

出國報告（出國類別：出席國際會議）

赴日本參加 PBNC 會議以及其他順道參觀 拜訪行程

服務機關：行政院原子能委員會核能研究所

姓名職稱：廖俐毅 簡任研究員

周 鼎 簡任副研究員

派赴國家：日本青森及東京

出國期間：97 年 10 月 12 日至 97 年 10 月 22 日

報告日期：97 年 12 月 12 日

摘要

本次出差前往日本之主要行程是參加在日本本州北端青森縣首府青森市(Aomori)舉行的第 16 屆太平洋盆地核能會議 16PBNC，由原子能委員會副主委謝得志率團共 7 人參加，本所參加的兩人為核能安全管制支援中心的廖俐毅主任及審查召集人周鼎，周員有一篇地震相關的論文發表並擔任其議題 session 之論文發表場次之共同主持人。在 16PBNC 會前並由廖/周兩人代表我方參加太平洋核能理事會 PNC 所召開的本年度第二次理事會議，於 16PBNC 會後並順道(1)赴東京都拜訪日本原子力安全基盤機構 JNES，了解東京電力公司的柏崎刈羽核電廠受創於 2007/07/16 日本新潟中越沖大地震的最新現況以及日本熱流分析相關技術發展，(2)在 JNES 人員陪同下，前往靜岡縣的濱岡核電廠，汲取該廠因應臨近東海斷層之可能影響所作的提高耐震標準所作之各項改善以作為我們目前在審查核一廠第三次十年安全評估中的地震安全參考。

目 次

摘 要

(頁碼)

一、目 的	1
二、過 程	2
(一) 參加 Pacific Nuclear Council (PNC) 2008 年 4 th quarter Meeting	3
(二) 參加第 16 屆太平洋盆地會議加 NRC-AEC 雙邊技術交流簡報會議	5
(三) 參訪東通核電廠(Higashidori NPP)	8
(四) 參訪日本原子力安全基盤機構 JNES	9
(五) 參訪濱岡核電廠(Hamaoka NPP)	11
三、心 得	15
四、建 議 事 項	17

一、目的

本次出差前往日本之主要行程是參加在日本本州北端青森縣首府青森市(Aomori)舉行的第 16 屆太平洋盆地核能會議 16PBNC，由原子能委員會副主委謝得志率團共 7 人參加，本所參加的兩人為核能安全管制支援中心的廖俐毅主任及審查召集人周鼎。在受到目前全世界核能復甦的趨勢影響，前往參加核能相關的大型國際會議 16PBNC，應有助於了解核能新進之發展，並可重新思考擬定我們應有的準備。於 16PBNC 會後並順道赴東京拜訪日本原子力安全基盤機構 JNES 及前往靜岡縣的濱岡核電廠，則主要在於了解東京電力公司的柏崎刈羽核電廠受創於 2007/07/16 日本新潟中越沖大地震的最新現況發展，汲取該廠因應臨近東海斷層之可能影響所作的提高耐震標準所作之各項改善，以作為我們目前在審查核一廠第三次十年安全評估中的地震安全參考。

二、過程

本次公差自 97 年 10 月 12 日起至 22 日止共計 11 天，扣除飛機行程之來往與星期例假，實際工作共 8 天，相關重點工作內容如下：

月/日(星期)	工作內容重點
10/12(日)	上午由中正機場飛札幌再轉飛抵青森。
10/13(一)	上午參加 PNC 4 th quarter 2008 Meeting 上午參加 PNC WANP III workshop 晚上參加 PBNC 大會主辦的接待酒會
10/14(二)	出席 PBNC 會議
10/15(三)	出席 PBNC 會議 廖員陪謝副主委前往 JNES 之核燃料循環設施檢查本部 晚上出席大會晚宴
10/16(四)	周員擔任 session chair 並發表論文 廖員陪謝副主委前往六所村
10/17(五)	出席 PBNC 會議
10/18(六)	參加 Technical tour 至東通核電廠參訪東通核電廠 1 號機
10/19(日)	行程，由青森飛抵東京
10/20(一)	拜會 JNES
10/21(二)	參訪濱岡核電廠及拜會 JNES
10/22(三)	回程，由東京飛抵中正機場

(一) 參加 Pacific Nuclear Council (PNC) 2008 年 4th quarter Meeting

10/13(星期一)

