

# 緊急應變空中輻射劑量偵測與評估技術研究

## 期末報告

### 摘要

行政院原子能委員會為了開發核子事故緊急應變空中輻射劑量偵測與地面污染調查評估技術，落實「國內核能電廠現有輻射安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」中之有關空中輻射劑量偵測作業檢討與精進規劃，應用緊急應變基金委請本所保健物理組協助執行 103 年度「緊急應變空中輻射劑量偵測與評估技術研究」計畫。期末報告說明本年度之計畫執行成果。

委託單位：行政院原子能委員會輻射防護處

受委單位：核能研究所保健物理組

## 目錄

摘要.....	i
目錄.....	ii
附圖目錄.....	iv
附表目錄.....	ix
前言.....	1
第 1 章 執行空中偵測設備 (SPARCS-A) 之儀器性能測試驗證，並 探討其偵檢儀器特性，以建立 SPARCS 系統資料庫參數 .....	3
1.1 SPARCS-A 系統碘化鈉偵檢器量測計數率上限測定 .....	4
1.2 SPARCS-A 系統介面介紹.....	15
1.3 確認 SPARCS-A 系統運作之方式.....	26
第 2 章 搭配核子事故外釋核種特性，建立核種能量依存性之空中偵 測計數率對地面劑量率之關係研究 .....	28
2.1 核安第 20 號演習空中輻射偵測任務規劃 .....	29
2.2 地理資訊平台系統開發 .....	32
2.2.1 整合 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果.....	33
2.2.2 整合 SPARCS-A 空中輻射偵測數據 .....	35
2.2.3 整合 PGIS 空中輻射偵測數據.....	36
第 3 章 建立空中偵測與飛航需求條件因素，確保空中偵測數據品質 保證.....	39
3.1 研究方法 .....	40
3.2 核二廠緊急應變劑量評估系統之模擬與統計 .....	41
3.2.1 核二廠緊急應變劑量評估系統模擬設定 .....	41
3.2.2 核二廠緊急應變劑量評估系統相對地理位置討論 .....	42

3.2.3 核二廠緊急應變劑量評估系統模擬結果分析與統計研究	45
3.2.4 無人載具整合輻射偵檢器之飛行實驗 .....	56
第 4 章 派員赴美國拉斯維加斯內利斯空軍訓練基地參訪並訓練，藉 以強化我國空中輻射偵測技術 .....	60
4.1 前言摘要 .....	60
4.2 出國目的 .....	61
4.3 訓練過程 .....	62
4.4 訓練心得 .....	93
4.5 建議事項 .....	94
4.6 本章附錄 .....	95
4.6.1 附錄一、美國能源部國家核子保安總署之邀請函 .....	95
4.6.2 附錄二、遙測實驗室每日排定之訓練課程表 .....	96
第 5 章 持續辦理空中輻射偵測系統之操作訓練 .....	101
5.1 SPARCS-A 移交與訓練課程.....	101
5.2 國軍核子事故緊急應變研討會 .....	102
第 6 章 期末報告總結 .....	104

## 附圖目錄

圖 1.1 SPARCS-A #7 Detector 1 劑量率-計數率分布圖 .....	12
圖 1.2 SPARCS-A #7 Detector 2 劑量率-計數率分布圖 .....	12
圖 1.3 SPARCS-A #7 Detector 3 劑量率-計數率分布圖 .....	13
圖 1.4 SPARCS-A #8 Detector 1 劑量率-計數率分布圖 .....	13
圖 1.5 SPARCS-A #8 Detector 2 劑量率-計數率分布圖 .....	14
圖 1.6 SPARCS-A #8 Detector 3 劑量率-計數率分布圖 .....	14
圖 1.7 General 設定.....	15
圖 1.8 重新審閱設定 .....	17
圖 1.9 遠端控制設定 .....	18
圖 1.10 地圖設定 .....	19
圖 1.11 輻射偵檢器顯示名稱 .....	20
圖 1.12 曝露率推算參數設定 .....	21
圖 1.13 模擬設定 .....	23
圖 1.14 系統介面圖 .....	24
圖 1.15 SPARCS-A 系統 GPS 訊號圖 .....	25
圖 1.16 ATU 顯示碘化鈉偵檢器計數率.....	27
圖 1.17 ATU 顯示 GPS 訊號 .....	27
圖 2.1 核安第 20 號演習-輻射劑量影響範圍模擬圖.....	30
圖 2.2 核安第 20 號演習-核二廠空中輻射偵測任務路徑圖.....	31
圖 2.3 地理資訊平台系統架構.....	32
圖 2.4 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果匯入流程圖.....	33
圖 2.5 地理資訊平台系統內建之輻射劑量查詢功能.....	34

圖 2.6 空中輻射偵測數據之分析流程 .....	35
圖 2.7 PGIS 模式偵測資料設定.....	36
圖 2.8 匯入 PGIS 偵測數據畫面 .....	37
圖 2.9 匯入 PGIS 偵測數據後所得之向量資料 .....	37
圖 2.10 將 PGIS 偵測數據以 IDW 法進行空間內插後所得之網格資料 .....	38
圖 3.1 核二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)，圖中紅點代表核二廠所在位置。(網格範圍以核二廠為中心各向外 20 km) .....	43
圖 3.2 核二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)，圖中紅點代表核二廠所在位置。(網格範圍以核二廠為中心各向外 10 km) .....	43
圖 3.3 核二廠民眾集結點、收容站、圖中紅色圓框代表以核電廠為中心向外半徑五公里之緊急應變區，數字表核二廠疏散集結點。(資料來自行政院原子能委員會網站 <a href="http://www.aec.gov.tw/">http://www.aec.gov.tw/</a> ).....	44
圖 3.4 Cs-137 年平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖 A 網格範圍以核二廠為中心各向外 20 km，圖 B 網格範圍以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m <sup>2</sup> )，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m <sup>2</sup> )，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。 ....	48
圖 3.5 Cs-137 季平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖 ABCD 四季其網格範圍皆以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m <sup>2</sup> )，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m <sup>2</sup> )，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中	

紅色叉叉代表核二廠所在位置。 .....	49
圖 3. 6 Cs-137 月平均地表沉積累積量之空間分布圖。網格範圍皆以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m <sup>2</sup> )，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m <sup>2</sup> )，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。 .....	50
圖 3. 7 Cs-137 年平均累積有效劑量之空間分布圖。圖 A 網格範圍以核二廠為中心各向外 20 km，圖 B 網格範圍以核二廠為中心各向外 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)，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。 .....	53
圖 3. 8 Cs-137 季平均累積有效劑量之空間分布圖。圖 ABCD 四季其網格範圍皆以核二廠為中心各向外 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)，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。 .....	54
圖 3. 9 Cs-137 月平均累積有效劑量之空間分布圖。網格範圍皆以核二廠為中心各向外 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)，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。 .....	55
圖 3. 10 PGIS 輻射偵檢器外觀圖 .....	57
圖 3. 11 PGIS 輻射偵檢器內部構造圖 .....	57
圖 3. 12 離地面一米高之量測結果 .....	59
圖 4. 1 位於 Nellis 空軍基地的 RSL .....	64

圖 4. 2 Lake Mohave 空中偵測 .....	64
圖 4. 3 Government Wash 空中偵測 .....	65
圖 4. 4 NNSS 內 Desert Rock Airport .....	65
圖 4. 5 NNSS Area 3 空中偵測 .....	66
圖 4. 6 Desert Rock Airport 空中射源搜索 .....	66
圖 4. 7 North Las Vegas Airport .....	67
圖 4. 8 DOE/NNSA 核子或輻射事故應變團隊 .....	68
圖 4. 9 AMS 應變任務與事故時序 .....	70
圖 4. 10 AMS 應變任務飛行參數 .....	70
圖 4. 11 AMS 應變成員組成 .....	71
圖 4. 12 網格飛行規劃路線與實際飛行軌跡 .....	72
圖 4. 13 定翼機於日本福島事故應變之網格飛行結果 .....	73
圖 4. 14 地面沉降調查飛行規劃示意圖 .....	74
圖 4. 15 典型核電廠意外事故地面沉降調查飛行規劃 .....	74
圖 4. 16 模擬資料蜿蜒路徑飛行結果 .....	75
圖 4. 17 日本福島事故空中偵測任務規劃手稿(首日) .....	75
圖 4. 18 日本福島事故首次執行空中偵測結果 .....	76
圖 4. 19 利用模擬資料之飛行軌跡粗略描繪沉降邊界 .....	77
圖 4. 20 SPARCS 系統 .....	78
圖 4. 21 SPARCS-M 偵檢器箱之偵檢器規格 .....	79
圖 4. 22 SPARCS-A 偵檢器箱之偵檢器規格 .....	79
圖 4. 23 ATU 連接埠 .....	81
圖 4. 24 ATU 與偵檢器之控制系統 .....	81
圖 4. 25 RSLMobileCabin 程式 MPS 重播檔案設定 .....	83
圖 4. 26 RSLMobileCabin 自動匯出檔案 .....	83

圖 4. 27 SPARCS 程式重播檔案設定 .....	84
圖 4. 28 Simulator 使用擴散模擬結果 .....	84
圖 4. 29 Simulator 設定輻射參數 .....	84
圖 4. 30 「語音指令」導引原則 .....	86
圖 4. 31 Trimble AgnNav 飛行導航儀器 .....	87
圖 4. 32 淨總計數與高度作圖及其趨勢線公式 .....	90
圖 4. 33 校正線區域地面量測示意圖 .....	90
圖 4. 34 莫哈維湖偵測結果 shape files .....	91
圖 4. 35 選取陸線與水線的直線段 .....	91
圖 4. 36 將選取的陸線與水線各存成新圖層 .....	92
圖 4. 37 地表高修正模式 .....	92
圖 5. 1 SPARCS-A 移交與訓練課程照片 .....	102
圖 5. 2 國軍核子事故緊急應變研討會 .....	103

## 附表目錄

表 1. 1 SPARCS-A #7 Detector 1 劑量率-計數率反應表 .....	6
表 1. 2 SPARCS-A #7 Detector 2 劑量率-計數率反應表 .....	7
表 1. 3 SPARCS-A #7 Detector 3 劑量率-計數率反應表 .....	8
表 1. 4 SPARCS-A # 8 Detector 1 劑量率-計數率反應表 .....	9
表 1. 5 SPARCS-A # 8 Detector 2 劑量率-計數率反應表 .....	10
表 1. 6 SPARCS-A # 8 Detector 3 劑量率-計數率反應表 .....	11
表 4. 1 莫哈維湖校正線數據 .....	89

## 前言

為落實「國內核能電廠現有輻射安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」中之有關空中輻射偵測作業檢討與精進規劃，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）保健物理組協助執行 103 年度緊急應變空中輻射劑量偵測與評估技術研究（原能會 103 年 2 月 7 日會輻字第 1030002483 號）計畫。本所遂於 103 年 2 月 17 日提出研究計畫書，並業經審核同意（原能會 103 年 3 月 10 日會輻字第 1030004423 號）。

本期末報告將依據計畫書所承諾之工作項目，逐一闡述計畫執行現況。章節內容編排如下：第 1 章為執行空中偵測設備（SPARCS-A）之儀器性能測試驗證，並探討其偵檢儀器特性，以建立 SPARCS 系統資料庫參數，說明 SPARCS-A 系統校正測試情況與系統介面介紹；第 2 章為搭配核子事故外釋核種特性，建立核種能量依存性之空中偵測計數率對地面劑量率關係研究，並說明本年度核安第 20 號演習之規劃與目的及地理資訊平台系統開發，建立空中輻射偵測與飛航需求條件因素，確保空中輻射偵測數據品質保證；第 3 章主要在建立空中偵測與飛航需求條件因素，以確保空中偵測數據之品質保證，並完成

核二廠大氣擴散分析與劑量影響趨勢研究，可使我們更了解不同核能廠區之輻射擴散特性，提供國軍未來於執行核二廠空中輻射偵測飛航路徑擬定之參考依據；第 4 章為派員赴美國拉斯維加斯內利斯空軍訓練基地參訪並訓練，藉以強化我國空中輻射偵測技術；第 5 章為持續辦理空中輻射偵測系統之操作訓練，並說明訓練課程辦理情形；最後，第 6 章為本期末報告之總結。

# 第1章 執行空中偵測設備 (SPARCS-A) 之儀器性能測試驗證，並探討其偵檢儀器特性，以建立 SPARCS 系統資料庫參數

為確保美方借予本國之兩套進步型輻射能譜量測電腦系統 (Spectral Advanced Radiological Computer System — Airborne, SPARCS-A) 其碘化鈉偵檢器之特性，係針對碘化鈉偵檢器之劑量率對應計數率反應及穩定性進行測試，此兩項參數與 SPARCS-A 系統在任務執行面及劑量率推算穩定性息息相關，藉由本所游離輻射國家標準實驗室的協助，針對兩套 SPARCS-A 系統之碘化鈉偵檢器進行一連串能力測試。

## 1.1 SPARCS-A 系統碘化鈉偵檢器量測計數率上限測定

本次校正測試的 SPARCS-A 系統分別為編號 7 與編號 8 (以下以 SPARCS-A #7 與 SPARCS-A #8 表示)，每個 SPARCS-A 系統內分別測定不同大小的碘化鈉偵檢器，分別為 Detector 1 (2"x4"x16")、Detector 2 (2"x4"x4"，向下偵檢器) 以及 Detector 3 (1"x1")。將 SPARCS-A 系統架設於游離輻射國家標準二級校正實驗室，使用活度為 0.1 Ci 與 1 Ci 之  $^{137}\text{Cs}$  射源，輸出劑量率範圍介在 0  $\mu\text{Sv/hr}$  (背景) ~ 300  $\mu\text{Sv/hr}$ ，透過量測不同劑量率，得知 SPARCS-A 碘化鈉偵檢器的對於不同劑量率之計數率反應為何。

表 1.1 至表 1.3 為 SPARCS-A #7 中 3 組不同碘化鈉偵檢器在不同劑量率下的計數率反應，並將計測結果畫成劑量率-計數率分布圖 (圖 1.1 至圖 1.3); 表 1.4 至表 1.6 為 SPARCS-A #8 中 3 組不同碘化鈉偵檢器在不同劑量率下的計數率反應，並將計測結果畫成劑量率-計數率分布圖 (圖 1.4 至圖 1.6)。從上述圖表中可得知，不同大小的碘化鈉偵檢器在不同強度的輻射劑量場中，有各自的計數率反應曲線，偵檢器從一開始的計數率隨劑量率上升而線性增加，逐漸變為計數率飽和情況。藉由分析劑量率-計數率圖，將 Detector 1 至 Detector 3 的計數率資料進行線性度分析，以線性趨勢線  $R^2$  值高於 0.90 作為判斷依據，訂出建議之 SPARCS-A 碘化鈉偵檢器計數率線性區間。

經數值線性度分析，SPARCS-A #7 之 Detector 1 建議之最大計數率值為 51573；Detector 2 建議之最大計數率值為 56848；Detector 3 建議之最大計數率值為 24008；SPARCS-A #8 之 Detector 1 建議之最大計數率值為 51548；Detector 2 建議之最大計數率值為 56456；Detector 3 建議之最大計數率值為 24362，此分析資料可作為後續 SPARCS-A 系統設定之依據。

表 1.1 SPARCS-A #7 Detector 1 劑量率-計數率反應表

μSv/hr	計數率								平均計數率	百分標準差
0	2624	2476	2467	2538	2503				2521.6	2.52%
2	37550	37326	37604	37422	37400	37298	37449	37626	37459.38	0.33%
4	51765	51764	51516	51499	51460	51459	51459	51533	51568.13	0.24%
8	64870	64777	64998	64991	65033	64872	64731	64853	64890.63	0.17%
10	68550	68376	68404	68440	68558	68488	68557	68516	68486.13	0.10%
20	76061	76053	76062	76177	76036	76074	76010	76075	76068.5	0.06%
30	78394	78470	78381	78457	78399	78353	78432	78397	78410.38	0.05%
40	79608	79615	79731	79617	79673	79581	79695	79692	79651.5	0.07%
60	80761	70773	80814	80772	80790	80840	80846	80831	80803.75	0.04%
80	81573	81607	81628	81619	81679	81547	81579	81577	81601.13	0.05%
90	81779	81889	81940	81809	81841	81778	81818	81917	81846	0.08%
100	83813	83950	83968	83843	83899	83907	83836	83849	83883.13	0.07%
300	83651	83750	83729	83656	83704	83692	83651	83761	83699.25	0.05%

表 1. 2 SPARCS-A #7 Detector 2 劑量率-計數率反應表

μSv/hr	計數率							平均計數率	百分標準差	
0	560	611	603	582	603	541	555	580	579.38	4.41%
2	13411	13432	13405	13504	13411	13551	13343	13372	13432.38	0.5%
4	22747	22257	22343	22192	22318	22337	22474	22343	22342.25	0.43%
8	36056	36085	35932	36059	35901	36051	36044	36119	36030.88	0.21%
10	41032	41047	40922	41091	41220	41082	41114	41128	41079.5	0.21%
20	57003	56595	56868	56833	57000	56848	56652	56986	56848.13	0.27%
30	64953	64855	65040	64995	64888	64882	65033	65151	64974.63	0.15%
40	69713	69741	69767	69944	69731	69767	69698	69693	69756.75	0.12%
60	75104	75111	75048	75118	75008	75048	75083	75019	75067.38	0.06%
80	77957	77896	77965	78036	77889	77903	77950	77867	77932.88	0.07%
90	79130	79246	79234	79187	79260	79191	79235	79028	79188.88	0.10%
100	80008	80018	80067	80036	80047	79978	79905	80082	80017.63	0.07%
300	83939	83977	83961	83986	83989	84049	83977	84071	83993.63	0.05%

表 1. 3 SPARCS-A #7 Detector 3 劑量率-計數率反應表

μSv/hr	計數率								平均計數率	百分標準差
0	41	40	46	36	28	38	43		38.86	14.89%
2	711	744	774	735	774	731	700	728	737.13	3.61%
4	1301	1363	1358	1310	1367	1299	1283	1350	1328.88	2.55%
8	2483	2515	2415	2502	2534	2446	2516	2529	2492.5	1.69%
10	3144	3091	3134	3100	3141	3036	2980	3060	3085.75	1.87%
20	2616	5634	5466	5696	5653	5561	5559	5487	5583.75	1.44%
30	9141	9051	9007	9058	8951	9026	9014	9099	9043.38	0.65%
40	11616	11479	11445	11461	11309	11620	11435	11592	11494.63	0.94%
60	16115	16052	16055	16223	15891	16024	15943	16021	16064.63	0.76%
80	20356	20290	20127	20258	20135	20148	20217	20192	20215.38	0.40%
90	22156	22306	22136	22187	22199	22082	22264	22338	22208.5	0.40%
100	24064	24073	23813	24045	24075	24153	23787	24057	24008.38	0.55%
200	37740	37827	37681	37693	37628	37764	37844	37916	37761.63	0.25%
300	46720	46668	46718	46808	46733	46712	46736	46704	46724.88	0.08%

表 1. 4 SPARCS-A # 8 Detector 1 劑量率-計數率反應表

μSv/hr	計數率								平均計數率	百分標準差
0	1705	1693	1740	1822	1771	1655	1778	1774	1742.25	3.14%
2	36974	36702	36990	36756	36736	36756	36840	36944	36837.25	0.32%
4	51591	51525	51415	51569	51740	51418	51501	51629	51548.5	0.21%
8	65573	65650	65620	65630	65623	65620	65570	65524	65601.25	0.06%
10	69179	69055	69091	69098	69144	69033	69273	68956	69103.63	0.14%
20	75819	76001	76027	75812	75971	75925	75927	75989	75933.88	0.11%
30	80386	80256	80306	80370	80406	80350	80277	80445	80349.5	0.08%
40	81621	81479	81470	81495	81445	81587	81557	81457	81513.88	0.08%
60	82260	82313	82219	82240	82281	82252	82280	83309	82269.25	0.04%
80	82570	82450	82449	82347	82506	82512	82317	82417	82446	0.10%
90	82414	82330	82442	82363	82318	82356	82445	82414	82385.25	0.06%
100	82250	82366	82122	82311	82221	82232	82237	82303	82255.25	0.09%
300	82400	82414	82481	82420	82530	82482	82504	82451	82460.25	0.06%

表 1.5 SPARCS-A # 8 Detector 2 劑量率-計數率反應表

μSv/hr	計數率								平均計數率	百分標準差
0	593	512	547	546	533	570	495	526	540.25	5.79%
2	13345	13144	13110	12984	13261	13024	13150	13153	13146.38	0.89%
4	21888	21920	21938	22073	22161	21873	22021	22068	21992.75	0.47%
8	35920	35804	35706	35574	35881	35644	35918	35589	35754.5	0.41%
10	40841	40780	40595	40780	40837	40631	40764	40604	40729	0.25%
20	56417	56439	56598	56492	56435	56321	56479	56468	56456.13	0.14%
30	65025	65150	65058	64954	64931	64912	64951	65120	65012.63	0.14%
40	69702	69626	69811	69814	69635	69831	69711	69818	69743.5	0.12%
60	74890	74910	74915	74854	74844	74790	74699	74870	74846.5	0.10%
80	77536	77414	77369	77415	77377	77431	77533	77536	77454.75	0.09%
90	78392	78328	78313	78371	78420	78414	78360	78338	78367	0.05%
100	79087	79018	79129	79134	79087	79110	79232	79072	79108.63	0.08%
300	82348	82304	82391	82340	82287	82494	82290	82370	82353	0.08%

表 1. 6 SPARCS-A # 8 Detector 3 劑量率-計數率反應表

μSv/hr	計數率								平均計數率	百分標準差
0	38	32	32	33	38	32	42	32	34.88	11.20%
2	744	712	734	709	673	764	751	746	729.13	4.04%
4	1337	1331	1349	1373	1288	1312	1331	1338	1332.38	1.87%
8	2654	2545	2659	2566	2600	2539	2574	2529	2583.25	1.95%
10	3172	3070	3075	3189	3186	3203	3146	3086	3140.88	1.77%
20	5992	5826	5743	5813	5976	5833	5965	5809	5869.63	1.60%
30	8893	9074	9011	8995	9014	8987	9083	8853	8988.75	0.89%
40	11633	11533	11798	11613	11540	11531	11539	11441	11578.5	0.92%
60	16309	16406	16540	16283	16273	16304	16399	16327	16355.13	0.55%
80	20555	20708	20552	20485	20647	20546	20630	20453	20572	0.41%
90	22642	22443	22786	22519	22475	22330	22388	22541	22515.5	0.64%
100	24309	24310	24345	24331	24464	24607	24362	24171	24326.8	0.52%
300	47944	47667	48014	47907	47889	47801	48185	47911	47914.75	0.31%

