

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：考察)

日本電力業減碳技術及減碳措施考察

服務機關：台灣電力公司

出國人：

職稱：14等處長

姓名：蔡顯修

派赴國家：日本

出國期間：100年11月13日至18日

報告日期：100年12月30日

出國報告審核表

出國報告名稱：日本電力業減碳技術及減碳措施考察		
出國人姓名	職稱	服務單位
蔡顯修	處長	台電公司環境保護處
出國類別	☒ 考察 ☐ 進修 ☐ 研究 ☐ 實習 ☐ 其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：100 年 11 月 11 日至 100 年 11 月 18 日		報告繳交日期：100 年 12 月 30 日
出國計畫主辦機關審核意見	☒ 1. 依限繳交出國報告 ☒ 2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) ☒ 3. 無抄襲相關出國報告 ☒ 4. 內容充實完備. ☒ 5. 建議具參考價值 ☐ 6. 送本機關參考或研辦 ☐ 7. 送上級機關參考 ☐ 8. 退回補正，原因： ☐ 不符原核定出國計畫 ☐ 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 ☐ 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 ☐ 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 ☐ 電子檔案未依格式辦理 ☐ 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 ☐ 9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： ☐ 辦理本機關出國報告座談會 (說明會)，與同仁進行知識分享。 ☐ 於本機關業務會報提出報告 ☐ 其他 _____ ☐ 10. 其他處理意見及方式：	

說明：

- 一、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。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人		單位主管 主管處 主管	總經理  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：日本電力業減碳技術及減碳措施考察

頁數 16 含附件：☐是 ☒否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

蔡顯修/台灣電力公司/環境保護處/處長/02-23667200

出國類別：☒1 考察 ☐2 進修 ☐3 研究 ☐4 實習 ☐5 其他

出國期間：100/11/13 ~ 100/11/18

出國地區：日本

報告日期：100 年 12 月 30 日

分類號/目

關鍵詞：整合的煤炭氣化複循環發電 (Integrated Gasification

Combined Cycles, IGCC)、整合的煤炭氣化-燃料電池複循

環發電 (Integrated Coal Gasification Fuel Cell

Combined Cycle, IGFC)、清潔發展機制 (Clean Development

Mechanism, CDM)

內容摘要：(二百至三百字)

日本政府雖然承諾至2012年之溫室氣體排放量應回復到1990年排放量再減6%，但因受到福島事件後核能機組無法營運之影響，相關減量目標與期程將於明(2012)年3月份全面重新檢討，未來之發展

有待觀察，儘管如此，日本各電力公司在溫室氣體減量方面所採行之相關因應措施仍值得本公司參考。

本次考察之對象是 J-Power 公司及其所屬電廠。基於能源與環境共存的理念，該公司已將因應全球暖化視為經營管理上的重要考量，除了設定減量策略之外亦已積極推行若干措施，如採行超超臨界機組、研發整合的煤炭氣化複循環發電（Integrated Gasification Combined Cycles, IGCC）、整合的煤炭氣化-燃料電池複循環發電（Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle, IGFC）等技術。另外亦積極參與 CDM（Clean Development Mechanism, CDM）等減量機制以爭取碳額度。

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

目 錄

壹、緣由	5
貳、考察行程	6
叁、考察內容	7
一. J-power 公司之溫室氣體排放現況及因應策略	
二. 維持/提升能源使用效率	
三. 發展低/無碳排放電力	
四. 新技術之開發、推廣與轉移	
五. 京都議定書與其他相關減量機制之參與	
肆、結論與建議	16

壹、緣由

行政院於 99 年 5 月核定「國家節能減碳總計畫」，揭示國家減碳目標為 CO₂ 排放量須於 2020 年回至 2005 年、2025 年回至 2000 年的排放水準；另依據「大林更新改建計畫」環評結論中有關溫室氣體減量之 8 點決議，其中要求本公司透過經營碳權方案或專案（如節能減碳、使用生質能源發電等）達成減量目標。為因應前述溫室氣體減量之挑戰，本公司應積極關注先進國家電力事業碳權經營之做法。

