

## 本月專題

### 日本 2017 能源年度報告及製造部門節能現況

周意恬<sup>1</sup>、辛佩穎<sup>2</sup>、李佩玲<sup>3</sup>、江國瑛<sup>4</sup>

#### 摘要

在 2015 年聯合國氣候峰會中通過巴黎協議後，減少溫室氣體、力抗氣候變遷儼然成為各國家之共同目標，逐漸減少高排碳化石燃料使用，轉而投入再生資源的發展及使用清潔燃料能源，已為各國普遍的重點推動政策。

爰此，本文彙整日本有關 2017 能源年度報告—「能源白皮書 2018」相關內容及日本於製造部門之分析及推動措施等，期可提供作為國內相關政策推動參考資訊。

#### 一、前言

日本政府於今(2018)年 6 月 8 日發表 2017 能源年度報告—「能源白皮書 2018」(以下簡稱「能源白皮書 2018」)，提出前一年度能源相關政策實施概況。此份白皮書指出太陽能、風電等再生能源將作為國家主力能源，提升再生能源占比，亦同時強調安全性優先的核能電廠利用方針，並透過新能源政策及能源制度來強化產業競爭力。因此，藉由研析日本國家能源結構配比，以及製造部門能源消費趨勢與因應溫室效應之政策，期可提供作為國內相關政策推動參考資訊。

