

出國報告（出國類別：開會）

出席第 20 屆日本電力中央研究所
與本公司技術合作交流年會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：費昌仁 所 長
涂世達 主 任
彭士開 主 任
楊金石 主 任
史文龍 主 任

派赴國家：日本

出國期間：97 年 12 月 16 日~19 日

報告日期：98 年 2 月 4 日

出國報告審核表

出國報告名稱：出席第 20 屆日本電力中央研究所與本公司技術合作交流年會		
出國人姓名(2 人以上，以 1 人為代表)	職稱	服務單位
費昌仁	綜合研究所所長	台灣電力公司
出國期間：97 年 12 月 16 日至 97 年 12 月 19 日		報告繳交日期：98 年 2 月 4 日
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 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input checked="" 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"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 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. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會 (說明會) ，與同人進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 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"/> 2. 退回補正，原因： _____ <input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見：	

說明：

- 一、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」。
- 二、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。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

	單位	主管處	總經理
報告人	主管	主 管	副總經理

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

出席第 20 屆日本電力中央研究所與本公司技術合作交流年會

頁數 50 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：

費昌仁/台灣電力公司/綜合研究所/所 長/2360-1001

涂世達/台灣電力公司/綜合研究所/主 任/2360-1170

彭士開/台灣電力公司/綜合研究所/主 任/8078-2221

楊金石/台灣電力公司/綜合研究所/主 任/8078-2269

史文龍/台灣電力公司/綜合研究所/主 任/8078-2231

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會

出國期間：97 年 12 月 16 日~19 日 出國地區：日本

報告日期：98 年 2 月 4 日

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

本次出國目的主要為出席第 20 屆日本電力中央研究所與本公司技術合作交流年會並參訪相關研究設施。日本電力中央研究所近年來其研究領域計分為 5 類：1.核能技術、2.前瞻性維護技術、3.環境與創新技術、4.能源最佳化利用技術、5.社會與經營風險管理。另於 2006 年亦設立智財權與技術證照中心，積極推動研發成果智財權及專業技術證照的取得，充分落實研發成果的應用。在技術議題討論方面，著重於變壓器在資產管理之風險評估、二氧化碳之攫取與儲存及智慧型電網等相關議題。此外，亦特別安排參訪淨煤發電廠(IGCC)示範研究設備，相信對本公司未來擬訂短、中、長程研發方向及重點內容之規劃將有相當助益。

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

目 錄

	頁次
壹、前言 -----	1
貳、出國行程及工作概要 -----	1
參、出席日本電力中央研究所與本公司技術交流年會	
一、日本電力中央研究所之背景說明 -----	2
二、年會內容記要 -----	5
三、技術議題討論 -----	10
肆、參訪淨煤發電廠（IGCC）示範研究設備 -----	42
伍、心得與建議 -----	50

壹、前 言

為促進本公司與日本電業研究機構之技術交流，以不斷獲取研發新知和提升本公司研發能力，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，並視雙方需要進行資料交換、人員互訪和邀請專家指導等相關交流活動，獲益良多。

本公司今年與日本 CRIEPI 之第 20 屆年會將輪由日方舉辦，我方擬由綜研所費所長昌仁率團出席，成員包括研發室涂主任世達、高壓室彭主任士開、電力室楊主任金石及化環室史主任文龍。年會中雙方除檢討過去一年來研究成果和討論未來進一步合作事項外，本公司亦提出 3 個議題向日方請教，日方亦針對上述議題之研發重點和成果提出經驗交流。

綜上所述，此次派員赴日開會和進行相關交流活動，對本公司未來擬訂短、中、長程研發方向及重點內容之規劃將有相當助益。

貳、出國行程及工作概要

日 期	活 動	備註
12/16 (二)	台北→東京	
12/17 (三)	出席第 20 屆技術交流合作年會	
12/18 (四)	參訪淨煤發電廠 (IGCC) 示範研究設備	
12/19 (五)	東京→台北	

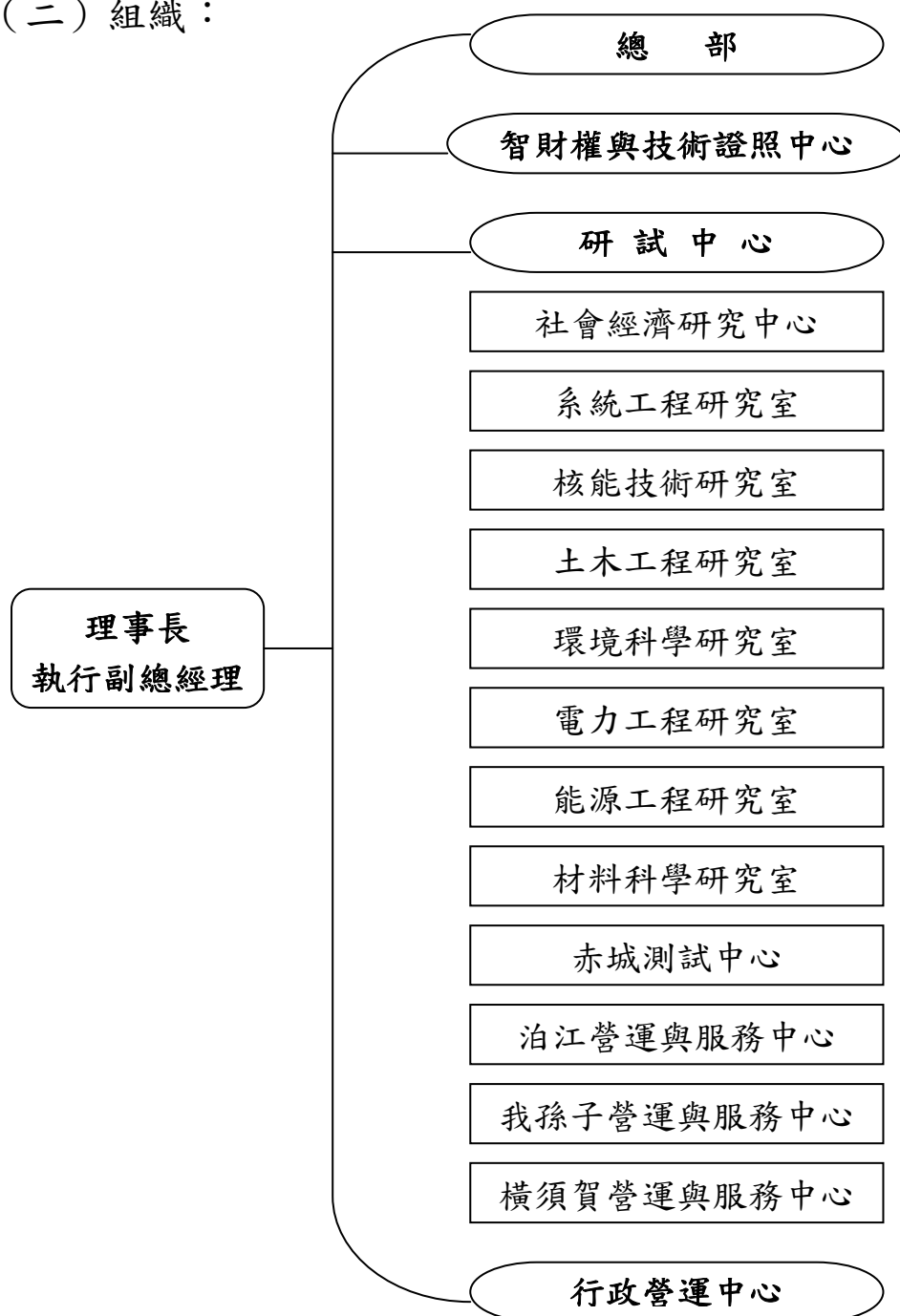
參、出席日本電力中央研究所與本公司技術交流年會

一、日本電力中央研究所之背景說明

(一) 背景：

日本電力中央研究所（CRIEPI）成立於 1951 年，為財團法人組織，研發經費來源主要由 10 家電力公司年營收移撥千分之二作為基金，其餘款項則來自政府委託研究經費。

(二) 組織：



(三) 預算、人力及執行計畫數：

1.總預算 337 億日元 (2008 年)

日本 10 家電力公司移撥經費 270 億日元，佔 80% ，
政府委託研究經費 67 億日元，佔 20% 。

2.員工人數總計 793 人 (2008 年)

研究人員 698 人 (博士 329 人)

行政人員 95 人

3.研究計畫共執行 544 件 (2007 年)

前瞻與基礎研究 363 件

應用及發展研究 181 件

(四) 研究領域與目標：

CRIEPI 致力於解決電力工業與社區團體有關能源方面的問題，其主要目的在降低成本及確保可靠度、創造整體性能源服務及促進能源與環境之和諧，目前涵蓋下列 10 大領域：

- | | |
|-------------|----------|
| ■ 社會經濟 | ■ 環境 |
| ■ 顧客相關之能源服務 | ■ 電力輸送 |
| ■ 核能 | ■ 火力發電 |
| ■ 新能源 | ■ 資訊與通訊 |
| ■ 電力設施建造 | ■ 先進基層技術 |

(五) 2008 年 CRIEPI 的研究發展依需求共分為下列 2 大主軸：

1. 提供實際業務解決需求之研究計畫

- (1) 核能技術
- (2) 前瞻維護技術
- (3) 環境與創新技術
- (4) 能源最佳化利用技術
- (5) 社會與業務風險管理

2. 支援實際業務活動之基礎研究

- (1) 核能
- (2) 前瞻基礎技術
- (3) 電力傳輸
- (4) 資訊與電信
- (5) 化石燃料電廠
- (6) 環境
- (7) 消費者能源服務
- (8) 新能源
- (9) 社會經濟的政策
- (10) 結構與電力設施之保護

二、年會內容記要

(一) CRIEPI 為本 (20) 屆年會之地主，年會主持人高級助理副總 Dr. Shirabe Akita 除致詞歡迎本公司代表團出席本屆會議外，對雙方過去多年的合作關係表示滿意與肯定。此外針對「二氧化碳地質封存場址篩選」的合約簽訂，CRIEPI 也答應於 98 年 3 月底前完成。

本公司代表費所長則對日方安排的費心深表謝意，致詞中亦提及全球面臨經濟不景氣的年代，世界各國電力公司應深切思考如何降低成本之嚴肅議題，希望日方能深入進行探討及研究。針對本次會議討論專題均為本公司目前亟待需要解決之題目，希望藉此機會參考 CRIEPI 的經驗，以尋求較佳解決方案。

雙方代表相互介紹出席人員，CRIEPI 參加人員包括國際合作室部長 Mr. Okabe、電力工程研究室 Dr. Okamoto、研究專家 Mr. Hiyoshi、資訊系統工程研究室 Dr. Serizawa、土木工程研究室及高級研究員 Dr. Yoshih，在各項專題報告及研討中互相討論及交換意見。

(二) 雙方研究活動介紹：

雙方分別介紹 2007 年度完成之研究成果及 2008 年正進行之研究重點。

(三) 技術議題討論：

1. Risk Evaluation of Power Transformer

-Development of Asset Management Decision Support Tools
(Dr. Okamoto)

-Risk Evaluation of Power Transformer: Risk evaluation technologies for electric power substation equipment

focusing on the earthquake risk (Dr. Shumuta)

-Risk Evaluation of Power Transformer (Mr. Peng)

2. CCS

-A computational estimation of CO₂ migration injected into a reservoir (Mr. Suenaga)

-The ongoing researches of Carbon Capture Tech at Chemistry & Environment Lab (Dr. Shih)

3. Smart Grid

-The Smart Grid: Infrastructure Strategy for Energy Saving and Low Carbon Emission in Taiwan (Dr. Yang)

-The current status of the CRIEPI's TIPS project (Dr. Serizawa)

(四) 檢討第 19 屆年會主要結論辦理情形：

1. From the presentation and discussion, there are at least three topics could be further discussed and cooperated for both parties, they are Smart Grid, Asset Management and CO₂ Storage.

(1) 電力室 Smart Grid & Asset Mgt：

關於 Smart Grid 後續之交流如後面第 4 項與第 8 項說明，另其中 Asset Management 項目，CRIEPI 之栗原博士介紹岡本博士於 97.4.9 來台研討，並獲資料交換共識。

(2) CO₂ Storage：

有關「二氧化碳地質封存場址篩選」(Joint Research Agreement on Site Selection for Carbon Dioxide Geological Storage)的合約簽訂，CRIEPI 於 97/12/12 來

Email，無法應本所要求，於第 20 屆年會中簽約，不過，CRIEPI 將積極與其智財權部門溝通，希望能於明(2009)年 3 月間簽約。

2. For the technology transfer, TPC would appreciate it if CRIEPI can offer the computer models for evaluating the suitability candidate sites for CO₂ Storage.

美國能源局已同議賣我方 TOUGH2 電腦軟體，本所正積極採購中。本所亦已派員前往美國勞倫斯國家實驗室接受 TOUGH2 電腦軟體訓練。

3. Asset Management is very important for TPC in the future, especially in power transformer diagnosis, it could be the major cooperative item for both parties.

高壓室已準備本公司部份變壓器故障統計資料，供電中研模擬分析，彭主任亦會帶往年會中進行討論。

4. The development of Micro Grid is also TPC's major work, TPC hopes to have more information and technology exchange in the future.

已於 97.4.24 前往 CRIEPI 赤城測試中心觀摩研討 Micro Grid，CRIEPI 由栗原博士 (Dr. Kurihara) 及小林博士(Dr. Kobayashi)接待簡報與導覽，並將持續進行資料與技術之交流。

5. TPC will continue working on the research of microalgae, and TPC appreciates the recommendation of CRIEPI not to use it for fuels due to the cost consideration.

目前 TPC 從事微藻固碳研究，並將藻體利用於發展高經

濟價值為主之生技產品。

6. Regarding the two-day lecture on CFD in December 2005, TPC hopes to have further cooperation or transfer the computer codes, such as the models for predicting the flow field of the candidate wind power sites, if possible.

經與 CRIEPI Mr. Hayashida 聯絡並獲其回音(01/24/08), 惟反應頗為冷淡, 預計可能性不高, 另由於主動權非在我方, 無法預估完成時間, 作罷。

7. CRIEPI is conducting a study on residual life assessment of used GT blades and is interested in TPC's experiences in refurbishment of used GT blades, TPC is willing to share its experiences in this area with CRIEPI.

本所已於 97 年 7 月 1 日郵寄 CRIEPI 葉片再生發表文章 2 篇及再生經驗分享資料 1 篇, 提供作為參考。

8. An international symposium on Smart Grid will be held and hosted by TPC in Taipei on January 30, 2008, TPC sincerely would like to invite CRIEPI's experts as the topic speaker.

