

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席台日淨煤技術合作交流(CCDC)第4次會議

頁數 45 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：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
陳建益	台灣電力公司	副總經理室	副總經理	(02)2366-6247
林武煌	台灣電力公司	開發處	處長	(02)2366-6850
楊喬然	台灣電力公司	開發處	主管	(02)2366-6870
吳政宏	台灣電力公司	環保處	副處長	(02)2366-7207
顏國華	台灣電力公司	核火工處	組長	(02)2322-9530
李枝榮	台灣電力公司	台中發電廠	經理	(04)2630-2123 轉 3000
李泰成	台灣電力公司	綜合研究所	機械研究專員	(02)8078-2453

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(開會)

出國期間：108年6月11日至108年6月14日

出國地區：日本

報告日期：108年7月19日

分類號/目：

關鍵詞：超臨界燃煤火力機組(supercritical coal-fired power plant)；二氧化碳捕集與封存技術(Carbon Dioxides Capture and Storage, CCS)；化石燃料(Fossil Fuel)

內容摘要：(二百至三百字)

日本 J-POWER 公司長期以來在淨煤技術方面，擁有豐富的專業技術與營運經驗，在技術研發上也有許多獨特的創新與突破，因此本公司與 J-POWER 公司決定以淨煤技術為主題，雙方於 2016 年成立「淨煤技術發展委員會」(Clean Coal Development Committee, CCDC)，約定雙方定期輪流主辦技術交流會議，並於 2016 年 12 月 7 日簽署 MOU，作為此委員會交流推動依據。

本次 CCDC 第 4 次會議輪由 J-POWER 公司於日本主辦，本公司由環保處、核火工處、綜合研究所、台中發電廠、開發處等 4 個單位派員參加，並由陳副總經理建益擔任領隊，前往日本出席本次 CCDC 交流活動，主要包括(1)參訪日本東京 J-POWER 磯子(Isogo)電廠；(2)參與第 4 次 CCDC Meeting 進行技術議題交流；(3)參訪日本北海道苫小牧 CCS 試驗場；(4)參訪日本製鋼所室蘭製作所。

目 錄

壹、 出國目的	1
貳、 出國行程	1
參、 會議紀要	2
一、磯子(Isogo)電廠參訪	2
二、CCDC 第 4 次會議紀要	9
三、北海道苫小牧 CCS 試驗場參訪	20
四、日本製鋼所室蘭製作所參訪	34
肆、 心得與建議	43

壹、出國目的

依據 J-POWER 與本公司簽屬 MOU 之共識，約定定期舉辦技術交流會議，提升本公司淨煤技術並加強雙方合作。

本年輪由 J-POWER 主辦，出席與 J-POWER 合作之淨煤技術合作交流會議(CCDC)，了解該公司於日本嚴格環保要求下之淨煤技術與發展狀況，以作為本公司規劃燃煤電廠計畫之參考。另安排參訪日本東京 J-POWER 磯子(Isogo)電廠、日本北海道苫小牧 CCS 試驗場及日本製鋼所室蘭製作所，俾作為本公司燃煤電廠及 CCS 廠址規劃參考。

貳、出國行程

起 訖 日	工 作 內 容
108 年 6 月 11 日	上午：赴日本東京 下午：參訪磯子(Isogo)電廠
108 年 6 月 12 日	CCDC 第 4 次會議
108 年 6 月 13 日	上午：東京前往北海道 下午：參訪苫小牧 CCS 試驗場
108 年 6 月 14 日	上午：參訪日本製鋼所室蘭製作所 下午：返回台灣桃園

參、會議紀要：

一、磯子(Isogo)電廠參訪

(一)電廠簡介

磯子火力發電廠位於有 370 萬人口的橫濱市，身處東京都會區，是在東京灣區域內唯一的燃煤電廠。

在 1960 年代後半期，J-POWER 遵循國家的煤炭政策建設磯子電廠，作為位於大城市區的發電廠，與橫濱市簽屬了日本首相防止公害的協定，並率先安裝了排煙脫硫裝置等設備，在不斷的加強環保措施的同時，提供了 30 多年的穩定供電，為了以下 3 項目標，辦理更新改建，展現電廠新的風貌。

1. 根據橫濱市的「橫濱 21 世紀願景規劃」，落實環境改進計畫（尤其針對減排氮氧化物）。
2. 向首都圈為中心的地區，穩定供電，並提高供電的可靠性。
3. 更新電廠的陳舊設備。

磯子電廠沿革

1967 年 5 月	舊 1 號機組投入運轉
1969 年 9 月	舊 2 號機組投入運轉
1992 年 4 月	實施環境現況調查(~1993 年 3 月)
1993 年 9 月	對橫濱市的計畫基本承諾
1995 年 10 月	向通商產業省、橫濱市分別呈報環境影響調查書、環境影響評價準備書
1996 年 7 月	提交電源開發調整審議會審議
1996 年 9 月	設立新磯子火電建設所 新 1 號機組工程動工
2001 年 11 月	舊 1、2 號機組報廢
2002 年 4 月	新 1 號機投入商業運轉
2004 年 3 月	舊 1、2 號機拆除結束
2005 年 10 月	新 2 號機動工安裝

2008 年 11 月	新 2 號機組點火
2009 年 7 月	新 2 號機組投入商業運轉

磯子電廠設備簡介

項目	舊 1、2 號機組	新 1、2 號機組
裝置容量	1 號機 26.5 萬瓩 2 號機 26.5 萬瓩 共 53 萬	1 號機 60 萬瓩 2 號機 60 萬瓩 共 120 萬
使用燃料	煤(國產煤)	煤(進口煤)
儲煤場	露天煤場	室內煤場(筒式煤倉)
排煙脫硝裝置	-	乾式排煙脫硫裝置 脫硝效率 1 號機 87.5% 2 號機 91.9%
除塵裝置	靜電除塵裝置 除塵效率 99.75%	靜電除塵裝置 除塵效率 1 號機 99.94% 2 號機 99.97%
排煙脫硫裝置	濕式排煙脫硫裝置 (石灰石-石膏法) 脫硫效率 89%	乾式排煙脫硫裝置 (活性炭吸附法) 脫硫效率 1 號機 95.0% 2 號機 97.8%
煙囪	1 號機 120m 2 號機 140m	200m(集束煙囪)
綠地面積比率	15%	20%

(二)電廠改建工程

為了能夠持續供應東京都會區用電，邊運轉老舊發電機組(53 萬瓩)，邊建設新 1 號機組(60 萬瓩)。

利用原露天煤場的空間興建筒式煤倉及水、輕油及灰倉設備，

隨後將原來的儲罐拆除，並以這些騰出的空地，建設新 1 號機組。

待 1 號機組開始運轉後，再拆除舊機組，在其空地上建設新 2 號機組。新 1 號機組的裝置容量為 60 萬瓩，與老舊機組的裝置容量 53 萬瓩幾乎是同等規模，維持了原有的供電能力。

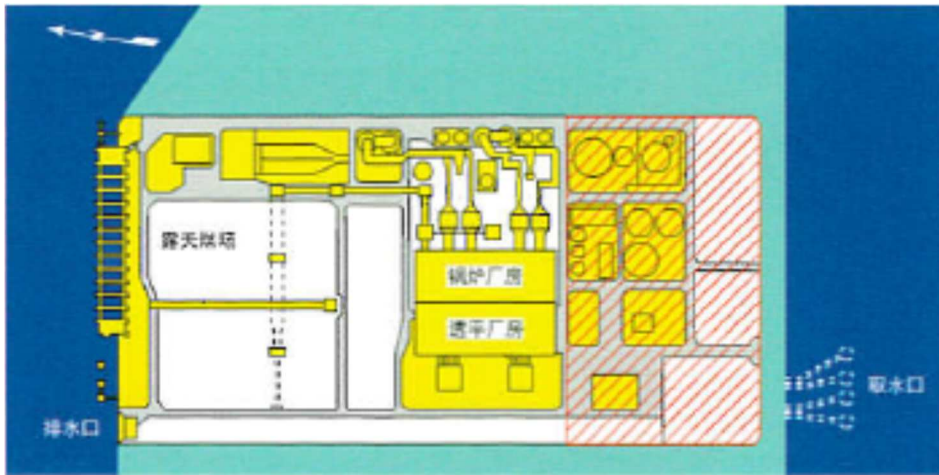


圖 1-1 確保新 1 號機組用地

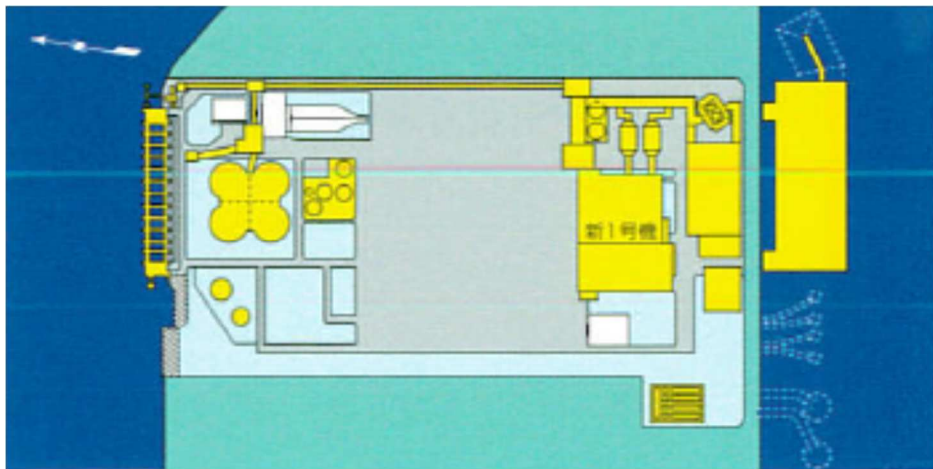


圖 1-2 新 1 號機組開始運轉與老舊機組拆除

(三) 電廠空間利用

磯子電廠廠址空間相當緊湊(總面積 12.4 公頃)，因此在布置及營運方面，採用了一些與台電公司在規劃電廠時不同的作法，可作為參考。

煤倉：採用 4 座 2.5 萬噸筒式煤倉，以 4 片葉子的苜蓿草形狀布置，節省用地，總儲煤容量 10 萬噸，約可用 10 日，相較於一般燃煤電廠以 30 日之燃煤量規劃煤場，量體減少許多，主要是因為

其本身場地有限，無法提高廠內之儲煤容量，因此磯子電廠另就近利用東京灣附近的燃煤儲運中心儲煤，再以專用的自卸式運煤船運輸，以確保燃料供應安全。

控制大樓：一般火力電廠設置獨立主控制大樓，磯子電廠因為空間考量，將主控制室設置於汽輪機房樓上，節省空間。

塔型鍋爐：為了最大限度使用場地，在日本首次採用塔型鍋爐(Tower-type boiler)，較傳統式鍋爐(Conventional boiler)，高度增加 30%，用地面積小 20%，60 萬瓩塔型鍋爐高度約 100m，相當於 100 萬瓩傳統型鍋爐之高度。

煤灰處理：磯子電廠為降低空污排放及減少煤灰量，因此篩選燃煤來源及品質，廠內僅使用澳洲煤及印尼煤，所產生的煤灰委由水泥廠載運去化利用，與國內將飛灰售予水泥廠之方法相似。另磯子電廠靜電除塵裝置除塵效率 99.97%，設在乾式排煙脫硫裝置之前，不會因採用活性炭吸附法脫硫而影響飛灰品質。

綠地面積：廠內綠地面積率達 20%，為了增加綠地面積，在展示館的屋頂建造空中花園，在汽輪機房的屋頂上也有植栽，這些部分在日本可以計入綠地面積。

模組化組裝：廠內施工空間受限，模組化組裝設備比例高，設備先在廠外組裝為模組，利用駁船或大型拖車載運至廠內完成組合安裝。

(三)景觀規劃

磯子電廠位於橫濱市，全市人口達 370 萬人，是日本人口最多的市，因此景觀規劃為更新改建之重要課題，有幾項特色可作為參考。

色彩計畫：與周邊設施調合，是磯子電廠的色彩計畫的主軸，以低明度及分層的方式，為廠房設備塗裝，使電廠能融入環境而不顯突兀。



圖 1-3 磯子電廠景觀

煙囪設計：為了讓煙氣擴散效果更好，煙囪高度從舊 1 號機組 120m，舊 2 號機組 140m，改為 200m 的集束煙囪，因為附近有一個著名的日本式大型庭園「三溪園」，園內的臨春閣、舊燈明寺的三重塔等被定為國家重要文化遺產。作為觀賞梅花、櫻花、杜鵑花和紅葉等的名勝而名聞遐邇，考慮園內的景觀，煙囪的外觀並不是採用傳統的圓形柱狀造型，而是頂端漸變為類似橢圓形的扁平形狀，從園內看出來的方向是煙囪造形最窄的部分，降低煙囪的存在感。

另外為了建造特殊造型的煙囪，考量扁平形狀易受暴風吹襲影響，在設計時作了 3D 模擬分析及風洞試驗，以確保安全。



圖 1-4 磯子電廠煙囪

(四)環保設備

為抑低硫氧化物排放濃度，磯子電廠採用活性炭吸附法脫硫，除硫效率高達 97.8%，與一般燃煤電廠常用的石灰石石膏法不同，是磯子電廠環保設備中最具特色的部分。

乾式排煙脫硫裝置：煙氣通過脫硝系統及靜電集塵器後送到乾式排煙脫硫裝置，由填有活性炭的脫硫塔中通過，活性炭吸附煙氣中的硫氧化物，送到再生塔，在再生塔裡使硫氧化物脫離活性炭，活性炭得到再生，然後送往脫硫塔循環使用。並且，脫離下來的硫氧化物可以作為濃硫酸加以回收，得到有效利用。

此項脫硫裝置為 J-POWER 專利技術，已有將專利許可給美國公司，有助於技術推廣，雖然初期投資高，但考慮環境保護整體評估，仍具有競爭力，且若能獲得認同採用，相關價格有協談空間，目前正在進行更新改建的竹原發電廠，亦將使用活性炭吸附法脫硫，會是第 2 個使用此技術的電廠。

