

出國報告審核表

出國報告名稱：參加世界核能發電協會東京中心 2018 年廠長會議

出國人姓名 (2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
江明昆/核能工程監	廠長	台灣電力公司 第三核能發電廠
張瑞林/核能工程監	副廠長	台灣電力公司 第一核能發電廠
梁天瑞/核能工程監	副廠長	台灣電力公司 龍門核能發電廠
洪國欽/核能工程師	工程師	台灣電力公司 核能發電處

出國類別 考察 進修 研究 實習 開會
 其他 _____ (請依出國任務填列,例如業務接洽、海外承攬、駐外等)

出國期間：107年11月06日至107年11月10日 報告繳交日期：107年12月03日

出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.建議具參考價值
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正,原因:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至公務出國報告資訊網外,將採行之公開發表:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式:

報告人：張瑞林 (107.12.7) 副廠長
 洪國欽 (107.12.5) 核能工程監
 梁天瑞 (107.12.3) 副廠長
 劉宗興 (107.12.4) 廠長

單位主管：江明昆 (107.12.7) 廠長
 蔡正益 (107.12.7) 副廠長

主管處主管：廖英辰 (107.12.21) 副廠長
 劉國輝 (107.12.21) 副廠長

總經理：林志保 (107.12.22) 副廠長
 副總經理：(107.12.22) 副廠長

蔡正益 12/24

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 2018 年廠長會議

頁數 24 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：

江明昆/台灣電力公司/第三核能發電廠/廠長/08-8893470#2000

張瑞林/台灣電力公司/第一核能發電廠/副廠長/02-26383404

梁天瑞/台灣電力公司/龍門核能發電廠/副廠長/02-24903517

洪國欽/台灣電力公司/核能發電處/營運技術專員/02-23667086

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(開會及洽公)

出國期間：107 年 11 月 06 日至 107 年 11 月 10 日

出國地區：日本

報告日期：107 年 12 月 3 日

分類號 /目：

關鍵詞：世界核能發電協會(WANO)、廠長會議(Plant Managers' Meeting, PMM)、青年世代倡議會議(Young Generation Initiative Meeting, YGIM)

內容摘要：(二百至三百字)

本次出國任務為參加 2018 年世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)廠長會議(Plant Managers' Meeting, PMM)與青年世代倡議會議(Young Generation Initiative Meeting, YGIM)，會議由 WANO-TC 所屬會員電廠高階主管及青年世代參加，地點為日本東京。

廠長會議共進行 2 天報告與討論，議題聚焦於：強化運轉員基本職能(Operator Fundamentals)，電廠主管的領導能力、治理及運轉監督(Leadership, Governance and Reactor Oversight)，與高效能電廠長期計劃等，並互相溝通及交流經驗。

青年世代倡議會議則聚焦於各國核能產業面臨的挑戰，主要是產業前景與從業人員世代交替所衍生的經驗與技術傳承與不同世代間溝通管理。

第 3 天全體與會人員參訪日本女川核能發電廠，該廠是 311 大地震時震矩規模與海嘯遡上高度最高的核電廠，卻能安全停機平安渡過震災，還收容附近流離失所的數百位災民長達數月，廣受當地民眾支持，目前正加強各項安全設備，積極準備重啟。本次會議所獲得之經驗，可供台電公司參考，以提升核能電廠的安全營運與績效。

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

出國報告(出國類別：開會)

參加世界核能發電協會東京中心 2018 年廠長會議

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：江明昆/核能工程監

張瑞林/核能工程監

梁天瑞/核能工程監

洪國欽/核能工程師

派赴國家/地區：日本

出國期間：107年11月06日至107年11月10日

報告日期：107年12月3日

目錄

一、出國目的.....	1
二、任務過程.....	2
三、任務內容與心得.....	4
四、心得與建議.....	22
五、活動剪影.....	23

一、出國目的

世界核能發電協會東京中心(World Association of Nuclear Operators-Tokyo Center,WANO-TC)，為推展該區域的核能電廠營運績效與安全管理，每年均會召開廠長會議，邀請各會員電力公司指派核能電廠長或副廠長出席，並分享運轉績效與安全管理經驗，同時亦邀請一名青年世代與會。本次會議名稱為「廠長會議及青年世代倡議會議」(Plant Managers' Meeting & Young Generation Initiative Meeting, PMM & YGIM)，主題為「東京中心會員之運轉績效及運轉員基本職能」議題涵括：(1)高效能電廠長期計劃，(2)強化運轉員基本職能(Operator Fundamentals)，(3)高階主管的領導能力、治理及運轉監督(Leadership, Governance and Reactor Oversight)，並提供機會給與會者進行交流討論與經驗分享。

台電公司為提昇各核能電廠的營運績效與安全管理，指派核三廠江廠長明昆，核一廠張副廠長瑞林、龍門電廠梁副廠長天瑞參加廠長會議(PMM)，並由核能發電處洪國欽工程師參加青年世代倡議會議(YGIM)。

會中由與會人員學習標竿電廠優良經驗與作法，並與 WANO-TC 會員電廠之與會者於會議中交流討論，以分享營運績效與安全管理的經驗回饋。在本次的青年世代會議中，不僅討論與會友廠目前面臨的挑戰，並由 WANO-TC 資助參加世界核能大學暑期機構課程之學員，分享課程經驗。

第 3 天安排參訪日本女川核能電廠的活動，供與會者汲取該電廠為提升核能安全之經驗。

二、任務過程

日期	地點	行程摘要
11月6日	台灣→日本東京	去程
11月7日~11月8日	日本東京	參加廠長會議及青年世代倡議會議
11月9日	日本宮城	參訪女川核能發電廠
11月10日	日本東京→台灣	返程

