

出國報告（出國類別：其他）

2009 亞洲核電廠水化學與腐蝕研討會議

服務機關：台灣電力公司核三廠

姓名職稱：陳孟仁 固體廢料課長

派赴國家：日本

出國期間：98年10月27日～98年10月31日

報告日期：98年11月25日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：2009 亞洲核電廠水化學與腐蝕研討會議

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/ (02) 23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

陳孟仁/台電公司/核三廠廢料處理組/固體廢料課長/08-8893470~2960

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：98.10.27~98.10.31

出國地區：日本

報告日期：98 年 11 月 25 日

分類號/目

關鍵詞：水化學 廢棄物營運 蒸汽產生器

內容摘要：

「2009 年亞洲核電廠水化學與腐蝕研討會議」每兩年召開一次，本研討會相當具國際性，內容為核電廠水化學及相關核能技術之運轉經驗與新研發技術之發表，參與者除亞洲各核能國家與電廠水化學深具運轉經驗者外，各國核能技術研發單位與知名之核能技術公司等均參與本次會議，相關內容對於目前國際核能電廠水化學營運趨勢及相關問題的解決有很大的助益。日本為目前核能先進國家，本次於參加上述會議後依大會安排參訪濱岡電廠(Hamaoka NPS)，瞭解日本在核能工業之技術水準與態度，以期提升自我之能力。

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

目 次

	<u>頁數</u>
一、出國目的	3
二、出國過程	4
三、出國心得	4
(一)前言	4
(二)會議沿革	5
(三)相關論文摘要	6
(四)濱岡電廠參訪心得	10
四、結論與建議	11
五、附件（大會議程與論文發表題目）	

一、出國目的：

(一)、本次以公差身份赴日本名古屋參加由日本原子能學會主辦的

「2009年亞洲核電廠水化學與腐蝕研討會議」目的在於瞭解目前亞洲各國核反應器水化學發展、改善與研發方面的經驗，使促進本國在核能發電之水化學實務上的經驗提升。該研討會為國際性會議，內容為核電廠水化學及相關運轉經驗與新研發技術之發表，參與者除亞洲各國核能電廠水化學專家外，其他知名之核能技術公司如 AREVA、GE、西屋公司、東芝公司、三菱公司、日立公司等均參與本次會議。參與本次會議對於相關資訊的取得並獲取目前先進國家核能電廠水化學運轉經驗與最新資訊，可做為台電公司核電廠水化學營運最適化技術之回饋，對於未來工作與研究的方向具有相當的幫助。在壓水式電廠方面，大家對未來的趨勢與努力的目標皆有相當的共識，如在一次側系統降低輻射劑量與一次側材料防止 SCC 的問題，二次側部分則是針對蒸汽產生器的保護與二次側材料的 FAC 問題多有見解除此之外污染金屬的除污技術與廢樹脂的處理研究亦有進一步的研究發展。在本次會議過程中並與與會人員充份交換實際運轉經驗與研發成果心得，對於未來可能遭遇問題的解決有很大的助益。

(二) 因應本次會議個人發表一篇有關核三廠放射性廢棄物管理與處理技術 (Low Level Radwaste management and processing in Maanshan NPS)，核三廠廢棄物管理與處理近年績效良好，長期整體電廠的努力可以看到成果，透過發表本篇報告對於提升本公司技術形象相當具有正面性。

(三) 日本在國際中是核能發電先進國家 (目前仍積極興建核能機組)，本次透過大會安排在會議後參訪濱岡電廠(Hamaona NPS)，經由參訪瞭解該電廠環境與現況可作為將來學習與改進目標。

二、出國過程

98 年 10 月 27 日	往程及會議報到（台北→日本名古屋）
10 月 28 日、29 日	於名古屋參加 2009 年亞洲核電廠水化學與腐蝕研討會議
10 月 30 日	參訪濱岡電廠
10 月 31 日	返程（日本名古屋→台北）

