

# 風力の意義と発展可能性

松 岡 憲 司

## はじめに

地球温暖化の原因といわれている二酸化炭素を削減するため、再生可能エネルギーによる発電が注目を集めている。日本ではこれまで、二酸化炭素削減手段の中心は原子力発電であった。しかし、東日本大震災の際の津波による原子力発電所の事故後、原子力発電に対しては、これまで以上に厳しい環境となってきた。そこで、再生可能エネルギーをこれまで以上に積極的に導入することへの機運が高まりつつある。再生可能エネルギーによって発電された電力を固定価格で買い取る制度も再生可能エネルギー特措法によってスタートすることになり、再生可能エネルギーの導入にはずみがつこうとしている。

わが国での再生可能エネルギーは太陽光発電に

重点が置かれているが、世界では電力会社レベルの再生可能エネルギーといえば、まず風力発電が出発点となっている。本稿では、国内外の風力発電の現状を展望した後、日本における発展阻害要因と、その一つの解決策としての洋上風力発電の課題を検討する。

## 1. 風力発電の現状

### (1) 世界の現状

世界の風力発電導入量は、2010 年末時点での累積設備容量が 199,520MW と 200GW に迫ってきた。2010 年単年に設立された風力発電も設備容量で測り 39,404MW と史上最高を記録した<sup>1)</sup>。風力発電は 1995 年頃より急成長をはじめ、この数年は非常に高い成長が続いている。2010 年の対前年成長率

表 1 累積設備容量、上位 10ヶ国の設備容量と成長率

国名	2010 年末の累積設備容量 (MW)	対前年成長率 (%)	3 年間の平均成長率 (%)
中国	44,781	73.2	96.8
アメリカ	40,274	14.5	33.6
ドイツ	27,364	6.0	7.1
スペイン	20,300	8.1	7.1
インド	12,966	19.8	18.2
フランス	5,961	24.8	34.1
イギリス	5,862	35.1	34.8
イタリア	5,793	19.6	28.6
カナダ	4,011	20.8	29.5
ポルトガル	3,837	10.4	21.3
上位 10 カ国計	171,149	24.8	29.3
世界全体	199,520	24.6	28.5

出所：上位 10 カ国については BTM (2011) Table 2-10 より抜粋。  
世界全体については BTM (2011) Table 2-1 より算出。

1) BTM (2011) p.13 Table 2-1.

は24.6%、3年間の平均成長率は28.5%となっている。

2010年末で累積設備容量上位10カ国は表1のようになっている。現在もっとも多く風力発電を導入しているのは中国で、累積設備容量は44,781MWである。次いでアメリカが40,274MW、ドイツが27,361MWと続いている。世界の10大市場のこの3年間における平均成長率は、29.3%という驚異的な成長率を実現している。飛び抜けて高い成長率の中国を除いた9カ国での平均成長率を求めても19.9%と非常に高い率であることはかわりない。

中でも著しい成長を遂げているのが今述べたように中国で、3年間の年平均成長率が96.8%というとんでもないテンポで規模を拡大している。つまり、この3年間ほぼ毎年、倍増してきたということである。

## (2) 日本の現状

このように急成長を遂げている世界の風力発電に比べ、日本での風力発電の普及状況はいささか寂しい状況となっている。日本風力発電協会の調べによると2010年度中に導入された風力発電の設

備容量は25.5万kW、2010年度末の累積設備容量は244.2万kW(2.44GW)であった。2010年度の成長率は11.7%にすぎない。過去3年の平均成長率は13.1%で、世界の上位国と比べ16.2ポイントも低くなっている。筆者は以前、日本の風力発電の導入水準は低いものの、成長率は高く、2002年での3年間平均成長率を92.7%と世界でも飛び抜けて高いと紹介した<sup>2)</sup>。しかしその後、導入のテンポは低下し、世界からは取り残されてしまったと言っても過言ではないだろう。

わが国での風力発電の導入目標は、2001年に経済産業省「総合エネルギー調査会新エネルギー部会」が設定した、2010年に設備容量3,000MWである。しかし2010年2,442MWという導入水準は、この目標にははるかに達しなかったことを示している。

世界全体でも風力発電機の大型化傾向が続いているが、日本でも定格出力の大型化が顕著である。2009年度に設置された152基の風力発電機の内、94.7%にあたる143基が1MW以上の定格出力であった。2MW以上の風力発電機も37本(24.3%)とかなりの比率を示している。

