

出國報告（出國類別：其他）

OECD/NEA 核設施除役合作計畫(CPD)  
第 62 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：丹麥

出國期間：106 年 5 月 13 日~106 年 5 月 20 日

報告日期：106 年 6 月 5 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 62 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 2016 年 10 月之 TAG-61 會議。

TAG-62 會議於 2016 年 5 月 15-19 日於丹麥哥本哈根舉行，由丹麥 Danish Decommissioning 與瑞典 Barseback Kraft AB 合辦，合計共 12 國與歐盟共同研發中心參與並有 22 個除役計畫共 35 位專家與會。5 月 15-17 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 15 篇，核燃料循環設施除役簡報 7 篇，國家報告簡報 3 篇，專題報告 2 篇與現場討論簡報 8 篇，共收集 35 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 18 日參訪瑞典 Barseback Kraft 除役現況，目前核心工作為爐內組件切割與盛裝作業。5 月 19 日參訪丹麥 Danish Decommissioning 負責之核設施 DR-3 與熱室除役，並參觀其解除管制實驗室。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。

# 目次

一、目的.....	5
二、過程.....	6
(一) 公差行程及會議內容 .....	6
(二) TAG 61 會議與會成員決議事項摘錄 .....	15
(三) NEA 近期在除役的活動及展望摘錄 .....	15
(四) 新計畫申請加入 CPD.....	16
(五) 未來 TAG 會議地點及主辦單位規劃討論 .....	16
(六) 瑞典 Barsebäck 核電廠除役現場參訪 .....	17
(七) 丹麥 DANISH DECOMMISSIONING 核設施除役現場參訪.....	21
三、心得.....	29
(一) 會議簡報與討論心得 .....	29
(二) Barsebäck 核電廠除役經驗參訪心得 .....	31
(三) 丹麥 DANISH DECOMMISSIONING DR-3 除役與切割經驗參訪心得.....	34
四、建議事項.....	36

## 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.....	9
表三、第 62 屆 TAG 會議詳細議程 .....	9
表四、第 62 屆 TAG 會議燃料循環與其他核設施除役簡報項目 .....	12
表五、第 62 屆 TAG 會議核反應器除役簡報項目 .....	13
表六、第 62 屆 TAG 會議核設施除役場地復原及除役物資再利用工作小組討論 .....	14
表七、第 62 屆 TAG 會議國家報告簡報項目 .....	14
表八、第 62 屆 TAG 會議專題簡報項目 .....	14
表九、第 62 屆 TAG 會議核設施除役現場參訪項目 .....	14
表十、反應器 Barsebäck 1、Barsebäck 2 相關資料.....	18
表十一、RISØ 國家實驗室內各設施除役況狀態.....	22

# 圖目錄

圖一、OECD/NEA CPD/TAG 架構示意簡圖 .....	8
圖二、瑞典 Barsebäck 核電廠.....	17
圖三、瑞典核電廠位置分佈.....	17
圖四、BKAB 改組後組織概況.....	19
圖五、Barsebäck NPP 除役計畫 .....	20
圖六、Barsebäck 1、2 號機細部除役計畫時程.....	20
圖七、RISØ 國家實驗室外觀.....	21
圖八、RISØ 國家實驗室內各設施位置.....	22
圖九、RISØ 國家實驗室內各設施除役時程.....	22
圖十、DR 1 外觀與結構 .....	23
圖十一、DR 1 拆除過程與量測 .....	23
圖十二、DR 2 外觀與結構 .....	24
圖十三、DR 2 內部管路與束管移除 .....	24
圖十四、DR 2 熱柱與柵格板拆除過程 .....	25
圖十五、DR 2 反應器主結構拆除 .....	25
圖十六、DR 3 廠房外觀與反應器結構 .....	26
圖十七、DR 3 外部冷卻系統拆除 .....	26
圖十八、DR 3 重水廠房內部組件移除 .....	27
圖十九、RISØ 國家實驗室熱室結構圖.....	28
圖二十、歐盟共同研發中心 ISPRA (A) ROMAN PITS 示意及(B)取出測試 .....	31
圖二十一、除役階段 Barsebäck 核電廠組織圖.....	33
圖二十二、Barsebäck 核電廠停機與除役工作項目規劃.....	33
圖二十三、Barsebäck 核電廠停機與除役時程.....	34
圖二十四、DR-3 爐內切割作業與監視系統工作站.....	35
圖二十五、DR-3 爐內鋁襯切割操作控制室.....	35
圖二十六、DR-3 爐內石墨塊取出工具模擬測試.....	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62屆技術諮詢組(Technical Advisory Group, TAG)會議，TAG-62 會議於 106 年 5 月 15-19 日於丹麥哥本哈根舉行，由丹麥 Danish Decommissioning 與瑞典 Barseback Kraft AB 共同主辦，合計共 13 國與歐盟共同研發中心參與並有 22 個除役計畫共 35 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 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；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，亦於本次會議上簡述 TRR 用過燃料乾式貯存孔清除與爐體拆解規劃，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 2017 年 5 月會員與參與計畫如表 一 所列，粗體字為 TAG 62 出席國家與計畫項目，其中因韓國 Kori 1 於今年 1 月已加入 CPD 但由於協定書仍在簽署中，NEA 官網尚未將其列入，因本次會議該單位仍持續派員出席，故本報告列舉該計畫於表中。

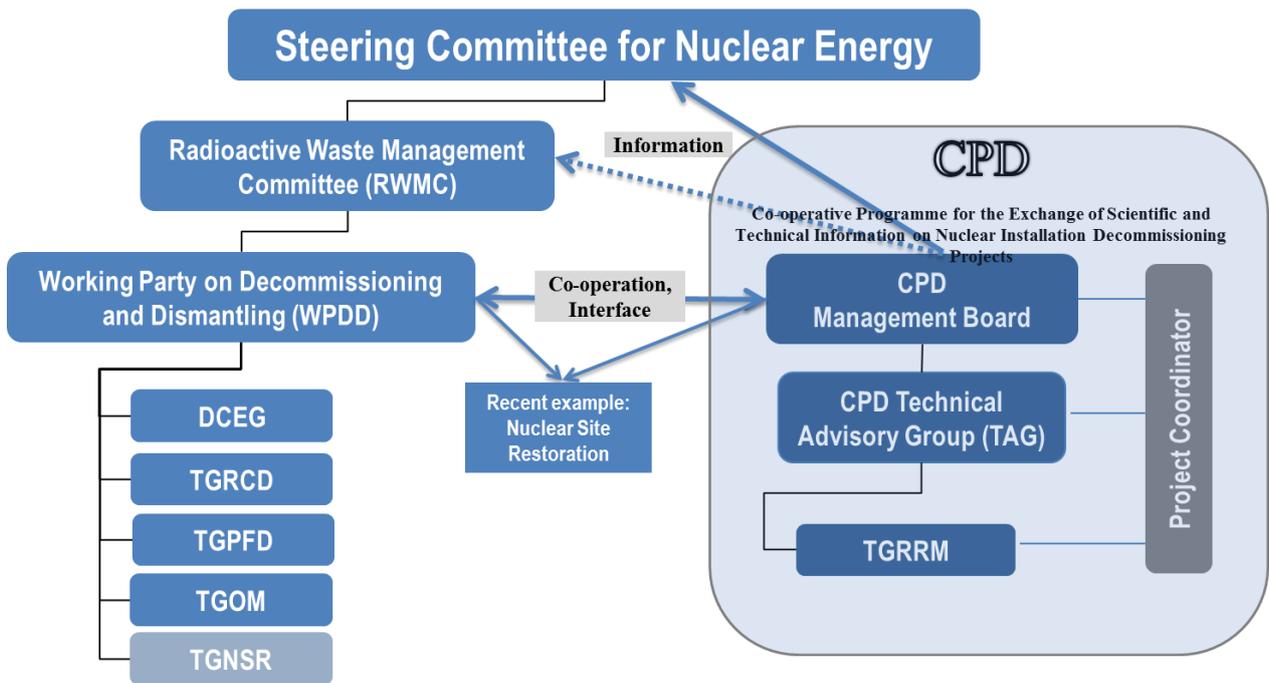
本期會員協定書有效期限從 2014 年至 2018 年為期五年。根據過去的經驗，業者在 CPD 之間的詳細技術討論，將有助於後續與主管機關及政策制定者對話關於核設施除役時達到成功、安全與有效的顯著改變關鍵因素。除役計畫可以從 CPD 所提供的資訊交換框架中獲得利益，這些資訊的交換包括技術諮詢小組（TAG, Technical Advisory Group）每年兩次會議中所獲取；如有必要 TAG 會議還可以召開任務小組（Task Group）共同研擬有興趣的專題，在 2014 年核設施場址復原的任務小組出版“Nuclear Site Remediation and Restoration during 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。

