

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：其他)

赴美國能源部國家核子保安總署
(DOE/NNSA)實驗室研習緊急應變技術
與交流會議

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：陳文芳代理副處長、陳思嘉技士

派赴國家：美國

出國期間：103年4月27日至103年5月11日

報告日期：103年6月

摘要

本次赴美研習與參訪行程由美國能源部國家核子保安總署(NNSA)規劃及邀請，研習與討論緊急應變技術合作項目，包括緊急應變輻傷醫療處置、空中輻射偵測技術(Aerial Measuring System, AMS)、國際放射地圖應用地理資訊平台(International Radiological Mapping Application, IRMA)及大氣釋放諮詢中心之國際交換計畫 (International Exchange Program, IXP)等，在台美雙方既有之核能技術交流管道下，就緊急應變作業規劃進行深入的討論及意見交流。

美方安排我方人員赴遙測實驗室(Remote Sensing Laboratory, RSL)、內華達測試基地(Nevada Test Site)及勞倫斯利福摩爾國家實驗室(Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL) 進行參觀與座談。此行除增進我國各項應變及管制技術之知能外，並有效強化台美雙方之核能技術交流合作，同時瞭解美國相關應變作業整備工具之發展現況，汲取相關經驗，可作為我方後續整備作業參考。此外，就近年來我國為萬一發生核子事故時所需空中輻射偵測技術的後續訓練，經雙方討論後，美方也願意提供 4 人膳宿費用之贊助，此有利我國可於今年底多派人員受訓，將更助益我國緊急應變人員能力的提升。

目 次

摘要	(頁碼)
壹、前言	4
貳、行程	5
參、工作紀要	7
一、緊急輻傷醫療處置訓練	7
二、參訪遙測實驗室、內華達測試基地及系統研習	21
三、參訪勞倫斯利福摩爾國家實驗室及系統研習	36
肆、心得與建議	46
伍、附錄	49
附錄一、美國能源部國家核子保安總署(NNSA)邀請文件	49
附錄二、緊急輻傷醫療處置課程表	50
附錄三、參訪遙測實驗室及內華達試驗場行程	52
附錄四、參訪勞倫斯利福摩爾國家實驗室及系統研習行程	55

壹、前言

我國在輻射及核子事故傷害與醫療應變上，因事故發生機率特性而較少有處置經驗，雖然輻射傷患多為非立即致命的急症，但了解輻傷應變人員分工、環境管制及輻傷醫療處置之標準作業流程，仍為平時整備作業重要之一環。田納西州橡樹嶺科學教育機構(Oak Ridge Institute for Science and Education, 簡稱 ORISE)之輻射緊急事件支援及訓練中心 (Radiation Emergency Assistance Center / Training Site, 簡稱 REAC/TS) 被美國能源部指定為國際緊急輻射/核子傷害處理之領導指揮中心，可提供國際上發生核子或輻射災害的國家相關醫療諮詢與協助。本次奉派參與緊急輻傷醫療處置訓練課程，透過課程講解與實務操作，除建立相關體內外曝露劑量計算與除污技術概念之外，更能瞭解輻傷應變標準作業程序與醫療團隊合作之重要性。

經由美國能源部國家核子保安總署(NNSA)安排，參訪遙測實驗室及勞倫斯利福摩爾國家實驗室，實地深入瞭解美國相關核災應變整備工具之發展現況，吸取相關經驗，以作為我方後續整備作業之參考。

於遙測實驗室進行緊急應變技術交流與設施參訪，瞭解遙測實驗室功能與任務分工，以及美方因應核子事故後之偵測團隊作業(包括軟硬體的設施)、緊急應變時通訊網絡支持、空中偵測技術發展以及國際放射地圖應用地理資訊平台(international radiological mapping application, IRMA)簡介及操作使用。

核子事故發生時若能於放射性雲團還未抵達前，利用大氣擴散模式及氣象預報資料預測空浮放射性核種造成的環境污染及健康影響，可做為決策者下達民眾防護行動之重要參考依據，故行程中安排前往勞倫斯利福摩爾國家實驗室進行設施參訪與技術交流，主要任務為美國國家大氣釋放諮詢中心(NARAC)研習國際交換計畫(International Exchange Program, 簡稱 IXP, 為一線上劑量評估系統)。本次規劃之 IXP 進階訓練課程與技術討論會議，使我方劑量評估系統研發人員及氣象專家，與美方相關研究人員進行充分溝通及意見交換，獲益良多，相信對於未來雙方緊急應變技術，尤其在劑量評估系統發展上可提供正向回饋。

貳、行程

行程由原能會核能技術處陳文芳副處長帶領相關技術團隊，進行應變與評估技術學習及經驗交流，成員有原能會核技處陳思嘉技士，交通部中央氣象局鄧仁星博士，及原能會核能研究所盧仲信先生。先由陳思嘉技士於 4 月 27 日出發，4 月 28 日抵達位於美國田納西州橡樹嶺鎮之輻射緊急事件支援及訓練中心（簡稱 REAC/TS），展開為期四天之緊急輻傷醫療處置訓練課程，再與於 5 月 3 日出發的陳文芳副處長等 3 人於拉斯維加斯會合後，至遙測實驗室(Remote Sensing Laboratory, 簡稱 RSL)、及位於舊金山灣區之勞倫斯利福摩爾國家實驗室(Lawrence Livermore National Laboratory, 簡稱 LLNL)進行緊急應變技術研習與意見交流會議，行程詳如表 1。

表 1 赴美研習緊急應變技術(含輻傷處置)與意見交流會議行程

日期	行程內容	地點	備註
04/27 (日)	啓程 (桃園→洛杉磯)	洛杉磯	陳思嘉技士
04/28 (一)	路程：洛杉磯→達拉斯→Knoxville	Oak Ridge	陳思嘉技士
04/29~05/01 (二~四)	Oak Ridge Laboratory：Radiation Emergency Medicine (REM)訓練	Oak Ridge	陳思嘉技士
05/02 (五)	Oak Ridge Laboratory：Radiation Emergency Medicine (REM)訓練 路程：Knoxville→拉斯維加斯	拉斯維加斯	陳思嘉技士
05/03~05/04 (六~日)	資料整理與工作準備	拉斯維加斯	陳文芳副處長、陳思嘉技士、鄧仁星博士及盧仲信先生(全體人員)
05/05~05/06 (一~二)	Remote Sensing Laboratory 參訪及 應變作業系統(IRMA)操作訓練、討 論會議	拉斯維加斯	全體人員
05/07 (三)	Nevada Nuclear Security Site 參訪與討論會議	拉斯維加斯	全體人員
05/08 (四)	路程：拉斯維加斯→舊金山 Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)：IXP 系統訓練	舊金山	全體人員

05/09 (五)	Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)設施參訪與討論會議	舊金山	全體人員
05/10~05/11 (六~日)	返程 (舊金山→桃園)	桃園	

參、工作紀要

一、緊急輻傷醫療處置訓練

(一) 輻射緊急事件支援及訓練中心(REAC/TS)

本次緊急輻傷醫療處置(Radiation Emergency Medicine, 簡稱 REM)課程研習地點為輻射緊急事件支援及訓練中心(簡稱 REAC/TS)，該中心位於田納西州橡樹嶺科學教育機構，自 1976 年起為美國能源部指定之國際緊急輻射 / 核子傷害處理之領導指揮中心，提供國際上發生核子或輻射災害的國家相關醫療諮詢與協助，並支援美國能源部國家核子安全總署(NNSA)緊急應變辦公室及聯邦輻射監測分析中心(FRMAC)。

輻射緊急事件支援及訓練中心提供全年度(24/7)國內外緊急輻射應變服務，具有相當輻傷醫療、輻射體內/外汙染除汙處置經驗之人員及可派遣之儀器設備，同時定期提供相關訓練服務，截至目前為止已提供超過 40 個國家輻射醫療處置訓練及緊急應變處置相關諮詢服務。

(二) 緊急輻傷醫療處置課程紀要

本次課程參加人數共有 20 人，其中 2 位來自加拿大，1 位來自日本，其餘 16 位學員來自於美國各地之醫師、護士、保健物理人員及第一線緊急應變人員(非醫療人員)等，全體與會人員合影如圖 1。正式上課前並針對輻射傷患處理有 5 題小評測，以得知學員於上課前對於輻傷處置之瞭解程度。主要上課內容包括基本保健物理、放射生物學、輻射偵測與防護(含實務操作)、急性輻射症候群(含案例回顧)、輻射劑量計算、緊急輻傷醫療處置(含實戰演練)，課程安排相當紮實，除課堂講習外，更置重點於實務操作課程，分組實際進行輻射事故時之醫療處置演練(Emergency Drill)。



圖 1 與輻射醫療處置課程學員及講師合影

(三)課程重點摘要

1. 保健物理、輻射偵檢儀器操作：

放射物理及基本放射科學知識為處理輻傷病患緊急醫療之基礎，課程一開始介紹基本放射物理知識，進行輻射曝露、輻射汙染、體內汙染等概念說明，並透過實際量測與實作，讓學員瞭解輻射偵檢儀器之操作與使用方法(圖 2)。

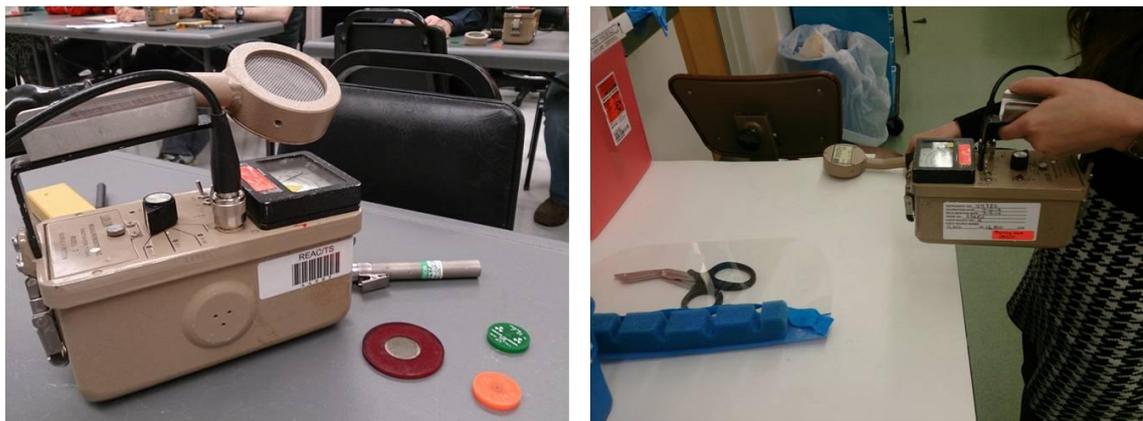


圖 2 輻射偵檢儀器操作

2. 生物劑量評估技術

全身急性輻射曝露情境下，可使用生物劑量計算進行評估，生物劑量計算係利用生物系統對於不同程度輻射曝露而可量測之反應，指標包括臨床徵兆、症狀及蛋白質成份分析學等，目前世界上一致認同之生物劑量計算標準為染色體雙中節分析法，利用辨識染色體傷害程度回推所受之游離輻射劑量。因人體經游離輻射曝露後，淋巴球發生染色體變異，再利用劑量與生物效應的關係，對應出人體在輻射曝露時所接受的劑量。由於雙中節染色體於淋巴球細胞擁有非常低之背景值，也因此具有相對高之敏感度(sensitivity)，其量測閾值為全身劑量範圍在 0.1~2Gy(分析 1,000 個細胞)，並在劑量線性關係上可量測至 5Gy。

目前生物劑量計算使用相當廣泛，較常應用在較高的輻射曝露意外事件，由於部分受曝者可能沒有佩戴人員劑量計，在此情形下，除以現場狀況及判定輻射源的物理特性以評估人員劑量外，亦可使用生物劑量技術評估，但使用此方法的缺點是較為耗費時間(4~5 天)，也因此目前已有許多實驗室發展自動化染色體分析能力。田納西州橡樹嶺生物劑量評估實驗室為聯邦贊助成立(全

美總共只有資助 2 所)，該實驗室隸屬於輻射緊急事件支援及訓練中心 (REAC/TS)，協助評估輻射劑量，相關分析步驟如下：

- ① 血液檢體的運送與血球培養：將白血球及淋巴球置於培養基(37°C 環境下 48 小時)並利用含有維他命、礦物質等培養溶液，加速染色體分裂並使處於易觀察之分裂程度。
- ② 染色體染色與固定：使實驗人員易於在顯微鏡下觀察分裂中期(metaphase)之染色體。
- ③ 利用顯微鏡分析及計算因輻射照射造成之染色體變異數。

3. 早期(快速)體內劑量數值計算

早期劑量數值計算為快速取得體內劑量數值之分析方法，以運用於初步判定曝露程度、分析潛在與未來可能之健康效應，實際上，較為精確之體內評估方法為染色體雙中節分析結果，然而對於部分放射性核種(如 Am241、Pu239 同位素)之體內汙染因有使用 DTPA 治療之時效性，則必須透過早期及快速之劑量估算，來做最及時有效之處置。

