

出國報告（出國類別：考察）

## 2015 年赴日參訪交流現今電力議題與 需求面管理技術

服務機關：台灣電力公司／能源局

姓名職稱：黃重球 台電公司董事長

歐宏麟 能源局電力組 副組長

郭秋英 台電公司董事長秘書

王金墩 台電公司綜合研究所 負載室主任

黃哲信 台電公司環境保護處污染防治組 組長

派赴國家：日本

出國期間：104/08/30～104/09/04

報告日期：104/10/13



# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱： 2015 年赴日參訪交流現今電力議題與需求面管理技術

頁數 85 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)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

黃重球/台灣電力公司/董事長室/董事長/(02)2366-6200

歐宏麟/能源局/電力組/副組長/(02)2775-7751

王金墩/台灣電力公司/綜合研究所/主任/(02)2360-1230

黃哲信/台灣電力公司/環境保護處/組長/ (02)2366-7220

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間： 104/08/30~104/09/04

出國地區： 日本

報告日期： 104/10/13

分類號/目：

關鍵詞：自動需量反應(ADR)、能源管理系統(EMS)、用戶聚合商  
(Aggregator)

內容摘要：

本次出國行程由台電公司黃董事長重球帶領，率團赴日進行官方與非官方、經濟面與技術面之交流與考察。行程包括參與台日經濟懇談會，交流能源與環境議題及台日政經情勢；參訪橫濱 JPower 磯子 Isogo 燃煤

火力電廠；與 JPower 社長北村雅良等交流國際發電技術與國際情勢，並進行未來合作議題會談；拜訪日本能源經濟研究院(IEEJ)，與豐田正和社長及研究人員討論日本電業自由化之進展與未來趨勢；參訪位於早稻田大學之能源管理示範中心，瞭解以自動需量反應(ADR)為主軸之系統性應用計畫，如智慧城市(Smart Cities)、用戶聚合商(Aggregator)、各型能源管理系統及再生能源併網之模擬、示範與成果；拜訪日本中央電力研究院(CRIEPI)，與各務正博(Masahiro Kakumu)總經理會談福島事件後日本電源配比議題，並由大丸淳副總經理率研究團隊簡報與交流日本需求面管理之發展現況、AMI 建置應用及發展、再生能源與配電網技術及政策等議題。

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

# 壹、目錄

壹、目錄.....	5
貳、圖目錄.....	6
參、表目錄.....	8
肆、出國目的.....	9
伍、任務過程.....	10
一、行程表.....	10
二、同行參與人員.....	15
三、扶桑會赴日討論團之交流內容.....	16
四、J-POWER 磯子燃煤火力發電廠及議題討論.....	30
五、IEEJ 議題討論.....	43
六、早稻田大學參訪.....	46
七、CRIEPI 議題討論.....	49
陸、心得及建議.....	76
柒、附錄.....	79

## 貳、圖目錄

圖 3-1 台灣電力發展歷程.....	18
圖 3-2 台灣電力事業架構圖.....	18
圖 3-3 各發電方式之裝置容量與佔比.....	19
圖 3-4 各發電方式之發電量與佔比.....	19
圖 3-5 再生能源發電方式與容量占比目標.....	20
圖 3-6 減核下電力供應之影響.....	20
圖 3-7 溫室氣體減量對策.....	21
圖 3-8 台電總發電量與 CO2 排放量.....	21
圖 3-9 減量之台電對策.....	22
圖 3-10 2014 台電提升營運績效成果.....	24
圖 4-1 大崎計畫流程圖.....	31
圖 4-2 磯子火力發電廠改建前後之外觀.....	32
圖 4-3 silo 設計圖.....	33
圖 4-4 運煤船.....	33
圖 4-5 空污防制設備示意圖.....	36
圖 4-6 各國空污排放比較.....	36
圖 4-7 ReACT 處理流程.....	37
圖 4-8 吸收塔構造.....	37
圖 4-9 活性焦炭.....	39
圖 4-10 噪音防制圖.....	41
圖 4-11 造型煙囪圖.....	42
圖 5-1 日本電業自由化改革進程.....	45
圖 6-1 示範平台之概念.....	47
圖 6-2 需量反應測試架構.....	47
圖 6-3 示範中心之設計布局.....	48
圖 7-1 日本三階段電業自由化.....	51
圖 7-2 各電業目前在低壓用戶裝設智慧電表的規劃進程.....	52
圖 7-3 需量反應的分類.....	53
圖 7-4 日本住宅尖峰負載抑低效果實證計畫.....	54
圖 7-5 CRIEPI 住家需量反應測試夏季試驗結果.....	55
圖 7-6 尖峰抑低與節能效果.....	56
圖 7-7 各電業 Smart meter 佈建計畫.....	58

圖 7-8 電表資料及用戶資料之資料通訊架構.....	59
圖 7-9 需求端安全之通訊網路研究.....	60
圖 7-10 用戶介面(Customer Gateway)裝置設計 .....	60
圖 7-11 AMI 資通安全弱點與風險分析及對策研究 .....	61
圖 7-12 2015 年日本再生能源收購價格.....	66
圖 7-13 近期 PV 收購價格.....	67
圖 7-14 典型日本 PV 併接於配電線路之實例.....	67
圖 7-15 逆送電力示意圖.....	68
圖 7-16 孤島效應示意圖.....	69
圖 7-17 暫態擾動示意圖.....	69
圖 7-18 PV 造成過剩電力之示意圖.....	70
圖 7-19 FRT 功能示意圖.....	72
圖 7-20 頻率變動容許值示意圖.....	72
圖 7-21 DG 領前之虛功控制或實功控制 .....	72
圖 7-22 PV 過剩電力時之新負載運用示範.....	73
圖 7-23 創造用戶負載以因應 PV 過剩電力示意圖.....	74
圖 7-24 60MWh Redox flow 儲能電池系統示範計畫.....	74

## 參、 表目錄

表 1-1 08/30(日)赴日考察行程表 .....	10
表 1-2 08/31(一)赴日考察行程表 .....	10
表 1-3 09/01(二)赴日考察行程表 .....	11
表 1-4 09/02(三)赴日考察行程表 .....	12
表 1-5 09/03(四)赴日考察行程表 .....	13
表 1-6 09/04(五)赴日考察行程表 .....	14
表 2-1 同行人員 .....	15
表 4-1 磯子火力發電廠新廠和舊廠比較表 .....	34
表 4-2 活性焦炭與活性碳比較表 .....	39
表 7-1 需求面管理措施 .....	49
表 7-2 需求面管理措施細節 .....	49
表 7-3 103 年施行的成效 .....	50
表 7-4 2014 年~2017 年再生能源推廣目標最新規劃 .....	62
表 7-5 2020 年~2030 年再生能源推廣目標最新規劃 .....	62
表 7-6 2008 至 2014 年各再生能源機組裝置容量 .....	63
表 7-7 再生能源併網影響及其解決方法 .....	63
表 7-8 再生能源併接容量級距及計費方式 .....	65
表 7-9 不同電壓等級之併網規定 .....	70

## 肆、出國目的

台電公司近來面臨電源開發電瓶頸及經營策略與營運方向改變之雙重挑戰。面對社會環境變遷與環保意識的抬頭，台電近幾年之電廠興建計劃遭遇極大阻礙，同時因地方改變之環保與安全質疑，使得未來電源開發與運轉調度出現瓶頸。

日本的電力供需與台灣有一定程度的相似，2011 年日本發生 311 大地震所引起的海嘯摧毀核電廠事件造成人民的恐慌，因而停止所有核電廠運轉以安撫民心。此行之出國考察，除了與扶桑會高階政策交流團一起與日本探討雙方經濟現況及能源議題之外，亦前往 J-POWER 公司所屬全世界轉換效率最高之磯子燃煤火力發電廠參訪。

扶桑會主要會談行程結束後，台電公司另安排更深入的議題探討，包括與 J-POWER 公司深入探討火力電廠之推動情形及相關經驗，期望能藉由學習與作為台電台電未來規劃燃煤電廠碳排與空屋最佳化之參考。

前往日本能源經濟研究所(The Institute of Energy Economics, Japan, IEEJ)討論電業自由化的議題。日本的電業自由化進程領先台灣，若台灣電力未來逐步自由化，日本的經驗可茲借鏡。

因應台電目前電力供需失衡的有效方式為採用需求面管理。日本在 2011 年 311 地震後，全面關閉核電廠，直至最近方有鹿兒島川內核電廠啟用。這段期間之電力缺口日方是如何彌補的值得我們學習。這段期間，早稻田大學在日本政府資助下建置了一套 EMS(Energy Management System)示範中心，此行特別商請 CRIEPI(Central Research Institute of Electric Power Industry，中央電力研究所)安排參訪。並與 CRIEPI 專家深入討論需求面管理、AMI 建置及再生能源現況。這些議題皆為台灣目前最為關心且亟需推展的議題，希望能從與日方研究人員的討論中，得出作為台灣能源政策與技術發展之重要參考。

# 伍、 任務過程

## 一、 行程表

表 1-1 08/30(日)赴日考察行程表

時間	地點	內 容	參與人員
09:00 }	松山 機場	【搭乘飛機】	1. 扶桑會 2. 台電人員 3. 能源局
12:55	羽田 機場	於「海關出口處」集合。	
18:00 } 20:00	帝國 飯店	【扶桑會行前會議】	

表 1-2 08/31(一)赴日考察行程表

時間	地點	內 容	參與人員
09:20	飯店	出發至學士會館	1. 西川 禎一 <b>Nishikawa Teiichi</b> 2. 澤 昭裕 <b>Sawa Akihiro</b> 3. 扶桑會 4. 蓬萊會(21 人) 5. 台電人員 6. 能源局 7. 菅原 郁郎 <b>Sugawara Ikuo</b>
09:30 } 09:50	學士 會館	蓬萊/扶桑會 經濟懇談會 【報到】交流與交換名片。	
10:00 } 10:10		【會談開始】 西川代表幹事及彭榮次會長致詞。	
10:10 } 11:20		【會談議題一】能源與環境問題 1. 蓬萊會報告。 主講人：澤昭裕(經團連 21 世紀政策研究所研究 主幹、NPO 法人國際環境經濟研究所所長) 2. 扶桑會報告。 主講人：黃重球 董事長 講題：台灣電力事業概況(20 分鐘，中文) (1) 前言 (2) 台灣電力事業現況簡介 (3) 台灣電業面臨之挑戰 甲、能源政策走向 乙、溫室氣體減量 丙、電業自由化 (4) 未來的因應策略探討	

時間	地點	內容	參與人員
		(5) 結語 3. 雙方意見交流。	
11:30 }		【會談議題二】台灣政經情勢 1. 扶桑會報告。 彭榮次董事長－政治	
12:30		陳添枝教授－經濟現況 何美玥董事－經濟展望	
12:30 }		【午餐】	
13:30 }		【會談議題三】安倍經濟成長戰略的現況與成果 1. 蓬萊會報告。	
14:30		菅原郁郎(經濟產業省事務次官)	
14:40 }		【會談議題四】其他 1. 蓬萊會報告。	
15:45		2. 扶桑會報告。	
15:45		【閉會致詞】	同上
16:30 }		【拜會官員】 (內閣府) 表敬訪問甘利明經濟再生大臣(日本 TPP 主談代表)	1. 甘利 明 Amari Akira 2. 扶桑會(14) 3. 台電人員 4. 能源局
17:00			

表 1-3 09/01(二)赴日考察行程表

時間	地點	內容	參與人員
10:00 }	J-Power 磯子火力 發電廠及 相關設施	【參訪電廠】 J-Power 磯子火力發電廠(橫濱西區) 1. 由廠長接待 2. 由台電 黃董事長領隊參訪。	1. 扶桑會 2. 蓬萊會(9 人) 3. Mr. Toyoda (IEEJ 理事長)
17:30		【移動、參觀、討論】	4. 台電人員 5. 能源局

表 1-4 09/02(三)赴日考察行程表

時間	地點	內容	參與人員
09:30 ~ 12:00	帝國 飯店 5F 會議室 D	<p><b>【J-POWER與台電公司會談】</b></p> <p>技術問題雙方相關人員於會前先行交流，結論視情況於會中報告。現場著重高層次議題交流建議如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. J-POWER 日本國內高效率燃煤火力電廠的開發計劃</li> <li>2. 高效率燃煤火力發電的推展情況</li> <li>3. J-POWER 日本海外發電事業的推動方針</li> <li>4. 台電未來 10 年的火力發電推動情形</li> <li>5. 台灣電力與 J-POWER、就新燃煤火力電廠進行合作規劃的研議探討</li> <li>6. 磯子更新計劃的重要思惟</li> <li>7. 如何與地方政府（橫濱市）、就磯子更新計劃進行協商溝通。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. J-POWER</li> <li>2. 台電、能源局</li> <li>3. 北村雅良 Kitamura Masayoshi</li> <li>4. 尾井芳樹 ONOI Yoshiki</li> <li>5. 謝花たかし Jahana Takashi</li> <li>6. 末永孝 Suenaga Kuo</li> </ol> <p>陪同人員：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. 加藤伸一 KATOU Shinichi</li> <li>8. 園田大祐 SONODA Daisuke</li> </ol>
12:00 ~ 14:00		<b>【午餐與休息】</b>	
14:00		<b>【移動時間】</b> 前往日本能源經濟研究所	
14:30 ~ 16:10	日本能源 經濟 研究所 (The Institute of Energy Economi cs)	<p><b>【IEEJ迎賓及簡介及議題交流】</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. IEEJ 迎賓、機構簡介及介紹日本電力市場自由化。</li> <li>2. 日本電力市場改革模式與態勢。</li> <li>3. 日本電業自由化進度為何？遭遇何種各界阻力？法規有無配合修正？</li> <li>4. 日本非傳統電業投入電業其投資考量及營運模式為何？</li> <li>5. 多家售電業成立，綜合電業的用戶可能大量流失，面對此嚴峻挑戰，有何因應對策？</li> <li>6. 因應 2020 年以控股公司模式進行法人分離，各電力公司是否已進行相關準備作業？其重點業務為何？主要困難之處又為何？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 小笠原先生 Mr. Ogasawara</li> <li>2. 永富先生 Mr. Nagatomi</li> </ol>
16:10 ~ 16:50		<p><b>【經驗交流】</b></p> <p>日本能源組合及核能相關議題研究。</p>	<p><b>16:10 加入：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 豐田正和 (chairman) Mr. Toyoda</li> <li>2. 古谷隆志 Mr. Furuya</li> </ol>

表 1-5 09/03(四)赴日考察行程表

時間	地點	內 容	參與人員
08:30 ~ 09:00		【出發至早稻田大學】	1. CRIEPI 2. 早稻田人員 3. 台電人員 4. 能源局 陪同人員： 1. Ms. Mitamura 2. Dr. Nagano
09:00	早稻田 大學 Shinjuku (新宿) EMS Demo Center	【歡迎致詞】 (Dr. Hayashi)	早稻田人員：
09:10 ~ 09:40		【參訪 EMS 示範中心】 Dr. Ishii	Dr. Ishii Hideo
09:40 ~ 10:40		【實驗室參觀】 1. 智慧家庭, HEMS：示範(Mr. Hirohashi) 2. 配電網路之模擬：示範(Mr. Yoshinaga) 3. 自動需量反應伺服器(Dr. Ishii)	Dr. Hayashi Yasuhiro Mr. Yoshinaga Jun Mr. Hirohashi Wataru
10:50 ~ 11:30		【Q&A】	CRIEPI 人員： Ms. Mitamura Dr. Nagano Dr. Asano Mr. He(何)
11:30		【交通移動】早稻田大學至 CRIEPI	
12:00 ~ 12:30		【拜訪】 CRIEPI President Mr. Kakumu。	Mr. Kakumu Dr. Inumaru Dr. Asano
12:30 ~ 14:00	CRIEPI 總公司 CRIEPI 總公司	【午餐會議】 與 CRIEPI 研究人員一同進行議題討論。 (1) AMI 建置之考量及投資、關鍵影響問題、 國家政策、未來價值？ (2) 再生能源政策？電網連接之影響(電力品 質、補助.....等)。電網投資以提升再生能 源穿透率之計畫？	Dr. Serizawa Dr. Kobayashi Dr. Nagano Ms. Mitamura 翻譯 Mr. He 何先生
14:00 ~ 14:45		【講座主題一】 DSM development in Japan 需求面管理之應用	主講人： Dr. Hiroshi 加入會議： Dr. Takahashi and Dr. Nagata
14:45 ~ 15:30		【講座主題二】 AMI's construction consideration and applications. The most critical issues that impact AMI, Cost-Benefit, National policy and future values AMI 建置及應用	主講人： Dr. Yoshizumi

時間	地點	內 容	參與人員
15:30 ~ 16:30		【講座主題三】 Renewable energy policy, Grid Connection impacts (power quality, subsidies), investment to increase penetration of renewable energy 再生能源併網議題	主講人： Dr. Kobayashi

表 1-6 09/04(五)赴日考察行程表

時間	地點	內 容	參與人員
	羽田 機場	【離日返台】 航班：CI221 結束赴日行程，返回台灣。	1. 台電人員 2. 能源局

## 二、 同行參與人員

表 2-1 同行人員

姓名	服務單位及職稱
黃重球	台灣電力公司 董事長
歐宏麟	經濟部能源局－電力組 副組長
郭秋英	台灣電力公司 董事長秘書
王金墩	台灣電力公司 綜合研究所－負載管理研究室 主任
黃哲信	台灣電力公司 環境保護處－污染防治組 組長

### 三、 扶桑會赴日討論團之交流內容

#### (一) 前言

本次行程於 8 月 31 日與 9 月 1 日參加由台灣扶桑會、日本蓬萊會舉辦之中日經濟雙邊懇談會。本公司由黃董事長重球率團與會。台方由彭榮次會長主持，日方由西川禎一代表主持。台方參與人員 18 人包括前亞協會會長彭榮次先生、前經建會主委陳添枝先生、前經濟部部長何美玥女士、前經濟部次長，現任台電董事長黃重球先生等成員。日方參與人員 21 人包括前經產省次官北畑隆雄、前日本石油開發公司社長野野內隆、工業所有權情報化中心理事長林昭彥、日本商工會議所顧問西川禎一、篠原徹等。人員陣容非常龐大，會場安排於具有歷史古蹟背景之學士會館進行。

會議開始由雙方代表彭榮次會長與西川禎一代表幹事致詞揭開序幕，首先介紹雙方與會成員與會議主題。包括能源與環境議題、台灣政經情勢、日本安倍經濟成長戰略的現況與成果等。

會談結束後並由台灣扶桑會代表拜會日本內閣經濟再生大臣暨 TPP 代表甘利明。拜訪結束後雙方於日本正式外交宴會場東京俱樂部進行晚宴交流。各會談議題之內容及雙方交流摘錄如後。

#### (二) 能源與環境議題

首先是能源與環境議題，由國際環境經濟研究所所長澤昭 裕發表「日本能源事情及政策」，若日本徹底實施省能源措施，2030 年度能源需求將比 2013 年度減少約 13%。日本的初級能源供給，2030 年再生能源估計為 13~14%，核能約為 11%。初級能源的自給率由原本 2013 年度的 6% 增至 2030 年度的 24.3% 左右。未來若要降低核能依賴度，為了確保能源安全以及能源的經濟性，須強化資源外交，活用高效率煤火力發電。並利用 FIT 對策增加再生能源的發電量來削減二氧化碳排放量。

日本的能源長期供需預測的數量政策目標，首先是能源自給率應由現今的 6% 提高至比東日本大震災前的 20% 更高的 25%。在電力成本方面，則須將因大震災後快速上漲三成的產業用電以及上漲二成的家庭用電費調降。在溫室氣體排放方面則須比歐美國家的減量目標更好才行。

依照日本政府規劃的電源結構，再生能源為 22-24%，其中，太陽能 7%、水力 9%、生質能 4%、風力 1.7%、地熱 1% 等；核能發電 20-22%、LNG 27%、煤 26%、石油 3%。使日本在 2030 年度的基載電源比率為 56% 左右。

日本國際環境經濟研究所模擬當煤、LNG、核能、再生能源分別增加或是減少 1% 的生產時，對電力成本可能造成的影響。根據該研究所的估算，至 2030 年煤每公噸成本約 14,044 日圓；LNG 需 79,112 日圓；而每一 kWh 的核能成本為 1.54 日圓；再生能源則為 22 日圓。該研究所也估算當電源自給率增減 0.5% 時，對 CO<sub>2</sub> 排放以及電力成本可能帶來的影響。

澤所長提及，日本對溫室氣體排放目標是 2030 年度要比 2013 年度減少 26.0%，與 2005 年度比則是減少 25.4%。若以 GDP 來計算溫室氣體排放量，日本在 2013 年每一美元約排放 0.25 公斤的溫室氣體。如以每一單位人口來算，則每人每年排放 11 噸溫室氣體。整體來說，日本是能源使用效率最高的國家。

日本核能再運轉是依新管制措施來考量，也就是以風險最小為目標，而非零風險。澤昭裕所長批評福井大飯核電廠的法院判決是以「零風險」為主。他表示，風險是包括可能發生事故的風險機率以及發生事故時的影響程度二種。日本政府的目標是這種風險是否超過某一水準為主。安全是業者的第一要務，管制委員會則負有審查及檢查的責任。

澤所長也提及核能的三個不確定性，分別是政治面的不確定性、政策面的不確定性以及管制面的不確定性。政治面須有明確的支持能源結構政策，政策面須進行電力體系改革及制定核燃料循環對策，解決核廢料最終處分地；管制面則須明確化核能管制委員會的管制活動可能產生的問題。

### (三) 台灣電力事業現況

#### 1. 簡介

「扶桑」、「蓬萊」兩會交誼深厚，長久以來每年輪流在台北、東京兩地聚會，就台日雙方共同關注的政經議題進行交流，對於促進彼此的了解與合作貢獻良多。應扶桑會彭會長的要求，台電公司黃重球董事長就「台灣電力事業概況」包括未來面臨的挑戰以及可能的因應策略提出簡要報告。

