



浮体式と着床式洋上風力発電の現状と将来展望 世界で優位に立つため政府目標の設定と特区創設を



東京大学大学院 工学系研究科社会基盤学専攻 教授 石原 孟

政府が今年6月14日に「成長戦略」を閣議決定し、2018年をメドに浮体式洋上風力発電を実用化する目標を掲げている。浮体式洋上風力発電に関しては、長崎県と福島県の沖合で実証研究を行うとともに、世界市場における競争力の高い風力発電システムの開発を目指す。一方、着床式洋上風力発電に関しては千葉県銚子市および福岡県北九州市の沖合でわが国初の本格的な洋上風力発電所が運開し、洋上風力発電の普及のための実証研究を行っている。本稿では浮体式と着床式洋上風力発電の現状と将来展望を概観するとともに、洋上風力発電の導入拡大のために必要な研究開発と政策について論じる。

★ 洋上風力発電の可能性

わが国における洋上風力発電の導入可能性⁽¹⁾は16億kWであり、太陽光の10倍、地熱と中小水力の100倍となっており、圧倒的なポテンシャルを誇る。この導入可能性は日本の10電力会社が所有する電力設備容量2億396万kW(2009年度)の約8倍である。設備利用率の観点から見ても、太陽光発電の12%に比べ、洋上風力発電の設備利用率は35%に達し、その優位性は明らかである。

今年4月6日に運開した世界最大の洋上風力発電所London Arrayの設備容量は原子力発電1基分に匹敵する63万kWに達している。洋上風力発電の導入拡大のために、欧州風力発電協会は、2020年までに4000万kW、2030年までに1億5000万kWの洋上風力を開発するという野心的な目標を掲げ、次々と大規模洋

上風力発電所が建設されている。かつての陸上風力発電のようにいま洋上風力発電の普及が始まっている⁽²⁾。

一方、わが国においては、福島第1原子力発電所事故以後、再生可能エネルギーの飛躍的な導入拡大が期待され、その中で圧倒的なポテンシャルを誇る洋上風力発電に対する期待が高い。現在、ナショナルプロジェクトとも言える大規模実証研究は全国4つの海域において実施されている。千葉県銚子市の沖合と福岡県北九州市の沖合での着床式洋上風力発電所は今年の2月と6月に運開した。福島県の沖合に現在建設されている世界初の浮体式洋上ウィンドファームは今年10月に運開予定である。

着床式洋上風力発電は既に欧州で実用化されている。一方、浮体式洋上風力発電は、世界でもまだ新しい技術であるが、重電、海洋、造船、素材など、これまでの日本の誇る技

術を強みとして、世界で優位に立っていく可能性がある。洋上風力発電分野でいち早く世界トップレベルの技術を確立できれば、今後成長が予想される世界の洋上風力発電市場でも活躍でき、また裾野の広い風力発電設備の導入拡大は国内産業への波及効果も大きい。

わが国の排他的経済水域の面積は世界第6位である。洋上風力発電は、再生可能エネルギーによる基幹電源の実現ならびに海洋資源開発の起爆剤になることが期待される。

★ わが国の洋上風力発電の現状

一般に、洋上の風速は強勢で乱れが小さいことから、風力発電に適している。また洋上では、敷地の制限や運搬・設置の制約も少なく、大規模風力発電所を建設でき、風車の大型化とウィンドファームの大規模化



によるコスト低減が可能である。さらに大規模洋上風力発電所が大電力消費地の近くに建設される場合には系統連系も容易である。

これらのことから、わが国においても2004年4月1日に国内初の洋上風力発電所である「風海鳥」(北海道瀬棚町、現せたな町)が完成し、VESTAS社の600kWの風車2基は海岸から約700m離れた水深13mの瀬棚港内に建設された。また同年山形県酒田市に建設されたサミット風力発電所では、VESTAS社の2000kWの風車5基が水深4mの水路内に設置された。さらに2009年に茨城県神栖市に建設された神栖洋上風力発電所では、富士重工製の2000kWの風車7基が堤防から40～50m沖に建設された。

しかし、これら風力発電所の立地場所はいずれも洋上であるが、その施工と維持管理は港湾内または陸上から実施されているため、今年2月に運開した銚子沖の洋上風力発電所がわが国初の本格的な洋上風力発電所となる。

わが国初の本格的な洋上風力発電所の挑戦

わが国の洋上風力発電の導入拡大が進まない理由の一つは、わが国の気象・海象条件が欧州と異なり、欧州での事例をそのまま適用するにはリスクが大きいことがある。また、わが国においては外洋での風車設置とメンテナンスの経験がなく、洋上風力発電設備の安全性、信頼性、経済性に関する様々な課題がある。



写真 銚子沖に建設された観測タワーと洋上風車

これらの問題を解決するため、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は2009年からわが国の外洋における初めての洋上風況観測システムおよび洋上風力発電システムの実証研究を開始し、12年10月には銚子市の沖合、そして13年3月に北九州市の沖合に風況観測タワーおよび洋上風車を完成させた。写真には銚子沖に建設された観測タワーと洋上風車を示す⁽³⁾。

