

出國報告(出國類別：洽公)

參與世界核能發電協會巴黎中心主辦比利 時 Doel 核能電廠同業評估

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張哲峰 化學工程監

派赴國家：比利時

出國期間：102.01.18 ~ 102.02.10

報告日期：102.03.18

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱

參與世界核能發電協會巴黎中心舉辦比利時 Doel 核能電廠同業評估

頁數 9 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

張哲峰/台灣電力公司/核三廠/化學工程監/(08)8893470 轉 2800

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： 102.01.18~102.02.10 出國地區：比利時

報告日期： 102.03.18

分類號/目：

關鍵詞：核能電廠，同業評估

內容摘要：(二百至三百字)

1. WANO-TC(世界核能發電協會東京中心)邀請台電公司派員參與2013年比利時 Doel核能電廠同業評估(Peer Review)，協助WANO-PC(世界核能發電協會巴黎中心)針對Doel核能電廠化學領域執行評估工作。評估團隊之成員大部分由歐美等英語系國家組成，非英語系成員僅6位，共計30員。
- 2.此次執行同業評估係採用國際WANO版本之「績效目標與準則」(PO&Cs, Rev.3)作為依據。同業評估主要是藉由廠區檢查、現場作業觀察、資料審查、及與相關人員之訪談等技巧，與國際核能工業界最佳績效水準比較，發掘待改善領域，提供電廠作為改善績效及提升電廠可靠度與安全性之參考。藉由評估過程進行經驗交流，將受評估電廠的優良典範回饋予本公司核能電廠參考。
- 3.因WANO 訂有保密條款，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、 Doel 核能電廠簡介 | ----- | 3 |
| 二、 同業評估領域及團隊 | ----- | 4 |
| 三、 同業評估行程及評估作業 | ----- | 4 |
| 參、心得與感想 | ----- | 8 |
| 肆、建議 | ----- | 9 |

壹、目的

世界核能發電協會(WANO, World Association of Nuclear Operators)東京中心(WANO-Tokyo Centre, 簡稱WANO-TC)邀請台電公司派遣人員參加比利時Doel核能電廠進行的「同業評估」(Peer Review)任務,擔任化學(CY)領域之評估員。世界核能發電協會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,對比利時Doel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。

Electrabel公司所屬Doel核能電廠共有四部壓水式機組,本次共進行10個功能領域(function area)評估,範圍涵蓋組織效能功能、運轉功能、維護功能、工程支援功能、輻射防護功能、運轉經驗功能、化學功能、訓練與資格檢定功能、消防功能、緊急應變功能。另外,進行7個「跨功能」(cross function area)領域之評估,範圍包括安全文化、人員績效、自我評估(學習組織)、工業安全、電廠狀況與組態管制、工作管理、設備績效與狀況等。

同業評估團隊總共有30位成員,大部分來自歐洲國家,僅6位非英語系國家之成員。各領域評估員皆有2~3人,另有3位口譯員協助這些成員能夠和核電廠人員溝通。此次評估化學領域包含筆者共2人,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Doel核能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Doel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Doel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、Doel核能電廠簡介

Doel核能電廠為比利時Electrabel公司旗下的核能電廠，電廠員工人數為944人，共有四部機組，均為壓水式核能反應器(Pressurized Water Reactor, PWR)，位於比利時北方安特衛(Antwerp) Schelde河口，距離荷蘭邊境僅數公里。Doel核能電廠以河水作為冷卻水源，2座冷卻塔高170公尺，數公里外即可看到，下圖中右方為一、二號機，左方為三、四號機，冒白煙者即為冷卻水塔。

杜爾核能電廠一、二號機為相同設計且共用安全系統的雙機組，於1975 年開始商轉，發電量為432.5MWe。三號機在1982年開始商轉，發電量為1008 MWe。四號機在1985年開始商轉，發電量為1006 MWe (約和我國核三廠二號機開始商轉時間相當)。



