

出國報告(出國類別：開會)

參加「第13屆國際風險評估/管理研討會
(PSAM 13)」暨韓國核能安全研究所
(KINS)技術交流會議

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：核能管制處吳景輝 技正

派赴國家：南韓

出國期間：105年10月02日至105年10月12日

報告日期：105年12月16日

摘 要

本次公差的主要目的為赴南韓首爾市參加 PSAM-13 國際會議，並赴大田市參加本會與 KINS 雙方之「核電廠地震安全」專題討論會。

國際風險評估/管理研討會 (International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, 簡稱 PSAM), 此國際會議係目前 PRA 領域最重要的國際會議之一, 自 1999 年起每兩年依序在美洲、歐洲或亞洲地區召開一次。「第 13 屆國際風險評估/管理研討會」(PSAM-13)國際會議於 2016 年 10 月 2 日至 7 日於南韓首爾市舉行。PSAM-13 國際會議投稿論文超過 400 篇, 研究主題涵蓋風險評估諸多領域, 包括與日本福島核災意外事故有關的自然危害、火災等 PRA、人因、共因失效等分析以及多機組風險等項目, 可促進我國與世界各主要核電國家風險評估管制技術、經驗交流外, 亦蒐集最新核電風險評估、管理資訊, 可作為我國核能安全管理制工作的重要參考。

另為增進我國與南韓核能管制機關雙方管制人員之互動, 除參加上述會議之外, 亦會同本會核能研究所周鼎研究員於 10 月 10 日至 11 日拜訪位於大田市之南韓核能安全研究所(Korea Institute of Nuclear Safety, KINS)。KINS 係韓國支援核能管制的研究機關, 此行參加雙邊針對「核電廠地震安全」之技術交流專題討論會暨現場參訪, 就地震安全有關之管制實務問題與南韓相關人員進行討論與經驗交換, 除可作為我國未來執行相關事項之參考, 對於我國核能安全管理制工作之推展有所助益, 並得以促進我國與世界各主要核電國家之合作交流, 也對我國核能安全防護總體檢作為與國際同步有所助益, 並能強化我國核能安全管理制資訊經驗交流與技術合作之管道。

目 錄

壹、目的	1
貳、過程	2
參、心得與建議	23
肆、附件	24

壹、目的：

本次公差的主要目的為赴南韓首爾市參加 PSAM-13 國際會議，並赴大田市參加本會與 KINS 雙方之「核電廠地震安全」專題討論會。

國際風險評估/管理研討會 (International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, 簡稱 PSAM), 此國際會議係目前 PRA 領域最重要的國際會議之一, 自 1999 年起每兩年依序在美洲、歐洲或亞洲地區召開一次。「第 13 屆國際風險評估/管理研討會」(PSAM-13)國際會議於 2016 年 10 月 2 日至 7 日於南韓首爾市舉行。PSAM-13 國際會議投稿論文超過 400 篇, 研究主題涵蓋風險評估諸多領域, 包括與日本福島核災意外事故有關的自然危害、火災等 PRA、人因、共因失效等分析以及多機組風險等項目, 可促進我國與世界各主要核電國家風險評估管制技術、經驗交流外, 亦蒐集最新核電風險評估、管理資訊, 可作為我國核能安全管理制工作的重要參考。

另為增進我國與南韓核能管制機關雙方管制人員之互動, 除參加上述會議之外, 亦會同本會核能研究所周鼎研究員於 10 月 10 日至 11 日拜訪位於大田市之南韓核能安全研究所(Korea Institute of Nuclear Safety, KINS)。KINS 係韓國支援核能管制的研究機關, 此行參加雙邊針對「核電廠地震安全」之技術交流專題討論會暨現場參訪, 就地震安全有關之管制實務問題與南韓相關人員進行討論與經驗交換, 除可作為我國未來執行相關事項之參考, 對於我國核能安全管理制工作之推展有所助益, 並得以促進我國與世界各主要核電國家之合作交流, 也對我國核能安全防護總體檢作為與國際同步有所助益, 並能強化我國核能安全管理制資訊經驗交流與技術合作之管道。

貳、過程：

一、行程：

日期	地點與行程	工作內容
10月2日(日)	台北→南韓首爾市	去程，PSAM 13會議註冊
10月3日(一)~ 10月7日(五)	Sheraton Grande Walkerhill Hotel	出席PSAM 13會議
10月8日(六)	南韓首爾市	資料整理
10月9日(日)	南韓首爾市→大田市	路程
10月10日(一)	南韓大田市	參加AEC-KINS雙邊會議
10月11日(二)	南韓大田市、慶州市、 釜山市	參加核設施技術參訪及路程
10月12日(三)	南韓釜山市→台北	返程

茲將各行程細部內容分述如下：

二、參加「PSAM-13 國際會議」

「風險評估/管理(PSAM)」國際會議為全球量化風險評估與可靠度評估及管理領域最大且最重要的溝通論壇之一，自 1991 年以來每兩年輪流於美國、歐洲、亞洲舉辦，本次第十三屆(PSAM 13)於南韓首爾市華克山莊旅館舉行，發表共計逾 400 篇論文。參與人員除各國核能相關機構與學術單位外，國際間並有國際原子能總署(IAEA)、核能署(OECD/NEA)、美國、加拿大、歐洲國家，以及韓國、中國、日本、泰國、越南及台灣等多國人士參加，包括風險評估與管理有關領域之管制/運轉、學者、技術專家、顧問等參與高度技術至政策層面等不同領域之專題，會議議程及議題詳參附件一。

PSAM13 國際研討會包括專題演講、技術議程及特別議程，各議程之主題如後述，每天同一時段分八個會議廳舉行(上午一時段，下午兩時段；即每天共有 24 場次)。大會在 10 月 3 日到 10 月 6 日的每天早上 09:00~10:00，安排全體與會者一同參加的專題演講(Plenary Lecture)，講者係邀請 PRA 相關領域中著有聲望之學者專家，例如，美國 USNRC 前委員 George Apostolakis 博士(現為日本核能風險研究中心 Nuclear Risk Research Center, NRRC 的主任)、南韓韓東國際(Handong Global)大學校長 Soon Heung CHANG 博士、日本東京大學教授 Akira YAMAGUCHI 博士與南韓延世(Yonsei)大學教授 Hyuckmyun KWON 博士等，專題演講主題如表 1。

表 1. 大會每日上午專題演講題目及講員(均為英文演講)

日期	專題演講題目	講員
10月3日	A Perspective on the Use of Risk Information	George Apostolakis
10月4日	The Risk of Nuclear Power	Soon Heung CHANG
10月5日	Perspective of Risk Assessment and Management after 5 Years of Fukushima Dai-ichi Accident	Akira YAMAGUCHI
10月6日	Korean Experience of Risk Management in Chemical Industries	Hyuckmyun KWON

以下分別提出各專題演講的摘要：

(一) 專題演講部分

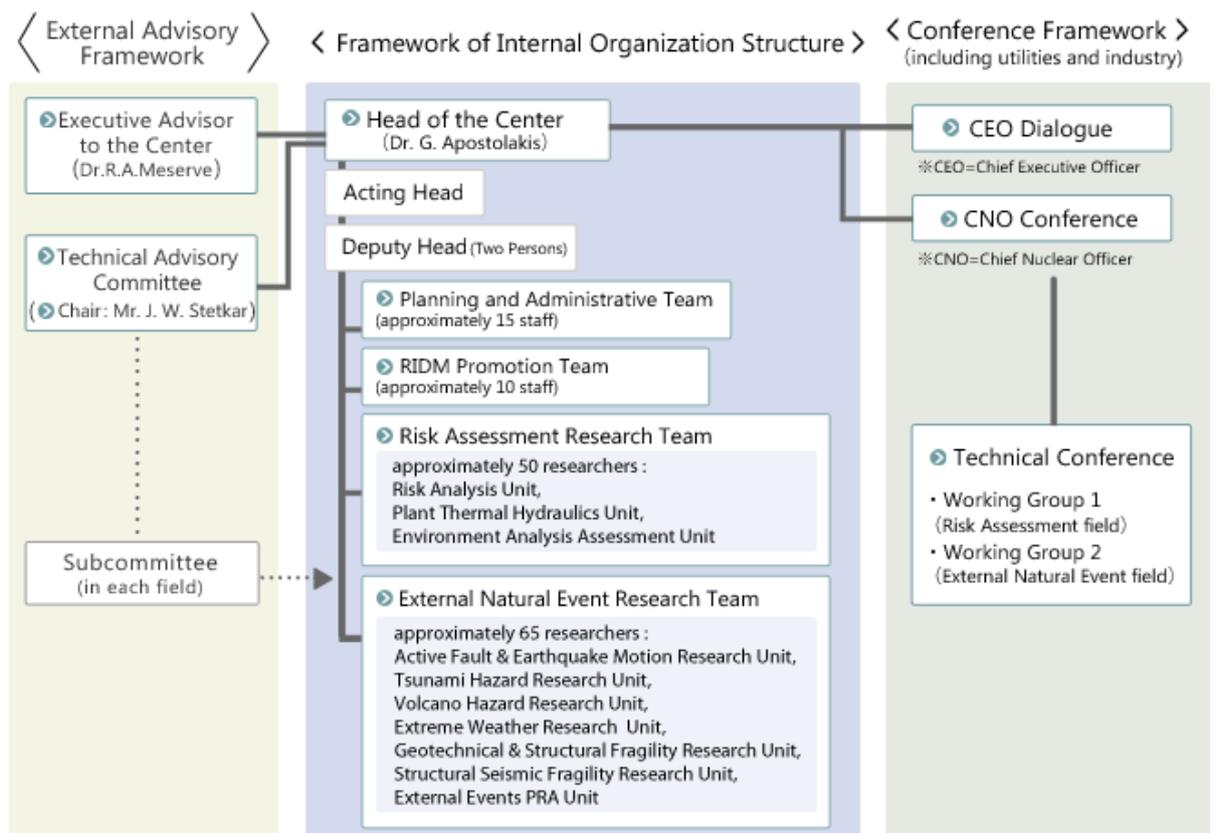
(1) NRRC George Apostolakis 主任演講

George Apostolakis 主任以「*A Perspective on the Use of Risk Information*」為題演講，提出風險告知決策應依據最新的技術知識，涵蓋運轉經驗評估、運轉員操作及支援系統等，藉助 PRA 的資訊做決策時應謹記 PRA 並不能預測未來。接著針對進步型反應器極低發生率事件(例如， $1E-9$ /反應器年)，探討其物理意義，並指出數位儀控的失效、管理的問題、安全文化及運轉經驗並未納入其 PRA 模式。藉著三哩島事故之時，當時全球反應器總運轉年為基礎，探討簡化方式獲得爐心熔損年發生率的繆誤；包括美國核能業界在事故(三哩島或福島)之後，管制作為的改變、建立 INPO 機構、執行 IPE 及 IPEEE 計畫、執行 FLEX 計畫等。在重大事故(三哩島或福島)之後，美國核能業界由經驗回饋持續改善、精進核能電廠的運轉安全，並擴展 PRA 的相關評估與研究，故而不能認同採簡化的爐心熔損年發生率。

