

出國報告（出國類別：開會）

參加 2014 年東亞電力技術研討會暨日 本電力中央研究所技術交流年會

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

姓名職稱：蒯光陸 副所長

范振理 研究發展企劃室主任

蒲冠志 電力研究室主任

張銘鑑 高壓研究室主任

洪紹平 電力經濟與社會研究室主任

黃佳文 電機資深研究專員

鄭錦榮 化學資深研究專員

楊明偉 化學研究專員

張翔琳 企劃控制專員

派赴國家：日本

出國期間：103 年 6 月 8 日至 103 年 6 月 13 日

報告日期：103 年 8 月 4 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加 2014 年東亞電力技術研討會暨日本電力中央研究所技術交流年會

頁數 54 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司人事處/陳德隆/ 2366-7865

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

蒯光陸/台灣電力公司/綜合研究所/副所長/ 2360-1007

范振理/台灣電力公司/綜合研究所/研究發展企劃室主任/ 2360-1170

蒲冠志/台灣電力公司/綜合研究所/電力研究室主任/ 8078-2264

張銘鑑/台灣電力公司/綜合研究所/高壓研究室主任/ 8078-2221

洪紹平/台灣電力公司/綜合研究所/電力與經濟社會研究室主任/ 2360-1250

黃佳文/台灣電力公司/綜合研究所/電機資深研究專員/ 2360-1232

鄭錦榮/台灣電力公司/綜合研究所/化學資深研究專員/ 8078-2246

楊明偉/台灣電力公司/綜合研究所/化學研究專員/ 8078-2243

張翔琳/台灣電力公司/綜合研究所/企劃控制專員/ 2360-1183

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 開會

出國期間：103 年 6 月 8 - 13 日 出國地區：日本

報告日期：103 年 8 月 4 日

分類號/目

關鍵詞：碳捕捉及封存，資產管理，電業自由化，水處理，電力系統維護，智慧電網，再生能源，高壓直流傳輸

內容摘要：(二百至三百字)

- (一) 2014 年東亞電力技術研討會(East Asia Electric Technology Research Workshop) 暨第 26 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會(The 26th CRIEPI/TPC General Meeting)由日本電力中央研究所(CRIEPI)於 2014 年 6 月 8~13 日在日本橫濱及東京舉辦。研討會的參與機構除本公司綜合研究所之外，尚包括中國電力科學研究院(CEPRI)、日本電力中央研究所(CRIEPI)以及韓國電氣技術研究所(KERI)。

- (二) 本屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會討論議題共有: 1. CCS、2. Impact of Deregulation、3. Asset Management、4. Water Chemistry 等。本屆東亞電力技術研討會於共同討論主題為 Maintenance and Operation of the Power System，分組討論主題包括 1. Smart Grid、2. Material、3. Asset Management and Others、4. HVDC、5. Renewable Energy。
- (三) 除議題討論外，會後參觀 J-Power Isogo 火力發電廠及 CRIEPI 位於 Yokosuka 的研究試驗中心，實地參訪研發設施及作業，對研發作法及實務執行之深化瞭解有相當助益。

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

目錄

壹、緣起與目的.....	1
貳、行程與工作概要.....	2
參、開會內容.....	2
一、第 26 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會.....	2
(一) CCS	2
(二) Impact of Deregulation	5
(三) Asset Management	12
(四) Water Chemistry	16
二、東亞電力技術研討會.....	20
(一) Generation Session	20
(二) Parallel Session	21
1. Smart Grid	21
2. Material	28
3. Asset Management and Others	31
4. HVDC	42
三、技術參訪	45
四、參加會議照片.....	48
肆、心得及建議.....	52

壹、緣起與目的

本公司與日本電力中央研究所(CRIEPI)長期以來依據雙方簽訂之技術合作合約，每年輪流舉辦技術交流年會，並視需要進行資料交換、人員互訪和邀請專家指導等相關研發活動，有助持續獲取電業研發新知和提升研發水平。

台電綜研所目前為東亞電力技術研討會成員之一，為能與東亞先進電力技術接軌，綜研所已於研討會中針對電力系統維護、智慧電網、資產管理與材料等方面提出簡報，並積極參與其他議題之討論，以吸取相關技術與經驗。

2014 年東亞電力技術研討會(East Asia Electric Technology Research Workshop)暨第 26 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會(The 26th CRIEPI/TPC General Meeting)由日本電力中央研究所(CRIEPI)於 2014 年 6 月 8~13 日在日本橫濱及東京舉辦，本公司由副所長光陸率團與會，成員共計 10 人。研討會的參與機構除本公司綜合研究所之外，尚包括中國電力科學研究院(CEPRI)、日本電力中央研究所(CRIEPI)以及韓國電氣技術研究所(KERI)。

本屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會於 2014 年 6 月 9 日在 CRIEPI 東京總部舉行，討論議題共有四項: CCS(2 篇)、Impact of Deregulation(2 篇)、Asset Management(3 篇)、Water Chemistry(2 篇)，共有 9 篇論文發表，國內外與會人數共 11 人。會中順道拜會 CRIEPI 理事長 Masahiro Kakumu，雙方針對電業自由化趨勢、電業研發方向及公司經營理念交換意見，Dr. Kakumu 並表達感謝本公司黃董事長去年的來訪及深刻交談。

本屆東亞電力技術研討會於 2014 年 6 月 9~13 日在橫濱舉行，專題報告共有 22 篇論文發表：共同討論(General Session) Maintenance and Operation of the Power System(4 篇)，分組討論(Parallel Session) Smart Grid(4 篇)、Material(3 篇)、Asset Management and Others(4 篇)、HVDC(3 篇)、Renewable Energy(4 篇)，國內外與會人數共 35 人。

除議題討論外，會後 CRIEPI 安排至 J-Power Isogo 火力發電廠及 CRIEPI 橫須賀所區進行參訪，參訪項目包括:煤燃燒試驗設施、高壓絕緣測試、先進燃料利用試驗、組件潛變試驗。

此屆 2014 年東亞電力技術研討會暨第 26 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會已圓滿舉行完畢，下屆會議將輪由本公司綜合研究所主辦，日本電力中央研究所(CRIEPI)的精心規劃與安排，值得我方於 2015 年主辦此研討會之參考。為表現兩天的議程的豐富性，本公司綜研所將縝密規劃明年研討會之議題，以成功舉辦 2015 年東亞電力技術研討會。

貳、行程與工作概要

日期	活動內容	備註
6月8日(日)	台北→東京(往程)	
6月9日(一)	參加 CRIEPI/TPC 技術交流年會	(於東京舉行)
6月10日(二)	參加東亞電力電力技術研討會	(於橫濱舉行)
6月11日(三)	參加電力技術研討會	(於橫濱舉行)
6月12日(四)	技術參訪	
6月13日(五)	橫濱→台北(返程)	

參、開會內容

一、第 26 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會

(一) CCS

1. 台電公司 CCS 計畫概要

為因應全球氣候變遷議題並落實政府節能減碳之政策目標，台灣電力公司，於 2008 年配合政策目標與企業責任，初步規劃出碳捕集與封存(CCS)發展道路圖，並於近年來逐步辦理完成「二氧化碳地下封存地質資料庫建置與候選場址評選計畫」、「二氧化碳地質封存試驗場址調查規劃與研究」與「二氧化碳地質封存二相流試驗設備之建立與功能驗證」等計畫工作，期能落實後續先導型試驗計畫，逐步建立台灣自有之地質封存關鍵技術，以配合政府政策達成節能減碳及永續發展之最終目標。

為承接上述研究成果，進行後續地質封存計畫所需的相關工作，現階段正辦理「二氧化碳地質封存先導試驗場址地質調查及技術研發(一)」工作(如圖 1、圖 2)。本階段計畫於台灣中部之先導場址進行先導 3000m 地質深鑽(TPCS-M1 井)，並透過深鑽取得成果，全面辦理先導試驗場址地質可行性查證研究及技術研發。過程中也與多個國際專業組織合作，其中日本 CRIEPI 也是合作夥伴之一。藉本次會議雙方工作人員有機會進行討論，也檢視過去合作成果與規劃未來合作方向。

2. 本階段地質鑽探計畫之主要工作內容

本地質深鑽計畫主要工作內容包含：(1)3,000 公尺深鑽井、(2)井測配合、(3)岩心處理、(4)岩心分析與評估、(5)地質模型建立、(6)室內試驗分析與評估、(7)數值模擬分析，與(8)背景值量測分析等項目。其中日本 CRIEPI 多次到訪試驗場址進行深鑽工作討論、現地岩心檢視與分析等工作，並攜回部分岩心樣本分析其水力與質傳特性等重要參數供本計畫做為比對。

3. 現階段工作主要成果

3,000 公尺深鑽井工作已於 2013 年 11 月全部完成，採鋼索取心方式，在井深 1,500~3,000 公尺間，提取約 1,379 公尺長的岩心，岩心總回收率約 92%。另配合鑽井工作，本計畫亦採 Schlumberger 公司的井測設備完成裸孔井測與完井井測，所得資料用於推估地層層位、沉積環境與評估背填水泥完整性及建立背景資料。現地深鑽配合工作包含鑽屑分析、岩心光學與物性掃描等，亦已全部完成，鑽得岩心依深度存放 500 箱岩心箱，並進行長期存放。

本計畫規劃大量岩心取樣，供全岩分析、二相流相關試驗與岩力試驗分配使用，取得岩石物性、化性、水文、力學等特性完整資料，並彙整評估作為地質模型目標地層參數，以因應儲集層碳流移棲數值分析使用。其中，日本 CRIEPI 也完成部分岩心試驗工作，並將其結果一併彙整於報告內，以綜合研判各項試驗所得。

本階段工作綜合相關探查結果與試驗分析資料，除獲致目標地層深度與厚度外，並據以修正前階段計畫之盆地尺度地質模型，確立三大鹽水層地層封存系統，進一步計算盆地內深部鹽水層有效封存量可達 137 Gt-CO₂。關於注入二氧化碳移棲模擬，本公司與日本 CRIEPI 皆採 TOUGH2 分別進行，以採綜研所的地質模型地層分層結果，配合水力傳導與質量傳遞等相關參數，建立模型與進行相關分析工作。未來當雙方模擬完成後可比對其結果，並作為下一階段試驗灌注與灌注後監測之重要依據，雙方之合作有助於增進分析成果的信心，並提升雙方對於二氧化碳地質封存之工作水平。

本次之地質封存試驗計畫為進行良好的風險管理與溝通，取得公眾信任，以順

利推動計畫後續發展亦進行深入之風險分析研究工作。本研究之風險分析工作採定量評估井體系統之失效風險，另透過蒙地卡羅法評估具代表性之機率分布條件下，注入二氧化碳之移棲範圍及封存總量機率及可能產生之遺失風險。發現在現有之地質條件下發生二氧化碳逸失的機率極低，並可以使用各項工程技術予以抑制與監測。

本計畫已完成第一口地質深鑽井與相關之地質調查工作，研究成果得以進一步確認台西盆地內的深處含鹽水地層，作為地質封存的永久貯留層的合適性，為台電大規模碳排放之火力電廠進行碳捕集與封存(CCS)，奠定良好之發展基礎。

經審視 TPCS-M1 井地質深鑽資料，並詳細檢驗各目標儲層可注性與蓋層安全性，目前初步可推論：「本試驗場址適合進一步發展為深部鹽水層碳封存場址」。後續研究工作將再與包含日本 CRIEPI 等各國際組織進行各項合作工作，以進一步進行先導灌注試驗與之後的灌注後監測工作，對於未來發展為盆地尺度商轉場址之可能性進行更進一步的分析。日本 CRIEPI 與本公司綜研所已根據過去合作之優良關係於本年 7 月簽署「Joint Research Agreement on Site selection for carbon dioxide geological storage」為雙方之合作關係進一步延伸，日本 CRIEPI 將於近期再度到訪，研討 CCS 岩心試驗結果，並進行地表之探測工作。

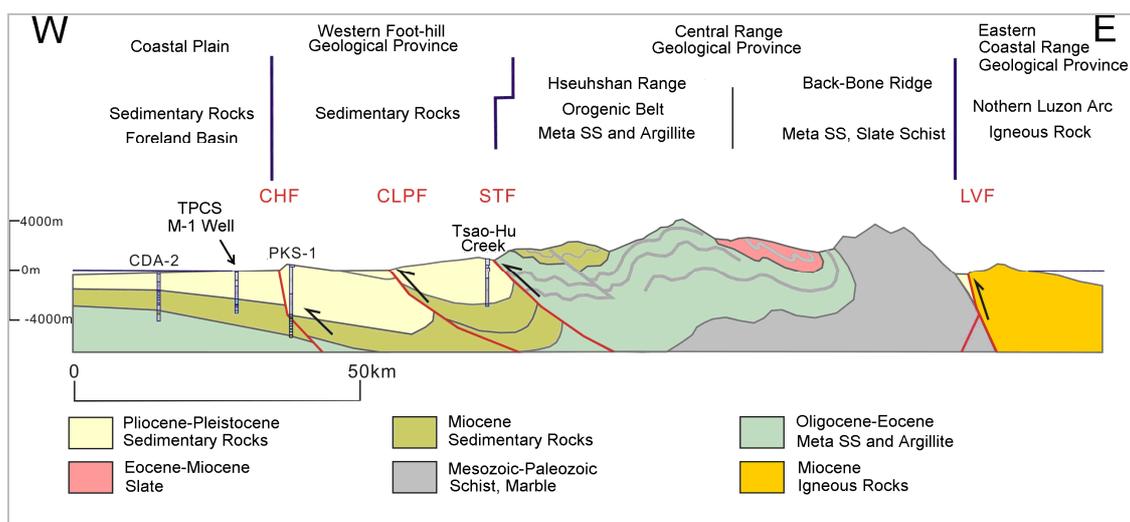


圖 1：台西前陸盆地地質剖面與 TPCS-M1 地質深鑽井所在位置



圖 2：TPCS-M1 地質深鑽井現地施作狀況

(二) Impact of Deregulation

1. 解除管制對電源開發之影響

首先，由綜研所電經室洪主任紹平報告「解除管制對電源開發之影響」，報告內容包括：(1) 引言 (2) 台灣未來電力產業 (3) 短期對電源開發之影響 (4) 長期對電源開發之影響 (5) 結語。

(1) 引言

台灣政府最近刻正進行「電業法修正」以推動電業自由化，其中發、售電部門將開放競爭，除既有 IPP 和汽電共生業者外，國外發電業者亦可能進入台灣市場，故未來發電資產之投資回報將不再受到保障，因此公用電業之電源開發應能回應未來市場之改變，以維持競爭優勢和獲得合理利潤。

(2) 台灣未來電力產業

台灣在目前電力市場狀況下台電為惟一公用電業而擁有專營權，並對用戶承擔供電義務；IPP 和自用發電設備，除自用外，係躉售電力予台電公司。台灣推

動自由化其特定目的有四：(1) 難以評估獨佔公用電業（即台電公司）績效 (2) 難以調整電價 (3) 解決 IPP 購售電爭議問題 (4) 促進再生能源發展，整體而言維持供電穩定為其基本要求。台灣電業自由化分成兩階段：(1) 第一階段稱之為廠網分工（會計分離），台電仍維持垂直整合公用電業和承擔供電義務，但廠網部門需會計獨立；發電業者除躉售電力給台電外，亦可經由代輸或直供，提供電力給其合約用戶；自用發電設備可躉售電力予發電業者或售電業者；獨立調度機構應公平調度電力，獨立管制機構應獨立、公平和有效監控市場行為。如圖 3、4 所示：

自由化後電力市場架構圖 -第1階段：會計分離(修法通過後)

