

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：實習)

**RAMP 訓練與非破壞檢測輻射安全
及應變訓練**

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：陳思嘉技正

派赴國家：美國

出國期間：106 年 10 月 14 日至 106 年 10 月 29 日

報告日期：106 年 12 月 12 日

摘要

本次赴美研習行程由美國核能安全管制委員會(以下簡稱美國核管會)規劃及邀請，包括 RAMP 使用者交流會議及非破壞檢測輻射安全及應變訓練，其目的係在台美雙方既有之技術交流管道下，就緊急應變作業工具與輻射事故防護作為進行深入的了解及意見交流。此行除增進我國各項整備應變知能外，並可有效強化台美雙方之核能技術交流合作，同時瞭解美國相關核子事故及輻射災害應變作業整備工具之發展現況，汲取相關經驗，將更助益我國緊急應變人員能力的提升。

目 次

摘要	(頁碼)
壹、目的.....	4
貳、行程.....	5
參、工作紀要.....	6
一、RAMP 使用者交流會議	6
二、非破壞檢測輻射安全及應變訓練.....	21
肆、心得與建議.....	28
伍、附錄.....	30
附錄一、RAMP 使用者交流會議議程	30
附錄二、2017 秋季 RAMP 電子報	32
附錄三、非破壞檢測輻射安全及應變訓練課程表.....	36

壹、目的

RAMP 為輻射防護電腦程式分析及維護計畫 **Radiation Protection Code Analysis and Maintenance Program** 之縮寫，其電腦程式涵蓋範圍包括緊急整備與應變(RASCAL)、皮膚劑量計算(VARSKIN)、核電廠執照發照評估(MILDOS)及大氣擴散(XOQDOQ)等。每年美國核管會於美國境內及國際各舉辦一次使用者討論交流會議。我國於 2016 年與美國簽署合約，成為 RAMP 電腦程式使用國之一，美國核管會並於 2017 年四月時來我國辦理第二屆國際 RAMP 使用者會議，在我國辦理期間有熱烈交流與討論，本次美國境內使用者會議再度邀請臺灣派員參與，並承諾將於今年底將新版程式納入臺灣電廠資訊，使我國使用者在緊急應變上有更多運用。本次公差除接受輻射防護電腦程式 RASCAL 研習訓練外，並參與緊急應變相關電腦程式討論會，與各國緊急應變相關人員進行討論與意見交流，可作為我方後續應變作業參考。

非破壞檢測為游離輻射在工業上極重要之應用，舉凡航太、醫療、石油化工管線、鐵路運輸、機械等都可以找到極佳的應用實例。然而，若因人為疏忽或使用不當，亦可能造成操作人員受到過高的曝露或發生射源遺失等輻射意外事件。因而此次非破壞檢測輻射安全及應變訓練課程之目的為從輻射安全防護觀念，了解非破壞檢測作業流程、操作人員資格與訓練、及放射性射源運輸之安全管制作業等，使萬一發生意外事件時能迅速有效的執行相關應變處置。

貳、行程

本次赴美國公差期間為 10 月 14 日(六)至 10 月 29 日(日)，共計 16 天。第一週 10 月 16 日至 10 月 20 日於美國核管會參加 RAMP 使用者會議，進行 RASCAL 訓練課程研習並參與相關應變程式(RASCAL 及 TurboFRMAC)討論會議，除瞭解 RASCAL 未來最新版本規劃進度外，並與現場各國緊急應變代表進行意見交流，議程詳見附錄一。第二週 10 月 23 日至 10 月 27 日則轉赴紐澳良參與由美國核管會主辦之非破壞檢測輻射安全及應變訓練，除課堂講授外，輔以實際操作熟悉非破壞檢測作業方式與流程，並瞭解非破壞照相檢測過程中可能發生的意外狀況與相對應的應變作業。16 日公差行程詳如表 1。

表 1 赴美研習 RAMP 訓練與非破壞檢測輻射安全及應變訓練行程

日期	行程內容	地點
10/14~10/15 (六~日)	路程：臺灣→紐約→華盛頓 DC	華盛頓 DC
10/16~10/20 (一~五)	RAMP 使用者秋季會議	華盛頓 DC
10/21 (六)	資料整理與工作準備	華盛頓 DC
10/22 (日)	路程：華盛頓 DC→紐澳良	紐澳良
10/23~10/27 (一~五)	非破壞檢測輻射安全及應變訓練(至 27 日上午)	紐澳良
10/27 (五)	下午路程：紐澳良→洛杉磯	洛杉磯
10/28~10/29 (六~日)	返程 (洛杉磯→臺灣)	臺灣

參、工作紀要

一、RAMP 使用者交流會議

(一) 2017 秋季 RAMP 使用者交流會議

本次 RAMP 使用者交流會議為期 5 天，辦理地點為美國核管會總部，除行前須提供護照影本等資料外，每日皆須核對護照及安檢後才能進入，全程亦必須掛戴識別證(圖 1)，於會議期間參訪人員至其他樓層參加討論會議都需有美方人員陪同，可見美國聯邦單位對保安要求之嚴格及落實。RAMP 使用者會議由美國核管會管制研究辦公室主管 Michael Weber 致詞揭開序幕，RAMP 計畫主管 Stephanie Bush-Godard 並接續說明本次 RAMP 使用者交流會議相關背景資訊：RAMP 的主要領域為輻射防護研究，其目的是改善和幫助確保國際上放射性物質的安全管制，建立核電廠持照評估和緊急應變輻射劑量的技術，並進行相關開發研究，希冀藉由此計畫，讓各國能在同一平台上能有更多有效的交流。我國於 2016 年與美國簽署合約，成為 RAMP 電腦程式使用國之一，美國核管會並於 2017 年四月時赴我國辦理第二屆國際 RAMP 使用者會議，相關照片與成果除置於 RAMP 網頁的新聞稿外，更於會中發放給全部參與者做為參考資料(如附錄二)。

截至目前(2017 年 10 月)為止，RAMP 共有超過 1000 位註冊使用者及 9 個使用簽約機關，而本次使用者會議參與者超過 70 位，包括來自臺灣、澳洲、加拿大、坦尚尼亞聯合共和國、南非、西班牙、阿拉伯聯合大公國、南韓等輻射安全管制機關及持照者等代表，美國亦有多位來自州政府與其他部會及教授學者共同參與，閉幕典禮合影如圖 2。

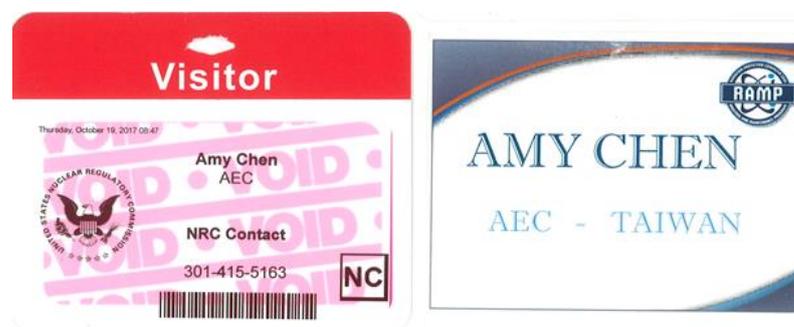


圖 1 參訪識別證



圖 2 RAMP 使用者會議閉幕典禮合影

(二) RASCAL 課程紀要

2017 年秋季 RAMP 使用者會議涵蓋 RASCAL(緊急整備與應變)、VARSKIN(皮膚劑量計算)、MILDOS(核電廠執照發照評估)、RESRAD(環境影響劑量計算)等電腦程式課程與討論會議，因應課程為數個程式同步進行(附錄一)，本人僅能參加與緊急應變相關之 RASCAL 程式課程與討論會議。RASCAL 為事故後果分析輻射評估系統 **R**adiological **A**ssessment **S**ystem for **C**onsequence **A**na**L**ysis 之縮寫，為緊急應變分析工具，用於核電廠或其他核設施發生放射性物質外釋之廠外輻射劑量分析工具，以供緊急應變人員能於短時間內瞭解預期劑量的概況，以作相對應的應變處置。課程講師為美國核管會保健物理師 Jeff Kowalczyk 及顧問 George Athey。本次研習除課程內容介紹外，整體課程透過案例實際操作與討論，讓在場使用者熟悉最新版 RASCAL(4.3.2 版)參數輸入、運跑與運跑結果判讀，相當紮實，全體 RASCAL 與會人員合影如圖 3，結訓完成獲頒證書如圖 4。



