

台灣綠色電能發展的歷程與探討

張秀美

國立高雄師範大學工業教育研究所研究生

t6n3s3y6@yahoo.com.tw

一、前言

最近國內為了電價調漲，引發物價上漲、民怨不斷，國內專家學者紛紛批評政府，並對台灣電力結構提出檢討的聲浪。依照經濟部能源局的資料顯示，我國發電總量約 92.2% 依靠進口能源發電，其中火力發電約占 67%，核能發電約占 25.2%。近幾年，受到全球能源價格波動的因素，台電燃料煤成本占總成本的比重，也從過去的三成，激增到六成。這樣的電力結構，只要全球能源價格波動，國內電價也會受到影響。因此這個問題除了要求一般民眾節能外，找出適合發展的自產電能，提高自給自足的能力，降低能源進口比例，才是根本解決之道。

台灣雖然天然礦產缺乏，屬於多山的地形，但是四面環海、東北季風吹拂、陽光普照，具有發展綠色電能的條件。本文除了闡述台灣綠色電能發展的歷程外，並嘗試從台灣天然地形、氣候、人文經濟與現有開發技術四個面向，分析台灣綠色電能科技發展的優勢與困境，再依據實行政策的現況與缺失，整合學者見解並提出建議。

二、台灣綠色電能發展的歷程

台灣自民國 69 年的「能源管理法」開始，就透過政策投入綠色能源的研究。民國 91 年提出「再生能源發展方案」，後來修改為「再生能源發展條例(草案)」，此草案經過多次立院表決，終於在 98 年 6 月通過「再生能源發展條例」的立法，正式邁入綠色能源發展新紀元。透過適當法規開發綠色能源，不僅加快發展，更讓綠色電能的推展更為廣闊，以下為國內綠色電能發展歷程。

(一) 風能


1. 民國 69 年政府開始投入風力發電。
2. 民國 80 年在澎湖七美架設國內第一座先導型風力發電廠。
3. 民國 84-85 年完成澎湖本島風力發電示範計畫可行性研究修定。
4. 民國 89 年在台灣推動「風力示範計畫」。
5. 民國 90-91 年分別在雲林麥寮、澎湖中屯(圖一)、新竹竹北設置三處風場。

6. 民國 96 年設置彰濱工業區風力發電場（圖二），此工程是綠色電能發展史上里程碑，同年 9 月提出「第一階段設置離岸式風力發電廠方案」。
7. 民國 97 年首次引進英國對發展離岸風電之可行性評估。
8. 民國 100 年於黃金十年政策中提出「千架海陸風力機」計畫。

	
<p style="text-align: center;">圖一 澎湖風場 資料來源：澎湖縣環保局</p>	<p style="text-align: center;">圖二 彰濱工業區風場 資料來源：彰化縣政府旅遊資訊網</p>

（二）太陽能

1. 民國 89 年推行「陽光屋頂」，推出十萬戶設置太陽能設備。
2. 民國 93 年推行「陽光電城」、「光電經典建築」（圖三），於建築物外牆設置太陽光電系統。
3. 民國 96 年推廣「陽光社區」（圖四）及政策推動公共工程有義務設置太陽光電系統。
4. 民國 98 年完成「高雄世運國家主場館」的太陽光電系統。
5. 民國 99 年在屏東推出養水種電計畫，將太陽能光電板設置於魚塭中，讓它漂浮於水面上發電。
6. 民國 100 年在黃金十年政策中提出「陽光屋頂百萬座」的計畫。

	
<p style="text-align: center;">圖三 臺灣歷史博物館 資料來源：太陽光電資訊網</p>	<p style="text-align: center;">圖四 陽光社區案例 資料來源：太陽光電資訊網</p>

