

出國報告(出國類別：開會)

參加 JICC 在日本舉行之  
「提昇核能發電緊急計畫研討會」

服務機關：台灣電力公司核能發電處

姓名職稱：廖瑞鶯 主管輻射監測

派赴國家：日本

出國期間：101.02.26 ~ 101.03.03

報告日期：101.04.16



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 JICC 在日本舉行之「提昇核能發電緊急計畫研討會」

頁數：14 含附件：是  否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

廖瑞鶯/台灣電力公司/核能發電處/主管輻射監測/02-23667079

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他（開會）

出國期間：101 年 2 月 26 日至 101 年 3 月 3 日

出國地區：日本東京等地區

報告日期：101 年 4 月 16 日

分類號 / 目：

關鍵詞：福島事故、緊急應變、大氣擴散、劑量評估

內容提要：（二百至三百字）

日本原子力產業協會國際合作中心（JICC, JAIF International Cooperation Center）為日本原子力產業協會（JAIF, Japan Atomic Industrial Forum, Inc.）出資於 2009 年成立的機構，負責結合日本國內成熟的核能技術，對新興國家推展核能產業，開拓日本海外的核能市場。在 2011 年 3 月 11 日福島一廠發生複合式災難後，不僅日本國內核能產業遭遇前所未有打擊，海外市場亦隨之面臨極大的挑戰，JICC 在過去一年即負起國際宣導與溝通的重責大任，多次派遣專家赴亞洲新興國家說明福島事故狀況及未來日本核能安全之改善情形。

JICC 專家於今（2012）年 2 月初接受行政院原子能委員會邀請來台演講，並提供我國四個免費名額赴日參加其於二月底（2012.2.27~2012.3.2）在日本舉行「提昇核能發電緊急計畫研討會（Seminar on Nuclear Power Generation Infrastructure for improving Emergency Preparedness）」。名額分配為原能會 2 名，核能研究所及本公司各 1 名。由於此研討會內容主要與緊急事故環境輻射劑量預估系統（SPEEDI）有關，因此，我國本次獲遴選赴日成員為行政院原子能委員會核能技術處侯科長榮輝與

輻射防護處廖技正家群、核能研究所負責國內環境輻射劑量預估系統 A2CDOSE 開發之盧助理工程師仲信，以及本公司核能發電處保健物理組主管輻射監測廖瑞鶯。

本次參加 JICC 在日本舉行「提昇核能發電緊急計畫研討會」，透過研討會專題演講，並參觀日本核能電廠及相關設施，以瞭解歷經福島事故後之日本核能業界所做的努力與現況，主要研討課程及參訪行程包括：

- 一、福島核能事故的經驗學習與改進
- 二、福島事故之污染地區除污與環境復原
- 三、社會衝擊、民眾意見及今後日本之核能政策
- 四、緊急環境輻射劑量預估系統（SPEEDI）
- 五、福島事故放射性物質排放源項評估與大氣擴散模擬
- 六、全球緊急環境輻射劑量預估系統（WSPEEDI）
- 七、參訪東海村日本質子加速器研究複合設施（J-PARC）
- 八、參觀北海道電力公司「泊核能發電廠」
- 九、參訪日本製鋼公司（JSW）室蘭製造廠
- 十、參訪財團法人原子力安全技術中心（NUSTEC）

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://open.nat.gov.tw/reportwork>）

# 目 次

	(頁碼)
一、出國目的 . . . . .	1
二、出國過程 . . . . .	1
三、出國心得 . . . . .	8
四、建議事項 . . . . .	12
五、附 件 . . . . .	14



## 一、出國目的

本次參加研討會的主要目的係透過專題演講及參觀活動，瞭解福島事故後日本核能安全的改善，以及日本發展之緊急環境輻射劑量預估系統 SPEEDI 的功能與架構。同時也深入探討在福島電廠事故中，SPEEDI 所擔任的角色與其執行緊急環境輻射劑量預估過程所遭遇之責難，以及未來改進方向，俾做為國內緊急環境輻射劑量預估系統精進之借鏡與參考。

## 二、出國過程

### (一) 行程安排

此次赴日本公務出國行程係自 101 年 2 月 26 日起至 101 年 3 月 3 日止，共計 7 天，詳細行程如下：

2/26 (日)

- 抵達東京成田機場

2/27 (一)

- 前往東海村 JAEA
- 參加福島事故與 SPEEDI 研討會

2/28 (二)

- 前往東海村 JAEA 參訪 J-Park
- 由東京轉往北海道

2/29 (三)

- 前往北海道電力公司泊核電廠參訪

3/1 (四)

- 前往日本製鋼廠北海道室蘭製造廠參訪
- 返回東京

3/2 (五)