他重申 PRA 不能預測未來，PRA 著重的是評估、評價可能的事故序列，以提供決策者最新的設計、運轉及管制的內涵，故他斷言：採簡化方式獲得的爐心熔損年發生率，在管制決策上幾乎無參考的價值可言。針對福島後對多機組廠址或相鄰廠址的議題，例如，在美國有 3 至 4 個機組、加拿大有 8 個機組、日本有 7 個機組等情況，提出小型模組化反應器(Small Modular Reactor)的設計，以及相關概念對現有的法規的衝擊亦必須有所處理，例如，GDC 5 要求對安全為重要的 SSCs 不應共用，除非能佐證共用將不影響預期之功能；美國的安全目標僅考慮單一機組，故由其衍生之定量健康目標(QHO)僅適用於單一機組；大部分的 PRA 模式亦僅適用於單一機組。

最後，他說明日本 2014 年 8 月成立之核能風險研究中心，其組織架構如圖 1，包

括規劃/行政組、風險評估研究組、廠外自然事件研究組等，而今(2016)年 7 月新增設風險告知決策推廣組(RIDM Promotion Team)的任務，在於發展並應用現代化的 PRA 方法論、風險告知決策及風險溝通，以協助核電廠運轉操作及業界持續改善核設施的安全；該中心的願景在塑造具有優越 PRA 方法論及風險管理方法的國際中心，並獲得所有利害關係人的信任。目前主要的研究計畫包括人為可靠度分析、地震 PRA(伊方三號機正在進行 SSHAC 程序)、火災 PRA 及火山 PRA。



註：本圖來源係 <http://criepi.denken.or.jp/en/nrrc/intro/outline.html>

圖 1. 核能風險研究中心的組織架構及任務分工

(2) 韓東國際大學 Soon Heung CHANG 校長演講

Soon Heung CHANG 校長演講的主題是「*The Risk of Nuclear Power*」，提出國際間各國對電力能源顯示係持續快速增加的需求，接著並針對不同電力能源類型，探討在 OECD 國家不同電力能源類型的 Farmer 曲線，並指出不同電力能源類型對空氣汙染及溫室效應的問題，均顯示核能具有特定的效益。藉著探討 PRA 的發展歷史及各國的安全標準(例如，CDF 及 LERF)，說明不同類型機組及新型機組在該安全標準的差異及在安全方面的強化；隨後，介紹美國、歐盟國家、日本及韓國核能業界在風險評估與管理的作為，並說明日本在福島事故後開始建立包括海嘯的“標準化”PRA 模式。

針對 PRA 對核能安全的貢獻提出說明，包括在設計、運轉及事故管理等應用，事故前釐清發現潛在的問題，事故後納入並反映經驗回饋，並採三哩島事故、車諾堡事故及福島事故等為例說明；並提出相關國家在福島事故後的重要強化措施。他認為從福島事故的經驗回饋，未來在 PRA 能努力精進的包括有：事件數據及共因失效的不確定度、更廣泛考量超過設計基準事故的序列、廠外肇始事件及多機組事故等的模擬、用過燃料池的模擬等面向。

最後，他提出藉由 PRA 的應用以強化核能安全的作法，包括採用被動式熱移除系統、多樣化並強化新增的強化安全系統、保護圍阻體的完整性以及納入事故管理的手段等。最後，他指出在福島事故後顯示 PRA 要更廣泛地運用，且許多評估技術亦須持續加以強化。

(3) 日本東京大學 Akira YAMAGUCHI 教授演講

Akira YAMAGUCHI 教授以「*Perspective of Risk Assessment and Management after 5 Years of Fukushima Dai-ichi Accident*」為題演講，首先闡明福島事故後這五年內的管制重組、新的管制要求、業界自發的作為及能源政策的演變(到 2030 年核能係日本電力供應的基載並占約二成之比例)，及核電業界改善核能安全的倡議，包括：適當的風險管理架構、福島事故經驗回饋的改善、組織及個人的態度。自從 2015 年 9 月陸續有 3 部機組獲得重新啟動，另有 2 部機組受地方法院禁止重新啟動、運轉。

針對日本政府報告有關福島事故的發生、歷程，提出經驗回饋及重要之結論，以及多機組事故彼此間動態的交互影響。他並檢討在三哩島事故之後，採用定論式的強化作法並未能完整全面的處理對核能安全的可能威脅；日本管制的做法亦堅持防範策略及定論式方法，對核能風險及其不確定性反感，並且對安全有強烈的自滿；福島事故後正重新檢討有關核能的安全目標。目前尚待努力的經驗回饋項目有：在風險管理要有效使用 PRA，以及建立全面澈底的安全文化。

(4) 南韓延世大學教授 Hyuckmyun KWON 博士演講

Hyuckmyun KWON 教授提出「*Korean Experience of Risk Management in Chemical Industries*」的演講，渠為前任南韓 KOSHA 職業安全與健康研究院(Occupational Safety and Health Research Institute, OSHRI)院長，首先介紹南韓的國家資訊，接著說明 KOSHA 作為僱傭勞動部技術支援的組織架構以及法規體系，早在 1953 年即已立法並管制在經濟發展下的職業安全及健康；提出其發展歷史、演進及績效，目前著重在針對化工業的安全提升及事故的防範作為，已於 2015 年完成化工業管制法案及相關導則。最後，

介紹南韓化工業 QRA 的現況，包括後果分析、發生率分析等。

(二) 大會技術議程

大會技術議程之主題涵蓋風險評估諸多領域，包括風險評估與管理、廠外事件、嚴重事故、環境風險、PRA 應用、風險告知管制、人為可靠度分析及人員組織因素、結構可靠度、廢棄物管理、工業安全、運輸、航空太空等項目。以下依據所參與之技術議程主題，提出該議程主題之技術摘要說明。

技術議程「T02 廠外事件」包括地震 PRA(T02-01、T02-02)、地震及海嘯耐受性(T02-03)、海嘯 PRA(T02-04)及極端廠外事件(T02-05、T02-06)等子議程，各子議程技術議題之重要論文摘要如下。

在地震 PRA 量化程序的三個部分，鑒於危害度評估及耐震性評估相較於系統反應評估，前兩者有較大的不確定度，包括知識及參數的不確定度，均會影響地震 PRA 量化結果的應用。南韓電力公司(KEPCO)國際核能研究所、日本東京城市大學以及日本原子力研究開發機構(JAEA)等學者專家所提出之論文，即在採取新的不確定度方法論，以改善地震 PRA 的結果俾利於爾後地震 PRA 的應用；其中，日本東京城市大學論文發表人 Hitoshi MUTA(牟田仁)博士係 OECD/NEA 協助我國壓力測試同行審查的專家小組成員之一。在傳統的地震 PRA 作法，經由前端事件樹量化所保留的 SSCs，並假設重複串設備因地震失效為完全相依，逕行納入系統反應評估獲得地震 CDF；日本三菱重工提出的論文考量不可用串的系統設備對地震事件下的風險增加可能低估，故採取重複串設備因地震失效為完全相依/完全獨立之兩種假設，以作為風險告知決策的上限(bounding)輸入。

南韓未來及挑戰技術公司提出「Insights from Probabilistic Safety Assessment-based Seismic Margin Analysis of Westinghouse NPP in Korea」論文，韓國管制機關要求針對古里電廠採 PRA 基礎之地震餘裕分析，重新評估地震設計的適切性，並佐證仍有足夠確保電廠安全的地震餘裕。日本中部電力公司發表的論文「Seismic PRA for Hamaoka NPP Unit 4 (Including Severe Accident Countermeasures)」，說明日本福島事故後新的管制規範係由 PRA 情境為基礎的定論式強化之要求，各電廠亦須提出以 PRA 評估各種強化措施的評估結果及其效益；本篇論文提出濱岡核電廠 4 號機的地震 PRA 及嚴重事故對策(如圖 2)，說明喪失外電佔地震 CDF 的九成以上，經由已安裝的氣渦輪發電機、新增的海水緊急冷卻系統、後備儲水槽等對策約可降低 90%之地震 CDF。

