

出國報告（出國類別：其他）

OECD/NEA 核設施除役合作計畫(CPD)
第 64 屆技術諮詢組(TAG)會議

服務機關：核能研究所

姓名職稱：黃君平 副研究員

派赴國家：西班牙

出國期間：107 年 5 月 12 日~107 年 5 月 18 日

報告日期：107 年 6 月 14 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 64 屆技術諮詢組（Technical Advisory Group, TAG）會議。目的為核設施除役技術及經驗之交流，並且履行會員參加 CPD/TAG 會議之責任。CPD/TAG 會議一年舉辦兩次，我國自 2000 年開始以台灣研究用反應器（TRR, Taiwan Research Reactor）除役計畫名義加入 CPD，即持續派員參加該計畫之 TAG 會議，上一次參加為 2017 年 5 月之 TAG-62 會議。

TAG-64 會議於 2018 年 5 月 14-18 日於西班牙舉行，由 ENRESA (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A)公司主辦，合計共 11 國與歐盟共同研發中心參與並有 22 個除役計畫超過 30 位專家與會。5 月 14-18 日為會議討論，內容包含各參與計畫除役狀況、進度及技術簡報研討、工作小組報告和 CPD 會務執行情形等。本屆會議計有核反應器除役簡報 11 篇，核燃料循環設施除役簡報 8 篇，國家報告簡報 2 篇，專題報告 4 篇與現場討論簡報 4 篇，共收集 29 份簡報資料，經所有會員同意會議中所取得之報告、影像與資訊均屬機密，除取得個別會員之同意外不得散佈，並已於會員協議書修訂版中載明保密協定。5 月 16 日參訪西班牙 Vandellós-1 反應器除役與場址復原現況，5 月 17-18 日參訪西班牙 JOSÉ CABRERA 核電廠除役。CPD/TAG 會議是取得國際核設施除役資訊的有效平台，國內應持續參加 CPD/TAG 會議，以取得國際核設施除役最新的資訊。

關鍵詞：核設施除役與拆解、廢棄物除污與管理、輻射防護。

目 次

一、目的	5
二、過程	6
(一) 公差行程及會議內容	6
(二) TAG 63 會議與會成員決議事項摘錄	14
(三) NEA 近期在除役的活動及展望摘錄	14
(四) 新計畫申請加入 CPD	15
(五) 未來 TAG 會議地點及主辦單位規劃討論	16
(六) 西班牙 VANDELLOS-1 核電廠除役現場參訪	16
(七) 西班牙 JOSE CABRERA 核電廠除役現場參訪	19
三、心得	25
(一) 會議簡報與討論心得	25
(二) VANDELLÓ S-1 核電廠除役經驗參訪心得	28
(三) JOSÉ CABRERA 核電廠除役經驗參訪心得	30
四、建議事項	35

表目錄

表一、OECD/NEA CPD 會員與除役計畫彙整表.....	7
表二、本次國外公差主要行程.....	8
表三、第 64 屆 TAG 會議詳細議程	9
表四、第 64 屆 TAG 會議國家報告簡報項目	12
表五、第 64 屆 TAG 會議燃料循環與其他核設施除役簡報項目	12
表六、第 64 屆 TAG 會議核反應器除役簡報項目	13
表七、第 64 屆 TAG 會議 “USE OF INTERVENTION SUITS IN COMBINATION WITH ASBESTOS AND OTHER HAZARDOUS OR SPECIAL MATERIALS” 專題簡報項目.....	13
表八、第 64 屆 TAG 會議核設施除役現場參訪項目	14
表九、近期 CPD 會員變動（更新至 2018 年 5 月）	16

圖目錄

圖一、OECD/NEA CPD/TAG 架構示意簡圖	8
圖二、除役與拆解工作組近期動態.....	15
圖三、CPD、CDLM 與 RWMC 等單位關聯.....	15
圖四、VANDELLÓ S-1 除役前	18
圖五、結構物拆除時程.....	18
圖六、第二期拆除作業完成後.....	19
圖七、JOSÉ CABRERA 核電廠場址拆除前後示意圖.....	20
圖八、獨立用過燃料貯存設施 ISFSI	20
圖九、JOSÉ CABRERA 核電廠除役廢棄物分類及管理示意圖.....	21
圖十、JOSÉ CABRERA 核電廠除役時程規劃.....	22
圖十一、利用舊有渦輪機建築改建除役視覺輔助展示間(DAB).....	23
圖十二、切割後反應器組件裝箱、固化包裝流程.....	24
圖十三、反應爐內、燃料池混凝土切割及移除之 3D 模型.....	24
圖十四、TAG 64 本所 TRR 除役進度與狀態簡報.....	27
圖十五、工作人員防護裝示意.....	27
圖十六、VANDELLÓ S-1 反應爐爐頂現場討論	28
圖十七、VANDELLÓ S-1 反應爐爐頂管線拆除展示	29
圖十八、VANDELLÓ S-1 核電廠燃料組件機制與廢棄物貯存	29
圖十九、VANDELLÓ S-1 核電廠廢石墨體貯存倉除污後現場狀態	30
圖二十、應用 3D 數位模擬 JOSÉ CABRERA 核電廠除役工程計畫說明現場.....	31
圖二十一、JOSÉ CABRERA 核電廠解除管制量測室—土地輻射特性量測設備.....	31
圖二十二、JOSÉ CABRERA 核電廠解除管制量測室—廢棄物外釋度量設備.....	32
圖二十三、JOSÉ CABRERA 核電廠解除管制量測室—廠房壁面污染量測.....	32
圖二十四、JOSÉ CABRERA 核電廠廠內除役作業視覺輔助展示現場.....	33
圖二十五、JOSÉ CABRERA 核電廠放射性廢金屬固化系統.....	34
圖二十六、JOSÉ CABRERA 核電廠低污染廢土貯存庫.....	35

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(The NEA Co-operative Programme for the Exchange of Scientific and Technical Information Concerning Nuclear Installation Decommissioning Projects, CPD)第64屆技術諮詢組(Technical Advisory Group, TAG)會議，TAG-64 會議於 107 年 5 月 14-18 日於西班牙舉行，由 ENRESA 公司主辦，合計共 11 國與歐盟共同研發中心參與並有 22 個除役計畫超過 30 位專家與會。

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 除役計畫執行規劃及進度、燃料池清理相關技術、用過燃料乾式貯存孔清除和爐體拆除規劃。

二、過程

(一) 公差行程及會議內容

CPD 的管理架構示意圖如圖一，係由管理委員會(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 2018 年已成長至 72 個除役計畫（41 個反應器及 31 個燃料循環設施），共 15 個國家及歐盟；我國自 2000 年開始以 TRR 除役計畫加入 CPD，提供 TRR 燃料池清理執行現況及所發展之相關技術，並說明 TRR 用過燃料乾貯場清理程序及爐體廢棄物拆解規劃，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。CPD 所彙集的資訊主要來自每年兩次的 TAG 會議，TAG 會議係由其中一個成員主辦並安排核設施與場址參訪。CPD 主要成員僅限除役計畫的執行與負責單位，係一閉門會議並有半獨立運作性質的單位，運作模式不同於 NEA 所屬其他委員會，1985 年根據 NEA 法規第五條(Article 5)設立，至 2018 年 5 月會員與參與計畫如表一所示，粗體字為 TAG 64 出席國家與計畫項目，其中因法國 AREVA 之 UP2 400 (fuel reprocessing plant)除役計畫於 2017 年 TAG 62 中會員同意加入，因協定書仍在簽署中，NEA 官網尚未將其列入，因本次會議該單位有派員出席，故本報告列舉該計畫於表中。

TAG-64 會議於 107 年 5 月 14-18 日在西班牙舉行，由 ENRESA 公司(Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A)主辦，合計共 11 國與歐盟共同研發中心參與並有 22 個除役計畫超過 30 位專家與會。主要公差行程如**錯誤! 找不到參照來源。**所列；5 月 14-18 日為會議討論，內容包含各參與計畫除役狀況、進度及技術簡報研討、工作小組報告和 CPD 會務執行情形等。本屆會議計有核反應器除役簡報 11 篇，核燃料循環設施除役簡報 8 篇，國家報告簡報 2 篇，專題報告 4 篇與現場討論簡報 4 篇，共收集 29 份簡報資料，經所有會員同意會議中所取得之報告、影像與資訊均屬機密，除取得個別會員之同意外不得散佈，並已於會員協議書修訂版中載明保密協定。本所 TRR 除役計畫安排於 5 月 15 日上午簡報，5 月 16 日參訪西班牙

