

政府科技計畫成果效益報告

(101.1.1 ~ 101.12.31)

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

(群組) (領域)

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研究所

目 錄

| | |
|--------------------------------------|----|
| 壹、科技施政重點架構圖..... | 2 |
| 貳、基本資料..... | 3 |
| 參、計畫目的、計畫架構與主要內容..... | 3 |
| 一、計畫目的與預期成效..... | 3 |
| (一)計畫目的..... | 3 |
| (二)預期成效..... | 3 |
| 二、計畫架構(含樹狀圖)..... | 4 |
| 三、計畫主要內容..... | 4 |
| 肆、計畫經費與人力執行情形..... | 5 |
| 一、計畫經費執行情形..... | 5 |
| (一)計畫結構與經費..... | 5 |
| (二)經資門經費表..... | 5 |
| 二、計畫人力運用情形..... | 6 |
| (一)計畫人力(人年)..... | 6 |
| (二)主要人力投入情形(副研究員級以上)..... | 7 |
| 伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破(含量化成果 output)..... | 8 |
| 陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)..... | 15 |
| 一、學術成就(科技基礎研究)(權重 10%)..... | 15 |
| 二、技術創新(科技整合創新)(權重 30%)..... | 15 |
| 三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%)..... | 16 |
| 四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 20%)..... | 16 |
| 五、非研究類成就(人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導)..... | 17 |
| (權重 10%)..... | 17 |
| 六、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 10%)..... | 17 |
| 柒、與相關計畫之配合..... | 18 |
| 捌、後續工作構想之重點..... | 19 |
| 玖、檢討與展望..... | 20 |
| 附錄一、佐證圖表(請貼佐證圖表)..... | 21 |
| 附錄二、100 年度期末審查意見回覆辦理情形..... | 31 |
| 附錄三、101 年度期中審查意見回覆..... | 32 |

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)

- 1. 建立與精進鄰近地區核子事故影響所需之偵測技術與能力
- 2. 建立長程大氣擴散與劑量評估模式與研擬適當民眾防護行動準則
- 3. 建立基礎設施或複雜系統互依性分析一般性方法論
- 4. 建立複合式災害加成效應分析能力
- 5. 開發核電廠對於複合性災害防制的脆弱度評估工具或模型

- 1. 利用地理資訊系統整合大氣汙染擴散結果以及人群分布關建立鄰近地區事故長程污染擴散評估技術，完成研究報告 1 份，技術報告 1 份。
- 2. 參加國際間環境或農產品試樣放射性核種比對分析與製作關鍵農產品標準參考試樣，完成研究報告 1 份，技術報告 1 份。
- 3. 參考國際輻災緊急應變經驗與民眾防護策略與規範，完成研究報告 1 份。

- 1. 評估現有複雜系統設施互依性分析模型，並以核設施相關肇始事件為基礎，擇定適當的案例分析，完成研究報告 1 份。
- 2. 因應 2011 年福島核電廠因地震海嘯之複合式災害所導致的核子事故，針對超過設計基準的海嘯，建立定論性危害分析方法，完成研究報告 1 份。

國際輻射災害應變技術開發研究

核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究

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：100-2001-02-04-20

計畫期間(全程)：100年01月01日至102年12月31日

年度經費：9,594千元 全程經費規劃：30,226千元

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

(請依原綱要/細部計畫書上所列計畫目的、架構、主要內容填寫)

一、計畫目的與預期成效

(一)計畫目的

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，以核設施為例，開發我國基礎設施互依性分析與案例分析能力，以因應未來建立複合式災害之預警風險評估方法論與模型工具的需求。

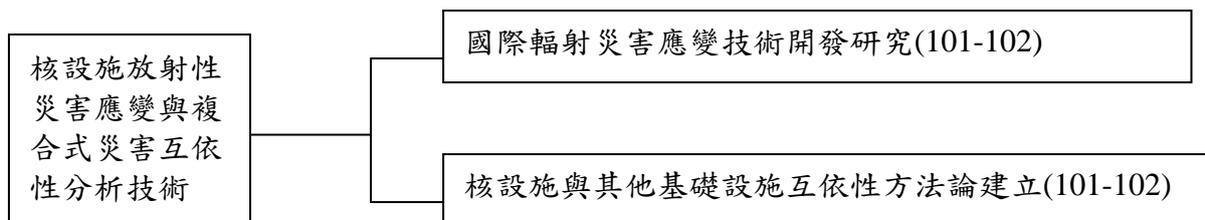
(二)預期成效

1. 利用地理資訊系統整合大氣污染擴散結果以及人群分布關係，建立鄰近地區事故長程污染擴散評估技術，完成研究報告1份，技術報告1份。
2. 參加國際間環境或農產品試樣放射性核種比對分析與製作關鍵農產品標準參考試樣，完成研究報告1份，技術報告1份。
3. 參考國際輻災緊急應變經驗與民眾防護策略與規範，完成研究報告1份。
4. 評估現有複雜系統設施互依性分析模型，並以核設施相關肇始事件為基礎，擇定適當的案例分析，完成研究報告1份。

- 5. 因應 2011 年福島核電廠因地震海嘯之複合式災害所導致的核子事故，針對超過設計基準的海嘯，建立定論性危害分析方法，完成研究報告 1 份。

二、計畫架構(含樹狀圖)

計畫架構：



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」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。日前，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，除大陸地區外，亦包括鄰近地區（如韓國、日本、菲律賓等），在技術開發方面：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，此將是本計畫的重點。本計畫引進或開發的技術，未來可運用於關鍵基礎設施(運作)脆弱度分析，預先發掘潛在的問題，供相關單位及早規劃因應，同時也可藉此拓展我國核電廠對於複合式災害風險評估的範圍與能力，強化互依性與後果影響分析深度，以因應天候環境變化或基礎設施失效之狀況，提升我國核能管制與運轉及相關政府單位的防災預警與防範作為。透過學術合作或委辦管道，本分項計畫對於國內學界在基礎設施分析方面的研究領域拓展與能量建立，乃至於跨領域的合作與整合，將有起頭帶動的作用。另因應福島事故後續檢討，新增運轉中核電廠廠外水災危

害評估方法論研究，包括海嘯與其他廠外水災。

肆、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形

(一)計畫結構與經費

| 細部計畫 (分支計畫) | | 研究計畫 (分項計畫) | | 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 應變與 合式災 互依性 析技術 立 | 9,594 | 國際輻射 災害應變 技術開發 研究 | 9,594 | 徐明德 | 行政院原 子能委會 技術處 | |
| | | 核設施與 其他基礎 設施互依 性分析技 術研究 | | | | |

(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 | 6,165,243 | | 6,165,243/ (5,494,426) | 100%/ (89.12%) | | |
| 3.差旅費 | | | | | | |
| 4.管理費 | | | | | | |
| 5.營業稅 | | | | | | |
| 小計 | 6,165,243 | | 6,165,243/ (5,494,426) | 100%/ (89.12%) | | |
| 二、資本支出 | 3,428,757 | | | | | |
| 小計 | 3,428,757 | | 3,428,757/ (3,428,757) | 100%/ (100%) | | |
| 合計 | 金額 | 9,594,000 | 9,594,000/ (8,928,183) | 100/ (95.38%) | | |
| | 占總經費 | 100% | 95.38% | 95.38% | | |

與原計畫規劃差異說明：

經費結餘 4.62% 主要為委託案標餘款。

二、計畫人力運用情形**(一) 計畫人力(人年) 人力統計截止日期：101.06.30**

| 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 |
|--------------------|------|---------|------|-------|--------|-----|
| 國際輻射災害應變技術開發研究 | 原訂 | 2.05 | 0 | 0.7 | 0.85 | 0.5 |
| | 實際 | 2.05 | 0 | 0.7 | 0.85 | 0.5 |
| | 差異 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 核設施放射性應變與核廢物處理技術依析 | 原訂 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.2 | 0 |
| | 實際 | 0.63 | 0 | 0.25 | 0.38 | 0 |
| | 差異 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

研究員級：研究員、教授、主治醫師、簡任技正、若非以上職稱則相當於博士滿三年、或碩士滿六年、或學士滿九年之研究經驗者。

副研究員級：副研究員、副教授、總醫師、薦任技正、若非以上職稱則相當於博士、碩士滿三年、學士滿六年以上之研究經驗者。

助理研究員級：助理研究員、講師、住院醫師、技士、若非以上職稱則相當於碩士、或學士滿三年以上之研究經驗者。

助理：研究助理、助教、實習醫師、若非以上職稱則相當於學士、或專科滿三年以上之研究經驗者。

(二) 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/3.6 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/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 |
| 羅崇功 | 副研究員 | 核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究/1.2 人月 | 學歷 | 碩士 |
| | | | 經歷 | 核能研究所 |
| | | | 專長 | 核子工程 |
| 徐碧璘 | 助理研究員 | 核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究/3.6 人月 | 學歷 | 碩士 |
| | | | 經歷 | 核能研究所 |
| | | | 專長 | 資訊管理 |

