

REN21 研究機構發佈 2018 年再生能源全球現況報告

—最近 8 年的全球再生能源新增投資每年超過 2,000 億美元

周桂蘭

國家能源發展策略規劃及決策支援能量建構計畫

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

21 世紀再生能政策網絡研究機構(REN21)每年 6 月定期發佈最新的全球再生能源現況報告(Renewables Global Status Report)，提供全面及時的再生能源資訊。2017 年再生能源在電力應用成長幅度大於熱冷能及運輸的應用領域，全球再生能源發電容量在 2017 年達到最大的增量(178GW)，相較於 2016 年增加 9%，其中太陽光電主導了再生能源發電。運輸部分的再生能源進展速度仍然很低(占比為 3.1%)，其中 90% 以生質燃油為主。運輸電力化持續受到關注，2017 年電動車占全球輕型輛銷售比已經超過 1%，很多國家也開始宣示未來將汽、柴油車禁售。最近 8 年的全球再生能源新增投資(不含 50MW 以上的水力發電)每年皆超過 2,000 億美元。2017 年新增再生能源投資金額約 2,798 億美元，相較 2016 年上升 2%。太陽光電新增投資金額為 1,610 億美元，占總再生能源投資金額的 57%，相對於 2016 年成長 18%。臺灣自 2016 年新政府上台後，2017~2018 年透過電業法及再生能源發展條例的法案修訂，明確表達臺灣朝向「潔淨能源」與「非核家園」願景的決心，此外，我國能源轉型白皮書首次引進公民參與模式，導入民間與利害關係人意見，作為國家政策諮詢基礎。綜觀我國目前進行的再生能源發展規劃內容與國際推動策略比較，方向思維是一致的，然而，在管理制度的整合規劃仍需要有進一步的思維，才能在低碳能源轉型過程中，兼顧能源安全面臨的挑戰，真正落實我國再生能源轉型路徑的達成。

關鍵字：再生能源、投資、市場、政策

一、前言

2017 年是再生能源另一個破紀錄的一年，包括再生能源裝置容量最大增量、成本大幅下降、先進技術投資增加、運輸電力化顯著增加、無煤化政策宣示、地方政府逐漸加入再生能源及能源效率的倡議者。透過氣候變遷政策推動，例如：碳稅、化石燃料補貼刪除、排放交易等機制，也帶動再生能源及能源效率等技術提升。2017 年有幾項重大的國際政策宣示對再生能源具有重要的政策意涵：

1. 中國發起全世界最大的排放交易機制，第一階段聚焦在 1,700 家電力公司，每年總排碳量約 30 億噸二氧化碳。相較於 2016 年歐盟排放交易含蓋約 17 億噸二氧化碳，中國排碳交易規模約歐盟二倍。
2. 27 個國家／省／州／城市發起「助力淘汰煤炭聯盟(Powering Past Coal Alliance)」，致力於 2030 年逐步淘汰燃煤電廠。
3. 25 個 C40 會員城市透過都市能源效率改善及增加再生能源使用，設定 2050 年達到零排碳目標。
4. 全球電動車倡議發起 EV30@30 活動，設定 2030 年達成電動車市占率 30% 的目標。

2017 年太陽光電裝置容量是風力發電裝置容量的二倍，但是生質燃油仍然陷入永續性爭議及政策不確定性，決策者對再生能源熱冷利用關注度不足。加熱及運輸電力化被視為再生能源擴大應用的路徑，有助於整合變動型再生能源(Variable renewable energy)應用及對抗空氣污染。2017 年全球再生能源投資總額達到 2,798 億美元(不含超過 50MW 水力發電)，比 2016 年上升 2%，幾乎所有的投資都集中在太陽光電(占 57%)及風力發電(占 38%)。開發中及新興國家占全球再生能源投資的 63%，其中，中國占了 45%，相對於歐洲的再生能源投資占比下降至 30%。2017 年私人部門簽訂再生能源發電合約容量約 5.4GW，比 2016 年增加 26%。2018 年初超過 130 個全球企業加入 RE100 倡議，相對於 2016 年的 87 個企業加入，增加了 43 個企業。

21 世紀再生能政策網絡研究機構(REN21)每年定期發佈最新的全球再生能源現況報告(Renewables Global Status Report)，透過全球 180 個再生能源領域專家審視，共同完成每年的再生能源現況報告，提供全面及時的再生能源資訊，反應出公私部門的多元觀點，包括：政策現況、市場及產業、投資流向等。茲將 REN21 出版的 2018 年最新再生能源發展資訊，分別摘述如下：

二、政策現況

再生能源發展分成三大領域：電力、運輸及熱冷利用。圖 1 顯示 2017 年全球再生能源政策推動焦點仍集中在電力部門，共有 128 個國家推動再生能源發電政策。運輸部門的再生能源應用政策推動的國家也持續增加，2017 年共有 70 個國家推動相關政策。實施再生能源應用於熱冷利用的推動政策的國家並未有顯著性的成長，2017 年有 24 個國家推動相關政策。

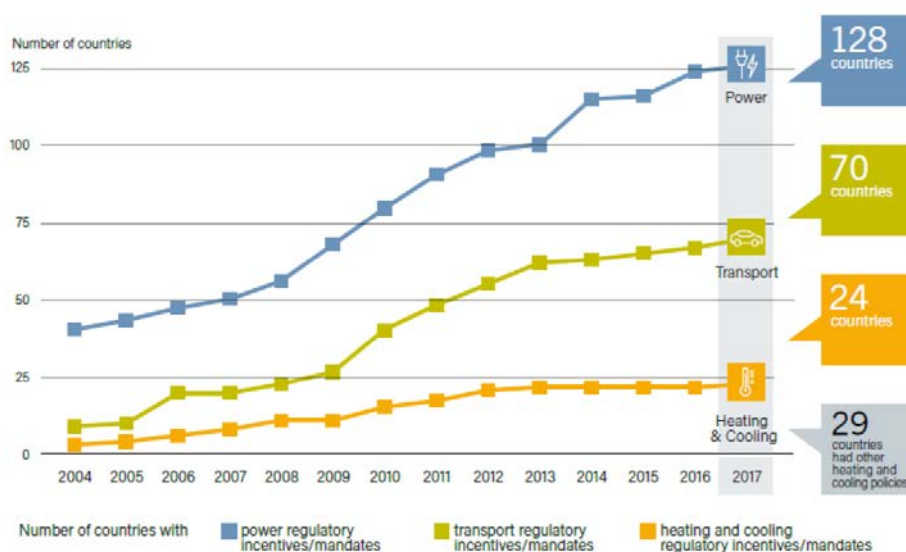


圖 1、再生能源政策的推動國家成長趨勢(2004-2017)[1]