CRIEPI 栗原博士 (Dr. Kurihara) 已受邀, 並於 2008 年 1 月 30 日之 Smart Grid 國際研討會演講。

(五) 資料交換：

CRIEPI 提供本公司參考資料包括：

1. 2007 年日文研究報告 288 冊及英文研究報告 4 冊。
2. 2008 年日文研究報告 200 冊及英文研究報告 2 冊。
3. 2007 年研究年報 1 冊。

(六) 討論未來合作研究之議題：

1. 二氧化碳捕捉與封存

- 有關「二氧化碳地質封存場址篩選」的合約簽訂，預定於 98 年 1 月底前完成。
- 未來雙方同意針對「二氧化碳地質封存場址篩選 TOUGH2 評估軟體」進行 Data、結果及心得經驗交流。

2. 變壓器的資產管理

- 台電將提供變壓器的風險評估經驗，供 CRIEPI 參考。
- 擴大對「氣封斷路器資產管理」議題進行資訊交流。

3. 智慧型電網

- CRIEPI 同意提供台電日本 Smart Grid 最新的發展資料。
- 台電同意提供 CRIEPI 本公司通訊協定準則。

4. 核能相關研究

- CRIEPI 希望將核能相關研究納入雙方合作範疇，若本公司同意，希望以雙方最迫切需要之議題為優先考量。

5. 視訊會議

6. 部分放電技術之應用

- CRIEPI 已建立各類別部份放電的故障形式之相關資料，也累積多年經驗，可提供台電。

7. 材料之研究

- 雙方擴大金屬材料方面技術交流議題，包括：汽機轉子、汽渦輪機葉片、燃燒室、鍋爐爐管(USC 鍋爐)等。

8. 社會與經營管理

(七) 下屆技術交流年會之安排：

第 21 屆技術交流年會輪由 TPC 主辦，日期約在 2009 年 11 月間，屆時由 CRIEPI 提出正式時程。

三、技術議題討論

(一) 資產管理部分

在資產管理 (Asset Management) 技術交流的課題方面，首先由日本電力中央研究所(CRIEPI)電力工程研究所的研究參事岡本達希博士 (Dr. Tatsushi Okamoto)，簡報該所開發的「資產管理決策支援工具」(Development of Asset management Support Tools)，並由土木工程研究所上席研究員朱牟田善治博士 (Dr. Yoshiharu Shumuta) 簡報「地震對變電設備之衝擊風險評估」，(Risk evaluation technologies for electric power substation equipment focusing on Earthquake risk)。然後由本公司綜合研究所彭主任士開簡報「電力變壓器風險評估」(Risk Evaluation of Power Transformer)。

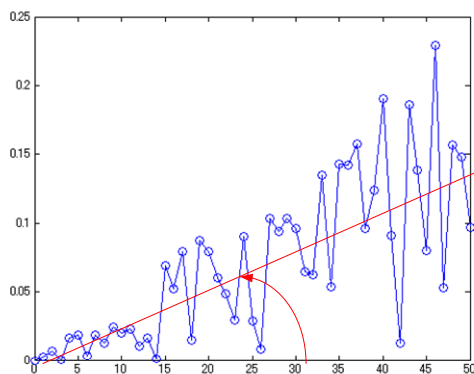
1. 變壓器之資產管理決策支援工具

岡本達希博士的報告的內容包括變壓器及氣封斷路器之資產管理決策支援工具 (分析軟體) 兩部分，首先說明電業受到自由化之衝擊，企業股東要求，運轉維護權責單位則以延長設備之經濟壽命或以延緩更新投資已達到降低成本之目的，然而設備仍需維持在某一程度之可靠度，因此電力中央研究所該項決策支援工具，考慮檢修效應與故障費用檢討大修時機求得最低之累積維護費用。

依據電業維護資料 (如下圖)，假設每年維護費用 C 與服務年限 y 成正比

$$C = \beta \cdot y \quad (1)$$

式中 β 為比例常數， C 則以設備初始購置費用值加以常態化。



則服務至 y 年後，其累積之維護費用 C_m 為

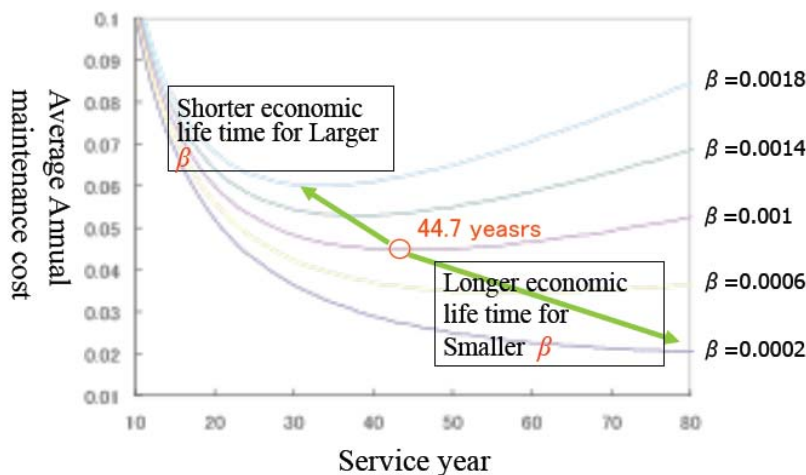
$$C_m = \int \beta \cdot y \cdot dy = \beta \cdot y^2 / 2 \quad (2)$$

包括更換之所有維護費為 $1 + C_m$ ，因此若該設備於服務 y 年後更新，則每年平均維護費 C_a 為

$$\begin{aligned} C_a &= (1 + C_m) / y = (1 + \beta \cdot y^2 / 2) / y \\ &= 1/y + (\beta / 2) \cdot y \end{aligned} \quad (3)$$

由式(3)，令 $d(C_a)/dt=0$ ，可導出最佳新時機 y_c

$$y_c = \sqrt{2/\beta} \quad (4)$$

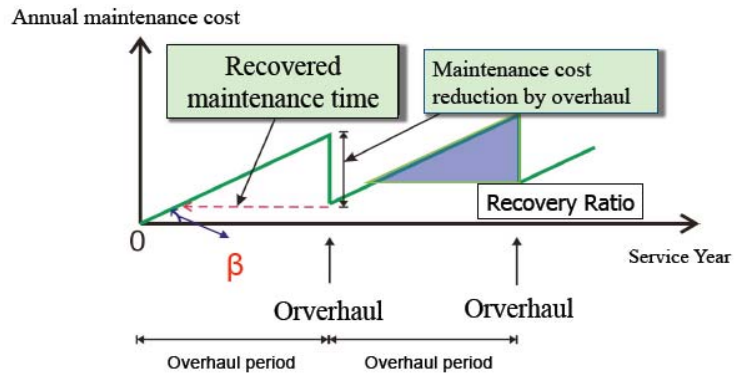


由式(4)，代入不同之 β 繪得如上圖，設備之經濟壽命與比例常數 β 成反比。

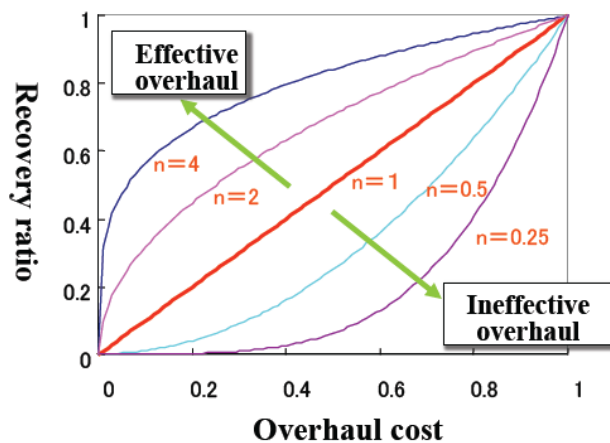
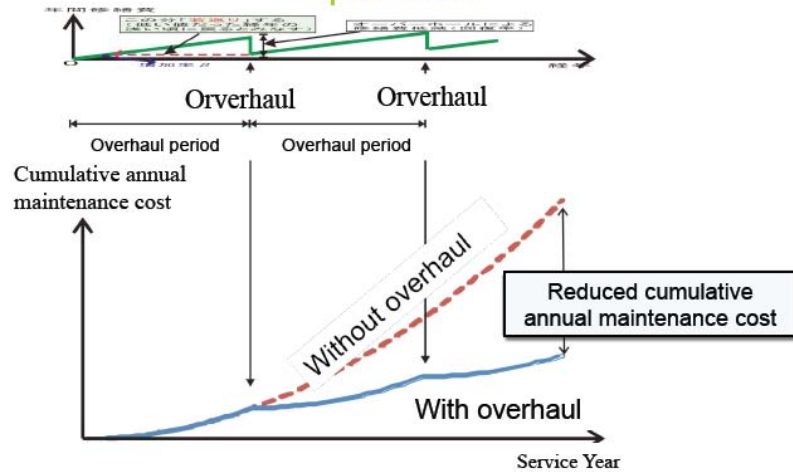
該決策支援工具(分析軟體)考慮檢修效應與故障費用，設備每年維護費用將隨大修後之恢復率而減少，恢復指標 n 定義為

$$\text{恢復率} = (\text{大修費用})^{1/n}$$

Maintenance Cost with Overhaul Operation



Maintenance Cost with Overhaul Operation

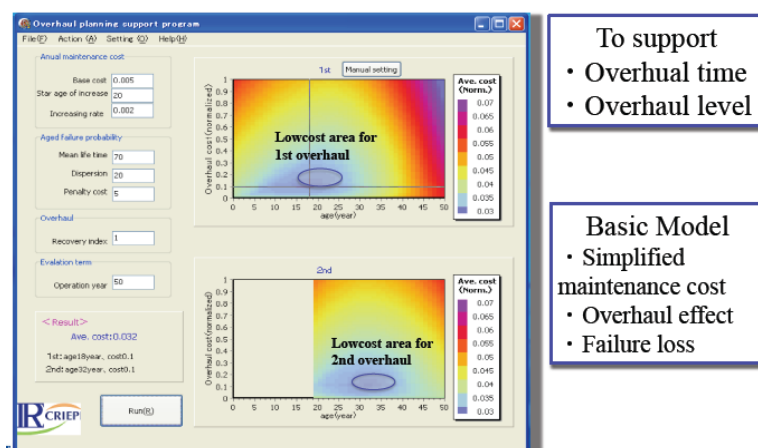


Recovery characteristics is defined by recovery index 'n'

$$\text{Recovery ratio} = (\text{Overhaul cost})^{1/n}$$

該決策支援工具(分析軟體)由使用者輸入 1. 每年維護費用：包括基本費用(每年檢修費用)、檢修費用開始增加之年數(浴盆原理)及其增加率；2. 故障機率資料：包括平均壽命、分散及懲罰費用(故障損失費用)；3. 恢復指標 n 及 4. 運轉年數等 4 項參數即可求得平均維護費用及維護時機。

Decision support program for overhaul planning

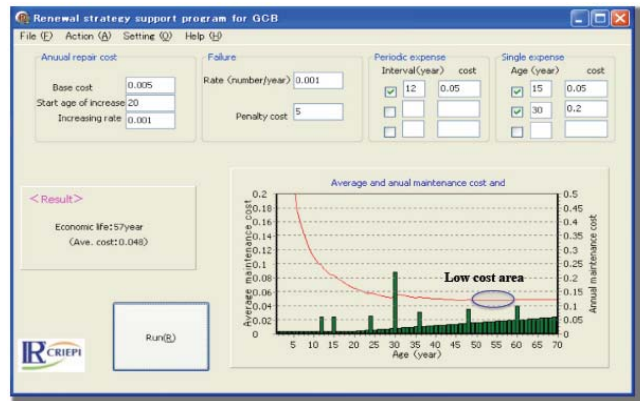


2 氣封斷路器之資產管理決策支援工具

氣封斷路器之維護費概分為四部分：

- (1) 外殼油漆整理費用
- (2) 定期檢修費用
- (3) 法定檢查費用
- (4) 故障之費用

該決策支援工具(分析軟體)由使用者輸入(1)每年維護費用：包括基本費用(每年檢修費用)、檢修費用開始增加之年數(浴盆原理)及其增加率；(2)故障機率資料：包括故障率及懲罰費用(故障損失費用)；(3)定期檢修時機與費用及(4)法定檢查時機與費用等 4 項參數即可求得平均維護費用及經濟壽命。

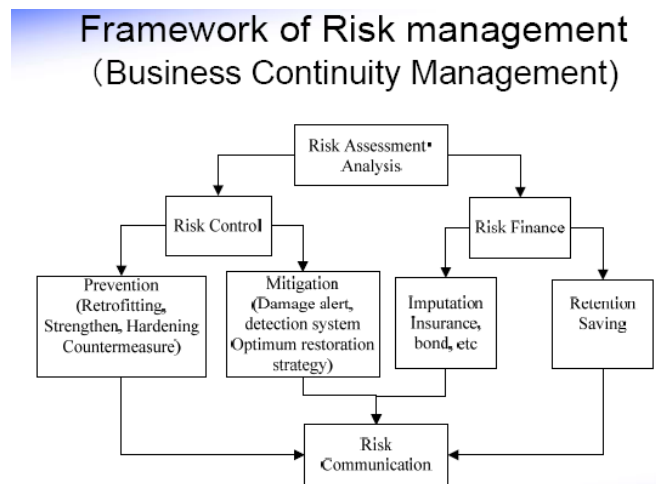


3 地震對變電設備之衝擊風險評估

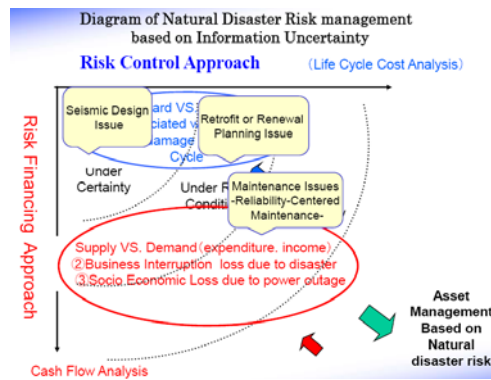
朱牟田善治博士的報告的內容包括：變電設備風險評估之議題、地震所造成之損壞及風險評估需求案例。

首先說明設備管理者對風險之認知包括：設備故障對財務之損失、預算無法滿足所有設施之更新、對有限之資源須作最適分配、須對關鍵性設備加以排列作為處理之優先次序。

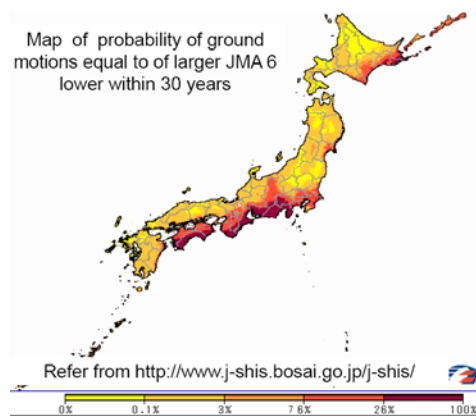
風險管理架構如下：分為風險控制（預防及減小）及風險財務（保險等）。



針對天然（地震）災害風險管理示意圖可表示如下



日本地處地震帶，各地發生 6JMA 以上地震之機率分布圖如下：



地震所造成之損壞一般均相當嚴重，例如 1995 年日本兵庫縣神戶大地震、台灣 1999 年 921 集集大地震及 2007 年日本新瀉中越沖地震（柏崎刈羽核能電廠）。

典型的な地震被害
1995年兵庫県南部地震



OCB 套管剝落



變壓器滑動

台灣 1999 年 921 集集大地震損壞情形



中寮開閉所

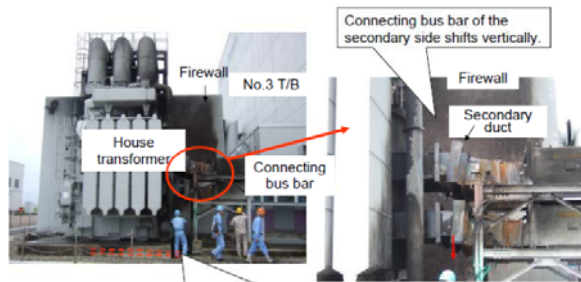
開閉機器の損壞



日本 2007 年新瀉中越沖地震造成柏崎刈羽核能電廠主變損壞情形

House transformer fire at Unit 3

Copyright(c)CRIEPI 2008/4



Connecting bus bar of secondary side subsides deeply compared to the base of the transformers.

