

出國報告(出國類別：其他)

出席第二十六屆台日核能安全研討會暨 參訪東海村核設施出國報告

服務機關：行政院原子能委員會放射性物料管理局

姓名職稱：邵耀祖 簡任 11 等副局長

蘇凡皓 薦任六職等技士

派赴國家：日本

出國期間：100 年 7 月 25 日至 100 年 7 月 29 日

報告日期：100 年 9 月 26 日

摘要

台日核安研討會迄今已舉辦至第二十六屆，每年均由中華核能學會與日本原子力產業協會(Japan Atomic Industrial Forum, Inc., 簡稱 JAIF)於台灣與日本輪流主辦。本屆會議於今(100)年 7 月 26、27 日於日本東京世界貿易中心召開，由日本原子力產業協會主辦。透過定期研討會，討論台日兩國有關核能營運安全相關議題，作為兩國核能安全技術研發合作、資訊交流與經驗分享之平台，提升台日雙方核能相關技術與安全。

今年 3 月 11 日，日本東北外海發生芮氏規模 9.0 大地震，引發大規模海嘯，造成東京電力公司福島核能一廠發生爐心熔毀與大量放射性物質外釋之嚴重核能事故，引起各界高度關注，本屆會議遂以福島事故相關發展做為討論主軸。台灣方面出席會議的單位包括主辦單位中華核能學會、行政院原子能委員會及其所屬核能研究所、輻射偵測中心與放射性物料管理局、國立清華大學、台灣電力公司、核能科技協進會、核能資訊中心、中興工程顧問公司、台灣核能級產業發展協會及工業技術研究院等共 38 人。由原子能委員會蔡春鴻主任委員擔任團長，台電公司徐懷瓊副總經理與核能研究所馬殷邦所長擔任副團長。日方出席人士除日本原子力產業協會外，包括東京電力公司、中部電力公司、九州大學、關西大學、輻射醫學綜合研究所等 70 餘位專家學者。

本屆研討會為期三天，前二天共有四項討論議程，包括「福島事故概要」、「福島事故後重新檢視核能安全對策」、「福島事故對環境的影響」、「福島事故所造成的社會衝擊」，雙方共發表 16 篇論文。從討論過程中不但可瞭解福島事故之成因與應變情形、檢討目前核電廠安全設施與措施、如何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與社會衝擊經驗，反思如何增進環境輻射監測作為、強化民眾溝通。第三天為參訪行程，日方安排前往位於茨城縣的日本原子力研究開發機構(JAEA)東海村核設施，參觀其中的高功率質子加速器設施(J-PARC)及高放射性廢棄物地質處置實驗室，實地瞭解日方目前在相關領域的研發現況，以及該研究設施遭受此次東日本大地震之影響與復原情形。本次出席會議及參訪雖僅有三天的時間，但第一手獲得日本福島事故的經驗與教訓等資訊，參加的人員均從中獲益良多。

目 錄

壹、目的：	1
貳、過程：	2
參、心得：	48
肆、建議：	50
伍、附件：	52

壹、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(現已更名爲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，今年爲第 26 屆，由日本原子力產業協會(JAIF)主辦，台方則由中華核能學會主辦，原子能委員會放射性物料管理局協辦，舉辦日期爲 7 月 26、27 日，地點於日本東京世界貿易中心(World Trade Center, Tokyo)。

本屆研討會恰逢福島核電廠發生嚴重意外事故，因此研討會以福島事故爲討論主軸，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之專家學者參與，共發表 16 篇論文，議程包括「福島事故概要說明」、「福島事故後重新檢視核能安全對策」、「福島事故對環境的影響」、「福島事故所造成的社會衝擊」。雙方藉由討論過程中，瞭解福島事故成因與應變情形，檢討目前核電廠安全設施與措施，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與社會衝擊經驗，反思如何增進環境輻射監測作爲及強化民眾溝通。

7 月 28 日，日方安排前往位於茨城縣的日本原子力研究開發機構(JAEA)東海村核設施，參觀其中的高功率質子加速器設施(J-PARC)及高放射性廢棄物地質處置實驗室，實地瞭解日方目前的研究現況，以及遭受此次東日本大地震影響之研究設施目前的復原情形。

貳、過程：

一、行程：

日期	地點與行程	工作內容
7月25日(一)	台北→日本東京	去程
7月26日(二)	日本東京	出席第26屆台日核能安全研討會
7月27日(三)	日本東京	上午：出席第26屆台日核安研討會 下午：參訪東京江戶博物館
7月28日(四)	東京←→茨城縣東海 村	參訪日本原子力研究開發機構之J-PARC 及高放射性廢棄物地質處置實驗室
7月29日(五)	日本東京→台北	返程

二、出席第二十六屆台日核能安全研討會

第 26 屆台日核能安全研討會在日本東京舉行，本屆會議由日本原子力產業協會 (JAIF)主辦，中華核能學會與行政院原子能委員會放射性物料管理局協辦，會議地點在東京世界貿易中心。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、輻射偵測中心與放射性物料管理局、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、工業技術研究院、台灣核能級產業發展協會、中興工程顧問公司及亞炬企業等共 38 人參加，由行政院原子能委員會蔡春鴻主任委員擔任團長，台灣電力公司徐懷瓊副總經理與核能研究所馬殷邦所長擔任副團長。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 100 餘人。本屆會議日期為 7 月 26 日、27 日，研討會分為四項議程，分別為「福島事故概要說明」、「福島事故後重新檢視核能安全對策」、「福島事故對環境的影響」、「福島事故所造成的社會衝擊」，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。



圖 1 日本東京世界貿易中心



圖2 第26屆台日核能安全研討會研討會場



圖3 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兩日(7月26、27日)議程表

The 26th Japan-Taiwan Nuclear Safety Seminar

Draft Program

July 26-27, 2011

Tokyo

July 26 (Tue) at the WTC Conference Center

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

(Coffee Break) (30 min.)

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.)

Luncheon (12:10-13:40)

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.)

(Coffee Break) (25 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.)

Joint Reception (17:50-20:20)

July 27 (Wed.) at the WTC Conference Center

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

(Coffee Break) (30 min.)

[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

(一) 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(Mr. Takuya Hattori)開幕致詞，他提及福島事故議題時，特別強調：「我們低估了海嘯對於多座核電廠的威脅...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，尤其是可能會發生的極端意外事故，例如核電廠發生洪水等。」。由於以往工程人員較缺乏想像力，對於極端的外部事件，過去我們總認為，核能電廠採用「深度防禦」設計，擁有數個、多重、多樣且獨立的安全系統，對於會影響許多安全系統的單一事件，也稱為「共因失效模式」事件，總是認為不會發生。「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。另外，我們要能確保超過設計基準事故之核能安全，以及事故後資訊之透明，惟有痛定思痛徹底檢討改善，核能才會有重新站起來的機會。



圖4 JAIF服部拓也理事長開幕致詞

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」，蔡主委首先對 311 日本大地震、海嘯、以及福島核電廠事故的所有受災民眾，表達最誠摯的關懷及慰問之意，接著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、邊境管理措施及境內處置措施等。在啟動國家緊急應變機制方面，台灣於 3 月 11 日大地震後，立即成立行政院層級的中央災害應變中心，以降低台灣受到海嘯侵襲的影響。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，針對日本核事故的發展，召開多次專案會議，隨時掌握最新事故狀況，並要求各相關部門從境外、邊境及境內三個面向，落實各項因應作為。境外因應措施包括掌握國際核能相關單位之資訊及媒體報導、評估福島電廠外釋放射性物質之大氣擴散軌跡、指派船艦赴台灣東北部海域監測輻射值。邊境管理措施包括於國際機場對從日本入境旅客實施輻射偵測、對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(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、對民眾之溝通宣導(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、免費演講服務等)，以及辦理複合式災害之緊急應變演習。

蔡主委亦說明台灣目前尚在進行各核電廠的總體檢工作，會陸續向外界說明各階段的評估結果。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，雖然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)主辦的部長級會議時有深入的報告，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，不過還有些福島事故的啓示，值得核能界再更深入研究或檢討的，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、多樣性及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，並將透過各種學術會議來集思廣益或尋求共識後對外公布。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，更期盼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，共同促進全世界的核能安全，重建民眾對核能發電的信心，這將會是一條艱辛而長遠的路，有賴大家的堅持和努力。



圖5 原子能委員會蔡春鴻主任委員開幕致詞

(二) 議程一：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，初始的日本 Soma 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，超出電廠原設計基準 5.7 公尺甚多。海嘯衝毀緊急救援設備，反應爐裡的核燃料失去水的淹蓋，使得燃料護套材料的銦金屬，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。



圖6 海嘯襲擊日本福島一廠造成淹水情形

福島一廠 4 號機用過燃料池在 311 事件發生後發生冷卻系統失效，且在 3 月 15、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銦金屬，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。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 號機用過燃料池發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。

有關東電公司公佈福島一廠之搶修時程，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，計劃讓反應爐和用過燃料池的溫度冷卻達到穩定指數，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。他表示，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，並能控制住放射性物質外洩。兩階段合計至少需 6 至 9 個月。目前需克服兩大問題：一是預防 1 至 3 號爐再發生氫爆，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，成爲「水棺」，同時把損毀嚴重的 1、3 和 4 號爐的廠房覆蓋起來。日本官方估計仍需要幾年時間，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，上周分別對經濟產業省提出福島核一廠的廢爐計劃，預估須花費的時間，東芝估計至少 10 年，日立則認爲須花 30 年。東電搶救福島核災時程表如下：