體內劑量計算根據進入體內途徑(如吸入、攝入及吸收)而有不同計算模式，並且係以年攝入限度(Annual Limits on Intake, ALIs)作為管制標準，相關數值可於美國環境保護署 Federal Guidance Report No. 11 中查詢(如表 2)，並可進行後續約定等價劑量及有效劑量之計算。以吸入途徑進行劑量計算進行概念說明：用無菌棉棒擦拭鼻腔係一快速且簡單之取樣方法，根據經驗法則，鼻腔取樣之讀值約為吸入劑量之 10%，因此將數值回推後再與年攝入限度進行比較，可據此判定劑量之大小是否需立即作相對應之處置，此外，仍需考慮其他事項，包括(1)交叉汙染之可能，需確認手指是否也有遭受汙染之虞 (2)是否有臉部大面積汙染 (3)放射性核種的大小將會影響吸入後沉積的深度。

表 2 特定核種之年攝入限度(吸入途徑)

核種	吸入之年攝入限度(μci)	活度(dpm)
H-3	30 - Y	6.7 x 10 ⁷
Co-60	0.04 - Y	8.9 x 10 ⁴
U-235, 238	0.007 - W	1.6 x 10 ⁴
Pu-238	0.006 - W	1.3 x 10 ⁴
Pu-239	0.02 - W	4.4 x 10 ⁴

除吸入途徑外，在輻傷醫療處置中常見之體內曝露來源為傷口吸收途徑，根據 NCRP 第 156 號報告，其發展出一套模式進行傷口污染途徑之計算方式，並採用劑量參考水平值 (Derived Reference Level, 簡稱 DRL) –類似於年攝入限度 ALI，惟係適用於傷口曝露途徑，只要得到傷口表面的計量數(圖 3)，並換算成活度(dpm)，再與 DRL 值(表 3)進行比較，可作為體內污染嚴重程度之指標。事實上，準確的劑量仍必須透過生物分析及全身計數等方式進行評估，但對於保健物理人員及醫師而言，此計算方式仍可作為一快速且簡易之評估模式，使輻傷處置人員能立即掌握可能之吸收劑量大小，便於爭取處置之時效性。



圖 3 傷口表面輻射偵測(進行後續傷口曝露途徑劑量計算)

表 3 劑量參考水平值 DRL 值(單位 dpm)

同位素	根據 *	弱	中度	強	極強
鈷 Co-60	ED	1.54E+08	1.54E+08	1.65E+08	2.01E+08
銻 Sr-90	BS	2.20E+07	2.20E+07	2.25E+07	2.38E+07
鎝 Tc-99m	ED	2.00E+11	2.56E+11	9.33E+11	8.78E+11
碘 I-131	Thy	7.06E+07	8.01E+07	1.26E+08	3.46E+08
銫 Cs-137	ED	2.20E+08	2.20E+08	2.23E+08	2.34E+08
銥 Ir-192	ED	4.49E+08	4.66E+08	6.21E+08	1.69E+09
鈾 U-235	BS	8.23E+05	8.23E+05	8.29E+05	8.46E+05
鈾 U-238	BS	8.55E+05	8.55E+05	8.63E+05	8.78E+05
鈾 Pu-239	BS	1.81E+03	1.81E+03	1.85E+03	1.92E+03
鋂 Am-241	BS	1.65E+03	1.65E+03	1.68E+03	1.74E+03
鈾 Cf-252	BS	5.14E+03	5.15E+03	5.75E+03	7.96E+03

* ED = Effective Dose, BS = Bone Surface, Thy = Thyroid

4. 體外曝露劑量的評估方法及早期(快速)體外劑量計算

體外輻射曝露事故發生時，對於受曝病人的醫療措施，將依病人出現之症狀及曝露劑量而定，所以曝露劑量評估是相當重要的，除使用生物劑量計算如染色體分析法或是淋巴球數量分析法等方法外，以下為劑量評估之常見方法：

① 前驅症狀判定法

人員受曝露後之 48 小時以內出現的前驅症狀可以用來推測因曝露所受之劑量。若所受劑量超過 1 Gy，會出現噁心，嘔吐，腹瀉，發燒，神經症狀等前驅症狀，出現時間依曝露劑量而異。劑量愈高，前驅症狀的頻率和嚴重程度愈高，出現時間也愈早(如表 4、5)，另外，不同輻射劑量亦會造成不同程度的皮膚損傷(表 6)。

表 4 前驅症狀及曝露劑量

全身曝露劑量	嘔吐	機率	腹瀉	機率	頭痛	機率
1~2 Gy	>2 小時	10~50 %	無	-	輕微	-
2~4 Gy	1~2 小時	70~90 %	無	-	輕微	-
4~6 Gy	<1 小時	100 %	輕度 3~8 小時	<10%	中度 4~24 小時	50 %
6~8 Gy	<30 分鐘	100 %	重度 1~3 小時	>10 %	重度 3~4 小時	80 %
>8 Gy	<10 分鐘	100 %	重度 數分鐘~1 小時	10 %	重度 1~2 小時	80~90 %

表 5 急性輻射症候群與輻射劑量

劑量	皮膚症狀	發現時間
3 Gy	脫毛	大約17天
6 Gy	紅斑(與灼傷不同)	數分鐘至數週， 和劑量大小有關
10~15 Gy	乾性脫皮	2-3週， 和劑量大小有關
15-20 Gy	濕性脫皮	2-3週， 和劑量大小有關
>25 Gy	深度潰瘍	>3週

表 6 輻射劑量與皮膚損傷關係

劑量	症狀	症狀
0-1 Gy	無明顯症狀	淋巴球數量減少
> 1Gy	血液	厭食, 噁心, 嘔吐, 初期粒細胞增多症及淋巴細胞減少症
> 6-8 Gy	腸胃道	嚴重噁心、嘔吐、腹瀉及全血球低下
> 20 Gy	心血管/神經系統	一小時內嘔吐, 疲勞, 運動失調及精神混亂

② 早期(快速)體外劑量計算：初始之緊急輻傷醫療處置將取決於早期劑量計算結果，因此快速且精確決定輻射劑量，為相當重要之議題。

● 不同射源之計算方式：

(1) 點射源：距離平方反比之規則可用來計算加馬射線及其劑量率，距離平方反比之規則意指當與射源距離變 2 倍則劑量將降為 1/4，除點射源外，離射源之距離需大於三倍射源之直徑大小，方可適用距離平方反比定律，公式如下

$$\text{Equation 1: } (D1) \times (R1)^2 = (D2) \times (R2)^2$$

D1：原始距離

D2：目標物之距離

R1：原始劑量或劑量率

R2：目標物之劑量或劑量率

(2) 線射源，劑量則與距離成反比(1/R, R 指距離)；

(3) 盤狀射源：劑量率與距離關係為介於反比及平方反比之間(1/R ~ 1/R², R 指距離)。

● 某一距離之劑量計算：

$$\text{Equation 2: } D = \frac{\Gamma At}{d^2}$$

D：劑量

A：射源活度

t：曝露時間

d：距離

Γ：加馬常數 (R-cm²/hr-mCi or mSv-cm²/hr-MBq)

- 接觸劑量計算

Equation 3: D = Sat

- D：劑量
- A：射源活度
- t：曝露時間
- S：表面劑量率常數(R/min-Ci or mSv/min-GBq)

早期及快速的劑量估算結果建議仍需與劑量計讀值進行比較，並可與輻射先驅症狀進行比對驗證。

5. 體內汙染處置

放射性物質進入體內的途徑包括吸入、攝入、皮膚吸入及傷口吸收等，可藉由臉部偵測、鼻腔取樣、痰及尿液進行初步篩檢。體內放射性汙染早期診斷與處置，必須先瞭解放射性核種進入體內後之生理機制，從而採取相對應之治療措施，並評估治療成效，體內汙染處置策略方面(表 7)，可透過加速腸胃蠕動 (例如瀉藥)及灌水(水之組成爲氫離子，依此特性用於氫 H-3 核種治療)、利尿加速放射核種排出體外；利用化學特性結合放射性核種使之呈現不可溶狀態，以減少在體內的循環(例如使用普魯士藍)；或是使用穩定性核種來競爭吸收(如鈣離子會與銻 Sr-90 競爭，服用碘片阻礙甲狀腺對碘 I-131 之吸收等)；改變放射性核種的化學狀態 (例如加入碳酸氫鈉來改變鈾 U-235 及 U-238 毒性)，服用螯合物協助清除等(例如 Ca/Zn-DTPA 治療銻 Am-241 及鈾 Pu-239)。

表 7 體內汙染處置

放射性核種	從體內移除放射性核種的方法
銻 Am-241	Ca/Zn-DTPA
銻 Cs-137	口服普魯士藍
鈷 Co-60	可嘗試口服 penicillamine 金屬離子螯合劑
碘 I-131	碘化鉀
銻 Ir-192	可嘗試 penicillamine 金屬離子螯合劑
磷 P-32	口服磷酸鉀或磷酸鈉
鈾 Pu-239	Ca/Zn-DTPA
銻 Sr-90	靜脈注射鈣劑，口服氯化銻，海藻酸鹽
氫 H-3	灌大量水，利尿
鈾 U-235,U-238	Ca/Zn-DTPA(4 小時內);碳酸氫鈉
釷 Y-90	Ca/Zn-DTPA

6. 輻傷醫療處置程序與分組演練

輻射緊急事件支援及訓練中心(REAC/TS)針對輻射事故病患處置已建置一套標準作業程序(圖 4)，於接到輻射事故通知需收置輻傷病患開始，即於急診部劃定管制作業區域範圍，並預先布置(圖 5)，接著進行以下步驟：

- (1) 檢傷分類，先確認病患狀況，醫療救護為第一優先；
- (2) 在穩定病患後，先做初步的輻射偵檢並先瞭解輻射事故情境為體外曝露或是放射性污染；
- (3) 體外曝露途徑：若清楚可能的放射性核種，可先做初步及快速的劑量計算 ($\text{Exposure dose} = A \cdot \Gamma \cdot t / m^2$)，並注意病患是否有嘔吐的現象(若於 2 小時內嘔吐，全身有效劑量約 $>3\text{Gy}$ ；若於 1 小時內嘔吐，則所受劑量可能超過 $4\sim 6\text{Gy}$ ；但若超過 10 小時皆無嘔吐現象，則其全身有效劑量應不到 1Gy)，若病患出現嘔吐情形則通知 REAC/TS 提供協助，接著做全血球計數及白血球分類檢查，每 6~12 小時重複一次；若病患疑似受到高劑量之曝露，可經由染色體分析進行劑量確認，後續得再視病患狀況給予醫療處置；
- (4) 輻射污染途徑：為本次課程實戰演練(emergency drill)項目，演練時間約 1 小時 20 分，20 個學員共分為兩組，一組 10 人，區分為領導者、醫師、護士、保健物理人員、記錄與控制人員，本次由我擔任控制人員，負責控制區域外不得受到任何輻射污染，並負責聯繫 REAC/TS 及其他支援(檢體移送及其他診斷)事項。

- 狀況想定：

急診室接獲通知發生一起輻射事故，2 位工人於核廢料處理廠進行焊接作業時，發生一起爆炸事件，且受到輻射污染，但污染程度不明。在病患送至急診室前，領導者先進行狀況說明與討論，並強調「**Medical treatment comes first**，以醫療處置為第一優先」，於完成任務分工後，進入正式演練，演練過程中，講師並從旁協助(圖 6)。

- 輻射污染基本原則：

- ① 一般而言，受放射性污染的病患將不會對醫護人員有所危害，進行輻傷處置時要將污染控制至最低並適當使用個人防護設備(穿上防護衣，並先檢視及配戴個人劑量計)，於污染地區禁止飲食/吸煙同時避免手與臉部接觸，處置過程中進行合理之除污程序，在離開可能或已

知之污染區前記得先作自我檢查，以避免將污染帶離控制區域；

- ②在做除汙處置時要記住，雖然化學除汙與放射性汙染除汙概念相似，但後者較不具急迫性，也不需“中和”，只須移除放射性汙染物即可，也因此，除汙過程需注意不能讓放射性物質有擴散或沾至其他非汙染區。

- 處置程序：

- ①檢傷分類，以搶救生命之緊急醫療處置為第一優先，同時在醫護人員評估病人的穩定程度過程中，保健物理人員進行簡易快速之全身輻射偵檢，確認是否真有輻射汙染之情形；

- ②移除衣物，因衣物通常涵蓋身體大部分的面積，此動作可大幅降低放射性物質在病患表面之數量，要注意移除之方式係用剪刀剪開，並非撕開，並以遠離病患之方式捲開衣物，若病人願意，幫病人戴上護套，以避免處置過程中髒物飛濺至病人臉上；

- ③病人的床上於事前已放置多層避免汙染之紙張，在移除病人衣物後，先移除第一層紙張，移除過程同時於病人側身時，快速偵檢其背部，以確認是否有明顯之放射性汙染情形，理論上此時之偵檢結果應顯示活度大幅降低(圖 7)；