全球再生能源發展目標設定，至 2017 年，有 146 個國家設定再生能源發電目標，其中，有 90 個國家／州／省的再生能源發電占比目標超過 50%。有 48 個國家設定再生能源熱冷利用目標，42 個國家設定再生能源運輸應用目標。

再生能源在電力、運輸及熱冷利用的發展現況，詳述如下：

(一)電力應用

電力部門的再生能源轉型進展的不錯，太陽光電及風力發電已開始具有成本競爭力，全球再生能源發電容量在2017年達到最大的增量(178GW)，2017年相較於2016年增加9%，其中太陽光電主導了再生能源發電，2017年太陽光電、風力發電及水力發電的新增容量分別占全部再生能源新增裝置容量約55%、29%、11%。2017年整體再生能源發電新增容量占全球發電新增容量的70%，相對於2016年的63%，又再度提高占比。至2017年底再生能源累計總裝置容量約2,195GW(如圖2所示)，估計佔全球發電量的26.5%，其中水力發電占16.4%(如圖3所示)。

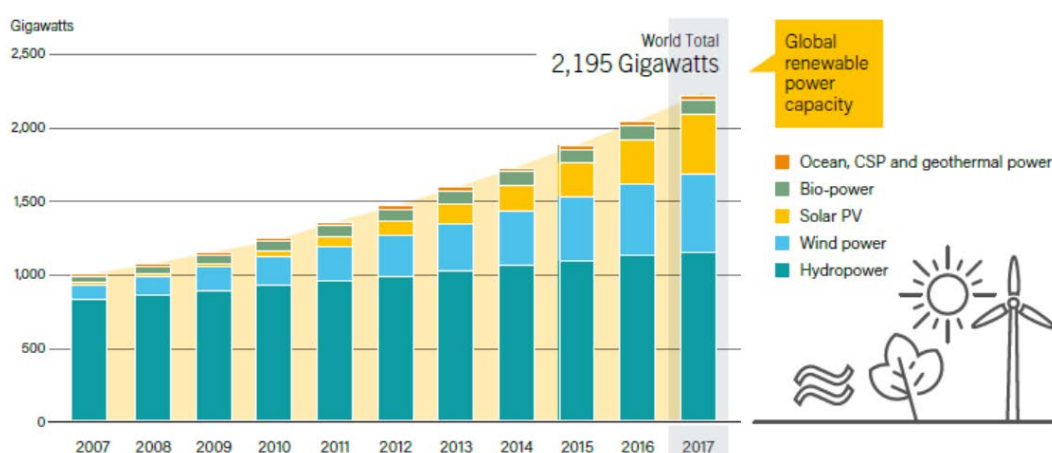


圖 2、全球再生能源發電容量成長趨勢(2007-2017)[1]

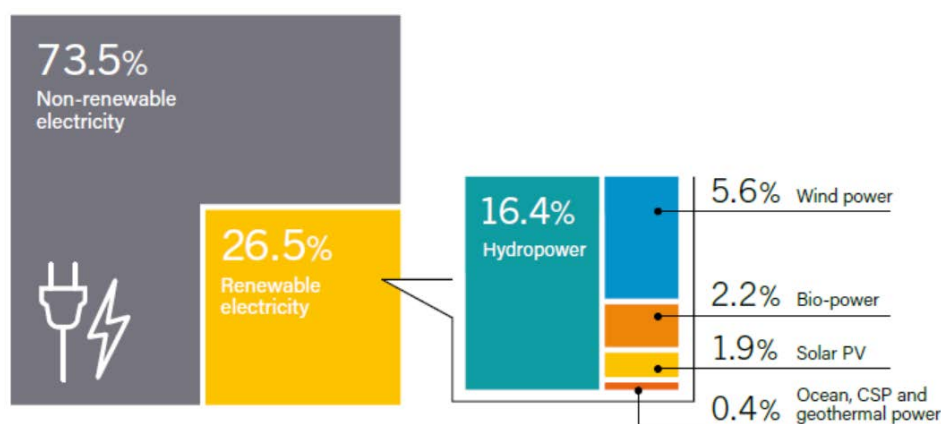


圖 3、2017 年全球再生能源發電占比[1]

2017 年總再生能源裝置容量（不含水力發電）前五名的國家分別為中國(334GW)、美國(161GW)、德國(107GW)、印度(61GW)、日本(57GW)。若以人均再生能源容量前四名的國家分別為冰島(2.1 kW/per inhabitant)、丹麥(1.6 kW/per inhabitant)、德國(1.3 kW/per inhabitant)、瑞典(1.3 kW/per inhabitant)。雖然有 17 個國家再生能源發電占比超過 90%，但是水力發電仍然占比極高。圖 4 顯示變動型再生能源發電占比超高 20% 有 6 個國家，分別是丹麥、烏拉圭、德國、愛爾蘭、葡萄牙、西班牙。再生能源發電競標機制(tender)持續擴散中，2017 年共有超過 29 個國家以競標機制取代躉購電價機制（FIT）。2017 年採取躉購電價機制的國家共有 113 國。另外，2017 年有 6 個國家採取淨電表機制(Net metering)，主要用於推動屋頂型太陽光電。

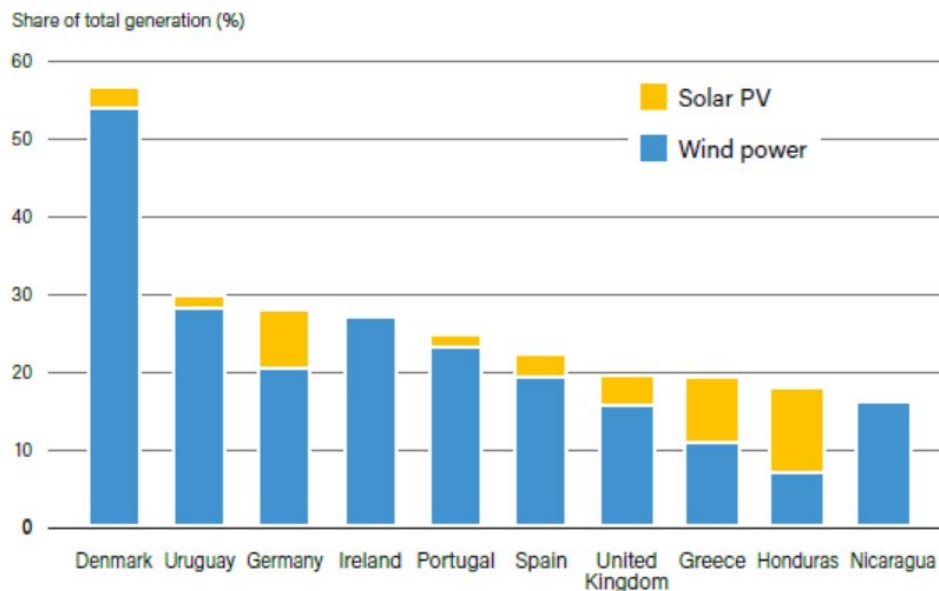


圖 4、變動型再生能源發電占比高的國家排序[1]

