

出國報告（出國類別：開會）

參加 WANO 國際除役研討會-參訪除役 相關機構

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：康哲誠 副處長

張益瑞 經理

劉興漢 組長

范振璽 組長

張睿恩 專員

派赴國家：德國

出國期間：107 年 9 月 23 日至 107 年 10 月 4 日

報告日期：107 年 11 月 12 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加 WANO 國際除役研討會-參訪除役相關機構

頁數 20 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/台灣電力公司/單位/職稱/電話

康哲誠/台灣電力公司/核能後端營運處/副處長/(02)2365-7210-2202

張益瑞/台灣電力公司/第一核能發電廠/經理/(02)2639-3501-3750

劉興漢/台灣電力公司/核能後端營運處/組長/(02)2365-7210-2240

范振璠//台灣電力公司/核能後端營運處/組長/(02)2365-7210-2203

張睿恩/台灣電力公司/核能後端營運處/專員/(02)2365-7210-2354

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5.其他(開會)

出國期間：107.9.23 ~ 107.10.4 出國地區：德國

報告日期：107.11.12

分類號/目：

關鍵詞：核能電廠除役

內容摘要：(二百至三百字)

德國 RWE 電力公司為一綜合電力集團，已自力完成兩座研究型核能反應器除役，目前亦同時自行辦理多部商用型核能機組除役計畫。考量該公司之核能電廠除役作業發展方針與本公司於「核能電廠除役」作業之規劃方向與目標相符，遂規劃此次交流會議。本次行程包括 RWE 電力公司總部、KSG/GfS 訓練中心、三座核能電廠除役現場作業交流及 EWN 處理與中期貯存機構(原 Greifswald 核電廠)。三座核能電廠(Mülheim-Kärlich NPP、Gundremmingen NPP、Biblis NPP 等)包括不同型態(BWR 及 PWR)及不同運轉狀態(運轉中、停機過渡階段及除役拆廠階段等)之機組，預期透過此次進一步之交流與研討，可使本公司執行核能電廠除役及相關規劃工作更為順利。

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

(附件涉及機敏性資料，不上傳)

目 錄

壹、出國目的.....	1
貳、出國過程.....	2
參、會議內容摘要.....	3
肆、心得與建議.....	17
附件一 RWE公司及其除役經驗	
附件二 本公司與RWE公司討論之議題	
附件三 Mülheim-Kärlich (KMK)電廠會議簡報	
附件四 Biblis (KWB)電廠會議簡報	
附件五 EWN公司會議簡報	

壹、出國目的

台灣電力股份有限公司(下稱台電公司)所屬核一廠、核二廠及核三廠之各運轉中機組，運轉執照將自 107 年 12 月起陸續屆期，即將依序進入除役階段。

依據「核子反應器設施管制法」，核能電廠應於預定永久停止運轉前 3 年，提出除役計畫，經原能會審核發給除役許可後，於 25 年內完成除役作業。

為妥善完成各核能電廠除役規劃及正式除役作業，台電公司多年來持續蒐集國際上相關資訊，並嘗試與具有完整除役經驗之國際機構進行技術交流。

106 年 11 月，台電公司首次拜訪德國 RWE 電力公司，RWE 電力公司為一綜合電力集團，已自力完成兩座研究型核能反應器除役，目前亦同時自行辦理多部商用型核能機組除役計畫。RWE 電力公司自力發展核能電廠除役各項核心技術並自行規劃除役作業，同時藉由前述作業所累積之經驗作為該公司對外提供之技術服務業務，此項核電廠除役技術發展業務與台電公司當前「核能電廠除役」作業之規劃方向與未來開拓除役技術服務之發展目標相符。

台電公司曾於今(107)年 3 月，邀請 RWE 電力公司核能電廠除役技術專家來台辦理「除役策略研討會」，當下 RWE 電力公司專家表示可安排台電公司人員赴該公司正執行除役之電廠，及德國其他除役相關之單位進行更深入的技術參訪與交流。

貳、出國過程

自 107 年 9 月 23 日出發，迄 10 月 4 日返國，共計 12 天。詳細行程如下：

日期	地點與行程	工作內容
9 月 23 日~24 日	台北→德國杜塞道夫	去程，於飛機上跨第 1 日，第 2 日抵達杜塞道夫。
9 月 25 日	分別於 RWE 公司總部，KSG/GfS 核能訓練中心進行會議；結束後前往 Mülheim-Kärlich 地區	於 RWE 電力公司總部進行會議，交流當前 RWE 與台電公司除役工作現況，說明此次交流重點；下午前往 KSG/GfS 核能訓練中心，瞭解德國核能相關工作訓練內容。
9 月 26 日	於德國 Mülheim-Kärlich (KMK) 電廠進行會議；結束後前往 Gundremmingen 地區	與 KMK 電廠進行技術交流，瞭解除役拆除作業管制系統，並參訪該廠址之放射性廢棄物處理設施。
9 月 27 日	於德國 Gundremmingen (KGG)電廠進行會議；結束後前往 Biblis 地區	與 KGG 電廠進行技術交流，瞭解該電廠之除役規劃、不同狀態之機組管理界面整合，及如何將拆除完畢之廠房規劃用於廢棄物處理。
9 月 28 日	於德國 Biblis (KWB)電廠進行會議	與 KWB 電廠技行技術交流，瞭解該廠之除役計畫規劃及執行狀態，並參訪該廠址設立之用過核子燃料中期貯存設施。
9 月 29 日		準備此次交流行程最後一天之討論資料。
9 月 30 日	德國 Biblis→德國 Greifswald	路程。
10 月 1 日	與德國 EWN 處理與中期貯存機構(原 Greifswald 核電廠)進行會議；結束後前往杜塞道夫地區	瞭解 Greifswald 電廠除役計畫、廠址除役完成後復員計畫及高低放射性廢棄物處理與中期貯存情況。
10 月 2 日	RWE 公司總部	於 RWE 總部進行最終會議，總結此次交流結果，針對過程中之發現進行研討，並討論未來可能合作方向。
10 月 3 日~4 日	德國杜塞道夫→台北	回程，於飛機上跨第 1 日，第 2 日抵達台北。