台日兩國在能源環境上具有許多相似之處，譬如：雙方都屬海島型國家，能源系統相對孤立；雙方的自產能源都很貧乏，進口能源的依存度非常高……等等。因此，雙方在此一議題上加強交流、分享經驗尤其具有積極的意義。如圖 3-1 所示，電力發展的歷程，概分為水利開發期、水主火從期、火主水從期、核電發展期、需求面管理期、發電市場開放期與節能減碳期七個時期。轉折點則是在 2004 年時，當時經濟成長率高於電力成長率。

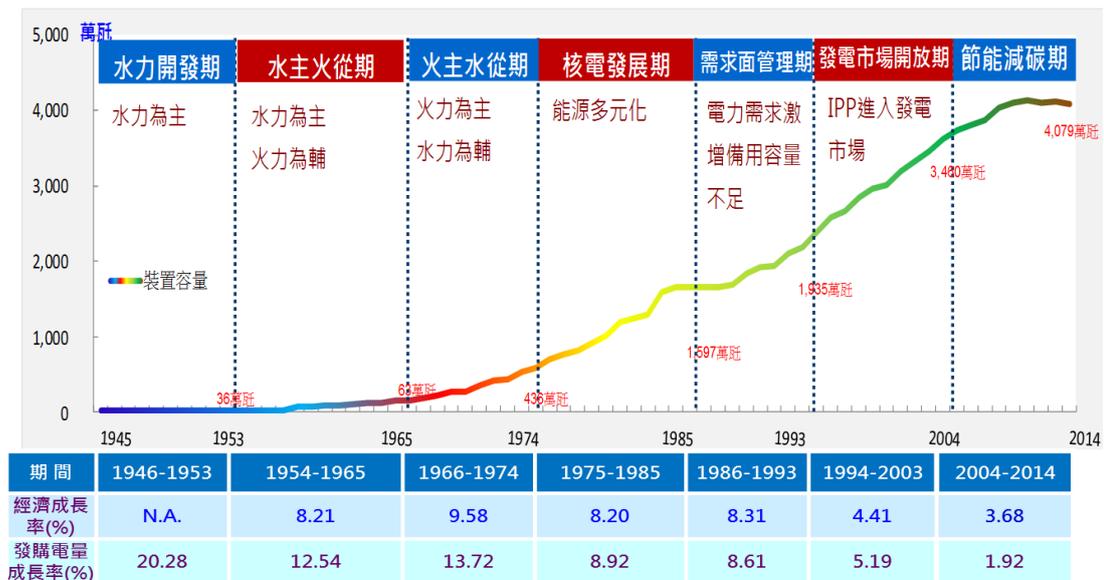


圖 3-1 台灣電力發展歷程

現行台灣電力事業架構如圖 3-2 所示，台灣電力公司為唯一發輸配售垂直整合之國營綜合電業。

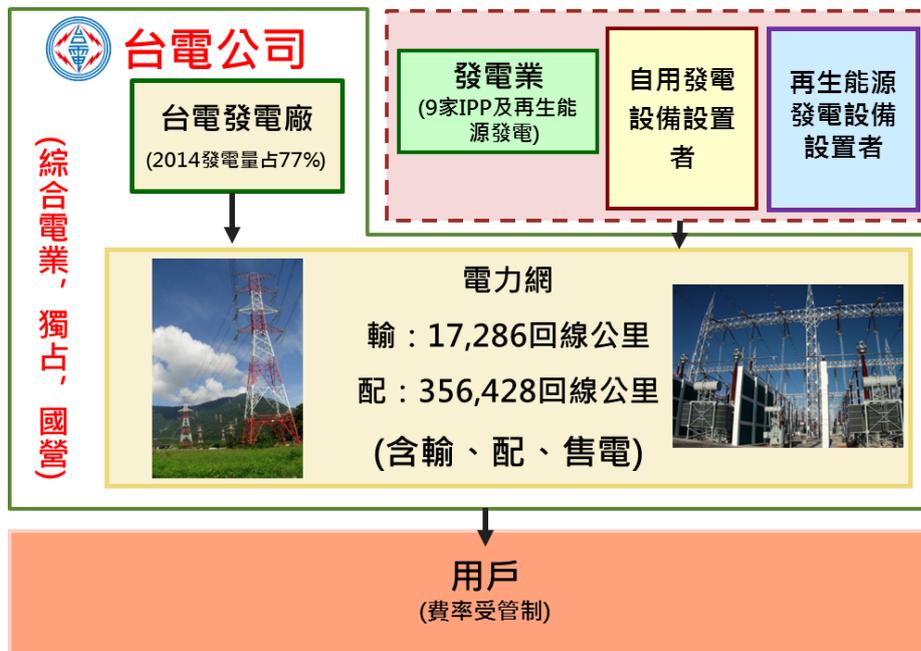


圖 3-2 台灣電力事業架構圖

截至 2014 年底，台電發電機組總裝置容量約為 4,079 萬瓩。各發電方式及其裝置容量與佔比如圖 3-3 所示。而各發電方式之發電量如圖 3-4 所示。由圖中可清楚看出，燃煤發電量占比是最高的，約占 37.5%。

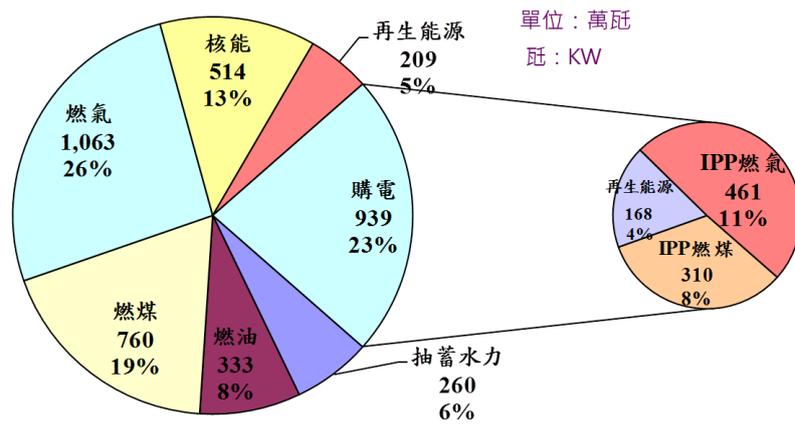


圖 3-3 各發電方式之裝置容量與佔比

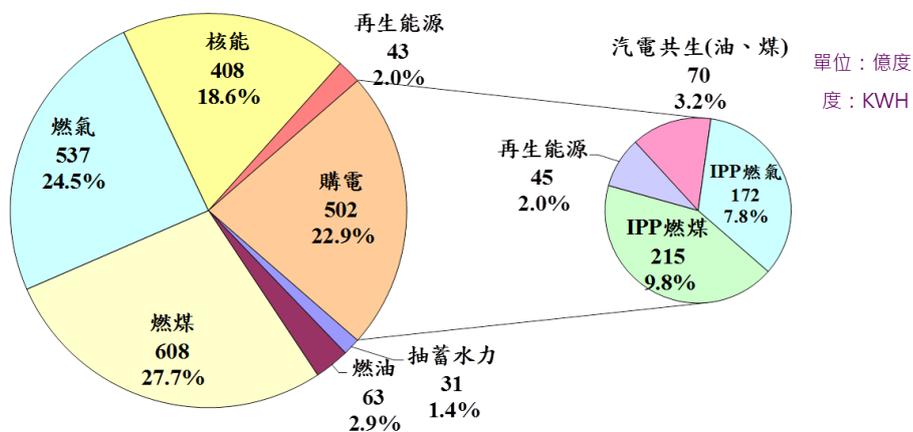


圖 3-4 各發電方式之發電量與佔比

歷經了 2011 年福島核電事故，台日雙方在能源上都面臨很大的挑戰。日本 54 部反應爐陸續停機安檢，2012 年 5 月 5 日日本進入無核狀態。在 2014 年的全國能源會議有三個結論：促進整體再生能源發展、推動需求面管理與節約能源，而核能發展走向仍未達共識。而在 2015 年 8 月 11 日，日本重啟了鹿兒島縣川內核電廠，結束了日本零核狀態。

在台灣的部分，2010 年發布了國家節能減碳總計畫，預計在 2008 年至 2016 年間，每年能源效率提高 2%。2011 年宣布新的能源政策：全力推動再生能源、促進天然氣合理使用。穩健減核、逐步邁向非核家園、確保不限電、維持合理電價與達成國際減碳三大承諾。2014 年核四封存，龍門發電廠 1 號機不施工，安檢後封存。龍門 2 號機則全面停工。2015 年中南部六個縣市簽署禁燒生煤及石油焦，同時環保署也宣布推動每年減量 5% 之 PM2.5 之排放量。高屏地區啟動空汙總量管制計畫，3 年內總量管制由 0% 加嚴至 5%。福島核災間接影響台灣能源政策走向，在核能占比下降，化石燃料替代下，台電除面臨缺電與電價合理化壓力外，亦面臨 CO2 減量和空污排放限制之國內外挑戰。

對於再生能源的國家發展目標，如圖 3-5 所示。由圖可知太陽光電增幅最大，目標量由 2014 年 61.5 萬瓩增加至 2030 年 870 萬瓩，且原定 2030 年 620 萬瓩的目標量於 2025 年達成。風力發電將以離岸風場開發為主，離岸風力發電裝置容量，由 2014 年 0 萬瓩增至 2030 年 400 萬瓩，合併陸域風力共 520 萬瓩。未來風力的開發將由陸域走向海域。但再生能源本身就具有許多限制，風力與太陽光電仍屬間歇性能源，難以接受穩定調度。

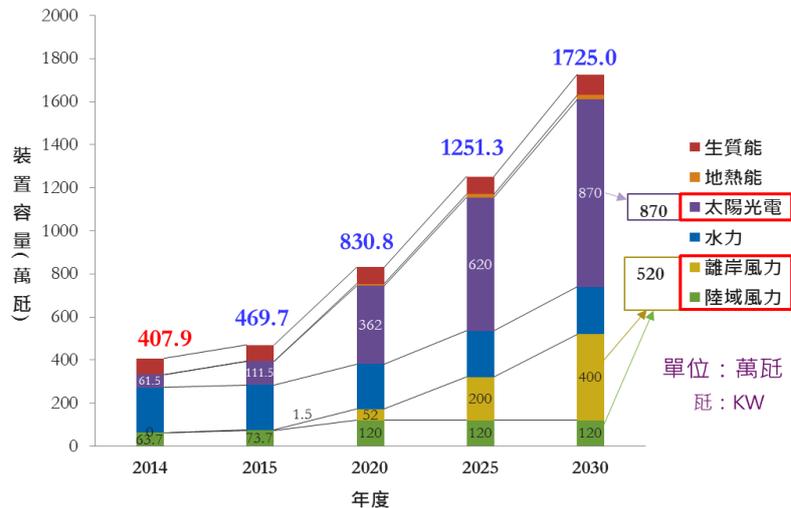


圖 3-5 再生能源發電方式與容量占比目標

若核電廠陸續除役，未來化石能源的增加無法替代核能的下降，備用容量率一定會下滑。預估自 2018 年起備用容量率即長期維持在 10% 以下，將有較高的缺電風險。如圖 3-6 所示。



圖 3-6 減核下電力供應之影響

2015 年 7 月 1 日開始施行溫室氣體減量及管理法，希望達成長期減量目標：2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年排放量 50% 以下，以五年為一個階段漸進施行。各階段如 圖 3-7 所示。

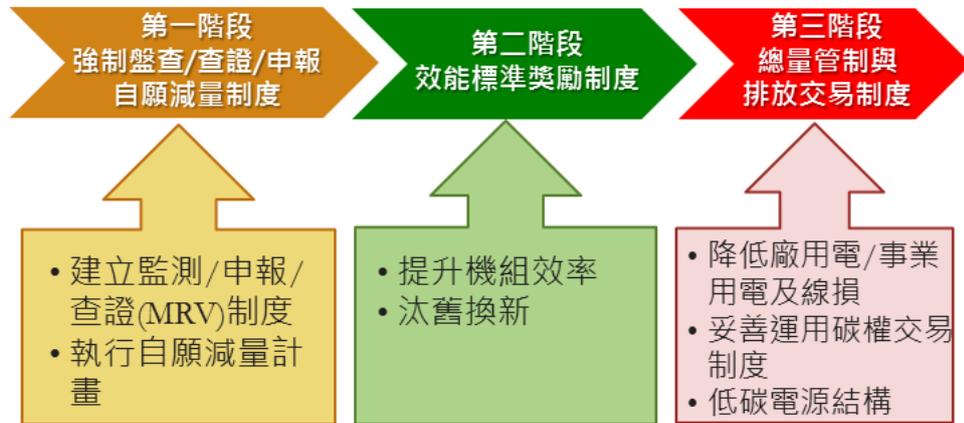


圖 3-7 溫室氣體減量對策

隨著發電量逐年增加，CO<sub>2</sub> 排放量呈遞增成長趨勢。在燃氣機組增加下，CO<sub>2</sub> 排放強度由 2005 年 0.557 公斤/度降為 2014 年 0.498 公斤/度。在核能占比下降(核四不商轉，核能除役)下，CO<sub>2</sub> 排放預計由 2014 年 0.498 公斤/度增為 2025 年 0.615 公斤/度。如圖 3-8 所示。

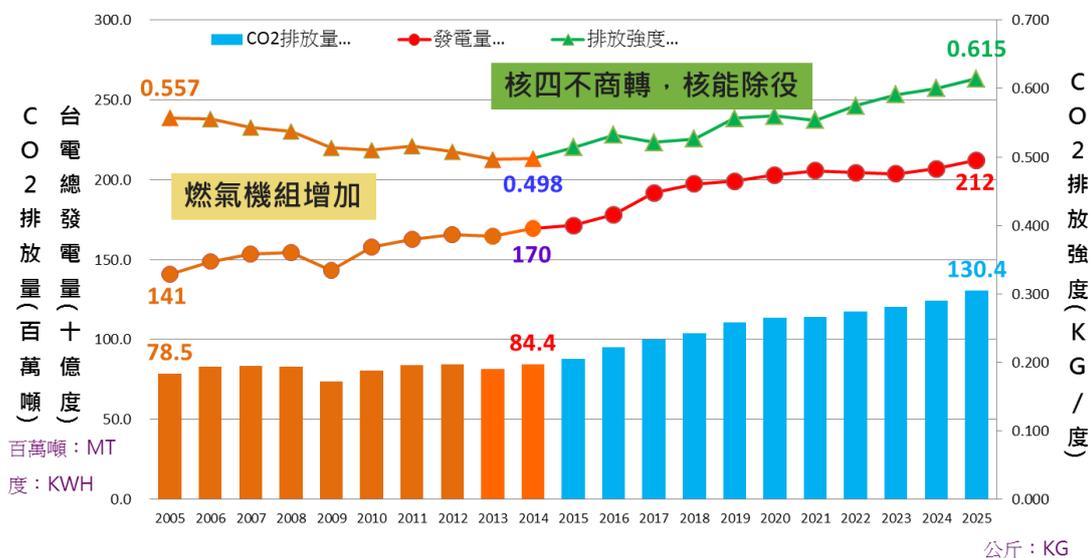


圖 3-8 台電總發電量與 CO<sub>2</sub> 排放量

對於減量的缺口，如圖 3-9 所示，台電的做法如下：

- (1) 擴大天然氣為最有潛能之減碳措施，惟考量能源安全及多元化，不宜僅使用單一燃料。
- (2) 另搭配機組效率提升、再生能源開發等策略後，仍有 35(2020 年)、53(2025 年)百萬噸缺口，需仰賴需求面管理與碳權經營弭平。
- (3) 推動綠色企業創意平台、環保策略平台和事業部環保績效指標。

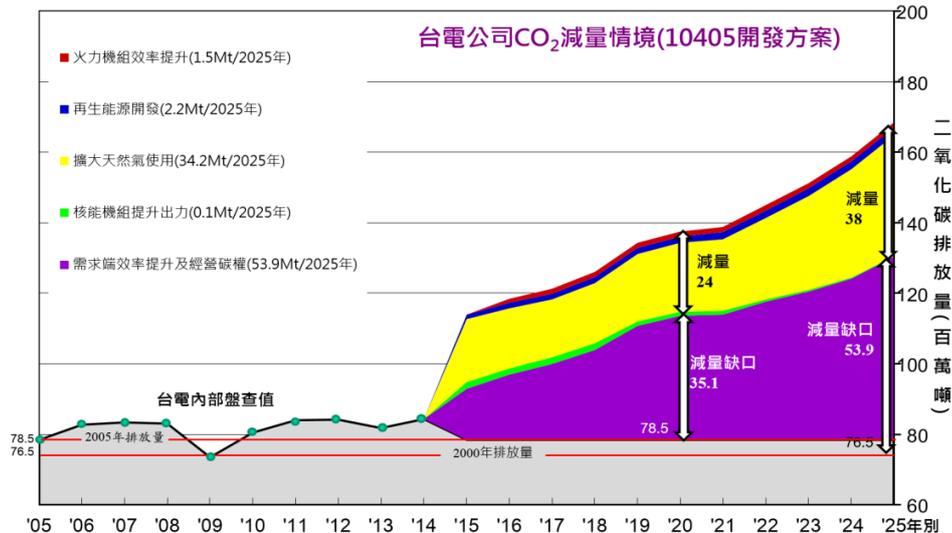


圖 3-9 減量之台電對策

## 2. 台灣電力事業面臨之挑戰

行政院版修正草案規劃重點為分兩階段漸進推動電業自由化。第一階段為會計分離，將綜合電業不同部門間會計獨立；逐步開放用戶購電選擇權，開放轉供與直供，並且成立電力調度中心。第二階段為廠網分離，將電力網業與發電業進行所有權分割，電力網業仍為國營一家獨占，水力及核能發電維持國營。修法通過後 5~9 年完成廠網分離。

電業自由化後，台電公司面臨許多衝擊。綜合電業分割為發電業與電力網業，面臨組織變革，獨買獨賣優勢消失；電力網業開放發電業直供，影響電力網之使用，可能造成投資閒置，如負供電義務，因未有發電資源，對於費率受管制用戶，有高買低賣風險。發電業售電方式有躉售、轉供(代輸)及直供 3 種，價格不予管制必須與其他發電業競爭，老舊機組可能成為套牢成本。售電業開放用戶購電選擇權，必須競爭爭取用戶。

為及早因應以上已知的衝擊，目前已擬定相關策略：減緩電力需求成長、擴大再生能源利用、優化電力系統組成、提升系統營運績效、健全電業營運體制、強化公司內外溝通。

## 減緩電力需求成長

現今社會情況，供給面的電源開發並不容易，所以從需求面著手進行改變。台電公司對於目前所遇到的瓶頸，希望售電價格能夠制度化與合理化，反應合理投資成本，適度解除政策性補貼，設立獨立費率管制委員會。除了制度與政策的修改之外，亦著手於加強需求面管理相關措施的設計與推廣：包括強化時間電價與計劃性、臨時性減少用電措施，推動需量反應和需量競價及全民智慧節電計劃。更新舊有技術，高壓用戶應用先進讀表及大數據技術精確掌握用戶用電行為，低壓用戶分階段從 1 萬戶、10 萬戶到 100 萬戶穩健推動，同時強化資料探勘與大數據技術對各類用戶用電行為分析，以減緩需求面之成長。

## 擴大再生能源利用

台電的做法如下列：

- (1) 太陽光電：推動陽光屋頂百萬座、先屋頂(民宅、工廠、公有建築)後地面(汙染或嚴重地層下陷土地)。
- (2) 加強離岸風力開發
- (3) 澎湖、金馬低碳島
- (4) 低碳社區、低碳城市
- (5) 智慧電網：提升系統協同大量再生能源運轉之能力、應用智慧電網及大數據技術掌握再生能源之不穩定性
- (6) 再生能源併網：促進再生能源併網要求之合理化、強化再生能源預測並評估其容量價值、訂定 FIT 合理躉購費率推動附加費制度和綠色電力
- (7) 推動儲能系統及電動車

## 優化電力系統組成

現行的電力網越來越龐大，複雜度也越來越高，相對影響因素也較以前多，應鼓勵創新，塑造效率高、排放低、彈性佳之電力系統。而彈性電力資源多元組合，確保能源安全並增進系統調適能力；並朝向電力資源整合規劃，最佳化供電成本並降低二氧化碳排放。為確保最適系統動態供電可靠度，應訂定合理備用容量。

近年來新建電廠遭遇到非常強的阻礙，甚至在舊有機組更新上已經困難重重。台電在這方面秉持著強化電廠最適配置及提升機組效率與可用率，並期望降低發電成本，力求發電能源組成有關型式與來源之平衡，不單一發展某種發電方式；規劃基中尖載機組最適配比，增加基載機組配合溫減管理法，調整發電結構暨碳資產管理；為減少線路損失，力求供電設施與用電需求間

之區域平衡。

### 提升系統營運績效

台電在 2016 年成立各大事業部，並建立事業部責任中心關鍵績效指標作為營運宗旨：提昇財務經營績效、強化顧客滿意度、加強內部管理與責任、促進學習與知識成長、推動前瞻性策略方案管控。在系統的績效面，我們正積極發展：擴大電力設施資產管理系統之應用、追求全系統、多目標整體績效的最佳化、應用智慧電網及大數據技術進一步提升系統營運績效。在 2014 年，台電公司對於提升系統營運績效已有不錯的效果，如圖 3-10 所示。