- 前往原子力安全技術中心參訪 SPEEDI 營運中心
- 歡迎晚宴

3/3 (六)

- 東京成田機場搭機返國



## (二) 研討會與參訪過程

本次研討會由 JICC 鳥羽晃夫 (Toba Akio) 處長 (Director) 親自領隊，並由向山武彥 (Mukaiyama Takehiko) 顧問 (Project Advisor)、永野彰 (Nagano Akira) 參事 (General Manager) 及濱地一樹 (Hamachi Kazuki) 參事 (General Manager) 等人全程陪同。本次受邀成員，除我國 4 位外，其餘均為亞洲新興國家，計有印尼 4 位、約旦 2 位、馬來西亞 2 位、蒙古 3 位、菲律賓 4 位、泰國 1 位及越南 3 位，總計 23 位。JICC 主要期望透過本次研討會讓日本臨近國家了解福島核災事故的現況(含機組情形、除役規劃、廢棄物處理、輻射劑量監測等)並介紹 SPEEDI 緊急環境輻射劑量預估系統。

2 月 27 日研討會於茨城縣東海村原子力研究開發機構 (Japan Atomic Energy Agency, JAEA) 舉行，首先由鳥羽晃夫處長致歡迎辭，並由永野彰參事簡報本活動行程與目的，隨即展開六個專題演講：

### 1. 福島核能事故的經驗學習與改進 (Facts and Lessons of the Fukushima Nuclear Accident and Safety Improvement)：

— 演講者：鳥羽晃夫 (Akio Toba, Director of JICC)

由此專題可以瞭解福島一廠在遭遇地震及海嘯後，失去廠外電源與最終熱沉之事故發展與演進如下：

- (1) 地震引起機組急停。
- (2) 海嘯造成機組全黑。
- (3) 喪失熱沉。
- (4) 反應爐高溫反應而產生氫氣
- (5) 氫爆。
- (6) 圍阻體毀損。
- (7) 放射性物質排放至環境。

此專題亦說明福島一廠事故過程中，運轉人員所面臨的困境與廠內應變措施，同時對事故原因進行檢討與說明，並提出對應之改善對策。

目前福島一廠已達穩定狀態，即反應器穩定處於冷停機狀態，且放射性排放量顯著降低，開始進入除役工作的第一階段，預定於 2 年內進行燃料自用過燃料池移除作業的第二階段除役工作，10 年內執行第三階段的燃料熔渣移除，而整個除役工作則預估在未來為 30 至 40 年左右方可完成。

由於鳥羽先生曾先後服務於東京電力公司的福島一廠、福島二廠，自 2006 年至 2010 年期間擔任柏崎刈羽電廠的副廠長，福島事故後負責首相辦公室連絡工作，直到 2011 年 7 月轉任至 JICC，對於福島一、二廠的設計與運轉非常熟稔，因此講述兩個廠同時面臨地震及海嘯侵襲後事故發生過程及演變結果之比較特別詳盡。

本專題內容詳附件 1「福島核能事故的經驗學習與改進」。

## 2. 福島事故之除污及環境復原 (Clean-up of the Contaminated Area and Environmental Restoration in Fukushima)

—演講者：吉田善行(Yoshida Zenko , invited researcher of JAEA)

此專題主要說明福島事故後附近地區污染狀況，以及日本政府對不同污染程度所採取區域劃分與防護措施，同時對環境的除污技術與成效亦提供非常寶貴的經驗。

日本於 2012 年之 311 災難重建預算預估 37700 億日元，其中除污預算 4510 億日元，重整與重建預算 22500 億日元。「全面除污計畫」對於疏散區重新依劑量率劃分為：

(1)難返區(difficult-to-return)：劑量率大於 50mSv/hr 之區域。

(2)居住限制區(Habitation-restricted zone)：劑量率介於 20mSv/hr 與 50mSv/hr 之區域。

(3)待返區(ready-to-return)：劑量率小於 20mSv/hr 的區域。

依規劃進度，對於劑量率小於 50mSv/hr 區域，除污工作預計可於 2 年內完成。

本專題內容詳附件 2「福島事故之除污及環境復原」。

## 3. 社會衝擊、民眾意見及今後日本之核能政策 (Social impact, public opinion and nuclear power policy of Japan after Fukushima Daiichi Accident)

—演講者：向山武彥(Mukaiyama Takehiko, Project Adviser of JICC , JAEA)

2010 年核能機組發電量佔全國供電量 900TWh 的 30%，產值為 12 兆日圓。但自 311 福島事故後，停機檢修的機組均無法獲准再起動，因此訪問期間，日本僅剩柏崎刈羽電廠的 6 號機<sup>1</sup>及北海道泊 (Tomari) 核能發電廠 3 號機運轉中，2012 年預計全部能機組將會完全停止發電，如果核能機組持續無法再起動，將對日本社會及經濟嚴重衝擊。

