

出國報告（出國類別：開會及考察）

赴日本東芝公司考察有關龍門計畫  
DCIS 現場驗證測試事宜及參加第 19 屆  
核能工程國際研討會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：林錦銘/資訊課長

簡嘉言/儀控課長

派赴國家：日本

出國期間：100. 10. 23~100. 10. 28

報告日期：100. 10. 7

## 出國報告審核表

出國報告名稱：赴日本東芝公司考察有關龍門計畫 DCIS 現場驗證測試事宜及參加第 19 屆核能工程國際研討會

出國人姓名	職稱	服務單位
林錦銘	主管系統分析	台灣電力公司核能技術處
簡嘉言	主管監視儀控	台灣電力公司核能技術處

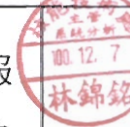



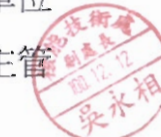


出國類別  考察  進修  研究  實習  
 其他 開會及考察 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)

出國期間：100 年 10 月 23 日至 100 年 10 月 28 日      報告繳交日期：100 年 12 月 7 日

出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3. 無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 內容充實完備。 <input checked="" 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：
--------------	---

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人	   	審核人	單位 主管 	主管處 主管 	總經理 副總經理 
-----	--	-----	--	--	---

QP - 08 - 00      F06

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴日本東芝公司考察有關龍門計畫 DCIS 現場驗證測試事宜及參加第 19 屆核能工程國際研討會

頁數 31 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/林錦銘/02-24902401 轉 2072

簡嘉言/02-24902401 轉 2053

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林錦銘/台電公司/核能技術處/主管系統分析/02-24902401 轉 2072

簡嘉言/台電公司/核能技術處/主管監視儀控/02-24902401 轉 2053

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 開會

出國期間：100.10.23~100.10.28

出國地區：日本

報告日期：100.12.7

分類號/目

關鍵詞：ICONE 19, Toshiba, 福島, Validation Test

內容摘要：(二百至三百字)

1. 此次赴日本東芝公司考察主要是瞭解其 KK6 核電廠在廠家執行確認(Validation)測試有關之動態性暫態測試(Dynamic Transient Testing)作業細節及參訪其相關驗證測試環境，以供龍門電廠將來 DCIS 在現場執行驗證測試之規畫。並澄清管制單位對 KK6 有關 DCIS 驗證與確認(V&V)做法之問題。
2. 另參加第 19 屆核能工程國際研討會(19<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Engineering in Osaka, ICON19 Osaka)，會議議程包含討論數位儀控有關現場可程式邏輯閘陣列(FPGA)在核能儀控系統之應用與整合式控制室與人機介面技術，以及此會議有關福島核電廠事故報告與專題論壇，如「福島核電廠事故與嚴重事故管理」、「福島核電廠事件」、「三哩島核能事故 30 年經驗學習」及「福島事件的經驗學習」等。

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

赴日本東芝公司考察有關龍門計畫 DCIS 現場驗證測試事宜及參加  
第 19 屆核能工程國際研討會

目 錄

壹、 出國內容與過程.....	5
一、 目的.....	5
二、 行程與工作項目.....	6
三、 過程與內容.....	6
貳、 出國心得與感想.....	25
參、 建議事項.....	27

## 壹、出國內容與過程

### 一、目的

#### (一) 出國任務

赴日本東芝公司考察有關龍龍門計畫 DCIS 現場驗證測試事宜及參加第 19 屆核能工程國際研討會。出國期間自 100 年 10 月 23 日至 100 年 10 月 28 日共計 6 天。

#### (二) 緣起及目標

1. 龍門計畫分散式控制暨資訊系統(DCIS)之介面係由奇異公司負責主導及規畫，奇異公司並將其負責之設計供應範圍依專業分包給 3 家專業公司(NUMAC, DRS 及 Invensys)。由於廠家間之界面眾多，技術整合頗為複雜，同時 DCIS 在廠家之出廠驗收測試(FAT)採區段(Segment)加界面重疊(Interface Overlap)測試方式執行，未能將三個廠家整合在一起執行整體測試，深受外界及管制單位質疑。原能會及易俗委員特別以日本 KK6 核電廠在廠家執行驗收測試為例，認為龍門 DCIS 也應執行所述之 Dynamic Transient testing 與 Random input testing。原能會在龍門 FSAR 審查後之安全評估報告(SER) Item 7-2,對龍門 DCIS 有關整合測試議題提出在燃料裝填完成前之追蹤待辦事項，函待回覆解決。
2. 本次赴日本東芝公司考察主要瞭解其 KK6 核電廠在廠家執行確認(Validation)測試有關之動態性暫態測試作業細節及參訪其相關驗證測試環境，以供龍門電廠將來 DCIS 在現場執行驗證測試之規畫。
3. 另參加第 19 屆核能工程國際研討會(19<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Engineering in Osaka)，會議議程包含討論數位儀控有關現場可程式邏輯閘陣列(FPGA)在核能儀控系統之應用與驗證及整合式控制室與人機介面技術，以及此會議有關福島核電廠事故報告與專題論壇，如「福島核電廠事故與嚴重事故管理」、「福島核電廠事件」、「三哩島核能事故 30 年經驗學習」及「福島事件的經驗學習」等。

## 二、行程與工作項目

起迄日期	工作地點	工作項目
100.10.24 至 100.10.25	日本大阪	參加第 19 屆核能工程國際研討會
100.10.26 至 100.10.27	日本橫濱/ 東京	赴日本東芝公司考察有關龍門計畫 DCIS 現場 驗證測試事宜

## 三、過程與內容

本次公差係於 100 年 10 月 23 日自台北出發，23 日下午抵達日本大阪。自 10 月 24 日起正式於大阪大學吹田校區(Suita Campus, Osaka University)參加 ICONE 19 兩天會議議程。10 月 26 日起正式與東芝(Toshiba)公司針對龍門電廠 DCIS 現場相關整合測試及支援議題，進行為期兩日的會議，會議主題包括討論龍門電廠 DCIS 獨立驗證評估及澄清管制單位對 KK6 有關 DCIS V&V 做法之問題等。此次赴日本公差，其過程與內容擬分參加第十九屆國際核能工程研討會過程及訪問日本東芝(Toshiba)公司並討論龍門電廠 DCIS 獨立驗證評估兩部份說明。

### (一) 參加第十九屆國際核能工程研討會 (19th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE)過程

今年度大會議程受到 3 月 11 日在日本所發生的福島核電廠災害事件影響，延至 10 月 24 日至 25 日於大阪舉行。

截至目前，仍有許多的討論從各方面探討核能發電未來的發展，為此，日本機械工程師學會(The Japan Society of Mechanical Engineers, JSME)已針對相關議題，組成工作團隊，進行事件調查，並將針對該事件，提出相關建議，此外，日本原子能委員會也重新啟動對於核能政策架構的討論，以因應日本核能發電環境的大幅度變化。因此，大阪 ICONE 19 研討會也特別針對相關議題，舉辦專題討論。會議內容摘要如下(研討會議程規劃請參考表 2.1)：

表 2.1 ICONE 19 研討會議程安排

Oct.24	Plenary Session		Technical Session			
	Time	Hall	Room A	Room B	Room C	Room D
	10	Opening Session				
	11	Keynote Session	24A-1	24B-1	24C-1	24D-1
	12		Track 1 & 2	Track 3 & 4 & 5	Track 9	Track 16
	13	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch
	14	Plenary Session I	24A-2	24B-2	24C-2	24D-2
	14:30		Track 2	Track 6	Track 9	Track 16
	15					
	16		24A-3	24B-3	24C-3	24D-3
	17		Track 10	Track 7 & 8	Track 9	Track 9
	18					
	18:30	Banquet	Banquet		Banquet	
	19					
	20					
Oct.25	Time	Hall	Room A	Room B	Room C	Room D
	9	Plenary Session II	25A-1	25B-1	25C-1	25D-1
	10		Track 11	Track 12	Track 13&15	Track 14
	11	Lunch				
	11:30					
	12					
	13					
	14	Fukushima Session Fukushima Forum				
	15					
	15:30					
16						
17						

(1) 10月24日

**10:00-11:00 開幕典禮**

主席群：

姓名	單位	國籍
Yasuo Koizumi	Shinshu University. (信州大學)	日本
Stephen Kidd	World Nuclear Association, WNA (世界核能協會)	英國
Guanghai Su	Xi'an Jiaotong University (西安交通大學)	中國
Masanori Aritomi	Tokyo Institute of Technology (東京工業大學)	日本
Stephen Kidd	World Nuclear Association, WNA (世界核能協會)	英國
Changxin Liu	Chinese Nuclear Society, CNS (中國核學會)	中國

