

浮体式洋上風力発電の導入に向けた課題と展望



居駒 知樹

日本大学
理工学部
海洋建築工学科
教授



河野 真理子

早稲田大学
法学学術院
教授



馬場 智

国土交通省
港湾局
海洋・環境課長



野口 哲史

浮体式洋上風力
建設システム
技術研究組合
(FLOWCON) 理事長



寺崎 正勝

浮体式洋上風力
技術研究組合
(FLOWRA) 理事長



宮崎 祥一(司会)

一般財団法人
沿岸技術研究センター
理事長

司会(宮崎)▷世界的に気候変動への対応が急務となる中、再生可能エネルギーは主力電源としての役割をますます強めており、とりわけ洋上風力発電がきわめて重要な選択肢とされています。政府では、2040年には30~45GWという目標も立てられており、本年8月6日には浮体式洋上風力等に関する産業戦略がとりまとめられたところです。

一方で、これを実現するためには、港湾インフラの整備や部材の輸送、発電施設、送電施設の技術的な開発、施工をどうするか。我が国の厳しい自然条件を踏まえた設計、メンテナンス、そして産業としては国内産業の競争力の確保、地元関係者との合意形成など、解決すべき課題も少なくありません。

本日はそれぞれのお立場から洋上風力発電、とりわけ浮体式の現状やこれまでの取り組みについて振り返っていただくとともに、今後の本格的な導入に向けた技術的・制度的な課題や地域社会、既存産業との関係性などを含めて、展望をお伺いできればと思います。最初に馬場課長にお伺いします。

1 国土交通省港湾局の取り組み

馬場▷まず、今までの取り組みを振り返ります。そもそもはインフラの整った港湾の中で洋上風力発電の整備を進め

ようとするニーズが高まり、港湾法を改正して港湾における公募による占用許可制度を定めたのが始まりです。その後、再エネ海域利用法の制定により一般海域への展開に合わせ、事業の大規模化に対応した基地港湾制度を創設しました。更には洋上風力をEEZにも展開できるよう、再エネ海域利用法が改正され設置許可制度が創設されたという流れがあります。

港湾は洋上風力発電に欠かすことができないインフラです。現在時点で、整備中のものも合わせて、7つの基地港湾の指定を進め、4港がすでに完成・供用しています。併せて、今後、案件形成が進み、基地港湾の利用が逼迫する中で、落雷等の突発的な事象が発生した場合に利用のバッティングが生じます。そうした事態に備えるべく、今年、港湾法を改正して、広域的に基地港湾を円滑に調整するための仕組みをつくりました。

また洋上風力発電の導入促進を図る上で一番重要なのは、官民の連携をしっかりと図っていくことです。令和2年にさかのぼりますが、官民協議会を設け、「洋上風力産業ビジョン」を策定しました。今般、特に浮体に着目した形でビジョンを見直し、第2次産業ビジョンを8月8日に公表したところです。

第2次産業ビジョンでは、2040年の案件形成目標30~

45GWのうち、浮体式で15GW以上を目指すことを明示するとともに、2029年度中を目途に大規模浮体式洋上風力の案件形成を図ることにしています。その他、これを国内の産業に根づかせていくため、国内調達比率や海外案件形成への参画といったことも位置づけました。

特に国土交通省として、2つの重要な視点があると考えています。一つは、地域振興の観点を持った上で、浮体式の施工、維持管理に対応した港湾機能をしっかり確保していくことです。もう一つは、わが国が持つ造船、海洋土木などさまざまな技術を最大限生かせる形で技術開発を後押ししていくということです。

司会▷ 相当に大量で急速な施工を前提にしないと、2040年に30～45GWという目標は達成できませんね。

馬場▷ 今までの案件形成のおそらく3倍ぐらいのスピードで進めないと、目標は達成できません。大量、急速施工の技術なども大きな課題です。

司会▷ 一つ触れておきたいのが、秋田と銚子沖の事業者の撤退について、国としてはどう受け止めて今後どうしていくのかですが。

馬場▷ こうした結果になったのは非常に残念ですし、公募制度を運用する政府にも検証すべき点もあると思います。世界的に洋上風力をめぐる状況は非常に厳しいですし、特に風車そのものが海外製なので輸入に頼らざるをえない。そうすると、円安の影響も受けてしまう。さらに言うと、日本はヨーロッパに比べてより厳しい現場環境にあるという認識の下、公募制度の見直しに取り組んでいく必要があります。今回の三菱商事の撤退のみならず、他社もコストアップに直面していると聞いていますので適切にケアする必要があります。まずは事業を完遂できるよう事業環境を可能な限り改善した上で、次のラウンドに進んでいくことが求められています。まずは、今回撤退の影響をもろに受けた地元の方々に丁寧にご説明し、ご理解をいただいた上で次に進む状況です。

2 法制度的な課題は

司会▷ 続いて河野先生、2050年のカーボンニュートラルの実現、2040年の30GW～45GWという目標に向けて法制度面も大きく進んできた一方で、まだ解決しなければいけない課題もあるのではないかと思います。お気づきの点、あるいは今後こういう課題を解決していかなければいけないということについてお話をいただければと思います。

河野▷ 国連海洋法条約で、EEZにおいて洋上風力の施設をつくることは沿岸国である日本にとっては主権的権利の一つとして明文で認められています。国連海洋法条約の起草は1970年代ですが、海洋エネルギーの開発を明文で規定しているところはすごいと思います。日本は世界6位の面積のEEZを持っているので、日本にとってこの主権的権利としての海洋エネルギーの利用は大きな意味を持つと思います。

国際法上はそういった権利を行使する時に、特に海洋法条約の場合には権利の行使を認めるところまで規定しているのですが、その権利を具体的に行使するためには沿岸国が国内立法をする必要があります。馬場課長が言及された再エネ海域利用法が、まさにEEZにおいて洋上風力での発電事業に取り組むことについての権利の行使の基礎になると言えます。