此專題主要說明福島事故對整個日本社會、民眾想法及政府核能政策造成的衝擊，由民意調查顯示，2011 年 3 月以後，有大於 70% 民眾變成反核，而且希望未來能廢核。但也有 50% 以上的人擔心不久將來會發生電力短缺情形，同意機組再啓動，而這 50% 的人之中亦包括了反核民眾，顯示民眾是務實的。

日本政府要求所有核能電廠均必須執行兩階段壓力測試計畫，目前第一階段的測試報告已完成，未來如果能獲得 IAEA 的背書，將會使再起動向前推進，但未來是否可再起動仍須考量當地民意。

本專題內容詳附件 3「社會衝擊、民眾意見及今後日本之核能政策」。

---

<sup>1</sup> 柏崎刈羽電廠的 6 號機已於 2012 年 3 月 21 日起進行定期停機檢修。

#### 4. 緊急環境輻射劑量預估系統 (SPEEDI)

—演講者：茅野政道 (Masamichi Chino, JAEA)

此專題主要說明緊急環境輻射劑量預估系統 (SPEEDI, System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information) 為日本原子力研究所 (Japan Atomic Energy Research Institute, JAERI<sup>2</sup>) 因 1979 年美國三哩島核電廠事故，於 1980 年開始開發本系統，並於 1986 年迄今由文部科學省 (Ministry of Education, Sports, Culture, Science and Technology, MEXT) 委託財團法人原子力安全技術中心 (Nuclear Safety and Technology Center, NUSTEC) 負責系統營運與維護。

SPEEDI 主要功能如下

- (1) 預報核設施周遭的當地(25公里×25公里範圍)氣象狀況。
- (2) 預測外釋放射性核種於空氣與地表沉積的濃度。
- (3) 預測外釋核種造成之體內及體外曝露劑量。
- (4) 彙整評估結果，並以圖像檔案格式傳送至各核子相關機構。

福島事故發生後，因無法取得外釋射源項資料，導至無法及時利用 SPEEDI 獲得劑量分布結果，因此政府單位無從依據相關法規，做出疏散與掩蔽的防護決策，備受苛責。

由福島事故經驗可知，外釋射源項的取得將成為核子事故緊急應變劑量評估系統是否可發揮其有效協助民眾防護行動決策之關鍵因素，然而在電廠喪失廠外電源，廠內柴油發電機因海嘯來襲失效，電廠內之工作人員都無法獲知電廠狀況，更遑論將廠內機組的運轉資訊或參數，提供給事故評估系統(如 ERSS) 做進一步之分析，故無法在有限時間內評估出外釋射源項是可以預期的結果。

在未來的改善規畫上，可以看出日本對於射源項的評估，考慮採用空中偵測技術，直接量測事故電廠空浮濃度，及與其他地面監測站的資料結合 SPEEDI 擴散模擬結果，以進行事故時外釋射源項的推估；或利用多組模擬假設的狀況，預先建立外釋射源項資料庫，供 SPEEDI 系統選取使用。而不再單純只依靠「緊急對策支援系統」(ERSS) 進行事故評估，作為獲得射源項的管道。

本專題內容詳附件 4「緊急環境輻射劑量預估系統 (SPEEDI)」。

#### 5. 福島事故放射性物質排放射源項評估與大氣擴散模擬

—演講者：永井晴康 (Haruyasu Nagai, JAEA)

此專題主要說明福島事故放射性物質排放射源項與大氣擴散重建，由於 SPEEDI 評估範圍有限 (25 公里×25 公里)，因此較大範圍 (100 公里×100 公里) 之空氣濃度、地表沉降與劑量結果，則另由 JAEA 負責發展之 WSPEEDI 進

---

<sup>2</sup> JAERI 於 2005 年 10 月 1 日起與核燃料循環開發機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute) 合併為日本原子力研究開發機構 (Japan Atomic Energy Agency, JAEA)

行評估。

福島事故之放射性物質排放源項評估與大氣擴散模擬方法如下：

(1) 射源項評估

與日本原子力安全委員會（NSA）合作，結合監測數據與大氣擴散模擬，進行射源項的評估，即以單位活度外釋率與稀釋因數（如乾溼沉降，放射性衰變等效應）進行模擬，並將監測點得到之濃度與空氣劑量率，除以模擬結果，即為外釋率。

