

件出國報告(出國類別：開會)

赴丹麥參加核能電廠除役國際會議
(OECD-NEA-CPD-TAG62)

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張文彬 第一核能發電廠 核技課長

謝宗霖 核能後端營運處 專員

派赴國家：丹麥

出國期間：106年5月13日至106年5月21日

報告日期：106年6月26日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴丹麥參加核能電廠除役國際會議(OECD-NEA-CPD-TAG62)

頁數 22 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/ 陳德隆 / (02)2366-7685

出國人員姓名/台灣電力公司/單位/職稱/電話

張文彬/台灣電力公司/第一核能發電廠/核技課長/(02)2638-3501#3754

謝宗霖/台灣電力公司/核能後端營運處/電廠特性調查專員/(02)2365-7210#2249

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5.其他(開會)

出國期間：106.05.13 ~ 106.05.21

出國地區：丹麥、瑞典

報告日期：106.6.26

分類號/目：

關鍵詞：核電廠除役

內容摘要：(二百至三百字)

核一廠1、2號機運轉執照年限為40年，並將分別於107年及108年屆期，依據「核子反應器設施管制法」第23條規定，本公司已於104年底前完成「核一廠除役計畫」並向原能會提出除役申請。本次受邀參加TAG-62會議，該會議於5月15日至17日於丹麥哥本哈根(Scandic Palace Hotel)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」分享規劃工作現況與成果，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。另有2天實地參訪瑞典Barsebäck核電廠之1、2號反應器除役作業及丹麥RISO國家實驗室之DR3研究反應器設施及其熱室(Hot Cell)、核廢料處理廠等除役作業。考量本公司即將面臨核一廠除役工作，有必要積極參與相關國際會議，以汲取並引進國外最新除役技術、經驗與資訊，作為提供後續公司進行除役規劃之重要參考。

目 錄

壹、出國目的	1
貳、出國過程	2
參、會議內容摘要	7
一、會議內容重點摘要	7
(一)、OECD-NEA-CPD 事務.....	7
(二)、各國除役狀態報告(Country Reports).....	10
(三)、各除役專案進度報告.....	13
(四)、新計畫申請入會及除役技術專題.....	14
(五)、除役設施現場參觀.....	15
肆、心得與建議事項.....	21
一、心得與感想.....	21
二、建議事項.....	22

圖 目 錄

圖一、OECD/NEA CPD/TAG 組織架構示意圖	7
圖二、瑞典核電廠地理位置圖.....	16
圖三、瑞典 Barsebäck 核電廠.....	17
圖四、RISO 國家實驗室鳥瞰圖.....	17
圖五、RISO 國家實驗室內各設施位置.....	18
圖六、DR-3 爐內鋁襯切割操作控制室.....	19
圖七、DR-3 爐內切割作業與監視系統工作站.....	19
圖八、外釋物量測實驗室.....	20
圖九、外釋物量測站.....	20

表 目 錄

表一、本次國外公差主要行程.....	2
表二、第 62 屆 TAG 會議詳細議程	3
表三、日本除役/停止運轉機組(迄 2017/05/01).....	10
表四、外釋金屬容器設計型式.....	11
表五、放射性廢棄物貯放場址及型式.....	11
表六、近期 CPD 會員變動彙整表.....	15

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 62 次技術諮詢會議(TAG-62)」，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，均維持每年參加一次 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之目的，本公司過往亦多次與會(TAG54、TAG57 及 TAG60 等)。

本次受邀參加 TAG-62 會議，該會議於 5 月 13 日至 21 日於丹麥哥本哈根(Scandic Palace Hotel)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」分享規劃工作現況與成果，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，並實地參訪瑞典 Barsebäck 核電廠之 1、2 號反應器除役作業及丹麥 RISO 國家實驗室之 DR3 研究反應器設施及其熱室(Hot Cell)、核廢料處理廠等除役作業。

依據「核子反應器設施管制法」第 23 條規定，經營者應於核子反應器設施預定永久停止運轉之三年前提出除役計畫，而核一廠 1、2 號機運轉執照年限為 40 年，並將分別於 107 年及 108 年屆期，本公司已於 104 年底完成「核一廠除役計畫」並向原能會提出除役申請。考量本公司即將面臨核一廠除役工作，有必要積極參與相關國際會議，以汲取並引進國外最新除役技術、經驗與資訊。

貳、出國過程

本次 TAG-62 會議係由 Danish Decommissioning 及 Barsebäck Kraft AB 公司共同主辦，於鄰近之丹麥哥本哈根(Scandic Palace Hotel)舉行，會議於 2017 年 5 月 15-19 日召開。本公司自 2014 年加入該組織後，本次為第三次派員與會，由核一廠核技組核技課張文彬課長及核能後端營運處除役組電廠特性調查專員謝宗霖參加，前次參加為 2016 年 5 月之 TAG-60 會議。

本次會議主要行程如表一所示，會議自 5 月 15 日起共進行五日，分為閉門會議及現場參觀行程，。自 5 月 15 日至 5 月 17 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、 國家除役狀態報告(3 案)；
- 三、 各會員之核能設施除役專案進度報告(核燃料循環設施 7 案、核子反應器設施 15 案)；
- 四、 新申請入會案件報告(2 案)及除役技術專題－廠址復育計畫與執行於除役專案之重要議題(Site remediation issues to consider in planning and execution of a nuclear decommissioning project) (2 案)

而從 5 月 18 日至 5 月 19 日進行核設施除役現場參訪行程，包含：

- 一、 瑞典 Barsebäck 核電廠之 1、2 號反應器參訪
- 二、 丹麥RISO國家實驗室之DR3研究反應器設施及其熱室(Hot Cell)、核廢料處理廠參訪。