參、會議內容摘要

一、於 RWE 電力公司進行此次交流之啟動會議及最終會議

9/25 上午及 10/2 主要的會議參加人員，除了 RWE TI 公司(RWE Technology International)方面擔任主要聯絡人員的 Mr. Burow (現任 RWE TI 公司核能技術主管)及 Mr. Bao (現任 RWE TI 公司能源業務行銷經理)外，參與的還有專案管理服務主管 Mr. Frits Laugeman、核燃料及廢棄物管理主管 Dr. Michael Lochny、除役拆解輻射防護主管 Dr. Ralf Verseemann 及行銷及業務推廣主管 Mr. Tobias Metzger 等人；啟動會議中主要介紹本次會議未來幾天之行程及進行方式，總結會議中除針對本公司行前及行程中提出之除役議題進行討論，也討論未來與本公司合作之可能形式；Mr. Bao 及 Mr. Burow 並陪同本次參訪團隊後續的行程與會議；有關 RWE 公司及其執行除役之經驗，詳附件一。

RWE 電力公司與 RWE TI

RWE 電力公司為一綜合電業公司，旗下經營各種能源的發電設施及相關產業，自 2010 年起進入電力事業顧問產業，並於 2015 年成立 RWE TI 子公司，全面推展電力產業相關顧問諮詢業務。此與公司目前擬成立之能源服務公司的發展策略極為類似。

目前 RWE TI 提供服務的領域包括採礦、再生能源、天然氣、電廠規劃及其他與能源產業相關的顧問服務，與核能電廠除役相關的服務則包括「Demolition and Site Closure」及「Decommissioning strategy nuclear power」。



圖 1：本次會議團隊於 RWE HQ 進行啟動會議，左邊由左至右分別為 Mr. Frits Laugeman、Dr. Michael Lochny 及 Mr. Burow

除役議題討論

本次會議前，本公司提送待交流議題，RWE TI 皆根據自身經驗及本公司現況進行說明，相關討論內容詳如附件二；因應本公司第一核能發電廠即將正式進入除役階段，RWE TI 初步表示能依據本公司之需求，提供現場作業訓練 (On-The-Job Training) 服務，其中可以包括除役基礎概論(於 RWE 公司總部進行)，及參與現場除役作業(於 RWE 電力公司旗下正除役中之核能電廠執行)，實際執行方式可再進行討論。

二、於 KSG/GfS 核能訓練中心進行會議

9/25 下午於德國核能模擬訓練中心(KSG /GfS)進行會議，由訓練中心行銷經理 Mr. Dietmar Dusmann 主持會議，討論德國核能電廠營運及除役期間之訓練規劃。

KSG/GfS 簡介

KSG/GfS 訓練中心是由德國各家電力公司合資設立之訓練中心，1987 年由前身 VGB 及 KWS 合併而來，目前有 105 名員工；在德國，所有核能電廠的機組主控制室模擬器皆設置於 KSG/GfS 訓練中心，運轉人員需要定期在此處接受訓練，KSG/GfS 訓練中心最多同時擁有超過 20 部核能機組的機組模擬器，其中也包括外國的核能電廠；目前，因應德國的非核政策，核能電廠陸續關閉，KSG/GfS 訓練中心只剩下 7 座電廠的機組模擬器，包含一座位於荷蘭的核能電廠之機組模擬器。

KSG/GfS 訓練中心另外也會依照核能安全文化，配合在訓練中心內搭建模擬核能電廠現場作業環境之全迴路模擬器，開辦人員績效相關訓練課程。

本日參訪同時參觀 KSG/GfS 訓練中心設置之 1:10 玻璃模擬反應器，為 Biblis 壓水式機組的仿製品；透過該玻璃模擬反應器，協助電廠運轉維護人員瞭解電廠機組運轉時之熱水流狀態，並能模擬各種暫態事件時，機組各組件內部之熱水流現象。



圖 2：於 KSG/GfS 之 1:10 玻璃模擬反應器前合照

非核政策後的轉變

因德國將於 2022 年停用所有核能機組，KSG/GfS 訓練中心屆時將只剩下一座荷蘭核能電廠的機組模擬器，目前 KSG/GfS 訓練中心除了嘗試拓展原有之人員績效相關訓練課程服務至火力電廠之外，嘗試跟其他歐洲核能電廠合作，便且運用既有設施，提供如 IT 安全及資料庫等服務。

三、於 Mülheim-Kärlich (KMK) 電廠進行會議

9/26 當日於 Mülheim-Kärlich 電廠 (KMK) 進行會議，由該廠的廠區監控主管 Mr. Stephan Schilp 介紹廠區現況，帶領會議團隊實地認識廠區，並進行綜合討論；有關本日會議之簡報，詳附件三。

NPP Mülheim-Kärlich (KMK) 基本資料

KMK 為 ABB 建造之 PWR 單機組核能電廠，額定輸出為 1,308 MWe，於 1987 年 8 月開始發電，但因建照及設計爭議於運轉 13 個月後在 1988 年 9 月停止運轉，之後在 1998 年由最高法院裁定永不重新起動，核燃料於 2002 年移出電廠，2004 年獲准除役。

除役現況：(廠內已無用過燃料)

