

出國報告(出國類別：國際會議)

參加 2012 年世界核能發電協會東京中心 舉辦之第 6 次技術研討會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：羅烈成 第一核能發電廠 副廠長

李清河 第二核能發電廠 副廠長

派赴國家：日本

出國期間：101.06.04 至 101.06.07

報告日期：101.07.23

出國報告審核表

出國報告名稱：參加 2012 年世界核能發電協會東京中心舉辦之第 6 次技術研討會		
出國人姓名(2 人以上,以 1 人為代表)	職稱	服務單位
羅烈成 / 李清河	副廠長 / 副廠長	核一廠 / 核二廠
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：101 年 6 月 4 日至 101 年 6 月 7 日		報告繳交日期：101 年 7 月 23 日

出國計畫主辦機關審核意見

- 1.依限繳交出國報告
- 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」)
- 3.無抄襲相關出國報告
- 4.內容充實完備.
- 5.建議具參考價值
- 6.送本機關參考或研辦
- 7.送上級機關參考
- 8.退回補正,原因:不符原核定出國計畫 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 電子檔案未依格式辦理 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
- 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表:
辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。
於本機關業務會報提出報告
其他_____
- 10.其他處理意見及方式:

本項技術研討的內容,對精進我核能電廠的核安文化有參考價值,尤以八因事件值得高層警惕。本司已建立「人因疏失防範」之常態訓練計畫,懇請在里電廠事件並已要求核安處納入教材,在研習執行。

一、各機關可依需要自行增列審核項目內容,出國報告審核完畢本表請自行保存。
 二、審核作業應儘速完成,以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人	 	審 核 人	 	主管處 主 管  	總 經 理 副總經理 
-------------	--	-------------	--	---	--

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 2012 年世界核能發電協會東京中心舉辦之第 6 次技術研討會

頁數 16 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)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

羅烈成/台灣電力公司/核一廠/副廠長/02-2638-3404

李清河/台灣電力公司/核二廠/副廠長/ 02-2498-6781

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他 國際會議

出國期間：101.06.04 至 101.06.07 出國地區：日本

報告日期：101.07.23

分類號/目：

關鍵詞：技術研討會 WANO

內容摘要：

台電公司羅烈成、李清河等二人奉派參加 2012 年世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)舉辦之第 6 次技術研討會(6th WANO-TC Technical SEMINAR)，本次會議以強調共同弱點(COMMON WEAKNESSES AS HIGHLIGHTED BY OE, PI AND PR PROGRAMS)為主題，進行兩天會議之報告研討。

與會成員計有 WANO-TC 所屬電力公司會員代表--中國 2 人、南韓 2 人、印度 3 人(含 BHAVINI 公司 1 人)、巴基斯坦 2 人、台灣 2 人計 11 人，以及日本 BWR 運轉訓練中心(BTC)株式會社 2 人、北陸電力(HOKURIKU) 1 人、九州電力(KYUSHU) 1 人、四國電力(SHIKOKU)2 人、日本原子力發電公司(JAPC) 1 人、日本原子力技術協會(JANTI) 1 人、日本原子能研究開發機構(JAEA) 1 人合計 9 人，另加 WANO-TC 中心幕僚成員 10 人總計 30 人參加研討會，與會者對如何防止或改善各自電廠的弱點，由來自日本以外的 11 位代表各發表 1 篇相關行動計劃的簡報，加上日本本土業者 5 篇及 WANO-TC 幹部 10 篇，合計有 26 篇簡報發表，並彼此坦誠交流，相互分享寶貴實務經驗及作法。

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

目 錄

一、出國事由.....	1
二、出國行程.....	1
三、工作紀要.....	3
(一)、世界核能發電協會東京中第 6 次技術研討會介紹	3
(二)、會議討論摘要.....	3
四、心得與建議.....	10

一、出國事由：

奉派參加 2012 年世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)舉辦之第 6 次技術研討會(6TH WANO-TC TECHNICAL SEMINAR)。

二、出國行程：

101 年 06 月 04 日	往程(台北→日本東京)
101 年 06 月 05~06 日	2012 年第 6 次技術研討會
101 年 06 月 07 日	返程(日本東京→台北)