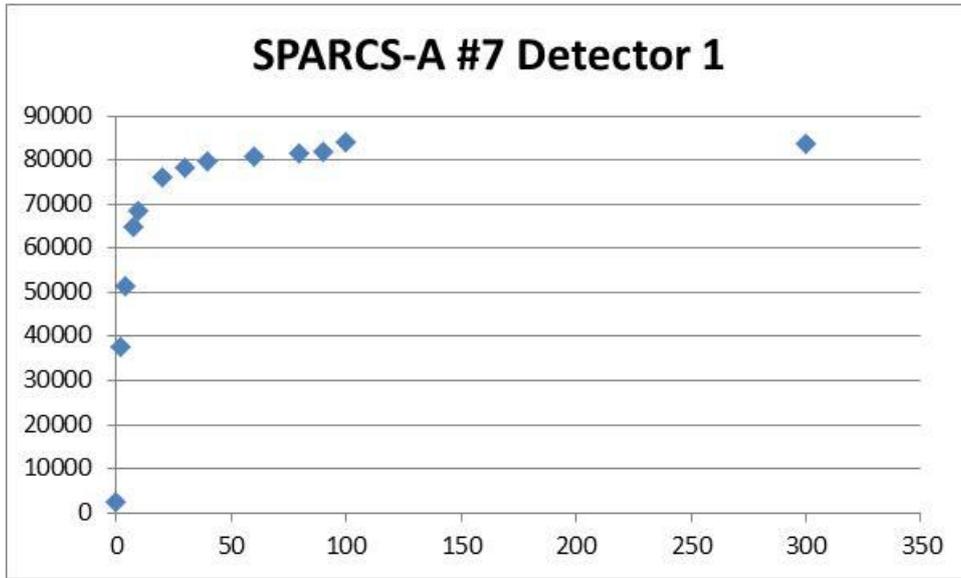


圖 1. 1 SPARCS-A #7 Detector 1 劑量率-計數率分布圖

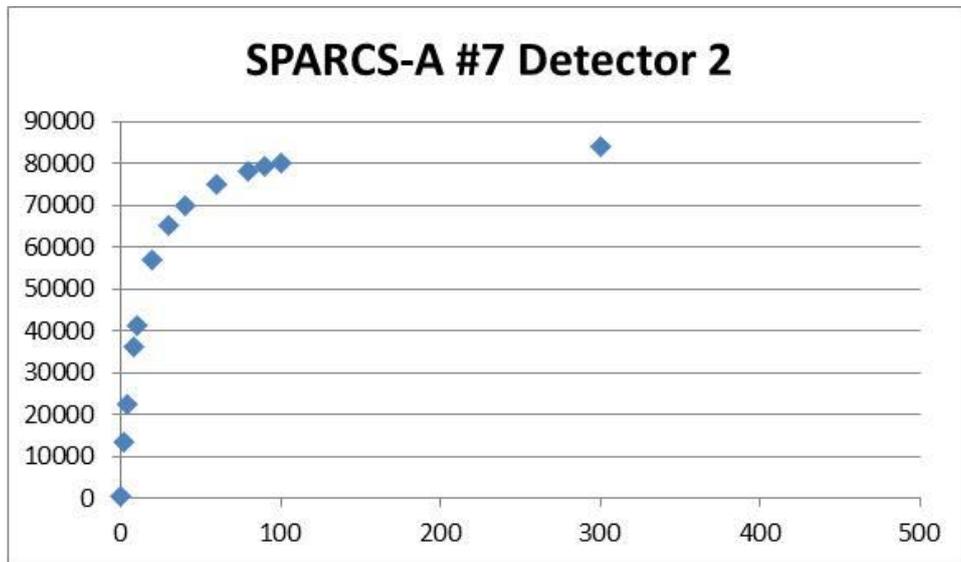


圖 1. 2 SPARCS-A #7 Detector 2 劑量率-計數率分布圖

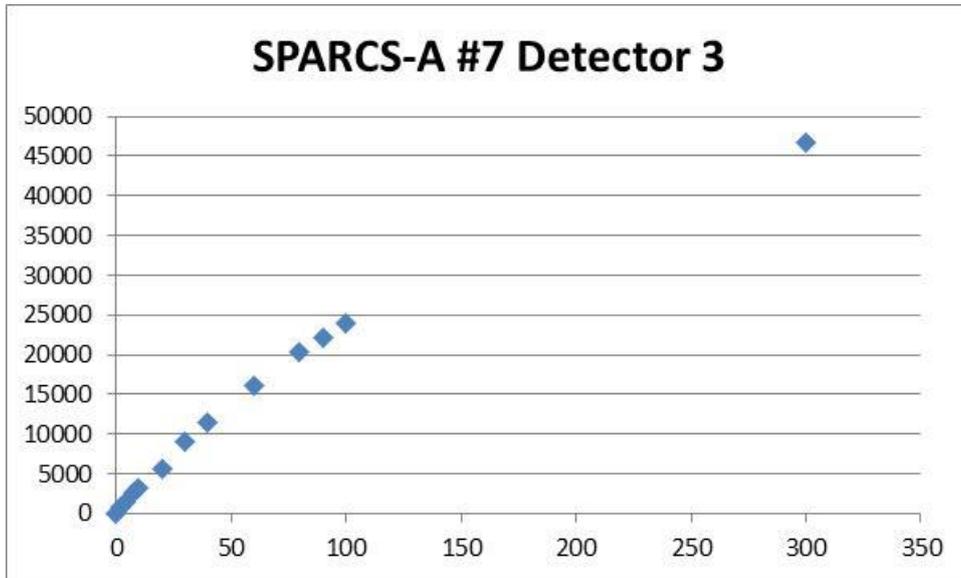


圖 1. 3 SPARCS-A #7 Detector 3 劑量率-計數率分布圖

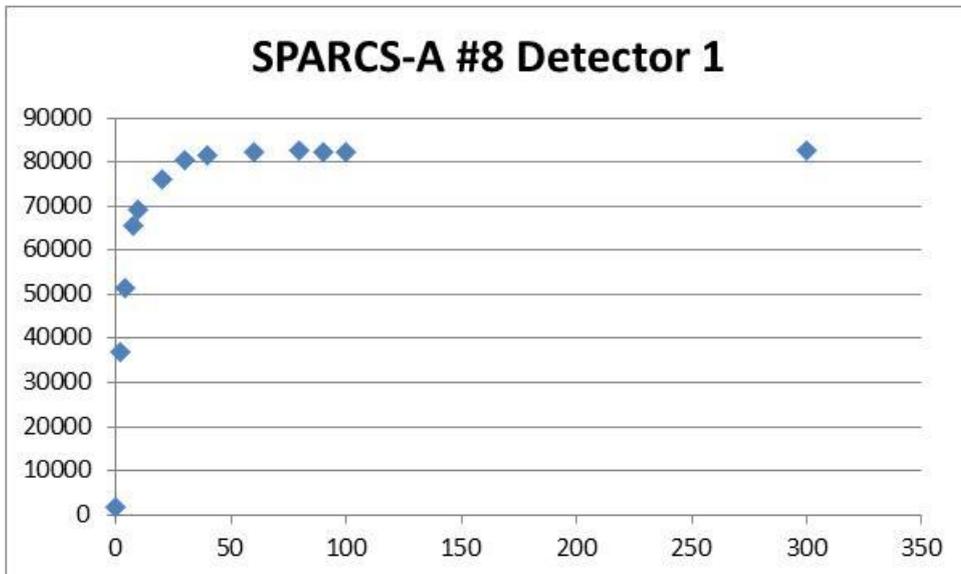


圖 1. 4 SPARCS-A #8 Detector 1 劑量率-計數率分布圖

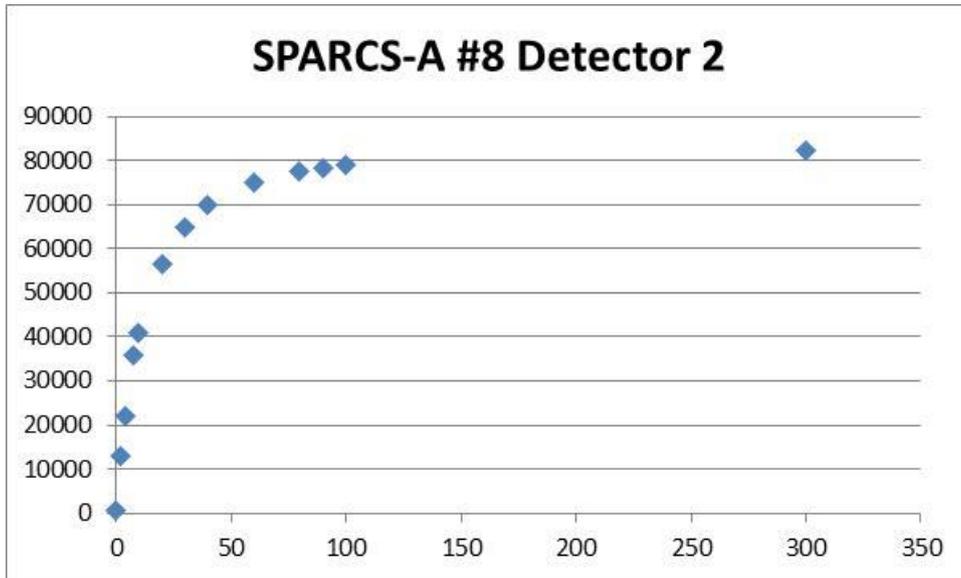


圖 1. 5 SPARCS-A #8 Detector 2 劑量率-計數率分布圖

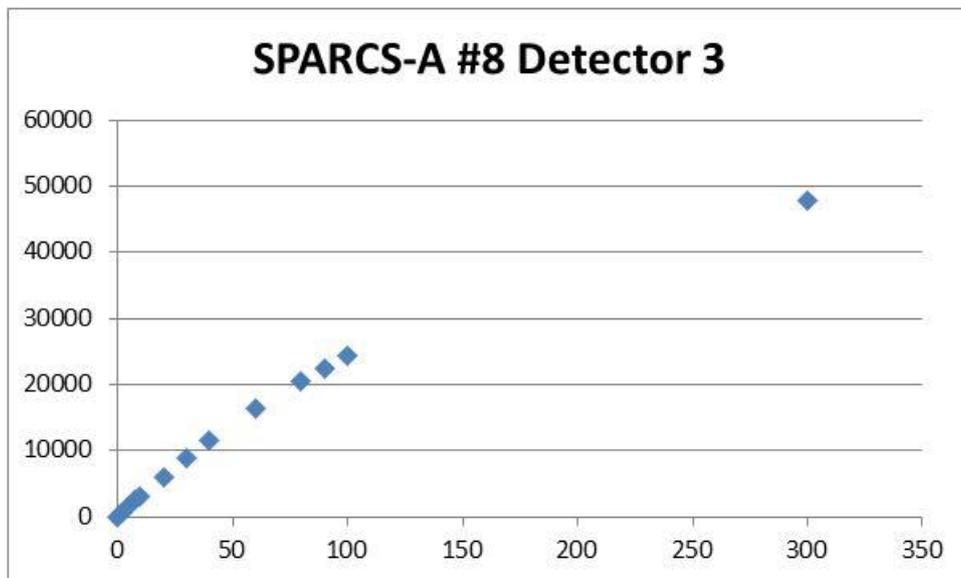


圖 1. 6 SPARCS-A #8 Detector 3 劑量率-計數率分布圖

## 1.2 SPARCS-A 系統介面介紹

為配合原能會會技字第 1030008501 號函辦理空中輻射偵檢系統設備移交國軍事宜，本節將針對 SPARCS-A 系統介面進行操作功能說明，供國軍使用者作為參考，期達到技術傳承之目的。

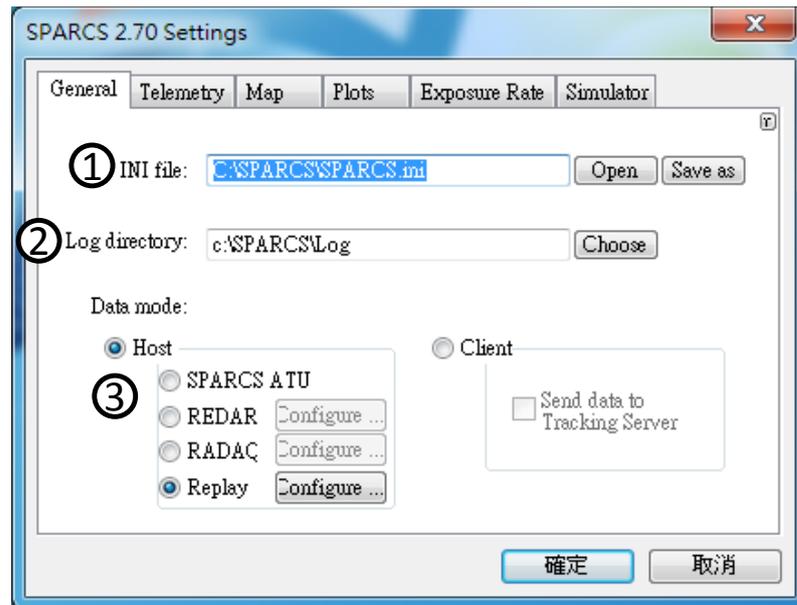


圖 1.7 General 設定

- ①. INI file：為 SPARCS 初始資料檔，依照 DOE 訓練之建議，此路徑請勿修改，避免程式執行錯誤。
- ②. Log directory：為 SPARCS 任務執行後之紀錄存檔處，可依照使用者慣用之儲存路徑進行設定。每次任務執行後會依電腦之日期與時間作為檔案名稱，自動產生地理資訊系統慣用檔案 (.dbf、.shp 及.shx) 以及飛行紀錄檔 (.dat)。
- ③. 一般我們只使用 Host Mode 中的「SPARCS ATU」或「Replay」這兩個選項。SPARCS ATU 代表將開始執行一趟新任務，待設定結束並完成執行任務，系統將產生一組新的紀錄資料（路徑與產

生之檔案可參考①之說明)；Replay 代表要重新審閱先前飛行之資料，透過 Configure 按鈕，找到「.dat」之飛行紀錄檔路徑（如圖 1.8\_①），即可重新審視飛行路徑與計數率等相關資料。

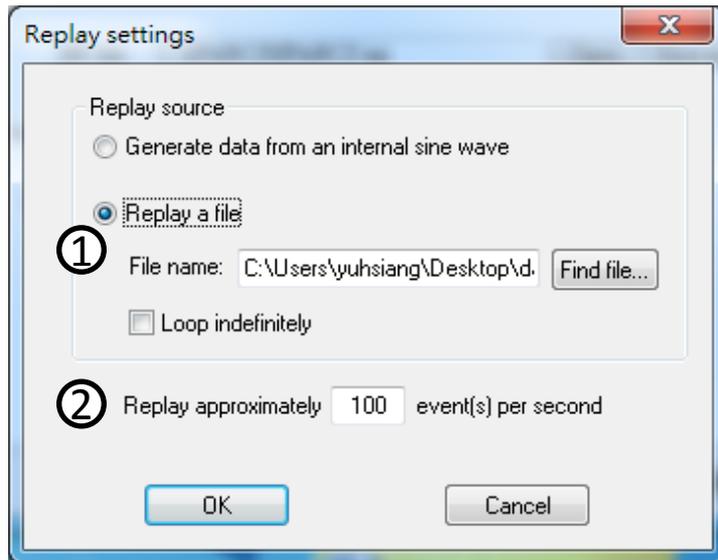


圖 1.8 重新審閱設定

- ①. Replay a file：代表要重新審閱之飛行檔，透過 Find file 的微軟視窗界面，找尋飛行紀錄檔，例如：  
C:\SPARCS\Log\SPARCS--2012-07-17\_1340.dat。
- ②. 整趟飛行紀錄資料可能因任務執行時間很長，使得紀錄之 event 數量非常多（例如 10,000 個 events），每個 event 代表 1 秒鐘，若以正常速率播放（每秒播放 1 個 event），將耗費 10,000 秒審閱，故可設定播放速率（events 數/秒），可有效縮短播放時間並具有審閱之效。

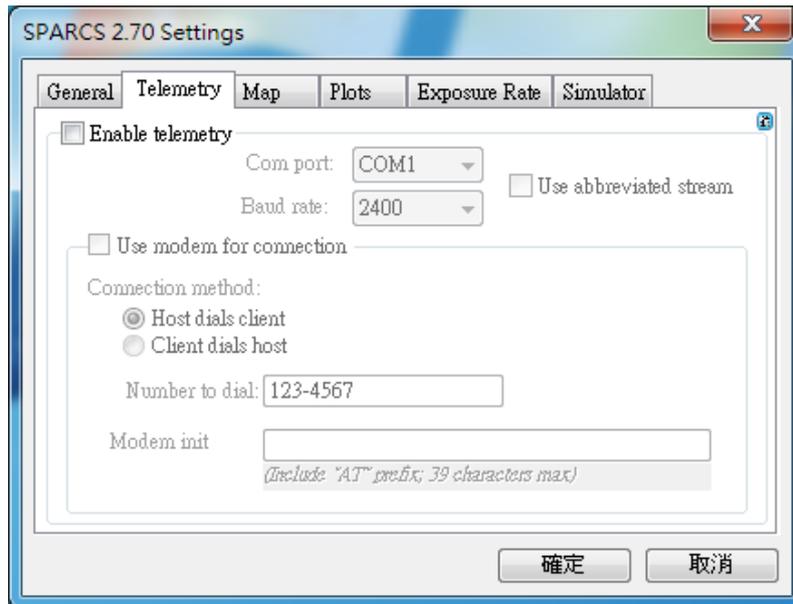


圖 1.9 遠端控制設定

遠端控制設定，一般來講在 SPARCS-A 操作時，其筆記型電腦與輻射偵檢器都會直接連接，故並不使用遠端控制設定，可暫時不予理會，而此介面亦可設定遠端無線傳輸。

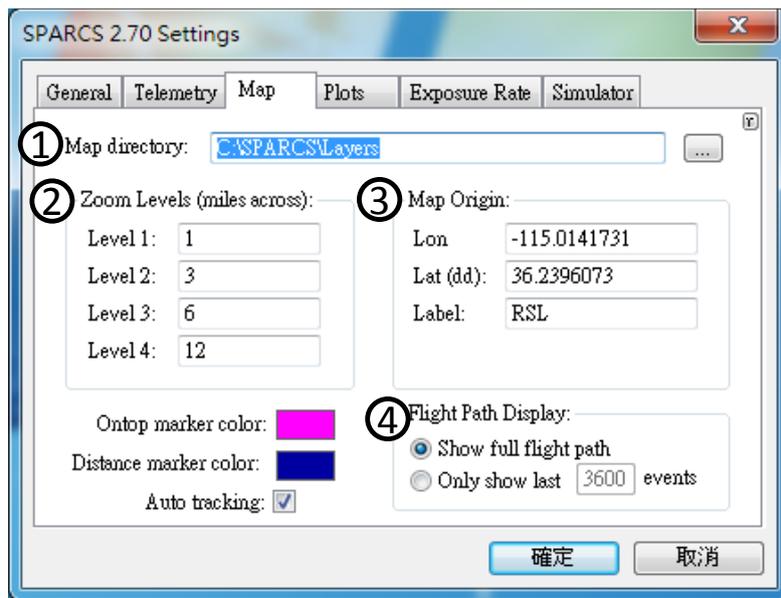


圖 1.10 地圖設定

- ①. 選擇地圖開啟之路徑。SPARCS 程式可支援標準的地理資訊圖層檔 (.shp) 或帶有座標資訊之 tiff 檔案 (Geo TIFF)。
- ②. 設定放大倍率。
- ③. 設定地圖原點座標，可以將之理解為設定「回家座標」。當在 SPARCS 系統上平移地圖時，可透過「回到原點」鈕，快速回到設定之原點座標。例如，可設定為核能電廠座標（核能一廠：121.59146, 25.29071；核能二廠：121.66199, 25.20269；核能三廠：120.75109, 21.95784；龍門電廠：121.92395, 25.03859），快速回到核能電廠中心。
- ④. Flight Path Display：設定螢幕上顯示的飛行路徑量（event 數）。長時間的飛行任務中，會蒐集到許多筆偵測資料（event 數），於系統呈現飛行資料時，可選擇顯示所有飛行路徑（Show full flight path）或是只在螢幕上顯示固定數目之飛行路徑（Only show last N events）。

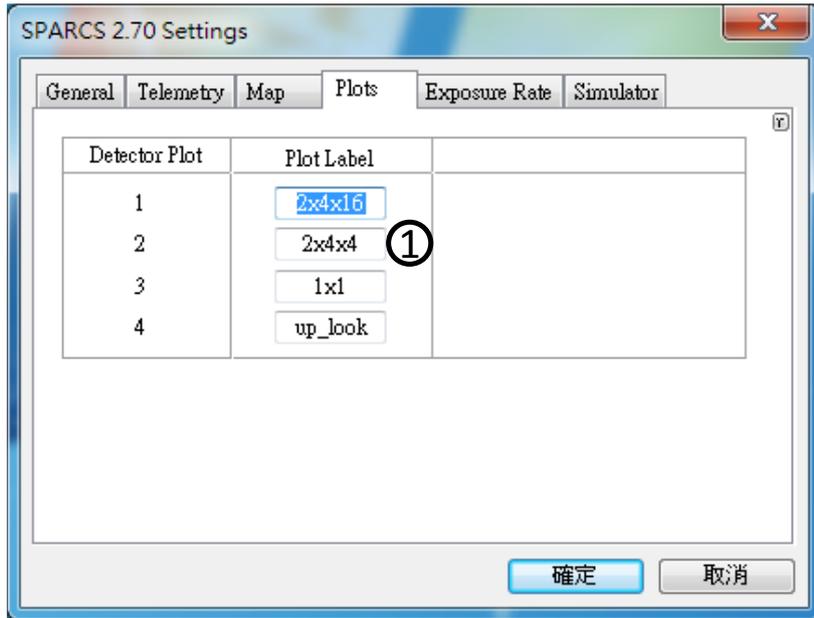


圖 1.11 輻射偵檢器顯示名稱

- ①. 設定 4 個輻射偵檢器 (Detector) 於螢幕上顯示的名稱。

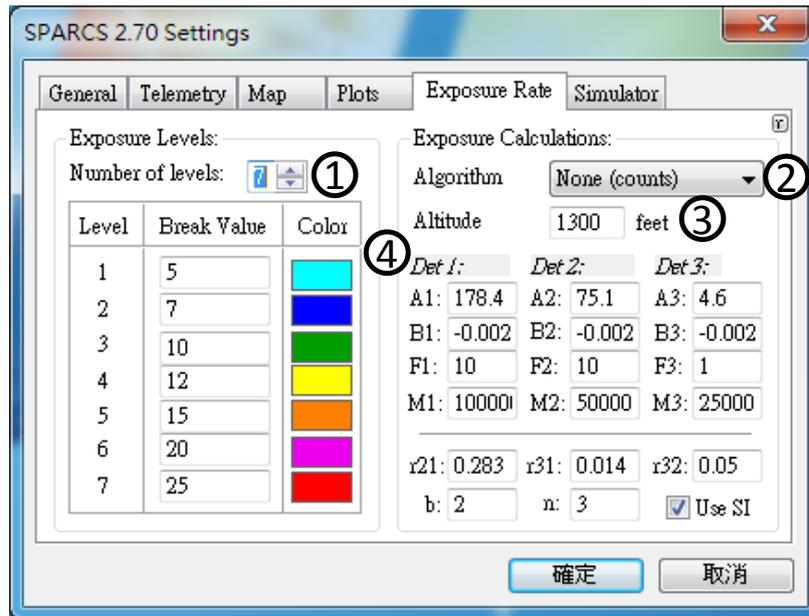


圖 1.12 曝露率推算參數設定

- ①. Number of levels：設定顯示之顏色數。可設定之數值為 1 至 7，代表用 1 至 7 種顏色顯示飛行路徑偵測之結果，顏色之設定可參考④之說明。
- ②. Algorithm：設定演算法。此下拉選單，可設定偵測結果以「計數率 Counts」、「曝露率 Exposure」或「比例 ratio」顯示。「計數率」代表直接顯示輻射偵檢器偵測到之計數率於螢幕上；「曝露率」代表於螢幕上，依設定之飛行高度推算地表 1 公尺高之曝露（劑量）率作為顯示；「比例」目前暫無實用之價值，可先忽略。
- ③. Altitude：設定演算法計算之飛行高度。此數值可依任務預定執行之飛行高度作為設定，於任務執勤途中，SPARCS 電腦系統可依此相關數值計算該地區地表 1 公尺高之曝露率，並顯示於螢幕上（如圖 1.14\_②）。
- ④. 定演算法之轉換參數。A 代表地表 1 公尺高之計數率與曝露率轉

換因子 (cps/ $\mu$ R/h)；B 代表空氣衰減因子(feet<sup>-1</sup>)，依目前手邊蒐集之資料，日本之空氣衰減因子為 0.0025 feet<sup>-1</sup>，美國 Las Vegas 之空氣衰減因子為 0.0016 feet<sup>-1</sup>；F 與 M 分別代表輻射偵檢器最小 (F) 與最大 (M) 之計數率。當螢幕顯示之計數率低於 F 值時，代表輻射偵檢器恐有問題或系統故障；最大計數率 M 值之設定，係依照輻射偵檢器之特性所定；r 與 b 值，目前尚無用途，故可忽略。經本所進行偵檢器性能測試之結果，M 值之建議設定可參考 1.1 小節。

值得注意的是，輻射偵檢器編號 (Det 1-3) 對與圖 1.11 的輻射偵檢器名稱 (Detector Plot) 是相同的，故在設定 A 值時要注意別設定錯誤。

此外，向上輻射偵檢器 (up\_look detector) 並不需要設定 A、B、F 及 M 值，因為向上輻射偵檢器之目的在於確保機組人員之輻射劑量安全，並非用於推算地表劑量 (曝露) 率，故 SPARCS-A 系統並不針對向上輻射偵檢器設定相關劑量 (曝露) 推算數值。

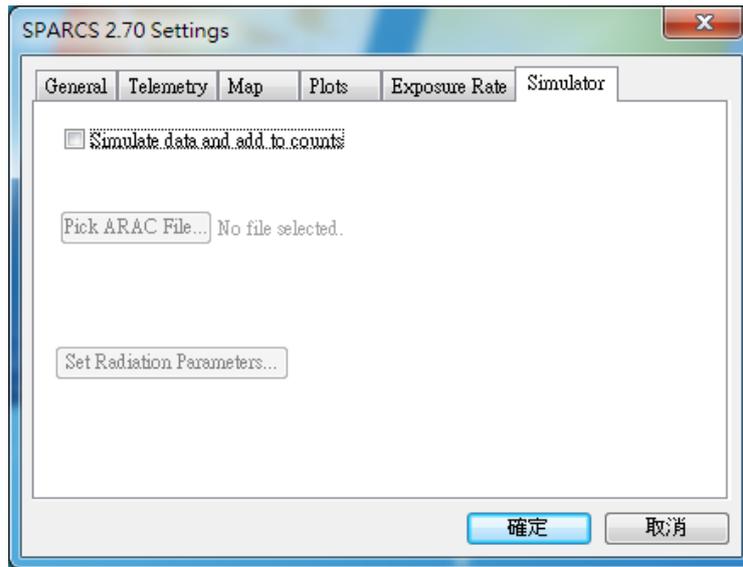


圖 1.13 模擬設定

模擬設定，目前於 SPARCS 系統操作上並不使用此功能，故可暫時不予理會。

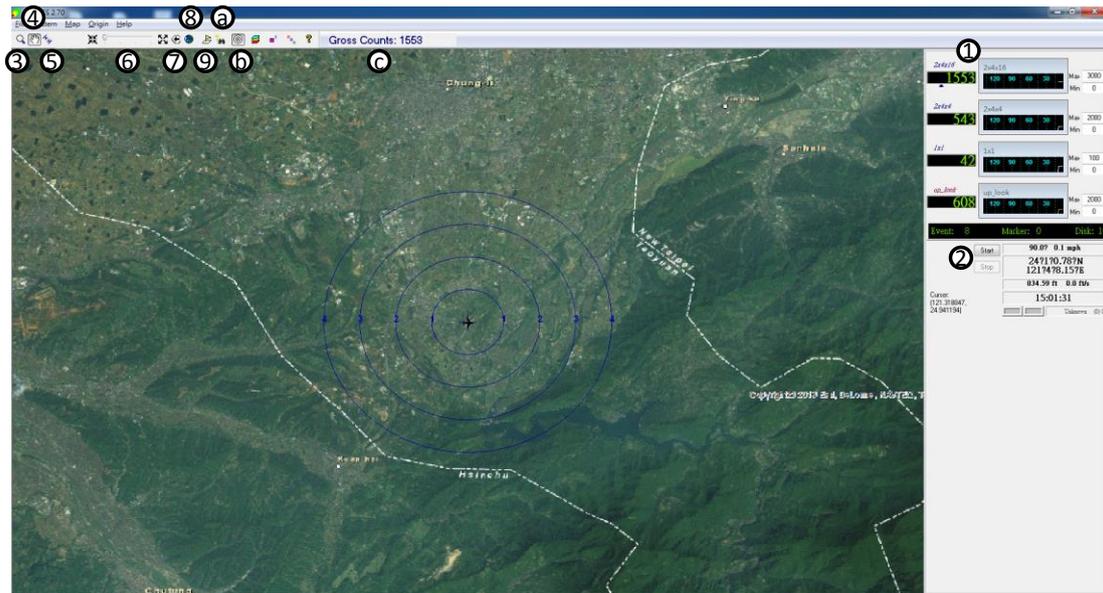


圖 1.14 系統介面圖

- ①. 顯示輻射偵檢器之計數率。可以注意到，在計數率下方有一個三角型 (▲) 之標誌，代表⊙顯示的地表 1 公尺高之劑量 (曝露) 率係用此輻射偵檢器取得之計數率推算。當計數率高於該輻射偵檢器之上限值 (即圖 1.12 設定之 M 值)，SPARCS-A 系統會自動轉換，以另一個輻射偵檢器推算地表劑量 (曝露) 率。舉例來說，當 Detector 1 (2x4x16) 之計數率高於 100,000 時，系統會自動轉換成以 Detector 2 (2x4x4) 計算。當系統自動轉換到以 Detector 3 (1x1) 推算地表劑量 (曝露) 率時，代表該區輻射劑量相當高，應立即飛離開區域。
- ②. 飛行相關參數。分別顯示飛行速度 (mile/hr)、經緯度、飛行高度 (feet) 以及現在時間。底下兩個灰色方框，可用來確認 GPS 之訊號是否良好，當 SPARCS 系統連接上 GPS 時會顯示不同顏色，綠色代表 GPS 訊號良好 (如圖 1.15)；灰色代表 GPS 訊號不良。

- ③. 放大地圖。
- ④. 移動地圖位置。
- ⑤. 量測距離。於地圖上點擊滑鼠左鍵時，系統將顯示點擊位置與地圖中心點之直線距離。
- ⑥. 圖層放大或縮小控制條。
- ⑦. 回前一個縮放設定。
- ⑧. 全視窗。
- ⑨. 回到原點。若在系統操作中有移動地圖，可透過此按鈕，快速回到原先設定之地圖中心，設定方法可參考圖 1.12\_⑥。
- ⑩. 回到當前飛行中心。若在系統操作中有移動地圖，可透過此按鈕，快速回到飛行中心位置。
- ⑪. 顯示格線。
- ⑫. 顯示計數率 (cps) 或地表輻射劑量 (曝露) 率 ( $\mu\text{R}/\text{h}$  或  $\text{nGy}/\text{h}$ )。顯示之類別可從圖 1.12\_⑥設定。

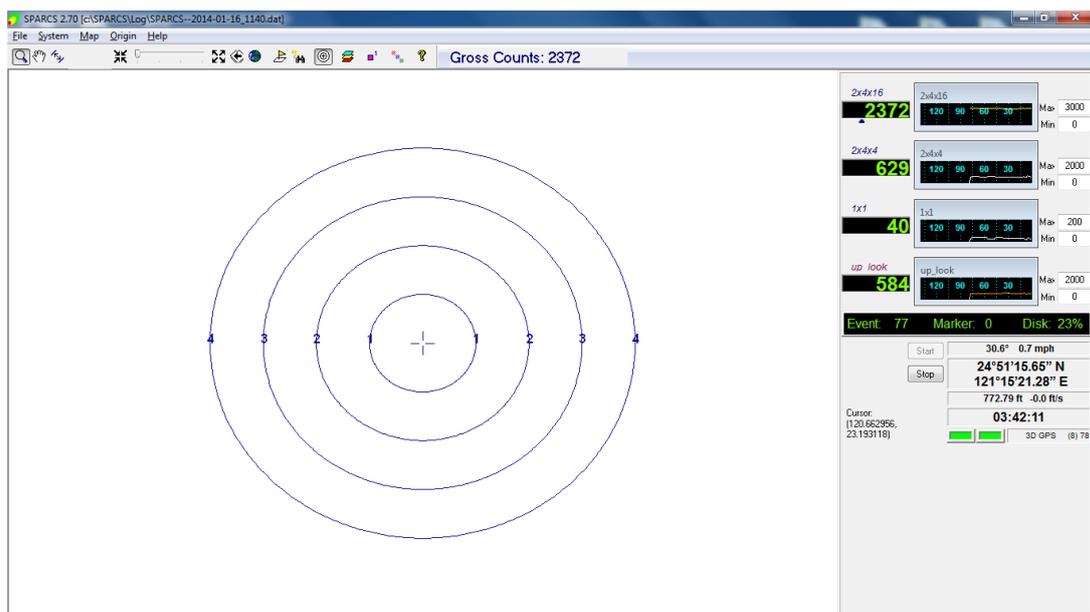


圖 1.15 SPARCS-A 系統 GPS 訊號圖

### 1.3 確認 SPARCS-A 系統運作之方式

SPARCS-A 系統架設完成後，啟動電源，會聽到喇叭發出「RSL Mobile System」，接著 ATU 會自動偵測碘化鈉偵檢箱 POD 內的計算機疊(Computer Stack)與全球定位系統(Global Position System, GPS)訊號，計算機疊設定之 IP 位置分別為 POD 223 與 POD 224，當 ATU 偵測完成後，喇叭會發出「RSL Mobile System」的聲響。

