



出國報告(出國類別： 開會 )

## 出席第 28 屆台日核安研討會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳布燦副總經理、張永芳組長、郭東裕

派赴國家：日本

出國期間：102 年 7 月 22 日至 7 月 27 日

報告日期：102 年 9 月 23 日

## 目 次

壹、	出國目的與行程	
一、	緣起與目的 .....	1
二、	台灣代表團名單 .....	2
三、	行程 .....	3
貳、	公差紀要	
一、	第 28 屆台日核能安全研討會 .....	4
二、	參訪中部電力公司濱岡核能電廠 .....	6
三、	參訪關西電力公司美濱核能電廠 .....	8
四、	關西原子力懇談會 .....	10
參、	心得與建議	
一、	心得 .....	11
二、	建議 .....	12
肆、	參訪照片 .....	13
伍、	附件	
一、	附件 1：台日核能安全研討會紀要	
二、	附件 2：濱岡核能電廠防海嘯淹水對策	
三、	附件 3：美濱核能電廠補充斷層調查	
四、	附件 4：關西原子力懇談會我方簡報資料	
陸、	附錄	
	各參訪機關參考資料	

## 壹. 出國目的與行程

### 緣起及目的

台日核能安全研討會係於 1985 年由亞太科技協進會(APCST)能源委員會召集人陳蘭皋先生(前台電董事長)與日本原子力產業會議(現已更名爲日本原子力產業協會, JAIF)共同發起, 每年舉辦一次, 由台日雙方輪流主辦。此項會議乃台日雙方核能技術交流的重要活動, 今年爲第 28 屆, 輪由日本原子力產業協會(JAIF)主辦, 我方則由中華核能學會與本公司協辦, 舉辦日期爲 7 月 23 日, 會議地點於日本東京如水會館舉行。

本次研討會係以福島事故後的核能安全強化爲討論主軸, 台日雙方約有近百位從事於核能電廠運轉、維護、管制及放射性廢棄物相關領域專家學者參與, 共發表 10 篇論文, 議程包括「福島事故後的安全強化」、「福島事故後的壓力測試與核能安全對策」、「福島事故後的放射性廢棄物處理」、「福島事故後的社會溝通」及「新建核能電廠的施工現況」。不但可藉此瞭解福島事故後台日雙方的因應情形; 檢討目前核電廠安全設施及措施; 補強現行緊急應變作業程序, 更可由事故所造成環境輻射影響及社會衝擊經驗, 反思如何強化民眾溝通

## 一、台灣代表團名單

機關/部門	姓名	職稱
原能會核能管制處	張欣	副處長
原能會輻射防護處	劉文熙	副處長
原能會放射性物料管理局	鄭維申	組長
原能會核能管制處	張禕庭	技士
原能會核能技術處	劉俊茂	技士
核能資訊中心	鍾玉娟	經理
核能研究所	高良書	組長
核能研究所	莊凱政	助理工程師
中華核能學會	謝牧謙	顧問
工業技術研究院	毛維雲	經理
中興工程顧問公司	黃本源	協理
中興工程顧問公司	余信遠	經理
中興工程顧問公司	羅立	經理
台灣電力公司	陳布燦	副總經理
台灣電力公司	張永芳	組長
台灣電力公司	郭東裕	課長

## 二、行程

日期	行程摘要		地點
7/22	★台北—東京 (松山機場搭機)		東京
7/23	★研討會(如水會館 Star Hall)		東京
7/24	★東京--濱岡 ★參訪濱岡電廠 ★濱岡--京都	濱岡電廠參訪重點: 1、海嘯評估及安全防護措施 2、免震重要棟 3、福島事故後所作之安全強化措施 4、圍阻體過濾排氣 FCVS	京都
7/25	★京都—福井縣敦賀市		敦賀
7/26	★參訪美濱電廠 ★敦賀--大阪 ★拜訪關西原子力懇談會	美濱電廠參訪重點: ①、斷層調查 ②、長時間停機期間設備之維護及管理 ③、再起動計畫及起動前需送審文件	大阪
7/27	返台(大阪--台北) (返抵桃園機場)		

## 貳. 公差紀要

### 一、第 28 屆台日核能安全研討會

本項研討會於 7 月 23 日於東京如水會館召開，台方由台電公司陳步燦副總經理領隊，台方參加人員有 16 位，日方約為 70 位，現場並準備有同步口譯人員，雙方人員得以用本國語言報告，使會議進行的更為流暢。本屆台日核安研討會會議內容係以福島事故後的核能安全為主軸，雙方約有近百位從事於核能電廠運轉、維護、管制及放射性廢棄物相關領域專家學者參與，共發表了 10 篇論文；

本屆會議的主要議程包括「福島事故後的安全強化」、「福島事故後的壓力測試與核能安全對策」、「福島事故後的放射性廢棄物處理」、「福島事故後的社會溝通」及「新建核能電廠的施工現況」。不但可藉此瞭解福島事故後台日雙方的因應情形；檢討目前核電廠安全設施及措施；補強現行緊急應變作業程序，更可由事故所造成環境輻射影響及社會衝擊經驗，反思如何強化民眾溝通。

大會首先由主辦單位 JAIF 的理事長服部拓也先生致詞，服部理事長致詞時對於日本發生福島事故，讓台灣民眾產生不安而感到抱歉。並表示福島事故後，日本和全世界共同學習教訓，共享技術；如果沒有福島後的復興措施，日本就沒有未來。福島一廠的除役工作至今仍不太順暢，期待全球各國能同舟共濟，彼此支援。

「目前日本有 10 部機組提出重新啟動的申請，日本原子力規制委員會 NRA 正在審核中，這是我們重新獲得自信的出發點。現在有了更好的目標，更高的安全性，期待能恢復民眾對核能的信心。」服部理事長表示，核電廠停機對當地經濟造成影響，整體電價也調升，碳排放量增加，顯見核能對於能源穩定供應是不可或缺的。

服部理事長強調，今年的台灣代表團成員年輕人特別多，目前日本也是如此，

因此世代交替、經驗傳承變得非常迫切，也顯示出日後台日雙方這一類的交流活動將更形重要。

接著由我方團長陳副總布燦致詞，陳副總在致詞時表示，311 福島事故之後，台日雙方的核能工業界都面臨很嚴峻的考驗，今年仍能舉辦本研討會、互相交流，非常寶貴。

陳副總致詞內容摘述如下：「台灣的運轉中的 6 部核能機組績效良好，近幾年之容量因數達到 90% 左右，每年可提供 400 億度電，是重要的基載電力，而且以低廉的成本支撐著台灣低廉的電價。福島事故之後各廠都做過壓力試驗，並增加了移動電源、後備水源、及防淹水的密閉門、加強用過核燃料池之冷卻、氫氣偵測及防爆、嚴重核子事故管理、再度檢視地震及海嘯之危險性及防範、等各種措施，以提升核能安全，甚至還提出『斷然處置』以確保民眾之生命財產安全。

台灣 馬總統在 6 月 2-3 日舉行『能源之旅』，參觀了燃煤電廠、永安液化天然氣接收站、太陽能及風力發電、也參觀了核三廠和龍門電廠，總統也體認到核能發電關係國家的能源安全，他也表示希望全民都能得到正確的資訊，在公投時才能做出正確的決定。

但是台灣的反核勢力藉著媒體、並且和日本的反核勢力串聯起來，散播不實的言論，使民眾對核能電廠產生懼怕和排斥，訴求立即停建核四，故今年年底政府要對核四是否停建舉行公投。由於台灣民眾往往以日本馬首是瞻，此時特別需要台日的核能界攜手合作，把正確的資訊更廣泛地讓全體民眾知道。希望日本核工業界也能針對小出裕章等人的謬誤言論，站出來澄清錯誤的訊息，以免繼續擴大民眾錯誤的認知。

我國的核四廠是進步型沸水式 ABWR 機型，很多日本廠商包括東芝、日立、

三菱、清水建設、JNSS 等大廠商均參與核四計畫，也算是日本本土以外第一個 ABWR 機組。到目前為止台電已投資約 3 千億新台幣在核四計畫，完工程度已經超過 90%，1 號機 126 個系統已完成 120 個系統、移交給電廠做測試，只要繼續獲得支持，就可以完工運轉。

7 月 8 日日本原子力規制委員會 NRA 已提出新的核管法規，相信不久的將來日本很多核能機組都會陸續再起動。先預祝各機組順利再起動！我們也從新聞上看到立陶宛、越南、土耳其、沙烏地阿拉伯、等國家對日本的核能技術有信心，相信不久不僅是海外、連日本國內也會恢復對核能技術的信心。」

在主、客雙方致詞之後，我方分別由原能會核管處張欣副處長發表：「福島事故後台灣核能電廠之安全總體檢及歐盟壓力測試狀況與結果」，台電公司核發處張永芳組長發表：「台灣電力公司核能電廠機組斷然處置措施與演練」，原能會物管局鄭維申組長發表：「台灣核能電廠除役管制說明」，台電公司核技處郭東裕發表：核四廠建廠現況。因為會議全場採同步口譯方式進行，雖然會議日程由以往的 2 天縮減為 1 天，仍發表了 10 篇報告，內容非常豐富，討論也非常熱烈。研討會最後在雙方團長分別致閉幕辭後，如期於下午 5 時 30 分圓滿結束。

本次研討會各項議題之研討內容摘要及會議資料請參照附件 1。

## 二、 參訪中部電力公司濱岡核能電廠

台日核能安全研討會台方參加人員於 7 月 24 日早晨 7 點離開東京住宿的飯店後，即直奔中部電力公司的濱岡電廠。濱岡核電廠位在日本靜岡縣御前崎市。2011 年 3 月 11 日福島第一核電廠事故之後，日本政府檢討各核電廠的安全性，學者指出濱岡核電廠所在地在三十年內發生規模 8 以上地震的可能性達到八成，因此當時

的日本首相菅直人下令中部電力公司應立刻停止此核電廠運轉，並加強阻擋海嘯及耐震的設施。經由中部電力公司召開董事會討論，決定配合政府要求，並已在 2011 年 5 月 13 日起停止運轉第四及第五機組，包括已於 2009 年停用的第一及第二機組，及檢修中的第三機組，此電廠所有機組已停止運轉。

核子反應爐	核子反應爐形式	運轉開始	發電功率
1 號機	沸水式	1976 年 3 月 17 日	54 萬千瓦
2 號機	沸水式	1978 年 11 月 29 日	84 萬千瓦
3 號機	沸水式	1987 年 8 月 28 日	110 萬千瓦
4 號機	沸水式	1993 年 9 月 3 日	113.7 萬千瓦
5 號機	沸水式	2005 年 1 月 18 日	138 萬千瓦

一行人約於 11:30 抵達濱岡核電廠，先在展示中心聽取簡報並辦理進廠手續，之後由專人陪同搭乘電廠大型巴士進入廠區開始參觀防海嘯牆、水密門、免震重要棟與防災備用的機具及車輛等。

參觀行程結束後回到展示中心，由所長親自出面接待並主持座談會，電廠人員與台日核能安全研討會台方參加人員作各項議題的意見交流。議題包括：地震、海嘯評估與安全防護措施，以及斷層調查、長期停機的維護工作…等議題，作廣泛的意見交換。

整個參訪行程可發現濱岡電廠雖然處於停機狀態，仍積極為再啟動而努力，環境也相當整潔。HOUSEKEEPING 工作能做好，相信在設備維護上一定會有相當的品質。另外，參訪人員一進入廠區即被要求絕對不可照相，可見在保安工作上相當注重。

濱岡核電廠防海嘯淹水對策及參訪簡報資料請參照附件 2。

### 三、參訪關西電力公司美濱核能電廠

1970 年，美濱核電廠 1 號機正式商轉，是全日本第一座商轉的核電廠，可說是日本核電的先鋒。美濱電廠位於福井縣美濱町，隸屬於關西電力公司；福井縣內共有 15 座核能機組。

