

政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：輻射事故緊急應變管制技術發展

(環境科技群組)

性質：

☒ 研究型

☐ 非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會核能技術處

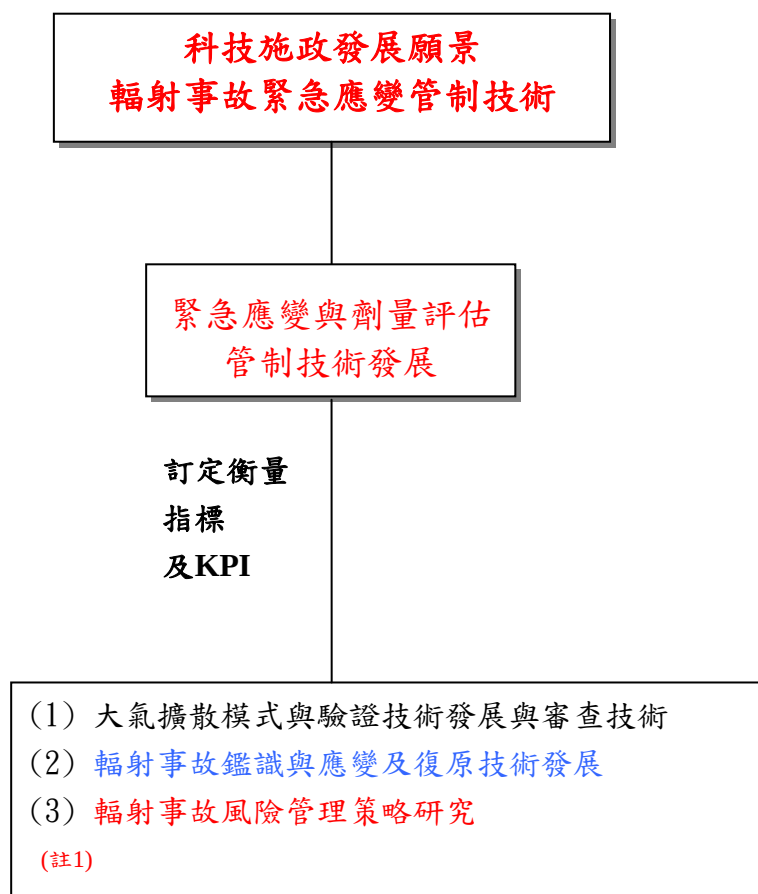
目錄

壹、科技施政重點架構圖.....	
貳、基本資料.....	
參、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	
一、計畫目的與預期成效.....	
二、計畫架構(含樹狀圖).....	
三、計畫主要內容.....	
肆、計畫經費與人力執行情形.....	
伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output).	
陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	
柒、與相關計畫之配合.....	
捌、後續工作構想之重點.....	
玖、檢討與展望.....	

第二部分：政府科技計畫成果效益報告

壹、科技施政重點架構圖：

策略績效目標——績效衡量指標——執行措施（綱要計畫）



(註1)計畫請依國家型、由院列管、1000萬元以上及1000萬元以下分類，並應標試示計畫名稱、經費及執行單位，格式如表格一

貳、基本資料：

計畫名稱：輻射事故緊急應變管制技術發展

主 持 人：徐明德處長

審議編號：1010002442

計畫期間(全程)：101 年 1 月 1 日至 104 年 12 月 31 日

年度經費：10,732 千元 全程經費規劃：41,076 千元

執行單位：原子能委員會核能技術處

參、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的與預期成效：

本計畫之總目標為提昇緊急應變管制技術應變作業及效能，於日本 311 福島電廠事故後，國內核電廠緊急應變計畫區範圍修訂，將原來 5 公里範圍的緊急應變計畫區擴大為 8 公里，並新增 8 公里外之緊急應變準備區的規畫。為配合緊急應變計畫區擴大，劑量評估系統規格須相對應擴充評估範圍，並參酌日本福島民眾防護措施實施之經驗，強化精進事故評估與劑量評估系統之擴散模式、軟硬體介面、整合能力及評估效能。

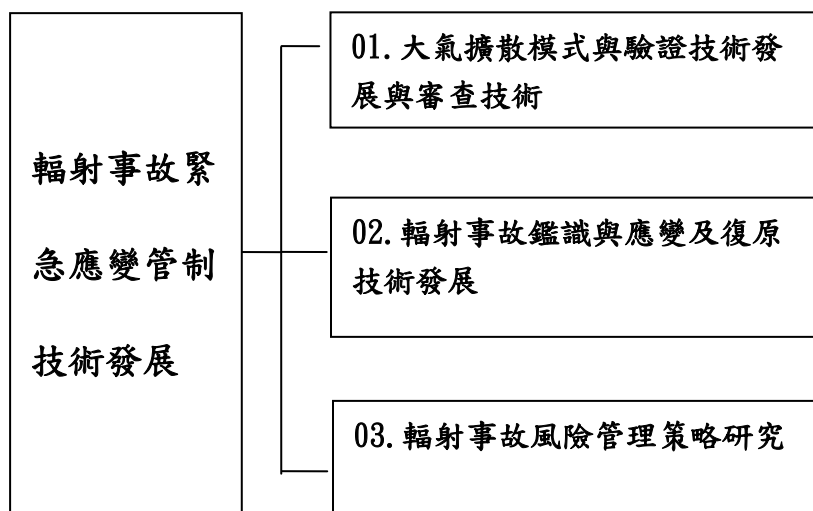
執行本計畫之主要目的為確保緊急應變作業之品質及效能，增進民眾對核能應用之信心。

本計畫於 103 年度之預期成效如下：

- (1) 擴大龍門電廠劑量評估系統評估範圍，重新分析並擴增氣象場資料庫，與更新 A2CDOSE 劑量模組及程式功能。

- (2) 建立各電廠 FSAR 中設計基準事故放射性外釋核種資料庫，並與劑量評估系統功能整合，提供劑量評估系統作為情節假設條件。
- (3) 劑量評估系統中尺度動力降尺度氣象預報技術開發，建立全真化氣象預報技術，作為未來擴散模擬結果與輻射偵測資料整合，進行外釋射源項修正回推技術發展之基礎。
- (4) 氣象資料庫類型之劑量評估系統，開發成獨立作業系統，可於單機完成氣象場生成、擴散模擬分析、劑量評估作業，與圖像化結果顯示之功能。
- (5) 建立實驗室中樣品超鈾元素組成、同位素及含量快速分析的能力。
- (6) 建立事件現場快速非破壞性分析的能力。
- (7) 研究合適之風險溝通策略及模式，降低國人對輻射災害或核子事故不必要之疑慮。

二、計畫架構(含樹狀圖)：



三、計畫主要內容

註：請依原綱要計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫

(一) 大氣擴散模式與驗證技術發展與審查技術

- (1) 因應全球暖化，利用 1981-2011 年的氣象觀測資料予以統計，重訂龍門電廠氣象資料庫分類法。
- (2) A2Cflow 模式加入地表利用資料，進行龍門電廠緊急應變計畫區擴增之氣象資料庫重建，與載入劑量評估系統伺服器。
- (3) 龍門電廠緊急應變計畫區擴增之村里分析，定義新增之村里網格資料，作為網格劑量轉換成村里劑量之對應，並重建擴增後之圖資。
- (4) 更新氣象預報模組，輸出龍門電廠區附近的風場網格預報資料與網格降雨預報資訊，以滿足龍門電廠資料庫重建之天氣類型分類方式。
- (5) A2CDOSE 龍門電廠程式功能與介面模組建置。
- (6) 更新氣象資料庫之伺服器自動化運作核心參數調整，與整體系統

軟體更新維護及持續營運。

- (7) 核電廠 FSAR 設計基準事故外釋射源項資料彙整，並與劑量評估系統功能整合，使劑量評估系統具有設計基準之外釋射源項資料選項。
- (8) 劑量評估系統中尺度動力降尺度氣象預報技術開發，以達到全真化氣象預報場輸出之目的。
- (9) 將氣象分類資料庫類型之劑量評估系統，開發成獨立作業化系統，使劑量評估系統不需透過主從式架構執行大氣擴散模擬計算，於下載最新氣象預報資訊後，可於單一主機中完成擴散模擬、劑量評估，及結果展示功能。

(二) 輻射事故鑑識與應變及復原技術發展

- (1) 建立事件現場快速非破壞性分析的能力
- (2) 建立樣品中超鈾元素組成、同位素及含量快速分析的能力

(三) 輻射事故風險管理策略研究

- (1) 建立「核電廠關鍵數位資產資通安全審查管制技術研究」研究案，完備的核電廠關鍵數位資產之資通安全防護管制體系且確保核電廠廠區之保安。
- (2) 建立「輻射事故風險管理策略研究」研究案以組織導向的風險管理進行策略探討（分攤風險與降低風險之方法）。

肆、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形：(可以下列表格表達)

(一) 計畫結構與經費

細部計畫		研究計畫		主持人	執行機關	備註
名稱	經費	名稱	經費			
輻射事故 緊急應變 管制技術 發展	10,732 千元	大氣擴散模式 與驗證技術發 展與審查技術	5,180 千元	徐明德	原子能委員會 核能技術處	
		輻射事故鑑識 與應變及復原 技術發展	3,500 千元			
		輻射事故風險 管理策略研究	2,052 千元			

(二)經資門經費表

會計科目 \ 項目		執行數/(預算數)			備註	
		主管機關預算(委託、補助)	自籌款	合計		
				金額(元)		占總經費%
一、經常支出						
1.人事費						
2.業務費		5,202,000/ (5,732,000)		5,202,000 / (5,732,000)	51.10%/53.41%	
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計		5,202,000/ (5,732,000)		5,202,000 / (5,732,000)	51.10%/53.41%	
二、資本支出		4,978,000 / (5,000,000)		4,978,000 / (5,000,000)	48.90%/46.59%	
小計		4,978,000 / (5,000,000)		4,978,000 / (5,000,000)	48.90%/46.59%	
合計	金額	10,180,000 / (10,732,000)		10,180,000 / (10,732,000)		
	占總經費%	94.86%		94.86%		

註：總經費係以分配至 12 月底之分配數為計算基準

經費執行符合預定規劃。

(三)計畫人力

計畫名稱	執行情形	總人力 (人年)	研究員級	副研究員級	助理研究員級	助理
大氣擴散模式與驗證技術發展與審查技術	原訂	3.8	0.5	1.5	0.9	0.9
	實際	3.8	0.5	1.5	0.9	0.9
	差異	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
輻射事故鑑識與應變及復原技術發展	原訂	1.2	0.2	0.5	0.5	0
	實際	1.2	0.2	0.5	0.5	0
	差異	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
輻射事故風險管理策略研究	原訂	0.8	0.2	0.3	0.3	0.0
	實際	0.8	0.2	0.3	0.3	0.0
	差異	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(四) 主要人力投入情形(副研究員級以上)

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
黃昭輝	分項計畫主持人	計畫主持人、統籌計畫之規劃、推動與協調 12 人月	學 歷	健行科技大學碩士
			經 歷	核研所副研究員
			專 長	保健物理
張淑君	計畫執行	劑量評估模式建立與驗證 12 人月	學 歷	清大原科碩士
			經 歷	核研所副研究員
			專 長	劑量評估
楊雍穆	計畫執行	劑量評估模式建立與驗證 9.6 人月	學 歷	麻省理工核工碩士
			經 歷	核研所副研究員
			專 長	劑量評估
劉祺章	分項計畫主持人	計畫主持人、統籌計畫之規劃、推動與協調 10 人月	學 歷	清大原科博士
			經 歷	輻射偵測中心組長
			專 長	劑量評估
蔡文賢	計畫執行	超鈾元素質譜分析 4.4 人月	學 歷	屏東科技大學食品科博士
			經 歷	輻射偵測中心薦任技正
			專 長	化學檢驗分析
蔣文得	計畫執行	審查導則研擬 9.6 人月	學 歷	國立台灣科技大學電子工程研究所碩士
			經 歷	核研所副研究員
			專 長	資訊系統規劃及開發、網路系統規劃建置

與原計畫規劃差異說明：

人力執行符合預期規畫。

伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output)

1. 請就本計畫涉及之(1)學術成就(2)技術創新(3)經濟效益(4)社會影響(5)非研究類成就(6)其他效益方面說明重要之成果及重大之突破，以文字方式分列說明。

(一) 學術成就

利用本計畫建立之氣象場評估程序，以 A2C 模式為主軸進行日本福島事故擴散模擬，射源項排放時序係利用日本環境偵測數據與 WSPEEDI 模擬相互比較調整所推估而得，故 WSPEEDI 模式模擬的結果與實際偵測結果已有非常大的一致性。本計畫利用 2011 年 3/12~3/17 期間的整體排放時序，引入新一代 A2C t&d 模式中進行模擬，並與 WSPEEDI 模擬結果比較 Cs-137 核種地面沈降量。以 3/14 日當天有較大射源排放量的個案為例，比較本團隊發展之新一代 A2C t&d 模式與日本 WSPEEDI 模式的模擬結果比較可以得知本計畫發展的新一代 A2C t&d 模式在定性與定量上都具有可信度。

(二) 技術創新

大氣擴散模式與驗證技術發展與審查技術：

本計畫於劑量評估系統新增劑量評估結果可輸出 Google Earth 之 kml 檔案，KML 為 Keyhole Markup Language 之簡稱，是基於

XML(eXtensible Markup Language, 可擴展標記語言)語法標準的一種標記語言 (markup language)，採用標記結構，含有嵌套的元素和屬性。由 Google(谷歌)旗下的 Keyhole 公司發展並維護，用來表達地理標記。根據 KML 語言編寫的文件則為 KML 文件，格式同樣採用的 XML 文件格式，應用於 Google 地球相關軟體中(Google Earth，Google Map, Google Maps for mobile...)，用於顯示地理數據(包括點、線、面、多邊形, 多面體以及模型...)。KML 在 2008 年 4 月 14 日被 OGC(Open Geospatial Consortium, Inc. 開放地理信息系統協會，或譯成開放式地理空間協會)宣布為開放地理資訊編碼標準(OGC KML, OpenGIS® KML Encoding Standard)，目前此種格式已成為 GIS 界進行地理數據交換的標準格式之一。

為改進以天氣類型法的氣象資料庫造成的氣象預報的限制，且考量目前 A2C 模式在緊急應變的要求下仍無法即時作業化，本計畫開發新的緊急應變全真化氣象預報系統，此系統主要是利用中央氣象局與美國國家海洋與大氣總署 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 下之 GSD (Global system division)合作發展的複雜地形區的三維連續變分降尺度系統(Mesoscale Dynamic Downscaling System，MDDS)，在計畫中先行對此方法應用在緊急應變計畫區作一系列的改進及評估測試。模擬結果分析，此技術可改善氣象資料庫類型之氣象場問題，降低風場延遲和局部區域風場誤差，使得環境氣象場能夠更接近實際大氣情況。

輻射事故鑑識與應變及復原技術發展：

1. 建立實驗室中樣品超鈾元素組成、同位素及含量快速分析的能力

近年來長半衰期放射性核種分析愈來愈受國際間環境科學工作者的關注，因為隨著時間的推移，這些長半衰期放射性核種將成為環境放射性危害的主要貢獻核種；在國內則因核能電廠乾式貯存場的議題，核能安全專家會議亦達成「原能會及台電公司執行環境輻射監測應包括長半衰期核種」之共識，使長半衰期放射性核種分析開始受到重視。環境中的長半衰期核種除了核能電廠等核能工業所產生的放射性廢棄物為可能性來源外，1950 年代到 1960 年代間大規模的核武試爆隨大氣沉降擴散全球亦為主要原因。因此，如何辨識環境中的長半衰期核種是否源自核能電廠已成為環境輻射監測一個重要課題。在放射化學領域中除傳統活度分析外同位素分析亦是相當重要的，環境樣品通常會受到各種理化或生物因子、氣候化環境地形地貌變遷等影響，同一區域因採樣地點稍為差異同一核種活度分析結果往往起伏亦相當大，易造成大眾誤解。相反地於同位素分析時，因為化學性質相同，同一核種的同位素比值則較為穩定，因此同位素分析成為判定污染來源的利器。質譜儀已廣泛應用於長半化期核種的分析，尤其是對於事故現場鑑識少量樣品的同位素比值分析更具有無可取代的優勢，可藉由同位素比值分析以研判污染來源。然而在質譜分析過程中，溶液首先要轉化為氣溶膠，然後才能

在等離子體中完成分析物原子或者分子的原子化和電離，接著被提取到質譜裡面進行分析，一般儀器常規霧化器霧化效率較低，較難應用於超微量分析。因此利用外接式溶劑去除濃縮裝置(Apex)，利用加熱（約 $100 - 120^{\circ}\text{C}$ ）或低溫冷卻（約 -3 至 $+2^{\circ}\text{C}$ ）的方式去除樣品中溶劑以提高霧化效率，除可減少基質干擾並可以使靈敏度明顯提升，以 ^{238}U 為例，經測試初步結果感度增加約 20 倍。對於超微量分析而言，一般很難用儀器直接測量，因此在儀器分析前須先進行大量的樣品前處理及化學分析，往往也是分析過程中主要的瓶頸步驟（bottle-neck），利用提高感度的方法以減少樣品分析需要量，除可使用較少的酸，更有助於縮短整個檢驗分析流程。例如本會輻射偵測中心目前以傳統方法進行鈾的分析約需 5 天（灰化 1 天，前處理 3 天，計測 1 天），利用質譜儀配合溶劑去除濃縮裝置，大約需要 3 天（灰化 1 天，前處理及計測 2 天），可縮短前處理時間以利緊急樣品分析之需求。

2. 實際環境土壤樣品鈾分析結果

鈾(Pu) 是一種與核武和能源領域密切相關的人工放射性核種，具有極強毒性及非常長的半衰期，在環境和核武監測研究中是一種非常重要的研究對象，若能進行其同位素特徵分析，將有助於遏止輻射污染或非法販運的放射性物質核子事件。以環境樣品為例，本會輻射偵測中心

以傳統分析方法進行全國環境土壤中銻放射性核種背景含量調查，初步結果顯示全國背景活度皆在 1 貝克/公斤以下，以台灣北部及東部背景活度較高。由於核一、核二廠及蘭嶼低放射性廢棄物貯存場皆分別位於台灣北部及東部，容易導致大眾有較高的銻背景含量可能源自核能發電廠的疑慮。傳統分析方法對於長半衰期銻放射性核種，主要以阿伐能譜儀進行計測，不但分析時間長、靈敏度低，通常只能測定 ^{238}Pu 和 $^{239+240}\text{Pu}$ ，無法分別測定 ^{239}Pu 和 ^{240}Pu 。若以傳統阿伐能譜儀進行同位素分析，早期雖有研究顯示核武試爆隨大氣沈降擴散全球所致的 $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 的比值約為 0.015~0.05，但由於環境中的銻一般而言非常微量，且 ^{238}Pu 的半衰期僅為 87.7 年，所以當前要如早期利用阿伐能譜儀進行 $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ 分析已變得相當不易。因而目前國際上多轉向以半衰期更長的 ^{240}Pu (6561 年)及 ^{239}Pu (24110 年)來作指標，利用質譜儀進行同位素分析，依台灣緯度目前銻的平均沉降 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值約為 0.178 ± 0.019 ，武器級銻的 ^{240}Pu 含量較低， $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值為 0.03~0.07，若源於核電廠反應器由於製造技術和設計上的不同，Pu 同位素比值不盡相同，一般 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值會大於 0.2。以本計畫建置的外接式溶劑去除濃縮裝置 (Apex) 提高質譜儀感度，對環境樣品進行測試，初步結果如下：

