料傳輸至雲端。目前 XML 無線傳輸模組程式仍在持續開發階段。

➤ (二)雲端儲存空間：

雲端儲存空間，主要目的在提供一個儲存空間，來存放每秒一筆的偵測資料及*.dat 檔案之用，同時，可以減少本所另外購置硬體伺服器之成本以及網路頻寬。目前規劃以 Dropbox 為主，因為 Dropbox 本身可以進行資料夾共享設定，且透過網際網路即可分享欲共用之檔案，故透過 XML 所開發之無線傳輸模組程式，預

計將以每秒一筆的偵測資料及*.dat 檔案來做即時上傳，達成檔案分享並給資料接收模組使用之目標。

➤ (三)資料接收模組：

本研究將以 XML 技術來開發無線資料接收模組程式，本接收程式將到雲端資料中，提取每秒一筆的偵測資料及*.dat 檔案內容，並即時匯入地面指揮中心電腦中，亦即「輻射偵測數據推估空間展示決策系統」可以讓指揮中心立即檢視偵測結果與偵測路徑，有助於緊急應變之決策。

4.2 PGIS-2 輻射偵檢設備數據傳輸模組之研發

為探究無人載具運用於空中輻射偵測之可行性並確保空中輻射偵測數據之品質，本研究於 103 年度採購一套商用簡易型、輕量化，同時具備 GPS 定位功能與資料紀錄之輻射偵檢設備 PGIS-2，其中文名稱為可攜式加馬射線能譜分析儀，是由 Pico Envirotec Inc.公司所生產，具備能譜分析之能力。

圖 4-4 為 PGIS-2 輻射偵檢設備外觀示意圖，圖 4-5 為其內部構造圖。整套偵檢設備的重要規格如下：PGIS 偵檢器的組成為碘化鈉 (NaI)閃爍晶體、活化劑為鉍(Tl)，體積為 1 L，重量約為 7.5 kg，主要用以偵測光子輻射。



圖 4-4PGIS-2 輻射偵檢設備外觀示意圖



圖 4-5PGIS-2 輻射偵檢設備內部構造圖

PGIS-2 輻射偵檢設備除了偵檢器本身外，另配有一台 Android 行動裝置以及所對應接收偵檢器數據之 APP 程式，因此必須透過該 Android 行動裝置方能顯示各筆偵測結果。本偵檢設備業已於 103 年度之計畫成果中，展現與無人載具搭配之整合研發，如圖 4-6 所示，目前已可執行中距離之輻射偵測作業。



圖 4-6PGIS-2 輻射偵檢設備與無人載具整合研發圖

然而，在進行無人載具空中偵測時，PGIS-2 偵檢設備與 Android 行動裝置也將一併被攜至空中飛行，各項偵測結果皆須等待任務結束返回地面後，指揮中心方可做後續之核種與累積劑量等數據分析，並不利於緊急應變快速決策之需求。因此，本年度亦規劃進行無線數據傳輸模組之研發。

PGIS-2 偵檢設備會將所有的偵測結果儲存在 Android 行動裝置上，經過程式解析後，該 Android 行動裝置上的 APP 接收程式，是透過藍芽傳輸與碘化鈉偵檢器直接做連結，且能接收 1,024 個偵檢結果，然並無法即時地做顯示。因此，本無線資料傳輸模組必須以 APP 的方式來做開發，目前將欲開發之傳輸模組 APP 的功能規劃如下：

➤ (一)資料傳輸模組：

PGIS-2 的 Android 行動裝置 APP 接收程式，會接收每秒 1024 個不同頻道之偵測結果，但卻只能顯示少數幾種放射性核種，此並不利於做判斷和分析。因此，透過新開發之傳輸模組 APP，將 Android 行動裝置 APP 上每秒 1024 個不同頻道之偵測結果完全解析後做記錄，並同時傳送到雲端儲存空間中。

➤ (二)雲端儲存空間：

雲端儲存空間，主要目的在提供一個儲存空間，來存放每秒 1024 個不同頻道的偵測資料。目前規劃以 Dropbox 為主，因 Dropbox 本身有 Android APP 可以進行資料夾共享設定，且透過網路即可分享共同之檔案，因此，透過資料傳輸模組將檔案即時做上傳，達成檔案分享並給資料接收模組使用之目標。

➤ (三)資料接收模組：

本研究亦將以 XML 技術來開發無線資料接收模組程式，本接收程式將到雲端 Dropbox 共享資料夾中，提取資料匯入「輻射偵測數據推估空間展示決策系統」，然後交予地面人員即時做資料的判讀與分析。

4.3 建立空中輻射劑量偵檢設備即時資料傳輸能力

欲執行空中輻射劑量偵檢設備之無線傳輸，須考量到飛行速度，以適當之飛行速度來建立無線傳輸能力。截至當前，具備高速無線傳輸能力的僅有 4G 無線上網，而 5G 無線上網需待至 2020 年。因此，計畫書中所承諾之無線傳輸能力，將規劃使用 4G 門號與裝置，來供 SPARCS-A 空中偵測系統和 PGIS-2 輻射偵檢設備做空中與地面資料接收使用。目前本所已於 ArcView 桌面上完成無線傳輸與接收顯示平台之開發，可即時地接收 SPARCS 與 PGIS-2 偵測資料與顯示位置，如圖 4-7 所示。圖 4-8 展示 SPARCS-A 程式即時傳輸模組介面；而圖 4-9 則展示 PGIS-2 即時傳輸模組介面。

