

出國報告（出國類別：其他）

OECD/NEA 核設施除役合作計畫(CPD)  
第 59 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 副工程師  
陳鴻斌 研究員

派赴國家：斯洛伐克

出國期間：104 年 10 月 10 日~104 年 10 月 19 日

報告日期：104 年 11 月 17 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 59 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 TRR 除役計畫名義加入 CPD，即陸續派員參加該計畫之 TAG 會議，上一次參加為 2014 年 10 月之 TAG-57 會議。

TAG-59 會議於 2015 年 10 月 12-16 日於斯洛伐克首都 Bratislava 舉行，由斯洛伐克之 JAVYS 公司主辦，合計共 12 國、18 個除役計畫之核設施除役專家與會。與會人員包括德國（5 人）、比利時（1 人）、丹麥（2 人）、俄羅斯（2 人）、斯洛伐克共和國（6 人）、法國（1 人）、西班牙（1 人）、瑞典（1 人）、義大利（2 人）、台灣（2 人）、英國（2 人）、日本（6 人），共 31 位專家與會。10 月 12-14 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 12 篇，核燃料循環設施除役簡報 6 篇，核設施除役材料回收及再利用工作小組專題簡報 1 篇，國家除役概況簡報 1 篇，除役技術事件、事故與意外專題報告 5 篇，共收集 25 篇簡報資料。10 月 15 日參訪 JAVYS 公司位於 Jaslovske Bohunice 的 V1 NPP 除役情形與貯存容器（Fiber concrete container）製造廠。10 月 16 日參訪斯洛伐克位於 Mochovce 的放射性廢棄物貯存場。德國 WAK 的玻璃固化廠（VEK）已確定於任務完成後進入除役階段，非輻射區內的訊號控制系統已人力拆解完畢，另管制區內的設備及單元已規劃遙控拆解；日本國內針對除役待外釋廢棄物的再利用，以國家型計畫推動作為盛裝容器的內屏蔽桶，可作為國內之借鏡，對於國內即將面對核能電廠除役的規劃準備極有助益。目前 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：核能電廠除役、核設施除污除役。

# 目次

一、目的.....	1
二、過程.....	2
(一) 公差行程及會議內容.....	2
(二) TAG 會員組成之專家小組工作狀況.....	10
(三) TAG 知識管理.....	11
(四) 新計畫申請加入 CPD.....	11
(五) 未來 TAG 會議地點及主辦單位規劃討論.....	12
三、心得.....	13
(一) 德國 WAK 用過燃料再處理原型設施除役與拆除.....	13
(二) 日本國內除役現況報告.....	17
(三) 斯洛伐克 V1 核電廠除役現況及設施參訪.....	19
四、建議事項.....	28

# 表目錄

表 一、本次國外公差主要行程.....	4
表 二、第 59 屆 TAG 會議詳細議程 .....	4
表 三、第 59 屆 TAG 會議燃料循環設施除役簡報項目 .....	8
表 四、第 59 屆 TAG 會議核反應器除役簡報項目 .....	9
表 五、第 59 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簡報項目 .....	9
表 六、第 59 屆 TAG 會議國家報告簡報項目 .....	9
表 七、第 59 屆 TAG 會議專題簡報項目 .....	10
表 八、第 59 屆 TAG 會議核設施除役現場參訪簡報項目 .....	10
表 九、FCC 性質與規格摘錄.....	24
表 十、NRWR 貯存規模.....	27

# 圖目錄

圖一、OECD/NEA CPD/TAG 架構示意簡圖 .....	3
圖二、WAK 場址全貌 .....	13
圖三、WAK 場址除役計畫架構 .....	14
圖四、VEK 廠房(A)外觀與(B)尺寸 .....	15
圖五、WAK 玻璃固化廠程序及設備簡圖 .....	15
圖六、VEK 接收槽（兩座） .....	16
圖七、VEK 熔爐 .....	16
圖八、R 8422 訊號傳送廊拆除情形 .....	17
圖九、R 8442 訊號傳送廊拆除情形 .....	17
圖十、2015 年日本核電廠位址分佈及狀態 .....	18
圖十一、日本核電廠除役與除污後可外釋廢金屬回收再利用規劃 .....	19
圖十二、鎔融與鎔鑄容器技術程序 .....	19
圖十三、可外釋廢金屬加工為盛裝容器成品 .....	19
圖十四、斯洛伐克 JAVYS 公司營運之核設施分佈位址 .....	21
圖十五、JAVYS 所負責之核設施 .....	21
圖十六、放射性廢棄物處理中心運轉示意圖 .....	22
圖十七、斯洛伐克 V1 核電廠生命週期 .....	22
圖十八、V1 核電廠永久停止運轉後除役規劃 .....	23
圖十九、V1 核電廠汽機廠房除役拆解情形 .....	23
圖二十、FCC 脫模過程 .....	25
圖二十一、現場參訪 FCC 材料、模具及養生情形 .....	25
圖二十二、斯洛伐克國家放射性廢棄物貯存場(NATIONAL RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY, NRWR) .....	26
圖二十三 第一組雙列式貯存箱 .....	27
圖二十四、極低微放射性廢棄物與低放射性廢棄物貯存設施運轉情形 .....	28

## 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59屆技術諮詢組(Technical Advisory Group, TAG)會議，TAG-59 會議於 104 年 10 月 12-16 日於斯洛伐克 Bratislava 舉行，由位於斯洛伐克之 JAVYS 公司主辦，合計共 12 國、18 個除役計畫，共 31 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除役現場，實地瞭解執行情形及經驗交流。
- (四) 聯繫國際核設施除役相關專家/主管，建立技術交流管道。
- (五) 履行我國參加 CPD/TAG 會議之責任，提供 TRR 除役計畫執行現況及進度、燃料池清理相關技術、和爐體拆除規劃及程序發展。

## 二、過程

### (一) 公差行程及會議內容

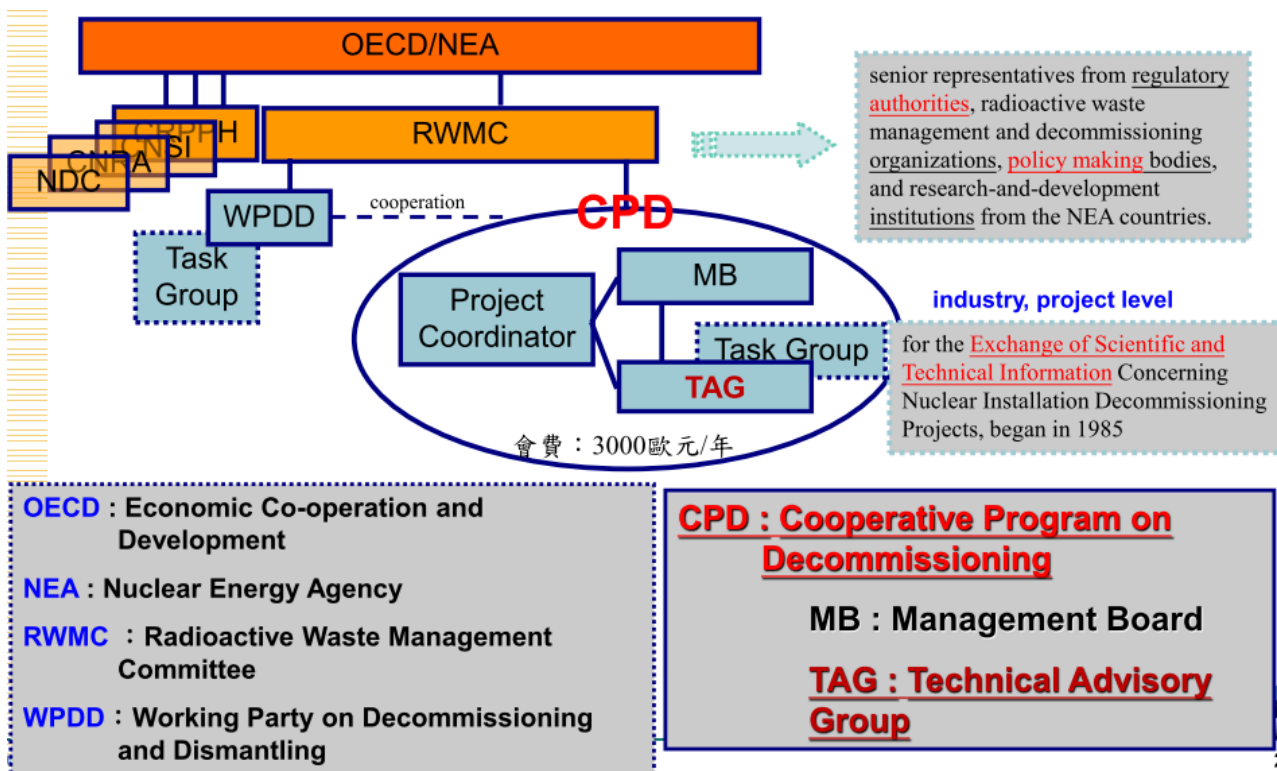
CPD 的管理架構示意圖如圖一，係由管理委員會（Management Board, MB）與技術諮詢組(TAG)所組成，歸屬於 OECD/NEA 內的放射性廢棄物管理委員會（Radioactive Waste Management Commette, RWMC）下除役與拆解工作小組（Working Party on Decommissioning and Dismantling, WPDD）。CPD 計畫於 1985 年成立，主要目的是作為核設施除役及安裝經驗資訊交換與分享平台。成立初期成員為 8 個國家的 10 個除役計畫，至 2014 年已成長至 66 個（包含 38 個反應器與 25 個核燃料循環設施），共 13 個 NEA 會員國、一個非會員經濟體及歐盟；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，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至每年兩次的 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。

