

出國報告(出國類別：洽公)

參加世界核能發電協會(WANO)

其他區域中心(亞特蘭大中心)

在庫克(D.C. Cook)核電廠

之核能同業評估

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張靜 核能工程監

派赴國家：美國

出國期間：108.07.22 ~ 108.08.18

報告日期：108.10.14

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(WANO)其他區域中心 (亞特蘭大中心)在庫克(D.C. Cook)核電廠之核能同業評估

頁數 **11** 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

張靜/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監/(02)2366-7064

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：**108.07.22 ~ 108.08.18** 出國地區：美國

報告日期：**108.10.14**

關鍵詞：核能電廠、D.C. Cook、同業評估、世界核能發電協會

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電廠是一個很重要的活動。各電廠經由派員相互進行評估，指出對方待改進事項，相互學習，以持續提昇核能電廠作業品質，促進全球核能工業整體安全。

同業評估原則上是由會員電廠所屬的區域中心進行。例如本公司各核電廠即是接受所屬的東京中心(WANO-TC)組隊來廠進行評估。但同時，各中心也會派員至其它中心進行同業評估，這是各中心之間交流同業評估的方式。此次 WANO 亞特蘭大中心(AC)邀請 TC 派遣一位化學領域之評估員，赴 AC 參加 DC Cook 核能電廠的同業評估，TC 請本公司派員，本公司指派職進行此一任務。

因 WANO 訂有保密條款，要求所有成員必須對於核電廠之相關資料保密，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 次

頁 次

壹、目的	-----	2
貳、過程	-----	2
一、庫克(D.C. Cook)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	-----	10
肆、建議事項	-----	11

壹、目的

世界核能發電協會(WANO)舉辦之同業評估(peer review)對核能電廠是一個很重要的活動。各核能電廠經由派員相互進行評估，指出對方待改進事項，並相互學習，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。

peer review 原則上是由會員電廠所屬的區域中心進行。例如本公司為 WANO 東京中心(Tokyo center, WANO-TC)成員，核一、二、三廠之同業評估即是由 WANO-TC 定期組隊來廠進行。但同時，各中心也會派員至其它中心進行同業評估(每個評估隊伍每個中心最多一人)，這是為了各中心之間交流同業評估方式。此次 WANO 亞特蘭大中心(Atlanta center, WANO-AC)邀請 WANO-TC 派遣一位化學領域之評估員，赴美國參加庫克(D.C. Cook)核能電廠的同業評估，TC 請本公司派員，本公司指派筆者進行此一任務。

本次共分 11 個小組進行評估，範圍涵蓋組織效能/運轉重點(OR/OF)、績效改善(PI)、運轉(OP)、維護(MA)、技術支援 (CM)、輻射防護/工安(RP/IS)、化學(CY)、消防(FP)、緊急計畫(EP)、訓練(TR)及設備可靠度(ER)。筆者為化學領域之評估員，小組長是一位 Brownswick 核電廠派駐 WANO-AC 的女士。同業評估係以 WANO 績效目標與準則 (PO&C, Performance Objective and Criteria)及核能業界優良典範(Good Practice)為標準，透過事前資料審查、赴廠廠區檢查、現場作業觀察、與電廠化學及非化學從業人員之訪談等技巧，發掘 Cook 核電廠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 訂有保密條款，要求所有參與同業評估之成員必須對於核電廠之相關評估資料保密，因此本報告僅概述工作內容，無法詳述評估內容和結果。

貳、過程

一、庫克(D.C. Cook)核能電廠簡介

DC Cook 核電廠為美國電力公司集團(American Electric Power, AEP)旗下印第安那密西根電力公司(Indiana Michigan Power)所有之唯一一座核能電

廠，共有兩部機組，屬壓水式(Pressure Water Reactor, PWR)，與核三廠同型，反應爐廠商亦為西屋公司，不過 DC Cook 廠的爐心冷卻水是四迴路(4 loops)、核三廠是三迴路(3 loops)，所以 Cook 電廠每一迴路的蒸汽產生器管數量較核三廠少。

