

諸外国における浮体式洋上風力発電施設及び
作業船に関するニーズ動向等の調査業務
報告書

令和5年3月

みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

目次

| | |
|--|--------|
| 第1章 概要..... | - 4 - |
| 1.1 目的..... | - 4 - |
| 1.2 調査内容..... | - 4 - |
| 1.3 実施体制..... | - 4 - |
| 第2章 欧州における浮体式洋上風力発電に関する最新技術動向調査..... | - 6 - |
| 2.1 基礎調査..... | - 6 - |
| 2.2 国内事業者ヒアリング調査..... | - 12 - |
| 2.2.1 ヒアリングの対象及び内容..... | - 12 - |
| 2.2.2 ヒアリング結果..... | - 12 - |
| 2.3 海外事業者ヒアリング調査..... | - 25 - |
| 2.3.1 ヒアリングの対象及び内容..... | - 25 - |
| 2.3.2 ヒアリング結果..... | - 25 - |
| 2.4 まとめ..... | - 30 - |
| 第3章 洋上風力発電作業船の実態把握調査..... | - 32 - |
| 3.1 基礎調査..... | - 32 - |
| 3.2 国内事業者ヒアリング調査..... | - 52 - |
| 3.2.1 ヒアリングの対象及び内容..... | - 52 - |
| 3.2.2 ヒアリング結果..... | - 52 - |
| 3.3 海外事業者ヒアリング調査..... | - 63 - |
| 3.3.1 ヒアリングの対象及び内容..... | - 63 - |
| 3.3.2 ヒアリング結果..... | - 63 - |
| 3.4 まとめ..... | - 71 - |
| 第4章 アジア等の周辺海域における浮体式洋上風力発電及び洋上風力発電作業船のニーズ調査..... | - 74 - |
| 4.1 基礎調査..... | - 74 - |
| 4.2 ヒアリング調査..... | - 91 - |
| 4.2.1 ヒアリングの対象及び内容..... | - 91 - |
| 4.2.2 国内事業者へのヒアリング結果..... | - 91 - |
| 4.2.3 対象国の関連組織へのヒアリング結果..... | - 93 - |
| 4.3 まとめ..... | - 99 - |

第1章 概要

1.1 目的

地球温暖化対策のためカーボンニュートラル(CN)の早期実現が全世界的な課題となっている。CNの実現に必要な再生可能エネルギーの供給源としては、洋上風力発電が高いポテンシャルを有すると考えられており、現に我が国を含めた多くの国で検討が進められ、特に北欧の北海海域等を含む欧州では既に多数の施設の設置、作業船の事業への投入が進められている、今後、アジア等の周辺海域においても、洋上風力発電の需要は拡大していくと考えられる。

一方、浮体式洋上風力発電については、欧州を中心に技術開発が商用化一歩手前まで進んでおり、新たな市場として拡大することが見込まれるところ、ニーズがどの国や地域にあり、浮体式に関する日本の強み・弱みについてはまだ十分に調査されていない。

このため本調査では、ノルウェーを始めとした欧州における最新技術動向やビジネスモデル分析を行い、日本企業の強み・弱みを把握したうえで、アジア等の周辺海域における浮体式洋上風車の需要動向の調査を行い、我が国造船業のアジア等の周辺海域における浮体式洋上施設及び作業船に関する案件形成の促進を図ることを目的とする。

1.2 調査内容

(1) 欧州における浮体式洋上風力発電に関する最新技術動向調査

国内外で運転開始済み、又は着工し運転開始の確度が高い浮体式洋上風力発電プロジェクトについて、基礎情報を整理する。基礎情報を踏まえ、GI基金採択事業者等の計10社程度へ最新動向や、日本特有の自然条件・社会条件、日本のもつ強み・課題、アジア展開へ必要な事項等をヒアリングし、整理した。

(2) 洋上風力発電作業船の実態把握調査

欧州等の洋上風力発電プロジェクトで稼働している SEP・SOV のスペック、設計・建造・運用のプレイヤー等の基礎情報を整理する。基礎情報を踏まえ、国内外で実績のある発電事業者や国内外の造船事業者等の計10社程度へ市場のトレンドや、日本に市場に求められる仕様、日本のもつ強み・課題、アジア展開へ必要な事項等をヒアリングし、整理した。

(3) アジア等の周辺海域における浮体式洋上風力発電及び洋上風力発電作業船のニーズ調査

アジア各国のレポート等を調査し、電力需要・自然条件・導入目標・開発状況等を整理し、浮体式洋上風力発電や作業船の需要が見込まれる2か国への現地聞き込みを実施した。それぞれの国の現状や課題について調査した。加えて、(1)、(2)でヒアリングした事業者に対し、補足的にアジア展開に関する課題や必要な支援策等を確認した。

1.3 実施体制

本調査は、図1-1のとおり、みずほリサーチ&テクノロジーズが基礎調査、国内の事業者へ

のヒアリング、とりまとめ・報告書作成を担当し、オーヴ・アラップ・アンド・パートナーズ・ジャパン・リミテッドが、海外の事業者へのヒアリング、アジア諸国での現地聞き込みを担当した。

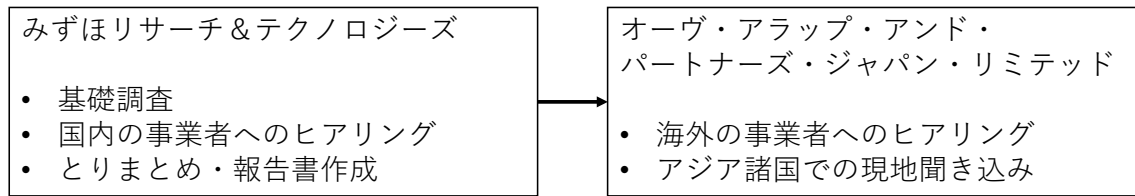


図 1-1 実施体制

第2章 欧州における浮体式洋上風力発電に関する最新技術動向調査

2.1 基礎調査

ヒアリング調査に先立ち、浮体形式（スパー型、セミサブ型、バージ型、TLP 型）ごとの採用傾向を整理するために、公開情報から文献調査を行った。調査対象は、国内外の運開済（撤去済含む）または建設着手した案件とした。

調査したプロジェクトの海域条件（水深・離岸距離）と浮体形式との関係を図 2-1 に示す。スパー型は水深 100m 以上に分布しているのに対して、セミサブ型はより浅い海域にも分布している。これはスパー型の構造に由来すると推測される。バージ型・TLP 型は採用案件数がそれぞれ3案件・1案件と少ない。離岸距離に関しては、同じ距離であっても海域により環境が異なることもあり、一概に浮体ごとの傾向はみられない。

