

再生能源能否帶動產業效應及工作機會增加？

107.06








核能研究所 楊皓荃

各國為應對氣候變遷，紛紛採取積極發展再生能源、提升能耗效率、改善電力結構與能源結構等手段，以期達成巴黎協議之目標，將全球均溫升幅控制在 2°C 以內，在全球積極推動能源轉型的潮流下，綠色低碳能源發展不但是對抗氣候變遷的關鍵手段，亦成為推動經濟成長的動力來源，然而積極發展再生能源是否能夠創造工作機會，與傳統化石能源產業相比又如何？本文藉文獻研究的方式，探討再生能源的發展對於產業與就業的影響。

國際再生能源產業之投資、裝置量與就業概況

全球再生能源與燃料於 2016 年的投資金額達 2,416 億美元（如表1），與 2015 年相比下降 23%，下降原因主要是中國、日本及一些新興國家的投資減少，以及太陽光電、陸域及離岸風電的技術成本下降，使投資人可以用較少的資金取得較多的再生能源。2016 年全球再生能源新增裝置容量為歷年新高，估計約有 161 GW 的新增裝置量，與 2015 年相比成長約近 9%，淨增加之裝置容量中太陽光電占 47%，且首次成長幅度超過其他再生能源；占比次高為風力發電與水力，分別占 34% 與 15.5%。2016 年再生能源的總裝置容量含水力達到 2,017 GW，不含水力則為 921 GW（REN21, 2017）。

表 1 2016 年全球再生能源產業投資與裝置容量概況

		2015	2016
INVESTMENT			
New investment (annual) in renewable power and fuels ¹	billion USD	312.2	241.6
POWER			
Renewable power capacity (total, not including hydro)	GW	785	921
Renewable power capacity (total, including hydro)	GW	1,856	2,017
 Hydropower capacity ²	GW	1,071	1,096
 Bio-power capacity	GW	106	112
 Bio-power generation (annual)	TWh	464	504
 Geothermal power capacity	GW	13	13.5
 Solar PV capacity	GW	228	303
 Concentrating solar thermal power capacity	GW	4.7	4.8
 Wind power capacity	GW	433	487

資料來源：REN21（2017）。

2016 年全球不含大型水力的再生能源就業人口達到 830 萬人，較 2015 年成長 2.8%。就業人數的成長須歸功於再生能源的成本下降及部分國家政策支持，中國大陸為全球最大的再生能源就業市場，共有 364 萬就業人數，如表 2 所示。目前最大的再生能源就業市場仍以太陽光電為主，共有 310 萬就業人口 (REN21, 2017)。然而美國與日本等主要市場因公開市場的融資下滑與併網困難，因此減緩再生能源的投資，同時各國開始改變再生能源發展政策（如：從 FIT 轉型為競標制度、移除再生能源優先併網等），加上太陽光電與風力發電電廠運轉與維護的工作逐漸邁向自動化，以及生質能產業鏈的機械化使得生質燃料主要生產國美國與巴西的就業人口下降種種因素，對於整體再生能源產業的就業人數亦造成不小的衝擊。即使如此，因化石燃料產業的就業人數近年來亦受到煤電廠關閉、採礦技術進步、超額供給、低油價等因素影響導致就業機會減少 (IRENA, 2017)。故部分國家再生能源產業所創造的就業機會已開始超過化石燃料產業，據美國能源部估算，2016 年美國太陽能發電業的工作人員人數 (373,807 人) 甚至已達到燃煤業人數 (160,119 人) 的 2 倍 (USDOE, 2017; Solar Foundation, 2017)。

表 2 2016 年全球再生能源產業就業概況

	World	China	Brazil	United States	India	Japan	Bangladesh	European Union ⁱ		
								Germany	France	Rest of EU
THOUSAND JOBS										
Solar PV	3,095	1,962	4	241.9	121	302	140	31.6	16	67
Liquid biofuels	1,724	51	783 ^c	283.7 ^f	35	3		22.8	22	48
Wind power	1,155	509	32.4	102.5	60.5	5	0.33	142.9	22	165
Solar heating/cooling	828	690	43.4 ^d	13	13.8	0.7		9.9	5.5	20
Solid biomass ^{a, g}	723	180		79.7 ^e	58			45.4	50	238
Biogas	333	145		7	85		15	45	4.4	15
Hydropower (small-scale) ^b	211	95	11.5	9.3 ^l	12		5	6.7	4	35
Geothermal energy ^a	182			35		2		17.3	37.5	62
CSP	23	11		5.2				0.7		3
Total	8,305^h	3,643	875.9	777.3	385	313	162.3	334^j	162	667^k
Hydropower (large-scale) ^b	1,519	312	183	28	236	18		6	9	46
Total (including large-scale hydropower)	9,824	3,955	1,058	806	621	330	162	340	171	714