表一、OECD/NEA CPD 會員與除役計畫彙整表

2017.05 更新

會員	除役計畫
比利時	<b>BR-3 NPP</b> , Eurochemic Reprocessing Plant, Building 105X and 122X
加拿大	204A/204B Bays Chalk River, Tunney's Pasture Facility, <b>Whiteshell Research Laboratory</b> , Gentilly-1, NPD PHWR
我國	<b>Taiwan Research Reactor (TRR), Chinshan NPP</b>
丹麥	<b>DR-3, Hot Cells</b>
歐盟	<b>JRC-ISPRA Legacy Retrieval</b>
法國	<b>EL 4 Brennilis</b> , Bugey 1, Elan IIB, AT-1 La Hague, Rapsodie (FBR) Cadarache, G2/G3 Marcoule, Saclay High-Activity Laboratories, Melusine, Cadarache Facility #56, <b>Phenix</b> , ATUE, APM Marcoule, <b>UP1 Reprocessing Plant Marcoule</b> , Basic Nuclear Facility No 57
德國	MZFR Karlsruhe, <b>KNK Karlsruhe, WAK, Greifswald NPP, AVR, KKN Niederaichbach, HDR Karlstein, KKB Brunsbüttel</b>
義大利	Garigliano NPP, ITREC U-Th reprocessing plant, Latina GCR
日本	<b>Fugen NPP</b> , JPDR Tokai NPP, JRTR Tokai, Plutonium Fuel Fabrication Facility, <b>Uranium Refining/Conversion/Enrichment Facility</b> , Tokai 1 NPP, <b>Hamaoka 1&amp;2 NPP</b> , Fukushima Daiichi NPP
韓國	Triga Research Reactors KRR1&2, Uranium Conversion Facility, <b>Kori 1*</b>
俄羅斯	<b>A.A. Bochvar Institute</b> , Uranium-Graphite-Reactors (JSC "PDC UGR")
斯洛伐克	<b>Bohunice A1, Bohunice V1</b>
西班牙	PIMIC D&D Madrid, <b>Jose Cabrera NPP</b> , Vandellos 1
瑞典	Studsvik Active Central Laboratory (ACL), Research Reactor R2/R2-0, <b>Barsebäck NPP</b>
英國	BNFL Co-precipitation Plant, <b>WAGR Sellafield</b> , 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-62 會議)



圖一、OECD/NEA CPD/TAG 架構示意簡圖

TAG-62 會議於 106 年 5 月 15-19 日在丹麥哥本哈根舉行，由丹麥 Danish Decommissioning 與瑞典 Barseback Kraft AB 聯合主辦，合計共 13 國與歐盟共同研發中心參與並有 22 個除役計畫共 35 位專家與會。5 月 15-17 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 15 篇，核燃料循環設施除役簡報 7 篇，國家報告簡報 3 篇，專題報告 2 篇與現場討論簡報 8 篇，共收集 35 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 除役計畫為 5 月 16 日簡報，5 月 18 日參訪瑞典 Barseback Kraft 除役現況，目前核心工作為爐內組件切割與盛裝作業。5 月 19 日參訪丹麥 Danish Decommissioning 負責之核設施 DR-3 與熱室除役，並參觀其解除管制實驗室。主要行程如表二所示，TAG 62 會議之詳細議程如下表三。表四至表九說明會議中提供簡報之專家姓名及所屬機構。會議取回 35 篇簡報，包含各國除役第一手現況資料，及詳細除役相關技術資訊。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。

表二、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，至杜拜機場，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（議程詳如表三）；5/16（二）TRR 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
5/20 (六)	回程

表三、第 62 屆 TAG 會議詳細議程

**TAG 62 - 15<sup>th</sup> – 19<sup>th</sup> May 2017**  
Danish Decommissioning / Barseback Kraft AB in Copenhagen, Denmark  
Meeting Agenda

<b>Sunday 14<sup>th</sup> May</b>			
Arrival in Copenhagen and Scandic Palace Hotel check-in			
<b>Monday 15<sup>th</sup> May</b>			
8.00		Assemble in Conference Room for meeting, <i>Transfer presentations to Coordinator's computer</i>	
	<b>1</b>	<b>Introduction</b>	
8.45		i. Welcome by the TAG Chairman	Chairman
8.50		ii. Round Table Introductions	All
9.05		iii. Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
9.20	<b>2</b>	<b>Approval of agenda</b>	Chairman
	<b>3</b>	<b>Chairman's, Co-ordinator's Remarks and Opening Business</b>	Chairman, Coordinator
9.25		i. Chairman's Opening Business	Chairman
9.30		ii. Co-ordinator's Summary of the CPD Management Board (MB) meeting	Coordinator
9.40		iii. Future role of CPD – presentation given by Ivo Tripputi at MB 35 and discussion	Coordinator All
10.10	<b>4</b>	<b>CPD recent activities</b>	Lin Jihong
11.00	<b>5</b>	<b>Summary Record of TAG 61 – decisions tracking</b>	Coordinator
	<b>6</b>	<b>Country Reports</b>	
11.10		i. Japan	Motonori Nakagami

11.40		ii. Denmark	Kirsten Hjerrild Nielsen
12.00		iii Germany	Hermann Langer
	<b>7</b>	<b>Project Status Reports:</b>	
	<b>7a</b>	<b>Status Reports from Fuel / other Nuclear Facilities</b>	
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
16.15		vi. Whiteshell Laboratories Decommissioning	Craig Michaluk
16.45		vii. Bochvar Institute Decommissioning	Sergey Savin
17.10		Organisational announcements	Host, Chairman
<b>Tuesday 16<sup>th</sup> May</b>			
08.00		<i>Assemble in Conference Room for meeting, Transfer remaining presentations to Coordinator's computer; Announcements by Chair/Host</i>	
08.10		Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
	<b>7b</b>	<b>Status Reports from Reactor Facilities</b>	
08.15		i. KKB 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		x. AVR Decommissioning	Norbert Hess
14.50		xi. BR 3 Decommissioning	Sven Boden

15.45		xiii. KTE Decommissioning (overview)	Erwin Prechtl
16.05		Organisational announcements	Chairman/Host
<b>Wednesday 17<sup>th</sup> May</b>			
08.30		Assemble in Conference Room for meeting	
		Administrative and organizational remarks	Chairman, Coordinator and Host
		<b>Continuation Status Reports from Reactor Facilities</b>	
08.35		xiii. Chinshan NPP Decommissioning Preparation - Taiwan	Wen-Bin Chang
09.10		xiv. Kori 1 Decommissioning	Wook Sohn
	<b>8</b>	<b>New Projects (status)</b>	
09.25	8a	<b>i. UP2 400 (fuel reprocessing plant)- AREVA</b> ii. TAG Members discussion of the project during which AREVA is not present iii. TAG present conclusion of discussion	Jean-Michel Chabeuf All  Chairman
11.00	8b	<b>i. Ringhals NPP Decommissioning - Vattenfall</b> ii. TAG Members discussion of the project during which Rosenergoatom is not present iii. TAG present conclusion of discussion	Frederuc Dela Gardie All Chairman
	<b>9</b>	<b>Topical Session: “Site remediation issues to consider in planning and execution of a nuclear decommissioning project”.</b>	
11.30		1) Introduction	Chairman
		2) Members presentations	
11.35		i. Preliminary experience in site remediation in Belgium	Sven Boden
12.00		ii. ENRESA site remediation experience	Manuel Ondaro
12.25		3) Discussion and round-up	Chairman
12.30		4) Topic agreement for TAG 63 Topical Session	All
	<b>10</b>	<b>Status - TAG Knowledge Base - Discussion of further steps</b>	
13.40		i. Presentation of TAG KB sample	Jihtong Lin (NEA)
13.55		ii. Test Group results, discussion and agreement on further steps	All
	<b>11</b>	<b>Task Groups</b>	
14.25		i. Task Group on Recycling and Reuse of Materials - Status of the publication of the final report	Chairman
14.30		ii. Results of the Task Group meeting of the TG	Chairman

		“Dismantling of high contaminated tanks”.	Jihtong Lin
15.00	12	<b>Future meetings of the TAG</b>	
		i. TAG 63 October 2017- CEA/EDF/AREVA France <b>Short presentation in preparation of TAG 63</b>	<b>CEA/EDF/AREVA</b>
		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	
15.30	13	<b>Closing remarks, meeting adjourn.</b>	Chairman
15.40		<b>Introduction to the visits at Barsebäck and Riso</b>	Hosts (DD&BB)
<b>Thursday 18<sup>th</sup> May</b>			
<b>Site Visit Barsebäck</b>			
8.00		Pick up Scandic Palace Hotel – transport to Barsebäck NPP	
9.30		Presentations Barsebäck Decommissioning Project	Hakan Lorentz and colleagues
13.00		Barsebäck NPP guided tour	
<b>Friday 19<sup>th</sup> May</b>			
<b>Site Visit Riso</b>			
		Site Visit - Riso	
09.00		DR3	Per Holtzmann
10.00		Hot Cells	Bjarne H. Rasmussen
11.00		Clearance Laboratory	Jens Sogaard-Hansen

