

出國報告 (出國類別：技術服務)

協助辦理 Steam Generator 維護及 塞管理論教育訓練

服務機關：台灣電力公司核能發電處、第三核能發電廠

姓名職稱：蘇兩傳-核能工程監、張益維-核能工程監

派赴國家：韓國

出國期間：自民國 107 年 2 月 21 日至 107 年 2 月 24 日

報告日期：民國 107 年 03 月 08 日

QP-08-00 F04

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：協助辦理 Steam Generator 維護及塞管理論教育訓練

頁數 12 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

蘇兩傳、張益維/台灣電力公司/核能發電處、第三核能發電廠
/核能工程監/(02)2366-7066、08-8893470 分機 2410

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：107 年 02 月 21 日~107 年 02 月 24 日

出國地區：韓國首爾

報告日期：107 年 03 月 08 日

分類號/目關鍵詞：Steam Generator 維護及塞管理論教育訓練

內容摘要：(二百至三百字)

壓水式核能電廠為確保一次側壓力邊界的完整性及洩漏率合於法規規定，在依檢測計畫執行非破壞檢測後，如果蒸汽產生器(Steam Generator, 以下簡稱 SG)熱交換管劣化瑕疵超過 SG 熱交換管修護標準，應予塞管或進行修理。

台電公司於民國 97 年引進機械塞管設備(型號 ROLL_D)，配合 SG 定位載具 PEGASYS，取代傳統人工進入 SG 水室內，手動執行塞管作業。台電核發處檢測隊與核三廠機械組合作組成機械塞管小組，從核三廠#2 機 EOC17 大修(98 年)開始使用 PEGASYS 定位載具搭載 ROLL_D 塞管設備，以此機械塞管方式迄今(106 年#2 機 EOC24 大修)已完成 400 個以上塞管作業。

台電公司核能事業部與韓國 OREUM 公司建立合作意向書以拓展對外技術服務，台電公司遂安排 2 名人員，赴該公司進行 SG 維護及塞管理論教育訓練。

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

目 錄

<u>內 容</u>	<u>頁次</u>
一、 目的與過程	2
二、 課程內容	4
三、 心得與建議	11

一、目的與過程

台電第三核能發電廠是目前台灣目前唯一壓水式核能發電廠，蒸汽產生器則是核三廠主要設備，使用西屋設計三迴路方式 MODEL F 型的蒸汽產生器，每部機有三個蒸汽產生器，是壓水式核能電廠的壓力邊界，運轉期間不能有破管洩漏事故發生，才能維持一次側壓力邊界的完整性，確保核能電廠穩定安全運轉。每部機熱交換管總數約 17000 支，須依據相關核能法規、機械規章與美國電力研究院檢測指引要求，對數量眾多的熱交換管進行有效可靠的檢測，蒸汽產生器熱交換管檢測結果，依據核三廠運轉規範 16.6.8.E.20.3 蒸汽產生器熱交換管修護標準：「當管在營運中發現劣化，其缺陷深度大於或等於 40%正常管厚度時，應予塞管或進行修理。」。

台電第三核能發電廠於民國 97 年引進西屋公司的機械塞管設備(型號 ROLL D，以下簡稱 ROLL_D)，配合 SG 管定位載具(型號 PEGASYS，以下簡稱 PEGASYS)，以遠端電腦控制 ROLL_D 執行塞管作業，取代傳統人工進入蒸汽產生器水室內，以手執塞管器，採手動方式進行蒸汽產生器劣化熱交換管塞管作業。檢測隊與核三廠機械組合作組成機械塞管小組，接受西屋專家訓練、指導學習操作 PEGASYS 定位載具及使用 ROLL_D 塞管設備，並於大修期間在現場實際操作 PEGASYS 定位載具及 ROLL_D 塞管設備，進行劣化蒸汽產生器熱交換管修復，完成技術移轉建立本土機械塞管團隊。

台電公司核能事業部與韓國 OREUM 公司建立合作意向書以拓展對外技術服務，台電公司遂安排 2 名操作 PEGASYS 及 ROLL_D 塞管人員，赴韓國首爾 OREUM 公司，於 2018.02.22~2018.02.23 進行為期 2 天共 16 小時 SG 維護及塞管理論技術教育訓練。

台電公司 2 名操作 PEGASYS 及 ROLL_D 塞管人員，於 2018.02.21 從高雄小港機場直飛韓國首爾仁川機場，再轉乘機場地鐵等交通工具，抵達 OREUM 公司，在老闆帶領下參訪 OREUM 公司，同時洽談明後兩天上課訓練事宜。

