

(出國類別：開會)

## 參加 WANO-TC 「共同弱點研討會」

服務機關：台灣電力公司核能發電處

台灣電力公司第三核能發電廠

姓名職稱：徐錫奎儀電組長

劉建佑電氣經理

派赴國家：日本

出國期間：107年6月18日至107年6月21日

報告日期：107年7月30日



## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 WANO-TC 「共同弱點研討會」

頁數 12 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

徐錫奎/台灣電力公司/核能發電處/儀電組長/(02) 2366-7061

劉建佑/台灣電力公司/第三核能發電廠/電氣經理/(07)3211-259 轉 2300

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：107.6.18~107.6.21 出國地區：日本

報告日期：107.7.30

分類號/目：核能

關鍵詞：領導與監督 運轉員暫態反應 設備可靠度 緊急事故處置

內容摘要：

奉派參加由世界核能運轉協會東京中心(World Association of Nuclear Operation-Tokyo Centre, WANO-TC)所舉辦之「共同弱點研討會」，本次研討會提供在改善績效與有權力進行改變之主管級以上領袖，能瞭解大多數 WANO-TC 會員的共同弱點，其主題如下：

1. 領導與監督(Leadership and Oversight)
2. 運轉員暫態反應(Operator Response during Transient)
3. 設備可靠度(Equipment Reliability)
4. 緊急事故處置(Emergency Response)

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

# 目 錄

壹、出國目的 .....	1
貳、任務過程 .....	2
一、共同弱點研討會 .....	2
(1) 領導與監督 .....	3
(2) 運轉員暫態反應 .....	5
(3) 設備可靠度 .....	8
(4) 緊急事故處置 .....	10
參、心得及建議 .....	12

## 壹、出國目的

參加由世界核能運轉協會東京中心(World Association of Nuclear Operation-Tokyo Centre, WANO-TC)所舉辦之共同弱點研討會，出國期間自 107 年 6 月 18 日至 107 年 6 月 21 日，共計 4 天。

WANO-TC 所舉辦之第 12 屆「共同弱點研討會」，本次會議規劃由 WANO-TC 及會員電力公司進行簡報，提供給在改善績效與有權力進行改變之主管級以上領袖，能瞭解大多數 WANO-TC 會員的共同弱點，其主題如下：

1. 領導與監督(Leadership and Oversight)
2. 運轉員暫態反應(Operator Response during Transient)
3. 設備可靠度(Equipment Reliability)
4. 緊急事故處置(Emergency Response)

## 貳、任務過程

奉派至日本東京(WANO-TC)，參加「共同弱點研討會」，為期 4 天，詳細過程及工作內容如下表：

起始日	迄止日	地點	工作內容
1070618	1070618		往程(台北-東京)
1070619	1070620	東京	共同弱點研討會(WANO-TC)
1070621	1070621		返程(東京-台北)

### 一、共同弱點研討會

共同弱點研討會為期 2 天，從 6 月 19 日至 6 月 20 日；WANO-TC 針對 2016 年 7 月至 2017 年 7 月期間，總共 10 次同業評估(Peer Review)及 5 次團隊績效觀察(Crew Performance Observation)，所開立 105 項 AFI(Area for Improvement)，進行分析評估後，較為重大有 38 項，再逐項深入分析後，歸納 4 項較為重大且共通的議題，做為本次研討會之主題。希望各會員能聚焦在這些共同弱點上去做評估及改善，而 WANO-TC 會提供必要的協助與支援。

本次研討會除 WANO-TC 外，有日本各電力公司及其他相關單位、韓電 KHNP、中國核電 CNNP、印度核電 NPCIL、巴基斯坦原能會 PAEC、阿拉伯聯合大公國 Nawah Energy Company 及本公司，近 50 名代表與會。本公司由核三廠劉建佑經理，在最後的總結報告，提出未來改善方向(如下)，和與會人員交換意見：

1. 持續依照 AP-913 篩選關鍵組件。
2. 持續精進預防保養計劃(PM program)，運用新的技術，包括新工具及新型監測儀器等。
3. 持續更新單一組件分析作業(Single Point Vulnerability)計劃，由主組件逐漸擴大至次組件。
4. 持續更新 FAC(Flow Accelerated Corrosion)計劃。
5. 建立現場巡視(Engineering Walk down)以監控設備狀況。



