

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：開會)

赴美國參與
國際空中輻射偵測技術交流研討會

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：核能技術處賴佳琳技士

派赴國家：美國

出國期間：105 年 4 月 2 日至 105 年 4 月 9 日

報告日期：105 年 6 月 8 日

摘要

近年我國透過台美雙方之核能技術交流合作，汲取美國核災應變整備作業之作法與經驗，本次行程係由美國能源部國家核子保安總署(Department of Energy/National Nuclear Security Administration，簡稱DOE/NNSA)規劃辦理之空中輻射偵測系統(Aerial Measuring System，簡稱AMS)實務研討會，除我國外，另有智利、阿根廷等國代表共同於2016年4月4-7日假美國內華達州拉斯維加斯的北拉斯維加斯機場(North Las Vegas Airport，簡稱NLV)進行空中輻射偵測技術與經驗交流，並由遙測實驗室(Remote Sensing Laboratory，簡稱RSL)專家群介紹與講解空中偵測數據擷取與分析處理 (Advanced Visualization and Integration of Data，簡稱AVID) 系統，各國代表分組登上直升機進行空中偵測作業之實務演練，並進行AVID系統偵測資料汲取、數據校正與後處理、數據分析與結果製圖等功能模組之操作。藉由技術與經驗之充分交流與溝通，有效強化我國輻射偵測實務操作經驗與數據處理分析能力，進而提升我國空中輻射偵測之能量。

目 次

摘要	(頁碼)
壹、目的	4
貳、行程	5
參、工作紀要	6
肆、心得與建議	19
伍、附錄	21
附錄一、美國能源部國家核子保安總署(NNSA)邀請文件	21
附錄二、國際空中輻射偵測技術交流研討會議程表	22
附錄三、網格路線飛行與地表沉降調查任務規劃	26
附圖：	
圖 1、與會人員於內華達國家保安區合照	6
圖 2、SPARCS 系統之硬體安裝與操作練習	7
圖 3、每位學員全程配備一台裝載 AVID 軟體之電腦	7
圖 4、SPARCS 系統	8
圖 5、AVID 系統畫面	9
圖 6、網格飛行規劃路線與實際飛行路線	10
圖 7、地表沉降調查飛行規劃	11
圖 8、沉降邊界飛行路線示意圖	11
圖 9、網格路線飛行與地表沉降調查任務規劃	12
圖 10、AVID 系統中能譜分析模組示意圖	14
圖 11、三能窗法示意圖	15
圖 12、高斯法示意圖	15
圖 13、以 AVID 系統匯出之報告範例	16
圖 14、放射性物質外釋後 12 小時劑量率預測	17
圖 15、民眾防護行動(服用碘片)範圍建議	18

壹、目的

本次國際空中輻射偵測技術交流研討會(International Technical Exchange Workshop on Aerial Monitoring System)係由美國能源部國家核子保安總署(NNSA)規劃舉辦，邀請各使用進步型輻射能譜量測電腦系統(Spectral Advanced Radiological Computer System; SPARCS)國家進行經驗分享與意見交流，並針對美方近年研究開發之AVID系統做進一步的介紹與操作教學。我國參加成員有行政院原子能委員會（以下簡稱原能會）核能技術處賴佳琳技士、輻射偵測中心劉祺章組長與黃富祈技正、內政部空中勤務總隊趙青松飛行員共4人。

此次交流研討會分為4月4日-7日之AVID軟體介紹與實作課程(Advanced I-AMS (iAVID/SPARCS) International Training)，以及4月11日-15日之國際事故管理與合作(International Emergency Management and Cooperation; IEMC)AMS資訊交流研討會。本會代表本次僅參加AVID軟體介紹與實作課程，與阿根廷、智利兩國之國家代表共7人，在拉斯維加斯的北拉斯維加斯機場，進行為期四天之AVID軟體訓練課程與使用經驗交流，其中並安排實際於內華達國家保安區(Nevada National Security Site, NNSS)第三區(Area 3)實際上機執行實務訓練，對核試爆污染區進行網格路線飛行，並將取得之偵測數據利用AVID軟體進行數據匯入、數據校正與分析、遮罩與圖像化功能模組操作、能譜分析、同位素萃取(isotope extraction)、劑量率(exposure rate)評估、結果製圖與資料展示等處理。會議上各國代表也提出目前AVID軟體使用上遇到的困難、及現有軟體不足之處，共同商議解決方式與軟體未來精進方向。

本次訓練課程主要目的為強化國內空中輻射偵測實務操作經驗，並更新升級相關軟體，同時建立目前偵測數據後處理部分較為缺乏之數據分析與成果製圖能力，完備我國空中輻射偵測資料處理之能量。

貳、行程

本次出差日期自 2016 年 4 月 2 日起至 4 月 9 日，共計 8 天，參加由美國能源部國家核子保安總署舉辦之空中輻射偵測技術交流研討會，行程如表 1。

表 1、赴美行程表

日期	行程內容	地點
4/2 (六)	去程：台灣桃園國際機場→美國洛杉磯國際機場	路程
4/3 (日)	去程：洛杉磯國際機場→拉斯維加斯麥卡倫國際機場 台灣成員召開行前準備會議。	
4/4 (一)	SPARCS系統與AVID系統的介紹與基本操作，包含數據匯入、資料展示等，並由助教快速示範演練取得偵測數據後利用AVID系統可執行之功能操作。	北拉斯維加斯機場
4/5 (二)	空中輻射偵測技術交流研討會 分組搭乘直升機執行第三區空中偵測作業。 未上機人員則進行飛行任務規劃練習、以及對初始數據(raw data)進行後處理，包括遮罩(mask)功能、圖像化(symbolize)功能等。	Desert Rock Airport (內華達國家保安區)
4/6 (三)	分組搭乘直升機進行前一日所規劃之網格路線(grid pattern)與地表沉降調查(ground deposition)飛行任務。 未上機人員則進行數據後處理之高度校正與衰減校正操作練習。	北拉斯維加斯機場
4/7 (四)	介紹 AVID 系統進階數據處理，包含能譜分析、同位素萃取、與結果製圖等。 示範 AVID 系統如何與全球劑量評估系統(International Exchange Program, 簡稱 IXP)結合，以達到更全面性的放射性外釋資訊預估與數據處理。	北拉斯維加斯機場
4/8-4/9 (五~六)	返程：美國拉斯維加斯麥卡倫國際機場→美國洛杉磯國際機場→台灣桃園國際機場	路程

參、工作紀要

本次國際空中輻射偵測技術交流研討會—AVID 軟體介紹與實作課程於 4 月 4-7 日於美國內華達州北拉斯維加斯機場召開，我方由原能會輻射偵測中心劉祈章組長、輻射偵測中心黃富祈技正、核能技術處賴佳琳技士、內政部空勤總隊趙青松飛行員共 4 位同仁出席，除台灣外另有阿根廷、智利等 2 個國家 7 名人員參與，課程安排如附錄二，內容包括 SPARCS 與 AVID 軟硬體介紹、空中輻射偵測航線規劃介紹、空中輻射偵測實作、數據處理與校正、資料分析與繪圖、IXP 軟體介紹等。本次訓練全程由美方負責 AMS 的部門經理 Piotr Wasiolek 博士與 AVID 開發成員共同示範講解，著重於偵測資料汲取後匯入 AVID 系統之數據後處理及成果製圖。此次原能會特別邀請空勤總隊趙青松飛行員一同受訓，增加實務作業經驗，並熟悉技術操作人員與飛行員間的溝通與導引模式，使我國空中輻射偵測技術更加完備。全體與會人員於內華達國家保安區合照如圖 1。