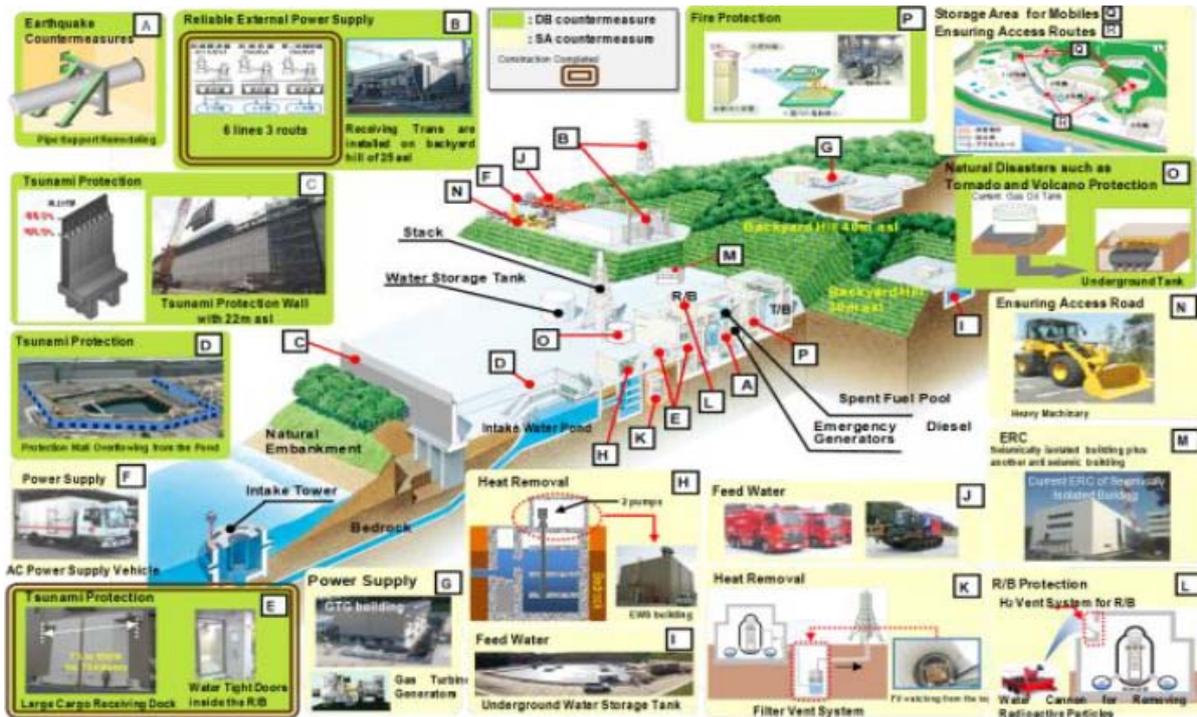


圖 2. 濱岡核電廠強化工程的概覽

南韓電力公司(KEPCO)工程與建造公司提出「Insights from Seismic System, Structure and Component Screening Approach」論文，說明篩選 SSCs 納入詳細耐震度分析的標準，係基於一般數據對地震風險的貢獻而定，惟在 PRA 標準中亦要求篩選標準要夠高以避免將重要影響 CDF、LERF 貢獻之 SSCs 篩除，該篇論文提出適用於相對較低地震危害場址的篩選標準，評估結果亦佐證篩選標準的適切性。德國 AREVA 公司提出「Seismic Level 2 PSA」論文，說明在地震事件下多項 SSCs 的失效機率會增加，且亦不容易排除導致 CDF 卻不會發生 LERF 的事故序列，例如，一般而言，在二階分析的廠內事件會篩除圍阻體隔離閥，而對地震事件之二階分析應增加篩入圍阻體隔離閥等，以避免遺漏地震事件下 LOCA 的圍阻體旁通事故序列。另外，應加以考量超過設計基準事故對被動式設施的影響，以及對嚴重事故管理指引要求人為措施的挑戰。

日本的鹿島(Kajima)公司提出「Fragility Evaluation with Aleatory and Epistemic Uncertainty against Fault Displacement for Nuclear Power Plant Buildings」論文，說明依據日本原子力安全推進協會(JANSI)報告指出機率式斷層位移的不確定度較地震地表運動或加速度為大，且由電廠風險評估顯示斷層位移的危害較設計基準位移為高；故有必要針對廠房結構、組件及管線的耐震性分析及事故序列分析建立標準模式。日本電力中央研究所(Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)提出「Tsunami Fragility Assessment Framework for Probabilistic Risk Assessment of Nuclear

Power Plants」論文，說明在福島事故之後，將 PRA 的應用擴展至除地震外的自然危害(例如，海嘯)為當務之急，尤其在抗海嘯能力(Fragility)評估的方法論尚待完備；核電廠安全所考量海嘯的影響如圖 3，由海嘯作用導致電廠安全影響的許多型態，包括流體動態負荷、殘骸衝擊力、沉積物沉積作用以及沖刷效應等，轉換為機率式評估納入 PRA 仍有不同程度的困難性，故而必須評估選定對 CDF 影響顯著的型態優先納入海嘯 PRA。本篇論文提出海嘯脆弱性評估的六個步驟，(1)評估危害參考位置之海嘯高度，(2)評估廠址及海嘯牆的海嘯高度輸入，(3)海嘯牆的海嘯反應評估，(4)評估廠址上廠房、結構及管線的輸入海嘯，(5)廠址上廠房、結構及管線的海嘯反應評估，以及(6)組件的海嘯反應評估。

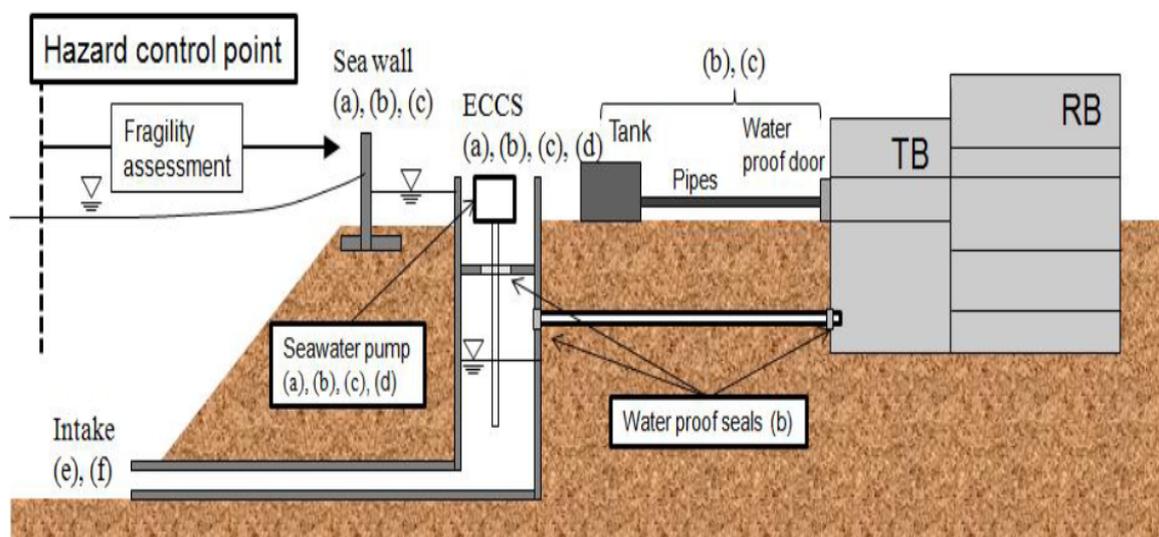


圖 3. 核電廠安全所考量海嘯的影響

日本電力中央研究所(CRIEPI)提出「Development of Evaluation Method for Probabilistic Seismic and Tsunami Hazards Considering Events Superimposition」論文，說明傳統地震 PRA、海嘯 PRA 針對一廠址單獨地評估其危害或有不足，蓋海嘯有可能伴隨地震(板塊的錯動)而發生(如圖 4)，基於因果關係的法則應採整合之方式評估地震及地震引致海嘯的危害，步驟包括(1)執行地震/海嘯源的特徵描述，(2)執行機率地震危害分析(PSHA)，採用地面運動預測方程式(GMPE)及斷層破裂模式兩者以評估地震的地面運動，(3)(a)執行多點地震危害的解聚(dis-aggregations)，尤其 GMPE 參數之地震的短到長週期之地面運動、(b)針對各震源計算與危害一致的地面運動波，(4)針對步驟 3 經客觀確認釐清的重要震源執行機率海嘯危害分析(PTHA)，在此步驟亦評估非由地震引致的海嘯，(5)針對各震源計算與危害一致的海嘯波。