これまでの港湾区域内や一般海域での発電は、基本的には日本国の法制度上、都道府県の管轄内の事業でした。領海の範囲を超えてEEZについては、都道府県の権限の範囲を超えてしまうので、国家としての取り組みが必要になります。今回の改正によって、「セントラル制度」が導入され、国が積極的に取り組むことが前面に出されていることは非常に大きな意味を持つだろうと思います。

洋上風力発電は、海洋環境に影響がある可能性もあります。ヨーロッパで出版されている論文等を見ると、海流などへの影響の他にも、たとえば魚類や海上哺乳動物の回遊や渡り鳥やコウモリ等の生息への影響の可能性が指摘されています。また、低周波音が出るそうですが、その影響も考えなければいけないだろうと言われているようです。

今回の改正によって環境への影響の評価はこれまでよりも簡便化されており、少なくとも事業者の負担が減ることが大きな意味を持つだろうと思います。

ただし、国連海洋法条約、第56条は沿岸国にEEZにおける海洋エネルギー利用に関して「主権的権利」を認めています。また、第60条では、EEZにおける人工島、施設及び構築物の建設、並びにそれらの建設、運用及び利用の許可及び規制についての沿岸国の排他的権利も規定されており、洋上風力発電施設にはこの規定が適用されます。このような沿岸国の排他的な権利は、領海に対して行使される「主権」とは違って、特定の活動に対してのみ排他的な権限が及ぶというものです。第58条は、他の目的の活動について、公海自由の原則に基づく権利及び義務が他の諸国に認められており、公海の要素が残っています。第56条、第60条

と第58条の両方に共通して入っている言葉が、「妥当な考慮を払う」です。第56条2項では、沿岸国はEEZにおいて自国の権利を行使し、義務を履行するにあたり、他の国の権利及び義務に妥当な考慮を払うとされています。また、第60条は、洋上風力発電施設の設置から除去までの排他的管轄権の行使にあたり、沿岸国が考慮しなければならない事項やとるべき措置を規定しています。他方、他の国が第58条の下での権利を行使してEEZを利用する時に、沿岸国の権利の行使に妥当な考慮を払う規定になっています。

洋上風力発電施設をEEZに設ける場合、他の諸国の権利と競合する可能性が高いと考えられることの 하나가、航行の自由との関係だろうと思います。浮体式にせよ着床式にせよ、洋上風力発電施設はそこにかかなり大きな構造物が長期にわたって設けられることになります。

第58条の下での他の国の権利の重要なものの 하나가、航行の自由です。洋上風力の施設を設ける時に多くの船舶に利用されている航路には設けることは避けるといった措置が必要になります。日本にとっても有利な航路における航行の安全や利便性の確保はとても重要ですので、日本国内でも国際的にも、この点に配慮が必要だと思います。

日本国内だけに目を向けると、最も重要な意味を持つのが漁業者との利害の調整だろうと思います。洋上風力発電施設により漁業活動への制限が生じます。魚礁になるという意味で浮体式の施設は漁業にプラスになるという話も伺いますが、そうは言えどもこれまで自由に網を入れていたところに網を入れられなくなります。もう一つは、海底ケーブルとの関係でも漁業に制限が出てきます。

日本において洋上風力が港湾区域から始まったのは、港湾区域は漁業権の問題が解決している海域だからです。EEZの場合、どういう漁業者がいるかを含めて検討していかなければならない。今回の改正法によって国と地方公共団体が協力する制度がありますが、この点がうまく調整がつくことを願っています。

欧州の場合は海洋空間計画（MSP）といって、さまざまな海洋の利用区域をうまく調整して計画的に利用することが主流になっています。日本には今のところこの制度はありません。MSPはもともと米国の制度に由来するものです。場合によっては日本もいつかMSPのような制度をつくって、多様な海域の利用を合理的に調整することも必要になるかもしれません。

今回の改正される海域利用法をうまく動かしてみることがそういった次のステップにも繋がるのではないかと感じ

るので、これからいかに洋上風力発電が進展していくかをウォッチしていきたいと思います。

司会▷海外では海域利用を調整して、EEZに洋上風力をたくさんつくった事例はありますか。

河野▷はい。先ほども言及した国連海洋法条約第60条7項で、「人工島、施設及び構造物並びにそれらの周囲の安全水域は、国際航行に不可欠な認められた航路帯の使用の妨げとなるような場所に設けてはならない。」との規定があります。沿岸国は、国際航行に不可欠な航路帯の位置を考慮して洋上風力施設の設置を決定する必要があるのです。

野口▷ヨーロッパでも着床式のものでは、すでにEEZにつくっています。

河野▷北海は海が浅いので着床式が遠くまでできますね。

司会▷国際的な調整は、複数の国が参加するテーブルでやるんですか。それとも、それぞれの国に当事国が出かけて行ってバイでやるのですか。

河野▷原則として、それぞれの沿岸国の判断によるものとなりますが、関係国と協議することもあるようです。オランダとベルギーの共同での航路帯の変更提案がIMO（国際海事機関）で採択された事例があります。

3 浮体式の技術開発の歴史と課題

司会▷続いて居駒先生、これまでの浮体式洋上風力発電に関する技術開発についてお話をいただければと思います。

居駒▷浮体式洋上風力の研究は環境省事業で2008年ぐらいに始まったのが最初で、現在は長崎でハイブリッドスパーが商用機として設置され始めています。ですから浮体式洋上風力の実証機をつくるための研究のスタートは、日本はヨーロッパに比べても決して遅くありません。ヨーロッパでは着床はずっと早かったのですが、浮体で言うと長崎のハイブリッドスパーはかなり先駆的です。