<sup>1</sup> 財團法人台灣綠色生產力基金會 助理工程師

<sup>2</sup> 財團法人台灣綠色生產力基金會 副工程師

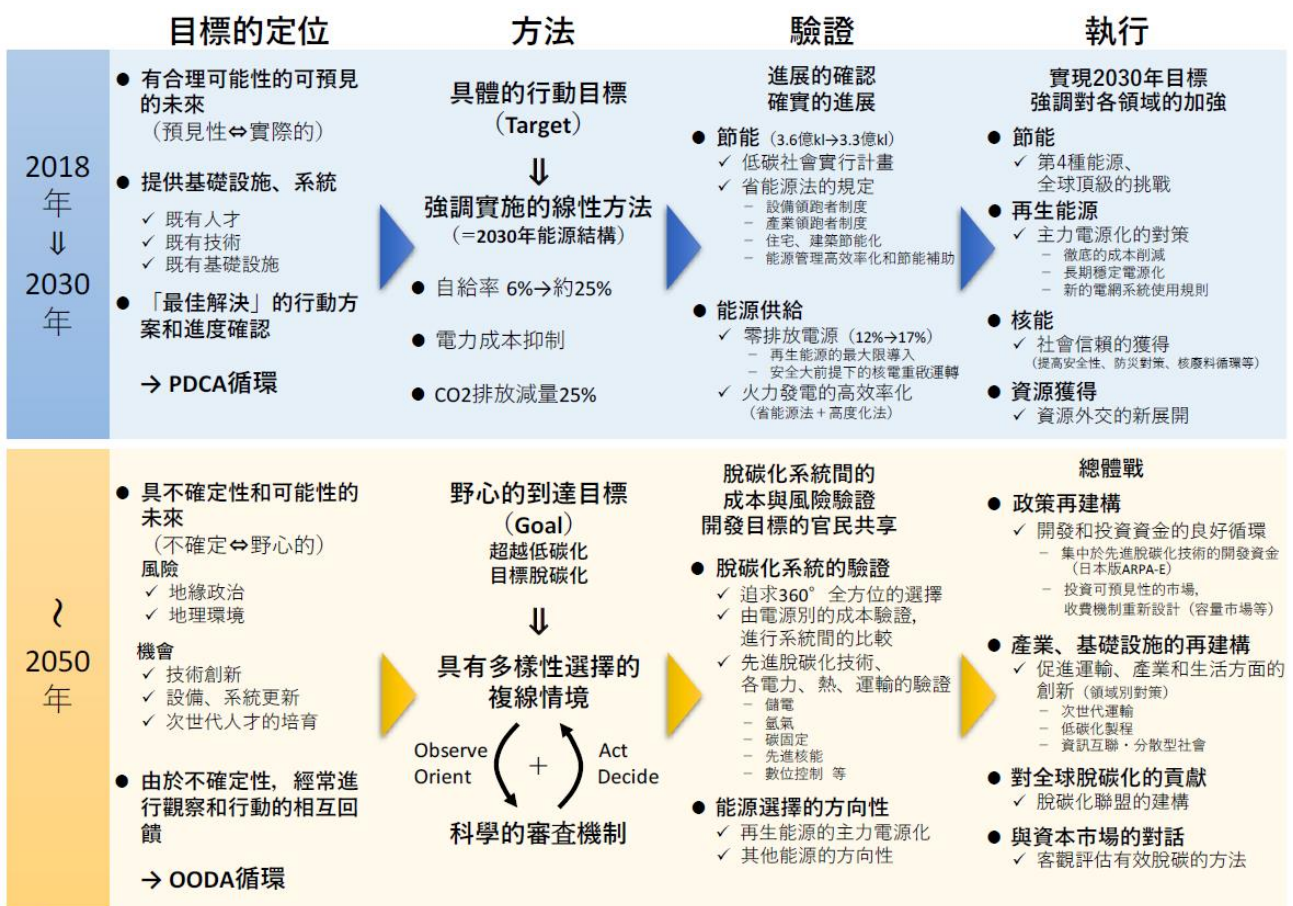
<sup>3</sup> 財團法人台灣綠色生產力基金會 經理

<sup>4</sup> 財團法人台灣綠色生產力基金會 協理

## 二、日本能源情勢規劃與國際能源結構占比研析

日本政府於 2017 年設置「能源情勢懇談會」，透過邀請國內外專家討論國際能源情勢發展，最終於 2018 年 4 月 10 日從 2050 年的長期觀點提出未來能源戰略的建議案，在考量未來技術發展及可行性均存在不確定性因子，以及世界局勢發展走向不可預測性下，規劃以多樣化選擇特性的複線情境，作為實現未來脫碳化的方針，並指明再生能源的目標是「經濟自立和脫碳化的主力電源」；對於核能，目標為降低依賴度，但將其定位為「實用階段的脫碳化選項」。日本經濟產業省內部審議會已提出政策檢討，預計今年夏季完成能源計畫修改，並納入 2050 年長期能源戰略的部分建議。

表 1、2030 年計畫和 2050 年情境整理



資料來源：能源知識庫 [https://km.twenergy.org.tw/Data/db\\_more?id=2514](https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=2514)

(一) 2030 年日本能源結構轉型目標

日本「能源白皮書 2018」揭示再生能源發電占比自 2016 年度的 15% 提高至 2030 年度的 22-24% 之目標，首度將再生能源定位為「主要電力來源」，並將節能和氫氣利用作為繼再生能源、化石燃料和核能之後的「第 4 種能源」；2030 年能源結構轉型目標為再生能源占 22~24%，核能占 20~22%，其餘則為天然氣、燃油及燃煤，占比為 56%，相較於 2010 年福島震災前，新能源結構占比將超過核能，然而根據新目標，日本將會重啟核能電廠，但在 2030 年目標上並未探討關於重啟核能電廠之相關事項。

表 2、2030 年能源結構轉型能源比例

	福島震災前 (2010年)	福島震災後 (2013年)	現況 (2016年)	結構轉型 (2030年)	趨勢圖	
行動指標	① 零污染電力供應率	35% 再生能源9% 核能25%	12% 再生能源11% 核能1%	12% 再生能源15% 核能2%	44% 再生能源22~24% 核能20~22%	
	② 節能量	3.8億kl 工業+商業: 2.4億kl	3.6億kl 工業+商業: 2.3億kl	3.4億kl 工業+商業: 2.1億kl	3.3億kl 工業+商業: 2.3億kl	
成果指標	③ CO <sub>2</sub> 排放量	11.4億噸	12.4億噸	11.3億噸	9.3億噸	
	④ 電費	5.0兆日幣	9.7兆日幣	6.2兆日幣	9.2~9.5兆日幣	
	⑤ 能源自給率	20%	6%	8%	24%	

