

出國報告(出國類別：開會)

赴加拿大參加經濟合作發展組織
(OECD)所屬核能署(NEA)之核設施除
役計畫(CPD)所舉辦「第 66 次技術諮
詢會議(TAG-66)」

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：劉興漢 核能後端營運處除役 1 組組長

張文彬 第一核能發電廠核技組課長

派赴國家：加拿大

出國期間：108.05.12~108.05.19

報告日期：108.06.28

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

赴加拿大參加經濟合作發展組織(OECD)所屬核能署(NEA)之核設施除役計畫(CPD)所舉辦「第 66 次技術諮詢會議(TAG-66)」

頁數 24 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/機關/單位/職稱/電話

劉興漢/台灣電力公司/核能後端營運處/組長/(02)2365-7210

張文彬/台灣電力公司/核一廠/課長/(02)2638-3501

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：108.05.12~108.05.19 出國地區：加拿大

報告日期：108.6.28

分類號/目：

關鍵詞：核能電廠除役/核能後端/加拿大

內容摘要：(二百至三百字)

本公司於 103 年 8 月 5 日以「核一廠(金山電廠)除役計畫」名義正式加入 CPD 成為會員後，自 TAG54 開始，均維持每年參加 TAG 會議，以維持與國際除役業界聯繫交流管道。TAG 會議其參與的會員都是各國除役的資深人員，除役經驗極為豐富。本公司核一廠一號機去年 12 月 5 日已進入除役期間，而未來核二、三廠也將陸續進入除役。本次會議活動，希望能透過與 TAG 會員進行除役技術交流，了解國際除役作業上之相關作法並從中學習除役關鍵技術與經驗。本次會議除就除役技術相關議題進行為期 3 天之研討會議外，並實地參訪加拿大 Whiteshell Labs 國家實驗室 WR-1 研究用反應器之除役作業現場作業現況。

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

(部分照片、資料涉及機敏性資料，不上傳)

目 錄

壹、出國目的.....	3
貳、出國過程.....	4
參、會議內容摘要	10
一、OECD-NEA-CPD 事務	10
二、各除役專案進度報告.....	12
三、新計畫申請入會及除役技術專題.....	21
四、除役設施現場參觀	22
肆、心得與建議事項	23

壹、出國目的

本計畫參與之會議係經濟合作發展組織(OECD)所屬核能署(NEA)之核設施除役計畫(CPD)所舉辦「第 66 次技術諮詢會議(TAG-66)」，本會議旨在提供會員間除役活動技術經驗諮詢與交流平台，TAG 會議每年 5 月及 10 月於不同會員國家召開兩次，本公司於 103 年 8 月 5 日以「核一廠(金山電廠)除役計畫」名義正式加入 CPD 成為會員後，自 TAG54 開始，均維持每年參加 TAG 會議，以維持與國際除役業界聯繫交流管道，經由出席會員對其除役中核設施所作報告及討論，達到除役技術及經驗分享與學習之目的。

本次受邀參加 TAG-66 會議，該會議於 5 月 13 日至 17 日於加拿大溫尼伯(Winnipeg)舉行，會中本公司除向與會會員分享「核一廠(金山)核電廠除役計畫」分享核一廠除役現行工作現況與去年努力之成果(包含系統評估再分類小組及非器物壕溝清除作業規劃)，並藉由其他與會會員對其除役中核設施所作報告及討論，獲取除役相關技術資訊、除役技術與工法、計畫管理方式與經驗等。本次會議除就除役技術相關議題進行為期 3 天之研討會議外，並實地參訪加拿大 Whiteshell Labs 國家實驗室 WR-1 研究用反應器之除役作業現場作業現況。

貳、出國過程

本次 TAG-66 會議係由加拿大國營原子能公司（Atomic Energy Canada Limited, AECL）主辦，於加拿大溫尼伯(Winnipeg)舉行於舉行，會議於 108 年 5 月 13-17 日召開。本公司自 103 年加入該組織後，本次為第七次派員與會，由核後端處劉興漢組長及核一廠核技組核技課張文彬課長參加，前次參加為 107 年 10 月於德國舉辦之 TAG65 會議。

本次會議主要行程如表一所示，會議自 5 月 13 日起共進行五日，分為閉門會議及現場參觀行程，。自 5 月 13 日至 5 月 15 日進行 3 天室內討論會議，會議議程詳如表二，包含：

- 一、OECD-NEA-CPD 組織及 TAG 事務討論；
- 二、CPD 經理人會議(MB)結論；CPLM/CPD 介面說明；
- 三、各會員之核能設施除役專案進度報告(核燃料及其他核設施 6 案、核子反應器設施 12 案)；
- 四、新申請入會案件報告(1 案)及除役技術專題－除役期間有害物質及遙控切割工具介紹之重要議題(Tools used during remote controlled dismantling)(7 案)

而從 5 月 16 日至 5 月 17 日進行核設施除役現場參訪行程，包含：

- 一、Whiteshell 實驗室廢棄物處理區(Waste Management Area, WMA)及廢棄物運設備。
- 二、WR-1重水式實驗型反應器除役場址。

表一、本次國外公差主要行程

月/日(星期)	工作內容重點
5/12(日)	本次洽公係由桃園機場出發，經加拿大溫哥華轉機至溫尼伯之大會指定之Fort Garry Hotel報到。
5/13(一)~5/15(三)	全天會議討論(議程詳如表二)。
5/16(四)	Whiteshell 實驗室廢棄物處理區(Waste Management Area, WMA)及廢棄物運設備。
5/17(五)	WR-1實驗型反應器除役場址。晚間由溫尼伯飛往溫哥華準備次日飛回桃園。
5/18(六)~5/19(日)	回程由溫哥華機場起飛返回桃園機場。

