

# 國際電力業因應溫室氣體管制之 策略與標竿學習

申永順

大葉大學環境工程研究所副教授

葉怡秀

環科工程顧問(股)公司工程師

## 摘 要

全球氣候溫暖化與溫室氣體管制之議題，近年來已引起國內外企業全面性地關注，大型國際公司不僅沒有坐等政府單位的強制性行政管制，甚且積極推動種類多元、範圍廣泛的減量活動，包括新能源開發、碳隔離及廢棄物管理等。本文旨在收集與彙整各國知名電力業及台灣台電公司因應溫室氣體發展工作之脈絡與成果，並藉由國際電力業因應溫室氣體管制策略之內容之標竿對照，觀摩與學習國際電力公司因應溫室氣體管制，所進行策略性管理之方向與實際作法，以作為台灣電力業因應溫室氣體減量策略研訂之參考。經本研究依據 Pew Center 溫室氣體計分表，評分結果得知屬於京都議定書締約國之國家的電力公司之得分較佳，其中以日本東京 TEPCO 電力公司得分最高，台灣現階段電力業因應溫室氣體減量策略與成果，由於國際參與之限制、法令、經濟及技術面上的資源不足，與其他先進國家相較之下，仍有相當努力的空間。

關鍵字：溫室氣體、電力業、管制策略、標竿對照

## 一、前 言

全球氣候溫暖化的問題，在 2005 年 2 月 16 日京都議訂書正式生效之後，確立了溫室氣體過量排放所可能引發的氣候變遷，是全球共同面臨的重要環境問題之國際共識，因此溫室氣體排放管制的實施，應該具體落實在國家、產業、和企業等不同層次，採取符合經濟效益的排放減量方式，以降低溫室效應造成全球氣



候變遷的影響。

電力是現代生活不可或缺動力，更是產業生產過程中一項重要投入要素，與產業發展有相當大的關聯性，需要藉助電力來帶動經濟發展。但，同時溫室氣體減量為國際間重要環保議題，避免未來可能面臨國際貿易法規與氣候變遷之相容性問題，造成台灣產業經濟及能源受巨大衝擊，故電力事業面對未來二氧化碳減量工作和減量過程中，對產業部門影響評估亦刻不容緩。

## 二、研究範圍

主要針對日本、英國、韓國、美國能源電力業所發行的環境報告書或是永續報告書中針對因應溫室效應策略部份進行標竿對照，並且對台灣電力公司進行評比，其研究範圍如下所示：

日本：東京 TEPCO 電力公司（TEPCO Sustainability Report ，2005）

日本：關西 KENSAI 電力公司（KENSAI CSR Report ，2005）

韓國：KEPCO 電力公司（KEPCO Environment Eco-Value Creation ，2004）

英國：British 能源公司（British Energy CSR Report ，2004/05）

美國：AEP 電力公司（AEP Environmental Report ，2006）

台灣：台灣電力公司（TAIWAN Power CSR Report Draft ，2007）

## 三、研究方法

本研究收集各國電力業所出版的企業環境報告書及/或企業永續報告書，彙整其內容中有關因應溫室氣體管制之策略，做為標竿對照之比較依據，並參考國際著名的環境與能源研究機構 Pew Center( <http://www.pewclimate.org/>)於 2006 年 3 月出版的研究報告”Corporate Governance and Climate Change: Making the Connection, a March 2006 report ( [http://www.pewclimate.org/companies\\_leading\\_the\\_way\\_belc/ghg\\_strategies/](http://www.pewclimate.org/companies_leading_the_way_belc/ghg_strategies/))”中所使用的記分卡，設計出適合本研究之計分方式，且以各國電力業為學習標竿並與台灣電力公司進行量化的評分，以作

為台灣電力公司追求進步之原動力，並做電力業者之借鏡。

#### 四、國際電力業因應溫室氣體管制策略之簡介

本章將針對國際電力業與台灣電力公司針對因應溫室氣體管制策略，以個別公司就其公司背景、公司溫室氣體減量活動現況與策略，以及其公司國際合作等分項，逐一簡單介紹。

##### (一) 日本東京電力公司(Tokyo Electric Power Company, TEPCO)

##### 1.日本東京 TEPCO 電力公司背景介紹

東京電力公司成立於 1951 年，提供二戰後日本東京市區穩定與高品質的電力供應來源，其所供應電力的地區面積雖然只有日本全國的 10%，但此地區人口卻約占全國 1/3，同時也是位居國家政治與經濟的心臟地帶。

圖 1 為 TEPCO 由 1975 年至 2004 年間，有關電力供應量、二氧化碳排放量及二氧化碳排放強度的變化情形，由圖可知其電力供應量與二氧化碳排放量二者已有脫鉤的良好現象，同時二氧化碳排放強度也由約 0.68kg-CO<sub>2</sub>/kWh 降低到 0.381kg-CO<sub>2</sub>/kWh，顯示 TEPCO 公司在二氧化碳排放減量的工作上，成績十分顯著。

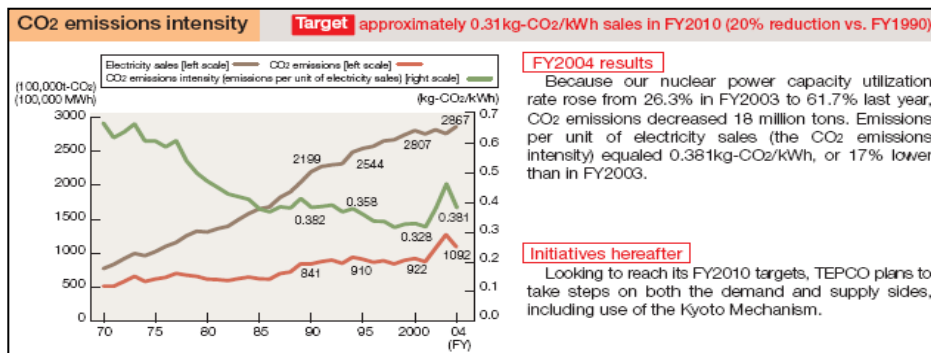


圖 1 東京 TEPCO 電力公司電力供應量、二氧化碳排放量及二氧化碳排放強度的情勢圖 (TEPCO, 2005)



目前東京 TEPCO 電力減量目標為至 2010 年，CO<sub>2</sub> 排放量降至 0.31Kg-CO<sub>2</sub>/kWH，相較於 1992 年降低約 20%，而在 2004 年，由於 TEPCO 核能發電廠發電效率由 26.3% 提升到 61.7%，共計可降低 CO<sub>2</sub> 排放量約 1800 萬公噸。而每度電 CO<sub>2</sub> 排放量約 0.381 Kg-CO<sub>2</sub>/kWH，此相較於 2003 年數據而言，共降低 CO<sub>2</sub> 排放量達 17%。東京 TEPCO 電力對於未來更是期許在 2010 年時，能將 CO<sub>2</sub> 排放量降至 0.31Kg-CO<sub>2</sub>/kWH，相較於 1992 年排放量更是降低約 20%。

## 2.減量活動現況與策略

TEPCO 之減量活動現況與策略，主要可分為供應端管理、需求端管理與國際合作三個部份，以下就其策略簡單分述之(TEPCO, 2005)：

就供應端管理部份，主要策略以尋求最佳能量來源配比，及開發再生能源為主。

### (1)尋求最佳能量來源配比

即在核能、火力、水力及天然能源中，找出最佳合理的分配，在經濟與二氧化碳排放量間取得平衡。TEPCO 已設定一個自願性減量的目標，即欲將於 2010 年將二氧化碳的排放密度減低至比 1990 年時下降 20%。這個目標對 TEPCO 而言，十分具有挑戰性，TEPCO 主要將規劃以擴大核能機組容量及改善火力發電廠之熱效率來達成。圖 2 為 TEPCO 在 1990 年至 2014 年間，不同發電能量來源之比例變化及預計執行的情形，由此可知，TEPCO 自 2003 年之後，核能部份有顯著的增加，到了 2014 年將近約占到 50%，圖 3 則會說明透過核能使用增加而達 CO<sub>2</sub> 減量的減量效益，而石油需求量將會降低，煤碳與水力二者變化不大，值得注意的是，地熱等新能源之比例直至 2014 年仍然十分的低。

