

關鍵議題評析：

## 日本燃煤電廠退役情勢觀測

—如何補足 100 家燃煤電廠退役後之電力缺口仍待觀察

王穎達、朱皓菱、林韋廷、林綉娟、劉家豪

### 摘要

日本於 2018 年 7 月通過「第 5 次能源基本計畫」，宣布 2030 年電源結構中火力發電占比要自 2017 年的 87.4% 降至 56%，且日本也同時提出 2030 年要達成較 2005 年減少溫室氣體排放 25.4% 的目標。

日本於 2020 年 7 月由經產省對外公開宣布將逐漸關閉或暫停 100 座低效燃煤電廠。日本非營利組織氣候網絡（氣候ネットワーク）指出，目前關閉非高效 100 部機組的部份，預期可減少 2018 年溫室氣體 5.2~9.8%，惟日本未來規畫 2030 年仍約有最高 22% 的電力會由核能供應，若核能重啟計畫在近年內發展停滯或遲緩，有可能日本會新增更多火力發電機組來供應核能未能重啟之缺口。

關鍵字：日本、燃煤電廠退役、第五次能源基本計畫

## 一、前言

日本國土面積 377,974 平方公里，約為我國的 10.4 倍；2016 年人口約 1.27 億人，為我國的 5.3 倍。日本自 2011 年發生東北大地震後，由於核電機組陸續停機安檢，遂以提高火力發電占比來彌平電力供給缺口（2010 年火力發電共約占 81.2%）。根據日本經產省發布的《2019 能源白皮書》，時至 2017 年火力發電已占日本總電力供給的 87.4%。

日本在 2015 年長期能源供需展望中，設定 2030 年度核能發電量比率恢復到 20~22%、再生能源發電量提高至 22~24%的目標，並提出 2030 年度的溫室氣體排放較 2013 年度減量 26%的目標。隨著「巴黎協定」的生效，以及因應國際能源情勢的發展，日本於 2018 年 7 月通過「第 5 次能源基本計畫」，但仍依循 2015 年的電源結構目標（如下表）。

表 1、日本 2030 年電源結構目標[5]

種類	發電量	
	億度	占比
石油	315	3%
煤炭	2,810	26%
LNG	2,845	27%
核能	2,168 ~ 2,317	20 ~ 22%
再生能源	2,366 ~ 2,515	22 ~ 24%
合計	10,650	100%

此電源結構目標，再生能源占 22~24%、核能 20~22%(再生能源+核能合計 44%)、LNG 27%、煤炭 26%及石油 3%，如表 1 所示。並依此能源供需結構目標，提出 2030 年度較 2013 年度減量 26%(較 2005 年度減量 25.4%)的溫室氣體減量目標。

為了達成日本在長期能源供需展望中的願景，日本經濟產業省(METI)在 2020 年 7 月提出未來將制定政策，敦促在 2030 年之前關閉或暫停該國約 100 座低效燃煤電廠（日本有 140 座燃煤發電廠，其中約 114 座發電效率低）。METI 將成立由學者專家組成的審議會，並提出具體方法來關閉或暫停目標燃煤電廠。METI 暫訂每家電力公司都將對其自家的燃煤電廠發電量設定上限，並要求逐漸降低發電量。同時也將維持及擴充發電效率高的新型發電廠。

## 二、日本燃煤機組現況

日本 2018 年全年發電量為 10,512 億度，其中燃煤發電共 3,324 億度，占 31.6%，為次於燃氣的主要發電方式(燃氣占 38.3%)[1]。自 2010 年至 2018 年，燃煤發電占比先升至 2015 年最高 34.2%，後續則又略為下降。

表 2、日本 2018 年供電結構[5]

發電方式	發電度數(億度)	占比
燃氣	4,029	38.3%
燃煤	3,324	31.6%
燃油	737	7.0%
核能	649	6.2%
再生能源	1,773	16.9%

