

日本風力發電變遷與展望

方端言

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

日本政府為全力推動風力發電事業，計劃與大型企業共同出資投入規模達 3,000 億日圓成立公司。該項目由政府、電力公司、風力發電企業等三方平均分擔。據悉，日本政府將把首批 300 億日圓運營資金納入明年財政預算，預計未來 5 年內投資總額將達到 1,000 億日圓。

日本「再生能源特別措施法案」通過後，從 2012 年 7 月開始施行新的再生能源電力收購制度 (FIT)，促使電力公司以較高的價格收購太陽光電、風力、中小型水力、地熱、生質能等五種再生能源所發出的電力。

一、前言

日本自福島核電事故發生後，民間對於核電廠安全之疑慮增加，致使廢核聲浪日趨高漲，使得太陽能、風力、生質能等替代能源產業再度受到高度期待。日本政府為了解決核電廠全面停機安全檢查所造成之缺電危機，急於開發新的電源供應，因此提高再生能源電力收購價格，增加產業投入的誘因，導引民間企業對於再生能源的發展投入更多努力，期望這市場能迅速擴大。

依據全球風能協會(Global Wind Energy Council, GWEC)對全球 2011 年風力發電之報告，全球風力發電裝置量由 2010 年的 198 GW 增加至 2011 年的 238GW，成長超過 20%。以各國裝置量來看，日本排名 13 名，在亞洲地區僅落後中國大陸及印度，如表 1 所示[6]。

表 1、全球風力發電累計裝置量前十名國家

國 名	2011 年			2010 年		
	裝置量 (MW)	排名	占比 (%)	裝置量 (MW)	排名	占比 (%)
中國大陸	62,364	1	26.2	44,733	1	22.6
美國	46,919	2	19.7	40,298	2	20.4
德國	29,060	3	12.2	27,191	3	13.8
西班牙	21,674	4	9.1	20,623	4	10.4
印度	16,084	5	6.8	13,065	5	6.6
法國	6,800	6	2.9	5,970	6	3.0
義大利	6,737	7	2.8	5,797	7	2.9
英國	6,540	8	2.7	5,248	8	2.7
加拿大	5,265	9	2.2	4,008	9	2.0
葡萄牙	4,083	10	1.7	3,706	11	1.9
日本	2,501	13	1.1	2,334	12	1.2
台灣	564	25	0.2	519	24	0.3
南韓	407	27	0.2	379	27	0.2
全球	237,669		100	197,637		100

資料來源： GWEC, Global Wind 2011 Report [6]

二、日本發展再生能源措施及成果

日本政府於 2012 年 7 月開始實施以固定價格全額購買新的再生能源電力收購制度(FIT)，其中風力部分，以 20 kW 為分界，分別訂定不同的收購價格，小型風力(20 kW 以下)收購價格較高，為每度 57.75 日圓 (約新台幣 21.8 元)，20 kW 以上則每度為 23.1 日圓 (約新台幣 8.7 元)，風力機所發電力由電力事業全額收購，收購期間為 20 年，如表 2 所示。所需經費來源由電力用戶之電費中，額外徵收一定額度的費用。但未將離岸風力機與陸域風力機分開計費，與目前各國朝向離岸風力機發展的趨勢有所不同 [2]。

此次 FIT 方案較過去每度電價收購價格 12 日圓優惠許多，為目前全球最高的風電收購價格，但現已運行的 1,800 支風力機將不追溯收購電價，而未達 20 kW 的風力發電設備收購價格為 57.75 日圓，在申請電力收購上必須符合 JIS C 1400-2 標準或通過日本小型風力發電協會(JSWTA) 認證，或是 JSWTA 海外認證機構驗證之小型風力機。預計日本風電市場將會有顯著的成長 [2]。

表 2、日本再生能源電力收購價格

日本再生能源電力收購價格 (從 2012 年 7 月 1 日起)			
	年限	JPY/kWh	NTD/kWh
風能	20		
<20 kW		57.75	21.8
>20 kW		23.1	8.7
地熱	15		
<15 MW		42.00	15.8
>15 MW		27.30	10.3
水力	20		
<200 kW		35.70	13.4
>200 kW <1 MW		30.45	11.4
>1 MW <30 MW		25.20	9.4
太陽光電			
<10 kW	10	42.00	15.8
>10 kW	20	42.00	15.8
生質能	20	40.95	15.4
污泥及都市廢棄物	20	17.85	6.7
森林廢棄物	20	33.6	12.7
木材	20	25.2	9.4
建築廢棄物	20	13.65	5.1

資料來源：日本經濟產業省 [2]

根據 21 世紀再生能源政策網絡(REN21)之全球 2012 年再生能源現況分析指出，至 2011 年底，日本再生能源總發電量為 11.3 GW，包括風能、太陽能、生質能及地熱能等 [1]。