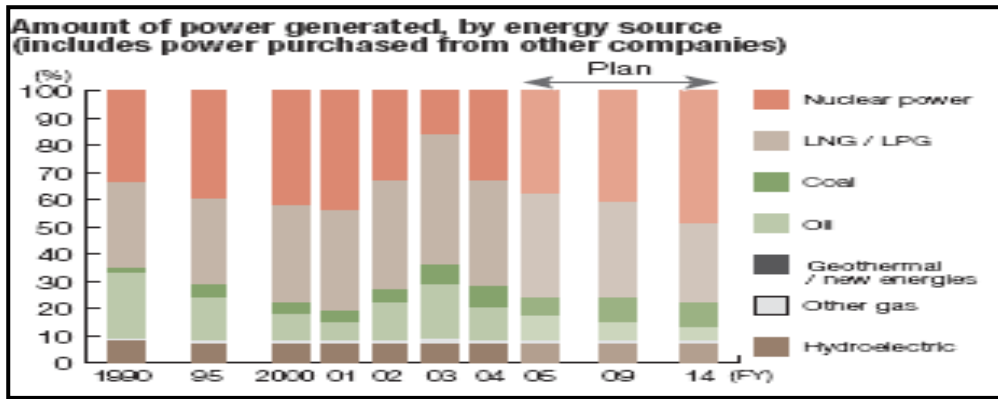


圖 2 TEPCO 在 1990 年至 2014 年間，不同發電能量來源之比例變化 (TEPCO, 2005)

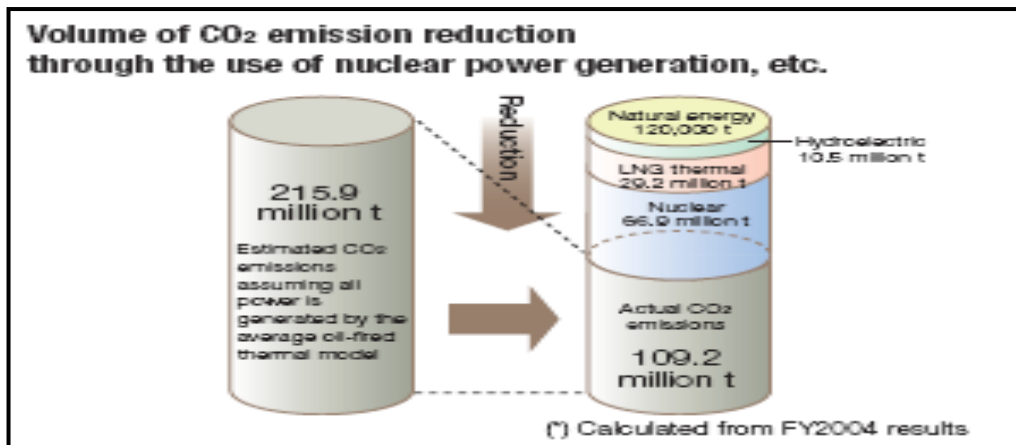


圖 3 TEPCO 透過核能的使用可達 CO<sub>2</sub> 減量之效益 (TEPCO, 2005)

## (2)開發再生能源

TEPCO 已逐漸提高向其客戶收購由再生能源所產生之電力的比例，以促進日本境內再生能源的利用。

### ①向客戶端購買電力

TEPCO 由商用的風力發電廠，購得穩定且長期的電力，並承諾該公司履行日本政府「再生能源標準(Renewable Portfolio Standard, RPS)」法規。

### ②綠色電力基金(Green Power Fund)

此系統係由 Greater-Kanto Industrial Advancement Center (GIAC)



所運作(運作模式如圖 4)，每月自客戶處收取每單位 500 日元，作為後續太陽能與其它再生能源關設備之採購基金。

### ③綠色電力驗證系統

此驗證系統為日本境內第一個案例，TEPCO 補助日本再生能源公司(Japan Natural Energy Co., Ltd.)，以產生風能、生質能及水力(非常小量的)發電。下圖 4 說明以此方式產生的電力必須要在此「綠色電力驗證系統」活動中被驗證，而客戶可以自再生能源接受到轉換成電力之信用額度(credit)。

在需求端管理部份，分為下列三種主要策略：

#### (1)發展與推動高效率設備。

為推動低二氧化碳排放之電力供應系統及高效率之設備，如熱幫浦(heat pump)、熱儲式空調系統(thermal storage air conditioning systems)、商用廚房電力設備(commercial electric kitchen appliances)、電力加熱系統(Electric heating)、鈉硫電池系統(sodium-sulfur battery systems, NAS)等，TEPCO 不僅協助客戶節約能源與成本，並使得社會各界能更有效率的使用能源。圖 5 說明 TEPCO 推動高效率設備可達減量之效益。

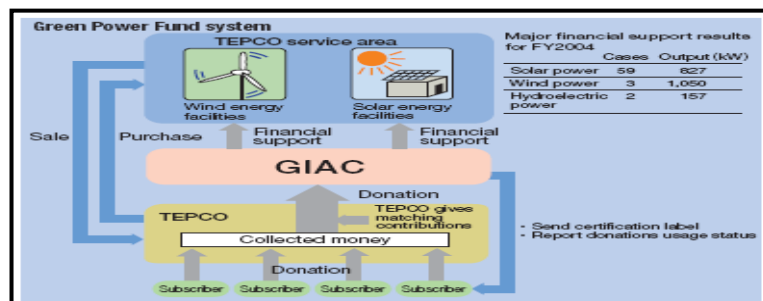


圖 4 綠色電力驗證系統圖 (TEPCO, 2005)

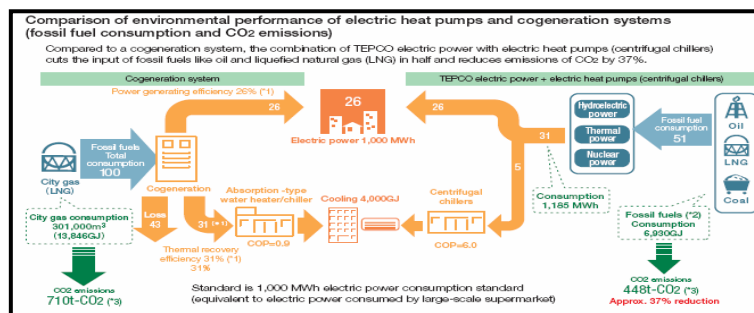


圖 5 TEPCO 推動高效率設備活動之效益 (TEPCO, 2005)

(2)執行 ECO 支援計畫

ECO 支援計畫創始於 2004 年七月，目的主要在於協助住戶及辦公室節約能源，以降低二氧化碳。ECO 支援計畫之主要目標為住商部門，其係藉由協助 Eco Cute 活動的實施。而產業部份，則協助節能工作之改善，圖 6 中說明 ESCO 計畫即可運用於住商、商店及其他中小型規模的建築物。

(3)生態友善生活專案 (proposals for eco-friendly life)。

TEPCO 在消費者、員工等利害相關者間，宣導全球暖化的知識，並提供具體的節能資訊，從而鼓勵其養成環保化的生活模式，如推動”CO<sub>2</sub> Diet”方案等。

針對國際合作部份，TEPCO 主要是依循京都機制來規劃其相關策略活動，例如 TEPCO 對於京都減量彈性機制的參與非常積極，特別是針對聯合執行 (Joint Implementation, JI) 及清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM)，以弭補國內減量成效不足時的情形。