DC Cook 核電廠位於美國五大湖區的密西根湖湖畔，以湖水作為冷卻水源。1 號機已運轉 44 年(第 30 燃料週期)、2 號機運轉 41 年(第 25 燃料 20 週期)，兩部機在 2005 年(運轉第 30 年)時就已取得延役 20 年之許可。Cook 電廠機組相關資料如表一。

表一 Cook 核能電廠兩部機組基本資料

	一號機	二號機
裝置容量	1084MWe	1194MWe
商轉日期	1975.08	1978.07
反應爐型式	PWR	PWR
延役	是(至 2035)	是(至 2038)
冷卻水迴路	4	
燃料週期	18 月	
蒸汽產生器更換	是	
最終熱沉	湖水	
冷卻水塔	無(逕流式冷卻水)	

圖一是印第安那密西根電力公司(Indiana Michigan Power)官網上的 DC Cook 照片，可以看出電廠很小，他的後面是兩個反應器廠房、前面是汽機廠房，湖水從進口到出口，大概只有 500 公尺。

圖一 DC Cook 核電廠(官網截圖)



二、同業評估團隊成員

本次共進行 11 個評估領域，同業評估團隊共有 21 位成員，包括一位領隊(Team Leader)、一位團隊聯絡員(Organiz Effect Leader, ORL)，及 11 個小組的 19 位評估員。另有一位來自倫敦中心(London Center, WANO-LC)的觀察員(Inspector)。筆者為化學(CY)領域之國際評估員(international peer reviewer)，小組長為一位美國國內電廠支援 WANO-AC 的女士。國際評估員共 3 人，除了筆者來自 WANO 東京中心之外，還有一位 WANO 巴黎中心派遣的巴西人，及一位 WANO 莫斯科中心派遣的斯洛伐克人。美國本土也有四個電廠派了評估員參與評估。小組的組長，除了 OR 以外，都由常駐 WANO 的人員擔任(常駐指電廠派駐 WANO 超過一年者、或永久雇員)。

本次評估團領隊是一位 INPO (國際核能運轉員組織) 的永久雇員 (在美國，INPO 和 WANO 是大部分二合一的組織)。領隊已在 INPO 工作十多年，對團隊掌控不錯，團中成員也有很多是有經驗的評估員，會議非常有效率。

除了上述成員外，DC Cook 電廠也派了兩位聯絡員，全程陪伴團隊。這兩位聯絡員一位負責運轉領域、一位負責維護領域，都是經理級階層的人(但是運轉、維護領域的經理都不只一位)。他們在團隊到電廠評估的前一週，就已經飛到亞特蘭大 WANO 辦公室，開始了電廠與團隊間的聯絡工作。由於進廠的前一週，團隊的工作是 review 電廠提供的各項參數及趨勢，DC Cook 聯絡員的在場，提供了我們最佳的諮詢管道，無論是想要進一步的數據資料、想要系統的概述說明、甚至是找不到電廠的對口人員(counterpart)，都可以請他們幫忙，使我們的工作效率大大增加。

另按慣例，WANO-AC 於最後兩天派遣一位總結代表，參與最後與 Cook

電廠的總結會議，這次的總結代表是一位 INPO 的執行董事。

三、出國行程及同業評估作業

108 年 7 月 22 日~23 日	往程(台北→舊金山→亞特蘭大)
108 年 7 月 24 日~8 月 2 日	於 WANO-AC 進廠考試、行前準備、review 對方送來的歷史數據
108 年 8 月 4 日	行程(至 South Bend 機場，位於 DC Cook 核能電廠附近)
108 年 8 月 5 日~16 日	DC Cook 核能電廠評估作業
108 年 8 月 16 日~18 日	回程(South Bend 機場→亞特蘭大→舊金山→台北)

