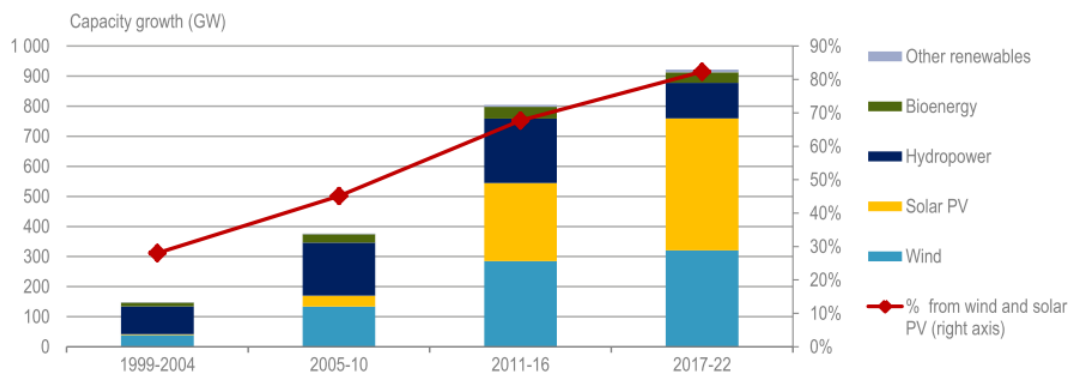


再生能源的發展速度 是否能滿足急速增加的需求量

2018.05

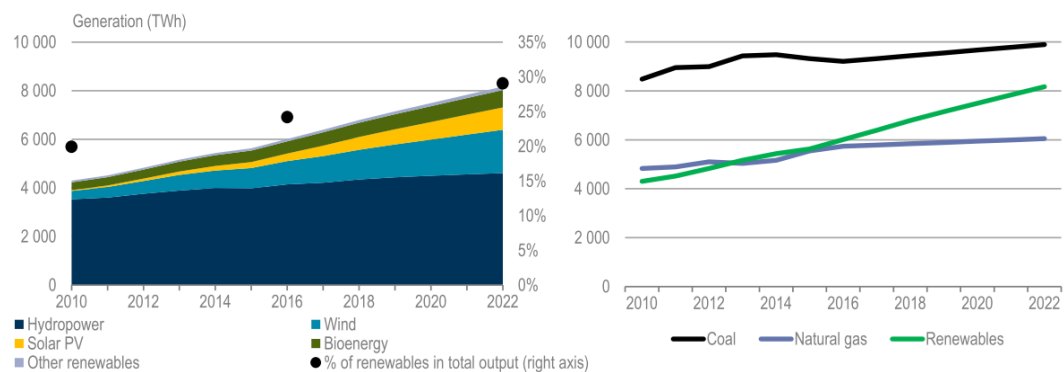
核能研究所 韓佳佑、陳治均

IEA 於 2017 年發表了最新版的「再生能源分析與至 2022 年的預測報告 (Renewable 2017 Analysis and forecasts to 2022)」(IEA, 2017)，於文中預估從 2017 至 2022 年，全球再生能源裝置容量成長了 922GW(如圖 1 所示)，且整體來看，未來再生能源的擴展，將更依賴風電與太陽光電，其在未來 5 年成長率(至 2022 年)預估可達 82%。在發電量方面(含抽蓄水力)，預估從 2016 年的 6,000TWh，成長 36%至 2022 年的 8,200TWh(如圖 2 所示)，並超過燃氣發電，而這其中有將近六成的電力來自於傳統的水力發電，其次為風電、太陽光電與生質能。