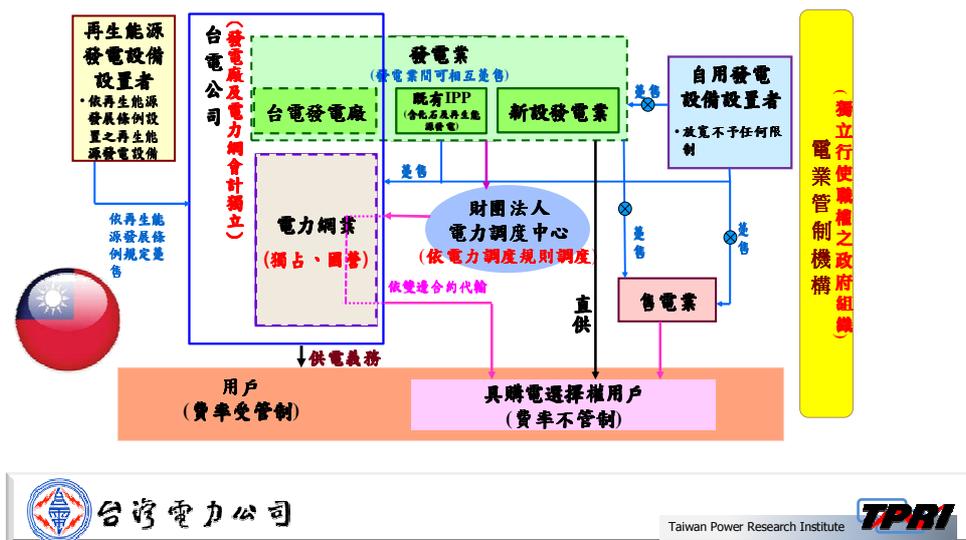


圖 3 自由化電力市場架構 (1/2) 資料來源：經濟部能源局

自由化後電力市場架構圖-第2階段： 廠網分離(修法通過後3+2+2年)

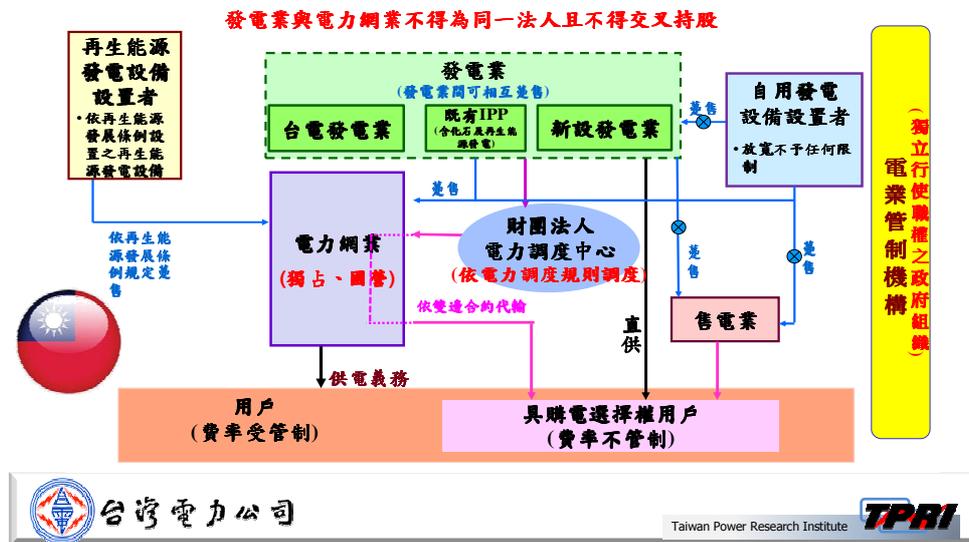


圖 4 自由化電力市場架構 (2/2) 資料來源:經濟部能源局

未來電力市場改變主要有四：(1) 既有參與者：除上述外，發電業者、售電業者和電網業者應承擔備用容量義務。(2) 新參與者：鼓勵新技術、高效率機組和個體戶進入市場(3) 新組織：成立 ISO、獨立管制機構和財團法人電力研究試驗所(4) 用戶：先開放超高壓和高壓用戶選擇權。未來電力市場可能的商品包括：(1) 能量：經由電力池或雙邊合約之遠期、現貨和平衡市場進行交易(2) 輔助服務：包括 AGC、備轉、全黑和電壓控制等(3) 容量：包括容量計費、容量義務和容量市場等(4) 輸電權：壅塞管理產生區域節點價格訊號並導引出輸電權。未來基、中、尖載機組在電力需求不確定性下將各自扮演不同角色，其中基載主要提供能量，中尖載則提供輔助服務。而其收入來源，備用容量部份係基於長期邊際容量成本，付予發售電業者；若機組無法回收其固定成本，則可能來自於能量市場或輔助服務市場；而雙邊合約市場應同時回收固定和變動成本。在開放用戶選擇權部份，其中 640 戶超高壓用戶和 2 萬 3 千戶高壓用戶將優先開放。

(3) 短期對電源開發之影響

未來電力市場潛在競爭者，可能包括麥寮及和平電廠之新 IPP、大型燃煤汽電

共生和大型風力發電，並考量未來 2013~2027 尖峰用電年平均成長率 1.8% 情境下，預估 2015 年尖峰損失為 582MW，2016 年為 1114MW，2020 年為 2355MW。在此情況下電源規劃，預計 2015 年備用容量為 13.9%，2024 年為 8.3% 最低，2027 年為 12.3%，惟近期之核四封存決議將進一步產生衝擊。整體而言，由於目前台電電力系統缺少基載機組，故新燃氣發電機組其容量因素將達到 70%，應可回收其投資成本；而既有燃氣機組則其容量因素將降至 10% 以下，若無容量市場，可能難以生存。

惟電力市場存在許多不確定因素，包括電力需求、核四和深澳電廠之替代可能性、核一、二、三廠延役之不確定以及國內外新進入者之可能性，尤其是汽電共生之未來市場滲透率。考量未來可能電源規劃之四種情境（包括考量新增 IPP 和核能變數），在基本情境保守假設下（無核四），備用容量將從 2019 年之 9.0% 降至 2026 年之 -4.6%，再增至 2028 年 0.3%；四種情境在 2026 年面臨最嚴苛情況，備用容量分別介於 -4.6% 至 9.3% 之間，均低於標準 15%。

(4) 長期對電源開發之影響

基本上，經由市場價格訊號，發電業者將主導自由化下大部分之電源開發，電網業者負責電網規劃，ISO 則負責電力需求預測；雖然電業法有備用容量義務之考量，然為確保電力穩定供電，建議另搭配成立容量市場。

(5) 結語

未來自由化下之電力規劃（1）備用容量：其中發電業者、電網業者和售電業將分攤備用容量義務（2）階段 1（會計分離）：在競爭環境下台電將失去部份市場，台電之電源規劃應考量尖峰需求之損失。（3）階段 2（廠網分離）：電源規劃將大部份由個別發電業者依分散投資決策決定，惟整體電源規劃，可能應由 ISO 來負責。

(6) 討論

問題 1: 有關容量市場部份，歐美國家仍在討論階段，為何簡報中建議建立容量市場？

答覆 1: 由於目前台灣電業法初步規劃由發電業者、電網業者和售電業者來承擔備用容量義務，並無具體可行性之討論、評估和設計；而經參考國外經驗為確保長期性之足夠容量投資，搭配容量義務規範另建立容量市場係可能解決方案選項之一，因此建議應評估建立容量市場之可行性；惟如同所言，國外亦仍在持續討論之中，最近與 EPRI 之研討亦有類似之看法，故未來宜有更進一步詳細之評估。

問題 2: 在台灣獨立管制機構之角色與定位為何？

答覆 2: 獨立管制機構之設立在台灣引起熱烈之討論，最後決定在能源局轄下設立獨立管制機構，惟許多專家學者並不認同，因其層級和獨立性均明顯不足，未來宜有更深入之討論與考量。

2. 日本電業解除管制最近的發展

其次，由日本 CRIEPI 經濟社會研究中心主任研究員佐藤佳邦報告「日本電業解除管制之最近發展」，內容包括：(1) 日本電力產業與電力系統現況 (2) 最新解除管制之發展 (3) CRIEPI 最近相關之研究。

(1) 日本電力產業與電力系統現況

電力產業主要由區域獨占之九大垂直整合公用電業所組成，並分別建構其區域性電力系統，而由於其中西部為 60HZ，東部為 50HZ 之不同電力系統設計，故難以進行電力融通，影響整體電力供應可靠度；在零售市場部份，則目前祇開放部份市場（特高壓和高壓）；發電業者除一般電力事業（公用電業）外，另包括批發發電業者（電源開發業者和核能發電）、特定規模電力事業者（PPS）或新電力事業者（福島後演變）、獨立發電業（IPP）、地方直供電業和自備發電等；開放電力代輸和成立日本電力交易所（JEPX）；日本電力學會（ESCJ）負責系統操作和協調衝突；在用戶選擇權部份，於 2000 年 3 月開放 2000KW 用戶，約占 26%，

2004 年 4 月再開放 500KW 用戶，約占 40%；於 2005 年 4 月再開放 50KW 用戶，約占 63%，未來將於 2016 年開放所有用戶。

(2) 最新解除管制之發展

311 後，日本政府於 2012 年 2 月組成專家委員會討論「電業自由化」議題，於 2012 年 7 月出版中間報告，2013 年 2 月最終報告，並於 2013 年 11 月完成參議院立法（包括其中一個項目），後續將完成另二項立法。依照 2013 年 4 月出版報告之「電力市場重組政策」其三個目的為：(a) 確保穩定供電 (b) 降低電價 (c) 增進用戶選擇權和新市場機會。

基本上解除管制係採行漸近式之發展藍圖（2013 年 4 月）：(a) 其中階段 1（2015 年）：建立 OCCTO 跨區域之輸電操作者協調機構，取代目前之 ESCJ 功能，其角色為 ① 進行供需和網路規劃 ② 協調廣域電網正常情況下之供需平衡 ③ 協調緊急情況下之供需平衡 (b) 階段 2（2016 年）：開放一般用戶之用戶選擇權，並提供過渡期間之管制費率 (c) 階段 3（2018 年~2020 年）：輸配電業法律分離，與發電、售電分開，並取消過渡期管制費率。如圖 5 所示：

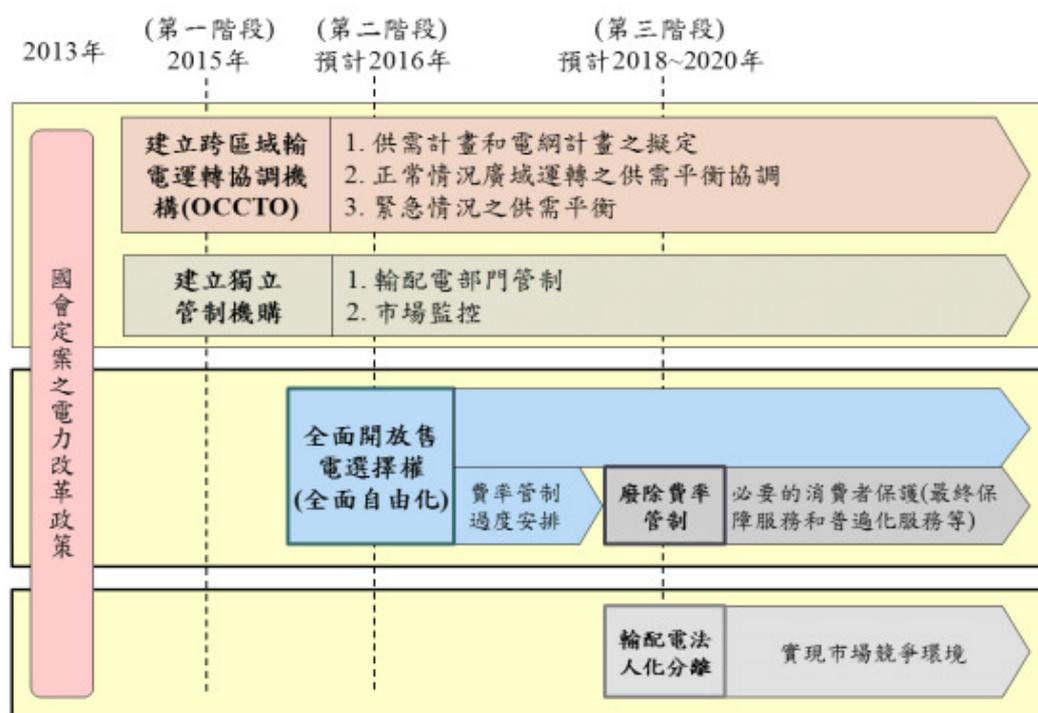


圖 5 日本電業自由化之改革進程 資料來源:日本經產省資源能源廳

其中 OCCTO 之組織係由市場參與者所組成，並訂定運作規則與預算條文，而其成員包括主管、幕僚、稽核和諮詢顧問等。而有關用戶選擇權，其重點則在於最終保障供電服務及其過渡期管制費率之設計。至於輸配電法律分離，係指分屬不同子公司而可以同屬於同一母公司下，無需達到所有權分離。

(3) CRIEPI 最近之研究：

CRIEPI 研究焦點係針對競爭準則、市場佔有率、用戶轉換率、價格水準等課題以及中長期之資源適用性（如容量機制、OCCTO 之集中投標等）關鍵議題進行研究，包括 ① 英國於 2000 年之自由化經驗研究 ② 歐洲容量市場機制之探討 ③ 獨立管制機構之角色定位研析等相關研究。

(4) 討論：

問題 1: OCCTO 之角色與定位為何？類似歐洲 TSO 或美國 ISO 模式？

答覆 1: 它不是歐洲 TSO 模式，因為它未擁有輸電資產，但亦非完全等同於美國 ISO 模式，它是扮演區域 TSO 相互間之跨區域協調者，包括供需與網路規劃，協調平常與異常時之供需平衡。

問題 2: 自由化後發、售電開放競爭，既有公用電業是否具有市場力優勢，如何減緩市場力之不公平競爭？

答覆 2: 的確此議題為自由化之關鍵課題，日本亦極為重視如何確保批發市場和零售市場公平競爭機制之建立，以避免不當市場力之操縱，未來需要進一步細部設計與考量。

問題 3: 日本輸配電之法律分離是否足以確保其獨立性？

答覆 3: 此一課題在日本歷經深入討論與分析，最後共同認為暫時以法律分離作為設計基礎，應相當程度足以確保其獨立性，惟未來仍存有進一步討論與發展空間，亦不排除由 TSO 模式改為 ISO 模式之可能性。

(三) Asset Management

1. Implementation and Promotion for Asset Management of Power Equipment (范振理)

電力事業有以下特質，屬於資本密集產業，須推動資產管理，以提升資產運用效益。

- 資產龐大-投資廠房設備、人才等
- 系統運轉者-發電、輸電、配電等
- 資產管理者-各系統、各單位等
- 服務提供者-服務客戶、股東、社會等

綜合研究所推動、參與的資產管理項目:電力變壓器、開關設備、變電所用比壓器、風力發電機組、高壓馬達等。

資產管理係藉由系統化的流程，管理電力設備在其生命週期成本與運轉風險間達最佳平衡。

- 確保設備發揮應有功能
- 達成令人滿意的服務品質
- 投資效益最大化

電力設備資產管理範圍

- 設備：發電設備、變電設備、輸電設備
- 資料：基本資料、運轉維護資料、試驗監控資料、事故資料
- 單位：發電處、供電處、業務處、調度處、修護處、系規處、核發處

電力設備資產管理架構

- 政策與策略
- 資訊、風險、計畫
- 執行與營運
- 檢查與改善

建立電力設備履歷供查詢、狀態評與管控

- 各項電力設備名稱

- 裝設位置與維護運轉單位
- 設備型式、規格
- 出廠與啟用日期
- 運轉履歷—運轉環境、負載條件、故障歷史...
- 維修紀錄

電力設備風險評估以現有管控機制評估發生特定事件之影響程及發生機率

$Risk$ (風險)=發生機率(PF) · 影響程度(CF)

變壓器風險管理各項指標

- 外在環境→
- 運轉經歷→ 風險指標分析 運轉維護重要依據
- 事故歷史→ 事故衝擊指標分析 汰舊換新預算審查
- 負載狀況→ 事故機率指標分析 擬定營運規劃
- 廠牌年代→ 健康 財務狀況掌握

風險評估方法

風險指標(TRI) = 事故衝擊指標(CF) × 事故機率指標(PF)

變壓器風險評估結果

- 事故衝擊指標(不含營業損失) --對系統、客戶影響
- 事故衝擊指標(含營業損失) --對公司財務營運影響
- 事故機率指標--變壓器狀況、健康指標、運維依據
- 變壓器風險指標(不含營業損失= $a \times c$) --總體效益
- 變壓器風險指標(= $b \times c$)--總體效益

