

出國報告（出國類別：國際會議）

參加第 5 屆國際亞洲核能展望研討會
(ANUP-2016)

服務機關：行政院原子能委員會

出國人 職 稱：副研究員
姓 名：黃郁仁

出國地區：日本仙台

出國期間：105 年 10 月 23 日至 105 年 10 月 27 日

報告日期：106 年 1 月 9 日

摘要

本次公差主要目的是赴日本仙台參加第 5 屆亞洲核能展望研討會 (International Conference on Asian Nuclear Prospects, ANUP)，此次會議主題涵蓋核能能源未來展望、核能利用基礎研究、現今開放與封閉式核燃料循環系統、第四代核子反應器與核燃料循環系統、放射性廢料管理、核子保防與保安，以及核能電廠除役與拆解等，在福島事故發生後，對於日本福島核能電廠除設計畫與環境補救，以及四號機用過核子燃料池的復原，也是本次會議重要之議題，並在國際組織推動下已取得穩定的進步。本次雖未參加 ANUP-2016 會議主辦單位所安排之技術參訪行程，對於日本六所村核燃料再處理設施(Rokkasho Nuclear Fuel Reprocessing Facility)於會議上亦有相關研究技術發表。綜合而論，本次公差藉由參與國際會議，深入了解亞洲各主要核電國家之管制技術經驗，增進我國核能電廠針對核能電廠意外事故之處理技術與能力，並蒐集最新核能電廠除役及拆除等相關資訊，可作為我國核能安全管制的重要參考。

目 次

	頁碼
壹、目的.....	01
貳、出國行程.....	02
參、過程紀要.....	03
肆、心得與建議.....	22
伍、附件.....	23

壹、目的

亞洲核能展望研討會 (International Conference on Asian Nuclear Prospects, ANUP)，係提供世界各國核能產業與學術機構交流研發技術成果與工程實務經驗之平台，自 2008 年起每兩年定期召開一次會議，第 5 屆會議主題涵蓋核能能源未來展望、核能利用基礎研究、現今開放與封閉式核燃料循環系統、第四代核子反應器與核燃料循環系統、放射性廢料管理、核子保防與保安，以及核能電廠除役與拆解等。在福島事故發生後，對於日本福島核能電廠除役計畫與環境補救，以及四號機用過核子燃料池的復原，也是本次會議重要之議題，並在國際組織推動下已取得穩定的進步。

本次奉派於 2016 年 10 月 23 日~10 月 27 日赴日本仙台，參加 ANUP-2016 研討會，主要目的在蒐集、瞭解並掌握國際間在核能能源未來展望、核能利用基礎研究、現今開放與封閉式核燃料循環系統、第四代核子反應器與核燃料循環系統、放射性廢料管理、核子保防與保安，以及核能電廠除役與拆解之最新技術發展，以進一步強化國內核能電廠針對核能電廠意外事故之處理技術與能力，以及除役期間仍須運轉設備維護管理之管制作業。

貳、出國行程

此次公差自 105 年 10 月 23 日起至 105 年 10 月 27 日止，公務行程共計 5 天，行程如下：

日期	行程	摘要
10/23	台北—日本仙台	往程
10/24~26	日本仙台	參加 ANUP-2016 會議
10/27	日本仙台—台北	返程

參、過程紀要

針對此次參加 ANUP-2016 會議，以下茲將會議各議程細部內容說明如下：

(一) ANUP-2016 會議

第 5 屆 ANUP 會議主題涵蓋熱水流分析、機組運轉監控、嚴重事故分析與管理，以及國際合作計畫等，本次會議發表之論文數量共有 111 篇(含專題演講 72 篇及海報 39 篇)，出席國家有來自 IAEA、美國、法國、大陸、日本、韓國、印度、馬來西亞、台灣等國之核能相關從業人員，包含核安管制單位、電力業界及學術研究單位等，會議現場照片如附件一，會議議程如附件二。

本次會議第一天(10月24日)上午開幕儀式由日本 JST 的革新的研究開發推進項目方案 ImPACT 計畫主持人兼任 ANUP 主席藤田玲子 Reiko Fujita 女士主持，簡介本次會議並致歡迎辭，藉由 ANUP 研討會交流國際間在核能能源未來展望、及核燃料循環系統現況，以及福島核能電廠除役與拆解之最新技術發展等相關議題。另日本原子力委員會(JAEC)主委岡芳明 Yoshiaki Oka 演講核能能源的利用「Utilization of Nuclear Energy」，首先提到全球暖化是 21 世紀的挑戰，JAEC 認為對於核能的利用須符合 3E(環境、經濟與能源安全)，並扮演重要角色，另外核燃料循環技術是核能發電、用過燃料再處理、廢料管理、電廠除役及永續環境的關鍵。

當天下午主辦單位安排來自日本、印度、大陸及韓國等 4 國之專家，分別就其國家近期核燃料循環發展概況進行專題演講。

日本是由日本原燃公司(Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL)的酒井和男 Kazuo Sakai 先生提出核燃料循環現況與展望「Current Status and Prospects of Nuclear Fuel Cycle」，說明目前 JNFL 對六所村燃料再處理設施運轉穩定性的措施，並負責核燃料循環方案包含鈾濃縮、低階放射性廢料最終處置、高階放射性廢料中期貯存、燃料再處理及 MOX 燃料製造。為符合核能管制監督單位 NRA 對核燃料循環 2013 年 12 月發布新管制要求，JNFL 於 2014 年 1 月開始對法規符合性進行驗證，管制監督單位亦於 2015 年 12 月審查完成多數設施設計準則，目前正進行嚴重事故應變之查核，在今(2016)年 4 月 JNFL 也訂定地震地動設計基準為 700gal，並對於設施的嚴重事故應變佈署移動式電源車、傳送泵車及道路清除機具，以及強化保安之內部威脅防禦。JNFL 預計分別於 2018 及 2019 年上半年完成六所

村燃料再處理設施及 MOX 燃料製造設施建造，持續與美、英、法國等國際研究合作及法國 Areva 技術支援合作打造世界級設施，並通過管制監督單位試運轉視察，以期能安全穩定運轉 40 年。

印度是由印度原能部(Department of Atomic Energy, DAE)的 P.R.Vasudeva Rao 先生提出印度快中子反應器閉路燃料循環現況「Current Status of the Indian Programme on Fast Reactors with Closed Fuel Cycle」，說明快滋生反應器 FBTR 及 PFBR 在印度發展及燃料再處理設施現況，FBTR 是使用鈾鈾核燃料的研究用反應器並已成功運轉 30 年，機組功率可達 26.1MWt(5.2MWe)且經強化以因應水災危害及喪失電力情境；PFBR 是熔鹽式反應器的原型機，目前一二次側管路、蒸汽系統、海水冷卻系統、燃料吊車、急停系統、熔鹽超音波掃描、水位及洩漏偵測儀器均已安裝完成，預計今年底開始臨界運轉，未來還將依 PFBR 設計興建裝置容量 600MWe 的 FBR。自 2003 年起，印度 CORAL 燃料再處理廠開始處理 FBTR 退出的用過燃料(155GWd/T)，並為有效處理高燃耗燃料而研發 dual scrub extraction 分離技術，以及目前正在興建的 DFRP 快反應器燃料再處理廠，未來可處理 FBTR 所使用鈾鈾燃料及 PFBR 所使用 MOX 燃料，預計今年 12 月可進行熱測試。另未來將針對 PFBR 閉路燃料循環而興建 FRFCF 快反應器燃料循環設施，目前已完成廠址地質探勘以確認符合耐震要求，預計於 2018 年底可運轉。

大陸則是由中國原子能科學研究院(China Institute of Atomic Energy, CIAE)葉國安(Guohan Ye)副院長簡報中國核燃料循環現況「Progress of Nuclear Fuel Cycle in China」，該研究院隸屬於中核集團，主要負責核科學及國防核技術研發，目前大陸有 34 個運轉中機組，另有 20 個機組在興建中，未來 2020 年大陸核能裝置容量將從 40GWe 增加到(50+30)GWe，與日俱增的用過核燃料退出數量將成為嚴重問題，並將面臨處理用過核燃料及廢料的挑戰。過去 30 年來閉路燃料循環為大陸處理核燃料之政策，2010 年底大陸核燃料再處理先導廠已熱測試處理完成 10 噸用過核燃料，目前正處理大量從法國進口的商用核電廠產生的用過核燃料。另外新的燃料再處理技術也在進行研發，最近 CIAE 亦成立燃料再處理及放化實驗室 CRLRL，於去年完成第一次熱測試，並研發先進 PUREX 有機還原製程(APOR)。