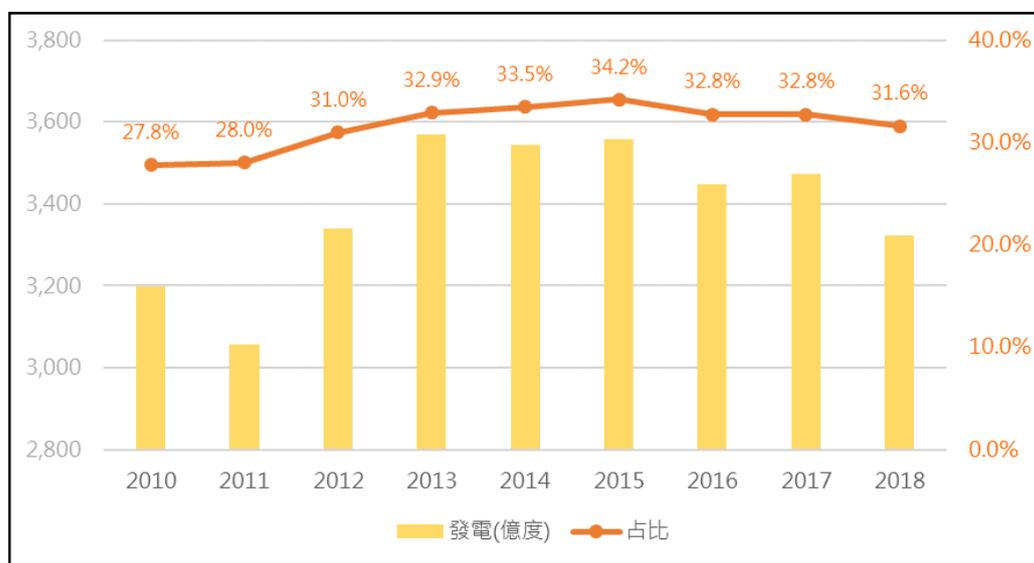


圖 1、歷年燃煤發電量(億度)與發電占比(%) [1]

以下就機組之運轉年齡、機組類型、縣與地方區域、空污等資料進行比較。

## (一) 機組運轉年齡、機組類型與裝置量

截至 2020 年 3 月，日本共有 92 座燃煤電廠[2]，若扣除部份工廠自家發電(約 10 部)、及目前暫停運轉之北海道奈井江發電廠(2 部機組)，共有 130 部機組。已有 37 部燃煤機組營運超過 30 年，其中至今年已營運超過 40 年的機組高達 20 部，顯見日本目前已有許多燃煤機組已偏老舊。

此外，如就鍋爐技術與熱效率區分，主要包括亞臨界(sub critical)、超臨界(super critical, SC)、超超臨界(ultra super critical, USC)，其中超超臨界鍋爐因主蒸汽溫度和壓力高，熱效率也高於亞臨界與超臨界，發電效率較亞臨界增進約五分之一，可減少生煤使用、碳排放與空污；經產省引用 2016 年中央電力工業研究所的報告[3]，指出超超臨界機組每度電二氧化碳排放量 795 克，較日本燃煤發電每度電平均碳排放 864 克、及世界平均 941 克要低許多。另外，煤炭氣化複循環發電技術(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)亦屬高效的燃煤技術。然而日本有 65 部機組仍為亞臨界機組，20 部為超臨界機組，僅 29 部為超超臨界，顯示大部份仍屬非高效之燃煤機組。日本 NGO 氣候 Network 於 2020 年 7 月 6 日提出之補充資料[4]，也列出目前有 98 部非高效機組可作為停機或除役對象，除 1 座超超臨界松浦 2 號機外，其餘多為亞臨界、超臨界機組，裝置量共 23,934MW，占既有燃煤機組總裝置量 47,155MW 的 50.8%；未來欲新建的 17 部燃煤機組中 3 部(524MW)為非高效，即便至 2030 年將運轉不到 10 年，亦可能列入汰除與停機對象。

表 3、機組運轉年齡及鍋爐類型[2]