與原計畫規劃差異說明：

預計投入人力 7.2 人月，實際投入人力 7.5 人月，且投入人員由 2 員改為 1 員，其他無變動。

| 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 |
| 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/3 人月 | 學歷 | 碩士 |
| | | | 經歷 | 核能研究所 |
| | | | 專長 | 核子工程 |
| 呂祖琪 | 助理研究員 | 核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究/4.5 人月 | 學歷 | 碩士 |
| | | | 經歷 | 核能研究所 |
| | | | 專長 | 核子工程 |

伍、計畫已獲得之主要成果與重大突破 (含量化成果 output)

1. 以下就本計畫涉及之(1)學術成就或(2)技術創新或(3)經濟效益或(4)社會影響(5)非研究類成就(6)其它效益方面，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

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。

在「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論」研究方面，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)，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。完成「核能電廠海嘯危害分析方法論研究」報告，整理包括美國、日本和台灣之核電廠海嘯危害分析方法，以歷史紀錄蒐集及調查，配合模擬分析，討論海嘯可能造成效應，設計海嘯基準訂定，以及對核電廠造成的危害，此外亦考量我國現有海嘯源模擬相關研究文獻進行彙整。

(2)技術創新

本計畫研究建立全國各地區之人口分布地理資訊圖層方法，係從日本福島事件之後，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，引起各國關心。美國核能學會在 2011 年 6 月底的年會中，以集體劑量來說明福島事件排放造成的影響衝擊(800~1,800 人西弗)，並與車諾比爾事故(255,000 人西弗)及三哩島事故(20 人西弗)相互比較。評估集體劑量除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。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。如果人口資料越精細可靠，評估結果也相對越精細可靠。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，內政部統計處著手最小統計區工作推動，以期解決以往以行政區界發布時，所造成之地理空間扭曲問題，並希望在保有社經空間趨勢與民眾隱私權保護情況下，進行社經資料之整合與流通，從而建立較村里層級更小的統計發布單元；也就是說透過最小統計區的完成，可提供更細緻更準確分布的人口資料。相關工作非常耗費人力，依照原來規劃最小統計區於民國 98 年開始即依據整體規劃結果進行統計區分階段劃分建置作業(視佐證圖 1)，預計 101 年完成所有縣市資料建置。目前我國已經可自網路下載部分縣市地理資訊系統圖層，其中含有地理範圍與屬性資料，可方便轉化應用。本計畫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(視佐證圖 2、圖 3)，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，使用長時間的連續抽氣取樣監測適用於平時一般的環境監測，但在事故發生時需於短時間內收集足夠的樣品進行核種分析，則較不適用，如碘 131 半化期為 8 天，連續取樣一週再分析活度量已衰變近一半，不易量測也無法即時反應環境現況。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(視佐證圖 5)。

本計畫亦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連鎖故障影響之初步分析(視佐證圖 10 與圖 11)。以系統動力學計算節點過載及瞬間動態過載，討論節點的脆弱度；並以 Repast 程式建立台灣全島發電廠與高壓輸配電網絡模型，含超高壓、一次、二次變電所、配電站及電力調度中心，可模擬電力之負載追隨、節點超載(視佐證圖 12)，並以代理人基模擬進行非特定災害影響模擬(視佐證圖 13)。完成「Vulnerability analysis of nuclear power network transmission network」報告，開發網絡型架構脆弱度分析之連鎖故障(Cascading

failures)動態分析架構(視佐證圖 14)，模擬台灣北部小電網動態失效結果，並予以排序(視佐證表 2)。

(3)經濟效益

依據國際規範 ISO GUIDE 30-35 要求，研發關鍵農產品米樣、水、土壤、茶葉、牛奶、肉類與菇類標準參考物質之配置方法及建立標準化流程(視佐證圖 5)，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。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，共完成「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。

(4)社會影響

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)，本報告根據國際相關文獻，國際性輻災包括下列事件：(a)重大的跨國界放射性物質外釋排放(然而跨國界緊急事件並不一定代表一個重大的跨國界放射性物質外釋排放)；(b)設施的全面緊急事故或事件可能導致重大的跨國界放射性物質外釋排放(大氣或水域)；(c)遺失或不法搬移的危險輻射源被發現已經或是懷疑已經被運送出國界；(d)對國際貿易或旅行交通造成重要干擾的緊急事故；(e)國家發生緊急事故需要對當地國外人士或使館人員採取防護行動；(f)緊急事故導致或可能導致嚴重確定效應以及包括例如設備或軟體的故障問題而對國際性安全有嚴重牽連；(g)緊急事故就實際或預見的放射性傷害而言造成或可能造成超過一個國家以上人民重大的關切。相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。

(5)非研究類成就

本計畫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 3 名，陽明大學博士生 1 名，對核設施複合性災害的評估有重要貢獻。

在「我國核子事故緊急應變法制度之研修」研究方面之主要成果如下：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，並完成 1 次專家學者座談會及研究報告 1 份。

(6)其他效益

參加國際原子能總署主辦之國際比對試驗(World-wide Open Proficiency Test)，2012 年 3 月 15 日提報水樣與土樣放射性核種分析結果。共有 19 項接受，成績顯著，如佐證圖 7 與表 1，對提升我國放射性核種分析技術在國際間的公信力有重大貢獻。

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，如佐證圖 8，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。因應歐美依據職業健康與安全規範，研究開發並建立本測試系統，如佐證圖 9。台灣職業健康及安全管理體系，尚正積極發展中，目的是通過管理減少於緊急防護作業時防止因意外而導致生命、財產、時間的損失，以及對環境的破壞。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。

向美國申請”Protective Coating with Ventilation Effect”發明專利一件，Application Number：13355599，Confirmation Number：6197。

- 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)。

(填寫說明如表格內容，未使用之指標及填寫說明文字請刪除)

| 屬性 | 績效指標 | 原訂值 | 初級產出量化值 | 效益說明 |
|--------------|----------|---|---|---|
| 學術成就(科技基礎研究) | A 論文 | 國內外期刊重要期刊 (SCI、EI 等) 申請發表 1 篇，國內外會議論文 2 篇 | 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 | 2 個研究團隊 | 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 | 博碩士至少 1 人 | 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 | 6 篇 | 國際輻射災害應變技術開發研究完成研究報告 3 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。 完成「我國核子事故緊急應變法制度之研修」研究報告 1 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。 提供主管機關做為後續實質修法之參考基礎，以強化核子事故緊急應變體系。 |

| 屬性 | 績效指標 | | 原訂值 | 初級產出量化值 | 效益說明 |
|------------------|-------------|--------|-------------|---|--|
| 技術創新 (科技技術創新) | G 專利(智慧財產) | | 申請 1 件 | 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 | | 2 篇 | 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 | | 1 篇 | 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。 |
| | J 技術移轉及智財授權 | | 釋出軟體執行檔 1 件 | 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 | 社會福祉提升 | R 增加就業 | 2 人 | 進用國防役碩士畢業 3 人。 | 降低失業率，提昇國民生產毛額。 |

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) |
|-----------|--------|------|------------|
| 輻射劑量評估 | 核能研究所 | 研究發展 | 1989 |
| 定量風險管理與評估 | 核能研究所 | 研究發展 | 1989 |

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 |
|----|----|------|------|
|----|----|------|------|

| | | | |
|-----|---|-------------|-----|
| 劉治宏 | b | 政治大學資訊科學研究所 | 李蔡彥 |
| 林志忠 | b | 政治大學資訊科學研究所 | 李蔡彥 |
| 謝佳宏 | a | 陽明醫學工程研究所 | 蕭又新 |
| 劉彥宏 | b | 政治大學應用物理研究所 | 蕭又新 |

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 (西元年) | 出版單位 |
|--|------------|-----------|-----------|
| 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 |
| Vulnerability analysis of nuclear power network transmission network | Enrico Zio | 2012 | 義大利米蘭科技大學 |

【E 學術活動表】

| 研討會名稱 | 性質 | 舉辦(起-迄)日期) | 主/協辦單位 |
|-------------------------------------|----|---------------------|--------|
| 2012 年第 11 屆國際量化風險評估與管理研討會(PSAM 11) | b | 101/06/25~100/06/29 | ISPSAM |

註：性質分成 a 國內研討會、b 國際研討會、c 兩岸研討會

【H 技術報告表】

| 報告名稱 | 作者姓名 | 出版年 (西元年) | 出版單位 |
|---|------|-----------|-------|
| 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 |

陸、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

本計畫期程三年，100 年至今主要成就及成果之價值與貢獻度說明如下：

一、學術成就(科技基礎研究) (權重 10%)

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。

「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫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，完成網絡架構拓撲分析，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。並完成研究報告 3 篇及論文發表 1 篇。

二、技術創新(科技整合創新) (權重 30%)

(一)「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

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。

國際輻射災害影響層面廣泛，本計畫建立大氣擴散與地理資訊圖層技術，可正確評估民眾集體劑量的影響程度，萬一發生國內外輻射事故，可提供政府決策的參考。

(二)「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

以核設施受到網絡型基礎設施失效作用之影響為範圍，探討藉由物件導向建模與網絡分析建立一個基礎建設網絡的弱點分析方法，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。本計畫亦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，提升供電安全度。

