

# 出國報告審核表

出國報告名稱：建立核能電廠廠房結構模型及補強措施，並順道出席第 26 屆台日核能安全研討會		
出國人姓名	職稱	服務單位
楊騰芳	十二職等土木組長	台電公司核能發電處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>國際會議及業務接洽</u> （例如國際會議、國際比賽、業務接洽等）	
出國期間：100 年 07 月 25 日至 100 年 08 月 03 日		報告繳交日期：100 年 09 月 19 日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整（本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」） <input type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備。 <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____	
<input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：		

報告人		審核人	單位 主管	主管處 主 管	總 經 理 副總經理
-----	--	-----	----------	------------	---------------

出國報告（出國類別：洽公）

建立核能電廠廠房結構模型及補強措施，  
並順道出席第26屆台日核能安全研討會

服務機關：台灣電力公司核能發電處

姓名職稱：土木組長 楊騰芳

派赴國家：日本

出國期間：自100年7月25日至100年8月3日

報告日期：100年09月19日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：建立核能電廠廠房結構模型及補強措施，並順道出席第 26 屆台日核能安全研討會。

頁數 18 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳德隆/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

楊騰芳組長/台灣電力公司/核能發電處/12 等土木工程監組長/23666497

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：2011/07/25-2011/08/03 出國地區：日本東京

報告日期：2011/09/19

分類號/目

關鍵詞：台日核能安全研討會

內容摘要：(二百至三百字)

1. 我國與日本 JAIF 每年舉行台日核能安全研討會，輪流在日本、台灣舉行，此項會議是台日雙方核能技術交流的重要活動，今年由日本 JAIF 主辦，台方由物管局主辦。
2. 會中徐副總專題演講「福島事故對台電核能發電的影響」演講；台電並另簡報：「台電公司核能電廠超出設計基準事故之因應與強化措施」(由林志鴻副處長發表)；「台電公司核能電廠對地震與海嘯影響之再評估」(由楊騰芳組長發表)。會後參訪「日本原子力研究開發機構東海村核設施」。
3. 前往日本免震構造協會拜會會長西川孝夫博士，就廠房結構模型及補強措施進行討論，近年來我國及日本核能電廠飽受斷層及地震威脅，日本在 2007 年 7 月柏崎刈羽核電廠遭受強震侵襲，進行廠房結構、設備及組件之評估補強工作，成果值得我國學習。
4. 前往涉谷區 FUJITA CORPORATION 總部與馮德民博士進行隔震技術及地震反應控制討論，再前往神奈川縣 FUJITA CORPORATION 技術研發中心，參觀並討論隔震技術於核能電廠之應用。該中心在地震、結構、地工、環工等範疇均有研究，人員及試驗設備亦充分，研發能力與解決問題的能力值得信賴。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

## 目 錄

內容	頁次
壹、 出國任務	1
貳、 出國行程	2
參、 任務過程	3
一、 參加第 26 屆台日核能安全研討會	3
二、 簡報「台灣核能電廠地震與海嘯衝擊之再評估計畫」	7
三、 參訪「日本原子力研究開發機構東海村核設施」	10
四、 拜訪日本免震構造協會會長西川孝夫博士	11
五、 拜訪 FUJITA CORPORATION 總部與馮德民博士進行隔震技術及地震反應控制討論，	13
六、 參訪神奈川縣 FUJITA CORPORATION 技術研發中心，並與專家討論隔震技術於核能電廠之應用	16
肆、 結論、心得與建議事項	17

## 壹、出國任務

出國行程含往返程共計十日，本次出國任務為：

- 一、參加第 26 屆台日核能安全研討會，並進行專題簡報。
- 二、參訪「日本原子力研究開發機構東海村核設施」
- 三、拜訪日本免震構造協會會長西川孝夫博士
- 四、拜訪 FUJITA CORPORATION 總部與馮德民博士進行隔震技術及地震反應控制討論，
- 五、參訪神奈川縣 FUJITA CORPORATION 技術研發中心，並與專家討論隔震技術於核能電廠之應用

## 貳、出國行程

日期	內容
7月25日(一)	出發
7月26日(二)	台日核能安全研討會
7月27日(三)	台日核能安全研討會
7月28日(四)	參訪日本東海村核子設施
7月29日(五)	拜訪日本免震構造協會會長西川孝夫博士
8月01日(一)	拜訪 FUJITA CORPORATION 總部與馮德民博士進行隔震技術及地震反應控制討論。
8月02日(二)	參訪神奈川縣 FUJITA CORPORATION 技術研發中心，並與專家討論隔震技術於核能電廠之應用
8月03日(三)	返程

## 參、任務過程

### 一、參加第 26 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辦，是由日本原子力產業協會(JAIF)主辦，中華民國放射性物料管理局、核能學會協辦，參加本次會議的我方機構有原子能委員會、核能研究所、放射性物料管理局、台灣電力公司、中華核能學會、核能資訊中心、清華大學、中興工程、亞炬工程公司等共 38 人參加，由原子能委員會主委擔任團長，台灣電力公司徐懷瓊副總擔任副團長。日方代表除東京電力公司、中部電力公司、其它電力公司代表外，亦有日本原子力產業協會及學術界多位專家學者與會；總參加人數近 100 人。本次會議為期一天半，共有四大議程，分別為「福島核事故介紹」、「福島核事故後安全評估」、「福島核事故後放射性物質對環境的影響」、「福島核事故對社會的衝擊」，共計有 16 篇專業演講，會議中雙方並就講演內容進行熱烈討論交流，分享雙方經驗及成果。