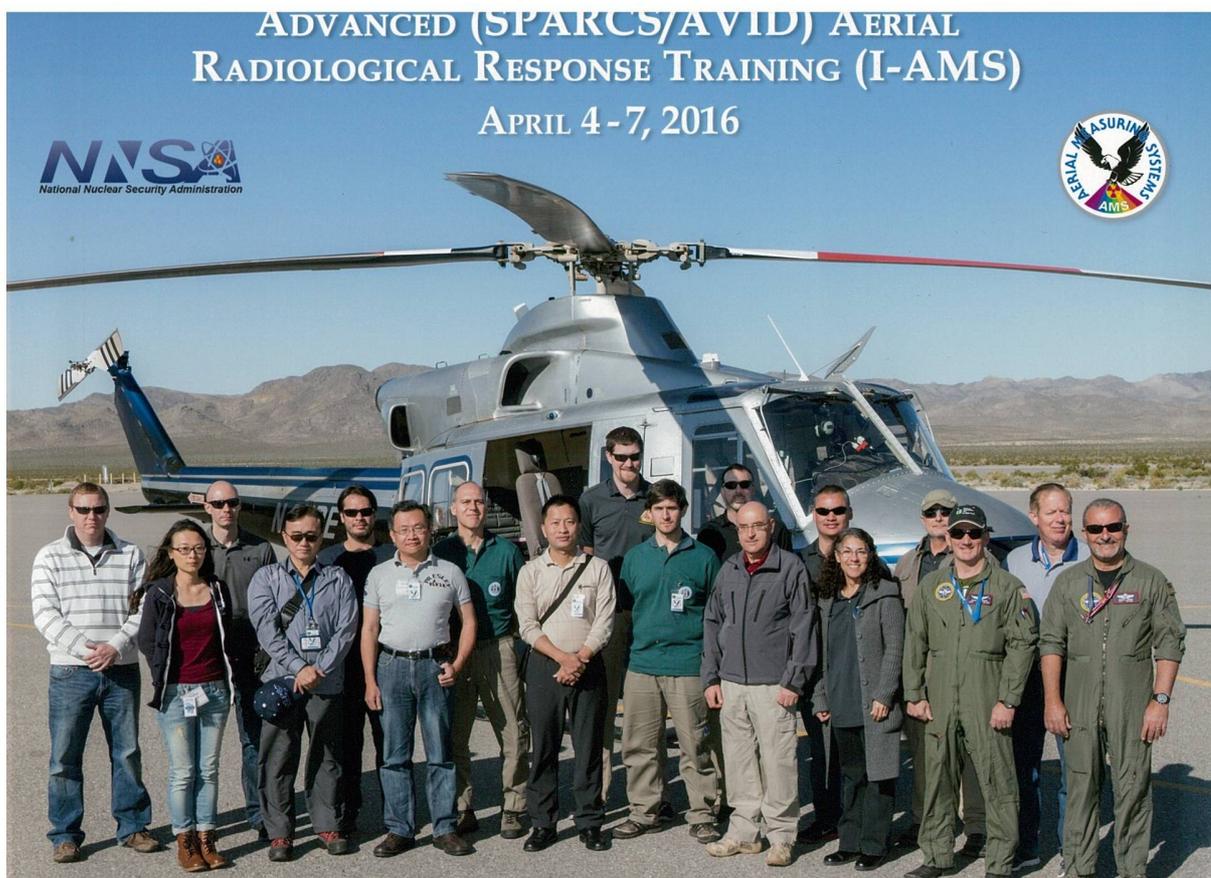


圖 1、與會人員於內華達國家保安區合照

此次除實際上機執行飛行偵測任務外，研討會地點皆位於北拉斯維加斯機場內之會議室，該機場由內華達州克拉克縣飛航部門管轄，係內華達州第三大及拉斯維加斯第二大之機場，亦是拉斯維加斯警察局直升機起降場地。研習場地除備有SPARCS-A系統之軟硬體，使參與人員可實際操作硬體安裝、參數設定、資料汲取等作業(圖2)之外，研討會全程每位人員均配備有一台裝載AVID系統軟體之電腦，供人員即時進行操作，以熟稔AVID系統內各功能模組的使用方式(圖3)。



圖 2、SPARCS 系統之硬體安裝與介面操作



圖 3、每位參與人員全程配備一台裝載 AVID 軟體之電腦

(一) SPARCS 與 AVID 軟硬體介紹

進步型輻射能譜量測電腦系統(SPARCS)是由美國能源部國家核子保安總署(DOE/NNSA)所開發，主要應用於移動載具之輻射偵測。該系統是由碘化鈉偵檢箱、資料擷取與傳送單元(Acquisition Telemetry Unit, ATU)及筆記型電腦三大部分所組成(圖4)，根據偵測目的又可分為SPARCS-A(Aerial，用於空中偵測)與SPARCS-M(Mobile，用於地面偵測)兩類，主要差異在於偵檢器尺寸與數量。其中ATU是資料控制中樞，負責資料擷取與傳送單元，由電源供應、網路、序列埠及中央處理電腦等基板所構成，並具備GPS導航系統以取得地理資訊座標；筆記型電腦端安裝有SPARCS及Mobile Cabin兩種程式，可分別對應SPARCS-A或SPARCS-M系統使用。

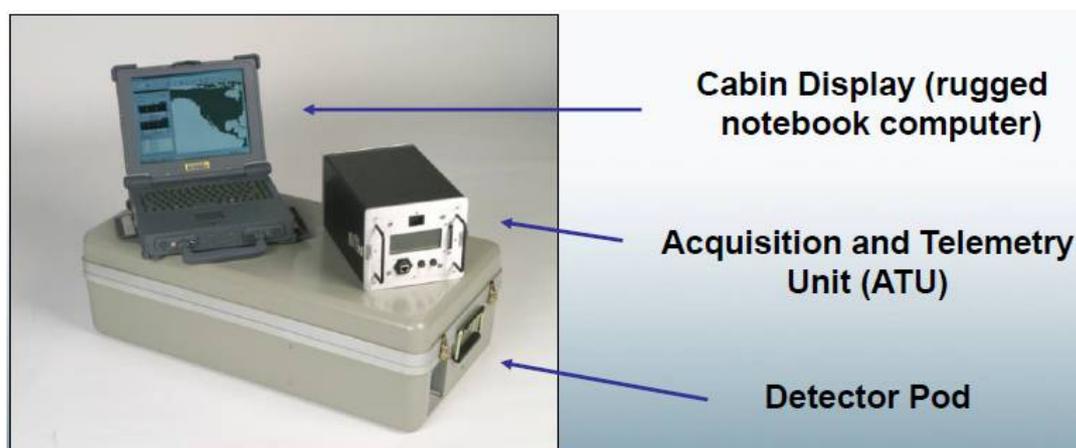


圖 4、SPARCS 系統

我國近年開始籌備建立空中輻射偵測系統，並與美方合作引進進步型輻射能譜量測電腦系統，2011 年日本福島事故後，SPARCS 系統應用目的轉為空中輻射偵測任務，作為核子事故時快速偵測地面輻射強度與後續劑量評估使用。NNSA 近幾年持續邀請我國參與相關儀器操作訓練與經驗交流，包含 2014 年「核子事故空中輻射偵測國際研習會」與 2015 年「國際空中輻射偵測系統技術交流與訓練課程」；此外，由於我國近年來將 SPARCS 系統空中輻射偵測功能納入實作與年度核安演習項目，美方也多次派遣人員來台進行儀器檢修與操作人員訓練。