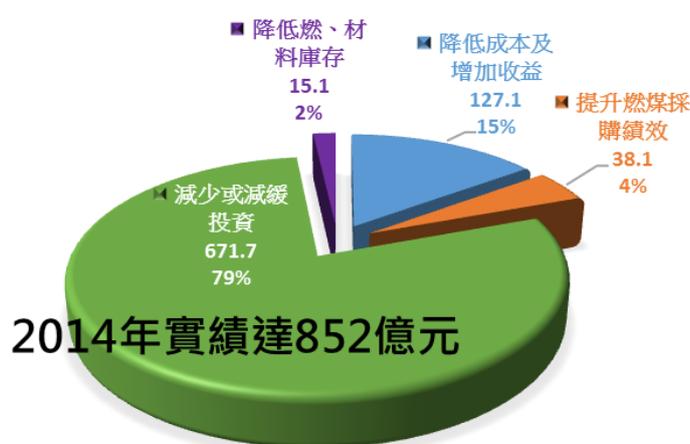


圖 3-10 2014 台電提升營運績效成果

### 健全電業營運體制

台電為健全電業營運體制，並配合未來可能電業自由化，2016 年起實施事業部制，成立四大事業部：核能發電事業部、輸供電事業部、水火力發電事業部、配售電發電事業部。深化公司內部營運制度與組織之檢討與改造，建立發、輸、配獨立會計，先採會計分離再行廠網分離。詳細規定內部廠網分工及釐清權責及成本歸屬。

對於整體電力市場營運模式及相關法制之合理化台電亦探討相關作法：例如檢討與其他電業間之營運模式、電業管制合理化、政策性任務合理化、電價管制合理化。

### 強化公司內外溝通

多元化溝通方式，凝聚內部意志，重塑外部形象，擴大公司營運資訊之透明化/多元網路：善用新媒體/成立影音網、社會溝通/主動關懷、企業人文活動/多說自己的故事。

近幾年台電常被提及或建議的幾個重大議題：

- (1) 電價公式
- (2) 核能與核廢料
- (3) 電源結構
- (4) 適度解除政策性任務補貼
- (5) 合理反應供電義務之投資成本
- (6) IPP 分攤輔助服務與備用容量成本
- (7) 電力建設融入地方政府都市計畫

目前台電正進行應用最新大數據處理技術，及時、精確掌握社會脈動，適時的調整內部經營策略及對外營運政策，以更符合社會期待。

#### (四) 台灣政經情勢

台灣政經報告方面，首先由彭前會長報告台灣政治現況，尤其是 2016 年大選結果可能的影響。彭會長分析日本政界對台灣政黨的迷思表示，台日關係是各政黨都重視的課題。2016 年政黨可能輪替，但是台日關係不會改變。目前有多個縣市由民進黨執政，對於強化台日關係也不遺餘力。不過，溫室氣體排放是「全球」的課題，南部縣市禁止生煤發電的意義並不大，也不會改善南部縣市之空氣品質。

陳添枝前主委報告「台灣經濟情勢報告」表示，全球經濟情勢在 2015 年 6 月之後急轉直下，主要是受中國經濟快速下滑的影響。2015 年以來中國經濟在出口低迷情形下，靠國內需求支撐經濟成長。但在投資方面因製造業產能過剩及房地產市場泡沫的影響，設備投資及房地產投資均不可能成長。地方政府也因債務槓桿高，難以擴大公共建設。中國政府雖然降低利率，但在產能過剩下，對固定投資助益不大。中國股市在政策誘導下，漲跌互見，市場混亂，造成投資人信心崩潰。目前支撐中國經濟的只剩下私人消費，如果私人消費信心喪失，中國經濟將難以挽救。中國經濟不景氣造成的全球不景氣是全球第一次出現的「China Recession」，China Recession 最大受害者是天然資源，礦產品生產國，其次是生產設備供應國和資訊產業（ICT）的供應國如台灣，中國經濟的衰退對台灣經濟影響深遠。

陳教授表示，2015 年台灣實質 GDP 成長年預測為 1.56%，比 2014 年的 3.77% 大幅走緩，2016 年則為 2.70%。主要是出口大幅縮減，倒是內需仍穩健成長。以 2015 年第 2 季來看，實質 GDP 年成長率為 0.52%，其中，出口衰退 1.30%。2015 年 1~7 月出口主力的電子產品比上年同期衰退 0.9%，資訊通訊產品也衰退 12.0%。其中，以對中國出口減少 10.3% 最多。

何美玥前部長報告「台日合作現狀與推進方法」表示，台灣產業需邁向高附

加價值領域，需要改革製造、引進服務因素、提升人才技能。日本產業則在尋找可信賴的夥伴，尤其企圖獲取華人世界的市場。如果台日企業合作不但可減輕投資風險，而且可以提供高品質、價格便宜商品，形成雙贏的契機。台灣目前在政策方面有兩岸 ECFA 及 TJPO 政策，日本則有安倍政權的海外進出推動策略，尤其是 2020 年的東京奧運日本政府與企業積極推動技術研發，而市場則在東南亞。台日雙方可以解決共同的課題。

何前部長提到台日雙邊貿易最近自日本的進口有減少之勢，主要可能是台灣機械設備之投資減少所致。台日企業如果合作，也可以協助台灣自日本多進口設備，因為台灣企業需要轉型，而日本企業需要拓展海外市場，所以可以共同努力。何前部長提及台日合作有多種模式。首先是日本未活用的專利技術。日本擁有專利技術卻未活用，例如，台灣日月光 ASE 公司封裝測試與日本 TDK 等企業合作成立新公司，進行 System in Package 製造，可以使 IC 體積減少一半以上，創造雙贏，也可以避免與中國的紅色供應鏈成本競爭。第二種模式是共同研發，例如 IoT 領域可以找共同的目標，如居家照護或是節能環保，尤其是台灣人口密度高，且挑戰性強，是最佳的測試市場，再台日共同開發海外市場，例如，TOYOTA 與高雄市政府開發機車安全駕駛系統，Panasonic 與台南市政府共同推動智慧低碳未來城市等。第三種模式是共同研發再制定共同標準以便創造商機。這是台灣強項加上日本強項的結合，非以價格競爭為手段，而是「新產品」。這樣的新產品是以目標市場來定位的。例如，智慧家庭包括安全防災、家庭照護、便利性、舒適性以及省能源之需求，它包括的領域就非常的廣，需要台日技術合作、製造、並推動標準化。尤其是針對東南亞市場更是如此，台灣在東南亞市場占有優勢，在台外勞尤其是潛在力量。何前部長尤其提出，包括系統整合、鍛造技術、鑄造技術、射出成型、金屬加工機械等是台日企業合作形成策略聯盟關係，將製造據點移往東南亞，形成供應鏈的合作模式。

#### (五) 安倍經濟學的成長戰略現狀與成果

最後議題三由經產省事務次官菅原郁郎報告「安倍經濟學的成長戰略現狀與成果」。菅原事務次官在 2 年前擔任通商政策局長時曾在扶桑、蓬萊交流會上報告，2 年後升任事務次官，但是因為對安倍經濟學有興趣，還是擔任安倍經濟學之主要推動者。此次也是「堅持」自己來報告。菅原事務次官首先分析最近日本經濟表現不佳主要是因為消費和出口不如預期。但是他也預期 2015 年第 3 季之後可望恢復成長。因為百貨業者 7 月之後營業額有大幅改善，6 月受天候因素影響不再，家電產品可望熱銷，汽車銷售在秋天之後也可望改善所致。倒是地區性的景氣呈現分歧情形。未來日本消費在商品券開始利用下，可望改善，設備投資則朝省電、自動化生產方面邁進，尤其是新再生能源的投資可望增加。倒是人力

不足有擴大趨勢，而海外經濟減速也不利日本出口。目前日本失業率在 3.4% 左右，大致呈現充分就業狀態，勞工薪資也持續調漲，企業因為手頭現金充裕，可望增加設備投資，尤其是日本製造業等已呈現設備不足現象。不過，出口方面因日圓貶值而使出口金額增加，但是如果就出口數量來看則只是持平而已。未來日本出口的風險在於新興國家進口減少。日本期待在歐美經濟持續改善下，出口會持續復甦。

至於成長戰略的進展，菅原事務次官認為 2015 年 10 月之後會有較佳的表現。目前的法人稅（營利事業所得稅）已降至 31.32%，未來將持續降至 30% 以下。設備投資在過去 2 年成長 7%；企業收益上市企業在 2015 年 3 月底為 21.2 兆日圓，是有史以來首次超過 20 兆日圓；就業環境 2 年半之間增加 100 萬人就業，有效求人倍率（求人／求職）也達 1.19 倍，是 23 年以來的高水準，失業率則在 3.3% 左右。至於勞工薪資平均每位勞工的薪資上漲 2.23%，也是 17 年以來的高水準。

菅原事務次官表示，日本正在大力推動工業 4.0 計畫，而且利用「產業競爭力會議」來協調產業、農業、觀光等的發展。菅原事務次官也表示，日本的產業政策是不指定行業，而是由業界自由競爭，並促進產業結構的改變，並影響就業結構的改變。未來，日本將大力推動人工智慧領域的進展。另外，確立企業的收益體制，例如引進獨立董事，提升上市企業的 ROE，使企業 ROE 由 2012 年底之 5.8% 提高至 2015 年 5 月的 8.5%。還有，提升個人的潛力，除了增加女性就業外，也將擴大外國人技能研習制度；非用勞動時間，而是依勞動成果來評價勞工所得等。

在觀光領域方面，2014 年有 1,341 萬人訪問日本，2015 年 1~5 的觀光人數更成長 44.9%，全年可望達 1,900 萬人次。外國人在日本的消費也在 2014 年突破 2 兆日圓，比上一年成長 43.1%，日本也因此放寬東南亞國家之觀光簽證，並延長外國人在日本的 long stay 制度，最長 1 年。

農業領域方面，2014 年的農產品出口達 6,117 億日圓，比上一年成長 11.1%。日本也因此推動商標保護措施。能源領域方面，進行了 60 年來首次的電力系統改革制度，創設廣域的電力營運推進機構。醫療、健康領域方面為了因應少子高齡化社會人力不足，在各地提供有效率的醫療照護服務；日本國內尚未認可的醫藥品審查時間由 6 個月降至 6 週；並快速推動再生醫療之效率化與迅速化。

成長戰略中主要內容的「日本再興戰略」就是要將安倍經濟學邁向第二階段，內容主要是利用投資於未來來進行生產力革命，利用擴大投資以及創新來做為提升附加價值的後盾。還有就是推動「地方版安倍經濟學」，強化中小企業的收益能力並提升服務業的生產力。最後則是「改革 2020」，利用自動駕駛、氫社會、尖端機器人，對國內投資等加速官民合作推動成長戰略。

至於讓成長戰略的成果可視化的做法包括，將 200 家成功、失敗之具體事例資訊提供給業界參考，以利業界能具體實施拓展新領域。其次是將商機提供給中小企業等參考，以掌握潛在的顧客需求。第三則是將政府的支援機構可視化，以利地區企業利用。

菅原事務次官也用工業 4.0 計畫表示，如果產業只有縱向連結，將不易競爭，而需橫向連繫，例如車身是奧迪，而剎車系統是日本廠等，建立零庫存之客製化生產，並與海外建立協同關係才有利於產業的發展。他也表示台灣過度依賴中國市場，應利用參加 TPP 或是台日 FTA 來分散市場，這也是他一再參加蓬萊、扶桑交流會的原因。

## (六) 拜會日本內閣甘利明大臣

結束扶桑、蓬萊高階交流會後，成員赴日本內閣府拜會經濟財政、再生大臣甘利明，甘利大臣在他的辦公室接見全體扶桑會成員。彭團長首先表示，希望強化台日關係，協助台灣加盟 TPP。彭團長表示，2011 年 9 月台日簽署投資協定，而兩岸間也有 ECFA，但是 2014 年有學生反兩岸服貿黑箱作業，因此，如果台灣可以加盟 TPP 或是台日有 FTA，則台灣的貿易自由化也可能進一步強化。甘利明表示，TPP 希望在夏威夷的談判會有結果，但事與願違。希望未來能順利，台灣是 APEC 加盟國，如果 TPP 擴大成 FTAAP 則能順利容納更多國家參與。甘利明表示，多國之協議需要妥協，但是 TPP 還是以美國主導為主。

彭團長表示，2 年前安倍經濟學才剛開始運作，此次台灣成員是「學習之旅」，看 2 年來的成果如何，收穫得多，尤其是菅原事務次官的報告很精彩。甘利大臣表示，一般來說升任事務次官就不應再管安倍經濟學，因它是通商產業局長的工作，但菅原事務次官要求繼續執行。主要也是因為安倍經濟學不能失敗，美國也認為如果安倍經濟學失敗，則 TPP 也完了。甘利大臣表示，經濟合作與安全保障是日本的目的。

彭團長表示，台灣常受中國之干擾，無法與他國進行 FTA，如果由日本加上美國的力量使台灣加盟 TPP，對台灣有利。甘利大臣表示，如果 TPP 擴大，則台灣可能加盟，再說中國尚未是 TPP 的成員。彭團長也提及台灣對日本之觀光客在這 1、2 年「倍增」，因赴日旅行比在台灣便宜。台灣對日本投資也有增加。甘利大臣表示也因觀光客增加，使日本的機場或是旅館均因應不足，現在有許多商務旅館也成觀光飯店。

最後，彭團長希望強化台日青少年之交流，也歡迎甘利大臣能到台灣來訪問。並表示將贈送「嘉農」之電影錄影帶，給甘利大臣欣賞。甘利大臣表示他知道此電影，但是尚未看過，他也認為雙邊文化交流很重要。

結束甘利明大臣的拜會後，由蓬萊會在東京俱樂部(日本外務系統晚宴場所)

舉辦歡迎晚宴，有日方三十多人參加，分 8 桌進行。值得注意的是，在 2 年前由技術處當時處長林全能與經產省產業技術環境局長片瀨裕文會談促成 NEDO 與 ITRI 簽署合作協議，片瀨局長剛升任通商政策局長，也特意撥冗出席懇親會，本計畫人員也特意前去致意，感謝片瀨局長在 7 月底時與現任傅處長在東京見面，顯示日方對雙向交流的重視。

## 四、 J-POWER 磯子燃煤火力發電廠及議題討論

### (一) J-Power 電源開發公司

該公司成立於 1952 年，資本額約為 1,800 億日圓，營業額約為 7,500 億日圓，稅後年淨利約 430 億日圓，員工數約 2,300 人。整個集團包含水力、火力、核能發電技術開發和建設、設計、諮詢和維修之工程施工與工程監造、環保設備工程、燃煤及煤灰運送、煤灰利用販賣等業務，集團總人數則約為 7,300 人。

該公司因具有發電與電力開發之經驗及技術，利用在能源和環境方面之專業，在與環境和諧原則下提供潔淨電力，除日本設立水火力發電廠外並積極的擴展全世界業務。在日本有 7 座火力發電廠 15 部機組，裝置容量為 8,374MW，其中最早將磯子電廠舊機組更新為 2 部高效率低污染之燃煤機組，分別於 2002 年及 2009 年完成。另其竹原電廠因已運轉近 40 年，卻從未產生環保方面之抗議，將比照磯子電廠環保設備更新為高效率之燃煤機組，其中 1 號機正興建中。另高砂電廠亦將更新為 2 部 60 萬瓩之機組(環評中)。因該公司在推動電廠更新計畫時，與地方政府及鄰近居民溝通順暢，且電廠在規劃時均能考量區域之特色作適宜之景觀規劃，致更新計畫推動順利。因本公司若干火力發電廠已運轉多年屆齡將除役，故安排本次參訪磯子火力發電廠為重點以了解其整體規劃理念，其在有限空間作到機組更新且供電量增加降低營運成本，又能符合嚴格之環保法規排放標準，足供本公司後續電廠更新規劃參考。

該公司在環境議題亦積極的面對，有關全球環境問題採取之作法為：

#### 積極推動低碳燃煤發電廠

- (1) 維持現有火力電廠高效率的運轉
- (2) 推動現有火力發電廠等之生質燃料混燒
- (3) 推進老舊火力電廠的更換計劃
- (4) 將高效燃煤發電技術傳廣到海外
- (5) 研究新一代低碳技術的發電技術

#### 積極推動 CO<sub>2</sub> 減量

- (1) 發展煤炭氣化之複循環技術 (IGCC)
- (2) 發展二氧化碳捕集與封存 (CCS) 技術
- (3) 發展海上風力發電技術
- (4) 高度重視安全之大間核電廠規劃工作
- (5) 擴大使用再生能源

- (6) 促進節能減少排放
- (7) 保持目前火力發電機組熱效率(HHV)為 40%
- (8) 六氟化硫 (SF6) 排放的氣體回收率為 97%，除塵設備的去除率達 99%

其中為開發高效率、低碳之燃煤火力發電技術，中國電力公司(The Chugoku Electric Power Co., Inc) 和 J-Power 共同贊助成立 Osaki Coolgen Corporation，並推動大崎 COOLGEN(OCG)計畫。該計畫建造於廣島縣大崎上島町之 170MW 示範電廠，包含有煤炭氣化之 IGCC，二氧化碳捕獲與封存 (CCS)，最終則是作為整合的煤炭氣化燃料電池複循環系統(IFGC) 加 CO2 回收。若成功預期可將 CO2 減少 25%。如圖 4-1 所示

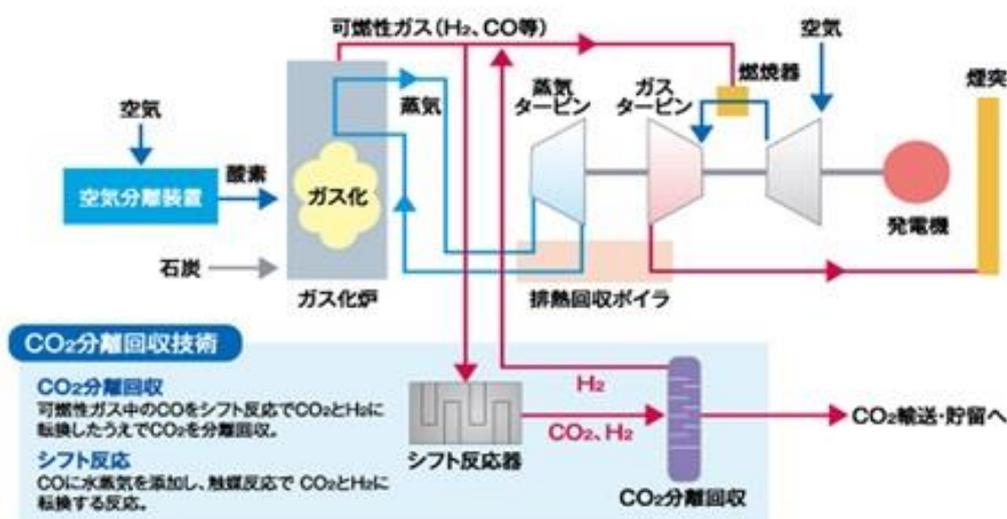


圖 4-1 大崎計畫流程圖

在區域性之環境問題，採取有關之作法為：

- (1) 抑制每單位發電量之硫氧化物排放
- (2) 抑制每單位發電量之氮氧化物排放
- (3) 提升事業廢棄物之再利用
- (4) 保護生物多樣性
- (5) 維護水資源環境
- (6) 環境管理系統的持續改進

J-Power 因具有電廠設備相關技術的開發設計能力，可隨時代變遷研發出獨特之技術並加以應用於自己的電廠，如舊電廠更新之先建後拆規劃能力，碳捕捉與封存技術，燃料電池之開發等均屬電力產業永續經營方面值得學習之處。

## (二) 磯子(Isogo)火力發電廠

### 1. 背景介紹

磯子電廠座落在橫濱市近郊，濱臨東京灣，原設立於 1967 年，設有兩部各 26.5 萬瓩之發電機組，為因應周邊電力需求，1993 年 J-Power 決定改建發電廠，在徵得橫濱市的同意後於 1996 年開始工程。在不影響舊廠發電的前提下，採用邊拆邊建的施工方式，其作法為先在舊廠 1 號、2 號機組旁邊建設新 1 號機組(60 萬瓩)，待其發電後拆除舊廠設備，並在舊機組之場地建新 2 號機(60 萬瓩)，2 部新機組分別在 2002 年及 2009 年開始商轉，整廠發電能力提高了一倍，從原本的 53 萬瓩增加到 120 萬瓩。如圖 4-2 所示。



圖 4-2 磯子火力發電廠改建前後之外觀

### 2. 參訪重點

因磯子電廠能於狹窄區域完成先建後拆，其須整合既有與更新機組之相關設備才可能完成，並且有關之參訪重點為燃煤供煤及儲存方式、環保設備及景觀規劃，分別說明如下：

#### (1) 燃煤供煤及儲存

磯子電廠廠址面積僅 12 公頃，改建前廠內之儲煤方式為室外煤場貯放，其所需儲煤場地較大，因此決定改建後採用室內煤倉(silo)之方式規劃，節省之空間可在不影響舊機組供電的情況下建設新 1 號機組，即邊運轉邊擴建之方式。為節省廠內空間，將儲量設計為可供新 1、2 號機使用 10 天的 10 萬噸用量，如將鄰近的煤炭儲運中心也納入計算、約可確保 30 天的煤炭用量，以確保穩定發電。供煤系統方面，為能維持舊有 1、2 號機繼續發電運轉，並同步進行新 1 號機的建造施工，將新卸煤碼頭設置在南側。安裝卸載裝置與自動式卸載船隻進行經濟性比較的結果、選擇採取自動式卸載船隻的方式較為減少用地。另外燃煤輸送

帶因鄰近於基地邊緣界線，故採用低噪音氣浮式輸送帶。

### A. 廠內 silo 設計

礮子發電廠內採 4 座內徑 30 公尺、容量 2.5 萬公噸 silo，以四葉苜蓿形狀 (cloverleaf-shaped) 設計，以節省空間，廠內儲煤容量共 10 萬公噸。