我方於電廠大門辦理極為嚴謹的進廠手續後進入廠區，首先在電廠會議室進行座談，由廠長親自接待；團長陳布燦副總經理於座談時表示，台電與關西電力公司關係良好，其曾擔任廠長的核三廠即與關西電力的高濱電廠互為姊妹廠，多年來的交流互訪獲益良多。目前台灣正在進行核電廠附近斷層的調查、預防地震與海嘯的對策，希望能藉此參訪的機會向日本取經，學習。

藤原廠長在簡單介紹美濱電廠概要之後，第一件簡報的是該廠曾經發生過 2 次意外，一次是 1991 年 2 月 9 日的蒸汽產生器破管事件；另一件則是 2004 年 8 月的 3 號機主蒸氣管破管事件。廠方人員還帶領台灣代表團前往蒸汽產生器破管展示館參訪，詳盡介紹破管原因與防範措施。展示館內陳設的就是發生意外當時的蒸汽產生器，時鐘也停留在當天下午 1：40，提醒工作人員勿忘教訓。

2012 年 3 月，日本原子力規制委員會（NRA）要求各核電廠均需進行補充地質調查確實釐清核電廠附近活動斷層，海陸域的延伸特性與廠區內破碎帶特性。美濱電廠由於廠區東側存在一條活動斷層（Shiraki Nyu Fault），廠址內亦有 10 條破碎帶（Fracture Zone）美濱電廠必須調查這些破碎帶是否屬於活斷層。美濱電廠已於 7 月 31 日提出報告，目前已知並非活斷層。

美濱核電廠於海陸域分別進行：槽溝與剝洗、陸域地質鑽探、取樣分析、陸域反射震測、地質探勘、海域音波探測、海底地形測繪、全區域空載雷射地形測繪等，調查重點之一即在釐清破碎帶之活動性；重點之二則為釐清破碎帶與 Shiraki-Nyu 斷

層之相關性，據目前的事證已證明廠區破碎帶非屬活斷層且與 Shiraki 斷層無關連性。

福島事件之後，美濱電廠已長期停機 1.5 年，除維護機組的固定工作外，也因應原子力規制委員會的核安新標準，進行安全等級的提昇，防震係數達 0.75G，已準備好隨時可重新啓動。爲因應安全對策，關西電力公司旗下 11 座核電機組共花費 2,840 億日圓。

美濱核電廠在福島事故後的改善措施，共分成 3 方向：確保電源供應、確保補水水源、防止海嘯及淹水措施。

而申請再啓動規劃方面，比較 2013 年 7 月 8 日日本公布新訂的安全法規，新增的法規要求有 4 項：防止爐心受損、防止圍阻體失效、輻射外釋量降至最低及防止恐怖攻擊等，而原法規要求新增 1 項：防止內部淹水。電廠正逐一再確認是否符合新法規要求，並完成原法規要求的各項強化改善措施後再考慮提出再啓動申請，不過申請時程尚未確定。

此外，美濱電廠非常重視與當地民眾的公共關係，每年 2 次進行全面性家戶拜訪，公關人員帶領技術人員，攜帶文宣品與蔬果種籽，過年前則加贈月曆，廣受民眾歡迎。福島事故後 2 年，居民已經開始爲他們加油打氣，期待機組能夠重新啓動。當地漁民更因爲機組停機使得若狹灣內水流變得緩慢，導致漁獲量減少而幫忙電廠積極向當地政府爭取重新啓動。

電廠附近風景如畫，規劃有多座海水浴場，沙灘細白潔淨無污染，和我國核三廠情境相仿。每到旅遊旺季遊客如織，人潮湧動，完全不影響當地的觀光與經濟產業。

美濱核電廠斷層調查及參訪簡報資料請參照附件 3。

#### 四、拜訪關西原子力懇談會

參訪美濱電廠之後當天我方一行人又風塵僕僕趕赴大阪拜會關西原子力懇談會，該會乃社團法人日本原子力產業協會(Japan Atomic Industrial Forum, Inc.,JAIF)之地方組織之一，與我方情誼深厚，多年來藉由赴日開會之便前往拜會，歷來已與我方建立良好互動關係，該會亦於來台參加台日核能安全研討會時與我方核能界人士有密切連繫。

因本次參訪日本我方行程相當緊湊，關西原子力懇談會人員特地將座談會地點安排在我方團員下榻的大阪新阪急飯店，我方由代表團團長陳布燦副總經理率原能會張欣副處長等 6 人在 JAIF 松崎先生陪同下出席座談會，日方則由大阪大學名譽教授宮崎先生率領關西原子力懇談會、京都大學名譽教授、關西電力公司等 10 位先生與會，並由日方特聘 1 位專業翻譯全程翻譯。(雙方出席人員名單詳如附件 4)

期間我方由團長陳副總經理以「台灣的核能發電現況」向關西原子力懇談會的友人說明核能發電在台灣電力供應所扮演的重要角色，以及福島事故之後台灣各廠都做過壓力試驗，並增加了移動電源、後備水源、水密門、加強用過核燃料池之冷卻、氫氣偵測及防爆、嚴重核子事故管理等各種措施，以提升核能安全，甚至還提出『斷然處置』以確保民眾之生命財產安全。關西原子力懇談會則對我方所提問的「核電廠長期停機對關西地區產業的影響」、「關西地區民眾對核電廠再起動的觀感」、「長期停機對關西電力公司的衝擊」等議題提出說明，會議期間對於日本新頒的核能法規及我方所報告的斷然處置等雙方討論的非常熱烈，與會雙方均有相當大的收穫。

會議議程及會議相關內容列於附件 4 中。

## 參. 心得與建議

### 一、心得

- (一) 雖然福島事故至今已經 2 年多，此次訪日期間談論的主題仍然多以福島事故相關議題為主，可見核災事故影響之深遠，我們核能從業人員應記取福島事故各項寶貴的經驗，作為未來核能安全發展的重要改善起點。
- (二) 日本與台灣核能業界雙方基於過去密切的交流與互動，已建立起良好的聯繫的管道，此次交流訪問期間，充分感受到日本核能業界對我友好的態度，日方亦十分關切我國核能發展各項動態。核能安全無國界，相信未來雙邊之交流互動必然更為頻繁密切。
- (三) 日本中部電力公司濱岡電廠於 311 強震發生前即已進行耐震能力提升的改善，並在福島事故之後配合政府要求加高了防海嘯堤防的高度，以確保核能電廠的安全；參訪期間可充分感受到電廠工作人員誠懇的態度，面對未來能否從新啟動，該廠表示仍將持續投入各項準備工作，以務實的态度，嚴格貫徹確保核能設施之安全。
- (四) 為消弭民眾對於電廠之疑慮，美濱電廠非常重視與當地民眾的公共關係，每年 2 次進行全面性家戶拜訪，係由公關人員帶領技術人員，攜帶文宣品與蔬果種籽挨家挨戶拜訪，廣受民眾歡迎。由於技術人員習慣使用專業術語，民眾往往覺得過於深奧難以理解，由專業公關人員出面可善用民眾日常周遭事物做簡單的比喻說明，如此更可讓民眾容易接受。

## 二、建議

- (一) 日本的核能電廠相當重視保安工作，即使是本次參訪的 2 個電廠都是由廠長接待，在進廠之前的證件查驗依然相當嚴謹；但 2 個電廠的做法不同，參訪者的感受也有所不同：美濱電廠是讓參訪者填寫資料後在證件查驗窗口排隊核對證件之後進廠；濱岡電廠則是先請參訪者到展示中心會議室聽簡報，在簡報途中由廠方人員一一核對參訪者證件；同樣是查驗證件，對比之下，顯然濱岡電廠的做法略勝一籌。此點值得我們借鏡。
- (二) 關西電力公司對於過去所發生之重大意外事件（例如美浜破管事件），均就其發生肇因及預防措施探討，製作看板懸掛於訓練中心，以此惕勵員工，避免重複發生類似事件，顯示日本電力公司對於人員訓練上之用心，頗值得借鏡。

#### 肆. 參訪照片



JAIF 理事長服部拓也先生致詞



代表團團長陳副總經理致詞



台灣代表團與日本友人合照



中部電力公司濱岡核能電廠展示中心聽取簡報

## 伍. 附錄

附件 1：台日核能安全研討會會議相關資料

附件 2：濱岡核能電廠防海嘯淹水對策

附件 3：美濱核能電廠補充斷層調查

附件 4：關西原子力懇談會會議相關資料

## 第 28 屆台日核能安全研討會

自從 1986 年 8 月開始，台日核能安全研討會輪流在日本與台灣舉辦，至今已歷經 28 年、舉辦 28 屆。今年在東京舉行，台灣代表團共 16 人，由台電公司副總經理陳布燦率團前往。由於各單位的出國計畫緊縮，今年台灣代表團的人數是歷年來最少的，但是雙方交流的熱忱絲毫不減。

主辦單位日本原子力產業協會（JAIF）特別規劃在研討會之後，參訪浜岡電廠，了解其安全強化措施及防海嘯牆、免震獨立棟的興建情況；隨後也參訪美浜電廠，了解敦賀附近斷層的調查、以及再起動的計畫等。

以下是第 28 屆台日核能安全研討會發表的論文摘要：

### 福島事故後的核能安全（稻田文夫 電力中央研究院原子力技術研究所副所長）

福島事故的教訓：因地震與海嘯的外部事件使供電系統造成損壞，因此深度防禦非常重要，深度防禦可以在意外發生後有效阻止事故的惡化。2013 年 AESJ/NSD 歸納的報告【Report of Seminars to Investigate the Accident at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant】中提到，福島事故所顯示的日本法規的不足：

- 防止海嘯之設計規範不足
- 對福島事故之實際狀況不曾有類似事故處理演練
- 遠超過設計基準事故之要求規範不足

日本核電廠對抗海嘯設計的基準不足，難以應付歷史性海嘯高度；缺乏事故管理的實務能力；事故發生時的環境變化與風險管理，以及深度防禦的因應措施不合理。核能專家應該與土木工程專家合作，以加強安全防範。

NISA 曾提出 30 項改善措施以加強超出設計基準意外發生時的深度防禦，大約可歸類成 5 個面向：

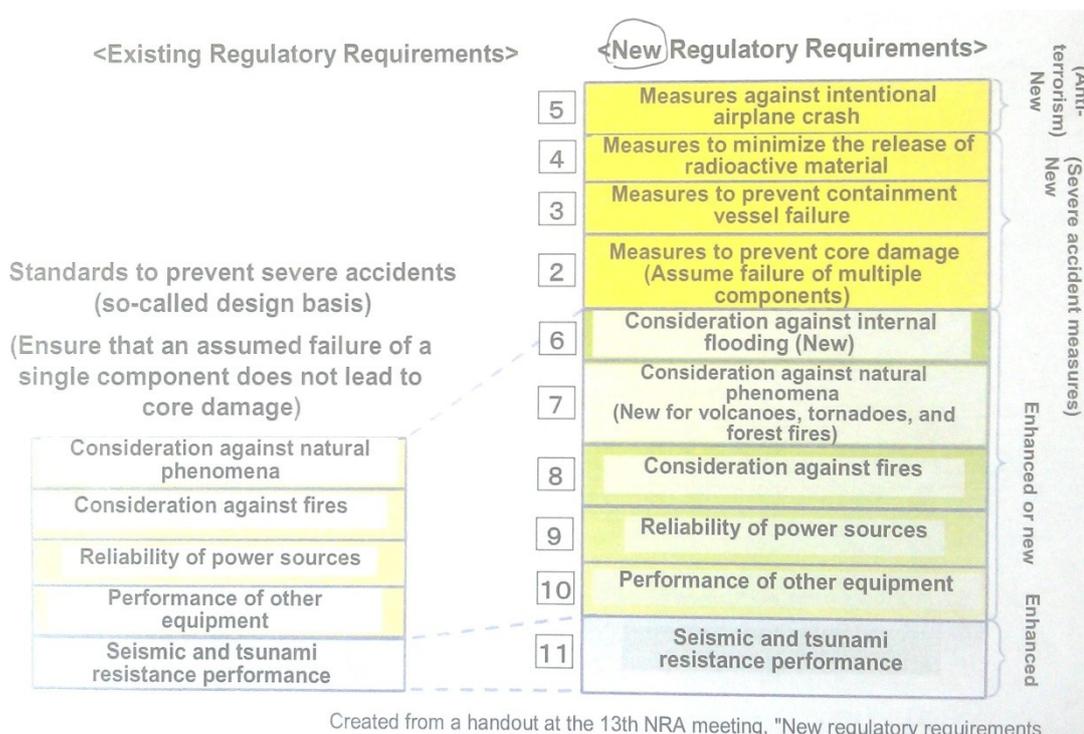
1. 最重要的是避免天然災害造成的運轉異常或故障，因此第一層防禦定義要非常明確，避免 SSC 系統失效。
2. 評估危險的發生頻率，如果每年發生意外的機率大於  $10^{-7}$ ，就需要訂定預防的設計基準，藉由充分的安全裕度來防止故障與事故的發生。
3. 針對每種引發意外的原因，危險設計基準（DBH）必須設計充分的裕度，也應參考歷史天災記錄。歷史紀錄中若沒有記載，則推想發生大規模天災的情

