

出國報告（出國類別：其他）

OECD/NEA 核設施除役合作計畫(CPD) 第 52 屆技術諮詢組(TAG)會議

服務機關：核能研究所

姓名職稱：陳鴻斌 研究員

派赴國家：西班牙

出國期間：101 年 5 月 19 日~101 年 5 月 27 日

報告日期：101 年 7 月 3 日

摘 要

本次公差為參加歐洲經濟合作組織核能署 (OECD/NEA) 之核設施除役合作計畫 (Cooperative Program on Decommissioning, CPD) 第 52 屆技術諮詢組 (Technical Advisory Group, TAG) 會議，該會議每年舉行兩次，目的為除役技術及經驗之交流回饋，並且履行會員參加 CPD/TAG 會議之責任，我國自 2000 年開始以 TRR 除役計畫名義加入 CPD，即陸續派員參加該計畫之 TAG 會議，上一次參加為 2011 年之 TAG-50 會議。

TAG-52 會議於 2012 年 5 月 21-25 日於西班牙 Tarragona 舉行，由西班牙 ENRESA 公司主辦，合計共 15 國(單位)、19 個除役計畫之 30 位專家與會。5 月 21-22 日為閉門會議，內容包含各參與計畫除役狀況簡報研討、工作小組報告和 CPD 會務執行情形等，本次會議特別邀請日本代表出席提供 Fukushima Daiichi 概況簡報。本屆會議計有核反應器除役 16 篇簡報，核燃料循環設施除役簡報 11 篇，申請加入計畫簡報 3 篇，及日本 Fukushima Daiichi 概況簡報 2 篇，共有 32 篇簡報。5 月 22 日會議，利用空檔就近參觀西班牙 Vandellós-1 NPP 除役。5 月 23 日會議討論 Task Group 工作進展及需要會員配合事項，以及未來三次 TAG 會議規劃。5 月 24 日參訪位於 Pastrana，由 ENRESA 公司負責執行，除役中之 ZORITA 核電廠。5 月 25 日參訪位於馬德里之西班牙 CIEMAT R&D Center 及參觀 PIMIC Site 除役清理工作。

本報告除了各會員簡報精要以及對於國內除役值得參考的資料彙整之外，亦彙整目前國際上矚目的議題，即日本福島事故後續清理現況，包括 Fukushima-Daiichi 廠內清理以及日本東北部地區環境污染清理整治現況。

除役為核能設施生命週期重要的一環，世界各國藉由核設施安全除役，亦證明核能應用的安全性。除役工作需要長期、穩定的資源投入，方能顯現效益。CPD 關注核設施場地復育議題，持續於各種國際場合推動技術合作，CPD/TAG 已決定成立新的專案研究，針對核設施場地復育議題匯集資訊及國際經驗。我

國執行核設施除役工作後期亦將面臨場地復育技術需求，值得注意國際發展趨勢。另外，日本因福島事故影響，核能電廠停止運轉進行安全評估及針對海嘯的防護補強，造成 2012 年夏季中西部地區(60Hz 供電區)電力供應缺口達 7300MW。儘管日本在國際上大量蒐購天然氣，亦無法補足用電需求。國內亦應該從能源安全層次務實的考量能源配比議題。

關鍵詞：核設施除役、拆除、除污

目 次

(頁碼)

摘 要	i
一、目的	1
二、過程	2
(一) OECD/NEA核設施除役合作計畫(CPD)技術諮詢組(TAG)會議現況 ...	2
(二) 公差行程及會議內容	5
1. 核反應器除役簡報內容摘要.....	9
2. 核燃料循環設施除役簡報內容摘要.....	16
3. 新會員申請.....	21
4. 國家報告.....	22
5. 其他事項.....	24
三、心得	25
(一) 大型商用BWR核能發電廠除役.....	25
(二) 日本Fukushima-Daiichi清理現況及規劃	36
(三) 日本福島事故後環境污染清理現況	46
(四) 膠體除污技術	55
四、建議事項	59

表 目 次

(頁碼)

表一、CPD官方網頁上所列正式會員及參與之除役計畫	2
表二、本次國外公差主要行程.....	5
表三、第 52 屆TAG會議詳細議程	6
表四、第 52 屆TAG會議核反應器除役簡報項目	7
表五、第 52 屆TAG會議核燃料循環設施除役簡報項目	8
表六、第 52 屆TAG會議申請入會新計畫簡報項目	8
表七、第 52 屆TAG會議國家報告簡報項目	8
表八、瑞典Barsebäck NPP基本資料.....	26
表九、瑞典Barsebäck NPP爐內組件切塊容器設計.....	28
表十、日本濱岡(Hamaoka) NPP反應器機組基本資料	32
表十一、日本Fukushima-Daiichi NPP反應器機組基本資料.....	36
表十二、日本福島事故後環境污染清理示範規劃進行流程.....	49
表十三、膠體除污實驗.....	56
表十四、膠體除污產生之二次廢棄物量.....	58

圖目次

(頁碼)

圖一、瑞典Barsebäck NPP	26
圖二、瑞典Barsebäck NPP 反應器one-piece移除可行性評估	27
圖三、瑞典Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解規劃	28
圖四、瑞典Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解廢棄物容器設計	28
圖五、瑞典Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解廢棄物容器吊運	29
圖六、瑞典Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解廢棄物貯存庫	29
圖七、德國KKB NPP 基本資料	30
圖八、德國KKB NPP 除役初步規劃	31
圖九、日本Chubu電力公司濱岡(Hamaoka) NPP	32
圖十、日本濱岡(Hamaoka) NPP 除役時程初步規劃	33
圖十一、日本濱岡(Hamaoka) NPP 防波壁工程	33
圖十二、日本濱岡(Hamaoka) NPP 防波壁深入第 40 公尺	34
圖十三、日本濱岡(Hamaoka) NPP冷卻水取水泵的金屬製防水牆及防水門	34
圖十四、日本濱岡(Hamaoka) NPP反應器廠房強化水密門及排氣口防水	35
圖十五、日本濱岡(Hamaoka) NPP海嘯防護補強工程	35
圖十六、日本Fukushima-Daiichi NPP	36
圖十七、日本Fukushima-Daiichi NPP廠內環境放射性偵測	37
圖十八、日本Fukushima-Daiichi NPP反應器冷卻	38
圖十九、日本Fukushima-Daiichi NPP反應器壓力槽底部溫度趨勢(2011 年 3-12 月)	39
圖二十、日本Fukushima-Daiichi NPP燃料池冷卻(一)	39
圖二十一、日本Fukushima-Daiichi NPP燃料池冷卻(二)	40
圖二十二、日本Fukushima-Daiichi NPP燃料池溫度趨勢(2011 年 3-12 月)	40
圖二十三、日本Fukushima-Daiichi NPP廠房內積水清理程序	41
圖二十四、日本Fukushima-Daiichi NPP廠房內積水清理設備	41
圖二十五、日本Fukushima-Daiichi NPP高污染內積水貯存	42

圖二十六、日本Fukushima-Daiichi NPP地下擋水牆.....	42
圖二十七、日本Fukushima-Daiichi NPP地下水引 流.....	43
圖二十八、日本Fukushima-Daiichi NPP海水引 水道擋水牆.....	43
圖二十九、日本Fukushima-Daiichi NPP污染固定凝膠噴灑.....	44
圖三十、日本Fukushima-Daiichi NPP地面廢棄物清除(一).....	44
圖三十一、日本Fukushima-Daiichi NPP地面廢棄物清除(二).....	44
圖三十二、日本Fukushima-Daiichi NPP一號機廠房包封重建.....	45
圖三十三、日本Fukushima-Daiichi NPP中長程清理規劃.....	46
圖三十四、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-12 個示範點.....	47
圖三十五、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-3 個執行群組.....	48
圖三十六、日本福島事故後環境污染清理示範規劃進行流程.....	49
圖三十七、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-農地整治(一).....	50
圖三十八、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-農地整治(二).....	50
圖三十九、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-農地整治(三).....	51
圖四十、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-農地整治(四).....	51
圖四十一、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-農地整治(五).....	52
圖四十二、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-道路除污(一).....	52
圖四十三、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-道路除污(二).....	53
圖四十四、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-屋頂除污.....	53
圖四十五、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-污染泥土暫貯(一).....	54
圖四十六、日本福島事故後環境污染清理示範規劃-污染泥土暫貯(二).....	54
圖四十七、桶槽內表面粉末狀殘餘物質清理需求.....	55
圖四十八、膠體除污進行流程.....	57
圖四十九、膠體除污進行步驟.....	57
圖五十、膠體除污執行成果.....	58

一、目的

本次國外出差係奉派參加歐洲經濟合作組織核能署（OECD/NEA）之核設施除役合作計畫(Cooperative Program on Decommissioning, CPD)第 52 屆技術諮詢組(Technical Advisory Group, TAG)會議，時間為 2012 年 5 月 21-25 日，於西班牙 Tarragona 舉行，由西班牙 ENRESA 公司主辦。我國自 2000 年開始以 TRR 除役計畫加入 CPD，提供 TRR 燃料池清理執行狀況及所發展之相關技術，並從會議中與各國除役專家技術交流及討論，取回各國即時的除役相關資訊。

本次國外公差之目的如下：

- (一) 了解各參與計畫之除役最新執行現況。
- (二) 蒐集各類除役、拆除、除污及廢棄物處理之最新技術。
- (三) 參訪會議安排之核設施除役現場，實地瞭解執行情形及經驗交流。
- (四) 聯繫國際核設施除役相關專家/主管，建立技術交流管道。
- (五) 履行我國參加 CPD/TAG 會議之責任，提供 TRR 除役計畫執行現況及進度、燃料池清理相關技術、和爐體拆除規劃及程序發展。

二、過程

(一) OECD/NEA 核設施除役合作計畫(CPD)技術諮詢組(TAG)會議現況

CPD 計畫成立於 1985 年。其目的為促進國際上核能設施除役科技之技術交流。計畫起始，會員包括 8 個國家的 10 個除役計畫，至 2006 年已經成長至 12 個國家(單位)的 43 個除役計畫，包括 27 個核子反應器及 16 個核燃料循環設施之除役計畫。近年陸續有大型除役計畫加入，包括美國 DOE 的 EM 清理計畫、EC 的 JRC ISPRA 除役、日本 Chubu 電力公司的濱岡(Hamaoka)核電廠除役計畫、以及本次 TAG 會議中申請加入，包括日本東京電力公司的 Fukushima Daiichi 核電廠除役計畫等。我國以唯一非 NEA 會員國身分，能參與成為 CPD 計畫之正式會員（表一）。

表一、CPD 官方網頁上所列正式會員及參與之除役計畫

會員	除役計畫
Belgium	BR3-PW, Eurochemic Reprocessing Plant
Canada	Gentilly-1, NPD, 204 A/B Bays, Tunney's Pasture facility; 204A/204B Bays, Chalk River
France	PHENIX, EL4, G2/G3 Marcoule, Rapsodie Cadarache, Basic Nuclear Facility No. 57, ELAN IIB, AT1 La Hague, UP1 reprocessing plant, Bugey 1, APM Marcoule, Melusine, ATUE
Germany	Lingen, MZFR Karlsruhe, KKN Neideraichbach, Greifswald, HDR, WAK, AVR, KNK
Italy	Garigliano, Latina
Japan	JPDR Tokai, JRTR Tokai, Fugen, Tokai 1 NPP, JAPCO plutonium fuel fabrication facility
Republic of Korea	KRR1 and KRR2 research reactors, KAERI uranium conversion facility
Slovak Republic	Bohunice A-1
Spain	Vandellos 1, PIMIC project
Sweden	Studsvik Active Central Laboratory
United Kingdom	Co-precipitation Plant Sellafield BNFL 204, Primary separation plant Sellafield, Prototype Fast Reactor Dounreay
Chinese Taipei	Taiwan Research Reactor

CPD 由管理委員會(Management Board, MB)與技術諮詢組(TAG)組成，其中 MB 目前由 24 個組織代表組成，每年開會一次，負責一般庶務與計畫方向。TAG 則已成長至超過 50 項計畫參加，每年開會二次，我國限於國外公差名額，初期約每隔 3 或 4 屆派員參與一次，近年則每兩屆派員與會一次。

CPD 目前每年會費為 3,000 歐元。自 2008 年起，本所參加 CPD 之代表人，在管理委員會委員(MB)為馬殷邦所長；而技術諮詢委員會(TAG)為陳鴻斌。自 2001 年開始開始之 TAG 會議，本所陸續派員參加，上一次參加為 TAG-50 會議，2011 年 5 月 9-13 日由陳鴻斌與會。本屆則於 2012 年 5 月 21-25 日，由陳鴻斌奉派參加第 52 屆 TAG 會議，並報告 TRR 除役現況及進度，TRR 燃料池清理、燃料安定化進度、再利用及混凝土外釋，並強調用過燃料安定化及高活度樹脂污染樹脂處理程序發展等，提供 TRR 較具特色之燃料池清理和爐體拆除之技術交流和經驗回饋。

在歷經日本福島地震海嘯事件、國際上反恐、及局部區域不安定等相關議題逐漸沉澱穩定後，本次會議（TAG52）出席會員人數恢復正常，合計共 15 國(單位)、19 個除役計畫之 30 位專家與會。本次會議特別邀請日本代表出席提供 Fukushima Daiichi 概況簡報。本屆會議計有核反應器除役 16 篇簡報，核燃料循環設施除役簡報 11 篇，申請加入計畫簡報 3 篇，及日本 Fukushima Daiichi 概況簡報 2 篇，共有 32 篇簡報。

技術諮詢委員會(TAG)至今已經舉辦第 52 屆。對於此相對敏感的議題及工作內容各國能夠持續於技術層面合作不輟，TAG 的運作模式至為關鍵。TAG 的運作原理是秉持 "give and take" 的精神，各會員準備其除役技術進展及除役作為並與會提供資料，各會員提供技術討論並帶回資料。CPD 內部不同的功能單元如 CPD 協調會、TAG、工作小組等，均不斷隨世界除役之改變，而有所變革。同時 CPD 已發展一套可被接受的方法，以尊重各會員之敏感資訊之機密需求。各會員亦謹守以 TAG 為唯一技術溝通平台，尊重其他會員，長久以來取得各會員國之信任。另一項特色是 TAG 要求會員國指派固定人員與會，其構想是，與會專家一方面必須長期實際從事除役工作，二方面熟悉 TAG 會議運作模式，方能於會議中提供深入之技術討論，是以能長時間維持會議討論一定的專家水準。

TAG 會議著重於除役技術交流及經驗回饋，提供技術交流之管道。近來核能使用的安全及核廢問題，在世界各國亦均為社會上討論的重要議題，加上地球氣候變化漸趨劇烈，減碳的環保需求成為重要的考量，使得對於如何安全使用核能的各種策略受到重視。又因日本福島海嘯造成環境輻射污染，世界各國不論目前採取繼續發展核能應用、

或是停核、或是減核，對於核設施生命週期中，除污除役的技術需求更加確立。CPD 近年來已經接納數個國際上大型的除役計畫加入，TAG 會議未來亦需面對加入會員持續膨脹，運作方式調整的需求。對於新計畫申請加入 CPD 之審查，有趨於嚴格之傾向。會議中各國專家不僅對新計畫提出許多問題，並對計畫內容和所能提供之貢獻進行熱烈討論，要求新加入計畫需要依據 CPD 規章條文進行嚴格審查，基本程序為於 CPD MB 會議提出申請，再於 TAG 會議中簡報計畫內容，TAG 會員同意後，再回到 CPD 會議討論確認，正式成為會員。CPD 提供平台讓各參與計畫能將其除役之技術、經驗與問題等，以公開與坦誠的方式討論，對於特定之議題則設立工作小組研究發展。因此 TRR 計畫可以一方面提供除役之技術經驗或提出問題尋求參考技術，另一方面廣泛蒐集彙整除役資訊，做為除役技術建立和執行除役工作之參考，整體而言對本所核設施清理任務之執行助益良多，因此對於 CPD 會籍之維持和 TAG 會議之參與應更積極。

(二) 公差行程及會議內容

TAG-52 會議於 2012 年 5 月 21-25 日，於西班牙 Tarragona 舉行，由西班牙 ENRESA 公司主辦，本屆 15 國(單位)、25 個除役計畫之 30 位專家與會。與會人員有 OECD 代表(1 人)、歐洲議會(EC)代表(1 人)、比利時(1 人)、加拿大(1 人)、法國(4 人)、德國(3 人)、義大利(2 人)、日本(8 人)、韓國(1 人)、西班牙(1 人)、瑞典(3 人)、台灣(1 人)、美國(1 人)、英國(2 人)。5 月 21-22 日為閉門會議，內容包含各參與計畫除役狀況簡報研討、工作小組報告和 CPD 會務執行情形等，本次會議特別邀請日本代表出席提供 Fukushima Daiichi 概況簡報。本屆會議計有核反應器除役 16 篇簡報，核燃料循環設施除役簡報 11 篇，申請加入計畫簡報 3 篇，及日本 Fukushima Daiichi 概況簡報 2 篇，共有 32 篇簡報。5 月 22 日會議，利用空檔就近參觀西班牙 Vandellós-1 NPP 除役。5 月 23 日會議討論 Task Group 工作進展及需要會員配合事項，以及未來三次 TAG 會議規劃。5 月 24 日參訪位於 Pastrana，ENRESA 公司負責執行，除役中之 ZORITA 核電廠。5 月 25 日參訪位於馬德里之西班牙 CIEMAT R&D Center 及參觀 PIMIC Site 除役清理工作。