資料來源：本研究整理。平成 29 年度エネルギーに関する年次報告。

(二) 各國零污染能源結構比較

「能源白皮書 2018」亦分析日本與歐盟主要國家能源結構占比，福島震災前，日本的零污染(Zero Emission)能源占比為 35%，其中變動型再生能源占比低於主要歐盟國家。歷經福島震災後，2015 年核能占比已降至 1%，零污染能源占比亦大幅減少，對於提升變動型再生能源(太陽能及風力綠能發電)使用上，已成為日本解決能源需求之重要課題。



在「能源白皮書 2018」中，目前設定 2030 年核能占比為 20-22%，若要滿足此目標，須重啟約 30 座核電機組運轉方能達成約 20%。但許多電力公司考量成本及現況因素，決定將老舊核電機組除役，或透過加強安全措施、碳捕集率較高系統及選擇較為乾淨的燃煤發電廠來減少二氧化碳排放。對此，日本政府對核電占比的期望，將與現實有很大的差異，是否會反映在能源基本計畫的修訂內容中，達到減排 25% 目標亦是外界所關注討論的焦點。

表 3、各國零污染能源占比(2015 年)

	日本		美國 (2015年)	歐盟(2015年)			
	2010年	2015年		平均	德國	英國	法國
零污染能源 占比	35%	16%	33%	56%	44%	46%	93%
再生能源	10%	15%	13%	29%	29%	25%	16%
變動型 再生能源	0.7% 太陽能：0.3% 風力：0.4%	4% 太陽能：3% 風力：1%	5% 太陽能：1% 風力：4%	13% 太陽能：3% 風力：10%	18% 太陽能：6% 風力：12%	14% 太陽能：2% 風力：12%	5% 太陽能：1% 風力：4%
穩定型 再生能源	9% 水力：7% 地熱：0.2% 生質能：1%	11% 水力：9% 地熱：0.3% 生質能：2%	8% 水力：6% 地熱：0% 生質能：1%	16% 水力：11% 地熱：0.2% 生質能：6%	11% 水力：3% 地熱：0% 生質能：7%	11% 水力：2% 地熱：0% 生質能：9%	11% 水力：10% 地熱：0% 生質能：1%
核能	25%	1%	19%	27%	14%	21%	78%

資料來源：本研究整理。平成 29 年度エネルギーに関する年次報告。

### (三) 歐洲各國能源結構及電費變化趨勢

進一步比較歐洲各國能源結構轉型分布情形，丹麥早年受 1970 年石油危機影響，積極致力於能源轉型，目標將於 2030 年全面停止燃煤發電，2015 年煤碳及天然氣之使用相較 2010 年大幅減少一半，政府大量投入再生能源產業提升零排放能源，至 2015 年高達 51%，如架設太陽能板及發電風機組，有效降低 CO<sub>2</sub> 排放量。

德國已於 2000 年通過再生能源法，並積極獎勵投資綠色能源發展，2015 年可看出變動型零排放能源占比有所提升，風力發電機組的投入帶來成長，除降低化石燃料使用外，核能占比受到福島震災影響趨於減緩；英國儘管化石燃料占比較其他歐洲國家高，在相關能源政策目標訂定及規範趨於健全，

以及本身具備豐富天然資源條件可幫助再生能源有良好的發展，2010年由原有的3%大幅提升至2015年的14%。然而西班牙針對煤碳使用不減反升，肇因於經濟發展及能源安全穩定性考量。

以穩定型零排放能源來看，法國及瑞典仍仰賴核能發電為主，自發生國際石油危機後，法國選擇發展核電使國內電力供應充足外，亦可輸出自其他國家，然而隨著老舊機組待退役問題衍生，業者已投入開發風力發電；另外，瑞典其優越的地理環境優勢，水力發電已占近5成發電量，位處高緯度低日照對於太陽能發電較為受限，就著綿延峽灣及海岸水域地理環境，持續發展風力發電產業，目標打造無使用化石燃料、零碳排之國家。

表4、歐洲各國能源結構及電費變化趨勢(1/2)

