

出國報告(出國類別：洽公)

赴瑞士 **Leibstadt** 核電廠執行核能同業評估

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳偉漢 化學工程師

派赴國家：瑞士

出國期間：105.04.09 ~ 105.04.30

報告日期：105.05.20

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱

赴瑞士 Leibstadt 核電廠執行核能同業評估

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

陳偉漢/台灣電力公司/第一核能發電廠/化學工程師/(02)2638-3501 轉 3424

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： 105.04.09~105.04.30

出國地區：瑞士

報告日期： 105.05.20

分類號/目：

關鍵詞：核能電廠、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(World Association of Nuclear Operators, WANO)舉辦之同業評估(Peer Review)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 的同業評估活動。WANO 要求各會員電力公司所屬的核能電廠每四年接受一次同業評估作業，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。

瑞士 Leibstadt 核電廠為沸水式機組，本次共進行 10 個評估領域，範圍涵蓋組織及行政、運轉、維護、技術支援、輻射防護、重大運轉經驗報告、化學、訓練與資格檢定、消防以及緊急應變等。筆者與另一位 WANO 巴黎中心之化學評估員(兼化學領域小組長)一同執行化學領域評估工作。利用 WANO PO&C 2013-1(WANO 績效目標與準則 2013-1 版)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、以及與化學主管和人員訪談等技巧，發掘 Leibstadt 核電廠化學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、Leibstadt 核能電廠簡介		
二、同業評估領域及團隊		
三、出國行程及同業評估作業		
參、心得與感想	-----	8
肆、建議事項	-----	9

壹、目的

世界核能發電協會(World Association of Nuclear Operators, WANO)舉辦之同業評估(Peer Review)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 的同業評估活動。WANO 要求各會員電力公司所屬的核能電廠每四年接受一次同業評估作業，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 東京中心 (WANO-Tokyo Centre, 簡稱 WANO-TC)之邀請,派員參加 WANO 巴黎中心 (WANO-Paris Centre, 簡稱 WANO-PC) 化學領域之評估員工作，對瑞士 Leibstadt 核電廠執行同業評估，除了善盡本公司身為 WANO 會員應盡之義務外，更可藉由互相的經驗交流與觀摩學習，達到增進核能電廠營運安全的目的。

瑞士 Leibstadt 核電廠為沸水式機組，本次共進行 10 個評估領域，範圍涵蓋組織及行政(Organization & Administration, OA)、運轉(Operation, OP)、維護(Maintenance, MA)、技術支援(Engineering Support, ES)、輻射防護(Radiological Protection, RP)、重大運轉經驗報告(Significant Operating Experience Report, SOER)、化學(Chemistry, CY)、訓練與資格檢定(Training & Qualification, TQ)、消防(Fire Protection, FP)以及緊急應變(Emergency Preparedness, EP)等。同業評估團隊共有 23 位成員，來自 10 個不同國家，每個評估領域至少有 2 位成員。筆者與另一位 WANO-PC 之化學評估員(兼化學領域小組長)一同執行化學領域評估工作。利用 WANO Performance Objectives and Criteria 2013-1(WANO 績效目標與準則 2013-1 版, 簡稱 WANO PO&C 2013-1)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、以及與化學主管和人員訪談等技巧，發掘 Leibstadt 核電廠化學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 Leibstadt 核電廠待改善領域，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 Leibstadt 核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、Leibstadt 核電廠簡介

Leibstadt 核電廠位於瑞士北部瑞-德邊界附近的 Leibstadt 小鎮，只有一部機組，為沸水式核能反應器(Boiling Water Reactor, BWR)，員工人數為 551 人。電廠位在萊茵河畔，取用萊茵河水作為冷卻水源。

Leibstadt 核電廠自 1984 年 12 月開始商業運轉，發電量為 1245 MWe，是瑞士最新且發電量最大的核能機組。年發電量佔瑞士全國使用電力的 17%。

電廠外觀最顯著的是冷卻水塔，即下圖右方冒白煙者，高度 144 公尺，冷卻水為閉路循環，因熱交換蒸發損失的冷卻水藉由抽取萊茵河水淨化後來補充。左方為反應爐和汽機廠房。



二、同業評估領域及團隊

本次共進行 10 個功能評估領域，其範圍涵蓋組織及行政(OA)、運轉(OP)、維護(MA)、技術支援(ES)、輻射防護(RP)、重大運轉經驗報告(SOER)、化學(CY)、訓練與資格檢定(TQ)、消防(FP)以及緊急應變(EP)等。

