

出國報告（出國類別：其他）

赴日本參加第 28 屆台日核安會議

服務機關：核能研究所

姓名職稱：莊凱政 助理工程師

高良書 研究員

派赴國家：日本

出國期間：102 年 7 月 22 日~102 年 7 月 31 日

報告日期：102 年 9 月 2 日

摘要

台日核能安全研討會為每年台日雙方舉辦之核能安全相關議題的研討會，由台日雙方輪流舉辦。本年度(2013)適逢日本原子力產業協會(Japan Atomic Industry Forum, JAIF)主辦，於7月22、23日假日本東京如水會館舉行。透過定期的研討會，討論台日雙方有關核能營運安全相關議題，作為雙方核能安全技術研發合作、資訊交流與經驗分享之平台，提昇台日雙方核能相關技術與安全。

2011年發生的東京電力公司福島第一核能發電廠事故，對核能安全產生了重大的衝擊，本次會議仍以福島事故為討論主軸，由台日雙方發表論文與簡報，以交換核能相關資訊。本次台灣方面出席會議的單位包括：行政院原子能委員會與所屬核能研究所、放射性物料管理局、台灣電力公司、中華核能學會、核能資訊中心、台灣核能級產業發展協會、中興工程顧問公司等單位，並由台灣電力公司陳布燦副總經理擔任團長。日方出席單位除主辦單位之日本原子力產業協會外，尚包括東京電力公司、中國電力公司、北陸電力公司、中國電力公司、東京大學、電力中央研究所、日本原子力研究開發機構(JAEA)、日本原子力安全推進協會(JANSI)等單位。

本次研討會主要議程包括「福島事故後的核能安全」、「核能電廠除役之廢棄物處理」以及「福島事故後的公眾溝通」等議題，雙方共發表10篇論文。從討論過程中了解日方在福島事故後的廢棄物處理問題、停機中核能電廠設備的維護，人員的訓練，以及持續與民眾溝通，並且了解7月日本參議院選舉後的核能政策。

會議後為參訪行程，由日方安排前往位於日本中部電力公司濱岡核能發電廠，以及日本關西電力公司美濱核能發電廠。實際於現場了解日本電廠在福島事故後所進行的設施改善案。

在台日核能安全研討會行程結束後，尚拜訪了日本原子力安全推進協會(JANSI)與東京大學核子工程與管理學部，深入了解福島事故的資訊以及東京大學方面目前在相關領域的研發現況。本次出席會議與參訪行程，第一手獲得日本

的資料，除了了解日本國內在福島事故之後對核能電廠的安全研究方面的近況，另外也特別關注核能電廠功率提昇後的電廠運轉效能與安全議題，對此，參加人員均獲益良多。

目 錄

摘 要	i
一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	40
四、建議事項	41
五、附 錄	42

一、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(台電董事長)與日本原子力產業會議(現已更名為日本原子力產業協會)共同發資，每年輪流於日本、台灣舉行。此項會議是台日雙方核能技術交流的重要活動，今年為第 28 屆，由日本原子力產業協會(JAIF)主辦，於 7 月 22、23 日假日本東京如水會館舉行。透過定期的研討會，討論台日雙方有關核能營運安全相關議題，作為雙方核能安全技術研發合作、資訊交流與經驗分享之平台，提昇台日雙方核能相關技術與安全。

本次赴日本參訪，是由台電公司陳副總經理布燦帶隊，參與台日核能安全研討會，並安排行程，參訪日本中部電力公司濱岡核能發電廠，以及日本關西電力公司美濱核能發電廠。會後並參訪多個機構，包括：日本原子力安全推進協會(JANSI)、東京大學工學院、及其核能工程與管理學部。

本屆研討會仍以福島核能電廠嚴重事故為主軸，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之專家學者參與，共發表 10 篇論文，議程包括「福島事故後的核能安全」、「核能電廠除役之廢棄物處理」以及「福島事故後的公眾溝通」等等。

會議後為參訪行程，由日方安排前往位於日本中部電力公司濱岡核能發電廠，以及日本關西電力公司美濱核能發電廠。實際於現場了解日本電廠在福島事故後所進行的設施改善案。

在台日核能安全研討會行程結束後，尚拜訪了日本原子力安全推進協會(JANSI)與東京大學核子工程與管理學部，深入了解福島事故的資訊以及東京大學方面目前在相關領域的研發現況，同時就核能電廠功率提升方案之後的安全分析與日方做資訊的交流。

二、過 程

(一) 行程

此次赴日公差行程，係自 102 年 7 月 22 日至 7 月 31 日計 10 日，詳細行程如下：

日期	到達地點	活動內容
7 月 22 日 (一)	桃園→東京	去程 出席台日核能安全研討會
7 月 23 日 (二)	東京	出席台日核能安全研討會
7 月 24 日 (三)	東京→掛川 掛川→京都	訪問日本中部電力濱岡核能發電廠
7 月 25 日 (四)	京都→敦賀	行程
7 月 26 日 (五)	敦賀→大阪	訪問日本關西電力美濱核能發電廠
7 月 27 日 (六)	大阪→東京	行程
7 月 28 日 (日)	東京	整理資料
7 月 29 日 (一)	東京	參訪 JANSI 日本原子力安全推進協會
7 月 30 日 (二)	東京	參訪東京大學
7 月 31 日 (三)	東京→桃園	返程

(二) 出席第 28 屆台日核能安全研討會

本屆會議由日本原子力產業協會(JAIF)主辦，台灣參加本屆會議的單位有行政院原子能委員會與所屬核能研究所、放射性物料管理局、台灣電力公司、中華核能學會、核能資訊中心、台灣核能級產業發展協會、中興工程顧問公司等單位，共 16 人參加，由台灣電力公司陳布燦副總經理擔任團長。日方代表除東京電力公司、中部電力公司與其它電力公司代表外，亦有日本原子力產業協會及學術界多位專家學者與會，總計參加人數約近百人。本屆會議日期為 7 月 22 日、23 日，研討會分為三項議程，分別為「福島事故後的核能安全」、「核能電廠除役之廢棄物處理」以及「福島事故後的公眾溝通」，共計有 10 篇專題演講，會議過程中台、日雙方就講演內容進行熱烈討論，分享雙方成果及經驗交流。

會議假東京如水會館舉行，會後並安排了相關參訪活動，包括參觀日本中部電力公司濱岡核能發電廠以及日本關西電力公司的美濱核能發電廠。簡述相關議程如下：

(議程表)

<p style="text-align: center;">The 26th Japan-Taiwan Nuclear Safety Seminar Program July 22-23, 2013</p> <p>Keynote Theme: "Nuclear Safety after the Fukushima Daiichi Accident"</p> <p>July 22 (Mon) Joint Reception (18:00-20:30) at Orion Room, 2F, Josui Kaikan</p> <p>July 23 (Tue) at Star Room, 2F, Josui Kaikan</p> <p>Opening Session (9:00-10:40) [Opening Remarks] Mr. Takuya Hattori, President, Japan Atomic Industrial Forum, Inc. (15 min.)</p>

Mr. Pu-Tsan Chen, Vice President, Taiwan Power Company(15 min.)

[Keynote Presentations]

Chairperson: Dr. Fumio Inada, Deputy Director,
Nuclear Technology Research Laboratory,
Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)

[Presentation from Japan] (30 min.)

“Nuclear Safety after the Fukushima Accident”

Prof. Naoto Sekimura,
Director, Institute for Innovation in International Engineering
Education

Department of Nuclear Engineering and Management
School of Engineering, The University of Tokyo

[Discussion with the floor] (5 min.)