照片 1 日方代表團團長 JAIF 理事長 服部拓也

會議時，首先由日方 IAIF 總經理 Takuya Hattori 服部拓也先生致詞，提及核能福島事故議題時，他強調：我們低估了海嘯對於電廠的威脅。極端的外部事件，應採用縱深防禦（defence in depth）、實體分隔（physical separation）、多樣性（diversity）、贅餘性（redundancy）的要求，尤其是可能會發生共同模式（common mode）事件。」我們對於極端的外部事件，總是認為不會發生，導致這一悲劇發生。核電廠有「縱深防禦」設計，指的是現場擁有數個、贅餘、多樣、獨立的安全系統，但萬一發生「共因失效模式」事件，「縱深防禦」設計就會失去原有的功能，例如海嘯一次癱瘓許多

安全系統。核電廠必須重新分析「共因失效」的危險，以確保在合理的假設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。

接著，由我國本次代表團團長—原能會蔡主委致詞，亦將我國福島事故後，原能會在輻射監控、日本進口食品管制、日本旅客入境、電廠強化、民眾溝通、擴大核災演習、資訊透明化等作為稍加介紹。



照片 2 我國本次代表團團長 原能會蔡主委



照片 3 第 26 屆台日核能安全研討會會場



第 26 屆台日核能安全研討會第一天議程：

7 月 26 日
<u>Opening Session (9:30-10:10)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ The changes in Japanese nuclear industry from the previous seminar (20 min.) Mr. Takuya Hattori, President, JAIF</li> <li>■ 台灣對福島核事故之因應作為 蔡主任委員</li> </ul>
<u>Session 1 Outline of Fukushima Accident (10:40-11:50)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chair Person: Prof. Kazuhiko Kudo, Professor, Kyushu University</li> <li>■ Outline of Fukushima Accident and its milestone to resolve the situation (50 min.) Tokyo Electric Power Co.</li> <li>■ [Discussion with the floor] (20 min.)</li> </ul>
<u>Session 2NPP Safety Review after Fukushima Accident (14:00-15:20)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chair Person:台電公司徐懷瓊副總</li> <li>■ Hamaoka NPPs' Counter measures against earthquake and tsunami (30 min.) Chubu Electric Power Co.</li> <li>■ 台灣核能安全防護措施之體檢(原能會核管處) (20 min.)</li> <li>■ 台電公司核能電廠超出設計基準事故之因應與強化措施(台電公司核發處林副處長志鴻) (20 min.)</li> <li>■ 台電公司核能電廠對地震與海嘯影響之再評估(台電公司核發處楊組長騰芳) (20 min.)</li> <li>■ [Discussion with the floor] (20 min.)</li> </ul>
<u>Session 3 Fukushima Accident: Radiation Effects to the Environment (15:50-17:10)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chair Person: 原能會核技處徐明德處長</li> <li>■ Radiation effects to the environment, seawater, and foods (30 min.) National Institute of Radiological Sciences</li> <li>■ 因應日本福島核電廠事故我國輻射防護之作為(原能會輻防處) (20 min.)</li> <li>■ 台灣環境偵測作為之檢討(輻射偵測中心) (20 min.)</li> <li>■ [Discussion with the floor] (20 min.)</li> </ul>

第 26 屆台日核能安全研討會第二天議程：

7 月 27 日
<u>Panel Session Fukushima Accident: Impact to the Society (9:00-11:20)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chair Person: Mr. Nobuo Ishizuka, Senior Managing Director, JAIF</li> <li>■ [Keynote Presentation] Fukushima' s impact to the society (20 min.)</li> <li>■ Fukushima Accident - A view from Taiwan and effect to the Taiwan's public opinion 核能資訊中心朱鐵吉董事長 (20 min.)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ [Short Presentation from the Panelists] (10 min. x 4 panelists)</li> <li>■ Risk Communication Prof. Shoji Tsuchida, Kansai University</li> <li>■ The reality of our Emergency Evacuation Planning Toshiro Kitamura, JAIF</li> <li>■ 福島事故對台電核能發電的影響(台電公司徐懷瓊副總)</li> <li>■ 福島核事故教訓及其對研發計畫之影響(核能研究所)</li> <li>■ [Panel Discussion] (30 min.)</li> </ul>
[Discussion with the floor] (20 min.)
<u>Closing Remarks (11:20-11:50)</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 蔡主任委員,中華核能學會</li> <li>■ Mr. Takuya Hattori, President, JAIF</li> </ul>

## 二、楊騰芳簡報「台灣核能電廠地震與海嘯衝擊之再評估計畫」

台灣位於菲律賓海板塊及歐亞大陸板塊交界處，菲律賓海板塊每年以 87mm 位移量向西北方向推擠歐亞大陸板塊。台電公司三座運轉中核能電廠及一座施工中核能電廠，均位於台灣島的南北兩端，據歷史地震紀錄顯示這些地方地震較小。金山斷層依據 USNRC 之定義為「非活動斷層」，核一廠設計階段(1970 年代)為保守計，假設為「活動斷層」，以此評估核一廠地表加速度為 0.3g。