年份	距今幾年	亞臨界	超臨界	不明*低效	超超臨界	IGCC	不明*、其他	小計
1980 前	超過 40 年	20	0	0	0	0	0	20
1981-1990 年	30~40 年	6	11	0	0	0	0	17
1991-2000 年	20~30 年	12	7	0	12	0	0	31
2001-2010 年	10~20 年	18	3	1	11	0	0	33
2011-2020 年	10 年內	8	0	9	6	3	0	26
不明*							3	3
小計		64	21	10	29	3	3	130

註：因部份電廠未有明確機組資料、或商轉年份，故以不明表示。

日本在 2018 年已提出《第五次能源基本計畫》[5]，其中脫碳化戰略亦已提出將逐漸淘汰低效率機組[6]，經產省預期淘汰或停止在 1990 年代初期之前所建立效能較低的燃煤電廠[7]；另一方面，則將維護和擴展較高效的發電機組，在建設新電廠時引進高效率燃煤技術，採最新技術如超超臨界、IGCC、煤炭氣化-燃料電池複循環發電系統(IGFC)等次世代高效率燃煤發電，除目前已在營運中的超超臨界、IGCC 共 31 部(扣除松浦#2)之外，預計已規劃及開始新建 14 部高效燃煤機組。例如日本東京灣磯子火力發電所，過去已於 2001 年汰除 2 部亞臨界機組，並改為高效超超臨界機組，預計 2022 年商轉；新機組亦結合淨煤技術(clean coal)，預計空污排放接近燃氣機組標準，與 2002 年標準相比可大幅減少 92% 之氮氧化物、83% 硫氧化物、及 90% 粒狀污染物[8]。

然而，10 年內新建之發電機組仍有 8 部使用非高效率機組，如仙台電廠(仙台パワーステーション)雖為 2017 年商轉，卻使用亞臨界機組，因此受到批評；未來欲新建的 17 部燃煤機組中仍有 3 部將使用非高效機組(釧路火力、德山東#3、海田)。此外，北海道、沖繩因地區特性及需求，未來仍可能保留非高效率的燃煤機組。若以地區及縣各區分，亦可發現燃煤電廠多位於日本西南部，尤其中國、四國、九州等地方，有高比例為非高效燃煤機組。

表 4、縣市機組運轉年齡比較及非效率機組數(括號內數字)[2]

	商轉日期	1980 前商轉	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	不明	機組數 (非高效數)
	迄今年齡	超過 40 年	30-40 年	20-30 年	10-20 年	10 年內		
北海道	北海道	4 (4)	2 (2)	0	3 (2)	1 (1)	0	10 (9)
東北地方	山形	2 (2)	0	0	0	0	0	21 (14)
	岩手	0	0	1 (1)	0	0	0	
	秋田	0	0	2 (1)	0	1 (0)	0	
	宮城	0	0	0	0	2 (2)	0	
	福島	1 (1)	2 (2)	4 (2)	2 (1)	3 (1)	0	
	青森	0	0	0	0	0	1 (1)	
關東地方	神奈川	0	0	0	2 (0)	0	0	7 (2)
	茨城	0	0	0	2 (1)	3 (1)	0	
中部地方	石川	0	0	2 (0)	0	0	0	18 (12)
	富山	2 (2)	0	0	0	0	0	
	愛知	0	0	5 (4)	2 (0)	2 (2)	0	
	新潟	0	0	0	1 (1)	0	0	
	福井	0	0	2 (1)	0	1 (1)	0	
	静岡	0	0	0	0	1 (1)	0	
關西地方	兵庫	2 (2)	0	2 (2)	2 (2)	0	0	8 (6)
	京都	0	0	0	2 (0)	0	0	
中國地方	山口	2 (2)	6 (6)	2 (2)	3 (3)	2 (2)	0	26 (22)
	広島	0	1 (1)	1 (1)	3 (3)	3 (0)	0	