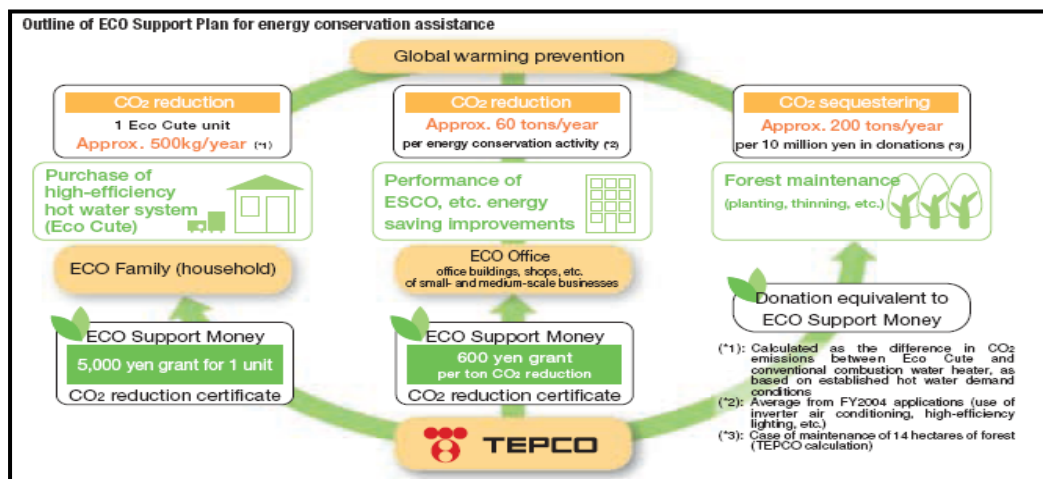


圖 6 ECO 支援計畫說明圖 (TEPCO, 2005)

3.國際合作

TEPCO 對於海外溫室氣體的減量活動起步得很早並散佈於全世界，在 2000 年時即參與世界銀行碳基金(World Bank Carbon Funds)在澳洲的造林計畫。之後，在 2004 年又參與世界銀行生態碳基金(World Bank



BioCarbon Fund)及日本溫室氣體減量基金(Japan GHG Reduction Fund)的計畫，同時亦決定購買在智利進行甲烷回收計畫所獲得之碳信用權(carbon credits)(計畫運作機制如下圖 7)。經由這些計畫，TEPCO 希望在 2012 年前取得五百萬噸二氧化碳的排放權。

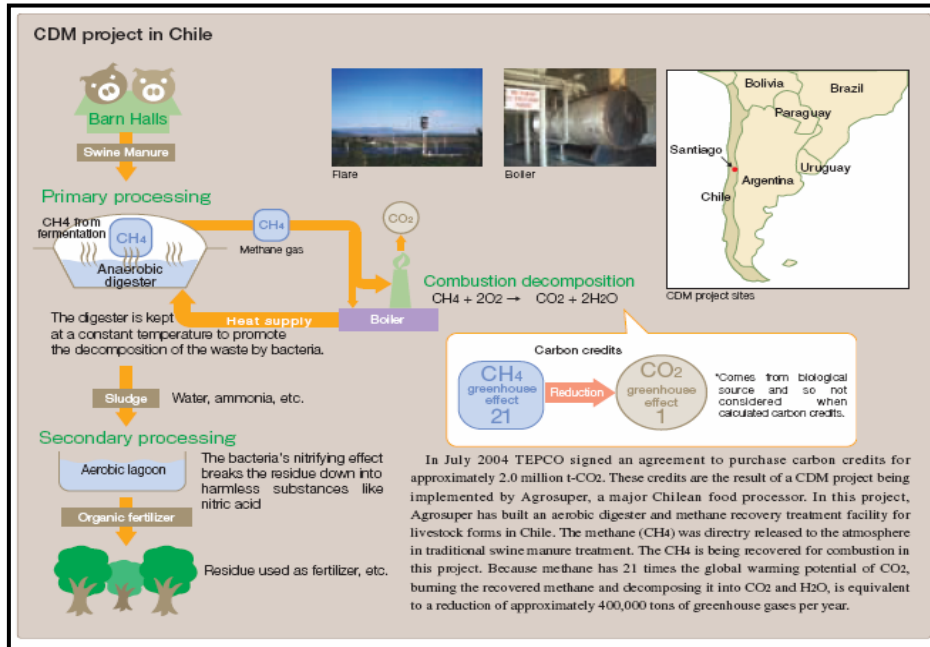


圖 7 TEPCO 於智利進行甲烷回收計畫運作機制圖 (TEPCO, 2005)

(二) 日本關西電力公司(KENSAI Electric Power Company, KENSAI)

1.日本關西 KENSAI 電力公司背景介紹

關西電力公司為日本第二大電力公司，2004 年的發電量 144,886MkWh，其中核能發電比例占 43%、火力發電占 19%、水力發電 11%、外購電力占 27%。其主要服務地區為大阪、京都等關西地區。2004 年該公司二氧化碳的總排放量為 5,159 萬噸，排放強度為 0.356kg-CO<sub>2</sub>/kWh，火力發電熱效率為 42.2%，SF<sub>6</sub> 洩漏量 0.3 噸，SF<sub>6</sub> 回收率 98%。

2.減量活動現況與策略

關西電力公司為了達成溫室氣體減量，將朝以下四個方向努力：(1)以安全為先決條件提升核能發電比例；(2)增加火力發電熱效率；(3)使用京都機制；(4)促進節約能源與使用再生能源。在 2004 年，以 1990 年為基準年，總共減少了 1,440 萬噸的二氧化碳排放，而減量來源以新



設核能發電機組(44%)為最主要的減量來源，再來是促進既有核能發電量(22%)為次要減量來源，再來依序為使用燃氣發電(16%)、發展水力發電(4%)、與用戶端合作減量(8%)以及促進火力熱效率(6%)。

為了達成以上策略，關西電力公司提出圖 8 所示的「New ERA Strategies」，E 代表效率(Efficiency)，R 代表減量(Reduction)，A 代表國外活動(Activities Abroad)。

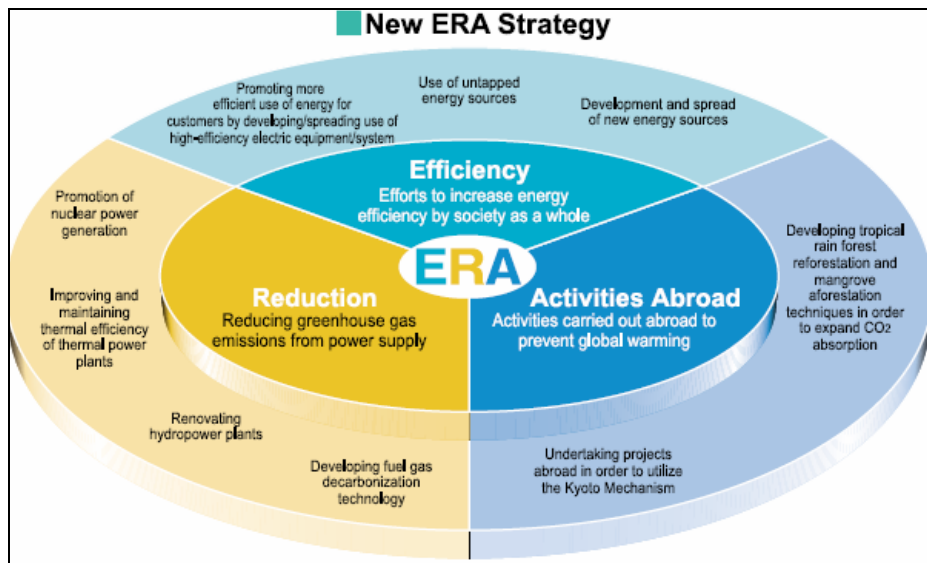


圖 8 關西 KENSAI 電力「New ERA Strategies」計畫 (關西電力，2005)

