

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：開會)

參加第 1 屆台日核能管制資訊交流會議
及參訪活動

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：蔡春鴻主任委員、邵耀祖處長、張欣處長、
廖俐毅主任、陳文芳副處長、廖家群副處長、
鄭武昆組長、龔繼康科長、曹松楠科長、李
采芬技士、許恆瑞技士

派赴國家：日本

出國期間：104 年 07 月 26 日至 104 年 07 月 31 日

報告日期：104 年 09 月 30 日

摘要

2011年3月11日發生日本福島第一核電廠核子事故後，日本政府將原屬經濟省負責核電廠安全監督的原子力安全保安院(NISA)與內閣府原子力安全委員會(NSC)、以及文部科學省監督研究用反應器部門，重新整併並於2012年9月19日於環境省下成立新的核安管制機關「原子力規制委員會(NRA)」，負責日本核能與輻射安全相關管制作業。囿於外交限制，原子能委員會過去與日本在核能安全管制的交流，係經由國內財團法人「核能科技協進會(NuSTA)」與日本行政法人「原子力安全基盤機構(JNES)」建立之合作機制，JNES是為了提供原子力安全保安院管制技術之所成立的行政法人，但JNES已於2014年初併入「原子力規制委員會」成為政府機關體制，因此台日核能的民間交流機制面臨挑戰。所幸在亞東關係協會與原子能委員會的積極努力下，台日雙方於2014年11月20日由亞東關係協會與日本交流協會簽署「核能管制資訊交流備忘錄」，延續臺日雙方合作交流機制，並建構雙方政府管制機關間的交流管道。依據「核能管制資訊交流備忘錄」，今(2015)年由原子能委員會蔡春鴻主任委員於7月28日率團赴日本東京出席「第1屆台日核能管制資訊交流會議」，正式開啟我國核安管制機關與日本政府機關間的合作交流，雙方共發表8篇專題報告，深化專業人員的交流。本次赴日期間因適逢日本原子力產業協會(JAIF)與中華民國核能學會舉辦「2015年台日核能安全專家會議」，蔡主任委員與團員受邀出席專家會議，由核研所同仁發表專題報告，拓展與日本核能界的技術交流。

蔡主任委員赴日期間並於7月2日拜會日本關西原子力懇談會，就台灣的核能安全管制做法、緊急應變及執行策略等與日方專家交換意見。原子能委員會核能管制處張欣處長經由「原子力規制委員會」的協助安排，率領部分團員於7月30日參訪關西電力所屬之高浜核電廠，瞭解高浜核電廠在福島事故後採取的強化措施與重啟運轉的準備情形。此次赴日參加會議、參訪核電廠及拜會等活動，對於維繫、強化台日雙方在核能安全領域的交流與合作，有實質的助益。

目

錄

壹、	前言.....	p.3
貳、	行程.....	p.4
參、	工作紀要.....	p.5
一、	2015 台日核能安全專家會議.....	p.5
二、	第 1 屆台日核能管制資訊交流會議.....	p.29
三、	第 31 屆日華原子力懇談會.....	p.54
四、	高浜電廠參訪.....	p.57
肆、	心得與建議.....	p.61
伍、	附錄.....	p.64

壹、 前言

亞東關係協會與日本交流協會於 2014 年 11 月 20 日簽署「核能管制資訊交流備忘錄」後，日本「原子力規制委員會」依該備忘錄邀請我國原子能委員會蔡春鴻主任委員於 7 月 28 日率團，赴日本東京出席「第 1 屆台日核能管制資訊交流會議」，並安排部分團員於 7 月 30 日參訪關西電力所屬之高浜核電廠，瞭解高浜核電廠在福島事故後採取的強化措施與重啟運轉的準備情形。

蔡主任委員赴日期間，適逢日本原子力產業協會(JAIF)與中華民國核能學會於 7 月 27 日舉辦「2015 年台日核能安全專家會議」，蔡主任委員與團員受邀並出席專家會議，拓展與日本核能界的技術交流。蔡主任委員並於 7 月 29 日拜會日本關西原子力懇談會，就台灣核能安全管制的做法、緊急應變及執行策略等與日方專家交換意見，維繫、強化台日雙方在核能與輻射安全領域的交流與合作。

貳、 行程

蔡主任委員一行 9 人於 7 月 26 日出發，其中蔡主委及邵耀祖處長、陳文芳副處長於 7 月 30 日返國。張欣處長一行 6 人則於 7 月 30 日參訪關西電力所屬之高浜核電廠，並於 7 月 31 日返國，行程詳如表 1。

表 1 赴日本參加第 1 屆台日核能管制資訊交流會議、
2015 年台日核能安全專家會議及參訪行程表

日期	行程內容	地點	備註
07/26 (日)	路程：台北→東京	東京	全體出席人員
07/27 (一)	2015年台日核能安全專家會議	東京	全體出席人員
07/28 (二)	第1屆台日核能管制資訊交流會議	東京	全體出席人員
07/29 (三)	路程：東京→京都	京都	全體出席人員
	關西原子力懇談會	京都	蔡主委、邵耀祖處長、張欣處長、陳文芳副處長
07/30 (四)	路程：京都→桃園	桃園	蔡主委、邵耀祖處長、陳文芳副處長
	參訪高浜核電廠	京都→東舞鶴→京都	張欣處長、廖家群副處長、廖俐毅主任、龔繼康科長、曹松楠科長、李采芬技士、許恆瑞技士
07/31 (五)	返程：京都→桃園	桃園	張欣處長、廖家群副處長、廖俐毅主任、龔繼康科長、李采芬技士、許恆瑞技士

參、 工作紀要

一、2015台日核安專家會議(7月27日)

表 2 2015 台日核安專家會議議程表

Date	Time	Agenda
7/27(一)	13:00-13:10	Registration/報到
	13:10-13:25	Opening Address/開幕致詞 (日) 日本原子力産業協会 高橋明男 理事長 (台) 中華核能學會 潘欽 理事長 (台) 行政院原子能委員會 蔡春鴻 主任委員
	13:25-14:25	Plenary Session <u>13:25-13:55</u> (台) 台灣核電的挑戰與機會 The Challenge and Opportunity of Nuclear Power in Taiwan 中華核能學會 潘欽 理事長 (演講 20 分) <u>13:55-14:25</u> (日) 日本核能發電現況 電氣事業連合会 原子力部 齊藤 慎二 部長 (演講 15 分)
	14:25-14:45	Coffee Break/休息
	14:45-17:45	Technical Session <u>14:45-15:45</u> (台) 核電廠附近之斷層調查與耐震改善措施 張武侯 台灣電力公司核能發電處 副處長 (演講 30 分、Q&A 10 分) <u>15:45-16:45</u> (台) 台灣核電廠控制室適居性議題 詹益光博士 核能研究所核工組 (演講 30 分、Q&A 10 分) <u>16:45-17:45</u> (日) 核能之自主性安全強化改善措施(暫定) 山口彰 東京大学大学院 工学系研究科 教授 (演講 20 分、Q&A 20 分)
	17:45-18:00	Closing Remarks/閉幕致詞 (日) 日本原子力産業協会 高橋明男 理事長 (台) 中華核能學會 謝牧謙 資深顧問
	18:30-20:00	Reception/大會晚宴

由日本 JAIF 主辦的 2015 年台日核能專家會議在 7 月 27 日舉行，會議地點在東京虎之門琴平塔 3 樓會議室。日方與會人員有 JAIF、電力公司、核能產業界及學術界等專家、學者與會，如圖 1。



圖 1 2015 年台日核能專家會議

在台日核能專家會議開始進行前，亦召開會前會，討論下屆會議(預訂於 2017 年在日本舉辦)的議題，參與討論的日方人員有 JAIF 理事長高橋明男、資深顧問服部拓也、常務理事佐藤克哉、國際事務部長木下雅仁，我方代表包括中華民國核能學會潘欽理事長與資深顧問謝牧謙教授、原能會邵耀祖處長、核研所林家德副組長，以及台電公司核能技術處廖識鴻處長等人。在會前會中，日方表示基於近年 JAIF 資源較為緊縮，希望以往每年舉辦的台日核安交流會議可以改為兩年一次，並更名為「台日核能專家會議」。由於下一屆 2017 年台日核能專家會議規劃於日本召開，我國將由核研所負責籌組代表團，因此核研所林副組長於會中提出下屆會議的活動規劃建議，包括研討、參訪、業展及媒合等。日方對此四項主題並未表示異議，但在參訪部分希望我方再具體提出要參訪哪一座設施。如果是要參訪除役廠址，目前日本有 11 部機組規劃除役，可考慮廠址還不少。

2015 年台日核能專家會議議程如表 2 所示，有開幕致詞(Opening Remark)、主題演講(Plenary Session)、技術研討會(Technical Session)及閉幕致詞(Closing Remark)等議程，

其中主題演講有兩個場次，與台日兩國核能發電現況、挑戰及機會等議題有關，而技術研討會則有三個場次，都與強化核能安全議題有關，簡述相關議程如下：

(1) 開幕致詞

開幕致詞分別由 JAIF 高橋明男理事長、中華民國核能學會潘欽理事長及行政院原子能委員會蔡春鴻主任委員致詞，摘述如下：

(A) JAIF 理事長高橋明南致詞

他首先表示感謝台灣在 2011 年東日本大地震對日本的援助，以及近期有關日本食品輸台管制議題的協助，福島事故發生迄今 4 年多，福島周邊仍有居民避難，預期災區復原需更久時間，東京電力公司及相關單位正致力於重建家園及除役工作。

日本 2014 年公布的策略性能源基本計畫(Strategic Energy Policy)指出，核能將是供應基載電力的重要來源，符合核電安全管制新標準的機組繼續推動重啟。2015 年 4 月的發電成本分析顯示，核能發電成本最廉價，此外，日本經濟產業省公布長期能源供需展望草案亦指出，2030 年核能發電要維持供電占比 20%~22%的目標。在核能機組部分，除了福島第一核電廠 6 部機組外，另有 5 部老舊機組將除役，因此共計 11 部機組將除役。目前有 43 部機組停機檢查，其中 24 部機組向 NRA 申請機組重啟審查，目前川內核電廠(Sendai NPP)一、二號機，高浜核電廠三、四號機，以及伊方核電廠(Ikata NPP)三號機等 5 部機組通過 NRA 審查，為核能機組的重啟往前邁進一大步，其中川內一號機已於 7 月完成燃料裝填，將於 8 月中旬重新啟動。

台日能源匱乏，穩定的電力供應是發展經濟不可或缺的基礎，以能源安全、供電穩定度及抑制氣候暖化的角度思考，核能發電將是非常重要的電力來源，但前提是確保核能發電安全。高橋明南理事長亦表示，我國團員此行將與 NRA 舉行核能管制資訊交流會議、參訪高浜核電廠實際瞭解電廠強化核電安全的具體措施，並希望台日進一步發展原子能交流，停留期間能有豐碩的成果。

(B) 中華民國核能學會潘欽理事長致詞

感謝高橋理事長及 JAIF 之規劃與安排，使得 2015 年台日核能專家會議能在短時間內順利舉行。近年來，化石燃料的大量使用，導致溫室效應影響全球氣候變遷愈趨嚴重，核能發電不會排放二氧化碳，是阻止氣候變遷重要的能源選項，而核能安全則是核能進一步擴大使用最為關鍵之議題。

台灣的核能發展始於 1956 年，梅貽琦校長於台灣新竹恢復成立國立清華大學，設立了原子科學研究所，並建造了清華水池式研究用反應器，最近已成功應用於硼中子捕獲治療(Boron Neutron Capture Therapy, BNCT)的臨床實驗。此外，原子科學研究所成立初期，師資缺乏，有許多日本的學者專家受邀到研究所擔任客座教師。

台灣核能界近年來努力建立核能安全分析技術，台日核安專家之交流有重要的貢獻。台灣運轉中的三座核電廠之安全與運轉績效優良，電廠容量因素在 IAEA 的排名中名列全球前茅。此外，我們汲取福島核災教訓，針對核電廠失去廠內外交流電源的全黑狀況、地震與海嘯的風險、用過燃料池的冷卻、氫氣偵測與爆炸的防範、嚴重事故的管理等，均有具體的行動方案，且大部分皆已完成。台電公司更提出核電廠斷然處置指引(Ultimate Response Guideline, URG)，善用核電廠鄰近各種可用的水源，並發展具科學基礎與可行的程序，確保不會有大量的放射性物質排放到廠外，以進一步提昇核電廠之安全，核能電廠斷然處置措施已經由 BWROG 專家的審查並獲得肯定。

在台電公司的努力下，龍門電廠的一號機已完工，並完成裝填燃料前的安全測試，但由於社會反核的氛圍，政府宣佈核四封存，龍門一號機須待公投之後再裝填燃料，二號機則要在公投通過後，才能再繼續相關的工程。核安是贏得民眾信任、扭轉情勢最好的方法。

川內核電廠一號機預定在 8 月啟動，其他機組亦極可能於日後確保核能安全的前提下，陸續恢復商轉。這對台灣現有核電廠的持續運轉、核四廠一號機的啟封運轉，以及二號機的繼續施工，將有正面鼓舞作用，雙方核能安全技術交流，將可擴展到更深更廣的範圍。

(C) 原子能委員會蔡主任委員致詞

台灣核能界與 JAIF 的交流已進入第 30 年，這些年來台灣及日本的核能發展雖然歷經許多嚴格考驗，但藉由技術改善及推展而獲得的成果相當豐碩，希望雙方都能維持這樣良好的基礎繼續往前邁進。

川內核電廠一號機已通過 NRA 審查及地方政府同意重啟，預定在 8 月啟動；二號機也預定於 10 月重啟，對歷經福島核災事故的日本，將有很大振興與復原效用，也會對全球核能界產生啟發效果，台灣樂見日本核能儘快復原。

近年來台灣核能界面臨許多考驗，龍門核電廠封存，核一廠除役和延役計畫同步進行審查，還有用過核子燃料乾式貯存計畫、再處理計畫及放射性廢料處置等，都出現些許爭議，多少影響了台灣的核能發展進度。然而就全球及能源永續發展的觀點，核能仍然為重要的能源選項，許多國家對核能仍抱持信心，持續的推動，這也激勵著台灣核能工作夥伴，面對問題解決困難。原子能委員會的願景為「日新又新專業創新、核安輻安民眾心安」，核能需要安全、專業及民眾的支持，台灣在原子能和平應用，一向抱持嚴格謹慎態度，逐步穩健的推展，核電營運績效一向良好；然而也未雨綢繆地考量如何防範應變核災，就提升安全營運與管制措施、緊急應變的整備與核廢料管理等，投入大量的人力與經費。在爭取民眾支持部分，就資訊公開及民眾參與方面，也投注許多心力，舉辦活動擴大參與並善用科技工具進行溝通，以上措施有傳統也有創新，都應與國際間各核能單位多交流學習。

最後，蔡主委並向甫於 6 月份卸下理事長一職的服部拓也先生表達由衷的謝意，感謝他在任職期間不遺餘力推動台日間的核能交流，讓雙方都能夠享受交流的成果，再次感謝日方在短期內妥善規劃本次大會，受邀講員精心的準備資料，以及用心安排參訪高浜核電廠。

(2) 主題演講

主題演講有兩個場次，如下：

- Challenges and Opportunities of Nuclear Power in Taiwan (台灣核電的挑戰與機會)
- Update on Nuclear Power Industry in Japan (日本核能發電現況)

主題 1：Challenges and Opportunities of Nuclear Power in Taiwan

演講者為中華民國核能協會潘欽理事長，簡報內容包含：(A)台灣能源供給結構、電力結構、能源與環境面對的挑戰，(B)核電現況、核電廠的安全與運轉績效、低放射性廢棄物處理績效，以及(C)核電挑戰與機會，摘要如下：