三、經濟效益(產業經濟發展)(權重 20%)

(一)「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

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。

(二)「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

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。

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，並朝全危害分析作法規劃，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。

四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)(權重 20%)

(一)「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

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。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。

發生國際輻射災害時，可能造成廣大地區農作產品受到放射性

核種污染，影響到產品進出口貿易。因此本計畫發展一套快速、精確的計測系統與取樣系統，做為政府管制國外進口產品的決策指標，避免影響民生物資的供應。

(二) 在「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」方面

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。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。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。

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 10%)

參與計畫執行之碩士研究生 3 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。

在「我國核子事故緊急應變法制度之研修」研究方面之主要成果如下：參考美國與日本在核能監管與核子事故緊急應變的權責分工，汲取日本福島核事故應變的經驗，考慮多機組與複合性災害的可能性，並釐清各相關部會、機關、單位在核子事故緊急應變上的權責分工，加強渠等在應變工作上之參與，研擬完成「核子事故緊急應變法」修正草案，提供主管機關做為後續實質修法之參考基礎，以強化核子事故緊急應變體系。

六、其它效益(科技政策管理及其它)(權重 10%)

(一)「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

評估模式的評估結果，本計畫執行期間，適逢發生日本東京電力公司福島第一核能電廠因地震與海嘯發生重大核子事故，本計畫除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外，並提供立法委員立院質詢資料。目前國內核能電廠緊急應變計

畫區半徑由 5 公里擴增為 8 公里，未來台電公司將重新規劃與整備緊急應變計畫區的民眾防護措施，提供國人更安全的保證。輻射災害應變技術可以提供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，與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，建立完善的民眾防護措施。

(二)「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，並可利用模擬方式演練可能災害及對策，以及相關的研究方法，提供其他主管部會之參考。

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，故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

- 一、「國際輻射災害應變技術開發研究」子項計畫建置輻射災害應變技術，因應 311 日本福島核災事件，已應用在國內各項核安暨防災演習，如風險評估相關技術，並針對國內各核電廠總體檢的各項政策及相關計畫上，提供劑量評估、長程擴散、環境偵測、空中與海上偵測等技術之開發研究。
- 二、「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫於 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，並與其他部會類似研究實際交流。

捌、後續工作構想之重點

一、「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

- (一) 鄰近國家輻射事故影響台灣評估與應變程序研擬
建立多尺度大氣擴散模式(CMAQ)應用技術並結合中尺度氣象模式(MM5)，進行福島事件實例分析驗證，並規劃備援方案與測試可行性以及探討大氣擴散模式與健康風險評估模式的結合應用技術。
- (二) 舉辦農產品放射性分析能力試驗
辦理農產品放射性分析能力試驗，必要時邀請國內外專業實驗室參加，及完成 Sr-90 添加核種均勻度測試之研究與校正技術，確保國內農產品在輻災或核子事故時的競爭力。
- (三) 精進事故分析與偵測技術及民眾防護措施
建立事故期間輻射偵測與監測及劑量評估技術，提升偵測技術與評估動員救災能力，研擬事故整備程序與規劃民眾防護措施，做為政府施政之參考。

二、「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

- (一) 與義大利米蘭科技大學合作電網脆弱度分析方法建立，已完成靜態網絡拓樸分析方法論之建立，並模擬網絡脆弱度動態連鎖失效分析，未來可嘗試突破既有 PRA 方法的限制，納入動態分析概念；亦可持續將方法論程式化，納入權重或動態分析架構。
- (二) 在基礎設施互依性分析方法方面，已將全島電網進行系統動力學與代理人基模擬等研究，完成實際網絡弱點之動態過載討論，後續可包絡災害範圍之間影響節點，甚或聯結其他基礎設施網絡圖層，討論多重互依性之交互影響。

附錄一、佐證圖表（請貼佐證圖表）

「國際輻射災害應變技術開發研究」計畫

人口點分布

人口點直接分布分析結果

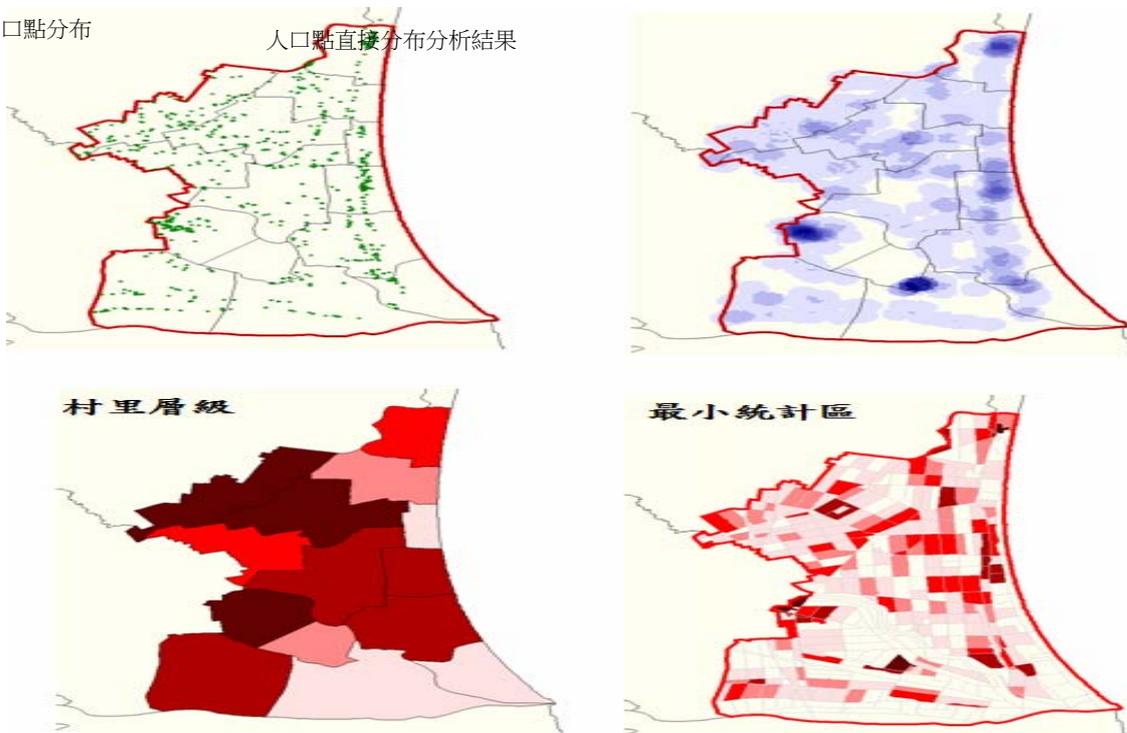
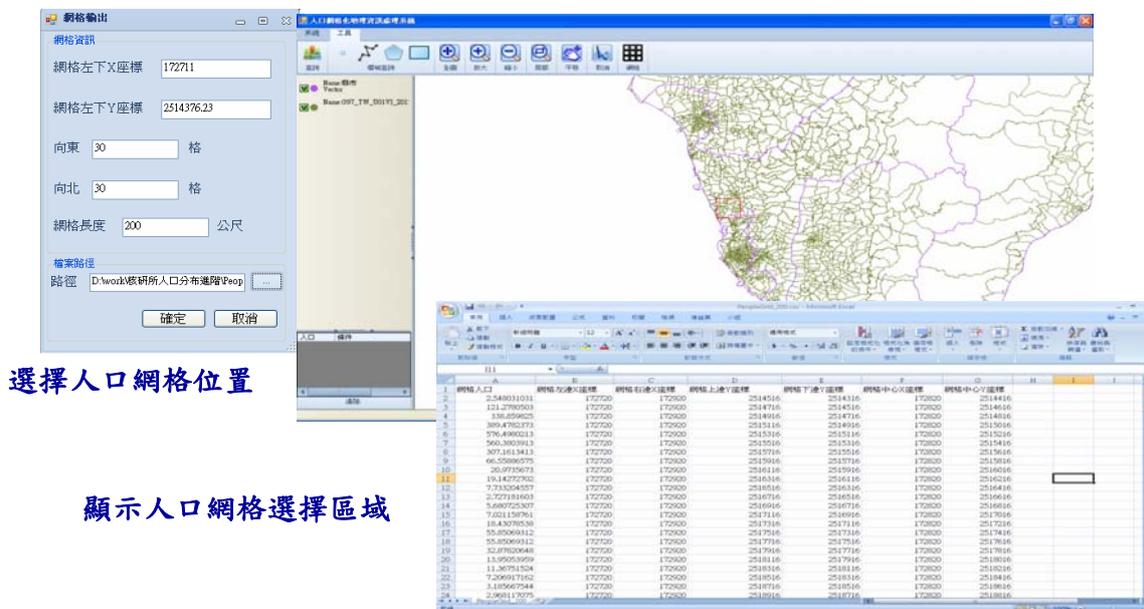