本次公差自 2012 年 5 月 19 日起至 2012 年 5 月 27 日止共計 9 天，主要行程如表二所示，TAG52 會議之詳細議程如下表三。表四及表五說明會議中提供簡報之專家姓名及所屬機構。

會議取回 23 篇簡報資料，包含各國除役第一手現況資料，及大量除役相關技術資訊，將其精要內容彙整說明於後續各節。對於我國執行除役及廢棄物處理工作需要特別注意之資訊及可資借鏡之技術，則於下一章中詳細說明。

表二、本次國外公差主要行程

月/日(星期)	工作內容重點
5/19(六)~5/20(日)	去程，由桃園機場出發，經由阿姆斯特丹轉機，蒞日抵達西班牙巴塞隆納，轉赴 Taragona。
5/21(一)~5/22(二) 中午	在 Trragona 的 Vandellos I NPP 廠址內的 Mestral Technology Centre 會議室，參加第 52 屆 TAG 之閉門會議。詳細議程如下表三。
5/22(二)下午	參觀西班牙 Vandellos-1 NPP 除役，及日本代表專題報告 Fukushima Daiichi 概況

月/日(星期)	工作內容重點
5/23(三)	討論 Task Group 工作概況及各會員國配合事項，及未來 TAG 會議規劃，當天搭火車赴 Pastrana
5/24(四)	參訪位於 Pastrana，ENRESA 公司負責執行，除役中之 ZORITA 核電廠。
5/25 (五)	參訪位於馬德里之西班牙 CIEMAT R&D Center 及參觀 PIMIC Site 除役清理工作。
5/26(六)~27(日)	回程，由西班牙馬德里機場搭機經阿姆斯特丹轉機回抵桃園機場。

表三、第 52 屆 TAG 會議詳細議程

議 程 內 容	日 期
1. Welcome, round-table introduction, organisational announcements	5/21(一)
2. Approval of agenda	5/21(一)
3. Chairman's, Co-ordinator's Remarks and Opening Business	5/21(一)
4. Summary Record of TAG 51	5/21(一)
5. Status Reports from participating projects	
a. Reactor Facilities:	5/21(一)
b. Fuel Facilities:	5/22(二)
6. New Projects (status)	5/22(二)
7. Country reports	5/22(二)
a. The present condition and the convergence plan of the Fukushima NPP	
8. Task Groups	5/23(三)
a. Task Group on nuclear site restoration – progress report	
b. Potential TAG Task group on innovative technologies for decommissioning	
i. Review of TAG responses to Gerard Laurent request to review report prioritization.	
ii. Discussion on whether this topic should become a Task Group.	
9. Future meetings of the TAG	
a. October 2012 – Cincinnati, USA (The available dates are weeks commencing October 8 or October 22).	
b. May 2013 – Greifswald, Germany	

議 程 內 容	日 期
c. October 2013 – Japan.	
10. Topical Session – Project organisations, management tools and contracting strategies Session Postponed until TAG 53	5/23(三)
a. Presentations for Topical Session, TAG 53	
i. Members offer/volunteer to make presentations at TAG 53 and provide a brief abstract.	
11. Discussion/nomination of TAG Chair and Vice-Chair.	5/23(三)
12. Closing remarks, meeting adjourn.	
13. Site visits: Tuesday: Visit to Vandellos 1 Project	5/22(二)
Wednesday: Visit to Mestral Visitors Centre	5/23(三)
Thursday: Visit to Zorita NPP (Jose Cabrera)	5/24(四)
Friday: Visit to Pimic	5/25(五)

表四、第 52 屆 TAG 會議核反應器除役簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) AVR	Norbert Hess / EWN
2) Barsebäck NPP	Hakan Lorentz / BARSEBÄCK
3) Bohunice V1 NPP	Jaroslav Mlchuch/ SLOVAKIA(缺席)
4) Brennelis	Michel Velon / EDF
5) Fugen	Hiroki Iwai & Naoto Mori/JAEA
6) Greifswald (KGR)	Axel Backer / EWN(口頭說明)
7) Hamaoka	Monotori Nakagami /Chubu
8) KRR 1 & 2	Jeikwon Moon/KAERI
9) Studsvick R2 Reactor	Robert Hedvall
10) Taiwan Research Reactor	Horng-Bin Chen/INER
11) Tokai 1 NPP	Toyoaki Yamauchi/Tokyo Electric Power Company
12) WAGR	Jeremy Hunt / Sellafield Limited
13) VANDELLOS 1_D&D	/ENRESA
14) JOSÉ CABRERA NPP D&D PROJECT	Manuel Ondaro/ ENRESA
15) PIMIC D&D PROJECT	/ ENRESA

表五、第 52 屆 TAG 會議核燃料循環設施除役簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) B204A/204B Bays Chalk River	Craig Michaluk / AECL (口頭說明)
2) B243 Solid Waste Storage Cells	Jeremy Hunt/ Sellafield Limited
3) Eurochemic	Bart Ooms/Belgoprocess
4) JRC Ispra Legacy Waste Retrieval	Francesco Basile/ EC
5) Portsmouth GDP.	Jud Lilly/DOE
6) Uranium Conversion Facility	Jeikwon Moon/KAERI
7) Uranium refining, conversion and enrichment facility	Noritake Sugitsue
8) Whiteshell Research Laboratory	Craig Michaluk / AECL
9) Italy Country Report	Emilio Macci /SOGIN

表六、第 52 屆 TAG 會議申請入會新計畫簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) CEA France facility #56 - Cadarache	Eric Gouhier / CEA
2) TEPCO Japan	Hiroki Takada/ i/Tokyo Electric Power Company
3) Vattenfall Germany	Hermann Langer/Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH
4) Kurchatov Institute/MR & FRT Reactors	Victor Volkov/ RUSSIA(缺席)

表七、第 52 屆 TAG 會議國家報告簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Activities of the Governmental Organizations And Relative Off-site Clean-up Activities after the Accident of the Fukushima-Daiichi NPPs	Hiroshi RINDO / JAEA
2) Current Status of Fukushima Daiichi NPP	Hiroki Takada/ i/Tokyo Electric Power Company

- 核反應器除役相關簡報摘要說明於 1；核燃料循環設施除役相關簡報摘要說明於 2；另外，
3. 說明新會員申請狀況；4. 為國家報告，日本代表說明 Fukushima-Daiichi 議題相關發展；
5. 說明會議中其他議題討論。

1. 核反應器除役簡報內容摘要

以下概述表四所列之各項簡報及研討之精要內容。各計畫往年之進度及執行狀況盡量保留，以了解其工作延續性並避免資料散逸。

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
Reactors			
1	Phenix (TAG50、TAG52 無法與會)	Philippe Fontana	法國 Phenix 電廠是 CEA 最後一座快滋生反應器，位於法國南部 Marcoule nuclear site，功率 250 MWe。1973 年開始運轉，2009 年 3 月停止運轉，隨即提出除役規劃期程為 2009-2024 年，大致分為三個階段，第一階段 2009-2011 年為除污及除役準備並預計於 2011 年獲得拆除執照，第二階段 2012-2022 年為執行拆除，第三階段 2023-2024 年為除役完成；除役最終目標為整個廠區解除管制成為非核區且所有建物不拆除將其清潔至可再利用的程度。 所需除役的廠房包含汽機廠房、蒸汽產生器廠房、反應器廠房、燃料更換廠房和公用廠房，設備拆除之規劃視活度及輻射劑量之高低採乾式或濕式拆除；除役所產生之放射性廢棄物中有液態金屬鈉需要特別處理。 近期廠房內重型機械手及吊車系統老舊故障問題，造成工作進度瓶頸。用過燃料目前尚未移出，在地暫貯設施亦尚未規劃，也是未來重大問題。隔熱石綿目前檢測無污染，否則將造成處置困擾。
2	AVR	Norbert Hess	德國 AVR 實驗用核能電廠為石床式高溫氣冷式反應爐(pebble-bed high-temperature gas cooled reactor, HTGR)。運轉期間為 1967-1988 年。1994 年開始除役，預計 2015 年完成除役。反應爐已經過一段安全貯存期，規劃將 RPV 連同內部組件灌漿，然後整體放入金屬護箱移至廠內新建的暫貯設施存放。 近期已完成金屬護箱建造、包封內部分設備拆除，包封圓頂部分拆除和 RPV 內以低密度多孔性混凝土灌漿等；準備存放 RPV 的暫貯設施亦正在興建。後續將建造吊升搬運系統，將 RPV 整體由反應器廠房運至暫貯設施存放，然後拆除廠房內剩餘設備，廠房將清潔除污至可解除管制的程度。 安全貯存時間規劃為 60 年，最後亦將拆除分解。 至 2011 年 5 月，已經完成 RPV 包封、臨時圍阻隔離設施拆除、RPV 周圍大型組建拆除、RPV 長期暫貯廠房整建等主要準備工作。 2012 年 5 月報告準備移貯 RPV 及內部組件放射性盤點結果： Total fission products Cs137 : 3,0 E13 Bq

項次	計畫	主講人	簡報內容概要								
			Sr90: 5,0 E13 Bq Total activation products C14 : 3,0 E14 Bq Co60 : 1,5 E14 Bq H3 : 3,0 E15 Bq 原預計於 2012 年將進行 RPV 運至暫貯廠房，2012 年規劃則為重新設計吊運系統，並經過主管機關審查。2012 年 5 月的進度為進行吊運設備實體模擬。								
3	Fugen	Noriyasu Ebara & Nobuo Ishizuka 2012 年為 Naoto MORI / Hiroki IWAI	日本 FUGEN 電廠為 165MWe 之重水緩和反應器，運轉期間為 1979-2003 年，於 2008 年 2 月獲得除役許可，整個除役期程由 2008 至 2028 年。目前正執行的拆除工作為汽機廠房內的組件設備拆除；且針對反應槽內約 600 公升之重水，建立一套氚移除設備，採密閉循環的方式，並設監視系統監視；除此之外也建立一套廢棄物挑選分類設備，應用於除役產生的固體廢棄物。隔熱石綿之處理亦須審慎進行。2010 及 2011 年主要拆除海水進水系統。同時進行多項系統除污，包括重水系統氚除污。 IAEA 同時利用 Fugen 電廠之拆除，發展核設施除役拆除經費預估技術，基本上將除役經費需求對應至人力工時需求，期望經由建立各系統拆除之人力工時預估模型，未來可以應用於大型核能電廠除役經費預估。然經由模型計算預估之人力工時需求，少於實際人力工時，且差異頗大，尚需進一步研究，調整模型參數。 2012 年 5 月報告，用過燃料移貯從原規劃 2013 年延至 2018 年完成，完成除役時間從 2028 年延至 2033 年。目前主要仍進行汽機廠房拆解工作。爐內組件切割，目前規劃以熱切割為主，會議中討論及重水相關系統使用熱切割，氚污染問題。								
4	Tokai 1	Toyoaki Yamauchi	日本 Tokai-1 電廠是日本第一座商業用核能發電廠，為氣冷式反應器，功率為 166MWe，於 1998 年 3 月永久停止運轉，1998 年 5 月-2001 年 3 月燃料移出。2001 年提出除役計畫開始除役，期程至 2020 年。原規劃爐體安全貯存期為 2001-2010 年，2011-2016 年拆除爐體，但已準備安全貯存往後延 3 年。目前主要拆除工作為蒸汽調壓槽(Steam Raising Unit, SRU) 移除及拆解。 運轉及拆除廢棄物預估總數約有 19 萬噸，需放置於處置場貯存之放射性廢棄物約 3 萬噸，正配合處置場之規範設計適用之貯存容器和廢棄物包裝系統；至於符合外釋或放行之廢棄物，依據相關準則執行外釋或放行作業，一方面可將資源再利用，一方面可減輕廠內空間不足的問題。 爐內石墨廢棄物規劃壓碎後包裝處置。 蒸氣產生器之拆除原評估不需使用遙控拆除，但為了準備壓力容器遙控拆除所需技術，目前以遙控方法進行拆除。 2012 年 5 月持續以遙控方式進行主蒸氣組件切割拆除。另外，為期 13 年的反應器安全貯存規劃於 2013 年期滿。								
5	KRR 1 & 2	Un-Soo Chung 2012 年為	<table><tr><td>Reactor Type</td><td>TRIGA Mark-II</td><td>TRIGA Mark-III</td></tr><tr><td>Total Operating Time (Hours)</td><td>36,000</td><td>55,000</td></tr></table>			Reactor Type	TRIGA Mark-II	TRIGA Mark-III	Total Operating Time (Hours)	36,000	55,000
Reactor Type	TRIGA Mark-II	TRIGA Mark-III									
Total Operating Time (Hours)	36,000	55,000									

項次	計畫	主講人	簡報內容概要		
		Jeikwon Moon	Total Generating Power (MWth)	3,700	69,000
			Max. Neutron Flux (n/cm ² ·sec)	1 × 10 ¹³	7 × 10 ¹³
			Fuel	20%, U-235	70%, U-235
			Moderator/ Coolant	H ₂ O	H ₂ O
			Reflector	graphite	H ₂ O
			Control rod	B ₄ C	B ₄ C
			韓國 KRR-1 及 KRR-2 均為開池式實驗用反應爐。1962 年 3 月臨界，1995 年 1 月停止運轉。除役期間為 1997 年 1 月-2008 年 12 月。2000 年取得除役許可後，2002 年完成附屬設備拆除，2004 年完成反應器及生物屏蔽拆除，剩餘主要工作為固體及液體廢棄物處理設施清理。韓國 KRR 研究用反應器除役計畫已經完成大部份工作，原規劃於 2010 年結束計畫，其中 TRIGA Mark-II 反應器已經過清理，作為紀念展示用。 在 2009 年底 KRR1 發生池水洩漏事件。2010 統計，13.5 噸池水完全洩漏污染土壤。目前決定延長計畫至 2014 年，以便完全拆除其 TRIGA Mark-II 內部組件，並清理其所造成之污染。 2012 年 5 月說明，反應器內部組件使用水刀切割，其餘部分用圓盤鋸。污染泥土用 electrokinetic equipment 處理，達到超過 95 % 的 Cs 和 Co 移除效果。目前正準備場地釋出所需技術。		
6	Taiwan Research Reactor	Horn-Bin Chen	TRR 為重水緩和和研究用反應爐，功率 40MWt，運轉期間為 1973-1988 年。2002 年完成爐體遷移並執行安全貯存，目前主要除役工作為燃料池清理，已陸續完成用過 C0-60 射源、用過過濾器、燃料罐和燃料傳送管等，正在清理有金屬鈾用過燃料執行安定化後中期貯存、鈾粉收集和用過樹脂乾式暫貯等；除此之外爐體拆除規劃也開始執行。高污染樹脂之清理為目前主要困難工作。低放射性最終處置場亦為影響廢棄物處理程序之重要因素。 2010 年決定高污染樹脂移出暫貯方式清理，55 加侖桶加上必要之屏蔽及 filter vent 準備中。用過燃料安定化工作進度達 45%。池水處理方法亦開始概念設計。 2012 年 5 月報告，用過燃料安定化進度到達 75%，廢樹脂策略為移出暫貯，爐體目前安全貯存中，正考量延長安全貯存期。		
7	WAGR	Steve Slater, 2012 年為 Jeremy Hunt	英國 WAGR 為氣冷式反應爐，輸出功率 100MWth，運轉期間為 1963-1981 年。燃料於 1981-1983 年間移除。於 1993 年開始反應器拆除，共分為 11 個拆除步驟，至今已完成 8 個步驟，目前正進行第 9 個拆除步驟，工作為反應槽底部組件之拆除及碎屑之清理，並於生物屏蔽開孔做為未來底部反應槽拆除等廢棄物之移除通道；反應槽內組件拆除及清理使用遙控機具設備，以大量減少人員劑量暴露；因為拆除切割機械設備問題，使得拆除工作延遲，也因為配合管制單位要求，使得經費也略為增加。 拆除廢棄物包裝採用方形混凝土屏蔽箱，外型尺寸為 2.4m x 2.2 m x		