		類別1：與他國相鄰、再生能源大量投入					
		德國		西班牙		丹麥	
		2010年	2015年	2010年	2015年	2010年	2015年
能源結構	化石燃料	61% (煤炭44,天然氣14)	56% (煤炭44,天然氣10)	46% (煤炭9,天然氣32)	44% (煤炭19,天然氣19)	68% (煤炭44,天然氣20)	34% (煤炭25,天然氣6)
	穩定型零排放能源	31% (核能22,水力3)	25% (核能14,水力3)	36% (核能21,水力14)	33% (核能21,水力10)	12% (核能0,水力0)	15% (核能0,水力0)
	變動型零排放能源	8% (太陽能2,風力6)	18% (太陽能6,風力12)	17% (太陽能2,風力15)	23% (太陽能3,風力18)	20% (太陽能0,風力20)	51% (太陽能2,風力49)
CO <sub>2</sub> 排放量 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		0.48kg	0.45kg	0.24kg	0.29kg	0.36kg	0.17kg
家庭用電電費 (元/kWh)		32日幣	40日幣	24日幣	26日幣	36日幣	41日幣
評析		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 變動型再生能源使用增加</li> <li>✓ 核能占比減少</li> <li>✓ 煤炭用量不變</li> </ul> ⇒CO <sub>2</sub> 排放量：不變 ⇒電費：增加		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 變動型再生能源使用增加</li> <li>✓ 核能占比不變、水力占比減少</li> <li>✓ 煤炭用量增加</li> </ul> ⇒CO <sub>2</sub> 排放量：增加 ⇒電費：增加		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 變動型再生能源使用增加</li> <li>✓ 穩定型再生能源使用不變</li> <li>✓ 煤炭用量減少</li> </ul> ⇒CO <sub>2</sub> 排放量：減少 ⇒電費：增加	

表5、歐洲各國能源結構及電費變化趨勢(2/2)

		類別2：再生能源發源地(島國)		類別3：精進穩定型再生能源			
		英國		法國		瑞典	
		2010年	2015年	2010年	2015年	2010年	2015年
能源結構	化石燃料	77% (煤炭29,天然氣46)	54% (煤炭23,天然氣30)	10% (煤炭5,天然氣4)	7% (煤炭2,天然氣4)	6% (煤炭2,天然氣2)	2% (煤炭1,天然氣0)
	穩定型零排放能源	21% (核能16,水力1)	32% (核能21,水力2)	88% (核能76,水力11)	88% (核能78,水力10)	92% (核能39,水力45)	88% (核能35,水力47)
	變動型零排放能源	3% (太陽能0,風力3)	14% (太陽能2,風力12)	2% (太陽能0,風力2)	5% (太陽能1,風力4)	2% (太陽能0,風力2)	10% (太陽能0,風力10)
CO <sub>2</sub> 排放量 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)		0.45kg	0.35kg	0.08kg	0.05kg	0.03kg	0.01kg
家庭用電電費 (元/kWh)		18日幣	23日幣	17日幣	22日幣	22日幣	20日幣
評析		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 變動型再生能源使用增加</li> <li>✓ 核能及水力占比增加</li> <li>✓ 煤炭用量減少</li> </ul> ⇒CO <sub>2</sub> 排放量：減少 ⇒電費：增加		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 變動型再生能源使用增加</li> <li>✓ 穩定型再生能源使用不變</li> <li>✓ 煤炭用量微減</li> </ul> ⇒CO <sub>2</sub> 排放量：減少 ⇒電費：增加		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 變動型再生能源使用增加</li> <li>✓ 穩定型再生能源使用微減</li> <li>✓ 煤炭用量微減</li> </ul> ⇒CO <sub>2</sub> 排放量：減少 ⇒電費：減少	

資料來源：本研究整理。平成29年度エネルギーに関する年次報告。

由以上趨勢可以瞭解，歐洲各國能源所帶來之變化影響，比較 2010 年及 2015 年情形，降低煤炭及天然氣使用，可明顯降低 CO<sub>2</sub> 排放量，又以法國及瑞典碳排量較其他國家低。然而追求較為清潔的替代燃料及提高再生能源利用，所增加的成本亦真實反映在民生所需上，可得知民眾家庭用電電費較以往增加，而由於法國目前仍以核電為主，電費較鄰近德國便宜近一半。