此日由核研所的廖俐毅主任及周鼎審查召集人共同代表原子能委員會蔡春鴻主任委員參加 Pacific Nuclear Council (PNC) 2008 第四季理事會議。PNC 是於 1988 年成立，每年分別於第二季及第四季伴隨著主要國際核能會議(如 ANS 或 PBNC)舉行理事會議。此 2008 年 4th quarter Meeting 係與此次第 16 屆太平洋盆地會議在一起舉行。本次 PNC(2008 第四季)理事會議由現任理事主席(President) Clarence J. Hardy 以及執行長(Executive Director) W. Mike Diekman 共同主持，共有來自中國、韓國、日本、澳洲、美國、加拿大、巴西、墨西哥，及我國代表等共 17 人參加。本次會議主要討論下列例行事務的 updated information，重要內容並分別摘要如下：

1. Administrative business

- (1)主要傳閱報告並同意四月在韓國首爾召開的 2nd quarter PNC Meeting 的會議記錄。
- (2)待解決事項之處理：主要是持續邀請馬來西亞、泰國等加入 PNC。
- (3)宣告兩年一任的下屆 PNC 理事主席/副主席分別由韓國的 Chang-Sun Kang 及墨西哥的 Juan-Luis Francois 擔任。

2. Executive Director' s report

主要報告 PNC 目前收支狀況

3. PNC current business,

- (1)越南已同意加入 PNC 會員
- (2)報告參加 2008 General Conference 之心得
- (3)介紹 PNC 目前網站管理 www.pacificnuclear.com

4. Committee and task group status reports

目前 PNC 共有四個工作小組(working group)，分別為 advanced reactor systems、nuclear standards、radioactive waste management、public information & outreach，各工作小組下亦有應需要產生的任務小組(task group)

5. Followup discussion

6. PBNC conference

介紹本次 16PBNC 籌備現況及宣告下屆 PBNC 將於 2010 10/24-10/30 在墨西哥 Cancun 舉行

7. Country updates

由參加之各國代表自由報告。韓國報告明年將盛大慶祝韓國核電 40 週年，日本報告在 G8 會議中決定核電以降低 CO₂排放量 50%為目標，中國報告目前核能機組數量及反應器型及 2020 年達到 50 units、4%總發電量、自 AP1000 自主改良 CPR 核能反應器之願景目標，我們報告目前核四進度可望於明年底前 fuel loading 及低放場址可望由 3 個可能位置擇一決定，美國報告目前經濟危機及大選後如果政黨輪替對核能發展可能產生衝擊，尤其是 Yucca Mountain project 後續非常不看好，澳大利亞持續反對興建核能電廠但會擴大鈾礦之開採與供應。

8. Proposal for the venue for the next PNC quarter meeting

決定明年 PNC 2nd quarter meeting 在韓國首爾，4th quarter meeting 在美國華盛頓特區舉行。

下午並參加 PNC 在 advanced nuclear power system working group 下之 3rd 工作會議 (workshop)WANP III，由該 working group 之 chair 韓國的 K.Y.Suh 及 V.S. Krishan 共同報告前次 WANPII 提出之相關作法供參與者討論。PNC 理事主席 Hardy 先生則希望 WANP 工作小組能

將目標專注在是否能從 engineering、procurement、construction 找出為何 advanced nuclear power system 成本無法降低。

(二) 參加第 16 屆太平洋盆地會議(10/14-10/17)

PBNC 是每兩年舉辦一次，第一屆於 1976 年在夏威夷舉辦，本次為第 16 屆。16PBNC 於 10/14 正式展開，經大會統計共約有 800 人繳費註冊參加(另大會工作/服務人員也有 100 人)，共約有來自 18 個國家共 400 篇論文發表。會議構架上除了主要是各個專題導向的 27 個 technical session，另有 2 個 plenary session 及 8 個 keynote session。此外並有參展廠商包括 Hitachi、Toshiba、AREVA、GE、Mitsubishi、Korea Nuclear Technology、EPRI 等共 19 家有攤位，頗具盛況。我國參加的共有 7 人，由原能會副主委謝得志領隊，團員包括有來自原能會的牛效中、科長、蔡友頌、陳志行核研所核管技支中心的廖俐毅主任及審查召集人周鼎、台電公司的黃平輝等人。