2007 年中央地質調查所宣布在核一二廠之間的「山腳斷層」(略與金山斷層平行)為活動斷層，斷層距核一廠 7 公里，距核二廠 5 公里。

地調所指出山腳斷層在陸地上長 34 公里，但在海域長度尚不確定，斷層評估時依現有圖面初步假設長 16.6 公里，故總長為 50.6 公里。

以 SHAKE 電腦程式初步評估，研判在地震來襲時，核一二廠反應器廠房結構應力仍在原先設計容量之內，故廠房仍屬安全。

核三廠西南外海於 2006 年 12 月 26 日，連續發生兩次地震(相隔 8 分鐘)，芮氏規模均達 7.0，震源深度分別為 44 公里及 50 公里，震央距離約 36.5 公里及 34.1 公里。

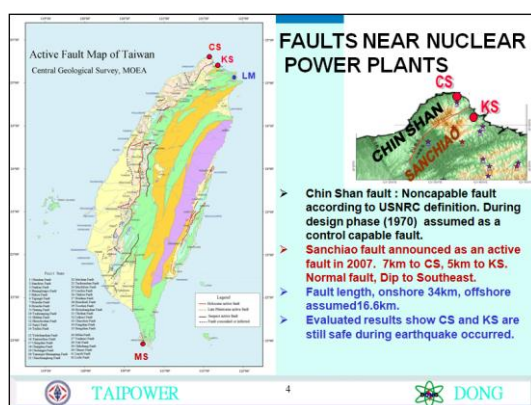


圖 1 台灣活動斷層圖及山腳斷層位置

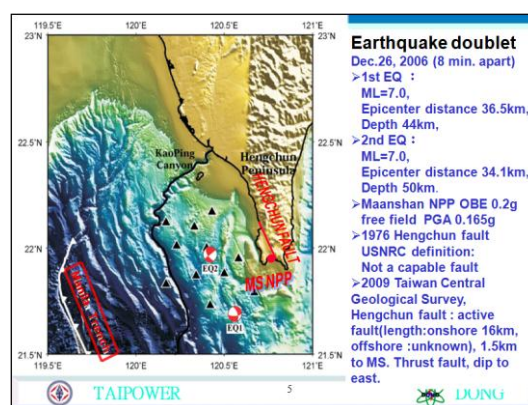


圖 2 恆春斷層位置及 2007 年地震震央位置

此次地震造成核三廠自由地面(FREE FIELD SURFACE)0.165g。

中央地質調查所 2009 年將恆春斷層列為活動斷層，離核三廠 1.5 公里，

陸上斷層 16 公里長，海上斷層長度尚不清楚。但在設計階段(1976 年)台電調查結果認為恆春斷層非 USNRC 10CFR 所定義的「活動斷層」(Capable Fault)。由於日本 311 宮城外海大地震，引起的海嘯使福島一廠嚴重受創，台灣核能電廠也被要求重新評估海嘯衝擊。海嘯衝擊的評估正進行中，預計十月底才有結果。但以目前資料，評估馬尼拉海溝對核三廠的影響，海溝長度 1500 公里，規模 8.5 的回歸期 205 年，規模 9.0 的回歸期 667 年。

先依地質條件將海溝分成 33 區塊，左圖是海底位移圖，最大位移量可能高達 40 公尺。中圖表示第 16 區塊及 27 區塊對核三廠附近影響較大，核三廠附近有一後壁湖漁港，第 16 區塊及 27 區塊錯動後，漁港水位可能上升達 6 公尺高。右圖表示馬尼拉海溝位置；有 2 個剖面，圖中表示，斷層錯動時，該二剖面初始海面上升高度，有高達 14 公尺者。

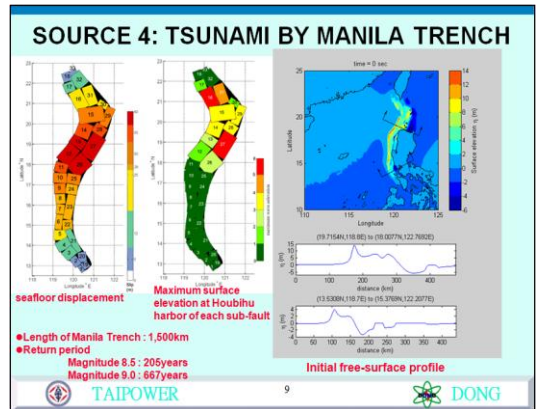
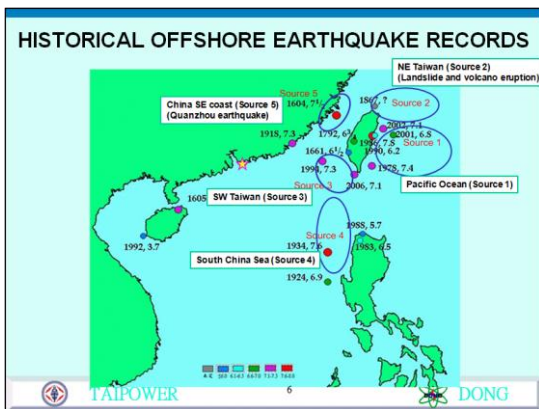


圖 3 台灣重新評估海嘯衝擊，5 個震源區影響核能電廠安全。

圖 4 馬尼拉海溝對核三廠的影響評估

2007 年 7 月 16 日日本發生新瀉縣中越沖地震，柏崎刈羽核電廠立即辦理地質調查工作。2009 年初台電公司獲得東京電力公司惠贈「柏崎刈羽原子力發電所敷地及周邊地質及地質構造調查報告書」，台電公司目前進行的地質調查工作也參考了上述之報告書，獲益良多，於簡報中職亦表達感謝之意。