表四、第 62 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) UP1 Decommissioning	Eric Cantrel/CEA/France
5) Sellafield Decommissioning	Bruce Wilson/Sellafield/UK
6) Whiteshell Laboratories Decommissioning	Craig Michaluk/AECL/Canada
7) Bochvar Institute Decommissioning	Sergey Savin/Pocatom/Russia

表五、第 62 屆 TAG 會議核反應器除役簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) KKB Decommissioning	Hermann Langer/Vattenfall/Germany
2) Bohunice V1 NPP	Martin Macasek/javys/Slovak
3) Fugen NPP	Koichi Kitamura/JAEA/Japan
4) Hamaoka NPP Decommissioning	Motonori Nakagami/CHUBU/Japan
5) Jose Babrera NPP Decommissioning	Manuel Ondaro/ENRISA/Spain
6) TRR	Chun-Ping Huang/INER/Taiwan
7) DR3 Riso	Per Holtzmann/Danish Decommissioning
8) PHENIX Decommissioning	Eric Gouhier/CEA/France
9) Greifswald NPPs Decommissioning	Eberhard Thurow/EWN/Germany
10) Brennelis Decommissioning	Michel Velon /EDF/France
11) AVR Decommissioning	Norbert Hess/JEN/Germany
12) BR 3 Decommissioning	Sven Boden/SCK`CEN/Belgium
13) KTE Decommissioning	Erwin/KTE/Germay
14) Chinshan NPP Decommissioning Preparation	Wen-Bin Chang/TPC/Taiwan
15) Kori unit 1 Decommissioning	Wook Sohn/KHNP/Korea

表六、第 62 屆 TAG 會議核設施除役場地復原及除役物資再利用工作小組討論

簡 報 項 目	簡報人/機構
Task Group on Recycling and reuse of materials – Status of the publication of the final report	Chairman
Results of the Task Group meeting of the TG “Dismantling of high contaminated tanks”	Chairman Jihtong Lin/NEA

表七、第 62 屆 TAG 會議國家報告簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) D&D General in Japan (commercial Power Reactor)	Motonori Nakagami/Chubu/Japan
2) Country Report Denmark	Kirsten Hjerrild Nielsen/Danish Decommissioning
3) German Government takes over (interim) Waste Storage	Hermann Langer/Vattenfall/Germany

表八、第 62 屆 TAG 會議專題簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Preliminary experience in site remediation in Belgium	Sven Boden/SCK·CEN/Belgium
2) ENRESA site remediation experience	Manuel Ondaro/ENRESA/Spain

表九、第 62 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) Barsebäck Kraft AB I. Introduction II. HINT Activity Calculations III. RadCharacterization IV. Decommissioning of Barsebäck V. HINT Dose Budget & Emissions VI. HINT Risk Assessments VII. Project HINT	Barsebäck Kraft AB’s staffs
2) Danish Decommissioning	Danish Decommissioning’s staffs

## (二) TAG 61 會議與會成員決議事項摘錄

- 1) 所有 TAG 61 出席者同意日本 JAEA 除役計畫 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。

## (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。首先說明關於會員協議修訂簽署情形，於 2016 年 11 月 8-9 日 CPD-35 管理委員會中一致決議要修訂 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。修改項目包含：

- i. 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。
- ii. 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，
- iii. 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。

新一五年期 CPD 會員協議 (2019 年~2023 年) 之內容與簽署已開始準備，預期 2017 年 10 月可提出第三次草案，計畫於 2017 年 11 月在 CPD-MB-36 中通過，預

計所有的會員將於 2018 年完成簽署。今年 4 月 25~26 日的 CPD 會議對於新一期的協議之決議項目包含由 CPD 的預算提供 TAG 財務支援，並增加申請加入新會員的強制條件，即細部除役計畫已備妥（已執行中）或已送件申請除役；另一方面，因 CPD 現任主席 Mr. Ivo TRIPPUTI 告知今年底前退休規劃，因此新的主席將於 CPD-36 會議中選出。未來 CPD 將成立核設施除役與遺留廢棄物管理委員會（CDNI, Committee on Decommissioning of Nuclear Installations and Legacy Management）

#### (四) 新計畫申請加入 CPD

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：

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	IAEA 的 Tokai Reprocessing Plant	申請中（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	申請中（會員同意）

#### (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 64、TAG 65、TAG66 會議的主辦國，討論後決議：

TAG 63 將在今年 2017 年 10 月 15-20 日舉行，由法國 CEA、EdF 與 AREVA 三個單位合辦，未來的 TAG 會議主辦規劃如下：

TAG 64：2018 年 5 月，將由西班牙 Enresa

TAG 65：2018 年 10 月，規劃德國 WAK 主辦

TAG 66：2019 年 5 月，規劃加拿大 AECL 主辦

## (六) 瑞典 Barsebäck 核電廠除役現場參訪

Barsebäck 核電廠位於瑞典南部，距丹麥首都哥本哈根 20 公里，為瑞典四座商業運轉的核電廠之一，由 EON Sverige AB 的子公司 EON Kärnkraft Sverige AB 所有，Barsebäck Kraft AB(BKAB)負責運轉，目前廠內兩部機組皆已關閉。



圖 二、瑞典 Barsebäck 核電廠



圖 三、瑞典核電廠位置分佈

Barsebäck 核電廠兩座反應器以 Barsebäck 1 及 Barsebäck 2 稱之，皆為沸水式反應器，分別可供電 93.8TWh/h 及 108TWh/h，反應器供應商為 Asea Atom，渦輪機供應商為 Stal-Laval，有關兩反應器之詳細資料如表 十。

表 十、反應器 Barsebäck 1、Barsebäck 2 相關資料

	Barsebäck 1	Barsebäck 2
Construction start	1971	1973
Commercial operation	May 15 1975	July 1 1977
Reactor type	BWR	BWR
Reactor model	ABB-II	ABB-II
Gross capacity	615 MW	615 MW
Permanent shutdown	November 30 1999	May 31 2005
Electricity supplied	93,8 TWh	108 TWh

1965 年瑞典第二大公用事業公司 Sydkraft AB(現 E.ON Sverige AB)為了興建核電廠而買下位於 Barsebäck Öresund 地區的土地，經過多年的計畫後於 1970 年動工。其土地大小足夠建置原本計畫購買的 6 座反應器，然而當 Barsebäck 核電廠完成時，僅兩座反應器建造完成。Barsebäck 1 於 1975 年開始運轉，而 Barsebäck 2 在第一座反應器運轉後兩年開始運轉，此兩反應器之非正式名稱分別為 Sofia 及 Bengt。1979 年三哩島事件後瑞典舉行公投決議國家未來核電發展政策，根據公投結果瑞典議會決定 1980 年後不再進行核電廠的建造，並於逐步減少核電佔比，至 2010 年完全淘汰核電。1986 年車諾比事件及 1992 年 Barsebäck 2 號反應器發生之等級二核安事件使核能安全問題再一次浮上檯面。

1997 年瑞典議會通過有關逐步廢除核電的法案，並授權瑞典政府決定是否繼續經營核電廠之權利，同年瑞典政府決定在 1998 年中關閉一號機且於 2001 年中關閉二號機。而 Barsebäck 的業主 Sydkraft 在歐盟法庭異議瑞典政府的決定沒有適法性，並且要求瑞典政府必須要全面補償無法運轉發電時的所有損失。1998 年 2 月 5 日瑞典政府決定於同年 6 月停止 Barsebäck NPP 第一座反應器 Barsebäck 1 的運作，經過

瑞典最高行政法院判決確定 Barsebäck 1 將於 1999 年 11 月 30 日永久停止運轉。2004 年 6 月 16 日決定於 2005 年 5 月 31 日停止 Barsebäck NPP 第二座反應器 Barsebäck 2 的運作。2006 年 12 月 1 日 Barsebäck 1 及 2 號機中所有燃料被送至位於 Oskarshamn 的中期貯存設施 CLAB 後進入服務營運階段(僅進行維護及保養作業)。

BKAB 在反應器關閉後員工數由電廠運作時約 450 名縮減至約 130 名進行後續相關工作，2007 年 1 月 1 日 BKAB 針對現有任務及組織功能進行改組，分為場址維護與運轉組(Site Service operation)、除役計畫組(Decommissioning planning)、新業務組(New business)、Barsebäck 接替部門(Barsebäck replacement department, BO)四個區塊，場址維護與運轉組負責確保在服務營運階段電廠內狀況正常並支援後續拆解工作，此區塊之工作包括監管、維護、維修、檢驗、安全防護、消防安全、廢棄物管理、職業健康、輻射防護及環境議題等項目；除役計畫組負責發展安全且具成本效益的拆解及除役方法；新業務組負責規劃廠址的新商業用途，包括廠房建築、系統、辦公室、組件及設備的租賃與販售；Barsebäck 接替部門負責員工三年內的再就業支援，此部門已於 2013 年 12 月 31 日結束其業務並解散。各區塊職掌及人員分配如圖 四所示。