資料來源：IEA, 2017

圖 1 全球不同再生能源技術的淨裝置容量成長預測



資料來源：IEA, 2017

圖 2 全球不同再生能源發電技術(左圖)與燃煤及燃氣(右圖)之發電量預測

根據全球能源展望(World Energy Outlook, WEO)於 2015、2016 及 2017 年所出版的報告(WEO 2015, 2016, 2017)·皆一再上修再生能源的發電占比預測(表 1)·最主要的影響因素除了成本大幅下跌外(IEA, 2017)·亦受惠於各國的政策積極推動與減碳共識(林志勳等人, 2017)¹·讓再生能源得以持續大幅成長。在國內方面·再生能源的發展與政府能源政策的執行力道亦息息相關(陳中舜, 2013、洪瑋嶸, 2016)·由圖 3 可知·在 2009 年的「再生能源發展條例」正式實施後·優化了再生能源的發展環境·尤其是太陽光電。然而·若參考我國於 2013 年所規劃的再生能源推廣目標·如表 2 所列(經濟部, 2013 年)·可發現陸域與離岸風電在 2013 年時規劃其至 2015 年的累積裝置容量分別為 871MW 與 15MW·但實際累積裝置容量為 674MW 與 0MW·顯示規劃結果不如預期; 在太陽光電方面·2013 年時規劃 2015 年累積裝置容量為 552MW·但實際裝置容量為 842MW·則呈現規劃低於實際的發展·原因為太陽光電成本在這幾年大幅下降·而陸域風電則是合適的場址取得不易·在推動上相對困難。

表 1 WEO 2015 至 2017 不同情境下之全球再生能源發電量(TWh)推估

	新政策情境		目前政策情境		450 情境		永續發展情境	
	2025	2040	2025	2040	2025	2040	2025	2040
WEO 2010*	---	---	6,090	8,873	6,885	14,507	---	---
WEO 2015	8,784	13,429	8,202	11,487	9,549	17,816	---	---
WEO 2016	8,960	14,271	8,384	12,305	9,890	19,883	---	---
WEO 2017	9,316	15,688	8,840	13,160	---	---	10,625	22,664

資料來源：WEO (2010, 2015, 2016, 2017)·核研所彙整

註：*WEO 2010 預測年限是 2020 至 2035 年·故上表所示數據分別為 2020 與 2035 年。

¹ 隨著再生能源設置成本的下降·各國政府對於再生能源補助金額有逐年縮減的趨勢·除了持續調降補助費率外·也採取更具市場機制的競標制度。



資料來源：經濟部(2016)·台電(2011)·核研所彙製

圖 3 我國太陽光電與風力發電裝置容量成長與能源政策

表 2 我國於 2013 年所規劃的再生能源推廣目標

裝置容量(MW)	2012	2015	2020	2025
離岸風力	0	15	600	1,800
太陽光電	222	552	1,300	2,500
地熱能	0	4	66	150
陸域風力	571	871	1,200	1,200
水力發電	2,081	2,089	2,138	2,502
其它*	822	885	1044	1800

註：*含沼氣發電、廢棄物、洋流發電、燃料電池

資料來源：經濟部(2013)

1. 再生能源能否滿足電力成長需求

有關再生能源的成長是否能滿足電力成長需求可應用 TIMES(The Integrated MARKAL-EFOM System) 模型估算，上述 TIMES 模型是由國際能源署(International Energy Agency, IEA)在 1976 年所成立的 ETSAP(Energy Technology Systems Analysis Program)計畫資助(IEA-ETSAP, 2018)，於 1996 年開始開發的 3E(能源、經濟、環境)系統模擬工具，至今已被 70 個國家中的 250 個研究機構所使用，主要用於模擬未來 20 至 50 年間全球、區域或單一國家的能源系統最佳化規劃，是一套相當成熟且廣為被使用的能源系統規劃模型。TIMES 模型可在各項能源需求、供應、技術限制及情境條件(如 CO₂ 減量目標)下求解能源系統的最小成本，並可規劃各種新能源技術進入系統或舊有技術除役的最適宜時機。因此，透過 TIMES 模型進行能源政策模擬可以更確切擬定我國的能源政策發展，作為相關單位制訂能源政策時之參考依據，達到輔助政府施政之成效，投資者也可掌握時機進行能源技術的投資，避免過度能源生產或進口而導致的能源損失或浪費。