(2) 大氣擴散分析

分析大量外釋（2011.3.15-16）期間，放射性物質在大氣擴散局部區域的模擬結果，以完成福島第一核電廠東北方與福島縣中部高劑量率區域形成過程之重建分析。即以三個不同大小範圍與解析度之巢狀網格，進行中尺度氣象模式 MM5 的氣象場之建立，並以解析場與觀測場數據，作資料同化修正；之後由 GEARN 模組計算擴散場與劑量，並以輻射監測資料修正射源項，射源項考慮 I-131、Te-132（+I-132）、Cs-134 及 Cs-137，重建事故期間的大氣擴散模擬。

本專題內容詳附件 5「福島事故放射性物質排放源項評估與大氣擴散模擬」。

6. 全球緊急環境輻射劑量預估系統（WSPEEDI）

— 演講者：永井晴康（Haruyasu Nagai, JAEA）

WSPEEDI 開發目的係用來作為國內或國際間發生核子事故時，外釋放射性核種隨大氣擴散的模擬評估，目前已經開發提升為第 2 版。系統評估能力如下所列：

- ◆ 評估範圍：世界各地任何 100-1000 公里的方型區域，垂直評估範圍可達地表上方 10 公里。
- ◆ 評估期間：約未來 7 天之預測。
- ◆ 射源項：可將起始點設定多種外釋情節在地球上任何一點。
- ◆ 評估輸出：氣象場，空氣濃度，地表沉降濃度，及劑量。
- ◆ 操作使用：簡單安全的圖像化使用者操作介面。
- ◆ 網路連結：氣象資料取得與其他機構資訊交換。

WSPEEDI 計算核心程是主要為中尺度氣象模式 MM5 及 GEARN 粒子擴散模式，其中 MM5 模式係於更新至第 2 版時加入，以提升氣象預報，擴散與沉降之計算；GEARN 則可運跑世界上任何地點區域或局部之擴散模擬。系統將全球地形資料庫與由日本氣象廳接收之氣象預報資料作為初始值，帶入 MM5 區域氣象模式運跑分別獲得區域與局部的三維氣象場，再經由射源項的數據，以 GEARN 模式計算獲得空浮濃度，地表沉降濃度，及劑量結果。

WSPEEDI 的射源項評估係利用監測資料進行回推，射源項評估需考慮的條

件包含外釋點，起始時間，持續時間，與外釋量。目前國內核能究研所正與氣象局合作，開發境外核災長程擴散對台灣之輻射影響評估技術，WSPEEDI 開發經驗值得作為參考。本專題內容詳附件 6「全球緊急環境輻射劑量預估系統 (WSPEEDI)」。

2 月 28 日上午參訪位於 JAEA 之東海研發中心(Tokai Research and Development Center)之高功率質子加速器設施 (The Japan Proton Accelerator Research Complex, J-PARC)。

日本質子加速器研究複合設施係由 JAEA 和高能加速器研究機構共同合作之計畫，共有三組質子加速器，包含 400MeV 線性加速器（長 330 公尺）、3 GeV 同步輻射加速器（周長 350 公尺）及 50 GeV 同步輻射加速器（周長 1600 公尺）；3 GeV 與 50 GeV 之同步輻射加速器分別可產生 1 百萬瓦 (MW) 與 0.75 百萬瓦之高功率質子射束，藉此可產生中子 (Neutron)、介子(Muon)、強子 (Hadron) 及微中子 (Neutrino) 等粒子，以進行高能物理與物質結構等基礎研究。

J-PARC 2011 年時因 311 大地震，使加速器設施內、外均受到損害，經其積極整修，已於同年 12 月 9 日完成加速器之重新啓動，並陸續恢復相關設備之研究。

本次參觀先由 JAEA 之橫溝英明 (Hideaki Yokomizo) 理事 (Executive Director) 致歡迎詞後，由 J-PARC 物質暨生命科學組之加藤崇 (Takashi Kato) 副組長 (Deputy Division Leader) 進行簡報，說明 J-PARC 計畫及目前營運狀態，並安排參觀物質暨生命科學實驗設施及微中子實驗設施。詳細參訪內容如附件 7「參訪東海村日本質子加速器設施 (J-PARC)」。

2 月 29 日參訪北海道泊核能發電廠，首先參觀位於電廠外之廠外緊急應變指揮中心，之後進入電廠參觀泊電廠三號機的控制室、汽機廠房、燃料廠房及模擬中心，該機組係目前全日本唯一仍維持運轉的反應器機組之一。

全程令人印象深刻的是嚴格的安檢及幾近完美的參觀路線，即參觀過程不能攜帶相機、不准拍照，進出廠房均實施詳細安全檢查，完全沒有因為團體參觀而有所打折，參觀路線均明亮清潔，毫無雜物堆置，甚至部分走道還公鋪設地毯，留給參觀者舒適的感受。參觀控制室、汽機廠房與燃料廠房均係透過玻璃窗觀看，完全不須進入管制區或現場，如此既可免除參觀者的輻射污染與曝露之管制問題，且可使解說員與參觀者有足夠的時間可以說明與溝通，甚至輔以實體模型或動畫展示，使參觀者能充分瞭解實際作業情形，值得學習。