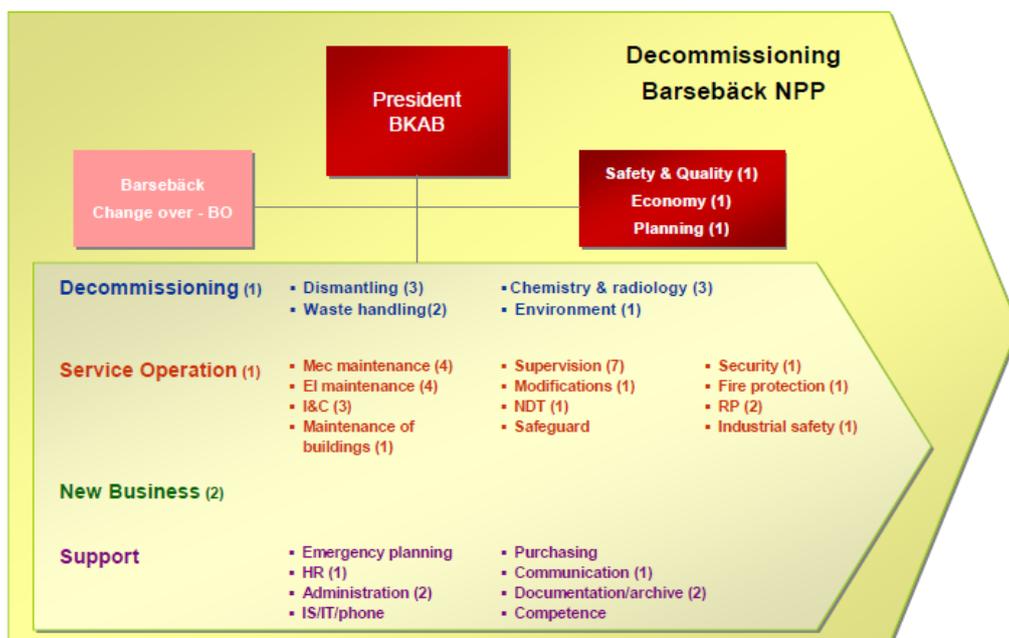


圖 四、BKAB 改組後組織概況

瑞典當局要求 Barsebäck NPP 的除役計畫須依據瑞典管理局(Swedish Authority)、瑞典輻射安全局(Swedish Radiation Safety Authority)之要求進行規劃。瑞典管理局要求在核設施建造時需有初步的除役計畫，且除役計畫須在拆除進行前詳盡，並在拆除階段前進行取得新的安全分析報告；瑞典的環境法規要求核電廠所有權人開始進行除役前須取得環境法院之判令，其中包含核電廠進行除役前的環境影響評估報告。目前環境影響評估報告已送交至法院，法院判決給予 BKAB 服務營運許可直到取得貯存場所再進行下一步相關許可申請。

拆除策略的制定依循安全、迅速、成本效益考量，發展出以下幾個策略：除役依據瑞典系統(廢棄物運送及最終處置皆由 SKB 處理)進行、拆解 Barsebäck 1 及 Barsebäck 2 將於一共同項目中進行、服務營運必須於簡單、安全及成本優化下進行。其中，瑞典系統意指短半衰期之低、中活性拆除廢棄物及 SPR 的最終處置設施，應該在拆除開始前準備完成並運轉，依據 SKB 的計畫貯存設施將於 2023 年開始運轉。依照上述策略規劃之 Barsebäck 1、2 號機除役計畫如圖 五與圖 六所示。

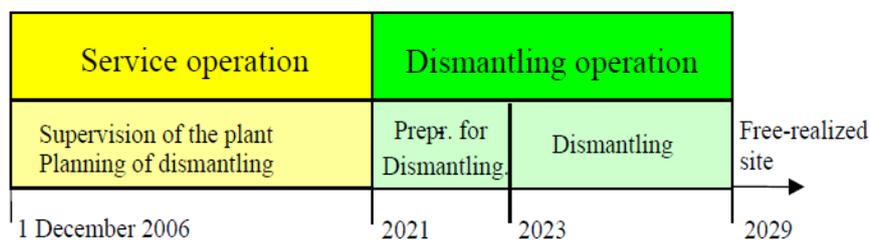


圖 五、Barsebäck NPP 除役計畫

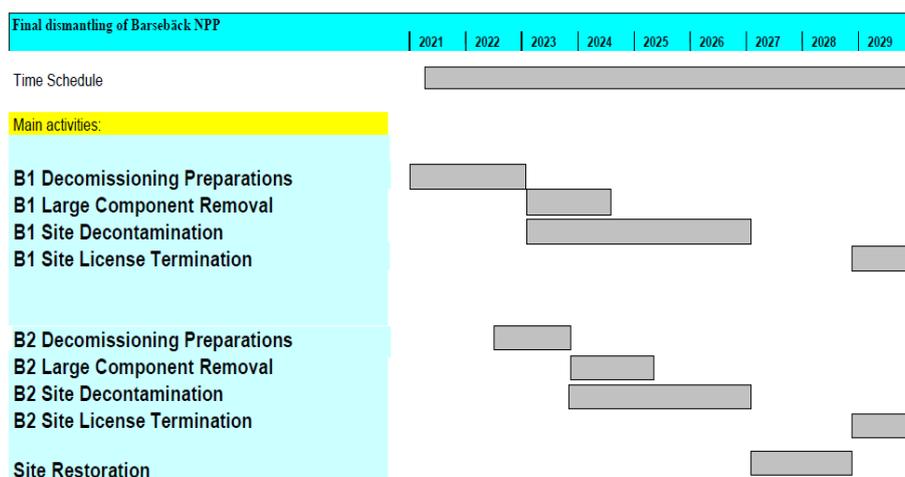


圖 六、Barsebäck 1、2 號機細部除役計畫時程

2016年1月BKAB表示所有核燃料皆已從Barsebäck核電廠中移除，亦通過相關領域的研究進行拆除準備，包括反應槽之拆卸、燃料池的清理、建築物拆除及土地復原之研究。然而，反應槽及其他重要組件必須在建築主體開始拆解前移出，嘗試移除場內較大單元之主要目的為確保拆解過程具效益性，此為當前之重要工作項目。目前，BKAB計畫將拆解作業分為四個階段，整合Barsebäck 1及Barsebäck 2的拆解為一計畫，整個核電廠區域包括建築物及土地達清潔、豁免為其目標，即瑞典輻射安全局將不在對廠區進行任何輻射防護限制。

### (七) 丹麥 Danish Decommissioning 核設施除役現場參訪

丹麥Risø國家實驗室建立於1958年（圖七），主要任務是作為丹麥的核能先驅，在前期20~25年之間，研究包含反應器型態、反應器技術、物理、化學、健康與電力等相關項目，並在1976年擴大研究範圍，將風力、燃油及燃氣項目納入規劃。直到1985年，丹麥國會決議核能不應繼續研究下去，因而導致Risø國家實驗室對於核能相關之研究大幅減少，相關核設施面臨除役及拆除；如今，Risø國家實驗室已成為丹麥技術大學(Technical University of Denmark)的一部分，並轉型研究燃料電池、系統能源、生質能、風力與放射性同位素之醫療應用等項目。



圖七、Risø國家實驗室外觀

2003年時，丹麥成立Danish Decommissioning (DD)，為高等教育和科學部的一個機構，主要負責除役工作，也就是拆除與清理Risø國家實驗室內的核設施（圖八），目標是將該地區轉變成無污染之綠地，估計將花11~20年的時間進行清理（圖九、表十一），整個費用約1.35億美金；而Risø國家實驗室內主要核設施有反應器DR 1、DR 2、DR 3，以及熱室、燃料組裝廠與廢棄物管理廠。DD除了進行除役工

