

再生能源發展概觀

陳律言

國立聯合大學能源與資源學系助理教授

摘 要

本文就再生能源之可用能源資源、能源轉換技術及發展推動措施等三個層面，檢視並討論我國各項再生能源標的之發展現況。主要討論之再生能源對象為「綠色能源產業旭升方案」中所述及之太陽光電、風力發電及生質燃料三者。再生能源資源在地球系統上之總蘊藏量絕對足堪人類使用，惟取用這些能源資源所需之基礎設施仍非常不足，這也形成再生能源產業發展之必要性。誠然再生能源不足以滿足人類當前消費型社會的能源需求，但擴增再生能源的使用至少可以減緩化石燃料的耗竭及全球氣溫的持續攀升。再生能源是人類在能源結構的優質選擇，但是其發展及導入社會的過程值得謹慎而有效率地進行，如此始能確保其對人類永續發展的正面貢獻。

關鍵字：風力發電、太陽光電、生質能、綠色能源

一、前 言

根據國際能源總署(international energy agency, IEA)的定義，再生能源係指來自可持續補充的自然過程之能量來源。依此定義，太陽能、風能、生質能、地熱能、水力、海洋能、生質燃料及來自再生資源的氫能均屬於再生能源。⁽¹⁾以人類壽命的時間尺度來看，再生能源幾乎可以視為取之不盡。儘管再生能源尚無法單獨滿足當代消費型社會的能源需求⁽²⁾，然而在考量溫室氣體減量及提升能源自給率的考量下，再生能源仍然是世界各國在能源政策上的重點推動標的⁽³⁾。我國於民國 97 年之再生能源使用量為 577.8 仟公秉油當量，占我國能源總供給量的 0.41%；慣常水力發電廿年來的能源供應量成長率為-0.41%，太陽光電及風力發



電為 15.90%，太陽熱能為 12.82%。我國於民國 97 年之再生能源發電裝置容量為 4897 千瓩，占我國總發電裝置容量之 10.34%；惟其總發電量為 8385.8 百萬度，佔我國總發電量之 3.51%。⁽⁴⁾綜前所述，我國再生能源資源與再生能源取用量二者之間，以及再生能源發電設備的裝置容量與實際發電量之間，均因自然條件配合不易，而如同世界各國一般存在相當的差異。以再生能源發電為例，如圖 1 所示的這些差異即來自於標的區域再生能源資源之性質及組成、該區域應用再生能源所需基礎設施之建置狀態、以及該區域目標期程內環境狀態與再生能源所需基礎設施發電條件之適配狀態。而圖 1 中定性表示的各項再生能源量值，適足以呼應其可用能源資源、能源轉換技術及發展推動措施等三個層面，本文以下即依此三層面分述我國各項再生能源標的之發展現況。