(1) 日本福島核電廠事故前後取樣的土壤銻分析

日本福島核電廠事故(2011 年)後銻外洩事件時有所聞，而鄰近國家

大多已進行相關監測分析，唯國內至目前仍無相關調查。以台灣北部臨近核能電廠的石崩山的土壤為例，如圖 1 所示日本福島核電廠事故前後取樣的土壤進行分析，可能取樣地點的不同 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度雖有些不同，以傳統阿伐能譜儀及感應耦合電漿質譜儀測得活度約同皆小於 1 貝克/公斤。以感應耦合電漿質譜儀分析 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值落於 0.178 ± 0.019 範圍內，顯示其來源應來自昔日核爆落塵，未顯著受日本福島核電廠事故影響。

(2) 台灣北部台電核電廠乾式貯存場址外土壤銻分析

以同屬台灣北部台電核電廠乾式貯存場址外土壤為例，如圖 2 所示同樣以阿伐能譜儀及感應耦合電漿質譜儀進行一年追蹤，測得 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度皆亦小於 1 貝克/公斤。感應耦合電漿質譜儀分析 $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ 比值亦皆落於 0.178 ± 0.019 範圍內，顯示其來源應來自昔日核爆落塵，非源自台電核能發電廠。

因此，國內環境土壤銻含量調查顯示台灣北部及蘭嶼地區活度較高，雖鄰近有核能相關設施容易被質疑是否來自於核設施的外洩，但藉由感應耦合電漿質譜儀進行同位素分析，顯示其來源應來自昔日核爆所造成的全球落塵，推測東北季風及地理位置離太平洋馬紹爾群島核武試爆場較近等因素影響，可能是導致其活度較國內其他地區略高的主要原因，另外以台

灣北部石崩山土壤分析，顯示受日本福島核電廠事故影響亦不明顯。

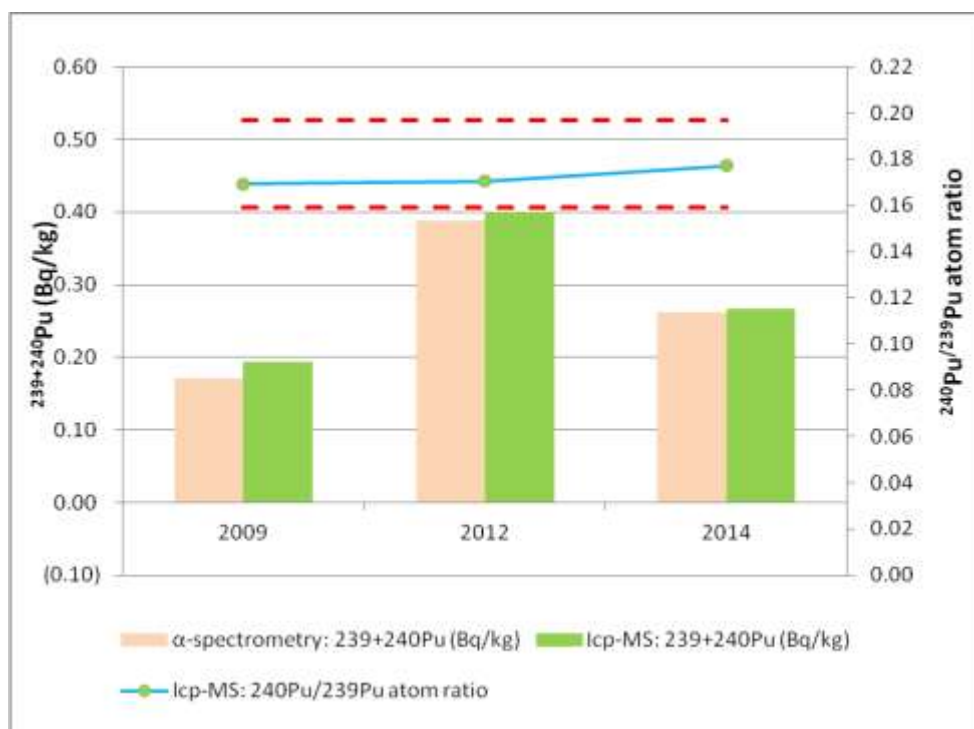


圖 1 日本福島核電廠事故前後取樣的石崩山土壤鉈分析

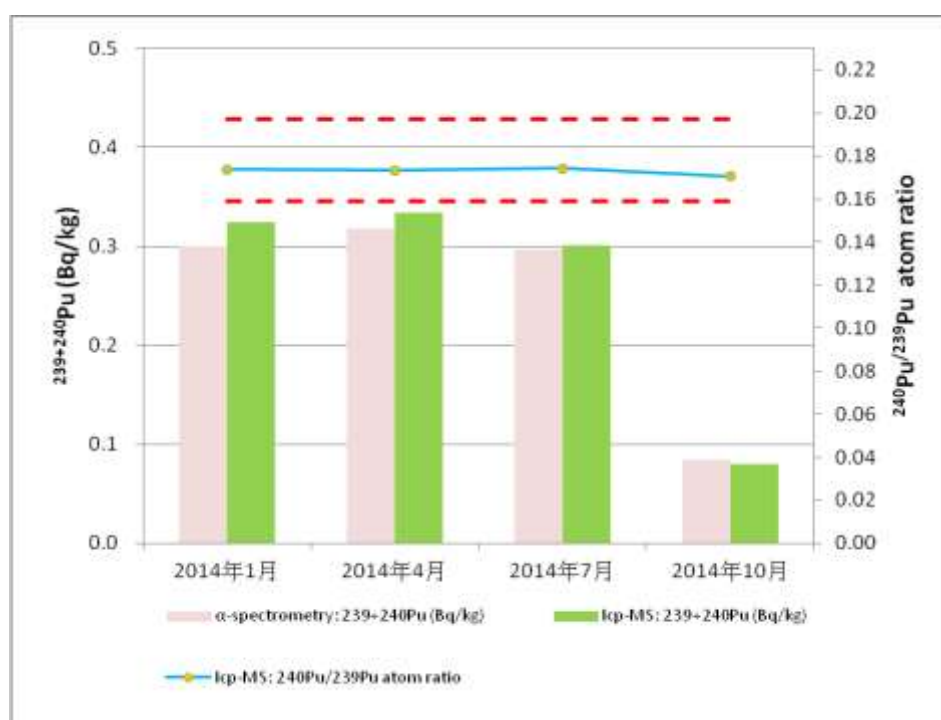


圖 2 台電核電廠乾式貯存場址外土壤銻分析

3. 高效率加馬能譜分析儀現場度量測試

現場加馬能譜分析系統可對於現場污染偵測與評估技術進行核種分析作業，對於核事故鑑識而言，除劑量的資訊外，更重要的是判讀污染核種的特性與分類，以追查污染來源，以提供進一步的遏止輻射污染擴大或恐怖犯罪的偵查方向。目前常見的現場純鍺偵檢器已能提供足夠資訊，但因效率不高，通常需半小時左右才能得到能譜資訊，對於在污染現場作業的人員來說更增加曝露的風險。因此建構高效率的現場偵測系統，可以縮短作業時間並提供正確的污染核種資訊。透過萬全的準備，對於發生輻射污染緊急事故的應變，方能有信心提供足夠的資訊供決策參考。

由於現場環境條件不像專業實驗室對於溫度與濕度難以控制，因此在規劃設計上採堅固耐用且操作簡便作為最主要的考量。因此偵檢系統選擇以碘化鈉為主，設計屏蔽厚度約 5 公分，可將背景輻射劑量值降低一個數量級以上。為了能夠運到現場臨時實驗室進行操作，偵檢系統加上可移動的滾輪。由於屏蔽的重量大約 200 公斤，建議不宜作太頻繁的移動，在現場選定臨時實驗室的位置後即組裝架設。碘化鈉偵檢器是採 3 吋直徑 3 吋高的標準規格，也就是相對效率 100%。高效率偵檢器對於樣

品的敏感度高，但對背景的敏感度高，因此在操作時必須注意相關背景干擾。

目前建置的系統與純銻偵檢器相比，偵測極限未因為效率高而降低，反而因為背景過高的緣故造成必須偵測 5 倍的時間才能達到和純銻偵檢器相類似的偵測極限。但是碘化鈉系統還是有維護簡易、價格便宜與不需液態氮冷卻的優點，使其在輻射污染現場進行簡易偵測仍有優勢。因為解析度較差，對於單一核種污染的狀況可以準確的定量，但是對於複雜核種的狀況，則會受到干擾而誤判。

	Crystal size	相對效率	FWHM 661keV	標準射源 Co-60 : 276 Bq	標準射源 CS-137 : 3005 Bq	MDA (1000S)	BG (1000S)
HPGe	Diameter : 60.5mm Length : 60mm	40%	2keV	220(-20%)	3249(+8.1%)	Cs-137 : 0.6 Bq	1.52 cps
				229(-17%)	3246(+8.0%)		
				230(-16%)	3266(+8.6%)		
NaI	Diameter : 76.2mm Length : 76.2mm	100%	50keV	223(-19%)	2967(-0.9%)	Cs-137 : 2.7 Bq	16.9 cps
				220(-20%)	3011(+0.2%)		

因此在作業上建議採用全加馬計數法來提高敏感度。也就是當事故已進入復原階段，大部分的短半化期核種已經衰變殆盡只剩下長半化期的放射性核種(以放射性銫為主要代表核種)。放射性銫的最高能量為銫 134 的 795 keV，而且銫 134 有一個能峰 605keV 會與銫 137 的主要能峰 662 keV 相重疊，導致銫 137 的主能峰在研判時會因為能峰形狀改變而

無法被確認為有效能峰，而無法得到正確的能峰計數面積，進而推算其正確活度，所以當存在有銫 134 時必須參考 795keV 的能峰再去扣除其對於銫 137 的干擾，使得銫 137 定量的偵測極限與單一只有銫 137 的狀況相比又再提高，這對於核子事故後的檢測作業造成很大的困擾。國際間為了解決這問題，建議採用總銫的偵測方式，也就是將能峰區間 (Region of interested, ROI) 設定加大，把銫 137 與銫 134 的能峰範圍均包含於區間內，並利用背景扣除法研判區間總計數值與背景相同區間的總計數值差異是否有統計意義，當差異超過一定的閾值便判定有放射性銫污染，再以純鍺偵檢器來做精確定量。閾值的設定與樣品幾何、背景干擾及屏蔽設計都有關係，必須依各實驗室的實際狀況審慎建立。也就是說碘化鈉系統在實務上，較適合作為定性的快篩用途，除非是污染核種單純能峰彼此干擾不大，才能做定量的使用。在污染判定上建議第一線採用碘化鈉做快篩，經保守的高估校正讓低於法規限值一半以下的樣品得以先放行，其餘的再用純鍺偵檢器做精確定量以作為防護行動採行的正式依據。

(三) 社會影響

本計畫開發核電廠事故緊急應變劑量評估系統，以提供核子事故處理決策參考。並參考日本福島核災之民眾防護措施實施經驗，強化精進核子

事故劑量評估系統之軟硬體介面整合能力及評估效能。

在輻射災害風險溝通方面，對於內部與外部利害關係者，提出風險溝通的架構與策略，在進行風險溝通前，組織工作小組，進行溝通策略研擬、釐清利害關係者、發展有效訊息，以及將風險分析資訊結合至風險溝通等工作，並就輻射災害的風險來源研究予以並概略分析，彙整地方政府面臨之輻射災害潛勢，並針對地方政府在輻射災害管理上，提出建立有效輻射事故風險管理的基本原則，以及輻射事故風險管理計畫及架構的推動方式。

另污染事故鑑識技術的強化可以在輻射污染事故後，藉由訓練有素的人員進行可靠的品質導向分析，提供有利的證據基礎做為決策參考依據的數據，以盡快規劃污染處理、民眾防護與復原作業的方向與實務作業。對於發生輻射污染事故後所造成的社會紛亂可以發揮安定的效果，能夠較為快速地恢復社會秩序。目前對於人力能量的探討發現輻射分析人員有老化的趨勢，分析技術也多沿用過去的老舊技術，因此利用本計畫逐步建立各項輻射分析技術，並藉此培養年輕的分析技術人員，對於未來輻射污染事故應變的永續發展與帶給社會安定的保障有相當的助益。

(四)非研究類成就

「輻射事故鑑識與應變及復原技術發展」部分利用提高感度的方法以減少樣品分析需要量，除可使用較少的酸，更有助於縮短整個檢驗分析流程。本會輻射偵測中心目前銻的分析約需 5 天(灰化 1 天，前處理 3 天，計測 1 天)，利用質譜儀配合溶劑去除濃縮裝置，則大約需要 3 天(灰化 1 天，前處理及計測 2 天)，可縮短前處理時間以利因應緊急輻射樣品分析之需求。

依據美國 NRC RG 5.71 核設施資通安全計畫規範，以技術、操作及管理三面向，建立核能電廠關鍵數位資產資通安全計畫書審查導則，內容包含(1)審查範圍；(2)程序審查；(3)審查要點與接受基準；(4)審查發現；(5)相關法規與技術規範，以完備我國核電廠關鍵數位資產資通安全防護體系，並透過邀請美國 NRC 官員來台辦理推動核電廠關鍵數位資產資通安全教育訓練，以建立相關人員核電廠關鍵數位資產資通安全認知及資通安全計畫實務審查能力。

2. 請依本計畫(涉及)設定之成果項目以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果(如學術成就代表性重要論文、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、重大專利及項數、著作權項數等項目，含量化與質化部分)。

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
學術成就(科技基礎研究)		A 論文	2014 亞洲城市減災國際研討會口頭發表會議論文 1 篇	與國際專家交流災害整備能量評估與應變準備之風險評估,提升國內減災技術。	
		B 研究團隊養成	核電廠大氣擴散評估,輻射劑量評估,以及核鑑識分析等 3 個研究團隊。	培養相關核事故評估與輻射劑量評估,以及核鑑識樣品分析本土團隊,可維護台灣地區環境安全與人民健康。	
		D 研究報告	3	建立氣象參數統計分析流程與全真化氣象預報開發技術 建立核電廠關鍵數位資產之資通安全防護管制體系。 建立風險溝通的架構與策略、溝通策略研擬,將風險分析資訊結合至風險溝通,彙整地方政府面臨之輻射災害潛勢,提出有效輻射事故建議。	
社會影響	環境安全永續	其他	1	本計畫之目標在於建立更完善之核子事故評估與劑量評估系統,強化緊急應變之能力	

3. 請依本計畫(涉及)設定之成果項目 先分別將底下研究計畫以領域別分類，再以量化績效指標方式及佐證資料格式填寫主要之量化成果。

【B 研究團隊表】

團隊名稱	團隊所屬機構	團隊性質	成立時間 (西元年)
核電廠大氣擴散評估	核能研究所與中央氣象局	研究發展	2003
輻射劑量評估	核能研究所	研究發展	2000
核鑑識分析	輻射偵測中心	研究發展	2013

4. 註：團隊性質分成 a 機構內跨領域合作、b 跨機構合作、c 跨國合作、d 研究中心、e 實驗室

陸、 主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcome)

請依前述重要成果及重大突破說明其價值與貢獻度如：

一、 學術成就(科技基礎研究) (權重 20 %)

- 1.利用本計畫建立之氣象場評估程序，以 A2C 模式為主軸進行日本福島事故擴散模擬，作為本計畫建立系統之驗證與校調依據，以強化國內劑量評估系統之公信力。
- 2.透過福島事故之案例探討並與日本 WSPEEDI 之計算結果比較，可以得知本計畫發展的新一代 A2Ct&d 模式在定性與定量上都具有可信度。

二、 技術創新(科技整合創新) (權重 20 %)

1. 劑量評估系統建立 kml 檔案格式輸出功能，可將評估結果與上下游之緊急應變機關進行訊息交換，或由主管機關提供資訊予一般民眾，提升應變時期資訊公開透明化。
2. 開發中尺度動力降尺度氣象預報技術，利用物理關係為基礎，由尺度較大的模式結果得到較小尺度的現象。利用本技術可以快速將美國國家環境預報中心全球預報模式(NCEP/GFS)大尺度長天期氣象預報資料，轉換為中小尺度之氣象預報條件，而不需透過耗時且耗計算資源之氣象模式來獲得。透過模擬結果分析，發現此套系統可以大幅改善舊版氣象資料庫時的氣象場問題，降低風場延遲和局部區域風場誤差，使得環境氣象場能夠更接近實際大氣情況，因而能讓後端擴散模式模擬結果和分布能更夠及時且準確，以利提供給緊急應變決策者之重要決策資訊參考。

三、 經濟效益(產業經濟發展) (權重 0 %)

四、 社會影響(民生社會發展、環境安全永續) (權重 30 %)

1. 原子能委員會是核能及輻射安全的主管機關，緊急應變是核安管制的最後一道防線，其目的在保障民眾和環境之安全。本計畫之目標在於建立更完善之核子事故評估與劑量評估系統，強化緊急應變之能力。
2. 本計畫開發之劑量評估系統應用於年度核安演習兵棋推演與輻射監測中心實兵演練，除做為民眾防護行動擬定之依據，也提供輻射偵

測路線與空中偵測之派遣參考，係為演習重要之應變評估工具，同時也藉由演習之實際操作，回饋於系統開發之修正與調整，以期更能切合實務需求，提升應變效能。

3. 在輻射災害風險溝通方面，對於內部與外部利害關係者，提出風險溝通的架構與策略，在進行風險溝通前，組織工作小組，進行溝通策略研擬、釐清利害關係者、發展有效訊息，以及將風險分析資訊結合至風險溝通等工作，並就輻射災害的風險來源研究予以並概略分析，彙整地方政府面臨之輻射災害潛勢，並針對地方政府在輻射災害管理上，提出有效輻射事故建議。
4. 建立輻射污染鑑識技術可以在發生輻射污染事故後迅速提供污染資訊做為污染處理與民眾防護決策的參考，更能做為責任歸屬與污染源追查的重要研判資訊。基於這些資訊可以有效遏止污染擴大，污染犯罪的持續與復原行動的安排，進而盡快地恢復污染事故後的社會秩序。

五、 非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導) (權重 30 %)