KMK 實際運轉時間不長且停機已久，污染及活化問題不大；實際運轉時，廠內工作人員約 450 人，目前廠內負責除役規劃及作業正職人員約 50 名，加計承包商及保全等人力後日常約會有 120 人，實際執行拆除者主要為承包商。反應器廠房目前仍有 RPV 及 S/G 待拆除，S/G 將就地直接架設工具切割，RPV 則待下一階段再研提拆除計畫。因受制於廠房空間較狹隘，其廢料除污處理作業主要規劃於大型組件移出後之空間，另外則將反應器廠房外側聯通一新設建物，用以進行放射性廢棄物外釋前偵檢作業。

KMK 汽機廠房屬清潔區域，已完成內部設備移除，目前正執行廠房結構體之拆除，高 160 米之冷卻水塔則直接架設拆除機具由上端以螺旋方式往下逐漸拆除。廠址部分土地經申請已部份外釋售予其他公司使用。



圖 3：KMK 無人拆除機拆除冷卻塔(圖為網路搜集)

除役經驗分享：

KMK 建有除役作業資訊平台，對於廢棄物之管理追蹤經由各工作站資料輸入後自動彙整產生報表，可即時掌握狀態及產量。拆除作業流程亦有表單 (decommissioning card system) 作為管控，依污染程度的高低標示不同作業區塊，高污染作業區塊的拆除作業多以遙控方式執行。

可外釋之廠區，應盡快與管制單位協調，各別執行廠址最終偵測後解除管制，以活化土地之再利用。

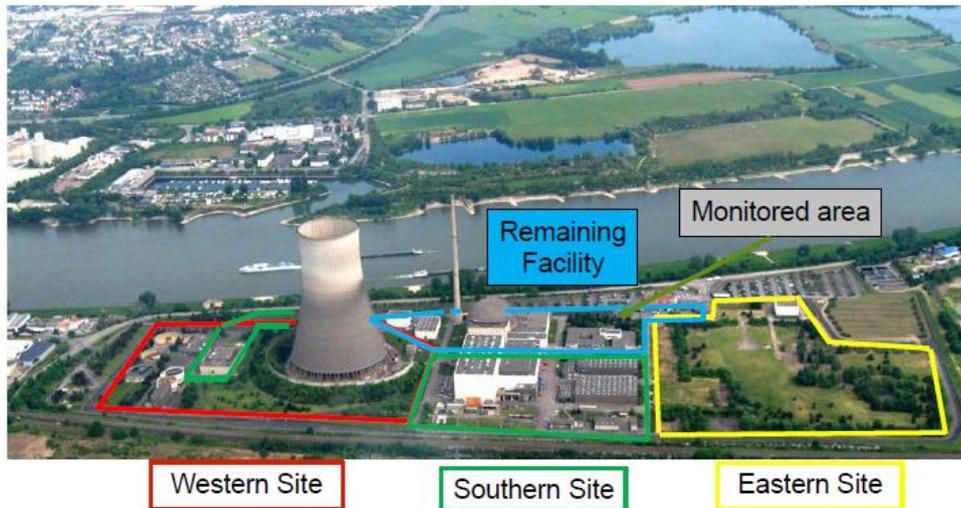


圖 4：KMK 電廠目前除了藍框區域外，皆已解除輻射管制，視為一般工業用地

Current license situation

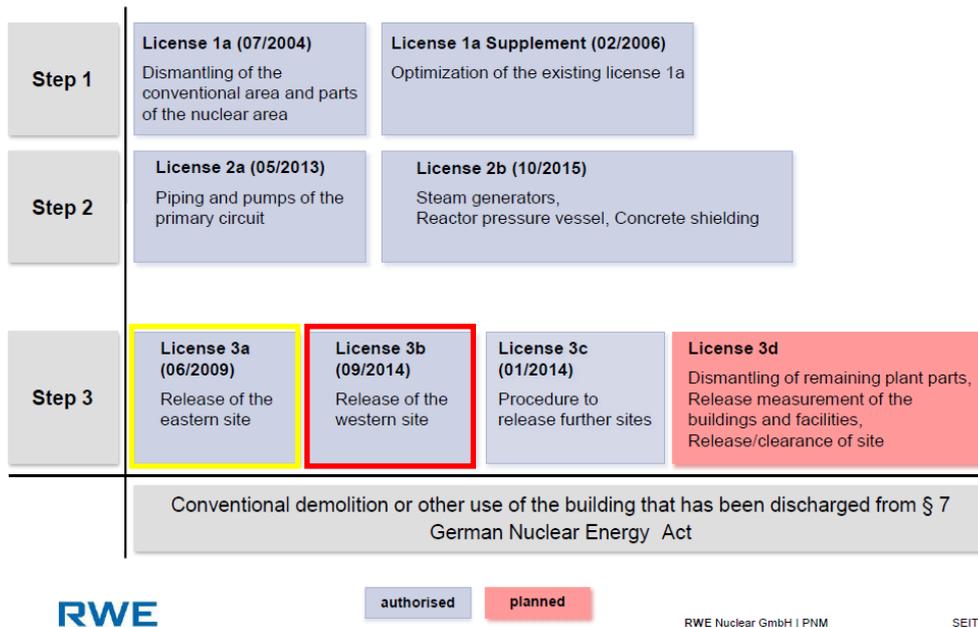


圖 5：KMK 電廠除役各階段除役執照現況

四、於 Gundremmingen(KGG)電廠進行會議

本日會議於 Gundremmingen 電廠舉行，除了由電廠放射性廢棄物處理主管 Mr. Fasold 介紹當前營運狀況，另外由該電廠技術中心已退休之前主管 Dr. Helmut Steiner 分享 A 機組除役作業之執行與建置除役技術中心的經驗，並進行綜合討論。