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，防止高輻射污水流出；冷卻各反應爐用過燃料池溫度；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。

第二階段：6 至 9 個月內(2011 年 10 月至 2012 年 1 月)。使所有反應爐達「冷停機」狀態，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，成爲「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。另外，關於 1 號機燃料池現況，東電經由目視檢查與水質分析資料，推測「核燃料無嚴重破損」，且上升之放射性活度並非來自核燃料，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 天前已重新啓動，雖然目前水溫未知，但充足的水源注入可保證燃料不致再過熱受損。

長遠工作爲建設新設施處理核電廠污染水、利用混凝土等物料完全密封電廠及將受輻射污染的土壤移走。爲了搶救福島核災，相關搶救人員的輻射曝露值，從 3 月 11 日至 6 月 30 日，大部份人員累積劑量約 20 毫西弗。



圖7 影響救災之外部因素

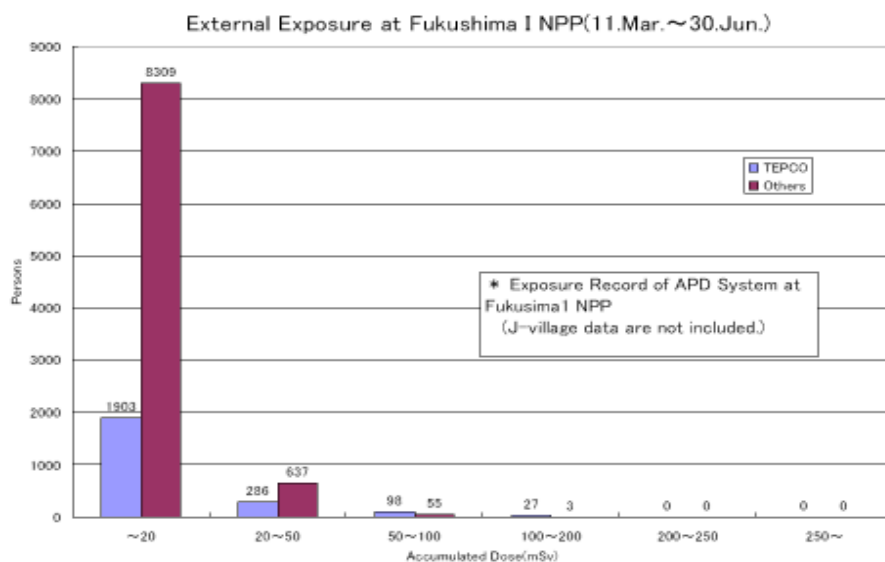


圖8 人員累積之曝露劑量

(三) 議程二：福島事故後重新檢視核能安全對策

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」、原能會鄧文俊科長發表「Safety Re-assessment of Taiwan's Nuclear Power Plants after

Fukushima Daiichi Accident」、台電公司林志鴻副處長發表「Proactive Plans & Countermeasures to Beyond Design Basis Accident (BDBA) of Nuclear Power Plant」、台電公司楊騰芳組長發表「Reevaluation of the Impact of Earthquakes and Tsunami on Nuclear Power Plants in Taiwan」。日方簡報內容摘要如下：

1. 2011 年日本東北太平洋沿岸地震，濱岡核電廠短、中、長期因應對策：

福島核能廠一號機因 2011 年日本東北太平洋沿岸地震造成所有交流電源喪失、所有爐心冷卻功能喪失、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，包括

- (1) 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。
- (2) 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、利用補水泵浦(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。