當 SPARCS-A 系統開完機後，請確認 ATU 螢幕上是否有顯示 4 個碘化鈉偵檢器的計數值(圖 1. 16)與 GPS 訊號(圖 1. 17)，有完整顯示圖與圖代表 SPARCS-A 系統有順利啟動，並偵測到碘化鈉偵檢器與 GPS 訊號，便可開始執行空中輻射偵測任務；若沒有顯示相關訊號，代表碘化鈉偵檢箱內有線路鬆落或故障，需進行檢測與故障排除。

最後，透過網路線連接 Getac 筆記型電腦與 ATU，從微軟 Windows 系統啟動「SPARCS」程式，按下程式內的開始鈕「Start」，確認碘化鈉偵檢器計數率與 GPS 訊號可以顯示(如圖 1. 15)，代表整個 SPARCS-A 系統穩定執行。

於任務執行期間，需注意是否有碘化鈉偵檢器訊號突然喪失，代表可能有碘化鈉偵檢箱內有線路鬆落或故障，若發生此事故，建議停止空中輻射偵測任務，返航進行檢測與故障排除。



圖 1.16 ATU 顯示碘化鈉偵檢器計數率



圖 1.17 ATU 顯示 GPS 訊號

## 第2章 搭配核子事故外釋核種特性，建立核種能量依存性之

### 空中偵測計數率對地面劑量率之關係研究

空中輻射偵測推算地面輻射劑量率需考慮輻射因不同飛行高度之空氣衰減，以及將輻射偵檢器量測之計數率轉換為地表劑量率之轉換係數，故需取得空氣衰減係數 ( $\mu$ ) 與計數率-劑量轉換係數 (conversion factor, CF)，故於藉由本年度核安第 20 號演習空中輻射偵測任務，規劃空氣衰減係數實驗，期能獲得本國之空氣衰減係數。為繪製空中輻射偵測地表輻射劑量圖，本所研發地理資訊平台系統，展示空中輻射偵測結果。

## 2.1 核安第 20 號演習空中輻射偵測任務規劃

當核二廠之核子事故受穩定控制後，為調查我國國土受輻射落塵污染之範圍，依據 A2C 劑量評估模式評估之輻射劑量影響範圍（圖 2.1），規劃空中輻射偵測任務，飛行任務規劃如下：

- (1). 起飛前，取得地面 SPARCS-A 之地表穩定之計數率 1 分鐘，作為乾淨地表計數率調查與數據品管。
- (2). 由國揚社區飛往陸 A-B 位置（圖 2.2 深綠色路線），執行陸線飛行與陸域背景衰減調查。飛行速度約 72 公里/小時(20 公尺/秒)，於不同離地飛行高度（1000、1500、2000、2500 與 3000 feet，即 1000 feet 水平飛行 1 分鐘，接著爬升至 1500 feet，維持此高度再飛行 1 分鐘，後面依此類推，共 5 個飛行維持高度）進行偵測。
- (3). 飛向偵測點 A，以飛行速度約 144 公里/小時（40 公尺/秒）、離地高度 1000 feet 執行任務，偵測地點 A 為任務進入點，接著向 B、C...P，採 S 形航線飛行，飛行行距約 450 至 500 公尺，最後 P 點為任務脫離點。
- (4). 飛離外海，由 P 點飛往海 A-B 位置（圖 2.2 淺藍色路線），以飛行速度約 72 公里/小時，於不同離地飛行高度（1000、1500、2000、2500 與 3000 feet，也就是 1000 feet 水平飛 1 分鐘，接著爬升至 1500 feet，維持此高度飛行 1 分鐘，後面依此類推，共 5 個飛行維持高度）執行水線與宇宙射線背景調查。
- (5). 飛回國揚大地，以飛行速度約 144 公里/小時、離地高度 1000 feet 飛行，作為系統品管與背景測試（圖 2.2 粉紅色路線）。
- (6). 回到陸面後，再次取得地面 SPARCS-A 之地表穩定之計數率 1 分鐘，判斷機組是否受到輻射污染。

本年度核安演習空中輻射偵測任務規劃中的(2)與(4)，目的在於

取得不同飛行高度之輻射偵檢器計數率，期許能取得我國本土之空氣衰減數值。



圖 2.1 核安第 20 號演習-輻射劑量影響範圍模擬圖

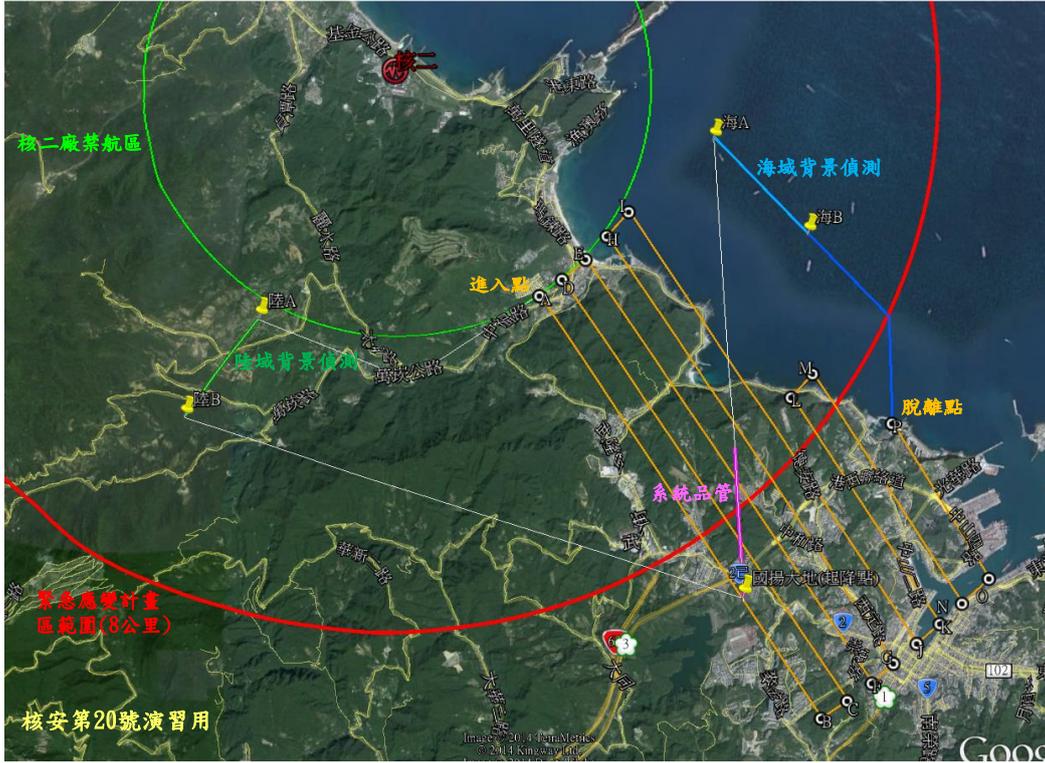


圖 2.2 核安第 20 號演習-核二廠空中輻射偵測任務路徑圖

## 2.2 地理資訊平台系統開發

為能繪製空中輻射偵測之地表輻射劑量圖，整合 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果、SPARCS-A 及 PGIS 空中輻射偵測數據與核子事故緊急應變資訊，本所研發建置地理資訊平台系統，展示輻射劑量影響趨勢與分析空中輻射偵測數據，期能快速掌握核子事故情形。圖 2.3 為地理資訊平台系統架構，技術幕僚可以透過此地理資訊平台，匯入 A2C 大氣擴散模擬資料、SPARCS-A 及 PGIS 空中輻射偵測數據，展示 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果或空中輻射偵測之地表輻射劑量率估算，之後再結合地區資訊、人口資料、民眾防護措施規劃，提供技術人員分析與決策人員參考。

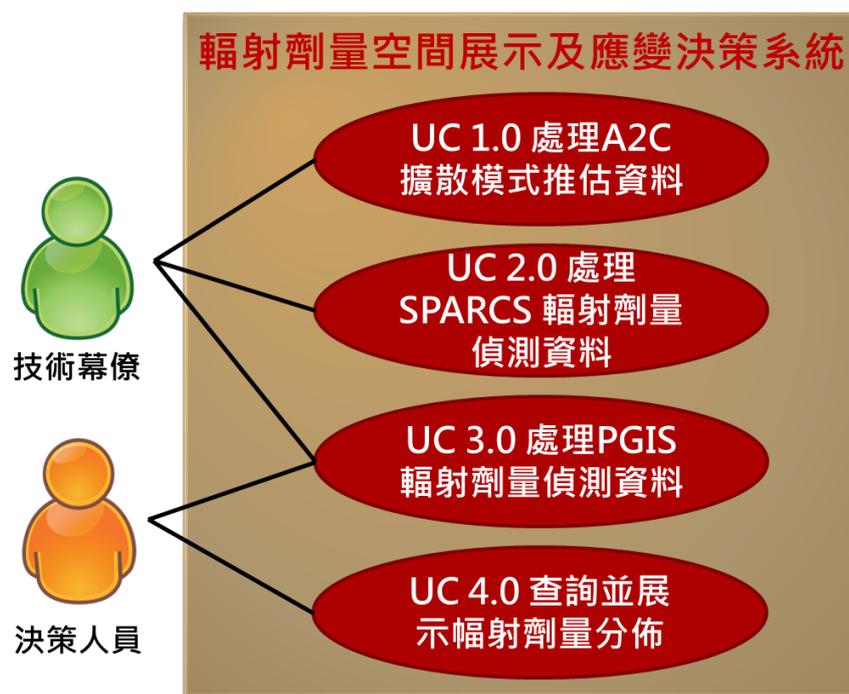


圖 2.3 地理資訊平台系統架構

## 2.2.1 整合 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果

圖 2.4 為 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果匯入流程圖，透過圖像化使用者介面（Graphical User Interface，簡稱 GUI）匯入 A2C 資料與選定該資料係屬哪座核能發電廠，地理資訊平台將自動轉換 txt 文字資料並執行運算。圖 2.5 為輻射劑量查詢之功能，地理資訊平台可檢視匯入之 A2C 資料，查看累積劑量、劑量等值線分析與動態播放輻射劑量，搭配相關地理資訊，可作為決策之參考與空中輻射偵測規劃之依據。

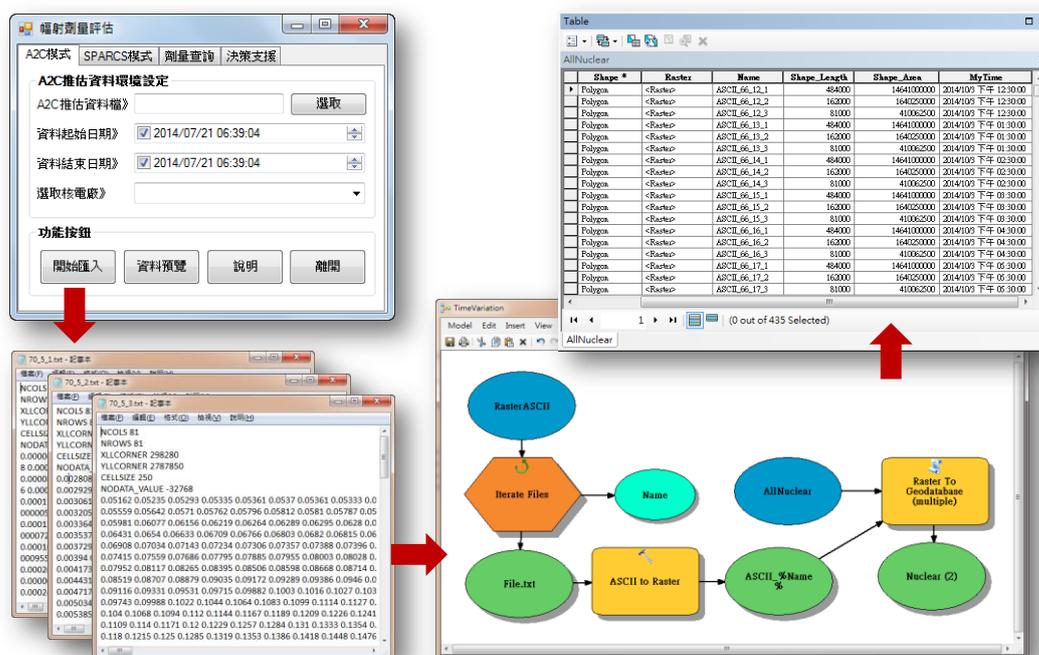


圖 2.4 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果匯入流程圖



圖 2.5 地理資訊平台系統內建之輻射劑量查詢功能

## 2.2.2 整合 SPARCS-A 空中輻射偵測數據

圖 2. 6 為空中輻射偵測數據之分析流程，使用者自 GUI 介面匯入 SPARCS-A 空中輻射偵測數據後，地理資訊平台系統會自動計算地表輻射劑量值，並立即以距離反比權重法（Inverse Distance Weighted，簡稱 IDW）進行空間內插，呈現地表輻射劑量分佈結果。圖 2. 6 中的案例分析為 103 年 5 月份國軍核子事故緊急應變研討會之飛行數據，由系統自動化分析結果觀之，可明顯看到一高輻射劑量區（hot spot），該區確為研討會之射源搜索模擬位置，證實本地理資訊平台系統之分析正確無誤。

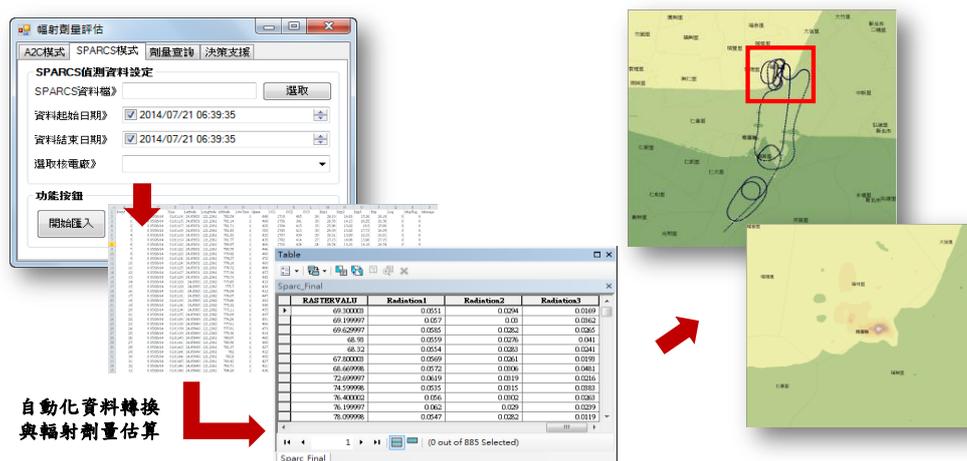


圖 2. 6 空中輻射偵測數據之分析流程

### 2.2.3 整合 PGIS 空中輻射偵測數據

PGIS 為可攜式加馬射線能譜分析儀，使用者由 GUI 介面中匯入 PGIS 空中輻射偵測數據後，地理資訊平台會自動化計算地表之輻射劑量值，並立即以距離反比權重法（Inverse Distance Weighted，簡稱 IDW）進行空間內插，呈現地表輻射劑量分佈結果。

以下說明如何匯入 PGIS 輻射偵檢數據資料檔：

1. 於圖 2.7「輻射劑量評估」視窗中，點取「PGIS 模式」頁籤。
2. 點擊「選取」鈕，選取 PGIS 輻射劑量偵測數據檔(\*.csv)。
3. 設定偵測資料日期。
4. 選取資料所在之核電廠(或其他)，由偵測數據自行判讀位置。
5. 使用者點擊「開始匯入」按鈕。

之後系統將顯示執行中之訊息，會在執行完畢後顯示匯入成功(如圖 2.8 所示)，並會在地圖中顯示匯入後的偵測資料空間點位，如圖 2.9 所示，之後將 PGIS 偵測數據以 IDW 法進行空間內插後所得之網格資料如圖 2.10 所示。

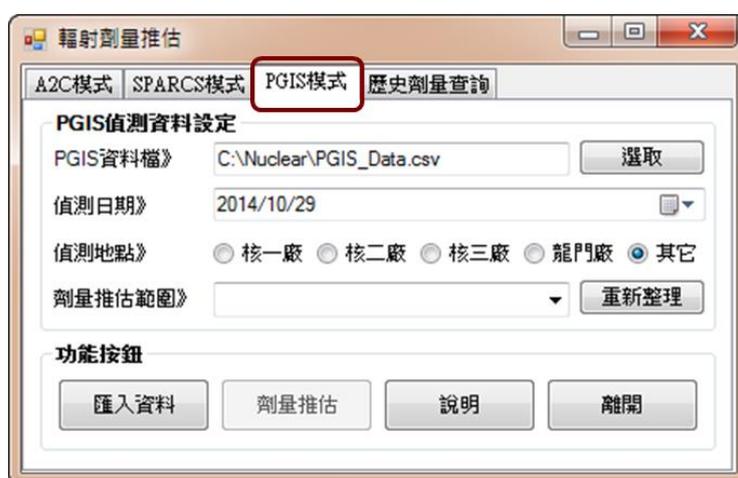


圖 2.7 PGIS 模式偵測資料設定

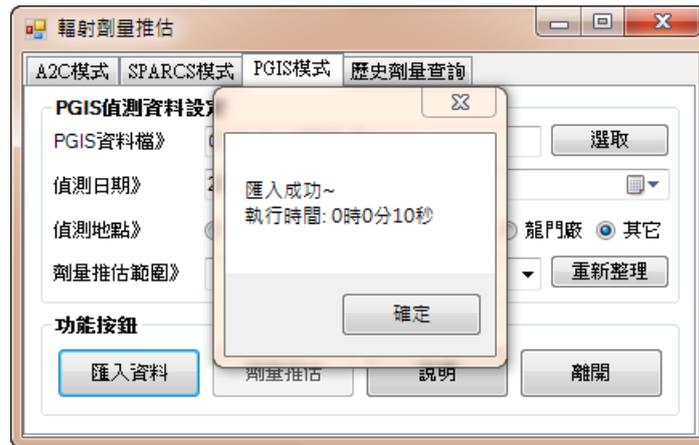


圖 2.8 匯入 PGIS 偵測數據畫面

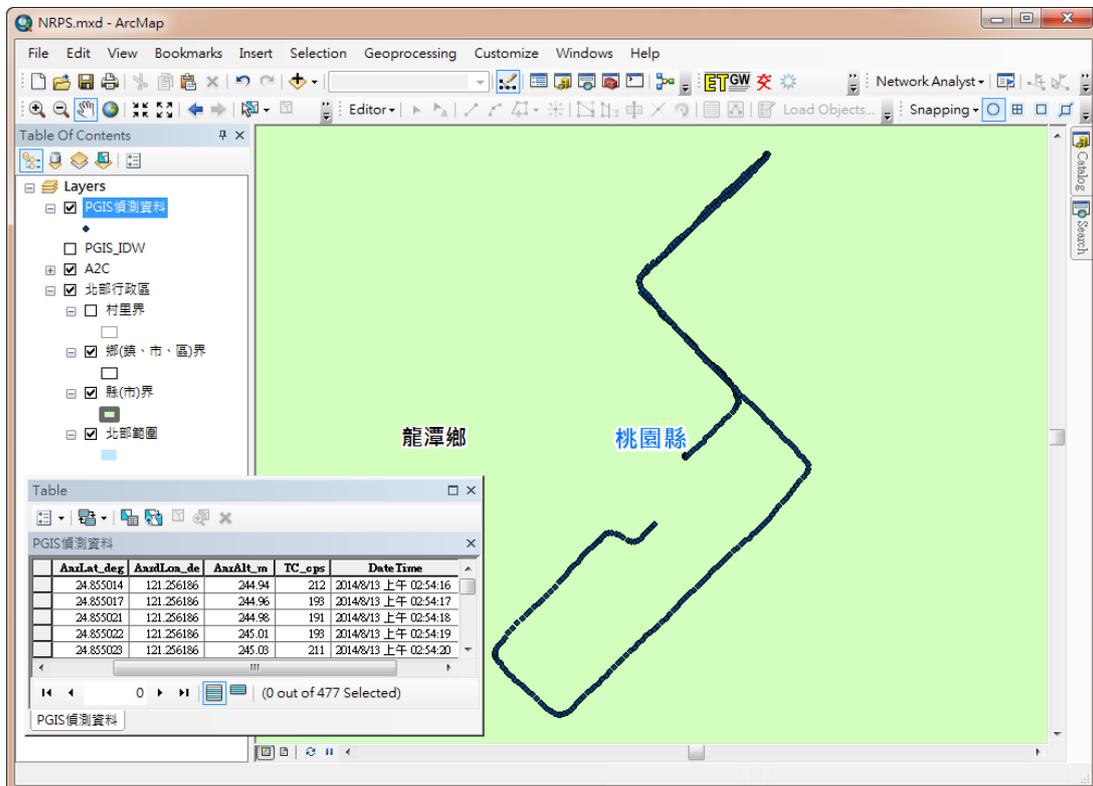


圖 2.9 匯入 PGIS 偵測數據後所得之向量資料

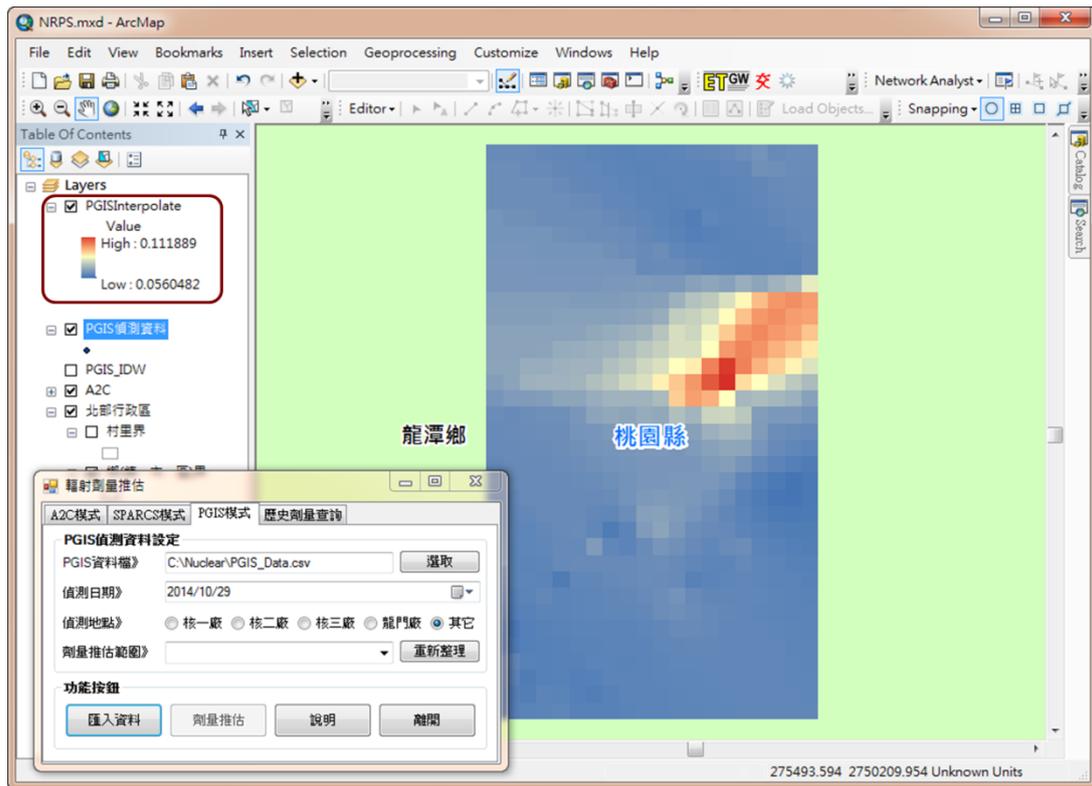


圖 2.10 將 PGIS 偵測數據以 IDW 法進行空間內插後所得之網格資料

### 第3章 建立空中偵測與飛航需求條件因素，確保空中偵測數據品質保證

國內核能電廠周邊皆具有其獨立不同的地形特徵與地理條件，故需依其廠址特性與不同季節之輻射劑量影響範圍，規劃出不同的空中輻射偵測飛航路徑。本計畫上半年度著重地理資訊平台之開發，下半年度則探討核二廠之大氣擴散特性，並完成劑量影響趨勢分析研究，可使我們更了解不同核能廠區之輻射擴散特性，提供國軍未來於執行核二廠空中輻射偵測飛航路徑擬定之參考依據。

另外，為確保空中輻射偵測數據之品質，本計畫擬採購一套簡易型、輕量化，同時具備 GPS 定位功能與資料紀錄之商用碘化鈉輻射偵檢器 PGIS。於執行空中偵測任務期間，除 SPARCS-A 系統紀錄之計數率與相關飛行資料外，PGIS 亦會紀錄 GPS 飛行軌跡與輻射偵測數值，提供實驗室技術團隊透過碘化鈉輻射偵檢器紀錄之資料來進行比對驗證。同時，PGIS 亦可應用於小型空中輻射偵測模擬實驗場，建立空氣衰減係數以及計數率對應劑量率之轉換因數。

### 3.1 研究方法

本研究利用現行的劑量評估系統，針對核一、核二廠區在為期一年內，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、二廠緊急應變區內的三維氣象資訊，再利用 A2C t&d/Dose 劑量評估系統進行銫(Cs-137)污染物排放模擬，得到 8 天的地面累積沉降量，以及累積有效劑量。最後，將其結果作統計分析，探討核一、核二廠區緊急應變計畫區內之輻射劑量之區域分布特性及其與地形和不同時間之關係。此部分研究結果除可讓我們了解核一、核二廠區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。

## 3.2 核二廠緊急應變劑量評估系統之模擬與統計

### 3.2.1 核二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，針對核二廠區，挑選 2013 年為主要討論年份(假如 2013 年缺資料，由前一年資料替補)，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，核二廠共有 357 組模擬結果資料以供統計分析討論。

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，本次報告討論重點以核二廠為中心，向外周圍半徑 20 km (網格解析度為 500 m)緊急應變系統中 domain3，以及周圍半徑 10 km (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，核二廠選定(316.600、2787.892 UTM 座標)為中心進行之核事故情境模擬，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 11520 煙陣釋放)。在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，以探討核二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。

### 3.2.2 核二廠緊急應變劑量評估系統相對地理位置討論

首先，我們利用本研究所討論之緊急應變劑量評估系統兩個重點區域(即以核電廠為中心，周圍半徑各為 10 km 及 20 km)之 A2C 模式地形高度圖來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二廠緊急應變區(5 km)民眾疏散集結收容圖(圖 3.3)來探討緊急應變區內所包含之城鎮相對區域。

