

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：考察)

赴日考察既有火力機組性能提昇技術

服務機關：台灣電力公司
出國人：職 稱：十三等一般工程監
姓 名：徐 真 明
姓名代號：063127

出國地區：日本
出國期間：91.12.04~90.12.11
報告日期：92.02.07

93/09200230

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴日考察既有火力機組性能提昇技術

頁數 35 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/徐真明

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：91.12.04~91.12.11 出國地區：日本

報告日期：92.02.07

分類/號目

關鍵詞：火力機組、性能提昇

內容摘要：(二百至三百字)

國營事業民營化與電力市場自由化已經是世界改造國營事業與電力產業的趨勢，我國亦已著手修法，並擬訂計畫逐步推動。為了因應台電民營化與電業自由化後必然出現的發電市場競爭態勢，最近幾年本所已經陸續規劃進行幾項藉由加裝機組性能即時監測系統或者燃煤鍋爐運轉優化系統以改善既有機組運轉績效的研究計畫，希望能夠協助公司發電部門提昇其於未來市場之競爭力。但改善機組運轉績效的方法不一而足，而既有機組的各別狀況亦頗不一致，因此，如何為既有機組選擇合適的改善方案，關係整體系統的改善成效至鉅，有必要派員前往先進國家考察其經驗以資借鏡。

日本電力中央研究所（CRIEPI）與四國總合研究所（SRI）是日本國內從事電業相關研究工作相當知名的研究機構，且與本公司有長期密切的技術交流與合作關係，因此，本次出國即安排訪問該兩研究機構，考察日本電業在改善既有機組運轉績效方面的經驗。

本報告之主要內容即在記述此行走訪日本電力中央研究所與四國總合研究所兩機構的見聞與感想。

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

目 錄

1. 緣 起	1
2. 考察行程	2
3. 考察紀要	3
3.1. 考察日本電力中央研究所察	3
3.1.1. 拜訪 CRIEPI 所本部	3
3.1.2. 參訪 Abico 研究所	7
3.1.3. 座談既有火力機組性能提昇技術	15
3.2. 考察四國總合研究所	24
3.2.1. 拜訪 SRI 所本部並參觀所內重要研究設施	24
3.2.2. 座談既有火力機組性能提昇技術	30
3.2.3. 參訪西條火力發電廠	33
4. 結 語	35

1. 緣 起

國營事業民營化與電力市場自由化已經是世界改造國營事業與電力產業的趨勢，我國亦已著手修法，並擬訂計畫逐步推動。為了因應台電民營化與電業自由化後必然出現的發電市場競爭態勢，最近幾年本所已經陸續規劃進行幾項藉由加裝機組性能即時監測系統或者燃煤鍋爐運轉優化系統以改善既有機組運轉績效的研究計畫，希望能夠協助公司發電部門提昇其於未來市場之競爭力。但改善機組運轉績效的方法不一而足，而既有機組的各別狀況亦頗不一致，因此，如何為既有機組選擇合適的改善方案，關係整體系統的改善成效至鉅，有必要派員前往先進國家考察其經驗與做法以資借鏡。

日本電力中央研究所（CRIEPI）與四國總合研究所（SRI）是日本國內從事電業相關研究工作相當知名的兩個研究機構，且與本公司有長期密切的技術交流與合作關係，因此，本次出國即安排拜訪該兩研究機構，考察日本電業在改善既有機組運轉績效方面的經驗與做法。



2. 考察行程

本項考察計畫主要規劃拜訪日本國內長期從事電力事業相關研究且與本公司有技術交流與合作關係的兩個研究機構，即日本電力中央研究所（CRIEPI）以及四國總合研究所（SRI），考察行程列如下表。

表 2-1 赴日考察既有火力機組性能提昇技術行程

時 間	地 點	工 作 概 要
12/04	台北→東京	往 程
12/05	東京	拜訪 CRIEPI 所本部並參訪 Abico 研究所
12/06	東京	座談火力機組性能提昇技術
12/08	東京→高松	路 程
12/09	高松	拜訪 SRI 所本部並座談火力機組性能提昇技術
12/10	高松	參訪西條火力發電廠
12/11	高松→東京→台北	返 程

3. 考察紀要

3.1. 考察日本電力中央研究所

十二月五日及六日兩天的考察行程主要係以日本電力中央研究所（CRIEPI）為對象，在 CRIEPI 人員精心安排下，兩天的考察活動大致包括三部份：

- (1) 拜訪 CRIEPI 所本部
- (2) 參訪 Abico 研究所
- (3) 座談既有火力機組性能提昇技術

茲摘述如下：

3.1.1. 拜訪 CRIEPI 所本部

十二月五日上午，在 Mr. Okabe 的陪同下，首先拜訪位於東京都千代田區的 CRIEPI 所本部。

CRIEPI 成立於 1951 年，是日本九大電力公司共同支持以電力為核心的研究機構，由於營運方面具有相當的獨立性，因此，多年來在日本國內有關電力產業的議題上擁有崇高而且超然的地位。CRIEPI 目前擁有 15 個一級單位（詳見圖 3.1.1-1），822 位從業人員（詳見圖

表 3.1.1-1 CRIEPI 轄下六處所區

所 區	所在地	單位數	員工數
• 所本部	東京都千代田區	6	111
• 狛江所區	東京都狛江市	5	376
• 我孫子所區	千葉縣我孫子市	1	208
• 橫須賀所區	神奈川縣橫須賀市	1	120
• 赤城試驗場	群馬縣勢多郡宮城村	1	6
• 塩原試驗場	枋木縣那須郡塩原町	1	1

3.1.1-2)，分別位於包括所本部在內的 6 個所區（詳見表 3.1.1-1）。CRIEPI 的研究領域相當廣泛，涵蓋 Frontier Sciences、Exploratory Development Research 以及 Applied and Development Research 三大部份（詳見圖 3.1.1-3），目前進行中各研究主題的整體架構大致示如圖 3.1.1-4。