- ④進行移除之衣物輻射取樣及偵檢，以確認放射性核種之種類，作為評估體內汙染之重要參考；

- ⑤樣本收集，進行鼻腔、口腔與傷口取樣，並進行抽血，交由控制人員進行後續核種確認及血球分析；

- ⑥除汙(順序：傷口→臉部孔道→皮膚)：

傷口除汙：傷口鄰近區域之皮膚必須先使用濕紙巾擦拭進行除汙，以減少或避免重覆汙染欲處置之傷口，並可避免干擾傷口處之輻射計數值。接著使用生理食鹽水緩緩沖洗傷口處，並於周圍使用吸收襯墊收集汙染物並可控制汙染水之流向(圖 8)，反覆進行沖洗動作，並再次進行輻射偵檢，一旦除汙處置有顯著成效(計數率明顯降低)，再用乾淨襯墊覆蓋傷口，值得注意的是，千萬別只注意傷口之輻射汙染，更要注意避免傷口後續可能之細菌感染。

臉部孔道除汙：為較具挑戰之除汙位置，可使用之簡易除汙方法有

限，有時鼻孔之除汙可以藉由簡單擤鼻涕之方式達成，若病患配合度高，則可以請病患坐直，利用噴嘴沖洗鼻道之方式進行除汙。

皮膚除汙：可簡單使用濕紙巾擦拭可能汙染之皮膚表面，若效果不彰，可進一步利用溫水及肥皂作擦拭。

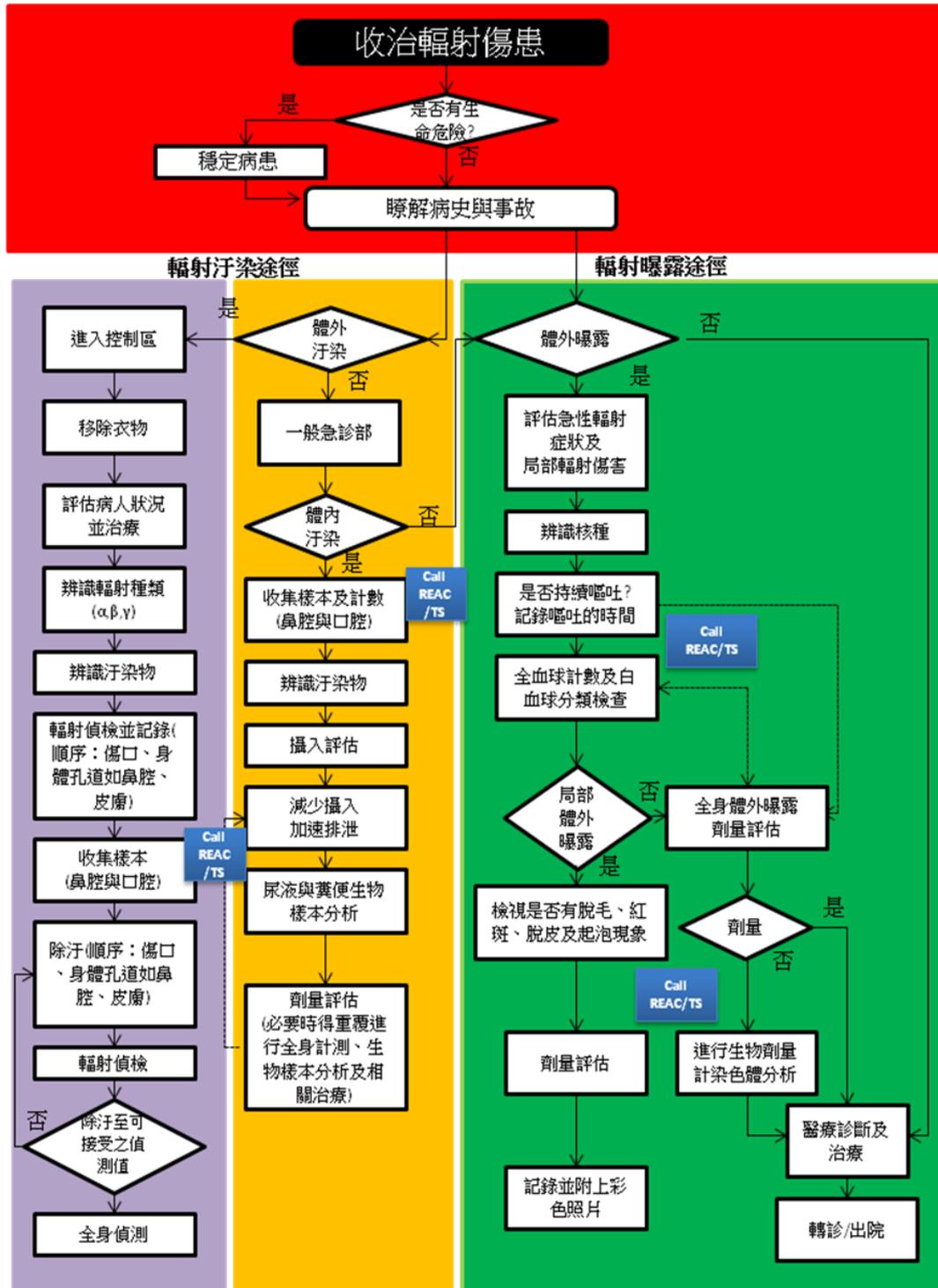


圖 4 REAC/TS 輻射傷害病患標準處置流程圖



圖 5 控制作業區劃定及布置

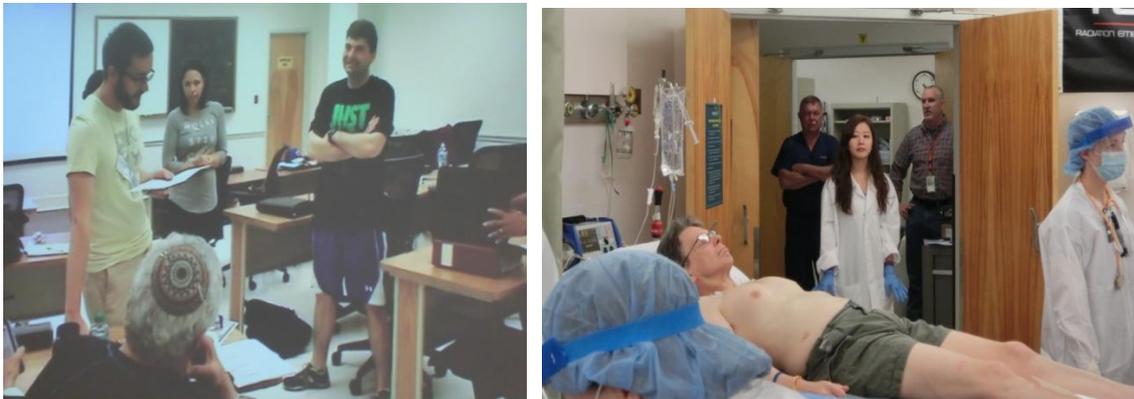


圖 6 演練實況(左：任務分工，右：實戰演練)



圖 7 輻射污染處置(衣物移除與偵檢)

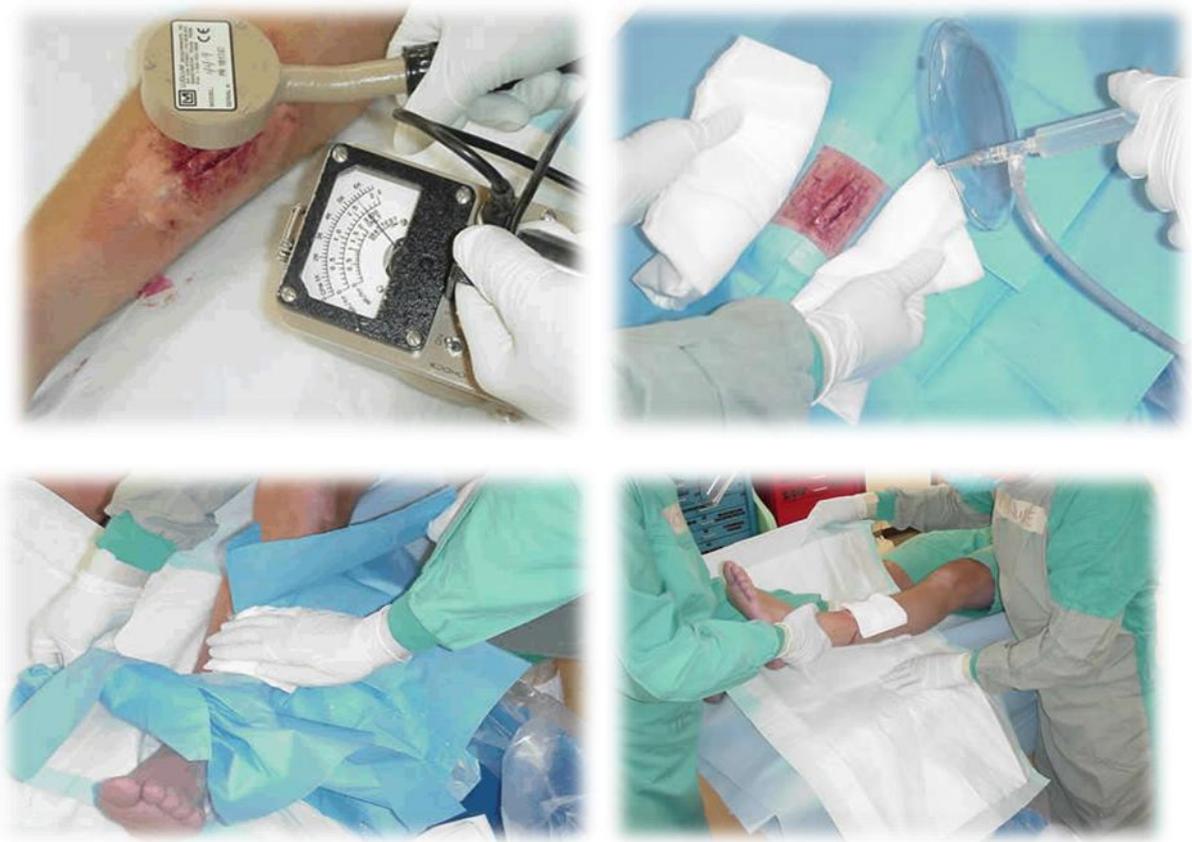


圖 8 傷口之輻射污染處置

(四)課程測驗

歷經為期數天之課堂講習及實作訓練後，研習最後期間並進行開書考試以瞭解學員學習成效，並頒發學員訓練證書(圖 9)。



圖 9 訓練證書

二、參訪遙測實驗室、內華達測試基地及系統研習

(一) 遙測實驗室參訪

遙測實驗室(Remote Sensing Laboratory，簡稱 RSL)位於內華達州內利斯空軍基地(Nellis Air Force Base)內(如圖 10)，須經由安全審核後才能進入，全程亦必須掛戴識別證(圖 11)，RSL 內禁止攜帶電腦、手機、相機及隨身碟等電子產品，於該實驗室期間我方人員之任何行動都需有美方人員陪同。我方人員雖已於行前提供資料由 RSL 人員協助申請識別證，惟因內利斯空軍基地之作業有誤，致於識別證取得上耽擱了約 1 個小時，期間 RSL 實驗室人員雖也多方協調，然因按照規定無證就是不得進入，此可感受到美方對保安要求之嚴格及落實。而 RSL 位於空軍基地之原因包括保安條件及在全球應變作業時可直接搭乘軍機至需救援之國家等。

進入實驗室後，分別由 NNSA 國際緊急應變與合作辦公室副處長 Ann Heinrich，與我方原能會核能技術處副處長陳文芳致詞，期盼未來台美雙方在緊急應變及整備工作上持續保持相互合作與支援。隨後由 Carson Riland 博士介紹 RSL 任務與組織架構：RSL 由國家保安科技公司(National Security Technologies, LLC，簡稱 NSTec)負責維運，組織架構如圖 12。NSTec 總部位於拉斯維加斯，在美國共有九個營運地點，如圖 13 所示，其中 RSL 有兩處，分別位於內利斯空軍基地(Nellis Air Force Base)與華盛頓安德魯斯空軍基地(Andrews Air Force Base)，除能滿足保安需求外，主要在於能機動快速地飛往目的地以執行緊急輻射事故之應變任務。



