

出國報告(出國類別：開會)

## 參加 2018 WANO 羅馬尼亞全球廠長會議

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：蔡正益/核能工程監

劉宗興/核能工程監

派赴國家：羅馬尼亞

出國期間：107年9月09日至107年9月15日

報告日期：107年10月16日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 2018 WANO 羅馬尼亞全球廠長會議

頁數 18 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：

蔡正益/台灣電力公司/核能一廠/廠長/02-26383501

劉宗興/台灣電力公司/龍門核能發電廠/廠長/02-24903136

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：107 年 9 月 09 日至 107 年 9 月 15 日

派赴國家/地區：羅馬尼亞

報告日期：107 年 10 月 16 日

關鍵詞：世界核能發展協會、運轉員基礎、領導行為

內容摘要：(二百至三百字)

本次出國任務為參加 2018 WANO 羅馬尼亞全球廠長會議，地點為羅馬尼亞布加勒斯特，由世界核能發電協會(WANO)邀請會員派員參加廠長會議，共進行 2 天的交流與討論，主軸議題為「運轉員基礎與領導人行為」(Operator Fundamentals & The Leadership Behaviours)。

會議由參會代表分別報告主軸議題的管理與精進經驗，議程中安排參會人員分四組進行輪流討論及交換意見，討論主題為(1)有關領導行為以強化運轉員基礎, 那些是真正重要的, (2) 評估訓練的有效性以解決運轉員基礎, (3) 以保守性的決策(偏見)來運轉電廠, 這對高階領導者意味著什麼, (4)您如何確保運轉員基礎行為的可持續性。

第 3 天為參訪該國切爾納沃德核能發電廠(Cernavoda Nuclear Power Plant)。本次與會所獲得之討論經驗與參訪交流，可分享於台電公司的核能電廠以提升營運與績效。

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

## 目 次

	(頁碼)
一、出國目的 . . . . .	1
二、任務過程 . . . . .	1
三、任務內容與心得 . . . . .	3
四、建議事項 . . . . .	18

## 一、出國目的：

世界核能發電協會 WANO(World Association of Nuclear Operators)為推展全球核能發電安全與知識經驗分享,在 2018 年 9 月中於羅馬尼亞布加勒斯特 Crowne Plaza Bucharest Hotel 會議中心召開全球廠長會議(SVP/PM meeting),參加會議的人員來自各會員中心(巴黎,莫斯科,東京,亞特蘭大)之電廠廠長代表,及協會的主管、職員、會員,藉由國際會議的交流討論與知識經驗分享,以增進全球核能發電的安全。

台電公司屬世界核能發電協會東京中心會員,台電公司接受該中心之邀請派員參加,以提昇核能事業部的核能電廠廠長的核能安全管理與領導能力,安排核能一廠及龍門核能發電廠兩位廠長參加此一會議,會議主軸議題為「運轉員基礎與領導人行為」(Operator Fundamentals & The Leadership Behaviours),與世界各國交流討論核能電廠運轉員基礎核安管理與經驗回饋,藉由討論與知識經驗分享,促進電廠的核能安全。

世界核能發電協會安排一天的參訪活動,參觀羅馬尼亞核電公司的切爾納沃德核能發電廠(Cernavoda Nuclear Power Plant),台電公司兩位廠長也參加參訪活動,藉觀摩國外電廠的實務管理,吸收優點分享於公司的核能電廠以提升核能安全績效。

### WANO Site Vice Presidents' & Plant Managers' Conference

WANO Events | CONFERENCE

Mon, September 10, 2018 @ 07:00 PM — Wed, September 12, 2018 @ 05:30 PM



## 二、任務過程：

- |                       |                                      |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 往程：2018 年 9 月 9~10 日  | 由桃園國際機場搭機出發，經維也納國際機場，再到羅馬尼亞布加勒斯特國際機場 |
| 任務：2018 年 9 月 11~12 日 | 參加 2018 WANO 羅馬尼亞全球廠長會議              |
| 任務：2018 年 9 月 13 日    | 參訪切爾納沃德核能發電廠活動(1 天)                  |
| 返程：2018 年 14~15 日     | 由羅馬尼亞布加勒斯特國際機場搭機返台                   |

過程簡述：

- (一) 2018 年 9 月 10 日下午向會議主辦單位報到,本次會議包括世界核能發電協會(WANO) 主管、職員、會員、全球各廠長代表,及美國運轉協會(INPO)主管等共約 104 名與會者。

(二) 2018年9月11~12日議程如下：

會議分項討論主題：

1. 核電業者的營運績效(Industry Performance)
2. 輪流轉動討論(Carousel Sessions)，分為四組討論及報告
3. 強化運轉員基礎(Reinforcing Operator Fundamentals)
4. 有效地落實 SOER 2013-1 建議方案 (Effectively addressing the recommendations in SOER 2013-1)
5. 支援會員對提昇績效的挑戰(Supporting Members in Performance Challenges)
6. 您是否充分應用可用的支援？(Are you fully utilising the support that is available to you?)