2 個 Plenary session 的主題分別為(1) Pacific Partnership towards a sustainable nuclear future, (2) Activities of Asia pacific countries。8 個 keynote session 的主題分別為 (1) Fast Reactor and Fuel Cycle, (2) Safety and Regulation, (3) Design and Manufacturing of NPP, (4) Nuclear Power Operation/Maintenance & Construction, (5) Radioactive Waste Management, (6) Chuetsu-oki Earthquake, (7) Nuclear Education, (8) International Cooperation of Nuclear Technology and Application 等，其中第 6 主題是有關在去年 7 月 16 日在日本新潟縣中越地區外海發生地震的 special keynote session。27 個 technical session 則分別是(1) Nuclear power plants / Design and construction, (2) Nuclear Power Plants / Operation and maintenance, (3) Fuel and Fuel Cycle Plants, (4) Spent Fuel /Waste Management, (5) Decommissioning, (6) Advanced Nuclear Systems, (7) Accelerator Applications, (8), Nuclear Fusion Technologies, (9) Nuclear Hydrogen Production and Other Applications, (10) Nuclear Materials, (11) Corrosion and Waste Chemistry, (12) Computational Science and Technologies, (13) Reactor Physics and Shielding, (14) Fundamental Nuclear Science and Database, (15) Thermal Hydraulics, (16) Medical and Biological Applications, (17) Health Effects of Radiation, Radiation Protection, (18) Environmental Science, (19) Nuclear Energy Perspectives and Strategies, (20) Regional and International Relations and Collaboration, (21) Non-Proliferation and Safeguards, (22) Nuclear Safety and Regulation & Risk / Accident Management, (23) Public Information and Outreach, (24) Nuclear Education and Knowledge Management, (25) Harmonization of Code & Standard, (26) Super Critical Water Reactors, (27) Development of Low-Activation Design Method for Reduction of Radioactive Waste below Clearance Level。由於除了 plenary session 是給全體參與者共同參與，其他 keynote 及 technical session 則均是同時多場併行，因此周員專注在與工作或專長有關的 **Session 1 Design and Construction of NPPs**、**Session 2 Operation and Maintenance of NPPs**、**Session 4 Spent Fuel /Waste Management**、**Session 22 Nuclear Safety and Regulation & Risk Management**。在參展廠商方面周員則對日本 Mitsubishi 在既有成熟的自 Westinghouse 引進的第一代、自主型的第二代及目前第三代的 PWR 提升到 1500 MWe 的 APWR，此 APWR 除了在 reactor internals、core and fuel、RPV、CRDM、steam generator、RCP、turbine generator 等硬件上有新的改良，在加強安全及運轉上也分別利用 PSA technique 及包括 digital control system、digital protection system、multiplex data transmission and multi-core cables、soft-operation control board 等先進的儀控系統及韓國首爾國立大學核工系發展 Philosophia 4thD technology for digital system engineering 等較關注。以下為重點說明參加各日之會議情形：

1. 10/14(星期二)

早上主要是包括有現任 PNC 主席 Hardy、日本東北電力公司董事長、青森縣長、大會榮譽主席 Kondo 等共六位貴賓的開場演講(opening plenary)，下午則在進行 2 場共 4 篇的 plenary session 後同時分場地開始 keynote 及 technical session。廖員及周員下午是參加有關由 NISA 及 TEPCO 分別介紹 2007/07/16 日本中越沖地震(簡稱 NCO 地震)的 special keynote，主要說明 KKNPS 於 NCO 地震災後，目前最新的進展。新的設計地震 Ss 係由 NCO 地震後鄰近地區地質調查後的結果所推算出來，主要是由海域的一條長約 36KM 的 F-B 斷層所決定。TEPCO 目前打算先從 ABWR 的 6/7 號機先評估其耐 Ss 之能力；而爲了要抵抗此新的設計地震 Ss，將要增加 Pipe supports、RCCV 屋頂鋼構加斜撐(bracing)，另有鑒於因 NCO 地震而嚴重受損的技術支援中心 TSC 也將採隔/減震基礎。

2. 10/15(星期三)

早上仍先是 1 場共 3 篇的 plenary session，重要是一篇有關日本六所村(Rokkasho)的核廢料處理廠的介紹，接著是同時分場地開始 keynote 及 technical session。主要聽取台電公司黃平輝發表的核二廠 MUR(Measurement Uncertainty Recapture)的安全評估，以及有關女川電廠地震的反應作法等兩篇論文發表。中間空檔時也至參展廠商的攤位作資訊之收集，包括 Hitachi-ABWR、Toshiba-ABWR、Mitsubishi-AP1000、EPRI 的 Fault tree、Event Tree 的分析軟體等。晚上廖員與周員則陪同謝副主委出席大會的正式晚宴，並於晚宴中介紹下屆 PNC 理事主席/副主席，韓國的 Chang-Sun Kang 及墨西哥的 Juan-Luis Francois。

3. 10/16(星期四)