[Presentation from Taiwan] (30 min.)

"Post-Fukushima Safety Reassessment and EU Stress Test in Taiwan"

Dr. Shin Chang, Deputy Director, Nuclear Regulation Department,
Atomic Energy Council (AEC)

[Discussion with the floor] (5 min.)

(Coffee Break) (20 min.)

Session 1: Nuclear Safety after the Fukushima Daiichi Accident

(11:00-12:10)

Chairperson: Dr. Lain-Su Kao, Division Director, Nuclear Engineering
Division,
Institute of Nuclear Energy Research (INER)

[Presentation from Japan] (30 min.)

**“Plant Maintenance at Shika Nuclear Power Station during Extended
Shutdown”**

Mr. Shigetoshi Yoshimoto, Assistant Manager, Electrical Maintenance

Sec.,

Maintenance Department, Shika Nuclear Power Station
Hokuriku Electric Power Company

[Discussion with the floor] (5 min.)

[Presentation from Taiwan] (30 min.)

"Ultimate Emergency Measures Program and Training"

Mr. Young-Fang Chang, Chief of Nuclear Core Management Division,
Department of Nuclear Generation, Taiwan Power Company

[Discussion with the floor] (5 min.)

(Coffee Break) (20 min.)

Luncheon (12:00-13:40) at Pegasus, 2F, Josui Kaikan

Session 1 (cont.): Nuclear Safety after the Fukushima Daiichi Accident
(13:40-15:10)

Chairperson: Mr. Tetsukuni Oikawa, Director, International Affair
Department,
Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

[Presentation from Japan] (30 min.)

**"Management of Radioactive Solid Waste Generated during the Recover Work
at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station"**

Mr. Mitsuru Sambongi, Manager, Electrical & Mechanical Engineering
Group,

Nuclear Power & Plant Siting Division
Tokyo Electric Power Company

[Presentation from Japan] (15 min.)

**"Measures for Processing of Accumulating Water at Fukushima Daiichi
Nuclear Power Station"**

Mr. Akira Goto, Manager, Electrical & Mechanical Engineering Group,
Nuclear Power & Plant Siting Division
Tokyo Electric Power Company

[Discussion with the floor] (10 min.)

[Presentation from Taiwan] (30 min.)

"The Regulatory Control of Decommissioning Nuclear Facilities in Taiwan"

Mr. Wei-Sheng Jang, Division Chief,
Fuel Cycle and Materials Administration (FCMA)

[Discussion with the floor] (5 min.)

(Coffee Break) (20 min.)

Session 2: Topics (15:30-17:15)

Chairperson: Dr. Shin Chang, Deputy Director, Nuclear Regulation
Department, AEC

[Presentation from Japan] (30 min.)

**"Public Relations Activities after Fukushima Daiichi Nuclear Power
Station Accident"**

Mr. Masaharu Sakurai, Manager, Public Relations Division,
Chugoku Electric Power Company

[Discussion with the floor] (5 min.)

[Presentation from Taiwan] (30 min.)

"Construction Status Lungmen Nuclear Power Plant"

Mr. Dong-Yue Guo, Head of International Cooperation Subsection,
Department of Nuclear Engineering, Taiwan Power Company

[Discussion with the floor] (5 min.)

[Presentation from Japan] (15 min.)

"Status of Construction of Ohma Nuclear Power Plant"

Mr. Kaoru Koga, General Manager, Electrical & Mechanical Engineering
Office,

Nuclear Power Construction Department, Electric Power Development Co.,

Ltd.

[Discussion with the floor] (5 min.)

(Coffee Break) (20 min.)

Closing Remarks (17:15-17:30)

Mr. Pu-Tsan Chen, Vice President, Taiwan Power Company

Mr. Takuya Hattori, President, Japan Atomic Industrial Forum, Inc.

我方與會人員如下：(16 人)

台灣電力公司：陳布燦副總經理，張永芳組長(核發處)，郭東裕課長(核技處)

原子能委員會：張欣副處長(核管處)，張禕庭(核管處)，劉文熙副處長(輻防處)，鄭維申組長(物管局)，劉俊茂(核技處)。

核能研究所：高良書組長，莊凱政

中興顧問公司：黃本源協理，余信遠經理，羅立經理

核能學會：謝牧謙博士

核能資訊中心：鍾玉娟經理

核能級產業發展協會：毛維雲經理

1. Opening Session 研討會開幕致詞

研討會首先由日方 JAIF 理事長服部拓也先生(Takuya Hattori)致開幕詞，他首先感謝了台灣在 2011 年對於東日本大地震中，對日本的援助。提及福島事故議題時，除了強調今後對於極端的外部事件，應採用深度防禦(defence in depth)、實體分隔(physical separation)、多樣性(diversity)、多重性(redundancy)的要求，並且，日本已經成立獨立的監督機關：原子力規制委員會(NSA, Nuclear Regulation Authority)，以獨立超然的態度，來監督核能安

全。另外就是將致力於福島的復興，2011 年的事故，對福島地區造成很大的傷害，而復興福島地區的工作，也是核能界的使命，也是今後核能產業能繼續發展的基礎。

而目前日本國內，僅有 2 部機組(關西電力的大飯電廠)在運轉中，這對日本的能源供應來說，是很不正常的情況，服部先生繼續表示。隨著 2013 年 7 月日本參議院選舉之後，執政黨取得了多數的席次，預期將會有一個長期穩定的政權，也期待這個政權，能在能源政策上，做出負責任的決定。今後核能界也將以更大努力關注核能安全，培養核能安全文化以重獲公眾信心。



圖 2-1、JAIF 服部理事長致詞

接著由台灣電力公司陳布燦副總經理致詞，陳副總首先表示了對於日本的感謝詞，接著表示：在台灣，核能發電扮演著重要角色，提供了穩定而低廉的基載電力。只是由於福島事故的發生，也在台灣引發了對核能發電的疑慮，產生了許多反核的聲音。而日本國內核能產業的動向，也極大地影響到台灣方面的民意，在核能安全方面，尚需要台日繼續互相交流與合作。



圖 2-2、台電公司陳副總經理致詞

Opening Session 的第二部分，則是探討福島事故後，對核能安全的影響，以及日台雙方的應對。首先由東京大學教授，關村直人教授發表“Nuclear Safety after the Fukushima Dai-ichi Accident”。首先檢討福島事故的成因，無庸置疑，福島事故是由東日本大地震與海嘯引發的，但是卻沒有證據說地震對安全設備造成結構性的傷害，主要的傷害還是來自於海嘯。回顧事件本身，最主要的問題仍是：

(1)對於海嘯的設計規範不足。對於海嘯規範，當初僅依據近百年的海嘯高度來做設計，顯然是不夠的，也顯示對於設計基準事故，不可僅用歷史數據來做評估，尚需核能安全與自然現象的專家互相合作。而除了海嘯，對於其他啟動事故，如火山爆發、廠區水災、廠區火災都仍需要做進一步的安全規範。(2)對於事故中的情境，未有針對事故管理(Accident Management)實際處理演練。今後的演練應假想更多情境諸如氫爆、餘震、海嘯警報、輻射等等。電力公司與管制單位也應確保在各種現象或嚴重事故狀態下，事故管理的可靠性。以及(3)對於超出事故基準事故的準備不足。福島事故揭露了，在目前電廠的安全設