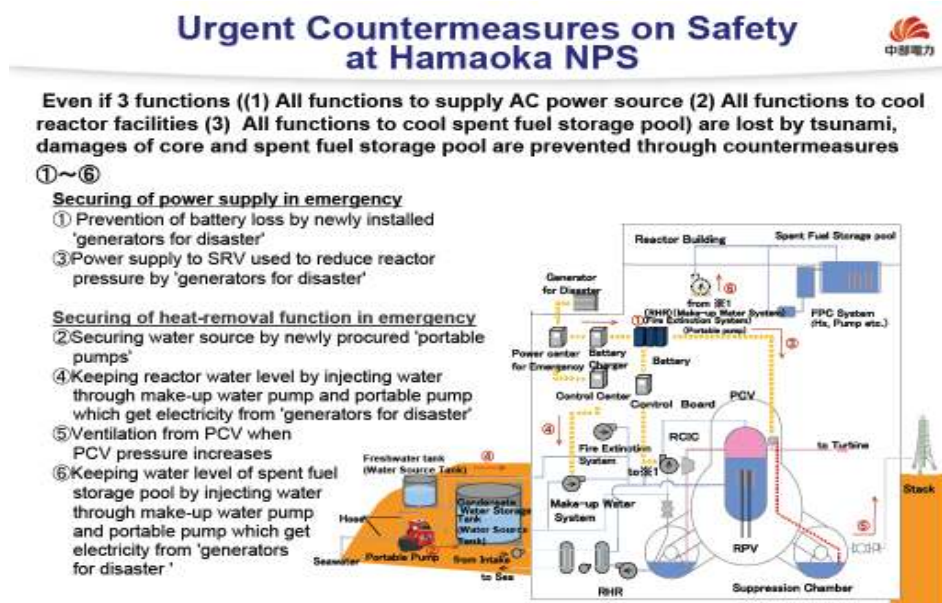


圖9 中部電力公司防止爐心及燃料池受損之緊急安全對策

2. 設置天災專用緊急發電機及配線以防止喪失交流電源：

當核電廠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。

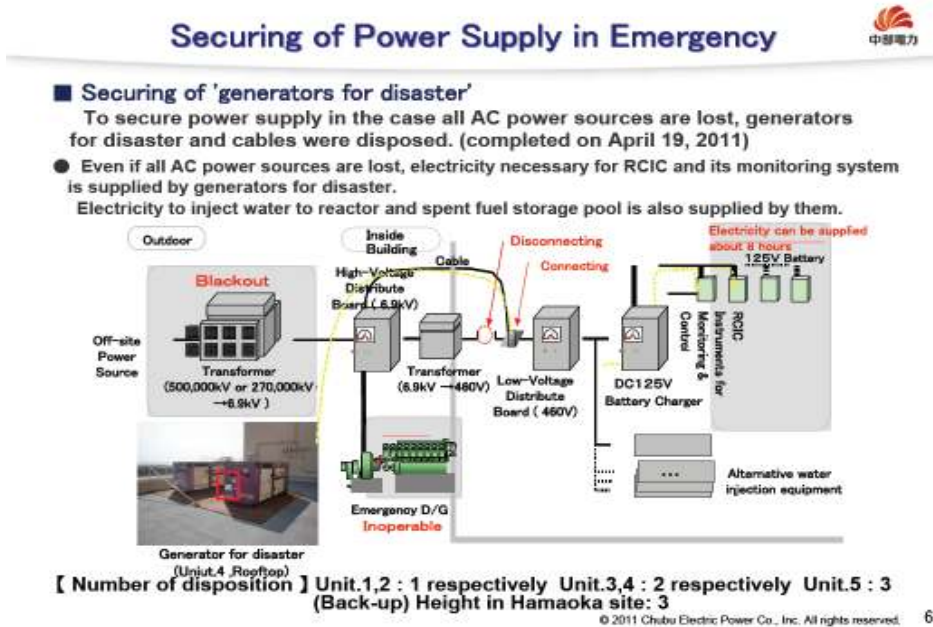


圖10 設置天災專用緊急發電機及配線以防止喪失交流電源

3. 利用可攜式泵補水方式，確保爐心冷卻系統之爐心供水正常：

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

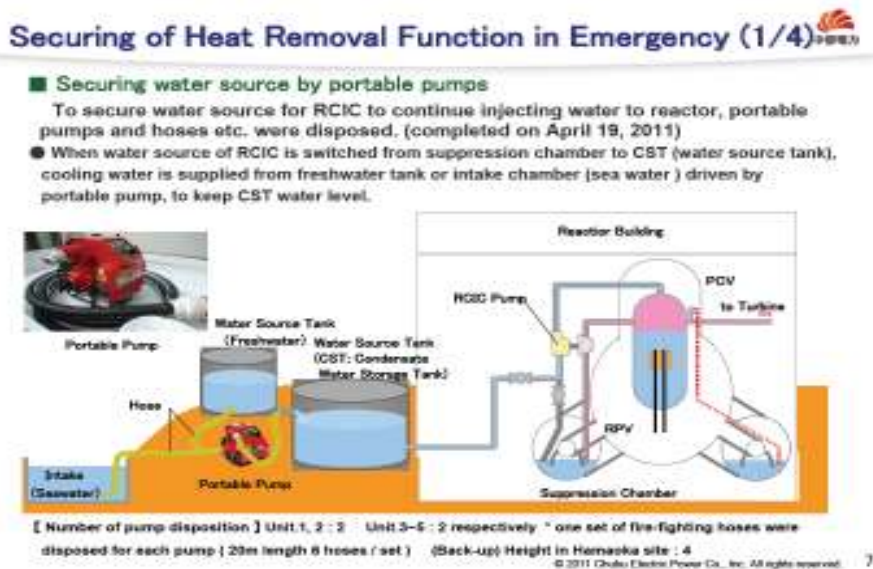


圖11 利用可攜式泵補水方式確保爐心冷卻系統之爐心供水正常

4. 反應器喪失冷卻能力時，利用可攜式泵對爐心進行注水：

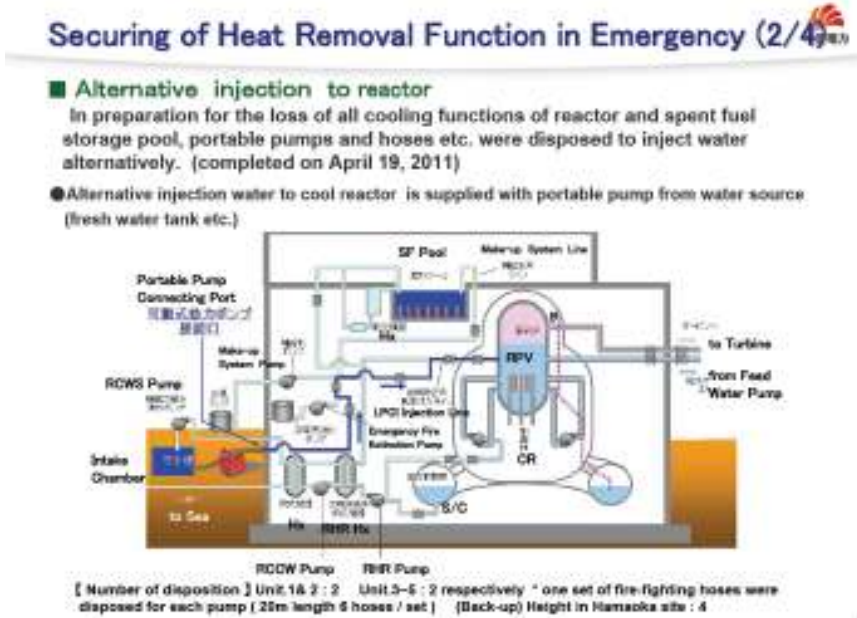


圖12 利用可攜式泵進行爐心注水(反應器喪失冷卻能力狀況)

5. 圍阻體排氣：

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。

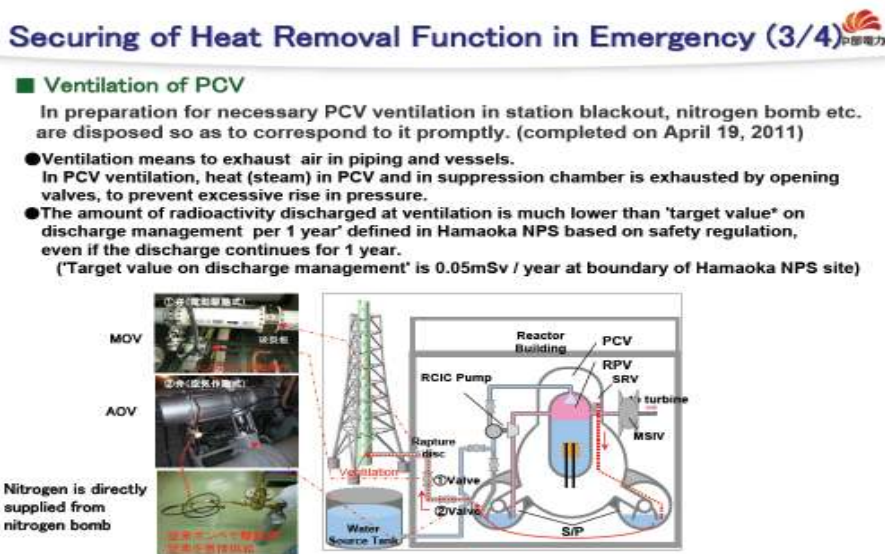


圖13 圍阻體排氣

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：

Securing of Heat Removal Function in Emergency (4/4)

Alternative injection to spent fuel storage pool

In preparation for the loss of all cooling functions of spent fuel storage pool, portable pumps and hoses etc. were disposed to inject water alternatively. (completed on April 19, 2011)

Alternative injection water to cool the pool is supplied with portable pump from water source (fresh water tank etc.)

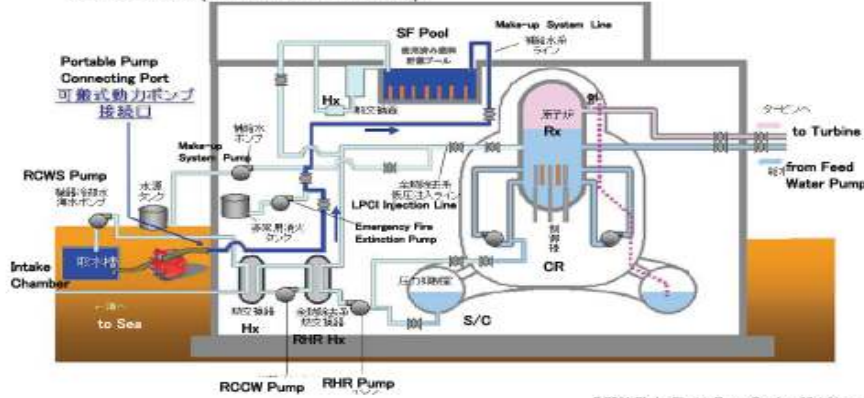


圖14 利用可攜式泵對燃料池注水(燃料池喪失所有冷卻功能狀況)

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，使用輪式推土機移除雜物及清空通道。

Execution of Other Voluntary Countermeasures

- In preparation for the loss of the function of sea water system by flooding of pump's motor, spare motors were secured and their replacement procedures are developed as means to recover the function early.
- In preparation for the loss of the function of outdoor light oil transfer pump of emergency diesel generator by tsunami, light diesel oil transfer pumps were disposed.
- To remove debris and to secure access route, heavy equipment (wheel loader) was disposed. (completed on April 19, 2011)



圖15 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。

Execution of Training to Secure Safety in Emergency

- Assuming that Hamaoka unit 1 - 5 are stricken simultaneously by tsunami, trainings for individual measures in emergency were held by utilizing procedures and capital machine parts based on emergency plan, and effectiveness of the trainings was confirmed. Necessary improvement was carried out. (completed on April 19, 2011)
- Trainings will be regularly executed in the future.



< Individual (right) training (Completed on April 19) >

Trainings for Individual Measures

- Alternative water injection to reactor
- Alternative water injection to spent fuel storage pool
- Securing water source with portable pump
- Power supply with newly installed generator for emergency etc.

< Integrated training (Completed on April 19) >

Integrated Training

- Integrated training in case of total black out and all units simultaneously stricken by earthquake, and under massive tsunami warning

圖16 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之中長期計畫：

建立 12 公尺以上之混凝土防海嘯牆。

Countermeasures to Enhance Safety Margin to Tsunami (1)

■ Construction of breakwater wall at the seaside of Hamaoka NPS site

Breakwater wall will be constructed to prevent tsunami intrusion to the site.

- T.P.+12m or more height of concrete breakwater wall will be constructed in the site at back side of frontal dune (partially including the flank).

(The preparatory work has begun since April 5, 2011)

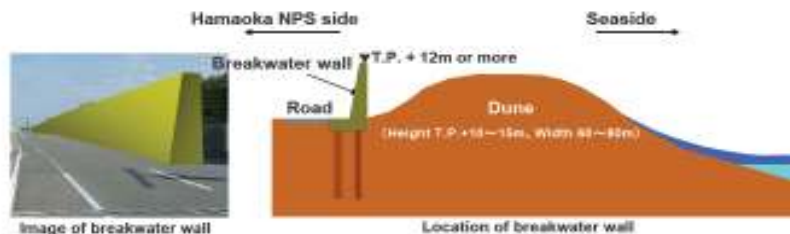


圖17 建立12公尺以上的混凝土防海嘯牆

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。

■ Installation of emergency backup AC power units

Emergency backup AC power supply units (gas turbine generators) will be installed on the height in Hamaoka site where tsunami will not have any influence on them.

- In preparation for loss of off-site power and emergency diesel generators, emergency backup AC power units will be installed on the height in Hamaoka site where tsunami will not hit them, and supply power promptly to equipments of reactor core cooling system etc.



圖18 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。

(四) 議程三：福島事故對環境的影響

此議程由原能會徐明德副處長主持，日本放射線醫學綜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

博士發表「Review of Environmental Radiation Monitoring Implementation in Taiwan」。相關簡報摘要如下：

首先由日本放射醫學總合研究所吉田聰博士報告「放射性核種在環境中的變動與福島第一核電廠事故的影響」。吉田博士從輻射生態學的角度，由過去在環境輻射偵測的經驗，以及不同放射性核種在環境中遷移的特性。例如銫 137 在土壤中移動的速度比銪 90 慢。除受到土壤特性影響外，放射性核種在環境中遷移也會受地形、化學型態、生物活動、降雨等因素影響，而在不同地區有些許差異。然而由車諾堡事故的調查結果顯示，一般來說放射性銫容易進入植物的有機循環，因此會維持在表土而不易滲入較深的土壤中。由植物的種類來說，蕨類與蕈菇類最容易吸收放射性銫。不論是台灣和日本，這兩種植物均為民眾喜好攝食的蔬菜種類，因此在核子事故發生時，更是值得採集偵測的樣品。

