

出國報告（出國類別：實習）

電力設備診斷技術實習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：楊金石/電機工程監

派赴國家：日本

出國期間：93年12月8日-12月17日

報告日期：94年1月14日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：電力設備診斷技術實習

頁數 37 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

楊金石/台灣電力公司/綜合研究所/電機工程監/02-26815424

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：93年12月8日至12月17日 出國地區：日本

報告日期：94年1月14日

分類號/目

關鍵詞：電力設備診斷、落雷偵測應用、電力品質

內容摘要：（二百至三百字）

本所（台電綜合研究所）經常受營運部門委託，進行電力設備事故之診斷監測等研究計畫，為使計畫更能符合時代趨勢，乃派員前往日本中央電力研究所、四國綜合研究所及中國電力公司實習電力設備之診斷監測技術，並研討落雷偵測系統之服務應用，以及輸電線雷害防制等議題，供本公司採用參考，以便能事先預防，降低電力設備損壞機率。

本出國計畫並同時與日本專家研討台中發電廠九號機主變壓器於初併聯時所發生事故之可能肇因，供防制之參考。另對高科技園區電壓驟降問題之改善對策亦加以討論，以增進高科技園區用戶電力品質。

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

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：電力設備診斷技術實習	
出國計畫主辦機關名稱：台灣電力公司	
出國人姓名/職稱/服務單位：楊金石/電機工程監/綜合研究所	
出國計畫 主辦機關 審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3.內容充實完備. <input type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1)不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> (3)內容空洞簡略容 <input type="checkbox"/> (4)未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> (5)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.其他處理意見
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 退回補正，原因：_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
 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。
 審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：	單位 主管：	主管處 主管：	總經理 副總經理：
------	-----------	------------	--------------

目 錄

壹、前 言-----	1
貳、結論與建議-----	2
參、出國行程及工作概要-----	4
肆、電力中央研究所（CRIEPI）實習心得-----	5
伍、四國綜合研究所（SRI）實習心得-----	20
陸、中國電力公司實習心得-----	29

壹、前 言

本所（台電綜合研究所）經常受營運部門委託，進行電力設備事故之診斷、監測等研究計畫，為使計畫更能符合時代趨勢，乃計畫派員前往國外實習電力設備診斷防制，以及輸電線之防雷技術。

日前台中發電廠九號機主變壓器於初併聯時發生炸損事件，該變壓器原設計為日本三菱公司，為探討事件可能肇因，乃前往日本研討變壓器可能事故原因。

此外，為提昇用戶用電之滿意度，本計畫派員實習日本在電壓驟降改善技術，以及閃電落雷監測系統之應用、服務經驗，供本公司參考，以便能事先預防，降低電力設備損壞機率與電壓驟降之影響，以及提供用戶服務參考。

日本電力中央研究所（CRIEPI）與四國綜合研究所（SRI）是日本從事電力研究相當有名的研究機構，而日本中國電力公司（EnerGia）在發電廠改善方面之研究頗具聲譽，其均與本公司有長期密切的技術交流與合作關係，因此本次出國乃前往該兩研究機構與日本中國電力公司實習電力設備診斷技術。出國案經93年12月3日電人字第9312-0132號核定書知照在案。

貳、結論與建議

- 一、本次出國赴實習機構進行高科技園區電力品質監測分析與改善、落雷偵測資料應用服務，以及台中電廠九號主變壓器損壞事件等之報告與討論，此方式除對問題作深入研討外，並可同時介紹本所研究成果，因此頗有成效。
- 二、日本電力中央研究所今（93）年4月組織重整，將所有研究整合於8個研究所，而電力設備診斷研究由新組織之電力技術研究所(位於橫須賀所區)負責，該所除繼續進行高電力試驗外，並進行：（1）氣體絕緣斷路器原使用之六氟化硫絕緣氣體(SF₆)因環境影響問題而擬改用二氧化碳(CO₂)替代研究，（2）變電所整體固體化，（3）超導體輸電線測試（77kV，1000A級）等先進研究，將來之研究結果可供本公司採行參考。
- 三、對於落雷偵測資料之應用服務，四國總合研究所與中國電力公司均免費提供電力公司500kW以上大用戶，以保住大用戶，另四國總合研究所亦提供對外之收費服務。本所除提供供電、調度等單位使用以服務大用戶外，亦提供公司外機構之收費服務，對外收費服務方式可參考四國總合研究所者。電力中央研究所則希望與本所交換雷擊造成事故之影響與防制相關資料。
- 三、日本目前各電力公司有各自之營運範圍，將來電力自由化後電力公司將面臨挑戰，例如四國電力公司將面臨其鄰近之關西電力與中國電力等公司威脅，因此強化公司之競爭力與客戶之維持變成研究所之研究重點，此可供本所研究方向參考。
- 四、再生能源研究方面，電力中央研究所繼續研究大型化之融溶碳酸鹽燃料電池（MCFC）。而電力公司為了解分散式能源對公司將來衝擊，對已商品化之小型燃料電池進行特性測試，以便知己知彼，但對分散式電源之研究持反對態度，因此目前四國總合研究所僅就家庭用700W燃料電池（PEFC）之特性加以測試分析，以確認其功能是否達廠家所宣傳者。由於分散式電源裝設成本高、能量密度低、量小，目前不能完全替代傳統發電機組容量，對電力公司尚無威脅。
- 五、台中電廠9號機於初並聯時主變損壞事件案經與四國總合研究所專家討論結果，認為係投入操作產生之開關突波與變壓器線圈內部共振所造成，中國電力公司人員則說明該公司類似案件之事故原因之分析應由原製造廠負責。由於製造上

之商業秘密而無法獲得變壓器內部詳細的資料，對於事故之分析建議採中國電力公司模式，由製造商進行事故分析，而研究所則對分析報告確認其合理性。

- 六、對電力品質研究，電力中央研究所在用戶端設備，如電動機等，對電壓驟降之反應與改善對策之模擬頗有成績，其研究結果可作為本公司製作用戶有關電壓驟降因應對策說帖之參考。
- 七、台灣將步日本後塵進入老人多、少子化之情形，例如日本計程車、遊覽車司機之年齡都頗高，電力中央研究所對這此種情形正進行對電力影響之研究，本所可參考其研究結果，以提早因應對電力供需等之影響。

參、出國行程及工作概要

本計畫出國期間自民國93年12月8日起至12月17日止共計10天，行程安排如下：

- | | |
|---------|--|
| 12月 8日 | 去程（由台北→東京） |
| 12月 9日 | 電力中央研究所本所與專家研討雷害對電力設備影響與防制，以及電壓驟降模擬分析改善等 |
| 12月 10日 | 赴電力中央研究所之橫須賀研究分所現場實習，內容包括：高電力試驗相關技術、高溫超導體輸電技術、燃料電池實驗設備、生殖能實驗設備、煤炭氣化與排氣處理設備等。 |
| 12月 11日 | 星期六（整理資料） |
| 12月 12日 | 星期日移動行程 東京→高松 |
| 12月 13日 | 四國總合研究所本部研討電力設備診斷、落雷偵測應用等相關議題，以及參觀所內相關研究設施。 |
| 12月14日 | 赴橘灣火力發電廠實習 |
| 12月15日 | 移動行程 高松→廣島 |
| 12月16日 | 日本中國電力實習，廣島→東京 |
| 12月17日 | 返程（東京→台北） |

肆、電力中央研究所（CRIEPI）實習心得

一、電力中央研究所簡介

（一）電力中央研究所（CRIEPI）成立於1951年，當時稱為電力技術研究所，次年始更名為電力中央研究所（簡稱電中研），並一直延用迄今，為財團法人組織。其組織架構如表1所述，包含總部、八個研究所、試驗中心與營運中心，本次實習除於東京總部討論相關議題外，並赴橫須賀所區現場實習，橫須賀所區組織架構如圖1。

（二）以2004年為例，CRIEPI的總預算為336億日圓，研究計畫總共執行952件，其中實驗與基礎研究191件，應用與發展研究159件，電力公司委託482件及政府委託120件。

（三）在2004年，員工人數方面，研究人員625人（其中博士320人），研究助理及行政人員182人等，總計807人。

CRIEPI的三大研究目標為：降低成本與可靠度確保、能源與環境相互調和、創造綜合性的能源服務。

表1 電力中央研究所組織架構

	總部（Head Quarter）、赤城試驗中心、柏江營運中心、我孫子營運中心、橫須賀營運中心
1	社會經濟研究所（Social-economic Research Center）
2	系統技術研究所（System Engineering Research Laboratory）
3	核能技術研究所（Nuclear Technology Research Laboratory）
4	地球工學研究所(Civil Engineering Research Laboratory)
5	環境科學研究所(Environment Science Research Laboratory)
6	電力技術研究所(Electric Power Engineering Research Laboratory)
7	能源技術研究所（Energy Engineering Research Laboratory）
8	材料科學研究所（Material Science Research Laboratory）

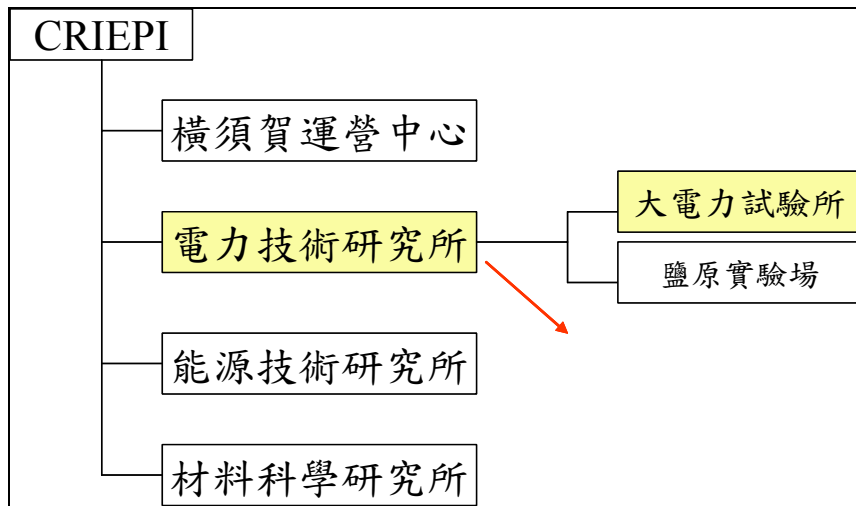


圖1 CRIEPI橫須賀所區組織圖

二、CRIEPI橫須賀所區實習

本次實習，電力技術研究所所長與副所長首先介紹該所之研究重點，並以DVD介紹橫濱所區。之後參訪大電力試驗所（電力技術研究所下屬單位）設施、燃料電池、超導體輸電電纜測試場、生質能試驗等。

圖2為大電力試驗所之外觀與設備裝置情形，該試驗所通過ISO/IEC 17025認證，業務包括：認證試驗業務（開關裝置投入與啓斷試驗、短路試驗、短時間大電流試驗等）與一般試驗業務（耐電弧試驗、通電試驗、合成試驗、過電壓重疊試驗等），此與本所高壓課業務雷同。

