

# 政府科技計畫成果效益報告

計畫名稱：核設施放射性災害應變與複合式災害互  
依性分析技術建立

---

---

(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

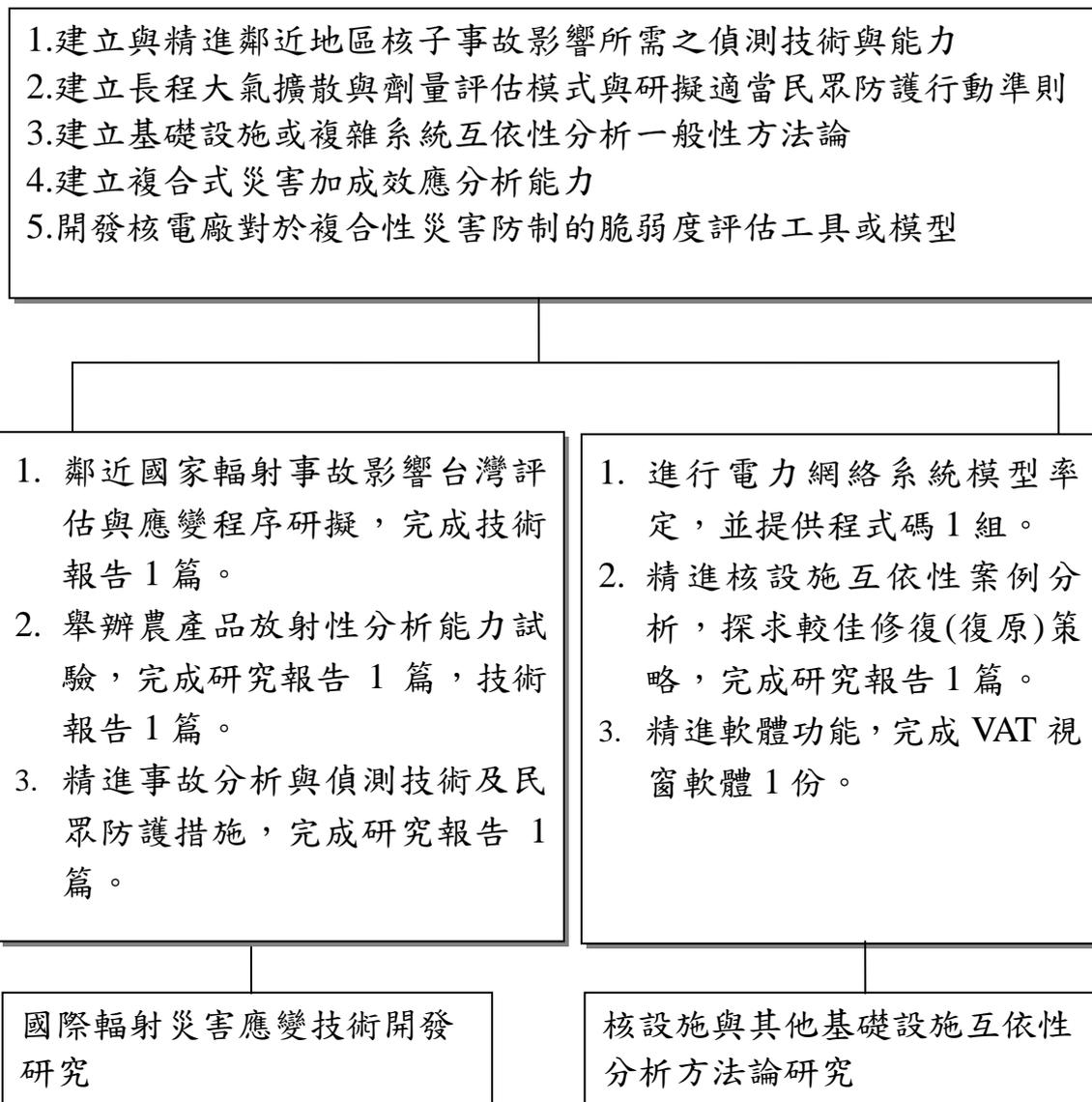
## 目錄

壹、科技施政重點架構圖.....	3
貳、基本資料.....	4
參、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	4
一、計畫目的與預期成效.....	4
二、計畫架構(含樹狀圖).....	5
三、計畫主要內容.....	5
肆、計畫經費與人力執行情形.....	6
伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output).....	10
陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome).....	21
柒、與相關計畫之配合.....	22
捌、後續工作構想之重點.....	23
玖、檢討與展望.....	23

## 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）



## 貳、基本資料：

計畫名稱：核設施放射性災害應變與複合式災害互依性分析技術建立

主持人：徐明德

審議編號：102-2001-00-00-00

計畫期間(全程)：100年01月01日至102年12月31日

年度經費：7,902千元 全程經費規劃：28,275千元

執行單位：行政院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：

本計畫之總目標為國家建立核設施放射性災害應變與複合式災害互依性分析技術，目的在開發國際輻射災害應變技術與建立核設施與其他基礎設施互依性分析方法論。

在開發國際輻射災害應變技術方面，由於台灣鄰近地區國家於未來將建立許多核子設施，一旦核子設施發生事故，台灣很難不受影響，因此相關鄰近地區核災長程數百公里大氣擴散與影響評估之機制需要建立。本計畫主要目標為建立與精進鄰近地區輻災事故影響所需之偵測評估技術與能力，其中包括環境輻射偵測監測、參考樣本分析、大氣擴散模式、體內外劑量評估模式與民眾防護措施與基準(含復原期)研究等。

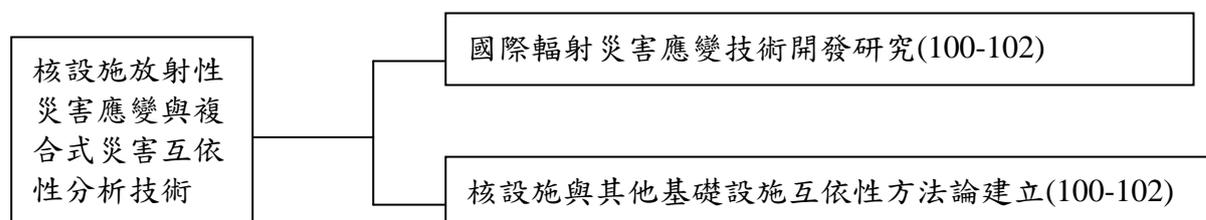
在建立核設施與其他基礎設施互依性分析方法論方面，根據前期計畫已架構之網絡系統代理人模型及系統動力學模型，並以台灣地區電力網絡為案例，導入實際供電回饋運算，研究台灣地區電力

網絡特性，進而探討電網對於大型災害之耐受性與回復情形，以提昇核電廠災害應變之回復能力。並持續精進模擬程式，提供一簡易網絡分析軟體。

本計畫 102 年度之執行項目工作，預計達成下列成效：

- (1) 鄰近國家輻射事故影響台灣評估與應變程序研擬，完成技術報告 1 篇。
- (2) 舉辦農產品放射性分析能力試驗，完成研究報告 1 篇，技術報告 1 篇。
- (3) 精進事故分析與偵測技術及民眾防護措施，完成研究報告 1 篇。
- (4) 進行電力網絡系統模型率定，並提供程式碼 1 組。
- (5) 精進核設施互依性案例分析，完成研究報告 1 篇。
- (6) 精進軟體功能，完成 VAT 視窗軟體 1 份。

## 二、計畫架構(含樹狀圖)：



### 三、計畫主要內容

第一分項計畫「國際輻射災害應變技術研究」的倡議主要著眼於發生國際輻射災害時，開發我國的因應對策與應變技術。國家安全局建議我國應建立模擬中國大陸核電廠輻射事故相關污染物擴散與分佈情況技術，列入國家安全及相關防災體系。因此，本分項計畫評估可能發生國際輻射災害的區域，除包括大陸地區外，也包括鄰近地區，如韓國、日本、菲律賓等地，在技術開發方面包括：放射性核種在大氣層之擴散模式；大氣層與大範圍氣體分析；大容量農產品放射性分析及品質保證；檢討核子事故輻射監測中心場所設置；精進行動式輻射監測設備；分析民眾防護措施(如疏散、掩蔽等)的適當性。本分項計畫在執行上，將與中央氣象局及學術界合作，拓展衛星氣象資料分析與研究領域，對發生國際輻射災害時，提供完善的應變措施。

第二分項計畫「核設施與其他基礎設施互依性分析技術研究」規劃從核電廠做為(發電)基礎設施的角色出發，瞭解基礎設施系統互依特性對於核電廠安全風險之可能影響，並開發新的分析技術，以此為本計畫的重點，研究與建立核能電廠發生複合式災害的互依性分析技術，以瞭解重大災害發生後的影響。本計畫將利用過去供電經驗，研究台灣地區電力網絡特性，進而探討耐受性與電網回復

情形，以提昇核電廠災害應變之回復能力。此外精進 VAT 網絡分析軟體，提供一簡便網絡分析工具。

註：請依原綱要計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫

## 肆、計畫經費與人力執行情形

### 一、計畫經費執行情形：(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 (千元)	名稱	經費 (千元)			
核設施放射性災害應變與複合式災害互依性分析技術建立	7,902 千元	國際輻射災害應變技術研究	4,381 千元	汪子文	核能研究所保健物理組	
		核設施與其他基礎設施互依性方法論建立	3,521 千元	黃佳慧	核能研究所核子工程組	

(二)經資門經費表

會計科目	項目	預算數 / (執行數)			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						
3.差旅費						
4.管理費						
5.營業稅						
小計						
二、資本支出						
小計						
合計	金額	6,538,194 / (7,902,000)		6,538,194 / (7,902,000)	82.74%	
	占總經費%	82.74%				

與原計畫規劃差異說明：

另撥出少數經費辦理核能電廠「102年強化核電廠適職方案管制研究」研究。

(三)計畫人力

計畫名稱	執行情形	總人力(人年)	副研究員級	助理研究員級	助理工程師	助理
國際輻射災害應變技術研究	原訂	1.85	0.8	0.1	0.45	0.5
	實際	1.85	0.8	0.1	0.45	0.5
	差異	0	0	0	0	0