圖 3 RASCAL 課程學員及講師合影



圖 4 RAMP 結訓獲頒證書

(三)RASCAL 程式介紹

1. RASCAL 概述：

RASCAL 程式自 1990 年代中期開始研發，現行版本 4.3.2 為參考日本福島經驗及多次演練回饋之修正版本，包括納入長期電廠全黑(Long-term station

blackout source term)、廠外評估範圍擴大至 100miles、外釋時間延長至 96 小時、新增孩童甲狀腺劑量計算、線上連線取得即時氣象與預報資料及客製化射源項等新功能。

RASCAL 為一程式可在核子事故放射性物質外釋情況下，快速提供射源項資訊及劑量計算，除可針對不同電廠事故情境，如喪失冷卻水(Loss Of Coolant Accident, LOCA)、長期喪失外電(Long-Term Station BlackOut, LTSBO)、多機組事故及燃料池喪失冷卻水等進行快速計算外，亦可與實際偵測值進行比較。

RASCAL 的使用時機如圖 5，主要適用於事故初期 (外釋期間射源項 Source Term Dose, STDose)及事故中期(已停止外釋，以實際偵測值作為射源項 Field Measurement Dose, FMDose)之應變。RASCAL 較不適用事故中後期(攝入期)之應變，建議改用 TurboFRMAC 程式，其為美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)主導研發，將於項目(四)說明。

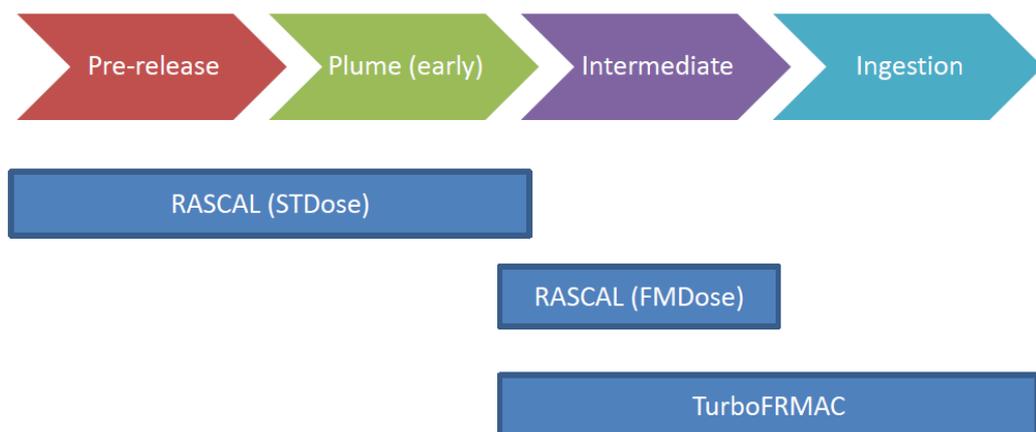


圖 5 RASCAL 於核子事故緊急應變之適用時機(出自 Rascal 簡報)

2. RASCAL 操作介面

RASCAL 程式主要功能介面如圖 6，共計四個主要功能與三個額外功能：

主要功能為協助後果評估分析，包括：

- (1) Source Term to Dose (STDose)
為本次研習僅使用之功能，用以計算不同情境下，不同射源項在不同風向、距離的外釋結果。
- (2) Field Measurement to Dose (FMDose)
從輸入的濃度(現場量測值)計算射源項以及劑量。
- (3) Radionuclide Data Viewer

包含所有核種資料庫含半衰期、劑量計算所需相關轉換常數。

(4) **Decay Calculator**

簡單的計算工具，計算核種衰變一段時間後的剩餘活度。

額外功能提供使用者輸入客製化射源項及氣象資訊，包括：

(1) **Create Reactor Inventory Base File**

可提供機組基礎資訊、輸入燃料、冷卻、用過燃料活度殘餘量，讓計算結果更準確。

(2) **Source Term Merge / Export**

結合 STDose 射源項和特定高度及地理位置的外釋，以獲得多機組外釋劑量資訊。

(3) **Download Meteorology from Internet**

可透過網路連線獲得美國國家氣象局觀測與預報資料，使氣象資料之輸入更加自動化。

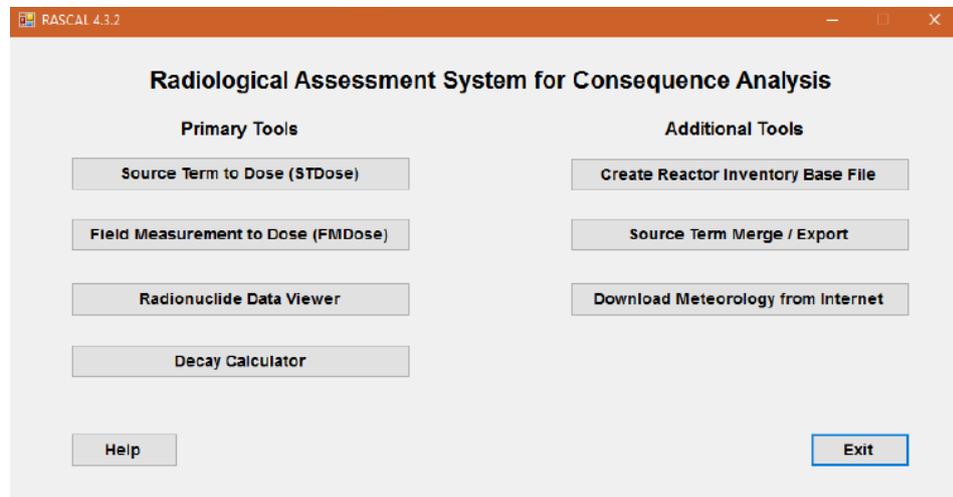


圖 6 RASCAL 程式主要功能介面

3. 射源項劑量計算模組(STDose)

本模組可提供不同情境之射源項，在不同氣象條件下，得到外釋後空氣中與地面的核種沉積濃度，以獲得下風向區域、不同距離範圍內民眾預期劑量，其劑量計算示意如圖 7。

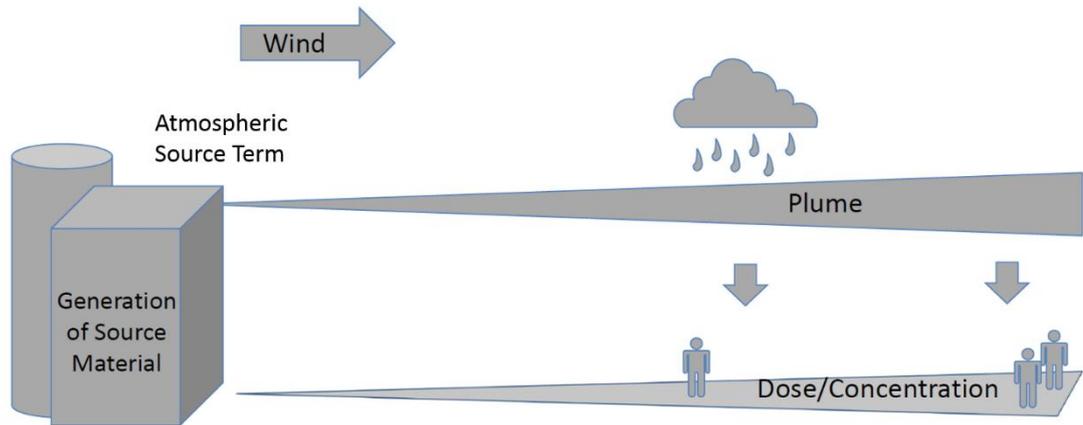


圖 7 射源項劑量計算示意圖(出自 Rascal 簡報)

主要操作功能如下：

- (1) 選取事件類別(Event type)：包括核能電廠、用過燃料池、燃料週期/六氟化鈾/臨界及其他放射性物質外釋事件。
- (2) 事件地點(Event location)：目前僅可選擇美國電廠之特定機組，點選之後會自動帶入該電廠功率資訊，介面亦開放使用者自行定義廠區資訊。
- (3) 射源項(Source term)：個別事件類別有其對應之射源項，以核能電廠事件為例，可帶入長時間電廠全黑、喪失冷卻水(LOCA)、爐水活度外釋及圍阻體輻射偵測等不同情境，或選擇電廠環境輻射監測所得之排放核種。
- (4) 外釋途徑(Release path)：根據不同事件類別有不同的外釋途徑選項供選擇。
- (5) 氣象資料：有三個選項，包括①實際即時觀測與預報資料，②預先依照季節、白天夜晚及下雨、有風、無風等靜態氣象資料庫，③客製化氣象資料。
- (6) 劑量計算：需先選擇①計算距離，②劑量計算時間(1~96 小時，事故初期)，③呼吸劑量係數(可選 ICRP26/30 或 ICRP60/72)。

4. 案例運跑示範(以 LOCA 事件為例)