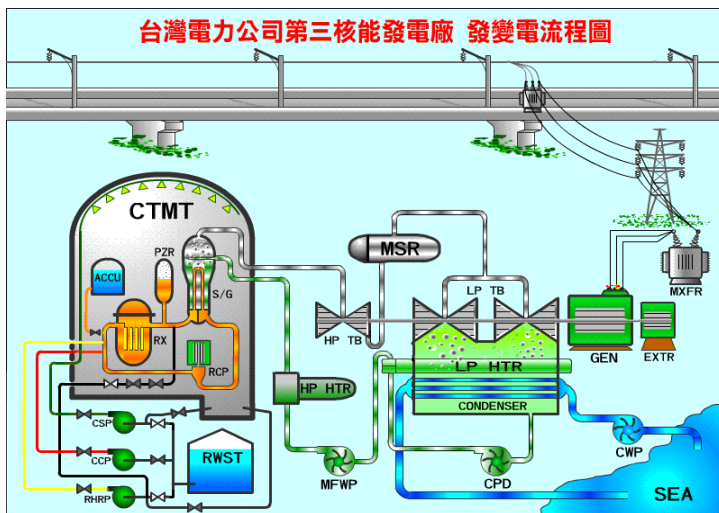
因為場地借用不易，雖然僅有 2 天訓練課程，OREUM 公司分別安排於不同場地舉辦，最後於訓練課程順利結束後，再次赴 OREUM 公司與老闆洽談後續事宜。

本次訓練課程表：Pegasys & Roll-D Training Class Schedule

Date	Week	Time	Hour	Course	Training Material
2018/ 2/22	Thu	08:10~09:00	1	Steam Generator Overview	Module 0
		09:10~10:00	1	Pegasys System Definitions &Description	Module 1
		10:10~11:00	1	System Setup & Check out	Module 2
		11:10~12:00	1	Pegasys Installation into Bowl	Module 3
		13:10~14:00	1	Basic Tubesheet Operations	Module 4
		14:10~15:00	1	Roll-D System Introduction	Module 5
		15:10~16:00	1	Operation Manual Remote Plugging & Rolling Roll-D	Module 6
		16:10~17:00	1	Software Manual Roll-D	Module 7
2018/ 2/23	Fri	08:10~09:00	1	Setup automated acquisition and execute &Remove End Effector and Pegasys from Tubesheet	Module 8
		09:10~10:00	1	Detailed Run-through of All Software Functions	Module 9
		10:10~11:00	1	Recovery from Common Problems	Module 10
		11:10~12:00	1	Special recovery functions	Module 11
		13:10~14:00	1	Calibration respective Torque Check of Rolling Systems Roll-D	Module 12
		14:10~15:00	1	Cleaning of SG Tubes using Roll-D	Module 13
		15:10~16:00	1	Roll-D	Module 14
		16:10~17:00	1	Sizing of SG Tubes using Roll-D FEEDBACK	Module 15

二、課程內容此次訓練課程內容之項目包含有：蒸汽產生器 Overview，PEGASYS 介紹、PEGASYS 系統測試與組裝、PEGASYS 安裝與拆卸、PEGASYS 定位校準、在管板上操作 PEGASYS、軟硬體基本維護及故障排除；ROLL_D 介紹、ROLL_D 系統測試與組裝、ROLL_D 扭力校準時機及要求、ROLL_D 安裝與拆卸、在管板上操作 PEGASYS 搭載 ROLL_D 進行塞管作業、機械塞管程序及注意事項等課程。

1. 蒸汽產生器 Overview：壓水式核能發電廠(參考圖 1)，蒸汽產生器則是核三廠 主要設備，有三個蒸汽產生器，MODEL F 蒸汽產生器採用 U 型管(參考圖 2)