核設施與其他基礎設施互依性方法論建立	原訂	1.2	0.2	0.1	0.7	0.2
	實際	1.2	0.2	0.1	0.7	0.2
	差異	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	
			學歷	專長
汪子文	副研究員	國際輻射災害應變技術開發研究/3.6 人月	學歷	學士
			經歷	核能研究所
			專長	核子工程
楊雍穆	副研究員	國際輻射災害應變技術開發研究/2.4 人月	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	核子工程
方新發	副研究員	國際輻射災害應變技術開發研究/2.4 人月	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	輻射偵測與分析
陳俊良	副研究員	國際輻射災害應變技術開發研究/1.2 人月	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	輻射偵測與分析
林家德	副研究員	核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究/2.4 人月	學歷	碩士
			經歷	核能研究所
			專長	核子工程

**與原計畫規劃差異說明：**

本計畫執行人力與預期規劃相符。

## 伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output)

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。

### (1) 學術成就

#### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

100 年度完成相關之期刊論文 1 篇與研究報告 5 篇，技術報告 3 篇，達成計畫預定目標。

101 年度完成大氣擴散模式中氣象數據處理介紹技術報告(INER-9078)，此報告研究在大氣擴散模式中至少用到的氣象參數，包括：(1)觀測值與預測值的定義；(2)數據代表的時間意義；(3)地表風速與風向的決定；(4)大氣穩定度的推導；(5)降雨型態的因素；(6)混合層高度的推導等。本報告完成氣象觀測、氣象塔設立之選擇、氣象參數的推導以及內插法之技術，可供國際輻災或核能電廠評估輻射劑量過程中，處理氣象數據時之導引。

102 年度與長榮大學合作，完成「核設施放射性災害分析技術建立」技術報告，研究成果除於 102 年 12 月 11 日台美民用核能合作會議上發表外，並培養碩士生三員參與此計畫，對人才培育有重大貢獻。

完成「人口網格化地理資訊處理系統使用手冊」(INER-OM-1915R)，人口分布資料對重大國際輻射或核子事故的緊急

應變計畫非常重要，日本福島事件之後，釋放出大量的放射性物質到大氣中，隨著大氣的飄散到世界各地，而引起各國關心。要評估民眾可能接受的輻射劑量，除了需排放量與大氣擴散模式以評估空氣濃度或沉降量分布情形外，同時也要利用人口分布資料，以統計可能受到污染的人數。一般的大氣擴散評估結果可能以不同濃度等高線涵蓋區域或網格點濃度方式表現，人口資料有需要進行適當處理以搭配相關應用。如果人口越精細可靠，評估結果也相對替可以越精細可靠。國際輻災應變技術開發計畫研究中，進行人口分布資料蒐集與研究。近年來，地理資訊系統發展迅速，我國政府為提昇空間決策品質及行政效率，內政部統計處開始著手最小統計區工作推動，以期解決以往以行政區界發布災害緊急應變行動時，所造成之地理空間扭曲問題，從而建立較以往村里層級更小的人口統計，與提供更高解析人口分布資料。本計畫參照內政部最小統計區資料，建立的人口查詢地理資訊系統，包括網格化資料查詢，可供評估國際輻災或其他災害時民眾健康的影響。

完成「GIS 為基礎之核子事故災難預防與援救資訊平台」研究報告(INER-9918)，並彙整論文"Development of a GIS-based Disaster Prevention and Rescue Information platform"，發表於 International Journal of Research in Engineering and Technology 國際期刊(Vol. 1, No.

5, 271-274)。本研究利用 Google Earth 地理資訊系統建立災害防救資訊平台，有助於我國核能電場及其他工廠發生災害時，提供防救災資訊及整合資訊。並且可延伸到健康風險評估，以利決策執行，視佐證圖 1。

### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論」研究

100 年度完成研究報告 1 篇，技術報告 2 篇，並與政大與義大利米蘭科技大學合作，引進網絡分析方法論，包括拓樸分析與系統模擬技術。

101 年度並完成研究報告 2 篇及論文發表 1 篇。參與完成投稿 PSAM 11 國際研討會論文「Network Analysis of a Real Power Transmission System」一篇，並於 6 月 29 日完成發表，提升國內之研發水準。完成「核設施互依性分析案例研究」報告(INER-A2685R)。另並因應福島事故後新增管制研究需求，完成「核能電廠海嘯危害分析方法論研究」報告。

102 年度並完成研究報告 2 篇及分析軟體一份，完成「核設施互依性分析案例研究」報告，完成「網絡脆弱度分析工具之建置」報告，完成網絡脆弱度分析「VAT (Vulnerability Analysis Tool)」軟體之建構。

## (2) 技術創新

### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

100 年度完成利用多部 DG-5 輻射劑量率偵檢器偵測大型件物品與車輛之技術，初步測試符合設計需求，未來可應用於國際輻災進出口農作產品之輻射偵測。其次，完成「九十九年環境試樣放射性核種分析能力試驗報告」，對放射性核種分析提供可靠與可信的結果。還完成「具有通風透氣功能之防護衣」之設計，向中華民國與美國申請發明專利。

101 年針對最小統計區資料的發展進行研究，並就台灣現有可獲得人口資料，完成「最小統計區與人口分佈研究初步」報告(INER-9250R)，提出建置全國人口網格分布地圖適當方法與應用，搭配大氣擴散模式運算評估可能造成的集體劑量。

考量國內現有的環境空氣監測採樣設備皆為小流量系統，為因應類似日本福島核電廠事故之影響，需於短時間大量取樣監測，提高偵測靈敏度及縮短取樣時間。為滿足緊急監測之任務需求，本計畫設計與完成大流量空氣取樣系統報告(INER-9698)，並於 101 年 10 月 25 日發表於 101 年環境試樣放射性核種分析能力試驗研討會。此系統擁有超大流量空氣取樣器，比一般環境空氣取樣流量大 160~500 倍，可於短時間內收集足夠的樣品進行分析。

102 年度完成「核設施放射性災害分析技術建立」技術報告，利用多尺度大氣擴散模式(CMAQ) 與中尺度氣象模式 MM5 於核災應變技術之應用，重要成果包括建立：(1)可結合 MM5 與 CMAQ 的多尺度大氣擴散模式應用程序；(2)鄰近國家核設施災害大氣擴散模式分析運跑方式；(3)異地模式運跑備援方法；(4)大氣擴散模式運跑結果驗證方法；(5)大氣擴散模式與健康危害分析模式結合應用方法。本項技術以 2011 年福島事件建立大氣擴散模式評估分析與驗證，利用美國環保署空氣品質模式修改排放進行輻射劑量 I-131 模擬評估日本區域福島事件所產生 I-131 濃度擴散與分布，分別進行模式設定、氣象場、排放量數據、驗證觀測數據。模擬結果與觀測值比較，其趨勢大致一致，顯示本項技術可應用於評估與分析國際輻災對國內的影響程度。本項技術可供評估發生重大核子或輻射事故鄰近國家的範圍如佐證圖 2。

完成「日本核子事故輻射劑量評估模式」技術報告(INER-10111)。日本東京電力公司位於福島的第一核能發電廠，於 100 年 3 月 11 日受到地震與海嘯的侵襲，發生國際核子與輻射事件等級分類系統最嚴重的第七級核子事故。事故期間大量的放射性物質外釋到環境與海洋，除造成人員輻射曝露、土地與建築物污染外，海洋中的生物也受到輻射影響。為評估事故對人員的健康影響，本計畫參考國際衛生組

織 2012 年日本福島初期劑量估算報告，彙整放射性核種沈積地面的體外曝露、雲團中放射性核種的體外曝露、吸入雲團中放射性核種的體內曝露、攝入食物與水中放射性核種的體內曝露等四種曝露途徑的劑量評估模式與參數，並統計環境取樣種類與取樣數，提供民眾輻射防護、劑量重建、復原作業與建立國內放射性核種分析能力的準則。

完成 "The Application of Air Cooling Distillation Device for Tritium Analysis of Plant Samples (氣冷式蒸餾裝置於植物樣品氚分析應用) (INER-PT-0085)"，於第 58 屆美國保健物理學會(HPS)年會中海報發表。福島事件後環境中氚問題也越來受到重視，將原有環境氚水蒸餾裝置技術繼續精進研究，而擴展至植物樣品應用，以解決未來核能電廠事故可能遭遇的環境監測相關問題，(視佐證圖 3)。

購置數位式多頻分析儀(Digital Spectrum Analyzer)，提升全身計測系統功能，提供國內輻射災害執行緊急應變時，民眾與工作人員快速體內污染偵檢與劑量評估。

### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論」計畫

100 年度開始投入網絡系統分析方法論開發，完成電力網絡於 Repast 上的 ABM 建模應用，並考量與 PRA 等傳統風險量化方法未來結合的可行性。

101 年度應用代理人基或系統動力學方法於網絡系統對核電廠之應用，以此兩種方法進行災害引致電網供電影響之初步分析。完成「Vulnerability analysis of nuclear power network transmission network」報告，開發網絡型架構脆弱度分析模型，模擬台灣北部小電網動態失效結果，並予以排序。

102 年度利用系統動力學與代理人基模型，根據網路效率的計算法則，解析網路的連鎖性失效 (cascade failures)現象，並以台灣電力網路為分析對象。此外，利用拓樸分析網絡概念建立一視窗軟體，可提供簡易網絡分析，進行靜態節點或連線的脆弱度排序，並嘗試計算各種結點與連線的排列組合，提出合適之改善方案。

### (3) 經濟效益

#### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

100 年度完成「具有通風透氣功能之防護衣」之發明專利，穿戴防護衣時，內部的高溫悶熱得以藉由空氣流通而排出，可以減低不適感並提升工作效率。而透氣部的濾材可於空氣流通時發揮過濾的功能，在透氣的同時持續保護使用者，發揮防護衣應有的防護功能，可提供第一線輻射防護人員適當的防護工具，未來具有經濟的開發潛力。