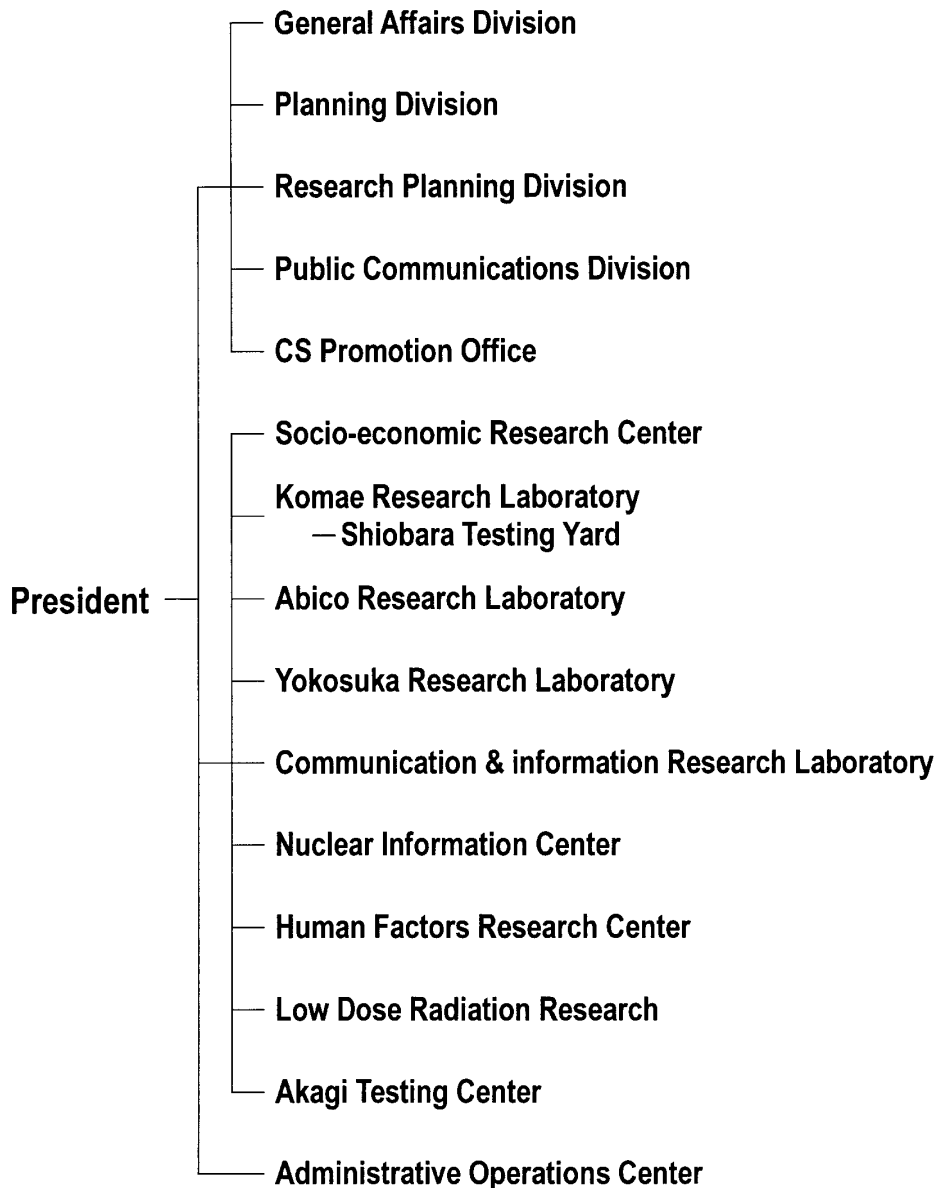


圖 3.1.1-1 CRIEPI 組織結構

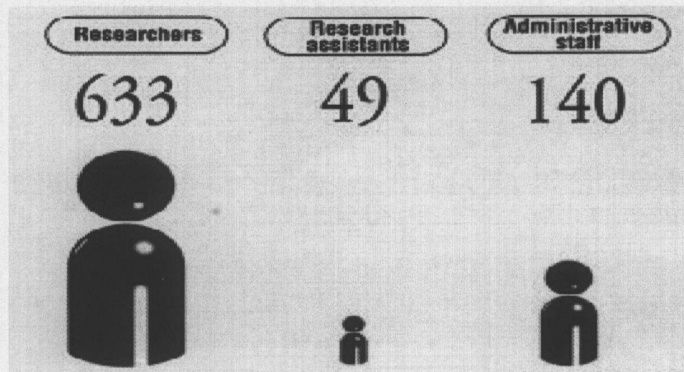


圖 3.1.1-2 CRIEPI 人力結構

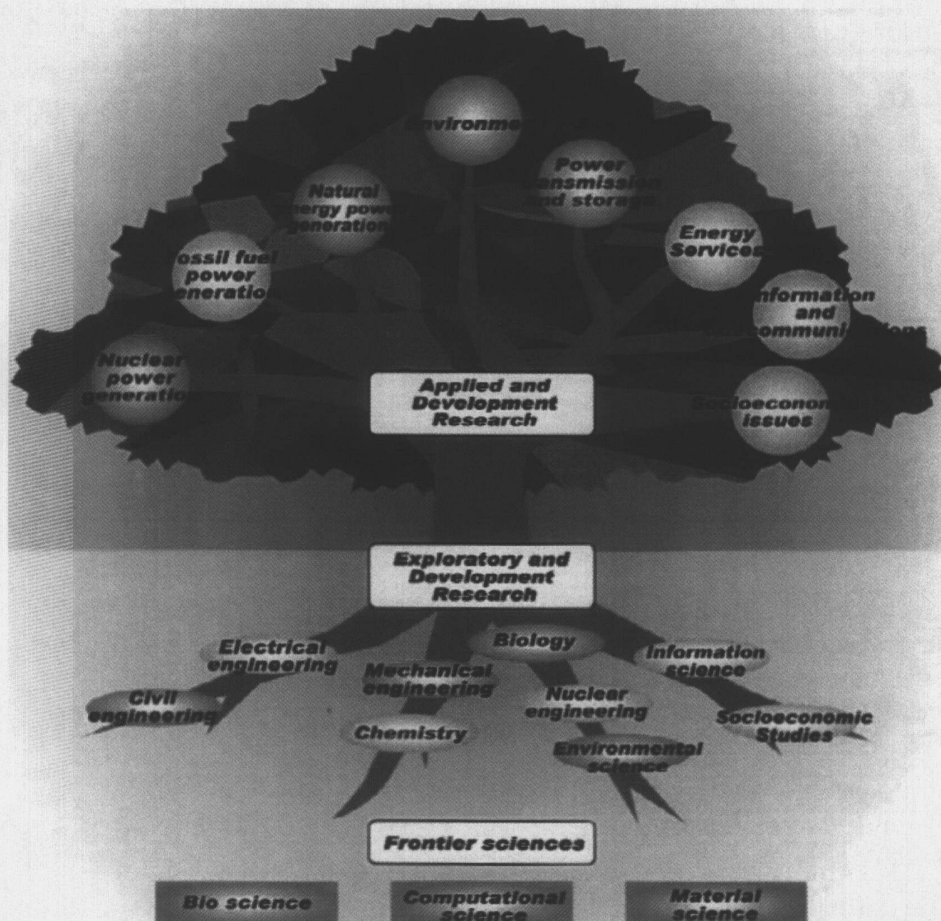


圖 3.1.1-3 CRIEPI 研究領域

電力中央研究所 研究課題構成(案)

1. 経済・社会

経営戦略の支援
 ・流通政策、エネルギー利用評価技術
 ・競争導入下の電気事業と経営戦略
 ・エネルギー…電力供給のシナリオ分析

経営環境の解明
 ・経済社会、エネルギー…環境政策

2. 環境

環境リスクの評価
 ・電磁界影響評価
 ・地域環境問題への対応
 ・大気環境影響評価
 ・健康環境影響評価
 ・水環境影響評価

環境との共生
 ・リサイクル技術
 ・生物資源評価

3. 需要家エネルギーサービス

省エネ・快適環境設計
 ・流通政策、エネルギー利用評価技術
 ・住宅ビルの省エネ革新技術

エネルギー一般化技術の開発
 ・二次電池技術

5. 原子力発電

軽水炉発電の経済性・信頼性向上
 ・燃料炉心技術
 ・プラントの運用管理技術
 ・発電所運転信頼性の高度活用
 ・ヒューマン/マシナリー研究

廃炉サイクル
 ・原子燃料等の廃止
 ・廃止措置計画技術
 ・TRU廃棄物処分

新炉型の概念構築
 ・小炉原子炉
 ・核融合炉

4. 電力流通

流通コストの低減・信頼性確保
 ・流通網の有効活用
 ・電力市場下での交易計画・運用
 ・成層電圧対策・評価技術

流通設備の社会との調和
 ・高度信頼性作りの普及対策
 ・電圧環境の評価手法

流通設備の次世代技術の開発
 ・インテリジェント電力流通システムの構築
 ・超電導電力伝送機器
 ・電力品質評価
 ・全国広域電力系統構築
 ・次世代ガスメーター

6. 化石燃料発電

化石燃料の多様化・クリーン利用
 ・ガス化技術
 ・化石燃料クリーン利用技術

火力発電効率化
 ・ガスタービン超高温化技術
 ・燃料燃焼効率化技術
 ・火力発電所の高圧・超管理技術

7. 新エネルギー

自然・未利用エネルギー活用
 ・太陽光、風力発電の評価
 ・熱電発電技術

水素エネルギー活用
 ・水素貯蔵技術

重点課題 【電気事業の重要課題に 대응する】

コスト低減と信頼性の維持

○電力流通設備の診断・寿命評価技術の開発
 ○軽水炉発電の維持管理技術の高度化
 ○ガスタービン高温部品保守技術の高度化
 ○経年火力プラントの高度診断技術の確立
 ○リスクマネジメント手法による電力施設の発生技術の構築

エネルギーと環境の調和

○温暖化対策、制度の分析
 ○温暖化予測、対策技術の開発
 ○輸送物質の動向・貯蔵技術の開発
 ○リサイクル原子燃料の貯蔵技術の開発
 ○放射性廃棄物処分技術の開発
 ○金属燃料、乾式リサイクル技術の開発
 ○低線量放射線発生体影響の評価
 ○微粉炭高産産能技術の開発
 ○バイオマスエネルギー高度利用技術の開発

総合エネルギーサービスの創出

○分散型電源の普及シナリオの分析と環境への影響評価
 ○需要地ネットワークの構築
 ○OSI/パワーダイオードの開発

8. 情報・通信

通信ネットワークの活用
 ・電力用分散リアルタイムネットワーク技術
 ・大容量・広域ネットワーク技術
 ・電波・光技術

情報技術の活用
 ・情報システム管理・解析技術
 ・データ分析高度化技術

9. 電力施設建設・保全

自然災害対策
 ・地震災害軽減技術
 ・耐震設計技術
 ・津波・強風・豪雨軽減技術
 ・降雹・降雪災害軽減技術

電力施設建設・維持管理の合理化
 ・電力構造物維持管理技術
 ・土地・建設技術

10. 先端的基础研究

計算科学 生命科学 ナノテクノロジー レーザー・プラズマ科学
 地球科学 材料科学 高エネルギー物理学

図 3.1.1-4 CRIEPI 研究主題整體架構

3.1.2. 參訪 Abico 研究所

結束一上午 CRIEPI 所本部的拜會活動後，十二月五日下午再由 Mr. Okabe 陪同搭車轉往東京近效千葉縣我孫子市的 Abico 研究所參訪。

根據參訪過程中 Abico 研究所方面所作的簡報與說明了解，該所係 1986 年由 CRIEPI 原有的生物環境研究所以及土木工程研究所整合而來，由於所址位於 Abico，因此合併後即以當地命名。Abico 研究所目前擁有 9 個常設部門（詳見圖 3.1.2-1），208 位編制員工（詳見圖 3.1.2-2），2002 年規劃執行的研究計畫高達 309 項（詳見圖 3.1.2-3），服務能力大致涵蓋三大領域（詳見圖 3.1.2-4）。