(二)運輸應用

運輸部分的再生能源進展速度仍然很低(占比為 3.1%)，其中 90% 以生質燃油為主。運輸電力化持續受到關注，2017 年電動車占全球輕型車輛銷售比率已經超過 1%，很多國家也開始宣示未來將汽、柴油車禁售。再生能源在運輸部門應用，以液態燃料的生質酒精及生質柴油為主，約佔運輸部門能源消費的 2.8%。2017 年生質酒精生產增加 2.5%；生質柴油生產增加 9%。

生質燃油成長緩慢的原因是受限於料源永續性問題及其他運具新技術成熟性問題。未來運輸電力化趨勢可創造變動型再生能源整合的機會，目前只有奧地利及德國在 2017 年採取明確的政策鼓勵電動車使用再生能源電力。

(三)熱冷應用

再生能源貢獻於加熱及冷卻的方式有三種：(1)生質能直接燃燒；(2)地熱及太陽熱能直接利用；(3)以電能加熱或冷卻。現代化的再生能源提供全球近 10.3%的熱能消費，有 16.4%直接由傳統生質能提供烹調及熱能。雖然，全球低油價減緩再生能源在熱冷需求應用的投資，但是，幾個國際趨勢仍然有利於再生能源在熱能的應用，包括：淨零能源建築物興起、工業製程效率改善、建築材料與熱冷系統整合。區域熱能系統(district heating systems)擴展也提供變動型再生能源熱能利用的機會。

三、市場及產業

2017 年再生能源投資及發電容量排名前五大國家如表 1 所示。中國及美國不管是再生能源投資總額及發電容量增加(不含水力)皆居於全球前二名國家。除了中國及日本之外，印度是另一個排名前五大的亞洲國家，2017 年印度的太陽光電投資金額已經超越日本，排名全球第三位，顯示印度的再生能源市場蓬勃發展，吸引全球投資者的目光。

表 1、2017 年再生能源投資及發電容量排名前五大國家[1]

Annual Investment / Net Capacity Additions / Production in 2017					
	1	2	3	4	5
Investment in renewable power and fuels (not including hydro over 50 MW)	China	United States	Japan	India	Germany
Investment in renewable power and fuels per unit GDP ¹	Marshall Islands	Rwanda	Solomon Islands	Guinea-Bissau	Serbia
Geothermal power capacity	Indonesia	Turkey	Chile	Iceland	Honduras
Hydropower capacity	China	Brazil	India	Angola	Turkey
Solar PV capacity	China	United States	India	Japan	Turkey
Concentrating solar thermal power (CSP) capacity ²	South Africa	-	-	-	-
Wind power capacity	China	United States	Germany	United Kingdom	India
Solar water heating capacity	China	Turkey	India	Brazil	United States
Biodiesel production	United States	Brazil	Germany	Argentina	Indonesia
Ethanol production	United States	Brazil	China	Canada	Thailand

Total Capacity or Generation as of End-2017					
	1	2	3	4	5
POWER					
Renewable power capacity (including hydropower)	China	United States	Brazil	Germany	India
Renewable power capacity (not including hydropower)	China	United States	Germany	India	Japan
Renewable power capacity per capita (not including hydro) ³	Iceland	Denmark	Germany/Sweden		Finland
Bio-power generation	China	United States	Brazil	Germany	Japan
Bio-power capacity	United States	Brazil	China	India	Germany
Geothermal power capacity	United States	Philippines	Indonesia	Turkey	New Zealand
Hydropower capacity ⁴	China	Brazil	Canada	United States	Russian Federation
Hydropower generation ⁴	China	Brazil	Canada	United States	Russian Federation
Solar PV capacity	China	United States	Japan	Germany	Italy
Solar PV capacity per capita	Germany	Japan	Belgium	Italy	Australia
Concentrating solar thermal power (CSP)	Spain	United States	South Africa	India	Morocco
Wind power capacity	China	United States	Germany	India	Spain
Wind power capacity per capita	Denmark	Ireland	Sweden	Germany	Portugal
HEAT					
Solar water heating collector capacity ⁵	China	United States	Turkey	Germany	Brazil
Solar water heating collector capacity per capita	Barbados	Austria	Cyprus	Israel	Greece
Geothermal heat capacity ⁶	China	Turkey	Iceland	Japan	Hungary

茲將各類再生能源 2017 年市場及產業相關發展資訊說明如下：

(一) 生質能源

生質能占全球最終能源需求約 13%。現代化生質能約提供建築物熱能需求的 4%、工業約 6%、電力約 2%及運輸需求約 3%。生質能源現代化利用成長相當緩慢(每年不到 2%)，主要原因是缺乏政策誘因及化石燃料價格低的影響。生質能發電在 2017 年成長快速，約增加 11%，中國首度超越美國，成為全球最大的生質能發電生產者。2017 年的運輸部門的生質燃油生產約增加 2.5%，美國、巴西仍然是世界最大的生質酒精及生質柴油生產者。過去五年，新型的運輸燃油，例如：氫化植物油(hydrotreated vegetable oil, HVO)有顯著的成長，2017 年 HVO 占生質燃油生產總量的 6%。另外，先進的航空用的生質燃油技術也一直進行技術開發。

(二)地熱發電與熱源

2017 年新增 0.7GW 的地熱發電營運，使得全球地熱發電累計至 12.8GW。印尼及土耳其占了新增容量的 3/4。地熱直接熱源使用在 2017 年估計增加 1.4GWth，全球累計地熱熱源容量約 25 GWth，空調暖氣仍然是最大及成長最快的部門，特別是歐洲及中國新增的區域加熱系統。地熱產業仍然受限於特定的開發挑戰，例如：長期的前置開發時間、高資源探勘風險。但是，降低開發風險的先進技術、成本有效的符合當地地熱資源及降低潛在環境衝擊等技術是產業發展聚焦的重點。

(三)水力

2017 年全球水力發電新增容量約 19GW，累計全球總容量約 1,114GW，這是過去五年來，最低的年增量。中國仍然是全球水力發電新增容量的最大開發者，約占 40%，其次，是巴西、印度、安哥拉、土耳其。抽蓄水力是目前大型能源儲能的主力，約占全球儲能容量的 96%。2017 年全球抽蓄水力約新增 3GW，累計全球總抽蓄水力儲能容量為 153GW。