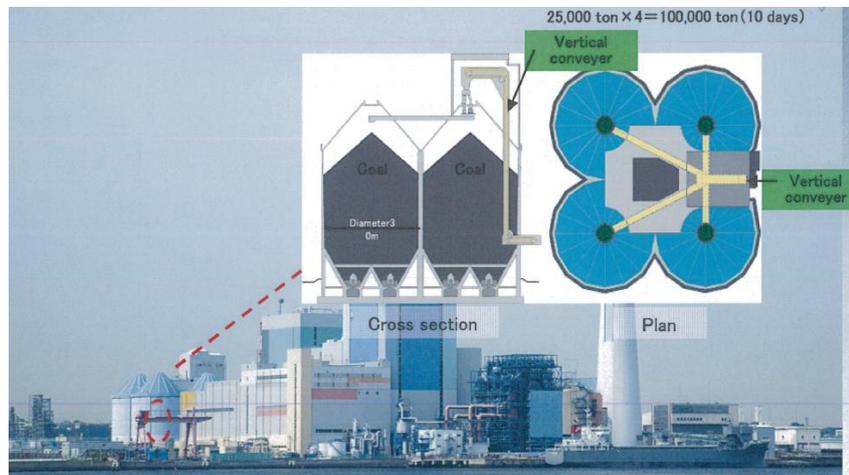


圖 4-3 silo 設計圖

### B. 廠外運煤船設計

礮子電廠之所以採用 silo 儲煤方式，主要是因為其本身場地有限，無法提高廠內之儲煤容量，因此礮子電廠另於東京灣附近設置燃煤儲運中心儲煤，再利用專用的運煤船(如圖 4-4)運輸至廠內。



圖 4-4 運煤船

## (2) 環保設備

### A. 空污防制設備

表 4-1 磯子火力發電廠新廠和舊廠比較表

項目	舊 1、2 號機組	新 1、2 號機組
發電量	1 號機：265,000kW 2 號機：265,000kW 共 530,000 kW	1 號機：600,000kW 2 號機：600,000kW 共 1200,000 kW
燃料	國產煤	國產煤及進口煤
煤的儲存	室外煤場	室內煤倉
除塵設備	靜電集塵器 去除效率：99.75%	靜電集塵器 1 號機去除效率：99.94% 2 號機去除效率：99.97%
脫硝設備	-	1 號機去除效率：87.5% 2 號機去除效率：91.9%
除硫設備	溼式煙氣除硫設備 (Lime Gypsum Process) 去除效率：89%	乾式煙氣除硫設備 (Active Carbon Absorption Process) 1 號機去除效率：95.0% 2 號機去除效率：97.8%
煙囪高度	1 號機：120 公尺 2 號機：140 公尺	200 公尺(2 煙囪集中)
全廠綠化比例	15%	20%
項目	舊 1、2 號機組	新 1、2 號機組
發電量	1 號機：265,000kW 2 號機：265,000kW 共 530,000 kW	1 號機：600,000kW 2 號機：600,000kW 共 1200,000 kW
燃料	國產煤	國產煤及進口煤
煤的儲存	室外煤場	室內煤倉
除塵設備	靜電集塵器 去除效率：99.75%	靜電集塵器 1 號機去除效率：99.94% 2 號機去除效率：99.97%
脫硝設備	-	1 號機去除效率：87.5% 2 號機去除效率：91.9%
除硫設備	溼式煙氣除硫設備 (Lime Gypsum Process) 去除效率：89%	乾式煙氣除硫設備 (Active Carbon Absorption Process) 1 號機去除效率：95.0%

		2 號機去除效率：97.8%
煙囪高度	1 號機：120 公尺 2 號機：140 公尺	200 公尺(2 煙囪集中)
全廠綠化比例	15%	20%

因東京灣區除磯子電廠為燃煤機組外均為天然氣機組，J-Power 為使該廠維持燃煤發電，與橫濱市政府簽署《橫濱市 21 世紀計畫》(Yokohama 21st Century Plan)，空污排放被要求接近天然氣，為符合上述排放標準，磯子電廠兩座新建機組皆採用 ReACT(Regenerative Activated Coke Technology)，排放濃度降低外亦降低整廠排放量。

#### a. 空污防制設備示意圖

磯子電廠採用之超超臨界鍋爐之主蒸汽壓力及溫度為 25MPa 及 600℃，再熱蒸汽溫度分別為 610℃ 及 620℃，發電效率由原本 40% (LHV, Gross) 提升至 45% (LHV, Gross)，二氧化碳排放強度降為原有之 83%，是由於效率提升節省燃料之消耗，進而減少發電所造成之二氧化碳排放。

整體而言，超超臨界(USC)較超臨界機組(SC)除蒸汽條件技術有所進步外，其單位發電量之燃料消耗量較低，污染物排放量亦相對減低。

機組鍋爐採二階段燃燒方式及裝設有低氮氧化物燃燒器以減少燃燒時之氮氧化物生成，燃燒後煙氣再經過選擇性觸媒還原設備及靜電集塵設備與乾式除硫設備去除氮氧化物、粒狀物及硫氧化物。

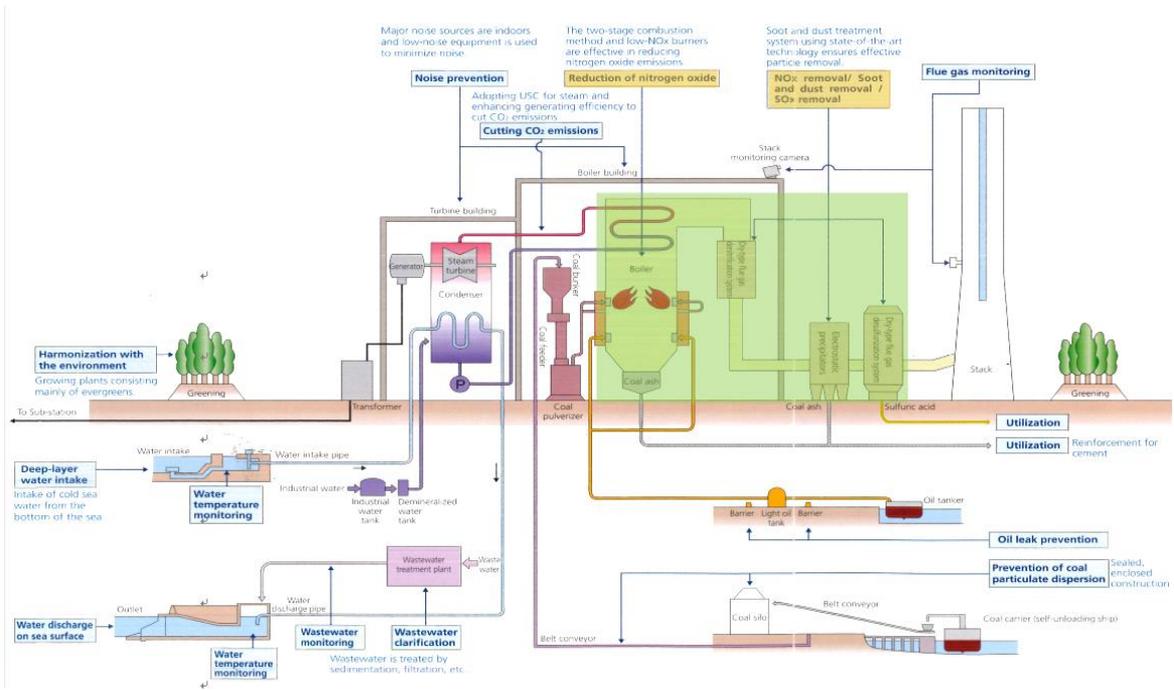


圖 4-5 空污防制設備示意圖

b. 空污排放情形

由圖 4-6 可看出，相較國外之排放情形，礮子電廠之排放極低，De-PM 採用靜電集塵器及 De-NOX 採用選擇性觸媒還原設備，因屬較為傳統之防制設備，本文不特別介紹，而 De-SO<sub>x</sub> 採用之方法不同於習用之海水法與石灰石石膏法，故僅就 De-SOX 有關之 ReACT 作說明。

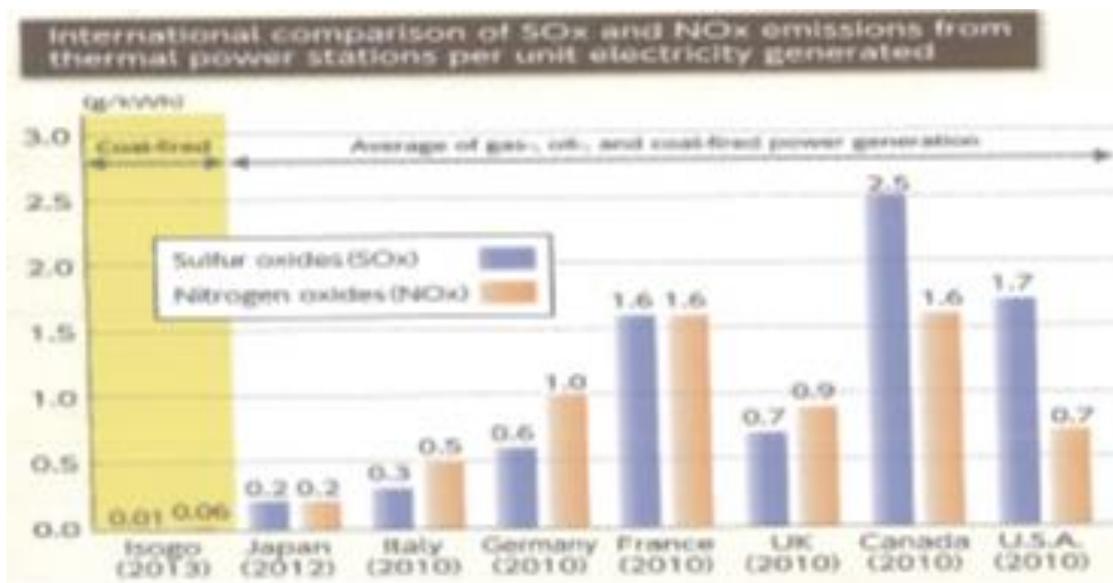


圖 4-6 各國空污排放比較

c. **ReACT 製程(多重污染物處理技術)**

ReACT 處理流程如圖 4-7 所示，分為吸附、再生及副產品回收三大部分。

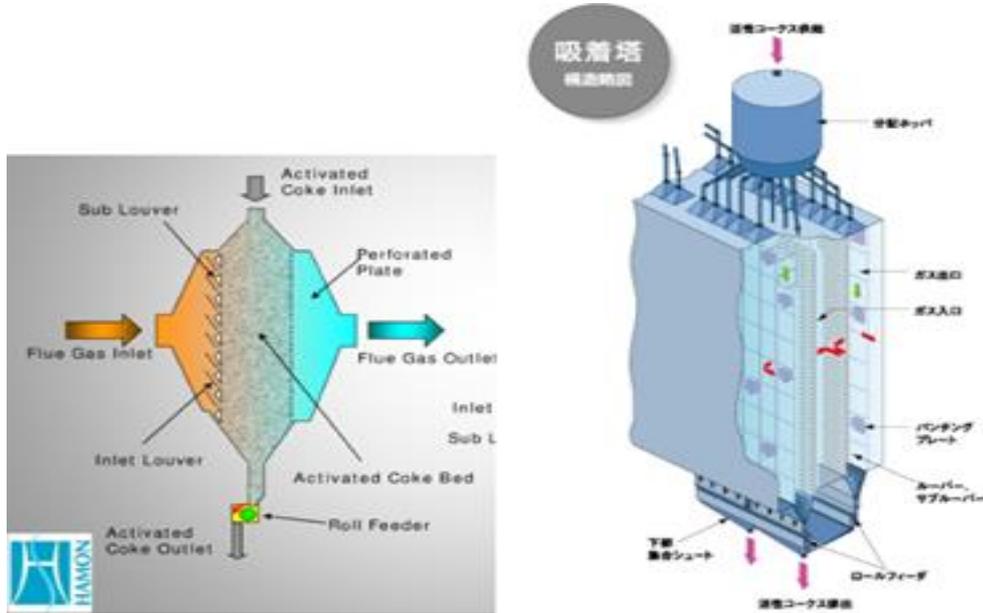


圖 4-7 ReACT 處理流程

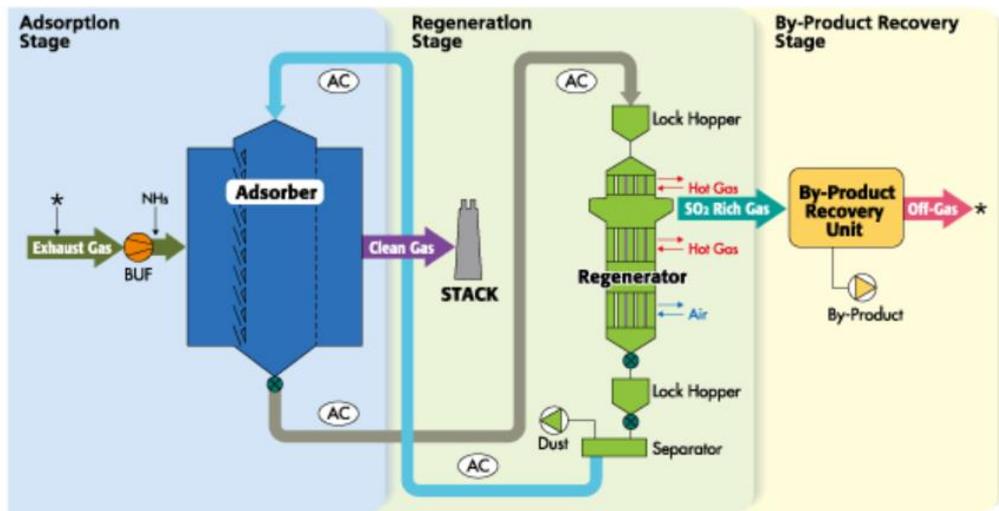
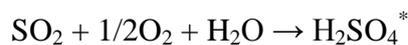


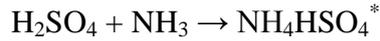
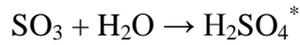
圖 4-8 吸收塔構造

吸附：

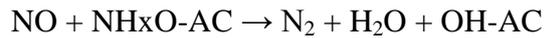
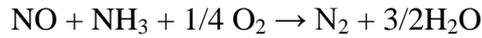
活性炭填充於吸附塔內，廢氣以橫向進入吸附塔，與活性炭接觸產生吸附及催化反應去除 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 及汞等污染物，各污染物處理機制如下：

- **脫硫(Desulfurization)**：SO<sub>x</sub> 轉換為硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)或銨鹽形式吸附於活性炭表面。



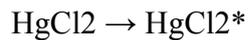
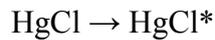
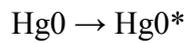


- **脫硝(Denitrification)**：NO<sub>x</sub> 藉由活性碳與氨的催化反應被還原成 N<sub>2</sub>。



(NH<sub>x</sub>O-AC 為在活性碳上 NO<sub>x</sub> 的還原化合物)

- **汞去除(Mercury removal)**：氣態汞被吸附於活性碳表面，元素汞轉換為離子和氧化態後被去除。

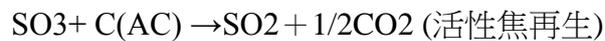


\* : Adsorption

### 再生(脫附)

將已吸附飽和之活性碳除去污染物以恢復其吸附能力，並重新送回吸附塔再利用，再生程序之操作條件為 400~500℃。

活性焦經吸附塔吸附 SO<sub>x</sub> 後流向再生塔進行脫附再生，活性焦經預熱器及加熱器加熱至 400~500oC，將吸附物脫附再生後，再度流回至吸收塔循環利用。再生塔內機制如下：



### 副產品回收：

於再生塔脫附後之再生尾氣富含 SO<sub>x</sub>，經回收處理後，可成為硫酸或石膏等形式之副產品，礮子電廠之副產品為硫酸。ReACT 之活性焦以循環利用之方式反覆進行，隨著吸附、再生的次數增加，活性焦會細粒化，最終粉狀之活性焦會於再生塔的震動篩排出系統外。因已經過再生處理將污染物脫附，活

性焦粉可如同活性碳做為汞及戴奧辛等污染物之吸附劑使用。活性碳與活性焦炭的差異如表 2 所示，活性焦炭如圖 4-9。活性焦相較活性碳具有較強之耐磨及抗撞之機械強度，但表面積較活性碳小。

#### d. 活性碳

ReACT 係為利用活性碳強大的吸附能力來去除煙氣中的污染物，具脫硝、脫硫、除塵、去除汞及戴奧辛之功效，但針對不同目標污染物及去除效率會有不同的設計。以磯子電廠為例：ReACT 主要去除污染物是硫氧化物，另裝設 SCR 和 EP 去除氮氧化物與粒狀物。

一般活性碳之去除效率與其比表面積及反應溫度有關，其來源有煤、木材及椰子殼等物質，ReACT 採用之活性碳為活性焦炭(activated coke)，由 J-Power 子公司專門製造及提供。雖其比表面積(吸附能力)較傳統活性碳小，但具有製程容易且成本低的優勢，兩者比較結果如表 4-2。

表 4-2 活性焦炭與活性碳比較表

	活性焦炭(Activated coke)	活性碳
形狀/粒徑	圓塊狀/5-10mm 杏仁片狀/13×11×8mm	圓塊狀/5-10mm 粉末
比表面積	150-300m <sup>2</sup> /g	1000 m <sup>2</sup> /g
磨耗率(Roga-Index) (Abrasion resistance)	95%	70-85%
用途	脫硫、脫硝、除汞	除汞



(a)塊狀



(b)粒狀

圖 4-9 活性焦炭

ReACT 技術使用後廢棄之活性炭可作為戴奧辛的吸附劑，當其無法再利用時視為事業廢棄物(industrial waste)處理。

**e. ReACT 應用**

除了磯子電廠，日本境內 Takehara 二號機組亦引進 ReACT 技術，很多鋼鐵廠也採用 ReACT 作為廢氣處理系統。海外市場方面，2013 年 ReACT 技術應用於燃煤火力電廠獲得肯定，在環保設備製造技術上日本持續和美國進行交流。

**f. ReACT 去除效率包含有**

SO<sub>2</sub>：99%以上

NO<sub>x</sub>：20-80%

汞：90%以上(包含元素態汞金屬)

關於燃煤種類及成分是依據使用者對去除效率的需求而定，舉例來說，ReACT 可藉由增加活性炭過濾芯的量來提高煤中硫份去除率，但須同時評估技術面及經濟面。

**g. 占地規模**

表 4-3 磯子電廠空污防制設備占地規模

	SIZE (m)	1u	2u
De-SOx	W	38	38
	D	18	20
	H	23 (59)	22 (58)
De-NOx	W	22	22
	D	10	10
	H	18	15
EP	W	48	48
	D	22	19
	H	17 (25)	19 (28)
STACK	W	27	
	D	26	
	H	200	

## B. 噪音及振動防治

所有設備均安裝於室內或採低噪音型，以減少對於鄰近區域之影響，並於機房外側興建種有植栽之土堤，如

圖 4-10，以阻隔噪音。



圖 4-10 噪音防制圖

## C. 煤灰再利用

燃煤經燃燒發電後成為底灰與飛灰兩種產物，礮子電廠將能作為水泥原料的全部回收再利用。底灰可供作製造水泥之原料的生料，飛灰則可直接摻加於水泥，為了再利用與水泥公司簽訂委託處理合約、依其合約確實履行處理。有時水泥公司可能因自身的問題、導致無法執行回收，故為確保其安定性、採行與數家公司進行簽約。

### (3) 景觀規劃

礮子電廠因鄰近港灣與城市，為使電廠能與周遭之環境協調，在設備的建築物造型與安排及採用的顏色均有特別考量。



圖 4-11 造型煙囪圖

不同於台灣常見之圓筒形混凝土煙囪。磯子電廠的煙囪在景觀方面有考量與環境之協調，採高雅美觀之藝術造型，其水平斷面以矩形為主而部分邊緣略呈弧形，垂直面為一橢圓底部向上漸縮之造型，煙囪主體為乳白色，兩側輔以淺藍色之垂直色帶，與廠區和天空呈現出和諧的整體景觀。且因從著名之三溪園可看到煙囪之景觀不佳，被要求移至不影響景觀之位置。

另外將煙囪高度由 120 公尺增至 200 公尺，可提高擴散稀釋能力以降低著地濃度，減少對環境之影響。

除廠內有 20% 之綠化外，電廠建築物與設施之顏色亦考量到鄰近港灣環境之協調，極具美感。

## 五、 IEEJ 議題討論

黃董事長率台電與能源局團員共 5 人於 9 月 2 日下午拜訪日本能源經濟研究院 (IEEJ)，與豐田正和(Masakozu Toyoda)社長及研究人員討論日本目前電業自由化之進展與未來趨勢。以下為參訪重點：

### (一) 日本電力事業現況

日本電力市場過去由具有區域專營權的 10 家民營綜合電力公司負責提供其營業區域內的發、輸、配售電力服務，屬區域獨占，無自由競爭市場。然為有效提升供電穩定度與供電效率，乃仿效如英國等國家之經驗進行電力自由化改革，自 1995 年修訂公用電業法(電氣事業法)，迄 2008 年共進行四次電力事業制度改革，不斷擴大電力自由化範圍，日本電力事業架構依電氣事業法劃分為：

#### 1. 一般電力事業

供電予契約容量 50KW 以內的一般用戶，或契約容量 50KW 以上的特高壓、高壓用戶之事業。電費及供電條件受經濟產業省管制，須提出代理輸電相關條款送至經濟產業省核備。

#### 2. 賣電事業(IPP)

獨自擁有發電量 200 萬 KW 以上發電裝置，將電售予一般電力業者。

#### 3. 特定電力事業

通過許可的特定區域內，須自行建置輸配售電網路，負有針對該特定區域供電義務。

#### 4. 特定規模電力事業(PPS)

具有發電廠並兼營售電業務，供給契約規模 50KW 以上用戶，經由一般電力事業者之特高壓或高壓網路代輸至特定規模用戶，或透過自營線路供給客戶。但須經許可始得經營。

### (二) 第五次電力市場改革

2011 年 311 東日本大地震海嘯發生福島核災事故，造成東京與東北電力短缺及關東關西因採用不同頻率(50Hz 及 60Hz)無法跨區融通支援電力，引發全面檢討電力政策，更加速了日本電力市場自由化的腳步。安倍內閣於 2013 年 4 月批准「日本電力系統改革方針」，第五次針對電力系統進行全面性改革，目的係為確保電力安定供給、抑制電費高漲與擴大電力用戶選擇權，整個改革方針分三階段進行：

