

出國報告(出國類別：洽公)

參加世界核能發電協會-東京中心在高濱  
(Takahama)核電廠之核能同業評估

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：高瑞廷 核能工程監

派赴國家：日本

出國期間：101.11.12 ~ 101.11.30

報告日期：102.01.14

# 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-東京中心在高濱(Takahama)核電廠之核能同業評估

頁數 13 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

高瑞廷/台灣電力公司/核能發電廠/核能工程監/(02)2366-7070

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(洽公)

出國期間： 101.11.12~101.11.29 出國地區： 日本

報告日期： 102.01.14

分類號/目：

關鍵詞：核能電廠，Takahama、同業評估、世界核能發電協會

內容摘要：(二百至三百字)

世界核能發電協會(WANO)舉辦之同業評估對核能電廠是一個很重要的活動，過去期望各會員電力公司所屬的核能電廠能每六年接受一次 WANO 同業評估，但在 2011 年日本福島事件之後，進一步要求能每四年就接受同業評估，以持續提昇核能電廠作業品質及改善弱點，促進全球核能工業整體安全。

日本關西電力公司所屬高濱核能電廠共有四部壓水式機組，本次共進行 8 個評估領域，範圍涵蓋組織及行政、運轉、維護、工程支援、輻射防護、運轉經驗、化學及訓練等。同業評估團隊共有 21 位成員，包括 6 位非日語系國家之成員，另有 6 位口譯員協助這些成員能夠和核電廠人員溝通，筆者 1 人為化學領域之評估員兼小組長，利用 WANO PO&C(績效目標與準則)及核能業界化學優良典範為標準，透過廠區檢查、現場作業觀察、資料審查、及與化學從業主管及人員之訪談等技巧，發掘高濱核電廠化學實際作業與上述標準之間的差異，提供電廠應改進之待改善事項。

因 WANO 定有保密條款，要求所有參與同業評估之成員務必對於核電廠之相關資料保密，不得洩漏電廠重要或敏感資訊，因此本報告僅概述行程，無法詳述評估內容和結果。

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

# 目 錄

頁 次

壹、目的	-----	2
貳、過程	-----	3
一、高濱(Takahama)核能電廠簡介		
二、同業評估團隊成員		
三、出國行程及同業評估作業		
參、心得與感想	-----	12
肆、建議事項	-----	13

## 壹、目的

世界核能發電協會(World Association of Nuclear Operators, WANO)舉辦之同業評估對核能電廠是一個很重要的活動，台灣電力公司為 WANO 的會員，有義務參與 WANO 的同業評估 (Peer Review)活動。WANO 過去期望各會員電力公司所屬的核能電廠能每六年接受一次同業評估作業，但在 2011 年日本福島事件之後，進一步要求能每四年就應接受同業評估，以持續提昇核能電廠作業品質及改善弱點，促進全球核能工業整體安全。

本次同業評估任務是接受 WANO-TC(東京中心)之邀請，派員參加化學領域之評估員工作，對日本高濱核能電廠化學相關作業執行同業評估，以提昇核能電廠化學營運之安全。

日本關西電力公司所屬高濱核能電廠共有四部壓水式機組，本次共進行 8 個評估領域，範圍涵蓋組織及行政、運轉、維護、工程支援、輻射防護、運轉經驗、化學及訓練等。同業評估團隊總共有 21 位成員，包括 6 位非日語系國家之成員，另有 6 位口譯員協助這些成員能夠和核電廠人員溝通，筆者 1 人為化學領域之評估員兼小組長，利用 WANO PO&C(績效目標與準則)及核能業界化學優良典範為標準，透過廠區檢查、現場作業觀察、資料審查、及與化學從業主管及人員之訪談等技巧，發掘高濱核電廠化學實際作業與上述標準之間的差異，提供電廠應改進之待改善事項。這一次同業評估主要是藉由上述的活動，來達到以下的目標：

- 1.與國際核能業界卓越標準和最佳績效水準如 WANO 和 EPRI(Electric Power Research Institute)水化學相關指引比較，發掘高濱核能電廠待改善領域，提供該電廠作為改善績效及提升電廠可靠度與安全性的參考。
- 2.在評估的過程也同時進行經驗交流，將高濱核能電廠的優良典範回饋提供本公司核能電廠同仁之參考。