有關福島一廠事故後泊核能發電廠之檢討因應對策，在廠方簡報及參訪過程，並未有詳細說明，因此在午餐後特別與該廠小林敏行代理廠長 (Acting General Manager) 請教，其談到雖然泊核能發電廠未受地震及海嘯衝擊，但福島一廠事故後，日本各核能電廠均在保安院之要求下，進行弱點檢討並提因應對策，該廠亦提出確保電源、確保冷卻系統可用、防止淹水及防止氫爆等四個方向進行改善與加強。詳細參訪內容如附件 8「北海道泊核能發電廠」專題摘錄報告。

3月1日為參訪日本製鋼廠（JSW, Japan Steel Works）室蘭製造廠。JSW生產高品質之鋼材製品，最特別的產品為核子反應爐 RPV（Reactor Pressure Vessel），蒸汽產生器等，其市佔達全球 80%，國內核一廠與龍門電廠的 RPV 即為 JSW 所製造。

原本預估全世界核能復甦的榮景，在福島事故後各國紛採剎車，暫緩核能之擴充計畫，即未再接獲訂單，對於 JSW 是一大衝擊。故此次 JICC 的行程特別安排 JSW 之參訪，期盼能對於有意踏入核能領域東南亞國家（New Comer），為 JSW 帶來商機。詳細參訪內容如附件 9「參訪日本北海道製鋼廠室蘭製造廠」。

3月2日參訪位於東京之原子力安全技術中心（NUSTEC, Nuclear Safety Technology Center），該中心接受文部科學省的委託，負責 SPEEDI 營運、維護與更新，除了中央主關機關外，共 19 個地方政府與 22 個近廠指揮中心（off-site center）與 NUSTEC 具有網路專線連接。

從訪談過程中，得知 NUSTEC 之工程師係以系統維護（伺服器硬體），資料更新與 GIS 系統功能介面開發為主，而氣象場預報，擴散模式，與劑量模式等核心技術精進，仍需與 JAEA 合作。

詳細參訪內容如附件 10「參訪財團法人原子力安全技術中心 NUSTEC」。

行程最後，JICC 於 3 月 2 日晚上舉行歡迎晚宴，約有 40 位貴賓參加。台灣團除了與接待我們的四位 JICC 同仁（鳥羽晃夫、永野彰、向山武彥、濱地一樹）合照並贈送禮物外，也致贈禮物予曾講授 SPEEDI 的 JAEA 茅野政道博士。JAIF 理事長服部拓也先生（Takuya Hattori）也出席晚宴，台灣團特致贈禮物，謝謝服部理事長對台灣的長期協助。

JICC 鳥羽晃夫處長於晚宴中表示，感念於 50 年前歐美先進國家曾協助日本發展核能產業，JICC 將持續與臨近國家及初具核設施的國家進行國際合作，必要時提供核能專業協助。

最後，行政院原子能委員會核能技術處侯科長榮輝代表台灣團謝謝日方的邀請，贈送每位貴賓一個原子能寶鑰匙圈作為紀念，並歡迎貴賓們到台灣參訪。

### 三、出國心得

去年日本 311 福島一廠發生複合式災變，導致電廠的備用能源及外來的電源線路全部毀壞，爐心無法注入冷卻水，圍阻體壓力異常上升，發生氫爆，使大量放射性核種釋入環境，成為 1986 年車諾比核電廠事故以來最嚴重的核子事故，引起全球矚目。一年來，福島一廠反應器已逐漸穩定處於冷停機狀態，且放射性排放量亦有顯著降低。

值此 311 屆滿周年之際，能有機會獲 JICC 邀請赴日參加研討會及相關參訪活動，重新審視福島事故發生原因，瞭解福島事故後日本所面臨的困境及未來核能產業的努力方向，實屬難得，尤其能與負責日本核子事故緊急應變劑量評估系統（包括 SPEEDI 與 WSPEEDI）開發之 JAEA 研究人員茅野政道博士（Masamichi Chino, JAEA）與永井晴康博士（Haruyasu Nagai, JAEA）請教福島事故之放射性物質排放源項評估與大氣擴散模擬技術細節，更為此行重要收穫。