**11:10-13:10 技術議程 (24A-1, 24B-1, 24C-1, 24D-1)**

**TRK 1: Plant Operations, Maintenance, Engineering, Modifications,**

**Life Cycle and Balance of Plant**

**TRK 2: Component Reliability and Materials Issues**

**TRK 3: Structural Integrity**

**TRK 4: Nuclear Technology Applications and Innovations**

**TRK 5: Advanced Reactors and Near Term Deployment**

**TRK 9: Thermal Hydraulics**

**TRK 16: Student Paper Competitions**

**14:00-16:00 技術議程 (24A-2, 24B-2, 24C-2, 24D-2)**

**TRK 2: Component Reliability and Materials Issues**

**TRK 6: Safety and Security**

**16:00-18:00 技術議程 (24A-3, 24B-3, 24C-3, 24D-3)**

**TRK 7: Codes, Standards, Licensing and Regulatory Issues**

**TRK 8: Fuel Cycle, Radioactive Waste Management and Decommissioning**

**TRK 10: Computational Fluid Dynamics (CFD) and Coupled Codes**

(2) 10月25日

**09:00-11:00 技術議程 (25A-1, 25B-1, 25C-1, 25D-1)**

**TRK 11: Instrumentation & Controls**

**TRK 12: Next Generation Systems**

**TRK 13: Fusion Engineering**

**TRK 14: Reactor Physics, Neutronics and Transport Theory**

**TRK 15: Nuclear Education, Human Resources and Public Acceptance**

**13:00-14:00 Fukushima Report**

姓名	單位	題目	國籍
Kunihisa Soda	Japan Atomic Energy Agency (日本原子力研究開發機構)	The accident at the Fukushima Daiichi NPP and severe accident management	日本
Jack DeVine	Worley Parsons	Three Mile Island: Life-changing lessons 30+ years later	美國
Guanghai Su	Xi'an Jiaotong University, China (西	Chinese nuclear education and response	中國



	安交通大學)	to Fukushima accident	
...	...	...	...

**14:00-15:30 Forum: Lessons Learned From Fukushima and Global Initiatives**

姓名	單位	題目	國籍
Koji Okamoto	The University of Tokyo (東京大學)	Fukushima-Daiichi NPP accident	日本
Wataru Mizumachi	Japan Nuclear Energy Safety Organization (原子力安全基盤機構)	Lessons learned from the Fukushima NPS accidents	日本
Salomon Levy	Levy & Associates (past General Manager, BWR operations, GE company)	Strategy and actions to assure BWR safety during SBO	美國
Bryan Erler	American Society of Mechanical Engineers (美國機械工程師學會)	ASME response to March 11, 2011 Fukushima events	美國
...	...	...	...

下面擬就會議議題涉及職等較有相關之數位儀控有關現場可程式邏輯閘陣列 (FPGA) 在核能儀控系統之應用與驗證以及本會議有關福島核電廠事故報告與專題論壇整理如下：

1. 數位儀控有關現場可程式邏輯閘陣列在核能儀控系統之應用  
 此次有關此議題是由烏克蘭、日本及韓國提出，簡述如下：
  - (1) 烏克蘭
    - A. 烏克蘭 Ukrainian Research and Production corporation (RPC)  
 Radiy 是一個 FPGA-based I&C 系統設計與製造公司。其產品已取得 SIL 3 Certification。
    - B. 烏克蘭使用 FPGA 在核電廠數位安全系統平台已有 8 年，共 50 個 I&C 系統已安裝在烏克蘭
    - C. FPGA 科技提供下述 Opportunities
      - a. 可減少軟體 V&V 作業之工作量。
      - b. 在一個 Cycle 內同時處理所有控制演算法(Algorithm)，以保持高性能(RPS Process Cycle 是 10ms)以及提供 determined temporal 特性

- c. 爲了在 I&C 系統間之組件的診斷、儲存、信號處理、資料接收及轉換僅使用軟體，以提供人因介面。這些功能的失效不會影響基本 I&C 系統間之控制功能的執行。同時，作業系統也不會應用在 I&C 系統間之較低的階層。

(2)日本

- A. 日本 Toshiba 用在 NASA 及航太有很好經驗之 Antifuse (Actel 公司) 之 FPGA Type (Non-Rewritable) 而非 SRAM 與 Flash (Rewritable) Type。
- B. FPGA 優點是其爲長壽的產品以及對測試(V&V)的改進，不用作業系統而直接建置系統功能。其缺點是複雜的功能較難達成。
- C. FPGA 是一個 General-Purpose 裝置，同時它的產品壽命被期望較 CPU 爲長。即使 FPGA 要修改，若用 HDL 描述之相同邏輯電路來接替，此替換之 FPGA 是可被使用。
- D. 日本 Toshiba 已應用 FPGA 在 BWR PRN 系統，以及在美國之 ABWR 電廠的 PRNM, SRNM, 及 RTIS 系統。
- E. 其設計與建置共 4 個 Step
  - (A) 轉換系統需求爲 FPGA 邏輯電路，其用非常高速硬體說明語言 (VHDL)。
  - (B) 邏輯合成：將 VHDL 轉爲一個設計建置其稱 Netlist (使用 NAND 及 NOR Gate)，邏輯合成是透過邏輯合成工具來達成。
  - (C) Place 與 Route: 將 Netlist 的邏輯結構製成一個 Fuse Map。
  - (D) 在使用 device programmer 的 Fuse Map 下嵌入邏輯電路爲 FPGA。
- F. 解決 FPGA 設計方法最大的議題之一是怎樣的設計可被驗證 (Verification)。對於 I&C 系統用 Exhaust 或 Full Pattern 測試是不實際，因爲系統輸入信號有數拾個 Bits 而且輸入信號組合的數量變得很龐大。  
日本 Toshiba 爲了解決此議題，設計一個 Functional Element (FE)，此爲一個小數量邏輯電路其可透過 Full Pattern 測試來驗證。對每個 FPGA，一個 FE 是源於功能需求之分解的結構。FE 是被用來建置共用的功能，比如加、乘、比較及資料通訊等。此 FE 必需被 V&V，並且建立及儲存已執行過 V&V 之 FE 庫。FPGA 可透過儲存在 FE 庫之 FE 的組合來建置。  
爲了驗證 FPGA 邏輯是正確的建置，FE 間的連接必需被驗證，其採用 Toggle Coverage Ratio (TCR) 作爲一個評量來判斷 Test case 是否充份驗證其連接。在 FPGA 測試，FE 間之連接是用邏輯 0 到 1 或邏輯 1 到 0 之測試信號 Exercise。  
$$TRC = \text{Number of exercised connections} / \text{Number of operable}$$

connections。

(3) 韓國

A. 韓國管制單位(KINS)對 NPP I&C 系統用 Programmable logic (FPGA) 之設計程序應依軟體生命週期及軟體相關指引發展及審查，以對抗軟體錯誤。即韓國管制單位的立場是 FPGA 設計是被歸類為軟體發展。此乃由於 Ulchin 5&6 採用 Programmable (FPGA)錯誤造成之 Malfunctions 以及透過 KINS 用 Design Validation Platform 對改進 FPGA 設計的品質，確認適當的指引及導出增加之需求的結論。

B. 韓國軟體生命週期法規

(A)International(歐洲)用 ISO/IEC 12207

(B)U.S.是 R.G. 1.173

(C)但 FPGA 是包括硬體與軟體，故與軟體之特是設計生命週期有一些差異。

(D)故 FPGA 在

A. International Standard 是 IEC 62566 ” NPP-I&C Important to safety - selection and use of complex electronic components for systems performing category A functions” (Draft 2009) 其有 V-shaped lifecycle。除發展程序外，其亦有發展 FPGA 之支援作業包括計畫管理、品質保證與控制、CM 及 Verification。

B. 在 US 是 EPRI 1019181” Guideline on the use of FPGA in NPP I&C “ (2009)。其有 V-shape FPGA Lifecycle。生命週期有 4 個 1.Component requirement spec. 2.Preliminary design 3. Design 4. Implementation (包括 Synthesis and Place & route 及 V&V 作業)