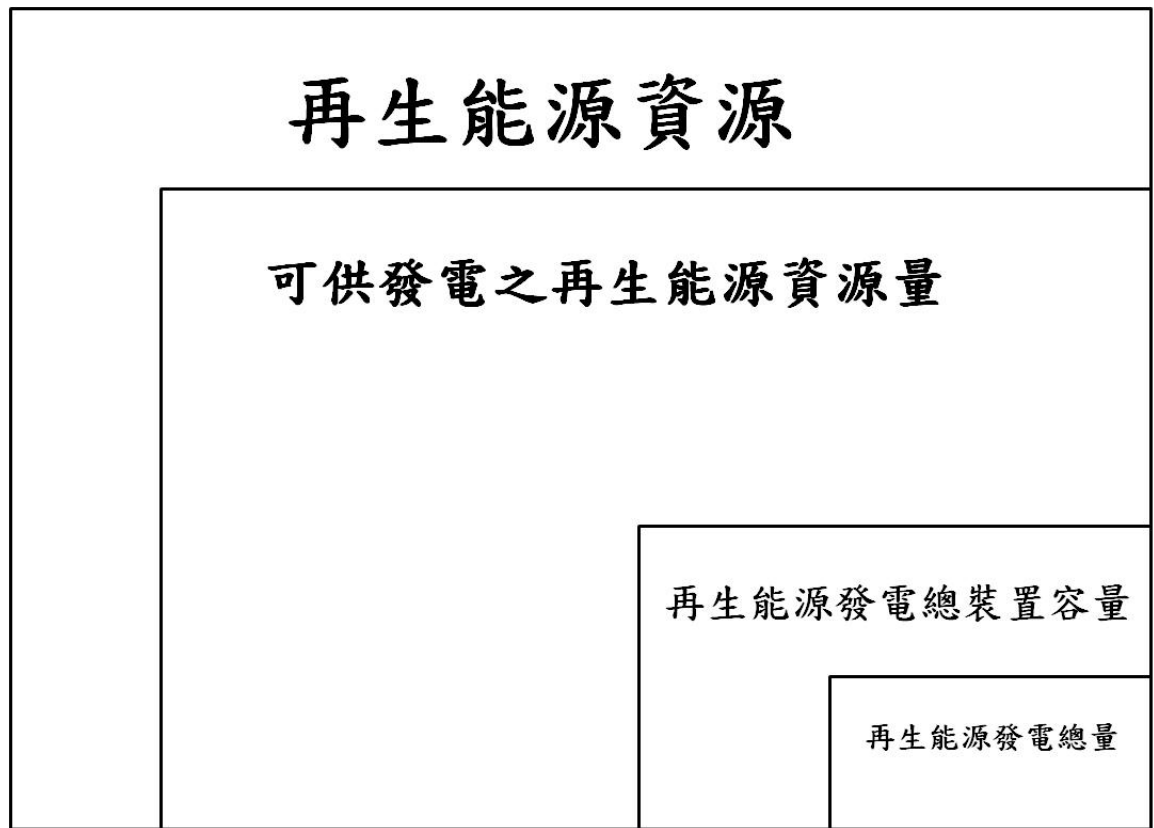


圖 1 再生能源各種量值之比較示意圖

二、可用能源資源

全球可用能源資源量最大之再生能源為太陽能，其值遠大於風力、波浪、洋流及水對流、光合作用、地熱、潮汐之總和，更遠大於全球人類之能源消耗量，如表 1 所示。考量人類之年總能源生產量為 11,795.75Mtoe，即 15.7×10^{12} Watt(2006 年資料)⁽⁶⁾，顯見從能量流的功率來檢視，地球系統中蘊藏之再生能源資源總量遠大於人類之能源使用量。尤其我國位於亞熱帶，擁有可觀之全年日照時數，同時亦因位於亞洲大陸與太平洋之間，具有旺盛之大氣對流，在再生能源資源量上實屬不虞匱乏。

表 1 地球系統可用能量⁽⁵⁾

能量來源	能量($\times 10^{12}$ Watt)
太陽能	174,000
地熱	32
潮汐	3
光合作用	40
風力、波浪、洋流及水對流	370
化石燃料蘊藏量	≈ 2000

三、能源轉換技術

綜觀各項再生能源資源，目前在我國應用較多且為政府大力推動者為：太陽能、風能及生質能。以下分述其相應之能源轉換技術。

(一) 太陽能

太陽能來自於太陽輻射，由不同波長之電磁波組成，其典型之利用方式有將輻射轉為電能及熱能二大類。我國太陽能發電主要利用太陽光電(photovoltaic, PV)之技術。太陽光電係基於光電效應將太陽輻射之光子，激發半導體材料中之電子而生電流。太陽光電輸出之電流為直流電流，在應用上需配合變流器才能將其變為交流電而與市電併聯。太陽光電系統在設計上多