	岡山	1 (1)	0	0	0	1 (1)	0	
	島根	0	0	1 (0)	0	0	0	
四國地方	高知	0	0	1 (1)	2 (2)	1 (1)	0	15 (12)
	愛媛	6 (6)	0	0	2 (2)	0	0	
	德島	0	0	3 (0)	0	0	0	
九州地方	大分	0	0	0	1 (1)	1 (1)	0	27 (23)
	沖繩	0	2 (2)	2 (2)	2 (2)	0	0	
	長崎	0	4 (4)	1 (0)	0	1 (0)	0	
	宮崎	0	0	0	1 (1)	1 (1)	0	
	熊本	0	0	1 (1)	1 (0)	0	0	
	福岡	2 (2)	0	1 (1)	2 (1)	2 (2)	2 (2)	

若依公司別區分，沖繩電力與北海道電力使用之非高效機組裝置量比例亦是最高(如下表 5)。北海道電力的機組年齡幾乎皆老舊(僅一部超超臨界 2002 年商轉，其餘皆是 1985 年之前商轉)，在 2030 年都早已超過 40 年役齡；而例如中國地區之中國電力擁有煤電廠裝置量，亦超過 6 成屬非高效機組，機組年齡整體也較舊(僅 1 部 2000 年商轉且仍為亞臨界，另有 1 部超超臨界 1998 年商轉)。

相較之下，JERA 的 9 部機組中僅 2 部為超臨界(裝置量占 19.2%，分別於 1991、1992 商轉)，其餘皆為超超臨界(除 1 部 1993 年外，其餘皆 2000 年後商轉)，機組年齡相對較新；此外 JERA 將於 2021~2024 年商轉的 4 部機組也皆預計使用超超臨界機組。

表 5、主要電力公司非高效機組裝置量占百分比[4]

	機組數量	總裝置量	非高效裝置量	百分比
沖繩電力	4	75.2	75.2	100%
北海道電力	8	225	155	68.90%
中國電力	6	258.1	158.1	61.30%
電源開發	14	851.2	351.2	41.30%
九州電力	5	346	140	40.50%
四國電力	3	110.6	40.6	36.70%
北陸電力	6	290	100	34.50%
JERA	9	730	140	19.20%
東北電力	5	380	60	15.80%
關西電力	2	180	0	0%

在《第五次能源基本計畫》中，即要求各發電業者 2030 年火力發電的整體平均發電效率須達 44.3% 以上[6]。而除了前述主要之電力公司外，如日本製鐵(日本製鐵株式會社)、日本製紙等公司的獨立電廠(IPP)，亦多為非高效的亞臨界鍋爐，因此預計也將列在未來將要汰除的機組。

## (二)預計減碳成效、及減污可能性

### 1. 關閉非高效 100 部機組的部份，預期可減少 2018 年溫室氣體 5.2~9.8%

氣候 Network [4]估計，若關閉效率較低的 100 部燃煤機組，結合節能、再生能源、或以氣代煤替代作法，依原有之設備利用率(容量因數)計算，若為 70% 則預期將減少 2018 年溫室氣體 5.2~8.6%，若為 80% 則可減少 5.9~9.8%；煤炭之用量則可減少 2018 年用量的 35~40%[4]。但如果新建的 14 座大型燃煤電廠運轉後，所排出的二氧化碳量則仍占前述減碳量的 4 成左右，而使減碳成效降至約 6 成。然而氣候 Network 亦說明目前仍缺乏全面的統計數據掌握各燃煤電廠狀態，尤其是私有燃煤電廠發電資訊。

日本過去設定之減碳目標為 2015 年提出的「國家自定預期貢獻(INDC)」減碳承諾，2030 年度的溫室氣體排放需減少 2013 年的 26%(相較於 2005 年度減量 25.4%)；燃料燃燒之碳排放量預計將從 2013 年 12.4 億噸，降至 2030 年 9.3 億噸。

### 2. 未有空污削減之評估，但關閉老舊及低效機組減污具合理性

就空污的部份在相關報導與資訊中並未著墨。但本報告將已運轉年齡較長的機組依縣市別計算，可發現較多位於九州、四國、中國、關西等四個區域。若與環境省[9]之 PM<sub>2.5</sub> 檢測情況資料(2017 年)對照比較，老舊機組較多的縣，可能也相對會有較多未能達成環境基準的情況(如下圖)。雖無法武斷推定老舊機組、非高效機組與空污之直接關係，但關閉老舊機組與非高效機組在緩解空污具有其合理性。