(三) 生質能

1. 民國 86 年設置八里污水處理沼氣發電廠。
2. 民國 88 年設置第一座山豬窟沼氣處理發電設施 (圖五)。
3. 民國 90 年在花蓮縣豐濱鄉完成國內第一座都市廢棄物固態衍生燃料製造示範場，並於民國 93 年啟用。
4. 民國 91 年於「再生能源發展條例 (草案)」提出國內生質能的界定，將國內過多的垃圾、農工及一般廢棄物也納入生質能發展範圍。
5. 民國 92-97 年間在各縣市發展多座廢棄物焚化發電廠、沼氣發電廠及工廢棄物發電廠。
6. 民國 98 年設置高雄市西青埔垃圾場沼氣發電。
7. 民國 99 年成立屏東六塊厝廚餘沼氣發電示範場。



圖五 山豬窟沼氣處理發電設施
資料來源：雲林縣環保局



圖六 六塊厝廚餘沼氣發電示範場
資料來源：屏東縣政府

(四) 地熱能

1. 民國 70 年建造一座實驗發電廠，82 年停止實驗。
2. 民國 88 年提出「清水地區溫泉水發電利用計畫」，但因為技術問題停止。
3. 民國 92 年公布「地熱資源探勘補助要點」。
4. 民國 94 年經濟部與宜蘭縣政府輔導廠商成立宜蘭清水地熱發電示範場。
5. 民國 95 年啟動「地熱發電技術開發推廣計畫」。
6. 民國 96 年啟動「地熱發電技術開發多目標利用推動計畫」。

(五) 水力能

1. 日治時期龜山發電廠開始運作，是台灣使用最早的綠色電能。
2. 民國 46 年建立南投萬大發電廠。
3. 民國 56 年建立桃園石門水庫發電廠。
4. 民國 62 年建立曾文水庫發電廠。
5. 民國 74 年建立大觀水力發電廠。
6. 民國 78 年建立明潭抽蓄水力發電廠 (圖七)，於民國 94 年除役。

7. 民國 85 年建立大甲溪發電廠，範圍涵蓋德基水庫（圖八）、青山、谷關、天輪等電廠與社寮、后里、馬鞍等機組。
8. 民國 89 年建立卓蘭發電廠。

	
<p style="text-align: center;">圖七 明潭水庫</p> <p>圖片來源：日月潭國家風景區</p>	<p style="text-align: center;">圖八 德基水庫</p> <p>圖片來源：經濟部水利署</p>

（六）海洋能

1. 民國 95 年能源局委託工研院研發國內第一座 500 瓦小型溫差發電實驗設備。
2. 民國 96 年台電公司為配合水利署規劃低溫模場，提出「複合成溫差發電場可行性研究及初步設計」計畫。

從國內綠色電能發展歷程中，顯示政府除了太陽能、風能與生質能發展比較積極外，水庫的興建於民國 89 年卓蘭發電廠後，成停滯狀態，地熱能與海洋能只發展到實驗與計畫階段，沒有實際的進展。形成這種發展模式的原因在於台灣的天然條件、特殊人文與開發技術的影響。

三、台灣綠色電能發展的優勢與困境

台灣本身擁有豐沛的綠色能源可以開發電能，如太陽能、風能、生質能、水力、海洋能等，但不是每一種能源都適合開發，從天然條件、經濟、生態與現有技術方面來分析台灣綠色電能發展的優勢與困境，如下表：

類別	優勢	困境
太陽能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣位居南半球，日照充足，擁有發展太陽能發電的條件。 2. 台灣是太陽能光電板設備主要生產國之一。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣建築形態不適合大量使用太陽能設備，只有局部或小範圍的使用。 2. 民眾享有便宜電價，對裝置成本過高的太陽能設備，接受度不高。

