

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

東京大学大学院工学系研究科
石原 孟

1. はじめに

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¹⁾によると、わが国における洋上風力の導入可能量は 15 億 7 千万 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。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る²⁾。

一方、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ィンドファームを建設する実証研究を開始させた。現在、丸紅(プロジェクトインテグレータ)、東京大学(テクニカルアドバイザー)、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、新日鐵住金、日立製作所、古河電気工業、清水建設及び、みずほ情報総研の 11 社からなるコンソーシアムは、経済産業省からの委託事業として浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業を推進している。

本稿では福島沖浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の現状を紹介すると共に、我が国における洋上風力発電の将来展望について述べる。

2. 本実証研究の概要と目的

図 1 には世界初の浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の概要を示す。第 1 期の実証研究では、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 2013 年度中に建設し、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ィンドファームの事

業性を検証する。

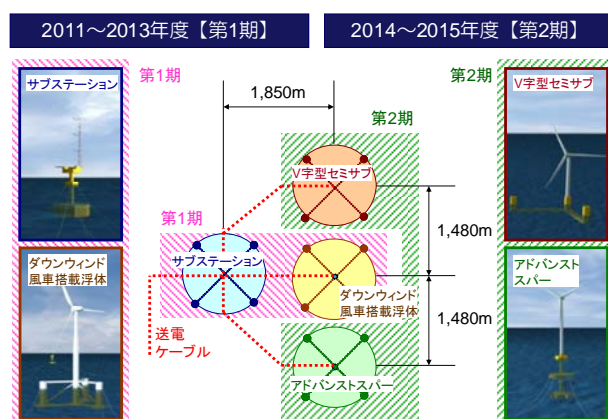


図 1 世界初の浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の概要

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性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。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。

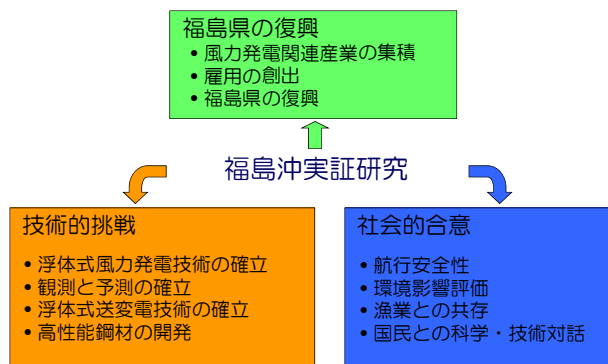


図 2 福島沖浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の目的

図 2 には福島沖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。浮体式洋上風力発電技術、送電技術、観測と予測技術、高性能鋼材の開発に関する

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航行安全性、環境影響評価、漁業との共存等の社会的合意にかかわる課題も同時に解決する。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するために、国民との科学・技術対話等にも積極的に取り組む。

今回の実証研究の目的の一つは福島県の復興のための風力発電関連産業の集積である。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。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。

表1 本実証研究における研究課題

項目	研究課題
1	浮体式洋上風力発電所の事前調査
2	対象海域での気象・海象・浮体動揺の観測と予測技術の開発
3	我が国の洋上環境に適した浮体式洋上風力発電システムの開発
4	浮体式洋上風力発電所のための送変電システムの開発
5	浮体式洋上風力発電所の維持管理手法の確立
6	環境影響と航行安全性の評価および漁業との共存
7	浮体式洋上風力発電の共通基盤の整備とマニュアルの作成
8	国民との科学・技術対話

3. 本実証研究の研究課題

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 風車搭載のスーパー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ィンドファームを実現するためにはいくつかの研究課題が残されている。本実証研究では表1に示す研究課題の解決を目指す。

浮体式洋上風力発電所の事前調査では、実証研究に先立ち、実施海域を設定し、事前協議並びに基本設計を行う。今年度の事前協議では特に漁業協働、環境影響評価、航行安全性評価、系統連系協議等に注力し、漁業関係者をはじめ、地元の方々、関係省庁・機関から理解と協力が得られるように努めた。また来年度の施工を確実にするために、実海域におけるアンカー試験を実施し、本実証研究で採用するアンカー方式および施工方法の妥当性を検証した。