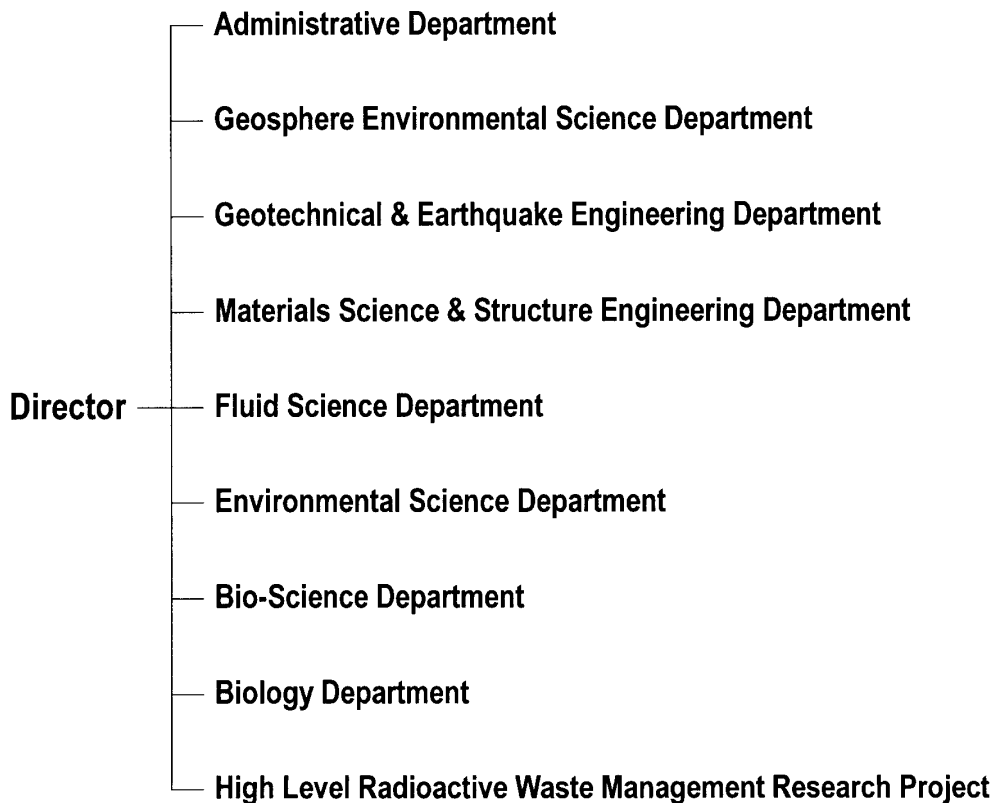


圖 3.1.2-1 Abico 研究所組織結構

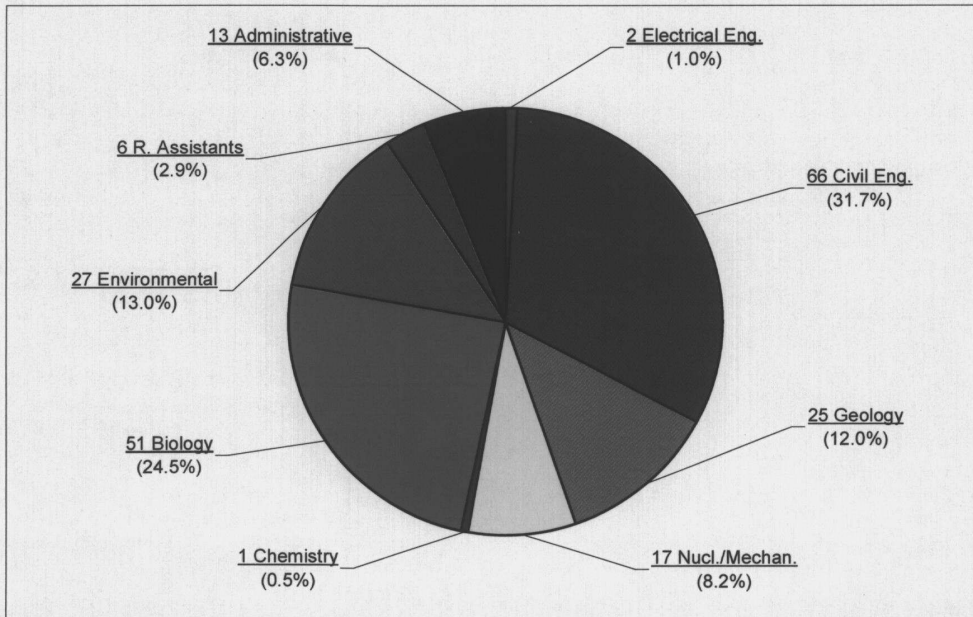


圖 3.1.2-2 Abico 研究所人力結構

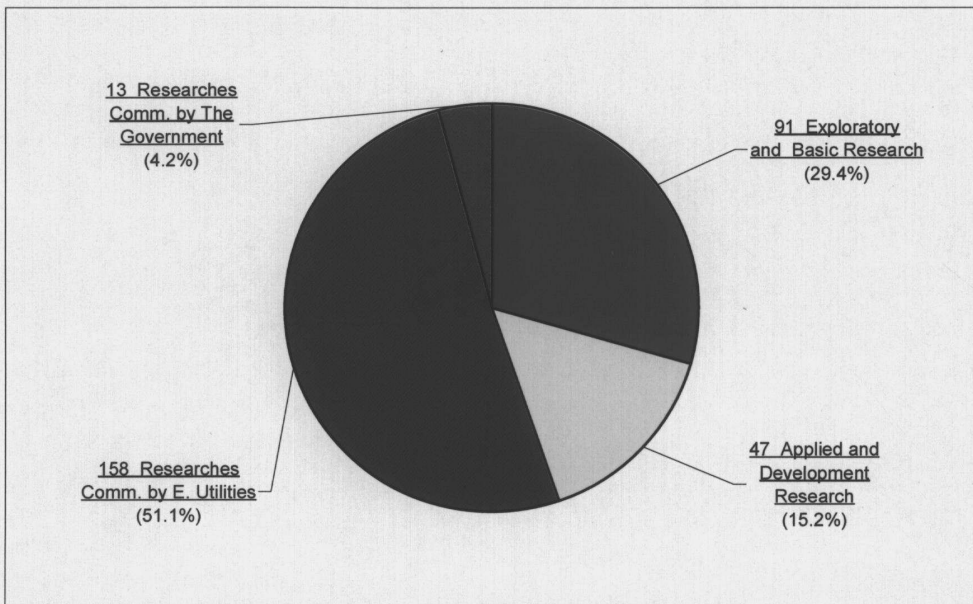


圖 3.1.2-3 Abico 研究所研究計畫結構

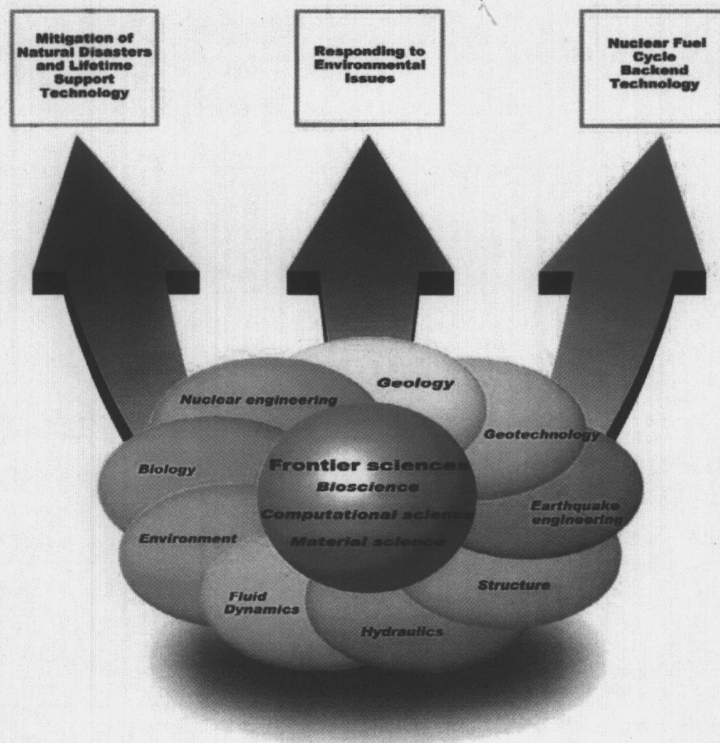


圖 3.1.2-4 Abico 研究所研究領域

此外，為免整個參訪活動毫無聚焦，當天下午 Abico 研究所特別安排了幾個項目做重點介紹，茲簡述如下：

超級電腦系統

為了探究與電力產業密切相關的一些大自然中極複雜的物理現象如颱風、海嘯乃至溫室效應等以及它們對人類社會的衝擊，CRIEPI 投下鉅資在 Abico 研究所建構了一套由超高速度的計算系統、超大容量的儲存系統、極其先進的顯示系統以及高速網路／介面軟體等所構成的超級電腦系統（詳見圖 3.1.2-5），供研究人員從事大尺度的數值模擬分析工作。除此之外，CRIEPI 還斥資為 Abico 研究所建構一套連繫所外的全新寬頻網路系統，讓分散在不同地區的其他部門以及各個電力公司也能方便的分享此地的各項電腦資源（詳見圖 3.1.2-6），以強化跨區域、跨單位的資訊交換與合作研究。

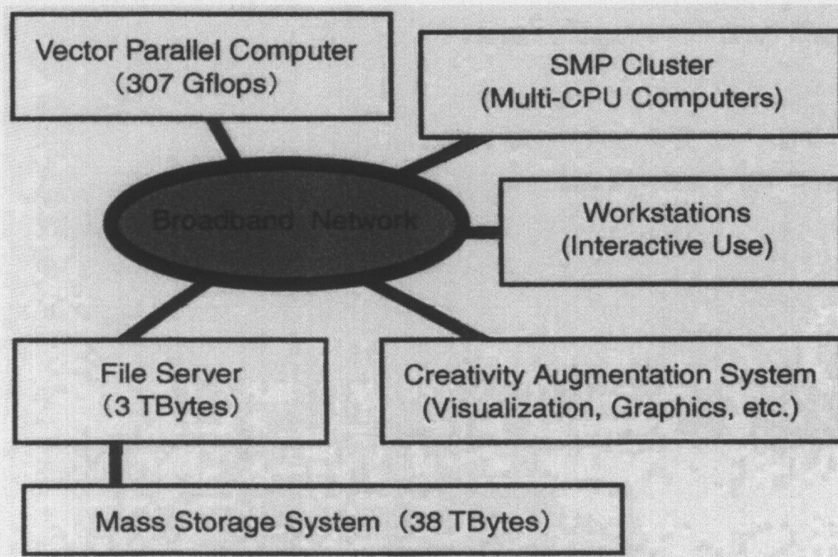


圖 3.1.2-5 Abico 研究所超級電腦系統

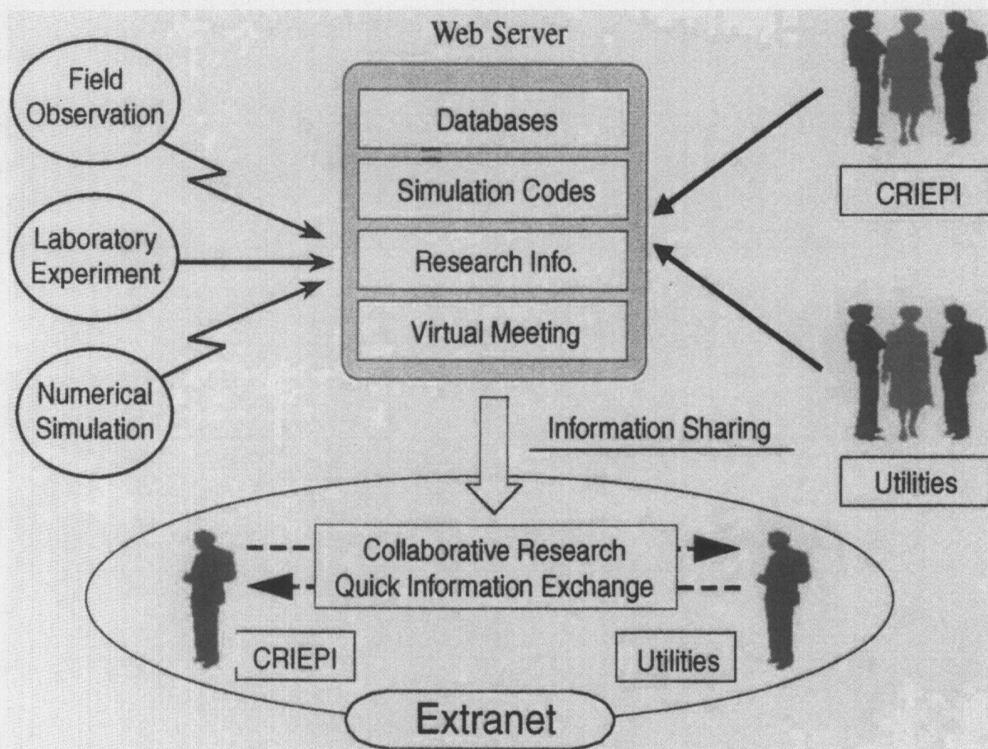


圖 3.1.2-6 Abico 研究所資訊網路系統

溫室效應研究

為了了解CO₂排放對地球暖化乃至地球暖化對環境變遷的影響機制與衝擊程度，在過去幾年中 Abico 研究所的研究人員利用建在該所的超級電腦系統以及先進軟體資源，針對地球暖化現象以及全球氣候變遷相關的多項議題進行了一系列的長期研究。其中與美國方面研究機構合作進行的有關地球暖化現象可能改變熱帶氣旋（颱風）以及大海洋流行為模式之預測研究部份目前已有初步成果，雙方合作發展完成的數值模式已經能夠追蹤大氣中水氣含量的變化並模擬颱風的形成與變動（參閱圖 3.1.2-7）。