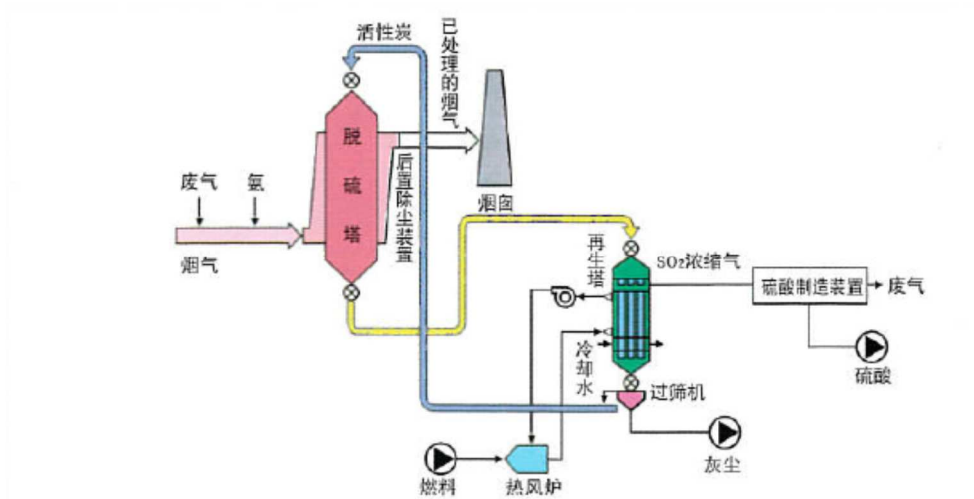


圖 1-5 礮子電廠乾式排煙脫硫

重金屬議題：台中市修訂第三次電力業空氣污染物排放標準草案，參考美國環保署「水銀暨有毒氣體排放標準 (MATS)」，加嚴重金屬與酸性氣體排放標準限值，將汞、砷、鉛、鎘、鉻、鎳、銻、鉍、鈷、錳及硒等 11 項重金屬與氯化氫，納入排放標準管制。詢問重金屬排放相關經驗，礮子電廠表示，無針對重金屬排放設置防制設備，一般而言，重金屬伴隨粒狀污染物排放，裝置高效率除塵設備即可降低重金屬排放濃度，另礮子電廠對於採購燃煤品質有嚴格要求，從源頭管制，以確保空污排放。

註：本節圖片摘自礮子電廠簡介資料

二、CCDC 第 4 次會議紀要

本次 CCDC 研討會台電公司及 J-POWER 公司出席人員如下：

台電公司：陳副總經理建益、林處長武煌(開發處)、吳副處長政宏(環保處)、顏組長國華(核火工處)、李經理枝榮(台中電廠)、李專員泰成(綜研所)、楊課長喬然(開發處)

J-POWER：村山均(副社長)、謝花たかし(國際營業部長)、吉田實(國際營業部推進役)、藤田淳也(國際營業部課長)、洪淑貞(國際營業部)、中田勝啟(火力建設部課長)、岡田英明(火力建設部課長)、大川正文(國際營業部審議役)、園田大祐(國際營業部課長)、淵上暢彥(火力發電部課長)



本次研討會中台電公司報告台灣的電源開發規劃及挑戰、大林發電廠更新改建計畫；J-POWER 報告三項淨煤技術發展如下：

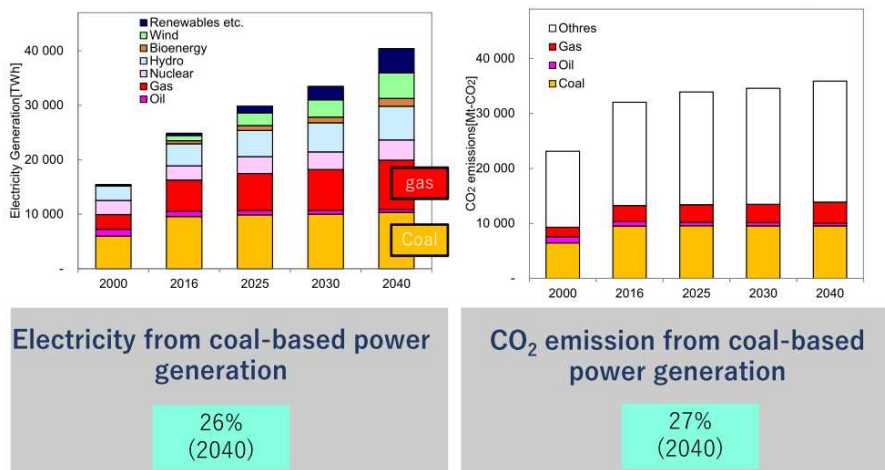
(一)高效率燃煤發電吹氧式 IGCC 示範設備-大崎 Coolgen 計畫

此行參加日本電源開發株式會社 J-POWER 舉辦技術研討會討論有關 J-POWER 和中國電力公司合資位於日本瀨戶內海的大崎上島町大崎發電廠的 CoolGen 係延續 106 年第二次淨煤技術會議(CCDC)之議題。該方案係採用煤炭氣化、燃料電池複循環發電系

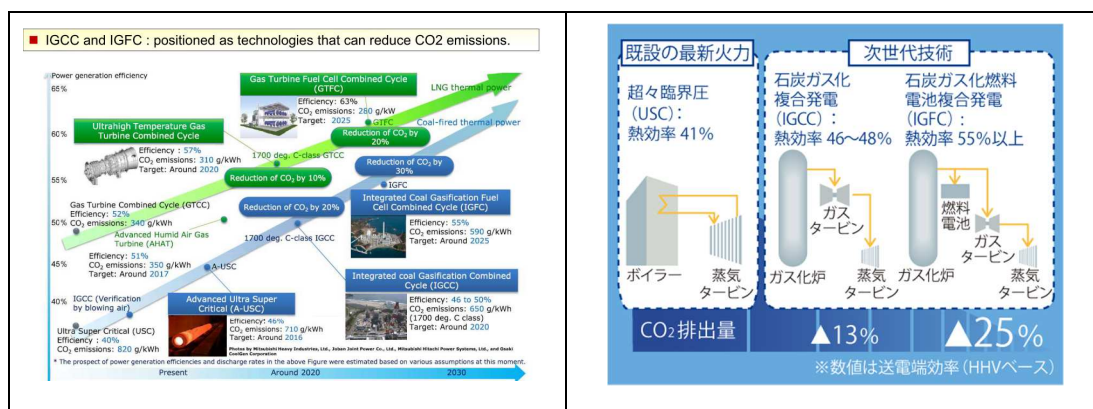
統 (IGFC) 改善燃煤發電產生的污染物排放。CoolGen 新款的火力發電廠其興建成本約比一般傳統的火力發電廠增加 20%，係採用攝氏 1300 度的高溫燃燒，並在過程持續打入氧氣，先與氧氣和蒸汽產生反應，經過不完全燃燒，使煤炭氣化成為一氧化碳與氫氣為主的合成氣 (Syngas)；比較重的煤渣會往下掉，合成氣和比較輕的飛灰則會往上飄，經過冷卻、除塵、除硫後，最後產生乾淨的煤氣，進入複循環機組發電，以降低燃煤時可能會產生二氧化碳的產生量。而分離出去的硫可再回收，煤渣則用以鋪路再利用，完全達到循環經濟效益，提升產製過程中附加價值。

目前 OSAKI CoolGen IGCC 電廠營運試驗性測試階段的進展，計畫方案三階段中第一階段有關吹氧式煤炭氣化複循環發電 (Oxygen-blown Integrated Coal Gasification Combined Cycle: Oxygen-blown IGCC) 之大型設備基礎示範廠完成後成果報告；第二階段有關吹氧式 IGCC 增設二氧化碳捕捉系統之示範測試進度；接著第三階段為進一步著手增設燃料電池以執行 IGFC 附設二氧化碳捕捉系統之示範測試進度。

根據國際能源署 (International Energy Agency, IEA) 年報：世界能源展望 2018 (World Energy Outlook 2018, WEO 2018) 指出，全世界燃煤發電量及所排放之 CO₂ 排放量佔比皆約 30%；而日本規劃在未來 2040 年能源配比及 CO₂ 排放量中，其燃煤發電佔比約 26% 而產出之 CO₂ 排放量則約占 27%，與全世界整體能源及 CO₂ 排放量配比相當接近。



換言之，此計畫方案最重要之意義乃在於①符合對電力需求日漸增加，需有效使用各式各樣品位煤種②加速 CO₂ 減排以減緩地球暖化。其採取對策乃將 IGCC 與 IGFC 定位為可降低 CO₂ 排放量之先進技術，分別可達 13%與 25% CO₂ 減排放量。



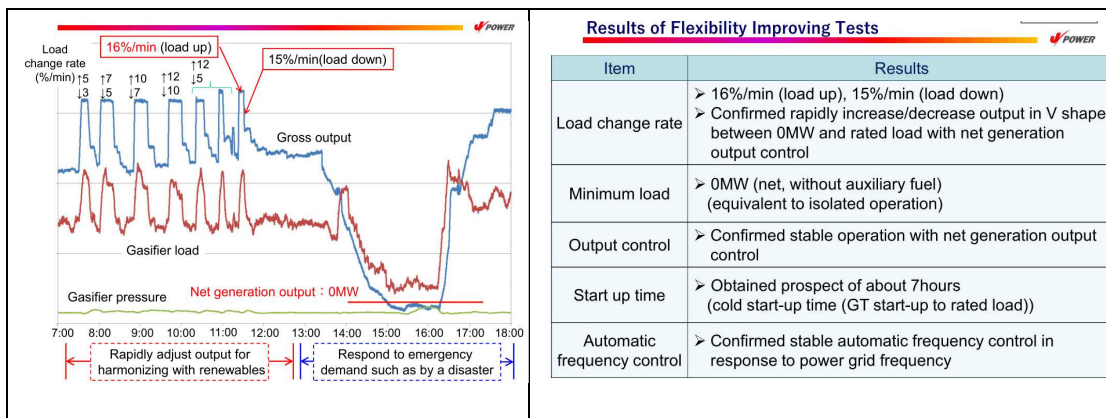
對日本國內而言，煤炭是一種不可或缺的能源來源之一，因此發展大崎 CoolGen 高效率淨煤技術方案便應運而生。第一階段 Oxygen-blown IGCC 示範廠所設定目標與試驗後實測結果共六大項指標皆已達標：

- ①提升廠效率
- ②減少排放值
- ③煤源多樣化
- ④運轉可靠度
- ⑤調度靈活性

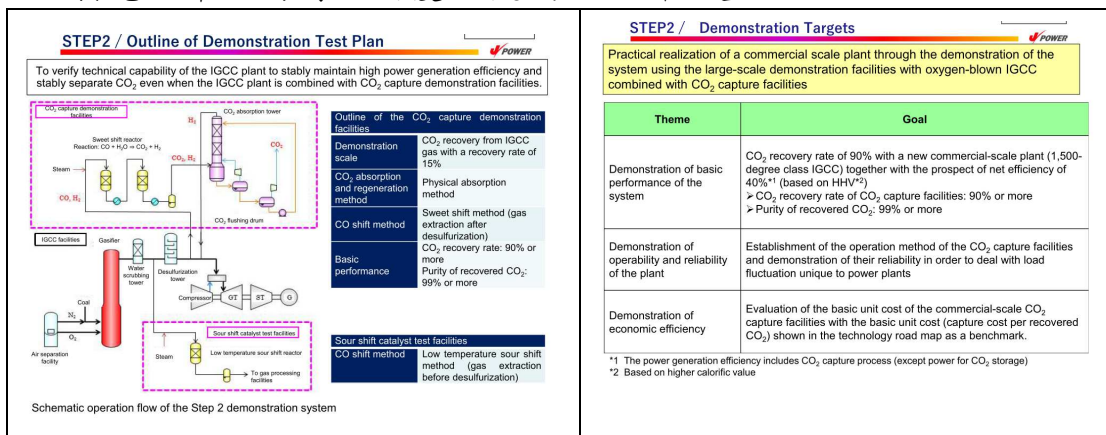
⑥ 成本經濟性

例如在環保減排方面，SOx：低於 8 ppm；NOx：低於 5 ppm；
粒狀物：小於 3 mg/Nm3 (O2 當量 16%下)

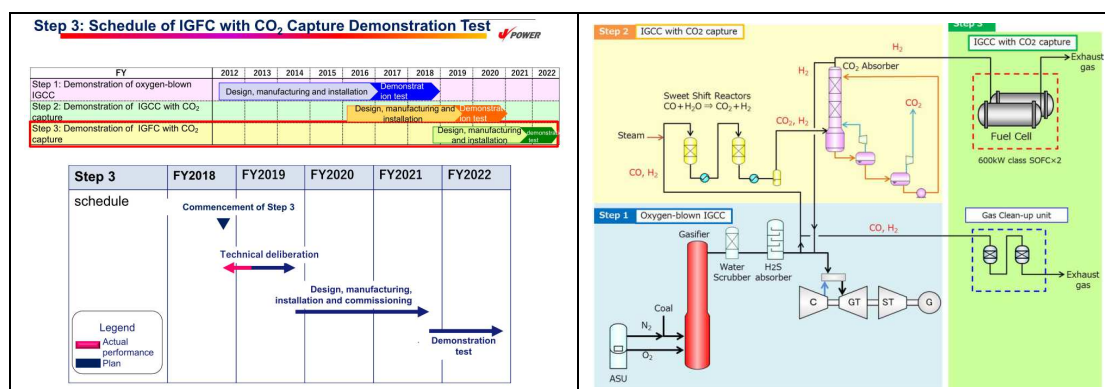
以升降載變動率指數來審視此計畫案之調度靈活性而言，尤其是在國內正大力推動能源轉型政策，2025 年能源發電配比目標為燃氣 50%、燃煤 30%、再生能源 20%情況下，由於再生能源受先天天候、季節變化等間歇不確定性條件因素受限下，為能滿足並符合系統調度上之需求，此示範研究案可在 Minimum load 0MW (net) 備轉情況下隨時應變符合系統升降載需求或遇天災全黑下可迅速啟動模式[獲得預期冷機啟動時間(GT 啟動到額定負載)約 7 小時]，此困擾迫切因子將能獲得完善解決。



第二階段有關吹氧式 IGCC 增設二氧化碳捕捉系統之示範測試進度：目前第二階段之各項進度排程皆符合預期。如在新建 IGCC 機組(1,500°C 級 IGCC)，所設定目標以獲得約 40%(淨 HHV) 發電效率，同時可捕獲 90% 的 CO2 排放量。



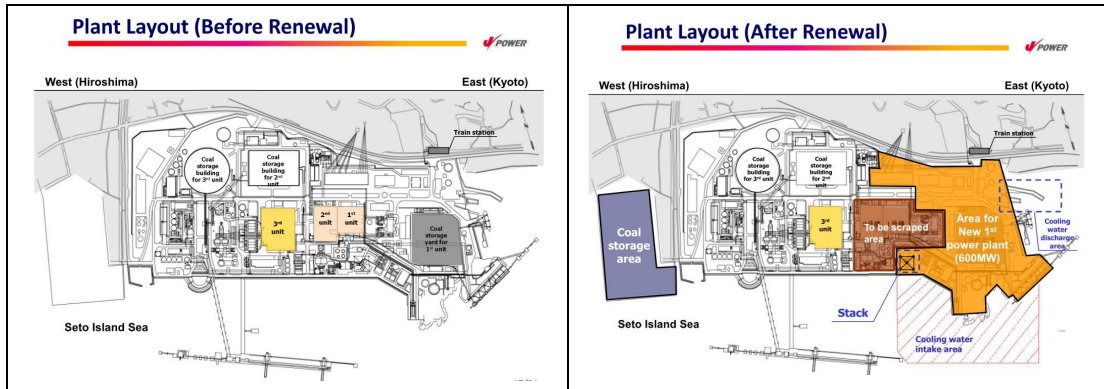
第三階段增設燃料電池以執行 IGFC 附設二氧化碳捕捉系統之示範進度，目前皆如期進行當中。