事故情境為 Arkansas 第一核能發電廠，一號機組全功率運轉中，於早上 10 時(10:00)因主要冷卻系統破管而跳機，此為喪失冷卻水 LOCA 事件。電廠人員評估後判斷在下午 1 時(13:00)爐心將會開始裸露且可能無法有即時足夠的備用水源。同時，電廠人員回報無法啟動圍阻體噴灑系統，但預期圍阻體可維持其完整性，若有任何外釋情形，均以設計洩漏率進行估算。電廠並回報觀測站氣象資訊：風向 210 deg、風速 6 mph、大氣穩定度 B、無任何沉降、大氣溫度為 53°F，以下將使用 RASCAL 程式估算本次事故可能後果 (距離電廠 0.2mile 及 4mile 之

全身有效等效劑量及成人甲狀腺約定等價劑量)：

- (1) 選擇事件類別及地點，並確認相關資訊 (圖 8.1)。選擇「核電廠」作為此次事件類別，地點為 Arkansas 一號機組，RASCAL 內建美國所有電廠的運轉資訊，包括發電功率及地理位置。

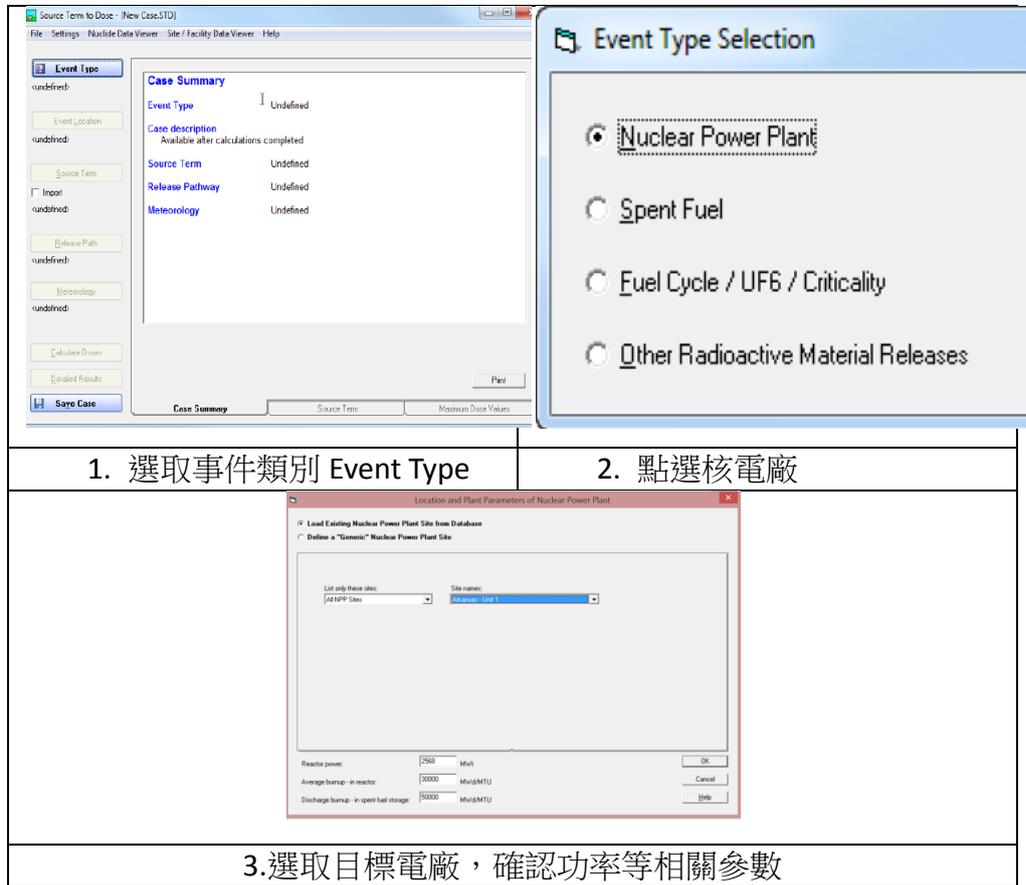


圖 8.1 使用 RASCAL 程式評估 LOCA 事故之操作步驟-事件類別與地點

- (2) 選擇射源項。選項如圖 8.2，大致而言，上面四個選項與爐心熔損程度有關，下面的射源項則是基於量測值。本次案例為 LOCA 事件，點選 LOCA 後，輸入機組跳機時間(10:00)及爐心開始裸露時間(13:00)，完成射源項計算所需參數輸入。

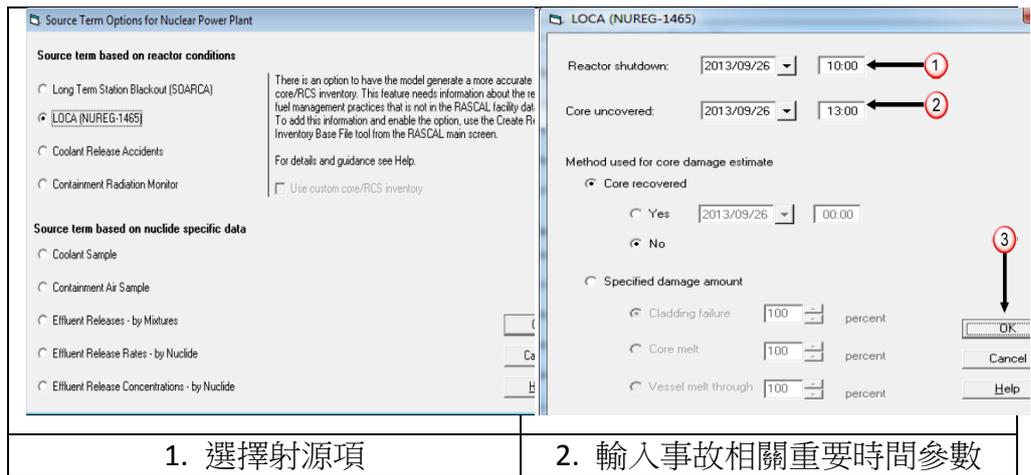
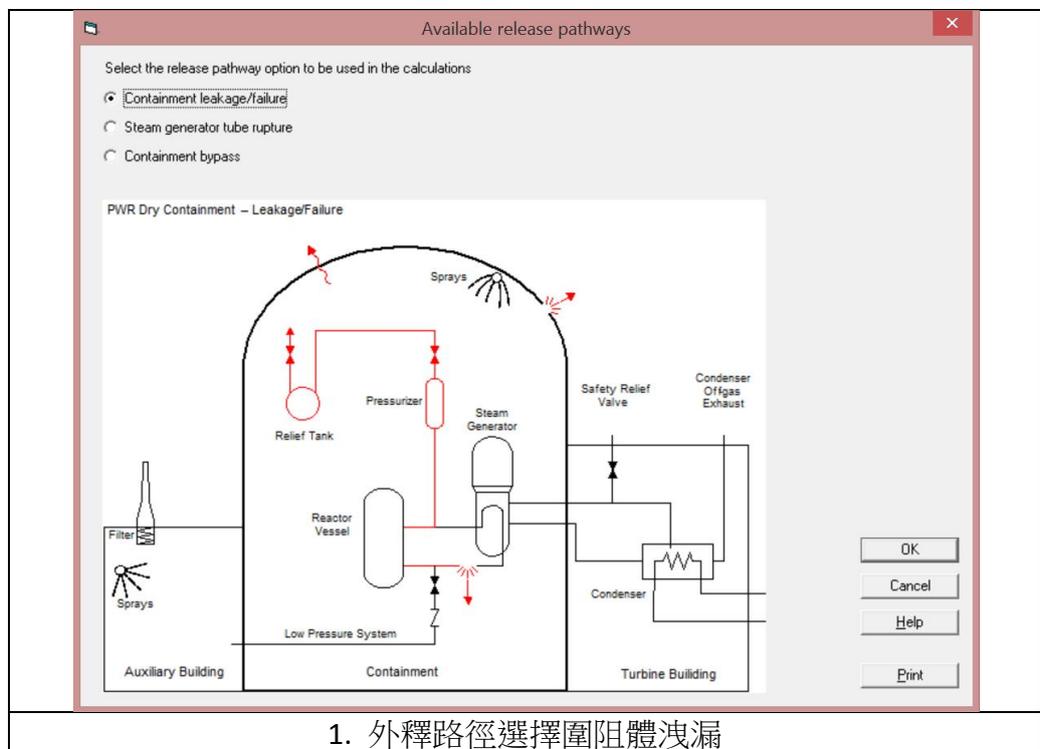