圖 1 村里人口分佈與最小統計區人口分佈比較示意圖



選擇人口網格位置

顯示人口網格選擇區域

人口網格數據輸出

圖 2 人口網格資料查詢

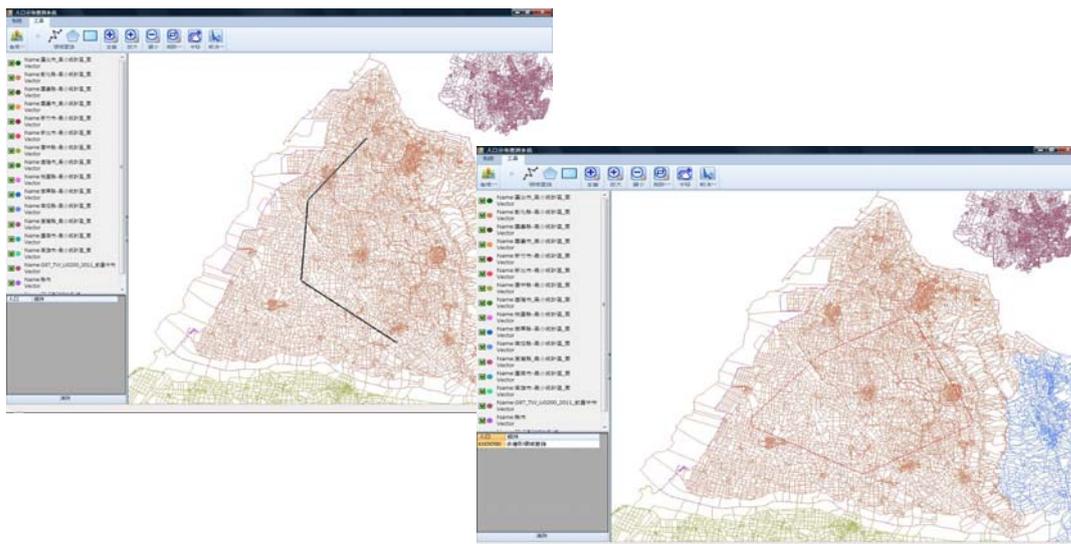


圖 3 線帶與多邊形區域內之人口統計

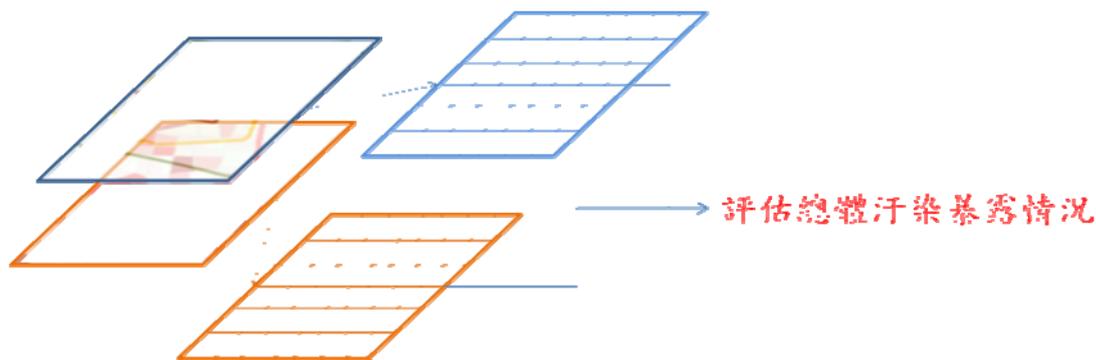


圖 4 網格計算總集體曝露劑量結果概念圖

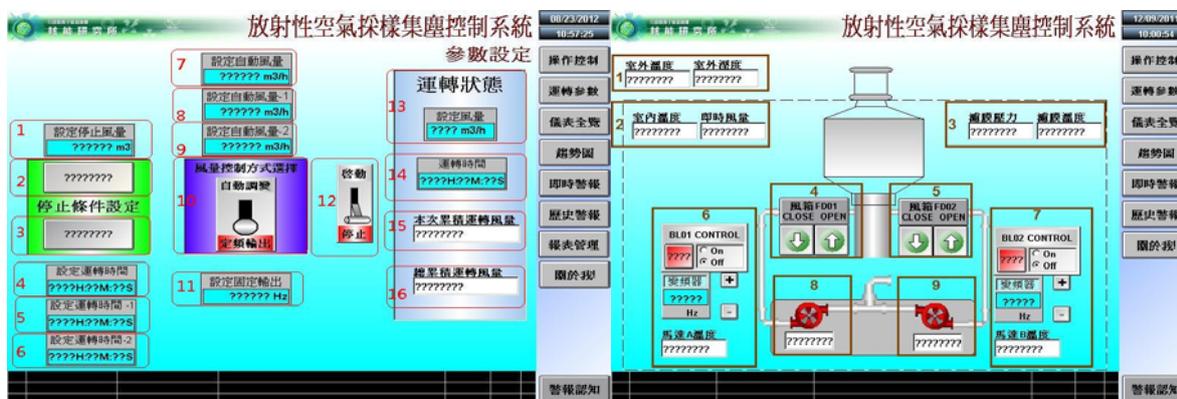


圖 5 大流量空氣取樣控制系統觸控面版模式



圖 6 標準參考物質之配置方法及流程

The IAEA-TEL-2011-03 World-wide open proficiency test
Laboratory No. 128, Results submitted on 2012-03-15

2012-05-24

Individual Evaluation Report
for
Laboratory No. 128

Your personal customer number: 16427

Mrs. Jyi-Lan Wu
Health Physics
Institute of Nuclear Energy Research
No. 1000, Wenhua Rd., Jiaan Village, Longtan Township, Taoyuan County 32546, Taiwan (R.O.C.)
TW

Tel: 886-3-4711400 Ext.7646
Fax: 886-3-4711171
e-mail: jlwu@iner.gov.tw



Contact Information

S. Tarjan
IAEA Reference Materials Group
Terrestrial Environment Laboratory
NA Environment Laboratories NAEL
International Atomic Energy Agency
A-2444 Seibersdorf - Austria

Email: s.tarjan@iaea.org
Tel: + 43 1 2600 28242
Fax: + 43 1 2600 28222
<http://nucleus.iaea.org/rpstr/>

DISCLAIMER:
This report has been generated automatically and is for your personal information only. The official results of the proficiency test will be published in the final report. If you believe, that any information provided on this form might be incorrect please contact us as soon as possible.

page 1 of 6

圖 7 參加 IAEA 放射性核種分析國際能力試驗證明



圖 8 高強度 Cs-137 射源照射校正器



圖 9 自給式空氣呼吸器功能測試系統(SCBA)

表 1 參加 IAEA 放射性核種分析國際能力試驗結果

The IAEA-TEL-2011-03 World-wide open proficiency test

Laboratory No. 128, Results submitted on 2012-03-15

2012-05-24

Evaluation on Sample 1, Spiked Water

Reference Date: 15th of November 2011

| Analyte | IAEA Value [Bq/kg] | IAEA Unc [Bq/kg] | Lab Value [Bq/kg] | Lab Unc [Bq/kg] | Lab Unc % | Rel. Bias % | z-Score | u-Test | Ratio Lab/IAEA | A1 | A2 | Trueness | P(%) | Precision | Final Score |
|---------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------|-------------|---------|--------|----------------|------|------|----------|------|-----------|-------------|
| Am-241 | 4.7 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | |
| Ba-133 | 5.0 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | |
| Co-60 | 15.3 | 0.2 | 15.8 | 1.1 | 6.96 | 3.27 | 0.16 | 0.45 | 1.03 | 0.50 | 2.88 | A | 7.06 | A | A |
| Ce-134 | 7.7 | 0.1 | 7.07 | 0.64 | 9.05 | -8.18 | -0.41 | -0.97 | 0.92 | 0.63 | 1.67 | A | 9.15 | A | A |
| Ce-137 | 6.2 | 0.1 | 6.33 | 0.56 | 8.85 | 2.10 | 0.10 | 0.23 | 1.02 | 0.13 | 1.47 | A | 8.99 | A | A |
| Eu-152 | 15.4 | 0.2 | 15.7 | 1.1 | 7.01 | 1.95 | 0.10 | 0.27 | 1.02 | 0.30 | 2.88 | A | 7.13 | A | A |
| H-3 | 50.2 | 0.9 | 56.5 | 3.6 | 6.37 | 12.55 | 0.63 | 1.70 | 1.13 | 6.30 | 9.57 | A | 6.62 | A | A |

Evaluation on Sample 2, Spiked Water

Reference Date: 15th of November 2011

| Analyte | IAEA Value [Bq/kg] | IAEA Unc [Bq/kg] | Lab Value [Bq/kg] | Lab Unc [Bq/kg] | Lab Unc % | Rel. Bias % | z-Score | u-Test | Ratio Lab/IAEA | A1 | A2 | Trueness | P(%) | Precision | Final Score |
|---------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------|-------------|---------|--------|----------------|------|------|----------|------|-----------|-------------|
| Am-241 | 2.4 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | |
| Ba-133 | 2.5 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | |
| Co-60 | 7.6 | 0.1 | 7.77 | 0.56 | 7.21 | 2.24 | 0.11 | 0.30 | 1.02 | 0.17 | 1.47 | A | 7.33 | A | A |
| Ce-134 | 3.8 | 0.1 | 3.47 | 0.28 | 8.07 | -8.68 | -0.43 | -1.11 | 0.91 | 0.33 | 0.77 | A | 8.49 | A | A |
| Ce-137 | 3.1 | 0.1 | 3.33 | 0.31 | 9.31 | 7.42 | 0.37 | 0.71 | 1.07 | 0.23 | 0.84 | A | 9.85 | A | A |
| Eu-152 | 7.7 | 0.1 | 7.97 | 0.62 | 7.78 | -3.51 | 0.18 | 0.43 | 1.04 | 0.27 | 1.62 | A | 7.89 | A | A |
| H-3 | 25.0 | 0.5 | 26.7 | 2.3 | 8.61 | 6.80 | 0.34 | 0.72 | 1.07 | 1.70 | 6.07 | A | 8.84 | A | A |