Vandellos-1 反應器除役與場址復原現況，5 月 17-18 日參訪西班牙 JOSÉ CABRERA 核電廠除役。

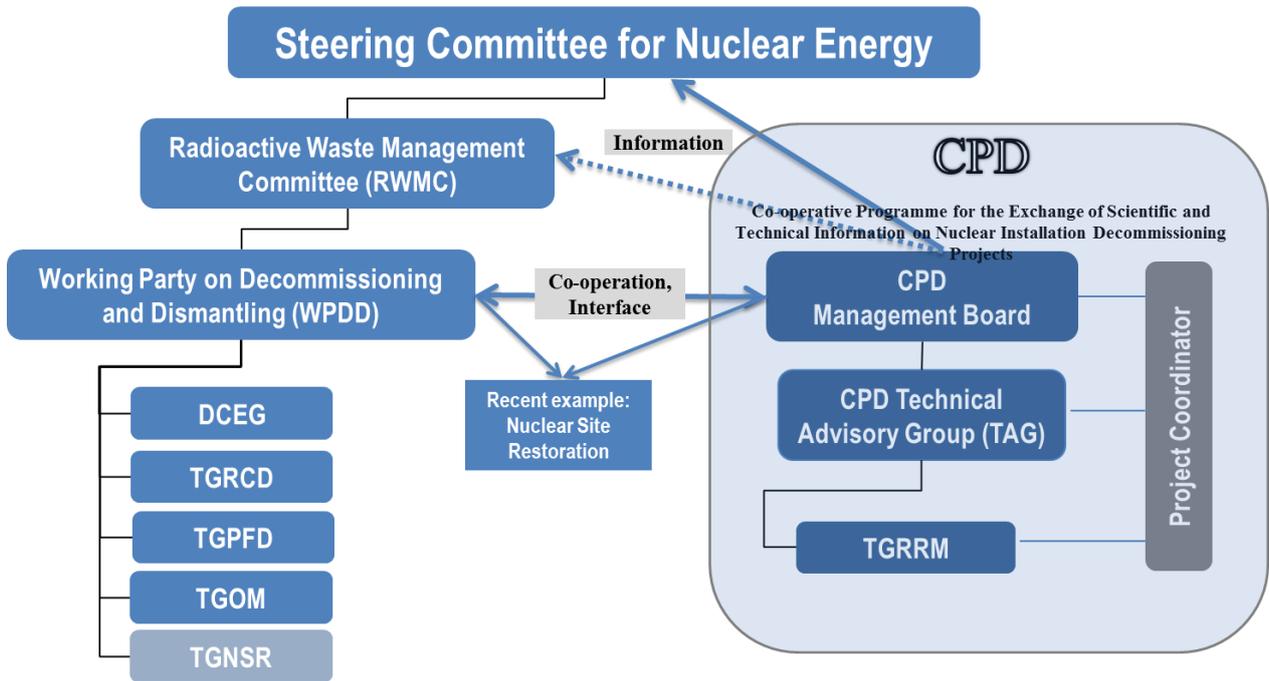
本章第二節至第五節分別說明 TAG 會員組成之專家小組工作狀況、新計畫申請加入 CPD、未來 TAG 會議地點及主辦單位規劃等議題之討論結果。

表一、OECD/NEA CPD 會員與除役計畫彙整表

2018.05 更新

會員	除役計畫
比利時	BR-3 NPP , Eurochemic Reprocessing Plant, Building 105X and 122X
加拿大	204A/204B Bays Chalk River, Tunney's Pasture Facility, Whiteshell Research Laboratory, Gentilly-1, NPD PHWR
台灣	Taiwan Research Reactor (TRR), Chinshan NPP
丹麥	DR-3, Hot Cells
歐盟	JRC-ISPRA Legacy Retrieval
法國	EL 4 Brennilis, Bugey 1, Elan IIB, AT-1 La Hague, Rapsodie (FBR) Cadarache, G2/G3 Marcoule, Saclay High-Activity Laboratories , Melusine, Cadarache Facility #56, Phenix , ATUE, APM Marcoule, UP1 Reprocessing Plant Marcoule, Basic Nuclear Facility No 57, UP2 400 fuel reprocessing plant Le Hague*
德國	MZFR Karlsruhe, KNK Karlsruhe , WAK, Greifswald NPP, AVR, KKN Niederaichbach, HDR Karlstein, KKB Brunsbüttel
義大利	Garigliano NPP, ITREC U-Th reprocessing plant, Latina GCR
日本	Fugen NPP , JPDR Tokai NPP, JRTR Tokai, Plutonium Fuel Fabrication Facility, Uranium Refining/Conversion/Enrichment Facility, Tokai 1 NPP, Hamaoka 1&2 NPP , Fukushima Daiichi NPP
韓國	Triga Research Reactors KRR1&2 , Uranium Conversion Facility, Kori 1*
俄羅斯	A.A. Bochvar Institute , Uranium-Graphite-Reactors (JSC "PDC UGR")
斯洛伐克	Bohunice A1, Bohunice V1
西班牙	PIMIC D&D Madrid, Jose Cabrera NPP, Vandellos 1
瑞典	Studsvik Active Central Laboratory (ACL), Research Reactor R2/R2-0, Barsebäck NPP
英國	BNFL Co-precipitation Plant, WAGR Sellafield , B 243 Intermediate Waste Recovery, B204 First Generation Reprocessing Plant, Active Demonstrators
美國	Portsmouth GDP, West Valley Demo. Project, FEMP, Shippingport, EBWR, Fort St. Vrain

* NEA 官網尚未列出(已是會員並出席 TAG-64 會議)



圖一、OECD/NEA CPD/TAG 架構示意簡圖

表二、本次國外公差主要行程

月/日(星期)	工作內容重點
5/12(六)~5/13(日)	去程，由桃園機場出發，至伊斯坦堡機場轉機至西班牙巴塞隆納機場。晚上 19:30 於機場大廳集合並至 Tarragona 飯店報到。
5/14(一)~5/15(二)	全天會議討論（議程詳如表三）； 5/15（二）TRR 除役計畫簡報
5/16(三)	會議討論與 Vandellos-1 現場討論；所有成員搭乘高鐵至馬德里再轉搭車 Pastrana
5/17(四)	Jose Cabrera NPP 簡介與現場討論
5/18(五)	Jose Cabrera NPP 簡介與現場討論
5/19(六)	回程

表三、第 64 屆 TAG 會議詳細議程

TAG 64 - 14th – 18th May 2018
ENRESA
Meeting Agenda

Sunday 13th May			
Bus Transfer Barcelona airport to Hotel in Tarragona			
Monday 14th May			
8.00		Pick up from the hotel to NPP Vandellos	
	1	Introduction	
9.15		i. Welcome by the TAG Chairman	Chairman
9.20		ii. Round Table Introductions	All
9.35		iii. Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
9.50	2	Approval of agenda	Chairman
	3	Chairman's, Co-ordinator's Remarks and Opening Business	Chairman, Coordinator or
9.55		i. Chairman's Opening Business	Chairman
10.05		ii. Co-ordinator's Summary of the CPD Management Board (MB) meeting	Coordinator
10.15	4	NEA/CPD & WPDD ongoing recent activities in decommissioning/waste management	Lin Jihong
10.25	5	Summary Record of TAG 61 – decisions tracking	Coordinator
	6	Country Reports	
11.05		i. Russia	Sergei Savin
11.10		ii. Japan	Motonori Nakagami
	7	Project Status Reports:	
	7a	Status Reports from Fuel / other Nuclear Facilities	
11.40		i. Riso Hot Cells Decommissioning	Bjarne Rasmussen
12.05		ii. Sellafield Decommissioning	Bruce Wilson
13.30		iii. Uranium Refining/ Conversion/Enrichment Facilities Decommissioning	Takuya Nakayama
13.50		iv. Le Hague - UP 2-400 Decommissioning	Philippe Derycke
14.20		v. HLLW-tanks BP Decommissioning	Bart Ooms
14.50		vi. DEMSAC Decommissioning - EPOC	Lionel Mandard
15.20		vii. Bochvar Institute Decommissioning	Sergey Savin
16.10		viii. ISPRA – Retrieval of Legacy Waste	Francesco Basile