過程簡述：

- (一) 2018年 WANO-TC 廠長會議及青年世代倡議會議於日本東京的世界核能發電協會東京中心辦公大樓舉行；會議名稱為「Plant Managers' Meeting & Young Generation Initiative Meeting」，電廠廠長會議與會者共 35 名；青年世代會議共 19 名。
- (二) 2018 年 11 月 7~8 日廠長會議議程如下：
 1. 英國 EDF Energy 的 Heysham 1 電廠廠長 Richard Bradfield 主講「借位思考-核電廠長應有的職責」("Renting" the role of Plant Manager)
 2. WANO-TC 學習與研發部(Learning and Development Division)主任 Graham McDonald 主講「SOER-2013-1: 運轉員基本職能之現行觀點」(A current perspective of SOER-2013 -1 : Operator Fundamentals)
 3. WANO-TC 績效改善部(Performance Improvement Division)主任 Kyo Hwang 主講「東京中心區域所屬會員績效分析」(Industrial performance analysis of TC region)
 4. WANO-HK 主任 Hyojin Kim 主講「值班人員常見的績效弱點」(Common weakness observed during Crew Performance Observations)
 5. 美國 INPO 的 Gary Waldrep 主講「INPO IER 17-5 運轉員基本職能問題導致的事件」(INPO IER 17-5 Events caused by operator fundamental problems)
 6. 韓國水力核能電力公司(KHNP)的蔚珍電廠廠長 Seung-bok Kang 主講「有效落實 SOER-2013-1 建議」(Effective implementation of SOER-2013-1 recommendations)
 7. 美國 Exelon 電力公司 Scott Darin 與 Wally Beck 分享領導能力、治理及運轉監督

(Leadership, Governance and Reactor Oversight)，包括：「領導力與團隊效能」(Leadership and Team Effectiveness INPO 15-005)、 「管制介面與監督」(Regulator Interface and the Oversight)、 「績效指標與行動基準」(PI's and Action Matrix - Best Practices on Oversight)、 「改正行動計劃與運轉經驗」(CAP and Operating Experience)、 「風險管理與監督作業風險認知決策程序」(Risk Management, Risk Informed Decision Making on Oversight)等 5 項子議題。

青年世代倡議會議主題：

1. 全球 WANO 青年世代之活動 (YG activities of WANO worldwide)
2. WANO-TC 青年世代活動及青年世代英語專案資訊(YG events of WANO-TC/ Information and hearing about English Programme for YG)
3. 目前核能工業面臨的挑戰(Current Challenges Facing the Nuclear Industry)

(三) 2018 年 11 月 10 日活動及內容如下：

由 WANO-TC 安排至日本宮城縣參訪女川核能發電廠，聚焦於該廠在福島事故後的因應強化措施，如海嘯牆、核子事故應變強化設施，以及汽機廠房及反應器廠房。

三、任務內容與心得

統整 2 天會議報告與討論，本次會議有五項主軸：

1. 東京中心所屬會員績效趨勢
2. 運轉員基本職能
3. 領導能力、管理及運轉監督
4. 高效能電廠長期計劃
5. 青年世代倡議會議

(一) WANO-TC 的期望

東京中心主席 Matsui 先生期望與會者在活動期間透過專業交流與技術研討，分享各單位面臨的問題並找到解決方案，並建立良好關係。針對運轉員提出，無論地點或反應器類型，運轉員都應該具備而且精進基本職能(fundamentals)，這是核能安全的基石，不能有所妥協。此外，領導力雖然有許多類型，但本質上都是一致的。同時指出青年世代是核能業界的未來，鼓勵本次參與會議的青年專家可以彼此交流，並藉由會議中與資深專家討論，傳承經驗確保核能安全，並承繼核能的安全文化傳統，為未來核能業界培養新血。

東京中心局長 Dr. Naoki Chigusa 指出 WANO 特別重視運轉人員基本職能及主管領導力，故發行 SOER-2013-1 聚焦於運轉人員弱點，但至今仍有一些成員公司未完全落實。WANO 分析全球核能電廠的營運事件，認為運轉人員應該在以下幾個方面再加強：

1. 專注理解運轉工作技術層面，強化人員績效技術運用
2. 強化運轉員訓練工作(training on task)，特別是電廠整體知識的訓練
3. 有效運用風險認知(risk informed)和減緩措施
4. 加強運轉人員對於機組暫態、安全系統效用和各種其他異常事件的處理能力

WANO認為運轉人員的基本職能應該包括：密切監視機組的指示和狀況、精確控制機組運轉、以保守質疑心態運轉機組、發揮團隊精神有效工作、與對機組設計和系統的相互關係有紮實的理解。

在維護領域，運轉員基本職能不足，也可能造成大修延誤及人員傷亡，需要更加追

求卓越。局長特別指出，經分析這種問題經常發生在有經驗及成熟之電廠，提醒有經驗之電廠勿自滿，同時也要輔導新進電廠。在強化領導力部分，局長指出領導者改變可能會造成電廠績效下降，如此領導力的有效性便非常重要。領導者的行為亦是下屬的榜樣。最後，鼓勵青年世代也能勇於分享經驗，而高階主管們也要傳承領導力方面經驗。

(二) TC 所屬會員之績效分析

近年來 TC 是 WANO 四大中心中營運狀況變化最大的中心。因為她面臨日本 16 部老機組在福島事故後宣布除役、也有多部機組重新啟動；我國核一、核二等 3 部機組無法啟動；中國大陸新增商轉超過 15 部機組等因素，又面臨各電力公司運轉/維護團隊世代交替等不利因素交相影響，仍竭力維持水準，實屬不易。

WANO-TC 績效改善部門 Kyo Hwang 點出去年東京中心成員之平均績效指標表現，只有在機組能力因數(Unit Capability Factor, UCF)有略微下降趨勢(因大量機組停止運轉)及重水式反應器(主要為印度)之非計畫總停機率(Unplanned Total Scram Rate, US7)仍有不足，其他指標(區域平均)都優於、或至少不遜於全球平均值，而且呈現逐年進步趨勢。