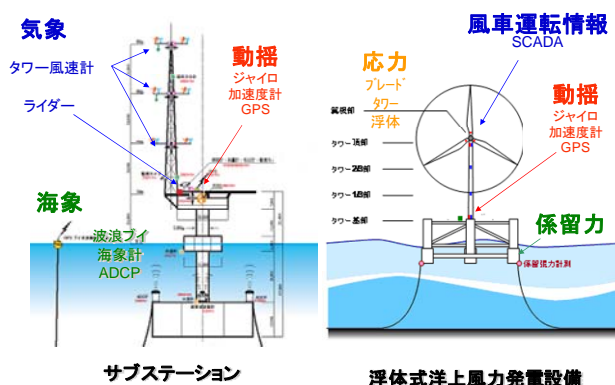


図3 気象・海象・浮体動揺の観測システムの概要

図3には気象・海象・浮体動揺の観測システムの概要を示す。浮体動揺の影響に対する補正技術を開発し、浮体式洋上風力発電システムの設計に必要な気象、海象の観測を行うとともに、浮体式洋上風力発電設備において浮体動揺、応力・係留力に関する計測を行い、本実施研究で開発された設計手法および動解析モデルの検証を行う。

本実証研究では浮体式サブステーションを用いて気象・海象・浮体動揺の計測技術を開発すると共に、ジャイロ・方位計・GPS等の組合せにより、浮体動揺の高精度計測を実現する。ドップラーライダーを浮体に搭載して、上空における風向風速を計測し、観測タワーの観測記録との比較検証を行うと共に、浮体動揺補正アルゴリズムを開発し、世界初の本格的な浮体式洋上計測システムを実現する。

浮体動揺予測技術の開発では、風車・浮体・係留の連成解析モデルと浮体の動揺特性を考慮した風車の制御モデルを開発すると共に、風車を搭載した浮体の水槽実験を実施し、浮体式洋上風力発電システムの動解析モデルの高度化を行う。さらに実観測データとの比較検証を行うことにより、その妥当性を検証する。

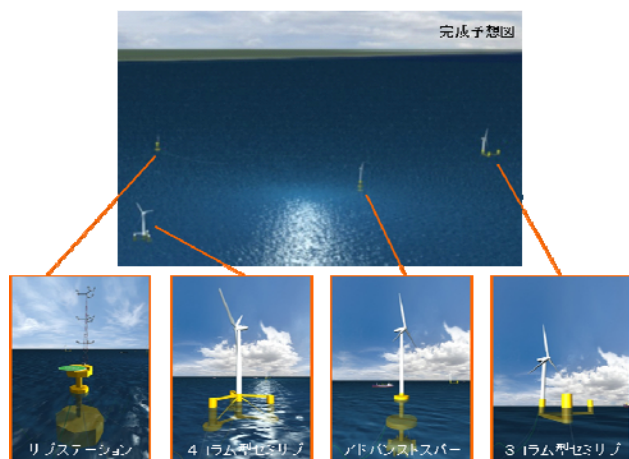


図4 本実証研究の完成予想図

図4には本実証研究の完成予想図を示す。本実証研究では、3つのタイプの浮体式洋上風力発電システムを開発する。本実証研究の第1期では、2MW ダウンウィンド型風車搭載コンパクトセミサブ浮体において、風車の制御による発電の最大化およびバラストの最適化による浮体動揺の最小化を実現した浮体式風力発電システムを開発を行う。第2期では、世界最大級の7MW 油圧風車搭載V字型セミサブ浮体において、風車の制御による浮体動揺の低減と浮体式洋上風力発電システムの維持管理手法を開発する。実証研究を通じて、それぞれの浮体形式の安全性、信頼性、経済性を検証すると共に、世界初の商業用浮体式洋上風力発電システムを実現する。

7000kW 風車を搭載する浮体は3万トンのタンカーと同規模の5000トンの鋼材が使用される。本実証研究では日本独自のハイテン鋼TMCPを適用することにより、溶接時間や建設時間の短縮および建設コストの削減を実現する(図5)。また溶接部の超音波衝撃処理を実施することにより、疲労強度を向上させると共に、実証試験を通じてその効果を確認する。

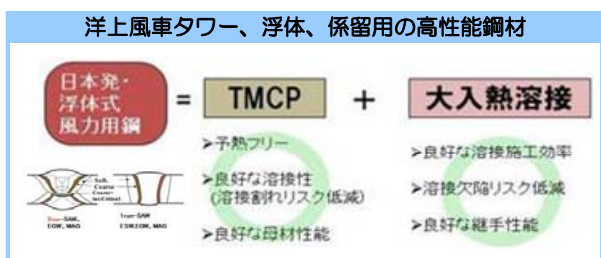


図5 洋上風車用ハイテン鋼

図6に送変電システムの概要を示す。本実証研究では浮体式風力発電から洋上変電所、陸上変電所に至る送変電システムを開発すると共に、動揺の小さい浮体

および動揺に強い変電設備、大容量ライザーケーブルを開発する。また実際に設置した浮体式洋上変電所を運用し、計測した気象・海象・動揺データ並びに送変電設備の振動と応力データを用いて、浮体式洋上送変電設備の性能評価を行う。