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
			2.2m，每箱包裝完成之重量為 30 噸至 50 噸。低階放射性廢棄物送至 Drigg / Cumbria 之國家處置場進行處置；中階放射性廢棄物則暫貯於 WAGR 暫貯廠房，待 Nirex 貯存場可以使用時再移送。 本計畫初期即建立專用遙控拆除設備，目前評估仍認為使用遙控技術對於拆除工作之順利進行極為重要。 2011 年 WAGR 除役計畫面臨組織調整，整個計畫併入 Sellafield 復育與除役計畫。基本考量應為資源分配問題，合併後增加人力及經費調整靈活度，以便調度較難處理的 Sellafield 除役所需資源。2011 年 WAGR 計畫經費由 4 千 1 百萬英鎊，減少為 2 千 8 百萬英鎊。目前拆除工作執行至廠內石棉材料（asbestos）清理完成後將暫時中斷。在目前階段，移除熱屏蔽石墨塊的工具（遙控抓取吊運）值得國內參考。 2012 年 5 月說明，第十階段熱屏蔽拆除完畢後進行第十一階段保溫石棉清理，以及 B52 ILW 設施內貯存廢棄物清理。
8	Pimic	Manuel Ondaro	西班牙 PIMIC 除役計畫內容主要為拆除老舊研發用燃料循環及其附屬設施，包括一座 JEN-01 研究用反應爐、一座燃料處理程序設施、廢液處理及貯存設施等。反應爐拆除工作主要已經完成池水移除。爐體水泥屏蔽體拆除，原規劃使用乾式鑽石索鋸切割工法，最後除污後以大型機械直接敲除。目前工作內容主要為拆除老舊研發用燃料循環及其附屬設施，包括一座 JEN-01 研究用反應爐(Building 11)、一座燃料處理程序設施(Building 18)、廢液處理(Building 13)及貯存設施(Building 53)等。Building 11 近期工作為使用乾式鑽石索鋸切割工法清理照射通道、池水移除後拆除相關系統及內襯、通風系統移除、建物清潔除污、地下鋼筋混凝土水槽開始清理；Building 18 拆除包括曾經處理鈾和鈾之 7 個手套箱及程序管線設備及清潔除污；Building 13 和 Building 53 亦進行清潔除污。 截至 2009 年 4 月，除役過程放射性廢棄物中約有 85%是極低微放射性廢棄物及 15%是中/低放射性廢棄物，亦分別進行管理及貯存；同時也完成外釋程序，並進行外釋作業；另外對於大型物件發展表面量測技術，提送表面量測外釋程序(Surface Release Process)。 地下貯存庫清理工作為 2010 年重點，主要疑問為周圍土壤應經過何種檢測程序，証實無污染，方可進行回填。 2012 年 5 月說明，目前主要工作為場地復育。分離污染泥土為沉重工作。已經量測確認 1878 噸清潔泥土，961 噸低污染泥土，及 7 噸中污染泥土。污染泥土以太空包包裝貯存。共 4250 太空包的泥土需要貯存空間，為另一沉重問題。
9	Melusine (TAG52 未派員參加)	Eric Gouhier	法國 CEA 之 MELUSINE 研究用反應爐應用範圍為材料測試、同位素生產、中子基礎研究，運轉期間為 1958 年-1993 年。曾受地震傷害之反應爐拆除之除役計畫期程為 2000 年-2009 年。除役主要困難為缺乏完整之運轉維護歷史資料。主管機關要求補作運轉歷史分析及設施周圍土壤污染盤點。目前為止已經花費 27.2M 歐元，與計畫初期估計 17M 歐元差距頗大，主要時程延誤的原因為主管單位管制要求於計畫進行中途改變，以致於部分工作重做。因為計畫經費用罄，拆除工作仍未全部完成，剩餘廢棄物均為非放射性廢棄物。

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
10	EWN Greifswald (KGR)	Axel Bäcker	德國 EWN 公司 Greifswald (KGR) 電廠之除役為世界上規模最龐大之除役計畫，期程為 1995 年-2010 年。計畫內容為 8 座俄式 WWER 反應爐設施拆除。因為計畫規模龐大，同時考量其區域約 30% 的民眾失業率，其主要策略為使用現有員工進行除役，以及採取大組件拆除，建立暫貯廠暫貯拆除組件，以加速計畫進行。目前發電廠房已經再利用，有造船等業界 3 家進駐。目前評估當初擬定策略已經產生相當大效益。 至 2011 年，除役主要工作完成，計畫非常用心的彙整除役過程，製作整體除役過程說明影片，效果非常好，值得借鏡。2012 年 5 月說明，整體計畫即將結束。
11	Studsvick Res. Reactor	Patrik Johansson	瑞典 Studsvick 包含 2 座反應器：R2 和 R2-0；其中 R2 反應器功率為 50MWt，屬於 MTR 桶槽式反應器，有 2 個實驗環路；R2-0 反應器功率為 1MWt，屬於水池式反應器。此兩座實驗用反應器於 2005 年 6 月 16 日停止運轉，非管制設備開始移除。2009-2010 年進行除役方法研究，2010-2011 年以公司員工執行量測及取樣。 2011 年報告中，說明除役技術準備狀況，其中為了節省人力，著重發展放射性盤點數據彙整自動化相關技術，包括室外配合使用 GPS，室內使用 RFID，另外配合條碼使用，均著眼於避免人力輸入大量數據。同時，注重資訊專業人力培養及相關資源投入。目前派駐電廠執行除役相關工作已有 40 人。 2012 年 5 月說明，目前執行全廠廠房及系統 3D 數位模型建立。使用方法為 3D 雷射量測結合 3D CAD，同時於 3D 全廠資料中建立空間放射性等級資訊。
12	Barsebäck NPP	Hakan Lorentz	瑞典 Barsebäck 電廠為沸水式反應器，有兩部機組：Unit 1 和 Unit 2，功率分別為 615MWe，運轉期間是 1975-1999 年和 1977-2005 年，除役自 2006 年開始規劃，預計 2018 年開始拆除，2025-2026 年完成環境復育，已完成除役組織架構規劃及人員工作轉任。 除役工作尚存在這 3 個風險因素可能影響未來除役進度，此 3 個因素分別為法規和需求尚未完全發展成熟、廠址除役後最終狀態尚未決定及放射性廢棄物貯存場無法及時運轉。 目前正在執行的工作有： ● 除役拆解需求之研究分析。 ● 設備、建物、土壤和地下水等之特性調查。 ● 反應槽如何整體由廠房移出之先期研究。 ● 反應槽和內部組件拆解之先期研究。 ● 積極參與國際組織，吸收除役技術與經驗；尋求廠商配合機具研發及除役工作執行。 ● 監控除役計畫之執行。 主要拆除物件為 RPV，高 20.7 m，直徑 5.5 m，空重 540 ton，含內部組件重 715 ton。目前進行拆除策略如 One-piece removal 之優缺點評估，以及開圍阻體頂蓋並以大吊車移出、圍阻體底部開洞並橫躺移出、或圍阻體底部開洞並建築拆解廠房等拆除方法研究。 2011 年報告中，說明電廠人力目前有 10 人執行除役相關規劃，27 人執行例行運轉，同時著重轉換過程中能源使用控管，避免能源浪

項次	計畫	主講人	簡報內容概要																																												
			費，因此例行運轉人力仍能產生效益。目前規劃，拆除時間可能提前至 2015 年。現階段專注議題包括放射性廢棄物外釋，歡迎同業及 TAG 成員提供經驗。另外也非常重視廠地復育，已經開始取樣及規劃。2012 年 5 月規劃之計畫 RPV 切割拆除時程為 2013-2015 年新建貯存庫，2016-2017 年執行 RPV 拆解切割，RPV 拆解廢棄物貯存至 2020 年運送至處置設施。目前規劃主要切割方法為機械鋸切。																																												
13	José Cabrera NPP	Manuel Ondaro	西班牙 ENRESA 公司之 Jose Cabrera NPP D&D 計畫主要內容包括，用過燃料乾式貯存（ISFSI），及電廠設施拆除。經費預估為 135M 歐元（不含用過燃料處置費用約 35M 歐元）。此除役計畫為西班牙第一個規劃為完全除役至綠地的商用核電廠除役，亦為第一個用過燃料乾式暫貯案例，同時為西班牙第一個決策為立即除役之反應器。其規劃特色包括約 10 萬噸廢棄物定義為傳統廢棄物，是否有民眾懷疑之問題，以及全程計畫於 5 年內完成，均具挑戰性（2011 年報告已延長為 7 年）。 西班牙 José Cabrera NPP 除役由 ENRESA 公司執行。除役方式為立即拆除，除役目標為無限制使用之綠地。電廠系統基本資料如下： <table><tr><td>Type:</td><td>Westinghouse - 1-Loop PWR</td></tr><tr><td>Net Electrical Power:</td><td>160 MWe</td></tr><tr><td>Net Thermal Power:</td><td>510 MWth</td></tr><tr><td>Fuel Elements:</td><td>69 – 14x14</td></tr><tr><td>Fuel Type:</td><td>UO₂ – enrichment 3,6% (U-235)</td></tr><tr><td>Mass UO₂ (core)</td><td>20,76 t</td></tr><tr><td>Control Rod (Banks):</td><td>17</td></tr><tr><td>Reactor Vessel (Diameter):</td><td>2,82 m</td></tr><tr><td>Reactor Vessel (Height without Head):</td><td>5,87 m</td></tr><tr><td>NSSS (Diameter):</td><td>70 cm</td></tr><tr><td>Containment:</td><td>Reinforced concrete / Stainless Steel Head</td></tr><tr><td>Spent Fuel Pool:</td><td>In Containment</td></tr><tr><td>Final cooling:</td><td>Tajo River</td></tr></table> 拆除廢棄物管理中，亦重視非放射性一般廢棄物之管理，從 2010 年計畫開始至今，以累積一般廢棄物統計如下： <table><tr><th>TYPE of MATERIAL</th><th>Weight (t)</th></tr><tr><td>Fe</td><td>1.511,72</td></tr><tr><td>Cu</td><td>72,56</td></tr><tr><td>Brass</td><td>126,63</td></tr><tr><td>Al</td><td>5,82</td></tr><tr><td>RUBBLES</td><td>960,1</td></tr><tr><td>TOXIC MATERIALS</td><td>80,59</td></tr><tr><td>NO TOXIC MATERIALS</td><td>478,94</td></tr><tr><td>TOTAL ACCUMULATED</td><td>3.236,36</td></tr></table>	Type:	Westinghouse - 1-Loop PWR	Net Electrical Power:	160 MWe	Net Thermal Power:	510 MWth	Fuel Elements:	69 – 14x14	Fuel Type:	UO ₂ – enrichment 3,6% (U-235)	Mass UO ₂ (core)	20,76 t	Control Rod (Banks):	17	Reactor Vessel (Diameter):	2,82 m	Reactor Vessel (Height without Head):	5,87 m	NSSS (Diameter):	70 cm	Containment:	Reinforced concrete / Stainless Steel Head	Spent Fuel Pool:	In Containment	Final cooling:	Tajo River	TYPE of MATERIAL	Weight (t)	Fe	1.511,72	Cu	72,56	Brass	126,63	Al	5,82	RUBBLES	960,1	TOXIC MATERIALS	80,59	NO TOXIC MATERIALS	478,94	TOTAL ACCUMULATED	3.236,36
Type:	Westinghouse - 1-Loop PWR																																														
Net Electrical Power:	160 MWe																																														
Net Thermal Power:	510 MWth																																														
Fuel Elements:	69 – 14x14																																														
Fuel Type:	UO ₂ – enrichment 3,6% (U-235)																																														
Mass UO ₂ (core)	20,76 t																																														
Control Rod (Banks):	17																																														
Reactor Vessel (Diameter):	2,82 m																																														
Reactor Vessel (Height without Head):	5,87 m																																														
NSSS (Diameter):	70 cm																																														
Containment:	Reinforced concrete / Stainless Steel Head																																														
Spent Fuel Pool:	In Containment																																														
Final cooling:	Tajo River																																														
TYPE of MATERIAL	Weight (t)																																														
Fe	1.511,72																																														
Cu	72,56																																														
Brass	126,63																																														
Al	5,82																																														
RUBBLES	960,1																																														
TOXIC MATERIALS	80,59																																														
NO TOXIC MATERIALS	478,94																																														
TOTAL ACCUMULATED	3.236,36																																														

項次	計畫	主講人	簡報內容概要																														
			放射性廢棄物統計如下： <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">Catagory</th><th colspan="2">Year 2011</th></tr> <tr> <th>No. of Containers</th><th>VOL(m³)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">I&LLW</td><td>Accumulated</td><td>177</td><td>96.8</td></tr> <tr> <td>Predition</td><td>290</td><td>159.6</td></tr> <tr> <td>TOTAL</td><td>467</td><td>256.4</td></tr> <tr> <td rowspan="3">VLLW</td><td>Accumulated</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr> <td>Predition</td><td>453</td><td>487.7</td></tr> <tr> <td>TOTAL</td><td>553</td><td>587.7</td></tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL</td><td>1,020</td><td>844.1</td></tr> </tbody> </table> 本計畫爐內組件切割部分工作已成功外包，經費 12M 歐元。此計畫全程經費預估為 135M 歐元（不含用過燃料處置費用約 35M 歐元）。此除役計畫為西班牙第一個商用核電廠除役，亦為第一個用過燃料乾式暫貯案例，同時為西班牙第一個決策為立即除役之反應器。其規劃特色包括約 10 萬噸廢棄物定義為傳統廢棄物，是否有民眾懷疑之問題，以及全程計畫於 7 年內完成（2010 年至 2016 年），均具挑戰性。2012 年 5 月說明，目前進行反應器內部組件切割，及 NSSS 等大組件移除。主要切割工具為圓盤鋸。	Catagory		Year 2011		No. of Containers	VOL(m ³)	I&LLW	Accumulated	177	96.8	Predition	290	159.6	TOTAL	467	256.4	VLLW	Accumulated	100	100	Predition	453	487.7	TOTAL	553	587.7	TOTAL		1,020	844.1
Catagory		Year 2011																															
		No. of Containers	VOL(m ³)																														
I&LLW	Accumulated	177	96.8																														
	Predition	290	159.6																														
	TOTAL	467	256.4																														
VLLW	Accumulated	100	100																														
	Predition	453	487.7																														
	TOTAL	553	587.7																														
TOTAL		1,020	844.1																														
14	Brennilis power plant	Michel Velon	法國 EDF 公司 Brennilis 發電廠運轉期間為 1967-1985 年，功率 70MWe。曾於 1985-1992 年執行第一階段除役，重水於 1994 年移除。然於 2007 年除役許可被撤消，所有除役行為停止。2012 年 5 月說明，於 2011 年 7 月，針對三項工作獲得除役許可，為(1)廢液處理廠拆除，(2)重水熱交換器拆除，(3)廢水排放水道清理。後續仍規劃反應器拆除的許可。																														
15	BOHUNICE NPP V1	Jaroslav Mlčúch	斯洛伐克共和國 JAVYS 公司所經營，與核能後端相關業務包括，A1 及 V1 核能電廠除役、放射性廢棄物處理設施、放射性液體廢棄物處理設施、用過燃料中期貯存、國家放射性廢棄物處置等。 V1 NPP 為 WWER 440-V230 型反應器，1972 年開始興建，一號機運轉期間為 1982-2006 年，二號機運轉期間為 1980-2008 年。除役許可期間為 2011-2025 年。2011-2015 年為第一期，主要拆除非放射性污染及活化設備，2015-2025 年為第二期，拆除污染及活化設備。2012 年 5 月說明，汽機廠房已經開始拆除，主變壓器開始拆除，主熱交換器規畫拆除中。																														
16	Hamaoka Nuclear Power Station Unit 1 and Unit 2	Motonori NAKAGAMI & Hirotake ISHII	日本 Chubu 電力公司供電區為日本中部以名古屋為主的地區，供電 39,000 平方公里（10.5%），1600 萬人口（12.5%），129.7TWH/年。濱岡(Hamaoka)核能電廠佔地 1.6 平方公里，員工 744 人，共有 5 部核能機組，核能供應電力僅占 Chubu 公司供電量 11%，遠低於日本核電 20%供電比率。其中一號機 1976 年 3 月開始，二號機 1978 年 11 月開始商業運轉。一、二號機同為，MARK-1 型圍阻體 BWR-4																														

項次	計畫	主講人	簡報內容概要		
			反應器機組。一號機功率為 1539MWt(540MWe)，二號機功率為 2436MWt(840MWe)。兩機組同於 2009 年 7 月停止運轉，10 月決定進入除役。基本資料如表。		
			Plant	Unit 1	Unit 2
			Type	BWR	
			Thermal Power Output	1593MW	2436MW
			Rated Power Output	540MW	840MW
			Construction	March 1971	March 1974
			First Criticality	June 1974	March 1978
			Shut Down	November 2001	Feburery 2004
			Cease Operation	Janurary 2009	Janurary 2009
			Duration	27 years	26years
			目前開始除役計畫規劃，除役期間計畫為 2014 年至 2038 年。2012 年 5 月說明，這一年內兩機組均針對海嘯完成廠地及廠房防洪加強防護。同時改善冷卻水系統加強供電喪失之應變能力。目前主要進行燃料移除、系統除污、及全廠放射性盤點。已經開始盤點爐內組件放射性核種，盤點項目包括 C-14, Cl-36, Ni-59, Co-60, Ni-63, Sr-90, Zr-93, Nb-94, Tc-99,Ag-108m, Sn-126, Cs-135, I-129, Cs-137, Ho-166m, Hf-182, Ir-192m, α-emitter。並選定對於處置影像較大的 4 個核種優先評估，包括 C-14, Co-60, Ni-63, I-129。		
			17	Vandellós I NPP	Manuel Ondaro
18	Latina (SOGIN)	Emilio Macci	義大利 Latina NPP 為 CO ₂ 冷卻石墨緩速之 Magnox 反應器，功率 153 MWe，運轉期間為 1963 年至 1987 年。除役第一階段規劃 2001 年至 2020 年，目標為移除除了反應器廠房外所有的放射性污染物質，第二階段原則上規劃為 2020 年至 2035 年，主要工作項目為移除石墨及拆除反應器廠房至綠地，但仍需視處置場開始運作時程而調整。2012 年 5 月說明，目前主要工作為移除石棉、更新電力系統、新建輻射量測設施、及設計泥漿廢棄物處理設施。		