101 年度依據國際規範 ISO GUIDE 30-35 要求，研發關鍵農產品

標準參考物質米樣之配置方法及建立標準化流程，並評估標準參考物質之配置分析結果、驗證配置性能及量測不確定度。米樣標準參考物質可供國內從事放射性核種分析實驗室做為計測系統之效率校正，結果可追溯國家標準。另依據全國認證基金會(TAF)ISO 17025 規範對實驗室參加能力試驗之要求，主辦國內能力試驗比對計畫，提升我國游離輻射領域量測實驗室之農產品量測能力。

完成「參加 2011 年環境試樣放射性核種分析能力試驗比對結果」技術報告(INER-9736)，並發表於 101 年環境試樣放射性核種分析能力試驗研討會，另彙整完成 100 年環境試樣放射性核種分析能力試驗總結報告」研究報告(INER-9737)。日本福島核子事故發生後至今，原子能委員會核能研究所免費為農委會等政府單位委託日本進口之物品數千件進行放射性核種分析，確保國人健康。

102 年度參加 IAEA 2013 年國際比對水樣與土樣放射性核種分析，於 5 月 13 日回報數據，共計 3 件水樣、1 件植物樣及 1 件土樣的分析結果。依據全國認證基金會(TAF)國際標準組織 ISO 17025 規範對實驗室參加能力試驗之要求，主辦 2013 年農產品放射性分析能力試驗，配置土壤、稻米、香菇與茶葉含放射性核種 Co-60、Sr-85、Sr-90、Cs-134 與 Cs-137 之標準樣品，提供國內放射性核種分析實驗室分析，於 10 月 25 日召開能力試驗研討會。完成「2012 年環境試樣放射性核

種分析能力試驗總結報告」(INER-10513)，協助建立國內相關放射性核種的分析能力。日本福島核子事故發生後至今，本計畫所建立的能力，持續為國內衛生福利部食品藥物管理署、財政部國庫署、經濟部標檢局與漁業署，對日本進口之物品進行放射性核種分析，為國人健康把關。

#### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

100 年度計畫初期考量近年來因極端氣候或巨大天災造成之基礎設施癱瘓問題屢見不鮮，2011 年更發生日本複合式災害與福島核災事故，顯見核能電廠面臨廠外事件的挑戰更加嚴峻。本計畫之間接效益期望可以在未來降低核電廠因應超限廠外事件的風險，進而避免經濟重大傷害的後果。

102 年度根據本計畫開發網絡脆弱度分析方法論，配合現有電力網絡研究的基礎上，可用來檢視發電機組之供應情形，探討不同供電策略的差異，找尋符合經濟效益之供電方式。此外，VAT 軟體可計算出連線+1 的穩定度，可做為電網穩定之改善策略，確保電網之經濟效益。

### (4) 社會影響

#### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

100 年度完成「核子事故的經濟影響分析」，可提供輻射或核子事故緊急應變管理與復原階段防護措施的參考。輻射的健康效應與輻射或核子事故緊急應變準則，可提供輻射或核子事故民眾防護決策的依據。

101 年度完成「國際原子能總署之國際性輻災應變體系」研究報告(INER-9078)，本報告從最近日本福島核災或是其他重大天災的應變經驗會發現，在資訊管理上面仍存在一些困難需要被克服。因為在剛開始時，所能得到的資訊是有限且欲很快得到可靠資訊有困難，再者稍後會接收到許多且龐大訊息，必須分辨出何者對應變目標最有用且是最重要的資訊，其中消息的來源往往是多元與通訊聯絡管道太多，亦會造成辨別困擾。針對緊急事故至少要有以下完整資訊：事故本質、地點位置、發生時間（當地時間與國際標準時間）、負責應變行動組織之名稱與地址以及被指派與 IAEA 聯絡人的姓名與聯繫細節。至於有關的協助需求包括下述種類：空中偵測、輻射監測、環境量測、射源搜索與尋回、評估建議、醫護支援、生物鑑定、民眾健康防護、生物劑量、體內劑量評估、組織病理、劑量重建以及其他特定項目。我國因為國際處境問題一直無法直接參與 IAEA 活動，但自從日本福島核災後，國際社會體認到國際間與區域間合作之重要性。企

望我國若能積極推動參與區域合作或是在雙邊或多邊合作時能更有效益，以善盡我國之國際義務。另完成「我國核子事故緊急應變法制度之研修」，蒐集日本福島事故後美國與日本核子事故緊急應變法規之更新與近期相關檢討報告的相關資料，並分析對我國相關管制措施之影響，而後找出我國核子事故緊急應變法的問題點，提出具體修法的內容。

102 年度完成「核子或輻射緊急事故的民眾溝通技術」研究報告(INER-9798)。從以往發生核子或輻射事故的緊急應變經驗中，與民眾溝通也是一項重要的議題。溝通的定義是指在群眾之間，針對特定事件進行文化上與社會上的資訊交換與認知的過程。民眾溝通作業不單是面對民眾的意見交流，也包括緊急事件前整備階段與事件期間應變階段提供或傳達民眾所需之軟硬體資料或資訊。緊急事件對民眾影響層面，不應僅從專家或應變人員的觀點考慮，也要從一般民眾不同的認知來考量。欲有效達成傳達民眾所需的資訊及民眾溝通工作，最重要的因素係建立一套成功的緊急應變管理系統，將能有助於減輕事故的風險，提供防護行動的支援以及降低負面的心理衝擊。有效的民眾溝通顯示在危險時，除可鼓勵人民一同執行適當的防護行動外，也可確保個人不必直接面對謠言與恐懼。政府若能有效的與民溝通，將能維持與得到民眾的信任與信心，有助於顯示緊急應變的成果與確保

民眾的福祉。輻射有關的事件，民眾溝通是一項挑戰性的任務，重要的是溝通時全程應使用平實的语言、資訊的可靠性與價值性也是風險溝通成功的重要因素。本報告的目的在提供實務性的導則給政府負責通知與民眾與媒體人員的單位以及負責協調所有官方資訊的單位，確保輻射緊急事件前、過程中與事件後提供民眾消息的一致性。為達此目標，本計畫研究輻射事件發生前如何做緊急溝通的準備與訓練；輻射事件時有效民眾溝通的必要性；以及提供溝通原則與工具，以達成有效的緊急應變行動，及減輕事件的影響。

完成「核子事故民眾緊急應變與防護行動之操作干預基準」研究報告(INER-10322)。核能電廠發生重大的緊急情況，如反應器爐心或用過燃料池中的燃料棒熔毀，放射性物質外釋到廠外時，除可能造成人員死亡外，也會對民眾造成嚴重的健康效應、心理效應、經濟與社會效應。欲減輕或避免這些效應的不良後果，必須及時採取適當的防護與應變行動。從1979年美國三哩島、1986年前蘇聯車諾比以及2011年日本福島核能電廠的核子事故顯示，當民眾對政府官員與科學界不信任或有高亢情緒的時候，很難建立一套採取民眾防護與應變行動判斷的標準。除此之外，從以往的核子事故也顯示，決策者因為缺乏應變行動的標準，以致延遲做出執行防護行動的決定。因此，必須建立核子事故民眾緊急應變與防護行動的操作干預基準，做為決定執行應

變行動的標準。本計畫參考國際原子能總署 IAEA EPR-NPP 2013 報告與國際輻射防護委員會 ICRP 96 號報告，除研究核子事故通報與應變時機、民眾防護行動(包括服用碘片、掩蔽、疏散等)效能分析、健康影響與效應、應變範圍評估外，並研究核子事故緊急應變採取防護行動的操作干預基準，共分為地表沈積劑量率、皮膚劑量率、食物牛奶與飲用水中 I-131 與 Cs-137 濃度、甲狀腺劑量率四類，提供發生國際輻射或核子事故時，中央相關部會採取民眾防護行動、食物管制與醫療照護的決策標準，也可供國內發生輻射或核子事故時，採取相關緊急應變行動的準則。

#### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論」計畫

本計畫以台灣電力網絡為案例，引進網絡分析方法論，期能確立此類計算科學的方法在重要基礎建設分析的運用方式，以做為後續理論發展與系統研發的基礎。隨著國內經濟之持續繁榮及對電力的依賴，使得電力負載之尖峰值年年創新高峰，加上政府大力推動產業升級與各縣市高科技科學園區之設立，此一類產業對於電力之需求更甚於一般之民生用電，往往幾分鐘的電力中斷，將造成數以千萬元甚至以億元計之損失，所以電力供應系統的重要性是毋庸置疑。

100 年度以台灣電力網絡為案例，探討核設施與電力基礎設施之間的互依性，確立此類計算科學的方法在重要基礎建設分析的運用方

式。

101 年度建立實際電力網絡的完整架構，並以代理人基模擬方式，可針對系統內的發電與配電調度方式進行研究。

102 年度完成實際電力網絡的完整架構，並以代理人基模擬方式，可針對系統內的發電與配電調度方式進行研究，用來檢視系統的脆弱節點或連線，並在既有固定的電力網絡之下研究可行之回復策略，亦可針對核電廠對提供一種電力系統因災害出現局部失效時的調度策略評估方法，可協助提升社會面對電力網絡災害時的運作穩健性。

完成「102 年強化核電廠適職方案管制研究」報告；綜合整理、比較、分析美國聯辦法規 10 CFR 26 及我國毒品危害防制條例及道路交通管理處罰條例等相關法規對於毒品篩檢與酒測規範比特別就「台灣電力股份有限公司核能發電單位防制毒品暨酗酒篩檢計劃」，比較我國適職方案在尿檢、呼氣酒測及相關法規(毒品危害防制條例及道路交通管理處罰條例)，在尿檢及酒測上執行措施上之差異，評估提出強化核電廠適職方案建議。