對於高壓線之鐵塔、輸電線上附掛之數十個絕緣礙子漏電情形實驗、落雷瞬間絕緣礙子放電試驗等，則於鹽原試驗場進行。

於CRIEPI之實習心得說明於下。



圖2a 外觀

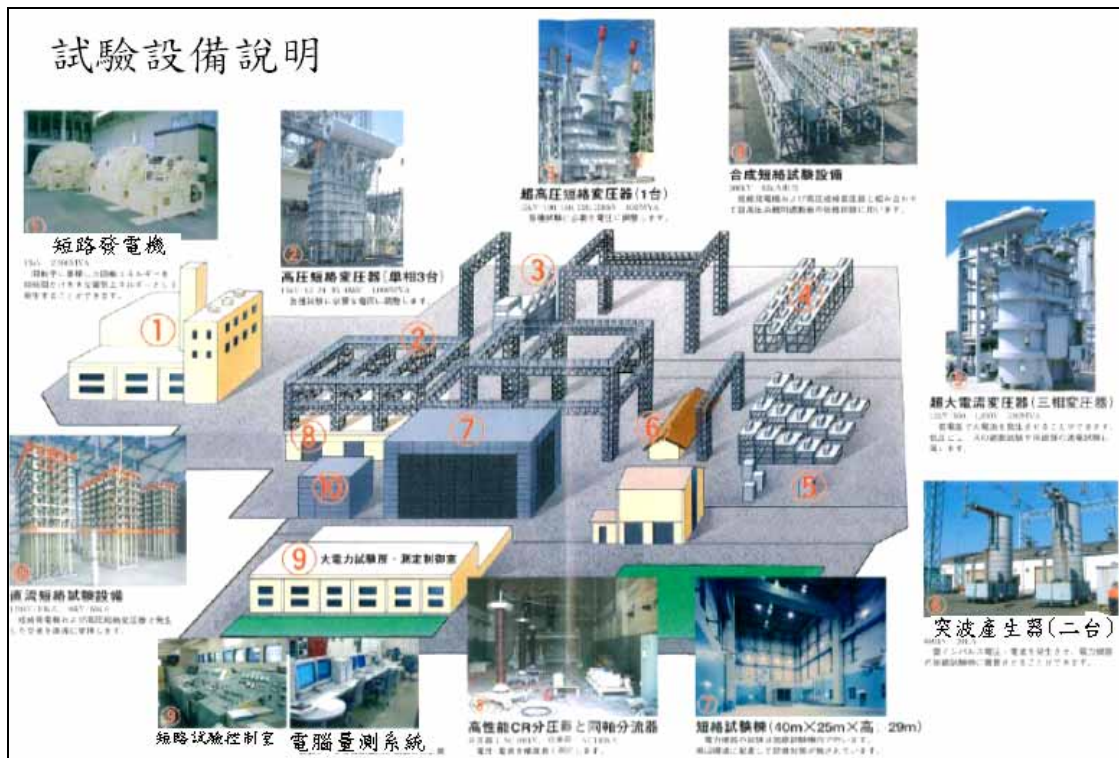


圖2b 各項試驗設備

圖2 CRIEPI大電力試驗所

三、高溫超導體電力電纜現場試驗

為了解高溫超導電力電纜於實際系統引進時，於面臨數公里長之冷卻管的壓力損失特性與流體振動現象等，CRIEPI 以一條 500m 長之高溫超導電力電纜，進行佈設施工、冷卻運轉特性、通電後之電氣絕緣特性以及超導電力電纜通電後之健全性等現場模擬評估。

圖 3 為實驗系統之佈設架構，進行符合將來使應環境之各種形式佈設。圖 4 為高溫超導體電纜架構，主要部分包括超導體層、隔熱層、銅導體與液態氮管路。

表 2 為高溫超導體電纜規範，該高溫超導電纜額定為：77kV/1kA、單芯、壓力 0-0.7MPa、溫度 67-77k、外徑 133mm。

佈設測試項目包括：高低落差、地下埋設、用於熱脹冷縮之 OFFSET 與彎曲半徑，以及電纜與絕緣氣體、冷卻管之連接部分。測試項目分為：

基本特性試驗：電纜佈設、冷卻系統健全性檢驗等。

常態運轉試驗：冷卻之定檢、熱循環時之電纜健全性、通電情形之絕緣情形等之確認。

負載變化試驗：急速冷卻與熱循環時之電纜健全性確認

異常情形試驗：冷凍機事故停機時通電時間極限，以及交流損失急增之導體電流、熱極限值等。

圖5為高溫超導體電纜接續情形。

該計畫係日本政府(NEDO)提供全部經費(15億日圓)之先進研究，計畫期限至 2005/02，共約1.5年。本所將追蹤其成果，以便提供本公司將來特殊地區採行之參考。

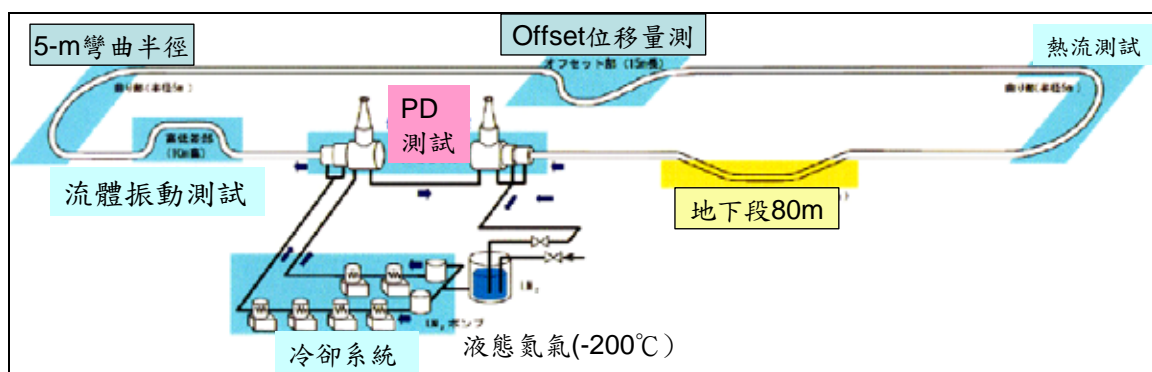


圖 3 佈設架構

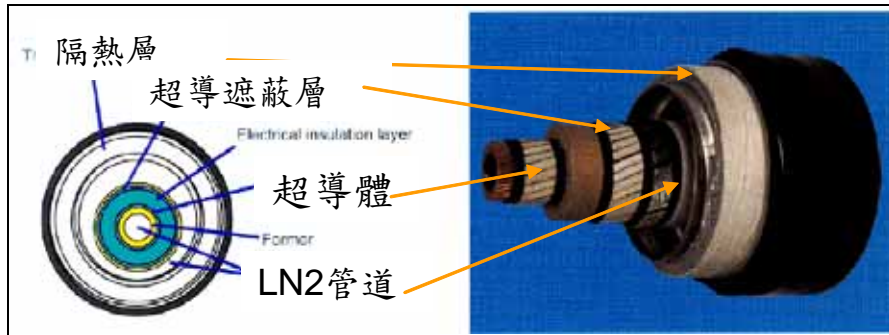


圖 4 高溫超導體電纜架構

表 2 高溫超導體電纜規範

電壓	77kV
電流	1kA
電纜構造	單芯
長度	500m
冷卻系統	循環液壓氮氣

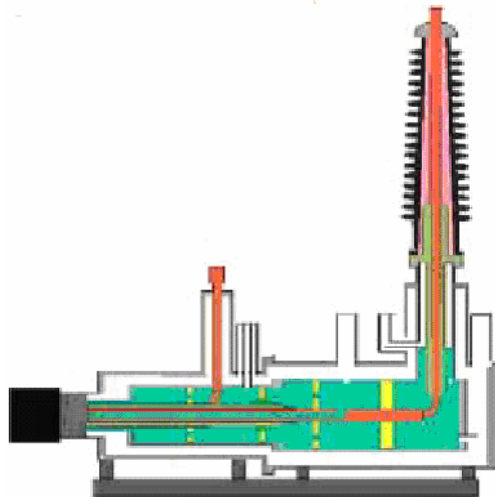


圖 5 高溫超導體電纜接續情形

四、電力設備診斷技術研究

此項研究目前主要內容為：

1. 交連PE電纜劣化之部分放電檢出(有否水樹產生)
2. 開發水力發電機運轉中線圈部分放電長期偵測裝置
3. 配電用變壓器壽命推測(利用絕緣紙熱劣化特性)

圖 6 為電力設備診斷技術研究成果，例如檢出電力電纜絕緣體之水樹、建立絕緣紙之溫度與劣化時間特性曲線，以及小型化發電機繞組之部份放電測量裝置。

水力發電機於點檢時（非運轉時）之劣化診斷資料，可作為運轉中所測得部分放電資料是否可能劣化之診斷評估用，圖 7 為發電機運轉中部分放電測量結果例，圖中，下方點線為放電電荷量，上方點線為線圈溫度。

電力電纜與水力發電機線圈劣化之部分放電偵測技術, 本所目前正建立中, CRIEPI 之研究成果可供本所參考.

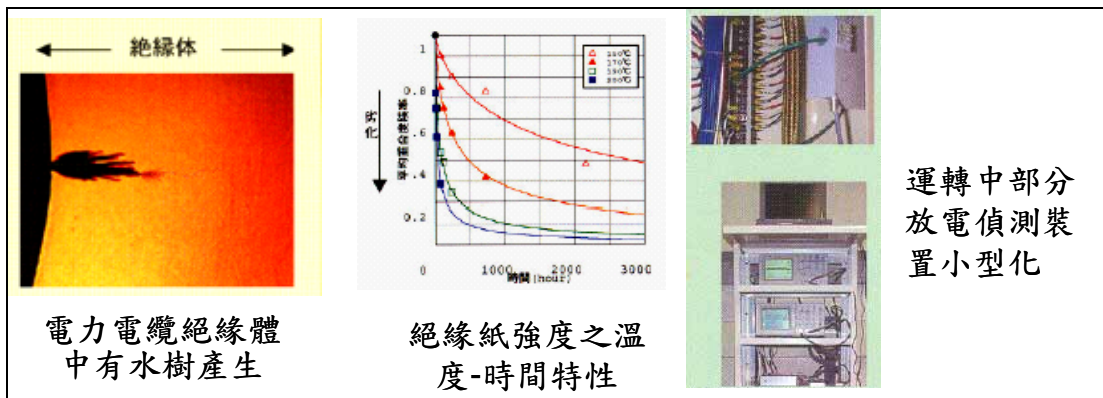


圖 6 電力設備診斷技術研究項目

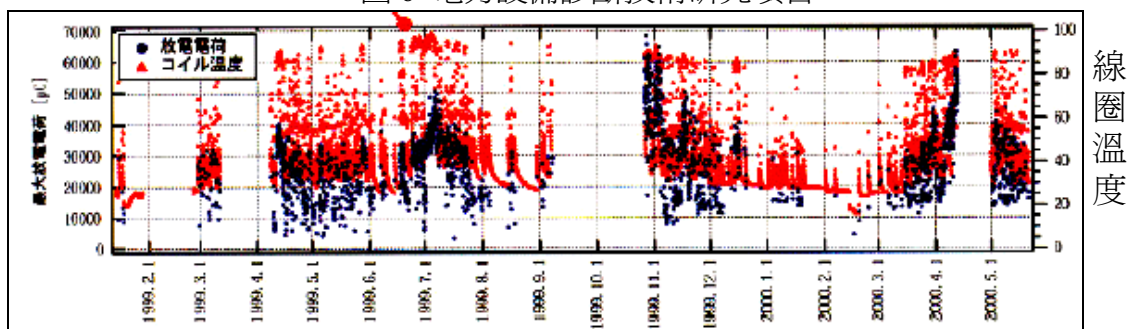


圖 7 水力發電機運轉中部分放電測試例

五、電力品質相關議題研討

近年，用戶機器設備電子化進展，對電力品質要求愈來愈高，尤其是瞬時電壓驟降，系統側的改善對策受限，用戶端之電壓驟降改善機器的設置就變得重要，因此CRIEPI討用戶端機台對電壓驟降響應，開發機台改善對策設置效果之定量分析，以及實測用戶設備反應比較電壓驟降改善方法。主要研究成果包括：

