

出國報告（出國類別：其他）

第 26 屆台日核安研討會公差報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：馬殷邦 所長

廖俐毅 研究員

張栢菁 研究員

派赴國家：日本

出國期間：100 年 7 月 24 日~100 年 8 月 4 日

報告日期：100 年 9 月 1 日

摘 要

第26屆台日核能安全研討會由日本原子力產業協會(Japan Atomic Industrial Forum, Inc., 簡稱JAIF)主辦，台方由原子能委員會放射性物料管理局、中華核能學會協辦，舉辦日期為2011年7月26、27日，地點於日本東京世界貿易中心。本次研討會議係以福島事故為討論主軸，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16篇論文，議程包括「福島事故概要說明」、「福島事故後之核電廠安全評估」、「福島事故外釋放射性物質之環境輻射影響」、「福島事故之社會衝擊」，不但可瞭解福島事故成因及應變情形，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，反思如何增進環境輻射監測作為、強化民眾溝通。

7月25日，馬所長率團參加關西懇談會，討論「海嘯與安全度評估」、「超出設計基準事故安全應變措施」、「福島核事故後台電安全總體檢及應變措施」、「福島第一核電廠事故及日本核能之未來」等議題。

7月28日，日方安排前往茨城縣東海村，參訪日本原子力研究開發機構東海村核設施，包括高功率質子加速器設施(J-PARC)及核燃料循環工學研究所。

7月29日，廖俐毅博士參訪日本原子力技術協會，8月1日到4日，廖俐毅博士參加第八屆JNES-NuSTA會議以及參訪日本女川、東海第二核能電廠。

目 次

摘 要

(頁碼)

一、目 的	3
二、過 程	4
三、心 得	63
四、建 議 事 項	66
五、附 錄	68

一、目的

台(中)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(Japan Atomic Industry Forum, JAIF, 現已更名為日本原子力產業協會)共同發起, 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26屆, 由日本原子力產業協會(Japan Atomic Industrial Forum, Inc., 簡稱JAIF)主辦, 台方由原子能委員會放射性物料管理局、中華核能學會協辦, 舉辦日期為7月26、27日, 地點於日本東京世界貿易中心(World Trade Center, Tokyo, Inc.)。

本次研討會議係以福島事故為討論主軸, 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16篇論文, 議程包括「福島事故概要說明」、「福島事故後之核電廠安全評估」、「福島事故外釋放射性物質之環境輻射影響」、「福島事故之社會衝擊」, 不但可瞭解福島事故成因及應變情形, 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, 反思如何增進環境輻射監測作為、強化民眾溝通。

7月25日, 因主委另有要公, 馬所長代理率團參加關西懇談會, 討論「海嘯與安全度評估」、「超出設計基準事故安全應變措施」、「福島核事故後台電安全總體檢及應變措施」、「福島第一核電廠事故及日本核能之未來」等議題。

7月28日, 日方安排前往茨城縣東海村, 參訪日本原子力研究開發機構東海村核設施, 包括高功率質子加速器設施(J-PARC)及核燃料循環工學研究所。

7月29日, 馬所長與張栢菁博士回國, 廖俐毅博士參訪日本原子力技術協會, 8月1日到4日, 廖俐毅博士參加第八屆JNES-NUSTA會議以及參訪日本女川、東海第二核能電廠。

二、過 程

(一)公差行程

日 期	行 程	工作紀要
7/24(日)	桃園→日本大阪	馬所長行程
7/25(一)	1.日本大阪； 2.日本大阪→日本東京 3.台北→日本東京	1.馬所長率團參加關西懇談會 (因主委另有要公，馬所長代理率團) 2.馬所長行程 3.廖俐毅博士、張栢菁博士行程
7/26(二)、7/27(三)	日本東京	馬所長等三人參加台日核能安全研討會
7/28(四)	東京→東海村→東京	參訪日本原子力研究開發機構
7/29(五)	1.日本東京→桃園 2.日本東京→台北	1.馬所長行程 2.張栢菁博士行程
7/29(五)	日本東京	廖俐毅博士參訪日本原子力技術協會
7/30(六)、7/31(日)	日本東京	廖俐毅博士假日資料整理
8/1(一)	日本東京	廖俐毅博士參加第八屆JNES-NUSTA會議
8/2(二)	東京→女川	廖俐毅博士參訪女川核能電廠
8/3(三)	女川→東京→東海→東京	廖俐毅博士參訪東海第二核能電廠
8/4(四)	日本東京→桃園	廖俐毅博士行程

(二)公差歷程

1.關西懇談會(100年7月25日，馬所長擔任領隊)

社團法人日本原子力產業會議(Japan Atomic Industrial Forum, Inc., 簡稱JAIF)創立於1956年，自2006年4月1日起更名為社團法人日本原子力產業協會，英文名稱則維持不變。JAIF設立之目的係針對日本能源問題，從事各種同位素及放射線的應用，希望結合各界之協助合作，促進核能和平應用，以利國民經濟及社會福利等之健全發展。

JAIF於每年4月間舉行年度大會，除日本以外，歐美等核能先進國家均派員參加，可說是全球核能界的年度盛會，近年來我國每年均組團出席。「關西原子力懇談會」為JAIF之地方組織之一，歷來與我國原子能委員會建立良好互動關係，原子能委員會常藉赴日開會之便安排前往拜會，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員密切連繫。本次關西懇談會原規劃由蔡主任委員率團前往，惟因另有要公，由本所馬所長代理率團。會議議程如下：

第 23 回 日華原子力連絡会議 次第

平成23年7月25日

(言語：日中逐次通訳、資料：英語)

1. 日 時	平成23年7月25日(月) 10:30～13:30
2. 場 所	・関電会館5・6号室(連絡会) 10:30～12:30 ・関電会館1・2号室(昼食・懇談) 12:30～13:30 (大阪市北区中之島3-6-16 関電ビルディング4F / TEL:06-6441-6800)
3. 開 会	・歓迎の挨拶 宮崎 慶次 関西原子力懇談会 理事 ・訪問の挨拶 馬 殷邦 行政院原子能委員會 核能研究所 所長
4. 会 議	テーマ「福島第一事故による安全対策の見直し」 議 長・宮崎 慶次 関西原子力懇談会 理事 【日本側発表】・原子力施設の津波によるリスク評価標準の開発について (30分) Development of AESJ Standard for Tsunami PRA 山口 彰 大阪大学大学院 工学研究科 教授 ・東日本大震災にかかわる関西電力の対応について (30分) Kansai Electric's Plant Safety Improvement Measures Taking into Account the Consequences of Tohoku Pacific Offshore Earthquake 大濱 稔浩 関西電力 原子燃料サイクル部長 【台湾側発表】・設計基準を超える事故に対する対策について (20分) Proactive Plans & Countermeasures to Beyond Design Basis Accident 林 志鴻 台湾電力公司 核能發電處 副處長 【特別講演】・福島第一原発事故の考察と日本の原子力の将来 (15分) Consideration on Fukushima-1 Accident and Future of Nuclear Energy in Japan 宮崎 慶次 関西原子力懇談会 理事 【質疑応答】 (20分) ～ 1・2号室へ移動 ～

會議安排日方發表「海嘯與安全度評估」及「超出設計基準事故安全應變措施」簡報，台方則由台電公司由林志鴻副處長發表「福島核事故後台電安全總體檢及應變措施」，另由關西原子力懇談會宮崎慶次理事發表特別演講「福島第一核電廠事故及日本核能之未來」。

相關簡報說明如後：

1.1 複合式外部事件(海嘯)與安全度評估(PRA)分析(大阪大學山口彰教授)：

福島事故曝露了複合式外部事件之安全度評估的盲點，也就是複合式外部事件可能發生的最大規模與頻度，及發生災害的情節演化均難以模擬，惟有不斷的改善地震、火災、洪水、海嘯評估程式，才能有效提升抗複合式外部事件的能力。

美國三哩島核能電廠發生部分爐心損壞的事故後，核能管制單位要求各核能電廠執行個廠之安全度評估，其目的為估算爐心熔損事故之年發生機率，以及找出設備及程序書之弱點，並加以改善。隨後全球核能電廠依安全度評估分析的結果來進行各項改善工作，例如：新增緊急柴油發電機，大幅地增強應付喪失廠外供給交流電源事件的能力，此外也強化了耐震、颱風、防火、防洪、防海嘯之功能。其後各國仍持續進行各項PRA技術精進工作；同時將其應用推廣至相關領域，如核能電廠大修計畫排程風險評估、火災分析與防火包覆評估，以及安全系統之線上維修分析等。

1.2 超出設計基準事故安全應變措施(關西電力公司大濱稔浩部長)

關西電力公司對於東北沿岸地震所進行安全改善措施(針對PWR)

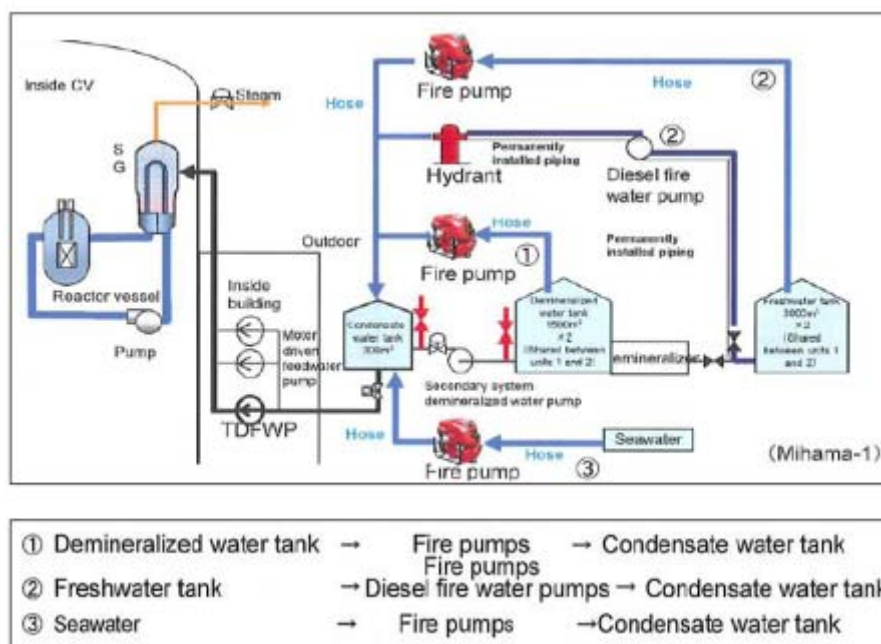
安全停機設備對於地震時需能確保正常停機、維持冷卻、防止放射物質外釋的功能，各項功能所要求如下：

- (1)停機：確保爐心內的完整性、確保控制棒完整性並確保控制棒可順利插入。
- (2)冷卻：餘熱移除泵完整性、餘熱移除系統的管路完整性。
- (3)圍阻體：反應器壓力槽完整、一次側冷卻管路完整、蒸氣產生器完整、圍阻體完整。

要保持安全停機設備正常運作需保持建築物的完整性，包括反應器廠房完整、輔助廠房完整。

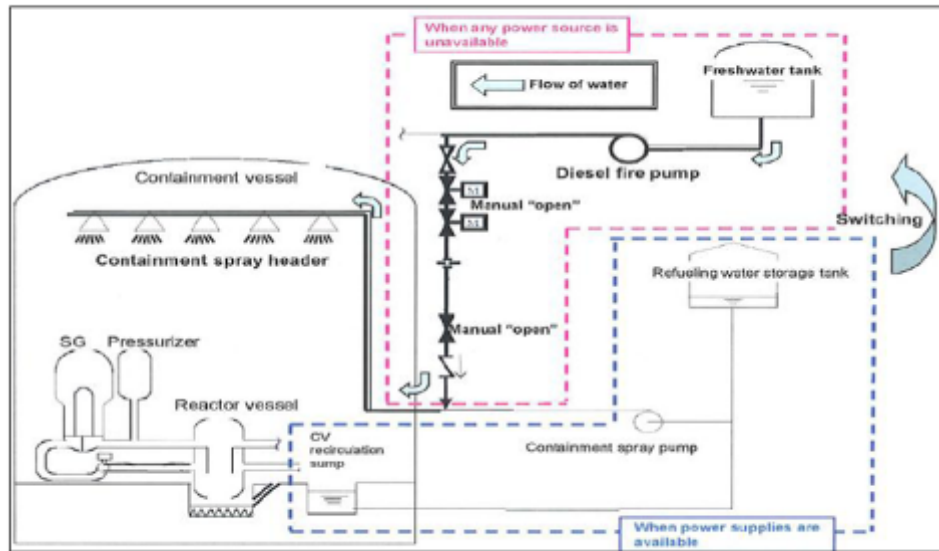
當外電喪失、柴油發電機無法啟動之全黑狀況發生時：

- (1)反應器：
 - ①停機：利用重力插入控制棒。
 - ②冷卻：利用蒸氣動力泵冷卻爐心。
 - ③圍阻體：將放射性物質保留在圍阻體內，利用消防車冷卻圍阻體防止圍阻體壓力上升。



利用消防泵及其他設備冷卻爐心

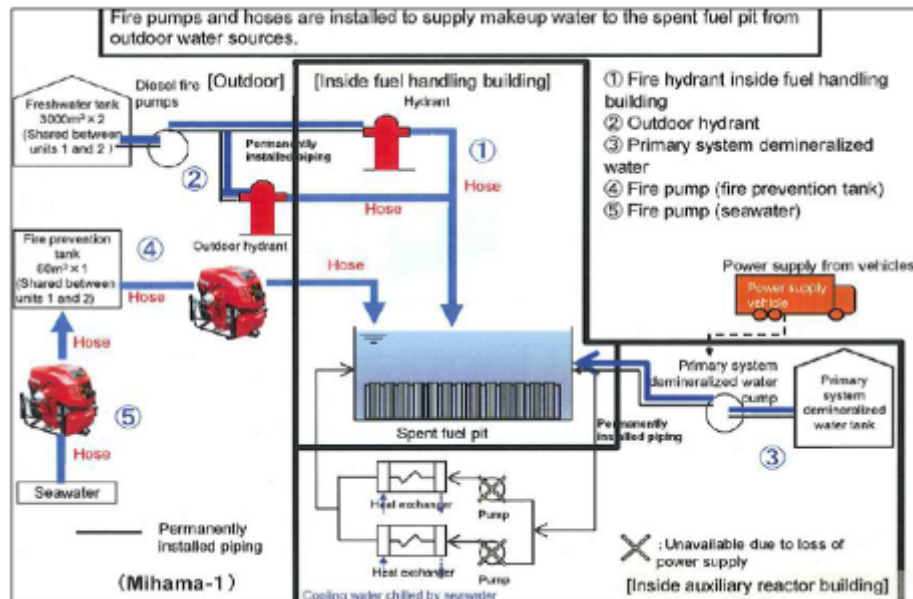
喪失電源時利用消防車替代圍阻體噴灑幫浦



供電正常時圍阻體內噴水降壓

冷卻圍阻體防止圍阻體壓力上升

(2)燃料池：主要為維持冷卻，可利用消防栓以及消防車冷卻燃料池。



利用消防泵及其他設備冷卻燃料池

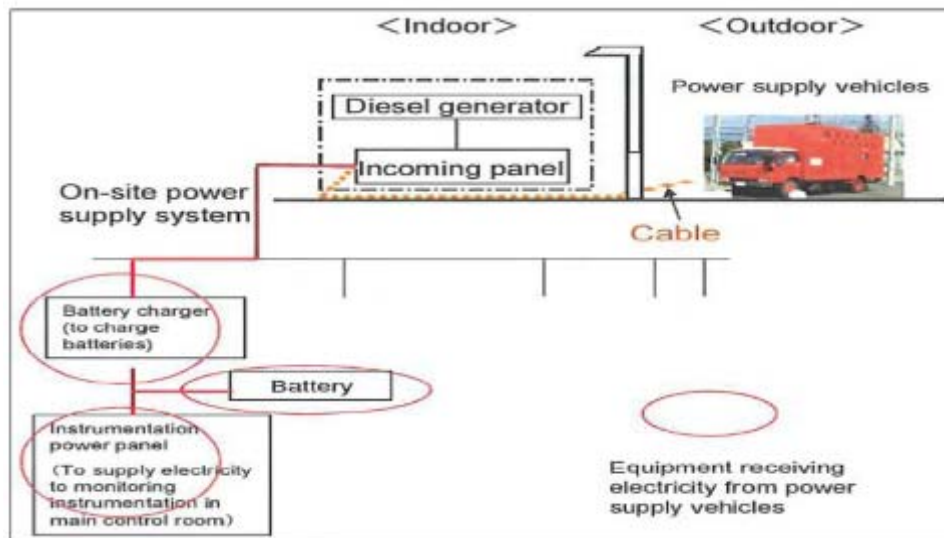
經產省訂定緊急安全措施：

- (1)檢查緊急應變項目
- (2)檢討緊急應變計畫和實施應急演練
- (3)確保緊急時供電正常
- (4)確保緊急時移熱正常
- (5)確保緊急時燃料池移熱正常
- (6)對於廠房結構特徵實施及時改善

關西電力公司提出之緊急安全措施大綱：

- (1)設備方面：電源取得來源、消防設施、防水能力(防水門)
- (2)人員方面：模擬訓練發生喪失交流電源、訂定程序書及實施訓練

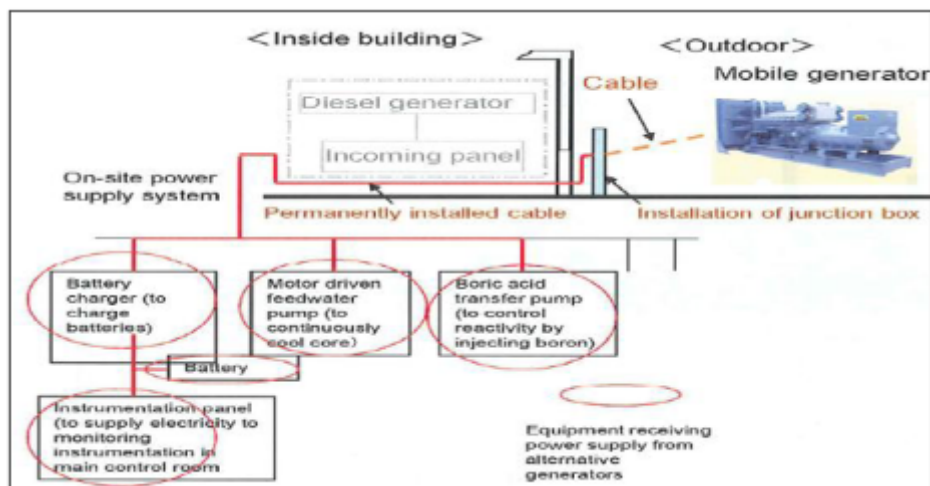
(3)部署電源供應車(確保控制室儀錶正常供電)，每個機組一部，共11部



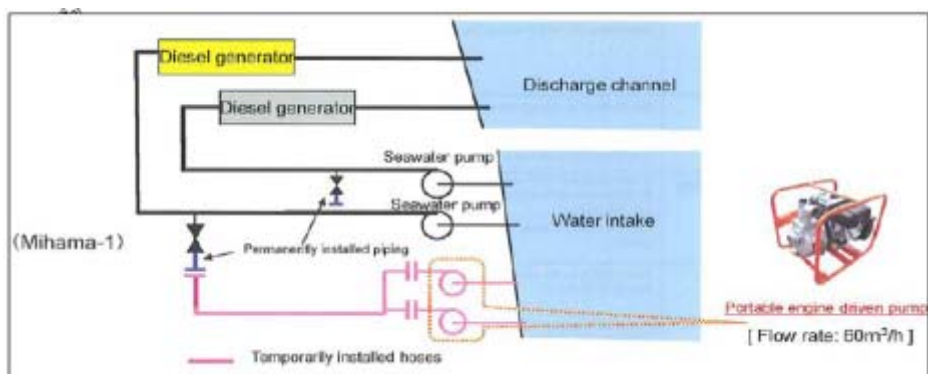
部署電源供應車(確保控制室儀錶正常供電)

提高重複性及多樣性以確保安全：

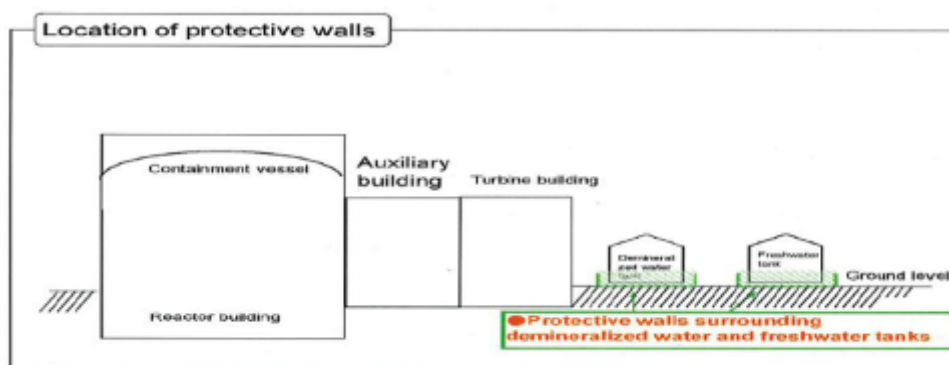
- (1)確保電源供應正常：增加緊急柴油發電機、增加可攜式柴油泵(抽海水)。
- (2)確保爐心冷卻正常：修改水槽與廠房間的管路、增建牆壁保護水槽。
- (3)確保燃料池冷卻正常：鋪設冷卻水注水管使補水方式更加多元、加強燃料池冷卻系統的抗震能力。
- (4)用以保護重要安全設施的措施：增建防波堤及加高岸高、以防水門保護重要設施、增加保護海水抽水馬達的設施。
- (5)增加氣冷式柴油發電機以確保控制室供電正常。



增加緊急發電機確保電源供應正常



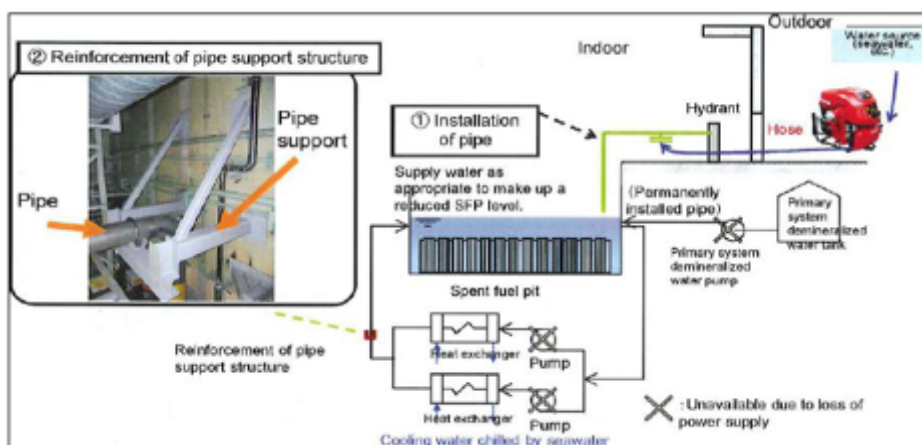
當海水泵失效，利用可攜式柴油泵緊急供應餘熱移除與設備冷卻所需的海水



增建圍牆保護儲水槽

(6) 安裝利用防火設施對燃料池注水的管線。

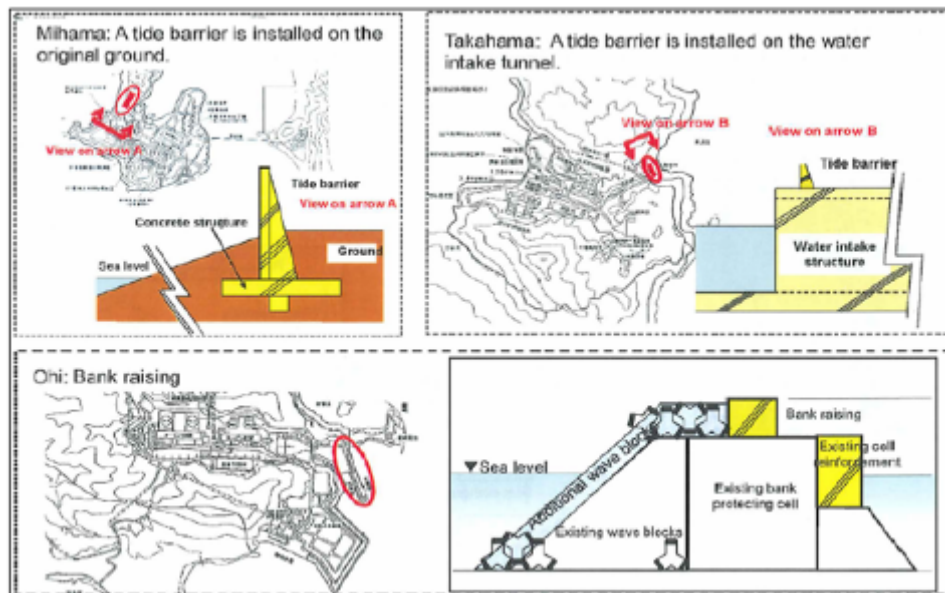
(7) 增加燃料池冷卻系統的抗震度。



增加燃料池冷卻系統的抗震度

關西電力公司針對核電廠全黑事件的安全措施：

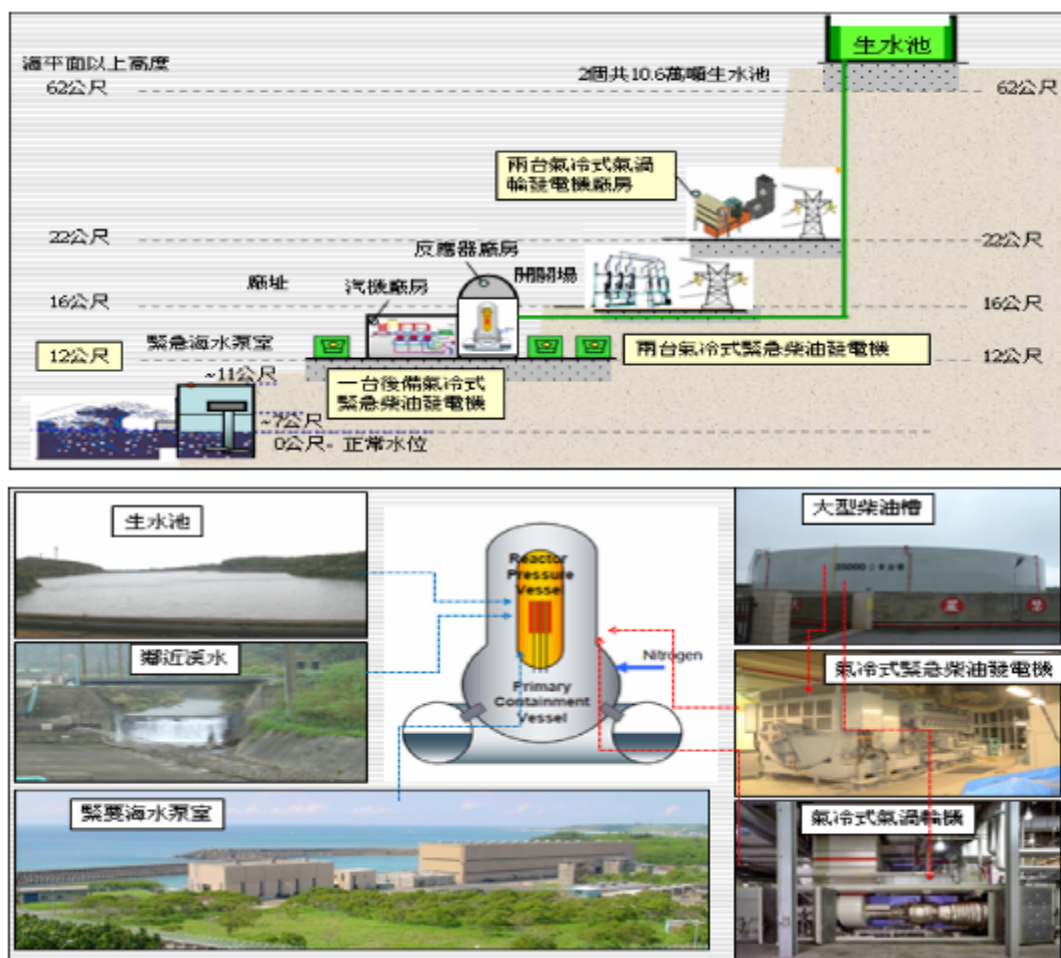
- (1) 失去交流電源時核能機組可利用蒸氣推動的注水幫浦對蒸汽產生器注水，對爐心進行間接冷卻，蒸汽產生器產生的蒸氣直接排至大氣。
- (2) 關西電力公司的核電廠圍阻體有很大的容量，當喪失交流電時可利用消防設施進行圍阻體噴灑，保持圍阻體冷卻。
- (3) 可利用消防設施對燃料池進行補水。