韓國是由韓國原子能研究所(Korea Atomic Energy Research Institute, KAERI)的宋基成(Kee-Chan SONG)副所長報告「Nuclear Fuel Cycle Prospects in Korea」，說明目前韓國有 21 座壓水式反應器及 4 座 CANDU 型重水式反應器，目前每年商轉核電廠用過核燃料產生 750tHM。韓國政府於今年 7 月宣布將在 2028 年選定 HLW 高階放射性廢棄物最終處置場

址前，先進行為期 12 年的地質調查，並且需費時額外 24 年完成處置場的建造。另 KAERI 為處理用過核燃料內之超鈾元素如 Cs 與 Sr 發展 pyroprocessing 技術，並利用鈉冷快滋生反應器 (Sodium-cooled Fast Breeder Reactor) 燃燒超鈾元素，優點為可防止核武擴散，缺點是較不具經濟效益。目前韓國與美國在核燃料循環研究領域仍持續進行國際合作 (JFCS)，未來將針對用過核燃料處理部分如何更有經濟效益及防止核武擴散方面進行研究。

本次會議第二天 (10 月 25 日) 下午，主辦單位安排來自日本、美國及法國等 3 國之專家，分別就其國家近期核能發展概況進行專題演講。

日本是由日本原子力研究開發機構 (Japan Atomic Energy Agency, JAEA) 的吉田信行 (Nobuyuki Yoshida) 執行長提出日本快滋生反應器燃料循環研究現況「The Current Status of Fast Reactor Cycle R&D and Its Perspective in Japan」，說明日本在福島事件發生後對核能政策有重大改變，在許多機組停機檢查確保運轉安全期間，日本首相仍於 2014 年提出第四基礎能源計畫 (Fourth Strategic Energy Plan)，在未來 20 年將核能定位為重要基載之電力能源並確保其安全性。2013 年 JAEA 成立 Monju 研究計畫為了建立日本快滋生反應器燃料循環技術，目前相關計畫位於 Tokai 與 Oarai 測試設施正進行嚴重事故對策之安全補強，JAEA 發展設施相關安全準則，並邀請國內外專家進行審查。雖日本快中子反應器系統技術發展 (FaCT) 的長期研究計畫在發生 311 大地震後已被凍結，然目前日本政府、電力業者及製造廠家仍支持快滋生反應器研發，但需要重新規劃新的研究方向以確保 2050 年快滋生反應器能商轉並成為電力基載。對此日本也面臨一些問題包括對於商用快滋生反應器之政策不明、預算有限、核能研究及技術人力老化，以及傳承核能技術的年輕人力流失，他相信該計畫若在明確的政策下，研究人員可提升自我意識並增加研究動機，也是 JAEA 成立 Monju 研究計畫的理由。

美國是由美國愛達荷州國家實驗室 (Idaho NL) Terry A. Todd 先生以「Overview of U.S. Fast Neutron Reactor and Closed Fuel Cycles Research Programs」為題，說明美國近年快中子反應器與閉路燃料循環發展現況，對於發展快中子反應器及閉路燃料循環之效益需考量鈾資源利用及先進放射性廢料處理評估報告「Nuclear Fuel Cycle Evaluation and Screening - Final Report」(FCRD-FCO-2014-000106) 已於 2014 年 10 月公布，若未來核燃料循環方式從目前開放式 (Once-through) 轉變為閉路式 (Limited/Continuous Recycle) 循環將花費數十年時間，在這段期間研發先進科技改善反應器與核燃料循環之經濟效益變成主要研究重點。

法國由法國原能會(Atomic Energy Commission ,CEA)後端處處長 Bernard Boullis 簡報法國核能現況與展望「Status and Prospects for Nuclear Energy in France」，說明目前法國有 58 座輕水式反應器提供約占 76.3%電力供給，且每年輸出國外電力可獲利 3 億歐元。然法國於 2015 年 8 月公投通過「Energy Transition and Green Growth」法案，第一目標為透過減少石化燃料使用來降低 CO₂排放量，至 2050 年降低 50%使用量，但考量電力多樣性供給，目標於 2025 年降低核能供電比例至 50%，並將發電容量上限鎖定在目前的 63.2GWe。目前法國 58 座反應器平均運轉年齡為 30 年左右，且僅 1 部 1650MWe 之 EPR 興建中(Flamanville 3)，未來可能將視各機組執照延役結果來決定核能供電比例。

本次於 ANUP-2016 會議分別參加「Advanced Reactor and Fuel Cycle Systems」、「Nuclear Fuels and Materials」、「Fukushima Special Session」及「Vitrification of High-level Waste」4 個技術分組會議，另本次會議各分組會議之議題內容如下。

- 進步型反應器與核燃料循環系統(Advanced Reactor and Fuel Cycle Systems)
- 吸附分離(Adsorptive Separation)
- 核蛻變(Transmutation)
- 分析化學、基礎化學(Analytical Chemistry, Fundamental Chemistry)
- 溶劑萃取(Solvent Extraction)
- 核燃料與材料(Nuclear Fuels and Materials)
- 福島事故特別議題(Fukushima Special Session)
- 溶劑萃取、少數鈾系元素分離、分裂產物分離(Solvent Extraction, MA Separation, and FP Separation)
- 核廢料處置與相關議題及數據(Nuclear Waste Disposal and Related Issues, and Nuclear Data)
- 高階放射性廢料玻璃固化(Vitrification of High-level Waste)
- 化學系統(Pyrochemical Systems)
- 革新的研究開發推進項目方案(The ImPACT Program)

相關資訊彙整分述如下：

(1)進步型反應器與核燃料循環系統(Advanced Reactor and Fuel Cycle Systems)

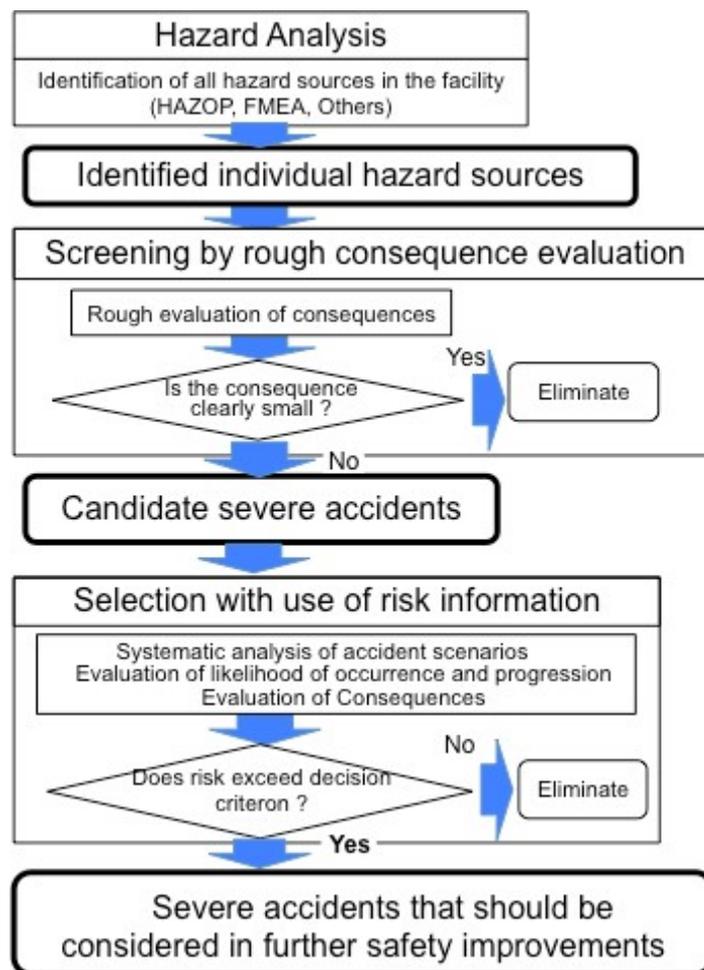
本次會議第一天（10月24日）下午，選擇參加分組會議有關進步型反應器與核燃料循環系統 A1-1、1-3~1-5 議題(A1-2 取消)，相關簡報內容摘錄如下：