福島核事故發生後，經由各種度量方法建立劑量率分布圖，也對疏散區域依量測劑量率的結果加以調整。土壤中所測得放射性銻、銪、銫、碘，由同位素比值顯示為核燃料所釋出。食物樣品中發現竹筍與嫩茶葉含銫，為意外發現，因來自土壤吸收應該不會這麼快，而預期污染沉積應該在老葉上，研判應該是來自葉部纖毛的吸收所致，相關機制值得進一步探討。海洋污染因受洋流影響，目前測得結果顯示污染均侷限在日本福島海域，並未大幅擴散，因此短期內對其他海域不會有影響，也不會影響台灣，但是長期發展仍需要持續關心監測。目前有部分玉筋魚、鰈魚測得超出標準的輻射，已加以管制。就福島核子事故對環境影響而言，目前尚未有結論，未來對於農產品的管制，仍需有效管理，森林與海洋生態的調查與偵測仍需持續進行，有關民眾的輻射劑量評估，則需各方合作，彙集相關資料來審慎推算。

Behaviour of radionuclides in the environment

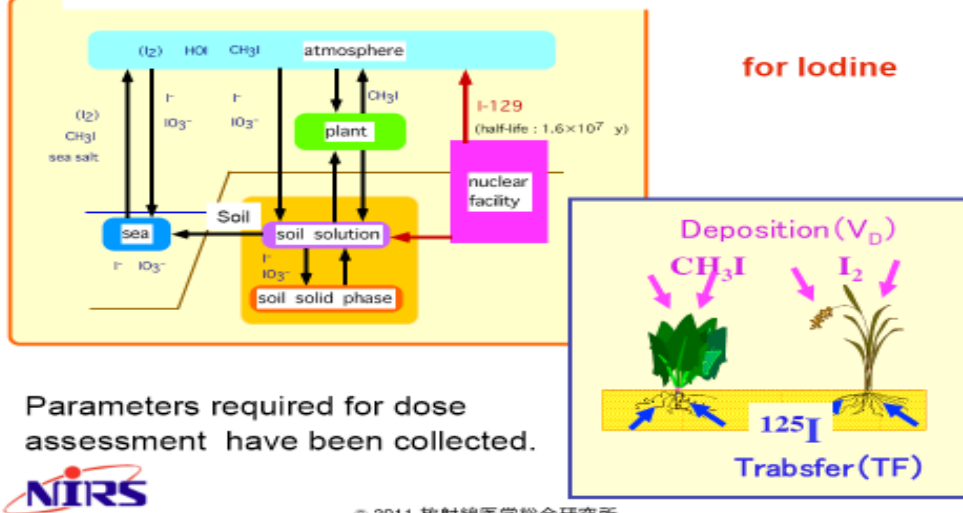


圖19 放射性碘進入環境之過程

Depth distributions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in soil (Total activity = 100%)

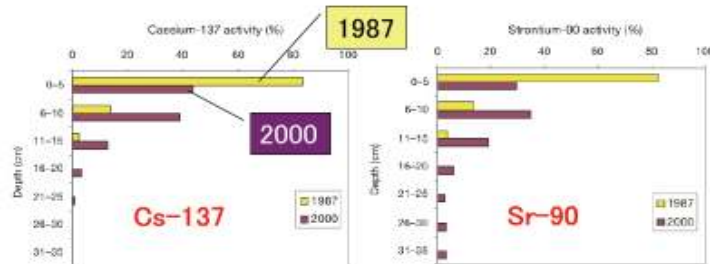


FIG. 3.19. Depth distributions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr measured in 1987 and 2000 in a soddy gley sandy soil (in per cent of total activity) in the Gomel region of Belarus [3.46].

圖20 白俄羅斯不同深度土壤於1987年及2000年Cs-137與Sr-90活度比較圖

Forms in soil (Total activity = 100%)



FIG. 3.18. Forms of radionuclides in soddy podzolic loam sand soil of the Gomel region of Belarus in 1998 [3.46].

圖21 1998年白俄羅斯土壤中Cs-137與Sr-90核種形態轉換之情形

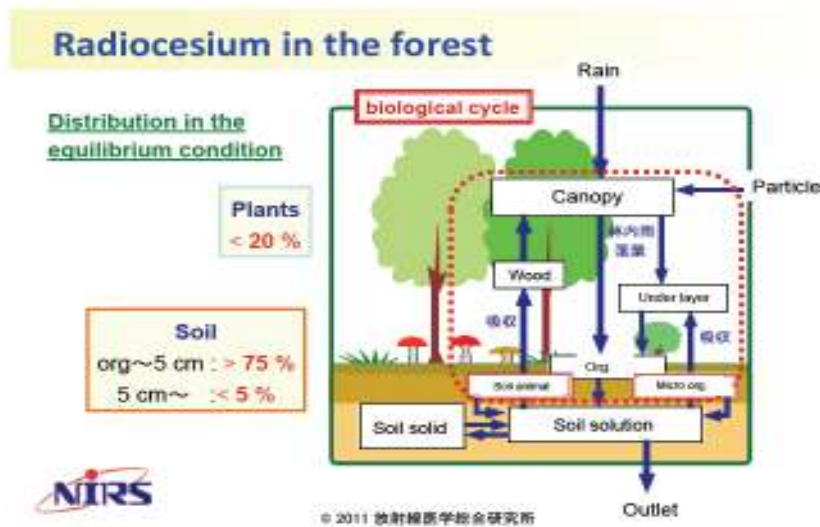


圖22 銻在生態圈之循環

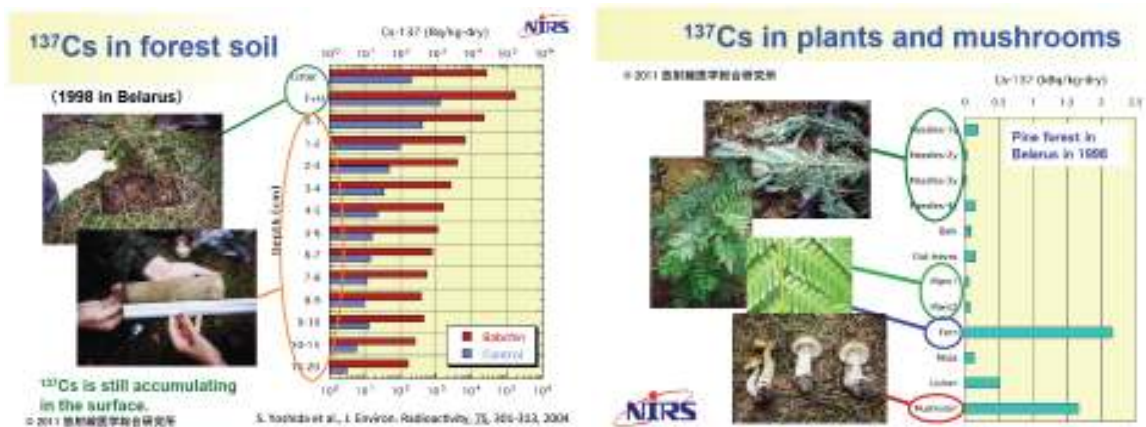


圖23 不同土壤深度(左)及植物吸收(右)之銻137活度濃度之分佈

圖 24 為福島事故後地表輻射劑量分佈及居民避難規劃，左圖為福島事故發生後於 4 月 29 日量測地表輻射劑量之分佈情形，在超過 30 公里的範圍，仍可量到較高劑量的輻射；右圖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，應考量進行防護措施，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。

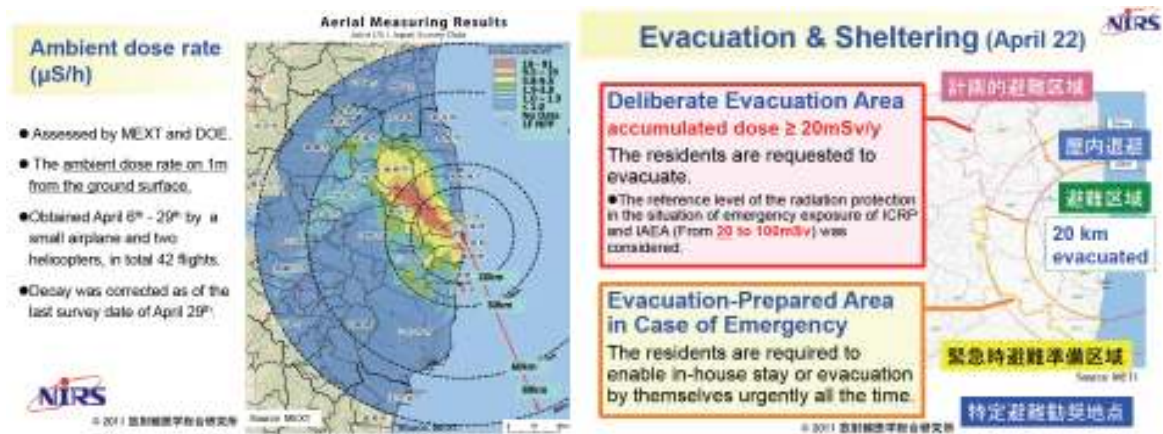
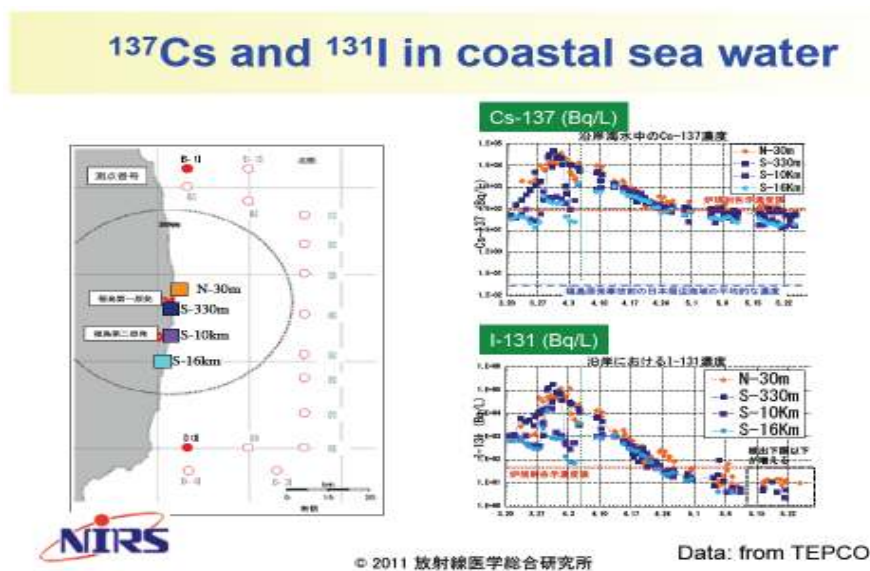