作外，亦負責執行下列工作：(一)維護核設施，直到完全除役；(二)接收丹麥醫院與研究機構所產生的放射性廢棄物；(三)處理丹麥中低放射性廢棄物。



圖 八、Risø 國家實驗室內各設施位置

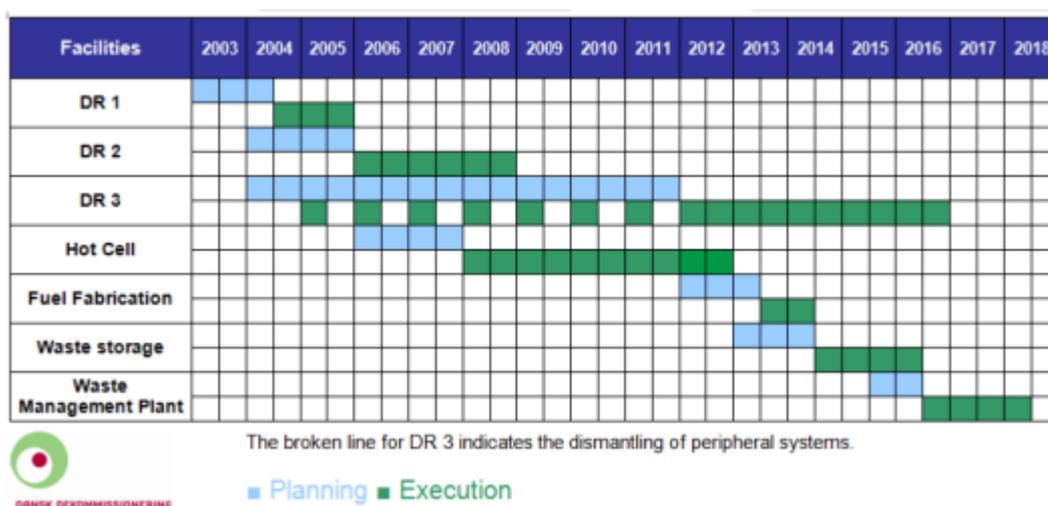


圖 九、Risø 國家實驗室內各設施除役時程

表 十一、Risø 國家實驗室內各設施除役況狀態

Nuclear facility	Type	Taken out of operation	Decommissioning status
DR 1	Small homogeneous 2 kW reactor mainly used for educational purposes	2001	Fully decommissioned and released from regulatory control in 2006.
DR 2	5 MW research reactor of the swimming pool type	1975	Reactor fully decommissioned, but the building will be used for storage of DR 3 waste objects prior to final release from regulatory control.
DR 3	10 MW heavy water research reactor of the PLUTO type	2000	Fuel elements removed. Decommissioning to »green field« is under planning. Secondary cooling system and structures dismantled. Decommissioning of peripheral systems ongoing.
Hot Cells	Facility for post irradiation investigations of nuclear fuel	1989	The decommissioning plan was approved by the authorities in spring 2008 and the dismantling began summer 2008.
Fuel fabrication	Fuel fabrication facilities for DR 2 and DR 3	2002	Decommissioning to »green field« is under planning. Equipment removed. Certain contamination- and radiation risk zones down-graded.

由於核准的除役策略是先拆除最低放射性之設施，以及建立相關拆除經驗與技術，因此反應器 DR 1 被列為優先拆除對象（圖 十）；DR 1 主要用於教育目的，為功率 2 kW 之小型反應器，在整個除役技術上提供一個良好的拆除教育。2004 年時，在進行特性分析測量後，先將輔助系統與次要結構(控制室、燃料棒等)拆除，接著將主要結構(石墨、核心容器、圍阻體等)與地板拆除（圖 十一），最後持續測量與監測劑量 3 個月，直到 2005 年完成拆除作業，並於隔年解除反應器周邊土地管制；整個拆除產生共 38 噸放射性廢棄物與 2.2 噸二次放射性廢棄物，以及 30 噸一般廢棄物。

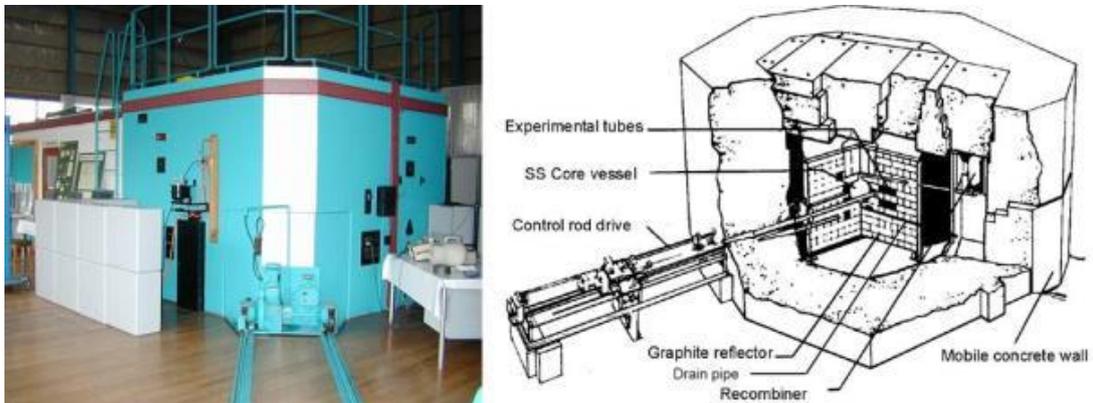


圖 十、DR 1 外觀與結構



圖 十一、DR 1 拆除過程與量測

根據整體的拆除規劃，DR 2 是第二個除役目標(圖 十二)。DR 2 為功率 5 MW 池式研究用反應器，於 1975 年被關閉，其運轉時間只有短短 16 年；70 年代末期已先拆除輔助系統並將反應器頂部密封加蓋。2000 年至 2003 年時，DR 2 已先做過特性分析測量，在 DR 1 完成拆除後，2006 年開始進行拆除 DR 2 作業；首先，將 DR 2 內部放射性管路與束管(beam tubes)移除(圖 十三)，接續移除石墨塊後才得以將熱柱(thermal column)與柵格板(grid plate)拆除，如圖 十四所示。最後拆除整個反應器主結構(圖 十五)，原則是類似於 DR 1 之拆除工法，而整個拆除作業則在 2008 年時完成。原本 DD 打算將整個 DR 2 廠房完全除役至綠地，然在拆除過程中，DD 意識到廠房內部吊車及其他附屬設施在將來進行拆除作業時還有用途，因此將保留至 Risø 內核設施最後拆除階段再進行整體清理作業。2007 年時，DD 統計當時除役(DR 1+DR 2)共產生 175 噸放射性廢棄物，以及 421 噸一般廢棄物(混凝土與鋼鐵)，而整個 DR 2 的拆除共產生 0.8 噸的二次放射性廢棄物。

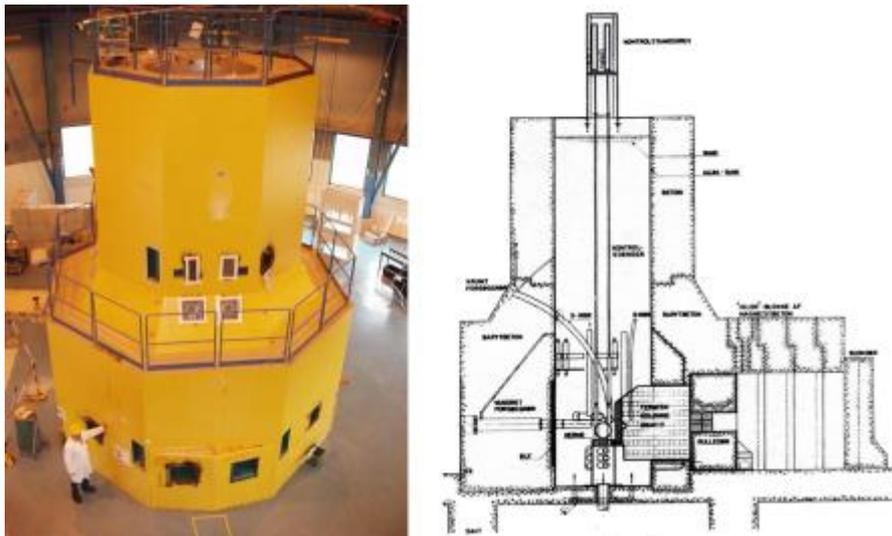


圖 十二、DR 2 外觀與結構

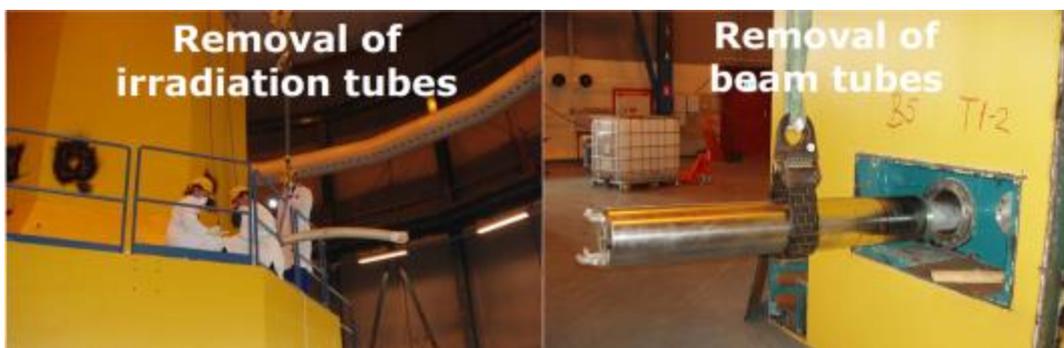


圖 十三、DR 2 內部管路與束管移除



圖 十四、DR 2 熱柱與柵格板拆除過程



圖 十五、DR 2 反應器主結構拆除

DR 3 為 PLUTO 型重水式反應器（圖 十六），功率 10 MW，於 1960 年開始運轉，2000 年底關閉；起初發生疑似洩漏現象，但於關閉之後才消除此疑慮。DR 3 主要用於中子物理、材料與同位素生產研究，並應用於醫療與工業上，例如當時 Risø 在 DR 3 執行半導體矽的中子照射就佔了全世界三分之一產量。