第二核能發電廠是一座位於新北市萬里區的核能發電廠，座落於新北市萬里區大鵬里基金公路邊，地處萬(萬里)金(金山)要衝。其由臺灣電力公司所經營，佔地 220 公頃，與台北市直線距離僅有 22 公里，位於臺北盆地東北方，萬里區位於本省北部，三面環山、一面環海，東北濱太平洋、東南與基隆接壤、西南與陽明山、汐止毗連、西北與金山為鄰。核二廠座落於東西南三面環繞丘陵，北面臨海的山谷內，其北方有基金公路經過。(圖 3.1)之半徑 20 公里的緊急應變模擬區域中，主要包含的鄉鎮有萬里鄉、金山鄉以及石門鄉，而(圖 3.2)之半徑 10 公里的緊急應變模擬區域中，則以萬里鄉行政區野柳里、清泉里、萬里里及三界里等為主，故現行核二廠緊急應變區集結點為金山國小、仁愛之家、金山消防分隊、大坪國小、萬里國小、中華商船海事學校等，收容站則為隆聖國小和石門國中。

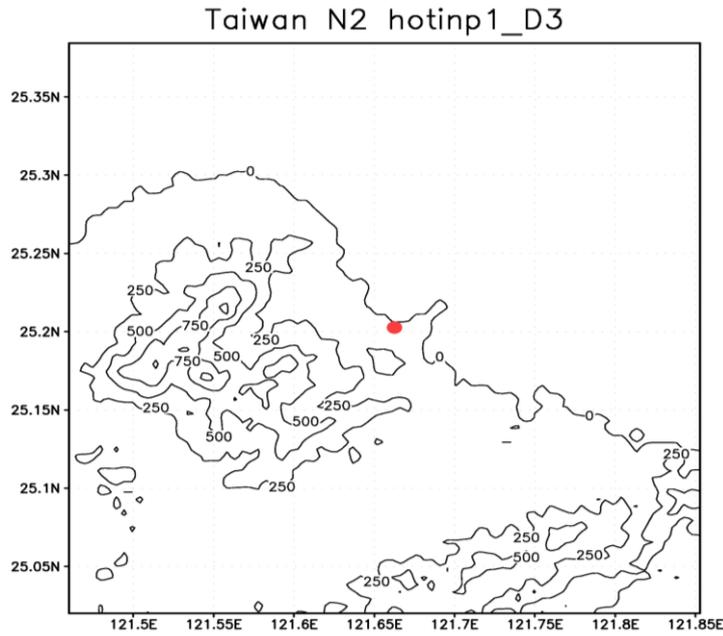


圖 3.1 核二廠區域地形高度分布圖，黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅點代表核二廠所在位置。(網格範圍以核二廠為中心各向外 20 km)

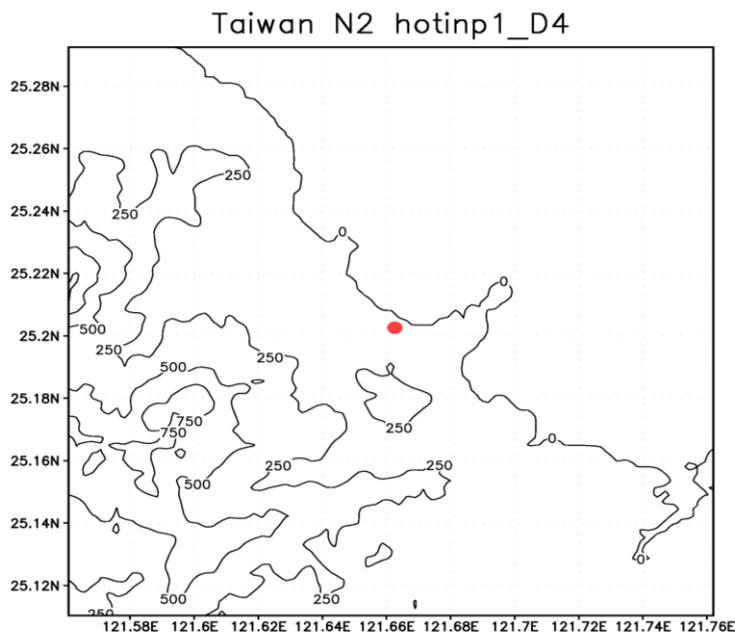


圖 3.2 核二廠區域地形高度分布圖，黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅點代表核二廠所在位置。(網格範圍以核二廠為中心各向外 10 km)



圖 3. 3 核二廠民眾集結點、收容站、圖中紅色圓框代表以核電廠為中心向外半徑五公里之緊急應變區，數字表核二廠疏散集結點。(資料來自行政院原子能委員會網站 <http://www.aec.gov.tw/>)

### 3.2.3 核二廠緊急應變劑量評估系統模擬結果分析與統計研究

#### 3.2.3.1 Cs-137 地面沉積累積量

由核二廠 2013 年年平均的 8 天地表沉積累積量之空間分布圖(圖 3.4)中，在半徑 20 公里的範圍內之 Cs-137 年平均地表沉積累積量往核二廠東北-西南方沉降，而沉降量較高 $10^{-6}(Bq/m^2)$ 範圍可延伸至大屯火山區，五指山、大尖山後山和擎天崗大草原附近，而廠區半徑 20 km 內人口較多的內湖區，松山區、劍潭區、台北東區、新北市汐止區以及基隆市，並沒有較高沉降量值分布，最高只可達 $10^{-8}(Bq/m^2)$ 量值，大部分污染物接受到大屯火山區阻擋，並沒有直接過山。

討論 Domain4 以中心向外 10 km 範圍網格內(圖 3.5 之 B)  $10^{-4}(Bq/m^2)$ 等值線大約同樣以電廠為中心之半徑 2 公里範圍，廠區西南方網格內大屯山區沉降量值幾乎可達 $10^{-7}(Bq/m^2)$ 以上，廠區西北側觀光景點朱銘美術館、法鼓山和獅頭山也可出現 $10^{-7}(Bq/m^2)$ 以上沉降量值，而位於核二廠緊急應變計畫區內的石門國中及隆聖國小兩收容站，石門國中和隆聖國小皆剛好位於沉降量分布值較低處 $10^{-8}$ 以下( $Bq/m^2$ )，現行所規畫之兩收容站安排處也與這次分析結果相符合對應，屬於相對安全區域。整體趨勢來看污染物擴散分布位置主要受到東北風大環境風場影響和部分西南風影響，污染物大多數皆往東北-西南方沉降擴散，呈現東北-西南對稱分布情況。而核二廠西北側台二線濱海公路沿線金山區的金山國小、金山青年活動中心、大鵬國小等位於電廠西北側集結點，即是未來緊急應變規劃區建立時所需要特別注意的地方。

同樣如果我們以 domain4 Cs-137 季平均地表沉積累積量之空間

分布圖(圖 3. 6)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。如同前面所述，台灣夏季常受到西南季風、梅雨及颱風之影響，夏半季則有部分西南風，使得沉降量分布有朝海面擴散移動，在夏季時(圖 3. 5 之 B)部分污染物可到達石門區，擴散分布較廣且平均，假如在夏季時發生了核子事故，有放射性物質外釋，建議位於核二廠西北方金山區和石門區應該盡快疏散，在疏散路線上的(西方)石門國中也較不適合擔任集結站。另外，從四個季節分布位置比較來分析，由於大環境西北風分量較少，基隆市和汐止區屬於較安全區域，而冬季則受到大陸冷高壓東北季風區影響，此風向的轉變使冬半季之地表沉積量將朝西南方的大屯山區延伸(圖 3. 5 之 C、D)。

而在冬半季時，受到大陸冷高壓逐漸成熟並繼續發展，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，從相對位置來看大尖山後山、五指山有極大值約 $10^{-6}(Bq/m^2)$ (圖3. 5之C、D)，在domain3網格模擬結果，雖然冬半年東北風較為穩定持續，但污染物卻難易越過大屯火山群往台北盆地沉降，在冬半年現行的石門國中和隆聖國小兩地皆適合當作發生事故時的收容站。

(圖3. 6)為2013年為期一年的Cs-137月平均地表沉積累積量之空間分布圖，在春季(3、4、5月份時)部分沉降量有往西北方和東北方區域沉降，而核二廠區在夏季(6、7、8月)時，地面沉積散佈範圍西北方又增廣，因此春夏兩季如發生事故時，廠區東北和西北方金山區和萬里區為相對危險地區，而冬季(12、1、2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。

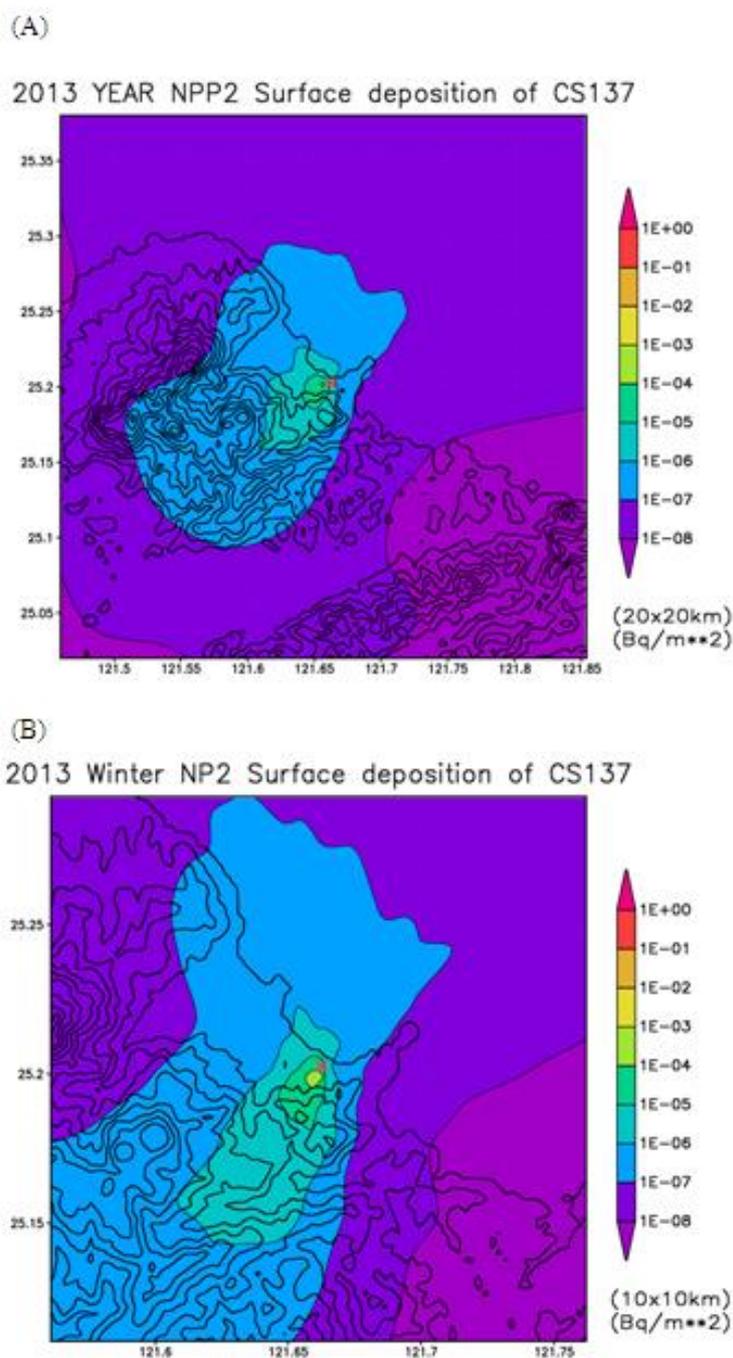


圖 3. 4 Cs-137 年平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖 A 網格範圍以核二廠為中心各向外 20 km，圖 B 網格範圍以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量( $Bq/m^2$ )，細黑色實線也為地表沉積累積量( $Bq/m^2$ )，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。

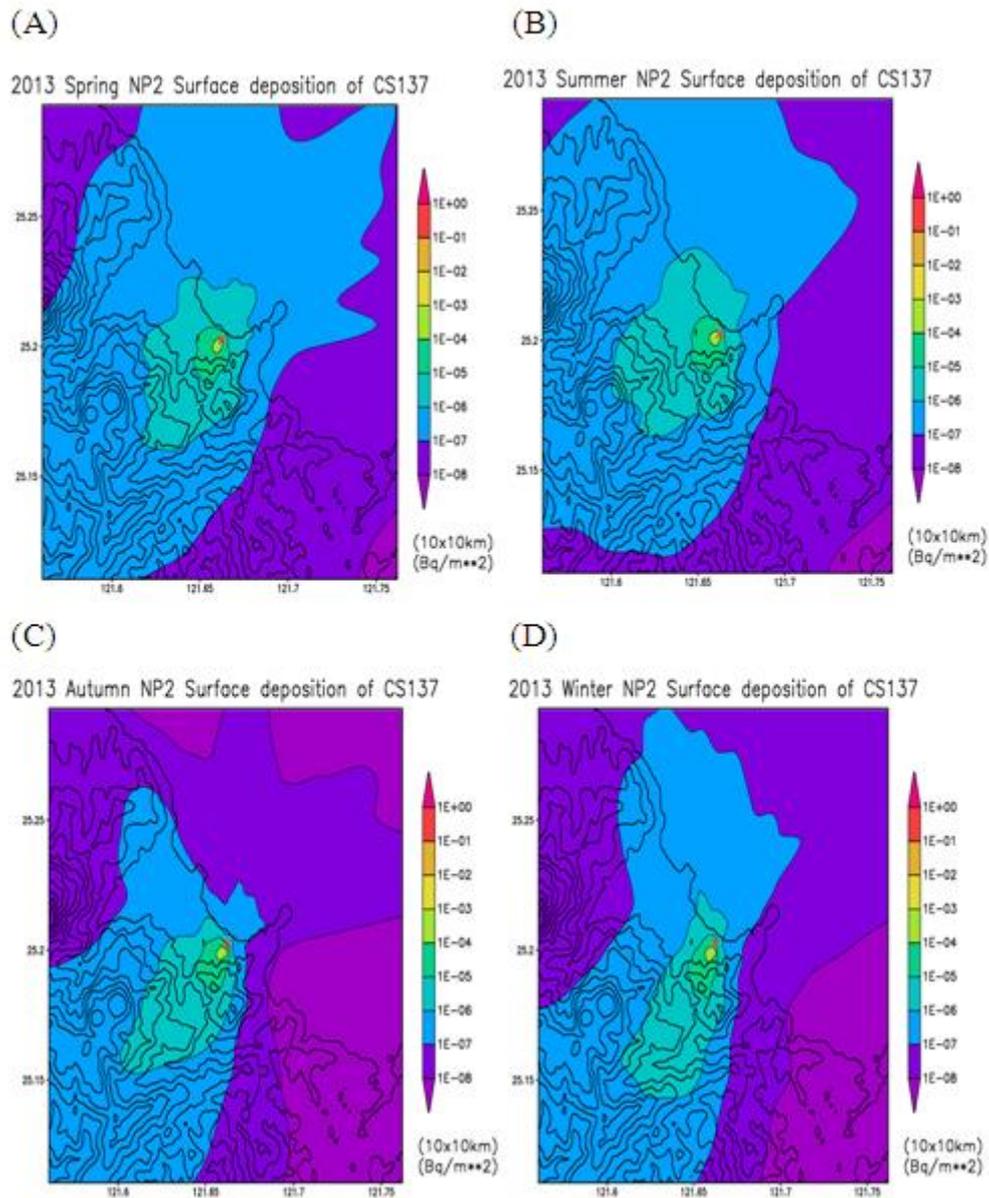


圖 3. 5 Cs-137 季平均地表沉積累積量之空間分布圖。圖 ABCD 四季其網格範圍皆以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量( $Bq/m^2$ )，細黑色實線也為地表沉積累積量( $Bq/m^2$ )，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。

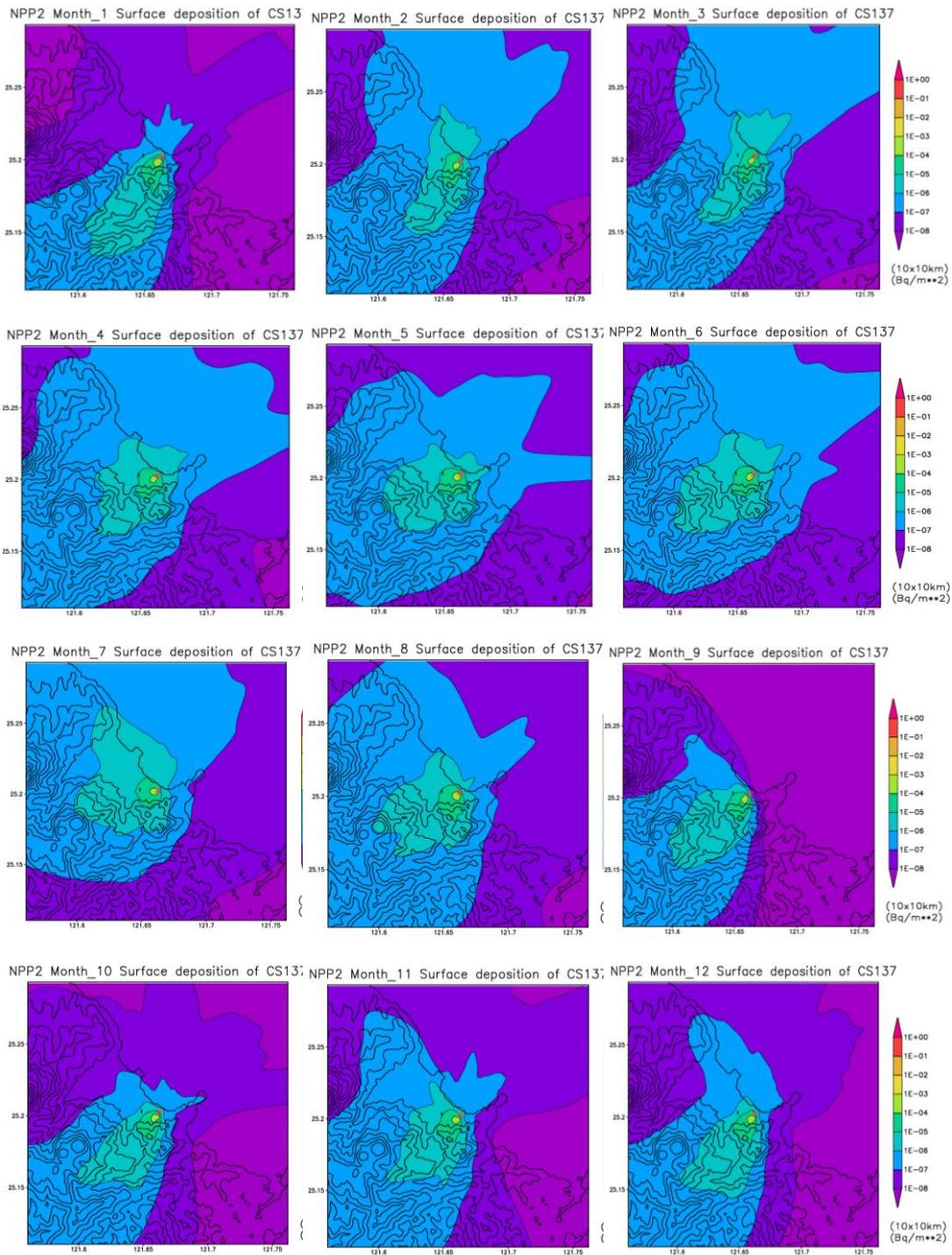


圖 3.6 Cs-137 月平均地表沉積累積量之空間分布圖。網格範圍皆以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 地表沉積累積量(Bq/m<sup>2</sup>)，細黑色實線也為地表沉積累積量(Bq/m<sup>2</sup>)，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。

### 3.2.3.2 Cs-137 累積有效劑量

核二廠累積有效劑量之計算方法是利用 RAPTAD/DOSE 模式，依每個不同預報場風場(共 357 組)，進行 Cs-137 射源模組 8 天的模擬，由 2013 年核二廠年平均的 8 天累積有效劑量之空間分布圖(圖 3. 7)來看，與 8 天地表累積劑量分布情況(圖 3. 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，另一部分往東北海面擴張，少部分石門區法鼓山擴散，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側萬里橫溪，大尖山後山和五指山有沉降量極值累積。

由 2013 年核二廠整年度 Cs-137 地面沉積累積量和累積有效劑量之統計分析結果可知，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 $10^{-4}$ (Bq/m<sup>2</sup>))，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，沉降到達山區左側烘爐山、火燒山、中正山，且有些許污染可達內湖、天母北部一帶，因此如果要在(廠區半徑 10 km)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野柳區、萬里區(如野柳村活動中心，仁愛之家、大坪國小、萬里國小、中華商業海事學校)，而收容站的位置以現行的石門區石門國中和萬里區的隆聖國小皆蠻合適。

夏半季時沉降範圍則有偏廠區西方，西北方一些，使得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，另外夏半季時東北風並

沒有那麼持續，部分污染物可能往西北方擴張，因此建議收容站則以東南邊隆盛國小撤離較為合適。目前國內在應變核子事故災害時，除固定每年定期舉行廠內演習外，還輪流舉辦不同廠區核安演習，目的就是為了訓練當緊急事故發生時，臨場應變與各單位配合之能力，因此挑選正確且適合的收容站，集結站以及疏散路線，有利於民眾能夠在最短時間內，緊急疏散安置於安全地方，降低核子災害損傷。

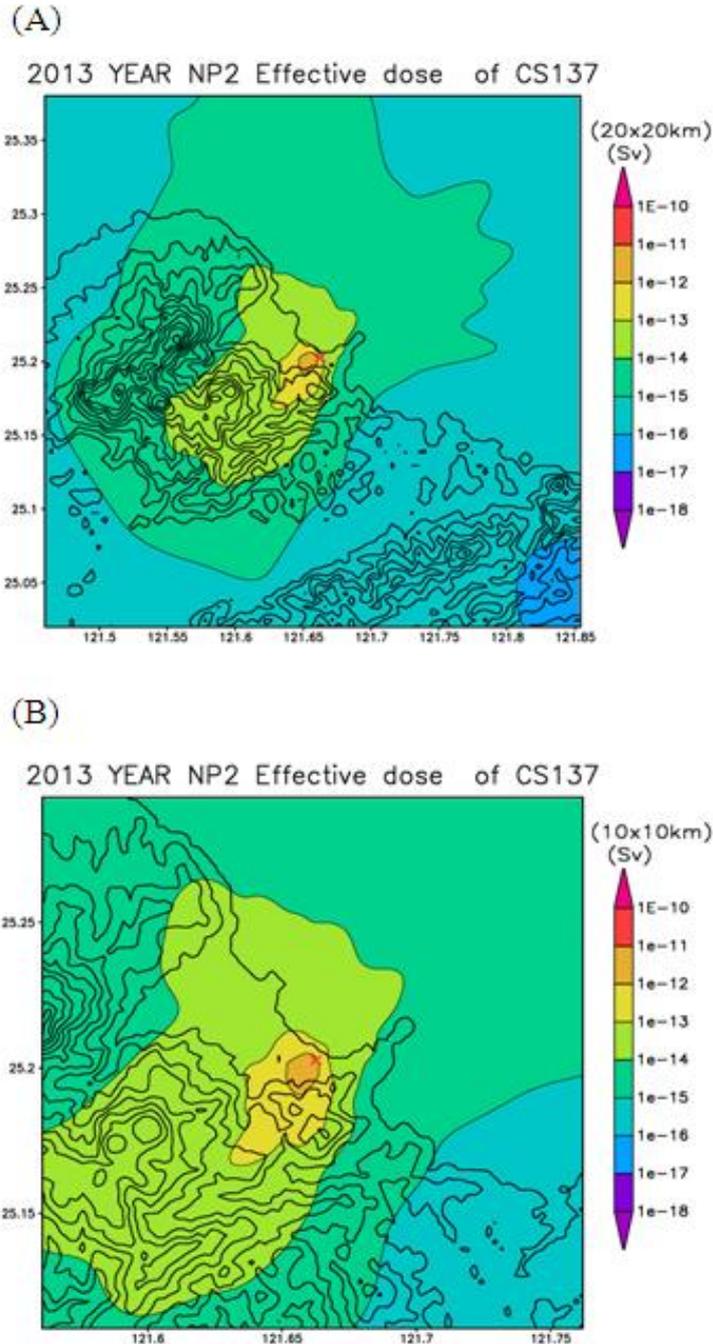


圖 3. 7 Cs-137 年平均累積有效劑量之空間分布圖。圖 A 網格範圍以核二廠為中心各向外 20 km，圖 B 網格範圍以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。

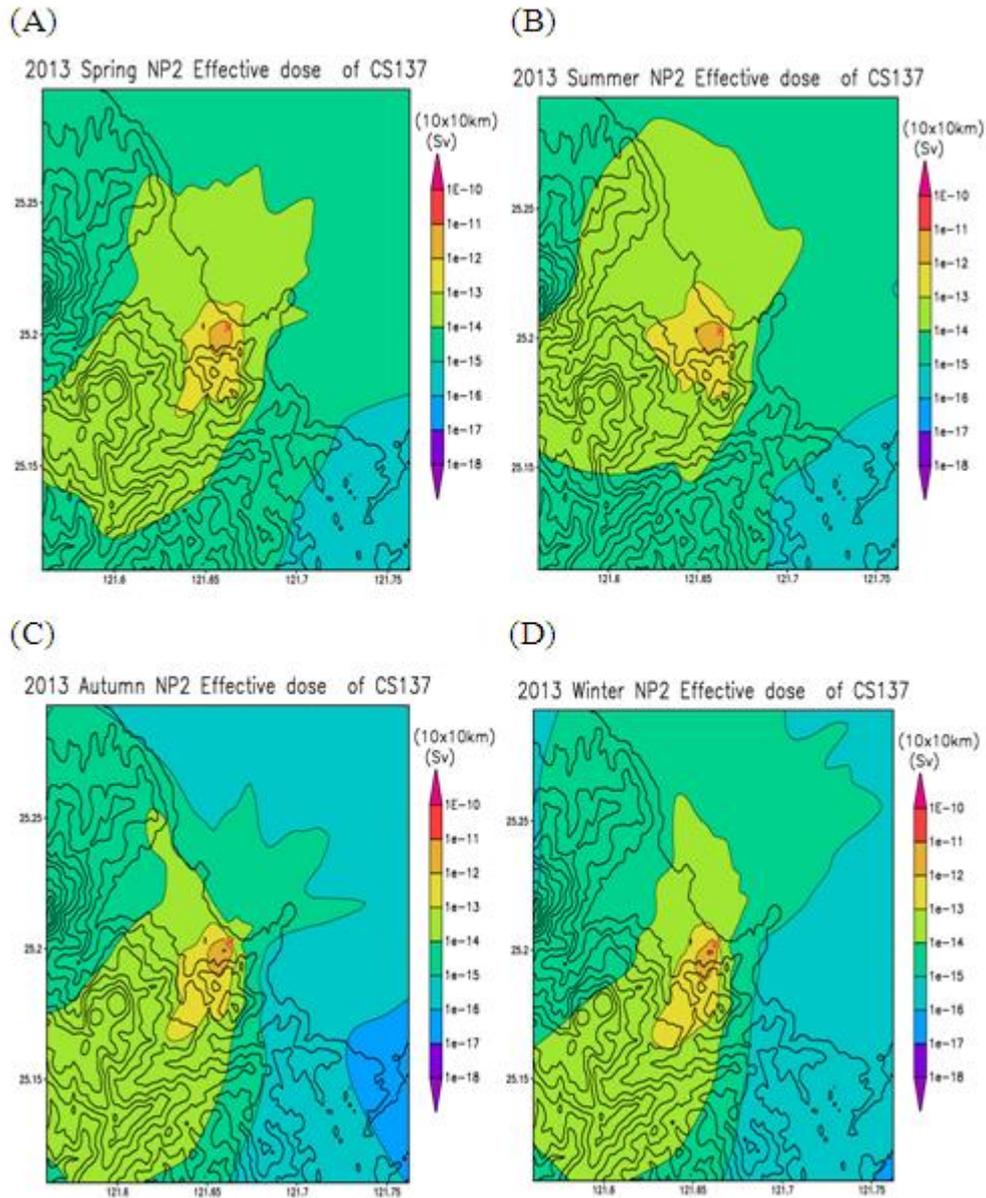


圖 3. 8 Cs-137 季平均累積有效劑量之空間分布圖。圖 ABCD 四季其網格範圍皆以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。