計下，在面對外部的極端自然災害，仍有許多弱點與不足的地方，電廠需要準備移動式設備以面對各種未預測到的事故狀況。

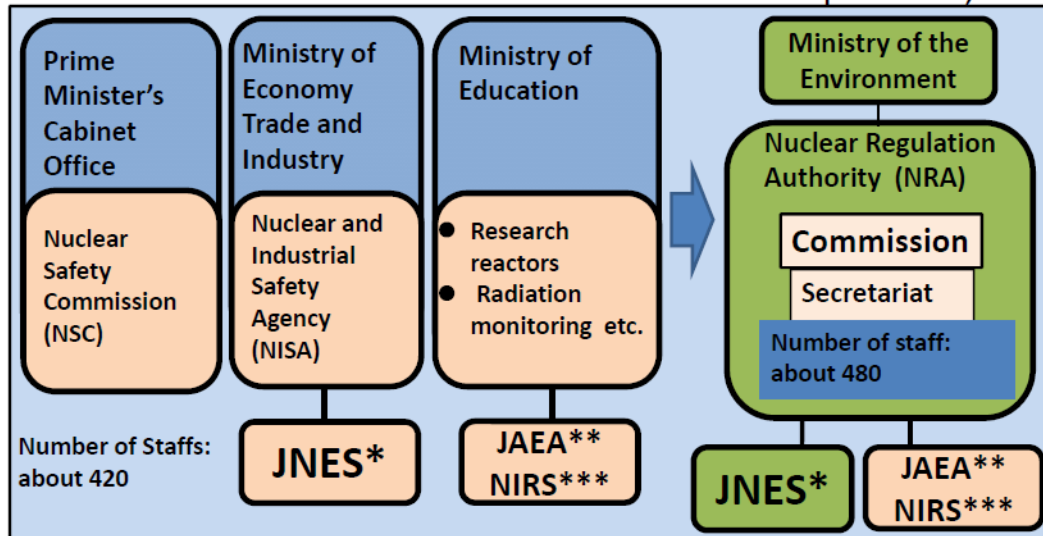
即使用後福島事故的時代觀點來看，加強對於外部天然災害，包括地震、海嘯等的深度防禦，仍然是最能使人信服的改善措施。然而，對於天然災害的不確定性、對於瀕危效應(Cliff-edge Effect)的評估，以及利用 PRA 進行安全設備的有效性評估等等，都是尚需處理的問題。

接著，關村教授介紹了日本的新的核能安全規制政策，在福島事故後，更強而有力的管制單位被認為是必要的，在此環境下，產生了新的日本原子力規制委員會(NSA)，該單位成立於 2012 年 9 月，並制訂了新的管制要求，並於 2013 年 7 月 8 日生效。新管制單位的基本政策是：(1)深度防禦的深度應用，準備多重的有效性措施，並只考慮在該層縱深能否完成防禦。(2)消除共因失效(Common Cause Failure)，包括加強消防、抵抗海嘯設備，以及加強重要的 SSC 設備。(3)更嚴格的評估與增強的保護措施、考慮設施的多樣性與獨立性。(4)定義"功能"(Functional)要求，提供在選擇對策時的彈性。在新的管制要求中，主要新增加了對於海嘯、地震、以及嚴重事故(Severe Accident)的相關要求，並將對於嚴重事故的應對納入法規當中。

隨著福島事故，另一個浮上檯面的問題即是，對於老舊核電廠的安全評估，以及對於今後 PRA 與電廠安全分析的研究，等等，都尚待繼續努力。

Establishment of Nuclear Regulation Authority (NRA)

NRA was established on September 19, 2012



*JAPAN Nuclear Energy Safety Organization
 **JAPAN Atomic Energy Agency
 ***National Institute of Radiological Sciences

圖 2-3、日本核能管制系統組織變更圖：NRA

Structure of New Regulatory Requirements in Japan

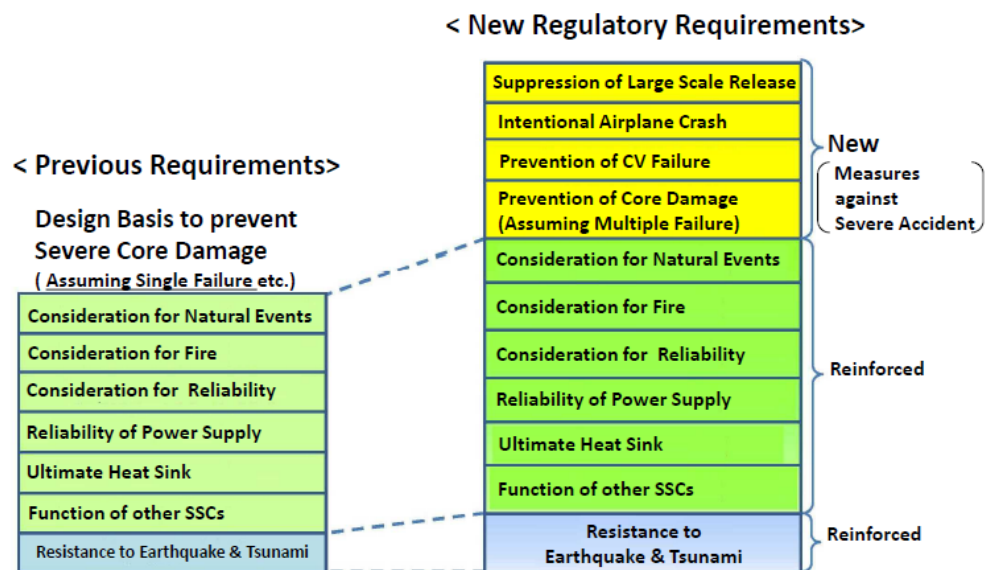


圖 2-4、日本核能管制要求

接著則是由台灣方面的原子能委員會核能管制處張欣副處長發表“Post-Fukushima Safety Re-assessment and EU Stress Test in Taiwan”。簡報中介紹我國在日本福島事故之後，所進行的核能總體檢工作，以及根據歐

盟標準所進行的壓力測試工作。

2. Session 1

Session 1 的第一部分，則是探討福島事故後的核能安全，由本所高良書組長擔任主席。首先由日本北陸電力公司志賀核能發電廠的吉本茂利先生發表“Plant Maintenance at Shika Nuclear Power Station during Extended Shutdown”。在福島事故之後，日本各個核能發電廠均進入長期停機狀態，至今已兩年多，而各電廠都為了能夠再啟動而努力。在此期間，如何維護停機中電廠的各項設備，使其在長期停機後還能維護正常運轉功能，其中設備的維護保養技術就顯得相當重要。

在長期停機的電廠中，設備可略分為兩種：一是不需隨電廠停機而關閉的設備，在電廠停機期間，仍維護正常運轉，這類設備仍維持每月定期檢查一次的頻率。二是需隨電廠停機而關閉的設備，其中又可細分為，雖然停止運轉，但仍需定期檢查之設備(Perform during extend period of shutdown (Extend shutdown inspection))與啟動前維護的設備(Implement before plant startup after extend shutdown (Startup inspection))。

針對第一類設備，適用於必須持續運轉的設備，其防止其老化。定期檢查的重點則包括：功能檢查，如水泵及電機等，補充潤滑油，更換易損零件，以及儀器的校準檢驗等完整性驗證。例如：輔助冷卻水泵(檢查機械密封件的磨損)、輔助冷卻水系統、清洗熱交換器和過濾器(去除管內的海洋生物)、補充汽輪機輔機冷卻水泵防腐塗料、補充乾井冷卻系統風扇的潤滑油、校準測量設備等等。