表一、本次國外公差主要行程

月/日(星期)	工作內容重點
5/13(六)~5/14(日)	去程，由桃園機場出發，至德國法蘭克福機場，轉機至丹麥哥本哈根機場，晚上19:00於Scandic Palace Hotel報到。
5/15(一)~5/17(三)	全天會議討論(議程詳如表二)；5/17(三) Chinshan NPP除役計畫簡報。
5/18(四)	Barsebäck NPP簡介與現場討論
5/19(五)	Riso site簡介與現場討論，並至荷蘭阿姆斯特丹機場轉機。
5/20(六)~5/21(日)	回程，由荷蘭阿姆斯特丹機場返回桃園機場。

表二、第 62 屆 TAG 會議詳細議程

TAG 62 - 15th – 19th May 2017

Danish Decommissioning / Barseback Kraft AB in Copenhagen, Denmark

Meeting Agenda

Sunday 14 th May			
Arrival in Copenhagen and Scandic Palace Hotel check-in			
Monday 15 th May			
Time	Topic		Name
08.00		Assemble in Conference Room for meeting, <i>Transfer presentations to Coordinator's computer</i>	
	1	Introduction	
08.45		i. Welcome by the TAG Chairman	Chairman
08.50		ii. Round Table Introductions	All
09.05		iii. Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
09.20	2	Approval of agenda	Chairman
	3	Chairman's, Co-ordinator's Remarks and Opening Business	Chairman, Coordinator
09.25		i. Chairman's Opening Business	Chairman
09.30		ii. Co-ordinator's Summary of the CPD Management Board (MB) meeting	Coordinator
09.40		iii. Future role of CPD – presentation given by Ivo Tripputi at MB 35 and discussion	Coordinator All
10.10	4	CPD recent activities	Lin Jihong
11.00	5	Summary Record of TAG 61 – decisions tracking	Coordinator
	6	Country Reports	
11.10		i. Japan	Motonori Nakagami
11.40		ii Denmark	Kirsten Hjerrild Nielsen
12.00		iii Germany	Hermann Langer
	7	Project Status Reports:	
	7a	Status Reports from Fuel / other Nuclear Facilities	
13.05		i. Riso Hot Cells Decommissioning	Bjarne Rasmussen
13.30		ii. Uranium Refining/ Conversion/Enrichment Facilities Decommissioning	Yusuke Ohhashi
14.05		iii. ISPRA – Retrieval of Legacy Waste	Francesco Basile
14.25		iv. UP1 Decommissioning	Eric Cantrel

15.40		v. Sellafield Decommissioning	Bruce Wilson
16.05		vi. Whiteshell Laboratories Decommissioning	Craig Michaluk
16.35		vii. Bochvar Institute Decommissioning	Sergey Savin
17.00		Organisational announcements	Host, Chairman
Tuesday 16th May			
08.00		Assemble in Conference Room for meeting, <i>Transfer remaining presentations to Coordinator's computer; Announcements by Chair/Host</i>	
08.10		Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
	7b	Status Reports from Reactor Facilities	
8.15		i. KBB Decommissioning	Hermann Langer
08.50		ii. Bohunice V1 NPP Decommissioning	Martin Macasek
09.15		iii. Fugen decommissioning	Koichi Kitamura
09.40		iv. Hamaoka NPP Decommissioning	Motonori Nakagami
10.40		v. Jose Cabrera NPP Decommissioning	Manuel Ondaro
11.20		vi. TRR Decommissioning - Taiwan	Chun-Ping Huang
11.35		vii. DR3 Riso Decommissioning	Per Holtzmann
12.00		viii. PHENIX Decommissioning	Eric Gouhier
13.30		ix. Greifswald NPPs Decommissioning	Eberhard Thurow
13.55		x. Brennelis Decommissioning	Michel Velon
14.25		xi. AVR Decommissioning	Norbert Hess
14.50		xii. BR 3 Decommissioning	Sven Boden
15.45		xiii. KTE Decommissioning (overview)	Erwin Prechtl
16.15		Organisational announcements	Chairman/Host
Wednesday 17th May			
08.30		Assemble in Conference Room for meeting	
		Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
		Continuation Status Reports from Reactor Facilities	
08.35		xiv. Chinshan NPP Decommissioning Preparation - Taiwan	Wen-Bin Chang
09.00		xv. Kori 1 Decommissioning	Wook Sohn
	8	New Projects (status)	

09.25	8a	<p>i. UP2 400 (fuel reprocessing plant)- AREVA</p> <p>ii. TAG Members discussion of the project during which AREVA is not present</p> <p>iii. TAG present conclusion of discussion</p>	<p>Jean-Michel Chabeuf</p> <p>All</p> <p>Chairman</p>
10.35	8b	<p>i. Ringhals NPP Decommissioning – Vattenfall</p> <p>ii. TAG Members discussion of the project during which Rosenergoatom is not present</p> <p>iii. TAG present conclusion of discussion</p>	<p>Frederic De la Gardie</p> <p>All</p> <p>Chairman</p>
	9	<p>Topical Session:</p> <p>“Site remediation issues to consider in planning and execution of a nuclear decommissioning project”.</p>	
11.15		1) Introduction	Chairman
		2) Members presentations	
11.20		i. Preliminary experience in site remediation in Belgium	Sven Boden
11.45		ii. ENRESA site remediation experience	Manuel Ondaro
12.10		3) Discussion and round-up	Chairman
12.15		4) Topic agreement for TAG 63 Topical Session	All
	10	<p>Status - TAG Knowledge Base - Discussion of further steps</p>	
13.25		i. Presentation of TAG KB sample	Jihtong Lin (NEA)
13.40		ii. Task Group results, discussion and agreement on further steps	All
	11	<p>Task Groups</p>	
14.10		i. Task Group on Recycling and Reuse of Materials - Status of the publication of the final report	Chairman
14.15		ii. Results of the Task Group meeting of the TG “Dismantling of high contaminated tanks”.	Chairman Jihtong Lin
14.45	12	<p>Future meetings of the TAG</p>	
		<p>i. TAG 63 October 2017- CEA/EDF/AREVA France</p> <p>Short presentation in preparation of TAG 63</p>	CEA/EDF/AREVA
		ii. TAG 64: May 2018 – ENRESA– Spain - to	