1. 電壓驟降改善對策解析方法之開發

用戶端電壓驟降改善對策機器的設置效果定量的解析方法之開發，其以EMTP瞬時值分析為基礎，特徵包括：

- (1) PC的畫面上以對話方式輸入資料，解析結果以圖形表示，用戶容易於現場檢討。
- (2) 引入汎用的多種電壓驟降改善對策機器，檢討適合用戶者。
- (3) 將用戶之一般負載與重要負載分開，選擇適當之靜負載模型與感應電動機模型。
- (4) 系統側的特性之自動設定，選擇用戶變壓器之接地方式、電壓驟降改善對策機器之實際值參數設定，並考慮使用方便。

2. 電壓驟降改善對策之活用

實際應用時需考慮：

- (1) 無因應對策時之電壓驟降影響，即電壓驟降對用戶既有設備之效應模擬評估。
- (2) 依重要負載量特性使用最適電壓驟降改善對策機器的種類與容量檢討，即求出最低之改善需求（考慮改善成本）。
- (3) 包括自備發電設備之用戶機器電驛設定

圖8為以動態電壓恢復器(DVR)改善系統電壓驟降之電池容量檢討例，分別以全電池容量、1/5容量及未裝設來比較電壓驟降之效應。

3. 落雷導致電壓驟降分析程式之開發

輸電線遭雷擊為數十至數百毫秒之電壓驟降主因，此為影響用戶機台之電壓驟降問題，因此CRIEPI開發：

- 高精度電壓驟降影響分析方法
- 電壓驟降影響分析程式

以協助各電力公司系統於雷事故電壓驟降影響分布之分析計算，以及避雷器設置等改善對策對電壓驟降之降低效果檢討。

圖9為裝於機台之電壓驟降改善裝置，除UPS外，另有超導磁體儲能、動態電壓恢復器、飛輪設備等。

圖10為工廠電壓驟降之改善對策，包括隔離系統電壓驟降、增設補償設備、使用高速啓斷設備免於受驟降干擾等。

圖11為電壓驟降改善方法之程式螢幕顯示與分析結果。

以電磁暫態程式（EMTP）模擬比對，線路發生平衡故障或不平衡故障而產生電壓驟降時，以變流器（Inverter）驅動之感應電動機的電壓、電流、速度等變化情形。圖12顯示模擬與實測結果相當符合。

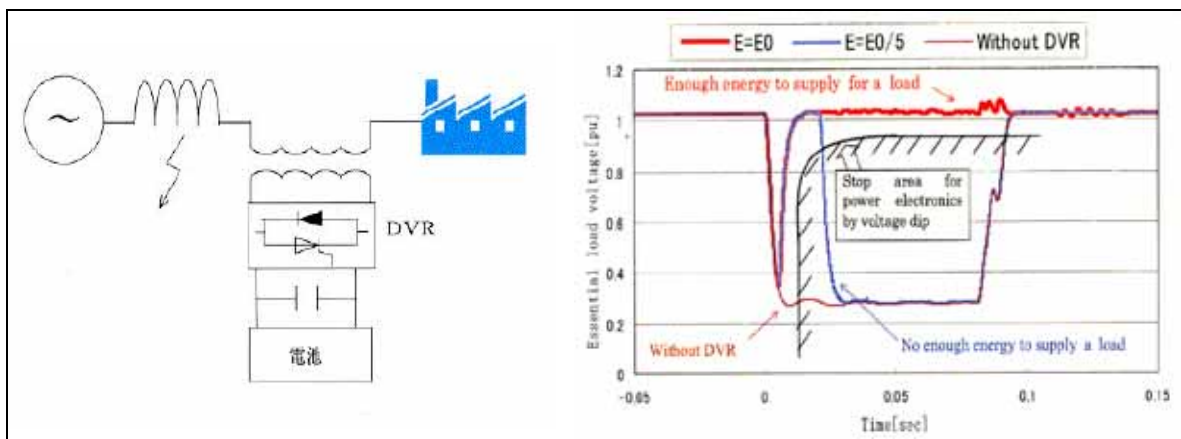
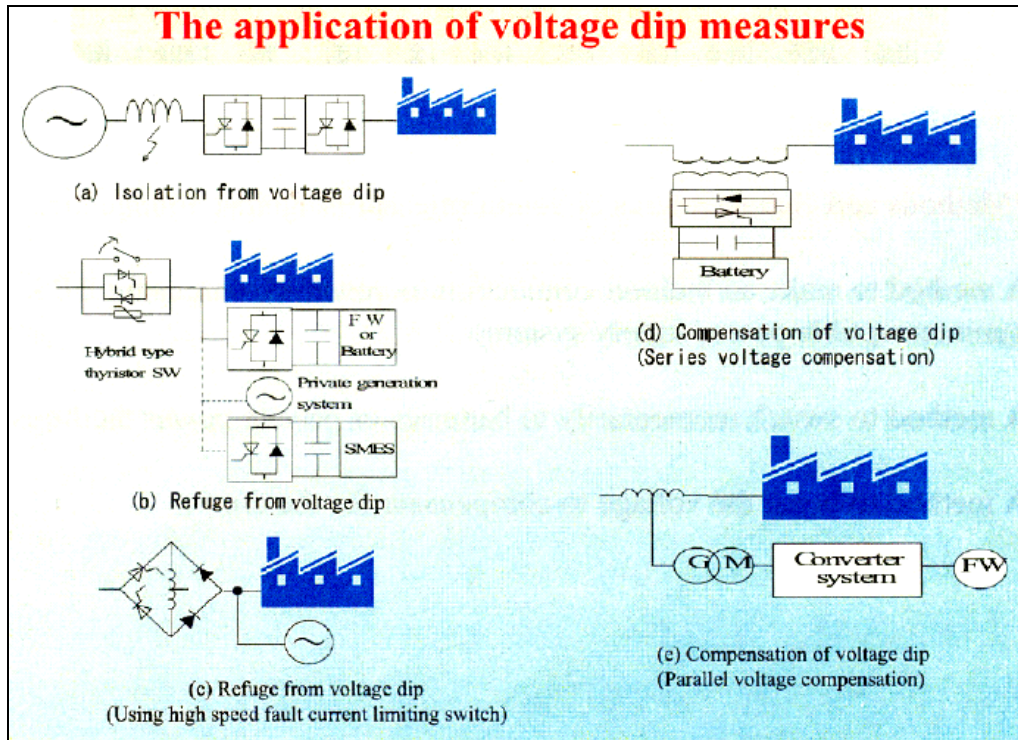


圖8 以動態電壓恢復器(DVR)改善系統電壓驟降之電池容量檢討例

	Anti-voltage-dip measures	The method	Focus of measures
1	UPS	The steady schme	Isolation from the dip
2	High-speed current-limiting circuit breaker + private power facilities	Source exchange by the switch (It shifts to the isolated system)	Escape form the dip
3	HB (hybrid type thyristor switch) + private power facilities	Source exchange by HB switch (It shifts to the isolated system)	
4	HB + Battery system		
5	HB + μ SMES		
6	DVR	Series compensation	Compensation of the dip
7	M-G	Parallel compensation	