分析 2015 年至 2018 年 WANO-TC 所有電廠回饋的 644 件運轉經驗報告(OE Report)中，有 90 件與運轉相關，大部分是人因造成，而人因又是運轉相關事件之主要原因，包含如技術不足(程序書不足)、人為失誤、缺乏訓練、質疑的態度及溝通。

再從 2015 年至 2018 年 TC 執行的 33 次的同業評估(peer review)總共開立的 491 項 AFI (待改善領域, Area for Improvement)分析，34 項與運轉相關，當中 13 項是屬於 EX-AFI (需向公司高階主管報告的系統性 AFI)，大部分原因是缺乏監督(Oversight)，而造成此弱點的主要原因就是缺乏標準並落實實行。因此 TC 把運轉人員基本職能及主管領導力作為今年度廠長會議主軸。並廠長們能更清楚地定義並建立高標準及對於績效的期望，同時定期地監督運轉相關活動，加強作業觀察之標準，並及時修正已知的問題。

(三) 強化運轉員基本職能

1. SOER-2013-1: 運轉員基本職能之現行觀點 (A current perspective of SOER-2013-1: Operator Fundamentals)

TC 的學習與研發部(Learning and Development Division)主任 Graham McDonald 指出：運轉員是維護核能安全的最後一道防線，因此運轉員基本職能應採高標準，並應由所有電廠的所有運轉員落實。

WANO 從 2010 年起審視所有運轉事件，歸納分析相關弱點諸如：對於風險評估不足、對於運轉經驗報告(OE Report)應用不夠、對於設備可靠度與人員績效的標準要求不夠高、工作人員對於自己的作業了解不夠透徹、組織監督管理與主管領導力出現落差，導致不能立刻辨識並改正弱點...等等。並在 2013 年出版「績效目標與準則」(Performance Objectives & Criteria, PO&C-2013)與「運轉員基本職能弱點」(Operator Fundamentals Weaknesses, SOER-2013-1)，提供所有成員公司提升運轉績效與運轉人員職能的重要參考準則。WANO 在 SOER-2013-1 報告中認為運轉部門還有 5 大面向可以再精進，如：

(1) 密切監控電廠各項指標與狀態 (Monitoring Closely)

- (a) 運轉人員依據設備之重要性及電廠狀況，密切監視電廠的運轉參數，並將其數值、趨勢、及所需採取的因應行動告知其他運轉團隊成員
- (b) 當參數的警報功能異常或電廠處於暫態時需增加監測的頻度
- (c) 控制室的運轉人員須憑藉其運轉經驗確認電廠最重要的參數
- (d) 運轉人員避免以單一指示作為操作的依據，應參考其他相關的參數
- (e) 運轉員執行現場巡視時應立即回報設備或參數的異常狀況
- (f) 當參數偏離正常時，運轉員要能即時判別及因應

(2) 精確掌控機組的狀況 (Control Precisely)

- (a) 運轉員對機組的狀況，要能明確掌握參數變化的區間及其變化快慢的速率
- (b) 運轉員須確認並回報系統設備自動動作的狀況，並能在設備未如預期自動反應時，以手動操作因應
- (c) 運轉人員依程序書執行操作前，要確認電廠的實際狀況及參數指示能符合當時之操作條件

(3) 偏向保守的決策(Conservative Bias)

- (a) 保守性是反應出能夠認知威脅之所在及可能的後果，並採取適當地行動加以弭平
 - (b) 保守性能使電廠保持在安全的方向，能將反應爐安全有關的參數維持適當的餘裕
 - (c) 保守性決策能使運轉人員據以適時依程序書、訓練、或判斷將反應爐降載或停機
 - (d) 保守性決策能促使運轉人員面對不確定時能三思而行
 - (e) 運轉人員必須要了解某些以往做過的行動，在其他情況時可能不夠保守，比照去做可能會產生不符預期的結果
 - (f) 專業老練的運轉員會以保守的思維來面對運轉上的抉擇，並能質疑他人不保守的作為
 - (g) 電廠的主管要能傳達保持電廠安全餘裕重於發電的訊息，使運轉人員能在必要時，毫不遲疑的以降載或跳脫反應器的方式將電廠置於安全狀態
 - (h) 值班經理負責電廠安全及保守的運轉，能辨認運轉上的風險並做出適當的決策
 - (i) 值班經理發揮監督的功能，必要時能導正運轉人員不當的行為
 - (j) 值班主任掌控機組的狀況，依運轉員監控機組的能力，妥適安排電廠作業的順序
 - (k) 運轉人員必須遵循工作排程，不要有「別人都可以，我們為何不行」的心態，來勉力配合其他部門做排程以外的工作
 - (l) 值班主任對可能衝擊機組安全運轉的作業，須訂出中止的準則
 - (m) 運轉員須維持系統正常運轉及適當餘裕，主動質疑不符預期的狀況，處理及澄清後方可繼續
 - (n) 運轉人員能探討非預期趨勢變化的原因，並預測其對機組運轉的影響
- (4) 面臨緊急或異常狀態時，能更成有效地團隊合作與溝通

- (a) 值班經理要發揮監督的功能，要有警覺不能被不相干的事務所干擾；值班經理要掌握控制室之全局，不能只注意單一盤面的操作，例如，僅注意到汽機或發電機的暫態、測試、或操作，而未能注意到反應爐的狀況
 - (b) 運轉人員對彼此的操作及決策，應保持建設性質疑的態度來相互提醒；運轉人員要向值班團隊溝通機組的現況、重要參數及潛在安全上的考量，使團隊的決策臻於完備
- (5) 精熟電廠設計原理、系統與組件的相互作用
- (a) 運轉人員能充分瞭解程序書操作步驟背後的原理，並能預期操作後系統的反應