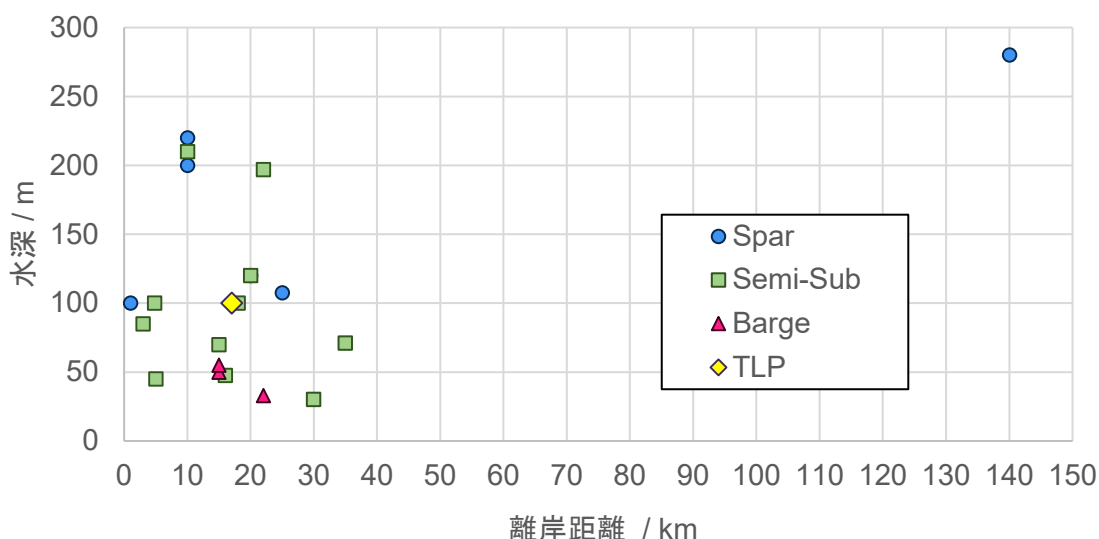


図 2-1 プロジェクトの海域条件（水深・離岸距離）と浮体形式との関係

出典：4C Offshore, Floating Offshore Wind Turbine Development Assessment Final Report and Technical Summary, 各プロジェクト HP より、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業は、スパー、セミサブそれぞれに計上、値に幅があるものは最大最小の中間値、

調査したプロジェクトの運転開始年・ファーム規模と浮体形式との関係を図 2-2 に示す。スパー型とセミサブ型は早期の浮体式プロジェクトから採用されており、ウィンドファーム規模も経年的に大型化している。バージ型も案件数は少ないものの、経年的に大型化の傾向はみられる。

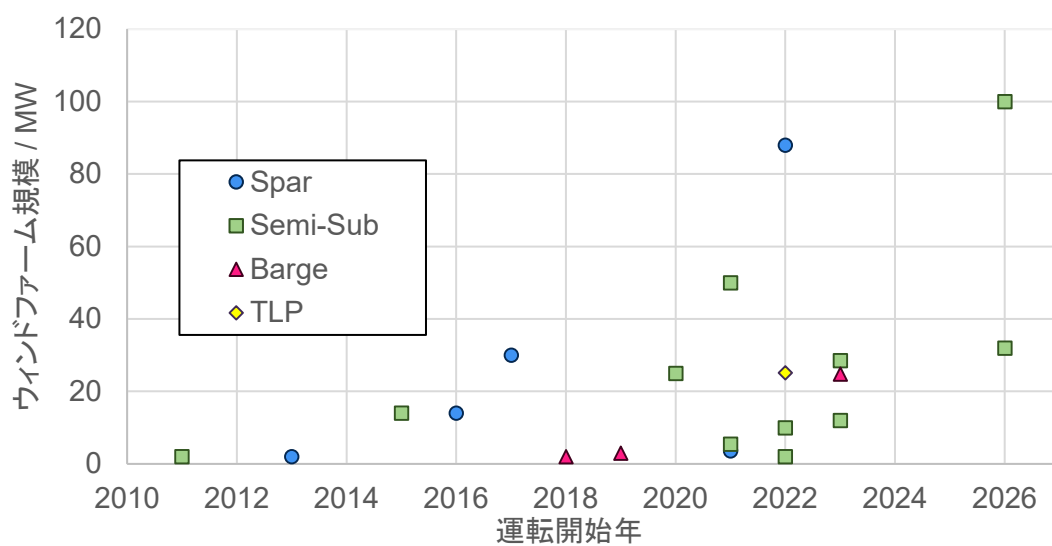


図 2-2 プロジェクトの運転開始年・windfarm規模と浮体形式との関係

出典:4C Offshore, Floating Offshore Wind Turbine Development Assessment Final Report and Technical Summary、各プロジェクト HP より、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

※福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業は、スパー、セミサブそれぞれに計上、値に幅があるものは最大最小の中間値、ただし運転開始年のみ遅い年に計上

調査した案件において上記以外に所在地・開発事業者・風車基数・コストの一覧を表 2-1 に示す。

表 2-1 浮体式洋上風力プロジェクト調査結果

| No. | 名称 | 所在地 | 運転開始年 | 開発事業者 | 出力 [MW] | 基数 | 浮体形式 | 水深 [m] | 離岸距離 [km] | コスト |
|-----|--------------------------|-----|----------------------|--|------------|----|------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| 1 | 環境省浮体式洋上風力発電実証事業 | 日本 | 2013 | TODA Corporation (戸田建設株式会社), Kyoto University(京都大学 独立行政法人海上技術安全研究所), Fuji Heavy Industries Ltd.(富士重工業株式会社), Fuyo Ocean Development & Engineering Co., Ltd. (芙蓉海洋開発株式会社) | 2 | 1 | Spar | 100 | 1 | JPY1000 million |
| 2 | 福島沖での浮体式洋上風力発電システム実証研究事業 | 日本 | 2013 2015 2016 | Marubeni Corporation (丸紅株式会社), University of Tokyo (国立学校法人 東京大学), Mitsubishi Heavy Industries (三菱重工業株式会社), Japan Marine United Corporation, Mitsui Engineering & Shipbuilding (三井造船株式会社), Nippon Steel Corporation (新日本製鐵株式会社), Hitachi, Ltd. (株式会社日立製作所), Furukawa Electric Co., Ltd. (古河電気工業株式会社), Shimizu Corporation (清水建設株式会社), Mizuho Information & Research Institute, Inc. (みずほ情報総研株式会社) | 14 | 3 | Semi-Sub: 2 Spar | 120 | 20 | US\$157 million |

| No. | 名称 | 所在地 | 運転開始年 | 開発事業者 | 出力 [MW] | 基数 | 浮体形式 | 水深 [m] | 離岸距離 [km] | コスト |
|-----|----------------------------|---------|--------------|--|------------|----|----------|-----------|--------------|------------------|
| 3 | 次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究(バージ型) | 日本 | 2019 | Cosmo Eco Power Co, Ltd (エコ・パワー株式会社), Marubeni Corporation (丸紅株式会社), University of Tokyo (国立学校法人 東京大学), Glocal Co., Ltd (株式会社グローカル), Hitachi Zosen Corporation (日立造船株式会社), Kyushu Electric Power Co., Inc. (九州電力株式会社) | 3 | 1 | Barge | 50 | 15 | - |
| 4 | Hywind | ノルウェー | 2009 | Equinor ASA (previously Statoil ASA), Siemens Wind Power A/S | 2.3 | 1 | Spar | 220 | 10 | US\$71 million |
| 5 | WindFloat | ポルトガル | 2011 | WindPlus S.A., Damen Shipyards, WavEC - Offshore Renewables, LNEG - Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia, ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade, Caixa - Banco de Investimento, SgurrEnergy Ltd, National Renewable Energy Laboratory (NREL) | 2 | 1 | Semi-Sub | 40-50 | 5 | US\$25 million |
| 6 | Hywind pilot park | 英国 | 2017 | Hywind (Scotland) Limited | 30 | 5 | Spar | 95-120 | 25 | US\$210 million |
| 7 | FloatGen | フランス | 2018 | FLOATGEN | 2 | 1 | Barge | 33 | 22 | US\$22.5 million |
| 8 | Kincardine | スコットランド | 2018 2021 | Kincardine Offshore Windfarm Ltd | 50 | 5 | Semi-Sub | 60-80 | 15 | US\$445 million |
| 9 | TetraSpar | ノルウェー | 2021 | Tetraspar Demonstrator ApS | 3.6 | 1 | Spar | 200 | 10 | US\$20.5 million |
| 10 | WindFloat Atlantic | ポルトガル | 2020 | WindPlus S.A. | 25 | 3 | Semi-Sub | 100 | 18 | US\$134 million |