1. 「輻射事故鑑識與應變及復原技術發展」部分利用提高感度的方法以減少樣品分析需要量，除可使用較少的酸，更有助於縮短整個檢驗分析流程。本會輻射偵測中心目前銻的分析約需 5 天(灰化 1 天，前處理 3 天，計測 1 天)，利用質譜儀配合溶劑去除濃縮裝置，則大約需要 3 天(灰化 1 天，前處理及計測 2 天)，可縮短前處理時間以利因應緊急輻射樣品分析之需求。
2. 「核電廠關鍵數位資產資通安全審查管制技術研究」部分係依據美國 NRC RG 5.71 核設施資通安全計畫規範，以技術面、操作面及管理面等三面向，完成建立核能電廠關鍵數位資產資通安全計畫書審查導則，內容包含：(1)審查範圍 (2)程序審查 (3)審查要點與接受基準 (4)審查發現 (5)相關法規與技術規範，以完備的核電廠關鍵數位資產之資通安全防護管制體系且確保核電廠廠區之保安，並透過邀請美國 NRC

官員來台辦理推動核電廠關鍵數位資產資通安全教育訓練，以建立相關人員核電廠關鍵數位資產資通安全認知及資通安全計畫實務審查能力。

註：若綱要計畫期程為4年期第1年執行者，請明確寫出本綱要計畫為第1年執行，固無主要成就及成果之價值與貢獻度；其他非第1年執行者請填寫起始年累積至今主要成就及成果之價值與貢獻度(例如：執行期程為第3年之綱要計畫即寫第1年到現在所有成果之 outcome)。

柒、與相關計畫之配合

無相關連性計畫

捌、後續工作構想之重點

預計104年計畫工作重點為

1. 核一、二、三廠作業化台灣區2.5公里解析度以上的全真化大氣擴散與劑量評估計算系統的建置。
2. 核一、二廠同時發生事故之作業化台灣區2.5公里解析度以上的全真化大氣擴散與劑量評估計算系統的建置。
3. 日本原子力研究開發機構(JAEA)於福島事故期間所使用之外釋射源項回推方法論建立及其應用於臺灣的可行性評估。
4. 加裝外接式溶劑去除濃縮裝置(Apex)在初步測試結果顯示確實可以有效提高偵測感度達一個數量級。由於污染現場的樣品可能因為採樣困難或是避免污染擴散無法取得太多的樣品，其偵測極限以及基質干擾的部分還須進行探討。此外，超鈾元素仍有一些同位素需要利用阿伐能譜分析，因此如何更新現有設備減少雜訊與背景以及讓更多作業人員能夠有機會練習

超鈾元素的分析技術是後續要繼續努力的重點。

5. 藉由研析美國聯邦政府與日本中央省廳與輻射災害防救相關單位之輻射災害防救業務計畫、法令規定、宣導文件等，結合使用知識管理相關程序作業方式（相關救災資料納入資料庫中），以協助地方政府輻災整備資料庫之建立
6. 研究成果適時移轉我國相關部會、地方政府之從業人員，藉由地方政府對核災防救與應變計畫等業務之了解以提升相關從業人員對核能災害之正確認知，進而可在未來之核災預防與應變之工作中提供最大助力經驗。

玖、 檢討與展望

1. 核子事故緊急應變劑量評估系統為達到可執行全台灣區域評估範圍，與建立利用取樣量測資料回推外釋射源項之技術，全真化氣象預報為必須建立之能力，引用此預報技術，系統於氣象預報資料作業化處理將無法如現行氣象參數資料庫類型易於維護，所以運算資源也將更龐大，因此後續系統運維須及早進行規劃。
2. 輻射污染事故的鑑別需要專業的儀器設備，也需要專業的人員進行操作。由日本福島事件來看，當發生大規模污染事件時，需要相當的人力來進行輻射偵測。然而平時這些人力如何保持其專業能力便值得深思。目前本計畫的執行規劃都是以提高儀器偵測敏度著手，並期望在第一線便能進行初步量測，如有必要再取樣回實驗室進行細部複測。如何增加更多第一線人

員能夠進行篩選是一個值得深思的課題。

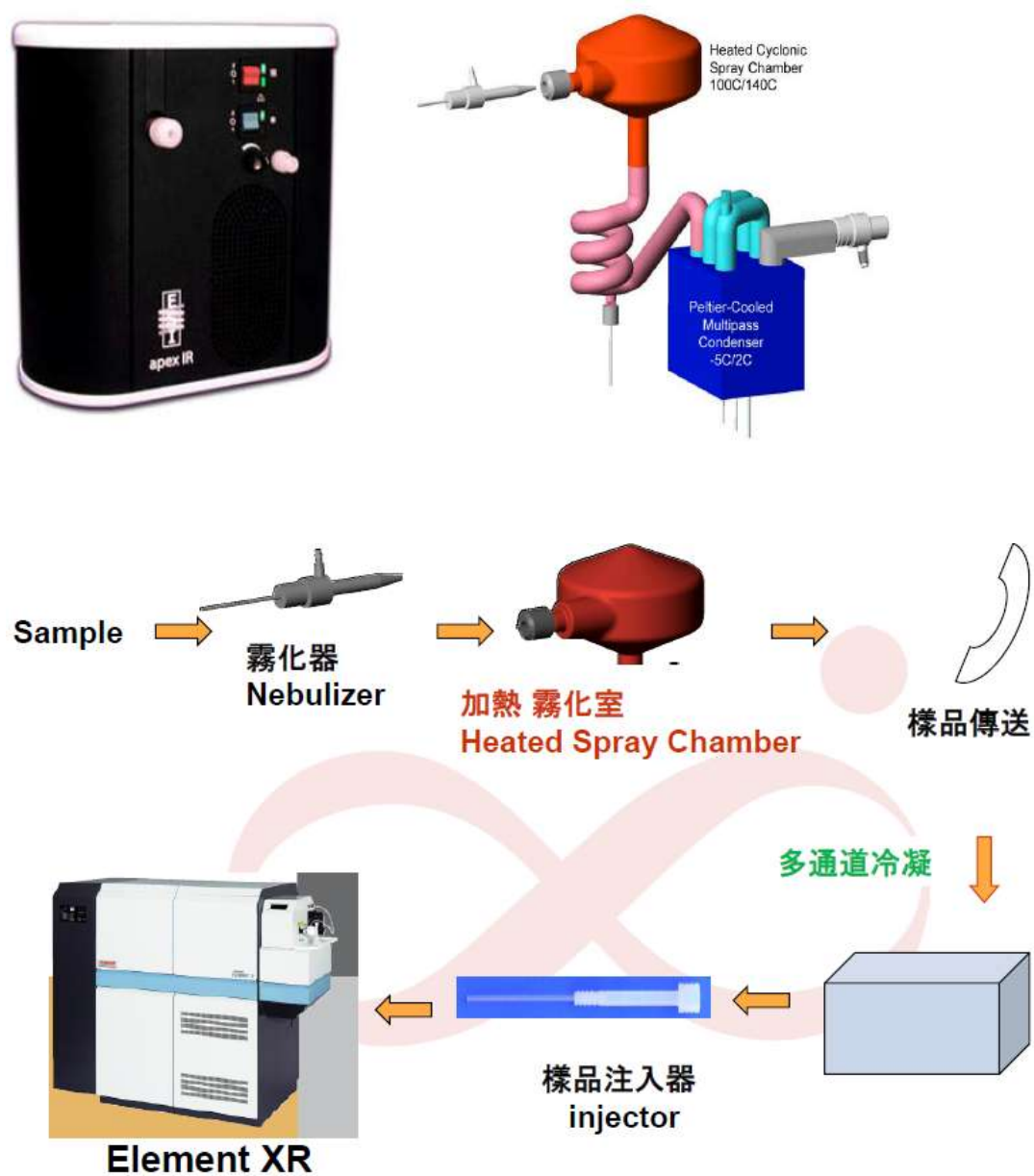
3. 隨著超鈾元素在反恐、用過核燃料與電廠除役等議題受到重視，未來希望能針對超鈾元素的現場度量技術進行探討與開發，使得相關技術可以在短時間內提供有效的資訊供決策參考。

填表人：謝佳慧 聯絡電話：02-22322230 傳真電話：02-82317274

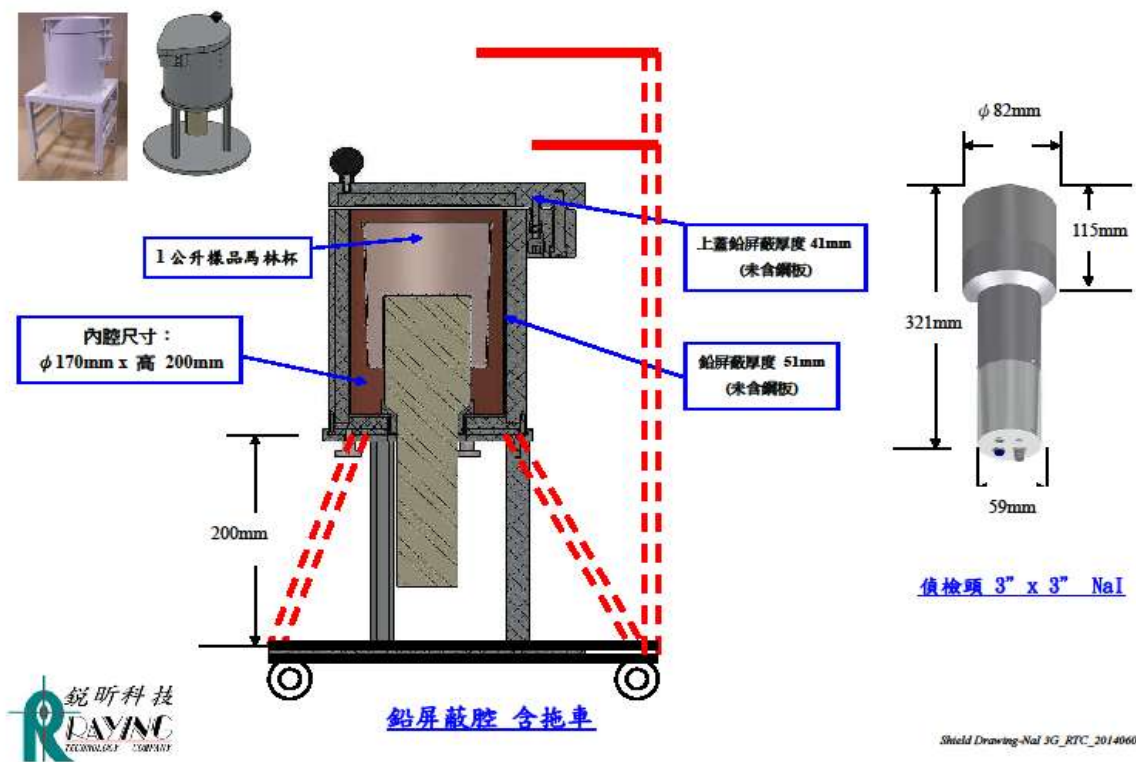
E-mail：chhsieh@aev.gov.tw

主管簽名：徐明德

附件一 Apex 去溶質設備



附件二 現場加馬能譜分析組裝規劃



附件三 參加 2014 亞洲城市減災研討會發表口頭論文一篇

2nd Asia Conference on Urban Disaster Reduction
November 20-21, 2014 New Taipei City, Taiwan

Agenda

Date: November 20-21(Thursday-Friday), 2014
Location: 15F, Dapinglin Building (MRT)
(15F., No.200, Sec. 3, Beisin Rd., Sindian District, New Taipei City)

Day1 : Thursday, November 20, 2014

Time	Location	Program
09:00-09:20	15F International Hall	Opening Ceremony (ACUDR2014 / DMST) Chair: Liang-Chun Chen (President, Disaster Management Society of Taiwan) Opening Remark by Chung-Liang Chien (Deputy Minister, Ministry of Science and Technology)
09:20-09:30		Awards Ceremony
09:30-10:40		Chair: Liang-Chun Chen (President, Disaster Management Society of Taiwan) Keynote speech 1 Speaker: Dr. Sangman Jeong (President, Korean Society of Hazard Mitigation: KOSHAM) Topic: The Present and the Future of Disaster-Related R&D and Policies in Korea Keynote speech 2 Speaker: Dr. Shigeo Tatsuki (President, Japan Institute of Social Safety Science: ISSS) Topic: Paradigm Shifts in Japanese Disaster Countermeasures from Modern to Post-Modern Era: Reviews from Ise-Bay Typhoon, Kobe Earthquake and East Japan Earthquake Disasters
10:40-11:00	Tea break	
11:00-12:00	15F International Hall	ACUDR Field trip
12:00-13:30		
13:30-17:00	Meeting Room 1、2、3、4	
		Annual Meeting of DMST(Chinese)
		Lunch
		- Session 1 - Session 2 - Session 3 - Session 4

Day2: Friday, November 21, 2014

Time	Location	Program
09:00-10:20	15F International Hall	Recovery Forum Chair: Dr. Shigeo Tatsuki (President, Japan Institute of Social Safety Science) Norio Maki Professor, Kyoto University, Japan Tae Sung Cheong Senior Researcher, National Disaster Management Institute, Korea Sheng-Fong Lin Professor, Shih-Chien University, Taiwan Former Deputy Director, The 921 Earthquake Post-disaster Recovery Commission Kelvin Berryman Director, Natural Hazards Research Platform GNS Science, New Zealand
10:20-10:40	Tea break	
10:40-12:00	15F International Hall	Resilience Forum Chair: Dr. Sangman Jeong(President, Korean Society of Hazard Mitigation) Dave Brunsdon Director, Kestrel Group - Risk, Continuity and Emergency Management, New Zealand Shinichiro Mori Professor, Ehime University, Japan Jae Soon Choi Assistant Professor of Seokyeong University, Korea Jenn-Chuan Chen Professor, National Taiwan University Former Director, Typhoon Morakot Recovery Commission



12:00-13:30	Lunch			
13:30-15:00	Session 1 urban disaster reduction (15F International Hall) Chair: Mr. Fukushima, S. Lin, Y.J., An Example of Urban Flood Simulation Using Precipitation Ensemble Forecast: Zhonghe District, New Taipei City (TW) Arakida, M., The Urban Earthquake Risk Assessment in Ulaanbaatar, Mongolia (Part 1 General report) (JP) Has, B., The Urban Earthquake Risk Assessment in Ulaanbaatar, Mongolia (Part 2: Ground Motion Evaluation) (JP) Fukushima, S., The Urban Earthquake Risk Assessment in Ulaanbaatar, Mongolia (Part 3: Risk Assessment of Buildings and Lifeline Structures) (JP)	Session 2 early warning system (meeting room 2) Chair: Prof. Kim, H. S. Hung, K.C., A GPU-based Two Dimensional Flood Simulation System (TW) Gao, K.L., Application of Intelligent Fire Detection Technologies in Building Fire Safety—Using an Old Building on a University Campus in Taiwan as an Example Building (TW) Cheng, H., Build Early Warning Broadcasting System from Learning Track between the Supermarket and Department Store of Disasters (A pragmatic enquiry) (TW) Seo, H.S., An Integrated Architecture of Spatial information and Open API for Hydrological Observation Data Display (KR)	Session 3 disaster prevention (meeting room 3) Chair: Prof. Wu, J. Y. Yang, H.-W., A Decision-Support System for the Budget Review of Post-Disaster Rapid Reconstruction Projects in Taiwan (TW) Suzuki, T., Regional Evacuation during Large Scale Flood by applying Regional and Multi-agency Collaboration System built using the BECAUSE Model (JP) Matsukawa, A., The Challenges and Difficulties of People with Disabilities from the Perspective of the Social Model of Disability (The 2013 Grass-roots Assessment Workshop and Questionnaire for Disability Organizations in Sendai City in Miyagi Prefecture) (JP)	Session 4-1 disaster response & management I (meeting room 4) Chair: Prof. Shao, P. C. Hada, Y., Characteristics of Non-tsunami Induced Fires after the Great East Japan Earthquake (JP) Tseng, W.W., A Scoring System of Continuous Emergency Operation for Hospitals (TW) Shao, P.C., Study on Fire-risk Assessment for Historic Area of Tainan City in Taiwan: Application of Fire Simulation and Experiments of Simple Fire-fighting Equipment (TW)
15:00-15:30	Tea break			
15:30-17:00	Session 5 large-scale earthquake (15F International Hall) Chair: Prof. Ogawa, Y. Ogawa, Y., The Urban Earthquake Risk Assessment in Ulaanbaatar, Mongolia (Part 4 Development of simplified fire spread risk assessment method) (JP) Arakida, M., The Urban Earthquake Risk Assessment in Ulaanbaatar, Mongolia (Part 5 Disaster Education and Capacity Development) (JP) Wei-Sen Li, An Integrated Research Project on Earthquake Disaster Risk Management for Hsinchu Science Park (TW) Hsieh, M.H., Development of Empirical Landslide Fragility Curves base on the Regional Event Database (TW)	Session 6 disaster management & capability assessment (meeting room 2) Chair: Dr. Cheong, T. S. Lee, C.L., Capability Assessment of Radiological Contaminated Crime Scene Management after Nuclear Attack Disaster (TW) Liu, C.C., Intercomparison Exercise of Environmental Plutonium Analysis for Radiological Hazardous Evidence Response (TW) Shao, C.H., Management of Risk and Prediction of Evacuees for Debris Flow Areas (TW)	Session 7 lesson learned & reconstruction (meeting room 3) Chair: Prof. Wu, R. S. Kobayashi, Ikuo Discussion on post disaster recovery by linking Kobe, Taiwan, and Csyuetu (JP) Beniya, S., Lessons from Response after the Great East Japan Earthquake and Local Governments' Business Continuity Plans in Japan (JP) Huang, S.-M., Visualization for Unsuccessful Tenders (TW)	Session 4-2 disaster response & management II (meeting room 4) Chair: Prof. Chan, S. L. Shan, H.Y., Development of Smartphone Application for Community Disaster Preparedness and Response (TW) Honjo, Y., A Study on the Disaster Response Network Organizations for Promoting Cooperation with Governments and NGOs/NPOs in the Cities, Towns, Villages after the Great East Japan Earthquake (JP) Kuo, S.Y., The problem identification of post-disaster reconstruction with the use of local disaster management capability assessment framework (TW)
18:00~20:00	The Peng's Agora Garden	Banquet		

Capability Assessment of Radiological Contaminated Crime Scene Management after a Nuclear Disaster

Jeff Cheng-Lung Lee¹¹, Po-Hsiu Lee², Ming-Fong Tai³ and Chi-Chang Liu⁴

¹ Assistant Professor, Department of Criminal Investigation, Taiwan Police College. (Taiwan)

² Specialist, Atomic Energy Council. (Taiwan)

³ Professor, Department of Physics, National Tsing Hua University. (Taiwan)

⁴ Specialist, Radiation Monitoring Center, Atomic Energy Council. (Taiwan)

ABSTRACT

If Taiwan were attacked with a nuclear or radiological device, the political environment would be extraordinarily intense, and the pressure for the nation to respond would be great. In domestic exercises, laboratories have demonstrated the ability to analyze radiological contaminated samples and traditional forensic samples respectively. However, for crime scene with radiological contamination, law enforcement and health physicist should be coordinated to perform the investigation processes radioactive evidences collecting, preservation, transportation, analyzing, interpretation and waste management. Unfortunately, right now in Taiwan cooperating agencies have not yet devised or institutionalized a program that is optimized with respect to readiness, operational effectiveness, and sustainment although there is extensive and effective information sharing among several of the parties. In this work we suggested that the cooperating agencies should adapt radiological forensic to the challenges of real emergency situations.