進步型視覺化資料處理系統(AVID)係在空中進行地面輻射偵測時，作為SPARCS系統數據即時汲取、顯示與分析之軟體架構與相關模組。AVID系統自2010年開始由NNSA

執行開發，主要目的為整合並取代舊有SPARCS與Mobile Cabin兩套系統，NNSA根據以往程式發展經驗，考量後續系統維護與軟硬體支援，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，並升級輻射偵測資料汲取與分析功能。此一AVID系統具備可整合外加其他功能模組之擴充性與彈性，目前最新的版本為1.83版(圖5)。

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)具備數據後處理能力；(6)具備延伸開發架構之能力。

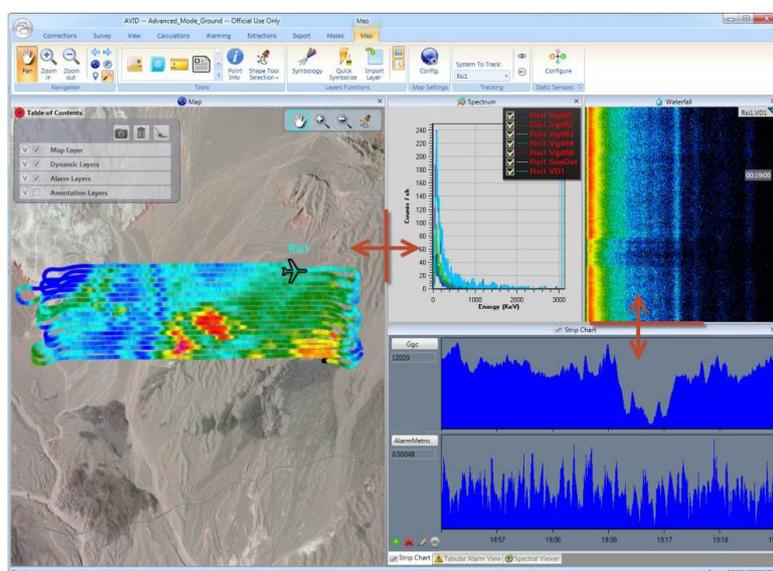


圖 5、AVID系統畫面

AVID系統程式尚處於開發測試階段，美方仍持續精進與新增該軟體之功能模組，因此我國在引進AVID系統後，應有人員長期配合參與此一計畫，與美方持續保持密切聯繫，以期能發揮該程式之最大功效。

美方於課後提供AVID系統最新版本(1.83版)之光碟供程式下載與安裝，並聲明此一系統目前仍屬開發測試階段，尚未正式核准於國際發布(international distribution)，因此本次課程之AVID程式版權是以授權參與學員個人方式提供使用，並籲請我方謹慎使用此光碟。此外RSL人員也提及，美方僅是基於合作交流互惠原則提供此程式，並不肩負程式系統除錯及諮詢之義務。

(二) 空中輻射偵測航線規劃介紹

執行飛行任務前須先進行任務規劃，依據不同之調查目的，AMS飛行任務可分為網格飛行(grid pattern)、地表沉降(ground deposition)調查、沉降邊界(ground outline - isodose)調查共三類。

1. 網格飛行

針對特定區域依預先規劃之路線飛行，多為固定高度之平行路線飛行，規劃時須注意飛行間距必須小於2倍的飛行高度(Altitude above Ground Level；簡稱AGL)，以確保所偵測到數據完全涵蓋調查區域。飛行時可利用導引系統(steering unit)輔助，若無導引系統，則可藉由航向(fly headings)、自動飛行(auto pilot)、航位推算(dead reckoning)，或由SPARCS系統操作人員指示來完成飛行任務(圖6)。

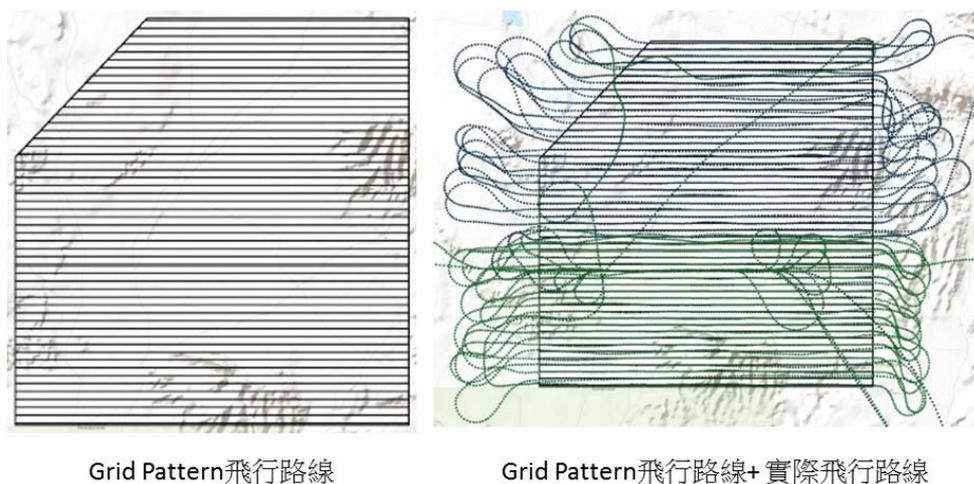


圖 6、網格飛行規劃路線與實際飛行路線

2. 地表沉降調查

針對放射性物質外釋情境快速並大略地描繪地面放射性物質沉降之分布區域與強度，執行時機為放射性煙羽(plume)已消散狀況下。先由氣象預報資料推定可能沉積方向與範圍，從外釋點上風處開始執行任務，以蜿蜒(serpentine)模式飛行，先由1-2次密集折返找出活度最高區域，其中轉彎時機為劑量率降回背景值時，後續再以較大的轉彎角度減少飛行時間(圖7)。此任務由於飛行路線非預先訂定，操作人員與飛行員間之密切溝通合作格外重要。