台電海域調查共使用三艘調查專用船，即海研一、二及三號，此三條船均屬國家所有，平常即做為台灣附近海域海洋各項資源調查之用。

北部海域原本就有部份海底探測資料，此次依據法規要求的調查範圍(廠址半徑 40 公里範圍)，增補航線，間距約 1 公里至 2 公里。

南部海域海底探測資料原本不多，此次依據法規要求的調查範圍(廠址半徑 40 公里範圍)，規劃調查航線間距約 1.5 公里至 3 公里，。

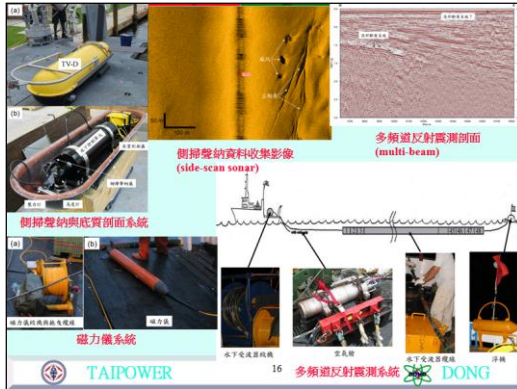


圖 5 海域地質調查 設備及部分成果

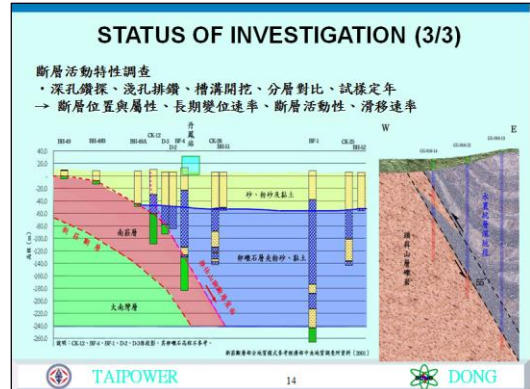


圖 6 陸域地質調查

台電亦將進行核能電廠耐震餘裕評估，採用 USNRC NUREG-1407 及 EPRI NP-6041 規範。時程 2011 年 8 月至 2013 年 4 月。包含核一、二及三廠。

本次報告結論：

1. 台電正進行核電廠附近海陸域地質調查。
2. 確認山腳斷層及恆春斷層地質特性。
3. 評估山腳斷層對核一、二廠的影響，恆春斷層對核三廠的影響。
4. 重新評估廠房在新地質條件下設計餘裕。

### 三、參訪「日本原子力研究開發機構東海村核設施」：

#### (一)、參訪大強度陽子加速器設施

7月28日,JAIF安排參訪「日本高功率強度陽子(質子)加速器設備 J-PARC( Japan Proton Accelerator Research Complex )」, J-PARC的加速器由線型加速器、3GeV同步加速器和50GeV同步加速器構成。對3GeV質子束加以利用的是具有產生中子源、 $\mu$ 介子源的物質和生命科學實驗設備。50GeV同步加速器發出的質子束被供應到原子核基本粒子實驗設備【強子(Hadron)實驗設備】和中微子實驗設備這2個實驗設備。預計未來還將使用對線型加速器發出的不同的質子束加以利用的核轉變實驗設備來進行實驗。

日本高功率強度陽子(質子)加速器設備 J-PARC,在311地震中受損,目前正在進行復原工作。

日本高能加速器研究機構於2008年利用高功率質子加速器設施(J-PARC)進行核分裂生成中子之實驗,獲致成功。J-PARC位於日本茨城縣東海村是進行加速器之技術研究與開發的複合式裝置群組,在此次實驗成功之前,日本業已利用JRR-3研究爐研製出穩定中子,J-PARC生成中子的科技再度向上提升,顯示日本研發應用脈衝中子源的計畫即將邁入新階段,發展中子科技的前景看好。

日本 J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) 2001 年開始施工, 2008 年正式啟動開始運作。J-PARC 不止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。日前,已開始進行徵募實驗項目之作業。目前利用 J-PARC 進行的尖端研究計畫有:應用中子束流和  $\mu$  粒子 (Muon) 束流從事物質科學和生命科學的研究,以及應用 K 介子束流和微中子束流 (Neutrino) 從事原子核和粒子物理的研究。

#### (二)、參訪日本原子力安全基盤機構(JNES),

參訪日本原子力安全基盤機構「高放最終貯置場研究機構」,日本原子力安全基盤機構 (Japan Nuclear Energy Safety Organization,簡稱 JNES),成立於

2003 年，為獨立行政法人的準官方機構，其主要任務為協助日本經濟產業省 (Ministry of Economy, Trade and Industry, 以下簡稱 METI) 所屬之原子力安全保安院 (Nuclear and Industrial Safety Agency, 以下簡稱 NISA)，任務包括：日本之低放射性廢棄物處置之執行；核能及放射性廢棄物設施之建置與安全檢查、管制作業；淺地掩埋處置設施運轉及淺地坑道處置之研究發展。高放射性用過核燃料最終處置之研究已進行多年，在參訪的試驗室中看到岩塊裂隙透水試驗與電腦程式模擬，朋脫土阻水效果試驗，最終處置時高放射性用過核燃料承裝銅製容器，也有地下坑道現地試驗等，這些工作目前仍在研發階段，現場禁止攝影。我國高放射性用過核燃料最終處置之研究也已進行近二十年，與日本 JNES 亦有交流合作。

