

出國報告（出國類別：開會）

第 30 屆台日核能安全研討會

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：陳有賢 主管（技術分析）

張金和 主管（除役技術發展）

派赴國家：日本

出國期間：106 年 7 月 17 日至 7 月 22 日

報告日期：106 年 8 月 24 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：第 30 屆台日核能安全研討會

頁數 43 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

陳有賢/台灣電力公司/核能後端營運處/主管技術分析/23657210

張金和/台灣電力公司/核能後端營運處/主管除役計畫/23657210

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：106.7.17 ~ 106.7.22 出國地區：日本

報告日期：106.8.24

分類號/目：

關鍵詞：台日核能安全研討會、日華原子力連絡會議

內容摘要：(二百至三百字)

赴日本參加第 30 屆台日核能安全研討會 (第 2 屆台日核能專家會議)，由台日雙方核能專家、學者進行核電廠除役技術與資訊之交流、討論；且會議中，日本也邀請相關業者於會議中進行相關產品介紹，達到實務交流的目的。

參訪日方除役相關業者(第一 cutter 公司)，觀看實際操作之經驗與技術；拜會世界核能發電協會-東京中心與其確認除役技術支援的可行性；參加第 26 屆日華原子力連絡會議(關西原子力懇談會)了解日台雙方核能發展、除役措施、放射性廢棄物處理處置、核能人力進用，以及地方溝通心得等重大議題的最新資訊。

透過本次出國行程，對於國內核能電廠的除役規劃及放射性廢棄物處置等技術與資訊，有更新的瞭解，供後續公司除役規劃作業及重要決策參考。

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

摘要

台日核能安全研討會發軔於 1985 年，由當時之台電公司董事長陳蘭皋先生，時任亞太科技協進會(APCST)能源委員會召集人與日本原子力產業會議(JAIF)（現已更名為日本原子力產業協會）共同發起。並從 1986 年起，每年分別由日本和台灣主辦，召集台日核能專家共同研討核能安全相關事項。此為台日雙方核能技術交流的重要活動。

今年邁入第 30 屆，係由日本原子力產業協會(JAIF)與中華核能協會(CHNS)主辦，為因應時局轉化交流形式與內涵，故於 2015 年 7 月 26-31 日在日本東京之「台日核能專家研討會」後，即規劃從 2017 年起，將「台日核能專家會議」與「台日核能安全研討會」合併辦理，並改成每兩年輪流在台灣與日本召開乙次，故本次會議亦稱為「第 2 屆台日核能專家會議」。

除前述研討會議外，亦安排參訪第一切割公司，實際了解其應用於除役之相關經驗與技術；拜會世界核能發電協會東京中心，洽談邀請專家來台協助核能電廠除役的技術支援任務；參加第 26 屆日華原子力連絡會議(關西原子力懇談會)，對核能發展、除役措施、放射性廢棄物處理處置、核能人力進用，以及地方溝通心得等重大議題展開熱烈的討論與意見交換。

透過台日雙方研討會、拜會世界核能發電協會及業者參訪，對本公司後續推動各核能設施之除役規劃、除役切割技術與放射性廢棄物管理、處置等相關工作有極大助益。

關鍵字：台日核能安全研討會、日華原子力連絡會議

目次

摘要

目次

一、目的.....	1
二、過程.....	2
(一)行程及工作摘要.....	2
(二)研討會議程及內容.....	2
1.開幕致辭.....	4
2.專題講演.....	6
3. Session I：核設施除役-除役實績與今後的規劃.....	9
4. Session I (續)：核設施除役-除役措施/組件切割之實行.....	17
5. Session II：除役諸般議題、技術研發-廢棄物處置.....	21
6. Session II (續)：除役諸般議題、技術研發-放射線/除污相關.....	24
7. 閉幕致辭.....	27
8.日本企業交流會.....	27
(三)參訪行程.....	28
1. 第一 Cutter 興業股份有限公司茅崎總部.....	28
2. 世界核能發電協會-東京中心.....	32
3. 第 26 屆日華原子力連絡會議(關西原子力懇談會).....	35
三、心得.....	38
四、建議事項.....	39

一、目的

此次公務出國主要目的是至日本東京參加第 2 屆台日核能專家會議(第 30 屆台日核能安全研討會) 及至第 26 屆日華原子力連絡會議(關西懇談會)，其中「台日核能安全研討會」係由中華核能學會與日本原子力產業協會(JAIF)簽定協議，台日雙方藉由研討會交換核能領域上的相關資訊與經驗，2015 年於東京舉辦之「2015 台日核能專家會議」，我方係由原能會與中華核能學會共同籌辦，當時台日雙方決定將於 2017 年在日本舉行「第 2 屆台日核能專家會議(第 30 屆台日核能安全研討會)」，並由日方 JAIF 主辦，我方則由中華核能學會與核研所共同籌辦。

同時，關西原子力懇談會為日本原子力產業協會(JAIF)之地方組織之一，且為我國與日本核能界最早建立關係的組織，多年來都在彼此互助的基礎上，分享處理核能相關議題的經驗。與該組織相關成員，已有建立深厚的台日友誼，故藉由維繫此互動拜會模式，持續保持合作關係及與資訊與經驗的交流。

二、過程

(一)行程及工作摘要

本次公務出國期間為自 106 年 7 月 17 日至 7 月 22 日共計 6 天，由中華核能學會邀請我國產、官、學、研等共同組團，本公司則由林發言人兼核能事業部專業總工程師德福、率核能後端營運處陳有賢課長、張金和課長等三位代表出席。

行程除參加第 30 屆台日核能安全研討會外、另參加第 26 屆日華原子力連絡會議(關西懇談會)，以與日方核能領域之專家、業者經驗分享，就核設施除役及相關輻射防護實務交流討論，獲取除役方面之經驗並與之交流與學習之外；且包含至核能設施/設備之供應商/執行業者現場、了解其供應能力、實績、實際操作等行程。此次之公務出國行程如表 1 所示。

表 1 出國行程表

日期	行程
7/17(一)	台灣松山機場→日本羽田機場
7/18(二)	第 30 屆台日核安研討會議
7/19(三)	參訪除役業者-第一 Cutter 興業股份有限公司
7/20(四)	拜會世界核能發電協會-東京中心
7/21(五)	第 26 屆日華原子力連絡會議(關西懇談會)
7/22(六)	日本關西機場→台灣桃園機場

(二)研討會議程及內容

第 30 屆台日核安研討會議日期為 106 年 7 月 18 日，會議內容如表 2，假都市中心酒店(東京都千代田區平河町 2 丁目 4 番 1 號)5 樓 Orion 大廳舉行，主辦單位為日本原子力產業協會(JAIF)及台灣的中華核能學會(CHNS)，協辦單位為日本原子力除役研究會(ANDES)及台灣的原能會、物管局、台電公司、核能研究所、清華大學等單位，參加之單位除以上主辦及協辦單位外，尚包括台灣的核能資訊中心、核能與新能源教育研究協進會、益鼎公司、泰興公司、鉍原公司等財團法人及業者。日本方面則有：JAIF 會員，如電力業者、反應器/機器廠商、研究所、核能相關服務企業等。台方 28 位，日方 12

位、旁聽者 28 位、現場展出介紹者 8 位，一共 76 人。

表 2 第 2 屆台日核能專家會議(第 30 屆台日核能安全研討會)議程

時間	發表內容
08:30-09:00	報到
09:00-09:20	開幕致辭 (日)日本原子力產業協會(JAIF) 高橋明男 理事長 (台)中華核能學會(CHNS) 潘欽 理事長 (日)來賓致辭 原子力除役研究會(ANDES) 石川迪夫 會長
09:20-10:10	專題講演 (25 分鐘 x2) (日) 日本核能發電/核後端業務現況： 電氣事業連合會 原子力部 大森武 部長 (台) 台灣核後端業務之現況介紹： 引言人：台電公司發言人 林德福 專業總工程師 報告人：台電公司 核後端營運處 技術分析課 陳有賢 課長
10:10-10:35	休息&日本企業介紹·交流時間
10:35-12:05	Session I：核設施除役 (30 分鐘 x3、含 Q&A) ① 除役實績與今後的規劃 主持人：行政院原子能委員會核能研究所 施建樑 副所長 Topic 1(台)：TRR 研究用核反應器及台灣核一、二廠除役現況： 核能研究所 工程組 李振弘 副組長 Topic 2(日)：敦賀核電廠 1 號機除役相關前置作業： 日本原子力發電公司 除役措施計畫推動辦公室 菊 込敏 調查職 Topic 3(日)：美濱核電廠 1、2 號機除役相關前置作業： 關西電力公司 原子力事業本部 除役措施技術中心 除役措施計畫組 伊阪啓 計畫主持人
12:05-13:20	午餐&日本企業介紹·交流時間
13:20-14:45	Session I(續)：核設施除役 (30 分鐘 x2、含 Q&A) ②除役措施/組件切割之實行 主持人：原子力除役研究會(ANDES) 佐藤忠道 事務局長 Topic 4(日)：Fugen 核電廠除役措施之現狀與技術發展： 日本原子力研究開發機構 JAEA BE 研發部 反應器除役措施研發中心(Fugen) 井口幸弘 副所長 Topic 5(台)：台灣核反應器壓力槽及爐內組件切割規劃： 核能研究所 核後端研究中心 楊慶威 副主任 Session I 綜合討論 (25 分鐘)
14:45-16:15	Session II：除役諸般議題、技術研發 (30 分鐘 x3、含 Q&A)

時間	發表內容
	① 廢棄物處置 主持人：原子力除役研究會(ANDES) 佐藤忠道 事務局長 Topic 6(台)：台灣核一、二廠除役輻射特性調查及廢棄物盤點： 核能研究所 保健物理組 陳韋新 助理研究員 Topic 7(日)：除役過程之拆除廢棄物之處置思維： 核後端推動中心(RANDEC) 澀谷進 專務理事·廢棄物處置事業推動部長 Topic 8(台)：台灣核電廠除役及廢棄物管理： 核能研究所 化學工程組 蕭憲明 副研究員
16:15-16:40	休息&日本企業介紹·交流時間
16:40-18:05	Session II(續)：②放射線/除污相關 (30 分鐘 x2、含 Q&A) 主持人：核後端推動中心(RANDEC) 澀谷進 專務理事 Topic 9(台)：反應器周遭三維中子通量計算方法的比較研究： 清華大學 核子工程與科學研究所 許榮鈞 所長 Topic 10(台)：輻射污染建築的拆除經驗： 清華大學 原子科學技術發展中心 劉鴻鳴 副主任 Session II 綜合討論 (25 分鐘)
18:05-18:15	閉幕致辭 (台)台電公司發言人 林德福 專業總工程師 (日)日本原子力產業協會(JAIF) 高橋明男 理事長
18:30-20:00	共同晚宴·日本企業交流會