The fire continues 2 hours before extinction
(The fire protection wall prevented the fire from spreading to other areas)

Main transformer damages at Unit 2

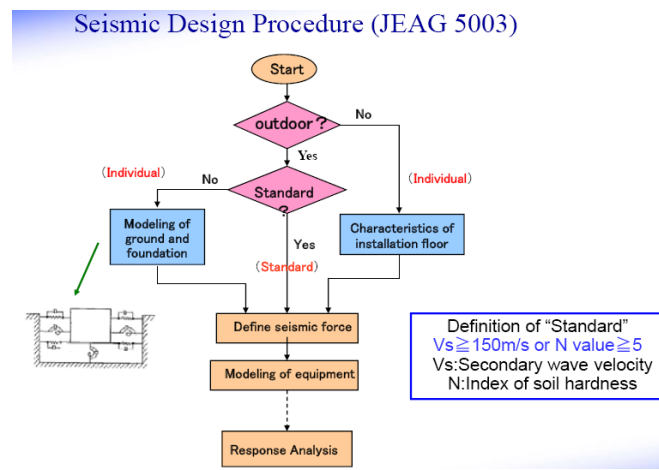


日本防地震設計主要參考 JEAG-5003-1998 Guide for Seismic Design of Substation Equipment。JEAG-5003-1998 與 IEEE693 及 IEC 比較如下表

		JEAG 5003	IEEE 693	IEC
Frequency range		0.5~10Hz	0.3~33Hz	0.5~35Hz
Vertical/Horizontal		0.5	0.8	0.5
Analysis	Dynamic analysis	Time-history	Response spectrum	Response spectrum
	method	Time-history	Response spectrum	Response spectrum
	Design seismic force	0.3G resonant three cycles sine wave	RRS (1)High:0.5G (2)Middle:0.25G	RRS (1)High:0.5G (2)Middle:0.3G (3)small:0.2G
Static & Static Coeff. analysis		Corresponding equipment is specified	Static:N. F > 34Hz Static Coeff. analysis	Static:N.F > 36Hz Static Coeff. analysis
Test	Input waveform	Resonant three cycles sine wave	Artificial earthquake wave, 10 cycles/beat	Artificial earthquake wave, 5 cycles/beat
	Input acceleration	0.3G	(High) 0.5G (Middle)0.25G	(High)0.5G (Middle)0.3G (Small)0.2G
	Exciting direction	Not specified	2or3 directions, simultaneously	2or3 directions, simultaneously

N.F: Natural frequencies of equipment
Copyright © 2000 Research Institute of Electric Power Industry

JEAG5003 之防震設計流程如下



4 電力變壓器風險評估

本公司綜合研究所彭主任士開簡報主要說明評估模式考慮之因素，以及各因素所需之輸入資料，評估結果等。簡報資料如下：

Risk Evaluation of Power Transformer

Taiwan Power Research Institute
Taiwan Power Company
Dec.17, 2008

1

綜合研究所

Contents

- 1、Introduction
- 2、Risk Evaluation Model
- 3、Result of evaluation
- 4、Conclusion

2

綜合研究所

1、Introduction

- Challenges
 - Deregulation & privation
 - Difficulty in acquisition of land
 - Deferred on T&D investment
 - Demand continue growing

3

綜合研究所

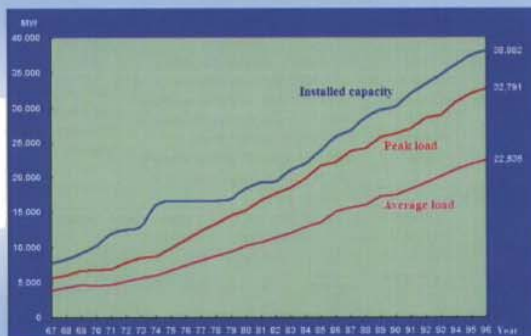
Installed capacity

	Taiwan Power Company						Purchased	Total
	Pumping	Thermal	Nuclear	Hydro	Wind	Subtotal		
1999	2,602	17,715	5,144	1,570		27,030	1,450	28,480
2000	2,602	17,819	5,144	1,570		27,134	2,500	29,634
2001	2,602	17,868	5,144	1,570	2.4	27,186	2,950	30,136
2002	2,602	17,661	5,144	1,650	2.4	27,059	4,856	31,915
2003	2,602	17,885	5,144	1,649	2.4	27,284	6,006	33,290
2004	2,602	17,722	5,144	1,649	4.8	27,122	7,476	34,598
2005	2,602	19,231	5,144	1,649	17.76	28,644	7,478	36,122
2006	2,602	20,401	5,144	1,649	47.76	29,843	7,528	37,371
2007	2,602	21,016	5,144	1,649	131.76	30,542	7,539	38,082

4

綜合研究所

Installed capacity, Peak load & Average load



5

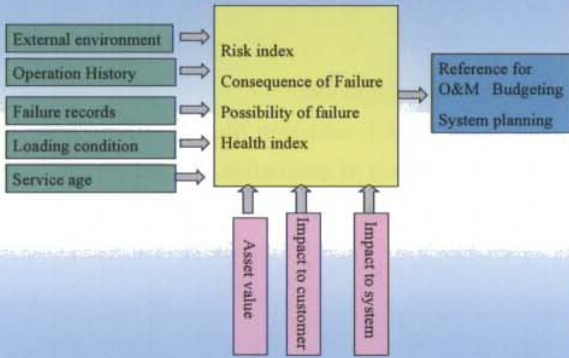
綜合研究所

- Taipower is now actively working on its assets management for different equipment and facilities.
- At the beginning, we have selected **power transformer** as our target equipment for asset management pilot system.

6

綜合研究所

2、Risk Evaluation Model



7

綜合研究所

Risk Evaluation Model

$$\text{Model } \text{TRI} = \text{CF} \times \text{PF}$$

where

TRI = Transformer Risk Index

CF = Consequence of Failure

PF = Possibility of Failure

1. CF : Consequence of Failure

$$\text{CF} = \text{C} \times \text{SI} \times \text{CI}$$

C = Maximum potential cost of failure

SI = Impact to system due to failure

CI = Impact to customers due to failure

8

綜合研究所

Risk Evaluation Model

2. PF : Possibility of Failure

$$\text{PF} = \text{pf}_1 \times \text{pf}_2 \times \text{pf}_3 \times \text{pf}_4 \times \text{pf}_5 \times \text{pf}_6$$

where

pf_1 = Index for insulation test

pf_2 = Index for service age

pf_3 = Index for operation records

pf_4 = Index for operation environment

pf_5 = Index for failure records

pf_6 = Index for DGA records

9

綜合研究所

Input Data for Evaluation- Fundamental Data

- Name
- Installation site
- MVA capacity
- kV rating
- Manufacturer
- Shipping date,
- Commission date
- Cooling type
- Temperature rise.

10

綜合研究所

Input Data for Evaluation-CF

Maximum possible damage loss C

Operation and maintenance expenditure and capital for repurchasing asset, for example

Item		C&M Dept.	Eng. Dept.	Subtotal
Expenditure	Repair	44,461	0	44,461
	Inventory	7,107	0	7,107
Subtotal		51,718	0	51,718
Capital		24,798	0	24,798
Subtotal		76,546	0	76,546

- For nuclear power plant, Generation loss will be Substitute fuel cost * Generation * 40 * 24 * Capacity factor
- For coal fired power plant, Generation loss will be (2.74-2.34)* Generation * 40 * 24 * capacity factor

11

綜合研究所

Input Data for Evaluation-CF

Impact to the system SI

	Capacity	Loading	Other factor
E/S MTr.	500MVA, SI=1.3	For N-1 MTr. & other MTr. Overload(OL) OL> 120%, 0.1 should be added to SI	For E/S, if cause system unstable 0.1 should be added to SI
P/S MTr	100-200MVA, SI=1.1	120%> OL> 110%, 0.075 should be added to SI 110%> OL> 100%, 0.05 should be added to SI	
	25-99MVA, SI=1.0	For N-1 MTr. & other MTr. Without OL 80%> OL> 100%, 0.03 should be added to SI 60%> OL> 80%, 0.01 should be added to SI	
	D/S, S/S MTr	25-99MVA, SI=1.0	
G/S MTr	> 1000MVA, SI=1.4, 300-999MVA, SI=1.3		If cause unstable 0.1 should be added to SI
	300-499MVA, SI=1.2, 100-299MVA, SI=1.1	Station reverse & start up Tr. Nuclear, SI=1.1 Fossil & hydrolic, SI=1.0	Without redundancy, 0.05 should be added to SI

12

綜合研究所

Input Data for Evaluation-CF

Impact to customers CI

For Tr. Supply to Presidential palace, Executive Yuan, Legislation Yuan, Supervision Yuan, Examination Yuan:

CI = 1.25

For Tr. Supply to air port, harbor, railroad, MRT, tunnel of high way: CI = 1.2

For Tr. Supply to broadcasting station, radio station, news paper, hospital, national information center, piped water:

CI = 1.1

For Tr. Supply to interruptible customers, CI = 1.05

For Tr. Supply to general public customers, CI = 1.0

13

綜合研究所

Input Data for Evaluation-PF

Index for insulation test pf₁

Before commission, pf₁ = plant test data * commissioning test data
After commission, pf₁ = plant test data * maintenance test data

Plant test	Commissioning test	Maintenance Test
Normal & match the spec., 2 defects which can be amended immediately, Wj = 1.0	Normal, pf(coil) < 0.5%, pf(bushing) < 1% (exp), pf(insul. oil) < 0.01%, Wj = 1.0	Normal, pf(coil) < 1%, pf(bushing) < 1% (exp), pf(insul. oil) < 0.25%, Wj = 1.0
> 2 defects can not be amended im.med., any insulation charact. > spec. but can be amended im.med., Wj = 1.1	0.5% < pf(coil) < 1%, pf(bushing) < 1% (exp), pf(insul. oil) > 0.1%, Wj = 1.1	pf(coil) 1.0 - 3.0%, pf(bushing) (exp) 0.2 - 0.5%, pf(insul. oil) 0.2 - 0.5%, can be amended immediately, Wj = 1.1
More than 2 insulation characteristics test can not fit in with spec., Wj = 1.2	1.0% < pf(coil) < 2.0%, pf(bushing) > 1% (exp), pf(insul. oil) > 0.1%, any other 2 charact. > spec., Wj = 1.2	pf(coil) 3.0 - 5.0%, pf(bushing) (exp) 1.5 - 2%, pf(insul. oil) 1.5 - 2.0%, can be amended im.med., Wj = 1.2
Have serious insulation defect, need thoroughly inspection, Wj = 1.3	pf(coil) > 2.0%, pf(bushing) > 1% (exp), pf(insul. oil) > 0.1%, any other 2 charact. > spec., Wj = 1.3	pf(coil) > 5.0%, pf(bushing) (exp) > 2%, pf(insul. oil) > 2.0%, insulation deterioration, Wj = 1.3
	More than 2 other charact. > spec., Tr. Fail during step up voltage test, Wj = 1.4	pf(coil) > 5.0%, pf(bushing) (exp) > 2%, pf(insul. oil) > 2.0%, insulation deterioration & relay activated, Wj = 1.4
		pf(coil) > 5.0%, pf(bushing) (exp) > 2%, pf(insul. oil) > 2.0%, PD abnormal, Wj = 1.5

14

綜合研究所

Input Data for Evaluation-PF

Index for service age pf₂

Bath tub principle, life cycle is divided into 3 periods:

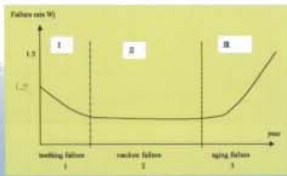
Teething failure period (0-6yrs)

$$pf_2 = 0.0072619 * t^2 - 0.075357 * t + 1.25$$

Random failure period (7-30yrs) pf₂ = 1.05

Aging failure period (31-40yrs)

$$pf_2 = 0.0057517 * t^2 - 0.3611 * t + 6.7209$$



15

綜合研究所

Index for operation records pf₃

Operating History

Life loss of insulation paper at hottest spot will be the most important factor for evaluation of Tr. life cycle, which will be affected by several parameters, such as loading and its duration, weight of coil, weight of iron core, weight of shell, volume of oil, ambient temperature.

According to IEEE C57.91(1995) Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers, percentage life loss (FLL) is defined as: if accumulated life loss is 95%, then the transformer will have 5% remaining design life left

$$1. \text{ hottest spot temp. } (\theta_{sp}) \quad \theta_{sp} = \theta_a + \Delta\theta_{sc} + \Delta\theta_{w} + \Delta\theta_{tr} \quad (1) \quad 2. \text{ Oil temp. } (\Delta\theta_{sc}) \quad 3. \text{ hottest spot temp. } (\Delta\theta_{sp})$$

$$\Delta\theta_{sc} = \theta_{sc} - \theta_{amb} = \Delta\theta_{sc} \left(1 - \frac{1}{e^{k_1 t}}\right) + \Delta\theta_{sc} \quad (2) \quad \Delta\theta_{tr} = \theta_{tr} - \theta_{amb} = \Delta\theta_{tr} \left(1 - \frac{1}{e^{k_2 t}}\right) + \Delta\theta_{tr} \quad (3)$$

Insulation loss (FLL)	FLL < 1%	1% < FLL < 5%	5% < FLL < 10%	10% < FLL < 15%	15% < FLL < 20%	FLL > 20%
(pf ₃)	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

16

綜合研究所

Index for operation environment pf₄

- Switching over voltage
- Short circuit and excitation over current.
- OLTC
- Operation environment event

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (S_i N_i)^2}$$

- pf₄ will be defined by

Op. Env. Event (E)	E ≤ 15	15 ≤ E < 30	• • •	E ≥ 100
(pf ₄)	1.0	1.05	• • •	1.25

17

綜合研究所

Index for failure records pf₅

$$pf_5 = 1.0 + \sum_{i=1}^n (F_i - N_i)$$

Cause of failure	weighting F _i	Times (N _i)	
Operating Dept.	Deterioration	0.100	
	Degradation	0.310	
	Improper maintenance	0.127	
	Improper operation	0.001	
	Salt contamination	0.001	
	Birds/animals	0.001	
	Others	0.001	
	Other Dept.	Improper operation	0.005
		Improper disassembly	0.213
		Improper operation of relay	0.001
poor wire induce voltage		0.001	
Public		0.001	
Nature based	Others	0.001	
	Salty-foggy	0.001	
	Lightning	0.001	
	Wind	0.116	
	Birds/animals	0.001	
Others	Others	0.021	
	Others	0.001	
Total	1.000		

18

綜合研究所

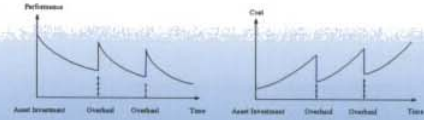
pf#	Tr. fill in manufacture plant (Difference between before and after Tem. Rise)	Energized without loading	In service
1.0	Normal	Normal	Normal
1.1	Need pay attention, CO 201 -500ppm, or CO2 200-500ppm	Normal, CO > 500ppm, or H2 > 500ppm	Normal, CO 2> 5000ppm, or H2 > 200ppm
1.2	Need pay attention, CO > 50 ppm, or CO2 >500ppm	Need pay attention, H2 > 400 ppm, low temperature overheat of bared metal	Need pay attention, TCO > 1000 ppm & maintain stable, low temperature overheat of bared metal
1.3	Need pay attention, H2 10-18, or CH 5 - 10ppm	Need pay attention, corona, medium temperature overheat of bared metal	Need pay attention, corona, medium temperature overheat of bared metal, insulation paper overheat
1.4	Abnormal, H2 > 18 ppm, or CH > 10 ppm & C2H4 < 1 ppm	Abnormal, low energy discharge	Abnormal, low energy discharge, high temperature overheat of bared metal without discharge
1.5	Abnormal, C2H4 ≥ 1 ppm	Abnormal, high temperature overheat of bared metal	Abnormal, high temperature overheat of bared metal with minor discharge
2.0	Abnormal, C2H2 ≥ 0.1 ppm	Abnormal, medium and/or high energy discharge	Abnormal, medium and/or high energy discharge

19

綜合研究所

Overhaul Effect

- After an overhaul, transformer is assumed to be rejuvenated, that is, the performance and maintenance cost will be improved to that of a younger age, and every factor should be readjusted accordingly