(三) 2018年9月13日議程如下：

參訪羅馬尼亞核電公司的切爾納沃德核能發電廠(Cernavoda Nuclear Power Plant)。



參加會議及與WANO主管合照(左照片:右側為核能一廠蔡廠長，左側為龍門電廠劉廠長)

註：世界核能發電協會於會議所發表提供的簡報檔案，因均涉及保密要求，在本報告書中一概不提及保密內容，而僅就內容概況進行陳述，若本公司長官需要參閱詳細內容，可逕指示出國人員。

### 三、任務內容與心得

議程：2018年9月11日~9月12日

#### (一) 開幕式演說 (Welcome & Opening Remarks)

##### 1. 羅馬尼亞核電公司 CEO, Cosmin Ghita 演說記要：

他說明了羅馬尼亞核電公司(Nuclearelectrica)經營有 Cernavoda 核能發電廠，電廠有兩部核能機組，每部機組的發電量為 70 萬瓩，目前因世界潮流在改變，羅馬尼亞對有關資訊技術 (IT) 及電力能源發展相當重視，核能發電對國家的能源供應是相當重要的。同時在國家的能源政策上，也充分的考慮到環境保護。羅馬尼亞電力公司也希望與世界核能發電的同業、先進共同合作，同時能以 WANO 高標準作業來施行。對於環境保護的溝通應該持續進行。

福島事件後增加民眾對風險重視的觀念，羅馬尼亞國家對核能安全是非常重視的，也經由外界的溝通及嚴謹的監管核能電廠，使民眾信任核能電廠是安全的。國家對核能發電的定位為低碳能源，有助於減碳保護環境；因此，將持續發展核能發電的應用，也希望 WANO 持續協助電廠監視及維持安全性。

目前羅馬尼亞將持續發展及增加核能發電，但因為年輕人才往 IT(資訊)技術方面發展，核電公司也面臨年輕人才的短缺，故非常讚賞 WANO 倡議年輕世代核電人才的發展，可將優秀的年輕世代人才往核電發展。

心得整理，該國會持續發展核能發電，也認為可有效減碳屬有益環境保護的清淨能源，將會增建核能發電機組，期望 WANO 及同業持續協助電廠維持核能安全。

##### 2. WANO CEO, Peter Prozesky 演說記要：

他首先感謝羅馬尼亞電力公司提供會議的場所，使本次會議非常順利的進行，希望參加的廠長及主管可以互相認識，進行交流與共同討論，以促進核能安全。

本次會議以探討運轉員基礎為主題，世界核能運轉協會的願景是期望各核能發電廠應追求卓越及確保核電安全，各位領導者應每天遵循及引動此一精神，大家共同合作、分享經驗、自我評估及訂定標竿，持續不斷的改善，以增進核能安全。

電廠每天的營運均透由運轉員的作業活動，經分析以往的運轉事件，呈現出運轉員缺乏核電工程基礎，且經驗不足，增加了很多運轉操作的風險，因此；在 2013 年出版 SOER-2013 績效目標及標準(PO&C)，訂定各會員核能電廠每天應該遵守的作業標準，同時安排每 4 年執行同業評估(Peer Review)，以研究分析核能發電從業的運轉管理是否遵循及落實。

協會在 SOER-2013-1 發行後的研究分析，各會員中心陸續發生各種運轉事件，如 (1).因運轉操作失誤，造成反應爐冷卻水流失事件；(2).於滿載發電的狀態，因錯誤的操作閥門，將安全系統的冷卻水注入反應爐事件；(3).沒有質疑的態度，對於運轉經理的指示是否正確，沒有思考反應及未提出操作的可能後果；(4).運轉團隊未注意及缺乏溝通的精神，造成反應爐的壓力操作控制過壓，原因是老鳥運轉員未適時修訂程序書。

綜合以上的事件評估報告，運轉員未專注及了解核電的工程技術，而同業的運轉事件經驗回饋也未藉由訓練來落實，無法有效強化運轉員基礎，另外；隨著時代進展，電廠有數位化的控制系統更新，但相關的風險識別及經驗回饋未轉化為訓練內容並融入電廠管理。

因此，SOER-2013-1 共有五大領域，12 個建議事項，世界核能運轉協會期望會員電廠執行自我評估(1).了解同業的經驗回饋是否落實於訓練中；(2).了解運轉員的核電工程技術是否足夠。經協會的各種同業評估的資料顯示，於最近的 5 年觀察，大約還有 25%比率的電廠，並未落實去執行 SOER-2013-1 的所有建議。