以下就以「New ERA Strategies」中的效率(Efficiency)、減量(Reduction)以及國外活動(Activities Abroad)三大分類敘述之。由圖 8 可以得知在 Efficiency 效率分類中，分為三小項策略：

(1)熱儲存系統

在商業用戶與家庭用戶的用電有 54%是用來燒熱水與空調，而尖峰時段電力的消耗量將更多，為了減少電力消耗使用 heat pump 技術為目前解決的方法，不但乾淨、可回收能源而且可使用的效率為原來的三倍，因此目前日本將廣泛的使用此技術。而在商業用戶部份，KENSAI 將推薦使用 Eco Ice 或是 Eco Ice mini 的熱儲存空調系統、熱水供應系統與商務廚房，可以應用的客戶範圍包括商業大樓、飯店、醫院、商店與工廠。關西電力公司也提出裝設熱儲存系統的優惠方案，如果用戶裝



設系統將可享有電價 60% 以上的折扣優惠。並提供關西電力公司的技術與專業技術來針對客戶的設備提出電力節約改善，並且讓客戶瞭解使用設備的最佳方式。對於家庭用戶部份，關西電力公司推動熱儲存系統 Eco-Cute 的裝設，Eco-Cute 結合了 heat pump 與熱水系統，使得夜間能源能夠妥善的被運用。為了提供便宜的夜間電力與促進客戶轉為全電力系統，關西電力公司提出了 HAP-e Time 費率與 HAP-e Plan，以折扣來吸引客戶裝設全電力系統。另外，還有 HAP-e Package 的熱水與 IH 廚房系統，推出免費出租的服務，到 2003 年時已經有超過 14,000 的用戶使用。

### (2) 再生能源的使用

再生能源的使用受限於氣候，2004 年關西電力公司的太陽能發電量為 865kWh，風力發電為 154kWh。受限於日本的 RPS Law 規定每年電力公司的發電配比必須使用某個比例以上的再生能源，而關西電力公司在再生能源的部份是採用外購電力的方式來達成法律所規範的目標。目前關西電力公司的外購能源是以太陽能、風能與廢棄物燃燒能源為主，每年外購的電量逐年增加，尤其是太陽能與風能增加得最快。

### (3) 綠色能源基金

關西電力公司的綠色能源基金成立於 2000 年，成立的目的為提昇使用與推廣新能源，資金來源為客戶端的捐贈。其運作方式為資助建設公共或商業太陽能與風能發電系統到 2004 年為止，基金已經資助了 47 個太陽能發電系統與 3 個風力發電系統。

在 Reduction 減量分類中，則細分為七小項策略：

#### (1) 核能的使用

核能發電對於二氧化碳排放減量是最有效的方法之一，因此關西電力公司以安全為前提提升核能發電量為其主要策略，2004 年核能發電量為 60,034 MWh，佔全公司發電比例的 43%，未來除了新設電廠外，加強維修發電設備，將核能機組的使用率維持在 90%，減少火力機組的使用來達成減量。

## (2)改善水力發電設施

關西電力公司對於水利發電方面的策略將採取更新老舊設備，改用更高效率的水力渦輪機。從 1989 年到 2004 年水力發電量增加到 46,252kWh，預計於 2007 年時增加到 50,052kWh。

## (3)促進火力發電效率

關西電力公司自 1995 年開始使用燃氣複循環機組，使火力熱效率逐年提升，到了 2004 年時火力熱效率已達 42.2% (gross thermal efficiency)，近年來，關西電力公司新設機組都採用熱效率 54% 的高效率複循環機組，相較於傳統的燃氣機組來說將可減少 25% 的二氧化碳排放

## (4)減少 SF<sub>6</sub> 的排放並加強回收

關西電力公司每 18 年會全面檢查所有的 SF<sub>6</sub> 氣體的絕緣設備，如線路遮斷器等設備，並且透過與設備商的合作回收使用 SF<sub>6</sub> 氣體。在研發方面，關西電力公司發展 SF<sub>6</sub> 輔助回收設備，可以由回收系統自動回收 SF<sub>6</sub> 氣體，如果使用此一回收系統，回收率將可提升至 97% 以上。

## (5)CO<sub>2</sub> 減量技術研發

關西電力公司在技術研發方面是與三菱重工(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD)作為夥伴研發煙道氣體二氧化碳的分離與回收；CO<sub>2</sub> 回收之後將運用到碳固定與碳隔離等二氧化碳減量技術上，未來將促進 CO<sub>2</sub> 的再利用。關西電力公司亦致力於化學吸收法回收 CO<sub>2</sub>，已經在 Nanco 電廠有 pilot plant 試行計畫，此技術已獲得世界各國專利，並且將此技術應用於馬來西亞的尿素(urea)工廠。

## (6)燃料電池的研發

燃料電池是由氫氣與氧氣化學反應後直接產生電能，由於發電效率高，因此可以減少能源的損失，是未來相當有潛力的電力系統。與目前的 PAFC(phosphorous acid fuel cells)、PEFC(solid high polymer fuel cells)相比 SOFC(solid oxide fuel cells)有較高的能源效率；關西電力公司目前將以生產價格較低的金屬的低溫啟動 SOFC 為主，預計在推出「tens of kW system」的 SOFC，可使用於中型的商店或是小型的工廠。



### (7) 輸配電線路材料研發及減少輸配電損失

目前所使用的設備線路皆為含有矽(Si)之 silicon power semiconductor，而無論其輸配電設備的電容或是電壓再怎麼提升都有其極限，因此耐用度強、電能損失少的新一代的半導體 silicon carbide (SiC) semiconductor 就成為相當有潛力的新材料。關西電力公司為第一家成功研發出使用 SiC 為半導體之整流變頻器(inverter)，如果未來 SiC 成功的取代 Si 的整流變頻器，那輸配電的損失將可比目前的損失率減少一半，可以更進一步的達到節省能源的功效。

## 3. 國際合作

關西電力公司透過多年電力事業的經營，獲得許多溫室氣體相關的知識與技術，並致力於海外利用，希望透過京都機制來進一步，進行全球規模性的溫室氣體減量活動。以下就關西電力所進行之國際合作計劃簡述之。

### (1) 植樹技術的運用

1992 年開始，在印尼有雨林復育的研究，目前已經種植了 80 公頃；2000 年，在泰國研發紅樹林的種植技術，計畫恢復海岸的生態環境與樹林復育，已種植了 83 公頃。2000 年，在澳洲利用以發展的植樹技術在露天開採的煤礦區的荒蕪土地進行植林，已種植 28 公頃。

關西電力公司在澳洲進行土地鹽度的改良與植樹活動有相當的成果，未來預計從 2002 年到 2022 年期間將在中國與中東作土壤鹽度改良並植樹來取得 CO<sub>2</sub> 排放權，種植面積約 1,000 公頃，2,500 萬棵樹。

### (2) 藉由造林與碳化進行碳隔離

2002 年起，關西電力公司於印尼進行關於木種持續製造與二氧化碳隔離的研究。

### (3) 於廢棄礦場進行 CO<sub>2</sub> 碳隔離

利用廢棄的煤礦礦場的岩層來儲存 CO<sub>2</sub>，並利用 CO<sub>2</sub> 來將岩層中的甲烷(CH<sub>4</sub>)取出，回到電廠作利用。關西電力公司也參與注入 CO<sub>2</sub> 將油產出的計畫(Enhanced Oil Recovery)，這是石油業目前已經採行的計畫，一方面將油產出，一方面將 CO<sub>2</sub> 固定於油場(Oil Field)中。