(A) 台灣能源供給結構、電力結構、能源與環境面對的挑戰

台灣約有 98%的能源仰賴進口，其中 90%為化石燃料，8%為核燃料。過去四年來，台灣能源之供應逐年增加，石油與核能略為減少，煤稍微增加，而天然氣則顯著地增加，如水力與風力之再生能源，儘管經過多年的努力，其占比仍相當小。化石能源的增加，將使二氧化碳排放持續增加，這些是台灣能源與環境面對的挑戰。

在電力結構部分，台灣 2014 年生產的電力中，煤電佔 37.6%，天然氣佔 32.4%，核能提供了 18.6%的電力，再生能源則只有 2.9%。整體而言，台灣在能源及環保面對的挑戰，包括：(a)顯著增加自產的能源(如再生能源)或準自產的能源(如核能)，以改善能源安全，(b)確保穩定供應電力且有合理的電價，(c)減少電力部門二氧化碳的排放，達到台灣對國際減碳的承諾等議題。

(B) 核電現況、核電廠的安全與運轉績效、低放射性廢棄物處理績效

營運中的核電廠有金山、國聖及馬鞍山 3 座核能電廠，每座電廠有兩部機組，每部機組都已運轉超過 30 年。此外，台灣的龍門電廠有兩部 ABWR 機組，其中，一號機已完工，並完成裝填燃料前的測試，二號機則尚未完工。然而，福島第一核電廠事故後，台灣反核勢力高漲，政府在反核民意的氛圍下，宣佈龍門電廠封存，後續將由公民投票決定一號機是否裝填燃料商轉及二號機的工程是否繼續。

台灣六部機組的安全績效優良，運轉績效也相當傑出，在 IAEA 的統計中，台灣六部機組的平均表現名列前茅。台灣六部機組在低放射性廢棄物處理亦有很好的績效，台電公司採用核能研究所研發之固化技術，使低階固體廢棄物的體積呈指數遞減。

2011 年福島第一核電廠事故後，原子能委員會完成第二階段的核能電廠安全總體檢，並對核電廠的安全提昇提出八個具體項目，包括：喪失所有廠區交流電源的因應、地震的防範、海嘯的防範、用過燃料池的冷卻、氫氣偵測與爆炸之防範、嚴重事故的處理、廠區基礎設施之強化、安全文化之檢討等。台電公司積極配合原能會的要求，

改善核電廠之軟硬體，提昇核電廠的安全，並已提早完成各電廠 10 年安全評估，強化各核電廠針對複合性災害的準備與能力，也完成歐盟標準的壓力測試，並經歐盟專家的審查。

台電公司並提出斷然處置指引，因應機組面臨超出設計基準情況，導致機組喪失廠內外所有固定式交流電源，或反應器喪失以蒸汽驅動補水以外之電力驅動補水能力時，採取決斷行動，在最短時間內將所有可運用的水源，如生水或海水，注入反應爐，確保機組安全，避免大量的放射性物質排出廠外。

潘理事長也提出近期以海水進行一些實驗研究，發現金屬球於海水中的淬冷比在去離子水中更快速，因其在常溫海水中不會形成熱傳很差的膜沸騰(Film Boiling)，此外，以模擬衰變熱的加熱圓棒在海水中的淬冷亦有相同的發現。

(C) 核電挑戰與機會

核電在台灣仍有機會發展，但台灣核電廠最大的挑戰在於大多數民眾的接受度，因此，進一步提昇核安，並有效處理放射性廢棄物是說服民眾最好的方法，台灣核電的挑戰包括：

- 台灣的核電廠必須進一步提昇核安，走出福島第一核電廠事故的陰影
- 儘快確定低階放射性廢棄物之處置場，並證明其安全性
- 適當的處理用過核子燃料，確實推行永久處置廠的規劃
- 管制部門與台電公司持續保持資訊透明
- 持續核子科學與核電工程人才培育，確保核能人才不會斷層

核能具有高能量密度，可以視為準自產能源，這對缺乏傳統能源的台灣，在能源安全方面是非常重要的。台灣核電的安全與運轉績效佳，如持續維持，應可逐漸獲得民眾的認同，而下一代核能技術的發展，將使貯存在台灣的用過核子燃料，成為寶貴的自產能源。此外，核能發電不會直接排放二氧化碳，是台灣達到國際減碳承諾重要的工具，根據台電的分析，如果三座核電廠依運轉壽命除役後，就算龍門電廠商轉，電力部門二氧化碳排放的總量或排放係數，在 2019 年後都會持續增加，無法達到國際減碳承諾的目標。

潘理事長指出台灣應該務實面對能源議題的挑戰，台灣核電亦將充滿機會。日本核電的重啟商轉將會是台灣核電很好的模式，台灣核能界會持續努力維持台灣核電廠穩定安全地運轉。

主題 2：Update on Nuclear Power Industry in Japan

演講者為日本電氣事業聯合會(Federation of Electric Power Companies)原子力部齊藤慎二(Shinji Saito)部長，簡報內容包含：(A)簡介 311 東日本大地震對核電廠、能源結構及電價的影響，(B)強化核電安全之具體措施，以及(C)未來挑戰，說明如下：

(A) 簡介 311 東日本大地震對核電廠、能源結構及電價的影響

福島第一核電廠事故後，日本核能機組、管制單位及能源策略規畫等重要事件發展時序如表 3 所示。311 事故前日本共有 54 部核能機組，目前有 11 部機組決定除役，因此機組將減至 43 部，其中 24 部機組已向 NRA 申請重啟，其餘的 19 部機組尚未決定政策，圖 2 顯示日本至 2015 年 6 月底核電廠機組的現況。

表3 福島事故後重要事件發展之時序

Date	Event
2011.3.11	Fukushima Daiichi Nuclear Accident
2012.5	All Nuclear Reactors Went Offline due to the Periodic Inspection
2012.7	Restarting of Ohi 3 and 4
2012.9	Foundation of Nuclear Regulation Authority (NRA)
2013.7	Introduction of the New Safety Standards
2013.9	Shutdown of Ohi 3 and 4 due to the Periodic Inspection (Japan's all Nuclear Reactors once again Went Offline)
2014.4	Establishment of the Strategic Energy Plan by Government
2015.7	The Announcement of Energy Best Mix

至 2015 年 6 月底止，所有的核能機組仍在停機檢查中，約 90%的電力仰賴火力機組供電，因火力機組的燃料成本較貴，造成電力公司嚴重的財政負擔，電力公司只能調升電價來彌補虧損。此外，大量使用石化燃料，增加了二氧化碳排放量。圖 3 顯示 NRA 審查機組重啟的現況與進度，目前共有 5 部機組獲得 NRA 的審查同意重啟，包含川內核電廠一、二號機，高浜核電廠三、四號機，以及伊方核電廠三號機，其中川內核電廠一、二號機的進展最快，最新進度顯示川內核電廠一號機已於 104 年 8 月 11 日重啟，而二號機也預定於今年 10 月重啟。

○ **54 nuclear power reactors** in Japan reduced to **43 units** after the accident at Fukushima Daiichi NPS.

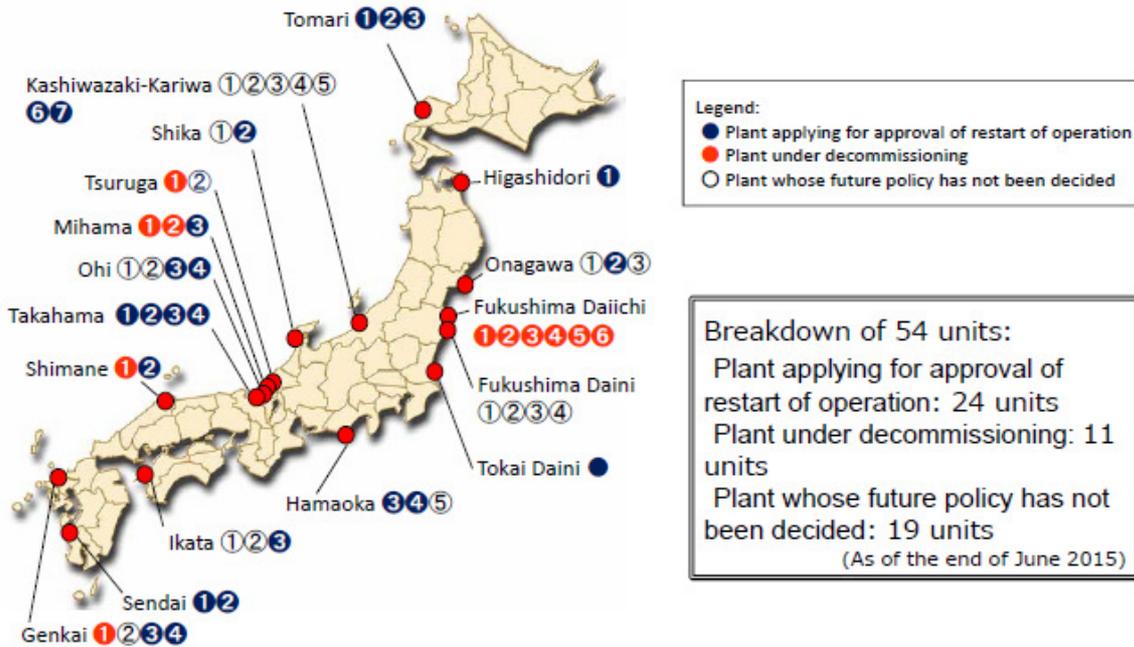


圖 2 日本核電廠機組之現況(至2015年6月底)

(B) 強化核電安全之具體措施

齊藤部長提到日本從福島事故記取教訓，包含(a)對發生機率極低之嚴重事故的防護對策不足，(b)需強化安全意識及採取嚴格的管制政策，以及(c)需汲取世界最佳實務，主動學習並強化安全措施。根據反省與教訓，正致力於下列三項工作：(a)由多重及深度防禦之防護措施強化核電安全性，(b)持續致力於強化安全措施及實施嚴格的管制措施，以及(c)以主動積極的態度，學習世界最佳實務經驗來強化核電安全性。簡報內容以關西電力公司高浜核電廠三、四號機為例，展開全面提升電廠整體安全的軟硬體改善工程，除強化對地震、海嘯的防範外，還對火災、龍捲風(颱風)及嚴重事故的風險，強化電廠安全措施，特別強化電源與爐心冷卻功能的具體措施。

另外，也以關西電力公司為例，說明以主動積極的態度學習世界最佳實務經驗來強化核電安全性，具體的努力方向包含與 WNA、WANO、INPO、Japan-US CNO Meeting、EPRI 及海外電力同業加強合作；在國內部分，則與原子力安全推進協會(Japan Nuclear Safety Institute)、核能風險研究中心(Nuclear Risk Research Center, NRRC)等組織建立合作管道，全面強化核電安全。

去年在電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)成立的 NRRC，將核電廠發生事故的風險量化並加以分析。藉由採用機率風險評估 (Probabilistic Risk Assessment, PRA)、風險告知決策及風險溝通等方法，協助核能相關業者持續強化核能設施的安全性。NRRC 已成為卓越的 PRA 方法論及風險管理之國際研究中心，並獲得所有利益關係者的信任為願景。

(C) 未來挑戰

311 大地震後的能源政策部分：2014 年 4 月日本公布策略性能源基本計畫，將核能定位為重要的基載電力來源，但要降低對核電的依賴度；對符合管制新標準的核能機組持續推動重啟；持續促進核燃料循環使用，包含燃料的再處理及使用混合氧化物核燃料。

在不同燃料發電成本的估算部分，核能還是最廉價的電力。2015 年 7 月公布的最佳能源占比部分，在 2030 年核能發電要達到總電力供應約 20%~22%。圖 4 所示為所有 43 部機組重啟下，核能機組分別運轉 40 年及 60 年狀況下的電力供應情況，分析結果顯示，若 2030 年核電供應要達到占比 20%~22%的目標，核能機組勢必要運轉超過 40 年。

另外，齊藤部長也簡要介紹日本電力自由化的時程，電力將朝自由化競爭市場發展，並分三階段逐步實施，預期在 2020 年 4 月輸電系統與配電系統部門將完全獨立，下游端的零售電力到電力用戶間，都是改革的對象。在未來電力市場競爭環境下仍將推行核電政策，近期政府相關會議已對核能充分討論，日本在世界核能產業仍將扮演先驅者的角色。

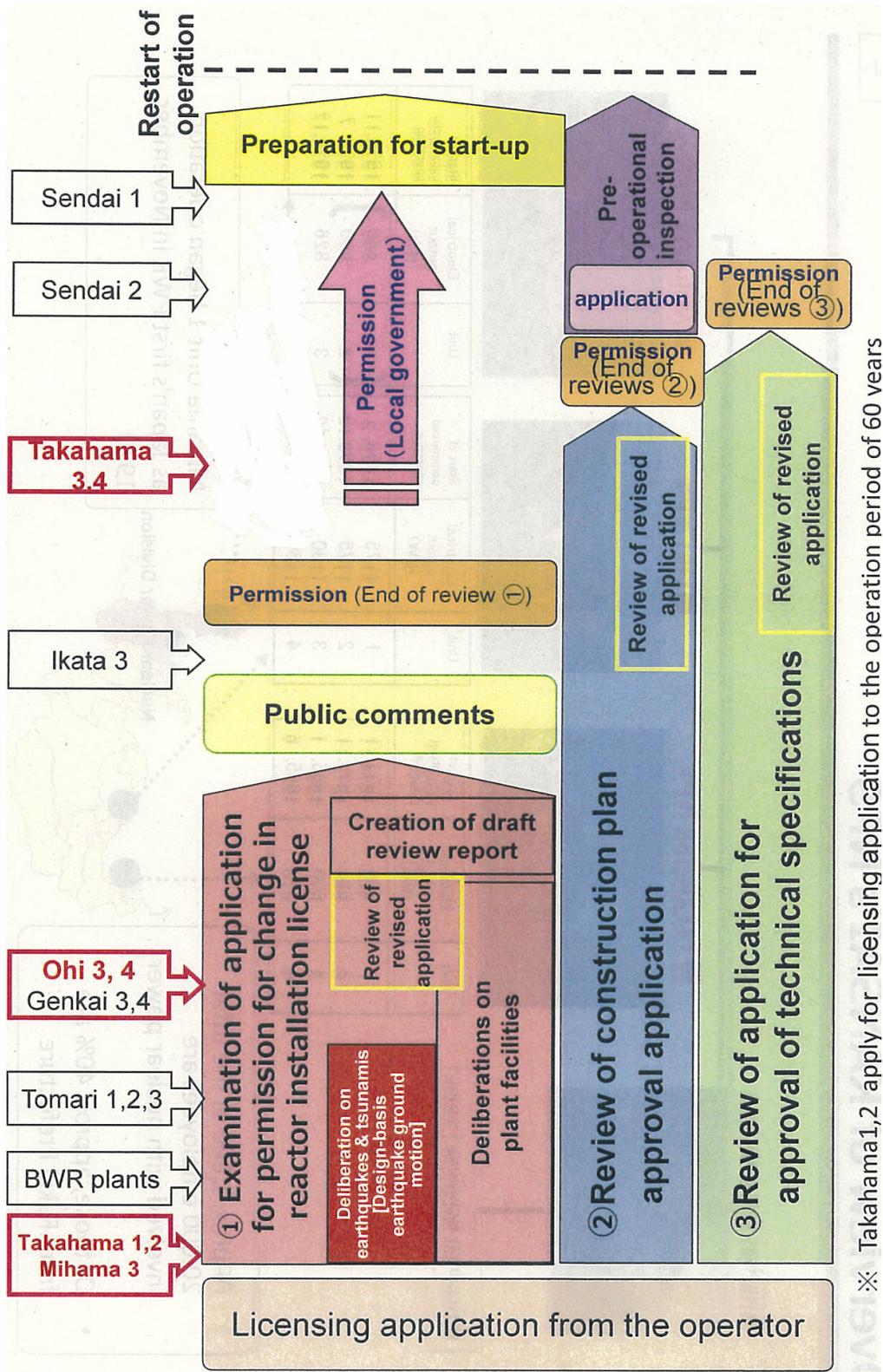


圖 3 NRA 審查機組重啟的現況與進度

Operation beyond 40 years will be necessary to secure nuclear power's share of 20-22% in 2030.