		be final confirmed	
		iii. TAG 65: October 2018 – WAK Germany	
		iv. TAG 66: May 2019 - AECL Canada	
15.15	13	Closing remarks, meeting adjourn.	Chairman
15.25		Introduction to the visits at Barsebäck and Riso	Hosts (DD&BB)
Thursday 18th May			
Site Visit Barsebäck			
08.00	Pick up Scandic Palace Hotel – transport to Barsebäck NPP		
09.30	Presentations Barsebäck Decommissioning Project		Hakan Lorentz and colleagues
13.00	Barsebäck NPP guided tour		
Friday 19th May			
Site Visit Riso			
09.00	DR3		Per Hltzmann
10.00	Hot Cells		Bjarne H. Rasmussen
11.00	Clearance Laboratory		Jens Sogaard-Hansen

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。

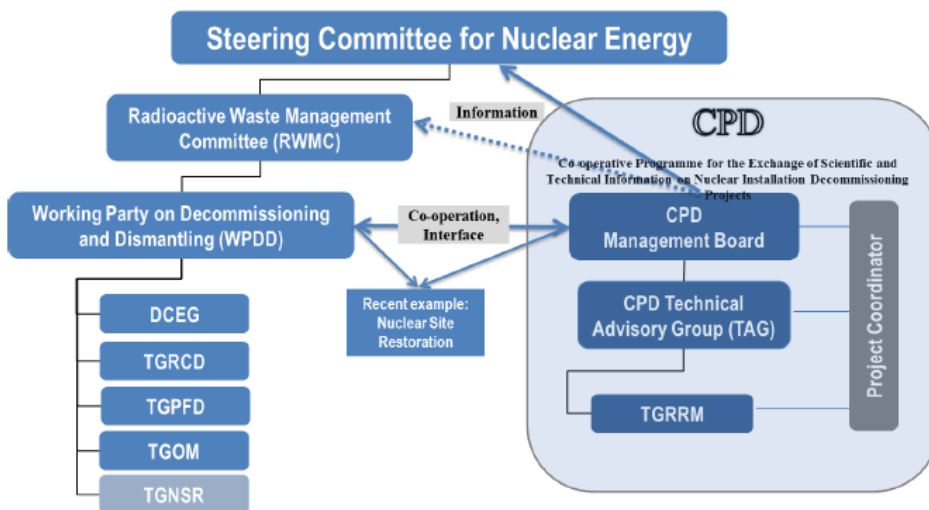
一、會議內容重點摘要

(一)、OECD-NEA-CPD 事務

1. 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。成立初期成員為 8 個國家的 10 個除役計畫，至 2017 年已成長至 70 個除役計畫（40 個反應器及 30 個燃料循環設施），共 15 個國家及歐盟。

圖一、OECD/NEA CPD/TAG 組織架構示意圖



2. 2016 年第 35 次 CPD 經理人會議(CPD Management Board Meeting)與 CPD 目前執行策略、問題改進及未來發展方向：

- (1)核設施除役計畫(CPD)是所屬核能署(NEA)的一個成功計畫，並應可為 NEA 提供更大的貢獻資源，CPD 所關注的是除役技術方面相關議題，而 WPDD 則較適合處理除役政策和策略相關議題。CPD 在 NEA 的策略計畫中能見度將增加，而 CPD 已隨時準備好與任何除役執行作業的小組提供合作機會。然而合作不僅意味著獲得一致性協商，亦可能涵蓋彼此除役技術的競爭。因此，對技術資訊詳細具體內容需要維持一定程度的保密性。
- (2)由於 CPD 較少積極的討論經驗分享以致於無法廣範地被普遍瞭解其除役相關作業，CPD 應該更加對外公開相關資訊，例如：CPD / TAG 技術報告應可由 NEA 公告發布，並提供執行除役業者明確的作業方針，例如對執行除役業者提供其他國家標準作法或法規等相關文件。由於本次會議 NEA 代表林繼統先生亦提出相關意見，對此，CPD/TAG 將派員與 NEA 討論公開資訊的風險。
- (3)CPD 需要更多年輕世代的參與包含工程師、管理者和技工等(除役不僅僅是老核工人“Old Nuclear Dogs”的活動)，才可進一步有新的觀點並可激盪出更多熱情。如 2016 年最近的一些相關活動：在里昂的 PREDEC 會議及在馬德里的 IAEA/NEA/EC/EBRD 研討會中為年輕世代已預留其發展空間、一名年輕的核研究員 (Diletta Invernizzi) 在利茲大學 11 月份的 CPD 經理人會議上被邀請演講有關於其研究的“除役成功因素”。
- (4)CPD 是一個成功的計畫，並在參與國際活動與結果方面，日益增長及備受矚目。CPD 願意擴大其在國際執行機構及能源機構之外的現有合作，只要它可以保持其特殊性。新的合作協議 (2019-2023) 將有其變更機會，包括進一步改善對整個除役共同體的貢獻。
- (5)CPD 將成立一個新的除役技術委員會，即除役核設備繼承管理技術委員會 (Committee on Decommissioning of Nuclear Installations and Legacy Management, CDNI)。其初步任務(但不僅限於下)：
 - A. 促進關於除役核設備繼承管理技術方面的信息與經驗交流，
 - B. 制定除役廢棄物管理和廢棄物管理的有效除役準則，
 - C. 提高對除役項目成本估算的信心，改善對不確定因素的管理，
 - D. 與其他委員會和國際組織合作面對跨領域問題。

