行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：出席國際會議)

赴匈牙利參加 OECD/NEA 主辦之 COMPSIS 會議

出　國　報　告

服務機關：原子能委員會

出國人 職　　稱：簡任技正兼科長

姓　　名：莊長富

出國地點：匈牙利布達佩斯

出國期間：95 年 10 月 22 日至 10 月 29 日

報告日期：96 年 1 月 9 日

摘　　要

「核電廠重要安全系統電腦失效分析計畫」（COMPuter-based Systems Important to Safety Project，簡稱 COMPSIS）係由經濟合作暨發展組織核能署 OECD/NEA 主辦，目的在鼓勵各參與國藉由多邊合作之架構，進行核電廠重要安全系統電腦失效事件（亦稱 COMPSIS 事件）之蒐集與分析，並互相交換經驗及資訊。鑑於其有助於提升核能安全，我國乃決議參加。該計畫自 94 年 1 月 1 日起正式運作，期程 3 年，參加年費為 10,000 歐元，每半年召開會議一次，迄今已開過三次會。本次會議係第四次會議，於匈牙利布達佩斯原子能管制局總部舉行，會員國包括美國、德國、瑞士、瑞典、芬蘭、匈牙利、斯洛伐克、韓國及台灣等國皆派員出席，國內由職及核研所核儀組副組長郭成聰博士及黃揮文等共三人代表與會。會中由 OECD/NEA 秘書 Dr. Pyy 協助現任主席瑞典籍 Mr. Bo LIWANG 主持會議，前二天重點在於討論計畫執行現況與工作細節，另 Dr. Pyy 也提出本計畫第二期（2008~2010）工作計畫條款（T&C）請各會員國攜回並於 2007 年元月底之前擲回參加意願；第二天下午起由與會國家報告該國核電廠發生與電腦有關的事件，其中包括我國報告 95 年 5 月核三廠因燃料吊車軟體安裝問題致發生燃料棒傾斜事件，瑞典代表報告引起全世界關注的 Forsmark 核能電廠一號機喪失外電事件等；第三天下午則赴匈牙利 Paks 電廠參觀。

COMPSIS 計畫已漸在國際核能界打開知名度，如美國核管會委員 Peter B. Lyons 在去（95）年 11 月底在美國新墨西哥州阿布庫奇市（Albuquerque）市舉行的美洲核能協學冬季會議上的 Keynote Speech 也特別提到他對 COMPSIS 計畫的了解與期望。我國並非 OECD 會員，卻能獲得 COMPSIS 合作計畫主辦單位主動邀約參加，並擔任本計畫「失效事件分析」工作的主要負責國家實屬不易，我國更應把握機會積極參與，不僅使 COMPSIS 合作計畫成果有助於我國核安管制，也為未來參與 OECD／NEA 其他國際合作計畫預先奠下良好基礎。

目　　次

表　目　錄

一、目的

「核電廠重要安全系統電腦失效分析計畫」（Computer-Based Systems Important to Safety Project，簡稱 COMPSIS）係由經濟合作暨發展組織核能署（OECD/NEA）主辦，目的在鼓勵各參與國藉由多邊合作之架構，進行核電廠重要安全系統電腦失效事件之蒐集與分析，並互相交換經驗及資訊。本會於 2004 年 10 月接獲 OECD/NEA 邀請參加該計畫函後，鑑於其有助於提升核能安全，即洽核研所與台電公司共同決議，以分攤年會、資訊共享之方式共同參加。該計畫自 2005 年 1 月 1 日起正式運作，期程 3 年，參加年費為 10000 歐元，每半年召開會議一次，迄今已開過三次會，我國為履行會員國的權力與義務均派員出席，本次會議係第四次會議，於匈牙利布達佩斯原子能管制局（Hungarian Atomic Energy Authority, HAEA）總部舉行，由職及核研所核儀組副組長郭成聰博士及黃揮文等共三人代表與會。