圖 8.2 使用 RASCAL 程式評估 LOCA 事故之操作步驟-選擇射源項

(3) **選擇外釋路徑**。根據不同事件與反應爐類型(如 BWR,PWR)有不同的外釋路徑選項。本次事件發生之反應爐類型為 PWR，其對應有 3 種外釋路徑供使用者選擇，包括圍阻體洩漏/失效、蒸汽產生器破管及圍阻體旁通(containment bypass)。本次事件外釋路徑為圍阻體洩漏，其外釋高度若無特別定義則選擇預設值 10 公尺，並輸入洩漏率及噴灑系統運作情形，本次案例為設計洩漏率且無法啟動圍阻體噴灑系統 (如圖 8.3)。



1. 外釋路徑選擇圍阻體洩漏



2. 洩漏率、外釋時間與高度參數輸入
圖 8.3 使用 RASCAL 程式評估 LOCA 事故之操作步驟-外釋路徑與洩漏率

(4) 輸入氣象資料。氣象資訊為影響放射性物質外釋後分布與擴散路徑的重要參數。因此，輸入資訊最少要包括風速與風向、大氣穩定度、沉降及溫度等，資料來自於觀測與預報資訊，包括外釋區域及可能受影響區域的氣象條件。RASCAL 程式預設輸入外釋前至少 2 小時的氣象資料(本案例自 13:00 開始外釋，則須輸入 11:00 起的氣象資料，如圖 8.4)，各電廠氣象參數來自緊急應變資訊系統或電話連繫持照者，取得不同高度的氣象塔資料。

1. 選擇氣象資料庫類型，本次為實際預報及觀測資料

2. 帶入氣象站分布資料，點選 Enter Data

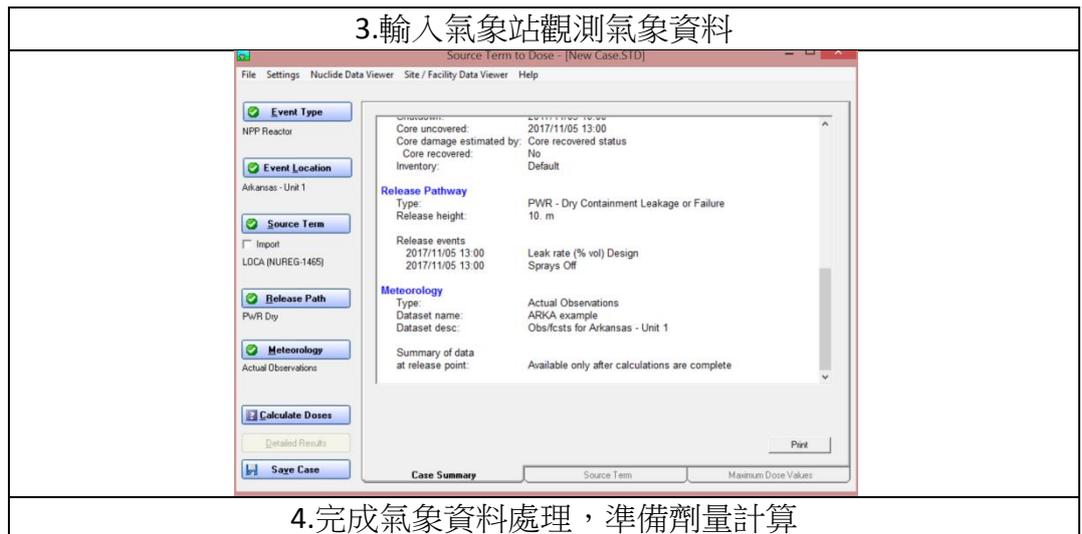


圖 8.4 使用 RASCAL 程式評估 LOCA 事件之操作步驟-輸入觀測氣象資訊

- (5) **劑量計算** (圖 8.5)。執行劑量計算前須先確認目標距離(最遠可以到 100mile) 以及計算時間(最多僅能計算 4 天的預期劑量)，在距離選擇上，有 10、25、50 及 100miles 可供選擇，講師建議先從最小範圍 10mile 開始計算，有較高解析度外，也可作為初始判定的參考。劑量計算時間則需參考下列公式進行估算：

$$Calculation\ Duration \geq \left(Release\ Duration + \frac{Calculation\ Distance}{Wind\ Speed} \right) \times 1.1$$

以本案例為例，預設外釋時間(Release Duration)為 8 小時，而計算之目標距離為 10mile，風速根據觀測資料已知為 6 mph，則劑量計算時間需大於 $(8hr + \frac{10mile}{6mph}) \times 1.1 = 11$ 小時。1.1 這個因子使得計算時間增加 10%，主要原因是外釋雲團可能會些微放大擴散，無法非常清楚界定外釋雲團的邊界所留的時間計算餘裕。



輸入目標距離及計算時間

圖 8.5 使用 RASCAL 程式評估 LOCA 事件之操作步驟-輸入劑量計算參數

(6) **計算結果判讀**。因應美國核子事故初期應變，係參考美國環境保護署(EPA)民眾防護行動指引文件「Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents」，民眾防護指引(PAGs)指針對意外事件或放射性物質外釋時，特定防護行動(例如公眾的掩蔽或疏散，限制飲食及飲水等)之參考人的預期輻射劑量(projected dose)，如表 2，其採行疏散之主要參考指標為全身有效等效劑量(TEDE)及成人甲狀腺約定等價劑量(Adult Thyroid CDE)。本案例目標為得知 LOCA 事件發生後，距離核電廠 0.2mile 及 4mile 之全身有效等效劑量及成人甲狀腺約定等價劑量，計算結果如圖 8.6，其可輸出表列式(其數值可直接和 EPA 標準做比較)及圖像式(快速了解放射性物質外釋方向及濃度空間分布)檔案，作為後續輔助決策者採行防護行動的參考。

表 2 美國環保署防護行動採行建議標準

Protective Action	PAG (projected dose)		Comments
Evacuation (or sheltering)	TEDE	1-5 rem	Evacuation (or for some situations, sheltering) should normally be initiated at 1 rem TEDE or 5 rem Thyroid CDE.
	Thyroid CDE	5-25 rem	
TEDE is the sum of inhalation dose and the external doses from cloud shine and 4-days of ground shine.			

Maximum Dose Values (rem) - Close-In

Dist from release miles (kilometers)	0.1 (0.16)	0.2 (0.32)	0.3 (0.48)	0.5 (0.8)	0.7 (1.13)	1. (1.61)	1.5 (2.41)	2. (3.22)
Total EDE	3.9E+01	1.1E+01	5.0E+00	1.9E+00	1.0E+00	5.2E-01	2.4E-01	1.3E-01
Thyroid CDE	3.2E+02	8.6E+01	4.1E+01	1.6E+01	8.3E+00	4.2E+00	1.9E+00	1.1E+00
Inhalation CEDE	2.5E+01	6.7E+00	3.2E+00	1.2E+00	6.5E-01	3.3E-01	1.5E-01	8.6E-02
Cloudshine	2.6E-01	1.2E-01	7.0E-02	3.3E-02	1.9E-02	1.1E-02	2.8E-03	1.5E-03
4-day Groundshine	1.4E+01	3.7E+00	1.8E+00	6.7E-01	3.6E-01	1.8E-01	8.3E-02	4.7E-02
Inter Phase 1st Yr	1.4E+02	3.8E+01	1.8E+01	6.9E+00	3.7E+00	1.9E+00	8.6E-01	4.9E-01
Inter Phase 2nd Yr	6.4E+01	1.7E+01	8.2E+00	3.2E+00	1.7E+00	8.5E-01	3.9E-01	2.2E-01

Maximum Dose Values (rem) - To 10 mi

Dist from release miles (kilometers)	3 (4.8)	4 (6.4)	5 (8.0)	7 (11.3)	10 (16.1)
Total EDE	4.3E-02	2.6E-02	2.0E-02	1.5E-02	1.3E-02
Thyroid CDE	3.2E-01	2.0E-01	1.5E-01	1.1E-01	1.0E-01
Inhalation CEDE	2.5E-02	1.5E-02	1.2E-02	9.0E-03	8.0E-03
Cloudshine	***	***	***	***	***
4-day Groundshine	1.7E-02	1.0E-02	7.9E-03	5.4E-03	4.4E-03
Inter Phase 1st Yr	1.6E-01	1.0E-01	7.7E-02	5.5E-02	4.6E-02
Inter Phase 2nd Yr	7.4E-02	4.5E-02	3.5E-02	2.5E-02	2.1E-02