三、工作紀要

(一)、世界核能發電協會東京中心第 6 次技術研討會介紹

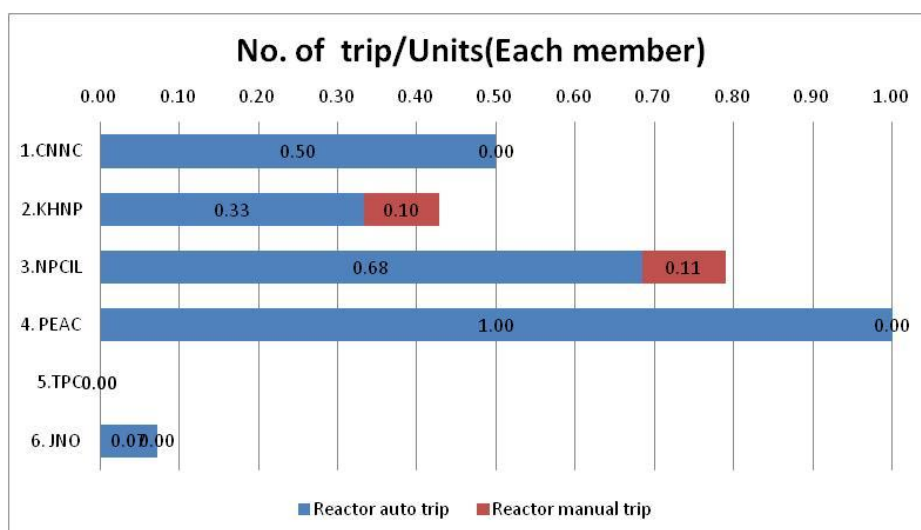
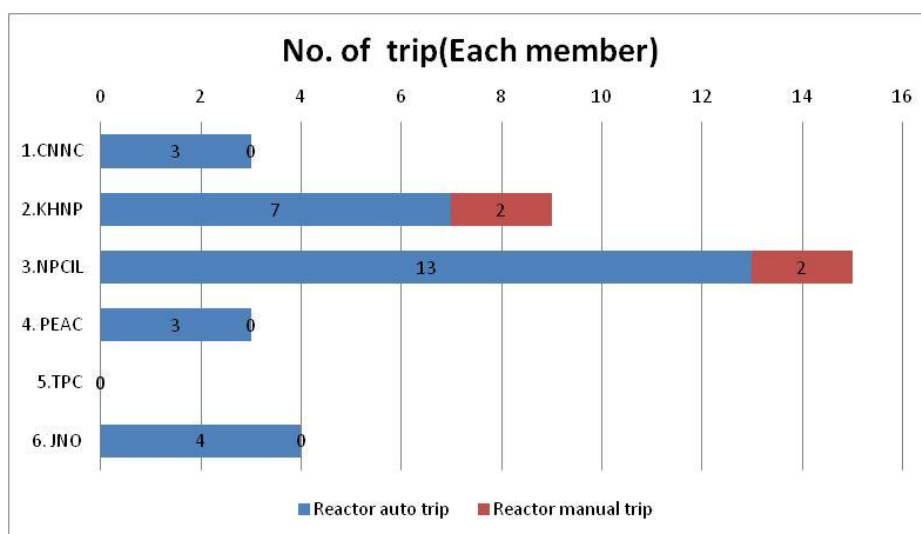
- 1、2012 年 WANO-TC 第 6 次技術研討會，於 101 年 06 月 05~06 日在日本東京世界核能發電協會東京中心一樓會議室舉行，與會成員有 WANO-TC 所屬電力公司會員代表--中國 2 人、南韓 2 人、印度 3 人(含 BHAVINI 公司 1 人)、巴基斯坦 2 人、台灣 2 人計 11 人，以及日本 BWR 運轉訓練中心株式會社(BTC：BWR OPERATOR TRAINING CENTER CORPORATION)2 人、北陸電力(HOKURIKU)1 人、九州電力(KYUSHU)1 人、四國電力(SHIKOKU)2 人、日本原子力發電公司(JAPC)1 人、日本原子力技術協會(JANTI)1 人、日本原子能研究開發機構(JAEA)1 人計 9 人，另加 WANO-TC 中心幕僚成員 10 人，總計 30 人參加研討會。
- 2、本次會議以強調共同弱點(COMMON WEAKNESSES AS HIGHLIGHTED BY OE, PI AND PR PROGRAMS)為主題，參加研討會每位成員均以英文發表乙篇報告，由來自日本以外的 11 位代表各發表 1 篇，加上日本本土業者 5 篇及 WANO-TC 幕僚成員 10 篇，共 26 篇，內容包含各會員國電力公司營運績效增進、設備可靠度提升、如何防止人員作業疏失、福島核電廠災變的省思與經驗回饋等。與會各電力公司代表對如何防止或改善各自電廠的弱點，建構更堅實的核能電廠防禦深度的策略，提升核電營運安全和績效，彼此坦誠交流，相互分享寶貴實務經驗及作法，WANO-TC 幕僚成員亦發表重大運轉經驗事件報告之綜合整理結論，以及在福島一廠慘痛核災事故後業界的因應改善策略，並對各電力公司積極努力的各項行動作為深表肯定，惟期仍需持續精進改善，方能確保核安無虞。

(二)、會議簡報摘要：

會議開幕由 WANO-TC 局長 Mr. Shirayanagi 致歡迎詞後展開，他致詞歡迎來自 WANO 東京中心所屬各會員代表的蒞臨參與，並強調沒有持續改善，就沒有讓人放心的核能安全。而會議簡報擇要摘列如次：

