

發展再生能源對於電價的衝擊

2018.06

核能研究所 廖偉辰

為因應 2030 及 2050 年「國家自定預期貢獻」及「溫室氣體減量及管理法」減碳目標，勢必大量使用燃氣及再生能源技術，因此台灣未來電價是否大幅上漲是備受關切的議題。本文對電價的探討除了考慮包含燃料成本、利息、折舊等目前台電計算電價的幾個項目的發電成本，另外也加入考慮外部成本後的總成本，探討未來發展再生能源電價是否大幅上漲。

電價與能源成本的關係

若分析台灣電價之結構，可分為燃料成本、稅捐及規費、利息及折舊、運維費、其他收入五部分，其中以燃料成本占比最大，2017 年占比高達 55%，如圖 1 所示，因此，既然燃料成本占比如此大，那麼它的價格變化應該會對電價有直接且顯著的影響。為了探討能源價格變化對電價的影響，本文比較分析歷史年電價與能源成本趨勢的關係(圖 2)，若以 1995 年為基準(數值等於 1)，原油、燃料煤、液化天然氣(LNG)價格的變化很大，但是電價變化則相對小許多，如圖 2 所示，這主要是因為政府會限制電價漲幅，導致台電需補貼燃料成本，使得到目前為止電價並不能真實反映燃料成本的上漲。

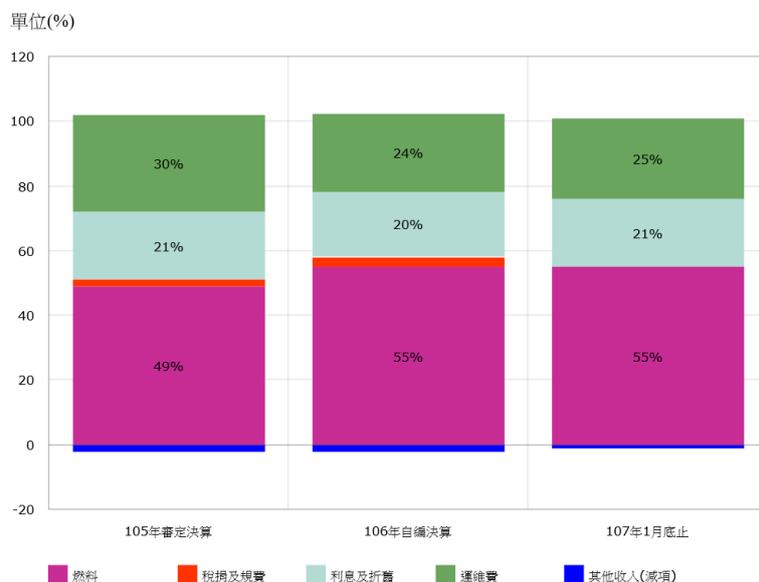


圖 1 台電公司所公布之電價結構圖 (台電網站, 2018)