此次同業評估由 WANO-PC 負責，評估團領隊(team leader)來自 WANO-PC。同

業評估團隊共有 23 位成員，來自 10 個不同國家，每個評估領域至少有 2 位成員。Leibstadt 核電廠位於瑞士的德語區，WANO-PC 對評估團隊成員提供相當強大的語言協助，除了 14 位德-英翻譯人員協助評估員能和電廠人員溝通外，另有 2 位語言支援(language support)協助潤飾符合 WANO 標準的報告。此外，另有 WANO-PC 的總結代表(exit representative)1 位，於最後 4 天抵達，參與最後與 Leibstadt 核電廠的研討會及總結會議。

三、出國行程及同業評估作業

(一)、出國行程

105 年 04 月 09 日 ~ 105 年 04 月 10 日 往程(台北→瑞士蘇黎世)

105 年 04 月 11 日 ~ 105 年 04 月 28 日 Leibstadt 核電廠評估作業

105 年 04 月 29 日 ~ 105 年 04 月 30 日 回程(瑞士蘇黎世→台北)

(二)、出國行前準備

公司於 4 個月前選定由筆者支援 WANO-TC 前往瑞士參加由 WANO-PC 主辦之 Leibstadt 核電廠同業評估工作。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 BWR 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。主要的指引有：

- (1) EPRI- 1024871, EPRI BWR Chemistry Summary
- (2) EPRI- 1024985, EPRI Boiling Water Reactor Sampling Summary
- (3) EPRI- 3002002610, Boiling Water Reactor Chemistry Summary: 2013 Update of 2012 Experience
- (4) EPRI- 3002002623, BWRVIP-190 Revision 1: BWR Vessel and Internals Project, Volume 1: BWR Water Chemistry Guidelines - Mandatory, Needed, and Good Practice Guidance and Volume 2: BWR Water Chemistry Guidelines - Technical Basis

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 105 年 1 月下旬，WANO-PC 連絡人即開始與各評估員聯絡，提供評估行程並要求填報相關個人資料。3 月初將 Leibstadt 核電廠的進一步資訊(Advance

Information Package, AIP)以電子郵件寄到各評估員手中以供先行研讀。經研讀上述 Leibstadt 核電廠資訊後,擬訂化學領域之評估計畫(review plan),依據 WANO PO&C 2013-1 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 化學基礎專業:

化學人員應用基本的知識、技能、行為和作業方法來執行化學活動,以支持電廠安全及可靠的運轉。

CY.2 化學控制:

化學人員在電廠運轉的所有階段維持適當的化學狀況。

CY.3 排放控制:

化學人員透過監測和管制電廠排放來保護環境。

(三)、同業評估作業

第 1 週 04 月 11 日(星期一) 至 04 月 16 日(星期六)

評估作業的第 1 個晚上,團隊成員在旅館會議室召開第一次團隊會議,大家自我介紹後,領隊針對這次同業評估提出他的期許以及注意事項。

第 2 天一大早就出發前往電廠,辦理入廠手續、全身計測、出入証製作、試戴個人防護裝備(Personal Protection Equipment, PPE) 以及整理個人辦公用品等。接著進行進廠會議,由廠長簡報電廠現況並介紹對應部門聯絡員(counterpart)。下午即開始現場環境認識以及現場檢查(Plant Inspections)。現場檢查是不分專業領域,而是將全廠相關的廠區整潔(Housekeeping)、儀器情況(Equipment Condition)、暫行措施(Temporary Modification)、輻射防護(Radiological Protection)、消防設施(Fire Protection)、工業安全(Industrial Safety)、化學品管理(Chemistry)、標籤掛牌(Labeling)、文件缺失(Documentation)以及所有其他的缺失情況,例如漏水、漏汽、漏油、未核准的運轉指示、人員不安全的行為、設施不適當等等,都要予以記錄。評估員依據上述相關領域將所見不符標準之處開立白卡(white card),再交由評估團隊的協調員(coordinator)作內容確認及彙整後,最後交給電廠管理階層作為電廠改進與提升之參考依據。白卡同時也為後續作業觀察之事實例證提供頗具參考價值的資料來源。下午 5 點至 6 點則為團隊會議(team meeting)時間,全體評估員簡報今天現場檢查的過程,是否有重要的資訊與發現可提供給其他領域評估員作為未來幾天的觀察評估的方向。晚上回到旅館稍微休息,又至會議室將所開立之白卡內容做最後審閱及整理後,將白卡交給評估團隊的協調員才結束今天工作。