早上 1 場共 3 篇的 plenary session 則分別由韓國、墨西哥、巴西重量級人士介紹韓國、中南美洲的現況與展望，目前中南美洲有核能發電的國家只有墨西哥、巴西、阿根廷等三國。接著周員聽取在以 Safety and Regulation 爲主題的四篇 Keynotes，分別由日本 NSC 的 Commissioner、USNRC 的 Executive Director for Operation、IAEA 的 Section head of Policy and Programme support、大陸上海交大教授介紹該國或組織之發展願景及挑戰。下午周員則負責主持 session 22-1 的 technical paper 發表，並也於其中發表一篇以「Seismic Safety Reexaminations to NPPs in Taiwan-Lesson learned from Taiwan Hengchun and Japan NCO earthquakes」爲題的論文，該 22-1 session 並有由原能會牛效中發表有關從管制角度看 2006/12/26 恆春地震的論文。

4. 10/17(星期五)

早上的 Plenary session 2-3 分別由印尼、泰國、越南代表介紹他們的核能發展現況及展望。爲到目前印尼政府所規劃的能源比例/分配，印尼希望在 2025 年之前能在占全國人口 75%的 Java-Madura-Bali 地區蓋好共 4 部 1000Mwe 的兩個 NPP，但要等到明(2009)總統大選完後才會更明確；至於泰國雖稱將有可能在 2014-2019 開始興建 NPP，但實在看不出其具體方案；倒是越南可望在 2020 年會在越南中部的寧順(Ninh Thuan)省有兩個共 4 部 1000MWe 的 NPP 開

始商轉，目前規劃開標作業會在 2013 年展開。下午周員主要聽取 technical session 4 Spent Fuel / Waste Management 有關 Hitachi 正在發展製造的中期乾式儲存罐 HDP69B 的安全分析，及參加閉幕的 plenary 演講，主要由 Masui 先生代表日本主辦單位致謝大家的參與及協辦單位(主要有日本核能學會、東北電力公司、日本原子力產業機構 JAIF 等的贊助及下屆 PBNC 的主辦國墨西哥核能學會的 Alonso 先生以動人的影片介紹下次 PBNC 會議所在地 Vancun 的明媚風光及 Maya 文化古蹟。

(三) 參訪東通核電廠(Higashi-dori NPP)

10/18(星期六)

16PBNC 除了以論文發表為主體的安排外，另安排有幾場 technical tour。論文發表研討議程係於 10/17 正式結束，本日選擇參加大會安排的東通核電廠 technical tour，搭乘大會準備的巴士前往東通核電廠。東通核電廠位於青森縣，為日本東北(Tohoku)電力公司與東京電力公司共同興建的新電廠，預計將興建 4 部機組，兩家電力公司各興建 2 部。原先計畫建造 4 部 BWR-5 型機組，但隨即變更計畫，除已動工的 1 號機外，其餘 3 部都改為容量 1,385MW 左右的 ABWR。目前屬於東北電力公司的 1 號機 (屬於 BWR-5 型，Mark-I 圍阻體，容量 1,100 MW，是東北電力第 4 部、也是最大的一部核電機組 (其他為女川核電廠的三個機組)，已於 2005 年 12 月 8 日商轉。另屬於東京電力的兩座機組，原本因為與當地漁民的補償談判進展不如預期及調降電力需求預測，打算展延。抵達東通核電廠後，先由該廠的廠長副廠長等接待並聽取東通 1 號機的簡報。東通 1 號機雖屬於 BWR-5 型，但比一般 BWR-5 的發電量 825MWe 大，且仍採用 Mark I 而非 Mark II 圍阻體，排放煙囪也比一般的高，有 134 米高。該機組最主要的特色是 100%的 turbine bypass system，以期在外電無預警喪失時，能靠此系統將反應爐產生的蒸氣能直接引至 condenser，以避免在喪失負載之瞬間引起跳機，我國核四廠也採用相同之設計。在聽完簡報後隨及參觀該機組，主要在汽機廠房觀覽室俯視汽機及二次圍阻體廠房觀覽室側看燃料池等。在參看後再接受我們一些提問與回答：如謝副主委問有關該廠是如何與當地居民溝通來爭取其對興建核電的支持、廖主任問有關 100%turbine bypass system 所允許的 delay time、牛科長問有關主控室值班人員的年齡是否有上限等。

該廠非常非常的乾淨，各主要廠房外觀也非常漂亮。

(四) 參訪日本原子力安全基盤機構(JNES)

10/20(星期一)