三、學習心得

（一）、前言：

「亞洲核電廠水化學與腐蝕研討會議」為目前亞洲核能研究組織中之新興組織，原本該會議為台灣與日本間水化學領域的聯繫管道，自 1993 年起每 2 年分別在台灣與日本舉行，在 2005 年起加入亞洲各主要核能國家參與而擴大為亞洲區域會議，其中最主要的是韓國、中國大陸與印度的加入。參與者除各國核能電廠水化學專家外，各國核能技術研發單位與知名之核能技術公司均積極參與該次會議。職 曾於 1999 年參加同本次大會，當時在一次側水質控制與輻防管制、二次側水質控制與蒸汽產生器積垢清洗經驗的學習上都吸收不少其他電廠的現場經驗與研發單位的研究成果，也在會議結束隨後在核三廠我們開始發展蒸汽產生器積垢清洗程序與高級胺類(乙醇胺)的添加等，均成功使用於現場，而且符合預期效果而順利解決問題，這都是提升本身的技術能力的印證，所以在參加本次會議前的確令人期待。

本次會議職 發表一篇有關核三廠低放射性廢棄物管理與處理技術 (Low Level Radwaste management and processing in Maanshan NPS)，核三廠經過近 10 餘年的努力，在廢棄物處理方面有高減容固化系統及低放射性焚化爐的建立，也在各類低放射性廢棄物的減量工作

有顯著的提升，這是一個相當成功的經驗，目前國內外對於低放射性廢棄物的處理逐漸重視，這一塊區間也成為核能發電延續與否的重要關鍵指標，亞洲各國國情不同處理放射性廢棄物的模式亦非相同，但減量與減容技術都是注目的焦點。本次核三廠發表的這一篇論文也引起相當多人的興趣，核三廠也計畫未來設置「廢樹脂濕式氧化法」處理放射性廢樹脂（目前仍暫存處理），上述均得到與會人士的肯定，這對提升台電公司的國際形象與技術能力是有正面的助益。

日本電廠的環境一直是我們模仿追求的目標，藉由參訪日本電廠的「文化」，希望能看看他人的工作環境與工作態度，並學習如何在崗位上為核能安全與績效，追求最大的效益。

（二）、會議沿革

本次2009國際核反應器水化學會議由日本原子能學會舉辦，於10月28日至10月29日間在日本名古屋舉行，與會人員與論文發表如下表與附件。

參加國家	日本	台灣	韓國	美國	亞洲與其他國家 (含中國大陸2人)
人數	約130	11	9	8	11

本次會議為一傳統的國際性會議，自1993年在台灣首次與日的台日水化學會議起，每隔2年交換在台灣與日本間舉行。一直到2005年韓國加入並更名為亞洲水化學會議。以論文發表的方向來看，由於日本PWR與BWR數量均衡接近，但韓國與中國大陸皆為以PWR為主體的核電廠，所以論文內容都為PWR與BWR電廠經驗與相關問題的研究發展，除了電廠經驗外各國家的核能技術工業也展現其實驗室的研發方向。

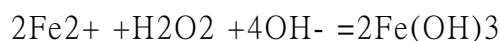
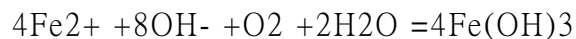
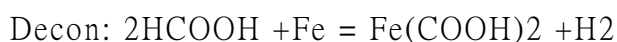
本次會議因在日本舉行，日本電廠對於類似學術發表與現場經驗均參加踴躍，韓國則是電廠與學術單位各半，我國參加人員分佈情況是三位工材所先進與兩位清華大學教授、核研所兩位研究員以及本公司共3人與會。比較令我好奇的是中國大陸仍無相關論文發表，參與本次會議人員也都不是電廠相關人員，還是研究機關人員頗為神秘。

(三)、相關論文摘要

以本次發表論文內容來看PWR與BWR約各佔一半，很可惜多數內容較傾向於研究發展，相對電廠實務經驗的分享較少，個人印象較為深刻且與核三廠營運較為相關的論文整理如下共5篇。

(1)使用蟻酸作為小尺寸的除污測試：

日本中部電力公司因應相關原子能法規的修正，經統計發現大約有90%的金屬可以經由除污技術的提升使符合法規規定（活度小於0.1Bq/g）時可進行外釋作業。在考量除污能力、處理時間、處理效率、二次廢棄物與適當工作性等條件下，使用低濃度蟻酸作為除污藥劑加上電極還原設備，可重複使用除污藥劑並將污染物質電解還原沈澱以利回收處理。實驗使用聚丙烯酸製作的除污槽在2%蟻酸溶液與60°C證實對低污染的金屬確有除污能力，詳細反應程式如下：