以下針對此次研討會 4 項主題之內容及感想，簡要說明如下：

### (1) 領導與監督 (Leadership and Oversight)

針對本項主題，本次研討會共有 3 篇簡報，分別由 1. WANO-TC Mr. Iwaki 介紹「領導與監督」；2. 東電 Mr. Yamada 介紹「主管作業觀察增進現場績效」及 3. 韓電 Mr. Jung 介紹「主管作業觀察」。

1. 在 Mr. Iwaki 的簡報中指出，檢視過去同業評估，有多個機組在領導與監督議題有產生 AFI，即使在近期的同業評估也有相同 AFI。

**什麼是監督？** 像警察？或像家庭醫生？監督作業存在於現場領班、機組值班主任、現場經理、資深管理階層、總管理處及獨立品保組織。監督作業主要在監視執行者(個人或組織)，驅動他們去增進其績效。所以其角色，應該是較接近於家庭醫生。

**什麼是領導？** 領導與管理的差別在於：領導者創造及改變文化，而管理者依循著去執行。

**什麼人是領導者？** 每個能夠影響別人去達到成長的人，都是領導者。

**如何來達成改變？** 1. 設定高標準及高期望 2. 讓執行者瞭解領導者期待 3. 領導者透過指導去達成高標準及高期望。過程中要透過指導與溝通，改變執行的想法與作為，提供改變後未來之願景；透過主管作業觀察，指出執行者行為與高標準與高期望間的差距(gaps)；持續監視改變或里程碑之達成，逐步達成目標。

**為何高標準無法建立或達成?** 注重於承諾可達成而未追求卓越，較少的現場作業觀察或無效的作業觀察，缺乏有效的指導與溝通。

**為何監督未能即時且有效?** 未有足夠的觀察紀錄，尚未完全發展觀察技巧，未制定有效 KPIs(未針對重點領域、大部分是落後指標、沒有挑戰性等)，總處監督才剛起步。

**為何管理階層未提供指導?** 未指出行為差距，不願去挑戰執行者，誤解指導的目的及如何提供指導。

**指導的基礎為何?** 指導是一種溝通，觀察完畢就要進行溝通，溝通的目的不是要指出所有的偏差，然而當立即改正行動是必要時，要指出問題要求改正。發現有優良表現，要告訴執行者，增強其改正的動力。不要注重在技術上的教導，要激勵他們自主去改善。指出問題不會激勵他們去改善，要靠良好的溝通才能達到。

2. 東電簡報指出建立主管作業觀察之經驗分享；在 2009~2011 年透過 WANO-TC 的指導，建立主管作業觀察；2015 年開始建立績效指標：每位管理階層每月要實施 1 次作業觀察；2016 年底在美國顧問協助主管作業觀察精進；2017 年初變更績效指標：每位管理階層每月要實施 4 次作業觀察；2017 年 4 月，改變統計工具，由原來用 MS Excel 改為 MODB 資料庫管理系統。
3. 韓電簡報其近期同業評估，發現主管對電廠作業未設定高期望及高標準，進行自我評估(Self-assessment)，並請 WANO-TC 提供會員支援任務(MSM)，，發現多項共同弱點，進一步針對訓練方面、實施方面及分析方面，擬定多項改正行動；並制定多項主管作業觀察績效指標，持續要求各電廠改進。2018 年的後續工作：開發主管作業觀察電腦系統、開發主管作業觀察電子學習教材。

## (2) 運轉員暫態反應(Operator Response during Transient)

針對本項主題，本次研討會共有 4 篇簡報，首先 1. WANO-TC Mr. Kim，針對 WANO 的各項活動，所發現有關運轉員暫態反應的 AFI，做了統計分析；2. WANO-TC Mr. Takayanagi 說明如何執行 SOER 2013-1「運轉人員基本弱點」建議 1 及建議 2；3. BWR 運轉員訓練中心(BWR Operator Training Center Corporation, BTC)的 Mr. Noji 介紹如何與日本各電力公司，共同發展「BWR 運轉員暫態反應指引」，以利提昇各運轉員應付暫態之能力；4. 北陸電力公司 Mr. Yuno 介紹由東電、中部電力及北陸電力，運轉員聯合模擬器訓練之成果。