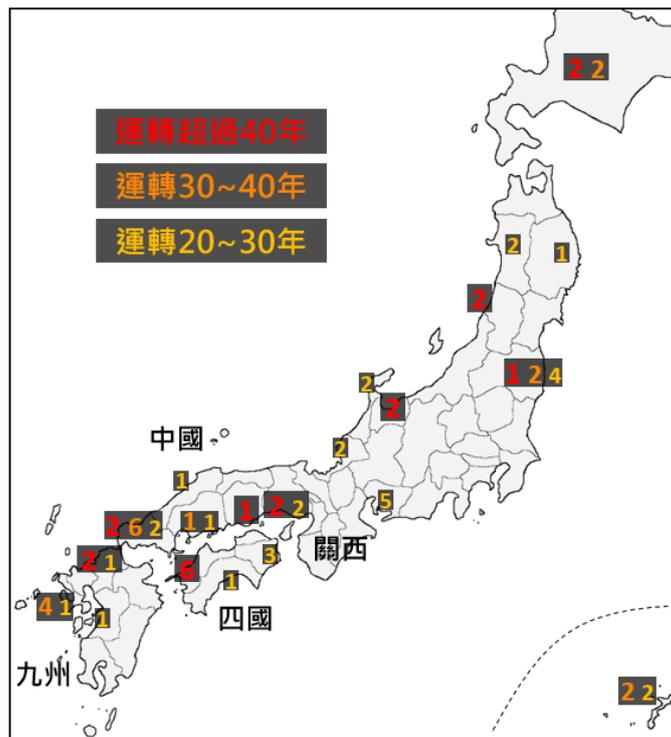


圖 2、各縣中運轉年齡較長之機組數量[9]

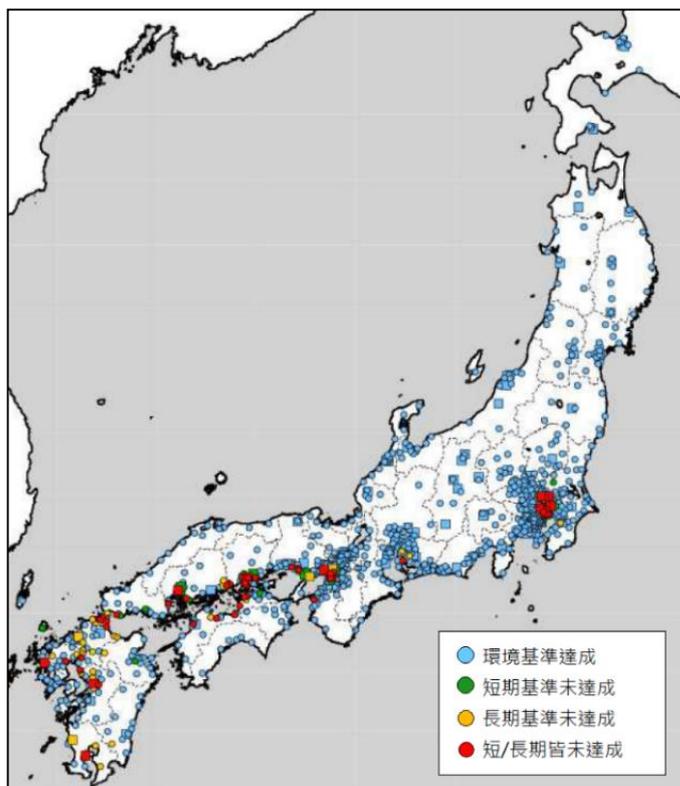


圖 3、各縣中 2017 年 PM<sub>2.5</sub> 檢測[9]