一方、一カ所の風力発電所の規模を風車の基数

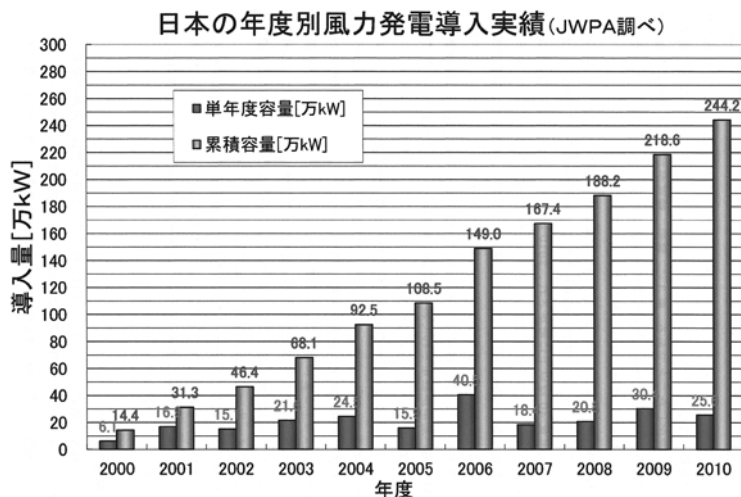


図1 日本の風力発電導入量の推移

出所：日本風力発電協会ホームページより

<http://jwpa.jp/pdf/30-12dounyuujisseki2010graph.pdf> (2011年11月10日閲覧)

2) 松岡 [2004] p.27。

で見ると、2009年度に設置された31カ所の風力発電所の内、11基以上の風力発電機を設置した所はわずか三カ所にすぎない。それに対して風力発電機が1基のみという風力発電所は13箇所と41.9%を占めている。このようにわが国の風力発電ではウィンドファームとよばれるような大型の風力発電所はまだまだ少ないことがわかる<sup>3)</sup>。

## 2. 風力発電の阻害要因

日本でこのように風力発電の普及が遅れている背景には、いくつかの要因が考えられる。ひとつは、各電力会社の送電網に接続する際の制約で、連係量制約とよばれている。第二にあげられるのは、風力発電に適した立地の不足である。第三には、日本の風の特長である。第四には風力発電そのものが、騒音や野鳥の衝突、景観破壊などで環境破壊であるという問題である。

### (1) 連係量制約

電力の需要・供給については、一般の財・サービスとは違う特性がある。電気は貯蔵することができないため発電電力量が需要に常に一致しなければならないということである。需要が供給を上回れば周波数が低下し、逆に供給が需要を上回れば周波数が上昇してしまう。そこで電力会社は需要量に合わせるように発電量を調整しなければならない。

このような状況の中で、風力による発電は、電力会社にとって、自然まかせの不安定なエネルギー源ととらえられている。電力需要の少ない深夜でも風が吹けば発電してしまう。逆に電力需要が多くなったからといっても風が吹いていなければ発電はしてくれない。そこで風力による電気を送電網の中に多く入れることは電気の品質を低下させることになると考えられている。特に電力市場の規模が小さい電力会社では、風力発電に対する懸念が強く、発電設備容量の全体に対する風力発電の比率を一定水準以下に抑えようというのが、連

係量に上限を設ける制度である。現在、表2のように六つの電力会社で風力発電の導入量について一定の上限が課せられている。

表2 電力会社ごとの連係量上限

電力会社	連係量上限 (万 kW)
北海道	36
東北	85
北陸	25
中国	62
四国	25
九州	100

出所：瀧口信一郎（2011）  
<http://diamond.jp/articles/-/13576>  
 （2011年11月10日閲覧）

この問題は早くから指摘されていた問題であり、2005年の時点で総合エネルギー調査会から対策案が提示されている。第一は調整枠が不足するとき風力発電からの電力を送電網から切り離す「解列」である。第二に蓄電池の導入、第三が電力会社間の連係線の活用、そして最後が気象予測による風力発電予測システムである。

