

日本電力部門溫室氣體減量策略及

對我國電力規劃啟示

台灣綜合研究院研一所

【摘要】

為減緩全球氣候變遷，甫於 2016 年生效的巴黎協定(Paris Agreement)明確訂定全球挑戰的氣候目標，控制全球平均溫升低於 2°C，努力控制溫升在 1.5°C 以內。日本為因應溫室氣體減量，在 2015 年提出「地球溫暖化對策計畫」，設定 2030 年度之中期目標為碳排放較 2013 年度減量 26%，及 2050 年減量 80%的長期目標，訂定電力部門提升火力電廠效率、擴大再生能源使用等減量策略並推動成立「電氣事業低碳社會協議會」，致力電力產業自主性減量。

另一方面，日本能資源缺乏下，將核能、煤碳視為重要基載電源，然而，由於日本民眾對於逐步重啟核電站充滿擔憂，因此電力事業更多地選擇擴大燃煤電廠及燃氣電廠，為確定環境影響評估程序的審查範圍，日本環境省與產業經濟省於 2013 年 4 月達成共識，以符合最佳可行效率及符合長期減量目標為範圍，至此，日本電力業大量推動燃煤及燃氣機組興建安。據日本環境省推估，以目前燃煤電廠擴建數量，已超過 2030 年燃煤電廠目標排放量 7,000 萬噸，而栗山、田村(2016)估算即使燃煤電廠容量因數降低至 56% 以下，燃氣電廠容量因數降至 43% 以下，2050 年火力電廠排放依然超標，形成氣候風險，如果以強制性提前除役、再降低容量因數，將導致已商轉的火力電廠成為無法回收投資成本的「擱淺資產」(stranded assets)，代價將會由所有電力用戶分擔。

我國電源結構問題與日本高度相似，能源高度仰賴進口，發電結構高度仰賴化石能源，以日本為鑑，面對「溫室氣體減量與管理法」所訂 2050 年溫室氣體排放量降至 2005 年以下目標，我國在規劃大林擴建更新等燃煤電廠興建安，以及大潭擴建安等燃氣擴建安，應審慎嚴格的 CO₂ 排放限制，造成強制火力電廠降低容量因數或提早除役的「擱淺資產」(stranded assets)風險。並建議政府在政策面上宣示積極

推動碳捕集與封存(CCS)發展方向，以提高我國長期火力電廠減量能力。

關鍵字：二氧化碳排放(Carbon dioxide Emission)；化石火力電廠(Fossil fuel power plant)；擱淺資產(Stranded Assets)