### 三、日本製造部門能源消費趨勢及因應溫室氣體之政策

日本受到二次大戰影響導致經濟大幅衰退，歷經數十年的戰後重建恢復，於 1960 年起開始高速成長，然 1973 年石油危機及日本低利率政策主因導致 1980 至 1990 年泡沫經濟。故本節依據能源基本計畫，觀察能源消費指數變化對於製造部門生產指數於國內經濟發展之變化。

#### (一) 製造部門能源消費與經濟成長趨勢

日本製造部門能源消費量於 1965~1973 年間以每年 11.8% 的速率增長，其年均成長率大於實質 GDP 年均成長率，自 1973 年石油危機後，能源消費量以每年 2.5% 的速率減少，反觀實質 GDP 則於 1973~1983 年間因工業化發展及貿易出口量而大幅成長。能源消費量由 1987 年開始再次平緩提升，然自 2008 年起，受全球金融風暴及福島震災後的節能措施，製造部門能源消費量已低於 1973 年的水平。比較 1973 年與 2016 年，經濟規模成長 2.5 倍，製造部門產量亦增長 1.6 倍，然製造部門能源消費量減少 0.9 倍。

#### (二) 製造部門能源密集度變化趨勢

以 1973 年石油危機造成能源價格上升為契機，製造部門能源密集度急遽下降，1980 年代受到國際原油價格下滑則有微幅上升趨勢，進入 21 世紀後，製造部門節能效果更加顯著；惟 2008 年的金融危機造成日本經濟停滯不前，產能利用率下降促使能源密集度上升。近年則因國內需求量下降及美國經濟衰退影響，整體能源密集度亦呈逐年下降趨勢。