圖24 福島事故後地表輻射劑量分佈及居民避難規劃

圖 25 為福島沿岸海水中銫和碘隨時間變化的活度濃度分佈情形，福島事故發生後，其 1、2、3 號機的汽機廠房、反應器廠房及低窪處發現遭受污染之水，東電公司評估 2、3 號機分別溢出約 520 公噸及 250 公噸的受污染水，釋放出的活度分別約 4,700 TBq 和 20 TBq，遠超過廢棄物處理場的排放標準 0.15 TBq。因部份核種半衰期較長，目前日本仍持續進行環境監測，以追蹤該事故對環境的影響。



資訊。3 月 15 日原能會開始在機場對日本返台旅客進行輻射偵測，共計超過 20 萬人次，測得輻射污染人數 45 人，均為輕微污染，經簡單清除後再偵測即無污染反應；5 月 1 日後，依國際民航組織建議停止偵測。在環境輻射監測方面，透過氣象局與核能研究所每天對於污染擴散與劑量進行評估，即時監測站增加 5 站，在 3 月 30 日後空浮樣品測得微量碘-131 與銫 137；植物樣品也測得微量碘 131，清洗後即無殘留。此外，各部會也依主管權責合作進行各項進口與國產農漁產品、食品、飲品、商品與海水樣品偵測。法規方面，除了原有管制法規外也建立如停班與停課防護基準、受放射性落塵污染食品或農漁產品等銷毀處理等暫行準則草案。在公眾溝通方面，原能會每天均舉行記者會，將最新的資訊公開給民眾，也藉由與胸部 x-光曝露的比較，教育民眾輻射劑量的觀念，並藉機說明各種輻射術語如貝克、西弗等。

對於這次福島事故日本所採行的許多措施，李處長希望能藉由這次研討會進一步進行經驗交流，包括日本建立整合緊急環境輻射偵測能力的作業方式、擴增疏散區之決策機制、事故後復原期的各項因應作為(包括污染處理方式與學童劑量管制等)、如何有效的與民眾溝通，了解災區民眾所關心之主要議題等，都是台灣因應核子事故應變時值得參考的寶貴經驗。也希望藉由這些經驗交流，幫助臺灣強化輻射防護能力，保護民眾的健康與安全。

第三篇由輻射偵測中心劉祺章技正報告「台灣環境偵測作為之檢討」，他說明原先環境偵測的作業原則，係以潛在暴露風險作為規劃的方向，再依核種特性與暴露途徑規劃取樣時機、頻次與樣品量。但是在福島事件發生後，發現原本規劃的方式必須加以補強，因為在技術上雖可以確保民眾的健康安全，但是對於社會心理與合併極端自然災害的複合性核子事故，仍然有改進的空間。例如有很多明知無污染的樣品，為求社會安心與經濟的穩定，還是必須進行度量以便商家提出把關證明，讓消費者安心。然而這些樣品數量，數十倍於原先規劃高度潛在污染的樣品數量，結果導致實驗室人力與儀器設備，均不足以應付這樣的需求。電力的需求也必須考量，增加設備的節能設計、規劃虛擬伺服器與備用鏡像、改進不斷電系統效能等，都是未來規劃進行的方向。

在討論時，朱鐵吉教授提問日方對於人力動員與 SPEEDI (System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information, 緊急輻射影響評估系統) 在這次事故中扮演的角色。吉田聰博士提到這次由文部科學省 (MEXT, Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology in Japan) 委請日本原子力研究開發機構 (JAEA, Japan Atomic Energy Agency)，集合大學、地方政府、防衛省、電力公司等人力支援進行緊急偵測，由於具有保健物理與輻射生態的專業人員有限，所以具有核物理等相關專長人員也一起投入。例如人員疏散時的人員偵測，多是由地方醫院醫事人員與機電人員執行。

吉田博士表示，他並非 SPEEDI 的專家，就他的了解 SPEEDI 在這次事故的民眾疏散並沒有被使用，主要是因為外釋污染的源項無法確定。但是目前可以配合環境輻射偵測的結果，來加以反推印證，並據以進行事故期間工作人員與民眾劑量的重建與未來疏散區域的確定。這次事故民眾的疏散原則，還是依據實際偵測結果來加以調整。目前福島一廠西北方 20~30 公里的部分區域，已由原本設定為準備或依意願疏散之區域，調整為要求強制疏散，即是根據量測結果推估年劑量可能超過 20 毫西弗所做的決策。

另外，朱教授也關心食品如竹筍的污染機制與管制，核能研究所保健物理組張柏菁組長也問到目前新聞所報導輻射牛肉的污染途徑。吉田博士表示，目前竹筍的污染原因還在調查，葉部吸收的機制只是推估；至於牛肉的污染主要是去年收割的乾稻草，因雨季較長有部分曝曬後未能及時收入倉內；而一旦雪融後，必須將這些稻草盡快餵食，結果導致有污染的乾稻草未及時查覺而混入草料中。未來將採用新鮮且經由污染偵測合格的草料餵食後，只要經數個生物半化期，牛體內的輻射污染物質便會排出而下降，因此並不需要立即撲殺有污染的牛隻。至於已經流入市面的肉品，則須進行適當的管制程序。

(五) 議程四：福島事故所造成的社會衝擊

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，分別為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)」；核研所核管技支中心廖俐毅主任報告「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)」。

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，其簡報重點摘要如下：

- (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 電視台以及台灣的電視台。
- (2) 台灣媒體報導：台灣媒體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，台灣政府立即下令，台電公司必須在 5 月 11 日前提出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 項評估報告已於 6 月底完成，中程的整體評估則預定於今年 12 月底完成。初步評估報告項目包括：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、救援資源整備及機組斷然處置。
- (4) 立即舉辦核安演習：日本發生福島事故後，馬總統及行政院無院長都非常關切台灣核電廠的安全，要求立即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，新北市已於 5 月 17、18 日舉行核安第 17 號演習。該項演習最主要的目的，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) 原能會舉行公聽會：

- 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。

(6) 台灣民意與核能政策的改變：

a. 民調：

- (a) 台灣最大的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) 民進黨民調指出，76.5%民眾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：

台灣環保團體發起 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，立法院議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：台電公司核一、核二廠申請延役，核四可望在 2011 年底商轉。

事故後：核一、二廠延役申請暫停，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。



圖 26 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報告「Crisis Communication in the Fukushima Accident」，其簡報重點摘要如下：

- (1) 當危機發生時與社會大眾共享訊息並獲得訊息，社會大眾如何界定？社會大眾可分成幾類：行政機構、新聞媒體、廣大市民、研究機構、相關企業與行業、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. 建立大眾的共識，防止恐懼與誤解，形成正確與正面的輿論。

- c. 幫助大眾，公佈風險，由大眾協助散播正確資訊，防止恐懼與誤傳。
- d. 獲得大眾的合作，資訊散播後的回饋。
- e. 如果大眾有足夠的資源或能力，請求大眾給予協助。
- 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，了解社會大眾需要什麼並提供有用的訊息給他們。但收聽廣播時，發現東電公司和主管機關只釋出對自己有利且保護自己的訊息，這些處置是錯誤的。

(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，超越期望這句話都變成廢話。
- e. 組織以最大的安全能力 一容易引起反感。
- f. 在最壞的假設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，需要考慮到對方能夠理解的程度。
- c. 所謂「非專家」，包含了不同領域的專家，不能將高學歷但不同領域的專家學者均視為專家。
- d. 不考慮受助者理解資訊能力的溝通，就不能算是危機溝通。

(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，但從未假設會有意外發生，Safety 的準備不足，未來需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的強化應變措施。

- e. 大部分的風險都有發生的機率，當風險發生時，不允許事故擴大變成大災難。
- f. 東電公司對於福島事件的危機溝通，只考慮道義上的責任，對大眾未提供足夠的訊息，亦未請求大眾給予協助。



圖27 關西大學土田昭司教授簡報

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，其簡報重點摘要如下：

- (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。
- (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(包括後備與救援電源、後備與救援水源(含熱沉)、用過燃料池救援、救援資源整備)及機組斷然處置檢討。
- (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)」組團到該廠執行起動前同業評估，原能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，待前述評估及審查通過後，原能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的水位

高度、避免放射性物質外釋與大規模的民眾疏散，以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，機組運轉參數已不可靠，此時最重要的是在最短時間內，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」。