獨立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)於2003年10月由日本政府編列預算成立，主要由原來的原子力發電技術機構(NUPEC)、發電設備技術檢查協會(JAPEIC)、原子力安全技術中心等3個財團法人合併而成。JNES可說是準官方機構，其主要任務為協助原子力安全保安院(NISA)，支援管制，確保核能安全。JNES成立後約半年，2004年5月即在台北與我國核能科技協進會(NuSTA)簽訂合作協定，同年11月在台北舉行第一次雙邊資訊交流會議，以後每年輪流在東京、台北舉行。該機構理事長、理事、總括參事等多位高層人員均曾來台訪問，與我國核能交流非常密切。另為因應2007年新瀉地震對KKNPS的影響及新耐震安全法規即將展開的地震符合性再評估報告的審查需求，JNES於去年10月底特別成立約50人的耐震安全部(Seismic Safety Division，簡稱SSD)。

此次拜會 JNES 之主要目的為：(1)了解日方在熱流分析的現況，(2)2007年新瀉地震(簡稱NCO地震)對KKNPS影響分析的最新現況，及(3)日本日本中部電力公司濱岡核電廠機組因應潛在斷層提高耐震設計標準並進行改善的資訊。

本日上午我們先拜會 JNES 鳥居原 正敏(Masatochi Toriihara)理事，接著聽取日方就 JNES 組織內各項工作及熱流分析等工作方面的簡報，包括有(1)Establishment of Regulatory Requirements for Digital Computer-Based Safety Systems, (2)Regulatory Supporting Activities in Thermal Hydraulics Safety Analysis, (3)Cross - check Analysis as SAED' s Activities。熱流分析小組是編在解析評價部(SAED)，共約有 15 成員組成。參與的有 JNES 解析評價部的江畑 茂男(Shigeo Ebata)，以及規格基準部的牧野 英臣(Maomi Makino)、伊藤寿一郎(Juichiro Ito)等。JNES 熱流分析小組一共有 14 人，其中負責 LWR 者共 8 人，其餘負責 FBR 與其他設施。8 人要面對 55 座 LWR 機組的運轉，工作量並不輕，但仍會選擇性進行一些 cross check 分析。JNES 偏重熱流分析分析程式之應用，其所使用之熱流分析程式、事件分類均與核研所類似，其中比較不同者為：在大破口冷卻水流失事故方面，JNES 原使用 WREM 程式，將改用 TRACE 程式，分析方法論則以美國核管會之 CSAU 為基礎再經過日本方面之修改。暫態未急停事件在日本屬於自願分析之項目，管制單位並不強制要求進行分析。在程式方面，也有一些熱流分析程式目前核研所不具備或正在引進，例如：用於 Sump/Strainer clogging 分析之 BLOCKAGE(BWR)與 SANSUI(PWR)程式，用於中期儲存熱移除分析之 CFD 程式。

由於我國核四廠的數位儀控系統係由很多廠商參與，如何進行整合測試是一項我們感興趣之議題，而日本因為數位儀控系統是由一家廠商提供因此無跨廠商整合測試的問題。日後在興建新機組時，建議參考日本之作法，盡量避免廠商眾多衍生之問題。此外，也討論了軟體共因失效之議題，其中有關美國核管會 Branch Technical Position-19 (BTP-19)日本的採行情形，JNES 表示肇因事件加上軟體共因失效屬於 beyond design basis accident，因此，日本並不採行美國核管會 BTP-19 之作法。此外，日本也不進行 software safety analysis，他們係利用 problem oriented language (POL)來減少軟體之錯誤產生機率，不論安全或非安全系統均採用 POL 來發展其數位儀控系統。在簡報過程中雙方對熱流分析、管制流程、數位化儀控系統均進行十分熱烈討論，時間幾乎不夠用。