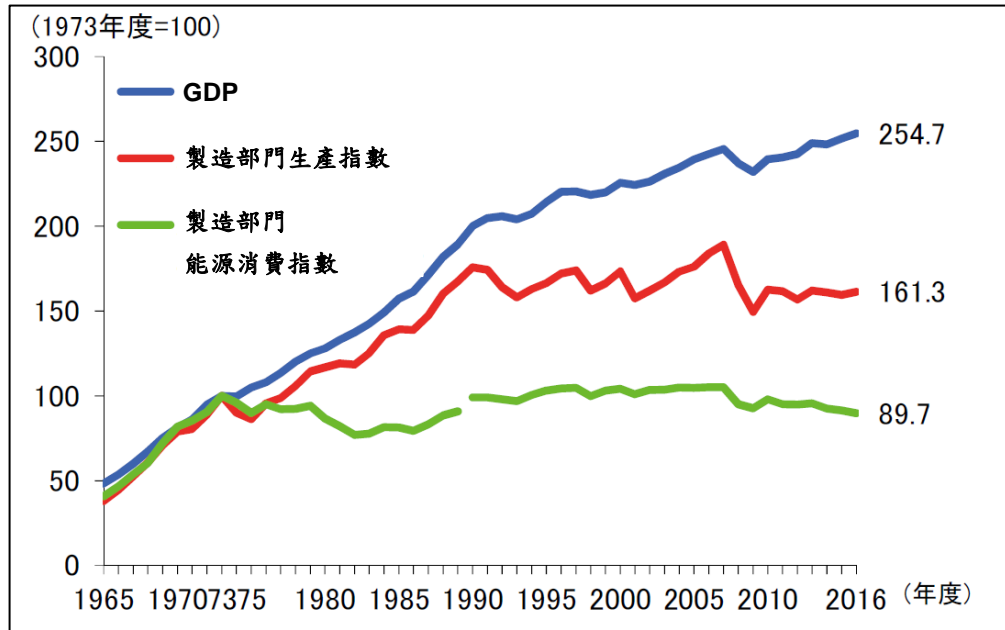


圖 1、日本歷年製造部門生產及能源消費趨勢

資料來源：本研究整理。平成 29 年度エネルギーに関する年次報告。

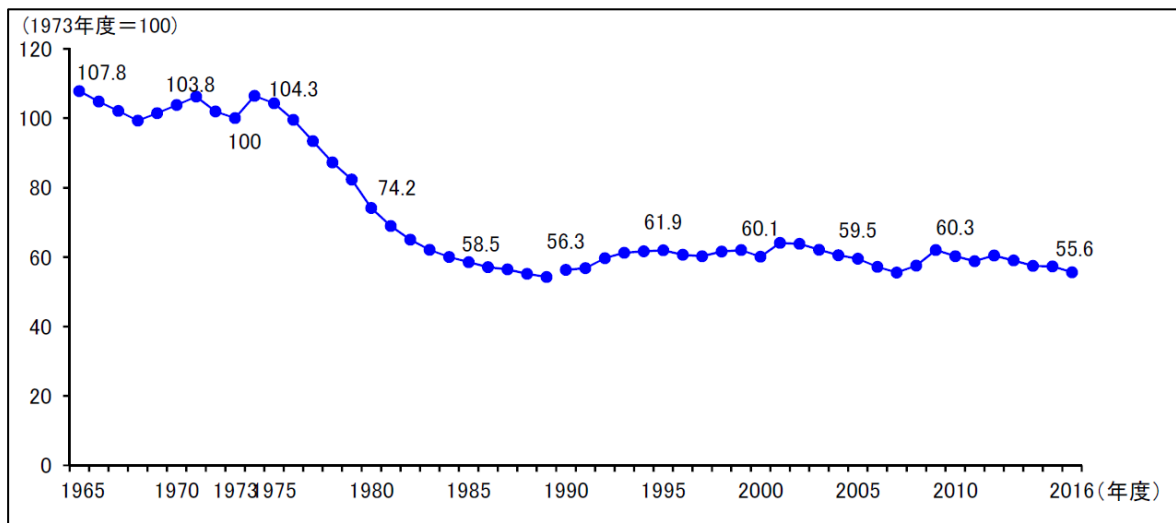


圖 2、日本歷年製造部門能源密集度趨勢

資料來源：本研究整理。平成 29 年度エネルギーに関する年次報告。

### (三) 製造部門能源消費變化趨勢

以能源別來看，1965 年至 1973 年間石油消費量皆占能源總消費量 5 成以上，爾後因工業製程改善及技術不斷提升，2016 年燃料消費比重已降至 34.2%，並逐漸轉換為電力、蒸氣及煤炭。



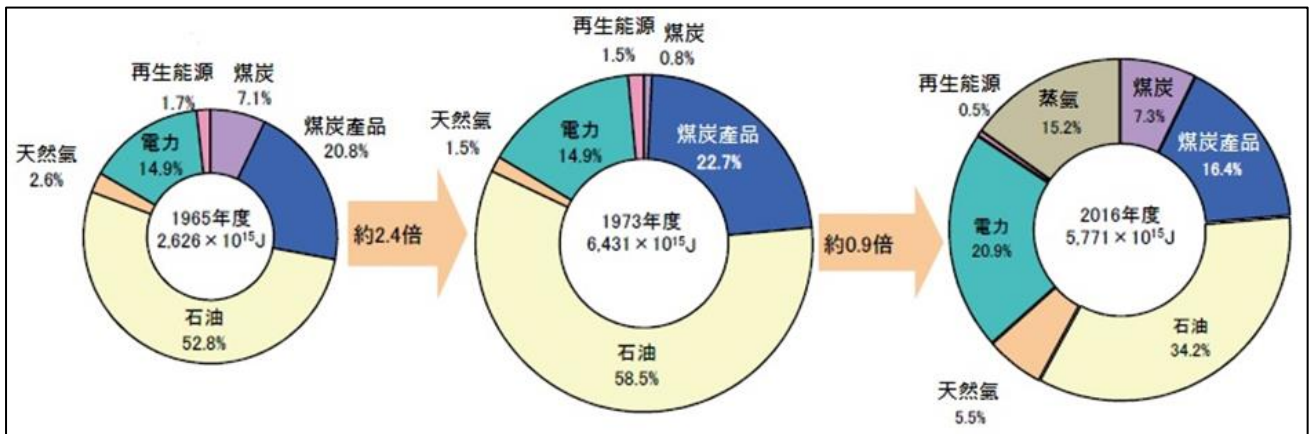


圖 3、日本歷年製造部門能源消費變化

資料來源：本研究整理。平成 29 年度エネルギーに関する年次報告。

由 2016 年製造部門能源消費結構來看，重工業，即能源密集產業，為鋼鐵業、石化業、水泥業及造紙業，占整個製造部門能源消費量 80% 以上。與 1973 年相比，石化業能源消費量增長近 40%，而鋼鐵業及水泥業消費量則相對趨於減少。