附註：這個研究報告可惜的是，對於系統組件因為有較厚的氧化膜，所以效果較差；目前國內原子能法規與日本的標準相同都是0.1Bq/g，理論上當

污染金屬越接近外釋標準時，其除污效果越是有限，若使用大量的除污藥劑又會造成二次廢料的問題，利用藥劑還原及再利用可以減少大量的二次廢料，本項技術未來可以繼續瞭解與研究。

(2) 韓國古里電廠(KORI)蒸汽產生器化學清洗技術

韓國古里電廠4號機在2006年也如同核三廠在2004年一樣遭遇蒸汽產生器水位不穩定的問題，其運轉上的對應作為也同核三廠以降載運轉直到93%，隨後在韓國電力研究所的協助之下，同樣也使用低濃度的化學清洗藥劑來解決問題。在2007年6月歲修時執行清洗作業，使用藥劑濃度與結果對照核三廠2005化學清洗作業如下整理表。

	EDTA Conc	SG WR level	Steam pressure	schedule
KORI #4-B	1.5% X2	67 to 61.5%	65.5 to 66.8kg/cm2	3SG/ 2 outage
Maanshan#2-C	1.8+1.35%	68.5 to 62%	67.8 to 68.7kg/cm2	1SG/outage

附註：韓國電廠的經驗與核三廠非常的類似，相同型式的機組在相同的運轉年代發生相同的問題，所幸都圓滿的解決。職 在2006年10月赴韓國參加會議並順道參訪古里電廠，當時問題剛發生，韓電積極的尋求各種管道來瞭解與解決這個問題，當時職在有所保留的情況下與韓電分享核三廠的技術經驗，職相信有鼓舞韓電的信心，在接下來的6個月時間韓電能成功的解決問題。韓電的清洗經驗與未來的規劃可以作為核三廠的經驗參考，但在會議期間職曾詢問韓電相關人員有關溶液配方的經驗，得到的還是保守的不方便奉告，故無法在配方上得到更深入的比較與瞭解。

(3) 核電廠降低沖蝕反應的改善作為

日本敦賀電廠一直都是日本PWR電廠的先導型測試電廠，日本爲了降低PWR電廠抽氣管路的沖蝕行爲，在比對BWR電廠飼水高溶氧後，開始嘗試在PWR電廠冷凝器出口位置加入高純度低溶解濃度的氧氣來作爲形成保護性的氧化膜使沖蝕反應降低，比較表如下。

	Flow velocity(m/S)	Temperature(C)	pH	Dissolved Oxygen(ppb)
Tsuruga-2(P)	3~6	40~220	9.2	<5
Tokai-2(B)	4~6	40~220	7.0	20~50

現場測試實驗結果發現在高壓飼水環境中達5ppb溶氧的確能夠降低飼水鐵達1/4，該電廠預定在2010年開始全面添加，同時也會對銅材質金屬做測試。

附註：飼水添加氧在學理上是可行的，爲了保護蒸汽產生器的腐蝕行爲，早期拼命的抑減飼水溶氧，如今卻開始添加溶氧可見需要更細緻的掌控水質變化才是運轉的要點，我們絕對不能安於現狀，一旦停滯就是落後。本案並不見得必須追隨他人的作法，但是應該要繼續掌握技術的現況，才能讓水質的控制有更上一層的空間。

(4) 鋅添加在日本泊電廠熱功能測試

在PWR電廠一次側系統添加鋅有助於輻射劑量的抑減已經廣泛證實，本篇論文較爲特殊的是日本泊電廠(Tomari NPS)位處北海道一直是爲核能界所稱道，績效相當優良的電廠。職曾於1999年順道訪問該電廠，當時該電廠只有2部機，如今泊電廠3號機即將在下個月正式商業運

轉，日本人的效率是有目共睹的。本篇報告敘述了在商轉前在不使用和燃料產生熱能下，利用冷卻水泵馬達的運轉與加熱使功能測試完全的過程中提早添加鋅使一次側管壁產生緻密的附著性氧化膜可以讓未來運轉時腐蝕產物的抑減，如此將可達成低輻射源的目標。

附註：核三廠因為燃料棒的因素無法馬上在爐水中添加鋅來抑減輻射劑量，雖然目前劑量範圍仍屬優良，但仍有抑減的空間，未來應該可以考慮在更換一次側大型組件前例如蒸汽產生器就需要提前考慮添加鋅來抑制腐蝕產生物。日本的作法一直都很具代表性，雖然添加鋅是老故事但商轉前的動作值得參考。