Evaluation on Sample 3, Spiked Water

Reference Date: 15th of November 2011

| Analyte | IAEA Value [Bq/kg] | IAEA Unc [Bq/kg] | Lab Value [Bq/kg] | Lab Unc [Bq/kg] | Lab Unc % | Rel. Bias % | z-Score | u-Test | Ratio Lab/IAEA | A1 | A2 | Trueness | P(%) | Precision | Final Score |
|---------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------|-------------|---------|--------|----------------|------|------|----------|------|-----------|-------------|
| Am-241 | 3.3 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | |
| Ba-133 | 3.5 | 0.1 | | | | | | | | | | | | | |
| Co-60 | 10.7 | 0.2 | 11.0 | 0.6 | 7.27 | 2.80 | 0.14 | 0.36 | 1.03 | 0.30 | 2.13 | A | 7.51 | A | A |
| Ce-134 | 5.4 | 0.1 | 4.81 | 0.38 | 7.90 | -10.93 | -0.55 | -1.50 | 0.89 | 0.59 | 1.01 | A | 8.11 | A | A |
| Ce-137 | 4.4 | 0.1 | 4.58 | 0.40 | 8.73 | 4.09 | 0.20 | 0.44 | 1.04 | 0.18 | 1.06 | A | 9.02 | A | A |
| Eu-152 | 10.8 | 0.2 | 11.1 | 0.9 | 8.11 | 2.78 | 0.14 | 0.33 | 1.03 | 0.30 | 2.38 | A | 8.32 | A | A |
| H-3 | 35.1 | 0.6 | 37.5 | 2.7 | 7.20 | 6.84 | 0.34 | 0.87 | 1.07 | 2.40 | 7.14 | A | 7.40 | A | A |

page 5 of 6

Evaluation on Sample 4, Soil

Reference Date: 15th of November 2011

| Analyte | IAEA Value [Bq/kg d.m.] | IAEA Unc [Bq/kg d.m.] | Lab Value [Bq/kg d.m.] | Lab Unc [Bq/kg d.m.] | Lab Unc % | Rel. Bias % | z-Score | u-Test | Ratio Lab/IAEA | A1 | A2 | Trueness | P(%) | Precision | Final Score |
|------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------|-------------|---------|--------|----------------|-------|--------|----------|-------|-----------|-------------|
| Ac-228 | 41.0 | 2.0 | 36.4 | 3.2 | 8.79 | -11.22 | -0.56 | -1.22 | 0.89 | 4.60 | 9.74 | A | 10.05 | A | A |
| Am-241 | 0.21 | 0.08 | | | | | | | | | | | | | |
| Bi-214 | 50.0 | 2.8 | | | | | | | | | | | | | |
| Ce-137 | 14.4 | 0.6 | 14.2 | 1.0 | 7.04 | -1.39 | -0.07 | -0.17 | 0.99 | 0.20 | 3.01 | A | 8.18 | A | A |
| K-40 | 485 | 11 | 504 | 38 | 7.54 | 3.92 | 0.20 | 0.48 | 1.04 | 19.00 | 102.07 | A | 7.87 | A | A |
| Pb-210 | 42.6 | 2.2 | | | | | | | | | | | | | |
| Pb-212 | 36.5 | 1.6 | | | | | | | | | | | | | |
| Pb-214 | 50.0 | 3.8 | | | | | | | | | | | | | |
| Po-210 | 42.6 | 2.2 | 26.7 | 2.5 | 8.71 | -32.63 | -1.63 | -4.17 | 0.67 | 13.90 | 6.59 | N | 10.13 | A | N |
| Pu-238 | 0.05 | 0.014 | | | | | | | | | | | | | |
| Pu-239+240 | 0.26 | 0.055 | | | | | | | | | | | | | |
| Ra-226 | 50.2 | 2.0 | | | | | | | | | | | | | |
| Sr-90 | 2.4 | 0.5 | | | | | | | | | | | | | |
| Ti-208 | 13.0 | 0.7 | 12.2 | 1.1 | 9.02 | -6.15 | -0.31 | -0.51 | 0.94 | 0.80 | 3.36 | A | 10.50 | A | A |
| U-234 | 26.4 | 2.0 | | | | | | | | | | | | | |
| U-235 | 1.24 | 0.02 | | | | | | | | | | | | | |
| U-238 | 27.0 | 1.4 | | | | | | | | | | | | | |

NOTE: If the score information displays (n.e) for (not evaluated) the analyte has not been scored due to the low activity concentration. Evaluation will be provided in the final report.

「核設施與其他基礎設施互依性分析方法論研究」計畫

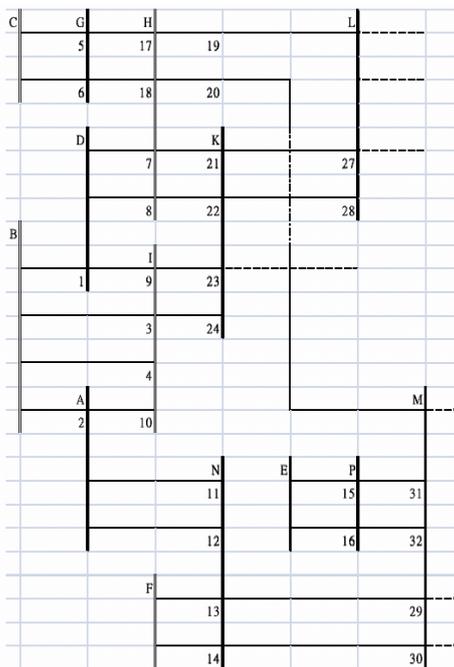


Figure 1. Technical scheme of the considered portion of the Taiwanese 345 kV power transmission network.

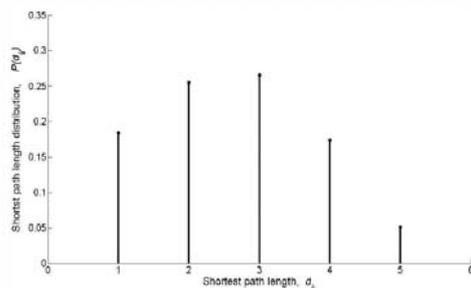


Figure 3. Shortest path length distribution for the portion of the Taiwanese 345 kV electric power transmission network.

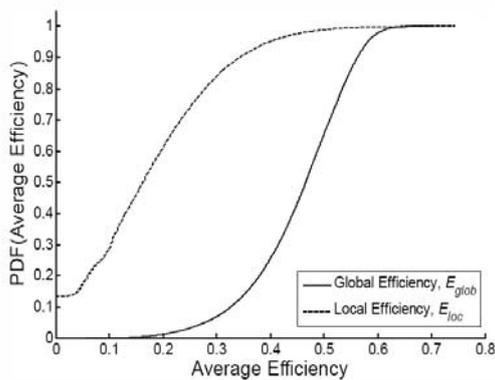
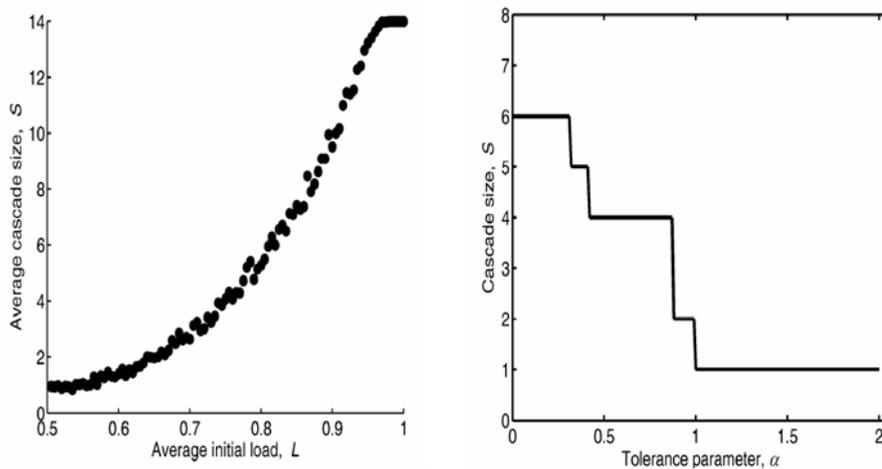


Figure 6. Distribution function for $E_{glob}(ER)$ (solid line) and $E_{loc}(ER)$ (dashed line), i.e. the average global and local connectivity efficiencies of the 50000 computer-generated random graphs with $N=14$ and $K=18$.