圖 10 位於內利斯空軍基地的 RSL



圖 11 參訪識別證

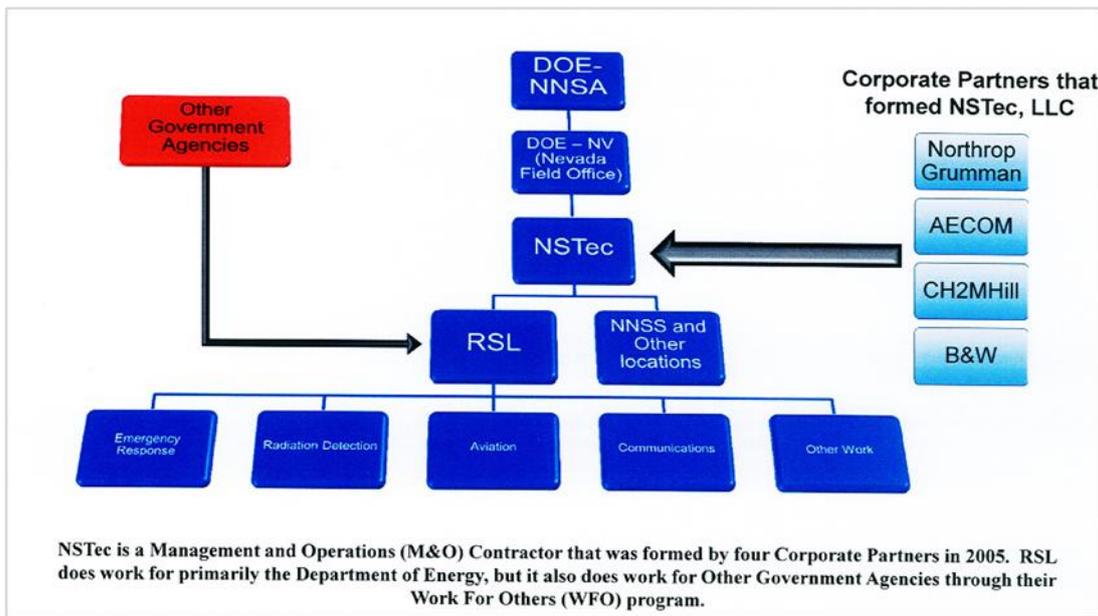


圖 12 NSTec 組織架構圖



圖 13 NSTec 營運地點分布圖

RSL 人力素質由高階科學家與工程師，及不同領域之技術人員組成，擁有各種特殊設施，如網路營運中心，工程、影像實驗室，應變中心，及專屬飛機棚，RSL 兼具應用科技實驗室與作業化組織之特性，且簡報時 Carson Riland 博士也特別強調 RSL 是一個重視科技應用而非純理論研究的實驗室，因此 RSL 自行設計、開發、測試，以及使用其任務所需之設備。RSL 有 24/7 全時待命的輻射事故緊急應變小組，任務支援對象除美國能源部 NNSA 外，還有國防部，執法機關(紐約、拉斯維加斯與洛杉磯警方)，以及國土安全部。RSL 的任務職掌分為危機應變(如尋找被偷竊之射源)、通訊與網路安全、輻射事故災後管理(Consequence Management，簡稱 CM)、任務裝備設計與開發、應用技術研發整合，以及設備測試與評估等。到目前為止 RSL 已完成眾多美國國家安全與國際賽事支援任務，也協助完成美國主要城市放射性背景調查。2011 年的日本福島事故，RSL 也派遣了 AMS 與 CM 團隊，共同協助日本執行輻射量測及劑量評估作業。

過程中我方人員並詢問全時待命小組之人員能量及當時赴日本福島支援的人員數量，Riland 博士回應平時待命人員約有 15 人，而 2011 年約有 33 位同仁前往日本福島。另有關前往應變場地所需之時間，Riland 博士表示，若事故發生在美國境內，4 小時即可完成佈署，因應我方人員提問若台灣需要 RSL 的支援所需花費之時

間，美方則回應 5 天內一定可以抵達台灣並執行相關支援任務。

(二) 緊急通訊網路介紹

緊急通訊網路(Emergency Communication Network，簡稱 ECN)為網路與衛星傳輸技術，具有即時影音與數據資料交換之能力，以提供 DOE/NNSA 決策者緊急狀況下管理其資產及訊息。ECN 源自 1992 年美國能源部對於通訊傳輸不足之需求而發展，目前已具有下列能力：

- 提供機密與非機密之聲音、數據、影音與視訊會議
- DOE/NNSA各辦公室與其下轄國家實驗室，及其他特定政府機關間的專線通訊
- 連接部署NNSA緊急應變網絡資源
- 節點間DS3與T1線路路由替換
- 召開多據點多會議之視訊會議能力
- 多點網路加密
- 高解析度相片、影像與圖片之傳輸能力
- 廣域與區域網路連接
- 專業之資料庫存取
- 以防火牆保護網際網路存取

位於內利斯空軍基地的 RSL 具有直徑 9 公尺之大天線，以有效利用衛星資源及擷取較佳的訊號至接收系統(圖 14)。除架設接收站，RSL 亦提供移動式 ECN 系統給外派作業的團隊，依作業需求從小型碟型天線乃至拖車型裝備(圖 15)。移動式 ECN 系統於 2005 年卡崔納與麗塔颶風重創紐奧良期間支援救援通訊任務，並已驗證其可用性。於日本福島事故期間 ECN 亦發揮其功效，提供相關緊急應變作業通訊支援，此訊息無障礙傳輸的確保，不僅讓應變救災人員可跨時區接力作業，且同步掌握事故狀態、評估分析結果和決策的下達，於應變的效能上提供了強力的後盾；其餘如美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration，簡稱 FAA)緊急應變通訊車，及支援美國國家航空暨太空總署火箭發射等任務，ECN 均成功展現通訊傳遞之能力。

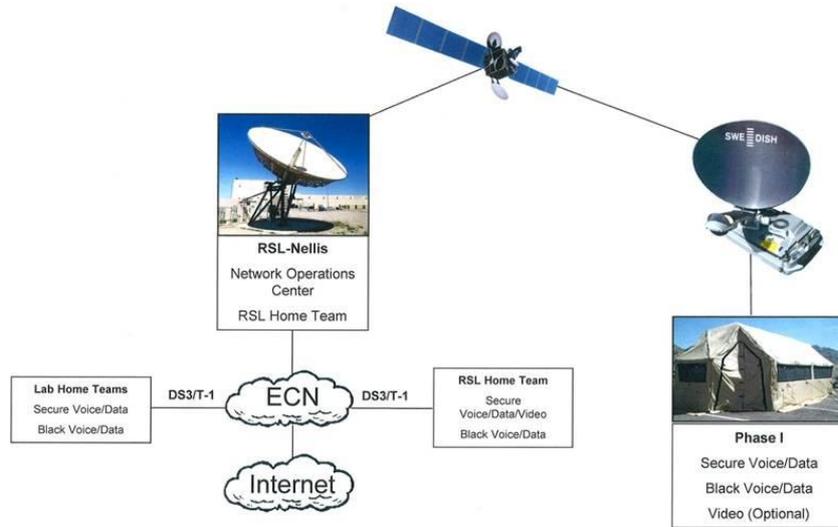


圖 14 緊急通訊網路網路與衛星傳輸



圖 15 移動式 ECN 通訊設備

(三) 輻射事故災後管理使用設備說明

接著前往 RSL 內之飛機棚，內有執行空中偵測任務的直升機與定翼飛機各一架，由 Riland 博士介紹輻射事故災後管理團隊所使用之環境取樣與輻射偵檢儀器，大部分之設備曾於 2012 年 12 月 17 日至 20 日，由 NNSA 及原能會聯合舉辦之「輻射事故災後管理國際訓練」課程中展示過。其所展示之輻射偵檢器

為一般商用儀器，與國內輻射事故緊急應變作業常用之儀器無太大差異；惟環境取樣(水樣、土樣)設備，有些為依需求設計之工具，可因此提升取樣作業效率，此部分值得國內做為參考。

(四)空中偵測系統(Aerial Measuring System，簡稱 AMS)介紹

5月5日上午先由 Piotr Wasiolek 博士以海報方式說明空中偵測系統作業，飛行偵測路線規劃會因量測目的而異，如放射性雲團外釋範圍影響評估、疏散路徑安全性、疏散範圍評估等，飛行路線若為調查放射性核種之沉降情形即以固定間格方式飛行；若為射源搜索定位則以 8 字穿梭飛行等，並強調飛行前與飛行員進行任務講解與溝通之必要性，同時，飛行期間主要負責人員係機上之科學家，因飛行之路線可能因儀器量測結果而有所改變，故偵測路線除事先規劃外也取決於科學家根據偵測結果的判斷，故 NNSA 副處長 Ann Heinrich 也於參訪時再次表達希望我方於年底能派相關人員至 RSL 進行實務上之 AMS 訓練，同時並可觀察美方於實際飛行時，飛行員與科學家之間的溝通協調過程。

Wasiolek 博士曾於福島事故後前往日本實地執行空中偵測任務，並為去年(2013)年底來台辦理 AMS 訓練課程的講師，在實地輻射偵測與數據後處理經驗相當豐富。對於台灣之空中偵測，Wasiolek 博士極希望台灣團隊能有實地作業與數據處理分析的實務經驗，人員完成訓練(包含儀器操作人員與飛行員)後，可利用此系統執行台灣區域背景輻射(baseline survey)，以維持並提升作業執行能力。

5月6日下午繼續空中偵測系統相關議題介紹，先說明遙測實驗室內部團隊(Home Team，即為輻射事故災後管理團隊)在日本福島事故期間，分析 AMS 偵測資料作業情況，該團隊係集合保健物理，劑量評估，偵測儀器，GIS 等不同專業領域的專家，接收自日本空中偵測傳回之資料，並完成資料分析與製圖。團隊成員均受過 GIS 系統操作訓練，具有利用 GIS 軟體執行數據分析處理能力，使空中偵測數據分析與最後結果的呈現能易於瞭解以進行團隊內部溝通，該團隊均利用 ESRI 公司開發之 ArcView 軟體進行處理。

之後由 Wasiolek 博士介紹空中偵測所使用的 SPARCS (Spectral Advanced

Radiological Computer System)系統，包含各組件(圖 16 與圖 17)之功能，操作介面程式(圖 18)等，最後並簡單說明利用 SPARCS-A 量測得到之計數率轉換地表一米高處之劑量分析方法，如圖 19 所示。

訓練課程結束後，我方詢問關於 SPARCS-A 操作程式之更新，與目前國內有一部偵檢器箱儀器異常維修問題，Wasiolek 博士答覆程式更新可透過 NNSA 協助處理，另偵檢器維修問題，則需請 NNSA 國際緊急應變與合作辦公室處長 Vince McClelland 協助安排；後續在舊金山與 Vince McClelland 處長會面後，NNSA 承諾將會派員來台更換儀器。

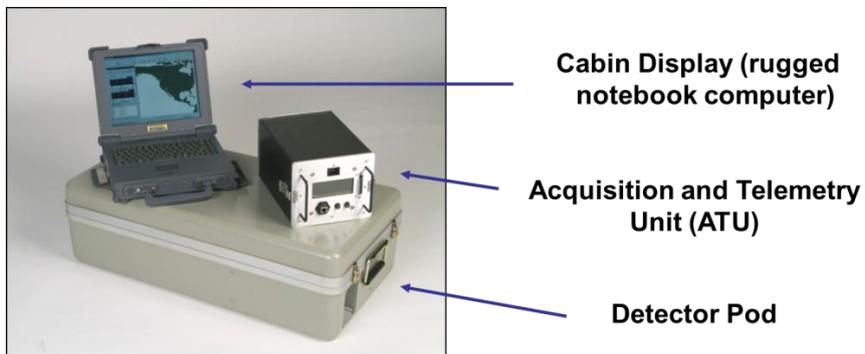


圖 16 SPARCS 系統基本組件

Detector Pod:

- Gamma-ray Detectors
 - Sodium iodide
- 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:
 - 68 lbs (31 kg)



圖 17 SPARCS-A 偵檢儀器箱

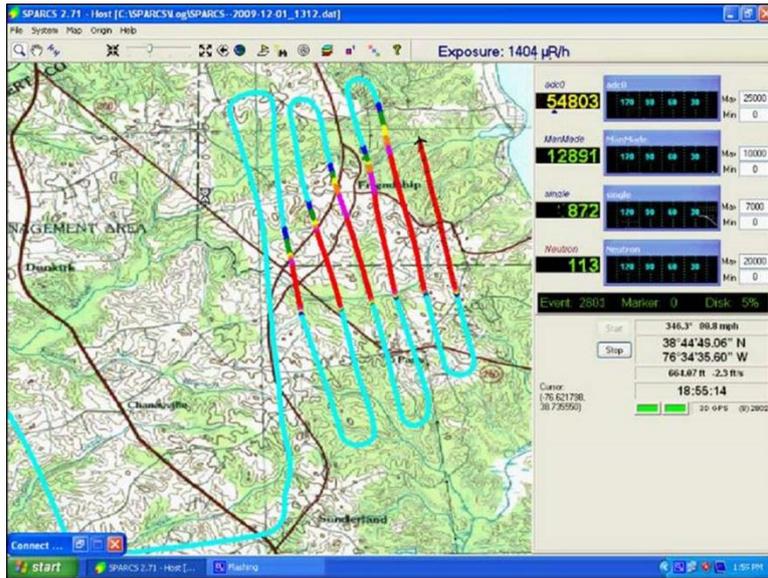


圖 18 SPARCS-A 使用者操作介面

Count Rate to Exposure Rate Conversion Factor

Ground Truth - measure 1 meter exposure rate in survey area using a Pressurized Ionization Chamber (HPIC)

The measured count rates at survey altitude are converted to 1 meter count rates using the following equation:

Conversion factor, CF:

$$CF = \frac{\text{Net (cps) at altitude}}{nSv/h}$$

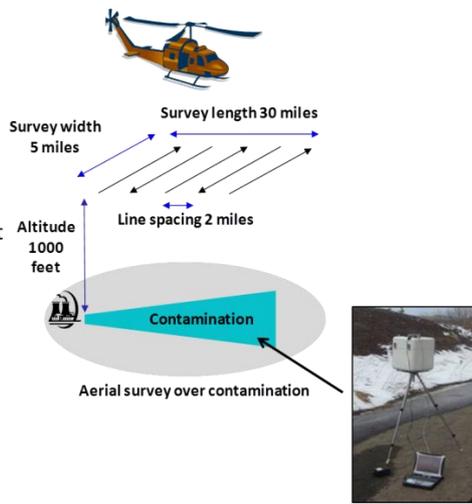


圖 19 SPARCS-A 計數率轉換地表 1 米高劑量率示意圖

(五)國際放射地圖應用地理資訊系統 (International Radiological Mapping Application ，簡稱 IRMA)