持續進行之計畫

- 開關設備
- 比壓器
- 風力發電機組

故障診斷、線上監控、故障預測及壽命評估等技術是提升電力設備資產管理之基礎，資產管理履歷資料可查詢、統計符合財務預測、資產調度、活化，

設備管控等各種需求，提升資產管理作業平台之實用性。

資產管理程序需經多次疊代檢討，最終所得結果才會與現況吻合，以提升平台之實用性。風險較高之電力變壓器均已完成風險規避—建立備品，統一變壓器基礎尺寸。依據變壓器資產管理平台管理辦法，定期更新資料，召開會議，持續改善與檢討。

2. Diagnostic Criteria of Junction Boxes of Oil-Filled Cable developed using Linear

Support Kernel Machine (Shinohara CRIEPI)

CBM 是應用於老舊地下充油電纜維護的重要工具，訂定一個完整的規範有助於通過定期維護發生異常的地下電纜接續匣的診斷，現時日本的電力公司已廣泛應用“氣油溶解分析”（dissolved gas-in-oil analysis）的診斷標準。在絕緣油中溶解的氣體（包括 CO, CO₂, CH₄, C₂H₆, C₂H₄, H₂, C₂H₄, TCG）可說明接續匣的內部狀態跡象。

本研究期盼能正確判斷接續匣異常類別和故障位置，應用“氣油溶解分析”法從 1999 年來已提高相當的準確度，錯判比例從 67%降至 50%，所以更精確診斷規範有待投入更多的研議。

本計畫執行中詳細的檢視 1999 年的 212 件及最近所發生之 172 件例子，應用 SVM 與 SKM 法建構新的診斷規範，SVM 與 SKM 此兩種方法所提供的線性函數判別模式對接續匣異常類別與故障位置可作出更精確的研判。

本研究最後開發了多類 SKM 線性模組，得到簡單又更準確的線性模組，最後建立了四種基本的模式，診斷的準確度從 51%提高至 84%，本研究所獲至之新規範已在“地下電纜維護辦法”ETR Vol.70 第 1 期（2014 年）提出，並已被日本國內一些電力公司採用。

3. Study of Decision Support Programs for Maintenance Strategy of Electric Power

Equipment (Takahashi CRIEPI)

由於電力需求的飽和和近期電力工業自由化的迫切，降低每一個可能的成本

成為當務之急。所負責電力設備維護的人員也必須藉由延長設備的經濟壽命和汰換時間，來追求成本的降低。然而在成本降低的前題下，設備的可靠度仍須維持其必要的水準。因此，電力設備最佳維護計畫的規畫益顯現其重要性，資產管理即為達成此目的重要工具。

本研究著重在變壓器與 GCB 兩項資產管理的決策，雖然已進行了將近十年的研究，我們發現一個公司在不同部門間或同部門中，其資產管理的工具都產生不盡相同的可能。

(1) 變壓器的資產管理決策工具

兩種資產管理決策支持工具

- 尋找最小累積維護成本

變壓器這一類的設備在一服務周期後需要定期維護，如果維護成本隨著服務時間(service time)簡單的增加，那麼可以推得最佳更新時間。

為了要簡化計算，每年的維護成本 C 可以被假設成隨服務時間 (y)增加的一種比例式即

$$C = \beta \cdot y$$

(1)

其中 β 是比例常數，C 是標準化的設備安裝成本。

y 年的累進成本 C_m 可以表示成

$$C_m = \int \beta \cdot y \cdot dy = \beta \cdot y^2 / 2 \quad (2)$$

全部的維護成本包含更新成本 $1 + C_m$ ，所以每年的平均維護成本 C_a 表示成

$$C_a = (1 + C_m) / y = (1 + \beta \cdot y^2 / 2) / y = 1/y + (\beta / 2) \cdot y \quad (3)$$

這個方程式可以被推得最佳更新壽命 y_c ，最小每年維護成本

$$d(C_a) / dt = 0 \rightarrow y_c = \sqrt{2 / \beta} \quad (4)$$

- 考慮大修的影響和故障成本

大修後，設備可以假設為設備年青化（等效服務時間的減小），以大修後設備的回覆率(recovery rate)為基礎，每年的維護成本減小。

回復率應該隨著大修成本而改變，可以定義回覆係數 n:

$$(\text{recovery rate}) = (\text{overhaul expense})^{1/n} \quad (5)$$

(2) GCB 資產管理決策支持工具

以 GCB 的 5 年的維護成本(1500 個機組，66kV-110kV) 為基礎，具下列成本資料的特徵

- 每年的維護成本隨著服務時間增加而增加。
- 服務時間的比例元素不在有優勢
- 周期性的或特殊的服務時間的成本似乎很重要
- 大修的效應也許不被期待

維護成本被分為下列四個部分

- 成本是隨服務時間成比例增加
- 周期性花費(周期檢查費用)
- 單一花費(法定的檢查，電子交換)
- 故障成本

基於這些成本透過 LCC 如此便可以推出每年平均維護成本

此兩種資產管理決策支持工具的開發是以實際管理資料為基礎，並已成為預算規畫的工具，這些工具如若廣泛的被應用，未來計畫將診斷資訊納入考慮的因素以求取更進一步的改進。

(四) Water Chemistry

6 月 9 日參加日本中央電力研究院與本公司綜合研究所每年兩地分別輪流主辦之年會與論文發表研討，鄭錦榮針對超臨界發電機組水處理議題分別報告，超臨界發電機組水處理及材料評估之實驗室模擬與驗證簡報，「Water Treatment and Material Evaluation for Supercritical Generation unit-Laboratory Simulation and Validation」，另外一篇簡報由 CRIEP 材料科學研究實驗室 Hiroataka Kawamura 博士

報告，題目為「日本火力發電廠在汽鼓及複循環與餘熱蒸汽機組的單程流通式鍋爐之水質處理」**「Water Conditioning for Once-through, Drum Boiler and Combined Cycle / HRSG in Japanese Thermal Power Stations」**，主要說明：

1. 日本火力發電廠安裝的最新的趨勢，自 2011 年 3 月後總共安裝了 600MW 的 USC 機組 1 部，燃氣機組 1,595MW 8 部及複循環與餘熱蒸汽機組 5,167MW 10 部。

2. 單程流通式鍋爐之飼水或鍋爐水水質處理：

氧化處理 **Oxygenated treatment (OT)** 是使流經鍋爐的飼水系統經氧化處理後減少鍋爐的腐蝕的技術，傳統上抑制鍋爐爐管的腐蝕是使用除氣裝置和注入氧清除劑來保持氧氣濃度低於 10ppb，這個過程被稱為全揮發處理 **All-volatile treatment (AVT)**，將揮發性鹼劑加入到飼水中，氨 (NH_3) 被添加到保持飼水的高 pH 值，從而降低了流動加速腐蝕(**flow-accelerated corrosion, FAC**)的風險。**AVT(R)** 是添加還原劑使 FeO 和 Fe_2O_3 組合還原成磁鐵(**magnetite; Fe_3O_4**) 組成的保護層，而 **AVT(O)** 是無須添加還原劑，讓殘餘氧的存在，利用氧化方法在磁鐵形成一層赤鐵礦(**hematite**) 的氧化處理。氧化處理是利用氧注入飼水保持 30-50 ppb 的氧氣濃度，通常在冷凝液純化槽及除氧器出口注入，在磁鐵礦的頂部形成赤鐵礦緻密及較厚的保護層(三氧化二鐵)。

(a)氧化處理(OT)，優點為在鍋爐和高壓加熱器的壓降減緩，可延長化學清洗間隔，目前日本已有 53 部超超臨界、超臨界及亞超臨界機組在使用氧化處理，由於 OT 的優異性能，OT 應用電廠的數量一直在增加，電廠採用 OT 的化學清洗數量增加而可增加設備運轉週期。雖然 OT 已為臨時化學清洗法的標準，仍希望改善化學清洗時粉狀水垢的形成。日本一些用 OT 的電廠機組曾經發生粉狀水垢造成的鍋爐爐管事故，上述爐管的故主要發生在亞臨界至超臨界壓力條件下的過渡區域，如在一次側水牆管與二次側水牆的交會混合構件，因此 **CRIEP** 在本報告中說明機理的防治對策的建立。

(b) 全揮發處理(還原法) All-Volatile Treatment (Reducing) AVT(R)及全揮發處理(氧化法)All-Volatile Treatment (Oxidizing)AVT(O)：在鍋爐飼水和鍋爐水處理中採用 AVT (R) 以氨控制 pH 和聯胺為脫氧劑，在 1994 年日本衛生部；勞動部和福利部為了防止聯胺對健康的危害，已公布聯胺為有毒的化學物質。CRIEP 目前已在進行聯胺替代品的研究，以 AVT (O) 在實驗室和商用設備的應用研究成果，提出實驗結果 AVT(O)的腐蝕控制效率幾乎相等或更優於傳統 AVT(R)，結果如下表 1 單程流通式鍋爐之飼水或鍋爐水水質處理結果，表 2 複循環與餘熱蒸汽機組的飼水之水質處理結果，表 3 複循環與餘熱蒸汽機組的鍋爐水之水質處理結果。

Pressure (MPa)		Above 15 to 20				Above 20			
Reducing Agent		with	without			with	without		
Treatment		AVT(R)	AVT(LO) ¹⁾	AVT(O) ²⁾	OT	AVT(R)	AVT(LO) ¹⁾	AVT(O) ²⁾	OT
pH (at 25°C) ³⁾	Cu alloys used in LP Feed Water Heater Tube Cu alloys used in HP Feed Water Heater Tube	8.5 to 9.0	8.5 to 9.0	8.5 to 9.0	8.5 to 9.0	8.5 to 9.0	8.5 to 9.0	8.5 to 9.0	8.5 to 9.0
	Cu alloys used in LP Feed Water Heater Tube Ferrous used in HP Feed Water Heater Tube	9.0 to 9.4	9.0 to 9.4	9.0 to 9.4	9.0 to 9.4	9.0 to 9.4	9.0 to 9.4	9.0 to 9.4	9.0 to 9.4
	Ferrous used in LP Feed Water Heater Tube Ferrous & Ti used in HP Feed Water Heater Tube	9.3 to 10.0	9.3 to 10.0	9.3 to 10.0	9.3 to 10.0	9.3 to 10.0	9.3 to 10.0	9.3 to 10.0	9.3 to 10.0
Cation Conductivity (mS/m) (µS/cm) (at 25°C)		≤ 0.03 (≤ 0.3)	≤ 0.02 (≤ 0.2)	≤ 0.02 (≤ 0.2) ⁴⁾	≤ 0.02 (0.2) ⁴⁾	≤ 0.025 (≤ 0.25)	≤ 0.02 (≤ 0.2)	≤ 0.02 (≤ 0.2) ⁴⁾	≤ 0.02 (≤ 0.2) ⁴⁾
DO at the Inlet of Economizer (µgO/L)		≤ 7	≤ 5	5 to 20	20 to 200 ⁴⁾	≤ 7	≤ 5	5 to 20	20 to 200 ⁴⁾
Fe (µgFe/L)		≤ 20 ⁷⁾	≤ 20 ⁷⁾	≤ 5 ¹⁰⁾	≤ 5 ¹⁰⁾	≤ 10	≤ 10	≤ 5 ¹⁰⁾	≤ 5 ¹¹⁾
Cu (µgCu/L)		≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
N ₂ H ₄ (µgN ₂ H ₄ /L) ¹¹⁾		≥ 10	-	-	-	≥ 10	-	-	-
SiO ₂ (mgSiO ₂ /L) ⁸⁾		≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20

表 1：單程流通式鍋爐之飼水或鍋爐水水質處理結果

Pressure (MPa)		10 or less			Above 10 to 15			Above 15 to 20		
Reducing Agent		with	without		with	without		with	without	
Treatment		AVT(R)	AVT(LO) ¹⁾	AVT(O) ²⁾	AVT(R)	AVT(LO) ¹⁾	AVT(O) ²⁾	AVT(R)	AVT(LO) ¹⁾	AVT(O) ²⁾
pH (at 25°C) ³⁾	Cu alloys used in condenser tube	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4
	Ferrous and Ti used in condenser tube	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3	9.4 to 10.3
Cation Conductivity (mS/m) (µS/cm) (at 25°C)		≤ 0.05 (≤ 0.5)		≤ 0.02 (≤ 0.2)	≤ 0.05 (≤ 0.5)		≤ 0.02 (≤ 0.2)	≤ 0.05 (≤ 0.5)		≤ 0.02 (≤ 0.2)
DO at the Inlet of Economizer (µgO/L)		≤ 7	<5	5 to 20	≤ 7	<5	5 to 20	≤ 7	<5	5 to 20
Fe (µgFe/L)		≤ 30		≤ 20	≤ 30		≤ 10	≤ 20		≤ 5
Cu (µgCu/L)		≤ 20		≤ 10	≤ 10		≤ 10	≤ 5		≤ 5
N ₂ H ₄ (µgN ₂ H ₄ /L)		≥ 10	-	-	≥ 10	-	-	≥ 10	-	-

表 2：複循環與餘熱蒸汽機組的飼水之水質處理結果

Pressure (MPa)		Above 10 to 15					Above 15 to 20				
Conditioning		Phosphate	AVT			Low NaOH	Phosphate	AVT			Low NaOH
Reducing Agent			with	without				with	without		
Treatment			AVT(R)	AVT(L) (1)	AVT(O) (2)			AVT(R)	AVT(L) (1)	AVT(O) (2)	
pH (at 25°C) (3)	Cu alloys used in condenser tube	9.0 to 10.0	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	9.0 to 9.6	8.5 to 9.5	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.4	8.5 to 9.5
	Ferrous and Ti used in condenser tube		9.4 to 10.0	9.4 to 10.0	9.4 to 10.0			9.4 to 10.0	9.4 to 10.0	9.4 to 10.0	
Cation Conductivity (mS/m) (at 25°C) (µS/cm)		- (-)	≤ 2 (≤ 20)	≤ 0.3 (≤ 3)	≤ 3.6 (≤ 36)	- (-)	≤ 2 (≤ 20)	≤ 0.3 (≤ 3)	≤ 2.4 (≤ 24)		
Conductivity (mS/m) (at 25°C) (µS/cm)		≤ 15 (≤ 150)	- (-)	- (-)	- (-)	≤ 6 (≤ 60)	- (-)	- (-)	- (-)		
Na (mg Na/L)		- (-)	- (-)	- (-)	≤ 1.5	- (-)	- (-)	- (-)	≤ 1.8		
Cl (mg Cl/L)		≤ 2	≤ 1	≤ 0.1	≤ 1.8	≤ 2	≤ 1	≤ 0.1	≤ 2.3		
Phosphate (mg PO ₄ ³⁻ /L)		†	- (-)	- (-)	- (-)	≤ 3	- (-)	- (-)	- (-)		
SiO ₂ (mg SiO ₂ /L)			≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3		≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.2		

表 3 複循環與餘熱蒸汽機組的鍋爐水之水質處理結果

3. 在 USC 及 SC 電廠蒸汽氧化導致鍋爐管的損傷

在 USC 和 SC 電廠已有一些渦輪葉片受到沖刷腐蝕，如低合金鋼再熱器管過熱導致水垢成長損傷，9Cr 腓立鐵的超加熱管過熱因蒸汽氧化層導致孔洞的增長損傷，不銹鋼超加熱管過熱導致蒸汽氧化層的剝離和沉積等鍋爐管的損傷，渦輪葉片由於蒸汽氧化層剝落和散射造成渦輪葉片的沖刷腐蝕，應用 OT 水質處理後幾乎所有電廠都不錯，然而，有幾個電廠經歷過流動加速腐蝕，一個廠經歷了鹼性腐蝕。

4. USC 及 SC 電廠應用 OT 水質處理後已大幅降低維護成本，仍需進行下列的改善：(a)

化學清洗方法標準需更精確地減少粉狀水垢的形成。(b) 建立減少粉狀水垢形成的對策。(c) 建立減少蒸汽氧化垢的對策。(d) AVT(O) 在超臨界和亞臨界電廠應用程序。