陸上風力発電所と異なり、発電所へのアクセスは格段に難しくなるため、浮体式洋上風力発電所の維持管理手法の確立は重要である。遠隔監視システム等を開発することにより、設備稼働率を向上させるとともに、浮体式洋上風力発電設備の維持管理手法を確立する。

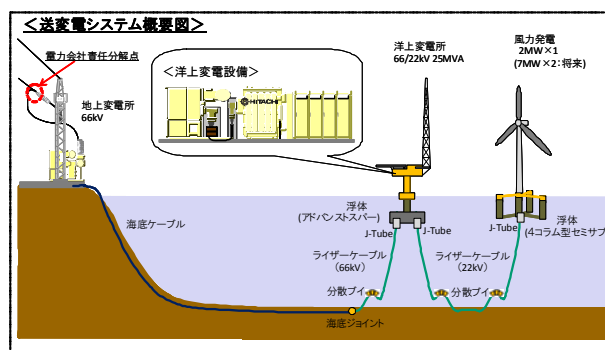


図6 送変電システムの概要

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。本実証研究では、漁業等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働で確立する(図7)。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、ウィンウィンの関係を構築する。

航行安全性の評価では航行シミュレーション等の予測技術を開発すると共に、対象海域の航行船舶の調査を実施することにより、衝突リスクを定量的に評価し、低減対策を提示する。特に小型船舶の航行を調査するためにレーダーにより観測を実施し、小型船舶の衝突リスクを定量的に把握すると共に、漂流リスクを評価するためのシミュレーション法を開発する。

環境影響評価では、海鳥、海洋哺乳類、魚などについて調査すると共に、風車の設置および海底ケーブル

敷設に関連する環境影響評価を行う。

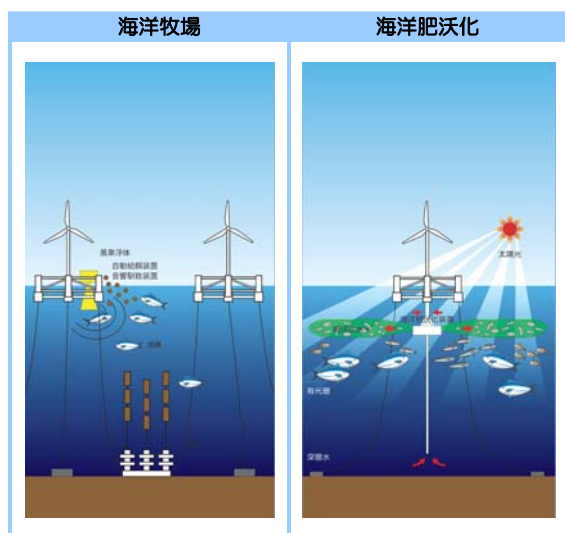


図7 漁業との共存

国民との科学・技術対話では本実証研究の成果をホームページ、ワークショップ、シンポジウムなどを通じて、国内外に情報発信すると共に、地方自治体とも連携して、定期的に見学会や説明会を開催し、本実証研究への地元理解と支援を得る。本実証事業の目的および現状を広く福島県の方に示すために、ふくしま復興再生可能エネルギー産業フェア2012に参加した(図8)。フェアの初日には、佐藤福島県知事及び斉藤福島県議会議長が来場し、参加企業関係者や一般来場者を含め、二日間で約2,500名の方が来場した。

本実証研究では、世界各国における浮体式洋上風力発電に関する最新情報の収集と分析を行うとともに、性能評価・信頼性評価・コスト評価の共通基盤を整備する。また専門家からなる委員会を組織し、実証研究の進め方について助言を得るとともに、浮体式洋上風力発電マニュアルを作成する。



図8 ふくしま復興再生可能エネルギー産業フェア2012

4. 洋上風力発電の将来展望

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。今回福島県沖の実証研究で使用され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約200m、新宿の超高層ビルの高さにもなる(図9)。風車を支える支持構造物のコスト、建設費、送電ケーブルコスト、メンテナンス費用は、風車の大型化によって大きく低減し、結果的には発電単価を低減させることができる。

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、素材等、これまでの日本が誇る技術を活かして、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発電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。



図9 7000kW浮体式洋上風力発電設備の完成予想図

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)