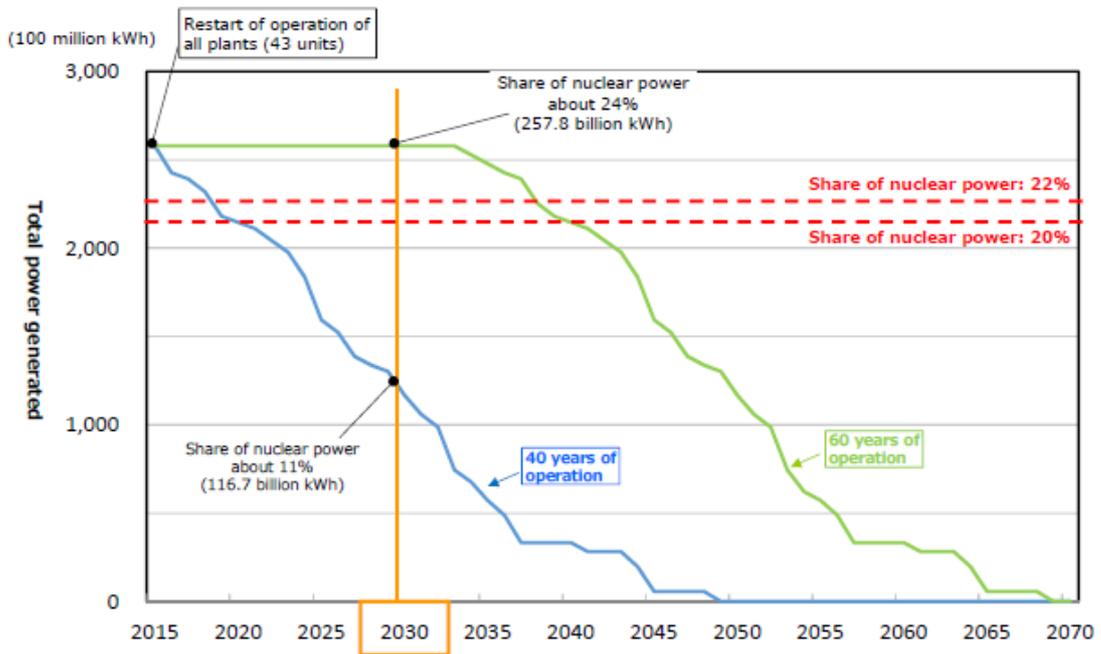


圖 4 2030 年核電供應目標與機組運轉之狀況

(3) 技術研討會

技術研討會有三個部分：

- Faults Survey Around Nuclear Power Plant Sites and Seismic Enforcement Measures (核電廠附近之斷層調查與耐震改善措施)
- Control Room Habitability Issue (USNRC GL 2003-01) of Nuclear Power Plants in Taiwan (台灣核電廠控制室適居性議題)
- Industry Voluntary Initiative of Nuclear Safety Improvement (日本核能業界自願強化核能安全之行動)

Session 1 : Faults Survey Around Nuclear Power Plant Sites and Seismic Enforcement Measures

演講者為台灣電力公司核能發電處張武侯副處長，簡報內容包含：(A)背景說明，(B)調查方法及目前的初步調查結果，以及(C)耐震補強措施，說明如下：

(A)背景說明

台灣核電廠在選擇廠址及建廠期間並未發現任何活動斷層，所以建廠的耐震設計基準分別為：金山 0.3g、國聖 0.4g、馬鞍山 0.4g、龍門 0.4g，此耐震設計基準是定在反應器廠房基盤的位置，與日本將耐震設計基準定在剪力波為每秒 700 m 的岩盤不同。

在金山電廠運轉將近 30 年後，中央地質調查所於 2007 年 7 月發布金山地區的山腳斷層為第二類活動斷層，緊接著在 2009 年 12 月發布恆春谷地的恆春斷層為第二類活動斷層。依中央地質研究所對第一類及第二類活動斷層的定義，過去 10,000 年內曾活動者為第一類活動斷層；過去 10,000 年~100,000 年內曾活動者為第二類活動斷層。台電公司隨即進行??調查，第一階段在 2010 年 11 月至 2012 年 8 月執行，第二階段在 2013 年 6 月至 2014 年 10 月執行。

(B)調查方法及目前的調查結果

採用的調查方法，在陸域方面包括：野外地質調查、變動地形判釋、LiDAR、地質鑽探與槽溝開挖、反射震測法，以及地電阻影像剖面法；海域方面則包括：多音束水深調查、側掃聲納調查、多頻道反射震測法、底質剖面法，以及海上磁力探測。

根據中央地質調查所公布的資料，山腳斷層是一個晚更新世的活動正斷層，北北東走向，斷層兩側並未有明顯的水平位移速度變化，但上盤有明顯的下陷趨勢，最近一次活動時間可能在距今約一萬年以前。依據斷層變動地形判釋與空中 LiDAR 測量的調查結果，顯示大屯火山區山腳斷層有 2 段主要線型，分別為北東-西南走向及北北西-南南東走向，這兩條斷層被大屯火山分隔，距離大約 5 公里。大屯火山區的線型地形特徵明顯，而金山地區的線型地形可能是因為地表已開發的關係，特徵已不甚清楚。綜合來說，山腳斷層海域及陸域長度總計 81 公里，在陸域的部分長 41 公里，由大屯火山分成兩段，南段長度 29 公里，北段長度 12 公里，其中大屯火山群附近的線型較為明顯，在金山地區的鑽孔顯示上盤沉陷，上下盤落差約 518.85 公尺，傾角大於 82° 朝東南，全新世以來活動性低，如圖 5 所示。

根據變動地形線型、震測訊號不連續、震測訊號垂直離距及底質訊號特性等調查整合，顯示海底有 6 條主要的線形。海域部分總長約 40 公里，在基隆海谷附近分為兩段：其中 ST-I-1 為正斷層，長度約 15 公里，屬半地塹構造，為陸域山腳斷層的延伸。ST-I-2 亦為正斷層，長度約 25 公里，半地塹構造不明顯，屬單一堆積盆地，如圖 6 所示。

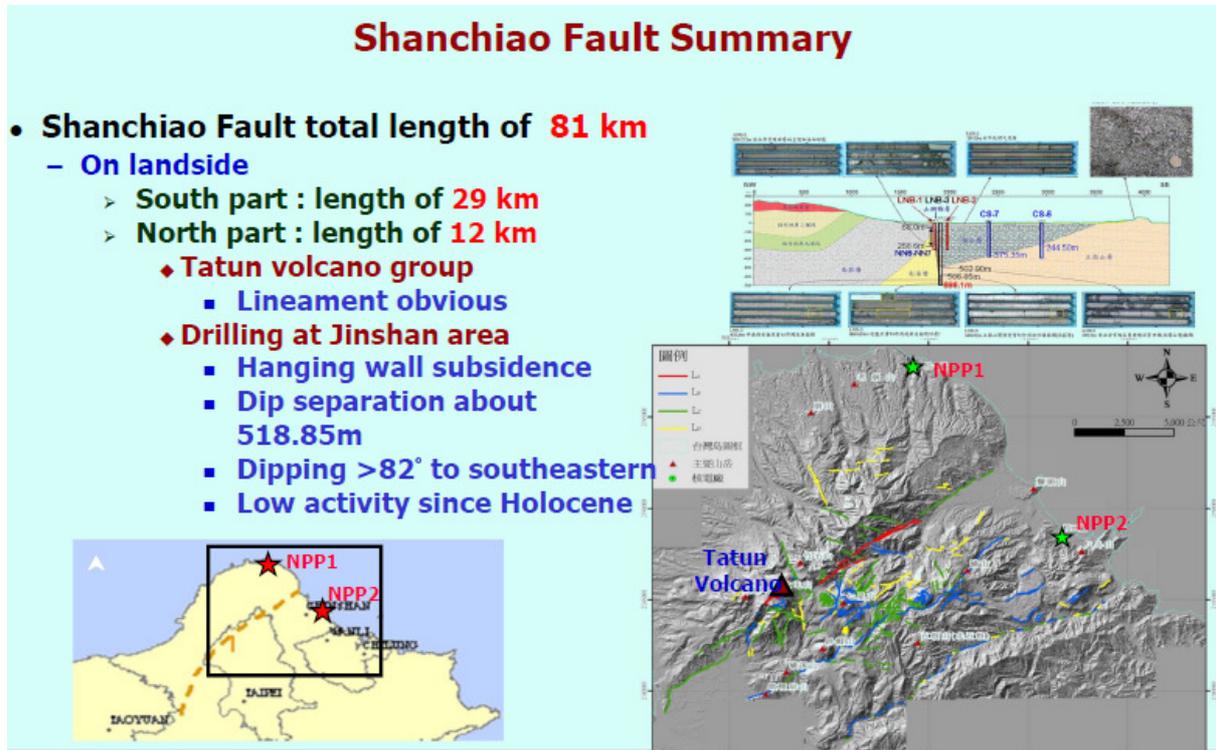


圖 5 山腳斷層陸域調查結果

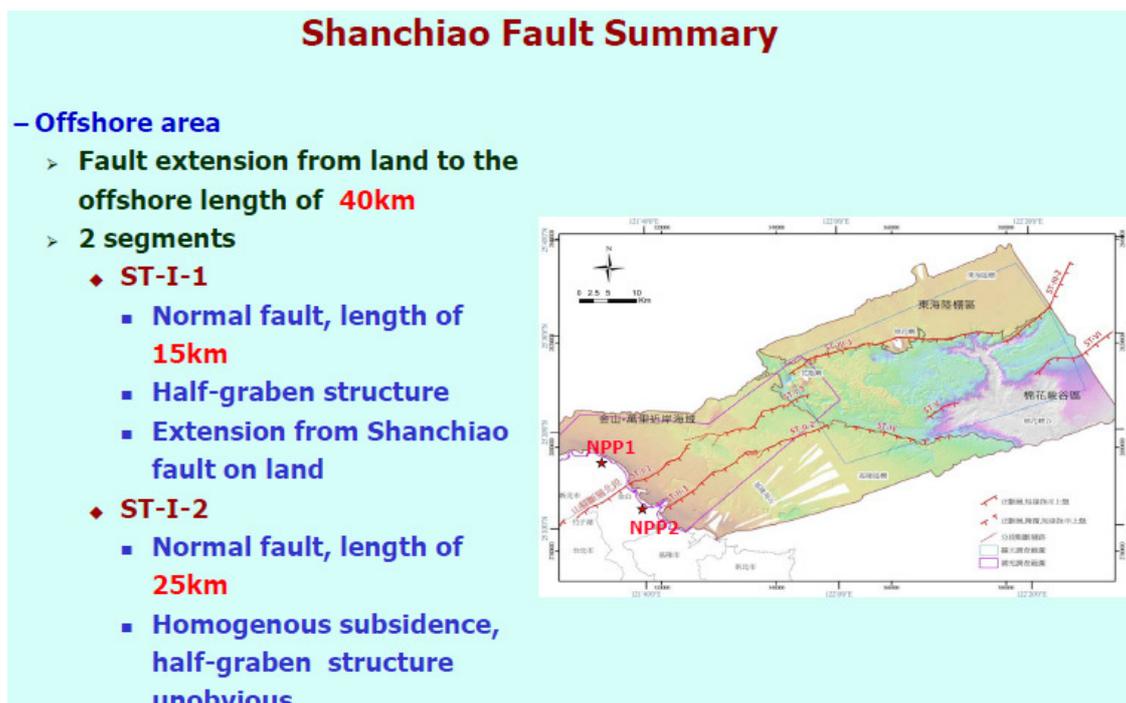


圖 6 山腳斷層海域調查結果

恆春斷層總長度 41 公里，分為 3 個部分，第一部分位於恆春谷地北部的海域，長度約 2 公里，在它的西側山麓地區發現有階地，且階地不老於 4,000 年，所以恆春谷地北部之恆春斷層可能仍然在活動，如圖 7 所示。第二部分在恆春谷地(陸域地區)，長度約 16 公里，斷層帶寬約 200-1,000 公尺，其中東緣最近一次活動應小於 4,000 年以前，西緣最近一次活動應介於 10,000~ 40,000 年以前。第三部分在南灣南方的海域，斷層長約 23 公里，有 2 段主要線型，其中 HT-I 為恆春斷層陸域部分的延伸，長度為 23 公里；HT-II 長度為 12 公里，陸域區域無相對應之斷層，調查結果如圖 8 所示。

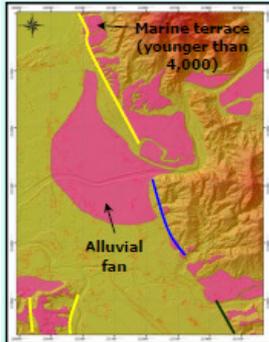
(C) 耐震補強措施

雖然目前調查結果顯示山腳斷層海域及陸域的總長度大約 81 公里，因第一階段的調查範圍較小，當時還看不到 ST-I 的盡頭，鑒於電廠不能再等兩年，等第二階段的調查工作完成後再做耐震補強。因此，在原能會的要求下，先假設 ST-I 會往北一直延伸到棉花峽谷，以海域及陸域估計總長度 114 公里作為耐震補強的依據。南部恆春斷層因為第一階段的調查已清楚知道海陸域斷層的情況，以調查結果，也就是海域及陸域總長度 41 公里作為耐震補強的依據。三座核能電廠都採用定值法再加上一個標準差的做法，算出岩盤露頭的地表加速度分別為：金山：0.51g；國聖：0.67g；馬鞍山：0.72g，然後再根據此地表加速度值，求得各個樓層的地震反應譜 (Seismic Response Spectrum)，再逐一評估兩串安全注水系統的耐震能力，不足的部分予以補強。

三座核電廠各評估兩串安全注水系統，評估的組件總數超過 6 千個，電驛的評估數量也超過 2 千個，評估結果顯示，約有 1%的組件及 2%的電驛需要補強改善。有一些可拆式的牆及主控制室的天花板需要補強。簡報內容說明桶槽補強、垂直式海水泵補強、緊要寒水機(Emergency Chiller)空氣分離器(Air Separator)、以及馬達控制中心及電驛補強的案例。有些電驛在強震時會因顫振(Chattering)造成誤動作，所以改用耐震較佳之電驛，防止電驛顫振。此外，有些設備在強震時，會因搖晃與鄰近的設備或牆面發生干擾產生新的應力，必須將發生干擾的因素消除。核一、二、三廠經補強後，兩串安全注水系統的所有組件，其 HCLPF 值都已大於 RLE，耐震補強措施詳附錄 1。

Hengchun Fault Summary

- On offshore area in a direction extending between Chaochou Fault and Hengchun Fault
 - No obvious shear or fault track found
 - Gas plume found
 - Mud volcano and mud diapir found
- Hengchun Fault total length of **41km**
 - The coastal area of northern Hengchun Valley



- Length of about **2 km**
 - ◆ Marine terrace found along the western piedmont
 - ◆ Younger than **4,000** years ago
 - ◆ Activity of Hengchun Fault still continued on the north part of Hengchun Valley