註：UPS：不斷電系統，HB：混合型閘流體開關；SMES：超導磁體儲能
 DVR：動態電壓恢復器 M-G：飛輪設備

圖9 裝於機台之電壓驟降改善裝置



(a) 與電壓驟降原切離；(b) 電壓驟降補償；(c) 使用快速電流限制開關
 (d) 串聯電壓補償；(e) 並聯電壓補償

圖10 電壓驟降之改善對策

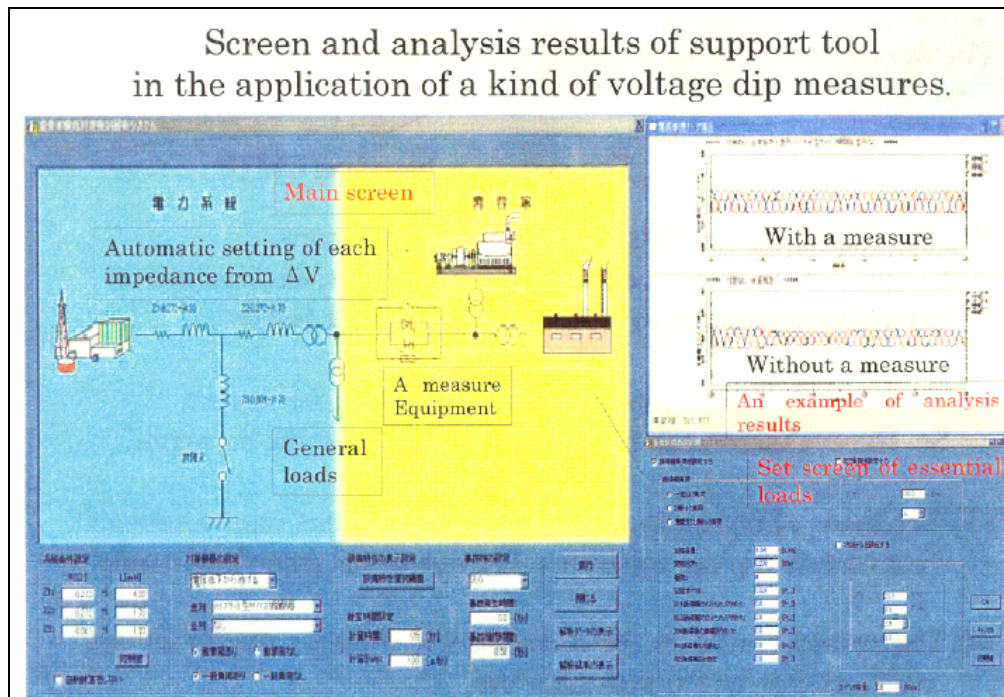


圖11 電壓驟降改善方法之程式螢幕顯示與分析結果

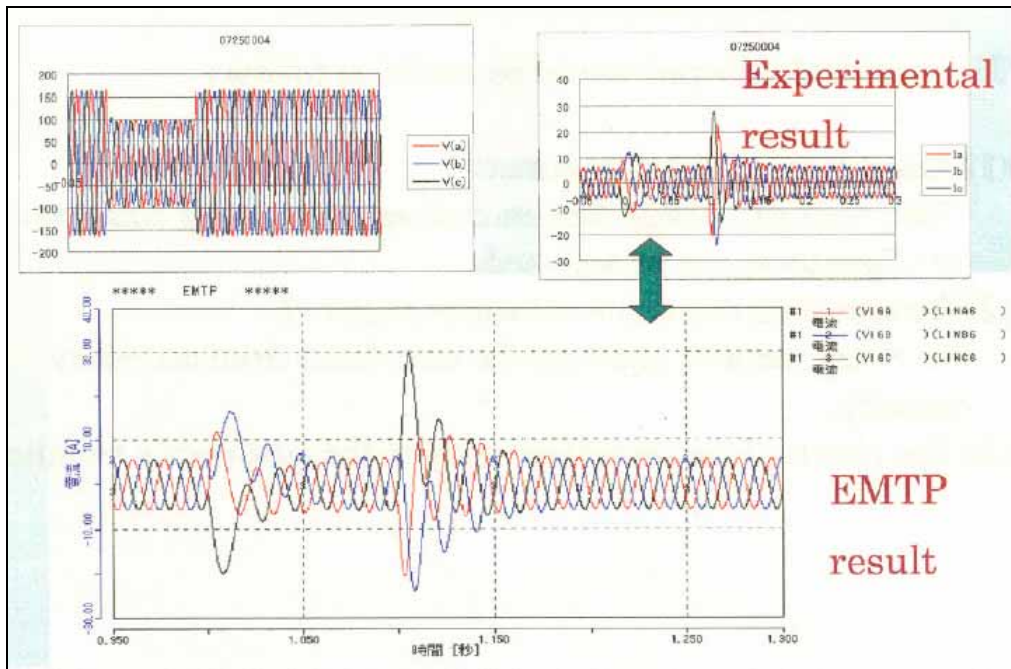


圖12 實測與EMTP模擬結果波形

本所隸屬電力公司,因此較注重變電所以上之系統供電品質問題,而CRIEPI之研究則注重電動機等設備對電壓驟降之反應與改善,但其研究結論可作為對用戶說帖之參考。

六、CRIEPI雷相關研究

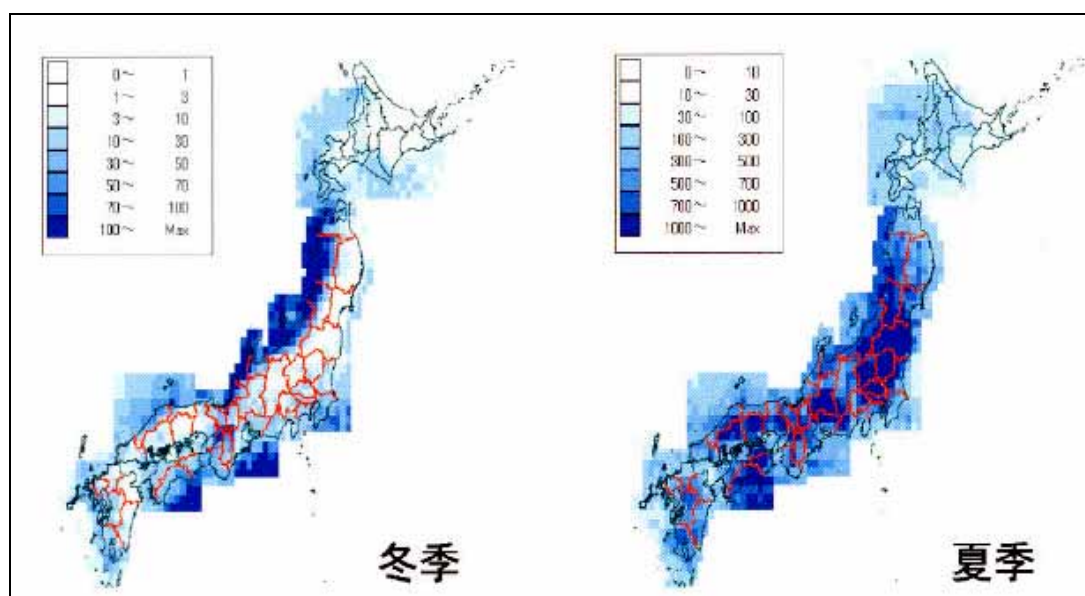
研究重點包括:雷放電自動觀測裝置、輸電線耐雷設計與雷事故率預測程式、風力發電與室內電腦通訊控制設備雷害防制等。

圖13為日本落雷頻度，分成冬雷與夏雷，冬雷集中在本州近日本海側，落雷頻度較低但因正雷擊佔1/3，雷電流最高值較夏雷大，因此其對冬雷之研究相當積極。目前日本電力公司使用落雷定位系統(LLS)。

圖14為輸電線雷事故率預測程式計算結果例，誤差值應可接受，可提供輸電線防雷之參考。

圖 15 為配電線直接雷擊實驗情形。

目前本公司採用：架空地線採用多條化、改善架空地線遮蔽角、採用差別絕緣設計適時放寬弧角間隙、三號線下增設架空地線、裝設線路避雷器及改善支持物接地電阻等方式防雷，由於本公司對輸電線雷害防制相當重視，亦趁此機會與 CRIEPI 專家討論日本其他相關之雷害抑制措施。



冬雷: 靠日本海，正雷擊佔1/3，夏雷: 本州，負雷擊較多
圖13 日本落雷頻度

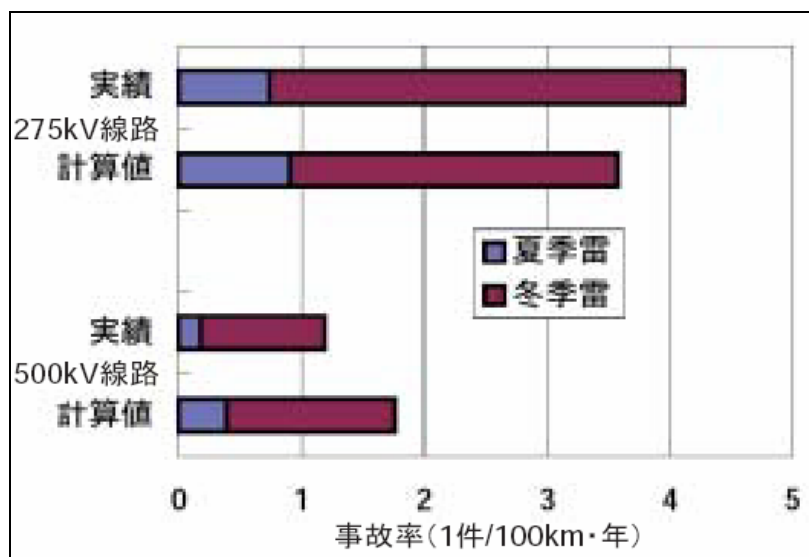


圖14 輸電線雷事故率預測程式計算結果例



圖 15 配電線直接雷擊實驗

七、次世代氣體絕緣技術之開發

由於電力設備用地問題而採用氣體絕緣開關設備（GIS），目前全世界約有24%之電力輸送設備使用SF₆絕緣氣體，但因地球的溫室效應，為減少造成溫室效應之廢棄排放，高氣壓之氮氣（N₂）與二氧化碳（CO₂）為對環境影響低之自然氣體而適於當絕緣媒体，日本電中研（CRIEPI）乃進行替代SF₆氣體之次世代氣體絕緣機器的基本設計與各種絕緣特性、放電現象了解。

氮氣(N₂)和二氧化碳(CO₂)之絕緣能力僅SF₆的1/3，如何提升其絕緣強度為研究重點，日本電中研乃考慮結合絕緣固體與自然界氣體之可行性研究。

管線導體使用自然氣體之絕緣方式，並與目前之SF₆絕緣具同樣尺寸與電壓、電流規格，係具有可能的，以下為探討要點：

1. 絕緣設計（絕緣能力提升之設計，固體絕緣體防止被打穿）

2. 熱設計（通電性能評估）
3. 導體接合（Joint）技術，導體支持技術之開發
4. 基本設計規格之檢討
5. 壽命週期評估（Life cycle assessment），壽命週期成本（Life cycle cost）評價

主要規格：

- (1) 電壓額定：300kV
- (2) 雷突波電壓基準：1300kV
- (3) 商用頻率電壓：460kV（1分）
- (4) 頻率額定：50Hz
- (5) 測試管內最高氣體壓力：1.0MPaG
- (6) 測試管部分放電觀測窗
- (7) 部分放電測定用信号端子

圖16為SF₆絕緣與N₂或CO₂絕緣之管狀導線架構比較，SF₆絕緣母線為裸線，但N₂或CO₂絕緣之導體外層加了一層固體絕緣。長距離輸電線可採單相三導體之方式。

圖17為評估該種架構之試驗裝置，將試驗電極放入本設備來進行過電壓模擬，以獲得各項特性資料

圖18為可行之代替氣體分析，某些人造氣體之絕緣性能良好，但因非自然界氣體而將其排除，目前以N₂與CO₂較可行，其中日本電中研認為CO₂較佳。

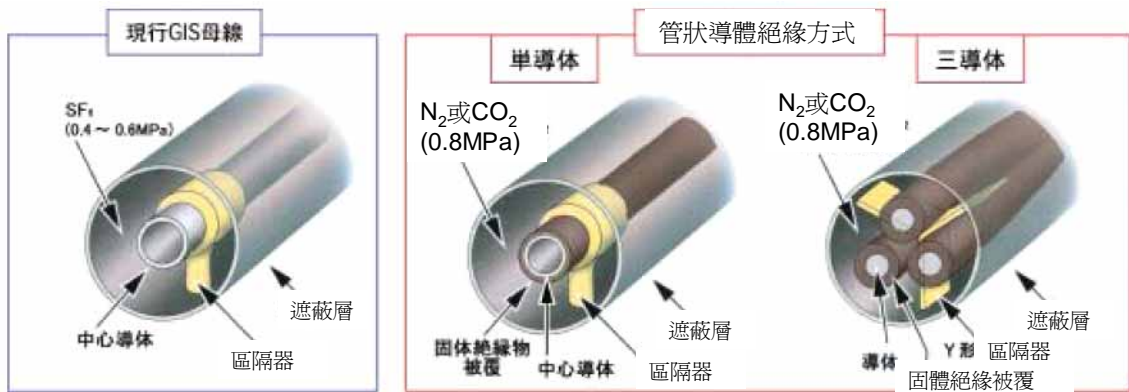


圖16 SF₆絕緣與N₂或CO₂絕緣之管狀導線架構比較



圖17試驗裝置

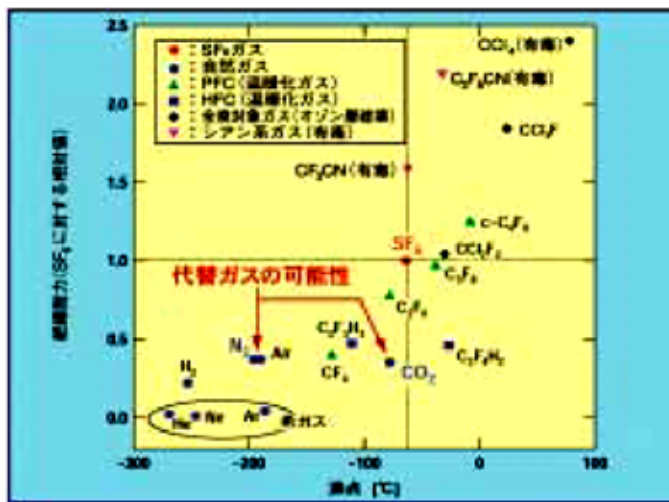


圖18 可行之代替氣體分析- N2,CO2

八、分散型電源(燃料電池)

