

# 核子事故之輻防與緊急處置措施研究

## The Radiation Protection and the Emergency Response for the Nuclear / Radiation Accident Emergency Situation

主管單位：原子能委員會核能研究所

王正忠

Wang, Jeng-Jong

### 摘要

為強化國內可因應類似福島事故發生的應變能力，本計畫依據國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告，針對廠內、廠外事故應變防護需求，執行嚴重核子事故分析技術、核設施輻射偵測儀器檢校技術精進、核事故應變之輻射防護預防措施與整備技術、輻射緊急事故後環境復育技術等研究。

**關鍵詞：**核子事故、輻射偵測、輻射防護、環境復育

### Abstract

In order to strengthen the response ability of Taiwan for the nuclear/radiation accident like Fukushima in Japan, A technical project was executed for the needs of emergency response and protection inside and outside the NPP according to the emergency response and preparedness planning in the nuclear power programs. The working items included in this project are URG analysis and comparison of Chinshan nuclear power plant, radiation survey meter calibration technology enhancement, the radiation protection guidelines for the nuclear/radiation accident emergency situation, and establishment of environmental restoration practical experience and technology after radiation emergency.

**Keywords :** nuclear and radiological accident, radiation survey, radiation protection, environmental restoration.

## 一、前言

日本福島核災事故後的省思，導向一切應以積極準備、有效防範的「核能安全」為首要目標，才能確保民眾與國土的安全。國內在缺乏自主能源的窘境下，核電仍是提供基礎穩定電力的重要角色，但絕不能讓核災發生於台灣，寧可犧牲核電，也絕不造成核災，因此就必須要有妥適的斷然處置措施，周詳的緊急應變機制與輻射防護措施，以及若不幸發生事故時如何進行有效的環境復育機制，將輻射事故所帶來的影響降至最低，確保民眾與國土安全的防護。

## 二、研究方法

在嚴重核子事故分析技術研究方面，針對嚴重核子事故建立輻防的應變機制與電廠的斷然處置措施，以在有效時間內提供正確的訊息與指引，防止與降低核災對人員與環境的衝擊；在核設施輻射偵測儀器檢校技術精進方面，為確保輻射劑量偵測品質以作為輻射防護作業或行動之基礎，以及防止良莠不齊、功能不一的輻射偵測儀器之量測數據而造成政府與民眾的爭議焦點，計畫將建立輻射偵檢儀器校正技術與精進偵測儀器性能檢證技術，瞭解設施、環境、天候等干擾因素對輻射偵測儀器之影響，確保輻射偵檢儀器之量測品質，提升輻射偵測數據之公信力，緩和民眾對於核子事故影響的不確定及不安恐懼的心理壓力；於核事故應變之輻射防護預防措施與整備技術研究方面，建立廠外應變作業之輻射劑量危害評估，進行弱點或潛在危害因子之防範措施研究，保障搶救災害、緊急應變工作人員之輻射安全，以及廠外第一線應變人員之健康與安全，幫助落實各項應變行動計畫，減緩事故影響與社會環境衝擊；在輻射緊急事故後環境復育技術研究方面，建立民眾長期輻射劑量評估技術以助於輻射防護措施研擬、建立復原期清理放射性廢棄物的量測與管理技術以促進廢棄物的減量與再利用、研究國際上核污染國土與農地復育技術以作為主管機關制定環境復育策略的參考。

### 2.1 嚴重核子事故分析技術建立

2011年3月11日，在日本發生福島事故。而基於此事故，台電公司發展了斷然處置方案，以防止氫氣產生與爐心熔損，斷然處置方案主要分為三部分(1)使用安全釋壓閥執行反應器控制性洩壓(2)反應器注水(3)必要時圍阻體排氣。即所謂的DIVING策略。針對核一廠斷然處置方案(URG)及使用MAAP5程式分析斷然處置關鍵性措施進行研究說明，同時與RELAP5程式所分析的結果相比較。

### 2.2 核設施輻射偵測儀器檢校技術精進

依據美國國家標準局針對可攜式輻射偵測儀器之 ANSI N42.17A (2003)(1) 規範內容，進行廠牌 / 型號分別為 Sayphymo GmbH / miniTRACE  $\beta$  C10、S.E. / Inspector、Berthold / LB123 之污染偵檢器三台及 Victoreen / 440RFD、FAG / FH 40F2、ROTEM/RAD RI-02、INER / INER-9200 之劑量率偵檢器四台及Polymaster