(四)海洋能

2017 年約有 529MW 的海洋能在運轉，其中，90%以上屬於潮汐發電。歐洲的海洋能產業有些技術已經足以商業化。海洋能的政府支援仍然是重要的產業支撐來源。

(五)太陽光電

太陽光電是目前再生能源發電最熱門的技術，2017 年全球累計的太陽光電發電容量達到 402GW。太陽光電因為競爭力提升，市場快速擴張，技術效率提升及能源成本降低，讓產業推向創新及生產績效愈來愈穩固。2017 年太陽光電破紀錄的拍賣價格與製造業的薄利等因素，仍然吸引新的投資者加入太陽光電產業。

(六)集熱式太陽熱能發電

2017 年全球集熱式太陽熱能發電(CSP)容量累計達到 4.9GW，南非是目前唯一將 CSP(100MW)正式營運的國家。2017 年約有 2GW 的 CSP 興建中，包括中國 300MW 及摩洛哥 350MW。約有 13GWh 的熱能儲能(thermal energy storage, TES)正在運轉中。西班牙維持現有的 CSP 領先地位，其次是美國。目前 CSP 加上 TES 被視為可與化石燃料發電廠競爭的可行方法。

(七)太陽熱冷利用

2017 年新增 35GWth 的太陽熱能容量，累計全球總容量達到 472GWth。中國在太陽熱冷利用領先其他國家，其次是土耳其、印度、巴西及美國。2017 年工業製程採用太陽熱能加熱已出現實例，有助於強化供應鏈及符合空氣污染的政策。目前全球約有 110 個太陽熱能加熱系統(135MWth)運轉中。聚光型太陽能集熱器(concentrating collector)技術在暖氣及工業加熱扮演愈來愈重要的角色，主要市場在阿曼、中國、義大利、印度及墨西哥。

(八)風力發電

2017 年風力發電不管是陸域或離岸的拍賣競標價格都來到新低點，主要原因是技術創新及規模經濟，另外隨著風險認知降低使得融資成本下降，再加上激烈的產業競爭。電力及大型油氣公司持續投資風力發電產業。2017 年全球風力發電新增容量 52GW(相較於 2016 年增加 4%)，累計總容量達到 539GW。歐洲及印度的裝置容量創新高的同時，中國卻持續第二年新增裝置量下降。2017 年也是離岸風力發展最好的一年，總裝置容量增加 30%，中國離岸風力市場也開始起飛，世界第一座商業化浮動式離岸風電在蘇格蘭正式營運。風機葉片及規模持續擴大，有些製造商宣稱可以製造超過 10MW 的風機。2017 年至少有 13 個國家的風力發電占全國發電量 10% 以上。

四、投資流向

最近 8 年的全球再生能源新增投資(不含 50MW 以上的水力發電)每年皆超過 2,000 億美元。2017 年新增再生能源投資金額約 2,798 億美元，相較 2016 年上升 2%，若包括 50MW 以上的水力發電，則新增投資金額為 3,100 億美元，再生能源投資金額是化石燃料電廠投資額的三倍。

圖 5 顯示開發中及新興國家的再生能源投資自 2015 年超越已開發國家後，2017 年仍然維持超越的態勢，約占全球再生能源投資的 63%。2017 年開發中及新興國家的再生能源投資金額為 1,770 億美元，相對於 2016 年增加 20%，反觀已開發國家投資金額約為 1,030 億美元，相對於 2016 年下降 19%。中國占了全球再生能源投資金額(不含 50MW 以上的水力發電)的 45%，相對於 2016 年的占比(35%)，又提高了 10%。其次是歐洲投資金額占比為 15%，美國占比 14% 位居第三，亞太地區(不含中國)占比為 11% 排名第四。其他，如美洲地區(不含美國及巴西)約占 5%，印度約占 4%，中東及非洲約占 4%，巴西占 2%。

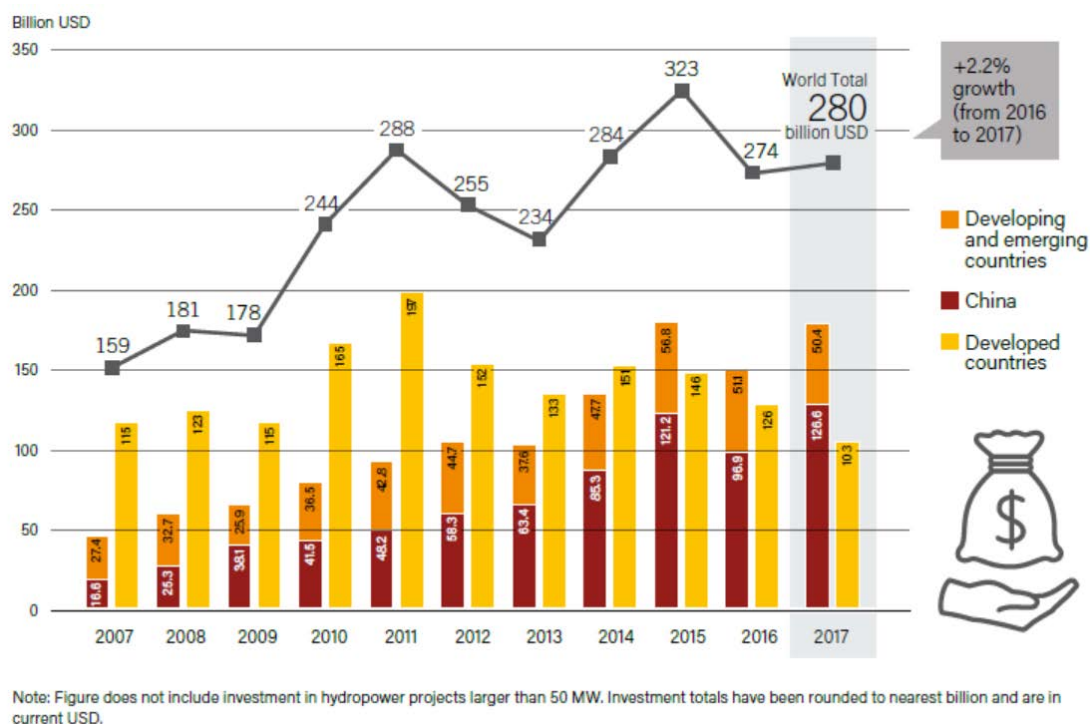


圖 5、全球再生能源投資趨勢[1]

2017 年仍然以太陽光電及風力發電為全球投資焦點。太陽光電新增投資金額為 1,610 億美元，占總再生能源投資金額的 57%，相對於 2016 年成長 18%。圖 6 顯示 2017 年除了太陽光電投資呈現正成長外，其他再生能源技術投資皆呈現負成長。風力發電新增投資金額為 1,070 億美元，占總再生能源投資金額的 38%，相對於 2016 年下降 12%。生質能／廢棄物能源新增投資金額為 47 億美元，相對於 2016 年下降 36%。地熱新增投資金額為 16 億美元，相對於 2016 年下降 34%。生質燃油新增投資金額為 20 億美元，相對於 2016 年下降 3%。

