

德國積極發展再生能源之經驗與觀察

秦安易、曾盟峯

核能研究所-能經策略中心

2015/05

本文參考 Finadvice¹於 2014 年 7 月發表之「Development and Integration of Renewable Energy: Lessons Learned from Germany」報告，摘要該報告對於德國再生能源發展之經驗與觀察，以及筆者針對該文所提之心得與建議，供讀者參考。

壹、 推動現況與實績

歐洲一向是全球倡導節能減碳的先驅，因此，相較其他國家，歐盟對於發展再生能源採取較主動積極的策略。其中，德國又是歐盟之中發展再生能源成效最為顯著的國家，其扶植再生能源之政策與目前面臨之課題與挑戰，非常值得各國借鏡。為了改造德國之能源結構，德國計劃在 40 年內將其電業由依賴核能和火力發電全面轉向再生能源。德國能源系統此一轉變被稱為能源轉型 (Energiewende)。德國政府甚至在 1999 年決定逐步廢核，以期在 2022 年底前將核電淘汰，並於 2000 年頒布再生能源法(Erneuerbare Energien Gesetz, EEG)，此法令規劃了再生能源躉購制度(Feed-in tariff, FIT)，在契約年限 20 年間，保證全數收購再生能源，確保再生能源電業投資者的投資報酬。而自從 EEG 法案以及 FIT 制度通過之後，德國再生能源發電業開始蓬勃發展，其成效包括：

¹ Finadvice 為一大型財務顧問公司，該公司提供併購諮詢、企業融資諮詢、電業與再生能源諮詢等顧問服務。資料來源：<http://www.finadvice.at/>

一、能源發電占比提高，優化德國發電組合：德國再生能源之發電占比自 1990 年的 4.3% 成長至 2005 年的 11%，2012 年更巨幅擴張至 23.5%。代表德國再生能源供應逾全國五分之一的電力消費量，德國的發電組合也因此變得更加多元化。圖 1 為 1990-2012 年德國再生能源發電量變化圖，從德國轉型為再生能源大國的路徑圖看來，其再生能源發電量之成長主要來自陸域風力、生質能與太陽能，成長幅度十分驚人。

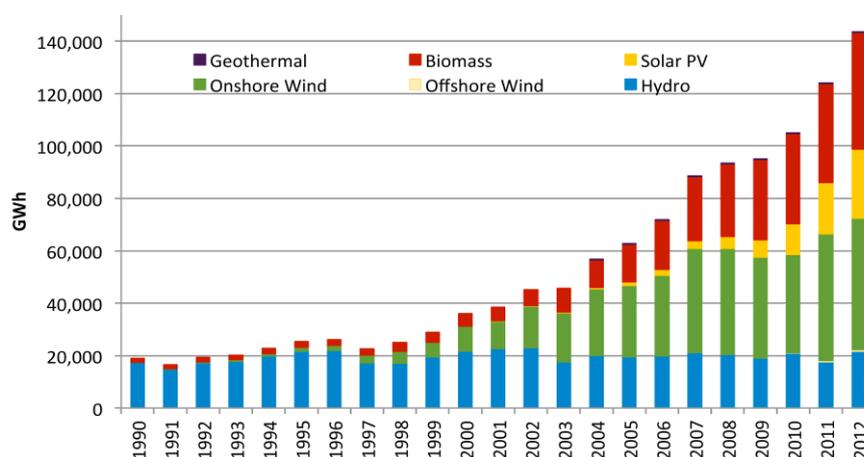


圖 1 德國 1990-2012 年再生能源發電量變化圖

資料來源：Finadvice (2014)。

二、CO₂ 排放量減少：毫無疑問地，擴展低碳能源有助於延緩全球暖化。自 2005 年起至 2011 年，德國累計減排了 99 百萬公噸 CO₂，約為 2005 年 CO₂ 排放量的 12%。然而，自 2009 年起，隨著碳權價格開始下跌、煤炭價格比天然氣價格低廉、經濟復甦使電力需求上升、核能除役與電力出口增加等因素，德國 CO₂ 排放量又開始呈現漸增的趨勢。