#### **四、拜訪日本免震構造協會 (Japan Society of Seismic Isolation, JSSI) 會長西川孝夫博士**

7 月 29 日上午前往位於東京涉谷區神宮前的日本免震構造協會，拜訪會長西川孝夫博士，西川另邀協會專務理事可兒長英，獨立行政法人原子力安全基盤機構耐震安全部特任參事本橋章平博士一同討論。就廠房結構模型及補強措施進行討論，近年來我國及日本核能電廠飽受斷層及地震威脅，日本在 2007 年 7 月柏崎刈羽核電廠遭受強震侵襲，進行廠房結構、設備及組件之評估補強工作，成果值得我國學習。西川孝夫博士強調柏崎刈羽核電廠地震後將耐震能力宣稱從 450Gal 提高到 1000Gal，大部分主體結構是以評估方式完成，少部分進行補強，如煙囪、屋頂鋼架、吊車停車擋板補強等。

福島一廠在 311 地震之前即已建造好免震的兩層鋼構 TSC，地震後沒有受損，救援人員集中於 TSC 統一調派，對救援效率幫助甚大。

本公司有意在龍門廠亦興建一免震動之 TSC，由西川孝夫博士之談話，可了解實務上及理論上免震動之 TSC 均屬可行。同時，TSC 只興建二至三樓，以目前對該類建築物的經驗，更無問題。我國內政部營建署頒布之「建築物耐震設計規範與解說」亦有專章規範免震建築，雖係針對一般建築物，但應可初步用來評估 TSC