3. OECD-NEA-CPD 近期相關作業：

本次 TAG 會議由 NEA 代表林繼統先生與會並說明近期 NEA 的重點活動。首先說明關於會員協議修訂簽署情形，於 2016 年 11 月 8-9 日 CPD-35

經理人會議中一致決議要修訂 2014~2018 年之協議。本次修改之協議為 2014 年 1 月 1 日生效為期五年之內容，依原協議內容中第 10 條規定「所有會員可在任何時間提出協議的修訂」辦理之。基於 CPD 會員在核設施除役科技資訊交換時所提供的機密資料有保護之必要故修改協議，其說明如下：

- (1)CPD 的組成（協議之第 2 條）：原出席 Management Board 僅 TAG 的主席，修改為主席與副主席；而 Management Board 原訂選舉一位主席與一位副主席，修改為選舉一位主席與兩位副主席。
- (2)保密義務（協議之第 6 條）：原涉及專利與版權等資訊保密之義務，擴及所有會議中交換之資訊均列為機密，除非為眾所皆知、已發表或所有者明確聲明非機密等方可公開，但公開時不得用 NEA 或他國名義。
- (3)會員加入與退出（協議第 9 條 d 款）：原協議規範會員退出後有義務保密五年，修改版本已刪除年限，及除協議中正面表列可公開事項外，即使退出會員仍應對過去所取得之資訊保密。
- (4)由於過往對新的合作協議之修訂經驗，新的合作協議（2019-2023）必須提前開始準備，目前第 1 版草案已於 2017 年 3 月已由 NEA 完成並提出，預計 2017 年 5 月於 CPD Bureau 會議上討論並進而修訂至第 2 版，於 2017 年 6~9 月寄給所有 CPD 經理人會員審閱，並於 10 月完成修訂至第 3 版，在 2017 年 11 月經理人會議上詢求同意並定稿，最後須花費 1 年(2018 年)以獲得所有 CPD 會員的簽署。
- (5)在 CPD-36 會議中，CPD 在財務上以總括預算中資金支持 TAG 會議。
- (6)CPD 主席 Ivo TRIPPUTI 先生計劃在 2017 年年底前退休，而在 CPD-36 會議上將選出一名新的 CPD 主席。對此，CPD 邀請 Martin Macasek 先生（斯洛伐克）成為 2018-2019 年 CPD 主席候選人。
- (7)CPD 任務小組「廢棄回收再利用(Recycling and Reuse of Material)」現況報告：
 - A. 由廢棄回收再利用任務小組主席 Bart OOMS 負責該項任務報告，且已經得到 WPDD 局的批准，並在 4 月初進行了一些變動。
 - B. WPDD 會員的一些意見對報告導致了部份修正結果，為解決這些意見，我們在報告中添加了免責聲明：“本報告代表核設施除役計畫（CPD）的意見，從處理核設施除役中產生的輕微污染物質的實際經驗。僅代表各個組織的觀點，並不一定代表其國家的總體看法。總體報告是基於對問卷回答和案例研究的整理和評估。因此，不應將其視為核能機構、放射性廢物管理委員會或 WPDD 的意見。
 - C. 該報告預計將於 6 月進入相關準備階段

4. TAG61 會議決議事項：

- (1)所有 TAG 61 出席者同意日本 JAEA 除設計畫 TRP (Tokai Reprocessing Plant)對 CPD 的工作有貢獻，並建議 JAEA 之 TRP 計畫應受管理委員會 (Management Board, MB) 邀請在 2016 年 11 月申請加入 CPD。
- (2)TAG 主席將於 TAG 62 彙整所有專題(Topic sessions)項目至 TAG 61 會議並提供與所有會員。
- (3)所有 TAG 61 出席者同意有關工作小組 (TG, Task Group) 「核設施除役廢棄物之回收與再利用報告」更新狀態，並應於 2016 年 11 月中旬前提供工作小組主席 Bart Ooms 更新資訊。
- (4)新的 TG 題目訂為「高污染桶槽之拆解」“Dismantling of high contaminated tanks”，本題目將由 TAG 主席寄送邀請函並由 Belgoprocess 籌劃。

5. 後續 TAG 會議舉辦事務：

- (1)TAG 63 將由法國原子能署/法國電力公司-AREVA 集團 (CEA/EDF/AREVA France)共同舉辦，規劃於今年(2017)10/15-20 於法國瑟堡(Cherbourg)及豐特奈歐羅斯(Fontenay aux Roses)兩地舉行，本次會議討論主題決議為除役期間廢棄物管理情形(Decommissioning material management)。
- (2)TAG-64 決議 2018 年 5 月預定於西班牙舉行，由 ENRESA 舉辦，會議討論主題為遙控拆除作業(Remote control dismantling)。
- (3)TAG-65 決議 2018 年 10 月預定於德國舉行，由 WAK 舉辦。
- (4)TAG-66 決議 2019 年 5 月預定於加拿大舉行，由 AECL 舉辦。