加えて、日本の場合は、2011年の東日本大震災の直後に復興プロジェクトで福島につくっています。震災が起きてから浮くまで2年半ぐらいでしょうか、あのスピードは海外からすると異常に思えたわけです。洋上風力全体を見ると、どうしてもヨーロッパに比べると遅いと思われがちですが、浮体に関してはもともとかなり先頭を走っていたということが一つあります。

浮体技術そのもので言うと、ハイブリッドスパーはコンクリートを使っていました。コンクリートは、フランスも早い段階から研究レベルではやっていた。研究レベルと言うの

は、北九州の響はフランス企業のムーンプール付ポンツーンですが、あれはもともとフランスではコンクリート製だった。それよりも前から、一企業ではありますが日本ではすでに実験室レベルではコンクリートスパーもやっていた。そういうことも含めて結構先頭を走っていたと思います。

司会▷浮体式の分野では欧州に比べて先進的だった。これからの浮体式については欧州から導入すればいい技術はあまりなくて、日本独自で開発していくことのほうが多いですか。

居駒▷そこは言い方が難しいところで、たとえば福島で浮いたものは日本で設計しました。ハイブリッドスパーも国産です。ところが北九州の響は浮体そのもののコンセプトはフランスです。それ自体は否定しませんが、日本企業なり事業者がそれをうまく自分のものとしてできるなら、たまたまあの形のコンセプトが海外のメーカーのものでしたというなら、それはそれでいいと思います。

一番問題なのは風車です。タービンに国産がないので、海外製のタービンを持ってきて、それに合わせた浮体の設計になります。その設計は日本企業が独自でやる、全部チューニングできると間違いなく言えるなら何も心配しません。そのイニシアティブを海外メーカーに持って行かれることを一番危惧しています。現実的にそういうことは普通に起きています。

浮体の技術の話に戻りますが、かつて日本の重工・造船企業は、海外向けの海洋石油開発用のプラットフォームをつくっていました。設計技術もあったし、建造する技術もありました。30年以上前という時代になってしまいましたが、かつてはあったわけです。

それが国内のドックでなかなかつくられなくなって、90年代に入ると設計する機会が気になります。少し前ですが、「技術継承ができていない」と業界ではずっと言われていました。2010年頃がそのピークで、そのあとは人がいなくてどうしようという状態だったと思います。

それでも定年になったあとに残っている方もたくさんいるし、いざやるとなると何とかなると楽観している部分もありますが、これからのことで言うと、かつて石油のプラットフォームやリグのような100m規模、大きくてかつ人が常駐して事故が起きないようにガチガチのレギュレーションでつくっていたものと比べると、洋上風力は材料を抑えてコストを下げたい。人は普段からいるわけではないので、安全性の程度、求める部分は普通に考えると違う。

基本的には華奢になっていくし、いろんなコンセプトが出てくるわけです。それが本当に安全かどうか、壊れないか



どうかという意味での構造的な信頼性が、むしろ今課題になっているかと思っています。

4 浮体の構造形式

居駒▷私が参加した検討会やワーキングで、規模がどれぐらいのシナリオを考えるか、浮体はどういう形式をメインに考えようかという話が出ました。その時点でもそうだし、「まずはオーソドックスに行く」と今でも思っています。オーソドックスというのは、あまり材料をケチらない。できる形で確実につくれる。浮かべたあと事故が起きないというのは、構造体として壊れないという意味です。

新しいコンセプトが今後どんどん出てくることを考えると、構造的なことも含めて研究テーマはもちろんあるでしょうし、開発から実用化の過程でも課題は結構出てくるかなという気はしています。

一番お金がかかるのはインストレーションとその後のメンテナンスです。メンテナンスは、係留したものを、たとえば20kmならまだしも30km、40km離れたところから係留をはずして基地港湾に持ってくるということはたぶんしないので、現場でやるということになるでしょう。いずれにせよ基本的な技術はありますが、悲しいかな最後はコストの話が出てくる。最後はそのへんの折り合いかと思っています。

5 FLOWRA¹⁾ 設立の背景

司会▷続いて、FLOWRA（フローラ）の寺崎理事長にFLOWRA設立の経緯、そして今どういう活動をされているかをお伺いできればと思います。

寺崎▷浮体式洋上風力の課題点は皆様からご指摘があった

とおりですが、事業者の目線からもう少し申し上げたいと思います。

まず技術的な課題から言うと「浮体式は動く」、これが着床式と根本的に違うところです。それから、「沖合で遠い」。海域をかなり広く使うので遠くなってしまいます。経済性の観点からは、スケールメリットを考慮するので「大規模」になってくる。こうした特質を持つ浮体式洋上風力に取り組もうとすると、残念ながら今の技術では非常にコストがかかります。

居駒先生からご指摘がありましたが、20kmならまだしも、さらに沖合になると施工もそうですし、オペレーション、メンテナンスの面でも様々な難しさがあります。もともと浮体は、何かトラブルが起きた時には港湾に持ってくれば簡単に補修できるというコンセプトでしたが、今は考え方が違ってきています。係留や電源ケーブルを解いて、曳航して持ってくるのは非常にコストがかかる。今はヨーロッパでも、主流は現地でやろうとなっています。

課題の二つ目、これは逆に言うとチャンスにもなります。浮体式は世界広しと言えども大規模な商用化の経験がまだない。逆を言えば、日本にまだチャンスがあるということだと思います。仮に45GWを2040年までにつくろうとすると、毎年3GWをつくっていかないといけない。15MWの風車だと年間200機ずつつくらなければなりません。

今現在、港湾エリア、または造船所で果たしてどれだけつくれるのか。現実問題として、今のところ年間50機程度と言われています。浮体の構造物を大量に、しかも高速に安くつくるためには技術が必要になります。それらを支える浮体式洋上風力のサプライチェーンをいかに確立していくのか。さらには、そういったものを安心して確実に組み立てができるインフラが必要になってきます。こうした製造基盤を育成、整備していくことで日本にチャンスが生まれるのではなかろうかと思います。