2. 核燃料循環設施除役簡報內容摘要

以下概述表五所列之各項簡報及研討之精要內容，各計畫往年之進度及執行狀況盡量保留，以了解其工作延續性並避免資料散逸。

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
<u>Fuel Facilities</u>			
1	Eurochemic Reprocessing Plant, Dessel	Robert Walthery 2012 年為 Bart Ooms	比利時 Eurochemic 公司之燃料再處理廠除役，1987 年進行除役研究，1989 年開始除役。 污染量測值約 125 Bq/cm² (beta) 及 200 Bq/cm² (alpha)，沒有活化廢棄物。有些污染深入混凝土結構內部，有 Hot spot 高達數個 mSv/hr 級。主要廠房長 80m，寬 27m，高 30m，分成 7 個樓層。廠房拆除總體積 56,000m³，拆除混凝土廢棄物體積約 12,500 m³，混凝土結構面積約 55,000m²，金屬廢棄物約 1,500 公噸。整棟建築物以垂直切割觀念規劃為三個區域逐步拆除，此 3 個區域分別為東區、中區和西區，首先拆出的區域為東區。 東區拆除分為兩個階段進行，第一階段為通道、五樓和六樓的部分，第二階段為所有的房間；目前已完成東區的拆除，中區的拆除於 2010 年 5 月 17 日開工。 在東區拆除期間，主要策略為 100%面積經由 α 量測，西區拆除決定改為 γ 量測。估計極大部分拆除混凝土可以外釋。混凝土廢棄物將破碎至 < 5mm，程序系統容量約 4 噸/1 天。目前經驗約 90%混凝土廢棄物可以外釋。 2012 年 5 月說明，大量的敲除混凝土廢棄物需要檢整、分類，再包裝。輸送帶式量測系統設計於 90 秒內確認包括 Cs-137、Co-60、及 Am-241 的比活度。量測設定值為 Cs-137: 200 Bq/kg, Co-60: 35 Bq/kg, Am-241: 35 Bq/kg。目前運作效率為設計值，每周量測 12 噸之 25%。系統設計之初，未考量足夠的系統維修空間，以及運轉時產生大量灰塵，為系統主要缺點，整套系統應可應用於泥土除污工作。
2	ATUE (TAG52 未派員參加)	Eric Gouhier	法國 ATUE 燃料處理設施運轉期間為 1965 年-1996 年，30 年運轉期間處理轉化 500 公噸鈾 (UF₆→UO₂)。除役期程為 2000 年-2009 年。大型 α 污染程序設備大部份已拆除，目前執行廠房水泥牆面及地板除污方法評估及測試，結論為天花板及牆面需敲除 2 mm，地板需敲除 10 mm。 2011 年報告中說明，當 2008 年進行至建物污染處理時，因水泥裂縫內污染狀況較嚴重，引發一系列問題。負責清理之合約廠商僅願意續簽技術諮詢，不願意繼續負責執行清理。經過協商原簽約廠商將續約，期望能接續前段作業經驗。原 2000 年估算經費 15M 歐元，2009 年重估約需 55M 歐元。廢棄物由 300 T 增加至 4000 T。原規劃 2009 年結束的清理作業，亦由於主管單位變更要求，將延長至 2014 年。水泥裂縫極強內管線為此類除役工作最大的變數，國內 016 館清理工作應為借鏡。同時，與主管單位溝通亦為執行除役工作重要工作項目，TAG 主席考量是否成立專案討論此問題。
3	UP1 (TAG52 未派員參加)	Philippe Fontana	法國 CEA 所屬 UP1 是商用燃料處理廠，運轉期間為 1958-1997 年，目前正在進行的除役工作有兩項：核分裂產物貯存設備之洗滌和 MAR 200 水處理設備之拆除。 核分裂產物貯存設備主要是 12 個桶槽，其容積共約 1,000m³，依據 2007 年 7 月之概估總活度為 5,400TBq，洗滌之步驟共分為 4 個階段進行，所使用的洗滌劑分別為：

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
			● Fluorhydric Acid(2007 年 7 月到 2008 年 3 月，共 8 個月)。 ● Oxalic Acid(2007 年 3 月到 2008 年 3 月，共 12 個月)。 ● Na₂CO₃(Sodium Carbonate) (2008 年 3 月預計到到 2009 年 12 月，共 21 個月，至 2009 年 3 月總活度已降低到 517TBq)。 ● Cerium(預計 2010 年到 2011 年執行)。 另一項工作為 MAR 200 水處理設備之拆除，工作執行較困難部分有房間和通道的數量較多且作業進出較不易、許多房間是以開放方式相連造成作業及通風困難和有污染及擴散之風險。 共 21 個污染桶槽，目前清理第 14 個。計畫落後為嚴重問題。
4	VEK/ WAK (TAG52 未派員參加)	Klaus Hendrich	德國 WAK 燃料處理設施除役期程為 1992 年-2019 年。 WAK 主程序廠約 2000T 程序設備拆除，特色為使用遙控機械於拆除工作，複雜桶槽拆除規劃使用數位 3D 模擬。約 96% 拆除廢棄物 (4.8+E18Bq) 置入中期貯存 (interium storage)。 WAK 另有放射性液體廢棄物貯存廠，貯存 60 m³ 高階液體廢棄物 (HLLW)，內含 7.7+E17 Bq，500 kg 鈾，16,5 kg 鈾。 為了 WAK 之除役，於 1996 年開始投入經費建造玻璃固化廠(VEK)，2007 年 4 月至 7 月及 2009 年 5 月到 6 月兩次冷測試，2009 年 9 月熱測試運轉。預計從 2009 年 9 月運轉至 2010 年 12 月。目標為處理 60 m³ 高放射性廢棄物(7.7 x 10¹⁷ Bq)，產生 50 公噸玻璃固化體，並以 125 個容器盛裝。 計畫規劃為，主程序廠除役：1992-1994 年申照，1995-1999 年拆除周邊設備，2000-2002 年遙控拆除部份設備，2003-2016 手動拆除主要設備並進行外釋，2020-2023 拆除建築物。放射性液體廢棄物貯存廠：2009-2010 液體廢棄物玻璃固化，2010-2011 申照，2008-2015 遙控拆除部份設備，2016-2020 手動拆除主要設備，2020-2023 拆除建築物。其整體除役工作規畫詳細踏實，值得借鏡。
5	Uranium Refining/Conversion Fac.	Noritake Sugitsue	日本 UR/CF 為鈾提煉和轉化工廠，是一棟三層樓之建築物，在管制區內有 37 個房間需要清理除役，近期完成 6 個房間(桶槽、UF₆ 填充、氟化沈澱、冷凝捕捉、UF₄ 乾燥和 UF₄ 進料、)的整體拆除和 1 個房間(水合轉化)可以外釋組件設備的拆除，所有拆除廢棄物暫時放置於原來的房間，準備外釋的廢棄物是放置於網狀箱型容器，重量為 1000kg，共 112 箱，放射性廢棄物裝於容器桶內，每桶重量為 200kg，共 419 桶。 此外並對拆除結果進行分析，廢棄物總量 128 噸，40%是放射性廢棄物，其中 66%是金屬，60%準備外釋廢棄物中有 86%是金屬；產生之二次廢棄物之重量約為拆除廢棄物重量之 5%；放射性廢棄物拆除成本為每噸 3.16 百萬日圓，準備外釋廢棄物拆除成本為每噸 1.78 百萬日圓。 2010 年完成拆除約 60%設備。並測試新型鑽石塗佈圓盤鋸，原應用於混凝土切割，將擴大應用於金屬切割。 2012 年 5 月說明，主要執行流化床地下桶槽拆除及氟化氫換桶作業。桶壁除污試驗所選用的膠體除污劑，包括 DECONGEL 及 Alaradecon 等均為未來 TRR 燃料池池壁除污中可以參考借鏡的方法及材料選項。
6	UCP	Un-Soo	韓國 KRR 之燃料處理設施，為三層樓建築，2950 m ² 廠房。1976 年開

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
		Chung	始運轉生產 UO_2，1992 年停止運轉，2001 年除役計畫開始，2004 年取得除役許可。除役期程為 2001 年-2009 年。經費 7.3 百萬歐元。 廢液貯存池，為混凝土結構，橡膠內襯，面積 760 m^2。內有 250 m^3 (420 tons) 泥漿(sludge)。含有 NH_4NO_3、NaNO_3 及約 1% 天然鈾。泥漿處理流程為，以 900°C 高溫乾燥泥餅後，泥餅壓縮貯存，處理設備之排氣處理為必要之設計。目前日處理量為 750 kg。 從 2001 年至 2010 年計畫使用經費 11Billion 韓元 (7M 歐元)，與當初預估多 2 Billion 韓元。 2010 年所有程序設備完成拆除。金屬廢棄物經過除污至可以外釋共 126 噸。汙染泥土嚴重，將深入盤點。 2011 年報告說明，約 $1,600 \text{ m}^3$ 的污染泥土目前以 200L 桶暫貯中，將以近年發展的電動力學方法處理。 2012 年 5 月進度為廠房及廠地量測釋出，廠房清潔釋出的標準為 $100 \mu\text{Sv/y}$，推導建築物釋出條件為 $440 \text{ dpm}/100\text{cm}^2$，廠地為 10 Bq/g。
7	B204 Separation Plant & B243 Solid Waste Storage Cells	Steve Slater 2012 年為 Jeremy Hunt	英國 Sellafield 是第一座金屬鈾燃料再處理設施除役。1952 年開始運轉，1979 年關廠。B204 主要分離程序廠房有 11 層樓高 61 公尺，煙囪位於頂樓之上，整體高度加上煙囪合計 122 公尺，廠房內有大量程序設備及管線須拆除，內部有些設施由於高輻射及地震損害無法經由廠房通道到達；整體除役期程至為 2046 年，所需經費估計超過 3 億英磅。2010 年重新估計，完成 B204 除役可能要到 2090 年。 HANO CELL 之清理準備使用輕質($500\text{kg}/\text{m}^3$)泡沫凝膠(foam grout)以固定內部污染物質，已完成輕質泡沫凝膠之特性測試，瞭解其流速和產生熱能等數據，在倒入輕質泡沫凝膠前，對於人員無法進入區域，移除牆壁上的堵塞物，使用雷射和伽馬掃描器進行內部設備及輻射劑量之量測，建立完整的廠房結構及內部重要設備的數位 3D 模型，以精確規劃拆除方法；煙囪由 600 噸強化混凝土和 20 噸不銹鋼所組成，且高度非常高，周遭建築物環繞，拆除規劃需特別注意，尤其是地震的影響。預計 2010 年 11 月完成泡沫凝膠灌注工作，通風系統改善工作亦已經完成。 B243 固體廢棄物貯存區，因為管制單位發佈 LIS243 規範，於 2008 年修改除役策略分成四個階段：內部廢棄物移除、符合 LIS243 規範需求、接收廢棄物暫存及移除和最後的貯存區拆除，整體預計 2027 年完成，目前正進行符合 LIS243 規範需求之改善工作。2010 年進行貯存區圍阻建物之興建。2010 年重新估計，完成 B243 除役可能要到 2040 年。 2012 年 5 月說明，HANO CELL 已完成兩階段灌注共 1292 立方公尺泡沫凝膠(foam grout)工作，使用經費為 715 萬英鎊，使用時間為 10 年。下階段拆除工作規劃於 2027-2033 年。B204 主要分離程序廠房 11 層樓高 61 公尺煙囪的拆除，細部設計已經完成，拆除安全分析已經提交管制機關。
8	D&D of the Portsmouth Gaseous	Jud Lilly	美國 Portsmouth Gaseous Diffusion Plant (GDP)位於 Ohio 州中南部，南距 Ohio River 22 英里。GDP 廠建於 1952-1956 年，為當時美國所建 3 座鈾精練廠之一。第二座 K-25 廠位於田納西州 Oak Ridge，簡稱 ETTP，於 1985 年停止運轉，目前除役中。第三座位於肯塔基州

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
	Diffusion Plant		Paducah，目前以 the United States Enrichment Corporation (USEC)持續運轉中。三座工廠於於 1991 年停止生產 Highly Enriched Uranium (HEU)，商業用 Low Enriched Uranium (LEU)繼續生產。GDP 於 2001 年 5 月停止運轉，處於冷停機狀態，準備進行除役，預計 2010 年 12 月發包。 2012 年 5 月說明，D&D 計畫核准於 2010 年，啟動於 2011 年 3 月，預計完成於 2024 或 2033 年取決於資源投入狀況。民眾參與部分為此計畫特色，做法值得參考。大量污染泥土處理經驗中，ON-SITE DISPOSAL CELL 的對外溝通設置，值得效法。
9	the European Commission Decommissioning and Waste Management (D&WM) Programme	F. Basile	義大利 Joint Research Centre (JRC)於 1959 年轉屬於 EC，目前有員工 1800 人，其中約 70 人執行除役工作。JRC 佔地 160 英畝，共有 317 棟建築物，包括實驗用反應器、熱室、輻射化學實驗室、及放射性廢棄物管理設施。 除役計畫工作內容包括：桶裝放射性廢棄物約 6000 桶，1230 m³，盤點約 9.30 GBq 的 Co-60 及 360 GBq 的 Cs-137，編列清理經費 43M 歐元，時程規劃至 2017 年；早期使用的放射性廢棄物貯存豎坑之清理，因為鄰近用過燃料貯存設施，造成困難。編列經費 10.5M 歐元，時程規劃至 2017 年；及中低階放射性廢棄物包括泥漿清理，編列經費 7M 歐元，時程規劃至 2017 年。 2012 年 5 月說明，貯存豎坑 (Roman Rits) 本身為混凝土結構，30 公分厚，135 公分直徑，7 公尺長，其中 95% 的廢棄物為活化的不鏽鋼 (60Co – 4 TBq, 63Ni – 47 TBq, 55Fe)，並有 137Cs, 152Eu 污染，其餘為石墨，控制棒等。豎坑結構整體挖出，暫貯，等待處理。避免施工時結構破壞，污染泥土為主要困難。
10	JRTF (JAERI's Reprocessing Test Facility)	Noritake Sugitsue	JRTF 是日本最先執行 PUREX 燃料再處理程序測試的設施，運轉期間為 1968-1969 年，提煉出 200g Pu。除役計畫於 1999 年啟動。再處理程序桶槽管線設備的拆除為主要工作內容。2012 年 5 月說明，大型桶槽與環境隔絕情況下移出狹窄廠地，到切割、減容、檢整廠，為主要困難。
11	Plutonium Fuel Fabrication Facility	Noritake Sugitsue	於1972年開始運轉，為日本第一座本土化技術所建立的示範級燃料製造廠。年產約10噸MOX燃料，於2003年停止運轉。生產供應包括 FUGEN Proto-type ATR 773束(193噸MOX) 燃料、 “JOYO”Experimental Fast Reactor 375束(5噸MOX) 燃料、重水減速沸騰輕水冷却型原型炉(SGHW)及大型重水臨界實驗裝置(DCA) LWR MOX irradiation test fuel(11噸MOX)。 2012 年說明，於 1000 m³ 廠房內 80 個程序手套箱。拆除及檢整減容工具為遙控機械手(Hydraulic arm, Schilling's ORION 7P)。經驗發現使用遙控工具比人工多花費 3 到 6 倍工作時間，但人工每日能作業時間較少，因此未來將採用人工及遙控混合作業。危險區域作業，數位 3D 環境資料提供重要輔助，目前亦投入研究雷射 3D 空間資料與 CAD 連結，以提高效率。
12	AECL Whiteshell Laboratories	Craig Michaluk	加拿大 AECL 的 Whiteshell 實驗室於 1964 年開始運轉，設施包括 60 MW organic liquid-cooled research reactor (1965-1985)、hot cells, accelerators, radiochemical labs等。整體時程規劃至2037年。

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
	es		2012年5月說明，污染管路拆除，先灌入固定凝膠，再進行切割。

3. 新會員申請

於 TAG48 會議上日本 Chubu 電力公司 Hamaoka 核能電廠一、二號機除役計畫提出加入 CPD 申請，目前已經獲得 TAG 及 CPD 接受成為會員。此次 TAG52 會議中，與會提出加入 CPD 申請的計畫則有(1)法國 CEA 的 Cadarache Nuclear Research Centre Waste historical storage facility # 56 清理計畫，(2)日本東京電力公司 Fukushima Daiichi 核能電廠除役計畫，及 (3)德國 KKB 核能電廠除役計畫。各計畫內容說明如下：