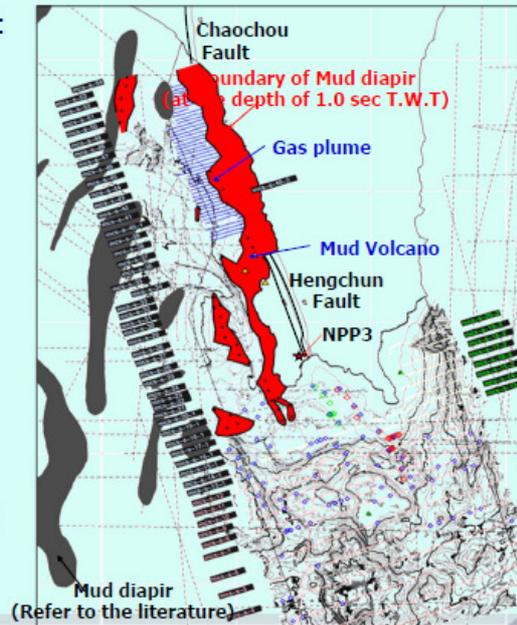


圖 7 恆春谷地北部海域調查結果

Hengchun Fault Summary

- On landside (Hengchun Valley)
 - Fault zone width of about 200-1,000m
 - Total length of **16 km** in the valley area
 - ◆ East Hengchun fault
 - Recent activity younger than 4,000 years ago
 - ◆ West Hengchun fault
 - Recent activity between 10,000 and 40,000 years ago
- On offshore area between the Nanwan coastal and offshore area within a radius of 40 km
 - Fault track length of about **23km**
 - 2 sets of major lineaments
 - ◆ HT-I lineament
 - Extension from Hengchun Fault on land
 - Length of 23 km
 - ◆ The HT-II lineament
 - Length of 12 Km
 - No corresponding fault on land

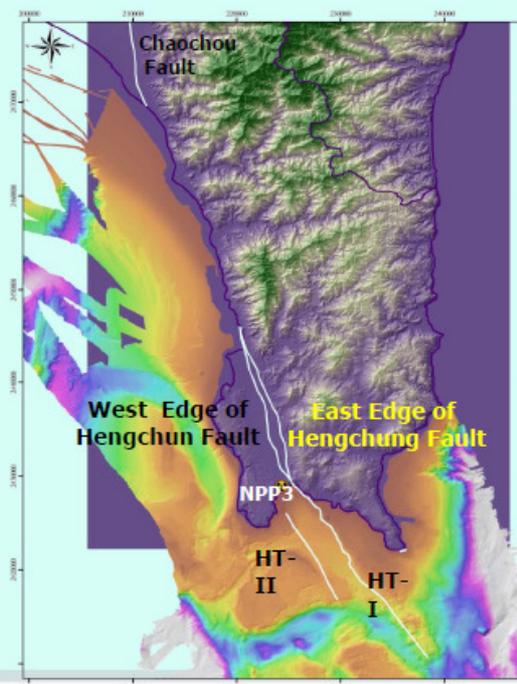


圖 8 恆春谷地及南灣南方海域調查結果

Session 2 : Control Room Habitability Issue (USNRC GL 2003-01) of Nuclear Power Plants in Taiwan.

演講者為核研所詹益光博士，簡報內容包含 USNRC GL 2003-01 要求美國境內持照者提供的資訊文件、台灣核電廠回應 GL 2003-01 議題、核電廠建立控制室適居性方案的主要工作項目，以及計畫的執行現況。

三哩島(Three Mile Island, TMI)事故引起美國核管會更重視控制室適居性議題，隨後與電力業界一起努力，建立控制室包封(Control Room Envelope, CRE)內漏率試驗規範。1991~2001 年間，美國核電廠依據 ASTM E741 的方法，實際量測控制室包封在緊急通風系統運轉模式下的內漏率，數據顯示，大多數電廠量測的內漏率都高於事故分析的假設值。有鑑於壓差(ΔP)監測不足以確保控制室包封的完整性，美國核管會發布 GL 2003-01，指出控制室內漏率設計基準及運轉技術規範的內漏率限值可能不足，要求美國境內持照者提供下列資訊文件：

- (A) 確認控制室符合適居性管制要求的說明，且控制室適居性系統的設計、結構、組態、運轉及維護與機組的執照基準及設計基準一致。相關的說明應著重下列事項：
 - (a) 未經過濾之氣體內漏到控制室包封的最大值未超過輻射劑量分析設計基準假設值，說明電廠用什麼方法及在什麼時間進行分析、執行內漏試驗及內漏試驗量測值。
 - (b) 有害化學物質分析的內漏值可能與輻射劑量分析的設計基準假設值不同，電廠需確認未經過濾的氣體內漏到控制室包封的最大值已涵蓋有害化學物質分析。此外，在煙霧事件下，確認運轉員可以在控制室或替代停機盤維持反應器的控制能力。
 - (c) 確認運轉技術規範中用來驗證控制室包封完整性的作法。如果電廠目前是以壓差監測來驗證控制室包封的完整性，需提供 ASTM E741 的試驗結果來確認壓差的監測足以維持控制室包封的完整性。

如果電廠目前的運轉技術規範對控制室包封完整性未有監測要求，需說明確認控制室包封完整性的作法及其執行頻率，並且要說明此作法足以證明控制室包封完整性的理由。

- (B) 如果電廠目前是使用補償措施來確保控制室適居性，說明電廠使用的補償措施，以及說明要停止使用補償措施需採取的矯正行動。

(C) 如果電廠認為機組不需要符合與適居性有關的設計準則，需提供可以做此結論的基礎文件，並確認電廠的實際需求。

控制室包封正常通風系統(Heating, Ventilating and Air Conditioning, HVAC)的運轉模式，由正常取氣口引入的少部分氣體及大量的室內再循環氣體經空調箱(Air Handling Unit, AHU)調節溫度後，送進控制室包封，氣體未經由緊急過濾串(Emergency Filter)處理。輻射事故下，控制室包封緊急通風系統有隔離/再循環(Isolation/Recirculation)及加壓式(Positive Pressure)兩類設計，這兩類設計都是限制污染氣體進入控制室包封。圖 9 為典型之隔離/再循環緊急通風系統示意圖，事故下將正常取氣及排氣風門(Damper)關閉，控制室包封內的氣體經由過濾器循環處理。圖 10 為典型之加壓式緊急通風系統示意圖，事故下同樣是將正常取氣及排氣風門關閉，由緊急取氣口引入外部氣體來加壓控制室包封，外部引入的氣體及控制室包封內再循環氣體經由過濾器處理後，再送進控制室包封，使控制室包封的壓力高於鄰近區域，防止未經過濾處理的外部氣體進入控制室包封。在有害化學物質外釋事故下，控制室包封通風系統一般都在隔離/再循環模式下運轉。

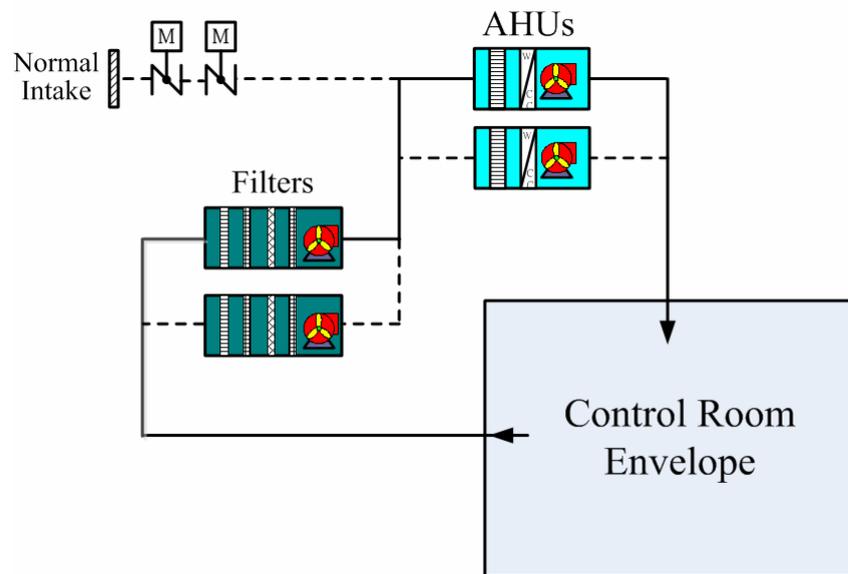


圖 9 典型之隔離/再循環緊急通風系統示意圖

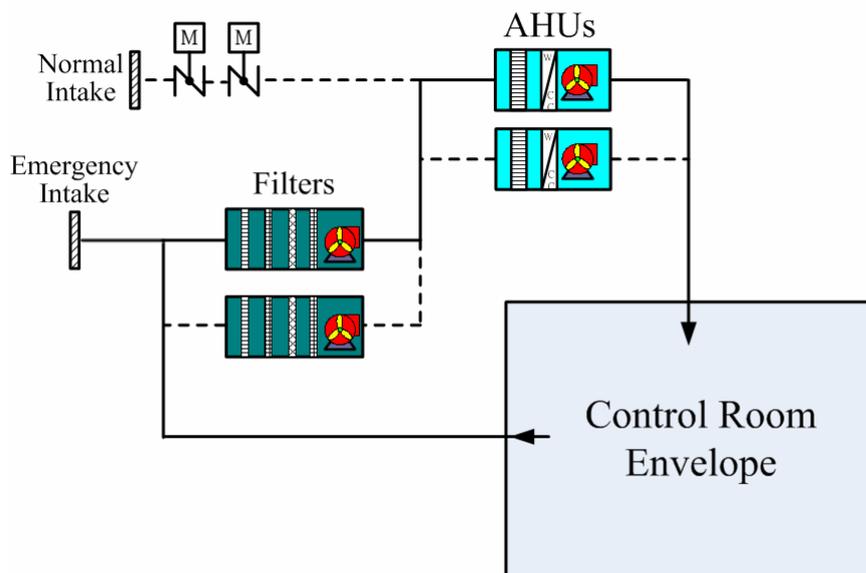


圖 10 典型之加壓式緊急通風系統示意圖

控制室緊急通風系統運轉模式下可能的內漏路徑，包含(A)通風系統造成的內漏，如機械設備組件與風管、(B)控制室包封邊界的內漏，如邊界上的孔洞(Opening)，以及(C)穿越控制室包封但不屬於控制室通風系統之管路造成的洩漏。業界經驗指出，風管是造成控制室包封內漏的主要原因，需特別注意風管的氣密性，如果控制室包封緊急通風系統設備及風管都在控制室包封內，其內漏相對較小。

2013 年台灣核安管制機關原能會，要求臺電公司回應 GL 2003- 01 議題及比照美國核電廠的作法，執行控制室包封邊界完整性驗證及建立控制室適居性方案。控制室適居性方案將整合示蹤氣體內漏試驗、控制室輻射劑量分析、有害化學物質分析，以及火災/煙霧評估等工作項目，確保控制室適居性。在控制室包封緊急通風系統運轉模式部分，金山電廠在輻射事故初期控制室包封緊急通風系統採用隔離/再循環運轉模式，後期可視需要採用加壓運轉模式，而國聖與馬鞍山電廠的控制室包封緊急通風系統都採用加壓運轉模式，而依據 ASTM E741 執行控制室包封整體性內漏試驗，證明此三座電廠的內漏率，在輻射劑量分析及有害化學物質分析的許可值內。另依照 NEI 99-03 附錄 A 所述，金山、國聖及馬鞍山電廠已訂定輻射設計基準事故及有害化學物質外釋事件下的初步允許內漏限值。

金山、國聖及馬鞍山三座核電廠於 2014 年開始進行建立控制室適居性方案相關工作，所有改善項目預計在 2017 年底前完成。

Session 3 : Industry Voluntary Initiative of Nuclear Safety Improvement

演講者為東京大學山口彰教授(Prof. Akira Yamaguchi)，簡報內容包含：(A)核能安全自願行動路徑圖，(B)核能業界強化核能安全之自願行動工作小組，(C)核能業界強化核能安全工作小組討論的議題，(D)建言，以及(E)核能風險研究中心的建立，簡要說明如下：

(A) 核能安全自願行動路徑圖

山口教授首先說明強化核能安全相關時程，日本在 2011 年 3 月發生福島事故，機組後續運轉狀況及所有機組全面停機檢查；2012 年 9 月成立新的監管單位原子力規制委員會，獨立行使核能管制職權，以確保核能安全；2013 年 7 月 8 日實施核電管制新標準，強化機組的整體安全性；2013 年 7 月 17 日核能業界強化核能安全自願性工作小組召開第一次會議；2014 年 4 月日本公布策略性能源基本計畫；2014 年 5 月核能業界自願強化核能安全的工作小組建議報告出版。

(B) 核能業界強化核能安全之自願行動工作小組

日本將持續對現有核能設施採取全面風險及安全評估，並以世界最高核能安全標準為目標，強化核能安全措施。日本未來的核工業應破除核能電廠所謂的「安全神話」，而且核電廠的經營者應承擔主動且持續強化核能安全的責任。為達成此目標，經濟產業省所轄之資源與能源廳(Agency for Natural Resources and Energy, ANRE)，在其諮詢委員會的核能小組下，建立了核能業界自願持續強化核能安全的工作小組，在業界自願的基礎上，鼓勵業界討論核能安全對策並持續強化核能安全，工作小組於 2013 年 7 月 17 日舉行第一次會議且會議原則上對外界開放。

(C) 核能業界強化核能安全工作小組討論的議題

自願性強化核安行動工作小組對相關議題討論的重點條列如下：

- 破除核電零風險神話
- 強化核能風險管理能力
- 積極引進國內外最佳實務及前瞻方法
- 徹底體認核能安全應高於監管單位的要求
- 發展指引有助於持續改善核能安全

- 個別電廠全面且持續以風險評估方法強化核能安全
- 實施風險溝通，與民眾分享風險與安全觀念，並互相理解
- 強化核能安全文化，持照者應正視核能安全議題
- 業界組織是自願行動，持續強化核能安全的基礎
- 實施有效的核能安全研究

(D)建言

核能事件可能對社會帶來巨大衝擊，因此，瞭解事故風險及實施必要的風險管理措施應是核能業界的首要課題。為了改善風險管理，全面實施機率風險評估，並瞭解全球前瞻做法來因應嚴重事故。另外，核能安全討論過程中，核電經營者要對表達不同意見及疑慮的專家們採取支持立場，在實施安全措施時要考慮剩餘風險(Residual Risk)的管控，對電廠設備與設計累積更深入的知識，並採取負責任的態度，持續引進國內外運轉經驗與新發現，重視人力資源的策略發展及確保核能安全相關活動等議題，並需要外部利益相關者參與討論，以便反映他們的意見及疑慮。

有效的風險管理包含預評估(Pre-assessment)、風險評估(Risk Assessment)、風險確認(Risk Interpretation)及風險管理(Risk Management)等 4 個步驟，並依此步驟循環分析，以確認風險。另外，山口彰教授在簡報中也說明核能業界強化核能安全的工作小組已召開一系列的會議，並提出具體意見，如核能業界強化核能安全工作小組的建議報告、輕水式反應器安全技術及人力資源路徑圖，以及提出長期能源展望政策等。簡報資料指出 2014 年 8 月在自願強化核能安全、核能技術與人力資源的會議上，有下列的結論：

鑑於福島第一核電廠事故，2014 年 4 月內閣會議決定策略性能源基本計畫，核能產業界建立自願活動持續強化核能安全的核安文化，包括嚴重事故對策，強化輕水式反應器安全、可靠度等技術之開發，以提高其整體安全性。國際合作開發新一代反應器，以及討論新一代反應器的研究和發展方向。策略性能源基本計畫已考慮福島第一核電廠事故，為實施此計畫，經濟產業省所屬的資源與能源廳已成立「自願性強化核能安全、核能技術與人力資源」工作小組，工作小組討論的議題如下：