(二)、各國除役狀態報告(COUNTRY REPORTS)

1. 日本除役現況

(1) 日本除役現況

日本目前共有 59 部機組，其中共 32 部機組處於非運轉狀態(停機檢驗的 6 部 PWR 機組與 9 部 BWR 機組、仍在興建中的 2 部機組、7 部停止營運機組及 8 部已在進行除役作業機組)，7 部機組準備回復運轉狀態，僅九州電力的川內電廠 2 部機組及四國電力的伊方電廠 1 部機組正常營運中。其中，統計至 2017 年 5 月 1 日除役及停止運轉十五部機組資訊如下表三。

表三、日本除役/停止運轉機組(迄 2017/05/01)

電廠	業者	型式	容量(MW)	商轉起始日期	預定停機日期
東海-2	JAPC	GCR	166	1966.07.25	1998.03.31
浜岡-1	中部	BWR	540	1976.03.17	2009.01.30
浜岡-2	中部	BWR	840	1978.11.29	2009.01.30
福島-1~6	東京	BWR	460~1100	1976.03.26(1 號機) ~ 1979.10.24(6 號機)	2012.04.19 (1~4 號機) 2014.01.31 (5~6 號機)
敦賀-1	JAPC	BWR	357	1970.05.14	2015.04.27
美浜-1	關西	PWR	340	1970.11.28	2015.04.27
美浜-2	關西	PWR	500	1972.07.25	2015.04.27
島根-1	中國	BWR	460	1974.03.29	2015.04.30
玄海-1	九州	PWR	559	1975.10.15	2015.04.27
伊芳-1	四國	PWR	566	1977.09.30	2015.05.10

(2) 日本廢棄物外釋現況與挑戰

在日本，雖然相關外釋(Clearance)條例已在 12 年前通過，但外釋物之回收再使用一直無法被社會及業界所接受。因此日本在 2015-2017 間研討真正外釋廢棄物之應用國家計畫，該計畫是使用真實外釋廢棄物，並將其應用在裝置爐內組件切割後之盛裝容器內襯內，該容器外表金屬則使用清潔金屬。該種容器共有兩種設計如下表四所示。該展示計畫是在日本室蘭市之 JSW 公司進行，為此計畫曾於室蘭市舉行 3 次民間簡報會議。在外釋金屬由 JAPC 運送至室蘭市 JSW 期間有地方民眾與記者觀察。本次日方有簡報有關放射性物質之貯放場所之相關文件，整理如下表五。

表四、外釋金屬容器設計型式

	型式一	型式二
外觀尺寸	1.4m x 1.4m x 1.4m	1.4m x 1.4m x 1.4m
厚度	50mm	200mm
重量	5 噸	15 噸

表五、放射性廢棄物貯放場址及型式

廢棄物分類	物質	貯放場址	型式	是否建立
L3(極低放)	金屬之管路及泵等	溝道式貯放 (TRENCH)	表面置放，無 須工程障蔽	是
L2(低放)	RPV 及爐心周邊設備	坑道式(PIT)	表面置放，有 工程障蔽	是
L1(較高之 低放)	爐內組件及控制棒	洞穴 (CARVEN)	中深度有工程 障蔽	考慮中

2. 丹麥除役現況

- (1)於 2003 年尚隸屬於「科學技術創新部」下的一個組織，負責 Risø 國家實驗室之核設施除役作業（以 GREEN FIELD 為目標），及接收、處理及貯存丹麥相關機構(如醫院、實驗室)所產生之放射性廢棄物。
- (2)除役規劃：
 - A. 於 2003 年後的 11-20 年完成除役作業。
 - B. 除役預估總預算為十八億丹麥克朗(約 240 百萬歐元，2017 年水平)，此部份已排除長期最終處置費用。
 - C. 最終處置場預定於 2012 年完成啟用。
- (3)六項待除役設施：反應器 DR 1、DR 2 已於 2006 及 2008 完成除役作業，反應器 DR 3、熱室預計將分別於 2021、2020、2015 完成除役作業，而廢棄物處理設施廠則仍在營運階段。(其中，反應器 DR 3 及熱室為 TAG 的參與計畫)
- (4)核燃料製造廠已於 2015 年完成除役作業包含地面樓層及二樓，而在 2016 初於地下室發現一面積 1x21m 的鈾污染，並使用磨具移除其混凝土污染，其除役費用為 20 萬歐元。由於受外釋法規標準：鈾-235 及鈾-238 對重量要求為<1Bq/g，而表面積為<1Bq/cm²，因此預計至 2018 年可達到廠區釋出至非限制性使用。

3. 德國除役現況

在德國業主應負責提供核電廠停機及除役階段足夠之經濟來源，其範圍包含費核電廠產生之核廢料及傳統廢棄物料之棄置與貯存。但相關經費是由電廠及獨立專家組職管理。但低階放射性廢棄物、中階放射性廢棄物及高階放射性廢棄物之最終處置場則為國家之職責。

核電廠提前除役造成德國核電廠一些新的狀況，如經濟的不穩定、新組織、新的作業及收入的減少，這些狀況引起一些經濟考量疑慮，包含如下：

- (1) 對電廠剩餘運轉時間之安全是否受衝擊
- (2) 電廠除役及拆除時之安全是否會受到經濟之負面衝擊
- (3) 中期及最終貯存在長遠考量上，其技術面及經濟面是否會衝擊其安全