CRIEPI於分散型電源研究主要為可大型化發電之熔融碳酸鹽型（MCFC）燃料電池，發電量可達1000MW，且具效率高、技術自主性高以及製造成本低等特點，因此積極進行研究。圖19 為發電廠級熔融碳酸鹽型(MCFC)燃料電池原理特徵，圖20為MCFC發電廠構成與發電效率比較，MCFC效率最高達61%。



圖19 發電廠級熔融碳酸鹽型(MCFC)燃料電池原理特徵

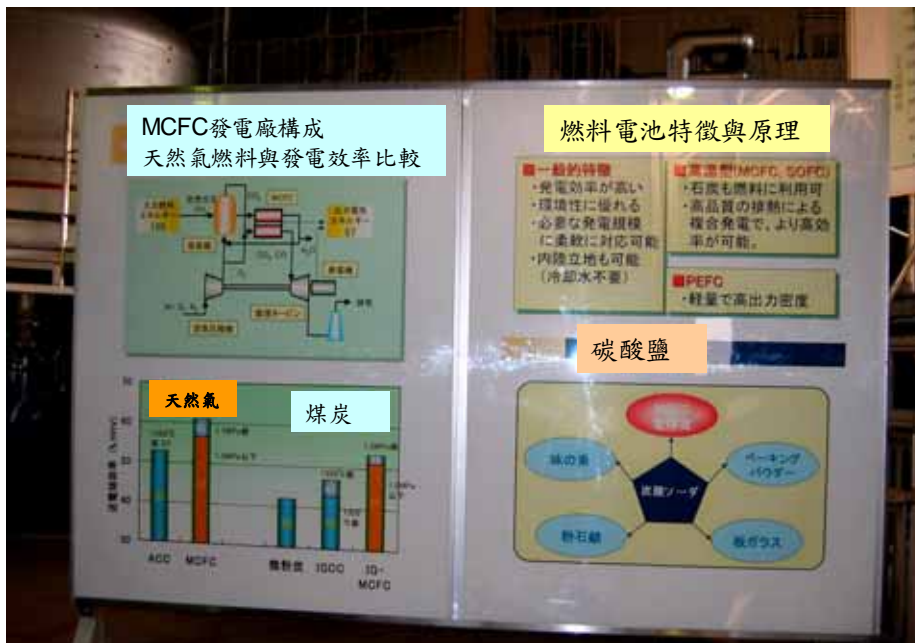


圖20 MCFC發電廠構成與發電效率比較

伍、四國總合研究所（SRI）實習心得

一、SRI背景

四國總合研究所（Shikoku Research Institute）為自四國電力公司獨立出來的一個屬於財團法人的研究機構，成立於1987年10月1日，總部設於高松市，總資本額為1億日圓，目前員工人數約125人，大部分員工來自四國電力，因此與四國電力關係相當密切。

業務部分成研究業務與商品服務，於研究方面，主要需求來自四國電力公司（80%），其餘為國家需求與自主開發，研究業務項目又分成：研究開發（85%）、調查諮詢（10%）以及試驗和設備出租(5%)。由於十年前日本之泡沫化導致經濟衰退，因此四國總合研究所之財務狀況不佳。

四國電力公司因面臨電業自由化衝擊，主要競爭對手為關西電力公司與中國電力公司，該兩家均與四國電力互聯網，因此要求四國總合研究所積極進行電力本業之研究以應付將來的競爭。

本次實習除與該所專家討論台中電廠九號主變壓器事故與報告該所研究開發產品（耐腐蝕噴漆、柚子皮利用）外，並參觀該所受日本政府NEDO委託之PEM水電解加氫站（包括水電解製氫系統、儲氫合金的儲氫、加氫系統以及高壓氫氣的儲氫、加氫系統）、生物科技實驗溫室（探討不同光波對不同的植物生長之影響）、小型燃料電池試驗系統，以及落雷偵測服務系統。

除於SRI所本部討論外，該所另安排前往位於四國島東區之四國電力橘灣火力發電廠進行技術觀摩，以下說明實習心得。

二、四國總和研究所落雷偵測資料之服務應用

SRI於四國島裝設五台落雷位址檢出裝置（偵測站），蒐集之信號傳回位於高松市之控制中心，經分析器算出落雷位址與相關雷擊資料後存入雷伺服器，在經由通訊線路與網路伺服器送至用戶端。圖21為落雷偵測資料服務流程，其在末端有頗多之服務據點。

SRI除免費提供500kW以上用戶經網際網路查詢雷資訊外，並對外提供收費服務，目前有十家收費客戶，其提供服務方式如下：

申請方式：以該所之「利用申請書」申請

服務費用包括：

- 契約初期費用
- 年度利用費用
- 雷顯示軟體費用
- 安裝費用

通信回線：

- 公眾電話回線之場合：通信費+通信MODEM
- ISDN之場合：通信費+終端機
- 專用線之場合：通信費+遠端Router

PC規格需求：

CPU: Pentium 100MHz以上、OS: Windows 95,98

Memory: 24MB Hard Disk: 10GB

Display: 800 x 600 (256色)以上

販賣組數：10組（氣象協會、CATV会社、高爾夫場等）

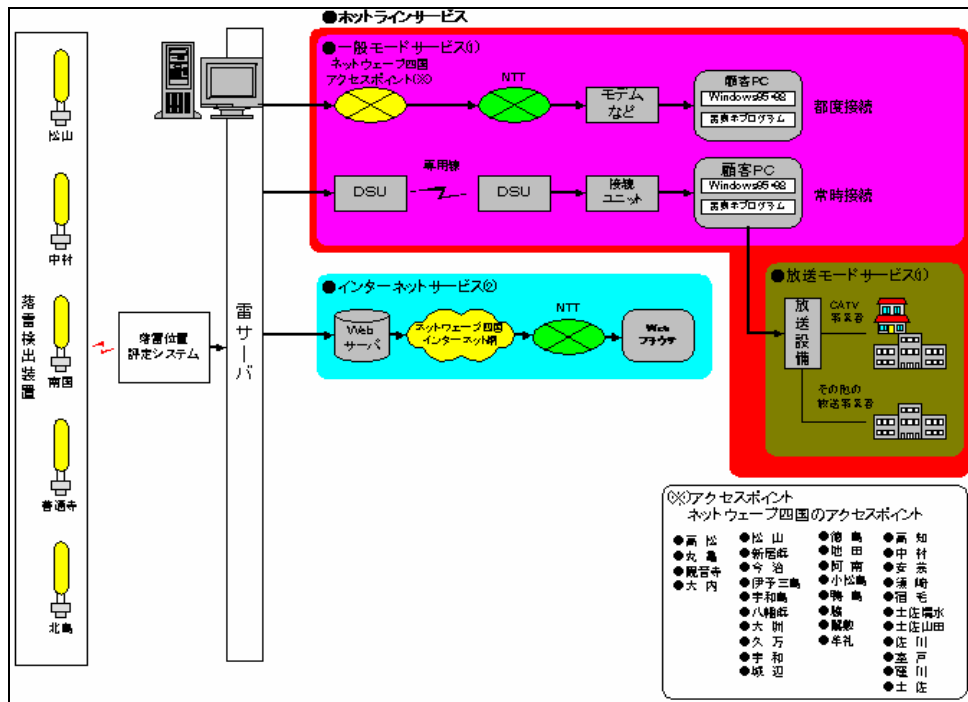


圖21 四國綜合研究所落雷偵測資料服務流程

三、超導體飛球儲能系統

超導體飛球電力儲存系統主要利用超導體飛球高速旋轉（30000 rpm）儲存電能，具損失低等優點，可應用於夜間作電力儲藏，白天發電以平衡負載，為日本新能源產業技術總合開發機構（NEDO）所委託，已完成 0.5kWh 小型模型機，目前正進行 10kWh 級模型試驗。

此技術除可平衡負載外，亦可作為用戶於電壓驟降時之補償用，其研究成果值得參考。

四、小型燃料電池

四國電力公司為了解廠家所開發之小型燃料電池系統對公司之威脅情形，而委託四國總研進行了解產品特點與規格確認，祈能知己知彼。圖22為四國總研所進行研究之家用級燃料電池(PEFC，700W)，其輸出除電力外，另提供熱水，因此依並進行效率實測分析。

東京電力公司則與東京瓦斯合作推廣 1kW 之燃料電池。

對於分散型電源逆送電方面，一般情況下係加以防止以免逆送電至輸電系統影響系統保護設備異常。

為防止孤島運轉，四國電力利用變電所斷路器啓斷之信號，通知分散式電源用之斷路器加以打開，另有其他公司利用注入非整數高次諧波信號，來檢測分散型電源是否孤島運轉。若有多台分散型電源連接時，檢出裝置之敏感性會降低，因此需加以特別探討。



圖22 家用級燃料電池(PEFC,700W)

五、橘灣火力電廠

四國電力橘灣電廠位於四國島東側，五年前完工運轉，為一燃煤貫流式超臨界火力發電廠，發電機發電量 700MW，轉速 3600rpm，電壓 25kV，功率因數 90%（落後）。

相鄰為日本電源開發公司（J-Power）擁有之兩部各 1050MW 發電機組，兩公司使用相同之屋內式開關場，總共 2800M W 之電力經由兩路 500kV 輸電線送出。

圖 23 為四國電力橘灣火力電廠南側設施佈置情形，煤炭經由密閉式輸送帶送至煤倉，再經粉煤機送進鍋爐燃燒。而煤煙則經由靜電集塵及脫硫處理，因此煙囪幾乎看不到黑煙排出，廠內亦相當清潔。

圖 24 為四國電力 700MW 發電機組之規格與架構，發電機定子以水冷卻轉子以氫氣冷卻經詢電廠人員有否發生電氣相關事故，其答覆僅冷卻系統發生漏水情形，並無其他大事故。

圖 25 為發電廠單線圖，700MW 發電機輸出經昇壓變壓器昇壓至 500kV 後經由約 800m 長 XLPE 電纜接至開關場，發電機與昇壓變壓器間並無斷路器，但 J-Power 公司之 1050MW 發電機輸出端則經由斷路器連接昇壓變壓器。本公司目前規劃之彰工發電廠（800MW 二台）正考慮是否增設 25kV 級斷路器（台中火力 550MW 並無此斷路器）。