## (5) 非研究類成就

本計畫 101 年度在國際輻射災害應變技術開發研究項下，進用三位國防役碩士研究人員參與，增加國內輻射事件之應變人力資源。

本計畫全期在核設施與其他基礎設施互依性方法論建立研究項下，培育政治大學碩士生 5 名，長榮大學碩士生 3 名，陽明大學博士生 1 名，培植國內學界進行核設施複合性災害的評估的能力。

## (6) 其他效益

101 年度在「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫，參加國際原子能總署主辦之國際比對試驗(World-wide Open Proficiency Test)。

建置 Cs-137 照射校正器，其校正系統含伺服傳動馬達、儀器校正升降架、照射控制器及照射室與校正儀器的現場多角度監視系統及顯示器等裝置，對精進國內輻射偵測儀器量測的精確性有重大助益。

建立緊急事件用自給式空氣呼吸器功能測試系統(SCBA)，核能研究所為國內唯一可進行緊急應變作業防護裝具之測試單位。本項測試系統之效益未來將可應用於國內輻射事故時執行緊急事件用防護裝具之整體功能測試。

102 年度調查法國、芬蘭、日本與美國政府執行核能電廠廠外演習(如國內核安演習)之經費來源，做為國內核子事故緊急應變基金運用的參考，結果如下：(1) 芬蘭 Radiation and Nuclear Safety Authority(STUK)緊急整備主管 Ms. Hannele Aaltonen 於 2013.10.2 電郵告知(經由我國駐法經濟合作與開發組織 OECD 代表侯榮輝博士聯絡)，由政府負擔核能電廠廠外演習經費。(2) 法國 Institute for

Radiological Protection and Nuclear Safety (IRSN) 官員 Dr. Olivier 於 2013.10.2 電郵告知(經由我國駐法經濟合作與開發組織 OECD 代表侯榮輝博士聯絡)，由政府負擔核能電廠廠外演習經費。(3) 2013.10.28 訪問日本原子力基礎工學研究部門(JAEA)，其部門長茅野政道博士告知日本核能電廠廠外演習經費由主管的政府單位負責編列預算支應。(4) 美國 10CFR Part 170 (Licensing and inspection services) 與 10CFR Part 171 (Annual fees) 規定運轉中核能電廠每部機組每年須提供美金 4,784,000 元給美國核管會 NRC，供 NRC 執行監督核能電廠各項之檢查與稽查之用，也可應用於核能電廠廠外演習(資料來源：NRC Annual Fee Assessment for Small Reactors, October 2010)。

1. 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)。

100 年度量化績效指標

	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	國外期刊 1 篇。	有助於提昇本所學術地位，並做為相關技術發展重要指標。國外期刊向 International Journal of Geographical Information Science 申請。	

	績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
	B 研究團隊養成	養成定量風險管理與評估、培養輻射劑量評估等 2 個研究團隊。	相關之定量風險管理與評估本土團隊，可針對國內核電廠所欠缺專門技術進行研發，以建立本土化自主技術，免受國外之技術與商業壟斷。 因應台灣鄰近地區核設施如果發生核事故勢必造成對台灣影響，因此培養相關輻射劑量評估本土團隊可維護台灣地區環境安全與人民健康。	
	C 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生 3 人及博士研究生 1 人。	可培養出國內未來需要的定量風險評估、輻射防護劑量評估、醫療院所輻射安全評估與輻射防護技術領域所需高階研發人才至少 2 人，提升相關領域的水準，增加論文產出至少 2 篇。	產值(薪資)
	D 研究報告	6 篇	技術經驗傳承，建構研發之基礎，包括定量風險管理與評估、輻射異常事件分析、緊急應變與劑量評估管制技術發展，可支援主管機關從事安全審查等議題。	
	E 辦理學術活動	2011 年海峽兩岸核應急管理與技術研討會	由財團法人科技協會與中國核能行業協會主辦，核研所為贊助單位之一，於 100 年 6 月 15~18 在大陸南京召開，除提供核電廠運轉經驗外，雙方並建議核子事故相互通報之共識。	

		績效指標	初級產出量化值	效益說明	重大突破
技術創新(科技整合創新)		H 技術報告	5 篇。	發展放射性核種分析技術及輻射偵測技術,以及建立 Repast 程式,對發生重大國際輻災時,能有效支援政府執行環境輻射偵測、國外入境人員偵測、進出口產品偵測、劑量評估等以及建立國內核能電廠基礎設施複合式故障樹分析技術,提供簡單清楚且初步量化的分析結果,做為決策參考依據。	
		I 技術活動	100 年度環境試樣放射性核種分析比較試驗	參加國內環境試樣與熱發光劑量計比較試驗,建立計測結果的精確性與公信力。	
社會影響	民生社會發展	R 增加就業	2 人	提供國防替代役 2 員參加緊急應變技術開發團隊。	
(科技政策管理及其它)		AA 決策依據	1 件	協助協助主管機關重新計算國內核能電廠緊急應變計畫區的範圍應為 8 公里,目前已經原子能委員會同意由 5 公里擴增為 8 公里,台電公司並應重新規劃與整備緊急應變計畫區的民眾防護措施。	

101 年度量化績效指標

屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	1.投稿並完成發表 PSAM 11 國際研討會論文一篇。 2.投稿並於 100 年環境試樣放射性核種分析能力試驗研討會，發表論文 2 篇。	有助於提昇我國在國際間的知名度與學術地位，並做為相關技術發展重要指標。
	B 合作團隊養成	養成定量風險管理與評估及輻射劑量評估 2 研究團隊。	提供國內科技人才的技術合作。
	C 博碩士培育	參與計畫陽明大學博士生 1 人，政治大學碩士生 3 人。	可培養出國內未來需要的定量風險評估、輻射防護劑量評估、醫療院所輻射安全評估與輻射防護技術領域所需高階研發人才。
	D 研究報告	國際輻射災害應變技術開發研究完成研究報告 3 篇及「我國核子事故緊急應變法之研修」研究報告 1 篇，核設施與其他基礎設施互依性方法論建立完成研究報告 2 篇。	技術經驗傳承，建構研發之基礎，包括定量風險管理與評估、輻射異常事件分析、緊急應變與劑量評估管制技術發展，可支援主管機關從事安全審查等議題。
技術創新(科技技術創新)	G 專利(智慧財產)	向美國申請發明專利 1 件。	完成具有通風透氣功能之防護衣」向美國申請發明專利，保障國人權益。
	H 技術報告	完成技術報告 3 篇。	發展放射性核種分析技術及輻射偵測技術，以及大氣擴散評估技術，對發生重大國際輻災時，能有效支援政府執行環境輻射偵測、國外入境人員偵測、進出口產品偵測、劑量評估等。
	I 技術活動	參加 2012 年第 11 屆國際量化風險評估會議(PSAM 11)。	以我國北部電網為例，驗證網絡拓樸分析應用於實際電網之能力，並引進網絡分析方法，可應用於工具開發。

屬性	績效指標	初級產出量化值	效益說明
	J 技術移轉及智財授權	開發 VAT (Vulnerability Analysis Tool)視窗軟體。	進行初步的拓樸分析，分析網絡節點或連線的各種特性，如最短路徑、連結程度等，亦可分析整個網絡結構的穩定性。
社會影響	R 增加就業	進用國防役碩士畢業 3 人。	降低失業率，提昇國民生產毛額。

102 年度量化績效指標

	績效指標	初級產出量化值	效益說明
學術成就(科技基礎研究)	A 論文	國外期刊 1 篇。	參加 2013 年美國保健物理學會年會
	B 研究團隊養成	養成定量風險管理與評估、培養輻射劑量評估等 2 個研究團隊。	相關之定量風險管理與評估本土團隊，可針對國內核電廠所欠缺專門技術進行研發，以建立本土化自主技術，免受國外之技術與商業壟斷。因應台灣鄰近地區核設施如果發生核事故勢必造成對台灣影響，因此培養相關輻射劑量評估本土團隊可維護台灣地區環境安全與人民健康。
	C 博碩士培育	參與計畫執行之碩士研究生 5 人	可培養出國內未來需要的定量風險評估、輻射防護劑量評估、醫療院所輻射安全評估與輻射防護技術領域所需高階研發人才，提升相關領域的水準。
	D 研究報告	國際輻射災害應變技術開發研究完成研究報告 5 篇，核設施與其他基礎設施互依性方法論建立完成研究報告 2 篇及「102 年強化核電廠適職方案管制研究」報告 1 篇	技術經驗傳承，建構研發之基礎，包括研究輻射事故操作干預基準、通報與應變時機救援、民眾溝通、民眾防護行動分析等緊急應變行動，另發展互依性析程序及管單分析工具，提供簡單清楚且初步量化的分析結果，可做為決策參考依據。
	E 辦理學術活動	1 場	辦理 2013 年 TAF 農產品放射性分析能力試驗研討會，確立本所為全國認證實驗室的地位，提昇國內實驗室游離輻射檢測檢測能力。

	績效指標	初級產出量化值	效益說明
	H 技術報告	3 篇。	建立核子事故劑量評估模式以及利用多尺度大氣擴散模式(CMAQ) 與中尺度氣象模式 MM5 於核災應變技術之應用，可評估與分析國際輻災對國內的影響程度。
	I 技術活動	環境試樣放射性核種分析比較試驗	參加國際原子能總署主辦之國際比對試驗與協助 TAF 主辦國內環境試樣能力試驗，建立與維持計測結果的精確性與公信力。
	J 技術移轉及智財授權	開發 VAT (Vulnerability Analysis Tool)視窗軟體。	精進軟體，建置簡單點線網絡，進整個網絡結構的穩定性計算，並提供提昇全區網絡可靠度之改善方案。

2. 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	參與期程
輻射劑量評估	核能研究所	研究發展	1989	100-102
定量風險管理與評估	核能研究所	研究發展	1989	100-102

