


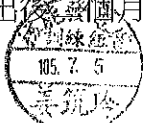




## 出國報告審核表

出國報告名稱：參加 SOER 2007-1 反應度管理研討會		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
吳逸群	核能工程監	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 國際會議 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽)	
出國期間：105 年 5 月 18 日至 105 年 5 月 21 日		報告繳交日期：105 年 6 月 30 日
出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備。
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5..建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6..送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7..送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8..退回補正,原因:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(7) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同人進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) .其他
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式:

報告人  單位 主管處 總經理  
 主管  主管 副總經理  
 專員  專員

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、審核作業應於報告提出後三個月內完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務報告資訊網為原則」。

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 SOER 2007-1 反應度管理研討會

頁數 10 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/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

吳逸群/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監/(02)2366-7085

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(出席國際會議)

出國期間：105.5.18-105.5.21 出國地區：日本東京

報告日期：105 年 6 月 30 日

分類號/目

關鍵詞：WANO、反應度管理、運轉經驗

內容摘要：

世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)於本年度5月19、20日召開SOER 2007-1反應度管理研討會，以追蹤檢討SOER 2007-1發行後各會員執行反應度管理的狀況。會中除由WANO-TC報告由世界上各會員所提報的反應度管理疏失案例統計資料外，亦由WANO-TC各會員報告反應度管理實施的情況並進行討論，本報告內容摘要如下：

1. WANO-TC 人員報告部分：本次會議除由韓國籍的WANO-TC副局長 Lee Kwang-Hoon (Deputy Director)擔任引言外，另由WANO-TC安排了3篇專題報告。題目分別是：SOER 2007-1的符合狀況、如何執行SOER 2007-1 審查、反應度管理事件中的人為因素。
2. WANO 各會員報告摘要：除了本公司外，與會的德國E.ON電力公司、中國核能工業總公司(CNNC)、韓國電力公司(KHNP)、巴基斯坦原子力委員會(PAEC)、日本原子能安全協會(JANSI)各提出一篇報告，說明各電力公司根據SOER 2007-1所建立的反應度管理制度。
3. 本公司於研討會中之報告摘要：報告題目為“近年來台電公司沸水式核能機組於反應度管理所做的改善”，內容分為A. 功率振盪中子偵測系統(OPRM)，B. 燃料填換時之停機餘裕(Refueling Shutdown Margin)等兩個部分。

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

出國報告（出國類別：開會）

## 參加 SOER 2007-1 反應度管理研討會

服務機關：台灣電力公司核能發電處

姓名職稱：吳逸群/核能工程監

派赴國家：日本

出國期間：105 年 5 月 18 日至 105 年 5 月 21 日

報告日期：105 年 6 月 30 日

QP-08-00 F04

# 目 錄

	頁數
一、目的 .....	1
二、出國行程 .....	1
三、工作紀要 .....	1
四、本次研討會概要 .....	2
五、心得與建議 .....	7

## 一、目的

本公司於2月中旬收到世界核能發電協會東京中心(World Association of Nuclear Operators - Tokyo Centre, 簡稱WANO-TC)之E-MAIL通知，於105年5月19、20日在日本東京中心總部召開SOER 2007-1反應度管理研討會，邀請本公司派員，職奉派參加本次研討會議。

## 二、出國時程

105年5月18日 往程(台北→東京)

105年5月19~20日 參加 SOER 2007-1反應度管理研討會

105年5月21日 返程(東京→台北)

## 三、工作紀要

掌控所有影響反應器功率大小及爐心臨界之工作，亦即是反應度管理，是核能安全的重要工作。在 2004 年至 2007 年發生許多有關反應度管理之事件，分析其原因為沒有健全的反應度管理執行作業，及發生非預期和無法控制的暫態現象。

WANO 重要運轉經驗報告(SOER)撰寫的目的，是藉分享其他會員的運轉經驗，從中學習到寶貴、有價值的經驗、增進反應爐運轉安全。SOER 2007-1 於 2007 年發行，係由分析發生在 WANO 各地區會員的反應度管理事件所編成。SOER 中探索反應度管理事件的直接與根本原因，並提供造成這類事件的屏障失誤或流程缺失之分析，以作為各電力公司核能電廠爐心反應度管理的重要參考。