### 三、日本未來電源開發規劃

雖然日本政府之方針為大幅減少非高效與老舊機組、並增設高效之 USC、IGCC 機組，但如與 2018 年之裝置量比較(如下圖 4)[4]，雖然高效機組的裝置容量已較 2018 年增加超過 12GW，總裝置量仍下降約 9.7GW；除了汰除的機組之外，部份可能僅停機的機組，無法確定有無重啟的可能性，但勢必仍需考量新電源的開發。

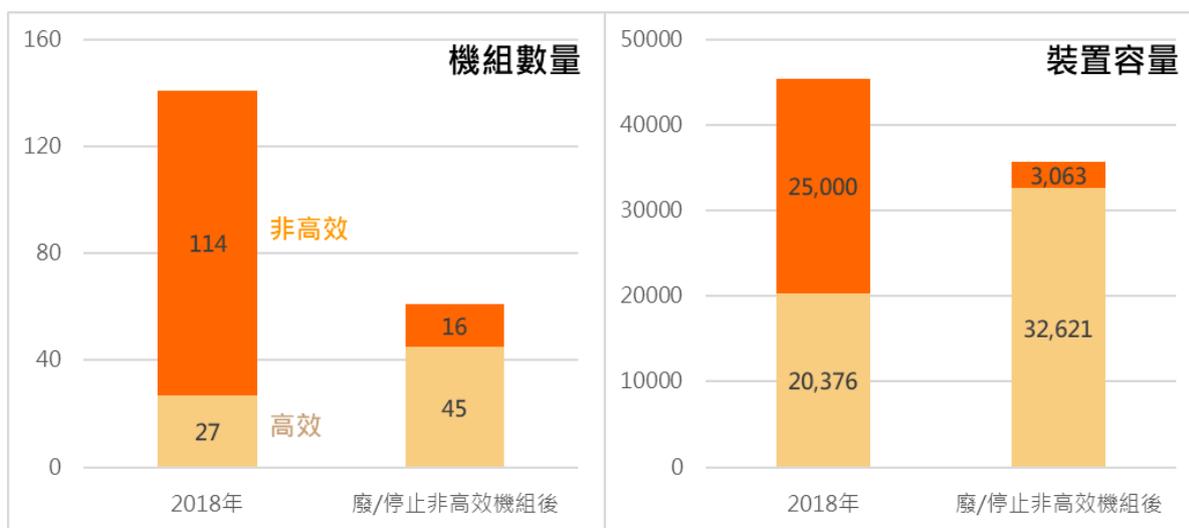


圖 4、2018 年廢除或停止 100 部後之機組數、裝置量(MW)比較[4]

#### (一) 燃煤、燃氣

因燃煤發電仍然穩定與價格競爭上的優勢，且地緣政治風險較低[6]，因此日本《第五次能源基本計畫》仍然將燃煤作為重要基載、及將燃氣作為中載電源，促進高效燃煤與燃氣之有效利用，並將火力發電發展高效率且新型機組的方向前進；本報告繪製未來 17 部燃煤機組商轉期程及裝置量(如下圖 5)，其中紅色底的 3 部皆為亞臨界、黃色底為 USC、綠色底為 IGCC，新增之燃煤機組總裝置量為 9,924MW；另亦整理新燃氣機組未來數年之商轉期程(如下圖 6)。

	広野IGCCパワー	三隅発電所#2					
	540	1000					
	常陸那珂共同火力発電所	武豊火力発電所 #5		秋田港 #2			
	650	1070		650			
勿来IGCCパワー	神戸発電所 新#1	神戸発電所 新#2	西条発電所 新#1	秋田港 #1		西沖の山 #2	
540	650	650	500	650		600	
釧路火力	海田	徳山製造所東発電所 #3	横須賀火力発電所 新#1	横須賀火力発電所 新#2		西沖の山 #1	
112	112	300	650	650		600	
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027

圖 5、預定於 2020~2026 年商轉之燃煤機組與裝置容量(MW)[2]