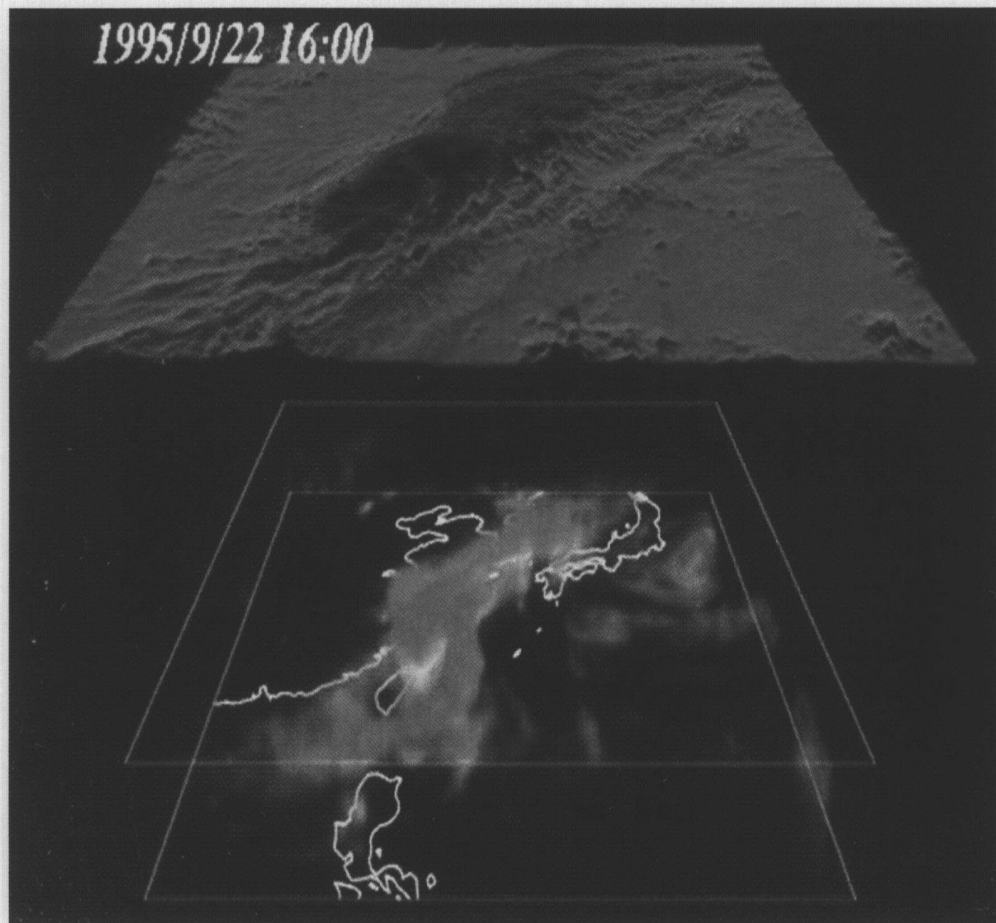


圖 3.1.2-7 颱風形成與變動之模擬

海嘯模擬研究

為了探討海嘯侵襲對於位處海岸邊上的電廠設施可能造成的危害情形，在過去幾年中 Abico 研究所的研究人員規劃進行了一系列的研究，利用該所擁有的大型水工模型試驗設備以及先進電腦軟硬體資源，對海嘯侵襲海岸地區迫近岸邊的過程中因為地形變化所造成的複雜動態行為（包括流場及動力）進行仔細的模擬研究，圖 3.1.2-8 所示即為該所研究人員利用自行開發的 3-D 數值分析軟體模擬 1993 年發生在北海道地區的南西沖地震所引發的海嘯在迫近岸邊時的複雜動態行為所得到的分析結果。

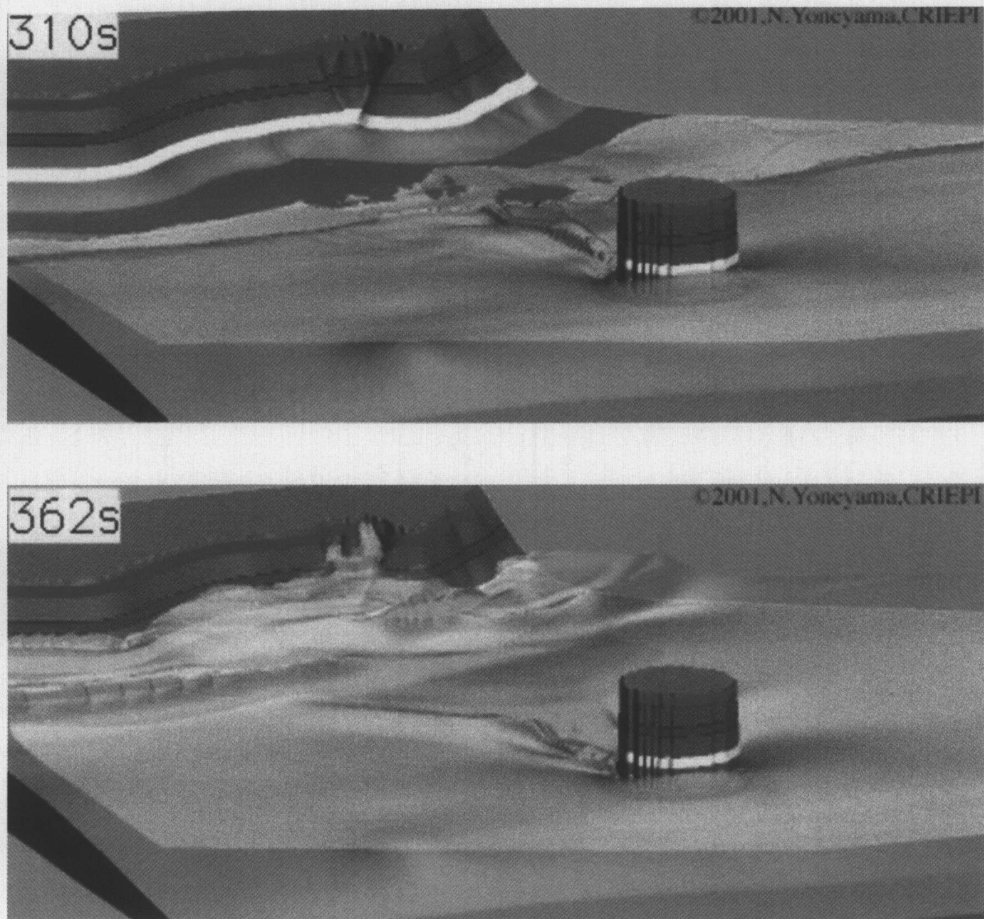


圖 3.1.2-8 海嘯侵襲海岸地區之模擬

水洞實驗設備

為了經濟有效的提昇其於流體力學方面的研究能量，CRIEPI 特別在 Abiko 研究所斥資興建了一座配有可視化系統的大型直立式水洞設備，該項水洞及其相當風洞之特性諸元列如表 3.1.2-2，而整體設備之系統配置則示如圖 3.1.2-9

表 3.1.2-2 Abico 研究所

	Abico 水洞	相當風洞
工作流體	水	空氣
運作方式	重力式	抽氣式
試驗段尺寸 $H \times W \times L$	2m \times 2m \times 10m	5m \times 6m \times 30m
最大流速	2.5m/s	20m/s
雷諾數 Re	5.0×10^6	6.6×10^6
黏滯係數 ν	$1.0 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$	$1.5 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$

震動試驗平台

為了強化地震環境下有關結構系統、土壤-結構系統乃至設備安全等相關之試驗與研究能量，CRIEPI 還在 Abiko 研究所設置了大小兩套震動試驗平台 (Shaking Table)。參訪當天，大的 Shaking Table 正在進行系統更新，小的 Table 則正執行 Soil-Structure Interaction 的相關研究。兩套系統的重要諸元列如表 3.1.2-3。

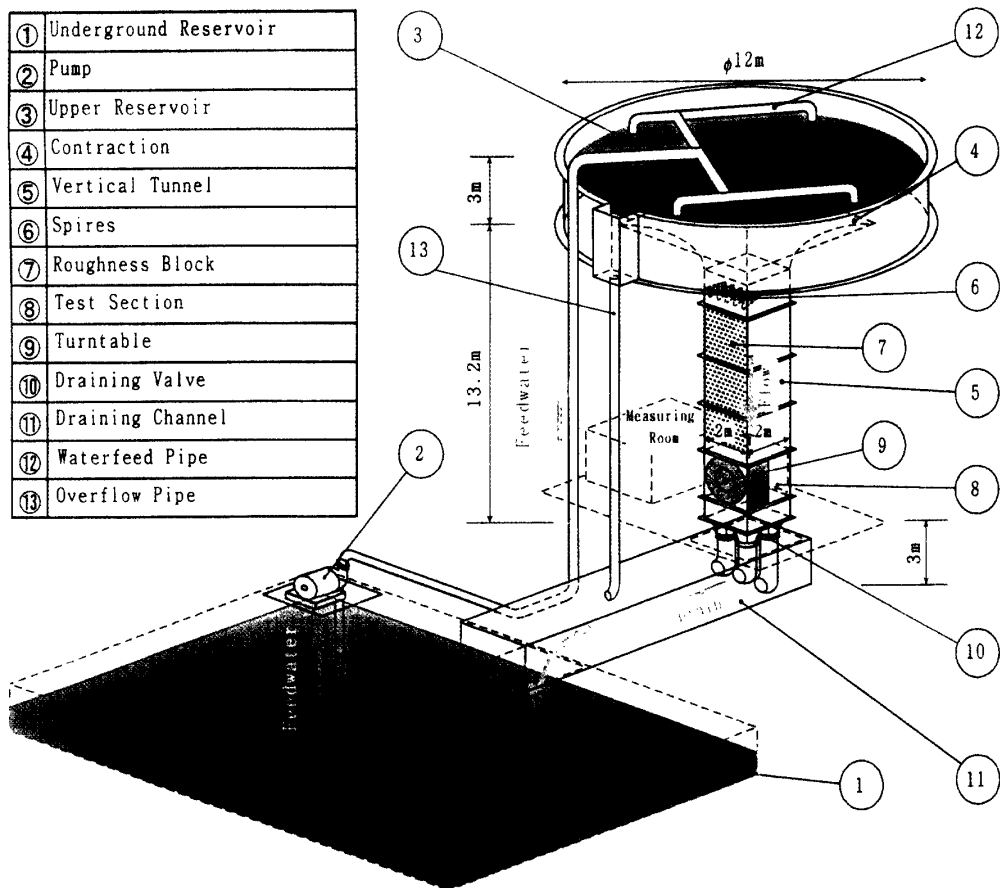


圖 3.1.2-9 Abico 研究所水洞設備系統配置

表 3.1.2-3 Abiko 研究所震動平台重要諸元

	大型震動平台	雙軸(小型)震動平台
平台尺寸	6m×6.5m	3m×3m
試體最大重量	120 ton	10 ton
最大頻率	20 Hz	30 Hz
最大位移	50 mm	150mm(H), 75mm(V)
最大速度	32 cm/s	60cm/s(H), 30cm/s(V)
最大加速度	1 g	0.8g(H), 0.5g(V)

3.1.3. 座談既有火力機組性能提昇技術

依照 CRIEPI 方面的安排，十二月六日則在其所本部，與來自所本部以及 Yokosuka 研究所的相關人員座談有關火力機組性能提昇的議題，座談重點可以分成「日本電業及其火力發電營運概況」以及「既有火力機組性能提昇相關技術」兩部份。

日本電業及其火力發電營運概況部份

日本電力產業主要由 10 家民營的電力公司所構成，傳統上每家電力公司都擁有自己專屬的供電區域（詳如圖 3.1.3-1），也對專屬供電區內之電力用戶負有完全的供電責任，表 3.1.3-1 所示為這 10 家電力公司在 2000 會計年度的營運概況。不過，這種電力市場獨佔專賣的情況，在 2000 年 3 月新修訂的電業法公佈施行之後已經有了些微的改變，依照新修訂電業法中所謂部份自由化條款之規定，大電力用戶（亦即 2MW 以上用戶）的供電權責已經開放給所有發電業者，不再受專屬供電區之限制（參見圖 3.1.3-2）。該項修法可以說為日本電力市場注入了初步的競爭機制，而表 3.1.3-2 日本 10 大電力公司的售電統計資料中也顯示了該項修法對電力市場所造成的影響。