(二)竹原火力電廠新 1 號機介紹

從國家能源安全角度而言，燃煤電廠仍有其必要性與競爭力。日本是超超臨界淨煤技術的全球領先者，透過一連串不斷研發進一步改進該方面技術，因此，日本已經建立了高效率低排放燃煤電廠；例如此行參訪之 J-POWER 磯子電廠 (Isogo Power Station) 採用日本最先進的淨煤技術，不僅提升廠效率至 45% (LHV)，而且減少了煙氣中硫氧化物排放量低至個位數 ppm，氮氧化物排放量低於 10ppm，粒狀物的濃度低於 5mg/Nm³，實際上至該控制室參訪時運轉數據更低。

另一方面 J-POWER 為了提高效率和友善環境，位於廣島縣竹原市之 Takehara 竹原火力發電廠改建機組案，採用與舊有火力發電設施相協調的建造和除役方式，相當類似本公司目前大林電廠超臨界鍋爐更新改建案，J-POWER 公司將竹原電廠 40 年前投入運轉之 1 號機組 (250MW) 和 2 號機組 (350MW) 改以新的 1 號機組 (600MW) 來取代，並已於 2014 年 3 月開始興建，計劃於 2020 年開始運轉，引進最新的發電技術和環境污染防治設備，創造一個燃煤發電擁有世界上最高水平的超超臨界 (USC) 技術的發電廠，並同時大大減少氮氧化物 (NO_x)、硫氧化物 (SO_x) 和粒狀物的排放量。



採用超超臨界壓力（USC）發電設備，同時在污染防治設備上將煙氣脫硫系統採用乾燥活性炭方法，並將回收的硫氧化物作為硫酸副產品而有效地使用。主要的效率提升技術有：

- 新的竹原 1 號機組主蒸汽溫度為 600°C，主蒸汽壓力（表壓）為 25MPa，再熱蒸汽溫度為 630°C。
- 採用新的熱循環（減少煙氣損失）

在新的熱循環中，鍋爐保留的熱量比以前更多地回收到飼水中，提高效率，但為了平衡給水溫度與鍋爐側，渦輪機側雖然熱效率會降低，但整個系統廠效率是提高。

- 負載調整能力更具彈性。
- 備用負載操作

隨著再生能源大幅占比引進，燃煤機組將漸轉為中基載角色，在更短時間內需具有適時變化負載能力以因應電力系統需求。

Location

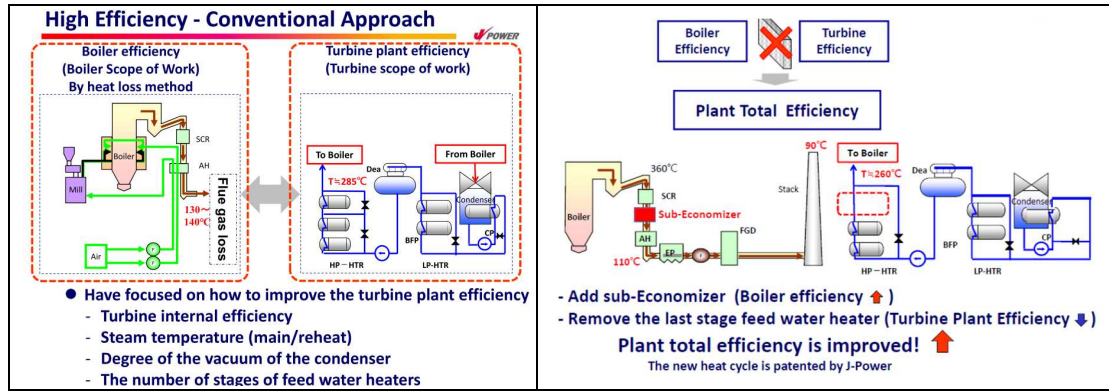
Existing Plants & New Unit 1

Plant	Output	Type	Steam	COD
Unit 1	250 MW	Natural Circulation	Sub-Critical	1967
Unit 2	350 MW	FBC	Sub-Critical	1974
Unit 3	700 MW	One-Through	Super-Critical	1983
New Unit 1	600 MW	One-Through	USC	2020

- **Improve steam condition (600/630degC)**
 - The highest temp achievable by the available material

Specs	Unit1	Unit2	Unit3	New Unit1
Output	250MW	350MW	700MW	600MW
Main Steam Temp	566°C	566°C	538°C	600°C
Reheat Steam Temp	538°C	538°C	538°C	630°C
Main Steam Press	169kg/cm ²	169kg/cm ²	246kg/cm ²	25MPa

- **Reduce flue gas loss (New heat cycle)**
 - Recover heat from the flue gas at the upstream of AH
 - Heat the boiler feed water with it



研討會中亦提出，為提升該廠效率增設一副省煤器設備而使鍋爐效率增加，煙氣經該設備熱交換後溫度由原 130~140°C 降至 110°C，是否會造成空氣預熱器熱元件有冷端腐蝕之疑慮? 值得後續再觀察注意。

同時竹原電廠規劃於 2020 年 6 月將下水道汙泥約 200,000ton/year 與煤炭混燒，大力推動燃用生質能燃料，亦規劃如粉煤機及燃燒器等相關附屬設備之配合修改，於 2022 年 8 月開始可混燒木質燃料，在混燒重量配比 10wt/% 下預估 CO2 排放量將可減少約 250,000tons/year。

有關燃煤電廠的生質能類燃料運用方面，生質能類燃料的混燒是目前立即可行的減排手段，但實際混燒時特別是欲大幅提升混燒率必須先克服技術課題，反覆進行燃燒試驗等以達到技術上驗證。

既存石炭火力におけるバイオマス燃料の混焼

バイオマス資源の燃料化～混焼利用のイメージ図 (例: 下水汚泥低温炭化燃料)

混焼利用だけでなく、バイオマス燃料化事業に関することで、バイオマス燃料の品質確保や安定的な調達が可能である

- CO₂フリーエネルギーであるバイオマス燃料を石炭火力発電所で混焼利用することにより、石炭使用量が減少するため、CO₂排出量を削減することができる。
- 特に、高効率で優れた環境設備を有する J-POWER の石炭火力発電所で混焼することにより、より効率のよいクリーンなバイオマス資源の利用が可能となる

バイオマス資源	本廠アゾグ	本廠レソグ	下水汚泥低温炭化燃料	下水汚泥炭化燃料	一般廃棄物炭化燃料
燃料の外観					
燃料の概要等	建設廃材チヤップ化 発熱量: 石炭の 5~7割	林地残材を乾燥・粉砕し でレソグに加工 発熱量: 石炭の約 7割	下水汚泥を乾燥炭化方式で処理 発熱量: 石炭の 5~7割	下水汚泥と食用油を混合加熱し水分を除去 発熱量: 石炭の約 5割	一般廃棄物を炭化処理 発熱量: 石炭の約 5割
燃料製造地点 (本字: 当社グループ 併売: 他社)	長崎県長崎市	富嶺県小津市	① 広島県広島市 ② 熊本県熊本市 ③ 大阪府大東市	福岡県福岡市	長崎県西海市
J-POWER 混焼利用率	松浦火力発電所	松浦火力発電所	① 竹原火力発電所 ② 松浦火力発電所 ③ 高砂火力発電所	松浦火力発電所	検討中

広島市西部
水資源再生センター

↓

脱水汚泥

↓

燃料化施設

→

下水汚泥炭化燃料

J-POWER
竹原火力発電所

(三)利用無碳氫氣及煤炭混燒之發電技術探討

1. 氫的性質說明

氫 (Ammonia, 分子式為 NH_3) 是無色氣體，有強烈刺激氣味，極易溶於水。常溫常壓下，1 單位體積水可溶解 700 倍體積的氫。

氫對地球上的生物相當重要，是所有食物和肥料的重要成分。氫也是很多藥物和商業清潔用品直接或間接的組成部分，具有腐蝕性等危險性質。

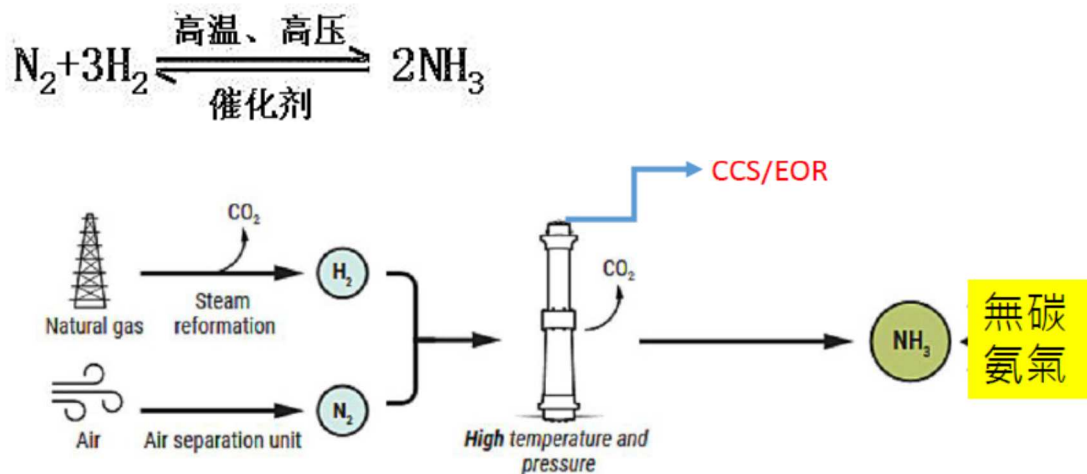
由於氫有廣泛的用途，成為世界上產量最多的無機化合物之一，約八成用於製作化肥，其全球產量估計為 1-2 億噸左右。氫生產技術非常成熟，而且其儲存和運輸，工業界已經非常熟悉。

相較於氫氣發電，氫能發電是目前主要研究焦點，但氫氣不易儲存，難以運輸是氫能的限制。為了要使氫氣較易運輸與儲存，常須將大量氫氣轉換成液體，而氫被科學家認定為候選載體，該氣體含有大量氫氣，容易液化並且可大規模生產。

2. 氫的生產

合成氫的原料氮氣來自於空氣，氫氣來自於水和燃料。前述的氫氣理論上可以用水的電解或熱化裂解製得。

熱裂解所需的熱能可以從再生能源發電的電能來電解水製氫或者利用化石燃料發電來生產氫氣，惟後者需要搭配 CCS 或 EOR 回收當時產生的二氧化碳，方可避免碳排放。



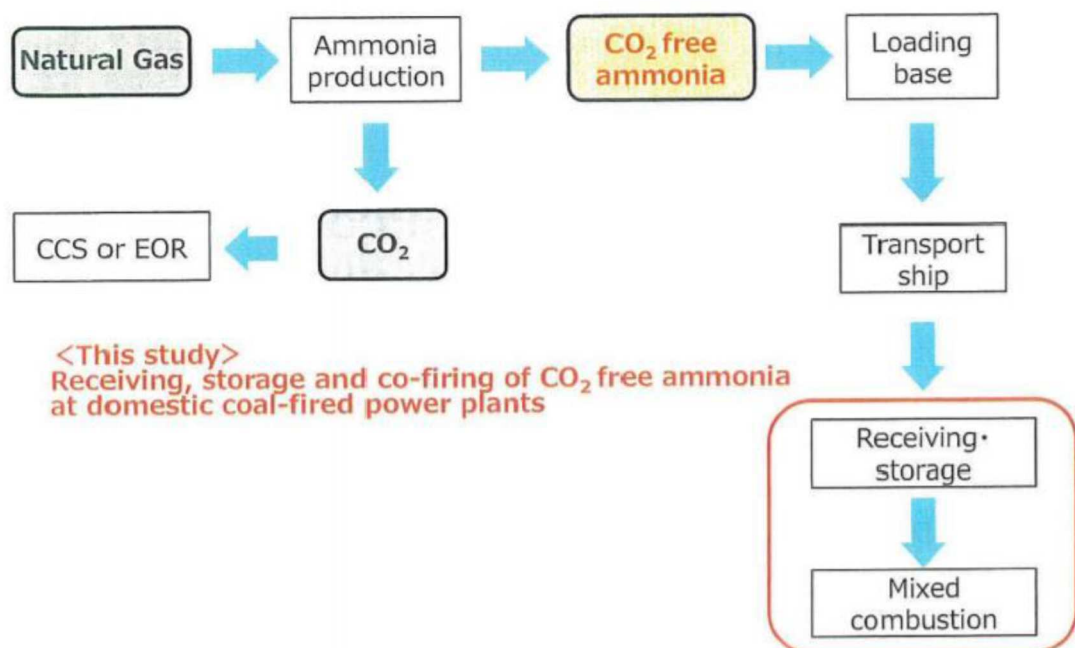
3. 以氨氣做為燃料

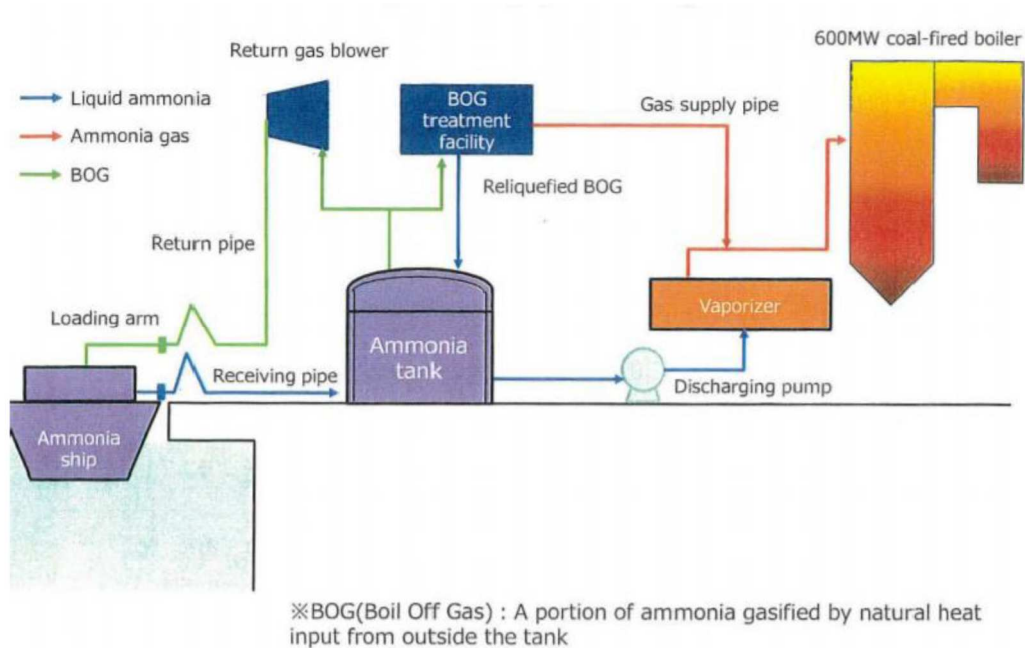
氨氣可說是多功能燃料，可直接將氨氣應用於燃料電池，也可以將氨氣轉換為氫氣，用來發展氫能經濟與氫燃料車，也可以直接使用氨氣做為燃料。氨燃料在 1960 年代就已被美國 NASA 的超音速噴射機使用，也有一些汽車改裝並由氨燃料驅使。