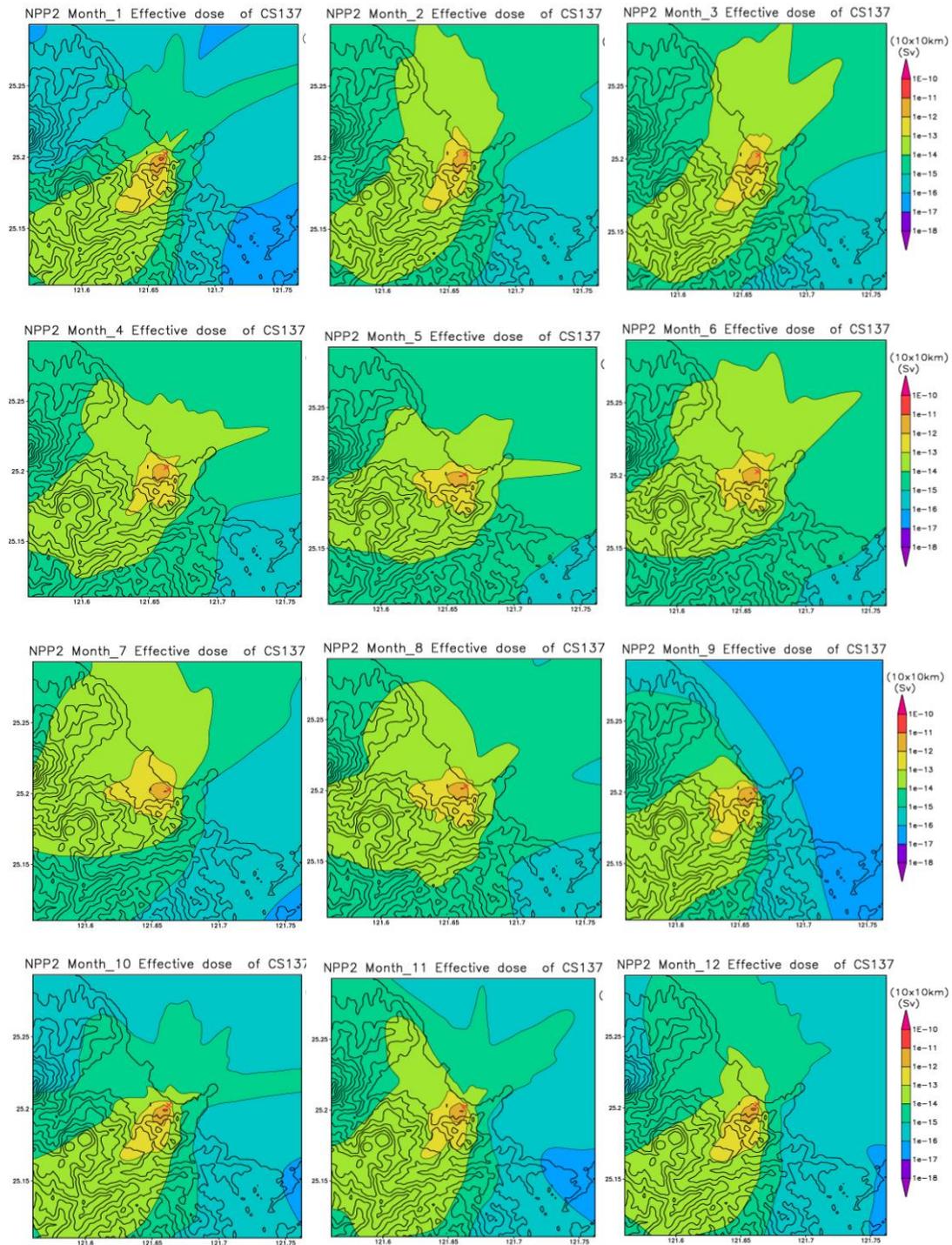


圖 3.9 Cs-137 月平均累積有效劑量之空間分布圖。網格範圍皆以核二廠為中心各向外 10 km。色階為 Cs-137 累積有效劑量(Sv)，細黑色實線也為累積有效劑量(Sv)，間距如右方彩色條所示，粗黑色實線為地形高度等值線(間距 100 m)，圖中紅色叉叉代表核二廠所在位置。

### 3.2.4 無人載具整合輻射偵檢器之飛行實驗

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，本研究採購一套商用之簡易型、輕量化，同時具備 GPS 定位功能與資料紀錄之輻射偵檢器 PGIS，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，具備能譜分析能力，搭配 CopterWorks AF25B 無人載具，來執行飛行實驗。

飛行實驗以本所廢棄物處理場上方作為空中輻射偵測地點，使用 CopterWorks AF25B 無人載具搭載 PGIS 輻射偵檢器來執行本實驗。以下再分兩小節來對此飛行實驗做說明：第一小節先簡介 PGIS 輻射偵檢器之組成與特性，第二小節則展現無人載具的飛行成果。

### 3.2.4.1 PGIS 輻射偵檢器

圖 3.10 為 PGIS 輻射偵檢器外觀圖，而圖 3.11 為其內部構造圖。整個偵檢器的相關規格說明如下：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 公升，重量約為 7.5 kg，主要用以偵測光子輻射。



圖 3.10 PGIS 輻射偵檢器外觀圖

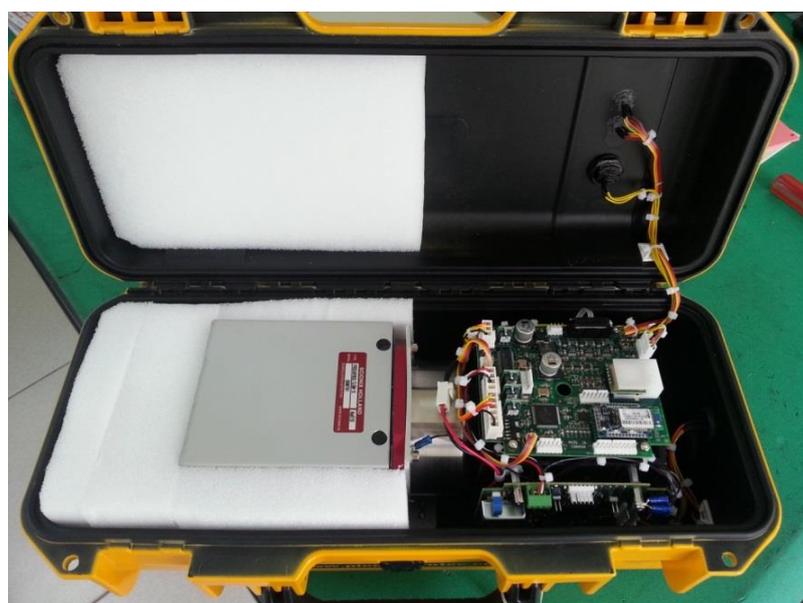


圖 3.11 PGIS 輻射偵檢器內部構造圖

### 3.2.4.2 無人載具飛行成果

本研究以 CopterWorks AF25B 無人載具，搭載 PGIS 輻射偵檢器來執行飛行實驗。其相關規格說明如下：油箱容量為 5 公升，飛行時間可達 50 分鐘，可酬載之重量(不含油料)約為 11.4 kg。

為取得本所廢棄物處理場上方詳細之輻射曝露資料，遂於實驗前詳細擬定飛行路線，希冀能取得完善的空中輻射偵測資料。參考日本 NUSTEC 與 JAEA 空中輻射偵測文獻後，知輻射偵檢器可偵測之有效範圍約為 2 倍的飛行高度。由於本實驗之飛行高度設定為離地 30 米高，故輻射偵檢器之有效偵測範圍約為 60 米，而飛行間距則取 50 米作為飛行路線之規劃。

圖 3. 12 為離地面一米高之量測結果，從飛行實驗結果可得知，廢棄物處理場之廢液貯存桶區域上方(下圖中紅橙色區域)有較高之輻射劑量率，其分佈約介於 0.4 到 0.8  $\mu\text{Sv/hr}$  之間。

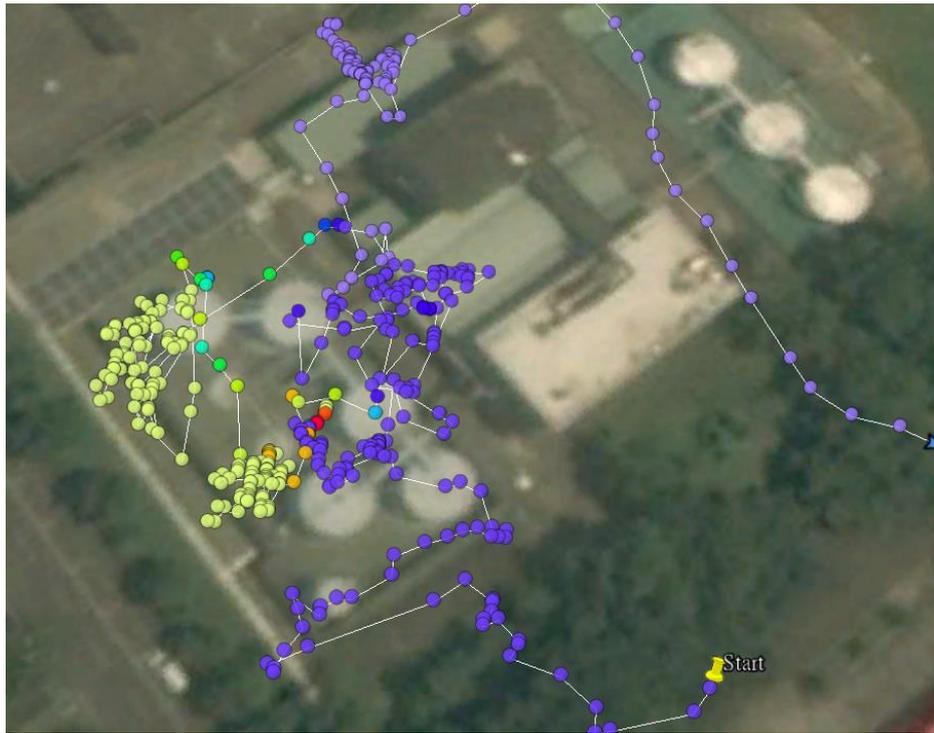


圖 3.12 離地面一米高之量測結果

由飛行成果顯示，利用無人載具搭載輻射偵檢器，進行環境輻射劑量率監測為可行之辦法，未來亦可持續利用無人載具之高機動性，來執行較具危險性之任務，例如進行例行性或緊急應變時期之高輻射風險區域偵查與數值蒐集任務，以大幅降低人員勘察之風險與危害。

本研究完成了無人載具空中輻射偵測飛行實驗，由實際飛行量測數據分析結果，可有效獲得空間輻射劑量分布，這也就說明使用無人載具來執行空中輻射偵測極具發展潛力，希冀未來能將給此技術發展得更成熟。

## 第4章 派員赴美國拉斯維加斯內利斯空軍訓練基地參訪並 訓練，藉以強化我國空中輻射偵測技術

### 4.1 前言摘要

為了能更深入掌握空中輻射偵測飛航條件、飛行規劃、空中輻射偵測劑量轉換、地表輻射沉積推算、空中輻射偵測數據分析處理技術及各種執行空中輻射偵測任務期間的實務經驗，本年度10月27日至10月31日將派員前往美國內華達州拉斯維加斯內利斯空軍訓練基地參訪並訓練，依據原能會會綜字第1030013053號函，將由本所派員2名與軍方派員2名，實地學習美方執行空中輻射偵測之流程與數據分析處理技術，藉以強化我國空中輻射偵測技術。

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、墨西哥等國代表共同於位在拉斯維加斯的遙測實驗室(Remote Sensing Laboratory, RSL)，進行緊急應變作業之經驗交流，並由RSL之專家群帶領，除了SPARCS儀器說明與操作外，各國代表分組上直升機進行空中偵測作業之實務訓練，最後並簡略示範偵測數據處理分析之流程。

## 4.2 出國目的

由美國能源部國家核子保安總署(National Nuclear Security Administration, NNSA)規劃邀請，舉辦空中輻射偵測系統(Aerial Measurement System, AMS)技術交流與訓練課程，我國參加成員有原能會核能技術處周嘉慧，陸軍司令部蘇冠宇與張如嫻，及原能會核能研究所陳韋新與盧仲信等共五人，與巴西、智利、墨西哥等國代表共同於位在拉斯維加斯的遙測實驗室(Remote Sensing Laboratory, RSL)，進行為期五天之 AMS 訓練課程，除了 SPARCS 儀器說明與操作，及相關軟體的應用外，各國參訓成員共分成四組，由 RSL 之專家群帶領，上直升機進行空中偵測作業之實務訓練，共含括校正線螺旋飛行、水平間隔導引(Steering)飛行、目標區域空中量測、空中射源搜索，及模擬器(Simulator)地面道路搜索等課目，課程最後並由 RSL 專家示範偵測數據處理分析與 GIS 製圖之流程。

本次訓練課程主要目的為強化國內空中偵測實務操作經驗，及相關軟體應用時機與數據資料轉換處理能力。

### 4.3 訓練過程

本次的出國公差日期為自2014年10月25日至11月2日止(共計9天)，參加由美國能源部國家核子保安總署(National Nuclear Security Administration, NNSA)舉辦之空中輻射偵測系統(Aerial Measurement System, AMS)技術交流與訓練課程，共有台灣、巴西、智利及墨西哥等4個國家，共11名成員參與本次課程。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全程陪同參與，整個出國行程概述如下：

10/25 由桃園機場飛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。

10/26 行前準備會議。

10/27 於內利斯空軍基地(Nellis Air Force Base，圖 4. 1)之 RSL 進行為期二天的訓練課程。首先由 RSL 主任致歡迎詞後，即開始由專家群進行 RSL 組織任務及 AMS 概述簡報，之後由各參與國家分享緊急應變執行經驗，我方由周嘉慧以福島事故後國內緊急應變整備作業之提升為題報告。下午課程為介紹 AMS 於緊急應變之任務需求，應用時機，地面支援之 Home Team 作業；隨後前往機棚說明後續實際飛行之相關注意事項，最後解說導引飛行員依規畫路線飛行的原則，與相關導航輔助設備。

10/28 於 RSL 上午排定之飛行組為莫哈維湖(Lake Mohave)螺旋高度爬升與校正線飛行(圖 4. 2)，下午之飛行組為 Government Wash 水平間隔飛行導引(圖 4. 3)，與天然背景輻射調查。未排定上機學員進行機組員輻射安全基礎與作業曝露準則，校正線(Calibration Line)與地面信賴值(Ground Truth)，AMS 空中任務規劃，以及 AMS 儀器

功能說明與操作練習。

10/29 前往內華達國家安全區(Nevada National Security Site, NNSS)內之 Desert Rock Airport(圖 4. 4)，本日排定飛行之二組為共同完成 NNSS 第三區(Area 3)特定區域之水平間隔輻射偵測(圖 4. 5)。未排定上機學員進行 SPARCS 與 MobileCabin 程式使用與應用，及程式產生之偵測資料檔案格式解說之課程，並講解莫哈維湖校正線的資料分析結果。

10/30 上午於 NNSS 內 Desert Rock Airport 由四組學員輪流執行空中射源搜索課程(圖 4. 6)，未上機學員為儀器操作與課程相關內容討論。下午為 NNSS 主要地標如 ICECAP，Sedan Crater 等參觀與解說。

10/31 前往 North Las Vegas Airport(圖 4. 7)，進行空中偵測數據之分析與處理示範。最後由巴西代表分享 2014 年世界盃足球賽，賽前利用 SPARCS 針對球場周圍執行輻射偵測之經驗，以及應用於巴西境內環境輻射調查之實例與成果。

11/01~11/02 回程。

NNSA 已於國內辦理多次 SPARCS 之操作訓練課程，在國內也多次與陸軍航空特戰部隊合作，在相關訓練課程與核安演習中，完成直升機裝載 SPARCS 飛行演練，因此國內對於 SPARCS 之基本安裝，及使用操作已有相當之基礎。本報告著重於 SPARCS 程式之應用時機與目的，實際飛行作業及飛行員導引，校正線數據分析，與數據處理與放射性製圖(Radiological Mapping)等實務應用與數據分析部分，以下將本次訓練課程分為(1) AMS 任務規劃與應變機制、(2) AMS 儀器軟硬體及相關檔案應用、(3)調查區域飛行導引、(4)校正數據分析等

四項主題做說明。

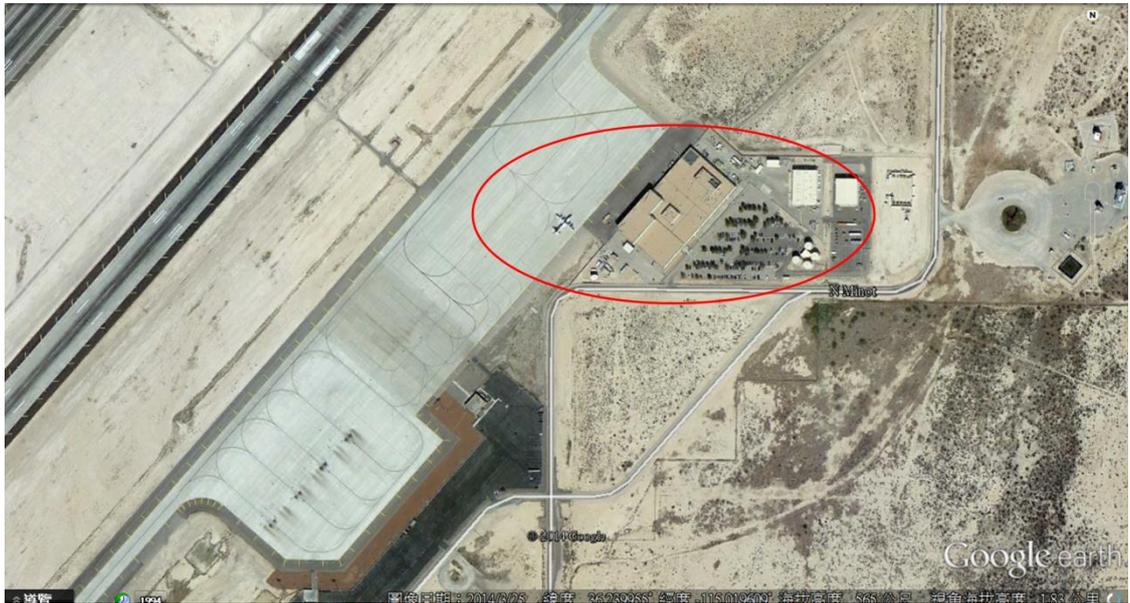


圖 4.1 位於 Nellis 空軍基地的 RSL

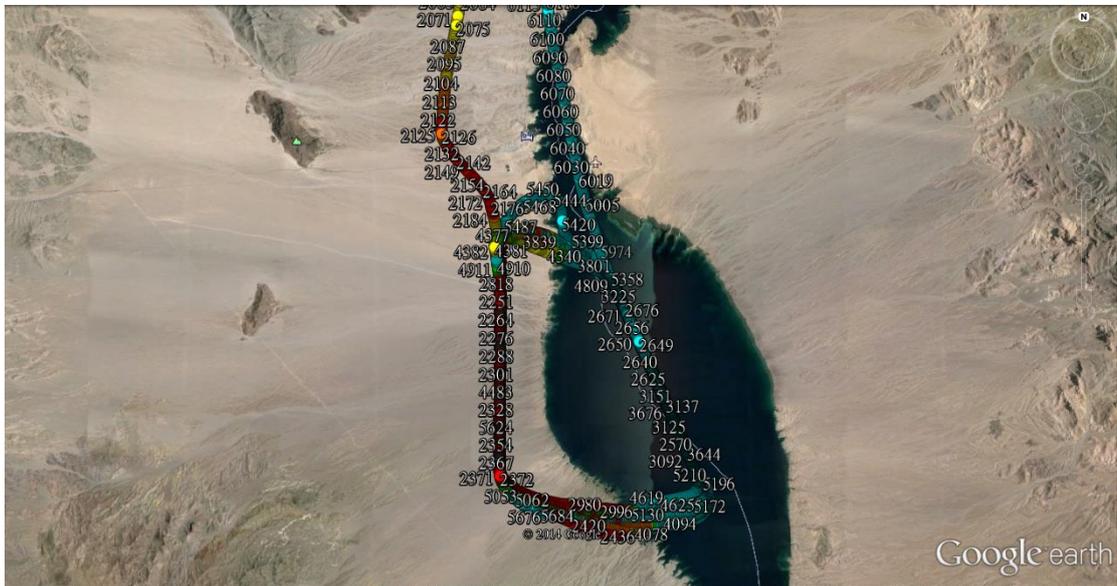


圖 4.2 Lake Mohave 空中偵測

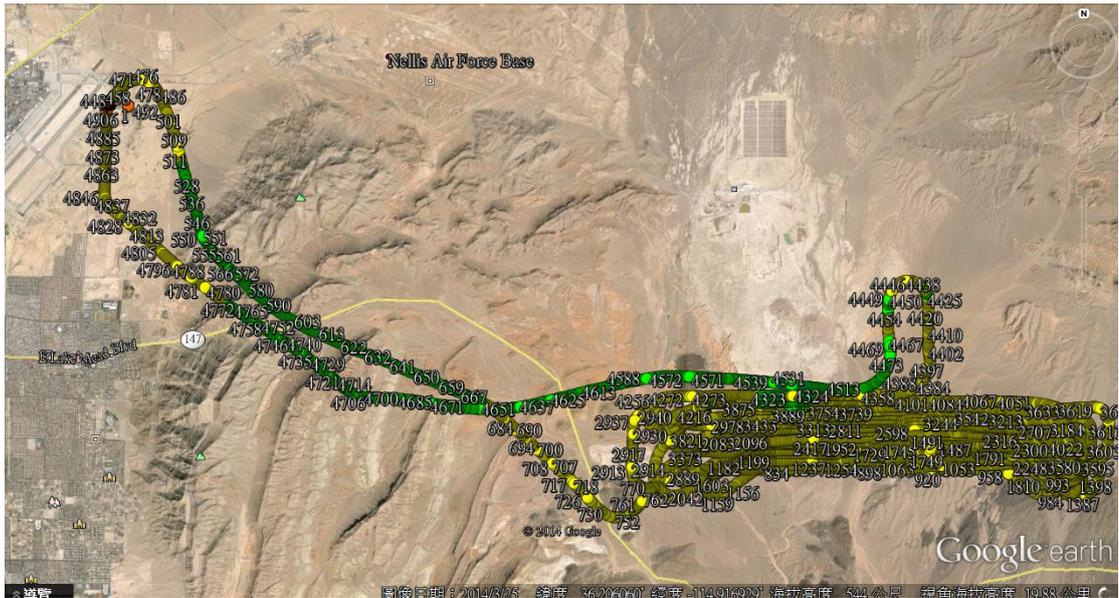


圖 4.3 Government Wash 空中偵測



圖 4.4 NNSS 內 Desert Rock Airport

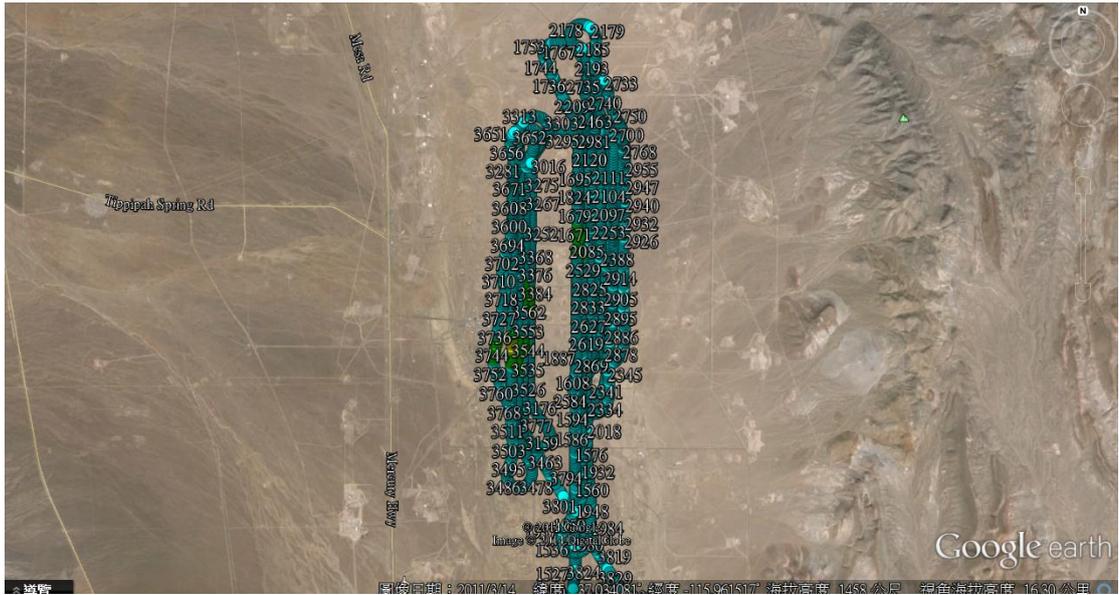


圖 4.5 NNSS Area 3 空中偵測

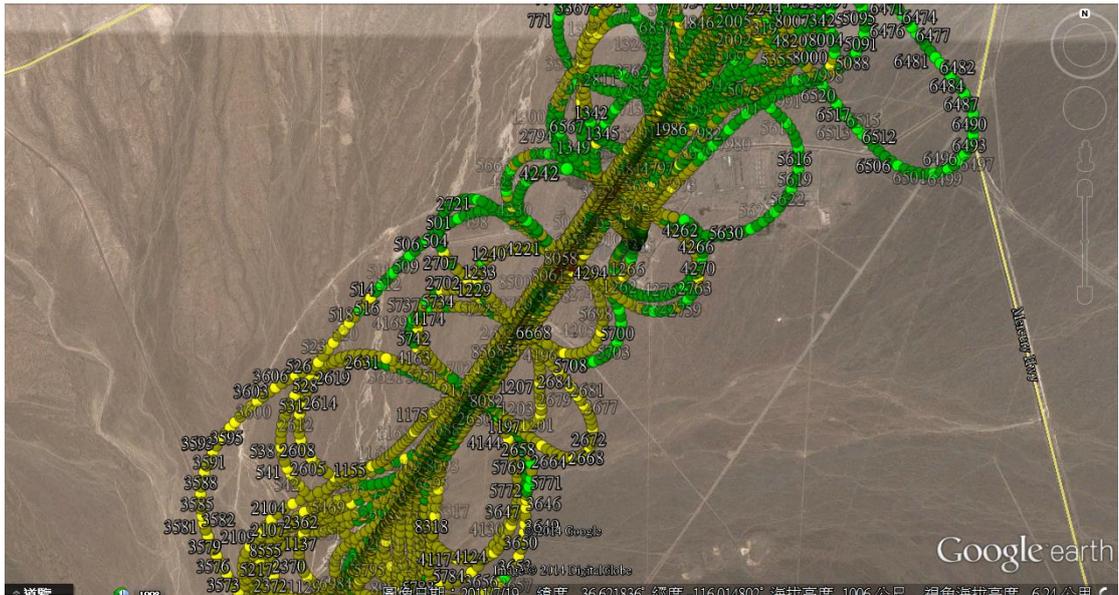


圖 4.6 Desert Rock Airport 空中射源搜索

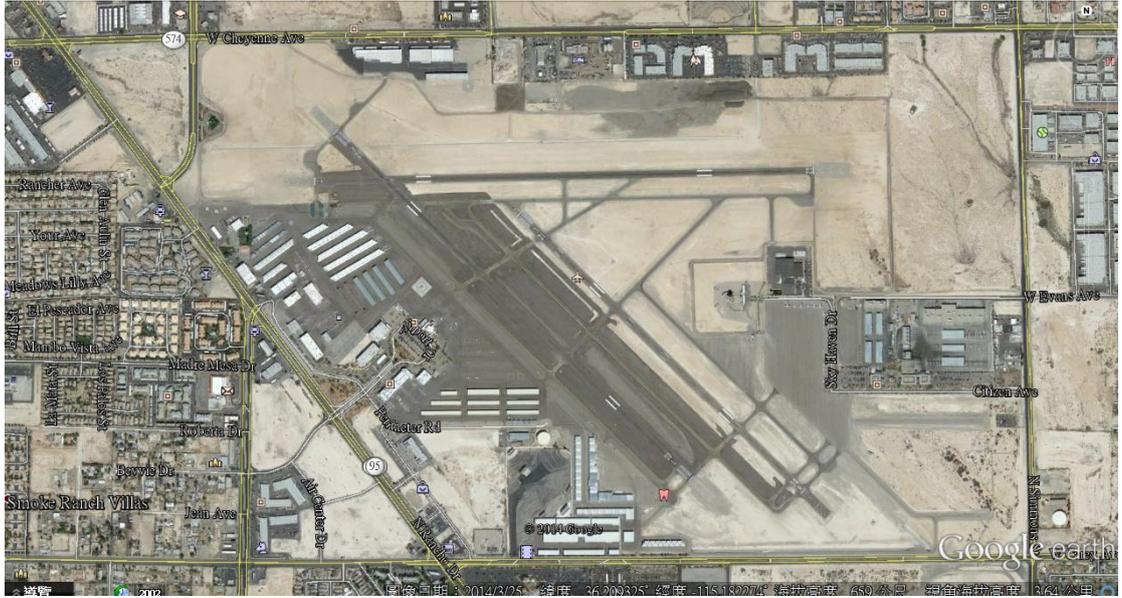


圖 4. 7 North Las Vegas Airport

## (1) AMS 任務規劃與應變機制

AMS為DOE/NNSA核子與輻射事故緊急應變團隊中之一環(如圖4.8所示)，源自1960年代核子試爆計畫時期所建立。AMS兩大主要應變任務為待命應變(On-Call Response, OCR)與放射性製圖(Radiological Mapping, RM)。OCR為使用定翼飛機於高輻射區域(即相較可忽略天然背景輻射之區域)快速獲得決策者所需之疏散或掩蔽結果，OCR提供涵蓋事故地點周圍大面積區域之輻射曝露率與輻射沉降分布製圖，由系統產生之量測結果可快速以地圖或影像呈現。RM為利用直升機於較接近天然背景輻射區域(低放射性活度區)量測，如評估作物吸收放射性物質情況與影響區域定性調查，以作為後續復原規劃使用。