C. 相對軟體設計，FPGA 設計有一個好處是一個功能不會干擾到建置在相同裝置上之其它功能。

D. 對於安全分析方面，因 Programming Logic (FPGA)設計沒有明確的安全評估方法，故對 Programmable Logic 設計生命週期之安全分析作業是被排除。

對於 FPGA 設計之安全審查，安全風險分析可能是一個重要的作業，因為在安全系統設計之 FPGA 的功能也許是一個重要的角色，如 CIM (ESF-CCS 優先權邏輯)。然而因為 FPGA 設計可能使用從一個微不足道的邏輯(如用在週邊介面之固定(Glue)邏輯)到系統層級之重要功能(如優先權邏輯)，故定義出安全分析之範圍是很重要。

## 2. 有關福島核電廠事故報告與專題論壇

有關福島核電廠事故報告與專題論壇，主要講者包括：日本原子力研究開發機構 Kuniyoshi Soda 主講「福島核電廠事故與嚴重事故管理」、美國 Worley Parsons 資深副總 Jack DeVine 簡報的「三哩島核能事故 30 年經驗學習」、中國西安交通大學 Guanghui Su 分享「中國核能教育與福島事件回應」、日本東京大學 Koji Okamoto 簡報「福島第一核電廠事故」、日本核能安全組織的 Wataru Mizumachi 所簡報的「福島核電廠事故經驗學習」，美國 Levy & Associates 的 Salomon Levy 報告的「電廠全黑下保障 BWR 安全的策略與行動」，美國 ERLER 工程公司的 Bryan ERLER 說明「ASME 對 311 福島事件的回應」等，希望藉由國際核能技術與運轉經驗持續交流，對國際核能發電安全有所助益。以下簡單說明各主題重點內容：

### (1) 福島第一核電廠事故與嚴重事故管理 (The accident at the Fukushima Daiichi NPP and severe accident management)

#### 重點內容：

- ✓ 嚴重事故管理屬於事故預防的一項要素，其中也包括運轉員在設計基準事故演變歷程中所採取的行動。從過去的經驗發現，透過適當的事故管理可以中斷事故發生的歷程，以及降低放射性後果。
- ✓ 嚴重事故管理的程序與設備，已經納入設計/營運程序書，以作為現有核電廠的安全特徵。
- ✓ 1992 年，日本核能安全委員會(NSC)建議日本電力公司納入 SAM，以提升核電廠安全。
- ✓ 2004 年，SAM 已通過日本原子能安全保安院(NISA)審查，並用於所有日本核電廠，上述內容均已向 NSC 報告，以進行審查。

#### 預防嚴重事故的安全議題

##### 廠址選擇

- ✓ 外部因子：選擇廠址應考慮可能影響電廠安全的區域自然因素與人為風險調查結果，例如地質與地震特性。
- ✓ 輻射影響：選擇廠址應考慮電廠在正常營運與事故狀態下，輻射對公眾與環境的影響。
- ✓ 緊急計畫：選擇廠址應考慮緊急計畫的執行，必須能夠在緊急事故下保障公眾與環境。
- ✓ 餘熱移除：選擇廠址應考慮能夠保障餘熱移除，維持電廠冷卻能力。

##### 安全文化

- ✓ 國際核能安全諮詢小組(INSAG)在“Basic Safety Principles of Nuclear Power Plants”報告中說明安全文化的重要性。
- ✓ 安全文化需由所有使用核能的個人、組織、電力公司與管制單位持續的建立、維護與強化。

### 國際合作

- ✓ 國際協調，如 IAEA 對於安全的公約；國際活動的推廣。
- ✓ 透過資訊的交換、經驗的分享、透過區域/國際架構的技術移轉、雙邊協議等，以確保與強化核能應用的安全。

### 安全作法

- ✓ 預防任何事故的發生，維持電廠與技術人員的最佳狀態，在整個電廠生命週期維持安全意識。
- ✓ 維持透明、誠實、工作動機，以及安全文化等。
- ✓ 提升安全專業技能，知識和技術基礎。

(2)三哩島：三十多年來的經驗教訓 (Three Mile Island:

Life-changing lessons 30+ years later)

#### **重點內容：**

- ✓ 從三哩島事故得到的經驗，到現在仍然非常重要。這些經驗教訓，與福島事件關係特別密切。
- ✓ 日本的核電公司大量參與 TMI-2 復原專案，包括研究、人力、基金等，日本參與該項專案的理由在於能夠分享國際合作的利益與重要性，以及獲得學習的機會。福島事件發生後，將繼續維持這樣的國際合作。
- ✓ 在多年的復原中一花費了數月的時間，才使得電廠完全的受到控制與穩定；大約花了兩年才能夠清楚爐心熔毀的程度；雖然 TMI-1 沒有受損，但也在六年後才能重新啓動，而對於受損的 TMI-2，清除成本大約花十億美金，以及 14 年的時間。
- ✓ 幸運的是一沒有人與環境因此而受到傷害；透過堅固的圍阻體與深度防禦化險為夷。
- ✓ 不幸的是一摧毀了一個花費數十億美元的全新電廠，以及幾乎使一個大公司傾家蕩產。
- ✓ 最不幸的是一三哩島附近以及世界各國均受到驚擾，也傷害了一個蓬勃發展的核工業，但不幸中的大幸是情況沒有更糟。
- ✓ 設計的挑戰：因為法規或經濟需求，導致設計上過度的複雜；而人機介面的設計，無法支援運轉員在異常狀態下的操作需求。
- ✓ 防備的不當：訓練不足或錯誤，緊急反應能力不足，缺乏公眾信任。

- ✓ 短視：心態上普遍的自滿，過度倚賴管制法規，視為真正安全的保障；對於先進技術的盲目，過度僵化或敏感。
- ✓ 對於安全法規的觀點：安全不能完全倚賴符合法規；全盤信任法規並無法保障操作安全。
- ✓ 總有人知道事情始末：找到這個人及鼓勵各階層開放式的溝通。
- ✓ 決策基於資訊，錯誤的資訊導致錯誤的決策：評估資料時證據會說話，永遠要知道來源。
- ✓ 堅固設計和深度防禦真的有作用：設計者、管制者與運轉員過去並未預期到堅固設計和深度防禦的效果。
- ✓ 用意良好且必要的複雜設計可能帶來反效果：在 TMI 事故中，設計的複雜度就是一項初始因子，並使得後來的診斷及更正更為困難。這一類複雜度的問題在營運、維護與建置也有相似的情形。
- ✓ 真實的領導力：一項大規模的成功或失敗往往取決一個人的行動或不行動，而領導者往往不是最後負責的人。

#### (3)中國核能教育與對福島事件的回應 (Chinese nuclear education and response to Fukushima accident)

##### 重點內容：

- ✓ 中國核電廠統計資料(2010年)：14座反應爐營運中，25座反應爐建置中，未來有更多的反應爐計畫興建。
- ✓ 2011年中國大陸即將啟動第12個5年計畫(十二五計畫)，核電方面，依序啟動田灣二期、紅沿河二期、三門二期、海陽二期等項目，並規畫建置桃花江一期、大畷一期和彭澤一期工程。到2015年，中國將擁有核電裝機容量4290萬千瓦。2020年核電總裝機規模達7000萬千瓦的目標；2050年，中國核電總裝機容量達到4億千瓦，核電成為電力工業的主流之一。核電發電量佔總發電量的比重為24%，核電裝機容量佔總裝機容量的16%。
- ✓ 然而，2011年3月11日發生福島核電廠事件。2011年3月16日中國對核設施進行全面的安全檢查，核安全規劃批准前暫停審批核電項目，這包括已開展前期工作的項目。
- ✓ 大學相關科系的錄取成績並未下降，但對於未來一兩年內的就業市場應該有負面的影響。
- ✓ 福島事故告訴我們，嚴重事故的確可能發生，嚴重事故管理(SAM)需要投注更大的心力。

#### (4)福島第一核電廠事故 (Fukushima-Daiichi NPP accident)

##### 重點內容：

- 從這件事故所獲得的經驗：
- ✓ 在輻射風險下，應保障人員與環境。
- ✓ 核能安全應基於深度防禦的概念：事故管理應以嚴重觀點重新檢視；預防任何狀態下的電廠全黑；需要有替代的直流與交流方案；應透過備用元件預防餘熱移除失效；應考慮空氣冷卻系統作為冷卻多重性，應使用適當的過濾通風設備來保護環境。
- ✓ 從這次的經驗知道「改善」是確保電廠安全最重要的工作。

(5)福島核電廠事故經驗學習 (Lessons learned from the Fukushima NPS accidents)