日本よりも多くの風力発電を導入しているヨーロッパでは、このような問題は無いのだろうか。一般によく言われていることは、ヨーロッパの送電線網は一国内で完結しているのではなく、ヨーロッパの広い地域に広がっているため、全体として変動に対する吸収の余地が大きいということである。けれども電力供給の約20%を風力発電から賄っているデンマークでは夜間の風力発電による過剰発電問題は深刻だったようで、ネガティブ・プライスを導入し、この問題を解決することになった。ネガティブ・プライスとは風力発電に対して対価を払うのではなく、逆にペナルティを徴収するという制度である。2009年10月1日より、電力需要の少ない夜間に発電をした風車には1kWhあたり1.7クローナ（約24円）のペナルティを支払わねばならなくなるということである<sup>4)</sup>。

しかし同じく風力発電の比率が高いスペインの

3) 数値はいずれもNEDOの資料より算出。

4) ユランボステン紙（電子版2009年2月26日）

場合、ヨーロッパの全体的ネットワークとの接続はそれほど大規模でないにもかかわらず、この問題を解決しているという。これはアイルランドも同様であるという<sup>5)</sup>。今後、スペイン、アイルランドの状況に関する調査が必要となる。

## (2) 風況と立地

採算のとれる風力発電所を設置するためには、設置場所の年平均風速が6m/秒以上でなければならないと言われる。しかし、日本国内でそのような場所は限られている。デンマークやドイツでは、風が基本的に安定した西風である。それに対して、日本の風は非常に不安定で、風向や風速が非常に頻繁に変わる。また南西諸島では非常に強い台風が風車を襲うというケースも出ている。

## (3) 風力発電機による環境問題

風力発電は環境に対して優しいエネルギー源であると考えられているが、風力発電機はむしろ環境破壊であるという意見は少なくない。とりわけ最近の風力発電機は大型化しており、翼の長さが40m、発電機の入っているナセルの位置は地上数十mと巨大な構築物である。実際に近くで風力発電機をみるとその大きさに驚くことも少なくない。

風力発電機にかかわる環境問題として古くからある問題は、景観や騒音と野鳥の衝突（バードストライク）の問題である。

騒音の主な原因となるのは、翼が回転する時の風切り音と増速機（ギアボックス）からの機械音である。音は距離が離れることで減衰していく。音源から音を抑えるような技術開発とともに、人家からの距離を離すことも重要である。騒音問題のひとつに低周波音がある。低周波音が人の健康を脅かすのではないかということで、最近の風車建設の際に大きな問題となっている。

バードストライクも以前から指摘されて問題である。野鳥が回転する風力発電機の翼に衝突して死亡する例は報告されているが、その原因や対策については、いまだ完全な解決策は見出せていな

いのが現状であろう。

## 3. 洋上風力発電

このような風力発電機による環境問題のひとつの解決策と考えられるのが、海面上に風力発電機を立てる洋上風力発電である。洋上風力でも、バードストライクの問題は残るし、魚類など海中生物への影響を危惧する人たちもいる。しかし、騒音や景観については、洋上に立てることでかなり解決することができる。

環境問題以外にも洋上風力に関心が集まっているのは、陸上で風力発電機を立てるのに適した土地の不足という問題がある。もっとも早く風力発電の導入が進んだデンマークやドイツでは、すでに陸上に風力発電機を立てる場所はなくなってきている。また洋上では、風の条件（風況）が陸上に比べてよい場合が多い。

### (1) 洋上風力発電の発展経過

風力発電機をはじめ洋上に建設したのは、1990年スウェーデンのNogersandという所に立てられたWindworld社製の220kW機であったという。海岸から250mの水深7mの海であった<sup>6)</sup>。これは、まだ実験段階レベルのもので、本格的な商業ベースの洋上風力発電所は翌年1991年に始まる。これはデンマークのヴィネビュ（Vineby）という所にBonus社の450kW機11基を立てたものであった。しかし本格的な洋上ウィンドファームは、2000年にデンマークのコペンハーゲン港の沖に設置されたミズルグルネン（Middelgrundnen）風力発電所であろう。これはコペンハーゲン港の沖3kmの海上に、Bonus社の2MW機を20基立てたものである。景観を考慮して弓状に建設され、多くの写真で紹介されており、もっとも有名な洋上風力発電所とっていいだろう。設備容量が100MWを超える最初のウィンドファームは、これもデンマーク西岸の北海海上に立てられたホーンズレウ1（Horns Rev1）である。Vestas社の2MW機80基、