因此，此行的主要目的為赴匈牙利布達佩斯參加由經濟合作暨發展組織核能署主辦之第四次 COMPSIS 會議，討論計畫執行現況與工作細節，另並蒐集各國的核電廠重要安全系統電腦失效事件（亦稱 COMPSIS 事件）及與各會員國代表的交流。

二、行程

此次出國公差含去程及回程共八天，行程如表一：

表一 行程內容概要

日期	行　　程　　概　　要
10 月 22 日	去程 (台北～布達佩斯)
10 月 23 日	去程 (台北～布達佩斯)
10 月 24 日	COMPSIS 會前會暨資料整理 (布達佩斯)
10 月 25 日	COMPSIS 會議 (布達佩斯)
10 月 26 日	COMPSIS 會議 (布達佩斯)
10 月 27 日	COMPSIS 會議 (布達佩斯)
10 月 28 日	返程 (布達佩斯～台北)
10 月 29 日	返程 (台北)

三、過程

本次會議係第四次會議，會議於匈牙利布達佩斯原子能管制局（Hungarian Atomic Energy Authority, HAEA）總部舉行，會員國除日本未派代表外，其餘包括美國、德國、瑞士、瑞典、芬蘭、匈牙利、斯洛伐克、韓國及台灣等國皆派員出席，各國代表共 18 人，國內由職及核研所核儀組副組長郭成聰博士及黃揮文等共三人代表與會。會中由 OECD/NEA 秘書 Dr. Pyy 協助現任主席瑞典籍 Mr. Bo LIWANG 主持會議，前二天會議重點在於討論計畫執行現況、預算使用情形、各項工作執行細節與里程碑達成狀況、未來計畫成果（報告/論文）展現方式、各參與國/國際相關活動及未來規劃等，另 Dr. Pyy 也藉此機會先提出本計畫第二期（2008~2010）工作計畫條款（T&C），請各會員國惠提意見，並於 2007 年元月底之前擲回是否繼續參加之意願；第二天下午起由與會國家報告該國核電廠發生與電腦有關的事件，其中包括我國報告 2006（95）年 5 月核三廠因燃料吊車軟體安裝問題致發生燃料棒傾斜事件，現任主席 Mr. Bo LIWANG 代表瑞典報告 2006 年 7 月發生且引起全世界關注的 Forsmark 核能電廠一號機喪失外電事件等；第三天下午則遠赴離布達佩斯 200 多公里外的 Paks 電廠參觀，它位於匈牙利中部，是匈牙利唯一的一座核電廠。以下將就此行過程分(1) COMPSIS 計畫執行現況與工作細節、(2)與會國家報告 COMPSIS 事件、(3)參觀匈牙利 Paks 電廠等三部分，分別說明如下：

(一)COMPSIS 計畫執行現況與工作細節

對於目前經費的使用，與會各會員國代表並無異議。有關 COMPSIS 計畫相關議題方面，本次會議討論的重點仍在編碼導則（Coding Guideline），按計畫原訂的工作時程，本項工作應該在上次會議（半年前的第三次會議）

就應定案，此次會議仍進行討論顯然有點落後，大會針對上次會議列出的28 件待處理事項逐一檢視，經過廣泛討論後，除留下少數問題延後處理外，決議請德國負責依會議討論意見修改，俾各會員國據以開始輸入 COMPSIS 事件，然後視需要依輸入失效事件後發現的問題，再修訂編碼導則。資料庫/使用者介面格式同時將配合此次編碼導則討論內容，於 2006 年 11 月 15 日前完成修正，以方便各會員國輸入資料；根據本次會議調查統計，2007 年 2 月前，資料庫內預估會有 45 項失效事件輸入。

本次會議中，我們也針對會前所蒐集各會員國（十個參與國中，原有六個國家回覆，會中瑞典再表達其意見）期望的 COMPSIS 事件分析類型（type）作整理報告。依據各會員國所提出的需求，顯示多數國家傾向定性分析，只有美國、韓國等兩個國家同時對定性和定量分析感興趣。此項調查結果，將可提供未來各會員國執行資料分析參考。