壹、前言

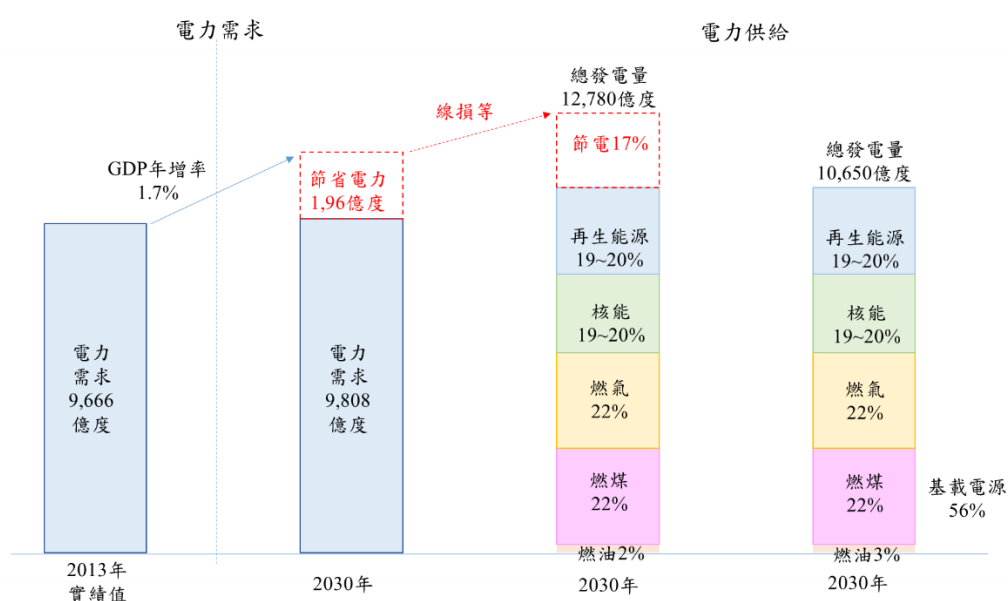
為減緩全球氣候變遷，甫於 2016 年生效的巴黎協定(Paris Agreement)明確訂定全球挑戰的氣候目標，控制全球平均溫升低於 2°C，努力控制溫升在 1.5°C 以內。日本為因應溫室氣體減量，在 2015 年提出「地球溫暖化對策計畫」，設定 2030 年度之中期目標為碳排放較 2013 年度減量 26%，及 2050 年減量 80% 的長期目標。另一方面，日本能資源缺乏下，將核能、煤碳視為重要基載電源，然而，由於日本民眾對於逐步重啟核電站充滿擔憂，因此電力事業更多地選擇擴大燃煤電廠及燃氣電廠，造成長期氣候風險及擱淺資產(Stranded Assets)風險。有鑑於此，本文將日本電力部門溫室氣體減量政策背景與現況、電力產業推動自主性減量作為，並分析日本新建火力電廠氣候風險，俾作為研提我國電力部門溫室氣體減量策略及作法之參酌基礎。

貳、日本電力部門溫室氣體減量政策背景與現況

在 2011 年福島核災之前，日本環境省考量燃煤電廠會大量增加碳排放進而產生環境衝擊，對所有燃煤電廠興建案環境影響評估提出否決意見，因此，新燃煤發電興建案難以推動。然而，2011 年福島核災迫使日本關閉核電廠進入零核狀態，重啟核能發電的時程漫長，也因為核電廠關閉，造成日本首都圈面臨嚴重的電力短缺問題，迫使東京電力公司(TEPCO)不得不招標 2.6GW 的基載電力，而且福島核災之龐大賠償金以及燃料成本大增，均使東京電力公司開始考慮擴大燃煤發電。對此，日本環境省十分擔憂二氧化碳排放問題及環境衝擊，日本經濟產業省則擔憂電源供給穩定問題，故 2013 年 4 月日本環境省與經濟產業省聯合設置「東京電力火力電源招標案之相關局長級會議」，討論確保電力穩定供給、減少燃料成本並保護環境的可行方式，達成新建燃煤電廠環境影響評估審查範圍的共識，如果燃煤電廠在符合最佳可行技術及排放量符合政府所訂之電力部門 2030 年排放上限等二項條件下，日本環境省則不再提出否決意見。該共識也在獲得 2013 年 4 月「降低燃料成本相關部長級會議」(內閣官房、外務省、經濟產業省、環境省)獲得確認。基此，日本經濟產業省 2014 年公布

火力電廠最佳可行技術，要求不同燃料類型(煤和天然氣)發電廠效率標準，如 1,000MW 燃煤電廠熱效率必須達到 45%(LHV¹-gross)。

2014 年日本政府公布新版的「能源基本計畫」，在安全(Safety)的前提下，確保能源的穩定供應(Energy Security)，實現最低的經濟負擔(Economic Efficiency)，及提高環保要求(Environment)，將核能、煤炭視為重要基載電源，2015 年進一步公布長期能源供需展望，規劃 2030 年發電結構為核電 22%、煤炭 26%、液化天然氣 27%、石油 3%、其他再生能源 22%，如圖 1 所示。