圖 6：KGG 電廠外觀，右邊為仍運轉的 C 機組，左邊的 B 機組已永久停機

NPP Gundremmingen(KGG)基本資料

場址內共設置三部 BWR 機組，其中 A 機組額定輸出為 250MWe，1967 年商轉時是德國第一座運轉的商用型核能機組，該機組已於 1977 年停止運轉；B/C 機組額定輸出同為 1284MWe，分別自 1984/1985 年開始商轉，B 機組已於 2017 年停止運轉，C 機組將持續運轉至 2021 年。

KGG 除役現況

A 機組 1980 年正式永久停機，自 1983 年開始進行除役工作，依序執行汽機廠房組件拆除、反應器廠房組件拆除、RPV&I 與生物屏蔽拆除及建物表面刨除，在 A 機組建物內部清理完成後，KGG 便將 A 機組的汽機廠房轉為除役技術中心(TZR)，計畫用來處理 A 機組切割下來的放射性廢棄物，及 B/C 機組運轉所產生的放射性廢棄物，並能處理德國其他核能電廠的廢棄物，該技術中心於 2006 年獲得地方政府環保局頒發之使用執照。

B 機組已於 2017 年底停止運轉，但因為 B/C 機組部份共用設施的控制盤僅設置於 B 機組的控制室(例如：off gas 系統)，且 B/C 兩機組是共用一張運轉執照，該運轉執照直到 2021 年才會失效，故目前 B 機組控制室尚需要保持 2 名持照運轉人員值班，且在

2021 年以前，B 機組無法實際執行拆除作業，也需要持續 B/C 機組共用設備的運轉最低要求，故目前僅能執行除役規劃作業。

除役技術中心

如前所述，KGG 的 A 機組汽機廠房，目前作為除役技術中心使用，內部包括切割機具、噴砂機具、化學除污間及待外釋的暫存空間。除役技術中心發展了兩套較特別的技術，分別是磷酸化學除污回收技術及冷凝管除污技術。

適當運用磷酸，可將鋼材表面被污染的部份溶蝕，產生氧化鐵，剩下的鋼材還原後能進行外釋再利用，草酸溶液則能回收使用在化學除污流程內，經 KGG 計算，1 噸的鋼材經處理後，只會產生約 15 公斤需進行最終處置的氧化鐵廢料；整個流程較困難的部分是草酸溶液如何回收使用，以減少二次廢棄物，此部分或可參考 KGG 已申請獲證且目前已過期失效之專利(美國專利號 US4749455)。

KGG 的 B/C 機組在進行更新時，汽機冷凝器的更新產生大量不鏽鋼管，這些管件的外表面有受到污染，若要將管件外釋，則需進行外表面除污；KGG 發展了一套專用除污機器，藉由機器的打磨、刨光，能簡單的同時對大量管件外表面進行除污。

五、於 Biblis (KWB) 電廠進行會議

本日會議於 Biblis 核能電廠進行，Biblis 電廠方面由副廠長 Mr. Horst、拆除作業主管 Mr. Burkhard 及保健物理主管 Mr. Patrick 參與會議；會議內容包括 Biblis 現況簡介、除役策略擬定及除役現場觀摩；有關本日會議之簡報，詳附件四。



圖 7：會議團隊於 Biblis 電廠外合照

NPP Biblis(KWB)基本資料

KWB 為一雙機組的 PWR 電廠，A 機組(Block-A)自 1974 年開始運轉，額定輸出為 1167MWe，B 機組(Block-B)自 1976 年開始運轉，額定輸出為 1240MWe；每部機組分別擁有兩座冷卻塔，故廠址內共有四座冷卻塔。

2010 年時，KWB 曾經進行延役準備，已完成相關工作且於 2011 年 1 月獲得主管機關發給之延役許可，根據延役許可，A、B 兩機組分別可運轉至 2019 年及 2021 年；但 2011 年 3 月時，因福島第一核能電廠事故，德國政府下令 KWB 兩部機組停止運轉，並在當年稍候通過廢核法令，KWB 兩部機組自此未再起動。

KWB 除役現況-拆除規劃

KWB 於 2012 年開始準備除役相關規劃工作，於 2017 年取得第一張除役許可執照，隨即開始進行相關拆除工作，預計 2032 年完成整廠拆除作業。

在拆除相關系統前，需要先對各系統進隔離，KWB 是以 system-by-system 的方式進行系統隔離，但在執行拆除作業時，將會以 room-by-room 的方式進行。

在除役拆廠階段，KWB 將以騰出現場作業空間來規劃組件拆解工序。目前 A 機組已完成爐心主循環泵的拆除；在 KWB 初期的拆除作業中，較大的組件在現場進行粗切後，會運往同屬 RWE 公司的 Gundremmingen Block-A 技術中心進行細切、除污及外釋等工作，未來 KWB 會在主循環泵的空間建置屬於 KWB 的技術中心，對組件進行細切、除污及外釋等工作，但因為 KWB 本身圍阻體內空間有限，較大的組件可能仍會運往 Gundremmingen 進行處理，另外，KWB 的蒸汽產生器，可能會在拆除後，送到 EWN 進行暫時貯存和切割等工作。

除役後的人力管制

在機組正常運轉時期，KWB 共有約 700 名正職員工，在進入除役準備階段後，逐步減少正職員工數目，目前還剩約 300 人，除了自然退除之員工外，RWE 電力公司輔導 KWB 廠內的員工移轉到其他尚在運轉中之核能電廠，包括德國本土及位於瑞典或荷蘭等地的核能電廠；而因為營運和除役的工作性質可能有所不同，願意留在 KWB 中工作的員工，必須同意進行工作轉換，也有可能將其轉換到本來並不熟悉工作領域。

KWB 電廠常規的除役拆除工作僅於週一至週四執行，週五中午開始，大部份的拆除工作都不會執行，現場僅保留部分工作人員。

除役廢棄物管理現況

KWB 電廠擁有廠址內的室內用過核子燃料乾式貯存設施，採用 GNS CASTOR® V/19 金屬護箱，乾式貯存設施於 2015 年建設完成，共花了 3 年的時間將所有的用過核子燃料移轉到乾式貯存設施內，所有的工作約在 2018 年 6 月完成，目前反應器廠房內已無用過核子燃料。