日本經濟產業省公布的資料顯示，日本國內於今年 4 月至 10 月底這段期間，以符合再生能源收購要求的設備發電量中，太陽能達 221.3 萬 kW，占整體比重達 86.5%，其中住宅用為 58.6 萬 kW、非住宅用為 162.7 萬 kW。另外，風力發電為 33.6 萬 kW、生質能發電約 0.6 萬 kW、中小型水力發電為 0.2 萬 kW，至於地熱能源部分，因為設備裝置成本偏高，目前呈現停滯成長的狀態 [7]。以再生能源開始運轉設備容量（表 3）來看，4 月至 10 月期間內的設備總裝置量為 115.5 萬 kW，其中住宅用太陽能發電裝機量達到 88.6 萬 kW，非住宅用太陽能發電為 24 萬 kW。風力發電裝置量為 1.4 萬 kW。

表 3、日本 2012 年 4 月~10 月再生能源開始運轉設備容量

再生能源電設備	4月~10月開始運轉設備容量
太陽光（住宅）	88.6萬kW（4~6月 30.0萬kW）
太陽光（非住宅）	24.0萬kW（4~6月 0.2萬kW）
風力	1.4萬kW（4~6月 0萬kW）
中小水力（ $\geq 1,000$ kW）	0.1萬kW（4~6月 0.1萬kW）
中小水力（ $< 1,000$ kW）	0.2萬kW（4~6月 0.1萬kW）
生質能	1.2萬kW（4~6月 0.6萬kW）
地熱	0萬kW
合計	115.5萬kW

資料來源：日本經濟產業省 [7]

日本「再生能源特別措施法案」從 7 月 1 日上路後，再生能源裝置設備容量就大幅成長，日本政府預估 2012 年度(2012 年 4 月-2013 年 3 月)全年收購目標為 250 萬 kW，這目標將很快就會達成 [3]。

三、日本風力發電市場發展

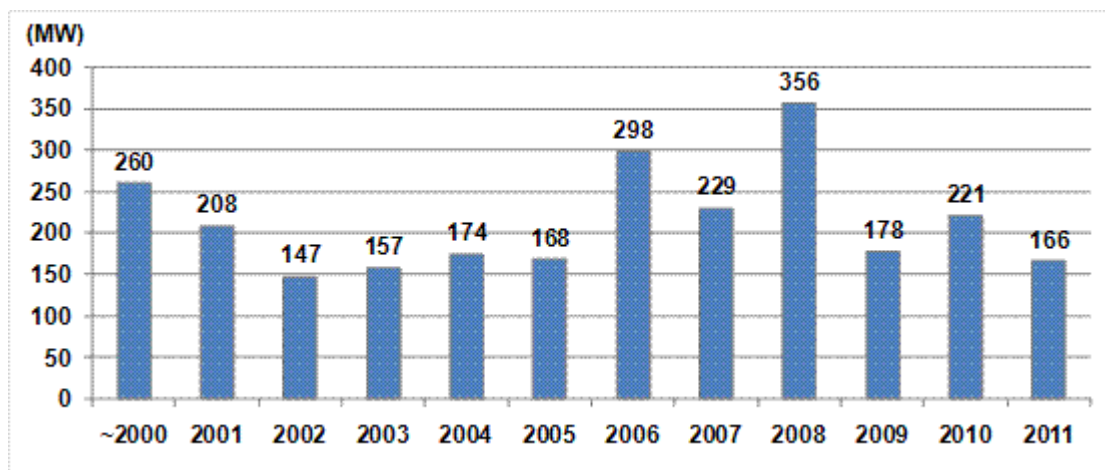
日本環境省 2011 年 4 月 21 日公布的「再生能源採用潛力調查」，資料中顯示 風力發電的開發潛力就高達 19 億 kW 之多，而日本在 2009 年風力發電設備的總設置量僅為 219 萬 kW，由此可見，日本國內未來潛在的風力發電仍有相當大的發展空間 [4]。

日本環境省於 2012 年 8 月 31 日公布長期戰略，規劃在 2030 年之前，將再生能源中發展較為緩慢的海上風力、地熱、生質能和海洋能（波力及潮力）4 個領域的發電能量提高為目前的 6 倍，如表 4 所示 [3]。

日本過去風力發電是以陸域型風電機組裝設為主，由於日本地形多山且人口稠密，陸域風電機組可裝置地點並不多，未來發展潛力受限。過去陸域風電的發展上，風力系統皆採用歐洲進口的系統。直到近兩年才由富士重工、三菱重工及日本製鋼所各自開發出單機容量 2 MW 的國產陸域風電系統。

