

【特集 検証・風力発電】

洋上風力発電の可能性と今後の展望

～福島県沖合洋上風力実証研究から日本の躍進を目指して～

東京大学大学院教授 石原孟



我が国における洋上風力の導入可能量^[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。政府は 2011 年度 3 次補正予算で 125 億円を計上し、福島県沖合の海域に世界初の浮体式洋上ウインドファームを建設する実証研究を開始させた。洋上は障害物がなく、7m/s 以上の風が吹いており、騒音や景観などの環境問題も少ないという利点がある一方、陸上に比べ、建設、送電、メンテナンス等の点でコストが高いという指摘がある。福島県沖合の実証研究の意義および洋上風力発電の可能性を紹介すると共に、我が国における洋上風力発電導入拡大に必要な技術と政策について述べる。

世界初の浮体式洋上ウインドファーム

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 2011 年度 3 次補正予算で 125 億円を計上し、福島県沖合の海域に世界初の浮体式洋上ウインドファームを建設する実証研究を開始させた。本実証研究を通じて、我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共に、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。

現在、丸紅、東京大学、三菱商事、三菱重工業、アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド、三井造船、新日本製鐵、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ている。

図 1 には本実証研究の計画を示す。第 1 期の実証研究では、2013 年度までに 66kV の変電所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 ダウンウイ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、様々な要素技術の開発を行うと共に、浮体式洋上風力発電設備設計に必要な気象・海象・浮体動揺等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級の 7000 kW 風車搭載の浮体式洋上風力発電設備 2 基を建設すると共に、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インドファームの事業性を検証する。

実証研究が目指すもの

浮体式洋上風力発電は、数年前から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。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、一方、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 基のみを建設し、将来大規模浮体式洋上ウイ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。

以上の状況を踏まえ、今回の福島県沖合の実証研究では、世界最大級の 7000 kW 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共に、世

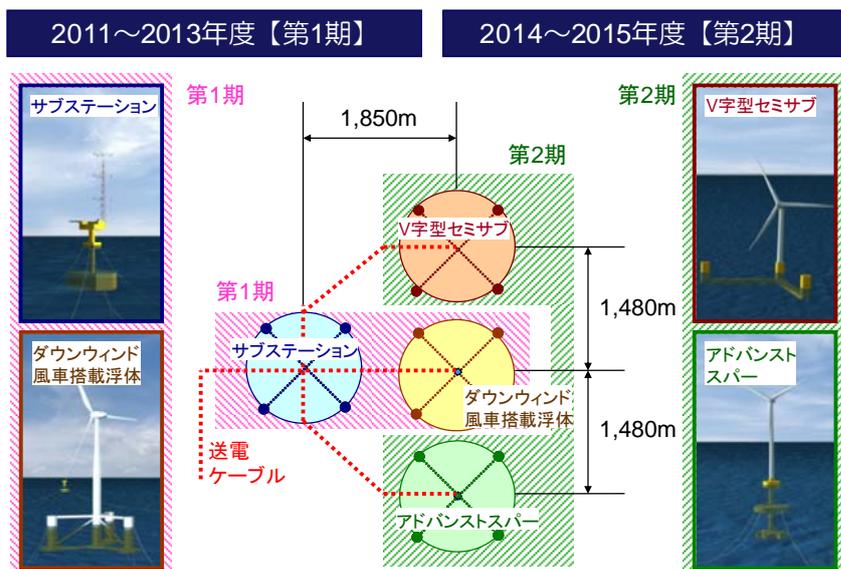
界初の浮体式洋上変電設備および66kVの大容量ライザーケーブルを開発することにより、浮体式洋上ウィンドファームの建設を可能にする。また本実証研究では世界初の浮体式洋上観測システムを構築し、浮体の動揺を考慮した気象・海象の観測手法を確立すると共に、浮体式洋上風力発電の性能評価を可能にする。さらに複数タイプの風車と浮体を用いることにより、各種浮体式洋上風力発電システムの特徴および制御効果を明らかにすると共に、腐食および疲労に強い高性能鋼材の開発も行う。

図2には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を示している。様々な技術課題に挑戦すると共に、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、航行安全性と環境影響の評価手法も確立する。また本実証研究の目的および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・技術対話等にも積極的に取り組む予定である。