最後決議明年春季會議（第五次會議）將訂於五月在美國華盛頓 DC 舉行（事後美國代表以電郵向大會執行秘書 Dr. Pyy 表示由其主辦有問題，經處理後將改在瑞典的斯德哥爾摩，會議日期為 2007 年 5 月 8-10 日），秋季會議（第六次）將由德國主辦，日期暫定為 2007 年 10 月 17-19 日，會議地點可能為慕尼黑或科隆。另針對自 2008 年開始展開的第二階段 COMPSIS 計畫，大會執行秘書 Dr. Pyy 希望各與會國仍共同參與。經審視下一階段的條款與條件（Terms and Conditions, T&C）初稿，其內容對現已參加的國家而言，仍與第一階段相同，即年費仍維持一萬歐元；而對於擬新參加的國家而言，除年費一萬歐元外，還需繳交三萬歐元入會費（似補足第一階段未參加所少繳的三年年費）。對於我國是否再入會，本會宜擇期召集核研所及台電公司討論後決定，惟鑒於 COMPSIS 計畫已漸在國際核能界打開知名

度，如美國核管會委員 Peter B. Lyons 在去年 11 月底在美國新墨西哥州阿布庫奇市（Albuquerque）市舉行的美洲核能協學冬季會議上的 Keynote Speech 也特別提到他對 COMPSIS 計畫的了解與期望*。我國並非 OECD 會員，卻能在第一期計畫剛開始之際，獲得 COMPSIS 合作計畫主辦單位主動邀約參加，並擔任本計畫「失效事件分析」工作的主要負責國家實屬不易，因此對於是否繼續加入第二期計畫，職認為我國更應把握機會積極繼續參與，不僅使 COMPSIS 合作計畫成果有助於我國核安管制，也為未來參與 OECD／NEA 其他國際合作計畫預先奠下良好基礎。

*美國核管會委員Peter B. Lyons的"Achieving Improved Nuclear Plant Safety Through Digital Technologies - The Regulator's Perspective" Keynote Speech中有關COMPSIS的演說詞如下：

"Also, I'm very pleased that Halden is working with the OECD's NEA to develop a new database, named Computer Systems Important to Safety, or COMPSIS, to collect digital system failure information to support improved operation and regulation of digital systems. The NRC encourages this effort and expects that it will improve our understanding of digital system failure modes and frequencies based on a worldwide data gathering effort. Halden also cosponsored a workshop in May with the NEA's Working Group on Human and Organizational Factors on "Future Control Station Designs and Human Performance Issues in Nuclear Power Plants," which will help focus human factors work at Halden and elsewhere. "

三天會議結束之後，隔週 COMPSIS 執行秘書 Dr. Pyy 便將整個會議過程及重要決議事項整理成會議紀錄草案寄送到各國 COMPSIS 聯絡人及本次會議出席代表電子信箱內。另外，職也把握機會利用會議後的空檔時間，陪同核研所核儀組副組長郭成聰博士及黃揮文積極與美國代表 Tekia V. Govan 小姐洽談核研所擬與美國核管會（USNRC）進行的合作協議書草案內容，Tekia V. Govan 小姐是 USNRC 年輕的儀控工程師，由於第二天 COMPSIS 會議後我們仍留在會場洽談合作協議書草案內容甚久，因此我們提議由台灣三位代表請她吃晚飯，她欣然答應，也建立我們與她良好的關

係，她返美後更寄來"NRC Digital System Research Plan FY 2005 – FY 2009"。

綜合本次會議主要議題討論，可整理出下列相關行動項目：

- OECD/NEA 發佈 2008-2010 COMPSIS 工作計畫條款與條件（Terms and Conditions, T&C）初稿－2006 年 11 月。
- 各國 COMPSIS coordinator 對 T&C 提供意見－2007 年 1 月 31 日前。
- NEA 發佈第二版 2008-2010 COMPSIS T&C－2007 年 2 月 15 日。
- 舉行研討會討論各國輸入事件資料品質－第五次指導小組會議會期
- CLH（註：協助本計畫的公司）在 COMPSIS 網頁提供事件輸入範例－2006 年 12 月 31 日前。
- 舉行第五次指導小組會議－2007 年 5 月 8-10 日。
- 舉行第六次指導小組會議－2007 年 10 月 17-19 日。