圖 10 台灣北部輸電電網網絡分析圖：連結架構(左)、最短路徑長度分佈(右上)、全網與局部連結效率分佈(右下)



| Propagation of a fixed amount of load | | | | Redistribution of the failure load | | | | Targeted attack | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| f_i | t_i | d_i | s_i | f_i | t_i | d_i | s_i | f_i | t_i | d_i | s_i |
| H | E | H | H | H | E | H | H | B | | | |
| I | F | I | M | I | C | M | M | I | | | |
| D | L | D | I | K | F | I | N | A | | | |
| K | C | M | N | D | P | N | I | K | | | |
| B | B | K | D | A | L | D | K | D | | | |
| A | A | A | K | M | B | K | D | | | | |
| M | N | B | A | B | A | A | A | | | | |
| N | P | N | B | N | D | B | G | | | | |
| L | K | G | G | L | K | G | B | | | | |
| G | D | L | P | P | N | L | P | | | | |
| P | G | P | L | E | G | P | L | | | | |
| F | I | F | F | F | I | F | F | | | | |
| C | M | C | C | G | M | C | C | | | | |
| E | H | E | E | C | H | E | E | | | | |

圖 11 台灣地區北部電網連鎖故障分析結果：電力負荷正比失效數(左上)、容忍度高失效數降低(右上)、連鎖故障參數評比(下圖)

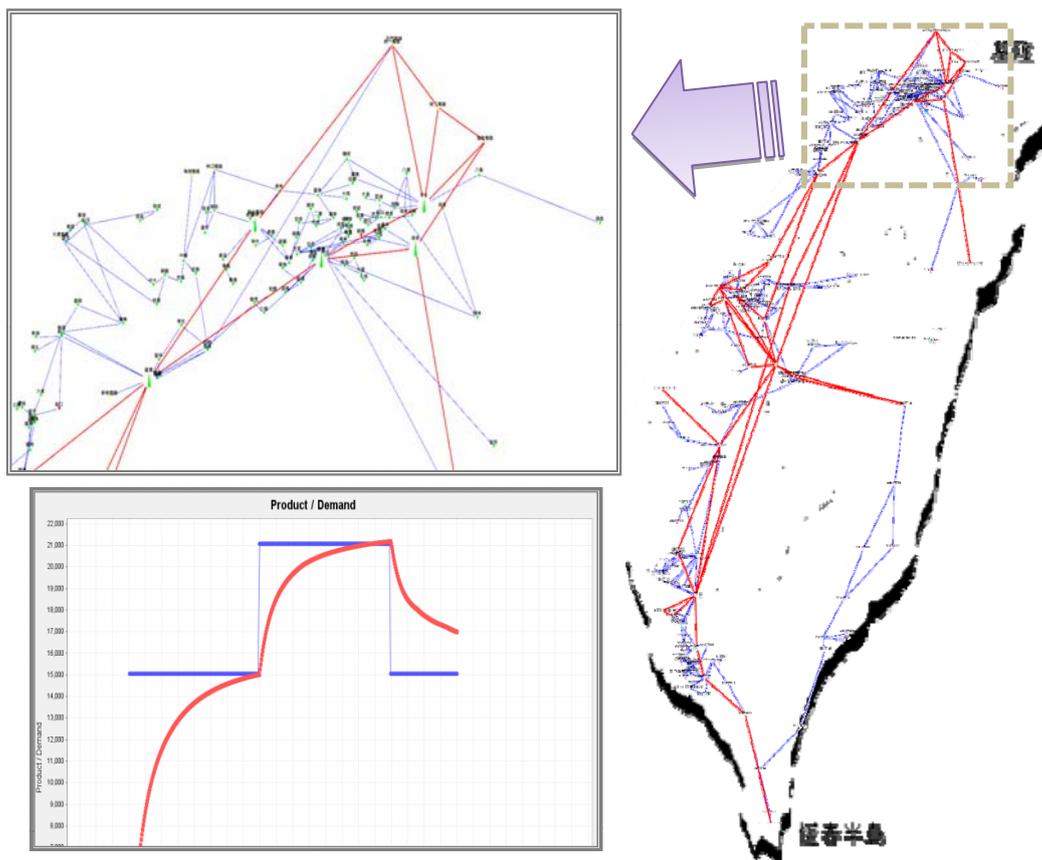


圖 12 以 Repast 程式建置台灣地區電網：台灣全區電網(右)、北部電網放大圖(左上)、負載追隨(左下)

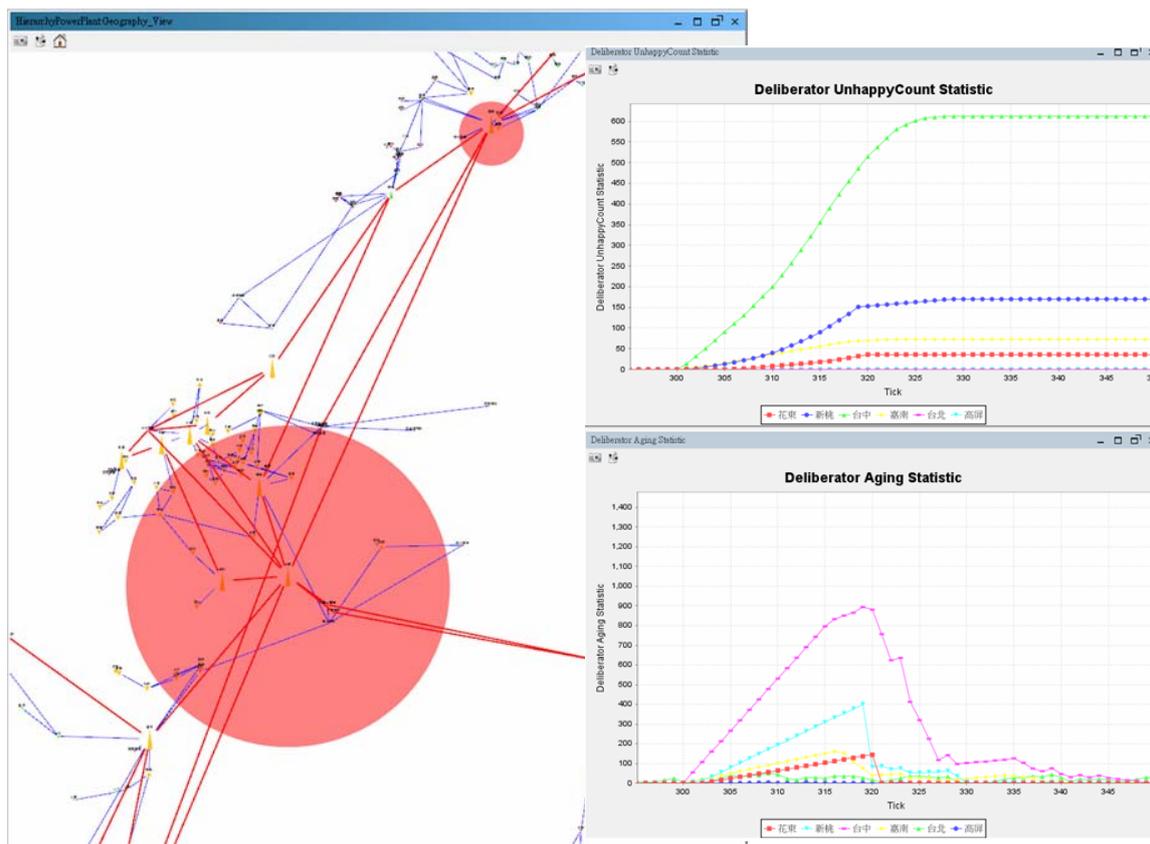


圖 13 以 Repast 程式模擬電網受創及回復：災難點選呈現(左)、調度中心回復情形(右)