能發電廠

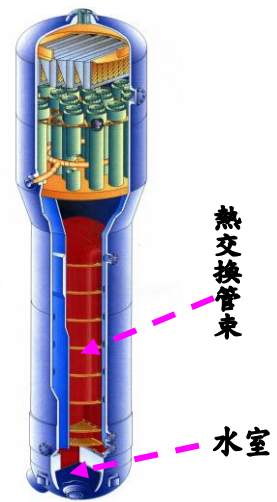


圖 1、壓水式核

圖 2、西屋 F 型蒸汽產生器

2. PEGASYS 介紹：PEGASYS 主要組件有 3 部份

a. 本體 4 隻支柱分為 Base 跟 Foot 各 2 隻支柱之間用連結可旋轉 45 度，Foot 上有滑軌可移動。



b. 由 PC 電腦經網路線與控制儀器 PMC BOX 連線。



c. 由 PPB BOX 提供控制 PEGASYS 的氣源。

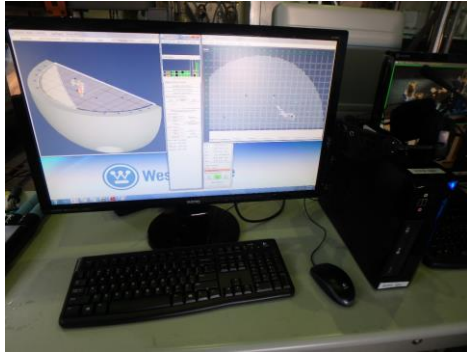


3. PEGASYS 系統測試與組裝:

a. 現場工作人員打開儀器箱取出所有儀器，一一仔細檢視儀器外觀及接頭是否正常，根據使用手冊進行儀器與 CABLE 連接，連接儀用空氣，打開電源。



b. 操作員打開電腦電源啟動應用程式，根據使用手冊及程序書，進行儀器使用前各種基本功能測試。

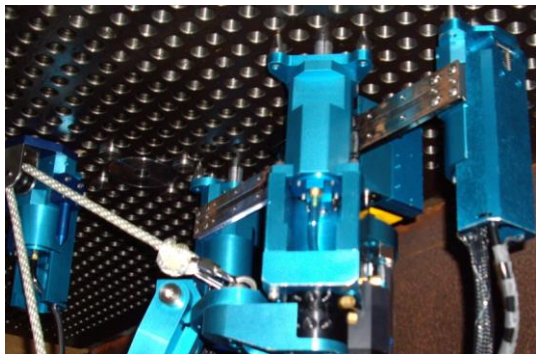


c. 根據使用手冊及程序書，執行各項功能測試。

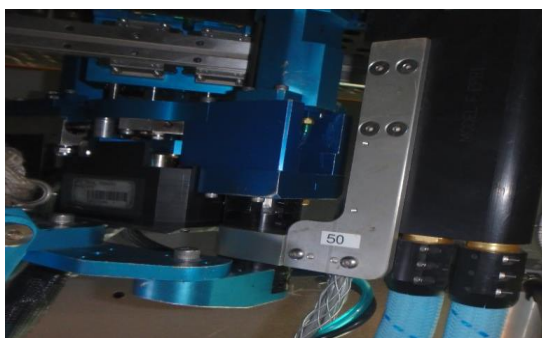


4. PEGASYS 安裝與拆卸:

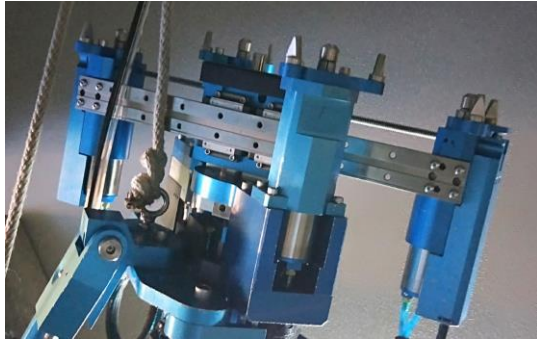
a. 根據安裝程序書，執行 PEGASYS 安裝在管板上。



b. 安裝 ECT 導管



c. 根據拆卸程序書，執行拆卸管板上 PEGASYS。

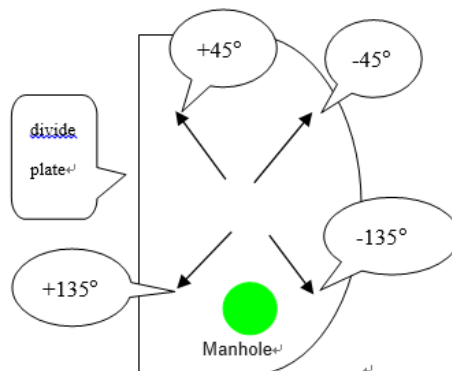


5. PEGASYS 定位校準:

a 先了解 PEGASYS 在水室的不同方向時的角度(如下圖說明)，再使用水室攝影機及紅外線查看管排編號，確認後輸入 PEGASYS 的 ECT 第 1 支導管指向的管排編號及角度。定位後須移動 PEGASYS 到已知的管，進行定位校準正確與否查證。

