

出國報告（出國類別：開會）

參加世界核能發電協會東京中心
(WANO-TC)舉辦之 2011 年廠長會議
(Plant Manager Meeting 2011)及參訪北
海道電力公司泊(TOMARI)核能電廠

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：林德福 龍門發電廠廠長

杜博文 第二核能發電廠副廠長

沈建庭 第三核能發電廠副廠長

派赴國家：日本

出國期間：100 年 12 月 07 日~100 年 12 月 11 日

報告日期：101 年 01 月 06 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)舉辦之 2011 年廠長會議(Plant Manager Meeting 2011)及參訪北海道電力公司泊(TOMARI)核能電廠

頁數_07_ 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/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林德福/台灣電力公司/龍門發電廠/廠長/2490-3136

杜博文/台灣電力公司/第二核能發電廠/副廠長/2498-6782

沈建庭/台灣電力公司/第三核能發電廠/副廠長/(08)8895435

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：100/12/07~100/12/11 出國地區：日本

報告日期：101/01/06

分類號/目：

關鍵詞：WANO，廠長會議

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)於 100 年 12 月 7 日假東京舉辦 2011 年廠長會議，邀請所屬各會員核能電廠廠長或其代理人與會，會議主題為：「我們應由福島事件學到什麼？」；會後安排參訪北海道電力公司泊(TOMARI)核能電廠。
- 二、會議中邀請專家說明福島事件發生的過程、電廠處理的情形、目前的狀況與未來的中、長程規劃。並由與會之各會員代表報告該公司的對策與做法，提昇天災的防範能力。之後，並以”當事故發生時，在資訊不完全及時間緊迫下，藉由電廠的領導統御以做出良好/正確的決策”為題分組討論。我國與會者為龍門電廠廠長林德福、核二廠副廠長杜博文及核三廠副廠長沈建庭等三人。
- 三、會後安排參訪北海道電力公司泊(TOMARI)核電廠，瞭解該廠在福島事件後，電廠所採取的對策與做法(包括目前已完成的項目及未來中、長程預定完成的項目)。
- 四、本次於 WANO 東京中心的廠長會議中，與各會員核能電廠交換在後福島事件後，各核能廠努力的方向與防範對策。對未來本國應付天然災害的危害，提昇核能電廠的安全有極大的助益。
- 五、本報告係台電公司派員參加本次會議所提之報告。

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

目 錄

一、 出國任務	1
二、 出國行程	1
三、 出國任務過程摘要	1
(一)、2011 年 WANO-TC 廠長會議	1
(二)、參訪北海道電力公司泊(TOMARI)核能電廠	3
四、 心得與建議	4

一、 出國任務：

奉派參加世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)舉辦之 2011 年廠長會議及參訪北海道電力公司 TOMARI 核能電廠。

二、 出國行程：

100 年 12 月 07 日	往程 (台北 → 日本 東京)
100 年 12 月 08、09 日	2011 年廠長會議 (東京)
100 年 12 月 10 日	訪北海道電力公司 TOMARI 核能電廠
100 年 12 月 11 日	返程 (日本 東京 → 台北)