在離岸風力發電的發展上分為兩種方式，一種是將風機底部固定在海底的「著床式」，另一種為風機漂浮在海上的「浮體式」。未來在日本發展潛力較大的應屬浮體式，這是因為在日本著床式離岸風力發電站合適的設置地點很少，合適風場距離陸地較遠且水深(水深超過 50 公尺)。因此日本政府在產業發展策略上偏向浮體式的相關技術。

依據 GWEC 報告，2011 年全球風力發電裝機容量達 41 GW，日本至 2011 年風力發電裝機容量達 2501 MW，每年提供 4200GWh 的電力，約占日本總電力供應 0.5% [6]。



資料來源：BTM Consult；工研院 IEK (2012/09)

圖 1、日本風力發電歷年新增裝置量

根據日本環境省對於風況及地形所進行的潛力估算顯示，相較於陸域上的 283 GW，離岸風能潛在量高達 1,570 GW，高出陸域量達 5 倍以上 [4]。根據 JWPA 的規劃，到 2050 年時，日本離岸風力裝置量可達 25 GW，其中浮體式系統便占 70% [5]。

依據日本經濟新聞報導，日本政府和北海道、東北、東京等電力公司以及 J-POWER、豐田通商、COSMO 石油等大型企業共同出資成立特別目的公司（SPC），將全力推展風力發電事業。為了此次政府與民間企業合作，共同設立 3,000 億日圓的合作基金，由政府、電力公司、風力發電企業等 3 方平均分擔。政府將把 300 億日圓的首批運營資金納入明年財政預算，預計未來 5 年內投資總額將達到 1,000 億日圓。據悉，擁有豐富風力發電資源的北海道和東北地區的 6 個區域將成為此次風力發電事業的主要選址區域 [9]。

在日本國內風電產業發展上，日立公司為了達成產業垂直整合，於今年宣布併購富士重工的風力機部門，並開始發展 5 MW 風力機系統。日本日立公司並投資 40 億日圓以擴大其風力發電機工廠的產能。該工廠位於東京東北部日立市，該公司規劃到 2013 年產能將增加 70%，使年產能達 2,400 台發電機 [9]。日本風電市場之未來成長空間將有助於當地廠商及國際大廠如丹麥 Vestas、西門子等增加其銷售數

量，因此日本國內大廠目前正積極建立自有風力機系統，並且配合政府投入浮體式離岸風電相關技術研發。

四、未來規劃與目標

日本自福島核災後，試圖降低對核能的依賴度，積極發展潔淨能源。經由政府與民間企業的共同努力，離岸風電產業因而逐漸成形。日本未來離岸風力發電將會大幅增加，預計將從 2010 年度的 30 MW 成長到 2030 年的 8.03 GW，20 年期間增加 8 GW，如表 4 所示 [4]。為了實現這一目標，離岸風力方面除了以往的「著床式」外，還將加速推動不受場址限制的「浮體式」離岸風電技術之商業發展，是值得我國加以注意與學習。

以東芝、日立造船為首，其他包括 JEF 控股、住友電器、東亞建設、東洋建設，以及日本氣象協會等六家公司與一個協會，宣布在未來十年將投入 1,200 億日圓（約新台幣 455 億元）建造離岸風場。規劃於 2016 年完成 7.5 MW 風力機驗證機組，2022 年完成 300 MW 離岸風場建設，風場地點可能選在九州外海 [9]。

日本環境省在長崎縣五島市杵島周邊，採用京都大學研究小組的技術，設置日本國內首座 2 MW 離岸浮體式風力發電測試機，將在 2013~2015 年開始運轉 [4]。

日本經濟產業省的第 3 次修正預算案採納在福島縣建設再生能源研究基地計畫，提出在該縣海面上建設大規模浮體式發電站的構想。

日本政府將在福島縣海域建設世界第一大浮體式海上風電場，在第三次修正預算案中撥發 125 億日圓，將在 2015 年度前建造約 6 座以供驗證試驗之用。在驗證的同時，日本政府還將在東北全境大量建設陸域風電場和著床式離岸風電場。包括浮體式在內，每年將建設 1 GW 的風力發電機，該計畫將至少延續 10 年 [9]。

目前世界的主流風力發電是在海底固定風機的「著床式」，大多

以歐洲為中心。而浮體式作為著床式之後的新一代，實際運轉的浮體式海上風電機只有挪威於 2009 年建造一座。在福島縣海域建設多座風電機之計畫是全球首次嘗試。

根據 JWPA 的規劃，到 2020 年風力發電累計裝置容量為 11.1 GW，到 2050 年時將增為 50 GW，其中陸域為 25 GW，離岸風力裝置量可達 25 GW，又以浮體式系統為主力占 70% [5]。

表 4、日本 4 項再生能源的裝置量目標（單位：MW）

年度 再生能源項目	2010 年 (實際裝機量)	2020 年	2030 年
離岸風力	30	400	8,030
地熱	530	1,070	3,880
生質能	2,400	3,960	6,000
海洋（波力及潮力）	0	0	1,500
合 計	2,960	5,430	19,410