目前也有不少科學家在研究將氨氣用於燃氣電廠，日本也找出減少氨燃燒產生的氮氧化物 (NOx) 挑戰，讓氨氣未來應用更加廣闊。

利用微型燃氣渦輪發電裝置，可混燒 30% 的氨與柴油進行混合燃燒，日本已成功達成輸出功率 21 千瓦之發電。以氨做為燃料主要產生水和氮，因此只要將部分柴油置換為氨，就可以取得大幅削減二氧化碳排放量的效果。

4. J-Power 以無碳氨氣進行混燒發電流程示意圖





5. 以氨氣做為燃料如何減少 NOx 生成

氨氣是零排放的燃料替代選項，一方面氨是可燃性氣體，可部分取代火力發電廠所使用的化石燃料，但氨氣具有燃點較高的問題，因此會有大量 NOx 排放問題。

日本熊本大學國際尖端科學技術研究機構（IROAST）團隊已找出解決方案，讓氨氣有望成為新一代綠能燃料。該團隊採用「觸媒燃燒法（Catalytic Combustion）」來解決氨燃料問題，由於觸媒燃燒法採用低溫燃燒，因此不會產生大量氮氧化物。而團隊近期更研發新型催化劑，可以改善氨氣燃燒特性與抑制氮氧化物生成。

6. 無碳氨氣混燒發電之相關研究數字

發電機組規格		燃料熱值	
Item	Specification	Item	HHV
Output	600MW	Coal	23.12 MJ/kg
Fuel	Coal	Ammonia	22.40 MJ/kg
Coal consumption	215 t-dry/h		

氨氣消耗量		
Item	Specification	Remarks
Ammonia mixed combustion rate	√ 20 cal%	The mixed combustion rate was set to 20 cal% because the NOx concentration was verified to be the same as coal combustion at a mixed combustion rate of 20 cal% in the mixed combustion test with a single burner in a boiler manufacturer.
Ammonia consumption	45 t/h	
	1,000 t/d	
	312,000 t/y	

氨氣輸儲條件		
Item	Specification	Remarks
Loaded capacity	40,000 t	Among the existing ammonia vessels, we set the largest capacity based on the transportation cost.
Frequency of reception	8 ships/y (From qatar)	

氨氣混燒發電所需相關設備費用		
Item	Overview	Estimated amount
Receiving, storage, discharging facility	Loading arm, Receiving pipe Storage tank, Breathing tank Discharging pump, Vaporizer BOG treatment facility, Abatement facility Utility facility Electrical instrumentation facility, etc.	210 billion yen
Combustion facility	Ammonia supply pipe Ammonia nozzle Electrical instrumentation facility, etc.	40 billion yen
Total cost		250 billion yen

7. 無碳氨氣混燒發電之研究結論

- (1) 無碳氨氣混合燃燒發電技術可有效抑低碳排放，但必須考量氨氣接收、儲存及供應設施之相關設計規範。
- (2) 以氨氣混合燃煤發電，須配合增修之相關設備
 - 氨氣供應設施：新建
 - 粉煤燃燒器：改造
 - 鍋爐主體、風扇、空氣預熱器：無需改造
- (3) 成本評估

- 純燃煤發電成本低於氨混合燃燒發電成本
- 氨混合燃燒發電成本大約等於純燃煤發電搭配日本國內 CCS 之成本

註：本節圖表摘自 J-POWER 簡報資料

三、北海道苫小牧 CCS 試驗場參訪

(一) 苫小牧 CCS 示範計畫簡介

1. 計畫簡介

計畫名稱	苫小牧 CCS 示範計畫
贊助商	日本經濟產業省(METI)
計畫執行	碳捕存株式會社 (JCCS)
成立日期	2008 年 5 月 26 日
主要業務	1.執行日本二氧化碳捕獲和封存示範計畫 2.CCS 技術及其相關主題之全面調查
二氧化碳來源	煉油廠製氫設備的尾氣
二氧化碳捕獲能力	200,000 tonnes/year
捕獲方式	化學吸附(Activated Amine)

2. 地理位置

苫小牧 CCS 示範場址位於日本北海道(圖 3-1)。



圖 3-1 苫小牧 CCS 示範場址地理位置。

(二) 苫小牧 CCS 示範場址參訪過程

本次參訪由 JCCS 國際部長澤田嘉宏以及貯留技術部長棚瀨大爾出面接待，先由澤田嘉宏以簡報方式進行苫小牧 CCS 示範計畫解說，爾後由棚瀨大爾帶領大家至監測與控制室參觀與說明，再至 CO₂ 注入井的源頭以及 CO₂ 捕獲設備附近進行現場解說(圖 3-2、3-3)。



圖 3-2 參訪苫小牧 CCS 示範場址人員合照。



圖 3-3 JCCS 國際貯留技術部長棚瀨大爾於注入井進行解說。

(三) 苫小牧 CCS 示範計畫說明

1. 計畫概要

(1) 計畫目標與任務

- 展示 CCS 系統從捕獲(capture)至儲存(storage)。
- 確認既有的技術使用於 CCS 系統之合適性與有效性。
- 展示 CCS 系統是安全且可靠的。
- 透過資料的收集消除會引發地震的疑慮(自然發生的地震對於 CO₂ 儲放無影響，且沒有察覺到 CO₂ 注入會引發地震)。
- 資料的披露以及強化民眾對 CCS 的認知。
- 釐清商業化發展要改進或解決的問題。

(2) 苫小牧 CCS 示範計畫的流程圖

苫小牧 CCS 示範計畫的流程圖如圖 3-4，示範場的空拍圖如 3-5，CO₂ 的來源為既有煉油廠製氫設備之尾氣，透過管線先經由胺類吸收劑之捕獲程序，其 CO₂ 的捕獲能力 1 年可達 200,000 tonnes，捕獲後再利用 2 口注入井以低、高壓方式分別注入 Moebetsu 岩層(深度 1,000~1,200 m)和 Takinoue 岩層(深度 2,400~3,000 m)，計畫注入的目標為 300,000 tonnes，截至 2019 年 6 月 4 日累積注入量為 261,730 tonnes。

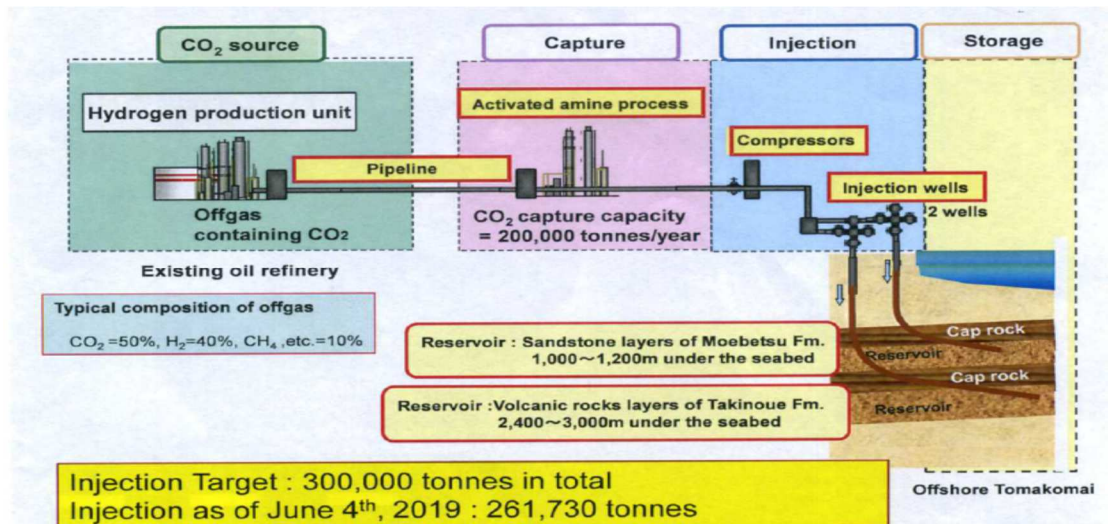


圖 3-4 苫小牧 CCS 示範計畫的流程圖。

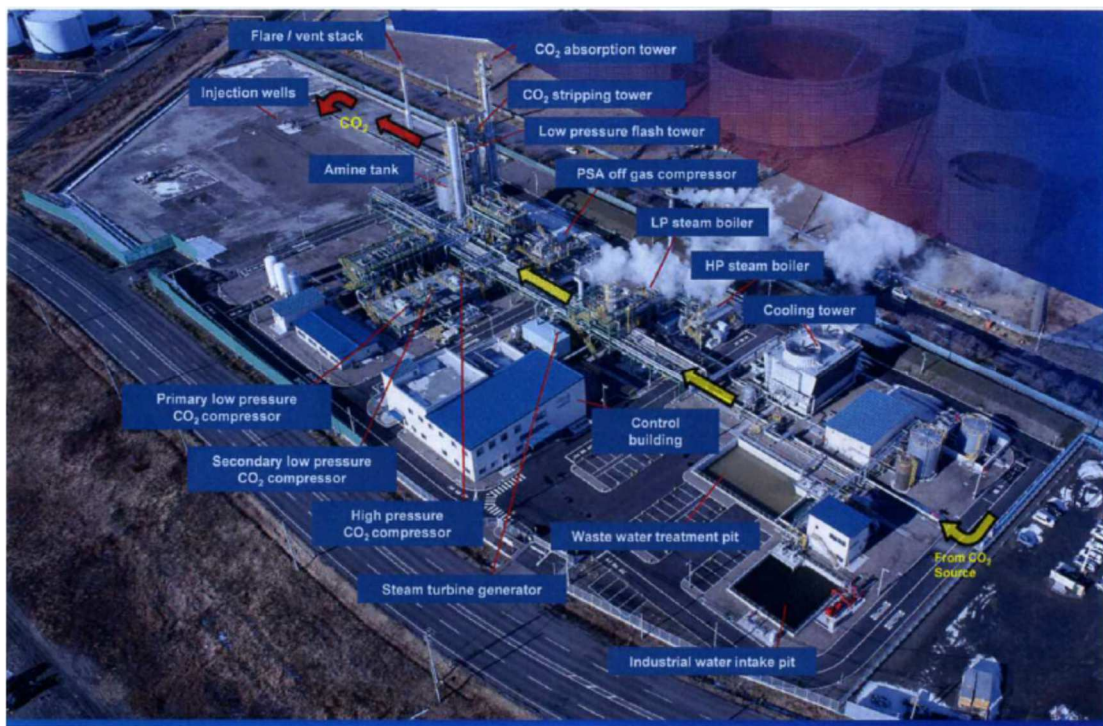


圖 3-5 苫小牧 CCS 示範場的空拍圖。

(3) 苫小牧 CCS 示範計畫的期程

計畫的期程如圖 3-6，2012 年 2 月日本經濟產業省 (METI) 正式決定在日本北海道苫小牧實施 CCS 示範項目，並於 2012 年 4 月委託碳捕存株式會社 (JCCS) 進行為期 4 年的準備工作，在此期間準備與建造必要的設施和系統，包括陸上二氧化碳捕獲、注入設施以及各種陸上和海上監測系統，並鑽了兩個 CO₂ 注入井。

於 2015 年通過監測系統獲得基線數據。從 2016 年 4 月開始，二氧化碳注入的實施計劃為期三年，並同時進行為期 5 年的微震、自然地震和海洋環境之監測。

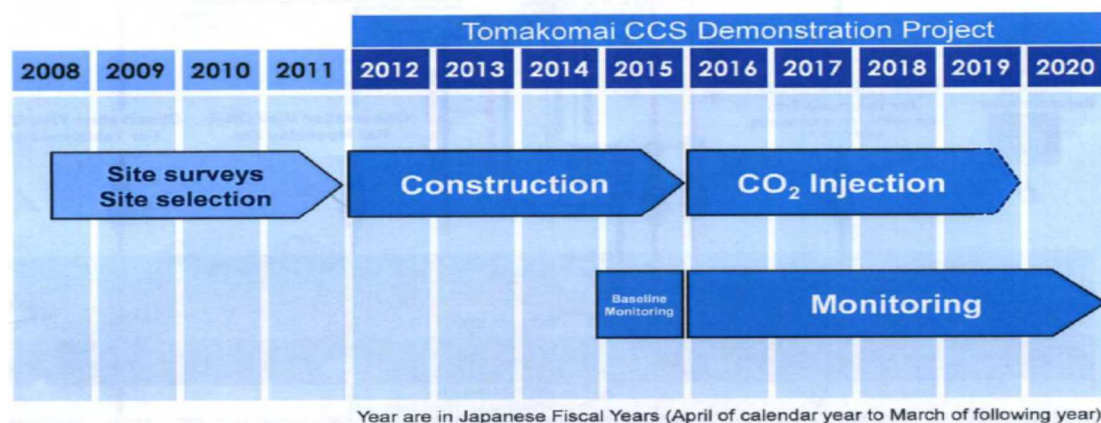


圖 3-6 苫小牧 CCS 示範計畫的期程

(4) 注入井的位置與監測設施

為了確認儲存和注入 CO₂ 的安全性，有必要監測儲層中 CO₂ 的行為，並建立系統以監測二氧化碳離開儲層的動向。由於日本極易受地震影響，因此有必要配置系統量測和驗證二氧化碳封存與地震活動之間的任何相關性。監測設施的建設和部署於 2014 年 1 月完成，以便在開始注入二氧化碳之前至少一年開始基線觀測。圖 3-7 為注入井的位置與監測設施，圖 3-8 為監測系統的概念圖，而各項設施的用途說明如下：

- 注入井(Injection Well): 有 2 個注入井，其中一井(淺井)用以偵測 Moebetsu 岩層，另一井(深井) 用以偵測 Takinoue 岩層，位置於圖 3-7 的 2 條紅線，以連續監測的方式，在井口偵測壓力和注入 CO₂ 的速率，並於井中偵測溫度和壓力。
- 觀測井(Observation Well): 有 3 個觀測井，位置於圖 3-7 綠點的位置，由左至右分別命名為 OB-1、OB-2 以及 OB-3，其中 OB-1 為 CCS 調查井改造，用以觀測 Takinoue 岩層，OB-2 用以觀測 Moebetsu 岩層，OB-3 用以觀測 Takinoue 岩層，溫度和壓力感測器以及井下地震儀安裝在三個觀察井中，以連續監測的方式，在井中偵測溫度、壓力、微震以及自然地震。