2005 年 Risø 開使著手 DR 3 反應器內外的特性測量分析，然在這段期間內依序拆除反應器外部設施如第二與第三冷卻系統（圖 十七），直到 2011 年完成反應器外部設施拆除作業，並接著花費一年時間拆除重水廠房（圖 十八）；直到現在，DR 3 目前仍於拆除階段。

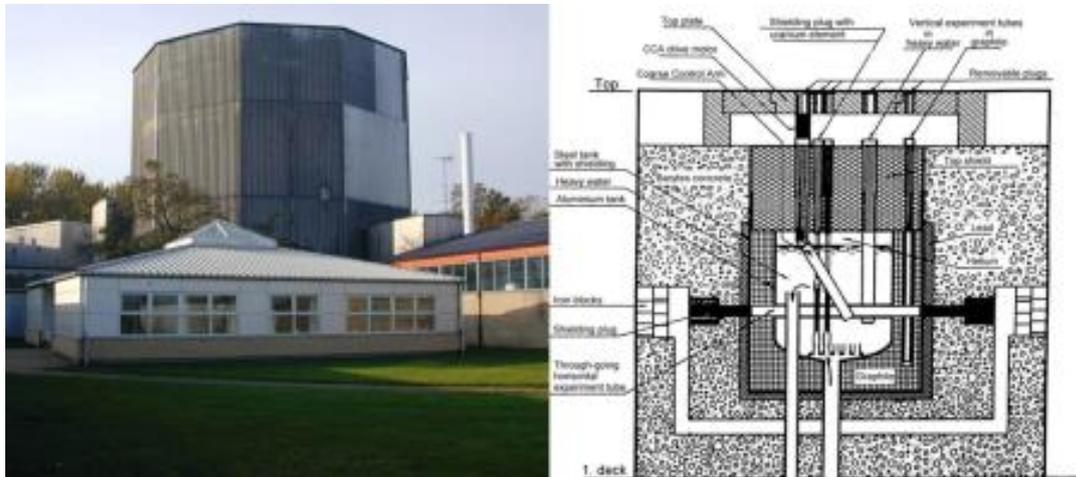


圖 十六、DR 3 廠房外觀與反應器結構



圖 十七、DR 3 外部冷卻系統拆除



圖 十八、DR 3 重水廠房內部組件移除

Risø 國家實驗室的熱室於 1964 至 1989 年間運轉（圖 十九），主要支援 RD 3 反應器與挪威 Halden 反應器，以破壞性與非破壞性的物理化學方式來檢查燃料，與包裝燃料，也因此的過程中產生許多核分裂產物如銿 90、銻 137 以及少量放射  $\alpha$  射線之超鈾元素，導致熱室內遭受大量污染；另外使用射源來做照射的工作也導致熱室內殘留不少鈷 60。

關閉熱室運轉後，Risø 國家實驗室在 1990 至 1993 年間有進行小部分除污工作，之後便將熱室密封。直到 DD 計畫開始，才於 2007 年開始將熱室做特性分析，隔年進行拆除作業；在拆除過程中，面臨到不少難題，如  $\alpha$  污染、初步的除污以遙控方式作業不易、除役空間有限、進出困難等，直到現在仍除拆中。

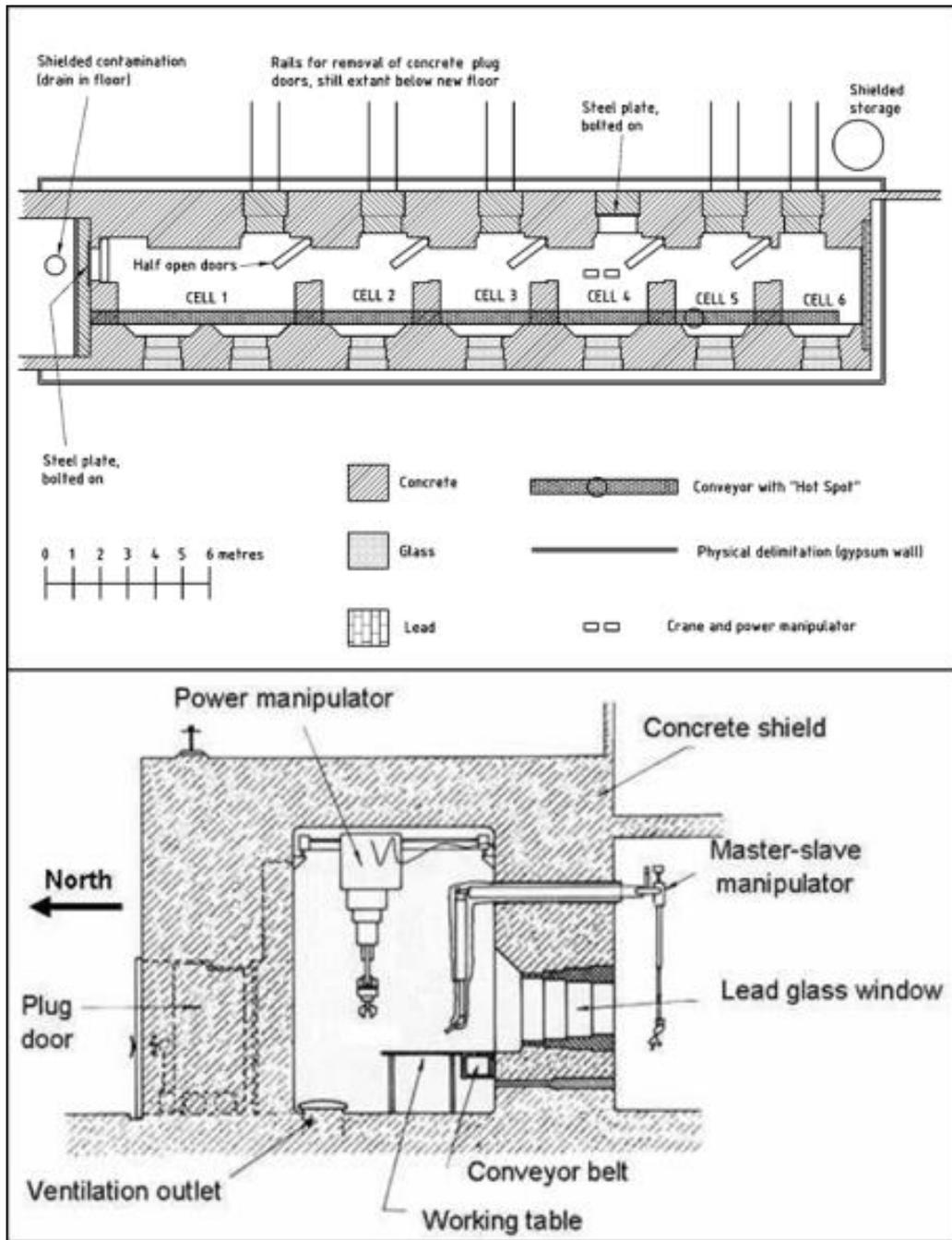


圖 十九、Risø 國家實驗室熱室結構圖

### 三、心得

本章摘錄會議重點心得以期可作為本所執行除役與清理計畫的借鏡，並簡述現場參訪討論中關於 Barsebäck 核電廠除役經驗與狀態及 DR-3 除役與切割技術之概要心得。

#### (一) 會議簡報與討論心得

本次會議中共有三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 部核電機組中已有 3 部機組運轉中，另 7 部機組進行運轉準備中，15 部機組停止運轉與除役中。而過去日本關於核設施除役產生可解除管制的金屬廢棄物回收再利用國家型計畫仍在推動當中，從 12 年前外釋條例即生效，但迄今仍因社會與工業界的疑慮延宕中。2015~2017 年以國家型計畫推動向社會展示的實際可外釋材料再利用，目標是將這些可外釋的金屬作為盛裝高活化爐內組件拆除後的容器，從 2015~2017 年共有 9 萬名公民參訪位於 Muroran-City 的 JSW 鋼鐵工廠社會示範站，獲得相當良好的迴響，因此預期可繼續往前進展。
- II. 主辦單位 Danish Decommissioning 由 Kirsten Hjerrild Nielsen 先生說明丹麥的核設施除役情形；詳細內容已敘述於上一章節中。
- III. Vattenfall 公司 Dr. Hermann Langer 簡報德國政府接手廢棄物貯存的規劃狀態。德國規定營運核電廠的公用事業有義務為核電廠停機、拆除及相對應的廢棄物處理貯存提供資金；迄今為止，這些基金由公用事業單位管理，並由獨立專家協會（稅務稽查員）查證。而政府則負責提供高、中低放射性廢棄物之最終處置設施。德國在全面廢核後遭遇不穩定經濟變動、新領域的活動、盈餘可能減少及新組織架構等變動，首要的問題是尚在運轉中的核電廠進入除役與拆除並加上放射性廢棄物的中期與最終處置階段時，從技術上與財務上能否得到長期的保障。因此德國聯邦政府在 2015 年成立德國廢除核電之後端財務審議委員會（稱 KFK），每年審視經費運用情形。另外，德國通過新法“Law on the reorganisation of the Responsibility for Nuclear Disposal”，將核設施除役時公用事業單位與州政府的責任分開，即業主須負責核電廠的除役與廢棄物包裝，而州政府負責實現核廢料的中期與最終貯存場址與經費（原業主管理的基金亦一併轉移給政府）；並且重