- 輕水式反應器安全技術與人力資源
- 核能產業界活動的協調及需要改善的議題

- 發展利益關係人工作定位之路徑圖
- 下一代反應器的研究方向

(E) 核能風險研究中心的建立

2014 年在電力中央研究所成立核能風險研究中心，將核能發電廠發生事故的風險量化並加以分析。藉由採用機率風險評估、風險告知決策及風險溝通等方法，協助核能相關業者持續強化核能設施之安全性，持續改進核設施的安全。核能風險研究中心已成為卓越的 PRA 方法論及風險管理之國際中心，並獲得所有利害關係者的信任為願景。

核能產業界強化核能安全之自願行動的具體成果摘述如下：

四國電力公司加入 CRIEPI/NRRC 地震 PRA 計畫，伊方電廠三號機為該計畫的典範電廠；關西電力公司對安全專業人員倡議新型式的教育計畫，可以對核電廠設施及事故後果有深刻的瞭解，因此可對上級提出因應之安全對策；東京電力公司建構了風險管理組織，由核能部門負責人運作，直接向公司的風險管理委員會報告；電力業者啟動緊急應變計畫之行動有助於因應機組未預期的情況。

結論部分則是說明近程、中程及遠程目標，2020 年目標：建立可以長遠發展的架構，並擴展輕水式反應器的安全技術及人力資源；2030 年目標：在產業界自願行動的信任與支持下，控制剩餘風險，持續使用核能供應基載電力需求；2050 年目標：將安全技術與人力資源貢獻到國際社會，維持能源永續及抑制全球暖化。

在技術研討會結束後，分別由中華核能協會資深顧問謝牧謙教授及 JAIF 常務理事佐藤克哉進行閉幕致詞。謝牧謙教授致詞時特別提到希望台日加強核能技術交流，建立密切的合作關係，提昇核能安全，也預祝日本核電廠順利重啟。佐藤理事則是感謝所有參與者，並說明直接面對面的會議有更多的互動與收穫，熱切盼望日本核能機組順利重啟，強化核電安全性及提昇國民對核電的支持度。

二、第 1 屆台日核能管制資訊交流會議(7 月 28 日)

表 4 第 1 屆台日核能管制資訊交流會議議程表

Date/日期	Time/時間	Agenda/活動內容
7/28(二)	09:40-10:00	Opening Address/開幕致詞 *5 mins. NRA 池田長官 AEC 蔡主任委員 日本交流協會 石黑貿易經濟部長 亞東關係協會 徐鼎昌副組長
	10:00-10:40	Topic 1. (台) 台灣原能會核能管制處—台灣核電廠核安總體檢現況 核能管制處 龔繼康科長 2. (日) 日本原子力規制委員會—日本核安管制現況 國際室藤田室長 *20 mins.
	10:40-11:00	Break/休息
	11:00-12:30	Topic 3. (台) 福島事件後緊急操作程序書之改善 核安中心 廖俐毅主任 4. (日) 日本電廠再啟動之重要事項 技術基盤課 米林主任專門職 Q & A (20 mins.)
	12:30~13:30	Lunch/午餐
	13:30-15:10	Topic 5. (台) 核能電廠週圍環境輻射監測 輻射防護處 廖家群科長 6. (日) 日本福島復原之環境監測 監視情報課 海野專門官 Q & A (20 mins.)
	15:10-15:20	Break/中場休息
	15:20-17:00	Topic 7. (台) 福島事故經驗落實於我國核子事故緊急應變 核能技術處 許恆瑞技士 8. (日) 日本對核子事故緊急偵測及劑量評估之規劃 UPZ 疏散時間的計算與審核 原災課 齊藤技術參與 內閣府 喜多推進官 Q & A (20 mins.)
	17:00-17:10	Closing Remarks/閉幕致詞 NRA 清水次長
25 分鐘演講+15 分鐘翻譯，共約 40 分鐘		

1. 台灣核電廠核安總體檢現況 (Post-Fukushima Safety Reassessment and Enhancement of Nuclear Power Plants in Taiwan)；

由原能會龔繼康科長主講，首先介紹台灣核能相關的政府組織、台灣核能發電與核能安全表現的相關統計數據及龍門(核四)廠停工/封存現況。報告重點在 2011 年福島事故後台灣在核能電廠安全再評估與強化的措施，其中包括 2011 年發生福島事故後我國採行的二階段「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢」，要求台電公司執行檢討之廠區電源全部喪失(全黑)事件、廠房/廠區水災事件及防海嘯能力、用過燃料池完整性及冷卻能力、熱移除及最終熱沉能力、事故處理程序與訓練、機組斷然處置程序之建立、一/二號機組相互支援、複合式災難事件、超過設計基準事故、設施/設備完備性及備品儲備、精進人力/組織運作及強化核能安全文化等 11 項核能安全防護近期議題、以及 2011 年第一階段核安總體檢發現核二廠 ECW Pump House 馬達因迴轉攔汙閘及樓梯通道開口低於防海嘯設計基準後完成之改善措施。

在核電廠壓力測試部分，報告中說明我國核電廠辦理壓力測試的緣由、2013 年 OECD/NEA 及 EC/ENSREG 來台灣所進行的二次壓力測試國家報告同行審查的過程、專家小組提出的建議事項等。最後並報告兩階段核電廠安全總體檢與同行審查後原子能委員會提出的管制要求，以及目前進行中的安全強化措施，包含持續進行自然危害調查、興建海嘯牆、第二套最終熱沉、強化和整合緊急應變能力，以及就核一二廠間發現的山腳斷層及核三廠附近的恆春斷層列為第二類活動斷層新事證進行 SSHAC Level 3 的評估等。報告中亦說明台灣電力公司目前已強化與改善的項目，例如 B.5.b 補水路徑、生水池耐震能力、移動柴油發電機、限制第五部柴油發電機之備用、核一廠 0.3g 強化至 0.4g 耐震分析、用過燃料池水位儀、直流電池供電能力延長至 24 小時等。日方對原子能委員會提出的報告表示感謝，並將持續與我國交換核電廠安全資訊。

2. 日本核安管制現況(Current Regulatory Status in Japan)

由日本原子力規制委員會(NRA)國際室室長補佐渡邊健一(Kenichi Watanabe)主講，介紹日本原子力規制委員會成立的經過以及新法規強化核安管制的重點。福島事故發生後日本政府檢討當時管制機關的架構，並著手將核能管制與應用推廣機關分開，同時將原先分散於經產省原子力安全保安院、內閣府原子力安全委員會、文部科學省研究用反應器管制項目整合，成立日本原子力規制委員會，做為獨立核能與輻射安全的管制機關。原子力規制委員會由 5 位委員組成，主任委員為田中俊一(Shunichi Tanaka)，下設原子力規制廳，做為主要行政業務處理機關。原子力規制委員會於 2013 會計年度時只有 545 人，但在 2014 年 3 月 1 日正式將行政法人原子力安全基盤機構(JNES)併入後，2014 會計年度時以擴大為 1,025 人，強化提升原子力規制委員會的專業能力。

在法規建置部分，NRA 主要加強緊急應變相關的法規建置，包含飛機撞擊核電廠的對策、抑制輻射外釋、避免爐心熔毀及大量輻射外釋的法規要求等，同時強化現行自然災害及設計基準事件的防護要求。日本同時將核電廠運轉執照期限修訂為 40 年，與我國核管法相同。NRA 要求所有核電廠重啟都必須遵循新法規，由於目前送交 NRA 進行重啟申請共有 17 案 24 部機組，包含 15 部 PWR 與 9 部 BWR 反應器。NRA 為提高審查效率，將原有必須依序進行審查及核可的三項審查工作：反應器裝置改變申請、建造申請、運轉計畫申請的流程改為同時辦理，但仍然維持反應器運轉前及運轉後的二項視察，以完成整體視察與審查評估。2015 年 7 月下旬 NRA 已經核准前述三項審查的電廠為川內 1、2 號機；另外高浜 3、4 號機及伊方 1 號機已經完成反應器裝置改變申請及核准，高浜 3、4 號機的建造申請正由 NRA 審查中。NRA 共有四個團隊共約 100 人進行審查。

3. 福島事件後緊急操作程序書之改善 Emergency Operation Procedures (EOPs)

Improvement Based on Lesson Learned from Fukushima Accidents

演講者為核能研究所核安管制技術支援中心廖俐毅主任，簡報內容包含：(1)福島事故的慘劇有沒有可能避免，(2)改善 EOP 有可能讓福島悲劇不會發生，(3)台灣電力公司提出斷然處置程序書，以及(4)福島二廠所執行之 EOP，說明如下：

(1)福島事故的慘劇有沒有可能避免

如果歷史可以重來，只要改善程序書就有可能挽救福島電廠免於爐心熔毀。從福島事故學到的一項教訓是 EOP 的改善是非常重要的，如果能深切體認它的重要性，它應該可以獲得更多的關注與重視。加長型電廠全黑事件發生時，設備全面而大量毀損，執行 EOP 所需要的機、電、儀等資源，絕大部分都已喪失，殘餘可用的資源如直流電與儀用空氣也隨著時間逐漸耗盡。現有的 EOP 並未預期會發生這種情況，因此無法妥善因應。針對類福島事故，有必要發展更合適的程序書，福島電廠如採用了改善的程序書，其結果很可能完全改觀。

福島事故後，世界各國的改善行動都包括增設或強化緊急替代注水系統。但是，福島一廠在事故前其實就已經配備了緊急替代注水系統，福島一廠二、三號機的緊急替代注水系統包括兩個水源、四台泵，泵的驅動動力包括電力與柴油。在電廠全黑時，電動泵因為喪失電力無法使用，但是，柴油驅動泵仍可用，系統應該可以發揮其功能。福島一廠三號機在海嘯來襲後電廠全黑，正如設計，三台電動泵因為喪失電力無法使用，但是，還有一台柴油驅動泵維持可用，也有水源，且注水管路也完整，緊急替代注水系統為什麼沒發揮功能？一號機的柴油驅動泵因為機械故障，二號機的柴油驅動泵因為被水淹沒，因此，柴油驅動泵無法使用。但三號機柴油驅動泵是好的，沒發揮功能的主要理由是反應爐壓力太高。壓力的議題是簡報的重點，後續將詳細討論。

由福島事故的發展時序來看，在地震與海嘯發生後，先是一號機爐心損壞及注水時間，接著是三號機爐心損壞及注水的時間，最後是二號機的情形，三個機組共同的現象都是爐心損壞後才注水。已經有緊急替代注水系統，為什麼等到爐心損壞後才注水？我們認為是太晚啟動洩壓注水的緣故。

要進行爐心緊急替代注水，第一個步驟是開安全釋壓閥(Safety Relief Valve，

SRV)讓反應爐降壓，因為爐心緊急替代注水是低壓系統，當反應爐壓力太高時，是沒有辦法把水注入爐心。但是開啟 SRV 所需要的資源如直流電與儀用空氣，因電廠全黑無法補充，隨著時間而逐漸耗盡，耗盡後就無法打開 SRV，也就無法執行反應爐降壓。如果其他條件都不變，只提早執行反應爐洩壓，是否可以避免反應爐的熔解？也許可以，但是所伴隨的風險相當高。如果改善 EOP，那麼有可能讓福島悲劇不會發生。換言之，我們所挑戰的是，現有的 EOP 是有問題的。

(2)改善 EOP 有可能讓福島悲劇不會發生

因既有的 EOP 並未預期「加長型電廠全黑」的發生，因此無法妥善因應。改善既有 EOP 時，應針對加長型電廠全黑的特性提供改善對策。加長型電廠全黑有 3 大特性：(1)設備全面而大量毀損，需要用來注水的資源，絕大部分都不存在，(2)殘餘可用來將反應爐降壓的資源如直流電與儀用空氣也隨著時間逐漸耗盡，(3)EOP 的緊急降壓步驟具有風險，此為最重要的一點。我們來談談看有甚麼風險，要進行有效的爐心緊急替代注水，首先要開安全釋壓閥(SRV)把蒸氣洩掉，讓反應爐降壓。蒸氣是氣態的水，將蒸氣洩掉就是把水洩掉，開安全釋壓閥這個動作，相當於人為製造一個冷卻水流失事故。如果洩水快、補水慢，就產生了爐心熔毀的風險。所以有三個很重要的因素：冷卻水喪失的速率，補充的速率，以及持續期間有多久。緊急降壓注水不是新觀念，BWR 設計 Emergency Core Cooling System (ECCS)系統時，本來就有利用 Automatic Depressurization System (ADS)來進行降壓注水的作法。ECCS 額定流量非常大，救援能力非常強，風險非常低。在加長型電廠全黑情況下，替代注水系統多是低壓系統而且其流量很有限，救援能力相對較弱，在此情況下進行緊急降壓，其風險相對較高。

(3)台灣電力公司提出斷然處置程序書

為了改善既有 EOP，台灣電力公司提出斷然處置的程序書。相對於加長型電廠全黑的 3 大特色，URG 有 3 大重點，前 2 個重點是要快，要和時間賽跑。為了讓備用的爐心緊急替代注水系統及早備妥可用，因此要趕快進行管路列置；為了避免反應器無法降壓的情況發生，要趁直流電與儀用空氣還沒耗盡前，進行反應爐降壓；第 3 個重點是降低前述緊急降壓的風險。為此，URG 提出了兩階段降壓策略，分別為控制降壓與緊急降壓。兩種降壓目的不同，方式也不同。第一個階段執行有序降壓或稱為控制性降壓，它的假設是 RCIC 還可使用一段時間，當 RCIC 可用，補水沒

有問題時，開一個 SRV，進行控制性降壓，慢慢把反應爐壓力降下來，降到目標壓力區時，就維持在那個壓力區間，等到 RCIC 失效時，才執行緊急降壓步驟。緊急降壓是用手動的方式把具有 ADS 功能的數個 SRV 同時打開，很快把壓力降下來，利用低壓注水系統將水注入爐心。為什麼要分兩階段降壓呢？參閱圖 11 中的左圖部分，如果在 1 小時進行緊急降壓，假想兩種不同的情況，一種是像福島一廠，反應爐維持高壓，然後進行緊急降壓；另一種是遵循 URG，先將反應器帶到一個壓力較低的目標區，然後進行緊急降壓，這兩種方式，效果不一樣。在圖 11 中的右圖顯示藍色及紅色在不同壓力下開啟一個 SRV 之流失率(SRV Flow Rate)不同，兩者流失速率比大約 5 倍，流失率越大，風險也越大。

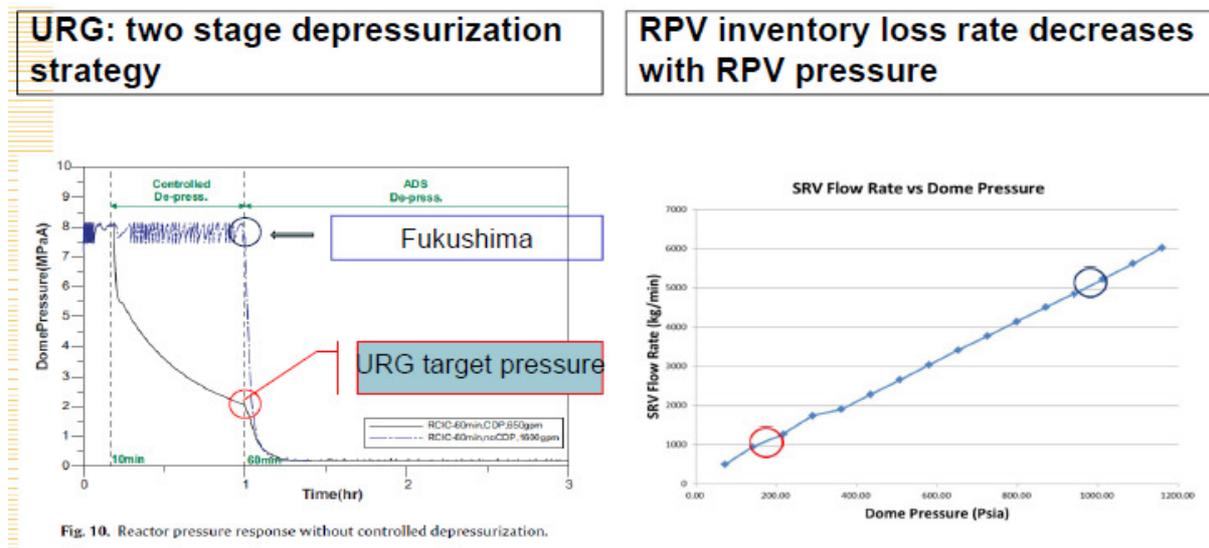


圖 11 反應爐有效降壓及注水策略

URG 策略使用 RELAP5-3D 和 TRACE 來進行分析、計算與驗證，以台灣核二廠為例，一個非常保守的電廠全黑分析顯示，避免燃料熔毀所需的最小注水流量，如採用 URG，可以大幅減少，不到原來的一半。URG 是基於福島教訓，針對類福島事故，所提出緊急應變程序，它包含了特殊的降壓注水策略，除了執行 URG，電廠也會設法修復受損的設備，所以 URG 可視為 ECCS 恢復前的緊急應變程序；URG 是整體安全強化措施的一環，它必須跟硬體設備之改善搭配結合使用；URG 是既有多重防禦以外，額外增加的防禦措施。在 URG 的功能定位上，原來 EOP 接 Severe Accident Management Procedure(SAMP)，URG 則介於 EOP 與 SAMP 之間，可視為 EOP 之強化補充。