- 1、來自中國湖北現駐世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)的專案經理郭俊，提出“對應WANO各專案的績效改善”專題，報告中述及：
 - (1)許多SOER 2002-2緊要柴油發電機(EDG)值得注意的事件，係由基本問題所造成，如人為失誤和設備劣化，而這些都未被重大運轉經驗報告(SOER：Significant Operating Experience Report)建議所涵蓋。
 - (2)未被描述在SOER內曾發生的事件，有著不同的原因。
 - (3)許多情況下，這些問題在定期偵測試驗中被確認。然而要求運轉EDG卻發生多類失效，顯示可能存在著潛在的問題。
 - (4)應該要特別注意的是，EDG的維修專家通常並不熟悉核電設備所應用的嚴格品質管制。
 - (5)另依SOER 2002-7-1“反應度管理”報告，人為失誤和設備劣化兩項，乃是反應度管理問題的主要貢獻者。
 - (6)控制棒是最敏感的設備，在控制棒操作和維修過程中，應採取特別的監管措施，亦需要有特別的預防維護(PM: PREVENTIVE MAINTENANCE)措施，以防止設備的劣化。
 - (7)此外，稀釋和其他化學處理方面的作業，應謹慎執行，因若失誤有時並不能立即被確認。
 - (8)要特別提醒並呼籲的是，在同業查證過程中曾看到，某些建議被稱之為圓滿完成，儘管如此，然而不幸的是該一類別事件卻又重複發生。
- 2、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)專案經理 Mr. Shamim Anwar Khan 報告“東京中心對各弱點改善的追蹤以及在基準之下的共通性弱點”專題，他提及經過各會員之努力和共識，於過去三年間，在以下四個廣泛類別的弱點改善(Areas for improvement)作為已趨一致：
 - (1)防誤工具的使用(HU.1：人員績效)。
 - (2)劣化設備的可靠性(EQ.1：設備效能與狀況)。
 - (3)不受控制的污染擴散 (RP.4：放射性污染管制)。
 - (4)在現場，標示不足和未經授權的操作員輔助資訊(OP.5：運轉設施及設備)。
- 3、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)專案經理 Mr.Muhammad Ali Jaffery 報告“WANO 績效指標的長期目標和東京中心會員的績效追蹤”，此專題中他提出了 CNNN(中國核工業集團公司)、KHNP(韓國水力與核能電力公司)、NPCIL(印度核能電力公司)、PEAC(巴基斯坦原子能委員會)、TPC(台灣電力公司)及 JNO(日本核能營運業者)等 6 家會員績效比較，台電的表現均相當亮麗。
 - (1)尤其在 2011 年反應爐急停跳脫項目統計，台電核能機組總跳脫次數或平均機組跳脫次數皆為 0，引來各方代表難以置信嘖嘖稱

奇而提問，吾人告知除努力外，去年並無嚴重天然災害直接侵襲台灣，亦是關鍵因素，WANO 統計資料示如下列二表供參：



(2)另爲了實現 WANO-TC 訂定之長期目標（至 2015 年），TC 業已選定下列績效指標爲重點：

- 強迫損失率 (FLR：FORCED LOSS RATE)
- 集體等效劑量 (CRE：COLLECTIVE RADIATION EXPOSURE)
- 安全系統績效指標 (SSPI：SP1/SP2/SP5)：
 - 安全指標 1(SP1)：高壓安全注水系統(HPSI，依反應爐型式定義之)
 - 安全指標 2(SP2)：餘熱移除系統/輔助飼水系統(RHR/AFW)
 - 安全指標 5(SP5)：緊要柴油發電機(EDG)
- 工業安全事故率 (ISA：INDUSTRIAL SAFETY ACCIDENT RATE)

4、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)副事務局長牟相映(Sangyong Moh)先生報告“韓國古里電廠一號機全黑事件”專題，此事件發生於

今年 2 月 9 日，時值機組大修期間，由於原計畫之某一工作在排程變動時程，因視為小事一樁故於排程表上未予反映修訂，使得該項保護電驛測試工作被獲准執行。

結果不幸，竟導致機組全黑，造成完全喪失交流電力約 12 分鐘，及喪失停機冷卻約 19 分鐘，爐水溫度由 37℃ 急升至 58.3℃。然而當時，該廠卻未依緊急計畫程序，宣告進入“緊急戒備”事故，亦未適時將事件通報管制單位，直至事件後約 1 個月方行通報，此外，本事件亦顯示了主控制室人員對管理階層決策，若缺乏質疑態度，可能潛在影響電廠安全。

由韓國古里電廠一號機全黑事件學到的一些教訓：

- (1) 爲了減少不必要的風險，大修工作的作業活動，均須在一個特定的邏輯時序進行。
- (2) 以任何理由欲停用某項設備或測試作業前，應對該一系統或組件其有關的狀況先行推演警戒。
- (3) 鼓勵運轉員抱持質疑的態度。

5、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)專案經理 Mr.Yoshikazu Tsuchihashi 報告“由福島事件學到之教訓”及“工業界在福島事件後的行動”專題，他在“由福島事件學到之教訓”專題中指出，由福島事件學到之教訓：