增建防波堤且強化增高既有堤岸

1.3 福島核事故後台電安全總體檢及應變措施(台灣電力公司林志鴻副處長)

(1) 台電核能電廠深度防禦特色



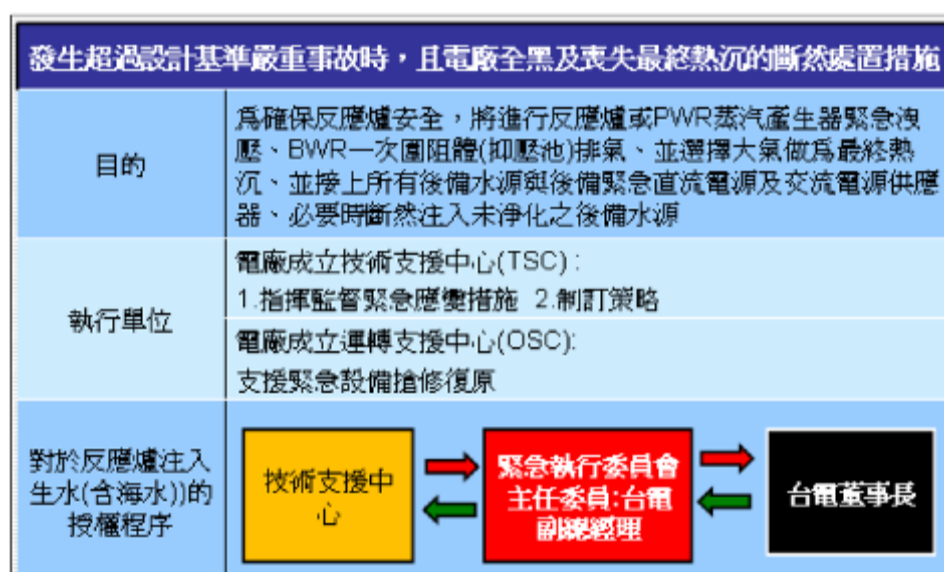
台電核能電廠之深度防禦特色

(2)台電公司超出設計基準事故預防計畫：

超出設計基準事故預防計畫		
1.	海嘯防範	評估及加強核能電廠的防海嘯能力
2.	地震防範	評估及加強核能電廠的防地震能力
3.	增加反應爐或PWR蒸汽產生器注水的能力	多重後備水源建立：冷凝水槽、除礦水槽、貯存池、溪流、湖泊；增加消防車、水箱車、深水泵及引擎驅動泵的部署。
4.	提升直流、交流電源與氣源的可靠性	將準備多樣的後備交流電源支援，包括：4.16KV的電源車及480V、220V移動式發電機；並備妥移動式空氣壓縮設備。
5.	技術支援中心	規畫並建立有效率的指揮及策略決定機制，來處理超出設計基準事故，進一步評估「核電廠緊急計劃」妥適性。
6.	斷然處置措施指引	建立「斷然處置措施指引」，作為超出設計基準事故應對準則。
7.	反應爐與燃料池長期冷卻規劃	對超出設計基準事故發生後長期冷卻計畫進行規劃。
8.	救援物資管理	各項救援物資進行整合性管理。

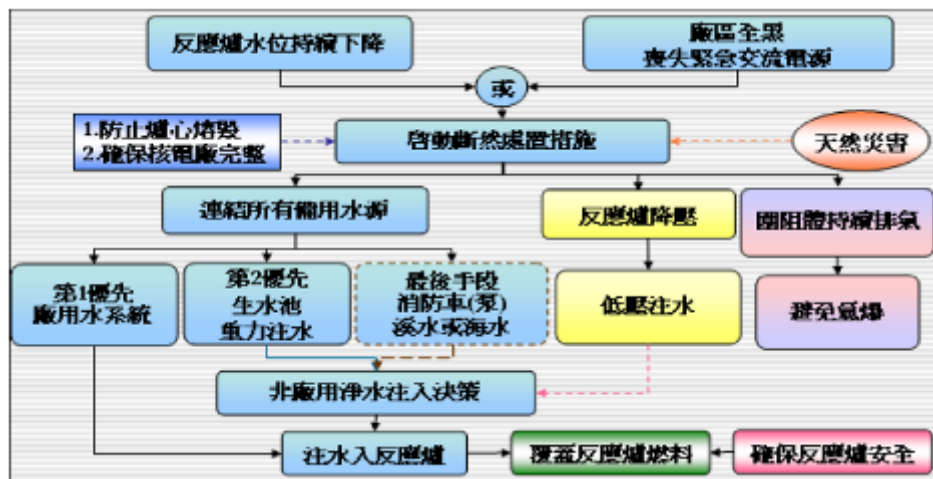
台電公司超出設計基準事故預防計畫

(3)發生超過設計基準嚴重事故時，且電廠全黑及喪失最終熱沉的斷然處置措施：



斷然處置措施

(4) 斷然處置措施流程：



斷然處置措施流程

2. 第26屆台日核能安全研討會(100年7月26、27日)

第26屆台日核能安全研討會在日本東京舉辦，是由日本原子力產業協會(JAIF)主辦，原子能委員會放射性物料管理局、中華核能學會協辦，會議地點為東京世界貿易中心，台方參加本次會議有原子能委員會、核能研究所、輻射偵測中心、放射性物料管理局、台灣電力公司、國立清華大學、核能資訊中心、核能科技協進會、中華核能學會、工業技術學院、台灣核能級產業發展協會、中技社、中興工程、亞炬企業有限公司等共38人參加，由原子能委員會蔡春鴻主任委員擔任團長，本所馬所長及台灣電力公司徐懷瓊副總經理擔任副團長。日方代表除東京電力公司、中部電力公司、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；總參加人數近100人。本次會議日期為7月26、27日，為期一天半，共有四大議程，分別為「福島事故概要說明」、「福島事故後之核電廠安全評估」、「福島事故外釋放射性物質之環境輻射影響」、「福島事故之社會衝擊」，共計有16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。



日本東京世界貿易中心



第26屆台日核能安全研討會與會人員合影



第26屆台日核能安全研討會研討會場

第26屆台日核能安全研討會第一天(7/26)議程

100 年 7 月 26 日(星期二)

Opening Session (9:30-10:10)

“The changes in Japanese nuclear industry from the previous seminar” (20 min.)

Mr. Takuya Hattori, President, JAIF

“Outline of government activities in response to the Japan earthquake” (20 min.)

Dr. Chuen-Horng Tsai, President, Chung-Hwa Nuclear Society

Session 1: Outline of Fukushima Accident (10:40-11:50)

Chairperson: Prof. Kazuhiko Kudo, Professor, Kyushu University

[Presentation from Japan]

“Effects of the Earthquake and Tsunami on the Fukushima Daiichi and Daini Nuclear Power Stations” (50 min.)

Mr. Masayuki Ono, General Manager, Process Improvement Group,
Nuclear Quality & Safety Management Dept., Tokyo Electric Power Co., Inc.

[Discussion with the floor] (20 min.)

Session 2: NPP Safety Review after Fukushima Accident (14:00-15:35)

Chairperson: Mr. Hwai-Chiung Hsu, Vice President, Taiwan Power Company

[Presentation from Japan]

“Urgent (Short-Term) and Middle-Long Term Countermeasures for Tsunami at Hamaoka Nuclear Power Station based on the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake” (30 min.)

Mr. Takanobu Kakuki, Assistant Manager, Design & Engineering Group,
Nuclear Power Dept., Nuclear Power Div., Chubu Electric Power Co., Inc.

[Presentation from Taiwan]

“Safety Re-assessment of Taiwan’ s Nuclear Power Plants after Fukushima Daiichi Accident” (15 min.)

Mr. Wen-Chun Teng, Section Chief, Department of Nuclear Regulation,
Atomic Energy Council

“Proactive Plans & Countermeasures to Beyond Design Basis Accident (BDBA) of Nuclear Power Plant” (15 min.)

Mr. Chih-Hung Lin, Deputy Director, Department of Nuclear Generation,
Taiwan Power Company

“Reevaluation of the Impact of Earthquakes and Tsunami on Nuclear Power Plants in Taiwan” (15 min.)

Mr. Teng Fung Yang, Taiwan Power Company

[Discussion with the floor] (20 min.)

Session 3 Fukushima Accident: Radiation Effects to the Environment (16:00-17:20)

Chairperson: Mr. Ming-Te Hsu, Deputy Director, Atomic Energy Council

[Presentation from Japan]

“Behavior of radionuclides in the environment and impacts of Fukushima Dai-ichi NPP” (30 min.)

Dr. Satoshi Yoshida, Planning and Promotion Unit Leader,
Research Center for Radiation Protection,
National Institute of Radiological Sciences (NIRS)

[Presentation from Taiwan]

“Radiation Protection Measures in Response to Japan’ s Fukushima Nuclear Accident” (15 min.)

Dr. Ruoh-Tsann Lee, Atomic Energy Council/ Dept. of Radiation Protection

“Review of Environmental Radiation Monitoring Implementation in Taiwan” (15 min.)

Mr. Chi Chang Liu, Radiation Monitoring Center, Atomic Energy Council

[Discussion with the floor] (20 min.)

第 26 屆台日核能安全研討會第二天(7/27)議程

100 年 7 月 27 日(星期三)

Panel Session: Fukushima Accident - Impact to the Society (9:00-11:40)

Chairperson: Mr. Nobuo Ishizuka, Senior Managing Director, JAIF

[Keynote Presentation] (20 min.)

“Fukushima Accident - A view from Taiwan and effect to the Taiwan's public opinion”

Dr. Tieh-Chi Chu, President, Nuclear Information Center

[Short Presentation from the Panelists] (4 panelists, 15 minutes each)

- **“Crisis Communication in the Fukushima Accident”**

Prof. Shoji Tsuchida, Faculty of Safety Science, Kansai University

- **“From the perspective of NPP Siting Area”**

Mr. Toshiro Kitamura, Consultant, JAIF

- **“The Impacts on Taipower Nuclear Power Plants after Fukushima Accident”**

Mr. Hwai-Chiung Hsu, Vice President, Taiwan Power Company

- **“Lesson-Learned from Fukushima Accident and It’ s Impact on Related Research Program in Taiwan”**

Dr. Lih-Yih Liao, Director, Nuclear Regulatory Technology Support Center,
Institute of Nuclear Energy Research

[Panel Discussion] (30 min.)

[Discussion with the floor] (20 min.)

Closing Remarks (11:40-11:50)

- Dr. Chuen-Horng Tsai, President, Chung-Hwa Nuclear Society

- Mr. Takuya Hattori, President, JAIF

2.1 會議開幕式

會議開幕式，首先由日方JAIF理事長服部拓也先生(Mr. Takuya Hattori)致詞，歡迎詞中提及福島事故議題時，他特別強調：「我們低估了海嘯對於多座電廠的威脅。…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，尤其是可能會發生共同模式（common mode）事件，例如大洪水的核電廠地點。」，過去總認為，核電廠之「深度防禦」設計，指的是現場擁有數個、多重、多樣、獨立的安全系統。由於工程人員缺乏想像力，我們對於極端的外部事件，總是認為不會發生，導致這一悲劇發生，尤其是會影響許多系統的單一事件，也稱為「共因失效模式」事件。「共因失效模式」指的是單一事件（例如海嘯）足以一次癱瘓許多安全系統。核電廠必須重新分析其危險，以確保在合理的範圍內，不會因為單一事件或連鎖事件癱瘓多個安全系統導致重大故障。需確保超過設計基準之核能安全及與事故後資訊透明，如此核能發展才會有重新站起來的機會。



JAIF理事長服部拓也先生開幕致詞

接著由原子能委員會蔡春鴻主任委員致開幕詞，題目為「原能會對福島事故因應措施之說明」，進入演講主題前先對 311 日本東部大地震、強烈海嘯、以及福島核電廠事故的所有受災人民表達最誠摯的關懷及慰問，其後就行政院原子能委員會及相關機關對福島事故相關因應措施提出簡要說明。台灣針對福島事故之相關作為包括啟動國家緊急應變機制、境外因應措施、邊境管理措施、境內處置措施等。於啟動國家緊急應變機制方面，台灣政府為因應日本強烈地震後所引發海嘯的侵襲，於 3 月 11 日即成立行政院層級的中央災害應變中心，隨著福島事故的惡化，原能會於 3 月 12 日成立應變小組。而屬於總統府層級的國家安全會議，也自 3 月 13 日開始，針對日本核能事故之發展，召開多次專案會議，掌握最新事故狀況，並要求各相關部門從境外、邊境及境內三個面向，落實各項因應處置作為。境外因應措施包括掌握境外核能相關單位資訊及媒體報導、預測福島一廠外釋放射性物質之大氣擴散軌跡、指派船艦赴台灣地區外海監測輻射值。邊境管理措施包括國際機場日本入境旅客輻射偵測、日本進口食品及貨品之管制與檢測(食品檢測、工業產品及重要零組件之管制與檢測、進口貨櫃輻射檢測)、監控台灣漁船作業海域及檢測漁撈產品(監控台灣漁船作業海域、檢測漁產品及沿近海漁船作業海域之水體、檢測秋刀魚場水體)。境內處置措施包括進行台灣地區環境輻射監測、執行核電廠安全總體檢、媒體處理及溝通宣導(透過記者會及公聽會等向外說明、電子媒體宣導、設置網頁說明專區、免費演講服務)、辦理複合式災害緊急應變演習。

蔡主委亦說明台灣目前尚在進行各核電廠的總體檢工作，也會陸續向外界說明各階段的評估結果；日本除了 19 部運轉中的機組之外，尚有近 30 部機組殷切等待執行壓力測試後可

恢復啟動。回顧全世界核能發電的歷史，1979 年的美國三哩島核能事故、1986 年的前蘇聯車諾堡核能事故、以及今年日本福島核電廠事故，雖帶給核能從業人員相當大的震撼與挫折，但也提供了核能安全技術研究及實務運作許多寶貴的經驗與教訓。福島事故的經驗回饋（Lessons Learned）在 6 月底國際原子能總署（IAEA）主辦的部長級會議有深入的報告，這些經驗回饋都會納入台日雙方的總體檢或壓力測試項目，不過尚有些福島事故的啓示值得核能界再更深入作研究或檢討的，譬如說：在核電廠安全設計理念中，共因失效對於傳統多重性、多樣性和深度防禦原則的衝擊；過去 IAEA 所推動的「核安文化」是否有所不足，或者因前兩次事故時間久遠，安全文化的落實已稍有鬆動。

以三哩島核能事故及蘇聯車諾堡事故的檢討經驗，包括日本在內的各國及各核能組織（IAEA、OECD/NEA 等）對福島核電廠事故的檢討，仍然會持續相當長的時間，並將會透過各種學術會議來集思廣益或尋求共識，並對外公布。以台日雙方如此緊密的核能交流，期盼彼此在後福島事故期間，更能提升合作關係及交流層次，特別是對核電廠安全防護機制的檢討評估，除了雙方更密切交換資訊及經驗外，更期能共同協力參與國際間的相關活動，讓多年來台日核能安全研討會所奠定的合作基礎，更加延伸及擴大，共同促進全世界之核能安全，重建民眾對核能發電的信心，這將會是一條艱困而長遠的路，有賴大家的堅持和努力。



原子能委員會蔡春鴻主任委員開幕致詞

2.2 會議議程 - 福島事故概要說明

此議程由九州大學工藤和彥教授(Prof. Kazuhiko Kudo, Kyushu University)主持，東京電力公司尾野昌之(Masayuki Ono)發表「Effects of the earthquake and Tsunami on the Fukushima Daiichi and Daini Nuclear Power Stations」，其簡報摘要如下：

日本福島一廠發生嚴重核子事故是因為發生強烈地震與海嘯，初生的日本Soma海嘯，海嘯最高高度並未超出設計基準5.7公尺（實際約5.2公尺），但是不同海域的海嘯抵達福島一廠時，發生超乎預期的疊浪效應，且規模達到約13公尺，超出電廠之原設計基準5.7公尺，海嘯衝毀緊急救援設備，反應爐裡的核燃料失去水的淹蓋，使得燃料護套材料之鋯金屬，在高溫下與水蒸汽反應產生氫氣，經大量快速燃燒造成爆炸現象，當初設計基準之海嘯巨浪(5.7公尺)，其錯誤是沒有考慮海嘯巨浪同時重疊抵達的可能性。



海嘯襲擊日本福島一廠造成淹水情形

福島核1廠4號機用過燃料池在311事件發生後發生冷卻水系統失效，且在2011年3月15日、3月16日分別發生兩次火災，當時因為輻射劑量過高，使得搶救人員無法得知內部情況，故懷疑燃料池有乾涸現象，使得燃料護套材料之鍍金屬，在高溫下與水反應產生氫氣，經大量快速燃燒造成爆炸現象，並非如核子彈爆炸之情形。但事後經過攝影檢查，發現4號機燃料池完整性良好，燃料也無明顯受損現象，東電也已排除4號機用過燃料池燃料發生鋁水反應、產生氫氣爆炸的可能性，上述結論的推演，業經4號機燃料池水質化驗得到初步證實。而東京電力公司更在5月17日發表聲明，由於3、4號機共用相同排氣系統，故高度懷疑4號機發生的火災是來自於3號機產生的氫氣。

有關東京電力公佈福島核1廠搶修時程：

預計核電廠反應爐要進入安全的「冷停機」狀態需要6至9個月時間，並計劃將損毀嚴重的1、3、4號反應爐廠房全覆蓋起來。東電代表表示：搶救工作目標分兩階段，第一階段為期3個月，計劃讓反應爐和核廢料池的溫度冷卻到穩定指數，力求輻射量確實減少；接下來第二階段為期3至6個月，目標是確保反應爐進入冷停機狀態。他稱，此狀態意即反應爐核燃料溫度處於沸點攝氏100度以下，冷卻系統恢復至常壓，才能控制住放射性物質外洩。兩階段合計需6至9個月。目前需克服兩大問題：一是預防1至3號爐再出現氫爆，另外是防止2號爐高輻射污水流出。東電為防止1至3號爐再氫爆，會繼續在包圍爐心的壓力容器及外側的圍阻體間注入氮氣，其後會注滿淡水，成為「水棺」，同時把損毀嚴重的1、3和4號爐的廠房覆蓋起來。日官員估計最終仍要幾年時間，才能永久掩埋和廢棄所有反應爐。核電廠建造商東芝和日立，上周都對經濟產業省提出福島核一廠的廢爐計劃估計須花費的時間，東芝估計至少10年，日立則認為須花30年。距電廠40公里遠的福島縣飯館村，也將被劃為強制撤離的「計劃避難區域」。

東電搶救福島核災時程表：

(1)第一階段：3個月內（至2011年7月）

- ・使燃料棒全浸於水中、注入氮氣、設置熱交換設備，讓反應爐降溫
- ・修補2號爐破損圍阻體，防止更多高輻射污水流出
- ・冷卻各反應爐核廢料池溫度
- ・在地面噴樹脂，阻止放射物質在空中擴散，用特別織物覆蓋反應爐建物。

(2)第二階段：6至9個月內（2011年10月至2012年1月前）

- ・使所有反應爐達「冷停機」狀態，即使溫度和壓力下降，輻射大幅減少
- ・確保高輻射污水的儲存空間，採新法處理和循環使用低輻射水
- ・用特別織物完全覆蓋1、3、4號爐整個建築。
- ・在包圍爐心的壓力容器及外側的圍阻體間注入氮氣，其後會注滿淡水，成為「水棺」。

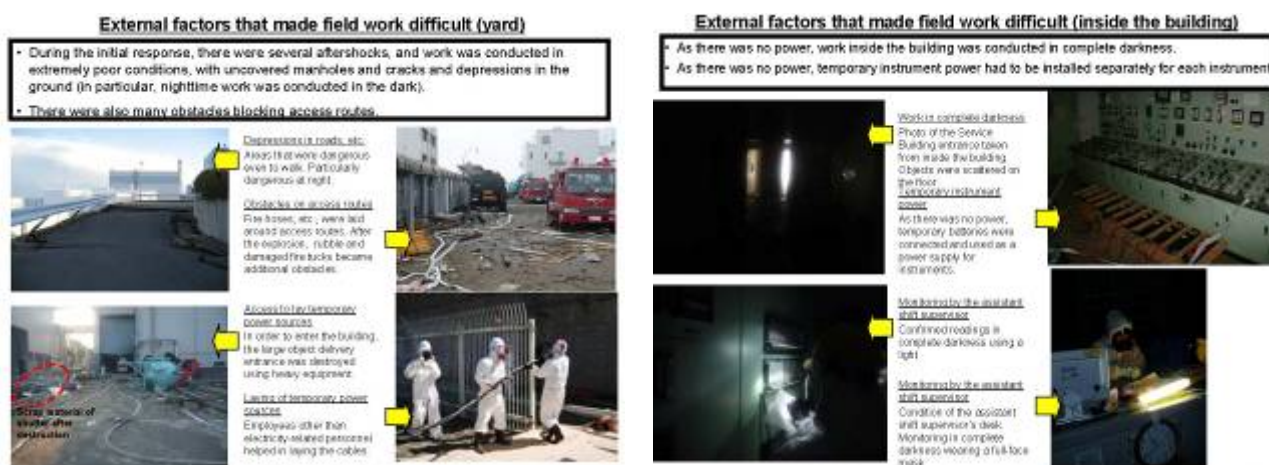
福島電廠1號機之廠房包覆工程正持續進行中，目前廠房上方（包含燃料池上方）已完全包覆，整個廠房包覆工程將於9月底完成，其他受損機組亦將使用相同設計之包覆來防止輻射物質外洩。另關於1號機燃料池現況，東電經由目式檢查與水質分析資料，推測「燃料無嚴重破損」，且上升之放射性活度並非來自燃料，而是來自氫氣爆炸後飛揚的粉塵，燃料池正常注水系統在3天前已重新啟動，雖然目前水溫未知，但充足的水源注入將保證燃料不致過熱受損。

長遠工作為建設新設施處理核電廠用水、及利用混凝土等物料完全密封電廠、將受輻射污染的土壤移走。

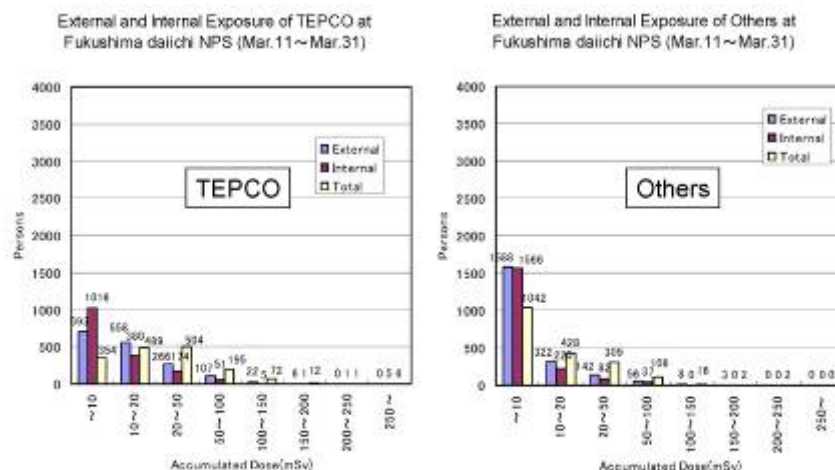
東電打算在柏崎kahiwazaki Kariwa 1~4號機裝置「防海嘯高牆並配置防水門」；未來核電廠擬加裝「高地緊急電源」與「反應爐與燃料池注水系統」。

從3月11日至6月30日，大部份搶救福島核災人員輻射曝露值之累積劑量約20毫西弗。

福島二廠海嘯浪高雖然高達14~15公尺，但二廠廠址高程達12公尺，受損較不嚴重。



影響救災因素



*Internal exposure doses of workers who underwent WBC measurement by Jul. 13 out of all the workers engaged in emergency work.
 *As for the workers who were estimated as having received internal exposure doses, the combined values of the external and internal exposure doses is shown as "Total".

