福島県の復興をめざして

世界初の浮体式洋上ウィンドファームを 目指して

Build World's First Floating Offshore Wind Farm

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約16億kWであり、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。

政府は今年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、現在福島県の復興のために、福島沖において世界初の浮体式洋上ウィンドファームの実証研究を行っている. 本稿では福島県沖合の実証研究の意義および研究課題について述べる共に、実証研究に関する最新情報を紹介する.

2. 本実証研究の概要

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にはいくつかの技術的な課題が残されている。

今回の福島県沖合の実証研究では、世界最大級の 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基を建設すると共

^{*}東京大学大学院 教授

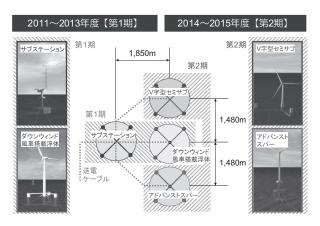


図1 世界初の浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の計画

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. 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を解決する. 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予定である.

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。陸上の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

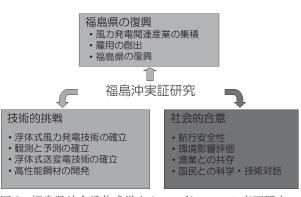


図2 福島県沖合浮体式洋上ウィンドファーム実証研究の 目的

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。

3. 本実証研究の研究課題

表1には本実証研究における主な研究課題を示す.

浮体式洋上風力発電所の事前調査では実証研究実施に先立ち、実施海域を設定し、事前協議並びに基本設計を行い、事業性を評価するとともに、実証研究の実施計画書を作成する。昨年第1期の実証研究の事前調査が完了し、現在第2期の実証研究の事前調査を行っている。

図3には気象・海象・浮体動揺の観測システムの

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

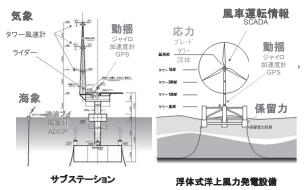


図3 気象・海象・浮体動揺の観測システム

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.

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し、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.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に送変電システムの概要を示す. 風車で発電された電力は洋上変電所で22kVから66kVに昇圧され,地上変電所を経由して電力系統に接続される. 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。

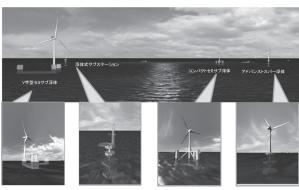


図4 本実証研究の完成予想図

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。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。また国民との科学・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

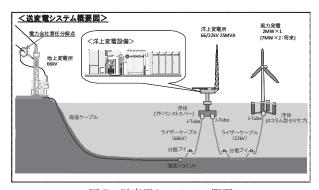


図5 送変電システムの概要

体式洋上風力発電マニュアルを作成する.

4. ウィンドファームの完成に向けて

1年にわたる漁業関係者との協議を経て、今年3月29日に地元漁協と合意し、4月1日から世界初の浮体式洋上ウィンドファームの建設を開始した。

「ふくしま未来」と名付けられた 2MW ダウンウィンド型浮体式洋上風力発電設備は三井造船の千葉事業所で製造し,6月25日に完成した(写真1).風車ローターの直径は 80m,海面からハブまでの高さは 66m,海面からブレード先端までの高さは 106m に達する。一方,浮体に関しては幅 64m,深さ 32m,計画喫水 16m である。実証研究では浮体式に合わせて設計された最適制御の実証を行うと共に、浮体の動揺と傾斜考慮した変圧器やスイッチギヤの性能検証も実施する。「ふくしま未来」は 6月28日三井造船の千葉事業所から東京湾を出発し、7月1日に福島県いわき市の小名浜港に到着した。小名浜岸壁で電気工事および電気系試験を実施した後に、7月22日に小名浜港から出港し、楢葉沖深さ



写真 1 2MW ダウンウィンド型浮体式洋上風車



写真2 作業船上に整然と並ぶ係留チェーン



写真3 世界初の浮体式洋上サブステーション

120m 海底に径 132mm のチェーンにより係留される (写真 2).

写真3には「ふくしま絆」と名付けられた世界初の浮体式洋上サブステーション(変電所)を示す.サブステーションの上には変電設備の他,風況観測タワー,ライダー,流速計,波高計等の気象海象計測装置と加速度計,GPS,ジャイロ等の動揺計測を設置している。また緊急時および高波浪時のアクセスを確保するために、ヘリデッキも取り付けられている。「ふくしま絆」は7月13日に東京湾を出発し、7月15日に福島県楢葉沖に到着し、浮体係留作業を行った。

7月13日に、本実証研究の本格化に合わせて、 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、松本幸英楢葉町長、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 す道しるべにしたい」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 賄う、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。

5. まとめ

2012年6月12日に国連環境計画とブルームバーグ・ニューエナジーファイナンス社が発行した

Global Trends in Renewable Energy Investment 2012²⁾ によると、2011年の再生可能エネルギーへの投資額は2570億ドル(100円/ドル換算で約25.7兆円)に達した。昨年設置された新規発電設備に占める再生可能エネルギーの割合は44%,中でも風力発電への新規投資は840億ドル(100円/ドル換算で約8.4兆円)に達した。2012年末に世界の風力発電設備容量³⁾ は2億8250万kWに達し,全国10電力会社の総電力設備容量を超えた。

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.

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) UNEP and Bloomberg new energy finance: Global Trends in Renewable Energy Investment 2012, 2012.
- 3) GWEC: http://www.gwec.net/