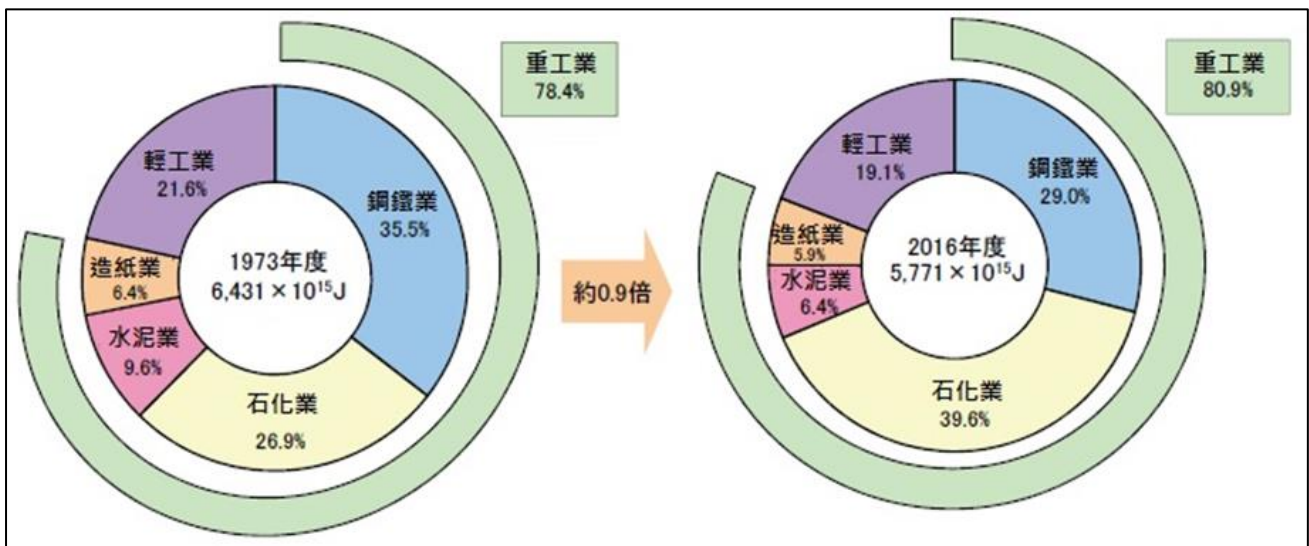


圖 4、日本歷年製造部門能源消費結構占比

資料來源：本研究整理。平成 29 年度エネルギーに関する年次報告。

#### (四)推動製造部門節能減碳措施

##### 1.以「節約能源法」為基準的能源管理制度

為鼓勵製造部門執行節能措施，節約能源法已規定每座工廠或每家企業的節能標準，而這些標準應作為落實節能措施之原則(如設定每年能



效提高 1% 或 1% 以上目標等)，同時亦指定每年能源消費量超過 1,500 公秉的「特定企業」(約 12,000 家)提交能源使用情形報告，並設置輔導機制，以協助無法達成目標之企業。

日本製造部門相關企業單位已執行節能措施，以減少各種碳排放，惟能源效率待強化改善力道，節約能源法所指定的特定產業家數，相較 2015 年並無改善之情況，共計有 2,032 家(約占 37%)。以下將針對主要之因應改善對策進行說明。

表 6、2015 年特定產業能源效率改善情形

	企業總數	改善1%以上	改善0~1%	與去年相較無改善者
工業部門	5,545	2,743 (49%)	759 (14%)	2,032 (37%)
商業部門	5,513	3,439 (62%)	777 (14%)	1,297 (24%)
合計	11,058	6,182 (56%)	1,536 (14%)	3,340 (30%)