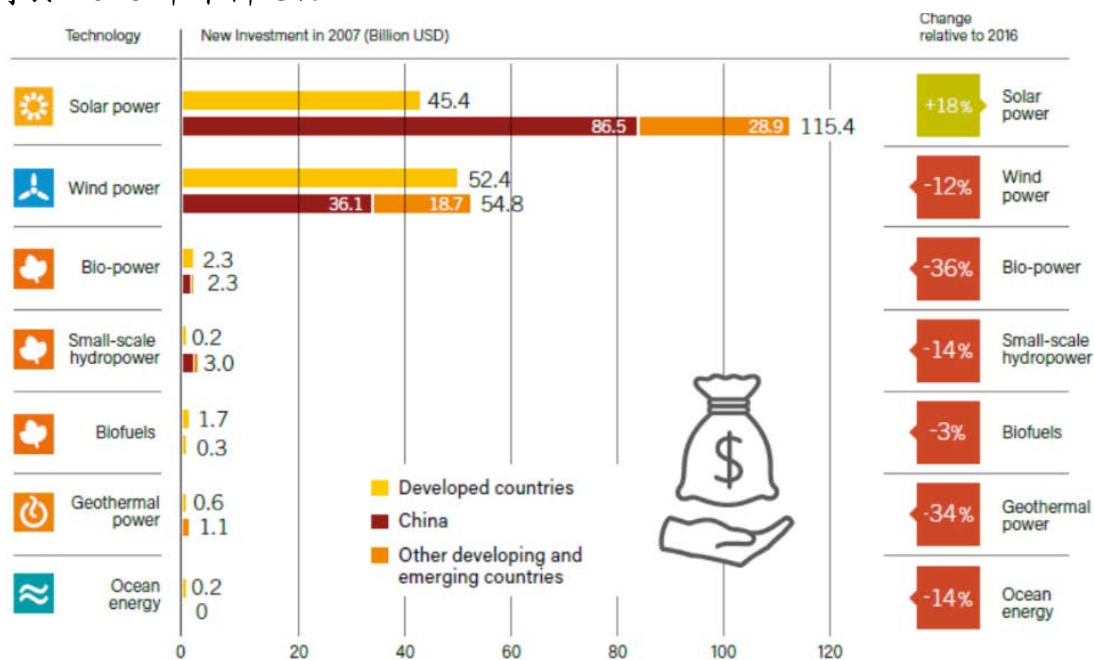


圖 6、全球再生能源技術新增投資變動[1]

2017 年全球再生能源資金來源：來自研發投資約 99 億美元，到達歷史新高紀錄，相對於 2016 年上升 6%，其中來自政府部門約 51 億美元，來自私人公司約 48 億美元。歐洲仍然是最大的再生能源研發投資區域，2017 年的研發投資約 27 億美元，相對於 2016 年上升 8%。美國的研發投資約 21 億美元位居第二位，中國居第三位(約 20 億美元)。

以再生能源投資型態來看，電廠級再生能源金融資產(Asset finance)投資總額為 2,161 億美元，相對於 2016 年成長 0.2%。小型太陽光電投資(小於 1MW)約 494 億美元，相較於 2016 年增加 15%。

再生能源公司及基金的公開市場投資金額約 57 億美元，相較於 2016 年下跌 6%，是自 2012 年以來資金規模最小的一年。其中，首次公開募股 (Initial Public Offerings, IPO) 相對於 2016 年下跌 50%。再生能源的創業投資 (Venture capital, VC) 及私募股權 (Private equity, PE) 在 2017 年呈現投資下降 33% 趨勢，總投資金額為 180 億美元，以太陽光電發電為主要投資標的。另外，再生能源產業的收購 (Acquisition) 雖然不計入新增再生能源投資總額，收購活動總額繼四年連續成長後，在 2017 年首度下滑 1%，約 1140 億美元。

2017 年電廠及能源公司的融資總金額約 1,215 億美元，相對於 2016 年增加 2%，無追索權 (non-recourse) 專案融資總金額約 912 億美元，相對於 2016 年下降 4%。2017 年全球綠色債券發行達到歷史新高，總額約 1,631 億美元，增加了 67%。

五、能源系統整合

2017 年至少有 10 個國家的變動型再生能源發電占比超過 15%。隨著高占比變動型再生能源發電提高，能源系統整合議題愈來愈受到關注，主要焦點在於提高能源系統的彈性，主要整合技術包括儲能系統、熱泵、電動車及智慧電網，這些技術引進除了有助於電網整合，亦有助於將再生能源發電與熱能及運輸部門的整合利用。茲將儲能、熱泵及電動車等三項能源系統整合技術發展現況說明如下：

(一) 儲能

目前的儲能技術以抽蓄水力為主，雖然受限於地理環境因素，但是抽蓄水力是成本最低的儲能技術。近年來，其他儲能技術開發也有顯著的進展，包括電化學 (electro-chemical) 的電池及電子機械 (electro-mechanical) 的飛輪 (flywheels) 及空氣壓縮 (compressed air)。熱能儲能 (thermal energy storage)，例如：熔鹽 (molten salt)，除了可應用於熱冷利用，也可與集熱型太陽熱能發電 (CSP) 結合。另外，再生能源電力也可利用電解方式將天然氣轉化為氫能 (P2G)，應用於運輸或電力或加熱。

2017 年全球定置型及併網型的儲能容量約 159GW，其中抽蓄水力約 153GW，其他儲能系統約 5.9GW。電池儲能具有良好的平衡短期電網負載波動的功能，可以快速調節頻率與電壓變動。2017 年大型電池儲能約 2.3GW，需求方(behind-the meter)的電池儲能 1.2GW，另外約 3.3GW 的電廠級電池儲能計畫規劃中。德國及美國保持在電池儲能市場領先地位。澳洲的 Hornsdale Power Reserve 位於風場旁邊，於 2017 年安裝 100MW 的電池儲能系統，超越美國加州(30MW)成為世界最大的電池儲能廠。2017 年需求方(behind-the meter)的電池儲能搭配屋頂型太陽光電系統，德國約 80,000 個，澳洲約 20,800 個(澳洲成長率是 2016 年的三倍)，日本約 25,000 個，美國加州提供自發電誘因(Self-Generation Incentive Program)，約有 90%的住宅及 60%商業部門加裝儲能系統。義大利於 2017 年也宣告將在未來二年安裝 20,000 個電池儲能，建立太陽光電的虛擬電廠。

(二)熱泵

熱泵主要用於建築物暖氣及冷卻功能及工業加熱。近年來，再生能源與熱泵結合的應用趨勢愈來愈多。2014 年全球熱泵(ground-source)容量約 50.3GWth，生產近 327 petajoules(91 TWh)的能源產出，根據歷史成長率推估，2017 年的容量將達到 65 GWth。