資料來源：日本產業經濟省資源能源廳(2015)，長期エネルギー需給見通し関連資料。

圖1、日本2030年能源供需規劃

2016 年 5 月日本政府公布「地球溫暖化對策計畫」，揭示全國和各部門的溫室氣體減量目標，以及各部門因應對策。其中，設定 2030 年度之中期目標為碳排放較 2013 年度減量 26%，其中能源部門二氧化碳排放由 2013 年之 12.35 億噸減少至 2030 年之 9.27 億噸，減量約 3 億噸，而有關電力部門二氧化碳排放由 2013 年 5.48 億噸減少至 2030 年二氧化碳排放 1.9 億噸，如圖 2 所示。

¹ LHV 稱低熱值或低位發熱量(lower heating value)



資料來源：日本環境省地球環境局(2017)，電氣事業分野の地球温暖化対策について

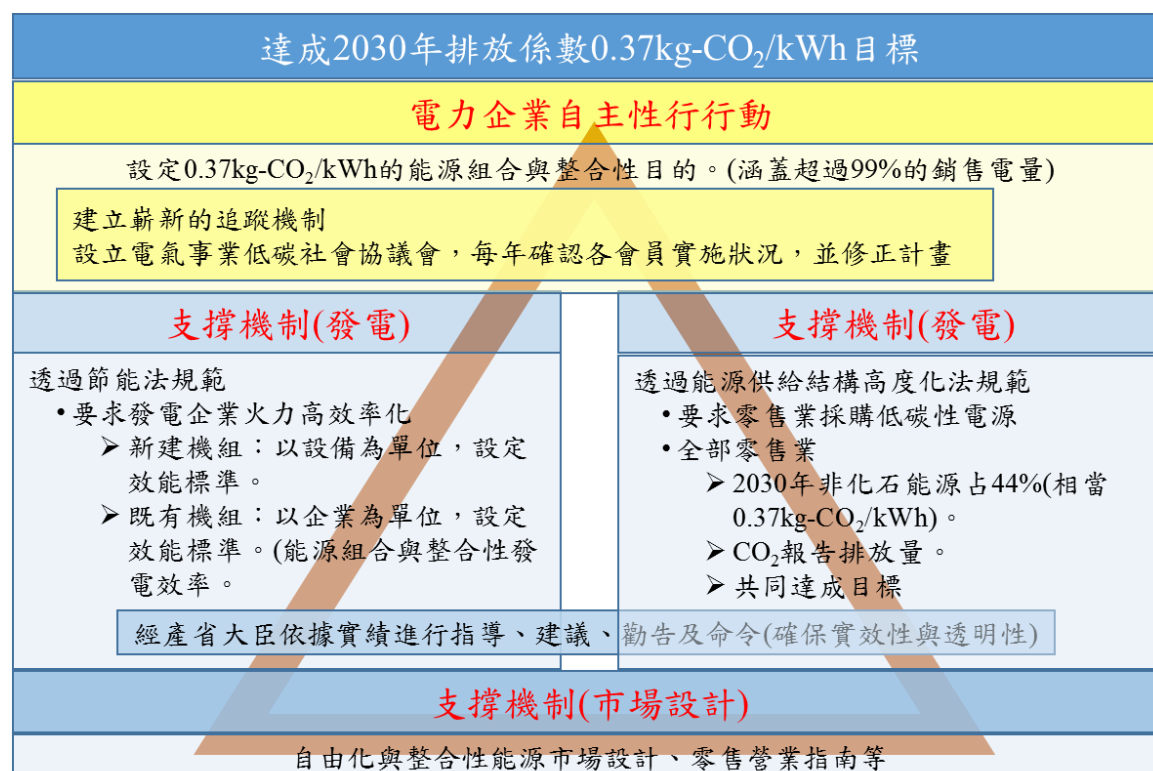
圖2、日本2030年能源部門減量目標

其中，能源轉換部門重要減量策略如下：

- 推動產業界自主行動：落實「低碳社會實行計畫」。
- 最大程度導入再生能源：固定價格躉購制度(FIT)的適當運用與修正、建構擴大導入和長期穩定的發電事業環境、再生能源熱利用(上下水道對策、廢棄物回收利用)、最大程度使用地區內再生能源的電力與熱能以及未利用熱。
- 降低電力部門電力排放係數：火力發電高效率化(電力業推動低碳化、導入最先進火力發電技術)、使用碳捕集與封存(CCS)技術、確認安全性後使用核能發電、導入再生能源，目標於 2030 年度將整體電力業者的電力排放係數降至 0.37kg-CO₂/kWh。
- 推動石油製品製造業省能源策略：石油煉製業者的積極行動(熱能有效利用、導入高效率設備、動力源運轉改善、製程大規模優化等)。

由於日本民眾對於逐步重啟核電站充滿擔憂，因此許多的電力業選擇擴大使用高效低排放燃煤電廠，面對燃煤新建項目的數量日益增多，「地球溫暖化對策計畫」在電力部門重要減量策略執行作法上，以目標 2030 年度整體電力排放係數 0.37kg-CO₂/kWh 為目標，推動電力業自組行動，並透過「節能法(省工ネ法)」要求電廠的能源效能標準必須與 2030 年國家能源目標一致，以及「能源供給結構高度化法(簡