WANO 的同業評估已是成熟的作業，幾乎每週都有一組評估人員前往不同電廠，各人依照職位既定的工作行程表按表操課，每日的時程非常緊湊，因此在電廠期間，每日都必須提高警覺，在團隊會議時說明目前進度、是否符合預期、下一天的規劃。領隊到最後一週時，還會根據現狀調動各領域的人員，充分體現了團隊一家的精神，過程非常充實。

(一)、出國行前準備

這次的行前準備主要分成兩部分：準備個人相關資料讓 WANO 進行安全審查，及上網研讀指定進廠課程。

WANO-AC 多數評估員的母語為英語，故 WANO-AC 所舉辦的同業評估活動，沒有安排隨隊翻譯人員。WANO-AC 人員在進行評估作業時，並不會全程有電廠人員陪同，而是約定地點，雙方會合後進行作業觀察或訪談，因此，每位評估員皆需通過安全審查，取得不需電廠人員陪同的進廠資格 (Unescorted Access Authority, UAA)，以利自行前往約定地點。安全審查是在行前 2~3 個月前，填寫完成美國法規要求的個人歷史資料調查表(Personal History Questionnaire, PHQ)，並連同個人信用紀錄，由公司內 WANO-AC 認可的協助員(Facilitator)提送給 WANO-AC。其他需求資料還包括個人輻防訓練紀錄、歷史輻射劑量紀錄等。PHQ 寄達 WANO-AC 後，會由簽約的安全公司進行審核，如有問題，會再寫 e-mail 來問。

另一項準備工作是完成美國核能網路學院(NANTel)中所指定的課程及線上測驗。課程共有 6 項，三項為線上閱讀、線上測驗，三項為線上閱讀、

到 WANO-AC 後當面考試。線上測驗的三項課程為一般介紹、資通安全、INPO IPEER 資料庫使用方法及注意事項，由於是讀完以後馬上考試，印象深刻，並不為難。惟另外三項到達 WANO-AC 後當面考試的課程：適職方案(Fitness for Duty and Behavioral Observation)、一般進廠訓練 (Generic Plant Access Training Supplemental Worker)、輻防訓練 (Generic Radiation Worker Training) 等，要 80 分及格、不通過還要補考、考試時不能查字典，所以花了很多時間來準備(包括背單字)，還有該廠的進廠訓練，是在到了亞特蘭大以後才提供、須在進廠前閱讀完成的。

在出發之前兩三週左右，WANO-TC 連絡人提供了 DC Cook 化學領域的行前技術資料(Advanced Information Package, AIP)網址，並要求要用 WANO 帳號進入閱覽。筆者雖然早就有 WANO 個人帳密，可是試用之後，一直無法成功登入，包括請運轉組的 WANO 窗口重設密碼都不行。這個問題一直等到了亞特蘭大 WANO-AC，仍無法解決，最後發現這個網址是 INPO 的，只開了一個通道給 WANO，在亞特蘭大 WANO 的負責人當週又出差，最後發現團隊的臨時帳密(每人一個)可以進入，才解決這個問題。但團隊帳密只能在 WANO 配發的筆電上執行，所以事實上，一直到最後都沒有解決「國際評估員在自己母公司事先進入資料庫準備同業評估」這個問題。

(二)、第一週 安全審查之最後確認 7 月 24 日~26 日

本次行程是第一、二週先在亞特蘭大 WANO-AC 總部進行準備工作，第三、四週才是前往電廠進行同業評估工作。

本週之工作只有國際評估員(international peer reviewer)才需要進行。因此，本次 peer review 的三名國際評估員，已在本週先行見面。三人中除筆者來自 WANO-TC 外，其他兩位分別來自 WANO 莫斯科中心和巴黎中心，大家都不是以英語為母語，就相處下來感覺，三人英文程度都差不多。