それから一番頭の痛い話が、海域における利害調整です。国連海洋法条約に基づいて経済的主権は保てますが、航行の自由や通信ケーブルとの調整、浮体を設置した場所は必ず海図に落としなさいとかという通告義務があったりと同条約に基づく各種調整、協議を行っていかねばいけません。

何より、わが国は水産業が非常に盛んな国です。国内でどれだけのエリアで漁業をやっているか。たとえば半日以上漁を行っているところをプロットした地図を見ると、ほとんど日本を取り巻くぐらいの混み具合です。その中の間隙を縫って浮体をつくれるのか。まさにMSPを定め、その中で

しっかりやってもらわなければいけないと思っています。

このように、制度面、事業者としての事業面、技術面において、浮体式洋上風力はまだまだ未成熟です。事業の予見性、パンカビリティ、インシュアビリティ（保険引受可能性）をどう確保していくのか、これらは一企業で解決することがなかなかできないものです。こうした課題は浮体式洋上風力に取り組む事業者にとって「共通の課題」です。しかも世界共通の課題でもあります。

発電事業者はライバルの関係にありますが、競争と協調の観点から課題解決に向け連携しながら取り組んでいくことが重要ではないかと問題提起をさせていただいて、発電事業者間で結成したのが浮体式洋上風力技術研究組合FLOWRAです。

実はそのヒントになったものが欧州における洋上風力の発展の形です。欧州では洋上風力の黎明期から発電事業者が協力しながら、共通の課題に向かって協調体制で取り組んでいきました。着床型もそうですし、浮体式もそうです。私も2017年に前職の電力関係会社 にいた時に、欧州以外の企業として初めてこの取り組みに参加して、浮体式洋上風力の技術開発の連携の組織で勉強させていただきました。

欧州では発電事業者が連携して技術開発に取り組み、その成果を市場で生かす＝引っ張っていくという「マーケットプル」という思想で臨んでいます。こうした欧州の取り組みを参考にして浮体式洋上風力のリスクとコストを少しでも低減していくことと、一日も早く社会実装に結びつける。そのための共通基盤の要素技術をいかに開発していくかについて取り組む組織として創設されたのがFLOWRAです。

私どもはあくまでも発電事業者で研究機関ではありません。そこはそれぞれ専門の機関、さらには共同研究パートナー、特に日本が誇る造船や材料、製鉄技術、金属加工の技術、さらには港湾工事の技術といったものをお持ちのパートナーと一緒にしながら、強力にタッグを組んで取り組んで行こうというのが取り組みの方針です。研究機関もいろいろなところに入っていると思いますし、海技研²⁾さんにも入っていただき、ClassNK³⁾さんにも当初より入っていただいてご指導いただいています。

6 FLOWRA の活動

寺崎▷私どもは5つの研究テーマを抽出し、このテーマに沿ってテクニカルワーキンググループを設置しました。ワーキンググループ1が浮体の最適な設計、2は大量・高速生

産、3は大水深における係留システム、4は大水深における送電技術、5は遠洋における風況観測。5つのワーキンググループをつくって、共同開発のパートナー計76社に参画いただいて、ワーキンググループと共同研究者の総勢約250名で活動しています。

ありがたいことにNEDOの補助事業に採択いただいて取り組みを進めていますが、いろいろな課題に直面することも少なくありません。専門の先生方からなる技術戦略会議を設置しており、大所高所からご指導いただく形になっています。

私どもが目指す方向性は共通基盤の技術検討ですが、部分最適になっては何にもなりません。全体最適でないといけないので、浮体を全体のシステムとして、いわゆるシステムエンジニアリングの手法で検討していこうと思います。これはまだ欧米では取り組まれていない視点、要素で、しっかり対応していこうと思います。

さらには、そこで開発した技術を国際標準にしていこうと考えています。そのためにはいろいろなガイドラインの策定、国内基準との整合性をどう取っていくか、何よりIEC、国際電気標準に則ったちゃんとしたスタンダードをいかに取っていくか。これには各国の理解が不可欠ですので各国との連携が必要となります。このため、国際連携に非常に力を入れていて、現時点(2025年9月3日現在)でイギリス、ノルウェー、デンマークとはすでに連携協定を結んでいます。今後はオランダ、フランス、米国、とも連携を進めていこうと考えています。

もともとClassNKさんには設立当初よりいろいろなご指導をいただいています。国際標準という意味ではDNV、ABSとも連携させていただいています。

馬場課長から「地域振興の観点をもって」という思いを聞いて非常にうれしくなったのですが、浮体式洋上風力は単にエネルギー、セキュリティ、脱炭素に止まるものではなくて、日本のものづくりが生かせる取り組みです。

そうすると雇用機会も増えて、地域振興にも結びつくものと期待しています。FLOWCONさんとも連携しながら、車の両輪として浮体式洋上風力の取り組みを盛り上げていきたいと考えています。

7 FLOWCON⁴⁾の活動

司会▷続いて野口理事長から、FLOWCON(フローコン)設立の経緯、活動内容についてご紹介いただきたいと思います。

野口▷FLOWCONという「建設システム」という言葉が入っただけで、FLOWRAさんとほとんど似たような名前の組合をなぜつくったかという、先ほど来のお話にもあったとおり、これだけの多岐にわたる事業をやっていく時に、つくるための共通インフラの部分を整えていくことが必要だろうという問題意識が、私を始め周囲の方には強くあったからです。

今年1月に設立許可され、参画している会社は今20社弱ですが、建設、造船、鉄鋼、エンジン系、揚重機メーカー、それから最近は建設産業を支援するソフト屋さんも参画を希望されています。

われわれに与えられた大きな課題は、共通インフラのところでしっかりしたものを示すことです。今まで伺った話を総合すると、浮体式洋上風力は、日本は技術的にはある程度行っているが、課題は、大規模急速施工とかいろいろな呼び方をしていますが、要は量産化だと。量産化をなし遂げる仕組みをつくることがおそらくわれわれに求められているし、われわれもやりたいところです。