| No. | 名称 | 所在地 | 運転開始年 | 開発事業者 | 出力 [MW] | 基数 | 浮体形式 | 水深 [m] | 離岸距離 [km] | コスト |
|-----|---|-------|-----------|---|------------|------|----------|-----------|--------------|-------------------|
| 11 | Yangxi Shapa III offshore windfarm test | 中国 | 2021 | China Three Gorges New Energy Co., Ltd. (中国三峡新能源有限公司) | 5.5 | 1 | Semi-Sub | 30 | 30 | - |
| 12 | DemoSATH | スペイン | 2022 | Saitec Offshore Technologies S.L.U. | 2 | 2 | Semi-Sub | 85 | 約3 | US\$17.3 million |
| 13 | Hywind Tampen | ノルウェー | 2022 | Equinor ASA (previously Statoil ASA) | 88 | 11 | Spar | 260-300 | 140 | US\$545 million |
| 14 | Iberdrola Consortium Met Center Project | ノルウェー | 2022 | CoreMarine,Iberdrola Renovables Energia, S.A.,DNV GL AS,Kværner AS,Technical University of Denmark,Zabala Innovation Consulting, SA,IH CANTABRIA (Instituto de Hidráulica Ambiental),Dr techn Olav Olsen,EDF Energies Nouvelles | 10 | 1 | Semi-Sub | 200-220 | 10 | - |
| 15 | Provence Grand Large | フランス | 2022 | EDF Energies Nouvelles Group | 25.2 | 3 | TLP | 100 | 17 | US\$225 million |
| 16 | Marine Aqua Ventus | 米国 | 2023 | New England Aqua Ventus, LLC (NEAV),RWE Renewables | 12 | 1 | Semi-Sub | 100 | 4.8 | US\$100 million |
| 17 | Groix et Belle isle | フランス | 2023 | Ferme Eolienne Flottante de Groix & Belle-Île (FEFGBI) | 28.5 | 3 | Semi-Sub | 197 | 22 | US\$254 million |
| 18 | EolMed | フランス | 2023 | EolMed SAS | 24.8 | 4 | Barge | 55 | 15 | US\$236.2 million |
| 19 | Erebus | 英国 | 2025/2026 | Blue Gem Wind Ltd | 100 | 7-10 | Semi-Sub | 67-75 | 35 | GBP350 million |

| No. | 名称 | 所在地 | 運転開始年 | 開発事業者 | 出力 [MW] | 基数 | 浮体形式 | 水深 [m] | 離岸距離 [km] | コスト |
|-----|----------|-----|-------|---|------------|----|----------|-----------|--------------|-----|
| 20 | Twin Hub | 英国 | 2026 | Bechtel Infrastructure and Power Corporation, TwinHub Limited | 32 | 4 | Semi-Sub | 42- 53 | 16 | - |

出典:4C Offshore、Floating Offshore Wind Turbine Development Assessment Final Report and Technical Summary、
各プロジェクトHPより、みずほリサーチ&テクノロジーズ作成

2.2 国内事業者ヒアリング調査

2.2.1 ヒアリングの対象及び内容

基礎調査の内容を踏まえ、表 2-2 に示す発電事業者や造船会社、浮体製造事業者へのヒアリングを実施した。

表 2-2 浮体に関する国内事業者ヒアリング対象

| 企業名 | 分類 |
|------|---------|
| 東京電力 | 発電事業者 |
| 丸紅 | 発電事業者 |
| JERA | 発電事業者 |
| JMU | 造船会社 |
| 三菱造船 | 造船会社 |
| 日立造船 | 浮体製造事業者 |

ヒアリング項目は以下の通り。

- ・ 過去に採用した、現在検討している浮体の特徴
- ・ 各浮体形式で適していると考えられる自然条件
- ・ 特に日本・アジアでの導入が期待される浮体形式
- ・ 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ設計で考慮すべき点
- ・ 日本の浮体製造で優位性があると思われるもの

2.2.2 ヒアリング結果

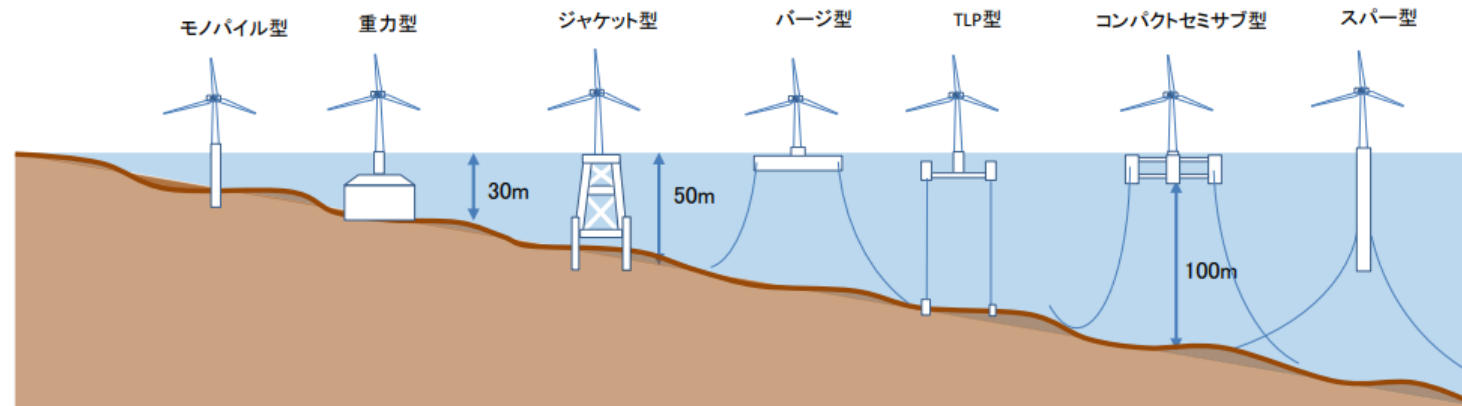
① 各浮体形状の特徴

各浮体形状の特徴に関する意見を、表 2-3 に整理する。また、参考として資源エネルギー庁資料にまとめられていた各浮体形状の特徴を図 2-3 に示す。

今回ヒアリングにて得られた意見は、概ね資源エネルギー庁資料に整理されている各浮体の特徴と一致している。追加的な情報として、セミサブ型は、既存の造船所の設備を活用可能である点、バージ型は係留の本数が増え施工日数に影響することなどが得られた。