為了減少前述影響，德國聯邦政府成立新獨立委員會 KFK(The Kommission zur Überprüfung des Kernenergieausstiegs)以監管核電廠之經濟狀況，並已於 2016 將相關解決方案立法執行，其法案名稱為 Law on the reorganisation of the Responsibility for Nuclear Disposal。該法案主要是明定國家及電廠業主之權責，權責說明如下：

- (1) 業主負責電廠除役及廢棄物打包
 - (2) 國家承擔核廢料中期和最終貯存的實現達成任務
- 核電廠業主將其臨時儲存和最終儲存核廢料相對提撥至國有和經營基金。新基金組織為公法的信託（基礎），該基金收集資金，投資並支付。業主須於 2017 年夏季支付 236 億歐元給該基金。隨著新的法律生效，德國聯邦政府從 2019 年起接管了德國現有的所有中期貯存儲設施的運行，以及未來的最終貯存場的建造、申照和運轉。

(三)、各除役專案進度報告

本次會議報告內容繁多，涉及核子反應器等各類型核設施除役作業，而對本公司而言，主要仍關切核子反應器之除役作業，故本部份報告內容將著重於相關核能電廠除役工作進展情形。

1. 日本浜岡電廠除役作業

(1) 除役規劃

由於 2001 年 11 月 7 日，在定期手動啟動測試期間，1 號機的 HPCI 系統中的閥門破裂。且因其屬於 ECCS 的一部分，對影響範圍遠遠超過了事件本身，並引起了對緊急安全系統可靠性的質疑，故 1 號機於 2001 年即停止運轉。而 2 號機也因同樣為調查結構是否有類似情形，於 2005 年被迫停止運轉。浜岡電廠共有 6 部機組，本次除役計畫係因經濟因素考量進行除役之 1、2 號機，該 2 部機組於 2009 年 01 月底永久停機。

除役計畫係分階段提出，第一階段除役計畫於 2009 年 11 月 16 日開始執行除役作業，包含拆除作業之保安及保防政策規劃，及第一階段作業之詳細規劃內容。詳細除役作業自 2009 年停機當年開始進行，並規劃於 28 年內完成，分為準備階段、反應器區域周邊設施拆除階段、反應器區域拆除階段及廠房拆除階段四階段進行。

(2) 目前進度、問題改進及未來相關作業

於第一階段(2009-2014)已完成燃料移除作業，現正執行第二階段(2015-2022)，目標為反應器相關週邊組件拆除、反應器除污及第三階段作業準備項目等，且持續進行放射性廢棄物外釋作業。

2. 西班牙 JOSÉ CABRERA 電廠除役作業

(1) 設施基本資料

JOSÉ CABRERA 電廠位於馬德里西方，鄰近 Tajo 河，為單一 PWR 機組，淨發電量為 160 Mwe，圍阻體為鋼筋混凝土構造、頂蓋則為不銹鋼材質，反應器尺寸為高 5.87m、內徑 2.82m。

本案除役作業兩大重點，一為西班牙國內首次進行之核能設施廠址完全拆除作業，且採取立即拆除策略，除役目標為 Brown Field，未來規劃做為工業使用；其二為妥適的廢棄物管理。

JOSÉ CABRERA 電廠於 2010 年 2 月由業者 Unión Fenosa 將電廠所有權轉移至國營除役機構 Enresa 公司進行除役作業(現階段約有 15 人參與本專案負責第 3、4 階段作業之現場管理與監督)。

(2) 除役作業與進度：除役作業共分五階段

第 0 階段：燃料移除及初期作業(100%)

第 1 階段：準備作業(100%)

第 2 階段：主要輻射組件拆除作業(100%)

第 3 階段：移除、清空並拆除所有附屬設施(50%)

第 4 階段：廠址復育作業(15%)

目前整體進度為 80%。

(3) 第 3 階段之移除、清空並拆除所有附屬設施作業

本階段拆除作業包含生物屏蔽體(含嵌入組件及結構)、Reactor Cavity Area(含洩水及 RCA 樓版)及用過核子燃料池(含襯板移除、牆壁及地板零件移除)清除作業。而對生物屏蔽體(含切割)及 Reactor Cavity 目前已完成切割及移除作業。對第三階段後續工作主要為除污作業包含反應器及附屬建築除污作業及土壤除污作業等。

3. 核一廠除役規劃報告之意見回饋

本公司本次與會就核一廠除役計畫自前次參加 TAG-60 至今之最新規劃進展進行簡報。各國與會代表亦就本公司報告內容提出意見與看法，整理臚列如下：

- (1) 對核一廠除役期程長達 25 年應為包含 2 部機組，而由於核一廠除役計畫及環境影響評估目前仍在主管機關審查中，且預計今年(106 年)6 月可審查通過，然若審查通過但環評沒過亦無法獲得除役許可，故除役許可之必要條件其中之一即通過環評。
- (2) 面對核一廠除役計畫未來仍將設置保留區，故核一廠除役並非達到 Green Field 的要求，而是近似於 Brown Field，此部份是須與國外除役業者釐清的。

(四)、新計畫申請入會及除役技術專題

今年申請加入 CPD/TAG 之計畫有兩項，分別是瑞典 Vattenfall 所有 Ringhals 一、二號機除役計畫與法國 AREVA 公司 UP2-400 除役計畫；Vattenfall 係由 Frederic De la Gardie 簡報，AREVA 則由 Jean-Michel Chabeuf 報告。由於 Ringhals 電廠尚在準備除役階段約在兩年後才開始執行，會中決議該計畫兩年後再提出加入 CPD/TAG 之申請；而 AREVA 公司 UP2-400 除役計畫已在執行中，符合 TAG 會議 Give and Take 精神，因此同意其加入。除本次會議申請的計畫外，近期 CPD 會員變動彙整如下表六。