TAG-59 會議於 2015 年 10 月 12-16 日於斯洛伐克 Bratislava 舉行，由位於斯洛伐克之 JAVYS 公司主辦，合計共 12 國、18 個除役計畫之核設施除役專家與會。與會人員包括德國(5 人)、比利時(1 人)、丹麥(2 人)、俄羅斯(2 人)、斯洛伐克共和國(6 人)、法國(1 人)、西班牙(1 人)、瑞典(1 人)、義大利(2 人)、台灣(2 人)、英國(2 人)、日本(6 人)，共 31 位專家與會。10 月 12-16 日為會議討論，內容包含各參與計畫除役狀況及進度簡報研討、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 12 篇，核燃料循環設施除役簡報 6 篇，核設施除役材料回收及再利用工作小組專題簡報 1 篇，國家除役概況簡報 1 篇，除役技術事件、事故與意外專題報告 5 篇，共收集 25 篇簡報資料。10 月 15 日參訪 JAVYS 公司位於 Jaslovske Bohunice 的 V1 NPP 除役情形與最終貯存場容器(Fiber concrete container)製造廠。10 月 16 日參訪斯洛伐克位於 Mochovce 的放射性廢棄物貯存場。

本次公差自 104 年 10 月 10 日起至 104 年 10 月 19 日止，主要行程如表一所示，TAG59 會議之詳細議程規劃如下表二。表三至表八說明會議中提供簡報之專家姓名及所屬機構。會議取回 25 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、TAG 知識管理、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。對於我國執行除役及廢棄物處理工作需要特別注意之資訊及可資借鏡之技術，則於下一章中詳細說明。



圖一、OECD/NEA CPD/TAG 架構示意簡圖

表一、本次國外公差主要行程

月/日(星期)	工作內容重點
10/10-11(六、日)	去程，由桃園機場出發，至奧地利維也納機場，轉搭公車到斯洛伐克 Bratislava。11 日晚上 19:00 於旅館大廳報到。
10/12(一)~10/14(三)	在斯洛伐克 Bratislava，參加第 59 屆 TAG 之技術討論會議。詳細議程如下表二。
10/15(四)	參訪位於 Jaslovske Bohunice 之 V1 NPP，包括其除役現況與處置容器 (Fiber concrete container) 製造廠。
10/16(五)	參訪 Mochovce 之放射性廢棄物貯存場。
10/17(六)	行程至維也納，資料整理。
10/18-19(日、一)	回程，由奧地利維也納機場回抵桃園機場

表二、第 59 屆 TAG 會議詳細議程

**TAG 59 Bratislava – Slovak Republic 12<sup>th</sup> – 16<sup>th</sup> October 2015**

**Meeting Agenda**

Status report durations are shown as requested by presenters with 5/10 minutes added for discussion.

Timing is for guidance only. Agenda items may have been taken out of sequence to make the best use of time but may be changed on the day.

<b>Sunday 11<sup>th</sup> October</b>				
19.00 – 22.00		Reception in the hotel - details to be given by the hotel at check-in reception. <i>Transfer presentations to Coordinator's computer</i>		180
<b>Monday 12<sup>th</sup> October</b>				
08.00		Coach Transfer to JAVYS		30
08.30		Assemble in Conference Room for meeting, <i>Transfer presentations to Coordinator's computer.</i>		30
09.00	1	i. Welcome by the TAG Chairman	Chairman	5
09.05		ii. Welcome and Introduction to JAVYS	Mr. Peter Čižnár, CEO and General Director of JAVYS	15

09.20		iii>Welcome by JAVYS Senior manager	Mr. Vladimír Jarunek, V1 NPP Decommissioning Director	15
09.35		iv.Round Table Introductions		10
09.45		v.Administrative remarks	Chairman, Coordinator and Host	5
09.50	2	Approval of agenda	Chairman	5
09.55	3	Chairman's, Co-ordinator's Remarks and Opening Business	Chairman, Coordinator	10
10.05	4	Working group for TAG Knowledge Base functional specification	Chairman, Coordinator	15
10.20	5	Summary Record of TAG 58	Coordinator	5
10.25	Coffee Break			30
	6a	Status Reports from Fuel Facilities:		
10.55		i.The Decommissioning of HLLW-tanks at Belgoprocess	Bart Ooms	45
11.40		ii.ITREC U-Th reprocessing plant and SOGIN Update	Ivo Tripputi and Emilio Macci	30
12.10		iii.Riso Hot Cells Decommissioning	Bjarne Rasmussen	40
13.50		iv.WAK	Joachim Dux	40
14.30		v.Sellafield – B204, B243 and “Active Demonstrators”	Mike Askew	60
15.30	Coffee Break			30
16.00		vi.Uranium Refining/ Conversion/Enrichment Facility	Noritake Sugitsue	25
	6b	Status Reports from Reactor Facilities:		
16.25		i.Bohunice V1 NPP decommissioning project	Martin Macasek	35
17.00		ii.Brennelis	Michel Velon	25
17.25		Organisational announcements		5
Adjourn 17.30				
<b>Tuesday 13<sup>th</sup> October</b>				
08.00		Coach Transfer to JAVYS		30

08.30		Assemble and announcements	Chairman, Host	5
08.35		iii.KKB Brunsbuttel	Hermann Langer	30
09.05		iv.Fugen	Yuji Sato / Koichi Kitamura	25
09.30		v.Hamaoka NPP	Kazuhide Shirasawa	45
10.15	Coffee Break			30
10.45		vi.Greifswald	Eberhard Thurow	25
11.10		vii.Jose Cabrera NPP	Manuel Ondaro	55
12.05		viii.KNK	Anja Graf	35
13.50		ix.DR3 Riso	Per Sondergaard	40
14.30		x.R2 and R2-0 Studsvik	Victoria Taubner	25
14.55		xi.Tokai 1	Hotoshi Ohata	20
15.15	Coffee Break			30
15.45		xii.TRR	Hornng-Bin Chen Huang, Chun-Ping	20
	7	New Projects (status):		
16.05	7a	i.A.A.Bochvar Institute (JSC VNIINM) request to join CPD ii.TAG Members discussion on the merits of the project during which Mr Savin is not present. iii.TAG present conclusion of discussion	Sergey Savin	30
16.35	7b	Korea Hydro and Nuclear Power Co. (KHNP) Kori unit 1 decommissioning project.	Coordinator	5
	8	Task Groups:		
16.40		i.Task Group on Recycling and Reuse of Materials	TG Chairman Bart Ooms	20
	9	Country Reports:		
17.00		i. JAPAN D&D General	Motonori Nakagami	25
17.25		Organisational announcements		5
17.30	Adjourn (17.30)			

Wednesday 14 <sup>th</sup> October				
08.00		Coach Transfer to JAVYS		30
08.30		Assemble and announcements	Chairman, Host	5
08.35	10	Topical Session – Topical Session – “Lessons learned from events, incidents and accidents”	Chairman	5
		a)Members presentations		
08.40		i.Lessons learned from events, incidents and accidents at Belgoproces	Bart Ooms	30
09.10		ii.Safety Culture Training in decommissioning	Emilio Macci	20
09.30		iii.Lessons-learned from Decommissioning in Japan	Koichi Kitamura	25
09.55		iv.Lessons learned from events, incidents and accidents in France	Jean-Guy Nokhamzon	25
10.20		Coffee		30
10.50		v.Lessons learned from events, incidents and accidents in Spain	Manuel Ondaro	30
11.20		b)Discussion and round-up	Chairman	10
11.30	11	Future meetings of the TAG	Chairman	20
		i.TAG 60, 16th – 20th May 2016 - Belgoproces/SCK-CEN		
		ii.TAG 61, October 2016 - Ningyo-toge Japan or France EDF/CEA to be decided.		
		iii.TAG 62, May 2017 - Barseback and Danish Decommissioning. Malmo and Riso although in different countries are not far apart. To be confirmed.		
		iv.TAG 63 or TAG 64: Enresa.		
11.50	12	Closing remarks, meeting adjourn.		10
12.00		<i>Time available until lunch for overrun</i>		
		<i>Afternoon time available for meeting overrun</i>		
15.00		Coffee		30
		<i>Afternoon time available for meeting overrun</i>		
17.30		Adjourn		

<b>Thursday 15<sup>th</sup> October Visit</b>		
08.00	Coach collects delegates at hotel. Travel to JAVYS site at Jaslovske Bohunice	60
09.00	Entrance Procedures/ Introductions	90
10.30	Site visit V1 NPP	120
13.45	Travel from Jaslovske Bohunice to Trnava	30
14.15	Visit to production facility of Fibre-Concrete containers	60
15.15	Return to hotel	60
<b>Friday 16<sup>th</sup> October Visit</b>		
Before 08.00	Check out from the hotel	as necessary
08.00	Bus transfer from hotel to JAVYS site at Mochovce	120
10.00	Site visit at the RAW Repository	120
13.00	<i>Afternoon time available for meeting overrun</i>	180
16.00	Coffee	
	<i>Afternoon time available for meeting overrun</i>	
	Adjourn	

表三、第 59 屆 TAG 會議燃料循環設施除役簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Belgoprocess, HLLW-tank	Bart Ooms/Belgoprocess/Belgium
2) ITREC U-Th reprocessing plant	Ivo Tripputi /SOGIN/Italy
3) Riso Hot Cell	Bjarne Rasmussen/Riso National Laboratory/Danish
4) WAK	Joachim Dux/Karlsruhe/Germany
5) Sellafield B204, B243	Mike Askew/Sellafield/UK
6) Uranium Refining/Conversion/Enrichment Facilities	Noritake Sugitsue/JAEA/Japan

表四、第 59 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 Republic
2) Brennelis	Michel Velon /EDF/France
3) KKB Brunsbuttel	Hermann Langer/Vallenfall/Germany
4) Fugen NPP	Yuji Sato & Koichi Kitamura/JAEA/Japan
5) Hamaoka NPP	Kazuhide Shirassawa/Chubu Electric Power/Japan
6) Greifswald	Eberhard Thurow/Energiewerke Nord/Germany
7) JOSÉ CABRERA NPP	Manuel Ondaro/ ENRISA/Spain
8) KNK	Anja Graf/Karlsruhe/Germany
9) DR3 Riso	Per Holtzmann/Riso National Laboratory/Danish
10) Studsvick R2/R2-0 Reactor	Victoria Taubnerl/SVAFO /Sweden
11) Tokai 1	Hotoshi Ohata/Japan
12) TRR	Chun-Pin Huang & Horng-Bin Chen/INER/Taiwan