表二、第66屆TAG會議詳細議程

TAG 66 - 13th – 17th May 2019
AECL – Winnipeg, Canada
Meeting Agenda

Sunday 12th May				
Arrival at Winnipeg and Fort Garry Hotel check-in				
Monday 13th May				
08.30		Assemble in Conference Room for meeting, <i>Transfer presentations to Coordinator's computer</i>		30
	1	Introduction		
09.00		i. Welcome by the TAG Chairman	Chairman	5
09.05		ii. Round Table Introductions	All	15
09.20		iii. Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host	15
09.35	2	Approval of agenda	Chairman	5
	3	Chairman's, Coordinator's Opening Business	Chairman, Coordinator	
09.40		i. Chairman's Opening Business	Chairman	5
09.45		ii. TAG meetings attendance - discussion and decision	Coordinator Chairman, All	15
10.00		iii. Summary of the CPD Management Board (MB) meeting – Nov. 2018	Coordinator Chairman	15
10.15		iv. Marked consultation for the new CPD Programme coordinator	Chairman	15
10.30	Coffee Break			30
11.00		v. CDLM/CPD interface statement Start of the discussion – will be continued on Wednesday afternoon	Martin Macasek All	30
11.30	4	TAG 65 Summary Record approval – decisions tracking	Coordinator	10
	5	Project Status Reports:		
	5a	Status Reports from Fuel / other Nuclear Facilities		
11.40		i. Riso Hot Cells Decommissioning	Bjarne Rasmussen	25
12.05		ii. Sellafeld Decommissioning	Bruce Wilson	35
12.40	Lunch			60
13.40		iii. Le Hague - UP 2-400 Decommissioning	Philippe Derycke	25
14.05		iv. Whiteshell Laboratories Facilities	Craig Michaluk	35

		Decommissioning		
14.40		v. JRC ISPRA Legacy Waste Retrieval	Flavio Zanovello	20
15.00		vi. EPOC Decommissioning & Introduction OSIRIS reactor decommissioning	Lionel Mandard	20
15.20		Coffee Break		30
	5b	Status Reports from Reactor Facilities		
15.50		i. Bohunice V1 NPP Decommissioning	Martin Macasek	35
16.25		ii. Fugen Decommissioning	Koichi Kitamura Kosuke Yamamoto	35
17.00		iii. DR3 Riso Decommissioning	Per Holtzmann	25
17.25		Administrative and organizational remarks	Host, Chairman	10
17.35		Adjourn		
Tuesday 14th May				
09.00		Assemble in Conference Room for meeting, <i>Transfer remaining presentations to Coordinator's computer,</i> Announcements by Chair/Host - administrative and organizational remarks		15
	5b	Continuation Status Reports from Reactor Facilities		
09.15		i. TRR Decommissioning	Chun-Ping Huang	25
09.40		ii. Kori 1 Decommissioning	Lee Seungho Hwang Sung-Phil	25
10.05		iii. Chinshan NPP Decommissioning	Wen Bin,Chang	20
10.25		Coffee Break		30
10.55		iv. Hamaoka 1&2 Decommissioning	Motonori Nakagami Hideto Hayashi	30
11.25		v. NPP Greifswald Decommissioning unit 1-5	Ronald Strysewske	20
11.45		vi. KTE – Status Reactor Decommissioning	Johannes Rausch	40
12.20		Lunch		60
13.20		vii. R2 Decommissioning	Christoffer Elmark	25
13.45		viii. NPP Jose Cabrera Decommissioning	Manuel Ondaro	35
14.20		ix. BR 3 Decommissioning	Michel Estas	25
14.45		x. Sogin – Status Decommissioning Projects	Gianluigi Migliore	25

15.10	Coffee Break			30
	6	New Projects		
15.40		<ul style="list-style-type: none"> i. Mühleberg NPP Decommissioning – Switzerland – application presentation ii. TAG Members discussion of the project during which Mr. Dux and Mr. Amherd are not present iii. TAG present conclusion of discussion 	<p>Joachim Dux</p> <p>All</p> <p>Chairman</p>	45
	7	Topical Session: “Tools used during remote controlled dismantling”		
16.25		1) Introduction	Chairman	5
		2) Members presentations		
16.30		i. Cold testing of the tools for remote controlled dismantling of the biological shield of the KNK reactor	Ulrich Scholl	30
17.00		Administrative and organizational remarks	Host, Chairman	10
17.10	Adjourn			
Wednesday 15th May				
09.00		Assemble in Conference Room for meeting		
		Administrative and organizational remarks	Host, Chairman, Coordinator	10
	7	Continuation Topical Session		
09.10		ii. Tools used during remote controlled dismantling by CEA	Eric Gouhier	25
09.35		iii. CNJC Remote Tools – RPV Internals and RPV cutting tools	Manuel Ondaro	30
10.05		iv. Cutting tools used during dismantling of DR3 internals	Per Hotzmann	30
10.35	Coffee Break			30
11.05		v. Tools used during remote controlled dismantling by CSCK/CEN	Michel Estas	25
11.30		vi. Tools used for SOGIN decommissioning projects	Gianluigi Migliore	25
11.55		vii. Tools used during remote controlled dismantling by EWN/Greifswald	Ronald Strysewske	40