韓國科學與科技大學(Korea University of Science and Technology, UST)的大陸留學生 Ruxing Gao 簡報「An Integrated Evaluation for the Future Sustainable Nuclear System in China」，說明此研究重點在於未來中國大陸的核燃料循環關於用過燃料管理與能源持續性，並利用 Multi-Criteria Decision Making(MCDM)方法進行分析評估鈾資源利用、核廢料管理、經濟效益、防止核武擴散、4 階段核燃料循環轉移之技術準備等項目，未來大陸規劃將於 2100 年完成 4 階段核燃料循環轉移，包括(1)One Through、(2) PWR-MOX、(3) PWR-MOX-FR 及 (4) PWR-FR。

韓國原子能研究所(Korea Atomic Energy Research Institute, KAERI)的 Hong Lae Chang 簡報「Final Status of the INPRO Collaborative Project, Proliferation Resistance and Safeguardability Assessment Tools (PROSA)」，說明 PROSA 是 INPRO 防止核武擴散分析的改版方法論，相關研究應用於韓國鈉冷卻快滋生反應器仍於設計階段的金屬燃料製造廠(SFMF)，PROSA 在防止核武擴散評估流程分為 4 個步驟，包括(1)收集核能系統資訊、(2)評估是否違反相關承諾 IAEA 防止核武擴散法令，以及可能秘密的活動、(3)評估核設施保防系統設計安裝是否有效及(4)透過固有的特徵及外在的量測評估相關保安系統覆蓋率。有關 PROSA 報告及相關研究範例，目前 IAEA 正進行公告發程序。

日本東京科技研究所(Tokyo Institute of Technology, TITech)的 Yasuhisa Ikeda 簡報「Procedures for Searching for Important Severe Accident Sequences for Consideration of Safety Improvement of Nuclear Fuel Cycle Facilities」，說明日本核燃料循環設施對於嚴重事故的風險評估技術，從福島事故的經驗回饋，核燃料循環設施應警覺存在的風險，且必須持續改善相關安全措施以減少風險至合理抑低。日本原子能協會(Atomic Energy Society of Japan, AESJ)建立核燃料循環設施嚴重事故研究工作團隊(Severe Accident Research Working Group, SAWG)，該團隊已公布核燃料循環設施的系統性的搜尋嚴重事故序列，以及考量安全提升而挑選重要序列等流程(圖一)。與核能電廠

不同地方在於核燃料循環設施內的放射性廢棄物，其物理及化學特性較多樣性，且設施較簡單通常潛在危害度較低，例如鈾燃料製造廠，並納入高風險的燃料再處理廠的分析流程。分析流程步驟一為危害度分析，辨識設施所有危害度來源包含內部及外部事件並進行系統性分析，如 HAZOP 及 FMEA 等；步驟二為篩濾掉事故情境不會對公眾或環境造成顯著影響；步驟三為量化風險分析以定義所選事故序列的頻次與後果，若所選序列造成顯著後果則被歸類為嚴重事故。因此，這些被歸類為嚴重事故應進行安全性改善，並做為日本管制單位決策相關規範的考量。



圖一、日本核燃料循環設施危害度評估程序

(參考來源: “Procedures for Searching for Important Severe Accident Sequences for Consideration of Safety Improvement of Nuclear Fuel Cycle Facilities” , Y. Ikeda et al., ANUP-2016)

日本核燃料發展協會(Nippon Nuclear Fuel Development, NFD)的 Akihiro Suzuki 簡

報「Basic Research on the Realization of Flexible Waste Management System for MA P&T Technology」，說明為瞭解用核過燃料經再處理過程產生的高階廢料，以及超鈾元素(minor actinides)區分及蛻變技術(MA P&T Technology)，利用靈活的廢料處理系統(Flexible waste management system)可減少 80%超鈾元素產生，並減容 58%高階廢料儲存空間，然相關成效需考量 BWR/PWR 機組、燃耗及冷卻時間等參數影響。

(2)核燃料與材料(Nuclear Fuels and Materials)

本次會議第二天(10月25日)上午，選擇參加分組會議有關核燃料與材料 C2-1~2-5 議題，相關簡報內容摘錄如下：

日本福井大學(Univ. of Fukui, Japan)的 Masami Taira 簡報「CsI Release Behavior from Simulated Fuel of CeO₂」，說明福島事故所釋出的放射性分裂產物是科普關切的議題，為了估計分裂產物的分佈，其中子源應被帶出計算，儘管如此，實際上核燃料包含多種化學物質，其中一種度量方式為模擬燃料釋出分裂產物行為，本研究利用 CeO₂ 替代 UO₂ 進行燃料模擬，並模擬在不同溫度所釋出 Cs 與 I 的行為，其分裂產物亦對環境衝擊影響為最大。經電漿燒結(SPS)方法實驗結果並佐以 XRD 及 SEM-EDX 進行金相分析顯示，模擬燃料會於 650°C 釋出 CsI 及其相關游離氣體，因此爐渣應維持於 650°C 溫度以下以避免 CsI 釋出。

日本東北大學(Univ. of Tohoku, Japan)的 Tomoo Yamamura 簡報「Hydrothermal Synthesis of UO₂ at Low Temperatures and Their Characterization」，說明在 100°C 低溫環境下熱水流結合 UO₂ 及其特性，並從化學材料觀點說明鈾系氧化物(AnO₂)，在不同醛類種類分為乙醛(AA)、丙醛 PA 及環己烷甲醛 CA 環境的影響，經 XRD、SEM、元素分析、TGA 及 PPMS 進行金相分析的實驗觀察 UO₂(NO₃)₂ 與醛類化學反應，發現在乙醛(AA)製程環境中，碳氫氧(CHO)有機化合物在 UO₂ 有較好的吸收現象。

日本原子力研究開發機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)的 Masashi Watanabe 簡報「Raman Spectroscopy of (U, Ce)O_{2-x}」，說明(U, Ce)O₂ 非整比化合物的拉曼光譜量測結果，在增加氧缺陷環境下，UO₂、CeO₂ 及(U, Ce)O_{2-x} 的 T_{2g}、1LO 及 2LO 分子結構的波峰將往低波數位置偏移。

日本原燃公司(Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL)的 Yuusuke Horiuchi 簡報「Study of the Corrosion Resistance and the Mechanical Properties of R-SUS310ULC EHP」，說明

R-SUS310ULC EHP 不銹鋼在防蝕及機械性質研究，為了發展抑制在沸水硝酸溶液的沿晶應力腐蝕 IGSCC，並透過製程減少有害雜質成分包括碳、磷、硫及硼，且經腐蝕速率量測、SEM 及材料性質分析結果顯示硼含量對材料防蝕能力將有很大影響，其硼含量應低於 0.5ppm 對於防蝕效果較好，然降低雜質對相關機械性質如抗拉強度、降伏應力及拉伸長度均會降低，但這些性質的降低對於設計和製造的影響並不顯著，故功過相抵之下相關材料仍可應用於再處理廠。

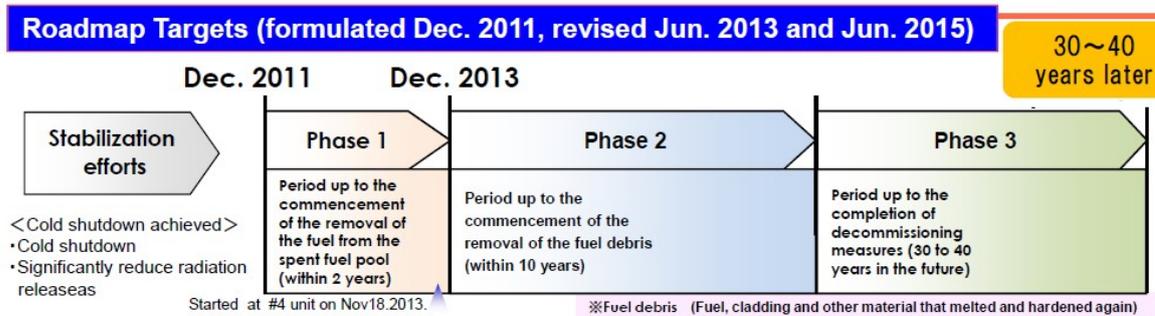
日本日立-奇異公司(Hitachi-GE)的 Kazushige Ishida 簡報「Development of Technology to Reduce Secondary Waste Amount in Chemical Decontamination of Carbon Steel」，說明利用陽離子交換樹脂(CIXRs)對鐵離子進行溶析法及還原法，並可減少核能電廠除役期間對於碳鋼管路進行化學除汙所產生的二次廢料。化學除汙的溶劑常使用有機酸如草酸、甲酸及丙二酸等，因為有機酸可以被 CO₂ 及水重組，以減少二次廢料的產生。CIXRs 使用於收集化學除汙溶液內的放射性離子及金屬離子，因此樹脂變成二次廢料來源。大量的低放射性鐵離子於碳鋼管路的化學除汙過程從氧化膜或金屬表面釋出，若樹脂收集的金屬離子可以被去除並重複使用將可減少 1/10 的二次廢料。本研究為利用甲酸聯氨溶液對 CIXRs 吸附的鐵離子進行溶析法，經實驗結果甲酸聯氨濃度大於 1mol L⁻¹ 可以移除 CIXRs 90%的鐵離子，並經 6 小時陰極電極還原可吸附鐵離子可達 92%，故可利用甲酸聯氨溶液進行碳鋼管路的化學除汙，以減少二次廢料樹脂產生。