- (1) 要求多元化和靈活性，以反應結構、系統、組件(SSC)多重性的損壞。
 - (2) 具備廠內物資貯存區的重要性。
- 另外，特別闡述福島事件期間，有關深度屏障的一些好事例：
- (1) 較高的電廠平面高度→拯救了女川(ONAGAWA)電廠。
 - (2) 較高程的廠用海水坑屏障→拯救了東海二廠(TOKAI DAINI)。
 - (3) 可用的廠外電力→拯救了福島二廠(FUKUSHIMA DAINI)。
 - (4) 位於較高程的氣冷式緊急柴油發電機→拯救了福島一廠#6 號機(FUKUSHIMA DAIICHI UNIT 6)。
 - (5) 由鄰近機組供給電力的嚴重事故處理措施→拯救了福島一廠#5 號機(FUKUSHIMA DAIICHI UNIT 5)。
 - (6) 緊急應變中心(可防震隔離、屏蔽輻射，與配置通訊器材)→支援了福島一廠#1~4 號機的緊急應變作業。

其次，他在“工業界在福島事件後的行動”專題中強調，以福島事件作為借鏡，業界應由未認真學習以下過去曾經發生的數樁重大相關運轉經驗深以為惕：

- (1) 1999 年法國電力集團(EDF) BLAYAIS 核電廠淹水事件：1999 年 12 月暴風雨來襲，大水湧進 BLAYAIS 核電廠反應氣廠房，造成水泵和配電盤淹水而喪失安全功能，差點無法冷卻反應器，幾乎

要撤離附近居民，幸好後備柴油機組及時啓動。此事件學到的教訓，在於後來改善了反應器廠房和重要設備區的水密性[ENR PAR 00-001, SER 2000-3, SOER 2002-1]。

- (2)2001 年台灣電力公司馬鞍山電廠全黑事件：2001 年 3 月馬鞍山電廠由於嚴重的海水鹽霧沉澱物導致廠外電力喪失，兩台緊急柴油發電機都起動失敗，後來靠後備的緊急柴油發電機替代供給電力。[EAR TYO 01-001, SOER 2002-2]

事後，該電廠人員曾說：“它看來似乎是一個好的設計，而我們也常認為當需要時，只要跑進開關箱室並搖入該一替代柴油發電機的連結斷路器就行了，然而……”、“不過幸運的是在事件前，一號機已經停機達 22 小時。故全黑狀況時，我們必須要解決處理減少衰變熱的負荷的問題”。

- (3) 2004 年印度 MADRAS 核電廠海嘯事件：海水泵廠房被淹沒。[ENR TYO 04-015]

6、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)專案經理 Mr. Tsuchihashi 發表一篇名為”重要運轉經驗報告(SOER)相關事件的趨勢分析”專題，其中詳細闡述以下數項：

- (1)SOER 2002-2：緊急電源可靠度，出現問題的主要原因為設備劣化(Equipment degradation)和人員作業疏失(Human Errors)。

許多電廠的緊急柴油發電機(EDG)維修作業通常是包商在執行，這些包商人員對於個別組件或設備的維護比較專精，然而對於核電廠嚴謹的品質管制並不全然熟悉。

- (2)SOER 2007-1：反應度管理，人員作業疏失(Human Error)和設備劣化為最常見的問題。必須特別注意的是控制棒(Control rod)的預防保養作業。

- (3)SOER 2011-1：大型電力變壓器可靠度，WANO 建議的重點為

■性能監測(performance monitoring)，主要作法為安裝及使用多種氣體分析儀(multi-gas analysers)。

■壽命週期管理(Life cycle management)。

■關鍵組件弱點分析及對策(single-point vulnerability & mitigation measures)。

7、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)專案經理 Mr. Tsuyoshi Murata 發表專題，有關福島事件的 SOER 2011-2, SOER 2011-3 & SOER 2011-4 等三篇重要運轉經驗報告分析，內容扼要如下：

- (1)皆與日本東京電力公司福島一廠核能事故有關。主要在吸取經驗及建構軟、硬體因應措拖，其中包含核電廠應具備防震消防水系統、消防車及消防設備，並儲放於防震屋內，與地下消防管路移至地面(明管化)等。

- (2)從福島事故學到的另一寶貴經驗是，為了應付複合式天災，要能彈性調度和分散利用所需資源，且這些材料設備必須存放在廠區。

(3)對重大運轉經驗事件報告(SOER 2011-2)“福島第一核電廠因地震和海嘯造成燃料熔損”的反應,於事件後,WANO 東京中心業已看到各會員的良好做法:

- 電廠已經將消防車和消防設備儲存在一抗震棟 (Quake-Resistant Building)。
- 電廠有防震驗證合格的消防水系統。
- 電廠有儀用空氣供給源,拉至安裝於事故後淹水高度以上的特定負載。
- 所有的安全系統設計為被動形式(如 AP1000 型反應器)。
- 某些電廠已有下列計畫:
 - ①修改消防水系統管路由地下改至地上,以方便維修。
 - ②安裝更高的防護牆,以防範淹水。
 - ③安裝被動式的(自動催化)再結合器。
 - ④使用螢光標籤於某些接線盒和斷路器,以利在電廠全黑期間易於識別。

8、日本 BWR 運轉訓練中心株式會社主管加藤信也(Shinya Kato)先生報告“複習福島事件,發展新的訓練方案”專題,他首先介紹 BTC,說明在整個日本計有 26 部 BWR 機組及 24 部 PWR 機組,因此由業者合作成立 BTC 株式會社,統籌 BWR 運轉訓練事務。BTC 株式會社在日本計設有 BTC 福島(Fukushima)中心(目前關閉)、BTC 新潟(Niigata)中心(為 BWR-5 模擬器訓練中心)、BTC 島根(Shimane)臨時中心(ABWR 模擬器訓練中心)。