形，需要各種領域的專家共同研討。

4. 防海嘯牆、水密門、強化圍阻體結構、加強儀表通訊監測等，著重預防外因事故的設計，制訂各種級別的防範措施。
5. 防災以及深度防禦機械設備的損害，在惡劣環境下，各種措施很難獲得成效。產業界應貢獻智慧，政府則必須加強民眾溝通。

參考美國的經驗與作法，增加移動式水源、電源設備；產業界提供許多方案，評估外來因素的不確定性，最重要的是要達成共識，且需多元化、多樣性，且具彈性。

而日本新成立的 NRA(Nuclear Regulation Authority) 2013 年 7 月 8 日對地震及海嘯提出新的法規要求。



### 福島事故後台灣核電廠安全再評估與歐盟壓力測試（張欣 原能會核能管制處副處長）

福島事故發生後，原能會要求台電公司重新評估現有核能機組因應嚴重天然災害的能力，包括抗地震、耐海嘯、防山洪，以及天災發生之後救災過程中，潛在可能發生設備喪失功能的危險要項，確保國內核能電廠的運轉更加安全。

原能會參考其他國家或國際組織的核安機關建議，要求台電公司檢視核電廠並確認與現行設計基準(FSAR)的符合性，以及檢討並評估超過現行設計基準事故的因應能力。

龍門電廠因尚未裝填核子燃料，不會對民眾造成立即安全影響，原能會同意台電龍門電廠可較其他運轉中電廠稍微延後提送資料。然而龍門電廠的檢討項目與運轉中電廠相同，相關檢討項目須於核子燃料裝填前完成。此外，龍門電廠目前已多安裝一台氣冷式緊急柴油發電機，原能會要求須完成2部。

我國核電廠總體檢有關核能安全防護部分之第二階段安全評估已完成，評估結果確認我國3座核能電廠目前並無重大或立即的弱點，安全運轉無虞。

福島事故仍持續進行處理中，國際間相關資訊及管制規範逐漸完整，因此第二階段安全評估報告核管案件，將持續管制追蹤。未來視國內耐震餘裕檢討、海嘯威脅分析結果、日本福島電廠事故後續處理情形、國際主要核能國家的檢討或壓力測試結果與原能會視察發現，再作調整。

「輻射防護」部份，針對日本福島核子事故放射性物質外釋的影響以及大陸與韓國積極增建核電廠，我國應建立境外核災的劑量評估能力，以提供預警及防護對策。我國緊急應變計畫區已從5公里擴大為8公里，現有的事故劑量評估系統必須精進，加強系統的評估範圍及速度。積極建立空中與海域偵測技術與能力，並添購可自動傳輸數據的機動偵測設備，強化輻射災害應變能量及建立輻射偵測整備平台，以因應複合式災害所需。

「緊急應變機制」部份，包括應變機制及法規、平時整備及緊急應變作業能力等三大項目，提出相關檢討與強化精進的規劃：緊急應變計畫區範圍的修正、研修核子事故緊急應變相關法規、複合式災害應變機制的建立、相關機關應變任務的檢討及相關整備作業、應變能力的精進等，以確保緊急應變機制的完善及效能的提升。

依據對國家報告及金山、國聖及馬鞍山電廠壓力測試報告的審查，獨立同行審查小組認為壓力測試符合ENSREG建立的標準，並依據歐盟核電廠壓力測試做法。據獨立同行審查小組的觀察指出，原能會及台電公司已有效地實施全面性安全審查，並獲致顯著的強化，使運轉中電廠能夠更妥善的準備因應極端外部事件及可能嚴重事故的發生。

## 志賀電廠長期停機的維護計畫（吉本茂利 北陸電力公司志賀電廠保 修部電力保修課經理）

北陸電力公司志賀核電廠:一號機 BWR/二號機 ABWR，目前停機中。

志賀電廠的長期停機維護計畫依照設備的需否運轉分成 3 類:

- I. 停機中需運轉設備：依設備運轉維修週期進行
- II. 停機不需運轉設備：維修後擬定長期保存方案
- III. 申請啓動需可用設備：擬定維修週期及啓動前確符合法規求之維修前置時程

由於不知停機期間究竟會有多長，志賀電廠先將反應爐中的餘熱導出，冷卻水泵、乾井、冷卻系統等設備會由於會因為長期停機而產生劣化飄移，停機中仍須檢修維護，以保持安全性能。長期停機和定期大修相同，停機超過一年以上必須追加許多維護項目，以維護功能的健全；長期停機期間的維護，與大修啓動前的維護不同處，在於長期停機期間管路容易鏽蝕，必須每月定期檢查。

停機期間仍需要運轉的系統，應更換潤滑劑，進行洩漏測試或潤滑油老化的預防，還有儀器校正的工作。此外停機期間不需運轉的設備，因長期缺乏功能性檢查，因此需要加強檢測；加強發電機組的清潔、飄移現象的校正。汽機控制系統、爐心冷卻系統需要乾燥保管，以使再啓動時能安全運轉。

## 台電公司核電廠斷然處置措施與演練（張永芳 台電公司核能發電處 核心組組長）

從福島事故的經驗，核能電廠控制室及時之操作可使事件（Event）不會演變成事故（Accident）。核電廠建立斷然處置措施（URG）目的在於：維持燃料、反應爐、蒸汽產生器、圍阻體的完整性；減少外釋至廠界外的輻射物質；阻止事件惡化並做成及時決策，避免大規模民眾疏散，確保社會公眾的安全。

斷然處置措施是在現行緊急操作程序中，為防止機組狀況惡化到「嚴重事故」所新增的「深度防禦」處置程序，與美國的概念相仿。

URG 策略分為 3 階段執行：

階段 I 緩和及控制事件，確保關鍵行動可在 1 小時內由當值人員完成

階段 II 在 8 小時內恢復廠內電源及建立替代熱沉，由當值人員及公司支援人員完成。

階段 III 在 36 小時內恢復長期冷卻（最終熱沉），可獲得公司外支援人員協助。

URG 3 階段策略所需採取的行動都已明確訂立，並已建立相關操作程序書，各電廠都已建立斷然處置程序書。

斷然處置注水操作陳報決行與自動授權機制：

1. 非以海水為注水水源，由廠長/當值值班經理決行，不需由緊執會主任委員(主管核能發電副總經理)決行。
2. 若以海水為注水水源，由電廠廠長/值班經理向緊執會主任委員報告取得決行後，電廠據以執行。然而當值班經理判斷已達斷然處置注水時機後，不論是否聯繫上副總經理，只要 15 分鐘內未接到核能副總經理否定的指令，值班經理被授權立即下令執行斷然處置注水程序。

各核電廠在 2011 及 2012 年已完成眾多課堂與實作訓練課程，並在 2012 年緊急計畫演習時，模擬福島事故之超過基準(BDBA)事故演練 EOP、URG 及 SAMG。  
**福島一廠復原期間產生之放射性固體廢棄物管理（三本木滿 東京電力公司核能電力機械部經理）**

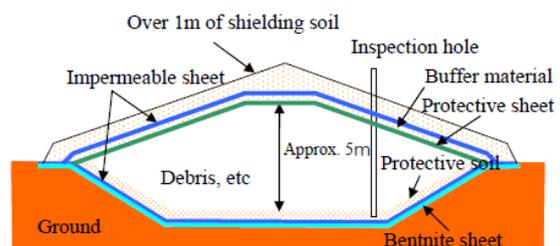
東京電力公司的人員在簡報中說明，目前福島第一核能電廠正積極進行復原作業，但因為清理受損廠房與處理除污，產生許多破瓦殘礫及處理系統產生的二次廢棄物，必須進一步存放與掩埋。

東電將不同污染程度的固體廢棄物，採分類貯存方式處理。其考慮的原則以表面劑量率對環境的影響，其目的是可以快速降低場區的環境輻射劑量率。30 毫西弗/時以上者，採取屏蔽措施，放入金屬容器內或固體廢棄物倉庫內。1-30 毫西弗/時的廢棄物裝入混凝土容器後，放置於臨時保管設施（帳棚）內。為防止放射性物質飛散，上方設有塑料遮罩。1 毫西弗/時以下的廢棄物不需要防護措施，放置於戶外保管。搬運時以人力為主；30 毫西弗/時的廢棄物則以機械搬運。

表面劑量率		> 30 mSv/h	30~1 mSv/h	1~0.1 mSv/h	< 0.1 mSv/h
貯 存 考 量	屏蔽	容器及建物	混凝土牆、土壤、容器	無	無
	防止擴散	容器	容器、土壤、帳棚	防水布覆蓋	無
暫存方式		1. 固體廢棄物 貯存倉庫 2. 容器貯存	1. 容器貯存 2. 暫存設施 3. 土壤覆蓋	防水布覆蓋	戶外收集場

福島第一核能電廠放射性廢棄物分類處理原則

放射性廢棄物掩埋區域選擇在廠區北方空地，區域一自 2012 年 9 月 5 日啓用埋貯，11 月 17 日完成廢棄物堆埋，隨後加上防水膠布及緩衝材，再加上覆土，於 2013 年 3 月 13 日完成。區域二自 2012 年 12 月 17 日啓用埋貯，2013 年 2 月 14 日完成廢棄物堆埋，隨後加上防水膠布及緩衝材，再加上覆土。



Overview of temporary soil covered storage facility [cross-sectional view]

掩埋場示意圖



放射性廢棄物掩埋區域

樹木的砍伐與保管：由於廠區原來並無廣大空地足以存放復原所收集的瓦礫碎石及設置存放廢水的大型容器，東電必須大量砍伐廠區內樹林，加上這些樹林也是受到輻射塵污染，因此並無法運出廠外，只能在廠區內暫存。大量木材堆放必須防止火災的發生，東電以分散存放與做為掩埋場週邊屏蔽，並屏蔽四周的環境輻射劑量率，因枝葉會產生氣體，需注意排氣、保持通風並經常灑水，監控溫度在攝氏 60 度以下；以降低發生火災的機率。

東電對於廠區內的管制作為是以圍離與警示繩區隔，並依區域建制輻射偵檢器，定時量測紀錄，以提醒工作人員注意。定時以抽氣偵檢器度量空氣中放射物質濃度、對於工作人員經常出入場所加強屏蔽措施以降低人員劑量。對於廠界並設有 8 個監測站量測廠界空間輻射劑量率。

因福島第一核電廠原有的放射性廢棄物焚化爐，在 311 地震海嘯後無法再使用，目前所有可燃性廢棄物均採暫存處理，東電預計在 2015 年完成新的焚化爐 2 座，位於 5、6 號反應器北方，處理容量為每小時 300 公斤，應可解決廠區產生的可燃性放射性廢棄物。

### 福島一廠積水處理程序(後藤章 東京電力公司核能電力機械部經理)

在放射性廢液處理方面，目前福島第一核電廠每天需處理 70 公噸循環冷卻廢水及 400 公噸入滲的地下水，由於水量大於處理容量且不能任意排放，福島第一

核電廠面臨貯存水槽空間不足的窘境。

由於福島電廠位於福島縣東方的海邊，其西側均為山地地形，地下水流方向即是由西向東，因此在廠區內地下水流旺盛，每日流經反應器廠房及汽機廠房的地下水經收集約有 400 噸，而電廠為保持反應器冷卻，每日循環注水約 70 萬噸，且採除礦過濾處理後回收循環使用。為降低地下水量，東電計劃在反應器廠房西側，設置地下水井，並抽取地下水方式引流，以降低地下水位，減少地下水流經污染區，藉以降低每日需處理收集的地下水數量。