20

綜合研究所

3、Result of evaluation

- Consequence of Failure CF (without cost)
Impact to system and customer
- Consequence of Failure CF (with cost)
financial Impact
- Possibility of Failure PF
Health index, O&M
- Transformer Risk Index

21

綜合研究所

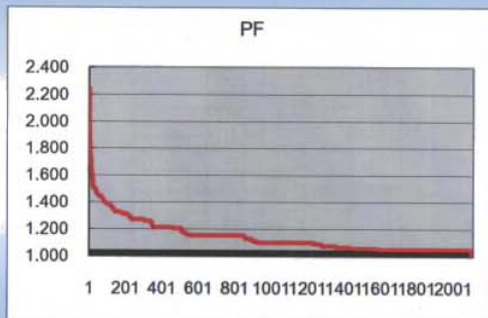
Transformer Risk Index (TRI)



22

綜合研究所

Possibility of Failure



23

綜合研究所

Total Number of evaluated Transformers

Power transformer above 25MVA

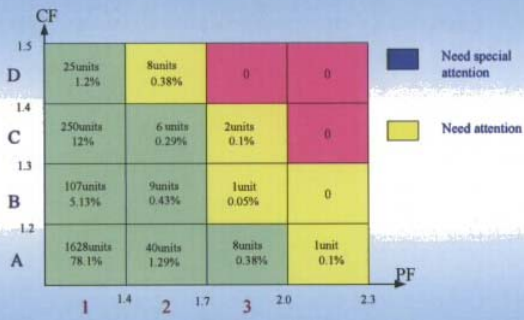
- Distribution – 895 units
- Transmission – 927 units
- Power plant – 284 units
- Nuclear power plant - 37 units

Total- 2143 units

24

綜合研究所

Distribution of health Index



25

綜合研究所

4、Conclusion

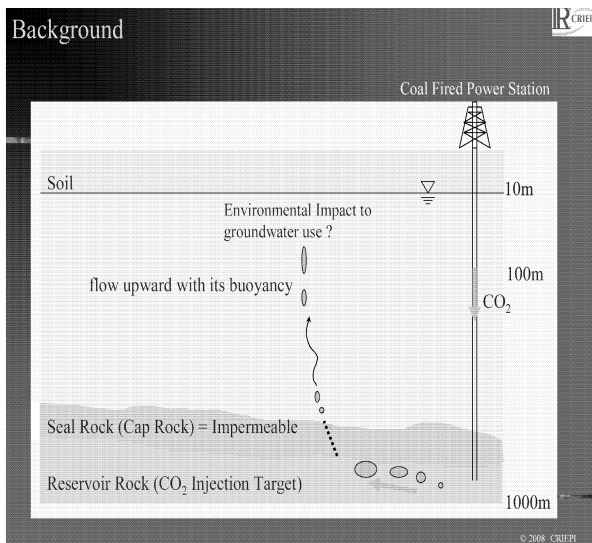
- Risk management is a systematic process to understand power equipment condition and the consequence of failure.
- Results can be used as input for investment evaluation and conditional base maintenance.

26

綜合研究所

(二) CCS 部分-1

在二氧化碳之補獲及儲存(Carbon Capture and Sequestration, CCS)技術交流的課題方面，首先由日本電力中央研究所(CRIEPI)地球工學研究所地圈科學領域的主任研究員 末永 弘先生(Mr. Hiroshi Suenaga)，簡報該所使用電腦模式軟體Tough II，模擬在一”地底下約1000米儲蓄庫注入CO₂ 後推估長時段千年期間之遷移情形”(A computational estimation of CO₂ migration injected into a reservoir) (圖2-1)。模擬的背景地質條件位於美國西維吉尼亞州 一處稱為 New Haven 的地方(圖2-2)。電腦模擬軟體來自美國能源部(USA-DOE) 勞倫斯博克萊國家實驗室(LBNL)所發展之Tough II。本軟體適用於地圈與水文間流體之行為模式推估。



(圖2-1)



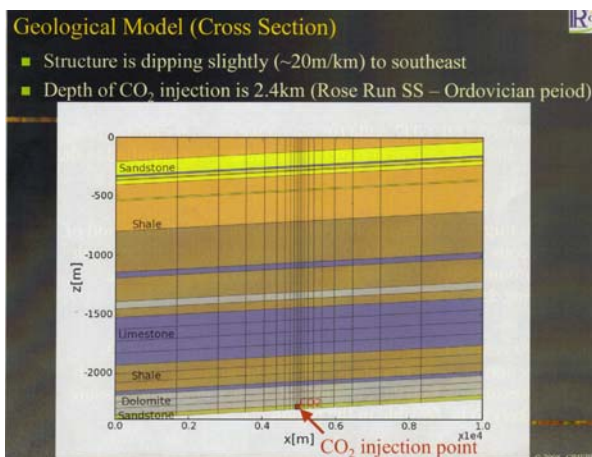
(圖2-2)

日本電力中央研究所研究之動機背景及其目的為：

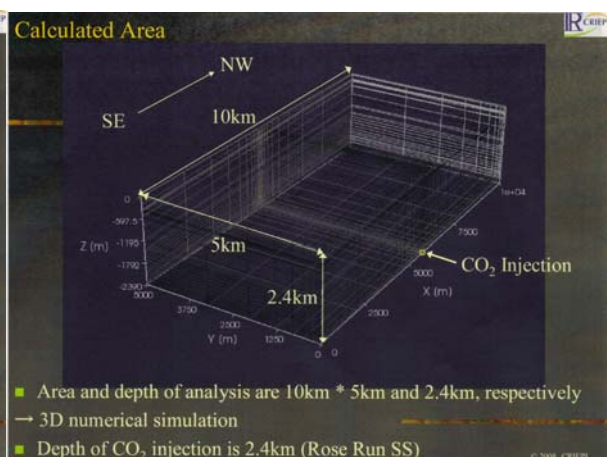
1. 為解決溫室效應，需瞭解注入的二氧化碳長期儲存(sequestration)於封鎖地岩間之向上漂浮(buoyancy)及擴散行為模式。
2. 使用Tough 2 評估及修正注入在於800米地底下，水體與二氧化碳

兩相流體之交互作用及已建置之各種物理現象條件參數(Case 1)。

3. 推論二氧化碳遷移現象在封鎖地岩間之時間效應及對地下水文之環境衝擊等。
4. 以上述已知背景數據來回饋修正Tough 2 模擬(simulation)參數條件，再應用於下列假想案例(Case 2)：
 - a. 地質結構基本條件： Rose Run sandstone，往南傾斜度約 20m/km(圖2-3)， 儲存岩區穿透性 14 md， 多孔性7%，並假設為非穩定溶解現象(unsteady dissolution phenomenon)
 - b. 地下深度地下：2400m 定點注入
 - c. 注入壓力：35Mpa，期間 25 年
 - d. 計算範圍：長10 km x 5km x 2.4 km (圖2-4)



(圖2-3)



(圖2-4)

- e. 採用3D數值模擬
- f. 數值模式使用之啟初及邊限條件(Initial & boundary Conditions)
溫度(C)=12.78+18.23*深度(km) ；邊限條件=non-permeable ；
計算期程=注入後1000年

模擬的方案有二(如圖2-5)：

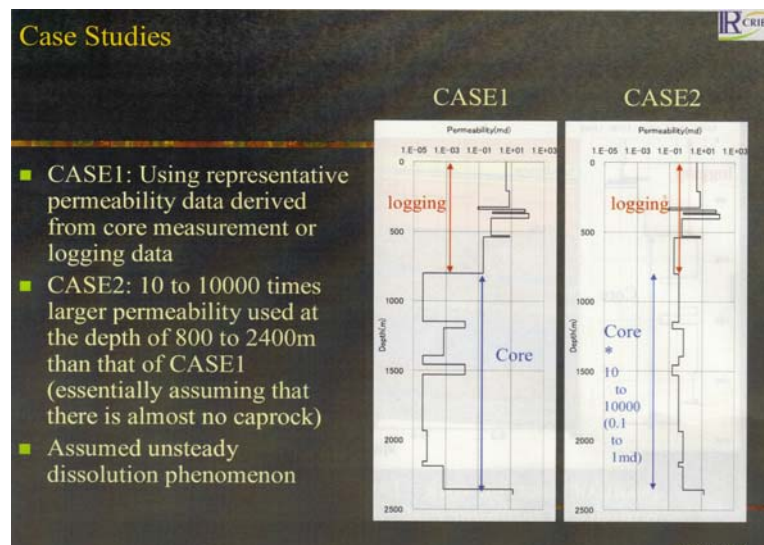


圖2-5

Case 1(0- 800m)：使用已知代表性之穿透率數據，從量測核心 (core measurement) 或記錄資料(logging data)。

Case 2 (800-2400 m)：假設800m 以下沒有蓋岩結構(no caprock)，穿透率約為case 1 之 10-10000 倍。

結論：

1. 模擬結果如下列各圖(圖2-6、圖2-7)所示：

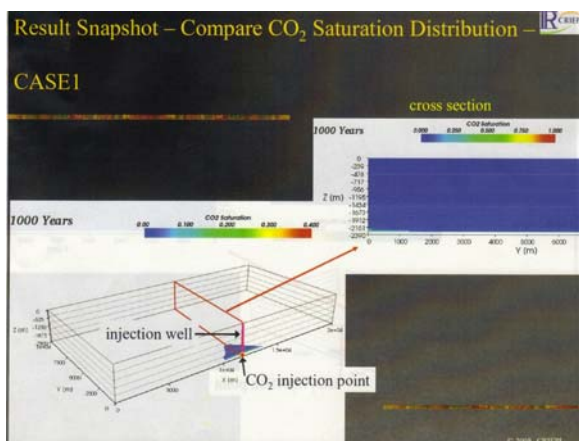


圖 2-6 (Case 1)

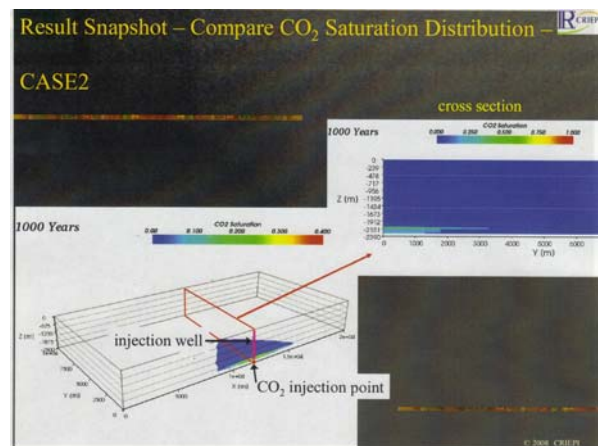


圖 2-7 (Case 2)

2. 在 Case 1 (實際數據), 在 1000 年中幾無 CO₂ 接近蓋岩。
3. 在 Case 2 (沙岩數據), 在 1000 年後 CO₂ 可能移動到-2000m 處, 即使在最悲觀之條件亦不可能接近到達淡水區域(freshwater zone)。
4. 軟體之模擬表現方式, 亦可由 0-1000 年以 3D 連續動態圖展示之。

(二) CCS 部分-2

末永 弘先生(Mr. Hiroshi Suenaga), 簡報該所使用電腦模式軟體 Tough II 在 CCS 之應用後, 本所化學與環境研究室也進行了相關課題的報告。在本所團隊出國之前, 已將簡報內容先送達日方, 以便對方準備資料, 於開會時可以提出討論。報告主要內容為:

1. 目前化環研究室, 除地質封存外之碳補捉相關研究計畫(The on-Going researches of Carbon Capture Tech. at C&E Lab [CO₂ geological storage excluded])
2. 化環研究室過去二年來, 四個技術研究組之主要研究成果(Major research results in the recent 2 Years at C&E Lab)
3. 雙方準備討論有關之 CCS 碳補捉&地質封存 Tough 2 / ToughReact 模擬軟體之主題(Discussion Topics on TOUGH2 / TOUGHREACT Simulation in CCS)
4. 有關 CCS 碳補捉&地質封存之雙方可能合作事項討論(Proposed Items on Geological CO₂ Storage to be Collaborated between TPRI and CRIEPI)

(二) CCS 部分-3

化學與環境研究室簡報的 Power Point 投影片資料如下:

1. The on Going Researches of Carbon Capture Tech. at C&E Lab
(CO₂ geological storage excluded)

- Chemical looping technology for coal gasification
- Biofixation of CO₂ abatement with microalgae

Chemical Looping Technology for Coal Gasification

Chemical looping is such a promising technology that converts coal or biomass through the looping of a highly reactive chemical intermediate.

Extensive experimental studies have been carried out around the world, with a focus on its cyclic chemical intermediate and its application in clean coal combustion technology for power generation from gaseous fuel.



Traditional gasification technology vs. Gasification of chemical looping

Item	Energy conversion efficiency	CCS
Traditional Gasification Technology	60-70%	Need to Capture
Gasification of Chemical Looping	80%	Can be sequestered directly

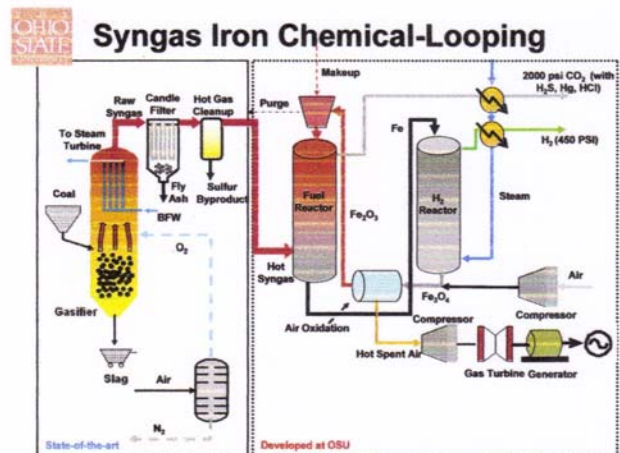
TPRI cooperate with OSU to develop chemical looping technology.

The initial project - Implementation of Coal-Direct-Chemical Looping (CDCL) Technology for High Efficiency Electricity/H₂: Techno-Economical Feasibility Evaluations, has been proposed.

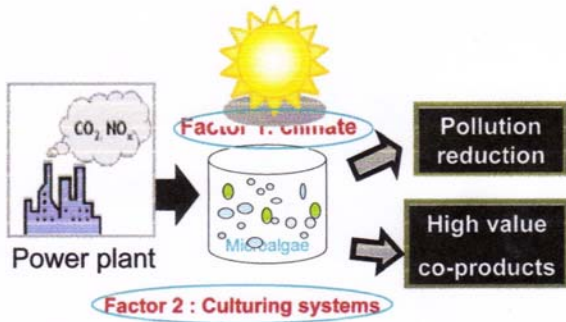
Of particular noteworthy is the Coal-direct Chemical Looping (CDCL) process which encompasses the efficient conversion of coal into hydrogen and electricity with zero carbon emission.

The objective of the proposed project

- To help TPRI better understand the Chemical looping technology.
- The OSU team will perform technical and economic analysis based on coal information from Taiwan.
- Moreover, economic analysis for the CDCL process will be performed and adjusted based on the Taiwan Market.
- The economic attractiveness of the competing processes will also be evaluated.



Biofixation of CO₂ with Microalgae



Plants vs. Microalgae vs. Microorganism

Photosynthesis	Photosynthesis	Autotroph
High CO ₂ capacity	High fixation rate	High fixation rate
Low growth rate	Short life cycle	Short life cycle
Land requirement	High concentrate	
	<i>Isochrysis</i> sp., <i>Spirulina</i> sp.	<i>Methanobacterium</i> sp.

R & D Issues:

- Algal strains, Physiology, Culture



Microalgae species

Microalgae

Description/ growth parameter



Spirulina is a multicellular, filamentous blue-green algae. Various commercial *Spirulina* production plants currently in operation.