BTC 各訓練中心之設置方式不同於台電,台電的核一、核二、核三至龍門各廠均設有各自的模擬器操作中心,分別負責各廠本身的運轉員訓練事宜。

加藤先生報告 BWR 運轉訓練中心株式會社(BTC: BWR Operator Training Center Corporation)已開發值班團隊的培訓方案,訓練值班員經歷福島事故的下列劇本:

- (1)複習福島事故期間,電廠的作為和運轉員反應。
- (2)由模擬器學習了解爐心受損的順序和時間。
- (3)擬器訓練劇本應視運轉員是否展現適當的質疑態度,而進行評估。

9、世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)專案經理 Mr. Shamim Anwar Khan 報告“人員績效工具,以及因不當運用而導致的事件”專題,內容包含:

- (1)根據 1999 年美國醫療協會一份報告,顯示出每年在美國有四萬四千至九萬八千位患者死於醫療過失。(見 AMERICAN COLLEGE OF PHYSICIANS 網站)
- (2)所有通報的核電廠事件有 75%是由於人為失誤,故要如何在核環境中更安全工作,以及如何工作有效率,而不危及人員和電廠安全,此為直得探討之議題。

- (3)這些報告事件中之執行者，大多沒有使用 10 項人員績效防誤工具的其中任一或更多。正因如此，在 WANO 的其他事件報告 (MERS:MISCELLANEOUS EVENT REPORTS)內，未使用人員績效防誤工具或疏忽/偏差/錯誤，被認為是一個直接的原因/肇因/致命因素。

根據統計

- (1)2011 年間 WANO TC 接獲的其他事件報告 (MER:MISCELLANEOUS EVENT REPORTS)總數計 233 件。
- (2)其他事件 (MERS)歸咎於未使用人員績效防誤工具的件數有 66 件，比率佔 28%。
- (3)引發事件的因素分佈茲列如下：
- 未使用程序書/有瑕疵的程序書(37%)
 - 缺乏質疑的態度(27%)
 - 不適當的自我查證(21%)
 - 其他(不適當的溝通 INADEQUATE COMMUNICATION, 不適當的作業前簡報 PJB, 不適當的主管教導和情境認知 SUPERVISOR COACHING AND SITUATIONAL AWARENESS)(15%)
- (4)東京中心蒐集的事件中，機械設備的瑕疵是“設備相關問題”最主要的直接原因，而“設備相關問題”僅次於“人員績效相關問題”。
- (5)然而，在全世界上廣大的 WANO，由“人員績效相關問題”導致的事件數亦甚於“設備相關問題”所導致的事件。不過，“管理相關問題”的事件在全世界上廣大的 WANO 與東京中心，均屬相當罕見。

鑑於上述，絕對必要，須不斷複習防誤工具

- (1)有效的溝通
- (2)授權與知識
- (3)作業前和作業後簡報
- (4)自我查證(STAR/情境認知)
- (5)質疑的態度
- (6)同僚查證
- (7)使用程序書
- (8)保持專注
- (9)工作中的觀察和教導
- (10)良好交接

10、台電與會者核一廠羅烈成副廠長發表專題為“福島第一核電廠事故

之運轉經驗應用”，內容主要針對福島嚴重核子事故發生後，衝擊電廠原有設計基準的電廠全黑事件、喪失反應爐補水、喪失用過燃料池補水、喪失爐心餘熱移除和最終熱沉、與喪失圍阻體排氣等重大共同弱點，以及台電核一廠業已採取的各項強化改善對策；核二廠李清河副廠長發表專題為有關“經由低壓汽機轉子更新，增進設備可靠度”，內容主要為台電核二廠低壓汽機轉子因發現有應力腐蝕龜裂(STRESS CORROSION CRACKING)的情況，為了長期穩定運轉，乃決定更換為新型耐應力腐蝕材料的低壓汽機轉子，解決設備可靠的問題，同時增加了機組發電量的優異成效事例。兩篇報告均獲得熱烈討論，氣氛良好。

11、來自中國北京的中核(CNNC)核電公司主管王國華(Guohua Wang)先生報告“核能電廠大修觀察的經驗”專題，他述及

- (1)在做大修計劃的時候，對所有的作業活動要做合理的時間分配，以避免工作人員有不恰當的時間壓力。
- (2)“從以往的經驗教訓”所發生的一些重大的人為錯誤，製作摘要製作警告標誌。每個警告標誌，包括事件摘要，圖片和事件未應用的人員績效防誤工具。
- (3)用 5 至 7 位觀察員觀察大修 3-4 天，花費約 100 人-時的努力，可以提供極大的益處。