東京電力公司員工及其他救援人員之體內、外劑量

2.3 會議議程 - 福島事故後之核電廠安全評估

此議程由台灣電力公司徐懷瓊副總經理(Mr. Hwai-Chiung Hsu, Vice President,

Taiwan Power Company)主持，分別由中部電力公司角木孝暢先生(Mr. Takanobu Kakuki, Assistant Manager, Design & Engineering Group, Nuclear Power Dept., Nuclear Power Div., Chubu Electric Power Co., Inc.)發表「Urgent (Short-Term) and Middle-Long Term Countermeasures for Tsunami at Hamaoka Nuclear Power Station based on the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake」、原能會鄧文俊科長(Mr. Wen-Chun Teng, Section Chief, Department of Nuclear Regulation, Atomic Energy Council)發表「Safety Re-assessment of Taiwan's Nuclear Power Plants after Fukushima Daiichi Accident」、台灣電力公司林志鴻副處長(Mr. Chih-Hung Lin, Deputy Director, Department of Nuclear Generation, Taiwan Power Company)發表「Proactive Plans & Countermeasures to Beyond Design Basis Accident (BDBA) of Nuclear Power Plant」、台灣電力公司楊騰芳組長(Mr. Teng Fung Yang, Taiwan Power Company)簡報「Reevaluation of the Impact of Earthquakes and Tsunami on Nuclear Power Plants in Taiwan」。相關簡報摘要如下：

(1)中部電力公司角木孝暢先生簡報「Urgent (Short-Term) and Middle-Long Term Countermeasures for Tsunami at Hamaoka Nuclear Power Station based on the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake」

[1] 2011年日本東北太平洋沿岸地震，濱岡核電廠短期及中、長期因應對策

a. 濱岡核能電廠短期安全緊急應變措施

福島核能廠一號機因2011年日本東北太平洋沿岸地震造成

(a)所有交流電源喪失、

(b)所有爐心冷卻功能喪失、

(c) 所有耗乏燃料池冷卻功能喪失、

針對以上三點，中部電力公司之防止爐心及燃料池受損緊急安全對策，緊急狀況下保持供電正常：

-安裝新的電池組

-利用天災專用緊急發電機供電給安全釋壓閥以降低爐心壓力

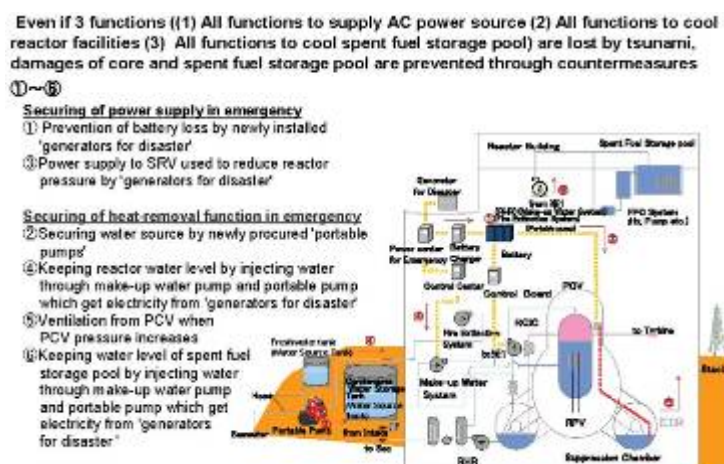
緊急狀況下保持移熱功能正常：

-添置可攜式泵以確保水的來源

-利用補水泵(由天災專用緊急發電機供電)、可攜式泵注水以保持反應器水位

-當一次圍阻體壓力升高時進行一次圍阻體通風

-利用補水泵 (由天災專用緊急發電機供電)、可攜式泵注水以保持燃料池水位



中部電力公司防止爐心及燃料池受損之緊急安全對策

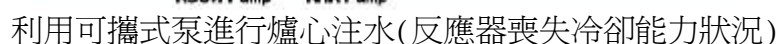
喪失所有交流電源時，爐心隔離冷卻系統(RCIC)、所有監測系統、反應爐及燃料池注水系統由天災專用緊急發電機供電，四號機的天災專用緊急發電機直接設置於建築物頂樓。



當爐心冷卻系統水源切換由冷凝器蓄水槽 (CST condensate water storage tank) 供水時，可攜式泵則對冷凝器蓄水槽注入清水或海水以確保冷凝器蓄水槽水位正常。

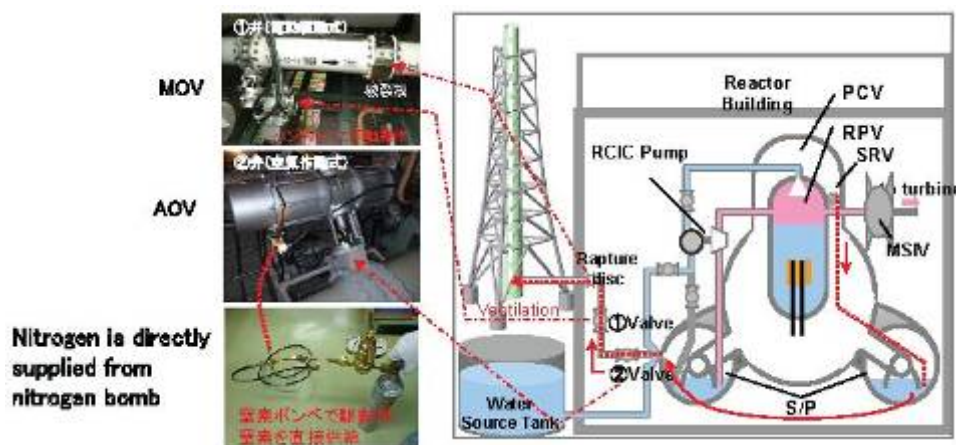


[4]反應器喪失冷卻能力時可利用可攜式泵對爐心進行注水。



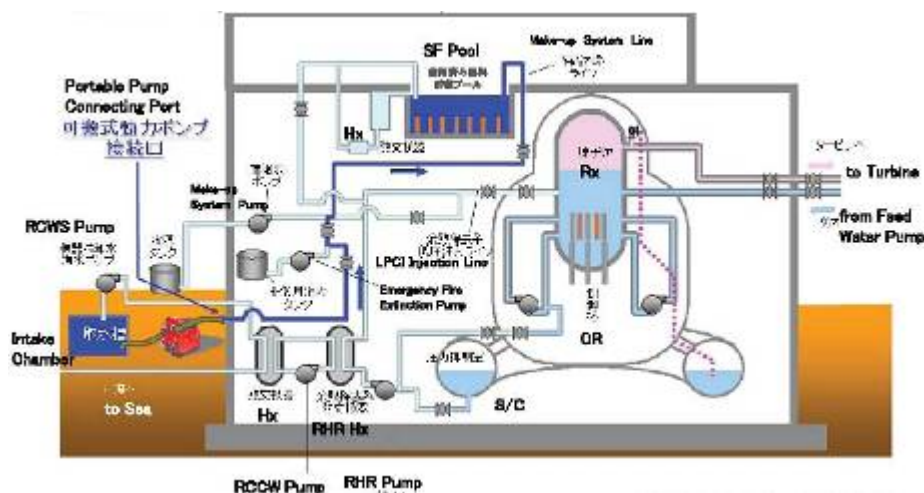
[5] 韋阻體排氣；

即排除管路及壓力槽的氣體，藉此可以防止圍阻體蓄積過大的壓力，在燃料未大規模受損前，圍阻體通風所釋放出的放射線物質是很微量的。



圍阻體排氣

[6]燃料池喪失所有冷卻功能時，利用可攜式泵對燃料池注水



利用可攜式泵對燃料池注水(燃料池喪失所有冷卻功能狀況)

[7]當緊急海水泵馬達失效而喪失海水冷卻時

備用馬達可替代損壞的馬達並恢復海水冷卻的功能，戶外輕油傳送泵遭海嘯衝擊無法使用時，利用可攜式輕油泵對柴油發電機供油，輪式推土機用以移除雜物及清空通道



緊急海水泵浦馬達失效而喪失海水冷卻狀況之因應

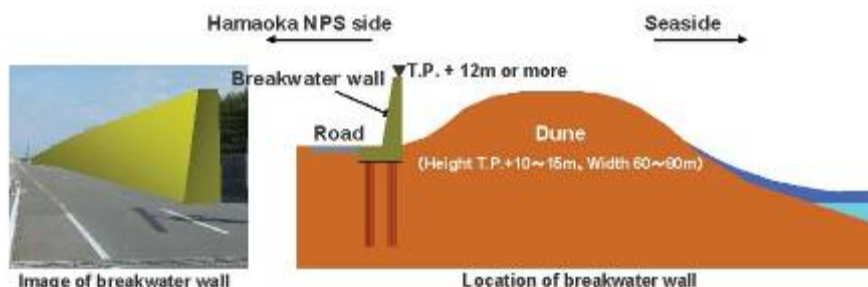
[8]訓練人員在全黑時機組受地震以及大規模海嘯衝擊情況下，利用可攜式泵對爐心、燃料池注水及確保水源。電源系統則新建緊急發電機。



全黑時機組受地震以及大規模海嘯衝擊情況之人員因應

[9]濱岡核能電廠對海嘯襲擊中長期計畫：

建立12公尺或12公尺以上的混凝土防海嘯牆。福島電廠的海水泵遭海嘯淹沒，因此需建造1.5公尺高的金屬防水牆保護戶外海水泵浦，防止海水泵遭海嘯襲擊。



建立12公尺或12公尺以上的混凝土防海嘯牆

[10]增加防洪門的可靠性：

冷卻爐心必須有電源及相關電源組件，因此利用防洪門保護緊急柴油發電機不受洪水襲擊。

[11]安裝備用緊急交流發電機(氣渦輪發電機)在海嘯無法襲擊的高度：

在海嘯襲擊時因此組發電機不會受海嘯影響，故可利用此發電機為爐心冷卻系統供電



安裝備用緊急交流發電機(氣渦輪發電機)避免海嘯襲擊

[12]增加蓄電池容量：

當喪失外部電源、柴油發電機電源時，利用蓄電池提供所需電力。

[13]控制室因喪失交流電源而使緊急空調系統無法運作引起控制室劑量增加，因此需額外購置發電機供應控制室緊急空調系統以維護控制室工作環境

[14]購置現場通訊設備

[15]購置高劑量防護服

[16]在反應器建築上方開孔防止氫爆，並加裝偵測器及通風設施

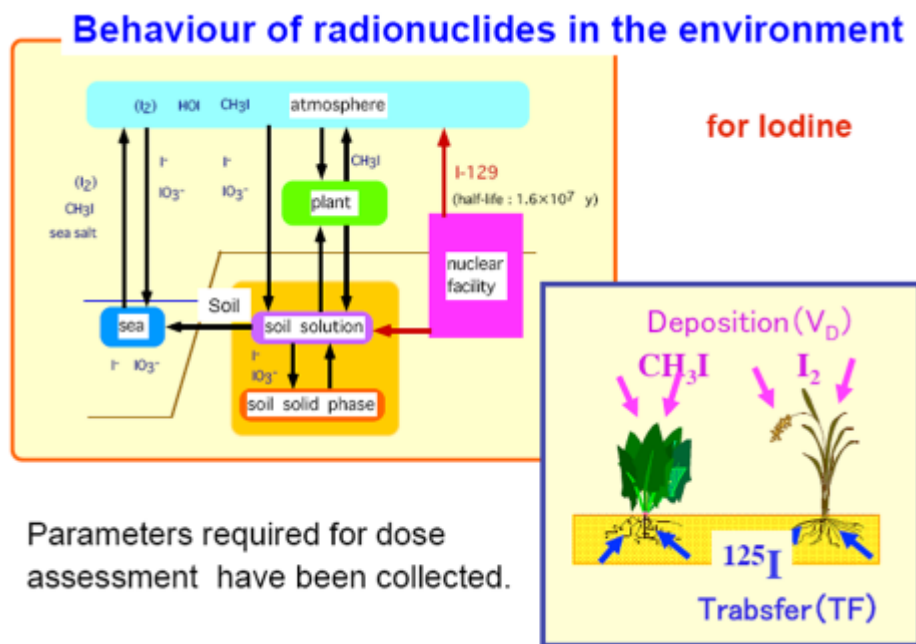
[17]添購重機具用以移除通道上的障礙物

2.4 會議議程 - 福島事故外釋放射性物質之環境輻射影響

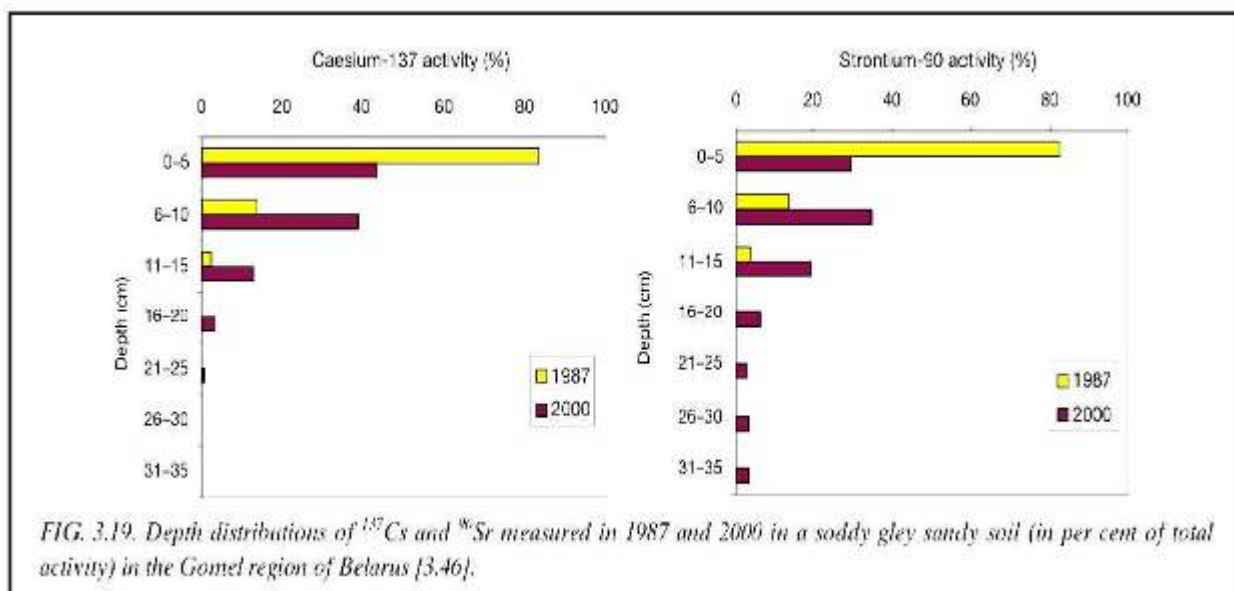
此議程由原能會徐明德副處長 (Mr. Ming-Te Hsu, Deputy Director, Atomic Energy Council, 現為處長) 主持，放射線醫學總合研究所吉田聰博士 (Dr. Satoshi Yoshida, Planning and Promotion Unit Leader, Research Center for Radiation Protection, National Institute of Radiological Sciences (NIRS)) 發表「Behavior of radionuclides in the environment and impacts of Fukushima Dai-ichi NPP」，原能會輻防處李若燦處長 (Dr. Ruoh-Tsann Lee, Atomic Energy Council/ Dept. of Radiation Protection) 發表「Radiation Protection Measures in Response to Japan's Fukushima Nuclear Accident」，原能會輻射偵測中心劉祺章博士 (Dr. Chi Chang Liu, Radiation Monitoring Center, Atomic Energy Council) 發表「Review of Environmental Radiation Monitoring Implementation in Taiwan」。相關簡報摘要如下：

(1) 放射線醫學總合研究所吉田聰博士簡報「Behavior of radionuclides in the environment and impacts of Fukushima Dai-ichi NPP」

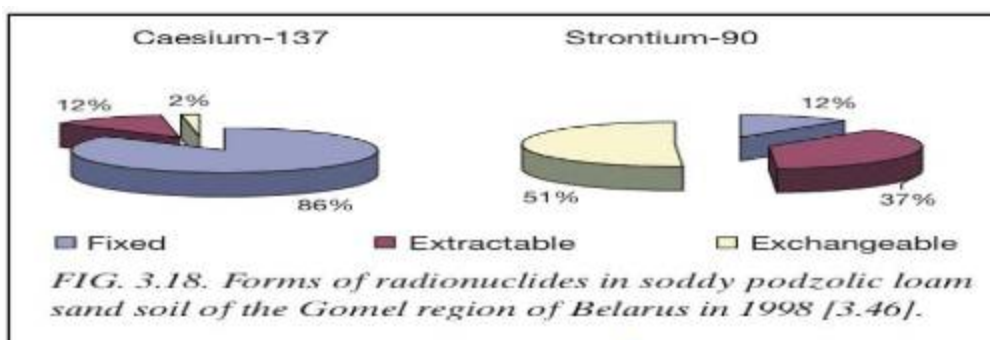
核電廠外釋之碘-129 (半衰期為 1.6×10^7 年) 會進入大氣、土壤、水之循環過程，由於其半衰期很長，且離子化後可存在於大氣、土壤、水中，對環境的影響頗大，且可被植物吸收進而影響整個食物鏈。



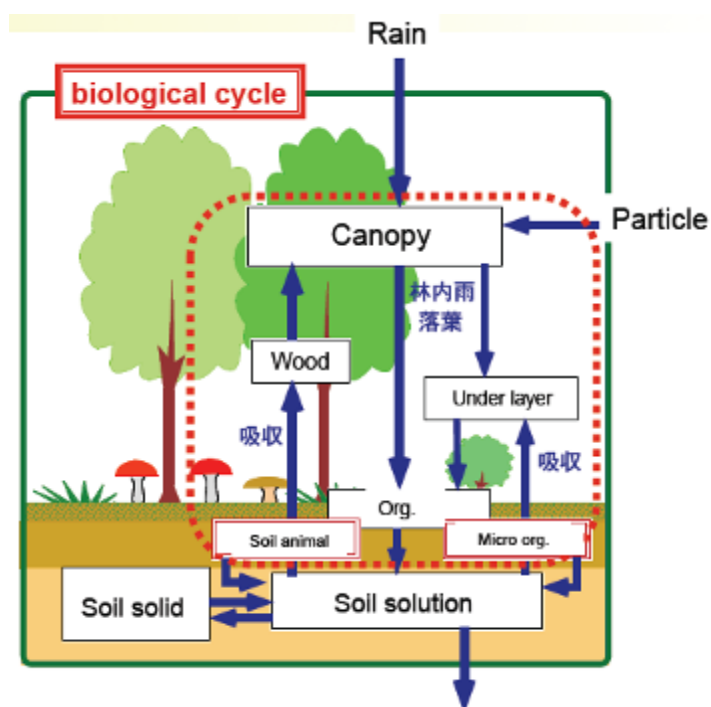
放射性碘進入環境之過程



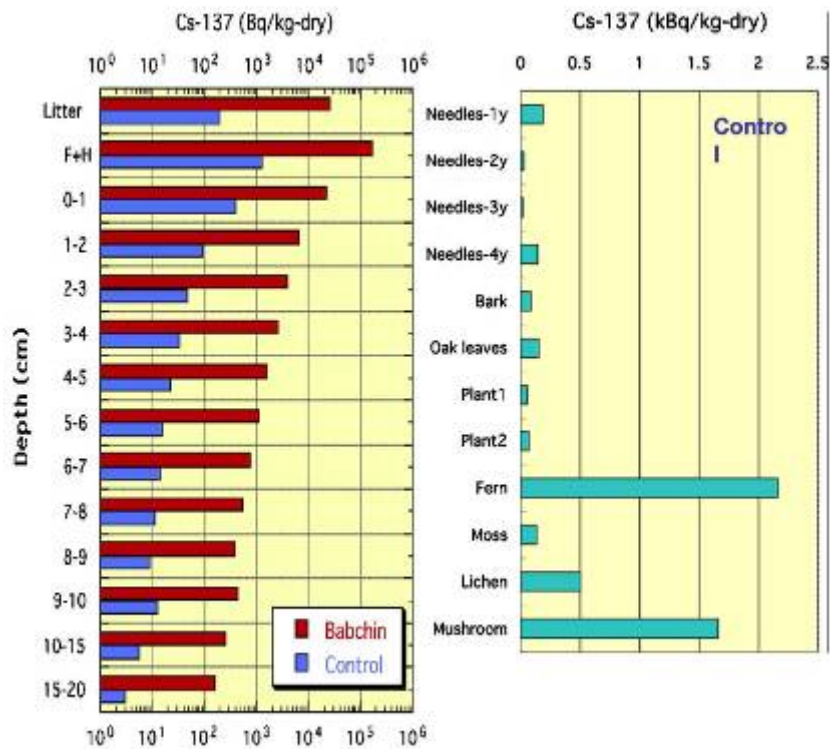
白俄羅斯不同深度土壤於1987年及2000年 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr 活度比較圖(1986年發生Chernobyl事故)



1998年白俄羅斯土壤中 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr 核種形態轉換之情形

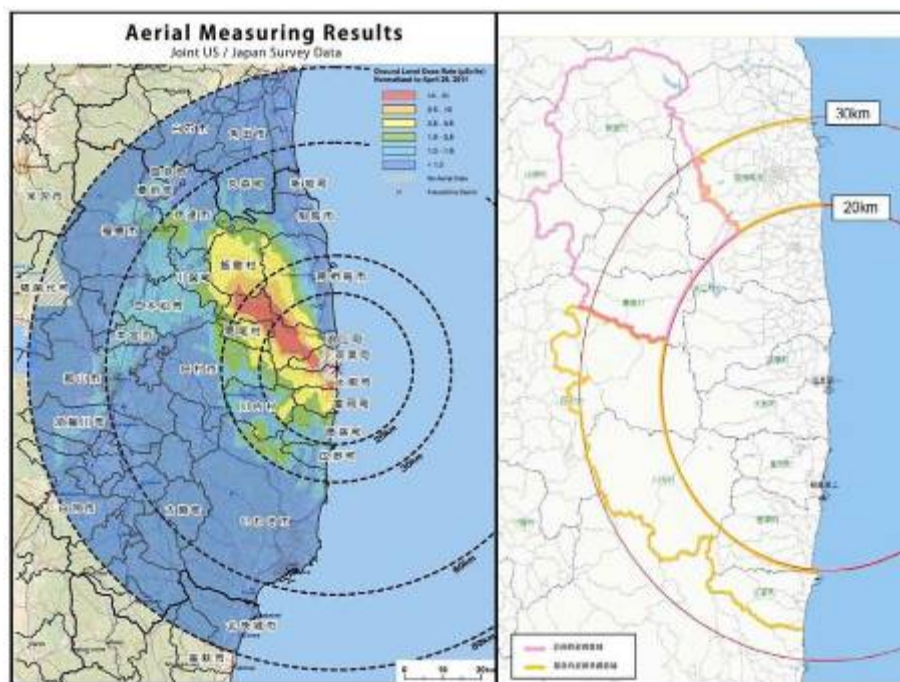


銫在生態圈之循環



不同土壤深度(左)及植物吸收(右)之 ^{137}Cs 活度濃度的情形，其中蕨類及磨菇吸收較嚴重

圖為福島事故後地表輻射劑量分佈及居民避難規劃，圖左為福島事故發生後於4月29日量測地表輻射劑量分佈情形，在超過30公里的範圍仍可量到較高劑量的輻射；圖右為附近居民疏散規劃，西北方向區域為計畫的避難區域，其依據ICRP和IAEA建議緊急曝露在每年20~100毫西弗時應考量進行輻射防護，故日本在年劑量率超過20毫西弗的區域規劃為計畫性避難區域，西南方向區域為緊急時避難準備區域，緊急時將要求該區居民待在家中或自行進行緊急避難。日本在超過20公里且年劑量率超過20毫西弗的區域，規劃非圓形計畫性避難區域，避免疏散人員與幅員過大，社會資源無法承擔，此種規劃需結合氣象與擴散分析軟體支援。



福島事故後地表輻射劑量分佈及居民避難規劃

Unexpected Cs values in some foods

Tea leaves

March 11: Only old leaves

No direct contamination of new leaves

New leaves for Tea are contaminated.

Bamboo shoot

March 11: Only old shoots

No direct contamination of new shoots

New shoots are contaminated.

Foliar uptake & translocation might be important

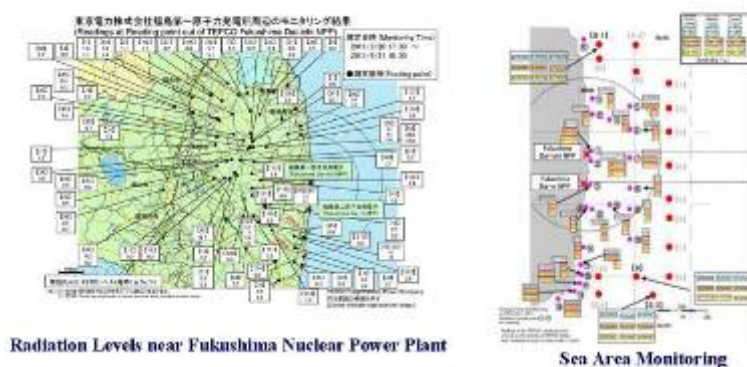
茶葉及竹筍發現較高活度濃度放射性銫

因部份核種半衰期較長，目前日本在福島事故後仍持續進行環境監測，以追蹤該事故對環境的影響。

(2)原能會輻防處李若燦處長(Dr. Ruoh-Tsann Lee, Atomic Energy Council/ Dept. of Radiation Protection)發表「Radiation Protection Measures in Response to Japan's Fukushima Nuclear Accident」

①福島事故後環境輻射監測資料來源：主要來自日本文部科學省(the Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology, MEXT)、日本原子力安全保安院(Nuclear Safety Industrial Safety Agency(NISA), Ministry of Economy, Trade and Industry)、日本原子力安全委員會(Nuclear Safety Commission(NSC) of Japan)、國際原子能總署及其他國際機構。

Collect information from Japan's MEXT, NISA, NSC, IAEA and other international organizations timely.