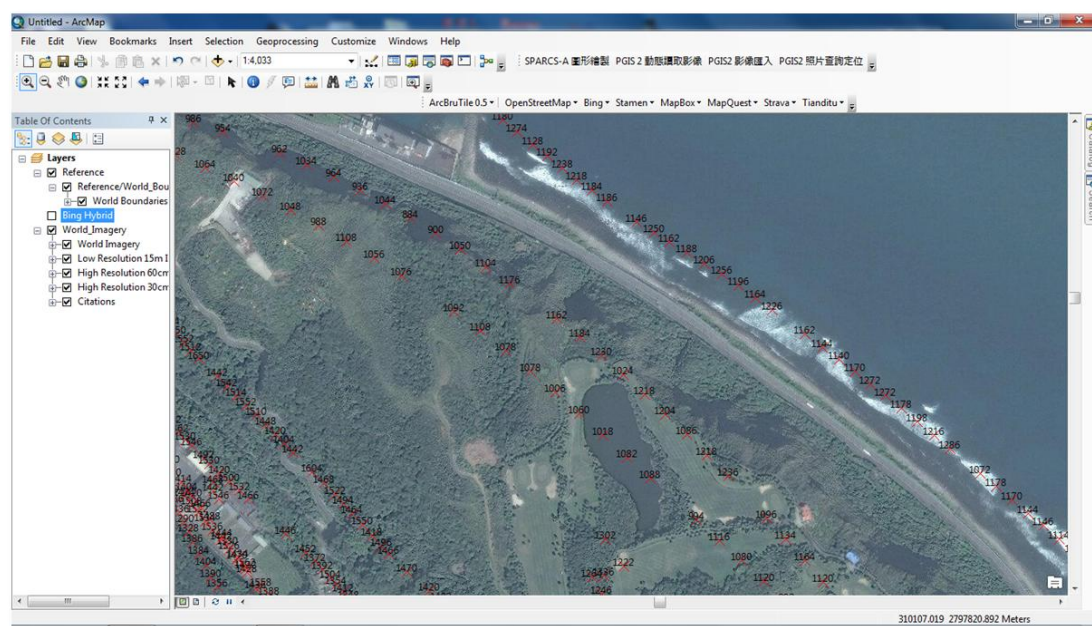


圖 4-7 展示無線傳輸與接收顯示平台

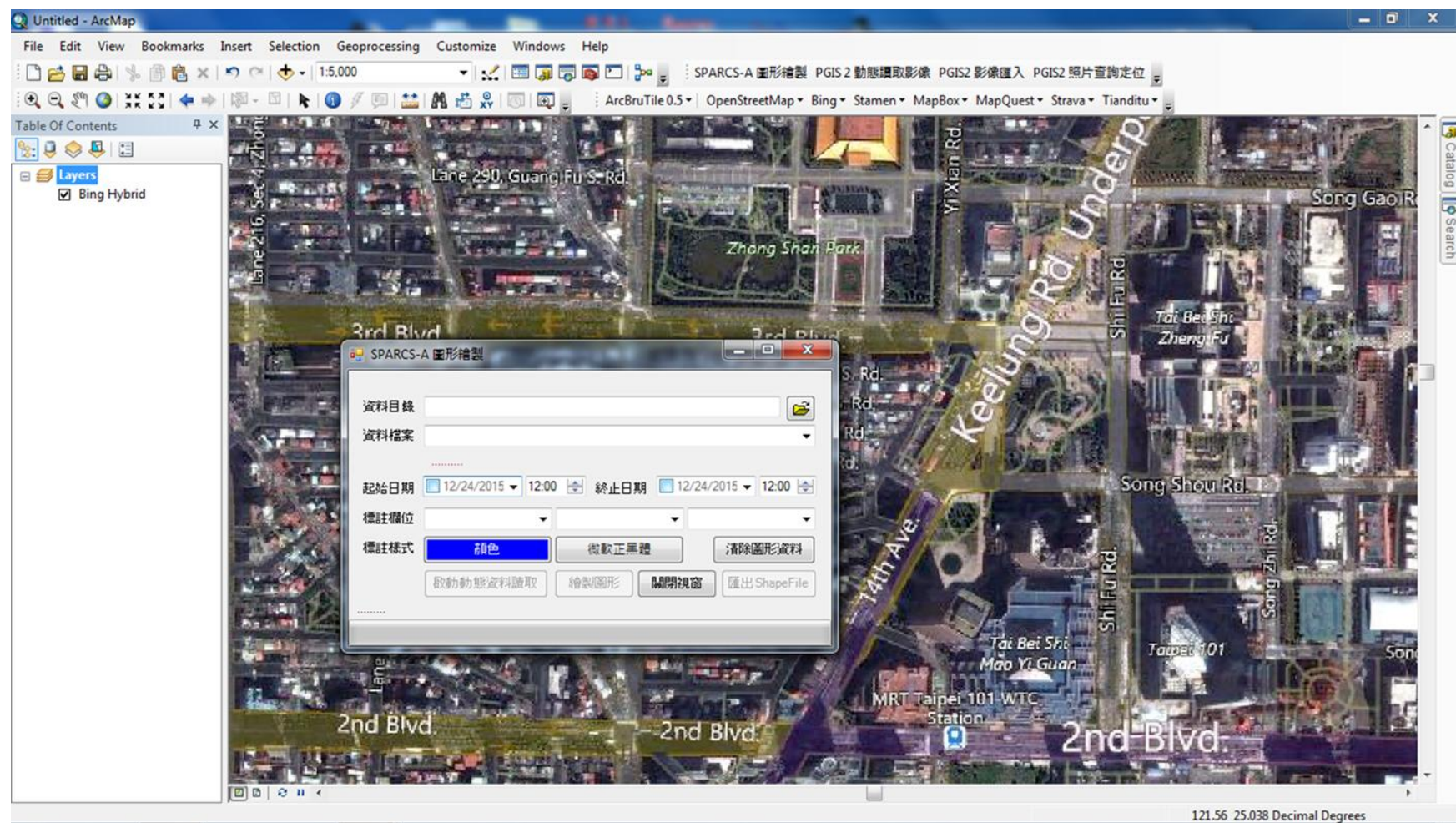


圖 4-8 展示 SPARCS-A 程式即時傳輸模組介面

本研究已完成 SPARCS-A 偵檢設備及 PGIS-2 偵檢設備外加式即時資料傳輸模組之開發，並建立空中輻射劑量偵檢設備即時資料傳輸之能力，達到可即時回傳至遠端指揮或應變中心之目標，並可立即供緊急應變人員進行資料判讀，滿足立即做出適當決策之需求。

第5章 辦理空中輻射偵測任務規劃及相關人員輻防專業訓練

練

5.1 空中輻射偵測任務規劃

在空中輻射偵測任務規劃部份，可區分為事故前與事故後之飛行路線規劃，由於國內核電廠周邊皆有其獨特的地形特徵與地理條件，故需依其廠址特性差異與不同季節之輻射劑量影響範圍，規劃出不同的空中偵測飛航路線。本工作項目將依據 102 年度「海陸空輻射劑量偵測與評估整合技術研究」計畫中已完成的核三廠在不同季節下之空中偵測航線，以及 103 年度「緊急應變空中輻射劑量偵測與評估技術研究」計畫中已完成的核二廠在不同季節下之空中偵測航線持續來做衍伸，探討核一廠在不同季節下之空中偵測航線，以將國內核電廠周邊之空中偵測飛航路線做一完整規劃，並作為國軍未來執行核一廠空中輻射偵測之初步建議參考。

本研究利用現行的緊急應變劑量評估系統，針對核一廠在為期一年內，假設每天都是事故發生初始時間，進行 8 天的劑量評估計算。如此利用每日 08 時的劑量評估氣象子系統發布的 8 天預報參數，先經過混合風場得到 8 天內每小時核一廠緊急應變區內的三維氣象資訊，再利用 A2C t&d/Dose 劑量評估系統進行 Cs-137 污染物排放模擬，得到 8 天的地面累積沉降量及累積有效劑量。最後，將其結果作統計分析，探討核一廠緊急應變區內之輻射劑量區域分布特性及其與地形和不同時間之關係。此部分的研究結果除可了解核一廠在北台灣的輻射擴散特性外，亦可讓緊急應變防護措施規劃更具效率。

5.1.1 核一廠緊急應變劑量評估系統模擬設定

此研究部分主要利用現行的劑量評估系統，針對核一廠區，挑選 2013 年為主要討論年份，在為期一年內假設每天都是事故發生初始時間，進行 8 天的劑量評估計算，核一廠共有 357 組模擬結果資料供統計分析討論。

前置作業氣象場設定部分(A2C flow)，利用每日 CWB GFS 00 UTC 所發布之 8 天氣象預報參數，挑選適合各電廠網格點資料，進行內插後可得到該核電廠大環境氣象場資訊，在經過後續之混合風場系統得到 8 天(共 192 小時)期間，包含中小尺度局部環流變化之每小時三維精緻氣象資訊，本報告討論重點將以核一廠為中心，向外周圍半徑 20 公里(網格解析度為 500 m)緊急應變系統中 domain3，以及周圍半徑 10 公里(網格解析度 250 m)範圍內 domain4 網格中。

後端釋放源模擬(A2C t&d)設定部分，核一廠選定以(309.280、2797.655 UTM 座標)為中心，進行核事故情境模擬，以 Cs-137 為主進行單位濃度(每分鐘 1.0E+00)單一核素釋放模擬，並參考乾沉降速度 0.001 m/s Cs-137 放射源模組，每個個案模擬時間為 192 小時(11520 分鐘)，在考量不影響其模擬結果又不增加其模式運算速度下，設計每小時在核電廠中心排放 10 個煙陣進入大氣中，並連續排放至模擬運算時間結束(共 1920 個煙陣釋放)，再利用劑量評估系統中之雲團大氣擴散分析，得到 8 天的地面累積濃度以及累積有效劑量。最後，將其結果作統計分析，探討核一廠區緊急應變計畫區內輻射劑量之區域分布特性及其和地形交互作用影響關係。

5.1.2 核一廠緊急應變劑量評估系統相對地理位置討論

(圖 5-1 和圖 5-2)首先利用本次報告討論之緊急應變劑量評估系統兩個重點區域(以核電廠為中心，周圍半徑 10 km 及 20 km)之 A2C 模式地形高度圖，分析核電廠附近區域的地理特性，再利用行政院原子能委員會所產出之核一廠緊急應變區 (5km)民眾疏散集結收容圖(圖 5-3)，註：原能會已於 100 年 10 月完成核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍檢討，從 5 km 擴增為 8 km，探討緊急應變區內所包含之城鎮相對區域。