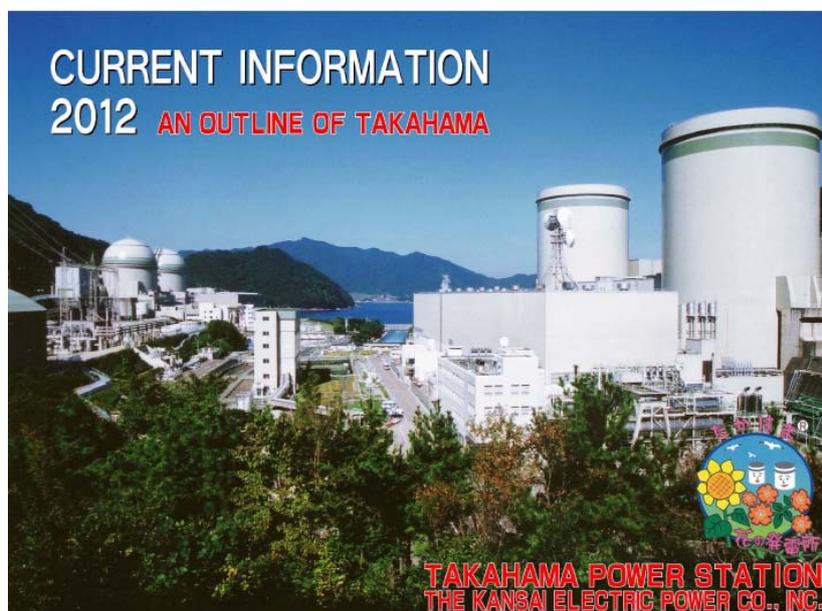
## 貳、過程

### 一、高濱(Takahama)核能電廠簡介

高濱電廠為日本關西電力公司旗下的核能電廠，共有四部機組，位於關西京都北方之舞鶴市附近，電廠員工人數為 518 人。高濱電廠是位在海邊之半島地形之上，以海水作為冷卻水源。

下圖中右方為一、二號機之反應爐和汽機廠房，較靠近者為一號機，左方為三、四號機，較靠近者為三號機，電廠充份利用此半島地形之特性，抽取半島一邊的海水，來冷卻運轉中機組餘熱後，排放至半島的另一端。

高濱電廠一、二號機分別於 1974、1975 年開始商轉，發電量各為 826MWe，而三、四號機在 1985 年開始商轉（約和我國核三廠兩部機 1984、1985 年開始商轉時間相當），發電量各為 870 MWe。因為受到 2011 年 3 月 11 日福島電廠事故影響，從 2011 年至 2012 年四部機陸續停機，目前現況皆處於停機狀態，2010 年四部機組發電容量因素約為 81.9 %。



## 二、同業評估團隊成員

本次共進行 8 個評估領域，都是關鍵領域，另有消防功能和緊急應變功能因屬非關鍵領域，本次沒有納入評估範圍之內，而 8 大領域範圍涵蓋組織及行政、運轉、維護、工程支援、輻射防護、運轉經驗、化學及訓練等。同業評估團隊共有 19 位成員，另有 6 位口譯員協助這些非日語系國家之成員，筆者 1 人為化學領域之評估員兼小組長。另有 WANO 上級指導員 1 位，於核電廠同業評估期間觀察及指導作業過程，以及 WANO-TC 的總結代表 1 位，於最後兩天抵達，參與最後與高濱電廠的總結會議。

評估團領隊(Team Leader)為來自台電公司駐 WANO-TC(東京中心)連絡工程師張繼聖經理。張經理駐 WANO 三年經驗豐富為人熱誠，筆者受到他很多的幫助，也從他身上學到 WANO 化學領域上的實務經驗及知識。而評估團聯絡人(Coordinator)一位來自 WANO-TC。

八大領域成員如下：

- 1、組織效能領域(組織與管理)(OA, Organization and Administration)評估員共有兩位，小組長評估員來自 WANO-PC 巴黎中心，評估員來自 WANO-TC。
- 2、運轉領域(OP, Operation)評估員只有一位，來自韓國駐 WANO-TC 連絡工程師。