**重點內容：**

- ✓ 來自 12 國的 16 位專家組成 IAEA 審查團隊，作出 15 項結論與 16 項建議。
- ✓ 日本核能管制有二個機關，一個是內閣府下轄之原子力安全委員會(Nuclear Safety Commission)，職司核子反應器安全審查以及核子事故發生時提供政府決策建議，另一個機關是經濟產業省下轄之原子力安全保安院(Nuclear and Industrial Safety Agency)職司核能電廠視察員的派遣以及核設施的安全運轉。福島事件發生時，原子力安全保安院無法有效介入東京電力處理核災，原子力安全委員會也無法掌握正確及時資訊提供政府決策參考，因此延緩緊急事故時決策與救災之執行。

(6)電廠全黑下保障 BWR 安全的策略與行動 (Strategy and actions to assure BWR safety during SBO)

**重點內容：**

- 建議策略與行動項目：
- ✓ 更正海嘯模型與必要的實體變更。
- ✓ 在 SBO 其間保持 SPDS 可用。
- ✓ 確認 IC 與 RCIC 運轉中。
- ✓ 準備外來水源，以保障需要的時候可以注入反應爐。
- ✓ 將熱沉(heat sink)置於反應爐之上，以確保反應爐餘熱移除。
- ✓ 在真實的 BWR 停機時，執行 SBO 模擬測試。

(g)ASME 對福島事件的回應 (ASME response to March 11, 2011 Fukushima events)

**重點內容：**

- 聚焦方面
- ✓ 設計基準外部事件負荷與後果處置
- ✓ 擴大電廠全黑事件

- ✓ 氫氣控制
- ✓ 壓力邊界完整性
- ✓ 圍阻體完整性
- ✓ 燃料池完整性
- ✓ 反應與復原的嚴重事故管理導則
  
- 呼應上述聚焦方面的工作團隊
  - ✓ 設計基準外部事件
  - ✓ 元件完整性
  - ✓ 安全系統反應
  - ✓ 嚴重事故的反應與復原
  
- 團隊目標
  - ✓ 發展與上述各聚焦方面有關的事故資料庫
  - ✓ 組成專家團隊審查未來可能發展的法規與標準，並提出建議
  - ✓ 提供建議供標準委員會參考
  - ✓ 與 NRC, NEI 及其他產業夥伴互動與協調
  - ✓ 與國際夥伴溝通
  
- 目前行動
  - ✓ 提供對於嚴重事故管理導則初步建議給 JSME
  - ✓ 確認所有小組的負責人
  - ✓ 確認所有小組的成員
  - ✓ 依據未來 JSME 的需求提供支援
  - ✓ 建立 U.S. SDO 組織介面
  - ✓ 2011/10/26 於東京與 JSME 召開會議
  - ✓ 2011/11/07-10 於聖路易斯(St. Louis)召開會議



(二) 訪問日本東芝(Toshiba)公司並討論龍門電廠 DCIS 獨立驗證評估

自 10 月 26 日起與東芝(Toshiba)公司針對龍門電廠 DCIS 現場相關整合測試支援議題，進行為期兩日的會議。於 10 月 26 日於 Toshiba 公司磯子核能技術中心(Isogo Nuclear Engineering center)討論「龍門電廠 DCIS 獨立驗證與確認作業方式」與「在電廠已經安裝完成設備上執行驗證與確認測試方式」，此外，並於 10 月 27 日於 Toshiba 東京 Fuchu 工廠實地參訪日本柏崎-刈羽(Kashiwazaki Kariwa)核電廠 6 號機(KK6)執行 FAT 的相關設備與作業環境、新型 ABWR 主控制室的樣式。

1. 10 月 26 日 (Toshiba 公司磯子核能技術中心(Isogo Nuclear Engineering center))

**10:00-10:15 Welcome Remarks/ Safety topic/ Self introduction**

**10:15-10:30 Introduction to Isogo Engineering Center (IEC)**

**10:30-11:00 Introduction to Toshiba Nuclear I&C Organizations**

**11:00-11:30 Revisit to K-6 V&V and associated Q&As**

**11:30-12:00 Toshiba experience on Factory Acceptance Test (FAT) and advances in associated technology/tools**

**12:00-13:00 Lunch**

**13:00-14:30 Facility Tour**

- **Exhibition Corner**
- **Full size mock-up of BWR Reactor Pressure Vessel and associated R&D facilities**
- **3D/6D CAD system demonstration**

**14:30-14:45 Break**

**14:45-16:00 Toshiba proposal for V&V for Lungmen Safety**

**16:00-16:30 Wrap Up and the guidance for the next day**

2. 10 月 27 日 (Toshiba 公司位於東京之府中市(Fuchu City)工廠)

**09:00-09:15 Welcome Remarks/ Safety topic/ Self introduction etc.**

**09:15-10:00 Introduction to Fuchu Complex and Nuclear I&C product**

**10:00-12:00 Shop Tour**

- **Neutron Monitoring System (NMS) including Traversing Incore Probe (TIP)**
- **Reactor Trip and Isolation System (RTIS)**
- **Rod Control and Information System (RCIS) and associated TOSMAP Technology**

- **ABWR Full Scope Simulator**

**12:00-13:00 Lunch**

**13:00-13:45 Toshiba RCIS system, technologies and proposal for Lungmen**

**13:45-14:30 Toshiba FPGA system, technologies and proposal for Lungmen**

**14:30-14:45 Break**

**14:45-15:30 Licensing Status of FPGA Based Safety-Related Systems**

**15:30-16:00 Introduction to Fuchu QA**

**16:00-16:30 Wrap Up**

### 3. 會議內容摘要

會議主要檢視 100 年 9 月 Toshiba 電力公司團隊至龍門電廠現場訪問之綜合報告中，所提出的建議事項執行狀況與其他台電所關心的議題，其中討論細節包括：討論「龍門電廠 DCIS 獨立驗證與確認作業方式」與「在電廠已經安裝完成設備上，執行驗證與確認測試方式」；實地參訪日本柏崎-刈羽(Kashiwazaki Kariwa)核電廠 6 號機(K6)執行 FAT 的相關設備與作業環境、新型 ABWR 主控制室的樣式。

(1) 瞭解日本 KK6 Validation Test 有關 Dynamic Transient Test & Random Inputs Test 之做法及 Toshiba 對龍門所提之 Proposal

A. Toshiba KK6 之 Dynamic Transient Test 及 Random Inputs Test 做法

(A) Toshiba 於 FAT 期間所執行之 Dynamic Transient Test 及 Random Inputs Test 並無相關法規要求。Toshiba 是因全數位化安全儀控系統第一次在日本執行，基於廠家的 Judgment 及責任而執行之。

(B) 執行範圍為 RPS 與 ESF 之數位安全系統。

(C) Toshiba KK6 之 Dynamic Transient Test & Random Inputs Test 是利用自動測試工具(Automatic Test Tool, ATT)來執行以節省測試時間與準備測試報告之時間。採用自動 I/O 測試工具，依 Toshiba 評估大約 1500 類比輸入點以及 4000 數位輸入點其可節省之時間估計

a. 減少測試程序書的準備(從 30 Man day 減為 5 Man Day)

b. 減少測試報告的準備(從 30 Man day 減為 1 Man Day)

c. 減少測試執行的時間(從 90 Man day 減為 10 Man Day)

(D) 自動測試工具是由監視測試控制單元(Supervisory Test Control Unit, STCU)及信號模擬器(Signal Simulator, SS)所組成(如圖一)；其中信號模擬器還包含連接到數位安全系統(Digital Safety System, DSS)RMU 之 I/O 模組以做自動測試工具與數位安全系統實體設備(Physical Equipment)之介面。