東電對於冷卻產生的放射性廢水，建立約 3 公里的管路系統，採循環處理再回收使用於冷卻系統。處理設施計有兩道除鈾的吸附設備、除礦設備、除鹽設備及濃縮處理設備等。循環路徑由汽機廠房流向處理設施，經除鹽設備到外部飼水槽再打入反應器，流向汽機廠房形成循環迴路。

去除鈾的介質係使用沸石吸附方式，第一道設備每小時可以處理 15~50 立方米的廢水，第二道設備每小時可以處理 25~50 立方米的廢水。廢水除鈾後，再以 AREVA 公司的混凝沉澱法去除雜質，混凝產生的殘渣目前累積 597 立方米，既有貯存容量為 700 立方米，已接近飽和。



各類放射性廢液貯水槽

在貯存放射性廢水方面，過去東電曾將廢水置入地下暫存槽，但因監測井發現該類地下暫存槽有洩漏，因此東電改以 4000 噸及 1000 噸兩種容器存放廢水，總貯存容量為 321,100 立方米，目前已貯水 290,000 立方米。東電預計再將容量擴增至 700,000 立方米。

東電在廠區西方新建一座可吸附多核種的廢水處理設施，稱為 ALPS (Advanced Liquid Processing System)，有兩組設備每組每天可處理 250 立方米廢水。可吸附阿伐核種、鈷 60、錳 54 等放射核種，同時可吸附鎂、鈣等金屬離子。

據東電介紹這套系統除了無法吸附氬之外，應可處理廠區循環冷卻水及除污產生的廢液。

## 台灣核能電廠除役管制說明（鄭維申 原子能委員會放射性物料管理局組長）

本篇簡報由原子能委員會物管局就台灣在核能電廠除役準備方面做介紹。台灣在福島事故後，重新審視核能發電的政策，規劃「確保核安、穩健減核」的能源發展願景，並在確保不限電、維持合理電價、達成國際減碳承諾等原則下，積極實踐各項節能減碳與穩定電力供應等措施。其中在「穩健減核」方面，宣布既有核能電廠將不延役，龍門電廠必須確保安全才進行商轉。為此原能會於 2012 年起規劃核能電廠除役管制，並對除役相關審查技術與管制策略進行研究與擬訂。台電公司則於 7 月中旬進行核一廠除役計畫發包工作，預定於 2015 年底依法提出核能一廠的除役申請。

### 一、除役管制的法規

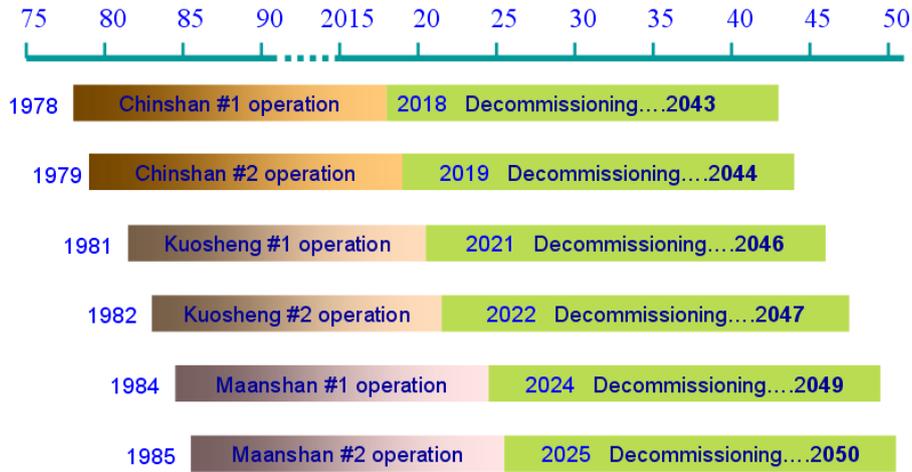
原能會在 2003 年 1 月公布施行的「核子反應器設施管制法」，其中第 21 至 28 條對核子反應器設施的除役明訂相關管制事項。

「核子反應器設施管制法施行細則」第 16 條至 20 條，明確規範核子反應器設施除役作業之完成期限、廠址除役後之環境輻射劑量規定、變更除役計畫重要管制事件之範圍、以及除役後廠址環境輻射偵測報告內容等事項。

物管局依核管法授權在 2003 年 7 月發布施行「核子反應器設施除役許可申請審核辦法」，明訂除役許可申請應備之文件、審核程序及其他應遵行事項。2012 年 12 月訂定「核子反應器設施除役計畫導則」，提供業者作為撰寫除役計畫之重要參考。預定 2013 年底完成「核子反應器設施除役計畫審查導則」，做為審查者之參考。另除役後廠址環境輻射偵測報告導則及審查導則，將會再訂定。

### 二、台灣核能電廠除役時程及準備說明

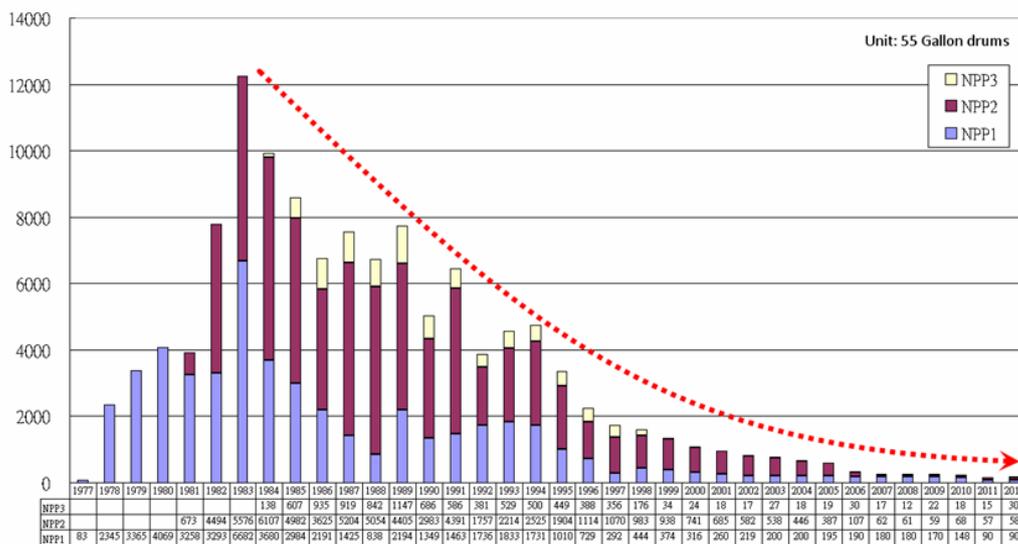
若我國的核能政策不再改變，以核能機組運轉壽命四十年估算，首先面臨除役的核一廠為例，1978 年運轉 40 年至 2018 年，就必須停止運轉，接著展開 25 年的除役工作，到 2043 年完成，接著是核二廠及核三廠。(如下圖)



### 我國各核能電廠運轉年限與除役時程

由於台灣尚未建立最終處置場，因此除役所產生的放射性廢棄物必須先在廠內貯存。為此我國在貯存方面，已建立長期貯存的準備，各廢棄物貯存庫已採用自動倉貯設備，具有恆溫恆濕的空調系統，降低廢料桶腐蝕或劣化的環境因素。另法規要求業者每十年必須對貯存設施進行結構安全再評估，以確認貯存設施可以長期貯存。

由於台灣低放射性廢棄物處置場建立時程多次延後，管制者立場就應確保核能電廠目前所擁有的貯存空間，足以提供運轉所產生的廢棄物，以確保貯存安全。因此自 1990 年即推動 5 年一階段的減量措施，由 1983 年每年 12,000 桶的年產量，降至 2012 年六部機組所產生的固化廢棄物僅 178 桶，所有廢棄物總產量 2800 桶。



放射性廢棄物年產量圖

目前的減量管制採不區分大修次數所造成的產量差異性，也不區分各類別的產量，而採總產生量的管制，要求業者提高自主管理能力，加強各類廢棄物檢整、安定化處理的安排，提高業者解除管制的意願與落實放行作業，減少放射性廢棄物的貯存成本，達到實際減量的目的。預計六部機組年總產量將低於 2200 桶以下，所有核電廠貯存庫已足夠 40 年運轉的容量。

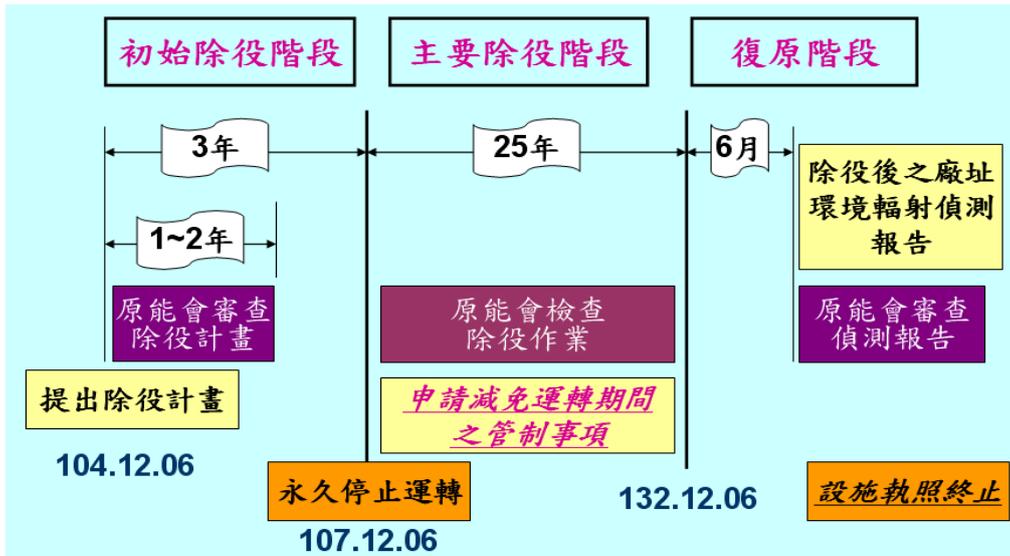
因用過核燃料在除役時必須移出，但依我國用過核燃料處置時程，在所有核能電廠除役後，高放射性廢棄物最終處置場尚未營運，因此必須採取乾式貯存方式做為中間暫存使用。我國因環境與處境的不同，因此選擇直接處置。整個處置計畫分為五個階段實現，由 2005~2017 正執行處置母岩的研究。接著會有場址評選、細部場址調查、處置場設計及安全分析、建造階段。最後預訂於 2055 年開始所有貯存於除役核電廠內的用過核燃料將移至最終處置場。

由於除役期間，由於廢棄物並無法移出廠址，因此建立公眾參與放射性廢棄物設施訪查及瞭解廢棄物貯存是一重要課題。以核一廠用過核燃料乾式貯存為例：原能會組成一個 20 人的訪查團體，包括地方政府代表、廠址附近的村里長、專家及環保團體代表共同參與。

主要活動就是每三個月觀察乾式貯存建造過程、品質，每次並進行環境輻射量測，讓公眾瞭解乾式貯存設施的建立，對廠界的環境輻射並不會有所改變。原能會希望藉由長期溝通、相互瞭解及親身參與的經驗，確立雙方信任的機制。

核能電廠除役的最終目的，必須確保核能設施能在安全狀況下拆除，且場址的最終情況必須是環境可接受的程度，在台灣的除役法規要求，核能電廠必須採取立即拆除的方案，並在 25 年內完成。拆除範圍包括受放射性污染的設備、結構及建物等，拆除後的廠址輻射劑量應符合主管機關所訂的標準。

依據「核子反應器設施管制法」之規定，台電公司應於核子反應器設施永久停止運轉前三年提出的除役申請書，檢附除役計畫及財務保證說明，送原能會審查。經原能會審查合於規定，發給除役許可後，於 25 年內完成除役作業。後於除役計畫執行完成後六個月內，台電公司應檢附除役後之廠址環境輻射偵測報告，報請主管機關審查。核能電廠除役的安全管制作業及相關時程如下圖