- 海底電纜(Ocean Bottom Cable): 海底電纜(OBC)長約 3.6 公里，位置於圖 3-7 黃色線的位置，直接安裝在儲層注入點的上方，以連續監測的方式進行 2D 地震的調查，以及偵測微震和自然地震。
- 海底地震儀(Ocean Bottom Seismometer): 有 4 個海底地震儀(OBS)安裝於儲層注入點的上方和周圍，位置於圖 3-7 藍色點的位置，以連續監測的方式偵測微震和自然地震。
- 岸上地震儀(Onshore Seismometer): 建置於苫小牧的西側，位置於圖 3-7 黃色點的位置，以連續監測的方式偵測微震和自然地震。

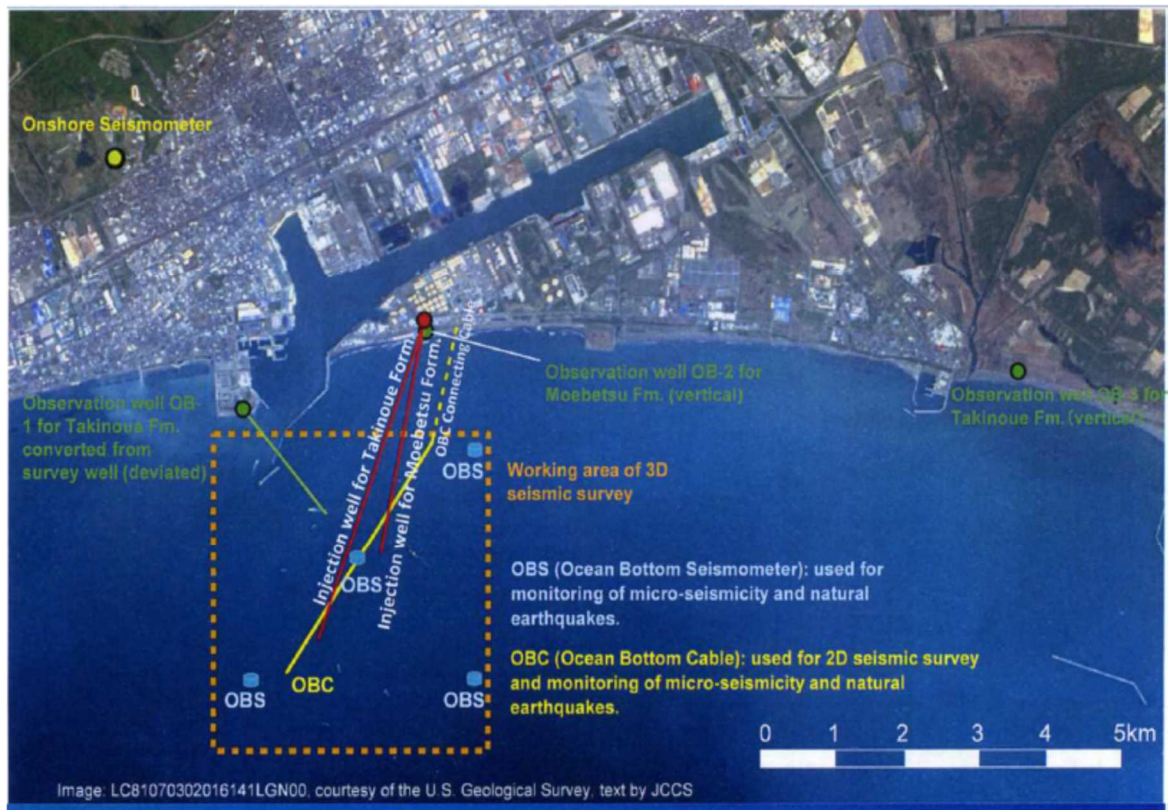


圖 3-7 注入井的位置與監測設施。

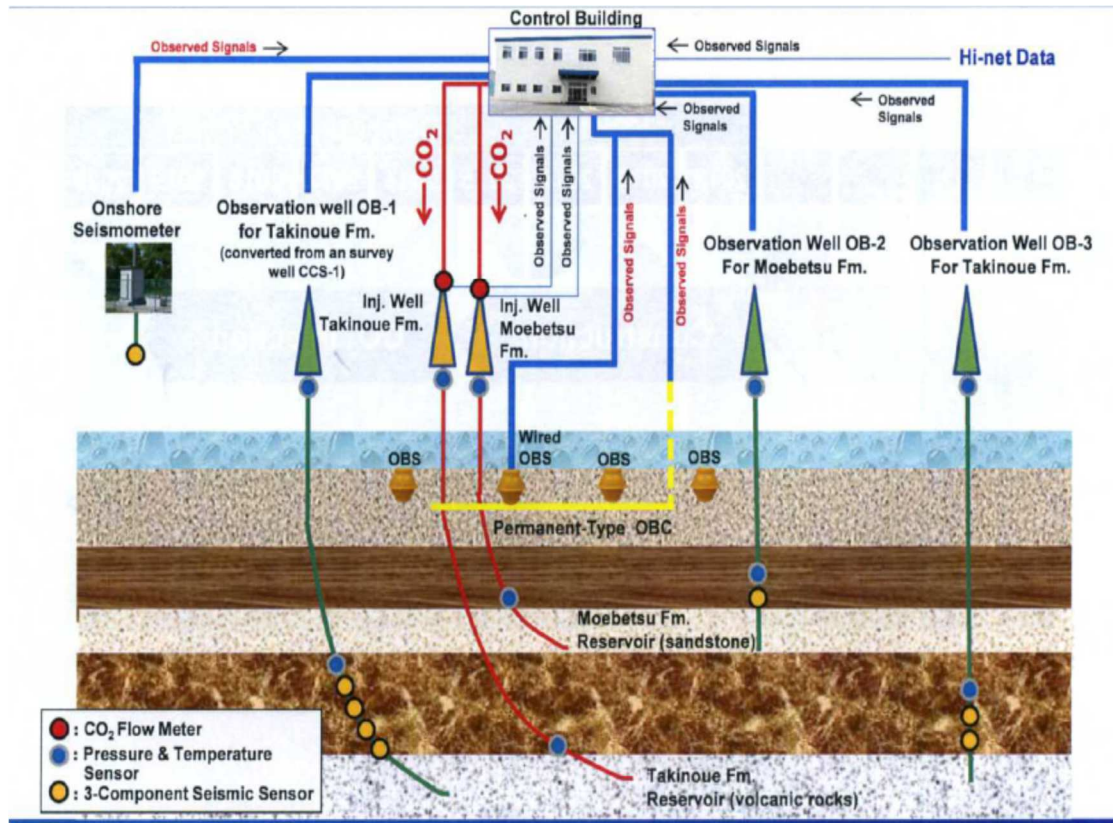


圖 3-8 監測系統的概念圖。

(5) 海洋環境的調查

CO₂ 封存於海底下的地層須符合日本國內的海洋污染和災害防治法，在苫小牧計畫中海洋環境的調查共 12 個位置，位置於圖 3-9 紅色點的位置，調查項目包括海水流向和速度、海水 CO₂ 的濃度、海底泥漿調查以及底棲生物的觀察等，調查時間點分別為注入 CO₂ 前、計畫期間(注入 CO₂ 期間和之後)以及計畫結束後三個階段。

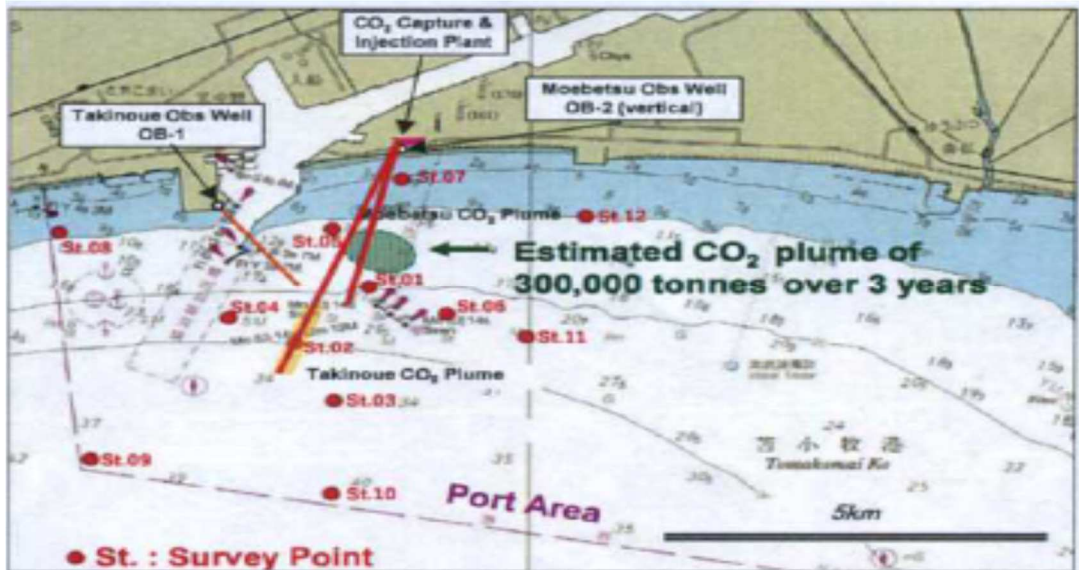


圖 3-9 海洋環境的調查位置。

2. CO₂ 注入井和注入紀錄

(1) 注入儲集層的位置

苫小牧 CCS 示範計畫將 CO₂ 儲存於兩個儲集層，地質的剖面圖如圖 3-10，較深的儲集層為 Takinoue 岩層，位於海床下深約 2400~3000 m，由火山岩和火山碎屑岩組成，厚度約 600 m，在鑽井之前 Takinoue 岩層估計其孔隙度約 0.03~0.19，滲透率 0.01~7 md;另一個儲集層為 Moebetsu 岩層，位於海床下深約 1000~1200 m，厚度約 200 m，在鑽井之前 Moebetsu 岩層估計其孔隙度約 0.2~0.4，滲透率 9~25 md。

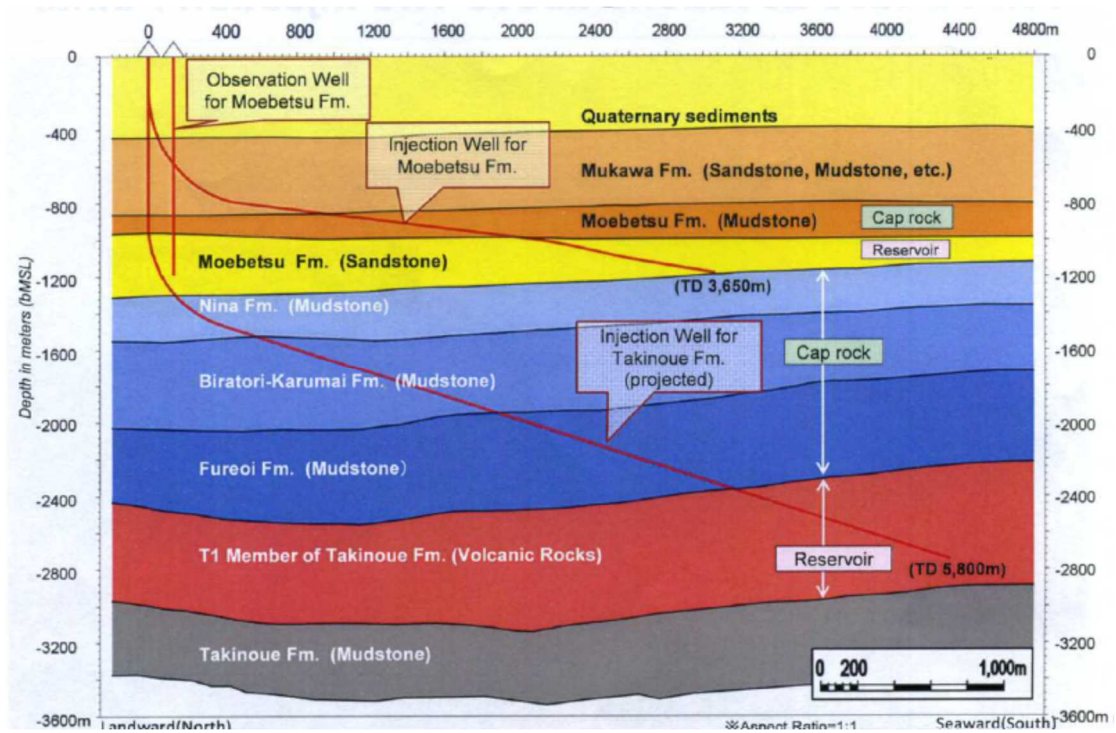


圖 3-10 地質的剖面圖。

(2) 注入井的裝置

注入井的鑽入工程在 2014 年 10 月開始，於 2015 年 7 月完成，兩口高度偏斜的注入井由岸上地點鑽至先前地質調查最適合的儲集層，Moebetsu 岩層的注入井最大傾角為 83 度，鑽孔深度 3,650 m，垂直深度為 1,188 m，水平範圍為 3,058 m; Takinoue 岩層的注入井最大傾角為 72 度，鑽孔深度 5,800 m，垂直深度為 2,753 m，水平範圍為 4,346 m。

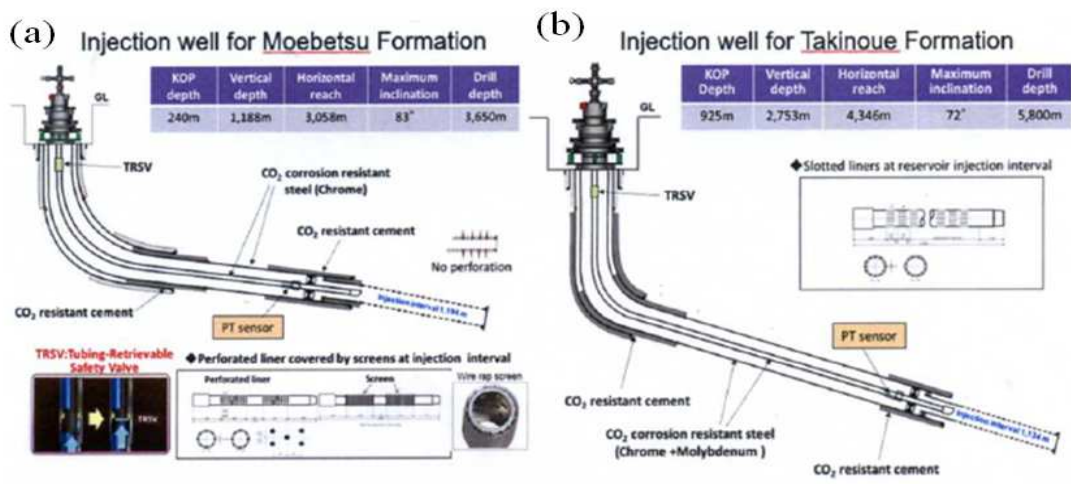


圖 3-11 (a) Moebetsu 岩層的注入井 (b) Takinoue 岩層的注入井。

(3) 注入 CO₂ 於 Moebetsu 岩層之紀錄

注入 CO₂ 於 Moebetsu 岩層之紀錄如圖 3-12，橫軸為時間，紅色線為 CO₂ 週期注入速率，藍色線為井底壓力，黑色線為累積的注入量，從 2016 年 4 月 1 日至 2019 年 6 月 4 日灌注 CO₂ 累積注入量達 261,632 tonnes，井底壓力皆維持於正常的波動範圍，可得知無論是 CO₂ 的注入速率和累積注入量皆對於井底壓力無影響。