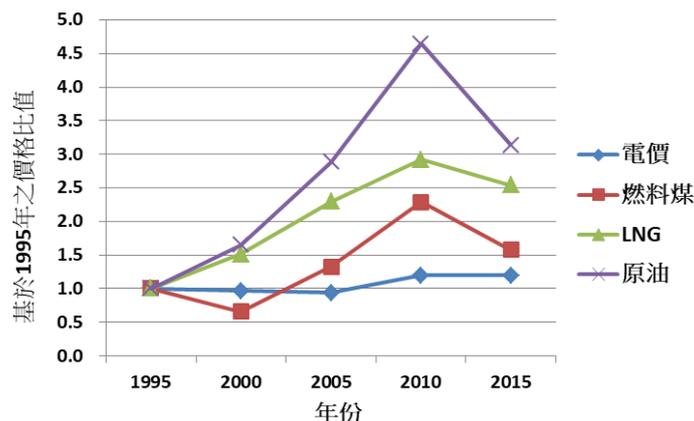


圖 2 電價與能源價格變化趨勢（能源統計手冊，2015、能源統計月報）

未來各技術發電成本與電價

本文參考國外文獻 (ETRI, 2014; IRENA, 2012; IRENA and ETSAP, 2013; IRENA and ETSAP, 2016) 預估未來年各技術發電成本，由表 1 之結果顯示燃煤與燃氣發電成本逐年增加，根據核研所推估未來年化石燃料成本的高低案，未來價格長期看漲，以未來發電量佔比最多的天然氣為例，2030 年相較 2015 年增加 50%，2050 年的價格可能為 2015 年的 2.76(低案)至 3.14 倍(高案)之間，如圖 3 所示，將導致發電成本上漲。太陽光電與離岸風力發電不須燃料成本，發電成本是受設置成本變化，近期設置成本昂貴，因此發電成本遠大於傳統燃煤及燃氣發電，政府為鼓勵民間發展再生能源，制定再生能源電力躉購費率，類別包含太陽光電、風力、水力、地熱、生質能等，而透過再生能源躉購所導致政策補貼的成本亦將反映在電價上。未來隨著技術成熟，設置成本逐年下降將導致發電成本下降，尤其太陽光電成本下降率快，2040 年後發電成本有機會低於燃氣發電。參考國外文獻 (IRENA, 2017)，影響得標價格的軟成本 (soft cost) 有融資、勞動、土地、承購人的信譽等，歐洲等國有健全的競標制度，因此目前成本較台灣低，台灣若可降低軟成本，可使發電成本下降更快速而提早市電同價。

至於未來年電價變化如何，在因應減碳目標下未來燃煤機組逐年減少而被燃氣與再生能源取代如圖 4 (GRB, 2016)，在此發電結構下發電成本逐年提高，若以 2015 年發電成本為基準 (數值等於 1)，如圖 5 之結果所示，2030 年較 2015 年多 20%，2050 年則多出 50%，發電成本增高勢必帶動未來電價上漲。而未來發電成本增加的其中一個原因，乃是因為太陽能、離岸風力等再生能源大量使用 (2050 年太陽光電 30GW、離岸風力 9GW) 所導致成本在電價上的反映，另一個重要原因則是化石燃料成本的增加；2030 年燃煤及燃氣技術相較於 2015 年發電成本之增加量為再生能源成本增加量的 0.25 倍，2040 年其相對於 2015 年之增加量為再生能源成本增加量的 0.5 倍，而 2050 年則為 1.5 倍，可見化石燃料成本的增加對整體發電成本影響程度逐年增加。此情境 2025 年太陽光電已達政府今

年最新目標 20GW，但離岸風力 3GW 未達 5.5GW 的最新目標。

表 1 各技術發電成本

	2015 NT/kWh							
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
燃煤	1.44	1.53	1.67	1.90	2.19	2.31	2.49	2.68
燃氣	2.81	2.47	2.61	2.70	2.92	2.95	3.25	3.79
太陽光電	4.70	4.36	3.69	3.57	3.50	3.44	2.87	2.94*
離岸風力	-	5.50	5.26	5.15	5.09	5.11*	4.51	4.44
水力	1.70	1.36	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35

註:由 TIMES 模型計算所得結果

*:舊機組成本於年限內未完全攤提導致發電成本增加

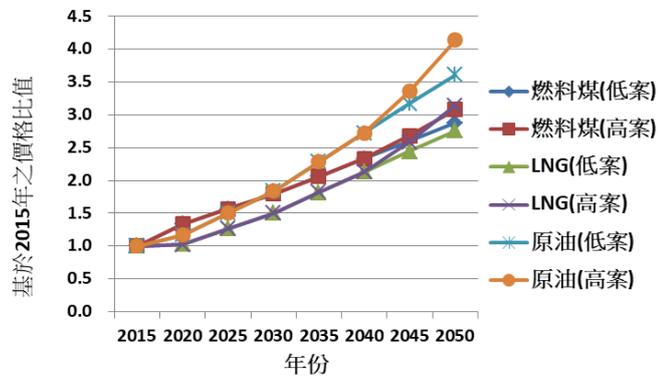


圖 3 未來化石燃料成本預估高低案 (Fu-Kuang Ko and Hui-Chih Chai, 2017)