杜爾核能電廠目前正面臨2個巨大挑戰，第一個挑戰是2012年7月利用超音波檢測時，在三號機反應器壓力容器(reactor vessel)發現有缺陷(defect)。為了安全起見，杜爾電廠3號機暫停運轉，進行一連串的检查與測試，至今仍未起動運轉。第二個挑戰是，由於政治上的考量，Doel核能電廠一號機和二號機，決定2015年停止運轉，並進行除役。

二、同業評估領域及團隊

本次共進行10個功能領域評估，另外進行7個「跨功能領域」評估。10個功能領域範圍涵蓋：組織效能功能、運轉功能、維護功能、工程支援功能、輻射防護功能、運轉經驗功能、化學功能、訓練與資格檢定功能、消防功能，以及緊急應變功能。而7個「跨功能領域」範圍包括：安全文化、人員績效、自我評估(學習組織)、工業安全、電廠狀況與組態管制、工作管理，以及設備績效與狀況等。

此次同業評估是由WANO-PC(巴黎中心)負責，故評估團領隊(Team Leader)來自WANO巴黎中心。評估團隊共有30位成員，只有6位是來自非英語系國家，其餘的均來自歐美等英語系國家，另有3位口譯員協助這些非英語系國家之成員。各功能領域成員平均2~3人，而每一位評估員除了要進行自己的專業領域評估外，必須另外參加一個跨功能領域的評估。此外，尚有1位總結代表，於最後兩天抵達，參與最後的總結會議。

三、同業評估行程及評估作業

| | |
|-------------------------|--------------|
| 102年01月18日 ~ 102年01月19日 | 往程(高雄→比利時) |
| 102年01月20日 ~ 102年02月08日 | Doel核能電廠評估作業 |
| 102年02月09日 ~ 102年02月10日 | 回程(比利時→高雄) |

(一)出國前準備

公司大約於半年前選定，由筆者支援WANO東京中心，前往比利時參加Doel電廠的同業評估。行前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, Volume 1, Revision 6。
- (2) EPRI-1014986, PWR Primary Water Chemistry Guidelines, Volume 2, 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月初，WANO巴黎中心即開始展開與各評估員聯絡，寄送行程表，並要求提供各項資料、表單之填報。大約12月中旬，Doel核能電廠的進一步資訊(Advanced Information Package)寄到各評估員手中，供進一步研讀。經研讀上述Doel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：

對於化學人員所需的訓練與技能

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)評估作業

第1週

評估作業的第1天晚上，整個團隊在旅館相見歡，相互認識，與同伴培養默契。第2天開始才真正進入Doel電廠。首先辦理入廠手續，簡單檢查身體狀況、全身計測，領取輻射劑量配章以及出入證件製作等。接著進行開幕會議並相互介紹對應單位成員(Counterpart)。當天下午則試穿戴個人防護用具(Personal Protection Equipment, PPE)，整理辦公用具等。第3天進行電廠內環境認識，並進行廠房環境檢查，如有不符標準之處，依照不同領域分類、開立白卡(white card)請電廠改善。從第3天開始，另外也針對評估員再度做一些訓練，包括：如何進行觀察、訪談、與對應人員溝通及開立各種表單、製作觀察報告等。

第5天由一位資深評估員帶領各領域評估員進行實地觀察(Observation)作

業。第1次的觀察是相同領域的評估員全部一起進行觀察作業，資深評估員會視情況適時對評估員加以指導。而第6天開始，每1位評估員即各自依據評估計畫，進行相關的評估作業。

評估作業的每天下午，有大約1小時的時間，與對應單位人員進行溝通會議，討論前一天的觀察報告內容，是否雙方有不滿意之處；另外，亦溝通當天觀察的結果與即將製作的觀察報告。而每天結束在電廠評估作業回旅館前，整個團隊會在一起開會，討論當天各領域所觀察到的3項較重要的事實(Fact)，並說明對應單位人員的溝通情形。