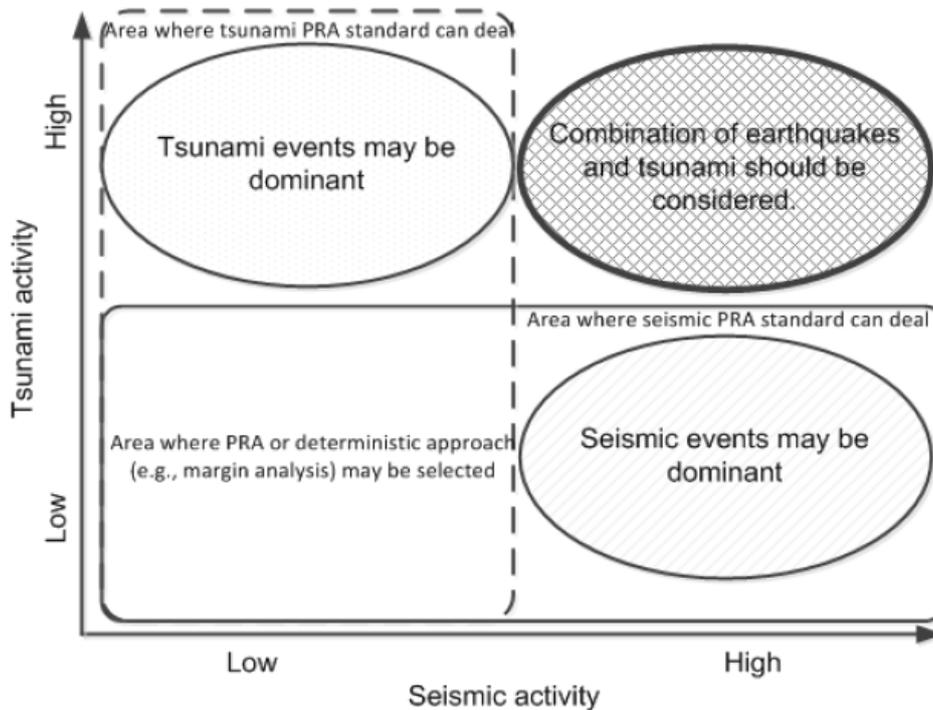


圖 4. 對重要設施的風險評估須納入多重危害的評估

日本核能工程 (Nuclear Engineering) 公司、法國輻射防護及核安研究所 (Radioprotection and Nuclear Safety Institute, IRSN)、芬蘭 Fennovoima 公司、本會核能研究所以及瑞典 Lloyd's Register 顧問公司等，均針對不同廠外事件合併考量其風險及影響提出相關論文。日本核能工程 (Nuclear Engineering) 公司在「A Study of Screening Method for the Risk Significant Combinations among the External Hazards」的論文提出採風險矩陣的方法論調研廠外事件的組合，並依據各廠外事件的發生率、對電廠的影響及廠外事件彼此的關聯性評價風險得分，針對風險得分較高的 50 種廠外事件組合進行詳細的評估；惟該論文亦指出需要針對風險給分以及篩濾標準做進一步的討論澄清。法國 IRSN 在「IRSN Methodology for the Selection of External Hazards Candidate to Probabilistic Analysis」的論文，提出定性篩濾程序的方法論，挑選並決定該廠外事件是資源而全面性研究、重點或部分的發展。芬蘭 Fennovoima 公司在「IRSN Methodology for the Selection of External Hazards Candidate to Probabilistic Analysis」論文針對新建之 Hanhikivi 電廠一號機採用風險矩陣法，提出 2 種廠外事件(地震及極端天氣)須單獨評估，另確認 10 種由雙廠外事件的組合事件以及 3 種由三廠外事件的組合事件應做詳細分析評估。本會核能研究所發表之「The Systematic Evaluation of Combining Extreme Hazards for Lungmen Nuclear Power Plant」論文，亦採與前述論文相同之風險矩陣法，惟述及廠內水災、廠內火災已發展 PRA 模式故未納入後續組合事件之探討，與會人員

提出在廠內水災、廠內火災 PRA 並未納入地震等其他廠外事件之可能影響，未納入後續組合事件適切性之討論。

技術議程「T07 人為可靠度分析及人員組織因素」包括 HRA 的應用(T07-06)等子議程，此子議程技術議題之重要論文摘要如下。

美國 Curtiss-Wright 公司在「Curtiss-Wright/Scientech Seismic HRA Insights and Lessons Learned from the Application of EPRI Report TR-1025294」的論文，採用 EPRI TR-1025294 報告執行兩個美國電廠地震 PRA 的人為可靠度分析，除提出地震 PRA 之重要人為可靠度事件，並針對 EPRI 報告分析導則提出爾後精進之方向。美國 Jensen Hughes 公司及 EPRI 均針對控制室火災下人員撤離詳細分析提出有關的論文，後者的論文說明有關結果將納入 NUREG-1921 的補充資料。中國上海核工研究設計院則提出結合機率式及定論式的人為可靠度分析之論文，南韓原子能研究所(Korea Atomic Energy Research Institute, KAERI)提出採數位儀控的控制室有關人機介面因應團隊失誤措施的論文。

技術議程「T09 廢棄物管理」包括放射性廢棄物 PRA(T09-01)子議程，此子議程技術議題之重要論文摘要如下。

南韓 KAERI 在「Establishment of an Operational Safety Assessment Framework for a High-level Radioactive Waste Repository」的論文，提出經安全評估的 PRA 方法架構佐證地質處置的設計與運轉能符合績效目標，採用吊車失效的掉落事故個案驗證此 PRA 方法架構的適用性。南韓科學技術院(Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST)在「Probabilistic Risk Assessment of Cask Drop Accident considering Human Errors during on-site Spent Nuclear Fuel Transportation」的論文，參考美國 NRC 及 EPRI 的研究報告，針對用過燃料的海上運送，包括從用過燃料池到廠址碼頭的運送，以及從廠址碼頭到接收位置碼頭的運送，該論文提出前者運送容器的評估結果，考量由廠內事件(例如，掉落)及廠外事件(例如，人為破壞或自然危害)導致的撞擊及火災兩種情境，採用動態 PRA 作詳細的情境分析。美國 Golder Associates 公司在「Probabilistic Transport Path Analysis through Three-dimensional Discrete Fracture Networks for Underground Radioactive Waste Disposal Facilities」的論文，提出假想的地下花崗岩的高階放射性廢棄物地質處置場，考量岩石裂縫的滲透率，使用蒙地卡羅方法論評估放射性物質由處置場經各種裂縫系統到達觀察位置輸送路徑的機率分布。南韓 KAERI 在「Radiological Impact Assessment for a Road Transport of Radioactive Wastes」的論文，說明南韓放射性

廢棄物管理局(Korea Radioactive Waste Agency, KORAD)自 2015 年起永久處置中低階放射性廢棄物，本篇論文 KAERI 提出使用卡車採陸運方式將放射性廢棄物運送至該處置場，評估在正常運送以及開始運送前可能事故狀況之放射性影響。

技術議程「T01 風險評估與管理」包括非反應器的核能系統(T01-14)等子議程，此子議程技術議題之重要論文摘要如下。

南韓科學技術院(KAIST)在「Probabilistic Risk Assessment of Interim Dry Storage Facility Subjected to an Aircraft Impact」的論文，採用蒙地卡羅技術考量各參數不確定度分布，以計算混凝土牆受損之條件機率，針對金屬儲存筒的有限元素模式，採用非線性動態有限元素程式模擬洩漏路徑，針對各種飛機撞擊的事故情境，考量受損儲存筒評估其放射性外釋的後果。南韓核能安全研究所(Korea Institute of Nuclear Safety, KINS) 在「Spent Fuel Pool PRA for Measuring Risk Change by Action on Response to the Fukushima Accident」的論文，說明在福島事故後有必要針對整個廠址，包括用過燃料池發展因應類似福島嚴重事故之應變計畫。南韓電力公司(KEPCO)工程與建造公司提出「The Best Estimate Evaluation of Success Criteria for Spent Fuel Pool PRA in Case of Loss of Cooling」論文，考慮由於運轉員失誤威脅用過燃料池之冷卻能力或自然危害導致冷卻系統長期不可用，針對不同運轉模式下之六種事故情境，使用 MAAP 程式分析用過燃料池水沸騰以及儲存燃料元件裸露在不同高度等的關鍵時序，以發展運轉員救援措施及反應時間。南韓 KAERI 在「A Study on PRA for Spent Fuel Pool of Hanul Unit 3」的論文，參考美國 EPRI 3002002691 有關 PWR 機組 SFP 的 PRA 報告，其考量在反應器爐心受損及圍阻體失效下，對 SFP 的影響以及 72 小時的任務時間。由蔚珍核電廠 3 號機的二階 PRA 推導後續的事故序列，由地震事件所導致爐心受損及圍阻體失效情境對 SFP 有最顯著的影響。

(三) 大會特別議程

大會特別議程之主題涵蓋風險評估諸多領域，包括 OECD/NEA 火災計畫、整合定論式及機率式的安全評估(Integrated Deterministic and Probabilistic Computational Safety Assessment, IDPSA)、廠外事件 PRA 的狀態及洞識、PRA 研究與發展的需求、OECD/NEA 國際共因失效數據交換(International Common Cause Failure Data Exchange, ICDE)計畫、人為可靠度分析狀態及研究議題：目前及未來、放射性廢棄物安全評估：近期發展與議題、多機組風險與安全目標、PRA 工具的歷史、現況及未來發展、核電廠採 PRA 做風險管理有關政策議題等項目。以下依據所參與之特別議程主題，提出該議程主題

之技術摘要說明。

特別議程「廠外事件 PRA 的狀態及洞識」包括六篇論文，此特別議程強調大多數國家的安全管制包括地震及水災的風險，有些國家會涵括不同的其他廠外危害；由於廠外危害除了會導致肇始事件外，同時也會損壞救援後果的安全功能。在福島事故之後執行的壓力測試，就針對核設施的設計與運轉加以改善強化；也對廠外事件的 PRA 模式之實務提出改善並擴展應用範疇之需，包括：危害及其組合的篩選、危害的特徵(發生率、嚴重性)、脆弱度、人為可靠度、長期的情境以及廠址級事故等。美國核管會 Nathan SIU 博士提出「External Hazards PSA? Some Personal Perspectives」演講，指出多重且相關聯的危害、多重危害的機制、分析尺度的規模(區域性或多機組/廠址)、人為可靠度及數據資料等，在福島事故後的調查、檢查、分析及研究都有很大的挑戰；知識管理的改善將有助益於失效情境的模擬、研究。日本電力中央研究所(CRIEPI)的 Yasuki OHTORI 博士提出「Overview of External PSA research in Japan」演講，說明日本業界對廠外事件 PRA 的二個動機，首先是自願性的作為：確保高於管制要求的安全、俾能回復並重建公眾的信任；其次，滿足管制要求：重啟的安全評估報告(廠內事件、地震及海嘯的一階、二階 PRA，以及廠內水災、火災、地震海嘯的組合事件、火山、龍捲風、多機組等)之要求，強調在擴展 PRA 範疇的同時，要改善 PRA 的品質。法國 IRSN 的 Emmanuel RAIMOND 先生提出「ASAMPSE_E」演講，說明建立一階、二階 PRA 方法導則，提供歐洲國家深度防禦決策的適當標準，針對現有的核電廠要建立 IAEA/WENRA 定義設計延伸狀況(Design Extension Conditions, DEC)之完整連結；ASAMPSE_E (Advanced Safety Assessment Methodologies: Extended PSA)計畫的所有報告規劃在 2016 年底完成出版。匈牙利 NUBIKI 核安研究所的 Attila BEREITH 先生以「Overview of WGRISK Activities Related to External Events PSA」為題演講，介紹 OECD/NEA WGRISK 的廠外事件 PRA，原先的重點在地震 PRA，在福島事故後擴展並強化其他廠外事件的 PRA，並與其他國際機構、組織互動並協調分工，並定期交換資訊以避免不必要且重覆的工作。德國 AREVA 公司的 Heiko KOLLASKO 先生以「External Event Screening Approach to Identify Relevant Design Extension Hazards for NPP」為題演講，針對組合的廠外事件會更嚴重或較單一事件有更多的影響，釐清廠外危害機制有關聯性的可能，因組合的廠外事件生率低做為篩除的情形要特別審慎。最後，由美國 (Idaho National Laboratory, INL)的 Curtis SMITH 博士以「Overview of the Activities of the Nuclear Energy Agency Working Group on External Events」為題演講，介紹 NEA 的廠外