表 3.1.3-1 FY2000 年日本 10 大電力公司營運概況

Company	Capitalization (Millions of yen)	Total Assets (Millions of yen)	Generating Capacity (MW)	Electric Energy Supplied (GWh)	Electric Energy Sales (GWh)	Revenues from Energy Sales (Millions of yen)	Number of Customers Thousands	Number of Employees
Hokkaido	114,291	1,390,896	5,936	32,832	29,111	533,228	3,760	6,381
Tohoku	251,441	4,028,446	15,221	82,167	74,514	1,570,721	7,522	14,008
Tokyo	676,434	14,297,626	58,843	305,730	280,651	5,225,112	26,669	41,383
Chubu	374,513	6,247,961	31,771	133,707	123,037	2,182,899	10,023	18,842
Hokuriku	117,641	1,544,270	6,909	28,214	25,692	490,609	1,960	5,499
Kansai	489,320	7,212,514	37,458	155,818	142,852	2,581,451	12,768	25,984
Chugoku	185,527	2,824,786	12,188	60,166	54,503	998,170	5,109	11,235
Shikoku	145,551	1,484,710	6,876	29,250	25,686	554,923	2,834	6,636
Kyushu	237,304	4,006,256	18,966	82,893	75,251	1,411,499	8,055	14,343
Okinawa	7,586	387,632	1,456	7,437	6,626	133,944	746	1,558
Total	2,599,608	43,425,097	195,624	918,215	837,923	15,682,556	79,446	145,869

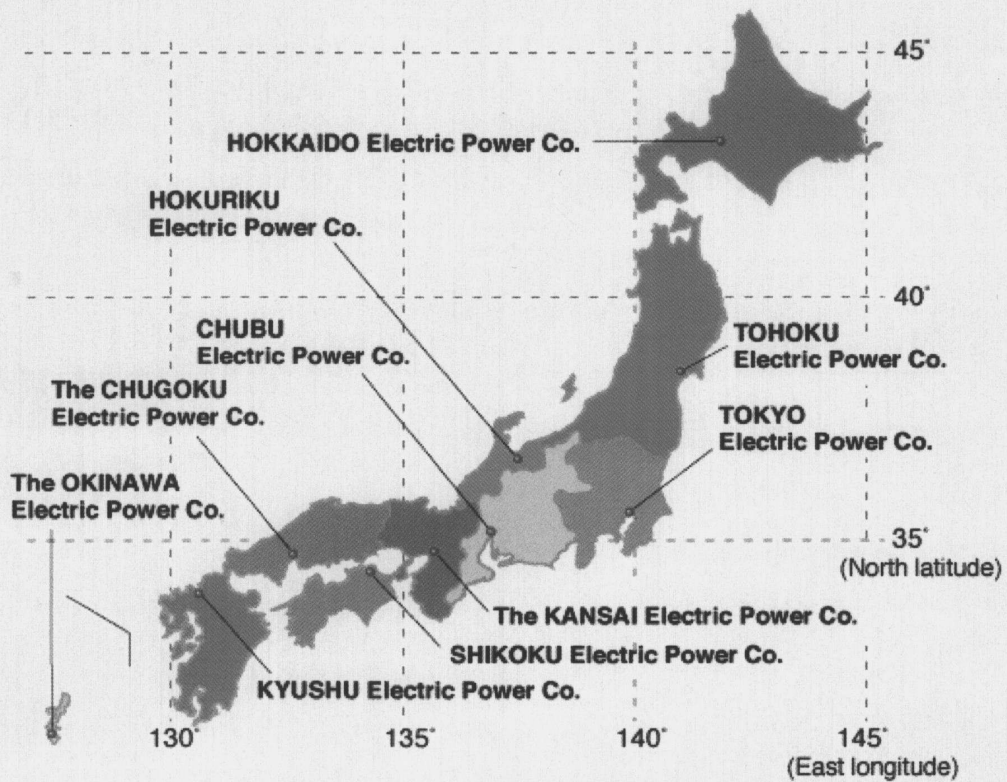


圖 3.1.3-1 日本 10 大電力公司及其專屬供電區域

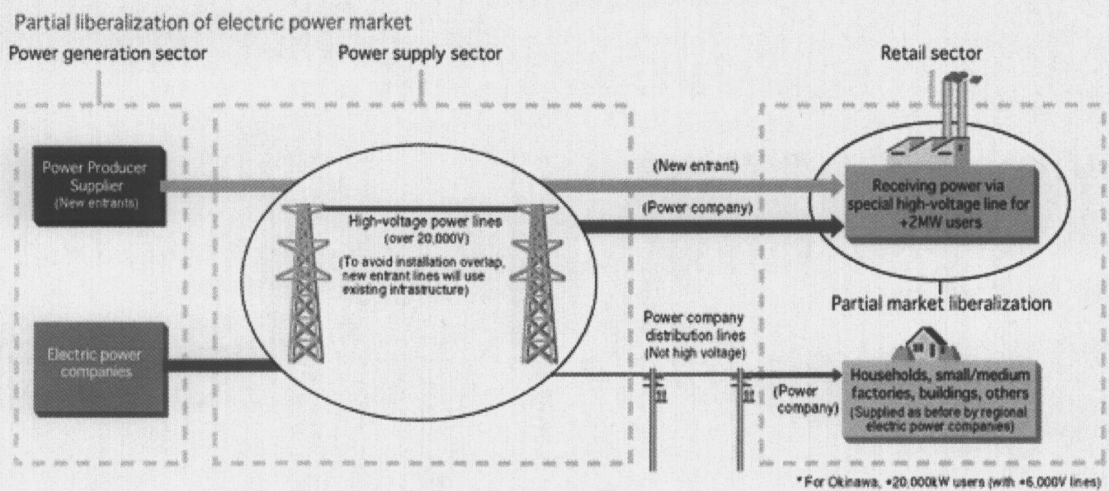


圖 3.1.3-2 日本新修訂電業法部份自由化條款示意圖

表 3.1.3-2 日本 10 大電力公司售電統計

(TWh)

Fiscal Year	1980	1985	1990	1995	1999	2000
Residential (Lighting)	(104.1)	(131.9)	177.4	224.6	248.2	254.6
Commercial and Industrial	(329.3)	(386.4)	481.5	532.4	568.7	618.1
Commercial	(52.1)	(77.1)	116.3	152.8	179.7	157.9
Small Industrial	(70.1)	(88.2)	100.1	108.0	113.5	115.8
Large Industrial	(189.7)	(203.5)	248.1	254.7	259.7	74.8
Power Consumption by Liberalized Sector						219.8
Others	(17.4)	(17.6)	17.0	16.9	15.8	15.0
Total	(433.4)	(518.3)	658.9	757.0	818.9	837.9

日本基本上是一個自產能源相當貧乏而且又極度依賴對外貿易的國家，在這樣的背景之下，所謂「供應安全」與「環境保護」遂成為多年來主導日本電力發展的重要思維，而且還將繼續影響日本未來電力發展的走向。根據日方提供的資料顯示，在上述背景以及主要思維影響下，日本電業的因應策略除能源供應的多元化外，主要還包括：

(1) 增加非化石能源之利用，(2) 提昇電力設備之效率，(3) 加強節約用電之措施，以及 (4) 降低尖離峰需求之差距等幾個方向（詳見圖 3.1.3-3）。而在上述策略導引下，這些年來日本電力在體質上已經有了明顯的改變。例如，日本全國發電能源的分配中，火力發電的佔比已經由 1990 年的 60.8% 逐年下降到 2000 年的 55.9%，預測到 2010 年時火力發電的佔比更將進一步降至 50.7%（詳見圖 3.1.3-4）。此外，日本火力發電機組的平均效率則由 1990 年的 38.8% 逐年上升到 2000 年的 40.6%，預料這種趨勢還將持續下去（詳見圖 3.1.3-5）。另外，在 CO₂ 排放方面，日本電力也有傲人的表現，圖 3.1.3-6 的資料顯示，過去 30 年間日本電力需求的成長超過 3 倍，但 CO₂ 排放量的增幅卻未及 2 倍，而每發一度電的 CO₂ 排放量更下降了 4 成，成效斐然。