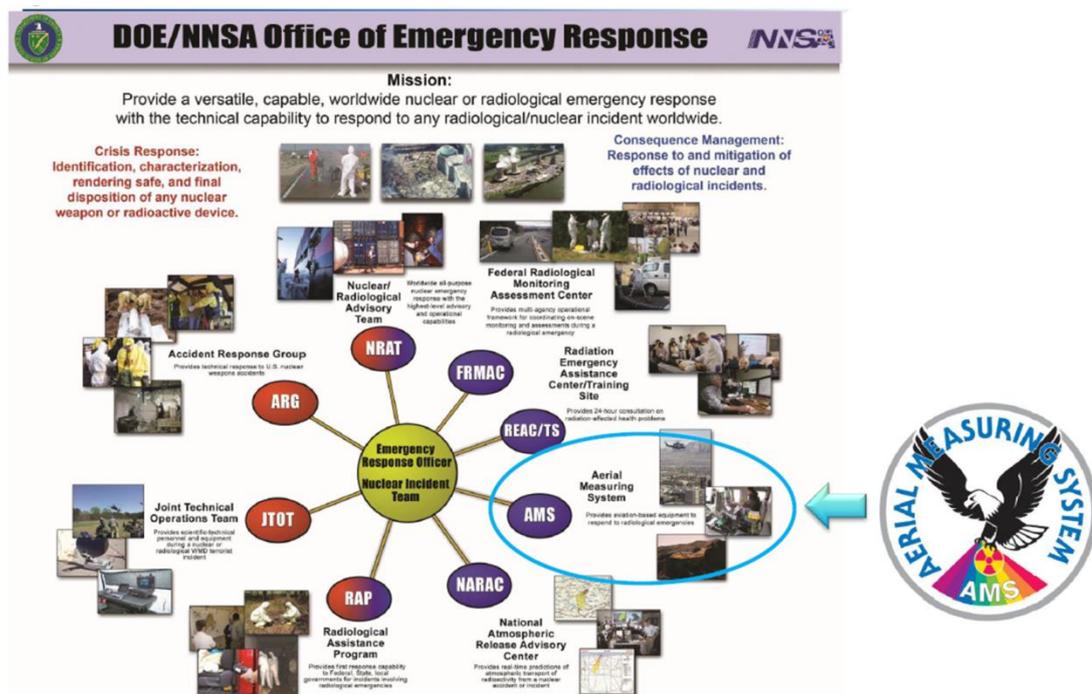


圖 4.8 DOE/NNSA 核子或輻射事故應變團隊

依照時序區分應變任務(圖4. 9)，在無事故時期，AMS可執行背景輻射調查(Baseline Surveys)工作，在事故發生有放射性物質外釋第1天(若持續外釋，則此應變期會更長)，AMS以定翼機執行OCR任務，提供決策參考資訊，並持續評估監控；事故第2-30天(至少)，AMS以直升機執行RM任務，作為農產品管制、移居、返家、復原，至最後結束(約20年)之決策輔助。

圖4. 10為AMS任務階段之飛行參數，其中RM階段分成緊急應變快速概要調查與小區域詳細調查。主要為飛行高度、速度與間距之差異。AMS任務人員組成如圖4. 11所示，在定翼機與直升機之差異上，主要為定翼機因調查區域為較高輻射劑量區，因此除機師、副機師及技術人員外，機組員需有科學家或保健物理人員加入。現場地面支援(Ground Support)人員組成有科學家或保健物理人員、資料分析專家及飛機技師。Home Team設立於RSL，主要任務為接收空中偵測應變現場傳回之偵測數據，並經分析處理後製圖，因此除了科學家和資料分析專家外，尚需包括GIS專家負責成果製圖。

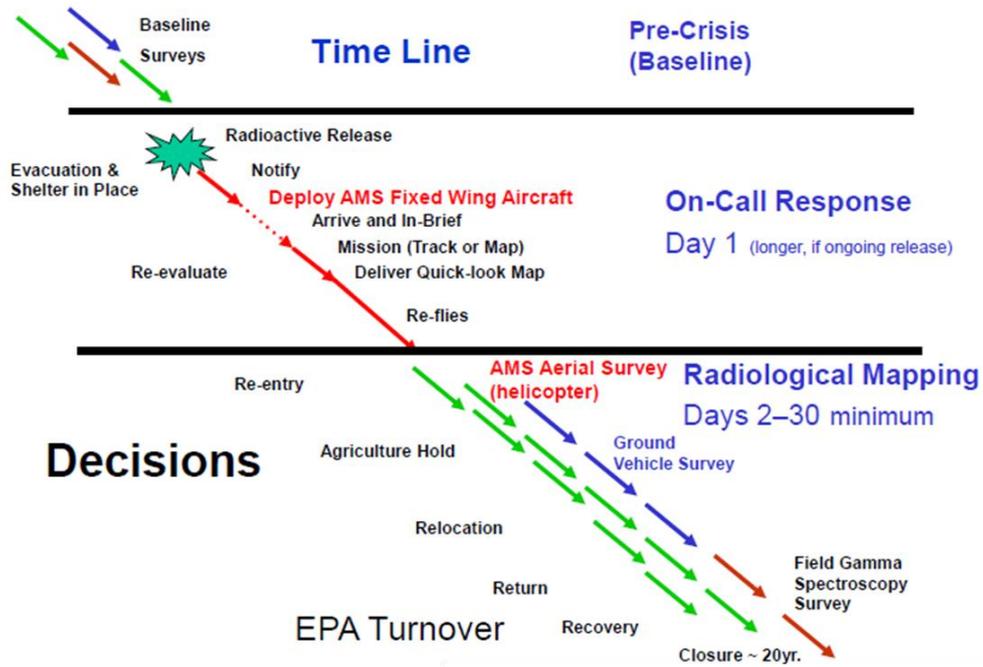


圖 4.9 AMS 應變任務與事故時序

**On-Call Response Phase**

- ✓ Large Area (>25 mi<sup>2</sup>)
  - Altitude: 500-1,000 feet
  - Spacing: 1-5 miles
  - Speed: 140 knots
  - Fixed-wing Aircraft

**Radiological Mapping Phase**

- ✓ Rapid Overview – Emergency Response
  - Altitude: 500 feet
  - Spacing: 0.5 mile
  - Speed: 80 knots
  - Helicopter
- ✓ Small Area (<25 mi<sup>2</sup>) – Detailed Survey
  - Altitude: 50-300 feet
  - Line Spacing: 100-500 feet
  - Speed: 70 knots

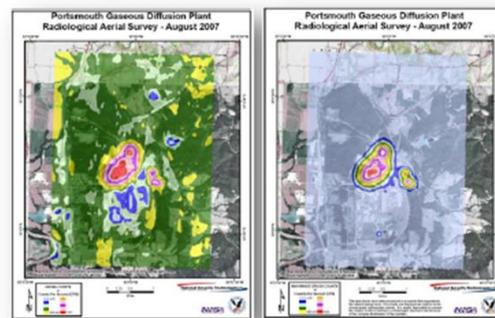
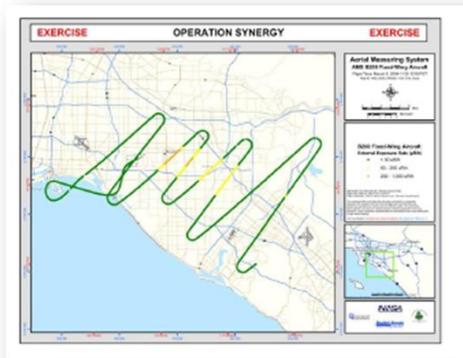


圖 4.10 AMS 應變任務飛行參數

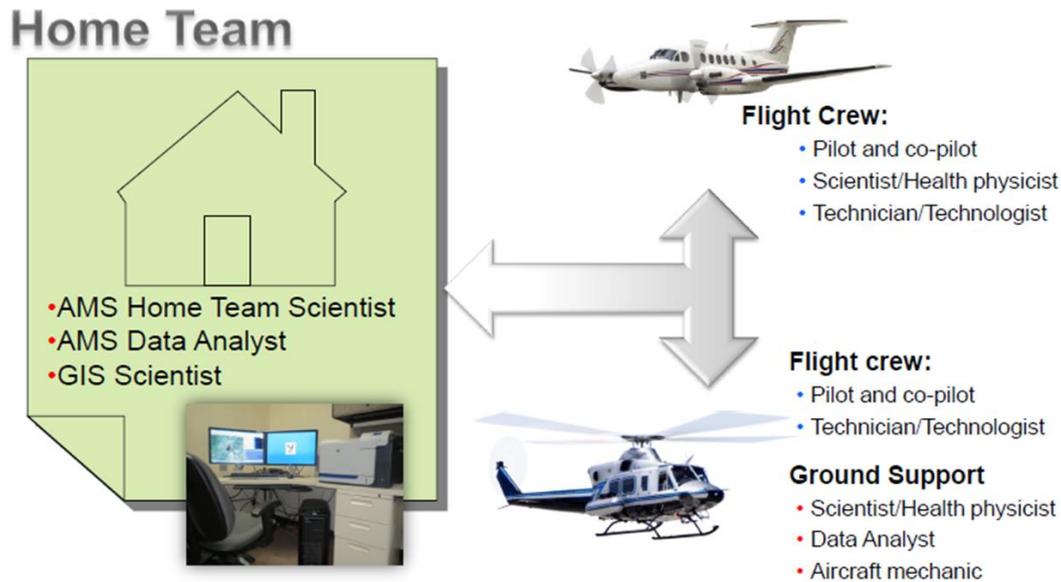


圖 4. 11 AMS 應變成員組成

為降低應變人員之輻射風險，可利用放射性物質外釋模式預測結果，選擇飛行高度，利用氣象預報資料規劃飛行路徑樣式。AMS任務規畫依據調查目的可分為網格路徑飛行，地表沉降，沉降邊界(等劑量線)等三類。

網格路徑飛行係依照預定的規劃路線飛行，可完整含括某一特定區域，圖4. 12左邊為特定區域之規劃偵測路徑，右邊為實際飛行的軌跡，飛行間距為2倍飛行高度(離地高)。網格路徑飛行可以利用導引系統(如Trimble Steering Unit)輔助，若無導引系統，則可藉由航向、自動飛行、航位推算，或由SPARCS系統操作人員指示來完成飛行任務。

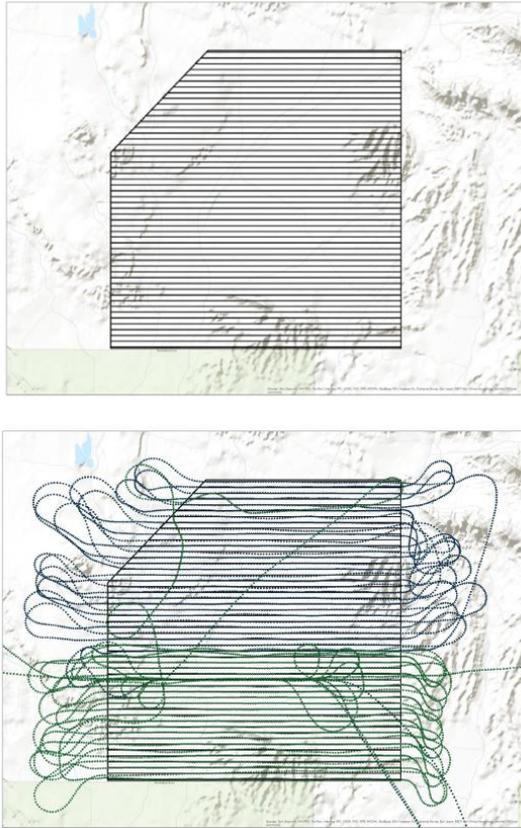


圖 4. 12 網格飛行規劃路線與實際飛行軌跡

圖4. 13為AMS以定翼機於日本福島事故應變期間空中偵測的飛行結果，目標飛行高度為2000英尺(離地高)，飛行間距為2英里，飛行路線係由操作人員以筆記型電腦顯示SPARCS之飛行路徑導引。

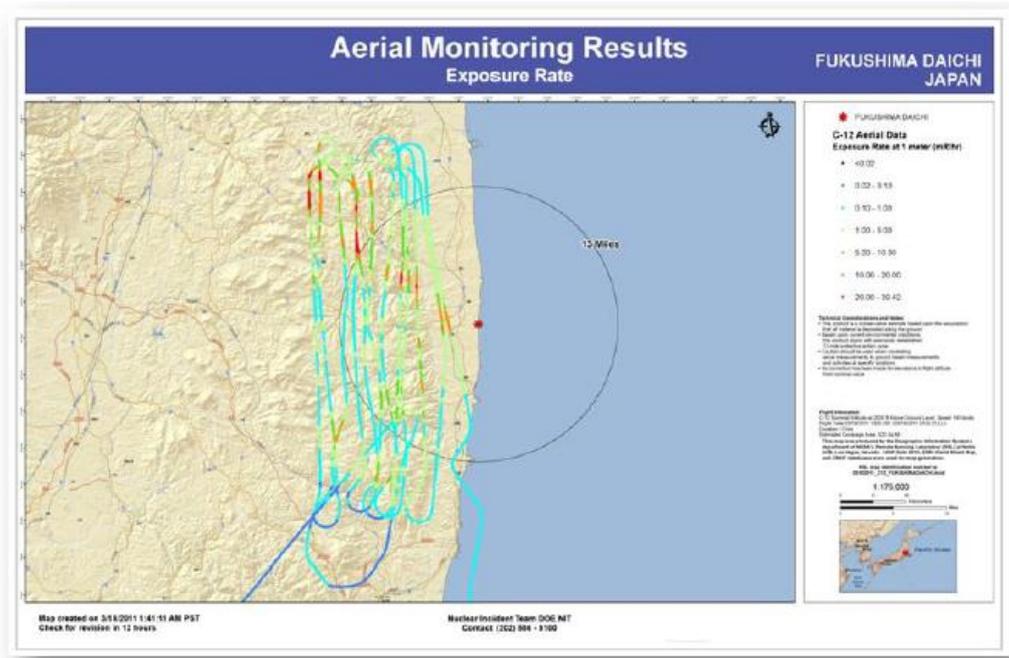


圖 4.13 定翼機於日本福島事故應變之網格飛行結果

地表沉降為蜿蜒(Serpentine)飛行路線，任務主要目的為概略但快速地描繪地面沉降之分布及污染強度。地表沉降調查任務，需於放射性物質外釋發生後且所造成之空浮雲團均已消散情況下執行。在任務規劃前可利用模式與氣象報告訂定可能飛行航向及沉降區域的寬度；在美國大多數的案例中，會採用國家大氣釋放諮詢中心(National Atmospheric Release Advisory Center, NARAC)提供之資料。

圖4.14為地面沉降調查飛行規劃示意圖，若有沉降預測資料，則由外釋點上風處飛行1-2條線，隨後以1-2次密集之折返找出最高活度區域，飛越沉降區轉彎時機之判定為系統計數率回到背景值，之後以較大的轉彎角度完成任務以降低執行時間。

圖4.15為典型核電廠事故地面沉降調查之飛行案例規劃，由上風向處先進行涵蓋整個緊急應變計畫區之網格路徑飛行，之後再以蜿蜒飛行路徑完成沉降範圍之界定偵測。圖4.16則為利用模擬資料執行蜿

蜓路徑飛行的結果。

圖4. 17與圖4. 18分別為RSL專家群赴日本執行空中偵測任務第一天之飛行路線規劃，以及首次執行空中偵測結果，從核電廠沿著海岸與陸地以蜿蜒路徑方式飛行。

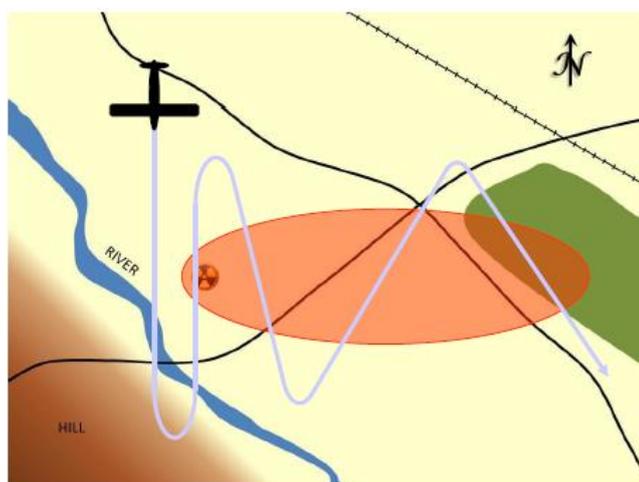


圖 4. 14 地面沉降調查飛行規劃示意圖

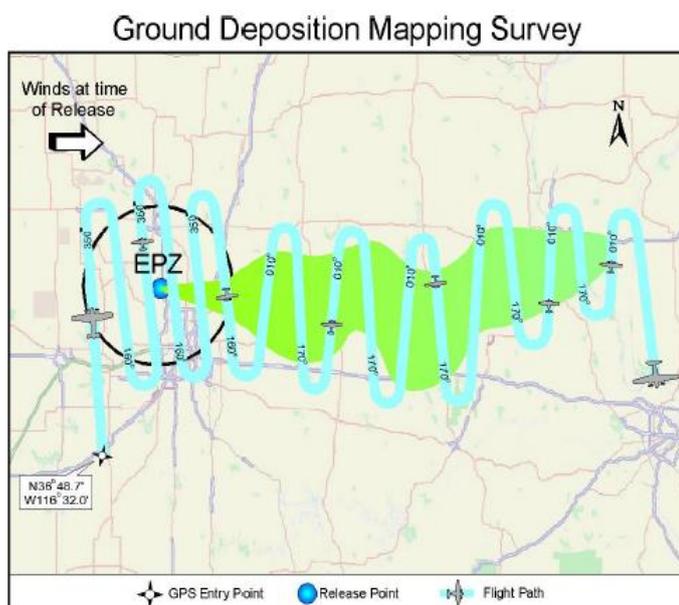


圖 4. 15 典型核電廠意外事故地面沉降調查飛行規劃

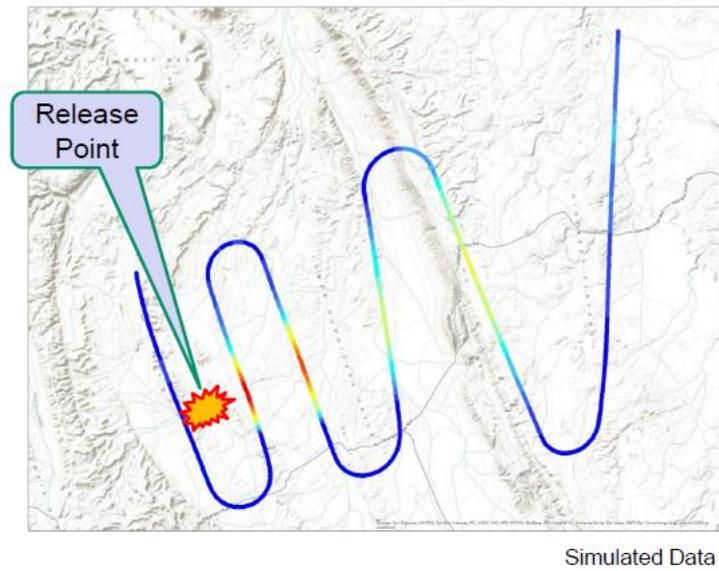


圖 4.16 模擬資料蜿蜒路徑飛行結果

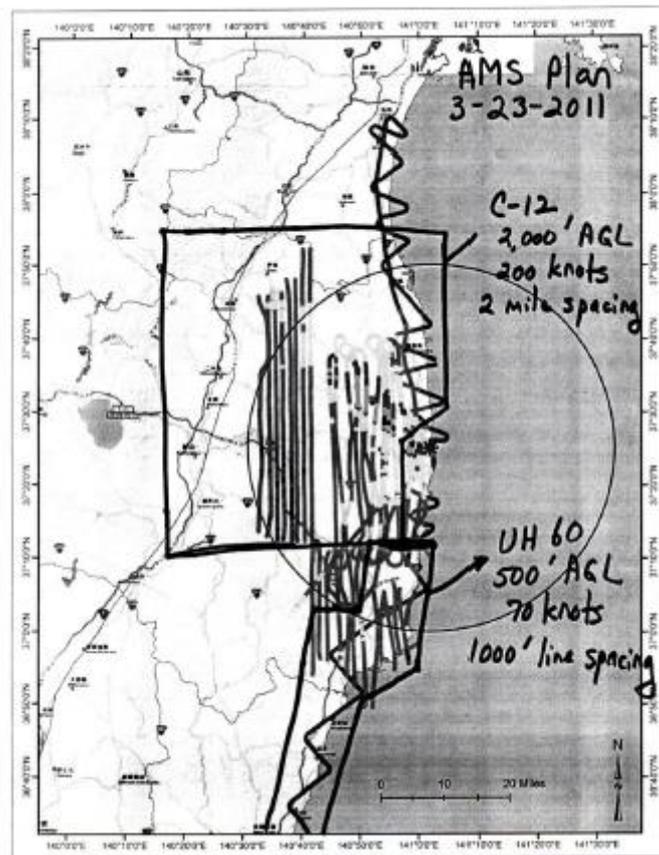


圖 4.17 日本福島事故空中偵測任務規劃手稿(首日)

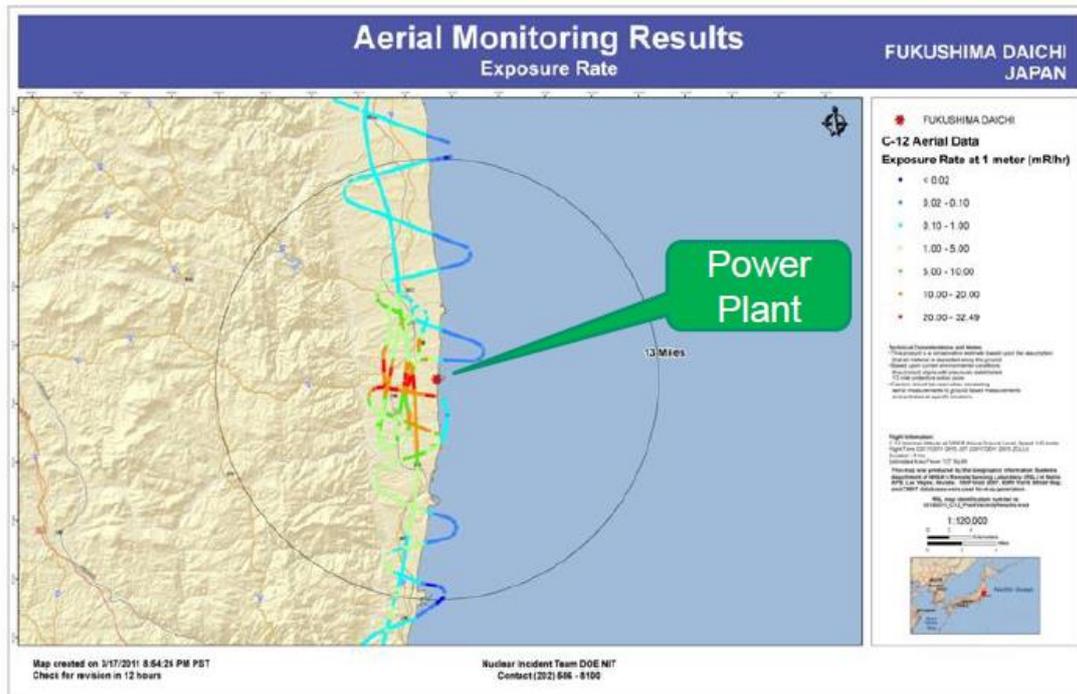


圖 4. 18 日本福島事故首次執行空中偵測結果

沉降邊界(等劑量線)任務目的為以預定之劑量率，快速勾勒出沉降之邊界範圍，此項空中偵測任務由於非預先訂定飛行路徑與模式，故需要SPARCS操作人員與飛行員間有密切的溝通，雙方須事先完成溝通協定，由操作人員向飛行員回報目前劑量率讀值，飛行員則調整飛行路徑以維持固定劑量率讀值。

任務以沉降預測資料作為開始，規劃最初進入點與航向，並決定目標劑量率，之後則為操作人員與飛行員之密切溝通引導，圖4. 19為利用模擬資料執行等劑量線任務，以飛行軌跡概略得到地面沉降之界線。

執行此項任務可能遇到的問題為因不正確的沉降預測，造成初始之進入點與航向設定錯誤；劑量變化急遽的區域，致使飛行轉向困難，造成不明確的沉降邊界判定。

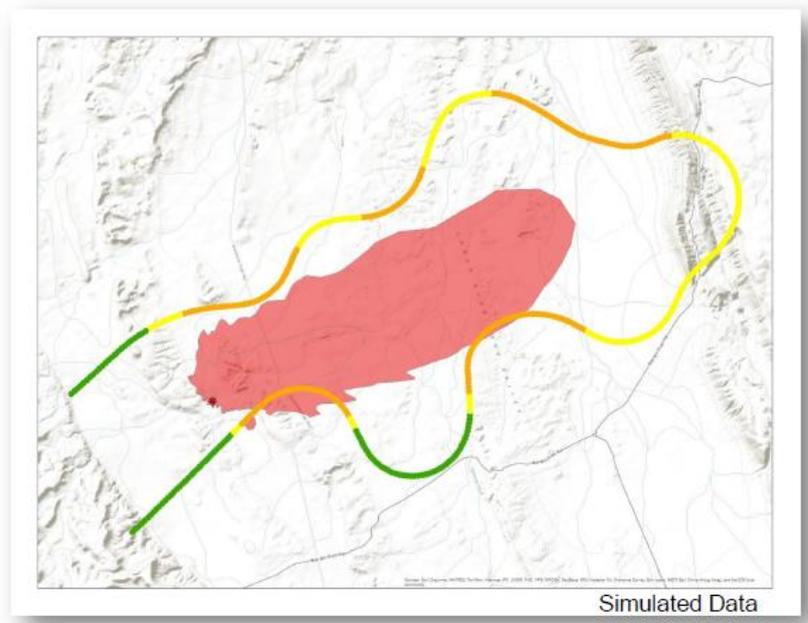


圖 4.19 利用模擬資料之飛行軌跡粗略描繪沉降邊界

## (2) AMS 儀器軟硬體及相關檔案應用

AMS輻射劑量偵測系統SPARCS的英文全名為SPectral Advanced Radiological Computer System，其由碘化鈉偵檢箱、資料擷取與傳送單元(Acquisition Telemetry Unit, ATU)及筆記型電腦等三部分組成，如圖4. 20所示。而因偵測目的不同，偵檢器箱中的偵檢器又可分為SPARCS-M與SPARCS-A兩種，M表示Mobile，A表示Aerial，分別如圖4. 21及圖4. 22所示。