不過，引人關注的卻是，時臨福島核災事件影響猶在餘波盪漾之際，他所介紹如以下二表所列的中國核電的發展，內容如下：

中國大陸營運中核電機組狀態：計有 15 部機組營運中

電廠名稱		堆型	額定發電量 MW(e)	建廠日期	併聯日期	商轉日期
Qinshan 秦山 1 期 (浙江海鹽)	1 號機	PWR	320	1985-03-20	1991-12-15	1994-04-01
Dayabay 大亞灣 (廣東深圳)	1 號機	PWR	2×983.8	1987-08-07	1993-08-31	1994-02-01
	2 號機			1988-04-07	1994-02-07	1994-05-06
Qinshan 秦山 2 期 (浙江海鹽)	1 號機	PWR	4×650	1996-06-02	2002-02-06	2002-40-15
	2 號機			1997-04-01	2004-03-11	2004-05-03
	3 號機			2006-04-28	2010-08-01	2010-10-25
	4 號機			2007-01-28	2011-11-25	2011-12-30
Lingao 嶺澳 (廣東深圳)	1 號機	PWR	990.3	1997-05-15	2002-02-26	2002-05-28
	2 號機		990.3	1997-11-28	2002-09-14	2003-01-08
	3 號機		1080	2005-12-15	2010-07-15	2010-09-15
	4 號機		1080	2006-06-15	2011-07-21	2011-08-07
Qinshan 秦山 3 期	1 號機	PHWR	2×700	1998-06-08	2002-11-19	2002-12-31

電廠名稱		堆型	額定發電量 MW(e)	建廠日期	併聯日期	商轉日期
(浙江海鹽)	2 號機	重水反應爐		1998-09-25	2003-06-12	2003-07-24
Tianwan 田灣 (江蘇連雲港)	1 號機	PWR	2×1060	1999-10-20	2006-05-12	2007-05-17
	2 號機			2000-09-20	2007-05-14	2007-08-16
機組總計			12548.2			

中國大陸營運中核電機組興建狀態：26 部機組建造中

電廠名稱	堆型	額定發電量 MW(e)	建廠日期
Hongyanhe 紅沿河 (遼寧)	PWR	4×1080	2007-08-18
Ningde 寧德 (福建)	PWR	4×1080	2008-02-18
Fuqing 福清 (福建)	PWR	3×1080	2008-11-21
Yangjiang 陽江 (廣東)	PWR	3×1080	2008-12-16
Fangjiashan 方家山 (浙江)	PWR	2×1080	2008-12-26
Sanmen 三門 (浙江)	PWR AP1000	2×1250	2009-04-19
Haiyang 海陽 (山東)	PWR AP1000	2×1250	2009-09-24
Taishan 台山 (廣東)	PWR EPR1750	2×1750	2009-09-01
Changjiang 昌江 (海南島)	PWR	2×650	2010-04-25
Fangchenggang 防城港 (廣西)	PWR	2×1080	2010-07-30
機組總計		26	29240

12、來自印度 NARORA 核能電廠的 Mr. Satish Kumar, Sharma，報告“人員績效改進工具的有效使用及其對電廠績效的衝擊”，他首先介紹他的電廠：

(1)關於 NAPS：NARORA 核能發電廠是一個具雙機組，每部機組 220 MWE 的重水式反應器電廠。該廠，位於印度北部恒河右岸的 STATE OF UTTAR PRADESH，距離印度首都新德里 140 公里，公路可至，兩部機組分別自 1989 年和 1991 年開始運轉。

(2)說明該廠已實施的減少錯誤和改善人員績效的行動

■經理每日的現場走動，觀察工作的狀況和行爲。

- 對重要/緊要的作業，由資深工程師/經理帶領工作小組執行
- 定期與工作人員互動，傾聽他們的問題，並傳達管理階層的期望
- 在停機規劃時，給予所有作業合理的時間，以避免工作人員承受不恰當的時間壓力。
- 在停機期間補充值班團隊人力，以避免過多任務和工作壓力加之於正常值班團隊
- 經常鼓勵人員使用防誤工具
- 在戰略位置顯示具有防誤工具的標語
- 對某些安全系統的手控開關或組件著上不同的顏色，以防止意外的引動
- 現場設備附近的重要操作指示說明
- 在重要位置入口處的語音提醒器
- 機組智慧的群組區域電話
- 利用運轉經驗審核委員會，在會程中特別插入運轉經驗回饋課目
- 專門的培訓和資格檢定計畫
- 文件更新和管制
- 在維護和測試程序書，使用停留查證點和提醒注意的步驟
- 作業觀測計畫的實施
- 使用肇因分析和及時執行相稱的改正措施
- 上線 JIT 管理系統(類似台電各核能電廠的運轉知識管理系統)

四、心得與建議

(一)、心得

- 1、2012年2月9日韓國古里電廠一號機全黑事件，該廠未依緊急計畫程序，宣告進入“緊急戒備”事故，亦未適時將事件通報管制單位，延後約1個月方行通報，終而造成了嚴重後果，導致：
 - (1)WANO-TC 理事主席—韓國 KHNP 執行長 Mr. J. S. KIM 下台。
 - (2)KHNP 代表 Mr. JUNG-JUN, LEE 亦沉重的告知，古里電廠廠長因案去職，電廠人員3人目前仍入獄中。
 本事件足供業界引以為鑑，提醒異常或緊急事件即時通報的重要，而福島一廠核災事故，一般推斷通報亦有延誤，否則儘早尋求外援或採取棄爐之斷然措施，後來當不致陷入幾乎難以收拾之困境。
- 2、由福島事件學到的教訓，各核能電廠除檢討現有設計基準檢討外，並已針對重大天然災害等超出設計基準的可能事件，提升耐震、防海嘯的強度和餘裕，並強化應付極端氣候嚴重衝擊的應變處理能力，尋求多元化和靈活性的配置，以反應結構、系統、組件(SSC)可能多重性的損壞，這些都屬事件後正面的因應作為。不過，WANO-TC