新組織公法信託基金（Trust of Public Law），並負責籌資、投資與支付。依現有的規定，核電廠業主有義務支付總額 236 億歐元提供包含成本與利息風險的補充經費與該基金；隨新法規生效，德國各州政府 2019 年起接管所有中期貯存設施，並且負責未來最終貯存場的建造、服役與營運。

TAG 62 會議中燃料循環與其他核設施除役之議程有兩項簡報，分別為 AECL WL (Atomic Energy Canada Limited Whiteshell Laboratories)除役計畫與歐盟共同研發中心 (Joint Research Centre) Ispra 遺留廢棄物取出計畫，均提及早期露天設置放射性物料與廢棄物之貯存孔面臨清除的需求，與本所近期規劃執行 TRR 用過燃料乾貯場的清除作業相關。AECL Whiteshell Laboratories 於 1964 年開始服役，設有一座 60 MW 的有機液體冷卻型研究用反應器（1965~1985 年），並設有熱室、加速器與放射性化學實驗室等設施。2015 年 AECL 轉型成 GoCo 模式(Government-owned, Contractor-operated)來管理與運轉 AECL 之場址，稱為 CNEA (Canadian National Energy Alliance)。2016 年 5 月 TAG 60 會議時 WL 計畫關閉整個場址 Green field 的時程為 2070 年，如今新規劃是提前至 2024 年完成，計畫提前的關鍵是政府擔負所有廢料處置與集中管理場的建置，而 AECL WL 必須將所有放射性廢棄物（包含 LLW, ILW 與 HLW）運送至兩千公里外的 CRL (Chalk River Laboratories) 場址；另外 WL 近期正在執行露天式地下貯存孔 (Standpipes) 的內部廢棄物特性調查，核設施運轉的早期是利用這些貯存孔暫貯中低階放射性廢棄物，為清理該場址，目前對早期的貯存物進行調查，並正在研擬其清理工法。

歐盟共同研發中心 Ispra 曾主辦過 TAG 57，Ispra 位於義大利北部，設有實驗型反應爐、熱室、放射性化學實驗室與廢棄物管理廠；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。其中，Roman Pits 在 1965~1978 年間興建作為淺層掩埋短半衰期固體低階放射性廢棄物與中階放射性廢棄物，約 95% 來源是 Ispra-1 反應器照射過的實驗設備，安置於 30 公分厚的水泥基座，直徑 135 公分、深度為 7 公尺，參示意圖 二十(a)，第一期計畫是測試鋼製貯存孔的取出、運送與暫時貯存作業圖 二十(b)。

TAG 62 會議關於核反應器除役項目中，日本 JAEA Fugen 電廠近期已設計爐內組件的取樣裝置並進行測試中，由於該反應器與 TRR 相同，但其反應器壓力槽內壓力管銲合金材質較為特殊，因此其活化產物與 TRR 會有差異，會議中與該單位副所長 Kitamura 先生討論其執行經驗；另一方面，日本中部電力公司的 Hamaoka 核電廠與德國 Vattenfall KKB 核電廠均屬於 BWR（沸水式反應器），前者已完成反應器壓力槽的全系統除污，

後者將於 2015 年 2 月提送技術申請文件並於同年 7 月舉辦公聽會，預計將於 2017 年 9 月提送除役申請草案，2018 年 2 月取得第一版除役及拆解許可。



圖 二十、歐盟共同研發中心 Ispra (a) Roman Pits 示意及(b)取出測試

## (二) Barsebäck 核電廠除役經驗參訪心得

TAG-62 參訪了位於瑞典南部離 Malmo 市約 30 公里的 Barsebäck 核電廠，該電廠距離強烈反核的鄰居丹麥首都哥本哈根僅有 20 公里的距離。該廠非因技術或事故而是政治決定進入除役，在停止運轉後 Barsebäck 核電廠的第一項變化即是組織調整，如圖 二十一，而主要任務轉向將設施維持在安全模式，進行拆除規劃與準備工作包含設施的安

全維護、系統監控、程序簡化、空間最適化、廢棄物管理及新營運模式等。並且執行三項重大的調整：

- 一、調整電力與監控系統：從全時運轉模式調整為少數設備與作業場地的供電，降低風險與維護的資源；主控制室不再營運，轉交由中央警衛室管理與監控，取消輪班改為施工期與作業警報監工。
- 二、全系統除污—反應爐與主系統：利用草酸去除系統表面遭放射性污染的部位並減少輻射強度為原百分之一，主要鬆散的放射性物質轉移到廢液處理設施。
- 三、節電措施：因應廠內用電與除役工作之執行，取消不必要之用電設施。

Barsebäck 核電廠停機與除役階段的主要工作項目如圖 二十二所示，除役最終目標將作為無條件再利用場址，因用過燃料與控制棒全數運送至集中式貯存場 CLAB，並且預期 2028 年放射性最終處置場建置完成。而目前執行中的主要計畫與作業有：

- 一、HINT：反應器壓力槽與內部組件拆解計畫
- 二、FOCT：歷史運轉所產生之廢棄物重裝計畫
- 三、BESTÄLL：因後續運送與熔鑄，將燃料格架從反應池清理與移除到汽機廠房
- 四、TillNoR：拆解計畫啟動的申照程序

Barsebäck 核電廠從 1999 年 1 號機停機後起算將於 2028 年完成除役，期間廠內人力由 450 員經轉職、輔導與優退等措施逐步遞減，而所有的階段包含停機、維護與拆解均提交安全分析報告與主管機關（圖 二十三）。

本次參訪中與會人員除詢問其人力遞減規劃外，也關心執行除役期間所遭遇的困難，而簡報人員也詳盡的回應所有相關問題，其中最令人印象深刻的包含該電廠除役期間與主管機關、民眾與其他利害關係人保持密切的對話與溝通，業主執行計畫時的資訊透明公開是取得信任的基石，而瑞典公民的理性素養及開放的態度亦是計畫推動時的助力。