12.35		Lunch		60
13.35		viii. Sellafield - Remote size reduction of redundant fuel skips	Bruce Wilson	30
14.05		1) Discussion and round-up	Chairman	5
14.10		2) Topic agreement for TAG 67 Topical Session	All	15
14.25	8	TASK GROUP - "Dismantling of high contaminated tanks" – next meeting at TAG 67 - discussion	All	10
14.35	9	Future meetings of the TAG		40
		i. TAG 67: October 2019 – JRC ISPRA Short presentation in preparation of TAG 67	Flavio Zanovello	25
		ii. TAG 68: May 2020 - Sellafield UK – to be final confirmed		
		iii. TAG 69: October 2020 – Japan - Chubu Electric - to be final confirmed		
		iv. TAG 70: May 2021 – Slovakia Bratislava		
		v. TAG 71: Oct. 2021 – Russia – to be confirmed		
15.15	10	Discussion about cooperation between CPD/TAG and CDLM – continuation of the discussion from Mo.	Chairman and All	60
16.15	11	Wrap up discussion Closing remarks, meeting adjourn.	All Chairman	10 10
16.35	Adjourn			

Thursday 16th May Site Visit– Whiteshell Labs (WL)	
07.45	Meet in the Hotel Lobby
08.00	Transfer (by Bus from Hotel to the Whiteshell Site (WL)) Note: No luggage or bags will be allowed to be left on the Bus on Thursday, as we will be entering a Protected Area
09.30	Arrival and Welcome at WL
9.45	Coffee Break + Light Snacks

10.00	General Overview of WL
10.30	Overview of Waste Management Area (WMA) c/w Rad Waste Transportation Operations
11.30	Lunch
	SITE VISIT
12.30	Transfer (Bus) from Main Campus to WMA Attendees will be split into 3 groups at Modular Office Complex (MOC) once at WMA
16.30	Transfer (Bus) from WMA to Main Campus
7.00	Adjourn
17.00	Transport to Restaurant in Winnipeg direct from WL
Friday 17th October Site Visit- Whiteshell Labs (WL)	
08.15	Meet in Hotel Lobby
08.30	Pick up at the Hotel – transfer by bus from hotel to WL
10.00	Arrival and Remarks at WL Coffee / Light Snacks provided <ul style="list-style-type: none"> • Overview of WR-1 tour • Attendees will be split into three groups
10.15 – 12.00	SITE VISIT
12.00	Light box Lunch
13.00	Adjourn
13.00	Depart WL <ul style="list-style-type: none"> • Arrival -.....Winnipeg airport ~14:30 • Follow on to hotel – arrival ~ 15:30

參、會議內容摘要

由於參加會議之成員主要來自加入 CPD 組織之會員，報告內容係涵蓋核能相關設施或核子反應器之除役情形為主，考量對本公司而言，主要關注重點在核能電廠除役，故報告內容將著重核能電廠除役工作相關主題報告，其餘部分若有可供本公司核電廠除役參考之資訊議會摘錄。

此外，由於本會中所有報告除役案件皆為除役中電廠或其他核設施，考量其執行敏感性及維護會員權益，本次 TAG 會議主辦單位要求各與會人員均需遵守保密協議，以保證會議資訊不會外流或，故本報告將對不公開內容一併綜整於附件內，並於後續上網公開報告時不包含附件。

會議內容重點摘要

一、OECD-NEA-CPD 事務

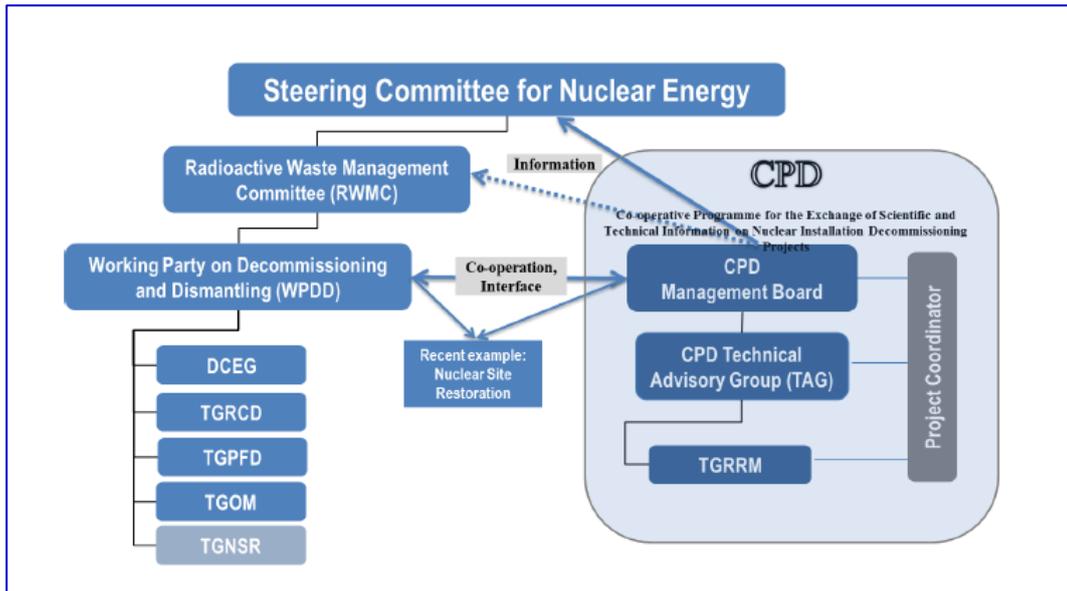
1. 保密事項：

本會主席首先提醒與會者，為尊重本次會議內容資訊共享的保密性，於會議期間所載之資料均受 CPD 協議之第 6 條所約束，考量其執行敏感性及維護會員權益，各與會人員均需簽屬保密協議，以保證會議資訊不會外流，除非各會員在資料上已註名可公開，否則均視為不可公開，故本報告將對不公開內容一併綜整於附件內，並於後續上網公開報告時不包含附件。會中所有參與人員均須簽屬相關宣示。