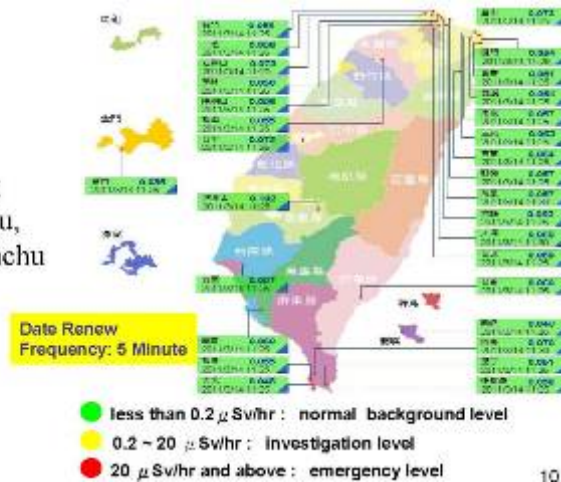
福島事故後環境輻射監測資料來源

②輻射防護措施：日本返/來台旅客輻射監/偵測、環境輻射監測、跨部會之食物、用品、農產品、漁產及水之輻射監/偵測、訂定相關臨時性規定及標準、民眾宣導。



日本返/來台旅客輻射監/偵測

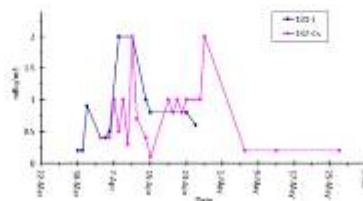
- ❑ AEC has originally installed 30 radiation monitoring stations around this island.
- ❑ 5 radiation monitoring stations added at Matsu, Hualien, Penghu, Hsinchu and Pengjia Island.



環境輻射監測

Environmental Radiation Monitoring -air sampling

- ❑ Starting from March 30th, there were minuscule amounts of I-131 and Cs-137 detected in the air in Taiwan, ranging from: 0.0002~0.002Bq per cubic meter for I-131, and 0.0004~0.001Bq per cubic meter for Cs-137.



環境輻射監測(空氣取樣)



Pelagic fisheries (Saury pike)

漁產輻射偵測之取魚樣範圍

③經驗學習：

- 事故初始應變：事故後須建立完整緊急環境輻射監測能力、協調動員相關應變人力及設備、擴大疏散區域之決策。
- 復原期：預防放射性物質擴散、放射性污染水處理、受影響區域輻射監測、室內/外民眾輻射劑量評估、輻射劑量重建、健康照護管理、在校學童之輻射劑量限度。
- 民眾溝通：建立溝通管道、民眾關注議題

2.5 會議議程 - 福島事故之社會衝擊

此議程由原子力產業協會石塚昶雄常務理事 (Mr. Nobuo Ishizuka, Senior Managing Director, JAIF) 主持，首先由核能資訊中心朱鐵吉董事長 (Dr. Tieh-Chi Chu, President, Nuclear Information Center) 發表「福島事件對台灣社會的衝擊與影響 (Fukushima Accident - A view from Taiwan and effect to the Taiwan's public opinion)」，接著由專題討論報告人簡報，分別由關西大學土田昭司教授 (Prof. Shoji Tsuchida, Faculty of Safety Science, Kansai University) 報告「Crisis Communication in the Fukushima Accident」；原子力產業協會北村俊郎參事 (Mr. Toshiro Kitamura, Consultant, JAIF) 報告「From the perspective of NPP Siting Area」；台電公司徐懷瓊副總經理 (Mr. Hwai-Chiung Hsu, Vice President, Taiwan Power Company) 報告「福島事故對台電核能發電的影響 (The Impacts on Taipower Nuclear Power Plants after Fukushima Accident)」；本所核管技支中心廖俐毅主任 (Dr. Lih-Yih Liao, Director, Nuclear Regulatory Technology Support Center, Institute of Nuclear Energy Research) 報告「福島核事故教訓及其對研發計畫之影響 (Lesson-Learned from Fukushima Accident and It's Impact on Related Research Program in Taiwan)」。相關簡報摘要如下：

(1) 核能資訊中心朱鐵吉董事長簡報福島事件對台灣社會的衝擊與影響

① 台灣取得福島事件資料管道：NHK 網站新聞、日本共同社網站新聞、日本原子力產業新聞網站、日本放射線醫學綜合研究所、東京電力公司網站、CNN 網站、NHK 電視台、台灣的電視台

② 台灣媒體報導：台灣媒體報導除了報導地震海嘯帶來的傷亡之外，相當大的篇幅著重在輻射危機。事件發展告一段時間後，是否廢核也引起廣泛的討論。

③ 台灣採取的因應措施：日本發生福島事故之後，我國政府立即下令，台電公司必須在 5 月 11 日前提出所有核電廠的安全總體檢報告，報告結果備受國人關注。初期的 11 項評估報告於 6 月底前完成，中程的整體評估則預定於今年 12 月底完成。初步評估報告項目如下：耐震能力、防海嘯能力、短程體檢項目、後備與救援電源及水源、用過燃料池救援、救援資源整備、機組斷然處置。

④ 立即舉辦核安演習：

日本發生福島事故後，馬總統及行政院長都非常關切我國核電廠的安全，立即要求全面檢討複合式災變的災害防救，以及核電廠的安全因應措施。因此，新北市訂於 5 月 17、18 日舉行核安第 17 號演習。

這次演習最主要的目的，就是要檢驗台電公司針對複合式災變所研擬建立的「斷然處置作業程序」，在喪失緊急海水系統及所有廠內、外電源的情況下，採取斷然處置的措施，以維持反應爐爐心冷卻、確保圍阻體完整、維持燃料池用過燃料的淹蓋，以保護民眾生命財產的安全。

假想的演習狀況為：5 月 17 日 8：20 距離核二廠東北東方 342 公里處發生芮氏規模 8 的強震，震源深度 10 公里，北部地區震度 5 級，隨後出現 15-20 公尺高的海嘯。核二廠因強震與海嘯侵襲，廠內多重電源與水源逐一失效，最後執行斷然處置程序，利用各種補水方式及途徑，將水注入反應爐及用過燃料池，完成降溫。

⑤ 原能會公聽會

a. 4 月 21 日核電廠緊急事故整備與應變公聽會

b. 5 月 31 日核能安全公聽會

c. 4 月 21 日核電廠緊急事故整備與應變公聽會，行政院長吳敦義蒞臨參加。會中有環保團體前來抗議，記者並進行採訪。

⑥ 台灣民意與核能政策的改變

a. 民調

- (a)國內最大入口網站雅虎於事故後一週，在線上做民意調查，題目為：「日本核電廠爆炸引發輻射危機，你贊成核四即刻停工嗎？」64.9%贊成。
- (b)台灣智庫於318作民意調查，58%認為核四廠應停止興建、重新檢討。
- (c)反核的民進黨民調指出，76.5%認為核四需停工總體檢。
- (d)TVBS民意調查中心：52%反對「核四不商轉」。

b. 反核遊行

環保團體發起430向日葵反核活動，全台各地約有6,000人參加。訴求為：不要核四、核一二三除役、零核災零恐懼。

c. 立法院通過核四140億預算案

6月13日立法院通過核四140億預算案，民進黨訴求全部刪除，但最後仍獲通過。場外有數百位民眾聚集抗議。

d. 福島事故前後 核電廠的營運方向

事故前：核一核二申請延役、核四可在2011年底商轉。

事故後：核一二延役申請暫停，核四商轉以安全優先、不設日期。

e. 兩岸核安協議 今年可望商定

兩岸目前正洽談包括核能安全協議、投資保障協議及爭端解決機制協議，還有貨品協議與服務貿易協議，但後二項需時甚久，今年應不致有成果。7、8月間江陳第七次會一旦召開，黨政高層表示，比較可能簽成的協議只有共識甚高的核能安全協議，而投保協議及爭端解決機制都仍有待努力。



核能資訊中心朱鐵吉董事長簡報

(2)關西大學土田昭司教授(Prof. Shoji Tsuchida, Faculty of Safety Science, Kansai University)報告「Crisis Communication in the Fukushima Accident」

①當危機發生時與社會民眾共享訊息並獲得訊息，什麼是社會民眾？社會民眾可分成幾類：

- a. 行政機構、
- b. 新聞媒體、
- c. 廣大市民、
- d. 研究機構、
- e. 相關企業與行業、
- f. 海外顧問公司

不同的溝通對象要採取不同的方式、不同的語言表達；

②為什麼危機溝通是必要的？危機溝通的目的是什麼？

- a. 善盡企業道德責任，就算危機發生僅止於公司內部。
- b. 建立民眾的共識，形成正確與正面的輿論，防止恐懼與誤解。
- c. 幫助民眾，公佈風險，由民眾協助散播正確資訊，防止恐懼與誤傳。
- d. 獲得民眾的合作，資訊散播後的回饋。
- e. 如果民眾有足夠的資源/或能力，請求民眾給予協助
- f. 在福島事件中出現了未尋求協助的情況。

在危機發生時需要溝通，了解社會民眾需要什麼並提供有用的訊息給他們，但收聽廣播時會發現東京電力公司和核能與工業安全局只釋出對於自己有利且保護自己的訊息，這些處置都是錯誤的。

③主管者必須明白Security和Safety 有什麼不同?

- a. Security [=減少事故發生機率的措施]
- b. Safety [=減少損害程度發生的措施]
- c. 在危機溝通中什麼是必須的「安全訊息」
- d. 當發生安全措施失敗時，超越期望這句話變成廢話
- e. 組織以最大的安全能力=令人厭惡的
- f. 在最壞假設的情況下做好訓練及準備可以將傷害降到最低

④什麼資訊應該被提供和提供到什麼程度？

- a. 資訊應該被提供嗎？專職人員管理
- b. 給予對方訊息時需要考慮到對方的理解程度
- c. 所謂「非專家」，包含了不同領域的專家，不能將高學歷不同領域的專家學者視為專家。
- d. 不考慮受助者理解資訊能力的溝通就不算危機溝通。

⑤對於福島事件的議題反映了什麼？

- a. 安全專家兼顧Security 和. Safety是必須的。
- b. 核電廠----安全措施僅在促進安全Security，但從未假設有意外發生，Safety 的準備不足。(=須在思考方向上有重大改變)
- c. 新的社會共識 =不會允許任何事故變成大災難 =預先假定事故可能發生以強化措施。
- e. 大部分的風險都有發生的機率，當風險發生時，不允許任何事故變成大災難。
- f. 東電對於福島事件的危機溝通，只考慮道義上的責任，對民眾未提供足夠的訊息，未請求民眾給予對策/協助



關西大學土田昭司教授報告

(3)台電公司徐懷瓊副總經理簡報福島事故對台電核能發電的影響

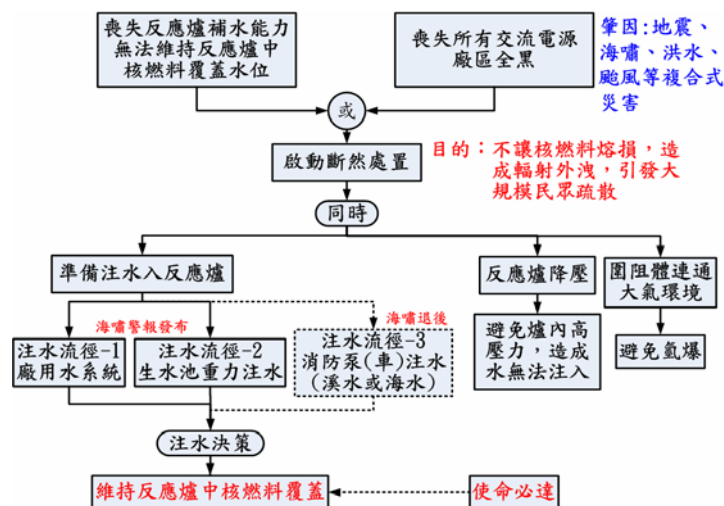
- ①台電公司落實「核安第一」，以日本福島事故作為借鏡，以謙卑審慎的態度進行核能電廠安全防護總體檢，並儘速完成相對應之改善措施：短程12大項(63細項)、中程1項(4細項)、成立3個專案小組



台電公司徐懷瓊副總經理簡報

- ②依總體檢結果，規劃因應與強化方案，共分為四類：耐震能力檢討、防海嘯能力檢討、救援能力檢討(包括後備及救援電源、後備及救援水源(含熱沉)、用過燃料池救援、救援資源整備)、機組斷然處置檢討
- ③未來龍門(核四)電廠燃料裝填前，將邀請「世界核能發電協會(WANO)」組團到廠執行起動前同業評估，原子能委員會亦將邀請美國核能管制委員會(U.S. NRC)派遣專家共同進行安全審查，將待前述評估及審查通過後，原子能委員會才會同意核發燃料裝填許可。
- ④說明核電廠斷然處置措施，其目的為確保反應爐與用過燃料池燃料受水淹蓋、避免放射性物質外釋及大規模的民眾疏散、保障民眾健康與安全

以往電廠皆以EOP、SAMP因應機組暫態與事故，採機組徵候(Symptom-basis)作為各項行動的啟動時機，一切都依賴機組狀況參數作為行動準則。台電公司從日本福島核子事故的經驗中，學到了當電廠遭遇超出設計基準的複合式天災時，機組狀況參數已不可靠，此時最重要是在最短時間內，將有限的人力、資源快速投入Line-up水源(廠內生水、廠外溪水或海水)、執行反應爐緊急洩壓及做好圍阻體排氣工作之準備，就是台電公司所擬訂的「機組斷然處置程序指引」。



台電公司所擬訂機組斷然處置程序

⑤台電公司核電廠防災演練：



台電公司核電廠防災演練

⑥我國能源政策在確保「能源安全」前提下，兼顧「經濟發展」與「環境保護」，創造能源、環保、經濟三贏之情境下，廣納各方意見以評估核一、二、三廠是否延役，當政府確立未來之能源政策後，台電公司將努力達成政府交付之任務。

(4)核能研究所廖俐毅主任簡報福島核事故教訓及其對研發計畫之影響

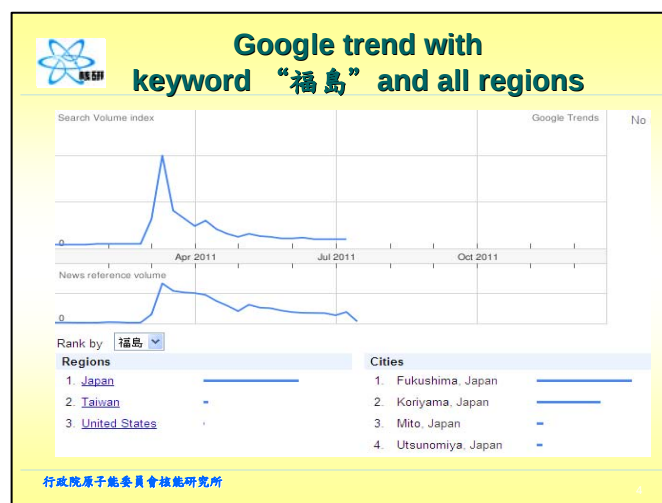
①前言

在政策層面上，馬總統於國家安全會議 311 專案第 5 次會議裁示：「3 座運轉中核電廠及 1 座興建中核電廠，應再予以總體檢」。因此，行政院原子能委員會於 2011.04.19 提出「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」，內容包含「核能安全防護措施」、「輻射防護及緊急應變機制」兩部份。

本篇簡報簡介福島核事故對社會的衝擊與原則性的教訓與省思，並將重點放在福島核事故對台灣研發計畫之影響。

②福島事件對社會之衝擊

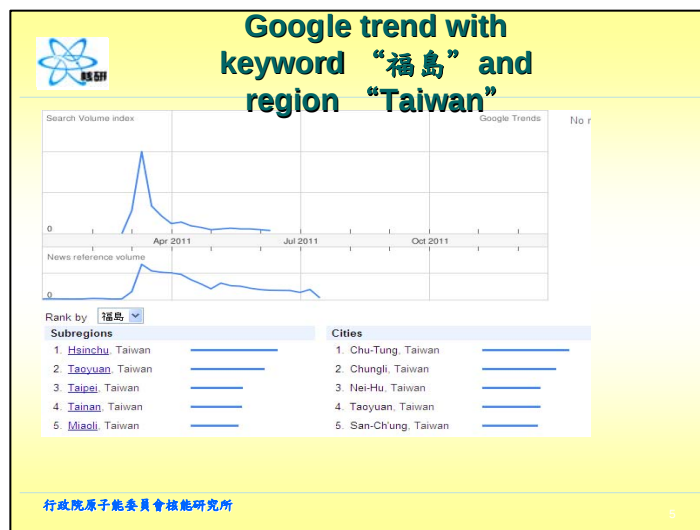
福島事件對社會之衝擊可以由 google trend 看出來



上面這一條曲線是關鍵字「福島」之搜尋流量趨勢
下面這一條曲線是關鍵字「福島」之新聞流量趨勢

如果以中文字「福島」進行搜尋，依地區排名，可以看出日本是第一位，台灣是第二位，中國大陸因為採用簡體字「福岛」，因此未出現於排名中。

如果還是以中文字「福島」進行搜尋，但是將地區侷限於台灣，可以看出，以 subregion 排名，前 3 名分別為新竹、桃園、台北、以 cities 排名，前 3 名分別為竹東、中壢、內湖。新竹、桃園、中壢、內湖均為台灣出口主要城市，可見還是產業界進行最多主動搜尋，也最關心福島核事故之影響，一般民眾主要接受媒體報導。



在福島核事故發生前，搭配全球核能復甦，原來我國規劃發展核能零組件產業。在福島核事故發生後，相信不論台灣或日本，未來發展之路都將面臨眾多艱難困境。日本產業規模大，台灣產業規模小，但是能發揮互補作用。面對相同困難，如果雙方能夠合作，可以創造雙贏局面。中國大陸在福島核事故發生前，積極發展核能發電，未來如果持續發展，商機很大。台日雙方如果能夠有很好的合作，從東京到北京最近的路將是經由台北。

③ 福島核事故之教訓

福島核事故給了我們許多教訓與省思，其中有兩點值得特別強調：

- 針對地球暖化、環保節能以及給後代子孫留下一個適合居住的環境，核能電廠仍應是一個重要的選項。
- 科學技術可促進人類文明的發展，改善人類的生活，但面對大自然，人類應以更謙卑的態度，針對大自然的力量，重新審視既有電廠設計之妥適性，至於新電廠則應採取更嚴格的设计準則。

④ 對台灣研發計畫之影響

福島核事故對台灣研發計畫之影響主要反應在兩大計畫中，這兩項計畫分別為：「全國性核能技術主軸計畫」與「核安管制技術研發計畫」。以下所說明的計畫變更屬於規劃階段，視未來經費、人力、與時程之狀況，計畫內容可能還會調整。另外，兩項計畫間不免也有一些細項重疊。

a. 對「全國性核能技術主軸計畫」之影響

全國性核能技術主軸計畫是由原能會、台電、清大、核研所、以及國內外廠商/機構共同參與之國家型計畫，計畫分 6 大分項，每一分項下又有若干子項，因應福島核事故，將調整計畫範圍，規劃新增工作項目，以下將分別介紹調整後新增的工作項目：

- 福島事件發展追蹤及後續分析改善資訊蒐集、整理與研究
 - 建置福島事件資訊中心、舉辦技術研討會、參加國際或兩岸研討會等
- 核電廠耐震與補強方法研究（係加強已有相關研究計畫）
 - 營運中核電廠之一級安全建築結構耐震損害度分析方法論研究

- 營運中核電廠之重要設備、組件結構耐震損害度分析方法論研究
- 日本 KK 核電廠耐震評估與補強方法經驗回饋研究
- 日本東北 311 地震福島、女川與東海核電廠後續耐震評估與補強方法經驗回饋研究
- (c)核電廠海嘯(及水災)危害度評估及補強方法以及用過核子燃料貯存池安全提昇研究
 - 海嘯對核電廠重要設施破壞評估法規研究與技術建立
 - 核電廠海嘯危害度評估應用技術研究
 - 核電廠之土石災害(液化邊波滑動土石流)風險評估方法論研究
 - 用過燃料儲存池 RELAP5 3D 分析
 - 用過核子燃料貯存池結構完整性評估
- (d)核電廠嚴重事故安全分析
 - 事故狀況下,燃料(或用過核子燃料)與護套溫度在不同條件下(包含 Film Boiling, CCFL, Evaporation and Condensation, Natural Circulation, etc.)暫態特性研究
 - 核二廠與核三廠氫氣爆炸對圍阻體完整性威脅探討
 - 氫氣擴散與遷移之三維濃度實驗研究及分析模式建立(CFD 與 GOTHIC Code)與驗證
- (e)核電廠嚴重事故安全分析
 - 高溫熔渣於 pressure vessel 內與穿越 vessel 後之擴散、遷移與凝結等特性研究
 - SBO 事故下,現有電廠相關 EOP 之分析驗證與強化
 - SBO 事故下,爐心冷卻 EOP 之重擬與分析驗證嚴重事故下,廠外劑量評估與研究之精進
- (f)核子事故緊急應變相關研究
 - 建立亞洲區域之核子災變輻射劑量評估技術
 - 核子事故緊急應變法規、規劃、劑量評估程式、整備、演練及管理體系研究與修訂
 - 建立兩岸核事故聯繫管道與機制
- (g)核子事故緊急應變相關研究
 - 建置緊急事故時電廠 SPDS 系統與中央災害應變中心連線並能即時顯示系統
 - 日本福島核能電廠事故演變過程與應變措施之瞭解、探討及相應安全改善措施之評估與分析
 - 開發遙控及輻射遙測技術在電廠緊急事故之應用

b. 對「核安管制技術研發計畫」之影響

核安管制技術研發計畫也有相對應之調整。此計畫目前由核能研究所執行,其下共 3 個分項計畫分別為:輻射防護及緊急應變機制、放射性廢棄物管理與核安管制。

(a)輻射防護及緊急應變機制:

■境外核災

爲了因應鄰近國家地區萬一發生核子事故,政府部門需具備能力判斷輻射與放射性影響狀況,及評估對國民健康與社會經濟層面之衝擊,保障民眾生活福祉。主要工作內容:

- 境外核災之輻射塵影響評估與監控技術建立
- 境外核災長程大氣擴散模式運算實驗室建立與參數精進研究
- 境外核災之輻射塵影響評估技術建立
- 環境放射性與輻射之取樣與偵測作業能力建置
- 空間分布分析及資訊整合與展現平台

■生物劑量

一般民眾並未佩戴劑量配章,爲了分析民眾接受之輻射劑量,有必要發展生物劑量評估技術,並建立一完整現代化之生物劑量實驗室,做爲事故發生後必須採取的醫療照護行動之參考。主要工作內容:

- 生物劑量與輻射防護醫學技術開發
- 國家級生物劑量核心實驗室之建立
- 體內除污劑技術發展

■核災評估技術研究

為讓應變決策基礎更堅實，將執行核災損失評估研究，以瞭解事故對社會經濟長期影響與損失。主要工作內容：

- 國際核災評估方法探討
- 核災評估標準程序建議
- 核災後經濟衝擊參數研究

(b)放射性廢棄物管理：

核子事故發生後將產生大量的污染與除污廢棄物，為權衡應急措施，須立即採取最適切方法以降低對環境後續不利的影響。主要工作內容：

- 核子事故之低放射性廢棄物管制方案研究
- 復原期核設施及土地清理之解除管制研究

(c)核安管制計畫修訂：

考慮核能電廠喪失所有電源，進而喪失用過燃料池冷卻系統，造成燃料可能裸露之事故。主要工作內容：

- 喪失用過燃料池冷卻之用過燃料及附屬元件熱流分析
- 喪失用過燃料池冷卻之用過燃料臨界安全分析

考慮用過燃料池喪失冷卻循環功能後，燃料棒護套鋁合金溫度上升，並逐漸暴露在空氣環境下，當鋁合金溫度上升達 1000°C 以上時，鋁合金與空氣中氧進行劇烈氧化反應，其反應熱足以引發「自持性的氧化反應」，即外觀上看到鋁合金燃燒現象。為瞭解此現象，將進行鋁合金與空氣之氧化反應研究。主要工作內容：

- 評估發生燃燒之條件
- 模擬與驗證燃料護套燃燒條件



核能研究所廖俐毅主任簡報



「福島事故之社會衝擊」專題討論議程

2.6 會議閉幕式

會議閉幕式首先由原子能委員會蔡春鴻主任委員致閉幕詞，其表示此次研討會進行福島事故成因及事故後安全檢討技術討論，亦探討社會面之議題及溝通意見，福島事故受到各個使用核能發電國家高度重視，均審慎檢視核能設施之安全強化問題，德國、瑞士、義大利決定放棄核能，其他大部份核能發電國家仍維持使用核電，亦有目前未採用核能發電國家規劃於未來使用核電，一部份國家維持原決定，一部份國家則轉為觀望。無論如何，強化核能安全為共同共識，尤其針對地震、海嘯、颱風等複合式災害更是共同面臨之課題。由於核能政策及核電在能源政策的角色關係國家利益非常重大，牽涉層面亦廣，必須要有周全考量及充分理性的討論溝通，才能對核電發展的步調作出最適當的決定。

台日在能源輸入依賴度均高，在確保能源供應安全方面均相當脆弱，能源政策的決定會對國民負擔及產業界造成很大的影響，未來面臨能源政策重新討論，須在理性的情形下才能作出正確的決定。開幕致詞提及福島事故經驗回饋，納入對於現有核電廠之總體檢，例如壓力測試目標在於能夠保障類似福島電廠的事故不會再次發生，不只不會在日本再次發生，也不會在台灣發生，這是目前已經在做的事情，可是更重要的是將這些成果及所做的努力，透過加強與民眾溝通，讓民眾瞭解我們做了那些改進，為什麼我們有把握類似福島電廠事故不會再次發生，與民眾溝通不容易，希望重建民眾於福島事故前對核能安全的信任更不容易，可是一定要做，而且必須由我們帶頭去做，專題討論議程中提到要用更謙卑、誠實、誠懇的態度來做溝通。

此次研討會中，雙方針對福島事故的原因及相關改進措施，進行廣泛且深入的討論，由技術面來說，有助於台日雙方於核能營運安全的提昇，但技術上安全度的提昇，無法讓民眾於短時間內感受到，在未來的溝通中要盡量讓他們瞭解，但溝通的技巧與經驗是未來須加強的項目。