表五、第 59 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簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Task Group on Nuclear Site Restoration – Progress report	Terry Benest /CPD TAG Programme Coordinator
1) Task Group on Recycling and reuse of materials	Bart Ooms/ Belgoprocess/ Belgium

表六、第 59 屆 TAG 會議國家報告簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) JAPAN D&D General	Motonori Nakagami/ Chubu Electric Power/ Japan

表七、第 59 屆 TAG 會議專題簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Lesson learned from events, incidents, and accidents at Belgoprocess	Bart Ooms/ Belgoprocess/ Belgium
2) Safety Culture Training in Decommissioning	Emilio Macci/ SOGIN/Italy
3) Lesson-learned from Decommission in Japan	Koichi Kitamura/JAEA/Japan
4) Lesson learned from events, incidents, and accidents in France	Jean-Guy Nokhamzon/CEA/France
5) Lesson learned from events, incidents, and accidents in Spain	Manuel Ondaro/ ENRESA/ Spain

表八、第 59 屆 TAG 會議核設施除役現場參訪簡報項目

簡 報 項 目	簡報人/機構
1) Site visit V1 NPP	JAVYS/Jaslovske Bohunice
2) Visit to production facility of Fiber-Concrete containers	JAVYS/Trnava
3) Site visit at the RAW Repository	JAVYS/Mochovce

## (二) TAG 會員組成之專家小組工作狀況

長期於 TAG 中，由 TAG 會員組成專家工作小組，就特定除役相關技術擬定議題，研議、撰寫、發行技術報告。作業方式為 TAG 會議中討論研擬議題目標，再由會員組成專家工作小組，各會員專家分配工作，定期經由視訊會議及會面討論工作進度，最後完稿之技術報告，先經由 TAG 會員審查，再經由 CPD 管理會議通過，送 NEA 正式發行。此專案小組彙整撰寫之技術報告內容以除役實務經驗收集、分析及經驗回饋為主，而非理論性質，對實際除役工作極具參考價值。

目前 TAG 專家工作小組有兩件工作中之議題，一為「除役核設施廠地復原 (Nuclear Site Restoration) 的技術狀況及實施狀況」；二為「除役物資再利用 (Recycling and Reuse of Materials)」。

第一項議題，專家小組於 2011 年 10 月獲得 CPD 管理會議決議通過成立。工作小組成員由比利時、加拿大、法國、德國、義大利、日本、韓國、美國、及英國等專家組成。於 2012 年 2 月舉行 Kick-off 會議，會議決定小組工作從 2012 年 3 月開



始。本工作小組的任務為經由 OECD 會員國家在核設施除役後廠地復原的案例，以問答方式，並經過分析，組成工作報告以供會員參考。工作小組之主持人為 Dr. Peter Orr ([peter.orr@environment-agency.gov.uk](mailto:peter.orr@environment-agency.gov.uk))。本工作小組已完成報告之彙整，並於 2014 年初出版 NEA 報告，名稱為”Nuclear Site Remediation and Restoration during Decommissioning of Nuclear Installations”。

第二項議題之需求，始議於 TAG55 會議，並於 2013 年 11 月 CPD 管理會議中獲得同意，以”再利用”為訴求，研議技術報告。TAG56 會議中，決定以「除役物資再利用(Recycling and Reuse of Materials)」為報告名稱，並選出比利時 Belgoprocess 之 Bart Ooms 為專家小組主席，參與之專家來自包括比利時 SCK-CEN 及 Belgoprocess，法國 EDF、AREVA、ANDRA、及 CEA、義大利 SOGIN、日本 JAEA、瑞典 SKB、西班牙 ENRESA、美國 DOE、及德國派駐 NEA 之專家。第一次視訊會議已於 2014 年 9 月舉行，確定本工作報告之主題、範圍、及內容章節名稱。後續將開始收集會員提供資料彙整。

### (三) TAG 知識管理

目前 TAG 已經累積 59 次會議的資料，形式包括早期(TAG1-TAG33)的紙本報告及 TAG33 以後的簡報電子檔。資料之累積不易，需要考量較安全的貯存方法，並構思如何提供查詢功能以活用資訊。在 OECD/NEA 網站上的 TAG database 只保存了部分摘要資訊，且無查詢功能。因此於 CPD 管理會議討論決議，應該開始規劃如何整理 TAG 累積的資訊。

經過 TAG 會議及 CPD MB 討論，會員仍有分歧意見。此次 TAG59 會議中，以調查方式彙整會員意見，包括保存早期資料的價值及是否建立查詢功能(需額外重建關鍵字)等。另外影片資料的保存需求也急速提高中。

估計到 TAG100，需要的數位貯存空間為 200 GB，以現代科技而言，空間需求問題不大，建立內容、後續維護及系統提供查詢等功能是大家考量重點，雲端的安全性亦存疑，後續將繼續討論。

### (四) 新計畫申請加入 CPD

今年申請加入 CPD/TAG 之計畫為俄羅斯的 Bochvar Institute (JSC VNIINM)，並邀請 Mr. Sergey Savin 簡報。簡報後 TAG 成員討論並接受此案。

#### (五) 未來 TAG 會議地點及主辦單位規劃討論

會議中討論未來 TAG60、TAG61、TAG62 會議的主辦國，討論後決議：

TAG 60：2016 年 5 月 16-20 日，比利時，Belgoprocess/SCK-CEN 主辦

TAG 61：2016 年 10 月，日本 Ningyo-toge 主辦

TAG 62：2017 年 5 月，暫定瑞典 Barsback 及丹麥 Riso 兩單位合辦

TAG 63：2017 年 10 月，規劃由法國 EDF 主辦

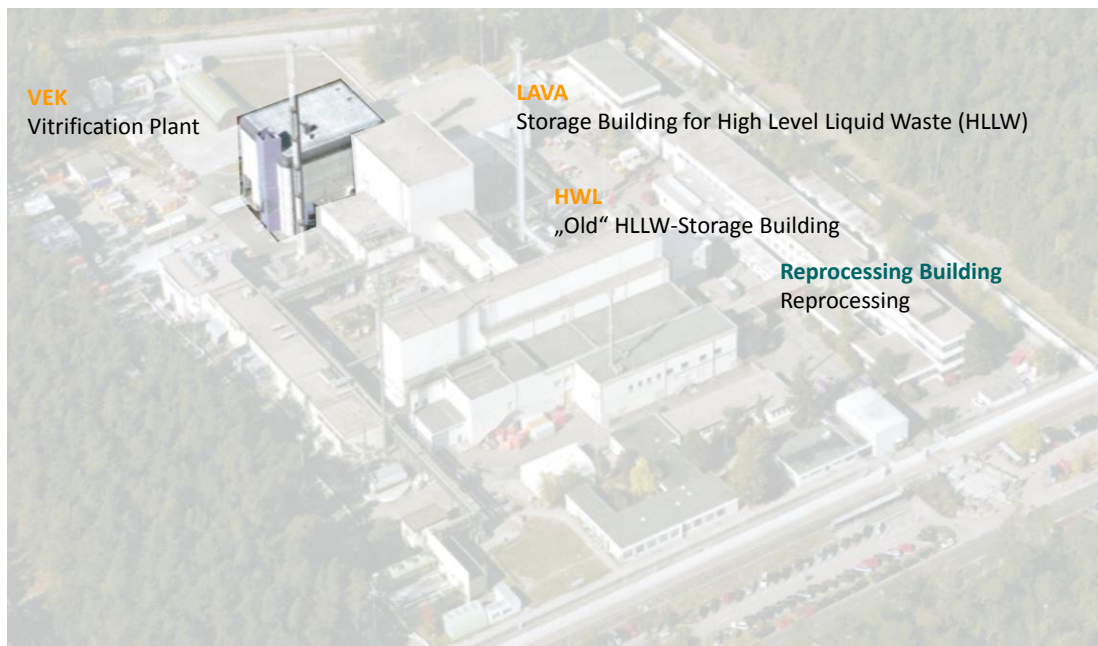
TAG 64：2018 年 5 月，規劃由西班牙 Enresa 主辦

### 三、心得

本節由 TAG-59 會議各國除役計畫、工作小組和主題討論等所提出之簡報中，彙整值得繼續追蹤之除役計畫、符合除役工作所需之技術或其方法是國內除役目前及將來可以效法之部分，包括德國 WAK 用過燃料再處理原型設施除役與拆除之整體狀況及最新進度、日本 CHUBU 電力公司的國內核電廠除役資訊報告及斯洛伐克 JAVYS 公司執行 V1 核能電廠除役、FCC 容器（Fiber Concrete Container）與低放射性廢棄物貯存場之現況等。彙整說明如下。