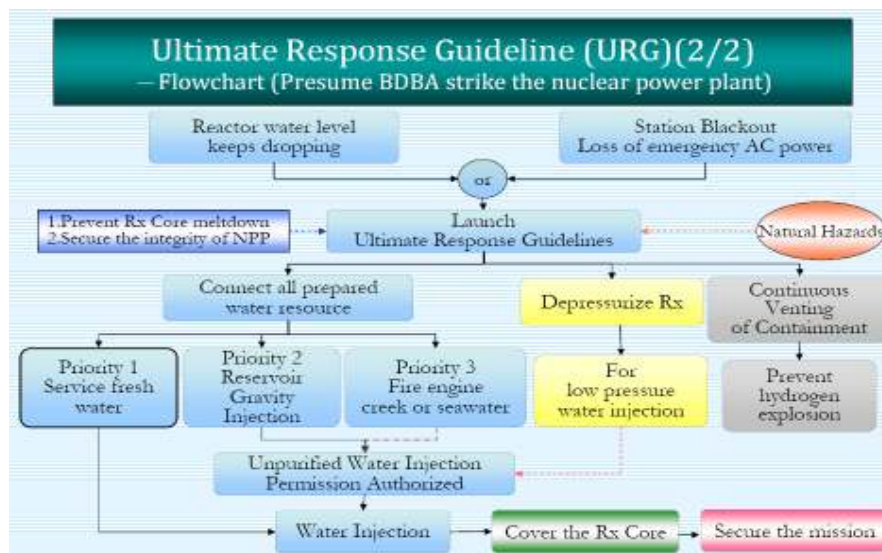


圖28 台電公司所擬訂機組斷然處置程序

(5) 台電公司核電廠防災演練：



圖29 台電公司核電廠防災演練

(6) 台灣能源政策在確保「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，台電公司將全力達成政府交付之任務。



圖30 台電公司徐懷瓊副總經理簡報

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，其簡報重點摘要如下：

(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，原能會於 4 月 19 日提出「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。他報告的重點將針對福島核事故對台灣核能研究發展計畫的影響。

(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：

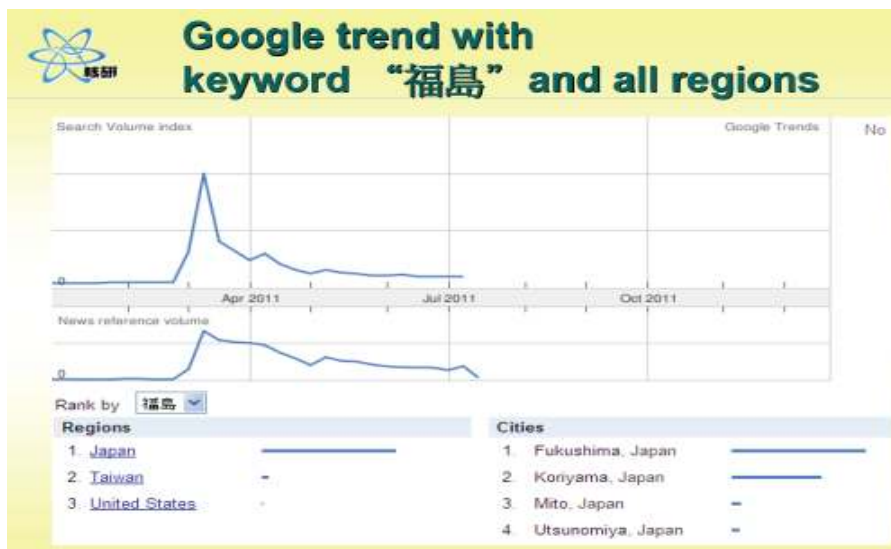


圖 31 上條曲線是關鍵字「福島」之搜尋流量趨勢
下條曲線是關鍵字「福島」之新聞流量趨勢

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「福島」，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，可以看出前 3 名分別為新竹、桃園、台北；以城市排名，前 3 名分別為竹東、中壢、內湖。新竹、桃園、中壢、內湖均為台灣出口的主要城市，可見還是產業界進行最多主動搜尋，也最關心福島核事故的影響，一般大眾主要接受媒體報導。

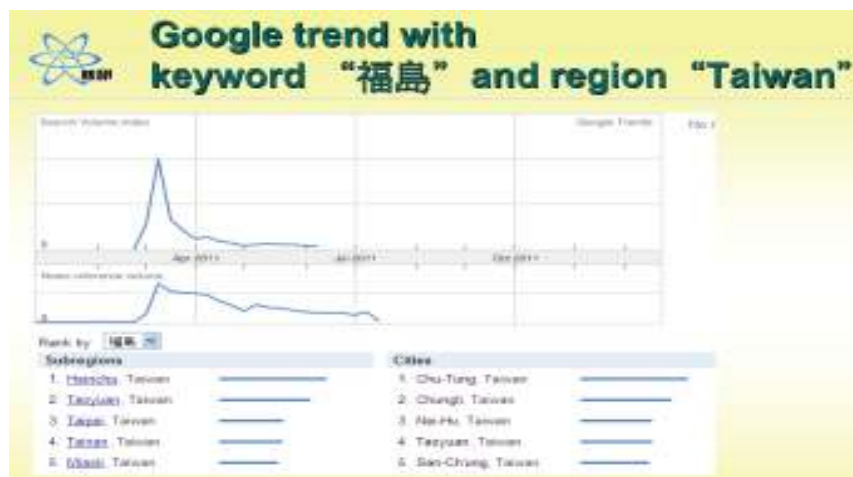


圖 32 台灣 Google 關鍵字「福島」各地區搜尋量

在福島核事故發生前，搭配全球核能復甦，台灣原來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，未來核能發展之路都將面臨許多艱難困境。日本產業規模大，台灣產業規模小，應能發揮互補作用。面對相同困難，如果雙方能夠合作，可以開發新興核能市場，創造雙贏局面。

(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：

- a. 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，核能發電仍應是一個重要的選項。
- b. 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) 對台灣核能研發的影響：

福島核事故對台灣核能研發計畫之影響，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，計畫內容可能還會有所調整。

- 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、台電公司、清華大學、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：

- (a) 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。
- (b) 核電廠耐震與補強方法研究(係加強已有相關研究計畫)：包括
 - 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等。
- (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：包括
 - 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：包括
 - 事故狀況下，核子燃料(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.)之暫態特性研究；
 - 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：包括

- 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：包括

- 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：輻射防護與緊急應變機制、放射性廢棄物管理及核安管制。

(a) 輻射防護與緊急應變機制：

■ 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。研究內容包括：

- 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跑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。主要工作內容包括：

- 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

爲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。研究內容包括：

- 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，爲權衡應急措施，須立即採取最適切方法以降低對環境後續不利的影響。研究內容包括：

- 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：

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。研究內容包括：

— 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，燃料棒護套鋳合金溫度上升，並逐漸暴露在空氣環境下，當鋳合金溫度上升達 1000°C 以上時，鋳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」，即外觀上看到鋳合金燃燒現象。為瞭解此現象，將進行鋳合金與空氣之氧化反應研究。研究內容包括：

— 評估發生燃燒之條件；

— 模擬與驗證燃料護套燃燒條件。



圖 33 核能研究所廖俐毅主任簡報

(六) 研討會閉幕式

會議閉幕式首先由原能會蔡春鴻主任委員致閉幕詞，他表示此次研討會進行福島事故肇因及事故後安全檢討技術討論，亦探討社會面之議題與溝通意見，福島事故受到各個使用核能發電國家的高度重视，各國均審慎檢視其核能設施之安全強化問題，雖然德國、瑞士、義大利已決定放棄核能，但是大多數核能發電國家仍決定維持使用核電的政策。無論未來核能如何發展，強化核能營運安全應為國際間一致的共識，尤其針對地震、海嘯、颱風等複合式災害，更是應共同面對之課題。由於核能政策及核電在能源政策的角色，關係到國家利益非常重大，牽涉層面亦廣，必須要有周全的考

量及充分理性的討論溝通，才能對核電發展的作出最妥適的決定。

台日兩國在能源輸入依存度都偏高，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，惟有經理性的討論後，才能作出正確的決定。開幕時他曾提及福島事故的經驗回饋，已經納入對現有核電廠進行總體檢，例如壓力測試目標即在於能夠保障類似福島電廠的事故不會再發生，不只不會在日本發生，也不會在台灣發生，這是目前已經在做的事情。可是更重要的是如何將這些成果及我們所做的努力，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發生。與民眾溝通不容易，希望重拾民眾於福島事故發生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，這也是本屆會議專題討論中提到；要用更謙卑、誠實、誠懇的態度來做溝通。本屆研討會中，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，就技術面來說，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民眾瞭解，但溝通的技巧與經驗，是我們未來要還要再加強的項目。

接著，JAIF 理事長服部拓也先生致閉幕詞，他說明本屆研討會所討論的議題，強調民眾溝通的重要性，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如附件一、二。



圖 34 原子能委員會蔡春鴻主任委員閉幕致詞



圖 35 JAIF 服部拓也理事長閉幕致詞

三、參訪日本原子力研究開發機構東海村核設施

(一) 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 計畫及中心目前之研發重點。為表達竭誠歡迎, J-PARC 園區升起我國國旗。由於遭受 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, 目前正積極進行整修, 現場參觀 J-PARC 設施僅進入物質暨生命科學實驗設施參觀相關實驗設備。

粒子加速器發明於廿世紀, 此項發明成爲人類探索物質微觀結構最有力的平台, 並且大幅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 有三部加速器, 包括線性加速器、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。

J-PARC 計畫建設初期，適逢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，當時乃日本核能發展之黑暗時期，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仍到達極點，堅決反對在原子能研究所內建設新設施。

