

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：開會)

## 核能電廠除役委辦計畫工作查核及管控

(裝訂線)

服務機關：台灣電力公司第一核能發電廠  
台灣電力公司第一核能發電廠  
台灣電力公司核能後端營運處

姓名職稱：巫鴻志維護副廠長  
徐錫奎維護經理  
蔡瀚儀主管場址評估

派赴國家：日本

出國期間：105年12月5日至105年12月9日

報告日期：106年1月18日

# 出國報告審核表

出國報告名稱：核能電廠除役委辦計畫工作查核及管控		
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
蔡瀚儀	主管場址評估	核能後端營運處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>開會</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：105年12月5日至105年12月9日		報告繳交日期：106年1月18日
出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5..建議具參考價值
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：

報告人： \_\_\_\_\_ 單位： \_\_\_\_\_ 主管處： \_\_\_\_\_ 總經理： \_\_\_\_\_  
          主管： \_\_\_\_\_ 主 管： \_\_\_\_\_ 副總經理： \_\_\_\_\_

說明：  
一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。  
二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：核能電廠除役委辦計畫工作查核及管控

頁數 24 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話： 台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

蔡瀚儀/台灣電力公司/核能後端營運處/主管廠址評估/(02) 2365-7210 轉 2213

巫鴻志/台灣電力公司/第一核能發電廠/維護副廠長/(02) 2638-3501 轉 3001

徐錫奎/台灣電力公司/第一核能發電廠/維護經理/(02) 2638-3501 轉 3751

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：105.12.05~105.12.09 出國地區：日本

報告日期：106.01.18

分類號/目：核能

關鍵詞：除役 乾貯 濱岡電廠

內容摘要：

日本中部電力公司所屬濱岡核電廠，該電廠自 98 年(2009)底停止運轉開始進行除役規劃以來，已完成第一階段除役準備作業，目前正進行第二階段反應爐周邊設備拆除作業中。

濱岡核電廠 1、2 號機與核一廠為同型沸水式反應器，此次出國經由與該電廠執行工作人員開會及現場參訪，瞭解除役現場作業實務與觀摩作業情形，進一步反饋予本公司，可做為後續核一廠除役規劃與執行之參考。

另順道參訪日本 Hitachi-GE 公司(HGNE)，進行用過核子燃料乾式貯存容器製造技術溝通會議與現場參訪，可提供本公司後續進行除役放射性廢棄物容器後續規劃之重要參考。

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

# 目 錄

壹、出國目的 .....	1
貳、任務過程 .....	3
一、乾式貯存容器製造技術現場參訪 .....	3
二、日本核電廠除役現況討論 .....	12
三、濱岡電廠除役現場作業實務與觀摩 .....	14
參、心得及建議 .....	20

# 壹、出國目的

## 一、目的

### (一) 出國任務

核能電廠除役委辦計畫工作查核及管控，出國期間自 105 年 12 月 5 日至 105 年 12 月 9 日，共計 5 天。

### (二) 緣起及目標

台電公司於 104 年 11 月陳報原能會核一廠除役計畫，考量本公司係首次面臨核能電廠除役工作，須積極汲取國外除役中核能電廠之實際經驗，以進行除役工作之整體規劃，有必要派員赴國外瞭解除役中核能電廠及放射性廢棄物容器製造技術，以期提升本公司除役相關專業能力。

日本中部電力公司所屬濱岡核電廠，該電廠自 98 年(2009)底停止運轉開始進行除役規劃以來，已完成第一階段除役準備作業，目前正進行第二階段反應爐周邊設備拆除作業中。

濱岡核電廠 1、2 號機與核一廠為同型沸水式反應器，此次出國經由與該電廠執行工作人員開會及現場參訪，瞭解除役現場作業實務與觀摩作業情形，進一步反饋予本公司，可做為後續核一廠除役規劃與執行之參考。

另順道參訪日本 Hitachi-GE 公司(HGNE)，進行用過核子燃料乾式貯存容器製造技術溝通會議與現場參訪，可提供本公司後續進行除役放射性廢棄物容器後續規劃之重要參考。