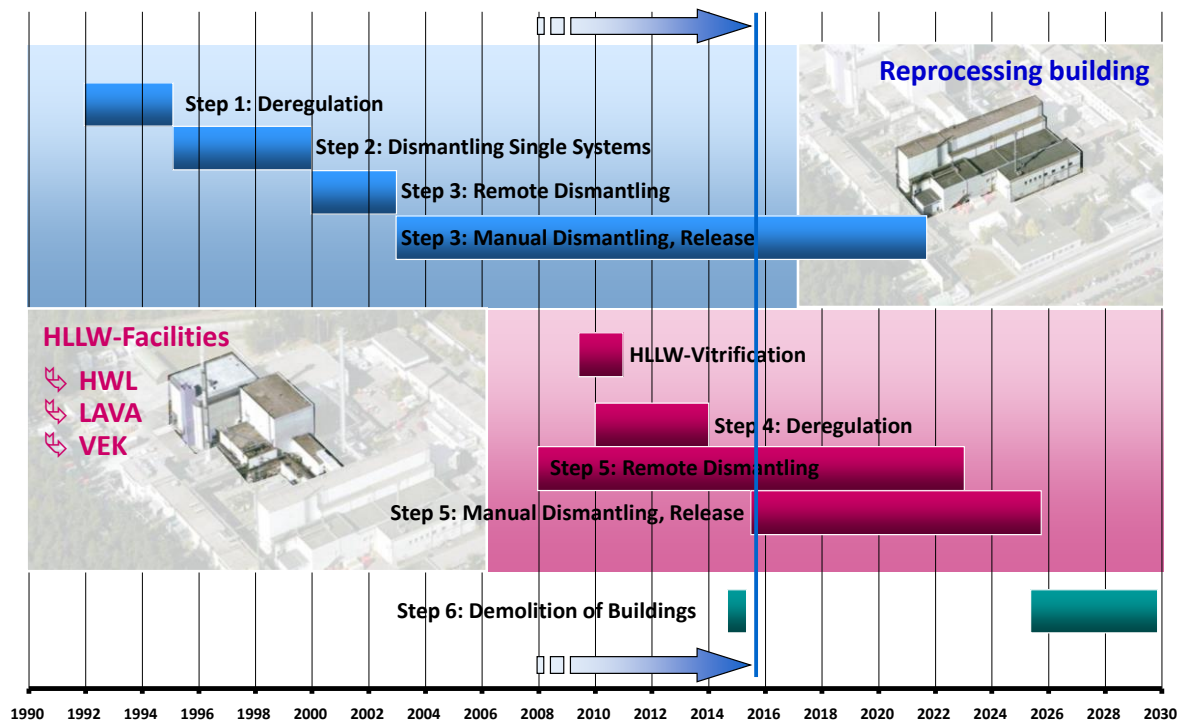
#### （一）德國 WAK 用過燃料再處理原型設施除役與拆除

WAK 除役及廢棄物管理公司專責核子實驗與原型設施停止運轉後的除污、除役與廢棄物管理等業務，屬德國聯邦 Energiewerke Nord GmbH（EWN）集團所有。WAK 場址如圖二所示，主要設施包含：再處理設施廠房（Reprocessing Building）、新舊高放射性液體廢棄物貯存廠房（LAVA 和 HWL）及為安定化高放射性液體廢棄物所建置之玻璃固化廠（VEK）。其中高放射性液體廢棄物設施（包含 VEK）貯存有  $60 \text{ m}^3$ （共  $7.7 \times 10^{17} \text{ Bq}$ ）之鈾 500 公斤與鈾 16.5 公斤，已全數玻璃固化成 56 公噸之玻璃固化產物（計 140 罐），並裝載於 5 只 CASTOR 護箱內，中期貯存在德國 Greifswald 北方。再處理廠房內 2200 公噸的設備已有部份拆除完成，其中的 100 公噸是遙控操作進行；1200 公噸的混凝土則是破碎後處置，整體約去除 99% 的放射性物質（ $5 \times 10^{14} \text{ Bq}$ ）。



圖二、WAK 場址全貌

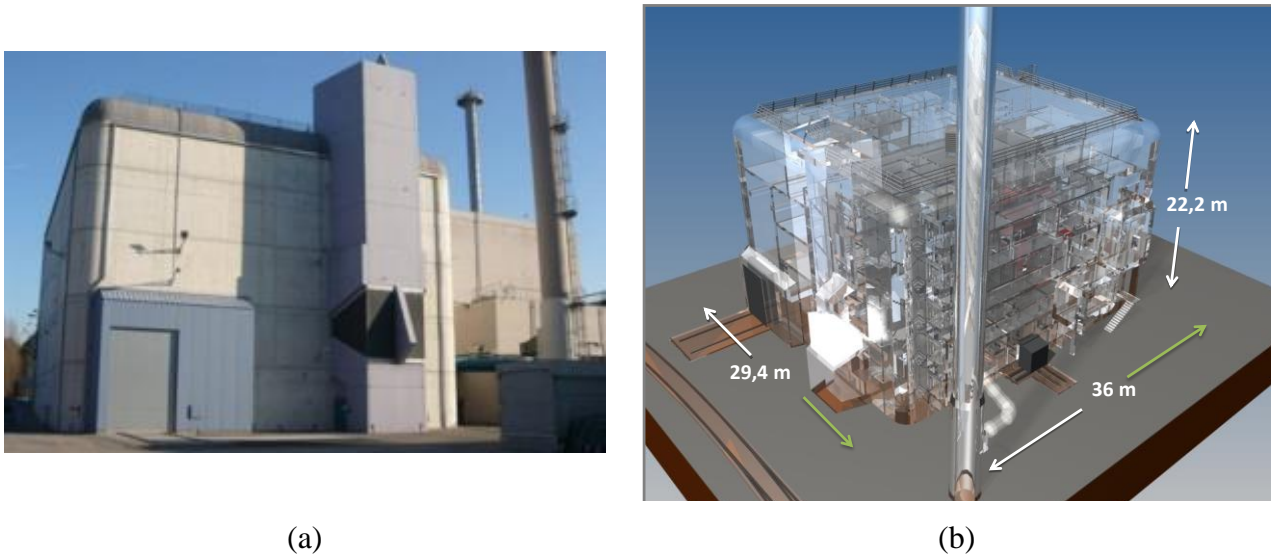
在核設施除役與放射性管理上液體廢棄物的安定化通常受到極大的關注，因為這類廢棄物具有洩漏的潛在風險；而 WAK 的例子顯示，德國為了使這類廢棄物進行妥適的安定化處理，於 2002 年 6 月開始建 VEK 玻璃固化廠，直到 2005 年年中落成，並於 2005 年年底取得主管機關部份的運轉執照，2006 年起冷試車。由於 VEK 廠內是處理用過燃料的安定化程序，因此其廠房規格比照核子設施，如具備 1.8 米厚的外牆，並選用特殊機械與加工技術，以達可承受地震及防禦飛機撞擊等級；運轉期間的排氣系統所排放之放射性物質必須低於 WAK 整場許可值得 2%。資料顯示，完成建置 VEK 約花費 200 億歐元，並於 2010 年起運轉至 2012 年開始除役，整體時程如圖三所示，運轉期間僅處理 WAK 既存之高放射性液體廢棄物，不接收其他來源之處理。



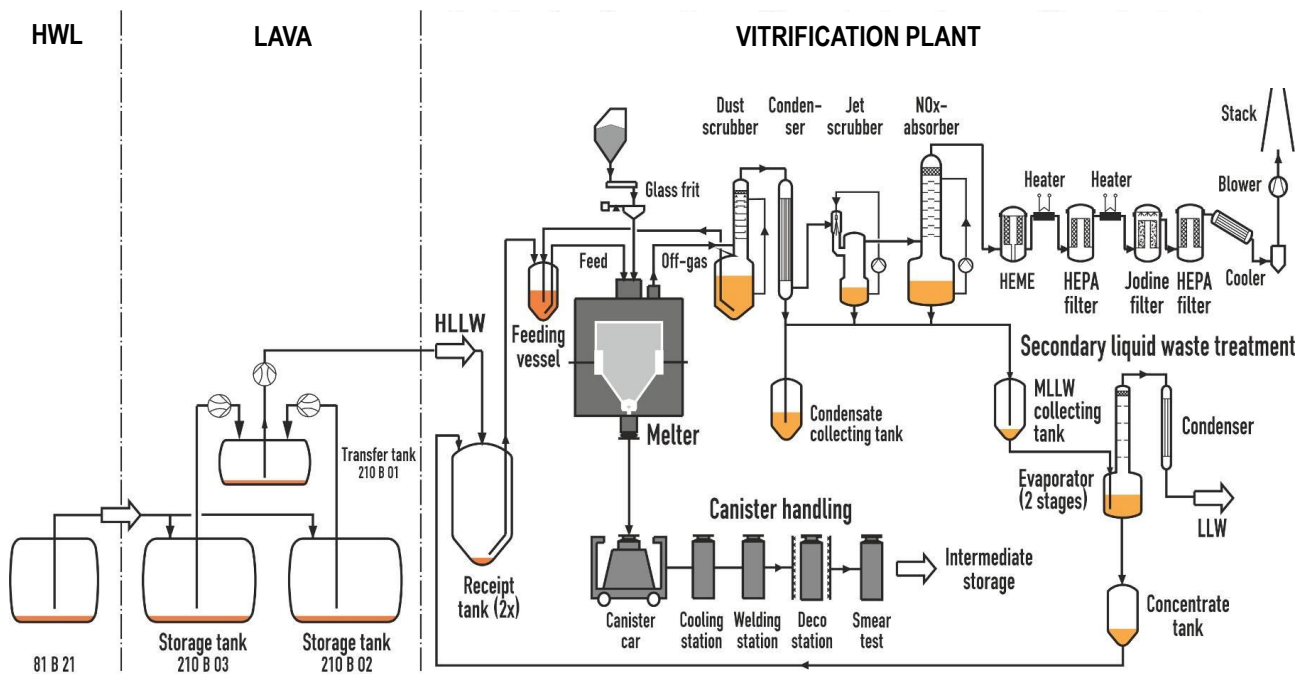
圖三、WAK 場址除役計畫架構

前述各項 WAK 的設施中 HLLW 桶槽、LAVA 與再處理廠大致已接近除役尾聲，全數的高放射性液體廢棄物亦完成安定化處理，後續的挑戰是再處理廠房的釋出再利用（Site Release）。而 2015 年規劃出的下一個除役目標即是 VEK 廠，廠房外觀及詳細尺寸如圖四所示，玻璃固化程序、裝置及單元簡化示意如圖五所示。現已完成裝置內活度調查，VEK 接收槽（圖六）內約有 25 公斤的殘留物總活度為  $5 \times 10^{15}$