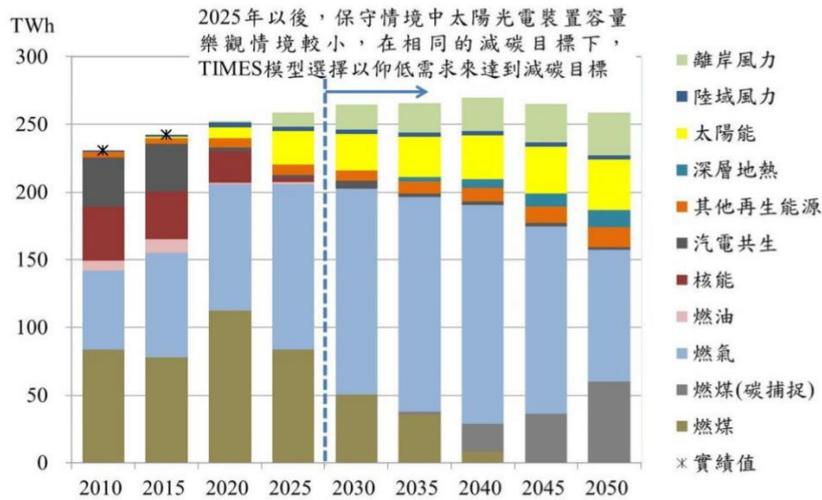


圖 4 減碳情境電力結構 (GRB, 2016)

註:再生能源發展保守情境

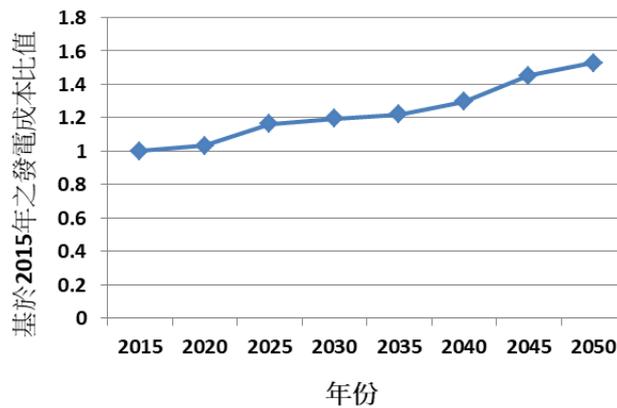


圖 5 減碳情境發電成本變化趨勢(GRB, 2017)

各技術外部成本

目前大家收到電價帳單上面的電價只反映出上述的發電成本，但正確的價格應該反映出外部成本，本文採用張耀仁等（2017）的研究(如表 2)，研究成果指出各種發電成本的外部成本（含汙染物對人體健康及農作物影響、生物多樣性損失、全球變遷損失）為燃煤 1.907 元/度、燃油 1.678 元/度、燃氣 0.873 元/度、其他再生能源主要為：水力 0.051 元/度、太陽光電 0.427 元/度、離岸風力發電 0.034 元/度、陸域風力發電 0.034 元/度；結果顯示以燃煤發電外部成本最高，油次之，天然氣再次之，再生能源則相對較低。主要發電技術外部社會成本指數如下：以燃煤為 100，依序排列為燃油 88、燃氣 45.8、太陽光電 22.4、水力 2.7、風力發電 1.8。

總成本分析

若在既有發電成本結構下再考慮上述外部成本的總成本，由表 3 結果顯示 2015 至 2050 年燃煤發電的外部成本占比最大，介於 40%至 60%之間，其次是燃氣發電的 20%至 30%，而再生能源的外部成本相對小很多，太陽光電約 10%，水力發電約 4%、離岸風力更是低到約 1%。若從總成本分析，燃氣與燃煤發電是逐年上漲，原因如前述是受到化石燃料價格長期看漲所致；而太陽光電設置成本下降率快再加上外部成本較低，總成本在 2035 年有機會較燃煤發電低，2040 年與燃氣發電相近，2045 年已經低於燃煤與燃氣發電；離岸風力雖然本身設置成本偏高，但外部成本極低，因此 2050 年總成本有機會低於燃煤與燃氣發電。根據楊皓荃等(2017)的研究，2045 時風機本體與支撐結構對於成本下降影響已經有限，之後必須透過其他因素如金融、運轉與維護來降低總成本。而同屬於再