項次	計畫	主講人	簡報內容概要																																																								
1	Waste recovery At Cadarache Nuclear Research Centre Waste historical storage facility # 56	Eric GOUHIER	法國 Cadarache Nuclear Research Centre 於 1983 年開始建立廢棄物中期貯存設施(Interim storage facility)，中心內建立 2 座廢棄物貯存設施。經過 40 年運轉，接收貯存放射性廢棄物可以分成 3 類，包括(1)於 5 座貯存地溝(~3000 m³)及 4 座地坑(~400 m³)內未包裝廢棄物，(2)於 11 座貯存建物內 11000 桶 ILW +LLW 及 2 座混凝土地坑內 1000 桶放射性廢棄物，及(3)約 240 m³ 泥漿及液體廢棄物。此中期貯存設施進行除役作業前，上述廢棄物均須檢整、清理。 廢棄物放射性盤點及為眼前大問題。地下貯存設施包括地溝、各種尺寸地坑(直徑 150mm 至 1800mm)，廢棄物取出所需的屏蔽建物，以及吊運取出設備目前積極建立中。																																																								
2	Fukushima Daiichi	Hiroki Takada	日本東京電力公司 Fukushima Daiichi 核能電廠位於東京市東北方約 220 公里。共 6 部機組概況如下表。 <table><tr><th>Unit</th><th>Unit 1</th><th>Unit 2</th><th>Unit 3</th><th>Unit 4</th><th>Unit 5</th><th>Unit 6</th></tr><tr><td>Type</td><td colspan="6">BWR</td></tr><tr><td>Thermal Power Output</td><td>138.0 MW</td><td colspan="4">238.1MW</td><td>329.3M W</td></tr><tr><td>Rated Power Output</td><td>46.0M W</td><td colspan="4">78.4MW</td><td>110.0M W</td></tr><tr><td>First Criticality</td><td>1971 3 月</td><td>1974 7 月</td><td>1976 3 月</td><td>1978 10 月</td><td>1978 4 月</td><td>1979 10 月</td></tr><tr><td># of fuel assembly</td><td>400</td><td colspan="4">548</td><td>764</td></tr><tr><td>Main contractor</td><td>GE</td><td>GE/Toshiba</td><td>Toshiba</td><td>Hitachi</td><td>Toshiba</td><td>GE/Toshiba</td></tr><tr><td>Current status</td><td colspan="4">Abolition on April 19th,2012</td><td colspan="2">Outage</td></tr></table> 在 311 地震及海嘯事故後，短期內(Step 1&2)復原作為目標為讓電廠達	Unit	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5	Unit 6	Type	BWR						Thermal Power Output	138.0 MW	238.1MW				329.3M W	Rated Power Output	46.0M W	78.4MW				110.0M W	First Criticality	1971 3 月	1974 7 月	1976 3 月	1978 10 月	1978 4 月	1979 10 月	# of fuel assembly	400	548				764	Main contractor	GE	GE/Toshiba	Toshiba	Hitachi	Toshiba	GE/Toshiba	Current status	Abolition on April 19th,2012				Outage	
Unit	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5	Unit 6																																																					
Type	BWR																																																										
Thermal Power Output	138.0 MW	238.1MW				329.3M W																																																					
Rated Power Output	46.0M W	78.4MW				110.0M W																																																					
First Criticality	1971 3 月	1974 7 月	1976 3 月	1978 10 月	1978 4 月	1979 10 月																																																					
# of fuel assembly	400	548				764																																																					
Main contractor	GE	GE/Toshiba	Toshiba	Hitachi	Toshiba	GE/Toshiba																																																					
Current status	Abolition on April 19th,2012				Outage																																																						

			到穩定狀態，包括反應器達到相當於冷停機，及有效抑制放射性排放。主要工作有 10 項，東電公司 Fukushima Daiichi 廠內工作則聚焦於 5 個議題， (1) 反應器：達到冷停機狀態 (2) 燃料池：達到更穩定冷卻 (3) 廠房內積水：總量逐漸減少 (4) 地下水：地下擋水牆(，阻止地下水直接流入海，)開始施工 (5) 空氣及泥土：重建廠房包封，一號機包封即將完成 其餘 5 項為(6)量測數據公布，(7)海嘯防護補強，(8)居住及工作環境改善，(9)人員輻射管制及醫療，(10)中長程工作規劃。 目前除了短期工作(Step 1&2)積極進行外，中長程規劃初步分為 3 個階段： Phase 1：期程 2 年，主要目標為移出燃料池內用過燃料， Phase 2：期程 10 年，主要目標為開始清理反應器內燃料， Phase 3：期程 30-40 年，完成除役工作。
3	KKB	Dr. Hermann Langer	德國政策決定於 2022 年前停用核能。完成及進行中的除役核能電廠包括 Stade, Würgassen, Obrigheim, EWN, FRJ, WAK。 位於德國易北河出海口附近，屬於 E.ON/ Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH 的 KKB 核能電廠，於 1977 年 7 月開始運轉，功率 806MWe。於 2007 年 7 月停止運轉，2011 年 8 月進入永久停止運轉。 目前進行除役規劃及除役許可申請。主要面臨問題為，由於 BWR 用過燃料乾式貯存護箱尚未取得許可，將無法於 2016 或 2017 年以前移除燃料。

俄羅斯（Russia）已經開始與 CPD 接洽，表達有意申請加入合作計畫。本次會議亦無法派員參加。

4. 國家報告

日本於 2011 年 3 月 11 日遭受地震及海嘯襲擊，並引起東京電力公司 Fukushima-Daiichi NPPs 嚴重的環境輻射污染事故，CPD 會員國均表達關心，並於 TAG48 會議決議邀請日本於 TAG 會議上說明。TAG50 會議因國際情勢，多數會員無法與會。本次 TAG52 會議，日本代表 Mr. Hiroshi RINDO 及東京電力公司代表 Mr. Hiroki Takada 蒞會簡報 Activities of the Governmental Organizations And Relative Off-site Clean-up Activities after the Accident of the Fukushima-Daiichi NPPs 以及 Current Status of Fukushima Daiichi NPP。各簡報蓋要匯整說明如下：

項次	計畫	主講人	簡報內容概要
1	Activities of the Governmental Organizations And Relative Off-site Clean-up Activities after the Accident of the Fukushima-Daiichi NPPs	Hiroshi RINDO	日本於 2011 年 11 月 11 日公布施行法案 ” The Act on Environmental Cleanup of radioactive material released from Fukushima-Daiichi NPPs” 。於此法案下日本環境部(MOE)的執行策略為成立示範計畫來執行包括土壤、建築物、道路、公園、水、森林等的清理。 清理示範計畫由設於 JAEA 的總部： ” Headquarters of Fukushima Paternership Operations, JAEA” 規劃指揮。將福島事故中受污染區域分成 12 個不同污染等級的鄉鎮區域，進行清理技術示範。 各示範計畫就所負責的目標點內，包括林地、農地、居住地及建物、道路等清理所需技術，各種技術分成高、中、低三個等級，分別為輻射劑量率 (1) > 100mSv/y, (2) 20-100Sv/y, (3) 5-10mSv/y。 示範計畫中所提出技術經過實際執行，將提供以下各點的驗證： 1. 驗證空間劑量率是可以被減少的。 2. 檢驗各種型態及體積的污染廢棄物清理的成本與效益。驗證各種污染廢棄物減量技術。同時要記錄工作人員執行時間及所接受輻射劑量。 3. 驗證大範圍除污、高劑量率區域除污、及地震海嘯後所產生的殘礫殘骸的除污方法。 4. 確認輻射管制和安全管理程序。 5. 驗證污染土壤分離、污染水處理、放射性廢棄物焚化各種方法的適用性。 6. 驗證放射性廢棄物安全暫貯及監控方法。 7. 提升民眾對除污作業的合作。 示範計畫的執行，為後續大規模清理提供技術數據及執行經驗。目前發現： 1. 對於農地稻田及屋頂瓦片除污，尚未找到有效方法， 2. 對於樹林，需要長期以及更謹慎的除污方法，以保護生態， 3. 對於大量泥土除污以及減量技術，需要投入研究。 未來由政府主導的示範計畫需持續進行，同時可以提供人員訓練的效果。示範計畫的總目標為： 1. 降低輻射劑量， 2. 讓居民盡早回家成為可能。
2	Current Status of Fukushima Daiichi NPP Daiichi	Hiroki Takada	日本東京電力公司 Fukushima Daiichi 核能電廠位於東京市東北方約 220 公里。共 6 部機組概況如下表。

5. 其他事項

(1) NEA 新人繼任

Dr. Michael SIEMANN 於 2012 年 7 月 2 日正式接任 OECD/NEA 輻射防護及放射性廢物管理部門主管(Head of RP/RWM Division)。

(2) TAG 未來會議安排

未來幾次 TAG 會議主辦國家需要持續協調產生，目前預定 TAG-53 由美國主辦，TAG-54 由德國主辦，TAG-55 將由日本主辦。

三、心得

日本福島事故後續處理的現況，目前仍為國際上注目的焦點。此次 TAG-52 會議，日本國家代表簡報目前環境污染整治狀況，說明政府機構讓居民回家的努力。東京電力公司的代表，簡報 Fukushima-Daiichi 核電廠目前狀況。同時國內亦開始面臨大型商用核能電廠除役的需求，從 CPD 會員中，彙整國內核能電廠除役值得參考的除役計畫現況，以供國內進行核能電廠除役規劃參考。另外，池壁清理為整個核研所 TRR 燃料池清理的重要步驟，日本 JAEA 膠體除污濟使用經驗顯示除污效益卓著，值得參考。TAG-52 會議心得彙整說明如下。

(一) 大型商用 BWR 核能發電廠除役

近年來國際上申請加入 CPD 的大型除役計畫包括美國 DOE 的 EM 清理計畫、EC 的 JRC ISPRA 除役、日本 Chubu 電力公司的濱岡(Hamaoka)核電廠除役計畫、以及本次 TAG-52 會議中申請加入，包括德國 Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH 的 KKB 核能電廠、日本東京電力公司的 Fukushima Daiichi 核電廠除役計畫等。鑒於國內亦開始面臨大型商用核能電廠可能進入除役階段，除了日本東京電力公司的 Fukushima Daiichi 核電廠除役需求較複雜之外，其餘商用 BWR 核能電廠均值得參考其工作進展，包括瑞典 Barsebäck NPP(圖一)，德國 KKB NPP(圖七)，及日本濱岡(Hamaoka) NPP(圖九)之除役計畫，進行現況說明如下。

瑞典 Barsebäck NPP

瑞典 Barsebäck 電廠為沸水式反應器，有兩部機組：Unit 1 和 Unit 2，功率分別為 615MWe，運轉期間是 1975-1999 年和 1977-2005 年，除役自 2006 年開始規劃，預計 2018 年開始拆除，2025-2026 年完成環境復育，已完成除役組織架構規劃及人員工作轉任。



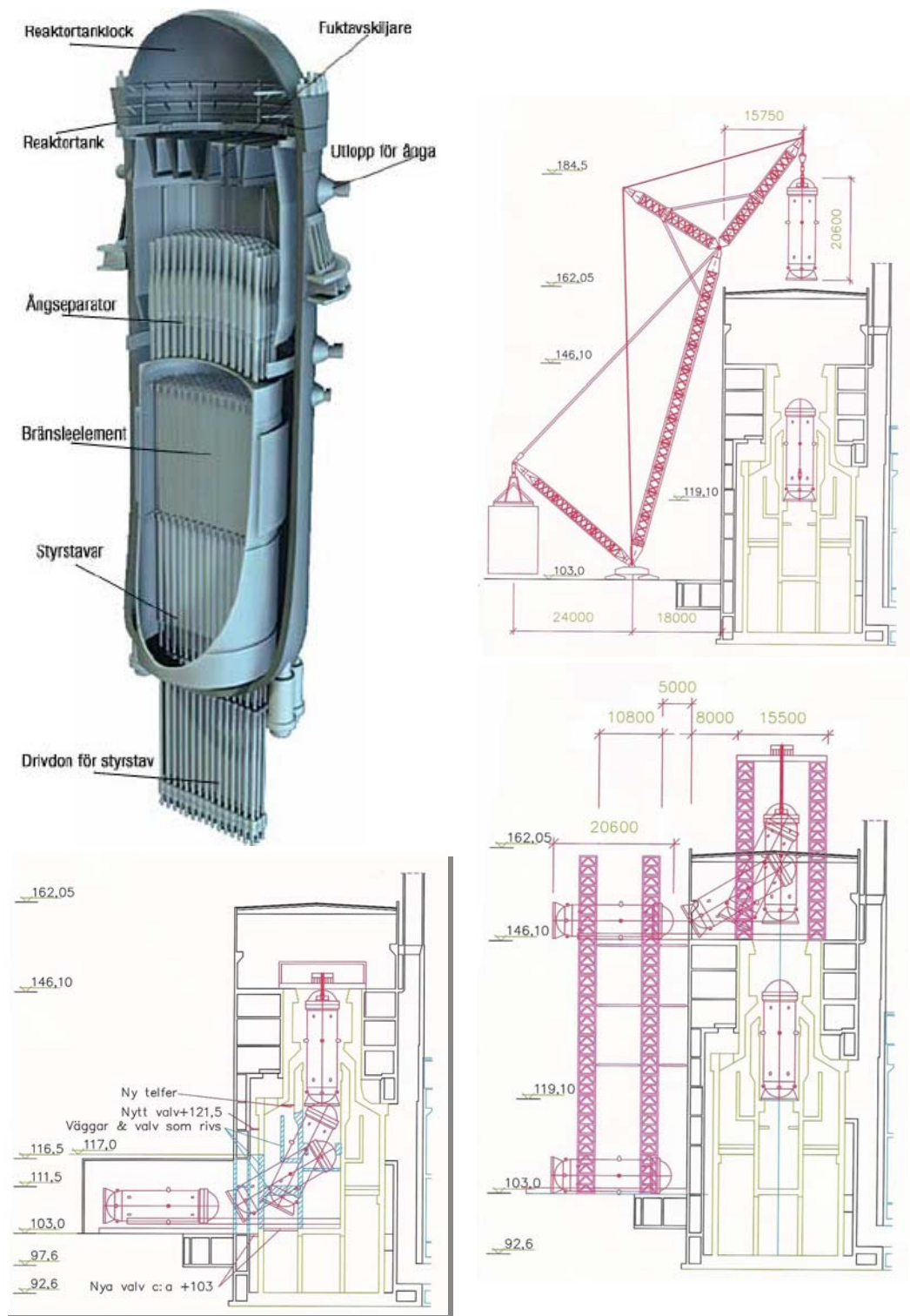
圖一、瑞典 Barsebäck NPP

瑞典 Barsebäck 電廠機組資料如表八：

表八、瑞典 Barsebäck NPP 基本資料

Type:	BWR
Capacity:	1800 MWt / 615MWe
First connection to the grid:	May 15, 1975 / March 21, 1977
Contractor:	ASEA Atom (Westinghouse Electric Sweden)
Owner of the plant:	E.ON Kärnkraft Sverige AB, EKS
License owner:	Barsebäck Kraft AB, Vattenfall
Operated by:	Barsebäck Kraft AB, Vattenfall
Production, unit 1:	Total 93,4 TWh net (1999)
Production, unit 2:	Total 108 TWh net (2005)
Status, unit 1:	permanently shutdown since 30 Nov 1999
Status, unit 2:	permanently shutdown since 31 May 2005
Operating status, unit 1 and 2:	Service operation (care and maintenance)

反應器高 20.7 m，直徑 5.5 m，不包括內部組件重 540 ton，連同內部組件重 715 ton。於 2010 年曾經評估反應器直接 one-piece 移除的可能性。如圖二。

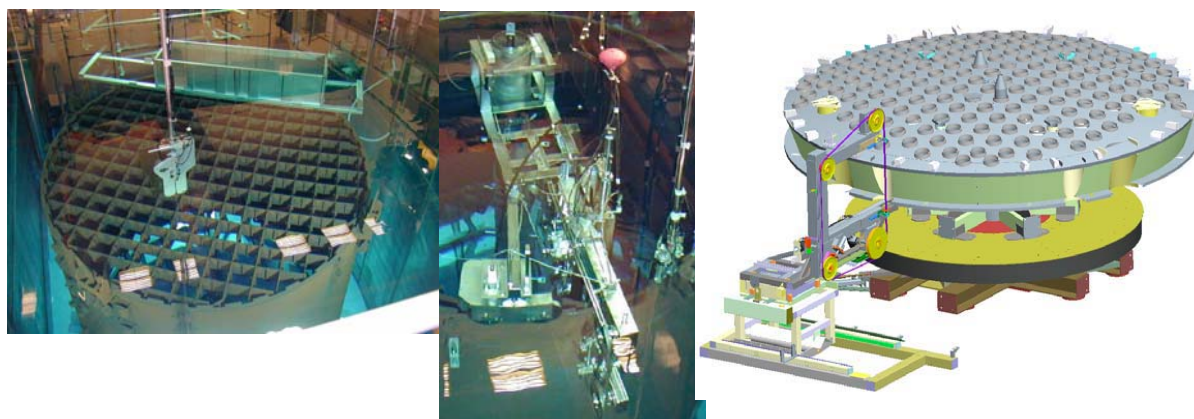


圖二、瑞典 Barsebäck NPP 反應器 one-piece 移除可行性評估

2012 年 5 月報告已更改策略為優先拆解內部組件。評估要點之一為優先拆解爐內組件將節省經費超過 2 千 2 百萬歐元。

目前規劃之 RPV 切割拆除相關工作時程為 2013-2015 年新建貯存庫，2016-2017 年執行 RPV 拆解切割，RPV 拆解廢棄物逐存至 2020 年運送至處置設施。目前評估主

要切割方法為機械鋸切。如圖三。



圖三、瑞典 Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解規劃

爐內組件拆解後，廢棄物容器必須於事前備妥。目前已設計三層容器。第一層容器(Cassete)用於從內部組件切割池內裝入組件切塊，吊運至反應器大廳，置入第二層(BFA-tank)，Cassete 及 BFA-tank 依照不同放射性屏蔽需求，設計成三種屏壁厚度及重量，如表九。

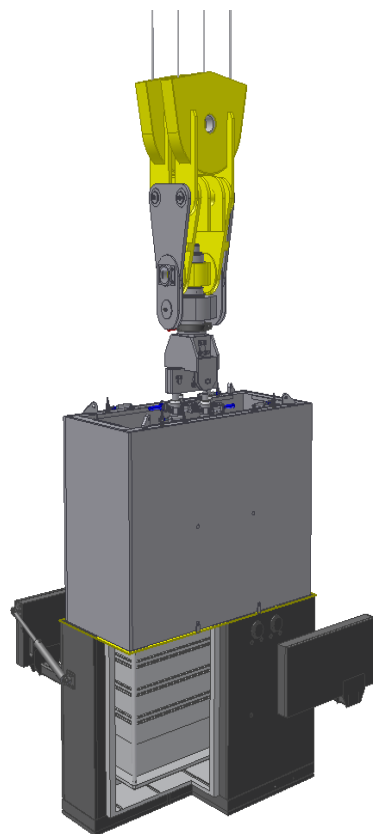
表九、瑞典 Barsebäck NPP 爐內組件切塊容器設計

BFA tank, wall thickness	50, 100, 150 mm
BFA tank, weight	10, 19, 26 ton
Cassete, weight	2, 3, 5 ton
Vessel internals, weight	12, 12, 12 ton
Total weight	24, 34, 43 ton