- 3、維護領域(MA, Maintenance) 評估員共有兩位，小組長評估員來自 WANO-TC，而成員來自大陸三門核電廠。
- 4、技術支援領域 (ES, Engineering Support)評估員有三位，小組長評估員來自日本四國電力公司之伊方核電廠，一位成員為女性，來自南非核電廠，另一位來自 WANO-TC。
- 5、輻射防護領域(RP, Radiological Protection)評估員有兩位，小組長來自日本女川核電廠，評估員來自日本原子力技術協會(JANTI)。
- 6、運轉經驗領域(OE, Operating Experience)評估員共有五位，其中兩位進行現場觀察評估作業，小組長為女性來自 WANO-TC，評估員來自日本原子力技術協會，另三位則針對 WANO 重大運轉事件(SOER)進行評估。
- 7、化學領域(CY, Chemistry)評估員只有一位，即為筆者。
- 8、訓練與資格檢定領域(TQ, Training and Qualification)評估員也只有一位，來自 WANO-TC。

### 三、出國行程及同業評估作業

- 101 年 11 月 12 日 ~ 101 年 11 月 12 日 往程(台北→東京)
- 101 年 11 月 13 日 ~ 101 年 11 月 13 日 於 WANO 東京中心再訓練
- 101 年 11 月 14 日 ~ 101 年 11 月 14 日 行程(東京→高濱核能電廠)
- 101 年 11 月 14 日 ~ 101 年 11 月 28 日 高濱核能電廠評估作業
- 101 年 11 月 29 日 ~ 101 年 11 月 29 日 回程(高濱核能電廠→台北)

同業評估作業期間，依照出發前由 WANO 東京中心和高濱電廠所擬定的工作行程表按表操課，每日的時程非常緊湊，安排到每小時及每分鐘，因此在高濱電廠期間，每日都必須提高警覺，隨時注意時間，針對評估重點深入瞭解及觀察，幾乎沒有多餘的時間休息或放鬆，過程非常的充實。

#### (一)、出國行前準備

公司對於 WANO 同業評估之人選規劃都於大約 1 年前的 100 年底即已選定，因此每位評估員都有充份的時間先行研讀相關領域之技術資訊，例如化學領域主要是參照 WANO GL 2001-08：Guidelines for Chemistry at Nuclear Power Plants，其內容是對於核能電廠化學組織管理、人員技能、化學策略管制、化學量測分析、化學物品與實驗室的安全、放射性排放的管制等方面之指引。

而在 PWR 水化學策略方面，則是依據核能工業界共通的規範 EPRI (Electric Power Research Institute)所出版之各系統相關指引來做為核能電廠的指標。主要的指引計有：

- (1) EPRI-1014986 PWR Primary Water Chemistry Guidelines, Volume1, Revision 6
- (2) EPRI-1014986 PWR Primary Water Chemistry Guidelines, Volume2, Revision 6
- (3) EPRI-1016555 PWR Secondary Water Chemistry Guidelines, Revision 7
- (4) EPRI-1014985 PWR Hideout Return Sourcebook
- (5) EPRI-1007820 Closed Cooling Water Chemistry Guideline, Revision 1

另仍有多項 EPRI 和 INPO (Institute of Nuclear Power Operations)的化學相關技術資料、參考文獻可供作為核能業界之高標準。

在 101 年 11 月 12 日出發之前 1 個半月左右，WANO 東京中心連絡人即開始陸續提供高濱核電廠的基本簡介及相關行程安排之草案，再寄來高濱核電廠有關化學領域的技術資料，另也提供高濱電廠各領域之對應人員 email 地址，可和對方連絡，請先行提供所需之化學運轉資料和歷史數據，經研讀上述高濱電廠資訊後，擬訂化學領域之評估計畫(review plan)，依據 WANO PO&C(績效目標與準則)中所列之化學領域功能項目，逐項編寫細項評估計畫內容：