KWB 電廠除役期間所產生的廢棄物，將盡量除污以達可外釋標準，無法外釋之放射性廢棄物，將使用符合德國最終處置場規格的 KONRAD 容器(供 LAW 廢棄物使用，相當於我國 A~C 類之低放射性廢棄物)或 MOSAIK 容器(供 MAW 廢棄物使用，相當於我國超 C 類之低放射性廢棄物)盛裝；至於低、中階放射性廢棄物最終處置場 KONRAD，目前仍在建造中。

符合外釋標準之廢棄物，可以放置於一般工業用的集裝箱或是 20 呎貨櫃中，並可暫時於廠址內尋找空地堆置，等待外釋。



圖 8：Biblis 電廠將用過核子燃料運出反應器廠房(圖為網路搜集)

六、與德國 EWN 公司(原 Greifswald 核電廠)進行會議

本日會議由 EWN 公司國際專案主管 Mr.Thurow，帶領其他同仁參與；上午進行廠址內設備參觀及簡報，下午另外由 Mr. Borner 就 EWN 財務管理情況進行簡報，並就各項議題進行討論；有關本日會議之簡報，詳附件五。

NPP Greifswald 基本資料

NPP Greifswald(KGR)原計畫建造 8 座 VVER 反應器機組(由蘇聯設計之輕水式反應器，類似 PWR)，每座機組額定輸出皆為 440MW；1 號機自 1973 年開始商轉，但在 1990 年 KGR 電廠各機組陸續停止發電之前，只有 6 部機組完成建造，並且只有其中 5 座機組運轉，5 號機則運轉了不到一年即停止運轉，7 號機及 8 號機僅有主要的大型設備完成安裝。

NPP Greifswald 除役計畫

1991 年，KGR 正式決定進行電廠除役，並由德國政府成立 EWN 公司(EWN 股份由德國聯邦財政部全額持有)負責相關事務，1995 年 EWN 取得 NPP Greifswald 全廠的除役許可，並開始進行拆除作業，拆除作業預訂 2028 年完成，但因德國的放射性廢棄物最終處置場營運時間恐尚有變數，故拆除作業完成時間可能較原先預計的更長。

放射性廢棄物營運

KGR 原有一座廠內濕式用過核子燃料貯存設施，EWN 於 1992 年開始規劃設置廠集中式放射性廢棄物貯存設施(下稱 ISN，Interim Storage Nord)，同時用以貯存用過核子燃料及低、中階放射性廢棄物，ISN 於 1998 年啟用，目前全部用過核子燃料已移入 ISN，至於廠內濕式用過核子燃料貯存設施已於 2010 年除役且拆除完畢。

ISN 總共設有 8 個貯存通道，其中 1~7 號貯存通道用以貯存低、中階放射性廢棄物，約可貯存 11 萬噸以上，目前 7 號通道用以貯存由自身拆卸下來的 RPV/RPVI、S/G 等大型組件，另外也接收德國其他核能電廠的大型組件；8 號通道則用以貯存用過核子燃料。ISN 內並另設置有切割間、廢棄物減容設施及辦公室，其中一個切割間內設置 S/G 專用的大型切割機具。

KGR 原有設置一維護中心，可用於營運產生之零組件除污，1991 年起，EWN 花了六年對該維護中心的設備進行升級，升級後的維護中心改稱熱處理間，用於放射性廢棄物的切割、除污及外釋偵測等作業。熱處理間長 95 公尺、寬 55 公尺、高 10 公尺，內設置各種大小不同的帶鋸機、水刀、噴砂機、訊號線的銅與塑料分離設施等；2006 年後，EWN 再對熱處理間進行升級，外加了一個空間，專門用於處理流體放射性廢棄

物及化學除污。熱處理間也同時接收並處理其他德國核能電廠的大型組件(如主循環泵)。

EWN 計算，目前 KGR 除役過程中，產生共 180 萬公噸的廢棄物，其中包含 56.5 萬公噸的放射性廢棄物，經過外釋、除污後外釋及放置待衰變後外釋，只有不到 1% 的 1.6 萬公噸放射性廢棄物需要進行最終處置。

大型組件拆除策略

在原先的規劃中，除了 5 號機 RPV&RPVI 不切割直接進行貯存外，1~4 號機的 RPV&RPVI 都預計進行切割後再裝桶貯存；但在 1 號機及 2 號機的 RPVI 切割後，EWN 改變了規劃，目前 1&2 號機的 RPV，及 3~5 機的 RPV 併同自身的 RPVI 都直接貯存在 ISN 之中。

如前所述，KGR 自身的 S/G 及 PZR 等，也包括從其他德國境內核能電廠(Rheinsberg 及 Obrigheim)接收之大型組件，不經切割就直接貯存，這樣作的考量是為了節省廠房組件拆除的時間，以便能更快的將廠房釋出，另外等待大型組件的劑量率衰減後，能有效減少切割人員所接受的劑量。