本次反應度管理會議為WANO東京中心第一次邀請本公司參加，會議之目的為檢討近年來各核能電廠發生的反應度管理事件，並且由各公司代表提出報告。參加之會員為：德國E.ON電力公司(1位)、中國核能工業總公司(3位)、韓國電力公司(3位)、巴基斯坦原子力委員會(1名)、日本東北電力(4名)、東京電力(5名)、中國電力(1名)、日本原子能安全協會(1名)及本公司(1名)等20位從事反應度管理的工程師及經理人員參加。

## 四、本次會議概要

本次由WANO-TC安排2天的會議，議程詳如附件1，職於會議中報告本公司沸水式核電廠(核一/二廠)近年於反應度管理所作的改善。會議開始時由本公司駐WANO聯絡工程師王永勝先生介紹WANO成立之目的與活動、WANO-TC的環境及本次會議的注意事項。本次與會人員包括日籍及非日籍人士，各約一半。WANO-TC特別安排了英日及日英雙向的即時口譯，有助於與會人員對於報告內容了解，是一個不錯的作法。王先生簡報時也特別要求上台報告時要放慢速度，並使用麥克風以利口譯人員的翻譯工作。

因本公司加入WANO已有很長時間，公司主管也知道WANO透過運轉經驗(Operating Experience)、同業評估計畫(Peer Review Program)、專業與技術發展(Professional and Technical Development, P&TD)、技術支援服務計畫(Technical Support Mission Program, TSM)等四個計畫以提升各會員在核能安全方面能的表現，有關WANO成立之目的於報告中不再詳述。

另有關其他公司與會人員之報告，及職於會議中之報告內分別摘要如下：

### 會議報告/討論內容摘要

#### (1)WANO-TC副局長引言:

本次會議由韓國籍的WANO-TC副局長(Deputy Director) Lee Kwang-Hoon擔任引言。在簡報中他以某一電廠的一項運轉經驗(OE)為例，說明未適切執行反應度管理之事件，這一事件包括：

- 某一位反應器工程師獨自估算機組於手動急停2.5天後的臨界棒位。
- 反應爐於起動後沒有在預期的棒位下達到臨界，其棒位較預估的反應度低了約500pcm。
- 電廠主管忽視反應度異常狀況，且未進行肇因分析及改善措施，決定繼續提升負載。

全案有關反應度管理的缺失如下：

- 未使用可減少人為錯誤的工具，也就是在執行反應度計算時未執行雙重確認。
- 缺乏對於反應度變化的學理及知識。

-- 電廠管理階層對於反應度管理未建立高標準的期望，包括程序書的遵循等。

在副局長的報告中也說明了反應度管理的目的就是維持核能安全的運轉餘裕與設計的餘裕相同，並談到包括自我查證、反應器工程師訓練等加強反應度管理的方法。

## (2) WANO-TC人員報告

接下來3個題目分別由WANO-TC人員報告，題目如下：

- A. SOER 2007-1的符合狀況。
- B. 如何執行SOER 2007-1 審查。
- C. 反應度管理事件中的人為因素。

在SOER 2007-1的符合狀況簡報中，WANO特別指出根據統計資料SOER 2007-1中有4項建議的不符合比例較高，須特別留意，分別為：

- a. 反應器工程師參與模擬器訓練。
- b. 自我評估。
- c. 在爐心反應度變化時，執行團隊監督。
- d. 對於不是經常發生或操作的狀況，實施及時(just-in-time)訓練。

在如何執行SOER 2007-1 審查的簡報中，WANO替與會人員複習進行SOER 2007-1評估時之技巧及應注意事項。在簡報檔中WANO並以紅字標註重點。

反應度管理事件中的人為因素之簡報中，WANO以自2013年第1季到2015年第1季(WANO RPT 2015-6)所發生的8個案例供與會人員參考，此8個案例及發生原因WANO歸納如下：

- a. 機組停機後汽機控制模式改變，造成在6分鐘內非預期的發電機出力增加147MW(反應爐功率由77.5% 增加到 88.3%)—程序書不完整、缺乏質疑的態度及沒採用保守性決策。
- b. 將混合床除礦器置入使用，造成硼酸非預期之增加，反應度下降(功率下降約0.27%)—不適當的訊息查證，及工具箱會議中注意事項交