圖 23 橘灣火力電廠南側設施佈置情形

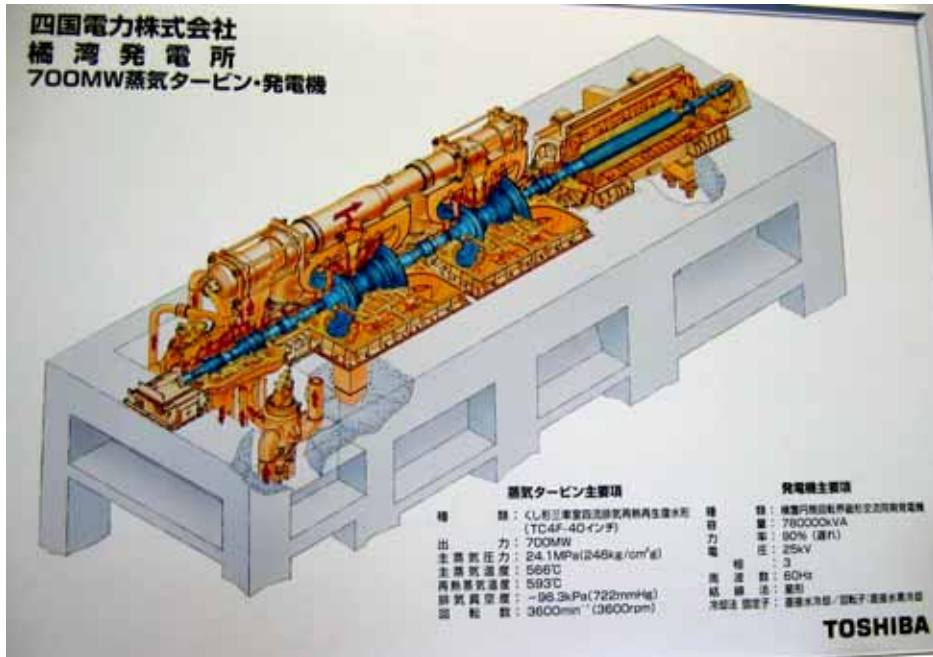


圖 24 700MW 發電機組規格與架構

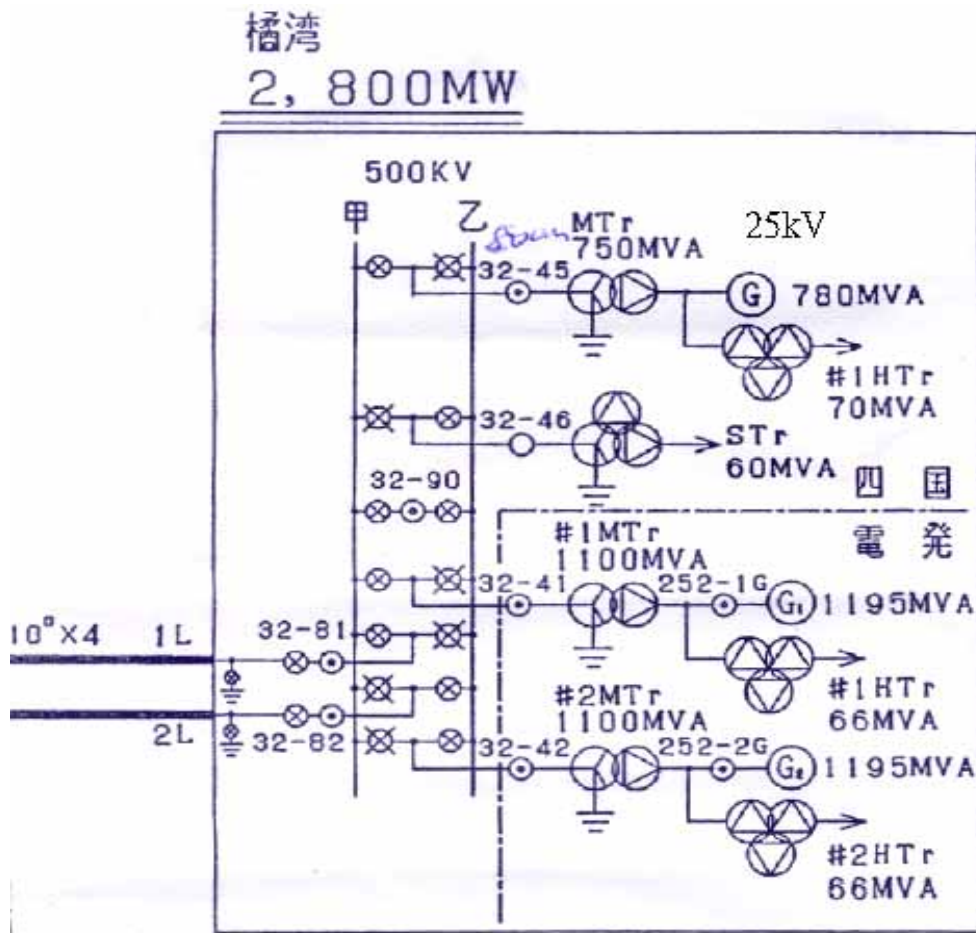


圖25 四國電力橘灣發電廠單線圖

圖26為發電廠屋頂避雷針裝設情形，屋頂約每隔10m即裝設一枝避雷針，並以高低配置構成相當堅固之雷擊保護網。

整廠運轉人員不多，為一全自動化之電廠。



圖26 橘灣發電廠屋頂避雷針

六、其他電力相關議題討論

(一) 電力系統分析程式

1. 四國總研使用電力中央研究所開發之電力潮流計算程式穩暫態穩定度分析程式短路電流計算程式
2. 交直流連接系統則使用EdF開發之ARENE

對於電力中央研究所之程式模型，係以有效值為基礎之解法，不論環路或放射狀均以平衡三相模型為前提，但故障電流計算時之故障條件設定，可任意指定故障相別。

(二) 電力電纜遮蔽層感應電壓達65V時之安全防護

將遮蔽層接地以降低電壓，金屬遮蔽層外側有防蝕層(PVC)保護可避免直接接觸。

(三) 日本配電系統BUS架構

供給負載之變電所以單BUS構成，如圖27為四國電力公司配電變電所匯流排架構。

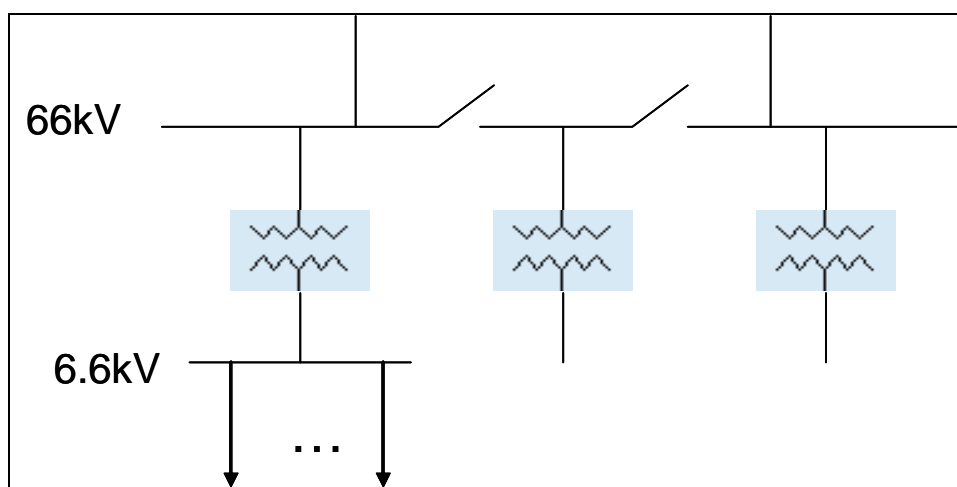


圖27 四國電力公司配電變電所匯流排架構

(四) 台中電廠九號主變壓器損壞事件

四國總研專家認為，該變壓器之損壞原因可能為開關突波與變壓器線圈內部共振兩者所致。

中國電力人員說明：在日本，有關電氣設備損壞案，一般由製造廠負責分析事故原因，本案製造廠士林電機僅就事故情形敘述，應進一步提供更詳細的事故分析報告。

(五) 耐高溫輸電線之應用

四國電力與中國電力在不易建設輸電線之特殊地區，使用XTACIR與 ZTACIR等耐高溫之導線，優點送電量高，但缺點為損失較大、成本較高。

由於國內建設電線愈來愈困難，將採用耐高溫導線，對該型之使用經驗可參考該兩公司者。

（六）自動讀表

1. 四國電力之電燈用戶約240萬戶，電力用戶(50kW以上)約46萬戶，用電量: 電燈用戶30%，電力用戶70%。
2. 四國電力與中國電力等公司之500kW以上大用戶採自動讀表
3. 日本採每月讀表一次
4. 東京電力結合自來水與瓦斯公司進行共同的自動讀表。規模160戶,費用1億8千萬円。

（七）半導電釉礙子

對該型礙子，四國電力僅少量採用，除價錢較高外損失亦較高，目前使用情形良好。

陸、中國電力公司（EnerGia）實習心得

一、中國電力公司簡介

中國電力公司（EnerGia）成立於1951年，營業地區位於日本西部，人口數約7.7百萬，面積32000平方公里。以2004年為例，總資產1855億日圓，員工人數10850人，售電55,434GWh，用戶5.19百萬戶，裝置容量12205MW。

該公司主要任務係提供該地區穩定、質優之電力給工業及一般用戶使用，為中國地區最重要的公司之一。圖28為供電設施圖，主幹線為500kV輸電系統，其次為220kV輸電線。