J-PARC 計畫曾多次向地方民眾說明加速器的安全性，但是居民均未予理會。當時 J-PARC 計畫和地方居民對該設施的安全認知，存有極大的歧見。如何才能讓居民理解呢？J-PARC 計畫初期係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」，但是一般人仍不瞭解加速器是甚麼，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 初期與地方交流的開始。

加速器在醫院已大量地用於醫療用途，由於是電氣設備，所以只要關掉電源開關，裝置就立即停止，電視機的映像管實際上也是一種加速器。經過說明後，與居民一起到 KEK 讓民眾觀看實際的加速器和研究所周圍居家的情況。也注意站在一般民眾的立場進行說明或回答問題，居民的態度因此逐漸地轉變。說明會和現場參觀的效果雖然緩慢，但確能得到居民的理解並讓其安心，花費大約 1 年的時間，逐漸獲得居民對建設 J-PARC 的理解，相互交流終於取得正面的結果。由於若沒有當地自治團體包括東海村和茨城縣的協助和理解，是不可能建設 J-PARC 設施。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非常重要。獲得理解的自治團體職員，站在兩者中間，能夠給予居民安心感，這種安心感與 J-PARC 計畫的說明會，所給予民眾的感覺是完全不同的，並可促進民眾對 J-PARC 計畫的理解。

J-PARC 的建設工程進展順利，2007 年 10 月底進行質子束流功率 3 GeV 的同步加速器實驗，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。J-PARC 的研究設施，不僅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，產生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，有許多優點的水銀靶。

目前國際間運轉中的脈衝式散裂中子源裝置，主要有英國的 ISIS 與美國的 SNS，JSNS 的中子束流較英美之性能更好。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 25 Hz，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，更加凸顯出日本的中子源裝置的優異性能。

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，讓中子科學的研究者實現了期待多年的夢想。日本發展中子科學已獲多項成果，例如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。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 先生誠摯地歡迎台灣欲使用 J-PARC 設施進行研究之學者專家提出使用申請。



圖36 J-PARC園區升起我國國旗以表示歡迎

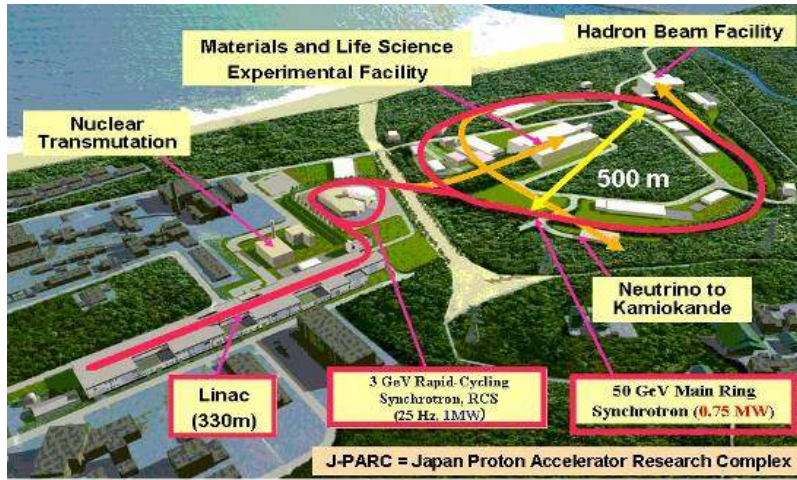


圖 37 J-PARC 質子加速器及研究設施鳥瞰及配置圖



圖38 直線加速器設施外部遭受地震的影響



圖39 Kato先生解說設施內各項設備



圖40 參觀物質暨生命科學實驗設施

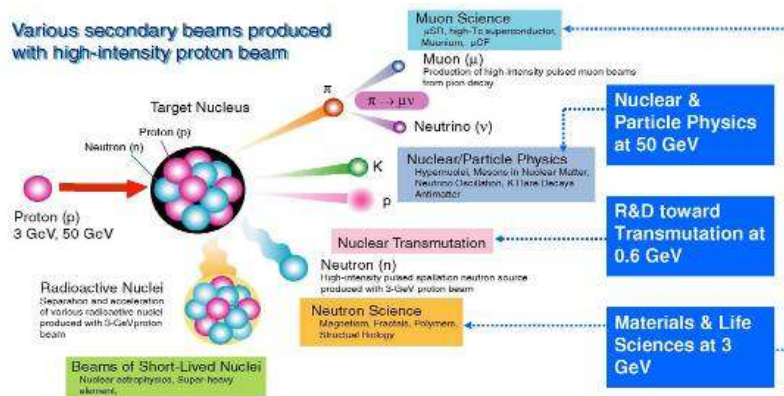


圖 41 高功率質子加速器所產生質子、二次粒子之基礎及應用研究

(二) 參訪高放射性廢棄物地質處置實驗室

本項參訪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。

日本對於核能發電產生之用過核子燃料，係採再處理回收有用之鈾、鈾等資源，重新製成燃料再使用，再處理產生之殘餘物，則以玻璃固化形成高放射性廢棄物。該類廢棄物日本規劃以深地層處置的方式，藉由玻璃固化體，多層包裝與緩衝材料(成份為 70%膨潤土與 30%矽砂)構成人工障壁，最外圍則為天然地層障壁，將高放射性廢棄物內之放射性核種與民眾生活環境隔絕。目前日本有兩處深地層處置鑽井的研究計畫，一是深度 500 公尺的幌延研究設施，另一處則是深度 1000 公尺的瑞浪研究設施。

依據日本負責執行高放射性廢棄物最終處置之專責營運機構－原子力發電環境整備機構(Nuclear Waste Management Organization of Japan, NUMO)NUMO 的初步規劃，未來日本高放射性廢棄物最終處置設施場址約需佔地 1 平方公里，地下則需確保周圍 10 平方公里內沒有火山及活動斷層的存在。其處置場設計容量為 40,000 桶玻璃固化高放射性廢棄物，處置設施開發經費總計約需 3 兆日元，依高放射性廢棄物最終處置法規定，係由 NUMO 向核電業者依其發電量收取(每度電約收 0.13~0.2 日元)，做為高放射性廢棄物處置之用。

日本高放射性廢棄物最終處置計畫於 1970 年代，開始進行相關基礎研究，於 1992 年完成第一階段高放射性廢棄物最終處置技術可行性報告(H3 報告)，2000 年完成第二階段技術可靠性報告(H12 報告)。其處置計畫規劃於 2002~2027 年，將進行處置設施選址及相關處置技術的研究發展；預定於 2025 年左右，向主管機關申請建造執照後開始施工，預定於 2038 年開始運轉。

東海村的地質處置實驗設施於 1993 年 8 月即設置完成一套系統 Engineering-scale Test and Research Facility(ENTRY)，進行模擬全尺寸深地層處置場多重障壁的變化情形，(包括膨潤土障壁材料的長期變化、地下水移動、溫度分布變化、地球化學反應、無氧

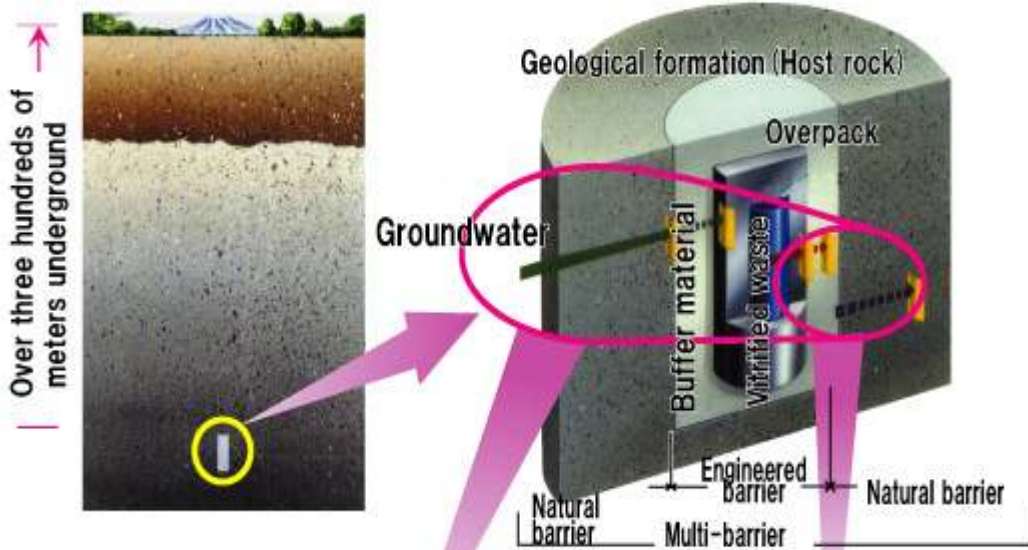
環境之材料鏽蝕等)。另於 1999 年 8 月設置完成 Quantitative Assessment Radionuclide Migration Experimental Facility (QUARITY)實驗設施，模擬放射性核種在深地層處置場之人工與天然障壁的遷移情形。該實驗室將各項研究成果結合安全評估電腦程式，可模擬展示高放射性廢棄物處置場的長期安全性。目前東海村地質實驗室每年投入相關研究設備的運轉與維護費用約為 4 億日圓。

▼ Stable geological environment

- To keep man's biosphere away from direct contact with the waste

▼ Multi-barrier concept

- To protect man's biosphere from the radionuclides transported by groundwater

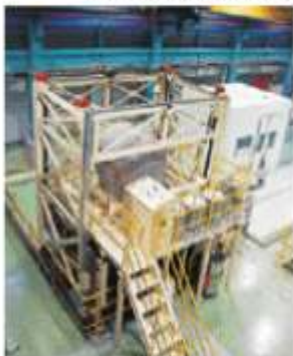


Studies on mechanisms of groundwater flow, chemical evolution and mass transport in the rock surrounding engineered barriers

Studies on thermo-hydro-mechanical coupled processes

Studies on radionuclide migration in engineered barrier materials and rocks

Equipment in Engineering-scale Test and Research Facility (ENTRY)



ENTRY was designed to perform a set of relatively large scale, non-radioactive experiments and to assess the performance of the multi-barrier system. The scientific and technical findings will be used for the establishment of the scientific and technical bases of safe geological disposal.