- (E)自動測試工具之監視測試控制單元之功能
    - a. 控制信號輸出至信號模擬器
    - b. 測試順序之建置、編輯及自動的執行
    - c. 測試結果之判斷
    - d.自動準備測試報告
  - (F)自動測試工具之信號模擬器的功能
    - a. 與數位安全系統介面
    - b. 產生測試輸入信號到數位安全系統
    - c. 從數位安全系統監視輸出信號
    - d. 手動控制測試輸入信號到數位安全系統
  - (G)KK6 之做法是自動測試工具直接透過信號模擬器的 I/O 模組連接到數位安全系統之 RMU，並從 RMU 擷取相關組件之致動(Enable)信號透過信號模擬器的 I/O 模組送回監視測試控制單元執行比較、判讀、及輸出測試結果，(如圖二(ESF), 圖三(RPS))。
  - (H)Toshiba 執行 Validation 測試為 FAT 的一部份，其使用之自動測試工具並未含 System Process Model，而是由自動測試工具直接在 RMU 擷取相關設備之致動信號，並透過 Plotter 將其設備致動與時間之關係顯示出來，(如圖四所示)。並非原能會及台電人員起初認為需透過 System Process Model 來繪出其輸出結果。
  - (I)KK6 之 Dynamic Transient Test, RPS 有 665 Test Scenarios,及 ESF 有 232 Test Scenarios。其 Scenario 包含設計基礎暫態與現有電廠暫態之經驗。
  - (J)KK6 之 Random Inputs Tests 是隨意輸入 Spike, lamp Change, Noise, Step Change 或上述信號之組合共 524 個信號。
  - (K)Toshiba 在 KK6 花 3 個月準備 Test Cases，2 個月準備測試程序書以及 20 天(此不包含 I/O Module 與自動測試工具的連接及自動測試工具的 Setting up)執行 Dynamic Transient Test 與 Random Inputs Tests。
  - (L)測試結果如圖四例子(ECCS/ESF 系統,有關 Loss of Cooling Accident (with loss of external power) )所示。
- B. Toshiba 對龍門所提之 Proposal
- 台電於 9/16/2011 邀請日本 Toshiba 公司在 KK6 核電廠負責 Validation Test 之 Dr. Akira Fukumoto 與 Mr. Hiroshi Sakamoto 討論有關在 KK6 FAT 執行的情形及赴龍門現場參觀後，此次 Toshiba 在台電赴日訪問中對龍門在現場執行 Dynamic Transient Test 及 Random Inputs Test 認為應是可行並提出其 Proposal。Toshiba 僅簡報但不方便提供資料，職等僅依瞭解及記憶說明如下。
- (A)首先提將來在 Unit 2 執行 Dynamic Transient Test & Random Inputs Test 之程序如下
    - 1. Define the contents for validation test for safety system

2. Establish the organization of validation test team
3. Make validation test plan
4. Make validation test procedure
5. Make validation test tool function
6. Make validation test tool specification
7. Design and manufacture the validation test tool
8. Install validation test tool at site
9. Conduct validation test at site
10. Make validation test report
11. Review the validation test report
12. Evaluate validation test methods and results in comparing with US regulations

- B. Toshiba 建議用在龍門現場測試之系統架構與圖(一)(二)(三)類似。
- C. 職等曾詢問如執行上述測試，有那些問題應注意。其概略提出自動測試工具與數位安全系統之 Separation and Isolation (因自動測試工具是非安全系統)、每個 Scenario Test 間之 Reset、I/O Module 設備之配置與介面(因現場 RMU 散落在不同廠房與樓房地方)及自動測試工具建置等問題，就未再進一步說明。
- D. 職等曾告知台電若做此測試雇用其它廠家有可能涉及 GEH Intellectual Property Right 問題，Toshiba 也提出建議有可能避免的方法如下：

(A) Toshiba 提供自動測試工具

- a. 其所需涉及之資料，如測試 Scenario 可從 FSAR 第 6 章之事故與第 15 章之暫態取得，來準備有關之測試程序書及 Test Cases 等，其認為此 FSAR 應是可公開之資訊。
- b. 此自動測試工具會依龍門電廠之需求(Scope 及 Limitation)調整，台電因在工地測試其 Test Scenario 不可能如 KK 6 在廠家測試，應僅選幾個代表性 Scenario 來測試。

- (B) 有關 I/O Module 因可能涉及要參考龍門相關資料，此設備可由台電準備(INER 或公元)，而 Toshiba 可站在測試指導的立場幫忙。

(2) 澄清管制單位對 KK6 有關 DCIS V&V 做法之問題

- A. Toshiba 所採用之問題導向語言(Problem Oriented Language)這麼神嗎？我們也應如此做。POL 除日本使用外還有那些國家使用？

Ans: 日本 Toshiba、Hitachi 及 Mitsubishi 三個公司在核能應用皆採用 POL 來建置其數位儀控功能，其最大優點是其在設計與驗證時之透明的特性如同類比系統之電路可以逐一查對，是其最大優點。目前瞭解除日本使用外，沒有其它國家使用。

龍門計劃因每廠家皆採用其已有使用過實績(Proven)之程式語言或軟體工具發展，其軟體發展過程皆依龍門計劃承諾相關法規 (BTP-14, IEEE 7-4.3.2 等)執行有關之設計、建置、驗證及測試。目前設備皆已在工地測試，是無法採用 POL 來建置。

B. Toshiba 之自動測試工具能提供各種不同組合的信號，請查証其 Size、Scope 及 Test case 可用在全廠嗎？

Ans: 此自動測試工具提供

(A) Scope: 僅執行 ESF 與 RPS 系統

(B) Size: 執行 KK6 之 Dynamic Transient Test 及 Random Inputs Test 在 ESF 約 500 個 I/O，RPS 約 200 個 I/O

(C) Test case:

a. Dynamic Transient Test:

RPS 有 665 Test Scenarios 及 ESF 有 232 Test Scenarios，每個 Test Scenario 各測 10 次共 8970 test cases。

b. Random Inputs Test:

隨意輸入 Spike, lamp Change, Noise, Step Change 或上述信號之組合共 524 個信號，每個 Test Scenario 各測 10 次共 5240 Test cases。

其並未使用在全廠測試，僅使用在 Validation Test。

C. Table 1: Elements and scope of the digital safety system 所列 PIO 中 RPS 大約 1500 點及 ESF 大約 5000 點算是 I/O 點嗎？

Ans: 是的，其為 RPS 與 ESF 之大約的 I/O 點。

D. Section 3.1.2, 有關 Toshiba KK6 設計沒有信號的處理是透過外部的插斷 (External Interrupts)。莊科長問如何做 V&V?

Ans: V&V 時可查對 Configuration Data，如 Checksum。

E. 日本 KK 6 採用 POL，其可透過對軟體之 Visual programming 及查對，以使軟體具可追蹤性及透明性，關於此點，核四如何面對類似問題質疑？

Ans: 龍門數位安全系統由 NUMAC (RPS/NMS/PRMS/CMS 系統等) 及 DRS (ESF 系統) 兩協力廠家負責軟體之設計、建置、驗證與測試。其中 DRS 有關數位安全系統功能部份是採用 OrCAD 軟體工具建置，其做法與驗證方式與 KK6 採用 POL 非常類似。

另，NUMAC 與 DRS VDU 部份是採制式之程式語言 (如 C, Assembler 等)，其依龍門計劃承諾之相關法規 (BTP-14, IEEE 7-4.3.2 等) 執行有關之設計、建置、驗證及測試等程序。

同時，其 V&V 部份除經軟體發展廠家執行 Internal V&V 外，亦透過 GE IRT 及台電 OIVVT 之獨立審查。

F. KK6 之自我診斷功能若發現任務 (Task) 無法在預定的時間完成或偵測到

一個失效，會將系統帶到一個安全狀態，如何做？

Ans: 可透過 Watchdog Timer 的設計，如超過 Watchdog Timer 設定時間就將系統 Forced into 到安全狀態。

G. Table 2 對於 Summary of V&V procedure 中之 Step 4: Verification of software installation (verification 5)，POL 在此階段能幫什麼忙？

Ans: 此 Verification 5 是比對軟體轉換為 2 進位元之 Bit 與燒入在 Firmware (ROM)之 2 進位元的 Bit 是否一樣，以確保其燒置過程無誤。其透過 Maintenance Tool 自動比對。

龍門之 Firmware 是透過 Checksum 來查對以確保燒置過程無誤。

H. 有關 KK 6 自動測試工具(Automatic test tool) 的問題

(A)長相如何？

Ans: 自動測試工具長相如圖(五)。

(B)功能如何？

Ans: 自動測試工具是由監視測試控制單元(Supervisory Test Control Unit, STCU)及信號模擬器(Signal Simulator, SS)所組成(如圖一);其中信號模擬器還包含連接到數位安全系統(Digital Safety System, DSS) RMU 之 I/O 模組以做自動測試工具與數位安全系統實體設備 (Physical Equipment)之介面。

a. 其自動測試工具之監視測試控制單元之功能

- (a)控制信號輸出至信號模擬器
- (b)測試順序之建置、編輯及自動的執行
- (c)測試結果之判斷
- (d)自動準備測試報告

b.其自動測試工具之信號模擬器的功能

- (a)與數位安全系統介面
- (b)產生測試輸入信號到數位安全系統
- (c)從數位安全系統監視輸出信號
- (d)手動控制測試輸入信號到數位安全系統

(C)圖一所示那邊是上游?那邊是下游?如何接實體待測系統?