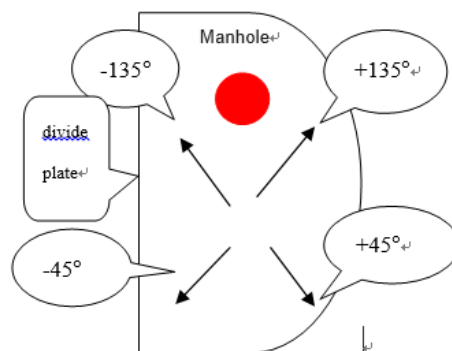
16. Pegasys Angel description

Angel 的 + - As illustrated below: Pegasys in the middle
(cold)



The direction of the arrow is the position of the Dual GT.

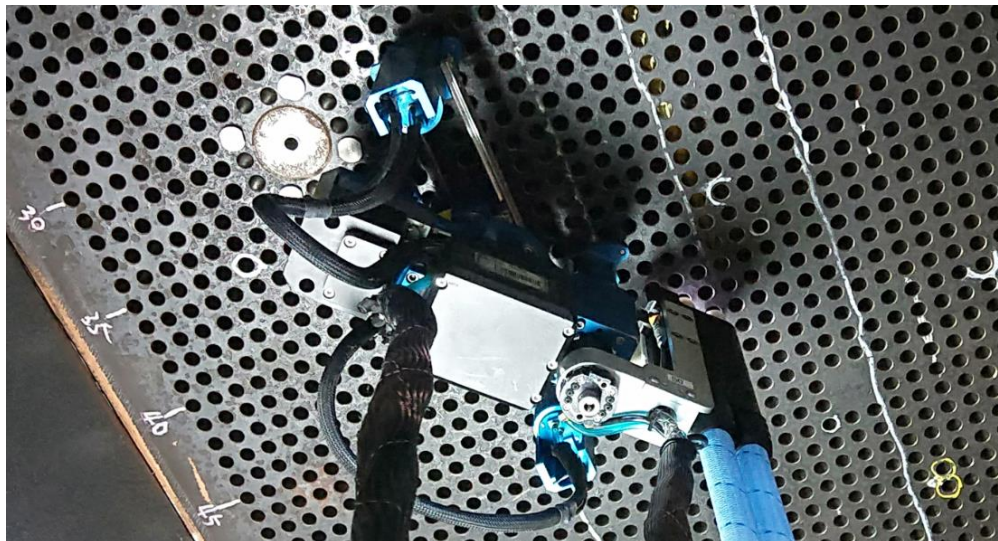
(Hot)



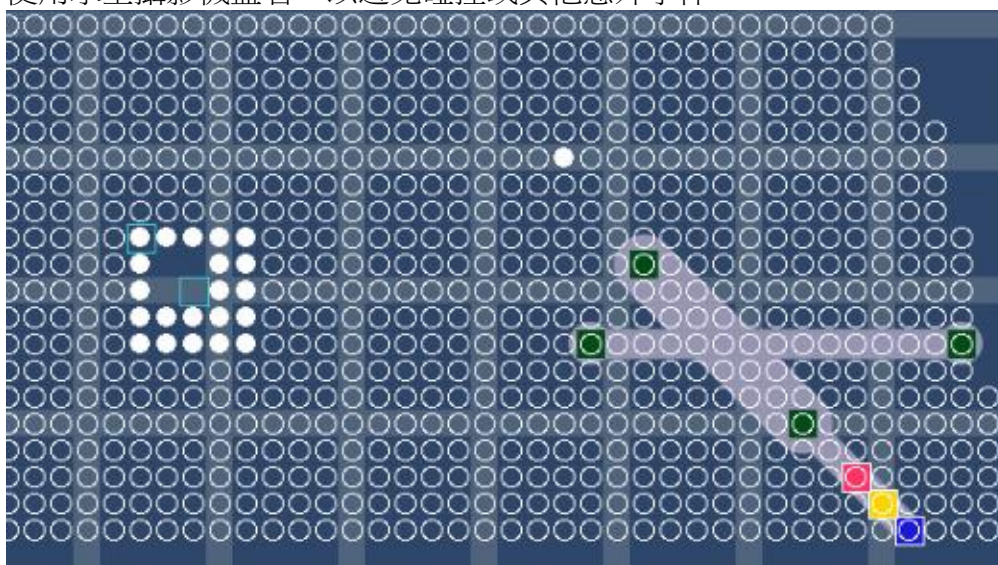
The direction of the arrow is the position of the Dual GT.