之設計。

福島與柏崎刈羽電廠免震 TSC 之外觀與免震佈置可參考圖 7 至 9。



圖 7 福島電廠 TSC 免震建築物

圖 9 可見支承分別有垂直荷重支承(紅色)及側向位移支承(藍色)，龍門廠免震動之 TSC 可參考引用。

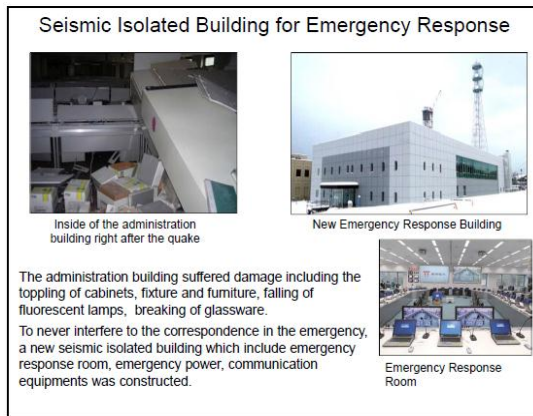


圖 8 柏崎刈羽電廠免震 TSC

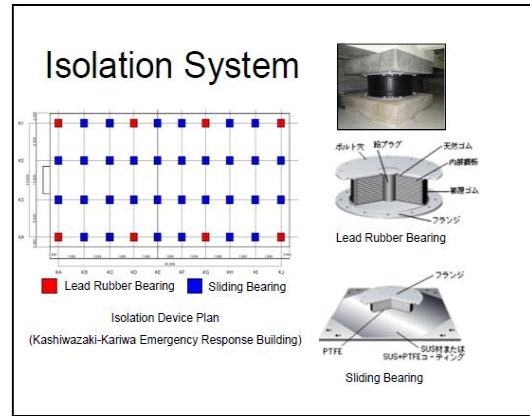


圖 9 柏崎刈羽電廠 TSC 免震構件佈置

另外，HAMAOKA 濱崗電廠補強內容以圖 10 至 15 說明；

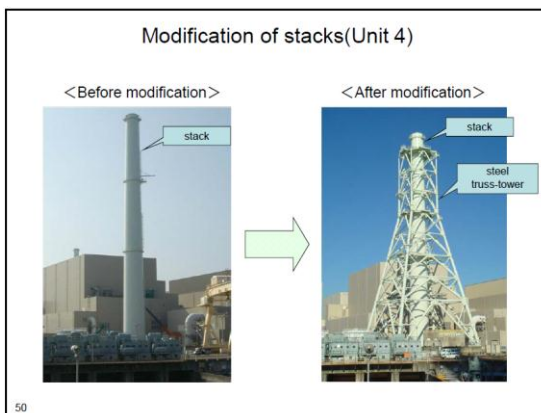


圖 10 以外加鐵塔構架補強煙囪

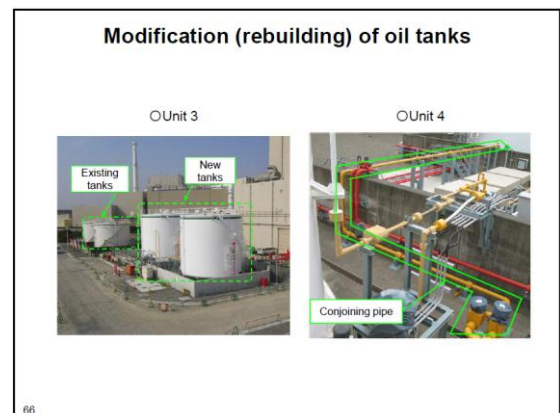


圖 11 直接新建耐震儲油槽



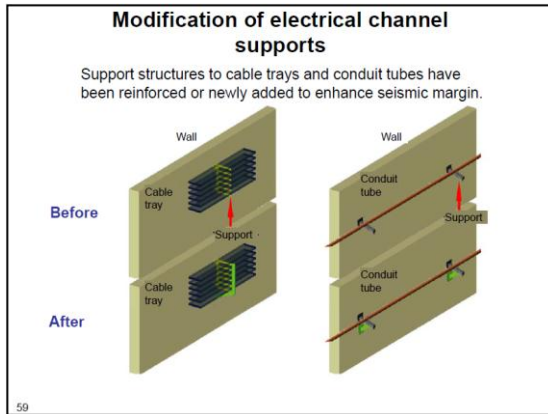


圖 12 電纜支架補強



圖 13 RHR 熱交換器支撐補強

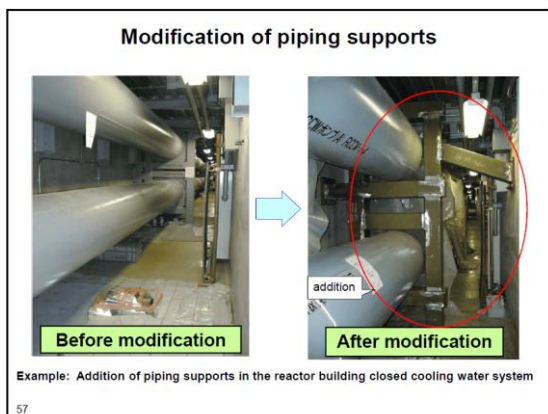


圖 14 管線支撐補強(一)

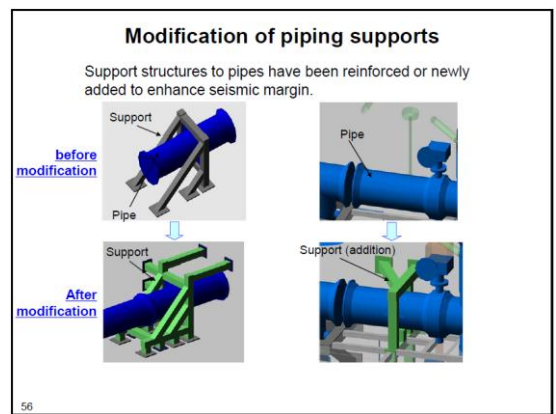
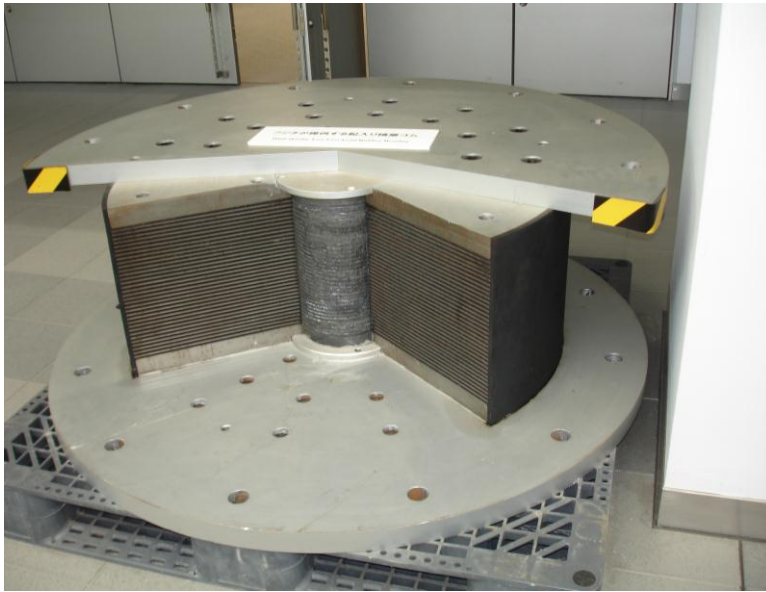


圖 15 管線支撐補強(二)

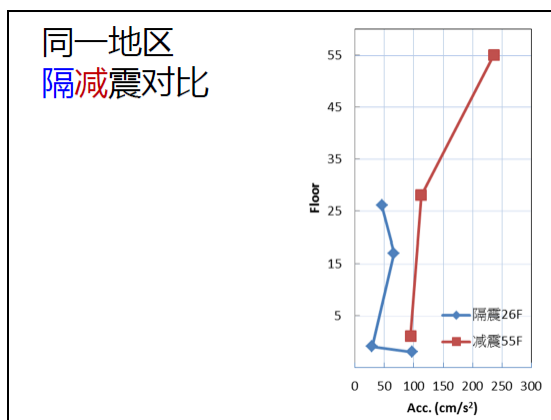
西川孝夫博士特別提醒職 2010 年 11 月 24-25 日在日本柏崎刈羽電廠召開的第一屆柏崎全球核能設施耐震安全研討會有一專題即「免震議題」。經查有 20 篇相關論文，有美、日、法、意、德、英等國專家與會。值得一提的是日本於 2000 年起即開始研訂「鉛芯積層橡膠免震支承」的 Japan Industrial Standard(JIS, 日本工業規格)2005 年出版 22762 規範，2010 年修訂 2 版問世，內容 PART1 是材料試驗方法，PART2 是橋梁應用規範，PART3 是房屋應用規範，房屋部分預計 2012 年開始實施。美國 NRC 亦進行相關研究，研究團隊列出 5 組人馬，其中一組有紐約水牛城分校的 ANDREW WHITTAKER 及 YIN-NAN HAUNG(台大黃尹男教授)。但 NRC 的官員在簡報中特別強調，目前 NRC 仍在研究階段，還沒進入法規研擬階段。日本中部電力亦有一篇報告，為了補強煙囪，特地為了橋式吊車做了一個免震基座，施工中恰遇一規模 6.4 的地震，該篇報告即分析基座地震免震減振效果。