世界核能運轉協會的分析報告 RPT 2017-6 顯示，近年來有多件的運轉相關事件，顯示運轉員基礎的不足，充分顯示會員對 SOER-2013-1 建議事項未確實遵循，所以協會的反應就是協助各會員儘速研討運轉員基礎的不足，經由觀察運轉團隊的操作及自我評估，給予運轉團隊的再訓練，並增加運轉值班經理的各項研討會，及領導力、溝通的訓練，世界核能運轉協會以提供核能同業的服務為主，俾增進世界核能安全，希望大家的共同參與，運轉員基礎的精進(Focus on Operator Fundamentals)才會成功。



## (二) 議題討論 1，核電業者的營運績效(Industry Performance)

WANO 主管對核電業者的營運績效提出三篇報告，記要如下。

### (1). Findings from Analysis Reports: Operator Performance and Maintenance Personnel Performance (Kris Mertens, WANO Performance Analysis Programme Director)

WANO 績效分析中心統計分析 2015~2017 年 87 件明顯或值得注意的運轉事件及 103 件運轉基礎相關待改進領域(AFIs)，結果發現在運轉員績效方面有負面的趨勢，在運轉員行為基礎上存在弱點，如反應度管理、反應爐冷卻系統的狀況掌握及衰變熱等；在一些事件中因運轉員不保守的決策導致嚴重的後果。經分析其肇因前 10 項均與人因績效有關，所以運轉人因為造成與業界高標準差距的主因，42%運轉相關待改進領域 (AFIs) 是因為沒有有效控制重要參數及沒有適當的執行運轉監視。

WANO 績效分析中心統計分析 2015~2017 年 118 件明顯或值得注意的維護相關事件及 156 件維護基礎相關待改進領域(AFIs)，結果發現許多事件與維護人員績效有關，如維護基礎(MA.1)與計畫程序的缺失(MA.2)；AFI 方面，許多 AFIs 與高品質的矯正與預防保養(MA.1)、第一線監督(MA.2)及計畫程序(MA.2)有關。有幾件事件則是因維護人員不保守性決策導致嚴重的後果。經分析維護人因績效是造成與業界高標準差距的主因，50%維護事件與此有關。

建議：

- (a) WANO 區域中心應考慮在同業評估前施行「運轉員行為觀察」(CPO, Crew Performance Observation)任務；
- (b) 同業評估評估員應考慮評估 SOER 2013-1 運轉基礎，並瞭解相關改正行動的持續性；
- (c) WANO 會員應考慮檢視「運轉經驗」及「運轉訓練課程學習」的程序與有效性；
- (d) WANO 會員應考慮發展維護人員動態學習活動(DLA, Dynamic Learning Activities)，讓維護人員有機會在類似的環境下學習技巧與知識；
- (e) WANO 區域中心應考慮在同業評估前施行「大修作業觀察」任務(outage observation missions)。

### (2). Peer Review Results and Trends (Alan Smith, WANO Peer Review Programme Director)

統計 WANO 所屬四個中心執行同業評估結果，比較 2016 與 2017 年的差異，前 5 名



共通性待改進領域(AFI)並沒有變化，分別為領導者、運轉績效、維護、火災防護(消防)、核能專業領域；並從趨勢變化來討論，其他值得注意有關連領域的差異比較，例如領導者(LF.1)與組織效能(OR.2)、人員績效(HU)與核能專業(NP)等。在運轉績效(OP.1& OP.2)領域評估，WANO 同業評估團隊主導推行「運轉員行為觀察」(CPO, Crew Performance Observation)，可提供評估團隊更多機會觀察到運轉團隊在處理暫態時及運轉管理控制方面的弱點，此項評估方式之執行預計在 2019 年將達 80%，2020 年將全面執行。

(3). Operator Fundamentals Lessons Learnt from Pre-Startup Peer Reviews(PSUR)  
(Hyojin Kim, WANO Pre-Startup Deputy Director)

透過統計分析新機組試運轉起動(Pre-startup)期間所發生與運轉基礎有關的事件，學習在運轉基礎方面可再強化的項目。在 PSUR 相關的 AFIs 中，有 40%與反應度管理相關，60%與運轉監督有關。

反應度管理方面的成因有①值班經理與訓練經理在模擬器訓練的教導與觀察未發揮效果；②有照運轉員訓練及再訓練沒有提供相關足夠的知識與練習；③反應度改變的相關程序書沒有提供足夠的指引且內容不夠精確。