風力	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣沿海、山區及離島富有潛力，都值得開發利用。 2. 台灣每年有東北季風吹拂，具有發展的條件。 3. 四面環海，海風強勁。 4. 能對於高山或離島、偏遠地區的電能供給。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣為多山地形，受地形影響大，限制設置場的規模。 2. 風力機的設置場，往沿岸與外海發展，引起當地居民與靠海維生的漁民質疑與抗議。
生質能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生質能所使用的原料來源多樣化，有研發空間。 2. 台灣地狹人稠，垃圾及農工業廢棄物嚴重，可發展生質能發電。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣容易受地形限制，缺乏適合栽種的土地。 2. 耕地不多，且單位土地面積可生產的生質能密度較低，不合經濟效益。 3. 原料短缺。
地熱能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣有北部大屯地熱區與宜蘭外海龜山島具有發展潛能。 2. 目前全省有地熱徵兆溫泉區中，初步評估約 26 處有開發的潛能。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 所在地點位於山區或外島因交通不便所以開採不易。 2. 地熱發電成本仍偏高，不合乎經濟效益。
水力能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多山區，河流湍急，利於發電。 2. 興建水庫可利於水力發電。 3. 有颱風帶來充沛雨水。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 興建水庫會破壞生物棲息地，有生態平衡問題，台灣生態保育觀念抬頭，阻力變大。 2. 台灣水土保持不夠完善，容易沖刷淤積，減少水庫壽命。
海洋能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對四面環海的台灣，發展海洋能條件不錯。 2. 台灣東部沿海擁有深達 3、4 千公尺的海溝，可提供冰冷的深層海水。 3. 有來自赤道的黑潮，是發展海洋溫差發電和海流發電絕佳的地區。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設備容易腐蝕且有魚類生態的問題。 2. 台灣相關技術能力不足，無法克服不穩定的海洋環境與海水溫差的問題。

由以上資料發現，台灣雖有蘊藏豐富綠色電能，在諸多因素考量下，卻無法全部開發。其中地熱能發電考慮地點與成本，目前只成立一座宜蘭清水示範場。水力發電的影響範圍較廣，有土地取得、生態平衡、人民生計等問題，阻力較大。海洋能受限技術無法突破而不能開發。只有太陽能、風能與生質能的問題較小，可以從政策面、經濟面予以解決。

四、台灣綠色電能的實行政策與建議

生產綠色電力是目前台灣能源發展重點之一。目前政府所實施的政策大都以開發太陽能、風能與生質能為主。依據實行政策的現況與缺失，整合學者見解並提出建議，期望能讓計畫更完善、政策有效率。

(一) 太陽能

1. 實行政策

- (1) 加強屋頂小型系統的設置：鼓勵民眾或工廠設置太陽能光電設施。
- (2) 增加以公共建築為主的大型系統設置：政府於新建公共工程中，優先裝設再生能源裝置。
- (3) 以高電價躉購制度鼓勵參與：以高於現有電費回購綠色電力，鼓勵民間將閒置空地設置大型太陽發電系統。

2. 建議

- (1) 簡化民眾辦理程序，降低設置門檻與成本，以獎勵與減免方式以吸引民眾參與。
- (2) 檢討高電價躉購制度實施的優缺點。
- (3) 加入智慧型電網的概念，以活用綠色電力，避免電力浪費。
- (4) 檢視公共畸零地、老舊工業區用地等，用來架設太陽能光電系統。
- (5) 研發採用效率高的產品。
- (6) 採取產官學制度，將產業優勢結合政策推展。

(二) 風能

1. 實行政策

- (1) 設置大型風機發電組：從陸域走向海域，由政府設立風力示範場，並與國際合作加強自主技術與研發能力。
- (2) 發展小型風機發電組：以高電價躉購制度，鼓勵民間設置小型風機發電組。
- (3) 規劃區塊開發模式，發展大規模風場：吸引業者加入區塊開發，以達經濟效益。