1.開幕致辭

先由日本原子力產業協會(JAIF)的佐藤克哉(Katsuya Sato)常務理事致詞，歡迎台灣及日本的專家及業者與會；再由中華核能學會潘欽理事長致詞，代表台灣團感謝 JAIF 所有同仁之協調與準備，並配合我方需求、將議題著重在核電廠除役及核廢料處置上，透過討論與經驗交流，讓雙方可以在此領域都能有進步；再由日本原子力除役研究會(ANDES)的石川迪夫會長致詞(圖 1~圖 3)後，開始專題演講及除役相關之議題簡報。



圖 1 中華核能學會潘欽理事長致詞



圖 2 日本原子力産業協會(JAIF)佐藤克哉常務理事致詞



圖 3 日本原子力除役研究會(ANDES)石川迪夫會長致詞

2. 專題講演

(1) 日本核能發電/核後端業務現況(電氣事業連合會原子力部 大森武部長)

簡報題目：Status of Nuclear Power & Fuel Cycle Back-End Management in Japan (The Federation of Electric Power Companies of Japan, Nuclear Power Department, Takeshi Omori)

簡報摘要：

日本原有 59 部核能發電機組，其中沸水式反應器(BWR)共有 35 部、壓水式反應器(PWR)共有 24 部，目前已有 10 部的 BWR 和 4 部的 PWR 已進入除役狀態。BWR 的 10 部除役機組包含：濱岡(Hamaoka)核電廠的 1、2 號機組、敦賀(Tsuruga)核電廠的 1 號機組、島根(Shimane)核電廠的 1 號機組、福島(Fukushima Daiichi)核電廠的 1 - 6 號機組；PWR 的 4 部除役機組包含：美濱(Mihama)核電廠的 1、2 號機組、玄海(Genkai)核電廠的 1 號機組、伊方(Ikata)核電廠的 1 號機組。目前日本各電廠之除役、申請重啟或運轉狀態，如圖 4 所示。

在 2011 年福島核子事故之後，日本於 2013 年制定新的核能安全管理標準，並且在停機期間對核電廠進行安全補強。2015 年 8 月 11 日，位於鹿兒島縣的九州電力公司川內核電廠 1 號機組是新管制標準下第一部允許重啟的核能發電機組。日本原子力規制委員會(NRA)於 2016 年 6 月 20 日通過高濱核電廠 1、2 號機重啟申請，這是首次有老舊核電機組通過新管制標準，延長運轉的一個案例。高濱核電廠 1、2 號機組是運轉逾 40 年的老舊核能發電機組，分別在 1974 年與 1975 年起商轉，比起台電公司的第一核能發電廠還要早 4 年運轉。

目前已獲得 NRA 認定，符合新管制標準的 12 部 PWR 核能發電機組中，已有 5 部 PWR 機組已經獲得重啟，包含：九州電力公司川內核電廠的 1、2 號機組、關西電力公司高濱核電廠的 3、4 號機組、四國電力公司伊方核電廠的 3 號機組；另外 7 部 PWR 機組尚未獲得地方政府的同意，故尚不能重啟。

- 26 out of 45 Units have applied for compliance with New Regulatory Requirements (PWR: 16 Units, BWR: 10 Units)
- Of these, 12 Units (PWR) have received approval

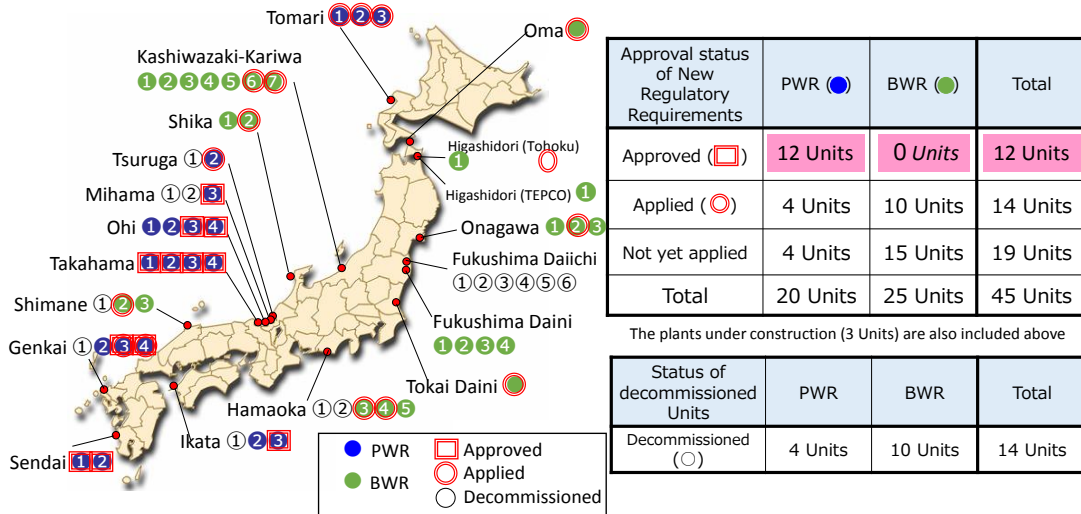


圖 4 日本各核電廠、各機組之除役、申請重啟或運轉狀態

日方由大森武部長簡報(如圖 5)，目前日本政府的能源方針是希望在 2030 年的最佳能源組成中，核能發電占比約 20% - 22%。到 2030 年後，日本運轉逾 40 年的核能發電機組約有 20 部，其中約半數若不延役，將無法達到原先所訂定的核電占比目標。



圖 5 大森武(Takeshi Omori)部長簡報

(2)台灣核後端業務之現況介紹(引言人：台電公司發言人 林德福專業總工程師；
報告人：台電公司核後端營運處乾貯一組技術分析課 陳有賢課長)

簡報題目：Current Status of Nuclear Backend Management in Taiwan

簡報摘要：

由台電公司發言人林德福專總進行引言，說明台灣目前電廠之運轉及除役規劃狀態，才由陳有賢課長進行台灣核電廠後端管理之詳細規劃說明，如圖 6、7。

台灣的 4 座核能電廠，分別位在台灣的南北兩端，南部是位於屏東縣恆春鎮馬鞍山的核三廠，其他核電廠都位在北台灣的新北市界內，如位在金山的核一廠、國聖的核二廠和位於貢寮封存中的龍門廠。核能一、二、三廠總裝置容量，占台灣總電力比率為 12.2%。未來 8 年內各核能電廠將於運轉 40 年後，由第一核能發電廠開始陸續除役。

台電公司為了後續除役工作的順利進行，積極推動集中式貯存設施(Centralized Interim Storage Facility, CISF)應急計畫，用來暫時貯存高階與低階放射性廢棄物。目前，集中式貯存設施的可行性評估報告已於 2016 年 9 月提出，規劃期程仍設定為先確定場址後，後續約需有 6 年時間進行規劃，包括申請必要證照、土地取得及環評等工作，還有後期施工期間規劃約需 10 年，所以規劃排定總時程為「n+6+10」年。(註:有關集中式貯存場選址，目前由「非核家園小組」負責，仍待其邀集各界代表討論、溝通，凝聚共識。而依照核一廠、核二廠乾貯設施經驗、及本公司最終處置場的實際經驗得知，選址階段之公民參與及凝聚社會共識所需時間較難估計，故暫定選址階段結束時間為可行性研究推動後之第 n 年)

台電公司亦參考世界各國於 1986 年成立後端營運基金，以運轉中 6 部核能機組，運轉壽齡 40 年，其所產生的高、低放射性廢棄物，均採境內處置方式為計算基礎，預估約須新台幣 3,353 億元(97 年幣值)，迄今累計金額約 3,248 億元，並由核能後端營運基金管理會管理。

第一核能發電廠的除役對於台電公司和主管機關原能會都是第一次執行，因

此核能工業的除役指標標準和獲得協助是需要的。協助核電廠執行除役技術的指標和經驗，對於順利成功除役將是非常有幫助的。



圖 6 台電公司發言人林德福專總引言



圖 7 台電公司陳有賢課長簡報

3. Session I：核設施除役-除役實績與今後的規劃

(1) 研究用核反應器及台灣核一、二廠除役現況(核能研究所工程組 李振弘副組長)

簡報題目：Decommissioning Status of Taiwan Research Reactor and Chinshan, Kuosheng Nuclear Power Plants

簡報摘要：簡報資料參考附件

概述台灣核子反應器設施除役的相關法規與核子反應器設施現況，並說明核能研究所(簡稱核研所)的台灣研究用反應器(Taiwan Research Reactor, TRR)與核一、二廠之除役成果與未來工作規劃。

TRR 除役計畫已於 2004 年獲得主管機關審核通過，除役工作第一階段執行的時間是從 2004 年至 2018 年，主要是完成用過核子燃料池污染物質的移除與清理，包含池水與結構。TRR 除役工作第二階段執行時程為 2012 年至 2028 年，主要是完成乾式貯存場清除與爐體拆除作業，因應 TRR 反應爐高活度組件之拆解作業，核研所也將開發遙控處理與水下切割之設施、機具，並進行模擬測試。

第一核能發電廠兩部機組之運轉執照有效期，將分別於 2018 年 12 月及 2019 年 7 月屆滿，除役計畫與除役環境影響評估報告已分別於 2015 年 11 月與 2016

年 1 月送交主管機關審查。第一核能發電廠除役計畫包括輻射特性調查、工作分解架構、作業時程規劃、拆解及切割規劃、廢棄物處理、廠房及土地再利用規劃等項目，已於 2017 年 6 月獲得原子能委員會審查核可，未來待環境影響評估報告通過環境保護主管機關審查後，即可取得第一核能發電廠除役許可，開始執行除役工作。