核能電廠除役的安全管制作業及相關時程

### 三、管制措施與未來準備工作

為確認台電公司能確實準備除役工作規劃，原能會自 2013 年起每三個月對台電公司的除役準備工作與進度展開專案查核。另為使審查除役計畫順利進展，原能會將於 2013 年底公布除役計畫書審查導則，提供未來審查者之依據及申請者參考。

### 福島事故後的民眾溝通活動（櫻井正治 中國電力公司公關部經理）

福島事故後公關工作面臨的課題：

- 1.政府未能即時發布事故現況，無法掌握最新資訊，造成民眾不安；
- 2.由於民眾缺乏輻射教育，媒體煽動性報導，造成「風評受害」；
- 3.對東京電力公司以及相關核子機構嚴重指責，「原子力村」的說法波及無辜民眾；
- 4.東北、關東地區核電廠停機，造成限電；
- 5.各電力公司電力生產困難，只能以增加火力發電因應，增加.45 兆日圓成本，
- 6.電價上漲；
- 7.發電與輸電系統分離，電力自有化的改革。

事故發生初期，政府與電力公司間並未溝通，未施行緊急事故公關，不懂新聞發布會的重要性，使民眾對專家的專業產生質疑。2011 年 4 月 17 日發布事故

發展路徑圖，民眾才開始恢復冷靜。

緊急情況下，先採取單向資訊的提供，告一段落後，根據接收資訊者的反應再進行雙向溝通，強調「我們未來將進行的方向與民眾的意向一致」。

福島事故後，中國電力公司檢討公關活動；首先進行公司內部公關，瞭解事故發展情況，積極教育；對外說明輻射、電價、再生能源等議題。邀請島根電廠30公里內民眾入場參訪，邀請教授、知名人士針對核能議題演講與科普教育；以網路行銷，加強展示館文宣、影片，家家戶戶發送核能相關雜誌，共26萬戶。

### 龍門電廠建廠現況（郭東裕 台電公司核能技術處課長）

依照現有的設計龍門電廠有足夠的能力應付類似福島事故的天然災害，但是仍然以最壞的打算做最好的準備，先後提出了超過100項的改善方案，這些改善方案中大部分都會在燃料裝填之前完成。

龍門電廠在地震及海嘯方面的防護設計：反應爐廠房基礎向下開挖26公尺至岩盤，還對所在的岩盤進行岩盤壓力載重試驗以驗證岩盤的載重能力。

根據我國經濟部中央地質調查所的調查資料：距離龍門電廠最近的活動斷層在35公里之外，龍門電廠的SSE是0.4g。除此之外龍門電廠還有強震急停的設計，一旦偵測到大於0.15g以上的地震，反應爐將會自動急停。

在計算海嘯最大高度時是假想在距離廠址20公里的海底有1條100公里長的斷層錯動引起海嘯，在這個假設條件下計算的最大溯上高度是8.07公尺。因此龍門廠址的高度就定在海平面以上12公尺以避免海嘯侵襲。最近我國行政院國家科學委員會對台灣全島的海岸進行海嘯研究，若是以實際斷層的位置來計算，最大高度將會是3.4公尺，但是這個研究是個廣域的研究，並不是針對龍門電廠所做的研究，因此僅作參考。

龍門電廠的排洪設計是台灣歷史最大雨量的10倍以上。在緊急電源的設計上龍門電廠每部機組各有3台緊急柴油發電機，只要任何一台啟動就有足夠的能力讓機組安全停機。

除此之外還有一台2部機組共用的氣冷式緊急柴油發電機。另外還會增設2台60MW的氣渦輪發電機作為後備的緊急電源。萬一所有的緊急電源都失敗的話，在標高117公尺的地方還有一座4萬8千噸的生水池可以靠重力對反應爐進行

注水。

龍門電廠的海水泵設在建築物內受到保護，建築物內所有與核能安全相關的設備都是位於耐震1級的防水隔間之中，設有防水隔間和水密門。

緊急水源方面，備有移動電源提供泵的動力，可自CST、DST及消防水槽取水；如果水量不足，標高117公尺的地方還有座4萬8千噸的生水池。此外，廠內自備的消防水車可機動取用附近水源，必要的時候也可以取用海水。龍門電廠的設計足以應付類似侵襲福島一廠的這種複合式災害。

龍門電廠1號機總共有126個系統，目前已經有120個系統由施工處移交給電廠進行試運轉測試(pre-operation test)。如果一切順利，台電會將測試報告送交原能會審查並申請燃料裝填許可。屆時龍門電廠將由現在的試運轉測試階段進入啟動測試階段。

## 大間核電廠建廠現況（電源開發公司核能建設部設備技術室室長）

電源開發公司（J-Power）擁有核電廠、輸電系統、供電公司，是日本第5大電力公司。目前台灣有12個建設項目是屬於J-Power。

大間核電廠位於東北大間崎地區，未受強震、海嘯的影響，但是仍然停工。為因應福島事故教訓，積極因應海嘯防範、確保緊急電源與多重水源、因應多重災害的設備。興建15公尺高的海嘯牆、水密門組裝、增加氣冷式發電機等。

震災前施工進度約376%，2012年短暫復工，進度還無法估算，最後何時商轉尚未可知。大間電廠位於東北，冬天施工不便，利用大型有孔隙的屏蔽，加上圍層，可防風、防雪。因廠區範圍不大，多數儀器設備先在廠外組裝好再送至廠內吊裝組合，亦可縮短工期。

## 結語

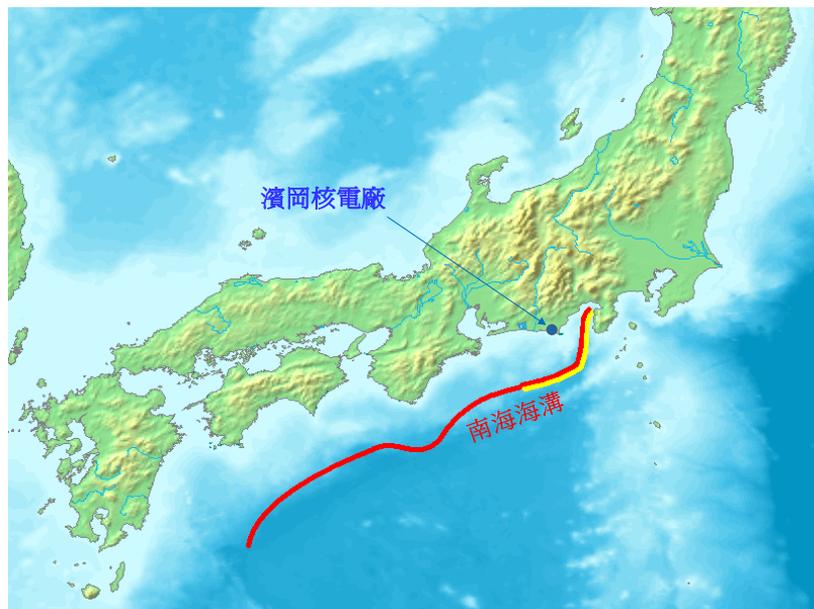
陳副總表示，本次研討會各位專家提供的寶貴資訊，顯示出核能界為使核能更加安全所做的努力。希望台灣的龍門電廠與日本的大間電廠都能獲得民眾的支持，順利完工運轉。營運中的核電廠應依照營運績效的展現，繼續延役，可從中獲得寶貴知識與智慧結晶。

服部理事長則認為，研討會中受到台灣方面很大的啟發，日本的放射性廢棄物上有許多困境需要處理，公關則是雙方共同的難題，期能相互勉勵協助。台灣

已有許多具體的新核安措施，值得日本學習；而核四公投與核一廠除役，也是日本未來將面臨的課題。日后台日應更密切交流，擺脫負面形象，建立東亞最佳典範。

## 濱岡核電廠防海嘯淹水對策

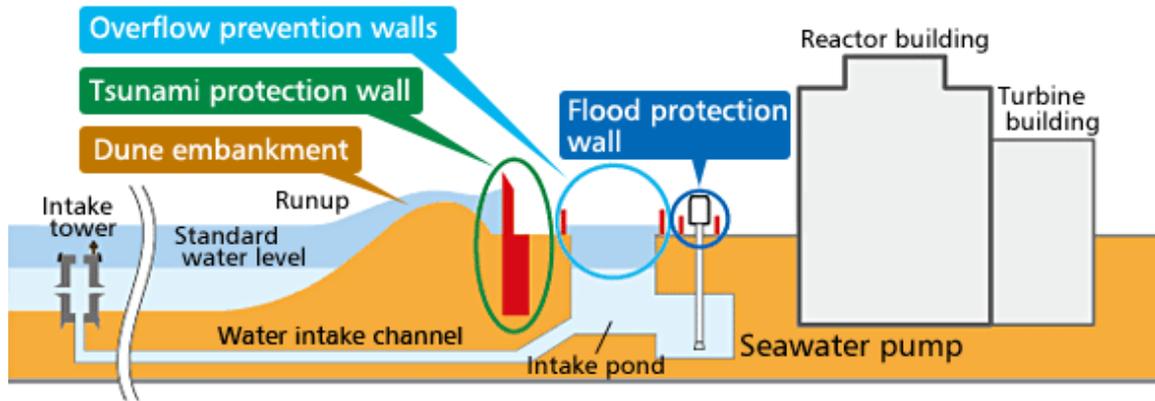
由於 2011 年 3 月 11 日福島第一核電廠之意外事件係直接由海嘯引起，海嘯造成電廠內與安全相關之設備(如緊急海水泵浦、緊急柴油發電機等)淹水，導致核電廠反應器喪失冷卻功能。有鑑於此意外事件之教訓及考量南海海溝(Nankai Trough，如圖一)發生大地震時，斷層錯動引起之海嘯同樣將直接侵襲濱岡核電廠，因此日本中部電力公司於 2011 年 7 月針對濱岡核電廠之現有狀況提出防止電廠淹水之對策，一為阻止海水進入廠區，二為阻止海水進入重要結構物內。



圖一、南海海溝之位置

### 一、阻止海水進入廠區之措施

海嘯發生時，溯上海水會由地面進入廠區，而外海因水位抬升，也會增加海水由連通外海之地下孔道進入廠區之水量，因此防止廠內淹水需考量地面及地下之所有可能造成海水進入廠內之路徑。濱岡核電廠為此研擬之對策，包含：設置防海嘯牆抵擋海嘯直接侵入廠區、廠內設置擋水牆或密封鋼罩避免海水由地下隧洞處溢出（如圖二）。分別說明如下：



圖二、濱岡核電廠防止淹水之對策

### 1. 防海嘯牆

防海嘯牆為抵擋海嘯由地面侵入廠區之最主要及有效之對策，濱岡核電廠之防海嘯牆係沿電廠之海岸邊正前方構築，長約 1.6 公里，牆前設置土堤防止巨型漂浮物(如漁船或商船)直接撞擊防海嘯牆。原設計之防海嘯牆牆頂高程為海平面上 18 公尺，至 2012 年 12 月防海嘯牆工程已大致完成，惟依據日本政府提供之分析資料，南海地震可能產生 19 公尺高之海嘯，衝擊濱岡核電廠之防海嘯牆後水面高將達到 21.4 公尺。因此 2012 年 12 月電廠決定將牆高再增加 4 公尺，即牆頂高程訂為海平面上 22 公尺，東西兩側收尾之水泥強化土堤(Cement mixed soil embankment)亦配合增高至海平面上 22~24 公尺（整體佈置如圖三）。