Growth rate: 2.523 g-CO₂ / L / day dry weight

Temperature: Optimum between 35-37°C

pH: 8.3-11.3, Very tolerable to pH change



Isochrysis sp. is a marine microalgae that can be grown in closed photobioreactor.

Growth rate: 0.730 g-CO₂ / L / day dry weight

Temperature: Optimum between 24-33°C

pH: 6.0-7.0 Relative pH sensitive

Open pond in power plant

Open pond system

- Location and climate conditions
- Types of open ponds
- Mixing turbulence techniques

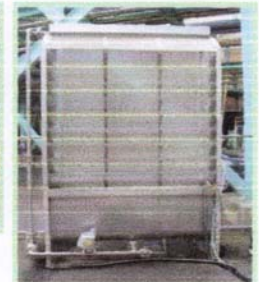


10 m × 10 m × 30 cm raceway pond with paddlewheel

Closed photobioreactors



200 L Photobioreactor, *Isochrysis* sp. in Tai-Chung power plant (2001-2002)



500 L Photobioreactor, *Isochrysis* sp. in Tong-Hsiao power plant (2003-2004)

Closed photobioreactors

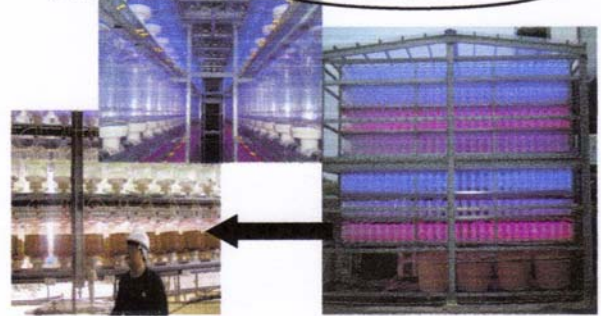


20 L/unit x 100 units = 2 ton *Spirulina* sp.

Photobioreactor in Ta- Lin power plant (20 L/unit) (2005 - 2006)

Photobioreactor in Ta- Lin power plant

(15 L x 516 x 4 ≈ 20 Ton) (Just established on 2008.11)



Microalgae biofixation program

Time	Near term (2005 - 2012)	Mid term (2012 - 2020)	Long term (2020 -)
Objects	Integrating with waste treatment to lower the culturing cost	Developing High-value products	To develop integrated Bio-system

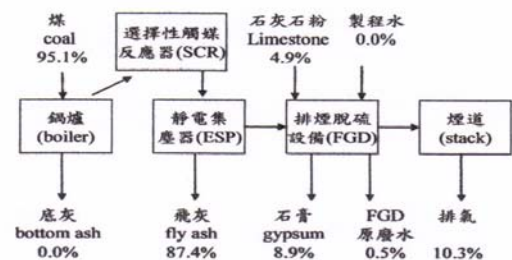
Conclusion of The on Going Researches of Carbon Capture Tech. at C&E Lab

- In order to achieve the screen of potential sites and pilot sites selection in Taiwan, the integration of researching works related to geological CO₂ storage conducted by TPRI and others in Taiwan will be of importance in next stage.
- A bench scale chemical looping laboratory will be set up in Taipower by the project collaborated between TPRI and OSU with meticulous evaluation.
- Land is limited in Taiwan, TPRI is continuing Microalgae Biofixation projects for CO₂ abatement. we will make efforts in photobioreactors development to mitigate CO₂ emission.

2. Major Research Results in recent 2 years at C&E lab

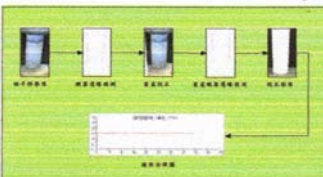
- Determination of Mercury Concentration Distribution in Taichung Coal-fired Power Plant
- Corrosion Evaluation of Hot Dip Galvanized Insulator Pins with Image Processing Techniques
- Develop the Desalination Technology with the Membrane Osmosis Cleaning Technology
- A Conceptual Hydrogen Power Generation System Based on Renewable Energy and Using a Novel Hydrogen Storage Alloy

Determination of Mercury Concentration Distribution in Taichung Coal-fired Power Plant



Hg distribution in flue gas, liquid phase and solid phase plant.

C Corrosion Evaluation of Hot Dip Galvanized Insulator Pins with Image Processing Techniques


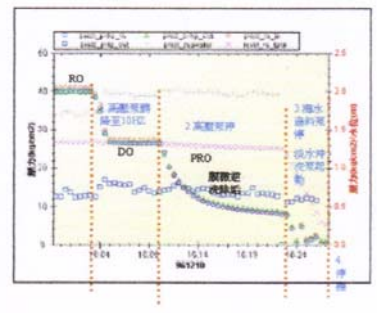


Use image processing and computer vision techniques to

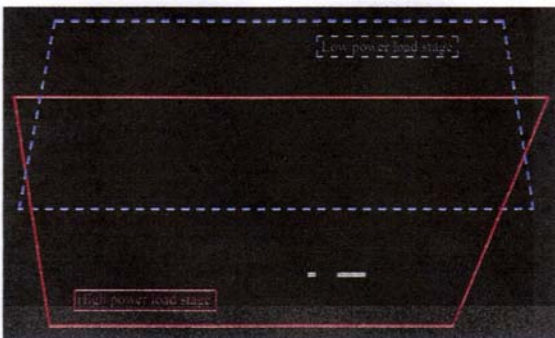
- Measure pin diameter
- Estimate its corrosion degree
- Evaluate whether the insulator can be reused
- How long it can be reused

錫柱外觀	蝕蝕等級	影像處理代表顏色
	無蝕蝕	藍色
	輕微蝕蝕	青藍色
	中度蝕蝕	黃色
	嚴重蝕蝕	紅色

D Develop the Desalination Technology with the Membrane Osmosis Cleaning Technology

A Conceptual Hydrogen Power Generation System Based on Renewable Energy and Using a Novel Hydrogen Storage Alloy



3: Discussion Topic

TOUGH2 / TOUGHREACT Simulation in CCS

- **A.** The numerical simulation of CCS trapping mechanism in CRIEPI
 - — Dynamic trapping analysis
 - — Solubility trapping analysis
 - — Mineral trapping analysis
 - — Verification of the above numerical results
- **B.** The numerical simulation of CCS leakage in CRIEPI
 - — The leakage criteria
 - — The leakage simulation in CCS
 - — The monitoring technology
 - — The remediation of CCS leakage
- **C.** The numerical simulation of the equilibrium of CO₃²⁻ species on site
 - — under ~ 1500 psi
 - — in anaerobic bacteria condition²²

4. Proposed Items on Geological CO₂ Storage to be Collaborated between TPRI and CRIEPI

• Capability established

- TPRI's staffs have attended TOUGH2 and TOUGHREACT training courses at LBNL. (能源、化環、開發)
- TOUGH2 and TOUGHREACT software will be purchased from US DOE by TPRI. (能源、化環)
- One set of high pressure (100atm) CO₂ penetration testing apparatus has been installed at TPRI. (化環)

Items to be Collaborated on

- **Numerical Simulation (能源、化環)**
 - Case studies (Japan or Taiwan)
 - Information exchange and discussion
 - Peer review by CRIEPI
- **Set A Pilot Site Road Map (開發處)**
 - Working items
 - Required parameters used for numerical simulation
 - Budget Needed

(三) 智慧型電網部分

本議題由日本電力中央研究所 (CRIEPI) 系統研究所的芹澤博士 (Yoshizumi Serizawa) 與本公司楊金石博士介紹兩國在智慧型電網的最新進展及討論。

芹澤博士首先說明日本未來的電網太陽光電併入系統大增，對未來電網因應太陽光電等分散式電源佔比增加，在兼顧安全及電力品質等狀況進行整合運轉控制之探討，並提出新電力系統技術於配電區域之自發性地區配電系統 (ADAPS, Autonomous Demand Area Power System)，處理2010年後高的分散式電源佔比問題。

1. 日本未來的電網

整個電網 (從發電至用戶端) 朝向降低CO₂，因此日本之再生能源佔比增大，其中太陽光電池 (PV) 於 2010 年增加到 4.8GW，至 2030 年達 53GW 約佔 30% 的尖載容量。

其次是非彈性發電量增加，例如使用煤碳氣化複循環機組 (IGCC)，以及供給/需求不確定性的增加，須加以解決。

為因應負載之變化，以及加強抑低尖峰負載，日本將強化用戶端能源消耗之顯示與變成為智慧/ICT (資通訊技術) 的數位化社會，並研究以 ADAPS 運轉及控制於需求/供給之整合。

另外，需更換的老化電網設備增加，因此設備的狀態監測與資產管理可導出先進的電力設備維護與裝置。

CRIEPI 於本會議提出未來(2008 - 2010 年)在智慧型電網研究包括 (圖 3.1)：

- 自發性地區配電系統 (ADAPS)
- 分散式電源 (DER) 佔比大時之系統運轉方法
- ICT 基礎建設
- 需量反應 (DR) 之評估

■ 電力設備研究

目前需量反應 (DR) 之評估研究包括：DR 計畫之評估方法、DR 計畫之可行性，以及 DR 之能源管理系統；而 電力設備之研究包括：6.6kV 電流限制器 (使用超導體時)、固體絕緣模鑄式變壓器開發，以及混合型氣體絕緣匯流排。其餘研究說明於下：

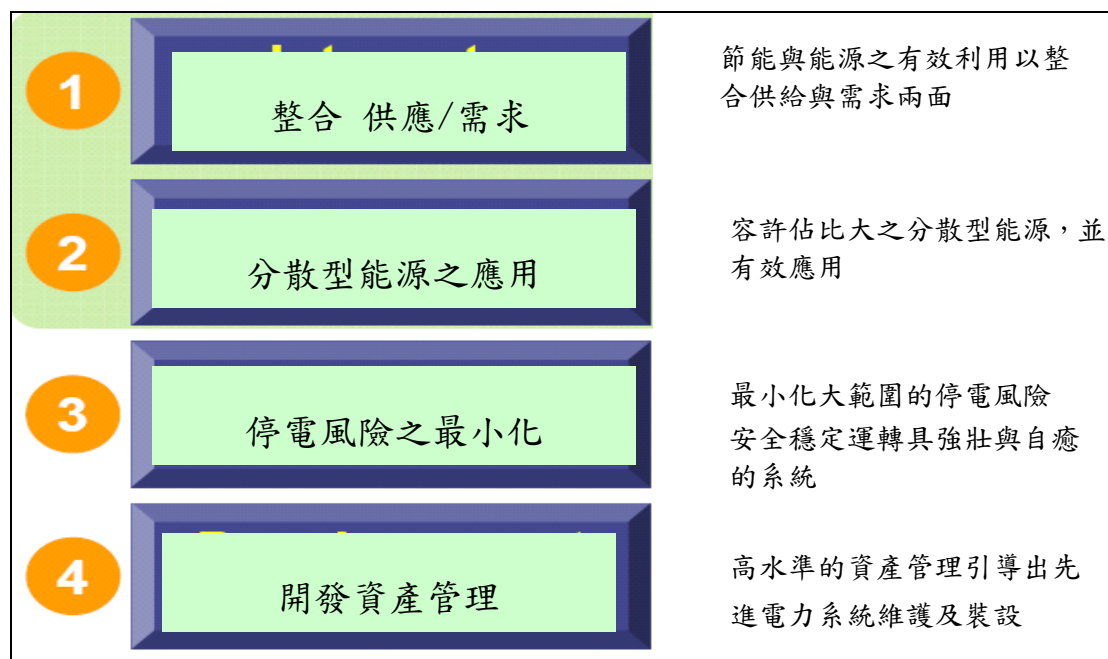


圖 3.1 未來的電網研究項目

2. ADAPS 運轉控制技術

目標為實證平滑引入分散式發電，容許任何對配電系統容量之佔比，並保持配電系統之電力品質、安全與可靠。研究項目包括：

- 依據 PV 電力輸出進行負載與儲能控制技術
- 電網緊急狀況時之需求/供給整合控制技術
- 使用分散式發電及 ADAPS 發展技術

圖 3.2 為 ADAPS 基本架構，包括分斷開關、通訊網路、運轉控制系統、迴路控制器 (LPC)、供需介面 (SDI) 等，用戶側能以自發性方式偵測故障並予移除。

LPC (Loop Power Controller) 則是一種新型配電網路設

備，其使用背對背換流器來控制二條饋線之電力潮流，LPC 的容量分別為：100kVA、500kVA 及 1000kVA。

研究項目包括：

- (1) 其它電網例如輸電系統發生事故時分散型電源所併接配電系統之影響，包括：暫態電壓相角變化、頻率變化、電壓驟降等現象
- (2) 分散型電源或負載發生暫態變化時對穩定度的影響
- (3) 配電線電壓控制方法

ADAPS為未來電力需求區域結合高佔比的分散型能源的一種新觀念，可在配電線發生事故時，在限定之時間內，跳脫事故區間內電源，鄰近之非故障區間線路則不停電。另對於連接至故障高壓線區間之低壓配電系統則能連續有效使用PV與蓄電池電源而執行孤島運轉。

對於高分散型能源高佔比之問題主要為逆送電力潮流(Reverse power flow)，因此 CRIEPI 採需量與供電之整合(Demand/Supply Integration)方法來降低該問題的衝擊，圖 3.3 為需量與供電加以整合之架構。

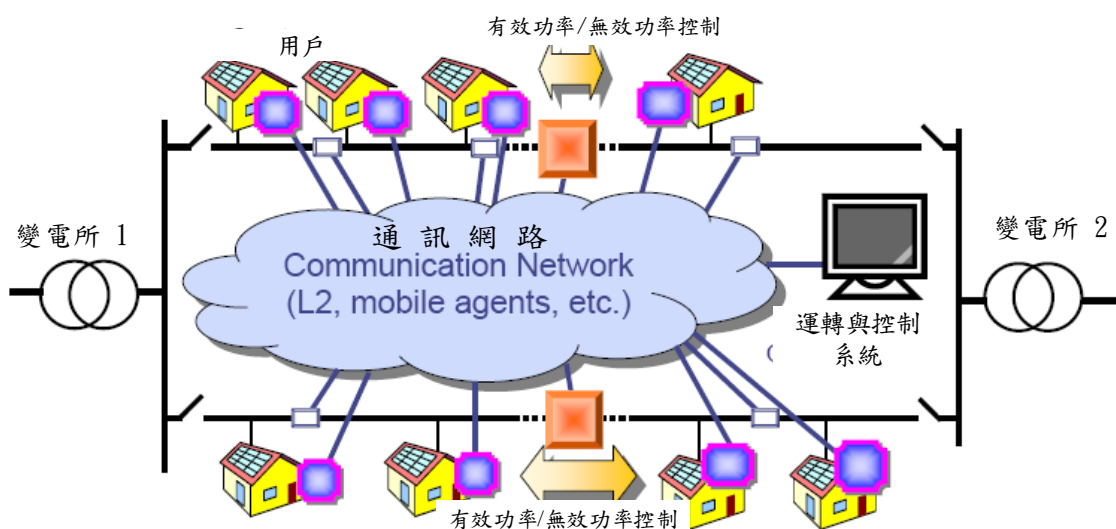


圖 3.2 ADAPS 基本架構

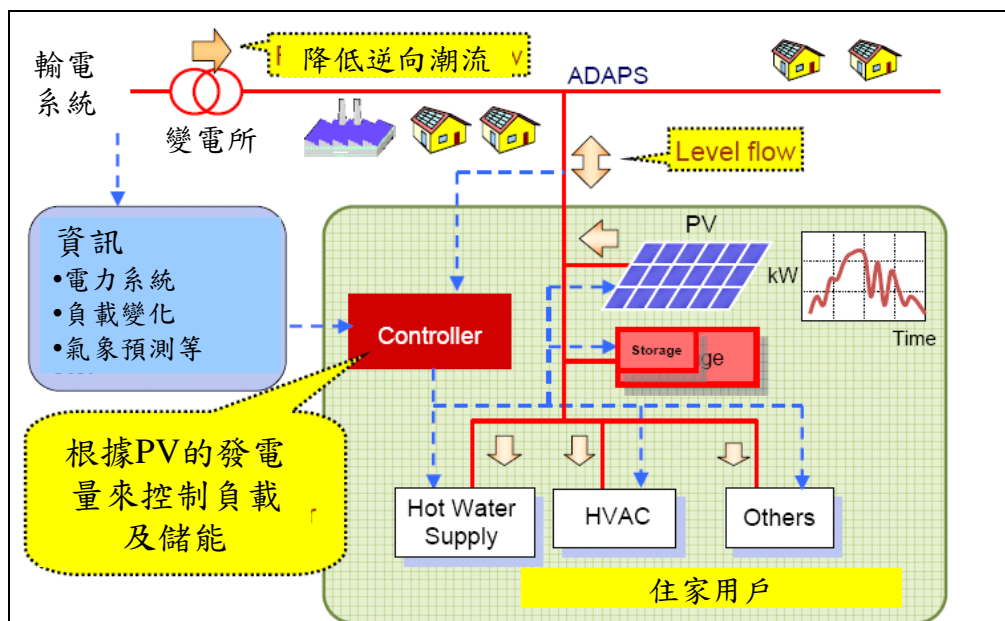


圖 3.3 需量與供電之整合(Demand/Supply Integration)