第二核能發電廠兩部機組之運轉執照有效期，將分別於 2021 年 12 月及 2023 年 3 月屆滿。依據法規要求，必須在 2018 年 12 月 27 日前提送除役計畫至原子能委員會審查，目前正積極進行除役規劃工作與除役計畫編撰作業，預計可在 2018 年 11 月完成除役計畫，並陳報主管機關進行審查。

(2) 敦賀核電廠 1 號機除役相關前置作業(日本原子力發電公司除役措施計畫推動辦公室 菊込敏調查職，如圖 8)

簡報題目：Preparation Status of Decommissioning Measures of Tsuruga Power Station Unit 1 (The Japan Atomic Power Company, Satoshi KARIGOME)

簡報摘要：

敦賀(Tsuruga)核電廠的 1 號發電機組額定發電量為 357 MWe，在 2011 年初因為執行年度安檢而停機，但在同年的 3 月適逢發生福島核子事故，之後日本所有的核能發電機組均須重新通過審查後才可重啟，日本原子力發電公司因而在 2015 年 3 月宣布該座機組將不再重啟運轉，整個商轉的年限約 45 年，成為該公司第 2 個被除役的機組。

敦賀核電廠的 1 號機組其除役計畫已於 2017 年的 4 月 19 日核准，預計 24 年完成除役；可分成 3 個階段(如圖 9 所示)，即：第 1 階段的工程準備(自 2016 年至 2024 年，工作內容包含燃料的卸載、反應器進入安全貯存期等)、第 2 階段的反應器解體拆除(自 2025 年至 2033 年)、以及第 3 階段的建築廠房解體拆除(自 2034 年至 2039 年)。至於反應器周邊設備的解體拆除、除污、放射性廢棄物處置等工作，亦會在整個除役期間內執行。



圖 8 (右)主持人施建樑副所長引言；(左)刘込敏調查職為簡報者

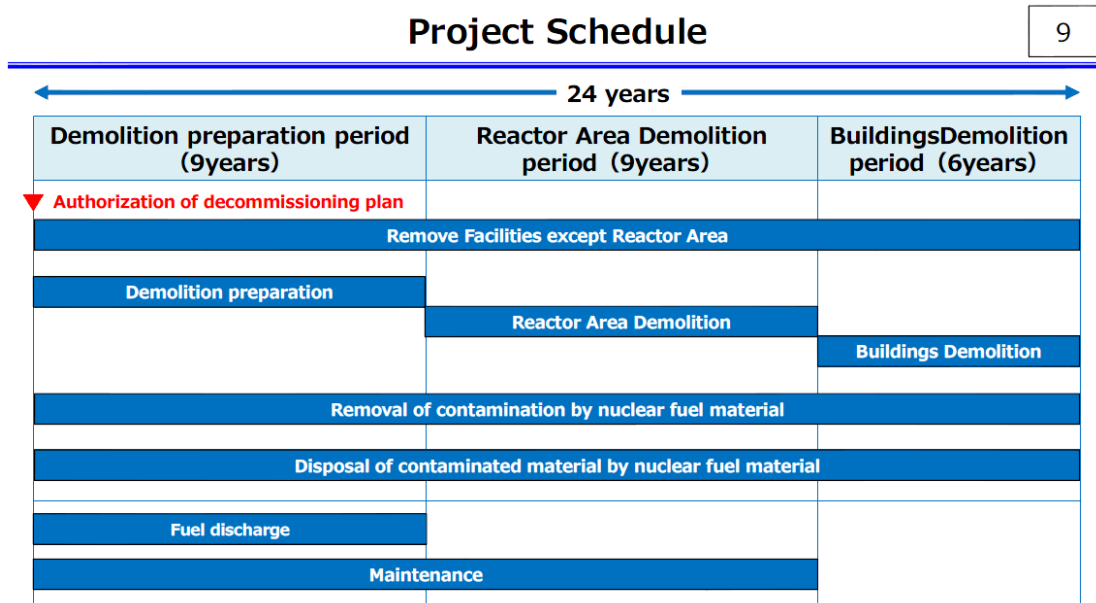


圖 9 敦賀(Tsuruga)核電廠之除役時程規劃

敦賀(Tsuruga)核電廠並不進行系統化學除污，因主要系統管路更新不久，經評估其污染程度不高，因此不進行系統化學除污。拆解時程規劃如圖 10 所示，其中會將汽機廠房更改，作為廢棄物之暫時貯存空間，接著，亦會將反應器廠房進行改裝，作為工作區域及廢棄物暫時貯存區域，此部分之改裝及暫貯

規劃，與未來第一核能發電廠除役之規劃類似。

Dismantling procedure

10

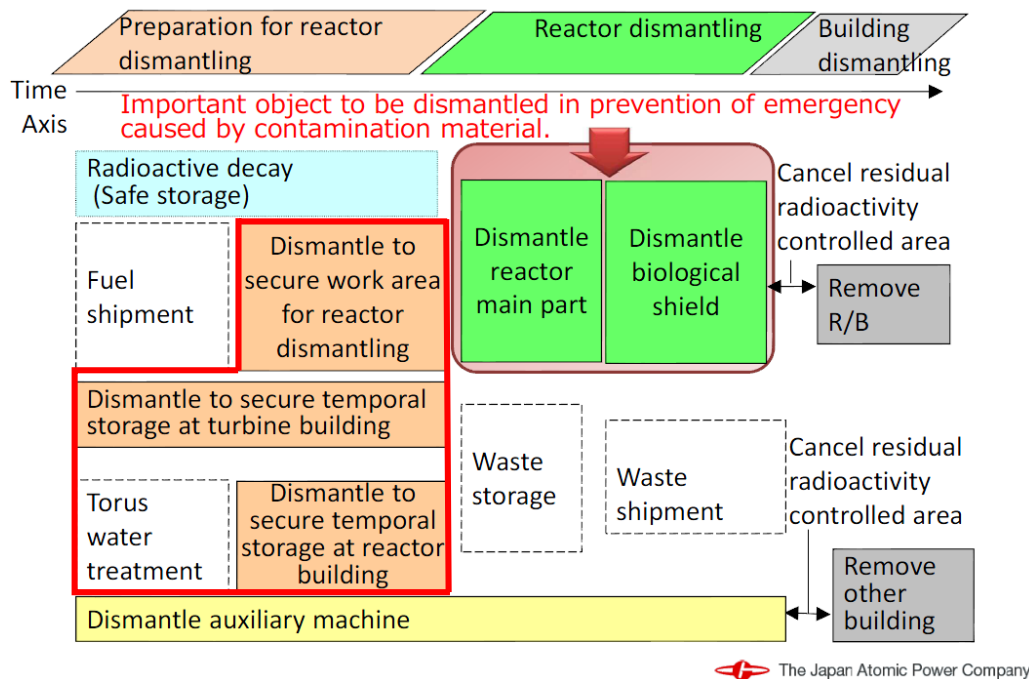


圖 10 敦賀(Tsuruga)核電廠之拆解時程規劃

圖 11 為日本各類放射性固體廢棄物之貯存方式，其中活度最高的 L1 廢棄物，規劃暫時貯存在反應器廠房內，預計 300 噸的固體廢棄物未來則置於中深度 (intermediate depth) 的坑道中；L2 的廢棄物則暫時貯存於汽機廠房中(黃色方框內，沒有進行改裝，只有將設備拆除後進行貯存)，約 650 噸的廢料規劃置於深地表處置(sub surface disposal)；低微污染的 L3 廢棄物則暫時置放於 55 加侖桶內，暫存於廠區的 drum yard 內(為室內倉庫)，如投影片的三處綠色方框內，未來則作為近地表處置(near surface trench disposal)；清潔廢棄物(CL material)在汽機廠房一樓做污染檢測(如藍色方框)後，將來規劃做外釋作業，此外釋作業目前並未執行，主要原因是考量民眾之接受度，所以此類清潔廢棄物都還貯存在廠內。

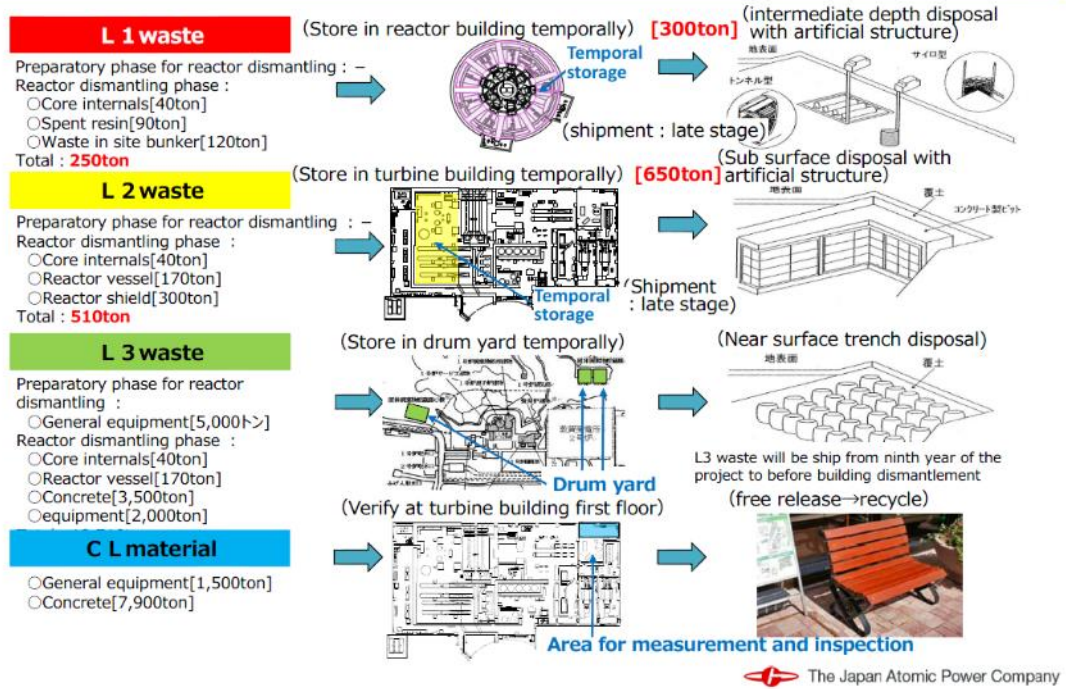


圖 11 日本低放射性固體廢棄物之貯存方式

(3)美濱核電廠 1、2 號機除役相關前置作業(關西電力公司原子力事業本部除役措施技術中心除役措施計畫組 伊阪啓計畫主持人，如圖 12)

