

浮体式洋上風力発電の世界的な動向と日本の取り組み



鈴木 英之

東京大学名誉教授

1. わが国における洋上風力の可能性と課題

わが国において洋上風力エネルギーを開発することの意義は、資源量が大きい純国産エネルギーであることから、エネルギーの自給率向上に貢献し、昨今強く認識されているエネルギー安全保障に寄与することがあげられる。資源量については、環境省が実施した調査¹⁾において、導入ポテンシャル1500GWという評価結果が得られている。経済性の比較的高い年平均風速7.5m/s以上に絞っても、608GWとなる。資源の存在場所としては北海道が最も大きく、九州、東北の順で続いている。現在促進区域が設定されている海域はこれらの海域が多い。導入目標については、例えば、日本風力発電協会から着床式洋上風車、浮体式洋上風車によりそれぞれ128GW、424GWという提案が行われている²⁾。最新の情報として、2040年までに15GW以上の案件形成という具体的な目標が2025年に「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」により提案された。900万世帯の電力に相当する量である。

2. 浮体式洋上風車の開発

洋上風車の設置は1991年にデンマークにおいて着床式風車11基よりなる世界初の洋上ウインドファームが設置されたことに始まる³⁾。その後しばらく設置が進まなかつたが、コスト低減の努力もあり、2000年代に入って設置が進み始めた。2022年末で全世界で累計64.3GWが設置されている。ほとんど全てが着床式洋上風車である⁴⁾。

わが国の海底地形は、沖に向かって急速に深くなることから、洋上風力エネルギーの本格的開発には浮体式洋上風車の開発と設置が必要である。沖合では風速の速い風が期待でき、大型風車の採用により高い高度のさらに速い風を捉えることができる。

浮体式洋上風車の開発は、搭載風車の負担軽減とコスト削減の観点から、揺れが小さい軽量小型浮体の開発が指向された。海洋の石油天然ガス開発で確立してきた揺れの小さいセミサブ型浮体等をベースに、細い部材で構成されたさまざまな軽量小型の浮体形式が提案されている。一方で、搭載風車の大型化にともない、kW当りの浮体コストが低下することから、浮体強度や剛性の観点から、再び比較的大規模なセミサブ型浮体を検討する動きも現れている。

浮体式洋上風車の開発は基礎検討を経て、実証事業に進むところから本格化する。実証事業の内容は幅広く、単機を設置して技術的成立性を確認するところから、複数基を設置して商業化直前のコスト見通しを得る段階まで含まれる。

国外で実施されている実証事業については、スパー型のHywindの場合は単機のHywind Demo (2009) から始まり、複数基によるプレ商用事業Hywind Scotland 30MW (2017)、Hywind Tampen 88MW (2023) と段階を進めている。セミサブ型のWindFloat (2011) についてはプレ商用事業WindFloat Atlantic 25MW (2020)、WindFloat Kincardine 50MW (2021) に進んでいる。バージ型Floatgenについては、単機の実証実験が2018年に開始され、現在はフランス地中海側で3基を設置する実証事業が進められている。また、緊張係留型の浮体式洋上風車を3基設置するプレ商用事業がフランスマルセイユ沖で進められている。この他にも単機の実証研究として、浮体に特徴のあるDemoSATHがスペイン沖、タワーをガイワイヤーで支えて軽量化を図ったMingyang Nezzy2が南シナ海で実施されている。

わが国では福島プロジェクト (2013運開)、五島プロジェクト (2013運開) が実施された。福島プロジェクトは、東日本大震災による福島原発の事故を契機にして、再生可能エネルギーが注目される中で開始されたもので、異なる形式の浮体式洋上風車3基による実証事業で、浮体式変電所を介して陸に電

力を送るもので、ウインドファーム技術の実証であったことから世界的にも注目を集めた。また、五島プロジェクトは、地球温暖化対策技術開発の観点から東日本大震災前年に開始された単機の実証事業である。現在はスパー型浮体式洋上風車8基からなるウインドファームの商業化（2025運転）に移行している。その他コスト低減を目指したバージ型浮体式洋上風車単基による北九州プロジェクト（2019運転）がNEDOの支援を受けて実施された。さらにグリーンイノベーション基金事業のフェーズ2としてNEDOの支援の下2024年に秋田県南部沖と愛知県田原市・豊橋市沖の実証事業が開始された。セミサブ型浮体式洋上風車がそれぞれ設置される予定である。