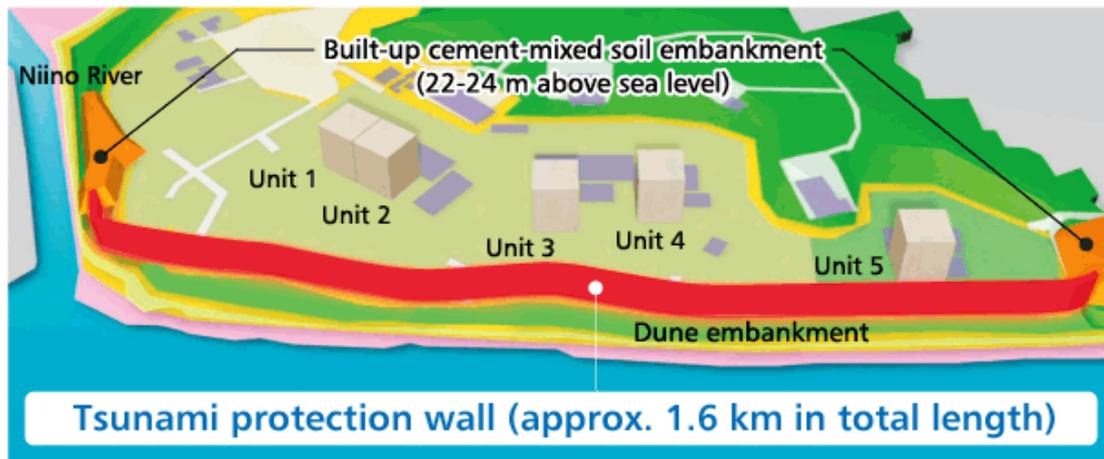


Diagram of the tsunami protection wall and built-up cement-mixed soil embankments

圖三、濱岡核電廠防海嘯牆佈置

濱岡核電廠之防海嘯牆基礎為地下連續壁式，沿牆軸線每 6 公尺設置一道垂直軸線之 1.5 公尺厚連續壁深入岩盤；防海嘯牆上部結構為旋臂式，牆厚 2 公尺採鋼構內填混凝土結構，因應未來加高，加高部分（高程 18~22 公尺）設計成

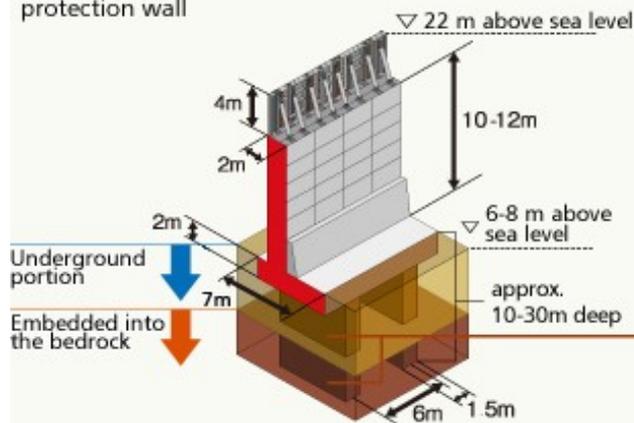
鋼構擋水板型式，如圖四。

由於牆前已設置土堤，海嘯時可防止巨型漂浮物直接撞擊防海嘯牆，因此防海嘯牆僅承受海嘯侵襲之水壓力，如圖五。

防海嘯牆施工中之照片參見圖六~九。目前已完成之防海嘯牆尚未包含高程 18~22 公尺之加高部分。



Image of tsunami protection wall

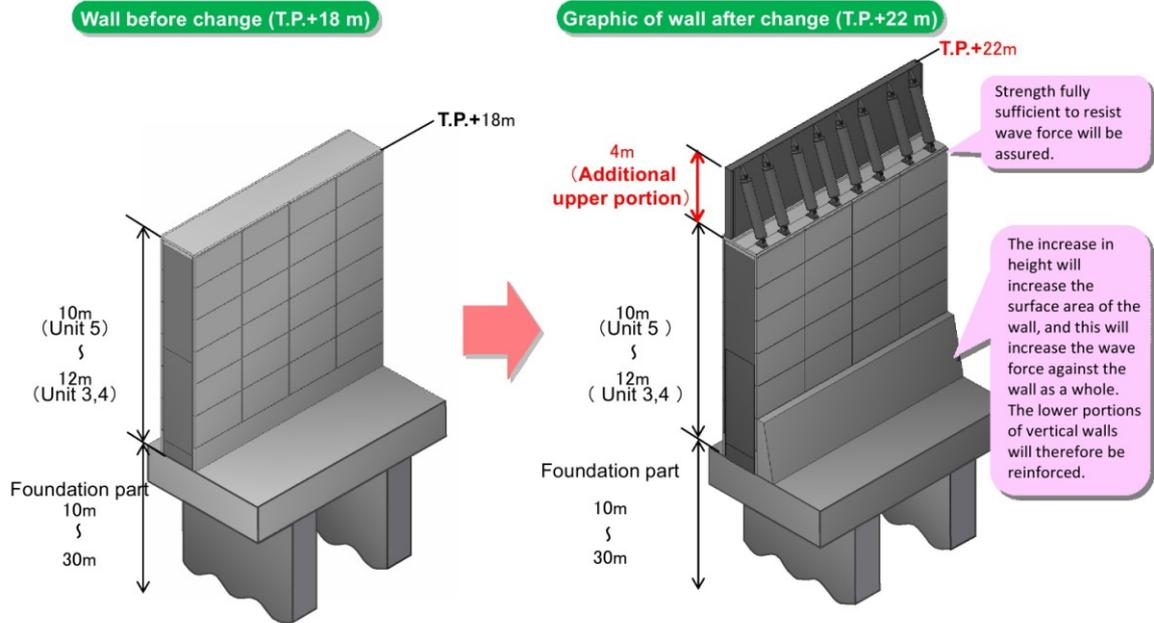


Tsunami protection wall structure



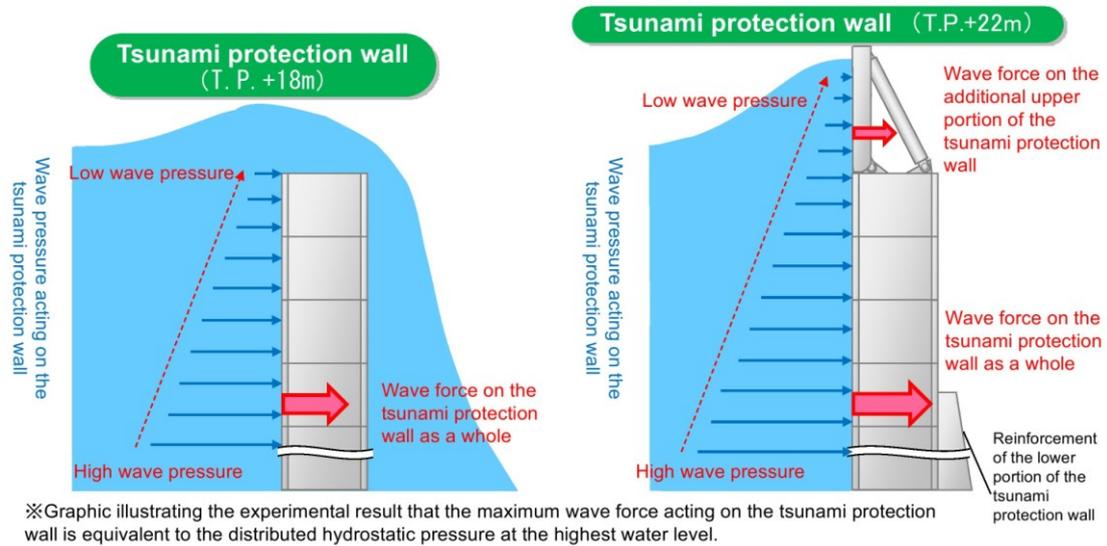
Iron reinforcing bar assembly of wall foundation

In contrast to a conventional sea wall or breakwater, the new tsunami protection wall combines reinforced concrete protection foundations embedded into the bedrock with an L-shaped wall consisting of structural steel and steel-framed reinforced concrete for high resistance to earthquakes and tsunami.



圖四、濱岡核電廠之防海嘯牆結構示意圖

- ◆ Tsunami wave pressure increases with depth.
- ◆ The wave force on the additional upper portion of the tsunami protection wall will be relatively small, and the upper portion is being constructed for ample capacity to withstand this force.
- ◆ Also, raising the tsunami protection wall's height will increase the wave force on the wall as a whole. The tsunami protection wall's lower portion will therefore be reinforced.



圖五、防海嘯牆所承受之外力示意圖



圖六、防海嘯牆興建中之全景(摘自網頁)





圖七、防海嘯牆施工照片(摘自網頁)



圖八、防海嘯牆西側之水泥強化土堤(摘自網頁)

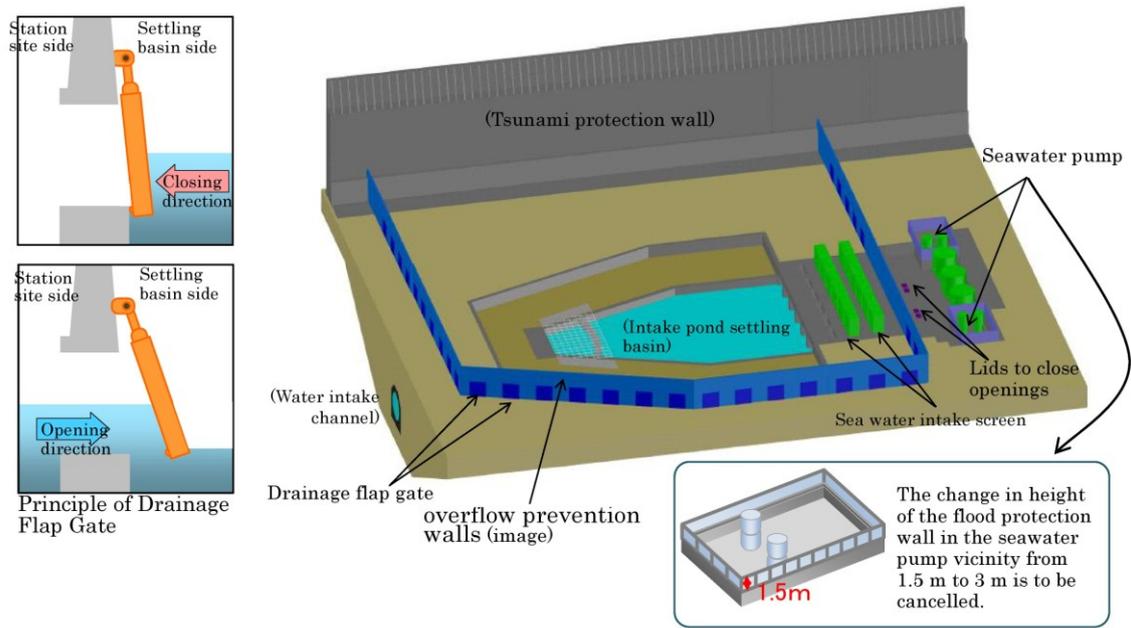


圖九、取水隧道上方之防海嘯牆加強結構 (摘自網頁)