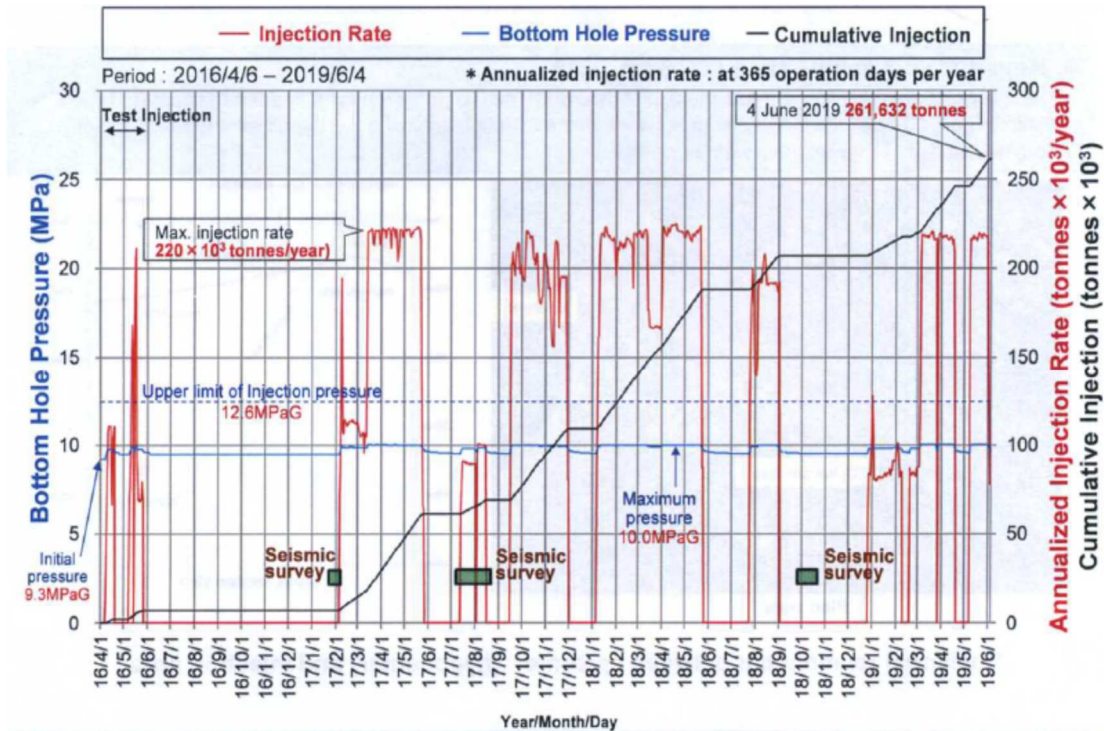


圖 3-12 注入 CO₂ 於 Moebetsu 岩層之紀錄。

3. 與地震關聯性之研究

近期附近發生的二起地震分別為北海道地震及其最大的餘震，由這兩起地震得到了 CO₂ 注入與地震無關聯性，以及地震不會造成 CO₂ 洩露等重要結論，以下將分別說明兩起地震的震央和監測 Moebetsu 岩層的結果。

(1) 北海道地震(Iburi Earthquake)

發生於 2018 年 9 月 6 日，地震的強度 6.7 級，震央距離 CO₂ 注入區域水平距離約 30 km，震源深度約 37 km，震源離 CO₂ 注

入區域的直接距離為 47 km，在苫小牧的地震強度為 5 級以上，發生位置的圖示如圖 3-13，而其監測 Moebetsu 岩層的結果如圖 3-14，因為富含 CO₂ 的尾氣於 2018 年 9 月 1 日暫停供應，CO₂ 的注入亦同時暫停，可看出暫停的期間井底的溫度和壓力不受地震的影響遵循著向下遞減的趨勢，雖然地震一度造成停電以致於有一段區間沒有偵測到，仍可看出此趨勢。

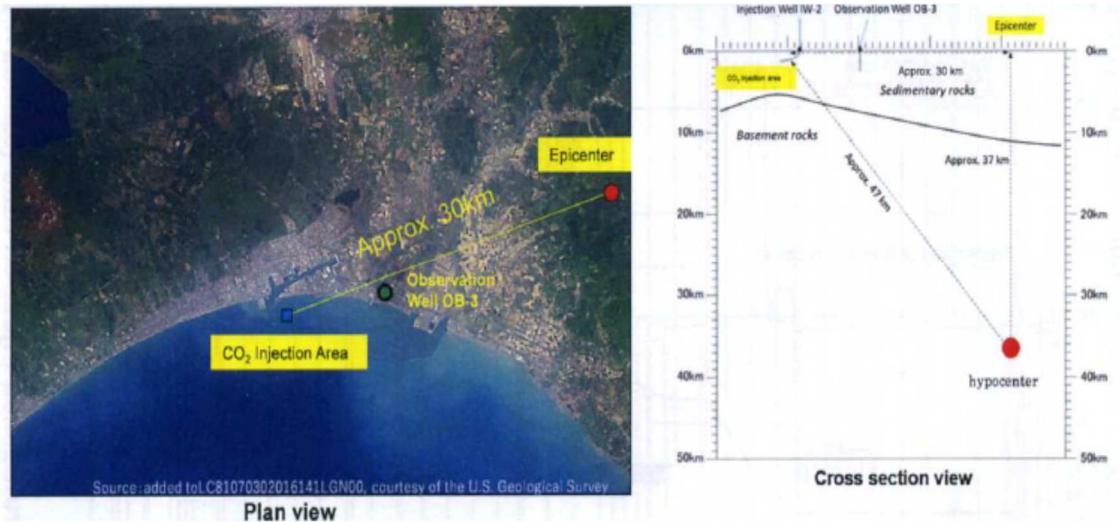


圖 3-13 北海道地震發生地震的位置。

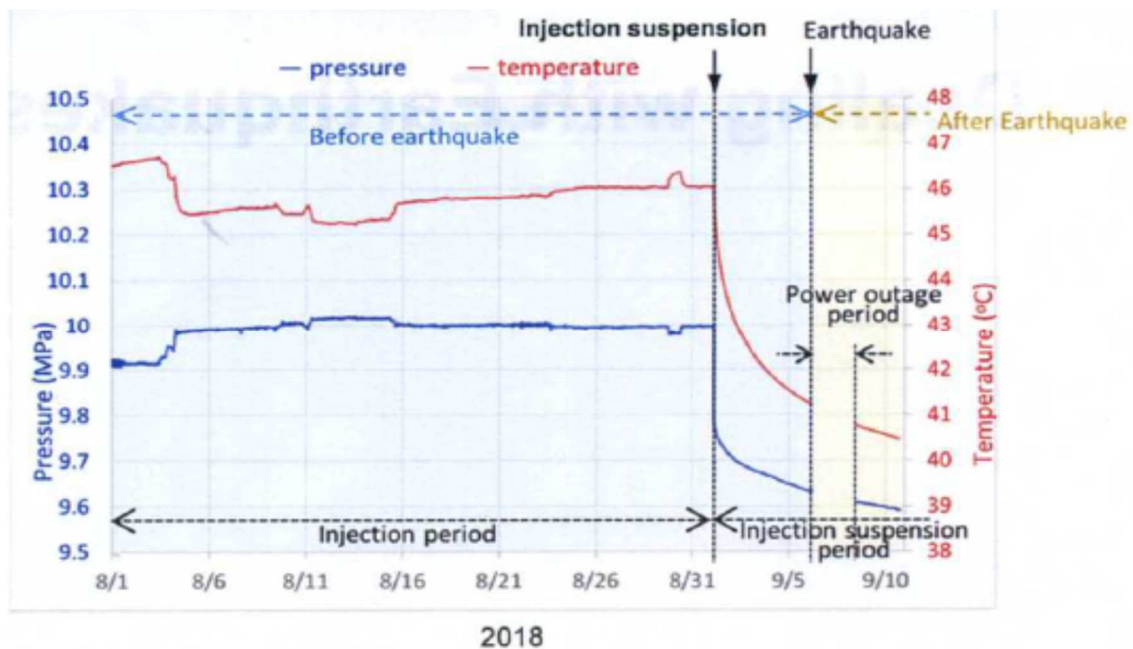


圖 3-14 北海道地震對於 Moebetsu 岩層的影響。

(2) 北海道地震的最大餘震

該餘震發生於 2019 年 2 月 21 日，地震的強度 5.8 級，震央距離 CO₂ 注入區域水平距離約 36 km，震源深度約 33 km，震源離 CO₂ 注入區域的直接距離為 49 km，在苫小牧的地震強度為 4 級以上，發生位置的圖示如圖 3-15，而其監測 Moebetsu 岩層的結果如圖 3-16，於 2019 年 2 月 8 日因電廠設備的維護暫停 CO₂ 的注入，並於 2019 年 2 月 19 日恢復 CO₂ 的注入，而餘震發生於 2019 年 2 月 21 日，可看出井底的溫度和壓力不受該餘震的影響恢復至暫停 CO₂ 注入前的溫度和壓力。



圖 3-15 北海道地震的最大餘震發生位置。

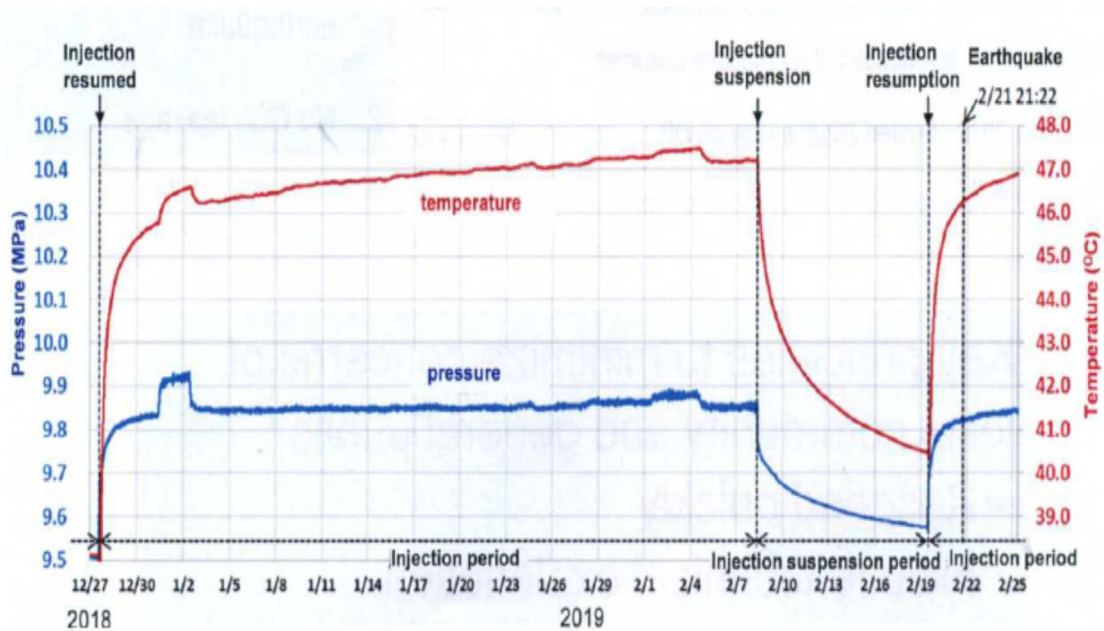


圖 3-16 北海道地震的最大餘震對於 Moebetsu 岩層的影響。

4. CO₂ 捕獲過程和所需能量

苫小牧 CCS 的 CO₂ 捕獲系統具有吸收塔、氣提塔以及低壓 flash 塔，其實體圖如圖 3-17，而其捕獲過程如圖 3-18，在低壓 flash 塔透過降壓的方式將 CO₂ 脫附，在氣提塔亦利用蒸氣的熱量將 CO₂ 脫附，於低壓 flash 塔中脫附完 CO₂ 的溶劑(semi-lean Amine) 大部分會回到吸收塔再吸收 CO₂，其餘小部分會到氣提塔，因此可減少氣提塔用以將 CO₂ 脫附的熱能。



圖 3-17 苫小牧 CCS 示範計畫的 CO₂ 捕獲系統

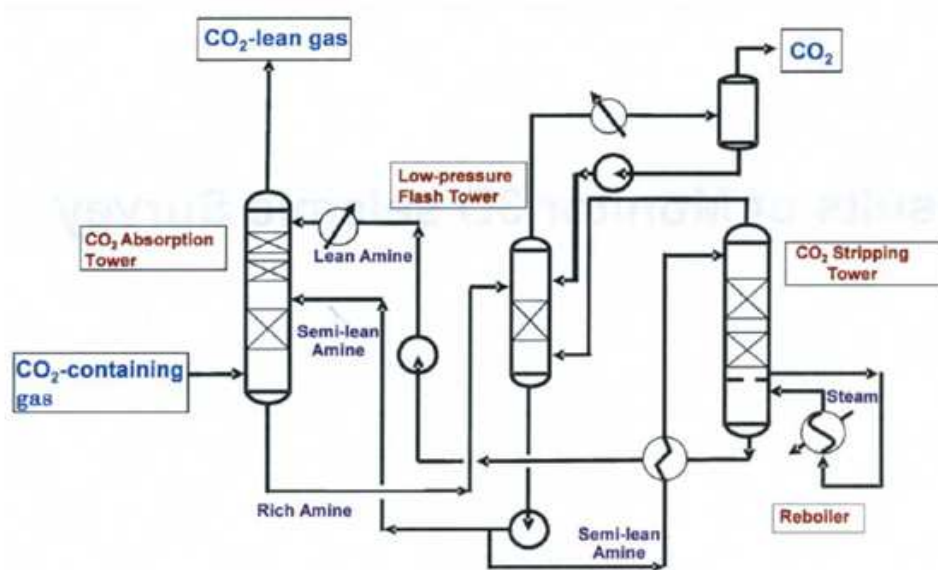


圖 3-18 CO₂ 捕獲過程。

而 CO₂ 回收率和 CO₂ 捕獲所需能量之關聯性如圖 3-19，其中 Case2 為維持 Case1 溶劑 semi-lean Amine 到吸收塔的流速，但降低 semi-lean Amine 和蒸氣到氣提塔的速率之案例，由結果得到 Case2 的 CO₂ 回收率降低至 94.8%，但同時捕獲 CO₂ 所需能量亦降至 1.09 (GJ/t- CO₂)。

	Case 1	Case 2	Remarks
CO ₂ recovery rate %	99.97	94.8	Loading Factor Case 1: 98%, Case 2: 100%
Reboiler duty (GJ/t-CO ₂)	0.88	0.81	
Heat energy (GJ/t-CO ₂)	0.98	0.90	Reboiler duty/steam boiler efficiency
Electric energy (GJ/t-CO ₂)	0.18	0.19	
CO ₂ capture energy (GJ/t-CO ₂)	1.16	1.09	Heat energy + Electric energy