三、能源自主：歐盟為世界最大能源進口者，區域內之石油總消費有 84% 來自進口，天然氣則有 64% 來自進口。因此，提高國內再生能源發電有助於維護德國之

能源安全，提高能源自主性。

四、低批發電價：隨著太陽能、風能與生質能等邊際發電成本低之再生能源相繼進入電力市場，再生能源批發電價有下跌之趨勢。

五、創造就業機會與擴展德國製造業：2012 年德國再生能源業之就業人口合計共 37.8 萬人，相較 2000 年的水準約成長了 4 倍。圖 2 為 2004-2010 年德國再生能源業之就業貢獻，雖然生質能產業之就業人數較多，近年就業人口成長最多的再生能源業則為太陽能產業，自 2004 年的 2.5 萬人成長至 2010 年的 12 萬人。而再生能源的發展亦帶動德國製造業的成長，其太陽光電與風機製造業為歐洲之領先產業，更是全球太陽光電變頻器(PV inverter)最大的製造商。雖然近年中國與日本之再生能源產業在國際市場上越來越具競爭力，壓縮了德國相關設備之出口市場，但德國大力推廣再生能源對本國相關設備製造業之拓展仍有所助益。

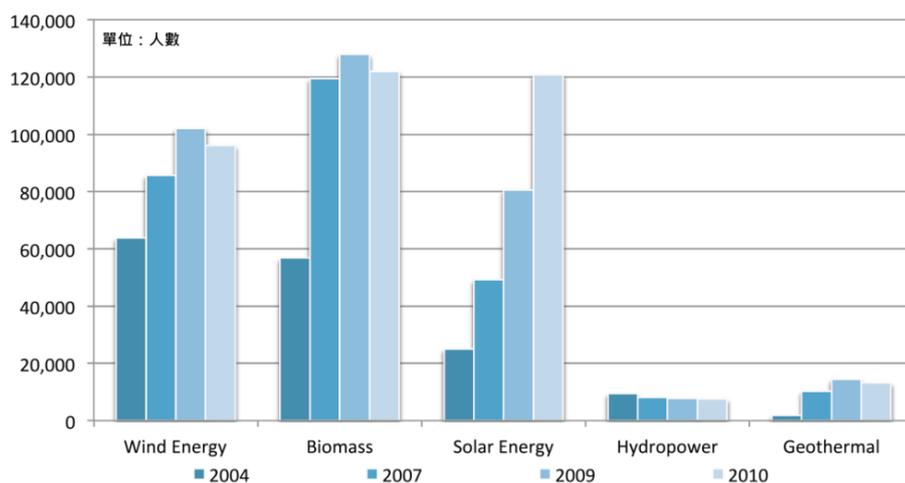


圖 2 德國 2004-2010 年再生能源業之就業貢獻

資料來源：Finadvice (2014)。

貳、 現階段面臨之挑戰

然而，德國在 FIT 費率訂定過高，再生能源過度擴張的情況下，遭受到超乎預期的經濟衝擊。因為 FIT 制度之契約年限長，且躉購費率獨立訂定，與市場電價脫鉤，雖然制度中保有調整費率的空間，但近年來太陽光電發電成本下滑速度太快，加上躉購費率調降幅度不及，投資者蜂擁進入太陽光電發電市場，在 2010 至 2012 年間，太陽光電裝置容量每年平均成長 7GW，德國雖然因此成為全歐洲再生能源發電量最高的國家(不含水力)，然而不完善的 FIT 制度，亦使德國衍生出以下幾點問題，值得各國借鏡：

一、政策制定者低估再生能源補貼成本及其對整體經濟之可能衝擊：截至 2014 年，再生能源躉購制度已花費德國政府 4,120 億美元，前任德國環境部長 Peter Altmaier 預估 FIT 計畫之花費將於 2022 年達 8,840 億美元。圖 3 為德國 2000-2014 年 EEG 補貼總額與每度電所負擔再生能源附加費(EEG levy)之變化圖，顯示德國 EEG 補貼由 2000 年的 10 億歐元巨幅漲至 2014 年的 240 億歐元，再生能源附加費亦從 2000 年的每度 0.19 歐分漲至 2014 年的每度 6.24 歐分(約從台幣 0.0644 元漲至 2.1154 元)。由於使用成本高，加上昂貴的油氣進口價格及歐盟對再生能源的巨額補貼等因素，歐盟與美國間之出口競爭力差距持續擴大。國際能源總署(International Energy Agency, IEA)更預估，在接下來 20 年內，歐盟能源密集產品之出口市場將再減少現有的三分之一。