針對第二類設備，適用於在電廠停機時，較不重要或不要求其功能性的設備。定期檢查的重點則包括：功能檢查，如水泵及電機等，補充潤滑油，更換易損零件，以及儀器的校準檢驗等完整性驗證。例如：清潔主發電機、主發電機定子冷卻水的陽離子交換樹脂更換、渦輪系統和冷凝水系統儀器的校準、冷凝器真空泵密封水過濾器清洗、目視檢查控制面板和儀表架等等。

在 2013 年 7 月日本政府宣布了新的管制法規，目前日本的核能發電廠尚不

能確定何時才能再起動，僅能在此之前，維護好廠內設備，為再起動作準備。

接著則是由台灣方面的台灣電力公司的張永芳組長發表“Ultimate Emergency Measures Program And Training”。簡報中介紹台電公司在日本福島事故之後，為了因應類似事故所發展的斷然處置措施(URG)，以及目前在台灣落實的現況。

3. Session 1 (cont.)

Session 1 的第二部分，主題仍是探討福島事故後的核能安全。首先由日本東京電力公司的三本木滿先生發表“Management of Radioactive Solid Waste Generated during the Recover Work at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station”，以及後藤章先生發表“Measures for Processing of Accumulating Water at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station”。在福島事故之後，福島電廠內的廢棄物處理問題也日漸重要，由東京電力公司介紹目前福島第一核能發電廠內拆除之設施、廠區及附近樹木、木材的臨時貯存方式。以及介紹最近困擾福島第一核能發電廠地下水及輻射污染水外漏的處理方法。

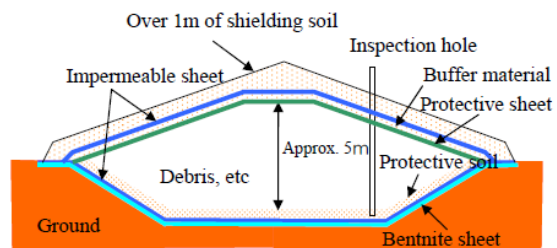
依據東京電力公司的簡報說明，目前福島第一核能發電廠正積極進行復原作業，但因為清理受損廠房與處理除污，產生許多破瓦殘礫及處理系統產生的二次廢棄物，必須進一步存放與掩埋。

依表 2-1，將不同污染程度的廢棄物分類並貯存。但所考慮的原則，均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。

表 2-1 福島第一核能電廠放射性廢棄物分類處理原則

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

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 日啟用埋貯，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 日啟用埋貯，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。(圖 2-5、2-6)



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



圖 2-5 掩埋場示意圖

圖 2-6 放射性廢棄物掩埋區域

由於廠區原來並無廣大空地足以存放復原時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。大量木材堆放時，就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，以降低發生火災的機率，並屏蔽四周的環境輻射劑量率。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加強屏蔽措施降低人員劑量。對於廠界並設有 8 個監測站量測廠界空間輻射劑量率。(圖 2-7)

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。(圖 2-8)

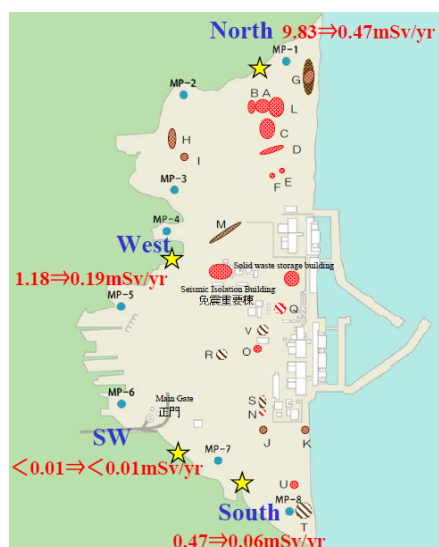


圖 2-7 廠界劑量率



圖 2-8 焚化爐預定地

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。(圖 2-9 廢液貯水槽)

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 15~50m³ 的廢水，第二道設備每小時可以處理 25~50 m³ 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 597m³，既有貯存容量為 700 m³，已接近飽合。



圖 2-9 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 m³，目前已貯水 290,000 m³。東電預計再將容量擴增至 700,000 m³。(圖 2-10 廠區貯水區域)



圖 2-10 廠區貯水區域

東電在廠區西方新建一座可吸附多種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 m³ 廢水。其可吸附阿伐核種、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氫無法吸附外，應可處理廠區循環冷卻水及除污產生的廢液。

至於用過核燃料方面，福島第一核電廠原有一座用過核燃料乾式貯存設施，位於一號與六號機之間，但因海嘯後廠房受到損壞與進水，廠方已完成乾貯容器外表檢查與量測，目前均置入個別水泥貨櫃中，移至新場址集中存放。

在四號機南方原有的溼式集中貯存池，並未受到地震或海嘯影響，正常運轉中。但考量未來四號機用過核燃料池的燃料需移出，及一、二號反應器內燃料的移出，目前僅剩約一千束的空間勢必無法容納，東電將再增加乾式貯存的容器，以滿足所需的暫存空間。由於過去東電的用過燃料乾式貯存係以貯存庫方式存放金屬罐，但再 311 地震後，因設施損壞及臨近一號機的關係，改採集中管理的概念，放棄舊有貯存庫，將金屬罐分別裝入混凝土製貨櫃大小的容器中，曾探詢該容器是否已取到使用執照，日方答案是正進行申請中。所以正常使用程序與因應災害造成的臨時做法仍然是有區別的。

接著則是由台灣方面的放射性物料管理局的鄭維申組長發表 “The Regulatory Control of Decommissioning Nuclear Facilities in Taiwan” 。簡報中就台灣在核能電廠除役準備方面做介紹。在福島事故後，我國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 年底依法提出核一廠的除役申請。

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、審核程序以及其他應當遵行之事項。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。

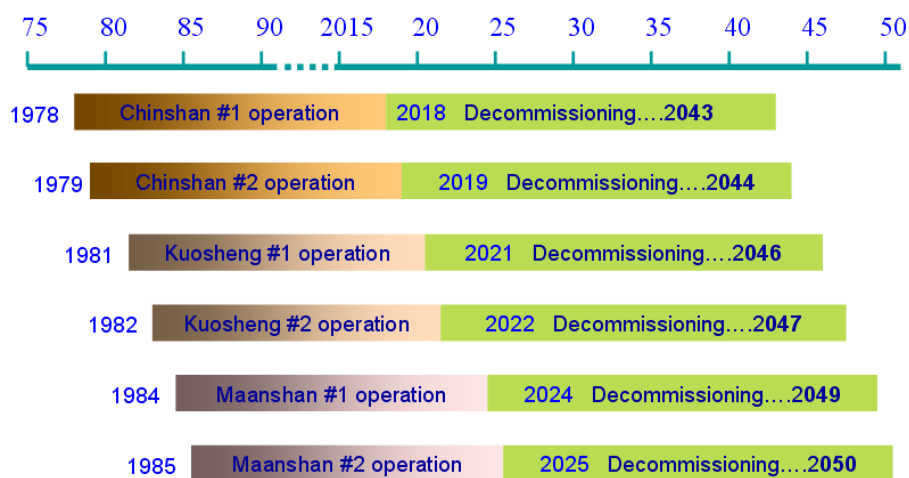


圖 2-11 我國各核能電廠運轉年限與除役時程

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數。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。