CY.1 化學的管理與領導：

管理的方向與期望

CY.2 化學人員的知識與技能：

對於機組長期停機後重新起動時，人員所需訓練與技能

CY.3 化學管制：

各項化學管制，能使電廠所有的運轉階段，與系統不運轉期間的化學狀況，處於最佳狀態。

(1)PWR一次水化學策略和實施，以及水化學對於人員劑量績效之改善方案。

(2)PWR二次側水化學策略和實施。

(3)密閉冷卻水系統水化學策略和實施。

(4)在運轉期間和長期停機期間之PWR水化學控制最適化方案。

CY.4 化學測量與分析：

水化學與放射化學參數應有精密和準確的量測，以及品質管制方案。

CY.5 化學物品與實驗室的安全：

化學物品的貯存、處理、分析，係以能保護人員與環境的方式執行。

CY.6 放射性排放的管制：

盡其合理可及地(ALARA)，抑低向環境排放的放射性。

## (二)、同業評估事前複習訓練 (Refresher Training) 11月13日

在11/12出發前往東京後，11/13(星期二)一大早抵達 WANO-TC 東京中心，即開始進行複習訓練，再次講解如何撰寫白卡(White card)、觀察的重點如何編寫成事實，以及學習撰寫觀察報告(Observation Report)、評估員將所記錄的事實(白卡、觀察報告等)依邏輯順序排列，再提供兩項有利的工具，一是黃色便利貼(YS, Yellow Stick)，二是將所找出的共同問題分別彙總後，例如化學領域評估員可利用問題發展表格(PDS, Problem Development Sheet)，來思考並確認在這領域中所發現之多項共同問題，找出根本整體問題(FOP, Fundamental Overall Problem)。最後撰寫待改善事項(Area of Improvement, AFI)，以協助受評估之核電廠找出缺點及提高績效。

下午則是各領域評估員與領隊張經理分別面談，討論各領域所編寫之評估計畫內容及項目，同時再特別提出5項評估重點 (Focus Area)方向，將針對高濱電廠的特性及問題先作較深入的評估。

## (三)第一階段同業評估作業：進廠會議、現場檢查、及觀察作業(觀察報告)

11月14日(星期三)至11月22日(星期四)

### 1、11月14日(星期三)

一大早出發搭乘新幹線從東京出發，前往關西，經京都換乘一般火車繼續行程，中午即到達飯店，同時在日本的翻譯人員也在此集合，大型的行李放下後，沒有停留立即出發到高濱電廠，時間約下午2點多，與電廠接待人員作短暫的會議溝通後，先去辦理進廠全身計測，以及所有的進廠手續，並先行分配所有同業評估人員將於明天應進行之現場檢查 (Plant Inspections)區域，因為本廠區有四部機組，所以每人所分配的區域都非常廣大，預計排定將於明日11月15日至11月16日上午進行現場檢查。

### 2、11月15日(星期四)

早上8點出發，約有30~40分鐘的車程，領隊利用時間在車上進行第一次的即時每日叮嚀，並貼心的發給每人一份今日注意事項，提醒大家今日的工作重點為(1)進廠會議 (Entrance meeting)、(2)現場檢查 (Plant Inspections)、(3)第一次的對應聯絡人會議 (First Counterpart Meeting)，可分享各人領域的評估計畫、以及(4)今天晚上應提出第一次現場檢查之後所發現的事實，撰寫成白卡。

到達高濱電廠後，立即與廠長及所有廠內主管及聯絡員進行正式的進廠會

議，高濱電廠先簡單介紹電廠的發電相關歷史及現況，同業評估領隊說明本次評估的目的及重點，介紹雙方的人員及對應聯絡人認識，再簡短的自我介紹後。

10 點多所有同業評估人員立刻依據昨日所分配的區域，各自由電廠人員帶開，同時每一位非日本國籍之評估員都搭配一位英日語翻譯官，陪同去進行廠區檢查及觀察，本次共有 6 位英日語翻譯官協助 6 位非日本國籍之評估員，如有任何問題都可隨時溝通無礙，現場檢查是不分專業領域的，而是全廠相關的廠區整潔(Housekeeping，屬 OP 領域)、儀器情況(Equipment Condition，MA)、暫行措施(Temporary Modification，EN)、輻射防護 (Radiological Protection，RP)、消防設施(Fire Protection，FP)、工業安全(Industrial Safety，OA)、化學品管理(Chemistry，CY)、標籤掛牌 (Labeling，OP)、文件缺失 (Documentation，EN)，以及所有其他的缺失情況，例如洩漏、未核准的運轉指示、人員不安全的行為、設施不適當等等，都要予以紀錄。