## 二、過程

奉派至日本茨城縣(日立臨海工廠)、東京(東芝公司)及靜岡縣(濱岡電廠)，執行「核能電廠除役委辦計畫工作查核及管控」出國任務，為期5天，詳細過程及工作內容如下表：

起始日	迄止日	地點	工作內容
1051205	1051205		往程(台北-東京)
1051206	1051206	茨城縣	乾式貯存容器製造技術現場參訪 (日立臨海工廠)
1051207	1051207	川崎市	日本核電廠除役現況討論 (東芝公司)
1051208	1051208	靜岡縣	除役現場作業實務與觀摩 (濱岡電廠)
1051209	1051209		返程(東京-台北)

## 貳、任務過程

### 一、乾式貯存容器製造技術現場參訪

#### (一) 行程安排

12月6日上午搭JR由東京品川站出發，目的地是大甕站；參訪地點是位於茨城縣日立市日立事業所(Hitachi Works)的臨海工廠(Rinkai Factory)，由副社長木下詳一郎先生(Shoichiro Kinoshita)出面接待，此次參訪的重點是——用過核子燃料乾式貯存容器製造技術溝通會議與現場參訪，因應我們的要求，日立公司安排當天之行程如下：

#### 1. 簡報

■ 臨海工廠介紹

■ 日立雙用途金屬護箱(HDP69B)介紹

#### 2. 現場參訪

#### 3. 問題回答及討論

#### (二) 臨海工廠介紹

日立事業所在日立市共有5個工廠，分別為海岸工廠(Kaigan Factory)、山手工廠(Yamate Factory)、国分工廠(Kokubu Factory)、臨海工廠(Rinkai Factory)及埠頭工廠(Futo Factory)。

各工廠分別負責不同的任務，此次參訪之臨海工廠主要負責核能相關產品之製造，日立雙用途金屬護箱(HDP69B)即是在此處生產製造；臨海工廠相關資訊如下：

- 1970年12月新設
- 面積：265,000 m<sup>2</sup>
- 所在地：茨城縣日立市大甕町(Omika-cho) (圖1)
- 主要產品：核電設備

### (三) 日立雙用途金屬護箱 (HDP69B) 介紹

日立雙用途金屬護箱(HDP69B，圖 2)，護箱本體屬一體鍛造 (FORGED BY JSW，圖 3)，可同時使用於運輸及貯存，操作簡單，未來搬運時，不須重新裝載，可降低工作時間、人員輻射暴露劑量及相關費用。

雙用途金屬護箱(HDP69B)基本參數 (表 1)、貯存安全功能 (圖 4)、運輸安全功能 (圖 5) 所示：

全尺寸(Full-scale)熱移除測試 (圖 6)：利用 69 個加熱器模擬用過燃料熱負載，測試總熱負載達 19.3kW(執照限制總熱負載為 12.0kW)，確認符合設計要求。

掉落測試(驗證衝擊限制器性能，圖 7)：以 3 分之 1 尺寸，從 9 公尺高，執行平放/直放掉落測試，以驗證符合設計要求。

目前年產量可達 20 個，應用實績請參考附件一。

### (四) 現場參訪

- 大間電廠(ABWR)的爐內組件(汽水分離器/乾燥器/爐心側板)
- 金屬護箱製造過程，包括：鍍銅散熱片組裝、樹脂填充、底板焊接

### (五) 問題回答與討論

問題 1：金屬護箱之基本尺寸、重量？

(已整理如前)

