

浮体式洋上風力発電技術の実現に向けた取り組み

日立造船株式会社 事業企画・技術開発本部 技術研究所
環境エンジニアリング研究センター 主任研究員

乾 真規

1. はじめに

低炭素社会の実現に向け世界各国で太陽光や風力をはじめとする再生可能エネルギーによる発電設備の導入が促進されており、国内でも再生可能エネルギーの主力電源化に向けた取り組みが進められている。風力発電は、風車の大径化などの技術革新により発電コストが火力発電並みに低下したことから、欧州を中心に導入量が急増している。国内においても固定価格買取制度による普及促進政策により、北海道や東北地方を中心に大規模な陸上ウインドファームが開発され導入量が増加しているが、その開発に伴い適地が減少し続けている。このため、長大な海岸線や広大な排他的経済水域を利用した洋上風力発電に注目が集まっている。実際に欧州では定格出力が数百万kW級の大規模な着床式洋上ウインドファームが次々と建設されている。着床式とは海底に基礎構造(例えば鋼管杭)を建てその上に風車を設置する方式で、一般的に水深50m以浅の場所に適用される。一方、日本では欧州沿岸部と比較して海底地形が急峻で水深が深いこと、岩盤や軟弱地盤が多く工事コストが高くなることから、着床式洋上風力発電の普及は進んでいない。このような日本の海底地形には船舶のような浮体上に風車を設置する浮体式洋上風力発電(以降、浮体式と呼称)が適していると言われており、着床式と競合できるような低コスト化技術が求められている。

本稿では、浮体式洋上風力発電の技術動向と、当社が取り組んでいる次世代浮体式洋上風力発電システムの開発について紹介する。

2. 浮体式洋上風力発電技術の動向

浮体式洋上風力発電用の浮体は、実績のある海上油田・ガス田開発用海上プラットフォームの技術を参考に提案されており、風車搭載のための改良や低コスト化技術について各国で研究開発が進められている。現時点では、図1に示す、スパー型、セミサブ型、バージ型の3型式の浮体が洋上風力発電に適していると考えられている。スパー型は円柱状の浮体構造物上に風車を設置する型式で、建造コストが安く波による外力を受けにくい特長を持つ。スパー型は商用化に成功しており、英国スコットランド沖にある世界初の浮体式洋上ウインドファーム Hywind Scotland (6MW風車×5基)や長崎県五島列島沖で稼働中の日本初の浮体式洋上風力発電所(2MW風

車×1基)に採用されている。その一方で、浮体が細長いため喫水(海中に沈んでいる部分)が深く、設置には100m程度の水深を必要とする。このため、水深を確保するために沖合に設置しなければならず、送電ケーブルや係留などのコストが増加することが課題である。

スパー型よりも浅い海域へ設置するために、セミサブ型やバージ型(ポンツーン型とも呼ばれる)といった喫水の浅い浮体の開発が進められている。セミサブ型は、浮体を完全に没水させ浮体上から柱状構造物を海面上に突き出し、その上に風車を設置する型式である。セミサブ型はバージ型と比較して波による外力を受け難い形式であるが、浮体構造が複雑化するため建造コストが高くなることが課題である。セミサブ型も実用化が進められており、欧州ではPrinciple power社(米国)が2MW風車搭載浮体 Wind Floatの実証試験を完了し8MW級風車を搭載するプロジェクトを進行している。日本国内では福島県沖にて福島浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業(2MW風車、5MW風車および7MW風車、各1基)が実施されている。バージ型は箱状の浮体上に風車を設置する型式で、浮体構造が簡単で建造コストが安い。その一方で、浮体が水面に接している部分が多く波による外力を受け易いため浮体の動揺量が大きく、海象条件の厳しい場所に設置し難いことが課題である。バージ型浮体ではIDEOL SA社(フランス)が2MW風車搭載した浮体の実証試験(Floatgen Project)を2018年より開始している。

以上の通り、浮体式洋上風力発電技術は、コストと浮体の動揺対策が重要な課題となっている。浮体の型式については今後の技術開発により、各地の海象条件に適した型式に洗練されていくものと推測される。

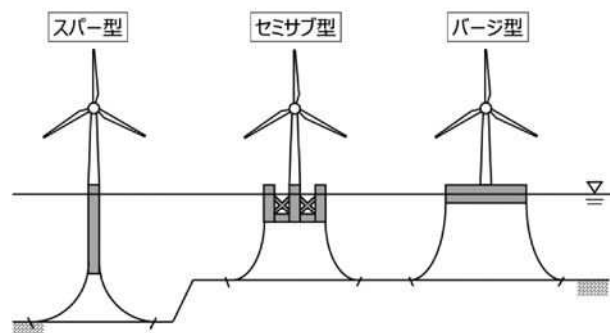


図1 浮体式洋上風力発電用浮体の各型式

3. 次世代浮体式洋上風力発電システムの開発

当社は2014年から国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託業務として、次世代浮体式洋上風力発電システムの実証研究を進めている。本実証研究は、丸紅株式会社、国立大学法人東京大学、九電みらいエナジー株式会社、エコ・パワー株式会社、株式会社グローバルと共同で実施している。当社は、浮体の設計・製作、曳航、風車の組立、浮体の係留、電気設備の施工等を担当している。図2に示す本実証研究に採用されたバージ型浮体は、一般的なセミサブ型浮体と比較して小型で喫水が浅いため、水深50m程度の浅い海域でも設置が可能である。本浮体には動揺低減機構として、IDEOL SA社が特許を保有する「Damping Pool[®]」と呼ばれる浮体中央開口部が設けられている。また、浮体底部に動揺低減フィンが設置されており、動揺時にフィンが抵抗体となること、フィンから渦が発生することにより浮体の動揺を抑制する。