(5)發展放射性廢樹脂處理模式

日本EBARA公司有鑑於放射性廢樹脂因含水與熱焓值不足的情況，很難以焚化爐焚化處理，雖然有部分電廠以混燒模式處理但效率都不佳，所以該公司發展新的策略來處置廢樹脂。原理是利用自動化的設備將樹脂脫水後與適當比例的石蠟混合，再以灌漿模式將混和物包覆在模具中成型（類似灌香腸模式）。一段一段的樹脂混合物再進入焚化爐，由於石蠟的熱值高可以伴隨將廢樹脂充分的焚化，過程中也要添加氫氧化鈣來抑低焚化爐的戴奧辛效應，實驗結果顯示焚化爐排氣符合法規，詳細如下表。

結果也顯示最後的體積減容達98%，若再加上爐灰的後置處理，最後的重量僅僅只有0.31%，若果真如此樹脂的處理的確達到劃時代的處理方式。唯一尚未考慮的是劑量問題，廢樹脂均含有高劑量，在核種活度無法以物理或化學的方法去除下，將體積減少相對的劑量將達數十倍，所以所有的作為都需以自動化為前提。目前本技術仍屬發展階段，值得我們的持續瞭解。

item		result
Incinerator temp		789 C
Processing rate		12kg/hr
Off gas compon ents at inciner ator outlet	Sox conc	<1ppm
	NOx conc	121ppm
	CO conc	1056ppm
	CO2 conc	7.2%
	O2 conc	10.8%
Weight reduction ratio		95.4%
Volume reduction ratio		98%
Weight reduction after		0.31%

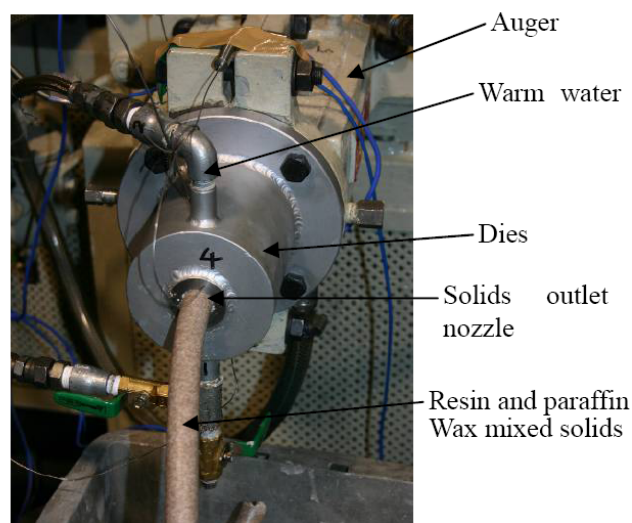


Photo 1 Solidification profile by extruder

附註：各電廠都有廢樹脂難以處理的困境，台電公司擬採用核能研究所所發展的廢樹脂濕式氧化法，在設置前我們仍然可以對國際技術的演進作瞭解以期能有最佳的決定。依照核三廠的經驗目前焚化爐的設計基準並非焚化類似的產物，樹脂混合成型與焚化爐間的介面應該非常重要，期待該公司能有更大尺度或是更完整的報告。若果真效率能達其所述內容，廢樹脂將不再是放射性物質的困擾。

(四)、濱岡電廠參訪心得

本次大會安排於會後參訪中部電力公司濱岡電廠，該電廠位於名古屋與東京間，單路程就要3小時，由於時間的關係本次參訪的安排僅就「電力展示館」與「訓練中心」二處，是無法達到觀摩現場的效果。

濱岡電廠共設置5部BWR機組目前詳細狀況如下表：1、2號機於今年停止商轉並準備除役，5號機為ABWR由於本年8月的靜岡地震使得機組停機，由於後續的檢查關係目前仍未併聯發電，所以目前僅3、4號機運轉中。

Unit	Reactor Type	Average Power Output	Capacity	Finish of Construction	First Criticality
Hamaoka-1	BWR	515MW	540MW	August 13, 1974	March 17, 1976
Hamaoka-2	BWR	806MW	840MW	May 4, 1978	November 29, 1987
Hamaoka-3	BWR	1056MW	1100MW	January 20, 1987	August 28, 1987
Hamaoka-4	BWR	1092MW	1137MW	January 27, 1993	September 3, 1993
Hamaoka-5	ABWR	1325MW	1380MW	June 26, 2004	January 18, 2005