URG 是電廠喪失原設計之爐心緊急冷卻功能，必須採用原安全系統以外之非傳

統方式，使低壓冷卻水(包括廠用水、生水或海水)得以持續注入反應爐。非傳統方式之注水設備包括消防車/消防泵/重力注水之生水池等設備。在過程中需採取圍阻體排氣、反應爐降壓等動作，而能安全地將反應爐由高壓力轉換至低壓力狀態的操作以維持核燃料的完整性與爐心的安全。

URG 的啟動條件：可用資源極端缺乏時，具體而言當下列三個條件任何一個成立時就啟動 URG。

- 反應爐喪失以蒸汽驅動補水以外之電力驅動補水能力、或
- 機組喪失廠內外所有交流電源(包括喪失廠外電源、廠內緊急柴油發電機(EDG)、第五台EDG、氣渦輪發電機等原固定式電源)、或
- 機組強震急停，且同時中央氣象局發布海嘯警報，

(4)福島二廠所執行之 EOP

除分析外，我們可以說 URG 已經以間接的方式在 2011 年 3 月 11 日一共做了 3 次實驗，結果 3 次均無爐心熔毀。

福島二廠的情況和福島一廠不太一樣，福島二廠的 1、2、4 號機喪失了最終熱沉，衰變熱無法移除。比較福島一廠好的是福島二廠還有電力，可以利用原設計的電力驅動 ECCS 來補水。但是，有些機組並未利用到這個優勢。沒有注水就等同於喪失注水，既喪失注水又喪失最終熱沉，情況其實無異於福島一廠。

福島二廠採用的 EOP 是開一個 SRV 進行反應爐降壓，這個做法和 URG 所採用之「控制性降壓」完全一樣。福島二廠的 EOP 成功的避免爐心熔毀，由於福島二廠情況其實無異於福島一廠，因此，能夠挽救福島二廠的 EOP 同樣能夠挽救福島一廠。簡單講，福島二廠的成功，直接證實其 EOP 的有效，也間接證實 URG 的有效。

如果採用了改善型的 EOP，即使維持其原有的設計與配備，可能可以避免福島一廠的爐心熔毀事故，特別是福島一廠三號機成功的機會最大。這裡所說的改善型的 EOP 指的是以下任何一個：

- 福島二廠所採用之EOP
- URG
- 瑞士KKL廠所提出之SBO策略

福島二廠所採用之 EOP 和 URG 之異同，福島二廠開一個 SRV 慢慢降壓，當 RCIC

還能使用的情況，則繼續降壓，直到緊急替代注水系統能夠有效將水注入爐心。URG 同樣開一個 SRV 慢慢降壓，但不是一直降壓，而是先將壓力降到目標壓力區，維持在該壓力，利用 RCIC 將水注入爐心，等到 RCIC 失效，再進行緊急降壓利用緊急替代注水系統將水注入爐心。兩者的差異是 URG 比較信賴 RCIC，所以盡可能倚賴 RCIC 注水，當 RCIC 失效時，才改由緊急替代注水系統注水。瑞士的 KKL 為了避免因為 SRV 週期性開關而消耗直流電與儀用空氣，因此，同樣提出開一個 SRV 的作法。其作法與福島二廠所採用之 EOP 相同，但是，不同處是，它必須等 30 分鐘後才能開 SRV。

結論指出，現有的 EOP 不夠完善，不足以應付加長型電廠全黑，加長型電廠全黑事件發生時，設備全面而大量毀損，所需要的資源，絕大部分不存在，殘餘可用的資源如直流電與儀用空氣也隨著時間逐漸耗盡，但現有的 EOP 並未預期會發生這種情況，因此無法妥善因應。改善 EOP 非常重要，應該獲得更多的關注與重視。針對類福島事故，有必要發展更合適的程序書，光靠改善程序書就有可能挽救福島一廠免於爐心熔毀。此結論可顯示改善程序書的重要性，然而，不應據此減少或放慢硬體設施的改善。

4. 日本電廠再啟動之重要事項 **New Regulatory Requirement for Light-Water Nuclear Power Plants – Outline**

演講者為日本原子力規制委員會 Mr. Kenji Yonebayashi，演講內容包含：從福島第一核電廠事故記取的教訓、管制新標準之要求及法規修正、新/舊管制標準之比較、因應嚴重事故之對策，以及安全目標，摘述如下：

簡報內容首先說明福島第一核電廠因地震及海嘯造成所有的安全功能同時喪失，地震導致喪失外電，而海嘯損毀廠內可用電源，因電廠喪失安全功能，最終演變成嚴重事故。基於汲取福島事故之教訓，在 2012 年 6 月修訂法規，除了民眾為保護的目標外，亦納入環境的保護；強化嚴重事故的防護對策，且管制新標準可追溯適用於既有的核能設施。管制新標準除了強化設計基準事故的因應能力外，特別強調嚴重事故的應對措施，將福島事故經驗及最新的知識併入到新管制標準中，亦加入防恐怖攻擊措施。

因應嚴重事故之對策說明如下：

(1) 強化防海嘯對策

以高於過去最大的海嘯紀錄作為設計基準海嘯，要求設置海嘯防護堤等防護措施，且能承受設計基準海嘯，且該些設施之結構、系統與組件的耐震等級要與反應爐相同，確保在地震時仍能達到其設計功能。海嘯防護之案例：電廠除了設置防海嘯之防護堤、防水閘門外，重要廠房或設備亦裝設防水門。

(2) 澄清下列基準

- 除地震搖動外，地盤移動及變形之基準亦明確化：要求耐震設計重要度為S級之建物、結構物等必須設置在無活動斷層露頭的地盤上，以避免因活斷層動作導致建物及內部設備組件損傷。
- 活斷層的認定標準：(1)當更新世晚期（約12~13萬年前)的地層存在時，根據該地層之調查，如果可以確認無斷層活動所產生之移動或變形，則可判定位於該地層之下的斷層不太可能是活動斷層。另外，為求慎重，並使此判定更為明確，很重要的一點是，進一步調查至更新世中期(距今40萬年)的活動情形。(2)當更新世晚期（約12~13萬年前)的地層不存在或無法確認其活動性時，須調查13萬年前至更新世中期(距今40萬年) 地層的活動情形，根據該地層之調查，如果可以確認無斷層活動所產生之移動或變形，則可判定位於

該地層之下的斷層不太可能是活動斷層。

- 定義更精確的設計基準地震動(Design Basis Seismic Motion):鑑於核電廠址之地下土壤構造可能會放大地震動之振幅，故新基準要求業主掌握廠址地下土壤之三度空間構造。

(3) 對其他自然現象的要求

擴大對於其他自然現象的設計考量及強化因應對策，防止因共通原因導致所有安全功能同時喪失，強化對火山爆發、龍捲風(颱風)及森林火災的應對措施。例如在火山爆發的應對措施部分，要求電廠調查廠址半徑 160 公里範圍內的火山，並評估火山碎屑流及火山灰燼到達廠址的可能性及其對電廠造成的影響，其標準要求電廠對危害程度預先採取防護措施。

(4) 針對自然現象以外事件，因為共通原因造成故障之因應對策

- 除了自然現象導致的電力喪失外，也防止因共通原因造成電力喪失，因此要求強化電力喪失的應對措施，要求強化廠外電源、廠內交流電與直流電的措施。
- 除了自然現象導致外，也防止因共通原因造成安全功能喪失，要求強化因應火災與內部洪水的應對措施

(5) 防止爐心損傷之對策

即使因共通原因導致安全功能喪失的情況下，要求採取措施防止爐心損害：

- 實施例1：在喪失電源的情況下，使用移動式電源開啟一只安全釋壓閥以降低反應爐壓力，直到爐壓降至移動式注水裝置(或其他設備)能將水注入反應爐為止 (BWR)
- 實施例2：在反應爐降壓後，使用移動式注水裝置將水注入反應爐

(6) 防止圍阻體破損之對策

即使在爐心損傷的狀況下，要求採取對策防止圍阻體破損

- 實施例1：安裝圍阻體排氣過濾系統，用來降低圍阻體內的壓力與溫度，並且在在排氣過程中，將放射性物質濾除 (BWR)
- 實施例2：在圍阻體下部設置注水裝置(如可移動式注水泵與注水車)，可將水注入並冷卻爐心，防止因爐心熔毀導致圍阻體破損

(7) 防止放射性物質擴散至廠外之對策

要求即使圍阻體破損亦能抑制放射性物質等擴散至廠外。設置戶外噴水設備(水砲)，其射程能達到反應器廠房高度，防止放射性物質擴散到外部環境。

(8) 防止航空器蓄意撞擊之對策

在場內高處且於不同位置部署可移動式裝備及移動式電源車，並裝設「特殊安全設施」作為備用設施，且該永久性的特殊安全設施離反應器廠房至少 100m，做為防止航空器蓄意撞擊之對策。

5. 台灣核能電廠周圍環境輻射監測(The Environmental Radiation Monitoring Surrounding the Nuclear Power Plants in Taiwan)



圖 12 本會輻射防護處廖家群副處長

此議題由本會輻射防護處廖家群副處長發表，主要介紹我國「環境輻射監測的相關法規」、設施經營者(台電公司)與本會輻射偵測中心(RMC)的「環境輻射監測計畫」及有關本會執行的「資訊透明與民眾溝通」情形。

依據「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」，設施經營者應參考主管機關之「環境輻射監測規範」，擬訂「環境輻射監測計畫」(ERMP)，報請主管機關核准後實施，並須定期提報環境輻射監測季報及年報。而「環境輻射監測規範」訂有環境直接輻射監測及環境試樣分析之種類、頻次、監測數及監測方法，各核能電廠的監測計畫應符合相關規定。有關法規要求的監測項目、數量與三座電廠實際的監測數量彙整如圖 13。

在簡報中也分享處理媒體報導「台北車站測出人工放射毒」的案例，本會當天立即回應，民間團體(NGO)的資訊有誤。11:00 開記者會(圖 14) 並發新聞稿；13:00 邀媒體共赴台北車站實際量測，並說明係 NGO 儀器誤判，絕非事實。澄清後媒體報導標題：「台北車站實測 未測出人工核種」、「虛驚一場」、「疑儀器誤判 報告搞烏龍」，適時解除大眾的恐慌。

結語強調：本會將持續監督核能電廠運轉排放及對環境之影響，並進行獨立平行監測，落實輻安資訊透明。事故時應加強輻射檢測，立即公布資訊；當網路、媒體使用錯誤的資訊，應即澄清，以消除民眾疑慮。「日新、又新、專業創新；核安、輻安、民眾心安」是本會同仁共同的願景，希望政府能獲得民眾信賴，而能使民眾因瞭解而安心、放心。

Monitoring Category	Sample / Media	Number of Sampling Location			
		Guidance Requirements	Chinshan	Kuosheng	Maanshan
Direct Radiation	dose rate (HPIC)	4	7	7	5
	dose (TLD)	20	45	36	32
Land Sample	airborne	5	16	11	16
	water	5	16	21	14
	milk	1 (if needed)	0	0	2
	grass	4	4	4	4
	soil, shore sand, sediment	7	28	27	25
	green leafy vegetables, root vegetables, rice	3	19	22	15
	local indicator	1	1	1	1
Marine Sample	fallout & rain	1	5	5	7
	sea water	3	9	9	10
	sea food	1	10	7	8
	local indicator	1	1	1	1

圖 13 台電公司環境輻射監測計畫項目、數量與法規之比較

Atomic Energy Council
Environmental Radiation Detection at the Taipei Railway Station 2/3

- The AEC made an immediate response right on the same day:
 The information spread by the NGO was incorrect.

11:00 press conference; press release

13:00 on-site inspection with the press



圖 14 原能會針對「台北車站測出人工放射毒」報導，立即開記者會澄清

6. 日本福島復原之環境監測現況(Current Radiation Monitoring Activity in Japan)



圖 15 日本原子力規制廳輻射防護處監視情報課 海野專門官

在「日本福島復原之環境監測現況」報告中，日本原子力規制廳輻射防護處監視情報課海野幸廣專門官除先介紹了日本原子力規制委員會(NRA)的組織與成立變革外，主要介紹福島電廠事故後之「綜合輻射監測計畫(Comprehensive Radiation Monitoring Plan)」及其監測結果，該計畫係於 2011 年 3 月 15 日頒布，歷經 5 次修訂，最近一次修訂為 2015 年 4 月 1 日。計畫分為目的、分工與任務及監測項目與範圍，經由不斷執行各項環境輻射監測，並將結果上網，落實資訊公開。

「綜合輻射監測計畫」中海洋監測項目包括海水、海底沉積物及海洋生物等，而監測區域分為福島電廠附近海洋地區，青森、岩手、宮城、福島與茨城等 5 縣之沿海地區(30 公里內，並含河流出海口)等 5 個區域，近海區域(30-90 公里)，外海區域(90-280 公里)及東京灣。針對福島電廠半徑 2 公里內所取海水樣品(取樣時間：2015/3/3-7/6)的各項輻射監測結果(圖 16)顯示，數值均相當穩定，銫-137 最高濃度為 0.26 貝克/公升、銫-134 最高濃度為 0.079 貝克/公升，低於世界衛生組織(WHO)飲用水之銫總活度標準：10 貝克/公升。而針對福島電廠半徑 20-100 公里內所取海水樣品((取樣時間：2015/1/27-5/23；含不同深度)的各項輻射監測結果(圖 17)顯示，銫-137 最高濃度為 0.0099 貝克/公升、銫-134 最高濃度為 0.0021 貝克/公升，數值均相當低，顯示海水有相當大的稀釋能力。另自事故發生以來，長期針對電廠附近海底沉積物的輻射監測結果(圖 18)顯示，數值穩定，目前銫-137 濃度約在 100-300 貝克/公斤、銫-134 濃度則低於 100 貝克/公斤。

「綜合輻射監測計畫」中採用多種輻射偵測方法，包括手提式輻射偵檢器、固定式輻射監測站(福島縣約設置 3000 站)、車載式偵測設備及空中偵測等。車載式偵測設備(KURAMA-2)係由日本京都大學研究開發，可裝於公車或計程車等車輛，配

合 GPS 系統，自動記錄偵測結果及位置，偵測結果如圖 19。至於空中偵測係於福島電廠事故發生時，美國即攜帶相關設備(高靈敏度的碘化鈉偵檢器)前往日本協助進行之偵測，可快速確認事故影響範圍及輻射劑量率，偵測情形如圖 20。而日方表示，其利用美國之設備，已投入研發經費，發展出自空中偵測所得數據，推算出地面劑量率的相關評估應用工具及最佳化參數。