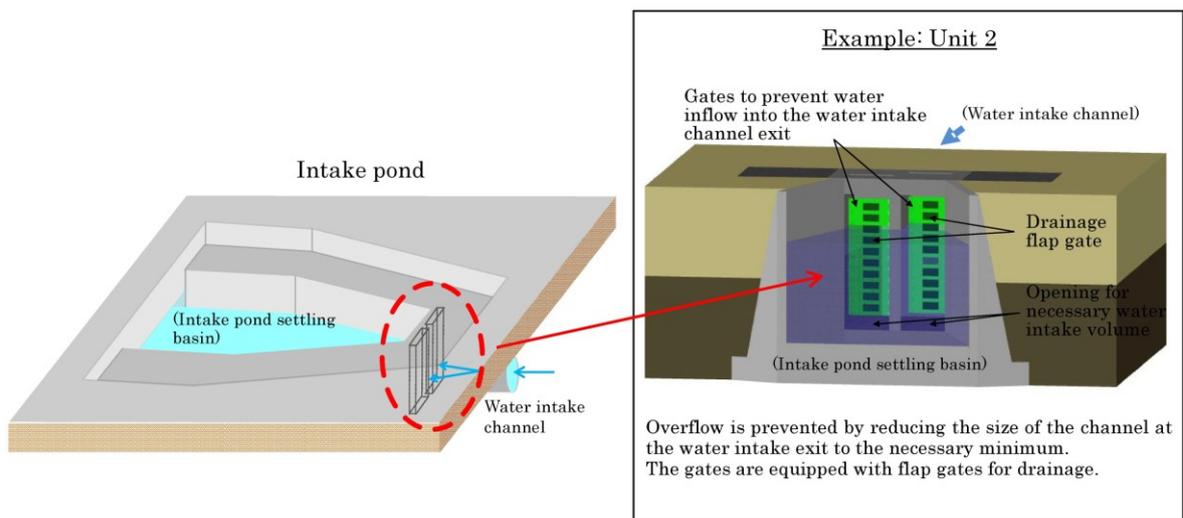
## 2. 廠內擋水牆

防海嘯牆主要功能為阻擋溯上之海水由地面直接侵入廠區，惟海水仍可能會經電廠與外海間之地下連通隧洞進入廠內，尤其海嘯由位於海底之冷卻水取水口經取水隧道直接進入廠內之抽水站前池，並由前池溢出至廠區。為此濱岡核電廠於抽水機周邊增設了擋水牆，防止經地下通道進入廠內之海水溢淹抽水機組。目前擋水牆係採輕型鐵件製作並已完成，高度為 1.5 公尺；惟依據日本政府 2012 年 6 月發佈之最新保護要求，廠內設備淹水保護高度需達 3 公尺，才能符合防止設備淹水之新保護標準。若欲將前述擋水牆加高至 3 公尺，則牆體需為鋼筋混凝土結構才能抵抗增加之水壓力，此意謂現有輕型擋水牆需拆除重做，加上加高後的擋水牆將造成營運維護進出作業困難，故 2012 年 12 月濱岡核電廠決定放棄將現有擋水牆加高之方案，而另建一道阻擋海水溢淹至廠區之擋水牆。

新規劃的 3, 4, 5 號核能機組之抽水站擋水牆，係將抽水站前池及攔污柵一併圍起，並於地面排水進入前池處設置舌閥(Flap gate) (如圖十)，於海嘯溯上期間，可避免海水由前池或攔污柵開孔溢出進入廠內，並可於海嘯溯降時讓廠區地面水經由舌閥排出。至於 1, 2 號核能機組因已經停役，冷卻水需求量已大幅減少，故僅於取水隧道進入前池處增設擋水閘門，閘門僅維持足供需水量之小開度，如此可以大幅限制海嘯侵入前池之水量 (如圖十一)，但考慮維持排水量需求，擋水閘門上設置許多單向開啓之舌閥，內水可以經舌閥排至外海，但外水無法經此舌閥進入前池。



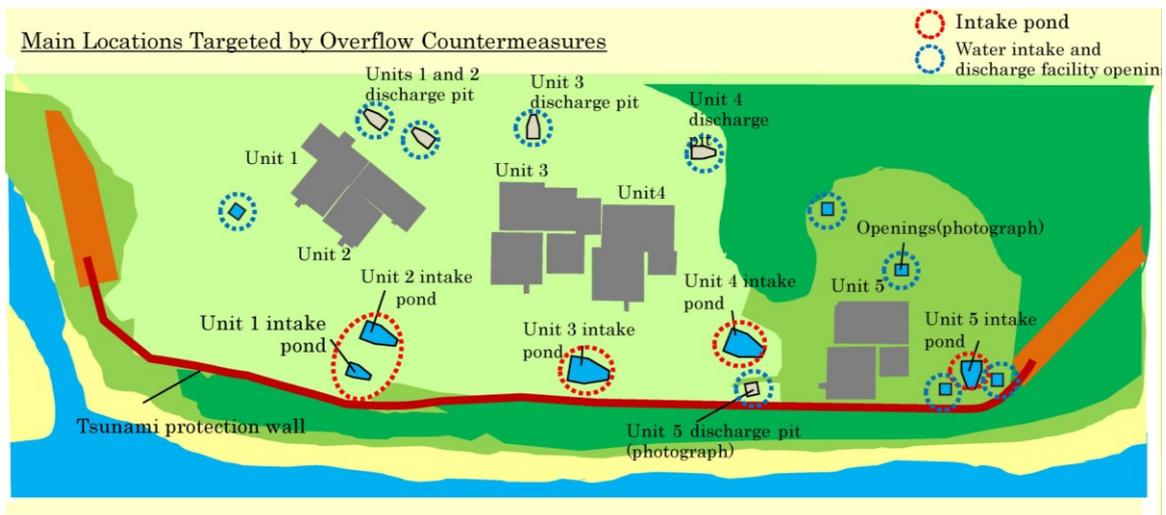
圖十、3, 4, 5 號發電機組之抽水站，防海嘯由前池溢淹之對策



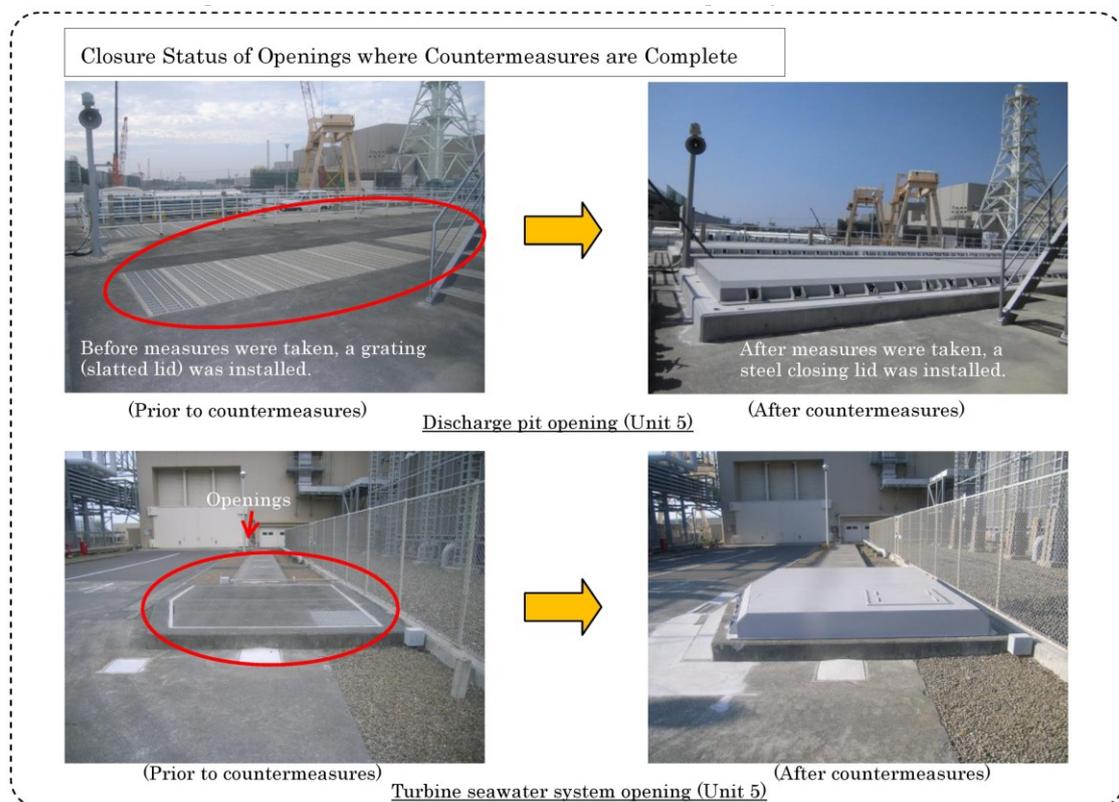
圖十一、1,2 號發電機組之抽水站，防海嘯由前池溢淹之對策

### 3. 設置密封鋼罩

濱岡核電廠內除了冷卻水抽水站前池外，尚有許多其他連通外海之地下孔道，考量維護需要，其在廠內之地面會設置開孔或功能井（如圖十二），許多開孔安裝了安全鐵格柵。惟海嘯發生時，海水可能經由此開孔進入廠區，因此電廠決定將所有開孔均裝設密封鋼罩，如圖十三，以完全杜絕海水侵入廠區。此部分的工作目前仍在進行中。



圖十二、濱岡核電廠內海水可能溢出之開孔位置



圖十三、廠區地面孔道開孔處更換格柵為密封鋼罩例

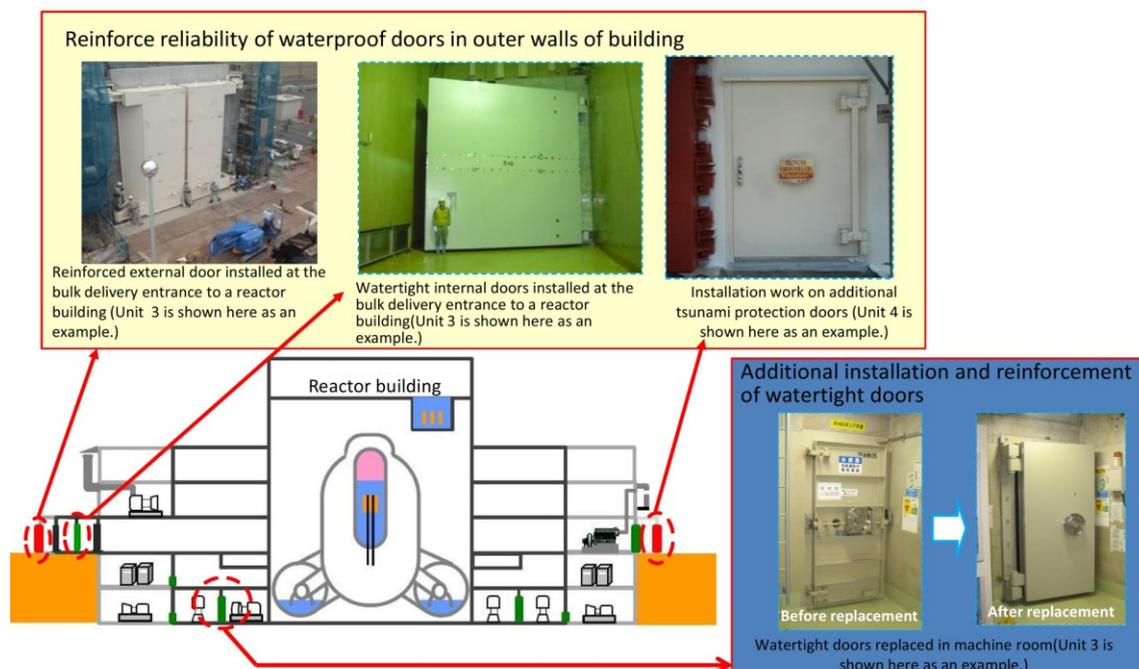
綜整以上濱岡核電廠防海嘯進入廠區之措施如下：

1. 設置防海嘯牆：阻擋海嘯之溯上海水由地面侵入廠區。
2. 設置廠內擋水牆或擋水閘門：阻擋海嘯由冷卻水抽水站前池溢流至廠區。
3. 設置密封鋼罩：阻擋海水由其他連通外海之地下孔道開孔處溢流至廠區。

## 二、阻止海水進入重要結構物內之措施

此為防止設備淹水事件之第二道安全措施。第一道安全措施為前述防止廠區淹水之方案，惟若發生超大海嘯或其他無法預期之廠區淹水事件時，則可由第二道安全措施阻止外水進入重要結構物內，以免損壞重要設備；此安全措施包含：重要結構物之主要進出口增設雙道防水門、其他重要開口或通道增設或強化水密門（如圖十四），地面保護高度至少為 3 公尺。

為強化重要結構物之阻水功能，濱岡核電廠內約 200 處出入口、開口或通道增設了雙道防水門或水密門（如圖十五、十六）。所有防水門或水密門平時均保持關閉狀態，主要進出口設置雙道防水門，操作時如一扇門開啓時，另一扇門必須為關閉狀態，才能確保任何時間整個結構物均維持防水狀態。



圖十四、濱岡核電廠重要結構物之防水措施



圖十五、濱岡核電廠重要結構物內之水密門(摘自網頁)



圖十六、濱岡核電廠重要結構物進出口之防水門(摘自網頁)