	7b	Status Reports from Reactor Facilities	
16.30		i. Bohunice V1 NPP Decommissioning	Martin Macasek
17.00		ii. MZFR Decommissioning	Erwin Prechtl
17.30		iii. KNK Decommissioning	Johannes Rausch
Tuesday 15th May			
08.45		Assemble in Conference Room for meeting, <i>Transfer remaining presentations to Coordinator's computer; Announcements by Chair/Host</i>	
	7b	Continuation Status Reports from Reactor Facilities	
09.05		iv. DR3 Riso Decommissioning	Per Holtzmann
09.35		v. TRR Decommissioning	Chun-Ping Huang
10.00		vi. Kori 1 Decommissioning	Ji-min Kim
10.15		vii. Triga Mark II&III Decommissioning Site Remediation	Jongwon Choi
11.05		viii. Tokai – 1 Decommissioning	Toyoaki Yamauchi Makoto Matsuur
11.20		ix. Hamaoka NPP Decommissioning	Motonori Nakagami Hideto Hayashi
11.50		x. Chinshan NPP Decommissioning Preparation - Taiwan	Chen-Tsung Fan
13.15		xi. Fugen decommissioning	Koichi Kitamura
	8	New Projects	
13.40	8a	i. Monju FBR Decommissioning - JAEA ii. TAG Members discussion of the project during which Mr. Sakurai is not present iii. TAG present conclusion of discussion Naoto Sakurai	Naoto Sakurai All Chairman
	9	Topical Session: “Use of intervention suits in combination with asbestos and other hazardous or special materials”.	
14.30		1) Introduction	Chairman
		2) Members presentations	
14.35		i. Individual protection equipment and ergonomics associated with dismantling operations in a hostile environment at Belgoprocess	Robert Walthery
15.00		ii. Management of Asbestos in Japan	Koichi Kitamura
15.50		Vandellos-1 D & D Project Status	Sergi Margalef
16.20		Vandellos Site Visit	
Wednesday 16th May			

08.45		Assemble in Conference Room for meeting	
		Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
	9	Continuation Topical Session	
08.50		iii. CEA presentation to the topic	Eric Gouhier
09.15		iv. Sellafield presentation to the topic	Bruce Willson
09.40		1) Discussion and round-up	Chairman
09.45		2) Topic agreement for TAG 65 Topical Session	All
	10	Status - TAG Knowledge Base – Discussion of further steps	
10.30		i. Status and further steps TAG KB	Jihtong Lin (NEA)
10.45		ii. Discussion about using of the KB	All
11.10	11	Future meetings of the TAG	
		i. TAG 65: October 2018 – WAK Germany Short presentation in preparation of TAG 65	Erwin Prechtl
		ii. TAG 66: May 2019 - AECL Canada	
		iii. TAG 67: October 2019 – Rosatom Russia – Novo Woronesh NPP	
		iv. TAG 68: May 2020 - Sellafield UK – – to be final confirmed	
		v. TAG 69: October 2020 - Japan ??????	
15.30	12	Closing remarks, meeting adjourn.	Chairman
15.40		Bus transfer to the Tarragona railway station	
		Train to Madrid Bus transfer to the Pastrana hotel	
Thursday 17th May			
Site visit CNJC NPP			
08.45		General Overview – CNJC D&D Project – Jorge Borque - ENRESA	
09.15		CNJC Project – Communication Topics – Alvaro Rojo - ENRESA	
09.45		PIMIC Project – Esther García Tapias - ENRESA	
10.15		Regulatory Aspects on D&D – Esperanza España - CSN	
SITE VISIT			
GROUP 1			
11.00~ 13.30		Reactor – Auxiliar – Radwaste Storage Area 1 – Tanks Area – Chimney Area Evaporator - Washing Soil Facility – Radwaste Storage Area 2 & 3 ISFSI	
GROUP 2			
11.00~ 13.30		Washing Soil Facility – Radwaste Storage Area 2 & 3	

	Evaporator - New RadWaste Area (Old Turbine Hall) Reactor – Auxiliar – Radwaste Storage Area 1 – Tanks Area – Chimney Area - ISFSI
15.00	Characterization Demo – Release Process – José Luis Leganés - ENRESA
15.45	Characterization Demo – Drone Test - José Luis Leganés - ENRESA
16.30	Characterization Demo- Site Final Survey Tools – José Luis Leganés - ENRESA
Friday 19th May	
Site Visit Riso	
08.30	General Overview – ENRESA’s New D&D Project – by Sta Ma Garona and Nieves Martin
09.00	4D Application to D&D Projects – by Francisco Ballester
09.45	New very Low Rad/ Waste Storage Area
11.00	New Rad Waste Area (Old Turbine Hall)

表四、第 64 屆 TAG 會議國家報告簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Russia	Sergey Savin/Pocatom/Russia
2) Japan	Motonori Nakagami/Chubu/Japan

表五、第 64 屆 TAG 會議燃料循環與其他核設施除役簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Riso Hot Cell	Bjarne Rasmussen/Danish Decommissioning
2) Uranium Refining/ Conversion/Enrichment Facilities Decommissioning	Yusuke Ohhashi/JAEA/Japan
3) ISPRA- Retrieval of Legacy Waste	Francesco Basile/Joint Research Center/EC
4) Le Hague - UP 2-400 Decommissioning	Philippe Derycke /CEA/France
5) Sellafield Decommissioning	Bruce Wilson/Sellafield/UK
6) HLLW-tanks BP Decommissioning	Bart Ooms/Belgoprocess/Belgium
7) Bochvar Institute Decommissioning	Sergey Savin/Pocatom/Russia
8) DEMSAC Decommissioning - EPOC	Lionel Mandard/CEA/France

表六、第 64 屆 TAG 會議核反應器除役簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Bohunice V1 NPP	Martin Macasek/javys/Slovak
2) MZFR Decommissioning	Erwin Precht/KTE/Germy
3) KNK Decommissioning	Johannes Rausch
4) DR3 Riso	Per Holtzmann/Danish Decommissioning
5) TRR	Chun-Ping Huang/INER/Taiwan
6) Kori unit 1 Decommissioning	Ji-min Kim/KHNP/Korea
7) Triga Mark II&III Decommissioning Site Remediation	Jongwon Choi/KAEA/Korea
8) Tokai – 1 Decommissioning	Toyoaki Yamauchi/JAEA/Japan
9) Hamaoka NPP Decommissioning	Motonori Nakagami/CHUBU/Japan
10) Chinshan NPP Decommissioning	Chen-Tsung Fan
11) Fugen NPP	Koichi Kitamura/JAEA/Japan

表七、第 64 屆 TAG 會議 “Use of intervention suits in combination with asbestos and other hazardous or special materials” 專題簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Individual protection equipment and ergonomics associated with dismantling operations in a hostile environment at Belgoprocess	Robert Walthery/Belgoprocess/Belgium
2) Management of Asbestos in Japan	Koichi Kitamura/JAEA/Japan
3) CEA presentation	Eric Gouhier/CEA/France
4) Sellafield presentation	Bruce Willson/Sellafield/UK

表八、第 64 屆 TAG 會議核設施除役現場參訪項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) JOSÉ CABRERA NPP D&D	Manuel Ondaro /ENRESA/Spain
2) ENRESA´s New D&D Project: Decommissioning Project of Santa Maria de Garona NPP	Sta Ma Garona and Nieves Martin/ENRESA/Spain
3) JOSÉ CABRERA NPP, Live Dismantling	José Luis Leganés /ENRESA/Spain
4) 4D Application to D&D Projects	Francisco Ballester