簡報題目：Decommissioning Planning for Units 1 and 2 at Mihama Nuclear Power Plant (The Kansai Electric Power Co., Inc., Hiromu ISAKA)

簡報摘要：

美濱(Mihama)核電廠的 1、2 號機為日本較小型的壓水式反應器(PWR)，1、2 號機組的商轉年月分別為 1970 年的 11 月和 1972 年的 7 月，額定發電量分別為 340 MWe 和 500 MWe，其為關西電力公司(Kansai Electric Power Co., Inc., KEPCO)的第 1 個除役計畫，也是日本首批邁入除役的壓水式反應器(另外一座為玄海核電廠的 1 號機組)。該 2 座機組於福島核子事故後停機執行安全審查，但也於 2015 年的 3 月 17 日宣布不再重啟運轉。關西電力公司所屬之核電廠概述如圖 13 所示。

美濱核電廠 2 座機組的除役計畫共可分為 4 個階段(時程約 30 年)，即：第 1 階段的工程準備(自 2017 年至 2021 年，工作內容包含系統除污、殘餘輻射的度

量、核燃料的卸載、開始執行輔助設施的拆除、反應器進入安全貯存期等)、第 2 階段的反應器周邊設備解體拆除(自 2022 年至 2035 年)、第 3 階段的反應器解體拆除(自 2036 年至 2041 年)、以及第 4 階段的建築廠房解體拆除(自 2042 年至 2045 年)。其規劃時程如圖 14 所示；而各階段規劃拆除之主要設備及範圍如所圖 15 所示，在第 1 階段主要進行移除用過燃料(removal of nuclear fuel)、特性調查(survey of residual radiation)、系統化學除污(system decontamination)及汽機廠房內主要設備之拆除(turbine、condenser、generator)，預計 2017 年 7 月將進行系統除污。

值得注意的是，與日本絕大部分除役計畫比較不同的地方，美濱除役計畫中所規劃的「核燃料卸載」與「反應器安全貯存期」，其期間長達約 20 年，將橫跨整個除役計畫的第 1、2 階段。另外，圖 16 所示為美濱核電廠之除役時擬拆除之設施範圍，包含反應器廠房、汽機廠房及轉換場等地(粉紅色框線標示)，其中規劃有 2 個廢棄物處理處(藍色框標示)及 4 處廢料貯存設施(紅色框標示)。



圖 12 伊阪啓(Hironu ISAKA)計畫主持人簡報

Overview of KEPCO's Nuclear Power Plants

Reference

■ Nuclear Power Division

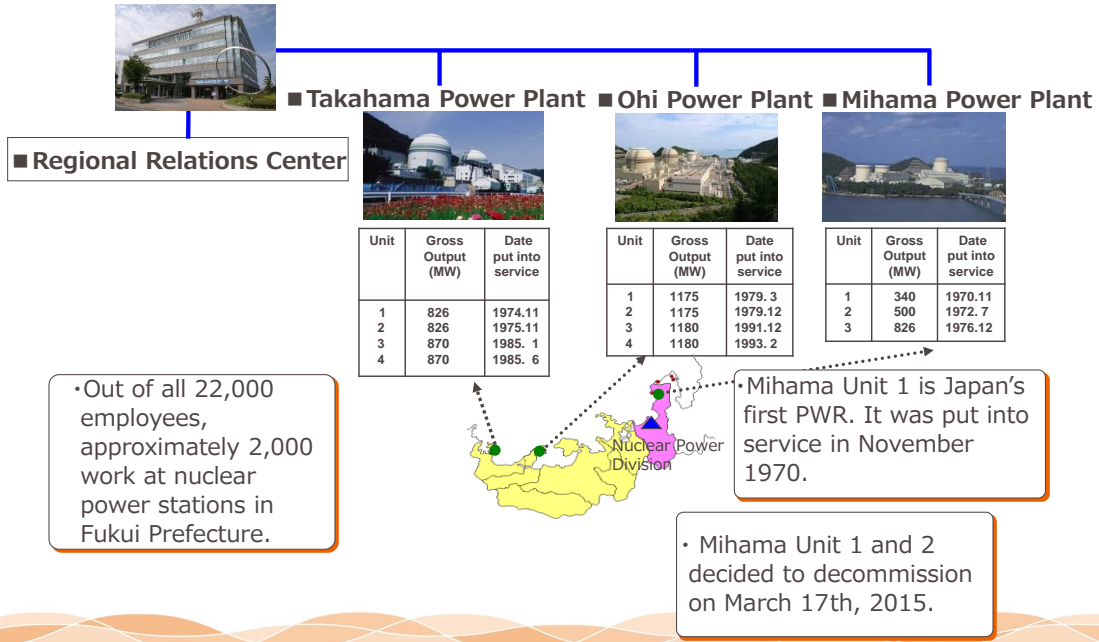


圖 13 關西電力公司所屬之核電廠概述

Decommissioning Schedule

14

	Preparatory work 2017~2021	Dismantling/removal of peripheral facilities 2022~2035	Dismantling/removal of reactor region 2036~2041	Dismantling/removal of buildings 2042~2045
Decommissioning processes (Mihama units 1&2)	System decontamination			
	Survey of residual radiation			
	Removal of nuclear fuel material			
	Dismantling/removal of secondary system facilities			
	Dismantling/removal of peripheral facilities			
			Dismantling/removal of reactor region	
				Dismantling/removal of buildings
	Safe storage			
	Decontamination of equipment			
	Treatment/disposal of radioactive waste			

圖 14 美濱(Mihama)核電廠 1、2 號機之除役時程規劃

Major Decommissioning Work

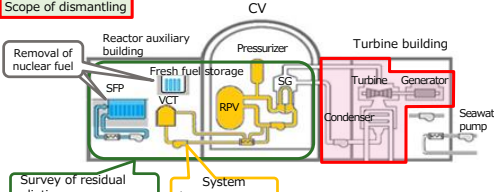
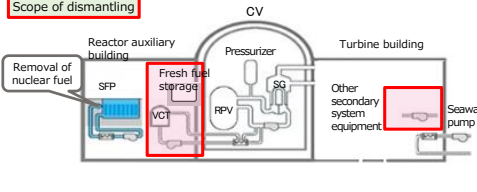
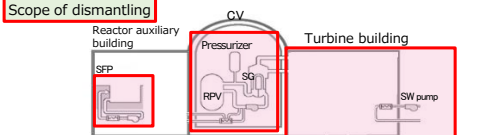
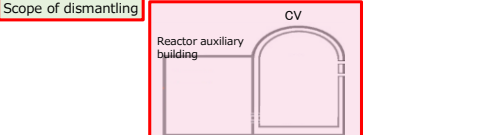
<p>① Preparatory work (2017~2021)</p> <p>Scope of dismantling</p>  <p>Survey of residual radiation</p> <p>System decontamination</p>	<p>② Dismantling/removal of peripheral facilities (2022~2035)</p> <p>Scope of dismantling</p> 
<p>Major work</p> <ul style="list-style-type: none"> System decontamination Survey of residual radiation Removal of fresh fuel Dismantling/removal of secondary system facilities 	<p>Major work</p> <ul style="list-style-type: none"> Dismantling/removal of peripheral facilities (Following the 1st stage) Removal of spent fuel Dismantling/removal of secondary system facilities
<p>③ Dismantling/removal of reactor region (2036~2041)</p> <p>Scope of dismantling</p> 	<p>④ Dismantling/removal of buildings (2042~2045)</p> <p>Scope of dismantling</p> 
<p>Major work</p> <ul style="list-style-type: none"> Dismantling/removal of reactor region (Following the 2nd stage) Dismantling/removal of secondary system facilities Dismantling/removal of peripheral facilities 	<p>Major work</p> <ul style="list-style-type: none"> Cancellation of controlled areas Dismantling/removal of building

圖 15 美濱(Mihama)核電廠除役各階段規劃拆除之主要設備及範圍

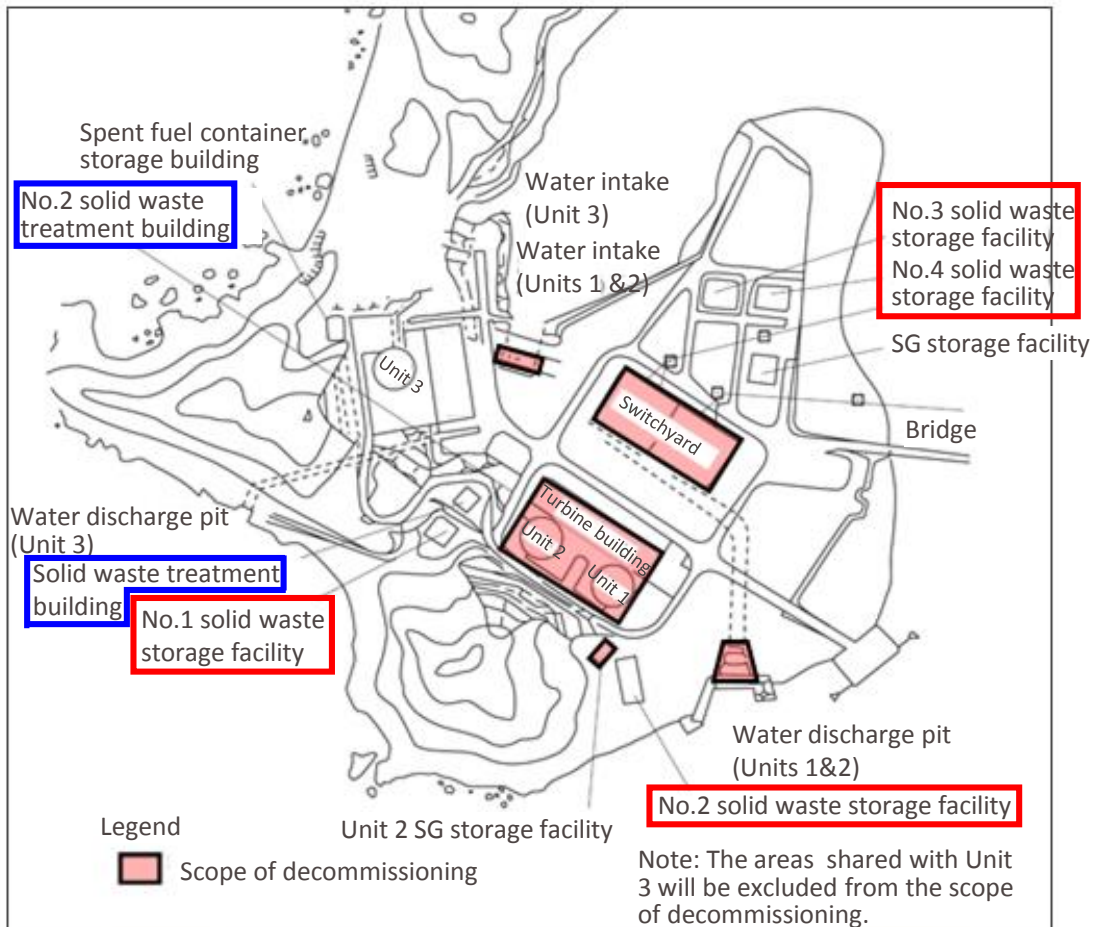


圖 16 美濱(Mihama)核電廠 1、2 號機之除役時擬拆除之設施範圍

美濱核電廠亦推估計算除役時產生之廢棄物量，其估算結果如表 3 所示，數量最多的為低微污染的 L3 廢棄物。

表 3 美濱(Mihama)核電廠除役期間產生之放射性廢棄物數量

Estimated amount of radioactive solid waste to be generated during decommissioning process (Unit: ton)