Bq，而熔爐（圖七）內則仍殘有少量因玻璃清洗液之物質，總活度為  $1.5 \times 10^{15}$  Bq。從照片中可以明顯的觀察到設施內的設備與裝置仍相當新，可以人力拆除的設備於 2012 年 8 月取得拆解執照，2015 年 1 月開始執行，原估計 18 個月完成，實際只花 8 個月就拆除完畢，如圖八至圖九所示。



圖四、VEK 廠房(a)外觀與(b)尺寸



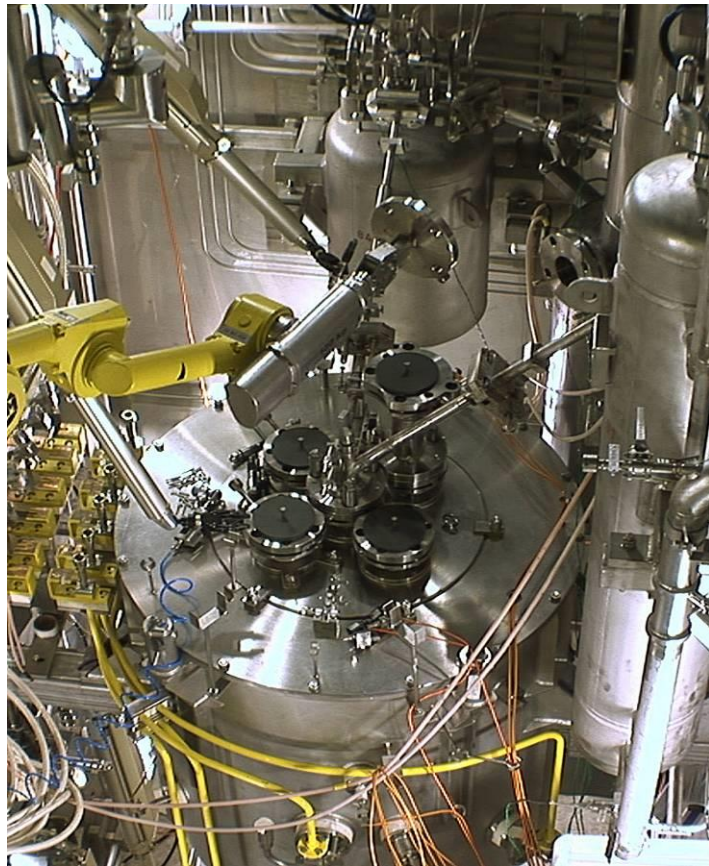
圖五、WAK 玻璃固化廠程序及設備簡圖

VEK\_Verfahrensfließbild\_englisch.odr /HWL





圖六、VEK 接收槽（兩座）



圖七、VEK 熔爐



拆除前



拆除後

圖八、R 8422 訊號傳送廊拆除情形



拆除前



拆除後

圖九、R 8442 訊號傳送廊拆除情形

## (二) 日本國內除役現況報告

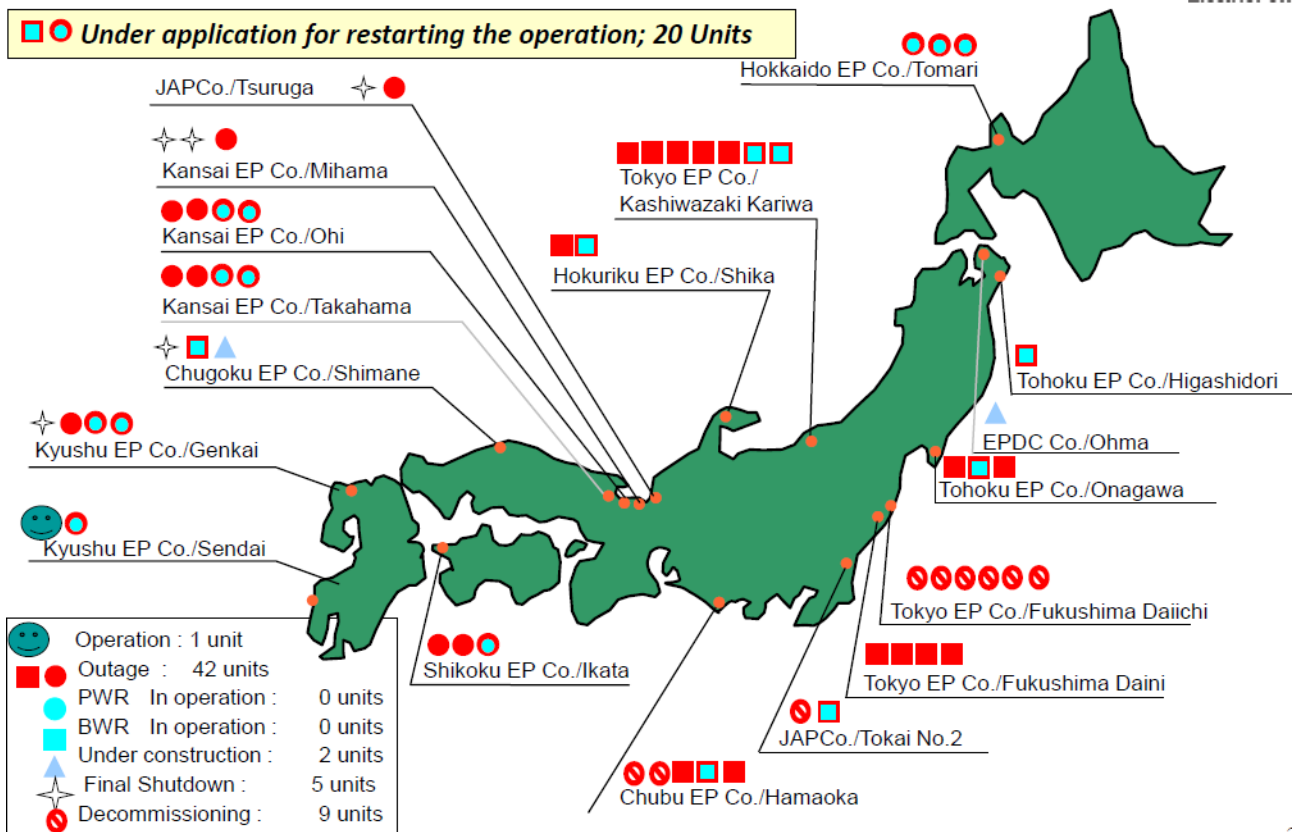
本次會議中的報告重點為：日本國內核電廠狀態、中深度處置 (Intermediate Depth Disposal) 安全標準與除役廢棄物外釋 (Free release) 的挑戰及現況。

日本核電廠已有五部機組確定永久停止運轉(廢爐),分別是 JAPC 的 Tsuruga-1、KANSAI 的 Mihama-1 和 Mihama-2、CHUGOKU 的 Shimane-1 以及 KYUSHU 的 Genkai-1；另有 20 部機組正在申請重新啟動，而 Kyushu 電力公司的 Sendai 核電廠一號機已開始運轉，有九部機組規劃除役，新建中的機組有兩部，如圖十所示。

日本 NRA(Nuclear Regulation Authority) ad-hoc 團隊在 2015 年 1 月 26 日第一次會議討論中深度處置規範,2 月 12 日舉行第二次會議解釋中深度處置和廢棄物處理的法規關注議題。會議討論的項目分為設計需求及管制需求兩大部份；前者如處置



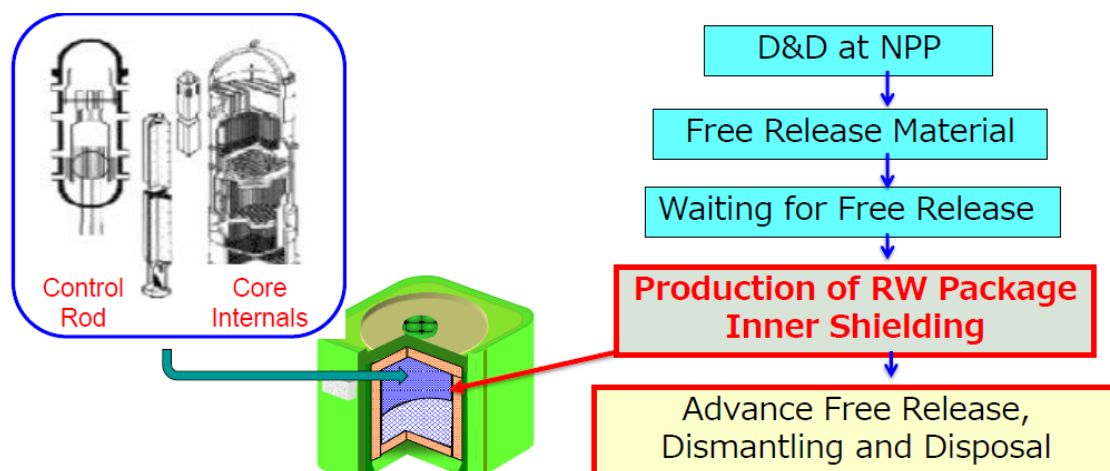
場址的位置及適當深度、長半衰期核種濃度限值、貯存場工程丈量、事故與意外衝擊評估與關場後人類侵入評估；後者則是定期安全審查與被動式機關管制。