集まったメンバーは量産化が得意な人もいますが、どちらかというと現地一品生産をやっていた人の方が多いです。でも、量産化のイメージはわかる。現地一品生産を量産化に持って行かなければいけない。寺崎さんのお話をお借りすると、最盛期、200機ぐらい据え付けなくてはだめだけど、造船ドックの浮体生産能力だけだと50~60機です。

8 求められる量産化

野口▷では、どうするか。量産化のアイデアですが、仮置き、バッファという概念を持ち込んで、準備しておいてやる時に一気にやるという方法です。量産化の考え方をしっかりさせ、それをみんなが共通理解の下に協力する体制を築くことがわれわれの使命だと思っています。言葉を換えると、量産化とは安定的であり、あまりクリティカルな待ちの部分がない状態を実現するべきだと考えます。さらに調子が悪い、壊れた、これは使えないとなったら代替品があるサプライチェーンをしっかり準備することだという認識で取り組もうとしています。

日本の洋上風力、特に浮体式での厳しい条件は、急峻な地形、複雑な地層、水深が急に深くなる。たとえば洋上風力のメッカとされる北東日本は大きな港湾がないとか、いろいろと難しいところがあります。量産化を達成するためには浮体式洋上風力の建設過程を安定的に、クリティカルな部分がないように、スムーズに流れるようにしていかなければ



ばならない。難しい条件のもとでの量産化、これを何とかして成し遂げていこうと思います。

われわれの答の一つは、基地港湾、あるいは海上作業基地のような組み合わせを誰もが納得する形で用意する。そういう仕組みや制度を整えることが一番大事です。協調部分がどれだけ効率的につくれるか、用意できるか、一生懸命研究が始まったところです。

その中で河野先生の「漁業や航路帯の自由を確保しながらどうやってやるのか」というのは、実は量産化に対して大きな制限項目になっています。それを踏まえながら、そういうことを経験してきた人がFLOWCONにはたくさんいるので、ああでもない、こうでもないと言いつつ意見を言いながら、納得できる解法、方法論をお出ししようと考えています。

9 浮体式導入のための港湾機能

司会▷ここまでは洋上風力の導入の現状と課題についてお話をいただきました。ここからは今後取り組むべきことなどご意見、ご提案をいただければと思います。馬場課長、いかがでしょうか。

馬場▷先ほど官民連携がきわめて重要であるとお話ししました。今後、浮体式の海上施工を具体的にどのように進めていくかについて、官民フォーラムという体制をつくりました。浮体式の大量導入に向けた課題を話し合い、今後どういったところに注力して検討すべきかの課題の整理からスタートしています。

海上の施工シナリオをある程度具体的に想定して、その一つひとつの過程でどのような課題があるかを共有し、どう解決していくか議論した方がより実装に近づけるのではな

いかと考えています。海上施工プロセスの中で具体的にありうるパターンをいくつか設定して、「こういう施工ならどのような課題があるか」というアプローチで整理しています。野口理事長からもお話がありましたが、浮体式の整備工程では、港湾のキャパシティの問題もあり、新たに港外にアッセンブリー用の海上プラットフォームをつくり、そちらで建造するとより全体効率に繋がるのではないかなど、具体的な施工パターンを想定して検討しました。

また、これまでは着床式をベースに港湾でのアッセンブリー機能を如何に確保するかに軸足を置いた基地港湾のあり方という切り口で検討を進めてきました。今後、浮体式を念頭に置くと、アッセンブリー機能だけではなく、浮体基礎そのものを製作するヤードの問題、あるいは広大な保管水域を如何に確保するか。こうしたことまで含めて、港湾内外の機能そのもののあり方を広く考えていく必要があります。

それから最初に申し上げましたが、地域経済にどのような生かしていくか、産業としてどのように根付かせていくのか、地域振興の切り口も必要であるという観点も含め、改めて港湾のあり方検討会の中で議論いただいています。

念頭に置くべき課題は、発電施設の大規模化や風車そのものの大型化に加え、資機材の輸送船舶や荷役方法も多様化していること、さらには浮体基礎の製作・浜出し・曳航・保管といった工程もあります。そうした状況に港湾がどのように対応していくのかということも考えていかなければいけない。かなりいろいろな要素を組み入れて港湾機能全体のあり方を検討していく必要があります。

それから、基地港湾は現在、整備途中のものも含めて7港が指定されていますが、これらを最大限活用しつつも更に追加的に整備していかなければ、とても追いついていけないと考えています。今は、1つの海域プロジェクトで1つの基地港湾を使う1対1の関係性ですが、今後は複数の基地港湾が効率的に役割分担をしていく必要があるのではないかと、さらに、国産の資機材製造拠点を含めた産業集積についてもしっかり考えていく必要があります。港の使い方としてプレアッセンブリー機能だけが議論として先行していたのですが、日本の産業として考えた場合に製造拠点という観点も重要です。大規模な浮体式の洋上風力発電の案件形成を実現しうる産業集積型の基地港湾をどのようにつくっていくかが大きな課題だと考えています。

また、令和8年度予算要求では、港湾における洋上風力発電の施工の効率化、あるいは施工技術の高度化を図るため、国が主導して民間企業の技術開発を後押しするための

新たな予算制度を要求しているところです。

10 港湾間の分業と連携が必要

司会▷河野先生、今後必要となる法制度などについての展望をお聞かせいただければと思います。

河野▷野口さんにご案内いただいて、ヨーロッパの洋上風力の基地港湾を視察したことがあります。とてもとても勉強になったのですが、その時一番印象に残っているのは、北海のあれだけ広い海域で港湾が連携していることでした。港湾間の協議により、それぞれの特性を生かした分業が行われています。今の日本の制度を見ると1対1対応で細かく小規模に、それぞれの岸壁を強化するという対応になっています。各々の港湾や海岸の沖合にある施設だけが念頭に置かれている印象があります。このようなやり方ですと、いつまでたっても規模の経済が実現しないだろうという印象を受けています。