圖 3-19 CO₂ 回收率和 CO₂ 捕獲所需能量之關聯性。

5. 推廣 CCS 技術

JCCS 公司透過多項活動進行 CCS 技術的宣傳來獲得大眾的認同(圖 3-20)，並於網路上進行資料的揭露(圖 3-21)。

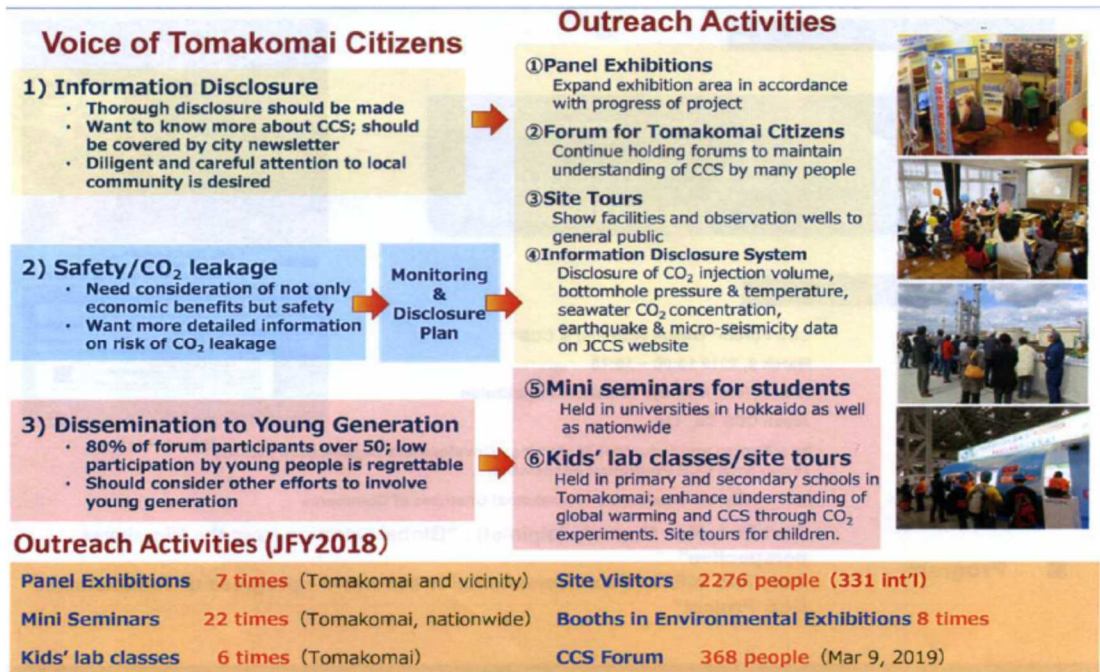


圖 3-20 JCCS 公司對於 CCS 技術的宣傳活動。

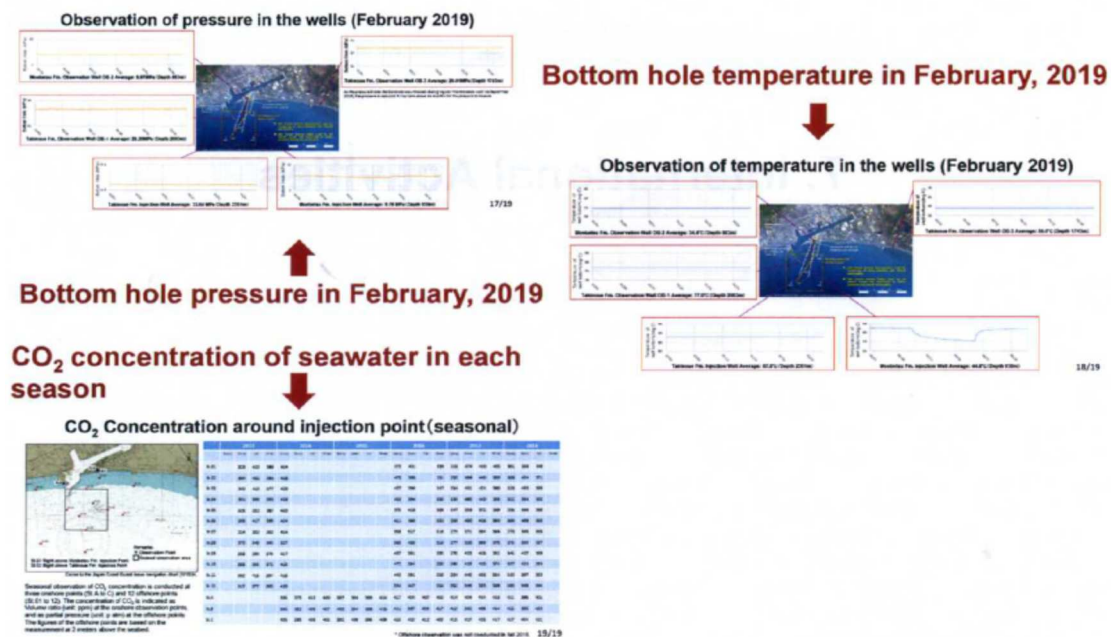


圖 3-21 網路上的資料揭露。

註：本節圖片摘自 JCCS 簡介資料

四、日本製鋼所室蘭製作所參訪

J-Power 於此第 4 次 CCDC 會議最後一天，安排參觀以製作大型鍛造/鑄造工件著稱的日本製鋼所室蘭製作所。

(一)日本製鋼所(JSW)簡介

JSW 由日本政府於 1907 年成立，是由北海道 Kosen Kisen 有限公司，英國 Armstrong Whitworth 公司和 Vickers 公司共同投資建立的企業，一開始是專注於軍事武器裝備之開發及生產，曾在第二次世界大戰期間製造了當時世界上最大的砲管，安裝在戰艦大和號上。第二次世界大戰結束後，才擴大至發電，化學工業，煉鋼和造船領域的業務上。

JSW 的總部位於日本東京，在日本擁有 3 家工廠，計為廣島製作所(以製作射出/擠壓成型工件著稱)、橫濱製作所(以製作精密機械工件著稱)及室蘭製作所(以製作大型鍛造/鑄造工件及覆層鋼板著稱)三座工廠，此次 J-Power 於會議最後一天安排參觀的是以製作大型鍛造/鑄造工件著稱的室蘭製作所。

(二)室蘭製作所地理位置

室蘭製作所是日本製鋼所的第一家鋼廠，於 1907 年在日本北海道室蘭市 Bokoi 海灘附近的填海土地上興建完成，面向室蘭港，如照片 4-1。室蘭製作所員工約 680 名，雖非日本製鋼所三家鋼廠中員工最多者(廣島製作所員工數最多)，但卻是占地面積最大者，約達 1,111 公頃，廠區布置如照片 4-2。



照片 4-1:室蘭製作所地理位置。

工場のレイアウト		Layout	
①正門	⑬任延工場	①Main Gate	⑬Rolling Shop
②本事務所	⑭クラウド鋼板工場	②Main Office	⑭Clad Plates Shop
③製鋼工場	⑮特機工場	③Steel mill	⑮Special Machinery Shop
④特殊溶解工場	⑯ブレード工場	④Special Melting Shop	⑯Blade Shop
⑤鍛造工場	⑰ファインクリスタル	⑤Forging Shop	⑰Fine Crystal Co., Ltd.
⑥鍛造工場	⑱室蘭研究所	⑥Foundry Shop	⑱Muroran Research Laboratory
⑦鍛造工場	⑲品質管理部事務所	⑦Casting Shop	⑲Quality Control Dept. Office
⑧熱処理工場	⑳増築棟	⑧Heat Treatment Shop	⑳Zuisenkaku (Guesthouse)
⑨機械工場	㉑鍛刀所	⑨Machining Shop	㉑Japanese Sword Smithy
⑩鉄構工場	㉒一号留宅	⑩Steel Structure Shop	㉒Ichigo Reception Hall



周辺図



- ①To Hakodate
- ②JR's Muroran Main Line
- ③Muroran Plant
- ④Hakuchō Bridge
- ⑤Muroran ⑥Boko
- ⑦Higashi Muroran
- ⑧To Sapporo
- ⑨Chikyu-Misaki Point

工場全景



照片 4-2:室蘭製作所廠區布置。

(三)室蘭製作所生産工件

室蘭製作所以提供大型鍛造和鑄鋼產品，覆層鋼板/鋼管，化工、石化行業和發電廠的壓力容器享譽全球。由於要生產大型鍛件/鑄件，因此廠內擁有許多超大型的機具，如熔煉鋼鐵用的 120 噸鹼性電弧爐(Basic Electric Arc Furnace)及 150 噸電渣重熔爐 (Electro Slag Re-melting Furnace)；鍛造鑄錠用的高壓液壓機 (3,000 噸及 8,000 噸各一座，14,000 噸兩座—水壓及油壓各一座)；鋼板滾軋用的 30,000 馬力反復式軋板機及 5,400 噸鋼板矯正機；12,000 噸之壓管成型機；加工用的機具共有 100 多台(如 300 噸深孔鏜床，250 噸高速開孔機，250 噸立式車床，350 噸立式車床，400 噸車床，120kw 臥式鏜銑床，雙殼銑床等等)。因為擁有如此多之超大型機具設備，其方可製造符合各種工業需求的超大型單體工件。其可生產的最大工件重量，發電廠之汽渦輪機轉軸可達 273 噸(大林更新改建計畫之汽渦輪機低壓段轉子(轉軸+葉片)重量約 61 噸；龍門計畫之汽渦輪機低壓段轉子重量約 126 噸)；核能電廠反應爐的 shell flange 可達 169 噸；石化業反應槽可達 1,450 噸；軋鋼軋機之工作輓可達 265 噸等。

室蘭製作所亦是目前世界上唯一可生產超過 600 噸大型鋼錠之鋼廠，最大達 670 噸 (照片 4-3)。另外，龍門一、二號機之反應爐亦是在室蘭製作所製造的。



照片 4-3:世界最大之 600 噸(左)及 670 噸(右)鋼錠

(四)室蘭製作所生產工件之製程

製程大致分三階段：

- 1、熔解精煉：將鐵料及添加劑放入電弧爐熔解，並在鋼包精煉爐（Ladle Refining Furnace, LRF）等中精煉，降低氫氣等氣體之含量、減少雜質和使化學成分均勻化，以獲得良好的內部質量。
- 2、澆注成型：將熔融精煉合格之原料澆注於鑄模或鋼錠模中，製得鑄件或錠塊。
- 3、熱處理及機械加工（鍛件先經液壓機鍛造成所需的形狀和細化鋼錠內部的晶粒尺寸；鋼板件先經壓延成型）：熱處理是利用感應加熱爐進行優質熱處理以防止毛細裂縫、改善材料的冶金結構、消除應力等，以獲得適當的機械性能和精細結構。機械加工則是利用各式機具將工件作切割、車削、精整並銲接組立成成品。
- 4、製造流程示意圖如圖 4-1 所示。

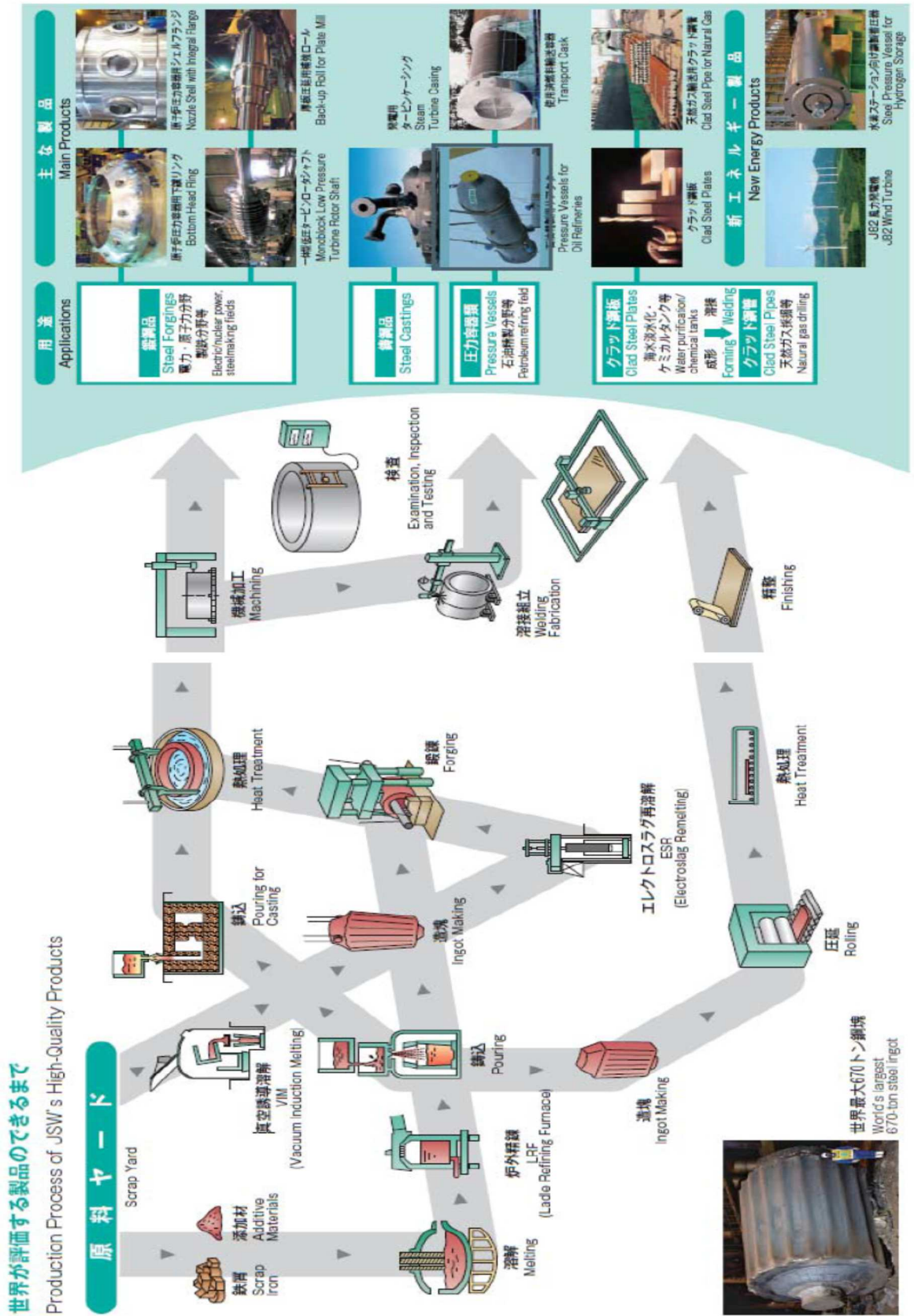


圖 4-1 製造流程示意圖

(五)室蘭製作所生產之轉子鍛件用於發電廠實績：

前面已介紹過，室蘭製作所可生產發電廠的最大汽渦輪機轉軸可達 273 噸；可生產之大型鋼錠最大達 670 噸。其自 1952 年至 2018 年間製作的汽渦輪機及發電機轉軸數量達 7,315 支，以 2008 年達最高峰之 308 支(詳如表 4-1)；而其用以生產大型鍛造轉子之機械設備及技術與該時電廠最大容量之關係圖，詳如表 4-2 所示。