漁業との共存を目指して

社会的合意は洋上風力発電を行う上で極めて重要である。今回の実証研究の中では、浮体式洋上風力発電と漁業との共存方法を具体的に検討し、周辺海域の調査、漁獲試験の実施、漁船の安全操業、集魚効果の把握、新たな漁法の検討等を地元漁業関係者と一緒に行うと共に、漁船の傭船、計測作業、海上移動および試験操業等にも参

図1 世界初の浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の計画



(福島洋上風力コンソーシアム提供)

画して頂く。このような調査や漁獲試験等の経験を生かし、将来の大規模事業化海域で最大限の漁獲量を安全に確保できる方法を地元漁業関係者と協同で確立する。

海から魚を獲りながら、エネルギーも作り、本実証研究が目指しているのは海の高度利用である。洋上ウィンドファームは石油のような狩猟型ではなく、農耕型のエネルギーである。将来事業化された場合に、海域を提供してくれた漁業関係者に、発電事業の収益を分配する仕組みを考え、ウィンドウインの関係構築していきたい。

風力発電関連産業の集積

今回の実証研究の目的の一つは福島県の復興のために、風力発電関連産業の集積である。陸上の風力発電設備の部品点数は、約2万点と言われ、ガソリン自動車の約3万点に匹敵する。1MWの風車

を生産すると、15人の雇用が生まれると言われている。一方、洋上風力発電の場合には、支持構造物、送電ケーブル、海上工事、メンテナンス等にさらに雇用が増え、22人となる。各国政府が洋上風力発電に力を入れるのは、洋上風力発電による雇用創出への期待とともに、部品や素材などの裾野に幅広い産業を生み出すことを期待している。福島県の製造品出荷額は東北随一である。飛行機や自動車など機械産業の他、電池やモーターの工場も多い。風車は組み立て産業であり、福島県の企業との親和性が高い。

今回の実証研究を通じて、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す。世界で初めての浮体式洋上ウィンドファームのノウハウを蓄積し、将来海外プロジェクトに展開することによって、日本の輸出産業の一つとして育成していきたい。

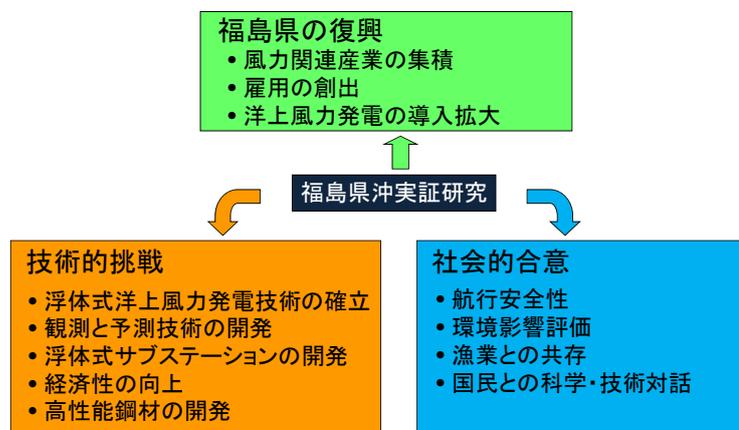
洋上風力発電の可能性

一般に洋上の風は強勢で乱れが小さいことから、風力発電に適している。東京のような大都市では風が弱い、近隣する洋上の風は強く、膨大な風力エネルギー賦存量がある^[2]。また陸上に比べ、洋上では景観や騒音等の環境問題が少ないことや大電力消費地に近い電力系統が強く大規模洋上風力発電所の系統連系が容易であるという利点がある。その一方、陸上に比べ、建設、送電、メンテナンス等の点でコストが高いという指摘がある。

この問題を解決するために、風車の大型化が進んでいる。過去20年間に風車ローターの直径は約10倍、定格出力は100倍に増えている。今回福島県沖の実証研究で使用する風車の定格出力は世界最大級の7000kW、風車ローターの直径は165mに達する。風車の翼端までの高さは200mを超え、新宿の超高層ビルの高さにもなる(図3)。風車の大型化によるコストの削減は期待できないが、風車を支える支持構造物のコスト、建設費、送電コスト、メンテナンス費用は風車の大型化によって大きく低減することにより、発電単価を低減させることができる。また洋上敷地の制限や道路等の制約も少なく、大型風車の採用と大規模ウィンドファームの建設によるコスト低減が可能である。