下午則就耐震方面與 JNES 的安部 浩(Hiroshi Abe)、本橋 章平(Shohei Motohashi)等人再就

KKNPS 因應 NCO 地震的最新狀況聽取日方的簡報及討論我們行前準備好的問題的 Q&A。JNES 的耐震安全部 SSD 目前共約有成員 46 人，日方在地震方面提供的簡報資料有：(1)Outline of Seismic Regulation in Japan, (2)JNES Action in Seismic Regulation, (3)JNES Seismic Safety Research, (4)Status of Fragility Tests in JNES 等。由日方簡報得知：日本所有核電廠均從 2006 年 9 月新版核能電廠耐震規範發行後，進行所謂的 back check 分析，以期所有核電廠結構/系統/組件都能符合新規範所要求的新的設計地震 S_s 。NCO 地震地已被確定係由 F-B 斷層錯動所引起，另因應新的設計地震 S_s ，KKNPS 也將進行 RHR 系統為主的管路支撐之改善、增加屋頂鋼構的斜撐、技術支援中心改採隔震結構等。另針對周員行前所提問有關當初以地震平台測試為耐震驗證的機/儀電設備組件的耐震餘裕，以確認其能抵抗更新提高的新耐震標準，日方提供當初已利用位在多度津的大型地震平台進行過各類型的機/儀電設備組件的 fragility test，以了解此等機/儀電設備組件的耐震極限能力，結果說明它們均仍有相當的耐震餘裕以應付新的設計標準。

(五) 參訪濱岡核電廠(Hama-oka NPP)

10/21(星期二)

此日在 JNES 國際事務科的小泉 博良(Hiroyoshi Koizumi)及內藤 惠小姐(Megumi Naito)的陪同下，參訪屬於日本中部電力公司(Chubu Electric Power Company)，位在靜岡縣的濱岡核電廠。由該廠技術部部長小島 琢夫(Takuo Kojima)及其幕僚清水 義昭(Yoshiaki Simizu)等共 3 人接待。我們先聽取由小島部長所作的簡報，隨後至廠區內外參觀該廠因應設計地震的提高對結構系統組件所作之改善。下表為濱岡核電廠各機組的數據。

Unit	Type	Capacity	Begin Construction	Finish Construction	First Criticality
1	BWR	540MW	1971	1974	1976
2	BWR	840MW	1974	1978	1987
3	BWR	1100MW	1983	1987	1987
4	BWR	1137MW	1989	1993	1993
5	ABWR	1380MW	2000	2004	2005

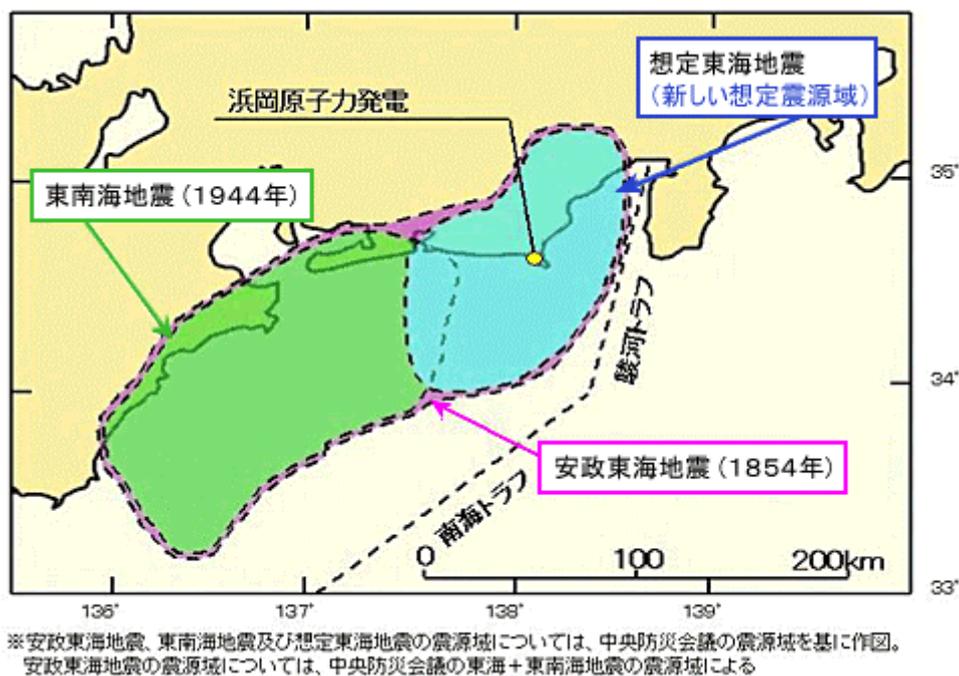
參訪濱岡核電廠主要是因為想進一步了解該廠的 1 號機及 2 號機自 2002 年初因故停機迄今已 6 年多原因之一的地震問題。以下為自網路上摘錄有關的一些報導，而值得注意的這些報導還都是在 2007 年日本 NCO 地震之前： Chubu Electric Power Co. began operating the first Hamaoka nuclear power plant in March, 1976. Only five months later, in August 1976, earthquake experts announced the result of their detailed examination of the region. The experts found that the Tokai region earthquake is a reoccurring event, with the last major earthquake hitting the region about 159 years ago. They predicted that an 8.0 Magnitude earthquake is overdue for the region. Tokai earthquake resulting from plate movements under Suruga Bay and Shizuoka Prefecture will occur every 100 to 150 years. Nankai earthquakes, which are centered off the coast of Shikoku, have a cycle of the same sort. Actually the two are related. In 1707 and 1854 Tokai and Nankai earthquakes occurred almost simultaneously. The last major Tokai quake was in 1854. The one before that was in 1707. That's an interval of 147 years. So the next one is due. In the Tokai region a major quake is expected to be directly preceded by sudden fluctuations in the level of Omaezaki cape. The Japan Meteorological Agency has bored holes in this area to detect any sudden rock deformations that occur at the very beginning of the quake. In all probability there will be a few hours warning. The latest predictions, in 2001, were for a magnitude-8. This is ten