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

**【C 培育人才表】**

姓名	學歷	機構名稱	指導教授	參與期程
賴力璋	b	長榮大學環境資訊研究中心	賴信志	102
蔡雅寧	b	長榮大學環境資訊研究中心	賴信志	102

李其綦	b	長榮大學環境資訊研究中心	賴信志	102
謝佳宏	a	陽明醫學工程研究所	蕭又新	100-102
劉彥宏	b	政治大學應用物理研究所	蕭又新	100-101
劉治宏	b	政治大學資訊科學研究所	李蔡彥	100-101
林志忠	b	政治大學資訊科學研究所	李蔡彥	100
顧竣翔	b	政治大學資訊科學研究所	李蔡彥	102
林靖雅	b	政治大學資訊科學研究所	李蔡彥	102

註：學歷分成 a 博士、b 碩士

**【D 研究報告表】**

報告名稱	作者姓名	出版年	出版單位
核子事故的經濟影響分析 (INER-8011)	汪子文	2011.03	核能研究所
第 56 屆美國保健物理學會年會公差報告 (INER-F0477)	李繡偉	2011.08	核能研究所
赴大陸參加海峽兩岸核電廠應急管理與技術研討會 (INER-F0475)	武及蘭	2011.07	核能研究所
基礎設施互依性分析方法論探討 (INER-8535)	林家德	2011.09	核能研究所
國際輻射災害應變技術長程擴散模式研究 (INER-8652R)	徐清鈺	2011.10	核能研究所

輻射的健康效應與輻射或核子事故緊急應變準則 (INER-8925)	汪子文	2011.12	核能研究所
國際原子能總署之國際性輻災應變體系研究 (INER-9078)	楊雍穆	2012	核能研究所
最小統計區與人口分佈研究初步」報告 (INER-9250R)	方新發	2012	核能研究所
100 年環境試樣放射性核種分析能力試驗總結報告 (INER-9737)	彭恩琪	2012	核能研究所
核能電廠海嘯危害分析方法論研究 (INER-9611)	林家德、 夏振原	2012	核能研究所
核設施互依性分析案例研究 (INER-A2685R)	李蔡彥	2012	政治大學
我國核子事故緊急應變法之研修	馬士元	2012	瑞鉅災害管理 顧問公司
核子或輻射緊急事故的民眾溝通技術研究報告 (INER-9798)	汪子文	2013	核能研究所
人口網格化地理資訊處理系統使用手冊 (INER-OM-1915R)	方新發	2013	核能研究所
GIS 為基礎之核子事故災難預防與援救資訊平台 (INER-9918)	方新發	2013	核能研究所
核子事故民眾緊急應變與防護行動之操作干預基準 研究報告(INER-10322)	汪子文	2013	核能研究所
101 年環境試樣放射性核種分析能力試驗總結報告 (INER-10513)	彭恩琪	2013	核能研究所
網絡脆弱度分析工具(Vulnerability Analysis Tool, VAT)之建置(INER-XXXX)	黃佳慧	2013	核能研究所

核設施互依性分析案例研究(INER-XXXX)	李蔡彥	2013	政治大學
「102年強化核電廠適職方案管制研究」	王勝盟	2013	中央警察大學

【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦(起-迄)日期 (YYYY/MM/DD)	主/協辦單位
2011年海峽兩岸核應急管理與技術研討會	c	100/06/15~100/06/18	中國核能行業協會，財團法人科技協會 / 江蘇城市應急協會
2012年第11屆國際量化風險評估與管理研討會(PSAM 11)	b	101/06/25~101/06/29	ISPSAM
2013年美國保健物理學會年會	b	2013/07/13~2013/07/17	U.S. HPS
2013年TAF農產品放射性分析能力試驗研討會	a	2013/10/25	核能研究所
2013年台美民用核能合作會議	a	2013/12/10~2013/12/12	原子能委員會

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會、c 兩岸研討會

【G 智財資料表】

專利名稱	專利類別	授予國家	證書號碼	發明人	專利權人	有效(起-迄)期間 (YYYY/MM)
具有通風透氣功能之防護衣	發明	中華民國	100137012 (申請案號)	蔡源順 李繡偉	核研所	
具有通風透氣功能之防護衣	發明	美國	申請中	蔡源順 李繡偉	核研所	

註：專利類別分成 a 發明專利、b 新型新式樣、c 商標、d 著作、智財；授予國家分成 a 中華民國、  
b 美國、c 歐洲、d 其他

**【H 技術報告表】**

報告名稱	作者姓名	出版年 (西元年)	出版單位
利用 ANISN 程式之中子伴隨遷移模式計算內含氦 3 偵檢器之波那氏球組的能量響應函數(INER-7952)	楊雍穆	2011.01	核能研究所
參加九十九年環境試樣放射性核種分析能力試驗報告(INER-8310)	彭恩琪	2011.06	核能研究所
參加輻射偵測中心九十九年環境試樣放射性核種分析比較實驗報告 (INER-8208)	李鏞偉	2011.06	核能研究所
RePAST 使用手冊 (INER-OM-1682)	李柮旭	2011.09	核能研究所
核一、二、三廠廠外水災風險檢討 (INER-8837)	黃佳慧	2011.10	核能研究所
大氣擴散模式中氣象數據處理介紹 (INER-9025)	楊雍穆	2012	核能研究所
大流量空氣取樣系統報告 (INER-9698)	李鏞偉	2012	核能研究所
「參加 2011 年環境試樣放射性核種分析能力試驗比對結果」 (INER-9736)	彭恩琪	2012	核能研究所
日本核子事故輻射劑量評估模式技術報告(INER-10111)	汪子文	2013	核能研究所
核設施放射性災害分析技術建立	方新發	2013	核能研究所
氣冷蒸餾裝置於植物樣品氚分析之應用(INER-PT-0085)	方新發	2013	核能研究所

**【I 技術活動表】**

技術論文名稱	研討會名稱	性質	舉辦(起-迄)日期 (YYYY/MM/DD)	主/協辦單位
參加輻射偵測中心 100 年環境試樣放射性核種分析比較實驗 報告	100 年度環境試樣放射性核種分析比較試驗	a	2011.12.20	輻射偵測中心

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會

**【R 增加就業表】**

廠商名稱	廠商統一編號	增加員工人數	增加之年度
內政部		2 人	100 年

## 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 10%)

#### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

100 年度與 101 年度，在執行鄰近地區事故長程污染擴散偵測技術建立方面，共完成期刊 1 篇與研究報告 1 篇，篩選出 WRF/Chem 為適合國內發展應用之長程擴散模式。在通過環境及農產品試樣能力比對方面，共完成技術報告 2 篇與研究報告 1 篇，可建立大容量農產品放射性分析技術與後果評估技術。在國際民眾防護措施效應評估指引與策略之研究方面，共完成期刊 2 篇、研究報告 2 篇及技術報告 1 篇，已建立國際輻災緊急應變與民眾防護技術。

102 年度與長榮大學合作之核設施放射性災害分析技術，建立中長尺度氣象資料庫與放射性物質在大氣中的擴散評估技術，可分析國際輻災或核能電廠發生全面緊急事故對國內的影響程度。

本計畫與長榮大學合作之核設施放射性災害分析技術，建立中長尺度氣象資料庫與放射性物質在大氣中的擴散評估技術，可分析國際輻災或核能電廠發生全面緊急事故對國內的影響程度，與培育人才。研究成果除發表於國際 SCI 期刊(International Journal of Research in Engineering and Technology)外，並在 2013 年台美合作會議與第 58 屆

美國保健物理學會年會發表，對提高我國學術地位有重大貢獻。

### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論」研究方面

100 年度本計畫為有效拓展傳統量化風險評估技術之應用範圍，採取與學術單位合作之策略，建立網絡分析研發團隊，包括與義大利米蘭科技大學合作引進網絡靜態分析方法，並與政治大學合作建立國內網絡系統之模擬技術，結果顯示是符合研究效率的成功方式，能在短時間內確立研究方向。本階段也選定將以電力網路做為案例分析對象，以我國北部電網(僅含發電廠與超高壓變電站)的網絡架構進行拓樸特性分析，開發系統動力學及代理人模擬於基礎設施之研究工具。

101 年度研究電網脆弱度分析方法建立，並以包括核一、二廠之我國北部電網(僅含發電廠與超高壓變電站)為例，完成網絡架構拓樸分析，驗證網絡分析方法的可行性，拓展以往僅能線性評估因果關係的風險評估架構，朝向網絡型基礎設施擴大風險研究範圍。接續系統動力學及代理人模擬分析研究，討論全島電力系統連鎖故障和模擬電力之負載追隨、節點超載，並以代理人基模擬進行非特定災害影響模擬。透過本計劃研究工作，已於國內成功結合跨領域(核能、電力與社會研究之技術方法)的合作模式，並運作順利。

102 年度導入電力系統特性參數進行調整，目前已納入負載追

隨、電力回復調度、IEEE 服務指標等因子，使模式逐漸接近真實系統完成。完成「核設施互依性分析案例研究」研究報告一篇。自 100 年與政治大學合作進行系統動力學及代理人基網絡建置，已完成之拓樸分析及連鎖故障分析，並完成台灣電力系統 345kV 及 161kV 發電、輸電及配電之節點建置，討論節點及連線之脆弱度再予以排序(視佐證圖 4)。102 年則採用數個評估方式進行代理人特性參數調整，參考 IEEE 指標進行結點及連線損壞分析，利用三種指標比較節點的不可回復程度，可更貼近電力網絡傳輸情形。並持續精進多節點同時損壞模擬，討論各種嚴重損壞情節對消費者影響程度，如北部電廠全部損壞對全部配電端造成的缺電影響，或中部節點損壞後，北部電廠又無法供電，對全部配電端造成的缺電影響(視佐證圖 5)。本年度計畫結果顯示以網絡系統架構分析方法，也可掌握傳統電力系統分析技術得到的相同電網脆弱點特性，同時又能簡化復原途徑分析策略的找尋過程，此方面較具應用潛力。

## 二、技術創新(科技整合創新)(權重 30%)

### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

100 年度(1)利用原有之 DG-5 輻射劑量率偵檢器，設計多部 DG-5 組裝後進行測試，初步測試符合設計需求，未來可應用篩選國際輻災進出口農作產品之輻射偵測。(2)研究利用 ANISN 程式之中子伴隨遷