第 3 天至第 5 天,即開始執行現場作業觀察(observation)。每天早上 8 點至 12 點依照化學領域小組長所擬定的評估計畫,執行現場作業觀察。作業觀察是資料蒐集中最重要的步驟,經由在現場觀察工作人員如何執行作業的情況,可以獲

得電廠作業過程可能潛在缺失之「事實」(fact)。評估員必須將所觀察到的不完美「事實」，忠實的記錄下來，也要寫出此一「事實」會造成的後果(so what)。現場作業觀察也包含和作業人員以及其監督者訪談，同時也要檢視相關文件，如電廠程序書、業界經驗回饋以及業界標準等，以找出這一「事實」背後的原因。中午午餐後，下午 1 點至 4 點撰寫作業觀察報告(observation report)。4 點至 5 點與對應部門聯絡員開會(counterpart debrief)，其主要目的係與對應部門聯絡員分享當天所觀察到的「事實」並確認其正確性，因為評估員在觀察報告中所指出對方不完美「事實」都需經對方聯絡員同意，因此在溝通的過程中難免有一些討價還價。最後再討論及確認隔天作業觀察與訪談之項目與時程。5 點至 6 點為團隊會議，各領域 1 人代表報告，報告重點為：與對方聯絡員關係是否良好、今日觀察結果中 1 個優點及 2 個最顯著的缺點，以及可和其他領域分享或要求其他領域協助之重點。晚上回到旅館在會議室整理今天的觀察報告，經由語言支援人員協助潤飾報告內容後才能將報告上傳結束今天工作。

第 2 週 04 月 17 日(星期日) 至 04 月 23 日(星期六)

週一至週三持續依照評估計畫於早上執行作業觀察、人員訪談、化學實驗室及化學藥品倉庫的檢查，下午則撰寫觀察報告、與對應部門聯絡員溝通以及開團隊會議。晚上回到旅館整理、潤飾當天的觀察報告，並修改前幾天尚未經領隊核准的報告。

週四是最忙碌的一天。在前幾天的觀察報告中所有須釐清的「事實」以及領隊交代須持續追蹤(follow up)的項目都必須在今天完成。白天在電廠所有評估員都持續發掘是否有更強烈(strong)的「事實」，並與對應部門聯絡員討論、溝通。今天所有的觀察報告都必須獲得領隊核准，不能有任何尚未釐清的項目。

週五一早到達電廠，即與對應部門聯絡員開會，確認雙方都滿意所有觀察報告內容後，WANO 秘書開始列印全部領域的觀察報告。早上 10 點左右，每個評估員都拿到一本資料夾，內含所有領域的觀察報告。評估團隊隨即驅車回到旅館，開始研讀全部觀察報告(含所有的領域，所有的 facts)，以便從其他不同領域的觀察報告中找尋有用之相關例證。晚上 7 點，在研讀全部觀察報告後筆者與化學領域小組長一同勾選化學領域相關的 facts，並將 facts 製作成黃色便利貼(Yellow Sticky)以做為下週分析作業之準備。

第 3 週 04 月 24 日(星期日) 至 04 月 29 日(星期五)

週一於旅館會議室進行黃色便利貼作業(Yellow Sticky Exercise, YSE)，由全體評估員與對應部門聯絡員參加。YSE 就是將所勾選出與本領域相關的「事實」

逐條列印至一張黃色便利貼，然後在數張大海報紙上將這些「事實」分類。一開始可能會有將近 10 個小類別，再將相似的小類別歸納為 2~3 個大類別。歸類完成後，若該類有 10~20 個「事實」則此類別即成為潛在待改善事項(potential Area for Improvement, potential AFI)。隨後，評估員與對應部門聯絡員一同討論寫下這個類別的績效偏差(Performance Gap, PG)，並在上述 10~20 個「事實」中選出 5 個最顯著的依嚴重程度排列，此為 potential AFI 草案。下午 5 點每個評估員都拿到所有領域的 potential AFI 草案並開始研讀。