稱高度化法)」要求售電業商必須採購一定比例的非化石能源，以確保在電力自由化下電力行業落實減量策略成效，如圖 3 所示。



資料來源：日本產業經濟省資源能源廳(2016)，关于火力发电相关技术路线图。

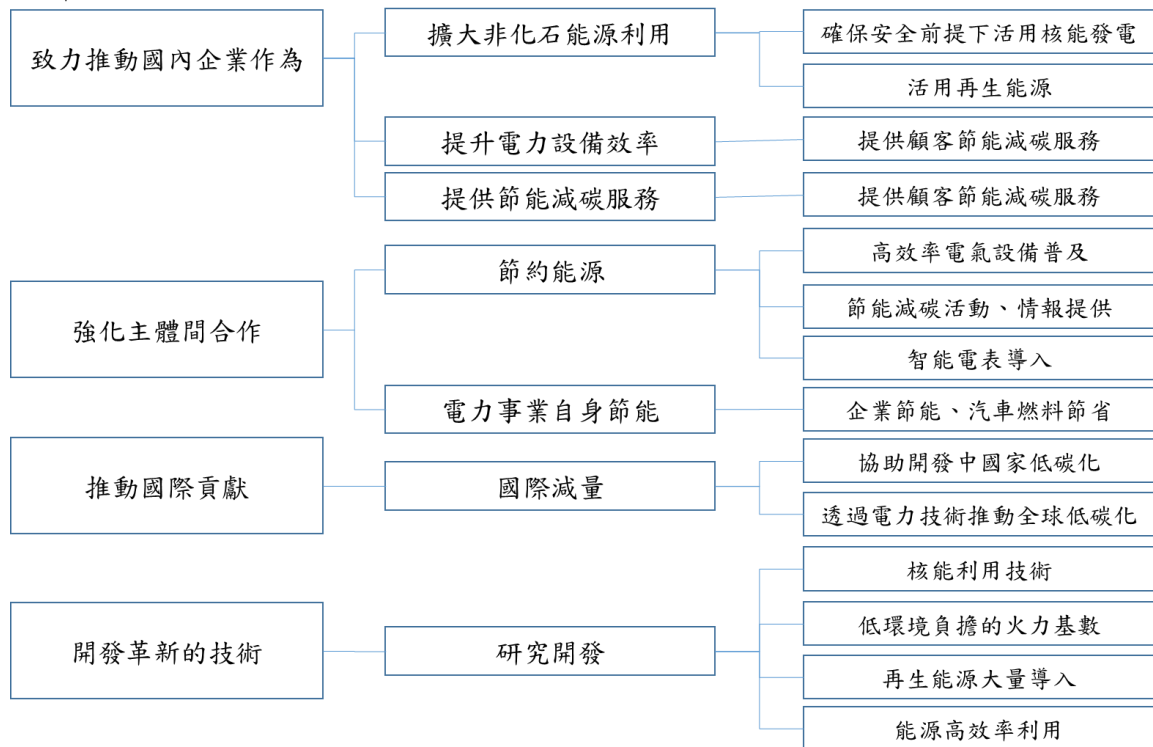
圖3、日本電力部門地球溫暖化對策

參、電力產業自願性減量

日本電力業界於 2015 年 7 月制定低碳社會實行計畫，訂定達成 2030 年度每度銷售電力 CO₂ 排放量為 0.37 克之自主目標。為達此目標，日本東京電力公司等大型電力業者與新電力各公司於 2016 年 2 月 8 日宣佈成立「電氣事業低碳社會協議會(The Electric Power Council for a Low Carbon Society, ELCS)」簡稱協議會，訂定 2030 年度每度電 CO₂ 排放量較 2013 年度減少 35% 的自主目標，包括東京電力、關西電力、J-POWER 等 10 家電力公司，以及東京瓦斯、大阪瓦斯、JX 能源等新設電力公司 24 家²，共計占日本銷售電量 99% 以上。該協議會會員每年度將制定、實施、評估削減計畫並檢視實施狀況，由協議會彙整各會員推行狀況，向經濟團體連合會及經濟產業省報告

² 係指 2016 年售電業自由化後成立的新電力公司

或公布。因日本電力業界之碳排量僅占日本能源相關產業之四成，因此，電力業以積極與日本政府合作推動自願減量態度，以促使日本政府同意對電力業新設燃煤火力發電廠。協議會低碳社會實行計畫如圖4所示。