在除役技術專題上，2014 年核設施場址復原的任務小組出版 “Nuclear Site Remediation and Restoratio during Decommissioning on Nuclear Installations” 技術報告。另一個新的任務小組係負責蒐集超過 18 年經驗關於核設施除役所產生的物料與廢棄物管理情形，並更新 1996 年出版的 “Recycling and Reuse of Scrap Metals” 技術報告，並在本次會議中定案最終版本，預計 2017 年 6 月出版。

表六、近期 CPD 會員變動彙整表

日期	計畫	狀態
2015/9/30	日本Radwaste and Decommissioning Center (RANDEC)	退出
2014/8/6	台灣電力公司金山電廠除役計畫	加入
2015/5/24	丹麥Dansk Decommissioning:DR-3, Hot Cells	加入
2016/6/16	俄羅斯Rosatom A.A. Bochvar Institute除役計畫	加入
2017/1/3	韓國KNHP Korri-1除役計畫	加入
2017	JAEA的Tokai Reprocessing Plant	申請中(會員同意)
2017	Vattenfall的Ringhals電廠1、2號機除役計畫	要求兩年後再申請
2017	AREVA公司UP2-400除役計畫	申請中(會員同意)

(五)、除役設施現場參觀

有關除役設施現場參訪為會議期間最後兩天進行，5/18 參觀瑞典 Barsebäck 核電廠之 1、2 號反應器參訪，5/19 參訪丹麥 RISO 國家實驗室之 DR3 研究反應器設施、熱室(Hot Cell)及核廢料處理廠。

1. 瑞典 Barsebäck 核電廠參訪(2017/5/18)

Barsebäck 核電廠是瑞典目前正在除役的電廠，位於瑞典西南部接近丹麥處如下圖二，本電廠共有兩部發電量為 615MW 之沸水式機組 (BWR)，兩部機均已進入除役階段。一號機是在 1999 年 11 月停機(1975 年 1 月商轉)，二號機則在 2005 年 5 月永久停機(1977 年 3 月商轉)。目前大部分放射性物質及所有用過核燃料均已移出電廠，但反應爐內組件等設備則於切割後暫時貯放於電廠內之中期貯存設施。該廠之中期貯存廠房已獲取瑞典管制機構同意啟用，並已實際貯存相關容器，該貯存廠房面積為 33 m X15m，牆厚為 0.9 米，其牆外表劑量為 $2\mu\text{Sv/h}$ ，地板荷重設計為 35t/m^2 ，可裝置 120 個瑞典製造之金屬盛裝容器，目前規劃爐內組件會裝在 70 個容器內，分成兩層堆疊貯放。廠房內有裝 80 噸遙控吊車，可吊卸重量為 50 噸。該電廠僅使用機械切割方式去切割爐內組件，目前正在水下切割汽水分離器、乾燥器、控制棒導管及 core shroud head，近期將進行爐心格架 (Core Grid)及中子偵檢器導管。切割完組件會在水下裝入貯存容器後裝入運輸容器載運至廠內中期貯存場貯存。

圖二、瑞典核電廠地理位置圖



Barsebäck 核電廠從 1999 年 1 號機停機如下圖三，預計將於 2028 年完成除役，其人力係採用遞減規劃，除役期間廠內人力由 450 員經轉職、輔

導與優退等措施逐步遞減，有關員工由運轉轉移至除役階段均有適當之輔導與安置。

圖三、瑞典 Barsebäck 核電廠



2. 丹麥 RISO 國家實驗室參訪(2017/5/19)

RISO 國家實驗室是丹麥於 1956~1958 間為了引進核能電廠所建置的前置實驗室如下圖四，運作時間前期 20~25 年主要研究範圍為反應器物理、反應器技術、水化學、保健物理、電子設備及材料。但 1976 年後已擴展至風力及燃油及燃氣電廠之技術

圖四、Riso 國家實驗室島瞰圖



1985 年丹麥決定不引進核能電廠，因此相關核能研究就漸漸減少。2000 年 DR 3 研究反應器正式停用，並開始進行該反應器之除役計畫。丹麥之除役組職是科學技術暨創新部(Ministry of Science, Technology and Innovation)之下屬機構，其主要工作為

- (1) 將 RISO 國家實驗室除役，並將之恢復成 GREENFIELD
- (2) 負責接收、處置及貯存丹麥國內產生之放射性廢棄物(含醫院及實驗室)

(3) 參與丹麥放射性廢棄物的長期貯存計畫

RISO 國家實驗室是在 2003 開始除役，預計於 20 年完成，因其規模並不大，因此其除役成本以 2017 年幣值約需 2 億 4 千萬至 2 億 6 千萬歐元。其除役設施有已完成除役之反應器 DR1 及 DR2；及進行中的反應器 DR3、熱室及燃料製造廠；另有廢料處理廠尚在運作，將來亦須進行除役工作如下圖五。

圖五、Riso 國家實驗室內各設施位置



DR1 研究用反應器除役工作於 2004 年至 2005 年中進行，反應器廠房及其周遭環境於 2006 年 1 月恢復成非限制使用區，廠房已交給丹麥技術大學使用。DR2 是一座 5MW 的開放式輕水水槽式研究反應器，運轉期間為 1958 年至 1975 年，並已在 2006 年至 2008 年除役。DR3 則是 10~12MW 重水式反應器，運轉期間為 1960 年至 2000 年，主要功能為核物理測試及放射性物質，目前正在執行除役工作，預計 2021 年可完成。