#### (4) 京都機制

在 Kingdom of Bhutan 進行水力發電的 CDM 的計畫，發電容量為 70kW，每年約減少 500 噸的 CO<sub>2</sub> 排放。

#### (5) 綠色基金

關西電力公司參加了「Dexia-FondElec Energy Efficiency and Emissions Reduction Fund, L.P.」的東歐投資基金計畫，此計畫是投資 26 個東歐國家的能源事業，協助減少 CO<sub>2</sub> 的排放，已得到 CO<sub>2</sub> 的信用權。

### (三) 韓國 KEPCO 電力公司 (Korea Electric Power Company, KEPCO)

#### 1. 韓國 KEPCO 電力公司背景介紹

京都議定書於 2005 年 2 月開始生效，在韓國首當其衝的即為電力工業；主要是因電力工業二氧化碳排放量，占韓國整體二氧化碳排放量約 24%；而韓國之國營電力公司，除火力電廠外，尚擁有二十部核能電廠機組。KEPCO 所排放的溫室氣體來源包括：化石燃料燃燒及因電力輸送所排放的二氧化碳、因開關洩漏的 SF<sub>6</sub>，以及行政部門運作所產生者。

2004 年之二氧化碳總排放量 KEPCO 排放 6.458 百萬公噸。因電力輸送所間接排放的二氧化碳很難避免，約占總排放量的 4.46%，但已是全世界最低者。直接排放部分的二氧化碳量為 178,000 公噸。KEPCO 已配合政府政策，加入自願性減量協議 (Voluntary Agreement, VA)，繼續致力於溫室氣體的減量工作。

#### 2. 減量活動現況與策略

京都議定書之管制臨到韓國，則對 KEPCO 電力公司將會有重大的衝擊，由於二氧化碳的大量排放，減量成本將會大幅提升，進而增加發電成本，而未來也將隨著國際的壓力，要逐步制定合適的減量策略，目前 KEPCO 電力公司主要以強化因應能力、集團層級之因應策略及技術研發三大方向，來訂定其減量策略。

##### (1) 強化因應能力

KEPCO 便以國際環境限制與商業環境的改變作為出發點，來尋求新的營運發展機會，並針對排放交易制度 (Emission Trading ~ETs)、



清潔發展機制〈CDM〉與再生能源的供應做出因應對策。

另外，KEPCO 為因應相關氣候變遷公約的要求，在 2005 年 4 月設立氣候變遷委員會。該委員會由 KEPCO 與各發電場員工組成，其委員董事為 KEPCO 行政副總裁，成員包含各發電場所負責人，主要負責可再生能源的發展，與氣候變遷公約的因應。

## 2. 集團層級之因應策略

KEPCO 已研擬五項聯合因應策略(Joint Response Strategies)，面對來勢洶洶的氣候變化公約議題，茲敘述如下：

藉由提高能源效率與需求端之管理與控制，降低二氧化碳排量。持續提升能源效率方案之績效，裝置高效率之能源設備，以及改善負載管理。

- ①發展溫室氣體減量技術與設備/設施，韓國電力研究所(Korea Electrical Power Research Institute, KEPRI)已研發多種有關取回(retrieval)與儲存(storage)二氧化碳的技術，並申請許多專利。現正於首爾火力發電廠(Seoul Thermal Power Plant)進行二氧化碳分離(separation)與取回的試行計畫中。
- ②商業化再生能源技術，此將藉由 KEPCO 與 Gencos 間之角色定義來規劃進行，KEPCO 將著重於太陽能光電池、燃料電池及其他核心技術之開發，而 Gencos 則致力於新能源技術之確證(validation)與商業化，已達到韓國政府所設定將於 2011 年底前，將再生能源由現今 1.59%的比例，提升到 7%。
- ③排放交易制度。KEPCO 不僅指派專家與成員參與推動聯合國氣候變化綱要公約之 CDM 計畫，包括提升東南亞電力公司之發電效率、改善燃料轉換效率、再生能源開發與研究等活動外，並積極主導其國內之排放交易制度之推動工作。
- ④新建低二氧化碳排放的電廠，如液化天然氣(LNG)及核能發電廠。

## 3. 技術之研發

一般而言，環境保護技術發展都集中於兩大領域：二氧化碳減量技術與再生能源技術發展。在二氧化碳減量技術發展方面，目前 KEPCO 所屬的韓國電力研究中心與韓國研發中心，正進行相關二氧化碳回收過

程分離技術的研發，並針對技術的可行性進行探討。

而在可再生能源技術發展方面，目前，主要針對太陽能、風力與燃料電池等三方面進行研發。如 KEPCO 預計在 2006 年正式將太陽能發電技術商業化，並運用在家用電氣產品上；而早在 1980 年 KEPCO 就已經開始進行風力發電技術的研發；目前則針對與風力發電廠相關連結電網的設置進行發展。另外，KEPCO 擁有世界第一的“熔融碳酸鹽燃料電池〈Molten Carbonate Fuel Cell ~MCFC〉”的發展技術；該技術具有低污染、及將化學能轉換成電能的高效率性；KEPCO 預定在 2010 年將具有 250 千瓦發電的燃料電池商業化。

(四) 英國 British 能源公司(British Energy Company)

1.英國 British 能源公司背景介紹

英國能源公司在英國擁有八個現代化的核能發電廠，另在 Eggborough 地區有一個燃煤電廠及三個小型燃氣電廠，並已發展數個小型的再生能源的開發計畫。由於核能發電基本上不會產生二氧化碳，BEG 公司認為對於英國溫室氣體議題與國際壓力之有效因應，應為國內具有最大貢獻的企業。其主要企業目的為穩定提供國內各界之電力來源外，並維持優越的核能安全與環境績效，以符合外界對於電力公司的社會責任日益升高地之期待。

圖 9 為 British 公司自 2002 至 2005 年因核能發電所避免排放之二氧化碳量(平均約 42 百萬公噸)，以及火力電廠之二氧化碳排放量(平均約 6.6 百萬公噸)的變化情形。

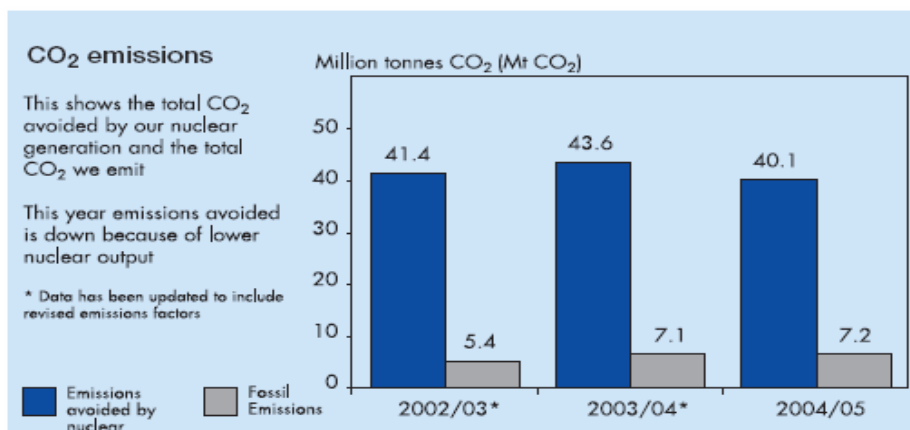


圖 9 British 公司自 2002 至 2005 年因核能發電所避免排放之二氧化碳量 (British, 2004/05)



## 2.減量活動現況與策略

由於英國為京都議定書下所規定的附件一國家，故現在該國政府已設定其國內的排放管制目標，British 公司表示將繼續協助政府達成已律定的且極具討戰性的減量目標，並扮演重要的角色，為此更積極規劃出環境績效與資源節用及新政策發展之兩大減量策略。

### (1)環境績效與資源節用

在過去幾年中，該公司已藉由核能發電的方式，在 2004/05 避免 40.1 MtCO<sub>2</sub> 的排放。此外，對於造成酸雨損害的硫氧化物及氮氧化物之減量，成效更是明顯，亦即核電廠不僅是無碳(carbon-free)，且是無氮(nitrogen oxides-free)及無硫(sulphur oxides-free)的，顯示其環境績效相當良好。