資料來源：電氣事業低碳社會協議會(2017)，電氣事業における地球温暖化対策の取組み。

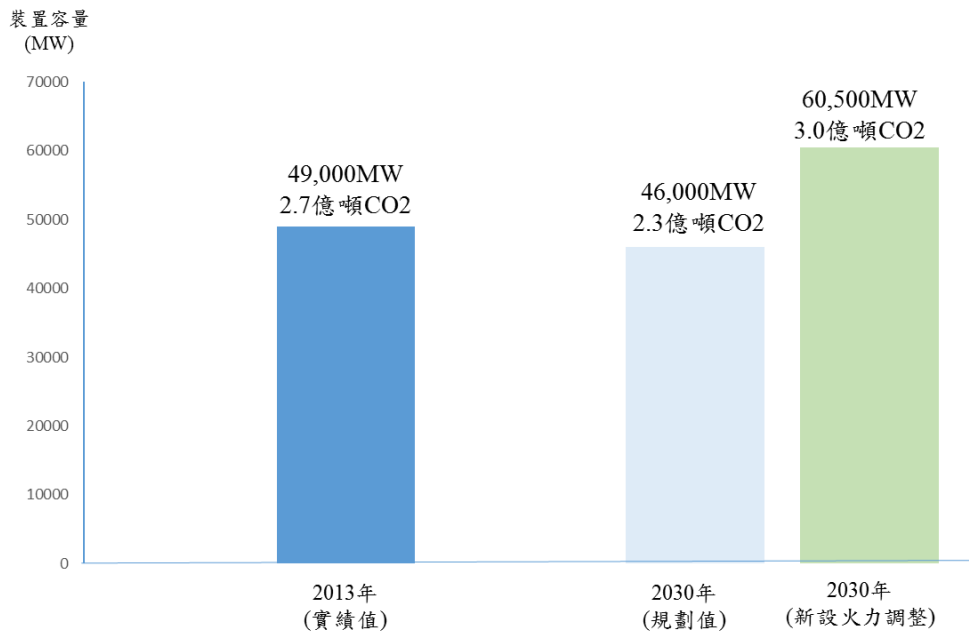
圖4、電氣事業低碳社會協議會之低碳社會實行計畫

肆、日本新建火力機組氣候風險

日本推動大量興建燃煤火力電廠及燃氣火力電廠興建案，依據日本產業經濟省(2016)資料，估計 2013 年後新設燃煤電廠將超過 17,750MW，包括超超臨界(USC)機組 15,000MW、IGCC³機組 1,250MW 及小規模燃煤機組 1,500MW。新設燃氣機組超過 29,000MW，全數為高效率複循環機組，所有興建案均符合日本產業經濟省提出之最佳可行技術要求。另依日本環境省(2017)資料，自 2014 年起從環境影響評估的早期階段到建設期的 16 個燃煤電廠興建案及 14 個燃氣電廠興建案，詳見附表 1、附表 2 所示。

³ IGCC 為整體煤氣化聯合循環發電系統(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)，此系統是將煤氣化技術及高效能的聯合循環相結合的動力系統。優點是有高發電效率、極好的環保性能，是一種有發展前景的潔淨煤發電技術。

依據日本環境省(2017)估計，燃煤電廠 2013 年實際排放量約 2.7 億噸，2015 年產業經濟省所規劃之 2030 年長期能源供需規劃為 2030 年燃煤火力規劃碳排量約 2.3 億噸。然而，在所有火力電廠興建計畫全部執行，既有老舊燃煤火力運轉年限為 45 年以下(容量因素 70%)的假設下，預估 CO₂ 排放量為 3 億噸，恐超出 2030 年減量目標約 7,000 萬噸，如圖 5 所示。



資料來源：日本環境省地球環境局(2017)，電氣事業分野の地球温暖化対策について。

註：1.2013年實績值：能源統計推估。

2.2030年(規劃值)：假設能源結構中燃煤發電量2,810億度(容量因數70%)。