WANO 認為全球會員中，目前還有 25%電廠沒有完全落實 SOER-2013-1 的建議事項，所以 WANO 再發行「運轉員績效弱點分析」報告 (Analysis of Deficiencies in Operator Performance, RPT 2017-06)，指出近年大部分重要事件都與運轉有關，目前共通性弱點包含：監測參數、程序書使用、運轉員知識與技術、值班經理監督等。

WANO 將研擬業界溝通計畫，舉辦討論如何落實 SOER-2013-1 之各類研討會，並與法國 EDF 公司之領導力學院合作學習經驗，在 2019 年會舉辦相關課程，供會員參加。

2. 值班運轉人員常見的績效弱點(Common weakness observed during Crew Performance Observations)

講者首先介紹何謂值班人員表現觀察(Crew Performance Observation, CPO)，目的在於審視關於值班人員各項基本職能(Crew competency in the various operator fundamentals)、運轉管理期望有效性(Effectiveness of operations management expectations)、程序書有效性(Effectiveness of operating procedures)及值班人員訓練與模擬器表現有效性(Effectiveness of crew training including simulator performance)等。

執行方式為在模擬器模擬運轉正常、異常及緊急事件發生時，觀察整個控制室團隊操作過程，期間約 3 小時。目前 TC 僅針對新機組進行觀察，在 2020 年之後會擴及所有機組。

目前 CPO 最常見的弱點為反應度管理(Reactivity Control)及運轉人員監督與指

導(Operating Crew Oversight and Supervision)。WANO 分析缺點與原因如下：

(1) 在反應度管理方面常見弱點包括：(a)控制棒抽/插錯誤；(b)運轉員沒有控制 xenon effect；(c)運轉員沒有精確計算硼濃度或稀釋體積對於反應度變化的影響。

(2) 在運轉人員監督與指導方面常見弱點包括：(a)值班人員常因時程壓力，無法有足夠時間進行團隊操作訓練；(b)值班經理會以運轉員擁有運轉經驗或通過高級運轉員測驗，就認為其同時具有熟練的運轉基本職能；(c)認為弱點屬於個案，無法鑑別出組織或系統性成因；(d)值班經理負擔太多任務，以至無法完成監督的角色；(5)控制棒之數位控制複雜性。

WANO 將持續幫助新機組及現有機組發掘弱點，培養持照運轉員，同時也會使用 CPO 作為了解並有效改善運轉績效工具，且提供未來值班經理領導力訓練，最後也須確保模擬器之準確性不會影響訓練。

3. INPO IER 17-5 運轉員基本職能問題導致的事件 (INPO IER 17-5 Events caused by operator fundamental problems)

分析 1996 年以來的核能營運績效，INPO 發現業界有 6 年週期循環特性，其中 1995-1996、2002、2010-2011 年是績效較差的谷底。進一步分析美國電廠事件的根本肇因有以下 3 方面：

- (1) 運轉人員基本作業方面之初始養成訓練及再訓練不足
- (2) 現場主管及各部門經理對作業之監督及教導不足
- (3) 電廠長期處於穩定運轉的狀態，運轉人員缺少處理較嚴重暫態或複雜作業的經驗

另一方面，INPO 對美國電廠實施運轉基本職能執行多次自我評估，發現以下弱點：

- (1) 訓練方面：講師欠缺運轉基本職能方面的知識、教材未能充分反應運轉基本職能訓練的需求、運轉作業訓練成效評估不足、非持照運轉人員基本職能訓練不足等。
- (2) 運轉作業方面：缺乏設備操作後對系統影響的深入了解、新手運轉員知道如何做但不瞭解為何要這樣做、溝通聯繫及經驗回饋的缺失等。

為維持業界永續發展，INPO 發展一套提升組織效能、領導力與團隊績效的標準程序 - 「領導力與團隊效能屬性」(Leadership and Team Effectiveness Attributes, INPO 15-005)，報告結論顯示，運轉團隊主要缺點包括：

- (1) 無效的運轉領導和團隊合作
- (2) 缺乏對於降低效能的行為警訊的自我批判
- (3) 未採保守性運轉決策
- (4) 在減緩人員精熟度不足方面出現弱化
- (5) 強化運轉人員基本職能的訓練成效不彰
- (6) 異常狀況操作與警報處理程序不足
- (7) 公司層級的監督與參與不足

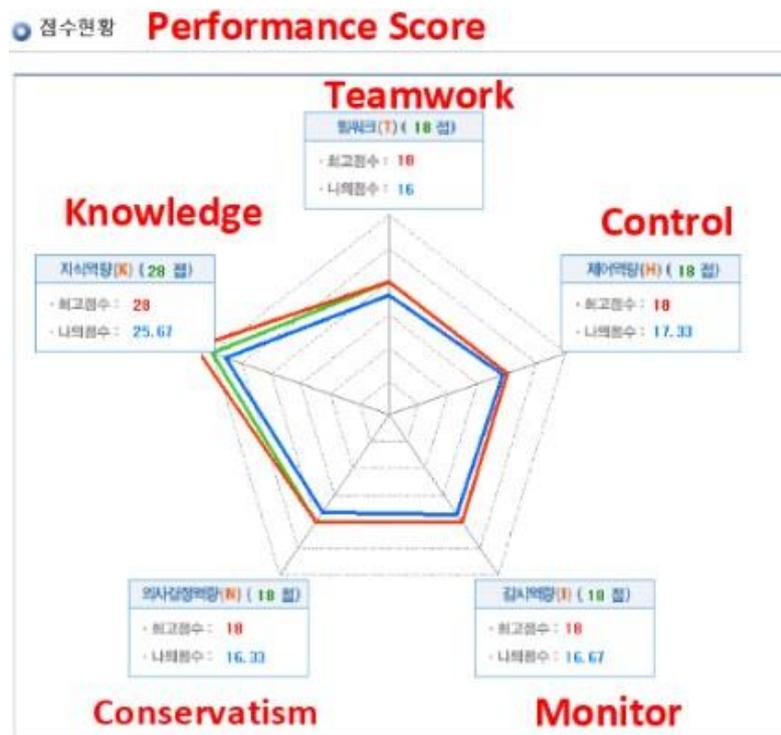
INPO 在 IER 17-5 報告追蹤前述弱點的改善狀況，並提出改善建議包括：