運轉監督方面的成因有①值班經理與主任缺乏經驗；②模擬訓練沒有挑戰性；③訓練主管沒有提供足夠的專業領導去發展訓練工作。

WANO PSUR 團隊的看法：

- (a)對值班員較少進行團隊操作訓練，在運轉員訓練事先每有足夠及時的團隊操作訓練；
- (b)值班經理與主任應有足夠的運轉經驗及適當的熟練度，一些弱點被發現應屬個別案例；
- (c)值班經理/主任被分配過多數量的工作，而使無法兼顧監督工作的進行；
- (d)控制棒的數位控制過於複雜。

WANO 將提供新機組有關運轉基礎的支援：

- (a)發展掌握動態試運轉起動(Pre-startup)相關 AFIs 清單，以協助新機組了解共通弱點；
- (b)支援新機組強化運轉員在運轉基礎(反應度管理、監督與管理等)相關訓練；
- (c)建立運轉基礎及運轉員績效的標準。

### (三) 議題討論 2，輪流轉動討論(Carousel Sessions)，分為四組討論及報告

議程中安排參會人員分四組進行輪流討論及交換意見，討論主題為：(1)有關領導行為以強化運轉員基礎,那些是真正重要的；(2) 評估訓練的有效性以解決運轉員基礎，(3) 以保守性的決策(偏見)來運轉電廠,這對高階領導者意味著什麼；(4) 您如何確保運轉員基礎行為的可持續性？

經各組輪流討論及交換意見，四位分組主持人的結論如下：

#### (1) 有關領導行為以強化運轉員基礎,那些是真正重要的

討論的共識為：(a). 鼓勵您的團隊以高標準及追求卓越；(b). 一些年輕資淺的運轉成員因為電廠暫態時的操作應變機會較少，缺乏實務不便提問累積經驗；應鼓勵他們在遵守程序書操作的同時，能提問分享他們的顧慮和問題；(c). 給予您的團隊成員提最佳的操作環境，採取可減少運轉員工作量的方法；(d). 尊重及鼓勵團隊成員，並強化高標準及能自我批判檢討；(e). 了解一些年輕資淺的運轉成員的行為，用不同的領導方式協助運轉員基礎；(f). 當作業觀察結果良好，應用教導給予勉勵，與運轉成員的互動會更好。

#### (2) 評估訓練的有效性以解決運轉員基礎

評估訓練的有效性為：(a). 評估運轉員在運轉監視(Monitoring)的技能、行為、監督之熟練程度；(b). 設定績效指標觀察運轉員在運轉控制(Control)的行為，如程序書的使用，是否提出操作經驗回饋等；(c). 應用模擬操作訓練或運轉事件的技術討論，評估運轉員在保守性偏執(Conservative Bias)的行為；(d). 在控制室和現場進行作業觀察或指導，自我評估(或同業評估)運轉員在團隊操作(Team work)時是否符合作業標準；(e). 由自我評估(或同業評估)，訓練評估委員會，使用多狀態的複雜運轉情境，於運轉操作訓練或競賽時進行作業觀察，來評估運轉成員的運轉操作知識(Knowledge)。

#### (3) 以保守性的偏執(決策)來運轉電廠,這對高階領導者意味著什麼,

討論的共識為：(a). 保守的偏執應由高階領導，甚至執行長(CEO)宣示及指導；(b). 於運轉操作時，應先確定風險最低的途徑，然後向這個方向移動；(c). 溝通、分享、勉勵良好的保守性的偏執案例；(d). 應多方考慮運轉操作的可能不良後果；(e). 實際保守性的偏執行動和領導決策，更具領導效果及引起共鳴。

(4) 您如何確保運轉員基礎行為的可持續性

討論的共識為：(a). 主管應經常在控制室、現場、模擬操作訓練中心執行觀察；(b). 管理層應強調運轉員基礎行為是最優先及須持續的，非審視一下就不理；(c). 可持續性不能僅依作業流程和程序書；(d). 經常批評檢討運轉作業績效，無論是好的或是壞的行為，並鼓勵運轉團隊執行自我批評；(e). 確認是對的運轉員基礎，並加強及宣導正確的行為；(f). 作業成功的結果並不意味著行為是對的，應勇於質疑挑戰；(g). 發布「運轉員基礎警報」以傳達正面的行為及負面的行為。

#### (四) 議題討論 3，強化運轉員基礎(Reinforcing Operator Fundamentals)

核電同業對強化運轉員基礎提出四篇報告，記要如下。

主持人: Naoki Chigusa, Tokyo Centre Regional Director, WANO

##### (1) Reinforcing Operator Fundamentals (Andrey Dement' ev, NPP Production and Operation Deputy Director, Rosenergoatom Concern)