3.2030年(新設火力調整)：假設新設燃煤發電全部納入(約20,500MW)，超過45年燃煤火力機組除役(約8,000MW)(容量因數70%)。

圖5、日本2030年燃煤發電溫室氣體排放目標

另依據栗山、田村(2016)估算，在已知的新設燃煤、燃氣火力商轉，既有老舊機組運轉 40 年即除役(較環境省預估提早 5 年)，2030 年燃煤火力裝置容量達 56,000MW、燃氣火力裝置容量達 76,000MW，要達到日本長期能源需給規劃案所訂的 2030 年碳排量目標值以下，需調降燃煤火力平均容量因數至 56% 以下，若要低於環保署預估之容量因數 70%，燃氣火力平均容量因數要降至 43% 以下。倘依此條件繼續估算至 2050 年排放量，預估 2050 年燃煤電廠約排放 1.04 億噸 CO₂、燃氣電廠排放 0.55 億噸 CO₂，相當於 2050 年 80% 減排量目標上限的 59%~64%，顯示電力部門仍需大幅降低排放量。

其可行的方式是加速 CCS 技術的研發應用，以達成 2030 年 CCS 商業化與 2050 年所有燃煤電廠導入 CCS 設施，目前即使日本已推動苫小牧 CCS 示範試驗(苫小牧 CCS 實証試驗)，然而相對投入 CCS 的資金仍遠低投入再生能源之資金，導入 CCS 所需要的相關政策、法規及推動環境建置緩慢，需要日本政府在各個層面大力推動，才能確保 CCS 技術至 2050 年能夠實際發揮減量潛力，否則將產生嚴重的減量缺口。然依據目前電力事業推動的自主性減量策略無法因應如此龐大的缺口，需要再透過降低容量因數或提早除役等方式來減量，但這種降低火力電廠的策略將使電力事業無法回收投資成本，電力事業將不會考慮這種運轉年限短、容量因數低的電廠投資，因此，透過電力事業自主調整之策略將會十分困難，需考慮以法規方式進行強制性的電廠降低容量因數或提早除役，此舉將導致已商轉的火力電廠成為無法回收投資成本的「擱淺資產」(stranded assets)，也將會導致電價上漲的連鎖反應，代價將會由所有電力用戶共同分擔。這也顯示地球溫暖化對策將會是未來電力規劃上不得不考慮的重要條件。