濱岡電廠電力展示館設置1:1尺寸反應爐本體，加上一些聲光效果可以讓參觀人員感受到反應爐的運轉原理與狀況。訓練中心則設置依過去失敗經驗的回顧整理，時常的提醒工作人員防範與經驗傳承。這些細微的設置與文化有關，我們應更虛心的學習別人在小地方的用心才是提昇自己文化的手段。



四、結論與建議：

在論文發表會場中，論文當然是重頭戲，在眾多的論文中有一部份是電廠經驗，另外一部份則是研究性的題目。在參加人員方面，日本、韓國與台灣是會議的主軸，本次中國大陸未發表論文僅參與會議，應該是為未來作準備吧。比較起來台灣僅有 6 個核能機組，相對日本、韓國的核電規模是較沒有研究發展的空間，但是工材所程子萍博士與清華大學葉宗洸博士、林建昌博士在會中都是相當的活躍。台灣以前曾積極參與核能研究與討論，到近期政府政策的改變下，核能電廠未積極興建，研究與發展已經慢慢變成只有接受資訊的能力而已，不管未來政策如何，積極參考國外資訊，維持穩定與高品質的供電是我們最重要的目標。

此次是本人進公司的第四次公差出國，比較前次的韓國與法國，深刻感覺到整個國家對核能發電的重視性，日本的核能發電為主要的能源，韓國近年也積極繼續興建核能電廠，國民所得也已超越我國，城市的繁榮度儼然是一開發中國家了。目前在電廠營運方面我們仍具競爭力但成長緩慢，反觀日本、韓國機組設備更新、人員向心力高，蓬勃發展的氣氛一方面令人值得學習，另一方面也令人擔心本國核能工業與世界的脫節。個人整理建議如下：

建議一、積極參加國際性會議

對於台灣的核能工業而言研發還是在追隨外國經驗，本次會議的舉行我個人深感獲益匪淺，當然我們努力與成長的空間仍很大，面對核能界日益受到質疑的同時，我們更應積極的對於促進核能安全的努力的研究發展作努力，國際性的會議是一個吸收資訊的好地方，第一手的資料及各電廠的經驗談，比起由期刊報告來得更詳細與正確。

建議二、積極與審慎的進行技術提昇

在開會的過程中可以收集大量的文獻，依據文獻內容有相當多的作法可作為日後我們控制與處理模式，但是不盡然全都是可用在電廠中，有些技術是實驗室級，並未考量電廠的實際狀況，但大部分發表的文獻

如各電廠的經驗或實用於電廠的控制模式，是值得學習的。一般來說，台灣目前的技術仍落後先進國家有斷差距，藉著國際性會議內容，積極與審慎的態度來進行評估與執行，是正確且需要立刻進行的。

建議三、廠房管理與環境規劃

爲了機組的延壽計畫，日本、韓國電廠已充分更新設備，雖然有30年運轉經驗的老廠，但環境規劃仍具相當水準，個人覺得日本、韓國電廠的廠房整潔度都有一定的水準，這是目前本廠還比不上的地方。乾淨且標示明確的工作場所令人可以放心的投入工作，這對工作的品質是間接的關係但是卻是重要的。

建議四、妥善運用及規劃人力

在參訪過程中認識一些日本或韓國電廠員工，或許是民族性的接近，感覺上他們的工作專業性很高，自信與謙虛是我們學習的地方，如何讓員工對於自己的工作項目認同且感覺自己的重要性，是讓整體工作品質提升的動力，比較其學經歷其實本國工程師與技術員的素質並不比他們差，如果能透過小組合作與交叉討論應該比起單打獨鬥讓人更覺得安心。

建議五、核能的宣導與民眾的懷疑

日本電廠的資訊充分與地方結合，在參訪濱岡電廠過程同時有當地的旅行團，現場參訪的感覺就是服務人員非常有禮貌，現場工作人員不論在精神與互動上也都相當有專業態度，強烈令人感受到共同努力的感覺。我相信對內如有強烈凝聚力的話，對外也一定有說服力，在共同的理念下維持品質、加強宣導是讓民眾釋疑最好的方法。