3. 資通訊技術基礎建設

為達到智慧交談式與整合 (Intelligent, Interactive and Integrated) 之電力系統 (TIPS)，需要良好的資通訊 (ICT) 基礎建設，包括：需求地區之安全通訊網路、大範圍及高速網路用於監視、保護及控制，以及感測器網路使用於設施維護運轉，圖3.4 為ICT基礎建設架構。圖3.5 為需求端安全網路架構，包括多種通訊介質 (有限/無線) 混合架構：

- 網際網路通訊協定及資料管理 (IP-based communication protocols and data management)
- 嵌入式及容易存取設備之安全措施 (Security measures for embedded and easily accessible equipment)
- 用戶端閘道器 (Customer gateway)

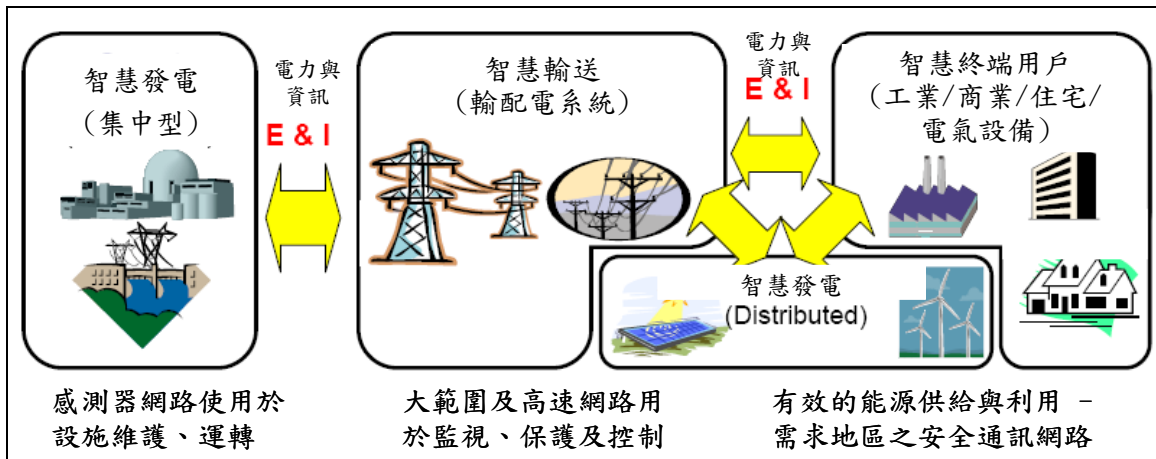


圖 3.4 ICT 基礎建設

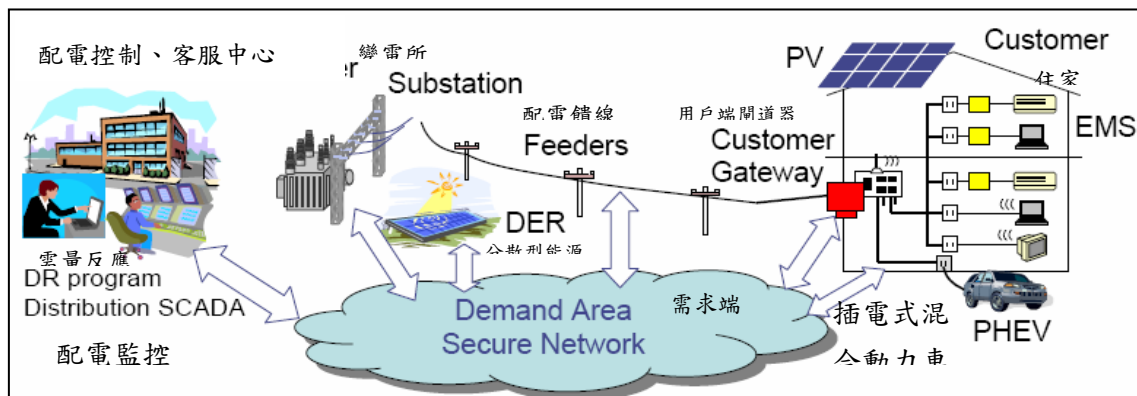


圖3.5 需求端安全網路架構

圖3.6 為廣域與快速控制網路 (Wide Area and High Speed Control Network)，使用具有高穩定度與低潛在風險於資料交換與時間同步之乙太網路，以及含監測、處理、控制與通訊等功能之智慧型電子裝置，以達彈性與使用於不同規模之監測、保護與控制通訊等功能組合，以及不同的電力系統架構上。

圖3.7 為用於設備維護與運轉之感測網路，其為即插即用與多種特殊架構 (Plug-and-Play and Ad Hoc schemes)，系統上裝有感測裝置。

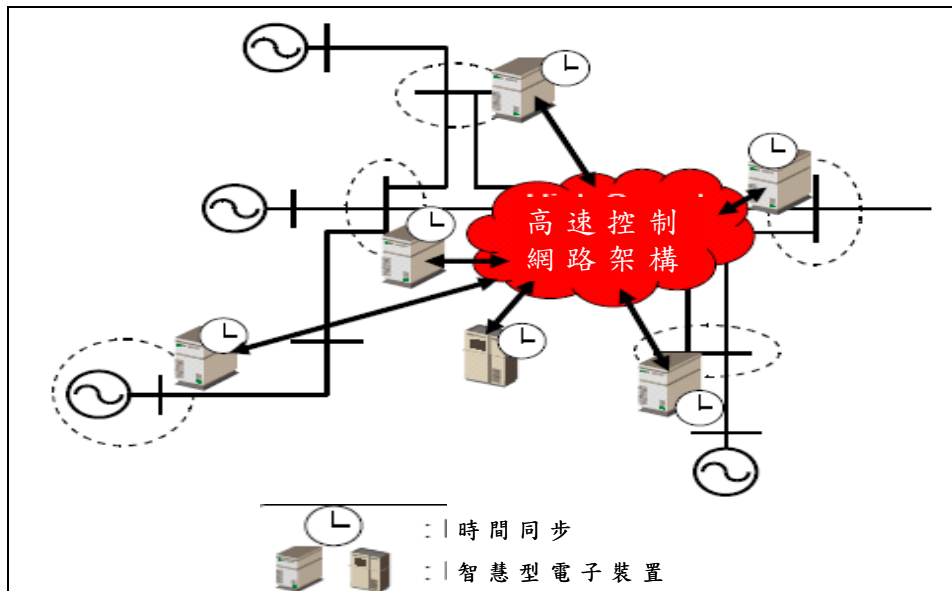


圖3.6 廣域與快速控制網路

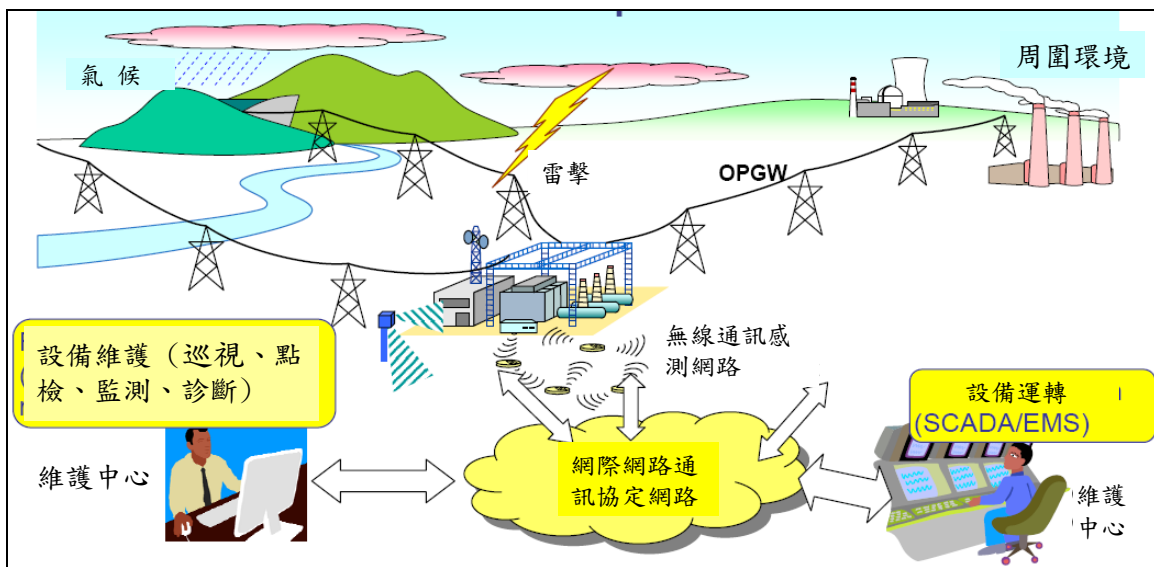


圖 3.7 用於設備維護與運轉之感測網路

4. 我國智慧型電網發策略與節能減碳(The Smart Grid: Infrastructure Strategy For Energy Saving and Low Carbon Emission in Taiwan)

楊博士則說明我國政府在節能減碳的策略，台電最新智慧型電網之里程規劃，目前進行之自動讀表架構與進度，在智慧型輸電系統之架構與相量量測系統之應用，以及建置中的示範型微電網的架構等，並進行雙方意見交流。楊博士之簡報資料如下：

The Smart Grid: Infrastructure Strategy For Energy Saving and Low Carbon Emission in Taiwan

Yang, Jin-Shyr (楊金石)
TPRI, Taipower (台電綜合研究所)
December 17, 2008

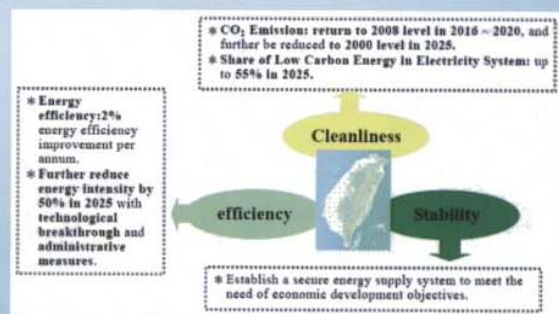
Contents

- Introduction
- 2009 Smart Grid Roadmap
- Advanced Metering Infrastructure
- Smart Grid for Transmission System
- Application of PMUs for Situational Awareness
- MicroGrid Demonstrations
- Summary

Introduction

- Due to the shortage of indigenous energy, 99.3% of total energy supply is imported.
- During 1987 – 2007, average annual growth rates of energy consumption and GDP are 5.4% and 5.7%.
- Integration of distributed energy resources into power grid is one of the goals.
- The IGCC+CCS or Nuclear generation are long term (after 2020) program for carbon reduction methods, but Smart Grid can copy with Taiwan's Nation Energy Program to form a short term measure.

Policy Objective



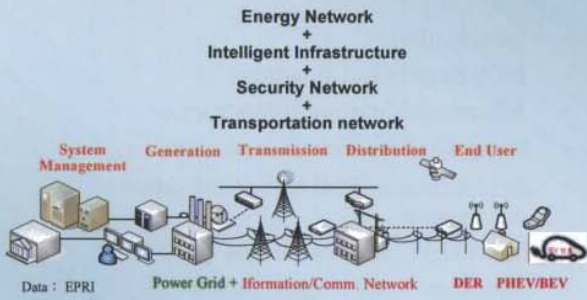
Clean Energy Supply

- Develop carbon-free renewable energy
- Increase the utilization of low carbon natural gas
- Reconsider nuclear power as a no-carbon energy option
- Accelerate the replacement of existing power generating units with most efficient units
- Introduce clean coal technology and CCS technology
- Rationalize energy price.

Efficiency Upgrade - Energy Demand

- Reduce the carbon intensity of industrial sector by more than 30% in 2025
- Allocate emission quotas
- Develop green energy industry
- Assist small and medium-sized enterprise to improve their emission reduction capacity.
- Raise appliance efficiency standards by 10% to 70% in 2011
- Replace conventional lighting devices with high efficiency products.
- Integration of Smart Grid、communication network、security network and transportation network to provide high quality power and convenient traffic service.

Future Intelligent network



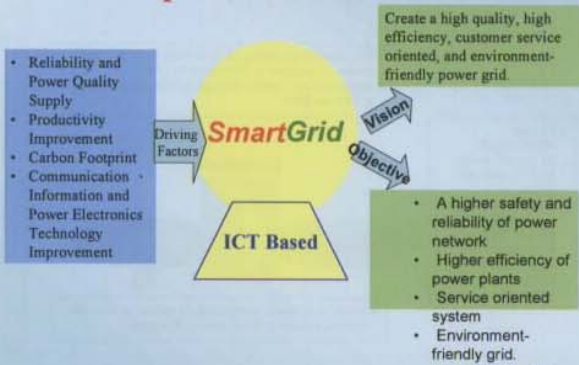
綜合研究所 7

Steps to the Smart Grid



綜合研究所 8

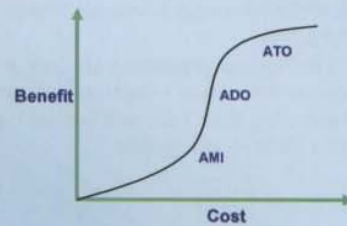
Taipower's Smart Grid



綜合研究所 9

Cost / Benefit

- If primary purpose is to improve reliability, then the cost delta will be +6% over the existing capital expense plan
- If primary purpose is to improve renewables penetration, then the cost delta will be -20% less than the existing capital expense plan
- West Virginia Smart Grid Implementation Plan will be the 5th data point – March 2009



綜合研究所 10

Roadmap for Time Span Schedule

	Short-term	Medium-term	Long-term
Schedule	2007-2009	2010-2015	2016-2027
Object for each stage	Planning and infrastructure construction	Integration and test run	Built Smart Grid and develop future applications

- The transformation period: 20 years.
- Necessity of identifying routes for potential areas of research and application of new technologies.