1. WANO-TC Mr. Kim 首先分析近期 WANO-TC 所主導之團隊作業觀察(CPO)，發現有 32 件 AFI 與運轉員的暫態反應有關，在全部的 AFI 中有 44%與監督相關，其中也發現與值班主任行為表現有關，分析造成前述 AFI 之主要原因有：未設定高標準與高期望、沒有溝通也沒有改進、無效的訓練等。

再比對 WANO 全球在 OP 領域的 AFI，涉及運轉基本的弱點(Weakness in OP fundamentals)的 AFI 佔 74%，**證明運轉員弱點(Operator Weakness)不僅是東京中心且是全球性的問題。**

分析 WANO 事件報告(WANO Event Reports, WER)，可發現從 2015 年 1 月至 2017 年 9 月共發生 4994 件 WERs，其中有 872 件運轉相關被歸類成主要肇因之一，519 件更加直接連結到運轉人員績效問題。**更加確認運轉人員基本知能及暫態時之反應為各會員之共同弱點。**

**有那些的共同弱點呢？** 有監督、管制上的弱點，例如：值班經理及值班主任，沒有扮演好其監督、管制及決策的角色；有精準掌控的弱點，例如：在反應度控制、機組控制、程序書遵循等方面；在密切監控的弱點，例如：監視關鍵參數、劣化設備狀況、安全功能等方面。

**弱點產生的肇因有那些？** 有設立標準或期望的問題、管理無效、訓練無效、程序書偏差等因素。

**應建立團隊暫態反應的標準：**監督、指令與操作的角色與職責，應明確定義；程序書的遵循，應再加強；靠記憶的操作，應被明確規範，但應盡量減少且利用工具輔助；反應爐急停後之立即操作，應被規範，保留執行立即操作的空間；警報反應之優先次序，應被明確定義，例如：立即操作→緊急操作

(EOP)→正常警報；即使在時間緊迫的操作，也要依循 STAR 人因防誤技巧；所有指令及機組狀態回報，都要依循三向溝通，最後以"正確"結尾；當暫態穩定，應對所有成員進行簡要說明，如今處於何種狀況及後續有那些該執行。

2. WANO-TC Mr. Takayanagi 說明 SOER 2013-1 「運轉人員基本弱點」建議 1：要求針對運轉訓練計畫進行自我評估，可參考自我評估指引：" Assessing Training Effectiveness in Addressing Operator Fundamentals"；建議 2：要求針對現行的運轉員基本專業進行自我評估，而此部分可參考"Self-Assessment Guide to Operator Fundamentals"。

摘述實施 SOER 2013-1 建議 1&2 可依以下步驟：

- 組織自我評估團隊：成員儘量包含工業界同業，而他們瞭解工業高標準
- 進行以下的活動：文件審查、現場/模擬器/主控制室觀察、與運轉員及訓練人員面談
- 提出 AFI
- 提出改善行動

3. BTC Mr. Nojih 簡報中說明，在美國正在改變運轉員暫態反應之行為，在日本 BWR 電力公司參考來自美國電廠的資訊，開始採取行動以增強運轉員行為，於是希望發展一套指引來規範 BWR 運轉員共同行為，BWR 電力公司與 BTC 在 2016 年 4 月組成一個工作團隊，而在 2017 年 4 月發展出"BWR 運轉員暫態反應表現指引"(Guideline for the Transient Response Performance of BWR Operators)，BTC 並提供相關的影音教材，以輔助指引之使用。

簡報中有針對 連繫(Communication)、急停編排(Scram Choreography)、關鍵參數(Critical Parameter)，說明指引可很明確改善以前所觀察到一些典型的問題，例如：發話者未述明訊息是針對全體或特定運轉員、急停後值班主任過多的指令，干擾運轉員之立即操作、過多訊息造成運轉員困擾等。而指引內所採行的行動包括：用不同起始語表明訊息傳達對象、實施三向溝

通、明確規範急停後運轉員回報機組狀況之行為、述明那些參數是需要值班主任做決策等。

未來指引仍會利用回饋意見繼續強化，以改進運轉人員績效表現，

4. 北陸電力公司 Mr. Yuno 介紹由東電、中部電力及北陸電力，運轉員聯合模擬器訓練之成果。主要是因為 SOER 2013-01 建議要求針對運轉員訓練計畫進行自我評估，且強烈建議至少一位外界的同業加入自我評估小組。於是由東電、中部電力及北陸電力等 3 個電力公司，開始舉行運轉員聯合模擬器訓練。