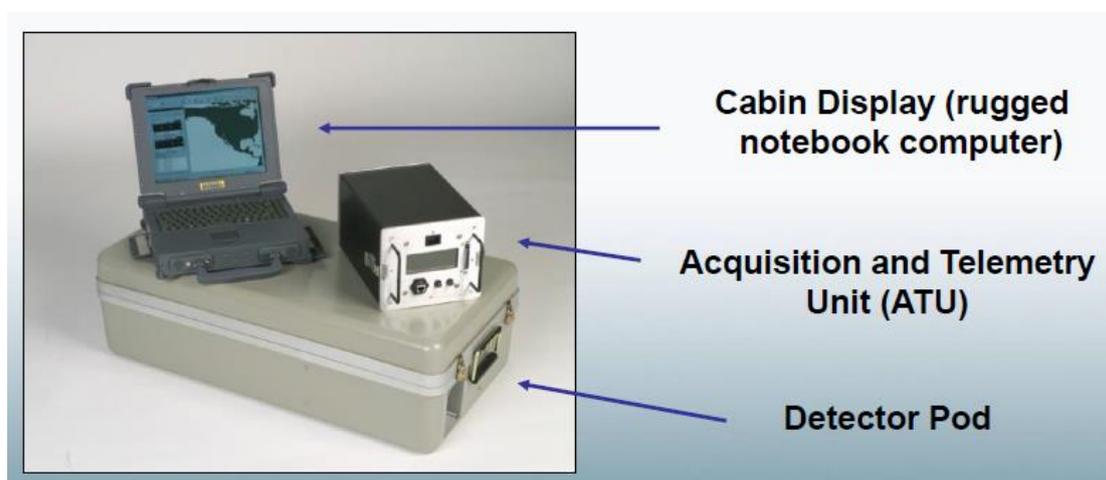


圖 4. 20 SPARCS 系統

## SPARCS-M Detector Pod

### Detector Pod:

- 2 NaI(Tl) Gamma Detectors:
  - 2"x 4"x 16"
  - (5 cm x 10 cm x 40 cm)
  - One pod
- Support Electronics:
  - HV power supplies
  - Preamplifiers
  - Multi-channel analyzers
- Size:
  - 16.5"W x 32.5"D x 10"H
  - (42 cm x 82 cm x 25 cm)
- Weight:
  - 78 lb (35.5 kg)



圖 4. 21 SPARCS-M 偵檢器箱之偵檢器規格

## SPARCS-A Detector Pod

### Detector Pod:

- 4 NaI(Tl) Gamma Detectors:
  - One pod
  - 2"x 4"x 16"
  - Down looking 2"x 4"x 4"
  - Up looking 2"x 4"x 4"
  - 1" x 1"
- Support Electronics:
  - HV power supplies
  - Preamplifiers
  - Multi-channel analyzers
- Size:
  - 16.5"W x 32.5"D x 10"H (42 cm x 82 cm x 25 cm)
- Weight:
  - 98 lb (44.5 kg)



圖 4. 22 SPARCS-A 偵檢器箱之偵檢器規格

ATU為負責資料擷取與傳送單元(圖4.23)，為所有資料控制中樞，具有一個訊號顯示視窗，其運作須由外部供電。ATU以連接線連結偵檢器箱，並由連接線擷取數據及供應偵檢器運作所需之電源。ATU上有CF卡插槽，裡面的CF卡負責紀錄偵測資料的原始數據；另有RJ45網路插槽，負責與筆記型電腦溝通與資料傳遞。ATU上具GPS天線接頭，為其取得地理資訊座標之來源；另可應需求連接專用喇叭，提供系統之語音提示。

偵檢器箱與ATU內之控制系統(圖4.24)，係以DIAMOND SYSTEMS公司所生產的開發板組成，主要由電源供應、網路、序列埠及中央處理電腦等基板所構成，其中ATU多了GPS基板與電容器，電容器主要功能為穩壓及使系統安全關機，目前在RSL發展之最新ATU版本，將加入藍芽傳輸模組，一部偵檢器控制系統負責控制處理兩支偵檢器訊號，控制系統與偵檢器間之訊號線及電源線接頭為瑞士LEMO公司產品。

中央處理電腦以CF卡為儲存設備，並以QNX為其作業系統及開發環境，資料傳遞係透過網路通訊協定，ATU之IP為149.252.205.100，連接之筆記型電腦IP為149.252.205.99，SPARCS-M只有一組控制系統，其IP為149.252.205.213，SPARCS-A具有兩組控制系統，其IP分別為149.252.205.223，149.252.205.224。各系統可透過PING之網路指令，檢查相互間之連線狀態。

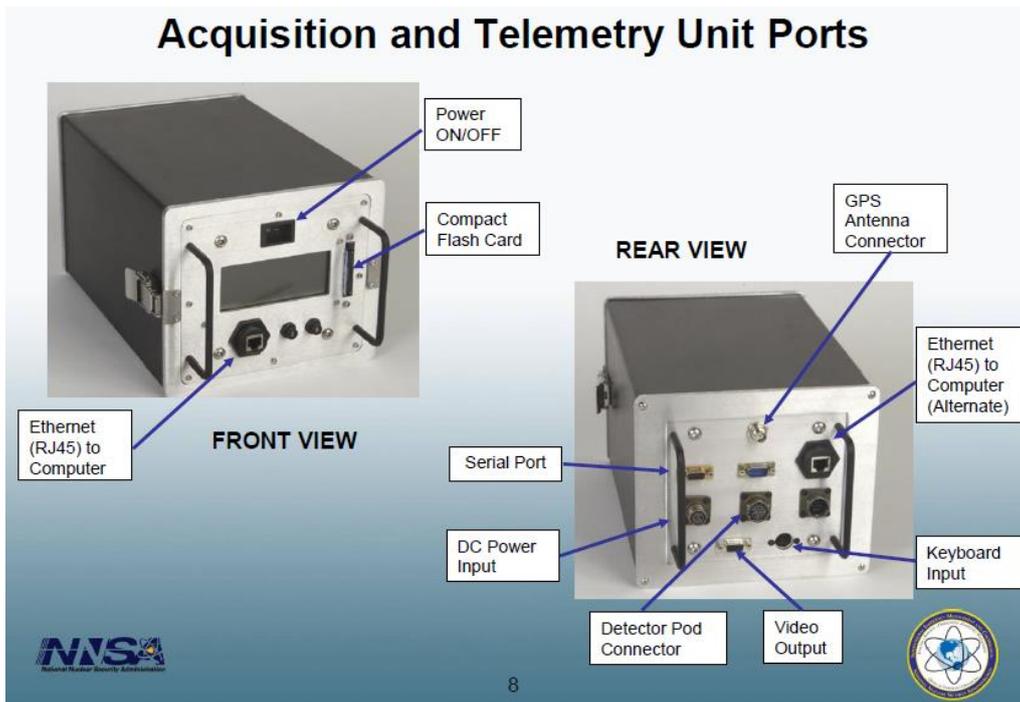


圖 4.23 ATU 連接埠

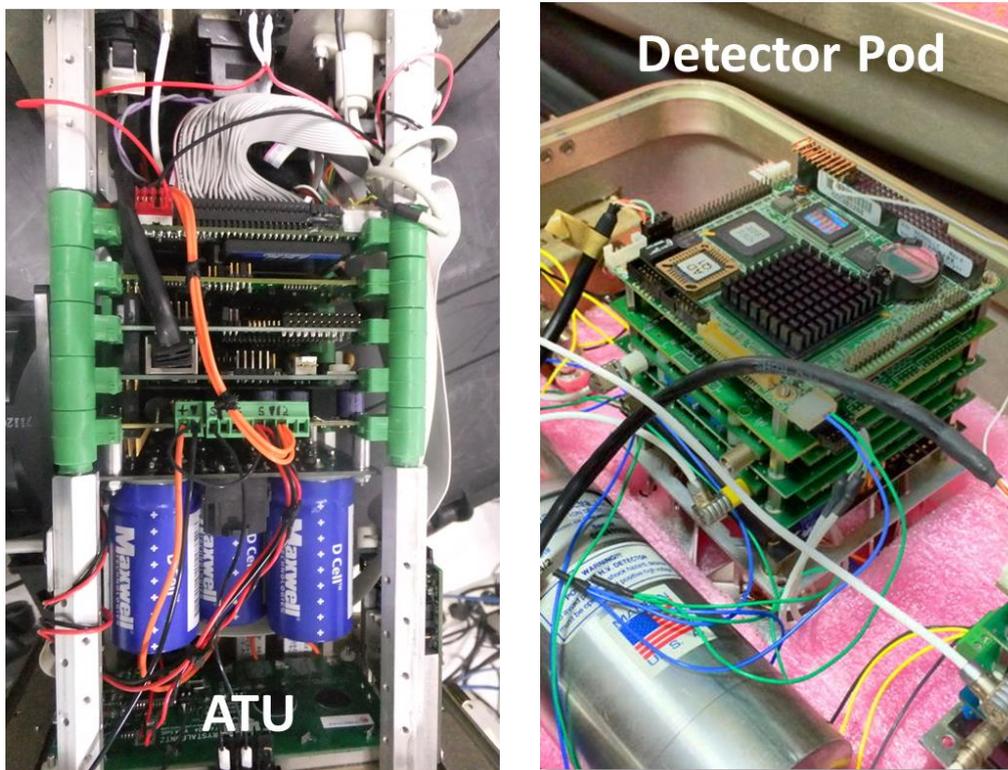


圖 4.24 ATU 與偵檢器之控制系統

SPARCS 於筆記型電腦端安裝之程式有 RSLMobileCabin 及 SPARCS 兩套，分別為對應 SPARCS-M 及 SPARCS-A 操作使用。此兩套程式因應用目的不同，在功能上也有些差異，在本次訓練課程中，RSL 專家群因應偵測資料處理與展示需求，應用不同程式的示範。

SPARCS 系統開啟 ATU 後，不論是否連接筆記型電腦，均會自動於 CF 卡中儲存原始偵測資料，其副檔名為 mps。mps 與 Garmin 公司專屬的 MapSource 檔案具相同副檔名，但兩者並無任何關聯。mps 檔案內包含完整的原始資料，系統每秒儲存一筆偵測資料，包含時間，GPS 座標，每支偵檢器各能譜頻道的計數值等，.mps 檔案係以位元 (Binary) 檔寫入資料以降低檔案容量。

SPARCS 系統連接筆記型電腦，不論使用 RSLMobileCabin 或 SPARCS 程式，均可搭配使用 SPARCS-A 或 SPARCS-M 偵檢器。但兩套程式自動產生的檔案略有不同；RSLMobileCabin 程式每秒自動產生一個紀錄檔 (副檔名 log)，以及紀錄座標位置與各偵檢器總計數率資料的 shape file (共包含 .dbf，.shp 與 .shx 三個檔案)；SPARCS 程式則產生 shape file 與副檔名為 dat 檔案，.dat 檔案逐筆紀錄偵測時間，GPS 座標，各偵檢器總計數率，轉換後之曝露率等資料。

RSLMobileCabin 程式可匯入於 ATU 中之 CF 卡所儲存之 mps 檔案，重播偵測路徑與偵測結果，重播速度可於程式起始之「System Setting」項目「MPS File Playback Rate」設定 (圖 4. 25)。RSLMobileCabin 可將其轉換匯出成一般文字編輯軟體或試算表程式 (如 Excel) 可讀的字元檔 (ASCII).csv 檔案，或是 Google Earth 之 .kml 與 .kmz。若匯入 .mps 檔案後，直接關閉程式，則系統會自動匯出與 mps 檔名相同之 .dbf (含 .shx 與 .shp)、.csv、.kml 與 .mkz 檔案 (如圖 4. 26) 於程式安裝目錄中的「Export」子目錄，之後再關閉程式。csv 檔案將在偵測數據分析使用，.dbf 檔案

為ArcGIS Desktop程式使用，因此RSLMobileCabin程式轉檔功能為數據分析與GIS製圖之首要工具。

SPARCS程式於程式起始設定中，由「Replay」選項設定，可載入.dat檔案，重播偵測路徑與偵測結果，並同樣可設定撥放速度(圖4. 27)。另外本次訓練課程由RSL專家示範SPARCS模擬器(Simulator)功能，可匯入由國家大氣釋放諮詢中心(National Atmospheric Release Advisory Center, NARAC)模式得到的濃度檔(.conc)或紀錄檔(.log)(圖4. 28)，或自訂輻射參數(點射源特性、輻射特性及偵檢器規格等)(圖4. 29)，即可在不使用真實射源或無放射性污染的情況下，利用SPARCS系統執行地面或空中輻射偵測任務，當接近模擬射源或污染區域時，程式上即會有偵檢器計數率升高的反應。

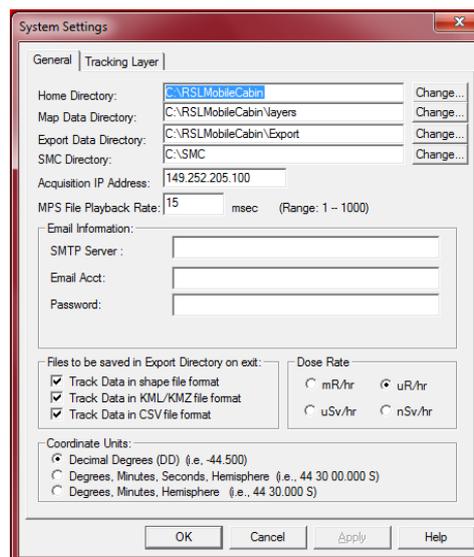


圖 4. 25 RSLMobileCabin 程式 MPS 重播檔案設定

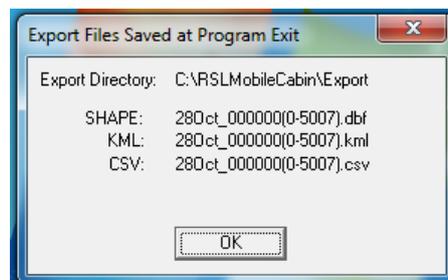


圖 4. 26 RSLMobileCabin 自動匯出檔案

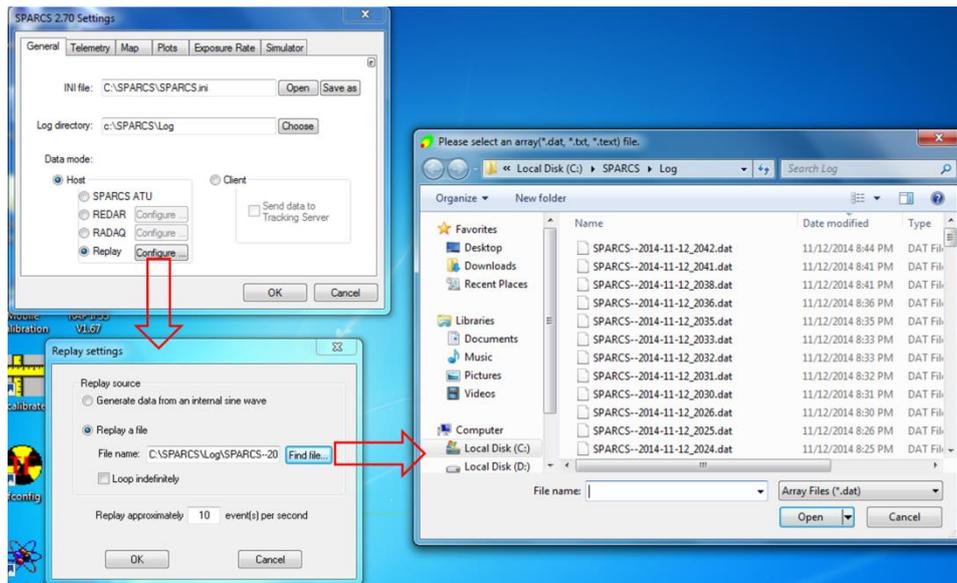


圖 4.27 SPARCS 程式重播檔案設定

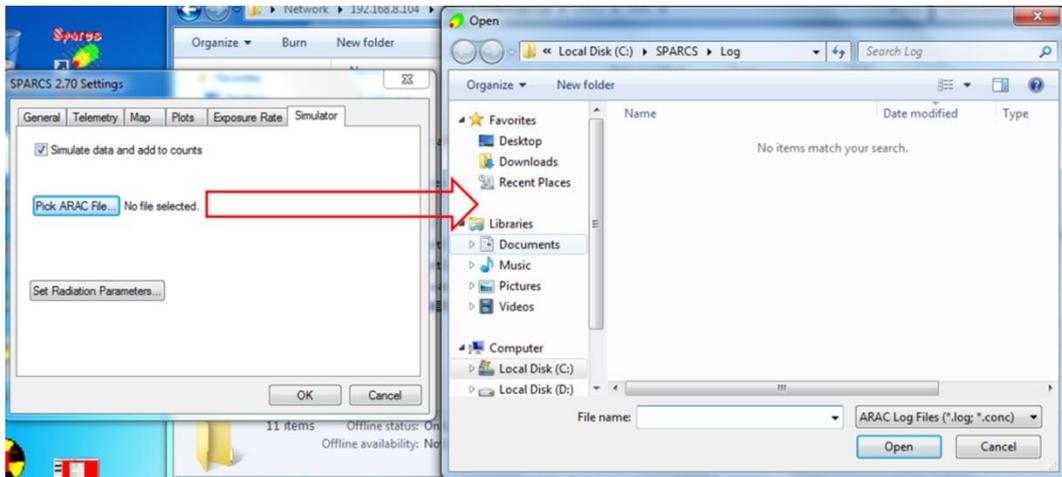


圖 4.28 Simulator 使用擴散模擬結果

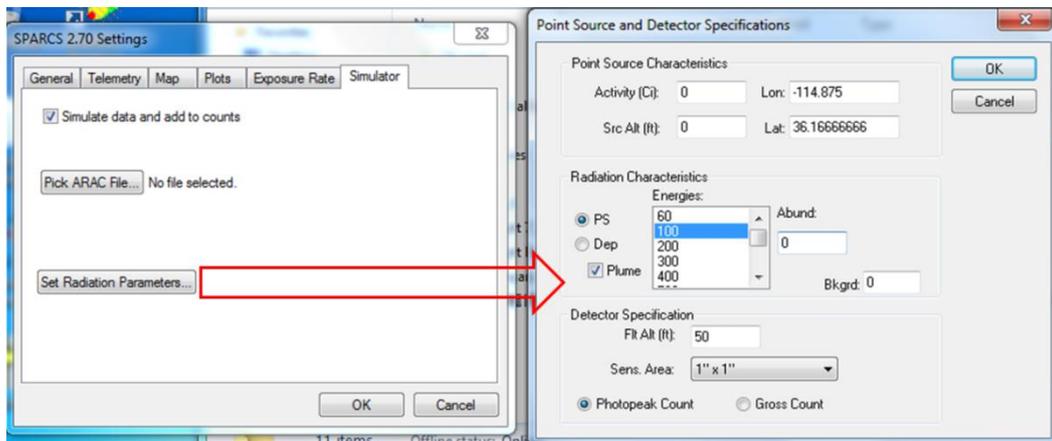


圖 4.29 Simulator 設定輻射參數

### (3) 調查區域飛行導引

由上述空中偵測飛行路徑規劃可知，要獲得良好的量測資料，飛行路徑為第一決定要素，例如網格路徑飛行任務，若儘可能維持平行間隔飛行，在後續數據處理分析及分布圖製作上，即可獲得較佳的成果。而飛行之路徑是否如預期規劃，除飛行員外，機上儀器操作之科學家或技術人員，也須負責導引飛行員修正飛行路線，如射源搜索、蜿蜒飛行路徑與沉降邊界調查等，操作人員與飛行員雙方需有良好的溝通協定。

本次訓練課程除了介紹飛機用的導航儀器外，主要為操作人員利用SPARCS (或RSLMobileCabin)程式顯示之航跡，協助導引飛行員於預設路徑執行空中偵測任務。首先必須先於預定偵測區域完成平行間隔航線規劃，並以shape file格式加入SPARCS(或RSLMobileCabin)顯示圖層，於執行飛行任務時，依據GPS飛行軌跡與規劃航線，下達「語音指令」(Voice Command)導引飛行員。如圖4.30，在超過調查界線約1/2英里後，操作人員下達「轉向」(TURN)指令，飛行員將往右側改變30度航向，飛行至與下一航線距離約900英尺時，再下達「轉向」指令，此時飛行員側向傾斜並迴轉30度，往下一條航線進入，隨後操作者依圖台上顯示直升機位置與下一航線之概略距離倒數提示，如距離900英尺，提示為「9」，距離700英尺，提示為「7」，距離500英尺，提示為「5」，以此類推，讓飛行員可順利進入下一航線。進入下一偵測航線後，可以語音提示「線上」(ON LINE)或以左右偏差下達修正指令，如「左2、左1、線上」(LEFT 2, LEFT 1, ON LINE)，其中數字2或1僅代表偏差程度。在預設偵測航線上飛行時，可能受風或氣流影響，可定時以「線上，線上，線上，右偏移，右1，右1，右1，修正，線上」(ON LINE, ON LINE, ON LINE, Drifting Right,

One Right, One Right, One Right, Correcting, ON LINE)提醒，語音提醒的頻率適中即可。

語音指令可事先與飛行員溝通，以雙方均能理解的用語即可，另外需注意，網格飛行路徑為來回往返，操作人員須注意地圖顯示飛行軌跡的左右邊，與實際飛行航向之關係，若去程航向地圖向右偏移與實際相符，在返程航向若地圖同樣顯示向右偏移，則語音指令須提示向左偏移。

在直升機飛行導航儀器上，本次訓練直升機上裝載的為Trimble AgnNav系統(圖4.31)，儀器安裝於後方乘客座前方，由操作人員設定與操作，飛行員可透過儀表板上方顯示光條(Lightbars)之參數，即可依照規劃路徑飛行。

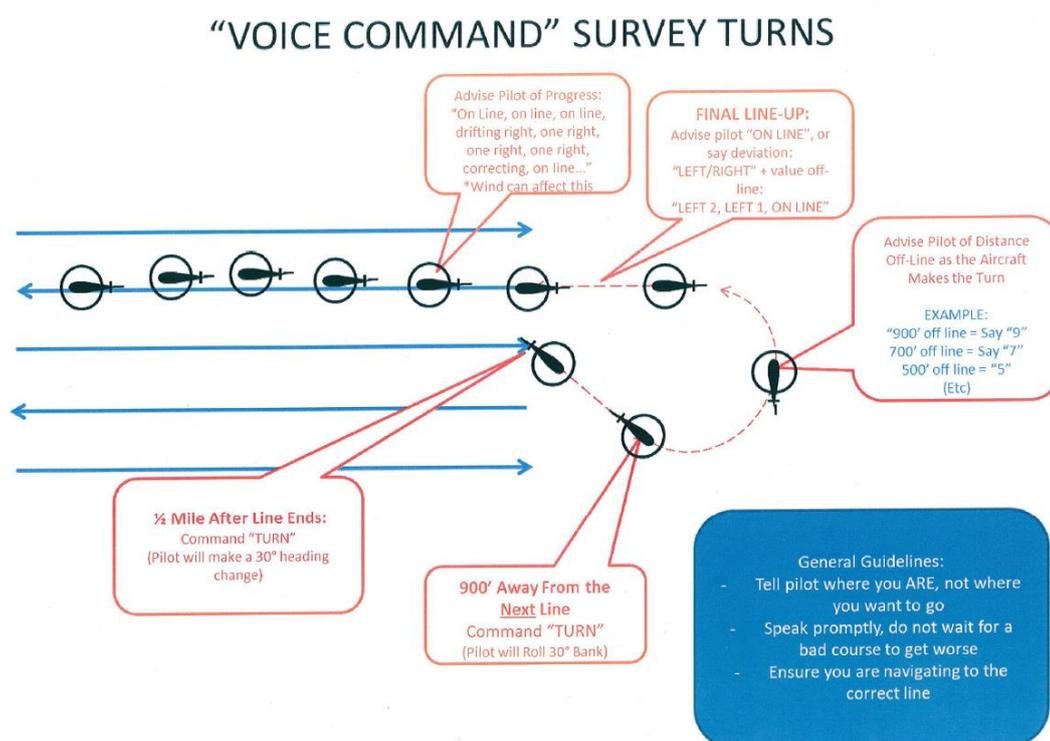


圖 4.30 「語音指令」導引原則

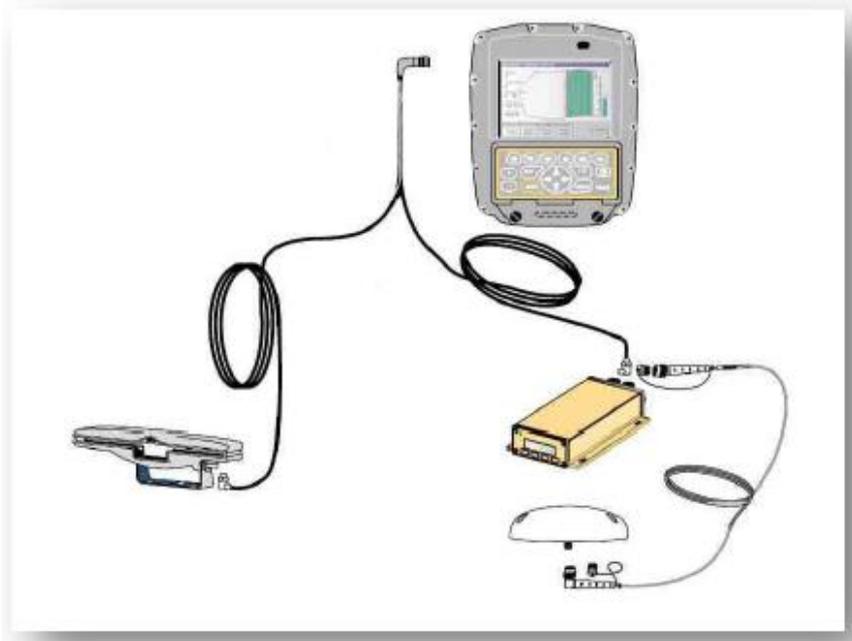


圖 4. 31 Trimble AgnNav 飛行導航儀器

#### (4) 校正數據分析

SPARCS數據處理與分析，第一步驟為先完成偵檢器校正數據分析，在本次訓練課程中，校正線數據為在莫哈維湖螺旋高度爬升的偵測資料，數據由RSL的GIS專家處理完成後整理如表4.1。

表4.1為莫哈維湖校正線數據整理，校正線主要為取得淨總計數值與地面一公尺高曝露率轉換係數CF，以及偵檢器空氣衰減係數 $\mu$ 。目的為將實際飛行高度之總計數值，利用 $\mu$ 修正成參考高度的總計數，再以CF轉換成地面一公尺高的曝露率。表4.1所列高度為距離地表之高度(AGL)，非實際飛行之海拔高(GPS高)，飛行高度最低為50~100英尺，最高需至少達到3000英尺。最右側淨平均總計數為陸線(測試線)平均總計數減去水線平均總計數，表示偵檢器計數值扣除宇宙射線貢獻，純粹為地表輻射影響。