(二) TAG 63 會議與會成員決議事項摘錄

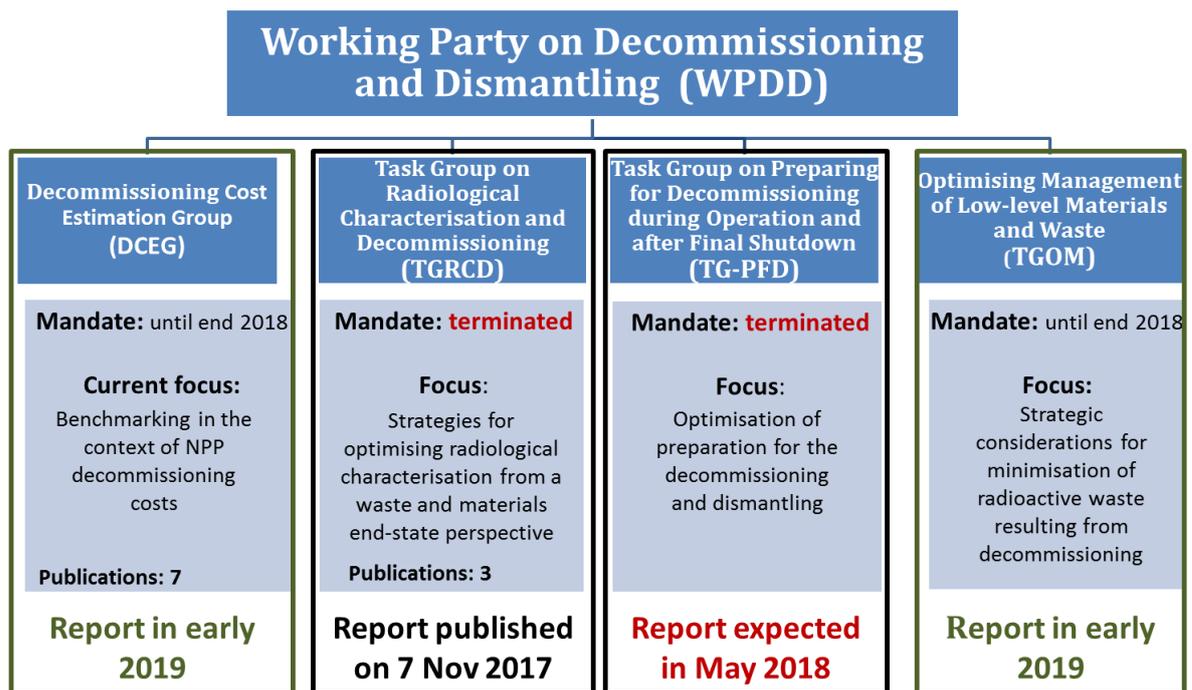
- 1) TAG 64 於西班牙的專題(Topic session)訂為 “Use of intervention suits in combination with asbestos and other hazardous or special materials”石棉、其他有害物質或特殊材料之防護裝使用經驗。
- 2) NEA 林繼統先生確認所有 TAG 官方認可之正式成員資料正確性，並提供予 Coordinator 以利聯繫及資訊傳遞。
- 3) TAG 成員們決定保持運作迄今的方式（獨立性、技術性、Give and Take、業者主導、.....）持續進行。
- 4) 主辦單位的年輕計畫主持人應受邀後再於 TAG 會議中經主辦人親自介紹其執行的計畫。

(三) NEA 近期在除役的活動及展望摘錄

本次 TAG 會議 NEA 秘書處派觀察員林繼統先生與會並說明近期 NEA 的重點活動。首先說明關於會員新一五年期 CPD 會員協議（2019 年~2023 年）之內容與簽署已開始，2018 年 4 月 24 日所有會員完成簽署，而 2018 年的會員費用 25 個單位中包含本所已有 22 個單位完成繳費。

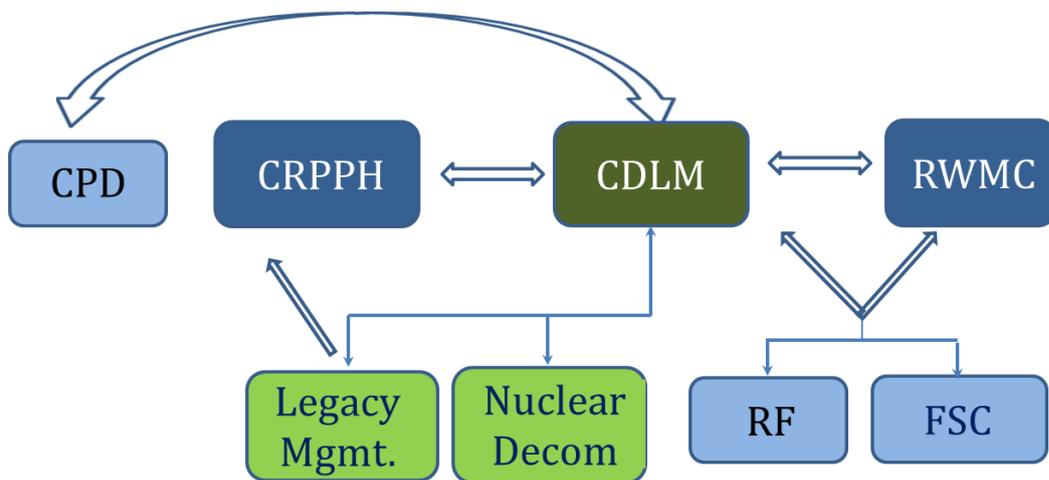
除役與拆解工作組（Working Party on Decommissioning and Dismantling, WPDD）近期動態如圖二所示，核設施除役與遺留廢棄物管理委員會（CDLM, Committee on Decommissioning of Nuclear Installations and Legacy Management）成立後，WPDD 將於 2018 年底解散。CDLM 成立一案於 2018 年 4 月 19-20 日第 136 次指導委員會議再次提案或無異議通過，此委員會將由 RWMC（Radioactive Waste Management Committee）組負責，而未來有關 CPD、CDLM 與 RWMC 等單位關聯如圖三所示。

Current WPDD programme of work



圖二、除役與拆解工作組近期動態

Work Coordination with CDLM



圖三、CPD、CDLM 與 RWMC 等單位關聯

(四) 新計畫申請加入 CPD

2018 年申請加入 CPD/TAG 之計畫有兩項，分別是日本 JAEA 的 Monju FBR 與挪威 IFE 除役計畫，因挪威 IFE 作業不及故無法出席 TAG-64 會議。Monju FBR 除

役計畫由 Naoto Sakurai 報告。依其簡報內容顯示該計畫在未來的 4 年期間主要工作為用過燃料的移除，對於技術及經驗的貢獻不明顯，尚無法符合 TAG 會議 Give and Take 精神，故建議該計畫三年後再申請加入。近期 CPD 會員變動彙整如下：

表九、近期 CPD 會員變動（更新至 2018 年 5 月）

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 Dekommissionering: 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 Kroi 1 除役計畫	加入
2017	JAEA 的 Tokai Reprocessing Plant	TAG 會員同意
2017	Vattenfall 所有 Ringhals 一、二號機除役計畫	兩年後再申請
2017	AREVA 公司 UP2-400 除役計畫	TAG 會員同意
2018	JAEA 的 Monju FBR Decommissioning	三年後再申請
2018	挪威 IFE 除役計畫	申辦中

(五) 未來 TAG 會議地點及主辦單位規劃討論

會議中討論未來 TAG 65、TAG 66、TAG 67 會議的主辦國，討論後決議：

TAG 65 將在今年 2018 年 10 月 15-20 日舉行，由德國 KTE 主辦，未來的 TAG 會議主辦規劃如下：

TAG 65：2018 年 10 月，德國 KTE 主辦

TAG 66：2019 年 5 月，加拿大 AECL 主辦

TAG 67：2019 年 10 月，俄羅斯 Rosatom Russia – Novo Woronesh NPP 主辦

TAG 68：2020 年 5 月，規劃英國 Sellafield 主辦

TAG 69：2020 年 10 月，規劃日本中部電力 Hamaoka 主辦

(六) 西班牙 Vandellós-1 核電廠除役現場參訪

Vandellós-1 核電廠位於西班牙 Tarragona 省的 Vandellós i L'Hospitalet de L'Infant，為一座石墨緩速、氣冷式核電廠，容量為 508 MWe（圖四）。從 1972 年營運到 1989 年，因汽機區發生火災意外導致停機，評估修復成本不符合經濟效益故

決定在 1989 年永久停機。是西班牙唯一採用延後拆除策略的核能電廠，安全封存時間將會長達 25~30 年。在 2003 年，ENRESA 開始進行第 2 階段的除役作業，並且已經釋出大部分的土地，在安全封存結束後，ENRESA 預估輻射強度將會減低 95%，這時所有剩餘的建築物將全數拆除。除役時程各階段工作摘錄如下：

1. 第一期（調整活動）準備階段

這個階段的準備工作由 HIFRENSA 公司執行，從 1990~1998 年，包括：從廠區移出用過核子燃料，並送至法國進行再處理；移除營運廢棄物；先行拆除一部分不再需要的一般性設備或系統，如氣體貯存槽或汽渦輪機的發電機組；核設施除役程序審核及責任權轉移給 ENRESA 的準備工作。