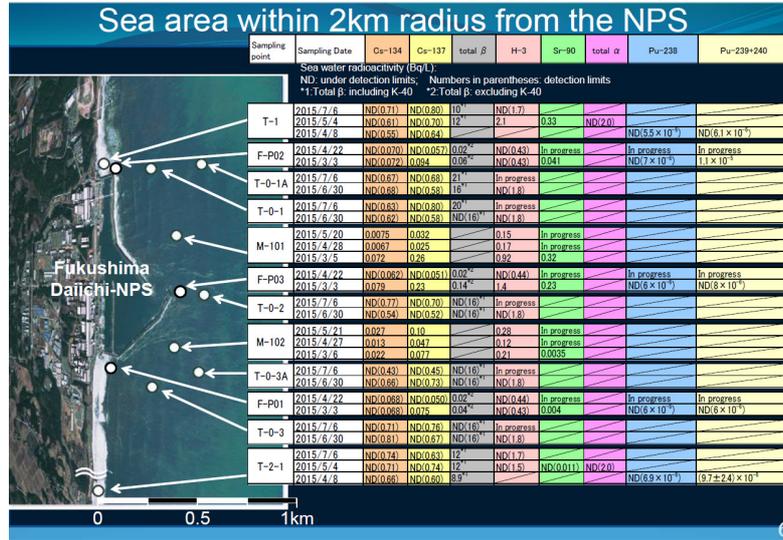


圖 16 福島電廠半徑 2 公里海水之輻射監測結果

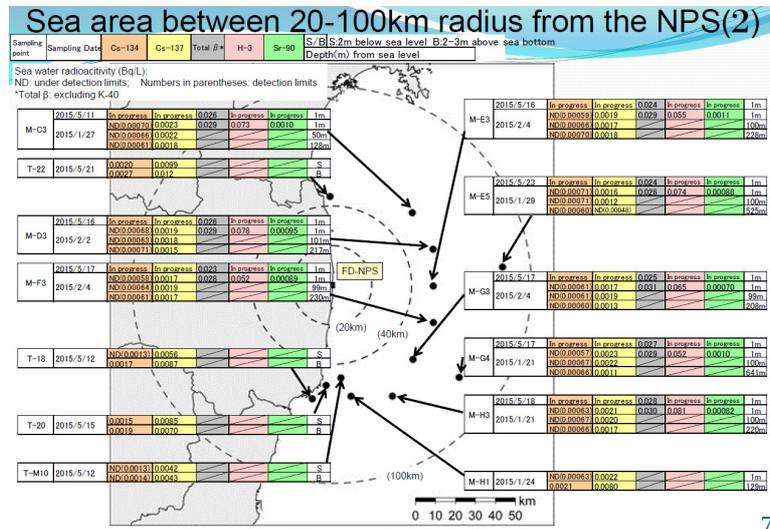


圖 17 福島電廠半徑 20-100 公里海水之輻射監測結果

Change of the radioactivity concentration of the sediment in sea area close to Fukushima Daiichi NPS / coastal sea area

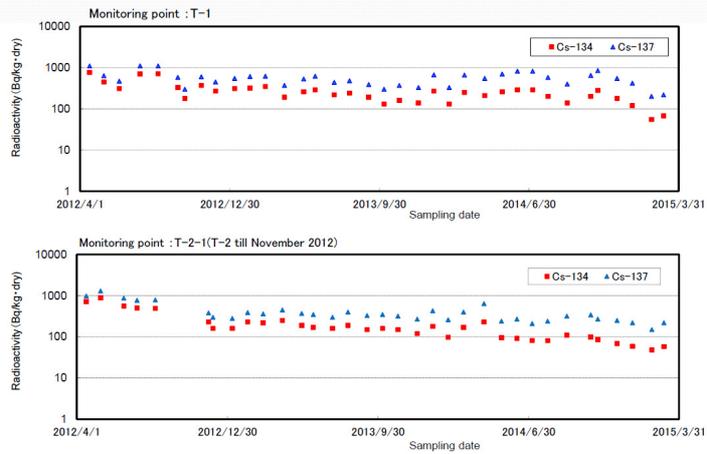


圖 18 福島電廠附近海底沉積物之輻射監測結果

Air dose rates measured by vehicle borne survey

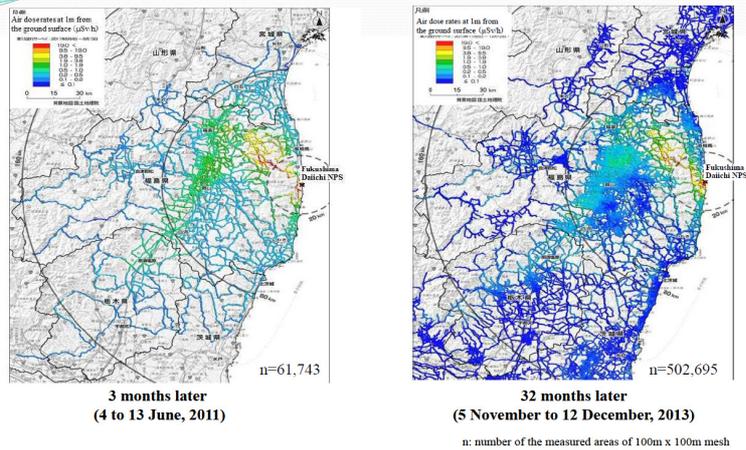


圖 19 利用車載式偵測設備之輻射偵測結果

Airborne radiation dose monitoring by using aircraft

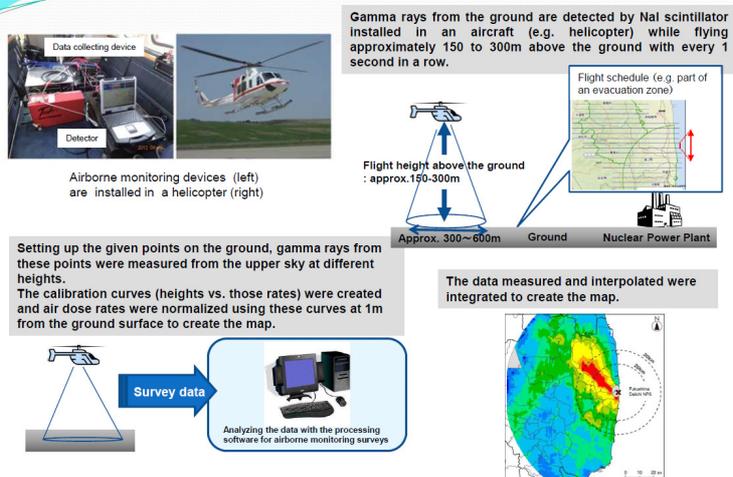


圖 20 空中偵測系統及輻射偵測結果

7. 福島事故經驗落實於我國核子事故緊急應變 Lesson Learned from Fukushima – Applied to EP in Taiwan.



圖 21 原能會核能技術處許恆瑞技士

由原能會核能技術處許恆瑞技士簡報，內容主要是福島事故後台灣在核子事故應變和整備的精進作為，針對法規修訂、緊急應變機制、境外核災應變機制及平時整備等方面作介紹，且詳細說明台灣於福島事故後的平時整備部分，包括核電廠在緊急應變整備的強化、民眾預警系統之擴充、增加輻射偵測站、碘片儲備及發放、預防性疏散和民眾防災溝通活動等，也藉由核安演習舉辦加予驗證，將福島事故後台灣的緊急應變和整備辦理情形分享予日方。報告中也特別點出，台灣於「核子事故分類與應變及通報辦法」修正規劃時，也引用了日本的福島經驗，將日本在事故後改採 EAL 作為全面緊急事故前，對 PAZ(Precautionary Action Zone) 民眾採預防性疏散及 PAZ 外採掩蔽的民眾防護行動決策參考納入，作為台灣事故初期的民眾預防性疏散之決策參考。最後，以「應以更謙卑的態度面對天災」、「須不斷強化緊急應變整備的能力，以降低災害發生的風險並減緩災害發生的後果」及「對於緊急應變強化所作這些努力需持續讓民眾知道，所以須利用透明資訊與溝通使政府與民眾建立互信關係」三點結論來展現未來繼續強化的決心。

8. 日本對核子事故緊急偵測及劑量評估之規劃，與UPZ疏散時間的計算與審核 **The Planning of Emergency Detection , Dose Evaluation During Nuclear Accident in Japan.**

日方報告分由 NRA 核能安全與緊急應變部門的諮詢專家齊藤實(Minoru Saito)先生和內閣府政策統括官(原子力防災擔當)地域原子力防災推進官喜多充先生分成二個主題來報告。

主題一:日本核子事故期間緊急偵測及劑量評估之規劃(**The Planning of Emergency Detection , Dose Evaluation during Nuclear Accident in Japan**)

本議題由 NRA 齊藤實先生報告，圖 22 說明新的緊急應變架構是採用 EALs(Emergency Action Level)和 OILs(Operational Intervention Level)的緊急應變策略，也就是在放射性物質釋放到環境之前，為了將影響限制到最小，將根據機組狀態判斷 EALs 實施防護措施，若達全面緊急事故，在 PAZ(Precautionary Action Zone, 5km)範圍內將實行疏散且服用碘片，在 UPZ(Urgent Protective Action Planning Zone, 30km)範圍內實施室內掩蔽；放射性物質若已經釋放到環境中，為了實行防護措施，必須制定 OILs，也就是進行緊急環境監測，將根據 OIL 來判斷環境監測結果，然後採取必要防護措施，進行迅速之環境監測，且在 UPZ 內增設偵測點，以強化監測點的設備。

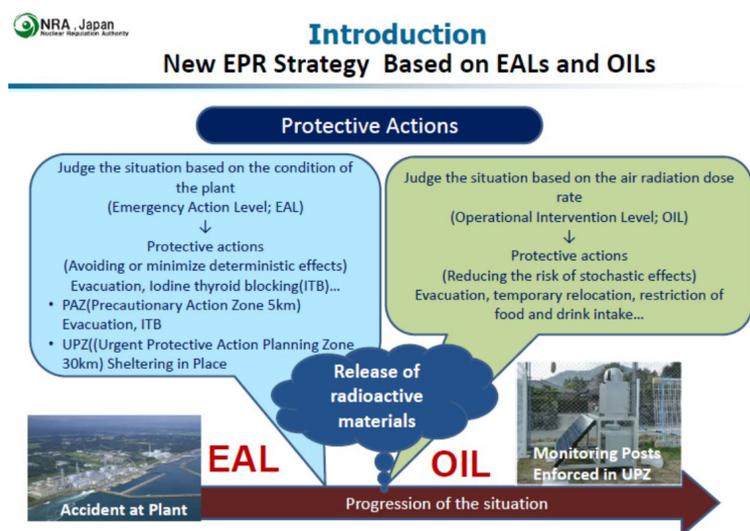


圖 22 新的緊急應變架構是採用 EALs 和 OILs

本報告之主要內容可分以下四部份介紹:

一、核子事故緊急應變不使用預測手法的機制:

在福島事故前，緊急應變時採取預測手法，目前則不採取預測手法;在福島事故

前採取方法如下:事故發生後根據電腦進行事故進展預測並進行放射性物質擴散預測，根據預測劑量採取廠外防護措施，也就是根據當時機組狀況使用 SPDS(Safety Parameter Display System)以掌握機組狀況，然後再使用嚴重事故管理分析程序軟體(MAAP, Modular Accident Analysis Program)利用 ERSS(Emergency Response Support System)進行源項預測(source term evaluation)，接著將源項輸入 SPEEDI(System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information)系統內，再根據氣象預測計算擴散。

檢視福島事故發生當日實際使用 SPEEDI 系統進行擴散計算的結果，使用的源項是當時 ERSS(Emergency Response Support System)數據庫中的 SBO 事前分析結果，但實際上污染規模及方向受釋放時機及降雨很大的影響，因此跟污染結果有很大差別，因此無法在決策中使用；所以使用預測手法存在兩個問題，一個問題是預測風向及降雨降雪發生場所、時機是非常困難，另外一個問題則是對於室外放射性物質釋放是在幾小時後或幾天後呢？其釋放的時機及規模都是無法預測的，所以使用預測手法存在上述問題已經非常明確；

因此當發生嚴重事故後進行源項預測是非常困難，NRA 認為根據這種預測方式做出決策是不可能的，現在日本已廢除這種預測手法，目前新的緊急應變架構是採用 EALs 和 OILs，再根據可觀測到的機組狀態及實際可測量到的結果來採取預防性防護措施，這種方法原則上是符合 IAEA GSR Part7 規定。

二、基於 EAL 判斷所進行之緊急防護行動(如圖 23):

根據緊急事故分類，事先已制訂好所要實施的防護措施內容，緊急事故分類判定是根據電廠所通報設施的情況使用 EAL 做判定，對緊急事故有三個分類:分別為緊急戒備事故、廠區緊急事故、全面緊急事故，相對應之防護活動也分成三部份:(一)對於全面緊急事故，國家和地方政府對於 PAZ 內居民實施疏散並服用碘片，對於 UPZ 內居民實施室內掩蔽。(二)對於廠區緊急事故，則執行預防性措施準備，對於 PAZ 內居民實施疏散。(三)對於緊急戒備事故，則做為廠區緊急事故的準備階段。假使 NRA 做出特別判斷，也就是當事故進展到超過福島事故時之放射性物質大量洩漏，即使是 UPZ 內居民也可能實施掩蔽，為了客觀進行緊急事故分類須事先制定出 EAL 的標準，此標準是根據各電廠反應爐特性及廠址特性由電廠制定，結果將反映到電廠緊急應變計畫中並向 NRA 申請核備，NRA 可發布命令使其修改。另外有關碘片預防服用情況:對於 PAZ，在到達全面緊急事故情況下，為了使碘片能全面性預防服用，平時地方政府會根據醫生說明事先對居民發放碘片，真正服用須根據 NRA 判斷，且核子事故緊急應變中心會指示地方政府讓居民服用；而在 PAZ

外，地方政府也會在學校及區公所等適當地方儲備碘片，萬一發生事故時可立即服用。

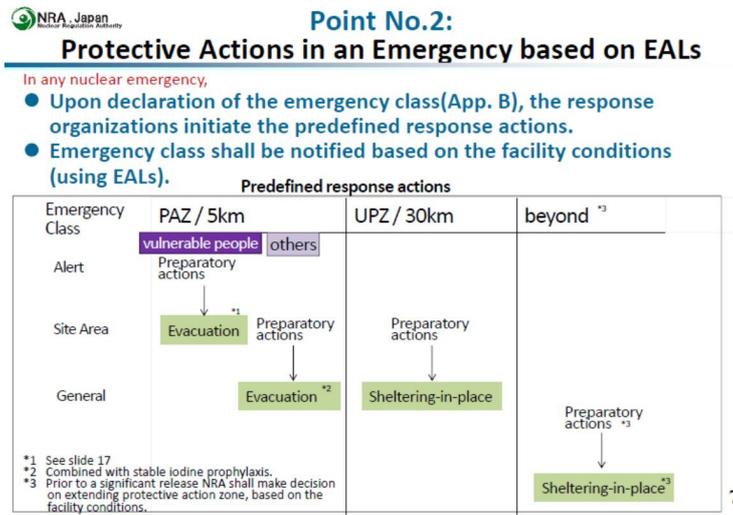


圖 23 基於 EAL 判斷所進行之緊急防護行動

三、基於 OIL 判斷所進行之緊急防護行動(如圖 24):