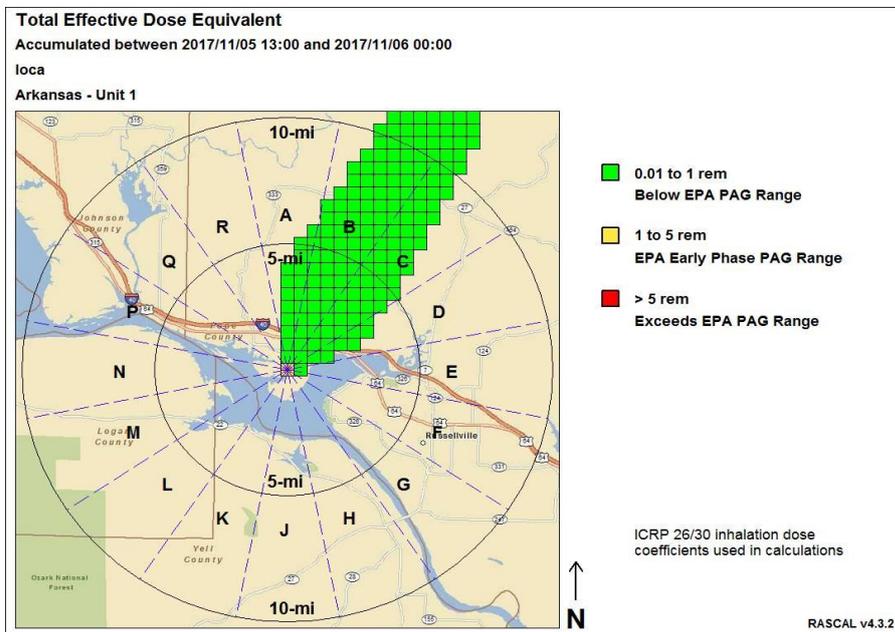


圖 8.6 使用 RASCAL 程式評估 LOCA 事件之操作步驟-結果輸出

(四)RASCAL 與 TurboFRMAC 及相關程式討論

完成 RASCAL 研習課程後，美國核管會邀請所有 RASCAL 研習課程參與者與 RASCAL 開發單位及美國能源部國家核子保安局 TurboFRMAC 程式專案負責人 Daniel Blumenthal 共同討論緊急應變時，各程式扮演之角色，並希冀與各國參與者進行意見交流，期盼在緊急應變技術上更為精進。以下針對目前美國緊急應變開發程式進行簡介與心得分享：

1. RASCAL:

由 NRC 主導開發，主要使用時機為事故初期，強項在於提供射源項，並可於非常短的時間內完成快速劑量計算(依案例複雜度 5 到 15 分鐘內可完成條件輸入及計算)，計算範圍可達 100mile (160km)，最佳解析度為 1km，從圖 8.6 結果輸出圖可以明顯發現其無細部地理資訊圖資，且無法放大縮小看清楚細部資訊，無法清楚了解放射性物質外釋對於那些特定區域(以臺灣為例，需到村里)有影響，這也因此，在課程一開始即強調 RASCAL 並非作為決策者主要拿來下達民眾防護行動的決策程式，但仍然不失為早期快速評估及提供射源項的有用工具。此外，因應今(2017)年曾來台辦理 RAMP(含 RASCAL)研習會議，現場 RASCAL 團隊曾允諾程式將納入臺灣電廠相關資訊，本人協助追蹤後續進度，研發顧問 George Athey 則答覆，將於今年年底發布最新版本 4.3.3 中納入臺灣電廠與氣象資訊，屆時將會通知我方窗口進行測試。但因 RASCAL 計算所用民眾防護指引係採用 4 天預期劑量，與我國現行民眾防護行動規範標準不同，能否實際應用在臺灣緊急應變作業上仍有待商榷。

2. NARAC:

為美國國家大氣釋放諮詢中心 (National Atmospheric Release Advisory Center) 的簡稱，由美國能源部國家核子保安局主導，NARAC 提供工具 IXP 計算出因意外或惡意攻擊所釋出之有害物質的分布狀況，IXP 為全球大氣模式交換計畫 (International Exchange Program) 的簡稱，可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。其強項在於其可進行非常複雜的大氣擴散、沉積與地表污染情形計算，當使用於核能電廠事故之計算評估時，其射源項係來自於 RASCAL。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。

3. TurboFRMAC

由美國能源部國家核子保安局主導，適用於輻射/核子事故時，分析對於一般民眾、緊急應變工作人員及環境(如事故中後期食物供應)的影響。其為美國聯邦輻

射監測與評估中心 Federal Radiological Monitoring and Assessment Center (FRMAC)¹進行劑量計算重要工具，其可適用之事故範圍包括①輻射彈②核子事故③燃料處置意外事故④放射性物質運送意外事故⑤核試爆等。我國尚未登記成為該程式使用者，並未有實際操作經驗，但 TurboFRMAC 方案負責人 Daniel 表示，TurboFRMAC 的強項在於劑量計算功能，且許多參數都可以自行輸入(如呼吸率、防護行動指引標準)，不像 RASCAL 於進行計算時，許多參數為預設值。

核子事故應用方面，TurboFRMAC 提供主要四個計算項目，彙整如表 3，其應用範圍包括事故期間一般民眾與工作人員防護，並包括事故中後期攝入期間之劑量計算與防護，移居及返家時間計算等，應用範圍似乎相當廣泛，雖然現場俄亥俄州緊急應變署代表邀請我國參加明年 TurboFRMAC 訓練，但考量應有更多本會及相關應變單位成員瞭解此緊急應變程式，本人將建議納入今年台美民用核能合作會議討論事項，直接建立交流管道。

表 3 TurboFRMAC 計算項目

民眾防護	工作人員防護	攝入	額外項目
導出反應水平 (derived response levels, DRLs)	工作人員劑量	干預基準	再懸浮因數
預期民眾劑量	返回限制	農作物 DRLs	沉積速率
輻射落塵劑量		肉類 DRLs	
輻射落塵情境下 可停留時間		奶製品 DRLs	
預期可返家時間		食物攝入劑量	
可返家劑量閾值		農作物污染水平	
		肉類污染水平	
		奶製品污染水平	

大致而言，美國核子事故緊急應變主要的三個應用程式為 RASCAL、NARAC(IXP)及 TurboFRMAC，其各有優缺點及適用時機，因其主導單位分別為 NRC 及 DOE/NNSA，尚未有一個整合性的平台，因此 TurboFRMAC 方案負責人說明正與 NRC 討論將 TurboFAMAC 納入 RAMP 平台的可能性，以協助整合

¹FRMAC 是一個跨部會組織，由國家核子保安局(NNSA)、國防部 (DOD)、環境保護署 (EPA)，衛服部 (HHS)、聯邦調查局 (FBI) 及其他聯邦部門組成，其任務係在發生核子/輻射事件時，解譯輻射資料並預測工作人員及民眾劑量，作為決策者下達民眾防護行動命令的重要參考。

所有的運用程式供緊急應變人員使用。

二、非破壞檢測輻射安全及應變訓練

(一)課程紀要

非破壞檢測係利用可發生游離輻射之設備或密封射源，以非破壞的方式(不損傷結構材料的組織與性能)照相偵測結構物材料的瑕疵。本次訓練為美國核管會 NRC 委託 SPEC 公司(Source Production & Equipment Co.)進行授課，SPEC 公司為世界級加馬輻射照相設備製造商和射源供應商，因此本課程辦理地點即在該公司本部，課程大綱如表 4，其目的在於從輻射安全角度，了解加馬輻射照相設備的正確操作方式。課程為期 4.5 天，並需於最後一天進行考試測驗以完成訓練。參訓人員共計 24 位，主要為美國核管會官員及各州視察員(均為 NRC 所認定的 Agreement State，意即有關輻射防護管制業務，皆由州政府之健康環境部轄下輻射管制局負責管理)。除了課堂講授外，亦有許多實作課程，為了掌握可能受到的輻射劑量，每位參訓人員皆配有劑量徽章與袖珍劑量筆(圖 9)。

表 4 非破壞檢測輻射安全及應變訓練課程大綱

1	非破壞檢驗作業
2	認識放射線照相檢測儀器
3	放射線照相檢測作業輻射安全防護
4	使用、儲存、運送照相設備之保安與輻射安全
5	射源脫落緊急取回作業
6	放射性物質包裝及運送
7	實作課程-設備操作、照相檢測、射源抽換及劃分作業管制區



圖 9 課程講義、劑量佩章與劑量筆

(二)非破壞檢測課程內容

1. 非破壞檢驗作業簡介

非破壞檢測，國際上有許多不同別名如 Nondestructive Testing (NDT)、Nondestructive Examination (NDE)及 Nondestructive Inspection (NDI)，其有許多方式可以達到非破壞檢測之目的，其中之一就是利用密封射源或 X 光機之放射線照相檢驗 (Radiographic Testing)，透過底片光學密度變化的對比，確定及定位被測物的物質狀況和缺陷。其應用相當廣泛，舉凡石化管線、航太、運輸載具之機電組件與土木石造營建物等，不勝枚舉。也因此，瞭解其操作方式，射源從儲存、保安、取出、運載過程至照相檢測作業及相關輻射防護安全注意事項，以避免因人為疏忽造成不必要的輻射曝露。