TIMES 模型中的再生能源裝置容量設定以表 3 所列表為上限，其中黑色數字為歷史實績值，紅色數字為政府政策目標，藍色數字為核研所推估(核研所，2016)，而傳統燃煤、燃氣與燃油發電技術於 2016 至 2027 年的裝置容量是參考「106 年長期電源開發方案(10610 案)」(台電，2017)，2028 至 2050 年的裝置容量以 2016 至 2027 年的年均成長率為上限，並考慮 2025 非核家園政策，及以「國家自定預期貢獻」(Intended Nationally Determined Contribution, INDC)與溫管法作為減碳目標(減碳情境)，探討再生能源之減碳貢獻(核研所，2016)。表 4 所列表為 2020 至 2050 年再生能源發電與電力需求的累計淨增加量，其計算方法為 2020 年的數據減去 2015 年，其差值再和 2025 年的減去 2020 年的相加，依此類推至 2050 年，由表中所列表數據可知，若在各部門節能導入極大化與需求抑低下，且所規劃的再生能源推廣目標皆能順利達標下，再生能源發電的成長速度明顯高於電力需求，應能滿足電力成長需求。

再生能源目前的裝置容量距推廣目標仍有所差距，其中太陽光電至 2017 年 8 月約 1,388.4MW(含屋頂型 1,318.7MW)，距 2025 年目標 20,000MW 還差了 18,611.6MW，離岸風力至 2017 年 7 月已設置 8MW(海洋示範計畫)，距 2025 年 3,000MW 還差了 2,992MW。2025 年距今僅 7 年，再生能源之開發及併網工程之進度能否順利推動，將是能否達成該配比目標的最大挑戰。

表 3 我國再生能源推廣目標與未來潛力推估 (裝置容量 MW)

裝置容量(MW)	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
離岸風力	0	520	3,000	5,200	6,150	7,100	8,050	9,000
太陽光電	842	6,500	20,000	22,003	24,006	26,010	28,013	30,016
陸域風力	647	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
水力發電	2,089	2,100	2,150	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200
地熱 ¹	0	150	200	200	682	1,049	1,416	2,150
其它 ²	741	768	813	1,020	1,674	2,116	3,124	4,258

資料來源：核研所(2016)、經濟部(2016)

註：1. 地熱含淺層與深層地熱；2. 其它含生質能、波浪發電與洋流發電

表 4 再生能源發電與電力需求累計增量(TWh)

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
再生能源	2.67	12.7	19.7	33.9	53.2	87.4	101.6
電力需求	2.9	3.0	8.5	17.9	26.7	39.3	45.2