Keywords: Radiological incident, Crime scene investigation, Forensic, Scene management

INTRODUCTION

Does the nuclear or radiological terrorism really threat Taiwan? It is argued that the probability might be so small to devote too much resource on this issue. However, it is known that Al-Qaeda planned to fly an airplane into an American nuclear power plant as part of the 9/11 attacks [1]. Recently Islamic State in Iraq and Syria (ISIS) was thought to possess radiological material that could be used to make dirty bombs [2]. Taiwan, with tightly economical connection to USA and quite friendly to foreigner from any places with any religions, may provide terrorists with inviting targets of opportunity [3]. In order to prepare for the worst condition, the scenario we should consider is that if Taiwan was attacked with a nuclear or radiological device, how bad is the damage, and how much worse will it get? Who did it? Are there more out there? Did they have help? Where did it come from? Was it ours? And what should we do about it? Don't forget that the political environment at that time would be extraordinarily intense, and the pressure for the nation to respond would be great. The timeline for evaluation without well preparedness would be longer than people desired.

¹ Corresponding author: Jeff Cheng-Lung Lee, Assistant Professor, Department of Criminal Investigation, Taiwan Police College. 153, Sec. 3, Singlong Rd., Wunshan District, Taipei City 11696, Taiwan, R.O.C. Tel: 886-2230-8512#2810

To answer questions mentioned above, laboratories have to demonstrate the ability to analyze radiological contaminated samples, like concentration of radioactive cesium, cobalt, uranium and plutonium, and traditional forensic samples, like fingerprints and DNA identification respectively. However, for crime scene with radiological contamination, law enforcement and health physicist should be coordinated to perform the investigation processes radioactive evidences collecting, preservation, transportation, analyzing, interpretation and waste management. Technical capabilities to analyze interdicted nuclear and radiological devices and the materials that can be used to make them, analyze the signals and debris from a nuclear detonation or radiological dispersion, and simulate materials production and weapons performance were together called as “Nuclear (or Radiological) forensics analysis.”[4] Unlike traditional radiation protection consideration for contamination scene control about the radiation health effect and decontamination procedures only, the capability to attribute incidents to perpetrators and facilitators, in turn, supports deterrence and prevention, and aids effectively responding to incidents, including prosecution efforts.

CURRENT CAPABILITIES

The core capabilities of nuclear forensic were focused on the ability to conduct an initial categorization of questioned materials in order to provide fundamental information of the nature of the questioned samples. And the information needed to provide is not only radiation hazard evaluation but also determining whether national laws have been broken and to enable law enforcement to conduct their investigations. Furthermore, it should be conduct a preliminary assessment about the characteristics of nuclear and other radioactive materials to determine whether further investigation(s) that include advanced nuclear forensics analyses are desired.

A. Material Analysis and Interpretation

- 1). *Physical Inspection*: Nuclear facility related first responder’s training material includes the basic ability to identify radioactive source. Not only the identifiable markings e.g. model and serial number but also the color, shape or form, estimated mass of the materials of concerned is important. However, general law enforcement and fire fighters are not devised or trained about radioactive source characters identification.
- 2). *Radioactivity measurement*: In domestic exercises, radiochemistry laboratories have demonstrated the ability to analyse radiological contaminated samples and make a preliminary determination of the type of material: nuclear material, medical radionuclides or industrial nuclides and naturally occurring radioactive material (NORM). The instrumental capabilities suggested by international atomic energy agency(IAEA) [5] were shown in table 1.
- 3). *Basic Material Identification and Characterization*: Use exist capabilities to characterize radiation dispersion device material e.g. major isotopic composition, elemental analysis of materials of concern with non-radiation methods. The instrumental capabilities also shown in table1. To avoid radioactive contaminating proper procedures should be established with well coordination because all the material analysis laboratories will not accept samples with radionuclides in Taiwan.
- 4). *Comparison with produced material*: A nuclear forensics library is an organized collection of descriptions and data characteristics of nuclear and other radioactive materials produced, used or stored within a country. The most important purpose of a national nuclear forensics library is to assess whether material encountered out of regulatory control is or is not consistent with nuclear or other radioactive material produced, used or stored within the country. Unfortunately, there is no nuclear fuel cycle industry in Taiwan. There is lack of nuclear material data in Taiwan’s national radioactive source registered database.
- 5). *Standard Laboratory quality assurance protocols*: All the measurement and calibration laboratories involved use international standard organization’s ISO 17025 as quality assurance protocol and accredited by Taiwan Accreditation Foundation.

B. Organization

The nuclear forensics mission is spread among multiple agents offices and there is extensive and effective information sharing among several of the parties. However, the cooperating agencies have not yet devised or institutionalized a program that is optimized with respect to readiness, operational effectiveness, sustainment, and improvement. Also Taiwan do not have clear direction from senior decision makers, law enforcement, and the intelligence community on the operational requirements for nuclear forensics and information deliverables. The

organizational complexity of nuclear forensics responsibilities and authority in the government hampers the program and could prove to be a major hindrance operationally.

C. Workforce

At present, personnel skilled in radiochemistry analysis at the national laboratories are too few and are spread too thinly. Furthermore, a substantial fraction of the experienced personnel are retired, now eligible for retirement, or nearing retirement age. The university pipeline produces too few people in needed specialties and universities will not produce them without stable funding for relevant R&D because no-nuke policy in Taiwan. Most nuclear forensics work is not continuous, so the majority of current practitioners must be occupied with other work for much of their time. Personnel in nuclear forensics participate in exercises, which are necessary to maintain competence, but exercises alone are not sufficient to occupy these personnel. It would be desirable if the other work in which personnel were engaged were complementary to nuclear forensics work. The law enforcement including traditional forensic specialist lacks of radiation detection training is another problem. Since nuclear forensics could be treated as a specialized subset of forensic science, a field that has developed over several decades and that continues to pursue properly validated standards and procedures. Forensic science today is moving to build an even stronger scientific base. Nuclear forensics procedures and standards should be developed for emergency or near-emergency situations.

D. Sustainability

The existing nuclear forensics capabilities are highly leveraged off of the nuclear power plant related programs. The program's funds have been declining and one of the laboratories, INER, is focusing their remaining resources more on renewable energy research. In these circumstances, such programs may not provide the resources necessary to sustain the nuclear forensics mission, and as a result the laboratory system's effectiveness and responsiveness become less certain. Because most nuclear-forensics functions have been paid for at the marginal cost, relying on other programs to to pay for most of the training and the balance of the salary for the workforce, as well as some of the equipments. The capabilities are also shown a trend of declining.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Based on the assessment above we believe that the workforce and infrastructure capabilities right now in Taiwan are good enough to deal with a radiological incident. But there are still some problem needed to be improved.

Nuclear power programs provide stable electricity in Taiwan for more than thirty years and support related radiochemical analysis technique development that could be applied for other application. However, no-nuke became valid long-term policy in Taiwan that declines the willing and opportunity of young people to participate training program in universities. Nuclear forensic is a “cross border” issue that needs basic knowledge of radiology and forensic science. To improve the personnel base for nuclear forensics, we suggests increased and sustained funding for nuclear forensics exercises, building and sustaining better connections with universities that have department of radiology, nuclear science or forensic science, and engaging workers from academia and industry with crossover skills on a reserve basis as figure 1. Funding for these investments is difficult to obtain today because a coordinated and integrated program plan has not yet been created and global economic crisis has not yet recovered.

In addition to build the expert personnel base, there are some more challenges have to face: like to improve sampling procedures, especially for urban environments and informed by simulations of a variety of detonation scenarios; improve laboratory techniques, including increased automation; a better understanding of measurements that have been and could be made on nuclear materials production facilities and nuclear detonations; validate and more complete databases of nuclear materials, facilities, and devices, including advanced querying techniques to extract information from incomplete and/or noisy data and find signatures and correlations among entries; and possibly new or newly deploy equipment for prompt diagnostics.

We suggests that the cooperating agencies should adapt radiological forensic to the challenges of real emergency situations, including, for example, conducting more realistic exercises that are unannounced and that challenge regulations and procedures followed in the normal work, and should implement corrective actions from lessons learned. The laboratories involved should conduct research and development aimed at optimizing procedures and equipment to meet evolving program requirements. Modeling and simulation should play an increased role in several parts of the program, both for planning and for conducting analyses..

ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded by Atomic Energy Council, Taiwan, ROC project contract AEC10208041L.

REFERENCES

- [1] D. Stout, (2004). “*Original Plan for 9/11 Attacks Involved 10 Planes, Panel Says*”, New York Times (16 June 2004), Available: <http://www.nytimes.com/2004/06/16/politics/16CND-REPORT.html>
- [2] Perry Chiamonte, Stolen Uranium Compounds Not Only Dirty Bomb Ingredients Within ISIS’ Grasp, Say Experts, Fox News (15 July 2014), Available: <http://www.foxnews.com/world/2014/07/15/stolen-uranium-compounds-not-only-dirty-bomb-ingredients-within-isis-grasp/>.
- [3] B. R. Early, M. Fuhrmann and Q. Li, (2013) “*Atoms for Terror? Nuclear Programs and Non-Catastrophic Nuclear and Radiological Terrorism*”. British Journal of Political Science, Available on CJO doi:10.1017/S000712341200066X
- [4] National Academy of Sciences (2010). “Nuclear Forensics: A Capability at Risk (Abbreviated Version),” National Academies Press, Washington, DC, USA.
- [5] IAEA, (2006) “Nuclear forensics support. Reference manual”, Available: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1241_web.pdf

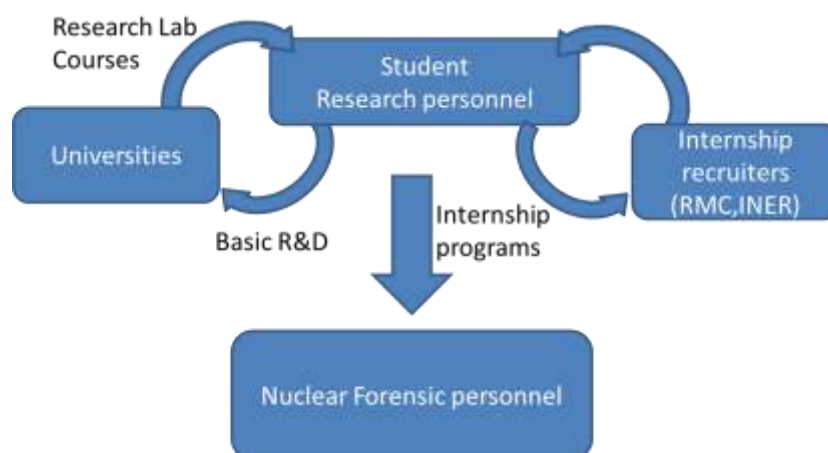


Figure 1 Conceptual framework of cooperative nuclear forensic personnel training design.

附件四 「大氣擴散模式與驗證技術發展與審查技術」計畫成果佐證圖表

本計畫與日本進行模式比較驗證，射源項的排放時序如圖 1，此射源項排放時序，是日本利用環境偵測數據與 WSPEEDI 模擬相互比較調整所推估而得，故 WSPEEDI 模式模擬的結果與實際偵測結果已有非常大的一致性。

以 3/14 日當天有較大射源排放量的個案為例，比較新一代 A2C t&d 模式與日本 WSPEEDI 模式的模擬結果(如圖 2)。由圖 2 上半部較大範圍的模擬結果必較得知，兩模式模擬的射源最主要是隨著低層的氣流往南南西方傳輸與擴散，沉積量等值線明顯在西側較為密集，可知其西方有氣流(西風)阻擋射源往西傳輸擴散。10,000 Bq/m² 等值線南端可到達約 37° N，略近於 WSPEEDI 的 36.7° N，100,000 Bq/m² 等值線南端可到達約 37.1° N，略遠於 WSPEEDI 的 37.2° N。在圖 2 下半部較小範圍模擬結果中，500,000 Bq/m² 等值線南端可到達約 37.3° N，略近於 WSPEEDI 的 37.26° N，1,000,000 Bq/m² 等值線南端可到達約 37.34° N，略遠於 WSPEEDI 的 37.37° N。由以上的比較可以得知本計畫發展的新一代 A2C t&d 模式在定性與定量上都具有可信度。

A2C 模擬福島事件結果與討論
2011年3月12日至17日¹³¹I和¹³⁷CS釋放率時序圖
 (Chino et al. 2011; Katata et al. 2012; Terada et al. 2012)

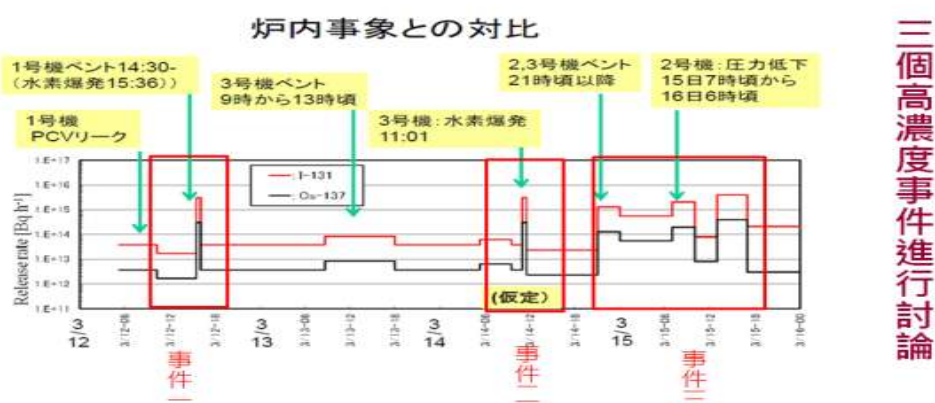


圖 A4-1、福島事故射源排放時序

A2C t&d Cs-137 地面沉積累積量結果與討論
Total Time:2011/0314009JST 至 03/15 0900JST

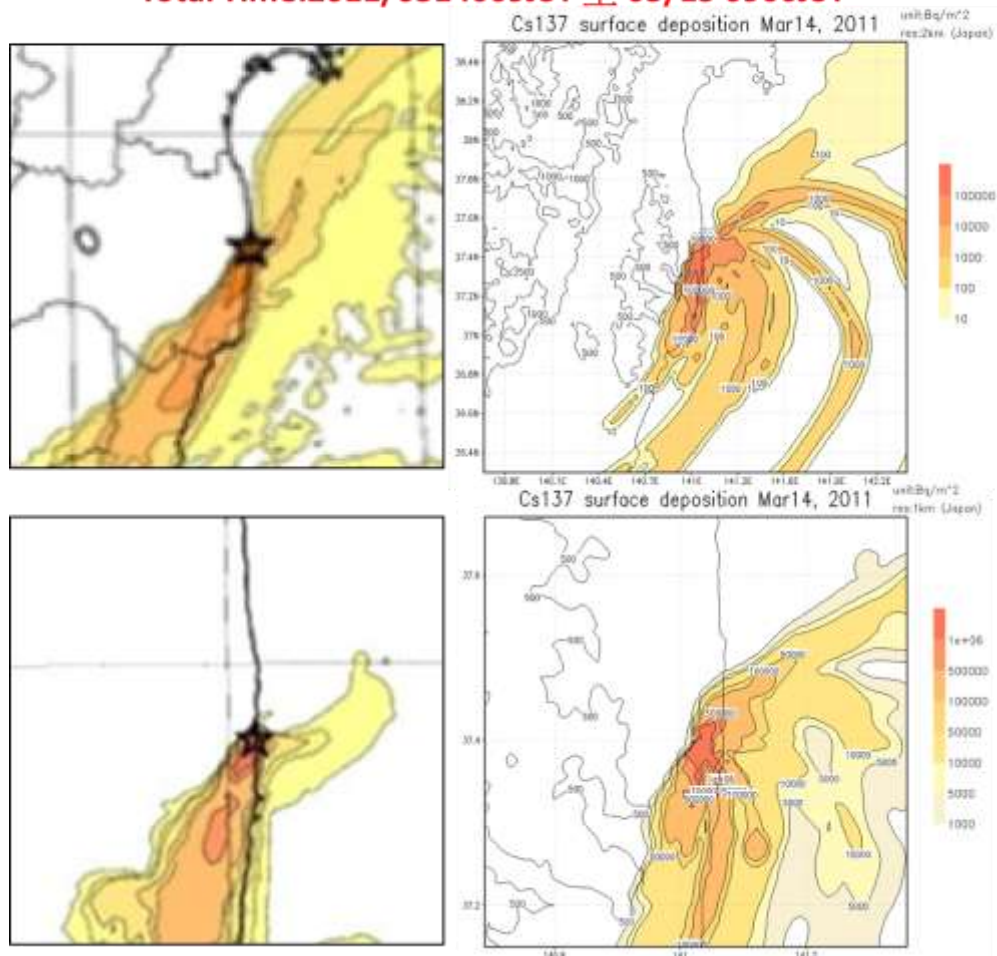


圖 A4-2、A2C t&d 模式(右)日本 WSPEEDI-II(左)的結果比較,上(下)