待不夠詳細、溝通不良。

- c. 反應爐接近滿載運轉時，運轉人員原要稀釋8加侖水，但因儀表判讀錯誤，造成78加侖水注入爐心的過度稀釋狀況一直接原因就是人為誤失。
- d. 升載時，在汽機跳脫而反應爐未急停的狀況下，運轉員未進行適當的反應度控制程序一原因是程序書不完備及缺乏質疑的態度，結果是反應爐非預期的重新臨界及違反運轉技術規範。
- e. 在低功率停機過程中，一位”見習”的運轉員誤”抽出”了一根應”插入”的控制棒，導致反應爐保護系統動作--本事件特別值得注意的是由一位見習的運轉員操作錯誤所引起。
- f. 於1台反應爐冷卻水泵跳脫後，機組持續提升負載，運轉人員為了穩定功率及維持軸向功率差於一預設值，導致於操作過程中發生了2項錯誤一事件發生在反應爐(氙毒)Xe已達尖峰開始衰退，反應爐功率增加中，但此時運轉員卻同時抽棒並稀釋硼酸(違反每次只能進行1項反應度改變操作的原則)；抽棒時又未發現別一棒群時未全出，造成不符合控制棒重疊的規定。
- g. 一部沸水式反應爐於停機過程，反應爐於次臨界狀態，1個非預期的反應度(水溫下降、Xe衰變)加入，使反應爐重回臨界一原因是運轉員對於反應度變化的概念熟悉度不夠、未與其他團隊成員討論及未遵循程序書等。
- h. 反應爐於熱待機執行控制棒掉落(急停)時間後，運轉員誤將一組停機控制棒組停在218位置而非在正確的228(全出)位置，並於此錯誤被修正前就開始稀釋硼酸一違反停機控制棒組未全出不得進行硼酸稀釋的規定，發生急停時將降低負反應度的餘裕。

以上8個案例可知WANO認為人為因素是造成反應度管理異常的重要因素。

### (3)WANO各會員報告

除本公司外，與會的德國E.ON電力公司、中國核能工業總公司(CNNC)、韓國電力公司(KHNP)、巴基斯坦原子力委員會(PAEC)、日本原子能安全協會(JANSI)各提出一篇報告，除說明各電力公司依據SOER 2007-1所建立的反應



度管理的制度及實際狀況外，德國E.ON電力公司於報告時提出”反應度管理”是避免運轉時處於不安全的一種方法，中國核能工業總公司(CNNC)、韓國電力公司(KHNP)亦各提出1、3項經驗回饋分別說明如下：

A. 德國E.ON電力公司認為一般維護工作的計畫及執行，主要是依照廠家說明書、管制機關要求、維護程序書、其他的法規及程序等。”反應度管理”是避免運轉時處於不安全的一個綜合評估的方法，評估的內容包括核能安全(Nuclear Safety)、電廠可用度(Plant Availability)、環保(Environment Protection)、工安(Industrial Safety)、輻安(Radiation Protection)、防火(Fire Protection)、保安(Physical Protection)等7個面向，如果評估結果認為對於核能安全或電廠可用度的影響程度是中或高，則該維護工作須送請電廠核准。這一系統化評估工作過程中的風險，E.ON電力公司稱為”反應度管理”(類似於本公司的檢修工作聯絡書，但各部門間分工較細)，已推廣到E.ON公司所有的核電廠，雖然與一般定義的”反應度管理”不同，但確可增加電廠人員進行維護工作時對於風險及潛在風險的認知，使工作人員之間獲得有效的溝通協調，避免機組處於不安全的狀態。

B. CNNC提供今年3月18日發生在某一核能電廠的反應度管理案例，發生經過如下：

一位現場操作員奉命去將一台柴油機輸出的斷路器切離並掛卡，但該現場操作員只掛卡並未將斷路器切離。後來柴油發電機被起動並提供電力到匯流排，但控制室並不知道此一狀況。

控制室隨後起動一台液壓測試泵，並要求一位現場操作員回報該台泵運轉狀況時，現場操作員判斷錯誤，回報該台液壓測試泵未運轉，結果造成約2200ppm的硼酸水注入爐心，爐水溫度下降，控制棒抽出。9分鐘後運轉員發現硼酸濃度異常、控制棒移動、體積控制槽(VCT)水位上升，加上現場操作員回報液壓測試泵運轉中，判斷有硼酸注入爐心。在停止液壓測試泵後汽機由845MW自動降載到820MW。並產生C21信號。

造成本次反應度管理的原因包括：

- 未使用防誤工具(包括程序書遵循、有效監督、工具箱會議等)