資料來源：核研所計算

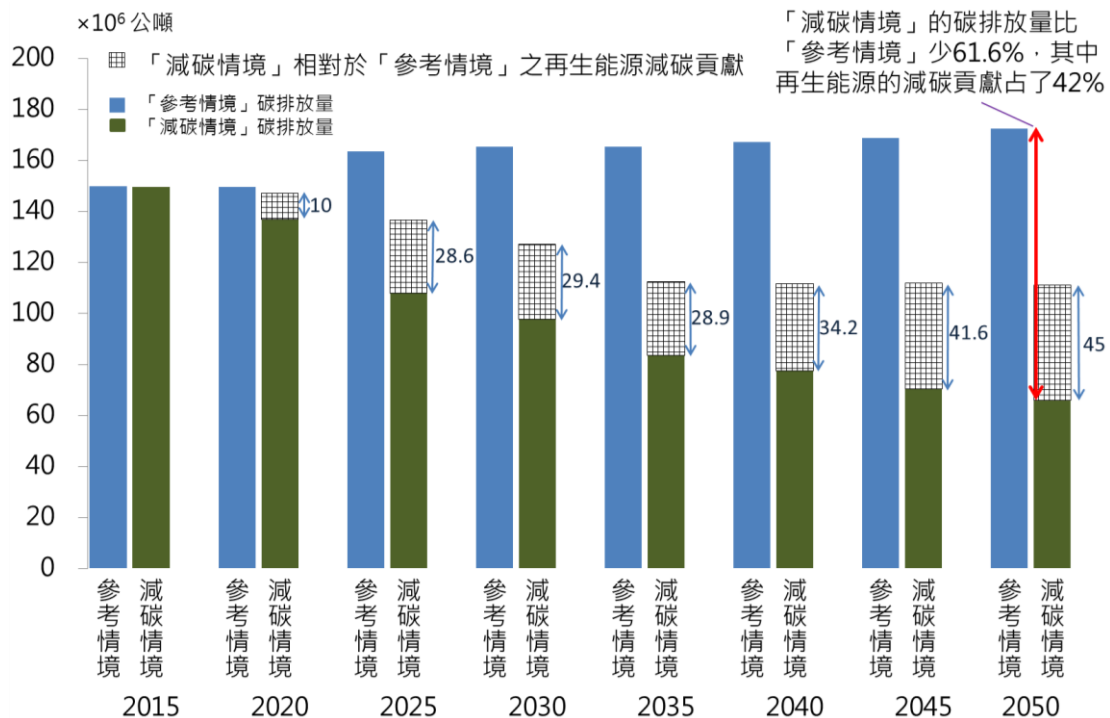
2. 再生能源的減碳貢獻

由圖 4 可知，在再生能源大量發展的「減碳情境」中，至 2050 年電力部門碳排放量比「參考情境」2 少了 61.6%(106.5 百萬噸)，其中再生能源的減碳貢獻占了 42%(45 百萬公噸)；值得一提的是，由於溫減法目標的嚴峻，具高排放量的傳統燃煤機組被迫停機，取而代之的是大量零碳的再生能源及燃煤碳捕存發電，

² 本文「參考情境」及「減碳情境」下皆為最小成本之能源配比，其中「參考情境」未考慮減碳目標，而「減碳情境」以 INDC 及溫管法作為減碳目標。

可見政府於未來的減碳力道對再生能源的發展有絕對性的影響。

我國在「新能源政策」下，明定 2025 年再生能源發電占比達 20% 之目標，其中以太陽光電及離岸風電為主要發電技術，然而優良的太陽光電場址大多座落於中南部地區，離岸風電場址大多位於彰化外海，未來在大量太陽光電與離岸風電併入系統，南北供電不平衡現象將更嚴重，且亦可能使得輸電線路過載，故未來輸配電計畫應考慮強化電網傳輸容量，在有大量再生能源併連處可規劃新建變電所並擴建輸電線路，避免造成輸電線路雍塞。另外，間歇性再生能源的併網亦需要有足夠的燃氣發電調節電網的供需平衡，故燃氣新(擴)建計畫(經濟部，2017 年)與再生能源的推動期程亦需要能相互搭配，俾利電網能供電穩定。



資料來源：核研所彙製

圖 4 電力部門「參考情境」與「減碳情境」碳排放量以及再生能源減碳貢獻

參考文獻

- 台灣電力股份有限公司(2011)，再生能源電能收購作業要點，2011年7月。
- 台灣電力股份有限公司電源開發處(2017)，106年長期電源開發規劃(10605案)。
- 洪瑋嶸(2016)，國際離岸風電市場現況與趨勢，核能研究所 能源資訊平台。
- 林志勳、楊翔如、康志堅(2017)，2017能源產業展望。
- 陳中舜(2013)，再生能源政策現況、趨勢與瓶頸，核能研究所 能源資訊平台。
- 核能研究所(2016)，先進能源技術策略規劃與電力供給中長期影響分析(I)。
- 經濟部(2017)，能源部門溫室氣體排放管制行動方案(草案)。
- 經濟部(2016)，能源統計手冊。
- 經濟部(2016)綠色能源政策目標、未來規劃及執行現況(書面報告)。
- 經濟部(2013)，再生能源發展政策及現況，2013年5月。
- 經濟部(2017)，擴大天然氣與穩定供應計畫，2017年11月。
- IEA(2010), World Energy Outlook 2010.
- IEA(2015), World Energy Outlook 2015.
- IEA(2016), Renewable Energy Medium-Term Market Report.
- IEA(2016), World Energy Outlook 2016.
- IEA(2017), World Energy Outlook 2017.
- IEA-ETSAP(2018), <https://iea-etsap.org/>