#### （一）福島事故中 SPEEDI 的經驗—「養兵千日」須能「用在一時」！

在核子事故發生之早期，核子事故中央災害應變中心即必須依據事故發生的時序、電廠狀況及輻射監測中心提供之民眾輻射劑量評估結果，儘早採取適當的防護行動，方能有效降低民眾及環境所受的輻射影響，因此，核子事故緊急應變劑量評估系統為核子事故應變中重要的一環。而此次研討會中研習之「緊急環境輻射劑量預估系統（SPEEDI）」在日本正是擔任此重要角色。該系統自 1980 年開始發展迄今，無論在大氣擴散計算或劑量評估方面的功能，均已相當完備，系統運作亦十分順暢，過去國內核能研究所及本公司開發相關系統時，亦均曾將其列為重要參考模式，且 NUSTEC 每年均接受文部科學省數億經費委託，專責 SPEEDI 之營運、維護與更新，真可謂是「養兵千日」！

然而福島事故發生後，當日本內閣官房長官枝野幸男於 2011.3.12 發布緊急避難指示，要求福島核電廠周邊 10 公里內的居民立刻疏散時，並沒有從官方資料或媒體報導上得知利用 SPEEDI 所得到之環境輻射劑量預估結果。直到 2011.3.23 才首次公佈 SPEEDI 對 2011.3.12 至 2011.3.23 及 2011.4.23 期間福島一廠事故大量放射性核種釋入環境後民眾因呼吸吸入造成甲狀腺劑量的劑量分布預測結果。當時即已知道長久以來日本發展的 SPEEDI 並沒有在最關鍵的時刻發揮其應有的功能，令人惋惜。正因為過去「養兵千日」卻無法「用在一時」，日本東電福島事故調查委員會（Investigation Committee on the Accident at the Fukushima Nuclear Power Stations of Tokyo Electric Power Company）於 2011.12.26 公佈之期中報告，將 SPEEDI 無法在事故發生後及時提供預測資訊列為重要缺失之一。

## （二）外釋射源項的重要性—增加環測值回推外釋射源項模式

經由茅野博士的說明得知，SPEEDI 於事故後廣受外界質疑其功能不彰之主要原因係事故後由於通訊中斷及不明電廠事故的實際狀況，負責 SPEEDI 營運之 NUSTEC 遲遲無法取得福島一廠事故外釋射源項資料，以致完全無法及時提供預測資訊，供政府單位做出為疏散與掩蔽的防護決策參考。事實上，SPEEDI 系統在無正確射源項的情況下，仍能以單位活度的外釋假設，進行大氣擴散模擬，預測放射性污染物飄散的方向與污染沉降之分布，做為引導民眾疏散避難之重要依據。

由上述福島事故中 SPEEDI 失敗的經驗可知，外釋射源項的取得將成為核子事故緊急應變劑量評估系統是否可發揮其有效協助民眾防護行動決策之關鍵因素！

然而在電廠喪失廠外電源，廠內柴油發電機因海嘯來襲失效，電廠內之工作人員都無法獲知電廠狀況，更遑論將廠內機組的運轉資訊或參數，提供給「緊急對策支援系統」（ERSS, Emergency Response Support System）做進一步之分析，故無法在有限時間內評估出外釋射源項是可以預期的。

相較之下，如果能利用氣象與風場預報之例行化作業，並藉由實際氣象觀測資料進行預報模式的校驗，提高大氣擴散模擬的準確度，在事故發生時，即使無法由「緊急對策支援系統」（ERSS）獲得外釋射源項資訊，仍可改以 SPEEDI 進行污染物擴散的模擬評估，並配合環境輻射實測數據，在擴散分布與趨勢的預測上，是相對可信與可用的。因此，日本在未來的改善規畫上，對於射源項的評估，將考慮採用空中偵測技術，直接量測事故電廠空浮濃度，及與其他地面監測站的資料，結合 SPEEDI 擴散模擬結果，以進行事故時外釋射源項的推估；或利用多組模擬假設的狀況，預先建立外釋射源項資料庫，供 SPEEDI 系統選取使用。而不再單純只依靠「緊急對策支援系統」（ERSS）進行事故評估，作為獲得射源項的唯一管道。

依目前國內分工，事故時排放輻射源項的提供係屬本公司各核能電廠的責任，且根據福島經驗，事故射源項不可能由現場度量及運轉參數獲得，而其能否及時提供卻直接影響事故劑量預估作業，亦關係民眾防護行動決策成功與否。因此，未來本公司應參考日本未來改善方向，進行事故外釋射源項評估方法之研究。

## （三）WSPEEDI 發展的必要性—擴大大事故影響評估範圍方能符合全國救災體系

此外，全球緊急環境輻射劑量預估系統（WSPEEDI）在定位上雖然並非日本政府決策使用之工具，然此次福島事故之影響區域，已超出 SPEEDI 所能評估的範圍（25 公里x25 公里），因此必須以 WSPEEDI 來彌補此不足之處。由此可知，對全國救災體系而言，25 公里之預估範圍仍然不足。