/1203M、INER/2000、RADOS / RAD50S之個人劑量警報器三台以及BNC/Sam940、Thermo/ RIIDEye之核種鑑別偵檢器二台等輻射偵檢器之性能測試，其中測試項目依照「干擾響應反應測試」規範測試。

### **2.3 核事故應變之輻射防護預防措施與整備技術**

根據世界各國核能方案中規劃的緊急應變與整備作業，說明新的核能方案中，必須考慮的應變與整備項目，以提供主管機關制定、建立、與維持現有核子或輻射事故時的緊急應變能力之參考。建立第一線應變人員防護指引、與輻射防護說明等，提供應變人員於事件現場處理之防護導則，避免遭受潛在的輻射影響，並做為研擬相關規範之依據。

### **2.4 輻射緊急事故後環境復育技術等研究**

蒐集日本福島於輻射緊急事故後相關環境復育實務經驗與技術，以作為主管機關制定環境復育政策之參考。說明利用放射性銫核種吸附表層土壤之特性，研發一系列環境除污技術，並提出放射性廢棄物短中長期處置方法，以解決除污後產生大量放射性廢棄物處置問題。

## **三、研究成果**

### **3.1 嚴重核子事故分析技術建立**

台電公司已發展出斷然處置措施(程序書1451)，以因應類似福島核電一廠之超出設計基準的複合式災害。本計畫已了解核一廠斷然處置程序書(URG)架構(如圖1)並使用MAAP5程式進行關鍵性措施量化分析，這些關鍵性措施分析結果可提供國內相關單位參考。