介紹俄國核電廠近十年有關人因疏失事件的統計數據及其中與運轉員訓練有關的議題，由統計數據有下降的趨勢，針對人因相關的事件檢討分析其肇因與未符合運轉基礎的項目，提出防範人因疏失的 5 項屏障：(a)確認人員為可信賴的；(b)建置無疏失績效條件；(c)執行管理監督及激勵人員；(d)好的及可用的技術狀況可防範錯誤；(f)特殊的操作需要有獨立的監督者。以確認人員為可信賴的為例，電廠檢視並提出如何提升對核安文化的認知的重點工作與作為。

##### (2) Development of Operators (Du Yanhui, Nuclear Safety Department Manager, Hongyanhe NPP, CGN)

介紹 Hongyanhe 核電廠運轉員訓練流程及 SOER 2013-1 執行的狀況。Hongyanhe 核電廠運轉員的養成訓練約需 3~5 年，高級運轉員的訓練約需 7 年，運轉員訓練主要接受：(a)職前訓練；(b)運轉理論與實習；(c)在職訓練；(d)模擬器訓練。模擬器訓練課程內容包括：正常運轉狀況、失效及暫態狀況處理、事故時運轉操作及考照前的再訓練，共 16 週的課程。Hongyanhe 核電廠將 SOER 2013-1 所提出之五項建議與電廠推動執行的五項運轉員基礎工作相結合，以持續推動之。

##### (3) Reinforcing Operator Fundamentals (Ying Liming, Deputy Plant Manager, Fangjiashan NPP, CNNP)

介紹 Fangjiashan 核電廠的基本資料，在 WANO 評估有關運轉基礎方面的發現，及電廠改正行動及目前的執行現況。有關電廠的改正行動：(a)改正領導力、當責及高標準的作為；(b)改善運轉與執行面的作為；(c)透過作業觀察及與教導持續改善運轉基礎能力。

##### (4) Reinforcing Operator Fundamentals (Marri Marchionda-Palmer, Site Vice President, Braidwood NPP, Exelon Corporation)

介紹 Braidwood 核電廠的強化運轉員基礎的成功因素：(a)建立願景；(b)將運轉的才能傳播至運轉部門外組織各階層；(c)將積存待處理的事訂優先順序，減輕運轉員的負擔；(d)領導者需參與緊急事議題的處理；(e)建立運轉經驗回饋的健康管道；(f)運轉員必須是思維清晰的領導者。

(五) 議題討論 4，有效地落實 SOER 2013-1 建議方案(Effectively addressing the recommendations in SOER 2013-1)

核電同業對有效地落實 SOER 2013-1 建議方案提出四篇報告，記要如下。

主持人: Russ Brian, Atlanta Centre Regional Director, WANO

(1) Effectively Addressing the Recommendations in SOER 2013-1(Sean Tierney, Maintenance Manager, Heysham 1, EDF Energy)

介紹幾項管理 SOER 的概念: (a)使其成為如一般性事務，有一標準處理流程對於所有 SOER，納入電廠每月治理項目的安排，每半年主導深入探討活動，以引發興趣也可檢視測試 SOER 管理流程；(b)使其持續維持，將運轉員基礎列為運轉部門五年計畫的核心要項，與所有的關鍵流程活動相關聯(如訓練環境、每日會議等)，透過與運轉有關的場所提高可見度(如控制室、模擬器、教室、紀錄室、主管辦公室等)；(c)建立工作文化，讓基層工作人員能沒有顧慮害怕等負面感受的分享環境，學習接受被問問題，建立標竿學習及自我評估方案。

(2) Performace of Recommendations of SOER 2013-1 (Valerii Kravets, Executive Director for Production, SE NNEGC Energoatom)

SE NNEGC Energoatom 公司有 15 座核能發電機組，與 WANO 莫斯科中心共同進行多項交流與評估活動，針對 SOER 2013-1 五項建議事項完成自我檢視結果為均可符合，其中發現的幾項缺失已具體提出改善措施，分享一個優良典範案例：「在管制工程師的監督下執行計畫性設備切換」。並介紹在 2017 年啟用為維護人員特殊訓練而設置的 VVER-1000 反應器的全領域(Full-scope)模擬設施。

(3) Effectively Addressing the Recommendations in SOER 2013-1(Jaedong Lee, Vice President of Power Generation Department, KHNP)

南韓目前有 23 部機組在運轉中，5 部機在建造中。韓電針對 SOER 2013-1 運轉員基礎進行自我評估，檢視及建置相關的手冊、指引、推動模擬器操練競賽、運轉員訓練評估系統、每年推選最優秀團隊/運轉員給予獎勵。未來在 SOER 2013-1 建議事項，將持續推動 (a)定期性自我評估；(b)落實運轉員訓練；(c)強化公司管理流程。

(4) SOER 2013-1 Operator Fundamental Weaknesses Cernavoda NPP Perspective (Dan Bigu, Site Vice President, Cernavoda NPP, Nuclearelectrica)。