圖 9：由范振璁組長代表致贈紀念品予 Mr.Thurow

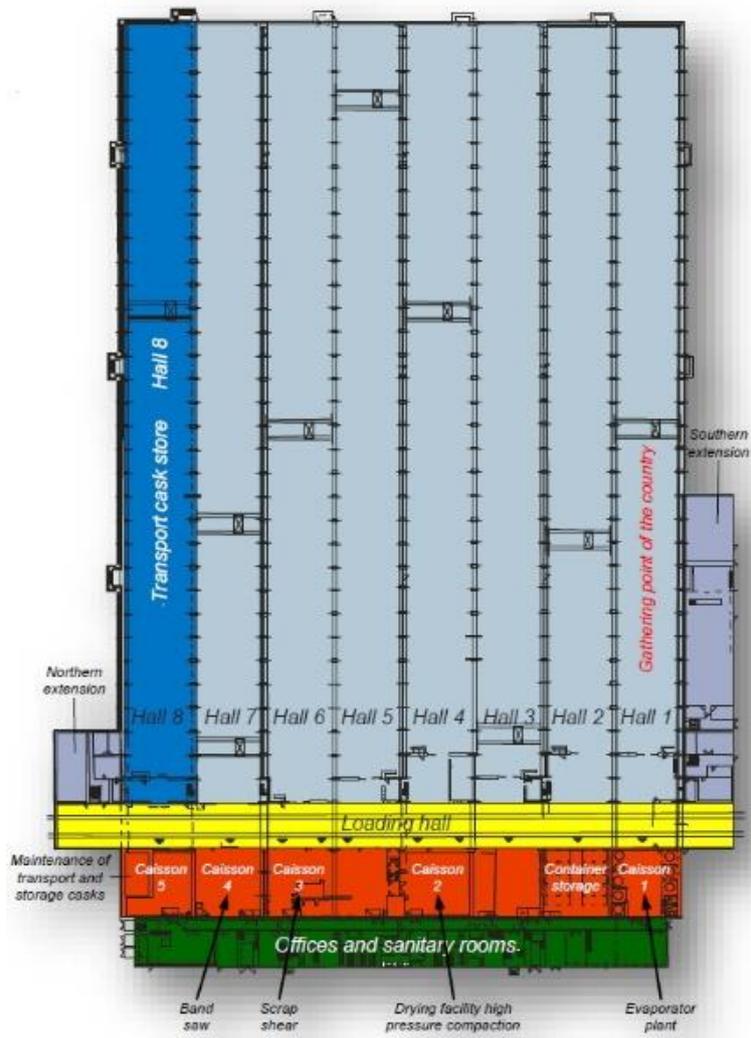


圖 10：EWN 廠址之廠內集中貯存場 Layout 圖



圖 11：EWN 廠址暫存之 RPV&RPVI 及 S/G

肆、心得與建議

一、心得與感想

(一)組織變革

1. RWE 電力公司自 2010 年起，進入電力事業顧問產業，並於 2015 年成立 RWE TI 子公司，全面推展電力產業相關顧問諮詢業務，包括「**Demolition and Site Closure**」及「**Decommissioning strategy nuclear power**」等皆列為對外服務項目。此與公司目前擬成立之國際能源服務公司的發展策略極為類似。
2. 為擬定一致的除役策略並有效統合資源，RWE 電力公司在總處設置除役計畫推動組織（Decommissioning Factory），下設數個專案計畫，與電廠共同推動除役作業。

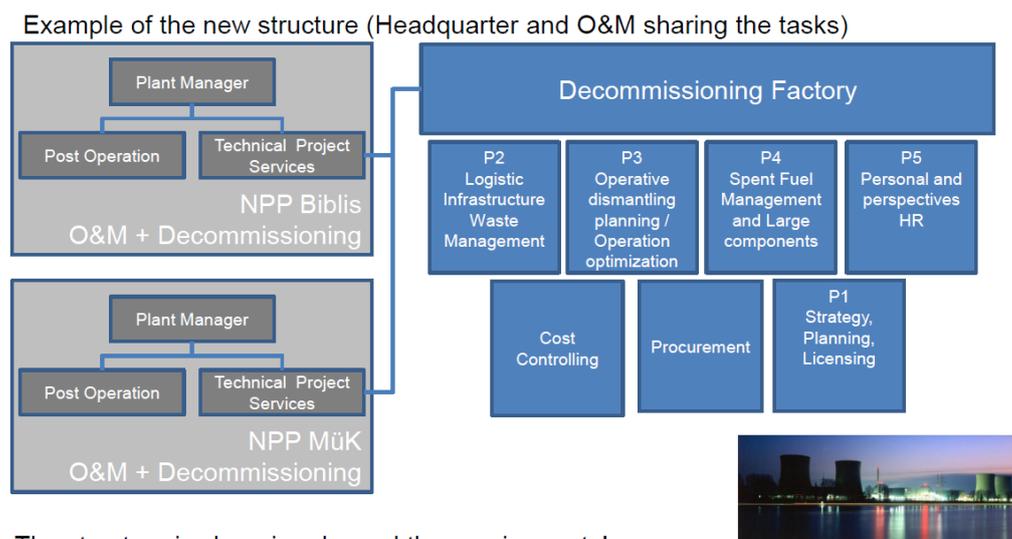


圖 12：RWE 電力公司現行除役計畫組織

3. RWE 電力公司核電廠因應除役計畫之組織調整，於機組尚在運轉時不作實質變動(如：Gundremmingen NPP)，以任務編組推動除役規劃作業;當機組皆永久停機後再行調整(如：Mülheim-Kärlich NPP 及 Biblis NPP)，如圖。此與目前核一廠除役組織調整的時機點相近，但核一廠除役組織調整並未就 **Post Operation O&M** 與 **Decommissioning Planning** 之組織作實質區隔。

(二)除役核能電廠人力資源議題

1. 除役作業與機組營運期間之工作形態迥異，員工心態之調適為重要課題；在運轉中，核能安全及維持發電為首要目標，因此維護成本及工作時限需要被關注，但進入除役中核能電廠，尤其在用過核燃料完全移出機組後，發生核子事故的可能性已降到最低，作業人員的工作安全及輻射安全之重要性相對提升，員工不需再維持運轉時的較高工作強度，以防止過度趕工造成的工安及輻安事件。
2. 進入除役階段後，電廠原組織部門需進行調整，除了既有需暫時留用設備之運維人力外，應同時檢視未來除役工作分工權責對應，人力及專業之需求是否滿足亦應考量，人力成本的運用應是除役期間重要的績效指標。
3. 可安排一對一面談以掌握個別意見與需求，讓員工在面對工作轉型及未來職涯規劃時，可及早進行對話與溝通。應重視員工留任原廠工作之意願，公司也需因應除役及運轉工作性質轉換，提供留用員工必要訓練。