使用 X 光機的好處是其危險性小，拔除電源即無放射性能量釋出，影像對比較佳，但壞處是設備通常較笨重，體積較大且需要電源；使用密封射源的加馬輻射的好處是輕巧，不須電源，但壞處是需考量潛在的輻射意外事件，如射源脫落或遺失等，也因此從輻射安全觀點，重點將放在加馬輻射的安全管制。

常用於照相檢測之密封加馬射源包括銥 Ir-192、鈷 Co-60 及硒 Se-75(物理特性彙整如表 5)，其中 Ir-192 因具功能多樣性及高靈敏度的特性，為最常使用的射源；Co-60 具有較高的能量(1.25 MeV)，可以穿透較厚的待測物並縮短照射時間，且其具有較長的半衰期，可延長替換射源之時間，但屏蔽厚重。

表 5 工業用照相檢測常用射源及其物理特性

核種	加瑪常數(每 Ci)	能量	半衰期
Ir-192	5.2 R/hr at 1ft	375keV	74 天
Co-60	14 R/hr at 1ft	1.25MeV	5.2 年
Se-75	2.2 R/hr at 1ft	400keV	120 天

2. 放射線照相檢測作業輻射安全防護

因應放射線照相檢測作業多在夜晚，且工作環境條件較為惡劣，若不嚴格遵守相關施作與輻射安全規定，很容易因為人為疏失，導致不必要的輻射意外事件。因此建立良好的安全文化，擁有完健的保健物理與輻射防護觀念，為避免輻射意外事件的重要原則。也因此根據美國 10 CFR34 規定，放射線照相檢驗操作員必須有輻射防護相關訓練，了解如何操作輻射偵測儀器，有關之聯邦法規以及過去曾發生輻射意外事件之案例等。此外，必須有至少兩個月的現場實地訓練之後，通過考試得到照相檢測安全證書後才可以成為操作員執行照相檢測作業。以下簡述放射線照相檢測作業與相關安全防護：

(1) 前置作業，在執行照相檢測作業之前，必須確認以下事項：

① 人員劑量偵測裝備：

如劑量佩章、袖珍劑量筆以及個人警報器等，並確認功能是否正常。

② 需攜帶之文件及設備：

❶ 射源使用日誌(如圖 10)；

❷ 手提式輻射偵檢器：確認電源容量、校正日期(在 6 個月內)，作業前記錄背景值；

- ③ 照相檢驗設備：確認是否有磨損或損傷、輻射警示標誌是否完整且顯而易見、持照者名稱與地址、安全鎖是否可正常運作等，並記錄照相設備周圍輻射偵測讀值；
- ④ 射源導管、前導管與束射器：有無打結或捲曲、連接功能是否正常，束射器能否緊密安裝；
- ⑤ 控制裝置：驅動鋼纜接頭是否有磨損或彎曲，控制把手與相關裝備是否有磨損或鬆脫情形；
- ⑥ 文件：操作與緊急處理程序、NRC 管制文件(10 CFR19、20 及 34)、持照資料、洩漏測試紀錄及運送文件；
- ⑦ 表格：劑量計紀錄表、個人警報器紀錄表、管制區偵測值紀錄表等；
- ⑧ 其他：警示繩、警告標示牌、底片與標誌鉛字等。

RC Form 255-u (Rev. 09/06)

**Texas Department of State Health Services
UTILIZATION LOG**

Licensee/Registrant Name: AAA Inspections License/Registration No. 55-5355 Storage Location (address): 123 Street
 * Exposure Device ("Camera") / Transport Container / or Control Console Serial No. ABC-123

DATE OUT OF STORAGE	SOURCE SERIAL NO.	USE LOCATION	DATE(S) OF USE	SIGNED OUT TO (PRINT NAME)	DATE RETURNED TO STORAGE	RETURNED BY (PRINT NAME)
				SIGNATURE		SIGNATURE
5/11/13	JA-1201	Monsanto, Luling	5/11/13 - 5/11/13	Joe Radiographer	5/11/13	Joe Radiographer
				Joe Radiographer		Joe Radiographer
5/11/13	XX-2600	Waterford, Destraban	5/11/13 - 5/11/13	Tim Expert	5/11/13	Tim Expert
				Jim Expert		Jim Expert

圖 10 射源使用日誌，需包括使用時間、型號與使用人

(2) 運送過程：

- ① 須將照相設備放入適當容器中並加以固定，以免於運送過程中遭受撞擊；
- ② 若運送物質為 III-黃類包件，需清楚標明黃類標誌在包件四周；
- ③ 運送文件必須置於駕駛觸手可即之處；
- ④ 運送前必須偵測載具外部之輻射劑量率，不得超過 2 mR/hr (20μSv/hr)。

(3) 執行照相作業過程：

- ① 確認人員防護裝備是否正確佩戴如劑量佩章、袖珍劑量筆，並攜帶手提式

輻射偵檢器；

- ② 檢視照相設備、導管、束射器與射源控制絞盤等相關裝備是否齊全；
- ③ 管制區劃定：

❶ 以 2mR/hr (20 μ Sv/hr)作為管制區範圍基準，以警示繩作為圍籬，並放置「caution」警告標示牌控制人員進出；若區域範圍讀值大於 100mR/hr (1mSv/hr)則需標誌「danger」高劑量警告標示牌，確認非工作人員已離開現場，以避免發生輻射意外事件；

❷ 在出發前，即可利用加馬常數、射源活度、束射器(collimator)厚度(對應半值層)及輻射強度距離平方反比概念進行管制區範圍估算；

例子:射源 Ir-192,活度 80Ci,工作負荷為 6 分鐘/任意一小時, collimator 厚度相當於 5 個半值層, 請估算管制區範圍。

Ir-192 的加馬常數為 5.2R/hr/Ci (at 1 foot), 活度 80Ci 之 Ir-192 曝露率為 416 R/hr, 再經過 collimator 後, 其曝露率為 $416 \frac{R}{hr} \times \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 13 \frac{R}{hr} = 13000 \text{ mR/hr}$

依據輻射強度距離平方反比概念 $I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2$

$$13000 \frac{\text{mR}}{\text{h}} \times 1^2 = 2 \frac{\text{mR}}{\text{hr}} \times \frac{60 \text{min/hr}}{6 \text{min/any 1hr}} \times d_2^2$$

$d_2=26\text{feet}$, 因此, 臨時管制區範圍以距離照相檢驗設備 26 feet 作為基準, 需以實測值進行劃定。但講師認為, 實務上因執行放射線照相檢驗之操作員僅有 2~3 位, 若以 2 mR/hr (20 μ Sv/hr)作為劃定標準, 管制區範圍可能太大反而難以控制非工作人員進出, 因此實際上可能會以 20mR/hr (0.2 mSv/hr)作為劃定基準, 並在各個方向放置多個警告標示牌。

❸ 在執行第一次放射線照相曝露時, 需再次以輻射偵檢器確認圍籬(管制區)範圍, 照相過程中需隨時注意個人警報器及偵檢器讀值, 並躲在適當屏蔽

後方；

④ 不論是進行底片抽換或是任何檢查作業，必須隨身攜帶輻射偵檢器。

(4) 照相檢驗作業完成：

- ① 確認操作人員搖回收射源，聽到射源容器安全卡榫復位聲音，試將射源再往前輕送，無法移動即確認射源已回到定位。
- ② 使用手提式輻射偵測器確認射源已回收(和工作前照相設備周圍讀值比較)。
- ③ 解除管制區，使用偵測儀偵測放射線照相作業場所，確認無輻射異常情形。

(5) 意外狀況處置：

在遇到緊急意外事件時，照相作業員必須①認知意外事件的發生②保持冷靜並思考應變對策③永遠使用 ALARA 原則④重新界定並確認管制區範圍⑤避免人員受到不必要的曝露。若遇到射源脫落無法取回之情形，請依下列程序進行應變：

- ① 所有人員離開管制區；
- ② 確定管制區範圍，依實測值(輻射劑量率)進行調整；
- ③ 通知輻射防護人員，說明意外事件的發生；
- ④ 無論在什麼情況下，照相作業員都不應該自行取回脫落的射源或擅自離開事件發生現場；
- ⑤ 待輻射防護人員抵達現場或請求專門取回射源的團隊到現場後，進行相關處置作業；
- ⑥ 輻射防護人員須評估是否有任何人員有超曝露之情形，若有或懷疑有，需做後續的醫療處置；
- ⑦ 需依照美國 10CFR part 34 之規定，依時限內通報美國核管會或州政府相關權責單位。

射源無法順利收回照相設備最常見的原因包括①射源導管脫落或旋鬆②射源未連接或錯接③設備故障：包括損壞的射源導管、控制裝置、有外來物質或系統內有多餘的潤滑油等。實際應變方面，需先確認射源所在或卡住