			姉崎火力発電所 新#2				
			姉崎火力発電所 新#1				
			五井火力発電所 新#2				
			五井火力発電所 新#1				
			和歌山発電所 #2				
福島天然ガス #2		吉の浦火力発電所 #2	和歌山発電所 #1				知多発電所 #8
川崎発電所 #5	川崎発電所 新#1	吉の浦火力発電所 #1	上越火力発電所 #1	五井火力発電所 新#3			知多発電所 #7
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027

圖 6、預定於 2020~2026 年商轉之燃氣機組[2]

然而，經產省 2009 年發布之《能源供給結構高度化法(エネルギー供給構造高度化法)》中也規範，每年售電 5 億度以上之零售電業(共 46 間，約占 98%)，在 2030 年時必須要有 44%以上(約為 0.37kg-CO<sub>2</sub>/kWh)是非化石燃料電力[10]，除減少對化石燃料之依賴，相對的也促進這些零售電業開發其他電源。

## (二)再生能源

再生能源部分，2030 年預計電力結構中再生能源規劃以太陽光電占比 7%、與水力 8.8~9.2%為主，其次為生質能 3.7~4.6%、風力 1.7%、地熱 1.0~1.1%，並致力於再生能源主力電源化、持續降低其發電成本、克服電力系統的「系統限制」、確保足夠的「調整力(調度容量)」以因應太陽光電、風電等具間歇性、不穩定輸出的特性。

## (三)核能

《第五次能源基本計畫》將核能定位為重要的基載能源，並推動核電廠的重啟運轉，截至 2020 年 7 月止已有 9 部核電機組重啟，另有 6 部建

設準備中(敦賀#3、#4、東通#2、上関#1、#2、川内#3)、3部新機組建設中(大間、東通#1、島根#3)，但運轉開始時間皆未訂定。

#### (四)日本 2030 整體電力結構目標

依據《第五次能源基本計畫》所規劃之發電結構如下表 6，主要電力來源仍是火力 56%(燃氣 27%、燃煤 26%，和燃油 3%)、再生能源占 22~24%、核能 20~22%。

表 6、第五次能源基本計畫 2030 發電結構占比[5]

發電方式		第五次能源基本計畫之目標占比		
		2010 年核災前	2016 年	2030 年
火力	燃煤	27.8%	32.8%	26%
	燃氣	29%	41.4%	27%
	燃油	8.6%	9.5%	3%
	小計	<b>65.4%</b>	<b>83.7%</b>	<b>56%</b>
核能		25.1%	1.7%	20~22%
再生能源		9.4%	14.7%	22~24%