低濃度磷酸鹽處理可抑制鍋爐汽鼓水質處理嚴重的腐蝕問題，然而，期望建立不用聯胺的飼水處理。複循環與餘熱蒸汽機組的鍋爐水之水質處理，仍需進行下列的改善：(a) 建立減少流動加速腐蝕的對策。(b) 建立因磷酸鹽殘留構成鹼性腐蝕的對策。(c) AVT(O) 在餘熱蒸汽機組應用程序。

二、東亞電力技術研討會

(一) Generation Session

共同討論會議由綜合研究所電力室蒲冠志主任及韓國 Song Sung Hwan 博士主持，會議主題為電力系統運轉與維護(Maintenance and operation of the power system)，討論議題由與會各國代表提出，相關會議內容及報告人如下：

1. Coordinated Control for AC/DC Hybrid System Crossing Long Distance Regions, Dr. GUO Xiaojiang (CEPRI)
2. Energy Management System Development in KERI, Dr. SONG Sung Hwan (KERI)
3. Transmission Facility Maintenance and Management System and Related Applications, Mr. Chung-Han, HSIEH (TPC)
4. Development of nondestructive inspection technology, Dr. Tetsuo FUKUCHI (CRIEPI)

其中綜合研究所由電力室謝忠翰研究專員進行台電公司輸電設備維護管理系統之成果報告。該系統由電力室開發，主要使用者為供電處土木組、線路組及地權組等。系統畫面如圖 6 所示。



圖 6 輸電設備維護管理系統畫面圖

本系統功能與執行工作包含：開發「輸電設備維護管理系統」，並整合「巡檢流程系統」、「排程管理系統」、「異狀管理系統」與「事故案例系統」，配

合 GIS 圖資管理系統，呈現輸電鐵塔與相關設備資訊。此系統運用網際網路技術與資料庫管理系統進行開發，期望能夠提供台電公司及各區營運處進行設備查詢、巡檢排程作業、異狀及事故管理等；隨時提供設備之相關資訊，以利輸電業務的掌控，提昇台電輸電設備維護及管理的效率。系統架構如圖 7。

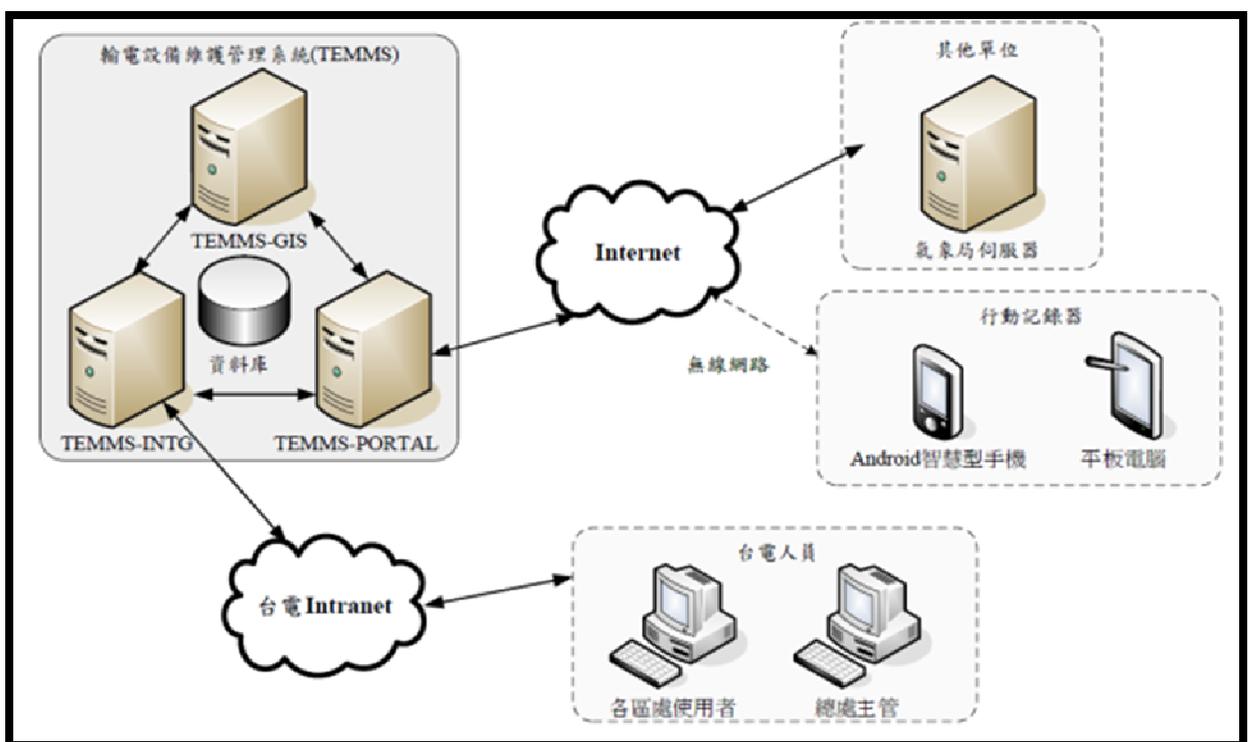


圖 7 系統架構圖

(二) Parallel Session

1. Smart Grid

本屆東亞電力技術研討會分組討論主題 1 為 Smart Grid，專題報告共有 4 篇論文發表，專題報告 1 為中國電力科學研究院(CEPRI)發表「中國大陸微型電網發展」(Micro grid development in China)，專題報告 2 為日本電力中央研究所(CRIEPI)發表「利用太陽光電過剩電力於家用電器用電的協調控制方法」(Coordinated Control

of Method of customers' Appliances for Utilizing Surplus Power of PV Power generation) ，專題報告 3 為韓國電氣技術研究所(KERI) 發表「韓國智慧電網發展及濟州島智慧城市計畫的最新進展」(Introduction to Current Progress of Smart Grid Deployment & Smart City Projects in Korea) ，專題報告 4 為台電綜合研究所(TPRI) 發表「竊電偵測技術」(Technologies for Power Theft Detection) 。

(1) 專題報告 1 「中國大陸微型電網發展」(Ma Zhao, CEPRI)

主要內容有四大項，第一項重點為大陸智慧型配電系統的 6 大發展目標與目前獲致的 4 大示範計畫微電網監控系統推動的成就(天津、北京新奧購物中心、寧波、東蒙古)；第二項重點為大陸微型電網(MG)及分散式電源(DG)發展與微型電網 6 大應用領域，其中分散式電源預計在 2020 年提升到 8.5%滲透率發電容量可達 1 億 4700 萬 KW，微型電網 6 大應用領域包括饋線可容納 DG 併網容量的最大化、支援鄉村電氣化、符合各項電力品質需求、減少碳排及改善能源效率、提高系統可靠度改善天然災害的應變能力、MG 因其反應時間快速(幾秒內)且為可接受電網控制的智慧型負載而成為智慧電網供需整合的一項關鍵成分；第三項重點為微型電網 3 項關鍵技術研究發展與 4 大創新及成就，微型電網研發的 3 項關鍵技術包括 AMI 即時監控 DG 併網的運轉資訊、DGI 分散式電源整合(Distribution Generation Integration)的即時協調運轉及以完整的發掘 DG 的價值與利益，以改善再生能源的利用、發展 ADA 先進配電自動化有效調度及控制 DG，發展具有自行痊癒(self-healing)技術可快速排除故障及恢復供電的智慧型配電網路；4 大創新及成就包括開發分散式電源及微型電網與配電網路之間的彈性負載分群與協調運轉的最佳設計與方法、提出一套微型電網及分散式電源的 control 方法以有效降低 DG/MG 併網時造成的電壓變動影響，達到配電系統開關運轉的穩定、提出微型電網的電力自行平衡與自行平滑程序(self-balancing and self-smoothing algorithm)的最佳 control 方法、提出結合運轉模型與時間序列的 4 維度智慧 DG 能源管理之能源最佳化方法，獲得預測-實際-計算-分析的能源智慧 control 進而解決 DG/MG 最佳化運轉的問題。第四項重點為微型電網測試計畫與未來展望，包括東內蒙古呼倫貝爾微電網計畫，在此 12 萬平方公尺沙漠地區只有 100 個住宅用戶的村落，將興建 100KW 太陽光電及 75KW 風力發電及 25KW*2h 蓄電池儲能系統，將開發 DG/MG 能源管理系統及微電網中央控制器 MGCC(Micro grid centralized controller) 。

(2) 專題報告 2 「利用太陽光電過剩電力於家用電器用電的協調控制方法」(Eitaro Omine , CRIEPI)

日本政府積極推動太陽光電(以下簡稱 PV)於 2020 年將達 2800 萬 KW，2030 年將達 5300 萬 KW，因此必須針對 PV 大規模滲透造成的過剩電力研發一套對策，日本政府過去提出的對策有 2 項:在電力系統安裝蓄電池儲能系統、在 PV 輸出端設定發電功率輸出極限以限制 PV 輸出的電力。CRIEPI 則提出一套供需整合方法，經過 CRIEPI 建置用戶能源管理系統的實驗設備的運轉試驗結果實際案例，以及由於預測錯誤造成 PV 輸出的短缺可利用蓄電池放電來即時補償的實驗與模擬分析結果，驗證 CRIEPI 提出利用 PV 過剩電力的操作與規劃方法確實有效。

- A. CRIEPI 提出利用 PV 過剩電力的操作與規劃方法已將太陽日照量預測不確定因素考慮在內，並且同時兼顧電業與用戶的方便性。
- B. CRIEPI 在 Akagi Testing Center 建置一座用戶能源管理系統，實驗設備包括屋頂安裝 4KW 太陽光電板的一棟實驗屋，此實驗屋內安裝一座 10kwh 的蓄電池儲能系統、1 台 1.5KW 的熱泵熱水器(Heat Pump water heater) 、及 1 台含有供需整合界面的家庭能源管理系統 HEMS。
- C. 即時校正蓄電池的放電/充電位準: 校正程序為監測 PV 輸出電力與熱泵熱水器消耗電力(冬季)的差異，若 PV 輸出電力低於熱泵熱水器消耗電力則蓄電池隨即放電補償此需電量差異，若 PV 輸出電力大於或等於熱泵熱水器消耗電力而且仍然限制 PV 輸出，則將此過剩電力等量充電至蓄電池，因此可獲得 2 項成效，第 1 項成效為增加被限制 PV 輸出的電能利用，第 2 項成效為減少用戶電費支出。
- D. 利用 PV 過剩電力的操作與規劃方法可以避免熱水器熱水供應的短缺導致用戶得不便，另一方面亦可避免在冬季白天時期使用熱泵熱水器導致用戶電費支出的增加，並且此過剩電力的操作與規劃方法經由 3 個不同用電需量的用戶與 Akagi Testing Center 用戶能源管理系統類似設備的模擬分析結果，A 用戶每天用電需量 17.3kwh，B 用戶每天用電需量 16.4kwh，C 用戶每天用電需量 36.4kwh，A 用戶每天熱水需 5518kcal，B 用戶每天熱水需 9841kcal，C 用戶每天熱水需 8041kcal，每戶 PV 輸出額定 4KW 但輸出電力被限制為 2KW，額定蓄電池充放電位準 2 KW，充放電容量 5kwh，熱泵熱水器冬季耗電 1.5KW，由於預測錯誤造成 PV 輸出的短缺可利用蓄電池放電

來即時補償的模擬分析結果為 A 用戶每天可節省 3 日元電費，B 用戶每天可節省 12 日元電費節省 7.4%，C 用戶每天可節省 5 日元電費。而且每戶可減少 PV 輸出的能量損失為 7.0%至 14.6 % 。

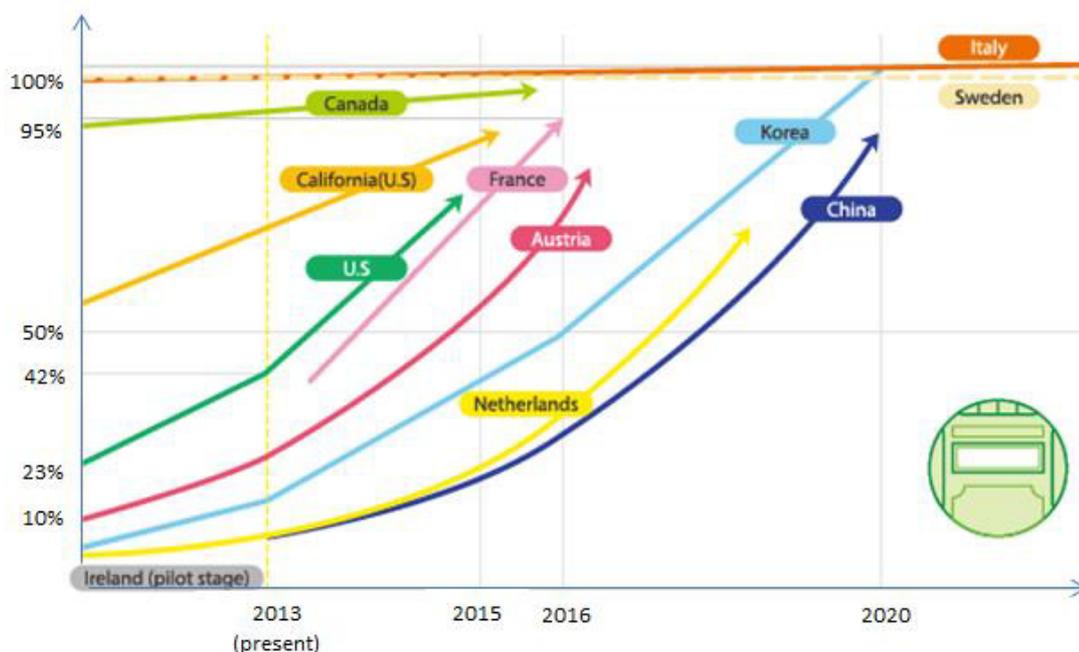
(3) 專題報告 3 「韓國智慧電網發展及濟州島智慧城市計畫的最新進展」:(Dong-Joo KANG , KERI)

智慧城市計畫的策略性意涵實為設計一套整合方法將現有的先導型或示範計畫和已佈建的計畫聚合後產生協力效果(synergy effects)，以城市作為工業與商業互動的平台，最終在智慧城市可以建立一套新智慧電網商業生態系統(New SG business eco-system) 。目前國際能源署 IEA(International Energy Agency)為了加速全球合作推動清淨能源的過渡進程，在 2010 年於美國首都華盛頓舉辦清淨能源部長會議聽取國際智慧電網行動網路 ISGAN(International Smart Grid Action Network)會員國報告智慧電網推動進展及計畫，ISGAN 會員國包括美國、加拿大、墨西哥、德國、法國、英國、義大利、西班牙、荷蘭、比利時、瑞士、奧地利、瑞典、挪威、芬蘭、愛爾蘭、俄羅斯、中國大陸、日本、韓國、印度、澳洲等 22 國。ISGAN 主要會員國設定目標在 2020 年前完成 100 %的 AMI 佈建，目前義大利、瑞典、及加拿大安大略省已完成 100 %的 AMI 佈建，美國加州也已完成 75 %的 AMI 佈建。ISGAN 會員國的 AMI 佈建藍圖如圖 8 所示。ISGAN 提出的 AMI 家庭能源管理平台包含能源儲存系統 ESS(Energy Storage System) 、分散式能源 DER(Distributed Energy Resource) 、家庭自動化網路 HAN(Home Automation Network)或物聯網 IoT(Internet of Things) 、電動車 EV 及充電基礎建設。韓國濟州島智慧城市計畫的智慧電網發展:已於 2013 年完成智慧電網建設，投資金額為 1.82 億歐元，濟州島智慧電網計劃包含智慧電表 2381 戶、屋內顯示裝置 IHD2065 台、分散式再生能源 10MW、能源儲存系統 ESS 儲電容量 3.6 MWh、100 輛電動車 EV、充電站 200 台，以上 6 像設備皆發包給 3 至 4 個企業聯盟互相競爭營運。韓國未來預定推動 7 個智慧城市計畫，而且每個智慧城市皆有不同的智慧電網重點項目，例如有一智慧城市專注於智慧家電，有些城市專注於太陽光電與能源儲存系統 ESS，有些城市專注於綠色建築，有些城市專注於建築物能源管理系統 BEMS，有些城市則專注於工廠能源管理系統 FEMS。