- (1) 強化領導力及團隊合作：持續改善培養領導力及發展、加強團隊合作。
- (2) 鼓勵自我批判：鼓勵自我批判，以了解問題之徵結點，而非做到自我傷害。
- (3) 推動保守決策：持續加強領導者與員工之雙向溝通，而非單向溝通。
- (4) 認識及減緩精熟度不足之問題：首先知道熟悉度不足之問題，再者，減緩其後果也是一樣重要的。
- (5) 改善運轉員訓練：使用模擬器作為有效工具，以了解自我的缺陷，並加強需要學習的東西。
- (6) 強化值班經理與講師之合作關係：值班經理與講師有溝通機制，使值班經理能提供講師實際運轉時面臨的問題，以改善值班人員的表現，更鼓勵廠長參與其中。
- (7) 改善總公司及獨立監督之角色：建議總公司能使用準確的績效資訊，以了解潛在的問題，並能進一步地質疑及深入問題。

4. 有效落實 SOER-2013-1 (Effective implementation of SOER-2013-1 recommendations)

本項由韓國水力核能電力公司(Korea Hydro & Nuclear Power, KHNP) 蔚珍核電廠廠長報告，介紹 KHNP 針對 SOER-2013-1 進行自我評估與改善措施如下：

- (4) 運轉員訓練評估系統(Operator Training Evaluation System)：KHNP 發展一套稱為 THINK 的運轉員訓練評估系統，從團隊合作(Teamwork)、機組控制 (High standards for controlling plant)、指標監測(Indication monitoring)、保守決策 (Natural bias for a conservative approach)、電廠設計理論與知識精熟 (Knowledge of plant design and theory)等 5 個面向全面評估運轉訓練成效，如下圖。



- (5) 頒發年度最佳團隊及運轉員獎項：以激勵運轉員持續學習之態度，並改善績效及團隊協作，且藉由獎項提高運轉員之自信。

KHNP 在 2015 及 2017 年 WANO 同業評估，仍有部分須改善，故進一步提出改善措施，以落實 SOER-2013-1：

- (1) 定期自我評估：所有 KHNP 之電廠，每兩年執行一次運轉訓練計畫與運轉員基本職能之自我評估，藉此找出弱點，發展改善方案，以改善績效。
- (2) 強化運轉員訓練：在運轉員再訓練課程中強化運轉行為，並於模擬器訓練中使用更具挑戰性之情境，另外也開展各電廠間之訓練中心同行審查。

- (3) 加強公司程序：使用公司內部及外部之經驗，落實 PDCA 機制，尋找問題並改善。

(四) 領導能力、管理及運轉監督

1. 「領導力與團隊效能」(Leadership and Team Effectiveness INPO 15-005)

如前述，美國 INPO 分析運轉團隊缺點，發現「無效的運轉領導和團隊合作」與「公司層級的監督與參與不足」是管理面影響電廠營運績效的兩項重要原因。為維持業界永續發展，INPO 開發一套提升組織效能、領導力與團隊績效的標準程序 - 「領導力與團隊效能屬性」(Leadership and Team Effectiveness Attributes, INPO 15-005)，這份報告強調以下重點：

- (1) 團隊領導與組織的弱點是影響營運績效的關鍵因素；卓越的領導者與強而有力的領導團隊，是將電廠維持在高水準安全與可靠度的基礎。
- (2) 強化團隊領導 5 個具體步驟：
 - (a) 設定明確方向(Set Direction)：領導者應提出明確且令人信服的願景與策略 (Promote a clear and compelling vision and strategy)
 - (b) 極大化團隊能力 (Maximize Competence)：確保組織成員多樣化、知識淵博、符合資格、有能力且技巧熟練，他們能鑑別並主動解決早期弱化的現象。(Ensure the organization is comprised of diverse, knowledgeable, qualified, capable, and proficient individuals that identify and proactively address early signs of decline)
 - (c) 組建優質團隊 (Engage Workforce)：營造一個勇於承擔、相互信任、當責、積極的團隊的正向環境，採取有意義的行動來推動組織優先事項和目標。(Foster a positive environment of healthy ownership, trust, and accountability, creating motivated teams that take meaningful actions to advance the organization's priorities and goals)
 - (d) 管理風險 (Cope With Risk)：利用組織專業知識，以「核能不同於其他工業」的總體理念促進決策。行動前，必須認知、了解並解決風險。(Leverage organizational expertise to promote informed decision-making with the overarching philosophy that

nuclear is different. Risk is recognized, understood, and addressed before action is taken.)

- (e) 保持成果 (Achieve sustainable results): 通過影響組織行為和加強高標準來實現績效的勇於承擔與當責精神，從而實現可持續的結果。(Achieve sustainable results by influencing organizational behaviors and reinforcing high standards to achieve ownership and accountability for performance.)

2. 「你是領導還是管理一座電廠」 (Are You Leading or Managing the Plant?)