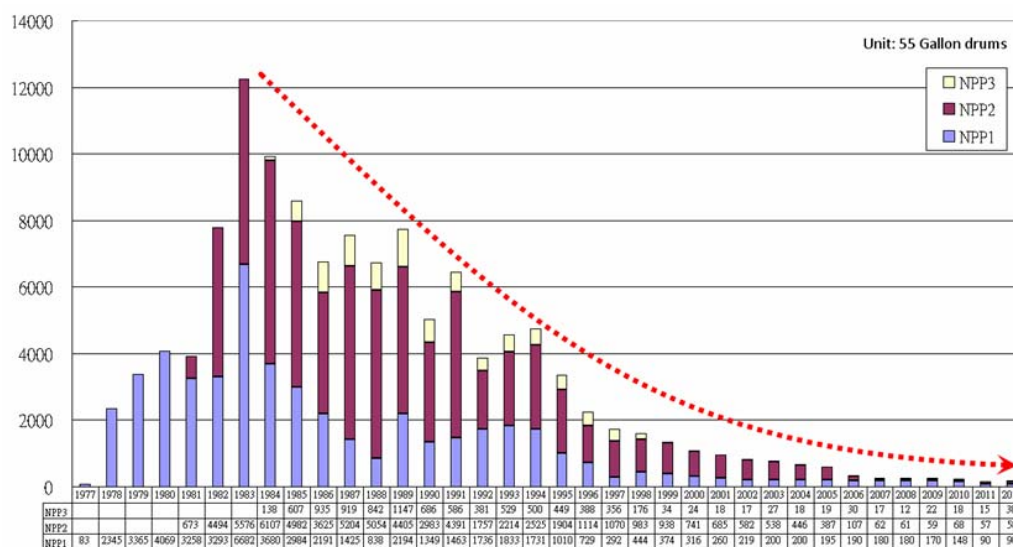


圖 2-12 放射性廢棄物年產量圖

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，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下，並不採取延後拆除或固封的策略，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圖 2-13。

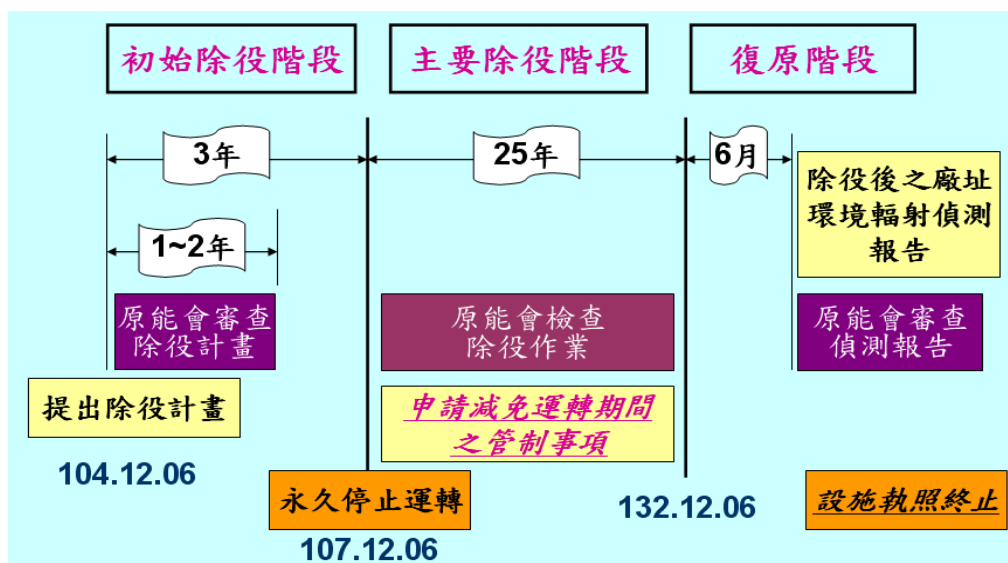


圖 2-13 核能電廠除役的安全管制作業及相關時程

為確認台電公司能確實準備除役工作規劃，原能會自今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，原能會將於今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。在建立管制者審查能力與相關技術，原能會已加強相關技術研究，並彙集國際相關審查經驗，並進一步進行國際合作的探討。

4. Session 2

進入 Session 2 的第一部分，則是探討福島事故後的核能安全，由原能會張欣副處長擔任主席。

首先由日本中國電力公司的櫻井正治先生發表“Public Relations Activities after Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident”。在福島事故之後，日本的核能產業與政府機關，普遍受到社會大眾的譴責，也反應在民意上面。日本各電力公司除了積極補強核能電廠的安全之外，也對民眾進行溝通。

包括：與地方民意代表、意見領袖溝通，舒緩其對核能事故以及放射性影響的擔憂，並使其了解核能發電的安全性與重要性。另外也積極宣導與解釋日本核能電廠安全改善措施，並重視資訊的流通與地方輿論，進行對於一般民眾的核能安全與輻射的教育，希望能有助於核能電廠的再起動。

表 2-2 日本是否需要核能？民意調查

	需要	傾向需要	不知道/無表達意見	傾向不需要	不需要
2010. 09	49.1	28.3	16.7	1.5	2.6
2011. 11	5.7	22.0	35.9	12.1	13.1
2012.12	12.6	23.4	38.1	10.9	13.7

表 2-3 日本政府在核能管理方面是否可信任？民意調查

	信任	傾向信任	不知道/無表達意見	傾向不信任	不信任
2010.09	4.7	28.0	52.3	10.3	4.3
2011.11	1.0	10.2	51.2	23.8	13.8
2012.12	1.4	8.7	52.6	22.8	14.3

接著由台灣電力公司的郭東裕課長發表“Construction Status Lungmen Nuclear Power Plant”。講述目前龍門電廠的建廠概況。

最後則由日本 J-Power 電源開發公司的古賀薰先生發表“Status of Construction of Ohma Nuclear Power Plant”。大間核能電廠位於日本東北地區的青森縣，是一座建設中的核能電廠。原本計畫在 2014 年進行商轉，但由於 2011 年的福島事故，該電廠暫時停止興建。而又於 2012 年，恢復施工。目前施工進度已達 38%。

由於福島事故後民眾對於核能發電的疑慮，該公司也積極加強建設中的補強。



圖 2-14 建設中的大間電廠

會議的最後，則是台電公司的陳副總經理與 JAIF 的服部理事長來做結束致詞。首先由陳副總經理對議程中發表的演講者表示感謝，今後仍需積極地專注於核能安全，並贏取民眾的信心，也肯定核能發電的競爭力，並期待明年在台灣舉辦的台日核能安全研討會。接著由服部理事長致詞，他也對今天的演講者表示感謝，並且很高興能與台灣核能業界交流。他還表示，受到台灣方面很多啟發，包括台電的 URG 斷然處置措施，以及核能電廠與民眾的交流，以及原能

會的努力，非常值得日本方面參考借鏡。台日雙方國情不同，各有困難之處，在日本來說，首先第一個主要問題是 2013 年 7 月的新管制標準，第二個問題是隨著日本參議院選舉的結果，安倍政權獲勝，日本在年底將重新檢討能源政策。。此外，在台灣因福島事故而激發的反核問題，以及最終處置場、除役問題，台日也將互相合作，希望台日合作能成為東亞合作的典範，最後祝眾人在日本電廠的參訪順利。本日的議程結束後，隔日即展開參觀行程。