接著，JAIF理事長服部拓也先生致閉幕詞，其說明此次研討會所討論議題，並強調民眾溝通之重要性，尤其相關安全措施應讓民眾瞭解，最後並提出此次會議之台日雙方共同聲明，見諸媒體者亦應以此份共同聲明為依歸。



原子能委員會蔡春鴻主任委員閉幕致詞



JAIF理事長服部拓也先生閉幕致詞

第二十六屆台日核能安全研討會 共同聲明(日文版)

日台原子力安全セミナー 共同声明

平成23年7月27日
社団法人 日本原子力産業協会
中華核能学会

1986年以来、毎年開かれてきた「日台原子力安全セミナー」が、今年は7月26、27の両日、東京で開かれた。26回目となる今年は、3月11日に発生した東日本大震災と、福島第一原子力発電所事故に関する技術的・社会的な諸問題について、包括的な討論が行われた。

福島事故は、1979年の米TMI事故、86年の旧ソ連チェルノブイリ事故と並ぶ、極めて重大かつ深刻な事故である。今回の事故は、原子力安全への信頼を根底から損ない、また台湾を含めた多くの国・地域の原子力開発計画に大きな影響を与えることとなった。日本側からは近隣の台湾に対して、多大な迷惑をおかけした事へのお詫びと、震災からの復興に向けて台湾から寄せられた多大な支援に対してのお礼が述べられた。福島事故の発生後、各原子力発電国は原子力安全を最重要視し、自国内の原子力発電所の安全性について慎重にレビューを行っている。ほとんどの原子力発電国は今後とも原子力を利用し続ける一方、ドイツなど少数の国は脱原子力へと政策を見直している。原子力政策は、国民の利益に幅広く影響を及ぼす重要な問題であり、適切な政策決定のためには、徹底的な検討と十分な議論が必要である。

日本、台湾はともにエネルギー資源に乏しく、エネルギー供給をほぼ海外に依存しており、エネルギー安全保障上、脆弱な構造である。日本や台湾において、エネルギー政策が体系的に議論されないまま、脱原子力依存政策が検討されていくとすれば、それぞれの社会・経済に大きな悪影響を与える恐れがある。エネルギー政策については、国民負担と産業界への影響に加え、地球環境問題やエネルギー安全保障などを、長期的かつ総合的な観点から国民的議論を通じて検討すべきである。

日本と台湾との間では、工業製品のみならず農林水産物の貿易が盛んである。セミナーでは、食品中の放射性核種に関わる規制値が日本と台湾でほぼ同等であり、この規制値に基づき、日本では福島県産の一部食品と一部地域の茶葉を除いて、農産物の規制措置が解除されていることが明らかにされた。日本・台湾双方は、今後とも福島事故とその環境影響に関する情報交換を盛んにし、国際的な風評被害を防ぐことで、農林水産物の貿易を健全かつ発展させる必要がある。もちろんそのためには、正確、客観的かつわかりやすいデータを積極的に公開・発信していく必要があり、また教育等を通じて放射線に関する正しい理解を進めることも重要である。

今回のセミナーでは、福島事故の発生原因、影響および今後の改善策について、日台双方が広範かつ深い議論を行い、これを将来の原子力安全に役立てることを確認した。また福島事故を教訓として、より高い安全基準を達成した原子力利用を進めていく必要性も再認識された。日本と台湾は、エネルギー安定供給と地球温暖化防止対策のため、国民の理解と信頼を得ることを前提として、安全な原子力利用と、原子力による経済・社会への更なる貢献を目指すべきことを再確認した。

次回の日台原子力安全セミナーは、来年、台湾で開催する予定である。

以上

第二十六屆台日核能安全研討會 共同聲明(中文版)

第二十六屆台日核能安全研討會 共同聲明

2011 年 7 月 27 日

社團法人 日本原子力產業協會

中華核能學會

自 1986 年起每年召開「台日核能安全研討會」，今年是第 26 屆，於 7 月 26～27 日在東京舉行，對 3 月 11 日發生的東日本大震災及福島第一核電廠事故就技術面及社會面等諸多議題，進行深入的討論。

福島事故與 1979 年美國三哩島事故，1986 年舊蘇聯車諾比事故相當，屬重大的嚴重事故，此事故從根基損害到對核能安全的信賴，而且對台灣在內諸多國家、地域的核能發展計畫產生重大的影響。日本方面對近鄰的台灣所造成的困擾深表歉意；同時對台灣在震災至復興之途所給予的莫大支援表達感謝之意。

福島核災事故發生後，各核能發電國家均高度重視核能安全，並審慎檢視其核能電廠的安全性。截至目前，大多數國家仍將持續使用核電，只有德國等少數國家修正其政策而走向非核。由於核電政策是關係到國民利益至鉅的重要問題，必須進行徹底的檢討及充分的討論後才能作成適當的決策。

日本與台灣均屬能源資源缺乏的國家，大部分能源幾乎都依賴進口，在確保能源安全的結構上非常脆弱。日本與台灣若未就能源政策進行具有體系的議論，即檢討脫離依賴核能的政策，恐怕會對各自的社會、經濟造成重大的不良影響。因此，在能源政策方面，除了對國民負擔與產業界影響之外，亦應考量地球環境問題、確保能源安全等因素，以長期性、綜合性的觀點，與民眾充分溝通討論後，審慎檢討之。

日本與台灣之間，不只是工業製品，農林水產物的貿易也非常盛行，研討會中討論台日兩國的食品中放射性核種管制值大致相同，依據此管制值，日本除了福島縣產之部分食品及部分地區之茶葉以外，農產物之管制措施已經解除。台日雙方今後應積極就福島事故與其對環境造成的影響，進行相關資訊交流，為防止國際性風評受損，必須促進雙方農林水產物貿易的健全發展。當然為了達到這個目的，必須積極公佈正確、客觀且容易理解的數據，另外，透過教育等方式，促進對放射線的正確理解也相當重要。

本次的研討會，台日雙方針對福島事故發生的原因、影響、以及今後的檢討改進措施進行廣泛且深入的討論，深信必有助於提昇兩國未來的核能安全。經由福島事故的教訓，讓雙方都深刻體認到核能的運用必須達成更高的安全基準。日本與台灣也再度認知，為求安定的能源供給以及防止地球暖化對策，核能的安全利用必須以獲得國民之理解與信賴為前提，並以對經濟、社會更進一步的貢獻為目標。

下一屆的台日核能安全研討會預定明年由台灣舉辦。

以上

3. 赴駐日代表處拜會馮寄台代表(100 年 7 月 27 日下午)

蔡主委率本所馬所長、原能會綜計處饒處長、石門環技正、輻防處李處長等前往我駐日代表處拜會馮代表，雙方暢談甚歡，內容概要如下：

- (1) 日本交流協會與我國亞東關係協會已於 7 月 14 日召開共同記者會，發布「支援東日本大震災復興、促進觀光－台日厚重情誼倡議」，其內容中第（六）項為：雙方持續進行核能安全領域相關情資共享。此為台日雙方強化核安交流合作之好機會。
- (2) 日本方面主動表示將協助我國參與國際原子能總署（IAEA）之相關活動。我方希望日本能協助我國參加 IAEA 與日本聯合主辦或 IAEA 委託日本在日本舉辦之核能相關技術會議。
- (3) 福島第一核電廠事故後，日本將採取包括核能管制組織再造在內之短、中、長期強化核安措施，國家能源政策亦將慎重檢討、調整。我國亦面臨同樣課題，台日雙方在核能及能源之國家政策方面可加強合作交流。

4. 參訪日本原子力研究開發機構東海村核設施(100年7月28日)

4.1高功率質子加速器設施(J-PARC)

此次參觀「高功率質子加速器設施」(Japan Proton Accelerator Research Complex, 簡稱 J-PARC), 係由 J-PARC 中心之 Takashi Kato 先生進行簡報說明 J-PARC 計畫及中心目前狀態(圖 4-1、4-2)。為表達竭誠歡迎, J-PARC 園區升起我國國旗(圖 4-3)。由於遭受 2011 年 3 月 11 日宮城大地震影響, 加速器設施內、外均受到嚴重影響, 目前正積極整修, 現場參觀 J-PARC 設施僅進入物質暨生命科學實驗設施概觀各個實驗設備。圖 4-4 為直線加速器設施外受到地震嚴重影響情形, 圖 4-5、4-6 為參觀物質暨生命科學實驗設施實驗設備情形, 圖 4-7 為物質暨生命科學實驗設施實驗設備。

加速器發明於廿世紀, 此項發明成為人類探索物質微觀結構的最有力平台, 並且大幅了推動粒子物理學的急遽發展。進入廿一世紀後, 加速器發展更加日新月異, 不僅應用於觀測粒子微觀物質結構, 還可應用於探索宇宙之形成, 亦廣泛地使用於在研究磁性粒子物理學、生物生命科學的大分子物質和蛋白質等領域。日本 J-PARC 就在科技需求的大環境下, 受到各界矚目並應運而生, J-PARC 位於茨城縣東海村(Tokai-mura, Ibaraki-ken), 是由日本原子力研究開發機構(The Japan Atomic Energy Agency, 簡稱 JAEA)和高能加速器研究機構(High Energy Accelerator Research Organization, 簡稱 KEK)共同合作之計畫, 第一期計畫由 2001 年 4 月至 2009 年春季, 建造期程計 8 年。J-PARC 有三部質子加速器, 包含線性加速器、3 GeV 同步輻射加速器及 50 GeV 同步輻射加速器; J-PARC 有三座利用百萬瓦等級高功率質子射束及其產生之中子、介子(mesons)等之研究設施, 強子實驗設施(Hadron Experimental Facility)、物質暨生命科學實驗設施(Material and Life Science Experimental Facility)及第二期計畫興建之核轉換(Nuclear transmutation)設施。圖 4-8 為 J-PARC 質子加速器及研究設施之鳥瞰及配置圖, 圖 4-9 為高功率質子加速器所產生質子、二次粒子之基礎及應用研究。

J-PARC 計畫規劃建設初期, 正為東海村核燃料處理工廠(Japan Nuclear Fuel Conversion Co., 簡稱 JCO)發生鈾燃料臨界(Criticality)事故時期, 是時為原子能黑暗時期, 不論如何向居民解釋加速器設施與核燃料和核電廠沒有直接關係, 但是東海村居民的反對聲浪到達極點, 堅決反對在原子能研究所內建設新設施。

J-PARC 計畫多次說明加速器安全性, 但是居民均未予理會。其時, J-PARC 計畫和居民方面對設施和安全的認知存在極大歧見。

如何才能讓居民理解呢? 初時 J-PARC 計畫以技術專業說明加速器設施的安全性, 但因居民完全不懂加速器的事情。由於意識到無論如何說明加速器是安全的, 也不可能得到居民的理解, 亦即, 雖然說明了「加速器是安全的」, 但是一般人不瞭解加速器是怎樣的東西, 不瞭解就會不安。為使居民瞭解加速器的安全性, 必須從「加速器是什麼」開始仔細地說明。站在對方的立場進行說明是非常重要的, 此為建設 J-PARC 時交流的開始。

加速器在醫院大量用於醫療用途, 由於是電氣設備, 所以只要關掉開關, 裝置就立即停止, 電視機的映像管實際上也是一種加速器等, 說明後一起到 KEK 讓居民觀看實際的加速器和研究所周圍居家的情况等。也注意站在一般人的角度進行說明或回答問題。逐漸地居民的態度也發生了改變。

說明和參觀會的效果雖然緩慢, 但將得到居民的理解並讓其安心, 花費大約 1 年的時間, 得到了居民對建設 J-PARC 的理解。這也是相互交流取得的結果。

另外, 若沒有當地自治團體東海村和茨城縣的協助和理解, 是不可能建設 J-PARC 的。在這裡關於設施的概要、科學和技術知識與自治團體之間進行交流也是非常重要的。懂得知識的自治團體職員站在兩者中間, 能夠給予居民安心感, 這種安心感是與 J-PARC 計畫的說明所給予的感覺完全不同的, 可促進對 J-PARC 計畫的理解。

J-PARC的建設工程進展順利，2007年10月底所進行質子束流功率3 GeV的同步加速器之實驗，亦獲致成功。經進一步調整後，躍升為可產生 500億電子伏特之加速器，為現有加速器的功率之20倍。除此之外，日本於2008年5月進行之脈衝中子源的生成實驗，亦傳佳音。這項受到各界高度期待的研究，經多次進行試驗也證實了束流的品質。已經有不少科學團隊開始利用此項脈衝式中子源進行研究，應用高分辨中子散射測量技術觀測到過去所無法獲得的數據，而且是非常精確地數據。另外，時間分辨率也將提升到一秒鐘就可立即測出正確數據的目標。2008年12月J-PARC的所有裝置以嶄新面貌重現。目前已開放J-PARC的作業，J-PARC不止將開放給日本國內的科學家或研究單位，也開放給所有想利用此一裝置展開科學實驗的國外科學家和產業界。

目前利用J-PARC進行的尖端研究計畫有：應用中子束流和 μ 粒子 (Muon) 束流從事物質科學和生命科學的研究，以及應用K介子束流和微中子束流 (Neutrino) 從事原子核和粒子物理的研究。J-PARC是名副其實的多功能、多使用目的之複合式裝置。2008年5月進行50GeV質子束流的射入及回旋等實驗均獲致成功。

日本已經研發出世界上輸出功率最高、性能最優良的J-PARC脈衝式中子源裝置(JSNS)，並且利用這部裝置進行3 GeV脈衝質子打進水銀靶引起核分裂生成中子的實驗，成功地利用氫氣減速劑(hydrogen moderator)減緩速度，生成了用途廣泛之脈衝式中子源。為了讓JSNS生成更多的中子源，日本採用在高功率下可以循環冷卻、不會造成輻射損傷等，有許多好處之水銀靶。

目前世界上正在運行的脈衝式散裂中子源裝置主要有英國的 ISIS，和美國的 SNS。JSNS的中子束流均較英美之性能好。與1 GeV質子束流功率1.4 MW 的SNS相比較，日本JSNS之中子總束流功率是SNS的1.4倍。這是日本採用最先進hydrogen moderator的科技所獲得之研究成果。日本將連鎖裝置的hydrogen moderator分開配置，再將此一裝置改良成為圓柱形。為了將生成的中子源能完全捕集，而研發出AIC合金的解偶器(decoupler)，製造出新式的hydrogen moderator，這是JSNS之脈衝中子通量比SNS高出6倍以上的原因所在。至於脈衝重複頻率的效能，SNS的脈衝重複頻率是60Hz，而JSNS的脈衝重複頻率是25Hz，JSNS的脈衝重複頻率在SNS的一半以下，此正是JSNS研發出性能卓越的散裂中子源之絕佳平台。JSNS內有23條光束線的單獨光閥，由於著重於中子源整體功率，更加地凸顯出日本的中子源裝置比各國的性能好。

從著手建造開始歷經七年，利用JSNS研發質子束流的科技已奠定了良好地基礎，以致2008年5月30日進行實驗中子的生成，方能成功。實驗證明了JSNS中子源光譜的性能高，質子脈衝量可重複設計。

J-PARC的物質暨生命科學實驗設施(MLF)揭開了「應用脈衝式中子源」之新紀元，世界一流的脈衝式中子源讓所有中子科學的研究者實現期待多年之夢想。日本發展中子科學已獲多項成果：有日本原子力研究開發機構利用JRR-3研究爐研製出的穩定中子(steady neutron)，在穩定中子之研究基礎下，再加上MLF的脈衝式中子源，果真能在同一設施內同時應用這兩項研究成果展開科學實驗，這對研究者來說，J-PARC是研究中子科學最理想的環境。MLF之所以受到各界高度的期待，其原因係：MLF不但可以擴大學術研究的層面，還可以激勵出更多更佳的學術研究成果，甚至可以創造出新的產業和應用科學。

不過，要應用中子源不斷地創造出重大的研究成果，除了必須致力於高性能裝置等硬體設備之維修工作外，如何讓用戶應用中子源進行實驗和分析數據等軟體工程之協助工作也是非常重要。J-PARC所要求的就是希望建商、政府還有用戶團體能同心協力、共同合作讓J-PARC發揮其最大的應用效能。而如何增加應用中子展開研究的用戶、如何培育中子科學之必要人才，如何能完全掌握十年後J-PARC的將來等等難題，則有待日本之中子科學會針對此等問題，不斷地討論，持續地進行評估。

Takashi Kato先生誠摯歡迎國內欲使用J-PARC設施進行研究之學者專家提出使用申請。



圖 4-1: J-PARC 計畫及中心目前狀態簡報說明(1)



圖 4-2: J-PARC 計畫及中心目前狀態簡報說明(2)

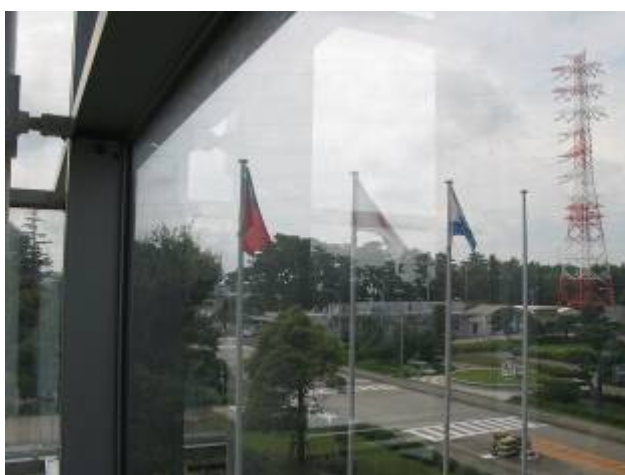


圖 4-3: J-PARC 園區升起我國國旗以表歡迎



圖 4-4: 直線加速器設施外受到地震嚴重影響



圖 4-5: 參觀物質暨生命科學實驗設施實驗設備(1)



圖 4-6: 參觀物質暨生命科學實驗設施實驗設備(2)



圖 4-7:物質暨生命科學實驗設施實驗設備

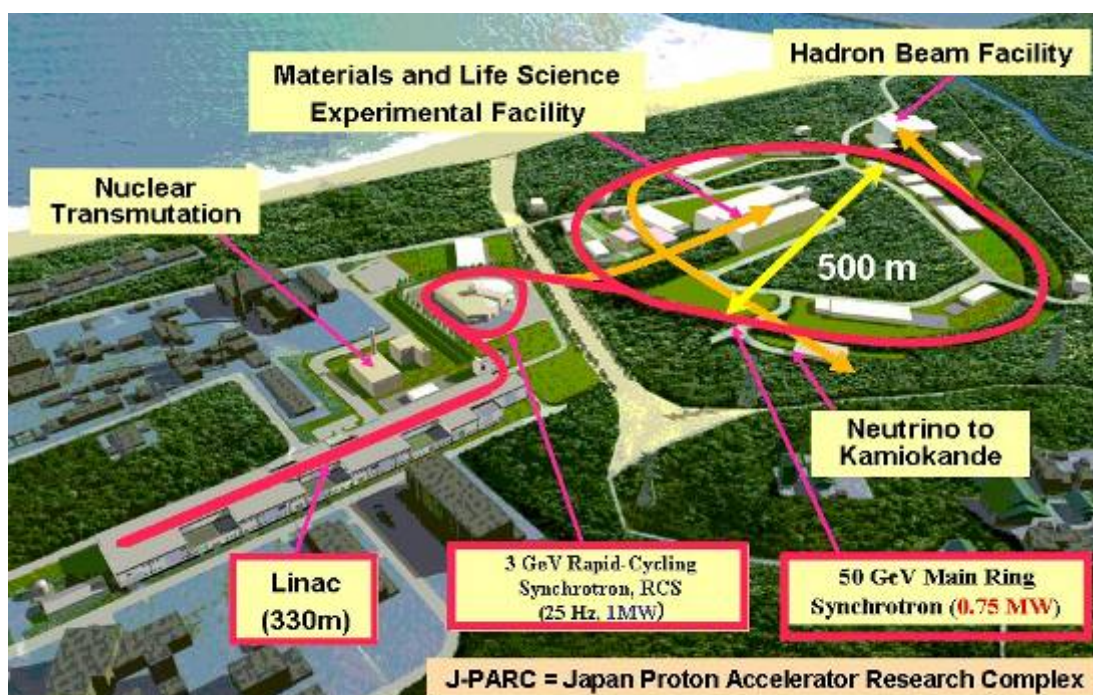


圖 4-8: J-PARC 質子加速器及研究設施鳥瞰及配置圖

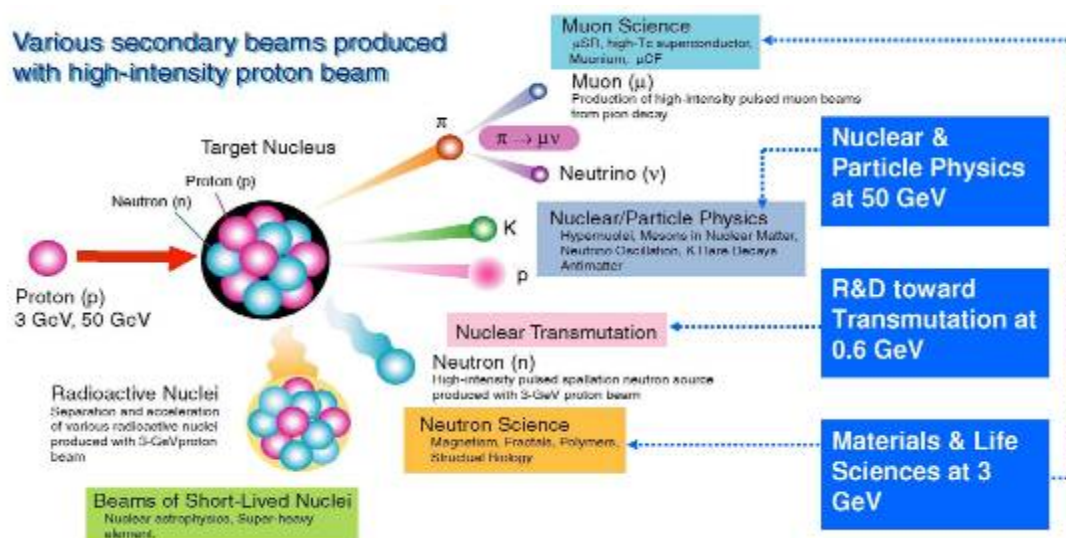


圖 4-9: 高功率質子加速器所產生質子、二次粒子之基礎及應用研究

4.2 參訪核燃料循環工學研究所

參訪核燃料循環工學研究所(Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories)之保安程序較為嚴謹，須傳送個人資料及護照影本事先申請，進入園區大門亦須逐一核對以換發通行證，進入核燃料循環工學研究所時則告知不能使用任何攝影照相器材。

核燃料循環工學研究所進行之研究包括核燃料循環、再處理技術、混合氧化物(MOX)燃料技術、先進核燃料循環技術、放射性廢棄物處理及處置等。於再處理技術發展方面，東海再處理廠(Tokai Reprocessing Plant, TRP)為有效使用鈾資源，發展由用過燃料分離並回收鈾與鈾的技術，所回收之鈾與鈾可用於製造新燃料，再處理技術於核燃料循環所扮演角色不言而喻。

於日本，高放射性廢棄物地質處置之基本概念係於穩定地理環境中建造多重障蔽系統(multi-barrier system)，多重障蔽概念為合併考量地理環境及工程障蔽以提供多層防護。

圖 4-10 為核燃料循環工學研究所之主要設施；圖 4-11 為核燃料循環示意圖；圖 4-12 所示為東海再處理廠之再處理技術發展；圖 4-13 為再處理過流程；圖 4-14 為混合氧化物燃料製造流程；圖 4-15 為放射性廢棄物地質處置相關研究。



圖 4-10：核燃料循環工學研究所之主要設施

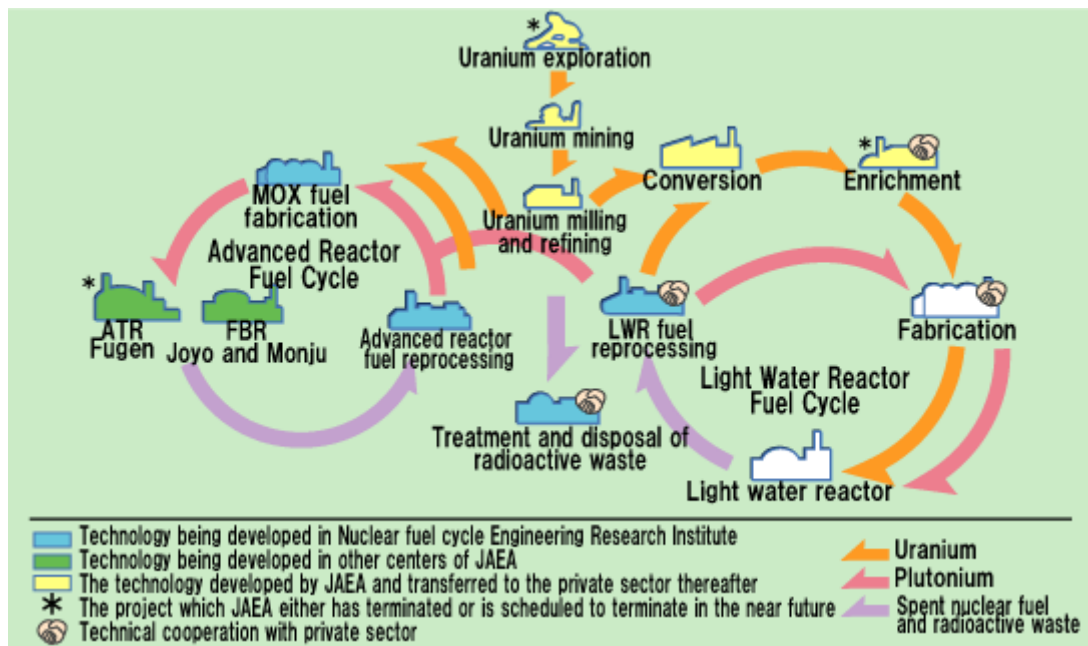


圖 4-11：核燃料循環示意圖



▲Tokai Reprocessing Plant (TRP)