此次實習主要內容包括：大容量並聯電抗器用斷路器規格與維修需求、落雷偵測資料之應用服務，以及電力品質相關議題。

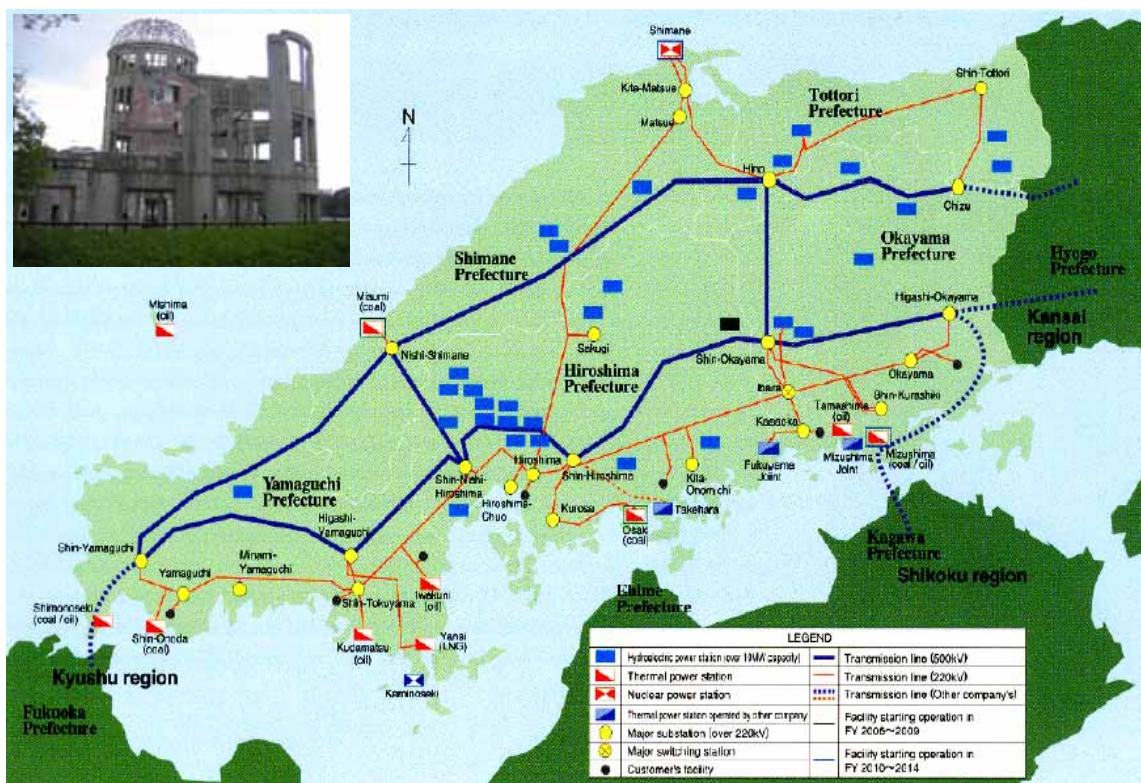


圖28 中國電力公司供電設施（右上廣島原爆紀念館）

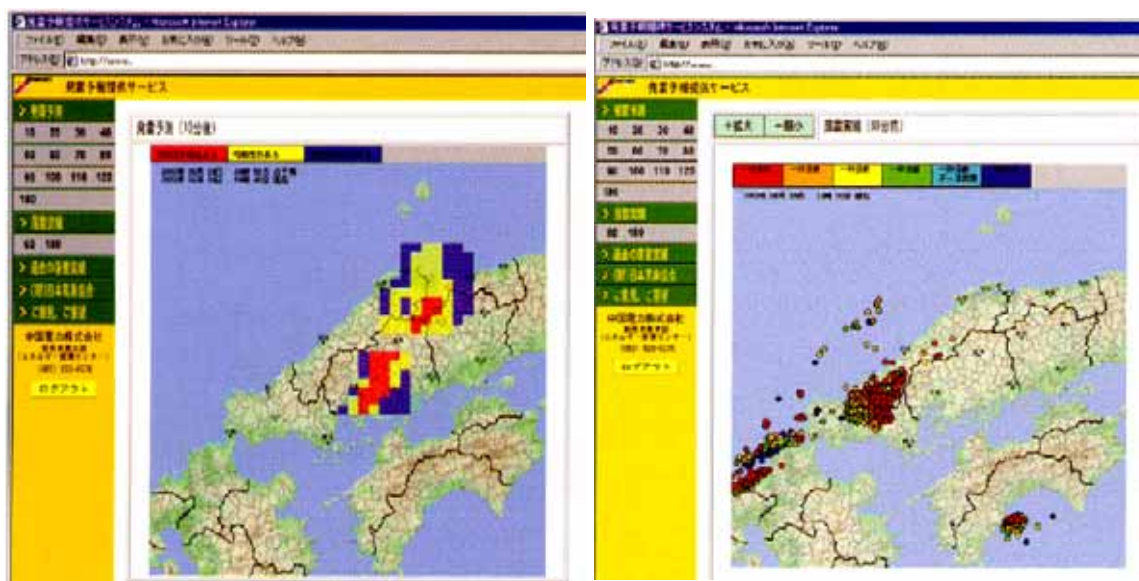
二、落雷預警服務

該公司目前免費提供即時落雷資料給500kW以上用戶，這些用戶可經由Internet獲得；另對2000kW以上用戶（共約370戶）提供電話錄音通知服務，其依用戶選擇之落雷區域自動通知，該公司提供20條諮詢專線供2000kW以上用戶使用，落雷歷史資料則免費提供。

因日本明年開放50kW以上用戶自由選擇電力公司，因此中國電力考慮開放即時落雷資料給50kW以上用戶。

圖29為落雷預測與實績比較，顯示有相當程度之落雷誤差。

圖30為落雷預測資料服務流程，中國電力裝設四個落雷偵測站，各偵測站蒐集之資料傳回主站，並結合氣象資料來預測落雷資料，再經由網際網路或電話線路提供資料給用戶使用。



預測結果 實績

圖29 落雷預測與實績

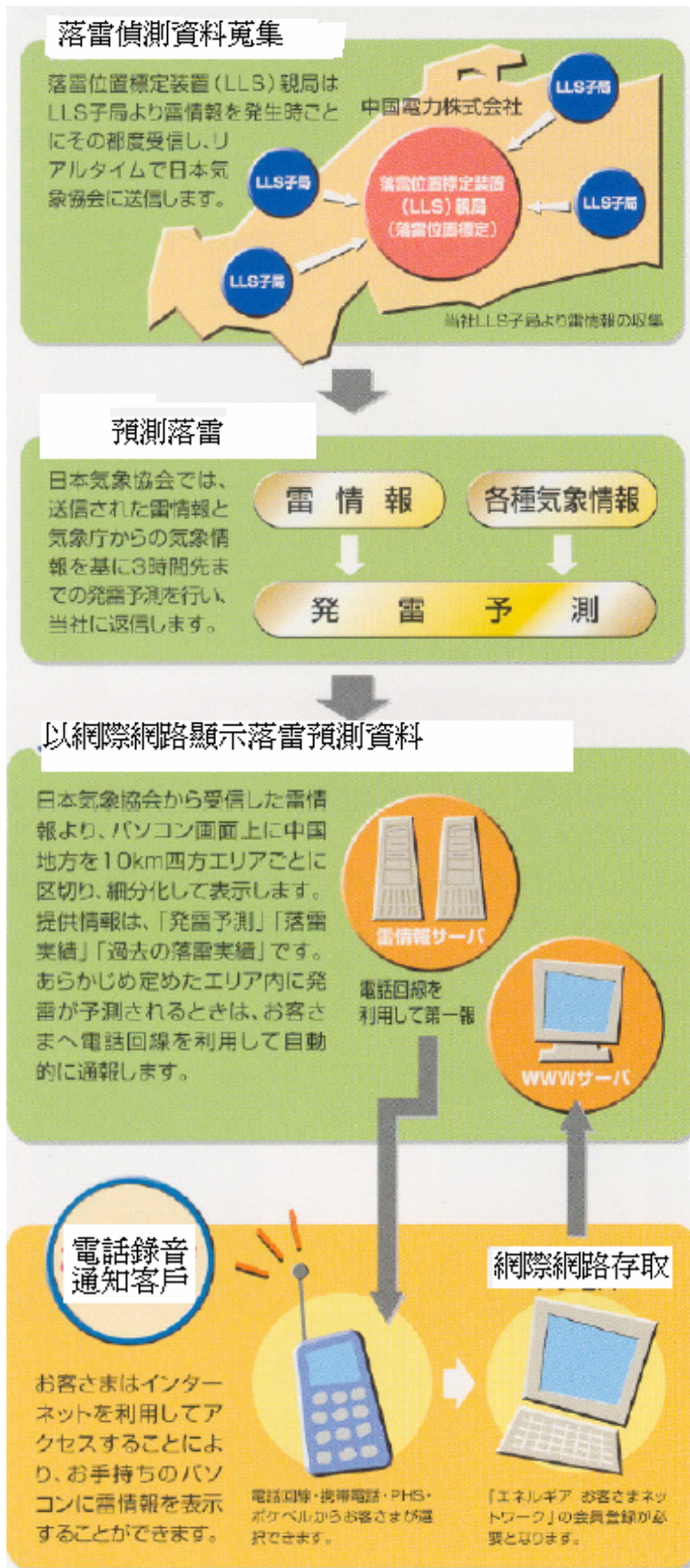


圖30 落雷預測資料服務流程

三、並聯電抗器之特性與維護需求 (Characteristic and Maintenance Requirement for Circuit Breaker for Shunt Reactor , ShR)

本公司因應地下電纜增加，於離峰時段虛功率太多而須增設大型並聯電抗器改善，因此與中國電力人員討論其相關之斷路器特性與維護需求，以下為討論結果：

1. 斷路器特性需求 (Characteristic requirement)

(1) 開關操作時電流截波衝擊 (Switching impulse caused by current chopping)

- a. 使用截波電流小之GCB 或 GS (because its chopping current is small.)
- b. 22kV VCB使用時，選用截波電流小之型式 (When 22kV VCB is applied, we apply small current chopping type.)

(1) 高操作頻度 (High Frequent operation)

- a. 因電抗器用於調節系統電壓使得操作頻度較頻繁，因此內檢需求亦較頻繁 (CB for ShR is operated frequently because it is used for voltage adjustment. For that reason it needs frequent inside inspection.) ◦
- b. 為降低CB內檢頻度，使用可啓斷負載電流之氣體開關電，但仍須一可啓斷短路故障電流之斷路器，如圖31。 (To reduce the frequent of inside inspection, frequent operatable switch is applied. But it can't break the short circuit current, another switch which can break the short circuit current is need.) ◦

2. 維護週期 (Periodical maintenance cycle)

- a. 用於電抗器之CB維護週期較線路或變壓器者短，例如線路或變壓器之CB內檢週期為六年，但電抗器者為三年。 (Periodical maintenance cycle of CB for ShR is short compared to one for transmission line or transformer. Periodical maintenance cycle of CB is 6-year. But CB for ShR is 3-year.) ◦
- b. 另內檢週期亦可為CB廠家訂定之操作次數 (Inside inspection is carried out when the number of operation reaches the number the manufacture recommends. Inside inspection of other CB is carried out, when the number of operation, the wear-out rate of contact part or resistance of arc-control device exceed our reference.) ◦

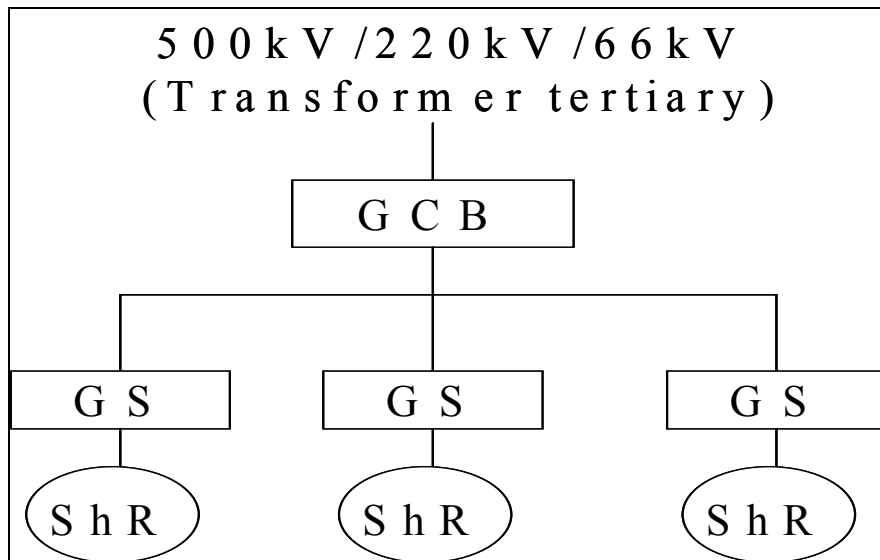


圖31 大容量並聯電抗器之操作開關架構

四、高速鐵路電力品質問題

由於94年10月高鐵即將通車，因此藉此機會與四國總研及中國電力請教有關高鐵對電力品質之影響，結論如下：

1. 四國島無新幹線
2. 中國電力並無新幹線電力品質問題，但希望高鐵通車後所量測之資料提供其參考。
3. 關西電力有裝SVC補償設備來改善大煉鋼廠電壓閃爍問題

新幹線700型基本電氣回路設備如圖32、33所示，電車內電氣設備包括：空調設備、連續換氣裝置、電動空氣壓縮機（開關門等用）、輔助電源裝置（以上使用400V AC電源）、門的押控器、車內照明、輔助空氣壓縮機以及標示燈（以上使用100V DC電源）。