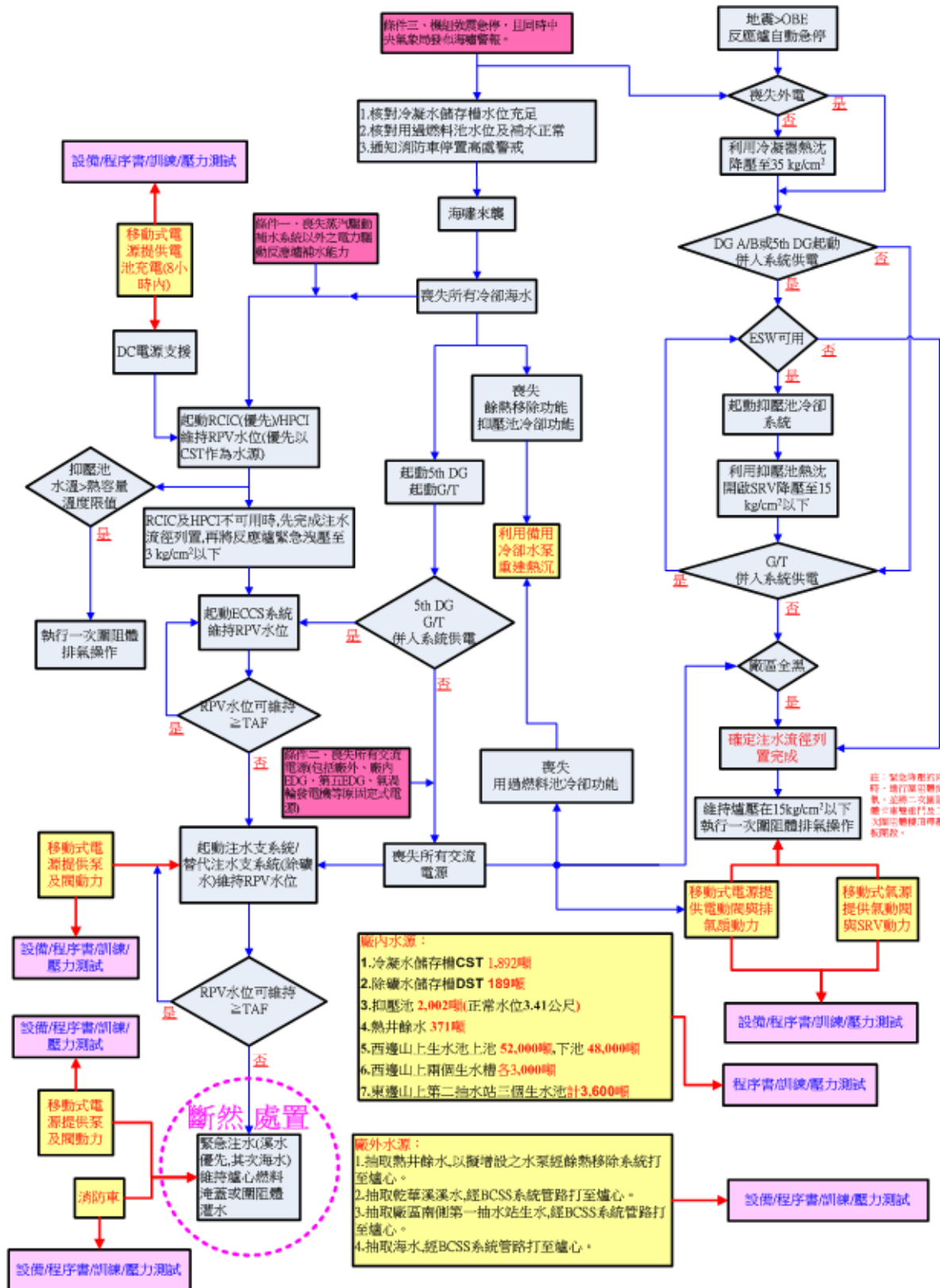


圖1、核一廠斷然處置程序流程圖

### 3.2 核設施輻射偵測儀器檢校技術精進

完成建立緊急應變所需ISO 4037國際規範之窄能譜X射線標準，完成低能量的劑量標準，提供國內事故現場之緊急應變環境輻射劑量的量測，以及例行國內輻射偵檢器之低能量劑量率以及個人劑量計校正使用。

針對國內常用一般可攜式輻射偵測儀器(包括污染偵檢器、個人劑量偵檢器、劑量率偵檢器及核種鑑別偵檢器等)，測試電磁干擾響應，包括輻射擾動、靜電放電免疫力試驗、輻射射頻電磁場免疫力試驗、電源頻率磁場免疫力試驗等檢測項目的反應，瞭解各種輻射偵測儀器的電磁干擾耐受能力。測試結果(如表1)可知一般可攜式輻射偵檢器對輻射射頻電磁場免疫力之干擾反應較為敏感，但新型偵檢器的電子系統已作電磁相容EMC處理，可以免疫電磁場之干擾，未來在從事輻射防護及輻射偵檢作業時，應考慮選用已作EMC處理的偵檢器或避開如手機基地台及廣播發射台等磁場大的場所。

表1、可攜式輻射偵測儀器電磁場檢測結果

受測儀器			輻射射頻 電磁場免 疫力	電源頻率 磁場免疫 力	靜電 免疫力	輻射擾 動
類別	廠牌	型號				
污染 偵檢器	Berthold	LB123	X	O	O	O
	S. E.	Inspector	O	O	O	O
	Syphymo GmbH	miniTRACE β C10	O	O	O	O
劑量率 偵檢器	FAG	FH 40F2	O	O	O	O
	Victoreen	440RFD	X	O	O	O
	ROTEM RI-02	BAK-3745	O	O	O	O
	INER	INER-9200	X	O	O	O
個人劑 量偵檢 器	Polymaster	1203M	X	O	O	O
	RADOS	RAD50S	X	O	O	O
	INER	2000	O	O	O	O
核種鑑 別器	BNC	Sam940	X	O	O	O
	Thermo	RIIDEye	O	O	O	O

※ O：符合，X：不符合

### 3.3 核事故應變之輻射防護預防措施與整備技術

進行「核／輻射事件緊急應變-第一線應變搶救人員救災行動輻防導則」研究並完成報告一冊，研究輻射異常事件的範圍，從危險輻射源遺失、放射性物質運送意外、利用放射性散佈裝置惡意威脅/行為事件，及核設施發生有異常放射性物質外釋事故等。根據核與輻射應變計畫顯示，當事件發生時，地方政府應立即(幾個小時內)成立地方應變部門指揮並進行緊急應變措施和即時作出緊急反應第一線應變救災行動(如消防人員、地方的醫療單位、執法/保安機關等)，且必要時中央政府也需協調各部會成立中央應變部門以發揮統一支援作用，支援地方應變救災處理及復原。然而地方政府負責輻射緊急事件應變處理與救災行動之第一線救災人員(警政、消防、衛生醫療、民防等)，對於輻射緊急情況之輻射污染相關知識認知與研判均相當生疏，及缺乏使用偵測裝備的經驗。