Classification of low level radioactive waste		Estimated amount of waste		
		Unit 1	Unit 2	Total
Low level radioactive waste	Relatively high level radioactive waste (L1)	Approx. 110	Approx. 110	Approx. 220
	Relatively low level radioactive waste (L2)	Approx. 630	Approx. 800	Approx. 1,430
	Very low level radioactive waste (L3)	Approx. 1,600	Approx. 1,790	Approx. 3,390
Waste below the clearance level (clearance material)		Approx. 3,600	Approx. 4,100	Approx. 7,600
Total		Approx. 5,900	Approx. 6,800	Approx. 12,600

4. Session I (續)：核設施除役-除役措施/組件切割之實行

(4) Fugen 核電廠除役措施之現狀與技術發展(日本原子力研究開發機構 JAEA 研發部反應器除役措施研發中心(Fugen) 井口幸弘 副所長，圖 17)

簡報題目：Development Activities for the Decommissioning of the Fugen Nuclear Power Station (FUGEN Decommissioning Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Yukihiro IGUCHI)

簡報摘要：

為增加日本鈾鈾混合氧化物燃料(簡稱 MOX 燃料)及再循環鈾的使用經驗，日本核燃料開發事業集團(現為 JAEA)於 1976 年即開始進行進步型高溫反應器的開發，也就是今日的普賢(Fugen)核電廠。這是一座全球首座爐心使用全 MOX 燃料的進步型熱中子孳生式反應器(Advanced Thermal Reactor, ATR)，於 1970 年底開始建造、於 1979 年 3 月開始運轉、至 2003 年 3 月底停機，其額定發電量為 165 MWe。其基本資料如圖 18 簡報檔所示。

普賢核電廠的除役計畫共分成 5 個階段，即：第 1 階段的工程準備(自 2003 年至 2008 年)、第 2 階段的用過核燃料轉移(自 2008 年至 2018 年)、第 3 階段的反

應器周邊設備解體拆除(自 2018 年至 2023 年)、第 4 階段的反應器解體拆除(自 2023 年至 2032 年)，以及第 5 階段的建築廠房解體拆除(自 2032 年至 2033 年)。各階段之工作與時程規劃如圖 19 所示。

普賢核電廠於 2003 年初關閉後即開始進行第 1 階段的除役工作，包含反應器內用過核燃料及重水(D₂O)的移出等作業。值得注意的是，與日本其他除役計畫比較不同的地方，普賢核電廠的除役計畫為日本唯一沒有訂定「反應器安全貯存期」的除役計畫。

另一方面，因為普賢核電廠的反應器並非商業用途，故 JAEA 並未在普賢的運轉期間內累積除役經費，因此，普賢核電廠除役的資金來源單獨是由日本文部科學省來負擔。惟普賢核電廠的除役計畫小組與日本原子力規制委員會(NRA)均認為文部科學省所提供的經費有限，要在這種情況下來執行整個除役過程有其困難性。除了經費不足的問題外，反應器爐心的拆解也是除役小組目前面臨到的困境之一，因為該種反應器爐心的構造比一般反應器的還要複雜，拆解過程中所使用的工具也有其限制，因此除役小組目前仍在積極研發多種反應器的切割技術。



圖 17 井口幸弘(Yukihiro IGUCHI)副所長簡報後討論

Schematic Diagram of FUGEN

Advanced Thermal Reactor "FUGEN"

Core : Pressure Tube Type
Moderator : Heavy Water
Coolant : Boiling Light Water
Output : 165 MWe (Proto-type)

- Commercial operation : March, 1979
- Final Shutdown : March, 2003
- Approval of the decommissioning Plan : **Feb. 2008**

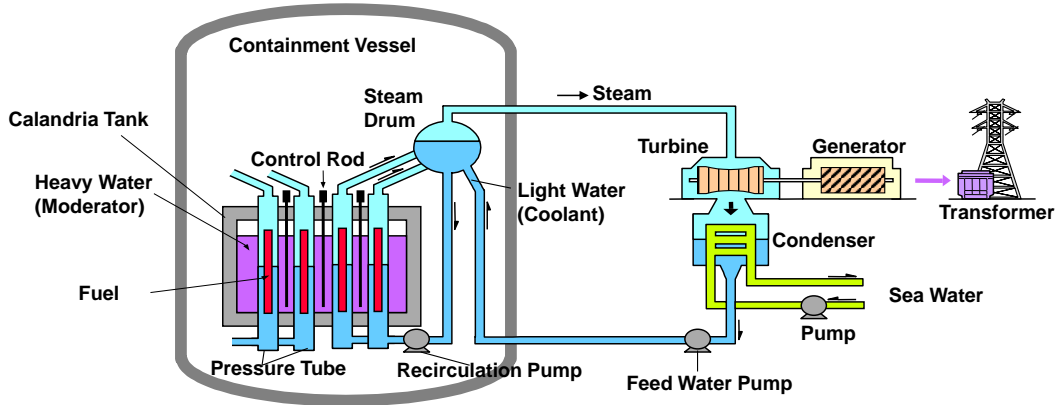


圖 18 普賢(Fugen)核電廠之基本資料

Basic Schedule of Decommissioning

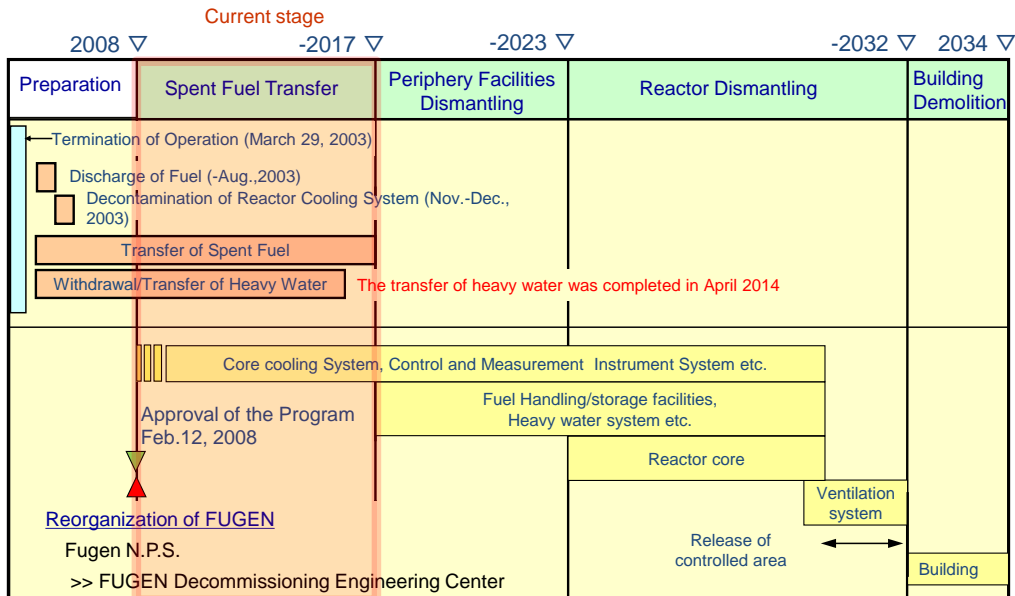


圖 19 普賢(Fugen)核電廠之除役時程規劃

普賢電廠目前之拆除工作照片(圖 20)中可以看出，拆除前後應有使用塑膠布搭建臨時之帳篷，防制污染擴散用。



Copyright (C) 2017 Japan Atomic Energy Agency

39

圖 20 普賢(Fugen)核電廠拆除實績

(5)台灣核反應器壓力槽及爐內組件切割規劃(核能研究所核後端研究中心 楊慶威副主任)

簡報題目：Reactor Pressure Vessel and Internals segmentation plan

簡報摘要：

以台灣第一核能發電廠為例，簡介核反應器壓力槽及爐內組件切割規劃。簡報內容包含目前台灣運轉中的核能機組簡介；核反應器壓力槽及爐內組件切割拆除，可選用的技術方法以及其優缺點與國際上經驗學習；第一核能發電廠反應器壓力槽及爐內組件切割規劃；以及後續工作重點。反應器壓力槽爐內組件拆解規劃將以水下遙控機械式切割工法為主體，搭配放電加工金屬破碎機等熱切割工法，在爐心拆除大塊組件再吊運到存放池進行細部切割與廢棄物裝箱作業，反應器壓

力槽體切割規劃以機械式切割搭配氧-燃料火焰熱切割技術，由上而下大塊切割裝箱。後續工作重點包括研發設計模組化的遠端遙控水下切割機具、吊運操作工具，以及需搭配的切割作平台，並須在模擬操作設施中驗證機具與技術能力；本土化製造為目的的放射性廢棄物容器設計、申照；運用3D工程模擬技術，針對反應爐與內部各類組件特性與廢棄物分類，發展切割計畫與相對應的廢棄物裝箱計畫。