半配合太陽電池模組的串聯與併聯數量，來設定所需求之輸出電壓及電流範圍，以與配合之電力系統匹配。目前太陽光電之發電效率主要受太陽電池決定，不同之太陽電池將輻射能轉為電能之效率各異，目前商業化之太陽電池模組仍以矽晶類為主，其效率界於 5.3 至 19.3% 之間。⁽⁷⁾ 各類太陽電池之研發仍處於快速發展之階段，相關產業亦正蓬勃發展中，相關之技術水準亦可能持續與時俱進。目前全球太陽電池前五大生產國依序為中國、德國、日本、我國及美國，合占全球總產量約 80%。我國太陽光電產業具有完整之體系，包括上游矽晶廠商、中游電池模組廠商及下游系統應用廠商。民國 97 年我國太陽光電產業之產值即達新台幣約 1,011 億元，並具有 95% 以上之外銷比例，顯現我國此一產業之競爭力。⁽⁸⁾ 我國太陽熱能之利用則以太陽能熱水器為主要設備。太陽能熱水器視其用途，考量不同用水量、水溫、裝設環境、水質等因素，加以規劃及使用。我國在民國 75 至 80 年及 89 至 93 年開始實施太陽能熱水系統推廣獎勵，形成我國太陽熱能產業持續成長之環境。目前我國在家用太陽能熱水系統已完全具備本土化技術。

(二) 風能

風能來自於地表大氣受到不均勻之太陽輻射加熱，所產生之空氣流動，其空間及時間分布情形因地而異。風力發電機可利用之風能與風速立方及旋轉葉片直徑平方成正比，因此風車尺寸攸關可利用風能之大小。風車取得之風能先轉為旋轉動能，再藉由齒輪箱調節其轉速，爾後再帶動發電機來輸出電能。一般典型大型風力發電機將風能轉為電能之效率約為 34~40%。目前全球風力發電之輸出電占額定容量比例介於 20~40%；發電成本為 2.63~11.47 歐元/kWh。⁽⁹⁾ 風力發電產業由於技術已相對成熟，如設置於具良好風能之場址，其發電成本已相當接近部分化石燃料發電方式。我國風力發電產業之發展起步較晚，目前國內產業規模尚小，並沒有本土化之技術建立系統廠。前國內已設置之大型風力機組，皆來自國外並非自製。截至民國 97 年底，我國風力發電機總裝置容量約 252.1 MW。⁽⁴⁾ 目前國內已有系統整合商業者投入風力發電之技術開發，且在上游原材料、中游之零組件、下游之系統商及營造營運業，均已有廠商投入。⁽⁸⁾

(三) 生質能

生質能源自於植物行光合作用合成之有機物，此外，動物及人類活動所產生之物質亦被視為生質之來源。生質能係以生質(biomass)為能源載體，生質之品質與數量決定可用之生質能資源。生質能主要之利用方式大多為以其

取得熱能，可能的差異為其應用之中間過程是否將生質轉為其他型態(如生質燃料)。常見的轉換技術為直接焚化一般廢棄物及一般事業廢棄物以取得其熱能或進而發電；將家畜糞尿發酵以取得甲烷；將廢食用油或其他植物料源以轉酯化反應製成生質柴油；利用發酵技術製造生質酒精。其中我國在廢棄物焚化已具有足夠之設施容量，而種植能源作物則受限於種植面積，無法充份供應製造生質燃料所需料源。我國家畜糞尿可生甲烷量為 36,218 公噸/年。⁽¹⁰⁾我國生質柴油潛在產能雖有學者預估為 233~285 百萬公升/年⁽¹¹⁾，然而以民國 98 年 1 月至 11 月我國再生能源供給總量 2,079,055 公秉油當量中，生質柴油占 0.96%來看⁽¹²⁾，目前產能並不及前述量值。在民國 98 年 1 月至 11 月我國再生能源供給總量中占 0.11%的酒精汽油⁽¹²⁾，亦距離 94 年全國能源會議結論在 2010 年達到年使用生質酒精 2010 年 100-300 萬公秉之狀態相去甚遠。