下午 13 點開始繼續執行現場檢查，而 16：00~16：45 則為評估員和對應聯絡人會議，相互討論評估計畫內容，及未來數天排定之觀察項目，安排進廠觀察之化學相關區域，例如一次側和二次側化學實驗室，現場化學系統設備，化學槽體區域，及各取樣設備位置。

16：45~17：30 則為團隊會議(Team meeting)時間，在經過緊湊的一天行程後，全隊評估員簡報今天的行程，是否有高濱電廠相關重要的資訊與發現，可提供給全隊評估員，作為未來幾天的觀察評估的方向，以及將撰寫成白卡的重點、與電廠對口聯絡人員(主管)溝通回饋，明天的觀察作業重點等。

領隊提醒，每日的觀察發現，如今日的白卡和未來數天的觀察報告，都必須遵守今日事今日畢之原則，當天晚上撰寫完成報告，不能拖延至明天，因為明天將有新的觀察作業。

會議結束後，搭乘小巴士回到飯店，約 18：30，此時為每日晚餐開始時間，晚上即開始撰寫白卡，將白天在電廠中所觀察到的事實，依據廠房、設備位置、觀察人員姓名、觀察內容描述、分類、對應領域及編號等欄位，以 Excel 檔案格式建立電子檔，即為白卡。

### 3、11 月 16 日(星期五)

今日仍為 8 點從飯店出發，領隊在小巴士上發給今日應注意事項及再次說明成日行程，今日為開始進行專業領域之觀察作業，如各領域人員有昨日尚未完成之現場檢查區域，則於今日上午儘速完成。

早上到達電廠，先繳交昨天晚上完成之白卡，後由高濱化學人員引導，以及翻譯官的陪同下，立刻開始進行現場化學相關作業觀察，早上進到一、二號機管

制站內一次側放射化學實驗室，觀察放化實驗室人員的取樣、分析及一般化學活動作業，觀察的重點在於CY-4：化學測量與分析和CY.5：化學物品與實驗室的安全，在CY-4方面是看水化學與放射化學取樣作業的正確性，和分析作業有無精密和準確的量測和品質管制方案，而在CY.5方面是看化學物品的貯存、處理、分析，是否能以保護人員與環境的方式執行。

下午則在翻譯官的協助與於化學部門主管訪談有關CY-1化學的管理與領導和CY-2化學人員的知識與技能，同時仍有一點時間初步瞭解CY-3化學管制中一次水化學策略和實施。

作業觀察是資料蒐集中最重要的步驟，經由現場觀察工作人員如何執行作業以及遵守程序書情況，可以獲得電廠作業內容可能潛在缺失之事實(Facts)。觀察的重點在(1)工作人員在現場的行為、(2)工作人員所使用的程序書及文件、(3)監督者(領班)和管理階層的作為，我們必須將所觀察到的不完美「事實」，忠實的紀錄下來就是所謂「what」，同時也要紀錄這一個事實會造成的影響就是「so what」。

而在現場觀察後，也應和對應聯絡人或監督者訪談，同時也要找到相關文件如電廠程序書、業界經驗回饋、業界標準等，以找出這一缺失事實背後的原因「why」，也可提供執行這一項工作的最佳準則。16：00 即為與化學部門對應聯絡人(主管)說明今日一整天的觀察結果。

16：45 則為團隊會議，各領域小組長口頭報告今日觀察結果中，可和其他領域分享之重點。

回到飯店後，晚上撰寫第一份觀察報告。同時規定在 21 點之前應將最後完成之白卡繳交至同業評估團聯絡人，以歸納整理資料分析。

#### 4、11 月 17 日(星期六)

今日雖然是週末，但仍繼續工作，每一位評估員都要繳交第一次的觀察報告，如有多個方向，每一位評估員撰寫之報告也可歸納分成數份觀察報告。同時舉行評估團成員的觀察報告編寫即時訓練(Observation Report Just-in-Time Training)，由領隊講解觀察報告之編寫格式、重點、要求等，列入觀察報告之陳述都必須要是事實，也要寫出此一事實會造成的影響，及事實之成因。