1. 第一階段：已於 2015/04 年設立電力廣域的營運推進機關(OCCTO)，並進行

電力頻率轉換設備擴建計畫。當系統供電緊急時，可指示或建議電力公司採取維持供需平衡步驟，達到跨區輸電調度。

2. 第二階段：(預計 2016/04 年實施) 針對小規模賣電業者參入電力市場全面自由化，開放電力零售完全自由競爭；仍維持管制 10 大電力公司電價。
3. 第三階段：(2018-2020 年實施) 確保輸配電系統之中立性(法定分離)，可採用控股公司形式或附屬公司型態。取消零售電價管制，交由市場決定。

### (三) 日本政府與業界因應自由化挑戰

2016 年 4 月後的電業執照，修正為報備制的「發電業」、許可制的「輸配電業」及註冊制的「售電業」三大類型，也就是發、售電業進入市場管制完全解除，電業區域壟斷情形將被打破。自由化後的電力市場投資者眾、競爭亦更趨激烈，業者多以自身成本效益考量，因此政府的挑戰將在於如何建構與維持可競爭且有效率的市場機制、如何確保各種能源穩定供應、如何公平分攤供電義務責任、如何政策誘導業者不致過度投資或投資不足、如何引導業者投資決策能符合國家最適能源配比及環保政策。

至於業者，無論售電業或發電業均已吸引超過 500 家以上的新規參與者，如神戶製鋼所有意參與發電業，零售電業更有許多都是非傳統新業者，如住友商社、三菱商事及 Bic Camera 等。基於電力市場餅就這麼大，新進參與者雖有新商機但面對不確定市場亦有相當風險；既有業者面對潛在各類型新業者大量投入，營運更需聚焦於提供用戶多元需求及預防用戶大量流失，市場上跨業策略聯盟積極進行中，如九州電力與東京瓦斯及石油批發商合資於東京附近興建燃煤電廠並將搶攻東京地區零售市場；東電與通訊業者結盟，將提供客戶通訊套裝服務及一定電費折扣；又與房仲業者結盟，購租屋時若選擇東電為零售商可享用電折扣，冀透過全國性銷售網路跨出關東地區。

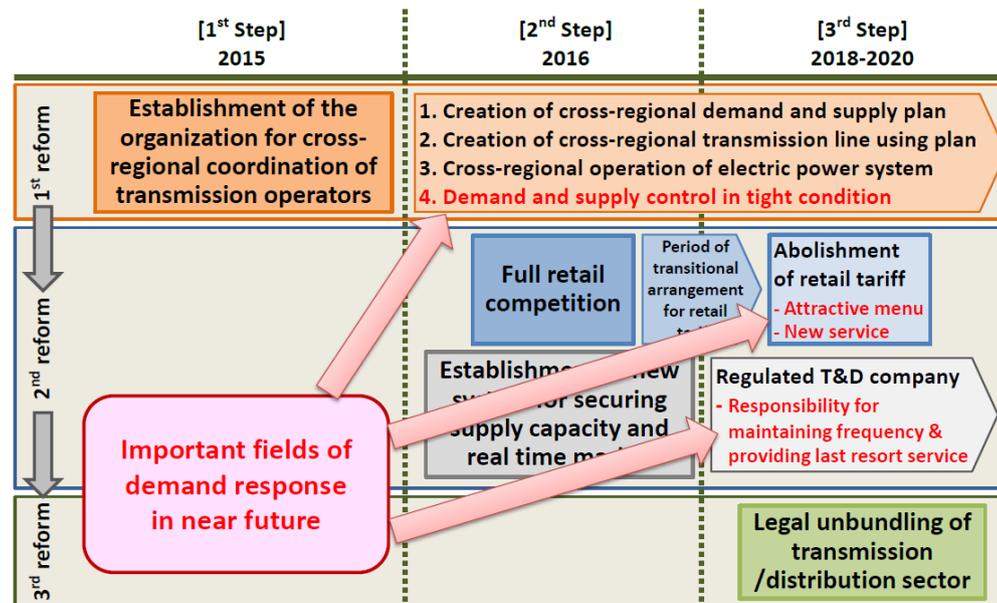


圖 5-1 日本電業自由化改革進程

## 六、 早稻田大學參訪

9月3日上午，黃董事長帶領經濟部能源局電力組歐宏麟副組長及台電團員參訪位於日本東京之早稻田(Waseda)大學，瞭解目前由日本經產省(METI)經費支持之研究計畫，主要為運用需量反應技術結合各種 EMS 系統之技術面之示範運行，同時了解在需求面管理、Aggregator、配電網、AMI 及智慧城市與智慧家庭等一連串之示範系統及其運作現況。經由此次參訪可作為能源局及本公司在面對需求面議題時之重要參考。

此次日方由知名教授及專家石井英雄博士(Dr. Hideo Ishii)負責簡報並帶領數位研究人員介紹研究設施與台灣代表團進行討論，以下摘要參訪之主題。

### (一) 示範系統目標及主軸

日本 Waseda EMS Demo Center 主要為利用國際通訊標準 Open ADR 2.0 進行需量反應控制之示範與評估；建立需量反應技術之標準機制以協同整合電力公司、通訊載體與家用電器製造商、家用電器通訊協定及能源管理系統等；經由此示範系統支援各參與廠商設備之相關測試，以了解未來推動產品商業化之基礎。

### (二) 研究發展示範平台之概念

如圖 6-1 示範平台之概念，示範平台以配電模擬控制系統及需量反應伺服器作為主站，進行自動讀表資料分析，需量反應信號如 CPP(Critical Peak Pricing)、TOU(Time of Use)等價格誘因型需量反應方案進行家庭能源管理系統之互動控制，以測試在不同時段不同時間電價之尖峰抑低及尖峰移轉情形，其中參與運作者涵蓋 DR sever、通訊系統(含 Route A、B、C 三段通訊傳輸)、智慧型電表(Smart Meter)、家用能源管理系統、家用能源與耗能設備及兩大領域通訊協定，需量反應方面為 Open ADR 2.0 及智慧家庭協定方面為 Echonet Lite、SEP 2.0 及 KNX 等。

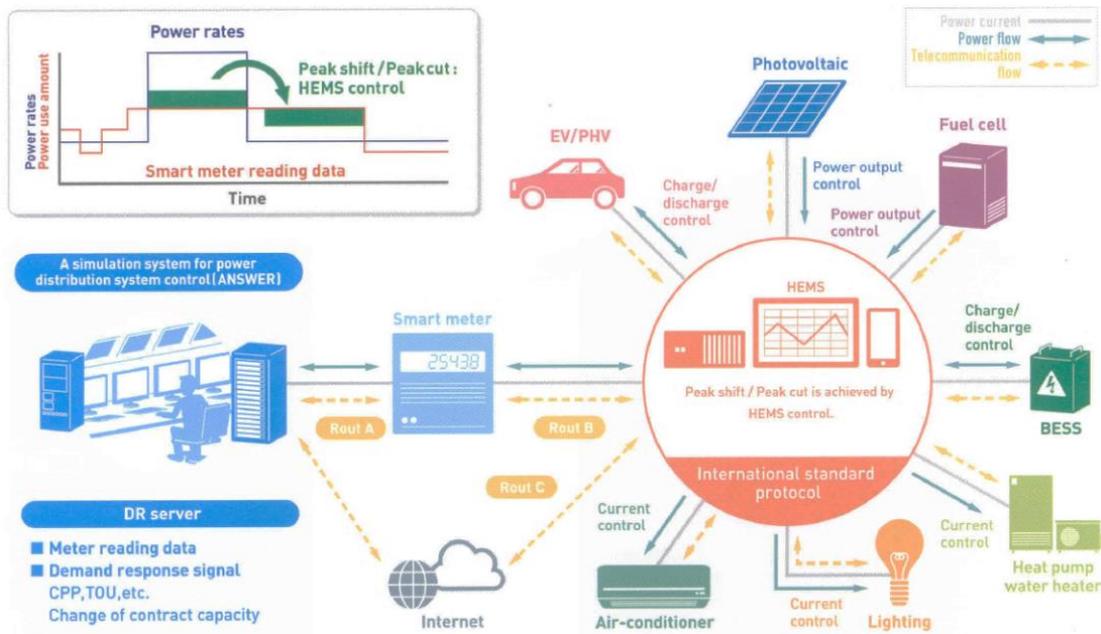


圖 6-1 示範平台之概念

### (三) 需量反應測試架構

在需量反應測試架構方面，主要以早稻田大學之 EMS Center 為中心，進行自動需量反應信號的各種測試，包括在早稻田大學建立 DRAS(Demand Response Automated Server)，分別具有電業電網角色、電業零售商角色(Retailer)及 Aggregator 角色等三大類 DRAS Server，如圖 6-2 需量反應測試架構，接受東京電力公司(TEPCO)之 ADR 信號發送至包括 Aggregator、4 個 smart city 及各種小型能源管理系統如 MEMS/BEMS/FEMS 等，或經由 Aggregator 發送至 HEMS。

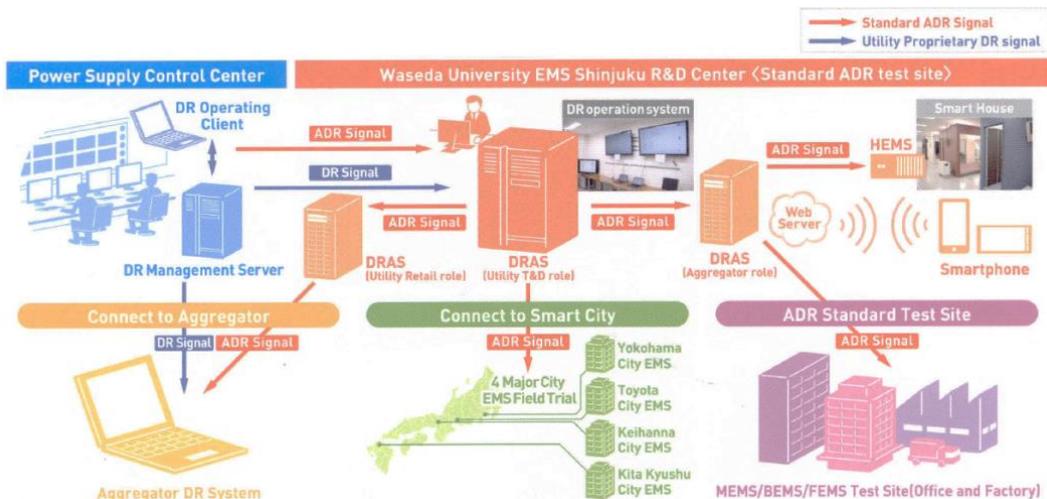


圖 6-2 需量反應測試架構

#### (四) 示範中心之軟硬體模擬系統及設備

除了前述之自動需量反應測試架構外，Waseda 示範中心亦建置了配電系統模擬器，主要為模擬配電網路單相/三相電壓等級 400V、200V 及 100V 之軟硬體及控制模擬，例如電壓控制(SVR)等之各種模擬操作，同時經控制開關由 smart meter 連接至智慧家庭 HEMS 系統進行各種需量反應、負載控制、通訊協定互通性測試等，如圖 6-3 示範中心之設計布局，如配電網連結至家庭的電器耗能與發電式儲能設備之各種模擬測試與驗證，除了提供測試環境外，亦提供廠商測試驗證其產品之平台，可提供未來建置測試平台之參考。

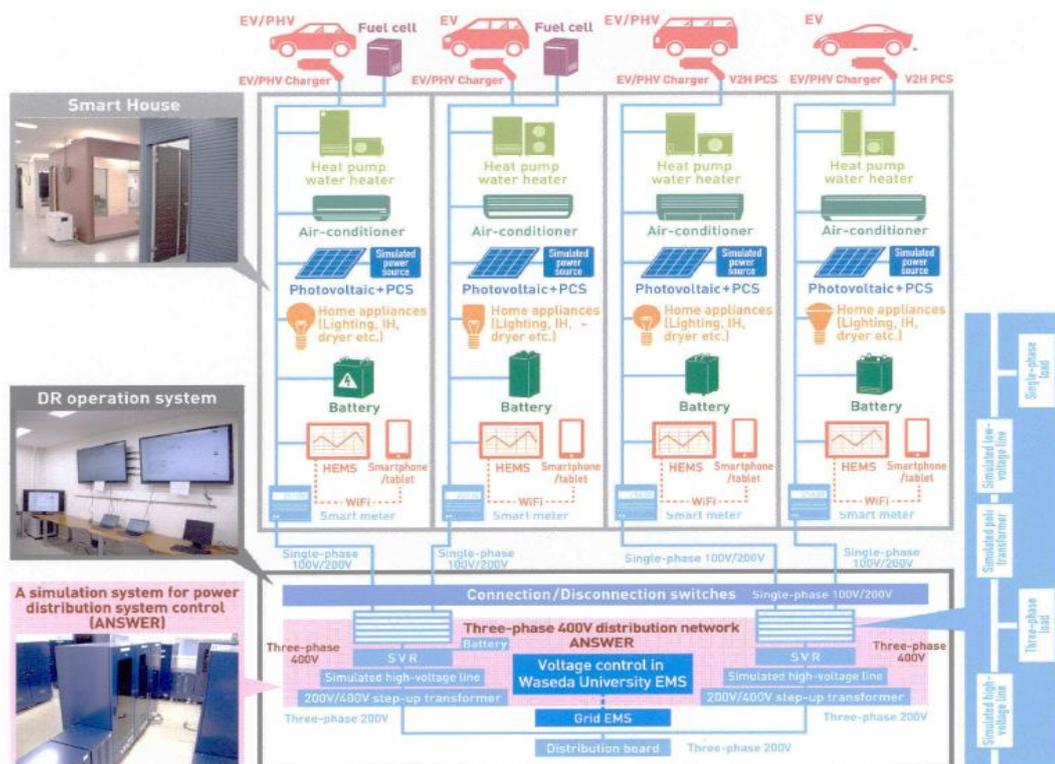


圖 6-3 示範中心之設計布局

## 七、 CRIEPI 議題討論

9月3日中午在短暫與 CRIEPI 總經理各務正博(Masahiro Kakumu)會談中日能源配比後，即於 CRIEPI 總部與研究人員(Hiroshi Asano、Yoshizumi Serizawa、Hiromu Kobayashi 等人)進行三大議題討論，包括需求面管理(DSM)，AMI 建置及再生能源併網等日本之發展與研究方向，以下說明三大議題台日之現況及發展。

### (一) 需求面管理

#### 1. 台電目前需求面管理做法

台電提出新型需量反應方案及創新計畫，現行的措施、細節，與實際成效如表 7-1、表 7-2、表 7-3 所示：

表 7-1 需求面管理措施

	價格型	誘因型
現行措施	季節電價	計畫性減少用電措施
		臨時性減少用電措施
	時間電價	儲冷空調離峰用電優惠
		空調週期性暫停用電優惠
創新做法	住宅時間電價	需量競價措施
		空調自動需量反應方案

表 7-2 需求面管理措施細節

措施	內容
季節電價	夏月電費較高，非夏月電費較低，引導用戶於夏月期間儘量摺節用電。
時間電價	以價格訊號差異引導用戶降低尖峰用電，充分利用離峰電力，縮小電力系統尖離峰負載差距。 現行時間電價制度分為二段式、三段式固定尖峰、以及三段式尖峰可變動時間電價。
儲冷式空調系統 離峰用電措施	引導用戶設置儲冷式空調系統，將尖峰時間空調用電移轉至離峰時間儲冷，其離峰時間之流動電費另按 60%計收。
需量 反應 措施	空調週 期性暫 停用電
	每年 6 至 8 月，中央空調系統每運轉 60 分鐘暫停 15 分鐘，箱型冷氣每運轉 22 分鐘暫停 8 分鐘，以提供電費折扣方式回饋用戶抑低空調負載。

	措施	
	減少用電措施	以優惠價格引導用戶對於可暫時中斷的用電加以調整，於系統尖峰時間減少用電，進而抑低系統尖峰負載。目前共計有三項計畫性及兩項臨時性減少用電措施。
	需量競價措施	由用戶自訂減少用電之回售價格，與其他參與用戶及發電機組相互競價，得標後若確實減少用電，即可獲得電費扣減。

表 7-3 103 年施行的成效

措施(開始年度)		用戶數	申請容量	實施成效
季節電價(78 年)		1,324 萬戶	—	經評估 103 年度如未實施季節電價，夏月平均負載累計將增加 423.7 萬瓩。
時間電價(68 年)		12 萬戶	2,826.1 萬瓩	經評估 103 年度如未實施時間電價等措施，累計尖載日負載將增加 313.4 萬瓩。
儲冷式空調系統離峰用電措施(77 年)		292 戶	25.5 萬馬力	
需量反應措施	空調週期性暫停用電措施(80 年)	145 戶	3.2 萬噸	
	減少用電措施(76 年)	1,308 戶(103/08)	23.11 萬瓩	尖載日抑低 143.6 萬瓩。

104 年台電推出新的需求面措施：需量反應競價方案。5 月開始實施需量競價措施，5-8 月參加用戶分別為 2 戶(5 月)、6 戶(6 月)、41 戶(7 月)、161 戶(8 月)。最大抑低實績為 7 月 3 日的 18,689 瓩，用戶報價時間將逐步縮短，希望未來能朝前日(day head)報價，並配合自動化資通訊系統精進，同時亦進行空調自動需量反應方案示範計劃，目前計有 101 大樓等 56 台空調主機納入示範計劃進行，採用國際自動需量反應標準 OpenADR2.0 作為示範計劃之通訊標準。

## 2. 日本需求面管理之發展

日本由於在 2011 年 311 福島事件後造成日本電業在能源配比上有重大政策改變，此情形與台灣在核四封存與未來非核家園政策上有著共同未來須面對的替代核能議題，因此，對於日本因應此問題及國際 CO2 減量議題的雙重影響下，電業的發展考驗著日本未來政治與經濟，甚至民生與工業之發展，從日本一連串的电業自由化、大量 AMI 建置，及再生能源政策等可看

出端倪，台灣的現況亦復如此，只是日本的行動更快更廣，研究分析日本的電業發展方向及經驗對台灣電力有非常重要的參考價值。

電業發展須有中心思想及整體規劃，其中需求面管理與自由化規劃及再生能源的整體思維更是緊密連結，從日本 CRIEPI 的研究方向可一窺日本在此方面的發展趨勢。針對電業在配電系統及客戶服務兩大系統的需求，CRIEPI 以 Advanced Management of Power Supply & Demand (AMPSD) 研究團隊，共八個研究室進行相關的研究支援，可見配電與客戶服務的重要性，可衍生的技術及商業模式更是多元，本節將以日本之需量反應研究為主軸，說明目前的研究計畫及相關的結果。

### 3. 日本三階段之電業自由化加速需求面管理

日本電業自由化之進展在近幾年加速進行，尤其在 2015 至 2020 年間有重大發展，如

圖 7-1，從 2015 年的成立跨區電力傳輸組織，2016 年全面開放電力零售市場及 2020 年開始的全面電價開放及輸電網與配電網分割等，在在影響日本在需求面管理的政策及技術發展，特別在需量反應及節能方面更是多元，進行了許多研究、試驗，及示範計畫。

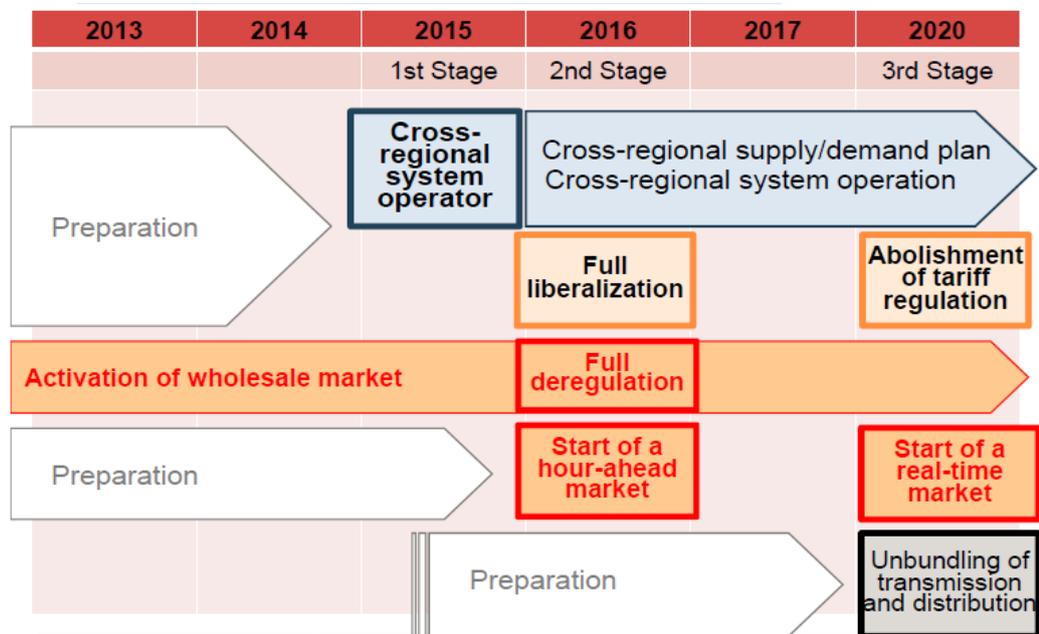


圖 7-1 日本三階段電業自由化

隨著電業自由化的進程，日本在福島事件後的需量反應計畫走向以市場為基礎的思維，配套措施包括政府提出推廣智慧電表的裝設能在 5 年內涵蓋 80% 的總用電量，並在 10 年內全面建置 AMI，且於 2011-2014 年進行各種