羅馬尼亞 Cernavoda NPP 有兩部重水壓水式反應器機組，屬 WANO 亞特蘭大中心，

在運轉員基礎領域，WANO 在 2010 年同業評估有提出待改進領域(AFI<sub>s</sub>)，電廠分享四項主要弱點，後續透過對訓練方案的自我評估，數項行動已於 2013 年建立完成。介紹目前已完成的十項措施：評估模擬器成員在運轉基礎的績效表現、評估電廠事件在運轉員基礎的績效、發行專屬的基礎程序書、建立運轉基礎 PI 等；分享該電廠兩件與運轉員基礎相關的優良案例「#1 因喪失 0.4 KV 匯流排導致反應爐功率(RP)突降，主控制室成員決定反應器急停」及「#2 因主冷凝水泵高振動，主控制室成員決定降低反應爐功率(RP)至 55%運轉，以維護設備安全性」。

## (六) 議題討論 5，支援會員對提昇績效的挑戰(Supporting Members in Performance Challenges)

核電同業對支援會員對提昇績效的挑戰提出四篇報告，記要如下。

主持人：Ingemar Engkvist, Paris Centre Regional Director, WANO

### (1) Supporting Members in Performance Challenges (Alex Polyakov, Member Support Programme Director, WANO)

WANO 長期計畫的目標為提供未來 5 年 WANO 的策略方向，調整倫敦辦公室與各區域中心的活動，並成為 WANO 專家與會員間的溝通工具。技術支援計畫已更名為會員支援方案(MS programme)，以更精確反應此計畫有組織的與流程相關活動。會員支援方案內容包括：(a). 會員支援任務(MSM)；(b). 會員績效改善；(c). 新機組協助(NUA)；(d). WANO 電廠代表(Representatives)；(e). 會員支援文件(MSD)。在 2018-2022 年將專注於 4 大領域：(a). 支援持續性改善循環；(b). 強化會員績效；(c). 將 WANO 團隊效益最大化；(d). 支援新機組及新加入之會員。

### (2) Supporting Members in Performance Challenges(Artur Grigoryan, Chief Engineer, Armenian NPP)

亞美尼亞(Armenian)目前有 VVER-440 型核反應器 2 部機組，屬 WANO 莫斯科中心，Armenian 核能電廠面臨一些特殊的情況，WANO 2013 的同業評估有較多待改善事項(AFIs)，主要係亞美尼亞在電廠設計、材料科學基礎、工程計劃的組織是弱項，並缺乏核電基礎設施的支持。經電廠的努力及 WANO 莫斯科中心的協助，在 WANO 2017 的同業評估的待改善事項以減少，整體評估程度已有進步。

莫斯科中心將持續關注及協助，亞美尼亞電廠將會持續與 WANO 合作及參與各類活動；如同業評估、強化監督方案的施行、支援任務、標竿學習技術互訪、提供 WANO 運轉經驗、參與訓練及發展方案等。這是一個雙贏的方案，即持續與 WANO 合作來實現最高的營運及核能安全，以提昇核電廠運轉安全達最高水準。

### (3) WANO Support in Performance Improvement(Umair Nazar, Deputy Plant Manager, Chasma 2, PAEC)

巴基斯坦 Chasma 核電廠目前有 4 部 PWR 機組，2015 年 WANO 進行第一次同業評估提出 11 項待改進事項(AFIs)，其中 ER、HU、SC 為主要顯著的 AFIs，WANO 東京中心提供支援以期有顯著、快速且持續的績效改善，並指派同業評估領隊為電廠代表及電廠派駐 WANO 人員為助理電廠代表，以協助電廠確認各項弱點的成因及提出整體性的改善



計畫、並建立電廠領導者新的願景、提供電廠人員學習機會及持續提供指引及監督等。電廠已建置 8 項新管理流程，並針對現有 5 項管理流程完成精進改善。

(4) Recovery Takes an Industry (Richard Anderson, Site Vice President, Arkansas Nuclear One, Entergy)

Arkansas 核電廠(ANO)位處美國阿肯色州，有 2 部 PWR 型核反應器機組。2015 年美國核管會(NRC)發現電廠有 2 項重要安全相關議題，2016 年 NRC 組成 25 人視察團隊執行全範圍領域的視察，並提出具體行動文件(confirmatory action letter)。2016 WANO 亦進行評估，主要為減少重大事件相關的弱點，及改善領導和團隊以恢復原有的績效。電廠針對前述 NRC 的視察發現提出 14 項計畫方案，將積極參與 WANO/ INPO 所提供恢復績效的改善計畫，如：協助訂定恢復行動(recovery action)的優先順序、納入外部資源、評估建立恢復矩陣及順序的效能、維持住改善後的績效等。

(七) 議題討論 6，您是否充分應用可用的支援？(Are you fully utilising the support that is available to you?)