# 美濱核電廠破碎帶補充調查

## 一、前言

關西電力公司依據 2006 年 9 月正式頒布的「發電用反應爐相關耐震安全審查指針」針對重要安全設備進行耐震安全評估，其中，各核電廠所在地的地質和地盤調查為調查與評估重點之一；2007 年 7 月新潟縣地震後，關西電力公司陸續完成各核能電廠廠址之陸上地質鑽探、航照判釋、地表地質調查及海域超音波地質調查，並積極進行評估工作。

2012 年 3 月以前，日本相關單位依鄰近敦賀核電廠的活動斷層評估，該電廠可能遭遇斷層活動誘發地震規模 7.2 之地震以及 1.7 公尺的位移；然重新將海陸域活動斷層連結後，該電廠可能遭遇地震規模 7.4 以上的地震，故要求各核電廠均需進行補充地質調查確實釐清核電廠附近活動斷層海陸域的延伸特性與廠區內破碎帶特性。

## 二、地形地質背景

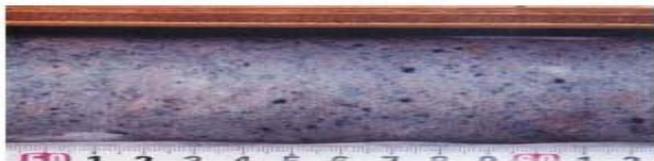
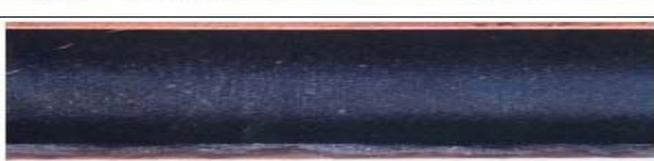
美濱核電廠座落在日本中部的福井縣，面向若狹灣（圖一，照片一）。依據附近地質資料顯示，附近區域地層主要由花崗岩與閃長岩體組成（照片二）；廠區東側存在一條活動斷層（Shiraki Nyu Fault），廠址內亦有 10 條破碎帶（Fracture Zone）（圖二～圖三）。



圖一 美濱核電廠位置圖



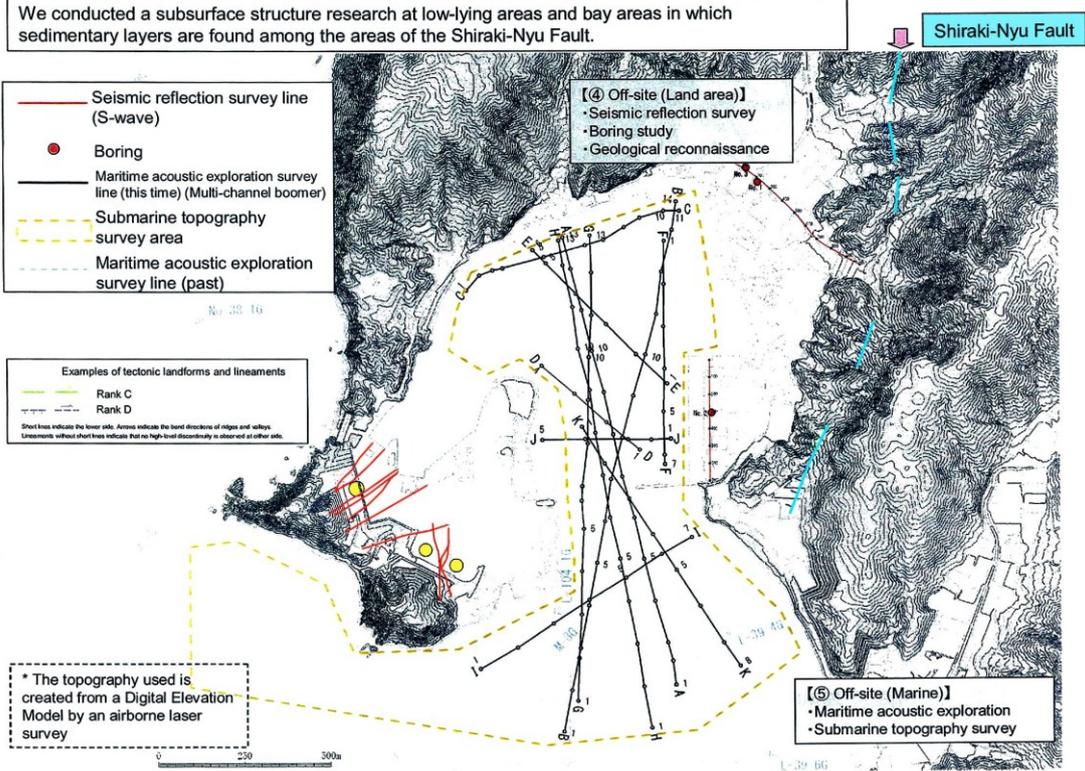
照片一 美濱核電廠空照圖（摘自網站）

花崗岩	黑雲母花崗岩	
	斑狀花崗岩	
	細晶花崗岩	
	閃長岩	

地質鑽探岩心（Mihama Power Station 東北方之 Tsuruga power Station 調查資料）

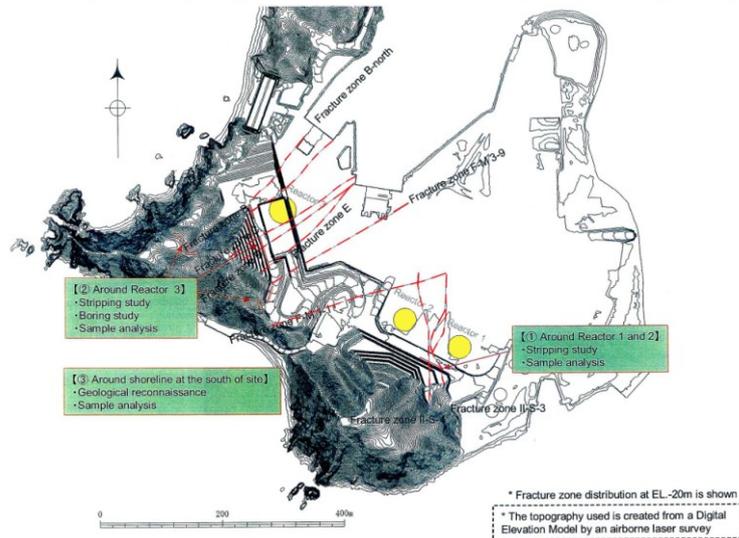
照片二 美濱核電廠附近之主要地層組成

### Additional Inspections Regarding Fracture Zones on the Mihama Power Station Site (Off Site)



圖二 美濱核電廠附近之主要地質構造

### Additional Inspections Regarding Fracture Zones on the Mihama Power Station Site (On Site)



圖三 美濱核電廠廠區內之破碎帶分布

### 三、補充地質調查項目

因應活動斷層海陸域的延伸狀況與廠區內破碎帶特性補充地質調查之要求，美濱核電廠於海陸域分別進行：槽溝與剝洗、陸域地質鑽探、取樣分

析、陸域反射震測、地質探勘、海域音波探測、海底地形測繪、全區域空載雷射地形測繪等，調查重點之一為廠區破碎帶材料形成年代與其上覆蓋地層變位與錯動特性，即釐清破碎帶之活動性；重點之二為釐清破碎帶與 Shiraki-Nyu Fault 之相關性，各工作重點與內容詳表一，探查位置詳圖二～圖三。

Overview of Additional Inspections Regarding Fracture Zones on the Mihama Power Station Site

Point	Planned survey location	Survey item	Survey content
(1) Surveys which are necessary for multiple fracture zones on site (such as age determination of materials in the fracture zones and existence of displacement/deformation of the overlaid strata). Appropriate sites must be selected for directly checked properties (such as age of activity) of such fracture zones.	① Around Reactor 1 and 2	Stripping study Sample analysis	• Direct inspection of fracture zones. • Analysis of materials inside the fracture zones, etc.
	② Around Reactor 3	Stripping study Boring study Sample analysis	• Direct inspection of fracture zones. • Analysis of materials inside the fracture zones, etc.
	③ Around shoreline at the south of site	Geological reconnaissance Sample analysis	• Direct inspection of fracture zones. • Analysis of materials inside the fracture zones, etc.
(2) Survey for clarifying the relationship of geological structure of multiple fracture zones on site with the neighboring active fault (Shiraki-Nyu Fault)	④ Off-site (Land area)	Seismic reflection survey Boring study Geological reconnaissance	• Study the relationship between fracture zones on site and Shiraki-Nyu Fault. • Boring check of vertical offset from base rock
	⑤ Off-site (Marine)	Maritime acoustic exploration Submarine topography survey	• Study the relationship between fracture zones on site and Shiraki-Nyu Fault.
	⑥ Around site	Airborne laser survey	• Create a DEM from airborne laser survey and check existence of tectonic landforms, as well as study the relationship between fracture zones on site and Shiraki-Nyu Fault.

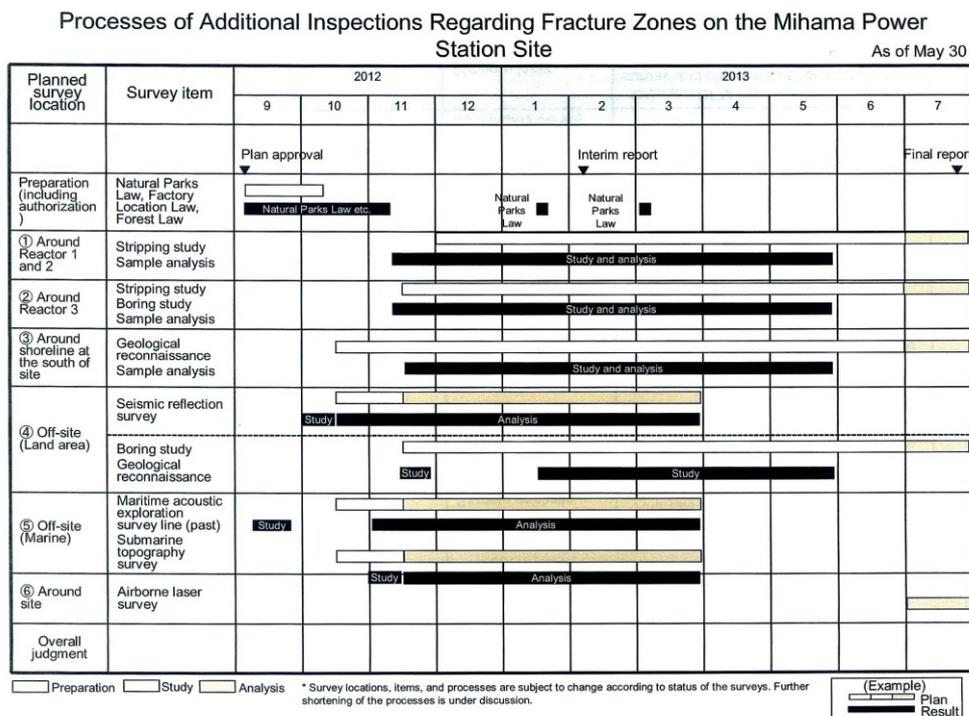
\* Survey locations, items, and contents are subject to change according to status of the surveys.

表一 美濱核電廠補充地質調查項目與重點



照片三 美濱核電廠東北方另一核電之槽溝與剝洗狀況  
(摘自網站，廠區禁止攝影)

補充地質調查工作自 2012 年 9 月開始展開，2013 年 7 月底完成最終報告，計 11 個月（表二）。



表二 美濱核電廠補充地質調查工作時程

#### 四、結語

美濱核電廠的地質狀況與國內核電廠類似，廠址附近均有活動斷層通過，且局部地質破碎帶緊鄰重要結構物，然美濱核電廠座落於火成岩體上，地表為厚度不大的覆蓋土層，因此，槽溝開挖甚為容易，可利用清楚定義破碎帶之時代，進而釐清其活動性，反觀國內地質環境，高地下水位與高沈積速率均不利地質槽溝開挖，其他間接調查技術較易受質疑與挑戰。

無論在法規或技術層面，斷層對核電廠之影響目前已成各國核電廠亟需解決的課題，雖各國之地質環境與社會氛圍均有差異，確實與周全釐清斷層或破碎帶特性，並正面與積極面對應是唯一也是最佳之作為。