之前提及，在出發前 WANO-AC 要求閱讀的課程，有三項要在 WANO-AC 當面進行測驗。據了解，如果無法在週四通過測驗，則週五還有一次補考機會，若再不通過，即無法獲得進廠許可。因此，在飛抵亞特蘭大住進旅館之後，即開始進行最後的複習，在此有一個心得：有些科目因為在一個月前就看完了，到考試時印象已模糊，因此看的時候最好先做詳細的筆記(中英對照)，到旅館後再把筆記拿出來複習。筆者因為筆記做得比較簡單，有些內容已不太記得詳情，因此還要再把網路課程叫出來重看，花了一些功夫。

本週工作「安全審查之最後確認」，除了考試以外，還有照相、指紋建檔、驗尿、電腦心理測驗以及「最後之個人歷史資料確認」。最後一項是要求再填一次個人歷史資料調查表(PHQ)，筆者等三位國際評估員一一完成了各項安全審查工作。週四下午的考試也很順利，筆者等三人都是一次就通過了所有三項考試(80 分以上及格)，所以週五就直接開始了第二週(預備週, Sequester Week)的工作。

WANO 為每一位評估員配發了一台筆記型電腦，以此筆電方能進入 INPO 內網，而且這台筆電，INPO 希望儘量縮短留在外界的時間，這點在之後的第一次團隊會議時，領隊也鄭重再次重申。

(三)第二週(7 月 29 日 至 8 月 2 日):預備週

本週一上午國內評估員報到，而筆者也趁此時間，趕快熟悉資料系統。該資料系統的用法、注意事項等，WANO 都已事先 email 到筆者的台電信箱。

週一的主要工作，就是全員團隊會議。這項會議從下午一點一直開到五點，領隊是前一週就已經介紹見過面的，他先請每位團員自我介紹，除了姓名、來自哪裡(INPO? 哪家公司? 哪個國家?)、本次負責哪各領域之外，其他像是家庭狀況、工作經驗、嗜好等，領隊都希望大家儘量說，以便儘速熟悉，期間笑聲不斷，顯然效果不錯。筆者是唯一來自電力公司總公司的團員，其他不是 INPO 僱員、就是來自電廠。大致上年齡偏大，除了三五位工作經驗在十年左右的之外，很多團員有超過 30 年的經驗，有好幾位都已經做祖父了(做祖母的倒是沒有)。

本週(預備週，含前週週五)共開了三次團隊會議、三次化學領域關注事項(focus area)討論會議，以及週一到週四每天與 DC Cook 化學部門人員的電話會議。

三次化學領域關注事項(focus area)討論會議分別在前一週(即第一週)的週五、本週的週二和週三。前週五的會議由化學領域小組長和筆者二人，與領隊、ORL 參加。第二次化學領域 focus area 討論會議在週二，對象是 INPO 的化學評估員組長(leader)。第三次討論在週三，對象是領隊、ORL、以及電廠的兩位評估聯絡員，其目的在確認化學領域在週四的全團行前會議上要報告的內容是否都已完備，若還有未確認事項，要在週四會議前完成。本組所有項目都已完成，只有一項可能與其他領域重疊，會在週四會議上全團討論。

團隊會議分別在週一、週四和週五。週一算是起始會議，團員互相認識外，領隊也宣布了他對團員的要求事項：準時、遵守各項規定(交通法規、電

廠規定)、每個人都要參與團隊討論。最後一項領隊特別要求國際評估員要注意，因為國際評估員常因語言隔閡而不常發言，但領隊希望團隊每個人都要參與討論。週四會議算是離開前最後一次的討論，各領域此時都已擬好了到電廠後將進一步關注的項目，以及需其他領域協助事項。最後，領隊請大家就文件研閱的綜合印象，提出問題，由各領域自主認領(不限一個領域)，將之加入評估項目之中。最後一次團隊會議在週五，比較屬於庶務性的行前會議，例如筆電、印表機的上繳，以備統一送到電廠，還有行程安排等等。