韓國能源儲存系統 ESS 佈建計畫:

ESS 佈建與 AMI 計畫結合佈建，2016 年完成 200 MWh 及 50%的 AMI 佈建

(1600 萬戶)，2017 至 2020 年將完成 100%的 AMI 佈建(3200 萬戶)，ESS 佈建計畫將有利於主動式需量反應之推動。ESS 佈建計畫將開發大型蓄電池，10KW 級蓄電池用於住宅用戶，10KW 至 200KW 級蓄電池用於商業用戶，300KW 級蓄電池用於大型建築物，300KW 級以上蓄電池則用於大型工商用戶，4MW 級蓄電池



用於配電系統，20MW 級以上蓄電池則用於輸電系統。至 2020 年韓國能源儲存系統 ESS 佈建容量將達 2000MW，韓國將投資 130 億歐元於 ESS 研發與安裝。

圖 8 ISGAN 會員國的 AMI 佈建藍圖

(4) 專題報告 4「竊電偵測技術」：(黃佳文, 綜合研究所)

一般較容易發生竊電的用戶大多為水產養殖業、農藝及園藝業、農事服務業、畜牧業、農田水利業(灌溉)等低壓用戶，以及塑膠製品製造業、橡膠製品製造業、紡紗業、織布業等傳統高壓工業用戶，因其用電支出所佔生產成本比重較高，用戶為減低生產成本而不惜冒違法之嫌進行竊電。本項專題報告提報台電公司所研發的創新竊電偵測技術，將結合所推導建立的各行業別之合理用電模式及開發應用支撐向量機(SVM) 分類辨識模型所建立之用戶竊電模型辨識分類器，配合高壓用戶 AMI 即時讀表用電數據及每月 NBS 電費開票用電資料，以及安裝在 173 個竊電嫌疑用戶端的接戶電桿上具有 GPRS 通訊模組的竊電偵測電表即時讀表數據，並將上述模式及數據資料儲存在所建立的一套具有行動裝置企業專用網路 MDVPN (Mobile device virtual private network)通訊架構的竊電

偵測系統(如圖 9)，此竊電偵測系統可依下列 5 種竊電偵測模式針對低壓及高壓用戶進行之合理用電模式比對、NBS 資料比對、AMI 資料比對、及 SVM 分類辨識等竊電偵測模式之比對程序，依據預先設定的數據差異百分比範圍可判斷此用戶是否有竊電異常行為發生。

竊電偵測模式一: 即時監測用電

依據安裝竊電嫌疑用戶端的接戶電桿上的竊電偵測電表即時量測受測用戶的三相電壓、電流(含 N 相電流)、功率因數及相角等電力參數。判斷竊電異常方法：

- (1) 有載時，各相 V-I 間夾角 $\geq 90^\circ$ 。
- (2) 各相電壓過高及低下($\pm 10\%$)。
- (3) 有載時，A 或 C 相電流夾角 $\leq 60^\circ$ 或 $\geq 300^\circ$ 。

竊電偵測模式二: 高壓用戶 AMI 即時讀表用電數據資料比對

竊電偵測電表即時量測受測用戶的讀表數據與高壓用戶 AMI 即時讀表用電數據以每日逐時 24 筆方式比對。判斷異常方法：

特定日期之全日 24 筆每小時用電量與 AMI 每小時之用電度數相比，差異百分比超過 70%的筆數 ≥ 7 筆即判定為異常。

竊電偵測模式三: 每月 NBS 電費開票用電資料比對

竊電偵測電表即時量測受測用戶的讀表數據與監測電表數據與 NBS 用電數據比對(自訂時間間距與抄表日兩種比對模式)。判斷異常方法：

- (1) 自訂天數間距:採當月 NBS 或去年同期月份來計算區間累計用電量(平均量 \times 天數)，與選定區間累計電度比對，計算差異百分比超過 70%即判定為異常。
- (2) 抄表日比對: 系統自動判斷單月/雙月/每月抄表週期選定同區間時段比對，差異百分比超過 10%即判定為異常。

竊電偵測模式四: 合理用電模式比對

- (1) 由受測戶長期負載特性調查資料+區處 NBS 資料，推估出多種行業別(目前有 42 類)合理用電日負載模型。
- (2) 合理用電曲線包括夏月工作日、非工作日、非夏月工作日、非工作日四種，將曲線數值作正規化處理(每小時度數/24 小時度數總和 $\times 100\%$)。

判斷異常方法：

每小時正規值與合理用電比對結果 \geq 檢出差異百分比(門檻設定值)。

竊電偵測模式五: SVM 分類辨識

合理用電模型資料+長期(六個月以上)監測戶歷史用電資料。可定期更新訓練檔以增加判斷準確度。

判斷異常方法：

選定監測點及其日期起迄區間，由輸出的分類落點區間值(共分為 7 級)之指標判定。

違章用電偵測模式-支撐向量機(SVM) 原理:

支撐向量機就是要在 n 維空間中尋找最佳分類超平面，該超平面能將正例和反例作最好的區分，並使正例(+1)和反例(-1)之間的分類間隔為最大。距離最佳分類超平面最近的訓練向量稱為支撐向量。

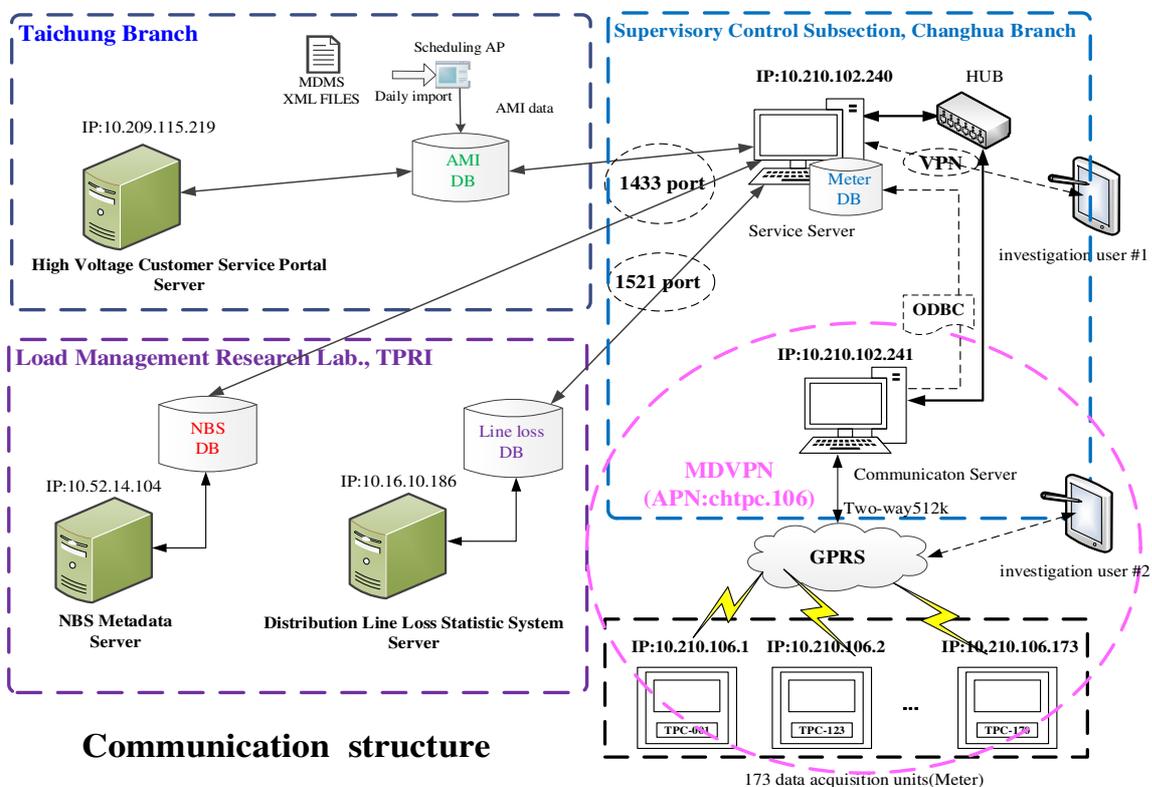
違章用電偵測模式- SVM 分類辨識模型建立:

日用戶違章用電模型辨識分類器建立:

Step1：擷取受測用戶日用電資料加以整理，作為 SVM 分類器的輸入數據(數值先作正規化處理，每小時度數/24 小時度數總和×100%)。

Step2：訓練、測試 SVM 分類器，產生符合標準的分類系統。

Step3：以訓練後之 SVM 分類模型，進行日用戶違章用電分類的辨識應用。



Design of Web based Information System
圖 9 具有行動裝置企業專用網路 MDVPN 通訊架構的竊電偵測系統架構圖

2. Material

6月10日鄭錦榮參加東亞電力研討會論文發表，並擔任材料組共同主持人，報告題目為風力發電機葉片沖擊損傷的監控，「An Impact Events Monitoring System for Wind Turbine Blades」，同場分別為CRIEP材料科學研究室的Takeshi KOBAYASHI博士報告之「鋰離子電池劣化分析，Degradation analysis of lithium-ion batteries」與韓國電力研究所電池研究中心Sang-Min Lee博士「下一代高能量密度鋰離子電池之陽極材料，Next generation anode material for Li-ion batteries with higher energy density」。

- (1) CRIEP Takeshi KOBAYASHI 博士報告之「鋰離子電池劣化分析」由於鋰離子電池需使用能源可靠性，準確的預測生命週期，因此需建立生命週期預測模型（如開方時間法則），循環容量 $\propto t^{1/2}$ 等，它是著名的平方根時間規則，這個模型圖顯示的機制來理解這個模型，在充電過程中，鋰離子幾乎插入石墨層間期，輕微的鋰離子不能被插入石墨，副反應是發生在石墨混淆活性鋰離子。膜中含有非活性鋰通常被稱為固體電解質界面 SEI，假定副反應的反應速度是恆定的，SEI 厚度的增長成正比的平方根時間。也充放電循環能力是成正比的平方根時間。然而，每一個鋰電池不一定要應用到該模型。判斷該模型是否被施加到電池，劣化機制必須通過重新組裝電池和分析化學技術來理解，CRIEP 已經研究了電池和電極材料的劣化現象。
- (2) 鋰離子電池的劣化機理探討分別採用(a)Cycling charge- discharge or storage tests；(b)Disassembling the batteries；(c)Estimating capacities of each electrode，等三種商品化方法分析，除了 SOC（充電狀態）的轉變，陰極本身退化為循環次數，另一方面，陽極幾乎不降低與陰極相比，退化的因素，以減少電池容量歸納為 SOC 移動或陰極退化本身的操作測試單元的主要因素是 SOC 移動在循環試驗在 25°C，另一方面，根據操作在 45°C，SOC 移動和陰極劣化本身有助於電池容量下降。

- (3) 容量劣化陰極的估算，發展分離混合陰極容量方法，混合陰極的研製的模型包括 (a) Modeled individual cathode : spinel & layered oxides ; (b) Differentiation of discharge curve ; (c) Extrapolation of partial differential curve of blended cathode 。

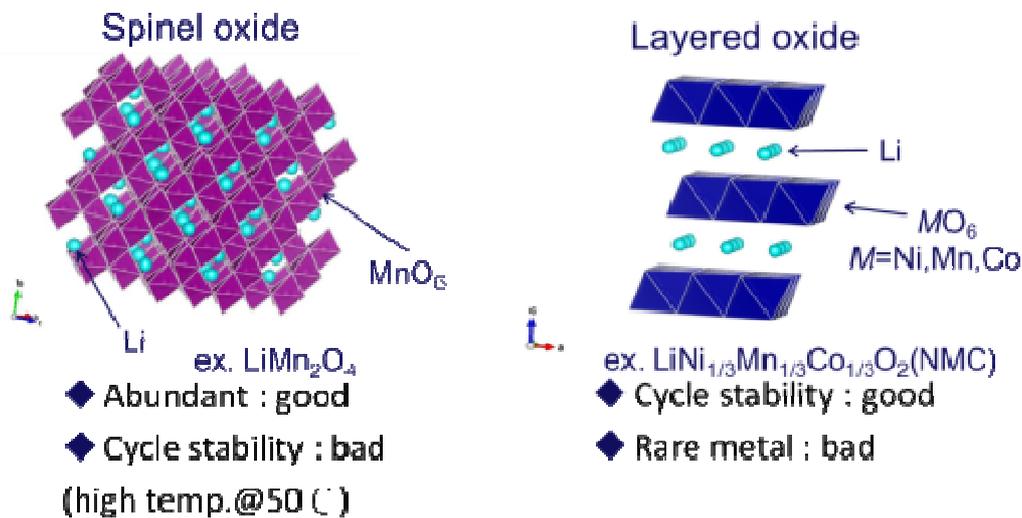


圖 10：混合陰極的陰極活性物質

在圖 10 顯示鋰離子電池(LIB)的典型陰極材料的晶體結構，該材料是尖晶石型結構，和流行的陰極化合物鋰錳氧化物，藍色的顆粒是鋰；紫塊是錳氧共鍵八面體，鋰可以輕鬆地移動到晶體的三維路徑。因此，這種材料適用於高功率型電池的陰極材料，除了高性能，尖晶石氧化物具有豐富的礦產，與錳、鈷等元素相比，為更合適的陰極材料。在另一方面，它的缺點為在溫度超過 50°C 時循環容量會停駐。LIB 的另一種材料是層狀氧化物，鋰通過該結構與由尖晶石型氧化物的三維鋰路徑不同，被氧所包圍的過渡金屬的八面體形成 2 維，鋰通過板層狀氧化物的類型。這種材料的優點是較好的循環容量保持率。另一方面，缺點是稀土類金屬鈷的使用。

因此，提出混合兩種材料在 LIB 的陰極，實際上，由層狀氧化物混合保持尖晶石氧化物的在循環的容量改善。然而，這是難以估算個體的陰極材料的容量下降。本簡報介紹的技術方法，是將個別陰極的容量從容量與電壓之間的差曲線分離。

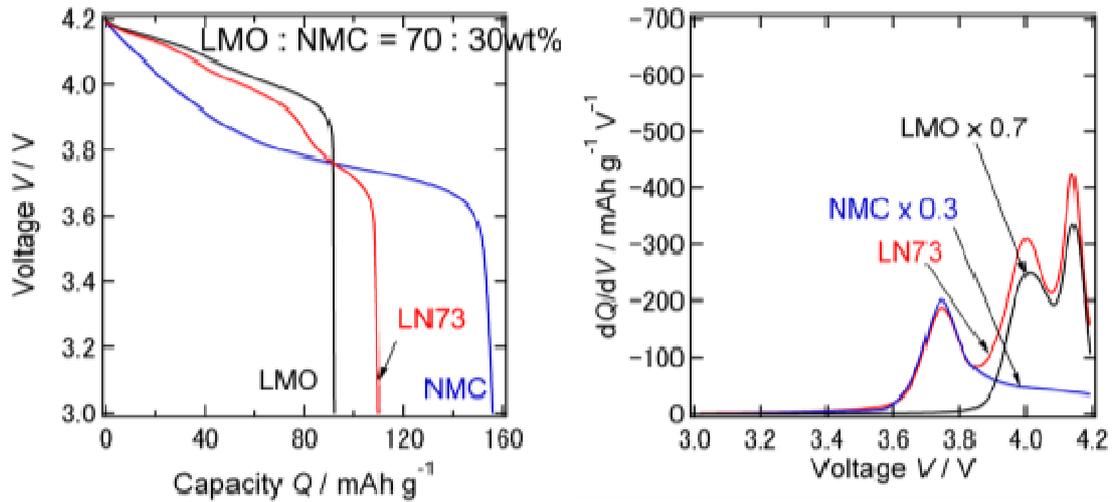


圖 11：陰極放電曲線

圖 11 陰極放電曲線，顯示分離各個陰極材料的能力，圖中顯示了 LMO；NMC；混合陰極的放電曲線，黑線是 LMO，藍線是 NMC，紅線是混合正極。這些曲線是難以分離的混合陰極的各容量。因此，容量是有不同的電壓，LMO 和 NMC 的分化曲線按重量比率均一化。在 3.8 V 只發現僅組成 NMC 的差異化的曲線，另一方面，超過 3.8 V 範圍內有兩個陰極貢獻的能力。由於這條曲線從混合陰極的數據繪製的，因此個別的陰極容量可以從分離來計算這個區域。