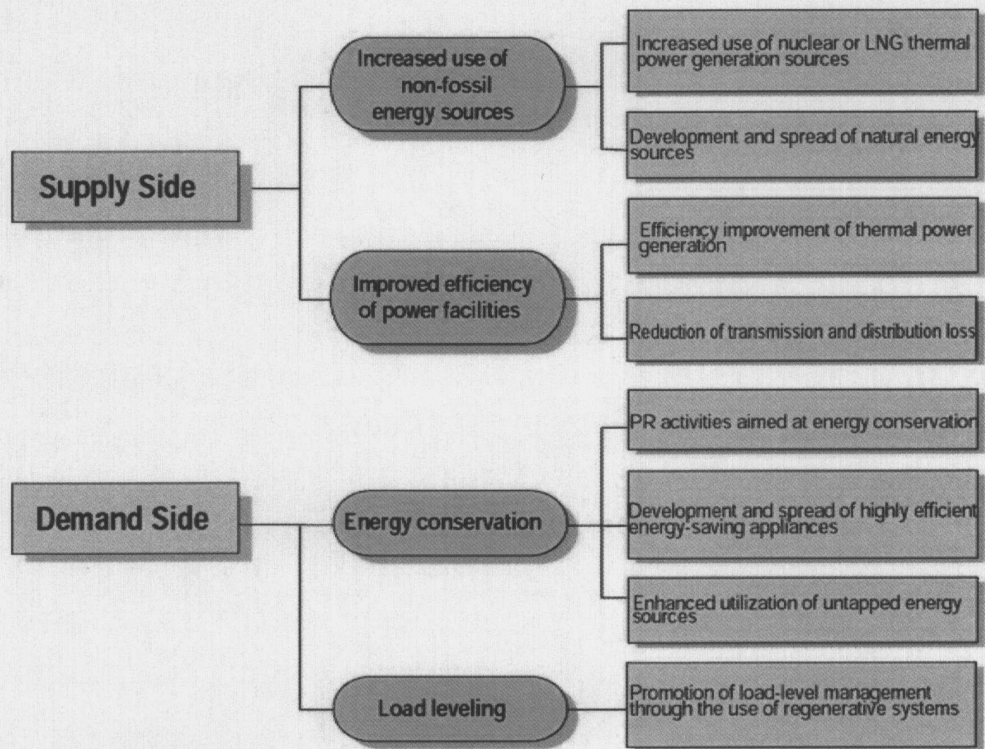


圖 3.1.3-3 日本電力發展策略要點

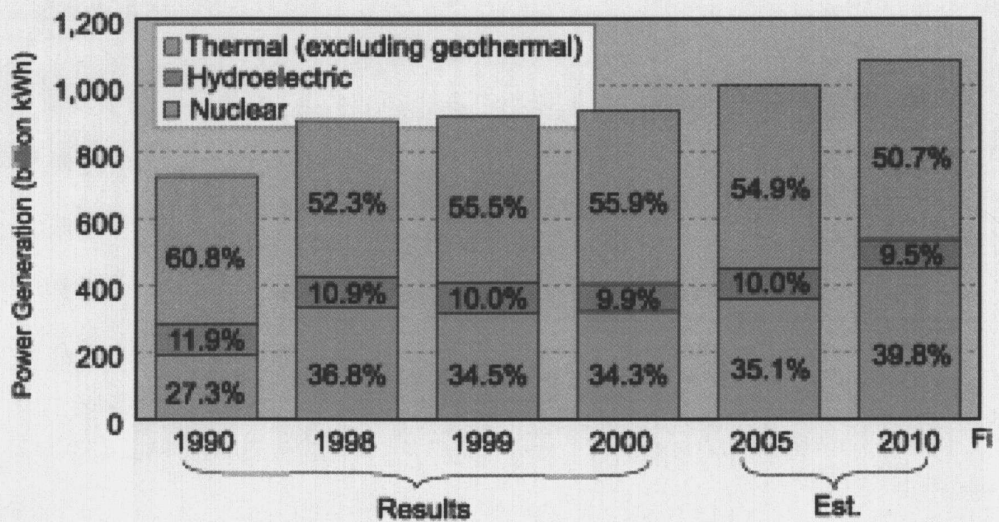


圖 3.1.3-4 日本發電能源配比變動情形

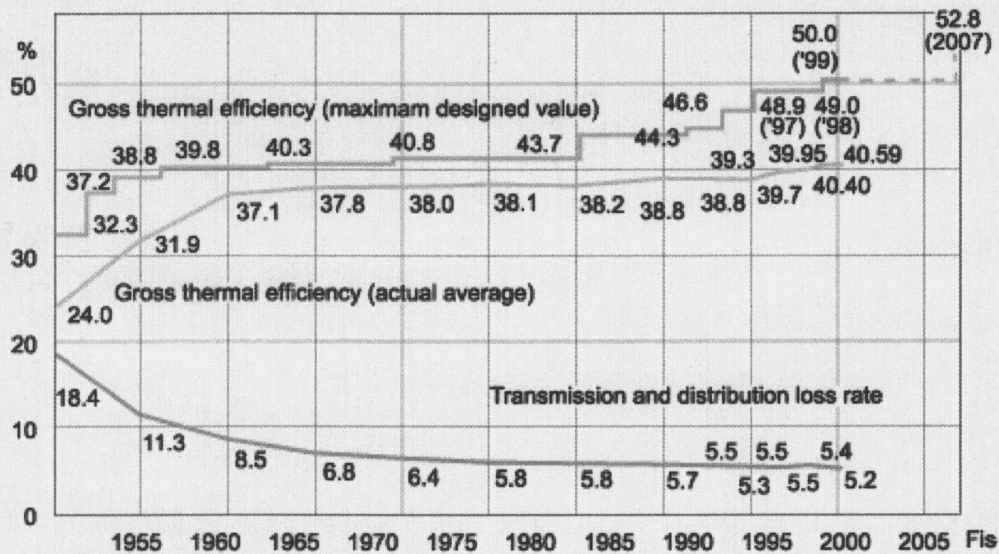


圖 3.1.3-5 日本國內火力發電與輸配電設備運轉效率

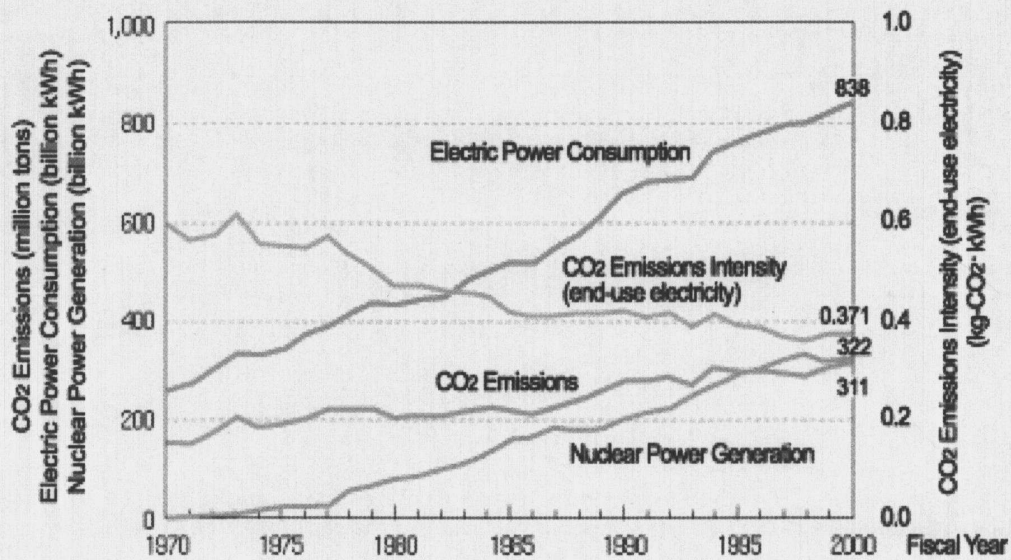


圖 3.1.3-6

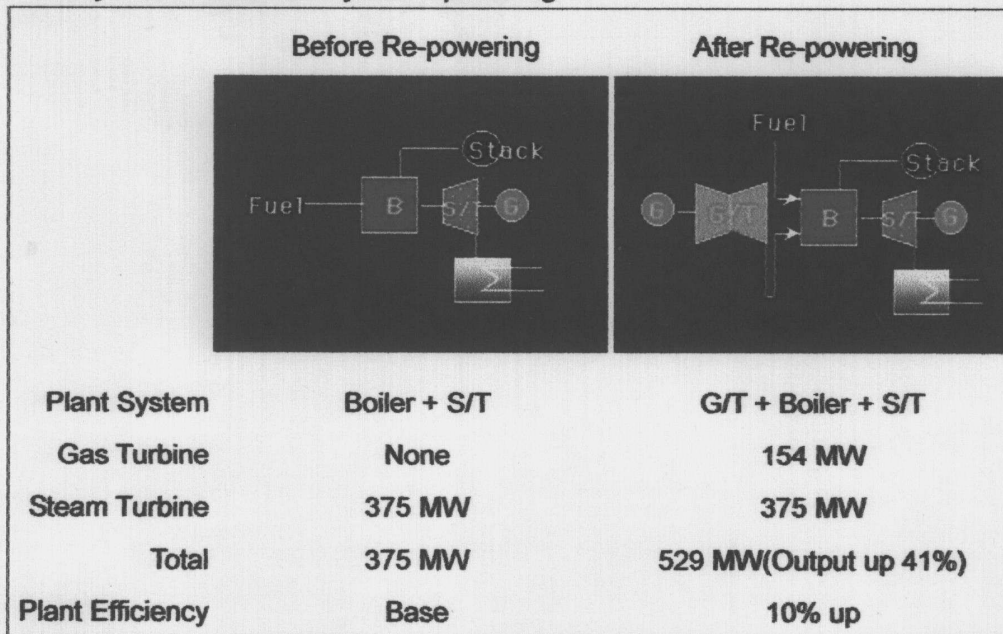
既有火力機組性能提昇技術部份

在前半段有關「日本電業及其火力發電營運概」的座談中曾經談到這些年來日本火力發電機組之平均效率有相當明顯的改善，不過根據 CRIEPI 與會人員的解讀認為，這些發電效率的改善主要是近十多年來新加入系統的火力機組多屬高效率的複循環機組或者超臨界機組所致，既有火力機組性能提昇部份的貢獻相對而言應該較小。因為在日本電力系統中基載的部份一般都由川流式水力、地熱以及核能機組來擔綱，火力機組負擔的部份則多屬中載甚至尖載的一部份，而老舊火力機組在系統運轉中的地位更是微不足道，影響自然不會太大。因此，後半段有關既有火力機組性能提昇部份的座談，CRIEPI 方面也就選擇性的分就更新設備、加強檢修以及優化運轉三部份蒐集一些資訊供我方參考。

更新設備可以說是既有機組性能提昇最有效的方法，而其中又以機組再生（re-powering）以及汽機改善較具代表性。機組再生主要是以汽力機組為對象，以提昇機組的整體出力與效率為著眼，而再生方式一般又有兩種選擇，像日本三菱公司在 1993、1995 年分別完成的兩項個案就是其中相當典型的例子（詳見圖 3.1.3-7）。至於汽機改善方面則多以蒸汽通道的相關組件為對象，以降低汽機內部蒸汽通道的能量損失為主要考量，像更新閘門、噴嘴、葉片乃至整個轉子等都是可能的改善方式，事實上本公司在以這些方式從事汽機改善方面也已積有一些經驗。

一部機組在其發電營運的壽齡期間，每隔一段時間都須執行一些必要的檢修工作，以維持機組的運轉性能在一定水準之上，因此，做好檢修工作自然也是提昇既有機組運轉性能的方法之一。根據日方提供的經驗，一個好的檢修計畫至少應包含定期檢查、細部檢查、壽命評估以及修復改善等幾個項目（參見圖 3.1.3-8）。當然，這些綱要性項目的背後還各自包含相當多的檢測、評估以及修護技術，因此，所