強調提醒，應務實嚴謹的重視業界曾發生的重大運轉經驗事件，不斷去努力改善運轉中的電廠，更是最重要的課題，故於本次技術研討會中，WANO-TC 發表多篇涉及重大運轉經驗事件報告(SOER)的統計、分析、趨勢追蹤等的專題，並警示業者對過去某些運轉經驗技訊並未認真正視，讓人感到用心良苦。

- 3、所有通報 WANO-TC 的核電廠事件有 75%是由於人爲失誤，故要如何消弭人爲失誤，使在核電廠環境中更安全工作，以及如何工作有效率，而不危及人員和電廠安全，亦係必須不斷努力之課題。而在控制室或現場工作時，使用多重人員績效防誤工具，實屬所有核能電廠工作人員的職責，唯有落實應用防誤工具，絕不投機敷衍，核能電廠的安全運轉才能得到保障。
- 4、由中國出席代表的介紹，具體的認識了大陸核電業的最新發展，目前對岸已有 15 部核能機組發電運轉，而由海南至東北仍有 26 部機組進行興建中，其突飛猛進的大格局及顯示的旺盛企圖心，值得吾人警惕留意。不進則退是時代變異中不變的法則，唯期本公司的龍門核電廠(核四廠)工程能夠及早完工，順利安全發電，則可稍微緩和台灣核電發展漸呈萎縮的差距。

(二)、建議

- 1、參加 WANO-TC 舉辦之技術研討會，可廣闊接觸來自 WANO-TC 所屬不同國家之各會員代表，除分享各會員代表之實務經驗及 WANO-TC 幕僚群所提供之全面性整理分析之專題資訊外，尚可透過相互意見交換，了解各項領域彼此的作法與進步發展狀況，實在是一個值得珍惜的機會，故建議本公司應維持繼續定期派員參與機制，以擴大同仁視野與促進國際交流。
- 2、WANO-TC 業已選定下列績效指標爲重點，作爲其至 2015 年致力之長期目標，本公司可參考留意，尤以台電所屬營運中之各核電廠，均已運轉 30 年之久或更長，可能面臨機件老化衝擊的風險及關鍵組件備品是否充裕問題，應善作規劃做好老化管理及維護規劃，有效改善並維持各核電廠良好的相關指標績效，並降低機組發電非預期之強迫損失率：
 - 強迫損失率(FLR：FORCED LOSS RATE)
 - 集體等效劑量(CRE：COLLECTIVE RADIATION EXPOSURE)
 - 安全系統績效指標(SSPI：SP1/SP2/SP5)
 - 工業安全事故率(ISA：INDUSTRIAL SAFETY ACCIDENT RATE)。
- 3、由 2011 年所有通報至 WANO-TC 的核電廠事件的統計，其中 75%是由於人爲失誤，比例之高令人震驚，而依 2012 年 7 月 4 日日本國會福島核事故調查委員會公布的調查報告，謂福島核事故“完全是人爲災難”。報告說到“有關人員本應預見到這起事故並予以避免”，而事故的後果“也本應通過更有效的應對措施得以緩解”，

報告同時指責了日本的文化傳統，以及人們不願意質疑當局的習慣。

這在在事例可強烈的提醒我們，在所有核能電廠，必須高度重視及有效抑減人爲失誤，其重要性不可等閒視之，故本公司各核能電廠，仍應持續切實要求工作人員，落實使用各項人員績效防誤工具，同時對本身發生之任何人爲失誤事件務必深切檢討，虛心改進避免再發生，以徹底防範稍一不慎鑄成大錯，而釀衍事故。

Technical Programme

Seminar on Common Weaknesses (CWs) as Highlighted by OE,PI and PR Programs

5 June 2012 , Tuesday

09:00 – 17:30 Meeting Room 1st Floor WANO TC

- 09:00 – 09:10 Registration**
Meeting room
- 09:10 – 09:15 Opening Remarks**
Harunobu Shirayanagi, Director, WANO Tokyo Centre
- 09:15 – 09:30 Self Introduction**
- 09:30 – 09:45 Performance Improvement Vs WANO Programs**
Jun Guo, Programme Manager, WANO Tokyo Centre
- 09:45 – 10:15 Trend of AFIs and underlying Common Weaknesses In TC**
Shamim Anwar Khan, Programme Manager, WANO Tokyo Center
- 10:15– 10:45 WANO PI Long Term Goals and TC Members' Achievement
Trend**
Muhammad Ali Jaffery, Programme Manager, WANO Tokyo Center