圖 2-15 台日核能安全研討會會場

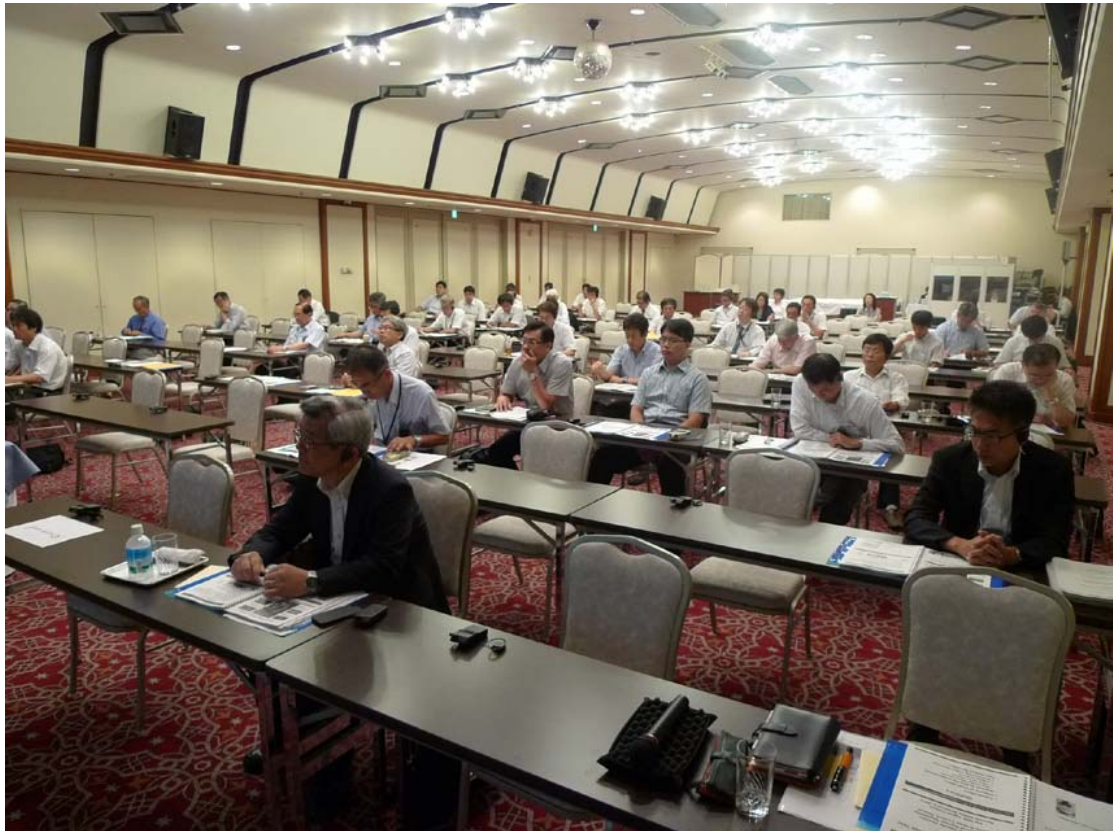


圖 2-16 台日核能安全研討會會場



圖 2-17 本所高組長擔任會議主席

(三) 訪問日本中部電力濱岡核能發電廠

濱岡核電廠屬於日本中部電力公司所有，廠內共有 5 部機組，其中 1、2 號機為 BWR-4，已停止運轉並進行除役。3、4 號機為 BWR-5，與福島二廠機組相同；5 號機為與我國龍門電廠同型之 ABWR。濱岡核電廠雖離 2011 年 3 月 11 日東日本大地震震央較遠，並未曾受到地震與海嘯之嚴重影響，但因日本中央災害管理委員會(Central Disaster Management Council)評估電廠附近之東海、東南海、南海斷層近期發生大地震及引發超大海嘯之機率大增，日本首相於 2011 年 5 月 6 日要求中部電力公司於電廠防海嘯新策略完成並經日本原子力安全保安院核可之前暫停運轉。中部電力公司於 5 月 9 日決定，為展現電廠維護周圍民眾安全之精神及敦親睦鄰，電廠 3 號機將暫緩啟動，且 4、5 號機將陸續停機並進行福島事故後電廠安全與防海嘯改善措施。

1. 濱岡核電廠

濱岡核電廠有 5 部沸水式反應器(BWR)機組，其中 5 號機為與我國龍門電廠同型之 ABWR；1、2 號機已於 2009 年 1 月停止運轉並進行除役，5 號機於 1999 年 3 月開始興建，與我國龍門電廠建廠時間相近，並於 2005 年 1 月開始商轉。濱岡核電廠目前 TSC 設於免震建物中，2011 年 3 月 11 日發生東日本大地震時建築物移動約 5cm(根據位於建築物底部之鋼板紀錄)，建築物具有過濾通風能力，但並無輻射防護之設計。由於濱岡核電廠機組與我國核一、二、四廠相近且同樣面臨地震與海嘯之潛在威脅，電廠在福島事故後安全防護與防海嘯措施將可作為我國強化核電廠安全之借鏡。

2. 濱岡核電廠原有之耐震與防海嘯措施

濱岡核電廠在耐震設計上考量 100~150 年回歸之南海斷層引發 8 級地震及 1707 年寶永大地震與 1854 年安政大地震之歷史紀錄，電廠之耐震設計基準為 600 Gal(=600cm/s²)。隨後電廠考量增加設計餘裕並滿足居民對電廠耐震安全之要求，自 2005 年 1 月起至 2008 年 3 月，將 3、4、5 號機耐震基準(以基盤 bedrock 為準)提升為 1000Gal(=1000cm/s²)，並進行機組管路與電路支撐、煙囪結構強化、反應器廠房吊車與裝填燃料機具固定、儲油槽強化等改善工程。電廠人員解釋 3、4、5 號機耐震管路與電路支撐共進行超過 5,000 點之改善，

煙囪結構強化於 2008 年完成。由於安裝 1-5 號機之廠址高度介於 6-8m，因此在防海嘯部分必須以海堤防範，電廠評估發生 9 級地震時海嘯高度為 10m，目前電廠周圍所有之海堤(沙丘)高度約 10~15m，寬度約 60~80m，應可防範海嘯之侵襲。電廠廠房外側均已標示海平面高度(如 T.P.15m、T.P.18m)以方便評估海嘯高度造成之影響，並表示仍需依據日本中央災害管理委員會提出之資料更新海嘯預測高度，以符合最新之安全基準。

3. 濱岡核電廠福島事故後之安全強化措施

由於濱岡核電廠原有之耐震要求已於 2008 年完成提升，因此電廠主要安全強化為預防海嘯之侵襲。電廠將預防海嘯之策略建立 3 層防護，第一層防護為興建高 22m、長達 1.6 公里之海堤並提升現有沙丘之保護，原本設計為 18m，但後來發現海嘯可能高於 18m，又追加提高 4 公尺。第二層防護為當海嘯高度超過海嘯牆時，廠區重要設備仍能避免淹水而喪失功能，例如廠區海水泵周圍建立高 1.5m 之防護牆、緊要海水泵安裝 1.8m 不鏽鋼防水牆並加蓋以避免海水淹沒、反應器廠房加裝防水結構避免緊急柴油發電機淹水等。第三層防護為確保緊急冷卻功能，其中又可區分為提升注水功能、確保移熱能力及確保電源等 3 類。提升注水功能包含如提供氣冷式緊急注水泵冷卻功能、由鄰近電廠之 Niino 河提供額外水源、廠區超過 25 公尺高處增設儲水槽等；確保移熱能力如增加氬氣儲存容器以確保排氣(ventilation)功能、主控室增設遙控排氣功能等。確保電源如於廠區超過 25 公尺高處增設氣渦輪發電機、反應器廠房屋頂增設緊急發電機(預計可連續運轉 3 天並採用與 EDG 相同之柴油)、增設備用電池等。此外在外電部分，目前 3、4 號機有 3 條外線，5 號機將由 2 條外線增加為 3 條，同時增加移動式變壓器及強化支撐線路，以利自地區電源供應站提供外電。其他改善措施包括廠內新購置移動式抽水車、小型推土車以清除海嘯或地震產生之障礙物，並將備品庫房建於廠區高處，避免海嘯之危害。