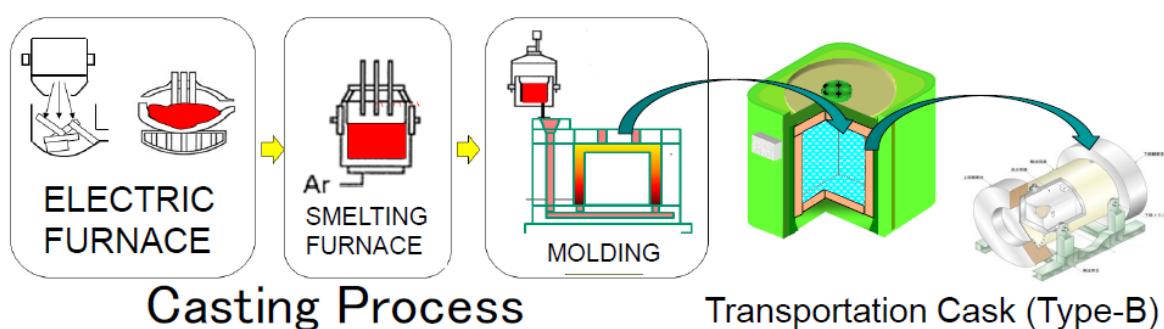
圖十、2015 年日本核電廠位址分佈及狀態

日本十年前就已經建立與頒布金屬廢棄物的外釋規則，但是不被大眾所接受且業界也擔心危害的傳聞因此沒有積極發展。如今，日本政府決定以實際外釋物料向社會展示執行成果。這個展示主要係為了得到公眾的注意外釋金屬可以回收並發展成為爐心高度活化放射性廢棄物之廢棄物盛裝容器，前述廢棄物的拆除將以國家型計畫由 2015 年至 2017 執行。這個計畫的目標是期望廢棄物回收再利用可以實現，並使除役階段產生的放射性廢棄物得以順利的在沒有貯存場之前暫貯。整體計畫的架構如圖十一所示，首先核電廠除役與除污之廢金屬執行至可外釋，並在待外釋的階段加工生產為放射性廢棄物包件的內屏蔽箱，容器內即可盛裝如控制棒或爐內組件等高度活化廢棄物。而鎔融與鎔鑄容器技術的發展流程如圖十二所示；成品如圖十三所示，外容器尺寸為 1.6×1.6×1.6 m 厚度 50 mm，重 7 公噸主要材質為碳鋼，上蓋接合處使用焊接；內屏蔽厚度有 5, 10, 15 與 20 mm，主要來源是待外釋金屬，重 5~16 公噸。目前這個計畫的目標已獲得地方政府的支持與同意，但要獲得民眾的認同仍須努力。

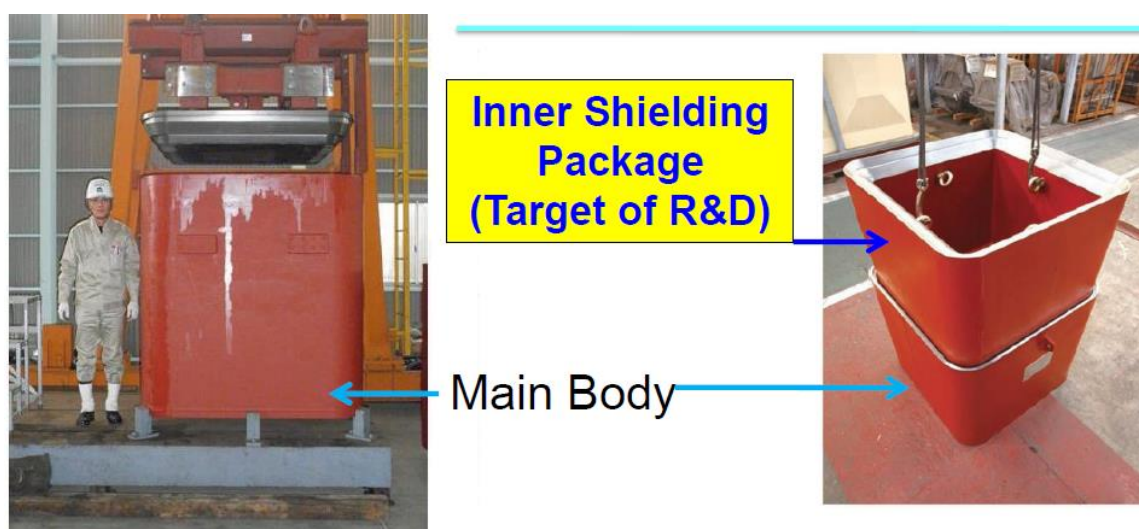




圖十一、日本核電廠除役與除污後可外釋廢金屬回收再利用規劃



圖十二、鎔融與鎔鑄容器技術程序



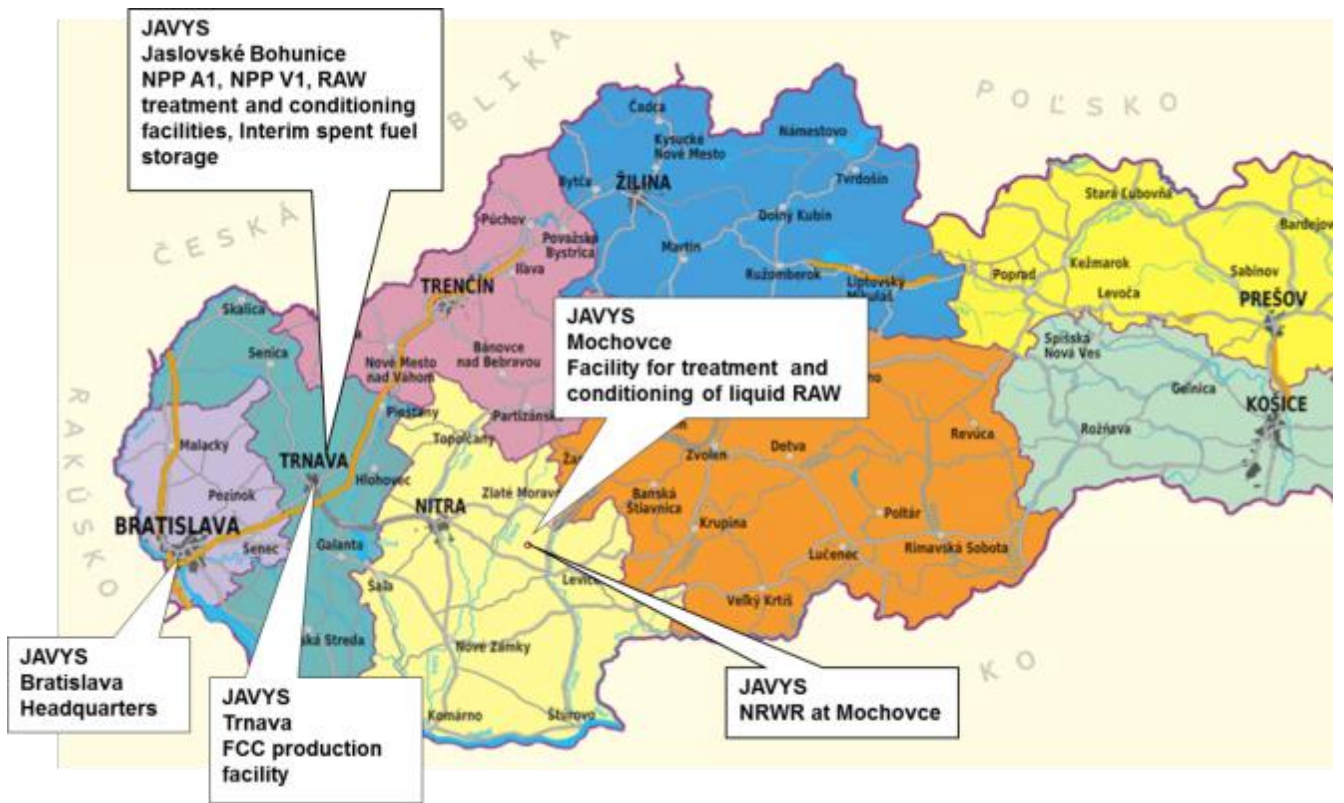
圖十三、可外釋廢金屬加工為盛裝容器成品

### (三) 斯洛伐克 V1 核電廠除役現況及設施參訪

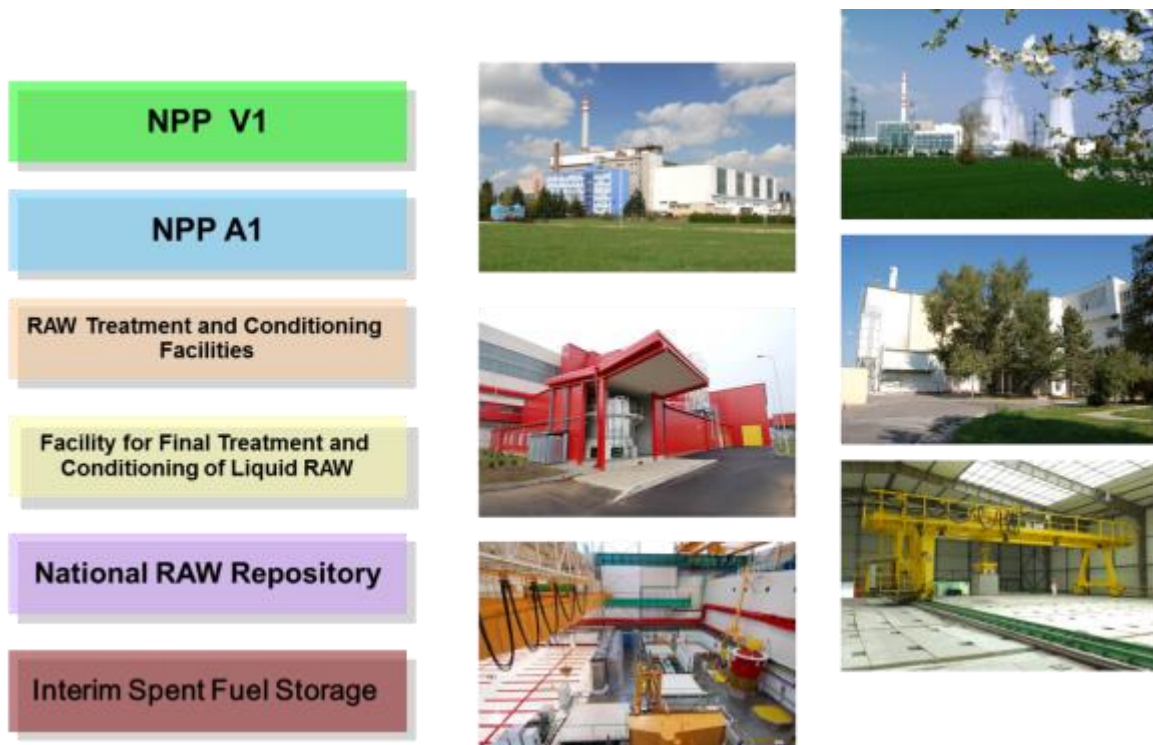
JAVYS 所負責的設施包含：1. 位於斯洛伐克 TRNAVA 的核電廠 A1、V1、放射性廢棄物處理與調節設施及用過燃料中期貯存場；2. FCC(Fiber Concrete Container) 製造廠；3. 位於 Mochovce 的液體放射性廢棄物處理及調節設施與國家低放射性廢