Jun. 1971	Start of construction of the Tokai Reprocessing Plant
Sep. 1975	Start of uranium testing
Jul. 1977	First acceptance of spent fuel
Sep. 1977	Start of a test run using spent fuel
Nov. 1977	First extraction of plutonium
Jan. 1981	Start of first actual run using spent fuel
Feb. 1983	Completion of the Plutonium Conversion Development Facility (PCDF)
Nov. 1990	500t reprocessed
Jun. 2002	1000t reprocessed
Mar. 2006	Accomplishment of LWR spent fuel reprocessing

圖 4-12：東海再處理廠之再處理技術發展

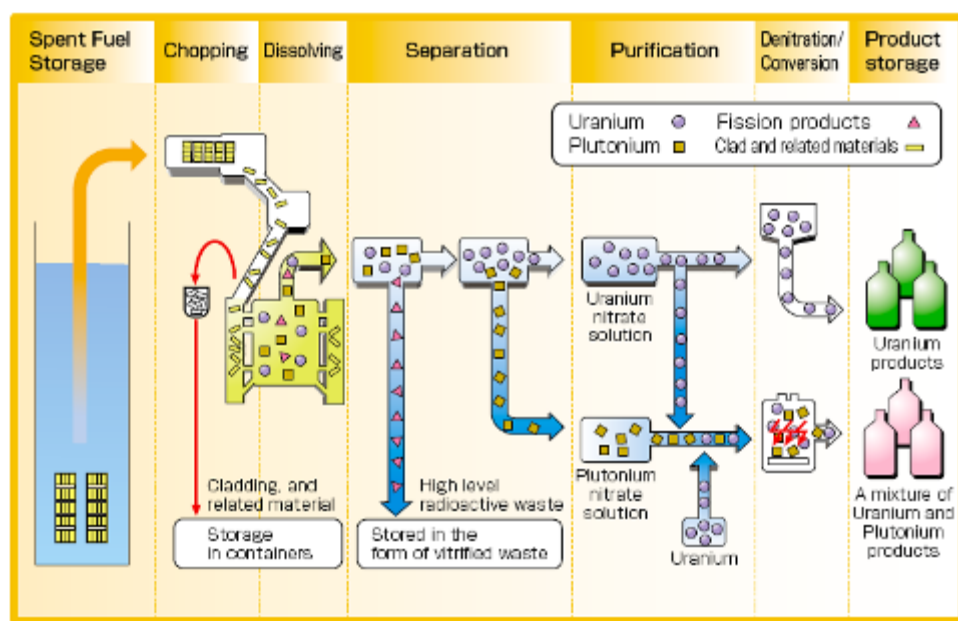


圖 4-13：再處理過程流程

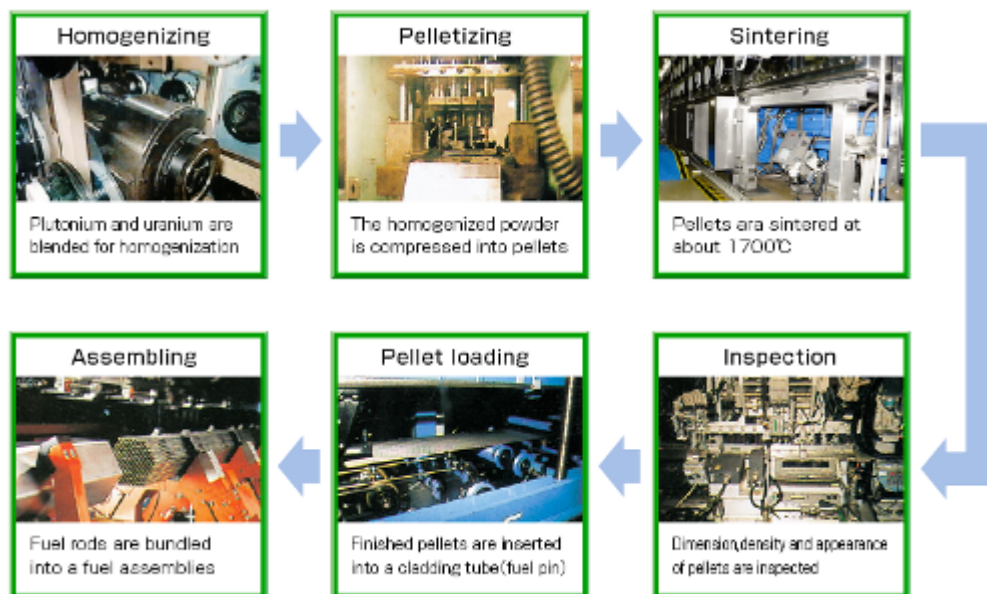


圖 4-14：混合氧化物燃料製造

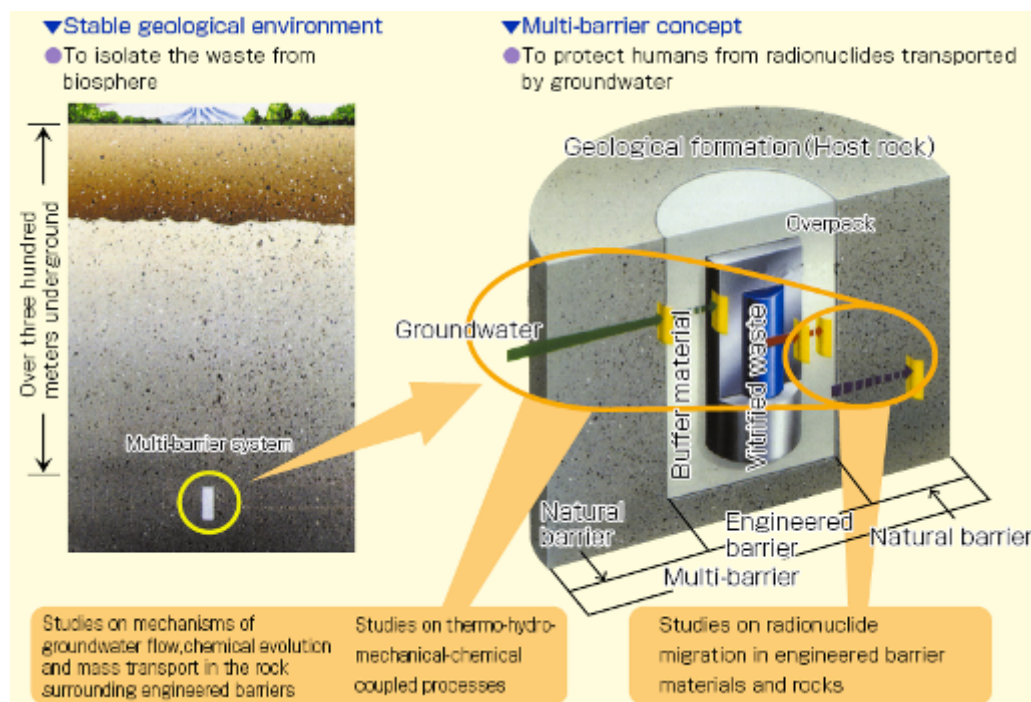


圖 4-15：放射性廢棄物地質處置研究

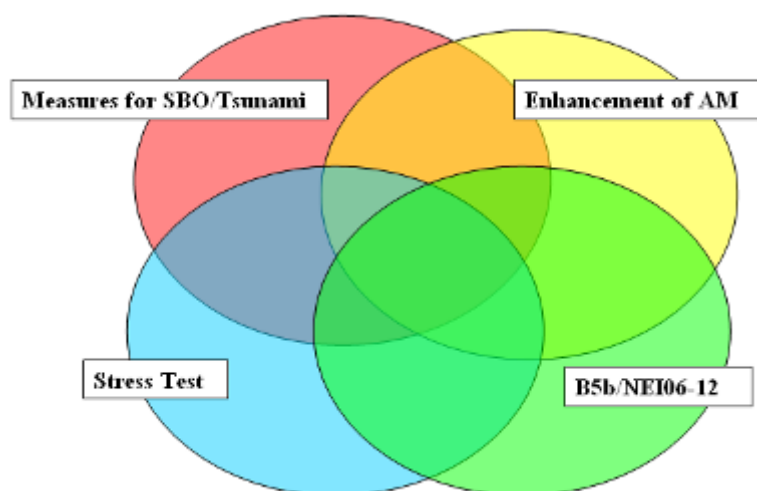
5. 參訪日本原子力技術協會(Japan Nuclear Technology Institute,簡稱 JANTI)

7月29日，核能科技協進會(Nuclear Science and Technology Association, NuSTA)歐陽敏盛董事長、謝牧謙常務董事、原子能委員會徐明德副處長(現為處長)、鄧文俊科長、石門環技正、熊大綱技士，核能研究所廖俐毅博士參訪日本原子力技術協會。以下為日本原子力技術協會組織圖。



日本原子力技術協會組織圖

此次與我方一起討論的成員包括 JANTI 最高顧問石川迪夫、技術顧問和三個部(strategic planning division, safety culture division, codes and standards division)的部長(general manager)，會議議程包括雙方簡報與技術討論。我方由鄧文俊科長介紹我國核電廠現有安全防護體制全面體檢之規劃以及初步評估結果。日方簡報題目為法規與因應措施之關係(Relationship between regulation and measure)。在福島事件發生之後，各方提出之因應措施包括(1)地震海嘯之因應措施、(2)事故處理(accident management)之強化、(3)壓力測試、(4)美國因應 911 恐怖攻擊之後，針對恐怖攻擊所提出之 B.5.b/NEI06-12 改善行動。圖為這些因應措施之重點及彼此間的關係。



各因應措施重點及彼此間關係圖

(1)地震海嘯之因應措施:NISA 於 3 月 30 日提出要求，其具體內容包括：

■一個月內之短期措施

- 可移動電源供應
- 消防引擎(Fire Engine) 等

■長期措施

- 防海嘯高牆(sea wall)之改善
- 廠房內預防淹水措施之改善(Enhancement of Flooding Prevention inside the Building) 等

(2) 強化事故處理(accident management):NISA 於 6 月 18 日提出要求，其具體內容包括：

■保衛控制室的環境(Securing the Environment in the Control Room)

■緊急在地通信(Emergency On-site Communication)

■物質與裝備例如防護高劑量之衣物(Material & Equipment like high dose protective Clothing)

■預防氫氣爆炸(Prevention of H₂ explosion)

■瓦礫清除機具 (Rubble Removing Machinery)

(3)壓力測試: NISA 於 7 月 22 日提出要求，其具體內容包括：

■第一階段

- 設計餘裕的評估(容許應力上限相對於計算應力)

■第二階段

- 評估可承受的極端自然災害

(4)B5b/NEI06-12 改善行動：NISA 於事故發生前未聞 B5b 改善措施，6 月由 INPO 得知此資訊，目前之現況為：

■電力公司向 INPO 詢問詳細之改善措施

■NISA 和美國核管會聯絡

■NISA 刻正比較日本改善措施與美國 B5b 改善措施之差異

日本原子力技術協會表示以上 4 項要求在內容上彼此重疊，由於 4 項要求多半有具體的時程要求，可是要求前後不一致，造成困擾。另外，日本原子力技術協會表示這些要求也都缺乏法規之基準。

進入技術討論議程時，我方和日方討論了許多技術議題，以下摘錄其中幾則：

(1)針對福島一廠一號機所採用之隔離式冷凝器(isolation condenser)設計理念進行討論：

廖俐毅博士認為福島一廠一號機雖然是最老的廠，但是該機組所使用之隔離式冷凝器卻是採用非能動(passive)的概念設計，而非能動的概念現在普遍為新一代核能電廠所採用，所以釐清為何隔離式冷凝器在福島事件中沒有發揮作用是很重要的。日方的答覆顯示隔離式冷凝器在地震後確實發揮了預期功用，事實上還因為冷卻效果太好，以致於運轉員必須以手動方式動態關閉隔離式冷凝器管路上的閥。在福島事件中，該閥數度開關，據猜測海嘯來襲時可能正好是處於關閉狀態，所以海嘯後隔離式冷凝器才未能發揮功用。

(2)針對壓力測試，我方希望瞭解日方的作法，包括壓力測試的範圍、接受準則、以及結果的分享。日方表示其壓力測試的範圍將和歐洲的作法不同，未來將只包括地震與海嘯複合式災害，至於結果將會公開。

(3)針對防海嘯高牆(sea wall)，我方希望瞭解日方如何決定防海嘯高牆的高度，日方表示，如果沒有詳細的分析數據，原則上建議高度是 15 公尺或原有高度加 9 公尺，各電廠作法將不會完全一致。另外，也針對除了防海嘯高牆外有無替代方法也做了一些討論。大禹治水著重疏導，認為防堵不如疏導。那麼防海嘯有沒有可能也用疏導的方式？基於這個想法，廖俐毅博士拋出腦力激盪式想法：有無可能挖壕溝將海嘯過程上岸之海水引導到無害

或危害較小之處？鈴木義和部長（土木專家）表示其實他們也有過類似想法，並在黑板上畫圖解釋：



這個圖的左邊為海平面，右邊較高處為核能電廠。這個構想，基本上還是築防海嘯高牆，不過爲了對付溢流，高牆與核能電廠間挖壕溝，利用 discharge 管子將溢流的海水引導回去海裡。我們針對此概念簡單交換一下意見，例如，我方提出 discharge 管子應該裝有止回閥(check valve)，以免海嘯反向透過此通道，旁通了防海嘯高牆，進而流進了核能電廠。鈴木義和部長一再強調此構想僅僅是幾個人的私下想法，不是一個成熟的方案。即使如此，這個想法仍然值得參考。

- (4)針對事故處理(accident management)之強化，我方希望瞭解日方是否打算發展或採用較為強韌的儀器，例如，採用不同原理的水位計。日方表示目前沒有這方面的計畫。會議結束之後，雙方在日本原子力技術協會合影留念。



台日雙方於日本原子力技術協會合影留念

6. 參加第 8 回 JNES-NuSTA 核能安全管制資訊交換會議

8 月 1 日參加第 8 回 JNES-NuSTA 核能安全管制資訊交換會議，議程如下所示：

8 月	地點	時間	項目	対応
1 日	東京 JNES 4C	09:30 - 09:45	拜會 JNES 理事長	理事長
		10:00 - 10:15	開幕致詞	—
		10:15 - 11:15	過去 1 年發生事件及福島事故回顧(日本)	JNES
		11:15 - 12:15	過去 1 年發生事件及管制動向(台灣)	台灣
		12:15 - 13:15	午餐	
		13:15 - 14:30	福島第 1 事故報告 (以耐震及損害狀況為報告主軸)	JNES
		14:30 - 15:45	The safety Re-assessment of Taiwan's Nuclear Power Plants after Fukushima Daiichi Accident	台灣
		15:45 - 16:00	休息	
		16:00 - 17:15	福島第 1 事故報告 (福島第 1 及其他災區核電廠之比較)	JNES
		17:15 - 17:30	今後合作事項討論	台灣/JNES
		17:30 - 17:45	閉幕致詞	—
	東京	18:00 - 20:30	晚宴	JNES 主辦
2 日	宮城	13:30 - 16:00	參訪女川 NPP	東北電力
3 日	茨城	13:30 - 16:00	參訪東海第 2NPP	日本原電
4 日	JNES	09:30 - 16:00	耐震安全相關提問討論	耐震安全部

其中核研所廖俐毅博士並未參加 8/4 之討論。

以下摘錄技術討論內容：

- (1) 在福島事故發生初期，JNES 提供了哪些專業諮詢？JNES 表示事故發生第一天就向 NISA 提出可能發生嚴重核子事故的警告，第二、三天就針對用過燃料池冷卻的必要性提出建議。另外，除了參加內閣與保安院有關之會議外也針對用過燃料池再臨界的顧慮進行評估。
- (2) 在福島事故發生過程，ERSS 系統發揮了哪些功效？JNES 表示 ERSS 系統並未發揮其預定功效，最主要的問題是 ERSS 沒有收到應該收到的數據，猜測可能是光纜受到破壞，JNES 表示 ERSS 的數據傳輸系統，日後應該強化抗災害的能力。這一點十分值得我國借鏡。
- (3) 在福島事故發生過程，再臨界與冷卻何者應該優先考慮？JNES 表示應該優先考慮冷卻，因為，只有特定條件下才可能再臨界。即使再臨界，反應器壓力槽與圍阻體也都可以發揮屏蔽作用。
- (4) 在福島事故中，消防水注入爐心的流量非常低，大約只有 8.8~80 gpm，為什麼流量如此低？JNES 表示除了消防水頭與背壓需要考慮外，注入路徑接了許多軟管，路徑上的壓力降也必須列入考慮。這一點十分值得我國借鏡。

- (5) 在新潟中越沖(NCO)地震發生後，日本各核能電廠都進行耐震再評估與補強，福島一廠也不例外，我們請 JNES 澄清福島一廠的補強工作是否已經執行。JNES 表示已經執行。
- (6) 福島二廠有一條外電存活，為何沒有利用它來協助挽救一廠？JNES 表示一廠與二廠間相距 10 公里，一廠發生氫氣爆炸，無法靠近，電源車開不進去，地震持續發生，只能靠既有電源。
- (7) 在福島事故中，儀器測量值是否有足夠可靠性？JNES 表示許多儀器之讀數並不正確，特別是水位計，從 3/14 到 3/16 水位讀數為-1700 mm，事實上是空的。事故後之儀器測量應該也要加以注意。

7. 參訪女川核能電廠

8月2日參訪女川核能電廠，由渡部廠長親自進行簡報，說明3月11日東日本大地震對女川核能電廠所造成的損害情形和今後的因應策略。以下為渡部廠長之簡報摘要：



地震於3月11日14點46分發生，地震的規模 9.0，在女川核能電廠量到震度為 6弱，在1號機的反應器廠房地下2樓量到地震加速度為567.5 gal，海嘯在地震發生後約40分抵達，海嘯的高度約13公尺。女川核能電廠有275 KV供電線(雄鹿幹線X2 丸松島幹線X2) 4線路，66 KV供電線1線路，總計5 線路的供電線。3/11地震發生後，其中4線路無法供電，只剩1線路可以正常供電。地震發生之後所有的緊急柴油發電機全部正常，但是隨後而來的海嘯所造成2號機的B串緊急柴油發電機和H串緊急柴油發電機不可用，而A串之緊急柴油發電機則是正常的。

女川核能電廠預估最大的海嘯高度為9.1公尺，為了保守理由，其防海嘯堤高度設計為14.8公尺，地震之後，女川核能電廠以及附近地區整體陷落1公尺，由於保守的設計考量，陷落後女川核能電廠防海嘯堤之高度仍有13.8公尺，大於海嘯高度13公尺，所以女川核能電廠沒有淹水。

地震前，1號機和3號機以100%全功率運轉，2號機剛抽棒起動，地震發生後，所有機組都自動急停，1號機和3號機的RCIC系統與RHR系統均正常運作，並於約10到11小時後到冷停機，而2號機在地震後隨即達到冷停機，另外，各種的輻射偵檢儀器均無異常的指示。

女川核能電廠主要的損害情形包括：

- 1號機重油槽倒塌(由於海嘯)
- 1號機的高壓電源盤電火災(由於地震)
- 2號機的反應器輔助冷卻水系統熱交換器室內輔助冷卻水系統(B串與H串)由於室內淹水而不可用(由於海嘯)
- 全廠的用過燃料池水飛濺(由於地震)

1號機重油槽位於海拔2.5公尺處，其用途為貯存輔助鍋爐燃料，提供暖氣、液體廢棄物的濃縮處理等使用，其裝置容量為960公升，海嘯來臨時，剩餘油量約600公升，重油槽雖是龐然大物，仍不堪海嘯襲擊而倒塌，如下圖：

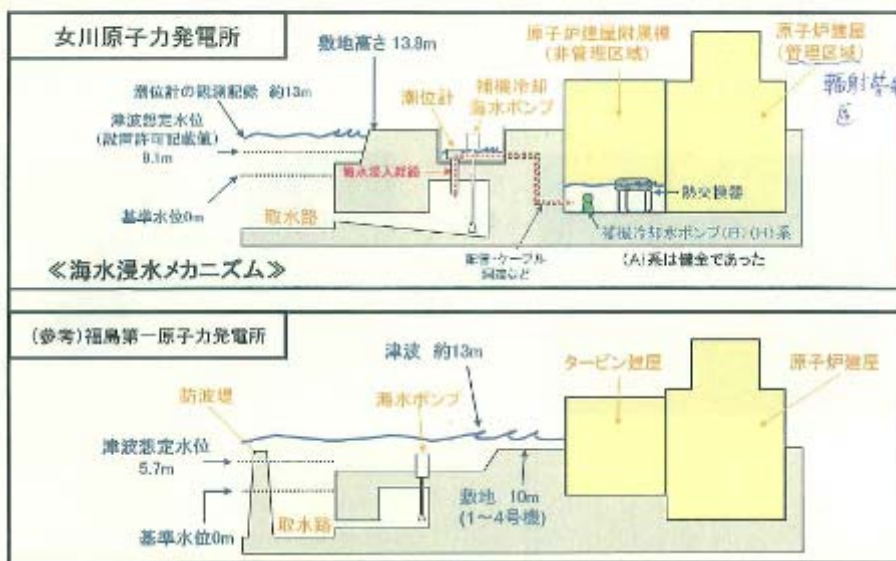
① 女川1号機 重油タンクの倒壊



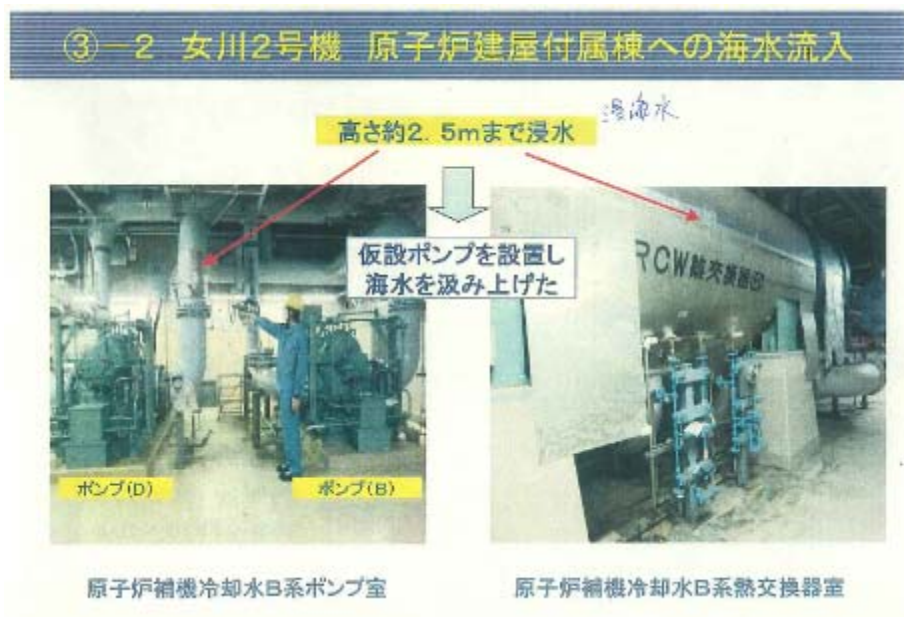
重油槽所裝載之重油全部流入海中，女川核能電廠因此設置攔油索以防止重油進一步往外擴散。

女川核能電廠地基高度大於海嘯高度，理論上應該沒有淹水問題，但是由於海嘯的壓力，海水經過潮位計、海水泵室、流經配管洞道(密封性被破壞)，流入了核反應器附屬廠房，造成2號機的反應器輔助冷卻水系統熱交換器室淹水，其海水入侵路徑以及與福島一廠的比較如下圖：

③-1 女川2号機 原子炉建屋付属棟への海水流入



輔助冷卻水系統熱交換器室淹水高度達2.5公尺，其設備位置與當時淹水最高位置如下圖：



緊急安全對策例子：

對策1:電源確保(電源車配置→大容量電源設備配置→常設緊急用發電設備高地設置)

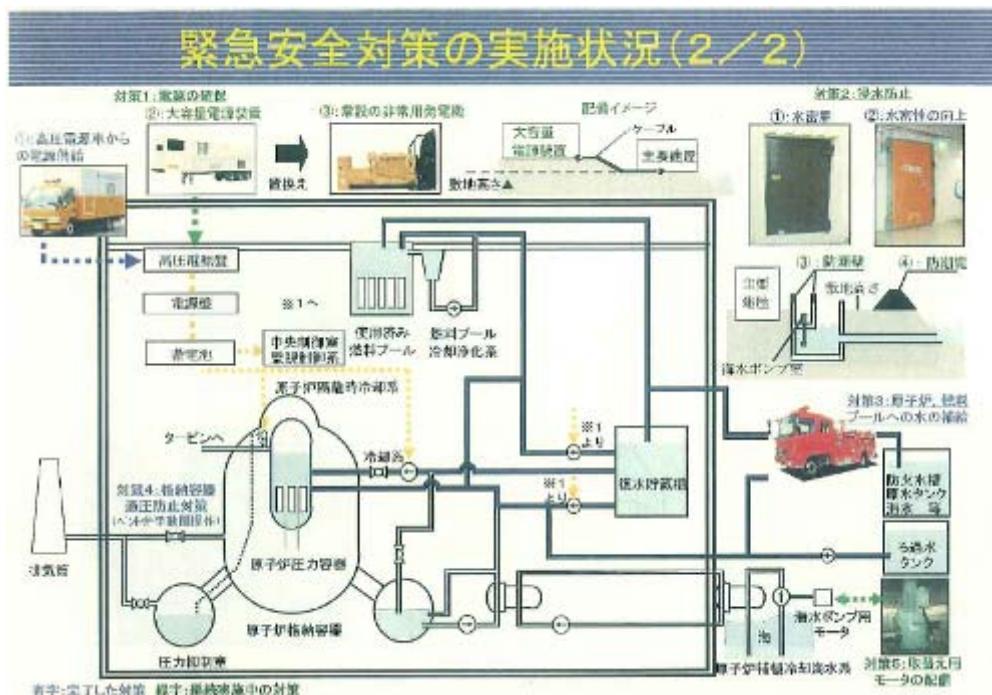
對策2: 防止海嘯所造成的淹水，包括加強門的水密性能、海水泵加裝防海嘯牆、以及將現有的13.8公尺防海嘯堤再加高。