濱岡核電廠並強化免震重要棟，目前已興建完成，耐震等級可至 1G。目前繼續強化輻射防護、防水措施及維生系統等工程。



圖 3-1：濱岡核電廠廠長進行簡報



圖 3-2：濱岡核電廠免震建物基座



圖 3-3：濱岡核電廠移動式抽水車



圖 3-4：濱岡核電廠災害障礙物清除機具



圖 3-5：濱岡核電廠海堤興建工程



圖 3-6：防海嘯牆西側之水泥強化土堤

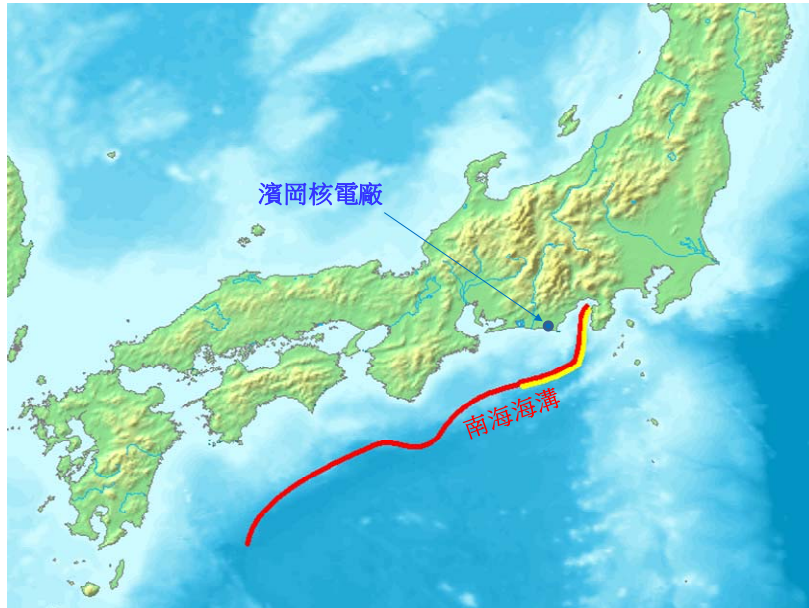


圖 3-6：浜岡核電廠與可能發生地震的斷層

(四) 參訪日本關西電力公司美濱核能發電廠

7 月 25 日由 JAIF 工作人員安排參觀美濱核能發電廠。以下簡介美濱核能發電廠、與其改善措施：

1. 美濱核能發電廠

美濱核電廠有三部壓水式反應器(PWR)機組，與我國核能三廠類似，由日本關西電力公司營運。美濱核電廠一號機為日本第一座 PWR 機組。該廠位於日本關西地區福井縣敦賀半島，周遭有丹生漁港及丹生海水浴場。美濱核電廠機組資訊如下。

表 4-1、美濱電廠機組資料

	一號機	二號機	三號機
裝置容量	340MW	500MW	826MW
商轉日期	1970 年 11 月	1972 年 7 月	1976 年 3 月
反應器型態	PWR	PWR	PWR

2. 美濱核能電廠在福島事故後之改善

美濱核能電廠在福島事故後之改善措施，共分成三個方向：確保電源供應、確保補水水源、防止海嘯及淹水。

(1)確保電源供應改善措施：

(a)硬體改善:內容包括增購 1,700KVA 移動式電源機，提供控制室監視電源。在 17m 以上高處安裝氣冷式柴油發電機(DG)，共 3,900KVA 提供輔助飼水泵電源。增設 9,125KVA 氣冷式柴油發電機，提供硼酸注入及餘熱移除系統之電力。將在 ECCS 及海水泵系統增設永久性氣冷式柴油發電機，所有增設之發電機均安裝在 17m 以上之山坡上。

(b)軟體改善：已進行 115 次演練，含平時/夜間/假日，包括不同天候情況下之演練，例如:下雪天及惡劣天候。演練結果:電源車供應需 120 分鐘，新增發電機需 83 分鐘。

(2)確保補水水源改善措施：

(a)硬體改善:新購 32 部 36m³ 消防泵，爐心冷卻及燃料池冷卻。14 部 60m³ 柴油海水泵，冷卻 EDG。大容量移動式 RCP 泵補水車，5hr 內若冷擬水槽 CST 有水時，可提供爐心補水目標 1 天內可確保一次系統水溫維持在 170°C。相關設備均貯存在山坡高處，並設有垂降系統(消防系統)可將設備吊掛後搬至地面。

(b)軟體改善:建立相關作業程序並進行演練，包括上述三項功能之演練。準備足夠之備品，例如總共有 32 部消防泵，實際只需 20 部。總共有 278 條水管，實際只需 194 條。

(3)防止海嘯及淹水改善措施：

(a)硬體改善:重要廠房均加裝防水門，重要穿越器均完成密封程序，防止海嘯時淹水。在日本海方面，增設地面上 5.5m 之海嘯牆(海拔高度為 11.5m)及海水取水口設施加裝 2.5m(海拔高度為 6m)擋水牆，這 2 項在 2013 年底可完成。並在海灣側加裝透明擋水牆 2.5m(海拔高度為 6m)在 2015 年底可完成。

(4)其他安全改善設施：

包括建立事故時控制室通風/循環作業程序。改善廠內及各電廠間通訊，如衛星電話/移動式對講機等。強化輻射管理，如高劑量防護措施，電廠間人員/設備之互用。改善緊急計畫，如事故初期應變，2hr 內動員 100I 名技術人員，廠家動員規劃等。

以及在海嘯牆背側將建一棟免震棟 2016 年底完工。為防止氫爆，建立事故時氫氣排放程序，及觸媒式氫氣再結合器，但完成時限尚未確定。

此外尚有清除海嘯後雜物之設備，如小山貓、推土機及大型拖吊車均已備妥存放在山坡高處。以及改善電廠對外聯絡道路、強化輸電線鐵塔耐震度等等。

(5)地質調查：美濱電廠廠址內 9 條破碎帶調查，將於 7/31 完成報告提出送 NISA 審查。

3. 美濱電廠再起動規劃

目前美濱電廠三部機組均處於停機狀態，均尚未申請再起動。

(1)停機中之機組，在一次側部分，仍保持有水狀態，每個月爐水進行取樣，並維持良好爐水品質管理。

(2)二次側部分，則分乾式、濕式與氮氣保存三種方式。乾式保存採用乾燥空氣吹乾以防止腐蝕，如主凝器及汽機等。濕式保存採水中添加氮氣，降低水中溶氧以減少腐蝕，如 S/G 之水側。氮氣保存採灌入氮氣，減少氧氣之汙染及腐蝕，如 S/G 之氣側。