五、拜訪 FUJITA CORPORATION 總部與馮德民博士進行隔震技術及地震反應控制討論。



照片 4 「鉛芯積層橡膠免震支承」

1983 年日本出現第一棟免震建築，1986 年 FUJITA CORPORATION 即推出該公司規劃設計之第一棟免震建築(亦稱隔震建築)。自 1983 年迄今，日本約有 3000 棟免震建築物，900 棟減震建築物；台灣則約有 50 棟免震建築物，200 棟減震建築物；中國大陸約有



900 棟免震建築物，美國約有 100 棟免震建築物。據實測數據顯示免震建築物可消滅 80 至 90% 的地震力，減震建築物只有 30% 的效果，兩者對比詳如圖 16，免震建築可從基礎處的 100cm/s<sup>2</sup> 加速度降到 25 樓處的 50 cm/s<sup>2</sup> 左右；但是減震建築 25 樓處仍未降低。免震建築物是在建築物基礎與建築物主體間加入「

圖 16 隔減震建築物消滅地震力功效 「鉛芯積層橡膠免震支承」，如照片 4，是以薄橡膠層和薄鋼板層交互堆疊，並經高溫高壓硫化製作而成。

由於有這一柔性支承，可延長結構週期，增加結構阻尼，使地震引起之變形集中於此柔性支承，可減少地震能量向上傳遞。

## Strong earthquake observation

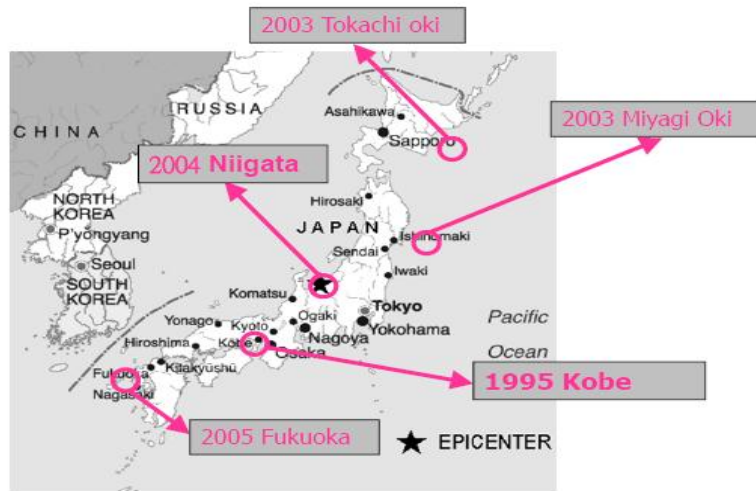


圖 17 5 次強震後對裝設免震支承建築物進行調查

## Maximum response values

Earthquake	Magnitude	Max. Acc.(gal)	Max. Disp
<b>The 2011 Higashi-nihon Eq.</b>	<b>9.0</b>	<b>~400</b>	<b>~41</b>
the 2005 Fukuoka Eq.	7.0	489	30.0
the 2004 Niigata Eq.	6.8	808	15.0
the 2003 Tokachi-oki Eq.	8.0	286	30.0
the 2003 Miyagi-oki Eq.	7.0	116	1.1
the 1995 Hyogo-ken Nanbu Eq.	7.3	300	12.0
the 1994 Northridge Eq.	6.7	359	3.5

圖 18 免震構造可大幅降低建築物最大加速度

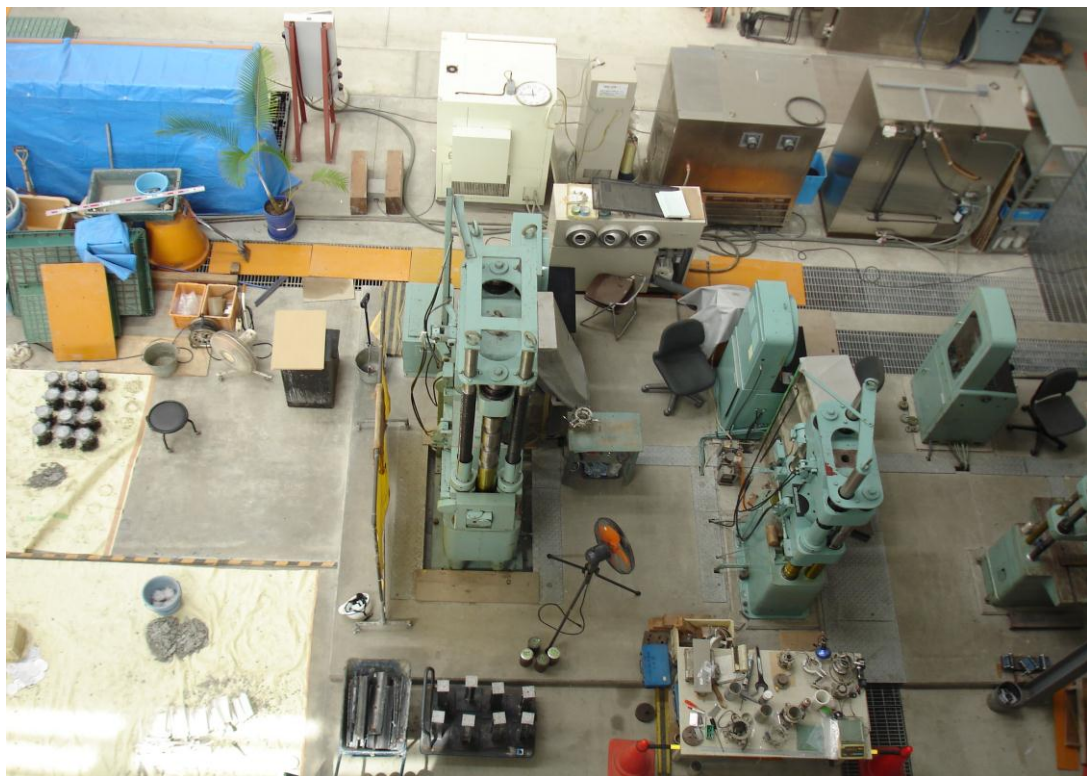
日本工程界曾在 5 次強震(圖 17)後對裝設免震支承建築物進行調查，圖 18 中可見最