執行「國家級核能方案中緊急應變與整備的規劃策略」研究並完成報告一冊。研究發現，我國早已建立核能方案的緊急應變與整備體系，相關的法規也制訂完備；但日本福島核子事故發生後，證明天然災害也可能導致重大的核子事故，因此複合式災害的緊急應變體系必須建立。輻射或核子事故的緊急整備與應變的組織架構應該納入國家天然災害緊急應變體系的一部份，本報告在建立整體性輻射緊急整備與應變方案上，須建立15種能力，60項重要的工作，可做為分析與規劃國內現有核子事故緊急應變體系的藍本，以符合國際相關規範的要求。

進行「核子事故緊急應變劑量評估系統A2C/Dose模式開發與技術建立」技術並完成報告一冊。利用本系統於福島事件的評估，針對事件發生的前五天之三個高污染事件進行模擬(如圖2)。利用每六小時一筆的單點風場，加上國內劑量評估系統中之風場混合，以及引入USGS30sec地形與地表資料，使模式成功模擬出包含中小尺度局部環流系統，與真實情況較接近。污染物部分，首先參考Katata et al.,(2012)研究中所估計在福島外洩事件中Cs-137之濃度釋放率，以及排放時間週期、沉降速度等相關資料，並透過先前他人研究結果與實際觀測結果加以分析與模式驗證比對。由本系統五日總累積地表沉降量結果顯示，可以看出在事件發生五天後，雖然出現A2C t&d Cs-137西北方沉積量值比WSPEEDI-II偏低情況，但Cs-137擴散範圍幾乎已籠罩整個內陸緊急應變區域，沉降量值大小也達到日本政府下令核電廠周圍20 km內之需疏散居民，並服用碘片之標準。

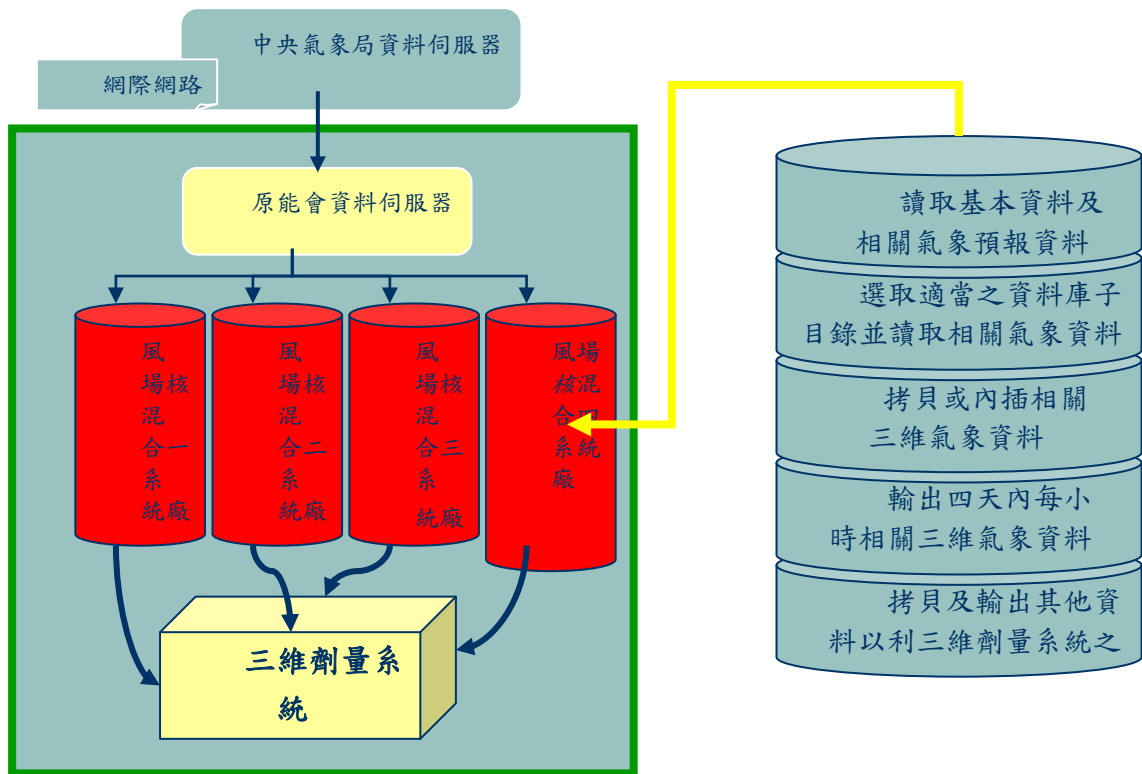


圖 2、風場混合系統與氣象資料庫運作示意圖。

### 3.4 輻射緊急事故後環境復育技術等研究

完成「輻射緊急事故後環境復育實務經驗與技術建立」研究報告一篇。日本發生福島核災後，很多放射性物質外釋，因此制定疏散區去進行疏散。在民眾疏散後，隨即發展出一套除污方法。土壤則移除表土層5公分厚進行清洗（如圖3）、柏油路就移除1~2毫米、房屋則用高壓水柱沖洗、移除排水溝之沉積物、淨化水池，為主要的除污方法。在除污產生之廢棄物則設置暫存地區、中期貯存區來放置廢棄物。最後，持續設計暫存區去放置廢棄物，直至除污完成。