由於日本電力系統容量大，一般電力公司以220kV（中國電力）或275kV等級電壓供電，且以平衡度高之三相變兩相變壓器供應電車用電，新幹線並無諧波、閃爍等電力品質問題。

保護接地装置	EGS [Emergency Grand Switch]	主変圧器	MTr [Main Transformer]
高压機器箱		主変換装置	CI [Converter Inverter] (PWM:パルス幅変調) [Pulse Width Modulation]
真空遮断機	VCB [Vacuum Circuit Breaker]		
交流避雷器	Arr [Arrester]	主電動機	MM [Main Motor]

圖32 電車主迴路架構

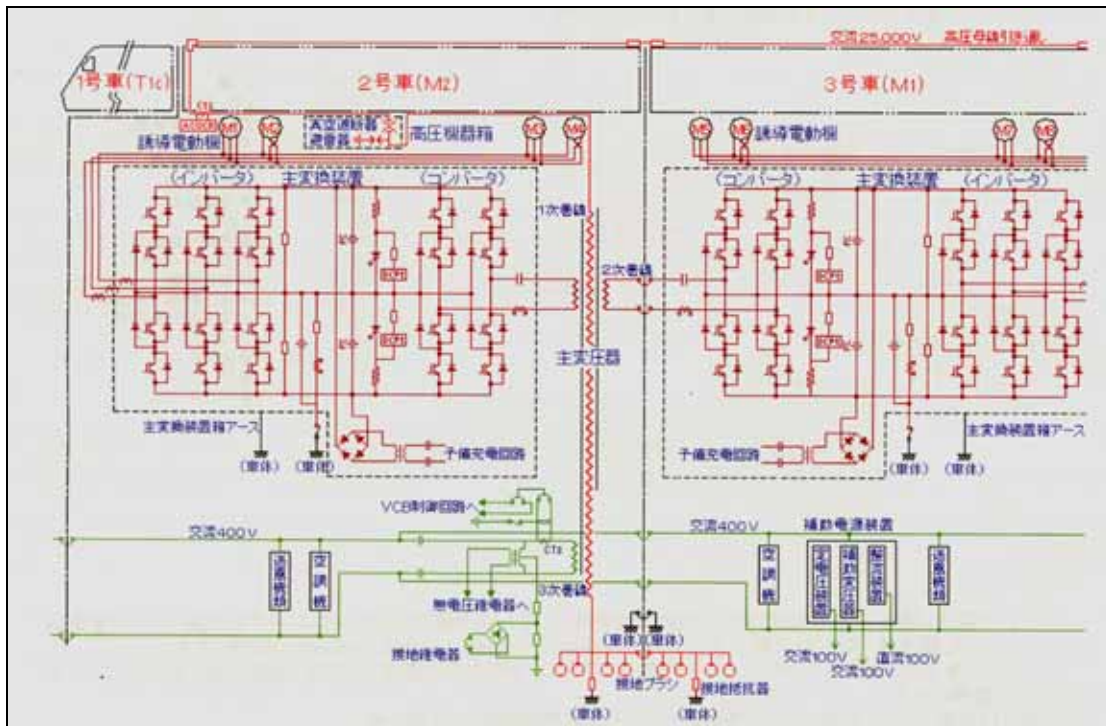


圖33 新幹線700型電車基本電氣回路

五、地下電纜管路偵測

日本電力公司定期確認都市地面之周邊狀況，並於路面作標記表示地下管路位置，另地下管路圖面配置清晰正確，因此相關單位施工甚少發生錯挖情形。另對地下管道之電力電纜裝設火災監測設備，進行長期監視。

中國電力公司並以透地雷達及感應方式偵測地下電纜管路位置，偵測方式分成電磁波方式與感應方法，圖34-圖37為實際偵測情形、偵測原理與透地雷達儀器設備。透地雷達方法係以電波傳至地下，再以反射圖像判別地中物位置，如地下電纜。



圖34 以透地雷達偵測地下管路之外觀（電磁波方式）

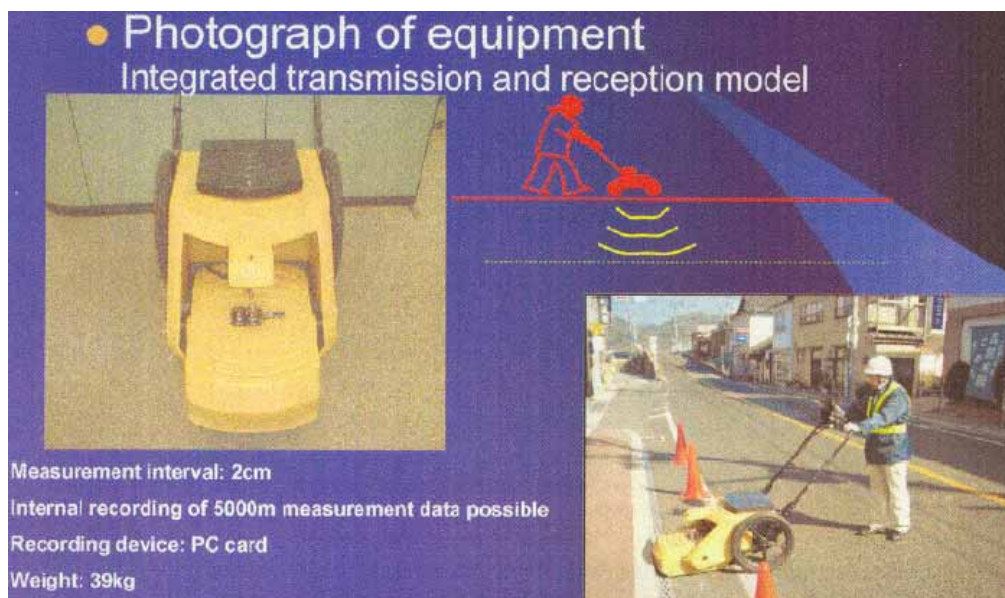


圖35 透地雷達偵測設備（電磁波方式）

感應法則於地下管路穿入導線（Probe line），該導線發射電波，再利用接收器裝設之兩感應線圈感測磁場於兩線圈的電勢差來判別地下管線深度。

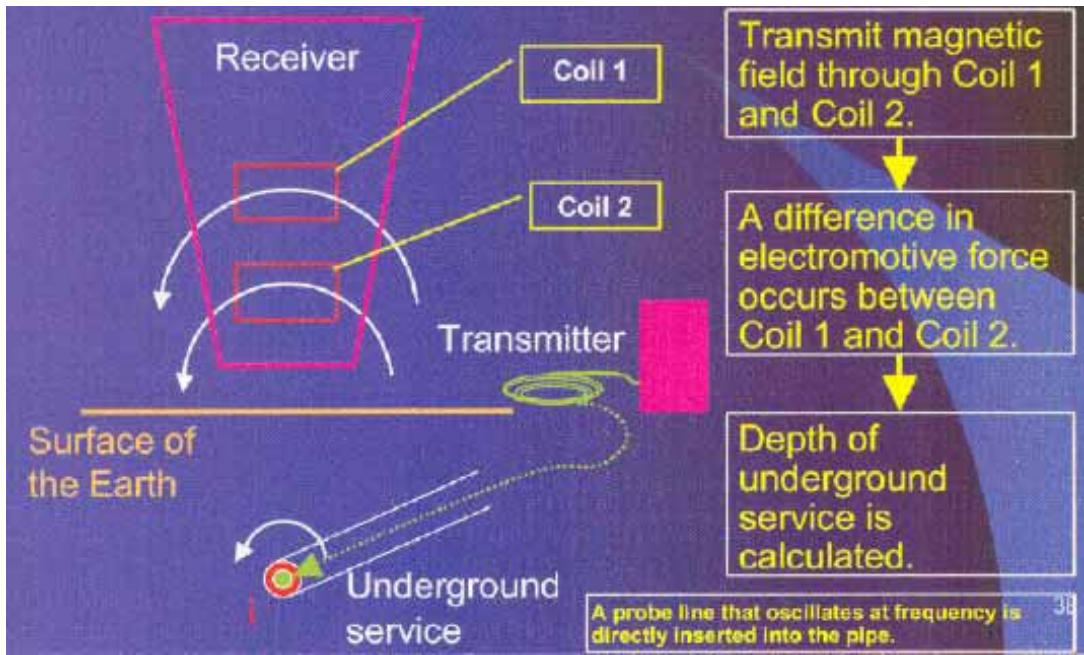


圖36 以雷達偵測地下管路原理（感應法）

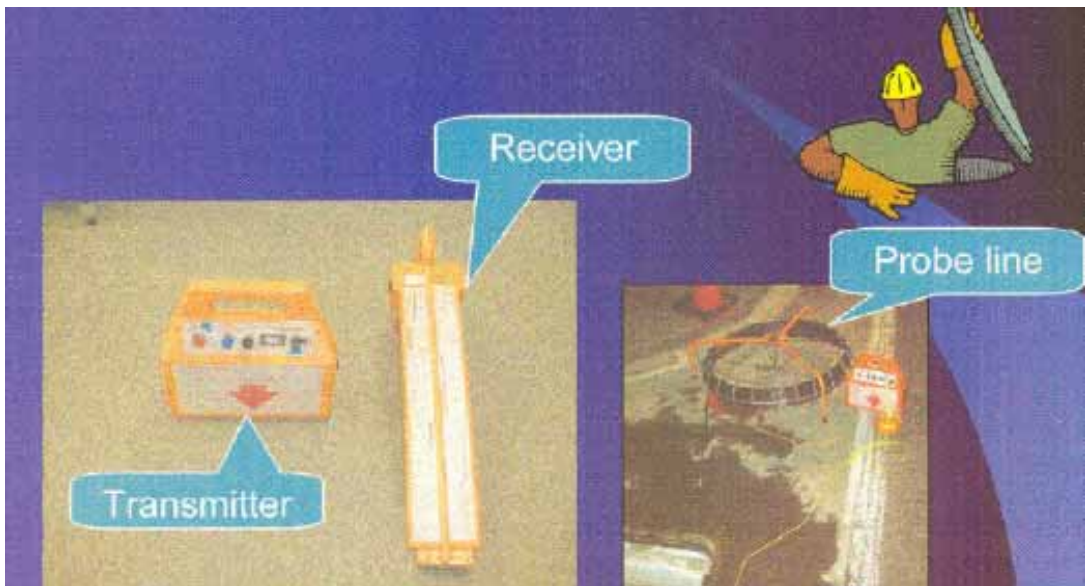


圖37 以雷達偵測地下管路儀器設備（感應法）

參考文獻資料：

1. 電力中央研究所 2004 研究年報
2. 電力技術研究所研究簡介
3. The committee of Lightning Protection Design, Lightning Database Working Group, “Lightning Occurrence Data Observed with Lightning Location Systems of Electric Utilities in Japan: 1992-2001,” IEEJ Trans. PE, Vol.124, No.10, 2004.
4. 四國總合研究所 2004 研究年報
5. 橘灣火力發電廠簡介
6. 中國電力公司簡介