問題 2：金屬護箱本體製造方法是否一體鑄造或焊接而成？密封頂蓋是鎖/焊？

本體屬一體鍛造而成，雙層頂蓋金屬封環壓鎖，底部用底蓋焊接密封，底蓋 2018 年後也會一體鍛造，可縮短工時及成本。



問題 3：金屬護箱是否已取得日本、美國、歐盟之使用許可？

目前已取得日本管制單位之貯存及運輸執照。

問題 4：金屬護箱有做那些安全分析？

有做過實體熱移除測試及實體耐震測試，法規要求之安全分析皆已完成。



圖 1 臨海工廠位置示意圖

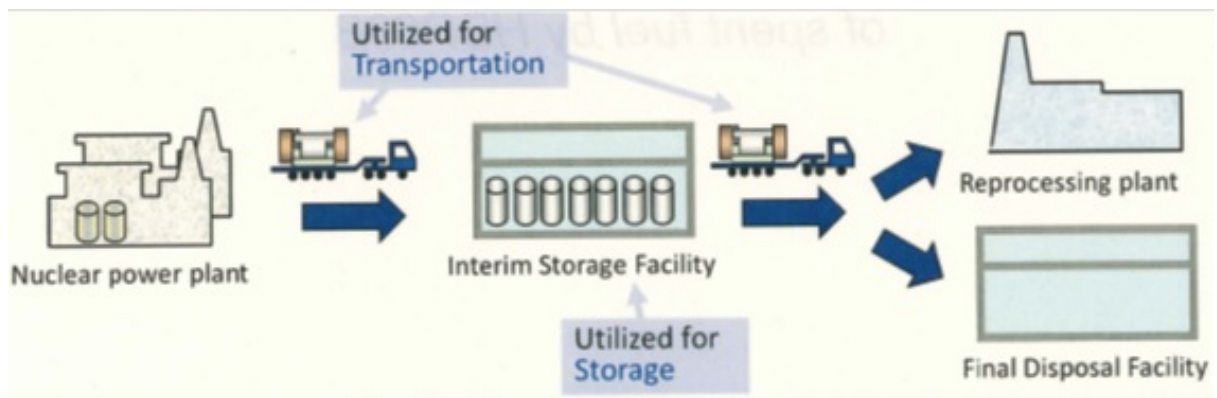


圖 2 HDP69B 金屬護箱運輸及貯存示意圖



圖 3 HDP69B 金屬護箱本體圖

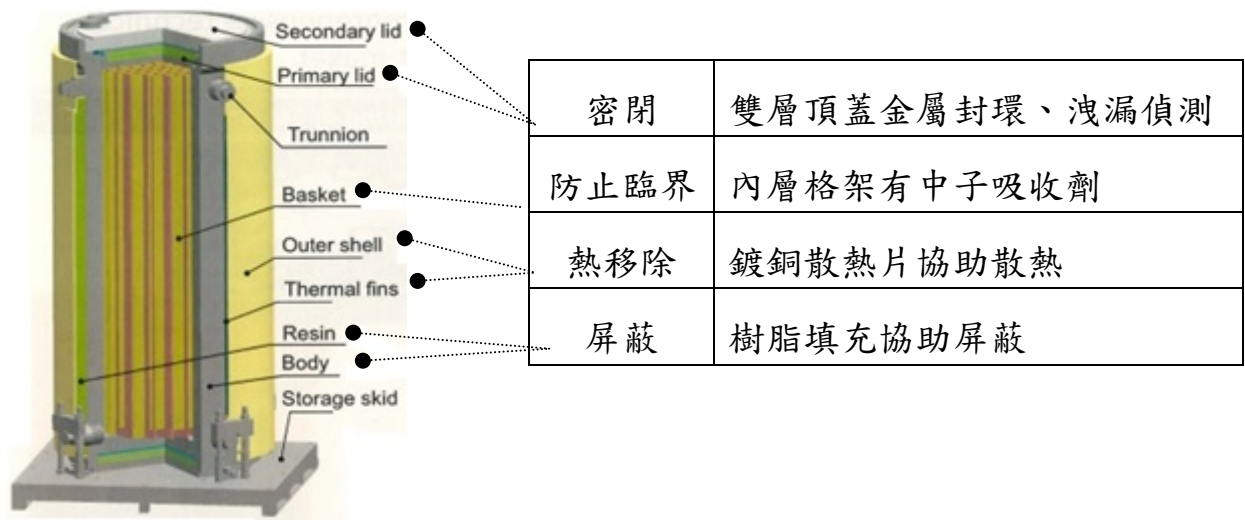


圖 4 HDP69B 貯存安全功能

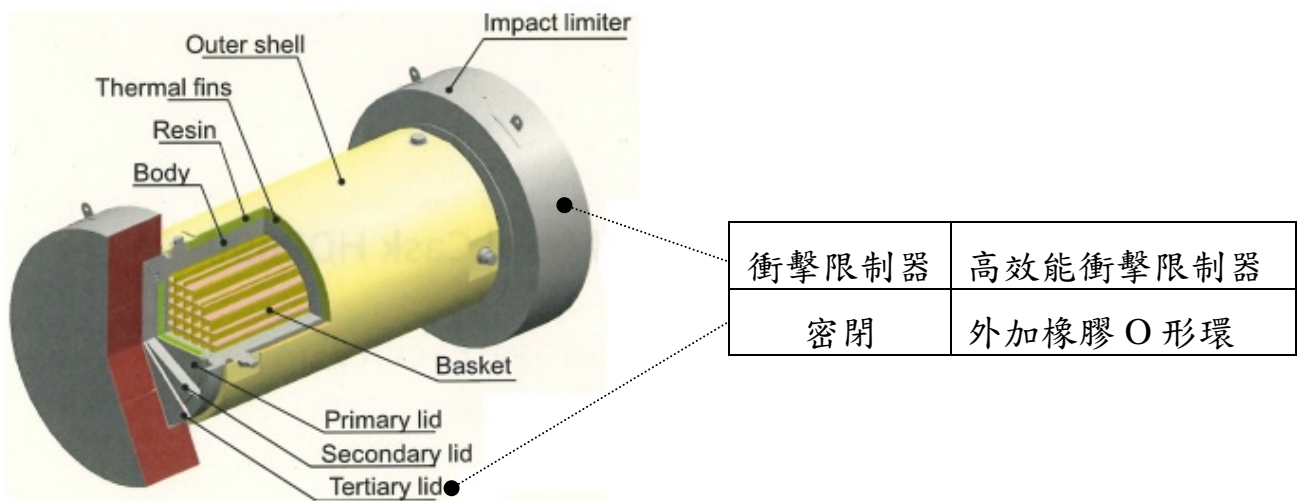


圖 5 HDP69B 運輸安全功能



圖 6 HDP69B 全尺寸熱移除測試