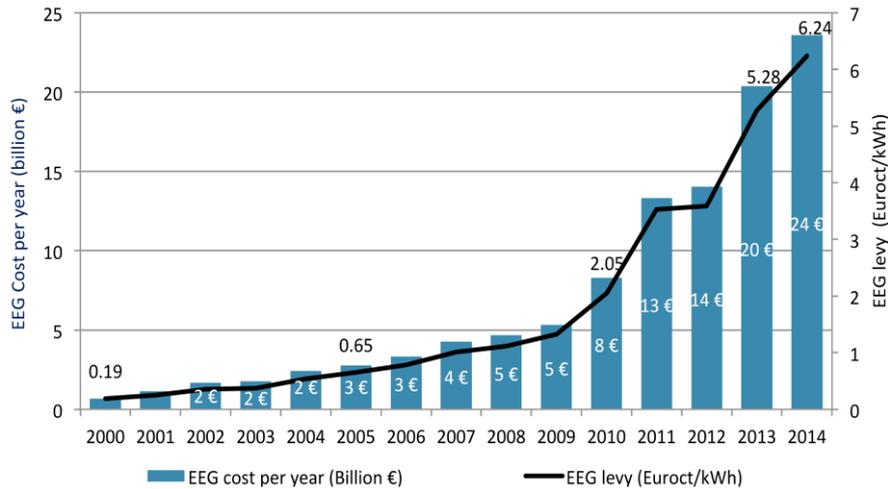


圖 3 德國 2000-2014 年 EEG 補貼總額與每度電所負擔再生能源附加費之變化圖
資料來源：Finadvice (2014)。

二、課徵再生能源附加費，使零售電價急遽上漲，衝擊最終消費者：德國 EEG

法令明定，躉購費率與市價之間的差額全由最終消費者負擔，且部分能源密集產業之用電免徵此稅。因此德國住宅電價由 2000 年每度 14 歐分上漲至 2013 年每度 29 歐分，且由圖 4 可知，再生能源附加費的增加是住宅電價持續成長的主要原因之一。電價翻漲影響了家戶生活品質，甚至使社會弱勢負擔不起基本用電需求。

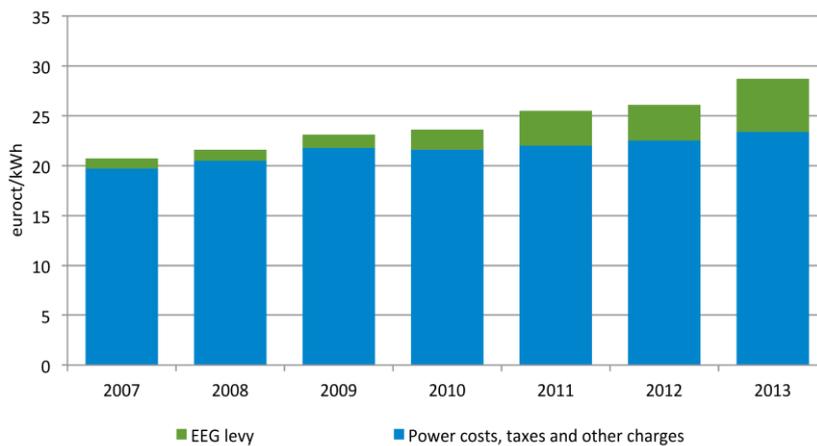


圖 4 近年德國住宅電價變化圖

資料來源：Finadvice (2014)。

三、再生能源過度擴張導致批發電價下跌，衝擊德國電業及整體電力市場：由於太陽能與風能發電並沒有燃料成本，其發電邊際成本幾乎為零，在電力供應上屬於優先電源，傳統的火力機組則多轉型為備用電源。大幅擴張再生能源並壓低批發電價，雖使零售電價避免進一步上漲，然而許多火力電廠在總發電量低的情況下，售電收入低於成本，面臨倒閉風險。

四、過高的再生能源發電占比影響批發電價之訂價模式：以往電費費率之訂定多受電力需求變動影響，隨著用電需求離尖峰而有不同費率。但隨著再生能源快速成長，現在歐洲已有許多國家之電費費率訂定將天候條件變動納入考量，依據天氣陰晴、風力強弱等氣象因素來調整電費費率，因此電價預測與電力交易需要更多元、更豐富的相關資料納入考量，如天氣預測資訊等。

五、大量再生能源裝置容量無法完全替代火力裝置容量：雖然德國再生能源之裝置容量成長迅速，但由於其發電具間歇性，及外在氣候條件不佳的情況下，仍舊需要火力電廠及時運轉發電，適時調度以維持供電穩定度。而頻繁的電力調節亦增加了火力電廠的運轉壓力。