Ans: 上游與下游顯示於圖一。

KK6 之做法是自動測試工具直接透過信號模擬器的 I/O 模組連接到數位安全系統之 RMU，並從 RMU 擷取相關組件之致動(Enable)信號透過信號模擬器的 I/O 模組送回監視測試控制單元比較、判讀、及輸出測試結果，(如圖二(ESF), 圖三(RPS))。

(D)能夠更深入了解自動測試工具的細節嗎？如它可同時多少輸入信號？監視多少輸出信號？

Ans: KK6 執行 Dynamic Transient Test 是以每個 Scenario Test 逐一送

入測試，因每個 Scenario Test 完成後，需重新 Reset 才能進行下一個案例，故其每次輸入約在 16 信號內，而輸出信號之監視是涉及有關之 Pump 或 Valve 之致動信號，其數量也不會超過 16 信號。

(E) 有關圖四所示之例子如何解讀？

a. 同時加數位輸入與類比輸入嗎？可以類比模擬嗎？

Ans: 可以同時加數位輸入與類比輸入，也可以類比模擬。

b. 603C, 111C 代表意義為何？

Ans: C 是指 Raw data 之 Count，故 603C, 111C 各可視為其在 L-1.5 與 L-1 其 Raw data 之 Count 的值。

c. 輸出又是監視那些地方呢？意義何在？

Ans: 其輸出是監視從 RMU 送出之相關組件的致動(Enable)信號。其目的是透過信號模擬器的 I/O 模組送回監視測試控制單元比較、判讀、及輸出測試結果。

I. Lungmen 有使用在 KK 6 做為信號處理之 32 位元的快速微處理器 DCU 與 IFU 嗎？對應的設備是什麼？

Ans: KK6 中所使用之 DCU(Data Communication Unit)屬網路卡，IFU(Interface Unit)為介面卡(Gateway), KK-6 與龍門基本架構及廠家有很大不同，龍門計劃數位安全系統亦有 32 位元的快速微處理器執行網路間之介面如 NIM(Network Interface Module)及 CIM (Communication Interface Module)，但無法完全對比檢討。

J. PCT 與 Pre-Op 測試也會做 Failure safe 測試嗎？

Ans: Pre-Op 會做 Failure safe 測試，但 PCT 執行 I/O connection test, MMI, 及 Alarm 測試等應不會執行 Failure safe 測試。

K. 對於 Toshiba 在 KK6 所執行之 Step 5: Validation test，包括 I/O matrix test; instrumentation loop test; system logic test; system failure test; system response test，dynamic Transient Test (additional test), random input test (additional test)。

(A) Lungmen 計劃作的情形如何

Ans: 龍門計劃對於 KK6 所執行之 Step 5: Validation test 所述之範圍除 dynamic Transient Test 和 random input test 兩個 additional tests 外皆有執行。

(B) 如果以此為 Validation test 的 scope，我們似也做了不少？不應有未做 Validation tests 的質疑？

Ans: 是的，KK6 所執行之 Step 5: Validation test 所述之範圍皆有作。現在易俗委員的質疑僅 KK6 所額外執行之 dynamic Transient Test, random input test，其它皆沒意見。

(3)於 Toshiba Fuchu 工廠實地參訪日本柏崎-刈羽(Kashiwazaki Kariwa)核電廠 6 號機(K6)執行 FAT 的相關設備與作業環境、新型 ABWR 主控制室的樣式。

- **Exhibition Corner**：作為外賓參觀展示與核能教育之用，主要用以說明火力發電與核能發電之異同，另外，也展示 Toshiba 先進反應爐技術，其教育意義如台電北/南展館。
- **Full size mock-up of BWR Reactor Pressure Vessel and associated R&D facilities**：本參觀點為以一比一之比例所建立之反應爐壓力槽，作為新型設備研發實驗與操作人員訓練之用。
- **3D/6D CAD system demonstration**：透過以 2.7\*7.3 平方公尺所建構之大型 3D 顯示螢幕，搭配 3D 眼鏡，使操作人員有身歷其境的融入感，該設施主要用以遠距協同溝通與設計協調，除了 3D 的概念之外，另外加入時間、數量、資源等 3D，稱為 6D CAD System，可搭配甘特圖，作為工程管理之用，並可協助工序規劃與設計，以及管路組裝拆卸與風險評估之工具。
- **Shop tour: Neutron Monitoring System (NMS) including Traversing Incore Probe (TIP); Reactor Trip and Isolation System (RTIS); Rod Control and Information System (RCIS) and associated TOSMAP Technology**，於 Toshiba 工廠參觀上述各項設備，並由相關設備工程師現場進行簡報。
- **ABWR Full Scope Simulator**，對於操作與監控作業，主控制室控制盤面必須能夠符合 NUREG-0711 與 NUREG-0700 等法規的要求，因此，Toshiba 於其工廠建置全功能主控制室模擬器，以執行業主要求之相關人因驗證，包括顏色設定、反應時間、盤面尺寸等。



## 貳、出國心得與感想

本次赴日本大阪參加第十九屆國際核能工程研討會(19th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE)，以及參訪日本東京東芝(Toshiba)公司，並討論龍門電廠 DCIS 獨立驗證評估作業等相關議題。職分別針對參加第十九屆國際核能工程研討會(19th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE)與訪問日本東京東芝(Toshiba)公司進行心得說明：

### 一、參加第十九屆國際核能工程研討會

#### (一) 福島核電廠事故仍是國際關注焦點

從本次歐美人士踴躍參與研討會的程度，可知福島核電廠事故仍是國際關注的焦點，而從本次的專題演講主題，可以發現，來自日本的講員，主題主要圍繞在說明福島核電廠事件；來自美國的講員，則主要在說明三哩島核電事故後美國在核電廠管理上的變革；而中國的講員則主要圍繞在中國對於核電事故的回應，並說明核能相關教育，如大專院校學生與就業市場的變化。

#### (二) 嚴重事故的行政管制與法規定期更新

IAEA 的專家小組對於福島事故，也在本次會議中提到三點結論，首先是針對外部風險影響的部分，受到福島事故的經驗，IAEA 認為應該定期的(如每十年)就法規面進行調整；其次，IAEA 也認為應該強化嚴重事故的管理，IAEA 提到，雖然日本針對嚴重事故的管理，有其年度訓練，但實際上複雜的架構與組織，對於緊急情況下的決策制定，卻可能造成延遲的結果；最後，呼應第二點，IAEA 也認為日本的行政管制組織過於複雜，但日本政府對於此部分並未回覆。

#### (三) 技術議程參加心得

由於技術議程的相關論文在日本福島事故發生前均已投稿及收錄，因此，本次技術議程較少看到相關論文對於該事故的研究結果，本次參加之議程，主要是核電廠運轉、維護、工程、修改與生命週期以及現場可程式邏輯閘陣列(FPGA)在核能儀控系統之應用方面。目前在數位儀控審照議題上，因 FPGA 勿需作業系統之支援減少系統之複雜性。使其有漸漸取代微處理器化之安全數位儀控系統。故，職等僅將較有關係之 FPGA 目前發展現況提出說明。

## 二、訪問日本東京東芝(Toshiba)公司

### (一) 東芝(Toshiba)公司對於參訪的安排表現專業與細心

於本次參訪過程的前置作業，包括飯店位置的選定、與會人員用餐習慣的調查，顯示出日本人對於資料收集的細心；參訪過程中，對於本公司有關議題的回應，顯示出其專業及有充份的準備，使會議相當順暢；然而，由於該公司對於研發資料相當保護，未提供電子與書面資料，也不能於廠區內攝影，因此，對於會後資料整理相當不易。

### (二) 東芝(Toshiba)的 3D/6D CAD 系統展示技術

Toshiba 公司的 3D 虛擬實境技術主要分為兩類，第一類首先是以 3D 建立模擬軟體進行模型繪製，其次，再將模型匯入虛擬實境軟體，進行動作與場景等相關屬性之設定，上述製作方式，可以針對設計階段的相關產品進行分析；第二類則主要針對現有電廠，以 3D 照相機將實物轉成立體圖檔，再將其進行模型調整與修飾，再匯入虛擬實境軟體，比較特別的是，東芝公司將原先的 3D 概念，加入時間、數量、資源等三項維度，並命名為 6D，使 3D 模型加入工程管理的思考，未來可以用於設計、運轉、維護、更新、除役等電廠生命週期，並可以於會議室中針對各項議題，進行遠端會議與溝通協調。