5) RenewableUKでの聞き取り調査による。

6) 水深データはHenderson他（2003）。

総設備容量 160MW という大きな発電所である。

## (2) 洋上風力発電の現状

2007年以降の世界の洋上風力の設置状況と2010年末現在の累積設備容量は表3のようになっている。

2010年に世界であらたに立てられた洋上風力発電の設備容量は、1,444MWで全体の施設設備容量39,404MWの3.66%である。2010年末現在の累積設備容量は3,554MWで全体の累積設備容量199,520MWの1.78%である。このように洋上風力発電は、全体に占める割合という点ではまだまだ小さいものにしかすぎない。

前項でみたように洋上風力発電を当初牽引したのはデンマークである。しかし、近年もっとも熱心に洋上風力導入に向けて動いているのはイギリスである。表3が示すように近年着実に導入を進めてきており、2010年末時点で世界の累積設備容量の半分以上となる51.18%を占めている。各国の計画をまとめると2011年の新設洋上風力は1,300MWになると予想されている。

各地域や国も野心的な目標や予想を設定している<sup>7)</sup>。ヨーロッパでは、2020年に40GW、2030年には150GWという設備容量をヨーロッパ風力エネルギー協会（EWEA）が予測している。アメリカでは、国務省、エネルギー省が2030年に54GW

という目標を設定している。中国では2020年に30GWという目標を立てている。世界全体についても2017年に71GWという予測がなされているという。

洋上風力発電の分野でも日本は遅れをとっている。一般に日本にも数カ所の洋上風力発電所があると言われている。たとえば、北海道の瀬棚港には、せたな町が設置した2基の風力発電機（NEG Micon 600kW機）が2004年より稼働している。また2010年に茨城県神栖市に設置された「ウィンド・パワーかみす」は、富士重工・日立製作所製の2MW機7本を、護岸から約50mの海中に立てたものである。これらは、まさに海中に立てられた風力発電機である。しかし瀬棚の場合には、港内に立てられたものである。また神栖の場合も海岸からの距離はわずか50mで、海外で立てられている離岸距離数キロというような本格的な洋上風力発電とは違っている。

## (3) 洋上風力発電の課題

### 1) 着床か浮体か

イギリスやデンマークあるいはドイツでの洋上風力発電が建設されている北海やバルト海は比較的水深が浅いため、これまでに立てられた洋上風力発電はすべて海底に基礎を置く着床式である。しかし水深が50m以上となると、着床式での建設は困難となる。日本の近海は岸から離れるとすぐ

表3 洋上風力発電の導入量

国	単年の導入量 (MW)				2010年末累積設備容量 (MW)
	2007年	2008年	2009年	2010年	
イギリス	90	194	306	925	1819
デンマーク			228	207	832.9
オランダ		120		0	246.8
ベルギー		30		165	195
ドイツ			60	108	168
スウェーデン	110		30	0	163.3
中国				39	102
アイルランド				0	25
ノルウェー			2.3	0	2.3
世界計	200	344	689	1444	3554

出所：BTM (2010), p.3, Table 2-1, および BTM (2011), p.25, Table 2-3 より作成

7) 石原 (2011) による。

に深くなるため、着床式を立てられる海域はあまり広くない。そのため本格的に洋上風力発電を導入するためには、浮体式洋上風力発電の開発が急がれる。

浮体式の洋上風力発電については、さまざまな国で研究開発が進められているが、実際に稼働しているのは、イタリアとノルウェーでの実証実験だけである。2008年に始まったイタリアでの実証実験 Blue H は世界初の浮体式洋上風力発電であるが、小型機によるものでごく初期の実験段階にとどまっている。2009年に始まったノルウェーの Statoil による実証実験 Hywind はシーメンス・ウィンドの 2.3MW 機を使ったもので、世界初の本格的浮体洋上風力と言っていいだろう。

## 2) 大型化と増速機

この数年風力発電機の大型化は著しい。

洋上だけでなく陸上も含めた風力発電機の基数ではかると、2000年に立てられた風力発電機の 53.6% は定格出力 750kW 以下であった。2010 年では、750kW 以下の風力発電機は全体の 0.2% にしかすぎない。一方、1.5MW 以上の占める比率は、2000 年には 11.4% であったのが、2010 年では 91.5% とほとんどすべてが 1.5MW 以上となっている。内、8.4% は 2.5MW 以上となっている。