times greater than the earthquake in Kobe in 1995.

The construction of the first two reactors, which went into operation in 1976 and 1978, did not take into consideration the high risk of their location. They were designed to resist only a 450-gal acceleration level in the intensity of the impact. It was not until 1976 that a detailed model for the coming Tokai earthquake was made — with resultant and widespread public concern. This was followed in 1978 by a law requiring the implementation of an earthquake observation system. Consequently, a new resistance level of 600 gal was established for reactors 3 and 4, as well as for reactor 5, now being constructed.

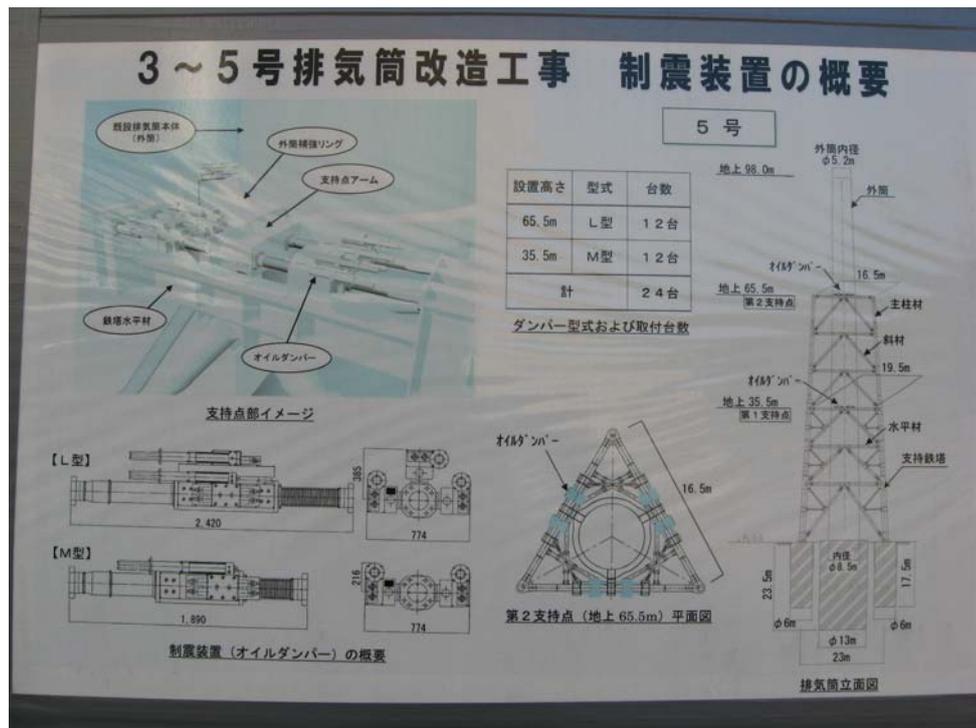
No nuclear reactor anywhere in the world has ever experienced such a powerful earthquake as we expect to strike Hamaoka in the near future. So the situation is extremely worrying.

In Hamaoka there is an automatic shutdown mechanism. However, after shutdown it requires a number of days for the reactor core to cool. If the earthquake destroys the normal and emergency cooling systems, meltdown is unavoidable. Reactors 1 and 2 are nearing their life expectancy of 30 years and have lately suffered several malfunctions. This makes us even more anxious. In fact, operations at both reactors have been suspended since November 2001 due to the hydrogen explosion of a pipe connected to the emergency core cooling system of reactor 1.