動態電價的先導型計畫，智慧電表與用戶端的通訊介面於 2012 年標準化及推廣用戶家庭能源管理系統以最佳化家戶能源使用等。

同時針對不同的用電產業推動不同的需量反應措施及策略，如>500kW 的用戶推動負電力交易及市場(Negawatt trading & Negawatt Market)與負載調整合約(Load Adjustment Contract)，針對 50-500kW 用戶推動 DR aggregator 策略，對 <50kW 以下用戶則主推智慧電表及動態電價，以上在台灣目前仍然無法全面進行，除 aggregator 及電價的管制外，低壓用戶的智慧電表普及亦是一因素，因此，如何透過國家的力量來突破此三項重要因素為未來能源政策的一重要課題。

圖 7-2 為各電業目前在低壓用戶裝設智慧電表的規劃進度，其中目標為在 2024 年全面裝設完成，且以東京電力在 2020 年完成建置最為快速。

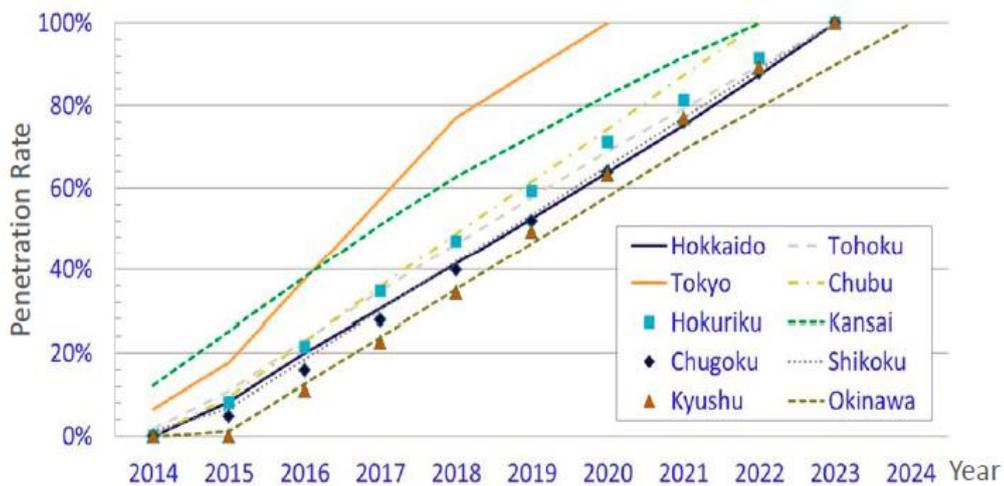


圖 7-2 各電業目前在低壓用戶裝設智慧電表的規劃進度

#### 4. 快速裝設再生能源對 DR 方案的影響

再生能源政策包括 FIT 及區域配電系統電力潮流與品質的問題使日本需量反應措施亦受到影響，包括必須考量的近期間歇性再生能源的快速併網，中期如何調和再生能源法規改革與需量反應的應用等，為目前 CRIEPI 研究的另一重點，CRIEPI 在應對此議題方面所進行的相關研究計畫包括：

- (1) 有效率及有效能的需量資訊以提供尖峰抑低
- (2) 需量反應方案的成本效益分析與 PV 逆送電抑低研究
- (3) 利用需量反應作為安全的電力供應(例如頻率控制、備轉容量)

## 5. 日本需量反應方面的發展及示範案例

### (1) 需量反應之分類

首先國際間(NERC, 2007)將需求面管理分為需量反應(DR)及能源效率(Energy Efficiency), 需量反應又分為可調度及不可調度的類別, 如圖 7-3, 可很清楚地了解如何運用不同性質的 DR 作為不同目的的需量控制及管理, 在日本, 很多的需量反應方案仍在試驗與測試階段, 不過方向仍符合圖 7-3 之趨勢及分類, 那是因為電業自由化的概念, 舉世皆然, 惟有程度及分割的差異, 在台灣, 需量反應方案雖然行之有年, 但缺乏有系統的分類定義與成本效益考量, 目前在高壓以上用戶提出相對合理的 3 個計劃型、2 個緊急型, 及 1 個需量競標方案, 不過目前方案彈性仍受管制, 許多新型需量反應方案仍在測試與示範運行階段, 例如空調自動卸載方案及低壓用戶時間電價和 CPP 方案等。

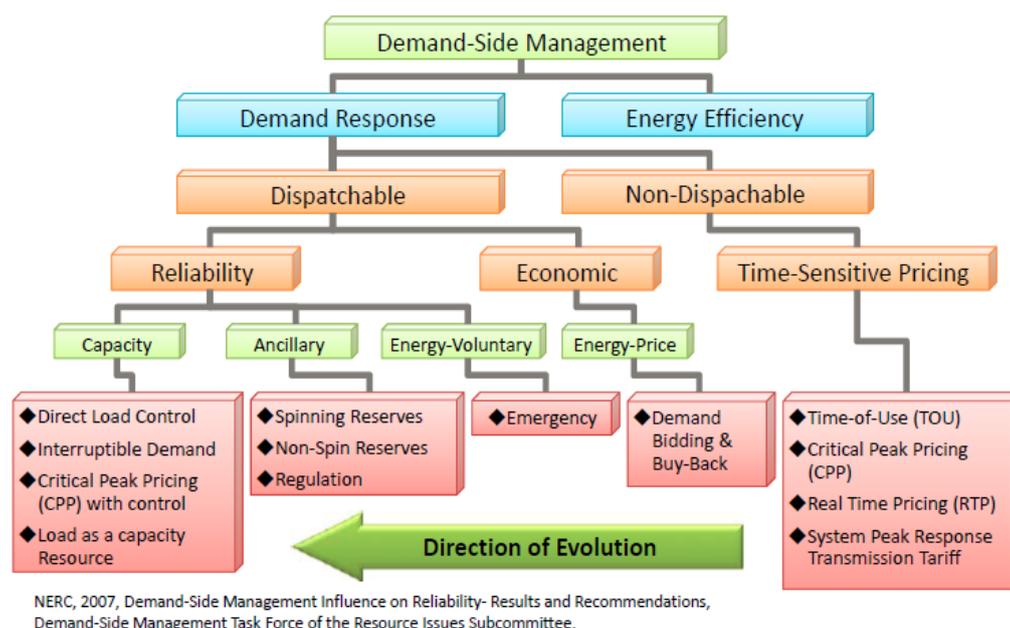


圖 7-3 需量反應的分類

### (2) 日本 4 大智慧城市計畫

日本 4 個重要城市在國家的補助下進行了各種包括節能、再生能源及需量反應相關的計畫(<http://jscp.nepc.or.jp>), 這 4 大城市同時與在早稻田大學之 EMS 研究中心進行自動需量反應的測試與連結; 4 大智慧城市計畫主軸分別為:

#### A. Keihanna(Kyoto)

- a. 大範圍的 PV 建置(1000 戶家庭)
- b. Nano-grids 於住家及大樓

- c. 本地能源供應消耗自給自足

### B. Kitakyushu

- a. 以智慧電表作為即時能源管理
- b. 新能源(10%能源使用)
- c. 系統性地將結果輸出至亞洲各國

### C. Toyota

- a. 有效率的家用能源使用研究(70 戶家庭)
- b. 有效率的社區能源使用研究
- c. 低碳運輸系統

### D. Yokohama

- a. 大範圍的 PV 建置(27MW)
- b. 智慧住宅/建築(4000 個地點)
- c. 下一世代的運輸系統

除上述主軸外，亦進行各類需量反應方案及節能之測試與示範運行。

## (3) 日本住家尖峰抑低示範計畫案例

配合智慧電表之大量鋪設，許多與住宅用戶相關的需量反應方案陸續推出作為測試將來在電業自由化後住宅電價彈性對尖峰負載之抑低效果實證，其中包括國家級的計畫、電業的計畫、零售電力供應商的計畫及 CRIEPI 之先導型示範計畫等，如圖 7-4，因針對標的為一般住家，因此以價格誘因的需量反應為測試主軸，均環繞以時間電價(Time of Use, TOU)搭配緊急尖峰電價(Critical Peak Pricing, CPP)作為示範。其中國家級計畫由 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)主導。

	National Project (NEDO)	Electric Utilities' Own Project	Retail Suppliers' Project (Ennet)	CRIEPI Pilot
Area	4 Cities	Kyushu Area	Not Specified	Funabashi (near Tokyo)
DR Method	TOU, CPP (Max. +540%)	TOU, CPP (Max. +530%)	TOU + Saving Request	TOU + Saving Alert & Advise
Season	Summer, Winter	Summer	Not Specified	Summer, Winter
Peak Cut Effect	18.1 - 22.2% (Kitakyushu) 15.0 - 21.2% (Keihanna)	2.2 - 9.4% (TOU) 13.1 - 16.7% (TOU + CPP)	11% (no TOU) 20% (TOU)	7.6 - 11.6% (Summer) 10.9 - 13.0% (Winter)

圖 7-4 日本住宅尖峰負載抑低效果實證計畫

針對前述 4 個智慧城市，進行以 TOU+CPP 之需量反應測試，測試時間在夏季及冬季某尖峰日，當 CPP 電價拉高到原時段電價的 5.4 倍時，包括 Kitakyushu 及 Keihanna 均可達到約 20% 之尖峰抑低效果，如圖 7-4，包括電力公司及零售電力公司等的时间電價測試均有不錯的尖峰抑低效果，因此在住宅及早實施時間電價，對台灣在尖峰抑低的成效是確定的，唯目前住家用電不及 20%，用戶卻高達 1300 萬，裝置具時間電價的智慧電表之投資效益仍是一重大議題，在另一方面，CRIEPI 之先導型示範計畫以一般 TOU 結合 HEMS 節電提醒與資訊可視化，不管在夏季或冬季尖峰均有約 10% 的尖峰抑低及 10% 的節能效益，此點亦值得台灣作為政策的參考，將來經由各種不同的可視化設施，不管是手機 app、家用 IHD 或電子帳單等之資訊揭露，將有助於尖峰抑低及全面的節能效益，未來搭配新一代的智慧電表通訊介面，將可使家用能源(電能)使用資訊更加可視化，提供更即時的價格訊息。

#### (4) CRIEPI 之住家需量反應測試

如前述 CRIEPI 之住家需量反應測試計畫並未聚焦於價格誘因(懲罰)的使用，而是在資訊提供的可視化及即時性的程度來測試對尖峰抑低及節電的反應程度，其試驗用戶約為 500 戶，分控制組 D(約 130 戶)以傳統之分級電價且無資訊提供，對照另 3 組，A 組約 116 戶，提供 30 分鐘的分級電價並顯示於 IHD(In Home Display)，C 組約 128 戶，以傳統分級電價+IHD+每週用電報表及 E-mail 提醒，B 組則同時具有 30 分鐘分級電價+IHD+每週用電報表及 E-mail 提醒，在夏季 2013-2014 年之試驗結果如圖 7-5 所示。

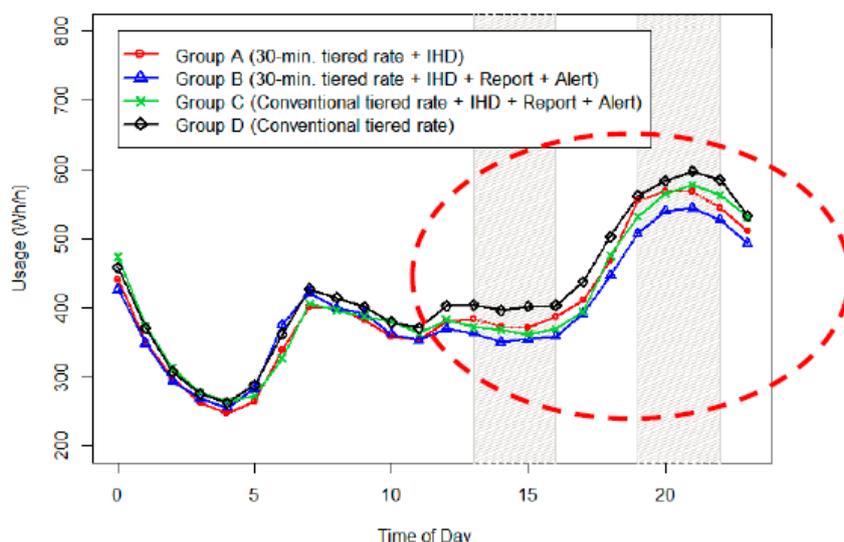


圖 7-5 CRIEPI 住家需量反應測試夏季試驗結果

在家庭用電尖峰時段，即時且充分的可視化資訊有助於抑低尖峰，同時在圖 7-6 中結果亦顯示不只在尖峰抑低(容量抑低)且在平時的平均節能效率亦可提升至(2013 年 4.7%，2014 年 11.2%)，可謂雙全效應，因此日本經驗將可提供台灣在住家節電與尖峰抑低的重要參考。

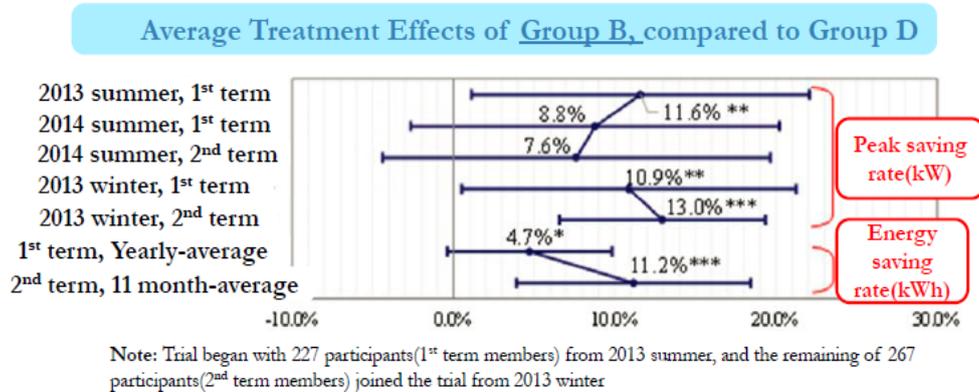


圖 7-6 尖峰抑低與節能效果

#### (5) CRIEPI 之辦公大樓及快速需量反應方案

除住家外，CRIEPI 參與由經濟產業省(METI)經費提供之較大用戶尖峰卸載需量反應方案。在商辦大樓方面於 2013、2014 年 8 月、9 月間進行 6 間大樓 24 個承租辦公室用戶進行直接空調自動卸載、間接的鼓勵承租用戶節能活動及提供經濟補償等計劃。

另外，從 2014 年起參與利用 OpenADR2.0b 進行的快速需量反應示範計劃，包括 10 分鐘、30 分鐘及 60 分鐘的快速容量抑低。參與示範抑低的需量達到 10MW，共同參與者包括東京電力(TEPCO)及 DR Aggregator。如 Marubeni-EnerNOC Japan, Schneider.....等，並同時進行各種不同 Baseline 的驗證。

從上述日本積極進行的辦公大樓及大用戶的自動需量反應方案測試經驗，台灣亦應逐步建立國內自動需量反應平台及相關的商業運作模式，以更加深目前需量反應方案的參與率，及提升需量管理的能力，提供調度單位更多的可靠調度及經濟調度選擇。

## (二) AMI 建置

### 1. 台電目前 AMI 建置情況

102 年 6 月已完成高壓以上用戶 AMI 布建作業(至 104 年 6 月底共計 24,414 戶)，總用電量佔全國之 60%。低壓 AMI 目前已完成一萬戶之採購及安裝、通訊調整作業、整合測試作業。

AMI 於配電系統應用的情況，目前有以下幾項的應用實例：

- (1) 自動電費開票：102/7/1 改為每月 1 日零時自動抄表及傳送用電資料至電費開票系統進行開票作業。
- (2) 加強設備管理：103/07 各區處透過 AMI 系統自動偵測電池電壓過低資訊，預防性更換 78 具電表電池，避免電表時間失準。
- (3) 103/6/27 完成高壓 AMI 輔助查詢系統，並自 103/12 進行全面檢視作業，截至 104/02，因計量設備故障或導線不良影響計量共 15 件，已立即進行更換。
- (4) 研判異常用電：101/9/6 彰化區處利用高壓 AMI 確認詔富公司異常用電，追回電費 1,170 萬元。
- (5) 103/6/27 完成高壓 AMI 輔助查詢系統，並自 103/12 進行全面檢視作業，截至 104/02，共稽查成案 10 件，金額約 9,279 萬元。
- (6) 減少非技術性損失運用措施：100/12/23 桃園區處發現杜邦公司之高壓 AMI 電表回報停電訊息，派員點檢確認係用戶自備開關故障。
- (7) 即時停電回報。
- (8) 負載預測更精準：分析用戶之負載特性(包含每 15 分鐘負載資料)，可提供負載預測作業所需用電負載成長趨勢參考數據。
- (9) AMI 結合能源管理系統及微電網：配合智慧綠建築、智慧社區之 HEMS 發展，將 AMI 所蒐集之用電資訊與 HEMS 結合，未來視區域之微電網發展情況，逐步導入結合，以達智慧配電網目標。

## 2. 日本 AMI 建置情形、範疇、重要議題與應用

- (1) 各電業 Smart meter 佈建計畫，如圖 7-7。
- (2) 低壓(<50kW)用戶將於 2024 年全數佈建完成。
- (3) MV 及 HV 幾乎全數建置完成。
- (4) 其中 MV 及 HV 用戶占日本用電量約 64%，與台灣高壓以上用戶(>100kW)佔約 60%相近，建置優先順序日本與台灣有相同的計畫。

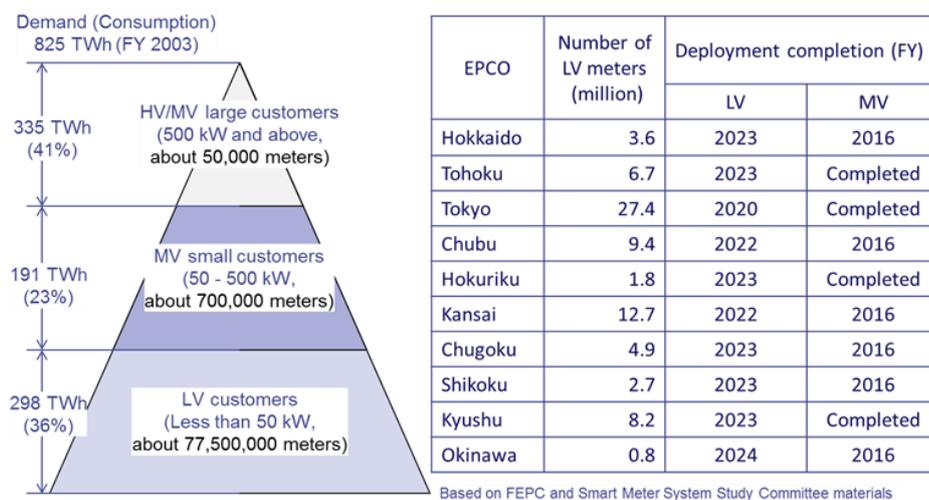


圖 7-7 各電業 Smart meter 佈建計畫

### 3. 日本 AMI 系統與相關系統之通訊架構

- (1) 與台灣面臨相同的情況，包括採購問題、成本效益、功能應用及資通安全等議題仍在討論中。
- (2) 根據智慧電表系統研究委員會(Smart Meter System Study Committee)的規劃，電表資料及用戶資料之資料通訊架構如圖 7-8，共分為三段：

Route A，Route B，Route C。

- Route A：AMI(與台灣 1 萬戶相同架構)面臨傳輸方式及通訊可靠度的問題，主要仍以 Wi-SUN(920M)、Wi-Fi(2.4GHz)頻段進行高密度住戶之集中器/電表通訊；公寓型/大樓則以 PLC 搭配公眾電信網路作為集中器/電表之通訊媒介。
- Route B：用戶經由 HEMS 存取 smart meter 之資料，此點必須有額外通訊介面及協定處理(以模組化方式)；目前被建議使用 ECHONET-Lite 協定作為 HEMS 控制器與 smart meter 之通訊協定，但 Route B 之 HEMS 殺手級應用仍缺乏。
- Route C：Retailer 及 Service Provider 經由非 AMI 架構存取用戶家用與用戶用電資訊，以作為後續增值應用之基礎。

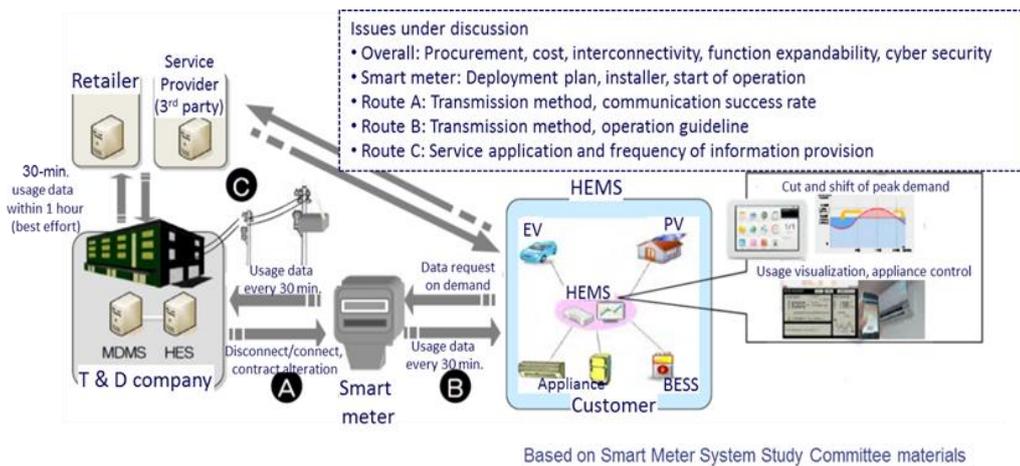


圖 7-8 電表資料及用戶資料之資料通訊架構

#### 4. 日本在 AMI 之選用、採購及運轉維護議題

- (1) AMI 系統及 smart meter 之選用根據輸配電公司的需求而定。
- (2) 採購採 RFP(Request for Proposal)方式進行，考慮：開放性及公平競爭性、互連性、推廣性、適合的通訊方式，TCO、資通安全及符合國際標準等為考量因素。
- (3) 運轉維護方面包括建置、故障/異常事件管理、電表資訊提供、電表校驗(每 10 年由 JEMIC 校驗)管理、換裝等為重要議題。