日本為 UNFCCC(聯合國氣候變化公約)附件一國家且距離我國最近，該國近年來為符合京都議定書之規範，諸多大型企業紛紛展開碳權經營之業務；另為提升機組發電效率，日本致力於發展低/無碳排放之發電機組，成效已有目共睹。對本公司未來發展而言，無論在投資減量計畫/購買碳權，或是在增建火力機組時，日本的技術與相關經驗均足以提供本公司參考。

本次赴日本旨在考察電力事業相關之碳權經營業務，並實地了解 J-Power 公司在推行溫室氣體減量技術、投資減量計畫及進行碳權交易等理論與實務面，俾利本公司推動溫室氣體管理業務之參考。

貳、考察行程

項次	起始日	迄止日	前往機構	詳細工作內容
			機構名稱	
1	11/13	11/13	往程	台北-東京
2	11/14	11/14	J-POWER	考察電力設施碳捕捉技術
3	11/15	11/15	ISOGO power plant	考察 GHG 減量成果 (東京-橫濱-東京)
4	11/16	11/16	Tachibanawan power plant	考察超超臨界機組運轉 (東京-德島縣阿南市橘町-大阪)
5	11/17	11/17	J-POWER	考察電力設施 GHG 減量技術
6	11/18	11/18	返程	東京-台北

參、考察內容

一、J-power 公司之溫室氣體排放現況及因應策略

J-power 整個集團於 2010 年的售電量為 780 億度，較 2009 年增加 11%，CO₂ 排放量達 52.54 百萬噸，較 2009 年增加 13%，然而透過增加水力、風力之售電量及碳權抵銷之方式，使得排放強度可由基準年(2002)的 0.72 kg CO₂e/度降低到 2010 年的 0.65 kg CO₂e/度，降低幅度達 10%。

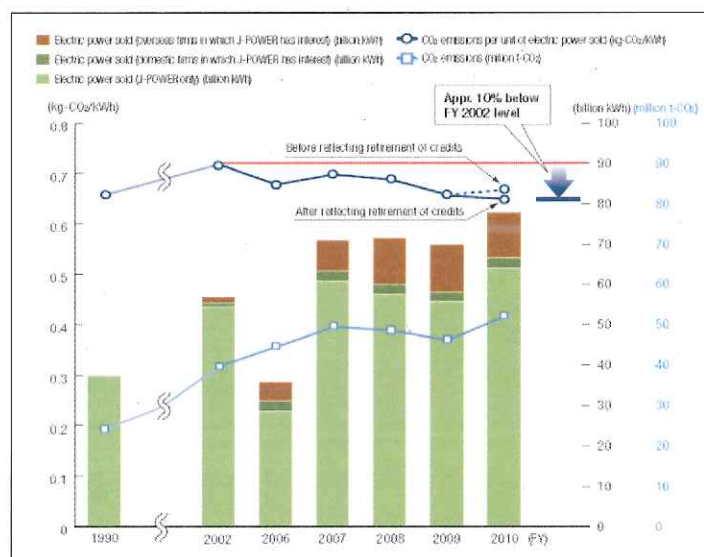


圖 1 J-Power 公司之溫室氣體排放情形

該公司在日本國內的 CO₂ 排放量約占全國總量的 3%，因此該公司深切瞭解其在全球暖化上所應擔負的社會責任，故已將因應全球暖化視為公司經營管理上的重要任務之一。有關溫室氣體減量，該公司明確提出下列四項，將分述於後續章節。