(3)福島事故特別議題(Fukushima Special Session)

本次會議第二天（10 月 25 日）下午，選擇參加分組會議有關福島事故特別議題 A3-1~3-5 議題，相關簡報內容摘錄如下：

在日本福島事故發生 5 年後，福島第一核電廠 1、2、3 號機反應爐溫度由發生事故當下非常高的狀態到目前可以保持溫度約在 10 至 20 度之冷停機狀態，至於 4 號機用過燃料池中的用過燃料束已全數移出廠房。對於福島第一核電廠未來除役中長期規劃分為三階段，第一階段(Dec. 2011~Nov. 2013)自 1、2、3 號機反應爐冷停機開始，兩年內開始將用過核燃料池燃料移除，第二階段(Nov. 2013~迄今)從 4 號機用過核燃料池燃料移除開始，十年內可以將除汙水處理、用過核燃料池燃料移除、爐渣移除及廢料處理等議題解決，第三階段至機組完成除役需費時 30~40 年期間(圖

二)。本次研討會在福島事故特別議題上，主要是針對 METI、TEPCO、IRID、CRIEPI 及 Okayama University 等政府、業者、研究及學術單位不同部門對於福島事故後機組除役、汙染水處理、爐渣移除、地下水防止擴散及周邊地區土壤除汙等議題研究及未來規劃進行說明。

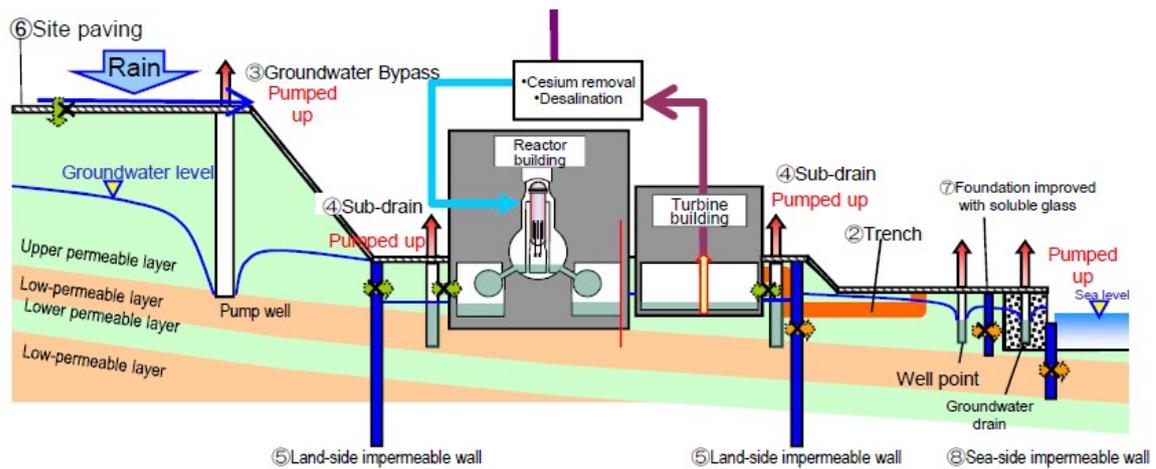


圖二、福島第一核電廠未來除役中長期規劃

(參考來源: “Fukushima Water Treatment Systems”, K. Kobayashi et al., BWROG 2016 Fukushima Response Workshop March 14-15, 2016 / Taipei, Taiwan)

日本經濟產業省(Ministry of Economy Trade and Industry, METI)的核能事故災害應變處處長平井英宏(Hirohide Hirai)簡報「Status of Decommissioning and Contaminated Water Management for the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station」，在福島事故處理過程，METI 所扮演的角色為確立福島第一核電廠除役中長期規劃及研究計畫，並代表政府管理 TEPCO 對福島第一核電廠除役事項，TEPCO 也必須定期向 METI 回報執行進度。在福島第一核電廠未來除役中長期規劃包括汙染水處理、用過核燃料池燃料移除、爐渣移除及廢料處理等部分，其中汙染水處理部分，目前福島第一核電廠水處理系統(ALPS)具有多套核種移除設備，可移除 62 種核種，主要為除去 Cs 及 Sr，但 Tritium 還未能移除，並可將反應器冷卻水處理至低於 1mSv/year 的標準，此外儲存冷卻汙染水儲桶的焊接也已改善，可降低汙染水洩漏。為了冷卻燃料束，部分汙染的冷卻水必須再回收回注入爐心，部分經水處理系統處理後儲存，當汙染水低於限值後即可排入海裡，然而每天評估仍約有 150~200m³/day 的地下水流經廠房，並抽取鄰近地下水量約有 100~200m³/day，因此汙染水總量仍會每天增加約 300 噸。目前為減少汙染水量，除繼續使用 ALPS 水處理系統處理反應爐循環冷卻水以去除汙染源外，另外亦阻隔地下水進入汙染區包括建立內陸區不滲透凍土牆、抽取地下水旁通，以及避免汙染水源流出包括水玻璃加強地基、建立面海區不滲透牆及改良

儲存污染水桶的焊接(圖三)。另外 IAEA 目前也對福島電廠污染水處理方案進行審查，預計 2018 年可公布相關導則指引供參考，並且 OECD/NEA、美國、英國及法國等國際組織亦加入福島電廠除役及除汙(D & D)研究計畫協助合作，並於今年 4 月 10 日至 11 日在日本福島磐城召開第一屆福島第一核電廠除役國際論壇(The 1st International Forum on the Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station)討論有關地方公眾溝通與世界先進的除役技術等議題。

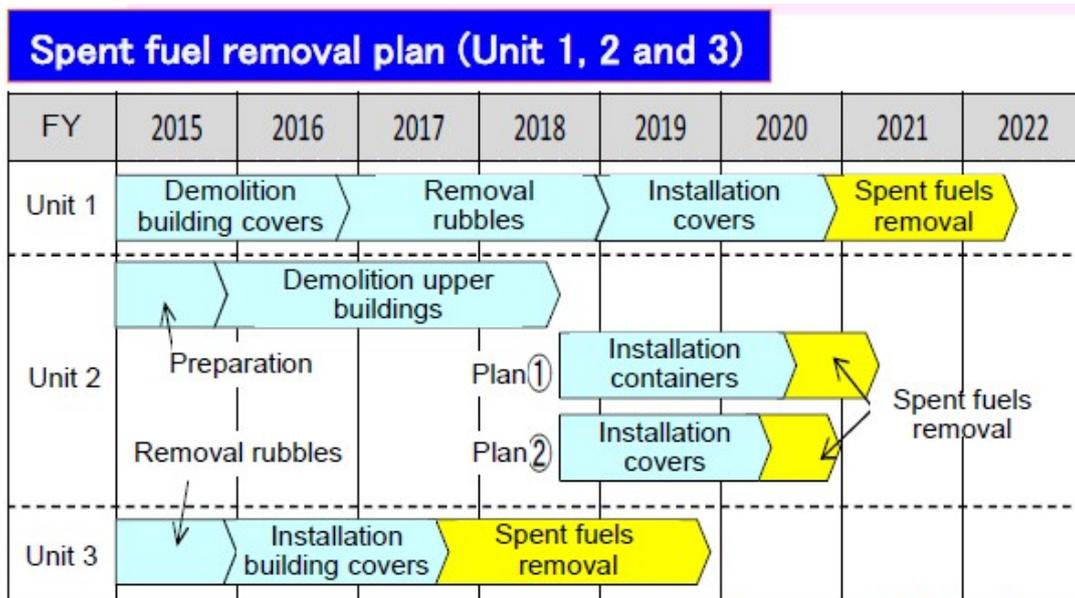


圖三、福島第一核電廠污染水處理

(參考來源: “Status of Decommissioning and Contaminated Water Management for the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station” , H. Hirai et al., ANUP-2016)