對策3: 透過消防車, 提供核反應器與用過燃料池的冷卻水

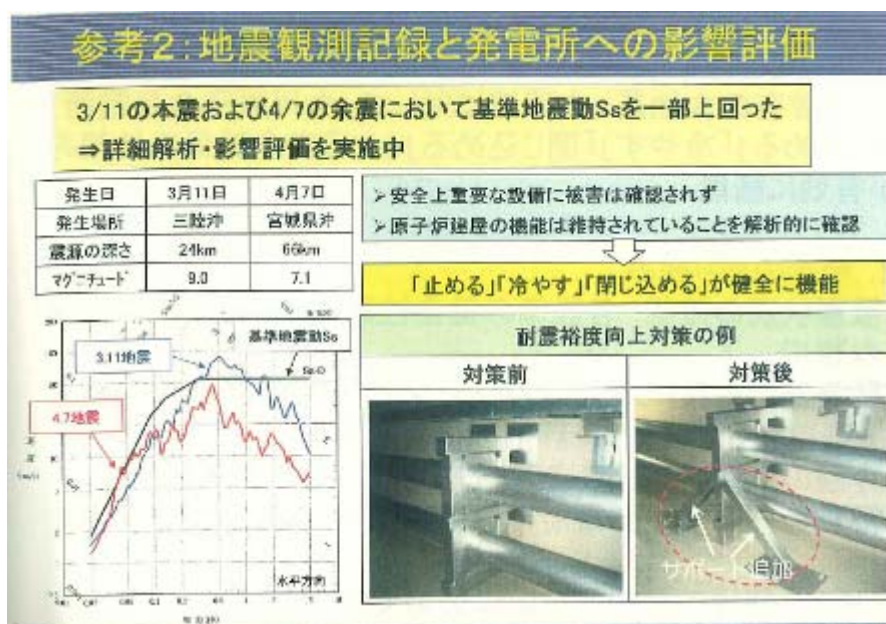
對策4：圍阻體過壓防止對策

對策5：海水泵備用馬達的配置等

各種緊急安全對策，可參見下圖：



女川核能電廠的地震觀測記錄顯示在3/11地震以及4/15餘震中，有部分實測地震加速度超過了設計用地震(Ss)如下圖，其對核能電廠的影響目前詳細評估中。



由於地震與每嘯的影響，女川核能電廠附近許多道路受損(如下圖)，造成核能電廠與村落之孤立。



由於房屋大量流失，加上下雪天氣嚴寒，女川核能電廠開放體育館接受避難人民，核能電廠員工與避難人民合計一千數百人，分享了有限資源(毛毯，水，食品)。在體育館接受避難人民，人數最多時約360名，時間最長者約3個月，之後避難人民移往二次避難場所或親友家，圓滿離開核能電廠。

簡報結束之後到現場實際瞭解地震與海嘯所造成之損害，包括：

- 發電場設備損害狀況：1號機重油槽倒塌、2號機海水泵室、2號機反應器輔助冷卻水系統熱交換器室
- 緊急安全封策：電源車、消防車
- 其他：1、2號機中央控制室

現場參觀結束後，回會議室進行技術討論，針對電源車配置、大容量電源設備、消防車、

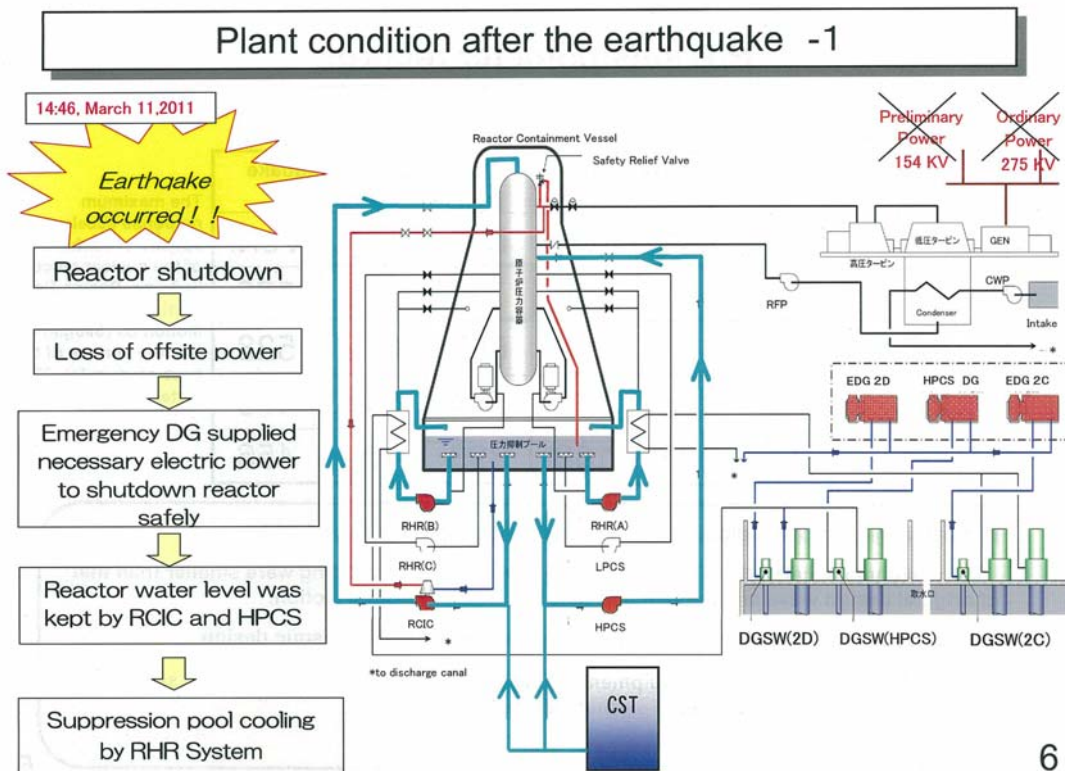
注水管路等議題交換意見。

參觀女川核能電廠途經附近之石卷市，該地為地震海嘯受創很嚴重的區域，據說當地車子報廢達4萬輛，因此在路途中也拍攝了一些民宅受損的照片，示之如下：

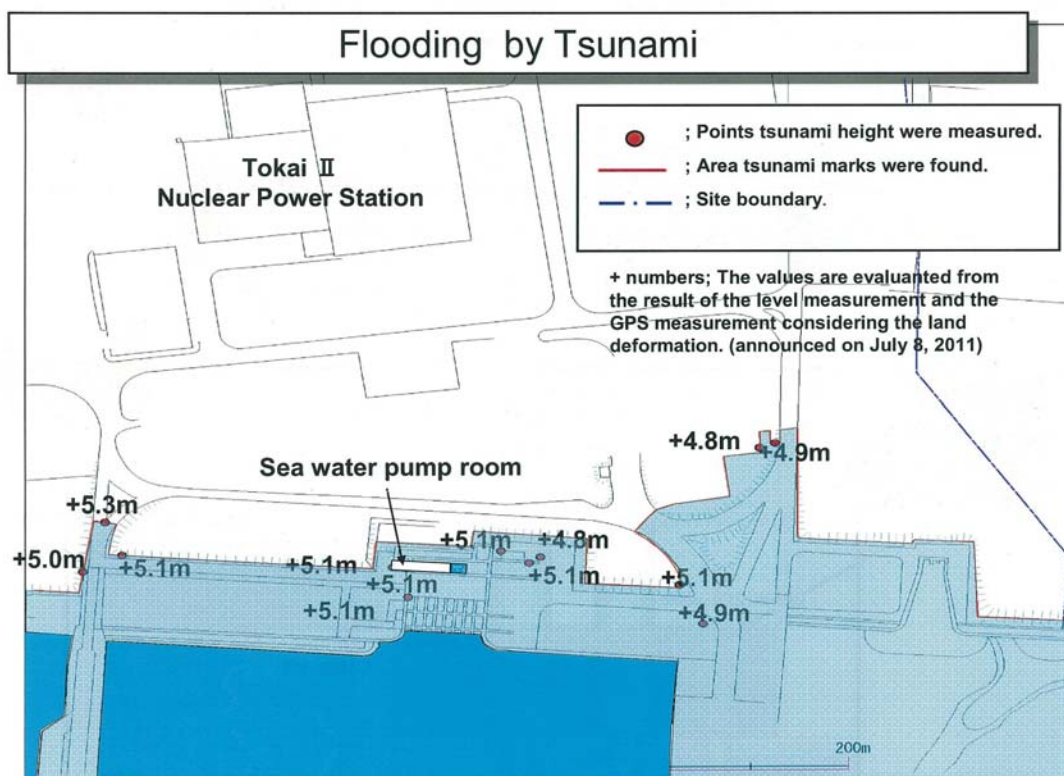


8. 參訪東海第 2 核能電廠

8 月 3 日參訪東海第 2 核能電廠，電廠進行簡報。地震之後喪失兩條外電，如下圖：

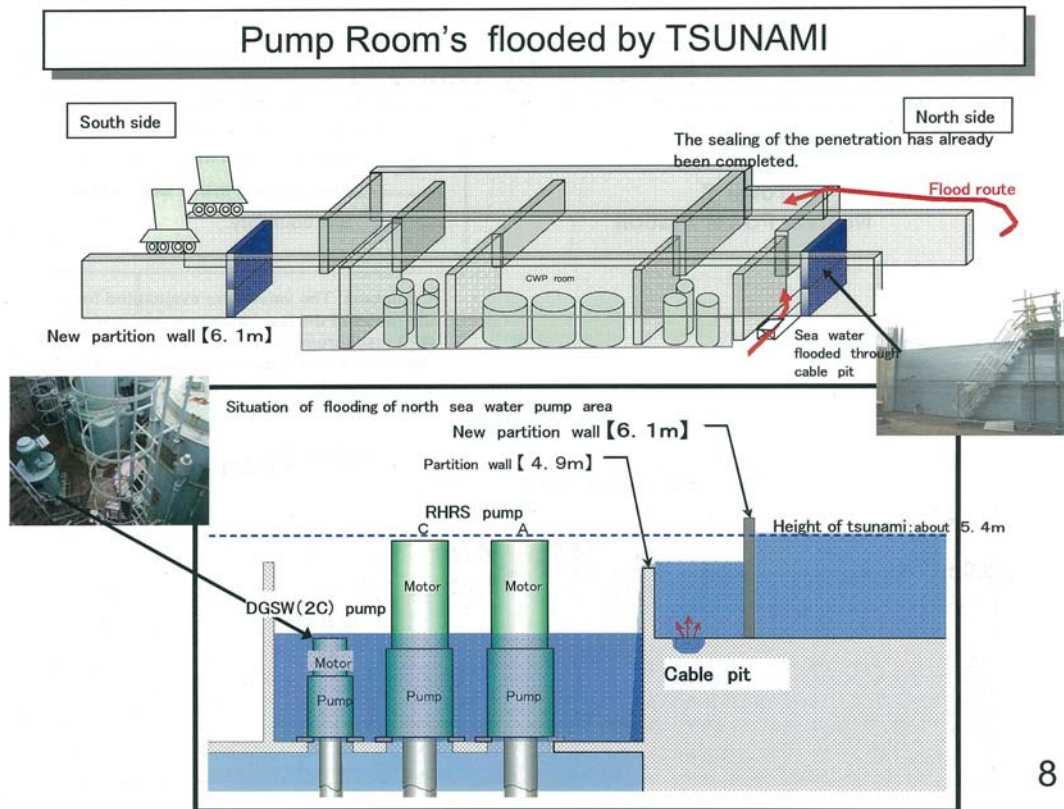


除了海水泵外，其餘部分並未受到淹水的損害，如下圖：

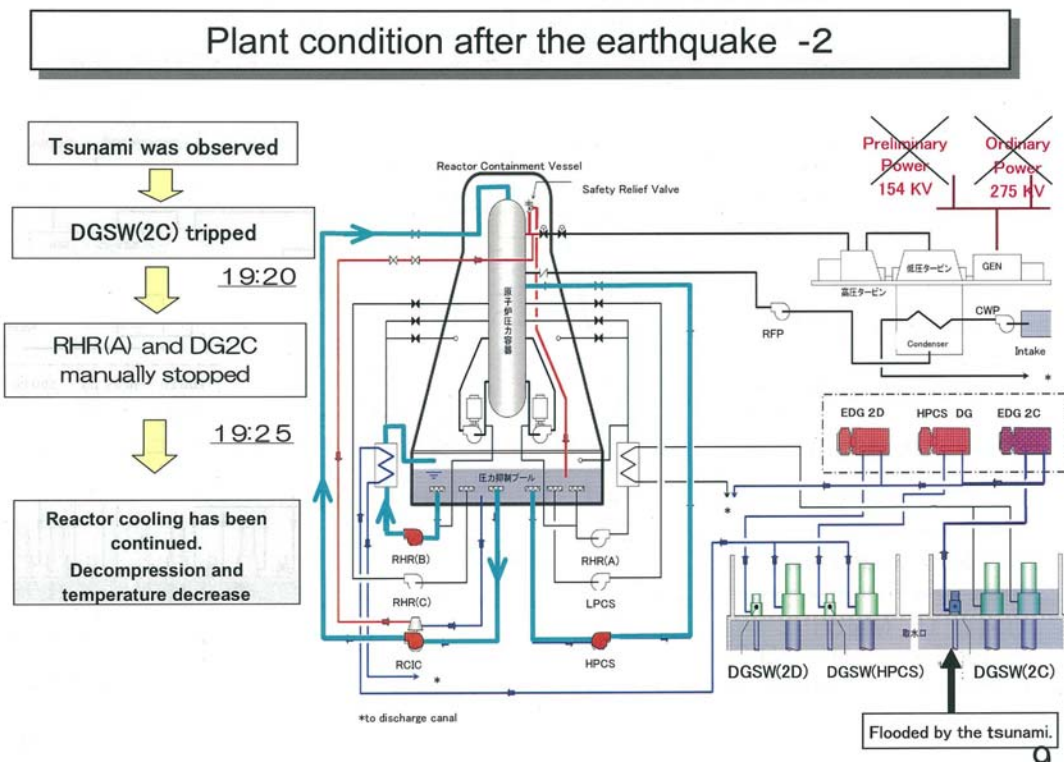


海水泵在 3/11 之前已經進行海嘯防範的工程，在海水泵週圍已經蓋了防海嘯牆，如下圖藍色部分，防海嘯牆在此次事故中發揮了極大的功效，只是海嘯來襲時，海水還是從未密封的 cable

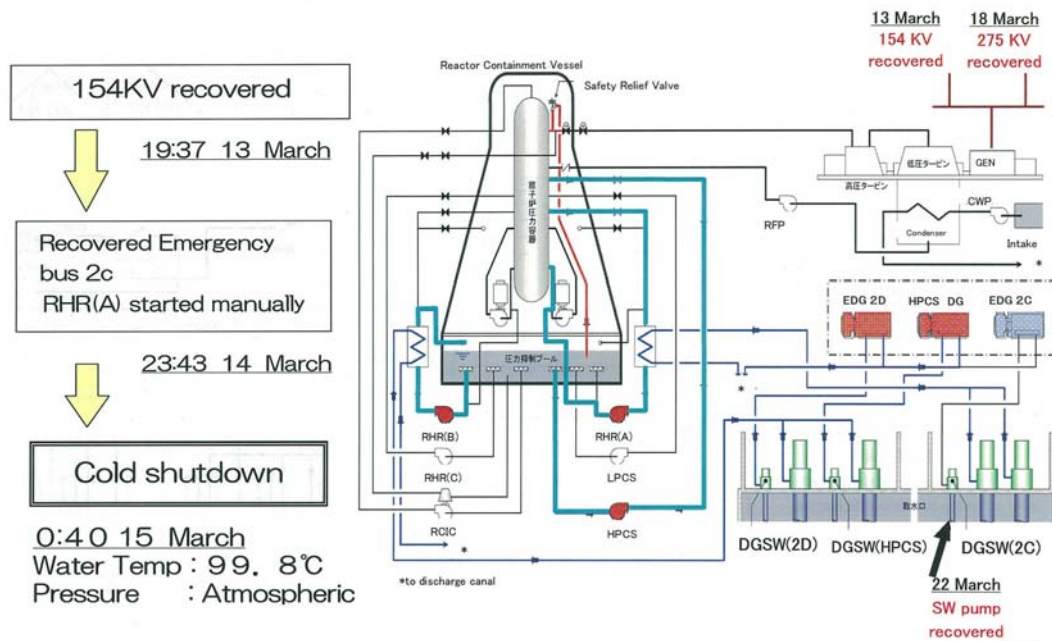
pit 漏了進去，造成一台緊要海水泵不可用。



地震後電廠狀況之發展如下二圖：

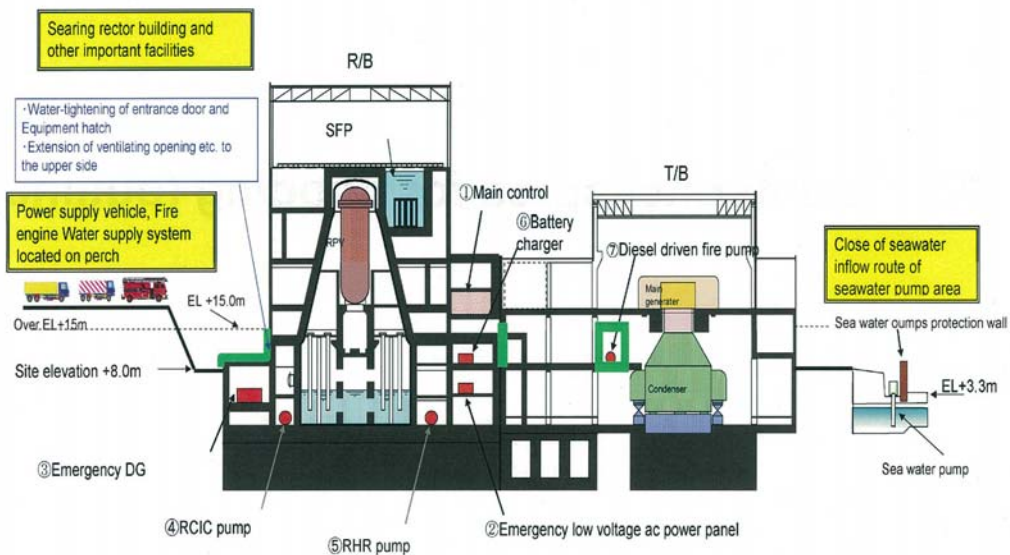


Plant condition after the earthquake -3



東海第 2 核能電廠淹水防範措施之因應，如下圖：

Countermeasures for flooding



東海第 2 核能電廠應付海嘯除了已經環繞核能電廠蓋好了很高的防海嘯牆外，其中水密門也是其因應措施中重要的一環，水密門照片如下圖：

Countermeasures for flooding (Example)



簡報結束後，電廠放映了海嘯襲擊東海第 2 核能電廠的實況錄影影片，全部海嘯共 7 次，其中上陸者共有 3 次，很可惜，基於保密考量，東海第 2 核能電廠表示無法提供該影片。

另外，我方和日方討論了許多技術議題，以下摘錄其中幾則：

- (1) 談到全黑能力的改善：目前因應廠區全黑能力，不管我國或日本設計上至少可維持 8 小時，我方問到日方是否考慮將因應廠區全黑能力之時間至少提高為 24 小時。日方表示，在增設電源車等改善措施之後，雖然沒有明確說可以撐若干小時，但是，應該可以利用 RCIC 撐很久。我國 RCIC 在下列情況會產生隔離而不可用：

- (a) 蒸汽管高流量
- (b) 汽機排汽高壓力
- (c) 反應爐低壓力
- (d) RCIC 室高溫

因此我們詢問針對 RCIC 室高溫設定導致 RCIC 不可用，日方採取了哪些改善措施。日方表示，該廠無此信號。

- (2) 談到用過燃料池的改善：有關 B5b/NEI06-12 改善行動建議，在用過燃料池中，將高功率燃料束與低功率燃料束交錯擺放，東海第 2 核能電廠表示並未考慮採行此建議。

三、心得

1. 早期的核電廠設計在因應海嘯來襲的縱深防禦配備明顯不足，雖然已經意識到海嘯來襲的危險，福島一廠經檢討後進行防海嘯來襲的改善，2002年後已將預期的海嘯高程增至5.7公尺（未變更其執照文件），結果證實仍然低估海嘯來襲的危險，因為海嘯的浪高可能會因持續性的地震，海底地形、海岸地形、海嘯發生的先後，海嘯波速的影響，而可能發生疊浪的情形，造成核電廠發生事故。
2. 早期的核電廠設計，實際考量上並未為這些電廠提供「乾廠址」（Dry Site）（防洪、防海嘯、排除淹水），福島一廠因2002年後執行安全評估，根據安全評估的結果而採行的更多的防護措施，但並不足以應付311那麼高的海嘯高程數值和所有相關的危險現象（水的動力、大量殘骸之巨大能量動力衝擊），2002年後執行的保護措施也未經管制機關的核准。
3. 遇洪水衝擊所造成之結構、系統組件故障，一般均非漸進式，以致電廠不能抵擋高程超過會導至「崖邊效應」（Cliff Edge Effects）的海嘯所造成的後果。
4. 嚴重事故管理的支援與配備並不足以應付多部機組的故障。
5. 東海二廠、濱岡電廠和福島二廠，已就目前電廠和廠址的現狀，評估和確保其安全；PSA安全度評估可為有用的工具，在讓所有機組達致安全確保之前，日本不同意恢復其運轉。濱岡電廠採行的措施：重點放在巨型防洪牆的設置與除原有的海水泵外，每一部機（3、4、5號機）各增加一組海水抽水機，但卻不包括大型生水池的建置，稍嫌不足。
6. 日本首相菅直人宣布：將對所有核電廠進行壓力測試，作為重新啟動的必要條件後，此在日本國內引起巨大的混亂。最直接的影響是到明年2月時，如果沒有核電廠通過壓力測試，則54座反應器中將會只剩下4座運轉，這對工業的衝擊可以想見。
7. 福島一廠需要為目前的電廠情況規劃和採行短期的緩和措施，得優先以簡單方式設置對抗外部危害的措施（如下雨與颱風），長期除污與冷卻正面臨嚴苛考驗，但日方顯然已站穩腳步，各項後續處理措施，井然有續的實施中。
8. 日本已依東北大地震和海嘯的經驗與數據，搭配相關領域研究的最新科技進行地震、海嘯的重新評估；更新相關的管制要求和導則，以充份因應地震、海嘯、洪水及所有相關的外部事件，評估可能的危害和電廠防護的方法。台灣已著手進行類似的評估工作。
9. 由處理福島事故之中可見，日本的緊急計畫和應變制度則井然有序的實施，精良的緊急計畫執行組織分工上訓練有素，歸功於日本長期對地震的深入教育與頻繁演習。
10. 於考慮外部天然災害時，需要確保：
 - (1) 核能電廠的選址和設計應包含能抵擋少見且複雜的複合式外部事件組合的充分防護，並且應該立即將這些事件放入電廠的安全分析中加以考量，特別是有幾種事故會有嚴重而長期的後果，例如：核能電廠爐心失水事件(LOCA)與全黑(SBO)同時發生，BWR爐心失水事件(LOCA)與預期暫態未急停事件(ATWS)同時發生、爐心失水事件(LOCA)與「緊要匯流排」同時失火、「緊要匯流排」與「一般匯流排」同時失火、控制室大範圍失火；對於這些事故，有必要發揮想像力來防止發生的可能。
 - (2) 電廠的佈置應基於盡可能維持「乾廠址觀念」（Dry Site Concept），作為對抗電廠海嘯、洪水的一項縱深防禦措施。重要安全系統應採行實體分離部署和備援的多樣性，並應建立主動式的海嘯警報系統及運轉員面臨海嘯警報的立即行動導則。
 - (3) 應為多機組電廠考慮共因故障，需要大家腦力激盪，發揮想像力來思考可能導致共因故障的原因。對於評估外部危害的工具、科技或方法論若有更新，則應立即加以實施，任何結論的改變應深入了解，且應定期由不同的專家，評估外部危害對目前電廠設計所可能造成的衝擊。進行共因故障評估時可借重安全評估工具。

美國三哩島核能電廠發生部分爐心損壞的事故後，核能管制單位要求各核能電廠執行個廠之安全評估，其目的為估算爐心熔損事故之年發生機率，以及找出設備及程序書之弱點，並加以改善。台電公司早在民國72至79年間即完成核能一、二、三廠之安全度評估，

隨後根據各廠分析的結果來進行各項改善工作，例如：三個電廠都新增了第五台緊急柴油發電機，大幅地增強應付喪失廠外供給交流電源事件的能力，此外也強化了耐震、颱風、防火之功能。其後國內仍持續進行各項PRA技術精進工作，包括建立線上活態模式及發展簡易使用工具（TIRM程式）等；同時將其應用推廣至相關領域，如核能電廠大修計畫排程風險評估、火災分析與防火包覆評估，以及安全系統之線上維修分析等