事件工作小組及其重點之主題(包括嚴重天候與暴潮、暴風雨、河川水災、極端溫度、海嘯及水壩失效等)與目標。

特別議程「PRA 研究與發展的需求」包括六篇論文，講者包括 PRA 的研究人員、PRA 的分析者、及 PRA 的終端用戶，以此主題與聽眾互動交流。中國北京清華大學的童節娟教授以「What R&D is Needed to Restore the Trust Crisis of PSA in Light of Fukushima?」為題，從思想及技術兩種層次探討恢復信任的做法。義大利 Centrale Supelec and Politecnico Di Milano 的 Enrico ZIO 教授以「Big Knowledge, Information and Data for Next-generation “smart” PSA」為題，提出在新的系統及老化系統，重要基礎設施等系統，以及數位儀控、網路及實體安全防護等架構，PRA 必需能聰明的整合大量的知識、資訊及數據等資料。法國 IRSN 的 Gabriel GEORGESCU 博士以「Examples of IRSN Activities on R&D to Support PSA」為題，說明有關核電廠安全的研究與發展佔 IRSN 預算約 40%，以及 IRSN 在一階、二階 PRA 的分析範疇，各種研究室建立多樣的實驗平台以及自行研發的模擬程式，針對 PRA 的發展需要做實驗並以分析模擬結果作驗證。德國 GRS 公司 Marina ROEWKAMP 先生以「R&D Needs for PSA - WGRISK Members Perspectives and Views」為題，說明在廠址多機組風險以及廠內/廠外事件的人為可靠度分析，以現行的 PRA 方法論及數據仍有鴻溝待發展；另外，廠址風險所考量的係不同之受損發生率，包括機組的爐心受損、用過燃料池的燃料受損，其所導致的外釋發生率亦須要給予適當的定義。

特別議程「放射性廢棄物安全評估：近期發展與議題」包括五篇論文，在今年初南韓國家計畫宣佈高階放射性廢棄物處置之管理，針對放射性廢棄物安全評估與管理討論近期的發展與有關之議題，來自美國與地主國的講者，提出運轉中及規劃中地質處置場的安全與性能評估，亦有針對低階放射性廢棄物管理提出近期的管制發展。南韓 KAERI 的 Chul-Hyung KANG 博士在「Safety Assessment of Geologic Repository in Korea」講題中，提出 KAERI 針對用過核燃料以及經熱處理放射性廢棄物兩種高階放射性廢棄物處置的概念設計，以及採 PRA 為基礎自行發展程式為工具執行之全系統性能評估(Total System Performance Assessment, TSPA)計畫，評估前述處置系統概念設計的可行性並確認符合安全目標，並概略介紹分析工具之程式以及個案分析及靈敏度研究所需的輸入參數。美國聖地亞國家實驗室(Sandia National Laboratories, SNL)的 Chris CAMPHOUSE 博士在「Modifications Implemented for the 2014 WIPP Compliance Recertification Application and their Impacts on Regulatory Compliance」講題中，說明位在

美國新墨西哥州由能源部(DOE)運轉之放射性廢棄物隔離先導設施(Waste Isolation Pilot Plant, WIPP)係針對超鈾廢棄物永久處置之場所，採用性能評估(Performance Assessment, PA)佐證能符合環保署(EPA)的管制要求，累積的放射性外釋在 10,000 年內須低於限值；依據聯邦法規要求自 1999 年初始裝卸放射性廢棄物後每五年須重新驗證確認，此次提出 2014 年的重新驗證結果符合法規要求。南韓電力公司(KEPCO)國際核能研究所 David KESSEL 副教授在「Blending of Low-Level Radioactive Waste for Disposal」講題中，強調在核電廠除役後低階放射性廢棄物數量顯著增加，並更新低階放射性廢棄物平均濃度(Concentration Averaging, CA)的可接受方法論，本篇演講針對平均濃度及低階放射性廢棄物的混合，採取風險告知、績效基準方法論評價平均濃度的處置安全，以優化處置的選項及除役放射性廢棄物處置的成本。美國 SNL 的 Brad DAY 先生在「WIPP Performance Assessment: Radionuclide Release Sensitivity to Diminished Brine and Gas Flows to/from Transuranic Waste Disposal Areas」講題中，提出 WIPP 在 2014 年重新驗證結果的符合性，以及性能評估分析個案及靈敏度個案之假設、參數及分析結果。南韓科學技術院(KAIST)的 Jong-Il YUN 教授在「Applicability of Complementary Safety Indicators to Long-Term Performance Assessment of Deep Geological Disposal」提出南韓在深層地質長期處置的性能評估，針對劑量與風險主要指標外的附加安全指標提出評估結果及適切性，並將之應用在慶州中/低階放射性廢棄物處置場的海洋生態系統評估。

特別議程「多機組風險與安全目標」包括十篇論文，基於福島事故的證據，與這些自然危害有關風險的管理應考量整個廠址，不應侷限於單一機組；並且，有必要針對多機組廠址的風險考量發展適切的安全目標。提出演講者包括 IAEA 的 Gustavo CARUSO、美國 Jensen Hughes 公司的 Paul AMICO 先生、中國北京清華大學的唐節娟教授、南韓慶熙大學(Kyung Hee University)的 Gyunyoung HEO 教授以及南韓水力及核電公司(Korea Hydro & Nuclear Power, KHNP)的 Jang Hwan NA 先生；分別針對多機組廠址的風險，所須考量包括廠外肇始事件(肇始事件的關聯性)的可能性、自然危害對電廠 SSCs 及人員/組織因子的影響、用過燃料池風險及用過燃料池/反應爐間的交互作用、用過燃料池的嚴重事故(例如，銻合金火災)研究、嚴重事故現象對廠址的衝擊、命令及控制之結構物(主控制室、技術支援中心、緊急應變作業場所等)、資訊架構(例如，儀器)及廠址損壞狀態、機組間影響之熱流分析平行模擬、多機組動態 PRA 模擬有效率之演算法、廠址的風險指標及安全目標等項目提出看法。南韓 KAERI 的 Ho-Gon LIM

博士在「Applicability of Complementary Safety Indicators to Long-Term Performance Assessment of Deep Geological Disposal」論文中，說明 KAERI 規劃在 2017 年展開為期五年的多機組 PRA 研究計畫，並提出廠址風險評估(Site Risk Assessment)程序的說明，首先定義機組的風險並建構上層的分析架構，發展機組的一階、二階 PRA 模式，並處理機組間的相依性，量化年發生率結果，最後，提出後果分析及風險概況(risk profile)；在共同的肇始事件(例如，地震或海嘯)、共用的 SSCs、共因失效以及運轉員的績效與資源等部分，必須妥適地處理其間的相依性；惟針對機組間共因失效事件、與地震有關聯的失效事件、單一機組事故影響多機組之狀況(例如，輻射外釋)、輻射外釋所可能導致個人/組織的績效劣化、三階 PRA 分析程式在考量如食物鏈、地理、氣象等國內環境以及極大型故障樹量化等適切之處理方式仍待解決。日本電力中央研究所(CRIEPI)核能風險研究中心(NRRC)的 Toshiyuki ZAMA 先生提出「A perspective on Multi-Units PRA and R&D activities in Japan」論文，提出從福島事故的經驗回饋，考量共同的肇始事件(喪失外電、地震、海嘯、火山)，由龍捲風、喪失最終熱沉的潛在共因，在單一機組的廠內火災、水災事件對相鄰機組的影響，以及由地震導致水災、火災等更複雜的事故情境。另外，針對各機組的設計與運轉、共因失效以及人為可靠度的相依性、多機組的風險指標等均納入做相關研究的重點。南韓水力及核電公司(KHNP)的 Jang Hwan NA 先生在「Industry R&D Plans for the Site Risk Management and Safety Goal in Korea」論文，亦提出該公司在多機組研發計畫的概要。

(四) 亞洲風險評估及管理研討會(ASRAM 2016)

在參加會議期間接獲邀請參加之 Email 通知，由南韓 KAERI、日本 AESJ 風險技術委員會及中國北京清華大學的專家學者，共同規劃並由 KAERI 在 PSAM 13 正式議程結束(10 月 7 日)後，當天下午假華克山莊會議廳辦理第一屆亞洲風險評估及管理研討會(Asian Symposium on Risk Assessment and Management, ASRAM 2016)，規劃明後年分別在日本、中國召開，研討會議程如附件二。如前所述，PSAM 會議每兩次輪流於美國、歐洲或亞洲舉辦，美國核能學會(ANS)亦每兩年固定辦理 PSA 研討會，在歐洲國家每年有歐洲安全及可靠度(European Safety and Reliability, ESREL)研討會，是故南韓、日本及中國的專家學者認為：應該有屬於亞洲地區使用核能電廠的風險評估及管理相關國際研討會，以強化亞洲各核電國家的資訊與技術之交流。