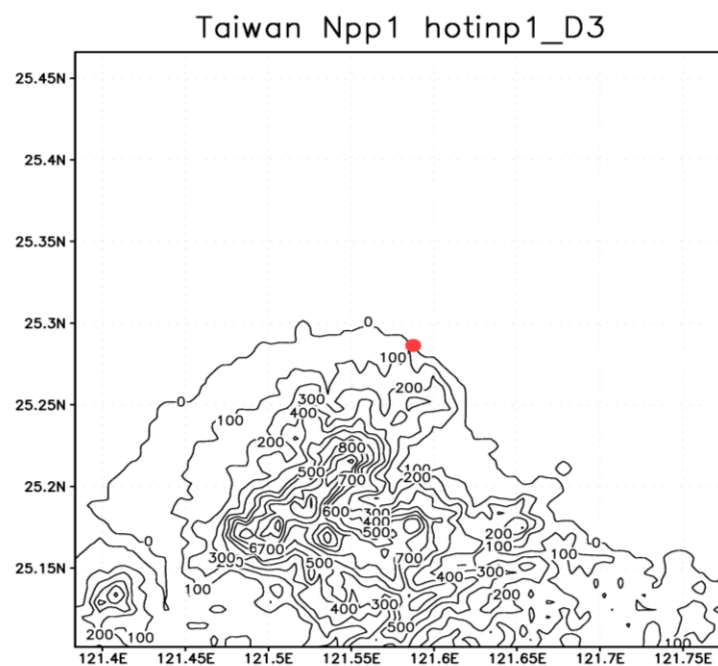


圖 5-1 核一廠區域地形高度分布圖，黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅點代表核一廠所在位置。(網格範圍以核一廠為中心各向外 20 km)

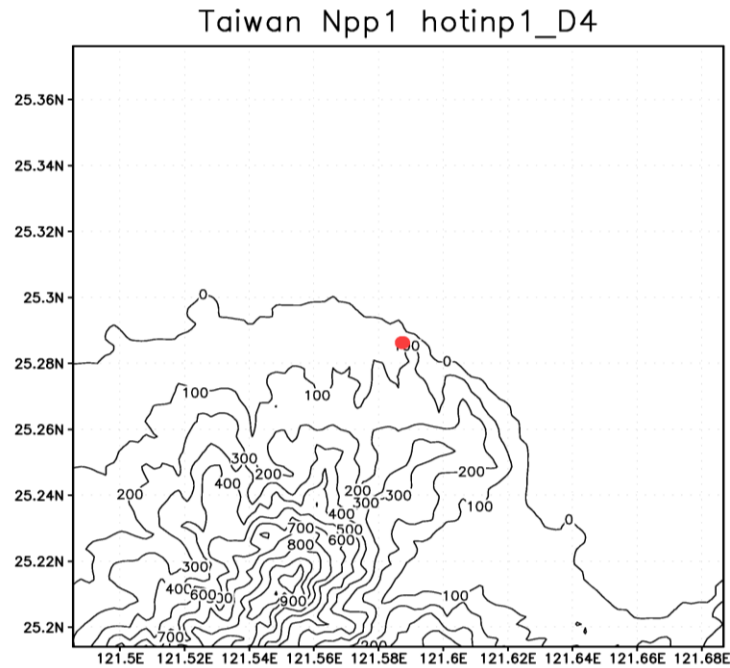


圖 5-2 核一廠區域地形高度分布圖，黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅點代表核一廠所在位置。(網格範圍以核一廠為中心各向外 10 km)



圖 5-3 核一廠民眾集結點和收容站，圖中紅色圓框代表以核電廠為中心向外半徑 5 km 之緊急應變區，左上方之數字代表核一廠的疏散集結點。

由圖 5-1 至圖 5-3 可知，第一核能發電廠是一座位於台灣新北市石門區的核能發電廠，由臺灣電力公司經營，其為台灣第一座核電廠，乃中華民國政府於 1970 年代推動的十大建設之一，由於廠址距新北市金山區的中心街區較近，國際上多稱之為金山發電廠。

核一廠位於新北市石門區的天然峽谷，跨乾華溪谷及小坑溪谷，西南側為大屯山火山群，離台北市直線距離約 28 公里，位於臺北盆地北方，佔地約為 245 公頃。圖 5-1 之半徑 20 公里的緊急應變模擬區域中(主要包含鄉鎮為石門鄉、三芝鄉及金山鄉)，而圖 5-2 之半徑 10 公里的緊急應變模擬區域中，則以石門鄉行政區尖鹿里、山溪里、石門里、茂林里、草里里等為主，現行核一廠緊急應變區集結點為橫山國小、石門國中、老梅國小、乾華國小、乾華派出所等，收容站則為金山青年活動中心和三芝國中。

5.1.3 核一廠緊急應變劑量評估系統模擬結果分析與統計研究

➤ Cs-137 地面沉積累積量

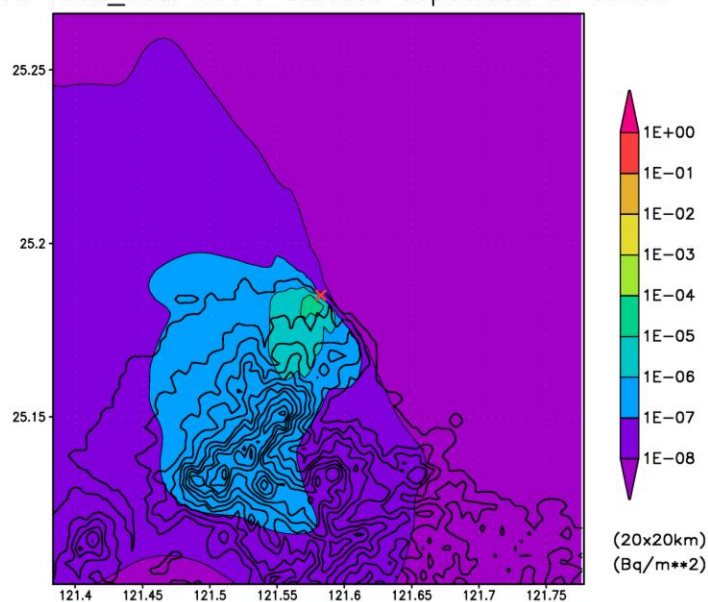
由 2013 年年平均的 8 天地表沉積累積量之空間分布圖(圖 5-4)中，在半徑 20 公里範圍內之 Cs-137 年平均地表沉積累積量往核一廠西南方大屯火山區擴散沉降，以核電廠為中心向西南方延伸 15km，網格範圍內的沉降量幾乎可達 $10^{-7} (Bq/m^2)$ 以上，而北投、淡水、八里等地沉降量值也可達 $10^{-8} (Bq/m^2)$ ，而所關心的台北盆地因為受到大屯火山的阻擋，污染物到達時皆已消散且大多被地表給吸附，故沉積量值均小於 $10^{-8} (Bq/m^2)$ 以下。

討論以中心向外 10km 範圍網格內西南方沉降量值亦可達 $10^{-6} (Bq/m^2)$ 以上， $10^{-4} (Bq/m^2)$ 等值線大約以電廠為中心之半徑 2 km 範圍，比照每年核安演習時之情境， $10^{-4} (Bq/m^2)$ 等值線所包圍的地區為核電廠事故發生時影響嚴重區域，而位於核一廠緊急應變計畫區內的三芝國中及金山青年活動中心兩收容站，金山青年活動中心剛好位於沉降量分布值較低處 $10^{-7} (Bq/m^2)$ ，此集結點安排處也與這次分析結果相符合對應，屬於相對安全區域。而三芝國中則位於沉降量值分布較高處，相對而言較不合適，整體趨勢來看污染物擴散分布位置受到東北風大環境風場影響，污染物大多數皆往西南和西方沉降擴散，呈現不對稱分布情況，此結果與核一廠所在地理位置，以及大尺度環境風場有密切關聯性。此外，亦可由 2012 年核一廠之風向月份時序圖(圖 5-5 和圖 5-6)分析得知，2013 年整年度不論是夏季(6 到 8 月)，或是處於季節轉換過度帶的春季(3 到 5 月)，東北風分量皆佔有一定比例，而秋、冬兩季時，東北風分量更是顯著且穩定，使得高濃度 $10^{-3} (Bq/m^2)$ 等值線包圍區域往西南邊大屯火山地區擴散沉降，