表 2-3 各浮体形状の特徴(ヒアリング結果より)

| | バージ型 | TLP 型 | セミサブ型 | スパー型 |
|-----|---|--|---|--|
| 長所 | <ul style="list-style-type: none"> 浅い海域に適している。 形状がシンプルであり、コンパクトな敷地で製造可能。 | <ul style="list-style-type: none"> 安定性が高く、揺れが小さい。 真下に係留するため占有面積が狭く、漁業との協調に有利。 | <ul style="list-style-type: none"> 水深が深くても対応可能。 安定性がある。 ブロックを複数のドックで造り、組み立てるような施工方法が可能。既存の造船所の設備の活用が可能。 喫水を浅くすることも可能で、港湾インフラにも対応しやすい。 | <ul style="list-style-type: none"> 固有振動数の観点からうねりの影響を受けづらい。 設置と施工が可能な海域があれば、構造が単純なため低コストが期待できる。 |
| 短所 | <ul style="list-style-type: none"> 揺れが大きく、風車・係留への負荷が大きい。風車が大型化すると更に動揺が大きくなる。 係留の本数が増えるため、施工日数に影響する。 | <ul style="list-style-type: none"> カテナリー係留ではなく、杭を打設することになる。水深が大きくなると、係留のコストが他の浮体よりも大きくなり、価格競争力が著しく低下すると考えられる。 | <ul style="list-style-type: none"> 製造の面では、スパー型と比較すると構造が複雑なためスパー型ほどの価格競争力はない。 | <ul style="list-style-type: none"> 他形式と比較して喫水が深いため、設置海域の水深が必要。その際、浮体を着底させることができず、作業船自体も揺れるため静穏な海域（有義波高が大きくても1.5m程度）が必要。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> 工法的に材料がコンクリートとなる。3-5 万トンレベルのコンクリートが地元で調達できるのかは疑問。 | <ul style="list-style-type: none"> オイル&ガスでは長いモノパイルで支えており、洋上風力ではスチールワイヤーや合成繊維索が想定されており、全く異なる技術である。 | | |



| | 着床式 | | | 浮体式 | | | |
|----|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|--|
| | モノパイル型 | 重力型 | ジャケット型 | バージ型 | TLP型 | コンパクトセミサブ型 | スパー型 |
| 長所 | ・施工が低コスト ・海底の整備が原則不要 | ・保守点検作業が少ない | ・比較深い水深に対応可 ・設置時の打設不要 | ・構造が単純で低コスト化可 ・設置時の施工が容易 | ・係留による占用面積が小さい ・浮体の上下方向の揺れが抑制される | ・港湾施設内で組立が可能 ・浮体動揺が小さい | ・構造が単純で製造容易 ・構造上、低コスト化が見込まれる |
| 短所 | ・地盤の厚みが必要 ・設置時に汚濁が発生 | ・海底整備が必要 ・施工難易度が高い | ・構造が複雑で高コスト ・軟弱地盤に対応不可 | ・暴風時の浮体動揺が大。安全性等の検証が必要 | ・係留システムのコストが高い | ・構造が複雑で高コスト ・施工効率、コストの観点からコンパクト化が課題 | ・浅水域では導入不可 ・施工に水深を要し設置難 |
| 備考 | - | 銚子沖実証事業 (東京電力HD 他) | 北九州沖実証事業 (電源開発 他) | 北九州沖実証事業 (日立造船 他) | - | 福島沖実証事業 (三井E&Sエンジニアリング 他) | 福島沖実証事業 (ジャパンマリンユナイテッド 他) 五島市沖実証事業 (戸田建設 他) |

図 2-3 各浮体形状の特徴 (資源エネルギー庁資料より)

出典:資源エネルギー庁、第1回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 グリーン電力の普及促進分野ワーキンググループ、「洋上風力発電の低コスト化」プロジェクトの研究開発・社会実装計画(案)の概要

| | セミサブ(鋼製) | バージ(コンクリート製) | スパー(コンクリート製) | (参考)モノパイル |
|------|---|--|---|---|
| 形状 | <p>高さ 約30m 約70m 喫水 約17~18m</p> | <p>高さ 約10~17m 約50m未満 喫水 約8~13m</p> | <p>高さ 108m 重量 約9000t 喫水 90m 18.3m</p> | <p>重量 約900t ± 300 長さ 70m 7.5m</p> |
| 平面図 | <p>重量 約2500~3000t</p> | <p>重量 約10000t</p> | <p>重量 約9000t</p> | <p>注:モノパイルは、地盤条件、地震動等の条件によりサイズが大きく変動する。</p> |
| 参考資料 | キンカーティン [®] を想定 ウインドフロートアトランティック、キンカーティン [®] の各種資料より推定 | BW IDEOL社資料 | ハイウインド [®] タンペン [®] を想定 Offshore vind – Konstruksjonsutfordringer med flytende vind – Hywind等より作成 | 第二回検討会資料より作成 |

図 2-4 10MW 機浮体基礎の推定サイズ

出典:国土交通省、第5回 2050年カーボンニュートラル実現のための基地港湾のあり方に関する検討会資料

② 日本・アジアで導入が期待される浮体形状

日本・アジアで導入が期待される浮体形状に関する意見を表 2-4 に整理する。

主に施工条件や自然条件(波)から有利な浮体形式を判断する意見が多く、自然条件よりも製造拠点となる造船所・港湾や作業船等のインフラ・社会条件に依存する可能性があるとのことであった。その観点より、施工条件からは国内の造船所を活用することが可能なセミサブ型を適当とする意見のみであった。また、自然条件(波)を考慮すると、最も安定すると考えられるのは TLP 型、次いでスパー型・セミサブ型と考えられており、バージ型は波高が高い日本では難しいと判断される。特にうねりのある太平洋は自然条件が厳しいと考えられる。

技術水準の観点からは、稼働する実証事業等の案件が存在しない TLP 型は、欧州等との競争環境にある現状においては導入を進めることは難しく、他の浮体形状が優先的に導入されることが考えられる。

表 2-4 日本・アジアで導入が期待される浮体

| 項目 | 内容 |
|-------------|--|
| 施工条件 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 有利な浮体形式は、自然条件よりもインフラなど社会条件に依存する可能性がある。アジア展開も製造拠点や施工船のスペック等のインフラが浮体選定の指針となるかもしれない。 ・ 日本では、スパー型を洋上で施工するために必要な深く静穏な海域が近くにないため、セミサブ型が最有力となる認識。台湾などアジアでも、水深があり、静穏な海域があるかどうかポイントで、あれば製造コストが低いためスパー型の方を優先して採用したい。 ・ ボックス構造で製造スピードやクレーン作業のしやすさを考えると、セミサブ型は日本の造船所を活かして製造可能である。 ・ スパー型の施工は、ノルウェーのフィヨルドのような水深の深く穏やかな沿岸域では可能であるが、日本には相当する海岸線がない。沖合も波高の穏やかな海域はあまりない。欧州でスパー型を導入してきた Equinor もアジアではセミサブ型を検討している。 |
| 自然環境 (波) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 安定性能の観点からもセミサブ型が主流になると考えている。スパー型とセミサブ型は同程度の安定性で、TLP 型はより安定しているが、セミサブ型が施工しやすい。 ・ 地中海のような静穏な海域であれば波の力を受けやすいバージ型も導入可能だと思うが、波が荒れた際に波高が 5m を超えるような海域では難しい。冬季の日本海は 10m を超える。 ・ うねりのある太平洋側では、うねりの周期と浮体の固有周期の兼ね合いからスパー型・セミサブ型の導入が想定される。また TLP は固有振動数が地震に近い。 |
| 技術水準 | <ul style="list-style-type: none"> ・ TLP 型はまだ研究段階であり施工技術が未確立であるため、他の商 |

| | |
|--|--|
| | <p>用化が進んでいる浮体の導入が進むと考えている。これまでのプロジェクトにおいても TLP 型については、撤退したり、検討が止まってしまっている。</p> <p>※TLP 型は、世界的に見ても実証規模の案件が 1 件と少なく、2022 年 3 月時点で工事が完工していない。</p> |
|--|--|

③ 欧州と日本・アジアの自然条件の違い、それを踏まえ考慮すべき点

欧州と日本・アジアの自然条件違い、それを踏まえ考慮すべき点を表 2-5 に整理する。

欧州と異なる自然条件として、台風・うねり・地震が挙げられた。

台風は、風車の設計における極地風速の設定に反映されるため、欧州向けの風車よりも日本・アジアの風車は大型化し、それを搭載するための浮体も大型化するという意見があった。一方で、欧州では毎年 10m/s 程度の日本よりも強い風が吹くことから、最大荷重ではなく疲労荷重の観点で欧州の設計は日本よりも条件が厳しく、台風による欧州と日本・アジアの浮体のスペックの差は大きくないという意見もあった。