Equipment in Quantitative Assessment Radionuclide Migration Experiment Facility (QUALITY)



QUALITY was designed to investigate the radionuclide migration behavior under anaerobic conditions. This facility contains atmosphere-controlled glove boxes which are used to obtain basic data of radionuclide migration in engineered barrier materials and rocks at the laboratory scale. A variety of analytical equipment is available in this facility.

圖 42 日本高放射性廢棄物地質處置概念及實驗設施

參、心得：

1. 此次日本福島事故提供了一項極為寶貴的經驗，即事故發生後應即基於國家安全大於商業利益的原則下，採取核反應爐斷然處置的措施，以防止爐心熔毀與輻射大量外洩，避免後續須採取民眾疏散與掩蔽行動、大規模的環境輻射偵測、農林漁牧產品檢測、土壤除污復原、廢棄物處理，以及民眾長期的健康調查與賠償問題等。此項斷然措施亦應廣為說明，使民眾瞭解，以減輕民眾對核能電廠營運安全的疑慮。
2. 有關食品輻射污染之管制，目前日本政府已逐步建立各項管制標準與作業程序。與會的吉田聰博士表示，當地震的影響逐漸平息後，長期的漁產輻射污染問題，是目前環境生態學者所擔心的。所以，對於海洋輻射污染相關的防治作業，已經開始進行規劃與研究。由於洋流與海洋生態的複雜性，雖然目前監測結果顯示污染的情況僅侷限於局部區域，但是對於漁產品及海洋水體仍須持續進行長期的監測。此外，吉田博士亦建議對農產品、森林以及民眾的輻射劑量等，進行長期的整合性檢測與評估。
3. 由日本處理福島核事故的過程中，發現其複雜的決策架構和組織，會拖延核災事故緊急應變的決策，在這次受災廠址可以發現第一時間事故處理的嚴重拖延；但反過來說，日本的緊急計畫和應變制度則井然有序的實施，此應歸功於日本長期對地震的深入教育與頻繁的演習。
4. 這屆研討會以福島事故做為討論的主軸，其中也提到此次核子事故的二次傷害，尤其是對於非受災區農漁產品的影響。因此，青森縣副縣長利用會議休息時大力推廣青森縣的特產蘋果供與會人員試食。青森縣的農產尤其是蘋果早享有盛譽，在這次核事故中並未受到輻射波及，但是由於民眾心理上的因素，造成其農漁產品的銷售也會受到影響。可見在核子事故後，相鄰區域難免也會遭受池魚之殃，以致必須更加努力去推廣。因此，加強建立食品與農漁產品的偵測與管制機制，以提供國內、外消費者的信心保證，是十分重要的，至少能將相關傷害降到最低。

5. 由 J-PARC 計畫之建設經驗，可知其曾受到東海村鈾燃料臨界事故之衝擊，為消弭民眾對於該設施之安全疑慮，很難以技術專業說明讓民眾理解。因此，如何以淺顯易懂的語言，利用周遭生活事物的操作原理進行說明，可以讓民眾容易接受。而透過地方自治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，這種安心感與 J-PARC 計畫人員說明所給人的感覺是完全不同的，可促進理解 J-PARC 計畫，並進而接受與支持。
6. 高放射性廢棄物的安全處置，須要尋找一處長期穩定的岩層，經由人工與天然的多重障壁設計，將廢棄物內所含放射性核種與人類生活環境永久隔絕。日本自 1970 年代，即投入龐大的經費與人力，建立數處地下研究設施與實驗室，積極發展高放射性廢棄物最終處置技術，並於 2000 年提出最終處置技術可靠性報告(H12 報告)，確認以日本的地質條件，可以安全地處置高放射性廢棄物。由於台灣與日本均位於環太平洋地震火環帶，兩國的地質環境類似，也都處於地震頻繁之地區。因此，如何汲取日本在高放射性廢棄物處置技術之研發經驗與成果，有效運用國內有限的人力與資源，發展用過核子燃料最終處置本土關鍵技術，使國內相關計畫之研發成果，能收事半功倍之功效，值得我們進一步深思。

肆、建議：

1. 日方政府目前已針對大眾接受的輻射曝露和健康監控建立追蹤計畫，對輻射曝露實行有效的控管，防範事故對大眾和設施人員的健康造成重大衝擊；這方面的工作台灣應可思考放入核子事故緊急應變計畫或復原計畫內。
2. 核能電廠廠址內應有堅固防震、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備有指揮中心，以作為容納緊急應變工作人員之工作待命場所，其亦能安全防範受到外部事件如洪水的侵襲。這些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. 福島事故中，由於失去全廠與控制室照明，運轉人員在黑暗中產生極端的恐懼，所以緊急運轉程序書、嚴重事故管理指引及其相關程序書，應將喪失監控儀錶、照明、電力及高輻射環境下，作業人員之心理恐懼因素，納入考慮。必須強化系統、通訊、監測儀器資訊等，在嚴重事故時能提供廠內外必要資訊。
4. 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爲有效；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。
5. 針對吸收特定放射性同位素能力特別好之植物(如蕨類及蘑菇吸收銫-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，若爲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，降低可能造成之體內曝露。
6. 「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，進而產生信任感。
7. 由於國內目前並無 J-PARC 的高功率加速器與中子實驗設備，建議鼓勵相關領域之學者專家，可視需要向 JAEA 提出研究計畫申請。

8. 依據日本高放射性廢棄物最終處置計畫，目前正徵求自願候選場址，預定於 2040 年左右開始運轉。由於日本與台灣的天然環境類似，均位處板塊運動活躍的地區，建議國內推動用過核子燃料處置計畫，應加強與日本相關單位之技術交流與合作，汲取日本在處置技術的發展經驗，以收事半功倍之功效。在相關實驗室設置方面，可參考 ENTRY 與 QUARITY 實驗室之相關設備與研發項目，逐年核實編列相關研發經費，以逐步建立本土化安全處置用過核子燃料之關鍵技術能力。

伍、附件：

1. 第二十六屆台日核能安全研討會共同聲名(中文版)
2. 第二十六屆台日核能安全研討會共同聲名(日文版)
3. 第二十六屆台日核能安全研討會台灣代表團員名單

第二十六屆台日核能安全研討會 共同聲明(中文版)

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

1986年以來每年皆舉行的「台日核能安全研討會」，今年於7月26、27兩日在東京召開。第26屆的今年，對於3月11日發生的東日本大震災及福島第一核電廠事故，就技術面與社會面等諸多議題進行綜合性的討論。

福島事故與1979年美國的三哩島事故及1986年舊蘇聯的車諾比事故，同樣都是極其嚴重之核子事故。這次事故徹底破壞了民眾對於核能安全的信心，亦對於包含台灣在內的諸多國家、地區之核能開發計畫造成了莫大影響。對於鄰近台灣造成的極大困擾，日本深表歉意；對於台灣及時提供賑災與援助，亦藉此表達感謝與敬佩之意。

福島核災事故發生後，各核能發電國家均高度重視並審慎檢視其核能設施的營運安全。截至目前，大多數國家維持使用核電，只有如德國等很少數的國家修正其核電政策。由於核電發展政策，關係國家利益至鉅，且涉及的層面甚廣，需要週全的考量及充分討論溝通後，才能做出對國家及人民福祉最適切的政策性決定。

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，在能源安全確保的結構上是非常脆弱的。至今日本與台灣均未對能源政策進行整體性的議論，若僅就擁核或非核議題進行討論，將可能對社會與經濟造成不良的影響。由於能源政策的決定，會對國民負擔與產業界造成重大影響，因此應考量全球環境問題、能源安全確保等因素，以長期性、綜合性的觀點，以及與民眾充分的溝通討論後，審慎決定之。

日本與台灣之間不僅是工業產品，就連農林水產品之貿易均非常盛行。研討會中，對於食品中放射性核種的管制標準，日本與台灣幾乎相同，依據這標準值，除了日本福島縣產的部分食品及部分區域出產的茶葉，其餘農產品均解除了管制措施。日台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，從防止國際貿易受損的角度，促進雙方農林水產品貿易的健全發展。當然為了達到這個目的，雙方必須積極提供正確、客觀且容易理解的數據，此外更重要的是，藉由教育推廣有關輻射的正確知識。

本次的研討會，雙方針對福島事故發生的原因與影響及相關檢討改進措施，進行廣泛且深入的討論，深信必有助於兩國未來核能營運安全的提昇。經由福島事故的教訓，讓雙方都深刻的體認到核能運用與其安全確保的重要性。日本與台灣為求安全穩定的能源供給及防止全球持續暖化，再次體認到應以得到國民的理解及信賴為前提，朝著安全使用核能及讓核能對於經濟與社會提供更大貢獻的目標邁進。

下一屆的台日核安研討會，明年預定將由台灣舉辦。

以上

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年以來、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