たとえば、私は新潟県のプロジェクトでカーボンニュートラルポートの協議会の座長をさせていただいていますが、新潟県の港湾はかなりのポテンシャルがある印象です。新潟は日本列島のちょうど真ん中という位置が意味を持つと考えています。イギリスでヒアリングした限りで言うと、浮体式を進めていくためには機器をプールしておく波が静かで深い湾が必要だと伺いました。新潟はそういうポテンシャルもあるのではないかと思います。

今のようにバラバラに1対1対応でやっていくよりも、個別の機能を集積させて分業体制を組まないといけないのではないかと思います。これを実現するためには今の制度とだいぶ違う、分業を促進する制度が必要ではないだろうかと思います。これは完全に個人的な、視察で見せていただいたことの感想みたいなものです。視察の時に、「日本の距離的位置にあれば、日本だけではなくてたとえばベトナム、フィリピン、台湾まで市場に含められるだろう」と言われました。そういう発想がいつか必要になるのではないかと思います。

11 人材の育成

河野▷もう一つは、人材の育成の問題だろうと思います。今のところこれもほぼ海外の方に頼っていて、それでいいのか。海技人材の確保の検討会を海事局で取りまとめたところですが、洋上風力発電の発展のためにも海技人材が絶対に必要になるわけで、日本で人を育て、そうした業務を日

本人が担えるようにすることは、若い世代にとって意味を持つ気がします。こういう技術を持っている人は国際的にも競争力がある人材となります。その人が望めばいくらかでも国際的に羽ばたける海技人材になると思います。

ヨーロッパの大学では修士課程でそういう技術を身につけさせる教育を行っていたり、民間企業が自社の養成課程を持っていたりするようです。風車自体の技術開発もそうかもしれませんが、設置や維持・管理に関しての人材育成も制度的に後押ししてあげないと、なかなか民間でできるのではないと思います。特に若い人を育てるための制度が必要だと思います。

12 浮体の構造設計、係留

司会▷居駒先生、浮体式の施設の個別の技術要素について今後必要となる取り組み、将来展望についてお願いします。

居駒▷設計という観点で言うと、風車なので風の影響も大きい。それから、波の中で実際にどういう挙動をするのか。浮体としての波浪中性能と言っている部分と、その後本体で言うと強度的な構造設計が入ってきます。波浪中性能はオープンソースのプログラムが実務レベルで使われているのと、オープンソースではないですが、敏感な企業はDNV⁵⁾の商用プログラムを使って基本的な設計はできる。その上で、構造設計は最後は強度の話です。日本はどの分野に行っても構造設計技術はもともと高い。

河野先生から人材の話がありました。人材はいろいろなところで必要ですが、基礎技術は持っている構造設計にしても、海に浮いている構造物の構造設計を経験している人は日本国内に少ない。固定されているものなら、構造設計ができる人はたくさんいると思います。「水の影響はこうすればいい」ということさえ環境外力として言ってくれば、設計できる人は多いと思います。浮いているものに対しての経験がないのですが、そこは何とかかなと思います。

今後ということで考えると、大水深になっていくと浮体の係留にチェーンはだめです。重すぎてだめなのと取り回しが大変で、そこでもコストがかかります。港に置いておくだけでも、それを台船に乗せるだけでも、持って行って下ろすだけでも大変ということがあるので、部分的にはチェーンが入ったりしますが、間違いなく合成繊維索、あるいは鋼線を扱っている企業はワイヤーロープの認証を取ったりして、これから売り込みをかけようというところもあります。

ただ、日本国内では、合成繊維は恒常的に水の中で使う

係留索としてClassNKは認証を出していない。ただ、認証の準備はしています。海技研²⁾も生物付着試験をここ数年やっていて、もうそろそろ何とかなるかなと思います。

そういう基本的なところの技術開発はできて、あとは認証が取れば実際に使えるようになる。要素の細かなところは日本国内でも十分整備されていると思いますし、挙動という意味で動的な問題を解くことは、実務レベルで基本的にほとんどできます。

設計も、材料をケチって変な形になった時に変なことが起きないようにすればいいだけであって、基本的なことではできると思います。あとは、どう効率的にアSEMBルするかだと思います。基本的な技術はある前提で、それを使える人もできる人も増やしていくという人材育成の話に絡みますが、そこは別の議論をしなければいけないぐらい大変です。

技術的な課題ということではなく、あとは設計をする人材も含めて全体のシステムとして、日本企業は意識的に取り組んでいかなければならないと思います。

司会▷浮いているものがあって、係留されて、アンカーがあって、たとえば海底地震や津波の影響はどの程度考慮しなければいけないのですか。

居駒▷地盤調査、地質調査をする時点でどのぐらいわかるか。今やっているのは基本的に着床式のところなのである程度、海底地形がフラットなところだと思います。ところが、もう少し沖に出て行くと、津波よりも海底の断層地震そのものが問題です。海底で土砂崩れが起きている痕跡は、物理的な証拠としてかなり出ています。港空研⁶⁾は「歴史的にこういうことがありそうだ」とか、土砂崩れが起きる前提で、もしそこにアンカーを打っていたらどうしようということを考え始めてはいます。問題視して研究をし始めているというのが現状です。

13 社会実装と国際連携

司会▷続いて寺崎理事長、FLOWRAの今後の社会実装、国際展開に向けた展望はいかがでしょうか。

寺崎▷5つの研究テーマについて、しっかり成果を出して行くことが一番求められていると思います。その中で、開発した要素技術も実証しないと使えるかどうか分かりません。今後研究成果が出てくるにつれて、これをいかに実証して行くかが次の課題かなと思っています。