太平洋側のうねりは、対応が求められる重要な要素であるが、それに伴い浮体が大型化するというよりは、表 2-4 に示すとおり浮体形状の選択に影響を与える可能性がある。

また、地震は揺れによって杭が抜ける可能性があるため、係留方式に制約が発生しうる。

表 2-5 欧州と日本・アジアの自然条件違い、それを踏まえ考慮すべき点

| 項目 | 内容 |
|-----|---|
| 台風 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 欧州とアジアの比較だと台風と地震の有無が大きな点。特に台風に関しては、極地風速への対応のため欧州向けの風車では瞬間的な強度が不足する。そのため風車が大型化し、それを搭載するための浮体も大型化する。 ・ 日本で強風は台風がイベント的要素としてあるが、欧州では、毎年低気圧の停滞で 10m/s 程度の風が発生する。そのため風に対する強度の観点では、疲労荷重を重視するのが北海、最大荷重を重視するのが日本となる。 ・ 北海では毎年低気圧が停滞して 10m 程度の風速があるのに対して、日本は台風が来るのはイベント的な要素。そのため台風による浮体の大型化の影響は限定的だと思われる。 |
| うねり | <ul style="list-style-type: none"> ・ 太平洋側だと波の周期が長くうねりへの対策も必要。 ・ うねりから浮体の固有振動数を外すことは必須と考えており、うねり対策は重要である。 ・ うねりを考慮するからといって、浮体が大型化するわけではない。 ※セミサブ型・スパー型・TLP 型は固有振動数がうねりの周波数と重複しないため、浮体振動への影響は限定的だと推察される。 |

| | |
|----|---|
| 地震 | <ul style="list-style-type: none">・ 係留形式の選定に影響を与える。カテナリー係留は問題ないが、TLP やトート係留は地盤の揺れによって杭が抜けてしまう可能性があり、設計の難易度も上がる。・ TLP の固有振動数は地震と近いと考えられ、課題が大きい。 |
|----|---|

④ 浮体製造における日本の優位性と課題

浮体の製造においては、日本国内で国内調達を達成することが重要であるが、特にアジア各国の市場において、日中韓及び欧州のメーカーによる競争が発生すると想定される。その中における、日本の優位性に関する意見を表 2-6、日本の課題に関する意見を表 2-7 に整理する。

浮体製造における日本の優位性としては、設計・製造技術、地理的優位性、造船所の多さが挙げられた。設計・製造技術に関しては、日中韓は世界的に鉄の加工能力が高いこと、日本は自然条件が多様かつアジア諸国と親和性があること、過去の実証事業における経験がある点で優位である。

地理的優位性としては、欧州と比較しアジア諸国と地理的に近いことがあり、アジア諸国に対し日本国内で製造した浮体を曳航し輸出するスキームの可能性が挙げられた。

造船所の豊富さも日本の優位性として示され、複数の造船所を活用し浮体を製造する事によるコスト競争力の向上や、キャパシティの高さが挙げられた。

表 2-6 浮体製造における日本の優位性

| 項目 | 内容 |
|---------|--|
| 設計・製造技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 製造技術において、日本が中国、韓国、欧州に劣っているということはない。鉄の加工能力は日中韓が世界的に高い。欧州で鉄の加工といえは、現在はモノパイル製造くらいではないか。 ・ 欧州と比較し、日本の海の自然条件は多様であり、色々な条件を知っているという面はある。アジア展開でも、例えば台湾の波高をどう考慮するか理解しているのは日本だろう。 ・ 実証で発生した浮体の揺れに伴う風車の稼働停止は、技術的に未成熟な課題であり、そのノウハウは実際に浮体の施工を経験した会社だけが獲得している。複雑であり、理解に経験・深い専門性を必要とする。 |
| 地理的優位性 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 浮体は曳航等を考えると、現地で製造できるのが最も良いが、まずは日本から曳航するスキームがあり得る。日本の港湾インフラを増強することで、ベトナム等の市場に参入できる可能性がある。船も大量生産することはあるが、風車浮体の場合は、船と比較して同じものを大量に生産する規模が異なる。港湾としてそれに特化すれば中韓勢と勝負できる可能性が出てくる。 |
| 造船所の豊富さ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 造船所が多く存在することは強みとして活かせるのではないか。複数の造船所でパーツごとに製造すればコスト競争力が出るかもしれない。 ・ 平板を溶接する工法でのスパー製造を想定すれば、既存の造船会社のドックの 1~2 割程度で毎年 1GW 相当の浮体製造が可能。その観点からは十分な設備基盤を有している。 |

一方、上記の優位性の多くは、日中韓に共通するものが多く、中韓との比較では日本の市場規模の小ささが課題として挙げられた。中国・韓国は、日本よりも洋上風力発電の導入目標が高いことや、具体的な大規模の浮体式洋上風力発電事業が計画されていることから、浮体に対する投資決定が行いやすい市場環境にあると考えられる。日本では、商船などの造船ビジネスがある中、あくまでも従来の造船業がメインで、浮体製造はサブで行われており、浮体の製造基盤を強化する大規模な投資などの経営判断は難しい市場環境である。

また、港湾や浮体の整備状況や製造・施工に必要な作業船等の不足も課題となっている。港湾は、秋田港、能代港、鹿島港、北九州港が基地港湾に指定されており、現在国土交通省港湾局の審議会を通じて、将来的な基地港湾の指定について議論がされている。2022年に実施された基地港湾の指定に係る意向調査においては、意向を示した13港のうち久慈港と北九州港の2港が浮体式洋上風力発電設備への対応の意向を示している（表 2-8）。ただし、まだ基地港湾への指定が確定している状況ではなく、拠点港等を明確にし、設備投資のハードルを下げることや海外への輸送も想定した基地港湾の検討等が課題として挙げられている。

作業船は、浮体の部材を輸送するための輸送船や把駐力試験等アンカーをとりまわすアンカーハンドリング船、浮体を曳航する曳航船が不足していること、製造・施工設備は、スパー型を製造する際に利用が想定される大型の曲げ加工が可能な設備や港湾で浮体に風車を搭載するリンガークレーンの不足が課題として挙げられた。