(四)第三週(8月5日至8月9日):電廠第一週

本週在 WANO 同業評估的行事曆上，叫做”第一週”，但就筆者而言，已是出國的第三週。本週主要的工作，就是在各自的領域裡，就事先準備的關注事項，以現場觀察、面談方式，做更深層次探討背後的原因。

一開始，照慣例仍然是現場檢查(Plant Inspections)。現場檢查並不是依照專業領域分配，而是依照區域分組，當然也還是大略參考了負責領域，例如化學領域評估員，被分配到湖邊的泵室(包含湖水加藥系統及環保排放偵測系統)及汽機廠房三樓(包含一、二次側化學實驗室)。然而，檢查的內容並不是化學專業的領域，而是全廠相關的廠區整潔(Housekeeping)、儀器可用狀況(Equipment Condition)、臨時設施(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)、標籤明確(Labeling)、文件缺失(Documentation)等等，這一方面是給評估員一個全廠整體的印象，一方面也是讓評估員體認到大家都是評估團隊的一員，而不是只負責自己的專業領域。

DC Cook 電廠每天上班十小時(早上六點到下午四點)，經理級下午四點半還要開廠務會議，可是每週只上班四天。這個方式，讓團隊上班很辛苦(凌晨四點起床、五點二十出發才能六點到廠)，而且，團隊週五還是進廠工作了。

到了電廠以後，團隊每天早上進行現場評估、中午 11:30 進行午餐會報形式的團隊會議，每個小組報告之前 24 小時的觀察內容、與電廠對口人員溝通狀況、認為那些關注項目可以結案(close)、哪些項目需要進一步發掘事證，哪些項目需要移給其他領域，哪些項目需要其他領域協助等。此外，團隊會議每天輪一個小組分享核安文化(不一定要和這次同業評估的內容有關)，某天輪到化學領域分享時，由小組長主講，筆者也分享了一則核安文化事例。

WANO/INPO 的同業評估奉行”無驚奇”(No Surprise)準則，也就是團隊發現的每一個事例都要事先知會電廠，雙方討論、確認，因此，小組每天都要與電廠對口人員(化學經理)開會說明當天的發現。本小組的約定時間是下午 3:45。為因應其他人員下班，第一件事就是安排明天要觀察的事項(這點有時會先連絡以便電廠準備)，之後則是說明當天的觀察發現，討論背後可能隱藏的問題。但事實上，小組在每次觀察完，都會先對被觀察對象說明發現，下班前則是整理後，對化學經理再說一遍。這樣結束後，化學經理剛好接著進行 4:30 的廠務會議，而小組則離開電廠，回旅館進行觀察報告(Observation Report)撰寫。

週五電廠不上班，但團隊仍繼續到廠工作。週五的工作其實是把原來在週日要進行的團隊第一週總結會議移到週五:在這個會議中，每個小組要總結第一週的成果，有哪些大致確定的「待改進事項」(候選 AFI)?哪些可能的「優點」(Strength)?哪些組確定無 AFI 可以把人力抽出來支援其他組?

本次會議的重點之一，在討論那些候選 AFI。在每一個候選 AFI 報告時，其他團員就做為反方，負責挑戰(challenge)它的事證相關性。

完成上述討論之後，接下來就是下週工作的重新分組。已經確認的 AFI，將由各該領域對其內容進行最後的補充和完善，其他人則打散重新分組，筆者被分配到「現場觀察組」，即繼續進行現場觀察以尋找「尚待補強 AFI」的事證，小組長就是原來化學領域小組長。

會議的另一個主題是核安文化(Nuclear Safety Culture)。針對核安文化十大特質，評估 Cook 電廠的強項和弱項。

核安文化十大特質發展已久，不過現在 INPO 又新將之分為三類：個人核安承諾(Individual Commitment)、領導階層核安承諾(Management Commitment)、管理系統(Management Systems)。團隊進行討論為電廠打分，選出優良部份及較弱部份，這項打分的討論結果，也會加到總結報告之中。