(3)原計畫在大修中之維修項目，平行展開並進行全面之維修及檢查。

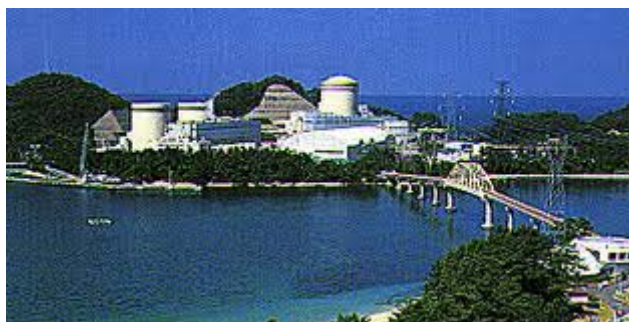


圖 4-1：美濱核電廠

(五) 訪問 JANSI 日本原子力安全推進協會

7 月 29 日赴日本原子力安全推進協會(JANSI, Japan Nuclear Safety Institute)訪問，JANSI 成立於 2005 年，原名日本原子力技術協會(JANTI)，並於 2012 年改組為日本原子力安全推進協會。現在該會的理事長為松浦祥次郎先生。該會主要部門有企畫室、業務部、情報分析部、安全文化推進部、規格基準部、技術基準部、技術養成部等。

JANSI 之主要業務內容包括國內外核電廠運轉資訊之分析、電力事業者運轉實績之分析評估、與 INPO、WANO 合作執行同業評估、支援事業者之自主保安活動、安全文化特遣團活動、核能相關民間規格之整備、技術能力基礎之整備、核能技術人員之培養等。JANSI 與台灣方面近年來交流相當密切，2011 年東日本大震災後，當時的理事長藤江先生於 4 月 26 至 27 日率領永田匡尚、鈴木義和、北村信行 3 位部長及 1 位翻譯人員自費來台，於原子能委員會舉行福島第一核電廠事故說明會。拜會 JANSI 目的之一係在瞭解該協會在福島事故之後的作為，雙方並就合作交流項目廣泛交換意見，特別是釐清福島事故中尚未清楚的疑點以及在核能安全問題中討論。

首先我方與 JANSI 進行了福島相關的討論，在 2011 年的福島事故中，經過兩年時間，許多當時對於事故發展的推測也得到了證實。

除了福島事故與電廠安全設備的評估，也與 JANSI 討論關於核能電廠功率提升的安全性議題。並提供我方在執行核能電廠功率提升時的一些經驗。

Q：外電喪失的主要原因為？A：土石流。實際上，電廠有設計地震自動停機功能，實際上，福島第一核電廠的機組停機是由地震觸發，而非喪失外電。

Q：為何將 IC 關閉？二、三號機的 RCIC 狀況是？A：因降溫率太高。有些人懷疑是否發生 LOCA，但運轉員觀測到運轉壓力是穩定的，因此估計應是沒有發生 LOCA。IC 若正常運轉，可支持約 8 小時左右。而二號機的 RCIC 之所以能維持 70 小時原因，則是該廠工作人員已經強制 RCIC 開啟(Stuck Open)。在三

號機的部分，則是 RCIC 與 HPCI 交替，24 小時後電池容量用罄。

Q：關於氫氣問題？A：氫氣洩漏是由於高壓導致滲透密封。在一號機部分，氫爆發生於反應器廠房五樓，達到氫氣爆炸的下限為 312 公斤(約占該樓層 18.3%的體積)，而根據事後的模擬，一號機爐心損傷，並總共產生了 900 公斤左右的氫氣，在氫氣量的方面是足夠產生氫爆的。同樣，在三號機方面，達到氫氣爆炸的下限為 371 公斤，根據事後的模擬，三號機爐心損傷，並總共產生了 550~700 公斤左右的氫氣。四號機的氫爆發生於該機反應器廠房四樓，由於其空間較小，達到氫氣爆炸的下限為 74.2 公斤，而氫爆氫氣來源則是由三號機流入。

Q：爐心現在狀況？A：目前評估，一號機、二號機、三號機都已經發生爐心熔穿，估計，一號機是在地震後 15 小時發生爐心熔穿。二號機則是 109 小時，三號機為 66 小時。

Q：事後的改善？A：事後日本各個核電廠都針對防範地震與海嘯、加強電源供應、替代性的熱沉、氫氣洩漏的防範、替代水源的確保等等做了相當完善的硬體補強。在軟體方面也規畫人員的教育，嚴重事故的演練等等。



圖 5-1：討論後與 JANSI 人員合影

（六）訪問東京大學

7 月 30 日同清華大學一行人一同赴日本東京大學訪問，上午訪問東京大學工學院，並拜會其院長。下午訪問該院的核能工程與管理學部，由我方與日方輪流介紹彼此的現況與研究概要。

會議中討論議題包括福島事故的核能安全，日本在福島事故後的核能政策，同時也提出討論關於核能電廠功率提升的安全性議題。



圖 6-1：本所高組長致贈東京大學勝村教授禮物



圖 6-2：拜會東京大學工學院院長



圖 6-3：在東京大學安田講堂前合影



圖 6-4：與東京大學交流

三、心得

- (一) 日本福島核災是因大地震與海嘯，所引起的重大核能災害。未來核能電廠若要繼續營運，則其主要議題將不可避免地與核能安全掛勾在一起，核能電廠必須加強其防災措施，改善其安全文化，才能恢復民眾對核能的信心。
- (二) 日本核能機組目前僅有兩部機組運轉，導致目前日本的電力 90%來自火力發電，高漲的電費，不安定的電力供給，都將對日本民眾生活與經濟發展造成影響。對於天然資源匱乏的國家，為確保國家競爭力，同時壓低碳排放以避免溫室效應惡化，核能發電仍是重要的選項之一。
- (三) 福島事故後，日本各核能電廠均積極補強，與增加防災改善措施，如興建或墊高海堤、加強廠房水密工程、重要建築防震、增設緊急發電機與購置機動防災設備等，我國電廠也業已增購配備，以備不時之需。綜觀福島事故，事故初期電廠人員因缺乏嚴重事故訓練，缺乏開啟 SRV 與 AOV 所需的電源與氣源，虛擲許多寶貴的救援時間，若當時事故發生之時能及時提供這些設備所需之動力，或預備相應的移動式設備，或可在第一時間挽救電廠。
- (四) 福島事故之後，日本及我國的民眾普遍缺乏對於核能發電的信心。目前均已展開與民眾的溝通，希望能重獲民眾信賴。
- (五) 核能安全是世界性問題，台日雙方必須有同舟共濟的觀念，並要落實核能資訊交流，互相合作。
- (六) 天災的強度充滿不確定性，核能電廠的安全防線不能僅依靠設計時考量的設計基準事故。福島核災之後，徹底檢討核能電廠的弱點，擬定並部署對抗超過設計基準事故的措施，今後仍需戰戰兢兢，如履薄冰，才能確保核能安全。

四、建議事項

- (一) 這次赴日本參與核安研討會，會中有許多寶貴意見，會後參訪濱岡與美濱兩座核電廠，均在福島事故之後，進行電廠補強措施，詳如本文第二節過程中，值得我國參考。
- (二) 安全文化的培養，沒有安全即沒有核能，核能安全是世界性問題，各國必須有如履薄冰的觀念，並落實核能資訊交流。
- (三) 天災強度充滿不確定性，核能電廠的安全防線不能僅依靠設計基準事故。福島核災之後，我國已徹底檢討核能電廠的弱點，擬定並部署對抗超過設計基準事故的措施，今後仍需戰戰兢兢，如履薄冰，才能確保核能安全。

五、附 錄

一、台日核安研討會簡報資料