大加速度可大幅降低，例如 2004 年 Niigata 地震最大加速度可從 808gal 降至 205gal。

## 六、參訪神奈川縣 FUJITA CORPORATION 技術研發中心，並與專家討論隔震技術於核能電廠之應用

8 月 2 日赴神奈川縣技術研發中心由主席研究員馮德民博士親自簡報，執行役員技術所長小林勝已博士及免制震事業部部長大井康敬一同討論。

該公司在距東京約 1 小時車程的神奈川縣本厚木市設立技術研發中心，該中心為 100 公尺長 100 公尺寬三層樓鋼構建築，有 150 人從事規劃設計，70 人專任研發工作，研發範圍涵括建築物免震減震、隧道、地工、環境、防火等。在該技術研發中心內設有大規模試驗設備，也在該中心適當地點佈設實體減震隔震構件並透過實際量測地震數據說明減震隔震的效果。



照片 5 FUJITA 公司試驗室局部照片



照片 6 FUJITA 公司試驗室減震設計(一)



照片 7 FUJITA 公司試驗室減震設計(二)



照片 8 柔性軟管連接建築物與外部固定座



照片 9 免震基礎再加阻尼設計

#### 肆、結論、心得與建議：

- 一、 我國與日本 JAIF 每年舉行之台日核能安全研討會是雙方交換資訊重要平台，我方由此獲得日本福島核災後所採取之應變及改善措施，日方亦同。職簡報完「台灣核能電廠地震與海嘯衝擊之再評估計畫」後，在中場休息時，日方代表團團長 JAIF 理事長服部拓也主動與職交談，重點有三，一是他對職在簡報中對日本東京電力公司提供地質調查報告表達感謝之意表示肯定；二是詢問地質調查人力經費及調查執行單位；三是談到福島海嘯淹沒廠區，以 2002 年日本規範分析與實際相差太大，服部理事長也認為規範應再檢討。與服部之交談，職感覺在他的高度仍然深入各個細節，全盤掌握。
- 二、 接連拜訪免震構造協會會長西川孝夫博士、FUJITA 公司總部及技術研發中

心(均由主席研究員馮德民博士親自接待簡報)，感覺日本學術界及工業界密切合作各司其所；西川孝夫博士是東京都立大學名譽教授，在免震隔震理論研究有其長處，與獨立行政法人原子力安全基盤機構耐震安全部密切合作，可了解法規的真正內涵，對於外界(例如台電)的尋求協助可提供最適當的回應。再者，FUJITA 公司扮演下游設計、規劃、試驗及施工角色，與上游(理論與規範)合而為一完整產業鍊，台灣目前尚未達到此地步。台灣學術界投入核能地震、結構分析人數仍不多，對核能法規尚無餘力深入了解，國家地震、地質、建築等機構對於核能產業仍多處於指正業界(技術顧問業)之錯誤，較少能提出明確 road map 供業界遵循，以致時間及效率上不當延宕。

三、對於我國核能電廠耐震餘裕評估仍應遵循美國核能法規進行，唯在將來如需進行補強時，由於日本具有充分的補強經驗，我國可大力引用。亦應追蹤 NRC 免震法規的後續發展，以應用於電廠實務，如核能電廠適用上有餘慮，亦可考慮公司其他火力電廠先引進試用。

四、TSC 免震動建築物有關的理論與實務在日本有相當經驗，龍門廠如需新建該種建築物應無問題。

五、台電核能地震評估相關人力極度缺乏，40 年前 Dr. Blume(與 Dr. Newmark 分別獨立接受 USNRC 委託研究，始有 1973 年 RG1.60 設計反應譜的出現)即說明此範疇人力包括地質(Geology)、地球物理(Geophysics)、地震(Seismology)、大地工程(Geotechnical Engineering)，以台電及原能會現今運作狀況，尚需再延伸至結構工程(Structural Engineering)甚至鋼筋混凝土學(Reinforcement Concrete)。而且，台電是一規劃執行單位，相關人力如單只熟悉上述任一學門仍不足以應付，至少要兩甚至三學門的內容。目前核能土木人力已經老化，四十歲以下年輕人力雖有八九位(不計施工部門人力)，但均分散在核安處、核技處、核發處、核後端處、核一、二、三廠及龍門廠，為求核能運轉安全及支援龍門廠 40 年運轉所需，對相關人力之引進及培訓應及早規劃。