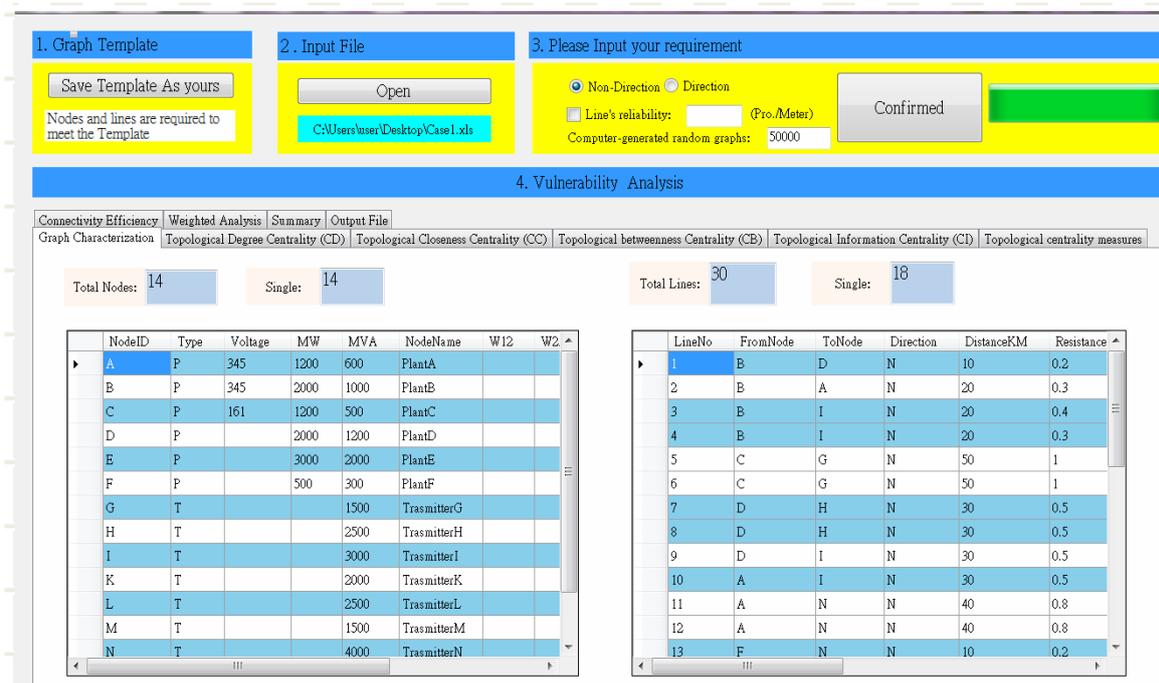


圖 14 VAT(Vulnerability Analysis Tool)視窗軟體畫面

表 2 台電網絡效率脆弱性分析與排序

| 節點 | V^* |
|------|-------|
| 龍潭 | 0.247 |
| 龍崎 | 0.160 |
| 通霄電廠 | 0.100 |
| 興達電廠 | 0.086 |
| 天輪電廠 | 0.085 |
| 中寮 | 0.083 |
| 中火電廠 | 0.083 |
| 大潭 | 0.080 |
| 峨眉 | 0.070 |
| 板橋 | 0.068 |

附錄二、100 年度期末審查意見回覆辦理情形

| | | | |
|--|---|------|-------|
| 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 | | |
| 主管機關 | 行政院原子能委員會 | 執行單位 | 核能研究所 |
| | 回覆審查委員意見承諾改進強化項目 | 辦理情形 | |
| 1. 審查意見：計畫重要性高，對國家未來核能用途影響深遠。 回覆說明：未來仍有可能台灣受到國際輻災與核能電廠發生複合式災害的影響，本計畫將持續開發相關應變與核安技術。 | 101 年度工作項目依據審查意見，在國際輻災應變技術開發研究方面，增加： (1)台灣全區及分區集體劑量計算方法研究與建立；(2)影響結果展示方法研究。在核設施與其他基礎設施互依性分析技術研究方面，增加核電廠海嘯危害評估方法建立技術。 | | |
| 2. 審查意見：人才培養及研發團隊之組成優，對國家未來核能和平用途的人才庫優劣影響極深。 回覆說明：人才庫的優劣影響國家未來核能和平用途極深，本計畫有關的研發成果除加強品質外，對人員培育將注重經驗傳承。 | 本計畫將培養定量風險管理與評估及輻射劑量評估等 2 個研究團隊，除精進評估技術外，將培育國防替代役人才 4 人，碩博士研究生各 1 人，有效完成技術傳承。 | | |
| 3. 審查意見：表列執行成果非常具體，希望日後在送審成果效益報告時即併同送出。 回覆說明：將加強控管報告完成進度。 | 本計畫依據主管機關要求時程，如期提出報告。 | | |
| 4. 審查意見：期終查訪報告之簡報表達方式尚有改善空間。 回覆說明：簡報表達方式將注重字體大小與審查委員意見資料保密。 | 審查委員意見將以代碼表示。 | | |
| 5. 審查意見：計畫符合預定進度與目標。 回覆說明：敬謝委員意見。 | 本計畫執行進度與目標符合，並配合政府政策需要修訂研究項目。 | | |