5. Session II：除役諸般議題、技術研發-廢棄物處置

(6)台灣核一、二廠除役輻射特性調查及廢棄物盤點(核能研究所保健物理組 陳韋新助理研究員)

簡報題目：Radiation Survey and Waste Inventory for Decommissioning of Chinshan and Kuosheng Nuclear Power Plants

簡報摘要：

根據「台灣核子反應器設施管制法及其施行細則」規定：設施經營者應於核子反應器設施預定永久停止運轉的3年前向主管機關提出除役許可申請，且須取得主管機關審核同意，核發除役許可後25年內、完成核電廠的除役作業，而國外大多都是在永久停機後才提送核電廠的除役計畫。也因為如此，輻射特性調查就需在運轉階段執行，實務上是利用電廠的大修期間、且是在沒有做任何系統除污的情況下，來進行輻射的特性調查作業，對某些暫時無法進入做量測的區域，則會參考廠址的歷史資料，用先前已有的劑量率量測數據，來保守評估除役廢棄物的產量和活度。未來較準確的輻射程度及廢棄物活度評估，應以後續更進一步的輻射特性調查為準。

台灣參考美國多部會輻射偵檢與場址調查手冊(MARSSIM)中有關輻射偵檢和廠址調查的方法，其可提供除役計畫和廢棄物盤點相關的輻射資訊，且輻射特性調查可從廠址運轉歷史資料和廠址輻射偵檢結果來對廠址區域做劃分(包含：受影響區和不受影響區)，而其成果可以回饋到核電廠的除役計畫中(包含：拆除

工法及除污技術的選擇、廢棄物產量及除役成本的評估、安全分析及環境影響評估等)。

根據國外核電廠的除役經驗，廢棄物盤點是除役規劃中的重要項目，其會影響除役期間所採用之拆除與除污工法、除役成本估算、廢棄物包裝容器選用、工作人員劑量評估、以及低放處置場的設計等。因此，首先就要發展除役廢棄物產量的評估方法，包含物料的盤點和放射性活度的評估。台灣第一核能發電廠輻射特性調查的結果和瑞典西屋公司的除役經驗，完成第一核能發電廠除役計畫。

(7)除役過程之拆除廢棄物之處置思維(核後端推動中心(RANDEC)澀谷進 專務理事&廢棄物處置事業推動部長，圖 21)

簡報題目：Management of Demolition-Waste From Decommissioning of NPP in Japan (Radwaste and Decommissioning Center (RANDEC), Susumu SHIBUYA)

簡報摘要：

日本的低放射性廢棄物可以分成 L1、L2 及 L3 三個級別，分別為 L1 相對高的低放射性廢棄物(relatively high low-level waste)、L2 相對低的低放射性廢棄物(relatively low low-level waste)及 L3 非常低的低放射性廢棄物(very low low-level waste, VLLW)。

L1 廢棄物的處置方式會採用次表面處置(sub-surface disposal)且有外加工程障壁，整個處置深度至少要在距離地表 70 m 以上的深度之下，其監管期約數百年；L2 廢棄物的處置方式會採用近地表處置(near-surface disposal)且有外加工程障壁，例如混凝土場(concrete pit)，其監管期約 300 年；L3 廢棄物的處置方式會採用近地表處置(near-surface disposal)且沒有加工程障壁，例如壕溝(trench)，其監管期約 50 年。針對高放射性廢棄物(high-level waste, HLW)及超鈾(trans-uranium, TRU)廢棄物，其處置方式為深層地質處置(至少要在距離地表 300 m 以上的深度之下)。

日本核電廠所產生放射性廢棄物的總量約 1,341,000 MT。其中，L1 廢棄物約 8,000 MT(占 0.6%)、L2 廢棄物約 63,000 MT(占 4.7%)、L3 廢棄物約 380,000 MT(占

28.3 %)、可外釋廢棄物約 890,000 MT(占 66.4 %)。

在廢棄物包裝容器的選用部分，L1 廢棄物是採用屏蔽包件(shielding package)，容量約 4 m³；L2 廢棄物是採用貯存容量約 200 公升的不銹鋼桶(steal drum)，或是大範圍的包件(large scale package)，容量約 5 m³；L3 廢棄物是採用太空包(flexible container)，容量約 1 m³，或是不銹鋼箱(steal box)，容量約 1 m³ 到 2 m³ 不等。



圖 21 澀谷進(Susumu SHIBUYA)專務理事簡報

(8)台灣核電廠除役及廢棄物管理(核能研究所化學工程組 蕭憲明副研究員)

簡報題目：Preliminary planning of radwaste management during decommissioning in Chinshan NPP in Taiwan

簡報摘要：

首先介紹第一核能發電廠之除役時程規劃，及拆除區域與保留區域之說明。依據法規規定，應於 25 年內完成除役作業，主要分為四個階段(8 年、12 年、3 年、2 年)，第一階段的 8 年為準備階段(招標文件準備及特性調查、系統除污等工作)，最主要的拆除規劃為第二階段的 12 年，期間須將汽機廠房及聯合結構廠房內之所有運轉設施全數拆除，並進行相關的除污或減容處理；此期間之拆除，初步規劃以汽機廠房拆除為優先，其次為聯合結構廠房，因汽機廠房之污染較低，且該些區域於除役期間規劃進行改裝後，設置切割中心或除污設施，因此須於拆除階段前期即進行拆除。

第二部分介紹除役期間廢棄物處理策略及各項廢棄物之處理原則及方法；第一核能發電廠除役期間之廢棄物管理策略。主要可以分為 7 個方向，第一，針對第一核能發電廠運轉系統，應進行全面之盤點；第二，規劃除役期間擬採用之切割技術，並安排暫時處理區域；第三應考量各類廢棄物相對應盛裝之容器種類；第四評估系統除污及組件除污之時機及方法；第五部分規劃廢棄物減容處理；第六部分為廢棄物之暫貯規劃；第七部分為清潔廢棄物之外釋。

再來，針對用過核子燃料、爐內組件及爐體的拆除規劃及原則做說明與介紹；第四部分則描述兩個細部之規劃說明：廢棄物運送規劃及汽機廠房之改建，包括時程、目的及處理區域設置等。

6. Session II (續)：除役諸般議題、技術研發-放射線/除污相關

(9)反應器周遭三維中子通量計算方法的比較研究(清華大學核子工程與科學研究所 許榮鈞所長，圖 22)

簡報題目：3D Reactor Pressure Vessel Fluence Calculations (NES/ESS, National Tsing Hua University, Rong-Jiun Sheu)

簡報摘要：

研究反應器壓力槽周遭三維空間的快中子通率的初始動機為核電廠延役計畫，因為電廠延役必須要去評估材料的壽命，而快中子就是衡量反應器壓力槽是否有受到損傷的一個指標。惟單純去直接計算三維全爐心的快中子通率是非常不切實際且相當耗時的，故應改以其他方法來做計算，例如傳統的多維度(結合一維加二維)合成法或三維的中子遷移計算法等。

三維的數值計算方法大致可以區分成兩大類：一類是決定論法(deterministic method)，常用程式例如 TORT；另一類是蒙地卡羅法(Monte Carlo method)，常用程式例如 MCNP。此兩種方法在計算的本質上有著非常大的差異：決定論法是直接先將方程式給離散化，之後再配合一些數值方法來做求解；而蒙地卡羅法則是直接模擬大量粒子的遷移歷史，以求得平均的粒子遷移行為。因此，決定論法的

優點是計算的時間通常會比較短，且一旦計算出結果後，可以同時得到空間中的位置、能量和角度等資訊，不過缺點就是需要比較大的電腦容量來存放這些資訊，且為了要滿足直角座標、圓柱座標或球座標的形狀，常常會需要先把實務上的幾何先做近似模擬後，方能再做後續的計算。此外，對能量和角度等資訊，也因為方程式有做離散化的原因，必須要再做一些近似。

相較而言，蒙地卡羅法的優點是不需要做離散化，因此其對幾何變化、能量和角度等資訊可以做較精確地描述，不過缺點就是因為要模擬的粒子數相當多，故計算的速度會相當緩慢、需要耗費比較長的計算時間。另外，因為蒙地卡羅法的計算結果會伴隨著一些數據不確定性，故設法去降低這些不確定性需要耗費極大的努力。近年來持續研發精進，結合決定論法和蒙地卡羅法的優點後，發展出一套混合的遷移計算法(hybrid transport calculation method)，可以有效率地去計算反應器壓力槽周遭三維快中子的通率，例如 MAVRIC 就是一套結合決定論法和蒙地卡羅法的評估程式。



圖 22 許榮鈞所長簡報

(10)輻射污染建築的拆除經驗(清華大學原子科學技術發展中心 劉鴻鳴副主任，
圖 23)

簡報題目：Experience in removal of a radiation-contaminated building, Nuclear Science and Technology Development Center, National Tsing Hua University, Hong-Ming Liu)

簡報摘要：

清華大學某棟建築物的污染歷史概述：在 1970 年，一個包裝容器破損的鈾

-137 射源被送到清華大學，清華大學在原子能委員會要求下將其暫存於校園偏僻處的地下貯存室內。在 1977 至 1978 年間，地下貯存室附近進行建築工程，工人擅自將水引進地下貯存室，並用遭受污染的水源攪拌水泥使用，導致整棟建築遭受輻射污染。在 1978 至 1982 年間，進行主要污染的除污作業，直到空間輻射劑量率降至背景輻射的 1 至 2 倍才陸續開放使用，但仍有低劑量的輻射存在建築結構內。直到 2011 年學校決定進行該建築的拆除規劃，並於 2016 年 8 月開始拆除清理，最終於 2017 年 5 月完成清理作業。

在拆除作業期間，校園內的粉塵及輻射空浮濃度是全校師生高度重視的焦點，因此本作業有加裝「防塵帆布」，並建置「水霧噴灑系統」來降低粉塵量。而在清理作業期間，也針對環境輻射空浮濃度進行監測，除了在靠近作業區設置兩座連續「固定式」抽氣裝置之外，並考量不同作業條件及氣象條件，利用「移動式」抽氣設備進行抽氣監測，結果顯示：清理作業期間即使有微量空浮產生，其濃度皆低於 0.1 mBq/m^3 。