六、大規模的電網投資：德國原先之電網係以集中式電源(火力與核能基載機組)為基礎，而為了與再生能源發電機組等分散式電源結合，必須投資輸配電網等線路更新，而此費用也所費不貲。德國 2014 年之每度住宅電價高達 29.11 歐分，如表 1 所示。在 2014 年德國住宅電價結構中之各式附加費，以電網費用 7 歐分/度為最高，甚至比再生能源附加費還高(5.30 歐分/度)。而此電網之更新與使用費亦

全數轉嫁到最終消費者，增加民眾之電費負擔。

表 1 德國 2014 年住宅零售電價結構表

單位：歐分/度電

發電成本	12.20
電網費用	7.00
再生能源附加費	5.30
其他稅費 ²	4.61
合計	29.11

資料來源：Finadvice (2014)。

七、不當的補貼制度使得德國政府財政預算負擔過大，導致頻繁修改再生能源補助辦法，增加投資者的不確定性與所有再生能源相關產業的財務風險：EEG 法令與 FIT 制度訂定不完善、德國政府過度介入再生能源市場的後果，導致市場扭曲並危及政府財政健全，而政府為了改善財務赤字，頻繁修改 FIT 制度內容，不斷動搖及影響再生能源投資業者，造成政府、電業、再生能源業者與消費者均遭受程度不一的負面衝擊，為德國當局始料未及之結果。

該報告於文末提及，由德國實例可以明白，大規模整合再生能源，短期雖可帶動國家整體經濟，但過度擴張易導致電力市場的不均衡，使得再生能源業者、政府、電業與消費者皆受影響。而如何從德國發展再生能源的經驗中，尋求一種對國家整體較有效率、成本較低且能夠永續經營的方式來扶植欲發展之再生能源，為每個國家亟須思考並突破的難題。對電力業而言，應將德國的例子歸納、整合至電業策略規劃、負載預測與財務規劃中，使得電業往後之投資計畫均應據此進行評

² 其他費用包括：特許費 1.80 歐分、離岸電網負擔稅 0.25 歐分、電力稅 2.10 歐分及其他稅費 0.46 歐分。

估與分析；對再生能源業者而言，在規劃建置再生能源電廠時，建廠成本除了考量裝置成本之外，輸配電網增設與更新等相關成本亦須納入，以了解再生能源電廠之整合成本，並供各利害關係人參考；對立法者與調度者而言，訂立再生能源躉購費率時，應以史為鑑，找出一個能夠維持供電可靠度、電價變動較為穩定且失敗風險最低之躉購費率及制度；而消費者亦應明白過度擴張再生能源之可能代價，並據此理性思考再生能源之穩定成長與積極發展間的取捨。

參、 INER review

綜觀上述，為了達到逐步廢核的政策目標，德國積極發展再生能源，此舉成效包括多元化德國的發電配比、減少 CO₂ 的排放、提高再生能源業產值與帶動就業效果等，然而德國再生能源高占比背後的代價，是高額的 EEG 補貼與電網投資及民眾負擔昂貴的電價；此外，由於中國與日本再生能源業之崛起，近年德國太陽光電關鍵零組件模組逾五成仰賴進口，致使德國太陽光電製造業之產值萎縮，這些負面影響都是當初政策制定者未料想到的。就筆者觀察，雖然德國已成為眾多亟欲發展再生能源國家的仿效對象，也早就擠身成為電力淨出口國，但仍然需要依賴電力進口來確保其供電穩定度，且前提建立在必須具備跨國電網作為支援，使得在電力供應上可以與鄰近國家互通有無，當本國電力生產過剩，可以輸出賣給鄰國，而當再生能源受限於天候，無法正常發電時，可以向鄰國購電，因此跨國電網正是德國得以大力發展再生能源的重要條件之一。反觀台灣為獨立電網，電網並沒有與其他國家相連，在再生能源無法穩定供電的情況下，若缺電則無法

向鄰國買電，因此台灣沒辦法像德國一樣有跨國電網系統可相互支援，在汲取德國發展再生能源經驗的同時，也必須要考量到國情與環境條件不一的情況下，如何再做調整，才能成為我國能源轉型特有之作為，因為從世界各國的經驗來看，發展再生能源皆非可一步到位，除了必須建立自主性能源系統之外，在能源轉型的路徑上，以德國經驗來反思台灣或將面臨的挑戰，更有智慧地運用各式發電方式及過渡能源，並提出我國在發展再生能源上的配套措施，為台灣欲發展再生能源當前最重要之課題。

參考文獻

1. Finadvice (2014). *Development and Integration of Renewable Energy: Lessons Learned From Germany*.