#### 5. AMI 之資通安全議題

大量佈建後各種公眾/私有通訊網路所可能造成之資訊流失、收費資訊被竄改、通訊中斷等。

#### 6. 配電網自動化之 ICT 基礎建設

包括饋線區段開關之監控、電壓控制器(SVR/SVC)及私有通訊媒介如 PLC、電/光纜等建設作為進行

- (1) 分散式能源，電力潮流及電力品質之監控
- (2) 快速故障偵測
- (3) 低壓負載與停電管理(100/200V)
- (4) 智慧電表之資訊互用等

#### 7. 對應前述日本在 AMI 建置、範疇，及重要議題與應用，CRIEPI 所提供之研究

- (1) 需求端安全之通訊網路研究，如圖 7-9，包括多元媒體(通訊媒體)之整合架構、IP-based 之通訊協定與資料管理、用戶介面裝置與嵌入式及易

存取設備之安全措施之 solution 研究。

- (2) 無線射頻傳輸特性與智慧電表通訊研究(類似本公司之 10 萬戶 site survey 研究)，包括智慧電表無線通訊之傳輸建模、無線網路規則工具開發、PLC 網路理論與電路模擬。

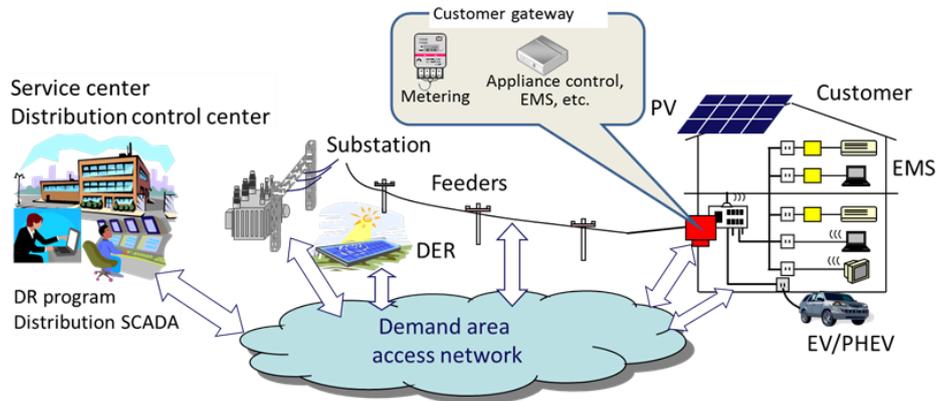


圖 7-9 需求端安全之通訊網路研究

## 8. 用戶介面(Customer Gateway)裝置設計

如圖 7-10，包括與智慧電表及 HEMS 之介面及應用研究，此介面含有之功能模組：

- (1) 個別硬體設計 for utility 及延伸應用。
- (2) Utility 應用如自動讀表、斷/復電及額定電流設定。
- (3) 增值應用如分散能源之管理、需量反應，用戶服務如家用電器監控、居家安全應用及 IOT 應用等。

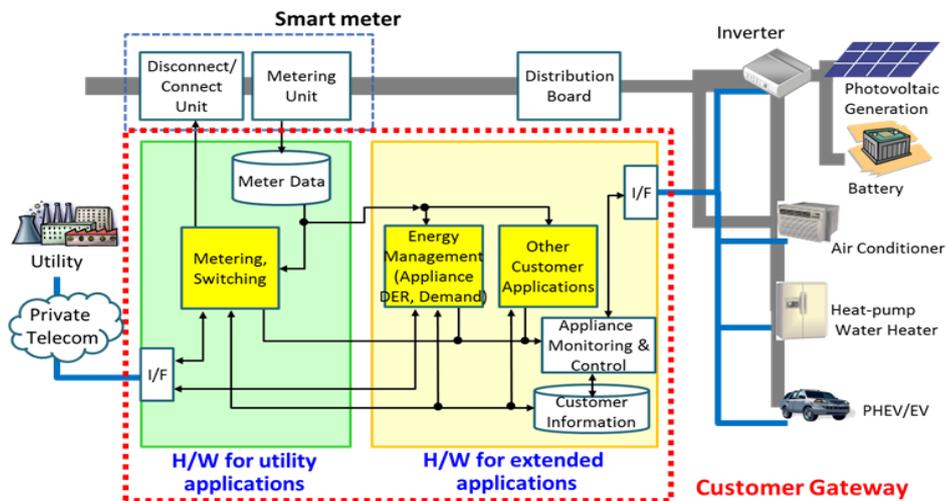


圖 7-10 用戶介面(Customer Gateway)裝置設計

9. AMI 資通安全弱點與風險分析及對策研究，如圖 7-11。

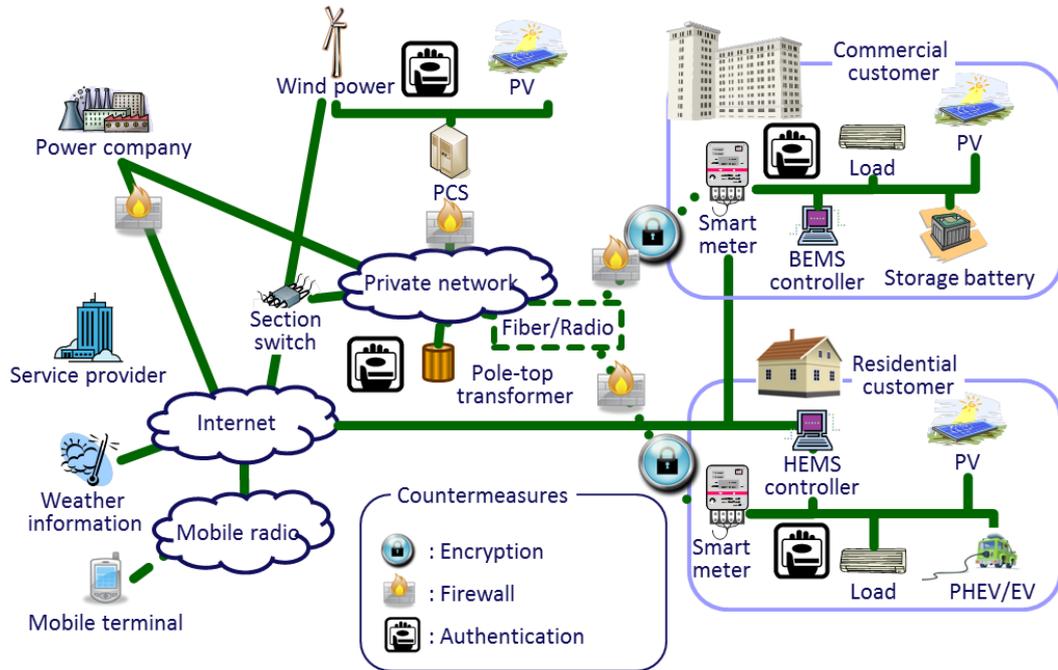


圖 7-11 AMI 資通安全弱點與風險分析及對策研究

### (三) 再生能源併網

#### 1. 我國再生能源規劃

再生能源併網是近年來國內很積極討論之議題，前往日本討論前，有先整理我國再生能源最新整體推廣目標規劃及建置現況，如表 7-4、表 7-5、表 7-6 所示：

表 7-4 2014 年~2017 年再生能源推廣目標最新規劃

單位：MW

類別 \ 年度		2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
		新增	累計	新增	累計	新增	累計	新增	累計
太陽光電		223.2	615	500	1,115	500	1,615	500	2,115
風力發電	域陸	23	637	100	737	100	837	100	937
	岸離	-	-	-	-	15	15	0	15
地熱能		-	-	0	0	1	1	4	5
生質能		0	740	0.3	741	1.5	742	2.7	745
水力		0	2,081	8	2,089	0	2,089	2	2,091
累計		246.2	4,074	608.3	4,690	617.5	5,299	608.7	5,908

表 7-5 2020 年~2030 年再生能源推廣目標最新規劃

單位：MW

類別 \ 年度		2020 年		2025 年		2030 年	
		新增	累計	新增	累計	新增	累計
太陽光電		1500	3,615	2,585	6,200	2,500	8,700
風力發電	域陸	263	1,200	0	1,200	0	1,200
	岸離	505	520	1,480	2,000	2,000	4,000
地熱能		95	100	50	150	50	200
生質能		23	768	45	813	137	950
水力		9	2,100	50	2,150	50	2,200
累計		2,395	8,303	4,210	12,513	4,737	17,250

註：(1)「再生能源發展條例」施行前(2009 年)之再生能源總裝置容量為 3,060MW。

(2)生質能含蔗渣、稻殼、薪材、黑液、沼氣、廢棄物等發電設備之總裝置容量。

表 7-6 2008 至 2014 年各再生能源機組裝置容量

單位：MW

年度	風力			太陽光電			其他 (含水力)	總計
	台電	民間	合計	台電	民間	合計		
2008	132	114	246	0	2.5	2.5	1937.9	2186.3
2009	179.8	167.1	346.9	0	5.5	5.5	1936.9	2289.3
2010	249.2	222.3	471.5	0.53	6.47	7	1977.4	2455.9
2011	286.8	231.5	518.3	6.1	38.3	44.4	2040.7	2603.3
2012	287	298	585	10	122.5	132.5	2081.3	2798.7
2013	286.8	323	609.8	11	272	283	2081.3	2974
2014	286.8	346	632.8	14.7	422	439.7	2081.3	3153.8
合計	1708.4	1701.9	3410.3	42.33	869.27	914.6	14136.8	18461.3

依再生能源發展條例 第 8 條「再生能源發電設備及其所產生之電能，應由所在地經營電力網之電業，衡量電網穩定性，在現有電網最接近再生能源發電集結地點予以併聯、躉購及提供該發電設備停機維修期間所需之電力；...」故再生能源等分散式電源併網須衡量電網穩定性、考量輸、配電系統併網容量限制、主變壓器二次側逆送至一次側不得超過額定容量 30%、併接之 PCC 點電壓變動率是否已達規定 $\pm 2.5\%$ 之規定等。

為因應再生能源併網遭遇困難，我們也整理了表格，將問題與困難分類，並提出解決方法，如表 7-7 所示。

表 7-7 再生能源併網影響及其解決方法

影響		衍生問題	解決方法
分類	項目		
電力品質	電壓變動率	分散式電源 DER (Distributed Energy Resource)與負載如何有效地自動協調平衡？	建議採集結後併聯公司特高壓輸電線路，以擴大併網容量。 加裝高、低壓電壓調整器。 DER 業者使用智慧變流器。
	諧波問題	DER 所產生之諧波如何有效抑制？	DER 發電業者採用的改善方法 1.改善發電設備之特性以降低諧波量。 2.加裝濾波器。

	題		
系統 安全 性及 可靠 性	電 壓 驟 降	DER 如不具低電壓穿透能力(Low Voltage Ride Through , LVRT)，故障線路重合如何避免電壓驟降？	<p>瞬間停電和電壓驟降對大多數民生用電戶的影響很小，但對若干產業例如半導體製造業因其設備特性對電力品質要求高，對電壓驟降較為敏感，可能造成產業不同程度的影響。故電壓驟降的防範策略：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.用戶添購穩壓設備(參考國際標準 SEMI F47 標準所規定供電系統容忍度曲線之設備)。</li> <li>2. DER 業者加強供電設備的維護和防範架空線路外物碰觸及雷害等方面，以改善電壓驟降發生的機率。</li> </ol>
	孤 島 效 應	如何允許 DER 孤島運轉?無法孤島運轉的 DER 還有什麼存在價值呢？	<p>電力網路為一包含發電、輸電、配電及終端用戶的複雜系統,擬發展智慧電網及微電網。</p> <p>智慧電網：建置具智慧化的整合性電力網路透過資訊、通信與自動化科技，強調自動化、安全及用戶端與供應端密切配合，並可對其中資訊加以整合分析，以達到電力資源的最佳配置。</p> <p>微電網：在電壓層級較低的配電系統裡，由一群分散式能源單元與負載等所組成，其操作的模式可為電力系統與微電網連接模式 (Grid-connected Mode)、孤島模式(Islanded Mode)及兩種模式混合後所組成。</p>
政 策 法 律	併 聯 法 規	國內再生能源併聯法規如何才能快速跟上國外智慧電網最新發展技術？	參考國外電網最新發展技術修正併聯法規

若設置者依再生能源發展條例第 8 條規定，選擇自行興建及維護併接至既有電網併接點之線路，且既有線路無需加強電力網時，則免收併網工程費。但對須加強電網者再生能源業者付擔之費用常過於龐大無法負擔及無法預知費用，不利投資評估。故台電公司為擴大屋頂型太陽光電併網工程費計費方式按表 7-8 併網容量級距收費外，不再另收取利用未滿三年既有線路部分之費用。

表 7-8 再生能源併接容量級距及計費方式

併接方式	容量級距 (kW)	計費方式
		固定併網容量計費
	0~不及 50(屋頂型)	免收
低壓(600V 以下)	50~不及 100(屋頂型)	1,050 元/kW×裝置容量
	100~不及 500(屋頂型)	1,470 元/kW×裝置容量
高壓(11.4/22.8V)	50~不及 500(屋頂型)	630 元/kW×裝置容量
<p>備註：</p> <p>本表計費方式每 1kW 單價係以 103 年度併網總工程費用實績(含稅) 加計 5% 維護費訂之，每 2 年檢討修訂。</p> <p>每一申設案依本表計費方式所計得併網工程費總額，以元為單位，元以下小數四捨五入進整。</p> <p>設置者亦可選擇自行興建及維護。</p> <p>本表各項計費方式僅適用於本公司未新(增)設饋線或新(擴)建變電所情況，如需新(增)設饋線或新(擴)建變電所時，按本公司實耗工程費計收。</p>		

## 2. 日本配電網因應大量再生能源併網的政策與作法

日本在核能停止運轉後面對的電源供應困境及國際間CO<sub>2</sub>減量的雙重壓力下快速發展再生能源及相關的配套措施，除政府在政策上明訂再生能源建置(裝置容量)的目標，使得在配電網甚至輸電網的電力品質、穩定度及運轉策略成為未來研究與亟需解決的重要議題。

在台灣同樣面臨相同的政策目標與壓力，在此政策目標下，台電在因應大量再生能源併網的策略及技術面的規劃顯得相對急迫與重要，因此，本次行程安排參訪 CRIEPI 瞭解日本及 CRIEPI 在此領域的現況及未來規劃，藉由日本的經驗作為台灣在因應此挑戰下的重要參考。

## (1) 日本再生能源 2030 年目標值

日本的能源政策與配比隨著福島事件後幾年在運轉調度上受到相當大的限制，例如核能在裝置容量上雖然還在，但實際在 2012 年後呈現無核狀態，使得電業在調度上有嚴峻的考驗，也造成電業成本大幅上揚、電價大幅調升、節能與需量反應推動力道增強，各種商業模式紛紛出籠，再搭配著電業全面自由化的腳步加快，可謂百家爭鳴，各種技術與商機隨之快速展開。

目前日本在 2030 年訂下再生能源發電佔 22%~24%的目標，其中 PV 佔 7% (64GW)、風力 1.7%、Biomass 3.7~4.6%、地熱佔 1.0~1.1%、水力佔 8.8~9.2%，相對於台灣訂下 2030 年再生能源佔台電發電量 14.5%(裝置容量佔 30.7%)，裝置容量 17.25GW，PV 佔 8.7GW 為目標，因再生能源存在間歇性及不穩定的特性，台灣所訂 8.7GW 為裝置容量的值，屆時，發電量仍需配合容量因數的現況作調整。

不論日本或台灣，在面對此目標下，都必須正視配電系統的安全與穩定，故經由以下對日本研究現況的瞭解可縮短未來在投資及技術面的摸索時程，對於大量再生能源併網造成的議題在整個電力系統上有過剩電力(surplus power)、備用容量率(reserve margin)及故障穿越(Fault Ride Through, FRT)的議題；在配電網則有電壓變動及孤島運轉(Islanding)的議題。

## (2) 日本再生能源購電價格

日本 2015 年再生能源的收購價格如圖 7-12，其中 PV 之收購價 FIT(Feed In Tariff)年年下降(此為國際趨勢)，如圖 7-13 所示，>10kW 的 PV 已接近家庭用電電價(27 日圓/kWh)，<10kW 的 PV 尚有約 33 日圓/kWh 的價格，因日本電價遠高於台灣，接近 PV 之 FIT，因此，將逐漸產生自我使用 PV 電能而不躉售給電業的商業模式，同時加裝 battery 亦為調節 PV 電能之一重要模式。

Purchase price  
(2015FY, yen/kWh)

PV	27 to 35
Wind Power	22 to 55
Small hydro	14 to 34
Biomass	13 to 40
Geothermal	26 to 40

(Note) Purchase period  
⇒ 10 to 20 years

圖 7-12 2015 年日本再生能源收購價格

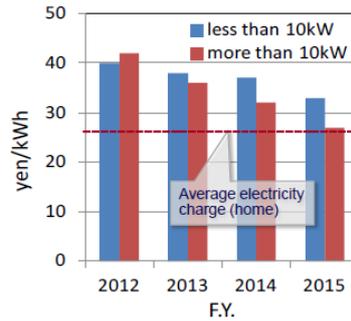


圖 7-13 近期 PV 收購價格

台灣在太陽光電(PV)之 FIT 費率於 2015 年 7 月~12 月，小於 20kW 屋頂型的為 6.6721 元/kWh，仍遠高於家庭平均用電電價(約 2.88 元/kWh)的情況下，自行使用 PV 電能之誘因不足，搭配儲能電池的商業模式亦未成熟，此為台灣與日本的差異，主要是受電價的影響。

### (3) 分散式能源(DG)併網衍生的問題

再生能源併接於配電網所衍生的問題已逐漸成為各國電業所須正視的挑戰，德國已有先例，對配電系統的投資成為未來的重要課題，日本亦然，圖 7-14 為典型的日本 PV 併接於配電線路的實例。

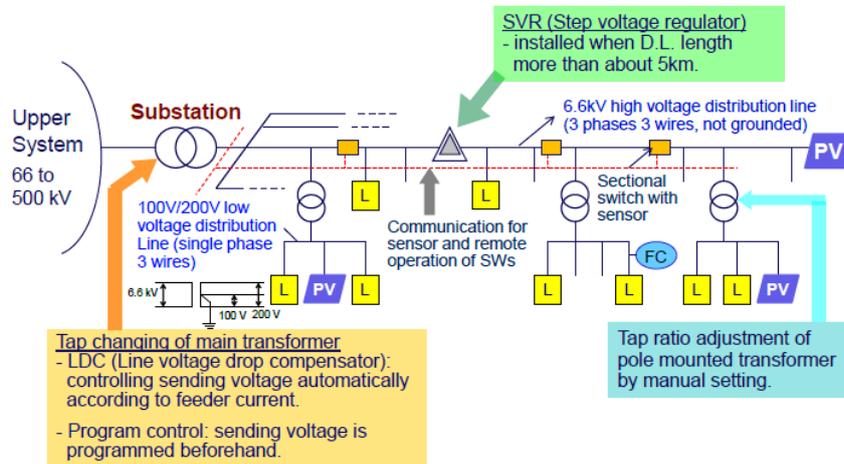


圖 7-14 典型日本 PV 併接於配電線路之實例

如圖，在變電所主變必須建置自動 tap changing 機制以調節二次側饋線電壓，接著在典型超過 5km 的長度再裝設 SVR(Step Voltage Regulator)，在配電變壓器透過手動方式調整 tap 比例，目前為因應配電線路電壓變動的 3 個方式，日本饋線區段亦裝設有電壓電流 sensor 及區段開關，並具有通訊功能以作為電壓調整的依據，主要為因應日本電業法規限制低壓側電壓範圍在  $101\pm 6V$  及  $202\pm 20V$  之規定；在台灣，配電

系統的電壓變動率限制在額定電壓的 $\pm 2.5\%$ ，雖有不同的規定，但保障用戶端電壓穩定安全的原則是一致的。

以下將更詳細的說明大量再生能源併網所產生的幾項重要問題：

#### A. 逆送電力造成的電壓上升及變動超過法規限制

如圖 7-15，當淨電力流向變電所時，由於線路阻抗使線路末端電壓超過法規限制，因此，當動作電壓調整器使實功下降將造成電能的損失，包括提供虛功補償或調整 PV inverter 之功率因數等；目前在台電及國家能源型計畫中除研究上述 3 種線路電壓調整方式外，亦提出將來 PV 之 inverter 應具有功率因數調整的功能，以在負載側自動調整電壓的可行性及技術面的分析，將來可比較此 4 種機制之組合及動作邏輯與成本效益，作為配電網安全運轉的解決方案。

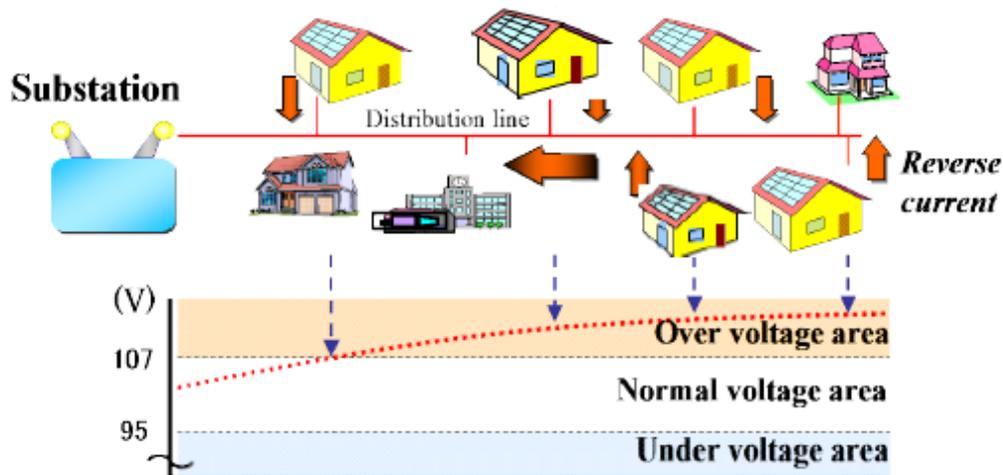


圖 7-15 逆送電力示意圖

#### B. 孤島效應(Islanding)造成的安全疑慮

當饋線 CB(斷路器)因事故或卸載跳脫或切離時，在無分散式電源時線路是安全無電的狀態，但是，當有 PV 或分散式電源存在且 CB 已跳脫，而 DG 仍持續運轉時將形成孤島效應，會造成配電線路仍舊帶電之不安全狀態，易使人員或設備受到損害，同時亦有可能無法迅速排除故障，造成維護上的困難，如