附錄三、101 年度期中審查意見回覆

101 年度科技計畫(期中)成果效益報告審查委員意見及回覆表

| | | | |
|------|---------------------------|------|-------|
| 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 | | |
| 主管機關 | 行政院原子能委員會 | 執行單位 | 核能研究所 |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|---|---|
| <p>一、本計畫之目標之一建立放射分析技術與檢討核子事故民眾防護措施，因此對於國內與國際干預基準的差異與可行性，如何得出可減免劑量應詳加研究。</p> | <p>答覆說明：依據 IAEA GSG-2 中 Table 3 之說明，該報告採用預期劑量來做為干預基準。根據本所開發國內核子事故緊急應變劑量評估系統之經驗，採用預期劑量作為干預基準在實務上之可行性高於採用可減免劑量。可減免劑量為採行或不採行某種防護行動，民眾可減少接受多少劑量。然而影響可減免劑量評估之參數眾多，如不同掩蔽體之減免效果，疏散過程中民眾因不同疏散路線，所接受之劑量亦不同，均無法以一簡單參數代表眾多可能之情況，造成在評估假設與實際執行面上(如掩蔽或疏散過程變數太多)，可能存在極大的落差。</p> <p>另外可減免劑量之精神，在於取得決策之最大淨利益(net benefit)，包含考慮各項有形或無形之成本估算，如疏散的動員成本，社會經濟影響等成本，以取得最佳之決策效益，然國內對於各防護行動所需付出的有形、無形成本效益評估，從未進行過相關研究與討論，因此無從納入評估最大淨利益。換句話說，在無其他相關評估資訊的條件下，民眾能減少不必要的輻射曝露，對原能會而言，即是最大的淨利益。目前核研所已建立可減免劑量之評估技術，相關研究成果已應用在歷年核安演習。</p> <p>國際導則建議干預基準的預期劑量可視為國內規範採用行動基準可減免劑量保守假設條件下之結果，在實際評估作業上，也可將一些不確定的參數，降至最低，因此建議原能會檢討採用可減免劑量作為干預基準的適切性。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|---|--|
| <p>二、執行之子計畫內容與計畫題目似乎不太相符？</p> | <p>答覆說明：本計畫於 99 年度爭取成立，100 年度因計畫管理需求整併，但實為兩個獨立的子計畫，一為放射性災害，探討核電廠事故對「外界」的影響，另一為複合式災害互依性分析，則是探討「外部災害」對核電廠的影響。計畫題目易生誤解，但已業經核定，變更不易，希委員諒察。</p> |
| <p>三、執行單位的研究與計畫實際需求不盡相符，從計畫管制角度，子計畫一及子計畫二均應符合「核災」應變技術之研發，子計畫二後續研究內容應強調核災之影響及分析。</p> | <p>答覆說明：謝謝委員意見。子計畫一有關國際輻射災害應變技術開發研究，所建立之大氣擴散評估模式、放射性核種分析以及民眾防護策略分析等技術，主要也是針對核災。子計畫二在第三年度的研發內容將會嘗試結合網絡分析與原 PRA 分析，針對外電喪失風險量化進行研究。</p> |
| <p>四、子計畫二內容多以委託計畫方式進行，自身參與比例偏低，執行單位如擬藉由委託研究建立本身之網路分析能力，需能掌握關鍵技術，提升本身能力，避免反主為客。</p> | <p>答覆說明：子計畫二為新興研究議題，但因自身尚缺乏分析能力，加上計畫經費有限，因此前兩年度委託外界比例較高。但執行單位目前已能應用委託開發的成果，拓展自身研究範圍，第三年度將嘗試與本身既有技術結合運用。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|--|--|
| <p>五、核研所接受中標局委託成立游離輻射國家標準實驗室，建立原級標準對於放射性活度等之度量精確度有極大助益，將此列為應用到核災之輻射度量是很正確的作法，若能結合國內各相關單位做緊急應變輻射度量方面的工作分配，並檢討對能量是否足夠以因應應變時之需求，建議考慮。</p> | <p>答覆說明：謝謝委員意見，AEC 將通盤評估國內輻射事件之緊急應變能量。</p> |
| <p>六、VAT 運用時所需的 input 資料參數在真正碰到實際狀況時，其取得的方便性如何，待說明。</p> | <p>答覆說明：本計畫開發中的 VAT 工具目前先以網絡拓樸分析為主，屬於靜態與離線分析，網絡資料參數均為事先輸入，並非即時運算。</p> |
| <p>七、重要設備採購 Cs-137 照射校正器其內容為何？</p> | <p>答覆說明：核研所新購高強度 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相關裝置，如附件一所示。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|--|---|
| <p>八、嚴重核事故輻射物質自圍阻體釋出後，輻射物質大氣擴散及傳播機制 vs 受污染地域之分布及輻射強度之計算是基礎，必須完成之優先度最高之工作。此計畫之重要性無庸置疑。但此屬於PRA level 3的工作，要計算得正確又具有合理的保守度，是本計畫執行時要掌握住之重點，是頗具難度的工作。此部分工作做得好，據以規劃出的災害應變作為才具有有效性及實用性。</p> | <p>答覆說明：謝謝委員意見。本計畫所研究的災害應變，著重在輻射物質大氣擴散評估模式及受影響地域之人口分布之技術開發，有關輻射物質傳播機制及PRA三階分析自圍阻體釋放輻射物質強度的部分不在本計畫範圍內，但執行單位另有計畫進行。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|---|--|
| <p>九、上述工作之源頭，是基於輻射源項(PRA level 2 要算出之結果)計算值做為起始條件，隨著時間推移，繼續往下計算。輻射源項之計算難度很高，有很大之不準度，其計算方法包含了很大保守度在內，用極保守的輻射源項做計算，會得到較大之EPZ 半徑(also LPZ 半徑)，Cover 要疏散之人口多，事情處理起來困難度倍增(尤其對台灣而言)。此研發計畫能否追隨核電先進國家，對輻射源項產生的物理機制及化學機制進行深入研究，能夠在源頭將輻射源項以較正確更合理保守性的去估算，並且此方法要經原能會審核批准使用，如此可以簡化災害應變之複雜度與困難度。</p> | <p>答覆說明：謝謝委員意見。本計畫並未涉及輻射源項計算工作，有關該部分，執行單位另有計畫進行評估。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|--|---|
| <p>十、此計畫與相關其他計畫之經費來源及計畫參與人力規劃宜劃分清楚，不能使外界有心人士感覺到球員兼裁判之嫌，讓他們抓到把柄而大肆攻擊。如執行同性質或同屬性之研究計畫，研究團隊均為同一，但經費來自原能會也同時來自台電，將來的研究成果歸屬與其他衍生出之問題，要如何向外界解釋及釐清，請給予說明。</p> | <p>答覆說明：本計畫屬於新興研究議題，目前只有在原能會計畫範圍內執行。本計畫相關人員均遵守執行單位的規定，參與同性質或同屬性的台電計畫，由不同的研究團隊執行，研究成果也不會相同。</p> |
| <p>十一、有關大氣擴散模式中氣象數據介紹技術報告中，有關氣象觀測，氣象塔設立之選擇及氣象參數推導之主要成果？其應用性之驗證有無後續規劃工作？</p> | <p>答覆說明：氣象塔數據處理可以應用於大氣擴散評估，來決定核子或輻射事故時污染擴散以及影響的區域，主要成果應用在核能電廠緊急應變計畫區之計算。至於驗證方面，為考量氣候變化，主管機關要求定期根據過去五年氣象條件，逐年重新評估核能電廠緊急應變計畫區範圍，以確定能充分考慮到所涵蓋氣象資料可能產生的不準度。</p> |
| <p>十二、有關民眾防護行動規範與IAEA GSG-2 干預基準之比較，請問 IAEA 的干預基準適用可減免劑量嗎？二者有何區別，並請針對可減免劑量之使用，比較其優缺點。</p> | <p>答覆說明：如審查意見一之答覆說明。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|---|--|
| 十三、我國衛生署有規劃食品中核種含量限制並已公告，請為其內容與核子事故民眾防護行動規範及 IAEA GSG-2 之內容有何差異？有無提供相關意見予衛生署參考？ | 答覆說明：衛生署公布之「食品中放射性核種污染安全容許量標準」、「核子事故民眾防護行動規範」行動基準及 IAEA GSG-2 干預基準內容之差異如附件二。核研所並無提供相關意見予衛生署參考。 |
| 十四、期末報告時建議將預期成果依項說明其完成之情形及特定成果。。 | 答覆說明：遵照辦理。 |
| 十五、針對緊急應變之修正法制研究，其中有關 EPZ 相關定義探討，建議加強其技術基礎之研究，供未來修法時納入規劃。 | 答覆說明：謝謝委員意見。 |
| 十六、報告中所提之技術報告，並未提供委員審查。建議在審查資料中，提供一、兩頁的摘要與結論。 | 答覆說明：謝謝委員意見，將於期末成果報告補附技術摘要。 |
| 十七、研究的結果和現行做法之間，應該有些連結。例如干預基準和 IAEA 的基準間之差異，並做出建議。 | 答覆說明：謝謝委員意見，有關干預基準和 IAEA 的基準間之差異及建議，如審查意見一之答覆說明，本會未來修法時將列入考量。 |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|--|--|
| <p>十八、研究計畫對於業界現況，應儘量掌握。例如電網分析應是現有的技術，應對現況略做說明。</p> | <p>答覆說明：台電公司在電網分析方面主要仰賴電力潮流分析，並配合「任何一條超高壓電力傳輸斷線均不會影響整個電網」的所謂 N-1 原則，規劃電網應變策略，行之有年且屬成熟之技術。本計畫的電網資料均由台電提供，但主要目的在藉由電網案例，進行互依性分析方法論的實做驗證，目標為方法論的開發，而非電網特性分析。</p> |
| <p>十九、書面審查期間未附相關報告電子檔，無法做較深入之瞭解。</p> | <p>答覆說明：謝謝委員意見，期末報告將附發表論文或報告之摘要成果說明。</p> |
| <p>二十、檢討與建議五、5，如何具體推動，請說明。</p> | <p>答覆說明：原子能委員會已成功完成與大陸簽署兩岸核子事故相互通報協定，其作業模式可供本會未來與韓國與日本簽署相關核子或輻射事故通報協定的參考。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|----------------------------------|--|
| <p>二十一、由於無詳細報告，請提供「代理人基」之說明。</p> | <p>答覆說明：遵照辦理。代理人基模擬(Agent-Based Modeling, ABM)是以一種以代理人(Agent)為基礎、由下而上的模擬方法。各代理人係以某種規則進行動態互動，可呈現複雜的行為型態，提供所模擬的真實世界的動態資訊。ABM 可供我們以某種方式瞭解複雜社會系統的特性，也提供一種可針對動態經濟系統進行實驗以及建構理論的途徑。ABM 的電腦模型技術業已應用在許多與人類社會現象有關的案例，包括貿易、遷徙、群體形成、戰鬥、環境互動、文化傳播、疾病傳染與人口動態學等。</p> <p>ABM 也已廣泛應用在各種互依性與基礎設施分析。基礎設施的實體元件可以被模擬成「代理人」，分析基礎設施的運作特性與實體狀態。代理者也可以模擬牽涉到基礎設施運轉、市場與消費者(例如公司與家庭)的決策與政策制訂者。已發展ABM 模型的有供應鏈(製造商、經銷商、家庭與勞工部門)、電信(線路、無線、衛星)、電力、交通、金融與政府政策等，又如經濟學(供應鏈最佳化與運籌、消費者行為等)與資訊學(分散計算、塞車問題等)。也有ABM 已應用在基礎設施相依性的模型與模擬作法。利用這些模型，我們可檢視基礎設施服務一旦喪失對於製造供應鏈所造成的後果。這些「微經濟」分析可讓我們有能力檢視基礎設施中斷如何影響到公司、公司在中斷期間的相對競爭能力、以及基礎設施有關政策對於公司持續經營能力影響效應。</p> |

| 審查意見 | 回覆說明 |
|--|---|
| <p>二十二、台電調度處對電網弱點有隨時 update 之機制，因此有輸電線改善計畫，本研究計畫是否與台電有互動。</p> | <p>答覆說明：本計畫所使用的電網資料均向台電調度處索取，相關計畫同仁並均已簽署保密同意書。唯本計畫主要目的在藉由電網案例，進行互依性分析方法論的實做驗證，目標為方法論的開發，而非電網特性分析。</p> |
| <p>二十三、期中成果報告請附詳細之佐證電子檔資料，例如完成之技術報告摘要等。</p> | <p>答覆說明：遵照辦理。</p> |
| <p>二十四、查訪會議簡報資料請加頁碼以利討論。</p> | <p>答覆說明：遵照辦理。</p> |
| <p>二十五、會中各審查委員所提寶貴審查意見，請整理後，交由核技處轉請 INER 回覆後，(回覆各相關委員)納入未來執行之參考。</p> | <p>答覆說明：遵照辦理。</p> |

附件一 高強度 Cs-137 射源照射校正器



附件二 「核子事故民眾防護行動規範」行動基準及 IAEA GSG-2 干預基準內容之差異

| 放射性核種 | 「核子事故民眾防護行動規範」行動基準 (千貝克/公斤) | | 「食品中原子塵或放射性污染安全容許量標準」 (千貝克/公斤) | | IAEA GSG-2 干預基準 (千貝克/公斤) |
|----------------------------|--------------------------------|------------|-----------------------------------|---------|--------------------------------|
| | 一般食品 | 牛乳、嬰兒食品、飲水 | 其他食品 | 乳品及嬰兒食品 | 食物、牛乳、水 |
| Cs-134 | >1 | >1 | 0.6 | 0.37 | 1 |
| Cs-137 | >1 | >1 | 0.6 | 0.37 | 2 |
| Ru-103 | >1 | >1 | 1 | 1 | 30 |
| Ru-106 | >1 | >1 | 0.1 | 0.1 | 0.6 |
| Sr-89 | >1 | >1 | 1 | 1 | 6 |
| I-131 | --- | >0.1 | 0.1 | 0.055 | 3 |
| Sr-90 | >0.1 | --- | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| Am-241 Pu-238 Pu-239 | >0.01 | >0.001 | 0.01 | 0.001 | 0.05 |