2. OECD-NEA-CPD 組織架構：

CPD 的組織架構示意圖如下圖一，係由經理人委員會(Management Board, MB)與技術諮詢組(TAG)所組成，歸屬於 OECD/NEA 並提供資訊予核能領域指導委員會(Steering Committee for Nuclear Energy)，並所屬放射性廢棄物管理委員會(Radioactive Waste Management Committee, RWMC)及其除役與拆解工作小組(Working Party on Decommissioning and Dismantling, WPDD)。CPD 計畫於 1985 年成立，主要目的是作為核設施除役及安裝經驗資訊交換與分享平台。

圖一、OECD/NEA CPD/TAG 組織架構示意圖



3. 2018 年第 37 次 CPD 經理人會議(CPD Management Board Meeting)與 TAG 相關議題：

- A. CPD MB 決定保持現狀並保持 CPD 聯絡人(CPD PC)獨立於任何外部機構，並強調 CPD PC 的位置應由之前的 CPD / TAG 代表填補。
- B. 為確保工作持續性，新的 CPD PC 應與現有 CPD PC 有 4 個月的重疊期，以確保經驗的連續性和移交。因此，新的 CPD PC 應該在 2019 年 11 月 1 日就位，這樣他能與當前的 CPD PC 一起參加 2019 年 11 月的 CPD-38 會議。
- C. 新的 CPD PC 人任期為 3 年 4 個月(含與下任 CPD PC 交接重疊期間)。
- D. CPD MB 同意向 NEA 支付 12,500 歐元的一筆總額，用於 2019 年的秘書處工作
- E. CPD MB 授權 CPD 局在 OECD 2019 財政年度期間決定支出高達 10,000 歐元（總額），以應付此期間出現意外需求的狀況，以確保計劃工作的繼續和完成(含 CPD MB, TAG 或 CPD Task Group)。如果作出此類決定，將立即通過電子郵件通知 CPD MB 成員。
- F. CPD MB 決議 2019 年費仍維持與 2018 一樣
- G. 經理人會議決議每次提供 5000 歐元經費給每次 TAG 會議主辦單位。
- H. CPD MB 核准 Novovoronesh unit 1&2 參加 CPD 除役計畫會議新成員。CPD MB 同意必須對新申請人及其退役項目的適用性進行初步檢查。因此，MB 決議授權 CPD PC、TAG 主席和副主席一起對新申請人的除

役計劃進行初步背景調查，以初判他們是否可向 CPD 提出申請，及在 TAG 議程列入正式申請程序。

4. TAG65 會議決議事項：

- (1) TAG 65 選 Robert Walthery 先生為 TAG 主席，而 Manuel 先生為副主席。
- (2) TAG65 通過建議 Novovoronezh units 1&2(俄羅斯 VVER)除役計畫為 TAG 新成員，並於 2018 年 11 月赴 MB 報告(2018 年底已獲得 MB 同意)。而 IFE 除役計畫則未被通過。
- (3) TAG66 的技術專題是遙控切割工具介紹 (Tools used during remote controlled dismantling)。
- (4) TAG67 會議由義大利 JRC 舉辦

5. 後續 TAG 會議舉辦事務：

- (1) TAG 67 將由義大利 JRC 負責舉辦，規劃於今年(2019)10 月於義大利 Baveno 舉行。
- (2) TAG-68 決議 2020 年 5 月預定於英國 Sellafield 舉行。
- (3) TAG-69 決議 2020 年 10 月預定於日本舉行。
- (4) TAG-70 決議 2021 年 5 月預定於斯洛伐克舉行。
- (5) TAG-71 決議 2021 年 10 月預定於俄羅斯舉行。

二、各除役專案進度報告

本次會議報告內容繁多，涉及濃縮廠、研究設施及核子反應器等各類型核設施除役作業，而對本公司而言，主要仍關切核能電廠之除役作業，故本部份報告內容將著重於各國核能電廠除役工作進展情形。其餘部分若有可供本公司除役參考之經驗，亦會摘錄進本報告。

1. 斯洛伐克 Bohunice V1 核電廠之除役作業

本次會議是由 CPD 主席 Martin 先生引言，由 Marek Noskovic 介紹 v1 電廠反應器冷卻系統切割經驗，包含反應器壓力容器、爐內組件、活化水泥移除、蒸汽產生器、主循環泵、主隔離閥及各種輔助設備拆除切割經驗。

本次經驗會饋亦包含放射性廢棄物裝桶及運輸經驗回饋。根據他們實際作業經驗，目前廢棄物產量約為下表所示：

形式	數量(噸)	比例
外釋	650.0	68%

污染	213.5	22%
可壓縮廢棄物	92.6	10%
可燃廢棄物	3.2	0.3%
合計	959.3	

今年該電廠計畫執行下列工作：

- (1) 於汽機廠房建立控制區
- (2) 將所有蒸汽產生器移往汽機廠房控制區內
- (3) 建立污染設備的乾式切割工作站並開始切割
- (4) 建立活化設備的濕式切割工作站並開始切割
- (5) 其餘，包含
 - a. 反應器廠房清理
 - b. 一號機壓力容器切割
 - c. 正式運作 V12 電廠的除污與切割設施