半部為較大(小)範圍的 4(1)公里解析度圖。

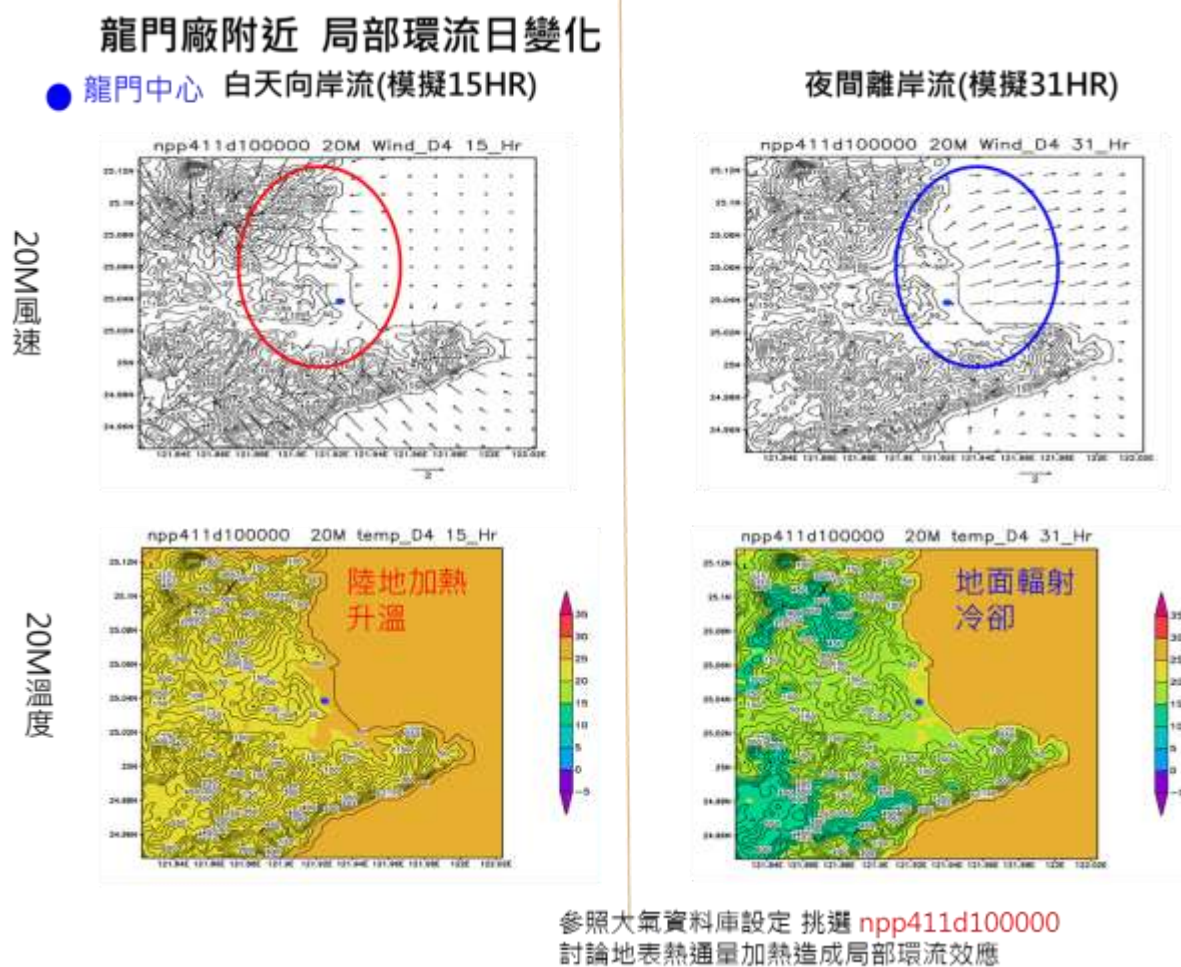
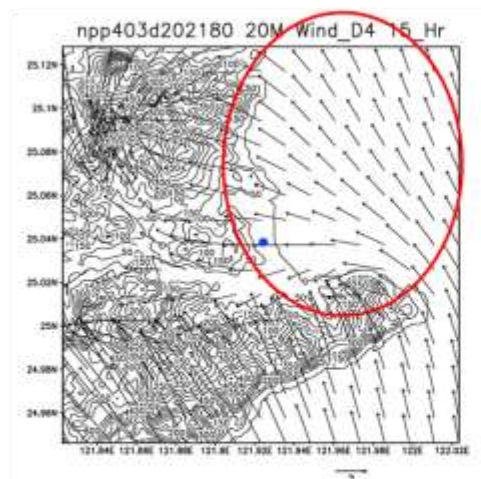


圖 A4-3 龍門電廠氣象風場探討(11 月靜風條件)

龍門廠附近 局部環流日變化

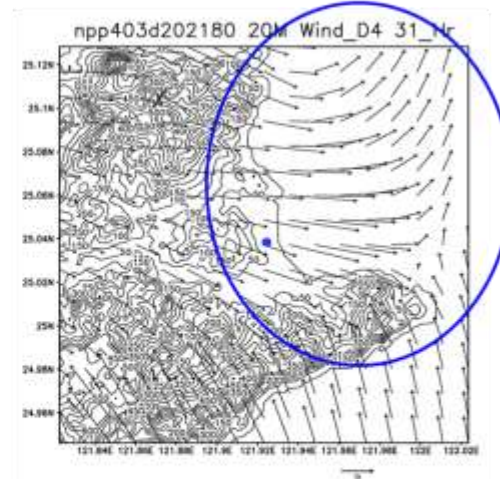
● 龍門中心 白天向岸流(模擬15HR)

夜間離岸流(模擬31HR)



地面向上20M風速

盛行風受到白天海風和上坡風影響，顯著向岸流。



地面向上20M風速

盛行南風受到夜間陸風和下坡風影響，風場轉向顯著，變為離岸流

龍門廠 3月盛行南風2 m/s 案例

圖 A4-4 龍門電廠氣象風場探討(3 月南風條件)

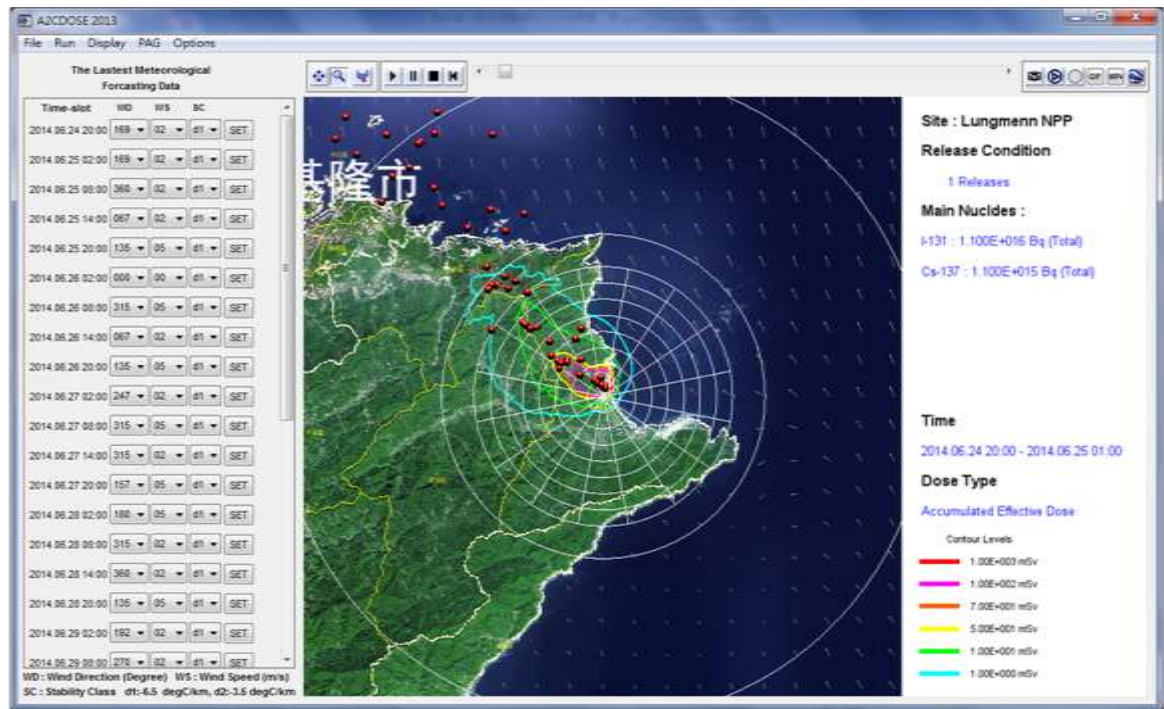


圖 A4-5 A2CDOSE 龍門電廠程式功能與介面模組建置



圖 A4-6 A2CDOSE 龍門電廠程式功能案例測試及結果展示

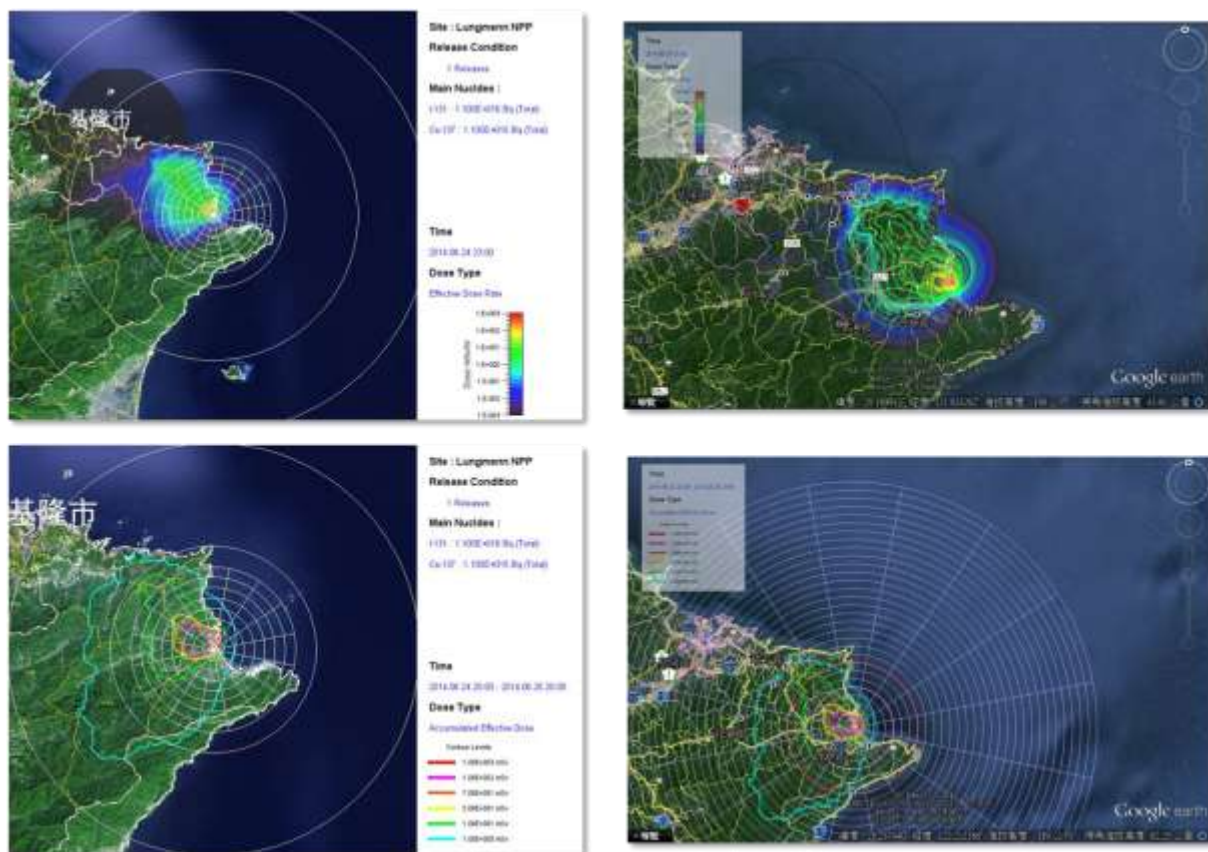


圖 A4-7 劑量評估結果輸出 Google Earth 檔案功能建立及結果展示

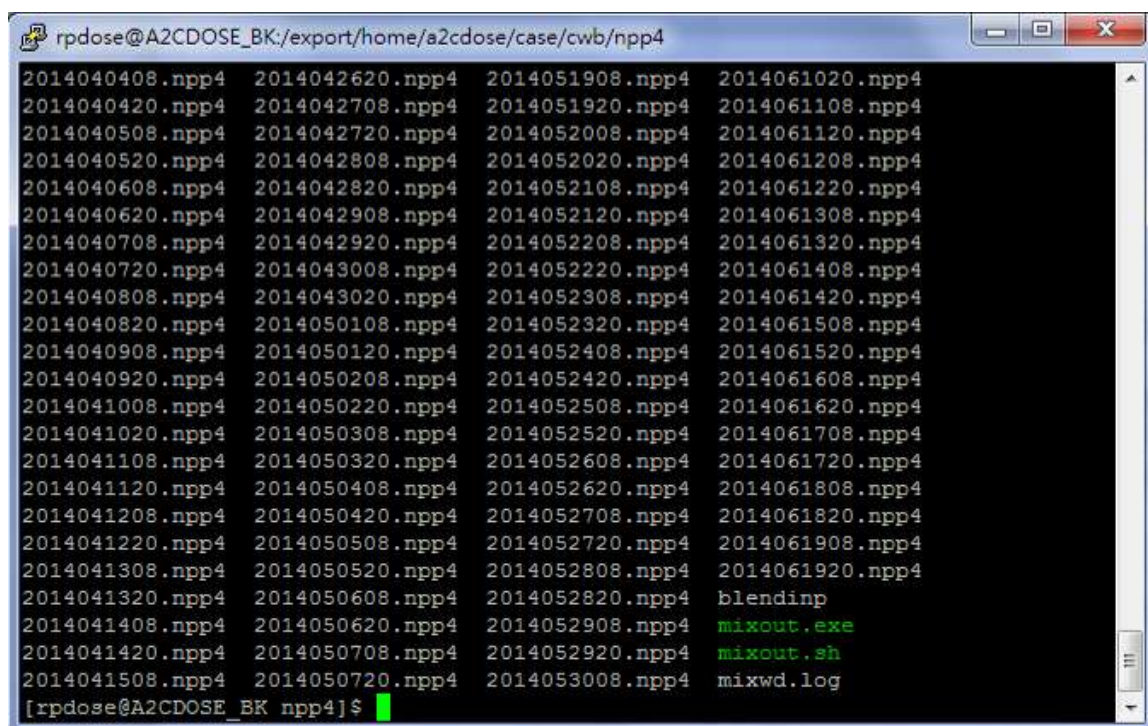


圖 A4-8 劑量評估系統伺服器龍門電廠氣象預報資料接收

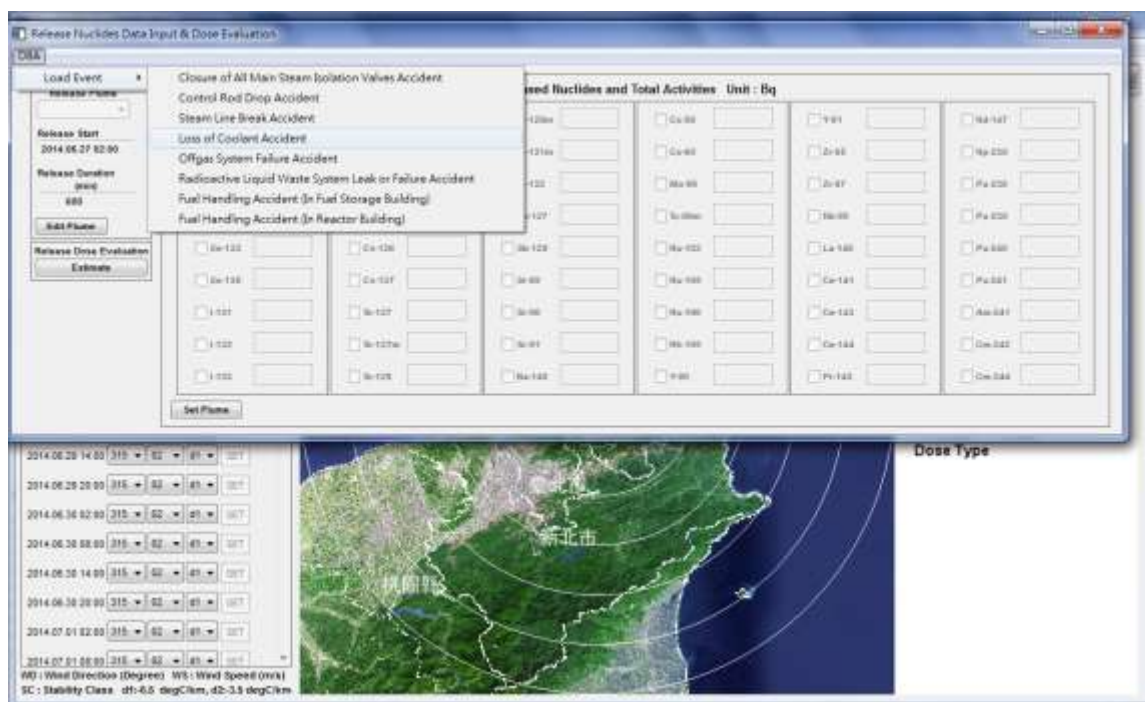


圖 A4-9 劑量評估系統載入 DBA 外釋射源項資料功能(核二廠案例)

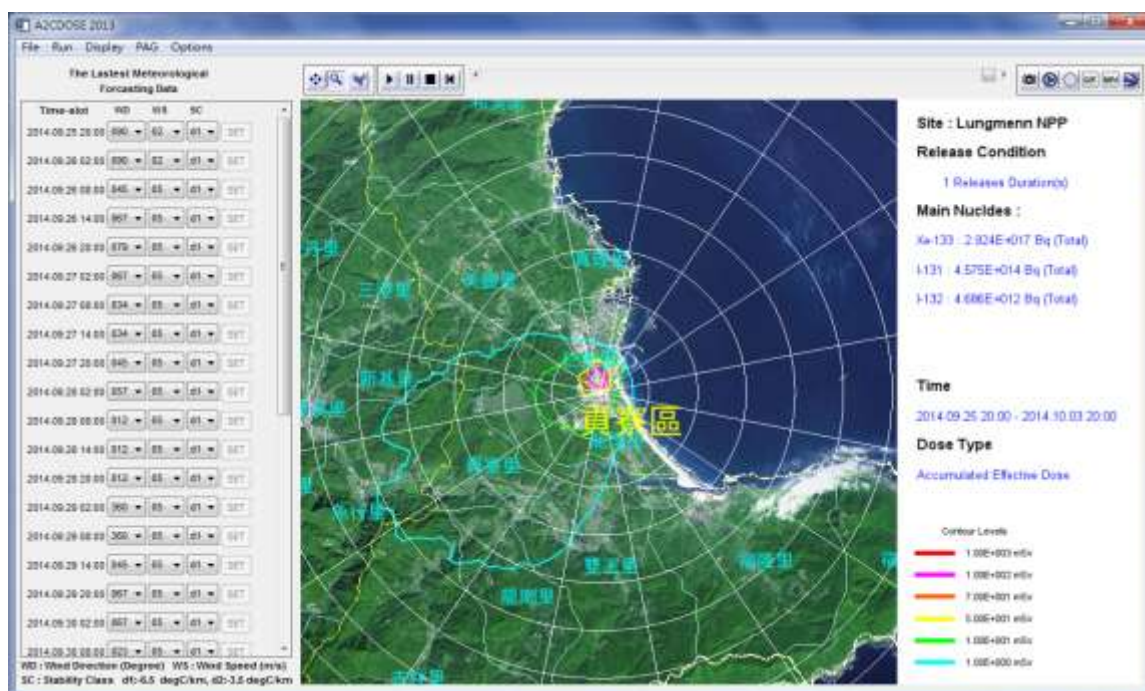


圖 A4-10 LOCA 累積劑量評估結果(龍門電廠案例)