位置(如利用三角測量法)，規劃射源取回作業，包括預估每一個步驟的距離、所需時間及可能接受到的劑量等，在實際運作前，可用假射源(dummy source)預做練習，並使用輻射偵檢儀器監測每一個步驟的劑量率，在本次課程亦讓學員使用假射源練習緊急取回作業(圖 11)，一般來說，經驗豐富的人員可在 30 秒內利用長柄夾完成作業。



圖 11 射源脫落緊急取回實作練習

肆、心得與建議

一、持續參加技術交流研習，藉由派員參訓或辦理訓練，強化我國應變整備能力

本次經由美國核管會(NRC)安排與邀約參與 RAMP 使用者會議，藉由研習與座談深入瞭解其防災應變所發展的科技，從核電廠執照發照評估(MILDOS)、大氣擴散(XOQDOQ)至核子事故緊急應變整備(RASCAL)等。美國核管會透過本次會議承諾將於 RASCAL 最新版程式納入我國核能電廠與氣象資訊，因應我國自 2016 年即為 RAMP 註冊使用國，建議相關同仁申請帳號並多加了解應用。並建議我國多方參與國際技術交流會議，透過與來自世界各國緊急應變人員進行意見交換，除可獲得許多寶貴經驗外，對我國核災應變整備亦有相當助益。

二、持續熟練應用劑量評估工具，作為平時演練及災時應變之數據參考

目前美方主要使用的緊急應變劑量計算工具包括美國核管會(NRC)主導之 RASCAL 及美國能源部國家核子保安局(DOE/NNSA)主導之 NARAC(IXP)及 TurboFRMAC，其各有優缺點及適用時機，雖因在人口、地理與氣象等相關數據有相當的不準度，仍無法取代我國自行研發之劑量評估系統，但各程式之特性、考量的計算參數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。目前我國接觸過的程式為 RASCAL 及 NARAC(IXP)。RASCAL 強項在於不同情境之核子事故射源項的提供、NARAC(IXP)在於輻射/核子事故大氣擴散較為複雜精細的計算運跑，其運用於核子事故時射源項來自 RASCAL 運跑結果；而 TurboFRMAC 為部分州政府實際核安演習應變所使用之軟體，在核子事故發生時的適用時機範圍較廣，無論是事故早期民眾防護應變及工作人員劑量計算或是中後期食品飲水等管制作業等。因我國於 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，因此將透過此一合作管道，建議於明年辦理或派員參加 TurboFRMAC 訓練研習課程，此將更助益我國緊急應變人員能力。

三、做好自主管理，建立安全文化，以防止輻射意外事件發生

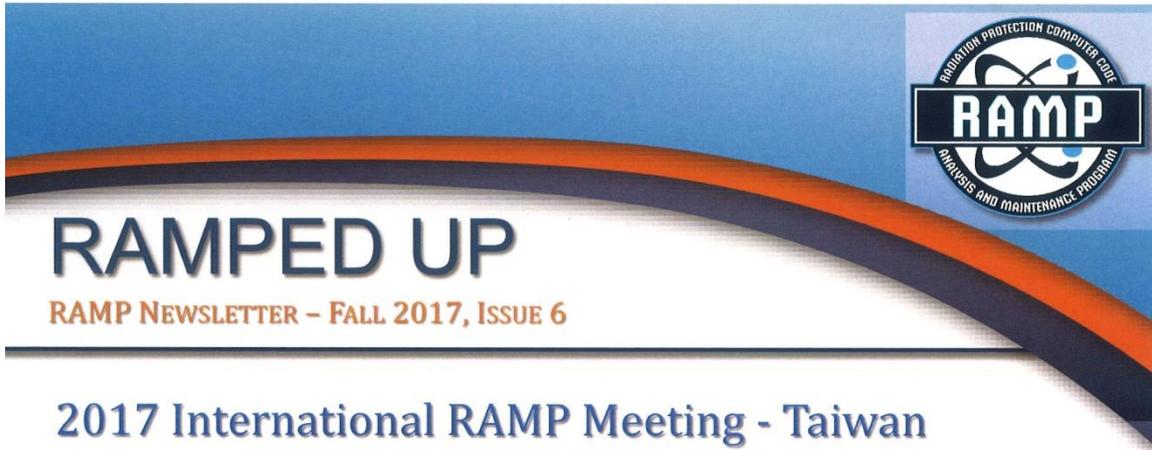
因應放射線照相檢測應用範圍甚廣，其作業時間多在夜晚下班後或較為不舒適的作業環境，許多作業員因心態苟且，不遵守相關輻射安全作業規定，而造成不必要的輻射曝露或其他輻射意外事件。建議強化自主管理及提升防護意識，從平時落實輻防教育訓練與定期校驗儀器，並建立安全文化。自我防護方面，需隨身佩戴個人劑量佩章並攜帶輻射偵檢器；在保護他人作業上，除遵守照相設備之儲存及運送相關規定外，並於照相檢測作業時，依規定設置警戒圍籬與張貼輻射示警標誌，以減少輻射意外事件發生。

伍、附錄

附錄一、RAMP 使用者交流會議議程

Monday, October 16, 2017	8:00 AM – 9:00 AM	Registration and Check In
	9:00 AM – 12:00 PM	Opening Remarks and Plenary Session
	1:00 PM – 4:30 PM	RASCAL VARSKIN Technical Meeting MILDOS*
		Social Night
Tuesday, October 17, 2017	8:00 AM – 8:45 AM	Morning Primer: Coffee, Bagels, and the HABIT Code
	9:00 AM- 12:00 PM	RASCAL VARSKIN Technical Meeting MILDOS*
	1:00 PM – 5:00 PM	
Wednesday, October 18, 2017	8:00 AM – 8:45 AM	Morning Primer: Coffee, Bagels, and the Radiological Toolbox and DCFPAK
	9:00 AM- 12:00 PM	RASCAL VARSKIN Training RESRAD Biota
	12:00 PM – 1:00 PM	International Luncheon
	1:00 PM – 5:00 PM	Tour of National Institute of Standards and Technology
Thursday, October 19, 2017	8:00 AM – 8:45 AM	Morning Primer: Coffee, Bagels, and the GENII Code
	9:00 AM – 12:00 PM	RADTRAD GALE PIMAL RESRAD New Advanced Features
	1:00 PM – 5:00 PM	ATMO CODES
Friday, October 20, 2017	8:00 AM – 8:45 AM	Morning Primer: Partnering with Other U.S. Federal Agency Codes
	9:00 AM – 11:00 AM	RADTRAD RESRAD Discussion
	11:00 AM – 12:00 PM	RAMP Closing Remarks and Ceremony
* MILDOS is tentative. Will depend on attendance. * RESRAD: Advanced classes and RESRAD Biota		

RASCAL, TurboFRMAC and Related Discussions Thursday, October 19th 9:00 AM to 12:00 PM US NRC HQ - 3WFN 2nd Floor (At the US NRC RAMP Meeting)		
Topic	Presenters	Time
Moring Primer: GENII Discussions (3WFN-1C03/1C05) 8:00 to 9:00 AM		
RASCAL at the USNRC	Jeff Kowalczyk (NRC)	9:00 to 9:30 AM
FRMAC & TurboFRMAC	Dan Blumenthal (US DOE/NNSA)	9:30 to 10:30 AM
Break: 10:30 to 10:45 AM		
RASCAL: What's New and RASCAL 5.0	John Tomon (NRC) Jeremy Rishel (PNNL) John Fulton (SNL)	10:45 to 11:30 AM
RASCAL: Ask the RASCAL Development Team (RDT)	<u>RASCAL Development Team:</u> <u>(RDT)</u> John Tomon (NRC) Jeff Kowalczyk (NRC) George Athey (Athey Consulting) Jeremy Rishel (PNNL) John Fulton (SNL)	11:30 to 12:00 PM
Lunch: 12:00 to 1:00 PM		



2017 International RAMP Meeting - Taiwan



RAMP holds two meetings annually which bring together participants and users from all over the world to discuss code usage and development. Attendees can participate in open discussions with developers, provide suggestions for code improvements, and learn more about code upgrades or future releases. The 2nd International RAMP Users Group Meeting was held April 24-28, 2017, in Taipei, Taiwan. The meeting, hosted by Taiwan's Atomic Energy Council (AEC) and Institute of Nuclear Energy Research (INER) and sponsored by the U.S. Nuclear Regulatory Commission, had over 60 registered users in attendance. The meeting featured four health physics codes: RASCAL (emergency preparedness and response); VARSKIN (skin dose); RADTRAD (compliance for design basis accidents); and GENII (an environmental dosimetry package). The hands-on training offered users a way to test the codes and their ability to use them while receiving direct feedback from the code developers. In addition to training, a series of "Meet the Trainer" discussions were held during which users were able to ask more in-depth questions specific to their day-to-day use of the codes. Midway through the week, attendees were invited to a tour of the Nuclear Safety Duty Center in New Taipei City that performs two roles for the AEC: for communication with licensees and the public about nuclear safety during normal operations and as a communication and emergency response center during nuclear accidents and significant radiation releases. Taiwan also arranged a tour of the National Palace Museum in Taipei City that contains a collection of Qing Court artifacts from The Palace Museum, the Jehol temporary palace, and the Shenyang temporary palace. The RAMP team would like to thank Taiwan's AEC and INER for hosting the meeting!