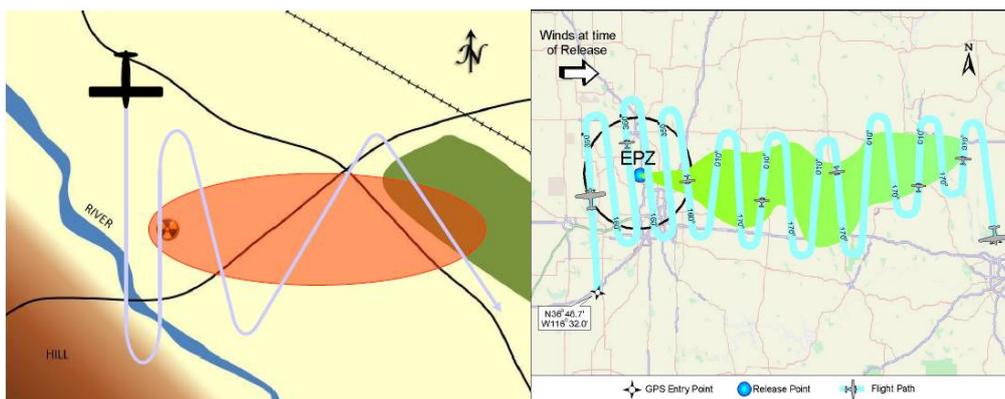


圖 7、地表沉降調查飛行規劃

3. 沉降邊界調查

對於已知有放射性物質沉降之區域，根據沉降預測資料快速描繪出沉降邊界，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(圖8)。

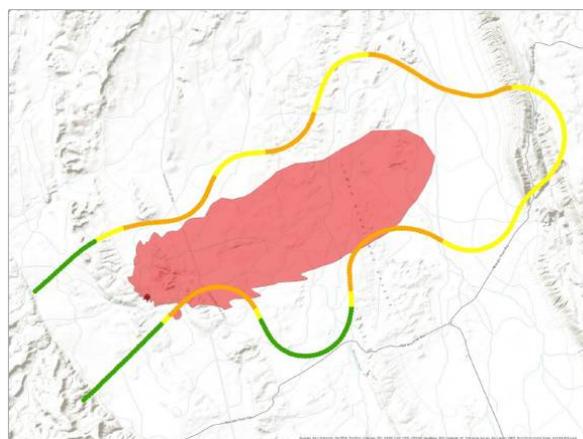


圖 8、沉降邊界飛行路線示意圖

(三) 空中輻射偵測實作

1. 核試爆區空中偵測作業

4月5日前往內華達國家保安區內之 Desert Rock Airport 執行空中偵測實務訓練，該區原為陸軍部隊軍事演習場址，名為 Camp Desert Rock，1958年後，僅有機場仍在運作，但須經 NNSA 授權之單位方可使用。該區須經安全審核後方能進入，全程亦必須掛戴識別證，並禁止攜帶電腦、手機、相機及隨身碟等電子產品，期間我方人員任何行動都需有美方人員陪同。

此次飛行任務為輻射污染區標繪作業(extended source radiological mapping)，安排於 NNSS 第 3 區進行水平間格飛行任務，該區為 1950 年代美方之核子彈陸地試爆場，但自 1992 年美蘇法加入全面禁止核子試驗後停止試爆，現今已作為核子/放射性事故之測試、訓練及緊急應變使用。首先在 RSL 人員帶領下由軍方陪同參觀機艙內部，並介紹 SPARCS 儀器擺設方式與實際操作情況，飛行任務我方則由輻射偵測中心劉祺章組長及空勤總隊趙青松飛行員實際上機執行，飛行高度為 150 英尺。

2. 網格路線飛行與地表沉降調查

4 月 6 日受訓成員分作兩組於北拉斯維加斯機場執行特定區域網格路線飛行與地表沉降調查，並預先於前一日以 AVID 系統進行任務規劃(圖 9，附件 3)，圖中左下平行間隔區域為網格飛行路線規劃，須預先設定飛行高度、飛行間距、轉向角度；右上粉紅區域為地表沉降調查之沉降預測圖，首先由直升機抵達外釋預測點，並由此作為任務起始點往下風處蜿蜒飛行，先進行 1-2 個次密集折返找出活度最高區域，轉彎時機為劑量率回到背景值，後續再以較大的轉彎角度減少飛行時間。當日首先由 RSL 講師 Piotr Wasiolek 博士說明須執行之任務，再由各組自行帶開與飛行員進行任務溝通，此次任務執行全程未使用機上導引裝置，僅透過操作人員下達方向指令引導飛行員駕駛。我國代表由賴佳琳技士參與上午之組別，劉祈章組長及黃富祈技正參與下午之組別。

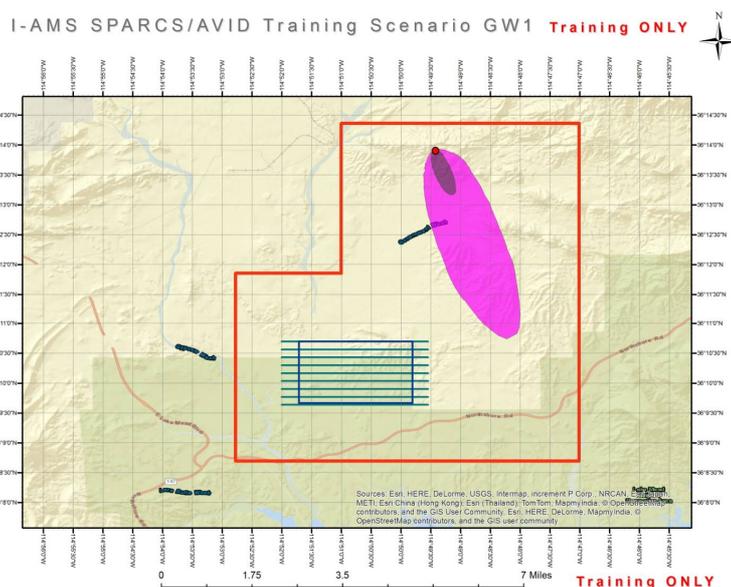


圖 9、網格路線飛行與地表沉降調查任務規劃

3. 飛行員與 SPARCS 操作人員溝通模式

為求精確完成飛行任務，飛行員與 SPARCS 操作人員需有良好的溝通模式，SPARCS 操作人員應根據偵測讀值及航跡，下達溝通指令，協助導引飛行員於預設路徑執行空中偵測任務，並於適當時機進行轉彎與航向調整。溝通模式無標準規範，能達到良好溝通成效即可，常用航向導引指令有二：(1)360 度方位，以正北方(0 度)起始，依序為東(90 度)→南(180 度)→西(270 度)→北(360 度)，表達時僅需說出該度數而不需說出方向，常用於導引大方向，例：270 度。(2)以左右與偏差程度修正航向，先說左或右，再以 1-5 表達偏差程度(1 最小，5 最大)，常用於修正細微方向偏差，例：欲往左小幅度修正，可語音提示「左 1 (Left 1)」。其他常用指令有轉向(turn)指令、方向正確指令(good heading)等，飛行員與 SPARCS 操作人員應密切地持續溝通，以達良好偵測成效。