分離混合陰極程序如圖 12：(a) 只計算 NMC 放電電壓範圍；(b)由指數函數擬合 LN73 的微分曲線；(c)外推法擬合曲線到 4.2V。

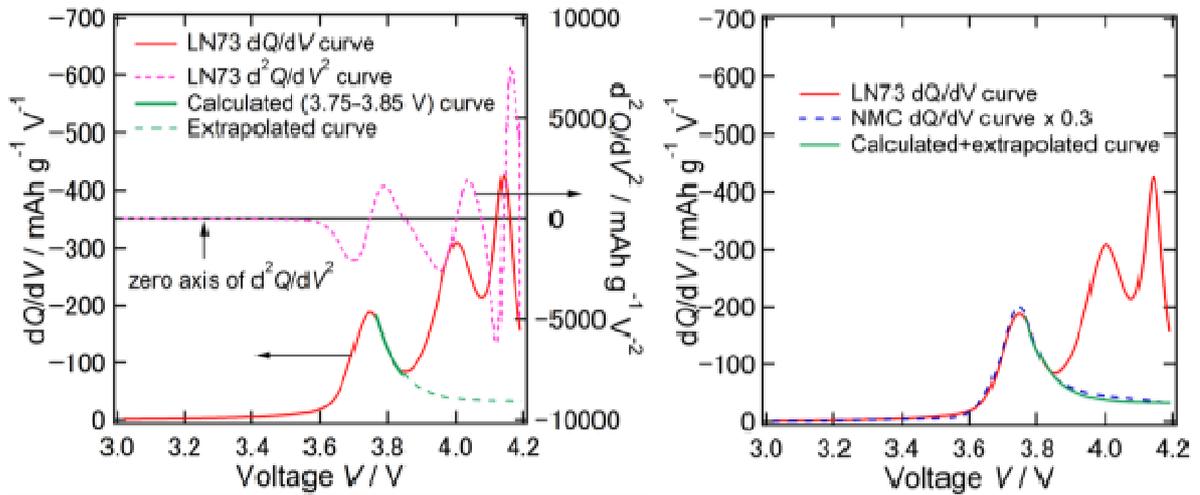


圖 12：分離混合陰極程序

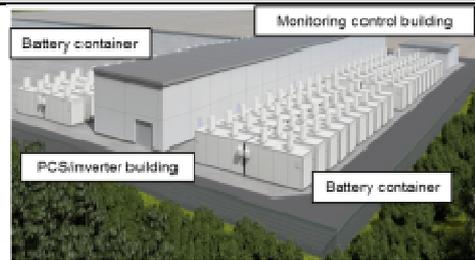
- (4) 鋰離子電池劣化分析：安裝的鋰離子電池的測試設施，(a)控制電力系統頻率波動；(b)管理電池狀態和建立電池的可靠性。最近，日本電力公司已經在安裝鋰離子電池的測試設施如圖 13，在長崎縣其容量為 1.6MWh，其功率為 MW。在宮城縣 20MW 最大功率 40MW，試圖從可再生或峰值位移控制電力系統頻率波動。希望鋰離子電池的劣化分析，幫助電池狀態管理，建立未來電池的可靠性。

Kyushu Electric Power Co., Inc.
Ashibe substation (iki, Nagasaki)



Space : 140 m², 2012~2015
Capacity : 1.6 MWh, Power : 4.0 MW

Tohoku Electric Power Co., Inc.
Nishisendai substation (Sendai, Miyagi)



Space : 4800 m², March/2015~
Capacity : 20 MWh, Power : 20-40 MW

圖 13：長崎縣及宮城縣建立鋰離子電池的測試設施

3. Asset Management and Others

本次研討會有關 Asset Management and Others 方面共計 4 篇專題報告，專

題報告 1 為日本電力中央研究所(CRIEPI)「氣體絕緣設備中 O 形密封圈壽命評估方法之開發」, 專題報告 2 為中國電力科學研究院(CEPRI)「配電網維護之現況」, 專題報告 3 為綜合研究所(TPRI)「連接站避雷器線上監測及維護系統研發」, 專題報告 4 為日本電力中央研究所(CRIEPI)「日本風力發電系統落雷保護設計之研究」。

(1) 專題報告 1「氣體絕緣設備中 O 形密封圈壽命評估方法之開發」 (Mizutani, and Hori, CRIEPI)

O 形圈 (O-Ring) 為一被用於氣體絕緣設備中密封氣體之組件, 通常其退化評估方法是以不同溫度和時間狀態的熱老化測試, 量測 O 形圈壓縮的永久變形(compression set), 又因為 O-rings 大小的不同、安裝於不同的槽化輪緣, 以及不同的使用溫度, 故本研究以壓縮法評估, 而過去應用外在環境因素的評估方法不被考慮。

以壓縮法評估之重點為當 O-rings 的壓縮力(compression force)被移除會有永久變形指數, 壓縮變形之估算以下列三點評估: 計算 O-rings 在壓縮力(compression force)之下的壓力分佈; 計算壓縮釋放之力量及計算壓縮力(compression force)移除後的永久變形。

本研究預期達成之目標為提出一個實際使用狀況下 O-rings 壓縮永久變形(compression set)實際的評估方法, 如溫度改變、槽溝(groove)面的影響和壓縮比例, 評估 O-ring 退化估算的方法。其步驟如下:

- 以沾黏性模型(viscoelastic model)為基礎評估壓縮變形

彈性(elasticity): 彈跳力(快速響應的速度)

黏性(viscosity): 緩衝器 (剩餘變形, 低響應速度)

故為表示複雜的 O-ring 鬆弛現象, 黏性(viscosity)模型以併聯的 Maxwell 模型為基礎。

在恆常溫度與變形下粘彈性的降低可經由應變能函數及變形應力分佈狀態利用三維有限元素法分析求得。

- 物理特性之試驗

- ✓ 雙軸向張力試驗
- ✓ 應力釋放試驗
- ✓ 150°C 緩衝釋放時間試驗

藉此試驗定義應變能函數及導出不同釋放時間與溫度因素等參數。此項研究獲至下列成果：

- O 型圈壓縮之永久變形可藉熱機械粘彈性模型方法作預測
- 評估方式考慮到如溫度改變，槽溝面影響和實質壓縮變動等實值的使用狀態
- 評估的計算值和加速變型試驗值一致
- O 形圈可從安裝的狀態資訊、橡膠的實體特性與溫度上的記錄作變形的預測

(2) 專題報告 2 「配電網維護之現況」(Zhao Ma, CEPRI) 中國配電網路的現在狀況

A. 中國快速成長的電力需求：

2012 年之消耗為 4960TWh，其中國家電網佔 80%，過去 32 年期間年平均成長為 9.3%。2012 年的發電裝置容量則為 1140GW，其中國家電網佔 77%，一樣在 32 年期間年平均成長為 9.4%。

B. 再生能源在中國亦是快速的發展：

2012 風力發電為 60.8GW (國家電網 56.8 GW)，太陽能為 3.58 GW (國家電網 3.3 GW)，分散式小水力發電為 23.76GW (國網佔 69%)、分散式風力發電為 0.48GW (國網佔 1.4%)、分散是太陽能發電為 1.03 (國網佔 3%)。

C. 中國配電網路的細節：

從東 VS 西存在經濟發展、電網規模及電力品質的差距。從城市 VS 鄉村則存在負載密度、消費模式及結構標準之不同。從南 VS 北與海岸 VS 內陸又另存在自然狀態及設備選擇上之不同原則。

D.電壓的系列的難題：

大部分的城市為 110(66)/10/0.4 kV；大部分的鄉村為 35(66)/10/0.4 kV；有些城市又為 220/35/10/0.4 kV。

E. 配電網結構：

10kV 架空地線與地下電纜配置；10kV 配電的互連率在鄉村僅及 78% (2012)；10kV n-1 的達成率在鄉村僅及 68% (2012)

中國對電力設備維護的實施

- 國網配電網路架構(2013 前)
 - 10kV 配電系統架空地線超過 3 百萬公里
 - 配電變壓器容量 750000MW
 - 開關裝置超過 2 百萬組
 - 城市 10kV 電纜比率接近 40%
 - 絕緣架空線(insulated overhead line)超過 60%
- 配電網路的維護發展
 - 損毀維護(BM)-1950
 - 預防維護(PM)-1950-1970
 - 結合管理方法-1970-1980
 - 多重管理方法 1980-現在TBM→CBM→RCBM
- 狀態基礎的維修(CBM)
 - 從經常性維護→轉為→CBM
 - 經常性維護：：
 - 快速網路發展
 - 較高的可靠度
 - 檢驗人員短缺
 - 等到壞掉才修復的維護模式

CBM：

-使用多樣的偵測方法

-結合 CBM 和網路管理

-配電網路全面綜合評估

- 企業對配電網路的需求

改進運轉和維護的效率與安全性

-CBM 的實施

-活線作業

-標準化的修復

- CBM-標準系統

建立三個標準系統：管理／工作／技術配合資產檢驗＞資料蒐集＞狀態評估＞維護策略＞維護計畫＞維護之環狀系統。

- CBM-工作內容

資料蒐集-評估-策略-計畫-施行-評估

-資料蒐集-包含運轉前的資訊、維護的試驗資料、缺陷資料

-評估-依據原件區分重要等級，分為特別重要、重要、一般重要，進行一般評估和特別評估。特別重要元件的經常評估為 1 年 1 次、重要元件的經常評估為 2 年 1 次、一般重要為 3 年 1 次。

- CBM-PD 的活線檢測

-超聲波(Ultrasonic)和地波(ground wave)偵測技術已經用來檢測開關裝置

- PD 的檢測法：超高頻法(UHF)、地波法、超聲波法

- 線上部分放電檢測

-2013 年完成 8193 件 PD 檢測，找出 2532 件缺陷

-北京電力起用遠端弱點檢視

- 紅外線溫度檢測

-紅外線測溫(infra-red thermometry)包含紅外線溫度的量測和影像顯示。

-2013 年，國家電網施行 93472 次

- **CBM 應用狀態**
 2013 年 7 月一共有 84 組配電設備和環境的線上偵測系統，其包含 41 組配電設備線上檢測系統、43 組環境偵測系統。
 -共檢測到 3029 個缺陷，變壓器線上檢測裝置偵測 3016 個缺陷、環境檢測裝置偵測 13 個、電纜檢測裝置偵測 927 個
- **CBM 工作階段**
 -建設試驗項目。在 2011 年，開始與 5 中型城市開展開配電網路維護試驗積累經驗。
 -逐步擴張，2012 年底，50%的省或城市符合國家電網驗收
 -全部應用。2013 年底，到 2013 年底，國家電網公司各單位配電網路維護達到全面達標
- **CBM 執行表現**
 提高配電網路的整體維護水準

趨勢概要

- **配電的挑戰**
 -有效管理廣泛的資產。
 -維護老化的基礎設施，同時提高客戶滿意度。
 -秉承不斷改變安全和環保法規。
 -利用智能技術的優勢
 -預測零售負載
- **資產管理技術助益**
 -完整的資訊有助了解資產與故障狀態，識別故障所代表的意涵
 -明確的焦點和方向定位資產的投資策略
 -系統與制式化的創建可應需求來調整
- **不同的角度檢視資產狀態**
 -符合更廣泛的維護管理需求

- 與產界可取得合法合理的協商
- 活化經濟的資金應用
- 調節現金帳之週轉
- 配電系統智慧資產管理
 - 自我測試
 - 自我評估功能
 - 自我診斷功能
 - 意外警報和決策

由於配電設備與網路是一大範圍繁雜的構面，不同於高壓設備可以個別相對較低成本維護的特點，因此高可靠度智能資產管理系統及健全化配電網路的基本研究是現今電力業者的時代要求，一個科學化的、精準化的與系統化的電力配電資產管理絕對是未來智慧電網建構中非常重要的一環，本研究從新的觀點去探討和建立配電網路新局面，對新一代的配電資產管理提供必要的方法和工具，逐步的從類比到數位，定性到定量，粗放到精益的轉型改變，整合多元不同的資訊，來創造未來可期的最高的效益。

(3) 專題報告 3 「連接站避雷器線上監測及維護系統研發」(張銘鑑，TPRI)

為防止氧化鋅避雷器發生故障，傳統的做法是定期對氧化鋅避雷器進行絕緣維護測試，但停電測試具有很大的侷限性。現場檢測避雷器狀態的方法，需要檢測人員定期到現場進行查看或再攜帶儀器設備量測，為了在線上即時了解避雷器狀態，有必要提出了一種基於 GPRS 的線上即時監測避雷器性能狀態的新方法，以便即時排除性能異常避雷器。

現行避雷器之維護人力及線上量測(如紅外線檢測、三次諧波、總洩漏、電阻性洩漏，含停電絕緣特性試驗、功率分析等測量)項目增加維護人力。故需研究建立一套線上即時監測系統及歸納整理有效定期量測的方法與準則，使維護人員可隨時掌握避雷器之運轉狀況並立即診斷判別避雷器良劣與否。

本研究計畫目的在於建立一套整合溫度、溼度之氣象資料、避雷器洩漏電流自動監測之遙測監控系統，對避雷器進行即時監測，應用以 SVM(Support Vector Machine)為基礎之模型辨識技術，分析氣象參數與避雷器洩漏電流/放電之關係，並建立合理之避雷器之維護機制。

本研究計畫目的建立一套整合氣象資料蒐集、避雷器洩漏電流自動監測之遙測監控系統，對重要避雷器進行即時監測，並分析氣象參數與避雷器洩漏電流之關係，以建立合理之避雷器之維護機制。計畫首先蒐集世界先進國家維護避雷器所作測試及試驗工作種類。比較國外與供電處目前所施行之避雷器(停電與非停電)維護作業方式，並提出有效之避雷器檢測方式、維護週期供維護單位施行。再者分析各廠牌不同電壓等級避雷器之電氣特性包括介質功率損失 p 、介質功率因數(p.f.)、電壓分佈、電阻性洩漏電流、與三次諧波電流分量。以及從洩漏電流、材質及絕緣電阻等特性來分析聚合型與陶瓷型避雷器之耐污染能力，並蒐集國內、外資料，檢討現行耐污損之相關規範。蒐集世界各國避雷器監測方法與種類等相關資料，比較其優劣後找出適用本公司之監測系統，開發即時監測避雷器各種洩漏電流(含三次諧波洩漏電流、電阻性洩漏電流、總洩漏電流)、釋放雷擊電流次數、溫濕度等狀態經由 3.5G 之 GPRS 無線通訊模組傳回伺服器儲存，以電腦人工智慧方式分析診斷，超過維護標準者發出警訊即時通知維護人員。最後監測系統安裝於本公司選擇連接站、變電所以驗證可行性。

研究目標如下敘述：

完成分析各廠牌不同電壓等級避雷器之電氣特性(包括：介質功率損失、介質功率因數、電壓分佈、電阻性洩漏電流、三次諧波電流)。

從洩漏電流、材質及絕緣電阻等特性來分析聚合型與陶瓷型避雷器之耐污染能力，並蒐集國內、外資料，檢討現行耐污損之相關規範。

應用微處理機/嵌入式系統與 GPRS 無線通訊模組設計與發展一套整合氣象資料(溫度、溼度)參數蒐集及避雷器洩漏電流(含三次諧波、電阻性洩漏電流、總洩漏電流)、雷擊次數監測之遙測監控系統。

選擇連接站、變電所各一處進行安裝與測試。

進行連接站、變電所溫溼度氣象參數資料以及避雷器洩漏電流資料蒐集。

應用以 SVM(SUPPORT VECTOR MACHINE)為基礎之模型辨識技術，分析氣象參數與避雷器洩漏電流之關係。

蒐集世界先進國家維護避雷器所作測試及試驗工作種類。比較國外與供電處目前所施行之避雷器(停電與非停電)維護作業方式，並提出有效之避雷器檢測方式、維護週期供維護單位施行。