聯合模擬器訓練，從 2013 年至 2018 年 5 月已舉行 11 次，利用各電力公司現有的模擬器做為訓練工具，預期的效果為：

- 模擬器訓練時，有來自其他公司的運轉員及主任在觀察，將對學員帶來較大的壓力。
- 藉由觀察其他公司運轉員的表現，可以警覺到自己的缺點。
- 藉由其他公司觀察後提出之檢討，可以發現待改進事項。

透過聯合模擬器訓練交換意見後之效益：

- 其他公司提出之意見，可平行展開到其他運轉員訓練。
- 每個公司都在準備機組再起動，透過意見交換，讓準備工作更落實。
- 透過意見交換及討論，可以得到比訓練後評核報告，更詳細的瞭解。

### (3)設備可靠度(Equipment Reliability)

針對本項主題，本次研討會共有 2 篇簡報，1. Mr. Kinoshita, WANO-TC 追蹤與設備可靠度相關 AFI(AFI Trend on Equipment Reliability)；2. Mr. Nazar, 巴基斯坦原子能委員會(PAEC)簡報在 C-2 機組的設備可靠度改進(Equipment Reliability Improvement)。

1. Mr. Kinoshita(WANO-TC)從運轉績效指標可發現，部分電廠落入全世界最差的四分之一區間(World Worst Quartile)，設備故障是最主要的原因，加強設備可靠度在是提昇績效，佔很重要的角色。統計過去 3 年共 23 次(7 個日本長期停機電廠)同業評估，有 10 件 AFI 與設備可靠度(ER)有關。

分析設備可靠度弱點之共同肇因：

- 不足的改正行動方案(CAP)：不當分類故未執行肇因分析(RCA)、肇因分析不完整、改正措施未平行展開至類似系統或設備。
- 不足的預防保養(PM)方案：預防保養方案的最佳化有偏差，例如：工業運轉經驗未反應至 PM 樣板等、關鍵設備的預防保養方案篩選有偏差，例如：未進行脆弱設備(vulnerable equipment)的更換及修改。
- 設備狀況之監視及追蹤，不足預防設備故障：未監視及追蹤設備狀況、未使用劣化監控指標，例如：故障率、腐蝕、磨耗等。

偏差的共同肇因：

- 工程師的當責：沒有經驗的工程師、工程師對於共通長期設計偏差，知識不足、工程師未利用廠家建議或工業經驗，瞭解設備故障機制等。
- 方案偏差：設備可靠度及預防保養方案未發揮效用、未有足夠指引管理過時設備、舊的廠家資料未更新等。

2. Mr. Nazar(PAEC)簡報在 C-2 機組的設備可靠度改進，C-2 機組在 2015 年 5 月接受 WANO 第 1 次同業評估，開立 11 項 AFI，評估小組對 2011 年 5 月商轉之後，高急停次數及重要事件(40 件)，表達關切。

WANO 提供特別的協助改善，重新評估所有 40 件重要事件(內含 34 次急停及非計畫性停機)及 52 件前兆事件(Precursor Event)，跨領域 8 位專家，歷

時約 4 個月。

分析後發現有超過 50%(重要事件 22/40 , 前兆事件 30/52)與設備可靠度有關，提出設備可靠度改善計畫：1. 修正設計、安裝及試運轉偏差，2. 提昇預防保養計畫，3. 加強偵測試驗、功能試驗及狀況監視，4. 使用工業運轉經驗來提昇設備狀況。

設備可靠度提昇現況：

- 從 2014 年 7 月至今，只有 1 件重要事件/反應爐急停(2017 年 7 月)。
- 在 2016 年 11 月計畫性停機大修前，連續安全運轉 302 天。
- 設備請修單在 2016 年有 1500~2000 件，逐漸降低至 400 件。
- 矯正維護與預防保養比例，從 2016 年初的 3:1，降低至 2017 年底的 1:1。

#### (4)緊急事故處置(Emergency Response)

針對本項主題，本次研討會共有 2 篇簡報，1. Mr. Kinoshita, WANO-TC 追蹤與緊急備相關 AFI(AFI Trend on Emergency Preparedness)，2. Mr. Takahashi, 中部電力公司，中長期緊急演習計畫。