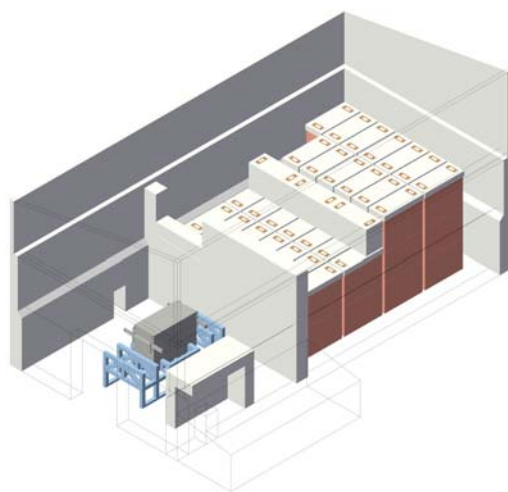
第三層(Transport Box)設計功能為由反應器大廳運送至貯存庫。各層容器規劃已包括吊運方法之設計。貯存庫操作設計為完整的遙控操作。如圖四至六。



圖四、瑞典 Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解廢棄物容器設計



圖五、瑞典 Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解廢棄物容器吊運



圖六、瑞典 Barsebäck NPP 反應器內部組件拆解廢棄物貯存庫

瑞典 Barsebäck NPP 為 BWR 反應器，目前反應器內部組件拆解規劃，包括切割拆

解工法並同爐內組件切割廢棄物容器同時設計等均值得參考。

德國 KKB NPP

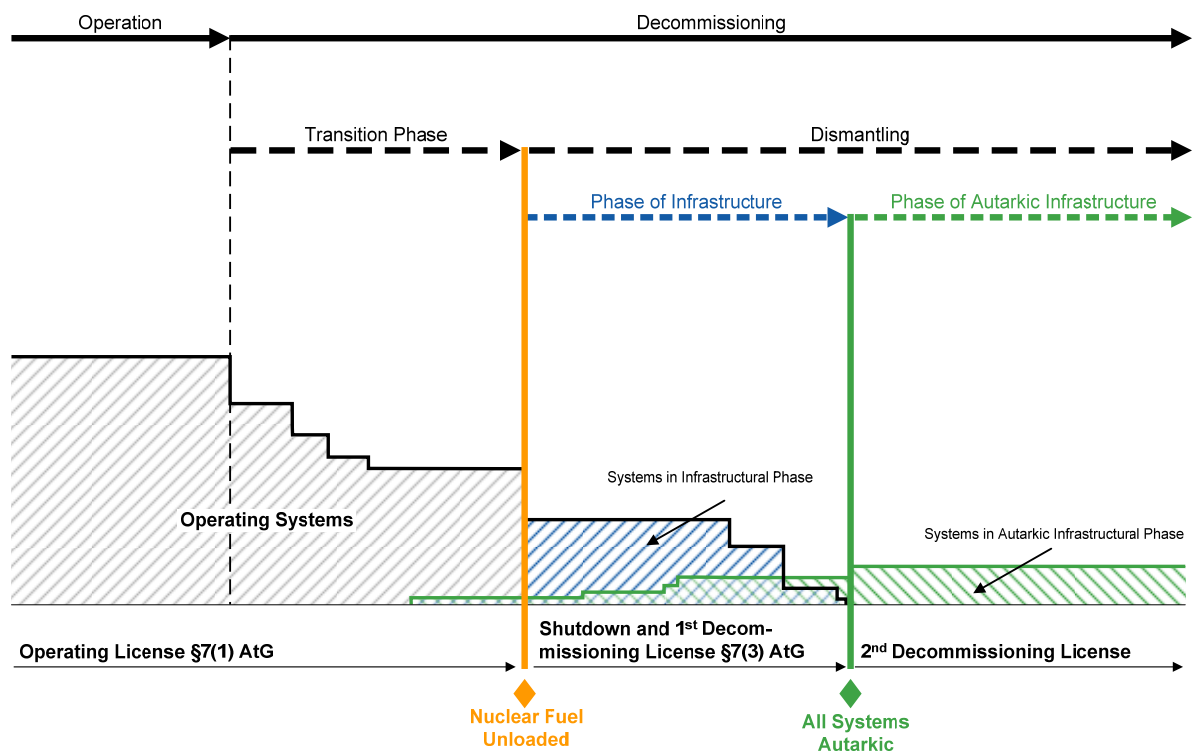
德國政策決定於 2022 年前停用核能。完成及進行中的除役核能電廠包括 Stade, Würgassen, Obrigheim, EWN, FRJ, WAK。

位於德國易北河出海口附近，屬於 E.ON/ Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH 的 KKB 核能電廠，於 1977 年 7 月開始運轉，功率 806Mwe，為 BWR 反應器，基本資料如圖七。



圖七、德國 KKB NPP 基本資料

於 2007 年 7 月停止運轉，2011 年 8 月進入永久停止運轉。目前進行除役規劃及除役許可申請。初步規劃包括運轉模式轉換、燃料移除、系統拆除等順序如圖八。



圖八、德國 KKB NPP 除役初步規劃

德國 KKB NPP 除役計畫於 2012 年 5 月於 TAG52 中提出加入 CPD 申請，目前僅進行初步規劃。主要面臨問題為，由於 BWR 用過燃料乾式貯存護箱尚未取得德國主管機關許可，將無法於 2016 或 2017 年以前移除燃料。其燃料移出及用過燃料乾式貯存工作的進展，值得國內參考、注意其進展。

日本濱岡(Hamaoka) NPP

日本 Chubu 電力公司供電區為日本中部以名古屋為主的地區，供電 39,000 平方公里（10.5%），1600 萬人口（12.5%），129.7TWH/年。濱岡(Hamaoka)核能電廠佔地 1.6 平方公里，員工 744 人，共有 5 部核能機組，核能供應電力僅占 Chubu 公司供電量 11%，遠低於日本核電 20% 供電比率。

濱岡(Hamaoka) NPP 目前有 5 部反應器發電機組，如圖九，基本資料如表十。

表十、日本濱岡(Hamaoka) NPP 反應器機組基本資料

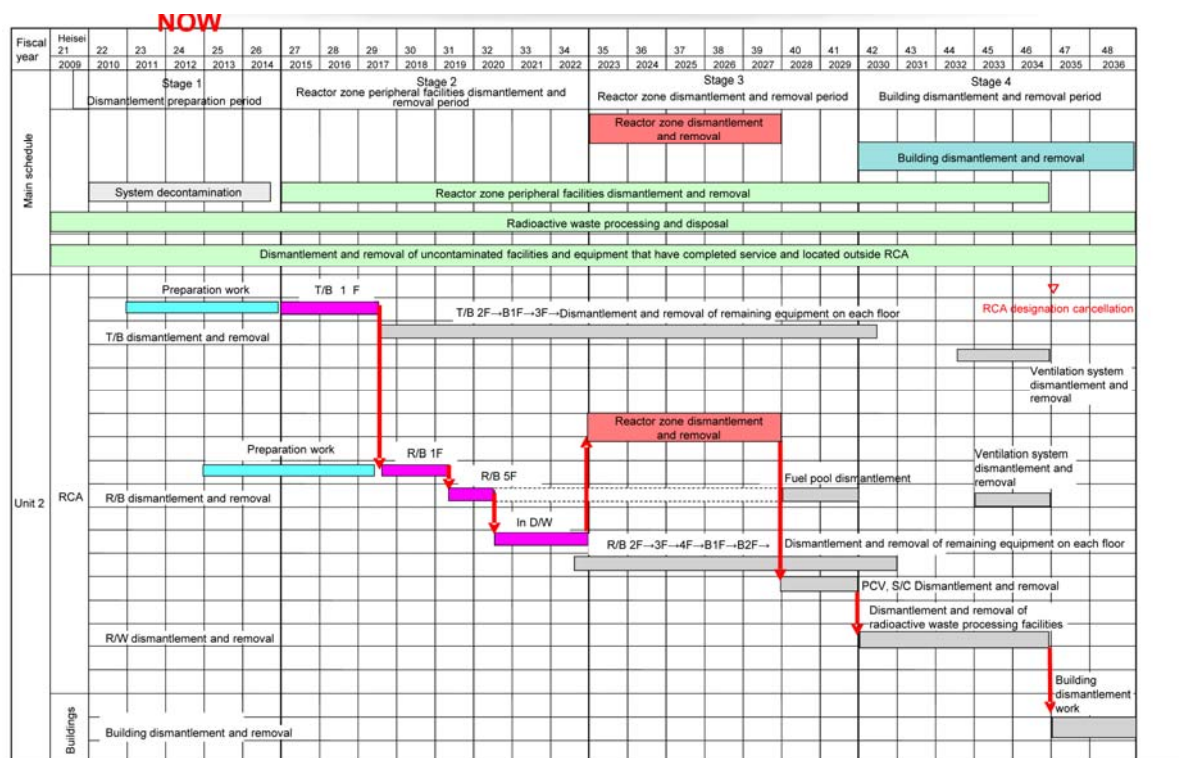
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5
Reactor type	BWR-4		BWR-5		ABWR
Thermal output (MWt)	1593	2436	3293	3293	3926
Containment type	Mark-1		Advanced Mark-1		RCCV
Power output (MWe)	(540)	(840)	1100	1137	1380
Total power output (MWe)			3617		
Start of construction	March 1971	March 1974	November 1982	February 1989	March 1999
Start of commercial operation	March 1976	November 1978	August 1987	September 1999	January 2005
Present status	Under decommissioning (Permanently shut down on January 30, 2009)		Under periodic inspection (November 29, 2010~)	Under periodic inspection* (January 25, 2012~)	Under periodic inspection* (March 22, 2012~)
	Countermeasures against tsunami are being implemented				



圖九、日本 Chubu 電力公司濱岡(Hamaoka) NPP

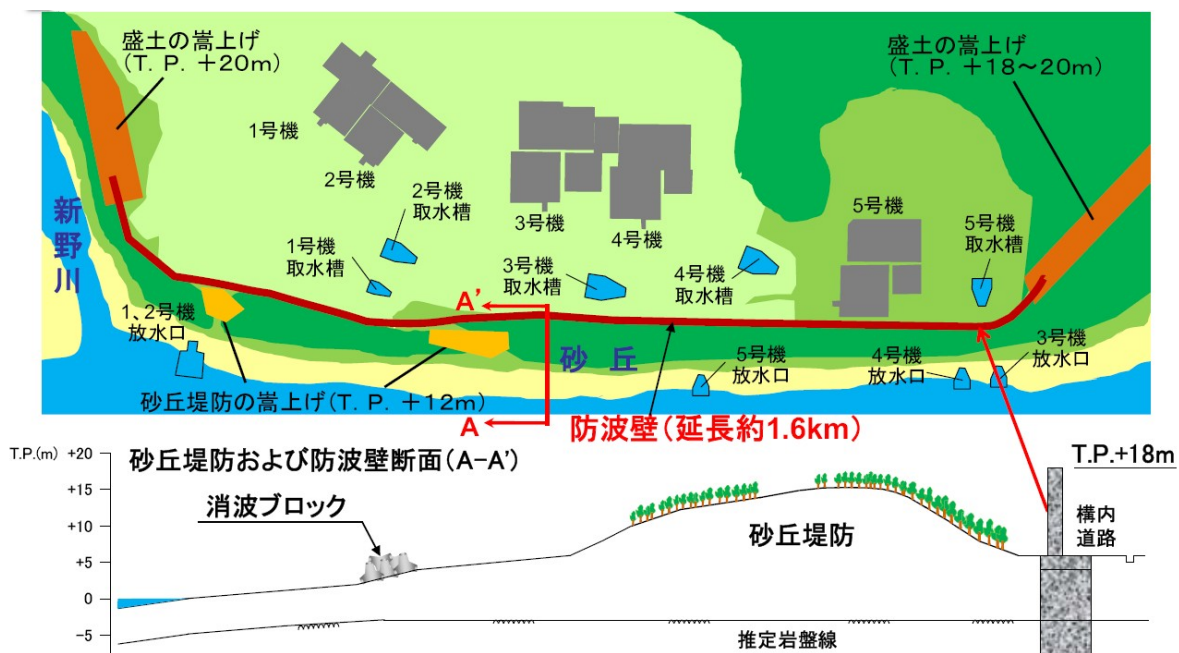
其中一號機 1976 年 3 月開始，二號機 1978 年 11 月開始商業運轉。一、二號機同為，MARK-1 型圍阻體 BWR-4 反應器機組。一號機功率為 1539MWt(540MWe)，二號機功率為 2436MWt(840MWe)。兩機組同於 2009 年 7 月停止運轉，10 月決定進入除役。

一、二號機除役規劃為 4 期，第一期從 2009 年至 2014 年為準備期，包括系統除污，第二期從 2015 年至 2022 年進行週邊設施拆除，第三期從 2023 年至 2029 年執行核反應器區拆除，第四期從 2030 年至 2036 年進行建物拆除，規劃如圖十。



圖十、日本濱岡(Hamaoka) NPP 除役時程初步規劃

從 2012 年福島事故後，日本所有核能電廠均即時進行海嘯防護補強工程。濱岡 (Hamaoka) NPP 的海嘯防護補強工程包括高 18 公尺，深入地下 40 公尺的防波壁、冷卻水取水泵的金屬製防水牆及防水門、反應器廠房強化水密門及排氣口防水等。如圖十一至圖十五。



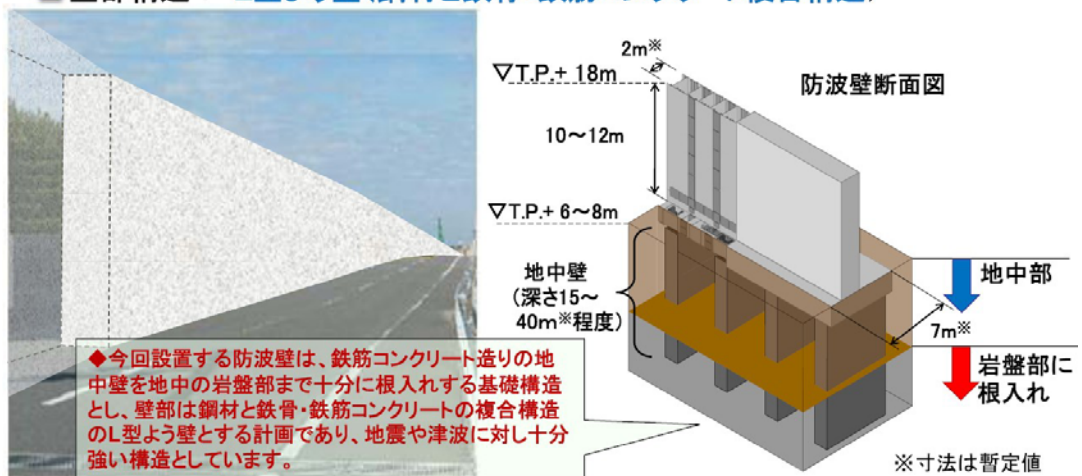
圖十一、日本濱岡(Hamaoka) NPP 防波壁工程

■天端高さ：T. P. +18m

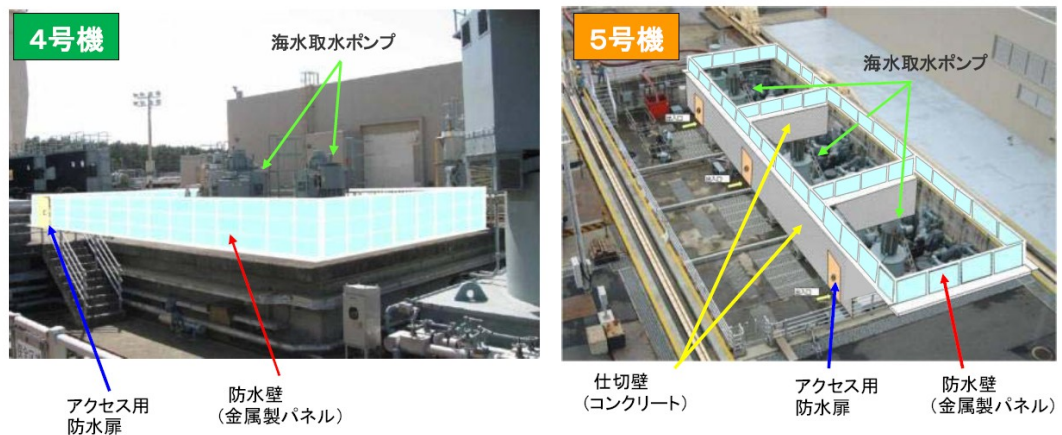
防波壁の高さについては、既に「T. P. +12m以上」と公表していましたが、浜岡原子力発電所前面の砂丘堤防高さ(T. P. +10～15m)に、福島第一での津波遡上高(T. P. +15m程度)も考慮し、防波壁の高さをT. P. +18mとします。

■基礎構造：地中壁(鉄筋コンクリート造、岩盤部に根入れ)