棄物貯存場。詳細設施分佈與外觀如圖十四與圖十五所示。斯洛伐克 V1 核電廠共兩部機組均為 WWER 440-V230 型，分別為 1978 與 1980 年起爐，斯洛伐克政府於 1999 年決定兩部機組分別於 2006 及 2008 年永久停止運轉（圖十七）。過去 V1 電廠仍在轉期間供應 20% 斯洛伐克的電力並且可以將剩餘電力出口，當 V1 的二號機永久停止運轉後轉為電力進口國。JAVYS 初擬三套除役的選項，分別為立即拆除（Immediate Dismantling Option）、安全監控下封存(Safe Enclosure under Surveillance)及反應器安全封存，最終基於成本理由選擇立即拆除（圖十八）。本次公差行程中也參訪 V1 核電廠的除役情形，其中汽機廠房及一些非管制區的建築已完成拆除（圖十九），而電廠內原本殘存有放射性污泥及廢吸附劑等廢棄物亦經固化後清空。參訪現場 Mr. Martin 亦特別介紹說明 V1 核電廠的冷卻水塔拆除的困難，這個場址同時有 A1、V1 與 V2 三座核電廠，其中 A1 因事故早於 V1 除役，而 V2 則是運轉中的電廠，因內陸型的核電廠具有相當龐大的冷卻水塔設施，並且依據耐飛機撞擊的規格所建立，以英國等拆除的案例而言，一般會利用爆破的方式進行拆除；然而有兩大原因使得 V1 的冷卻水塔無法採用爆破方式，一是因為鄰近濕式用過燃料貯存設施，另一是緊鄰運轉中 V2 電廠的冷卻水塔；拆解計畫中曾經使用過撞擊與破碎等各種工法，然而完全無法撼動冷卻水塔的結構及表面，因此，目前仍在評估可能的拆解技術。

另 Bohunice 放射性廢棄物處理中心具備分離、焚化、超壓縮、濃縮及水泥固化等技術，目標是處理低及中放射性廢棄物，最終的產物為 FCC（圖十六）。未來規劃要建立的處理設施包含玻璃固化、瀝青固化、非連續性瀝青固化、低放射性廢水淨化設施、金屬切割與除污設施及污泥固定化設備等。