- 工作人員的技能不足
- 程序書缺陷

CNNC已針對本次反應度管理事件進行改善。

C. 韓國電力公司(KHNP)各提出的3項經驗回饋包括：

- a. 機組停機再啟動升載時Axial Flux Difference超過可接受值，以致機組必須維持50%以下功率22小時。
- b. 因為B-10與B-11比例估算錯誤，導致臨界時硼酸濃度估算誤差達42ppm。
- c. 以Nuclear Design Report的數據、硼酸損耗加上注入硼酸的濃度等可有效估算B-10濃度。

韓國已針對上述運轉經驗進行改善。

(4)本公司報告：

WANO-TC要求每一與會會員須自訂一篇有關反應度管理的題目，於研討會中報告。本公司報告題目為”近年來台電公司沸水式核能機組於反應度管理所做的改善”，報告的內容分為：A. 功率振盪中子偵測系統(OPRM)，B. 燃料填換時停機餘裕 (Refueling Shutdown Margin)等兩個部分，分別說明：

A. 功率振盪中子偵測系統(OPRM)簡介

沸水式反應爐因為爐心中有大量空泡及空泡負反應度回的特性，運轉時如果空泡無法及時移除，爐心功率有可能產生振盪的現象，甚至無法收斂的狀況。自1988年迄今全世界共有8個機組發生爐心功率振盪，美國NRC及我國原能會對功率振盪問題非常重視，早期因為硬體設備尚不齊備，暫時以行政或程序書管制的方式以避免功率振盪發生，譬如：發生兩台再循環泵跳脫要手動急停反應爐、1台再循環泵跳脫要降載到80%棒位線以下、禁止於不穩定區運轉、若發生功率振盪時須立刻以插棒(或增加爐心流量)壓制，若無法於2分鐘內壓制則須手動急停反應爐等。

美國NRC於1988年公告( Bulletin 88-07 )同意暫時以行政管制來處理爐心功率振盪的問題，但電力公司仍須安裝自動保護系統，以免爐心功率振盪對於燃料產生不良的影響。台電公司經多方考量決定安裝功率振盪中子偵測系統(OPRM)。

OPRM主要是偵測3-4個鄰近的LPRM讀數，經過計算分析後判斷是否有功率振盪的現象，再與每個週期都經再填換執照分析的設定點比較，決定是否引動急停信號，以確保燃料完整性。

OPRM裝設後除了會產生急信號保護核燃料外，裝設前的行政管制適度放寬有助於增加運轉彈性。

#### B. 燃料填換時停機餘裕 (Refueling Shutdown Margin)簡介

台電公司核一/二廠於2009年開始引進ITS(Improved Technical specification)。於ITS中規定，燃料填換過程中，於燃料填入爐心前須查證(Verify)該步驟的停機餘裕符合規定(>0.38%)。

於計算/查證停機餘裕時，發現某一燃料填入後，停機餘裕不符合規定及於現場執行燃料填換時，發現燃料放錯位置時之處理原則，分別說明如下：

- a. 公司依照ITS的要求，逐步計算燃料裝填時的停機餘裕，若於停機餘裕計算，發現某一步驟燃料填入後停機餘裕不符合規定時，該束燃料暫時停止置入。該位置以假燃料(Dummy 或 SBG)填入，以免影響後續的燃料吊運。
- b. 燃料放錯位置時，立即暫停燃料吊運作業，依ITS規定評估更正燃料位置，停機餘裕是否符合。
  - b.1 若停機餘裕符合時，依電廠的規定將放錯位置之燃料吊到正確位置。
  - b.2 若停機餘裕不符合或無法確定時，依電廠規定將放錯位置之燃料暫時放於燃料池。

依ITS實施燃料填換時之停機餘裕計算，可以確保燃料填換時反應度的適當管理，避免產生停機餘裕不足之燃料裝填步驟。

## 五、心得與建議

1. 決定參與本次會議開始準備資料、構思報告題目，最後以”近年來本公司沸水式核能機組於反應度管理所做的改善”為題目時，想到日本沸水式核

能機組，目前都還在停機狀態，報告此題目可能較不容易引起興趣，沒想到與會人員中包括來自東京電力、東北電力、中國電力等運轉沸水式核能電廠之電力公司的10名日籍工程師，對報告中兩個子議題都表現出非常大的興趣，並於簡報完後提出問題，例如：OPRM可不可以監視局部功率振盪？為何以前未於大修燃料填入爐心時執行停機餘裕計算？而職根據經驗逐一回答，達到充分交流之目的。

✓ 2. 主辦單位(WANO-TC)提供了自SOER 2007-1發行後有關反應度管理疏失的統計結果，及近年來有關人因疏失的反應度管理案例，可以是本公司進行反應度管理精進的重要參考及方向。

