

わが国の洋上風力発電実証研究の全体像

東京大学大学院工学系研究科 石原 孟

1. はじめに

わが国における洋上風力発電の導入可能量^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。この導入可能量は日本の 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。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。

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インドファームは今年 10 月に運開予定である。

本稿ではわが国における洋上風力発電の実証研究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。なお、それぞれの洋上風力発電の実証研究の詳細については本特集を参照されたい。

2. わが国の洋上風力発電の実証研究

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、風車の大型化とウイ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 (図1) がわが国初の本格的な洋上風力発電所となる。



図1 銚子沖に建設された観測タワーと洋上風車

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。これらの問題を解決するために、図2に示すように、現在日本海側と太平洋側の4つの海域における着床式と浮体式の実証研究を行っている。

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^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。



図2 わが国の着床式と浮体式洋上風力発電の実証研究

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。

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。7000kWの洋上風車は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32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。

銚子沖と北九州市沖の着床式洋上風力発電実証研究の詳細については新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)ホームページを参照されたい⁴⁾。

3. 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風車搭載のスパー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、新日本住金、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、今年の夏に第1期工事の完成を目指している⁵⁾。実証研究事業の詳細および進捗状況については福島洋上風力コンソーシアムホームページから確認できる⁶⁾。



図3 完成した2MW浮体式洋上風車

図3と図4には完成した2MW浮体式洋上風車とサブステーションを示す。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ともに、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、浮体式洋上ウインドファームの建設を可能にする。



図4 完成した浮体式サブステーション

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タイプ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性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イ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(図5)。



図5 いわき市に開設した福島洋上風力交流センター

本実証研究の本格化に合わせて、7月13日に浮体式洋上風力発電所の安全祈願式と実証研究事業開始式がいわき市の小名浜港大剣埠頭で行われ、関係者ら約220人が出席した。佐藤雄平知事、渡辺敬夫いわき市長、松本幸英楡葉町長、各省庁からの来賓、福島洋上風力コンソーシアムの代表者らが玉串をささげ、事業の安全と成功を祈願した。福島県の佐藤雄平知事は「部品点数が2万点に及ぶ洋上風力産業で地域活性化と雇用につなげ、輝く未来を照らす道るべにしたい」と挨拶した。本実証研究は今年10月中に第1期の2000kW風車の発電を開始し、東北電力を通じて一般

家庭約1700世帯分の電気を賅う。今後3年かけて実証研究を行い、浮体式洋上風力発電の実用化を目指す。

4. まとめ

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、開発海域の明確化等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。

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を賅う。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はなく、米国も同様な政策を掲げている。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。

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期待される。

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.ewe.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) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)ホームページ: <http://www.nedogo.jp/fuusha/>
- (5) 石原孟: 福島沖浮体式洋上ウイ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)
- (6) 福島洋上風力コンソーシアムホームページ: <http://www.fukushima-forward.jp/>