汽機廠房控制區為一室內鋼架結構，可在內進行切割工作。

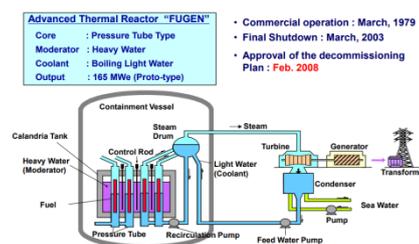
其爐內組件計畫是以帶鋸(Band Saw)，切割完裝入金屬格架提籃，再裝入內襯為纖維混凝土(Fiber Concrete)，外表為金屬屏蔽之裝置容器內貯存。運輸時將前述容器裝入 PK90 運輸箱內，再以拖車運送至中期處置場內存放。

2. 普賢實驗進步型熱反應器之除役作業

普賢是日本自行設計的重水式實驗進步型熱反應器，發電量約為 165MWe，自 1979 年起機運轉至 2003 年停機，2008 年 2 月核准除役計畫。其除役計畫在歷經 5 年準備其後，將除役規劃成 4 階段，摘述如下：

- (1) 第一階段：先拆除汽機廠房設備，目前已拆除近 1000 個組件。
- (2) 第二階段：拆除周邊區域設備，此階段預計由 2017~2022 年。
- (3) 第三階段：預計由 2022~2031 年拆除反應器廠房內設備。
- (4) 第四階段：預計由 2031~2033 移除所有廠房。

目前在進行第二階段，計畫利用汽機廠房執行放射廢棄物處理及外釋判定，因此目前在建立反應器廠房與汽機廠房間之通道。此通道約為 4 米高 3 米寬，位於地下一層，計畫用鑽石索鋸(Diamond Wire) 切割出此通道。



所有廠房週邊設備及反應器組件(只估算組件部分)約 2000 噸會被移至汽機廠房進行後續處理。

為了評估電腦程式計算爐內組件及反應爐本體活度合理性，普賢電廠人員設計兩種爐內取樣設備，其中一種是由壓力管底部伸入刮取壓力管內部金屬，另一種是由側面伸入可刮取爐壁之金屬。整個取樣工作自去年 3 月開始，目前為止成功自壓力管完成一個取樣工作，全部需要取 6 個樣本。樣本將用來與程式分析結果比對，比對完成對廢棄物分類、切割人員劑量及廢棄物貯存規劃大有幫助。

今日本管制機關 NRA 尚在討論外釋標準，因此普賢電廠亦先規劃外釋處理區(類似廢棄物處理區 WMA)，此區也是設立在汽機廠房，包含去污設備、切割區域、暫存區及測量區。其中暫存區有增設兩棟暫存倉庫，一號倉庫是放置待確認之物件，二號倉庫則是放置可外釋物品。在電廠以儀器偵測完判定可外釋後，管制單位(NRA)將會進行抽樣檢查以確認偵測正確性。

金屬廢棄物除污是濕式處理以高壓水柱沖洗再以空氣吹乾，每次除污約需 4 分鐘，以每日工作 6 小時工作估算大約可處理 2 噸廢棄物。除污完成後會執行輻射度量以判定是否可外釋，目前建立的污染量測方式需要 5 個工作人員，每小時約可量測約 1 噸。而外釋量測則須 4 位工作人員，每半天可偵測約 1 噸。外釋量測儀器是將使用在屏蔽箱內裝設 8 隻塑膠閃爍偵檢器進行 γ 量測，上下各 4 隻偵檢器，上方 4 隻可依量測金屬後度進行上下移動以進行量測。

目前建置好之一號倉庫可裝置 390 噸暫存金屬，目前已有 50 噸，預計今年會由 NRA 進行抽測確認。

3. 丹麥 DR3 研究反應器設施之除役作業

該研究型反應器目前正進行反應爐內部石墨移除作業，自上次 TAG65 後(去年 10 月)又移除 65 塊石墨，共已移除 685 塊石墨。石墨移除完成後會進行水泥切除工作，為減少工作人員劑量，會在開口水泥上方加裝屏蔽蓋後進進行切割工作。

4. 韓國古里電廠(KORI-1)之除役作業

古里電廠是在 2015 年 6 月決定要計劃永久停機，2015 年年底決定要進行除役工作，2017 年 6 月正式永久停機。該電廠也決定使用立即拆除策略，但廠址在除役後不是恢復成綠地(Green Field，年劑量限制為 0.25mSv/hr)，而是以達成限制性使用(Brown Field，年劑量限制為 1mSv/hr)為目標。預計花 15.5 年進行除役工作，該電廠除役計畫共分成 4 階段：

- (1) 第一階段：除役準備階段及停機處理，2017 年 6 月至 2022 年 6 月
- (2) 第二階段：開始除役階段，2022 年 6 月至 2025 年 12 月
- (3) 第三階段：拆解污染廠房及廢料處理，2025 年 12 月至 2031 年 1 月
- (4) 第四階段：土地復育，2031 年 1 月至 2032 年 12 月

該電廠已於 2015 年 12 月建立後端及除役部門(Backend Management & Decommissioning Department)，並針對除役工作建立 R&D 部門，亦建立 4 個小組，分別針對除役技術、除役計畫管控、後端營運及用過燃料領域進行規劃與管控。

該公司在進行除役規劃時圍著眼未來國際市場有先篩濾出 58 個除役必須之技術，並初步定出其中主要關鍵技術有 44 個領域技術，另 14 個為補充技術，在後續篩濾中由 44 個主要技術找出最重要的 10 個主要技術，14 個補充技術找出 7 個需要技術，已訂出發展除役技術之優先順序。