表 2-7 浮体製造における日本の課題

| 項目 | 内容 |
|---------|--|
| 市場規模 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 日本よりも中国・韓国のほうが、導入スケールが大きく、コスト競争力で優位。現在の日本の造船所はあくまでも船を造り浮体はサブで造るが、それではコスト競争力がない。 ・ 浮体のみを製造するのであれば、相当数製造可能だが、商船などの造船ビジネスもある。規模や1基あたりの価格などを踏まえ経営判断をする必要がある。 |
| 港湾 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 基地港湾は、国内の着床式案件を想定している場合が多い。北九州は浮体を想定した基地港湾を目指しているが、海外への輸送は想定していない。 ・ 浮体をドックから沈めるための設備、浮体を着底させるためのマウントも必要になるが、港湾関係のインフラ整備の費用負担を誰がするのか不明瞭である。 ・ メーカーが設備投資をするためにも、基地港や、どこで工事が行われるかが明確になる必要がある。 ・ 浮体を1つの造船所で一体的に製造できればコスト競争力が出ると思うが、12~15MW風車向けのセミサブ浮体は幅が100mを超えてくる。100m幅のドックは日中韓でもあまりない。 |
| 作業船 | <ul style="list-style-type: none"> ・ セミサブ型・バージ型のような浮体の部材のブロックを輸送することがありうるが、そのための船舶が不足している。 ・ 大型の浮体を曳航できる船舶が限定的。把駐力試験を実施するアンカーハンドリングタグのような馬力のある船舶も不足している。 ・ 地理的に近くとも、曳航船が少ないため用船費用が高価となり、日本からアジアへ浮体やブロックを曳航するのは難しいのではないかと。大量生産であれば、インドネシアやシンガポールでの製造が現実的。 |
| 製造・施工設備 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 大きな厚板を曲げ加工する工法もあるが、これは大型設備が必要であり、日本には存在しない。 ※上記に合わせて日本の造船所は平板の加工技術に優れるため、曲げ加工の必要のない浮体製造技術が検討されている。 ・ 風車が大型化すると、よりナセルの位置が高くなり、クレーンの高さも必要になるが、高さのあるクレーン（リンガークレーン）は不足している。 ※リンガークレーンの投資は、高額なため港内で SEP を使って施工することも想定できる。 |

表 2-8 基地港湾の指定等の意向のある港湾(ふ頭)

| 基地港湾の指定の意向のある港湾 | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|---------------|-----|---------------|-----|---------|----------|------|
| 港湾名 | 埠頭名 | ※PA: プレアッセンブリ | | | | | | |
| | | PAエリアの岸壁水深(m) | | PAエリアの岸壁延長(m) | | 隣接岸壁の有無 | 用地面積(ha) | |
| | | 現状 | 整備後 | 現状 | 整備後 | | 現状 | 整備後 |
| 北海道・東北・北陸ブロック | | | | | | | | |
| 稚内港 | 末広地区 末広埠頭 | -12 | -12 | 240 | 240 | 有 | 16 | 16 |
| 留萌港 | 三泊地区 三泊埠頭 | -12 | -14 | 240 | 520 | 有 | 36.3 | 47.7 |
| 石狩湾新港 | 新港東地区 東埠頭 | -10 | -12 | 185 | 230 | 有 | 12.6 | 13.6 |
| 室蘭港 | 崎守地区 崎守埠頭 | -12 | -12 | 240 | 240 | 有 | 17.5 | 17.5 |
| 青森港 | 油川地区 油川埠頭 | - | -12 | - | 460 | 有 | 10.9 | 17.1 |
| 久慈港 ※浮体式洋上風力発電設備への対応の意向あり | 諏訪下地区 諏訪下埠頭 | - | -12 | - | 300 | 無 | 4.1 | 20 |
| 酒田港 | 外港地区 | - | -12 | - | 230 | 無 | 41 | 41 |
| 新潟港 | (東港区) 南ふ頭地区 南ふ頭 | -10 | -12 | 230 | 230 | 無 | 29 | 29 |
| 福井港 (地方港湾) | 中央地区 中央ふ頭 | -10 | -10 | 185 | 185 | 無 | 2.4 | 15 |
| 東京・中部・関西ブロック | | | | | | | | |
| 御前崎港 | 女岩地区 西ふ頭 | - | -14 | - | 700 | 無 | 13 | 40 |
| 中国・四国・九州ブロック | | | | | | | | |
| 伊万里港 | 浦ノ崎地区 | - | -12 | - | 230 | 無 | 43 | 43 |
| 指定済みの基地港湾で拡張等の意向のある港湾 | | | | | | | | |
| 港湾名 | 埠頭名 | ※PA: プレアッセンブリ | | | | | | |
| | | PAエリアの岸壁水深(m) | | PAエリアの岸壁延長(m) | | 隣接岸壁の有無 | 用地面積(ha) | |
| | | 現状 | 整備後 | 現状 | 整備後 | | 現状 | 整備後 |
| 能代港 | 大森地区 大森埠頭 | -10 | -12 | 180 | 230 | 有 | 8 | 15 |
| 北九州港 | 響灘東地区 | -10 | -10 | 180 | 180 | 有 | 8 | 12.5 |
| | 響灘西地区 ※浮体式洋上風力発電設備への対応の意向あり | - | -15 | - | 540 | 無 | 39.8 | 39.8 |

出典:国土交通省港湾局、交通政策審議会 港湾分科会 環境部会 洋上風力促進小委員会(第17回)、新たな海洋再生可能エネルギー発電設備等拠点港湾(基地港湾)の指定に係る港湾管理者への意向調査の結果について

上記の日本の優位性、課題を踏まえたアジア展開への対応策・必要な支援に関する意見を表 2-9 に整理する。

アジア展開のために必要なものとして、案件形成、インフラ整備が挙げられた。資源エネルギー庁が実施するグリーンイノベーション事業のうち、洋上風力発電の低コスト化プロジェクトでは、“2030年までに、一定条件下(風況等)で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水

準で商用化する技術を確立”¹することが研究開発の目標とされているが、他方で欧州や韓国においては、既に商用案件の計画があり、2030年の商用化では技術開発のスピードで欧州に劣後するため、より案件形成を加速する必要性が考えられる。

加えて、浮体式洋上風力発電をアジアへ展開する方法として、日本の港湾から浮体を輸送する、または現地及び他アジア諸国で製造する方法が示され、それぞれにおいて日本またはアジアの基地港湾・造船所に対してインフラ整備が必要である。アジアにおいては、現地の造船所の設備の詳細調査や新たに造船所を開発する適地の検討が求められる。また、日本国内の浮体式洋上風力発電の案件開発も並行して進むことが考えられ、造船所のキャパシティを考えれば、ライセンスビジネスで展開する方法も示された。

インフラ整備は、案件形成により市場規模の見通しが示されてから行われることから、案件形成を促進すること、または国主導の案件形成、企業の投資に対する補助金等の支援が有効と考えられる。

表 2-9 アジア展開への対応策・必要な支援

| 項目 | 内容 |
|--------|--|
| 案件形成 | <ul style="list-style-type: none"> 国際的に競争力を保つために、浮体の案件形成の加速は必須。国内が遅いとアジア展開に間に合わなくなってしまう。GI 基金よりも先行して、他国で実証をするべきとも思う。 |
| インフラ整備 | <ul style="list-style-type: none"> 浮体の大量生産及びアジアへの輸出に特化した基地港湾の整備が必要。 台湾のCSBCやフィリピンの常石造船の造船所など、アジアにも設備として十分な造船所はあるが、他社の設備であるため使いたいときに使えるわけではない。シンガポールは、鉄の加工能力に限界があると考えている。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> 検討を具体化できていない。何をすべきか整理するところから始める必要がある。 欧州であっても、1GWクラスの案件では、鉄の加工能力から供給能力の課題に直面すると考えている。日本市場でも、供給力の観点から、国内の造船所からかき集めることになる中、アジア向けの製造は難しい。ライセンスビジネスでのアジア展開もあり得る。 国益に資する事業は強い後押しがあってもいいのではないかと。 |