洋上の場合、大型化はより進展している。2010 年末までに立てられた洋上風力発電機は 1,339 基であり、総定格出力は 3,666MW である<sup>8)</sup>。したがって、平均定格出力は 2.74MW である。今後開発されていく洋上風力では 6-7MW が予想されている。さらに、海岸から遠ざかれば 10MW が必要になるだろうと言われている<sup>9)</sup>。

風力発電で得られるエネルギーは、風力発電機の翼が通る面積に比例する。すなわち翼の長さの二乗に比例する。つまり定格出力を高めるということは、翼の長さを長くする必要がある。6MW であれば、ローター径は約 125m になる。通常の風

力発電機では翼の回転数は毎分約 50 回転であるのに対して、発電のために必要な回転数は 1500～1800 回転である（四極の発電機の場合）。そのため一般的な風力発電機は、増速ギアを備えている。

翼の大型化は、この増速機に大きな負担がかかり、より堅牢なギアボックスが必要となる。このような問題を回避する技術として注目を集めているのが、増速機のないダイレクト・ドライブ機である。従来からダイレクト・ドライブ機を製造していたのは、ドイツのエネルコンだけであった。それに加え中国の金風が買収したドイツのヴェンシス (Vensis) の技術にもとづいて 1.5MW ダイレクト・ドライブ機を 2,300 基、かつてのラガウェウイの技術系列にあたる日系オランダ企業ハラコウサンの技術を用いた湘電集団も 2MW 機を 253 基製造している<sup>10)</sup>。しかし、ダイレクトドライブ機で用いられる永久磁石型発電機にはレアアースのネオジウムが必要で、レアアース供給の不安定という問題がある。

三菱重工は、この問題を油圧による増速という新しいアイデアで解決しようとしている。同社は 2010 年 12 月にイギリスのエジンバラ大学系のベンチャー企業アルテミスを買収した。アルテミスは油圧による動力を伝導する技術をもっており、三菱重工はこの技術による油圧ポンプと油圧モーターによって、風車翼の回転を発電機の回転に伝導するという風力発電機の開発に取り組んでおり、10MW クラスの風力発電機を開発し、イギリス洋上風力のラウンド 3 への参入を目指している。<sup>11)</sup>

## 3) 洋上風力発電への制度的制約

洋上風力発電の長所として立地場所の制約が少ないことを述べたが、海上にも様々な権利関係や制度的な制約がある。

日本で洋上に風力発電機を立てようとする場合、「海上交通安全法」や「海洋汚染および海上災害の防止に関する法律」にしたがわなければならない。

8) BTM (2011), Table 2-4.

9) BTM (2010), pp52-54.

10) BTM (2011) p.31. 中国ではその他、江蘇新誉、上海万德的、中鋼西重、広西銀河、江西麦德などのメーカーがダイレクト・ドライブ機を製造しているという。

11) 日本経済新聞 2011年3月14日、および日経産業新聞 2011年8月2日。

また自衛隊などの訓練海域、訓練空域、航空機の管制区などの規制もある。港湾内に設置する場合には、「港湾法」あるいは「漁港法」による制約がある。

海上には漁業権が設定されているところがある。洋上風力発電建設にともなう漁獲高への影響を補償しなければならない。漁業補償には漁業権漁業や指定漁業に対する漁業法にもとづく漁業補償と、自由漁業に対する民法にもとづく損害補償がある。

#### (4) 日本の洋上風力発電導入の可能性

##### 1) 環境省による推定

それでは、日本において洋上風力発電にはどのくらいの導入可能性があるのだろうか。環境省の「平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」によると、年間平均風速が6.5m/秒以上の海域の面積は157,262平方kmある。1平方kmあたり1万kWの設備容量の風力発電機を立てられるとすると、この海域すべてに風力発電機を立てると1572.62GWの設備容量となる。

ここでいう導入可能設備容量は、海域すべてに風力発電機を立てるという非現実的な想定である。

そこで、より事業性を考慮した導入可能設備容量も計算されている。ここでは全量固定買取制（FIT）の導入を前提とし、買取価格、固定価格期間、そして買取期間でのキャッシュフローの現在価値を投資額に等しくする割引率（内部収益率）を設定し、導入可能設備容量を推定している。