日本東京電力公司(Tokyo Electric Power Company, TEPCO)除役執行長增田直宏(Naohiro Masuda)於本次會議簡報「Current Status and Future of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station」，在福島事故發生期間，增田直宏原來為福島第二核電廠負責人，在混亂之中領導規劃讓第二核電廠倖免於爐心熔毀或氫爆，後續接任福島第一核電廠除役執行長期間，完成許多工作包括 1、2、3 號機冷停機及 4 號機用過核燃料池燃料移除，並向除役中長期規劃持續進行。在地下水滲入廠房而增加污染水之議題，TEPCO 朝向去除污染源、阻隔地下水進入污染區及避免污染水源流出等方向解決，並在 2015 年 5 月水處理系統(ALPS)已將儲存桶污染水處理完成，同年 10 月建立面海區不滲透牆完成，以及今年 3 月建立內陸區不滲透凍土牆完成，以避免地下水水位改變而導致污染水源從廠房流出。目前 TEPCO 將工作重點轉移至 1、2、3 號機用過燃料池內燃料移除及爐渣移除，並預計於 2017 年開始移除 3 號機用過燃料

池內燃料，同時也利用機器人進行廠房內部除汙與現場履勘，為後續爐渣移除工作準備。在用過燃料池內燃料移除部分，其工作流程為移除廠房頂部結構牆板、瓦礫碎片移除、燃料移除保護罩及吊車設備安裝；3 號機因考量氫爆造成廠房屋頂毀損，比照 4 號機先進行瓦礫碎片移除工作，為了安裝燃料移除保護罩及吊車設備，目前已將廠房頂樓大型瓦礫碎片移除，並先利用遙控水下攝影機確認用過燃料池碎片位置；1 號機目前已安裝廠房保護罩，並於今年 6 月安裝灑水系統及 8 月完成小碎片吸取系統以避免落塵外釋，待燃料移除前將拆除廠房保護罩；2 號機雖二次圍阻體仍完整，但為了加速移除燃料以降低外釋風險，仍決定移除廠房頂部結構，且 1、2 號機廠房頂樓計測結果分別達 53.6mSv/h 及 880mSv/h，未來 1、2 號機將依循 3、4 號機用過燃料池內燃料移除之經驗回饋，預計於 2020 年進行後續燃料移除工作。

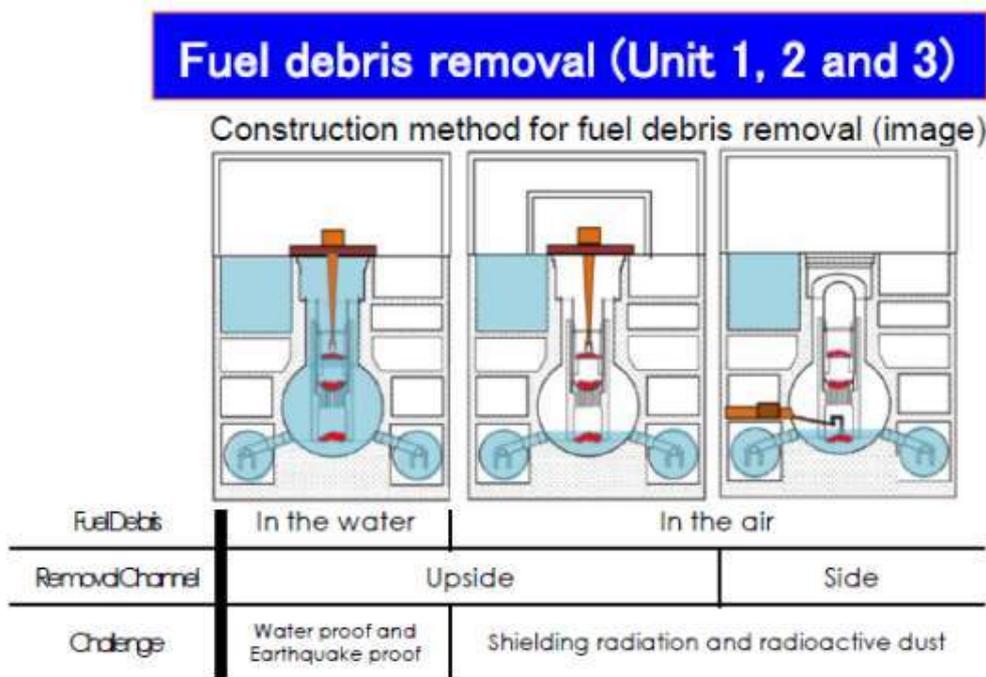


圖四、福島第一核電廠 1、2、3 號機用過燃料池用過核燃料移出計畫

(參考來源: “Current Status and Future of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station”, N. Masuda et al., ANUP-2016)

日本國際除役研究開發機構(International Research Institute for Decommission, IRID) 研究部門經理 Kenro Takamori 簡報「Development of Fuel Debris Retrieval Technology at IRID」, 有關福島第一核電廠未來進行爐渣移除作業之研究現況。在福島事故處理過程, IRID 所扮演的角色為負責除役相關研究與開發並將相關成果提供給 TEPCO 參考, TEPCO 亦會將重要研究議題及需求告知 IRID, 其成員包含日本研究單位、製

造商及電力公司等共 18 個組織，主要著重於用過核燃料池燃料移除、爐渣移除及廢料處理等相關研究工作。在爐渣移除的研究目標順序為(1)利用遙控除汙以減少劑量、(2)利用程式模擬與現場調查辨識爐渣、(3)對一次圍阻體滲漏情形進行修復、(4)一次圍阻體水位控制與劑量評估、(5)研發爐渣移除技術，以及(6)爐渣運輸與儲存，同時為能符合安全與穩定作業，目前研究重點在於細部調查現場爐渣位置與電廠受損情況、對現場計測結果進行模擬風險評估及驗證，以及高可靠度遠端遙控機器，例如可適應高輻射、空間狹小、水下及陰暗區域。在辨識現場爐渣部分，IRID 利用更新版的嚴重事故分析程式(BSAF 計畫)模擬反應爐及一次圍阻體內部劑量分布，並事先或平行對進行現場高輻射區域調查作業，同時也利用量測高能的宇宙射線(Cosmic ray)所產生的介子(muons)，接收穿透 1 號機反應爐結構確認爐渣分布，其為早期用於防止核武擴散的偵測設備，掃描結果發現大量爐渣已未維持於爐心區域，現正對 2 號機反應爐掃描作業進行佈署。另外亦利用機器人穿越狹窄的穿越孔至反應器及一次圍阻體內部進行影像調查，並獲得輻射劑量、溫度、水位及受損狀況的影像資料，對於未來調查計畫及準備都有幫助，在 1 號機部分機器人從中子監測儀器穿越孔(X-100B)進入一次圍阻體，協助調查在一次圍阻體較低位置區域之爐渣狀況，現正準備將機器人從 2 號機控制棒驅動機構穿越孔(X-6)進入反應爐外底部，協助量測輻射劑量分布及影像調查。後續為了清除反應爐及一次圍阻體內爐渣，一次圍阻體的水位控制將影響屏蔽厚度與劑量多寡(圖五)，因此一次圍阻體洩漏修復為首要目標，IRID 建立實體水槽以模擬圍阻體穿越孔並注入防水材料進行洩漏測試，並考量 3 種移除方式(1)從反應爐上方進行水下作業移除、(2)從反應爐上方洩水後於大氣環境進行移除及(3)從一次圍阻體側邊洩水後於大氣環境進行移除等方法均仍在評估其可行性，未來 IRID 針對反應爐及一次圍阻體爐渣移除研究工作包含切除、收集、運輸及儲存，將持續收集日本及國外經驗並發展相關安全除役技術。



圖五、福島第一核電廠 1、2、3 號機爐渣移除計畫

(參考來源: “Development of Fuel Debris Retrieval Technology at IRID” , K. Takamori et al., ANUP-2016)