策略一：維持/提升能源使用效率；

策略二：發展低/無碳排放電力；

策略三：開發、推廣與轉移新技術；

策略四：參與京都議定書與其他相關減量機制。

二、維持/提升能源使用效率

J-Power 公司是日本國內最大的煤炭使用者之一，旗下 8 座燃煤火力電廠，裝置容量約 8.55 GW，約佔全日本總燃煤發電量的 20%，每年需消耗煤炭約 2 千萬噸左右。對於火力發電而言，效率下降意謂發相同之電量必須投入更多之燃料，也將因此產生更多溫室氣體排放，因此如何維持甚至提升既有機組之發電效率對於溫室氣體減量具有正面之效益；對於水力或核能發電而言，若能維持或提升設備妥善率，意謂可以維持或提升低/無碳發電量之比率對於溫室氣體減量亦具有助益。

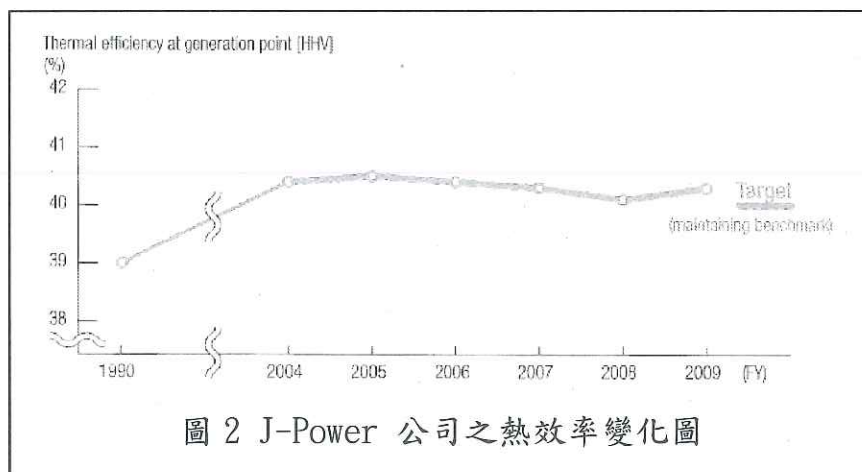


圖 2 J-Power 公司之熱效率變化圖

(一)改善老舊火力發電機組效率

透過更換、升級老舊設備可回復甚至增加發電效率。例如松島火力發電廠之汽渦輪機的中、高壓轉子於 2009 年（1 號機）和 2010 年（2 號機）汰舊換新後已恢復原有之發電效率，過程中也採用最新技術藉以提升發電效率，例如引進電腦模擬技術替高溫葉片作最佳化設計。

(二)更新水力發電設施

J-Power 公司對水力發電設施各個關鍵組件進行總體更換，其目的是延長設施的使用壽命、提高設備可靠度，於此過程中也將導入最新工程技術以提高發電效率與裝置容量。該公司所屬福島縣田子倉電廠，從 2004 年起進行為期 8 年共計 4 部之水渦輪

發電機組更新工程，裝置容量將從 38 萬 kW 提升至 40 萬 kW，目前為止已完成 2、3 及 4 號機之更新工程。在北海道的糠平電廠，2006 年起進行 2 部水渦輪發電機組的更新工程，並已於 2009 年 9 月完工進行商轉。

三、發展低/無碳排放電力

J-power 公司利用核能發電及再生能源（包含水力、風力、生質能及地熱等），積極建構低/無碳排放電力。

(一)水力發電

J-power 公司對於開發、建造及操作水力發電廠的經驗已有半世紀，從 1956 年開始運轉的大型水力電廠-佐久間發電廠，乃至於新型的抽蓄發電廠，目前旗下共有 59 個水力發電廠，總裝置容量為 8.56 GW，較本公司 2.6 GW 高，約占全日本 20%。2009 年其水力發電共售出 92 億度，產生 3.4 百萬噸的 CO₂ 減排效益，如今面對溫室暖化的議題，使得人們對水力發電這種可再生能源重新產生興趣，J-power 公司正計畫於 2011 年時重新開發位於岩手縣的石和 1 號電廠。