生能源的水力發電，發電成本及外部成本均低，總發電成本在各年與其他發電技術相比均最低。

總結

目前為止台電補貼燃料成本，因此電價未能真實反映燃料成本上漲，但未來化石燃料價格看漲，恐會影響電價，若再考慮外部成本，大量使用燃煤及燃氣技術所需付出代價將越來越大。反觀再生能源，在不考慮外部成本的情況下，目前設置成本雖高，但未來隨著技術成熟設置成本下降，尤其太陽光電成本下降率快，2040年後發電成本有機會低於燃氣發電。若進一步分析整體發電成本增加的原因，2030年燃煤及燃氣技術相較於2015年發電成本之增加量為再生能源成本增加量的0.25倍，2040年其相對於2015年之增加量為再生能源成本增加量的0.5倍，2050年則提升為1.5倍，化石燃料成本的增加對整體發電成本影響程度逐年增加，由此可知在不考慮外部成本的情況下，發展再生能源在中期對電價上漲的影響較大，但隨時間增長影響逐漸降低，至長期已經不是電價上漲的原因。再生能源外部成本較傳統燃煤及燃氣技術低許多，太陽光電總成本在2035年有機會較燃煤發電低，2040年與燃氣發電相近，2045年已經低於燃煤與燃氣發電；離岸風力雖然本身設置成本偏高，但外部成本極低，因此2050年總成本有機會低於燃煤與燃氣發電。目前台灣離岸風機成本較高，但未來若能像歐洲有健全的競標制度，融資、勞動、土地等軟成本下降有助於發電成本下降，因此綜合上述，若未來大量發展再生能源是不會導致電價大幅上漲。

表 2 各技術外部成本

2015NT/kWh					
燃煤	燃油	燃氣	太陽光電	水力	離岸風力
1.907 (100)	1.678 (88)	0.873 (45.8)	0.427 (22.4)	0.051 (2.7)	0.034 (1.8)

註：（）外部成本指數

表 3 各技術總成本

2015 NT/kWh

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
燃煤	3.35 (57%)	3.44 (55%)	3.58 (53%)	3.81 (50%)	4.10 (47%)	4.22 (45%)	4.4 (43%)	4.59 (42%)
燃氣	3.68 (24%)	3.34 (26%)	3.48 (25%)	3.57 (24%)	3.79 (23%)	3.82 (23%)	4.12 (21%)	4.66 (19%)
太陽 光電	5.13 (8%)	4.79 (9%)	4.12 (10%)	4.00 (11%)	3.93 (11%)	3.87 (11%)	3.30 (13%)	3.37 (13%)
離岸 風力	-	5.53 (1%)	5.29 (1%)	5.18 (1%)	5.12 (1%)	5.14 (1%)	4.54 (1%)	4.47 (1%)
水力	1.75 (3%)	1.41 (4%)	1.40 (4%)	1.40 (4%)	1.40 (4%)	1.40 (4%)	1.40 (4%)	1.40 (4%)

註：() 外部成本占比

參考文獻

楊皓荃、張嘉諳、秦安易、林彥廷、陳銘宏(2017)，歐洲離岸風電低得標價格之因素初探，核能研究所。

張耀仁、陳中舜、馮君強、張嘉諳(2017)，我國非核與再生能源政策對環境及經濟之影響初探，經濟前瞻，172 期，111-116。

能源統計月報(1994~2016)，經濟部能源局。

能源統計手冊(2016)，經濟部能源局。

政府研究資訊系統(GRB)(2016)，先進能源技術策略規劃與電力供給中長期影響分析(I)。

台電網站(2018)，<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=52>。

IRENA(2016, 2017), Renewable Energy Auctions : Analysing.

IRENA(2012), Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Vol. 1: Power Sector.

IRENA and ETSAP(2016), Wind Power Technology Brief.

IRENA and ETSAP(2013), Solar Photovoltaics - Technology Brief.

IEA(2016), World Energy Outlook.

Fu-Kuang Ko and Hui-Chih Chai(2017), The Link between Liquefied Natural Gas Prices and its Policy Implications-The case of high importing dependency Asian countries, Energy Sources, 12, 377-386.

European Commission(2014), Energy Technology Reference Indicator projections for 2010-2050, 2014