綜合研究所 11

Taipower's Smart Grid Roadmap

Items	Planning Schedule					
	2007	2010	2013	2018	2022	2027
A	Enhance Power System Stability and Reliability					
A	Upgrade the Power Dispatching Automation Continuously					
	Integrations and Application of Power Electro. Device					
A	Develop Preventive Maintenance					
	Improve Generation Units Efficiency					
B	Increase Power Grid Efficiency					
B	Improve Dispatching Efficiency					
	Upgrade User's Service Quality					
C	Build Advanced Automatic Meters Reading System					
	Provide Uses Added Value Service					
D	Wind Power Forecasting and Dispatching					
	Integrate Distributed Energy Resources into Smart Grids					

Support platforms: communication protocol Guideline and knowledge base

綜合研究所 12

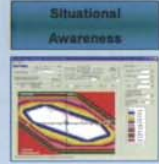
Smart Grid for Transmission system

Maximize Asset Utilization	Real Time State Estimation & Measurement
Automate Asset Condition Assessment	Enable Wide Area Monitoring & Control
Automate Fault Location	Integrate Demand Responsive Resources

綜合研究所 13

Application of PMUs for Controlled Separation, Load Shedding and Generation Rejection

- Controlled separation is an effective last resort to mitigate severe cascading failures.
- Situational Awareness

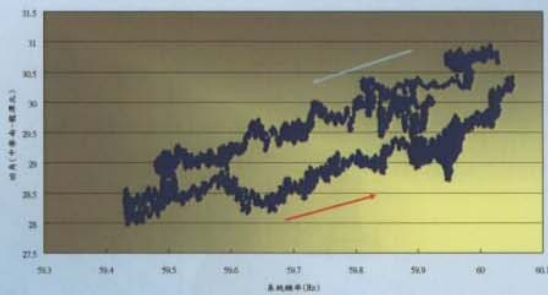


Data: EPRI Presentation, 2008

綜合研究所 14

WAMS in SA Application

20080225 14:54:30 嘉中天然氣空冷塔引射器故障復電後LNG 5100-4500 機組熱網
(機組熱網發電量: 150MW, 最低轉速: 55.43R, 耗煤量: 21.89T)



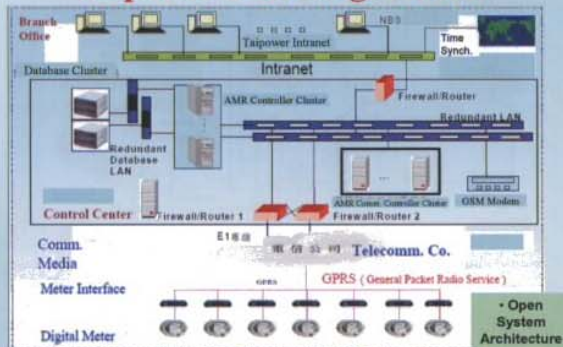
綜合研究所 15

Smart Grid for Distribution System

- Feeder Automation
- Remote Monitoring of Fault Indicator
- Integrated Volt/Var Control
- Feeder or Area Peak Load Management
- Equipment Condition Monitoring
- Distribution SCADA
- Substation Automation
- Micro-Grid Management involving DER and PHEV(BEV)

綜合研究所 16

Taipower's 1st Stage AMR



2 Construction stages: 2008-2009: 1200 units, 2010-2011: 24,000 units
Third Stage (After 2011): AMI evaluation for Low voltage user

綜合研究所 17

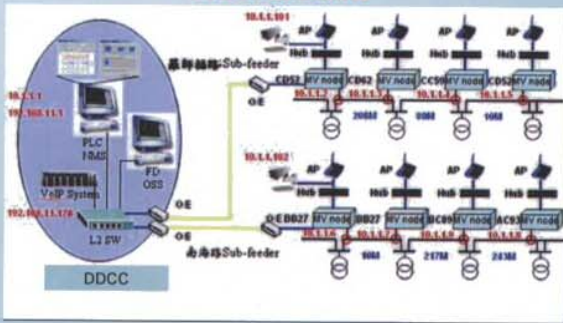
Use AMI Data to Establish a Green Circuit



- Establish and verify baseline losses (through measurement and modeling) and the various loss components
- Develop guidelines for implementing various measures to reduce losses
- Implement the measures
- Monitor performance for a year, verify cost/savings, document real life performance and operational issues, translate the savings in terms of avoided CO2
- Document final results as a practical guidebook to improve distribution system efficiency

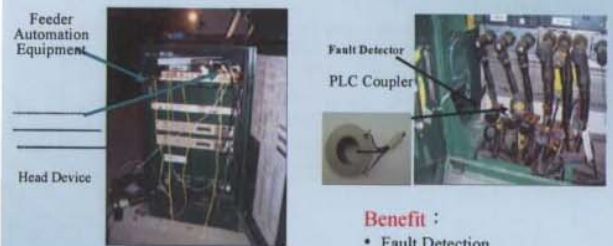
綜合研究所 18

PLC in Distribution Sub-Feeder Automation



綜合研究所 19

PLC Device Installation



Benefit :

- Fault Detection
- Condition Monitoring
- User Comm. Network Service
- PLC added value

綜合研究所 20

Develop Carbon-Free Renewable Energy

VCRF Renewable	2007 (CURRENT SITUATION)		2010		2025	
	Installed Capacity(MW)	Rate (%)	Installed Capacity(MW)	Rate (%)	Installed Capacity(MW)	Rate (%)
1. Hydropower	1922	5.0	2168	5.7	2500	4.4
2. Wind power	281.6	0.7	980	2.6	3000	5.3
3. Solar Photovoltaic	2.1	0.0	31	0.1	1000	1.8
4. Geothermal	—	—	—	—	150	0.3
5. Biomass	637	1.7	741	1.9	1400	2.5
6. Fuel Cell	—	—	—	—	200	0.4
7. Marine Current	—	—	—	—	200	0.4
Total	2643	7.5	3920	10.3	8450	15.1

綜合研究所 21

PHEV / BEV Link to AMI G2V (Grid to Vehicle) & V2G (Vehicle to Grid)

- AMI enables more penetration of PHEV (BEV) on the grid; sensing to enable monitoring the node for charging / discharging
- AMI enables dispatch of PHEV / BEV as a resource for the grid
- AMI enables transactional management as the PHEV / BEV asset moves around the system



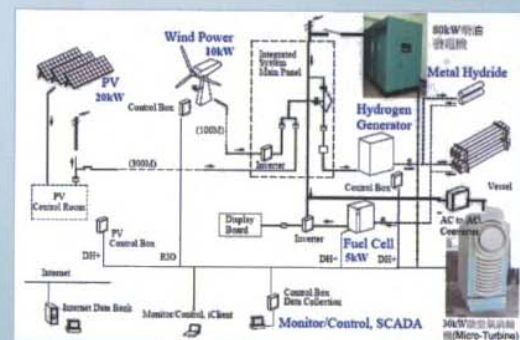
綜合研究所 22

The Strategy

- Reduce dependency on foreign energy sources
- Reduce dependency on low asset use
- Increase reliance on systems and programs that reduce peak demand
- Increase reliance on active control to operate closer to design capacities for large capital assets
- Increase reliance on scalable, interoperable solutions leading to a plug 'n' play environment
- Increase use of portfolio strategies in generation, delivery, and end use to hedge against surprises

綜合研究所 23

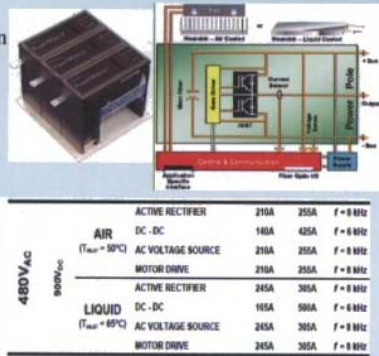
Demonstration Site for DER Integration



綜合研究所 24

Apply PM1000 Power Module in μ -Grid

- PM1000: By American Superconductor
- AMSC PM1000 can programming as:
 1. Active rectifier
 2. AC voltage source
 3. DC/DC Converter
 4. DC/AC Motor Drive
- Back-to-Back application in loop power control



	ACTIVE RECTIFIER	215A	255A	f = 8 MHz
AIR (T _{amb} = 50°C)	DC - DC	140A	425A	f = 8 MHz
	AC VOLTAGE SOURCE	215A	255A	f = 8 MHz
	MOTOR DRIVE	215A	255A	f = 8 MHz
LIQUID (T _{amb} = 65°C)	ACTIVE RECTIFIER	245A	305A	f = 8 MHz
	DC - DC	155A	500A	f = 8 MHz
	AC VOLTAGE SOURCE	245A	305A	f = 8 MHz
	MOTOR DRIVE	245A	305A	f = 8 MHz

綜合研究所 25

Summary

- It is important to the nation's energy, economic, and environmental needs to promote a Smart Grid
- Taipower Smart Grid roadmap has provided four Targets with a view of transforming the power system in Taiwan towards higher reliability and efficiency.
- In order to reach the vision of Smart Grid, it needs to cooperate the efforts of Departments from Taipower.
- PLC technology is an option for last mile Smart Grid communication media.

綜合研究所 26

5 綜合討論

- (1) 高溫超導體電力電纜現場試驗：CRIEPI 曾於其橫須賀所區測試一條 500m 長的高溫超導體電纜，該高溫超導電纜額定為：77kV/1kA、單芯、溫度 67-77k，為了解其目前之測試結果，以作為將來應付供電壅塞之解決方案參考，經詢本次會議出席之岡本博士（橫須賀電力研究所），其答覆目前已使用多年，情況相當良好。
- (2) 次世代氣體絕緣技術之開發：因 SF6 絕緣氣體係造成地球溫室效應的氣體之一，為減少造成溫室效應之廢氣排放，CRIEPI 研究以高氣壓之氮氣 (N2) 與二氧化碳 (CO2) 等對環境影響低之自然氣體來取代 SF6 絕緣氣體之可能性。岡本博士答覆，經測試結果：氮氣 (N2) 或二氧化碳需要加大 GIS 的體積，認為 SF6 絕緣氣體仍係目前較佳選擇。

肆、參訪淨煤發電廠（IGCC）示範研究設備

一、尋求煤之新潛能

藉由介紹新能源資源例如風力、太陽光電及推動核能與天然氣火力電廠等不同途徑，各國皆致力於控制全球暖化。對於資源缺乏的國家如日本，維持能源安全亦是重要課題，由於燃煤於世界各地藏量豐富且價格穩定，藉由使用新式燃煤火力發電系統得以建立最佳化能源資源混合。

這意味著高效率燃煤火力發電技術對於安全能源及同時遏止全球暖化方面皆至關緊要，我們確信在高效率燃煤火力發電技術中，整合型煤炭氣化複循環（IGCC）是最重要亦大有可為的。

IGCC在日本不僅對燃煤和環境保護可達到和諧作用，在透過與世界各國間之國際合作控制CO₂排放及酸雨中亦有所成效。



Bird's-eye view of IGCC Demonstration Plant

二、淨煤發電廠 R&D 公司簡介

(一) 設立日期：2001 年 6 月 15 日

(二) 營運活動：IGCC 之測試與研究

(藉由示範電廠之設計、建構及運轉)

(三) 股東：

Hokkaido 電力公司(3.25%)	Kansai 電力公司(16.75%)
Tohoku 電力公司(8.35%)	Chugoku 電力公司(6.25%)
Tokyo 電力公司(32.30%)	Shikoku 電力公司(2.95%)
Chubu 電力公司(14.25%)	Kyushu 電力公司(8.70%)
Hokuriku 電力公司(2.90%)	電力發展公司 (4.30%)

(四) IGCC 發展聯盟：

Hokkaido 電力公司、Tohoku 電力公司、Tokyo 電力公司、Chubu 電力公司、Hokuriku 電力公司、Kansai 電力公司、Chugoku 電力公司、Shikoku 電力公司、Kyushu 電力公司、電力發展公司 (EPDC)、日本電力中央研究所 (CRIEPI)

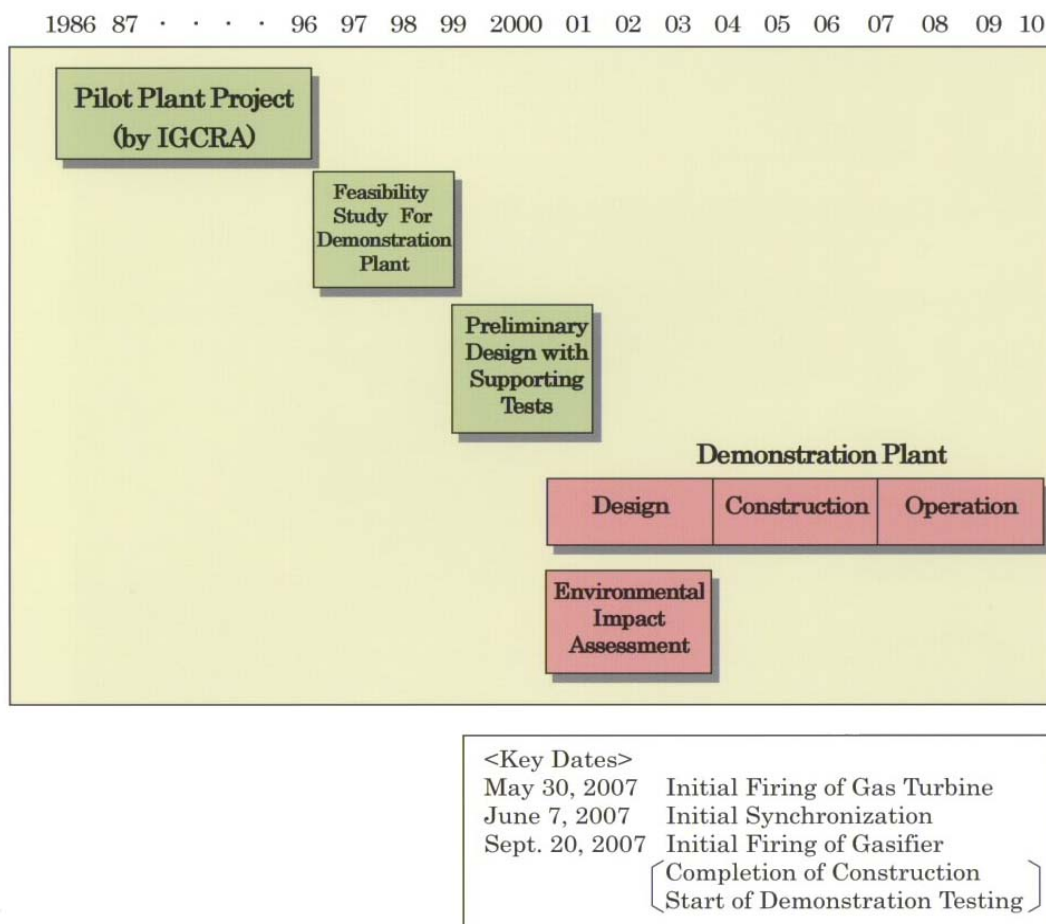
三、示範測試計畫概要

項 目	煤
系統安全與穩定度	在啟動、運轉與停機過程中，確認安全與穩定之運轉。
可靠度	2,000 小時連續運轉。
燃料彈性	IGCC 未來商業化設計可使用多種煤。
高效率	完成目標效率 (較粉煤 USC 機組為佳)。
耐久性	構件與輔助設備之耐久性。
經濟性	藉由示範電廠建構、運轉與維護結果評估 IGCC 商業化之經濟性。

四、緣起

開發 IGCC 係政府的計畫，由日本電力公司、EPD 與 CRIEPI 共 11 個合作組織參加，在 1986 年成立整體煤炭氣化複循環系統工程研究協會，成功地進行先導性工廠計畫，規模為 200 t/d (相當於 25 MWe)。自 1986-1996 年在新能源與 NEDO 委託下接續 IGCRA 活動，2001 年 6 月 15 日新設立淨煤電廠 R&D 公司進行包括設計、建造與運轉之示範計畫，並從示範計畫中得到建造商業化電廠需要之所有資料。