(1) 成功領導者的共同特質

- (a) 以身作則 (Model the Way): 領導者無時無刻、不分場所、一舉一動均影響組織內每一成員，所以領導者的言行需一致，對於目標更應身體力行。
- (b) 激勵共同遠景 (Inspire a Shared Vision): 領導者對組織長遠未來要有遠景，且要與部屬分享，取得組織內同仁的認同。
- (c) 質疑態度 (Challenge the Process): 領導者應努力尋求改變現況，並鼓勵同仁，超越能力的限制，一起盡力提升組織效能。
- (d) 有效執行 (Enable Others to Act): 領導者訂定共同的目標，建立同仁的專業、能力及合作關係，並加以有效執行。
- (e) 激勵暖心 (Encourage the Heart): 領導者應充份了解部屬的努力，並能即時予以獎勵，深入人心。

(2) 電廠領導者該做的事

- (a) 領導者應該授權
- (b) 人盡其才
- (c) 指派稱職的經理和作業負責人
- (d) 致力縮小本廠與業界最佳績效標竿之間的差距
- (e) 連接適當的功能領域與中心支持功能
- (f) 統一全廠對關鍵性策略議題的立場

3. 監督治理的洋蔥模型(onion model)

- (1) 洋蔥模型的核心代表組織改善績效的原動力，包括：當責管理(management

accountability)、優良作業(good processes)與良好的訓練(good training)等 3 個部分。

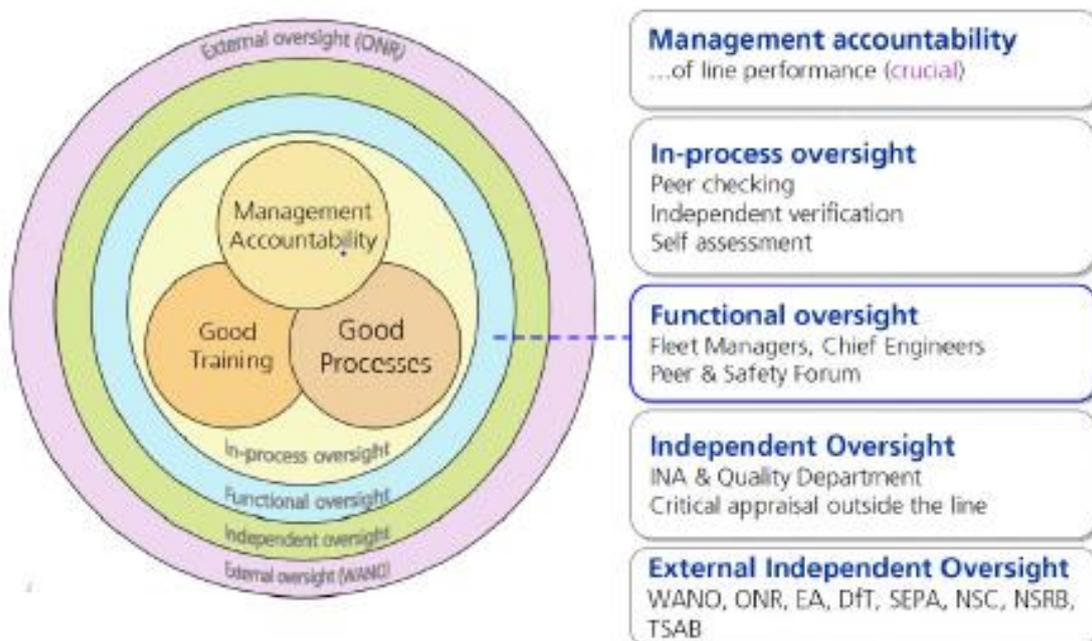
(2) 洋蔥模型的外環，代表各種確保改善成效的監督管理機制，從組織內部到外部，依序為：

(a) 作業層面監督(In-process oversight)：同事檢查(peer checking)、獨立驗證(independent verification)、自我評估(self-assessment)等手法。

(b) 功能領域層面監督(Functional oversight)：主管監督(fleet manager)、高階主管監督(chief engineer)

(c) 獨立監督(Independent Oversight)：如電廠內品質組、核安駐廠小組等

(d) 外部獨立監督(External Independent Oversight)：如 WANO、核安處、核安委員會等。



（五）高效能電廠長期計畫

本議題由大陸旅日的東京大學特任研究員 陳良博士主講，重點摘述如下：

1. 核能是日本能源組合中重要成分

2011 年日本因福島事故影響暫停核能機組運轉後，為滿足用電需求，不得不啟用早已封存、效率較低的老舊燃煤與燃油機組，使得火力發電比例從 64% 暴增到 2014 年的 90%。同期電業總排碳量從 3.74 億噸暴增為 4.74 億噸，4 年間累計增加 3.87 億噸，平均每年增加 1 億噸。發電業燃料費則從 3.6 兆日圓增加到 12.9 兆日圓，平均每年增加 5.5 兆日圓。財務省指出大量採購化石燃料是日本從 2010 年 6.63 兆日圓順差變成 2014 年有 -12.8 兆逆差的主要原因

日本大量進口天然氣替代核能發電，也造成亞太地區天然氣價格暴漲。2010-2014 年日本發電業燃料費增加 3.8 倍，電價也開始從 2012 年大幅調漲。同期家庭電價平均漲幅 19.4%，工業電價平均漲幅 28.4%，嚴重影響日本經濟發展。

福島事故後，執政的民主黨政府承受相當壓力一度推動廢核政策，並主張大力開發再生能源，日本對再生能源收購的制度與我國雷同，是以固定價格收購 20 年。根據經產省統計，2012-2014 年的再生能源收購金額從 1,900 億日圓增加為 6,500 億日圓；2015 年更高達 1.3 兆日圓。但雖然再生能源收購金額增加 3.4 倍，但同期裝置容量只增加 0.5 倍。原因與我國一樣，較便宜的水力與陸域風力都已開發飽和，新購入的都是較昂貴的太陽能。2015 年經產省預估，單單目前已簽約、但尚未發電的容量一但開始售電，收購總金額就將高達每年 2.7 兆日圓，相當於每個家庭要負擔 3,000 台幣/年，對日本經濟產生嚴重負擔。

2012 年 12 月政黨輪替，自民黨安倍晉三總理公開表示，重新檢討民主黨政府不再增設核能機組的能源政策，在確保核安情況下將重啟核電廠，但也承諾今後將努力降低對核能的依賴。他將建構「3E 能源政策」(即確保能源安全(Energy security)、提升能源經濟(Economic efficiency)與環境友善(Environment))，將包括核能在內的所有能源組合納入。