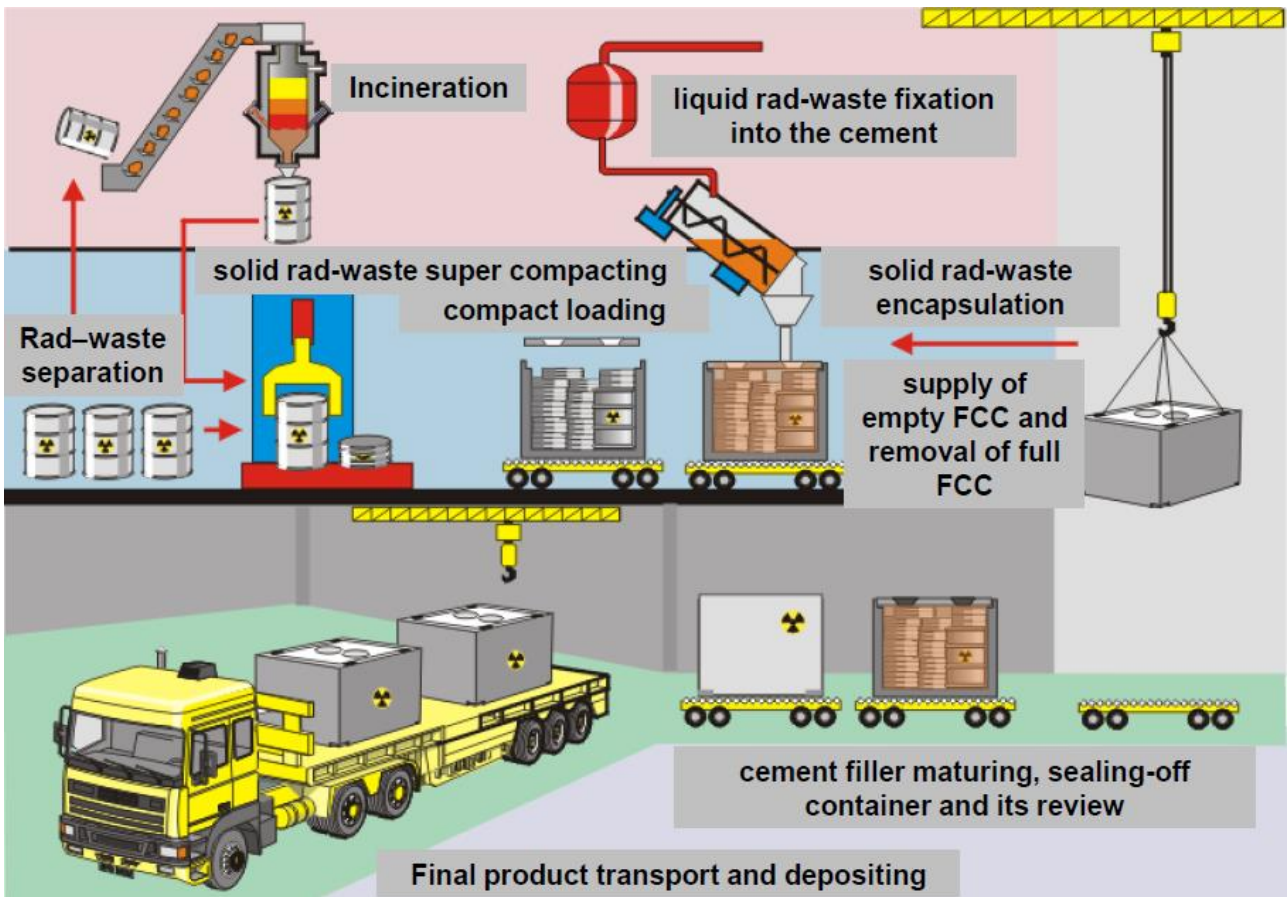


圖十四、斯洛伐克 JAVYS 公司營運之核設施分佈位址



圖十五、JAVYS 所負責之核設施

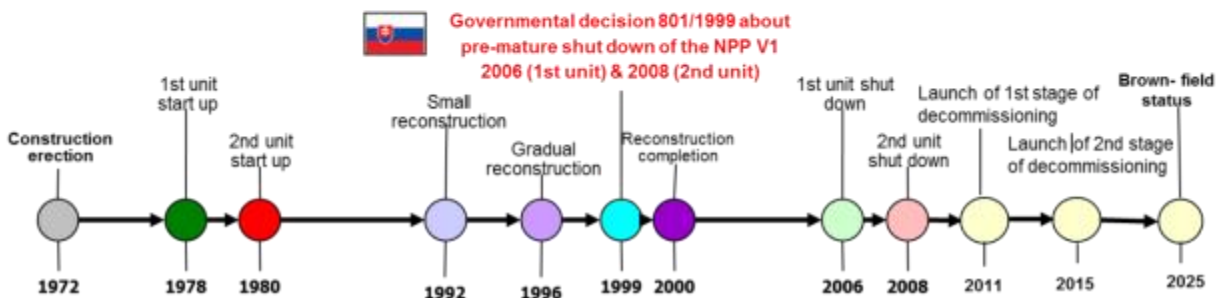




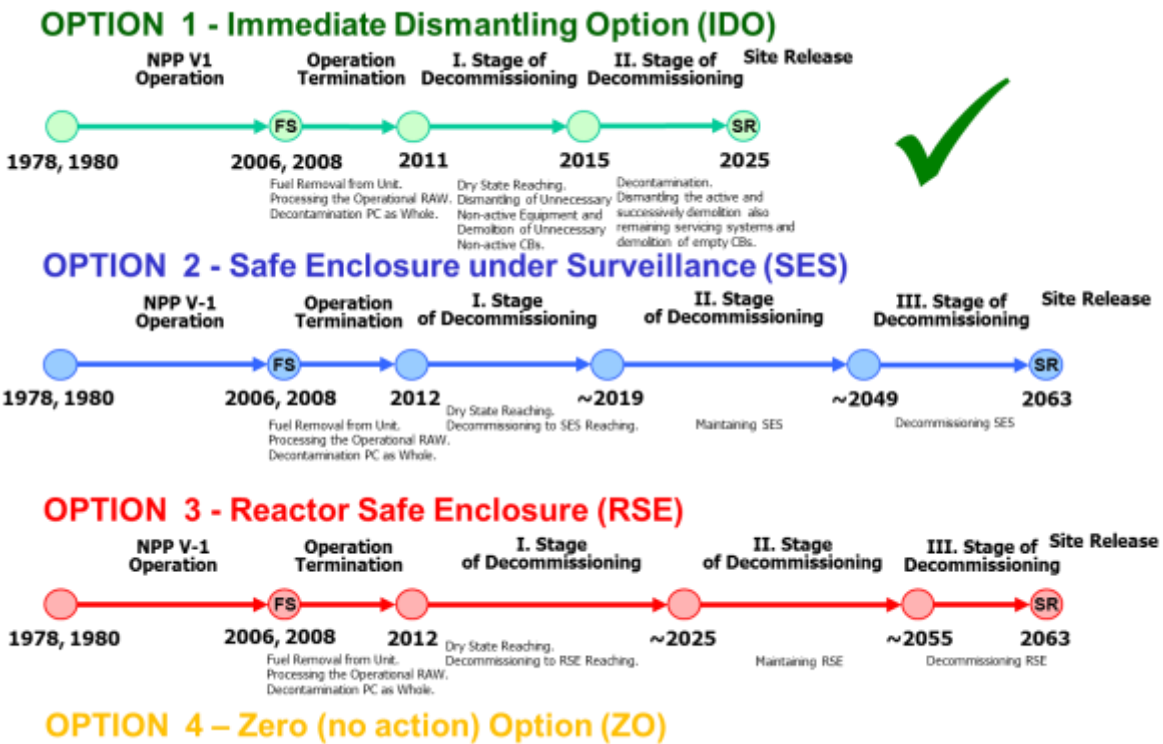
圖十六、放射性廢棄物處理中心運轉示意圖



<b>2 x WWER 440-V230</b>	
<b>Fuel:</b>	<b>UO<sub>2</sub></b>
	(1,8 / 2,4 / 3,6 % U-235) (modified 3,82 % U-235)
<b>Moderator:</b>	<b>H<sub>2</sub>O</b>
<b>Coolant:</b>	<b>H<sub>2</sub>O</b>
<b>Loops:</b>	<b>6</b>
<b>Turbines:</b>	<b>2x220MW</b>
<b>Units/NPP:</b>	<b>2</b>



圖十七、斯洛伐克 V1 核電廠生命週期



圖十八、V1 核電廠永久停止運轉後除役規劃



TG 22 before dismantling



TG 22 after dismantling



TG 22 support construction before



TG 22 support construction after

圖十九、V1 核電廠汽機廠房除役拆解情形

斯洛伐克核設施除役所產生之低放射性廢棄物最終產物為 FCC，而位於 Mochovce 的低放射性廢棄物貯存場唯一接收此種容器，因此 FCC 可視為該國的低放射性廢棄物處置容器。目前生產 FCC 的工廠位於 TRNAVA。FCC 容器中主要的成份包含金屬纖維、水泥與水，容積為 3.01 m<sup>3</sup>，尺寸為 1.7×1.7×1.7 m，裝載放射性廢棄物後最大重量限制為 15 公噸，詳細資料如表九所列。FCC 養生後脫模方式如圖二十所示。現場參訪過程中 FCC 製造廠的廠長親自解說，其中金屬纖維是一種將熔融金屬急速冷卻後所形成的產物，如圖二十一左上圖所示，將這些金屬纖維、水泥和水在一適當比例下混合後，注入碳鋼模具內，養生 28 天後進行脫模，由於工廠緯度高四季氣溫變化劇烈，為了控制廠房內的溫度在 25°C，養生中容器的上方均設置有紅外線加熱管。

表九、FCC 性質與規格摘錄

Type, label	The FCC with final processed RAW
Dimensions	1700 x 1700 x 1700 mm
max. weight after filling up	15 t
the ability of stacking	3 on each other
stacking toughness of the FCC	28 t + additional load from the covering
manipulation-grip device	upper 4-point hanger with automatic shut-down
overall volume (1.7 x 1.7 x 1.7m)	approx. 4.9 m <sup>3</sup>
useful volume of the FCC	approx. 3.01 m <sup>3</sup>
weight of an empty container (body + lid + plugs)	4,240 t
maximum weight of the filling	10,760 t
weight of the container body	3,500 t
the weight of the lid	0.690 t
the weight of plugs	0,025 t (2x)



Volume: 2,9 m<sup>3</sup>  
 Parameters: 1,7 x 1,7 x 1,7 m  
 Max. weight of FCC with RW: 15 t

In Operation since 1996



Production:  
 360 pcs. of FCC in 2009  
 350 pcs. of FCC in 2010  
 352 pcs. of FCC in 2011  
 247 pcs of FCC in 2012  
 490 pcs of FCC in 2013

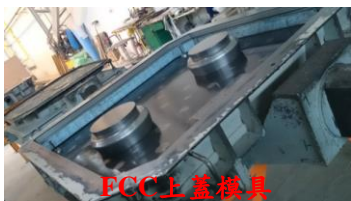
圖二十、FCC 脫模過程



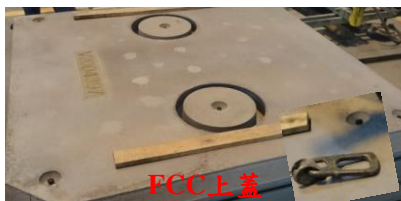
Metal fiber



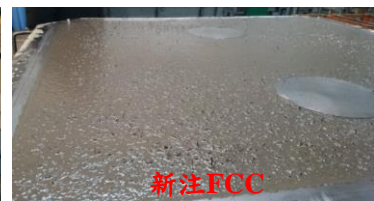
灌漿設備



FCC上蓋模具



FCC上蓋



新注FCC

圖二十一、現場參訪 FCC 材料、模具及養生情形

斯洛伐克國家放射性廢棄物貯存場(National Radioactive Waste Repository, NRWR)是一多重障壁地表型貯存設施，主要用途是固體或低活度廢棄物固化後的最終貯存，可接收來至於該國國內運轉或除役中核電廠、研究單位、實驗室與醫院所的放射性廢棄物（圖二十二）。1986 年開始使建造，包含鋪設黏土密封床、設置廢棄物貯存區與環境的隔離障壁，於 2001 年啟用。如上述，本貯存設施僅接收纖維

強化混凝土容器強化混凝土容器(fiber-reinforced concrete container, FCC)，並於場區內及周圍設置排水系統。這個貯存設施是由陣列式貯存箱所構成，貯存箱係多列或雙列式排列方式。第一組雙列式貯存箱是由鋼製廠房作為屏蔽，而貯存箱是由鋼強化混凝土構成（圖二十三），尺寸為  $18 \times 6 \times 5.5 \text{ m}$ ，牆厚 600 mm。第一階段的雙列式組箱共 80 組，每箱可容納 90 只 FCC，全容量為 7,200 個 FCC(總容積  $22,320 \text{ m}^3$ )。從 2001 年開始運轉迄今，第一組雙列式貯存箱已近全滿（圖二十四）。除了廠房內貯存低放射性廢棄物外，廠外露天也正在動工，作為極低微放射性廢棄物貯存場區，並預計在 2017 年年底即可開始運轉。

藉由本次的參訪與 JAVYS 管理人員的討論可了解，貯存場(repository site)與最終處置場(disposal site)在管理上的差異，貯存場從開始接收廢棄物至接收飽和後，仍持續派駐人員監管 300 年，最終處置場則在封閉後即撤離人員，兩者在最後都具備放射性廢棄物最終生命週期的精神，然貯存場的成本費用必然遠高於最終處置場，但卻是較能被一般民眾所接受的作法。



圖二十二、斯洛伐克國家放射性廢棄物貯存場(National Radioactive Waste Repository, NRWR)





圖二十三 第一組雙列式貯存箱

表十、NRWR 貯存規模

Area	11.2 ha
Number of storage boxes in a row / total	20 / 80
Box sizes	18 × 6 × 5.5 m
Usable box volume	510 m <sup>3</sup>
Storage box capacity	90 containers
FCC volume	3.1 m <sup>3</sup>
Total storage capacity	7,200 containers
Total useful storage volume	22,320 m <sup>3</sup>



Repository of surface type

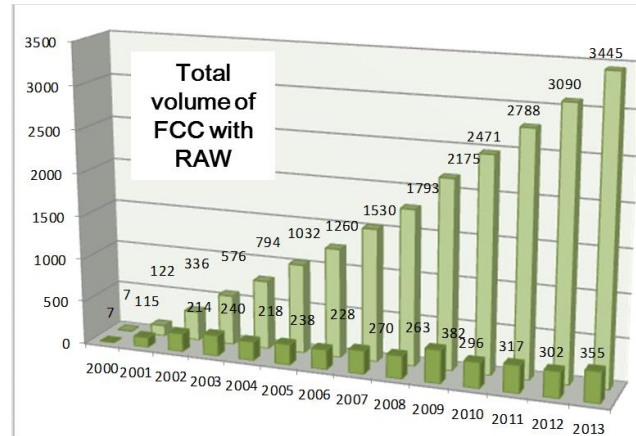
Final repository of very low and low level RAW

RAW from operation and decommissioning of Nuclear facilities in Slovakia, from research institutes, medical and other institutions



Capacity of 1 double row:  
3 600 FCC

Stored FCC till 31th December 2013:  
3 445 pcs.



圖二十四、極低微放射性廢棄物與低放射性廢棄物貯存設施運轉情形

#### 四、建議事項

- (一) TAG-59 會議中蒐集到經驗回饋 (lesson learn) 與事件、事故及意外分析等資料已提供同仁參考，建議評估其應用價值。
- (二) 國內正發展核能電廠等大型核設施除役所需放射性廢棄物容器規劃。本次會議實地參訪斯洛伐克 V1 核電廠除役情形、貯存設施及貯存容器(FCC)及放射性廢棄物處理、包裝與量測等運轉經驗，其中容器規格、製造與使用相關資料已提供同仁參考，建議評估其應用與開發的可行性。
- (三) 日本目前針對除役待外釋廢棄物的回收再利用經驗，值得作為國內之借鏡，建議應持續關注其發展狀況與進度。
- (四) CPD/TAG 會議是取得國際核設施除役資訊的有效平台，除 TRR 除役計畫之外，建議所內擴大派員與持續參與適當主題討論，以取得國際核設施除役及廢棄物管理最新的資訊。