この推定によると、技術革新を考慮しないと固定買取価格20円/kWhで固定価格買取期間20年、内部収益率8%とした場合で、導入可能設備容量は3GWと推定されている。技術革新によるコストダウンを発電設備について50%減、土木工事費について20%減と想定し、固定買取価格20円/kWh、買取価格15年、内部収益率8%とした場合には141GWとなる。

##### 2) NEDOによる洋上風力発電実証研究フィージビリティ・スタディ調査

NEDOは洋上風力発電の実現可能性を評価するために、2008年度に洋上風力発電の実証可能性についてのフィージビリティ・スタディ調査を実施、その報告書が公表されている<sup>12)</sup>。

この調査では、水深50mの海域で着床式の洋上

表4 日本近海の風速区分別、海域面積と導入可能設備容量

風速区分	面積 (km <sup>2</sup> )	設備容量 (万 kW)	比率
6.5~7.0m/s	40,561	40,561	25.8%
7.0~7.5m/s	55,917	55,917	35.6%
7.5~8.0m/s	36,852	36,852	23.4%
8.0~8.5m/s	17,903	17,903	11.4%
8.5m/s 以上	6,029	6,029	3.8%
合計	157,262	157,262	100.0%

出所：環境省、再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査（2010）

表5 シナリオ別導入可能量

ケース	想定条件	推定導入可能設備容量
シナリオ 1-1	FIT 買取価格 15 円 / kWh、固定価格期間 15 年	0 kW
シナリオ 1-2	FIT 買取価格 20 円 / kWh、固定価格期間 15 年	0.17GW
シナリオ 1-3	FIT 買取価格 20 円 / kWh、固定価格期間 20 年	3G
シナリオ 2	FIT 買取価格 20 円 / kWh、固定価格期間 15 年 技術革新により発電設備費 50%減、土木工事費 20%減。	141GW

注：すべてのケースについて、税引き前内部収益率8%を想定している。  
出所：環境省（2011）、表4-25に想定条件を追加。設備容量の単位を変更。

12) 長井、池ヶ谷、伊藤、中尾（2010）

風力発電機を立てるという想定の下で導入可能設備容量を推定している。ここでは1平方kmについて、2MW機（ハブ高さ60m）であれば5基、5MW機（ハブ高さ80m）であれば2基建設するという想定で推定している。これによると、対象海域で全面的に風力発電機を立てた場合、2MW機であれば、147GW、5MW機であれば213GWが可能であるという。5MW機による推計で、最大可能設備容量の5%で設置されたとして、導入設備容量は10.65GWとなる。原子力発電所の設備容量を1カ所あたり1GWとすると、これは原子力発電所10カ所分となる。原子力発電所と風力発電所では設備利用率に差があることを考慮すると、これは原子力発電所約4カ所に相当する。

さらに水深200m、離岸距離30km、年平均風速7m/秒の海域で浮体式を含めて導入可能量を推計すると、5MW機（ハブ高さ80m）の場合、最大導入可能設備容量は1,200.85GWとなり、その5%に設置するとして24GWが導入可能となる。

## (5) 洋上風力発電のコスト

### 1) NEDOによる推計

再生可能エネルギー普及のための鍵のひとつは、発電コストの水準である。洋上風力発電は、陸上の風力発電に比べ2ないし2.5倍のコストがかかるといわれている。コストの要因としては、風力発電機本体代を含む建設コスト、洋上から陸上までの送電のコスト、そして維持管理コストが考えられる。いずれの要因も陸上風力発電より高くなる。

前掲のNEDOによる洋上風力発電実証F/S調査では発電コストも推計している。ここでの条件は、2.4MW機を50基、設備利用率を32%としている。この条件から年間発電量は3.36億kWhとなる。総建築費を488億円、年間の経常費を43.9億円とすると、kWhあたりの発電原価は13円となる。

### 2) Renewable UKによる推計

イギリスのRenewable UK（以前のイギリス風力エネルギー協会BWEAが改組改称した団体）で

は、より詳細にわたるコスト推計を行っている。<sup>13)</sup>

この推計ではコスト要因として立地について検討している。まず、より海岸から遠ざかれば、より強い風を得られる。しかしより沖に出ると水深が深くなる。また、海岸から遠いほど、送電ケーブルは長くなければならない。また技術的な要因も検討しており、洋上で使われる風力発電機の出力が徐々に大型化し1台あたり5-6MWとなると想定している。しかし、より海岸から遠くなるため、基礎構造はモノパイルが減少し、よりコストのかかるジャケットやトリパイルが増えるだろうとしている。また送電方式についても、海岸からの距離が80kmを超えるような場合には、高電圧の直流送電の方がより効率的であるとされている。