伍、對我國的啟示

我國電源結構問題與日本非常相似，能源高度仰賴進口且發電結構高度仰賴化石能源，即使推動非核家園、積極擴大再生能源使用，未來 2025 年電力結構占比以再生能源 20%、天然氣 50%、燃煤 30% 為目標，總化石能源占比仍達 80%。倘進一步面對「溫室氣體減量與管理法」所訂之 2050 年目標溫室氣體排放量降至 2005 年 50% 以下，我國 2017 年將商轉的林口、大林電廠與未來將推動的深澳電廠、大林擴建、台中電廠更新等燃煤電廠興建案，以及大潭、通霄電廠擴建案等燃氣擴建案，都將面臨嚴格的 CO₂ 排放限制，可能有強制火力電廠降低容量因數或提早除役的「擱淺資產」(stranded assets)風險。

另外，碳捕集與封存技術為目前已知可行的大規模降低火力電廠排放技術，我國雖已有逐步推動計畫，但並未獲得應當的重視。建議政府在政策面上宣示積極推動 CCS 發展方向，並加強法律和監管發展、推廣 CCS 教育和宣導，以做為我國 CCS 技術發展應用的基礎，以因應 2050 年溫室氣體減量目標的火力電廠溫室氣體減量缺口。

陸、参考資料

1. 中山壽美江(2016)，日本和世界的燃煤發電，p25-29，基石雜誌 2016 年第 4 期。
2. 日本産業經濟省資源能源廳(2014)，BAT の参考表【平成 26 年 4 月時点】
3. 日本産業經濟省資源能源廳(2016)，火力發電の高効率化に向けた発電効率の基準等について。
4. 日本産業經濟省資源能源廳(2016)，关于火力发电相关技术路线图。
5. 日本環境省地球環境局(2017)，電気事業分野における地球温暖化対策の進捗状況の評価の結果について。
6. 日本環境省地球環境局(2017)，電気事業分野の地球温暖化対策について。
7. 日本閣議決定(2016)，地球温暖化対策計画。
8. 栗山昭久、田村堅太郎(2016)，電力部門における温暖化対策の現状と課題-石炭火力及びガス火力発電に対するポリシーミックスの実効性に関する考察，IGES Working Paper。
9. 電気事業低炭社會協議會(2017)，電気事業における地球温暖化対策の取組み。