(二)與會國家報告其 COMPSIS 事件

第二天下午至第三天上午開始由與會國家報告 COMPSIS 事件，計有 8 個國家作簡報，題目如下：

我國：Fuel Inclined Due to Improper Software Design Change Process and Unauthorized Operation of Refueling Machine Control System.

瑞典：Loss of 400KV and Subsequent Failure to Start Emergency Diesel Generators（25 July 2006 Forsmark 1）.

美國：United States Digital System Failure Events

韓國：Major Events of the Secondary Digital I&C System in Korean NPPs.

芬蘭：NPP Digital I&C in Finland.

瑞士：Events-- Part 1 RPS and Events, Part 2 HMI.

德國：Overview German Events.

匈牙利：PAKS NPP

這些簡報資料都已放在 COMPSIS 網站 http://www.compsis.org/project-room/上。瑞典 Forsmark 核能電廠一號機 2006 年 7 月 25 日失電事故由擔任主席的 Mr. Bo LIWANG 進行簡報，由於該事件是全世界核能界關注的事件，蒐集該事件相關資料也是本次會議重要目的之一，因此特加以敘述如下：

- 事件時間：2006 年 7 月 25 日
- 事件名稱：喪失 400 kV 電力與隨後緊急柴油機啟動失效（Loss of 400 kV and subsequent failure to start emergency diesel generators）
- 事件說明：

  Forsmark NPP 有三部沸水式（(BWR，WH Atom-即先前之 ABB Atom)機組。發生事故的第一號機組於 1980/6/5 初次併聯，在 1980/12/10 商轉，有兩部汽輪發電機（3000 rpm），發電量為 504 MWeX 2，扣除廠內用電（House Load）後淨輸出為 968 net MWe。2006/7/25，瑞典 Forsmark Kraftgrupp AB（FKA）公司 Forsmark 核電廠一號機正常滿載運轉（兩部發電機出力共 1008MWe），二號機停機大修中；包商 Svenska Kraftnät（schwedi-. schwer Stromversorger, SVK）於滿載情況下，在 400kV 開關場開啟 1 只 section disconnector 時，產生電弧及接地短路，Line Breaker 跳脫，控制棒自動插入，再循環水泵 Run-back，兩部汽輪發電機仍持續供電 House load。緊接著反應器急停及圍阻體隔離。廠內 4 串 500VAC Bus 中的 2 串喪失電

達 22 分鐘,直到此 2 串緊急柴油發電機(Emergency Diesel Generator, EDG) back-up 500V Bus 以手動方式投入 6kV 系統（從 70kV 外電轉供）後，恢復廠內 4 串 500VAC 電源，機組才進入安全狀態。在事件 22 分鐘中，控制室內訊號和與資訊受到干擾，包括：

1.喪失控制棒位指示（A、B 串）、

2.喪失中子通率儀器（A、B 串）、

3.喪失監控電力參數儀器、

4.電力系統的指示標籤不清楚。

■ 事件肇因：

1.400kV 開關場工作之行政管理與聯繫不當。

2.400kV 開關場電弧事故因開關場的 lining 而未能由匯流排保護系統隔離。

3.發電機低頻(47.5 Hz)跳脫保護電驛之相序安裝不當。

4.不斷電電源供應器(Uninterrupted Power Supply, UPS)對過電壓感測靈敏，但對電壓暫態是否跳脫的選擇性不當。

5.EDG 保護裝置的電源來自其本身下游的 AC Bus (UPS)

改善措施：

瑞典核能管制當局(Swedish Nuclear Power Inspectorate, Statens kärnkraftinspektion, SKI)要求 Forsmark 必須採取以下改善對策才准予起動：