2017 年世界最大的熱泵市場在中國，其次是美國及歐洲(法國、義大利、西班牙、瑞典、德國)。中國熱泵市場成長的驅動力來自減緩空氣污染及降低太陽光電及風力棄電現象。日本及韓國也有顯著的熱泵市場，2016 年日本熱泵的熱水系統占全部家計部間熱水加熱市場的 10%。中國的熱泵市場在 2013~2016 年間的銷售穩定成長，年平均成長率超過 16%。歐洲 2017 年的熱泵成長約 10%，估計約占全部鍋爐市場的 20%。若以每戶家計單位計算，挪威領先全世界，芬蘭(總人口 550 萬人)約有 80 萬人口使用熱泵，約有 75%戶選擇用熱泵。

(三) 電動車

運輸部門電力化的現象，特別是與再生能源電力整合，愈來愈受到關注。2017 年全球小客電動車(包括 PHEVs)銷售達到 120 萬輛，相較於 2016 年增加 58%，目前已有超過 3 百萬輛的電動車行駛於路上(如圖 7 所示)，占全球小客車市占率 1.3%。主要市場集中在中國、歐洲及美國，占了全球市場的 94%，中國就占了 49%。挪威國內電動小客車市占率領先全球，2017 年的國內電動小客車市占率約 32%，而且挪威及冰島的電動小客車電力來源 100% 來自再生能源。2017 年的全球電動大客車約有 386,000 輛，其中 99% 集中在中國，但是，澳洲、歐洲及美國加州也有增加趨勢。

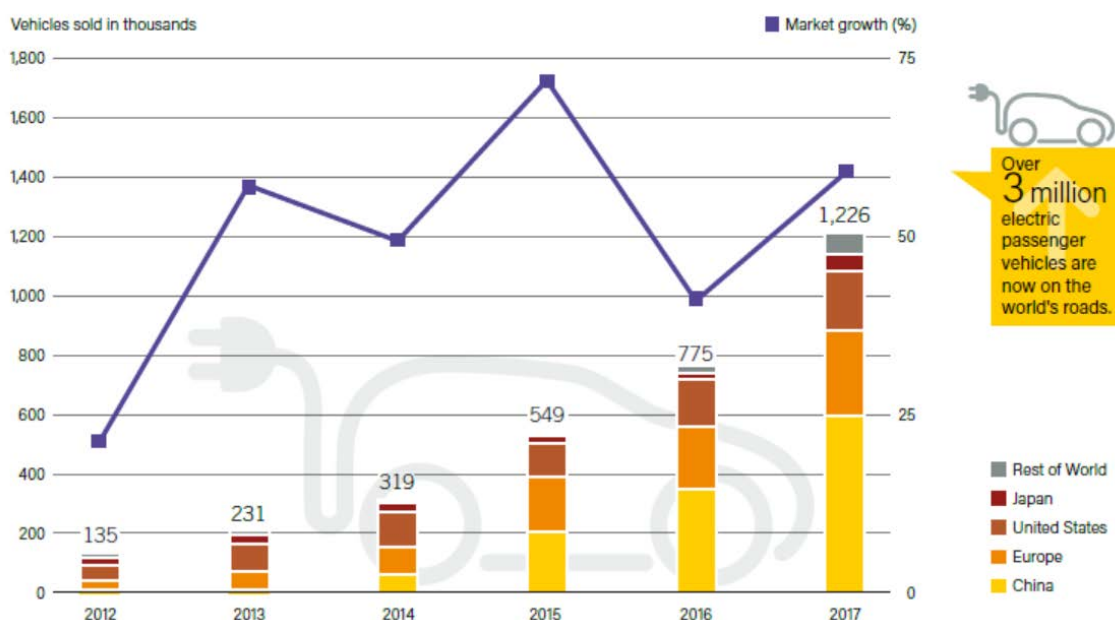


圖 7、全球電動小客車輛成長趨勢(2012-2017)[1]

隨著電動車市占率提高，若沒有智慧能源管理系統，可能引起電力需求的尖峰現象，影響電網穩定及調度成本。因此，有些國家、城市及電動車製造商持續進行智慧充電的實驗，並且與風力及太陽光電作連結。其中，V2G (vehicle-to-grid) 技術可使電廠有效管理來自車輛電池的儲電需求。2017 年丹麥示範電廠使用停車場的電動車輛儲電去平衡電網的供需，同時也提供電動車輛車主額外的收入來源。目前電動車技術需要突破的技術瓶頸點仍然是電池成本及能源密度，才能提升電動車價格競爭力及續航力的問題。

2017 年全球約有 400,000 個公共充電站，電力事業在電動車充電站擴充扮演重要角色。德國電力公司的公共充電站占 35%，中國的二個電力公司共設立了 27,000 個充電站。2017 年美國加州最大的自營電力公司投資超過 10 億美元加速加州運輸部門電力化，包括發展充電基礎設施、透過動態訂價方式整合 V2G、電動車電池儲能與變動型再生能源電力使用。

六、臺灣再生能源推動現況

2016 年新政府上台後，2017 年 1 月透過電業法修正，將「2025 年非核家園」的能源轉型目標入法，另外，根據 2018 年 1 月行政院核定的「再生能源發展條例修正草案」(立法院審議中)，於草案第 6 條明確訂定 2025 年再生能源發電設備推廣目標總量達二千七百萬瓩以上。從上述二個法案推動，明確表達臺灣朝向「非核家園」與「潔淨能源」願景的決心。在這樣願景下，臺灣致力推動再生能源發展有二個目的及理由：「提升能源自主率」及「發展綠能產業」。

(一)提升能源自主率

臺灣自然資源缺乏，2017 年約 98% 的能源仰賴進口，能源自主率(不含核能)僅 2%，其中再生能源(太陽光電、太陽熱能、風力、生質能及廢棄物、慣常水力)自主率達 1.8%(如圖 8 所示)，也就是臺灣的能源自主率提升端賴再生能源供應量的提高。因此，提高再生能源占比，可降低化石能源進口，將有助於提升臺灣的能源自主率。2017 年臺灣的再生能源發展如同國際趨勢一樣，以發電為主要應用，再生能源發電結構占比為 4.6%(如圖 9 所示)，未來 2025 年再生能源發電占比提高至 20%，搭配燃氣發電的 50%，除了填補核能除役的發電缺口，實現減煤路徑(燃煤發電由 2017 年 46.6%降至 30%)，真正實現「潔淨能源」與「非核家園」願景。