(四) 數據處理

在取得初始數據(raw data)後，根據不同偵測目的須進行校正作業及資料後處理，使數據更精確具代表性。常用的校正有高度校正(altitude correction)與衰減校正(attenuation correction)，而後處理部分常用功能模組(module)有遮罩(mask)、圖像化(symbolize)等功能，進階數據處理則包含能譜分析、同位素萃取、劑量率評估與結果製圖等，以上功能皆可於 AVID 系統中進行。

在前一年(2015 年)之「國際空中輻射偵測系統技術交流與訓練課程」中，已詳細敘述 AVID 系統之基本數據處理，如資料匯入、使用者介面操作、不同功能模組顯示於瓦片窗格操作、圖層匯入與選取、遮罩功能操作與應用、高度與衰減校正等，今年(2016 年)之訓練則著重進階資料處理與分析，敘述如下：

1. 能譜分析

在核子事故發生時，能譜分析之目的為確認所偵測到的數據中是否存在核電廠外釋之輻射源項，由於各個放射性核種的光峰(photopeak)與能量同時呈現於能譜上相互影響的結果相當複雜，因此此項技術需倚賴操作人員的經驗方能完成。

圖 10 為 AVID 系統中能譜分析模組示意圖，上方窗格僅呈現單一數據，下方窗格則為總累積數據之能譜。操作方式可於上方窗格先圈選感興趣之能峰(藍色部

分)，再圈選背景值區域(綠色部分)，此動作可自動套用至下方窗格，並以顏色區隔出總數據中背景值與可能外釋核種數據。AVID 系統內部建置有同位素能譜資訊(isotope library)，可相互參照以定位核種；或是開啟放射性核種辨別(identify radionuclides)功能(圖 10 右下紅圈圈起處)，由 AVID 系統自動判斷核種。

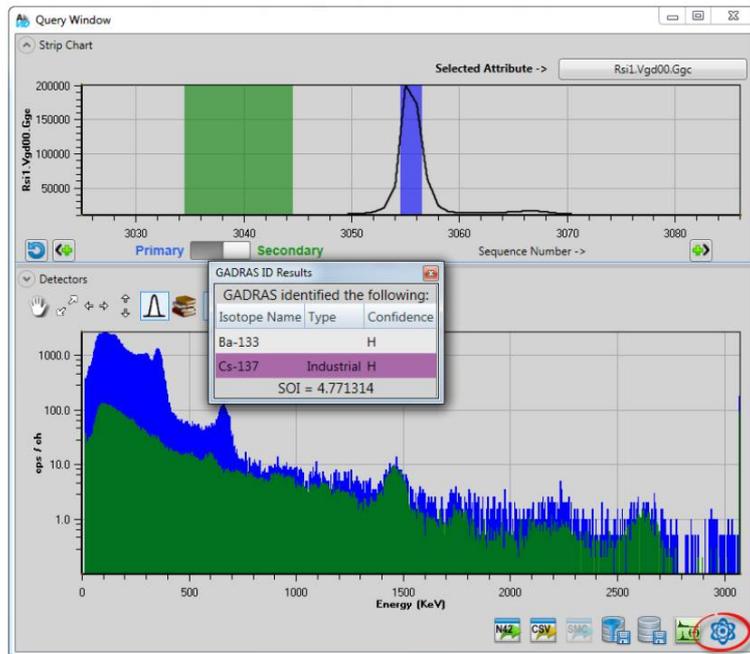


圖 10、AVID 系統中能譜分析模組示意圖

2. 同位素萃取

初始數據中包含了大量資訊，同位素萃取即是將我們所感興趣的放射性核種資訊從初始數據中獨立萃取出來，此項技術同樣需倚賴操作人員的經驗方能完成。

常用的同位素萃取方法有三：(1)三能窗法(3-Window peak estimate)；(2)高斯法(Gaussian)；(3)IAEA 標準能窗法(IAEA Standard Windowing)。以上三種方法皆可於 AVID 軟體內完成，較常使用的為三能窗法與高斯法，其中三能窗法(圖 11)須於能譜上選取三個相鄰的能窗，利用預先取得之 k 值代入公式(2)，若是 F(t)有值，則代表該能窗內偵測到不屬於背景值之放射性核種。此方法之前提為須有可靠之背景值，並預先計算出 k 值。

$$k = \frac{A(t)}{B(t) + C(t)} \dots\dots(1)$$

$$F(t) = A(t) - k[B(t) - C(t)] \dots\dots(2)$$

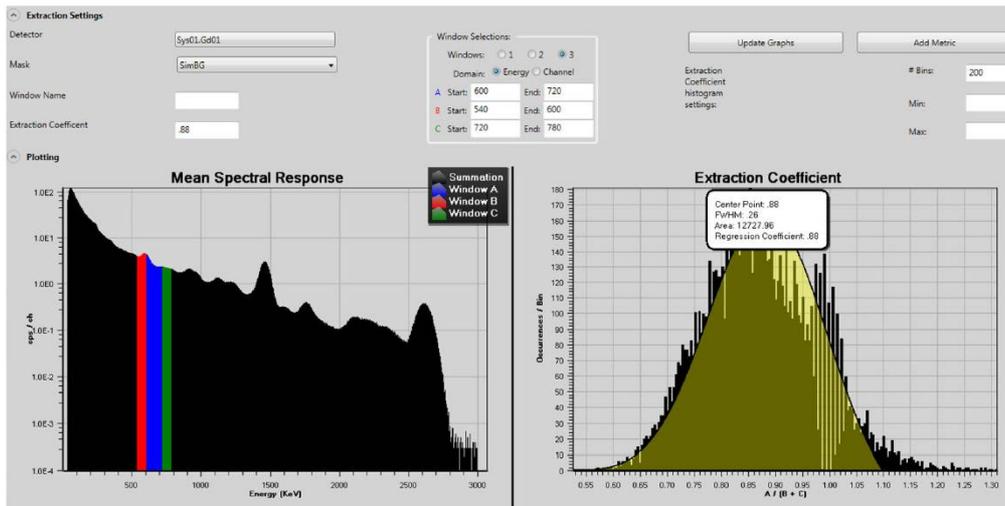


圖 11、三能窗法示意圖

高斯法(圖 12)是利用高斯函數去進行能峰曲線擬合(curve fitting)，並針對所擬合出之能峰進行分析。此法優點是較為簡單及計算快速，並且可以比較不同次偵測結果之能峰差異，此外不需要背景值資料即可進行分析；但在不同放射性核種同時存在，導致能峰相互重疊的狀況下，分析結果可能會有誤差。



圖 12、高斯法示意圖

3. 劑量率評估

在評估劑量率時，需先將背景輻射的影響去除，並預先進行高度校正。常用的劑量率評估方法有三：(1)淨計數值轉換法(Gross count conversion)；(2) IAEA 標準能窗法(IAEA Standard Windowing)；(3)能量補償法(Energy compensated method)。此一部分僅由助教進行 AVID 系統中該功能模組之演練與展示，未能實際以數據進行演練操作。