ヒアリングを通じて示された浮体式洋上風力発電をアジアへ展開する方法について、それぞ

¹ 資源エネルギー庁、グリーンイノベーション基金事業「洋上風力発電の低コスト化」プロジェクトに関する 研究開発・社会実装計画

れの特徴を表 2-10 に示す。

表 2-10 アジア展開における浮体の製造拠点

| | 日本からの輸送 | 現地及び他アジア諸国での製造 |
|----|--|---|
| 利点 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 現地や他アジア諸国で大きな造船所等の確保が難しいなどインフラが不十分であっても、日本から曳航、設置が可能。 ・ 特に、アジア諸国のインフラが未整備の初期に行い、段階的に現地、他アジア諸国での製造に移ることも想定される。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 現地等の雇用増加、産業振興が期待できるため、橋梁のブロック製造など現地雇用をうまく作り出しながら進出してきた日本企業のスキームと親和性が高い。現地の雇用ごと取ってしまう中国企業と比較して、リレーションの観点からは優位性がある。 ・ 日本国内の案件形成と競合しない。 |
| 課題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 日本国内においても浮体の輸出を想定した港湾が未整備であり、曳航船なども不足している。 ・ 曳航中の台風遭遇へのリスク対応が必要。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 浮体を組み立てるための広いドック・港湾が必要。また、大型の設備でなくとも、浮体のブロックを供給する造船会社や鉄鋼会社が必要となる。 |

2.3 海外事業者ヒアリング調査

2.3.1 ヒアリングの対象及び内容

欧州発電事業者の日本支社に対してヒアリングを実施した。

表 2-11 浮体に関する海外事業者ヒアリング対象

| 企業名 | 分類 |
|---------|-------|
| RWE | 発電事業者 |
| Equinor | 発電事業者 |
| Ørsted | 発電事業者 |

ヒアリング項目は以下の通り国内企業と同様の内容を確認した。

- ・ 過去に採用した、現在検討している浮体の特徴
- ・ 各浮体形式で適していると考えられる自然条件
- ・ 特に日本・アジアでの導入が期待される浮体形式
- ・ 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ設計で考慮すべき点
- ・ 日本の浮体製造で優位性があると思われるもの

2.3.2 ヒアリング結果

① 各浮体形状の特徴

各社、デモプロジェクトを通じて各種の浮体形式を検討している段階。特定の形式を選定する意図ではなく、建設地の環境条件や港湾周辺で供給可能な部材などの各種条件を鑑み、プロジェクト別の最適解を選定できるよう、社内知見を蓄積する取り組みを行っている。

- スパー型：ノルウェーにおいてはコンクリート製造インフラがある点、建設に適した水深が深く静穏なフィヨルドがある点から実績としては先行している。一方で他の海域では深く静穏な海域の確保が難しいとの見解あり。
- 鋼製セミサブないしサブマージ：施工時・曳航時の喫水が小さくできる点をメリットとして、各種の提案がなされている。一方で、セミサブ型の浮体を組み立てられる造船所には規模が必要なため大量生産について課題が残る。
- コンクリート浮体：ノルウェーのフィヨルドを利用してスパー基礎のスリップフォーム工法（縦方向に連続打設）が可能。建方時に水深を要するため他の海域への適用は制約がある。
- TLP 型：動揺に対する剛性の高さ、また漁業への面的な影響の小ささから各社注目しているが、デモプロジェクトはこれから。

表 2-12 各浮体の特徴

| 項目 | 内容 |
|------|-------------------------------------|
| スパー型 | ・ ノルウェーではフィヨルド内に設けた岸壁に設置したクレーンが届く範囲 |

| | |
|------------|---|
| | <p>で100m以上の水深が確保できるため、スパー型浮体の上に風車をアッセンブリする事が可能。また、コンクリート製の浮体を製造する既存インフラもあるため、ノルウェー国内調達も考慮すると、コンクリート製のスパーに競争力があると考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリート製スパーは鋼製の補強が必要となりコスト競争力が低い印象。 |
| セミサブ型 | <ul style="list-style-type: none"> ・ セミサブ型は水深10m以上の岸壁があればよく港湾インフラの制約が少ない。一方で大量生産に課題がある。 <p>※大量生産が難しい理由(セミサブ型は規模の大きいドックが必要・セミサブはスパーやバージと比較して構造が複雑)</p> |
| TLP 型 | <ul style="list-style-type: none"> ・ カテナリー形式では係留策のコストが重要となり、TLP であれば対漁業面で有利。 |
| 浮体形式検討の方向性 | <ul style="list-style-type: none"> ・ デモプロジェクトでは異なるパートナーとバージ、セミサブ、テトラスパーといった異なる浮体形式を検討している。商用段階では、デモプロジェクトの知見を活かして、それぞれ最適な浮体形式を選択する。 ・ 特定の浮体形式を優先せず、複数の案を比較している。いくつかの案に絞り込み、プロジェクト用にカスタマイズしつつそれぞれ一定量の導入を目指す。 |

② 日本・アジアで導入が期待される浮体形状

特定の形式を優先して検討する段階ではなく、前項のデモプロジェクトを通じて各社プロジェクトベースで最適解を得るための知見を蓄積している段階。主な見解としては：

- スパー型は欧州での知見が得られつつあるが、国内環境では施工・建方時に十分な水深が確保できず、適用範囲が制限される。
- 鋼製セミサブないしサブマージ形式が今のところ実現性が高い。
- コンクリート浮体は各社検討しているが、港湾設備に十分な耐力・スペースが確保できるかが課題。また補強のための鋼材が多くなり(ハイブリット化)、結果的に鋼材に対するコスト競争力が失われる懸念がある。
- TLP 型：地震時(鉛直動・液状化)挙動について今後の検討が必要。

表 2-13 日本・アジアで導入が期待される浮体形状

| 項目 | 内容 |
|------------|---|
| セミサブ型・スパー型 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 日本を含めノルウェー以外の地域においてはスパーのアッセンブリに適した港湾を確保する事は難しく、既存の造船所などの鋼構造物を製造するインフラを活かした鋼製セミサブに競争力があるのではないかと考えている。 ・ 運転する海域の条件によるスパー・セミサブの差異はない。 |

| | |
|-------|---|
| TLP 型 | <ul style="list-style-type: none"> 地震水平動に対して高い耐震性能が期待できること、また漁業への影響を最小限にできることから日本市場への適用が高い。ただし鉛直地震動に対する性能に関しては研究開発が必要。 |
| 浮体の材料 | <ul style="list-style-type: none"> 欧州では特にノルウェーのフィヨルドにて、スリップフォーム工法によるスパー製造が可能であるが、日本・アジアでは同様の地形がなくコンクリート浮体の価格競争力が低い見通し。そのため鋼製浮体が、サプライチェーン・製作能力が十分に存在するため現時点で最適と感ずる。 |

③ 欧州と日本・アジアの違い、それを踏まえ考慮すべき点

自然環境の差としては、疲労荷重等、波浪条件そのものについては欧州のほうが厳しいという見解があるものの、台風・地震等の極値荷重については日本のほうが厳しい。疲労過重は接合部等の部分的な補強である程度対応できるが、極値荷重増加は、浮体のサイズを大きくして対応する必要がある。その結果として欧州と比べてアジアでは、浮体サイズが大型化するはずという見解は共通している。また日本海側の落雷については、欧州では経験していない厳しさで影響の観察・検証が必要ある。

全般として、浮体の導入は港湾インフラ等サプライチェーン側の制約のほうがより多い。台風等を考慮した負荷分析は必要だが浮体の設計技術自体については欧州と大きく変わらず、着床式基礎の導入経緯と変わらないという反応であった。各海域のサプライチェーンの制約により、最適な浮体形式の選定も影響を受けることになる。前項記載の通り、欧州と異なりフィヨルドのような水深が十分かつ静穏な海域が日本・アジアには無いため、基礎形式・施工方法に制約が出る。バージ型やセミサブ型であれば10m 弱の水深で風車据え付けができるため、港湾のクレーンで施工することが可能。