### (三) 東芝(Toshiba)的 ABWR 全功能模擬器

基於符合各國電廠及管制單位對於控制盤面的相關數位儀控與人因工程之法規要求，東芝公司在其工廠建置一座 ABWR 全功能模擬器，並嚴格的管制進入人員，主要用以進行相關議題的驗證與實驗，諸如盤面設計尺寸議題、介面色彩設定議題、系統反應時間、眩光議題等均能在其模擬器上進行驗證與測試，本公司目前於龍門電廠，以及核三廠所遭遇的眩光議題，日本也曾遭遇類似的問題，東芝公司也花費相當大的心力進行研究，主要改善採取燈具位置的調整、燈具選用 LED 縮小單一照明面積、VDU 採用降低眩光的材質(採用霧面較不易反光,如目前 DRS 畫面)、減少水平 VDU 的使用等，均能有效降低眩光在主控制室中的影響。

## 參、建議事項

- 一、在龍門工地執行 DCIS Validation Testing 中有關 Dynamic Transient Testing 之可行性
  - (一)現龍門 DCIS 有關 Validation test 中 Dynamic Transient Testing 未在廠家驗收測試時執行，被管制單位質疑 DCIS 整體測試之完整性而在 FSAR 審查後之安全評估報告 (SER)列為追蹤待辦事項。
  - (二)此次在日本與 Toshiba 公司做更進一步討論，依其在今(100)年 9 月在龍門工地勘查及研究後，評估將來在二號機執行的可行性，經其評估是可行的並提出其建議書。但其亦提出要注意可能面臨之問題，如自動測試工具與數位安全系統間之隔離(Separation and Isolation)(因自動測試工具是非安全系統)、每個測試劇本間之重置、I/O Module 設備之配置與介面(因現場 RMU 散落在不同廠房與樓層)以及自動測試工具建置等問題。
  - (三)當然，台電是先希望能透過其它方式與管制單位溝通龍門 DCIS 之 Validation Test 除符合法規之要求外，並透過其它之測試(如 FAT, Pre-Op,額外之 6 個現場測試及 Start Up 測試等)來證明足夠含蓋管制單位所述之 Dynamic Transient Testing; 同時並說明若要在工地實際執行此項測試，設備有可能面臨那些風險，使其可被管制單所接受。
  - (四)但，萬一將來台電之說明未能被管制單位接受，則需儘早規劃(執行所需之預算與時程)，以避免造成二號機商轉之延宕。

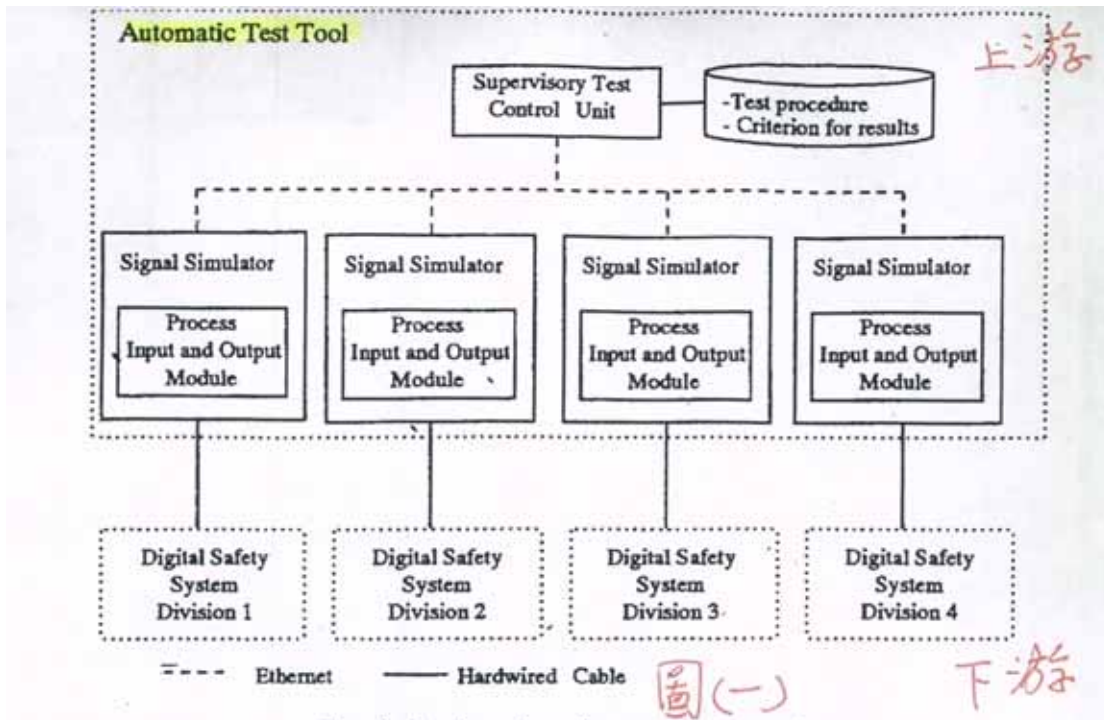


Fig. 8. Configuration of automatic test tool.

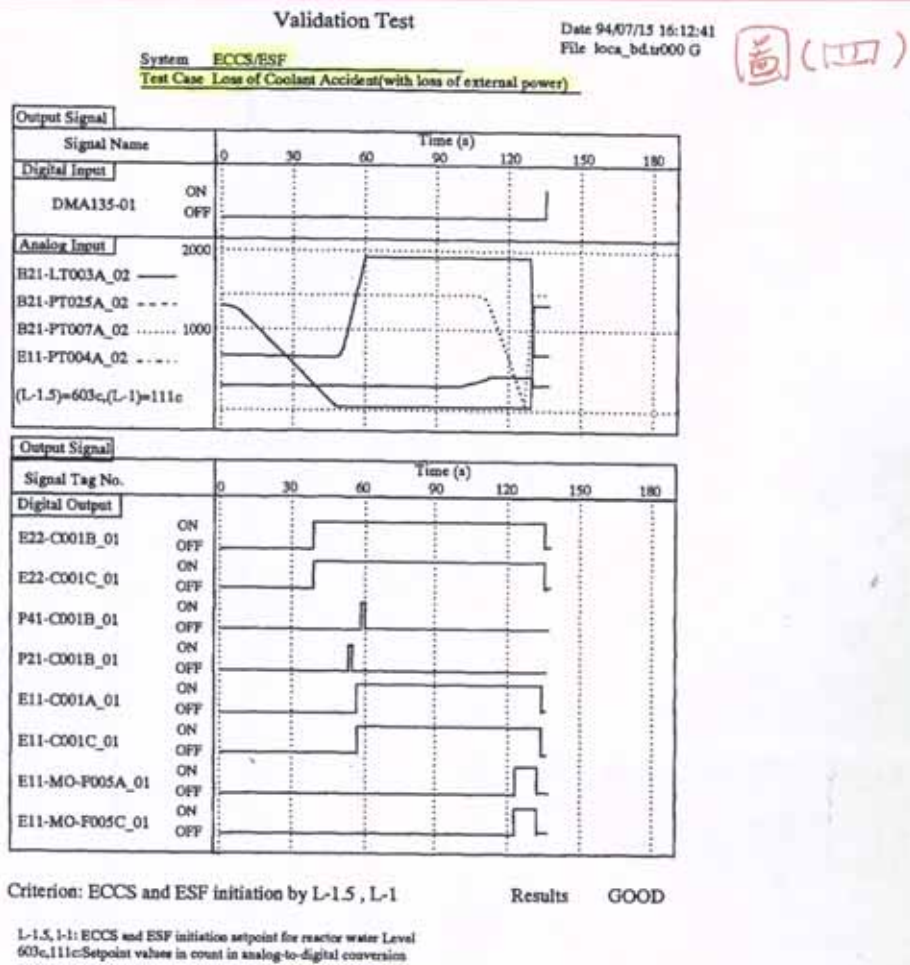
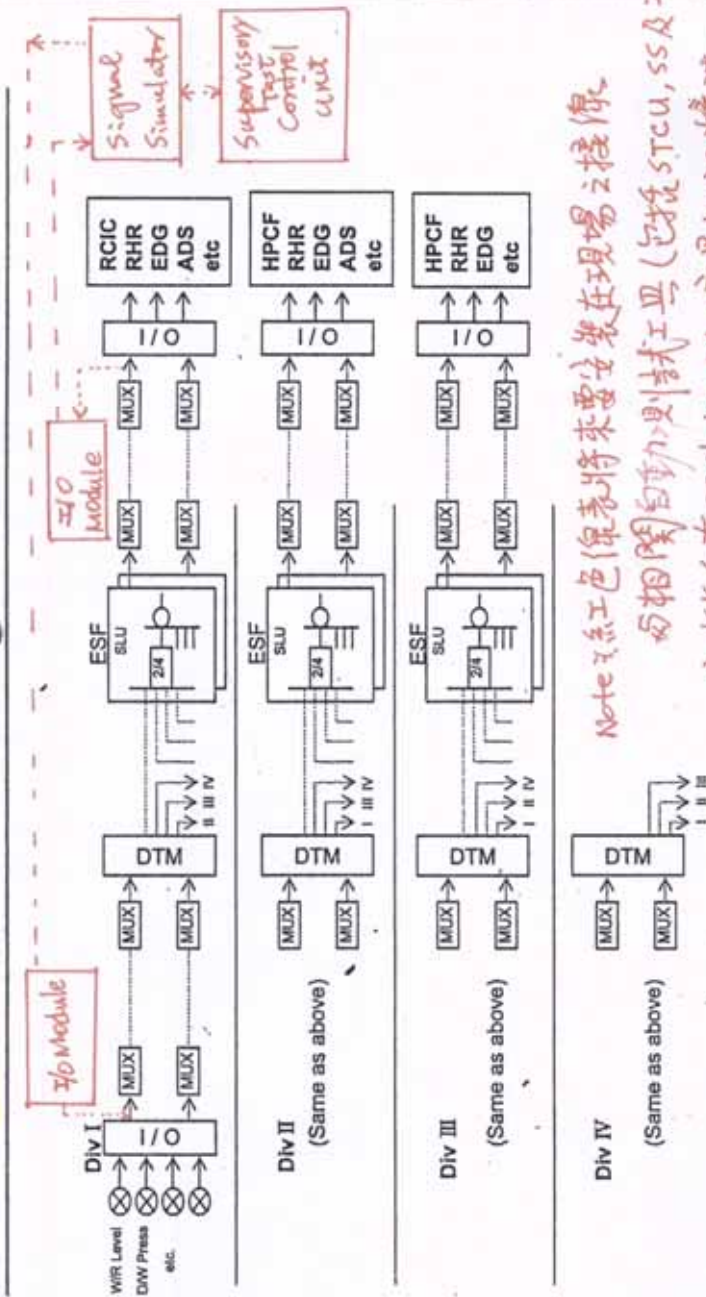