本研究之結論與建議：

自主開發的『避雷器線上監測及維護系統』具體實現了避雷器在線即時性能監測的可能性。藉由 GPRS 通訊功能其可線上即時收集監測避雷器之總洩漏電流、電阻性洩漏電流、三次諧波電流、表面汙損程度及現地環境(溫/溼度)等多樣參數，提供避雷器診斷及劣化預判之重要參考資訊。

本系統不論是建置成本或是性能都確實比目前供電區處較普遍採用的國際大廠 ABB Excount II 系統還具競爭力與優勢。再者，因本系統採國內自主開發，有助於扎根本土技術，也可迫使國外相關技術改良與抑低價格的良性競爭。

台中供電區營運處開始導入一套 Web-Based 架構的『避雷器監測資料分析管理系統』，其攔檢成效卓著也間接印證了本系統開發的必要性。而本系統更去蕪存菁改善了離線採樣的管理不便缺點，但保留了 Web-Based 的通透彈性與擴充優點，將能提供區處一種更佳的選擇。

供電處參酌國外維護項目，於民國 96 年起將現行避雷器定期維護排程工作納入洩漏電流量測項目(總洩漏電流、三次諧波電流和電阻性電流)，而本系統可線上即時提供此些工作項目數據，可簡化維護作業項目外，進而提升管理效率。

避雷器的運轉特性須長期進行監測才能得知，透過本案所導入的支撐向量機(SVM)歷史經驗分類的判定結果可與量測系統內置的監測功能(斜率變化

與警戒值)同時進行雙向交叉驗證，若有一致性的趨向，將能提高劣化判定的準確性，以降低誤判率與簡化現行耗時冗長的複判程序。

本系統後端平台採用 Web-based 架構，核心採開放式靈活的資料結構設計，可針對實際需要隨時調整裝設點，移裝作業的變更可迅速完成，且只要於後端人機平台上進行設定修改即可，簡化繁雜的硬體修改時間。

避雷器運轉特性易受到空氣中濕度及表面髒污等外在因素影響而變化，本系統能即時提供的汙損程度指標，除能提供維護人員立即安排實施清潔時程的診斷參考外，且由汙穢造成的測量變異的誤差情況也得以確保及改善。

本系統人機界面因採 Web based 網頁架構，建議維護人員可利用行動平板電腦或手機進行線上移動式監測，藉由其輕便及可攜性等優點，隨時遠地或於現場查閱避雷器的即時運作狀況，提供預判的先機，此舉亦提供區處在維護作業能靈活彈性處置的一種選擇。

(4) 專題報告 4「日本風力發電系統落雷保護設計之研究」(Shindo, CRIEPI)

風險來自各方是不可避免的，從經營策略、市場趨勢、天然災害、人為疏失，甚或是人格特質等因素的存在，可能造成損失、傷害、弊病、破壞或衡量的不確定性。所以減少事件發生的頻率與可能，以及防止顯見的特定傷害是企業風險管理的重大議題。

雷擊風險從工程的觀點來看是一個事件造成的損失加上事件發生的概率，從日本風力發電機組 2000 年起，從 300 組不到 200kW 開始快速成長到 2012 年，風力發電機組已超過 1800 組，且總裝置容量超過 2400kW，由於快速的發展促使訂定如下的各項風險管理程序：

雷擊風險管理程序

- 雷擊風險評估(evaluation)：

考慮雷擊的頻率和能量進行評估

- 雷擊風險評價(assessment)：
雷擊對設備所造成的損失和頻率進行評估
- 雷擊風險管理：
在成本上，要考慮設備的保護方式和綜合損害，決定最好的設備雷擊保護計畫

風力發電系統的雷擊風險

- 葉片的損壞
- 控制系統
- 電力系統
-

風場中雷擊現象的觀測

從日本 Nikago Kougen 離岸風場觀測落雷擊中風力發電機組之結果可以發現

- 冬季以正極性雷擊為主，落雷位置集中於日本海岸側，也有較高電流和能量的負極性雷擊
- 夏季的落雷則集中於都會區
- 從日本 16 個風場的觀測中亦存在著相同之結果

實驗模型

- 在風機上裝設接收器攔截落雷，此模型已經實際使用於實際的葉片上
- 以葉片垂直地面，並在其上方產生人造之雷擊源的方式進行模擬
- 從模擬結果可以發現，若裝有接受器，雷擊點均於葉片間段
- 若葉片上無裝設接收器，則雷擊點分散於葉片各處

雷擊保護措施

- 葉片的保護：
獨立的避雷棒

- 低電壓系統的保護：
低電阻的接地系統

本研究之結論

- 冬雷對風力發電機的損害較嚴重
- 藉由觀測和實驗分類落雷的特性
- 利用日本地區之落雷的分佈圖規劃落雷的風險管理
- 更進一步結合國外已施行的調查
-

4. HVDC

本屆東亞電力研討會在 HVDC 方面的題目有 3 篇，第一篇為中國電力科學院的郭小江發表的「中國高壓直流輸電之發展與應用」。中國由於幅員遼闊，西北地區有大量的煤、西南有地區豐富的水力資源、東北地區有大量的風力資源，而負載中心則在東南的江蘇、浙江，故需長距離輸電，直流輸電可降低線路損失，節省建造費用等生，故中國選用高壓直流輸電。

直流輸電所需之換流站有升壓變壓器、直流換流器、濾波器及開關場等設備。除換流器外其餘設備在交流變電所均可見到，唯換流器為直流輸電的核心技術，該設備由矽晶片與鋁、銅等金屬所組成，詳見圖 14。本次研討會中介紹了中國向家壩—上海、錦屏—蘇南、溪洛渡—浙江等直流高壓輸電線路，詳見圖 15。其額定電壓均為 $\pm 800\text{kV}$ 。額定電流為 $4000\text{A}\sim 5000\text{A}$ ，線路長度約 2000 公里。過去直流均為輸電端與受電端兩個接口，現階段中國計畫將直流輸電網路改成多點饋入與輸出，在此多點饋入與輸出後電網將解決的問題很多，諸如穩定度、及時通信、故障復電、保護協調等難題。因為直流電網沒有保護電驛與斷路器做為保護，一處故障即可能造成全線路跳電。發生停電、故障排除之後的復電作業也與交流電網不同，並非斷路器投入即可。

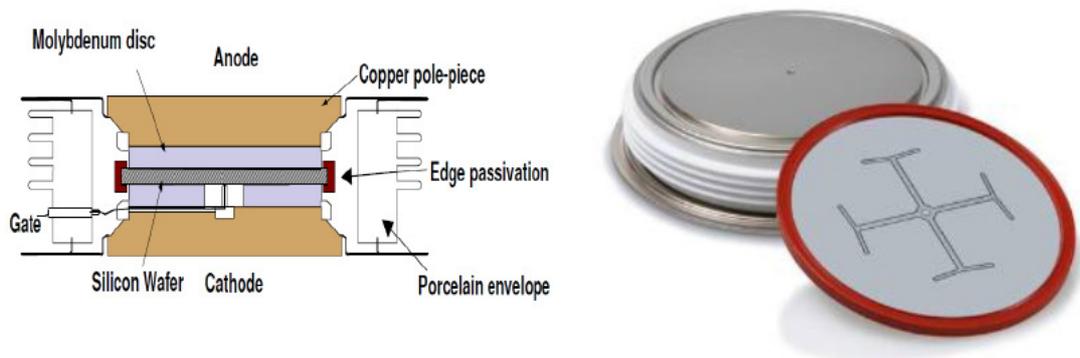


圖 14 換流器之 6 吋閥片



圖 15 中國近期完成之直流輸電線路

第二篇為韓國國家電力研究院(KERI)報告之「高壓碳化矽 MOSFET 裝置在 KERI 的發展」。韓國 KERI 在這方面才剛起步，目前研究的重點仍在換流閥片上，目前做到一個閥片 1200V/40A，詳見圖 16 其閥片與實際直流電網建構間仍有相當距離。除整換流閥片外，值得投入研究的領域還很多，例如濾波、線路可靠度，直流輸配電器材與系統建構等，未來台電在 HVDC 的研究不應投注心力於換流閥片上。

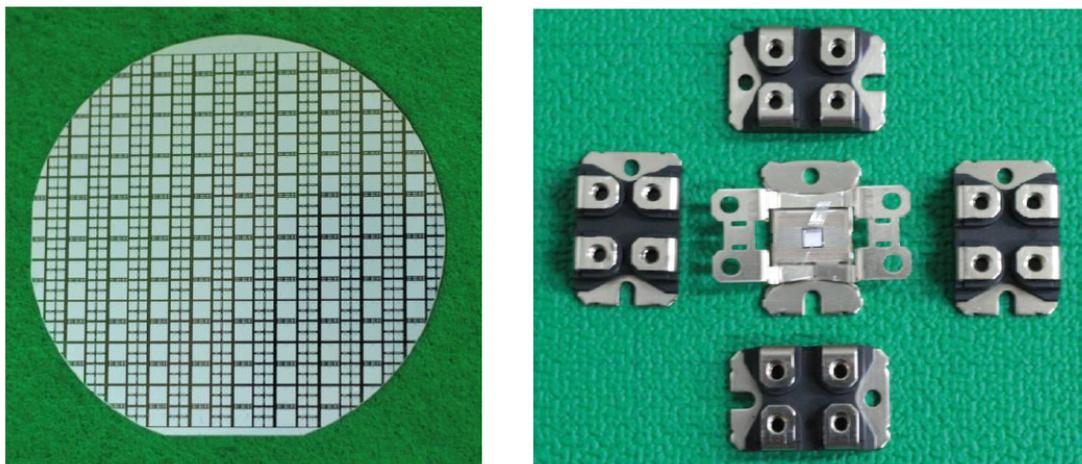


圖 16 KERI 發展之直流閥片組

第三篇為日本中央電力研究院報告的「於 HVDC 輸電系統中 DC 驅動換流器之應用」其中指出日本有很多條直流輸電系統，如新信濃線為 2 x 30MW, 125kV，南福光線為 300MW，125kV，KII 海峽線為 1400MW，±250kV，北海道—本州間為

600MW， $\pm 250\text{kV}$ 。日本使用直流輸電線路主要為連結關東 50Hz 與關西 60Hz 兩種不同頻率區域，輸送距離不遠，採用的直流輸電電壓也較低，以 125kV 為主流，詳見圖 17。未來研究重點在發展多層次換流模組、直流驅動換流器與直流斷路器，應用於再生能源如風場、大型太陽光電池等，詳見圖 18。

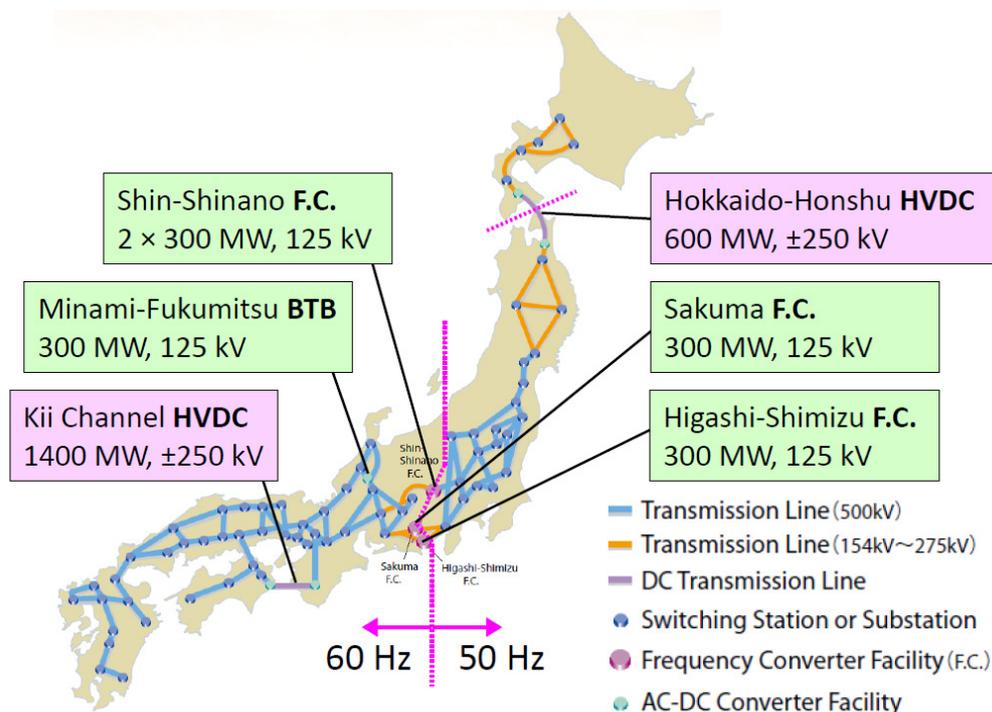


圖 17 日本之直流輸電線路

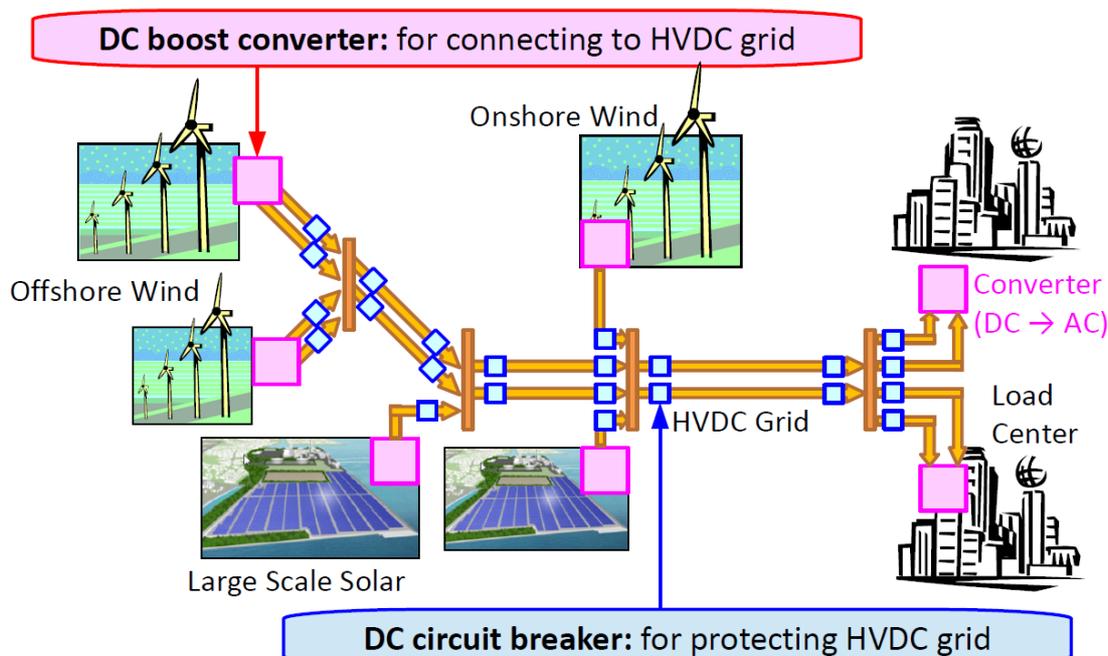


圖 18 未來直流驅動換流器與直流斷路器應用

台電從來未考慮使用直流高壓輸電，一直有一個認知即直流輸電所需換流器昂貴，只有三百公里以上的輸電距離才具有經濟效益、台灣太小不需要直流輸電等，

在直流輸電商交了白卷。由此次研討會結果觀之，這種想法太過偏頗未合時宜。直流輸電技術可應用於任何需要的地方如本島與離島電網連線、澎湖群島、金門群島、馬祖群島間電網的連接，未來如果兩岸和平發展時，更可能向中國購電，此時 50Hz 與 60Hz 的連線就需用直流作為介面，且換流氣的價格逐漸滑落，已不再是昂貴裝置。建議綜研所可從直流輸電可行性研究開始逐步發展直流配電網技術，若可行性研究結果認為直流輸電仍未具實用價值再行放棄才不會有遺珠之憾。

三、技術參訪

會後 6 月 12 日 CRIEPI 安排至 J-Power Isogo 火力發電廠及 CRIEPI 橫須賀所區進行參訪，參訪項目包括：煤燃燒試驗設施、高壓絕緣測試、先進燃料利用試驗、組件潛變試驗。