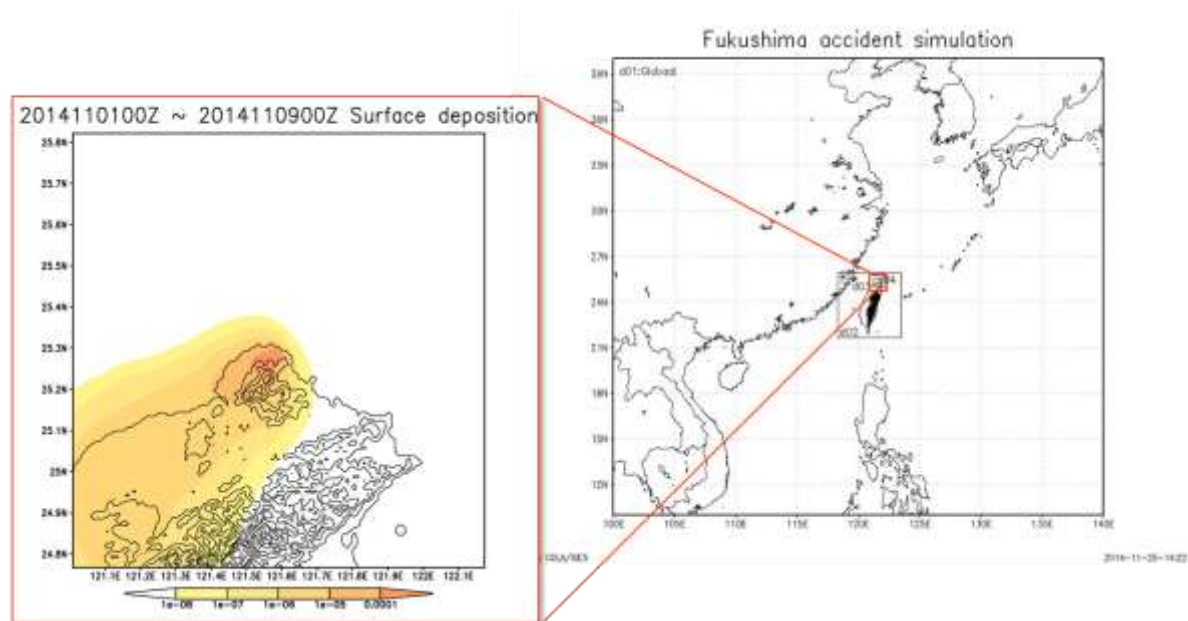


圖 A4-11 核一廠區緊急應變 MDDS 氣象預報北台灣區域 1 公里解析度案例測試分析(2014.11.01 8 天預報資料)

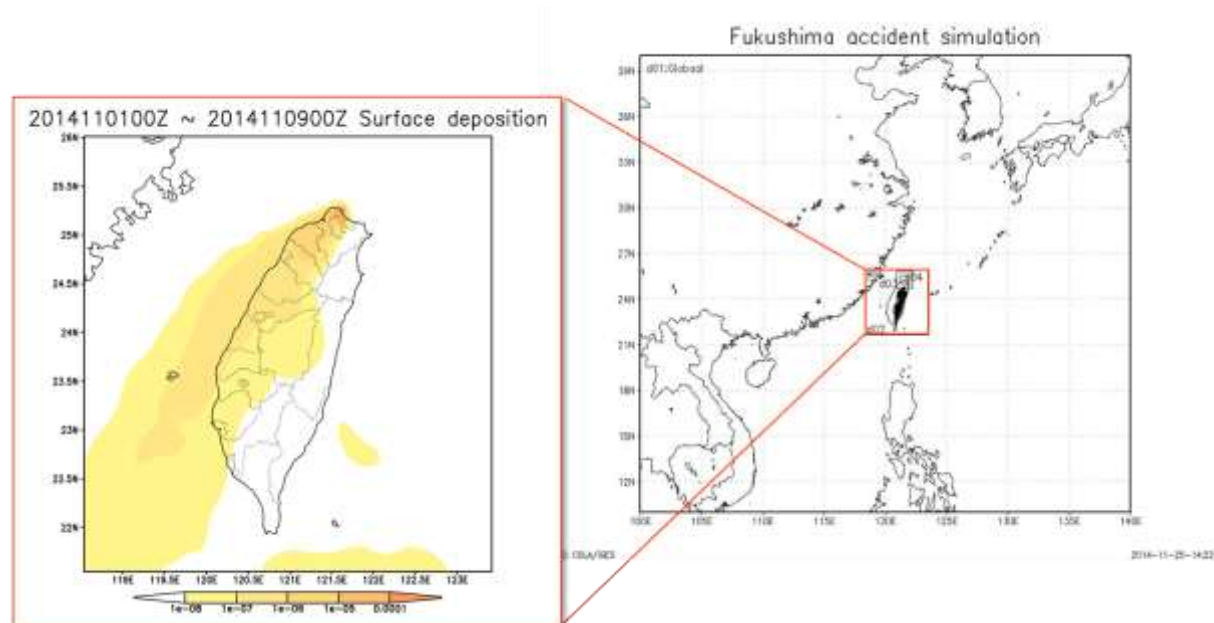


圖 A4-12 核一廠區緊急應變 MDDS 氣象預報全台灣範圍 2 公里解析度 案例測試分析(2014.11.01 8 天預報資料)

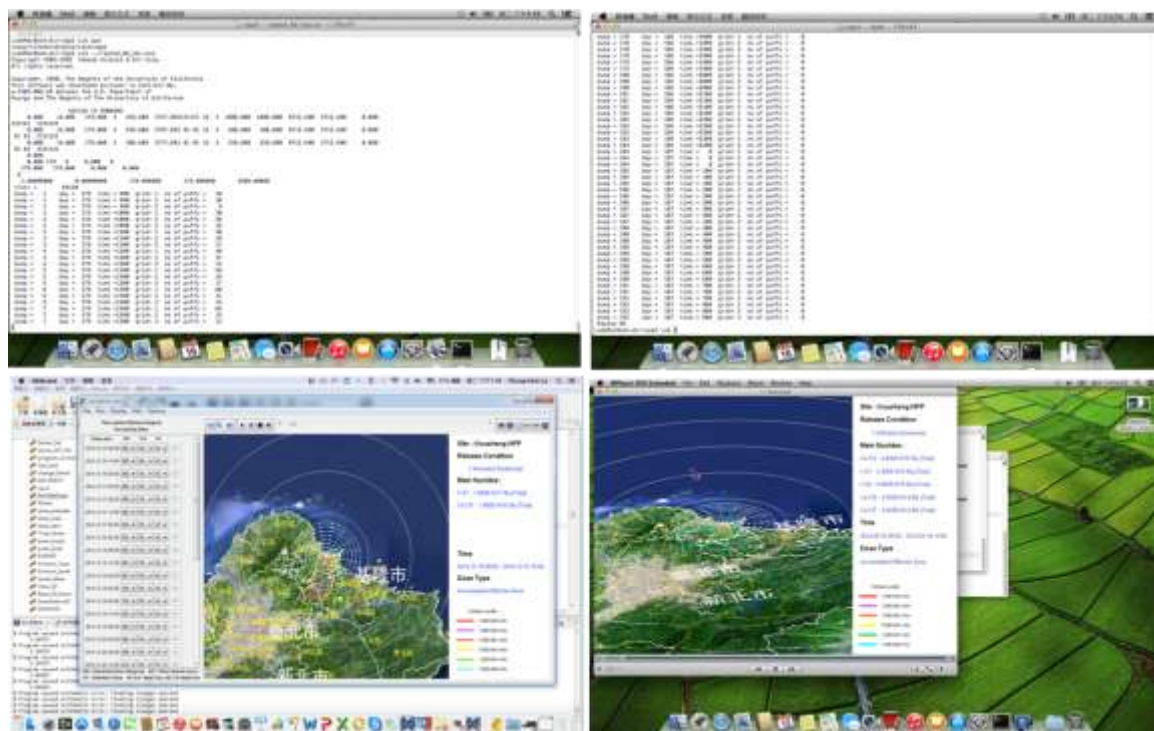


圖 A4-13 獨立作業版本劑量評估系統執行結果

附件五 103 年核安 20 號演習輻射監測中心技術組成果

狀況 1 09.16 10:00

報告：目前事故狀況未能有效控制，機組仍在搶修中，放射性物質已有微量外釋。氣象預報資料目前風向為西轉西北風，風速為每秒 2-3 公尺，研判未來幾天將是以西北風為主的氣象型態。根據電廠煙囪監測外釋核種活度資料進行劑量評估。

外釋射源項資料：(總外釋量)

Xe-133 : $2.4\text{E}+13$ Bq

I-131 : $2.4\text{E}+12$ Bq

I-132 : $4.8\text{E}+12$ Bq

Cs-134 : $2.4\text{E}+11$ Bq

Cs-137 : $2.4\text{E}+11$ Bq

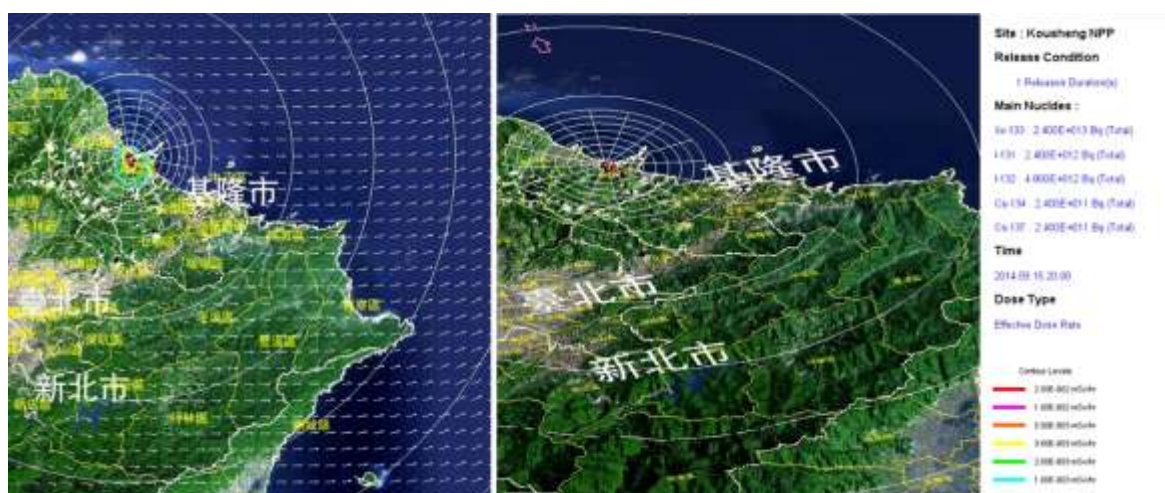


圖 A5-1 劑量評估結果

民眾防護行動建議：

廠界外民眾二天最大可減免劑量未超過 10 毫西弗，甲狀腺廠界外可減免劑量最大可減免劑量未超過 100 毫西弗，未達民眾掩蔽與服用碘片干預基準，暫時無預防性疏散之必要。

Proposed Protective Action						
	Zhejiang Action Time	Zhejiang Avoidable Dose(μSv)	Evacuation Action Time	Evacuation Avoidable Dose(μSv)	Iodine Prophylaxis Action Time	Thyroid Avoidable Dose(μSv)
新北市萬里區野柳里	NA	Maximum: 1.534E-001	NA	Maximum: 2.711E+000	NA	Maximum: 2.405E+001
新北市萬里區海邊里	NA	Maximum: 1.920E-002	NA	Maximum: 9.052E-002	NA	Maximum: 7.061E-001
新北市萬里區壽安里	NA	Maximum: 2.144E-002	NA	Maximum: 5.005E-002	NA	Maximum: 4.349E-001
新北市萬里區雙連里	NA	Maximum: 2.192E-002	NA	Maximum: 4.411E-002	NA	Maximum: 3.826E-001
新北市萬里區大里里	NA	Maximum: 1.648E-002	NA	Maximum: 2.697E-002	NA	Maximum: 2.238E-001
新北市萬里區中福里	NA	Maximum: 1.051E-002	NA	Maximum: 2.230E-002	NA	Maximum: 1.927E-001
新北市萬里區社寮里	NA	Maximum: 6.679E-003	NA	Maximum: 1.256E-002	NA	Maximum: 1.089E-001
新北市萬里區北基里	NA	Maximum: 4.346E-003	NA	Maximum: 7.901E-003	NA	Maximum: 6.797E-002
新北市萬里區潭底里	NA	Maximum: 3.750E-003	NA	Maximum: 7.384E-003	NA	Maximum: 6.418E-002
基隆市七堵區萬里里	NA	Maximum: 4.061E-003	NA	Maximum: 7.192E-003	NA	Maximum: 6.217E-002
基隆市七堵區友二里	NA	Maximum: 2.990E-003	NA	Maximum: 5.325E-003	NA	Maximum: 4.603E-002
基隆市安樂區中福里	NA	Maximum: 2.042E-003	NA	Maximum: 3.757E-003	NA	Maximum: 3.242E-002
新北市汐止區內里	NA	Maximum: 1.272E-003	NA	Maximum: 2.576E-003	NA	Maximum: 2.090E-002
新北市萬里區萬里里	NA	Maximum: 1.402E-003	NA	Maximum: 2.253E-003	NA	Maximum: 1.964E-002
基隆市七堵區萬里里	NA	Maximum: 1.205E-003	NA	Maximum: 2.092E-003	NA	Maximum: 1.807E-002
基隆市安樂區內里	NA	Maximum: 8.849E-004	NA	Maximum: 1.925E-003	NA	Maximum: 1.672E-002
新北市金山區萬里里	NA	Maximum: 4.515E-004	NA	Maximum: 9.625E-004	NA	Maximum: 8.353E-003
基隆市安樂區新福里	NA	Maximum: 4.269E-004	NA	Maximum: 9.502E-004	NA	Maximum: 8.246E-003
臺北市士林區深山里	NA	Maximum: 4.795E-004	NA	Maximum: 9.462E-004	NA	Maximum: 8.197E-003
新北市汐止區長壽里	NA	Maximum: 5.006E-004	NA	Maximum: 9.319E-004	NA	Maximum: 8.079E-003
基隆市七堵區友一里	NA	Maximum: 5.290E-004	NA	Maximum: 9.096E-004	NA	Maximum: 7.843E-003
基隆市中山區中和里	NA	Maximum: 4.090E-004	NA	Maximum: 8.798E-004	NA	Maximum: 7.610E-003
基隆市安樂區外里	NA	Maximum: 4.495E-004	NA	Maximum: 8.000E-004	NA	Maximum: 6.907E-003
臺北市士林區平等里	NA	Maximum: 3.365E-004	NA	Maximum: 6.868E-004	NA	Maximum: 5.978E-003
基隆市安樂區武寧里	NA	Maximum: 3.135E-004	NA	Maximum: 6.322E-004	NA	Maximum: 5.444E-003
基隆市安樂區興寧里	NA	Maximum: 3.200E-004	NA	Maximum: 6.124E-004	NA	Maximum: 5.283E-003
基隆市七堵區日強里	NA	Maximum: 3.525E-004	NA	Maximum: 6.045E-004	NA	Maximum: 5.216E-003
基隆市中山區德安里	NA	Maximum: 2.745E-004	NA	Maximum: 5.902E-004	NA	Maximum: 5.115E-003
基隆市中山區和發里	NA	Maximum: 2.714E-004	NA	Maximum: 5.887E-004	NA	Maximum: 5.062E-003
基隆市中山區協和里	NA	Maximum: 3.100E-004	NA	Maximum: 5.864E-004	NA	Maximum: 5.050E-003
基隆市安樂區社寮里	NA	Maximum: 3.282E-004	NA	Maximum: 5.706E-004	NA	Maximum: 4.917E-003

圖 A5-2 民眾防護行動建議

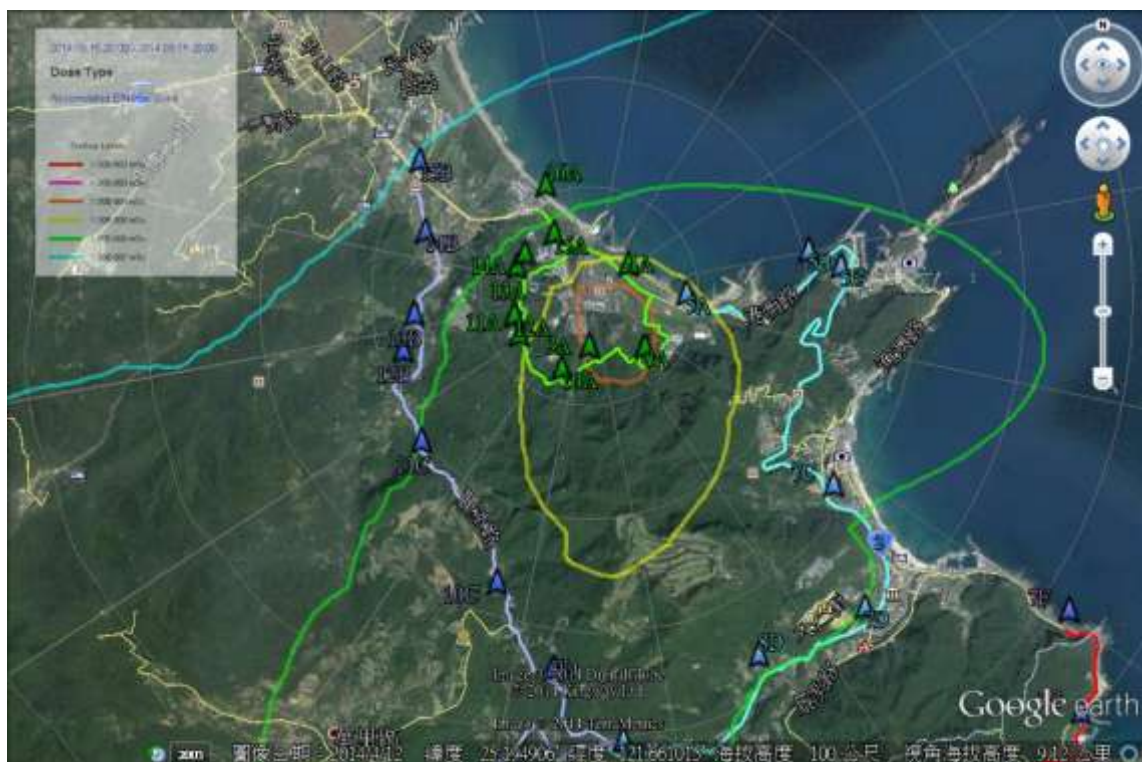


圖 A5-3 累積有效劑量

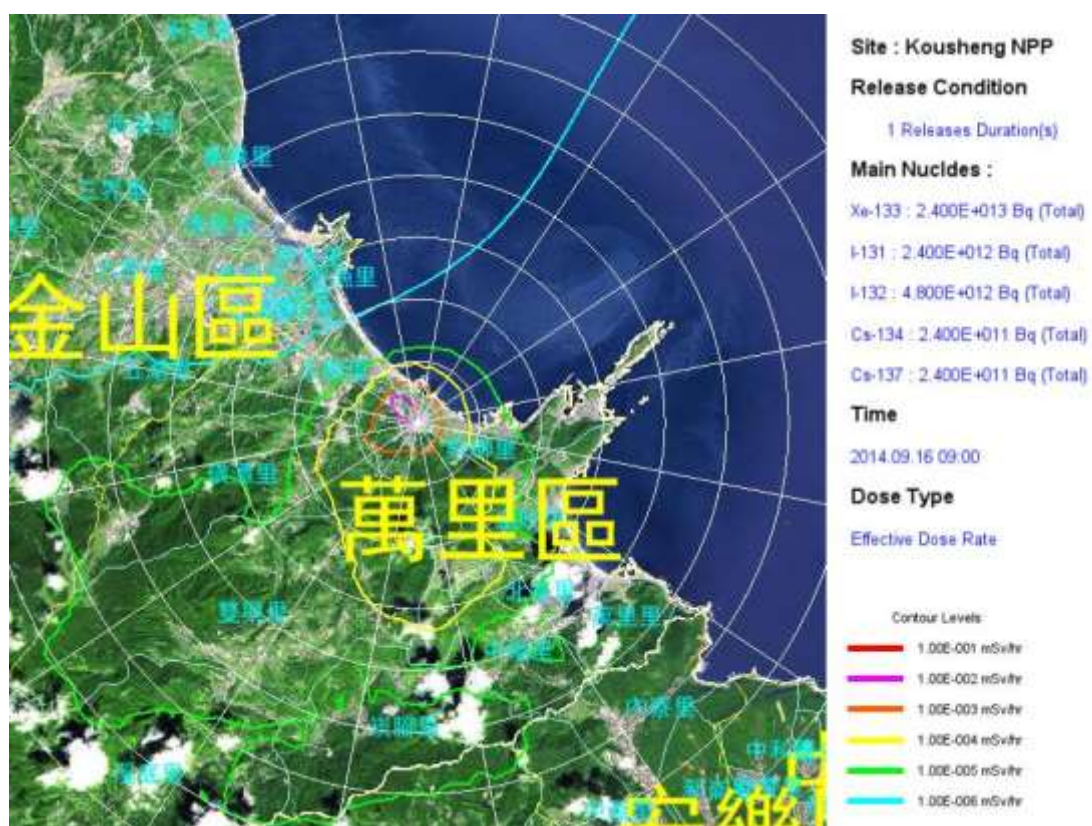


圖 A5-4 有效劑量率

狀況 2 09.16 12:00

報告：

- 電廠已著手進行斷然處置評估與準備作業，為使由外部注水順利已先執行計畫性圍阻體排氣，預估會造成部分放射性物質外釋。
- 氣象預報資料目前風向為西轉西北風，風速為每秒 2-3 公尺，研判未來幾天將是以西北風為主的氣象型態。
- 預計 9/16 18:00 核二廠進行圍阻體排氣，由事故評估結果，保守估計將釋出 1/1000 之爐心放射性核種活度。