所撰寫之觀察報告先交由評估團聯絡人登記編號，再由領隊審查內容及修改，然後修改後之觀察報告將於 11 月 19(星期一)再交由高濱電廠化學對應聯絡人，以確認此份觀察報告所敘述的內容都是事實。

會議中將所有評估員所撰寫的白卡總共 249 項，經彙總歸納分析後，由領隊主講，將白卡事實分析領域分為運轉(OP)、維護(MA)、技術支援(EN)、組織效能(OA)、輻防,化學(RP,CY)、及消防(FP)等不同領域，交給各領域評

估員參考，以配合未來的作業觀察、人員訪談或資料查閱等事項。

同時依上述白卡資訊、前 3 天的觀察情況、以及和高濱電廠對應聯絡人訪談的結果，修改更新我們的評估計畫。

#### 5、11 月 18 日(星期天)

在忙碌一週後，今日終於可休息一天。

#### 6、11 月 19 日(星期一)

星期一仍為 8 點從飯店出發，領隊在小巴士上發給今日應注意事項及再次說明今日行程。

今日開始繼續密集的現場觀察作業、人員訪談、及資料收集審查、今日先直接至高濱核能化學部門的辦公室訪談及收集化學相關參數，及審查各項化學彙總整理評估之趨勢圖。

因為辦公室位於 3、4 號機二次側水化學實驗室之旁，因此在訪談及審查化學參數之前先行觀察二次側化學實驗室配置及化學藥品儲放管理。觀察重點在 CY.5：化學物品與實驗室的安全，確保化學物品的貯存、處理、分析，係以能保護人員與環境的方式執行。

再與化學部門對應聯絡人(主管)討論及澄清上星期第一份的觀察報告內容，以確認內容之正確性，如有細節需要修改，則必須在修改後再陳領隊作最後確認定稿。

現場觀察之後，接續上星期的 CY-3 化學管制中一次水化學策略和實施，特別注重在一次側水化學運轉週期中的水化學策略對於人員劑量績效之改善方案，同時也應平衡維持對核燃料完整性，以及對一次側鋼材組件之保護，以達成最適水化學策略之目標，使電廠所有的運轉階段，與系統不運轉期間的化學狀況，處於最佳狀態。

其標準為國際通用之最新版 EPRI PWR 一次側水化學策略計畫書，分為運轉策略計畫，和停機起動策略計畫兩大部份。觀察的重點在於電廠是否依據每四年出版一次的最新版策略計畫與時俱進，目前的一次側水化學採用鋰-硼濃度控制 pH 之策略與最新版之差異，以及對於人員劑量抑低之水化學作為有無更進一步的改善空間。

同樣的在 16：00 即和化學部門對應聯絡人(主管)會議說明今日一整天的觀察結果，16：45 為團隊會議，各領域小組長口頭報告今日觀察結果中，可和其他領域分享之重點。回到飯店後，晚上撰寫今日所發現事實之觀察報告。

#### 7、11 月 20 日(星期二)~ 11 月 22 日(星期四)

每日早上繳交前一日完成之觀察報告初稿至同業評估團聯絡人登錄編號，再交由領隊修改審核。

未來這三天同樣的密集現場觀察、人員訪談、資料收集與審查，同時依據高濱電廠預先排定的廠內工作計畫行程，進行現場觀察作業，原則上每日上午安排現場觀察作業，之後或下午安排繼續依據原先擬定的評估計畫書，在這三天逐項的將計畫中其他的項目一一進行觀察、訪談，審查資料：

CY.3 化學管制：

PWR 二次側水化學策略和實施、  
密閉冷卻水系統水化學策略和實施。

在運轉期間和長期停機期間之 PWR 水化學控制最適化方案。

CY.5 化學物品與實驗室的安全：

化學物品的貯存、處理、分析，係以能保護人員與環境的方式執行。

CY.6 放射性排放的管制：

盡其合理可及地(ALARA)，抑低向環境排放的放射性。

(四)第二階段同業評估作業：擬定待改善事項(AFI)及優良典範

11月23日 ~ 11月29日

1、11月23日(星期五)

今日工作是將過去數天來寫成的幾份觀察報告，經與對應聯絡人確認內容後，研究如何將所記錄的事實(白卡、觀察報告等)依邏輯順序排列，利用同業評估訓練提供兩項有利的工具。