4. 結果製圖與展示

空中輻射偵測從儀器操作、任務執行，到數據處理分析，皆為專業技術人員之工作，然而在核子事故發生時，根據輻射偵測結果下達決策指令者並非專業技術人員，因此如何將偵測結果清楚呈現予決策者，即為非常重要的一門學問。AVID系統中針對此部分也建立相關功能模組，可快速將偵測資訊以圖像化方式簡明表達，並可以 PDF 檔案型式匯出，提供予決策關係人作為參考。

圖 13 即為 AVID 系統匯出之報告範例，其中上方欄位資訊包含任務執行地區與日期、任務內容、儀器規格等；左下則為經校正與分析後之數據製圖，可調整圖象化參數強調不同的數據資訊，在圖 13 中即是強調劑量率差異，以使熱區(hot spot)變得顯著；右方欄位則解釋圖中不同色塊所代表之涵義，在此為淨計數率(gross counts)，並敘明飛行參數(包含飛行高度、飛行間距)以及圖中所用之比例尺。

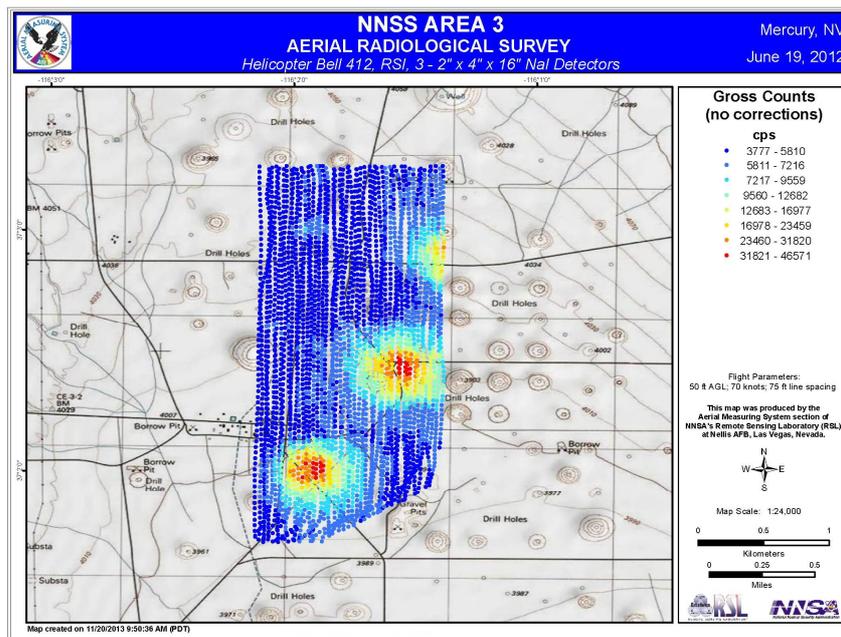


圖 13、以 AVID 系統匯出之報告範例

(五) IXP 系統介紹

全球劑量評估系統(International Exchange Program, IXP)為一線上劑量評估系統，是由美國大氣釋放諮詢中心(National Atmospheric Release Advisory Center; NARAC)所建立，主要用途是在核子事故之放射性煙羽抵達前，利用大氣擴散模式與氣象預報資料預測空浮放射性核種造成的影響，可做為決策者下達民眾防護行動命令之重要

參考依據。此系統為一線上電腦運算工具，可計算全球核能電廠放射性物質外釋所造成之放射性煙羽沉積、曝露率、地表汙染、影響範圍與人口等預測，並提供民眾防護行動建議。

登錄 IXP 系統介面後，首先須於「事故模擬系統」之模擬條件中選擇「核子事故」情境，並輸入核電廠地點、放射性物質外釋發生時間、外釋放射性物質種類等參數，在系統計算分析完成後即可匯出一份成果報告(consequence report)，報告中包含放射性物質外釋後 12 小時劑量率預測(如圖 14，包含放射性核種種類、外釋濃度以及所包含範圍內人口數等資訊)、總沉積量預測、以及民眾防護行動建議(包含疏散、掩蔽、服用碘片、長期醫療監護)等資訊(圖 15)。將成果報告以.kmz 及.ascii 檔案形式匯出，即可匯入 AVID 系統用作後續輻射偵測路線預擬及飛行任務規劃使用。

結合使用 IXP 系統與 AVID 系統，可完成從核子事故發生起始、核電廠放射性物質外釋預測、及後續空中偵測系統飛行任務規劃之一連串作業，達到更全面性的放射性外釋資訊預估與偵測任務預先研習規劃。未來我國若欲建立此一能力，建議訓練人員應同時具備操作 IXP 與 AVID 系統之能力，方能達到最大效益。