2015 年 4 月，日本政府宣布「長期エネルギー需給見通し-2030」的能源政策草案，確認核能重啟政策，並希望 2030 年能達到以下目標：

- (1) 能源自給率應從 311 地震後的 6%，恢復震前的 25%。
- (2) 能源部門碳排放減量目標比 2013 年減少 22%
- (3) 2030 年總能源需求必須比 2013 年減少 10.7%。其中 28% 為電力，72% 為熱能。
2030 年初級能源(Primary energy)適當配比規劃為：石油(32%)、煤碳(25%)、天然氣(18%)、再生能源(13-14%)與核能(10%-11%)
- (4) 電力部門總需電量比 2013 年增加 1.4%。考量供電穩定，最佳配比為：燃氣(27%)，
燃煤(26%)，核能(20-22%)，燃油(3%)，再生能源(22-24%) [細分為水力(8.8- 9.2%)，
太陽光電(7%)，生質能(3.7- 4.6%)，風力發電(1.7%)，地熱(1-1.1%)]

日本的能源政策雖在今年 7 月微調，但是能源配比並未改變。核能仍然是能源組合中重要支柱。

2. 日本目前有 26 部機組申請重啟，9 部已運轉

日本 57 部核能機組中，確定除役共有 15 部機組，都是老舊的小型機組，安全改善投資過大且經濟效益不大。目前有 15 座電廠、26 部機組申請重啟，15 部已通過原子力規制委員會(NRA)的安全審查，已重新運轉機組高達 9 部，如下表。預估 2030 年將有 30 部機組運轉。

電力公司	電廠-機組	反應器型式	NRA 核准時間
北海道電力	泊-1,2,3	PWR	
關西電力	大飯-3, 4	PWR	2017/05
	高浜-3, 4	PWR	2015/02
	美浜-3	PWR	2016/10
	高浜-1, 2	PWR	2016/04
四國電力	伊方万里-3	PWR	2015/07
九州電力	川內-1, 2	PWR	2014/09
	玄海-3, 4	PWR	2017/01
東京電力	柏崎-刈羽- 6, 7	ABWR	2017/12
中国電力	島根-2	BWR	
東北電力	女川-2	BWR	
	東通-1	BWR	
中部電力	浜岡- 4	BWR	
	浜岡-3	BWR	

日本原子力發電	東海-2	BWR	2018/09
	敦賀-2	PWR	
北陸電力	志賀-2	ABWR	
電源開發	大間	ABWR	
總計	26 部		15 部

灰色為已正式運轉機組

3. 延役與壽期管理是研究重心

全球 66%之機組已運轉超過 30 年，21%機組已超過 40 年，日本的核能重啟之路也以現有機組延役為主，福島事故前興建中機組包括：川內-3 號機、東通-1 號機與大間-1 號機。因此「長期運轉計畫」更顯重要。日本現行法規規定電廠運轉期超過 30 年之後，須進行壽期管理技術評估(Aging Management Technical Evaluation, AMTE)，通過延役後，每 10 年需再評估，最多可運轉 60 年。AMTE 評估項目如下：

- (1) 審查運轉經驗及所有安全相關之結構、系統與組件之可能的劣化情形
- (2) 反應最新知識於風險及工程資料庫
- (3) 假設電廠運轉 60 年所造成之劣化效應，評估結構、系統與組件之完整性
- (4) 假設電廠運轉 60 年所造成之劣化效應，評估地震安全分析
- (5) 評估現有維護計畫之有效性
- (6) 建立未來 10 年的長期維護計畫

(六) 青年世代倡議會議

本次青年世代倡議會議由來自 6 個國家，共 19 位與會者參加。此會議一開始講者便介紹 WANO 全球各中心之青年世代活動，如倫敦中心提供會員公司之青年世代借調至該中心 3 至 6 個月。而東京中心亦提供許多活動供青年世代參與，如下：

1. WANO YG Exchange Assembly(YGEA)：給青年世代機會至其他中心交換，以學習經驗和建立人際關係。明年將於 2 月舉辦，屆時將提供 3 個名額，至巴黎中心交換，並參訪當地核電廠。
2. 世界核能大學暑期機構課程：WANO-TC 提供獎學金予青年世代參與課程，明年 6 月於瑞士及羅馬尼亞舉辦。

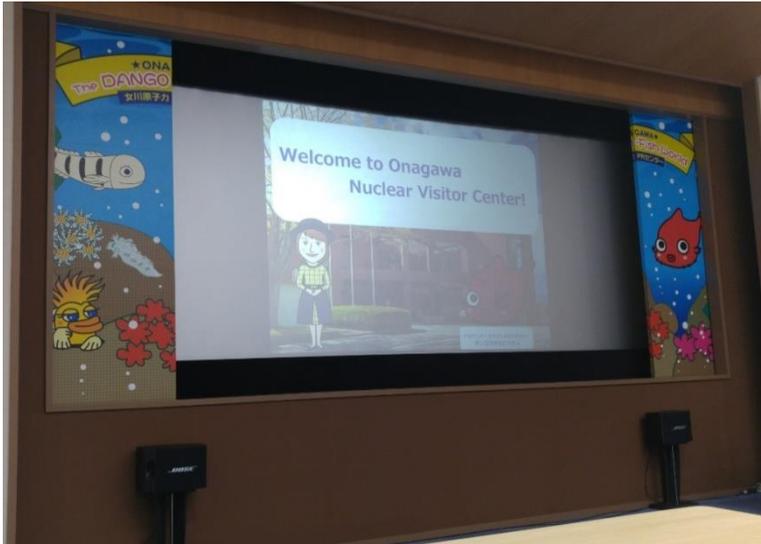
3. 青年世代參與同行審查：參與同行審查之電廠，可提名青年世代參與審查，以從中參與及觀察同行審查之過程並學習。
4. WANO BGM：WANO 於雙年會中，亦會邀請青年世代參與會議，明年將於倫敦舉辦，活動細節仍在討論中。
5. WANO-TC YG 英語專案：WANO-TC 為增強青年世代之英語能力推動本專案，內容涵括 WANO 相關活動，提供英語視頻以學習英語會話及簡報。