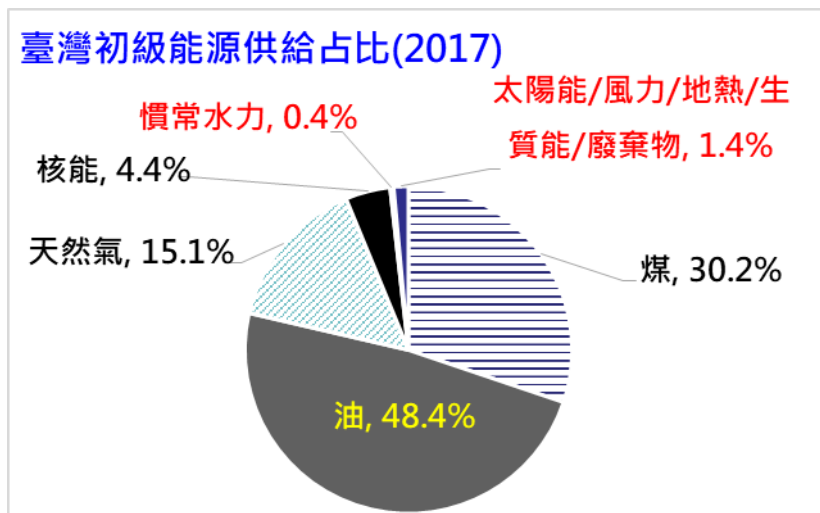


圖 8、臺灣初級能源供給占比(2017 年)[2]

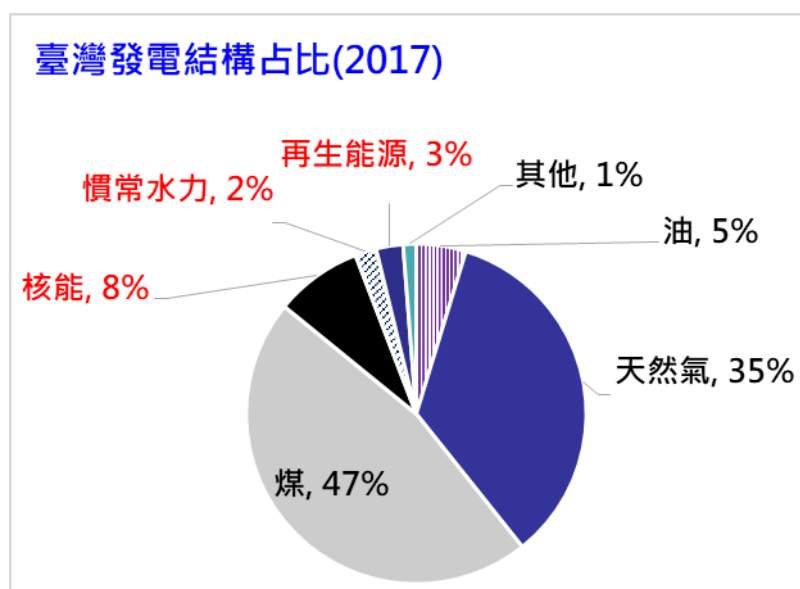


圖 9、臺灣發電結構占比(2017 年)[2]

(二)發展綠能產業

蔡英文政府提出「五加二」產業創新計畫[3]，希望帶領臺灣產業轉型，轉向高附加價值以服務與解決方案為導向的商業模式，激發創新、創造就業機會，使臺灣各區發展均衡。其中推動綠能科技產業是「五加二」產業創新計畫的一環，除帶動投資與就業外，開發綠色能源攸關臺灣能源轉型目標的成敗。2025 年再生能源裝置容量目標是 27GW，其中太陽光電占 20GW，預計年發電量 250 億度電，將帶動總投資額達新臺幣 1 兆 2,000 億元，促

進 12 萬人年就業機會；風力發電（陸域+離岸）占 6.7GW，預計年發電量 225.6 億度電，預計可帶動投資額累計達新臺幣 1 兆 293 億元，創造就業機會達 18,000 人次以上[4]。綠能科技產業推動架構及進度如圖 10 及圖 11 所示。

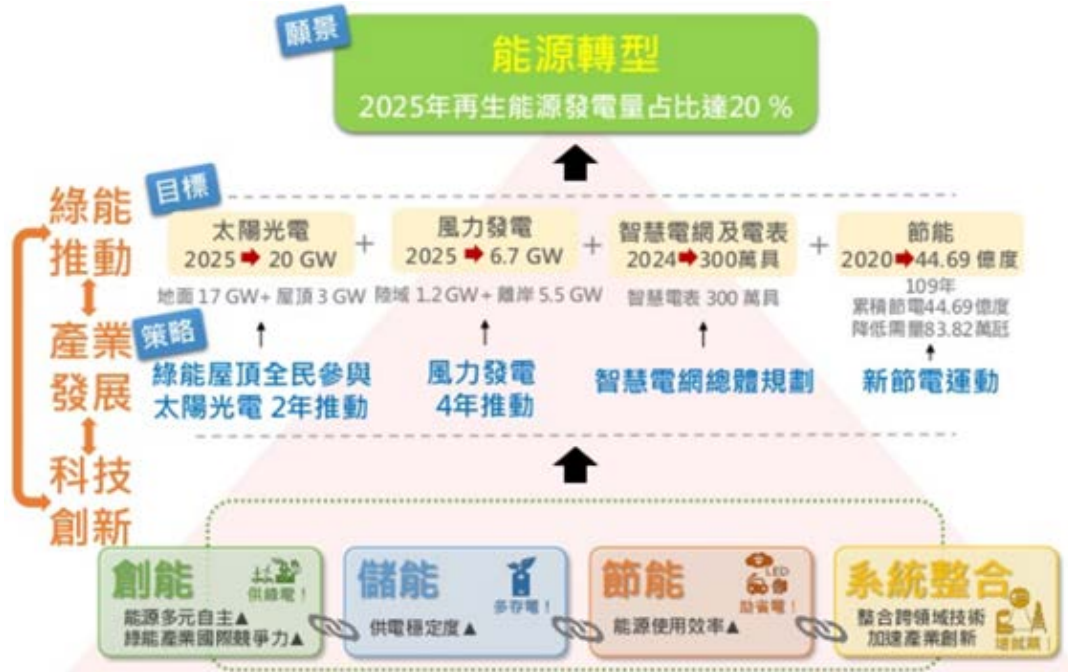


圖 10、綠能科技產業推動架構[3]