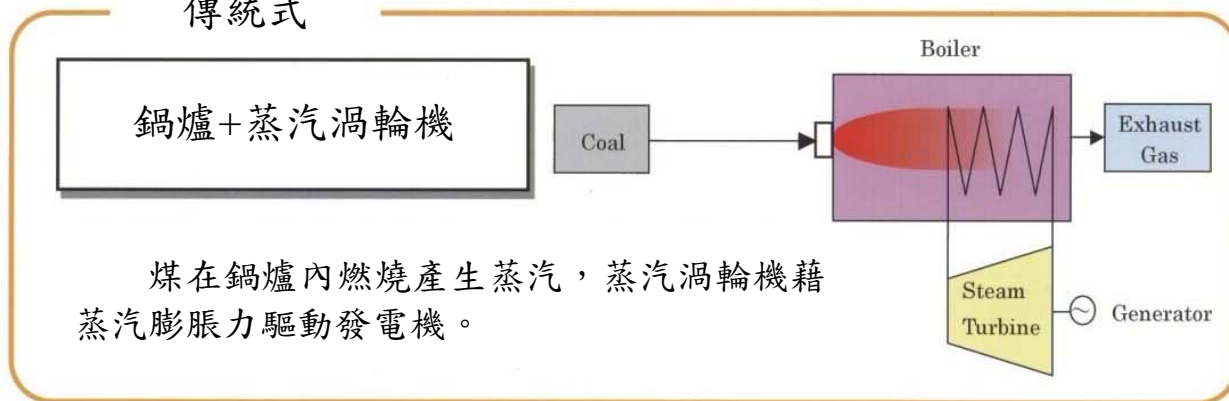
發展時間表



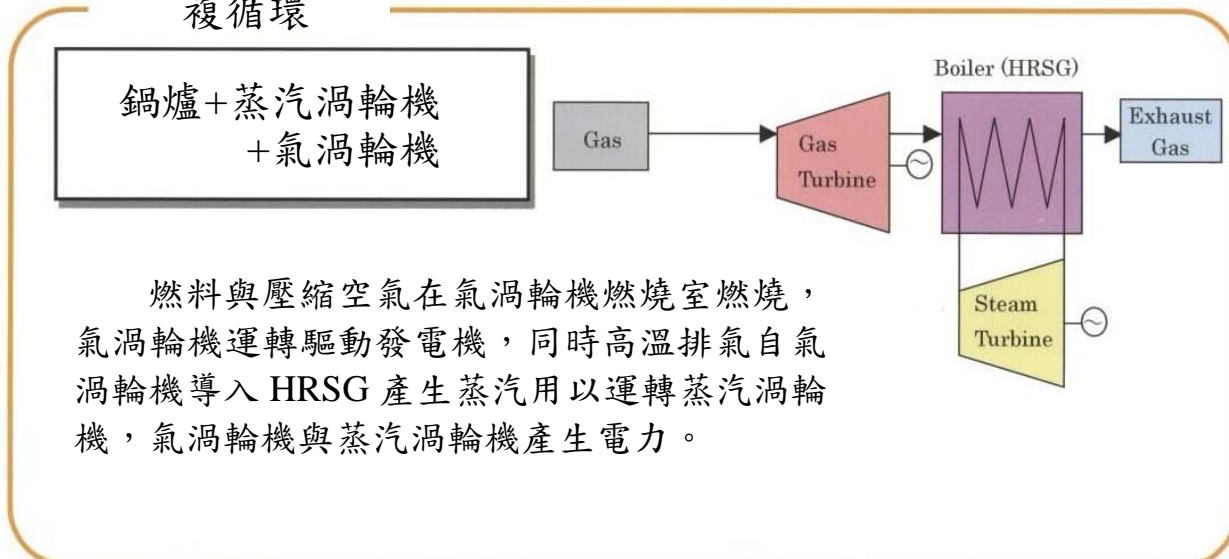
五、IGCC 系統特色

IGCC 是一種新發電系統，其整合煤炭氣化與複循環發電技術，較傳統式燃煤系統效率為高。

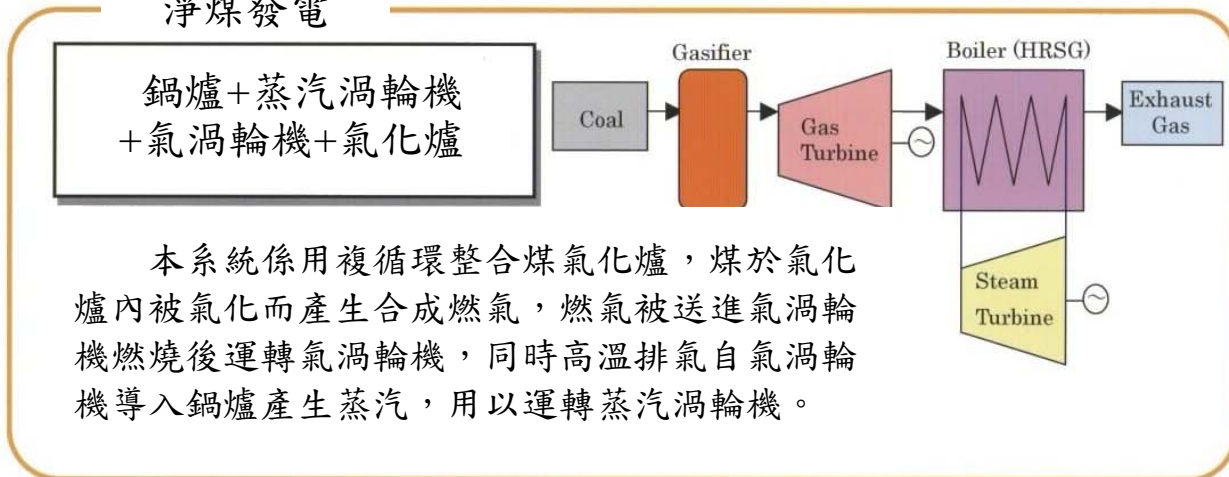
傳統式



複循環



淨煤發電



六、IGCC 優勢

Merit 1

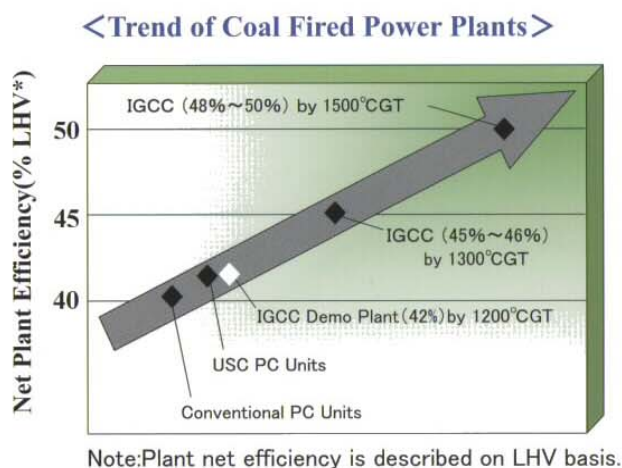
優點 1：減少CO₂提高熱效率

氣化煤能使實體燃料複循環應用，其可預期性能使IGCC系統達到 48%-50%之淨效率，高於傳統燃煤電廠之 42%。基於此項優勢，IGCC系統使燃煤發電在CO₂排放率與燃油電廠趨於相同。

LHV：低熱值

P C：粉煤機組

USC：超超臨界機組

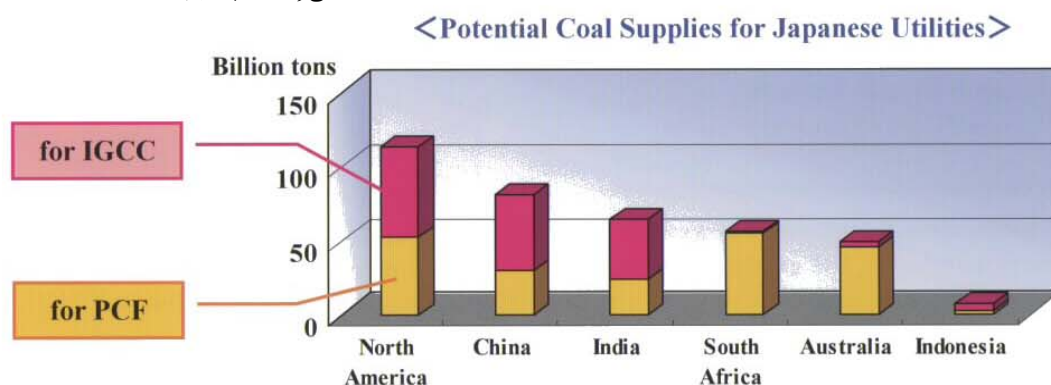


Merit 2

優點 2：燃料使用有彈性

IGCC 能使用寬廣煤源，包括那些由於低灰溶解溫度而無法在傳統 PCF 鍋爐燃燒者。

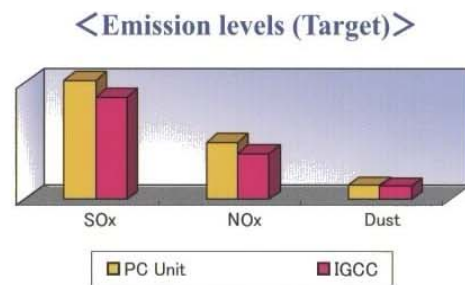
PCF：粉煤燃燒



Merit3

優點 3：低污染排放

高效率結果導致低硫化物、低氮化物及低塵排放/每度。



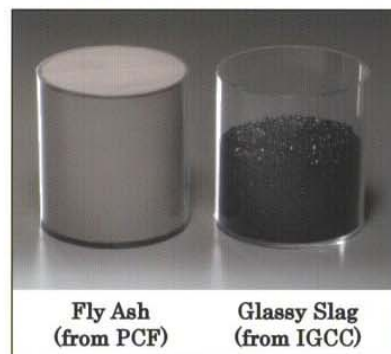
Merit4

優點 4：煤渣有效利用

IGCC 排放之煤灰像光滑煤渣，體積為傳統 PCF 電廠飛灰之一半。因此，光滑煤渣幾乎沒有排放之痕跡。

有關煤渣在商業上的應用，可用於瀝青鋪設，亦被驗證過能成為優質的混凝土粒料。

<Comparison of Ash Volume>



Merit5

優點 5：其他效益

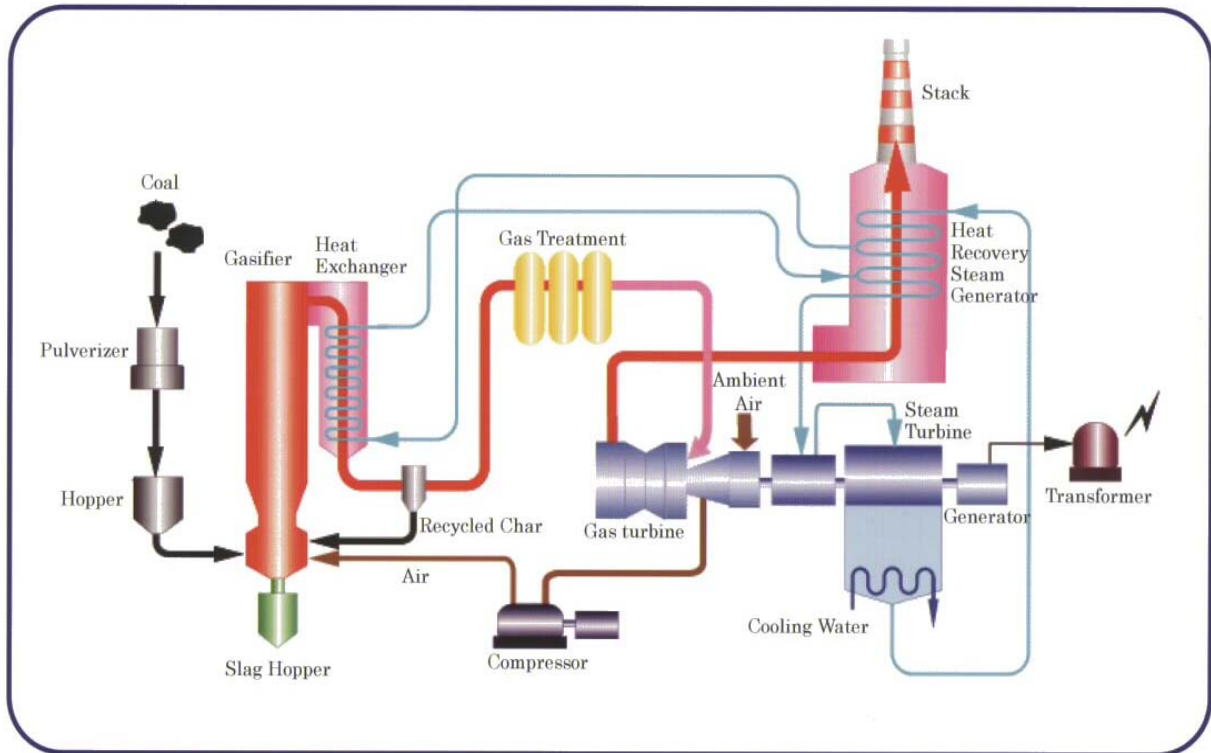
1. 減少冷卻水排放

IGCC 與傳統 PCF 電廠相比，可以減少冷卻水排放量達 30%。

2. 減少給水消耗量

傳統 PCF 電廠為煙氣去磁化，需要大量之給水；IGCC 則因為煙氣進燃燒室前已被淨化，故可減少水之消耗量，且體積比煙氣少很多。

Outline of IGCC



IGCC Demonstration Plant

Capacity	250 MW	
Coal Consumption	approx. 1,700 t/day	
System	Gasifier	Air-blown & Dry Feed
	Gas Treatment	Wet(MDEA) + Gypsum Recovery
	Gas Turbine	1,200°C –class (50Hz)
Efficiency (Target Value)	Gross	48 % (LHV) 46% (HHV)
	Net	42 % (LHV) 40.5% (HHV)
Flue Gas Properties (Target Value)	SO _x	8 ppm (16%O ₂ basis)
	NO _x	5 ppm (16%O ₂ basis)
	Dust Loading	4 mg/m _N ³ (16%O ₂ basis)

Records of Construction — Some Typical Photographs —



〈Inspection of Gas Turbine during Manufacturing〉

At Manufacturers' Facilities



〈Pressure Vessel for Gas Clean-up〉



〈Transportation of Large Vessel〉

At Construction Site



〈Steam Drum Lifting for HRSG〉



〈Pressure Vessel Components
for Gasifier and Syngas Cooler〉

伍、心得與感想

- 一、CRIEPI 對本公司所開發之電力變壓器風險評估之工作，認為我們開發內容考慮周全，成果已達實用階段，希望能借鏡我們之經驗。
- 二、本所目前正積極建立變壓器、電力電纜及開關設備等之部份放電 (Partial Discharge) 量測技術，包括於實驗室建立各種型態故障之部份放電圖譜、不同電力設備適用之測量儀器、故障之判讀、故障定位及預警值之設定等技術，本公司可透過與 CRIEPI 交流，建立實驗室試驗圖譜資料庫及判讀經驗，以加速建立 PD 量測技術。
- 三、本次智慧型電網交流會議，CRIEPI 派出專家為通訊專長，其說明智慧型電網須建置廣域與快速控制之通訊網路，另因應分散型能源的發展，特別提出日本將整合各電力公司的通訊協定，並問到我國是否將使用 IEC 61850 做為配電饋線自動化與分散型發電 (Distribution feeder automation as well as DG SCADA system) 的通訊協定，台電說明目前已建立通訊協定導則，採用 DNP 3 over TCP/IP 與 IEC 61850 通訊協定，併進行一變電所全採 IEC 61850 之示範系統。目前智慧型電網第一步為 AMI 建置，其營運成本中通訊費用佔了相當大的一部份，因此，在建置通訊基本建設時，可同時考慮該通訊建設能提供作為家庭能源管理與上網之用，以供將來電力之外的應用。
- 四、回程於機場巧遇參加國際燃燒學會之成大航空系教授並談到，為避免我國被孤立，國際性會議大家應積極參加；另中網計畫審查會，教授們亦建議多多參與國際工作小組會議，以蒐集最新發展資訊等，因此，建議本所研究人員應儘量參與國際性會議，爭取發言機會。