日本電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)的 Tadafumi Koyama 工程博士簡報「Estimates of Long Time Behavior of Radioactive Nuclides in Underground Water of Fukushima Daiichi NPP」, 有關福島第一核電廠地下水含有長期擴散行為核種如 H-3、Sr-90 及 Cs-137 研究分析結果顯示(圖六), 預期 H-3 濃度會隨時間降低, 而高濃度 Sr-90 濃度會持續保留, 因此 CRIEPI 必須發展可以移除 Sr-90 方法。為了防止 1~4 號機廠房污染地下水直接流入海洋, TEPCO 建立面海區不滲透牆, 並抽取地下水進行過濾純化後, 水質符合標準可排入大海, 否則收集至儲存桶安全存放, 但目前防護機制要持續多久才有辦法讓地下水污染降低至安全限值, 本研究以 2015 年開始為期 40 年進行評估, 利用 FEM model 將 1~4 號機廠區建模, 並使用 kringing 地質統計方法論假設核種初始濃度擴散, 及 CRIERI 發展的數值模擬程式進行平流擴散分析, 以評估量化所需純化介質。研究分析結果顯示 H-3 經過 1 年後會低於安全限值(1500Bq/L), 但 Sr-90 濃度會持續增加直到 2035 年且高於安全限值(3Bq/L), 另 Cs-137 濃度因衰變效應影響亦未有變化, 預估抽取地下水純化處理將超過 40 年評估時間, 未來將安裝 Permeable Reactive Barrier(PRB)可降低約 1/3

純化介質使用量。

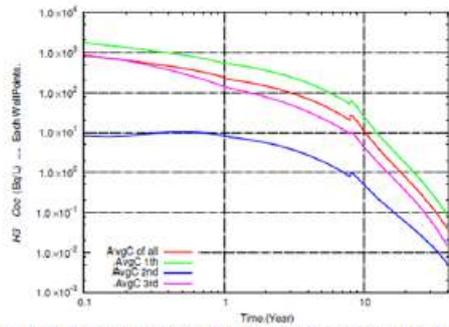


Fig. 5 H-3 concentration in groundwater of wellpoints

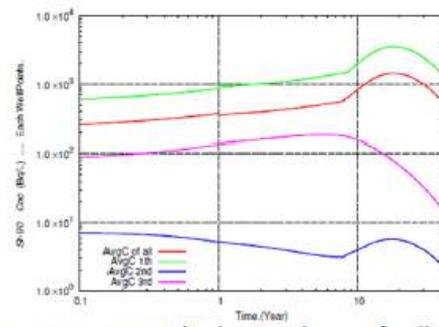


Fig. 6 Sr-90 concentration in groundwater of wellpoints

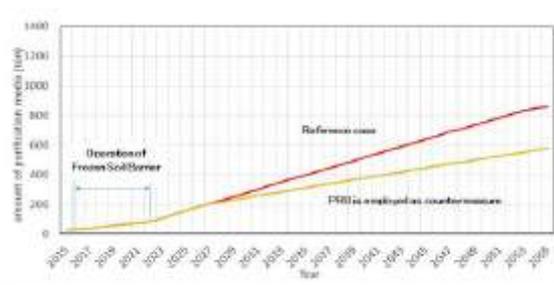


Fig. 7 Estimated amount of purification media

圖六、福島第一核電廠地下水含有長期擴散行為核種如 H-3、Sr-90 及 Cs-137

(參考來源: “Estimates of Long Time Behavior of Radioactive Nuclides in Underground Water of Fukushima Daiichi NPP” , T. Koyama et al., ANUP-2016)

日本岡山大學(Okayama University)的 Haruo Sato 助理教授簡報「Diffusion Coefficient Consistent with Sorption Derived from Evolution of Depth Distribution of Radiocaesium in Soil Contaminated by the Fukushima NPP Accident」, 有關福島事故所釋出揮發放射性核種造成土壤吸附 Cs 深度分布評估, MEXT 在發生福島事故後 3 個月進行第一次地域調查及 1 年後再進行第二次地域調查, 兩次地域調查結果收集二本松市(Nihonmatsu)、川俣町(Kawamata)及浪江町(Namie)共 11 個區域樣品。放射性核種(Cs-134&Cs-137)的擴散係數(D_a)可由土壤表層深度分布計算而得, 在第一次地域調查結果為 $10\text{-}10\text{m}^2/\text{s}$ 等級, 但在第二次地域調查結果為 $10\text{-}11\text{m}^2/\text{s}$ 等級, 另 Cs-137 的分布係數 K_d 值在第一、二次地域調查結果範圍接近均為 $2080\text{-}61000\text{ml/g}$, 經評估顯示 D_a 值與 K_d 值不為一致性, 在分析過程土壤物理參數如乾燥度、固體密度將會依據調查量測結果, 並預測未來 30 年時間 Cs 在土壤深度分布情形, 但初步研究結果顯示, Cs 在土壤深度移動較緩慢, 且多數仍存留分布在土壤表層。

(4)高階放射性廢料玻璃固化(Vitrification of High-level Waste)

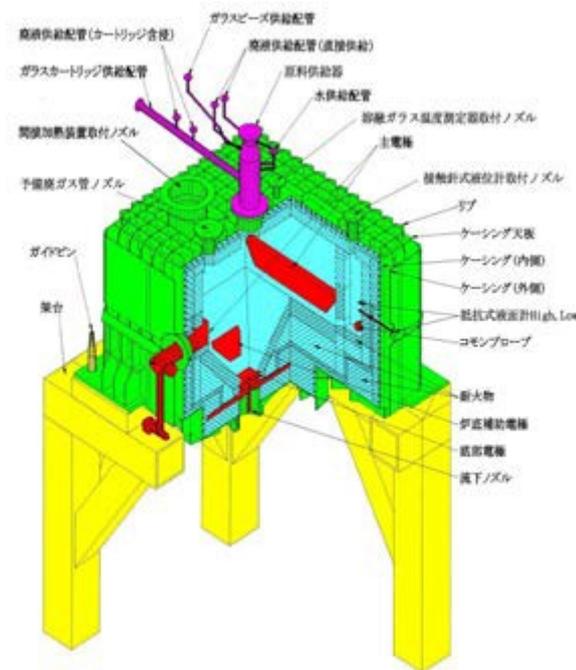
本次會議第三天（10月26日）上午，選擇參加分組會議有關高階放射性廢料玻璃固化 A4-1~4-5 議題，相關簡報內容摘錄如下：

日本 IHI 公司的 Yasutomo Tajiri 簡報「Development of Glass Melting Process for LLW -Glass Formulation Testing to be Compatible with Composition Changes-」，說明日本新一代低階廢料(LLW)玻璃固化研究過程，日本核能電廠及再處理廠產生不同種類低階廢料使用不同方法進行處理，如焚燒、壓實及水泥固化等。另外，在拆除高放射性的核能電廠及再處理廠之除役過程亦會產生潛在的低階廢料，因此，不同種類的固化及減量技術被研發為了確保穩定及少量低階廢料處置，玻璃固化技術亦被其他國家選為低階廢料處理方式。新一代玻璃固化技術相關研究計畫於 2014 年開始由 METI、IHI 公司、JNFL、JAEA 及 CRIEPI 共同進行研究，目前研究成果顯示透過調整配方可提高廢料儲存量及改善滲漏率。

日本原燃公司(Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL)的 Haruka Tada 簡報「Basic Development of HLLW Vitrification -Investigation of high waste loading HLLW glass」，說明為了發展高階廢液廢料(HLLW)的先進玻璃固化技術，經研究顯示高階廢料存放在 HLLW 玻璃環境可以保持良好的化學耐久性，且高於 20~30%相對於存放在硼矽鹽酸玻璃環境，高階廢料經增加 MoO_3 濃度較容易降低 HLLW 玻璃的品質如均質性及耐久性，並會產生不需要的二次分離相(yellow phase)，因此高階廢料存放於玻璃環境為了確保抑制 yellow phase 產生及良好的化學耐久性。新一代玻璃固化技術相關研究計畫於 2014 年開始由 METI、IHI 公司、JNFL、JAEA 及 CRIEPI 共同進行研究，目前研究成果顯示透過調整硼矽鹽酸玻璃成分比例在 $1.5 \leq \text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3 \leq 2$ ，且大於 Al_2O_3 的 2 倍濃度之間，可保持廢料化學耐久性及增加 MoO_3 溶解上限值。另對於 V_2O_5 對於抑制 yellow phase 產生的效果也被確認，並可影響鹼性氧化物在玻璃結構的行為，研究結果顯示最佳抑制 yellow phase 產生及良好的物理性質的成分比例為 $(\text{Na}+\text{Li})/(\text{SiO}+\text{Al}+\text{V})=0.22\sim 0.26$ 。