柒、附件

附表 1、日本從環境影響評估的早期階段到建設期的燃煤機組興建築案

事業名	事業者	所在地	裝置容量
竹原火力發電所新1號機設備更新計畫	電源開發(株)	広島県竹原市	600MW<更新>
鹿島火力發電所2號機建設計畫	鹿島パワー(株)	茨城県鹿嶋市	645MW <新設>(一部東電へ売電)
常陸那珂共同火力發電所1號機建設計畫	(株)常陸那珂ジェネレーション	茨城県東海村	650MW <新設>(一部東電へ売電)
福島復興大型石炭ガス化複合発電設備実証計畫(勿來)	勿來IGCCパワー合同會社	福島県いわき市	540MW<新設>
福島復興大型石炭ガス化複合発電設備実証計畫(広野)	広野IGCCパワー合同會社	福島県広野町	540MW <新設>
武豊火力發電所リブレース計畫	中部電力(株)	愛知県武豊町	1070MW<更新>(石油1125MW除役)
高砂火力發電所新1、2號機設備更新計畫	電源開發(株)	兵庫県高砂市	石炭1200MW<更新>(石炭500MW除役)
神戸製鉄所火力發電所(仮稱)設置計畫	(株)神戸製鋼所	兵庫県神戸市	約1300MW<新設>(関電へ売電)
西沖の山發電所(仮稱)新設計畫	山口宇部パワー(株)	山口県宇部市	1200MW<新設>
(仮稱)千葉袖ヶ浦火力發電所1、2號機建設計畫	(株)千葉袖ヶ浦エナジー	千葉県袖ヶ浦市	2000MW<新設>
市原火力發電所建設計畫	市原火力發電合同會社	千葉県市原市	約1000MW<新設>(一部東電へ売電)
秋田港火力發電所(仮稱)建設計畫	丸紅(株)(株)関電エネルギーソリューション	秋田県秋田市	約1300MW <新設>
西條發電所1號機リブレース計畫	四國電力(株)	愛媛県西條市	500MW <更新>(石炭165MW除役)
(仮稱)横須賀火力發電所新1、2號機建設計畫	(株)JERA	神奈川県横須賀市	約1300MW <更新>(石油等2244MW除役)
三隅發電所2號機建設変更計畫	中國電力(株)	島根県浜田市	1000MW <増設>
(仮稱)蘇我火力發電所建設計畫	中國電力(株)JFEスチール(株)	千葉県千葉市	1070MW <新設>

資料來源：日本環境省地球環境局(2017)，電気事業分野の地球温暖化対策について。

附表 2、日本從環境影響評估的早期階段到建設期的燃氣機組興建安

事業名	事業者	所在地	裝置容量
富山新港火力發電所石炭 1 號機リプレース計畫	北陸電力(株)	富山県射水市	天然氣 424.7W<更新>(石炭 500MW 除役)
石狩灣新港發電所建設計畫	北海道電力(株)	北海道小樽市	天然氣 1708.2MW<新設>
三菱日立パワーシステムズ高砂工場実証設備複合サイクル發電所更新計畫	三菱日立パワーシステムズ(株)	兵庫県高砂市	都市瓦斯 518MW<更新>(都市瓦斯 389MW 除役)
新居浜北火力發電所建設計畫	住友共同電力(株)	愛媛県新居浜市	天然氣 150MW<新設>
真岡發電所建設計畫	(株)コベルコパワー真岡	栃木県真岡市	都市瓦斯 1248MW<新設>
JFE 扇島火力發電所更新計畫	JFE スチール(株)	神奈川県川崎市	副生氣 190MW<更新>(副生氣 135MW 除役)
相馬港天然氣發電所(仮稱)設置計畫	福島ガス発電(株)	福島県新地町	天然氣約 1180MW<新設>
五井火力發電所更新計畫	(株)JERA	千葉県市原市	天然氣 2340MW(天然氣 1886MW 除役)
ひびき天然氣發電所(仮稱)設置計畫	西部ガス(株)	福岡県北九州市	天然氣 1600MW<新設>
清水天然氣發電所(仮稱)建設計畫	東燃ゼネラル石油(株)	静岡県静岡市	天然氣約 1700MW<新設>
川崎天然氣發電所 3、4 號機増設計畫	川崎天然氣發電(株)	神奈川県川崎市	天然氣約 1300MW<増設>
福山共同發電所(仮稱)更新計畫	瀬戸内共同火力(株)	広島県福山市	副生氣約 230MW<更新>(副生氣 75MW 及び重油 156MW 除役)
姫路天然氣發電所(仮稱)新設計畫	姫路天然氣發電(株)	兵庫県姫路市	天然氣約 1800MW<新設>
姉崎火力發電所 1~3 號機建設計畫	(株)JERA	千葉県市原市	天然氣約 1950MW<更新>(天然氣 2400MW 除役)

資料來源：日本環境省地球環境局(2017)，電氣事業分野の地球温暖化対策について。