(三)除役整體策略

1. 綜觀 RWE 電力公司各核能電廠，即便是同為 PWR 機組，仍視現場作業條件規劃不同工序，諸如組件移除順序、廠房拆除順序、組件除污程序等，主要考量因素如下：
 - (1) 盡量不增加輻射管制區及受污染的組件。(如：針對 PWR 機組，不會在汽機廠房建置放射性廢棄物處理設施)
 - (2) 除役產生的廢棄物將以達成非限制性外釋(unrestricted release)作為廢棄物處理的目標。(以 EWN 為例，約有 90.4%可達成非限制性外釋)
 - (3) 除役最重要的是在執行前的規劃，包括資源/時間/技術/人力/空間等，應儘可能在完整規劃下執行除役作業。
 - (4) 除役核電廠內的廠房、土地之解除管制，應盡快推動，必要時可分區釋出廠區建物與空間。
2. 建立有效的 KPI 指標並訂定適當的目標值，RWE 建議的 KPI 如下：
 - (1) KPI 1 里程碑預測與實績
 - (2) KPI 2 獲得外部獎章數

- (3) KPI 3 除役基金運用狀況
- (4) KPI 4 會計年度剩餘時間的計劃支出率
- (5) KPI 5 人力支出
- (6) KPI 6 在地之員工及包商比例
- (7) KPI 7 放射性廢棄物產出量
- (8) KPI 8 除役產生廢棄物減量比例
- (9) KPI 9 氣態及液態放射性廢棄物排出量
- (10) KPI 10 人員劑量
- (11) KPI 11 違規或注改數量
- (12) KPI 12 利益相關者滿意度

以上 KPI 僅供參考，公司仍應視除役績效考核需求，訂定適當的 KPI 與目標值。

- 3. 需強化與管制單位的溝通對話，讓管制單位充分瞭解核電廠除役期間現場作業的規劃與執行情形，特別是與核電廠運轉期間的差異。

(四)廢棄物營運管理

- 1. 德國低、中階放射性廢棄物最終處置場 KONRAD 處置場正在興建中，預計 2022 年試營運。高放射性廢棄物最終處置場設置進度與我國類似，目前進行場址特性調查中。
- 2. 為提升廢棄物處理設備使用率，RWE 電力公司會將部分低、中階放射性廢棄物集中至某個設施處理、暫存。
- 3. 在實際進行拆廠作業之前，對於除役期間產生之放射性廢棄物，應有一明確的策略，因此處理廠內廢棄物處理與貯存規劃有以下考量：
 - (1) 低、中階放射性廢棄物(分別相當於我國的 A/B/C 類及超 C 類低放射性廢棄物) 貯存容器應可符合最終處置容器條件，即一次到位，未來運輸至最終處置場時不需重裝(Repacking)。
 - (2) 組件拆除順序及拆除後的組件運送動線。
 - (3) 暫存場所之規劃，包括拆除後處理前之暫存區及符合非限制性外釋廢棄物作之暫存區。
 - (4) 需進行除污的廢棄物除污方式、地點、用具。
 - (5) 廢棄物相關的文件管理系統必需在產生除役廢棄物前儘早建立。

二、建議事項

- (一) 配合各電廠除役規劃進程之需求，重新檢視總管理處組織與各分項專案推動的適切性。
- (二) 儘速確定低放射性廢棄物最終處置容器，處置容器之分類設計應在符合除役相關作業需求下力求單純，以利除役相關作業及最終處置場之規劃與執行。
- (三) 強化廢棄物營運管理整體規劃，在全面進行除役拆除作業前，完成相關管理機制與平台之建置，管理重點應包括：
 - 1. 放行與外釋機制建立，包括輻射偵檢設備建置。
 - 2. 暫存與處置容器準備。
 - 3. 拆除後處理前與符合放行或外釋廢棄物暫存區之規劃。
 - 4. 組件拆解與切割設備建置與工作模擬規劃。
 - 5. 組件除污方式選擇與設備建置。
 - 6. 現場作業區域配置規劃。
- (四) 建議與 RWE 電力公司加強交流，除持續人員互訪進行技術交流討論外，可規劃委請 RWE 電力公司安排赴該公司及其除役電廠進行現場除役作業訓練(On-The-Job Training)。

附件一 RWE 公司及其除役經驗

附件二 本公司與 RWE 公司討論之議題

台電提問	RWE 初步回應
Decommissioning technology development	
1. We know that many Germany nuclear units are under decommission or had been decommissioned, and now you have a well organization and get the ability to help international company to do the decommissioning.	
<p>a How do you develop your key technology?</p> <p>What kinds of key technology do you get?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Key technologies were identified and developed during the early project (e.g KRB). So those are available and well tested now. - Dismantling technologies - IT-Tools <ul style="list-style-type: none"> a. Cost estimation tool (requires input from b) b. Waste Tracing (AVK, Gundremmingen) c. Residual Material Tracing (RVK, Mülheim-Kärlich) d. Planning-Tool/ Dismantling Card - Decontamination - Packaging (Fakir/Petra/Mavak) - Transport/Logistics Technologies
<p>b How do you estimate the decommission cost?</p> <p>Have you cooperated with other industry?</p> <p>How do you deal with the deviation between the estimation and real cost?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Radiological characterization catalogue - Nuclid vector determination - Mass estimation - With IT-Tool - Iterative process, annual revision/update - Specialized consultants/contractors, e.g. BRENK - Updated annually and revised