### 9m drop test of 1/3 scale model

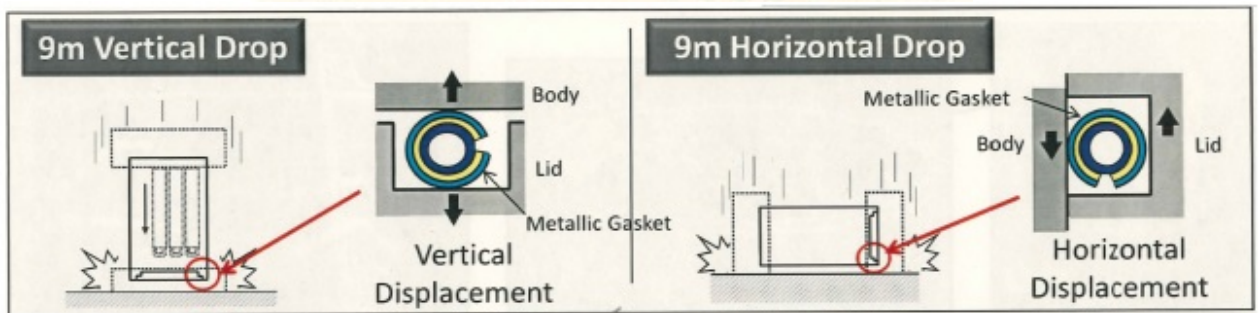


圖 7 HDP69B 掉落測試



圖 8 致贈禮品



圖 9 現場參訪

表 1 雙用途金屬護箱(HDP69B)基本參數

	重量	長	外徑	備註
貯存	120 噸	5.4 米	2.5 米	可貯存 69 根 BWR 用過燃料
運輸	132 噸	6.8 米	3.6 米	須加裝衝擊限制器(Impact Limiter)

## 二、日本核電廠除役現況討論

12月7日上午搭JR由東京品川站出發，目的地是川崎站；參訪地點是位於川崎市的東芝總部的原子力事業部(Nuclear Energy Systems & Services Division，圖 10)，由原子力海外技術部部長堀口正裕先生(Masahiro Horiguchi)出面接待，此次拜訪的目的——商談12月8日訪問濱岡核電廠之行程安排，並瞭解目前日本核電廠除役及用過核子燃料乾式貯存容器現況，透過雙方討論，得到以下之結論：