資料來源：日經能源環境網 [4]

五、結論與建議

(一) 結論

進年來中國大陸、日本、南韓政府都將離岸風電定為策略性發展產業，積極發展。日本的風力發電產業發展則以三菱重工、日立、東芝三家大型日本重工企業為主，跨足風力發電設備市場。但日本風電產業並非全球領先國家，在離岸風電的研發策略上，日本專注於次世代的大型風機以及海上浮體式風機的研發，與亞洲其他國家有明顯的技術區隔。今(2012)年日本政府大幅提高風力發電補貼費率，使得日本成為目前全球風力發電補貼費率最高的國家，吸引許多廠商積極投

入。

2011 年全球離岸風電占風電市場的 2.3%，預估到 2016 年將達到 10.7%。離岸風電設置成本高，最主要原因為裝置在外海，牽涉到運輸、吊裝及輸電等成本，離岸風力發電機還涉及海底地基及電纜鋪設等基礎建設工程，尤其以海事工程與水下基礎設施部分成本不易下降，加上近年來離岸風電逐漸朝外海發展，距離遠、水深增加，成本將更增加。日本新的環保法規限制，2012 年 10 月之後，超過 10 MW 的風力發電場將需要環境評估。這項評估有可能需要幾年時間才能完成，將會阻礙日本風力發電的發展。日本風力發電協會指出，到 2030 年底之前，日本至少要開發 25 GW 的風電。（相當於日本電力供應總量的 5%）[5]

今年日本政府大幅提高風力發電補貼費率，使得日本成為目前全球風力發電補貼費率最高的國家，促使日本風力發電快速成長，吸引許多國內外廠商積極投入。日本風電市場需求成長，對於台灣風電產業之影響並不顯著。台灣有機會的部分為零組件廠商，目前為歐美風力機系統之供應商，有可能接獲日本系統商之訂單而受惠。

台灣在風力發電具有相當之潛力。在離岸風力上，台灣海峽被國際機構 4C Offshore 評定為全世界風力資源最佳區域。據估計其風能可望達到 3 GW，但因技術與成本的問題，使得離岸風電發展緩慢。台灣有繼續推展風力發電之潛力。

經濟部在今年 7 月 3 日公告實施「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」，獲得業者大力肯定與支持，預期將可帶動國內風電裝設的熱潮，民國 104 年將完成離岸示範風力機設置，民國 109 年前離岸風力機裝置容量可達 300 MW 以上。

(二) 建議

國內風力發電的發展推廣除了需要有利的電力價格誘因外，還需要強而有力的跨部會整合協調支援，建立一致的步調來協助業者排除法規、融資、環保等障礙，如此將可帶動國內風電業大幅成長。因此，

綜合建議如下：

1. 風電設備產業未來將朝集中化，大者恆大，國內風電產業應加以整合與分工，提升國際競爭力。
2. 國內陸域風電成本已具有競爭力，但離岸風電則無風場開發實績，風險與不確定性偏高，影響產業投資意願，因此應加速離岸風電建置之推動。
3. 風電產業除加強本身創新技術開發外，需要金融業及服務業的協助與支持。
4. 台灣海峽風力資源相當可觀，但因技術與成本問題，離岸風電發展緩慢，若要加速發展，可借鏡日本經驗，先提供優惠的躉構費率。
5. 離岸風電設置成本高，包括海上運輸、吊裝及輸電等成本，並涉及海底地基及電纜鋪設等基礎建設工程，加上離岸風電若朝向外海發展，距離遠、水深增加，維護不易，成本將更加墊高。因此，日本等國外之發展經驗將值得借鏡參考。
6. 風電產業涉及交通部、國防部、漁業署、農委會、環保署等部會之職掌，需要跨部會整合協調支援，排除法規、融資、環保等方面之障礙。

參考文獻

1. REN21, Renewables 2012 Global status report
2. Japan Approves Feed in Tariffs <http://www.wind-works.org/FeedLaws/Japan/JapanApprovesFeed%20inTariffs%20.html>
3. 日經能源環境網
<https://big5.nikkeibp.com.cn/eco/news/catpolicysj/3404-20120906.html?ref=ML>
4. 日本環境省
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13696>
5. 日本風力發電協會(JWPA) 日本海上風電
<http://log.jwpa.jp/content/0000289388.html>
6. GWEC, Global Wind 2011 Report
7. 日本經濟產業省 新聞
<http://www.meti.go.jp/press/2012/11/20121116005/20121116005.pdf>
8. 經濟部能源局 獎勵「海上風力發電」力促能源新紀元公告
9. 日本經濟新聞
http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK25033_V20C12A9000000/
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20120905/238092/>