British 公司核電廠之運作，不僅有效降低英國全國 GHG、SO<sub>2</sub> 及 NO<sub>x</sub> 的排放量，同時亦降低英國對於石化燃料進口的需求度，特別是核電廠可取代天然氣(甲烷，溫室氣體當量約為二氧化碳的 20 倍)發電廠，降低因甲烷燃燒及在循環與輸送過程中所可能造成的洩漏，所導致的溫室效應。

### (2)新政策發展

歐盟的溫室氣體排放交易制度(EUETS)已於 2005 年 1 月 1 日啓動，主要係針對二氧化碳的交易，目的是希望藉由「管制與交易(cap and trade)」的方式，來達成減量的目標；電力業依據其排放所占比例，未接受到分配額(free allowances)，額外的配額可自市場中購買。該公司之 Eggborough 火力電廠已被分配到每年 4.54MtCO<sub>2</sub> 的配額。

而歐盟自 2004 年起亦有新的法令規定，要求所有的電力產業自 2005 年 10 月起，提供其發電廠及設施之詳細環境衝擊資訊；身為英國主要電力業者，BEG 公司已表示將積極配合參與，並在過去已回應許多政府機關與國會的會議與活動之關切與決議，例如英國與蘇格蘭氣候變遷方案(UK and Scottish Climate Change Programmes)、歐盟溫室氣體排放交易制度及「大型燃燒工廠指令，以及「電力揭露(Electricity Disclosure)」等。



## (五) 美國 AEP 電力公司 (American Electric Power, AEP)

### 1. 美國 AEP 電力公司背景介紹

美國電力公司每年裝置容量超過 42,000MW，以煤炭占 73%、天然氣占 16%、核能占 8% 及再生能源 3% 等發電，主要以燃煤為主，是美國本土最大的電力公司。同時也是美國最大的公共事業體之一，約有 5 百萬用戶，電力輸配網路橫跨 11 州，AEP 同時也是參與美國芝加哥氣候交易所(Chicago Climate Exchange, CCX)、企業圓桌氣候解決計畫(Business Roundtable's Climate RESOLVE initiative)以及知名的環境研究機構 Pew Center 附屬之全球氣候變遷企業環境領袖協會(Global Climate Change Business Environment Leadership Council, BELC)等 GHG 減量活動之創會會員。

然而 AEP 公司 1990 年至 2002 年間二氧化碳排放量之變化，十年間由 100 百萬噸上升至 170 百萬噸，其中 2000 至 2002 年因加入中部與西南部的電廠，故有顯著的增加。

### 2. 減量活動現況與策略

#### (1) 減量策略

AEP 以減量(reduced)、避免(avoid)及隔離(sequester)三大方向，來進行溫室氣體減量管制策略的訂定，而在供應端管理上，分別以提升能源效率、輸配電路之改善、再生能源的開發，以及飛灰利用四項方案，並加上需求端管理之相關方案，在 1991 年至 2002 年間共減少 23.1 百萬噸的二氧化碳排放。尤其在 2002 年中，AEP 減量、避免及隔離了 8.8 百萬噸的二氧化碳排放，為歷年之最；另在 2001 年與 2002 年的二年中，AEP 分別降低了 SF<sub>6</sub> 洩漏量約 4.5% 及 4.2%。

#### (2) AEP-GHG 立場聲明書

AEP 公司已制定出其溫室氣體立場聲明書(Position Paper on Global Climate Change)，闡明該公司對因應 GHG 議題的態度與將實行之工作方向，以下以聲明書重點及 AEP 之立場二大重點簡述之。

在聲明書重點上，著重於說明 AEP 支持相關的科學性研究，欲進一步探討 GHG 對於氣候系統影響及其不確定性，並認為氣候變遷是一項全球性的議題，全世界各主要排放國必須要一起參與及面對；不只是已開發國家，其他如中國與印度等開發中國家，亦應承諾限制其減量目



標。亦體認到溫室氣體議題是需要持續的公共及私人領域的有效參與，必須展開全球性低碳技術的研發工作，且應將經濟成長與 GHG 排放量有效脫鉤。所訂定之溫室氣體政策必須符合市場機制，將經濟與投資之效率最大化，並提供創新作法的誘因。

對於 AEP 立場而言，一向採用前瞻與積極的態度因應，並採取減量、避免及隔離等自願性的行動進行管制，主動參與聯邦政府 GHG 的相關減量計畫。承諾將會控制其 GHG 排放量於 1998–2001 之平均值，並於 2003–2006 年間累計降低 GHG 排放量 10%。儘管 AEP 不斷地進行這些自願性減量工作，其亦認知到須有一個強而有力的 GHG 之政策承諾，以提高企業經營規劃之確定性，故 AEP 認為欲制定成功的 GHG 政策與策略，須包括以下列之關鍵性原則：

- ①全面性：全世界已公認之所有種類的 GHG、所有排放源，以及所有倡議之碳匯(sink)活動，均須予以納入。
- ②成本有效性：充分運用諸如排放交易、允額銀務及聯合執行等市場工具，達成最高的經濟效益。
- ③設定實際的排放管制目標：必須設定符合現實的排放減量目標及管制時程，將減量成本降至最低。
- ④監督與查證：建立市場工具之基礎，有效執行既有承諾。
- ⑤技術發展與調度：長期而言，廣泛地在生產製造與能源耗用方面，發展與調度具革命性的低碳技術。

### 3.國際合作

AEP 已自願地同意以管制(cap)、減量(reduce)及抵減(offset)等方式來進行溫室氣體減量之國際合作，同時也是參與芝加哥氣候交易所活動中唯一的美國發電廠，AEP 亦支持聯邦及州政府的清潔煤碳技術研究與發展方案，在產業聯盟中位居領導地位，並已加入美國環保署及能源部的自願性減量計畫。此外，參與自然資源協會(Nature Conservancy)及其他環保組織，藉由以碳儲存為目的之林地栽種活動，建立及保護野生動植物的棲息地，推動與風力、太陽能與其它能源科技相關之公眾能源教育方案。AEP 目前已支持與參與有關二氧化碳地質處置的研發計畫，包括保育與種植林木、發展風力發電、提升水力發電效率，AEP

公司每度電的二氧化碳產生量已較國內其他競爭者為低。

## (六) 台灣電力公司 (Taiwan Power Company)

### 1. 台灣電力公司背景介紹

台灣電力公司每年裝置容量約 36,120MW，以煤炭占 32.9%、天然氣占 31.3%、核能占 13.8%及再生能源 5.4%、抽蓄水力 7.0%等發電，主要以燃煤、天然氣為主，且台電公司身為台灣主要電力供應者，對於溫室氣體管制之努力責無旁貸，並是以公營事業的角色，依據國家能源策略，配合未來電力需求之成長，提出溫室氣體管制策略，以展現對溫室效應議題之重視。

### 2. 減量活動現況與策略

#### (1) 能源供應端管理

新設機組採最佳可行技術配合機組更新提升火力發電平均效率逐年提高天然氣發電比例增加再生能源比例 如彰工新設火力機組熱效率達 42.3%，林口及深澳機組更新後更有效減少排放強度。目標在 2016 年時，燃氣發電占比由 19.7%提升至 28.2%，再生能源發電占比由 2.1%提升至 5.5%。

#### (2) 能源需求端管理

推廣節約用電降低發電負載，使節電觀念深入家庭，並舉辦節約觀摩會及空調運用技術探討會，以提升民眾對節約之認知，提供用戶諮詢服務、宣導用戶提高用電效率、裝置節能設備等。