若發生核子事故，放射性物質會通過擴散，在比較大的範圍內出現空間劑量率高之情況，為了應對此種狀況須進行緊急時之環境輻射監測，也就是將測量結果與標準進行對照，然後判斷所需採取的措施並實施，此判斷標準就是 OIL 的設定；與 IAEA 標準相比，日本之 OIL 設定值有所不同，這主要是回饋了發生福島事故後所採取的防護措施、設備、體制的不同所得出的結果，例如:OIL1 的設定是幾小時內需疏散至鋼筋混凝土的室內，OIL2 是一周內進行暫時移居等，其數字皆比 IAEA 標準低，主要是因為對福島事故後測量結果進行了經驗回饋。

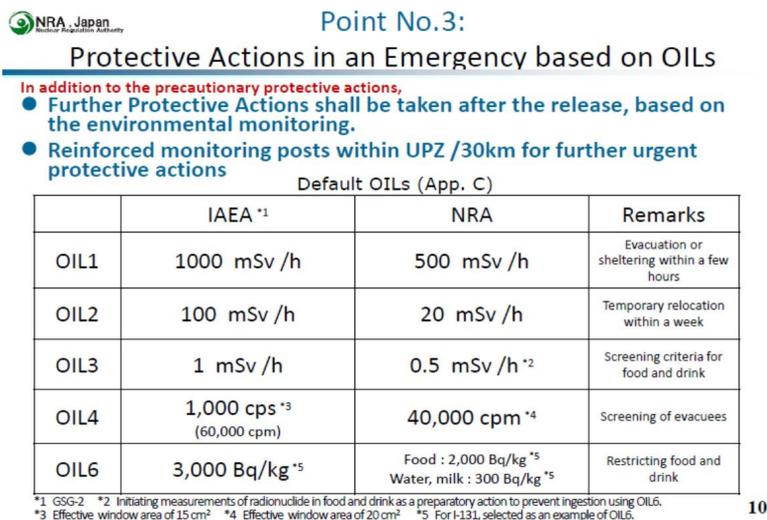


圖 24 基於 OIL 判斷所進行之緊急防護行動

另外針對更廣闊的區域採取了措施，在福島事故前，政府設定緊急計畫區域設

定 10km，但福島事故後發現 30km 外也出現放射性物質地面沉降，所以將 EPZ 設定成 30km，但對於 30km 以外，根據機組狀況及環境輻射監測結果，若必要時可透過 NRA 做出判斷採取措施，在環境輻射監測中使用環境輻射監測車及空中監測此兩種方式。有關強化輻射監測方面舉出鹿兒島例子，在 EPZ30km 內，增加了固定監測點(如圖 25)，也針對輻射監測設備進行強化，例如:緊急電源及通信頻道 (transmission channels)等之強化；輻射監測結果會被集中並分享到國家政府及地方政府各應變組織，NRA 也會透過網頁將資訊進行公開。

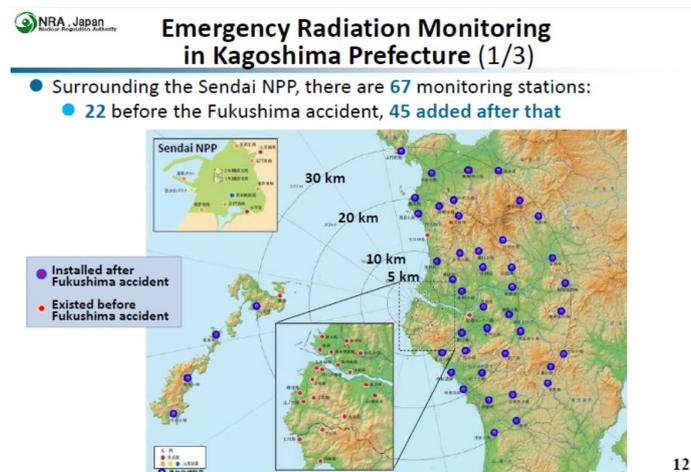


圖 25 鹿兒島增加固定監測點

(4) 室內掩蔽的優先順序:

發生福島事故後，疏散範圍逐漸擴大，政府對於 20-30km 內居民求室內掩避，一部分人則自主疏散，其疏散方向正好與放射性物質擴散同方向，而且疏散區域擴大後導致疏散的人變多，造成疏散變得相當困難，NRA/JAEA 使用 Level 3 PRA(Probabilistic Risk Assessment)方法來取得簡化的源項，從圖 26 可看到室內掩蔽的效果是相當好的，為了避免發生下述這些風險 1.在疏散時曝露於放射性物質的風險 2.很多人同時疏散可能造成交通壅塞及需要更多時間進行疏散，所以在新的緊急應變架構下，在 UPZ 內賦予室內掩避優先權；

Study on Effect of “Sheltering”

- Generic study was done by NRA/JAEA with **Level 3 PRA method** assuming simplified source terms. (See Appendix E)

Source: <https://www.nsr.go.jp/data/000047953.pdf>

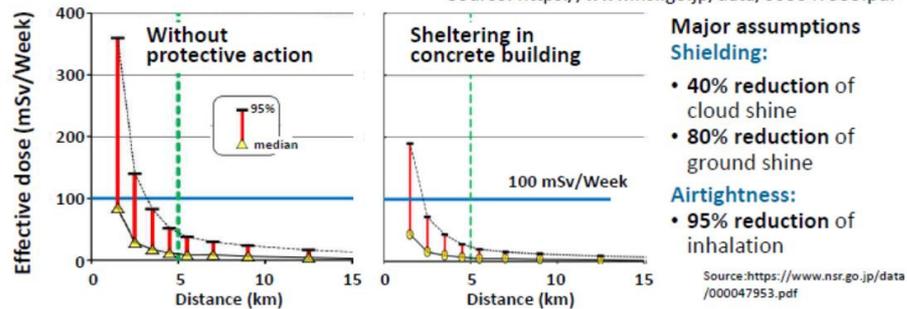


圖 26 室內掩蔽效果

福島事故後，對於醫院或安養院的人進行疏散造成了 2011 年 3 月底為止至少有 60 人不幸死去，與其做這種預防性疏散反而會增加對健康的風險，因此對於這些行動不便的人進行強行疏散還不如採取室內掩蔽更具有合理性，故政府追加了二個防護對策，一個是增加建築物的氣密性，另一個則是設置過濾性空調系統(如圖 27)。

日本政府從福島事故吸取教訓，NRA 在 2012 年 10 月對於核子事故緊急應變及整備制定了新的導則，最新版則於 2015 年 4 月發行，今後將持續修正。

Temporal Shelters

- The government has supplied subsidies to local governments for implementing **temporal shelters** by adding protective measures:
 - Enhancement of airtightness of the buildings,
 - Installation of **air conditioning system with filters**, etc.
 to the existing facilities, especially in peninsula areas, such as:
 - Long-term care health facilities, and
 - Community halls, hospitals, school gymnasiums, etc.

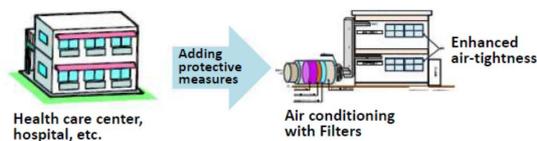


圖 27 室內掩蔽之強化措施

主題二：日本核子事故緊急計畫之疏散時間估算(Evacuation Time Estimate (ETE) for Nuclear Emergency Planning in Japan)

本議題由日本內閣府喜多充先生報告，日本進行廠外疏散是由內閣府負責，另外 ETE 是沒有標準的。本報告之主要內容可分以下五部份介紹：

一、實施 ETE 過程背景：

為了提高緊急應變計畫實施之可行性，在福島事故前，日本參考了美國制定了 ETE，在 2006~2007 年確定實施 ETE，福島事故後，由於居民自主疏散，造成應該

疏散的人沒法疏散，妨礙了正常的疏散，所以前原子能安全委員會(NSC-J)在防災指針導則中要確定 ETE 的實施之可行性，前監管機構(NISA)指示地方政府在制定緊急應變計畫可使用國家預算來實施 ETE。

二、實施 ETE 之目的:

當宣布全面緊急事故後，PAZ 內之居民須進行疏散，為了使地方政府更能有效執行疏散，ETE 是一個很好的手段，例如:模擬結果能找出十字路口處以防止塞車，也可以設定很多疏散情境，例如:可以考慮塞車情況、自己開車或公務車疏散、若發生自然災害如何疏散等。

三、ETE 情境設定之指引(如圖 28):

疏散準備時間就是發出指令進行疏散到可以疏散的時間，在美國是通過電話詢問對居民進行調查，但在日本因為通勤時間較長所以採用別種方法；另外對自主性疏散的考慮方法:自主性疏散即指定疏散區域外的民眾在沒有接到指令自己就進行疏散，美國 ETE 指引是考慮 20%，但實際調查 EPZ 內是 35%，EPZ 外是 30%，自主性疏散是受心理影響，故很難預測，所以日本在預測自主疏散率的時候認為有必要參考福島事故後的例子。

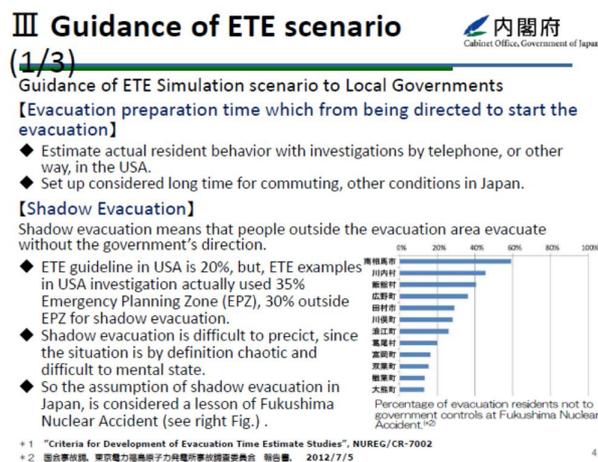


圖 28 ETE 情境設定之指引

關於沒有自家車的人之疏散:美國原則上使用自家車來疏散，在日本因為自家車擁有率少且人口老化情況，因此考慮多人共同搭乘一輛自家車或搭公車；對於複合式災害的考慮:在美國通常不考慮複合式災害，工程施工或交通事故會造成一段道路無法使用，這種情況是放在情境設計之中，但在日本天然災害很有可能導致道路中斷無法使用，所以 ETE 須考慮道路無法使用的狀況，考慮天然災害時疏散狀況的 ETE 情境設計有下列三種情形:(一)發生海嘯時沿海地區之疏散。(二)發生海嘯或地震造成道路中斷。(三)發生地震造成疏散時間發生改變。另外情境設計也包含了時間、天氣、自主疏散率、分兩階段疏散(PAZ 完成 90%疏散後再進行 UPZ 疏散)等等

(如圖 29)。

內閣府
Cabinet Office, Government of Japan

III Guidance of ETE scenario (3/E)

- Example of scenario
Create time slots, weather, shadow evacuation ratio, and other factors and two-stage evacuation (UPZ evacuation starts after PAZ evacuation 90% is finished)

No	Scenario name	Day	Time slot	Weather	Traffic control	Remarks
1	標準(日中)	平日	昼間	晴天	標準	Standard scenario
2	標準(夜間)	平日	夜間	晴天	標準	
3	悪天候	平日	昼間	悪天候	標準	(積雪想定等) -交通走行速度低下、積雪時道路閉鎖区間
4	観光最盛期	週末	昼間	晴天	標準	(夏期週末等) -県外観光客 ○千人=○○地区
5	特別行事	-	-	晴天	標準	(花火大会等) -地域外観光客 ○○千人 -県外観光客 ○千人
6	道路支障	平日	昼間	晴天	標準	(津波等) -沿岸道路通行止 -沿岸人口50%、徒歩避難後、 -公共輸送機関避難
7	交通規制実施	平日	昼間	晴天	最大(円滑)	Smooth evacuation scenario. For example, traffic control at the traffic jam crossings.

圖 29 情境設定之例子

四、到目前為止實施 ETE 之情況:

在 UPZ 內的縣共有 21 個，實際上有 19 個北海道的縣使用國家預算實施 ETE，因岐阜縣和山口縣在 UPZ 內之人口非常少，所以不實施;地方政府在實施 ETE 時國家會提供技術指導包含使用何種模擬軟體或使用何種情境。圖 30 顯示縣市實施 ETE 的情況，志賀、島根、玄海核電廠是跨多縣一起實施 ETE。

內閣府
Cabinet Office, Government of Japan

IV ETE Practice (2/E)

対象発電所	道府県名	FY	Remarks
泊	北海道	2013	
東通	青森県	2013	
女川	宮城県	2012~2013	
福島第一・第二	福島県	2012~2013	
柏崎刈羽	新潟県	2013	
東海第二	茨城県	2012	
浜岡	静岡県	2012~2013	
志賀	石川県/富山県	2012~2013	
敦賀	福井県(/岐阜県)	2013	※National government executed wide area ETE each 3 prefecture in FY 2014.
美浜	滋賀県	2013	
大飯	京都府	2012	
高浜			
島根	島根県/鳥取県	2013	
伊方	愛媛県(/山口県)	2012~2013	
玄海	佐賀県/長崎県/福岡県	2013	
川内	鹿児島県	2013	

圖 30 實施 ETE 之情況

五、內閣府今後的計畫:

將增加三項建議(一)考慮 NRA 所制定 EAL 居民的防護(二)提出有效的 ETE 實例，讓地方政府和居民間有效的溝通來減少自主性疏散。計畫於 2015 年 11 月提出草案並在 2016 年 3 月進行修改。

Q&A :

Q:在簡報中提及醫院或養護中心之「Temporal Shelters」是不考量疏散，而改採室內掩蔽，請問改採室內掩蔽的理由及其實際作法？

A:原則上 PAZ 內醫院或養護中心都是一些移動起來相當困難的人，而且在日本福島事故時，也確實因倉促疏散造成許多人不幸的結果，與其因對行動不便的人預防性

疏散增加健康風險，還不如採取室內掩蔽更佳，故日本政府新加了「強化建築物的氣密性」和「設置過濾性空調系統」來因應，而改採室內掩蔽政策後，目前擔心的看護或護理設備維運的問題，因須持續從外部提供醫藥品和食品等，此部分的機制將由國家制定計畫來實施。而若真需要疏散時，則需要進行充分的準備，必須考慮好接受單位及運送的交通工具等來減少疏散所造成的風險，此部分的疏散規劃則由地方政府研擬，由地方政府和醫院進行指定，有些縣內醫院已與接收單位作好聯繫。

Q:依照 2015 年 4 月 22 日最新版原子力災害對策指針，發生全面緊急事故時，PAZ 內民眾疏散時也會服用碘片，請問此時服用碘片的依據是什麼？碘片服用的標準及時機？從新聞報導日本也開始發放碘片予民眾，台灣係採預先發放 2 日份碘片予民眾的作法，且因碘片保存期限到期正進行碘片換發，請問日方有無較好的方法可以讓民眾願意配合領取？

A:有關碘片服用已有相關的導則來規範，原則上 PAZ 居民在全面緊急事故時在疏散的同時須服用碘片，NRA 會根據區域實際監測結果做出判斷來讓居民服用。發放碘片的經驗日方還需向台灣學習，依照日本藥事法規定，碘片屬於須醫生同意才許服用的藥劑碘片，所以在 PAZ 區域發放碘片須由醫生進行說明、確認居民自己的意願及進行記錄才發放，服用僅許可一次，下次服用還須醫生同意，第二次服用前須 NRA 確認是否有再次服用的必要，對於碘片發放重要的是如何持續性進行良好的管理，還需要跟發放碘片的地方政府進行溝通與合作。

Q:如何擴大民眾參與核安演習，平時的溝通宣傳作法，事故時是否有強制民眾撤離機制？

A:實施演習係由各地方政府召集居民參與演練，主要是靠各個縣的力量，所以每個地方之方法也各不相同，有的縣是分區域或按順序來進行演練。而且廠外的演習係由內閣府來制定與規劃。