(二)風力發電

風力發電是零碳排放的再生能源，在自然資源匱乏的日本，這種可完全由國內取得的天然能源備受期待。憑著數十年間所累積的綜合電業經驗，J-power 公司被公認有能力可以自行處理風力發電上的各種難題，包含風力條件之研究及風機架設、運轉和維護等工作。2009~2010 年間，J-power 公司旗下包含有島牧、田原、阿蘇小國及南伊豆等風力電場陸續商轉，於日本境內累計有風力電場達 16 處（184 台發電機，305 MW），其裝置容量約佔全日本 12%。在海外，則於波蘭擁有一處 Zajaczkowo 風力電場（24 台發電機，48 MW），目前持續穩定運轉中。

(三) 生質能利用

為了降低 CO₂ 排放量，J-power 公司致力於生質燃料的有效利用，例如將污水污泥、木質系生質燃料 (woody biomass) 及其他非屬工業廢棄物等資源作為火力電廠的燃料之一。

生質固體燃料 (biosolid fuel) 是一種由污水處理廠產生的污泥與廢棄食用油混合加熱脫水後的產物，其燃燒性質與煤相似。2006 年起 J-power 公司開始於松浦火力電廠的鍋爐內混以生質固體燃料與煤進行混燒 (co-combustion)；2009 年該廠共使用 650 噸生質固體燃料進行混燒，產出約 150 萬度電。

利用低溫碳化程序 (250~350℃) 製造之生質固體燃料，其所產生之熱值相較於高溫碳化程序 (600~800℃) 約可提升 40% 左右，同時製程中也能減低自燃現象之發生及抑制臭味與 N₂O 產生。透過增加生質固體燃料熱值，此技術可對 GHG 減排作出重大貢獻。

松浦火力電廠在 2008~2009 進行為期一年的木質系生質燃料混燒試驗，此舉乃是為了後續全面推廣作準備。試驗的一年期間，總共使用 4,400 噸木質系生質燃料，試驗結果確認發電設備不受混燒所影響。2010 年起，木質系生質燃料混燒於 J-power 公司旗下各火力電廠平行展開，未來預計每年將消耗 1 萬 2,000 噸之木頭碎片，並且產生 1 萬 8,000 噸左右的 CO₂ 減排效益。

J-power 公司正思考如何有效利用伐木殘材作為新型態的再生能源。為了實現這個目標，該集團於 2009 年 12 月與「宮崎縣森林組合連合會」合資於宮崎縣小林市創立了生產木質顆粒的「宮崎木質顆粒有限公司」。木質顆粒製作工場已於 2010 年底竣工營運，生產的木質顆粒將用於在松浦火力電廠進行，同時也獲得經濟產業省補助的「伐木殘材-生質煤混燒計畫」。

(四) 地熱、微型水力發電及太陽光電等其他再生能源

為數眾多的火山使得日本擁有得天獨厚的天然資源-地熱，一種百分之百取自國內的再生能源。為了有效利用這種綠色能源，自 1975 年 3 月起，隸屬 J-power 公司的鬼首地熱發電廠便正式啟用。日前該廠已於廠址東側挖掘一個新的鑿井以開發尚未使用的地熱儲藏庫，使得發電功率從原本的 12.5 MW 提升到 2010 年 2 月後的 15 MW。於此同時，J-power 公司也持續在海內外探勘合適的地熱發電場址，包含剛在秋田縣發現到的一處高潛力場址，希望透過新的地熱開發來提升 CO₂ 減排。