SPEEDI 在福島事故期間，利用單位外釋量得到的擴散評估結果，雖然並未於第一時間獲得有效地運用，失去民眾防護行動建議之功能。但 SPEEDI/WSPEEDI 在事故中後期，結合觀測資料與數值模擬結果，進行事故期間的劑量重建，對於後續日本當地食品管制、除污，與復原期之規劃，仍為相當重要之參考依據。

#### （四）國內 A2CDOSE 系統—持續精進

反觀國內，依核子事故緊急應變法，中央主管機關成立次核子事故輻射監測中心應負責民眾輻射劑量評估，因此在定位上，由行政院原子能委員會委託核能研究所與中央氣象局合作開發之最新版本核子事故緊急應變劑量評估系統（A2CDOSE<sup>3</sup>）即相當於日本的 SPEEDI。

在功能上，現行 A2CDOSE 大致上已可符合國內法規及核子事故緊急應變決策參考的需求。若與 SPEEDI 比較，雖然在全真化氣象預報技術的建立或模式精確度驗證方面則仍有進步的空間，但其氣象預報天數可長達 8 天、評估範圍為 60km×60km 及三維顯示圖台等功能均較 SPEEDI 佳，誠屬不易。若以兩者投入的經費比較，A2CDOSE 每次幾百萬新台幣的專案費用則遠遠不及 SPEEDI 每年上億元日幣的例行預算，由此可知，核能研究所在極為有限資源下能使 A2CDOSE 有此成果，顯示其研究團隊深具潛力。

根據以往引進國外程式的經驗，每個國家使用的程式或評估系統均有其發展背景與地域性，尤其環境輻射方面之評估更需結合跨領域、跨組織的技術與資源，建立當地環境參數（包括地形、氣候、海域、水文、農漁業產量及當地居民生活習慣資料），所以引進一個系統，絕不是一個單純的採購，除了瞭解該系統架構與運作外，還必須配合模式重新建立當地化之相關環境參數，所需耗費的總成本必遠大於系統本身採購之費用，甚至可能發生因無法取得適當環境參數或評估邏輯不符國內法規而導致建置失敗的情形，因此移植國外程式或評估系統並非完全沒有風險。而且另一方面，目前所有軟體均有版權問題，原始開發廠家不可能提供原始程式碼，亦不容許使用者逕行修改，所以無法隨時因應國內法規變動及需求進行調整，即使原始開發廠家同意協助配合修改，所需支付金額可能高於目前原能會委託核能研究所專案經費，並且對培植國內相關人才及提昇技術毫無助益。

雖然目前 A2CDOSE 在大氣擴散模式的精確度可能仍不及日本 SPEEDI/WSPEEDI 或歐洲共同體之 RODOS (the Real-time On-line Decision Support system for off-site emergency management in Europe) 等國際知名緊急應變相關系統，但從長遠觀點，仍應以國內現有核能研究所開發之 A2CDOSE 為基礎，藉由此次赴日結識 JAEA 研究人員茅野政道博士與永井晴康博士的機緣，繼續建立長期良好互動關係，例如邀請此等

---

<sup>3</sup>A2CDOSE 為現有版本名稱，2011 年以前稱為 RPDOSE。

專家來台演講並對 A2CDOSE 提供氣象模式與劑量評估相關技術改進建議，同時亦可派員赴日對 SPEEDI / WSPEEDI 的評估技術做更深入的研究，未來繼續朝大氣擴散模式驗證、提昇評估系統精確度及參與國際資訊交流合作方向邁進，將有助於提昇民眾對國內核子事故緊急應變決策體系之信心。

#### （五）本公司事故劑量評估技術—積極參與 A2CDOSE 持續精進

本公司緊執會劑量評估組依核子事故緊急應變法亦須執行事故輻射劑量及影響程度之評估，做為緊急事故時公司內部層峰之決策參考。本公司針對此任務曾先後發展「EMD 程式」、「核能電廠緊急事故劑量評估系統」及「核能四廠緊急事故劑量評估系統」三套核子事故民眾輻射劑量評估系統及乙套手算程序。

過去本公司與核能研究所個自發展的核子事故緊急應變劑量評估系統曾處於互相競爭的狀態，且主管機關經常要求雙方進行比對，但由於兩者系統架構、擴散模式及劑量評估邏輯差異甚多，故不但無法藉由評估結果的比對促使彼此系統的提昇，反而造成雙方無謂的虛耗與困擾。

2007 年原能會委託核能研究所配合新版民眾防護行動規範，將原來修改成為可以計算可減免劑量(averted dose)之網路版。本公司當時考量現有系統升級費用過大，而既有功能即足以符合公司內部決策參考需求，因此，基於節省國家資源的考量，本公司自 2008 年獲得原能會同意可透過網路共同使用該系統後，即不再重覆開發相同等級的系統，僅配合法規對現有程式進行小規模的調整。