#### (3) 輸配電系統改善

改善輸配電效率，減少線路損失、加強 SF<sub>6</sub> 管控，減少逸散發生。藉由電源開發、輸變電設備建設、加強系統運轉維護、及負載管理等，以提高系統供電能力及可靠度，達到改善電力運輸效率、降低線路損失，進而減少 CO<sub>2</sub> 之排放。

#### (4) 管理監督查證

加速推動溫室氣體管理系統建置能力建構及訓練機制。台電公司自 2005 年起進行溫室氣體排放盤查，並在 2006 年起陸續推動發電廠提出 ISO 14064-1 第三者驗證申請，目前大多數所屬之發電廠均已通過此項驗證。



#### (5)發展溫室氣體減量與再生能源技術

對於淨煤發電技術、二氧化碳捕捉與儲存技術，及新能源發電科技持續投入努力並與國際合作學習，目前還參與美國電力研究院(EPRI)與日本中央電力研究院(CRIEPI)之二氧化碳捕捉與回收技術發展研究計畫。

#### (6)持續推廣植栽與綠美化工作

已於各廠區進行植栽綠美化工作，為展現再造／植林碳隔離計畫上之誠意，未來除持續增加植栽面積與推廣綠美化工作外，並願意尋求公司外投資或補助造林之機會。

#### (7)國內/國外合作

與政府部門簽訂合作備忘錄，參與國內與國外減量計畫。配合國家政策評估海外投資再生能源電廠之可行性，並爭取加入國際合作計畫與參與京都減量機制，願多次邀請國內外專家學者，就各國管制策略經驗分享，使產官學界可直接對談交流，如「電力事業因應全球暖化策略與技術國際研討會議」。

## 五、各國國際電力因應溫室氣體管制策略分析

透過各國國際電力公司因應溫室氣體管制所提出之相關策略及行動方案，可了解各國主要電力業對此議題之解決方式及未來努力之方向，台灣在此方面尚處於發展階段，為能提升因應能力，並希望透過與其他進步國家電力業者相關策略進行比較，故進行以下之策略分析與比較。

### (一) 各國電力公司因應溫室氣體管制策略簡易比較

本小節將透過供應端、需求端、及國際合作三大項目，進行各國電力因應溫室氣體管制策略之簡易比較。

#### 1.供應端策略比較

在供應端部分，以日本東京 TEPCO 電力公司之策略為標竿，整理出較重要的幾個小項，如能源來源的配比、驗證系統、綠色基金、發電機組效率改善、再生能源開發與利用，並佐以 CO<sub>2</sub> 減量技術研發及發展核能發電等。將各國國際電力公司所公佈之因應溫室氣體管制策略以上

述小項來進行評比，其評比結果如下表 1 所示，由表可知，東京電力、關西電力及美國電力公司之供應端策略資訊及施行情形較為完整。

表 1 各國電力公司因應溫室氣體管制策略有關供應端執行及資訊公佈比較

|     | 策略項目                   | 日本東京<br>TEPCO | 日本關西<br>KENSAI | 韓國<br>KEPCO | 英國<br>British | 美國<br>AEP | 台灣電力<br>Taipower |
|-----|------------------------|---------------|----------------|-------------|---------------|-----------|------------------|
| 供應端 | 能源來源配比                 | ●             | ◎              | ●           | ○             | ●         | ◎                |
|     | 驗證系統                   | ●             | ○              | ○           | ◎             | ◎         | ○                |
|     | 綠色基金                   | ●             | ●              | ○           | ○             | ◎         | ○                |
|     | 發電機組效率改善               | ●             | ●              | ●           | ○             | ●         | ●                |
|     | 再生能源的開發與利用             | ●             | ●              | ●           | ○             | ●         | ●                |
|     | CO <sub>2</sub> 減量技術研發 | ◎             | ●              | ●           | ◎             | ●         | ◎                |
|     | 發展核能發電                 | ○             | ●              | ◎           | ●             | ●         | ◎                |

※不同符號代表意義：●表執行完整/資訊充足，◎表中等，○表較未執行/資訊較缺乏

### 2.需求端策略比較

在需求端部分，亦是以日本東京 TEPCO 電力公司之策略為標竿，整理出較重要的幾個小項，如發展及推廣高效能設備、用戶諮詢服務及用戶宣導等。將各國電力公司所公佈之因應溫室氣體管制策略以上述小項來進行評比，其評比結果如表 2 所示，如同表 1 之結果，東京電力、關西電力及美國電力公司之需求面策略資訊及施行情形亦較為完整。

表 2 各國電力公司因應溫室氣體管制策略有關需求端執行及資訊公佈比較

|     | 策略項目       | 日本東京<br>TEPCO | 日本關西<br>KENSAI | 韓國<br>KEPCO | 英國<br>British | 美國<br>AEP | 台灣電力<br>Taipower |
|-----|------------|---------------|----------------|-------------|---------------|-----------|------------------|
| 需求端 | 發展及推廣高效能設備 | ●             | ●              | ●           | ◎             | ◎         | ◎                |
|     | 用戶諮詢服務     | ●             | ●              | ◎           | ◎             | ●         | ◎                |
|     | 用戶宣導       | ●             | ●              | ◎           | ◎             | ●         | ●                |

※不同符號代表意義：●表執行完整/資訊充足，◎表中等，○表較未執行/資訊較缺乏

### 3.國際合作策略比較

在國際合作部分，以日本東京 TEPCO 電力公司之策略為標竿，整理出較重要的幾個小項，如京都機制、排放交易、造林、碳隔離、甲烷回收、基金活動以及與其他國家交流等。將各國電力公司所公佈之因



應溫室氣體管制策略以上述小項來進行評比，其評比結果如表 3 所示。由表可知，屬於為京都議定書中所規定之附件一國家之電力業如東京電力、關西電力及美國電力公司，較有機會進行國際合作計畫，英國雖亦屬於附件一國家，但英國能源公司其 CSR 中所能呈現之資訊相對較少，由於我國並非締約國，故台電公司所能進行之國際合作機會與其他國家業者有相當程度的差距。

表 3 各國電力公司因應溫室氣體管制策略有關國際合作執行及資訊公佈比較

|                  |         | 日本東京<br>TEPCO | 日本關西<br>KENSAI | 韓國<br>KEPCO | 英國<br>British | 美國<br>AEP | 台灣電力<br>Taipower |
|------------------|---------|---------------|----------------|-------------|---------------|-----------|------------------|
| 國<br>際<br>合<br>作 | 京都機制    | ●             | ●              | ●           | ●             | ●         | ○                |
|                  | 排放交易    | ●             | ◎              | ●           | ●             | ●         | ○                |
|                  | 造林      | ●             | ●              | ○           | ○             | ●         | ◎                |
|                  | 碳隔離     | ○             | ●              | ◎           | ◎             | ●         | ○                |
|                  | 甲烷回收    | ●             | ○              | ○           | ○             | ○         | ○                |
|                  | 基金活動    | ●             | ●              | ○           | ○             | ◎         | ○                |
|                  | 與其他國家交流 | ●             | ●              | ●           | ●             | ●         | ◎                |

※不同符號代表意義：●表執行完整/資訊充足，◎表中等，○表較未執行/資訊較缺乏

## (二) 各國電力公司因應溫室氣體管制策略之評量

國際著名的環境與能源研究機構 Pew Center(<http://www.pewclimate.org/>)，收集各公司進行有關溫室氣體減量的高層主管聲明、排放現況、減量策略、目標及績效等資訊，並進行評比。據其於 2006 年 3 月出版的研究報告“Corporate Governance and Climate Change: Making the Connection, a March 2006 report 指出，這些國際公司並未坐等政府單位的強制性行政管制，反而相當積極地因應。Pew Center 彙整其所推動的 Business Environmental Leadership Council (BELC)活動中所屬會員公司的溫室氣體推動策略，主要包括以下七項：