1. 美國除役策略較注重時間及成本考量，而日本除役時間則都拖比較長，目的在利用自然衰變及除污技術，降低工作人員輻射劑量及最終放射性廢棄物數量。
2. 日本在放射性廢棄物之處置，也面臨民眾不信任等問題，待政府及業者共同解決。
3. 東芝公司目前進行金屬護箱之設計，該金屬護箱規劃貯存退出爐心2年之用過核子燃料。
4. 東芝公司未來將設計室內地窖式乾式貯存設施，可降低護箱之耐震、抗腐蝕之要求。





圖 10 東芝總部位置示意圖



圖 11 日本核電廠除役現況討論成員

### 三、濱岡電廠除役現場作業實務與觀摩

#### (一)濱岡電廠簡介

濱岡核電廠 (Hamaoka Nuclear Power Station of Chubu Electric Power Co., Inc.) 座落於日本靜岡縣御前崎市 (Omaezaki-shi, 圖 12), 佔地約 1.6km<sup>2</sup>, 由中部(Chubu)電力株式會社經營管理; 濱岡核電廠目前共有 5 部核能機組, 1 號機和 2 號機為 MARK-1 型圍阻體 BWR-4 反應器機組; 3 號機和 4 號機為 MARK-1 modified 型圍阻體 BWR-5 反應器機組; 5 號機則為 RCCV 型圍阻體 ABWR 反應器機組。各核能機組資料如表 2 所示。

濱岡核電廠之 1、2 號機已於 2009 年 1 月停止運轉並正進行除役中, 3、4、5 號機則因 2011 年福島核災事件發生後, 日本政府要求停機, 並進行設備改善與強化安全措施, 以符合新核能法規。

#### (二)日本核電廠現況

截至 2016 年 10 月 20 日日本 59 座反應爐之現況如表 3 (詳細情形請參考附件二), 可得知目前日本有 15 機組準備或已經進入除役階段。

#### (三)濱岡電廠除役現況

濱岡核電廠一/二號機於 2009 年 1 月停止運轉, 同年 6 月提出除役計畫交付管制單位審查, 11 月獲除役許可後, 開始為期 28 年的除役工作; 除役工作共分為 4 個階段(詳細除役時程, 請參考附件三):

- Stage 1 2009~2014(6 年): 準備期
- Stage 2 2015~2022(8 年): 反應爐區(RZ)周遭拆除
- Stage 3 2023~2029(7 年): 反應爐區(RZ)拆除
- Stage 4 2030~2036(7 年): 建築物拆除

## 1. Stage 1 除役成果

- 所有用過燃料移出廠房(一號機 206 束/二號機 1164 束移至五號機，2014 年 2 月完成移出)
- 完成反應爐區周遭之輻射特性調查工作
- 完成圍阻體廠房內管路之除污工作
- 輻射管制區外圍之拆除工作--主變壓器拆除進行中

## 2. Stage 2 現況

- 2015 年 3 月申請除役計畫修訂，新增 Stage 2 詳細工作內容
- 2016 年 2 月管制單位同意除役計畫修訂，輻射管制區拆除開始
- 拆除方式以機械切割(mechanical cutting)為主，以降低輻射劑量，部份污染低於可外釋程度以熱切割(thermal cutting)方式
- 預估 Stage 2 拆除量為：28Mkg(非輻射:6Mkg、可外釋:18Mkg、低階廢棄物:4Mkg)
- 可外釋部份將回收再利用或使用於核能相關設施
- 低階廢棄物暫儲放於#1/#2

### (四)除役問題與討論

問題 1：人力組織有無改變？

因尚有機組營運中，配合除役工作有新增組織，組織圖請參考附件四。

問題 2：是否有外包工作？

1. 除非特殊技術，以提昇本身技術自辦為主
2. 輻射管制區以外設施之拆除工作，則委由廠商競標執行

問題 3：是否有雇用顧問或顧問公司？

1. 目前暫不考慮雇用顧問公司
2. 透過與 OECD/NEA 等國際組織，交換經驗及採用有適合

之技術

3. 濱岡一/二號機是中部電力公司首次除役的機組

問題 4：輻射特性調查現況如何？

1. 完成 RV 周遭組件(表面等效劑量率/表面污染密度)
2. 完成建物牆壁及地板(表面等效劑量率/表面污染密度)
3. 完成取樣(#1 反應爐及內部組件)
4. 在 Stage 2 將繼續比較與評估計算值與量測值之差異