會議議程由南韓 KAERI 的 Joo-Eon YANG 博士、日本 AESJ 風險技術委員會主席亦為東京大學的 Akira YAMAGUCHI 教授以及中國北京清華大學童節娟教授分別就各

國狀況，提出「Current Status and Future Plan of PSA in Member Countries」的演講。後續在「The way to extend the cooperation in PSA among Asian Countries」主題討論時，先邀請泰國的學者專家與與會者分享該國的經驗，他表示泰國目前並無核能發電廠，但由於近年經濟發展的高度成長趨勢，已積極規劃籌設核能發電廠，惟受到 2011 年福島事故之影響，目前核電廠的興建計畫暫緩，但仍有高度興趣持續參與本項有關亞洲國家使用核能發電 PRA 的技術交流與經驗回饋。另外，來自越南的學者專家亦表示，該國由俄羅斯引進核能發電廠的興建，在 2011 年發生福島事故之後，考量符合更高安全標準的要求，興建至商業運轉的完成時間已延後。接著，所有與會者分別針對安全目標、PRA 的標準、PRA 模擬及應用等項目交換意見。

南韓 KAERI Wondea Jung 博士表達期望我國亦能參與相關資訊交換及交流的研討會，在返國後已將此一訊息轉告中華民國核能學會(Chung-Hwa Nuclear Society, CHNS)現任理事長國立清華大學潘欽教授，提供雙方後續聯繫之管道。

三、參加 AEC、KINS「核電廠地震安全」技術交流會議

南韓核能安全研究所(Korea Institute of Nuclear Safety, KINS)為協助核能管制機關核能安全與保安委員會(NSSC)技術安全審查及視察之工作，由總裁、副總裁及 8 個處級單位所組成，包括有運轉反應器管制處、新建設反應器管制處、輻射管制處、緊急管理處、研究及政策處、國際核能安全學校、規劃處及行政處等，幕僚人數約 400 名，近 9 成為技術性幕僚。KINS 成立於 1990 年 2 月，主要任務為保護大眾健康及環境，避免受使用核能伴隨之潛在輻射危害，執行之關鍵任務有六大項：核能安全管理、輻射安全管理、環境監測、緊急應變、發展安全標準、準則與管制技術以及建立核能安全及輻射安全管理之技術基礎。KINS 管制的設施包括在各廠址的運轉中及興建中之機組(如圖 5)，以及 KEPCO-NF、KAERI 之核燃料設施、研究用(KAERI)及教育用(AGN-201K)反應器等，包括運轉中及興建中之中低階放射性廢棄物處置場。

AEC-KINS 的首次交流會議去(104)年假本會核能研究所舉行。為持續增進我國與南韓核能管制機關雙方管制人員之互動，除參加上述 PSAM 會議之外，亦於首爾與本會核能研究所周鼎研究員會合前往大田市(Daejeon)，並於 10 月 10 日至南韓核能安全研究所(KINS)拜訪並參加 AEC-KINS 雙邊的交流會議。本次交流會議辦理的模式，包括 1 天的技術項目(雙方選定地震安全主題)研討，以及 10 月 11 日由 KINS 安排赴慶州的中低階放射性廢棄物處置場及新月城電廠現場參訪 1 天。會議議程及議題詳參附件三。

- Now 25 operating NPPs : 21 PWRs and 4 PHWRs
- 5 PWRs are under construction and 2 PWRs are under the safety review for CP

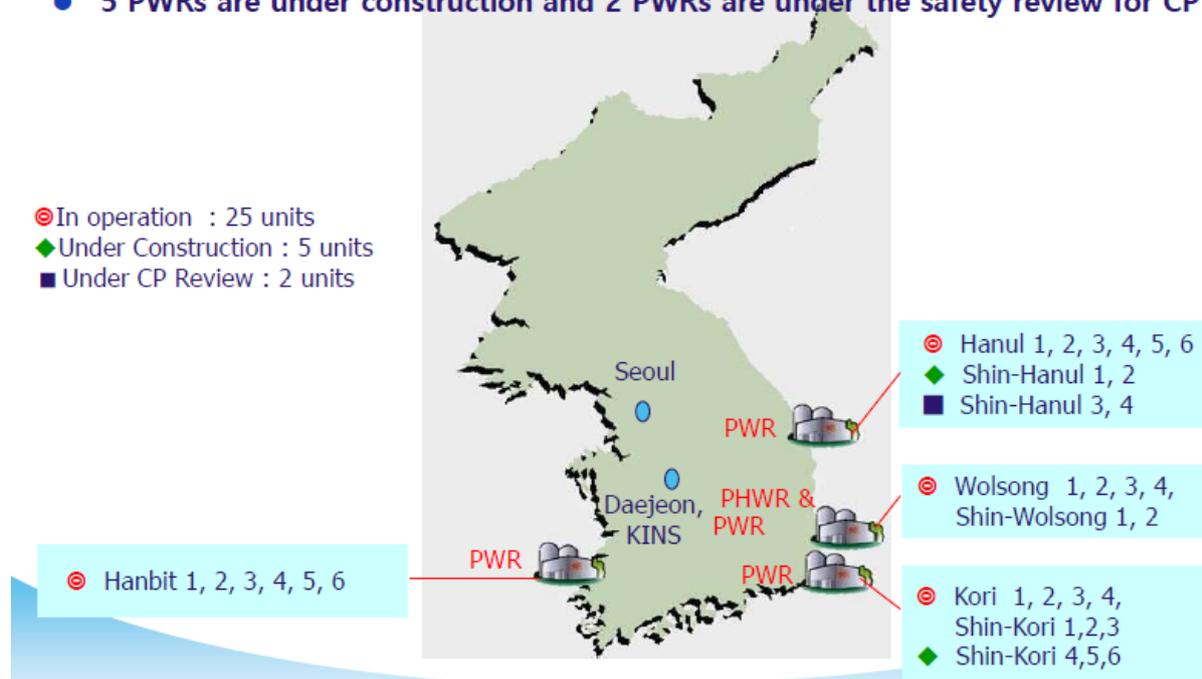


圖 5. 南韓現有核電廠分佈圖

(一) 參加 AEC-KINS 「核電廠地震安全」專題討論會

KINS 係韓國支援核能管制的研究機關，此行參加雙邊針對「核電廠地震安全」之技術交流專題討論會暨現場參訪，就地震安全有關之管制實務問題與南韓相關人員進行討論與經驗交換，除可作為我國未來執行相關事項之參考，對於我國核能安全管理制工作之推展有所助益，並得以促進我國與世界各主要核電國家之合作交流，也對我國核能安全防護總體檢作為與國際同步將有所助益，並能強化我國核能安全管理制資訊經驗交流與技術合作之管道。KINS 員工逾 500 人，近 9 成係專業或技術幕僚；

10 月 10 日抵達 KINS 總部後，由政策處國際合作組主任研究員 Young-Eal, Lee 博士陪同副總裁 In-Goo Kim 博士致歡迎辭，Kim 博士表示新接獲派任擔任副總裁職位，我們係他接待的第一批國際訪客。參與研討會議的人員主要係 KINS 結構系統暨場址安全評估組，包括主任研究員 Chang-Hun Hyun 博士、Ho-Hyun Cho 博士、Sei-Hyun Lee 博士以及 Young-Geun Lee 博士、Hoseok Chi 博士等，以及國際合作組的 Jong-Min Lee 先生。

上午的議程，首先由 Sei-Hyun Lee 博士提出「The regulatory activities and issues on seismic capacity」簡報，分別針對核電廠地震設計的安全審查、設備驗證(EQ)的管制經驗以及核電廠隔震系統等三個主題做說明，目前有新蔚珍(Shin-Hanul)三、四號機及

Gi-Jang 研究用反應器的興建許可(Construction Permit)、新蔚珍(Shin-Hanul)一、二號機及新古里(Shin-Kori)四號機的運轉執照(Operating License)以及古里三、四號機、靈光(Hanbit)三、四號機、蔚珍(Hanul)五、六號機及古里二號機的定期安全審查(Periodic Safety Review)等安全審查作業正在進行，新古里五、六號機的興建許可今年 6 月完成審查，另外中低階放射性廢棄物處置場的第二期工程亦在進行審查作業。南韓核電廠在地震設計的重要管制議題，包括耐震一級結構物支撐材料的性質，在模擬時針對混凝土裂縫及阻尼效應的考量，地震分析時考慮土壤結構物的相互作用，用過燃料池在設計基準地震時由晃動導致溢流的評估以及地震監視儀器系統等。針對設備驗證其中地震驗證為項目之一，地震驗證在確保在地震負荷下結構保持完整性、設備能發揮功能，他並提出一些視察發現(包括安裝、測試及 EQ 報告)的管制個案以及後續矯正措施做分享；KINS 團隊亦針對設備供應商建立視察管制計畫。在核電廠的隔震系統部分，為因應 KHNP 針對 APR 1400 系統應用隔震系統研究的審查工作，KINS 自行發展隔震系統的管制導則，目前已發行相關導則的草案；他指出南韓核設施在隔震系統的應用，包括緊急應變作業場所，預期在 2020 年前在四個廠址的緊急應變作業場所都將完成，其隔震系統的設計係 0.5g，針對超過設計基準地震為 0.835g (0.5g x 1.67)。

接續由我方提出「Post Fukushima Seismic Safety Enhancements at Taiwan's Operating NPPs (Regulatory part)」簡報，會議進行中針對雙方有興趣之議題做及時之意見交換及技術討論。