そのためには、ヨーロッパのスコットランドのEMEC⁷⁾、欧州海洋エネルギーセンターとか、ノルウェーの

METCentre⁸⁾のような実証センターを日本にもつくっていただきたい。その場で実証を行っていくことがマストになってくるのではないかと思います。

もう一つ、今後に向けた戦略の1つになろうかと思いますが、国の浮体式産業ビジョンの中でもうたわれていますが、国産風車がないことをどうしていくのか。メーカーがどこになるかわかりませんが、少なくとも日本で風車をつくっていただく形が発電事業者としては望ましい。これは産業育成、振興の面からもそうだと思います。

これからFLOWRAでも、日本の環境に適した風車とはどういうものかという検討、研究をやっていかなければいけません。それを日本の中でつくるためにはどうすべきか。これは経済産業省の仕事になるかもしれませんが、是非連携しながら進めていきたいと思っています。設計についても、施工についても、日本の強みをどう生かしていくかという視点も大事だと思います。

実は、各国に浮体式のどういう技術があってどこが強いのか、マッピングではないですがそういったものを整理しようと思っています。日本に強みがあると思えるところに特化し、弱いところは補っていく、各国と連携していく関係になってくるのではないかと思います。その中で一つのキーワードは「デジタル化」です。設計、施工、運転、メンテについても、デジタル化は避けて通れないと思います。欧米もまだそこまでできていない分野ですので、GXとDXを掛け合わせた形でデジタル化を進めて、技術の高度化、効率アップ、さらには省人化を進める必要があるのではないかと思います。

もう一点、最後のポイントは、浮体式そのものを進めていくためには、国民の皆様のご理解が一番大事だということです。国民的な議論を呼んで、浮体がなぜ必要なのか。その意義や有用性、可能性を広く議論していただける活動を私ども発電事業者としてやっていかなければならないと思います。いろいろな議論はあろうかと思いますが、そういう議論で盛り上げていけば、いろいろな面で世論の後押しという形になってくるかと思っています。そういうあり方に努めていきたいと考えています。

司会▷各研究テーマの時間軸的な目標はどういう感じですか。

寺崎▷5つの研究テーマの基礎技術開発については5年計画です。研究成果をいかに実証に結びつけていくかが今後重要となってきますが、そこで必要となるのが実証センターではなかろうかと考えています。

数年以内に実証試験を経て2030年から社会実装に移れるという時間軸で進めています。これを1日でも前倒しできるかどうかは大きな課題です。

14 規模の経済を働かせる技術と制度

司会▷野口理事長から、施工技術や施工システムのお話、それから量産化が大きな課題になるというお話がありました。それらについての展望をお伺いします。

野口▷国産のメーカーがないので、建設システム全体を考えるわれわれとしてもそこが非常に難しいところです。現場を持っている身からすると、メーカー主導で決まるところがある。好む好まざるにかかわらず、いろいろな場面でそういうふうに進みます。FLOWRAさんが「国産メーカーを何とか」と努力されている。是非その結果を待ちたいと思います。一朝一夕には行かないと思いますので、システム全体としては我々も努力したいと思います。

3大メーカー、中国も合わせると4大メーカーですが、それらはどういう姿勢かという、上物、タワーから上はつくから下は上に合わせてその国々でなんとかしてほしいということで、上を下に合わせてつくってはくれない。世界中で売っているのだからその地域、その国に合わせてつくり方はしません、というのが基本姿勢です。それが非常に苦しいところです。

欧米の3大メーカーは、少しずつつくり方が違います。部品の取り付け方、組み立てにかかる日数が違う。部品の取り付け方が違うと作業船が違ってきます。プレアッセンブルの日数が違うと港の大きさが変わってくる。われわれには、それら全部に対応しなければいけないという難しさがあります。

だから本当は国産メーカーに登場していただきたいのですが、急にそうはならないということは判ってます。でどうしたいと思っているか。われわれが目指しているのは、河野先生の言葉を借りると「規模の経済が働く仕組み」を何とかつくりたいということです。

そのポイントは、ウェットストレージすなわち、完成したものを水中、水底に置いておく、浮かして置いておく、いろいろありますが、たくさん貯えておいて一斉にワースと据え付ける仕組みを作ることです。ウェットストレージとインストールの二つを、さすが日本だという仕組みにすることです。

ここからは私の持論ですが、これを誰が運営するかという問題が次に出てくる。技術は自信を持ってわれわれが解決しますが誰が運営するかということが出てくるので、ここ

は国を交えて相当な議論をしないとイケないでしょう。

公平で、効率がよくて、規模の経済が働く。普通は半官半民になっていくのかなと思いますが、そういう仕組みがないと外から見て「さすが日本だ」という仕組みにならないと思います。ウェットストレージとインストールを誰が公平で効率的に運営できるかを徹底して磨き上げていって、欧米メーカーにもこちらの意見も聞いてもらえるような体制をつくるのが一番いいなと。

ヨーロッパは、港湾管理者同士が横の連絡で相当話し合っています。どこの港で、いつ、誰が何をつくるので融通し合おうとか、これを相当やっていると思います。日本はそこまで組織立っていません。

ウェットストレージとインストールは国を含めた行政からも見ていただいて、公平で効率的な運営の仕組みをつくれれば必然的に横の話し合いができて規模の経済が働くようになると思います。2040年に30~45GWを達成するためには、技術と制度の両方がどうしても必要だと思います。

最後に、アンカーの問題だけは地盤が決まらなないとアンカーが決まらない、アンカーが決まらなないとケーブルが決まらない。一蓮托生の関係にあるので、これも誰がどうやってアンカー用の基地港湾を用意するのかという話ができれば規模の経済が働きます。規模の経済を働かせる技術と制度の仕組みを一体的につくることを切に希望しつつ、自分でも努力します。