一是黃色便利貼(YS, Yellow Stick)，可依所蒐集事實造成的後果及原因進行歸類整理，利用黃色便利貼來分門別類。

二是將所找出的共同問題分別彙總後，各領域評估員可利用問題發展表格(PDS, Problem Development Sheet)，來思考並確認在這領域中所發現之多項共同問題，找出根本整體問題(FOP, Fundamental Overall Problem)。PDS表格設計的方式就是協助評估員依邏輯思考，先將事實基礎(Factual Basis)，二是列出績效問題(Performance Problem)，三是後果(Consequences)，再來是找出肇因及助因(Causes/Contributors)，表格內已將因素分為(1)程序因素、(2)管理因素、或(3)人員訓練因素等三項。最後再看看有無其他洞察原因存在。

同時今日也要填寫安全文化觀察意見，當所觀察到的組織、人員行為、設備安全等優點或弱點，依據表格條列說明，晚上必須繳交給組織效能領域，進行安全文化分析。

## 2、11月24、25日(星期六、日)

這兩天雖是週末，但卻是同業評估作業中，最需要腦力激盪的時間，在昨日利用黃色便利貼(YS)和問題發展表格(PDS)所得出的潛在待改善事項(potential AFI, area of improvement)，要發展成爲正式的待改善事項(AFI)，經過評估團的待改善事項撰寫即時訓練，由領隊講解待改善事項書面報告格式，依序爲(1)根本整體問題(FOP, Fundamental Overall Problem)點出問題的核心出來、(2)肇因與貢獻(Causes & Contributors/Insights)，這一章節仍然繼續要再和電廠對應聯絡人討論其根本整體問題背後的成因，(3)目前現況發展(Current Perspective)，這一章節是說明電廠在這一方面努力的現況、(4)案例(Examples)要從觀察報告中引用最重要的代表項目 4 至 6 條來支持上述所提出的根本問題。

在 11 月 25 日(星期日)下午再度召開全團會議討論各領域所提出之每一份待改善事項，一份一份逐條討論，最終確認就成爲全團所共同擁有之待改善事項，上述所提及的(1)根本整體問題(FOP)和(4)案例，已確認定案爲最終文字，不再修改，不過上述的(2)肇因與貢獻及(3)目前現況發展，仍必須與高濱電廠人員探討，找出根本整體問題背後的肇因，因此本次會議中所定案的待改善事項仍爲初稿。

高濱化學領域的對應聯絡人也是十分積極的連絡討論，並至飯店來參加星期日之全團待改善事項討論會議希望能立即瞭解待改善事項的內容與範圍，雖然是週末，但都是以 email 方式不斷的溝通連絡，依據 WANO 同業評估精神，爲了充分提供分享所提出之待改善事項內容，每日仍是工作至半夜才能就寢。

## 3、11月26、27、28日(星期一、二、三)

在星期日下午全團的待改善事項定案後，這三天最重要的工作是(1)領隊和各領域評估員向高濱電廠的廠長及對應聯絡人提出各項待改善事項初稿，並逐字澄清說明內容，(2)與對應聯絡人共同討論，找出肇因與貢獻，以及目前現況發展，(3)尋找各領域中的作業優點，將可列爲優良典範(Strengths)。

在不斷的澄清討論中，如電廠對於文字或內容細節仍有質疑或持不同立場時，則應進一步再次現場查證或資料審查。電廠也可提出或擬定肇因與貢獻之文字內容，以及目前現況發展，如獲評估員認可，即可寫入正式待改善事項之中。在 11 月 28 日下午各領域所有的待改善事項和優良典範全部最終定案後，先行至大會議室進行簡報演練，以準備明日 11 月 29 日上午的總結會議。

另針對第三項尋找作業優點方面，高濱電廠的二次側水化學策略，對二次側設備材料的保護和發電功率的維持有很好的成果，可以公開以供世界其他相關 PWR 機組參考學習，二次側水化學策略如下：

(1)、水質採用全揮發處理(AVT)化學及高 pH 水化學運轉：飼水(FW)聯胺(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

> 100 ppb。蒸汽產生器(SG)沖放系統(B/D)之 pH：9.8 ~9.9。FW pH：9.7  
(2)、添加乙醇胺(ETA)：6.1 ~8.4 ppm。