另外，龍門一、二號機之反應爐亦是在室蘭製作所製造的。

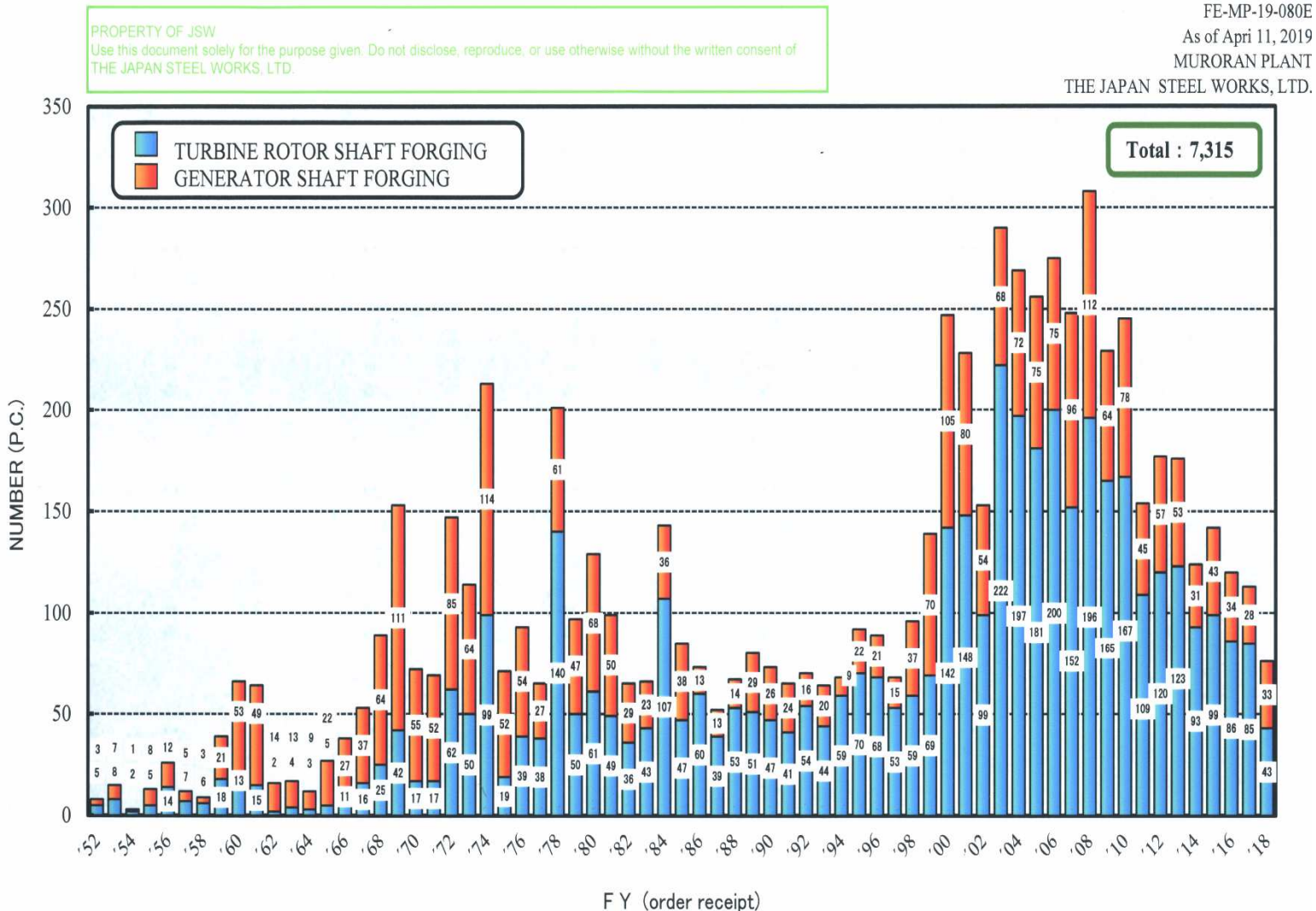


表 4-1: MANUFACTURING EXPERIENCE OF TURBINE AND GENERATOR ROTOR SHAFT FORGING IN JSW

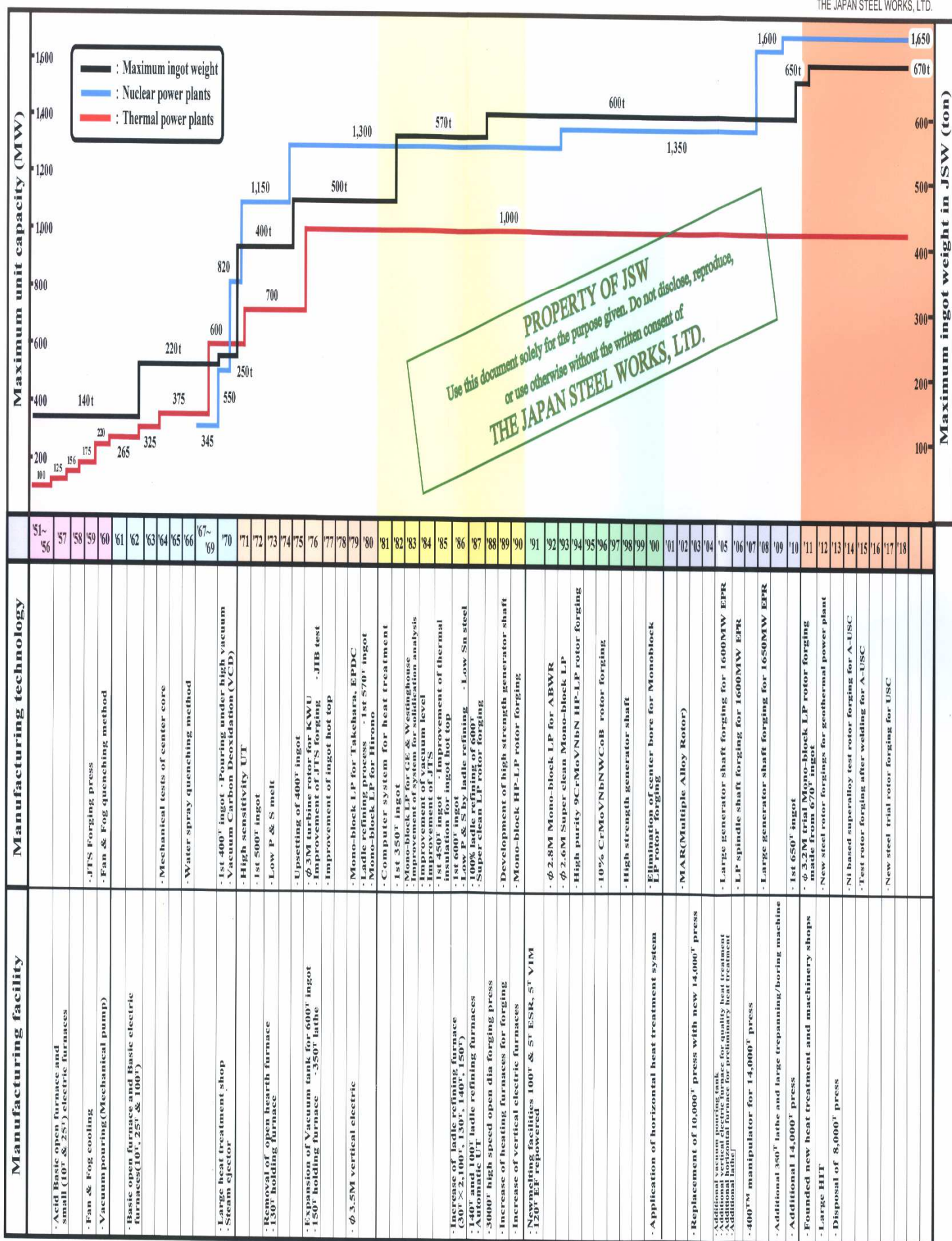


表 4-2: TRANSITION OF MAXIMUM UNIT CAPACITY OF POWER PLANTS, MANUFACTURING FACILITY AND TECHNOLOGY FOR LARGE ROTOR FORGINGS IN JSW

(六) 新能源研發－風力發電機

為了有效地利用可再生能源，室蘭製作所使用自有的技術，於 1997 年開始設計和製造風力發電系統，包含塔身、葉片和發電機的所有元件，以提供最適合日本氣候條件之風力渦輪機系統和客戶需求的風力發電系統，可提供高效可靠的發電，維護成本低，噪音低並已在日本的各個地方建立。



其使用永磁發電機和無齒輪渦輪機使風力發電高效可靠；由於不需要升壓齒輪或主軸，因此維護簡單，大大節省了維護成本；使用完整的 AC-DC-AC 轉換器可最大限度地減少對電網的影響，使該技術成為諸如偏遠島嶼等區域具有脆弱電力系統的理想選擇。

(七) 結語

室蘭製作所自 1907 年創立至今已有近 112 年之歷史，其設備之建置、製造技術及經驗的累積，再加上研發創新，都是長期持續精進，一點一滴聚積才達到今天的成就與規模，絕非一蹴可及，此堅持專業實事求是的精神與態度，值得我們學習與效法。

室蘭製作所藉由超過百年的發展而達今天之規模，全球可堪之比擬者已寥寥可數，但也因其規模龐大，要維持運作之費用亦很高，其已遭臨訂單日漸減少之壓力。由前面表一亦可看出，其製作汽渦輪機及發電機轉軸數量自 2013 年起又降至每年 150 支以下，2018 年不及百支，須再積極爭取訂單，否則以龐大資金設置之大型機具將會有愈來愈多必須閒置，影響公司盈餘。由此可見，要維持此類超大型工廠需付出多少努力及費用。

註：本節圖片摘自室蘭製作所簡介資料

肆、心得與建議

- 一、近年來因為民眾關注空氣汙染、PM2.5 等議題，燃煤機組成為焦點，並在去年底(107.11.24)的公投通過第 7 案“以「平均每年至少降低 1%」之方式逐年降低火力發電廠發電量”及第 8 案“確立「停止新建、擴建任何燃煤發電廠或發電機組(包括深澳電廠擴建)」之能源政策”，更加重了未來燃煤發電計畫推動的困難度。

位在日本東京都會區的磯子電廠，是東京灣內惟一的燃煤發電機組。正好可以作為本公司學習的對象。磯子電廠與橫濱市建立良好關係，簽署了日本首項防止公害協定，在規劃辦理更新改建亦配合「橫濱 21 世紀願景規劃」，特別重視污染防治設備減排空污，脫硫裝置採用活性碳吸附法，在參訪當時 SO_x 排放濃度甚至低於 0.1ppm，此種脫硫方式投資成本高，但考慮環境保護整體效益後決定採用。

在景觀規劃上以融入周邊環境為色彩計畫原則，為了擴散效果煙囪高度達 200m，但運用巧思以扁平外觀，降低存在感，保全三溪園內的景觀。

磯子電廠對於地方政府及周遭區域長期保持良好關係，了解對方的需求，在規劃更新改建時納入考量，本公司辦理電廠更新改建亦當蒐集地方政府及民眾之意見，並適當的反應在規劃設計中，以爭取認同創造雙贏。

- 二、考量台中發電廠目前在減煤減排聲浪下，為延續電廠能永續營運利益民生，並同時符合台中市政府及社會大眾期待，推動朝生質能燃料混燒方向來規劃有其必要性，日本松浦電廠在混燒木質顆粒部分具實績與經驗，建議可安排參訪並進一步就相關配套之技術問題相互交流研討。
- 三、能源政策規劃於 2025 年燃煤發電比例仍占 30%，是重要的基載電源，IGCC 是當今國際公認最潔淨的煤炭發電方式，不僅可提

高電廠的熱效率，亦可以減少污染性氣體與二氧化碳的排放。日本 J-Power 的大崎氧吹式 IGCC 示範廠(166MW)，歷經兩年近 7,000 小時運轉，證明其效率、排放、可靠度及運轉彈性皆達到設計要求，惟其煤炭氣化產生之灰熔渣(每天燃用 1180 噸煤炭，產生約 24 噸熔渣)去化，目前都外運，無法再利用。本公司將來若可興建 IGCC 電廠，此部分需有妥善處理方式，俾免再遭遇類似無灰塘可棄置煤灰之問題。將來新建之燃煤機組可將此選項列入考量。

四、無碳氨氣混燒燃煤是新的減碳技術，在製造氨的過程中回收製程所產生的 CO₂，無碳氨氣與煤碳混燒減少煤碳量而達到減碳效果，電廠部分需增加氨氣接收、儲存及供應設施，增修相關設備，目前仍屬實驗階段尚未使用於大型機組，可繼續觀察其發展情況評估導入。

五、JCCS 公司所從事的 CCS 技術示範計畫是由日本政府主導贊助而啟動，顯見日本政府對於 CCS 技術的重視，台灣與日本同屬能源進口國，並以火力發電為大宗，如何進行二氧化碳的減排是一個很重要議題，JCCS 的建廠與運轉經驗可作為台電公司的參考。

二氧化碳的封存是否會誘發地震為大眾相當關切的問題，國內雖過去幾年起開始發展 CCS 技術，亦在彰濱場址進行相關地質調查和鑽勘，但受到民眾抗議而窒礙難行，JCCS 公司以實際的實驗進行驗證與釐清，並透過資料的揭露、研討會和訓練營，讓更多民眾了解 CCS 技術是安全且可靠的，有助於日本未來 CCS 技術的推廣。

苫小牧 CCS 示範場的人力配置經詢問有技術工 20 人、職員 18 人，並採 12 小時 2 班制進行運作，另有數十人從事國際間推廣活動，要發展該技術實屬不易，因其涉及環差、碳權等法規面和技術面的困難，並須面臨民眾的抗議聲浪，建議公司如欲積極發展該技術除須配置適當的技術人材外，亦須招募法律和行

銷人材，並爭取政府的支持作為後盾。

- 六、 本次會議行程安排相當緊湊，相對的壓縮了進一步交流討論的時間，例如 J-Power 大崎示範廠接續 IGCC 後進行的 IGCC with CO₂ Capture 及 IGFC with CO₂ Capture 試驗計畫，還有為降低 CO₂ 排放強度之燃煤電廠 CO₂ free ammonia 混燒技術研究等，都是與會人員深感興趣卻礙於時間限制難以獲取較進一步資訊者。建議公司對相關需進一步瞭解研究之議題，可指定權責單位做進一步之交流，以利因應日趨嚴峻之環保議題。
- 七、 本次為 CCDC 第 4 次會議，本公司與 J-POWER 公司已建立聯絡管道及良好互動關係，並藉由交流了解日本淨煤技術發展進度及趨勢，故建議此 CCDC 交流會議仍應持續辦理，以吸取 J-Power 研發專長及經驗，供公司未來規劃參考。