目前該電廠正進行放射性廢棄物處理廠房概念設計，由 KEPCO E & C 設計中，基本上該廠房需要能滿足下列要求：

- (1) 收集除役工作產生之放射性廢棄物
- (2) 提供足夠空間執行放射性廢棄物分類、測量、除污及暫存之功能
- (3) 防止廠房內待處理放射性物質擴散至外面
- (4) 快速處理廢棄物之能力防止流程阻塞
- (5) 減少放射性廢棄物
- (6) 減少最終處置成本
- (7) 處理能須滿足每部機至少 14500 桶之目標，要能減容

針對減容，本次該電廠有探討兩種減容方式，一是電漿火炬(Plasma Torch, PTM)，另一則是真空感應爐熔煉(Vacuum Induction Melter, IM)，其比較表列於下：

方式	需討論事項
PTM	可處理大量物質 經濟性 減容比 社會接受度(Public Acceptance, PA)
IM	社會接受度

5. 日本濱岡(HAMAOKA)除役作業進展

濱岡電廠共有五部機，目前 1~2 機為除役階段，3~5 機則為大修改善階段(福島後被要求須符合新法規)，本次介紹是說明 1~2 號機除役進展，其除役規劃為

- (1) 2009 年~2015 年第一階段為除役準備期(已於 2015 年 5 月 10 日移除所有用過燃料)
- (2) 2015 年~2022 年第二階段則為反應器廠房周邊區域拆除(實際於 2016 年 2 月 3 日進入第二階段，目前已完成一號機系統除污，準備執行二號機)
- (3) 2023 年~2029 年第三階段則計畫拆除反應器區域
- (4) 2030 年~2036 年第四階段則計畫拆除建築物

前陣子除役主要工作為

- (1) 進行拆除主圍阻體(PCV)外之設備
- (2) 拆除主煙囪
- (3) 反應爐系統除污及主圍阻體外反應爐冷卻系統除污

以主要變壓器及油槽拆除而言，大約產生 2830 噸物質，但其中 95%可以回收工業使用。而硼液槽及汽機發電機部分則產生約 3645 噸廢棄物，其中 99%符合外釋標準。

其中使用 GM 偵檢器進行 γ 偵測，而 β 偵測則是使用放射化學分析進行量測。

因為日本依法(Electricity Business Act)規定，為了不延遲除役工作，電廠在宣布終止運轉(2008 年 12 月 22 日)後一年內必須開始進行系統除污，且必須事前獲得 NRA 核備。否則，預留資金應予以償還，並視為總收入而必須針對此部分納稅。因此該電廠在化學除污議題是分成兩次進行。

- (1) 第一階段準備作業(2009~2014)：進行再循環管路、爐水淨化系統、餘熱移除系統單獨進行除污工作(不包含反應爐)
- (2) 第二階段(2015~2022)：針對反應爐、餘熱移除系統及爐水淨化系統進行系統除污

目前已完成一號機第二階段，正準備進行二號機除污工作。在一號機第一階段期除污效果詳如下表：

該公司亦表明第二階段除污有下列目的，摘述如下：

- (1) 改善爐內組件時之水質澄清度，因為系統除污可移除金屬表面覆著之鬆散積垢，可改善切割時之澄清度。
- (2) 減少於熱移除管路劑量，避免未來切割裝箱乾燥過程，因為過高劑量產生水解效果造成氫氣累建效果。
- (3) 方便於熱移除及爐水淨化管路未來外釋可能性(除污就是移除放射性物質，代表外釋可能增加)。

二階段除污一號機已於今年 2~3 月間完成，二號機預計於 2020 年間執行。其執行方式順序摘述如下：

- (1) 移除用過燃料池燃料及格架，於用過燃料池安裝新格架，目的

是將爐心之控制棒、控制棒導管及燃料墊塊(Fuel support piece)淨空搬運至新格架中。

- (2) 脫接反應爐心控制棒及控制驅動機構
- (3) 利用爐底控制棒驅動進口安裝化學除污系統進口
- (4) 移除控制棒、控制棒導管及燃料墊塊
- (5) 安裝汽水分離器及乾燥器回爐內(為一併除污)
- (6) 降低反應爐水水位以利安裝化學除污出口
- (7) 連接化學除污設備
- (8) 灌水至反應爐
- (9) 進行系統化學除污(其中乾燥器是利用調整水位高低來進行除污，因為此區域除污液體不易流經)

一號機反應爐系統除污結果如下表：

除污前後比較確實劑量有下降，但也會產生二次廢棄物如樹脂，其中反應爐除污產生 11 立方米，而爐水淨化系統及餘熱移除管路則產生 6 立方米樹脂。這些樹脂劑量都不低，也會產生處理議題，在會中有會員討論此議題，系統除污效果與二次廢棄物這兩者如何取設在各國間都有不同看法。

6. EWN 除役作業進展

EWN 是指德國 Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH 集團，上次 TAG65 會議中 EWN 介紹了蒸汽產生器的試除污規劃、汙染水泥處理規畫及大物件切割的裂解廠房(Fragmentation Hall)規劃，本次就接續上次會議繼續介紹裂解廠房詳細規劃。該公司規劃時程如下：



- (1) 2004 年制定大物件處理策略
- (2) 2005 年初步規畫興建裂解廠房
- (3) 2014 年管理會議決定興建
- (4) 2015 年開始規劃興建
- (5) 預計 2021 年 9 月啟用，當年底開始裂解設備