移模式計算內含氦-3 偵檢器之波那氏球組的能量響應函數，可提升核子事故時中子的量測技術。(3)設計「具有通風透氣功能之防護衣」未來可提供核子或輻災時輻射偵測人員便捷與舒適的執行任務。

101 年度利用原有之 DG-5 輻射劑量率偵檢器，設計多部 DG-5 組裝後進行測試，初步測試符合設計需求，未來可應用篩選國際輻災進出口農作產品之輻射偵測。研究利用 ANISN 程式之中子伴隨遷移模式計算內含氦-3 偵檢器之波那氏球組的能量響應函數，可提升核子事故時中子的量測技術。設計「具有通風透氣功能之防護衣」，未來可提供核子或輻災時輻射偵測人員便捷與舒適的執行任務。

102 年度因國際輻射災害影響層面廣泛，本計畫結合全球氣象資料與、地理位置資料，建立放射性核種外釋途徑分析、擴散模式評估與民生物資核種分析技術，事故期間除可正確評估對民眾與環境的影響程度外，建立國內放射性核種分析能力與核子事故緊急應變整備作業的參考。

### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

100 年度計畫初步探討藉由物件導向建模與網路分析建立一個基礎建設網路的弱點分析方法，透過系統動力學及代理人基的模擬方式，進一步提高找尋基礎建設中弱點的可行性，嘗試突破既有 PRA

方法的限制。

101 年決定透過系統動力學及代理人基的模擬方式，進一步提高找尋基礎建設中弱點的可行性。本計畫主要討論應用代理人基或系統動力學方法於網絡系統之應用，並已初步建置全島高壓輸電與發電網絡模型，可進行災害引致電網連鎖故障影響之分析，提供電網脆弱度排序，可作為提升供電安全度參考依據。

102 年度計畫引入系統動力學與代理人基模型相互配合，嘗試表現出連續失效概念；根據以往的經驗得知，網絡系統中較大負載的節點或連結所引發的網路連鎖性失效是最值得關注，但這並不表示較低負載的節點或連結無法造成大規模的網路連鎖性失效，所以模擬時除以往重視之較大負載的節點或連結，亦針對較低負載的節點或連結，及多個局部失效進行討論，儘可能找出導致電力系統失效的情節組合，並將該組合以動態方式模擬呈現。故本研究方法分為過載失效與安全研究兩大類，其中過載失效又分為參與中間度指標(betweenness centrality)與瞬間動態(transient dynamic)分析。

### 三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%)

#### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

101 年度核子事故或發生國際性輻射災害時，政府在執行民眾掩蔽、疏散與收容防護行動對民眾的心理與社會的影響很大，尤其在民

眾醫療照護與復原作業，可能對國家經濟造成重大衝擊，本計畫已建立國際輻災或核子事故經濟影響評估的方法。

執行之農產品放射性分析能力試驗，除建立完善的核化學分析技術與品保系統外，萬一國內若發生輻射事故時，也可提供國內農作產品分析能量，並提供可靠與精確的放射性核種分析結果，保證輸出的農作產品的放射性核種活度符合國際標準，將可降低對國內的經濟衝擊。

102 年度計畫持續執行之農產品放射性分析能力試驗，除建立完善的核化學分析技術與品保系統外，萬一國內若發生輻射事故時，也可提供國內農作產品放射性核種分析的能量與提供可靠與精確的放射性核種分析結果，保證輸出的農作產品的放射性核種活度符合國際標準，將可降低對國內的經濟衝擊。

### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

100 年度考量近年來因極端氣候或巨大天災造成之基礎設施癱瘓問題屢見不鮮，2011 年更發生日本複合式災害與福島核災事故，顯見核能電廠面臨廠外事件的挑戰更加嚴峻。本計畫之間接效益在未來可降低核電廠因應超限廠外事件的風險，進而避免經濟重大傷害的後果。

101 年度為探討影響核設施的基礎設施作用，並針對網絡型基礎設施的特性，本計畫開發網絡脆弱度分析方法論，並朝全危害分析法規劃，除系統隨機失效與自然災害影響外，也可考量人為故意破壞的影響。未來若能在現有電力網絡研究的基礎上，拓展到其他類型基礎設施與較複雜的災害互動影響類型進行分析，或可提前瞭解複雜的複合式災害的防禦弱點，提供系統設計或緊急應變的規劃參考，減少災害發生後的人命與經濟損失。

102 年度延續代理人基模擬成果，配合現有電力網絡研究的基礎上，除檢視系統的脆弱節點或連線，亦可模擬發電機組隨時間變化之供應情形，本計畫參考不同供電策略，針對供應先後順序進行調整，調整前後會造成顯著經濟效益(視佐證圖 6)。此外 VAT 軟體可計算出網路穩定度，利用連線+1 測試的穩定度變化(視佐證圖 7)，可提出一最佳連線做為電網穩定之改善策略，確保電網之經濟效益。

#### **四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 20%)**

##### **「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫**

100 年度參考國際規範，建立核子事故社會影響因素的評估方法，包括民眾心理因素與經濟因素評估，並依據國際原子能總署公布與輻射或核子事故相關的緊急應變準則，彙整民眾防護的干預基準，

做為決策者採取防護行動的依據。

101 年度根據國際原子能總署安全標準 GSG-2，訂有核子事故時食物、水及、牛奶中 I-131 的干預基準參考值，國內核子事故民眾防護行動規範未訂有一般食物中 I-131 的行動基準。核子事故發生放射性核種外釋到環境後，早期可能從一般食物中分析到 I-131，建議核子事故民眾防護行動規範亦訂一般食物中 I-131 的行動基準。

「我國核子事故緊急應變法之研修」修法之必要性評估完成後，有助於釐清中央與地方以及各緊急應變組織之權責與分工，明定核子反應設施經營者的權責，對各項應變工作有更深入與積極的參與。

102 年度發生國際輻射災害時，可能造成民眾的心理影響，本計畫研究之輻射緊急事故的民眾溝通技術，提供與民眾與媒體的溝通導則，有助於讓民眾瞭解事故緊急應變時，政府採取各種民眾防護行動的原則與必要性。

#### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

100 年度以台灣電力網絡為案例，探討核設施與電力基礎設施之間的互依性。首先引進網絡分析方法論，確立此類計算科學的方法在重要基礎建設分析的運用方式，做為後續理論發展與系統研發的基礎。

101 年度建立實際電力網絡的完整架構，並以代理人基模擬方式，可針對系統內的發電與配電調度方式進行研究，提供一種電力系統因災害出現局部失效時的調度策略評估方法，可協助提升電力網絡面對災害時的穩定度與穩健性。

102 年度接續全台電力網絡的完整架構，並以系統動力學進行脆弱度排序，再由代理人基模擬脆弱節點遭受進行攻擊時，電網之震盪，從電力系統因災害出現局部失效之情形，可針對系統內的發電與配電調度方式進行研究，利用進行各種調度策略的模擬評估，可協助提升電力網絡面對災害時的穩定度與穩健性。本計畫即進行減災策略測試，原於電力調度時設定優先控制最快超過負載者，表示先失效的節點先改善其週邊流量，即針對瓶頸點進行管制、緩解及疏通，施行減災方案後，將重點放在額定流量大的節點，在進行電力調度時先關注重要節點，兩者主要差異在於最快超過負載的節點，如果不是重要節點就暫時不管控，放任可能造小區崩毀，但可以減輕整個系統的負擔，實驗結果也顯示減災策略可以有效降低節點脆弱度(視佐證圖8)。此外模式模擬討論電力回復策略，如核電廠失電後，提供迅速之外電備援策略。

完成「102 年強化核電廠適職方案管制研究」報告；透過比較及分

析美國聯邦法規 10 CFR 26 及我國毒品危害防制條例及道路交通管理處罰條例等相關法規及我國適職方案在尿檢及酒測上--呼氣酒測及相關法規(毒品危害防制條例及道路交通管理處罰條例)及措施上之差異，評估提出強化核電廠適職方案建議。

## 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 20%)

「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫中評估模式的評估結果，可以幫助政府在核子事故或輻射意外事件緊急應變上有更完善的管理策略與準備。作為政府科技政策的主要判斷依據，並結合國內相關部會執行防災救災及核災等複合型的演習，從中學習可能面臨問題以建立完善的應變技術。

「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫透過基礎設施互依性之研究，或可藉由研究過程，發掘其他類型之基礎設施可能面臨的互依性弱點或潛在問題，以及相關的研究方法，提供其他主管部會之參考。

此外本計畫訓練數名研究生及專題生，了解相關知識，並習得數值計算上的一些技巧，培養具對資訊、工程與物理有一定認識的跨領域研究人才，可供以後國內各領域研究的新血注入。

參與計畫執行之碩士研究生 8 人及博士研究生 1 人，並進用國防役碩士研究人員 2 人，可培養出國內未來需要的定量風險評估、輻射防護劑量評估、醫療院所輻射安全評估與輻射防護技術領域所需高階研發人才，提升相關領域的水準。