三、 出國任務過程摘要：

(一)、 2011 年 WANO-TC 廠長會議

1. 出席會議人員：日本、中國大陸、韓國、印度、巴基斯坦、台灣等電廠廠長或其代表及 WANO 工作人員約 60 餘人。
2. 專題報告：各國代表、WANO London、INPO 共計 11 篇。
3. 與會各國核能機組狀況：日本（19 個電廠，53 部機組運轉，2 部機組建造中）韓國（7 個電廠，21 部機組轉，7 部機組建造中）大陸中核（5 個電廠，6 部機組運轉，6 部機組建造中）印度（6 個電廠，20 部機組運轉）巴基斯坦（2 個電廠，3 部組運轉，2 部機組建造中）台灣（4 個電廠，6 部機組運轉，2 部機組建造中）。
4. 專題報告摘要：
 - (1) 311 大地震並未直接造成日本福島電廠機組嚴重損傷，事件主要原因係後續海嘯超過設計基準其洪水損及電氣設備，造成核一廠全部機組失去熱沉而導致運轉中的 1、2、3 號機燃料熔毀。至於其用過燃料池水位因維持住並未過低，雖有部份碎片殘骸掉入用過燃料池，但大部分燃料均完整。
 - (2) 當時福島立即成立緊急應變組織，技術支援中心（TSC）全力支援主控制室（MCR），動員 200 人於 1 天內架設 9 公里長電纜搶救電力、搶救對外通訊、協助廠外輻射度量等，技術支援中心（TSC）之人力最多達 400 人。廠內面臨到控制室因失電漆黑無助、現場高溫及高輻射無法接近、廠區道路不通，對外通訊中斷，緊急採購物資困難等窘境，4 天後全部機組進入冷停機。目前福島電廠反應爐及用過燃料池均穩定冷卻、廠內積存的污染水，經過處理後再使用或廠內儲存，外釋電廠周界劑量率 0.2mSv/y，同時爆炸損壞的反應器廠房也修復，該廠已穩定控制，期盼可及早讓疏散民眾返家。
 - (3) 東電 KK 電廠強調除事件當時立即成立緊急應變組織蒐集福島

事件資訊外，同時陸續派遣消防、輻防、維護、採購、運轉人力共 750 人，百具輻射偵測設備、千件防護面具衣物及許多救災相關物資支援福島電廠。

- (4) 基本上各國針對日本福島 311 事件，均提出短、中/長期改善：各電廠就地震、海嘯、廠內全黑、用過燃料池等，詳細檢視其緊急操作程序書(EOP)、嚴重事故管理指引(SAMG)、緊急計畫及相關緊急設備。移動式發電機、抽水機、水密門、多來源補水途徑、反應器廠房排氣過濾及氫氣控制等普遍納入考慮。
- (5) 韓國表達電廠管理者做決策時務必優先考慮安全，注重溝通，強化專業技術以確保設備運作零瑕疵，同時加強電廠例行檢查、人員訓練、緊急計畫整備、演習及對外溝通。已規劃在電廠裝設強震自動急停系統，並提供廠外 16 公里民眾碘片、面具。
- (6) 大陸中核強調 AP1000 電廠設計上應用許多非動力系統(Passive Safety System) 的安全特性，在福島事件後，對 12 個領域進行安全檢查及評估，並提出多項縱深防禦改善。
- (7) 印度規劃購置自備電力顯示器 (self powered indicator)，失電時可偵測迴路訊號來轉換所需讀數，同時配置太陽能發電供給控制室或其他安全相關大樓。
- (8) 巴基斯坦強調落實核安文化，避免小意外事件發生，進而導致設計基礎事故(DBA)或超出設計基礎事故(BDBA)。建立以徵狀考量的徵狀導向之緊急操作程序書(SEOP)取代以事件考量的 EOP。
- (9) 日本電廠改善較為細膩，例如防海嘯海堤、建築物防水牆、移動式熱交換冷卻裝備、海水泵安置凹坑內、穿越管密封、重型裝載機、控制室盤邊加裝扶手把等。
- (10) 台電公司的斷然處置措施及各電廠備有高地理位址的生水池，較為特殊。
- (11) WANO 強化其功能：擴大計畫活動範疇、強化國際組織相互支援、提昇同業評估品質、資訊透明化、力求內部一致等五項建議。強調對事件處理從「防範 (prevention)」改變為「防範及減緩 (prevention and mitigation)」的思維。
- (12) INPO 經其發行 IER (11-1、11-2、11-4) 文件，敘明世界各國均由日本福島事件經驗，檢討現有電廠且對其弱點提出計畫，加強或改善電廠防禦及應變能力。美國電廠著重方向在地震、洪水設計基準、氫濃度控制、最終熱沉喪失、多機組事故或伴隨外界事件同時發生的事件因應。
- (13) 日本福島事件雖衝擊到德國、義大利、瑞士核能政策，但仍有 67 個機組持續建造中，可見電力仍需依賴核能，各國雖從福島事件得到經驗，但不要忘記 TMI、Chernobyl 事件，人員作業疏失也會導致爐心損毀事件，我們應更重視核能安全及提昇核安文化。