1. Fully Fired Combined Cycle Re powering



2. Heat Recovery Combined Cycle Re powering

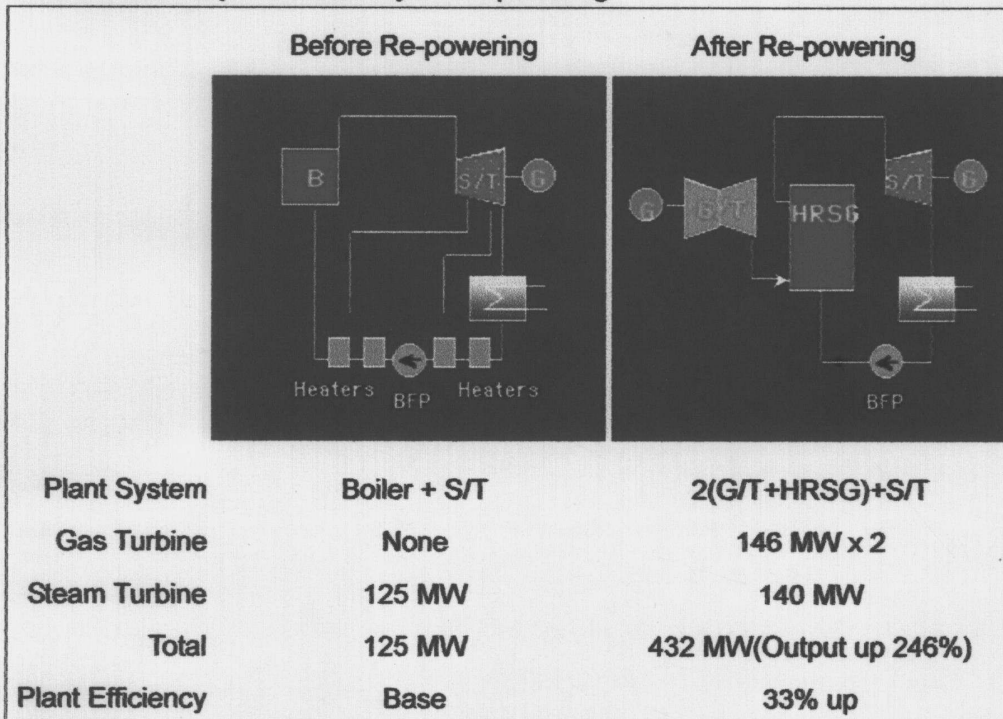


圖 3.1.3-7 典型汽力機組再生方式

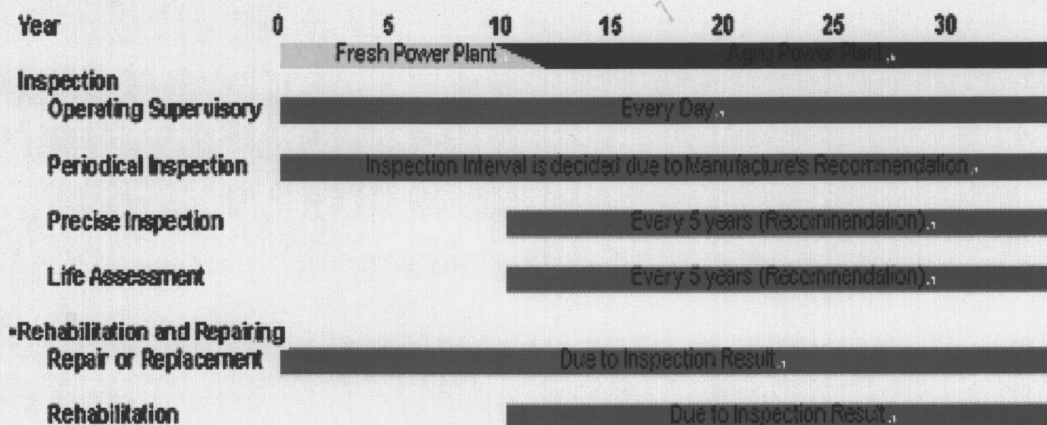


圖 3.1.3-8 典型發電機組檢修計畫

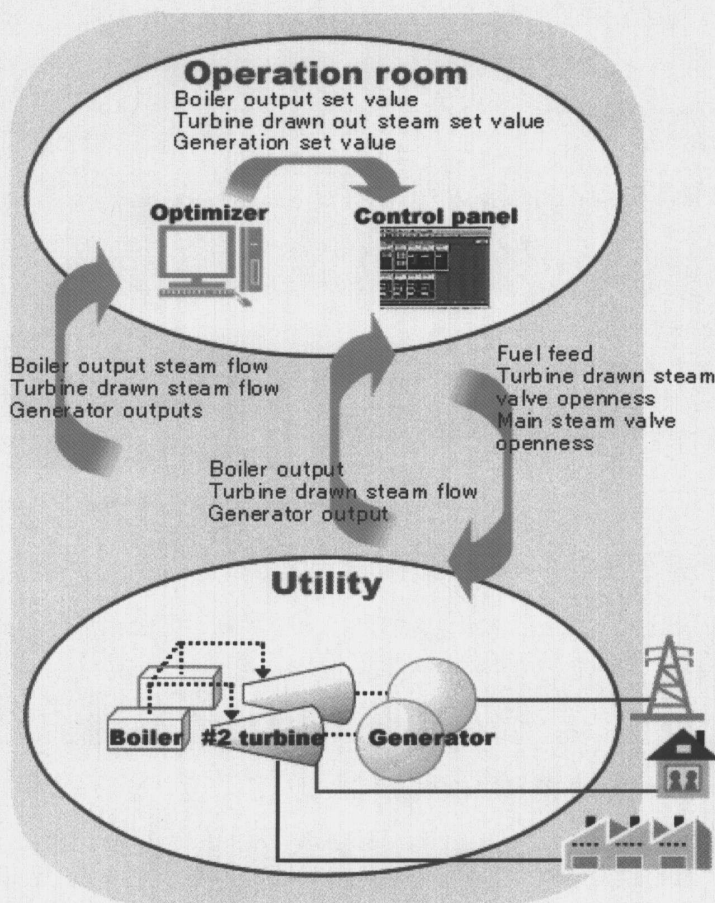


圖 3.1.3-9 發電機組運轉優化系統

謂做好檢修工作，除了強化機組的檢修計畫之外，自然也包括各項檢修技術之精進。

絕大部份的基載甚至中載機組終其一生有 80% 以上的時間全都處在運轉狀態，因此，隨時保持這些機組一直都在最佳狀態下運轉，亦即優化運轉，自是提昇機組運轉性能最直接的辦法。不過發電機組的運轉性能與操作參數間的相互關係相當複雜，運轉人員不易全憑直覺長期維持機組運轉於最佳狀態，是故新設機組的控制系統大多附有基本的監視/分析軟體，以協助運轉人員儘可能達到優化運轉的目的。近幾年來，由於資訊技術的蓬勃發展，部份廠商也針對既有機組性能提昇之需要推出一些外加的優化運轉軟體系統，小自操控單一設備(如鍋爐)大至掌管多部機組的優化系統都有，圖 3.1.3-9 所示就是一個多部機組優化系統的示意架構。

3.2. 考察四國總合研究所

十二月九日及十日兩天的考察行程主要係以四國總合研究所 (SRI) 為對象，在 SRI 人員精心安排下，這兩天的考察活動大致包括三部份：

- (1) 拜訪 SRI 所本部並參觀所內重要研究設施
- (2) 座談既有火力機組性能提昇技術
- (3) 參訪西條火力發電廠

茲摘述如下：

3.2.1. 拜訪 SRI 所本部並參觀所內重要研究設施

十二月九日上午，在 Mr. Masaoka 的陪同下，首先拜訪位於四國地區高松市的 SRI 所本部。

根據拜會過程中 SRI 方面所作的簡報與說明了解，SRI 的前身原是四國電力公司的一個研究部門，後來為期營運上能有更寬廣的揮灑空間，乃在 1987 年脫離四國電力公司轉型而為獨立的公司法人。SRI 目前擁有 12 個一級單位 (詳見圖 3.2.1-1)，141 位從業人員。

結束所本部的拜會行程之後，在 SRI 人員引導下，隨即進行所內設施的參觀活動，為免整個參觀行程毫無聚焦，SRI 特別安排幾個項目做重點介紹。

PEM 水電解加氫站

為了促進氫能的應用以及評估氫能應用的可行性，自 FY2000 年開始 SRI 即參與一項由日本通產省轄下之 NEDO 組織所主導的大型氫能應用研究計畫 (亦即 WE-NET Project)，並且負責 Task 7 也就是加氫站的測試評估工作 (詳見圖 3.2.1-5)。為此，SRI 於其所內設置了一座實驗性的 PEM 水電解加氫站，該加氫站主要由一組水電解的製



圖 3.2.1-1 SRI 組織結構

氫系統、一組儲氫合金的儲氫、加氫系統以及一組高壓氫氣的儲氫、加氫系統所組成（詳見圖 3.2.1-6），其中各子系統的重要諸元示如表 3.2.1-1、表 3.2.1-2 及表 3.2.1-3。

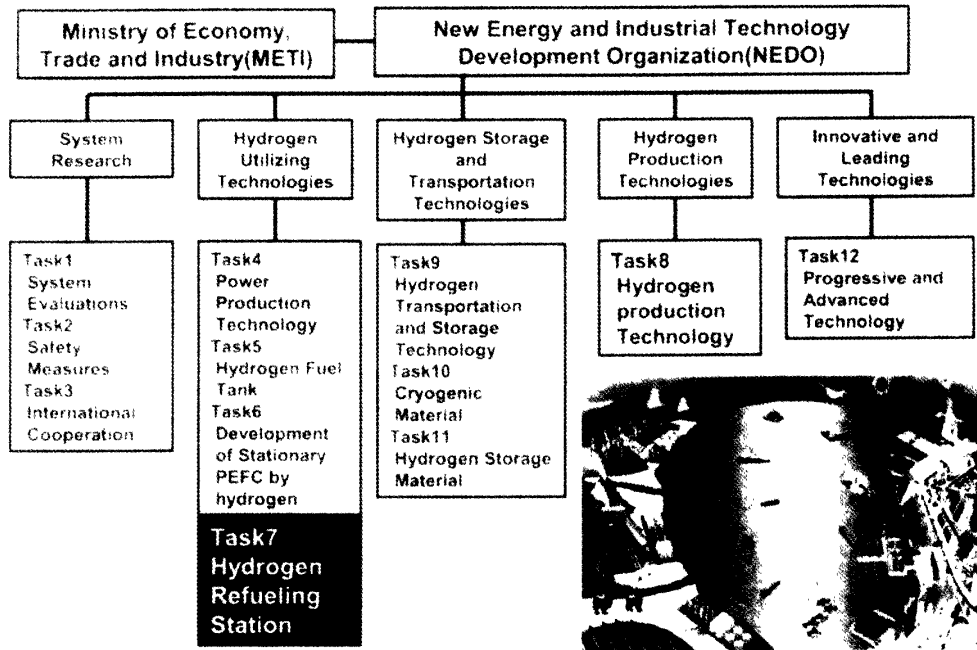


圖 3.2.1-5 NEDO 之 WE-NET Project

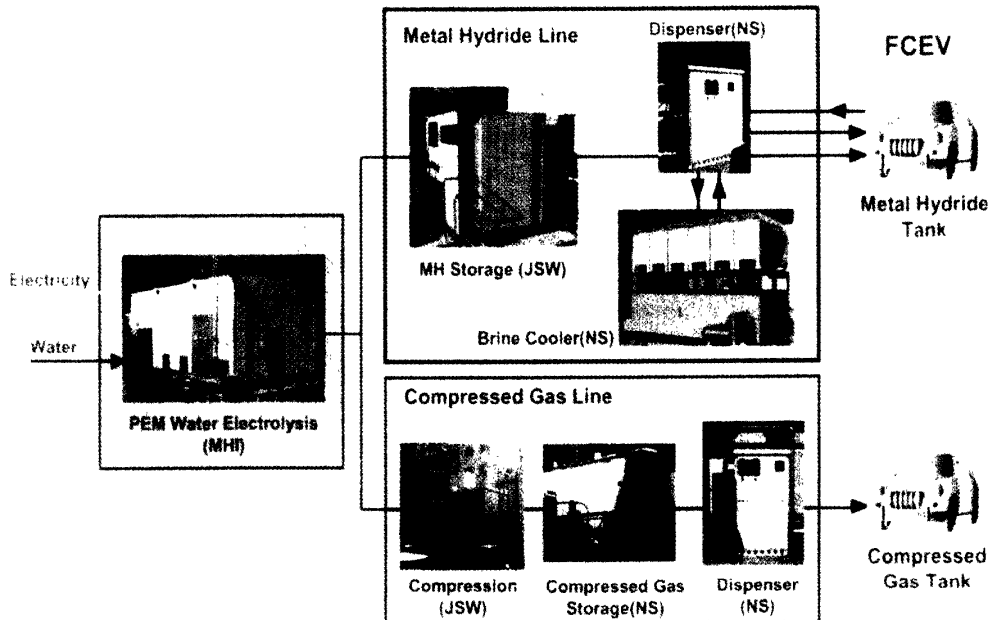


圖 3.2.1-6 SRI 加氫站系統架構

表 3.2.1-1 加氫站水電解製氫系統重要諸元

Item	Specification	Note
Production Volume	30Nm ³ /h at 1.5A/cm ²	
	20Nm ³ /h at 1.0A/cm ²	
Properties	Dew Point :Less than -60℃	Using Dehumidifier
	Pressure : 0.5MPaG	
	Temperature :About 30℃	
	Oxygen : Less than 10ppm	
	Nitrogen : Less than 1,000ppm	
Cell	1,000cm ² , 50Cells Stacking	
DC Power Supply	1,600A x 100V	