問題 5：反應爐區周遭拆除順序為何？

1. Stage 2 將從圍阻體外圍已停止運轉且輻射劑量較低的系統開始，例如：汽機本體、主冷凝器、飼水系統、主蒸汽管路等
2. 拆除後，將利用這些區域做為暫時儲存區
3. 排氣塔雖然仍使用中，因底部有裂縫，將優先拆除

問題 6：廢金屬如何處置？除污後之外釋比例？

1. 預估 Stage 2 拆除量為：28Mkg(非輻射:6Mkg、可外釋:18Mkg、低階廢棄物:4Mkg)
2. 可外釋部份將回收再利用或使用於核能相關設施
3. 低階廢棄物暫儲放於#1/#2
4. 可外釋廢金屬面臨雖符合法規，但受限於民眾之心理因素，仍無法釋出再利用

問題 7：使用金屬護箱之經驗？

1. 2008 年曾提出申請(約可放置 4000 束用過燃料)
2. 因應新的安全標準，提高耐震等級，於 2014 年重新提出申請 (約可放置 2200 束用過燃料)
3. 一/二號機的用過燃料，已用較小的運輸箱運至五號機，五號機的吊車(150t)可吊運金屬護箱

## (五)現場參訪

現場參訪行程安排：

1. 一號機：一次圍阻體廠房—反應爐/圍阻體取樣點
2. 一號機：主發電機
3. 二號機：主汽機
4. 五號機舊汽機轉子(已除污獲管制單位許可外釋，但仍置於廠內)
5. 現場唯一看到在拆的是主變壓器，汽機廠房定子冷卻系統也在準備，其餘跟運轉中沒有兩樣
6. 成立化學分析實驗室，自己進行化學分析工作，除非高劑量先送外界處理成較低劑量