爲此，日本濱岡核電廠 1-5 號機，因應潛在的東海斷層威脅提高原先的設計地震(1/2 號機的 0.45g 及 3/4/5 號機的 0.6g)至 1.0g 並進行結構耐震補強，目前 3/4/5 號機已完成結構耐震補強，但最老的 1-2 號機更因爲還要更替有龜裂的爐心側板(core shroud)分別從 2002 年 4 月及 2004 年 2 月停機至今，預計要到 2011 年在完成結構耐震補強後再運轉。以下爲我們此行在濱岡核電廠已進行結構補強之現場勘察之照片：

高空排氣煙塔外部加裝鋼構以支撐減震裝置之結構補強



RHR 管路系統之支撐加強例



電纜托架之支撐加強例



三、心得

(1)核能的復甦已露曙光：從美國於 2005 年的 US Energy Policy Act、隨後 2006 年又發起發起 GNEP 的國際合作組織、中國大陸至 2020 年 50 部核能機組的規畫、IAEA 估計至 2030 年全球 40~60%的電力成長因應、全世界正在興建及已規畫興建的 126 部機組等，可看出核能的復甦已露曙光。

(2)IAEA 的角色將益形重要：由於當今已無單一國家可從設計、組件製造百分百自己獨力為之，使得標準與規範需要協調整合，想用核能發電卻缺乏自己有效控管核能 3S(safety、security、safeguard)的需要藉國際協助等，An accident anywhere is an accident everywhere，目前世界已晉核能無國界，為此，美國於 2006 年發起 GNEP 的國際合作組織。早在車諾比事件後 WANO 成立即初見端倪。日本 2007 年 NCO 地震遠超過核電廠原來設計地震及因此停機檢查所造成電力供應及經濟損失等之經驗，已使核電廠的地震安全成為當今核能發電重要的研究議題，IAEA 也才剛成立了地震安全小組。因此，如何積極加入或參與 IAEA 各項重要的核能活動已刻不容緩。

(3)重新迎頭趕上站上核能的舞台：在受邀的 plenary 及 keynote 演講上都有來自主要核能國家有關其核能發展現況與展望之報告，卻獨缺我國的。但從各種角度及順應當今世界潮流，是該積極回到此舞台的時候了。早在 2005 年美國公佈 Energy Policy Act 即將核能納入重要發電選項開始，目前有 16 個 COL 共 25 個 NP units 提出申請。對岸的中國大陸目前運轉中也有共 11 個核能機組(9122MWe)，另外有 12 個(共 12152MWe)正在興建，為達到至 2020 年核電從目前的 1.8%成長一倍至 4%(60GWe)總發電量之目標，將再在浙江山門、山東海陽、福建福清、廣東台山等興建主要為 1250MWe 的共 50 個核能機組。大陸核能發展的願景規畫及實施策略讓人感受強烈。根據大陸的能源需求目標及分配，大陸國務院已於 2006 年 3 月核准將至 2020 年要增加約 50 個核能機組的規畫方案。在作法上採取引進—吸收—自主的三步，在技術的需求規格上提出：簡化的系統、具經濟競爭力、可靠的運轉及容易維護、國際化安全標準規範、嚴重事故處理能力、數位化儀控等。而鄰近的韓國近來在核電的成長及相關技術能力的發展已儼然擠進世界核能先進國家。

(4)他山之石以功錯：參訪濱岡核電廠有極大借鏡之處，因為該廠的狀況與我們的核一、二廠有下列相近之處：均發生有爐心側板龜裂現象、附近均有潛在活動斷層會挑戰到核電廠耐震安全的問題，因此他們的改善作法及經驗具相當的參考價值。另在參觀東通核電廠 1 號機時，對該廠廠區廠內非常非常的乾淨，各主要廠房外觀也非常漂亮留下非常深刻的印象。這對來訪的當地居民接受核能會有非常正面的宣導意義。

四、建議

由本次公差心得體會有下列兩項建議:

- (1) 由此次參加 PBNC 國際會議及代表主委出席 PNC 會議，感覺積極出席參加相關的國際會議是收集最新資訊、建立友好關係，及站上國際舞台最有效的手段之一，但也是他人藉此評估我們實力及形象/觀感的重要來源。因此，建議應於事前有長程的準備與規劃，以達到最佳的效果，尤其(像 PBNC 這種)屬於長年、定期舉辦的多國大型又跨多領域的核能會議，如果事先集合國內核能各界有效分工，參考前屆參加的心得，並以老雞帶小雞的方式培訓新人，相信會有很大的正面效果。
- (2) 地震對核能發電的發展影響非常重要，已於日本新潟地震之發生及後續所引發之關注看出。同屬環太平洋強震帶的我國，對於核電地震安全也千萬不能掉以輕心或心存僥倖，應有及時的規劃與立即的作法。