(3)、冷凝水除礦系統(Condemin.)採用 10%流量淨化水質，另 90%旁通(bypass)，以減少聯胺和乙醇胺之添加量。

等三大策略，飼水 Fe 從 1995 年的 5.2 ppb 抑減 75%至 2010 年的 1.3 ppb，Cu 也維持在很低濃度(≤ **0.1ppb**)，有效減緩 fouling 現象，也改善 SG tube 熱交換效果，提昇發電量。

#### 4、11 月 29 日(星期四)

上午為總結會議，在高濱核電廠方面由廠長、各級長官、所有對應聯絡人、及所有相人員出席，在 WANO 方面，則由 WANO-TC 的總結代表、WANO 領隊(張經理)、及評估團全體成員參加，在會議中，先由領隊報告本次同業評估期間所發現及建立的文件，包括白卡數量、觀察報告數量，待改善事項、優良典範及 SOER 建議事項。再由各領域評估員逐一上台，逐項報告本次同業評估中所發現的各項待改善事項和優良典範詳細內容。因為這一些內容都已經過雙方多天來的討論及折衝，都已清楚明白其內容方向，因此會中發言說明目的，都只是為了讓各級長官充份明白其內涵。

而下午有一離廠會議，是由 WANO-TC 的總結代表、WANO 領隊、及評估團聯絡人赴關西電力總公司報告這一次的同業評估作業成果，至此，對於高濱核能電廠的同業評估作業圓滿達成。

### 參、心得與感想

1. 本次日本高濱核電廠之同業評估團領隊(Team Leader)為來自台電公司駐 WANO-TC(東京中心)連絡工程師 張繼聖經理。張經理駐 WANO-TC 三年經驗豐富且為人熱誠，筆者受到他很多的幫助與鼓勵，也從他身上學到 WANO 化學領域上的實務經驗及知識，在此要特別的感謝。
2. 本次雖是到日本進行同業評估作業，但過程都是以英文溝通，團員中共有 6 位口譯員協助 6 位非日語系國家之成員，筆者在化學領域中有搭配一位英日語口譯員 YAMAKI 先生協助本人。WANO 的安排及所聘請的翻譯員之英文程度都非常優秀，以化學領域為例，YAMAKI 先生對於化學的相關知識十分豐富，因此對化學領域的評估作業上，都能達成事半功倍的效果。
3. 核能業界之同業評估作業是一個相互協助、相輔相成的良性循環作業，可以持續提昇核能電廠作業品質及改善弱點，促進全球核能工業整體安全。WANO 過去期望各會員電力公司所屬的核能電廠能每六年接受一次 WANO 同業評估，但在 2011

年日本福島事件之後，世界各國對於核能安全的關注較過去是更加的重視，WANO 進一步要求各核電廠能每四年就接受一次同業評估，因此未來對於參加同業評估活動必將更加頻繁，人才的培養刻不容緩。

#### 肆、建議事項

1. WANO 同業評估領域共有 10 大項目，過去主要的關鍵領域有 6 項，但從 2010 年之後將化學(CY)和訓練及認證(TQ)這兩項加入關鍵領域之內，關鍵領域增為 8 項，意即各核能電廠每四年一度接受同業評估時，都必須納入化學領域之評估，而化學領域列入關鍵領域之主要著眼點，在於壓水式(PWR、PHWR)核電廠一次側的化學策略和化學分析作業是和核能安全及核燃料運轉息息相關，且目前國際現況上 PWR 電廠遠多於 BWR 電廠，建議公司能多選派 PWR 化學專業人員出國受訓或國內受訓，多建立壓水式化學人才庫。
2. 在核能電廠水化學策略上，沸水式(BWR)和壓水式(PWR)核電廠是完全不同的，沸水式電廠是以純水化學為主，而壓水式則為加藥式的化學策略，為了因應這兩種不同的水化學策略，建議公司在未來選派出國擔任化學領域評估員時，能考量兩者的差異性，如對象核能電廠為沸水式，則選派具沸水式化學專業人員為主，如對象為壓水式，則選派具壓水式化學專業人員為主，如此可在進行一般同業評估的同時，針對重要的水化學策略上進行更詳細的評估，也能直接吸收他廠的化學作業優點。