実証機の製作に先立ち、これらの動揺低減機構の効果やその影響を確かめるため、模型実験や数値流体力学（CFD）を活用したシミュレーションによる事前検討を実施した。

模型実験は大型平面水槽（長さ60m×幅25m×水深3.2m）を借用し、縮尺1/50の模型を用いて実施した。本実験に使用した模型は、Damping Pool[®]の有無、動揺低減フィンの有無が変更可能となっている。同一の波浪条件にて模型の動揺を計測することにより、動揺低減機構の効果を検証した。また、模型上には、図3のように動揺計測用の6軸ジャイロセンサ、各部の波圧を計測するための圧力センサ、係留力を計測するロードセル等を設置し、実機浮体の設計に必要なデータの収集を行った。実験の結果、動揺低減フィンを適用することにより、Pitch方向の動揺を低減する効果があることを確認した。さらに、動揺低減効果に加えて浮体の係留力の低減効果も確認でき、本浮体が開口部やフィンが無い従来のバージ型浮体よりも優れていることを確認した。

CFDを活用したシミュレーションでは、模型実験で確認できなかった事項について検討した。例えば、模型実験では浮体に作用する圧力を複数の圧力センサにて計測したが、いずれも点のデータであり面のデータとして検証できていない。そこで、汎用熱流体解析ソフトFLOW-3Dを用いて実機サイズのモデルを構築し、実海域で想定される波浪を与えたシミュレーションを実施して浮体表面、特に動揺低減フィンに作用する圧力を算定した（図4参照）。その結果、浮体が動揺した際に動揺低減フィンから大きな剥離渦が発生し、その場所でフィン上下面間の圧力差が最大となることが判明した。この結果から実機に作用する荷重を想定し、フィンの板厚やそれを補強するブラケットやリブ等の強度設計を実施した。

以上の通り、当社では関係機関の協力を得ながら次世代浮体式洋上風力発電システムの実証研究を進め、バージ型浮体の実証機を当社の堺工場で作成し、2018年6月

に完成させた。浮体の完成後、本浮体は「ひびき」と命名された。その後、福岡県北九州港響灘地区まで本浮体を曳航し風車を搭載した。今後、響灘沖合いに曳航して浮体の係留や電力ケーブル接続を行い、2018年秋から実証運転を開始する予定である。実証運転は、2021年度まで行い、計測データによる設計検証や、浮体式洋上風力発電システムの効率的な保守管理方法の開発を行い、低コストな浮体式洋上風力発電システムを確立する予定である。

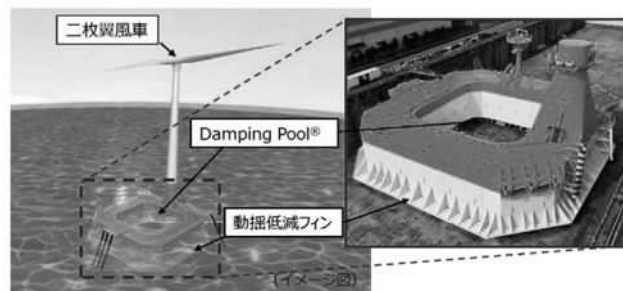


図2 バージ型浮体「ひびき」

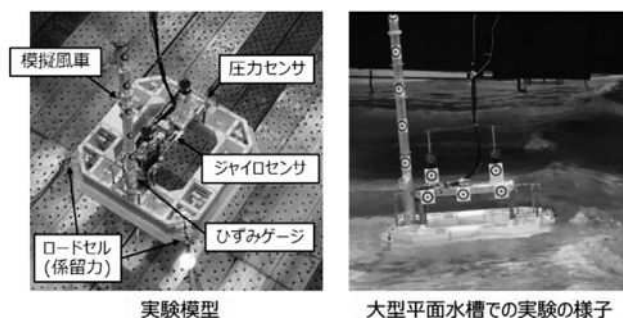


図3 大型平面水槽を用いた模型実験

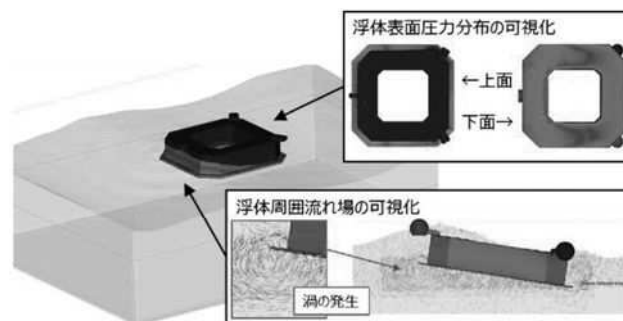


図4 実海域を想定したCFDシミュレーション

4. おわりに

浮体式洋上風力発電技術は、広大な排他的経済水域を持つ我が国にとって再生可能エネルギーの主力電源化に貢献する重要な技術であり、実現できれば低炭素社会の実現に大きく寄与する。今後も、関係機関の協力を得ながら次世代浮体式洋上風力発電システムの実証事業を完遂し、大規模浮体式洋上ウインドファームの実現を目指す所存である。最後に、本稿の内容は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られた成果である。ここに記して謝意を表す。

（機械 平成21年前期）