由此次參訪瞭解，日本全國 17 座核能電廠 54 部機組，事故時均統一由文部科學省委託 NUSTEC 以 SPEEDI 執行環境輻射劑量預估，各電廠僅負責提供反應器重要運轉參數及現場排放及廠界輻射劑量實測等資料，廠外緊急應變中心 (Off-site Center) 亦僅接收 SPEEDI 劑量預估結果，並未平行進行劑量預估作業，如此才不至於在事故時因不同單位評估結果不一致而徒增決策的困難度。因此本公司現有事故劑量評估系統評估結果應定位於公司內部決策參考，而全國性的決策仍以核能研究所發展的 A2CDOSE 為主。

關於核子事故民眾輻射劑量評估技術，本公司未來仍應隨著核能研究所發展的 A2CDOSE 精進計畫，持續積極參與開發技術研討並學習評估技術與應用，使公司內部核子事故民眾輻射劑量評估技術得以提昇，同時對各核能電廠緊急應變作業之規劃與擬定亦能有所助益。

## 四、建議事項

經瞭解日本 SPEEDI /WSPEEDI 於福島事故中的應用與相關經驗，茲針對核子事故排放輻射源項之研究與國內 A2CDOSE 系統未來精進方向提出建議如下：

### (一) 核子事故排放輻射源項之研究

#### 1. 建立各核能電廠不同類型事故之排放輻射源項基本資料庫

含設計基準之事故與嚴重核子事故之各種可能事故類型，每一事故類型之排放輻射源項需包括各核種及其對應之活度比例。

#### 2. 建立各核能電廠不同天氣型態預報風場資料庫

依不同天氣類型建立預報風場資料庫，包括雨季或颱風之天氣類型。

#### 3. 模擬各核能電廠不同類型事故於不同天氣型態之擴散分佈

以各核能電廠不同類型事故之排放活度比例做為 A2CDOSE 系統之輻射源項，搭配不同天氣型態預報風場進行擴散模擬，評估重要偵測點（如廠區及廠界直接輻射、空氣微粒及碘監測站、緊急輻射偵測點，以及下風向土壤取樣站）之空氣濃度、直接輻射劑量率與沉積地表土壤表面濃度。

#### 4. 建立核子事故排放輻射源項評估系統

由使用者選取廠別、事故類型及天氣型態，並輸入廠區及廠界直接輻射、空氣微粒及碘監測站、緊急輻射偵測點，以及下風向土壤取樣站之任一站或多站偵測結果，經系統利用模擬之擴散分佈與實測值回推，即可獲得一組適當之排放輻射源項資料。

此系統不僅可提供事故時之排放輻射源項資料，亦可應用於例行演習之劇本編排。

### (二) 國內 A2CDOSE 系統未來精進方向

#### 1. 建立全真化之氣象預報技術

利用複雜地形區的三維連續變分降尺度方法，建立全真化之氣象預報技術，此技術可達到全台灣 1 公里解析度之預報網格氣象，即使對於台灣非電廠附近的其他區域，亦可利用全真化之氣象預報資料，達到劑量評估與事故後劑量重建的能力。

#### 2. 進行大氣擴散模式驗證

利用歷史氣象資料模擬預測各核能電廠附近風場分佈，經與各核能電廠歷史

氣象監測數據比對，進行 A2CDOSE 系統之大氣擴散模式驗證，提昇其模擬之精確度。

### 3. 利用國際交流方式提昇系統之可信度

- (1) 與日本 JAEA 建立長期良好互動關係，持續改進 A2CDOSE 之評估模式。
- (2) 嘗試以日本福島事故或蘇俄車諾比事故之大氣擴散模擬與日本 SPEEDI 或美國勞倫斯利摩爾國家實驗室 (LLNL) 的 IXP 系統、歐洲聯合研究中心的氣象化學傳輸擴散模式評估與綜合分析平台 (ENSEMBLE) 等其他單位進行模式比較與資訊交流。

## 五、附 件

- 附件 1、福島核能事故的學習與改進
- 附件 2、福島污染地區的除污與環境復原
- 附件 3、社會衝擊、民眾意見及今後日本之核能政策
- 附件 4、緊急環境輻射劑量預估系統（SPEEDI）
- 附件 5、福島事故放射性物質排放源項評估與大氣擴散模擬
- 附件 6、全球緊急環境輻射劑量預估系統（WSPEEDI）
- 附件 7、參訪東海村「日本質子加速器研究複合園區（J-PARC）」
- 附件 8、參訪北海道電力公司「泊核能發電廠」
- 附件 9、參訪日本製鋼公司（JSW）室蘭製造廠
- 附件 10、參訪財團法人原子力安全技術中心（NUSTEC）