台電提問	RWE 初步回應
(ex: the wrong working breakdown system)	
Decommissioning Training	
2. We know that most Germany nuclear power plant use the original employees as the decommissioning workers.	
a Which kind of decommissioning work can be taken by the operators?	<ul style="list-style-type: none"> - High-level and safety-related work (HSE & radiation), process setup/steering <ul style="list-style-type: none"> a. (Decon Planning and follow-up by Maintenance Staff) b. Post-op c. Continuous review of documentation d. Freischaltung/System Release e. Rad prot/measurement f. Induction/Control of dismantling contractors g. Documentation of dismantled components h. (Dismantling often too simple for qualified staff) i. Tender/Procurement j. Care&Maintenance (for decommissioning)
b Operation is different from decommission, which kind of decommission training should be taken by all of the operating site employees? And how about the training hours? Which kind of decommission training should be taken periodic?	<ul style="list-style-type: none"> - Radiation protection (1x2weeks+annually 1 wk) - Health & Safety, due to handling of heavy components (1 day/month) - English (continuously) - IT-Tools (at least 1 wk/tool) - HPO (Train-the-trainers, 2-4 weeks)

台電提問	RWE 初步回應
	<ul style="list-style-type: none"> - Extended training on Regulation for experts/managers (4 weeks)
<p>c How much decommissioning training courses do you get? What's your training plan?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - On-the-job/Dedicated officer - HSE continuous
<p>d After the amount of experienced employees get retire, how do you help the new staffs to get familiar with the units? For example, the systems, the operation history and the site characteristics.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Succession planning (HR) - Handover-period - Mentoring-scheme - Basic/Induction Training
Waste Management	
<p>3. In Germany, the ILW is packed with the MOSAIK® or GNS Yellow Box® Container</p>	
<p>a Do you have overpack for these containers?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Yes, Mosaik->Konrad - GNS YB not used
<p>b Have you ever consider to use cask to replace the container? (in order to the lower cost)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No, not approved by regulator. We would love to change, but don't have the option - All depends on the final storage, which has already been determined in Germany - (TPC could work with the regulator to get approval for different requirements)
<p>c What's the different between the containers for LLW (VLLW) and ILW? If they are the same, why?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Same containers, different isolation inside; alternatives for VLLW restricted free-measurement
<p>d How do you get the balance between the containers, the amount of waste and the radiation?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calculated by IT-Tools based radiological specs and mass , based on initial radiation catalogue

台電提問	RWE 初步回應
<p>e How do you deal with the insulation materials, resin</p> <p>and activated carbon?</p> <p>f May you tell us the cost of the HIC?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Metal: decontamination+free measurement - Cables: same as metal +de-insulation + or shredding and grouting - confectioning, drying (1-2 liter per 200 l, otherwise the longer time for drying the dryer the material; - alternative: barrels with drainage or belt dryer) - if everything else fails, compacting and incineration (Sweden) - Filter-> Konrad containers (just get rid of it) - Konrad 15-30 - Mosaik 70-100 - Castor - undisclosed
Decommissioning Planning, Site Management	
<p>4. We have heard that the decommission work should be normalized, which kind of work should be normalized? Do you have some examples on that?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Procedures should be standardized (dismantling, final closure of residual regime, free release; characterization of standards for residual operations
<p>5. Some equipment would need to be disabled, isolated and removed. How do you do the process investigation?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Planning: System-approach - Markers: by room - Removal: by room - Rooms can be multilevel, some rooms can be combined
PWR Decommission Strategy	
<p>6. We know that a room for dismantling (also for decontamination, packaging...) large</p>	<p>Presentation by Dr. Ralph Verseemann</p>

台電提問	RWE 初步回應
<p>devices is needed, we call it “Waste Management Facility (WMF)”. For BWR, turbine building is a good choice for WMF since it is radiation work place in the operation status and it’s also large enough. For PWR, turbine building is clean in the operation status, will you still pick the turbine building as the WMF? What’s your consideration? (Radiation work place? Exhaust filter? Transportation?)</p>	<p>->Gundremmingen visit: Find free space, e.g. get rid of feed water pumps</p> <p>->Biblis visit</p> <p>Purely regulatory requirements: In PWR the turbine hall is not controlled area. Thus, it’s impossible to use it, since licensing procedures would take forever.</p>
<p>7. Will do dismantling the large devices (PWR)? S/G, PZR, or other large devices.</p>	<p>Depends on conditions on site: eg. space available, equipment available/location</p>
<p>8. In your experience, is there big differences between PWR and BWR on their decommissioning key factors? For example, Accessibility? Difficulty for work?</p>	<p>primarily</p> <ul style="list-style-type: none"> - Space availability - Radiation/activity
<p>Decommissioning Site Management</p>	
<p>9. How to govern and supervise the local activities of Decommissioning Project? Would you provide the routine activity of the govern and supervise to the local decommissioning project?</p>	<p>Centralized HQ units</p> <p>YES</p>
<p>10. Operation and decommission may be managed by two different departments in the HQ.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - This setup should be kept this way until fuel-free status is achieved.

台電提問	RWE 初步回應
<p>How do you do when the status of a unit is changed?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Operations are service-provider for decom - After fuel-free status, both parts can be combined.
<p>11. How do you manage a decommissioning site?</p> <p>What will be the differences between managing an operating site and a decommissioning site?</p> <p>12. Job rotation?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Regulations for operations are much more comprehensive both in terms of regulation and work procedures; - Decommissioning is project orientated (like a construction site) and much leaner both in terms of process and staffing - Yes, regularly; and it makes sense for knowledge sharing

附件三 Mülheim-Kärlich (KMK)電廠會議簡報

附件四 Biblis (KWB)電廠會議簡報

附件五 EWN 公司會議簡報