資料來源：本研究整理。平成 29 年度エネルギーに関する年次報告。

## 2. 自主行動計畫

依照產業別進行劃分，針對從原料供應到製造、運銷、銷售、使用、廢氣等各階段之產業活動，納入環境負荷並掌握課題篩選等，明定各產業將環境影響列入重要考量。同時將溫室效應因應對策的觀點加以落實，提出各行業及各部門間相互節約能源方案，以因應氣候變遷問題之對策項目。

- (1) 將其他產業或部門所產生之可回收資源當作原料(半成品)來利用。例如：舊紙回收利用、混合水泥。
- (2) 發展有助於延長製造品壽命材料之功能。例如：鋼板表面處理(耐久性)、球狀黑鉛鑄鐵(球化率強化)。
- (3) 發展有助於降低製品能源消耗使用時之功能。例如：高張力鋼板(輕量化)、高性能塑膠(輕量化)等。

- (4) 訂定電力負荷之最高標準以減少能源消耗。例如：蓄熱式空調系統、瓦斯空調普及化、電力貯藏技術之開發。
- (5) 物流之效率化、合理化。例如：不同行業間之共同發配輸送。

### 3.經濟誘因政策

透過獎勵補助措施及政策、推廣具有創新技術及提升並改善節能設備效能等各項經濟誘因，以減少製造部門碳排放量，其重要政策說明如下：

- (1) 補助款等協助性做法：補助款、融資制度、稅制之優惠措施等經濟性誘因做法，應用於節約能源、新能源引進之獎勵補助等多種領域上，2017 年總投資金額約為 672.6 億日幣，達到實質上的效果。
- (2) 推廣創新節能技術發展：為有效促進節能技術研究發展與推廣，透過篩選重點研發項目，持續針對高發展潛力項目進行研析；並藉由建立各行業互相合作機制，解決跨行業常見問題。
- (3) 藉由節能設備導入與改善，促進中小企業生產力：透過專家推廣高效率節能設備，同時搭配「可視化」能源使用功能，如運用智慧電表可追蹤管控用戶用電習慣與用量，以提升中小企業能效使用。

## 四、結語

依據日本能源結構轉型規劃，及其對歐洲各國 2010 年及 2015 年能源結構及電費之研究可知，隨著零污染能源占比的提升，除瑞典電費略有下降外，各國皆為上漲趨勢。考量我國未來亦將朝再生能源發電量占比 20%邁進，電價的調整幅度，建議應給予可預測性，並給予產業緩衝時間，逐漸因應能源結構低碳轉型。

另外，由日本製造部門能源效率改善情形可知，雖然歷年來已透過法規管制、產業輔導、自主行動、及經濟誘因等多項政策推動下，產業減量工作亦逐漸面臨瓶頸；以 2015 年特定產業能源效率改善情形來看，相較 2015 年計有 37%無改善情況，達 1%改善率之業者僅 49%，不到一半，與我國產業困境雷同。未來日本政府於製造部門的推動作法，將值得我國關注，並研析是否有值得學習之處。

## 參考資料

1. Agora Energiewende, Jan 2017, “Energy Transition in the Power Sector in Europe: State of Affairs in 2016”.
2. 今周刊，電價比台灣貴 3 倍，德國為何砸大錢也要發展風電？，2018 年 4 月 7 日，取自：<https://technews.tw/2018/04/07/wind-power-2/>。
3. EnergyTrend (2018)，日本重返核、燃煤懷抱，2030 年火力發電占比提升至 56%，Tech News 科技新報，2018 年 5 月 17 日，取自：<https://technews.tw/2018/05/17/japan-back-to-coal-fired-power-generation/>。
4. 經濟產業省-資源エネルギー庁,平成 29 年,平成 29 年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書 2018)。
5. 林祥輝(2018)，日本「能源情勢懇談會」提出 2050 年長期能源戰略的建議案，將再生能源定位為主力電源，核能為實用階段的脫碳化選項，以實現能源轉型和脫碳化，2018 年 4 月 10 日，取自：[https://km.twenergy.org.tw/Data/db\\_more?id=2514](https://km.twenergy.org.tw/Data/db_more?id=2514)。