(五) 第四週 (8 月 12 日至 8 月 16 日):電廠第二週

本週過得很快，週一和週二 AFI 一一完善、結案，在週末時團隊印了一份所有的觀察報告，放在旅館團隊會議室中，供大家挑選可能加入 AFI 的事例。筆者則除了週一上午會議以外，兩天連續進行了三場觀察，重點在尋找是否有尚未完成 AFI 的其他事證。

本週加入一位業界指導員(Industry Advisor)，他主要的任務就是再次確認 AFI 足夠重要、還有 AFI 與事證的關聯合乎邏輯。經過他的梳理，我們也發現了一些因為反覆修改造成的邏輯線斷裂、或是他建議了更好的表達方式，顯然是非常有經驗的評估員。

本來總結會議是放在週五的早上，所有的電廠經理以上人員加班出勤參加總結會議 (Cook 電廠一週工作四天)，不過最後協調的結果，總結會議在週四下午四點電廠基層同仁下班後，一直開會到結束為止。因此，週四上午進行預演、下午就是正式的報告。

在週三時，INPO 派了一位執行董事來廠，做為離廠代表，領隊向電廠說明這次同業評估的最終結果。

總結會議時，在電廠方面由副總經理、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-AC 的總結代表、WANO 領隊、WANO-AC 指導員及評估團全體成員參加。報告分為三梯次，每次三到四個評估領域，除了雙方領導階層以外，電廠經理以下人員及評估小組成員都是分成三梯次輪換。

在會議中，先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，所以很順利就完成了。

由於原來總結報告表訂是週五早上，所以回亞特蘭大飛機訂在週五中午，除了一位家人住在附近的團員先行離開之外，團隊仍然在週五早上於旅館大廳集合，領隊確認了每一位團員的行程及到機場的車輛分配後，宣布任務結束，大家一起前往機場，互道珍重再見。

參、心得與感想

1. 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，對電廠及評估員都有相當助益，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。
2. 電廠事先提供 INPO 的資料非常多，光是化學領域，就超過 80 個檔案，不過有時因為不同的電廠設計，造成對電廠異常數據的原因無法了解，此時評估員就會求助於電廠派駐 INPO 的同業評估聯絡員，他們可以從外網連到廠裡的資料系統，並且馬上把相關的管路儀器圖(P&ID)印出來給評估員，對評估員的工作效率有極大的助益。

3. DC Cook 電廠為避免執执行程序書時弄錯一、二號機這類的人因疏失，推行一項制度：工作人員在拿到程序書執行版時，用螢光筆在每一頁程序書旁的空白處畫線，一號機用藍色螢光筆、二號機用橙色螢光筆，個人覺得簡單明瞭，且對避免此類人因疏失很有幫助。
4. INPO 的工作人員、以及美國電廠的工作人員，就筆者接觸到的，感覺都對自己的工作相當自豪。本次化學領域的小組長，甚至在肩上刺青了一個原子核的圖案，讓筆者非常吃驚。

肆、建議事項

1. 在 WANO-AC 的同業評估人員，很習慣利用 PO&C 的代號來表達問題，他們會說「這個事件是屬於 ER.4 的」、「我認為這個事證更適合 CM.2」。而我們對 WANO 績效目標與準則，除了自己負責的領域之外，熟習的不多，這點在團隊討論時非常吃虧，建議日後派出的評估員，能背的話盡量背下每個代號的意義，如果不能，則最好準備一本紙本的 PO&C，每個領域貼上標籤，務必做到在團隊討論到代號時，一兩秒內要翻到其意義，以便儘快跟上討論。
2. WANO-AC 有一個很貼心的服務，就是國外評估員初到亞特蘭大時，所屬領域的小組長會到機場接人。然而，亞特蘭大的交通在上下班時常常塞車，小組長可能要花很多時間在接送，因此建議公司評估員的到達時間避開交通尖峰，節省雙方的時間。