而核一廠西方濱海公路沿岸的石門國中、富基村活動中心，以及橫山里橫山國中這三個集結點，即是未來緊急應變規劃區建立時所需要特別注意的地方。

(A)

2013 Total_Year NPP1 Surface deposition of CS137



(B)

2013 Total_Year NPP1 Surface deposition of CS137

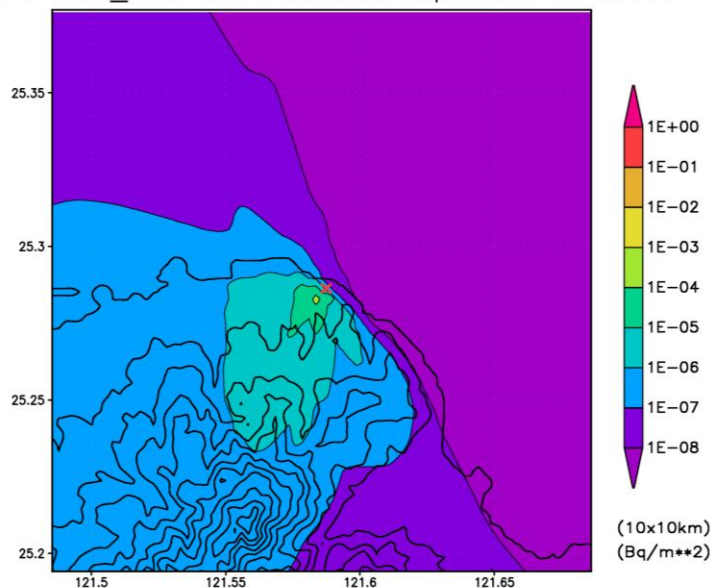


圖 5-4 Cs-137 年平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖(A)網格範圍為核一廠為中心各向外 20 km，圖(B)網格範圍為核一廠為中心各向外 10km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m^2)，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m^2)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。