IRMA 系統係由 NSTec 所開發，為一網頁架構式地理資訊系統(Web-based GIS)，以帳號密碼作為登入與使用權限區分，IRMA 為 iSAGA 之國際版，提供國際合作之使用者使用。系統具有線上使用手冊(User Guide)，可以提供操作說明。由顯示資訊來看，系統係以 ESRI 公司之 ArcGIS 為基礎所發展。

IRMA 系統區分成 Basemap、Map tools、Live Feeds、Social Media、

Traffic/Routing，及 Add Layers 等六大項操作功能。Basemap 為 GIS 顯示之基底圖，IRMA 具有多項基本圖資可供切換選擇，如 ESRI 與 Bing 的街道與衛星影像圖層，國家地理與等高線地形圖等。Map Tools 為基本 GIS 圖台操作之功能，如建立地點書籤，設定特定地點同心圓緩衝區，繪製圖層與圖例，距離測量，空間搜尋等，Traffic/Routing 具有路線規劃，交通狀況及事故的顯示，其中交通狀況/事故僅有美國當地的資訊。

IRMA 系統最大之特色為引入即時訊息，包含 Live Feeds 的 RSS¹ 訊息接收，以及 Social Media 發布的訊息。RSS 訊息來源有地震、火災、颶風、CNN 與 Reuters 新聞、IAEA 與 NRC 訊息，以及氣象狀況等，如圖 20 所示。社群網站則有 Flickr、Instagram 與 Twitter 等三種，但並不包括 Facebook(考量隱私之保護)。Social Media 的功能列表中的 GeoCOM，可提供線上使用者即時交談(開設公開與個人聊天室)與分享資訊。

Live Feeds 屬於官方或民間組織機構所發布的訊息，這類訊息須經過一定的審核程序後才發布，通常較不具即時性。而引入社群網站訊息，並經由關鍵字搜尋過濾，可以快速得到即時的訊息更新，例如當某一地點發生意外事故，在周遭的民眾可能透過智慧型手機或行動上網裝置，發送事故文字、圖/影片等即時資訊到社群網站，一般發送設備均具有定位功能，因此發送地點與訊息內容相結合，即可在 IRMA 的 GIS 平台顯示事故狀況，如去年波士頓馬拉松之爆炸案，社群網站在破案上也助益甚多。此外，也可透過選擇「正」、「負(如炸彈)」關鍵字的設定，來分析民間推播訊息及預防。在社群網路蓬勃使用的今日，此功能之開發於即時災情蒐集實為一大創新之設計。

Add Layers 功能中，提供匯入及輸出 shapefile 的功能，也可加入 WGS84 座標資訊的影像，加入地圖服務 (Map Service) 等。另外一特殊功能為匯入 NARAC 擴散模式所得到之 shapefile 格式輸出，使 GIS 圖台可套疊模式評估結果，係為不同應變系統間資訊交流之整合。另外系統提供圖像輸出的功能，共支援 PDF、JPG，及 PNG32 等三種輸出格式，輸出圖像則有 A3、A4、Letter

¹ RSS 的全名為 Really Simple Syndication，是一種以 XML 為格式基礎的內容傳送系統。讀者只要下載 RSS 閱讀軟體，即可直接取得有興趣的資訊、看到所有訂閱的文章。

等固定尺寸設定，並分直式或橫式可供選擇。

IRMA 在資料的建立上係以美國本土為基礎，雖提供全球核子設施，國際學校，大使館與使節領事辦事處之資料，然爲了本次我方人員之訓練，IRMA 團隊也於網站建立引入部分台灣資料，惟或因準備時間不足，故在台灣部分位置並不正確，如龍門電廠標示在宜蘭南澳山區外，史瓦濟蘭大使館也標示在台灣海峽上。目前 IRMA 的資料更正與擴充需要皆需透過 NNSA 協助，雖然 NNSA 願意提供我方有關 GIS/IRMA 的使用權，但由於 IRMA 我方僅具有使用權，對於 GIS 核心資料庫與相關圖資並無掌控權，因此也連帶影響我方於此系統的實用性。應用 GIS 系統於協助災害救援與災情管控上已成爲主流，爲瞭解此系統的後續發展，仍將提出我方 GIS/IRMA 使用權聯絡人名單，以便辦理後續有關設定使用者帳戶及密碼等事宜，俾作爲國內相關 GIS 應變平台功能開發之參考。



圖 20 RSS 接收與 IRMA 圖台顯示結果

(六)內華達國家安全區(Nevada National Security Site，簡稱 NNSS)

5月7日參訪 NNSS(Nevada National Security Site)如圖 21 所示，全程由 Bob Keller 先生負責解說，除 NNSA 副處長 Ann Heinrich 與 RSL 的 John Gelsthorpe

先生陪同外，還有二位 IAEA 官員同行。美國於 1945 年於新墨西哥州 Trinity Site 完成第一次核試爆後，即將核武實驗轉移到太平洋(主要為馬紹爾群島，後續 LLNL 參訪中有相關議題簡報)，後因保安與後勤補給考量，轉向尋找陸地試爆場，1950 年 12 月 18 日由杜魯門總統授權位於內華達州南部(拉斯維加斯西北方 65 英里處)，屬內利斯空軍射擊靶場(Nellis Air Force Gunnery and Bombing Range) 680 平方英里區域作為內華達試驗區(Nevada Proving Grounds)，1955 年更名為內華達測試場(Nevada Test Site，簡稱 NTS)。

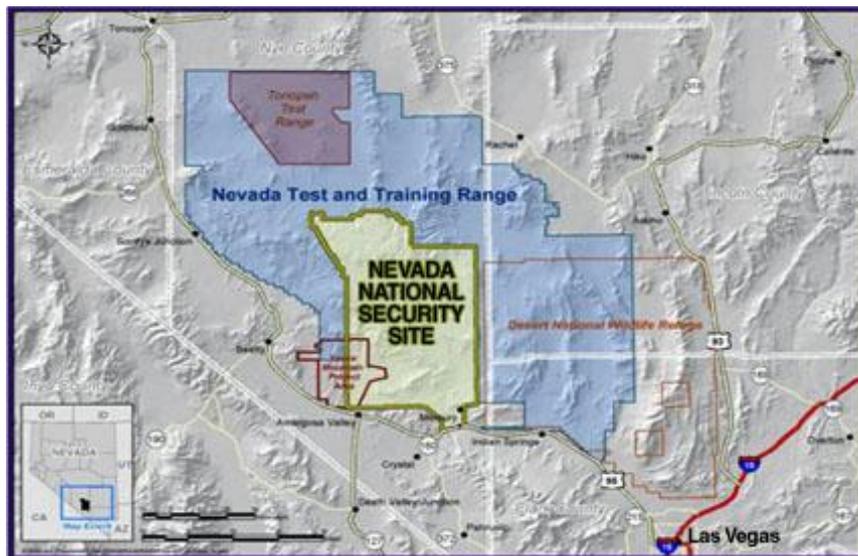


圖 21 NNSS 位置圖

1951 年 1 月 27 日第一次大氣層核測試於 NTS 引爆，至 1962 年 7 月共進行 100 次大氣層試爆。1963 年 8 月 5 日，美國、蘇聯和英國三國於莫斯科簽署有限核禁試條約(Limited Test Ban Treaty)後，即催生了地底核測試的年代，1992 年 9 月 23 日最後一次代號為 Divider 之地底核試爆，期間美國共進行了 828 次地底測試。

在完成共 928 次核試爆後，全尺度(full-scale)的核試爆隨著 1992 年美蘇法加入全面禁止核子試驗(Comprehensive Nuclear-Test-Ban)後走入歷史。在此情況下，美國為維護其核武儲備量之安全與可靠性，NTS 於地底超過 900 英尺 U1a 坑道開啓次臨界實驗。2010 年 NTS 更名為內華達國家安全區(Nevada National Security Site，NNSS)。

60 多年來，NNSS 在美國國家安全上佔有極重要的地位。在今日，這個場地仍提供國家實驗室獨特與不可或缺的實驗能力展現場所，以支援核能原料庫存管理專案(Stockpile Stewardship Program)的需求。在核子/放射性事故之測試、訓練與緊急應變方面，此場地也成爲國土安全之國家標竿。除了過往核子研究與試爆區域的環境除污，NNSS 也與大學、工業界及其他聯邦機關合作舉辦非防禦性研究、發展與訓練活動。

NNSS 基地由 NSTec 管理營運，本次主要參訪放射性廢料處置設施 (Radioactive Waste Management Complex, RWMC)，ICECAP，Sedan Crater，T-1 Training Area 等地點與設施。

❶ RWMC 位於 NNSS 第 5 區內，土地面積約 200 英畝，主要處置低階 (Low-Level Waste, LLW) 與複合性低階 (Mixed Low-Level Waste, MLLW) 之放射性廢棄物，NNSS 因環境乾燥，地下水層深，及地處偏僻，有利於 LLW 與 MLLW 之處置。由於放射性低且承裝容器已提供足夠保護，LLW 與 MLLW 容器通常不需經特殊設備或包封處理。MLLW 與 LLW 分開處置，係以建置多層內襯及具滲濾液收集系統之槽室 (cell) 貯存。對照仍在運作中的第 5 區 (圖 22)，土地面積約 128 英畝主要處置低階的第 3 區已於 2006 年停止運作。而對於放射性廢棄物的處理、包裝、運送、文件登載等也都有法規標準，並需經審查後實施。而對於貯存場址也進行空氣、地下水和土壤的環境監測，俾確保放射性物質無遷移，根據目前的監測資料皆無超過法規限值。



圖 22 第 5 區放射性廢棄物運送及處置

❷ ICECAP 爲 152 英尺高之組合式塔樓，是 NNSS 內著名的地標，塔樓內

為 1600 英尺深的豎井，塔樓內有一 7 英尺寬承載測試儀器之鏈條架，核子裝置綁在鏈條架底端，以乾冰冷卻，此為 ICECAP 名稱的由來，乾冰使核子裝置冷卻至華氏零下 42 度，以模擬飛彈系統在太空中所遭遇的溫度。ICECAP 原定 1993 年春天進行地底核測試，後因老布希總統於 1992 年 10 月 3 日簽署地底核測試禁令後終止，因此塔樓現今依舊留在 NNSS 第 7 區未因試爆被摧毀。

③ Sedan Crater 為 NNSS 最大之彈坑，於 1962 年 7 月 6 日形成，當時美國計畫測試核武器能否用於開鑿工程目的，利用核爆炸開挖運河、港灣，穿過山脈之美路或高路公路等，試驗利用 104 千噸之熱核子(thermonuclear)裝置，於地下 635 英尺引爆，驚天的爆炸移除了 1,200 萬噸的土壤，造成直徑 1,280 英尺，320 英尺深的彈坑。NNSA 安排我方參訪團於 Sedan Crater 參觀平台上合影(圖 23)。

④ T-1 Training Area 為因應大規模放射性 / 核子散佈武器 (Radiological/Nuclear Weapons of mass distribution, WMD) 之應變人員訓練場地，由於此地點曾於 1952~1957 年間進行核試爆，目前土壤中仍存在低放射性，適合模擬放射性攻擊後之污染散佈情境。

負責解說的 Bob Keller 先生是位退休的資深工作人員，對 NNSS 及核彈的發展有很深入的解說，於進入 NNSS 的管制哨前他提及以往環保團體的抗議活動及目前的民眾溝通活動，包括 1989 年訂定的環境經營計畫(Environmental Management Plan)，即為污染場址的重建使用安全、負責的方法來處理廢棄物，相關訊息需通知相關利害團體，再加上 Operation Clean Desert、Open house 等活動和展覽、出版品及網站上資訊的公開，故已不復見環保團體的示威抗議了。