下午的議程，則由 Ho-Hyun Cho 博士就「The status of post-Fukushima action items related to seismic capacity」題目提出簡報，介紹 KINS 在福島事故後針對南韓核電廠執行特殊安全檢查(Special Safety Inspection)的作業內容、視察團隊及成員，該項檢查作業的發現以及後續強化措施的要求項目，相關內容已摘譯並錄於本會 101 年「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」附錄五、國際其他核電國家的做法第五.12 節韓國核能安全研究所特殊安全檢查摘要，此處不再贅述。總檢討報告相關網址如下：http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_05_4.pdf

Cho 博士的簡報，主要討論耐震能力強化、及抗海嘯能力強化兩部分。針對耐震能力強化部分，「裝設強震自動急停系統」、「改善月城核電廠廠址進口橋樑之耐震能力」等項已於 2012 年完成，「調查並研究核電廠廠址的最大可能地震」、「改善主控制室設施的耐震能力」等項已於 2013 年完成，至於「改善安全停機系統的耐震能力」項持續進行中。針對抗海嘯能力強化部分，「提高古里核電廠海嘯牆的高度(保持與其他廠址

有相當防護的 10 公尺高程)」項已於 2014 年完成，其中一、二號機將原有海嘯牆高度再增加 2.5 公尺、長度 1.1 公里，三、四號機將原有海嘯牆高度再增加 0.5 公尺、長度 1.0 公里。「調查並研究核電廠廠址的設計基準海水水位」項已於 2013 年完成，至於「裝設防水門及排水泵」項持續進行中，其防水門要求須通過耐震及防火測試。有關「研究用反應器評估結構的耐震能力並改善主控制室」項已於 2014 年完成。

最後由本會周研究員提出「Post Fukushima Seismic Safety Enhancements at Taiwan's Operating NPPs (Technical part)」簡報。會議進行中針對雙方有興趣之議題做及時之意見交換及技術討論。KINS 專家認為今年 9 月 12 日在慶州市發生規模 5.8 的地震，係有地震記錄(40 年前開始)以來發生規模最大的地震，且該地震震央距月城、古里、蔚珍等三座核電廠都在 100 英哩之內，他們確信應該適當的保護核電廠免於地震的威脅。



吳員、周員與 KINS 專家討論技術議題



AEC-KINS 雙邊會議出席專家合影

註：上方右側照片，由左至右依序為 Jong-Min Lee 先生、Young-Geun Lee 博士、Ho-Hyun Cho 博士、周員、吳員、主任研究員 Chang-Hun Hyun 博士、Sei-Hyun Lee 博士、Hoseok Chi 博士

(二) 參加 KINS 安排之核設施參訪

10 月 11 日吳員、周員由 KINS 政策處國際合作組的 Jong-Min Lee 先生、Moon-Soo Kim 先生陪同，由大田市前往慶州市，上午為路程。下午先抵達中低階放射性廢棄物處置場，並與 Ho-Hyun Cho 博士會合，Cho 博士之前擔任兩年月城核電廠駐廠視察員，參訪的隔日起開始擔任中低階放射性廢棄物處置場的駐廠視察員。在參訪中低階放射性廢棄物處置場及新月城核電廠，兩設施均要求參觀的訪客將手機及物品置於機構入口的置物櫃，因此，在此次參訪的核設施內均未攝有照片。到達中低階放射性廢棄物處置場、月城核電廠後，均先在訪客中心觀賞介紹該設施之影片。



吳員、周員參訪 KORAD



吳員、周員參訪新月城核電廠

註：由左至右依序為 Moon-Soo Kim 先生、Jong-Min Lee 先生、吳員、周員、Ho-Hyun Cho 博士

位於慶州市月城核電廠附近的南韓第一座中低階放射性廢棄物處置場，自 2006 年初開始第一期工程作業，並於 2014 年初完工，已在去(2015)年 8 月正式啟用接收中低階放射性廢棄物。由放射性廢棄物管理局(KORAD)運轉的中低階放射性廢棄物處置場，規劃兩期處置場之建設(如圖 6)，第一期為筒倉式地下處置場(Underground Silo Type)，儲存容量約 10 萬桶廢棄物，第一期設施在圖 6 中央的下方，其上方為行政區、接收區、檢查區、暫存區、實驗室等；第二期為建置於地表的庫房式處置場，儲存容量約 12.5 萬桶的廢棄物，第二期設施在圖 6 的左上方。圖 6 的右下方為公園及遊客中心，當天在該公園適逢辦理慶州儒林耆老宴的活動。圖 6 的左下方道路方向為月城核電廠。



註：本圖來源係 http://www.korad.or.kr/krmc2011/eng/pr/ke05_03.jsp 簡介手冊

圖 6. 中低階放射性廢棄物處置場全區鳥瞰

本次參觀的是第一期工程，該筒倉式地下處置場(如圖 7)位於海平面下約 100 公尺處，包括兩條坑道，一條於建造時期用來輸送建造設備及材料的「建造坑道(Construction Tunnel)」，另一條於運轉期間用來運送桶裝式放射性廢棄物的「運轉坑道(Operating Tunnel)」；一個豎井，做為工作人員的進出通道；以及 6 座處置筒倉(外觀類似 PWR 大乾型圍阻體)。每個直立式筒倉(silo)的直徑約 25 公尺、高 50 公尺，周遭牆壁採用約 60 公分厚的鋼筋混凝土設置，包括筒倉本體、通風系統、電力系統、吊車系統以及排洩水系統等均採耐震一級之設計。參觀的動線是在行政中心的示範區，聽取解說以了解處置場的作業程序，再搭乘巴士從運轉通道抵達進入筒倉區的豎井，在進入筒倉區前須換穿襪套、鞋套、手套及工作服，穿戴安全帽。

圖 8 是中低階放射性廢棄物處置程序。在核電廠產生的中低階放射性廢棄物先經壓縮固化處理(圖 8 第 1 圖)裝桶暫存(圖 8 第 2 圖)，之後，採用卡車陸運或專用船舶海運的方式運送至此處置場(圖 8 第 3 圖)，除了鄰近的月城核電廠以陸運的方式送交其中低階放射性廢棄物外，其餘各核電廠均是透過海運方式運送至本處置場。依據處置場的接收規範，在處置場接收的中低階放射性廢棄物桶會先檢查(圖 8 第 4 圖)，確認符合規範之要求，再行裝進 10 公分厚長方形的混凝土處置容器中，用卡車載運經運轉坑道至筒倉上方，再以吊車從筒倉底部往上逐層堆置(圖 8 第 5 圖)。在筒倉裝滿後將使用各式密封材料填滿混凝土處置容器及筒倉牆壁間的空隙(圖 8 第 6 圖)，在六座筒倉均裝滿後以混凝土封閉兩條坑道及入口，進行封閉後的長期監視管理(圖 8 第 7 圖)。



註：本圖來源係 http://www.korad.or.kr/krmc2011/eng/pr/ke05_03.jsp 簡介手冊

圖 7. 筒倉式(Silo)地下處置場示意圖



註：本圖來源係http://www.korad.or.kr/krmc2011/eng/pr/ke05_03.jsp簡介手冊

圖 8. 中低階放射性廢棄物處置程序

隨後，再前往新月城一號機參訪，月城一號機至四號機係加拿大 CANDU 型重水式之機組，而新月城一、二號機則為輕水式之壓水反應器之機組，分別在 2012 年、2015 年開始商業運轉，發電量均為 1,000MW。由於在中低階放射性廢棄物處置場停留逾預定時間，在月城核電廠觀看簡介影片之後，至新月城一號機組的輔助廠房參觀水密門以及移動式設備(泵)，再到觀景臺眺望機組、廠區及處置場。

參、心得與建議：

1. 國際間在運轉中核能電廠考量福島事故的衝擊將擴展並更新廠外事件 PRA 模式，新建核能電廠亦採嚴謹作法納入相關 PRA 模式洞識的檢討，近年來核能業界包括美國核管會、歐盟國家、日本、南韓等對此一議題，在安全度評估方面加以特別關注並強化相關標準之建立，兼以掌握相關改善強化的效益，故建議應持續掌握廠外事件、共因失效以及人為可靠度等研究議題，確認相關模式的風險貢獻及相關安全因應措施的重要性。
2. 由於國際間正在發展核電廠的全廠址 PRA 模式，其在風險評估所包括的相關重要評估技術，我國應持續關注美國及各核能國家在 PRA 標準更新及先導研究的現況，持續與正執行相關模式建立的美國核管會或國家實驗室做資訊、技術之交流，以因應未來風險告知管制在 PRA 模式完整性、涵蓋面之需求，並深入瞭解採 PRA 模式風險洞識為基礎之各種指標在管制要求之適切性。
3. 本會應持續參加 PRA 相關之國際研討會，以及與各國管制機關就特定管制議題做持續定期的交流，以從中獲取其他各國特定管制議題的最新狀況，對於未來可能的管制作為有相當助益。另外，在 PRA 之新興研究領域方面，可藉由參與國際研討會獲取最新研究方向，充分掌握國際間相關管制工作之進度與技術能量，亦能與國際間其他管制機關，建立正式、長期且穩定的溝通管道。

肆、附件：

一、2016 年第 13 屆國際風險評估/管理研討會(PSAM 13)之議程

Time	Oct. 2 (Sun)	Oct. 3 (Mon)	Oct. 4 (Tue)	Oct. 5 (Wed)	Oct. 6 (Thu)	Oct. 7 (Fri)	
08:50 ~ 09:00		Opening Ceremony					
09:00 ~ 10:00		Plenary Lecture 1	Plenary Lecture 2	Plenary Lecture 3	Plenary Lecture 4		
10:00 ~ 10:30		Coffee Break					
10:30 ~ 12:10		Special Session	Technical Session	Technical Session	Special Session	Technical Session	Technical Session
12:10 ~ 13:30		Lunch	Conference Lunch	Lunch	Lunch	Closing Ceremony	Ice Cream Social
13:30 ~ 15:10		Special Session	Technical Session	Technical Session	Special Session	Technical Session	Technical Session
15:10 ~ 15:40	Registration (14:00-19:00)	Coffee Break					
15:40 ~ 17:20		Special Session	Technical Session	Special Session	Technical Session	Special Session	Technical Session
18:30 ~ 20:30	Mingling Reception	Welcome Reception		Conference Dinner			