世界核能發電協會主管群特別報告核能工業工作組(IWG: Industry Working Groups)目前現況，記要如下。

WANO 為協助核電行業共享技術經驗及解決方案，推動會員及技術廠商發展成立核能工業工作組，目前為止共有七個 IWG 工作組：(1). 核能安全獨立監督 (Independent Nuclear Safety Oversight) 工作組；(2). 設備可靠性 (Independent Nuclear Safety Oversight) 工作組；(3). 績效指標 (Performance Indicators) 工作組；(4). 新建機組援助 (New Unit Assistance) 工作組；(5). 分散式控制系統 (Distributed Control Systems) 工作組；(6). 人員作業績效 (Performance Indicators) 工作組；(7). 壽期終止 (End of Life) 工作組。

核能安全獨立監督工作組(INDEPENDENT OVERSIGHT WG)，主要目的是提供一個論壇，以協助會員在確保核能安全下精進作業績效，目前已發行獨立監督準則(GL 2018-1)。

設備可靠度工作組(EQUIPMENT RELIABILITY WG)，主要目的是提供一個提高核能工業設備可靠度的論壇，如精進設備可靠性標準(NPO AP-913, WANO GL 2018-02)、指標、單一弱點、監測、設備失效分析、維護法規(10CFR50.65)、老化管理的討論及精進方案。

績效指標工作組(PERFORMANCE INDICATOR WG)，主要目的是提供一個論壇，應用標竿學習活動優化績效指標，加入保守性決策考量，依不同國家的特質發展出精進的績效指標，並符合 WANO 監視的共通性績效指標。

新建機組援助工作組(NEW UNIT ASSISTANCE WG)，主要目的是提供一個論壇，在新建機組試運轉測試階段給予援助，分三種狀態建立導則來改善作業績效，如下：(1). 新建核電機組但該國家的沒有核能運轉員；(2). 新核電公司且該國家有核能運轉員；(3). 現有核能電廠準備新建核電機組。

分散式控制系統工作組(DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM WG)，主要目的是提供一個論壇，協助辨識有安全疑慮的 DCS，分類短中長期可減少或防止 DCS 異常事件的方案，發展出符合 WANO 目標的共通性 DCS 導則(設計面、運轉員人機介面)。

人員作業績效工作組(HUMAN PERFORMANCE WG)，對標竿學習、經驗分享、自我評估及組織文化的發展創新，來引領和影響國際核能工業界者，以提高人員作業績

效的有效性。

壽期終止工作組(END OF LIFE WG)，目的為提供一個論壇，讓來自世界各地接近運轉壽期及準備退除役的電廠工作人員分享經驗，互相協助同業，幫助解決退除役問題。

以上為世界核能發電協會工作小組發表的重點整理，現階段 IWG 已建立在 WANO 網站，每年開會兩次大概於春秋兩季舉行，未來將依不同國家的特質整合文件及語言，工作小組是由會員依技術領域參加及提供經驗，需要與會的廠長、主管共同參與推動。

另有關世界核能發電協會的公共關係，係對會員做出最好的服務及溝通，目前新版的 WANO 網站提供良好的資訊及溝通平台，會員的員工們均可申請帳號使用，希望與會者推廣及善用 WANO 網站的資料，才能有效的將經驗回饋與分享。

(八) 參訪活動記要與心得(日期：9 月 13 日)，參訪切爾納沃德核能發電廠(Cernavoda Nuclear Power Plant)

首先由電廠人員接待到模擬操作訓練中心，由電廠主管說明電廠的背景。

電廠簡介方面，說明羅馬尼亞切爾納沃德核能發電廠位於多瑙河畔的康斯坦察縣，目前為 1 號、2 號核能發電機組在發電營運，每部機組的安裝功率為 700MWe(70 萬瓩)，兩部機組的發電量約佔羅馬尼亞總電力需求的 20%。

該廠的核反應器使用加拿大 CANDU 600-PHWR (加壓重水式反應爐) 技術，以天然鈾作為燃料，重水作為緩和劑和冷卻劑，1 號機組於 1996 年 12 月商業發電運轉，第 2 機組於 2007 年 9 月商業發電運轉。

接著由電廠模擬操作中心主任帶領我們去模擬操作訓練中心參觀，並介紹 CANDU 600-PHWR 各種控制盤的控制功能及操作要點 現場人員說明他們的控制盤標示說明，及程序書內容全部以英文書寫描述。