これらのことから、欧州においては20年前から洋上風力発電の研究開発が行われてきた。2011

図2 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



年末に欧州における洋上風力発電の設備容量は400万kWに達した。欧州における大規模ウィンドファームの設備容量は年々大きくなっている。今年中に完成予定の世界最大級の洋上風力発電所ロンドン・アレイ(London Array)の設備容量は原子力発電所1基分の100万kWに達する。

現在欧州の洋上風力発電を牽引するイギリスでは2020年までに3300万kWの洋上風力を開発するという政府目標を掲げている。事業規模は約13兆円、送電網の整備だけでも2兆円に達する。この計画では2020年までに7000基以上の洋上風車を設置し、イギリスの全消費電力の3分の1を賄う。一方、アメリカでは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し、1520万世帯に電力を供給する。この計画の中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指定し、アメリカにおける洋上風力産業の育

成と洋上風力発電の開発を促進するための具体策を示している。洋上風力発電の可能性に注目しているのは欧米だけではなく、中国は2020年に3000万kWの導入目標を掲げている。米国のパイクリサーチ社の調査によると、2011年末に世界の洋上風力発電は400万kW程度であるが、2017年には7100万kW、約17倍に増加すると予測している^[3]。

一方、我が国における洋上風力の導入可能量^[1]は16億kWであり、太陽光の1億5000万kW、地熱と中小水力の1400万kWに比べ、圧倒的なポテンシャルを誇る。2009年度の全国10電力会社の総電力設備容量が2億397万kWであることを考えると、洋上風力のポテンシャルがいかに高いかが分かる。我が国の再生可能エネルギーの導入拡大を考える上では、洋上風力発電をどこまで活用出来るかが成功のカギとなり、またそのための技術開発および政策立案が不可欠であり、欧州の洋上風力発電先進国の経験が参考になる。

洋上風力発電導入拡大に必要な技術と政策

以上のように、我が国における洋上風力発電は、設置可能海域内の1%を利用した場合に1600万kW、3%の場合に4800万kWの設備容量を確保できる。しかし、欧州と異なり、我が国における洋上風力の導入可能量の80%は水深50m-200mの海域にあり、このような深い水深の海域にも建設可能な浮体式支持構造を用いる必要がある。

洋上風力発電導入拡大を考える場合には、我が国の自然環境条件は欧州と大きく異なる点についても注意する必要がある。そのために新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下 NEDO という）は2006年から洋上風力発電等技術研究開発を開始させた。2009年から我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実証研究を開始し、今年度中には北九州市および銚子市の沖合に風況観測タワーおよび洋上風車の実証設備の建設が完成する。

この研究では、我が国の外洋における気象・海象などの自然環境条件を解明し、暴風・波浪・地震等の外力を受ける時の洋上風力発電システムの挙動を明らかにすると共に、我が国の自然環境条件に適した大型洋上風車、支持構造物および施工方法を確立することを目指している。

洋上風力発電を普及させるためには、固定価格買取制度、高い政

図3 7000kW 浮体式洋上風力発電設備の完成予想図



（福島洋上風力コンソーシアム提供）

府目標、研究開発の他、電力系統の広域運用も重要である。スペインの供給電力は日本の約1/3であるが、風力発電の設備容量は日本の約9倍であり、それを可能にしたのは風力発電出力の予測技術と電力系統の制御技術である^[4]。今後日本においても同様な技術を導入する必要がある。もう1つ重要な政策は海洋利用に関する法整備である。洋上風力発電の場合には、国からの開発海域の指定が必要であり、イギリス、ドイツなどのヨーロッパの国だけではなく、アメリカも同様な政策を掲げ、洋上風力の導入拡大を進めている。今後日本においても同様な法整備が必要である。

日本の躍進を期待して

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、素材技術等、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。世界の風力開発では、土地の制約が少なく、大型化と大規模化の容易な洋上風力に大きく舵を切っており、今後その市場規模はさらに拡大していく。そのニーズに日本が浮体式洋上風力発電技術で応えることができれば、産業的に大きな成長を期待できると考えている。

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) 石原孟, 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, 98, pp. 4-8(2011)
- (3) Pike Research, Offshore Wind Power: Market Opportunities and Challenges, Technology Issues, Key Industry Players, and Global Capacity and Production Revenue Forecasts(2011)
- (4) 石原孟, 「風力発電大国」の実像 ～その背景に電力系統制御への挑戦～, 日経エレクトロニクス(2011)