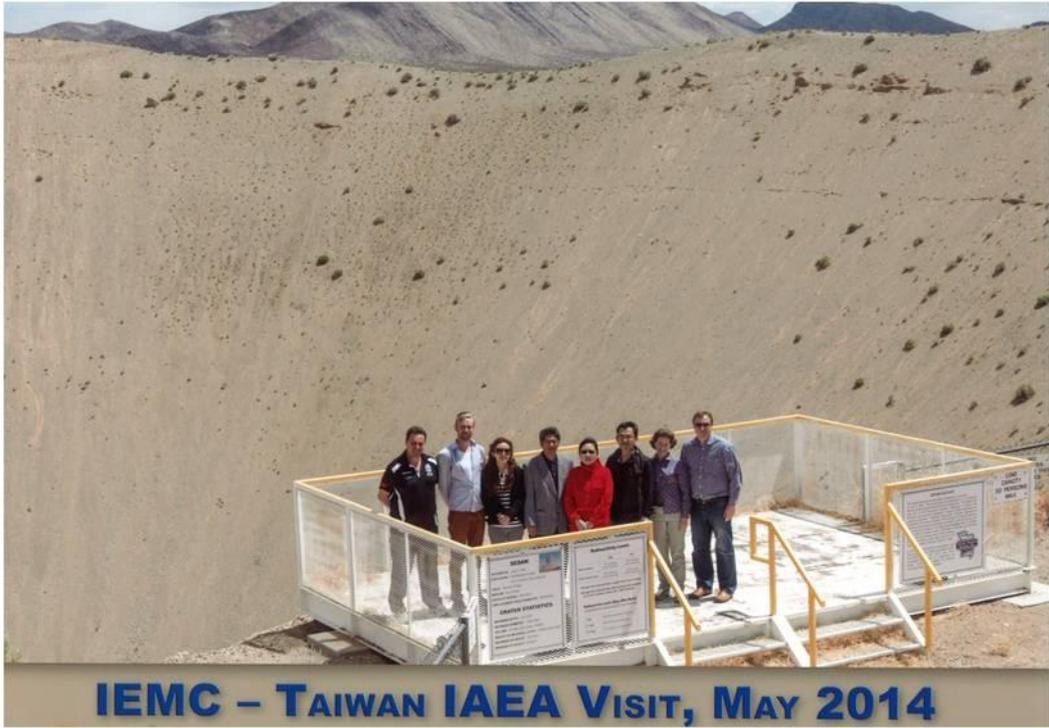


圖 23 參訪內華達試驗場後合影

三、參訪勞倫斯利福摩爾國家實驗室及系統研習

(一)參訪 LLNL 之美國國家大氣釋放諮詢中心及系統研習

美國國家大氣釋放諮詢中心((National Atmospheric Release Advisory Center, 簡稱 NARAC)位於 LLNL 內, 該國家實驗室亦同樣禁止攜帶手機、電腦等電子產品, 並須先辦理具個人相片識別證。參訪過程首先由剛從菲律賓出差趕來的 NNSA 副署長 Joseph Krol 將軍先致歡迎辭, 處長 Vince McClelland 與副處長 Ann Heinrich 亦在場陪同, 接著由 Lee Glascoe 博士進行 NARAC 任務說明與 IXP 簡介。NARAC 提供工具與服務計算出因意外或惡意攻擊所釋出之有害物質的分布狀況, 並提供大氣擴散運算模型供緊急應變決策人員作為採行防護行動的參考, 以保護受影響區域的民眾。NARAC 能夠預測評估許多不同類型的放射性大氣釋放事故: 核能電廠事故、放射性物質爆炸擴散事故、工業意外事故、運輸交通意外事故等。有關核電廠事故的實際應用上, NARAC 模式曾應用於車諾比事故、三哩島事故以及日本福島事故中。NARAC 目前約有 25 名不同專業領域之專家, 進行模式與系統開發及維運, 其中約有 3 人負責 IXP, 但非特定 3 人, 而是依計畫執行需求指派。

過程中我方針對為何當時日本福島事故發生時, 美國公民被要求撤離 80 公里, 是否係參考 NARAC 之評估結果; 美方澄清主要是因為當時日本福島核災發生時, 係在地震及海嘯過後, 故受災地區基本民生基礎供應(如電力)缺乏, 雖然撤離至 80 公里外過於保守, 但對於美國來說撤離遠一點並無不妥, 但主要撤離距離的考量並非為劑量之因素。

簡報結束後隨即轉往 NARAC 訓練教室, 本次研習主要為國際交換計畫(International Exchange Program, 簡稱 IXP)的進階研習課程, 時程自 5 月 8 日下午至 5 月 9 日上午, IXP 提供快速、三維模式的電腦運算工具, 可計算全球核能電廠放射性物質外釋時所造成放射煙雲之沉積、曝露率、地表污染情形、受影響人口以及提供民眾防護行動建議等。此系統為線上運算且可提供 24 小時*7 天全天候放射性擴散與雲團模式計算服務, IXP 軟體可運算的項目至少包括 1.基本射源 2.爆炸 3.線射源 4.煙囪排放 5.火災等, 依據事故狀況所評估

之放射性物質外釋情節、氣象及地形條件，預估放射物質的大氣擴散情形及民眾可能接受之輻射劑量。IXP 所使用的模式為 NARAC 發展之 ADAPT 三維氣象模式與蒙地卡羅三維粒子擴散模式，系統也提供匯入 HotSpot 程式輸入檔 (current.hot)，於 IXP 系統顯示 HotSpot 計算結果。IXP 內建全球的大氣氣象資料庫、地理資訊與人口資料、以及事故發生地點、放射性物質排放量與核種等資料，可作為事故前危機管理規劃、訓練演習以及應用到真實的放射性污染事故。

IXP 系統於評估完成後可選擇以總結報告(Consequence Report)方式呈現，條列所有評估條件，與地圖套疊之圖像化評估結果，另外也提供互動式地圖 (Active Map)的方式，使用者可自行調整圖層資料設定，如地圖尺寸、底圖種類選擇(Google 街道、Google 混和、衛星影像等…)、網格風場、雲團(plume)中心線，以客製化圖像呈現結果，另外評估結果除圖像格式(pdf、jpg、png)輸出外，亦可以匯出 shapefile 跟 KMZ 檔案。

課程一開始即進行 IXP 網頁與不同外釋類型介紹，並以台灣龍門電廠為例進行運跑，初步運跑結果發現人口數等背景資料有誤，針對我方之疑問，Glascoc 博士說明 IXP 之全球地理資訊及人口資料係由 Los Alamos National Laboratory 及 Oak Ridge National Laboratory 提供，所顯示之影響區域或防護行動建議人口數僅提供參考，另有關人口數之更新頻次，美方人員答覆約 5 至 10 年更新一次，因此針對台灣人口數之估計有相當的不準度。

IXP 進階訓練，除簡單 case 運跑外，並進行其他細部功能介紹，在外釋射源項部分，輸入值為總外釋量，預設為單一外釋放射性核種條件，或使用 NARAC 的混和放射性核種(組成為 Cs-137：0.901%，I-131：9.009%，Xe-133：90.090%)，及使用者自訂放射性核種等三種方式，其中使用者自定須於個人帳號上設定，可以自定多達 20 種外釋核種。在外釋持續時間與雲團追蹤時間方面，預設最長為 23 小時 59 分鐘，評估結束後，透過「再次運跑」(Run Again)的功能，選擇修正輸入設定(Modify Input)中的進階設定(Advanced)選項，則可設定雲團追蹤(繪圖)時間最多達 5 天(120 小時)，並設定雲團輸出時間間隔，依此設定最後可以產生出動態雲團軌跡動畫(avi 檔案格式)。此外，IXP 可於線上

傳送訊息與分享案例運跑結果給其他使用者，使大家可以針對同一案例進行結果討論。

另一項功能為上載實際輻射偵檢測值，即於事故時將量測值依 NARAC 規定格式上載於 IXP，以回推射源項，但需由 NARAC 人員執行，系統無法直接回饋結果，Glascoe 博士表示由於射源項回推牽涉太多未知參數，因此 IXP 系統並未建立自動化以量測資料修正模擬參數之功能。本次課程比較大的突破為開放我方人員進行其它國家(即境外核災)之劑量計算權限，惟範圍限制於 500 公里，因此目前僅可計算臨近大陸區域之電廠(需知道經緯度)核子事故之劑量評估。

研習過程中，我方研發人員及氣象專家針對 IXP 現在最長可執行 5 天的評估預報(正常是 1 天)，再由此結果外延至 7 天的劑量(主要是運算資源的考量)，與美方有激烈的討論，雙方並同意其在某些特定情況下會有明顯的誤差。

IXP 課程結束後，接著進行 HotSpot 簡介與操作說明，HotSpot 放射性物質事故安全評估程式為 LLNL 開發，係可攜式且運算快速之緊急應變程式，該程式採用保守的高斯煙羽(Gaussian plume model) 大氣擴散模式，高斯模式目前仍被公認是大氣擴散計算基本的工具，且為大部份美國政府官方指引文件所採用，也被美國環保署(Environmental Protection Agency)認可。此計算模式經過多年的測試與驗證，足夠進行即時擴散分析或保守安全分析。由於 HotSpot 採用高斯擴散模式，使用條件也因此受到限制，適用近地層(near surface)排放，短距離(小於 10 公里)擴散評估，及短時間(小於 24 小時)之外釋持續間隔，評估環境則適用於平坦地形與單一風向風速的氣象條件。

劑量轉換因子方面，HotSpot 採用美國聯邦指引 11、12 與 13 號報告(Federal Guidance Reports 11,12 and 13, FGR-11, FGR-12, FGR-13)中呼吸、空氣浸身和地表照射劑量轉換因子(DCFs: Dose Conversion Factors)，除了呼吸途徑 50 年約定有效等效劑量 DCF 外，也可被選用為評估確定效應所需的急性(1、4、30 天) DCFs 值，此急性模式可用來評估短時間內高輻射劑量，所產生立即放射性健康影響(適用的器官包括肺、小腸壁以及紅骨髓)。

近年來由於輻射彈恐怖攻擊威脅影響，許多國家也借用此程式作為輻射彈應變時之評估工具。HotSpot 程式僅適合微軟視窗作業系統，可由 NARAC 網址註冊個人資料後免費下載使用，最新版本為 3.0，HotSpot 具有詳細的使用手冊可供下載，程式本身亦有完整的線上說明，於使用操作上可獲得充分之文件支援。

課程結束後我方人員與處長 Vince McClelland 及 Lee Glascoe 博士討論各國自行發展之劑量評估系統是否可以 IXP 取代，處長 Vince McClelland 則建議各國仍應有自行發展之劑量評估系統，因為每個國家擁有自己國家較為精確之人口、地理及氣象資料，但 IXP 仍可作為快速計算之參考。

(二)輻射支援方案(Radiological Assistance Program，簡稱 RAP)

RAP 為美國能源部第一線應變單位(主要成員為輻射工作人員，保健物理人員及偵測、支援人員等)，評估情況並提供資訊以判定是否需後續應變作業，以保護民眾與環境。RAP 具放射性分類能力，提供其他聯邦部門、州政府及地方政府輻射緊急應變協助，以辨認未知之輻射源和提出可能的風險建議。RAP 於輻射事故應變時期，提供加馬能譜分析之結果，以協助現場應變人員和其他 NNSA 應變團隊，亦可協助聯邦其他部門和州政府主管部門搜索放射性射源或物質；於平時提供第一線警消人員或其他有需要單位相關訓練。RAP 在全美區分為 8 個地區及首府區，分別由 DOE 分區辦公室負責，每個地區擁有一至數個 RAP 團隊，每隊 9 名成員配備多種偵檢器，提供應變建議及支援提供民眾資訊，DOE 依事故規模派遣不同數量的 RAP 團隊。

簡報結束後並前往參訪 RAP 之應變工具(圖 24)，除完善之個人防護裝備，應變所需之車輛與輻射偵檢器亦隨時待命，在輻射偵檢器中 RAP 配有類似 SPARCS 之商用(ORTEC)大型 NaI 偵檢系統，且具有包覆 PE 之 He-3 中子偵檢器，如圖 25 所示。



圖 24 PAP 應變工具參訪前合影



圖 25 RAP 配備之 NaI 與 He-3 偵檢器

(三)防範核物料走私簡報(Nuclear Smuggling Overview Briefing)

LLNL 就歷年來在防範和查獲核物料走私進行簡報，強調核武和輻射彈的威脅是一直真實存在，故防範是必要的，雖經由查獲數據顯示多非屬核物料，但總計仍有高達 16 公斤的濃縮鈾(濃縮比率 20%~90%+)和 0.4 公斤的鈾，也分享了擒獲的個案包括 1999 年保加利亞約 4 克的 72%濃縮鈾、2001 年巴黎約 0.5 克的 70~80%濃縮鈾、2003 年和 2006 年喬治亞等案(圖 26)，也強調在黑市中甚多核物料騙局有近 3,100 件號稱擁有濃縮鈾或鈾，經查獲發現都非屬實，然這

些破獲案件都耗掉許多的人物力，不過經這些年的努力仍尚未找出真正的供需途徑。

聽完簡報後，我方分享自 94 年起原能會即逐年配合相關單位辦理輻射彈應變救援演練，也協助將輻射彈緊急應變作業納入現有的災害應變機制中，且每年定期辦理輻射災害應變作業講習。此外，我國的高雄港為大港倡議(Megaport initiative)計畫的港口，設有門框式輻射偵檢器，是全世界第一個採用偵檢訊號無線傳輸的港口，開始運作迄今均能適切掌握現場異常狀況的處理，偶爾發現少量超過管制劑量之廢鐵貨櫃或福島事故後的日本貨櫃時，均按照程序通知原能會並實施詳細偵檢作業，迄今尚無重大非法物質闖關之紀錄。另外，在「國際衛生條例」(International Health Regulations, IHR) 下我國已完成桃園國際機場港埠核心能力建置，未來還有包括臺北國際機場、高雄國際機場、臺中清泉崗機場、基隆港、臺中港會繼續建置，此對提升港埠的輻射偵檢、緊急事件的應變能力，會有很大的提升。