在興建完成後，計畫利用本廠房進行大屋件的裂解處理，並說明規劃時程(初步時程由 2021~2059 年)，近期規劃如 2021~2033 除污及乾式裂解 #1~#4 機的蒸汽產生器，而 2034~2036 裂解#1~#4 機反應爐、絕熱體及大型水槽…。

7. KTE 公司除役作業進展

KTE 是指 Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH，位於卡爾斯魯爾(Karlsruhe)北方約 10 公里，負責自 1960 年至 1980 年進行基礎和核能應用研究所興建之核設施的除役工作。該地區核設施包含原型燃料在處理廠(WAK，Prototype)、研究型反應器(MZFR)、液態鈉反應器(KNK)、熱室、研究用反應器(FR2)及廢料處理廠。本次進度主要為研究型反應器(MZFR)除役進度，摘錄如下：



本反應器由 1961 年至 1965 年間興建，商轉期為 1965 年至 1984 年，發電量為 57MWe。目前已完成除役前 7 階段，目前正進行第 8 階段除役工作。

MZFR 目前除役狀態如下：

- (1) 所有核能系統已被拆除
- (2) 活化部分之生物屏蔽已移除
- (3) 機組設施廠房已拆除
- (4) 燃料廠房及輔助廠房(5 個中已拆 2 個)
- (5) 反應器廠房除污中



(6) 輔助廠房 B916~B918 幾乎除污完成，進行附設測量中

(7) 反應器廠房外土地外釋測量中

在拆解反應器廠房內生物屏蔽水泥時，該公司有先製作 3D 模型並以遙控方式配合部分人工處理活化的生物屏蔽牆，考量移除水泥後可能會傷及結構強度，也會在施工區域增加外加支撐柱強化支撐。在廠房量測輻射劑量時該廠是以升空車或搭架進行輔助。

8. R2 核設施除役作業進展

R2 核設施位於瑞典斯德哥爾摩南方 100 公里處的核研究設施，在 1950 年代興建，並於 1960 年運轉至 2005 年，有兩座研究反應器 R2 是 50MW，而 R2-0 是 1MW 的研究反應器，主要是用來產生中子研究用包含核燃料測試、中子研究、放射核種製造及癌症治療。其除役計畫的規劃如下：

- (1) 2015 年 1 月至 2016 年 1 月拆除反應器
- (2) 2016 年 8 月至 2018 年 7 月拆除生物屏蔽
- (3) 2017 年 5 月至 2019 年年底拆除其餘污染系統及近 200 間房間

目前進行第二階段拆除生物屏蔽中，為防止污染擴散它們會在生物屏蔽外加裝一封閉外結構，並盡量使用遙控機具進行拆除作業，目前已移除生物屏蔽準備處理地面。主要使用工具是 Brokk 400 型機器人來鑿牆或地板，線具來切割爐心，共產生 932 噸可外釋水泥，條件外釋水泥 138 噸(回填或有害物質處理)，需處置水泥 710 噸，整格除役計畫約花費 1 千萬歐元(不包含處置費用)

在第三階段拆除廠房時他們有使用支撐住補強結構，未來電廠除役時應該也可能會使用到。因為該設施為研究用反應器因有很堆穿越管，因此污染擴散問題必須要審慎處理。

本次簡報令人印象深刻的是針對埋管內部除污方式，他們是使用傳統家庭用來清理廢水管內部方式，放入金屬研磨器進入管路中研磨，速度可比鑽心或線鋸方式更快，且廢棄物不多。

(本頁各圖摘自參訪簡報，上網版本將刪除)

9. JOSÉ CABRERA 電廠除役作業進度

本電廠是西班牙第一座核能電廠在 1969 年 10 月正式商轉，2003 年至 2009 年間準備除役計畫，2010 年轉移除役責任給 ENRESA 公司，預計 2020 年執行最終輻射偵測(Final Radiological Survey)

2018~2019 進行的除役作業，主要是

- (1) 煙囪拆除作業，主要在露天作業做法是先搭架再在煙囪頂部以吊車吊住後進行較低處切割分離，分離成功後以吊車將分離組件調往地面置放。在於地面切割成半圓形以利運輸。
- (2) 水泥地表下埋管清除，是以機械人破壞水泥移除管路或以鑽石線鋸切割水泥及管路。
- (3) 生物屏蔽牆則切割後移除
- (4) 污染土地則運至搭設之棚架內清洗處理

10.核一廠除役規畫報告之意見回饋

本公司本次與會就核一廠除役計畫自前次參加TAG-65 至今之最新規劃進展進行簡報，簡報內容詳如附件。本次說明主要是

- (1) 我國除役計畫相關法規與背景說明
- (2) 除役計畫已獲核備，但尚待環評許可(報告完隔日通過)
- (3) 系統再分類小組介紹(SERT，含近期進度)
- (4) 廢料壕溝清除計畫含最新進度

在會中說明本案是我國第一次執行核電廠除役工作，我們了解挑戰極大，而且已開始做系統再分類及隔離工作，待除役許可後會盡速展開相關除役工作。但我們深信在國際協助交流及自我積極成長前提下，我們一定可以如質如期完成相關除役工作。

三、新計畫申請入會及除役技術專題

今年申請加入 CPD/TAG 之計畫有一項，就是瑞士 KKM 除役計畫，該電廠與核一廠一樣是 BWR4，商轉日期為 1972 年 11 月，發電量為 306MWe(功率提升至 373MWe)，在車諾比事件後有應該國新要求增設 SUSAN 設備(Special Independent Systems for Removal of Decay Heat)獨立餘熱移除系統含控制室)，但該公司仍於 2013 年 10 月底決定於今年年底將機組正式停止運轉。預計除役時程如下：