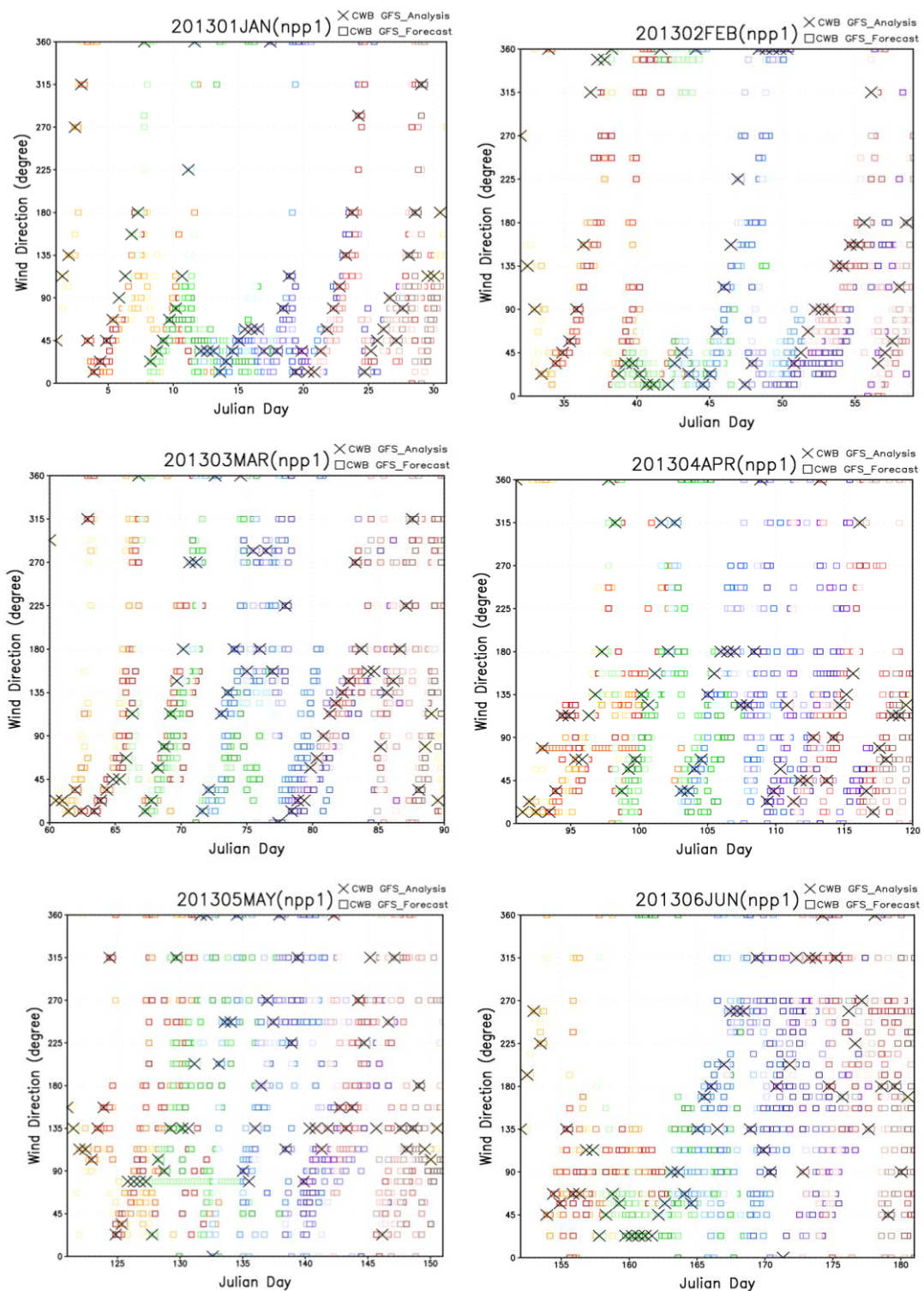


圖 5-2013 年(上半年)核一廠之風向月份時序圖。

(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

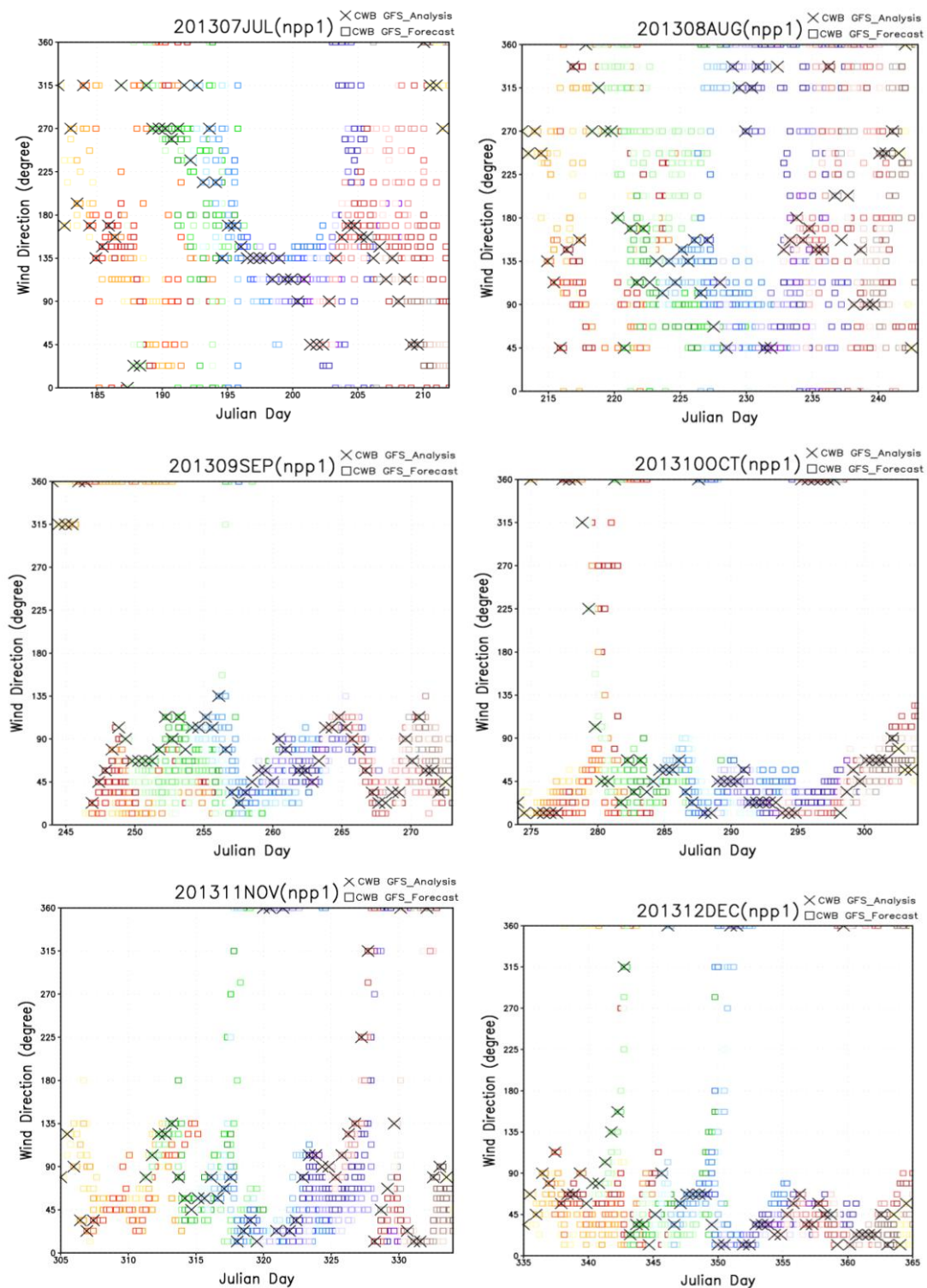


圖 5-6 2013 年(下半年)核一廠之風向月份時序圖。

(黑色 X 為環境分析場，色階方形框為每六小時一筆模式 8 天預報場)

若以 Cs-137 季平均地表沉積累積量之空間分布圖(圖 5-7)來探討地表沉降分布季節變化的特性。以下分成春(3、4、5 月)、夏(6、7、8 月)、秋(9、10、11 月)、冬(12、1、2 月)，四個季節分別做討論分析，可分析季節變化造成的大尺度風向轉變，導致污染物空間分布位置不相同，如前面章節討論所敘，台灣位於歐亞大陸東南側及太平洋之西側，地處溫、熱帶之氣候過度區，特殊地理位置使台灣的夏季常受到西南季風、梅雨及颱風之影響，冬季則受到大陸冷高壓東北季風區影響，此風向的轉變使得冬半季時地表沉積量朝西南方內陸延伸。

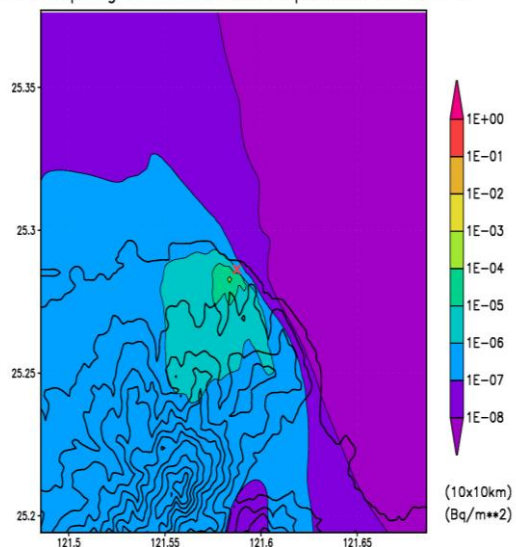
夏半季時並非只有東北風分量且有部分西風分量，污染物朝西南方之山區和西方沿海延伸，而有趣的是位於春夏兩季，污染物的分布位置均大致相同。在 2013 年夏季季平均來看，在 10 公里範圍的結果圖中，地表沉積大於 $10^{-4}(Bq/m^2)$ 之較大值區有向西方和西南延伸的現象，推大屯火山區(陽明山國家公園)、石門區、三芝區和東北角沿海(白沙灣)受到輻射塵沉降影響程度會較大，假如夏季時發生核子事故有放射性物質外釋時，建議位於核一廠西方三芝區和石門區應該盡快疏散，在疏散路線上的(西方)三芝國中也較不適合擔任集結站。

而在冬半季時，受到大陸冷高壓逐漸成熟並繼續發展，東北季風越來越強，一波波冷空氣南下，有強烈大陸冷氣團影響台灣的機會，當大陸冷高壓達強盛時期，平均氣溫是一年中最冷的季節。如有鋒面系統影響，常伴隨強烈大陸冷氣團南下，使氣溫急速下降。Cs-137 地面沉降量值較大區域順著穩定且持續東北季風往西南方大屯火山區(陽明山國家公園)延伸，從相對位置來看竹子山北峰、嵩山有極大值約 $10^{-6}(Bq/m^2)$ ，在冬半年三芝國中和金山青年活動中心兩地，皆適合當作發生事故時的收容站。

圖 5-8 為 2013 年為期一年的 Cs-137 月平均地表沉積累積量空間分布圖，可很清楚的看到一年內各個月月平均累積沉積量的演化情形，另外也可搭配模式分析場和預報場時風向時間序列圖(圖 5-5 和圖 5-6)互相分析比對，在春季(4、5 月)時，部分沉降量有往西北方區域沉降，而核一廠區在夏季(6、7、8 月)時，地面沉積散佈範圍西北方又增多，與當時較常出現些突發性天氣(如梅雨鋒面、西南氣流、午後局部熱對流和颱風等)風場散步較凌亂有關，而冬季(11、12、1 月)時，強而穩定的東北季風與地表沉積往西南方輸送相吻合，推論冬季時輻射塵散佈位置較容易掌握與推算。此可供核一廠緊急應變主管及決策單位作為參考，以利採取相關之應變措施，通知民眾並執行各種必要的防護行動。

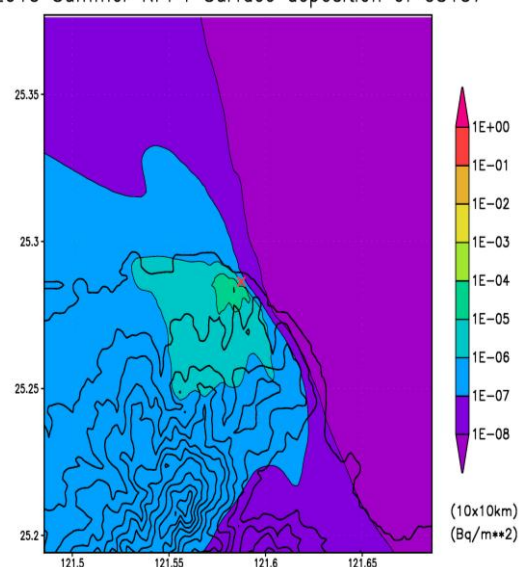
(A)

2013 Spring NPP1 Surface deposition of CS137



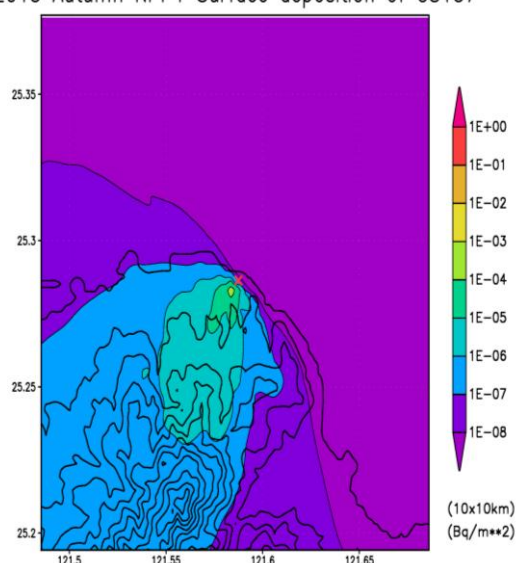
(B)