15 まとめにかえて

司会▷今日の全体を振り返ってご感想でも補足でも最後に一言いただければと思います。

河野▷日本のEEZは、とにかく水深が深いのが有名な話です。広さでは6位ですが、水深を合わせるともっと大きいと言われています。是非浮体式の技術を発展させていただいて、あとは野口さんが言われた地域間の連携、寺崎さんが言われてた国際連携も含めて、いかに制度的に連携を支援できるようにするかが重要です。これが実現すれば、技術がより生きてくると思います。制度的な工夫をお願いしたいと思います。

居駒▷技術的なことは、やるとなると日本はやってくれると思います。いろいろ細かいことはありますが、必要となれば日本の技術力はやはりすごいと今でも信じています。

問題は、社会システムや仕組みがどれぐらい整備できるか。最初に「海洋空間計画がなぜ日本では」と言われました

が、いい意味で日本独自のこじんまりとしたそれっぽいものはありますが、大規模になるとそういうものが絶対に必要だとみんなが思っているけれどもなかなか動いていない。

それと、欧州の場合はカーボントラストという会社が入っている。日本にはこういう会社がありません。そういう違いで、差がどんどん開くか埋まらないのかなと。私はカーボントラストの役割はものすごく大きいと思っています。寺崎さんのFLOWRAの立場で、そういうところも育ててほしいと思います。

馬場▷さまざまご指摘ありがとうございました。港湾行政の面でも足りていない部分があるなど強く実感しています。基地港湾を整備してきましたが、ご指摘いただいたように効率よくやるためには分業体制の構築も一つの方策だと思います。また、港湾法を改正して、広域的に利用調整する協議会制度をつくりましたが、おそらくこれだけでは十分とは言えず、例えば、海洋プラットフォームやウェットストレージの調整というのは協議会ではおそろくなし得ないので、今年度からそうした運営面も含めた港湾のあり方について検討会でしっかりと取り組んでいきたいと思っています。

寺崎▷今日は専門の方々のいろいろなアプローチ、浮体式をどう見ているか、大変勉強になり参考になりました。大変なことですが、今日お話頂いたことを一つひとつ具体的に具体的なものにしていくかというところに、浮体式洋上風力の未来がかかっているのではないかと思います。

これからも海外の取り組み事例も参考にしながら、日本としてどういう浮体式洋上風力をつくっていくのかを自問自答しながら取り組んでいきたいと考えています。

野口▷7月に、アメリカのロサンゼルス港の隣のロングビーチ港の視察に行ってきました。ものすごく大きな浮体式洋上風力の計画の事業が進められていますが、アテンドしてくれたその事業リーダーに「トランプ政権で洋上風力には逆風になり大変ですね」と質問すると、「私たちは50年先を見えていますから政権のことは大した話ではない」という答えが返ってきた。やっぱり違う、さすがインフラの国アメリカだと思って帰ってきたところです。今、日本では3事業やり直して洋上風力がどうなるのかと皆心配しています。しかしそういうことに一喜一憂、左右されないで、信念を持ってこれは正しい道だと進めていきたいと思っています。是非皆さんとで一致協力してやっていきたいと思っています。

司会▷今日は大変貴重なお話をいただきありがとうございました。私どもの調査研究活動にも反映していきたいと思っています。これからもご指導のほどよろしくお願いします。

用語説明

- 1) **FLOWRA** Floating Offshore Wind Technology Research Association (浮体式洋上風力技術研究組合) の略称。浮体式洋上風力発電の技術開発を目的として2024年3月に設立。参加企業は、浮体、係留、送電、施工などの共同研究・技術開発を進めている。
参考：浮体式洋上風力技術研究組合ホームページ
<https://flowra.or.jp/>
- 2) **海技研** 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所の略称。国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所を構成する研究所の一つ。海上交通の安全及び効率の向上、海洋資源及び海洋空間の有効利用、海洋環境保全のための技術に関する研究等に取り組んでいる。
参考：海上技術安全研究所ホームページ
<https://www.nmri.go.jp/>
- 3) **ClassNK** 一般財団法人日本海事協会の略称。船舶の安全確保と海洋環境保全を目的に、船級協会として技術規則の制定、検査、認証を行うとともに、船舶関係の技術コンサルティング、鑑定・証明、研究開発等を行う。
参考：一般財団法人日本海事協会ホームページ
<https://www.classnk.or.jp/hp/ja/>
- 4) **FLOWCON** Floating Offshore Wind Construction System Technology Research Association (浮体式洋上風力建設システム技術研究組合) の略称。浮体式洋上風力発電の大量導入に向けた合理的な建設システムの確立を目的として2025年1月に設立。建設効率の向上やコスト低減を目指し、施工技術や海上作業基地の開発、気象・海象予測システムの研究を行っている。
参考：浮体式洋上風力建設システム技術研究組合ホームページ
<https://flowcon.or.jp/>
- 5) **DNV** Det Norske Veritas group の略称。本部をノルウェー・オスロに置く自主独立財団で、認証業務や技術コンサルティングを提供している。
参考：DNV ホームページ <https://www.dnv.com/>
- 6) **港空研** 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所の略称。国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所を構成する研究所の一つ。港湾・海岸・空港の整備や海洋利用、防災、環境分野に関する研究等を行っている。
参考：港湾空港技術研究所ホームページ <https://www.pari.go.jp/>
- 7) **EMEC** European Marine Energy Centre Ltd. の略称。英国政府、スコットランド自治政府、EU などが出資する民間の研究試験機関で、海洋エネルギー分野の実証試験や評価を行っている。
参考：EMEC ホームページ <https://www.emec.org.uk/>
- 8) **METCentre** Marine Energy Test Centre の略称。ノルウェーの企業ネットワークである Norwegian Offshore Wind が運営・管理を担っている洋上風力発電のテストセンター。海洋エネルギーおよび浮体式洋上風力発電に関する実証試験を行っている。
参考：Norwegian Offshore Wind ホームページ
<https://www.norwegianoffshorewind.no/about/initiatives/met-centre>