另針對混凝土的分類檢整程序做概述：第一步先進行過篩，將混凝土依據顆粒大小進行分類。第二步則針對無法再進行檢整的混凝土微粒進行初步分析。第三步則針對較大顆粒的混凝土執行線上檢驗，分析或檢驗合格的混凝土則被送進規劃的大鐵箱中暫存，等待進一步取樣分析。通過解除管制分析的混凝土便可進行外釋作業，從裝車、管制單位視察、隨車追蹤、直到外釋混凝土進入合格土資場，並填寫相關記錄才算完成外釋作業；至於輻射污染活度超過外釋標準的混凝土，則必須進行貯存作業，整個過程包括秤重、裝車運送、接收、入庫貯存等。

完成拆除及清理作業後的建築基地，在經過輻射污染檢測確認無輻射污染殘留疑慮後，目前已規劃做為臨時停車場。整個拆除作業從 2016 年 8 月開始，到 2017 年 5 月完工，前後歷經共約 10 個月的時間，整體過程順利並無意外發生。



圖 23 劉鴻鳴副主任簡報

7. 閉幕致辭

首先由台方副團長台電公司林德福發言人致詞，此次會議以核電廠除役為重點，除特別演講外，雙方共發表 10 篇論文，且熱烈討論及意見交換，均有實質之獲益，感謝 JAIF 及與會者的參與。接著日方由高橋明男(Akio Takahashi)理事長致詞，感謝台灣專家遠道而來，期待下一屆的會議，隨後進行合影留念如圖 24。



圖 24 第 2 屆台日核能專家會議與會者合影

8. 日本企業交流會

研討會議場中，日本相關業者如日立 GE(Hitachi GE)、帝國纖維株式會社、AECOM、CANTEC 等公司亦參與會議、並展示相關產品資訊。

(三)參訪行程

1. 第一 Cutter 興業股份有限公司茅崎總部

(1)第一 Cutter 公司工法介紹內容摘要：

鑽石工具(diamond tool)在核電廠除役中所扮演的角色主要為切割作業，切割作業分為冷切割及熱切割兩類，其中：切割過程中刀具會碰觸工件者稱為冷切割，又稱為機械式切割，例如：鋸切、剪切、研磨、鑽石索鋸…等；而磨料水刀也屬於冷切割的一種，但差別是在切割過程中刀具並不會碰觸工件。

金屬的熱切割技術通常是在不直接接觸工件的情況下來進行切割，其相對於機械切割是以切刃切斷金屬，而熱切割使用的是介質，這些介質可以是聚焦高能量光束(雷射)或高溫火焰(電漿)。熱切割技術的優點：可在水下或空氣中執行；可用遙控操作，減少工作人員接觸高放射性材料；可延長工作時間，並降低總成本(儘管設備架設和拆卸的時間較長)。熱切割技術的缺點：會產生固體或氣體廢棄物，包括氣體懸浮物 and 水中懸浮物，故可能需要大範圍的過濾和管控。

鑽石索鋸(diamond saw)簡介：鑽石索鋸又稱為核心鋸(core saw)，其刀刃為鑲在鋼索上的鑽石，通常是使用直徑約 11 mm 的鋼索，每一公尺的鋼索上平均分布著約 40 個鑽石環，鑽石環以電鍍或金屬燒結方式與鋼索結合。鑽石環之間的小段鋼索具有彈性，讓整條鑽石索鋸可以彎曲，鋼索利用滾輪導引改變方向，移動鋼索與工件產生摩擦達到切割的目的。鑽石索鋸的一些特性如下：

- ✓ 是混合了切割和研磨的切割分離程序；
- ✓ 附著於纜線上的切割元件為氮化硼或鑽石；
- ✓ 需要使用冷卻劑和潤滑劑；
- ✓ 二次廢棄物主要是粉末或泥漿；
- ✓ 金屬切割深度可達 300 mm；
- ✓ 凝土切割深度可達 1000 mm。

一般的鑽石索鋸常用於切割混凝土，但也有用於切割金屬物體，或是鋼構與混凝土混合的結構體。惟因切割的物體有軟有硬，例如高冷鋼就是個非常硬的物

體，故技術上會透過控制切割的速度來做調整和因應。原則上物體愈硬，切割的速度就要愈快，但切割的產熱都要控制在 100°C 以下。此外，在切割過程中，為了避免產生大量的粉塵，會加入少許的水，或是乾脆直接在水下做切割，水下切割所產生的碎屑，會直接沉降在水中。

第一 Cutter 公司有將鑽石索鋸的切割技術應用在美濱電廠的除役作業中，亦在 2012 年應用在 JT-60 (Japan Torus, JT, JT-60 是具有一個 D 形極向截面的典型托卡馬克，其是日本原子力研究開發機構(JAEA)的超導托卡馬克核融合裝置，於 1985 年開始運作)的切割作業中；另外，日本四國電力公司的廢料固化體亦是送至第一 Cutter 公司做切割，故第一 Cutter 公司具有多項應用在核設施除役的相關實績。

水刀(water jet, WJ)簡介：簡介第一 Cutter 公司使用的磨料注入水刀(Abrasive Water Injection Jet, AWJ)，並與磨料懸浮水刀(Abrasive Water Suspension Jet, AWS)做比較。

磨料注入水刀(AWJ)：磨料注入水刀的想法在 70 年代發展成型，主要的元件是一個混合頭(mixing head)，它是由一個水噴嘴(water nozzle)組件與一個聚集(focusing)或混合管(mixing tube)所組成。水噴嘴的直徑為 0.2 - 0.5 mm，用於產生一個普通的水射流，此射流穿越混合腔(mixing chamber)後會產生真空吸力，磨料顆粒會因氣壓作用而被吸入腔室中，在混合管中混合、加速和聚集。第一 Cutter 公司曾用 AWJ 切斷厚度高達 38 cm 厚的鋼板，亦有切割一些熱交換器的實績。另外，據業者指出，切割 10 cm 厚的鋼板，平均大約需要耗費 1 min 的時間。

磨料懸浮水刀(AWS)：這是磨料水刀的第二種形式，1984 年由英國的 BHR-集團所開發，將高濃縮懸浮液儲存於壓力迴路中的一個容器內。磨料注入水刀(AWJ)與磨料懸浮水刀(AWS)的差異在於它們的產生方式有所不同。AWJ 包括三相(例如空氣的體積約 95%、水的體積約 4%、磨料的體積約 1%)，而 AWS 僅有兩相(水的體積約 80 - 90%、磨料的體積約 10 - 20%)，這使得 AWS 磨料顆粒的加速性更好。因此，在相同的液壓動力和磨料流量下，AWS 其切割效率至少高

於 AWJ 兩倍。不過在日本，目前只有一家公司有在使用 AWS，因為它的缺點是水若沒了，需要一直再做補充。

表 4 鑽石索鋸和磨料水刀的優缺點比較

	優點	缺點
鑽石索鋸	<ul style="list-style-type: none"> ● 狹小空間之活動與近接性佳 ● 切屑顆粒大易收集 ● 適合水下作業(不需額外潤滑及冷卻) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 機具的安裝架設較耗時 ● 切割速度慢 ● 受限於鑽石繩索的彎曲半徑，適用大型切割件 ● 在空氣中使用需要水的潤滑、冷卻及沖洗切割位置，產生的碎屑及水成為二次廢棄物，需要收集再處理
磨料水刀	<ul style="list-style-type: none"> ● 狹小空間之活動與近接性佳 ● 無大量熱量輸入，不易造成空浮 ● 可沿曲線做較有彈性的切割 ● 切割時無反作用力，結構支撐相對簡化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 用過的磨料成為二次廢棄物 ● 在水中需要設置大流量的過濾系統，收集切割造成之細小顆粒 ● 過濾器濾芯將成為二次廢棄物



圖 25 第一 Cutter 公司簡報工法介紹之過程

(2)第一 Cutter 公司施工展示參觀內容摘要：

首先到切割現場參觀乾式鑽石索鋸之金屬切割過程，並由第一 Cutter 公司的人員進行現場解說，過程如下圖 26 所示。



圖 26 第一 Cutter 公司的人員進行現場解說之過程

接著到鑽孔現場參觀乾式鑽石鑽孔之水泥鑽孔過程，並由第一 Cutter 公司的人員進行現場解說，過程如下圖 27，全體人員合影如圖 28 所示。



圖 27 鑽孔後取出之水泥圓柱示意圖



圖 28 第一 Cutter 公司員工及參訪人員合影

2. 世界核能發電協會-東京中心

(1) WANO 組織的成立

鑒於 1986 年 4 月 26 日蘇聯（今日烏克蘭首都基輔（Kiev）附近）發生的車諾比（Chernobyl）核能電廠事故，世界各核能發電國家為了想要加強彼此核能發電之間的聯繫，藉由互相交換經驗、資訊及提供訓練等作為，以期能避免發生類似事件。於是由美國核能運轉協會（INPO）及國際電力能源發電及配電組織（UNIPED）於 1987 年 10 月 25 日在巴黎召開世界核能發電主管會議。會中，成立非官方的全球性核能組織-世界核能發電協會（World Association of Nuclear Operators, WANO），總部設在英國的倫敦、並在亞特蘭大、巴黎、莫斯科、及東京，分別成立美洲、歐洲、東歐及亞洲等區域中心。台灣電力公司也獲邀與會。1988 年 2 月 25 日在日本召開 WANO 亞洲區域中心第一次籌備會議，1988 年 6 月 1 日在日本召開第二次籌備會議，1989 年 3 月 14 日台電公司簽署加入世界核能發電協會東京中心（WANO-TC）為該中心的創始會員之一。