2. 第二期（結構物除役與準備安全貯存）除役階段

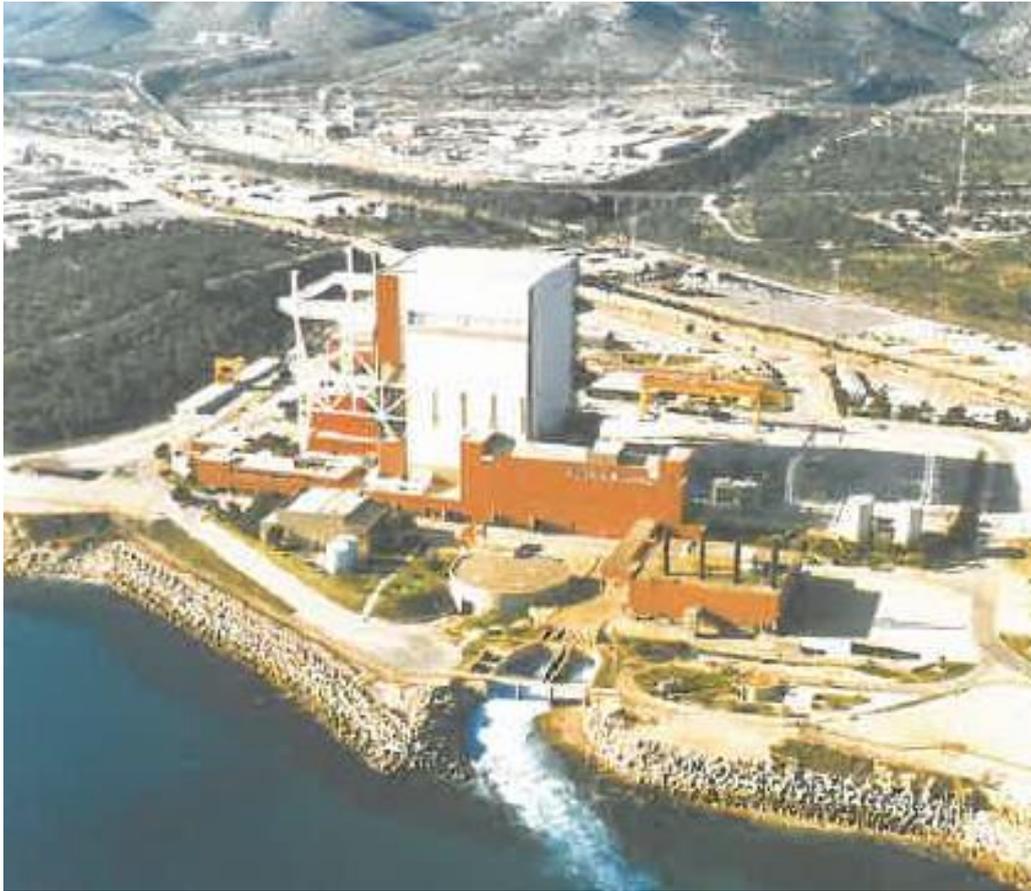
這個階段的工作已由 ENRESA 負責執行，期間從 1998~2003 年，陸續拆除所有除了反應爐主體之外的建築物、系統管路以及設備組件。

拆除工作分成兩段階段進行（圖五）：**First phase**（1998~1999）進行的工作包括標定場址內放射性區域之拆解作業範圍，並拆除、移除不再需要的一般性設備及建築。這些拆除的計畫內容會在一般組件除役計畫說明文件 **PDCC**（**Conventional Components Decommissioning Plan**）中提及。**Second phase**（1999~2003）進行的工作包括執行其他放射性區域的拆除計畫，並採用傳統方法進行管理。另外中低放射性廢棄物再經過封裝處理後送至 **El Cabril** 處置設施，而一般性廢棄物經判定後可進行回收，反應爐主體將被保留並以水泥及建築外殼屏蔽封存。

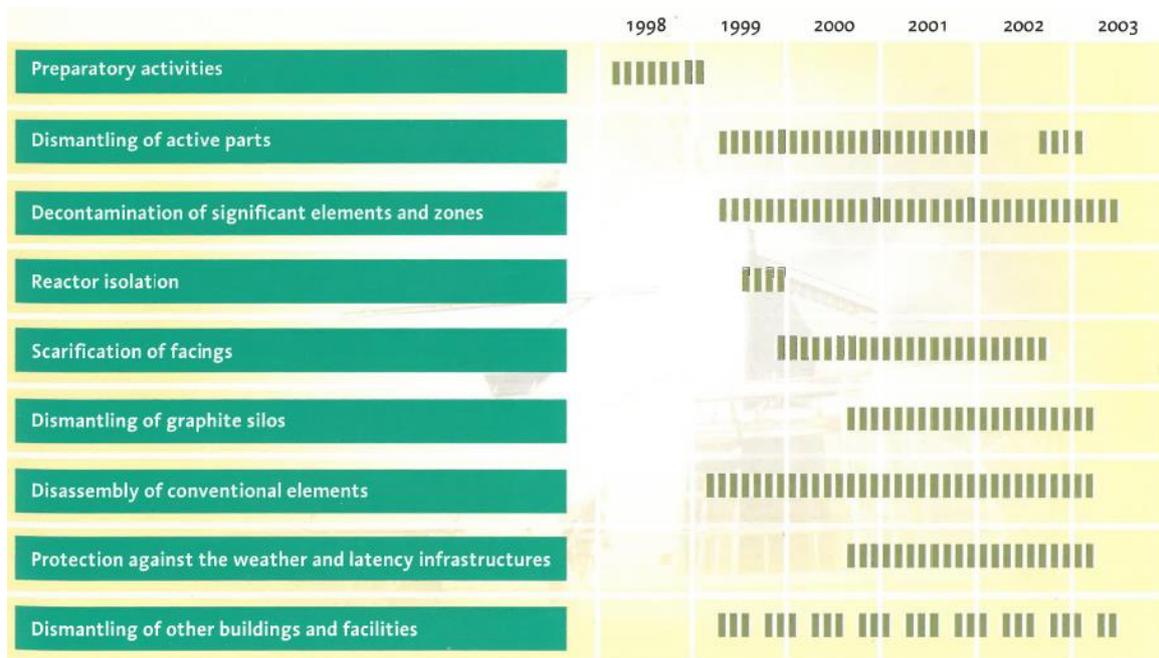
完成第二期作業後，剩餘未拆除及釋出的建築由 ENRESA 持續監控活度，進入 **Safestore** 狀態約持續 25 年，等待輻射活度降低至初始值的 5%，再進行最後階段的拆除作業。

3. 第三期（反應器槽除役）最後階段

預計約在 2028 年，最後階段將會開始進行，移除安全封存的反應爐主體，完成場址復原、釋出。



圖四、Vandellós-1 除役前



圖五、結構物拆除時程



圖六、第二期拆除作業完成後

(七) 西班牙 Jose Cabrera 核電廠除役現場參訪

位於西班牙瓜達拉哈拉(Guadalajara)省阿爾莫納西德索里塔(Almonacid de Zorita)的 José Cabrera 核電廠 (CNJC)，因其地理位置又被稱為 Zorita 核電廠，為西班牙第一座運轉的核電廠，其反應爐為壓水式輕水反應爐(PWR)，可提供 160 MWe 之電力。1968 年開始運轉，2006 年依據政府部門頒布的行政法令關閉。

2003 年由 Enresa 公司開始進行 José Cabrera 核電廠的拆除規劃，場址拆除前後如圖七；2006 年至 2010 年間，將爐內使用過燃料取出送至獨立用過燃料貯存設施 (Independent Spent Fuel Storage Installation (ISFSI))存放並取得 José Cabrera 核電廠之拆除許可，獨立用過燃料貯存設施(ISFSI)如圖八；2010 年場址的所有權由費諾薩聯合集團(Unión Fenosa)轉移至西班牙公營之 Enresa 公司，同年開始進行拆除作業。拆