1.UPS 必須能承受至 130%的過電壓。

UPS 對過電壓感測靈敏，但對電壓暫態的選擇性不足。在過電壓（120%額定電壓）期間，造成 A/B 串 UPS 之 Rectifier 及 Inverter

皆因高直流電壓而跳脫，事故前設定為"Rec. DC Trip @272Vdc T.D 20ms" and "Inv. DC Trip @280Vdc T.D 15ms"，事故後修改為" Rec. DC Trip @255Vdc" and "Inv. DC Trip @300Vdc T.D 5s"，以提高選擇性的餘裕。

2.EDG 的起動不能依賴其匯流排下游之 AC 電源（UPS）。

3.查對氣渦輪機的起動功能。

4.改善主控制室的顯示方式，使在失電時，不致誤導值班人員之決策。

5.核定電氣系統的緊急應變程序。

6.更新安全分析報告(SAR)，使能正確反應系統的建造功能與變更。

7.強化運轉人員評估能力，以正確應變非正常的反應器情況。

8.改善對維護程序定期評估及電氣系統、組件設計準則之審查。

另外 SKI 也要求 Forsmark 必須採取以下的長期改善措施

1.EDG 的轉速計的電源應改為雙重電源。

2.清查 400kv 開關場保護設計的缺失。

3.調查事件期間主控制室人員的應變情形並做改善。

4.修正 FSAR 及程序書的不正確敘述。

5.改善主控制室中顯示器、警報及記錄器。

6.研究 EDG 的輸出斷路器在 BUS 失電的情形下是否可改為有自動再投入功能。

7.將相序匹配的測試列入例行測試項目。

8.調查 400KV 開關場的設備和維護工作的管制情形。

9.評估汽機跳脫後發電機斷路器的最佳反應模式。

10.評估是否需提升對 Overload 的保護設計。

瑞典代表就該事件進行約 20 分鐘簡報，並回答了部分問題，但由於議程緊湊，因此職會後向渠表示如有進一步問題，將再以 E-mail 連繫。個人對本事件的初步心得如下：

(1)電氣保護的控制邏輯（interlock）必須保持可用；須經過審慎評估，確認無風險疑慮，才得以旁通或閉鎖。

(2)台電公司核電廠 EDG 的相關控制電源或許與 Forsmark 核電廠設計不同，但對兩串電源之間是否有 Common Failure 的潛在風險仍應評估，予以改善。

(3)改善工程的設計、施工與功能驗證，三者不可缺一才是優質工程文化。

(4)重視經驗回饋。

最後值得一提的是，由於芬蘭代表進行簡報時，提及該國在數位更新過程中，部分設施需遷就現實，使得有些多樣性設施共用來源信號，意即當來源信號失效時，會導致一個以上防禦層級失效。當詢問芬蘭是否在數位更新時，進行有系統的數位系統多樣性與深度防禦評估，芬蘭代表則答以仍靠專家判斷進行評估。歐洲在儀控系統數位化過程中多樣性與深度防禦評估並未如美國之周全。而美國似乎又過度保守，長期進行數位系統研究計畫，並探討法規如何制定，卻尚未核准任何一座核能機組之反應器保護系統與特殊安全設施之數位更新。顯然許多進行儀控系統數位化升級的國家雖能體會多樣性與深度防禦分析之重要，卻一時未能提出完整的方法論，以徹底解決問題。