每1天結束電廠評估作業回旅館稍事休息後，繼續在旅館的會議室進行觀察報告製作，或修訂前1天的觀察報告，與同伴討論隔天的評估計畫是否進行修訂等。

第2週

延續第1週的評估作業，第2週的週一~週四上午依照評估計畫，繼續進行觀察、訪談、溝通等，下午則製作觀察報告，與對應單位人員溝通。同樣地，每天結束在電廠評估作業回旅館前，整個團隊開會討論當天各領域所觀察到的3項較重要的事實(Fact)，並說明對應單位人員的溝通情形。

週五則進行觀察報告整理、彙總，擬定可能的領域改善方案(Area For Improvement, AFI)，並與對應單位人員討論。週五晚上則進行研讀所有的觀察報告(包含所有領域、所有的Facts)，以作為下一階段的作業準備。

週六與週日2天，於旅館會議室進行黃貼紙作業(Yellow Sticky Exercise, YSE)，由所有領域評估員及對應單位人員共同參加。YSE作業就是將評估過程所製作的觀察事實(Observation Facts)，每一項Fact逐條列印到一張黃色貼紙上，然後根據專業領域的績效目標與準則，將Fact歸類。以化學領域來說，共計6大功能項目(CY.1~CY.6)。全部歸類完成後，由最多Facts的該類(可以多於1類)選出最強烈的10~20個事實，來做為該類別可能改善的領域(草案)。

第3週

接續上1週未完成的作業，第1天進行跨功能領域的Yellow Sticky Exercise，以及製作、修改AFI草案。第2天持續與對應單位人員討論、溝通各領域所提出的AFI。而每天下午結束前的團隊會議，則針對每一個領域提出的AFI經過大家的討論、研商，決定是否有足夠充分且強烈(strong)的事實去支持這些AFI。如果所發現的事實，不足以構成AFI，則會被列入PD(Performance Deficiency)。由於日本福島事件發生後，WANO希望能將評估作業更聚焦(focus)在核能安全的議題上。因此，與安全問題較無關聯的皆被列入PD；而只要與安全有關的議題，就算被發現的事實與業界標準僅有小瑕疵，亦會被列入AFI。

第3天，大致上的AFI以及PD，均與對應單位人員充分討論過，也獲得對應單位人員的同意，因此開始正式定稿作業。第4天是向電廠主管報告此次評估作業的發現，以及所有AFI與PD的內容。另外，也進行正式會議的演練。

第5天，也就是評估作業的最後1天，與電廠主管及相關人員進行正式的閉幕會議，每一個領域簡單報告其AFI內容。閉幕會議後，一個簡單的茶會，團隊成員就各奔回程，結束此次的同業評估作業。

參、心得與感想

- 一、WANO同業評估是集合各國在核能電廠各領域學有專精的專業人士組成團隊，藉助這些專家的經驗來評估電廠，使電廠的營運績效更能提升，更往安全的方向進行，是一項對電廠有正面效益的活動。
- 二、WANO同業評估原本6年舉辦一次，但在2011年日本福島事件之後，進一步要求各會員每4年就應接受同業評估一次。此一演變對於公司內同仁來說，增加了與國外專家交流溝通的機會，更能增加瞭解有關國際上核能的資訊。
- 三、比利時Doel電廠雖然運轉了三十幾年，但是該電廠的廠房管理(Housekeeping)做的很好，整齊清潔、難得看到雜亂，設備也多維護在良好的狀態。在化學

方面，各項水質控制得宜，減少設備材質的腐蝕速率，特別是二次側系統的雜質含量很低，有效降低蒸汽產生器的腐蝕。

肆、建議

- 一、由於同業評估的頻率縮短，增加了與國際交流的機會，加上公司派駐國外的人員增加，有必要加強語言溝通的能力。建議公司應增加選派人員，培養、增強語言能力，以配合此一趨勢。
- 二、化學是WANO績效目標與準則10大要項之一，各核能電廠每4年一度接受同業評估時，都必須納入化學領域之評估。惟目前國內僅核三廠為PWR電廠，受過WANO同業評估基礎訓練的人員並不多，建議公司能增加選派PWR化學專業人員出國受訓或國內受訓。