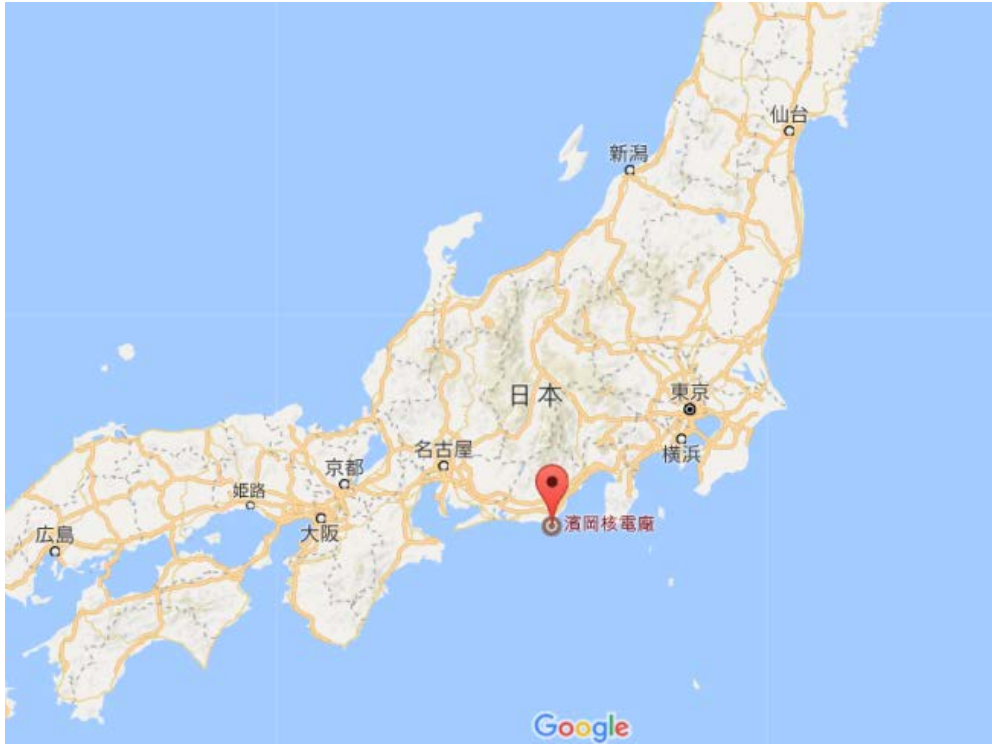


圖 12 濱岡核電廠位置示意圖



圖 13 濱岡核電廠核能機組位置示意圖

表 2 濱岡核電廠 5 部機組資料

	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	Unit 5
Reactor Type	BWR-4		BWR-5		ABWR
Thermal Power (MWt)	1,593	2,436	3,293	3,293	3,926
Type of Primary Containment Vessel	Mark-1		Mark-1 modified		RCCV
Generating output (MWe)	540	840	1,100	1,137	1,380
Construction Commencement	March 1971	March 1974	November 1982	February 1989	March 1999
Operation Commencement	March 1976	November 1978	August 1987	September 1993	January 2005
Current status	Decommissioning (Operation terminated on January 30, 2009)		In outage (since November 29, 2010)	In outage (since January 25, 2012)	In outage (since March 22, 2012)

表 3 日本 59 座反應爐之現況

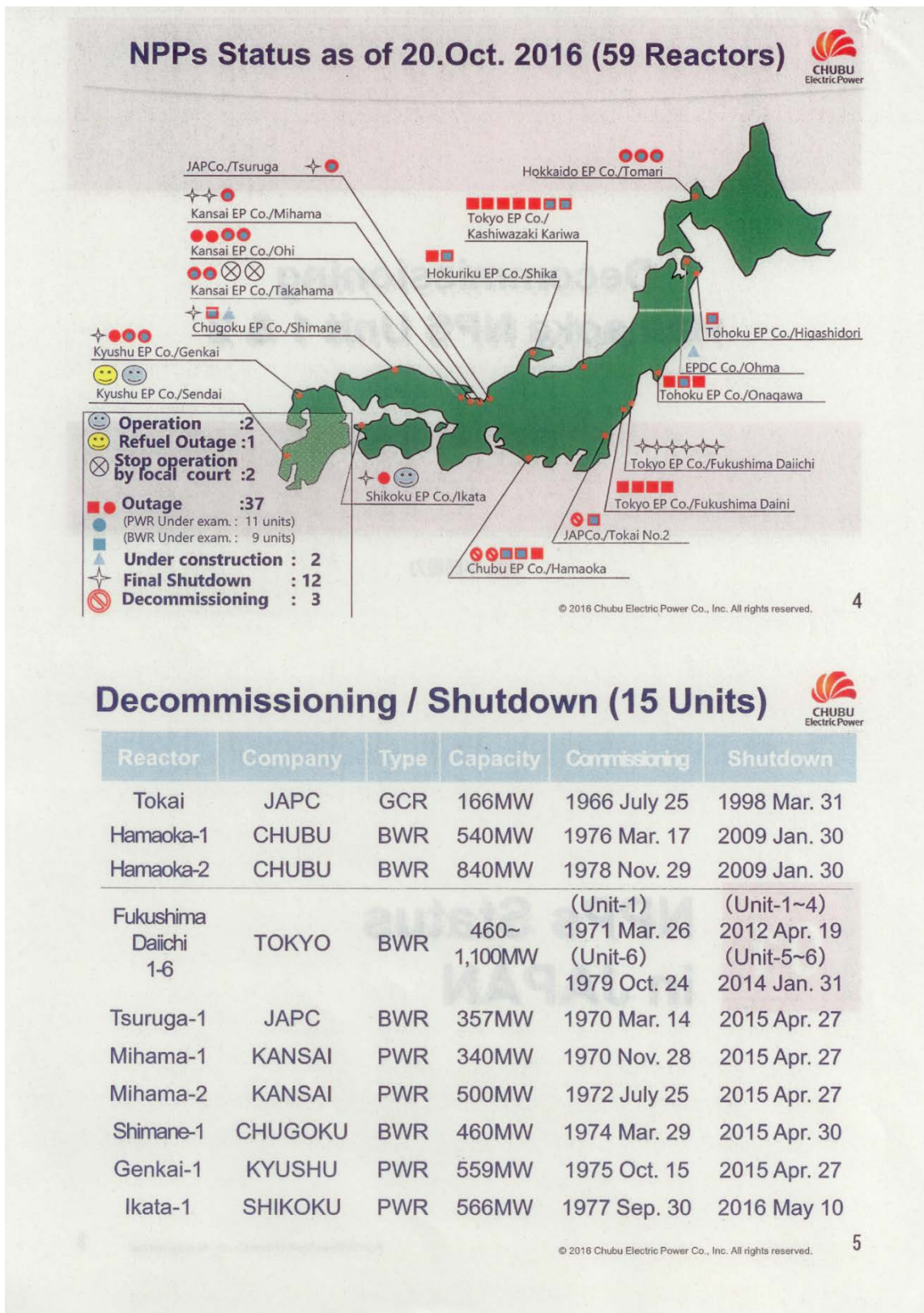
現況	數量
運轉中	2
更換燃料停機	1
地方法院要求 停止運轉	2
停機中	37
PWR檢測中	11
BWR檢測中	9
建造中	2
最終停機	12
除役中	3