RAMPED UP

RAMP NEWSLETTER – FALL 2017, ISSUE 6

RAMP Team Highlight

Michael Smith, CHP, is a Project Manager in the Environmental Assessment Group of the Earth Systems Science Division at the Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) in Richland, Washington. He recently joined the RAMP team, along with his PNNL colleagues Tonya Keller (Sr. Program Coordinator) and Lubov Lavrentiev (Project Coordinator). At the NRC's request, PNNL has been supporting the management of RAMP since 2015.



Mr. Smith has over 18 years of experience providing technical and management support in nuclear engineering, health physics, and environmental sciences, including 6 years as lead radiation safety specialist and radiation safety officer for an international project at Chernobyl, Ukraine. He has contributed to or led work in the areas of performance and risk assessment; safety, design, and ALARA analysis; dose assessment and projection; environmental assessment; environmental impact; regulatory compliance; environmental sampling, including MARLAP/MARSSIM protocols; emergency response; and public outreach.

Michael will rely on his experience as a user and developer of several RAMP codes to assist the RAMP team in achieving its mission in the areas of software maintenance and development. Michael along with the RAMP team is eager to hear your ideas for code development or other issues needing attention regarding the computer codes.

International Partners

The RAMP Team would like to give a big welcome to our three new international partners: Australia, Spain, and Vietnam. We look forward to working with your regulatory agencies in the upcoming months!



New RAMP Website

The RAMP website has new features and a modern styling that is easier for users to navigate. This one-stop website centralizes access to numerous NRC computer codes, along with technical documents, training modules, regulatory guidance, and information about upcoming workshops and meetings. The Leidos team, led by Wendy Chinchilla, deployed the revamped website during the Summer of 2017. If you haven't done so already, you are encouraged to check out the new website at <http://www.usnrc-ramp.com/> and let us know what you think. Questions or comments about the website can be directed to Wendy.Chinchilla@nrc.gov or ramp@nrc.gov.



RAMPED UP

RAMP NEWSLETTER – FALL 2017, ISSUE 6

RAMP Begins Transition from Training to Technical Exchange

RAMP is a Program for Training, Developing, Maintaining, and Distributing the U.S. NRC's Radiation Protection, Dose Assessment and Emergency Response Computer Codes. Up to now the RAMP team has focused on training; however, the program has matured and it is now time to transition our efforts to address in greater depth the other mission areas of RAMP, namely software development and maintenance. As part of this process, you will see that more of our upcoming time and effort will be devoted to technical aspects of the software. One such visible change will be the introduction of technical meetings held in conjunction with the RAMP Users Group meetings. The first of these will be a VARSKIN technical meeting scheduled during the October 16-20, 2017 RAMP Users Group meeting.

FEATURED SPEAKERS:

Uses of VARSKIN in a Medical Hospital Environment
Michael Stabin, Vanderbilt University

Holmium for Use in Cancer Therapy
*Anthony Di Pasqua, Binghamton University
SUNY*

The Australian Competition and Consumer Commission (ACCC) Pendant Dose Assessment
Blake Orr, ARPANSA

Dose Assessment of Hot Particle Held Stationary against the Wall of Alimentary Tract
*Peter Lee & Bill Lin, NRC
Region 3*

Lantheus Medical Imaging: High Dosimetry Result
*Michael Reichard, NRC
Region 1*

VARSKIN is a computer code for calculating skin dose that assesses compliance with the dose criteria of 10 CFR Part 20. The code is used to perform confirmatory calculations of licensees' submittals regarding skin dose (from both electron and photon emissions) estimates at any skin depth or skin volume, with point, disk, cylindrical, spherical, or slab (rectangular) sources, and even enables users to compute doses from multiple sources.

If you are interested in participating in the VARSKIN technical meeting and/or VARSKIN training to be offered during the October 2017 RAMP Users Group meeting, more information can be found at <http://www.usnrc-ramp.com/content/ramp-users-meeting-oct-16-2017>.

VARSKIN Technical Meeting Schedule at http://www.usnrc-ramp.com/sites/RAMP/files/other/Upcoming_Meeting/VARSKIN_Agenda_2017.pdf

Information about VARSKIN at <http://www.usnrc-ramp.com/content/varskin-overview>.



RAMPED UP

RAMP NEWSLETTER – FALL 2017, ISSUE 6

Fall 2017 RAMP USERS GROUP MEETING – Washington D.C.

October 16 - 20, 2017

U.S. Nuclear Regulatory Commission Headquarters

		Radiation Protection Computer Code Analysis and Maintenance Program (RAMP)			
		2017 Fall Users Group Meeting, October 16-20, 2017 United States Nuclear Regulatory Commission 3 White Flint North, 11601 Landsdown Street, North Bethesda, MD 20852 RAMP Website: www.usnrc-ramp.com			
Monday, October 16, 2017	8:00AM – 9:00AM	Registration and Check-In			
	9:00AM – 12:00PM	Opening Remarks and Plenary Session			
	1:00PM – 4:30PM	RASCAL	VARSKIN Technical Meeting	MILDOS	
	Social Night				
Tuesday, October 17, 2017	8:00AM – 8:45AM	Morning Primer: HABIT Discussion			
	9:00AM – 12:00PM	RASCAL	VARSKIN Technical Meeting	MILDOS	
	1:00PM – 5:00PM				
Wednesday, October 18, 2017	8:00AM – 8:45AM	Morning Primer: Radiological Toolbox and DCFPAK Discussions			
	9:00AM – 12:00PM	RASCAL	VARSKIN Training	RESRAD Advanced Modules	
	12:00PM – 1:00PM	International Meeting			
	1:00PM – 5:00PM	Tour of the National Institute of Standards and Technology			
Thursday, October 19, 2017	8:00AM – 8:45AM	Morning Primer: GENII Discussion			
	9:00AM – 12:00PM	RADTRAD	GALE	PIMAL	RESRAD Biota
	1:00PM – 5:00PM	ATMO CODES			
Friday, October 20, 2017	8:00AM – 8:45AM	Morning Primer: Code Collaborations with Other U.S. Federal Agencies			
	9:00AM – 11:00AM	RADTRAD		RESRAD Discussion	
	11:00AM – 12:00PM	RAMP Closing Remarks and Ceremony			

附錄三、非破壞檢測輻射安全及應變訓練課程表

Course Schedule: Monday

Registration & Introductions
Overview of Industrial Radiography
Industrial Radiography Equipment
Industrial Radiography Health Physics Review
Sealed Source Manufacturing
Concurrent Sessions
A. Set Up & Use of Radiography Devices and Changers
B. Tour of Manufacturing Area and Hot Cell
Switch groups

11

Course Schedule: Tuesday

Industrial Radiography Operating Procedures
Restricted Area Calculations
Radiography Equipment Inspection & Maintenance
Malfunction Reporting Requirements
Restricted Area Calculations for Exercise
Concurrent Sessions
A. Daily Inspection Procedures
B. Set up Radiography Job Site
Switch groups
Review of Mon. - Tues. Topics

12

Course Schedule: Wednesday

NRC/State Radiography Regulations

Security of Radioactive Material / Increased Controls

Emergency Procedures

NRC Radiography Information Notices

ANSI Radiography Equipment Standard

Emergency Source Retrieval

Concurrent Sessions

A. Radiography Job Site Inspection

B. Emergency Source Recovery

Switch groups

Critique of Job Site Inspection

13

Course Schedule: Thursday

Transportation Requirements for Radiography Sources

Preparation and Review of Shipping Papers

Vehicular Emergency Procedures

Radiation Incident Re-Enactment and Dose Assessment

Concurrent Sessions (Groups A and B)

A. Radiographic Rig / Testing Hands-on

B. Radiography Exposure Calculations

Switch Groups

Radiography in the Real World, Penetrameters, Density

NY Co-60 Incident

Dealing with the Media

Review of Course Topics

14

Course Schedule: Friday

Radiography Incidents - Case Histories

Radioactive Material Shipping (Studsвик) Incident

Course Topics Review

Written Exam

Exam Review/Q&A



15