5.分組討論：

- (1) 題目：電廠管理者如何做正確決策的經驗討論，特別在資訊及時間有限情況下。
- (2) 共分 5 組分開進行：
 - a. A 組主題以秦山電廠轉換器失火為案例，強調現場查證、判定風險、採取對策、預留備用方案。
 - b. B 組以 Wolsong 電廠更換高壓管為案例，強調以質疑態度、找出肇因、開發技術、解決問題。
 - c. 其他 3 組，均以如何處理緊急事故為討論議題，強調應變組織建立、資訊完整（廠內、外通訊）、指示明確、平時整備等。
- (3) 分組討論著重於討論的過程，而非強調其結論。

(二)、 參訪北海道電力公司泊(TOMARI)核能電廠

- 1.了解 TOMARI 核能電廠，電廠三部核能機組的裝置容量(#1/2 號機發電量各 579MW，#3 號機 912MW)、運轉狀況及目前提供北海道電力系統需求大約 40%的發電量。三號機預備裝填由用過燃料中提煉出的鈾再利用，製造的燃料(MOX)發電。
- 2.福島事故發生之後，民眾對核能電廠的安全極為關注，該廠也為了防範地震引發的海嘯，造成民眾財產與生命損失，依短、中、長期提出應對的策略。
 - (1) 短期的策略是將海嘯可能入侵的廠房進出門加裝水密門，平常開啓，必要時再手動關閉。另採購移動式發電機、消防引擎及替代的灌水設備等。
 - (2) 中、長期的對策則有：
 - a. 沿著電廠的海岸線設置全長約 1.7 公里，高 15 米以上的防嘯堤。
 - b. 在電廠後方高地設置約 12 噸的貯水池。
 - c. 加強鐵塔與線路的防震能力。
 - d. 設置 3200KW 及 1500KW 電源車各一部。
 - e. 將緊急變壓器移至高程的位置。
 - f. 在高程位置裝置緊急發電機。
 - g. 在圍阻體內裝設觸煤式氫氣再結合器。
 - h. 安全重設備廠房設置防嘯水密門。
 - i. 購置備用的海水泵馬達與替代的海水泵。
 - j. 三號機另增設一路 66KV 迴線。
 - (3) 電廠將針對地震海嘯所預定改善的中長期項目，用一張簡單的示意圖顯示，方便民眾瞭解，對於宣導電廠改善安全的決心是相當有助益的。

3. TOMARI 核能電廠另安排參觀展示館，除看到館內有相當豐富的核能相關展示品外，也有相當多的遊憩機檯供親子同樂，同時也正舉辦製作麻糬的活動，由穿原住民服飾的人員帶領參與的遊客輪流拿大木槌敲打麻糬團，最後再製做成湯，供民眾與其自備的食物一起在展示館準備的桌子午餐。由於配合親子間的娛樂活動，成功吸引不少攜帶小孩來參觀的民眾，有效達到民眾的教育宣導目的。
4. 另亦安排參觀三號機的模擬操作中心，其進出門已安置一座水密門，以保護模擬器不會在海嘯侵襲時遭受損害。
5. 最後安排參觀控制室與汽機廠房，機組均為壓水式的核電廠，汽機廠房沒有輻射劑量的問題，與會成員實地電廠參觀，印象較深刻的有：
 - (1) 廠房內外環境、地板保持得明亮整潔，令人感覺清爽。
 - (2) 吊掛廠區圖白板，對於現場有承包商進行動火作業者，會在圖上以磁鐵(上有承包商的名稱)顯示作業之承包商與動火地點。
 - (3) 不同機組間以不同顏色區別，地板上的引導線條清晰整潔，易於辨識。
 - (4) 控制室內除值班人員的觸控電腦操作介面外，另設有維護人員使用之電腦機台，供維護作業時使用。