接下來由來自各國之青年世代分享經歷，如介紹同業審查之程序及經歷、參與 YGEA 之經歷，本公司之代表亦分享今年參與世界核能大學暑期機構課程之經驗。並邀請 Dr. Koves 向青年世代介紹安全文化。此外，由本公司、日本東京電力公司(TEPCO)、韓國水力核能公司(KHNP)、印度核能電力公司(NPCIL)及巴基斯坦原子能委員會(PAEC)之青年世代代表，簡報各國核能工業面臨之挑戰，如 KHNP 代表則簡報其能源塔(Energy Tower)所面臨之挑戰，該能源塔能即時監測每部機組之運轉參數，及線上分析主要設備狀態。PAEC 之代表說明其於人員訓練計畫、主管作業觀察及防止異物入侵方面之挑戰。

(七) 參訪日本女川核能發電廠

第 3 天為參訪位於日本宮城縣女川核能電廠，共 30 位與會者參加此活動。一開始先前往電廠之遊客導覽中心(如下圖)，辦理進廠參訪手續，並觀看介紹影片，女川核能電廠屬東北電力公司，廠內有 3 部機組，資料如下：

	1 號機	2 號機	3 號機
額定功率	524 MWe	825 MWe	825 MWe
商轉日期	1984/06	1995/07	2002/01
反應器類型	BWR-4	BWR-5	



2011年3月11日東日本大地震時，女川電廠是距離震央最近的核電廠，直線距離僅130公里，地震最大加速度高達607gal(2號機)，較福島第一核電廠高。女川電廠位於港灣崎嶇的牡鹿半島，海嘯侵襲時容易受地形影響堆高，故海嘯最高遡上高度高達13公尺，與福島第一核電廠相同。

女川電廠在建廠時也跟福島電廠一樣，採用日本土木學會當時公布的海嘯計算公式，預估高度也是3公尺左右。但是廠方鑑於歷史上曾發生1896年明治三陸大海嘯(地震規模8.5，海嘯最高遡上高度38.2公尺)、1933年昭和海嘯(地震規模8.2，海嘯最高遡上高度28.7公尺)的先例，決定將電廠地表高度提高至14.8公尺，並且不斷根據新技術更新預測海嘯高度，故能安然度過浩劫，免受海嘯侵襲。還在震災期間協助收容當地364位居民於電廠生活3個月。

2012年7月國際原子能總署(IAEA)的20位專家至女川電廠進行地震安全評估，於現場走訪、審查紀錄並與電廠人員面談，對於地震沒有對電廠造成重大損傷深感訝異，並將相關資料作為楷模分享至其他會員國。WANO也於2013年頒發「核能傑出獎」(Nuclear Excellence Award)，感謝他們對核能安全所付出之努力。

雖然女川電廠安渡如此嚴峻之地震及海嘯，卻仍持續改善緊急應變措施，如增加移動式AC電源、移動式海水泵、氣渦輪機，加強耐震能力，增加海嘯牆高度，於高處興建地下水槽等。這些改善都是本公司核能電廠原有、或確定將採取的措施。



參訪結束後由廠長與各位來賓座談，說明日本核能現況及申請再啟動程序。目前日本有 15 座電廠、26 部機組申請重啟，其中 15 部已通過原子力規制委員會(NRA)的安全審查，9 部機組已重新運轉機組。另有 13 部機組未提出申請，主要原因是各廠先爭取 1-2 部機組重啟，其他機組就容易援例辦理。東北電力公司所屬東通電廠 1 號機仍在審查中，女川電廠 1 號機因為容量小，鉅額投資改善已無經濟效益，遂決定永久停機。目前 2 號機還在 NRA 審查中、3 號機因有改善未完成，尚未提出申請。

再啟動審查則須通過(1)反應器設施執照許可申請、(2)建造計畫申請、(3)變更運轉規範申請，藉由以上程序以檢驗電廠及其設備使否能承受地震及海嘯，及建造計畫是否與實際一致並符合安全規範，並確認運轉規範足以應變事故之發生。在以上 3 道程序通過後，需再經電廠當地政府同意方可重起。

四、心得與建議

1. 目前全球核能業界普遍面臨的議題，內部為人員世代交替，特別是技術嫻熟專精的戰後嬰兒潮世代大量退離、技術傳承與銜接不易；外部則是社會大眾用更高標準要求核能安全與營運績效。是以本屆廠長會議主軸聚焦在強化運轉員基本職能，電廠主管的領導、治理及運轉監督以為因應。以我國為言，除回應這兩項普遍存在的挑戰之外，還必須因應現行能源政策對於從業人員的嚴重影響，情勢更為嚴峻。因應之道應為：(1)加速經驗傳承，落實專業技能與安全文化訓練；(2)加速世代交替，型塑新的領導風格，注入新的管理手法。一言以蔽之，假如核能從業人員不能在逆境中堅持自己的理念與價值，就不可能贏得社會大眾的信任與肯定。
2. 日本核能重啟態勢明顯而迅速。即使經歷福島事故，但是國家能源戰略並沒有放棄核能，這是因為確保能源安全、促進經濟發展、保護環境與減碳的戰略位序更為優先。目前日本已有 26 座核能機組申請重啟，其中 15 部已通過主管機關-原子力規制委員會(NRA)的安全審查，甚至有 9 部機組已經陸續發電。日本政府理性分析，從業人員兢兢業業確保核安的態度都值得吾人學習。

五、會議剪影



圖 1 廠長會議(PMM)



圖 2 青年世代倡議會議 (YGIM)



圖 3 全體與會人員合影



圖 4 參訪女川電廠人員合影