### 佐證圖表

#### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

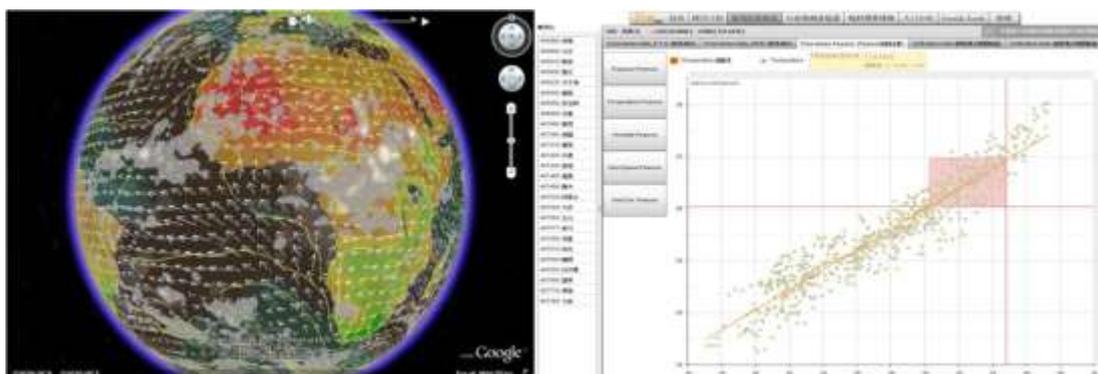


圖 1 大氣擴散模式風場於 Google Earthg 展示及統計驗證

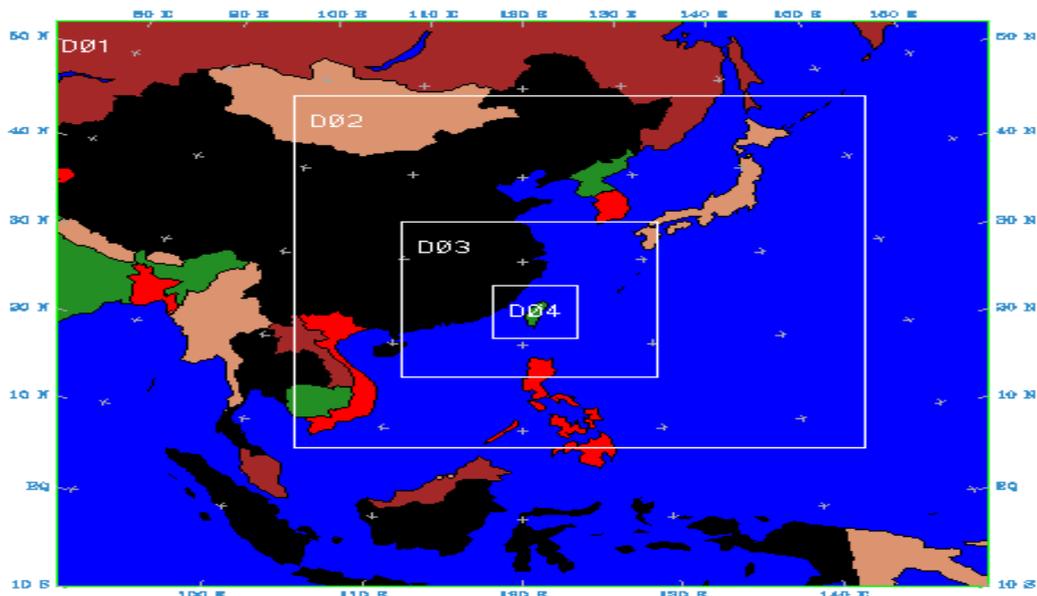


圖 2 評估發生重大核子或輻射事故的鄰近國家

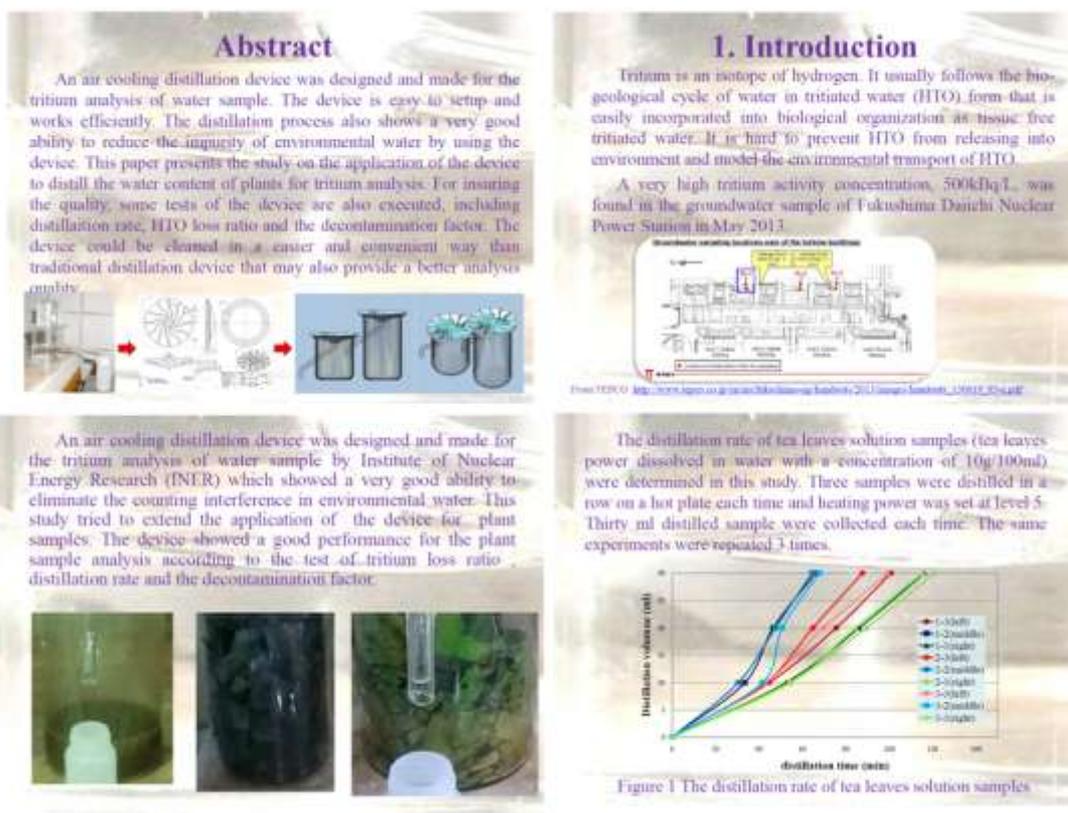
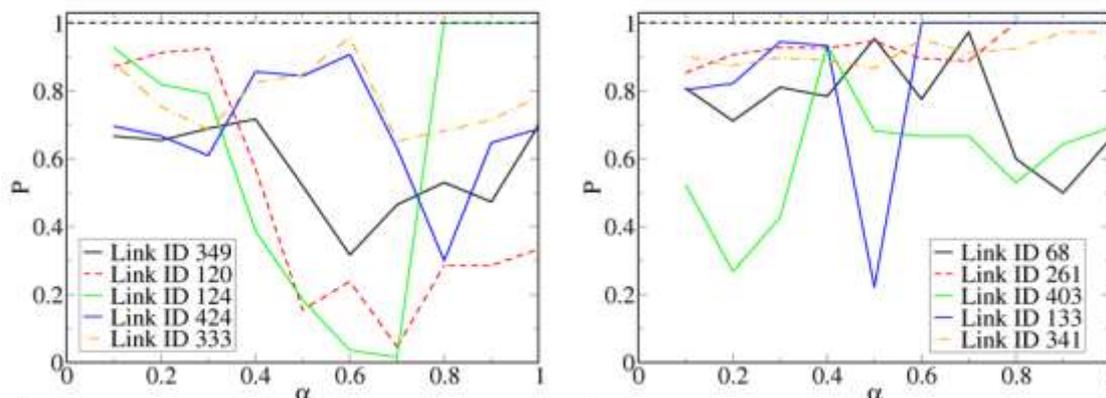


圖 3 植物中氚水分析技術建立

「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

$$P = \frac{H'}{H}$$

$H'$  and  $H$  are the number of broken links after and before adopting the mitigation strategy.



Link ID (top 1 to 5)	substations	Link ID (top 6 to 10)	substations
349	龍潭-中寮	68	中火-中寮
120	龍潭-天倫	261	板橋-龍潭
124	天倫-龍崎	403	中港-中寮
424	中寮-龍崎	133	鉅工-霧峰
333	龍潭-峨眉	341	頂湖-龍潭

圖 4 連線脆弱度分析結果(Top 10)

給定情境	搭配北部電廠損壞	造成缺電情形		
(一)大台北地區電廠損害分析	核一電廠、核二電廠及協和電廠損壞；中火電廠損壞	大台北損害電廠	3 座	中火
		消費端缺電數	17	2
		SAIFI	0.092	0.015
		SAIDI	27.551	3.117
		CAIDI	300.0	203.667
(二)電網分割對大台北地區電廠損害分析	天輪電廠、新天輪電廠和中寮超高壓變電所	大台北損害電廠	任一或任二損壞	3 座
		消費端缺電數	7	24
		SAIFI	0.036	0.128
		SAIDI	10.714	38.265
		CAIDI	300.0	300.0
(三)電網分割與中部電廠損壞對大台北地區電廠損害分析	地震+海嘯，損壞中部山區(天輪電廠、新天輪電廠和中寮超高壓變電所)，海嘯造成中火電廠亦發生損害	大台北損害電廠	2 座	3 座
		消費端缺電數	51	64
		SAIFI	0.260	0.327
		SAIDI	78.061	97.959
		CAIDI	300.0	300.0
(四)南北二路節點損壞	龍崎超高壓變電所、中寮超高壓變電所損壞	大台北地區損害電廠數	2 座	3 座
		消費端缺電數	0	18
		SAIFI	0.066	0.112
		SAIDI	3.041	28.092
		CAIDI	45.84	250.27