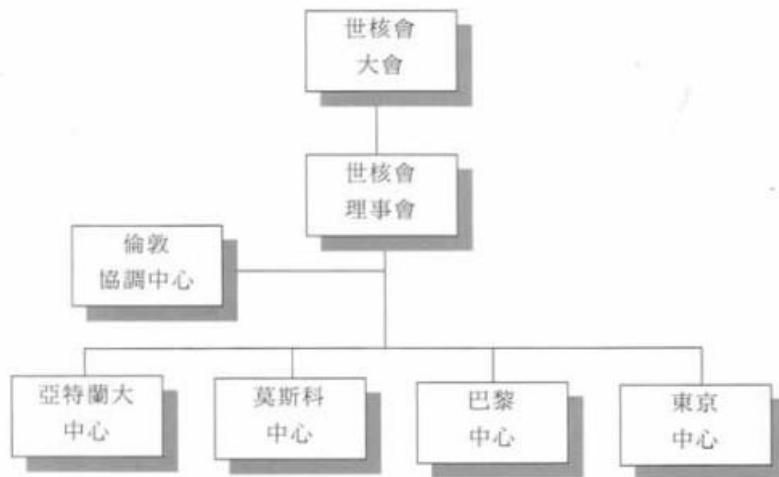


圖 29：WANO（簡稱世核會）的組織

從圖 29 中可看到 WANO 的組成包括大會、理事會、協調中心（位於倫敦）、及四個區域中心（亞特蘭大、莫斯科、巴黎和東京）。

以東京區域中心為例，由各會員的電力公司各派一名理事組成理事會，台電公司副總經理蔡茂村先生，亦於 1997 年至 1999 年間擔任東京中心的理事長。理事會任命一名局長（Director）綜理中心事務。中心內部除了一些庶務性職員外，另外有各會員派來常駐的連絡工程師，這些連絡工程師，除負責原電力公司與東京中心的聯繫業務外，亦執行相關的業務工作如同業評估，運轉經驗交流、辦理各項研討會、提供技術支援、優良範例介紹等。

(2)WANO 的宗旨與實際運作

WANO 的宗旨是藉由會員之間的資訊交流及合作增進各核能電廠營運的安全性及可靠度。其中，技術支援任務（Technical Support Missions，簡稱 TSM）是很重要的一個項目，WANO 為解決會員遭遇的核能發電相關問題，會依照會員的需要與請求，提供技術的支援與協助，台電公司每年亦請 WANO 專家來台執行技術支援任務。現階段因我國將進行核電廠除役計畫，本次參訪過程及與 WATO TC 討論除役的 TSM 計畫。

(3)核一廠 TSM 計畫

核一廠提出請 WANO TC 的技術支援任務包含

- ✓ 邀請除役電廠中的專家前來分享人員訓練與除役技術的經驗。
- ✓ 如何激勵現有人員，以持續改進核安全文化。
- ✓ 如何保留足夠數量的合格和有經驗的工作人員，以持續安全的管理。
- ✓ 除役期間當用過燃料池中仍有使用過的燃料時，如何管理以降低潛在風險。

(4)參訪過程

拜會 WANO-TC 由本公司駐 WANO 代表林書億課長協調接待，並由 WANO 東京中心負責同業評估之主管 Chief General Manager of Peer Review Division 張繼聖經理引導說明目前 WANO 運作情形，本公司林專總(兼公司發言人)亦與 WANO 東京中心的現任主席(Chairman)松井光夫 (Mitsuo Matsui) 會談未來各項合作的可能性(圖 30)，期間本公司駐 WANO 代表除莊楨泓課長公務外出外，林書億課長、陳泰印課長均全程陪同說明(圖 31)。

WANO 東京中心對於會員服務業務主要有兩類，一為技術支援(現在稱為會員支援)，另一為同業評估 (Peer Review)，本公司核能一廠為配合未來之除役工作，已提出須請 WANO 協助之會員支援任務 (TSM)，WANO 目前亦正在評選專家，以協助本公司後續工作之推動事宜。另龍門電廠退出 WANO 案，亦已納入辦理流程中，預計今(2017)年底可獲得確認信息。本日，正好為 WANO 對各會員提供之相關緊急計畫與興建電廠有關之評估活動，亦巧遇本公司代表(徐錫奎經理、林正忠經理)，均確實和與會者經驗交流、互動良好。



圖 30 左至右為東京中心的現任主席松井光夫、林德福專業總工程師兼公司發言人

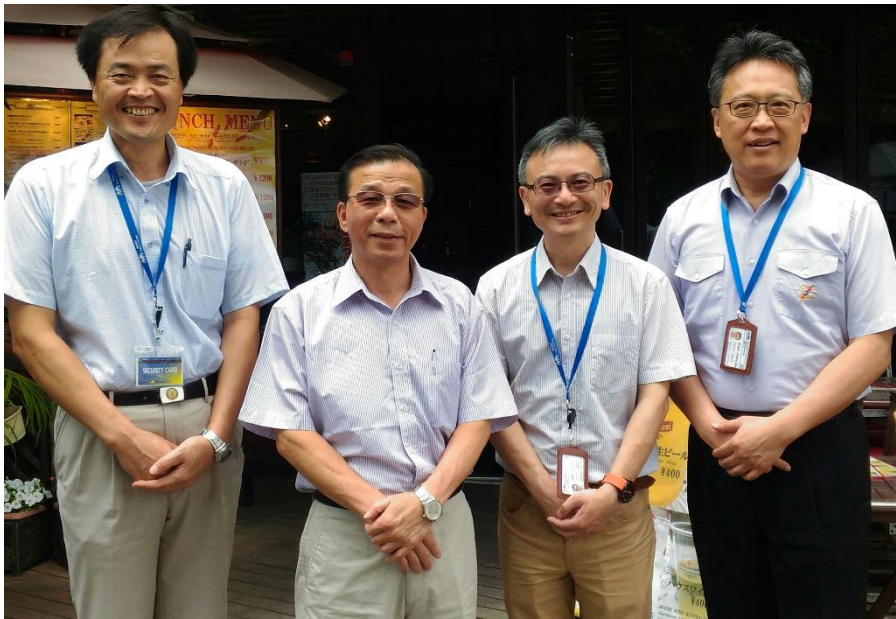


圖 31 左至右為陳泰印課長、林德福專業總工程師兼公司發言人、林書億課長、張繼聖經理

3. 第 26 屆日華原子力連絡會議(關西原子力懇談會)

由關西原子力懇談會主辦之第 26 屆日華原子力連絡會議，由關西原子力懇談會理事宮崎慶次教授發表歡迎致辭，我方則由台電公司林德福專業總工程師兼公司發言人代表致辭，我方與會成員尚包含本所施建樑副所長、台電公司核後端營運處陳有賢課長及張金和課長、中華民國核能學會謝牧謙資深顧問、核能資訊中心鍾玉娟執行長，以及泰興工程顧問公司、鉸原能源公司等共 8 位代表出席，

並由第 30 屆台日核能安全研討會日方主辦單位日本原子力產業協會(JAIF)常務理事佐藤克哉先生隨同參加；日方與會成員則由關西原子力懇談會會長東邦夫先生、關西電力公司核燃料循環室長木島和夫先生，以及相關學協會及學術界等學養經驗俱佳之代表組成，與會總人數連同翻譯老師共 19 人(圖 32、33)。

此會議由日方關西電力公司木島和夫先生報告「日本核能現況」，接著由台電公司張金和課長代表報告「台灣核後端業務現況」，會中雙方針對日本與台灣的核能發展、除役措施、放射性廢棄物處理處置、核能人力進用，以及地方溝通心得等重大議題展開熱烈的討論與意見交換。

日方指出 311 福島事件後，現已逐步恢復核能發電運轉，並將繼續推動核能發電量占比至 20-22%。日方知悉我方已立法在 2025 年全面停止核能電廠運轉的資訊，期盼我方能在電力供應上突破現有困境。



圖 32 第 26 屆日華原子力連絡會議(關西原子力懇談會)



圖 33 第 26 屆日華原子力連絡會議(關西原子力懇談會)出席人員合影

三、心得

- (一) 日本目前有 10 部機組除役中、1 部機組準備除役。對放射性廢棄物之處置，也面臨民眾不信任的問題，因此今年之第 30 屆台日核安研討會暨第 2 屆日台核能專家會議，特以電廠除役相關專題為主軸，而經由此次台日雙方之經驗交流，也確實收穫豐碩，包括差異管理、除役技術與民眾溝通部份，均有良好交流。
- (二) 為參與此次出國任務，林專總於兩個月前就多次召開小組討論會議，分配行程任務、要求蒐集更新日方核能發電及核電廠除役資訊、準備相關議題、專總並親自指導 2 位課長的簡報、並模擬提問及答復內容。使得會議中，2 位課長均從容應對，良好的準備的確是成功的要件。由於大會備有同步口譯，本公司亦依照大會要求時限，提供英文簡報與完整中文講稿，讓翻譯老師能正確的表達本公司報告內容。使得此次參與大會之報告順利，各項議題討論皆熱烈且踴躍。
- (三) 日方與台灣一樣，在推動核廢料處置場設置的技術上已不是問題，困難點在於環保團體及地方民眾的質疑與壓力，所以最重要的都是與當地民眾之溝通。所以，大會除了技術的討論外，亦安排一些企業分享與民眾溝通之經驗。
- (四) 日方各核能發電業者為了建立快速聯絡與分享經驗的技術平台，共同解決相關技術與支援任務工作，已開始成立技術支援平台。如美浜電廠即於 2016.12.17 正式成立緊急支援中心。
- (五) 第一 Cutter 公司配合我方人員到訪特別製作歡迎短片，並利用透過參與電視節目之競賽活動，推銷公司專業技術，令人印象深刻。展現可依照業主需求，量身打造的能力。目前雖無除役電廠管制區內的執行實績，但已將應用其專業技術於福島一廠，協助圍阻體內之探查開孔工作與高輻射影響區域之管路切割清除工作。
- (六) 本公司與關西原子力懇談會互動情形維持良好，透過此次第 26 屆日華原子力連絡會議，雙方都能充分研討與意見交換有關日本台灣的核能發展、除役措施、放射性廢棄物處理處置、以及地方溝通心得等重大議題。

四、建議事項

- (一) 我國即將開始進行核一廠除役工作，用過核子燃料及低放射性廢棄物也都需要有地方可以安全貯存，盡快建置放射性廢棄物處置場才是解決核廢料疑慮的最重要辦法。學習他人之經驗並配合我國之國情，是快速學習的方法。
- (二) WANO 東京中心對於會員服務業務主要有兩類，一為技術支援（現在稱為會員支援），另一為同業評估（Peer Review），未來本公司核能一廠除役工作時，亦可提出要求、請 WANO 提供協助。
- (三) 台電公司因應核電廠除役已成立多個除役技術小組，建議未來在相關除役技術與資訊的研討會上，能隨同展示成果，以展現台電公司進入核電廠除役領域的成效。
- (四) 關西懇談會上，大阪大學教授對國外研修生參與該校的核電領域學程，提出邀請，建議後續應持續了解。