Fig. 9. Example of automatic test tool output.

圖(二)

# ESF actuation logic for ABWR

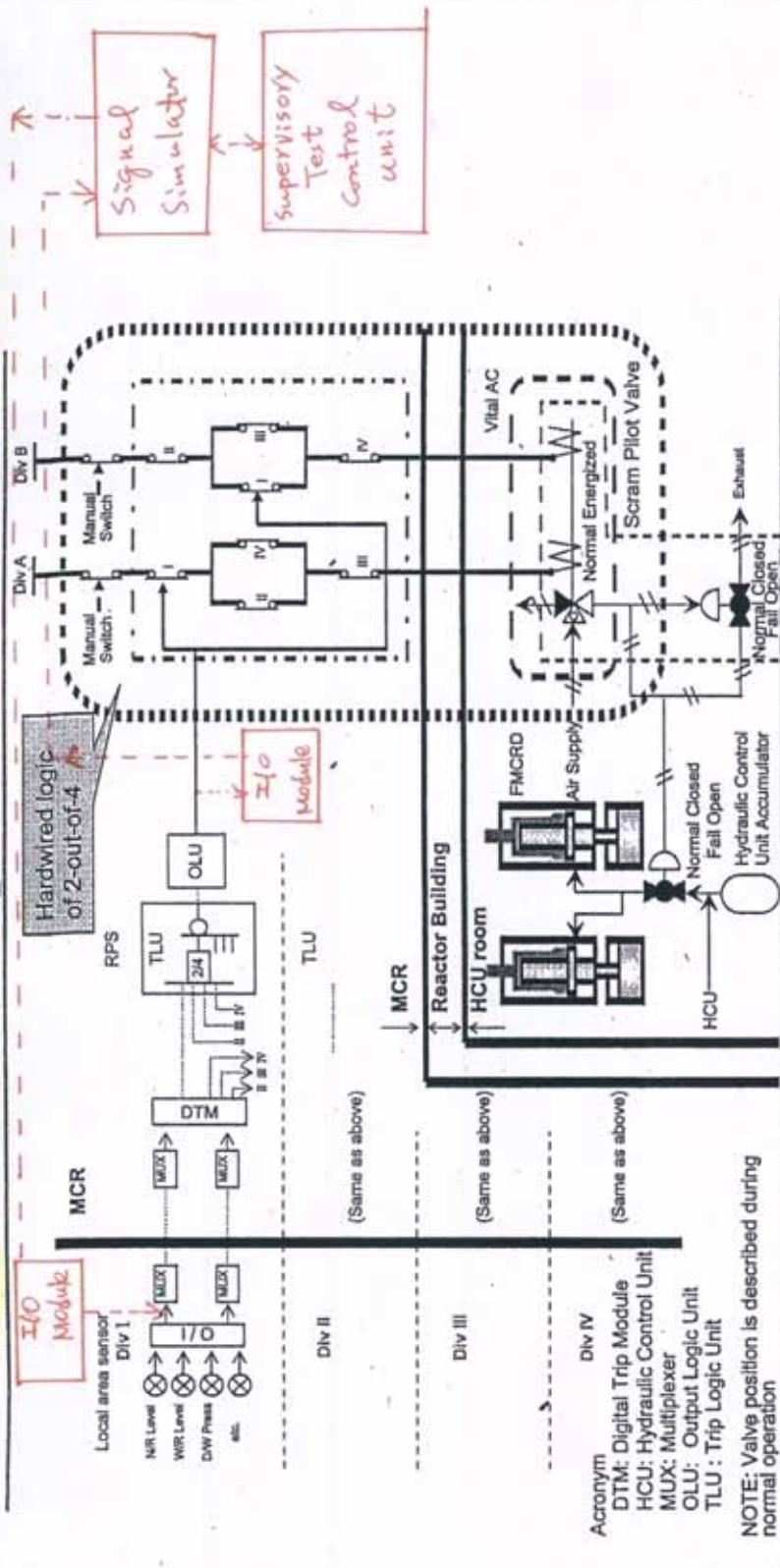


Note: 紅色線表將來要安裝在現場之接線

而相關自動測試工具 (包括 STCU, SS 及 I/O Module)

α-KKB 在 Toshiba FAT 亦是如此接法。

# RPS actuation logic for ABWR (三)



Acronym  
 DTM: Digital Trip Module  
 HCU: Hydraulic Control Unit  
 MUX: Multiplexer  
 OLU: Output Logic Unit  
 TLU : Trip Logic Unit

NOTE: Valve position is described during normal operation

Note: 1. 系工色線表特來要安裝在現場之接像而相閉自動測試工器 (包括 STCU, SS 及 I/O Module)  
 2. KKB 在 Toshiba FAT 亦是如此接法。

# Configuration of Validation Test

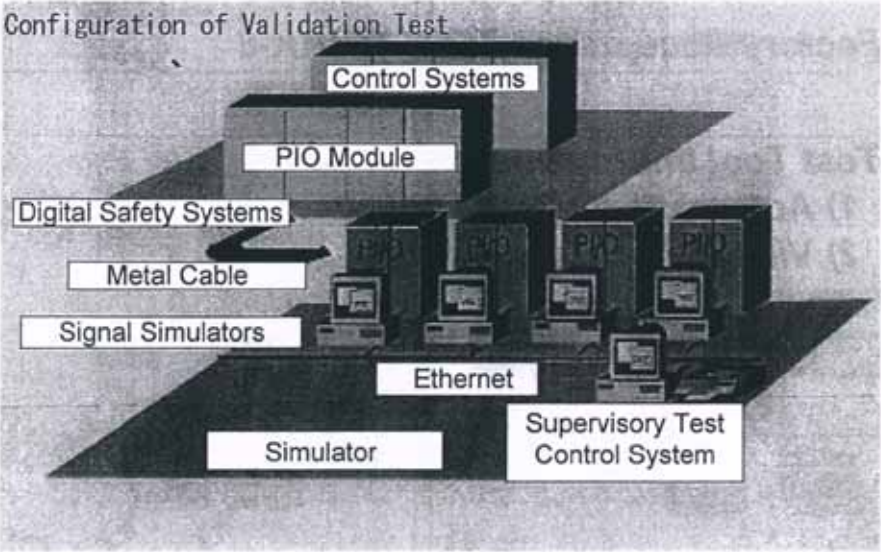


圖 (五)