2. 建議：

- (1) 顧及環境與漁業生態，以減少設置阻力。
- (2) 培養人才，以求技術自主，研發效率高的風機發電組。
- (3) 整合生產計畫，以活用綠色電力。

(三) 生質能

1. 實行政策

- (1) 設置 27 座都市廢棄物焚化發電廠、沼氣發電與農工廢棄物發電。

(2) 農委會建議休耕土地種植短期能源作物。

(3) 研發特殊作物，取代糧食作物。

2. 建議

(1) 研發小型生質能源發電組，以利於山區或交通不便之居民。

(2) 研究種類多樣化的生質能原料，以改善原料不足的現象。

(3) 以分散式發電代替集中式發電，縮短原料運輸時間、節省化石燃料耗損。

綠色能源的確能提供我們對能源的另一種選擇，在實施階段，政府需要評估與整合，評估實施的優劣，整合所有生產計畫，並活用綠色能源，讓好不容易發芽的綠色種子，成長茁壯。

五、結語

這次調漲電價讓我們重新檢視電力結構的問題，提高自產電力比例，降低對化石能源的依賴是我們的目標。檢視台灣的條件，綠色電能的發展應優先以太陽能、風能、生質能為主，但發展要達到最佳的成效，卻必須從民間的力量開始，由政府提供技術，輔導民眾發展自產綠色電力。匯集許多小型發電系統的發電量，以達到與大型發電系統一樣的效果，是台灣可行的方向。政府的角色不僅是輔導者，更是一個技術研發者，研發具有潛力的技術項目，以降低成本，增加民眾的參與意願。因此，只有高效能的政府、有社會責任的民眾，才能讓政府黃金十年政策中提出「陽光屋頂百萬座、千架海陸風力機」的計畫，達到成效，進而打造一個綠色台灣。

參考文獻

華健、吳怡萱 (2009) 編著。再生能源概論。台北：五南書局出版公司。

胡湘玲 (2009)。太陽能源 Our Energy Future-Powered by the Sun。出版者：天下遠見出版股份有限公司。

李育明 (2007) 認識綠色能源：「地球暖化，怎麼辦？」系列之二，自然主義股份有限公司企劃；國立臺北大學自然資源與環境管理研究所教授，發行單位：高雄市政府環境保護局。

馬公勉 (2011)。我國再生能源發展目標及其影響，能源報導，6，30-34。

歐嘉瑞 (2011)。陸域推向離岸，千架風機蓄勢待發，能源報導，9，26-33。

林哲毅、蔡健雄、陳又嘉、林素汝 (2011)。屏東科技大學生質能源研究現況，能源報導，11，23-28。

呂錫民 (2010)。我國裝置太陽能潛能發展探討，能源報導，11，31-33。

陳崇憲 (2010)。邁向低碳家園願景我國再生能源推動現況與展望，能源報導，6，10-13。

陳崇憲(2010)。穩紮穩打、行穩致遠政府逐步推動再生能源發展，能源報導，6，14-16。

陳崇憲、蘇桓嫻(2010)。淺談「再生能源發展條例」立法內容，能源報導，6，33-36。

劉力維、李伯亨、顏君揚(2011)。宜蘭清水地熱能源技術產官學合作成功案例，能源報導，3，25-27。

經濟部能源委員會(2007)。能源政策白皮書。台北：經濟部能源委員會。

經濟部能源委員會(2010)。能源政策白皮書。台北：經濟部能源委員會。

經濟部能源局(2012)。2012年2月15日，取自：<http://www.moeaboe.gov.tw/>

再生能源網站(2012)。2012年4月18日，取自：<http://www.re.org.tw/>

能源教育資訊網(2010)。2012年5月5日，取自：<http://energy.ie.ntnu.edu.tw/about-1-4.asp>

<http://energy.ie.ntnu.edu.tw/about-1-4.asp>

圖片來源：

太陽光電資訊網

<http://solarpv.itri.org.tw/memb/newsview.aspx?id=887>

澎湖縣政府環保局

http://www.re.org.tw/PengHu/news_detail.aspx?PostID=427

經濟部水利署

http://hysearch.wra.gov.tw/wra_ext/tech/AA/AA-03.htm

彰化縣政府旅遊資訊網

http://tourism.chcg.gov.tw/Appreciate/beauty_detail.aspx?KF=GQy0pg8FA1Y%3d&page=H8sX5NKkI5w%3d

屏東縣政府

http://www.pthg.gov.tw/tw/News_detail.aspx?n=10857&s=21133

日月潭國家風景區

<http://www.sunmoonlake.gov.tw/moon.aspx?Lang=TW>

雲林縣環保局

<http://www.ylepb.gov.tw/index-m3.asp>