外釋射源項資料：(總外釋量)

Xe-133 : 1.1E+15 Bq

I-131 : 1.1E+14 Bq

I-132 : 2.2E+14 Bq

Cs-134 : 1.1E+13 Bq

Cs-137 : 1.1E+13 Bq

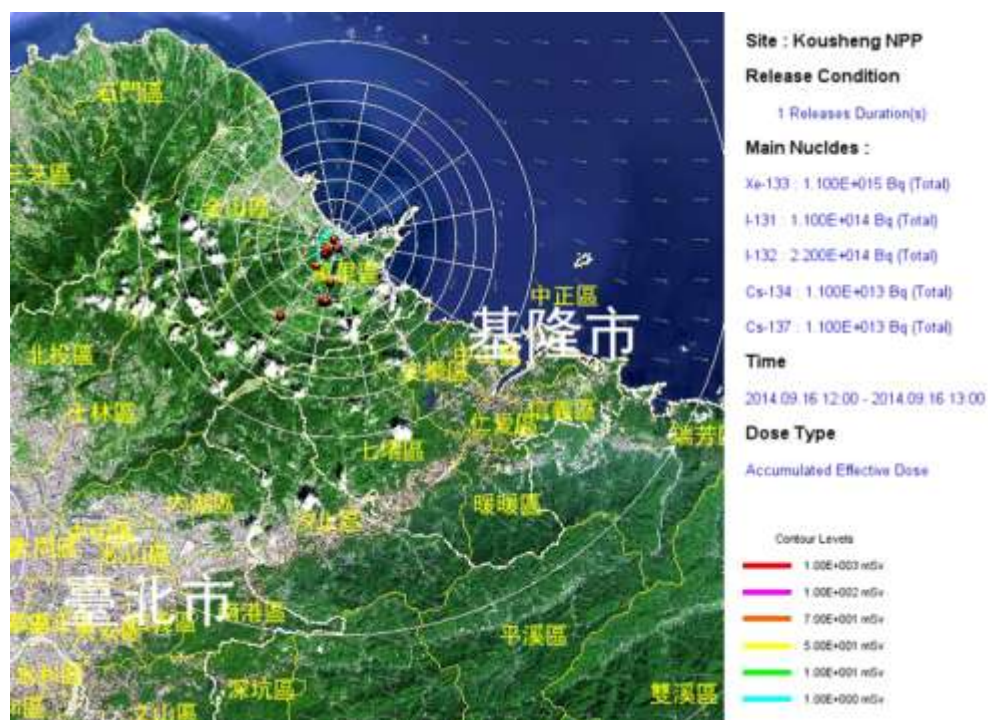


圖 A5-5 累積有效劑量評估結果

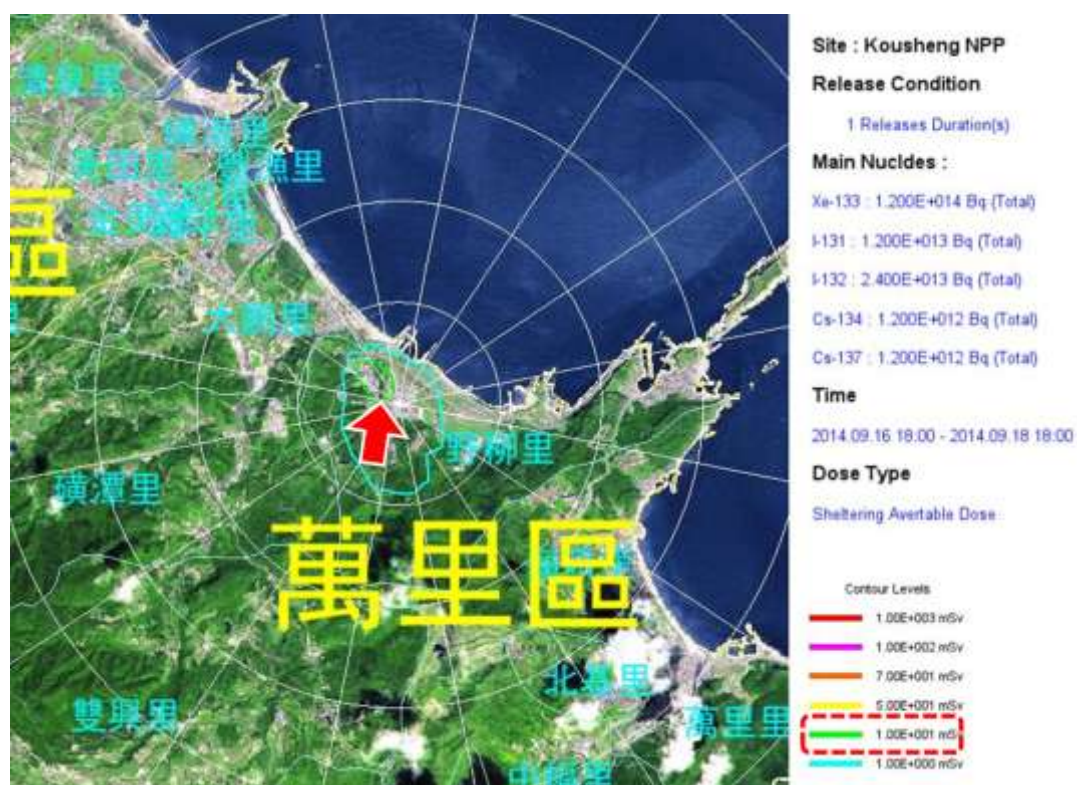


圖 A5-6 掩蔽可減免劑量

民眾防護行動建議：

由事故評估結果，保守估計將釋出 1/1000 之爐心放射性核種活度，根據此外釋條件進行劑量評估之分析結果，圍阻體排氣結果將使核二廠廠區所在之野柳里將受到影響。保守起見建議核二廠半徑 3 公里區域內民眾實施強制預防性疏散，3-8 公里區域內民眾就地掩蔽。

Proposed Protective Action						
	Sheltering Action Time	Sheltering Avoidable Dose(mSv)	Evacuation Action Time	Evacuation Avoidable Dose(mSv)	Iodine Prophylaxis Action Time	Dietary Avoidable Dose(mSv)
新北市萬里區野柳里	2014/09/16 18:00	Maximum 3.11E+001	NA	Maximum 3.240E+001	2014/09/16 19:00	Maximum 3.10E+002
新北市萬里區龜吼里	NA	Maximum 3.722E+001	NA	Maximum 3.897E+001	NA	Maximum 3.261E+000
新北市萬里區城港里	NA	Maximum 3.647E+001	NA	Maximum 3.810E+001	NA	Maximum 3.170E+000
新北市萬里區大熱里	NA	Maximum 3.195E+001	NA	Maximum 2.300E+001	NA	Maximum 1.911E+000
新北市萬里區雙連里	NA	Maximum 1.841E+001	NA	Maximum 1.933E+001	NA	Maximum 1.603E+000
新北市萬里區北基里	NA	Maximum 1.143E+001	NA	Maximum 1.199E+001	NA	Maximum 1.003E+000
新北市萬里區中福里	NA	Maximum 8.775E+000	NA	Maximum 9.171E+000	NA	Maximum 7.720E+000
新北市萬里區萬里里	NA	Maximum 4.853E+000	NA	Maximum 5.089E+000	NA	Maximum 4.270E+000
新北市萬里區宏觀里	NA	Maximum 3.493E+000	NA	Maximum 3.670E+000	NA	Maximum 3.060E+000
基隆市安樂區內寮里	NA	Maximum 2.538E+000	NA	Maximum 2.648E+000	NA	Maximum 2.230E+000
基隆市中山區中和里	NA	Maximum 1.457E+000	NA	Maximum 1.525E+000	NA	Maximum 1.288E+000
基隆市安樂區中港里	NA	Maximum 1.349E+000	NA	Maximum 1.415E+000	NA	Maximum 1.191E+000
基隆市中山區中和里	NA	Maximum 1.137E+000	NA	Maximum 1.195E+000	NA	Maximum 1.007E+000
基隆市安樂區新港里	NA	Maximum 1.134E+000	NA	Maximum 1.185E+000	NA	Maximum 1.000E+000
基隆市中山區文化里	NA	Maximum 9.491E+000	NA	Maximum 9.973E+000	NA	Maximum 8.401E+000
基隆市中山區安樂里	NA	Maximum 9.422E+000	NA	Maximum 9.907E+000	NA	Maximum 8.326E+000
基隆市七堵區瑞成里	NA	Maximum 8.767E+000	NA	Maximum 9.203E+000	NA	Maximum 7.729E+000
新北市金山區豐港里	NA	Maximum 8.099E+000	NA	Maximum 8.503E+000	NA	Maximum 7.122E+000
新北市金山區五湖里	NA	Maximum 7.213E+000	NA	Maximum 7.590E+000	NA	Maximum 6.320E+000
基隆市中山區和平里	NA	Maximum 7.187E+000	NA	Maximum 7.554E+000	NA	Maximum 6.343E+000
基隆市中山區北白里	NA	Maximum 6.847E+000	NA	Maximum 7.190E+000	NA	Maximum 6.068E+000
基隆市中山區德和里	NA	Maximum 5.826E+000	NA	Maximum 6.124E+000	NA	Maximum 5.149E+000
基隆市中山區德明里	NA	Maximum 5.621E+000	NA	Maximum 5.909E+000	NA	Maximum 4.970E+000
新北市金山區和平里	NA	Maximum 5.528E+000	NA	Maximum 5.809E+000	NA	Maximum 4.845E+000
基隆市中山區清仁里	NA	Maximum 5.108E+000	NA	Maximum 5.370E+000	NA	Maximum 4.521E+000
基隆市中山區仁里	NA	Maximum 5.065E+000	NA	Maximum 5.323E+000	NA	Maximum 4.480E+000
基隆市七堵區瑞成里	NA	Maximum 4.930E+000	NA	Maximum 5.177E+000	NA	Maximum 4.378E+000
基隆市中山區西港里	NA	Maximum 4.754E+000	NA	Maximum 4.994E+000	NA	Maximum 4.280E+000
新北市萬里區萬里里	NA	Maximum 4.736E+000	NA	Maximum 4.970E+000	NA	Maximum 4.173E+000
基隆市安樂區武港里	NA	Maximum 4.618E+000	NA	Maximum 4.852E+000	NA	Maximum 4.079E+000
新北市金山區城港里	NA	Maximum 4.592E+000	NA	Maximum 4.815E+000	NA	Maximum 4.048E+000

圖 A5-7 表單式民眾防護建議

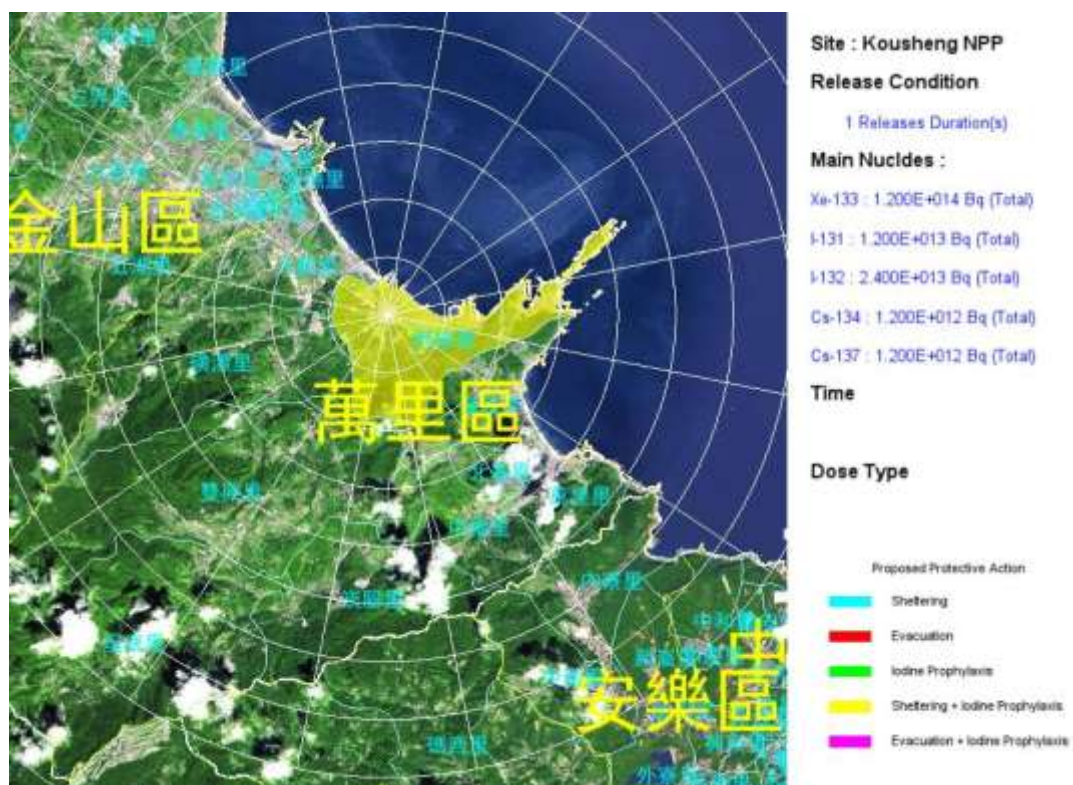


圖 A5-8 地圖式民眾防護建議

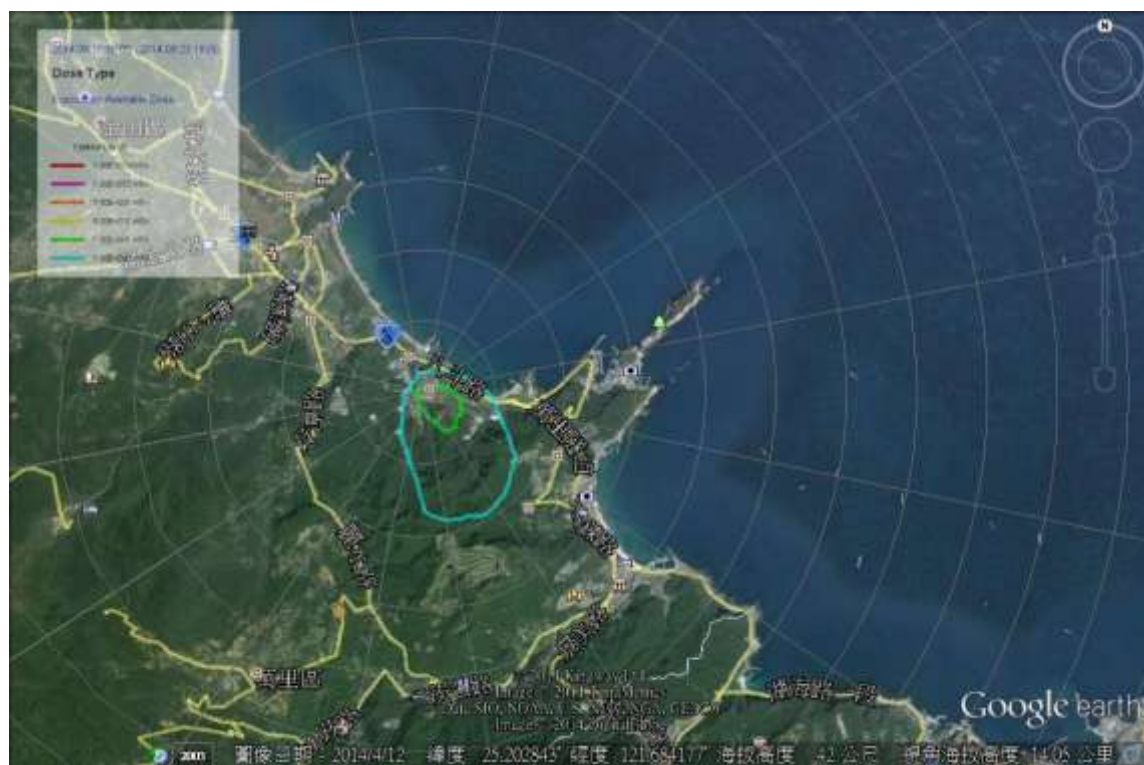


圖 A5-9 疏散可減免劑量



圖 A5-10 有效劑量率顯示

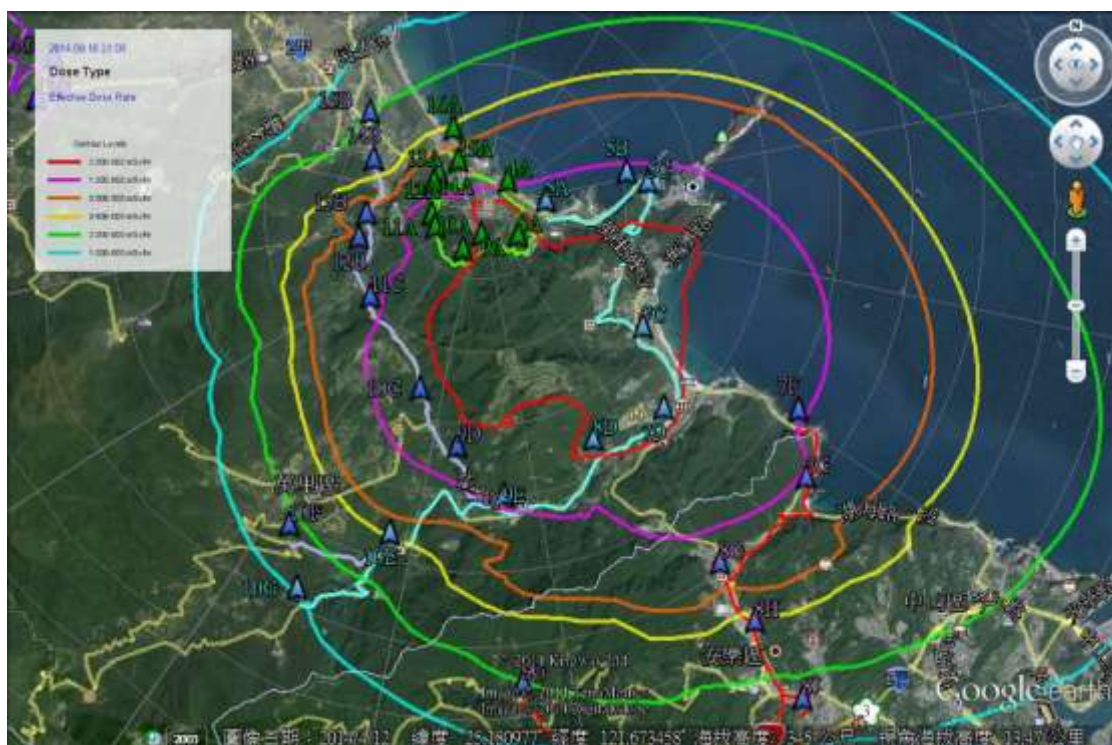


圖 A5-11 有效劑量率分布與偵測路線套疊

狀況 3 09.18 16:15

報告：

- 9/18 08:00 核二廠發生全面緊急事故，一號爐爐心大部分熔毀。
- 氣象預報資料目前風向為西轉西北風，風速為每秒 2-3 公尺，研判未來幾天將是以西北風為主的氣象型態。
- 目前已發生由爐心嚴重熔損，由事故評估結果，保守估計未來 10 小時將持續釋出 1/100 之爐心放射性核種活度。