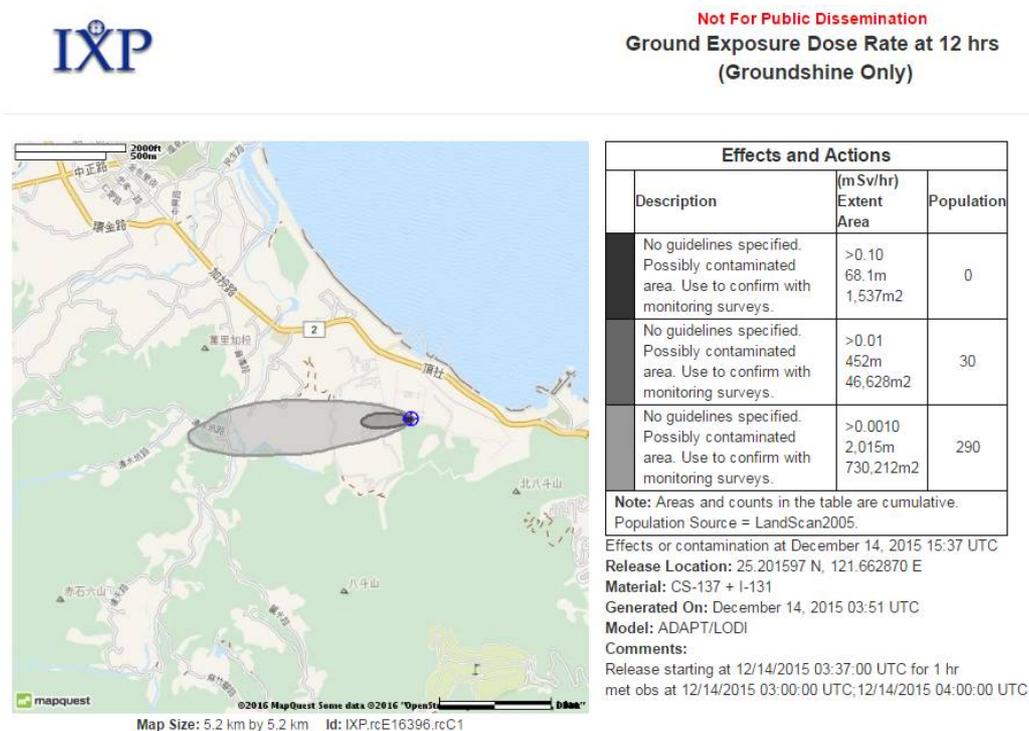


圖 14、放射性物質外釋後 12 小時劑量率預測

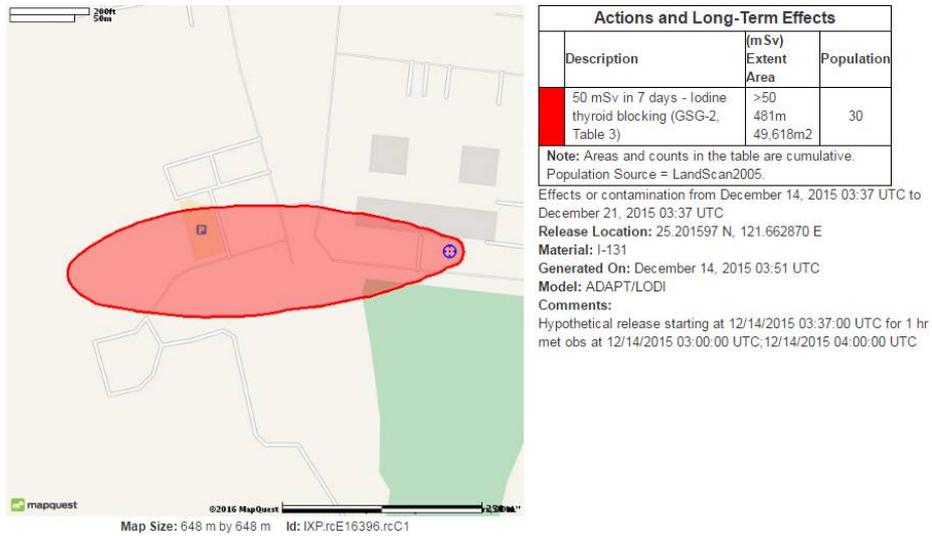


圖 15、民眾防護行動(服用碘片)範圍建議

(六) 空勤總隊與NNSA飛行員諮商

NNSA在得知我方派遣一位空勤總隊飛行員參與本次訓練後，特地邀請遙測實驗室工程師及飛行員前來與我方飛行員進行會談以釐清相關疑問，討論內容重點整理如下：

1. 空中輻射偵測飛行任務執行過程均須在安全無虞狀態下方能執行，由於災害發生第一時間對於輻射外釋情況及範圍尚處於不明階段，不會貿然派員進入災區實施偵測，需俟污染狀況穩定後（或復原期），方能開始執行偵測工作。
2. 在輻射劑量監控下，人員無需穿著特殊防護裝備執行空中偵測任務，於任務結束後亦無需進行飛機清洗工作。
3. 上述安全輻射劑量監控方式如下：
 - (1) 執行偵測人員應配戴輻射劑量計，當所顯示之累積曝露劑量超出標準時，飛機應隨即轉向脫離，避免再駛近污染區。
 - (2) 當AVID系統警告燈/音響提出示警時，飛機應隨即轉向脫離，避免再駛近污染區。
 - (3) 飛行人員應分批執行偵測任務，可有效控制/降低累積曝露劑量。

肆、心得與建議

- 一、我國近年開始籌備建立空中輻射偵測系統，並與美方合作引進進步型輻射能譜量測電腦系統，NNSA 除商借我國 SPARCS 系統外，近幾年亦持續邀請我國參與相關儀器操作訓練與經驗交流，包含 2014 年「核子事故空中輻射偵測國際研習會」與 2015 年「國際空中輻射偵測系統技術交流與訓練課程」。今年(2016 年)之研討會為近年來各項會議與訓練之延續，全程由美方負責 AMS 的部門經理 Piotr Wasiolek 博士與 AVID 開發成員共同示範講解，參考前兩年之辦理建議，特別著重於偵測資料汲取後之數據分析與成果製圖，並安排於內華達國家保安區執行空中輻射偵測飛行任務；藉由此研討會，與各國進行緊急應變技術交流，持續精進空中輻射偵測技術。
- 二、此次研習原能會特別邀請空勤總隊派一名飛行員前往，以增加實務作業經驗，並熟悉技術操作人員與飛行員間的溝通與導引模式，使我國空中輻射偵測技術更加完備。趙飛行員表示此次收穫相當豐碩，但也提及由於先前軍方從未派遣飛行員參與此類研討會，空勤總隊人員對於輻射基礎知識及空中偵測相關技能仍有待加強，並建議爾後仍能選派飛行員參與類似研習，方能於核子事故發生時有效以空中載具執行災區輻射偵測任務，蒐集正確資訊以供權責單位決策使用。
- 三、空中輻射偵測系統之偵測數據取得固然重要，數據取得後之處理與分析也具有同等重要性，並會直接影響到核子事故時決策者之評斷依據。因此建議我方除繼續維持 SPARCS 軟硬體系統之可用性外，也應培訓數據處理與分析方面之專業技術人才。
- 四、此次研討會受限於時間，未能親自針對第二日於核試爆區飛行所汲取之資料進行操作分析，僅由講師進行快速演練，實為可惜；此外，於數據進階分析部分之劑量率計算與製圖，也僅是由講師快速示範與展示，未能實際進行操作練習。目前我國已具備數據基礎處理之能力，但仍缺乏進階數據處理之能量，根據不同輻射偵測目的，該領域所涵蓋功能範圍極廣(如個別同位素劑量率分析、等劑量線描繪)，此部分建議透過台美交流管道與 NNSA 持續合作，安排更進階之數據處理訓練課程，將課程整體著重於 AVID 系統進階數據處理功能模組之介紹，並利用實際飛行任務所汲取之數據進行操作研習，完備國內空中偵測數據分析處理能力。
- 五、AVID 系統程式尚處於開發測試階段，美方仍持續精進與新增該軟體之功能模組，

因此我國在引進 AVID 系統後，應有人員長期配合參與此一計畫，與美方保持密切聯繫，持續更新 AVID 系統功能並熟練操作技能，並以此技術建立國內本土空中偵測實測數據(包括國內空中偵測相關之校正參數、環境輻射基礎調查)，方能落實空中偵測技術與實務作業的連結，發揮空中輻射偵測系統最大之功效。

六、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。近年來美方提供多次研習與經驗交流機會，內容皆有銜接與相關性，然我國參加人員每年並不一致，這部分應特別注意經驗傳承，並於回國後確實將所學應用於我國空中輻射偵測系統，建立我國本土之偵測作業能力與數據分析技術，以發揮研習交流最大助益。

七、美方於研討會內容安排十分有彈性，並非完全照表操課，而是在過程中不時和學員進行溝通討論，以了解各國在空中偵測作業執行上之實務需求與所遇到的瓶頸，並據以調整議程內容，使成果更臻完美，此點可做為我國日後辦理相關研習或訓練之借鏡。

八、建議請美方持續辦理此類空中輻射偵測系統技術交流會議，提供台美間此系統使用者的技術與經驗交流平台，藉由與系統開發人員之直接溝通，可持續精進並有效提升我國空中輻射偵測之能量。

九、本次研討會收穫頗豐，除感謝 NNSA 規劃安排行程內容及補助食宿經費外，也特別感謝空勤總隊的人力支援參與、以及原能會派駐美國華府科學組趙衛武副組長事前協助溝通協調，讓整體行程得以圓滿完成。