(三)參觀匈牙利 Paks 電廠

第三天中午用過簡單的三明治午餐後，啟程赴匈牙利的 Paks 核電廠參觀（目前匈牙利只有此一座核電廠），車行二個小時後抵達。Paks 電廠坐落於多瑙河邊，直接以多瑙河水冷卻。有四部 VVER-440 壓水式機組運轉中，商轉日期分別是 1982、1984、1986、1987，每部機組經效率改善後，現可發電 465MWe 左右，總計約 1860 MWe，相當於我國核三廠發電量。該廠運轉績效不錯，提供全匈牙利全年 36%電量（令人好奇的是，由此數據推算其全國總用電量似乎不高）。門禁相當森嚴，各個廠房外圍到處都有鐵圍籬，我好奇問帶領的 Hama 先生，他說以前電廠沒有這些鐵圍籬，整個環境像公園，十多年前綠色和平組織興起反核風潮後，電廠為維護安全開始興建鐵圍籬。另外電廠不許照相（相機必須留在車上），換證進入電廠後，一路上都有警衛跟著，這與我國核電廠警衛的執勤方式有天壤之別。我們參觀模擬器訓練中心、汽機廠房、反應器廠房、電腦房、控制室及其背後盤、緊急控制室等。在電腦房與控制室背後盤時，帶領我們參觀的儀控課課長 Tamas Turi 先生特地說明儀控系統曾經經過多次的修改，設備愈來愈 compact，先前的盤面空間也多出來了，他們還在控制室背後盤空出來的空間擺了二套健身用的走路機給運轉值班人員使用，他們原先打算在背後盤多出來的空間擺一張桌球桌供運轉值班人員使用，另外他還特說明眾多控制室背後盤上空焊鐵桿之意義，原來早先 Paks 電廠興建時並未有耐震設計的考量，之後為強化控制盤耐震，在盤與盤之間的上方焊上鐵桿，讓他們形成互相依附的一體，增加耐震，Paks 核能電廠除了儀電設施皆有強化固定措施以增加耐震外，兩座氣體排放煙囪也特別固定在一起，以加強結構強度。此外，特別詢問其多樣性備用系統如何設計，Tamas 先生回答數位化

後之反應器保護系統（RPS）與特殊安全設施（ESF），除了以多重控道防止單一失效外，皆以運轉人員手動操作為多樣性後備措施，並無類比式多樣性儀控系統作為後備措施。整個參觀約在 17：30 結束，上車前 Paks 電廠人員還帶我們在電廠大門前的小公園參觀，這兒有好幾位核能界匈牙利籍名人的雕像，包括著名的氫彈之父泰勒博士。之後上車，車行二個多小時回旅館已近晚上九點了，大家都飢腸轆轆了，由於第二天大家都要趕飛機，所以就在下車時互道下次會議時再見聲中結束此次 COMPSIS 會議的所有行程，收獲豐富。

四、心得與建議

本次會議重點在於討論計畫執行現況、預算使用情形、各項工作執行細節與里程碑達成狀況、未來計畫成果（報告/論文）展現方式、各參與國/國際相關活動及未來規劃等，議程中花了不少時間討論編碼導則（Coding Guideline），按計畫工作時程，本項工作應該在上次會議（半年前的第三次會議）就應定案，顯然比計畫初期所定的工作時程略有落後，這將影響下一階段由台灣負責執行分析的工作時程；另 Dr. Pyy 也藉此會議機會先提出本計畫第二期（2008~2010）工作計畫條款（T&C），請各會員國惠提意見，並得於 2007 年元月底之前擲回是否繼續參加之意願給他。對於是否以現行方式（本會與核研所及台電等三方共同分攤經費、資訊分享）繼續加入自 2008 年起的第二期工作？基於下列二點，職建議我國仍以現在方式繼續加入：

1. 鑒於我國並非 OECD 會員，卻能獲得 COMPSIS 合作計畫主辦單位主動邀約，實屬不易，我國更應把握機會積極參與，不僅使 COMPSIS 合作計畫成果有助於我國核安管制，尤其是對我國正在興建中的全數位化核四廠管制工作，另也要為未來參與 OECD/NEA 其他國際合作計畫奠下良好基礎。
2. COMPSIS 計畫已漸在國際核能界打開知名度，美國核管會委員 Peter B. Lyons 在去年 11 月底在美國新墨西哥州阿布庫奇市（Albuquerque）市舉行的美洲核能協學冬季會議上的 Keynote Speech 也特別提到他對 COMPSIS 計畫的了解與期望。我國更應把握機會積極參與，並與各會員國進行密切交流。