このような前提条件の下での推計の結果、2011～14年には£150/MWh、2019～22年には£125/MWhとなるという。これは£1=130円とすると、それぞれ19.5円/kWh、16.25円/kWhとなる。

以上、国内外のコスト推計をみると、洋上風力発電のコストはまだ高く、2012年度から導入が予定されている再生可能エネルギー固定価格買取制度で、風力発電による電力の買取価格がいくらに設定されるかが、普及にあたり非常に重要な要因となると思われる。

## おわりに

東日本大震災以降、これまでのように原子力発電に依存することは大変難しくなった。そのため、われわれは深刻な電力不足に見舞われた。一方で地球温暖化防止のために温室効果ガスの排出削減には国際的な義務が課されており、化石燃料を使う火力発電にも制約がある。

このような状況の下、再生可能エネルギーへの期待が高まっているのは事実であろう。日本では再生可能エネルギーという場合、まず太陽光発電があげられる。太陽光には、1970年代のサンシャイン計画以来の長い歴史があり、技術的にも市場でも世界をリードしてきたのは事実である。しかし世界では電力会社レベルで商業的に利用されて

13) Renewable UK (2011)



きた再生可能エネルギーは主に風力エネルギーであった。太陽光が先行した日本の状況は、世界的にはまれなケースなのである。

しかし本稿でみたように、日本での風力発電の導入テンポは世界的な趨勢に比べると、きわめて緩慢としている。風力発電に対してはさまざまな問題があるのは事実である。日本と同じ島国であるイギリスで、洋上風力発電に重点を置いて、導入量を急速に拡大している。その導入政策は日本にとって参考になるのではないだろうか。

#### 参考文献

- BTM Consult ApS (2010), *Offshore Report 2010*.
- BTM Consult ApS (2011), *World Market Update 2010*.
- Butterfield, S., W. Musial, J. Jonkman, P. Scavounos and L. Wayman (2007), “Engineering Challenge for Floating Offshore Wind Turbines”, NREL Conference Paper, NREL/CP-500-38776.
- 長谷川和正 (2010) 「洋上風力発電の現状と日本での実現化に向けて」、第40回海洋工学パネル。
- Henderson, A.R., C.Morgan, B. Smith, H. Sørensen, R. J. Barthelmie and B. Boesmans (2003), “Offshore Wind Energy in Europe – A Review of the State-of-the Art”, *Wind Energy*, Vol.6, pp.35-52.
- 石原孟 (2011) 「急拡大する洋上風力発電の現状と将来展望」『風力エネルギー』35 (2)。
- 石原孟 (2010) 「着床式洋上風力発電技術の現状と課題」『風力エネルギー』34 (2)。
- 伊藤正治 (2009) 「我が国の洋上風力発電プロジェクトの報告」『風力エネルギー』33 (4)。
- 松岡憲司 [2004] 『風力発電機とデンマークモデル』新評論。
- 長井浩、池ヶ谷辰哉、伊藤正治、中尾徹 (2010) 「わが国沿岸海域における洋上風力発電の期待可採量」『風力エネルギー』34 (1)。
- 長田勇、長沼二己 (2011)、「三菱重工の風力発電～洋上風車への取り組み～」『風力エネルギー』35 (1)。
- Renewable UK (2011), *Offshore Wind, Forecast of Future Costs and Benefit*.
- Scavounos, P., C. Tracy and S. Lee (2008), “Floating Offshore Wind Turbines”, *Marine Technology Society Journal*, 42 (2), pp.39-43.
- 瀧口信一郎 (2011) 「再生可能エネルギー普及のカギは透明性の高い広域送電網の構築 EUの送電分離

政策の歴史に学ぶ」<http://diamond.jp/articles/-/13576>  
上田悦紀 (2009) 「風力発電の産業効果」『電機』2009年7月。

#### 付 記

本稿は、日本学術振興会科学研究費補助金 (課題番号 22510050) による研究成果の一部である。