2013 Summer NPP1 Surface deposition of CS137



(C)

2013 Autumn NPP1 Surface deposition of CS137



(D)

2013 Winter NPP1 Surface deposition of CS137

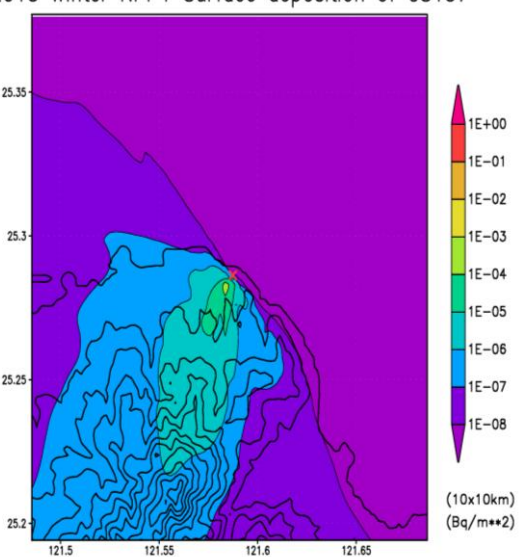


圖 5-7Cs-137 季平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖(A)(B)(C)(D)四季皆以網格範圍為核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m^2)，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m^2)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。

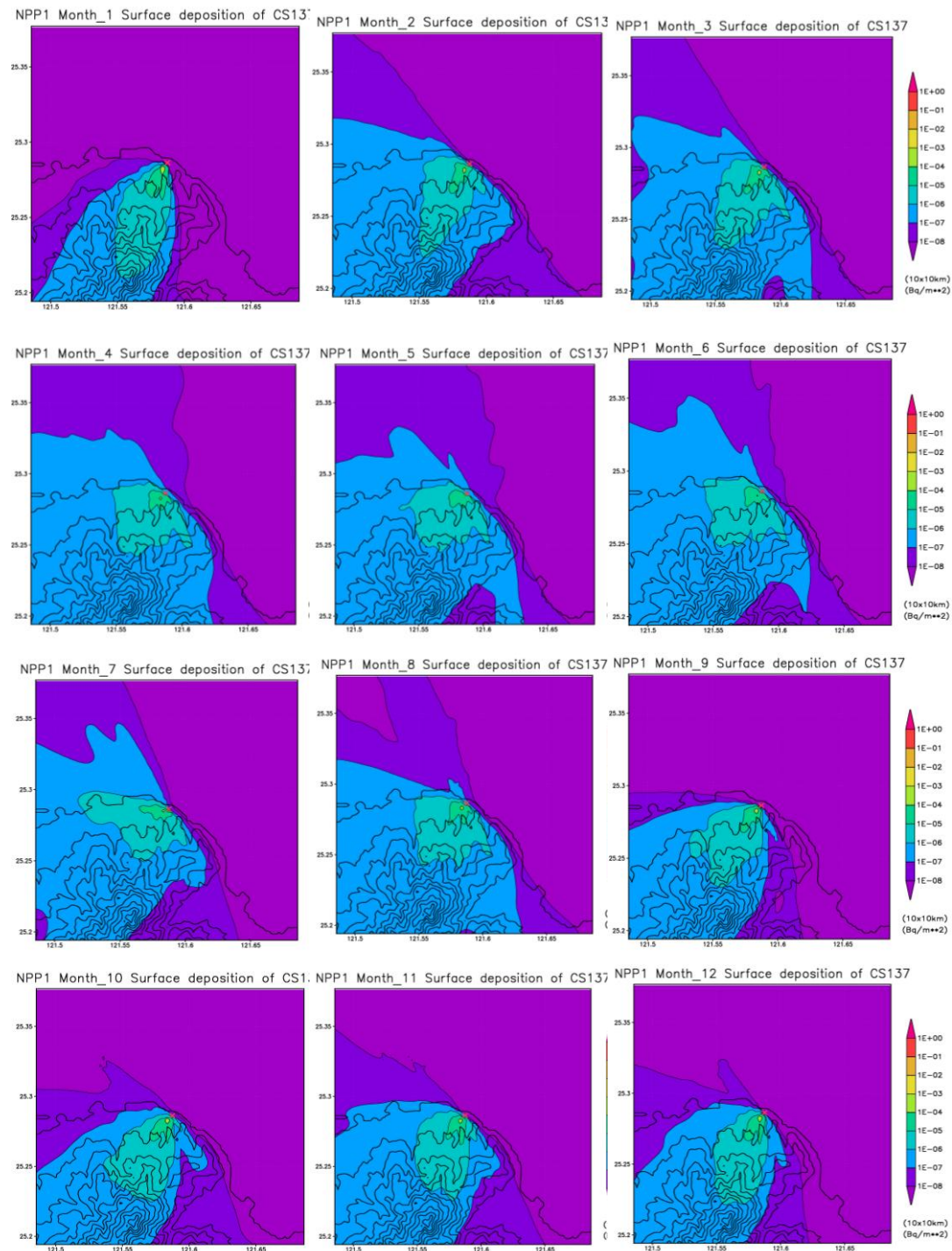


圖 5-8Cs-137 月平均地表沉積累積量之空間分布圖。以上所有圖形皆以核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量 (Bq/m^2)，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m^2)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。

➤ Cs-137 累積有效劑量

本研究中累積有效劑量之計算方法為利用 RAPTAD/DOSE 模式依照每個不同預報場風場(共 359 組)，進行 Cs-137 射源模組 8 天的模擬，本程式所採用之劑量轉換因數共分四組，影響有效劑量者為呼吸攝入途徑(單位：Sv/Bq)、空氣浸身途徑(單位： $\text{Sv}\cdot\text{m}^3/\text{Bq}\cdot\text{hr}$)與地表輻射途徑(單位： $\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{Bq}\cdot\text{hr}$)，影響甲狀腺等價劑量者為呼吸攝入途徑(單位：Sv/Bq)，請參照更新後的各核種不同途徑之 DCF 值，由於本次研究中主要是模擬 Cs-137 放射核種，因此只探討有效劑量這部分。利用 RAPTAD/DOSE 模式計算出即時劑量率(Sv/hr)，乘上時間一小時後累積相加即可得到 8 天 192 小時累積劑量(Sv)，最後再將 8 天的累積劑量結果做年平均、季平均及月平均後，分別進行分析與討論。

RAPTAD/DOSE 系統的主要應用時機在於：當例行之核安演習訓練或萬一之核子事故發生，核能電廠產生輻射物質外釋情節，需要評估輻射外釋物質可能造成電廠周圍之民眾輻射劑量時，可應用本系統配合氣象局即時之天氣風場預報資料，進行未來 8 天之即時劑量率與累積劑量評估分析，以提供決策者重要的資訊參考。