電廠人員簡要說明主要的控制盤及功能，如反應爐調整控制盤(Reactor Regulating)，緊急停機盤(Shutdown)，熱傳送控制盤(Heat Transport)，緊急爐心冷卻系統控制盤(Emergency Core Cooling System)，圍阻體監視控制盤(Containment Control)，鍋爐控制盤(Boiler)，核機補助控制盤(NSS Aux)，熱功循環操作控制盤(Thermal Cycle)，汽機發電機操作控制盤，一般電氣控制盤，緊急柴油發電機控制盤。參訪的感覺該電廠控制室是屬較老舊的電廠系統操作設備，如傳統控制室的電氣開關來操作，再搭配監視儀表、記錄器，及多窗格的警報監視設備等組合的控制室。

電廠亦說明該電廠熱功來源來自加壓重水反應器的核反應熱能，其核燃料束(Fuel Bundle)可於運轉發電時期更換，並展示核燃料束的模形，燃料束為一組圓柱形的形狀，可於運轉發電時透過自動化機械裝置使燃料束在反應器內進、出移動，以調整燃料束在反應器爐心中的功率分布配置。

模擬操作訓練中心主要是訓練新進值班運轉員，給予基本的實務操作訓練，及在職的全體運轉員團隊執行操作再訓練，訓練課程包含反應爐爐心冷卻期間到啟動，再持續操作到滿載發電，再由滿載發電慢慢操作到反應爐爐心冷卻的狀態，另外也訓練異常事件的操作，及緊急異常事件的操作訓練。

電廠人員說明兩部機組的值班配置分成 5 個輪勤的值班團隊，每一個值班團隊為 15 人，另配置其他勤務的運轉值班人員，全部的運轉值班人員約 100 人。

隨後，電廠人員帶我們去參觀一號機的控制室，大致上與模擬操作訓練中心的控制盤面一樣，該部機組正在滿載發電，而控制室人員配置兩名運轉員及一名值班主任。當天的作業活動剛好是在更換燃料束，此為 CANDU 電廠的特性，可於正常發電期間更換核燃料故發電效率高，年度的機組容量因素(UCF：Unit Capacity Factor)也高，經查國際原子能總署 IAEA 網站於 2015~2017 這三年的平均容量因素高達 93.5%。參訪人員也詢

問停機大修的時程，電廠人員說明為每二年安排停機大修，每次大修時間約 30~40 天。

參訪人員詢問控制室的作業，電廠人員說明控制室外面有一區房間為作業管制區 (Work Control Area)，做為工作項目、人員、時程的規劃，以利於管控運轉及維護作業，維持最高的核能安全，再詢問正常操作及緊急操作程序書的使用，以及值班人員輪班的配置狀況，每一輪勤值班時間為 12 小時，再依班序輪值，所以每週會有 2~3 天的訓練及休息時間。該廠值班的配置及工作與休息訓練時間，是可供台電電廠管理之參考。

電廠人員繼續帶我們導覽汽機廠房，參觀主汽輪機及發電機組，沿途經過飼水加熱器設備區，汽水分離再熱器設備區，該電廠的管路、管閥、管線均保持的非常乾淨，也沒有滴漏水現象，主汽輪機為 1500 轉/分鐘，發電機電壓為 24000 伏特，50 赫茲，可提供 70 萬瓩的電力。在該層樓的臨時器材的擺放及圍籬標示非常明確整齊，是可學習電廠管理之處。

導覽廠房外面設施，電廠人員說明在機組廠房外配置有可移動式的緊急柴油發電機組，且電源線已連結在外面的接頭到廠房內的電力盤，於喪失所有的外電及必要時，可轉移為緊急系統的用電，此為福島事件的改善項目。另廠房外的外部循環水設施，有水閘門引入多瑙河分支的河水，提供主汽機冷凝器的循環冷卻水，以增加發電效率，河水表層相當乾淨無漂浮雜物。該電廠之管理可供本公司核能電廠參考。



參訪切爾納沃德(Cernavoda Nuclear Power Plant)核能發電廠 (圖片取自會議的紙本資料)

以上為參訪心得與整理，供本公司及核能發電事業部的相關單位/部門參考。

#### 四、建議事項：

- (一) 本次全球廠長會議討論的主軸為運轉員基礎，主席也強調最近 2015~2017 三年來有多件的運轉相關事件報告，顯示運轉員基礎能力不足的比率偏高，請核能同業去重新審視及落實 SOER-2013-1 的所有建議，相關的運轉人員績效缺失報告，WANO 已發行分析報告 RPT 2017-6 在網站；以上，建議本公司的核能發電相關單位參考，依會議討論建議重新審視及落實 SOER-2013-1 運轉員基礎的建議事項，並以作業觀察、自我評估、訓練、教導來落實。
- (二) 會議議程的輪流轉動(Carousel Sessions)分為四組的討論結論，如本報告第三.(四)節，建議本公司的核能發電相關單位參考及引用。