週二於旅館會議室進行挑戰會議(challenge meeting)，由全體評估員參加。所謂挑戰會議就是將各領域所提出之每一份 potential AFI 草案，一份一份逐條討論，經整個評估團隊討論確定後就成為待改善事項(AFI)。若 potential AFI 草案中所提出的「事實」不夠強烈(strong)，不足以說服電廠這是個 AFI，則將此 potential AFI 列為 PD(Performance Deficiency)。也有一些 potential AFI 草案經討論後認為所有的「事實」都很輕微或是已用於其他 AFI，則此 potential AFI 即被刪除不列入總結報告中。

週三評估團隊至電廠與對應部門聯絡員討論 AFI 與 PD 的定稿作業。一份 AFI 報告中，除了績效偏差以及案例（即引用的 facts）已列於 potential AFI 草案外，還有肇因與貢獻(Causes & Contributors)以及目前現況發展(Current Perspective)仍然要繼續再和電廠對應聯絡人討論其問題背後的成因，以及電廠目前的作為。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。因此後續仍與電廠對應聯絡人一同討論，並參考評估團隊的回應意見，不斷斟酌修訂內容，以期完全與事實相符，同時均能為雙方所認同與接受。

週四上午各領域所有的 AFI 與 PD 全部定案後，先行至訓練中心會議室進行簡報演練，以準備下午的研討會(workshop)。電廠方面認為週五的離廠會議出席人員與研討會大同小異，經與 WANO 評估團領隊討論後決定將離場會議與研討會合併舉行。下午研討會與離場會議在 Leibstadt 核電廠方面由廠長、電廠高階主管、所有對應聯絡人以及相關人員出席；在 WANO 方面，則由 WANO-PC 的總結代表、WANO 領隊以及評估團全體評估員參加。在領隊簡短致詞後，先由各領域評估員逐一上台，報告本次同業評估中所發現的各項 AFI 和 PD 內容。其次由領隊報告本次同業評估期間所建立的文件，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。接著由 WANO-PC 的總結代表以及廠長致詞後結束今天的研討會及離場會議。

週五早上 11 點電廠派車將我們由旅館送至蘇黎世機場，團隊工作夥伴各自踏上返鄉歸途。至此，Leibstadt 核電廠的同業評估作業圓滿達成。

參、心得與感想

1. WANO-PC 召集約 10 個不同國家各領域的專業人士來執行同業評估作業，藉由這些專家在不同語言、文化的工作經驗，以持續提昇核能電廠作業品質及改善弱點，對電廠來說是一項很有助益的活動。
2. WANO 的官方語言是英文，本次雖然在瑞士的德語區進行同業評估作業，但評估過程都是以英文溝通。其實該電廠管理階層的英文能力還算不錯，雖然如此，WANO-PC 對評估團隊成員仍提供相當強大的語言協助，除了 14 位德-英翻譯人員協助評估員能和電廠人員溝通外，另有 2 位語言支援人員協助潤飾符合 WANO 標準的報告。筆者在化學領域中搭配的翻譯人員甚至有過 WANO 同業評估的經驗，因此在化學領域的評估作業上，給了筆者相當大的助益。
3. 瑞士 Leibstadt 核電廠已運轉了 30 年，但從此次同業評估過程中發現該電廠的廠房管理(housekeeping)做的相當好，設備狀況維持在良好的狀態，處處整齊、清潔，未顯老態。廠長在首日進廠會議簡報時意氣風發，說明數項未來幾年的重大更新改善工程，將可使該電廠迎向另一個 30 年。反觀國內政治風氣視核能發電為妖魔鬼怪，發電績效良好且沒有出過重大核安事件的電廠可能無法運轉到執照終期就得被迫停機，實在令人不勝唏噓。

肆、建議事項

1. 在 WANO 同業評估過程中，英語的溝通能力相當重要，溝通能力不佳會使個人在專業上的表現受限，進而無法對整個評估團隊做出最好的貢獻。建議公司能主動選派同業評估以及派駐 WANO-TC 的候選人參與經濟部經建班或公司內部的語文訓練，並能多以會話訓練課程為主。
2. WANO 同業評估員需要對該領域有全面的認識與瞭解，筆者身為一個工程師，僅專精於本領域的某一部分，對受評電廠難有最佳的貢獻。建議爾後選派參與同業評估活動人選能以經理級為主，否則至少是課長級主管，才有足夠的視野能看到整個評估領域的全貌。