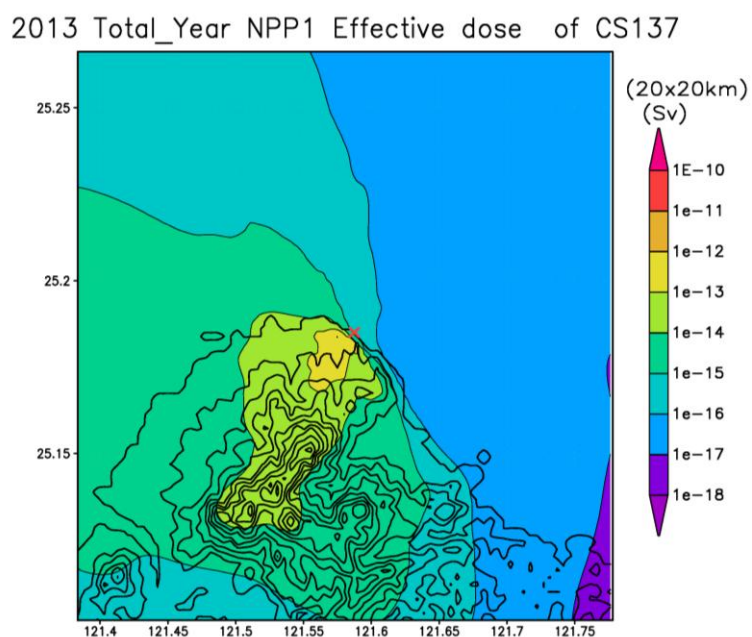
由 2013 年核一廠年平均的 8 天累積有效劑量之空間分布圖(圖 5-9)來看，與 8 天地表累積劑量分布情況(圖 5-4)有部分相似之處。高劑量區域相對位置主要往廠區西南方大屯火山區延伸，整體趨勢來看高劑量空間受到東北季風吹撫下，分布同樣呈現西南方量多-東北方量較少不對稱走向，以有效劑量分布相對位置可知，劑量值順著大尺度風場往山頂上爬坡沉降，值可高達 10^{-13} (Sv)，同樣以相對位置來看廠區西南方竹子山主峰有沉降量極值累積。

圖 5-11 為 2013 年整年的月平均累積有效劑量之空間分布圖，而圖 5-10 為 2013 年整年的季平均累積有效劑量之空間分布圖，可清楚的看出一年中的有效劑量空間分布演化情形，此可供核一廠緊急應變主管及決策單位作為參考，以利安排疏散路線並採取相關之應變措施，通知民眾並執行各種必要的防護行動。

整合前面討論之結果，2013 年核一廠整年度的 Cs-137 地面沉積累積量和累積有效劑量之統計分析，由於整年度的地面沉積量和累積有效劑量空間分布情況有部分相似，因此以下總結部分就已地面沉積量(Bq/m^2)做主要討論。可知除了鄰近廠區附近想當然必為高地表沉積量區外(等值線 $10^{-4}(\text{Bq}/\text{m}^2)$ 範圍約為廠中心半徑 5 公里範圍)，在冬季時其電廠區西南方的大屯火山區(陽明山國家公園)，此方位也有極大值區存在(可大於 $10^{-4}(\text{Bq}/\text{m}^2)$)，受到穩定的東北風吹送，沉降量值較容易越過西南方較低山區，沉降到達八里、北投、天母淡水河一帶，因此如果要在(廠區半徑 10km)緊急應變計畫區內要設置集結點時，冬季時可設至廠區東南方位的(如乾華派出所、乾華國小、金山鄉朝天宮、中角派出所、萬里里六三社區活動中心)，收容站則往金山青年活動中心撤離較為合適。

夏半季時沉降範圍則有偏廠區西方，西北方一些，污染物相對高值較難越過大屯火山區到達台北盆地，台北市北區(淡水、天母、石牌、北投)受到污染物沉降威脅減少許多，夏季收容站和集結點設置地點，建議應與冬季相同，朝向核一廠東南方設置較為安全合適。

(A)



(B)

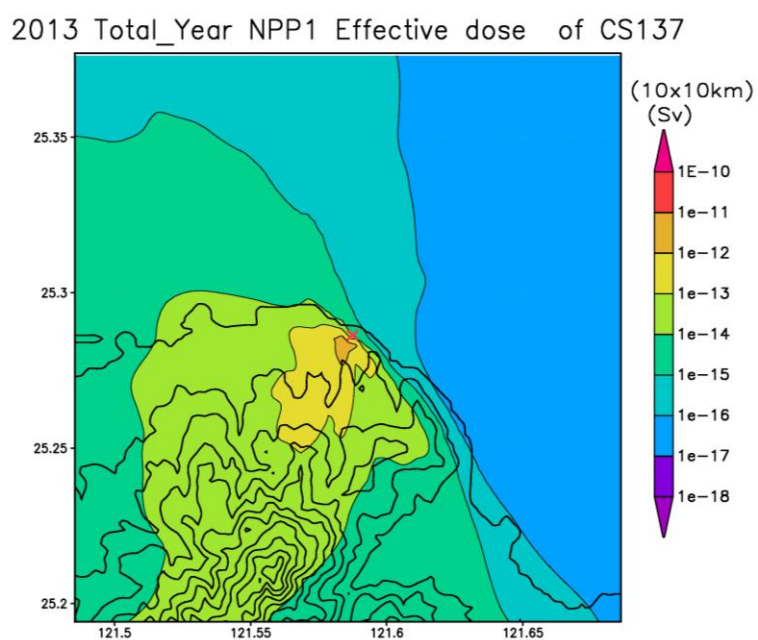


圖 5-9Cs-137 年平均累積有效劑量之空間分布圖。圖(A)網格範圍為核一廠為中心各向外 20 km，圖(B)網格範圍為核一廠為中心各向外 10km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。

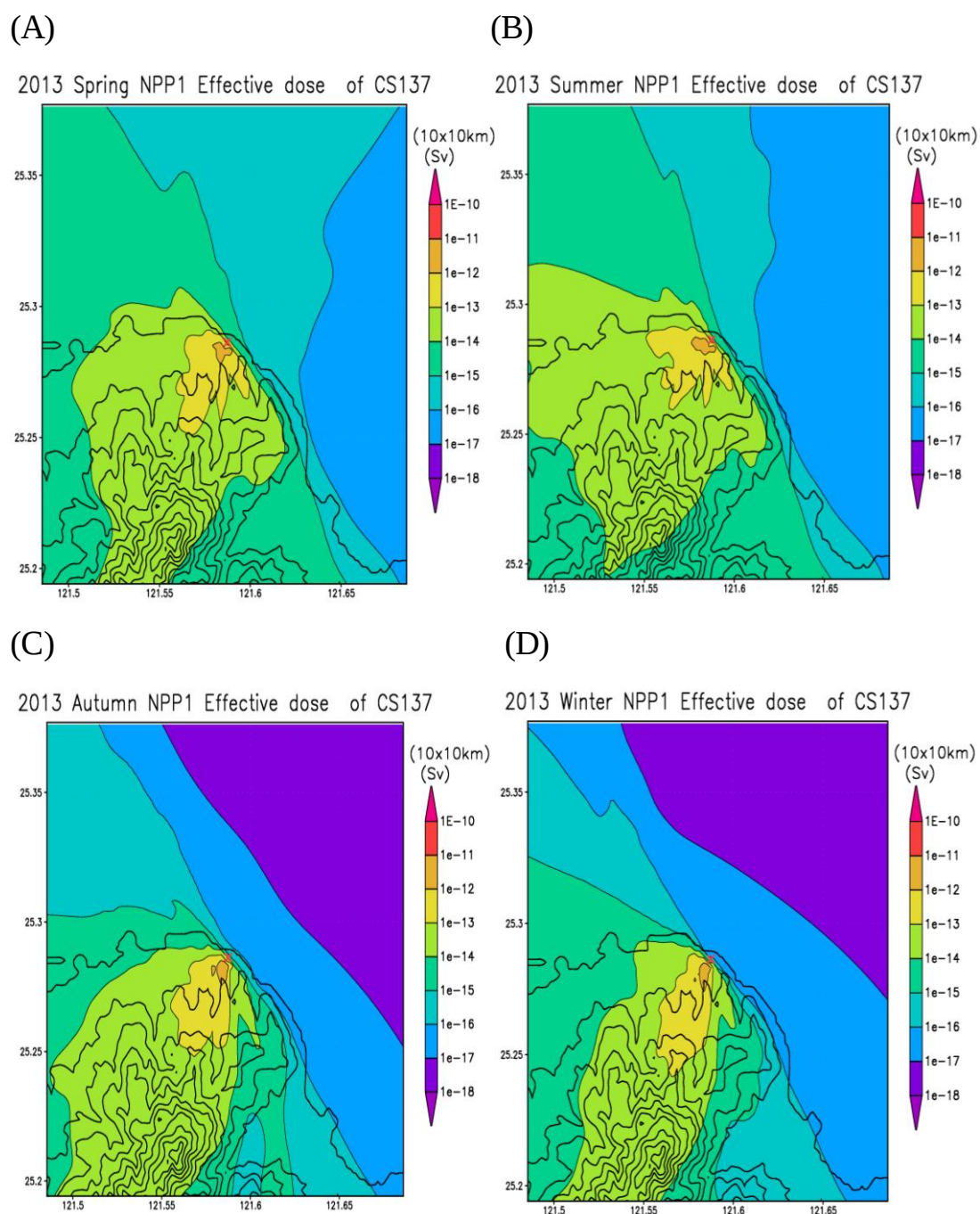


圖 5-10Cs-137 季平均累積有效劑量之空間分布圖。圖(A)(B)(C)(D)四季皆以網格範圍為核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。