■壁部構造：L型よう壁(鋼材と鉄骨・鉄筋コンクリート複合構造)

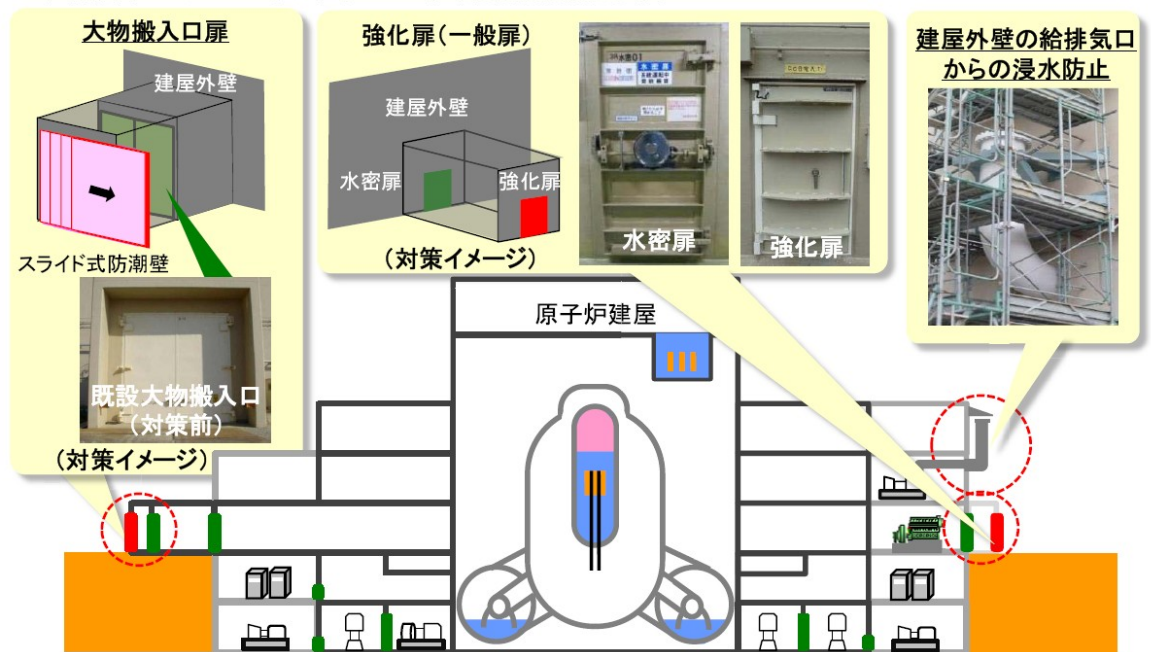


圖十二、日本濱岡(Hamaoka) NPP 防波壁深入第 40 公尺

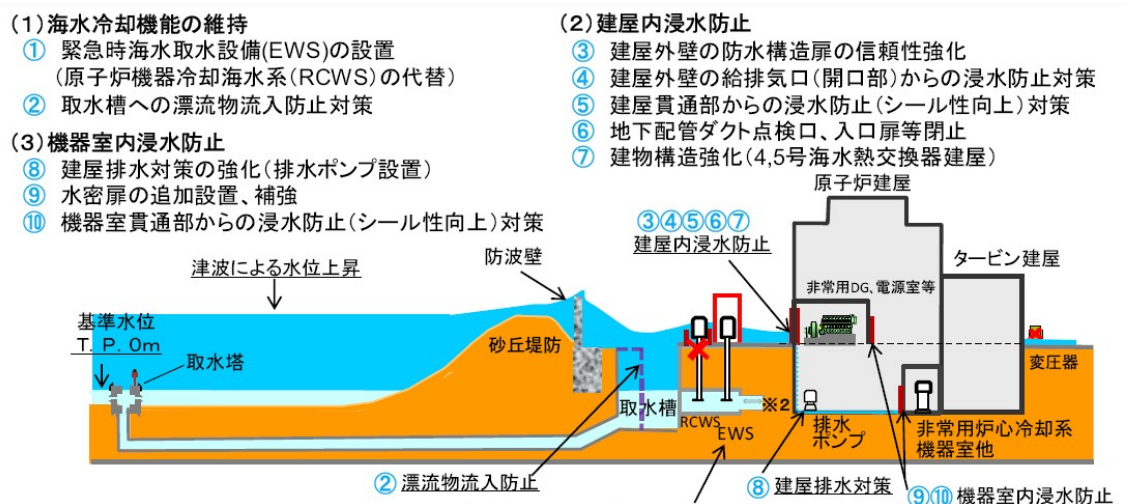


防水壁設置イメージ図

圖十三、日本濱岡(Hamaoka) NPP 冷却水取水泵的金属製防水牆及防水門



圖十四、日本濱岡(Hamaoka) NPP 反應器廠房強化水密門及排氣口防水



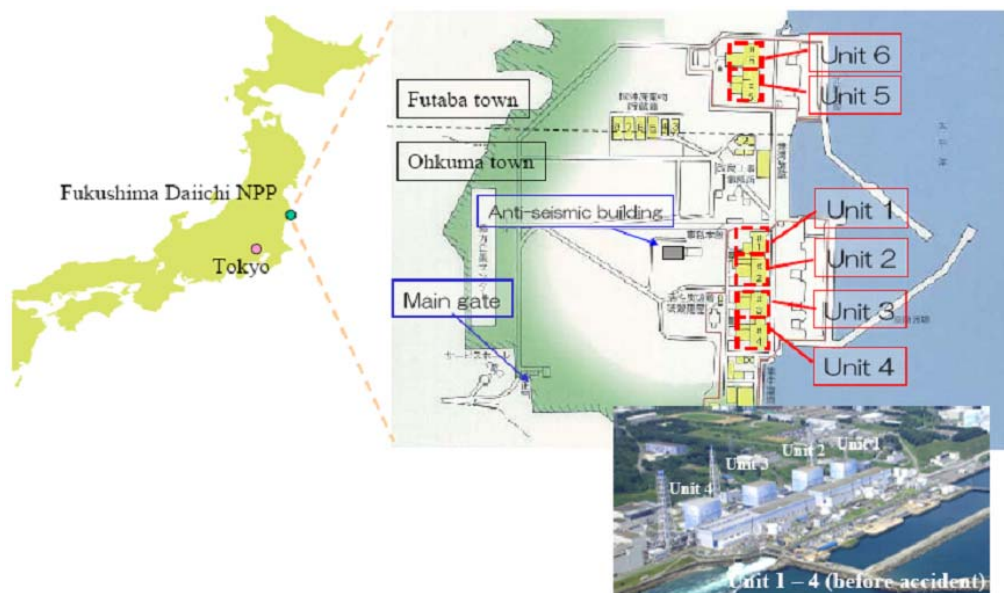
圖十五、日本濱岡(Hamaoka) NPP 海嘯防護補強工程

目前主要進行燃料移除、系統除污、及全廠放射性盤點。已經開始盤點爐內組件放射性核種，盤點項目包括 C-14, Cl-36, Ni-59, Co-60, Ni-63, Sr-90, Zr-93, Nb-94, Tc-99, Ag-108m, Sn-126, Cs-135, I-129, Cs-137, Ho-166m, Hf-182, Ir-192m, α -emitter。並選定對於處置影像較大的 4 個核種優先評估，包括 C-14, Co-60, Ni-63, I-129。

日本濱岡(Hamaoka) NPP 一、二號機，為 BWR-4 反應器及 MARK-1 廠房，與國內核一廠同型，應為核一廠除役規劃最適當的 reference plant，應持續收集參考其除役進展資訊。

(二) 日本 Fukushima-Daiichi 清理現況及規劃

日本東京電力公司的 Fukushima-Daiichi 核能電廠座落於日本福島縣雙葉郡大熊町及雙葉町，約在東京東北方 220 公里處。廠區面積：350 公頃。位於東京市東北方約 220 公里。如圖十六。



圖十六、日本 Fukushima-Daiichi NPP

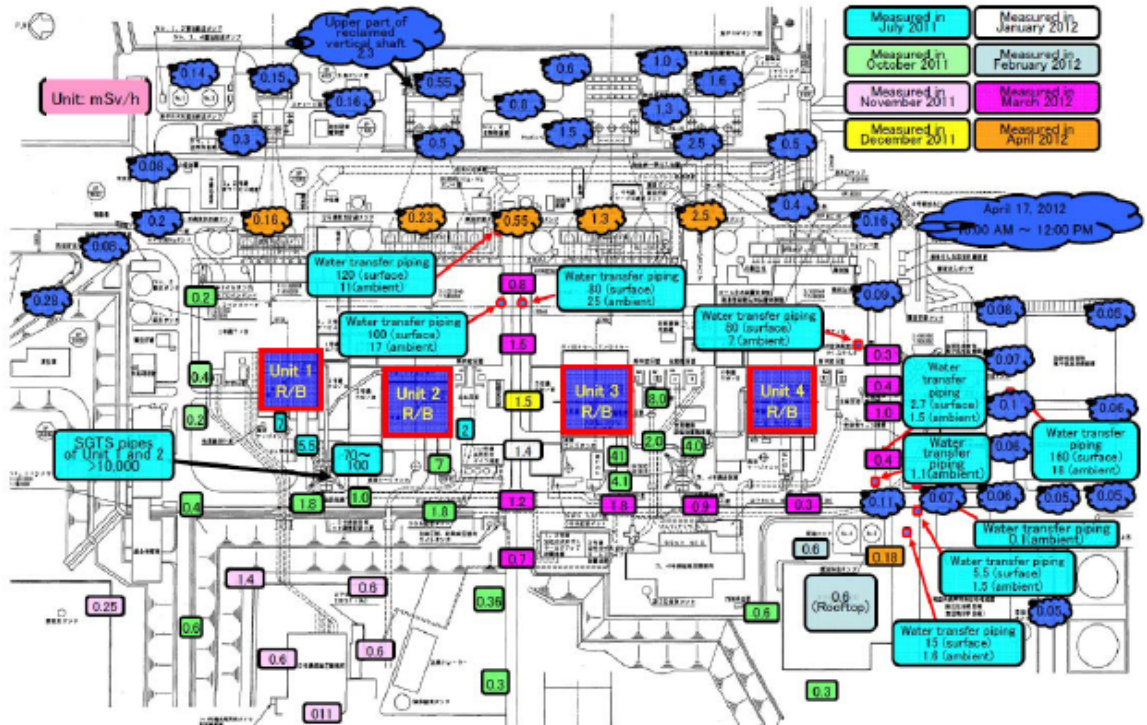
共 6 部機組基本如表十一。

Unit	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5	Unit 6
Type	BWR					
Thermal Power Output	138.0MW	238.1MW				329.3MW
Rated Power Output	46.0MW	78.4MW				110.0MW
First Criticality	1971 3 月	1974 7 月	1976 3 月	1978 10 月	1978 4 月	1979 10 月
# of fuel assembly	400	548				764
Main contractor	GE	GE/Toshiba	Toshiba	Hitachi	Toshiba	GE/Toshiba
Current status	Abolition on April 19th, 2012				Outage	

表十一、日本 Fukushima-Daiichi NPP 反應器機組基本資料

從 2011 年 7 月到 2012 年 4 月，廠內環境放射性偵測如圖十七，顯示環境劑量持續下降中。

Radioactivity survey map, Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (5:00 PM on April 17, 2012)



圖十七、日本 Fukushima-Daiichi NPP 廠內環境放射性偵測

在 311 地震及海嘯事故後，短期內(Step 1&2)復原作為目標為

1. 讓電廠達到穩定狀態，包括反應器達到相當於冷停機，
2. 及放射性排放及廠內輻射劑量率有效抑制。

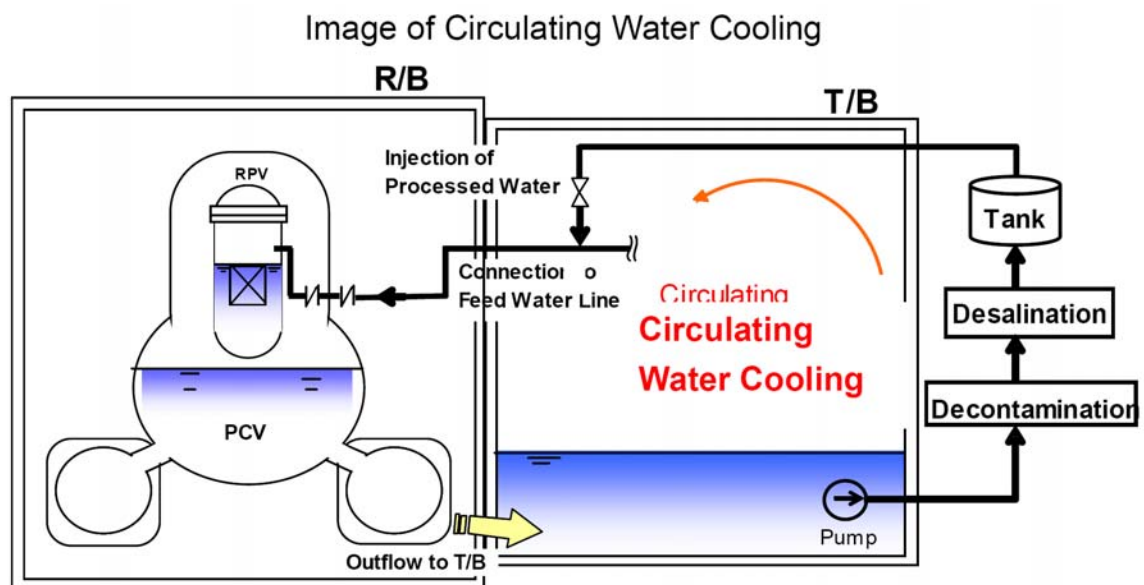
主要工作有 10 項，東電公司 Fukushima Daiichi 廠內工作則聚焦於 5 個議題，

- (1) 反應器：達到冷停機狀態。冷卻水從 RPV 洩漏至反應器廠房，從 PCV 洩漏至契機廠房，收集廠房內污染水，經過脫鹽及去除銫，重複使用於反應器冷卻，注水管線、注水泵、桶槽等均有多重系統設計，考量到 multiplicity, diversity, independency 等安全需求，如圖十八。2011 年 RPV 底部溫度如圖十九，2011 年 12 月一、二、三號機 RPV 底部溫度均低於攝氏 70 度。
- (2) 燃料池：達到更穩定冷卻。用過燃料池冷卻系統分別提供一號機 2011 年 8 月 11 日、二號機 2011 年 3 月 31 日、三號機 2011 年 6 月 30 日、四號機 2011 年 7 月 31 日開始完整的冷卻功能，系統考量鹽分控制以抑制腐蝕，如圖二十、圖二十一。2011 年 12 月燃料池溫度能控制到

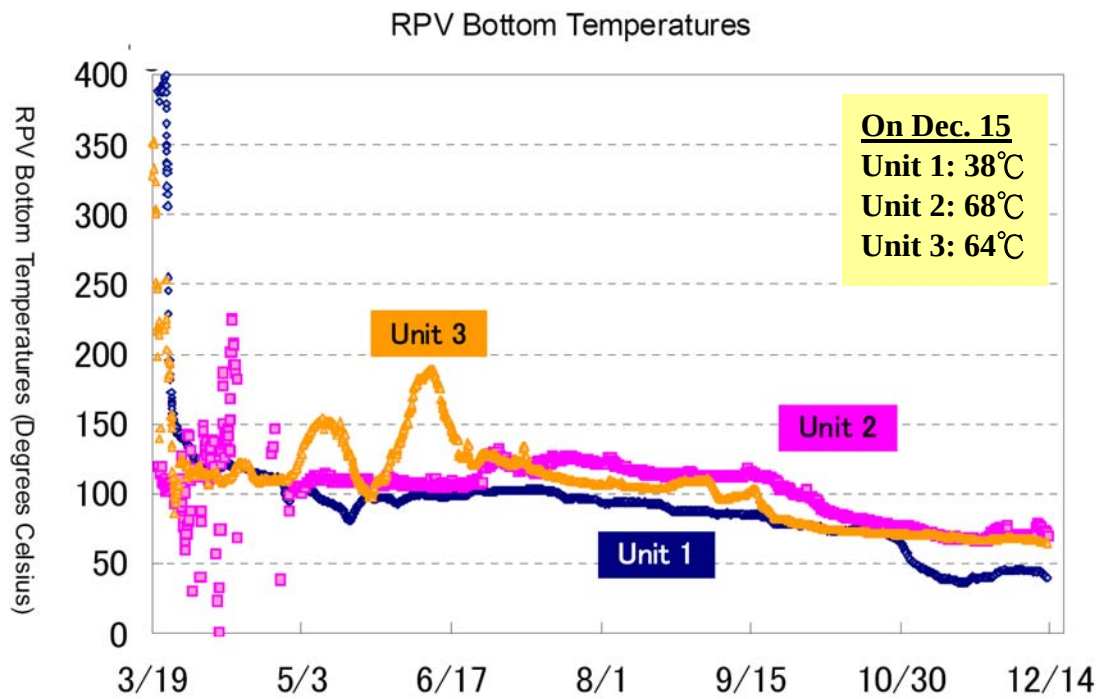
攝氏 20 度以內，如圖二十二。

- (3) 廠房內積水：總量逐漸減少。廠房內積水處理考量多種核種移除，目前液體廢棄物及泥漿貯存桶容量 165,000 噸，規劃增建中，如圖二十三、圖二十四、圖二十五。
- (4) 地下水：地下擋水牆開始施工。爲了阻止污染地下水直接流入海，於一至四號機前海岸邊建立地下擋水牆，如圖二十六。爲了防止地下水滲入廠房，在一至四號機後抽排地下水如圖二十七。同時持續改善污染水可能洩至海洋的管道如圖二十八。
- (5) 空氣及泥土：持續清理地面堆積廢棄物並重建廠房包封，一號機包封即將完成。如圖二十九、圖三十、圖三十一、圖三十二。