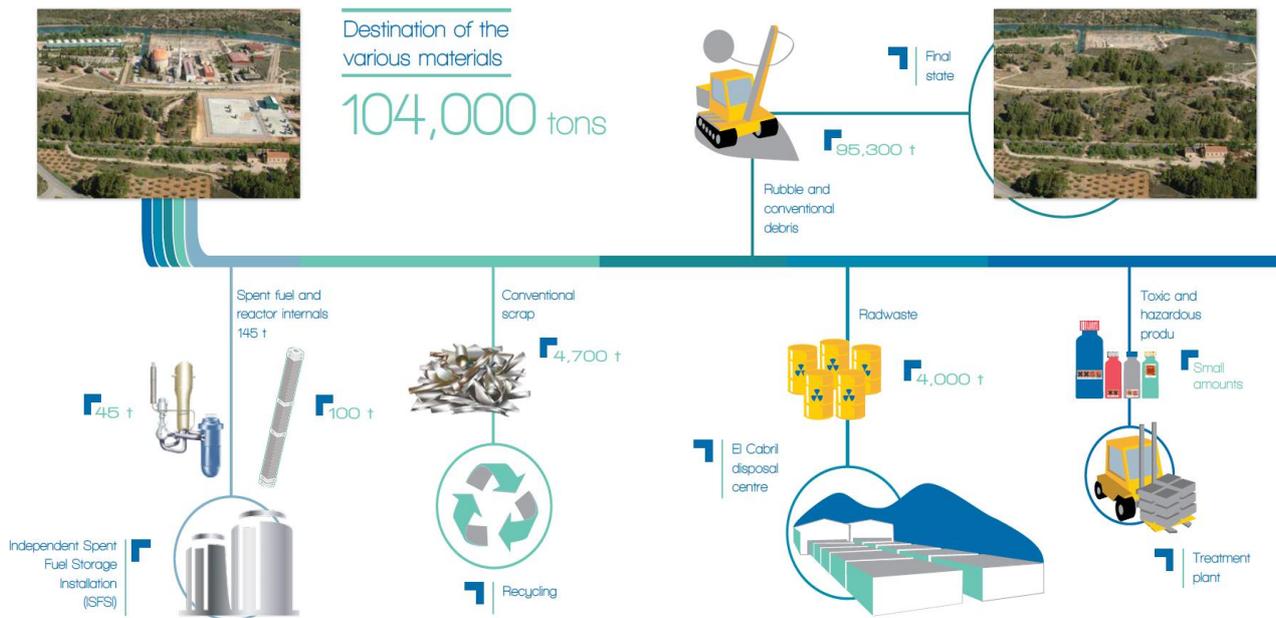
除作業分為五個階段，分別為初始之廠址特性調查與廠內系統及組件之盤點、配合拆除作業進行設備之調整及更新、拆解、拆除及廠址復原，並將產生之廢棄物依其來源及種類進行分類、管理，除役廢棄物之分類、管理及各種類廢棄物量如圖九所示。



圖七、José Cabrera 核電廠場址拆除前後示意圖



圖八、獨立用過燃料貯存設施 ISFSI



圖九、José Cabrera 核電廠除役廢棄物分類及管理示意圖

Enresa 公司執行 José Cabrera 核電廠的除役工作至 2016 年已完成 80%，其時程規劃如圖十所示。2010 年至 2011 年間進行拆除前之準備，包括設備、系統及基礎設施配合拆除作業需求所進行的調整、為整體施工之安全性進行排除殘留液體及有害物質、減少動火、切斷待拆除設備及系統電源等安全措施、建立除役視覺輔助展示間 (Decommissioning Auxiliary Building DAB) 等，DAB 係由原渦輪機廠房改建如圖十一。部分乾淨之設備包括冷卻水塔、控制室等之拆除作業與拆除前準備同時進行。2011 年進行反應器主要組件之拆除籌備活動，包括燃料池內碎片清理、燃料更換爐穴的部分切割等，2012 年開始進行反應器內部組件之切割、拆除，反應器內部組件將被切割為 432 塊，產生 59.5 噸的廢棄物。切割後的反應器組件經過裝箱後送至 DAB 進行固化包裝，並於 2012 年進行第一批固化包裝作業，切割後反應器組件裝箱及固化包裝流程如圖十二。主要迴路、主泵、調壓槽及蒸汽產生器的切割亦於 2012 年開始進行，2015 年完成反應槽之切割及主要迴路的移除。後續的除汙、建築物混凝土切割、移除及拆除後場址特性調查等作業，於 2016 年開始執行，混凝土之切割及移除以 3D 模型進行模擬如圖十三；預計於 2018 年取得西班牙核能安全理事

Initial status of the operations plant, Turbine Building

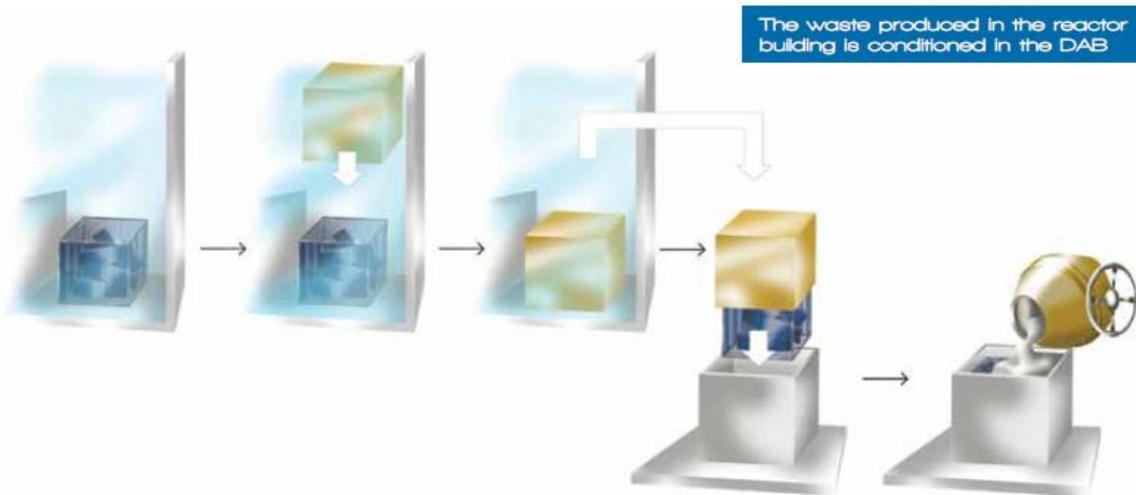


Final status of the Decommissioning Auxiliary Building (DAB)

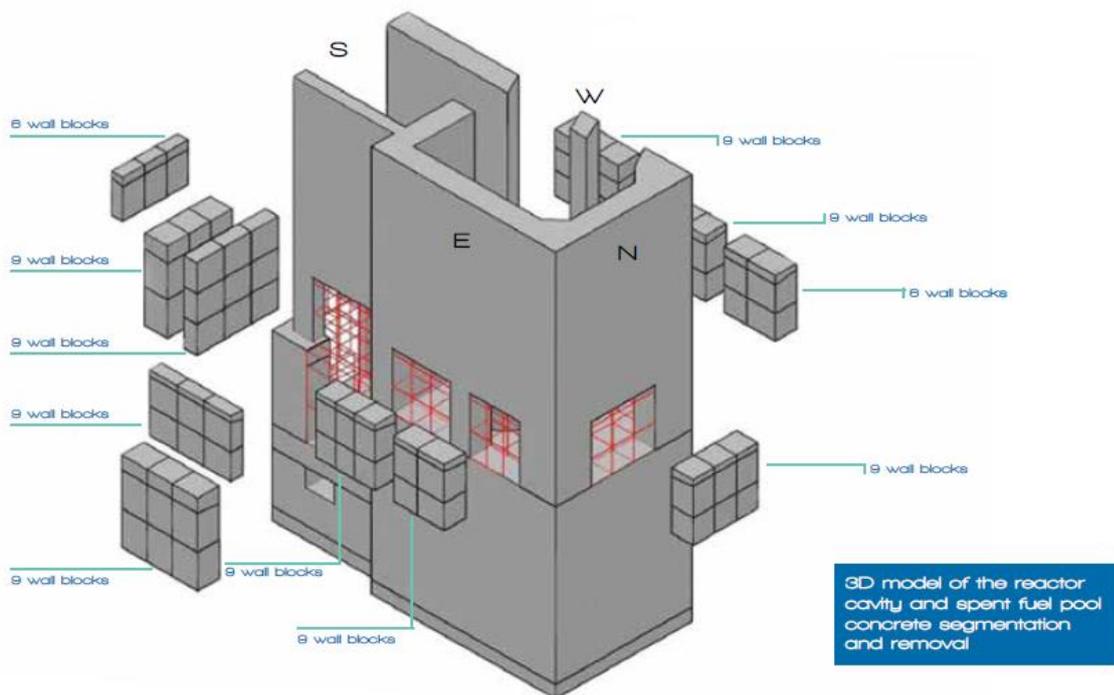


圖十一、利用舊有渦輪機建築改建除役視覺輔助展示間(DAB)