資料來源：REN21 (2017)。

我國再生能源就業市場發展現況

我國政府為推動能源轉型，主要的能源轉型路徑規劃以 2025 年非核家園及調整發電結構為主，發電結構將以再生能源發電占比提升為 20%、天然氣發電占比提升為 50%、燃煤發電占比降至 30% 為目標。並於 106 年 4 月核定「能源發展綱領」修正案，確立我國能源相關政策方針後，開始編撰「能源轉型白皮書」，以具體規劃未來的能源發展目標、推動措施及政策工具等重點行動方案，預計編撰完成後每年提出執行報告，每 5 年定期檢討。除此之外，亦同步推動綠能前瞻基礎建設計畫，投入新臺幣 243.2 億元的綠能建設特別預算，以補足綠能基礎建設的缺口。期在確保電力供應穩定下推動能源安全、綠色經濟、環境永續及社會公平之均衡發展，並享有發展再生能源帶來的經濟成長與就業機會，以達成 2025 年非核家園，實現能源永續發展等目標。

目前我國政府對於再生能源產業的就業人數統計，僅有 2011 年工商業普查公布綠色能源產業的就業概況¹，當時太陽光電產業的就業人數為 23,616 人、風力發電產業為 1,076 人。雖我國近年來大力推廣再生能源，並陸續提出「太陽光電 2 年推動計畫」及「風力發電 4 年推動計畫」等行動方案，預期達成其再生能源推廣目標後，可促進就業達 12 萬人次（經濟部，2018；經濟部能源局，2018），然據「2017 新興能源產業年鑑」的統計（如表 3），2016 年我國太陽光電與風力發電產業的就業人數仍與 2011 年相差不大，差異可能原因與兩者對於新能源產業的範疇以及統計方法不同有關，主計處採用普查方式調查，工研院 IEK 推測以訪廠經驗作為就業人數估計的主要依據。但由於我國再生能源的發展正在加速成長的階段，故未來我國再生能源產業的就業人數仍有相當大的成長潛力。

表 3 我國綠色能源產業就業概況

產業類別	就業人數（人）	
	2011 年 （主計處）	2016 年 （工研院 IEK）
太陽光電產業	23,616	約 20,000
風力發電產業	1,076	約 850

資料來源：行政院主計總處（2013）、工研院 IEK（2017）。

¹ 主計處尚未公布 2016 年工商業普查結果。

台灣太陽光電產業的區域聚落以北部及南部為主，北部因有竹科優勢，廠商家數最多、佈局亦最完整。從上游矽晶圓，中游電池、模組至下游的系統，一應俱全，又以矽晶電池廠商佔最大宗。南部則以南科為主，雖廠商數量不及北部，但其擁有金屬產業及小型製造業群聚，2016 年太陽光電製造業產值為新台幣 1813.6 億元，以矽晶電池佔最大宗。而我國風力發電產業鏈已漸趨完整，北部有大型風力機系統製造商東元電機、永冠（鑄件）及信邦（纜線），中部地區以上緯（樹脂）為較具代表性的零組件廠商，南部則是中鋼機械（塔架）等，另外國內約有二十家業者從事小型風力發電機開發，業者規模普遍不大，我國目前風力發電業產值以零組件為主，2016 年約為新台幣 140.1 億元（工研院 IEK，2017）。據能源局預估 2025 年太陽光電累計設置量達 20 GW（屋頂型 3 GW；地面型 17 GW），產業產值將達 3,400 億元；風力發電累計設置量達 4.2 GW（陸域風電 1.2 GW；離岸風電 3.0 GW），產業產值將達 1,218 億元（經濟部，2018）。

我國發展綠能產業的經濟效益

核能研究所透過投入產出分析法（核能研究所，2015），針對我國發展十一個新能源產業的經濟效益進行評估，分別從產值、就業及勞動報酬（所得）等三個經濟發展面向探討，模擬當新能源產業（見表 4）各自增產或投資新台幣一百萬元時，將創造多少總體經濟之產值、就業人數與勞動報酬變動，以表 3 的燃料電池設備製造業為例，倘若增產或投資該業一百萬元時，將透過產業間生產行為的互動效果，使我國產值將額外增加 438 萬元新台幣（含增產或投資的一百萬元），排序「1」表示為此十一個新能源產業中產值效果最佳的產業，依此類推；同時我國就業人數將增加 0.85 人，效果排名第四，勞動報酬亦同步增加 54 萬元新台幣，效果排名第四。其研究結果顯示，在假設我國 2015 年之產業結構維持與 2011 年相同的情況下，倘若以建立我國新能源產業為主要目的，而非以發展自主再生能源為觀點，應考量投資產業發展後的複合效益，在此以三個效果皆排序前五名為產業選擇依據，故建議我國政府以燃料電池設備業與陸域風力發電設備製造業為首要推廣的新能源產業，因為此兩個產業屬於較能夠提供具有複合性經濟效益的新能源產業，燃料電池設備業生產投入多使用連鎖效果較佳的火車頭產業（如：鋼鐵與化學材料業）之產品，而陸域風力發電設備製造業創造的經濟效益較為全面，且所帶動的經濟效益皆在均值以上。若將選擇產業標準放寬至三個效果的排序皆為前七名時，次要發展產業將為纖維酒精設備、碳捕存設備製造業及太陽光電發電設備業。至於我國政府目前積極推廣的離岸風力發電設備製造業與其他新能源設備業相比，較屬於高產值及略高於均值的勞動報酬，就業效果則較不突顯的產業。