6. 在管板上操作 PEGASYS:

a. 首先查看 PEGASYS 在水室的位置，檢查 CABLE 及軟管長度以確保 PEGASYS 能順利移動到指定位置，操作時不可以關閉防撞功能以避免碰撞造成設備損壞，依實際位置選用不同移動模式，比較經常使用及簡易移動模式，為在管板圖上直接點選管排位置，確認後按 START，PEGASYS 會自動移到指定的選管排位置，惟在 PEGASYS 移動過程，操作人員須使用水室攝影機監看以避免碰撞或其他意外事件。

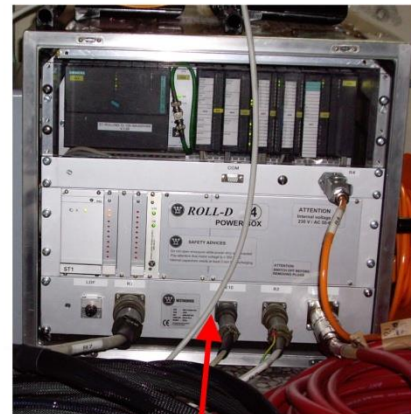


b. 如果移動 PEGASYS 水室的角落位置，應該使用手動模式，此操作模式時在必要時須關閉防撞功能，才能移動到最角落管排，但操作員仍須小心以避免碰撞，此移動模式操作員須要清楚 PEGASYS 的 SLIDE 的相對位置，移動 PEGASYS 離開水室的角落位置，則採與進入相反步驟即可，在 PEGASYS 移動過程，操作人員須使用水室攝影機監看，以避免碰撞或其他意外事件。



7. ROLL_D 介紹:

a. ROLL_D 主要組件有自動塞管設備 ROLL_D，扭力校正器，氣源箱，ROLL_D 電源箱。



b. 塞管時依不同步驟使用 2 種 Roller，如下列左圖其中右邊 Sizing Roller 比左邊 Plugging Roller 長；右圖則為 Model F 的蒸汽產生器使用 690TT 管塞。



8. ROLL_D 系統測試與組裝:

a. 現場工作人員打開儀器箱取出所有儀器，一一仔細檢視儀器外觀及接頭是否正常，根據使用手冊進行儀器與 CABLE 連接，連接儀用空氣，打開電源。

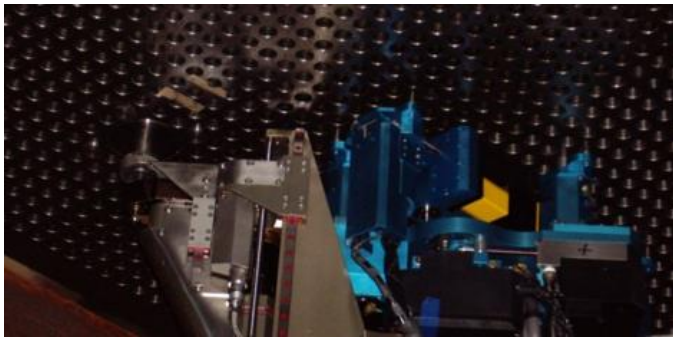
b. 操作員打開電腦電源啟動應用程式，根據使用手冊及程序書，進行儀器使用前各種基本功能測試。

9. ROLL_D 扭力校準時機及要求:

- a. ROLL_D 扭力校準時機包括使用前，後均須將 ROLL_D 放在扭力校正器上執行扭力校準。
- b. 扭力校正 (Calibration step)，Roll_D 初始扭力校正及 Roll_D 結束扭力校正，扭力設定值 19 牛頓-公尺、扭力容許最小扭力值 18 牛頓-公尺、容許最大扭力值 20 牛頓-公尺。

10. 在管板上操作 PEGASYS 搭載 ROLL_D 進行塞管作業:

a. 安裝 ROLL_D 在 PEGASYS 上



b. 清孔步驟 (Cleaning step)

安裝鋼刷清刷管壁，清孔動作需執行兩次後，取下鋼刷。

c. 校孔步驟 (Sizing Step)

安裝 Sizing Roller 進行校孔，取下 Sizing Roller。

d. 塞管步驟 (Rolling Step)

裝上 Plugging Roller 及 690TT 管塞，進行塞管；取下 Plugging Roller，裝上另一 Plugging Roller，進行 Rerolling，取下 Roller。