日本原燃公司(Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL)的 Yusuke Watanabe 簡報「The achievement of the stable K-Melter operations in active tests at Rokkasho Reprocessing Plant」，說明六所村再處理廠的 KA 玻璃熔化設施 K-Melter 熔爐為 LFCM 製程設備(圖

七)，在 2007 年運轉前最終測試階段，因熔爐底部沉積貴金屬滲漏且出口流量無法確認而暫停線上測試，因此 JNFL 再建立等比例的實體模型熔爐進行試運轉測試，經試運轉測試結果顯示磷酸二丁基(DBP)在鹼性廢液會導致玻璃成型的溫度增加，更進一步會加速貴金屬沉降於熔爐底部，另外測試結果也發現溫度量測結果未能反映熔爐內實際最大溫度，因此上述實體模型試運轉狀況結果回饋至 K- Melter 熔爐進行改善，重新於 2012 年開始進行線上測試，經一年完成測試確認玻璃溫度與控制貴金屬等處於穩定狀態。

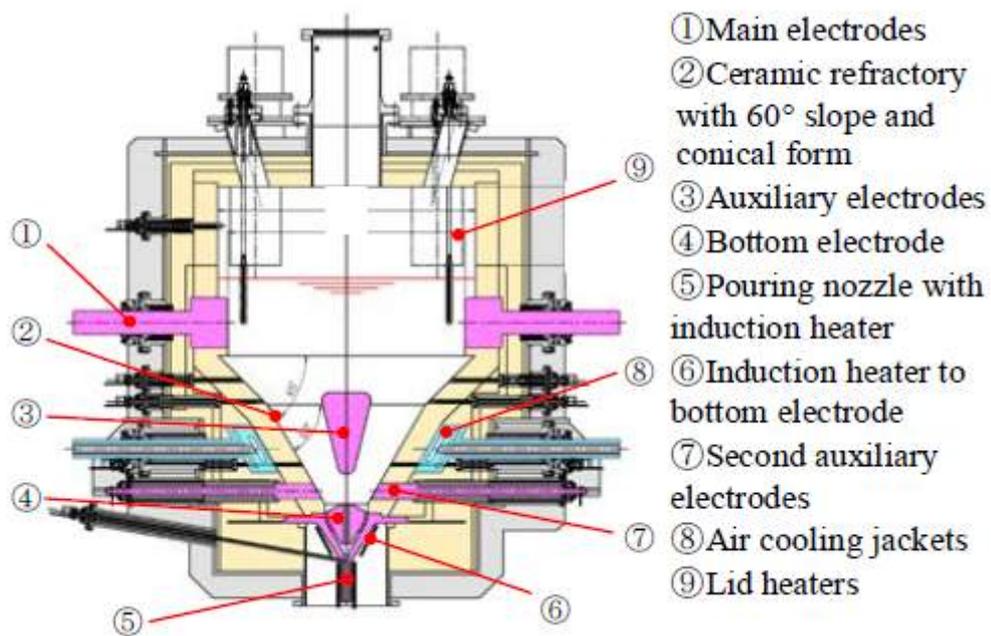


圖七、六所村再處理廠的 KA 玻璃熔化設施 K- Melter 熔爐

(參考來源: “The achievement of the stable K-Melter operations in active tests at Rokkasho Reprocessing Plant” , Yusuke Watanabe et al., ANUP-2016)

日本原燃公司(Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL)的 Satoshi Komamine 簡報「Development for Advanced Melter in Rokkasho Reprocessing Plant」，說明 JNFL 六所村再處理廠的用過燃料在處理過程產生高階廢液進行玻璃固化，過程中有兩個陶瓷加熱熔爐，目前這些熔爐已成功線上測試完成，雖先前遇到冷卻過程不穩定，並產生二次分離相(yellow phase)，以及玻璃熔融流向下方出口管嘴阻塞，造成較低區域的玻璃流阻增加，降低熱效率及電極電阻，導致貴金屬累積於熔爐下方，為了解決這些困難，JNFL 發展進步型的熔爐(圖八)。進步型熔爐也是陶瓷加熱熔爐，但下半部

設計與現況卻有很大不同，增加高頻感應加熱器及二次輔助電極於底部，並改善增加爐底出口管嘴斜度。為了驗證新設計之效益，JNFL 於 2010-2011 年建立等比例的下半部熔爐模型進行測試並獲得良好結果，並將分兩階段進行等比例熔爐模型測試，第一階段於 2013-2014 年及第二階段於 2014-2015 年執行評估相關運轉參數，包括增加玻璃產量及 yellow phase 濃度等，最後測試結果顯示，進步型熔爐有較好的效果在溫度控制、玻璃澆注率及貴金屬排出率。



圖八、六所村再處理廠的進步型熔爐

(參考來源: “Development for Advanced Melter in Rokkasho Reprocessing Plant”, Satoshi Komamine et al., ANUP-2016)

日本 IHI 公司的 Manabu Kishimoto 簡報「Cutting Performance of Remote Fiber Laser Cutting System for Dismantling HLW Glass Melter」，說明負責拆除六所村高階廢液廢料 (HLW) 玻璃熔爐所使用遙控光纖雷射切割系統研究，因 HLW 玻璃熔爐須週期性更換，舊的玻璃熔爐須於玻璃固化室拆除，且考量玻璃熔爐輻射劑量較高，相關拆解工作將全程遙控操作，並將相關廢料切割成小片，經過研究評估遙控光纖雷射切割系統被選為最適合執行金屬切割的方法。該設備經切割測試、最佳切割參數評估、安全閉鎖系統及特殊金屬切割評估後，可成功應用於不銹鋼板切割及保護空間屏蔽牆不受破壞，並驗證其他特殊金屬材料如鋼板、鋁合金及高鉻鎳合金等材料。除可

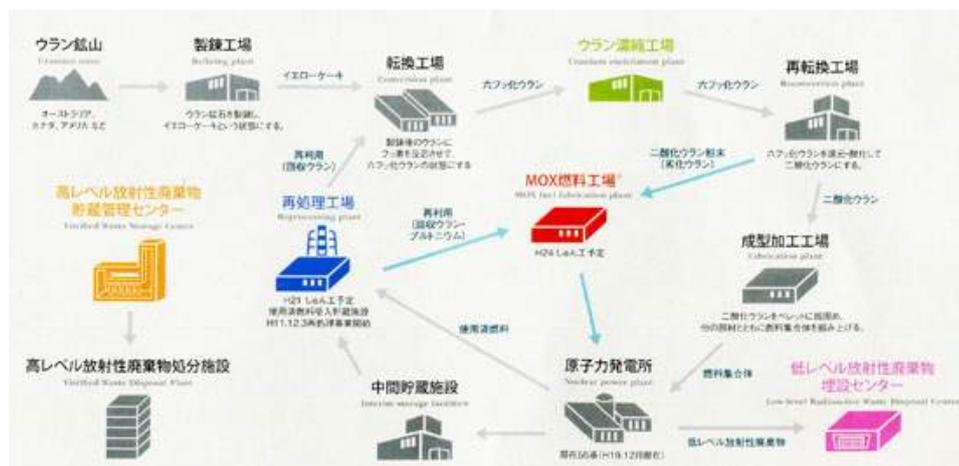
應用於六所村玻璃固化設施外，應可應用於相關高輻射環境下遙控拆除工作。

ANUP-2016 閉幕會議由日本 JAEA 的 Yasuji Morita 主持，依慣例由下屆主辦單位代表進行介紹，下屆 ANUP 會議預定將於 2018 年在印度舉行，城市地點待定。茲將歷屆及未來 ANUP 開會時間與地點彙總如下表：

第 1 屆	2008	日本神戶
第 2 屆	2010	印度馬哈巴利普拉姆
第 3 屆	2012	中國大陸北京
第 4 屆	2014	韓國濟州
第 5 屆	2016	日本仙台
第 6 屆	2018	印度

(二)本次 ANUP-2016 會議之技術參訪行程(六所村核燃料再處理設施)