OPERATION OF THE DECOMMISSIONING AUXILIARY BUILDING (DAB)



圖十二、切割後反應器組件裝箱、固化包裝流程



圖十三、反應爐內、燃料池混凝土切割及移除之 3D 模型

三、心得

本章摘錄會議重點心得以期可作為本所執行核設施除役與清理計畫的借鏡，並簡述現場參訪討論中關於 Vandellós-1 與 José Cabrera 核電廠除役經驗與狀態之概要心得。

(一) 會議簡報與討論心得

本次會議中共有兩個單位簡報其國內核設施的動態：

- I. 日本中部電力公司 Motonori Nakagami 先生說明日本國內 59 部商用核電機組中已有 14 部機組已符合新的安全法規規範（重啟運轉的有 4 部，準備重啟運轉的有 10 部），另 25 部機組停止運轉（等待狀態更新），2 部機組建置中，9 部機組終止運轉與 9 部機組除役進行中。
- II. ROSATOM 公司簡報俄羅斯國內核設施、廢棄物處理與處置狀態。本節摘錄俄羅斯放射性廢棄物的管理系統革新過程，聯邦放射性廢棄物管理法尚未通過前（1940~2011 年），不論是遺留廢棄物（Legacy waste）或運轉廢棄物的管理權責不明確；業者對於所產的放射性廢棄物都自主管理，沒有明確定義放射性廢棄物的處理與固化等目標；主要的策略只有貯存且沒有長期放射性廢棄物管理的的解決方案，遺留的廢棄物體積不斷增加累積，缺乏系統化的管理，財務使用沒有效率。在訂定放射性廢棄物管理法之後（2011 年至今），遺留廢棄物由聯邦編列預算且處理屬聯邦政府權責；營運廢棄物則由運轉者負責編列經費與處理。法規中建立以下幾點明確的目標，包含：(1)所有的放射性廢棄物必須進行處置；(2)建立新的財務機制；(3)減少貯存廢棄物的體積；(4)降低安全風險及(5)建立透明化系統。有關俄羅斯放射性廢棄物管理系統的第一階段成果包含實現法規架構的（2012 年），建立處置經費（2013 年），決定處置場址（2014 年）；第二階段的成果為法規架構的一致性與改進（2015 年），累積與保留處置基金（2016 年），建置深層地質處置之地下實驗室（2017 年）。

燃料循環與其他核設施除役之議程之一的「歐盟共同研發中心（Joint Research Centre）Ispra 遺留廢棄物取出計畫」，本次會議亦出席並說明近期的活動包含瀝青固化桶的取出處理作業與 Roman Pits 再取出規劃與測試。而 Roman Pits 再取出計畫目前正在主管機關審查階段，預期要到 2020 年才可能開始進行移除作業，並進行廢棄物的特性調查、拆解與暫時貯存等工作。

TAG 64 會議關於核反應器除役項目中所提出的進度與執行情形說明摘錄如下：

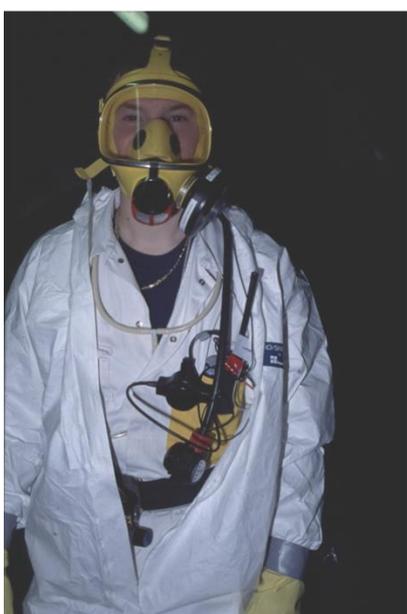
- I. 日本 JAEA Fugen 核電廠近期已完成爐內組件的取樣裝置測試（包含垂直與水平取樣機制），由於該反應器與 TRR 相似（但 Fugen 電廠主要功能為發電非研究用，且不像 TRR 內部具有石墨反射體），反應器拆除前也因其反應器壓力槽內壓力管銲合金材質較為特殊，受到中子活化所產生的放射性核種半衰期長，因此需要在拆解前確認核種類別與活度以利拆解後之放射性廢棄物管理。
- II. 斯洛伐克 V1 核電廠本次主要提出的貢獻在於主冷卻水循環系統的系統除污 (DfD) 作業，分別介紹六部蒸氣產生器的除污效率及劑量率抑低之結果，而除污之後所產生的液體放射性廢棄物約 354.9 m³ 與 97 桶 SIAL[®] 固化體（55 加侖）。
- III. 日本中部電力的 Hamaoka 核電廠 1 號與 2 號機除役，刻正進行反應器內部組件及生物屏蔽體的取樣分析，以比對中子活化分析計算結果。
- IV. 2017 年 5 月主辦 TAG 62 的丹麥 DR-3 研究用反應器除役，本次簡報提供石墨反射體的移除經驗，該反應器共計有 685 件石墨磚，約移除上層的 250 件。第一件石墨的移出是利用切割破壞後，以真空吸取的方式將石墨磚逐一取出；而在移除石墨磚的過程中發現到存在於石墨的靜能 (Static energy)，導致設備接觸石墨表面時訊號受到干擾而產生明顯的晃動，該現象後來是在設備端會接觸石墨的金屬表面覆蓋塑膠材質的遮蔽物，方解決前述控制訊號受干擾之問題。因 TRR 亦具有相當數量的石墨磚，DR-3 除役相關的資訊與經驗應可供後續工法設計參考，將持續關注該設施除役的發展情形。
- V. 本所 TRR 除役簡報安排於 2018 年 5 月 15 日，簡報現場如圖十四所示。簡報主要說明燃料池清理進度、燃料乾貯場的清除準備狀態及爐體廢棄物拆解工法規劃，與歐盟共同研發中心代表討論有關 TRR 爐內放射性活度的數據係為計算或實際取樣；另比利時 BelgoProcess 因面臨高活度桶槽之拆除困難，對於本所燃料池處理經驗相當感興趣。

本次會議的專題係各單位執行核設施拆除期間，處理有吸入人體危害性物質之防護裝備使用經驗，由 TAG 會議主席 Robert Walthéry 先生作開場介紹比利時 BelgoProcess 的案例，由於早期的建築物不論工業、民生或核設施中使用了大量的石棉（保溫材）與含多氯聯苯（塗料）等材料，因此在拆除期間必須謹慎提供工作

人員作業防護設備，其中供氣式面具、全身式防護衣、內著、襪及著裝內部透氣散熱系統，都是相當重要的裝備。而防護裝一般有棉質或塑膠等材質，甚至衣著表面還要有抗化學藥劑的功能。另如日本 JAEA 說明在日本有關石棉廢棄物的管理方式，而簡報中更提及核設施中使用的保溫材因材質蓬鬆且質輕佔空間，因此如 Fugen 所採取的方式，是利用工業普遍使用的攪碎和壓縮設備將保溫材料予以減容，此方式引起與會的許多專家高度興趣與贊同。而法國 CEA 本次提供目前法國針對石棉處理的法規、管理方針、處理策略及組織架構等經驗。



圖十四、TAG 64 本所 TRR 除役進度與狀態簡報



圖十五、工作人員防護裝示意

(二) Vandellós-1 核電廠除役經驗參訪心得

Vandellós-1 反應爐目前處於安全貯存狀態（SAFESTORE），主要執行的業務為監測爐內外的溫度變化及腐蝕電位等參數；而 Vandellós-1 反應爐採用延後拆除的策略係因 25 年後（2003~2028 年）內部 Co-60 活度已衰變 95%，使得拆解期間的輻射作業更為安全，圖十七與圖十七所示為 TAG 成員於 Vandellós-1 反應爐爐頂現場討論情形。