3. WANO-TC於報告中提到反應度管理議題常分為

- 管理標準及期望(Management standards and expectations)
- 反應度改變時主管之監督(Supervisory oversight of reactivity changes)
- 使用減少錯誤的工具及技巧(Use of error reduction tools and techniques)
- 反應器工程師功能及界面(Reactor engineering functions and interfaces)
- 運轉員知識、技能及經驗(Operator knowledge, skills and experience)

等5個方向，其中“運轉員知識、技能及經驗”排在5個方向的最後一項，職依經驗認為這種排序不適當，於會議中提醒WANO-TC承辦人員及報告人員，運轉員(包括反應器工程師)知識、技能及經驗對於反應度管理的重要性不亞於其他項目，尤其在目前新舊世代交替，對於新進員工的知識、經驗傳承及考評更顯重要。WANO-TC人員也承認知識、技能及經驗的重要性應該提高。

4. 承上，依WANO分析，反應度管理異常事件仍以人因疏失為主要因素，未來總處至現場進行主管作業觀察時，宜多注意人因疏忽的問題，以避免造成對於反應度管理的不良影響。

**Technical Programme  
WANO-TC Seminar on  
SOER 2007-1 Reactivity Management  
19-20 May 2016**

**19 May 2016, Thursday**

~~9:00-17:00 Marshall Hall, 7<sup>th</sup> Floor WANO-TC~~

9:00- 9:15            Safety and Logistics, This is WANO  
(15min)        Mr. Yung-Sheng Wang , (WANO TC)

9:15- 9:30            Opening Address & Objectives of Seminar  
(15min)        Mr. Kwang-Hoon Lee,  
                         Executive Deputy Director , (WANO TC)

9:30-9:50        Self Introduction  
(20min)

9:50-10:30        SOER 2007-1 Implementation Status  
(40min)        Mr. Rui Bao                    , (WANO TC)

~~10:30-10:45 Coffee Break~~  
(15min)

10:45-11:20        How to Review SOER 2007-1  
(35min)        Mr. Yuzuru Yoshioka            , (WANO-TC)

11:20-12:00        Events Related to Human Performance Gaps Identified in WANO  
                         RPT 2015-6  
(40 min)        Mr. Zulqarnain                    , (WANO TC)

~~12:00-13:00 Lunch at WANO TC~~  
(60min)

13:00-13:40        Reactivity management" a measure to prevent unsafe  
                         situations in operating NPPs  
(40 min)        Mr. Thomas Hanisch            , (E.ON Kernkraft GmbH)

13:40-14:15        Management Expectations and Standards  
(35 min)        Mr. Muhammad Atique            , (WANO-TC)

~~14:15-14:30 Coffee Break~~  
(15min)

附件 1

2/2

14:30-15:15 How to manage and control Reactivity Conservatively  
(45 min) Mr. Weihua Shi , (CNNC)

15:15-15:45 Reactivity Management Program at Chashma NPPs  
(30 min) Mr. Waqas Rana , (PAEC)

~~15:45-16:00 Coffee Break~~  
(15 min)

16:00-17:00 Exercise Session (video)  
(60 min)

17:00 Adjourn

~~18:00-20:00 Welcome Dinner at "Ocean dish Q'on"  
(Park-Shibaura 3-26-1, Kaigan, Minato-ku, Tokyo)~~

**20 May 2016, Friday**

~~9:00-14:00 Marshall Hall, 7<sup>th</sup> Floor WANO TC~~

9:00- 9:10 Feedback from the 1st Day  
(10min) Mr. Muhammad Atique

9:10-9:45 Recent Improvements on Reactivity Management of  
TPC's BWR  
(35 min) Mr. Yih-Chyun Wu , (TPC)

9:45-10:25 OEs and Practices for Reactivity Management in KHNP  
(40 min) Mr. Sang-il Ahn , (KHNP)

~~10:25-10:40 Coffee Break~~  
(15 min)

10:40-11:10 Example of Support for Core Management to Operations  
Organization by Core Designers  
(30 min) Mr. Eiichi Kishimoto , (JANSI)

11:10-12:40 Breakout Session  
(90 min)

~~12:40-13:40 Lunch~~  
(60 min)

13:40-14:00 Closing Remarks & Feedback  
(20 min) Mr. Muhammad Atique , (WANO TC)

14:00 Adjourn