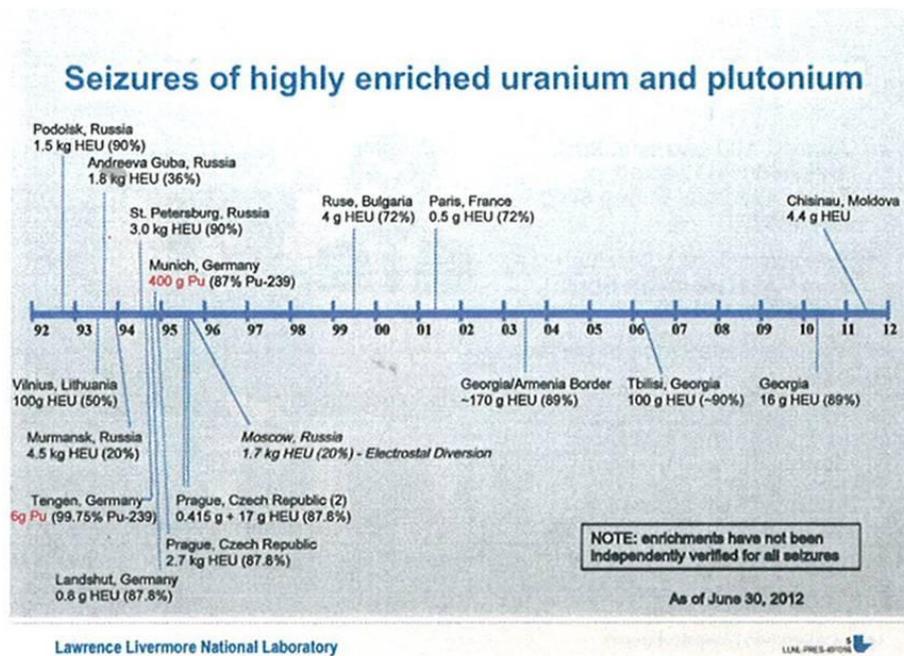


圖 26 核物料走私查獲情形說明

(四)參訪 LLNL 之加速器質譜儀中心(Center for Accelerator Mass Spectrometry，簡稱 CAMS)

加速器質譜儀(Accelerator Mass Spectrometry, 簡稱 AMS)是一種重要分析儀器，特別是針對長半衰期核種，當它無法利用衰變計讀或者傳統的質譜儀進行分析時，本項儀器即為首選。它的原理乃將加速器與質譜儀進行結合，加速器質譜儀由離子源、注入系統、串列靜電加速器、高能分析傳輸系統、離子探測器以及數據獲取系統組成。相對於傳統的 beta counting AMS 具有超高的靈敏度，只需超微量的樣品分析量(約 1mg)，即可精確分析微量的如鈹-10、碳-14、鋁-26、氯-36、碘-129 等長半衰期放射性同位素與其穩定同位素的比值。AMS 的缺點為樣品前處理費時，樣品檢驗費用高，且儀器之維護費亦為高成本。全世界約有二十五組之 AMS 機器，分佈於美國、加拿大、歐洲地區、日本、中國、俄羅斯及南非，其應用領域包括考古學、天文學、地球科學、生命科學、環境科學、材料科學、生物醫學、核物理及核能非擴散(Nuclear non-proliferation) 研究等領域。

CAMS 共有兩部加速器，分別為 10 M VFN Tandem Van de Graaff Accelerator (串級范式加速器)及 NEC 1 MV Tandem Accelerator(串級加速器)。到訪 CAMS 後先看了影片，瞭解 CAMS 自 1988 年正式運轉，每年量測國內外樣品數超過 25,000 個，目前進行中的研究領域包括考古學、大氣化學、古地震學、古氣候學、海洋環流、地殼的變形與運動、礦產生物利用度和代謝利用、碳循環動力學、細胞和分子生物學、燃燒機制與替代燃料、檢測核燃料的再處理、法醫識別年代推定、廣島與車諾比事件劑量重建等。導覽中研究人員告知在南亞大海嘯時，該中心也協助遺體年齡的鑑定。

AMS 具有高靈敏度，根據不同粒子的拐彎半徑不同可以容易地捕捉到碳-14，近年來它亦被應用於生物醫學研究，包括毒物學、藥物測試、藥物動力學研究、阿滋海默氏症等等，可在實驗室中的展示海報中看到他們的生物醫學成果介紹。

(五)馬紹爾群島改善計畫(Marshall Islands Remediation Program)

1945 年至 1968 年間，美國建立太平洋試驗場，於馬紹爾群島(圖 27)上進行多達 67 次的核子試爆，主要在 Bikini 與 Enewetak 環礁。馬紹爾群島的核試驗佔美國所有核試驗約 14%，而在馬紹爾群島核試驗的當量總和佔美國所有核

試驗的 80%，約為 210 億噸。其中當量最大的一次核試驗為 1954 年 3 月 1 日城堡行動(Operation Castle) 的 Bravo 核試驗，當量為 15 萬噸，其放射性降塵飄散到有人居住的島嶼如 Rongelap 與 Utrök 等。目前美國能源部透過健康研究辦公室(Office of Health Studies)對這些受影響的島嶼持續提供環境監測、健康照護及醫療服務。

簡報由 Terry Hamilton 博士說明，首先以介紹 1946 年的十字路行動 (Operation Crossroad)及 1954 年的城堡行動開始，Bravo 測試嚴重破壞美國與馬紹爾群島居民的關係，並受到全球對大氣層核試爆的抗議與指責。Bikini 環礁於 1968 年宣稱已達安全程度，於 1968-1972 年間開始新建房舍與重啟農耕，1972 年幾戶家庭返回。1978 年 10 月，139 位民眾被發現體內 Cs-137 含量超過身體最大容許值，美國當局立即遷移島上民眾。1978 年 DOE 開啓北馬紹爾群島放射性調查(The Northern Marshall Islands Radiological Survey, NMIRS)，並於 1982 年公布調查報告。



圖 27 馬紹爾群島

根據輻射曝露途徑分析(圖 28)，由於吃入當地種植之食物，造成 Cs-137 為主要的劑量來源，因此改善計畫須先了解 Cs-137 及其他重要放射性核種，如 Pu 的循環特性，同時透過民眾全身計測及尿樣分析進行研究。針對 Cs-137 之改善措施可透過乾淨粉碎後之珊瑚礁置換居民聚落與居住區域 15-25 公分的表

土，降低體外劑量的輻射曝露率；食用作物與果樹則可施以鉀肥，降低植物對 Cs-137 的吸收率。經過這些改善措施，平均年背景劑量 (約 1.9 mSv) 加上 Rongelap 島上因核試爆造成之總年劑量(約 0.03 mSv)遠低於美國與歐洲之平均年背景輻射劑量(約 2 mSv)。

Hamilton 博士在總結時提到，整個改善計畫執行最大之挑戰為建立公眾之信任，如早期之數據發布及相關資訊透明化，民眾與當地科學家、環保團體建議之衝突等，而所能做的就是持續不斷的溝通對話。

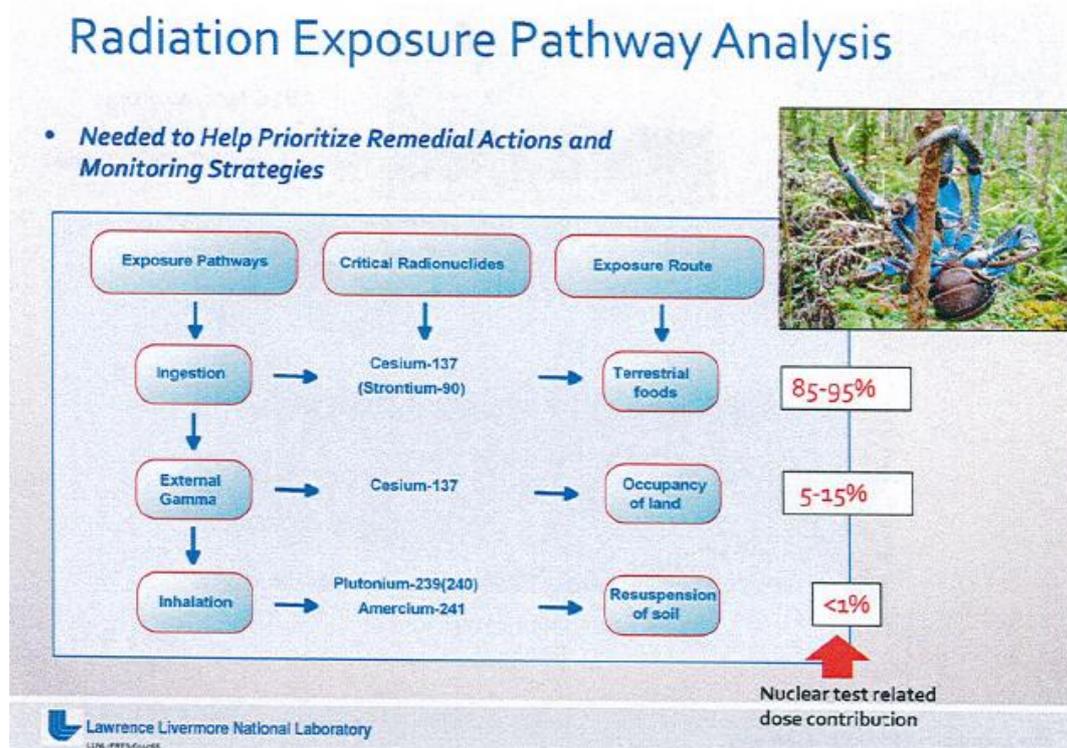


圖 28 馬紹爾群島輻射曝露途徑分析結果

(六) 國家點火設施(National Ignition Facility, NIF)參訪

國家點火設施是美國的一座雷射型核融合裝置²。這個設施由勞倫斯利弗莫爾國家實驗室建造。NIF 使用雷射(Laser)達成極大高溫高壓施加於一小粒氫燃料球上啟動核融反應。NIF 也是人類史上最大的雷射型核融合設施和世界上最大的雷射裝置，而且目標是一旦點火後就能自給自足長期形成融合能量輸出。截至 2013 年 10 月 7 日，此設施是第一個從核融合(Nuclear Fusion)產生比從雷

² NIF 說明資料主要參考來源為維基百科。

射(Laser)吸收的能量更多的輸出能量。

整套 NIF 要運作必須啓動 60,000 具各種高科技裝置包含電路、高壓電、光學、機械構造、自動透鏡、能量感應器、監視器、雷射、和一套電腦診斷安全系統。完成這項創舉除了大量藉助電腦化自動控制還依賴大量有經驗的政府與廠商人員得以達成。誤差不能超過 30 picosec (即 30 乘上 10 的負 12 次方)。NIF 的準確度必須像在舊金山投球射中 560 公里外的洛杉磯的一個籃框。要達到如此之準確度，NIF 的雷射裝置至關重要，整套設備必須零震動及零熱漲冷縮且所有機械都需幾近完美。



圖 29 NIF 展示及參觀合影

肆、心得與建議

一、持續與 NNSA 技術交流，藉由派員受訓或辦理訓練，強化我應變整備能力

我國於 2011 年 5 月 26 日與 DOE/NNSA 簽署「核事故與輻防意外事件交流合作意向聲明書」，此項合作提供國內核子事故國外通報與支援合作業務一個重要夥伴，可做為國內核子事故緊急應變工作國外技術支援與後盾。2012 年起，我國與 NNSA 也多次透過訓練課程的合作，由 NNSA 派員來台辦理訓練，有效提升國內緊急應變及輻射傷害處理能力。而本次經由 NNSA 之安排與邀約，藉由研習參訪座談深入瞭解其防災應變所發展的科技，對我國核災應變整備助益甚多，且經由與美方人員積極交換意見，獲得許多寶貴經驗。此外，就空中輻射偵測技術的後續訓練，討論協商後達成美方提供 4 人膳宿贊助我國年底前派員之共識，此將更助益我國緊急應變人員能力的提升。

二、強化傳達輻射傷患醫療處置以「搶救生命為第一優先」，且我國已有應變整備

第一線應變人員於進行輻射傷患醫療處置時，必須永遠記得「搶救生命為第一優先，輻射污染則為次要處置」，醫護人員不要過度擔心搶救病患時會受到放射性物質污染及輻射傷害，此外，基本輻射防護知識養成、輻射偵檢儀器配帶準則及安全標準作業流程之建立為輻傷急救責任醫院平時整備作業重要之一環。日本 311 事故發生後，台灣民眾對核災發生所需之輻傷醫療整備有不足之疑慮，然若基於「搶救生命為第一優先，輻射污染則為次要處置」原則，及對照福島核災初期統計僅約 10 名之民眾遭受輕微輻射污染，並未發生大規模民眾輻射傷害之情形。且我國政府已建構中央、區域及地方三層級之緊急醫療指揮架構，目前國內計有第二、三級 19 家核災急救責任醫院，亦有多家醫院設有核子醫學科及放射治療科，必要時均可提供輻傷醫療救護協助。為此應於與民眾溝通時傳達已有輻傷醫療整備之正確訊息，俾消弭民慮。

三、持續精進輻射監測技術與積極引入 GIS，作為應變決策之基石

核子事故緊急應變作業中，輻射監測結果可作為中央災害應變中心決策之重要

參考依據，美方 AMS 以及 SPARCS 系統針對不同防護目的規劃 5 種不同飛行路徑類型，實際飛行時，科學家及儀器操作員會隨機飛行，依實測值，並經與飛行員討論後，在任務及安全考量下，決定實際飛行路徑及高度，實測原始資料會於飛機落地後，傳至各相關單位進行分析，並依相關單位之需求製作分析圖表，以利後續應變作業工作討論，也因此各領域之專家均擁有 GIS 製圖能力，此方面能力的建立可作為我方相關應變人員之借鏡。