在實際任務執行期間，若無法找到適合作為水線的地點，可利用在陸線(測試線)離地表高3000英尺的總計數值作為水線量測值，即在3000英尺的高度，地表輻射的影響已可忽略，在此高度以上，路線與水線的總計數值將接近一致，主要都是來自宇宙射線的貢獻。

將高度對淨平均總計數值作圖(圖4.32)，並以指數擬合公式建立趨勢線，獲得擬合公式為

$$y = 2135.679350e^{-0.001733x} \quad (\text{式1})$$

其中x為高度，y為總計數值，指數的冪次方0.001733為空氣衰減係數 $\mu$ 。

表 4.1 莫哈維湖校正線數據

LAKE MOHAVE B412 SPARCS ALTITUDE PROFILE					10/28/14
	Test Line		Water Line		Net Average Gross Counts
	Average Gross Counts		Average Gross Counts		
Altitude	GC	St.Dev	GC	St.Dev	GC
50	2308	123	282	17	2026
100	2142	111	292	18	1850
150	1999	118	300	17	1699
300	1535	82	315	18	1220
500	1190	54	328	18	862
1000	706	38	341	18	365
3000	351	19	339	19	12

轉換係數CF則需要利用高壓游離腔(HPIC)或高純鍍偵檢器(HPGe)於校正線區域，執行地面一公尺處之曝露率量測。如圖4. 33所示，在飛行路線下方，並往左右兩邊各延伸500英尺的直線上，各取數點量取曝露率，並將所有量測值平均。在本次數據處理示範中，曝露率採用拉斯維加斯的平均值8.5μR/hr作為CF計算依據。由(式1)當高度為1公尺時，總計數值為2124，故在1公尺處的轉換係數為：

$$CF = \frac{8.5\mu R/hr}{2124 cps}$$

假設量測高度為150英尺，將計數值修正為1公尺(3.28英尺)處

$$C(3.28') = [C(150') - C_{background}]e^{-0.001733(3.28-150)}$$

則在地表1公尺處的曝露率為

$$ExpRate(3.28') = C(3.28')CF$$

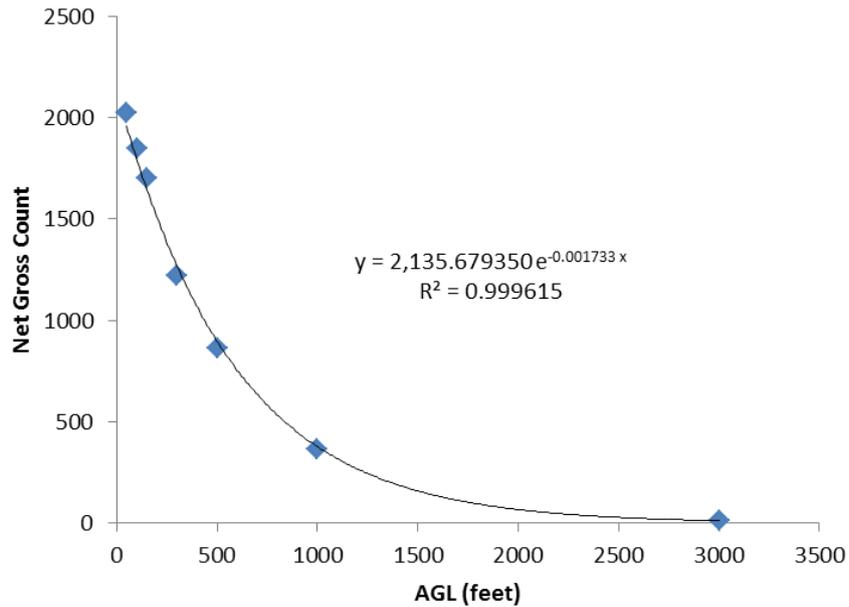


圖 4.32 淨總計數與高度作圖及其趨勢線公式

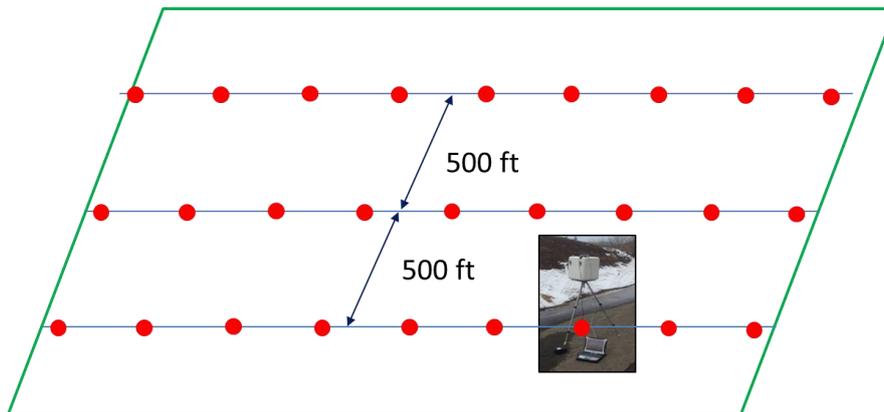


圖 4.33 校正線區域地面量測示意圖

由於訓練課程並未逐步示範原始數據整理程序，因此僅能就取得之資料概略推測數據處理流程。首先利用 ArcMap 程式開啟由 RSLMobileCabin 輸出之 shape files (圖 4.34)，利用編輯工具刪除不需要的部分，僅保留陸線及水線兩段資料 (圖 4.35)，並各另存成新的圖層 (Layer) (圖 4.36)，最後再分析篩選過後的 shape files。

分析校正線數據主要為分析總計數值與地表高兩個欄位，偵測資料高度以GPS高度表示，故需再利用數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)將高度修正為地表高。在無配備雷達高度計的情況下，修正需利用DEM與地球橢圓球體模型(圖4. 37)。圖4. 37中H為正高(Orthometric Height)，h為橢球高(Ellipsoid Height)，GPS測量所得之「GPS高程」即是橢球體上高度，N為大地起伏(Geoid Height)，三者間的關係為 $H=h-N$ 。

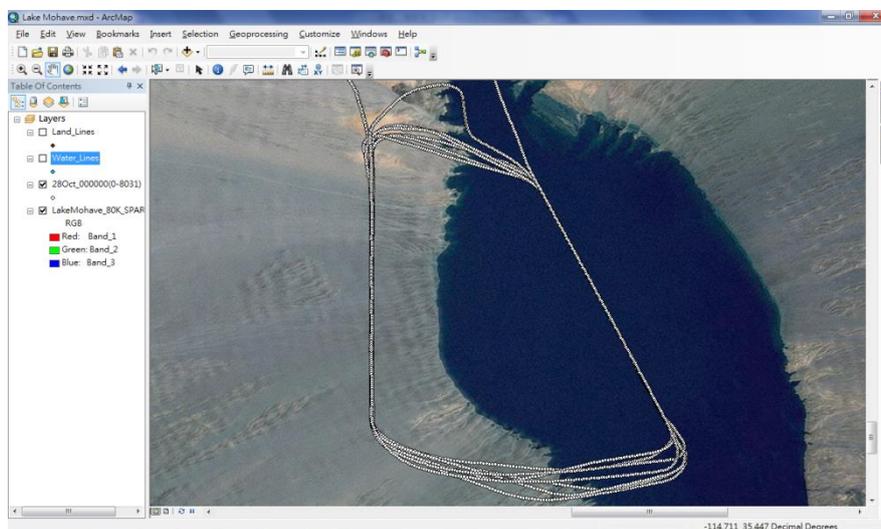


圖 4. 34 莫哈維湖偵測結果 shape files

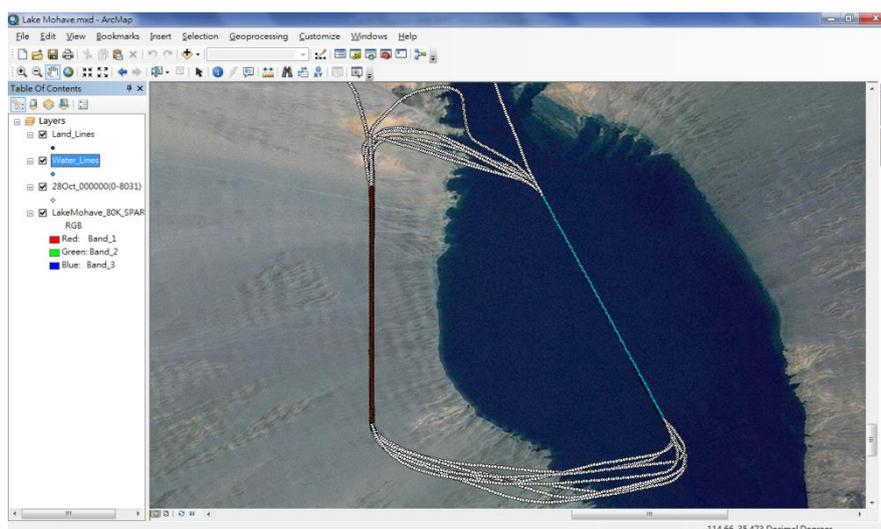


圖 4. 35 選取陸線與水線的直線段

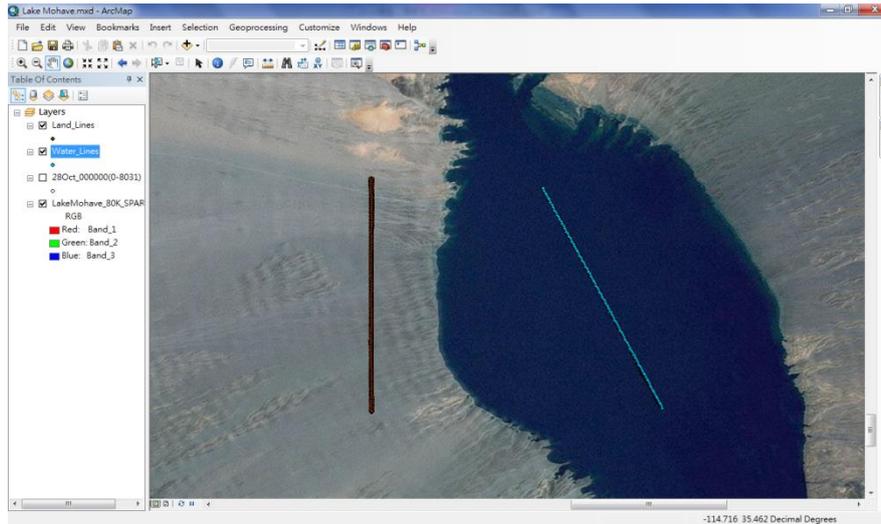


圖 4.36 將選取的陸線與水線各存成新圖層

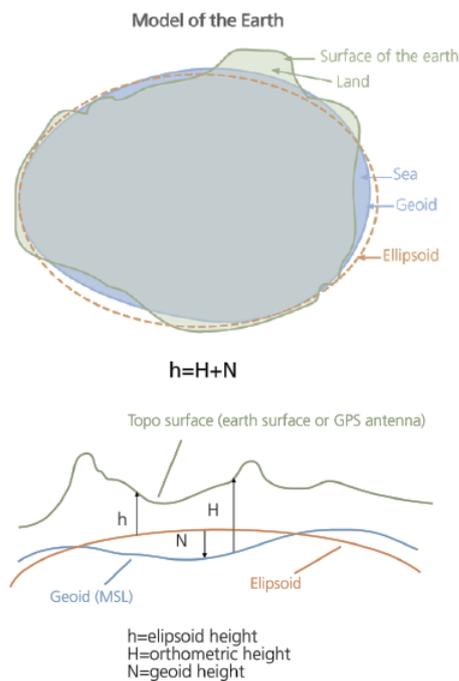


圖 4.37 地表高修正模式

由於每部偵檢器的響應特性不可能完全一致，故均需個別建立其校正線數據。完成校正線數據之建立後，即可開始執行空中輻射偵測作業，利用校正線數據來分析所偵測之數據，然後完成放射性製圖。

#### 4.4 訓練心得

NNSA自2010年開始將SPARCS系統介紹給國內主管機關，原本僅協助反恐應變任務，但自2011年日本福島事故後，轉變成空中輻射偵測任務，並借給我國4套SPARCS系統，辦理多次相關儀器操作訓練課程，國內近兩年也將SPARCS空中偵測納入年度核安演習示範演練項目之一，然成果均僅侷限於儀器安裝、操作與飛行演練，以及最後簡單的偵測數據(計數率)顯示，在飛行規劃與執行層面，仍缺乏完整之概念。

本次訓練課程，RSL有安排實際上機之飛行，增加參訓學員儀器使用之實務經驗，此為目前國內所欠缺的領域，因此可由參加此課程更深入認識SPARCS應用範疇與作業注意事項，同時亦可了解不同程式的使用時機與用途。而負責本次訓練課程的多位RSL專家，也有在福島事故期間，協助日本執行空中輻射偵測之任務，具有相當豐碩的實務經驗，對於比較技術之層面，亦能詳細地答覆，訓練之成效超乎預期。

但唯一之缺憾為數據處理與分析排定的時間不足，僅能快速示範說明與展示，無法根據操作流程來逐步練習，尤其是能譜分析與製圖，目前在國內的技術仍是一片荒蕪，也無法於此次訓練課程中獲得充分滋養，因此期待持續透過台美合作之管道，能於來年再安排更趨完整的數據分析處理課程，以將國內空中偵測技術之最後一塊拼圖給拼湊完成。

整體而言本次訓練獲益良多，除了感謝NNSA/RSL規劃安排訓練課程內容及補助人員食宿經費外，亦感謝原能會核技處事前協助溝通與協調，及由緊急應變基金中提供旅費支援，讓本次之訓練行程得以圓滿完成。

#### 4.5 建議事項

1. 本次之空中輻射偵測技術訓練課程在數據處理部分因時間限制，僅有快速示範說明而無逐步操作演練，建議在此部分應持續與NNSA維持合作，透過台美交流之管道，安排更進階之訓練課程，學習各項數據分析流程，並利用實際飛行所得到的偵測數據作演練，完整建立國內空中輻射偵測在數據分析處理上之能力。
2. 空中輻射偵測作業除基本之儀器操作外，操作人員與飛行員間的溝通與導引，均須建立完善的溝通協定，以提升規劃飛行路線之執行成果，而這卻需要長期之訓練與配合，建議未來能有飛行員代表參加本次類型之訓練課程，以增加實務之作業經驗。
3. 目前國內空中輻射偵測任務是由陸軍航空特戰部隊與化學兵群共同負責，在訓練安全的考量下，執行空中輻射偵測飛行有諸多管制與飛行區域限制，致所規劃之飛行計畫與實際之執行成果存有落差，無法取得有用之偵測數據，此環節亟待由主管機關與國防部進行高層協商，在無高強度與高難度的飛行需求下，建議鬆綁部分管制限制。
4. 空中輻射偵測相關技術之發展與應用，為我國所需具備之能力，建議應有長期穩定的經費支持，並應持續派員參加此類型之實務訓練課程，以提升空中偵測作業能力與數據分析處理技術，並維持系統與設備之可用性，最重要的是要能維持專業技術人才，優秀之人力資源方為技術可長久傳承並加以突破之關鍵。

## 4.6 本章附錄

### 4.6.1 附錄一、美國能源部國家核子保安總署之邀請函

September 22, 2014

Wei-Wu Chao  
Taiwan Atomic Energy Council Representative in DC  
Deputy Director of Science and Technology Division  
TECRO  
4201 Wisconsin Ave, NW  
Washington, DC 20016

Dear Mr Chao:

The United States Department of Energy is pleased to invite representatives from Taiwan to visit the DOE's Remote Sensing Laboratory in Las Vegas, Nevada, for a technical exchange on Aerial Measuring Systems (AMS). The meeting will be conducted from October 27 to October 31, with arrival in Las Vegas on October 26.

The AMS technical exchange will involve colleagues from Chile, Brazil, Taiwan, Mexico, and Argentina, and complements the exchanges we have conducted particularly in the past five years to strengthen nuclear emergency cooperation.

DOE is pleased to invite the following delegates:

1. Ming-Te Hsu, Director, Department of Nuclear Technology, Atomic Energy Council
2. Chia-Hui Chou, Associate Technical Specialist, Department of Nuclear Technology, Atomic Energy Council
3. Chung-Hsin Lu, Assistant Engineer, Institute of Nuclear Energy Research
4. Wei-Sin Chen, Assistant Developer, Institute of Nuclear Energy Research
5. Kuan-Yu Su, Section Chief, Major, Army
6. Ju-Hsien Chang, Chemical Staff Officer, Captain, Army

At the Remote Sensing Laboratory, we will share information on airborne measuring systems, procedures, and exercises; radiation monitoring; and other aspects of emergency management to include integration of plume modeling, training courses, and geographical information systems. The joint projects will strengthen our mutual preparedness for nuclear emergencies and lesser events.

We look forward to your involvement in the meeting and further cooperation in this area. If you have any further questions, please contact me by telephone at +1-202-586-9045 or by email at [vince.mcclelland@nnsa.doe.gov](mailto:vince.mcclelland@nnsa.doe.gov). You also may contact my deputy, Ann Heinrich, by telephone at +1-202-586-8165 or by email at [ann.heinrich@nnsa.doe.gov](mailto:ann.heinrich@nnsa.doe.gov). We look forward to meeting you in Nevada in October.

Sincerely,

  
For Vince McClelland

## 4.6.2 附錄二、遙測實驗室每日排定之訓練課程表



U.S. Department of Energy  
National Nuclear Security Administration



U.S. Department of Energy, National Nuclear Security Administration  
International Emergency Management and Cooperation

### IEMC International AMS SPARCS TRAINING

Remote Sensing Laboratory Nellis – Nevada National Security Site  
Las Vegas, Nevada, USA

October 27-31, 2014

**NOTE: Personal Laptops, Cell phones (or ANY recording devices), Portable data storage devices, Firearms, Alcohol, and Cameras are strictly Prohibited.**

#### October 27 – Briefings (Remote Sensing Laboratory, Nellis AFB – Auditorium/Hangar)

- 0730 Transportation – Depart from RIO Hotel Main Entrance
- 0815 Base Pass Processing at Nellis Air Force Base
- 0900 Welcome and Introductions / Security and Safety briefing
- 0915 RSL Overview
- 0930 AMS: Introduction to Aerial Radiological Measurements
- 1000 Break
- 1015 Emergency Response Overview - Brazil
- 1045 Emergency Response Overview - Chile
- 1115 Emergency Response Overview - Mexico
- 1145 Emergency Response Overview - Taiwan
- 1215 Lunch
- 1315 Aerial Missions Overview (Aerial Search and CM)
- 1415 SPARCS Hardware Overview (SPARCS-A and SPARCS-M)
- 1515 Break
- 1530 SPARCS Software Overview (SPARCS-A and SPARCS-M)
- 1630 Transportation to RIO Hotel
- 1715 Arrive at RIO Hotel



For more information contact:  
Vince McClelland; [vince.mcclelland@nnsa.doe.gov](mailto:vince.mcclelland@nnsa.doe.gov)  
International Emergency Management and Cooperation





**International Emergency Management and Cooperation**

**NOTE: Personal Laptops, Cell phones (or ANY recording devices), Portable data storage devices, Firearms, Alcohol, and Cameras are strictly Prohibited.**

**October 28 – Briefings/Flight (RSLN – Auditorium/Hangar; Flight- Government Wash / Lake Mohave)**

- 0715 Transportation – Depart from RIO Hotel Main Entrance
- 0750 Badging/Security process
- 0800 RSL/NNSS Safety Regulations and Crew Radiation Safety
- 0830 SPARCS Equipment Installation Overview / Calibration and pre-flight checks
- 0900 **Flying Team 1 (1 AMS + 2 Visitors)**  
 0900-1200 Mission Briefing / Flight –Altitude Spiral (Lake Mohave) and Calibration line  
**Non Flying Team**  
 Operational airborne radiation detection Part 1 - *Introduction and Planning for Aerial Mission 1 – Radiation Source Detection and Grid Pattern Search (GRID)*
- 1000 Operational airborne radiation detection Part 2 - *Introduction and Planning for Aerial Mission 2 – Ground Deposition Survey for small dispersal incident or accident (NPP) (SERPENTINE)*
- 1045 Break
- 1100 Briefing on execution of the typical AMS flight patterns: serpentine and (parallel lines) grid and communication with non-dedicated pilots
- 1200 Lunch
- 1300 **Flying Team 2 (1 AMS + 2 Visitors)**  
 1300-1530 Flight – Government Wash Natural Background Survey  
**Non Flying Team**  
 SPARCS calibration, operation, and maintenance (Practical Exercise)  
 – *Possibly drive SPARCS in vehicle*
- 1630 Transportation to RIO Hotel
- 1715 Arrive at RIO Hotel



For more information contact:  
Vince McClelland; [vince.mcclelland@nnsa.doe.gov](mailto:vince.mcclelland@nnsa.doe.gov)  
International Emergency Management and Cooperation





U.S. Department of Energy  
National Nuclear Security Administration



### International Emergency Management and Cooperation

**NOTE: Personal Laptops, Cell phones (or ANY recording devices), Portable data storage devices, Firearms, Alcohol, and Cameras are strictly Prohibited.**

#### October 29 – Briefings/Flights (NNSS – Desert Rock Airport; Flights – Area 3)

0700 Transportation – Depart from RIO Hotel Main Entrance (Badging en route)

0845 Arrive at Desert Rock Airport / Safety Briefing

0900 **Flying Team 3 (1 AMS + 2 Visitors)**

0900 - 1130 Helicopter flight –Extended Source Radiological Mapping (Area 3)

#### Non Flying Team

Quality Assurance Measurements and Data – preflight and post flight  
Calibration Line, Ground Truth, Altitude Spiral, and Test Line

1145 Lunch – NNSS Mercury Cafeteria

1300 **Flying Team 4 (1 AMS + 2 Visitors)**

1300 - 1530 Helicopter flight –Extended Source Radiological Mapping (Area 3)

#### Non Flying Team

SPARCS calibration, operation, and maintenance (Practical Exercise)  
Possible driving SPARCS in a vehicle

1600 Transportation to RIO Hotel

1730 Arrive at RIO Hotel



For more information contact:  
Vince McClelland; [vince.mcclelland@nnsa.doe.gov](mailto:vince.mcclelland@nnsa.doe.gov)  
International Emergency Management and Cooperation





**International Emergency Management and Cooperation**

**NOTE: Personal Laptops, Cell phones (or ANY recording devices), Portable data storage devices, Firearms, Alcohol, and Cameras are strictly Prohibited.**

**October 30 – Briefings/Flights (NNSS – Desert Rock Airport; Flights – Desert Rock Airport; NNSS TOUR)**

- 0700 Transportation – Depart from RIO Hotel Main Entrance (Badging en route)
- 0845 Arrive at Desert Rock Airport / Safety Briefing
- 0900 **Flying Team 5 (1 AMS + 2 Visitors)**  
0900–1000 Source overfly at Desert Rock Airport  
**Flying Team 6 (1 AMS + 2 Visitors)**  
1000–1100 Source overfly at Desert Rock Airport  
**Flying Team 7 (1 AMS + 2 Visitors)**  
1100–1130 Source overfly at Desert Rock Airport
- Non Flying Team**  
SPARCS Data Management: GIS shape files, mps files, SpecTool software
- 1145 Lunch – NNSS Mercury Cafeteria
- 1245 **NNSS Tour**  
Drive through Bilby Crater, Sedan Crater, ICECAP, Frenchman Flatt
- 1630 Depart NNSS en route to RIO Hotel
- 1800 Arrive at RIO Hotel



For more information contact:  
Vince McClelland; [vince.mcclelland@nnsa.doe.gov](mailto:vince.mcclelland@nnsa.doe.gov)  
International Emergency Management and Cooperation





**International Emergency Management and Cooperation**

**NOTE: Laptops are allowed for data processing**

**October 31 – Meeting (North Las Vegas Airport – Grand Canyon Conference Room)**

0815 Transportation – Depart from RIO Hotel Main Entrance

0900 Technical Assessment of Data from Aerial Missions  
*Analysis of aerial radiation data and developing briefing products for the Emergency Manager.*  
Understanding data quality objectives.

1000 Data Processing 1

- 1<sup>st</sup> level product generation (uncorrected gross count points)
- Use of commercial data acquisition software for data processing
- Commercial post-processing software (ArcGIS, Google Earth)

Data Processing 2

- 2nd level product generation (background and altitude corrected gross count point data)
- 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)

1045 Break

1100 Data processing 3

- 3rd level product generation (raster/contour)
- Interpolation
- Herring bone (direction of travel)
- Global conversion (exposure rate scaling)
- Man-made isotope extraction (2-window analysis)
- Isotope spectral extraction (3-window analysis)

1200 -Lunch Break-

1315 Visitors presentations on the data processing

- 1) Demonstration of current capabilities
- 2) Future goals
- 3) Anticipated problems

1545 Wrap up discussions / future planning

1615 Depart for RIO Hotel



For more information contact:  
Vince McClelland; [vince.mcclelland@nnsa.doe.gov](mailto:vince.mcclelland@nnsa.doe.gov)  
International Emergency Management and Cooperation



## 第5章 持續辦理空中輻射偵測系統之操作訓練

### 5.1 SPARCS-A 移交與訓練課程

依據原能會會技字第 1030008501 號函，本所辦理空中輻射偵檢系統設備移交事宜，將 SPARCS-A 設備移交於國軍。因應國軍之需求，103 年 4 月 30 日於本所 008 館保健物理組辦理 SPARCS-A 移交訓練課程，針對空中輻射偵測之目的、儀器設備、系統操作介面、任務規劃、故障排除與系統功能性測試進行教學，透過訓練課程，讓國軍再次熟悉 SPARCS-A 系統，並實地進行 SPARCS-A 系統操作，加深印象，落實技術轉移、建立與本土化。最後，在確認系統功能一切正常後，完成移交手續（原能會會技字第 1030008501 號函），圖 5.1 為相關訓練佐證資料。





圖 5.1 SPARCS-A 移交與訓練課程照片

## 5.2 國軍核子事故緊急應變研討會

依據國防部陸軍司令部國陸化戰字第 1030000765 號函，國軍辦理核子事故緊急應變研討會，本所應國軍之需求，於 103 年 5 月 28 日派員前往桃園陸軍化生放核訓練中心（化學兵學校），協助執行空中輻射偵測任務，並提供專業技術諮詢，協助場地佈置與空中輻射偵測之數據分析。圖 5.2 為國軍核子事故緊急應變研討會之空中輻射偵測任務執行圖，而空中輻射偵測數據之分析成果可參考圖 2.6。



圖 5.2 國軍核子事故緊急應變研討會

## 第6章 期末報告總結

本期末報告說明緊急應變空中輻射劑量偵測與評估技術研究之計畫執行成果。首先完成了 SPARCS-A 系統校正測試與使用者手冊建立，接續規劃核安第 20 號演習空中輻射偵測任務，期以建立我國國土之空氣衰減數值，並研發地理資訊平台系統，整合 A2C 大氣擴散模式之劑量推估結果、SPARCS-A 和 PGIS 之空中輻射偵測數據分析，及核子事故緊急應變相關資訊，以達資訊整合與快速分析之效，同時，亦可作為後續規劃執行空中輻射偵測任務之參考依據。其次，為接續 102 年完成之核三廠劑量影響趨勢分析研究計畫，103 年持續探討核二廠之大氣擴散特性，並完成劑量影響趨勢分析研究，其可使我們更了解不同核能廠區之輻射擴散特性，提供我國國軍未來於執行核二廠空中輻射偵測飛航路徑擬定之參考依據。最後，按年度計畫書之規劃，派員前往美國拉斯維加斯內利斯空軍訓練基地參訪並訓練，藉以強化我國空中輻射偵測技術，另外亦辦理 SPARCS-A 系統移交與一系列的訓練課程，並協助國軍辦理核子事故緊急應變研討會，達技術共享與落實技術本土化之效，執行進度與成果皆符合原計畫書之規劃。