J-power 公司正積極發展微水力系統，目的在於利用國內尚未被開發的再生能源，其主要概念乃是運用既存灌溉渠道的高程落差來產生電力。

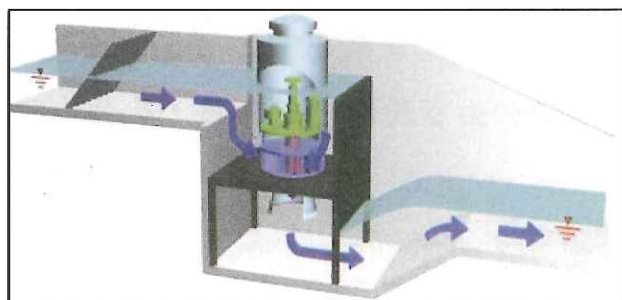


圖 3 利用灌溉渠道之微水力發電系統圖

響灘太陽能發電站，為 2007 年時受 NEDO (New energy and Industrial Technology Development Organization) 所認可之太陽能測試計畫，以北九州若松牢房進行改建，於 2008 年 3 月開始運轉。裝置容量為 1 MW，由 5,600 片多晶矽型太陽能電池模組所構成，每片面積為 $1.29 \times 0.99 \text{ m}^2$ ，每年可發電 115 萬度，並且產生 500 噸之 CO₂ 減排效益。為期四年的測試期裡，此發電站將提供大量實際負載下之操作數據以供評估一種新型控制系統的效能。

四、開發、推廣與轉移新技術

為提升熱效率，J-POWER 公司正致力提升燃煤鍋爐效率並積極推動煤炭氣化之研發工作，包括 USC（超超臨界機組）、IGCC（整合的煤炭氣化複循環機組）、IGFC（整合的煤炭氣化燃料電池複循環機組）等技術的開發研究；該公司在九州的 Wakamatsu 進行測試工程，稱為「EAGLE 計畫」，EAGLE 代表：Coal Energy Application Gas、Liquid、Electricity 之意。該公司在此領域之相關技術發展說明如下。

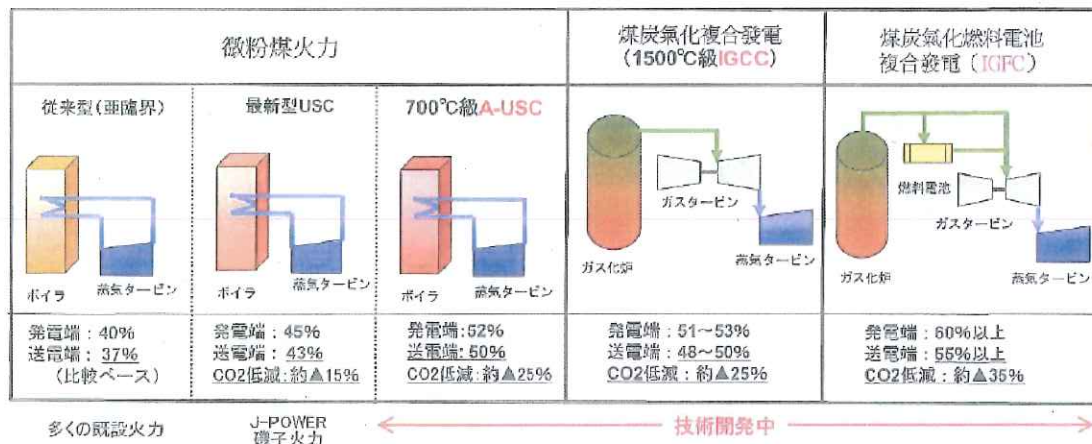


圖 4 新技術開發示意圖

(一) 超超臨界鍋爐發電技術

以 Isogo 電廠新 1、2 號機為例，所採用超超臨界鍋爐之主蒸汽壓力及溫度達到 25MPa 及 600°C，再熱蒸汽溫度達 610-620°C，(舊機組之蒸汽條件為 16.6MPa/566°C/566°C)，其發電效率由 40% (LHV) 提升到約 44-45% (LHV)。