11. 針對喪失所有的廠外電源或喪失所有的熱沈或緊要安全系統等嚴重情況，應為這些功能備有簡單的替代資源，包含任何的必要設備（如移動式電源、壓縮空氣和水源），應將救援配備放置在安全的處所，而且電廠的運轉員應受訓練能使用這些設備。這可能涉及集中的貯藏倉庫以及快速運送至受災廠址的方法。
12. 根據311福島事件事故時序，歸納幾點可供核能電力公司經驗學習或參考之處如下：
 - (1) 在1960年代，奇異（GE）開始生產Mark 1加壓沸水反應爐，並使用了建造容易，較小、較廉價的設計結構。福島第一核電站的一號機組裝備奇異的一個沸水反應堆（BWR），和一個稱為「Mark 1」的密封系統。日本福島第一核電廠的6座反應爐，5座是Mark 1沸水式反應爐，日本遭強震重創後，福島核電廠的冷卻系統故障，反應爐面臨熔毀威脅。1980年後期，奇異自1957年以來的內部文件曝光，內容指稱Mark 1未經足夠測試、存有影響安全的設計瑕疵，導致數家公共事業體、發電廠經營者曾打算對奇異提告。期間，美國核電廠已針對所有Mark 1進行改造，增加了排氣系統，以便在過熱的狀況下尚能降壓。我國核一廠也已經增加了harden vent排氣系統。
 - (2) BWR4核電廠一次圍組體排氣系統SBGT（Standby Gas Treatment）與旁通的Rupture-Disk管路，應付全黑事故之可靠度必須再檢視，本次福島一廠1至3號機事故期間，一次圍組體排氣過程，氣體嚴重洩漏至反應器廠房，並引發後續氫爆；更有甚者，3號機與4號機因共用一排氣煙囪，據推測，3號機氫氣可能因此被排至4號機，導致4號機反應器廠房發生氫爆，無端受害。
 - (3) 日本核電廠在無充足的淡水水源佈置下，緊急應變計劃仍需注入海水。
 - (4) 發生較長期之全黑時，反應器壓力槽(Reactor Pressure Vessel)無法洩壓，導致消防車注水延遲，反應器壓力槽若無法順利洩壓，消防車注水能力與容量是不足以應付爐心熔毀嚴重事故。
 - (5) 東電表示：曾緊急要求並調度約50輛電源車，但因接線器不相容，導致無法在第一時間派上用場。
 - (6) 損毀爐心殘餘物中產生的衰變熱將足以使熔融爐心和鐵形成共融合金而將壓力槽在1500℃熔穿。通常，如果壓力槽仍維持高壓，從熔融爐心掉入壓力槽底部開始，到壓力槽水份蒸乾約需4~5小時，壓力槽底部水份蒸乾後到壓力槽破裂的時間約10分鐘(電腦程式評估)。
 - (7) 反應器壓力槽底部有控制棒、儀器穿越管存在，是爐心融毀後的脆弱點；爐心熔融後，掉入爐底極易熔穿底部穿越管；故燃料裸露後，一次圍組體應灌水至爐心 Bottom Active Fuel高度或以上，避免壓力槽溫度上升而熔穿。
 - (8) 熔融爐心會從壓力槽熔穿處噴出，產生所謂的高壓熔融物排放現象（High Pressure Melt Ejection, HPME）。當這個現象發生時，熔融爐心會碎裂成很小的粒子，快速的放出大量的熱到圍阻體的大氣。同時，熔融爐心中尚有未氧化的鋯亦會於此時被氧化，放出大量的化學熱。這種現象又被稱為圍阻體直接受熱現象（Direct Containment Heat, DCH）。有不少的初步分析指出，圍阻體直接受熱的現象將對圍阻體造成過大的壓力負荷，使得圍阻體在壓力槽破裂的同時失去完整性而喪失功能。
 - (9) 日本311強震後發生海嘯警報，福島電廠疏散全廠維護人員至高地，這些人員於海嘯後未全部返回工作崗位；接著三值與一值人員部份無法順利進廠，造成後續事故設備故障排除與處理人力不足(註：福島緊急現場操作都從隔天2值開始)；建議值班人員應成立「嚴重事故訓練兼待命班」，專門演練本公司「緊急運轉程序書」或新頒之「斷

然處置措施」並待命支援一值與三值運轉。

- (10) 福島一廠一號機在喪失外電下會導致MSIV關閉、SRV間歇開啓、Isolation Condenser 啓動，值班人員爲遵守一般程序書規定：「反應器壓力槽降溫率 $<55^{\circ}\text{C/hr}$ 」，在福島事件中，數度開關Isolation Condenser進水閥，據猜測海嘯來襲時可能正好是處於關閉狀態，並因此造成一號機爐心最早熔融。
- (11) 無太大意義的消防車廠外噴水，造成反應器廠房地下樓嚴重積水，電纜線與一些重要機電設備泡水，造成廠外電源恢復後亦無法啓用餘熱移除系統，長期冷卻無法建立。
13. 在福島事故中，消防水注入爐心的流量非常低，影響流量的因素除了消防水頭與背壓外，注入路徑接了許多軟管，路徑上的壓力降也很重要，必須列入考慮。
14. 女川核能電廠預估最大的海嘯高度爲 9.1 公尺，爲了保守理由，其防海嘯堤高度設計爲 14.8 公尺，地震之後，女川核能電廠以及附近地區整體陷落 1 公尺，由於保守的設計考量，陷落後女川核能電廠防海嘯堤之高度仍有 13.8 公尺，大於海嘯高度 13 公尺，所以女川核能電廠沒有遭受海嘯淹水的衝擊，針對海嘯採取較保守的防範措施有其必要。
15. 蔡主委率馬所長等拜會駐日代表處馮代表，得知日方對協助我國參與國際組織/活動及對加強台日雙方合作交流均表贊同，我方應積極爭取合作交流及溝通協商機會。主要內容爲：
 - (1) 日本交流協會與我國亞東關係協會已於 7 月 14 日召開共同記者會，發布「支援東日本大震災復興、促進觀光—台日厚重情誼倡議」，其內容中第（六）項爲：雙方持續進行核能安全領域相關情資共享。此爲台日雙方強化核安交流合作之好機會。
 - (2) 日本方面主動表示將協助我國參與國際原子能總署（IAEA）之相關活動。我方希望日本能協助我國參加 IAEA 與日本聯合主辦或 IAEA 委託日本在日本舉辦之核能相關技術會議。
 - (3) 福島第一核電廠事故後，日本將採取包括核能管制組織再造在內之短、中、長期強化核安措施，國家能源政策亦將慎重檢討、調整。我國亦面臨同樣課題，台日雙方在核能及能源之國家政策方面可加強合作交流。
16. 由 J-PARC 計畫之規劃建設經驗，可知其正值東海村核燃料處理工廠發生鈾燃料臨界事故時期，爲消弭民眾對於該設施之疑慮，很難以技術性專業說明並讓民眾瞭解，站在對方的立場進行說明是非常重要的，利用日常周遭事物之操作原理作說明，更可讓民眾容易接受。而透過中間團體居間協助和理解，將有關設施的概要、科學和技術知識與中間團體之間進行交流也是非常重要的。懂得知識的中間團體人員介於 J-PARC 計畫與民眾之間，能夠給予居民安心感，這種安心感是與 J-PARC 計畫的說明所給予的感覺完全不同的，可促進理解 J-PARC 計畫，並進而接受與支持。

四、建 議 事 項

1. 日方政府已建立民眾接受輻射曝露和健康監控追蹤計畫，以有效控管輻射曝露，防範事故對民眾和設施人員的健康衝擊；台灣應可考慮放入「緊急應變計畫」內。
2. 核能電廠內應設置有堅固防震、具適當屏蔽、空調、通訊配備、食物與飲用水、緊急電源的良好後勤支援或指揮中心，以作為容納緊急應變工作人員之工作待命場所，其亦能防範受到外部事件如洪水的侵襲。中心需要有充足的補給品，規模能確保維持事故管理工作人員的後勤支援和輻射防護。
3. 緊急應變中心或技術支援中心(TSC)應盡可能配備有由堅固儀控線路所提供緊要安全相關參數，如冷卻水水位、圍阻體狀況、壓力等等，以及具備有通至控制室和其他電廠內外處所的充分穩固的通信線路。
4. 福島事故中，由於失去全廠與控制室照明，運轉人員在黑暗中無法操作儀器設備，另外，有些儀器（如爐心水位計）顯示的讀數是錯的，所以必須強化系統、通訊、監測儀器等在惡劣環境下之可用性與正確性，以便在嚴重事故時可以提供廠內外必要資訊。
5. 外部事件有可能同時影響幾座電廠和這些電廠內的幾部機組。這就需要有充分龐大的資源如受過訓練有經驗的人員、設備、補給品及外部支援。應建置有能力處理BWR或PWR機組型式的專業支援人力與緊急救援設備、物質資料庫，包括研究單位、學術界、國內外顧問公司…。
6. 利用消防水注入爐心時，影響流量的因素除了消防水頭與背壓外，注水路徑接了許多軟管，其壓力降也很重要，必須列入考慮。
7. 女川核能電廠預估最大的海嘯高度為9.1公尺，由於保守的設計考量，當地面陷落1公尺後其防海嘯堤之高度仍有13.8公尺，大於海嘯高度13公尺，所以女川核能電廠沒有遭受海嘯淹水的衝擊。女川核能電廠之經驗顯示針對海嘯採取較保守的防範措施有其必要。
8. 應導入日本本次「非圓形(不規則)緊急疏散區，不規則緊急疏散區應依環境監測與電腦程式預測分析訂定」、和「預備疏散區域」的觀念，作有效的緊急疏散，使能夠在特定的情境中讓電廠外的緊急計畫和應變更有效；日本在超過20公里且年劑量超過20毫西弗的區域，規劃變形計畫性避難區域，避免疏散人員與幅員過大，社會資源無法承擔，此種規劃需結合氣象與擴散分析軟體支援。
9. 應善用本次福島事故所產生的數據和資訊，可用於改進和調適台灣現有的輻射外釋分析方法和模式，以決定核子事故中所涉及的輻射源和調整緊急計畫的安排。
10. 強化國家管制機關，包括透過適當的技術科學支援，並且持續確保其管制角色的獨立性與有效性。核能管制系統之工作人員需具備專業能力與虛懷的工作態度。
11. 長期掩蔽(long term sheltering)不是有效處理方式，目前已不再採用，應利用「審慎疏散」(deliberate evacuation)及「疏散準備區域」(evacuation-prepared area)的概念，參考IAEA & ICRP 指引來建立長期因應作為。
12. 針對廠區及外部支援人員之演練或演習，須將福島經驗納入考量，以建立嚴重事故發生時有效的輻防能力。
13. 針對吸收特定放射性同位素能力特別好之植物(如茶葉、竹筍吸收放射性銫；蕨類及蘑菇吸收銫-137)可進行深入調查及研究，不但於事故後可作為瞭解放射性污染狀況之指標生物，若為國人經常攝用之食物，更可於第一時間施行輻射管制之干預措施，減少進入人體之放射性物質，降低所可能造成之體內曝露。
14. 應進行大範圍之環境輻射及環境試樣放射性物質活度濃度調查，瞭解環境之背景輻射及環

境試樣放射性物質活度濃度，可據以判別遭受事故放射性污染或瞭解污染程度。

- 15.「民眾溝通」攸關重大，溝通的技巧與經驗更是須加強的項目，應讓民眾感受到並瞭解技術面如核能營運安全的提昇、安全度的提昇，進而產生信任。

五、附 錄

附錄 1、第二十六屆台日核能安全研討會 台灣代表團

 蘇春鴻(團長) 行政院原子能委員會 主任委員 Tsai, Chuen-Hong Minister of Atomic Energy Council (AEC)	 李敏 國立清華大學教授 Lin, Min Professor of NTHU	 蘇光岡 行政院原子能委員會 核能管制處技正 Fukang, Tseng Assistant Specialist, Department of Nuclear Regulation, AEC	 林志鴻 台灣電力公司 核能發電處副處長 Lin, Chih-Hung Deputy Director, Dept. of Nuclear Engineering, TPC
 許國雄(副團長) 台灣電力公司副總經理 Hsu, Hsueh-Chung Vice President, Taiwan Power Company (TPC)	 許文勝 國立清華大學副教授 Hsu, Wen-Sheng Associate Professor of NTHU	 廖明敏 行政院原子能委員會 核能研究所主任 Liao, Li-Pih Director of Nuclear Regulatory Technology Support Center, INER	 楊騰芳 台灣電力公司 核能發電處主任技正 Yang, Teng-Fang Section Chief, Dept. of Nuclear Engineering, TPC
 馬欣群(副團長) 行政院原子能委員會 核能研究所所長 Ma, Yin-Ping Director of Institute of Nuclear Research (INER)	 顏大衛 行政院原子能委員會 綜合計畫處處長 Yen, David Director, Department of Planning, AEC	 張炳景 行政院原子能委員會 核能研究所所長 Chang, Bor-Jing Division Director of Health Physical Division, INER	 康智誠 台灣電力公司 核能安全處所長 Kang, Jee-Cheng Section Chief, Dept. of Nuclear Safety, TPC
 莊鴻毓 核能科技協會理事長 Chuang, Min-Shen Chairman of Nuclear Science and Technology Association (NuSTA)	 李淑楨 行政院原子能委員會 輻射防護處處長 Lee, Bush-Tsun Director, Department of Radiation Protection, AEC	 劉錦章 行政院原子能委員會 輻射偵測中心技正 Liu, Chi-Chang Technical Specialist of Radiation Monitoring Center, AEC	 黃秉修 台灣電力公司 核能發電處課長 Hwang, Bing-Shiou Subsection Head, Dept. of Nuclear Generation, TPC
 謝世謙 核能科技協會常務監事 Shieh, Mu-Chang Association Board Director of NuSTA	 許明德 行政院原子能委員會 核能管制處副處長 Hsu, Ming-Te Deputy Director, Department of Nuclear Regulation, AEC	 邵耀祖 行政院原子能委員會 核能技術管理處副處長 Shiao, Yao-Tzu Deputy Director of Fuel Cycle and Materials Administration (FCMA), AEC	 林朝雄(秘書) 台灣電力公司 核能技術課課長 Lin, Chen-Chung Head of 2nd Division Sec. of MANUSHAN Job-site Team Radiation Laboratory, TPC
 裴智善 國立清華大學教授 Pei, Tzu-Shen Professor of National Tsing Hua University (NTHU)	 曾文進 行政院原子能委員會 核能管制處所長 Tseng, Wen-Chuan Chief, Department of Nuclear Regulation, AEC	 葉偉文 台灣電力公司 核能發電處執行秘書 Yeh, Wei-Wen Executive Secretary, Nuclear Emergency Planning Executive Committee, TPC	 朱鐵奇 核能資訊中心課長 Chu, Tien-Chi President of Nuclear Information Center
 鍾玉川 核能資訊中心所長 Chung, Yu-Chuan Chief of Nuclear Information Center	 黃同欽 黃島機械股份有限公司 總經理 Huang, Tung-Chin President of CTD Machinery Corporation	 石門環(執行秘書) 行政院原子能委員會 綜合計畫處技正 Shih, Men-Huan Technical Specialist, Department of Planning, AEC	第 26 屆台日核能安全研討會 第 26 回台日原子力安全セミナー List of Taiwanese Delegation 2011 年 7 月 25 日 ~ 29 日 日本東京 
 黃少桐 中華核能學會常務理事 Huang, Shao-Tung Associate Board Director of Chung Hua Nuclear Society Association	 倪辰華 亞細亞工程股份有限公司 資深經理 Ni, Chen-Hua Senior Manager of Asia Giant Engineering Co., LTD.	 蘇凡華(秘書) 行政院原子能委員會 核能技術管理處技正 So, Fan-Hua Associate Technical Specialist of FCMA, AEC	
 龔振山 中興工程顧問股份有限公司 總經理 Kung, Chen-Shen President of Shentech Engineering Consultants, LTD.	 賴宏進 台灣核能產業發展協會 秘書長 Lai, Hsuan-Chin Secretary General of TNA		
 陳潔如 中興工程顧問股份有限公司 工程師 Chen, Chieh-Yu Engineer of Shentech Eng. Cont., LTD.	 王立華 工業技術研究院所長 Wang, U-H Research Supervisor of Industrial Technology Research Institute (ITRI)		
 莊憲宗 中興工程顧問股份有限公司 工程師 Chiang, Hsien-Chung Engineer of Shentech Eng. Cont., LTD.	 涂進邦 工業技術研究院 工程師 Tu, Chin-Pang Engineer of ITRI		
 許文都 台灣核能產業發展協會 理事長 Hsu, Wen-Du Chairman of Taiwan Nuclear Grade Industry Association (TNA)	 劉育偉 中興工程顧問股份有限公司 客戶經理 Liu, Yu-Wei Customer Manager of ITRI		

**第 26 屆台日核安研討會
原能會蔡主任委員專題演講稿**

講題：原能會對福島事故因應措施之說明

100.07.26

大會主席...理事長、台日雙方代表團團員、各位女士、各位先生，大家好！

首先，本人要代表台灣政府和人民向今年 3 月日本東部大地震、強烈海嘯、以及福島核電廠事故的所有受災人民表達最誠摯的關懷及慰問。尤其是在第一時間投入福島核電廠受損機組的搶救團隊，以「犧牲小我」的勇氣在極高風險的環境下，努力確保機組的安全，全世界都深為感動，並給予最大的祝福；而在面臨前所未有巨大災變時，日本國民所表現出來的冷靜沉著與秩序井然的應變，透過台灣媒體的報導，也讓台灣人民敬佩，紛紛發起募款捐助活動，以表達我們對日本人民的支持！

目前事故發生已超過 4 個月，國際原子能總署及各個有核電國家的政府均積極就福島核電廠事故的經驗進行深入的探討，希望從中學習教訓，並針對自己國家的核能電廠進行體檢或壓力測試，提出加強改善核電安全的措施，這些措施有一個共同的目標，那就是「類似福島電廠的事故不會再次發生」，以期讓世人重拾對核電安全的信心。

台灣、日本兩國地理位置十分接近，多年以來彼此核能界也已建立了良好的核能技術合作及經驗交流管道。在福島核電廠事故發生 4 個多月後，今天在日本召開第 26 屆台日核能安全研討會，也更具有時代的意義。以下本人謹就行政院原子能委員會（簡稱原能會）及相關機關對福島事故相關因應措施提出簡要說明，敬請指教。

一、啟動國家緊急應變機制

台灣政府為因應日本強烈地震後所引發海嘯的侵襲，於 3 月 11 日 15:10(台灣時間?)成立行政院層級的中央災害應變中心，隨著福島事故的惡化，次日原能會也迅速成立應變小組。而屬於總統府層級的國家安全會議，也自 3 月 13 日開始，針對日本核能事故之發展，召開多次專案會議，掌握最新事故狀況，並要求各相關部門從境外、邊境及境內三個面向，落實各項因應處置作為。

二、境外因應措施

(一) 掌握境外核能相關單位資訊及媒體報導

透過台日雙方及和其他國家所建立的資訊交流管道，持續蒐集相關報導，以隨時掌握福島核電廠事故機組狀況及廠內外環境輻射資訊。

(二) 預測福島一廠外釋放射性物質漂浮軌跡

台灣中央氣象局每天根據日本氣象資料可預測未來 5 天的氣流速度及軌跡，同時與核研所合作加入輻射源與擴散模式可預估萬一輻射塵漂到台灣時的輻射劑量。

(三) 指派船艦赴台灣地區外海監測輻射值

為早期瞭解台灣周邊地區環境輻射監測值，派遣船艦進行台灣東北、南部及海峽等區域之輻射強度偵檢。至 4 月 8 日止，測得數值皆在安全範圍內。

三、邊境管理措施

(一) 國際機場日本入境旅客輻射偵測

原能會自 3 月 15 日起至 4 月 30 日止，於台北松山、桃園及高雄小港等三座國際機場設置門框式輻射偵檢器，提供自日本入境旅客輻射偵測服務，共檢測了超過 20 萬人次，僅 45 人超過儀器設定值，經清理後均無污染顯示。

(二) 日本進口食品及貨品之管制與檢測

1、食品檢測

原能會配合行政院衛生署食品藥物管理局，進行進口食品檢測。截至 5 月 30 日止，完成 3,800 餘件送驗日本食品的檢測，結果皆符合規定。原能會並訂定「輻射塵污染食品或農漁產品等銷毀處理導則」，提供銷毀處理程序。

2、工業產品及重要零組件之管制與檢測

經濟部標準檢驗局自 3 月 22 日起針對日本進口機械類、電機類、電子類及化工類共 658 項應檢驗品目，配合抽批查核，執行輻射偵檢，共抽檢超過 500 批，未發現輻射污染情形。

3、港口貨櫃輻射檢測

利用大港倡議（Mega Port）計畫，針對港口進出口及轉口貨櫃進行全面性檢測。

（三）監控台灣漁船作業海域及檢測漁撈產品

1、監控台灣漁船作業海域

行政院海岸巡防署利用衛星船位監控系統持續監控漁船作業情形，及引導遠離事故臨近海域。

2、檢測漁產品及沿近海漁船作業海域之水體

自 3 月 24 日起，原能會與農委會合作進行國內農、漁、牧產品檢測，並就 12 處魚市場自太平洋海域作業捕撈之魚類，以及自市場中採得農畜產品，抽樣進行分析。另原能會會同行政院海岸巡防署及漁業署，自 4 月 1 日起針對台灣東北部海域與特定漁場分別採取海水樣品進行檢測分析，檢測結果均符合安全規定。

3、檢測秋刀魚場水體

行政院農業委員會水試所派船遠赴北海道外海秋刀魚場進行水體、浮游生物及魚體取樣，送回原能會核能研究所檢測，到目前為止均未檢出人工放射性核種。

四、境內處置措施

（一）進行台灣地區環境輻射監測

透過既有的 30 處環境輻射監測站及空氣、土壤、植物、落塵、海水取樣，進行環境輻射監測，偵測結果並立即公布，結果均在正常背景值。自 3 月底起全省的空氣樣品中雖陸續測得微量的碘-131，但是經過評估，對民眾健康不會有危害。

（二）執行核電廠安全總體檢

原能會參酌國際組織及世界核能先進國家對現有機組所採行的改善措施，訂定「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」，對台灣現有核能機組因應事故之能力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進行檢視，以強化現有核能機組抗地震、抗山洪、抗海嘯之機制，確保台灣核電廠的運轉更加安全，並讓民眾安心。

體檢方案的內容區分為「電廠安全防護措施」與「廠外輻射防護及緊急應變機制」兩大部分；在時程上，則分近期（2011 年 6 月底前完成）與中程（2011 年 12 月底前完成）兩階段推動。目前第一階段台電公司自我檢討和原能會評估作業已完成，並由行政院邀請國內外專家學者所組成的專家小組，做進一步的檢視。

（三）媒體處理及溝通宣導

1、透過記者會及公聽會等向外說明

透過即時召開記者會、發布新聞稿及公布澄清說明稿等方式，對外說明日本核災最新狀況和國內相關因應情形等外，並安排行政官員及學者專家接受各電視台及廣播節目訪問。

2、電子媒體宣導

透過全國 LED 電視牆，及洽請電視台廣播電台，分別播出「核子事故緊急應

變民眾防護篇」30 秒短片及「核子事故防護行動」廣播帶，以宣導民眾輻射防護常識。前面所提到境內環境輻射的偵測結果每 5 分鐘更新公布於網站，同時各大電視台新聞節目也都會隨時顯示各地輻射背景值。

3、設置網頁說明專區

福島事故發生後，原能會立即在機關網站中建置「日本福島核災專區」及「Actions on Japan Earthquake, AEC」中、英文專區，提供福島核電廠之事故最新發展及影響評估等資訊，讓民眾即時掌握最新的訊息。而在核電廠總體檢作業開始推動後，亦在機關網站中建置「核能電廠總體檢專區」，將原能會執行核電廠總體檢各項作業現況、成果及民眾所關心問題之答復說明，儘量以通俗簡明的方式讓社會各界及時瞭解。

4、免費演講服務

原能會近幾年來為了推廣正確的核能及輻射安全資訊，邀請許多核能界具專業且豐富經驗的資深志工共同設立「輻射你我她」免費演講服務機制，福島事故發生後，社會各界對本項服務的需求大增，截至目前已排定或辦畢的場次為去年全年的 2.5 倍，讓民眾有機會得到更真實、正確的說明。

(五) 辦理複合式災害緊急應變演習

此次福島電廠事故導致大規模的居民疏散撤離，顯示做好核電廠周邊地區因應緊急應變的規劃及演練，絕對是各使用核電國家必須慎重思考的課題，尤其是針對複合式災害（由地震、海嘯導致核災）的應變演習，更顯重要。因此，原能會在福島事故後立即規劃以日本大地震與海嘯引發核災的案例為想定基礎，分階段採取「兵棋推演」及「實兵演練」的方式，辦理大規模的核電廠緊急應變演習。透過二階段兵棋推演，第一次結合行政院中央災害應變體系與核子事故緊急應變機制，以複合式災害功能編組設計地震、海嘯、核子事故等狀況進行因應作為之推演，以探討複合式災害應變指揮機制之整合及運作，藉由跨機制、跨機構、跨層級協調整合，強化我國對核災應變體系之整備。

廠內實兵演練假設核電廠發生超出設計基準之嚴重核子事故，反應爐喪失冷卻水之灌水降溫、設備與電力之搶修、事故消息傳遞與民眾資訊公開等實兵演練。廠外民眾防護實兵演練則包括在 EPZ 5 公里半徑內地區實施警報發放、交通管制、居家掩蔽、民眾集結、疏散等實地演練，以及擴大疏散演練範圍至半徑 10 公里地區，選定汐止與瑞芳演練使用鐵路、船隻為載具之民眾疏散，另外選定於台北港（20 公里半徑外）舉行定點集中示範演練，動員新北市警消、衛生局、社會局與國軍、原能會相關應變人員，以及 1600 位民眾共同參與災民收容安置、人車偵檢除污、環境輻射監測、災情偵蒐、碘片發放、檢傷後送等實作項目，並展示應變相關設備，以提供應變人員演訓平台。

台灣目前尚在進行各核電廠的總體檢工作，也會陸續向外界說明各階段的評估結果；日本除了 19 部運轉中的機組之外，尚有近 30 部機組殷切等待執行應力測試後可恢復啟動。回顧全世界核能發電的歷史，1979 年的美國三哩島核能事故、1986 年的前蘇聯車諾堡核能事故、以及今年日本福島核電廠事故，雖帶給我們核能從業人員相當大的震撼與挫折，但也提供了核能安全技術研究及實務運作許多寶貴的經驗與教訓。福島事故的經驗回饋（Lessons Learned）在 6 月底國際原子能總署（IAEA）主辦的部長級會議有深入的報告，這些經驗回饋我相信都會納入台日雙方的總體檢或壓力測試項目，不過我想趁這個機會提出來，尚有些福島事故的啟示值得核能界再更深入作研究或檢討的，譬如說：在核電廠安全設計理念中，共因失效對於傳統多重性、多樣性和深度防禦原則的衝擊；過去 IAEA 所推動的「核安文化」是否有所不足，或者因前兩次事故時間久遠，安全文化的落實已稍有鬆動。以三哩島核能事故及蘇聯車諾堡事故的檢討經驗，各國（包括日本在內）及各核能組織

（IAEA、OECD/NEA 等）對福島核電廠事故的檢討，仍然會持續相當長的時間，並將會透過各種學術會議來集思廣益或尋求共識，並對外公布。以台日雙方如此緊密的核能交流，本人深切期盼彼此在後福島事故期間，更能提升合作關係及交流層次，特別是對核電廠安全防護機制的檢討評估，除了雙方更密切交換資訊及經驗外，更期能共同協力參與國際間的相關活動，讓多年來台日核能安全研討會所奠定的合作基礎，更加延伸及擴大，共同促進全世界之核能安全，重建民眾對核能發電的信心，這將會是一條艱困而長遠的路，仍有賴大家的堅持和努力，讓我們彼此加油打氣。謝謝！