1. 能源供應端管理。
2. 能源需求面管理。
3. 過程改善。
4. 廢棄物管理實務。

- 5.運輸改善。
- 6.碳隔離及抵換管理。
- 7.排放交易與抵換。

1. Pew Center 研究報告

Pew Center 依據上述七項發展出一份評量企業溫室氣體減量績效計分表、評分內容及計分基準如表 4 所示，針對其 BELC 活動中所屬會員公司，依其行業別來進行評比，而在電力公司分類中，其 2006 年評分結果如表 5 所示，可以看出成績最高的前三名分別為 AEP、Cinergy 及 Entergy 等電力公司。

表 4 Pew Center 企業溫室氣體管理策略評量計分表

| 評量計分表 |  |         |
|-------|--|---------|
| 項次    | 內容                                       | 計分基準    |
|       | 高階主管之態度                                  |         |
| 1     | 高階主管對環境與氣候變遷議題表達明確的承諾與擔當                 | 最高 12 分 |
| 2     | 高階主管對氣候變遷與溫室氣體減量相關工作之策略與績效執行定期的監督與審查     |         |
|       | 管理實務                                     |         |
| 3     | 主席/執行長能清楚展現公司對於氣候變遷與溫室氣體減量方式之觀點          | 最高 18 分 |
| 4     | 執行階層人員在氣候變遷與溫室氣體減量工作上，能扮演監督與策略回應之關鍵性角色   |         |
| 5     | 執行階層人員之報酬，能與環境目標與執行策略先連結                 |         |
|       | 公開揭露                                     |         |
| 6     | 備妥可供鑑別氣候變遷與溫室氣體議題之實質性風險、機會的相關安全性文件       | 最高 14 分 |
| 7     | 永續報告書具全面性與透明度的方式提供公司在氣候變遷與溫室氣體減量工作之努力與成效 |         |
|       | 排放量盤查與減量                                 |         |
| 8     | 計算公司進行溫室氣體排放登錄與減量計畫之成效                   | 最高 24 分 |
| 9     | 公司進行年度的整體性內部溫室氣體盤查活動並公開地報告               |         |
| 10    | 公司已設定一排放基線，作為後續檢討減量績效之依據                 |         |
| 11    | 公司之 GHG 資訊係經過第三者之查證程序                    |         |
|       | 排放管理與策略機會                                |         |
| 12    | 公司已對設施與產品設定一絕對性的溫室氣體排放減量目標               | 最高 32 分 |
| 13    | 公司已參與溫室氣體交易方案，以吸收經驗與取得最大的排放額度            |         |
| 14    | 公司積極研訂減量策略，減少違規風險，爭取市場機會之最大化             |         |
| 合 計   |  | 100 分   |



表 5 2006 年 Pew Center 針對各國電力公司溫室氣體管理績效評分暨排名表

| Electric Power 電力業 | 48.8(平均分數) |
|--------------------|------------|
| Company 公司名稱       | Score 分數   |
| AEP                | 73         |
| Cinergy            | 73         |
| Entergy            | 65         |
| Exelon             | 63         |
| Calpine            | 55         |
| PG&E               | 54         |
| Xcel Energy        | 53         |
| Edison Int'l       | 51         |
| Southern           | 51         |
| TXU                | 51         |
| DTE                | 50         |
| FirstEnergy        | 50         |
| FPL Group          | 50         |
| Duke               | 47         |
| Progress           | 36         |
| AES                | 34         |
| Sempra             | 24         |
| Dominion           | 27         |
| Constellation      | 23         |

2.各國電力公司因應溫室氣體管制策略以 Pew Center 計量計分表評分

本節將該報告之的評量計分表，針對前述章節所整理之各國電力公司溫室氣體管制策略，進行評量評分比較，結果如表 6 所示。

表 6 針對各國電力公司因應溫室氣體管制策略評分表

| 項目            | 高階主管之態度 | 管理實務 | 公開揭露 | 排放量盤查與減量 | 排放管理與策略機會 | 總計  |
|---------------|---------|------|------|----------|-----------|-----|
| 記分基準          | 12      | 18   | 14   | 24       | 32        | 100 |
| 日本東京<br>TEPCO | 8       | 12   | 11   | 20       | 18        | 68  |
| 日本關西          | 6       | 9    | 9    | 17       | 12        | 53  |
| 韓國 KEPCO      | 5       | 6    | 8    | 12       | 9         | 40  |
| 英國 British    | 5       | 7    | 7    | 10       | 13        | 42  |
| 美國 AEP        | 10      | 11   | 12   | 19       | 21        | 73  |



評分結果得知屬於京都議定書締約國之國家的電力公司(如東京電力、關西電力),以及美國電力公司之得分較佳,其中以日本東京 TEPCO 電力公司得分最高,台灣現階段電力業因應溫室氣體減量策略與成果亦已有相當基礎,但由於國際參與之限制與其他客觀因素,在本文並未列入評比範圍;唯由前述內容之比較可知,台電公司之溫室氣體減量與管理現況,與其他先進國家相較之下,仍有相當努力的空間。

## 六、結論與建議

綜觀上述章節研究及評比結果可發現,我國電力業與國際間其他電力業及鋼鐵業在因應溫室氣體管制策略水準尚有差距。故我國電力業者及鋼鐵業者宜積極因應,並落實其氣候變遷與溫室氣體管制策略,謹提出以下結論與建議。

- 1.綜合國際電力業溫室氣體減量策略之比較,目前國際間多數電力業者在能源供應構面上,已推動低碳甚至是零碳能源發電為主,直接由發電的源頭的能源供應進行改善;而在管理構面上,除了各電力業對於發展及推廣高效能設備,並提供用戶諮詢服務等外,在其他管理構面上之減量策略,陸續近幾年來各電力公司皆積極參與京都機制以因應溫室減量策略之發展為趨勢。
- 2.在國際間各大電力業與我國電力業在因應溫室氣體減量策略評比上,鄰近的日本,其電力業及鋼鐵業所對外公佈之資訊及執行程度較為完善,而在各項因應溫室氣體策略中,不論是技術構面或是管理構面,日本國內的業者皆訂定出合適該國文化及特殊性之策略,值得我國電力業在擬訂因應溫室減量策略作法時參採。
- 3.本研究發現電力業未來在擬定短程因應溫室氣體減量策略上,會較著重於技術減量之面向,其中有關製程節能技術、廢棄物及污染排放管理、運輸改善等技術構面之策略,建議可列為近程努力的重點。而在管理策略面向上,則以參與國內政府單位推動之盤查與減量相關示範計畫及培訓公司內部溫室氣體管理與減量專責人員為主;對於國際性減量活動如清潔發展機制(CDM)或自願性碳標準(VCS)之資訊或是參與或與國外企業進行減量技術交流則偏向於中長程策略之導向。



## 參考文獻

- 1.台灣電力公司 (2007), 企業永續報告書(草案), URL :  
<http://www.taipower.com.tw/> 。
- 2.台灣電力公司 (2006b), 「台灣電力公司因應溫室氣體管制策略面之規劃」計畫  
期末報告。
- 3.日本東京電力公司 (2005), 企業永續報告書, URL :  
<http://www.tepco.co.jp/index-e.html> 。
- 4.日本關西電力公司 (2005), 企業環境報告書, URL :  
<http://www.kepco.co.jp/corporate/csr/> 。
- 5.韓國 KEPCO 電力公司 (2004), 企業環境報告書, URL :  
<http://www.kepco.co.kr/en/index.html> 。
- 6.英國 British 能源公司 (2004/05), 企業永續報告書, URL :  
<http://www.british-energy.com/> 。
7. Pew Center ( 2006 ), ”Corporate Governance and Climate Change: Making the  
Connection, a March 2006 report ”, URL : [http://www.pewclimate.Org/  
companies\\_leading\\_the\\_way\\_belc/ghg\\_strategies/](http://www.pewclimate.Org/companies_leading_the_way_belc/ghg_strategies/) 。