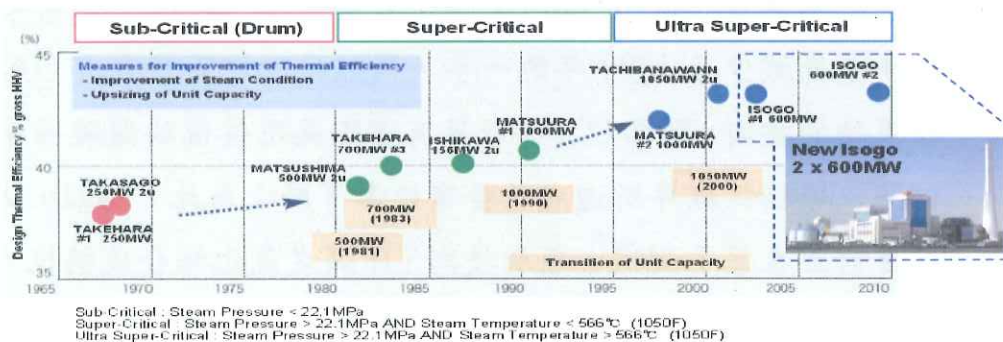


圖 5 發電鍋爐技術演進圖

(二) 整合性煤炭氣化複循環(IGCC)發電技術

IGCC 並不是直接燃燒煤炭，而是將煤炭在氣化爐中將煤炭轉化為合成氣 (Syngas) 或稱為煤氣。基本上是固態燃料轉換成氣態燃料後，再送進複循環機組發電。氣化爐所產生的合成氣在送入複循環機組前，先經過淨潔技術以除塵、除硫及除含氮物質。由於氣化複循環技術是將燃料先轉化為合成氣，其煙氣體積小，因此 IGCC 技術之除塵、除硫效率比傳統電廠高出許多。由於 IGCC 技術利用目前發電效率相當高的複循環機組，若結合新型之高效率氣渦輪機組，將使 IGCC 效率達 50% 以上。

(三) 整合性煤炭氣化燃料電池複循環(IGFC)發電技術

近年來由於高溫燃料電池 (熔融碳酸鹽燃料電池 (Molten Carbonates Fuel Cell—MCFC) 及固態氧化物燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell—SOFC)) 及氣渦輪機發電系統快速的發展，利用高效率之燃料電池結合較低價氣渦輪機之極高效率之 Hybrid Cycle 發電系統，成為先進國家討論及研究發展重點之一。日本 EAGLE (Energy Application for Gas, Liquid & Electricity) 計畫，已投入相關之研究與示範計畫，結合高溫燃料電池組成之 IGFC (IGCC+Fuel Cell) 系統，效率可達 60% 以上。

(四) 煤炭氣化結合碳捕捉之技術

為求達成「Cool Earth 50」目標，即 2050 年以前之 GHG 排放量應減少至 1990 年的一半，高效率的燃煤發電與 CCS 是不可或缺的技術。影響 CCS 能否具有實際應用價值的關鍵因素是如何減少碳捕捉程序所造成的發電效率下降；為此，Eagle 試驗工廠目前正在著手測試一項新技術，即煤炭氣化結合碳捕捉，其研究目的是為了提高 IGCC 結合碳分離與捕捉系統之效率，該研究以次世代 IGCC 系統所規劃的高壓製程為前提，發展碳分離與捕