其餘 5 項爲(6)量測數據公布，(7)海嘯防護補強，(8)居住及工作環境改善，(9)人員輻射管制及醫療，(10)中長程工作規劃。



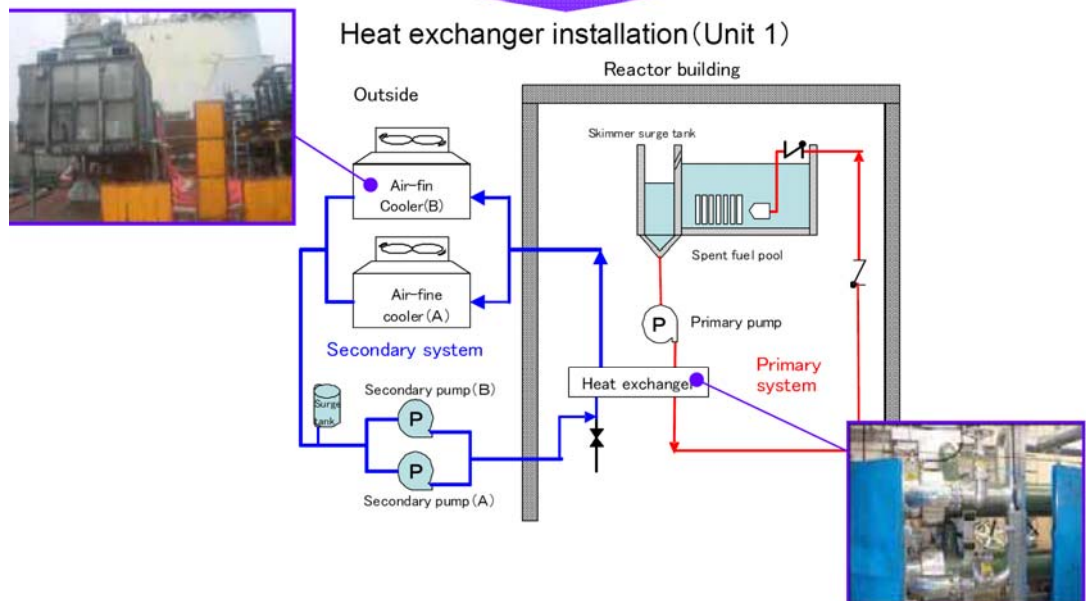
圖十八、日本 Fukushima-Daiichi NPP 反應器冷卻



圖十九、日本 Fukushima-Daiichi NPP 反應器壓力槽底部溫度趨勢(2011 年 3-12 月)

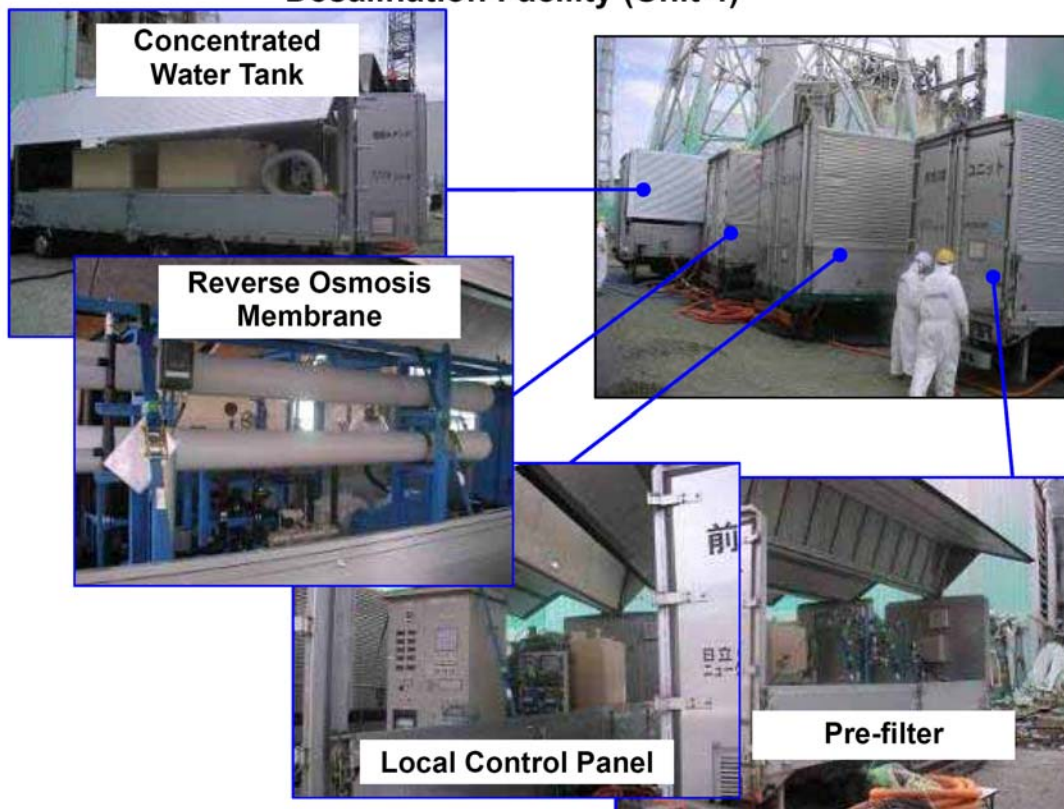
From water injection to circulation cooling

Water injection using the Giraffe (Unit 4))

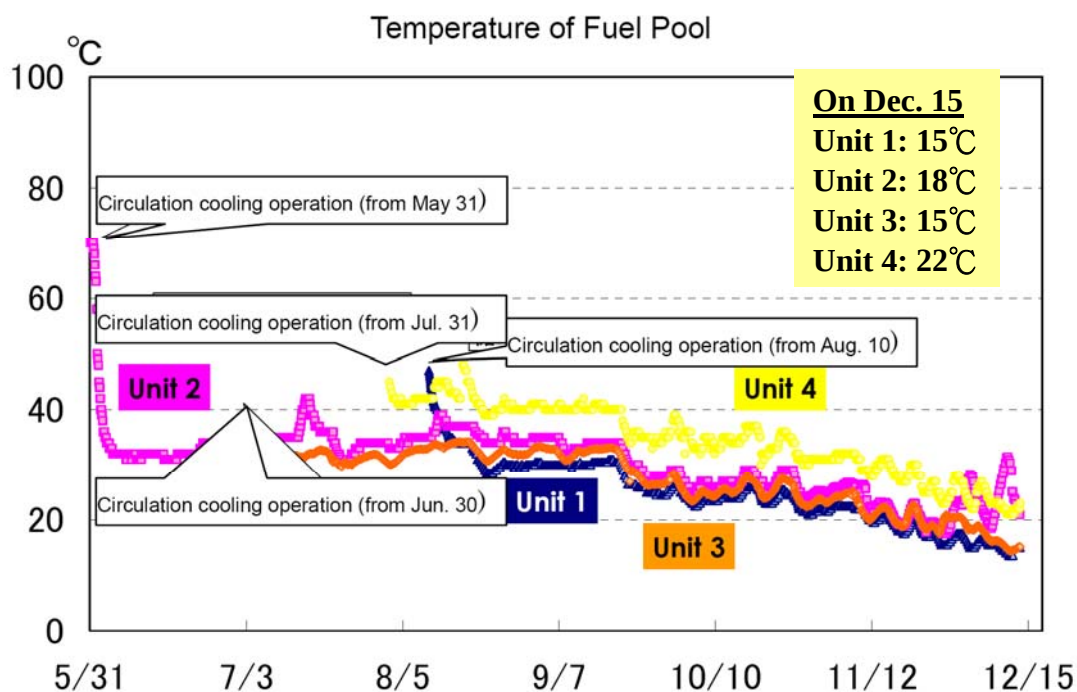


圖二十、日本 Fukushima-Daiichi NPP 燃料池冷卻(一)

Desalination Facility (Unit 4)

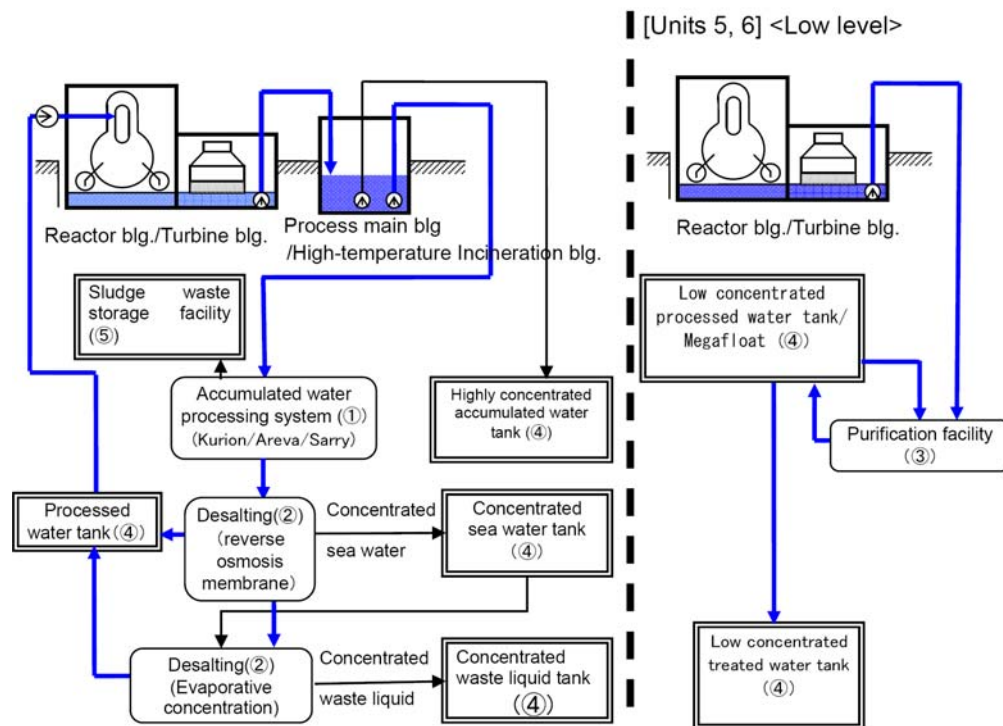


圖二十一、日本 Fukushima-Daiichi NPP 燃料池冷卻(二)



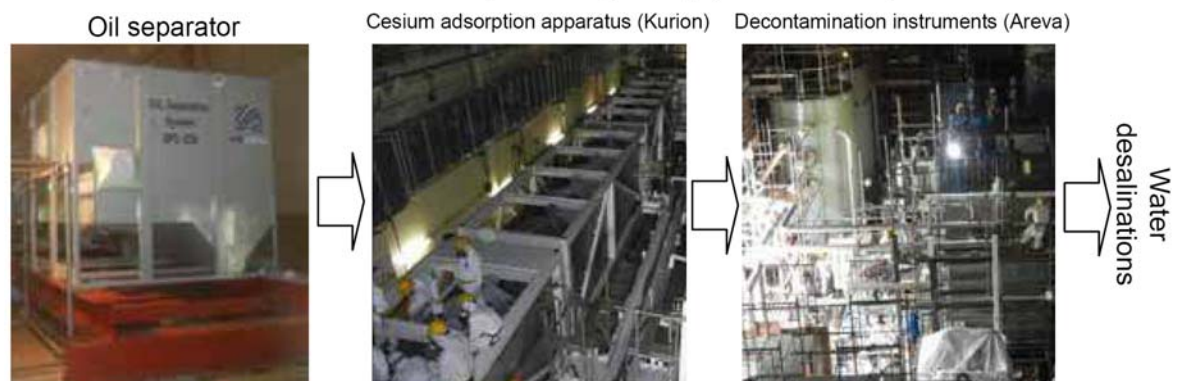
圖二十二、日本 Fukushima-Daiichi NPP 燃料池溫度趨勢(2011 年 3-12 月)

Overview of accumulated water processing facility
(The circled numbers in parentheses are the numbers from "2. Current status and work implemented")



圖二十三、日本 Fukushima-Daiichi NPP 廠房內積水清理程序

Accumulated water processing facility (Kurion - Areva)



圖二十四、日本 Fukushima-Daiichi NPP 廠房內積水清理設備

Storage of highly contaminated accumulated water and processed water

Tanks for receiving processed water



Concentrated sea water tank



Tanks for receiving highly contaminated accumulated water (Installation work)



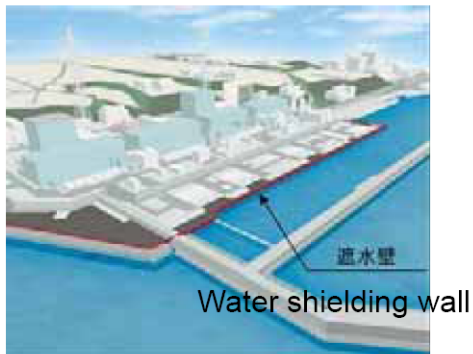
Concentrated waste liquid tank



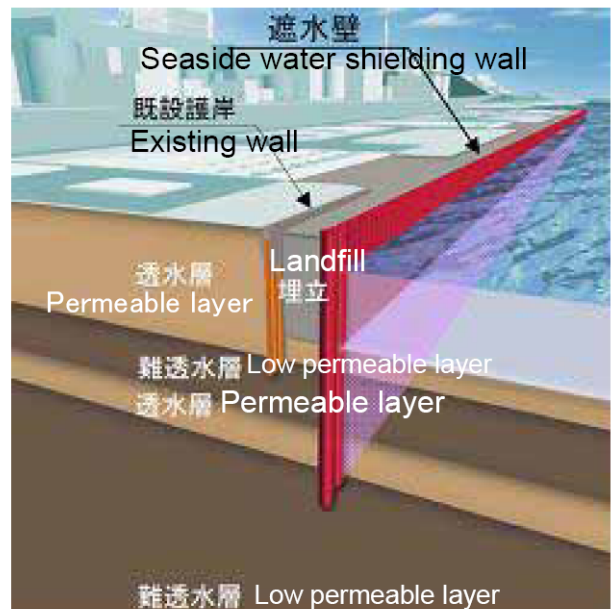
圖二十五、日本 Fukushima-Daiichi NPP 高污染內積水貯存

Image of water shielding walls

Overview



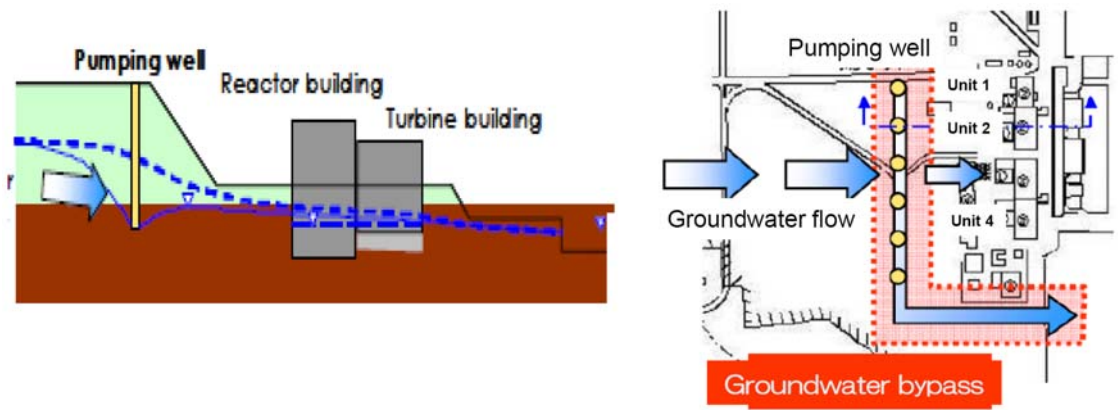
Cross-section



Geological survey



圖二十六、日本 Fukushima-Daiichi NPP 地下擋水牆



圖二十七、日本 Fukushima-Daiichi NPP 地下水引流

Filling Pits (Left: before working, Right: after work of filling concrete)



Installing sliding concrete wall at the intake channel



圖二十八、日本 Fukushima-Daiichi NPP 海水引水道擋水牆

Dispersion of inhibitor agent



圖二十九、日本 Fukushima-Daiichi NPP 污染固定凝膠噴灑

Ground debris removal and demolition of obstacles

Removal of the debris fallen around Unit 3 R/B



Demolition of the obstacles around Unit 4



圖三十、日本 Fukushima-Daiichi NPP 地面廢棄物清除(一)

Before and after the debris removal (upper: before, lower: after)



圖三十一、日本 Fukushima-Daiichi NPP 地面廢棄物清除(二)

Installation of the Unit 1 Cover

Start of steel framing



Completion of steel framing



The Covering was completed



Building wall panels



圖三十二、日本 Fukushima-Daiichi NPP 一號機廠房包封重建

目前除了短期工作(Step 1&2)積極進行外，中長程規劃初步分為 3 個階段：

Phase 1：期程 2 年，主要目標為移出燃料池內用過燃料，

Phase 2：期程 10 年，主要目標為開始清理反應器內燃料，

Phase 3：期程 30-40 年，完成除役工作。

如圖三十三。