表 3.2.1-2 加氫站儲氫合金儲氫、加氫系統重要諸元

Item	Specification	Note
MH Storage	Absorbed Volume : 30Nm ³ Pressure : 0.5MPaG Velocity : 30Nm ³ /h Coolant Temperature : 34℃ Gas Properties H ₂ :More than 99.99%O ₂ : Less than10ppm Dew Point:Less than -60℃	Per 1 Set of MH Tank
	Released Volume :30Nm ³ Pressure:0.9MPaG Velocity:25Nm ³ /10min Hot Water Temperature:80℃ Gas Properties :H ₂ More than 99.99%	Per 1 Set of MH Tank
Dispenser	Refuelling Velocity:25Nm ³ /10min Refuelling Pressure: Less than 1MPaG Refuelling Meter:Mass Flow Hose: Rubber made(hydrogen: φ13.8 Brine: φ42.7) Coupling:Diverted LPGV's Coupling	
Brine Cooler	Air Cooling Cooling Capacity:84KW Circulation Flow Rate:250L/min(max) Feed Temperature: -40~-15℃ variable Pressure:Less than 0.2MPaG	

表 3.2.1-3 加氫站高壓氫氣儲氫、加氫系統重要諸元

Item	Specification		Note
Compression	Suction Pressure	0.5MPaG	
	Discharge Pressure	40MPaG	
	Discharge Temperature	50℃	Coolant Temperature + 15℃
Gas Storage	Volume	3 x 250L Vessels	
	Pressure	40MPaG	
Dispenser	Refueling Velocity	Based on Differential Pressure between Gas Storage and Onboard Tank	
	Refueling Pressure	25MPaG, 35MPaG	
	Refueling Meter	Mass Flow	
	Hose	Resin made(3/8")	
	Coupling	Has Interchangeability with Coupling at CaFCP	

Micro-turbine

為了評估 Micro-turbine 實際應用的可行性，SRI 於其所內設置了一套 Micro-turbine 的實驗系統，該項實驗系統主要由一組美國 Capstone 公司出品的 29kW 單軸再生型 Micro-turbine (其重要諸元列如表 3.2.1-4)、一組吸收式冰溫水機以及一組空調系統模擬熱交換器所組成 (詳見圖 3.2.1-10)。迄目前為止，此一實驗系統的累積發電時間已經達到 9,950 小時，累積發電量 228,266kWh。

表 3.2.1-4 SRI 實驗系統 Micro-turbine 重要諸元

額定出力 (15 ⁰ C)	29kW
使用燃料	煤油、輕油
發電效率 (LHV, 15 ⁰ C)	26%
額定電壓	AC400~800V, 3 相, 50/60 Hz
額定轉速	96,000 rpm
機組尺寸	1.9m(H)x0.8m(W)x1.5m(D)
NO _x 排放濃度 (15% O ₂)	35 ppm
噪音值 (10m)	65 dB



圖 3.2.1-7 SRI Micro-turbine 實驗系統

3.2.2. 座談既有火力機組性能提昇技術

依照 SRI 方面的安排，十二月九日下午即續留所本部與該所能源研究部門的相關人員就「既有火力機組性能提昇技術」進行座談，並以日方人員事先準備的「汽機效率改善技術」相關資料作為整個座談的參考議題。根據日方提供的資訊，汽機效率的改善方向主要都在降低蒸汽通道相關組件的能量損失，而其做法大致包括「引進新技術」及「加強維修作業」兩部份，茲簡要說明如表 3.2.2-1。

表 3.2.2-1 汽機效率改善方法

	對象／方法	說明	效率改善幅度	
引進新技術	動葉片	balanced blade	改善動葉前緣角度	0.24%
		advanced blade	改善動葉軸向曲度	
		Improved tenon	改善 tenon 設計	
	靜葉片	SCLHICT nozzle	改善靜葉翼形設計	0.73%
		Controlled-v noz.	改善靜葉翼尖後緣角度	
		advanced nozzle	改善靜葉軸向曲度	
		Multi-fin seal	改善 fin seal 設計	
加強維修	調整 shaft packing 間隙		0.31%	
	調整 diaphragm packing 間隙		0.20%	
	調整 radial fin 間隙		0.39%	
	調整 shaft packing 間隙		0.24%	
效率改善幅度總計（相對值）			2.11%	

3.2.3. 參訪西條火力發電廠

十二月十日，在 SRI 人員安排與引導下前往四國電力公司的西條火力發電廠參訪。

西條電廠位在四國北部愛媛縣的西條市，廠區佔地 30.8 公頃，目前裝有兩部汽力機組，總裝置容量 406MW，各別機組的基本資料列如表 3.2.3-1。

表 3.2.3-1 西條火力電廠發電機組基本資料

機組別	裝置容量 (MW)	主要設備製造廠家		商轉時間
		鍋 爐	汽輪發電機	
一號機	156	三菱重工	東 芝	1965 年 11 月
二號機	250	石川島播磨 重 工	日 立	1970 年 06 月

西條電廠這兩部機原先都是燃油的設計，能源危機發生之後由於油價大幅上漲，因此才在 1983、1984 年左右分別加裝燃煤設備而轉換成為油、煤兩燒的機組，目前營運上除非有特殊情況一般都以燃煤運轉。

西條電廠發電所需的燃煤全部依賴進口，不過運輸上由產煤國越洋運煤的大型煤輪必須先在廣島的煤運中心靠泊卸貨，並在該地完成混拌處理後，再由駁船轉運至電廠使用，因此，廠內設有一座駁船碼頭以及一部斗輪式卸煤機，此外，廠內還設有 3 座室內煤倉，容量足夠儲存電廠 10 天滿載運轉所需的燃煤。

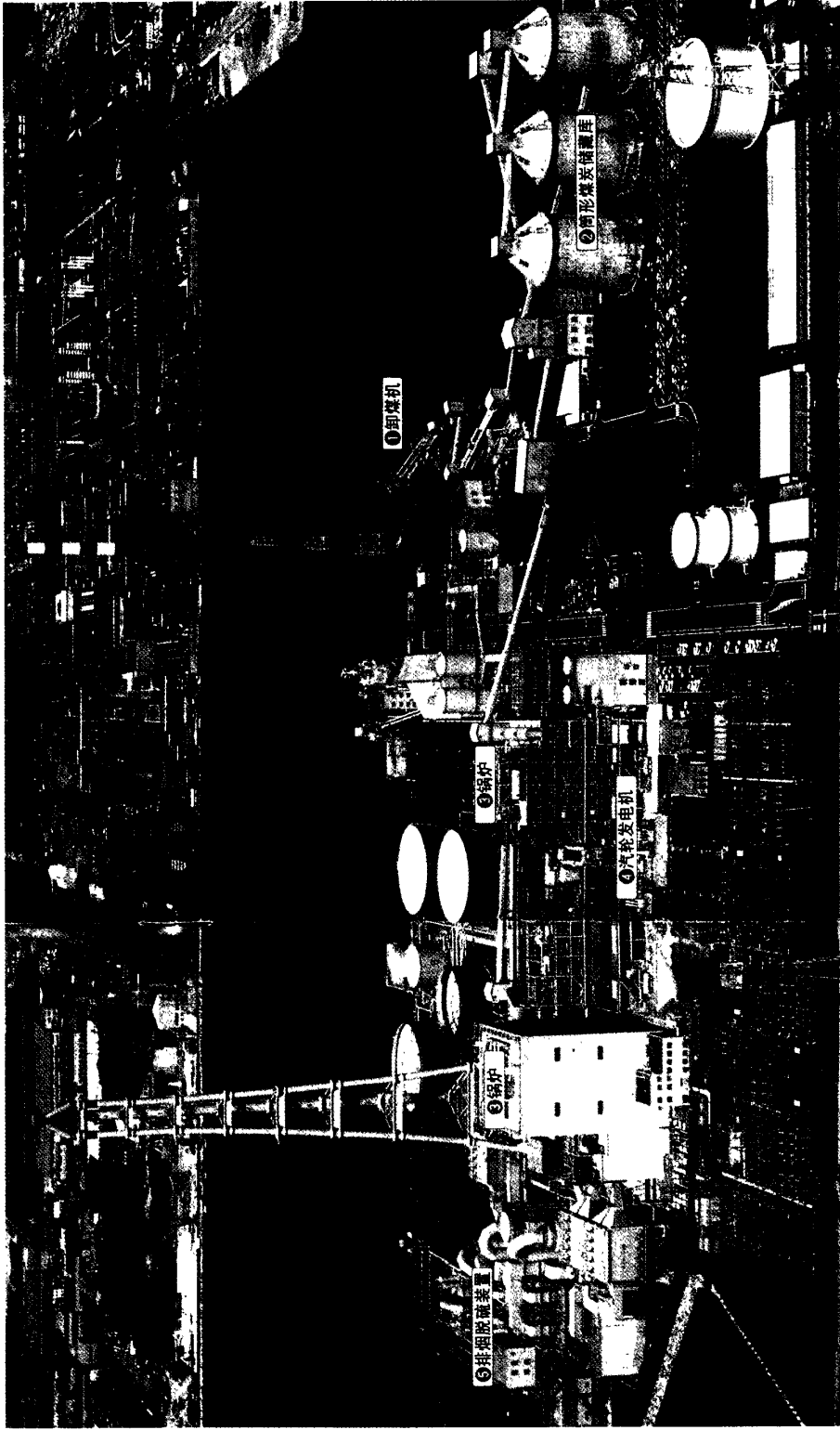


圖 3.2.3-1 四國電力公司西條火力電廠

4. 結 語

本人此行以一星期多一點的時間考察日本電力中央研究所以及四國總合研究所兩機構，就「既有火力機組性能提昇技術」有關日本方面的做法及成效分別向兩所研究人員當面討教，此外，在主方安排下，也趁便分別參訪了兩所的部份研究設施，茲將此行感想條列如后以為結語。

- 1、日本由於自產能源相當貧乏而且極度依賴對外貿易，因此長期以來「供應安全」與「環境保護」一直是其能源開發上的首要考量，而「能源多元化」與「提高能源效率」則為實踐該項考量所採取的重要策略。就以電力產業為例，在上述策略導引下，這些年來日本電力的能源分配逐漸朝向火力、核能以及水力及其他三部份鼎足而立的的方向發展，而 FY2000 年火力發電的平均效率也超過 40%，在 OECD 國家中名列前茅。日本能有今天的成就，政府長期明確的能源政策應居首功，就這一點而言，值得我們深思與借鏡。
- 2、既有火力機組性能提昇技術範圍相當廣泛，但大致可以分成更新設備、加強檢修以及優化運轉三部份，其中更新設備部份，大都須由合格的設備製造廠家來執行，至於加強檢修與優化運轉部份，則可視情況由電業本身、專業廠商或設備廠商來辦理。此行拜訪的 SRI 或 CRIEPI 均屬研究機構，過去雖然都曾從事既有火力機組性能提昇技術相關的研究，惟大都偏向機組性能評估或診斷技術之研發，鮮少涉及實際機組之改善實務，因此，未來似可考慮進一步考察具有實際經驗的同業（電力公司），以擴大經驗蒐集層面。