11. 塞管程序及注意事項:

a. 塞管過程 ROLLING 的時間及使用扭力均須符合程序書的規定，管塞的端口位置不可以超出管底板 7mm。

b. 塞管的所有步驟，均須正確記錄使用的儀器設備、Sizing Roller、Plugging Roller、管塞等序號，每個步驟完成後同時列印存查。

三、心得與建議

- 塞管技術移轉與實務經驗

1. 台電公司於民國 97 年引進西屋公司的機械塞管設備(型號 ROLL_D)，配合 SG 定位載具 PEGASYS，以遠端電腦控制 ROLL_D 執行塞管作業，取代傳統人工進入蒸汽產生器水室內，以手動方式進行塞管作業。台電核發處檢測隊與核三廠機械組合作組成機械塞管小組，接受西屋專家訓練、並於大修期間在現場實際操作 PEGASYS 定位載具及 ROLL_D 塞管設備，進行劣化蒸汽產生器熱交換管修護，經 2 次大修後，從西屋專家學習技術移轉建立本土機械塞管團隊，從核三廠#2 機 EOC18 大修(98 年)開始本土團隊獨立作業，使用 PEGASYS 定位載具搭載 ROLL_D 塞管設備，以此機械塞管方式迄今(106 年#2 機 EOC24 大修)累計已完成超過 400 個塞管作業。
2. 將近 10 年來塞管工作團隊不僅累積豐富現場實際塞管工作經驗，期間工作團隊也編寫中文操作手冊、中文程序書、軟體作業系統安裝程序書，也從使用期間硬體設備故障時，進行設備修護保養過程，得到寶貴的設備維修經驗。塞管工作團隊多年來，每次大修均順利完成塞管作業，使 SG 之完整性得以確保。
3. 台電公司安排 2 名操作 PEGASYS 及 ROLL_D 塞管人員，赴韓國 OREUM 公司進行為期 2 天 SG 維護及塞管技術理論教育訓練。2 位人員花費許多時間，用心製作圖文並茂的訓練教材，教材除了精彩簡報另外包含軟體操作詳細步驟及現場實作錄影影片，在上課期間搭配簡報播放上述影片，使學員能藉此 SG 維護塞管技術訓練課程，獲得最佳訓練成果。

- 現況與待處理事項

1. 韓國 OREUM 公司目前已在韓國核能電廠從事 SG 熱交換管渦電流檢測工作，準備拓展其他業務領域，請求本公司協助辦理 SG 維護及塞管技術人員教育訓練。
2. OREUM 是新成立的公司，老闆及員工都非常年輕，充滿青春活力滿滿的能量，衝衝衝；年輕充滿活力的 OREUM 公司與台電公司核能事業部現有資源(人員經驗豐富技術純熟、軟硬體設備)合作，剛好有很好的互補及發揮相加相乘成效。
3. 依照目前合作模式須考慮下列幾點：(1).核三廠機組大修前後一段期間，將無法提供現場硬體設備，協助 OREUM 公司在韓國核能電廠執行維

護作業。(2). OREUM 公司擬承攬韓國核能電廠的 SG 型式與核三廠的 MODEL F 不同，核三廠現有塞管設備包括硬體及軟體均須洽西屋協助，增購或修改零組件進行測試無誤後，才能在韓國核能電廠的非 MODEL F 型式的 SG 執行塞管作業。(3). 韓國使用的電壓為 220V 及插座插頭型式與台灣 110V 及插座插頭型式不一樣，電纜線及電源接頭須另外處理。

- 未來商機與展望

1. 配合政府能源轉型及本公司拓展核能對外技術服務，核能事業部利用現有資源(經驗豐富及技術純熟技術人員、軟硬體設備)與年輕 OREUM 合作，有很好的互補及發揮相乘成效，也為核能事業部從業人員未來提供一個努力的方向。
2. 建議核能事業部加速推動本案後續合作進程，以本合作案為敲門磚，開拓韓國市場，爭取更多對外服務的商機。並不以韓國為限，利用各種交流機會探詢其他合作可能，以各種合作案為敲門磚，開拓海外市場爭取更多對外服務的商機。。

綜合以上幾點說明，此次本公司 2 名 SG 維護及塞管領域人員，赴韓國 OREUM 公司為該公司年輕充滿活力的員工，進行 2 天 SG 維護及塞管技術理論教育訓練，實際收益雖然不大，但對於本公司拓展核能對外技術服務來說，算是走出了重要的一步；希望藉由此案在政府能源轉型政策下，為核能事業部從業人員爭取更多對外服務的商機。