## 參、心得及建議

1. 日立雙用途金屬護箱相關參數及資訊，將提供後端營運處參用；東芝有關金屬護箱之資料，也可透過相關聯絡管道，繼續收集。
2. 濱岡核電廠一/二號機與核一廠同為 BWR-4，面對之民情及困難事項亦相類似，其除役工作進展約領先核一廠 10 年，是一個很好的參考廠。
3. 濱岡核電廠雖為中部電力第 1 個除役核電廠，但他們認為，只要多參與相關國際組織，吸收相關研究成果，提昇自我的技術，除役工作可按步就班的完成。
4. 濱岡核電廠當停止運轉後，依照計畫行程進行相關作業，首先進行除汙工作，以減少所有工作人員暴露劑量，接續才進行後續工作。
5. 濱岡核電廠 1 號機拆除後、已除汙達外釋標準之組件，尚放置於 1 號機廠房內，濱岡核電廠亦面臨外釋問題。
6. 美國除役策略較注重時間及成本考量，而日本除役時間則都拖比較長，目的在利用自然衰變及除汙技術，降低工作人員輻射劑量及最終放射性廢棄物數量。
7. 日本在放射性廢棄物之處置，也面臨民眾不信任等問題，待政府及業者共同解決。
8. 參考濱岡核電廠的建議及目前公司的政策，建議仍須持續參與相關國際組織，吸收除役相關新技術及經驗回饋。
9. 濱岡核電廠 1、2 號機與核一廠為同型沸水式反應器，對濱岡核電廠的除役進度可持續觀察並相互交換經驗。



附件二 日本 59 座反應爐現況(截至 2016.10.20)



### Decommissioning / Shutdown (15 Units)

Reactor	Company	Type	Capacity	Commissioning	Shutdown
Tokai	JAPC	GCR	166MW	1966 July 25	1998 Mar. 31
Hamaoka-1	CHUBU	BWR	540MW	1976 Mar. 17	2009 Jan. 30
Hamaoka-2	CHUBU	BWR	840MW	1978 Nov. 29	2009 Jan. 30
Fukushima Daiichi 1-6	TOKYO	BWR	460~1,100MW	(Unit-1) 1971 Mar. 26 (Unit-6) 1979 Oct. 24	(Unit-1~4) 2012 Apr. 19 (Unit-5~6) 2014 Jan. 31
Tsuruga-1	JAPC	BWR	357MW	1970 Mar. 14	2015 Apr. 27
Mihama-1	KANSAI	PWR	340MW	1970 Nov. 28	2015 Apr. 27
Mihama-2	KANSAI	PWR	500MW	1972 July 25	2015 Apr. 27
Shimane-1	CHUGOKU	BWR	460MW	1974 Mar. 29	2015 Apr. 30
Genkai-1	KYUSHU	PWR	559MW	1975 Oct. 15	2015 Apr. 27
Ikata-1	SHIKOKU	PWR	566MW	1977 Sep. 30	2016 May 10

© 2016 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved. 5

附件三 濱岡核電廠一/二號機除役時程