10:45 – 11:00 Coffee Break

- 11:00 – 11:30 Trend of Event Reports and Recent Reactor Scrams**
Tsuyoshi Murata, Programme Manager, WANO Tokyo Center
- 11:30 – 12:00 Trend Aanalysis of SOER Related Events**
**Yoshikazu Tsuchihashi, Manager, Improvement Support,Team
Leader, Peer Review, WANO Tokyo Center**

12:00 – 13:00 Lunch at WANO Tokyo Centre

- 13:00 –13:30 Station Blackout Event of Kori Unit 1**
Sangyong Moh, Deputy Director, WANO Tokyo Center
- 13:30– 14:00 Lessons Learned from the Fukushima Event**
**Yoshikazu Tsuchihashi, Manager, Improvement Support, Team
Leader, Peer Review, WANO Tokyo Center**

- 14:30– 14:30** **Post Fukushima Actions by Industry**
Yoshikazu Tsuchihashi, Manager, Improvement Support, Team Leader, Peer Review, WANO Tokyo Center
- 14:30 – 15:00** **Analysis of Fukushima SOERs Responses**
Tsuyoshi Murata, Programme Manager, WANO Tokyo Center
- 15:00– 15:20** *Coffee Break and Photograph taking*
- 15:20 – 15:40** **How did Onagawa Survive the Earthquake and the Tsunami?**
Takashi Matsui, Leader, Shikoku EPC
- 15:40 – 15:50** **Overview of the maintenance management operation process at Ikata Nuclear Power Station**
Kenichi Takeba, Leader, Shikoku EPC
- 15:50 – 16:10** **Drills for Emergency safety measures at Genkai and Sendai NPPs**
Teruo Ishii, Assistant Manager, Kyushu EPC
- 16:10 – 16:30** **Desktop Drill Based on the Fukushima Incident**
Hisato Okuda, Plant Safety Group Manager, Japan Atomic Power Company (JAPC)
- 16:30 – 16:50** **Development of new training program to review fukushima accident**
Shinya Kato, Senior Engineer in Technology Development Group, Technology Dept., BWR Operator Training Center Corporation (BTC)
- 16:50–17:10** **Good Practice(application) of Corrective Action Program in AFI**
Yong-Gyo Jeong, Safety and Engineering Support Team, Wolsong NPP2, KHNP
- 17:10 – 17:30** **Ulchin 1&2 SG Tube Integrity**
Jung-jun Lee, Senior Engineer, International Technical Training Team KNPEI, KHNP
- 17:30** **Adjourn**
- 17:40 – 19:00** *Welcome Dinner*

6 June 2012, Wednesday

09:00 – 15:20 Meeting Room 1st Floor WANO TC

- 09:00 – 09:10 **Summary of First Day's Presentations**
Shamim Anwar Khan, WANO TC
- 09:10 –10:00 **Human performance Tools and Resulting Events due to their Inadequate Utilization**
Shamim Anwar Khan, WANO TC
- 10:00 –10:20 **Increasing plant reliability through retrofitting in Kuosheng NPP**
Ching-Ho Lee, Deputy Plant General Manager, Kuosheng NPP, TPC
- 10:20– 10:40 **Common Weaknesses on Operation Experiences Learned from Fukushima I Accident**
Lieh-Cheng Lo, Deputy Plant General Manager, Chinshan NPP, TPC
- 10:40 – 11:00 **Coffee Break**
- 11:00 –11:20 **Improving Human Performance Preventing Human Error**
Changming Wang, Nuclear Safety Manager, CNNC
- 11:20 –11:40 **Experience on Nuclear Plant Outage Observation**
Guohua Wang, Senior Manager, CNNC
- 11:40 –11:50 **Reliability improvement in TAPS 3&4**
Rishi Pal Singh Tomer, Station Director, TAPS 3& 4 ,NPCIL
- 11:50–12:00 **Effective Utilization of AFIs for Developing Corrective Action Programme**
Rishi Pal Singh Tomer, Station Director, TAPS 3& 4 ,NPCIL
- 12:00 – 13:00 **Lunch at WANO Tokyo Centre**
- 13:00 –13:20 **Effective Use of Human Performance Improvement Tools And Their Impact On Station Performance**
Satish Kumar, Sharma, Station Director, Rajasthan APS 3&4, NPCIL
- 13:20 –13:40 **Human Performance Related Issues & Improvement Tools at BHAVINI**
Sivaprasad Gowripeddhi Venkata R.R.S.G., Senior Commissioning Engineer, BHAVINI
- 13:40–13:40 **Improvement through Management Effectiveness**
Muhammad Arshad, Senior Engineer, PAEC

14:00 – 14:20 **Coffee Break**

- 14:20— 14:40** **Improvement through Performance Indicators at Chashma Nuclear Power Generating Station**
Muhammad Arif Nizami , Head, Self Assessment & Performance Analysis , PAEC
- 14:40— 15:00** **Takeaways**
Shamim Anwar Khan, WANO TC
- 15:00—15:10** **Closing Remarks**
Harunobu Shirayanagi, Director, WANO Tokyo Centre
- 15:10** **Adjourn**