表 4 再生能源產業的產值、就業及勞動報酬乘數效果

	產值效果 (百萬元新台幣)	排 序	就業效果 (就業人數)	排 序	勞動報酬效果 (百萬元新台幣)	排 序
燃料電池設備 (SOFC)	4.38	1	0.85	4	0.54	4
陸域風力發電設備	4.08	4	0.80	5	0.55	2
纖維酒精設備	4.34	2	0.76	6	0.55	3
碳捕存設備 (IGCC + CCS)	3.60	7	0.97	2	0.56	1
太陽光電發電設備	3.90	6	0.95	3	0.50	7
太陽能電池與模組	3.95	5	0.69	10	0.41	11
生質柴油	3.53	9	1.10	1	0.53	5
離岸風力發電設備	4.21	3	0.69	9	0.51	6
酒精汽油	3.57	8	0.45	11	0.47	8
智慧電表設備	3.37	10	0.75	7	0.45	9
纖維酒精	3.23	11	0.74	8	0.44	10
我國整體產業之均值	3.83		0.80		0.50	

資料來源：核能研究所（2015）。

小結

再生能源產業能否帶動工作機會增加?若觀察近年來再生能源產業的就業人數變化情形可以發現，雖有成長，然成長的勢頭已逐漸趨弱，成因複雜包含近年來景氣不佳、一些再生能源的主要推動國開始減少投資或修改政策、再生能源廠運轉維護的自動化程度提升以及生質能產業鏈邁向機械化（主要為原料部分）。當再生能源廠逐漸邁向自動化、機械化時，再生能源的成長將不一定能增加工作機會，但依目前全球邁向低碳化的趨勢，加上傳統化石燃料產業自身亦有煤電廠關閉、採礦技術進步、超額供給、低油價等就業的負面因素，短期內再生能源產業的就業成長應該仍會高於傳統化石燃料產業。

目前我國再生能源產業以太陽光電產業及風力發電產業為主，就業成長仍有望仰賴政府實現再生能源目標的積極程度來帶動。另一方面，發展再生能源除了開源外，還有帶動其他周邊產業就業與經濟成長等好處，因綠色能源產業大都涉及新材料、製造、電力和控制等多種領域的應用，如發展燃料電池設備業及陸域風電設備業，生產過程因多使用鋼鐵、化學材料業、營造工程及機械設備業等投入（核能研究所，2015），因此單一產業的產出變動會透過產業間相互影響效果，讓整個經濟體各個產業的就業發生變化。研究結果顯示（如表 3），若以燃料電池設備製造業及陸域風電設備製造業、纖維酒精設備製造業、碳捕存設備製造業及太陽光電設備製造業等作為主要推行的新能源設備製造業，較能同時帶動我國產值、就業與勞動報酬的提升。至於我國政府目前積極推廣的離岸風力發電設備

製造業與其他新能源設備業相比，屬於能帶動較高產值及略高於均值的勞動報酬，但就業效果不出色的產業。因此未來離岸風電倘若完成發展目標時，其主要貢獻應是在提高我國 GDP 及勞動報酬。

參考文獻

工研院IEK(2017)，2017新興能源產業年鑑，工業技術研究院 產業經濟與趨勢研究中心。

行政院主計總處(2013)，100年工商及服務業普查報告。

核能研究所(2015)，新能源科技產業化策略分析與建議。

經濟部(2017)，能源發展綱領（核定版）。

經濟部(2018)，離岸風電推動進度報告。

經濟部(2018)，綠能科技產業創新推動方案進度及成果簡報。

經濟部能源局(2017)，太陽光電2年推動計畫（修正版）。

經濟部能源局(2017)，風力發電4年推動計畫（核定版）。

經濟部能源局(2018)，新及再生能源推動配套方案。

IRENA (2017), Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2017.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2017), Renewables 2017 Global Status Report.

Solar Foundation (2017), National Solar Jobs Census 2016. Washington, DC, January.

USDOE (US Department of Energy) (2017), US Energy and Employment Report, Washington, DC, January.

www.energy.gov/sites/prod/files/2016/03/f30/US%20Energy%20and%20Employment%20Report.pdf.