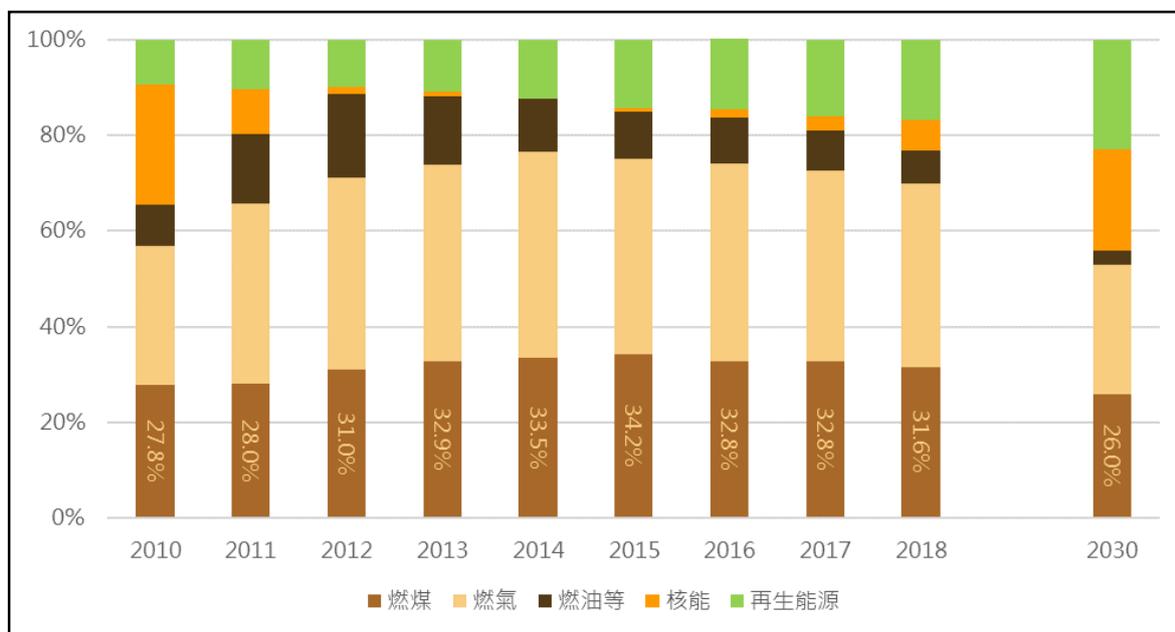


圖 7、2010~2018 逐年及 2030 年電力結構占比[1]

#### 四、結論

日本與我國能資源背景相仿，都仰賴大量進口能源，惟日本在《第五次能源基本計畫》仍將核能視為是重要基載電力供給來源，與我國 2025 非核家園目標相左，但與我國積極要推動降低燃煤發電占比、建立新燃氣機組和廣建再生能源的方向一致。

由目前關閉非高效 100 部機組的部份，預期可減少 2018 年溫室氣體 5.2~9.8%；此外，雖無法武斷推定老舊機組、非高效機組與空污之直接關係，但關閉老舊機組與非高效機組在緩解空污具有其合理性，這部分在觀察老舊電廠於日本的分布後，老舊電廠所在的縣市與該縣市未符合日本環境標準的情況相當符合。

然而，日本雖目前積極要處理老舊電廠，但在核能大多仍停機且再生能源供應仍未成為主力的情況下，大多數電力供應仍是得仰賴火力發電。本報告亦羅列從今年至 2027 年的新燃氣機組規劃，目前資料顯示日本未來預計 17 座新燃氣機組總容量約為 9,924MW。此外，由於日本未來規畫 2030 年仍約有最高 22% 的電力會由核能供應，若核能重啟計畫在近年內發展停滯或遲緩，將有可能會再新增更多的火力發電機組來補足電力缺口。惟未來再生能源成本逐漸降低的情況下，這些缺口是否一定會由火力發電機組來填補仍待觀察。

## 参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁. 総合エネルギー統計. 2020。  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/results.html#headline2](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline2).
- [2] 経済産業省資源エネルギー庁. 各種統計情報（電力関連）. 2019。  
[https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric\\_power/ep002/results.html](https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/results.html).
- [3] 経済産業省資源エネルギー庁. 国によって異なる石炭火力発電の利活用. 2018。  
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/sekainosekitankaryoku.html>.
- [4] 気候ネットワーク, 政府方針「非効率石炭火力発電 100 基の休廃止」に関する考察 - 脱石炭にはほど遠い「石炭の長期延命策」であることが鮮明に。 , 2020.
- [5] 経済産業省資源エネルギー庁. エネルギー基本計画について. 2018。  
[https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic\\_plan/](https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/).
- [6] 林祥輝 and 許雅音, 日本第 5 次エネルギー基本計画, 2018。
- [7] RIEF. 経産省、非効率な国内の旧式石炭火力発電所 100 基を 2030 年度までに段階的に休廃止へ。超々臨界圧石炭火力（USC）等は維持・拡大。「脱石炭」より「縮石炭」か（各紙）. 2020。  
<https://rief-jp.org/ct8/104292>.
- [8] 経済産業省資源エネルギー庁. なぜ、日本は石炭火力発電の活用をつづけているのか？～2030 年度のエネルギーミックスと CO2 削減を達成するための取り組み. 2018。  
[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/qa\\_sekitankaryoku.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/qa_sekitankaryoku.html).
- [9] 環境省. 平成 29 年度 大気汚染状況について. 2019。  
<https://www.env.go.jp/press/106609.html>.
- [10] 経済産業省資源エネルギー庁, エネルギー供給構造高度化法の中間目標の策定について, 2019。