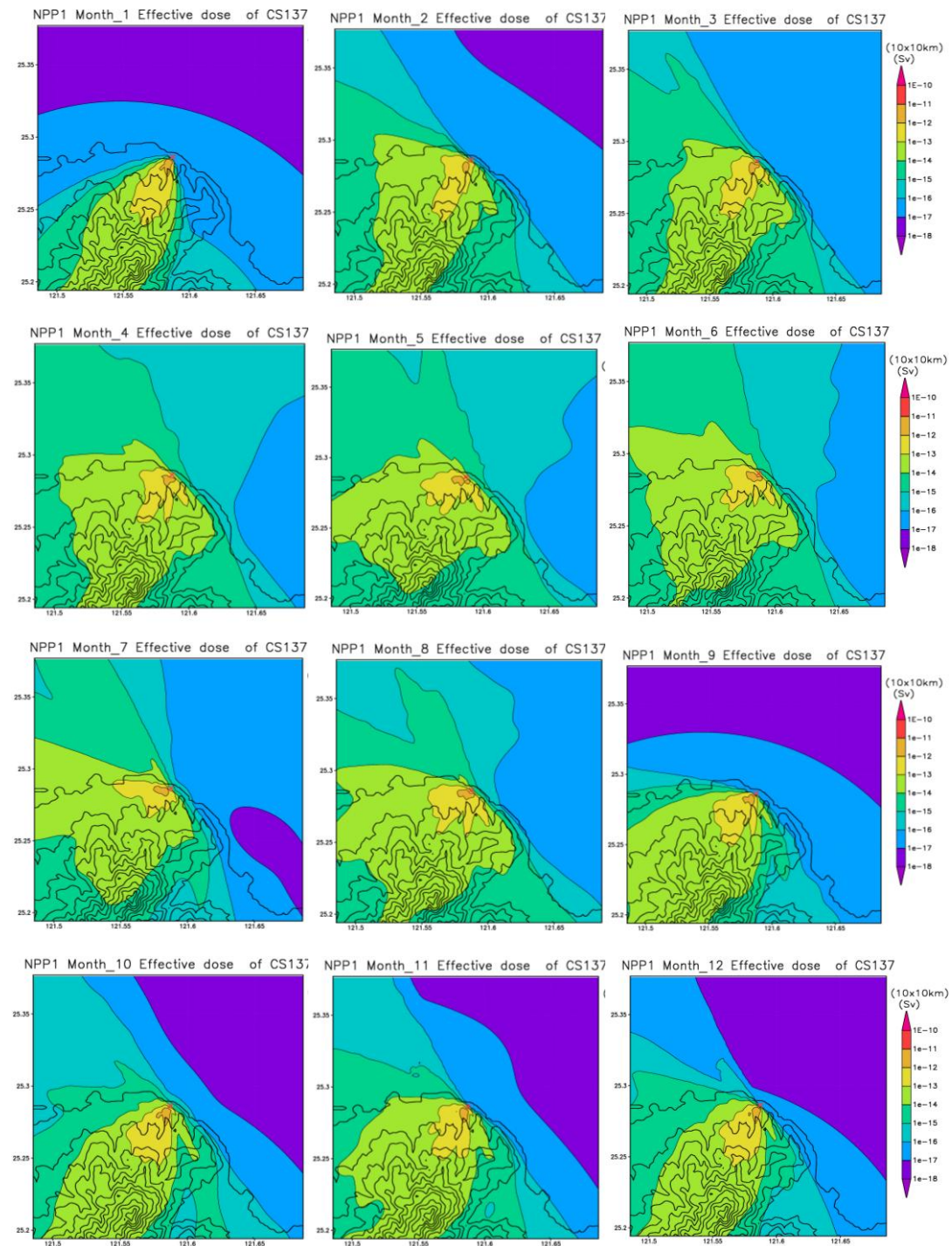


圖 5-11Cs-137 月平均累積有效劑量之空間分布圖。以上所有圖形皆以核一廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩條所示，粗黑實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核一廠所在位置。

5.2 辦理相關人員輻防專業訓練課程

在相關人員輻防專業訓練部份，考量國軍飛官同仁在執行空中偵測任務時，可能接受到輻射曝露，遂需建立相關人員之輻射基礎認知以及輻射防護規範等相關知識，且飛行員與 SPARCS-A 儀器操作人員間的溝通協調，攸關任務執行與偵測數據品質之良窳，故本計畫擬完成「空中偵測之輻射防護與飛行導引準則」，提供給國軍飛行相關人員做為參考，以強化相關人員對於輻射防護之認知，並於今年 8 月 4 日辦理相關教育訓練課程(課程規劃如附表)，期達加深印象之效。

附表 104 年 8 月 4 日空中偵測暨輻射防護教育訓練課程

時間	課程內容	講師
報到		
09:00 – 09:50	空中偵測發展現況	盧仲信
10:00 – 10:50	空中偵測任務規劃	盧仲信
11:00 – 11:50	機組人員輻射安全	陳韋新
午餐		
13:30 – 14:20	空中偵測儀器簡介	盧仲信
14:30 – 16:30	儀器實務操作訓練	盧仲信、陳韋新
賦歸		

註：本訓練課程合計 6 小時，其中 3 小時為我國空中偵測發展暨任務規劃說明、2 小時為空中偵測儀器之實務操作訓練、另外 1 小時則為機組人員輻射安全。

5.3 派員支援年度的核安第 21 號演習

104 年核安第 21 號演習實兵演練於 9 月 21 至 23 日假新北市石門區核能一廠緊急應變計畫區舉行。本所配合年度的核安演習，協助規劃空中輻射偵測作業之飛行區域與飛行路線，如圖 5-12 與圖 5-13 所示。另外，亦派員赴核一廠附近之老梅國小擔任空中輻射偵測站的解說人員，如圖 5-14 和圖 5-15 所示。目的是要讓居住在核一廠附近的居民瞭解新北市政府於 103 年完成的區域民眾防護應變計畫內容，進一步檢視該作業程序的適切性與可操作性，精進政府相關防護資訊與措施，並推廣預防性疏散等觀念，以確保民眾之安全。



圖 5-12 空中輻射偵測作業之飛行區域



圖 5-13 空中輻射偵測作業之飛行路線



圖 5-14104 年核安第 21 號演習空中輻射偵測站(UAV)



圖 5-15104 年核安第 21 號演習空中輻射偵測站(SPARCS-A)

第6章 期末報告總結

本期末報告說明「空中偵測系統技術引進與研發」計畫執行之成果，其中包含：(1)完善建立自主化簡易備品之製程研究技術，以達同時兼具使用操作與故障排除之目標，確保空中偵測設備之可用性與偵測品質。(2)派員赴美國能源部國家核子保安總署，參加空中輻射偵測進階訓練課程，建立進階之偵測數據後處理技術及引進 AVID 數據後處理操作程式。(3)開發與建置空中偵測設備之外加式即時資料傳輸模組，建立空中輻射劑量偵檢設備即時資料傳輸能力。(4)完成核一廠在不同季節下之空中偵測航線規劃，作為國軍未來在執行核一廠空中輻射偵測之初步建議參考，讓緊急應變防護措施之規劃更具效率。(5)辦理輻射專業訓練課程及支援年度的核安演習。整體而言，本年度的執行進度皆有符合計畫書所預期之目標規劃。