捉技術，計畫從 2010 年執行至 2013 年，並從 2011 年起進行實機運轉測試。

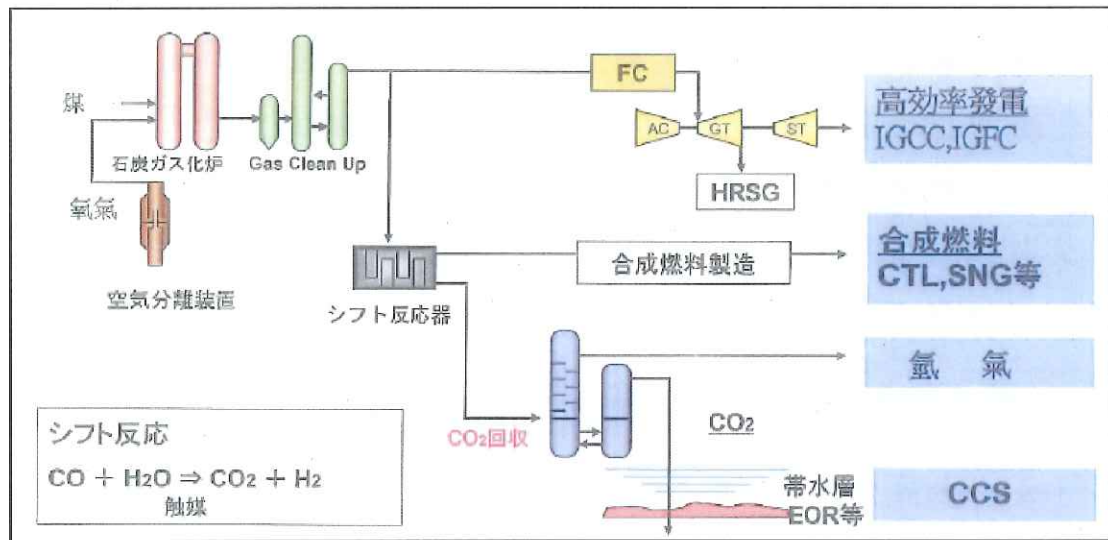


圖 6 煤碳氣化與 CO₂ 分離技術流程圖

(五) 燃煤火力電廠之碳捕捉

燃煤火力電廠的碳分離與捕捉有三種基本方式：包含燃燒前捕捉、燃燒後捕捉及富氧燃燒，燃燒前捕捉可使用於有煤炭氣化之 IGCC 與 IGFC 系統；而燃燒後捕捉與富氧燃燒則適合用在煤粉火力電廠，J-power 公司目前針對此三種型式均積極投入以因應目前及未來之狀況。

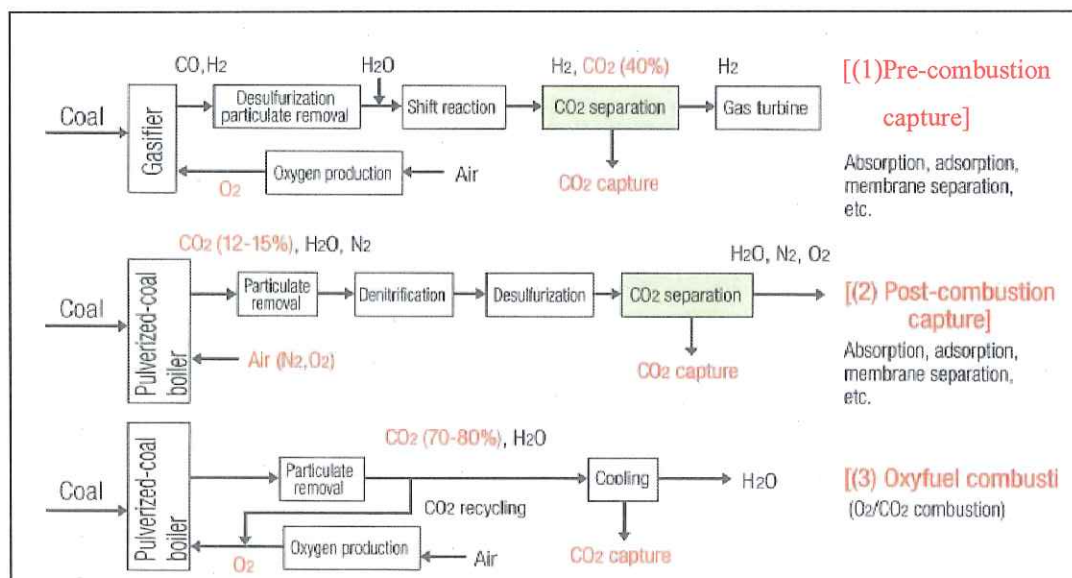


圖 7 三種型式之碳分離與捕捉示意圖

(六)CCS 整合性系統研究 –富氧燃燒計畫

富氧燃燒乃是利用氧氣取代空氣作為助燃氣以提高鍋爐廢氣中的 CO₂ 濃度，因此花費少許能量即可捕捉 CO₂，J-power 公司正參與由澳大利亞昆士蘭省的 Callide 電廠所主導的 Callide 富氧燃燒計畫，此計畫是全世界第一個直接將富氧燃燒後所捕捉到的 CO₂，直接封存到地底。該系統之運轉測試已於 2011 年開始進行。