圖 3、日本處理受污染土壤之儀器

#### 四、結論與建議

我國目前仍有三座核電廠共六部機組正在運轉當中，核電廠的安全運轉不僅關係國家的穩定能源供應，更與國人及環境的輻射安全息息相關。因此「居安思危」除了事前的各項安全防範措施之外，若不幸真的發生核子事故，也應該有所對策用以降低傷害的後果。本報告為四年期計畫的第一年研究成果，未來將會持續針對核二、三廠建立完整嚴重核子事故分析技術與工具，以驗證核電廠斷然處置的正確性；建立符合ISO 4037國際規範之窄能譜X射線標準之儀器校正、性能檢證與量測評估技術，以瞭解設施、環境、天候等干擾因素對輻射偵測儀器之影響；並研究事故時廠區內關鍵場所之安全可接受性的輻射防護基準，確保維持搶救復原能力與時效；以及研擬核子事故輻防應變措施、輻射監測與評估計畫，減緩事故的影響與對環境的衝擊。

#### 參考文獻

1. 江博能、2005、臺灣鄰近和設施土壤中銫與銂之遷移與轉化、博士論文、國立台灣大學農業化學研究所
2. 核一廠嚴重事故處理指引，台灣電力公司，中華民國 92 年 12 月，第一版。
3. 實用游離輻射防護，財團法人中華民國輻射防護協會，中華民國 92 年 3 月 25 日出版。
4. 汪子文、張栢菁，放射性射源之分類及其處置方式，核能研究所 INER-3912，中華民國 95 年 3 月。
5. 核一斷然處置程序書 1451, 1452, 1452.1 ~ 1452.5 版次，台灣電力公司第一核能發電廠，2012.
6. "Severe Accident Issue Closure Guidelines", NEI 91-04 Revision 1, (1994)
7. Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents , U.S. Environmental Protection Agency , 1992 .
8. Manual of Protective Action Guides and Planning Guidance for Radiological Incidents , draft version , U.S. Environmental Protection Agency , 2013 .
9. "MAAP5-Modular Accident Analysis Program for LWR Power Plants", Fauske and Associates (2008)
10. Akira Omoto, "Fukushima Accident: An Overview," ICAPP 2011
11. ANSI N42.17A (2003), "American National Standard for Performance Specifications for Health Physics Instrumentation – Portable Instrumentation for Use in Normal Environmental Conditions."
12. EN 55022 (2007), " Information technology equipment -Radio disturbance characteristics Limits and methods of measurement."
13. IEC 61000-4-2 (2007), "Electromagnetic compatibility (EMC)part 4-2:Testing and measurement techniques- electrostatic discharge immunity test."



14. IEC 61000-4-3 (2007), “Electromagnetic compatibility (EMC) –Part 4-3:Testing and measurement techniques–Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.”
15. IEC 61000-4-8 (2008), “Electromagnetic Compatibility (EMC)Part 4-8:Testing and Measurement Techniques-Power Frequency Magnetic Field Immunity Test.”
16. Zachara, J. M., S. T. Smith, C. Liu, J. P. McKinley, R. J. Serne, and P. L. Gassman.. Sorption of Cs<sup>+</sup> to micaceous subsurface sediments from the Hanford site, USA. *Geochim. Cosmochim. Acta* 66:193-211.
17. Okumura, M., H. Nakamura, and M. Machida. 2013. Mechanism of strong affinity of clay minerals to radioactive cesium: first-principles calculation study for adsorption of cesium at frayed edge sites in muscovite, *J. Phys. Soc. Jpn.* 82:033802.
18. Zenko YOSHIDA. 2013. Clean-up of the Contaminated Area and Environmental Restoration in FUKUSHIMA -Road map for Evacuees Returning Home. Japan Atomic Energy Agency & The University of Tokyo
19. Keizo ISHII. 2013. Remediation from the Nuclear Disaster of Fukushima. Tohoku University, Sendai Japan.