圖 5 案例分析結果

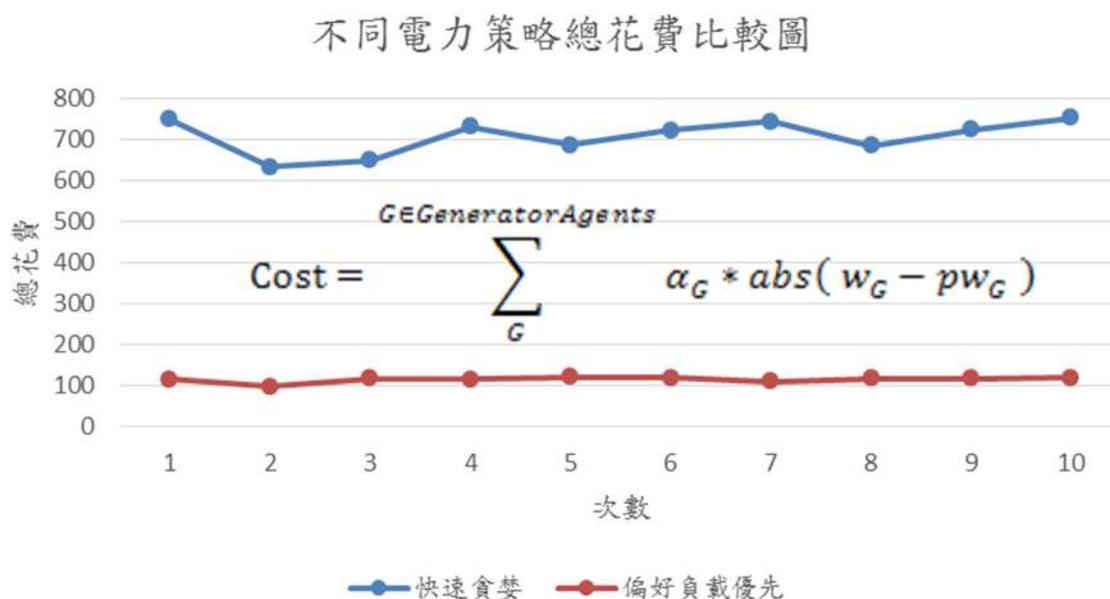


圖 6 不同電力策略總花費比較圖

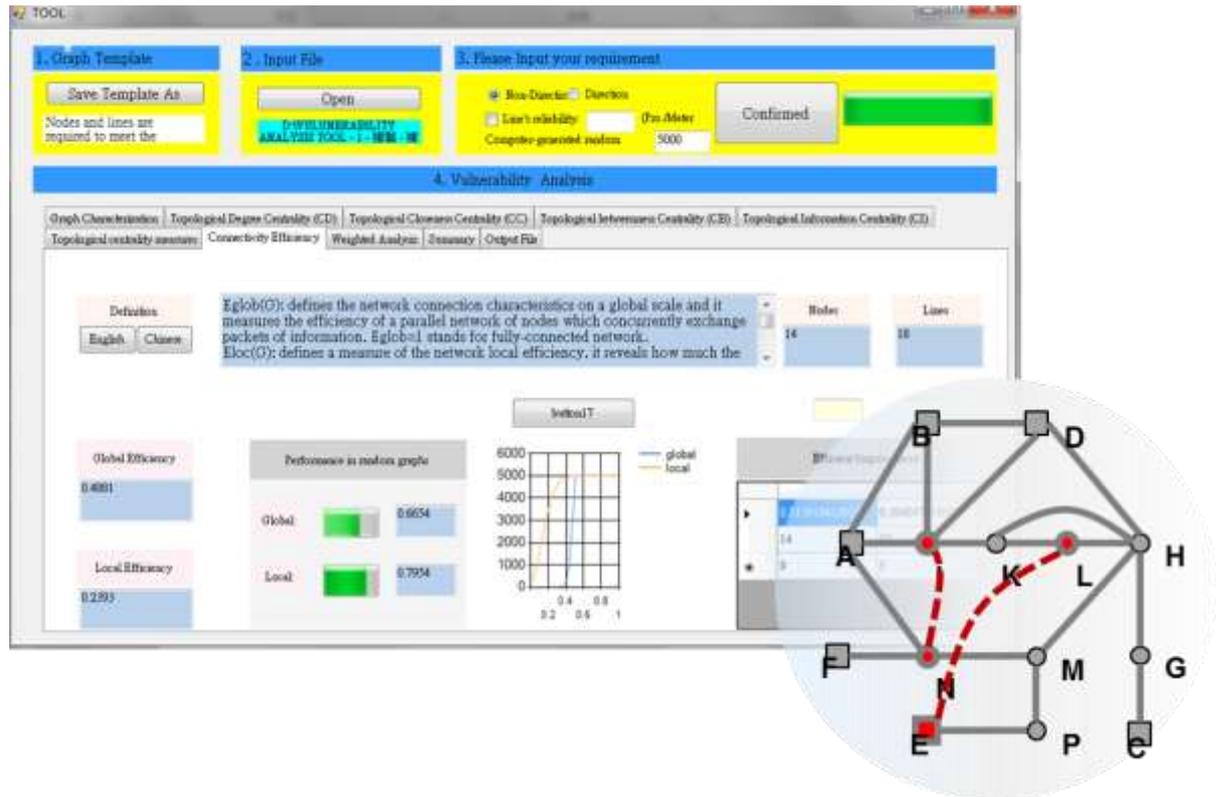


圖 7 VAT 模擬效率係數並提供改善方案

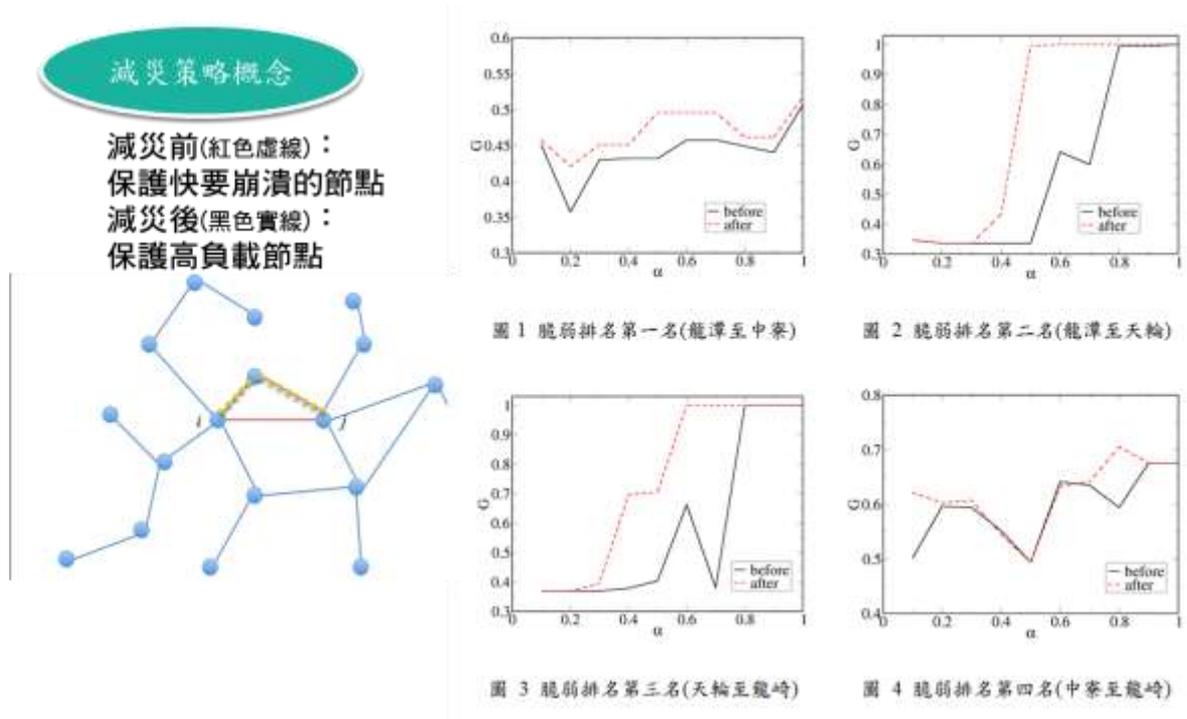


圖 8 減災策略應用成果

## 柒、與相關計畫之配合

### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

本計畫已列入行政院 102 年度災害防救應用科技方案，每季均提報執行成果送國科會國家災害防救中心，發生國際重大輻災時，可結合國家防災體系，採取民眾防護與緊急應變行動。

### 「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

於 101 年 7 月 6 日派員參加「國科會災害防救應用科技方案 100 年度成果發表會」，簡報基礎設施互依性分析方法與應用實例，並與其他部會有相近研究者進行實際交流。

於 102 年 5 月 30 日派員參加「國科會災害防救應用科技方案 101 年度成果發表會」，簡報基礎設施互依性分析方法與應用實例，並與其他部會進行討論交流。

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)。

## 捌、 後續工作構想之重點

持續維持 CMAQ 多尺度大氣擴散模式結合中尺度氣象模式 MM5 作業系統，並持續針對福島事件進行實例分析與驗證放射性核種的擴散模式。依據國際原子能總署公布之核子或輻射事故緊急應變之操作干預基準，召集國內相關專家學者與利害關係人代表，修訂或增訂國內「核子事故民眾防護行動規範」內容。

現階段已能針對脆弱節點進行分析及排序，也討論複合式災害造成多個重要節點損壞的情境下，電力網絡損壞情形及供電戶的缺電影響，從而得以探討合適之電力調度機制、減災策略及回復策略。本案亦完成數個案例分析，後續可設計各式情境及策略進行模擬，再分析討論找出合適之減災策略及回復策略。

## 玖、 檢討與展望

### 「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

我國周遭國家日本、韓國與中國大陸等均有核能發電廠，發生國際重大如日本福島核子事故時，將對台灣造成重大影響，本計畫建立的技術可以在發生國際輻災時，提供：(1)評估放射性核種在大氣層擴散對台灣的影響，做為政府採取預防措施與穩定民心的工具；(2)輻射偵測與環境樣品及進出口產品精確的放射性核種分析，做為政府對污染區範圍鑑定、民眾污染防護、民眾醫療救助、農作產品與進出口產品管制的依據；(3)核子事故民眾緊急應變與防護行動策略，包括民眾

溝通技術與操作干預基準等。

**「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫**

現階段先以電力網絡基礎設施為案例，期望能透過國內與國外單位的學術合作，開發較新的分析方法論，目標是希望拓展本所在定量風險評估的應用範圍及建立必要的能量。

本計畫成果未來經過精進，或可應用於其他基礎設施，例如延續網絡分析的應用於交通網絡的分析，特別是在災難發生時交通網絡的瓶頸與疏散策略，亦可將交通與前期電網分析模擬結果結合，進行多重網絡交互影響的研究議題。

填表人：謝佳慧 聯絡電話：02-22322296 傳真電話：02-8231-7811

E-mail：chhsieh@aec.gov.tw

主管簽名：\_\_\_\_\_