五、參與京都議定書與其他相關減量機制

為減少日本經濟負擔並保持其國內工業在國際上的競爭力，參與 CDM 和 JI (joint implementation) 是不可或缺的手段之一，J-power 公司目前正積極參與這些減量機制以爭取碳額度。

J-Power 公司早在議定書生效 (2005 年 2 月) 前便積極參與 CDM，為了累積相關經驗，該公司於推動初期主要參與若干小型計畫，且大部分集中在中南美洲的國家，近年來則擴大範圍到亞洲(如中國)的大型 CDM 計劃。在其所參與之 CDM 與 JI 相關行動裡，目前已有 8 個 CDM 計畫與 1 個 JI 計畫獲得聯合國官方正式註冊，列表說明如下。

Country	Project name	Description
Chile	Graneros Plant Fuel Switching Project	Switch to natural gas in conjunction with renovation of facilities
Chile	Metrogas Watt's Alimentos Package Cogeneration Project	Introduction of cogeneration for improved energy-use efficiency
Colombia	La Vuelta and La Herradur Hydroelectric Project	Use of renewable energy sources
Brazil	Aquarius Hydroelectric Project	Use of renewable energy sources
Brazil	Caieiras landfill gas emission reduction	Combustion of landfill gas to reduce greenhouse gases
China	Sichuan Erdaoquio Hydropower Project	Use of renewable energy sources
China	Taibai Guanyinxia Hydropower Station	Use of renewable energy sources
China	Changzhou Panshi Cement Waste Heat Recovery for Power Generation Project	Waste heat recovery for power generation
Hungary	Geothermal methane gas utilization	Capture and utilization of methane gas produced by a hot spring

表 J-Power 公司所參與之 CDM/JI 計畫

肆、結論與建議

本公司為我國主要電力供應者，肩負穩定供電藉以確保我國經濟成長與民生需求之責任，在氣候變遷與溫室氣體減量議題持續引發關注之際，如何供應穩定、價廉並兼顧環保之電力，成為本公司發展之重要關鍵之一。

本次出國考察了解日本政府在經歷福島災變之後，缺少核能作為減碳工具，確實使得該政府及各電力公司在減碳議題上面臨嚴苛挑戰，因此必須重新調整相關之政策、目標與方向；就電業而言，如何藉由改善既有機組設備、積極引進高效率之超超臨界發電機組(USC)、發展整合性煤炭氣化複循環(IGCC)發電技術及整合性煤炭氣化燃料電池複循環(IGFC)發電技術等藉以提升火力發電之整體熱效率，並結合 CCS 之碳分離、捕捉與封存技術等將是火力電廠未來發展的重要課題，除此之外，積極提升生質能、風力、太陽光電及水力發電等再生能源裝置容量之佔比，對於降低整體發電業溫室氣體排放量亦有正面助益。

面對「國家節能減碳總計畫」所設定之減碳目標，即 2020 年排放量要回歸 2005 年、2025 年排放量要回歸 2000 年，可以預期本公司的碳權缺口將十分可觀。建議公司可參考日本相關電力公司之經驗，積極引進各項先進發電與減碳技術、推動各項減量計畫依法爭取碳權額度、累積碳權經營能力並掌握國內外碳權交易市場動態，以利未來自市場可以取得價廉、額足之碳權額度等，是本公司未來在面對溫室氣體管理之重要發展課題。