Technical Program Information

Track 1 Risk Assessment & Management				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T01-01	Advanced Method in PSA I	October 3 (Mon)	10:30-12:10	Grand Hall 1 (B1)
T01-02	Advanced Method in PSA II		13:30-15:10	
T01-03	Advanced Method in PSA III		15:40-17:20	
T01-04	Digital I&C Reliability and Cyber Security	October 4 (Tue)	10:30-12:10	
T01-05	Advanced Method in PSA IV		13:30-15:10	
T01-06	L2 and L3 PSA I		15:40-17:20	
T01-07	Advanced Method in PSA V	October 5 (Wed)	10:30-12:10	Grand Hall 2 (B1)
T01-08	L2 and L3 PSA II		13:30-15:10	
T01-09	Data and Parameter Estimation		15:40-17:20	
T01-10	Uncertainty and Sensitivity	October 6 (Thu)	10:30-12:10	Grand Hall 1 (B1)
T01-11	PSA Practice and Experience I		13:30-15:10	
T01-12	Advanced Nuclear System		15:40-17:20	
T01-13	PSA Practice and Experience II	October 7 (Fri)	10:30-12:10	Grand Hall 1 (B1)
T01-14	Non Reactor Nuclear System			Grand Hall 2 (B1)
T01-15	PSA Practice and Experience III			Grand Hall 3 (B1)

Track 2 External Events				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T02-01	Seismic PRA I	October 3 (Mon)	10:30-12:10	Grand Hall 6 (B1)
T02-02	Seismic PRA II		13:30-15:10	
T02-03	Seismic and Tsunami Fragility		15:40-17:20	
T02-04	Tsunami PRA	October 4 (Tue)	10:30-12:10	
T02-05	Extreme External Events I		13:30-15:10	
T02-06	Extreme External Events II		15:40-17:20	
T02-07	Fire PRA I	October 5 (Wed)	10:30-12:10	
T02-08	Fire PRA II		13:30-15:10	

Track 3 Severe Accidents				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T03-01	SA-SFP	October 3 (Mon)	10:30-12:10	Grand Hall 5 (B1)
T03-02	SA-PRA2		13:30-15:10	
T03-03	SA-CFVS Analysis		15:40-17:20	
T03-04	SA-PRA3	October 4 (Tue)	10:30-12:10	
T03-05	SA-Accident Analysis and Modeling		13:30-15:10	
T03-06	SA-UA		15:40-17:20	

Track 4 Environmental Risk				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T04-01	Environmental Risk Assessment I	October 3 (Mon)	10:30-12:10	Grand Hall 2 (B1)
T04-02	Environmental Risk Assessment II		13:30-15:10	
T04-03	Radiological Impact Assessment		15:40-17:20	

Technical Program Information

Track 5 PSA Applications				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T05-01	PSA Applications I	October 3 (Mon)	10:30-12:10	Grand Hall 4 (B1)
T05-02	PSA Applications II		13:30-15:10	
T05-03	PSA Applications - External Event I		15:40-17:20	
T05-04	PSA Applications - External Event II	October 4 (Tue)	10:30-12:10	
T05-05	PSA Applications III		13:30-15:10	
T05-06	PSA Applications IV		15:40-17:20	
T05-07	PSA Applications V	October 6 (Thu)	10:30-12:10	
T05-08	PSA Applications- Advanced/Research Reactor		13:30-15:10	
T05-09	PSA Applications - Level 2		15:40-17:20	
T05-10	PSA Applications - Modelling/Simulation	October 7 (Fri)	10:30-12:10	

Track 6 Risk-Informed Regulation (RIR)				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T06-01	Risk-Informed Regulation I	October 6 (Thu)	10:30-12:10	Grand Hall 2 (B1)
T06-02	Risk-Informed Regulation II		13:30-15:10	
T06-03	Risk-Informed Regulation III		15:40-17:20	

Track 7 Human Reliability Analysis & Human and Organizational Factors				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T07-01	Human Reliability I (HRA Data)	October 3 (Mon)	10:30-12:10	Grand Hall 3 (B1)
T07-02	Human Reliability II (Digital MCR)		13:30-15:10	
T07-03	Human Reliability III (HRA Application 1)		15:40-17:20	
T07-04	Human Reliability IV (HuREX Framework)	October 4 (Tue)	10:30-12:10	
T07-05	Human Reliability V (HRA Application 2)		13:30-15:10	
T07-06	Human Reliability VI (HRA Application 3)		15:40-17:20	
T07-07	Human Reliability VII (HRA Application 4)	October 5 (Wed)	10:30-12:10	
T07-08	Human and Organizational Factors I (Safety/Organizational Culture)	October 6 (Thu)	10:30-12:10	
T07-09	Human Reliability VIII (New HRA Method)		13:30-15:10	
T07-10	Human and Organizational Factors II (Procedure and Education)		15:40-17:20	

Track 8 Structural Reliability				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T08-01	Structural Reliability I	October 4 (Tue)	10:30-12:10	Grand Hall 2 (B1)
T08-02	Structural Reliability II		13:30-15:10	
T08-03	Structural Reliability III		15:40-17:20	

Track 9 Waste Management				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T09-01	Radioactive Waste PSA	October 5 (Wed)	15:40-17:20	Grand Hall 4 (B1)

PSAM 13

13th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management

Technical Program Information

Track 10 Industrial Safety				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T10-01	Industrial Safety I	October 5 (Wed)	10:30-12:10	Grand Hall 5 (B1)
T10-02	Industrial Safety II		13:30-15:10	
T10-03	Industrial Safety III		15:40-17:20	

Track 11 Transportation				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T11-01	Risk Assessment Models for Transportation	October 5 (Wed)	10:30-12:10	Grand Hall 4 (B1)
T11-02	Transportation Accident Prevention Methods		13:30-15:10	

Track 12 Space and Aviation				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T12-01	PSA in Space & Aviation Area I	October 5 (Wed)	13:30-15:10	Grand Hall 3 (B1)
T12-02	PSA in Space & Aviation Area II		15:40-17:20	

Track 13 Others				
Session Code	Session Title	Date	Time	Venue
T13-01	Special Topics	October 5 (Wed)	15:40-17:20	Grand Hall 6 (B1)

二、第一屆亞洲風險評估及管理研討會(Asian Symposium on Risk Assessment and Management, ASRAM 2016)議程

Asian Symposium on Risk Assessment and Management

ASRAM 2016

- **Date/Time:** 2016/10/7(Fri.), 14:00-17:40
- **Place:** Sheraton Grand Walkerhill · Seoul (Grand Hall 1)
- **Organized by** KAERI
- **Supported by** The Univ. of Tokyo and Tsinghua Univ.

Time	Events	Memo
14:00-14:30	Registrations	
14:30-14:40	Opening Remarks	Dr. Yang, J.E
	Welcome Address	Dr. Park, C.K
14:40-16:10	Current Status and Future Plan of PSA in Member Countries	Dr. Yang, J.E, Prof. A.Yamaguchi, and Prof. J.Tong
16:10-16:20	MOU Agreement	
16:20-16:40	Coffee Breaks	
16:40-17:30	Panel Discussion: The way to extend the cooperation in PSA among Asian Countries	Speakers, 泰國
17:30-17:40	Closing	
18:00-	Dinner	Hosted by KAERI

三、AEC-KINS 雙邊會議之議程

Agenda

AEC – KINS Workshop on the “Seismic Safety at NPPs”

10-11 October 2016

Day 1: Workshop in KINS HQ

Day 2: Technical Tour to Wolsong NPP site & LILW Disposal Center

Day 1: 10 October 2016 (Monday)		
Time	Topic	Speaker
09:30-10:00	Opening remarks and welcoming address - Picking up at Interciti Hotel (9:00 AM)	AEC/KINS
10:00-11:00	(KINS-P1) The regulatory activities and issues on seismic capacity	Dr. Sei-Hyun Lee (KINS)
11:00-12:00	(AEC-P1) Post Fukushima Seismic Safety Enhancements at Taiwan’s Operating NPPs (Regulatory part)	Mr. Ching-Hui Wu (AEC)
12:00-13:30	Lunch at the KINS cafeteria	
13:30-14:30	(KINS-P2) The status of post-Fukushima action items related to seismic capacity	Dr. Ho-Hyun Cho (KINS)
14:30-14:45	Coffee break	
14:45-15:45	(AEC-P2) Post Fukushima Seismic Safety Enhancements at Taiwan’s Operating NPPs (Technical part)	Dr. Ting Chow (AEC)
15:45-17:00	Discussion on Cooperation Topics	ALL
17:00-17:30	Closing remarks	KINS/GRS
18:00-19:30	Dinner (menu: TBD)	

* 40 min. Presentation + 20 min Q&As for each topic

Day 2: 11 October 2016 (Tuesday)		
Time	Content	Remark
09:00-12:00	Move to Gyeongju - Picking up at Interciti Hotel (9:00 AM)	Mini Van
12:00-13:00	Lunch (Korean food restaurant)	
13:00-13:45	Move to Wolsong LILW Disposal Site	
13:45-14:45	Technical Tour (Wolsong LILW Disposal Site) - Visitor center, Surface & underground facility	
14:45-15:00	Move to Wolsong NPP Site	
15:00-16:30	Technical Tour (Wolsong NPP Site) - Visitor center, Shin-Wolsong Unit 1&2	
16:30-	Move back to Daejeon (KINS staffs only)	