四、心得與建議

- (一)、 福島核能電廠發生超出設計基準的複合式災害，使社會必需付出極大的代價，造成各核能電廠無不重新思考提昇電廠設計以應付超出設計基準的災害的能力。電廠只有以謙卑的態度與持續提昇核能的安全，才能重新獲得社會的信心與信任。
- (二)、 全世界的核能電廠只有經由相互評估、相互的支援、交換資訊與互相吸收優良的作業案例，以提昇電廠的營運績效，才能使核能電廠的安全與可靠性得以強化。相關的作法有：
 1. WANO 增加其作業活動，如：緊急狀況的準備、嚴重事故的處置、廠內燃料的存放、考量多部機組同時發生的情況與設計的安全基準等。
 2. 整合國際上的核能機構(如 IAEA、WNA、INPO 等)以因應發生的事故。
 3. 強化同業間的相互評估作業與資訊透明化。
 4. 提昇 WANO 同業評估的可信度，諸如：
 - (1) 清楚明確的界定重要安全的可改善項目(AFI)。
 - (2) 找出 AFI 的成因。
 - (3) 限定 AFI 的數目。
 - (4) 清楚的指出績效變化的趨勢。
 - (5) 需要更有經驗的評審人員。
 - (6) 要有有效的評估程序。

- (7) 對於不符承諾的會員要溝通。
 - (8) 電力公司負責人(CEO)的參與。
 - (9) 四年一次的同業評估。
 - (10) 在六年內完成共同的評估。
 - (11) 對每一新機組的起動前評估。
- (三)、本公司核能電廠的標準配備中，除山上的生水池與氣渦輪機外，另裝置一台氣冷式的所謂的第五(或七)台柴油發電機，國外友廠均無類似的設計，國外友廠對此項設計甚表贊同，認為在應對類似福島的事故時，是極有助益的設計。參訪的 TOMARI 核能電廠亦計劃在高處興建山上水池與高程的緊急發電機，以提昇電廠的安全度。本公司對既有的設計項目應強化其耐震的能力，對複合式天災應可提供有效的保護功能。
- (四)、福島事故對民眾生命財產的影響與東京電力公司財產的損失造成極大的衝擊，也使核能工業的發展受到莫大打擊。本公司為避免付出龐大社會成本與保護民眾的生命財產所採行的斷然處置，為一先進的做法，獲國外友廠肯定。
- (五)、從福島事故之後，電廠主管的挑戰在於：
1. 在觀念上已由避免事故發生改為避免事故發生與減緩事故的後果。
 2. 強化設計審查程序。
 3. 務實的訓練與演練。
 4. 符合國際性的準則與分享。
- (六)、以核能電廠的安全而言，作業人員的表現(核安文化)仍然是導致爐心損害事件的主因，因此要將知識與經驗傳承給下一世代的運轉員是一項重要的挑戰。以目前公司核能電廠近年退休潮逐漸來臨，新進人員的招考與培訓，對未來電廠績效的維持與營運安全是需要關注的。
- (七)、WANO 東京中心舉辦的廠長會議，提供各會員廠經驗交流的平台，有助於電廠管理人員間相互學習，瞭解他廠正在進行的事務，吸收他廠的優良作法，是有正面的作用，公司往後應多多參與相關活動。
- (八)、林廠長於 100 年 12 月 15 日召開之 100 年第 6 次核能營運高階主管會議提出 2011 年 WANO-TC 廠長會議回饋報告，獲與會高層主管高度肯定並獲決議：
1. 請各廠加速評估控制室盤面加裝扶手，並知會原能會，以利運轉員於強震時仍能進行操作。
 2. 請評估於各廠設置移動式熱交換器及強化對內外通訊之可行性。