太陽光電	<ul style="list-style-type: none"> ● 累計已完成設置1,873 MW。 ● 105年6月至107年4月新增同意備案量1,663 MW。 ● 107年5月起推動「綠能屋頂全民參與推動計畫」。 ● 推動107~109年「地面型太陽光電推動方案」。
風力發電	<ul style="list-style-type: none"> ● 累計已完成設置695 MW。 ● 新增離岸示範機組 2支共8 MW併聯商轉。 ● 4月完成110-114年3.8 GW遴選，預計6月完成競價約1.7 GW。 ● 興達港水下基礎基地4月15日動工。
智慧電網及電表	<ul style="list-style-type: none"> ● 已完成全數高壓智慧電表2.4萬具(可掌握全臺60%用電資訊) ● 107年4月已累計完成低壓智慧電表2.4萬具，目標12月完成20萬具。 ● 106年度完成1,000戶智慧電表於智慧家庭之示範。
沙崙智慧綠能科學城	<p>完成核心區開發前置作業</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 聯合研究中心(C區)及示範場域(D區)於3月31日完成聯合動工典禮。 ● 中研院南部院區(E區)4月取得建築執照，5月11日舉行動土典禮 ● 會展中心(A區)5月8日舉行動土典禮。

圖 11、綠能科技產業推動進度(截至 2018 年 4 月底)[3]

七、結論與建議

依據國際能源總署(IEA)之推估，未來全球再生能源發電占比將由 2016 年的 7.9% 快速提高至 2040 年的 24.1% [5]。近年來如荷蘭、法國、德國、加拿大、挪威、日本等各國亦相繼推出能源轉型政策與行動方案，積極朝向低碳能源轉型目標努力。我國亦於 2018 年 6 月完成能源轉型白皮書初稿，目前送行政院核定中。這本能源轉型白皮書是我國能源政策首次引進公民參與模式，歷經一年的三階段公民參與程序，導入一般公民與利害關係人意見，經由多元對話與協作形式，作為國家政策諮詢的基礎，反映社會各界對於能源議題的關切並建立互信的溝通管道。

當臺灣明確表達朝向「潔淨能源」與「非核家園」願景的決心下，2018 年我國在再生能源政策推動進展有顯著的進展，主要發展的焦點集中在「離岸風電遴選/競標」、「綠能屋頂全民參與」及「地熱補助/目標」。其中離岸風電發展關係著我國再生能源推動目標推進及國產化的重責大任。2018 年 1 月公布「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，至此開展了我國離岸風電發展的里程碑，第二階段的競標開出破盤價每度電 2.2~2.5 元。能源局「先遴選、後競價」模式主要考量規模經濟可促使國家能源成本最優化，同時完成遴選配套的國產化推動及蒐集海事工程的驗證資訊。本研究評估離岸風電競標制對我國能源安全的主要意涵是離岸風電得標價格具有二大指標性意義：(1) 可以瞭解國際市場如何看待臺灣風場條件及離岸風電成本，作為我國未來開發亞洲地區離岸風電產業基礎；(2) 作為我國未來檢討躉購費率的依據，提供品質穩定、價格合理與永續安全的電能。此外，政府為了達成地熱發電 2025 年 200MW 的開發目標決心，2018 年提出重要的政策措施，包括：「地熱能發電系統示範獎勵辦法」修正，地熱開發每案補助金額上限由新臺幣 5 千萬提高至一億元，取消設置總裝置容量須達 500kW 以上的申設條件，讓小型地熱發電也有發展機會，探勘後無地熱發電開發可行性，亦得選擇封井後請領獎勵費用等，藉此分攤業者初期開發之探勘風險，鼓勵業者積極投入地熱開發，達成地熱發電推動目標。同時也公告地熱徵兆區，目前能源局規劃 7 個地熱案開發，包括大屯山、清水、仁澤、金崙、廬

山、紅葉、綠島，預計一年可發電 50 億度電，供 22 萬戶家庭所需。

綠色金融環境推動是再生能源目標達成及綠能產業發展重要的配套措施，尤其是離岸風電涉及百億元以上的投資，若國內資金市場無法有效配合，將使得業者無法取得資金進行相關設備投資。因此，隨著 2018 年度離岸風電的邁向新的開發里程碑，政府在綠色金融環境推動也陸續進行法規及政策的修訂與放寬，主要有三大推動重點：融資授信、引導投資、發行綠色債券。我國綠色金融推動目標設定 2025 年三項推動重點累計金額要破新臺幣 3 兆元，截至 2018 年 5 月三項綠色金融推動累計共達新臺幣 1,390.8 億元，相較 2017 年底，增加新臺幣 675.3 億元[7]。

低碳能源轉型是國家能源系統結構的長期動態調整過程，常會遇到能源安全的挑戰。綜觀我國目前進行的再生能源發展規劃內容與國際推動策略比較，方向思維是一致的，然而，在管理制度的整合規劃仍需要有進一步的思維，才能在低碳能源轉型過程中，兼顧能源安全面臨的挑戰，真正落實我國再生能源轉型路徑的達成。在管理制度的整合規劃思維建議如下：

(一)電力系統管理：未來面臨變動型再生能源發電高占比的情境下，我國目前雖然已建立長期電源規劃管理機制，但是此機制仍偏向供給面發電容量(點)規劃，缺乏如澳洲能源安全策略中的全面性系統化的思維。因此，建議我國應在未來的長期電源規劃管理機制中，加入國家電力市場的能源安全風險辨識與評估，例如：供需彈性調度的韌性(resilience)空間及電網頻率及電壓控制技術等風險評估，以維持國家電力市場安全與穩定。

(二)再生能源管理：隨著再生能源發電占比提高，為了掌握並及時因應氣候變化的彈性調度時間，再生能源發電預測已是國際間積極發展的智慧化能源技術之一。目前我國能源局已與中央氣象局合作，推出「氣象資訊綠能虛擬營運中心試用版網頁」，不僅提供綠能發電量分析，且可協助業者進行開發選址參考[6]。由此可知，我國的再生能源發電預測資訊目前已朝向提供區域再生能源發電相關資訊發展，建議應將相關資訊納入

穩定電網策略的佈局規劃，避免各區域再生能源發電集中分佈不平均，造成電力系統韌性(resilience)面臨極大的挑戰與風險。

(三)電力排碳管理：再生能源發電占比提高有助於降低電力排碳及空氣污染，在新修定的電業法也將電力排碳係數管理入法，因此，未來在訂定電力排碳係數檢討時，建議應同時考量電力可靠度標準，避免落入不同目標之間產生彼此抵換(trade-off)的矛盾。另外，基於低碳發展目標基礎下，建議整合能源及氣候政策架構，清楚界定政策之間的權責及角色，俾於建立循序漸進的能源轉型。

參考文獻

- [1] REN21, Renewables 2018 global Status Report, 2018.06.01.
- [2] 能源局，能源統計月報。
- [3] 「五加二」產業創新計畫，國家發展委員會。
https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=9D024A4424DC36B9&upn=6E972F5C30BF198F
- [4] 2018 年能源轉型白皮書初稿
<http://energywhitepaper.tw/>
- [5] IEA, World Energy Outlook 2017.
- [6] 自由時報，氣象資訊綠能虛擬營運中心提供選址，2018.07.25。
- [7] 自由時報，金融挺綠能放款債券投資三箭齊發，2018.09.16。