伍、附錄

附錄一、美國能源部國家核子保安總署(NNSA)邀請文件

Ms. LAI Chia-Lin
Associate Technical Specialist
Department of Nuclear Technology
Atomic Energy Council
Ministry of the Interior
4F, No. 80 Sec. 1
Cheng Kung Rd
New Taipei City
Taiwan 23452

March 1, 2016

Dear Ms. Lai:

On behalf of the Department of Energy, National Nuclear Security Administration (DOE/NNSA), Office of Counterterrorism and Counterproliferation under the auspices of AIT and TECRO, I am pleased to provide this specific Letter of Invitation to an international technical exchange workshop on *Aerial Monitoring Systems for Users of Spectral Advanced Radiological Computer Systems (SPARCS)* to be held in the United States on April 4-7, 2016. The purpose of this workshop is to provide a forum for SPARCS users to share their experiences conducting aerial radiological emergency response missions. The workshop will focus on data analysis, compatibility and other aspects, including the use of the AVID software. The workshop will take place 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 Mr. John Gelsthorpe at gelsthjd@nv.doe.gov.

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

If you have any questions, please contact Ms. Jill Zubarev at Jill.Zubarev@nnsa.doe.gov, or (+1) 202-586-8703.

Sincerely,



Ann Heinrich

附錄二、國際空中輻射偵測技術交流研討會議程表



Advanced I-AMS (iAVID/SPARCS) International April 2016



Monday, April 4 – North Las Vegas Airport (NLV)

NOTE: Laptops, cell phones, cameras permitted

- | | |
|--------------|--|
| 07:20 | RSL vans arrive at Hotel (meeting in the lobby) |
| 07:30 | Depart for the North Las Vegas (NLV) Airport |
| 08:00 | Introductory Comments - Welcome (Grand Canyon Conference Room)
(NNSA NFO) |
| 08:30 | International AVID (iAVID): Distribution and use policy (NNSA) |
| 09:00 | Philosophy and History of AVID design (Mike) |
| 09:30 | User Interface for Data Acquisition - demo (maps, display, available tools)
(Mike) |
| 10:00 | Overview of Real-Time In-Flight and Post-Flight Data Processing - demo
(Mike) |
| | i. 1st level product generation (uncorrected gross count points) |
| | ii. 2nd level product generation (background and altitude corrected gross count point data, exposure rate calibration) |
| | iii. 3rd level product generation (raster/contour) |
| 11:30 | Lunch (casino food court) |
| 12:30 | Interfacing SPARCS-A and SPARCS-M with iAVID (Ken) |
| 13:30 | AVID Operator Practical Training and Exercise: Preflight QA QC. (All, Avery) |
| 14:30 | AVID Operator Practical Training and Exercises (All, Jeremy) |
| 16:30 | Depart NLV Airport for Hotel |
| 17:15 | Arrive at Hotel |



Advanced I-AMS (iAVID/SPARCS) International April 2016

Tuesday, April 5 – NNSS Desert Rock Airport (DRA)

NOTE: Personal laptops, cell phones (or ANY recording devices), portable data storage devices, firearms, alcohol, and cameras are strictly Prohibited.

- 07:00 RSL Van arrives at Hotel
- 08:30 Arrive at the NNSS Desert Rock Airport
- 08:30 SPARCS calibration and preflight checks – refresher (**Marvin**)
- 09:30 Flying Team A – Survey of NNSS Area 3 (Marvin)**
Mission Briefing for the survey of NNSS Area 3 for Team A and B (Piotr)
- Non-Flying Team**
- 10:00 Operational airborne radiation detection - first 5 flights - refresher (**Rusty**)
- 11:00 Briefing on execution of the typical AMS flight patterns: serpentine and (parallel lines) grid and communication with non-dedicated pilots (**Piotr**)
- 12:30 Flying Team A Returns to NNSS Desert Rock Airport**
Flying Team A post-flight debriefing and data transfer
- 12:00 Lunch – Mercury cafeteria**
- 13:30 Area 3 Post-Flight Data Analysis – practice (data file formats, level 1 data processing, map generations) (**Jeremy**)
- 16:00 Depart Desert Rock Airport for Hotel
- 17:30 Arrive Hotel



Advanced I-AMS (iAVID/SPARCS) International April 2016

Wednesday, April 6 – North Las Vegas Airport

NOTE: Laptops, cell phones, cameras permitted

- 07:20 RSL vans arrive at Hotel (meeting in the lobby)
- 07:30 Depart for the North Las Vegas (NLV) Airport
- 08:00 Arrive at the North Las Vegas Airport
- 08:00 SPARCS calibration and preflight checks (**Marvin**)
- 09:00 **Flying Team B–Proficiency flight at Government Wash with simulated data (Marvin) – if needed**
 - Mission Briefing for the survey of GW 1 mission for Team C (**Piotr**)
 - Non-Flying Team**
- 09:00 Processing Calibration Line and Altitude Spiral Data (**Avery**)
 - i. Processing altitude spiral data (air attenuation coefficient and sensitivity coefficient)– demo and practice
- 10:30 **Flying Team B– Returns to North Las Vegas Airport**
 - Flying Team C post-flight debriefing
- 12:00 **Lunch – (casino food court)**
- 13:30 **Flying Team C – Proficiency flight at Government Wash with simulated data (Marvin) – if needed**
 - Mission Briefing for the survey of GW 2 mission for Team D (**Piotr**)
 - Non-Flying Team**
- 13:30 2nd level product generation (background and altitude corrected gross count data, exposure rate calibration) AVID Extraction Matrices - demo (**Jeremy**)
- 14:30 Altitude Correction: AGL, HAE, DEM- Demo (**Avery**)
- 15:00 **Flying Team C – Returns to Desert Rock Airport**
 - Flying Team D post-flight debriefing
- 16:30 Depart NLV Airport for Hotel
- 17:15 Arrive Hotel



Advanced I-AMS (iAVID/SPARCS) International April 2016

Thursday, April 7 – North Las Vegas Airport (NLV)

NOTE: Laptops, cell phones, cameras permitted

- 07:20 RSLN Van arrives at Hotel
- 07:30 Depart for North Las Vegas Airport
- 08:00 Arrive at North Las Vegas Airport
- 08:00 I-AVID and SPARCS Data Management: sequel data base files, GIS shape files, kmz files, mps files, dat file, csv extraction - demo (**Jeremy**)
- 09:00 Data Processing Introduction to Photopeak Extraction – demo and exercise (**Jeremy or Avery, All**)
- 12:00 Lunch (casino food court)
- 13:00 Advanced Isotope Extraction practical exercises (**Avery, All**)
- 15:00 iAVID/SPARCS Enhanced Capabilities Spectral Simulator, and Telemetry – demo (**Piotr**)
 - a) IXP Dispersion Modeling – refresher
 - b) iAVID spectral simulator – proficiency mission planning
- 16:30 Concluding Discussions
- 17:00 Depart NLV Airport for Hotel
- 17:30 Arrive Hotel