本次雖未參加 ANUP-2016 會議主辦單位所安排之技術參訪行程，然仍對本次技術參訪行程進行簡介，參訪地點為六所村核燃料再處理設施位在青森縣沿海位置，由日本原燃公司(Japan Nuclear Fuel Limited, JNFL)所管理的核燃料再處理設施包含鈾濃縮(Uranium enrichment)、最終低階廢料處置(final disposal of low level radioactive waste)、高階廢料中期處置(interim storage of high-level radioactive waste)，以及目前 NRA 在視察的燃料再處理(reprocessing)及未來規劃的 MOX 燃料製造(MOX fuel fabrication)(圖九)。



圖九、六所村核燃料循環

(參考來源: http://www.asahi-net.or.jp/~ee4y-nsn/nuke/a04_rokkasho.htm)

JNFL 成立於 1980 年，早期主要業務是核燃料原料濃縮、低階廢料處置及高階廢料暫存，並於 1993 年開始建造核燃料再處理廠，為符合日本法規要求用過核燃料必須重新

再處理，目前日本核能電廠所退出的用過核燃料都送至法國及英國再處理，再處理後的高階廢料再送回日本存放，因此六所村核燃料再處理設施為日本落實自給自足的核燃料循環一個很重要的環節。目前建造的燃料再處理廠可將用過燃料產生的鈾及未燃耗的鈾重新再製成鈾燃料及 MOX 燃料，並可節省 10~20%鈾資源，屬於半自然再生能源，未來更進一步可將再製燃料利用於快滋生反應器，達成更有效率鈾資源利用。

JNFL 自 1993 年開始建造此廠址，雖期間發生 PWR 用過燃料儲存池、燃料傳送池與可燃毒素吊運池洩漏、異物入侵，以及經過 311 東北大地震等事件影響，日方仍持續積極解決問題並克服許多技術議題及公眾事務的困難，並為符合日本管制單位 NRA 於 2013 年 12 月公布核燃料設施的新法規要求而進行改善，包括海陸域地質調查、外部海嘯及內部水災防護、移動式安全電源及水源救援設備、道路清除機具、多樣性策略人員訓練、龍捲風量測、氫氣濃度量測、化學洩漏量測、火災防護、新緊急應變場所、保安議題等(圖十)。目前該設施結構已於 2013 年 10 月完成建造，其再處理設備亦已通過水、化學及鈾運轉測試，正進行最終階段試運轉測試，以及廠區因應嚴重事故的檢查，未來預計於 2018 年開始商轉。



圖十、六所村燃料再處理廠因應嚴重事故強化

(參考來源: <http://www.jnfl.co.jp/en/activity/safety/>)

肆、心得與建議

此次參加 ANUP-2016 會議之心得與建議，可歸納下列幾項：

1. 亞洲核能展望研討會(ANUP)之會議議題涵蓋核能能源未來展望、核能利用基礎研究、現今開放與封閉式核燃料循環系統、第四代核子反應器與核燃料循環系統、放射性廢料管理、核子保防與保安，以及核能電廠除役與拆解等，與會人員多是從事相關領域研究多年且經驗豐富之專家學者，藉由參與核能展望相關國際會議，可從中了解世界各國核能發展趨勢，針對我國所關切之議題亦可與專家進行深入討論，因此建議未來仍派員收集與了解最新的技術發展及各國安全管制作為。
2. 距福島事故發生已經過 5 年，福島第一核電廠已著手進行除役中長期規劃與環境補救，並完成 1、2、3 號機機組冷停機及 4 號機用過核子燃料池的復原，未來將針對 1、2、3 號機用過核子燃料池的復原、爐渣移除及廠區污染水進行處理，另相關核能電廠除役及拆除研究計畫在國際組織推動下，亦已取得穩定的進步。藉由參與國際會議，深入了解亞洲各主要核電國家之管制技術經驗交流，可增進我國核能電廠針對核能電廠意外事故之處理技術與能力，並建議持續蒐集最新核能電廠除役及拆除等相關資訊，可作為我國管制的重要參考。
3. 日本在福島事件發生後，對核能政策有重大改變，在許多機組停機檢查確保運轉安全期間，日本政府仍於 2014 年提出第四基礎能源計畫(Fourth Strategic Energy Plan)，在未來 20 年將核能定位為重要基載之電力能源並確保其安全性。然日本核能領域也面臨包括對於快滋生反應器之政策不明、預算有限、核能研究及技術人力老化，以及傳承核能技術的年輕人力流失等仍待解決問題。
4. 日本核能業界在福島事故發生後，仍投注心力在核燃料循環之發展研究，其主要考量是為落實自給自足的核燃料循環，並自主進行強化改善作業以符合管制單位法規要求。借鏡日本福島後強化經驗，管制單位應要求核電廠持續精進相關福島改善作業，以提升我國核電廠因應發生超過設計基準事故之能力。

伍、附件

附件一 ANUP-2016 會議現場

附件二 ANUP-2016 會議議程

附件一 ANUP-2016會議現場



ANUP-2016 會議現場(一)



ANUP-2016 會議現場(二)



ANUP-2016 會議現場(三)



ANUP-2016 晚宴現場

附件二 ANUP-2016 會議議程

Program Overview of ANUP2016

		Oct. 24 (Mon)														
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
					11:30 - 13:00 Lunch							18:00-20:00 Banquet at Hotel Metropolitan Sendai				
Main Hall			10:00 - 11:20 Opening Remark R. Fujita (Chair of ANUP2016 Organizing Committee) Keynote Address Y. Oka (Chairman of Japan Atomic Energy Commission)	photographing		13:00-15:00 Plenary Session: Invited Talk 1 - K. Sakai (JNFL, Japan) - P. R. Vasudeva Rao (IGCAR, India) - Guoan Ye (CIAE, China) - Kee-Chan Song (KAERI, Korea)										
Conf. Room-1									15:00 - 15:20 Coffee break (at Entrance Hall)		15:20-16:40 Technical Session A1 Advanced Reactor and Fuel Cycle Systems (4 papers)					
Conf. Room-2											15:20-17:00 Technical Session B1 Adsorptive Separation (5 papers)					
Conf. Room-3											15:20-17:00 Technical Session C1 Transmutation (5 papers)					
Entrance Hall		9:00 - 10:00 Conference registration	Conference registration (continued)										Poster Display			
Executive Lounge		Secretariat office														

Program Overview of ANUP2016

Oct. 25 (Tue)											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
					11:40 - 13:00 Lunch						
Hall						13:00-14:30 Plenary Session: Invited Talk 2 - N. Yoshida (JAEA, Japan) - T. Todd (INL, USA) - B. Boullis (CEA, France)					
Conf. Room-1		9:00-10:40 Technical Session A2 Analytical Chemistry, Fundamental Chemistry (5 papers)							15:30-17:30 Technical Session A3 Fukushima Special Session (5 papers)		
Conf. Room-2		9:00-10:00 Tech. SS B2 Solv. Extr.: Equipment and Techniques (3 papers)							15:30-17:30 Technical Session B3 Solvent Extraction, MA Separation, and FP Separation (6 papers)		
Conf. Room-3		9:00-10:40 Technical Session C2 Nuclear Fuels and Materials (5 papers)							15:30-17:50 Technical Session C3 Nuclear Waste Disposal and Related Issues, and Nuclear Data (7 papers)		
Entrance Hall		Poster Display			10:40-11:40 Poster Session 1 (Odd number)	Display should be continued		14:30-15:30 Poster Session 2 (Even number)		Poster Removal	
		Conference registration (continued)									
Executive Lounge	Secretariat office										

Program Overview of ANUP2016

Oct. 26 (Wed)							Oct. 27 (Thu)
	8	9	10	11	12	13	
Hall							<p>Technical Tour to JNFL (Japan Nuclear Fuel Limited) Rokkasho Site</p> <p>8:06 Departure from Sendai Station 10:40 Arrival at Rokkasho</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visitors Center - Lunch - Tour to Rokkasho Site <p>15:10 Departure from Rokkasho Site 16:15 Breakup at Shichinohe-Towada Station 16:53 Departure from Shichinohe-Towada Station 18:29 Arrival at Sendai Station 20:08 Arrival at Tokyo Station</p>
Conf. Room-1		9:00-10:40 Technical Session A4 Vitrification of High-level Waste (5 papers)		11:30-12:00 Closing Session			
Conf. Room-2		9:00-10:40 Technical Session B4 Pyrochemical Systems (5 papers)					
Conf. Room-3		9:00-11:20 Technical Session C4 The ImPACT Program (7 papers)					
Entrance Hall							
Executive Lounge		Conference registration (continued)					
		Secretariat office					