銚子沖は日本でも有数の波のうねりが厳しい海域であり、また北九州市沖は台風の影響を強く受ける海域である。今回の実証研究で得られるデータやノウハウは、今後の洋上風力発電所の設計や運転に利用できる。また今回の洋上風況観測タワーの高さ100mは現在世界最大の7000kW風車のタワーの高さと同じで、観測範囲である200mも同風車のブレードの最高点と同じである。そこから収集されるデータは、大型

風車の開発にも役立つ。今回の実証研究から、今後日本で洋上風力発電が普及していく上での課題も見えてきた。一つは、海洋利用のためのインフラ整備である。洋上風車の基礎やナセル(タワー最上部に設置する発電機などが収納された設備)を積み出すためには、港湾設備の整備が必要である。また、建設のための大型起重機船や作業船も必要であることが分かった。

洋上風力発電のもう一つの課題は高コストである。洋上風車は海上に設置するため、風車、基礎、海底ケーブルの設置工事のコストは、陸上の約2倍と言われている。また、運転開始後の維持管理についても、陸上風車と異なり、多くの費用を要する。これは部品交換などの費用だけではなく、悪天候により洋上風車へのアクセスが制限されるため、風車の停止に伴う発電の損失による費用も含まれる。



図1 7000kW浮体式洋上風力発電設備の完成予想図



出展：福島洋上風力コンソーシアム

この問題の解決策の一つとして、風車の大型化が挙げられる。図1に7000kWの洋上風車の完成予想図を示す。風車ローターの直径は約165m、タワーは105m、海面から風車ブレードの先端の高さは約200m、東京・新宿の高層ビルの高さにもなる。

しかし、風車の重量がローター直径の3乗に比例するのに対して、取得エネルギーはローター直径の2乗に比例することから、風車のコストは一般に直径の3/2乗に比例して増加する。つまり、単純に風車を大型化するだけでは、風車本体のコストが下がらないことが分かる。

風車の大型化によりコストを低減するためには、構造の比強度（同じ重さで比べた時の強度）を向上させ重量を低減させることや、風車を制御することにより風荷重を低減させるなどの技術開発が必要である。近年、風車の大型化は、炭素繊維を使ったブレード重量（風車の翼）の低減やブレードのピッチ制御による風荷重の低減により実現している。

風車の大型化によって、風車を支

える支持構造物、建設、送電ケーブル、メンテナンスのコストを大きく低減できるため、発電単価を低減させることができる。特に洋上風力発電の場合は、これらのコストは風力発電システムの全体コストに占め

る割合が70%に達するため、風車の大型化による全体コストの削減を期待し、世界各国は大型風車の開発にしのぎを削っている。

世界初の浮体式洋上ウィンドファームへの挑戦

わが国の周辺海域においては水深の深い場所が多いため、浮体式風力発電を早期に実現することが重要である。商業風車を用いた浮体式洋上風力発電は、ノルウェーやポルトガルで実証研究が始まったばかりである。2009年に開始したノルウェーのHywindプロジェクトではSiemens社の2300kW風車搭載のスパイ型浮体式洋上風力発電設備を用い、また、11年に始まったポルトガルのWindFloatプロジェクトではVestas社の2000kW風車搭載のセミサブ型の浮体式洋上風力発電設備を用いている。いずれの実証研究でも浮体式洋上風力発電設備1基のみの建設であり、将来大規模浮体式洋上ウィンドファームを実現するためにはいくつかの技術的な課題が残されている。

東日本大震災および原発事故の被害を受けた福島県の復興のために、政府は福島県沖合の海域に世界初の浮体式洋上ウィンドファームを建設する実証研究を決定した。現在、丸紅、東京大学、三菱商事、三菱重工業、ジャパン マリンユナイテッド、三井造船、新日鉄住金、日立製作所、古河電気工業、清水建設およびみずほ情報総研の11社からなるコンソーシアムは、経済産業省から委託を受け、福島県ならびに周辺海域の漁業関係者と共に、オールジャパンの体制で実証研究を進め、今年夏に第1期工事の完成を目指している⁽⁴⁾。