圖 7-16 所示。

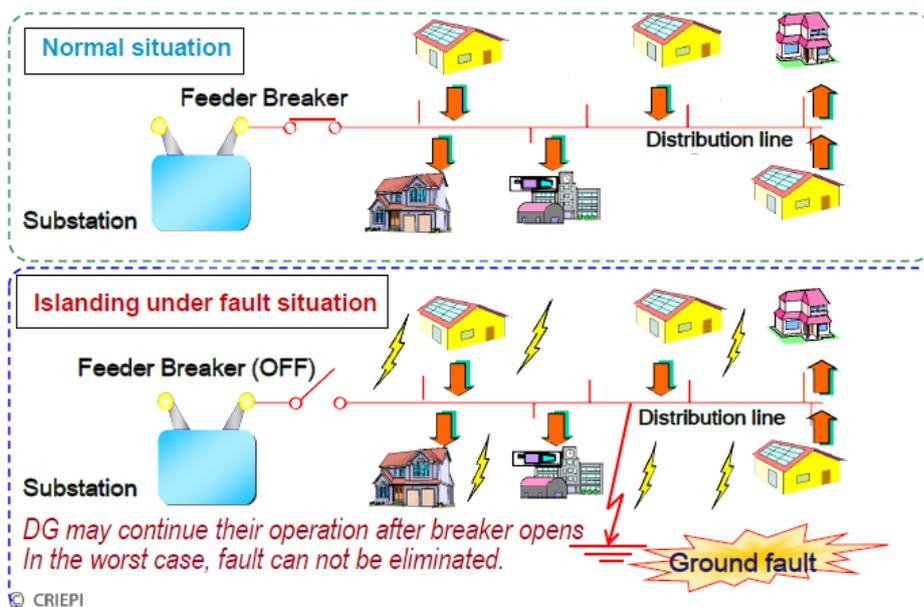


圖 7-16 孤島效應示意圖

### C. 暫態穩定問題

當配電線路遭受如雷擊產生的暫態擾動，如頻率波動、電壓瞬降等現象時，如圖 7-17，有可能造成保護設備誤判為孤島效應而使大量分散式能源跳脫或切離，導致饋線產生不穩定甚至整條饋線跳脫停電等，降低供電品質。

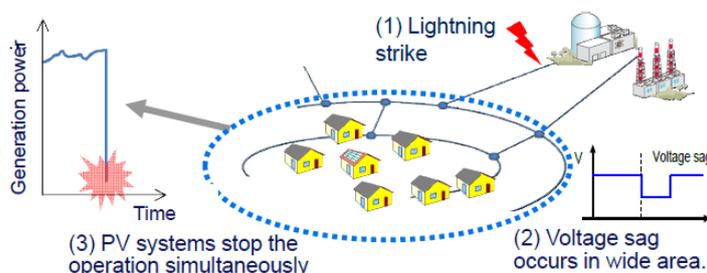


圖 7-17 暫態擾動示意圖

### D. PV 過剩電力造成電業基載調度問題

當大量 PV 併網時，過剩電力使得電力公司必須投資應對方案以限制 PV 出力，如蓄電池儲能、用戶負載調控，甚至機組調度等，如圖圖 7-18。

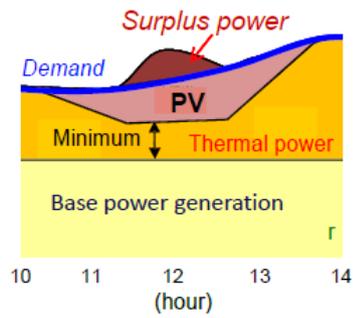


圖 7-18 PV 造成過剩電力之示意圖

### 3. 日本分散式電源(DG)併網之法規與準則

日本在 2006 年由電氣協會(Japan Electric Association)根據「電氣設備技術標準」及「併網電力品質維護技術準則」發佈併網法規，並由經產省(METI)執行。此併網法規每年必須檢討，其基本概念如下：

- (1) 不得造成其他用戶在電力供應可靠度及電力品質之不良效應。
- (2) 不得造成一般大眾和作業人員安全及電力供應設備與用戶器具之不良效應。

表 7-9 為日本可併聯於不同電壓等級所規定的最大單一用戶或發電機發電容量及允許逆送電力規定。

表 7-9 不同電壓等級之併網規定

Classification of Interconnected System	Type of Generator	Capacity per Customer or Generator	Reverse Power Flow
Low Voltage Distribution Line (100/200V)	DC Source, Rotating Machine	Less than 50kW as a rule	Allowed (Not allowed in case of rotating machine)
High Voltage Distribution Line (6600V)		Less than 2000kW as a rule	Allowed
Primary High Voltage Distribution Line (Over 7kV)		Less than 10000kW as a rule (in case of less than 35000V)	Allowed
Spot Network Distribution Line (22kV or 33 kV)		Less than 10000kW as a rule	Not Allowed
High Voltage Transmission Line (Over 7kV)		More than 2000kW	Allowed

(1) 功率因數限制

併網點用戶之分散式能源功率因數必須大於 85%，當用戶為小型分散式電源且裝設有 inverter，功率因數必須大於 95%。

(2) 諧波電流限制

總諧波必須<5%，單一級諧波必須<3%。

(3) 保護電驛功能

A. 具過電壓及低電壓保護

B. 過電流保護(當短路故障發生時)

C. 當 DG 併至高壓配電線路時，電網發生接地故障時，DG 須具接地過電壓( $V_0$ )保護

D. 防止孤島運轉保護

➤ 過電壓、低電壓、高頻及低頻保護電驛

➤ 具被動式及主動式孤島運轉偵測能力

➤ 當多個 DG 併聯至低壓配電線路時，須加裝新型主動式孤島運轉偵測功能

其中被動式孤島運轉偵測功能為：相位跳動偵測、頻率變化率偵測、三次諧波電壓上升偵測等。主動式孤島運轉偵測方法為：輸出功率變動監測及頻率飄移監測等。

(4) 具故障穿越功能(Fault Ride Through, FRT)

在電網發生事故造成的短時間電壓降及頻率變動時須具備故障穿越能力。在 2016 年前及 2016 年後，PV 在併聯至單相線路及三相線路時須有不同的電壓降 FRT 忍受能力，如圖 7-19。例如，當電網電壓瞬間壓降至 20% 且持續 1 秒鐘時(2016 年以後)，PV 接至單相電路時須有忍受不跳脫之能力，如圖 7-19 左下部分。

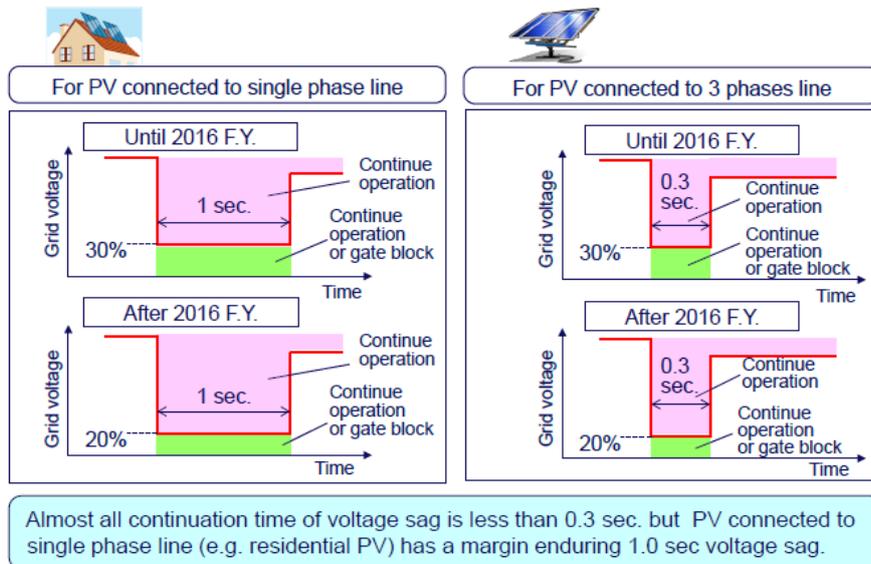


圖 7-19 FRT 功能示意圖

當 DG 在面臨電網事件造成的頻率變動時亦須具有 ride through 能力，其容許值如圖 7-20 所示，在 50Hz 時 3 個 cycle 內頻率上升 0.8Hz 須能忍受，在 60Hz 則可允許 1Hz 的頻率上升，另外，當頻率變化率在  $\pm 2\text{Hz/sec}$  內須能忍受。

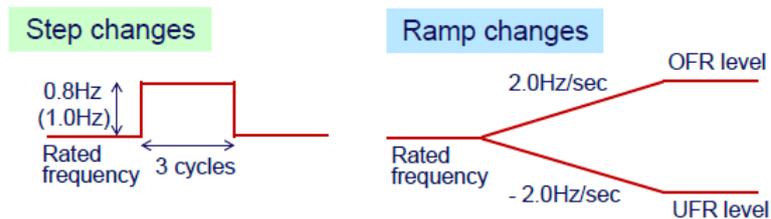


圖 7-20 頻率變動容許值示意圖

(5) 抑制逆送電力造成之電壓上升能力

DG 須具有領前之虛功控制或實功控制能力，如圖 7-21。

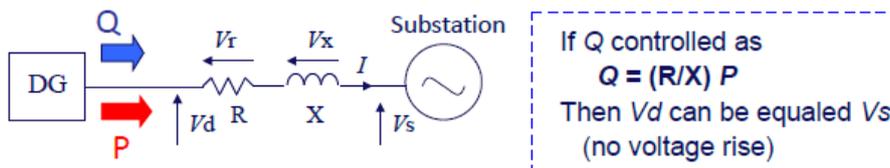


圖 7-21 DG 領前之虛功控制或實功控制

#### 4. 日本在因應 PV 過剩電力之對策

如前述，日本在法規及準則方面針對 DG 併網有諸多限制，以保障配電網之穩定與安全，亦要求 DG 業者須有各種不同的量測、偵測、保護及持續運轉之能力，以下將針對未來日本制定再生能源目標值，特別是 PV 在處理過剩電力時的因應對策簡要說明如下。

- (1) 當 PV 發電量超過電業定義之逆送或過剩電力時，PV 出力必須受到限制；日本政府經產省(METI)於 2015 年 1 月公布 PV 發電限制之準則如下：
  - A. 所有 PV 系統含住家型至 MW 型均適用。
  - B. 允許每一家電力公司得在無安全之虞下可限制 PV 每年 360 小時之發電，即最多每年可要求 PV 業者停止輸出電力 360 小時。
  - C. 已由政府於日本九州電力公司(Kyushu Electric Power Company)實際電網建立一緊急之示範計畫展示如何利用資通訊系統建立實際之限制方法。
- (2) 白天創造新的負載以因應過剩 PV 之電力

已由政府資助東京大學及 20 家廠商建立 PV 過剩電力時之新負載運用示範，如圖 7-22，及 CRIEPI 等研究機構，如圖 7-23，提出在 PV 過剩時間使用電動車(EV)充電、熱泵加熱熱水(Heat Pump, HP)等整體創造用戶負載的研究計劃來因應 PV 過剩電力議題。

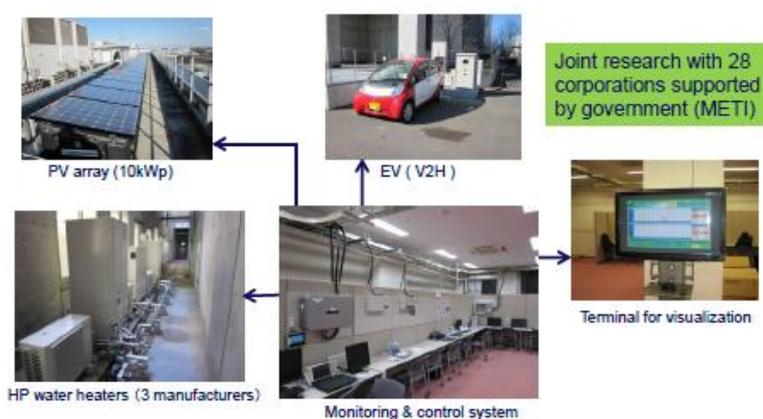


圖 7-22 PV 過剩電力時之新負載運用示範

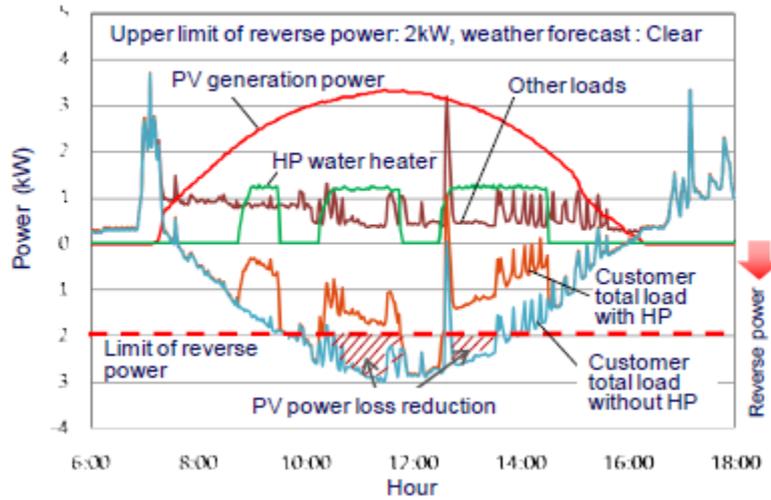


圖 7-23 創造用戶負載以因應 PV 過剩電力示意圖

(3) 大型儲能電池系統示範計畫(2013~2017)

為因應過剩 PV 電力而緊急建立的大型儲能電池系統示範計畫將從 2013 年進行至 2017 年，主要為示範建置大型儲能電池於電業之輸電變電所作為調控頻率及不穩定的 PV 與風力發電用，包括 20MWh 級 Li-ion 電池系統，60MWh 級 Redox flow 系統等。圖 7-24 為 60MWh Redox flow 儲能電池系統示範計畫。



圖 7-24 60MWh Redox flow 儲能電池系統示範計畫

## 5. 大量再生能源併網時未來面臨的挑戰

- (1) 限制 DG 發電量以防止逆送電力造成之配電線路電壓昇，包括研究 DG 功率因數之控制等。
- (2) 利用 inverter 控制因應新的 FRT 需求
- (3) 利用通訊網路限制 PV 出力之方法
- (4) 開發快速精準之 PV 發電預測方法
- (5) 檢討收購 DG 之 FIT 費率
- (6) 引進適用於需量反應方案之電力充電系統
- (7) 強化區域輸電線路容量

以上為 CRIEPI 專家提供之日本面對大量再生能源併網時所面臨的政策及技術面之議題及解決方案等，可提供台灣能源主政機構及台灣電力公司之重要參考。

# 陸、心得及建議

## (一) 參訪 J-POWER 與磯子電廠心得

磯子電廠之規劃理念完全不同於台灣的電廠規劃方式，除供電及符合環保法規要求外，電廠設備之配置與景觀均考量到與環境的和諧性，在受限制的基地內進行更新時面臨諸多制限。這些制限亦成為設計時必須考量的條件、在這些條件下、必須竭盡全力就設備容量、規格等進行研查。其具有如下之特點值得本公司參考：

1. 重視友善環境，從廠內採低噪音設備、綠籬隔音土堤、廠房設施之顏色及煙囪景觀規劃等措施，均有考量到鄰近區域環境之和諧性。
2. 環保設備在空間小，排放相當於天然氣機組之嚴苛條件下作規劃，煙氣脫硫設備採用 ReACT 方法，除效率高外又能減少廢水的產生且兼具增加脫硝之功能，其防治設備之功能考量已屬多項且具減廢之理念。
3. 為保有競爭力極盡可能努力降低成本，如廠內儲煤倉約可儲存 10 天份量，再將鄰近的煤炭儲運中心也納入計算、約可確保 30 天的煤炭用量，而不須建構大型之室內煤倉，仍可確保供電穩定。
4. 為提升煤灰再利用，僅設置約可存放 10 天份的煤灰量之暫存場所，供煤灰未能輸送至外界使用時之暫存，而非填築於灰塘，亦可減少灰塘之投資。
5. 為達先建後拆之目的，整合既有機組與新機組之附屬設備，既能營運又可更新之規劃。
6. 燃煤發電機組面臨之環保問題越來越嚴峻，唯前瞻性之思維採取開創的先進環保技術，有關之電廠仍具有其競爭性，此作法值得參考。

## (二) 日本電業自由化經驗之借鏡與心得

日本能源改革起步早於我們 20 年，其電業自由化是近年來能源改革具體案例，基於能源議題深受政府、市場及文化特性之差異影響，使得改革過程具相當複雜性及獨特性。日本電氣事業法配合時空環境變遷歷經多次修正，逐次緩步放寬電力市場管制，整個自由化推動歷程仍為進行式中，攸關各市場參與者之遊戲規則亦尚在建構中，但其先行者的歷程可資參考之處：

1. 為推動電業自由化做足準備，規劃過程很重要，目標及進程設定清楚，有具體作法且循序漸進執行，展現改革企圖心。
2. 能源議題涉及層面廣，受各國政府政策取向影響至深，改革經驗較難以一體複製但具參考價值，電業自由化非常複雜，推動過程必須不斷修正、調整，始可能建構效率化市場。

3. 電力市場自由化後，參與投資者眾，確保供電穩定恐更不易，未來會否衍生電源(發電業者眾、供給過剩)、電網(投資不足)等問題，尚待觀察。

我國與日本類似都是能源匱乏、資源稀少的國家，台灣電業發展進程、架構與日本頗相似，日本能推動能源市場改革且漸有初步成果，其推動過程的經驗相當值得我們參考與借鏡。我國電業法修正條文甫於 104 年 7 月 16 日送立法院審議，法案內容攸關供電穩定、用戶權益及電業永續經營等複雜議題，合理的市場運作機制仍待各方形成共識，修法過程中，台電公司基於國內電力專業者應積極表達意見，並持續密切觀察與注意未來幾年日本電業自由化發展引發之社會反應及有關因應，以適時回饋至我國電業自由化進程。

### (三) 早稻田大學及 CRIEPI 參訪心得

從前述 Waseda EMS Demo Center 之各種模擬、測試及示範計畫，可瞭解日本已對於配電網所可能面臨的各種電力應用、科技應用及資訊應用進行多方面的研究，雖然日本的自由化進程比台灣快，但面臨的問題卻相當類似，特別在配電網在技術面上的投資有極高的參考價值。

台電在配電自動化正持續進行中，尤其是饋線自動化部分已經有所進展，資訊監控已到 FTU(Feeder Terminated Unit)，但仍然無法如 power flow 一樣到達用戶家中的用電器具設施及電能設備，因此應分時程地考量如何拓展在資通訊之涵蓋與監控能力與範圍，在這之前因為有 AMI 之建置，因此必須整體考量在投資建置 AMI 時即將未來應用的可能性納入建置規範中。這些擴展投資將有助於：

1. 配電網的最佳運轉與安全
2. 再生能源的最大併網能力
3. 需求面管理的多元性及可靠性
4. 自由化後商業模式的進行
5. 電業與用戶關係的深化
6. 促進國內產業的商機與競爭力

今天政府推出科技三箭，Big Data、Open Data 及 Crowd Sourcing，無疑是想以資訊技術之開放與應用促進商業與科技之發展。在台電，筆者亦建議應推出三箭三線以更加深化政府及電業之永續發展。

1. 台電三箭：Big Data、Esgator、C2C。

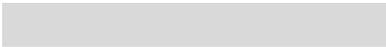
(Esgator = Esco + Aggregator；C2C = Connect to Customer)

2. 台電三線：Power line、Data line、連接用戶心中的那一條線(Sentimental line)。

其中 Big data 已持續進行中，Esgator 則仍在研究示範階段，C2C 則應在與用戶溝通互動之軟體及硬體介面上更加精進。

台電 power line 早已到家，但是以前 power flow 是單向，現在/未來一定是雙向的，如何處理控制這雙向的 power flow 是台電未來重要課題；Data line 到家是一個理想，將來若要實現則須仰賴 AMI 之建置來完成，有了 data，與用戶的雙向溝通將可推展各種應用，例如需量反應不必使用 Public or Private 通訊、Big data 資訊的強化、行為科學及電子商務的遂行等。而連接用戶心中的那一條線，則可經由 Big data 的內涵及 Data line 之連結，讓用戶與台電的互動管道及機制加強，並推出用戶有感的服務，提昇用戶信賴度，進而提高滿意度以利政策及應用之推行。

上述建議仍須由台電各單位及管理階層討論並形成政策，擬定目標，有系統之推動方能收到綜效。



# 柒、 附錄

(一) 08/30 星期日：扶桑會行前會議照片



(二) 08/31 星期一：台灣扶桑會、日本蓬萊會，台日雙邊經濟懇談會照片



(三) 09/01 星期二：黃董事長率扶桑會成員、能源局代表及台電成員參訪 JPower 磯子燃煤火力發電廠照片



(四) 09/02 星期三

1. 黃董事長與 JPower 社長北村雅良會談及贈禮留影



2. 黃董事長率台電成員及能源局代表拜會 IEEJ 社長豐田正和交換台日電業自由化進程 照片。



(五) 09/03 星期四

1. 黃董事長率台電成員及能源局代表參訪由石井英雄教授領導介紹之早稻田大學能源管理示範中心照片。



2. 黃董事長率台電及能源局代表與 CRIEPI 總經理各務正博等人交流台日能源  
配比與需求端應用策略 照片。