四、發展推動措施

現階段我國在推動前述再生能源產業，係以「綠色能源產業旭升方案」行動計畫為之。相關之推動措施可彙整如下表。顯見我國目前仍以已具國際競爭力之太陽光電產業為重點發展對象，而在風力發電及生質燃料則傾向於維持國內需求之格局加以推動。

表 2 再生能源產業推動措施

	太陽光電	風力發電	生質燃料
技術突圍	1.提升太陽電池與模組技術能力達國際水準。 2.積極布局第三代太陽電池技術。 3.開發關鍵材料與設備。	1.建立陸域風力機關鍵元件技術能量。 2.開發離岸風力機抗颱風耐震利基關鍵技術。	開發新料源與新技術。
關鍵投資	建構完整產業價值鏈	1.協助設立 MW 級風力發電系統廠。 2.建立風力機維修能量。	建立國內生質燃料自主供應系統
環境塑造	1.建置國際認證實驗室。 2.建立太陽光電組件、模組及系統標準檢測驗證。 3.建立太陽光電國家計量標準。 4.驗證新能源及新產品技術。	建立風力機測試驗證能力。	1.建立國家標準，逐步提高添加比例。 2.強化廢食用油回收體系，增加生質燃料料源供應。
出口轉進	協助業者拓展國際市場	—	—
內需擴大	1.培養 MW 級太陽光電發電系統整合廠。 2.提供優惠補助，擴大內需市場。	—	促進使用生質柴油與酒精汽油，帶動產業發展。



五、總 結

基於人類數十年來以化石燃料發展的基礎，人類在未來的數十年間，可以在能源資源的應用型態上有所選擇。即使再生能源不足以滿足人類當前消費型社會的能源需求，但擴增再生能源的使用至少可以減緩化石燃料的耗竭及全球氣溫的持續攀升。再生能源是人類在能源結構的優質選擇，但是其發展及導入社會的過程值得謹慎而有效率地進行，如此始能確保其對人類永續發展的正面貢獻。

參考文獻

1. IEA 網站，<http://www.iea.org/textbase/pm/explanationre.htm>，2010 年 1 月 10 日查找。
2. Trainer, T., *Renewable Energy Cannot Sustain A Consumer Society*, Springer, Dordrecht, the Netherlands, 2007.
3. IEA 網站，<http://www.iea.org/Textbase/pm/grindex.aspx>，2010 年 1 月 10 日查找。
4. 經濟部能源局，中華民國 97 年能源統計手冊，2008。
5. Hubbert, M.K. The Energy Resources of the Earth. *Scientific American*, V. 60, p. 224, 1971.
6. IEA 網站，http://www.iea.org/stats/indicators.asp?COUNTRY_CODE=29，2010 年 1 月 10 日查找。
7. Makrides, G., Zinsser, B., Norton, M., Georghiou, G., Schubert, M., Werner, J., Potential of Photovoltaic Systems in Countries with High Solar Irradiation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, pp. 754–762, 2010.
8. 經濟部，「綠色能源產業旭升方案」行動計畫(核定本)，2009 年。
9. McGowan J.G., Connors, S.R. Wind Power: A Turn of the Century Review, *Annu. Rev. Energy Environ.*, Vol. 25, pp. 147–97, 2000.
10. Tsai, Wen-Tien, Lin, Che-I, Overview Analysis of Bioenergy From Livestock Manure Management in Taiwan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, pp. 2682–2688, 2009.
11. Huang, Yun-Hsun, Wu, Jung-Hua, Analysis of Biodiesel Promotion in Taiwan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, pp. 1176–1186, 2008.
12. 經濟部能源局，能源統計月報，
http://www.moeaboe.gov.tw/opengovinfo/Plan/all/energy_mthreport/main/p2.htm，2010 年 1 月 10 日查找。