四、完備空中輻射偵測作業有賴輻射與飛行雙方領域專家之合作

美方於空中偵測任務飛行期間，主要負責人係機上之科學家，飛行之路線及時程可能因儀器量測結果而有所改變，此外，機上科學家的存在，亦可同時保證執行任務飛行人員之安全，也因此，機上科學家及輻射偵檢儀器操作人員與飛行人員之間的溝通為執行任務相當重要之環節。而我國空中輻射偵測作業係由原能會輻射監測中心與國防部負責，在歷次核安演習中，因應飛行安全問題，非軍方人員不得上機，相關制度建立與任務執行完整性與美方仍有差距。

五、防災整備與地理資訊系統結合已是潮流，並應引入

防災整備與地理資訊系統之結合為國際上共同趨勢，美方發展之 IRMA 系統，雖在台灣方面資訊不全，但其系統功能及介面仍可作為我方精進之參考，事實上，我國目前亦有相關核子事故緊急應變工作平台及緊急應變電子地圖等相仿系統。然 IRMA 系統中最大特色為引入即時訊息，包含 Live Feeds 的 RSS 訊息接收，以及 Social Media 發布的訊息。在 Social media 蓬勃發展應用的時代如何將此面向的訊息納入，而多收集應變時在地的災情資訊傳輸予決策者，確需平時就作好整備和聯繫。故未來可借鏡此 IRMA 系統進行我國核子事故緊急應變資訊之有效整合。

六、持續熟練應用 IXP 快速劑量評估作為平時演練及災時應變之數據參考

核子事故發生時，若能有效掌握外釋放射性物質分布狀況，對後續緊急應變民眾防護行動決策指令下達助益甚大，本次參訪 LLNL 並進行 IXP 系統進階訓練課程，過程發現在人口、地理與氣象等相關數據有相當的不準度，因此確立持續發展國內劑量評估系統之必要性，而 IXP 快速劑量評估之特性與分析結果仍可作為我方

平時演練及災時應變之數據參考。

伍、附錄

附錄一、美國能源部國家核子保安總署(NNSA)邀請文件

Subject: Letter of Invitation for an Emergency Management Delegation

Dear Mr. Chao:

Pursuant to the Joint Standing Committee on Nuclear Energy Cooperation with Taiwan, the Department of Energy Office of International Emergency Management and Cooperation is pleased to invite Ms. Wen-Fang Chen, Deputy Director, Nuclear Technology Department, Atomic Energy Council, and her delegation to exchange views on emergency management and to visit key emergency management facilities at the Remote Sensing Laboratory and Nevada Nuclear Security Site, both in Las Vegas, Nevada and Lawrence Livermore National Laboratory, in Livermore, California. The dates for the visit to these sites is May 5 – 9, 2014. A draft schedule for the visit is enclosed for your consideration.

In addition, we invite Ms. Szu-Chia Chen to attend the Radiation Emergency Medicine training course from April 29 to May 2 in Oak Ridge, Tennessee at the Radiation Emergency Center Training Site (REAC/TS).

For purposes of applying for a visa to the United States, the names of the delegation members are invited to participate attend the meeting:

1. Ms. CHEN, Wen-Fang, Deputy Director, Nuclear Technology Department, Atomic Energy Council, Head of Delegation
2. Ms. CHEN, Szu-Chia, Associate Technical Specialist, Nuclear Technology Department, AEC (will also attend training in the US April 29-May 2)
3. Mr. LU, Chung-Hsin, Assistant Engineer, Institute of Nuclear Energy Research
4. Mr. CHOU, Yu-Hsiang, Assistant Developer, Institute of Nuclear Energy Research
5. Mr. TENG, Jen-Hsin, Associate Researcher, Central Weather Bureau, Ministry of Transportation and Communications

Kindly note that expenses for travel, lodging, etc., will be paid by the participants.

If there are any questions, please contact me at: ann.heinrich@nnsa.doe.gov or 202-586-8165.

Very truly yours,



Ann Heinrich

Enclosure: Draft Schedule of Activities

附錄二、緊急輻傷醫療處置課程表

緊急輻傷醫療處置課程表

RADIATION EMERGENCY MEDICINE – 29 APRIL – 2 MAY, 2014

<i>Day/Date</i>	<i>Time</i>	<i>Topic</i>	<i>Lecturer</i>
Tuesday	8:00 AM	Registration	REAC/TS Staff
29 APR 2014	8:15 AM	Introductions to REAC/TS (Section 1)	Hart/Beauchamp
	9:00 AM	Break	
	9:10 AM	BASIC HEALTH PHYSICS I (Section 2)	Sugarman
	10:00 AM	Break	
	10:10 AM	BASIC HEALTH PHYSICS II (Section 3)	Sugarman
	11:00 AM	Break	
	11:10 AM	BASIC RADIATION BIOLOGY (Section 4)	Livingston
	12:00 N	Group Photo Session & Lunch Break	
	1:15 PM	RADIATION DETECTION, (Section 5) MONITORING, PROTECTION (Laboratory Exercise)	Jenkins, Murdock, Beauchamp
	3:15 PM	Break	
	3:30 PM	ACUTE RADIATION SYNDROME (ARS) (Section 6)	Goans
	4:20 PM	Break	
	4:30 PM	TEAM ORGANIZATION (Section 7)	Hart
	5:00 PM	Adjourn	
	5:30 PM	Get Acquainted Social & Dinner at the New China Palace in Oak Ridge.	Hosted by REAC/TS
Wednesday	8:00 AM	LOCAL RADIATION INJURY (LRI) & CASE REVIEW: YANANGO PERU (Section 8)	Iddins
30 APR 2014	9:00 AM	Break	
	9:10 AM	OVERVIEW: COMMON SOURCES OF RADIATION (Section 9)	Sugarman
	10:10 AM	Break	
	10:20 AM	MANAGEMENT OF INTERNAL CONTAMINATION (Section 10)	Christensen
	11:10 AM	Break	
	11:20 AM	DOSE MAGNITUDE ESTIMATION (Section 11)	Sugarman
	12:20 AM	Lunch (Video – Lost World: Secret Cities of the A-Bomb)	Participants (lunch on your own)
	1:20 PM	RADIATION EMERGENCY AREA PROTOCOL (Section 12)	Beauchamp
	2:00 PM	Break	
	2:10 PM	WALK-THROUGH/DEMONSTRATION (Section 13)	Beauchamp, Hart, Murdock, Jenkins
	3:40 PM	Break	
	3:50 PM	SKILLS STATION I SKILLS STATION II	Hart Beauchamp
	5:00 PM	Adjourn	

Thursday	8:00 AM	MEDICAL MANAGEMENT OF CRITICALITY ACCIDENTS (Section 14)	Christensen
1 MAY 2014	8:50 AM	Break	
	9:00 AM	Emergency Drill (Group A)	Participants/Staff
		Guided Tour of the AMSE (Group B)	Bingham
	10:50 AM	Break	
	11:00 AM	Emergency Drill (Group B)	Participants/Staff
		Guided Tour of the AMSE (Group A)	Bingham
	12:50 PM	Break	
	1:00 PM	Working Lunch at REAC/TS Review Emergency Drill Videotapes	Hosted by REAC/TS
	2:00 PM	Drill Critique	Participants/Staff
	2:50 PM	Break	
	3:00 PM	CASE REVIEW: LOCAL RADIATION (LRI) & CUTANEOUS RADIATION SYNDROME (CRS) (Section 15)	Iddins
	3:50 PM	Break	
	4:00 PM	CASE REVIEW: GOIANIA BRAZIL (Section 16)	Sugarman
	4:50 PM	Adjourn	
Friday	8:00 AM	A HISTORY OF SERIOUS RADIOLOGICAL INCIDENTS (Section 17)	Christensen
2 MAY 2014	9:00 AM	Break	
	9:15 AM	PUBLIC INFORMATION IN RADIATION ACCIDENTS (Section 18)	Edmond
	10:30 AM	Break	
	10:40 AM	PUBLIC HEALTH CONSIDERATIONS FOR RADIOLOGICAL/NUCLEAR INCIDENTS (Section 19)	Toohey
	11:20 AM	Question & Answer Session Remarks Teaching Aids (Section 20) Glossary of Medical Terms (Sec 20) Prussian Blue, Ca-DTPA & Zn-DTPA Information Package Inserts (Section 21) Course Critique / Course Assessment (Section 22)	Participants & Staff
	12:00 N	Course Ends – Travel Home Safely!	

附錄三、參訪遙測實驗室及內華達試驗場行程

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

IEMC Technical Exchange Visit – Taiwan
Remote Sensing Laboratory Nellis – Nevada National Security Site
Las Vegas, Nevada, USA
May 5-7, 2014

May 5 – Tour and Meeting (Remote Sensing Laboratory, Nellis AFB – Auditorium/Hangar/NOC/ROC)

0845 Transportation – Stratosphere Hotel Main Lobby Entrance

0915 Arrive Remote Sensing Laboratory

0930 Welcome and Introductions

0940 National Nuclear Security Administration Overview (NA-46)

0950 Remote Sensing Laboratory Overview Capabilities

1015 Tour: Nuclear Radiological Advisory Team / West

1030 Tour: Aerial Measuring System (AMS)

1045 Tour: Consequence Management

1100 Tour: Emergency Communications Network

1130 Depart for Lunch

1200 No Host Lunch – Location to be determined

1330 Geospatial Information Systems (GIS) Training

1500 Break

1330 GIS Training continues

1645 Wrap up discussions / Administrative Announcements and Adjournment

International Emergency Management and Cooperation

May 6 – Meeting (Remote Sensing Laboratory, Nellis AFB – Auditorium/NOC)

0845 Transportation – Stratosphere Hotel Main Lobby Entrance

0915 Arrive Remote Sensing Laboratory

0925 Welcome and Announcements

0930 GIS Training continues

1045 Break

1100 GIS Training continues

1200 Depart for Lunch

1215 No Host Lunch – BX Food Court or Officer's Club

1330 Home Team Briefing and Discussions

1445 Break

1500 AMS and SPARCS Briefing

1600 Wrap up discussions / Administrative Announcements and Adjournment

International Emergency Management and Cooperation

May 7 will be at the DOE Nevada National Security Site (NNSS) which is a secure site located about 1.5 hour drive from Las Vegas. Passport required for entry. A phone number will be provided for emergency calls. No cameras, phones, pagers, computers, or electronics of any type are allowed. Be sure to wear comfortable clothes and closed toe shoes (No shorts please).

May 7 - Tour (Nevada National Security Site)

0730 Transportation – Stratosphere Hotel Lobby Entrance

0900 Arrive at Nevada National Security Site

0915 Nevada National Security Site Tour

0945 Tour: Bilby Crater

1000 Tour: Icecap

1100 Tour: Sedan Crater (Group photo)

1200 No Host Lunch: Bistro

1300 Drive by T1 Training Area

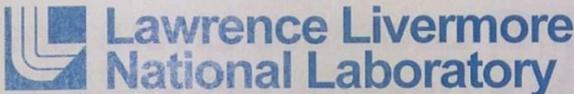
1400 Tour: Area 5 Radioactive Waste Management Complex

1500 Tour: Frenchman Flat

1530 Depart NNSS for Hotel

1700 Arrive at Hotel

附錄四、參訪勞倫斯利福摩爾國家實驗室及系統研習行程

		
TAIWAN VISITORS LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY (LLNL) National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC) Bldg. 170, R1018 Thursday 8 May 2014		
1:00 p.m.	Arrive at LLNL Badge Office Transport to B170	Karen Roland
1:30 pm.	Opening Remarks	Ann Heinrich/Lee Glascoe
1:45 p.m.	IXP/Hotspot Overview	Lee Glascoe
2:45 p.m.	(Break - walk to Training Center, T1889/Classroom 1)	
3:00 p.m.	IXP/Hotspot Basic Hands-On	Lee Glascoe
5:00 p.m.	Adjourn	
5:30 p.m.	No Host Dinner (TBD)	
Friday 9 May 2014		
8:00 a.m.	Arrive at LLNL Badge Office	Karen Roland
	Advance training will be conducted concurrent with briefings (8:15am - 3:15pm). Visitors can choose to attend training or briefings/tours.	
8:15 a.m.	IXP/Hotspot Advance Hands-On Training Transport to Training Center, T1889	Lee Glascoe
8:15 a.m.	Nuclear Smuggling Overview Briefing Transport to NARAC, B170, R1153	Rob Allen
9:15 a.m.	Transport to CAMS, B190	
9:30 a.m.	Center for Accelerator Mass Spectrometry Tour	Graham Bench
10:30 a.m.	Transport to Research Drive	
10:45 a.m.	Radiological Assistance Program Briefing (Research Dr.)	Dave Trombino
11:45 a.m.	Lunch (TBD)	
1:00 p.m.	Marshall Islands Remediation Program (B170, R1153)	Terry Hamilton
2:00 p.m.	Transport to NIF, B581	
2:15 p.m.	National Ignition Facility Tour	NIF Guide
3:15 p.m.	Transport to B170	
3:30 p.m.	Wrap Up/Adjourn	All