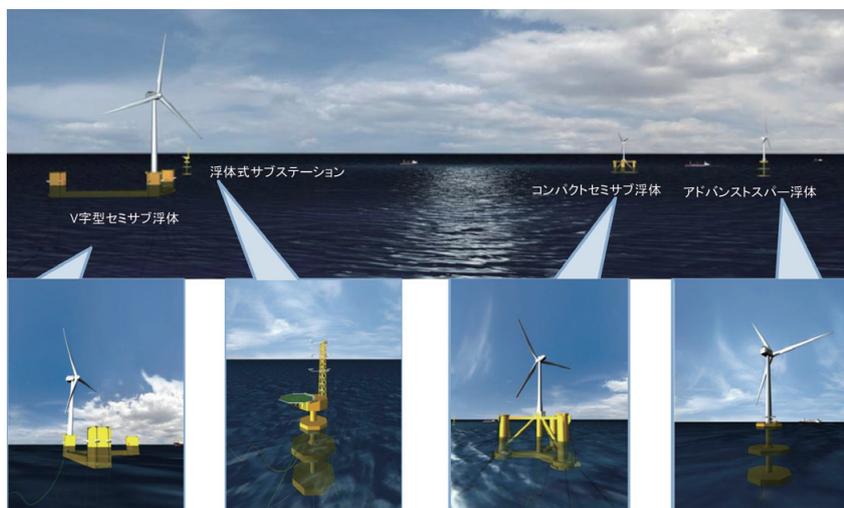
図2には世界初の浮体式洋上ウィンドファームの完成予想図を示す。第1期の実証研究では、2013年度までに25MVAの変電設備を搭載する世界初となる浮体式洋上サブステーションおよび2000kWダウンウィンド型風車搭載の浮体式洋上風力発電設備1基を建設し、様々な技術開発を行うとともに、浮体式洋上風力発電設備設計に必要な気象・海象・浮体動揺などの基礎データを取得する。

第2期実証研究では、今後の事業化を見据えて、2015年度までに世界最大の7000kW風車搭載の浮体式洋上風力発電設備2基を建設するとともに、建設単価は第1期の半分に低減させ、大型風車搭載の浮体式洋上風力発電設備による大規模ウィンドファームの事業性を検証する。

今回の福島県沖合の実証研究では、世界最大の7000kW風車を用いることにより、浮体式洋上風力発電の事業性の検証を可能にすると



図2 世界初の浮体式洋上ウィンドファームの完成予想図



出展：福島洋上風力コンソーシアム

もに、世界初の浮体式洋上変電設備および66kVの大容量ライザーケーブルを開発することにより、浮体式洋上ウィンドファームの建設を可能にする。

また本実証研究では世界初の浮体式洋上観測システムを構築し、浮体の動揺を考慮した気象・海象の観測手法を確立するとともに、浮体式洋上風力発電の性能評価を可能にする。さらに3つタイプの浮体式洋上風力発電システムを用いることにより、各種浮体式洋上風力発電システムの特長および制御性能を明らかにするとともに、腐食および疲労に強い高性能鋼材の開発も行う。

福島県沖合浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の目的は様々な技術課題に挑戦するとともに、将来大規模な洋上風力発電を実現するために欠かせない漁業との共存、航行安全性や環境影響の評価手法を確立する。また本実証研究から得られた成果を広く社会や国民に対して分かり

やすく説明し、国民との科学・技術対話などにも積極的に取り組んでいる。

本実証研究を通じて、わが国の自然環境条件に適合し、安全性、信頼性、経済性の高い浮体式洋上風力発電技術を確立するとともに、福島県が風力発電関連産業の一大集積地となることを目指している。

洋上風力発電導入拡大に必要な政策

洋上風力発電を普及させるためには、研究開発のほか、固定価格買い取り制度、高い政府目標、開発海域の明確化などの導入拡大策も必要である。

2012年に開始した再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度では、日本における洋上風力発電の実績データが少ないことから、洋上風力発電の固定価格が設定されていない。しかし、洋上風力発電の開発期間が長く、事業リスクが高いことか

ら、優遇した固定価格を早期に設定されることが望まれる。現在欧州では、洋上風力発電と陸上風力発電のコスト差は約1.5～2倍であることから、洋上風力発電用の固定価格を設定している。

世界の洋上風力発電を牽引する英国では洋上風力発電の計画規模は4800万kWであり、総投資額は約22兆円に達する。この計画では2020年までに7000基以上の洋上風車を設置し、英国の全消費電力の3分の1を賄う。一方、米国では2011年2月7日に内務省とエネルギー省が共同で「洋上風力促進計画」と「国家洋上風力戦略」を発表し、2030年までに5400万kWの洋上風力発電を導入する。今後わが国においても洋上風力発電に関する政府目標を設定する必要がある。

洋上風力発電の場合は、開発海域の明確化が不可欠であり、英国、ドイツなどの欧州の国だけでなく、米国も同様な政策を掲げている。例えば、米国の国家洋上風力戦略では中部大西洋の沖合にある4つの風力エネルギー開発海域を明示している。今後わが国においても同様な取り組みが必要であり、洋上風力発電開発特区の創設は1つの案である。[4]

参考文献

- (1) 環境省、平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査(2011)
- (2) EWEA: Oceans of Opportunity, <http://www.ewea.org/> (2009)
- (3) 石原孟: 着床式洋上風力発電実証研究の現状と今後の展望, 日本風力エネルギー学会誌, Vol.36, No.2, pp.215-223 (2012)
- (4) 石原孟: 福島沖浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の現状と将来展望, 日本風力エネルギー学会誌, Vol.36, No.4, pp.553-556 (2013)