熱室已於 1989 年關閉，並於 1990 年至 1993 年開始部分除役，最終除計畫則於 2008 年開始，預計 2020 年可完成除役工作。

燃料製造廠當初是為了製造 DR2 及 DR3 實驗反應器所需之燃料而興建，目前正進行除役工作，除了地下室部分因未預期鈾污染區域之清除工作外，除役工作幾乎都已完成。除役工作包含牆面、地面除污、設備移除及外釋偵測等工作。而不同於各核設施的參訪行程限制電子通訊設備與攝影，Danish Decommissioning 主辦人即告知廠內所有設備、機具與圖片均可任意攝影，包含進入 DR-3 爐內鋁襯切割操作控制室時，工作人員正在執行切割工作，如下圖六所示。

丹麥在早期即決定不使用核能作為電力供應來源，雖該國曾是原子能研究領域的先驅也設置不少研究用核設施，其中 DR-3 即是丹麥最具代表性的大型研究用反應器，目前進行內部的活化金屬切割拆除作業，下圖七為 DR-3 爐內切割作業與監視系統工作站之現場照片。

圖六、DR-3 爐內鉛襯切割操作控制室



圖七、DR-3 爐內切割作業與監視系統工作站



廢料處理廠是用來處理及貯存低放及中放等放射性廢棄物，並處理及貯存個反應器除役及醫院產生之放射性廢棄物。計畫於 2016 年才會開始除役。

所有除役產生之物質除非經測量後確認符合外釋標準(clearance limits)，否則均視為放射性物質。所有非放射性物質均可再回收使用或為傳統廢棄物，可棄置於 RISO 廠區外。放射性物質則貯存於中期貯存場直到運輸至最終貯存場址內。最終貯存場仍將由議會決定。

於 RISO 國家實驗室設置外釋量測實驗室如下圖八，對外釋廢棄物將須經由外釋實驗室實際量測並逐一紀錄包含重量、來源、形狀及大小等，以確保其外釋物符合法規標準。

對於外釋物首先會進行分類並用不同顏色綁帶顯示，若屬於低放射性廢棄物則不能進入此實驗室進行量測，在量測開始時會先量測重量，因重量大小與是否符外釋標準有相當密切的關係，而後進行量測，若量測結果符合外釋標準則用白色綁帶標示，並將進行外釋相關作業，若量測物須待活度隨時間衰退方可符合外釋標準則用黃色綁帶如下圖九所示，若量測結果屬於低放射性廢棄物則用紅色綁帶標示，並將送至低放射性貯存區重新貯存。

圖八、外釋物量測實驗室



圖九、外釋物量測站



肆、心得與建議事項

一、心得與感想

- (一) 參加本次 TAG 會議瞭解到其性質與其他國際研討會性質較為不同，參與的會員大多針對各除役專案進行實質技術議題交流，故較不受各除役廠家影響而對各自除役技術有所保留等產生相關商業行為。因此，於會議期間不斷提醒與會者，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共享的信息的保密性。
- (二) 透過 TAG 會議可協助本公司蒐集並瞭解國際各除役專案執行最新狀態；建立除役技術發展與技術諮詢管道；與各國除役設施業者進行技術交流並建立合作關係；並可實地參訪除役中設施現場。由於 TAG 會議係於每年五、十月各舉行一次，而每次會議主辦業者及舉辦地點均不相同，會中討論內容，除各除役設施執行現況報告外，尚有除役專題討論，故可對本公司推動除役專案產生實質助益。
- (三) 因原能會駐 NEA 代表林繼統先生於本次 TAG 會議表示，未來申請加入 TAG 會議將須視其除役專案是否已完成除役計畫或其已完成除役計畫執照許可申請做為其加入條件，雖然 OECD-NEA-CPD 係以除役專案為會員而非以國家或公司之名義，而目前除役專案之會員中，亦有些許專案係隸屬於同一公司，但考量未來加入 CPD 之條件及本次會議要求 Ringhals 核電廠除役專案延後兩年再加入，故建議本公司後續將展開核二廠除役規劃作業，須待除役規劃工作發展至成熟階段後，再考慮加入該組織。
- (四) 目前日本浜岡電廠 1、2 號機已開始執行除役，其機型與本國核一廠為同型(反應器 BWR-4 /圍阻體 Mark-1)，對每一個階段與步驟都是重要的學習過程，其執行除役作業所遇到各種情況都極具參考價值，而透過本次 TAG 會議亦可將其執行作法引進核一廠規劃作業中，經由許多寶貴的經驗回饋，將可對核一廠除役規劃不斷檢討精進與改善，並提供本公司除役作業思考的方向。

二、建議事項

- (一) 本次會議西班牙 JOSE CABRERA 電廠除役業者，透過核一廠 3D 模型瞭解未來核一廠除役作業可應用的相關輔助功用，從拆除作業解體規劃、作業動線模擬至各解體作業產生之廢棄物數量估算等，認為目前規劃極具參考價值，建議應加強交流訪問，或藉由如 WANO 等之國際會員組織獲取彼此相關資料。
- (二) 對於 CPD/TAG 運作的基本模式是「分享與獲得」，藉由各參與者分享個案經驗同時，也獲取其他成員提供之技術及資訊。且本次會議主席亦重申 TAG 會議應選定某技術議題進行相關簡報，雖核一廠除役計畫預估明年(107 年)將可獲得除役許可，然對核一廠仍尚未進入除役作業階段，可能無較實際經驗於下次 TAG 會議分享。故建議可從目前輻射特性調查作業中所量測特殊核種分析，或停機過渡階段爐心仍有燃料下仍須維持運轉之相關安全分析進行簡報。