3. コスト低減に向けた努力

洋上風力エネルギーの課題としては、出力変動とコストがある。わが国において洋上風力の基礎研究が開始された2000年頃の段階ですでに指摘されている点であり、永らく実用化に向けた本格的な研究に進めなかった理由の一つである。

現在は世界的インフレのため、世界的には洋上風力全般に関する関心が弱まっている。一方、日本ではエネルギー自給、エネルギー安全保障の観点から、開発の必要性については広く認識されており、着実にコスト低減の努力を進める方向にあり、第7次エネルギー基本計画（2025）においても再エネ主力電源化の切り札という位置付けがされている。

ヨーロッパでは着床式の設置が沖合に進むにしたがって、コストが上昇し再度コスト低減の努力が行われた。洋上施工に関しては、「傭船費用/日」×「作業日数」を指標として、より高い有義波高で作業が可能な作業船の開発、移動時間短縮のためのCTVの高速化など、洋上施工の効率化が進められた。成果として、作業船の作業限界波高が例えばCTVでHs 2.0m、SOVでHs 3.0mという事例がある。また、作業は24時間体制で行うことが標準となり、工期を初期の1/3程度に圧縮することに成功した例もある。先行するヨーロッパを中心とした効率化のレベルに追いつき、さらに、人手不足への対応として導入されるであろう自動化をわが国独自の技術として育て、急速大量施工によるさらなるコスト削減を実現し、技術で世界をリードする好機と捉えることが必要である。

4. 設置海域確保と拡大に向けた取り組み

洋上風力の商業化を進めるためには、事業期間中海域を占用する必要があり、また、ウインドファームには広い設置海域が

必要である。洋上ウインドファームが地域社会に受け入れられる上では地域社会、漁業との協調・共生、海上交通とのすみ分けが重要である。

2019年に「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律」、いわゆる再エネ海域利用法が施行され、最大30年間の海域占用を可能とする制度整備が行われた。地元の理解を醸成しつつ、準備区域、有望区域、促進区域と段階的を踏んで、事業者公募、経産大臣による再エネ特措法認定、国交大臣による区域占用許可に至る手順が構築された。また、海域調査に関する事業者と地元の負担を軽減する観点から、候補区域に関して国が基本的な調査（風況、海象、地質）を行う日本版セントラル方式も整備された。さらに、排他的経済水域EEZへの展開に向けて、内閣府総合海洋政策推進事務局において国連海洋法に照らした課題の確認が行われ、国内制度の整備に進み、2025年「再エネ海域利用法」の改正が行われ、EEZへの設置の手順が定められた。

5. 係留・ダイナミックケーブルの技術開発

EEZへの展開は、大水深への浮体式洋上風車の設置を意味する。水深500mを超える水深への設置も視野に入っている。技術的には経済性に優れた大水深係留システムの開発が必要になる。係留システムを支持する浮体の規模を大きくしないという観点から、合成繊維ロープを用いた係留システムの軽量化が解の一つである。また、設置海域を広げるという観点からは、浅海域への設置に関しても浮体動搖を吸収し、張力変動を最小化する観点から合成繊維ロープの採用は解の一つである。生物付着については、浮体、係留、ダイナミックケーブルの浮力-重量バランスを崩す。特にダイナミックケーブルについては生物付着によって重量が増加して、設計上想定していない部分が海底に接触して損傷を生じるという事象が発生しており、わが国周辺海域における生物付着量の調査、生物付着に左右されない設計の開発が求められる。

参考資料

- 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) 日本風力発電協会、“洋上風力の主力電源化を目指して”、2020.
- 3) Frank Olsen and Kim Dyre, “Vindeby Off-Shore Wind Farm - Construction and Operation”, Wind Engineering, Vol 17, No.3 (1993) , pp.120-128.
- 4) GWEC, “Global Wind Report”、2023.