Vandellós-1 核電廠所使用的核子燃料束包覆於石墨緩速體之內，主辦單位親自示範整個燃料組件的組合及分離機構(圖十八(a))，由於石墨緊鄰燃料因此遭中子活化程度高，整個燃料組件底部為了支撐燃料而使用了碳鋼線因此 Co-60 活度相當強，在除役期間係將石墨、碳鋼線與用過燃料分離後，再將石墨體破碎盛裝於碳鋼製的盛裝容器(圖十八(b))中並貯存於鉛室內(圖十八(c))。早期這些從用過燃料所分離的石墨體係由上部置入貯存倉內，而進入除役階段時，因廢石墨貯存倉地板與壁面均遭到放射性元素的污染，因此一併執行除污，目前該貯存倉已解除管制，現場如圖十九所示。有關 Vandellós-1 核電廠之廢棄石墨體盛裝、管理與貯存；污染設施結構內除污、污染量測與解除管制之經驗均值得持續蒐集資料，以供執行 TRR 除役計畫之重要參考。



圖十六、Vandellós-1 反應爐爐頂現場討論



圖十七、Vandellós-1 反應爐爐頂管線拆除展示



(a)



(b)



(c)

圖十八、Vandellós-1 核電廠燃料組件機制與廢棄物貯存



圖十九、Vandellós-1 核電廠廢石墨體貯存倉除污後現場狀態

(三) José Cabrera 核電廠除役經驗參訪心得

本次參訪 José Cabrera 核電廠除役期間東道主 enresa 另安排一場「3D 技術應用於 D&D 計畫」的簡報說明（簡稱 NPIM 計畫，如圖二十），近年因數位資訊技術及電腦運算能力的提昇，利用 3D 繪圖來彙整核設施建廠時的工程資訊對於除役的工程規劃、執行進度管理及模擬演練具有相當顯著的價值與效益，本場的簡報引發許多成員的討論，包含介面的操作門檻是否友善、資料數據的即時維護以及系統管理維護成本等議題；本所亦在該領域具有許多經驗與成果，亦應用 3D 技術來執行 TRR 爐體廢棄物之拆解規劃，更進一步協助國內核電廠建立重要廠房與組件之工程資訊；整體而言，此技術應用在核設施除役已受到相當的關注與重視。

核設施除役階段另一個重點設施為解除管制量測室，其主要之功能包含土地放射特性量測與調查（圖二十一）、廢棄物外釋度量（圖二十二）及廠房結構表面污染偵測（圖二十三）等。其中，壁面污染偵測雖由人工操作但量測結果的紀錄係利用電腦連線方式

進行，避免人工抄錄錯誤及提昇數據解析速率。此作法相當值得 TRR 除役與除污作業後表面污染調查作業參考。



圖二十、應用 3D 數位模擬 José Cabrera 核電廠除役工程計畫說明現場



圖二十一、José Cabrera 核電廠解除管制量測室—土地輻射特性量測設備

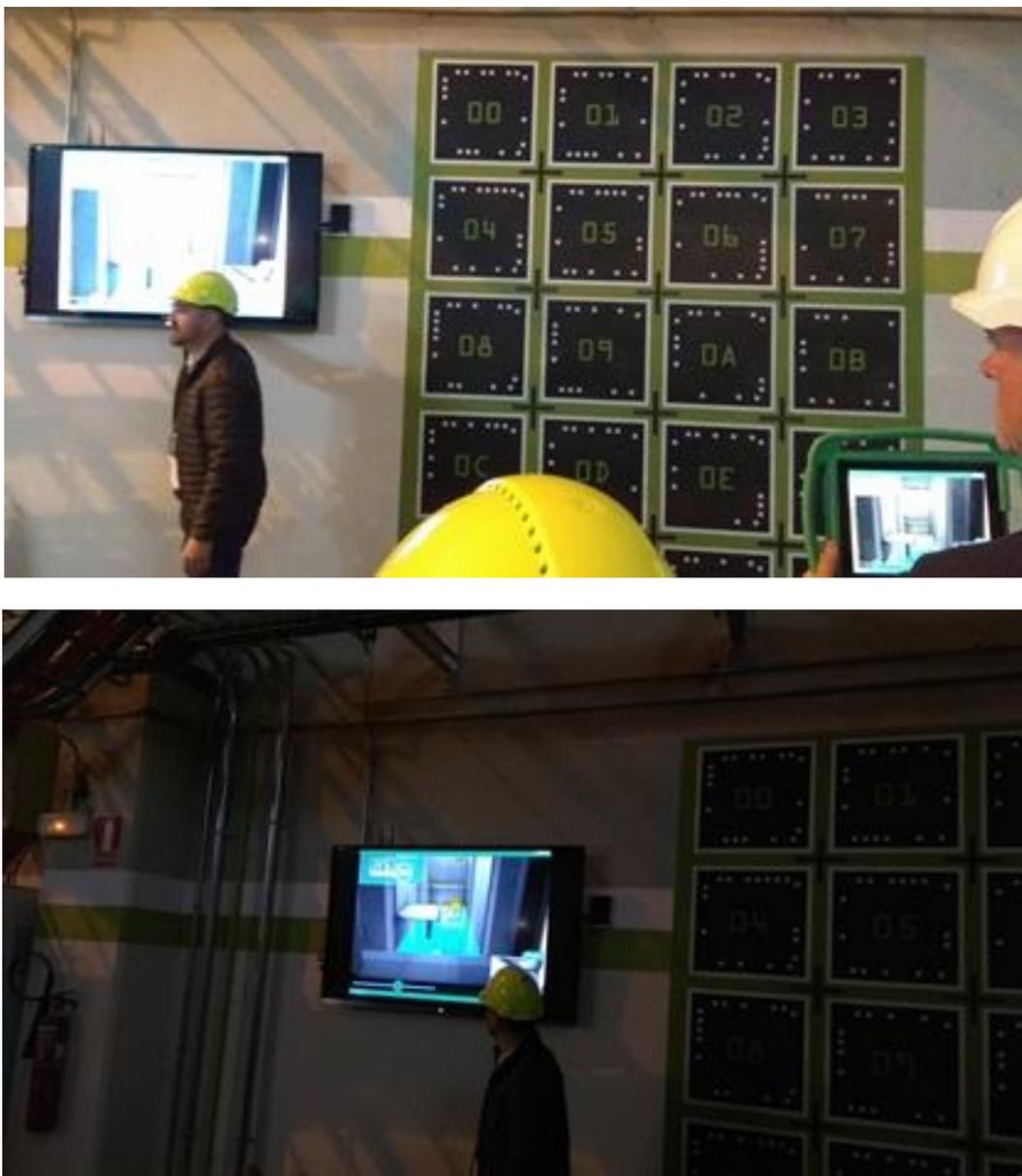


圖二十二、José Cabrera 核電廠解除管制量測室—廢棄物外釋度量設備



圖二十三、José Cabrera 核電廠解除管制量測室—廠房壁面污染量測

在 José Cabrera 核電廠內除役完成的廠房中設置一處視覺輔助拆解工程展示區，如圖二十四所示。說明的 enresa 人員本身係民眾溝通的專業人士，與會期間也簡報說明如何向大眾溝通核電廠除役的實際情形，由於核反應器的拆解過程（圖二十四牆後）人員無法進入觀看，但可以利用虛擬實境的方式展示真實的作業過程，讓非專業人士如臨現場的了解作業方式及細節，對於資訊的公開透明與公眾參與相當有助益。另設施拆除所產生的放射性廢金屬係盛裝於方形的貯存與處置容器中再利用灌漿固化處理（圖二十五）後暫貯待送處置場。廠內原冷卻水塔拆除後之空間，建置廢土貯存庫以貯放廠房周遭微量污染的土壤（圖二十六）。



圖二十四、José Cabrera 核電廠廠內除役作業視覺輔助展示現場



圖二十五、José Cabrera 核電廠放射性廢金屬固化系統



圖二十六、José Cabrera 核電廠低污染廢土貯存庫

四、建議事項

- (一) 2019~2023 年 CPD 會員協議待 NEA 提供簽署之協議予所有會員。為履行會員義務本所應每年派員出席會議，並掌握各會員核設施除役計畫執行動態與經驗。
- (二) 應持續關注丹麥 DR-3 反應器內石墨移除工法與經驗，並參考西班牙 Vandellós-1 核電廠關於廢石墨管理模式，以供本所爐體廢棄物拆解產生之廢石墨體處理之參考。
- (三) 日本 Fugen 核電廠之石棉處置與保溫材減容處理技術資訊，有助於我國類似廢棄物之管理，應持續追蹤其動態以利研議處理策略及方法。
- (四) 日本 Hamaoka 核電廠正進行反應爐內活化金屬及生物屏蔽體取樣分析計畫，相關經驗及方法值得作為 TRR 爐體參考及我國核電廠之除役拆解規劃。