參訪 J-power Isogo 火力發電廠：一方面充分顯示提升燃煤電廠效率對於降低成本和減少二氧化碳排放之重要貢獻，另一方面亦揭露未來燃煤電廠之發展方向：(1) 朝向 600°C 超超臨界機組 (USC)、700°C 高效率進步型超超臨界機組 (A-USC)、1500°C IGCC 機組和 IGFC 之應用 (2) 碳補捉與封存 (CCS) (3) 與生質能混燒 (Co-firing) (4) 與煤質之搭配 (5) 能質源循環再利用。此外，在管理面亦需考量：①環評之影響②碳稅或碳交易市場之影響③煤價之影響④電業自由化之影響。

參訪 CRIEPI 橫須賀所區：除充分顯示在燃煤燃燒試驗、先進燃料試驗、高壓絕緣測試和組件潛變試驗方面之實證與實用之驗證能力外，亦進一步瞭解其能源工程研究實驗室、電力工程研究實驗室和材料科學研究實驗室之研究與試驗範疇，並充分彰顯其與 CRIEPI 之研發三大主軸之密切結合程度，包括 (1) 風險管理 (2) 短期運轉維護 (3) 長期未來新技術發展。其中對於新燃燒測試設備、燃煤燃燒過程、粉煤製造、3%燃煤混燒之研試內容和高壓衝擊試驗之輸電線絕緣性能評估等更留下深刻印象，亦感受到其中追求提昇效率與可靠度和降低對環境污染排放的著力。

參訪超臨界鍋爐高鉻鋼的高溫結構件潛變壽命評估技術實驗室，因超超臨界 (USC) 高壓火力發電廠供電效率高，發電量也大。然而電廠使用的大直徑的高鉻鋼管材由於潛變損傷問題發生在各種類型的焊接接頭，產生不利影響 USC 火力發電廠的穩定操作。建

立高溫設備用高鉻鋼可靠的診斷技術的預防措施，開發用於評估周長診斷技術及焊接噴嘴根槽高鉻鋼管潛變損傷，這是脆弱的潛變破壞，此技術應用在現場維護及設施的運作。

1. 制訂用於評價焊接接頭的潛變斷裂壽命的公式如圖 19，採用典型的高鉻鋼小型焊接接頭試樣獲得潛變試驗上的數據評估潛變斷裂壽命。

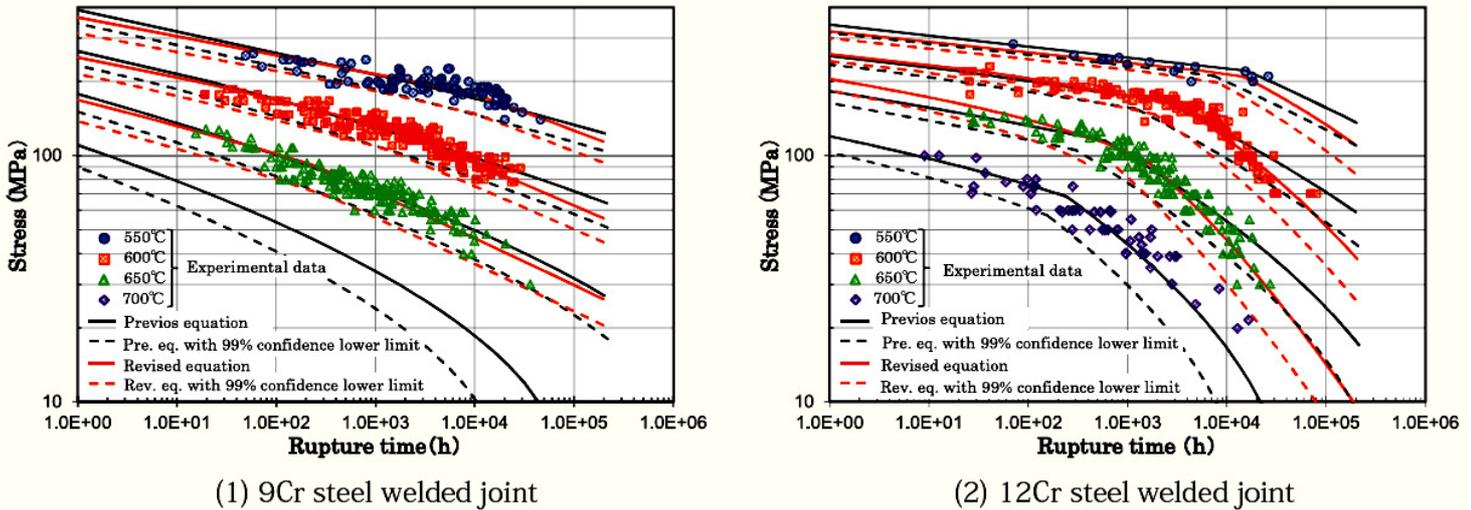
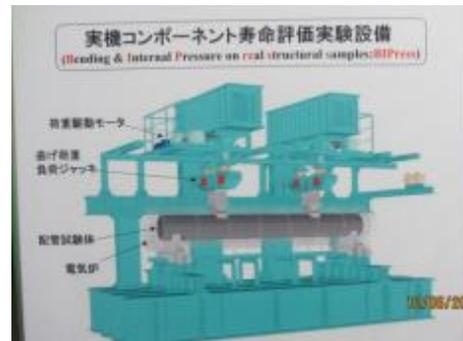
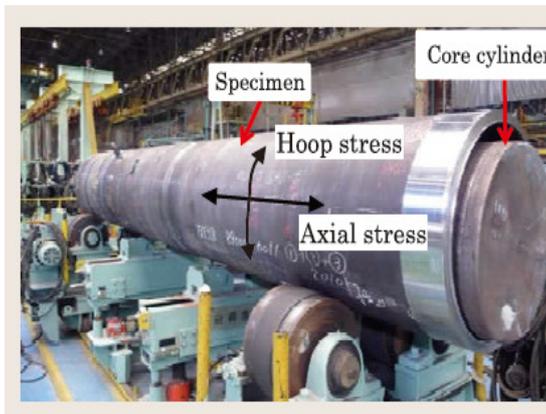


圖 19：使用潛變斷裂壽命評估公式得到潛變數據及潛變曲線

2. 環縫焊接部分的潛變斷裂壽命評估公式的適用性，環縫焊接用於發電廠連接管是必要的，在評估環焊縫區的潛變斷裂壽命，軸向應力應適當考慮。在潛變試驗條件下進行機械載荷，用於產生軸向應力和內部壓力疊加。小管狀試體相當於鍋爐管和大口徑管道與真正的管道（外徑 700 mm）的尺寸如圖 20，試驗結果在軸向應力的貢獻大的區域相比，經修訂的方程式估計的潛變斷裂壽命較短。



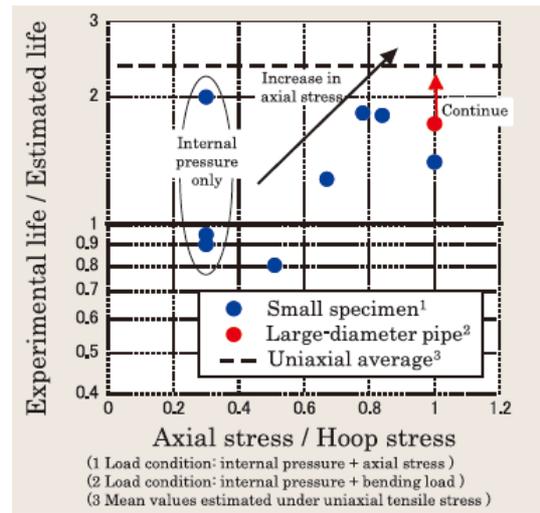


圖 20：環縫焊接部分的潛變斷裂壽命評估

3. 評估焊接條件對潛變強度的影響

採用現場焊接進行使用 9Cr 鋼鐵試樣的對角線槽單軸潛變試驗，此試樣的潛變斷裂壽命約為 60% 窄槽如圖 21，另一個單軸潛變試驗材料採用在熱影響區域進行多層焊接類型 IV，評估進行多種焊接的焊接區的試樣溫度和潛變變形之間的特性，潛變變形特性強烈地依賴於溫度的歷史；當樣品加熱到周圍的微觀結構的轉變溫度範圍時，焊接試樣較母材金屬高約 1000 倍潛變變形率，因此焊接時焊材的強度必需定量分析熱歷史的影響如圖 22。

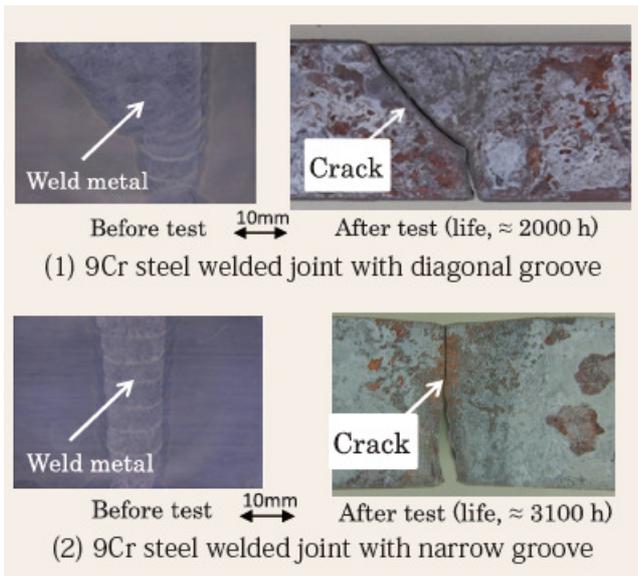


圖 21：焊道槽狀對潛變斷裂壽命的影響
(溫度：650°C;壓力：60MPa)

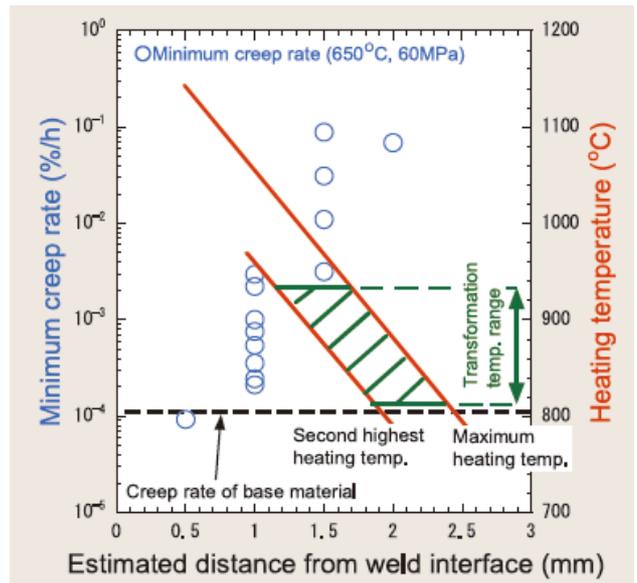


圖 22：溫度歷史和潛變率的關係

四、參加會議照片



照片 1：范主任在 CRIEPI/TPC 技術交流年會上簡報本公司研發活動



照片 2: 雙方於 CRIEPI/TPC 技術交流年會交流情形



照片 3: CRIEPI/TPC 技術交流年會合照



照片 4: 蒯副所長與 CRIEPI 首長 Dr. Kakumu 交換禮品



照片 5: 蒯副所長於東亞電力技術研討會上簡報本公司研發活動



照片 6: 東亞電力技術研討會現場



照片 7: 謝忠翰於東亞電力研討會之 General Session 中簡報「本公司輸電設備維護管理系統及應用」



照片 8: 蒲主任於東亞電力技術研討會之 General Session 上擔任共同主持人



照片 9: 蒯副所長與 CRIEPI 的 Associate Vice President / Dr. Jun Inumaru 於東亞電力技術研討會交換禮品



照片 10: 與中國電力科學研究院與會人員合影



照片 11: 東亞電力技術研討會與會人員合照



照片 12: 技術參訪與 CRIEPI 研究員討論煤灰利用



照片 13: 技術參訪交流情形

肆、心得及建議

此屆 2014 年東亞電力技術研討會暨第 26 屆 CRIEPI/TPC 技術交流年會已圓滿舉行完畢，下屆會議將輪由本公司綜合研究所主辦，日本電力中央研究所(CRIEPI)的精心規劃與

安排，值得我方於 2015 年主辦此研討會之參考。為表現兩天的議程的豐富性，綜研所擬提前規劃明年本公司報告之議題，以成功舉辦 2015 年東亞電力技術研討會。

1. 電業自由化：日本目前已實施部份自由化，包括成立交易所（JEPX）、開放代輸與直供和開放高壓用戶選擇權之作法可作為我國推動自由化第一階段（廠網分工）之參考；日本所規劃未來三階段之全面自由化作法，包括跨區域之調度機構、開放所有用戶選擇權和法律分離下廠網分離可作為我國第二階段（廠網分離）之借鏡。而其中攸關競爭機制設計、自由化下如何確保長期容量投資、管制機構之角色與定位和廠網分離最適模式規劃等課題，均是未來台灣和日本推動自由化過程中需要加以面對之關鍵成功因素。
2. 研發策略：（1）日本 CRIEPI 之 3E+S 暨 3 大研發主軸策略，韓國 KERI 之基礎性、宏觀性、前瞻性和長期性之搭配組合策略以及大陸 CEPRI 以專利與標準制定為導向之策略等可作為綜合研究所未來研發策略之參考借鏡。（2）立基本公司七大研發領域並參考 CRIEPI 三大主軸研發領域下，未來可進一步考量：①研發生命週期（嬰兒期、發展期、成熟期、轉型期）之 S 曲線發展路徑。②研發屬性（研究、發展、實証、實用）之不同研發定位。③研發價值（技術、產品、智財權）之不同組合價值。④適應性（彈性）動態調整技術組合、市場組合、政策組合和經營模式組合之整合性策略與發展藍圖。
3. 日本超臨界發電機組氧化水處理（OT），在鍋爐飼水和鍋爐水處理中傳統採用 AVT（R）以氨控制 pH 和聯胺為脫氧劑，因聯胺對健康的危害，日本已公布聯胺為有毒的化學物質。CRIEPI 目前以 AVT（O）進行聯胺替代品的研究，提出實驗結果 AVT（O）的腐蝕控制效率幾乎相等或更優於傳統 AVT（R），因此公司林口及大林新超臨界機組可參考處理。
4. 超超臨界（USC）高壓火力發電廠使用的大直徑的高鉻鋼管材，由於潛變損傷問題發生在各種類型的焊接接頭，產生不利 USC 火力發電廠的穩定操作。CRIEPI 建立高溫設

備用高鉻鋼可靠的診斷技術，開發用於評估周長診斷及焊接噴嘴根槽高鉻鋼管潛變損傷技術，可作為綜研所材料評估之實驗模擬與驗證。

5. 鋰離子電池之陽極及陰極材料為下一代改善高能量密度及劣化評估的方法，綜研所可參考其發展分離混合陰極容量方法用於其他再生能源電池兩極材料或劣化評估。
6. 本屆東亞電力研討會材料議題簡報亦分別分散在智慧型電網、再生能源及材料三個議題中，較難聚焦與討論，期望明年由公司主辦時可以預先整合安排。
7. 2014 年東亞電力技術研討會所參加 4 個國家研究機構中日本與韓國並非隸屬於電力公司，而台灣與中國則是電力公司之研究機構。從研究內容中可發現，日本與韓國研究方向偏重於基礎與材料研究，而台灣與中國則較重於應用研究。尤其台灣，我們的研究方向對於現場問題的解決比重相當多。與日本與韓國研究人員談起時，他們稍微不經意透漏研究成果並非相當受到電力公司重視。所以研究機構定位必須清楚，因為將會影響研究方向。
8. 今年日本與韓國派出研究人員相對年輕許多，意味他們對於人才培育相當重視。所以我們必須思考本公司對於人才培育與訓練部分是否應該從新思考與規劃。
9. 此次參訪 J-Power Isogo 火力發電廠後感覺能夠有此大型火力發電廠坐落於市區之中深感佩服，難怪 CRIEPI 會安排此參訪。從此參訪可發現 J-Power Isogo 火力發電廠對於煙氣排放的處理與鍋爐燃燒效率的提升都值得我們參考。