1. Mr. Kinoshita, WANO-TC 追蹤與緊急備相關 AFI 簡報中，說明 WANO PO&C 2013 主要的改變在於加入緊急事故處置(Emergency Response)，在 Corporate Leadership(CO.1)的績效目標為：總處組織應針對核電廠持續增進及維持高水準安全、可靠運轉及緊急事故處置，提供引領主導的功能。

追蹤分析 23 次 WANO 同業評估(7 日本核電廠於長期停機狀態)，發現有 20 AFI 與緊急事故處置有關。分析其共同弱點有以下幾點：

- 對嚴重事故假設不足：針對多機組發生事故，沒有劇本或評估因應。
- 演習及演練不足：對緊急事故處置人員沒有提供必要的訓練、緊急事故演習及演練沒有真實的劇情、演習及演練的劇情沒有挑戰性。
- 緊急整備主管及指揮者模擬演練不足：未有週期性模擬演練、未進行評估緊急整備主管之掌握機組狀況、決策及指揮指令等能力。
- 緊急整備設備不足：緊急控制中心(EMERGENCY CONTROL CENTER, ECC)不符合適居性等功能、電源及水源供應不可靠、緊急整備設備存放不適當、緊急整備設備尚設計中，未有官方時程及補救措施。

2. Mr. Takahashi, 中部電力公司中長期緊急演習計畫之發展，簡報中先說明在福島事故後，針對指令者加強其教育訓練，以便有能力應付多樣化的事故，針對電廠個人加強其個別訓練每年 2 次，以 2016 年統計約 700 次，針對運轉員則加強嚴重事故之模擬器訓練。2015 年開始分析事故劇本及各項功能要求，2017 年制定須達成之年度目標。

發展中長期緊急演習計畫之目的，是為了全面性提昇緊急應變組織的能力，著重在完整查驗並強化處置多樣化事故之功能。

整個計畫分為三個軸向去執行：

- 訓練劇本，依優先度排序。
- 要求功能，查驗功能完整性。
- 效能評估，對於各緊急應變組織，設定功能目標去達成，目標則透過分析現況與卓越間差距來制定。

努力成果：對於假日及夜間單一事故之緊急應變處置，檢驗其成效，幾乎完全可達到預期目標。未來 2018 年至 2020 年之目標，將依照 2017 年之成效來制定。

強化初始緊急應變框架：

- 為了增加應變人員人數，所有電廠人員皆分派緊急處置任務。許多緊急處置人員皆居住在電廠附近，可以因應緊急事故立即動員。
- 為了加速應變人員之反應，即使在假日及夜間，發生事故可立即應變，基於全天 24 小時、全年 365 天，我們保留人員能夠可靠地進行緊急處置之操作。
- 在福島核子事故後，已持續加強初始應變架構，此外我們設置緊急應變小組(EMERGENCY RESPONSE FORCE, ERF)，此為一特別設置之組織，可在事故初期，操作重型機具及可移動運載工具。
- 為了確保事故初始操作能讓事故收斂，特別建立特別小組 ERF 來強化。ERF 小組成員將最先抵達電廠執行初始緊急應變操作，並引導各應變組織去因應。電廠部署多種重型機具及可移動運載工具，以保留更多的彈性去應付事故的演變，以求事故能收斂。

## 參、心得及建議

### 一、心得

此次參與 WANO-TC 共同弱點研討會，與來自各個會員電力公司及 WANO-TC 中心專家交流，收獲良多，尤其是領導與監督部份，是整個研討會的核心概念，無論是運轉員基本知能、設備可靠度或緊急應變處置，都有賴各級主管**設定高標準及高期望**，並讓執行者瞭解，領導者透過**指導與溝通**，改變執行的想法與作為，提供改變後未來之願景，再透過**主管作業觀察**，指出執行者行為與高標準與高期望間的差距，持續監視改變或里程碑之達成，逐步達成目標。

### 二、建議

1. 本研討會是針對近期同業評估所發現之共同弱點，希望各會員電力公司持續關注，而各項重要議題，WANO-TC 將會再召開對應之研討會深入探討，建議應再派員參與，與 WANO 各中心及會員電力公司交流，獲取更多寶貴經驗。
2. 此次公務出國，在機場通關時，有海關人員鼓勵快速通關/自動通關，但「因公奉派出國人員出返國申報表」要求須有出返境驗訖章，快速通關則無法留有出返境驗訖章，建議可以修改申報表規定，以配合自動通關政策。