- (1) 2019 年除役準備工作
- (2) 2020 年機組正式永久停機，燃料移除(至 2024 年)開始除役
- (3) 2024 年拆解核設備及處理廢棄物(至 2030 年)
- (4) 2030 年外釋處理作業
- (5) 2031 年外釋土地(Final State)
- (6) 2034 年前完成傳統區域拆除

該機組雖已於 2018 年獲得除役許可，但要繼續運轉至今年年底，在 TAG66 會議會員熱烈討論，但最終決議是雖然該電廠有除役許可，但目前尚在發電(預計到年底)，而且允許入會會員尚須至 MB 報告，因此會中決議同意該計畫加入 CPD/TAG 之申請，但今年尚不能參與年 10 月舉辦之 TAG67 會議，待 MB 同意後，再參加明年之 TAG 會議。

四、除役設施現場參觀

有關除役設施現場參訪為會議期間參觀加拿大 Whiteshell 國家實驗室 WR-1。在 5 月 16 日參訪放射性廢棄物處理區域，5 月 17 日參訪 WR-1 反應器區域。WR-1 是在 1965 年興建完成為 60MWt 之研究型 CANDU 反應器，1965 年至 1985 年運轉其冷卻劑為有機冷卻劑(organic coolant)，開始除役時就盡速將用過燃料移除，並卸除爐心中液體及清除部分設備，之後就貯放 32 年以利放射性衰減。計畫於 2019 年至 2022 年間進行後續除役工作，但他們是採用原地固封(Entombment)方式進行除役工作，因此可減少大量人員劑量與經費，此種作法在國際間並不多見。

因為兩天參觀為保安需求不允許拍照，陪同解說人員都必須身穿反光背心，理由是危險發生時有明確指引功能。

WR-1 大部分設備包含反應爐都是裝設在地底下，他們的除役作法是較特殊與我國規劃並不相同，但在執行固封前他們有做水文調查等科研工作值得我們參考。

- (1) 興建時就確認設施底部是黏土，並確認地下水走向
- (2) 利用原有廠房外牆做包封體最外層
- (3) 地面上設備拆除後盡量裝入地下廠房內後將地下廠房灌滿水泥，裝不下的運至 Chalk River 廠區貯存，目的是減少設備運輸風險。
- (4) 評估貯存在原地對環境之影響衝擊，並監管 300 年。

肆、心得與建議事項

TAG 會議其性質與其他國際研討會性質較為不同，參與的會員都是各國除役的資深人員，除役經驗極為豐富，因此參加此會議可實質進行除役技術議題交流。本公司核一廠一號機去年 12 月 5 日已進入除役期間，而未來核二、三廠也將陸續進入除役。本次會議活動，希望能透過與 TAG 會員進行除役技術交流，了解國際除役作業上之相關作法並從中學習除役關鍵技術與經驗。不過這些除役技術與經驗只對會員公開，因此，歷次會議開始就提醒與會者，考量其執行敏感性及維護會員權益，必須尊重本次會議內容的保密性，不可對外公開，並需於會議間簽署保密承諾文件。OECD 會將可公開資訊另行公告。

本次出國參訪心得與建議事項如下：

- (一) 目前韓國 KORI 一號機才開始執行除役，其機型與本國核三廠均為壓水式，目前正處於除役規劃期間，但該電廠對除役需要技術有深入探討，建立管控追蹤機制。此種思維及規劃可提供許多寶貴的經驗回饋，而本公司已參考他們的作法盤點本公司可發展之核電廠除役技術。不過未來仍可多注意該電廠之除役工作。
- (二) 日本濱岡電廠剛進行完一號機系統除污，正準備進行第二部機之系統除污，它們是在停機近 10 年後進行相關工作，其除污結果可提供我國參考，未來可多注意該電廠之系統除污工作之進展。
- (三) 本次會議加拿大 WR-1 除役工作隨然採取固封方式而非立即拆除作業，因此其人員劑量、廢棄物產生量及成本均不能與我國除役工作比較，但這次參訪發現現場陪同人員在陪同時都必須穿反光背心，在危險發生時可以明確告訴來賓需跟隨對象，此點在未來除役過程可以參考。
- (四) 各國因機組形式不同或國情不同除役方式與機具或有不同，但大家都是盡量利用遙控放式進行遠端監控作業進行較高輻射或污染區域之切割作業，這種方式可減少大量人員劑量，可供我們除役工作參考。
- (五) 放射性廢棄物處理中心(WMA)可進行去污設備、切割區域、暫存區及測量區，是除役 D&D 之必要前置設施，因此各除役電廠包括斯洛伐克 Bohunice V1 核電廠、普賢實驗進步型熱反應器、韓國古里電廠(KORI-1)等都可看見建置 WMA 是第一期準備工作事項。而目前本公司進行核一廠除役準備事項，規劃放射性廢棄物處理中心(WMA)、放行/外釋量測中心、放射性廢棄物盛裝容器、新低放貯存庫等，均切合各國推進步驟，應繼續積極推動。

本次 TAG 會議主辦單位要求各與會人員均需簽屬保密協議，以保證會議資訊不會外流，故本報告將對不公開內容一併綜整於附件內，並於後續上網公開報告時不包含附件。

附件一 日本濱岡(HAMAOKA)除役作業進展

附件二 核一廠除役規畫報告