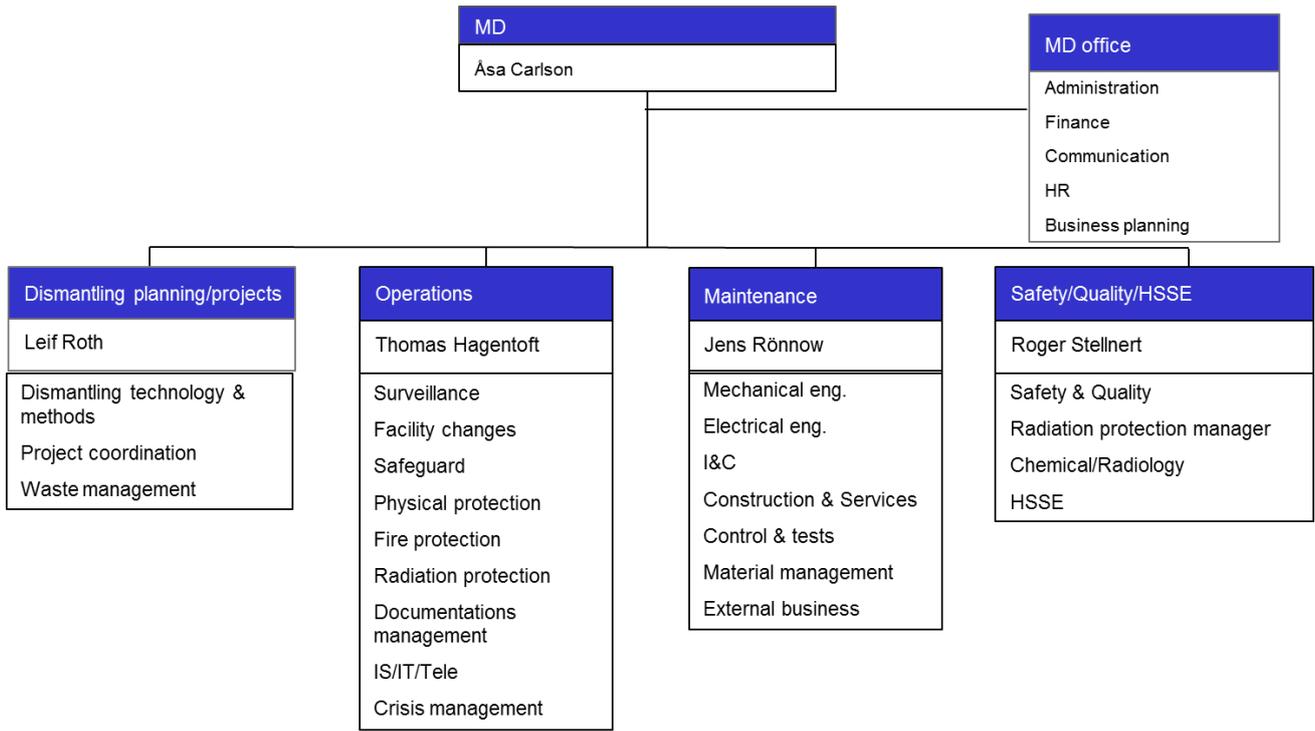


圖 二十一、除役階段 Barsebäck 核電廠組織圖

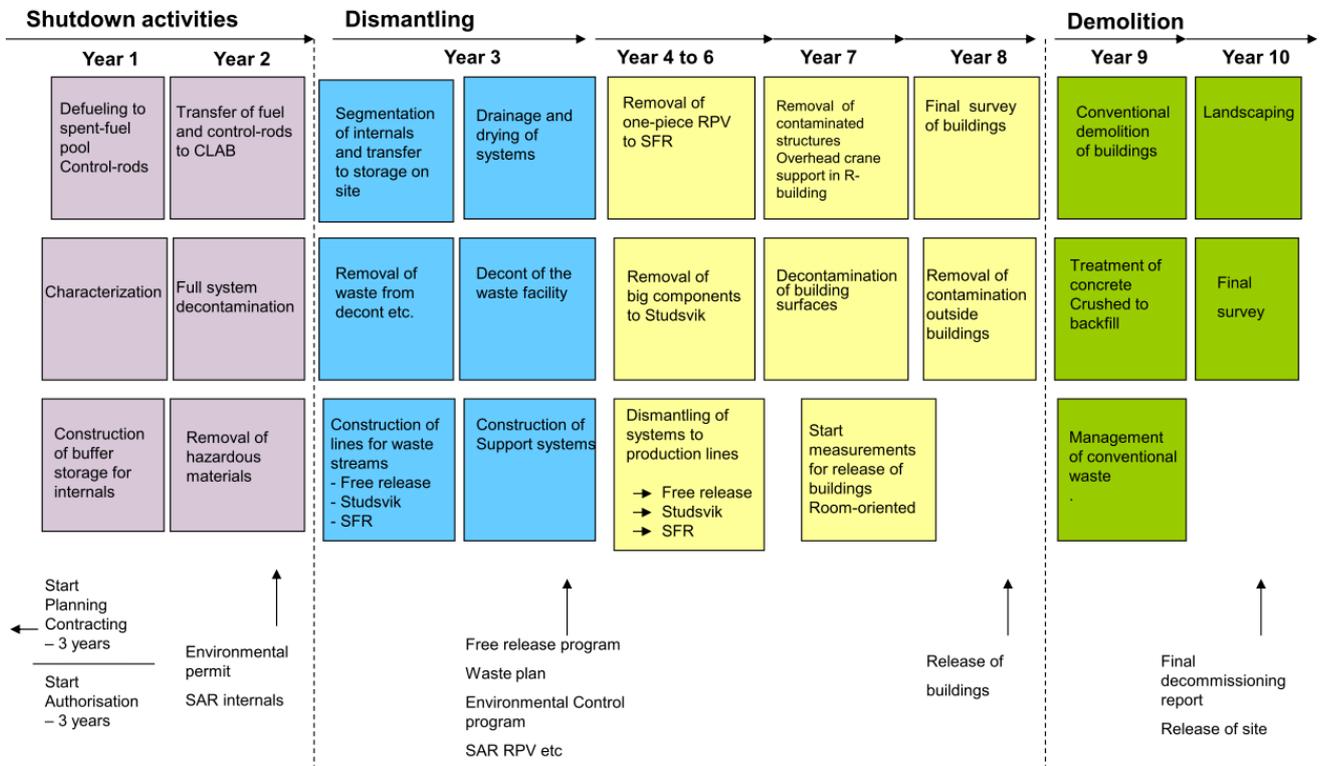


圖 二十二、Barsebäck 核電廠停機與除役工作項目規劃

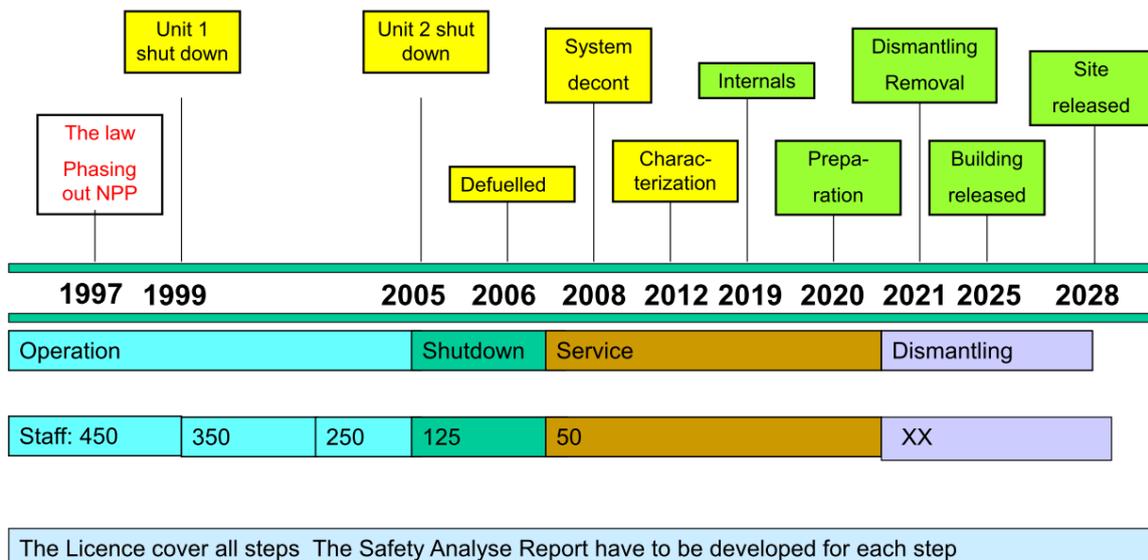


圖 二十三、Barsebäck 核電廠停機與除役時程

### (三) 丹麥 **Dansh Decommissioning DR-3** 除役與切割經驗參訪心得

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，圖 二十四為參訪當日現場拍攝的照片，不同於各核設施的參訪行程限制電子通訊設備與攝影，**Dansh 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** 爐內鉛襯操作控制室時，工作人員正在執行切割工作，如圖 二十五所示。引起吾人注意的另一項模擬測試作業為反應器內石墨反射體/緩速劑的移除，由於這些石墨塊體在反應器內部建造完成後彼此緊密堆疊，沒有縫隙可以直接抓取吊出，因此該單位負責人選用一些商業化的鑽取工具稍作改良後，測試利用鑽孔破壞方式取出第一塊石墨體的可行性，如圖 二十六所示，模擬的石墨塊體沒有破碎，也可以順利取出。未來 **TRR** 爐內拆解時，亦有大量石墨塊體堆疊於周圍，可參考該作法設計石墨反射體的移除程序。



圖 二十四、DR-3 爐內切割作業與監視系統工作站



圖 二十五、DR-3 爐內鋁襯切割操作控制室



圖 二十六、DR-3 爐內石墨塊取出工具模擬測試

#### 四、建議事項

- (一) 2019 年~2023 年 CPD 會員協議，預期將於 2017 年 11 月在 CPD-MB-36 會議通過，預計所有的會員將於 2018 年完成簽署，本所 TRR 除役計畫應持續參與、簽署會員協議並遵守協議內容。
- (二) CPD TAG 會議每年 5 月及 10 月各由不同會員輪流主辦會議與參訪行程，本所每年應派員至少出席一場次會議以履行會員義務，並掌握各會員核設施除役計畫執行動態與經驗。
- (三) 應持續關注加拿大 Whiltshell Laboratories 清除 Standpipes 與歐盟共同研發中心 Ispra 移除 Roman Pits 經驗，以提高本所執行 TRR 用過燃料乾貯場清除作業時的安全性。
- (四) 瑞典 Barsebäck 核電廠除役計畫較我國核電廠除役工作啟動得早，關於其組織調整、計畫管理與執行作業相關資訊應持續收集，以厚植本所在核後端相關計畫執行與技術發展之能力。