外釋射源項資料：(總外釋量)

Xe-133 : 4.4E+16 Bq

I-131 : 4.4E+15 Bq

I-132 : 8.8E+15 Bq

Cs-134 : 4.4E+14 Bq

Cs-137 : 4.4E+14 Bq

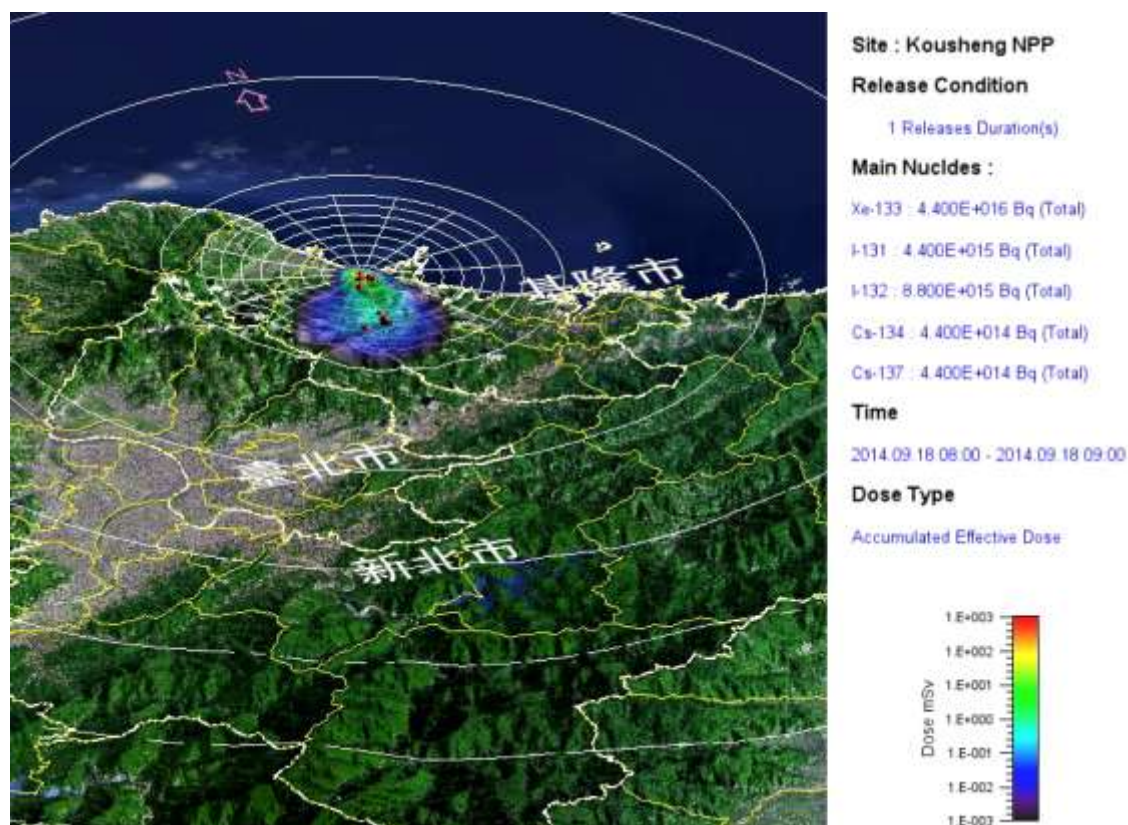


圖 A5-12 劑量評估結果

民眾防護行動建議：

依據核子事故民眾防護行動規範，考量事故擴大之虞，保守起見建議核二廠半徑 3~8 公里區域，應考慮採行疏散措施；8-16 公里內區域持續進行室內掩蔽。8 公里區域內無法疏散民眾及應變人員，應考慮服用碘片措施。

Proposed Protective Action						
	Defining Action Time	Defining Available Dose(Sv)	Evacuation Action Time	Evacuation Available Dose(Sv)	Initial Protective Action Time	Thermal Available Dose(Sv)
新北市萬里區野柳鄉	2014.09.18 08:00	4.73E+003	2014.09.18 08:00	4.30E+003	2014.09.18 09:00	4.81E+003
新北市萬里區城隍廟	2014.09.18 08:00	2.79E+002	2014.09.18 08:00	2.89E+002	2014.09.18 09:00	1.26E+002
新北市萬里區萬里港	2014.09.18 08:00	1.18E+002	2014.09.18 08:00	1.22E+002	2014.09.18 09:00	1.40E+002
新北市萬里區龜吼里	2014.09.18 08:00	9.80E+001	2014.09.18 08:00	1.02E+002	2014.09.18 09:00	1.76E+002
新北市萬里區中港里	2014.09.18 08:00	4.63E+001	NA	Maximum: 4.81E+001	2014.09.18 09:00	1.01E+002
新北市萬里區大南里	2014.09.18 08:00	4.27E+001	NA	Maximum: 4.43E+001	2014.09.18 09:00	1.09E+002
新北市萬里區中興里	2014.09.18 08:00	2.74E+001	NA	Maximum: 2.94E+001	2014.09.18 09:00	1.10E+002
新北市萬里區溪墘里	2014.09.18 08:00	2.32E+001	NA	Maximum: 2.40E+001	2014.09.18 09:00	1.06E+002
基隆市七堵區萬里西里	2014.09.18 08:00	1.45E+001	NA	Maximum: 1.51E+001	2014.09.18 09:00	1.09E+002
基隆市七堵區萬里西里	2014.09.18 08:00	1.34E+001	NA	Maximum: 1.39E+001	2014.09.18 09:00	1.07E+002
新北市萬里區北基里	NA	Maximum: 9.14E+000	NA	Maximum: 9.49E+000	NA	Maximum: 9.10E+001
新北市汐止區洪內里	NA	Maximum: 7.71E+000	NA	Maximum: 7.70E+000	NA	Maximum: 6.53E+001
基隆市安樂區中興里	NA	Maximum: 5.14E+000	NA	Maximum: 5.34E+000	NA	Maximum: 4.59E+001
新北市土城區金山里	NA	Maximum: 3.22E+000	NA	Maximum: 3.38E+000	NA	Maximum: 2.97E+001
新北市土城區萬里里	NA	Maximum: 2.90E+000	NA	Maximum: 3.01E+000	NA	Maximum: 2.69E+001
新北市土城區萬里里	NA	Maximum: 2.87E+000	NA	Maximum: 2.97E+000	NA	Maximum: 2.56E+001
基隆市七堵區萬里里	NA	Maximum: 2.52E+000	NA	Maximum: 2.63E+000	NA	Maximum: 2.25E+001
基隆市土城區萬里里	NA	Maximum: 2.37E+000	NA	Maximum: 2.46E+000	NA	Maximum: 2.12E+001
基隆市安樂區內里里	NA	Maximum: 1.75E+000	NA	Maximum: 1.81E+000	NA	Maximum: 1.54E+001
新北市萬里區萬里里	NA	Maximum: 1.50E+000	NA	Maximum: 1.57E+000	NA	Maximum: 1.37E+001
基隆市土城區萬里里	NA	Maximum: 1.36E+000	NA	Maximum: 1.42E+000	NA	Maximum: 1.21E+001
基隆市七堵區萬里里	NA	Maximum: 1.07E+000	NA	Maximum: 1.14E+000	NA	Maximum: 9.00E+000
新北市土城區萬里里	NA	Maximum: 7.84E+001	NA	Maximum: 8.10E+001	NA	Maximum: 7.01E+000
基隆市安樂區萬里里	NA	Maximum: 7.16E+001	NA	Maximum: 7.45E+001	NA	Maximum: 6.20E+000
基隆市土城區萬里里	NA	Maximum: 6.31E+001	NA	Maximum: 6.64E+001	NA	Maximum: 5.54E+000
基隆市安樂區萬里里	NA	Maximum: 6.00E+001	NA	Maximum: 6.31E+001	NA	Maximum: 5.45E+000
基隆市土城區萬里里	NA	Maximum: 5.42E+001	NA	Maximum: 5.63E+001	NA	Maximum: 4.96E+000
基隆市土城區萬里里	NA	Maximum: 4.70E+001	NA	Maximum: 4.96E+001	NA	Maximum: 4.29E+000
基隆市安樂區萬里里	NA	Maximum: 4.26E+001	NA	Maximum: 4.50E+001	NA	Maximum: 3.79E+000
基隆市土城區萬里里	NA	Maximum: 4.13E+001	NA	Maximum: 4.38E+001	NA	Maximum: 3.70E+000
基隆市安樂區萬里里	NA	Maximum: 4.01E+001	NA	Maximum: 4.17E+001	NA	Maximum: 3.69E+000

圖 A5-13 表單式民眾防護建議



圖 A5-14 疏散可減免劑量

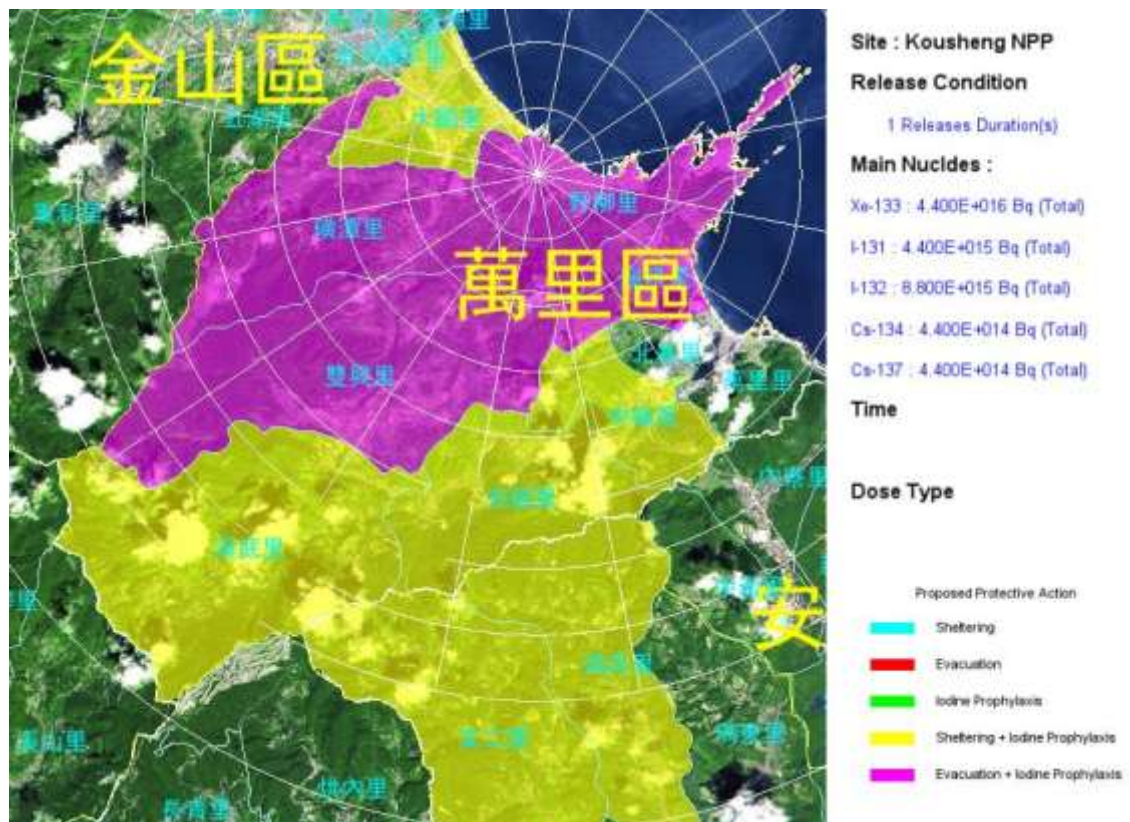


圖 A5-15 地圖式民眾防護建議

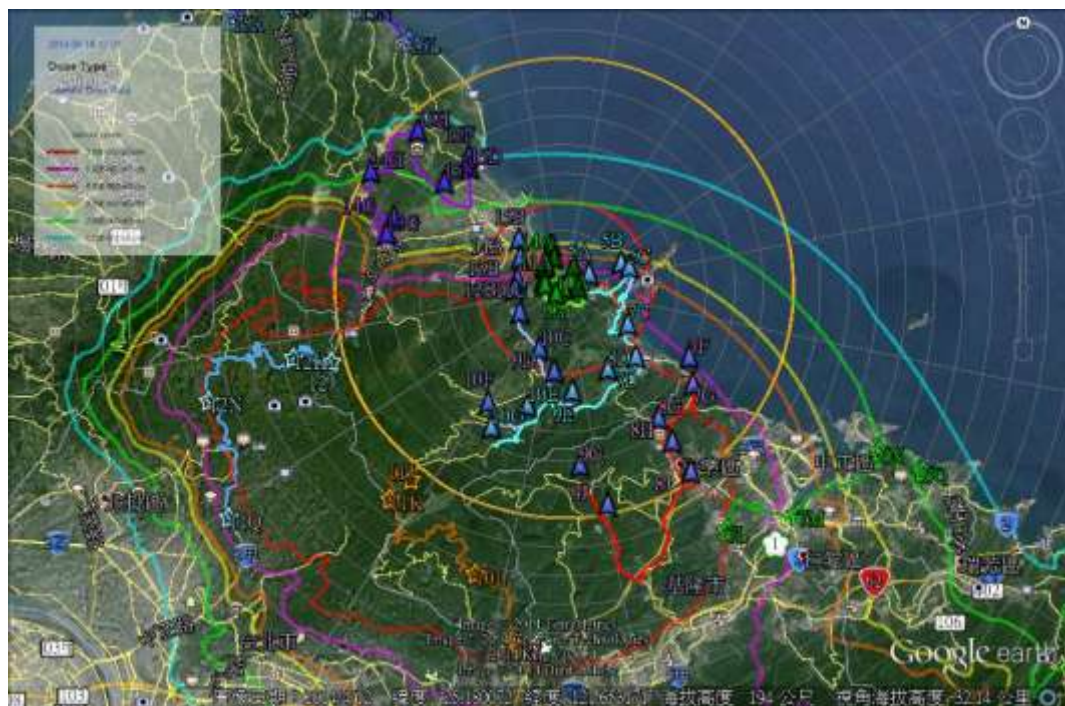


圖 A5-16 有效劑量率分布與偵測路線套疊

狀況 4 09.18 17:25

報告：

- 核安第 20 號演習-空中輻射偵測任務說明：

當核能二廠之核子事故受穩定控制後，為調查我國國土受輻射落塵污染之範圍，依據「核子事故緊急應變北部輻射監測中心作業程序書之空中輻射偵測作業程序書 8311」規劃空中輻射偵測作業。

- 空中輻射偵測任務綱要說明：

由我國國軍駕駛直昇機搭載 SPARCS-A 系統，從國揚社區起飛，飛往核能二廠東南方，執行空中輻射偵測任務。

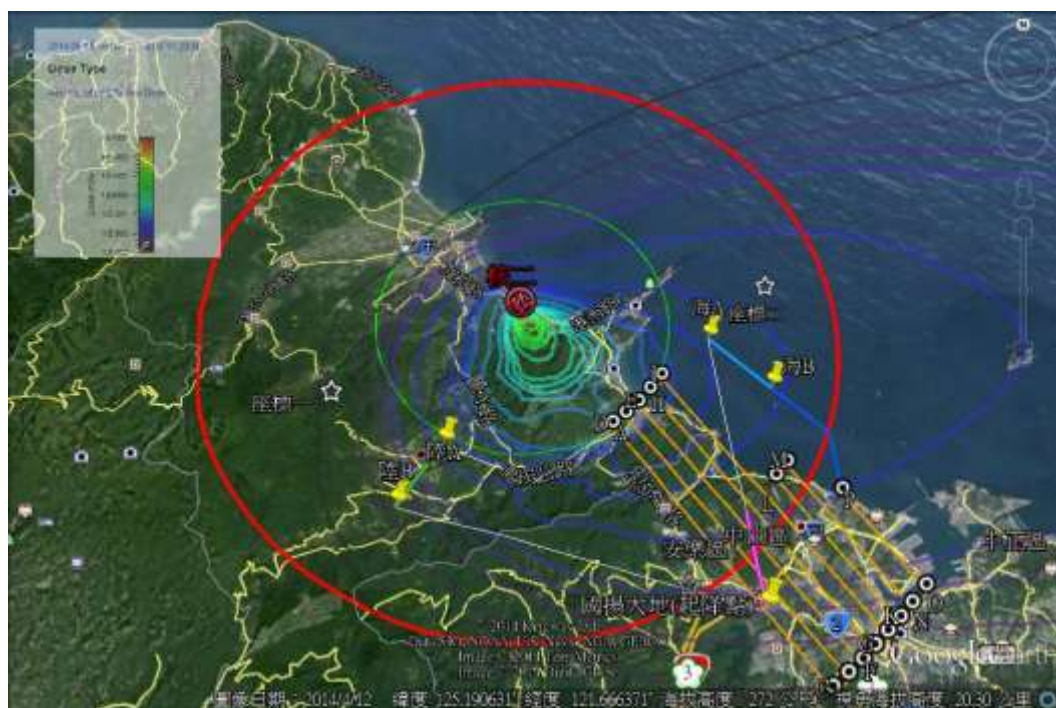


圖 A5-17 根據劑量評估預測結果規劃空中偵測飛行路線