市場環境の差としては、日本政府の導入目標容量は野心的である一方で、海域利用の許認可プロセスにおいて、公募の入札に敗れてしまうとその海域の調査・開発への投資が無駄になってしまう。また FIT (固定価格買い取り制度) 以外のフレームワークが構築されておらず、十分な量の浮体式プロジェクトの見通しが立っていないこともあり、投資家にとって、日本における洋上風力事業への投資判断が難しい状況にある。

さらに政府の民間との対話姿勢についても欧州とアジアでは異なる。例えば英国では、大使館 (Department for Business and Trade 等) を通じ、諸外国への洋上風力技術の売り込みや自国企業と現地企業との引き合いに力を入れている。具体的には現地の大使館が、シンポジウムや勉強会を設定し、そこに英国企業や現地の企業を招待するなどの取り組みを行っている。他の欧州各国に関しても似た取り組みをしている中、アジアではその対話の開催に時間を要することが多いという見解がある。また洋上風力プロジェクトについて認証機関の姿勢についても、同様の傾向がある。欧州では、認証機関と事業者や技術コンサルティング会社間の人材流動性が高く、双方の対話や意思疎通がより実践的でスムーズであるとの指摘もある。

表 2-14 欧州と日本・アジアの自然条件の違い、それを踏まえ考慮すべき点

| | 日本・アジア | 欧州 |
|----------|--|---|
| 運転時の自然条件 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 台風、地震あり →極値荷重の影響から欧州と比べて浮体の大型化 ・ 落雷（日本海側） →浮体への影響は検証が必要 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 平常的な強風、地震なし |
| 施工時の自然条件 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 静穏で深い海域がない →喫水の深いスパー型の風車据え付け施工が困難 | <ul style="list-style-type: none"> ・ フィヨルド（静穏で深い海域）あり →スパー型風車の据え付け施工が容易、またスリップフォーム工法によるスパー型製造が可能 |
| 海域利用政策 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 海域占用ルール（再エネ海域利用法）において、海域・プロジェクトごとに公募が行われる。公募に負けてしまうと、調査・開発への投資を回収できない。（日本） | <ul style="list-style-type: none"> ・ 多数のエリアが同時に入札に出され、開発している海域で繰り返し入札に参加できる。（英国） →調査・開発の投資回収の予見性が高い。 |

④ 浮体製造における日本の優位性と課題

国内向け、またアジア展開向けを想定した日本の優位性としては、立地による輸送にかかる時間、コスト、CO2 排出量の少なさは挙げられる。技術力についても十分ではあるが、日本産業は中韓勢と比較して造船所の規模が小さく大量生産化をあまり得意としていない。将来的なプロジェクトのパイプラインを明確に示すことにより、量産に向けた企業の投資（設備・人材両面）を促進する必要がある。欧州市場での需要が今後加速すると予想されるため、導入容量目標の具体的な達成プロセス（英国ではすでに 40GW 程度の海域リースが終了）を示すなど政策として十分なコミットメントを示さないと、国内・アジア市場用サプライチェーンの確保が困難になる。

また、中国や韓国との造船業との比較においては、両国の造船業はオイル&ガス業界の経験から、大規模な造船設備を有しており、大型船建造・大量生産に優れているものの、LNG 関連需要や国内市場の対応を優先しており、浮体基礎や作業船建造に対応する余裕を持っていないため、日本企業が先行できる余地はあるとする一方で、日本の人件費の高さからコスト競争力が十分であるかは分からないとの見解がある。

合成繊維による係留索など、素材産業の強さは日本の優位性である。それらをいかに商業ベースに乗せるかが課題である。

表 2-15 浮体製造における日本との優位性

| 項目 | 内容 |
|------|--|
| 立地 | ・ 欧州企業と比較すると、日本はアジアに対して地理的に近く、輸送にかかる時間・コスト・CO2 排出量の低減ができる。 |
| 素材技術 | ・ 素材産業には可能性があるように感じる。例えば帝人のアラミド係留索。 |

表 2-16 浮体製造における日本の課題

| 項目 | 内容 |
|----------------|--|
| 政府による導入見通しの明確化 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 製造業は、明確な投資がなされないと動けない。事業者は、政府から長期的なプロジェクトパイプラインについての明確なコミットメントが示されないと、投資判断が下せない。 ・ 規制面では、FIT 以外のフレームワークが構築されておらず、十分な量の浮体式洋上プロジェクトの見通しが立っていない。 |
| 大量生産 | ・ アジア向けの浮体技術の選定という意味では、大量生産の可能性がキーとなる。日本産業は技術開発には優れるが、大量生産化という部分はあまり得意ではない。 |
| コスト競争力 | ・ 浮体製造に関してはチャンスがあると感じる。オイル&ガス業界での経験から、中国や韓国の造船ファブはマネジメント力に優れていると感じるかが、彼らは LNG 関連の需要や国内市場で手いっぱいに見える。その部分で日本企業がアジア地区の浮体マーケットで先行できる余地はありそう。ただし人件費の点からコスト競争力が十分かはわからない。 |

⑤ 海外事業者ヒアリングのまとめ

欧州事業者いずれも、特定の浮体形式を優先せず、あえて複数のデモプロジェクトに取り組むことによって今後の商用プロジェクトに対して個別の最適解を得るための知見を収集している段階である。欧州の先行事例は、フィヨルドを活用したスパーが先行しているが、同等の海域が見つけれない日本国内の案件ではバージ・セミサブ系が有力と予想され、港湾施設の整備が期待される。

最適な浮体形式の選定は、その市場・海域固有のサプライチェーンおよび施工条件によって制約されるが、現状では日本国内に十分な規模のサプライチェーン自体が存在せず、まずはサプライチェーンを充実させるため導入容量目標の具体的な達成プロセス（英国ではすでに40GW 程度の海域リースが終了）を示すなどの政府のコミットメントを期待しているという声が共通している。

2.4 まとめ

(1) 各浮体形状の特徴

浮体形式の特徴については、実証などを通じて特徴が整理されてきており(図 2-3 表 2-3)、波高や水深等の自然条件、ドックや港湾インフラ等の社会条件によって、適切な浮体形状を選定する事となる。

(2) 日本・アジアで導入が期待される浮体形状

欧州の事業者からは、特定の浮体を有望と判断する段階ではないという意見があったが、日本国内の社会条件も把握している国内の事業者からは、浮体の安定性と風車据え付け施工の実現性の観点からのセミサブ型に対する期待が大きかった。

ただし、風車施工の可能な静穏で深い海域がある場合にはスパー型も有望と考えられる。なお、安定性能の観点からは TLP 型も考えられるが、施工しやすさや水深が大きくなった場合の係留コストを踏まえると前述の2形状の方が優位なものと考えられ、また技術開発の状況からも、既に導入が進むセミサブ型・スパー型が国際競争の関係からは望ましいと考えられる。

(3) 欧州と日本・アジアの自然条件の違い、それを踏まえ考慮すべき点

欧州と日本・アジアの差について、自然条件としては、欧州が毎年強い風が吹くことによる疲労荷重の観点で設計するのに対して、日本・アジアでは、台風の進路と重なった場合の最大荷重の観点から設計することが挙げられた。最大荷重対策のため、日本・アジア向けの風車は大型化し、浮体も大きくなるという意見もある一方で、双方の差を踏まえるとスペック差は無いとの意見もあり、個別の案件での詳細検討にもよるものと考えられる。市場環境としては、海域占用に係る政策の不透明性、規制や支援が整っていない点、浮体製造を行うための大規模な港湾等のインフラが整っていない点、政府や認証機関の民間事業者への対話姿勢の差などで欧州市場と比較してアジア市場の方が投資判断しづらいとの意見があった。

(4) 浮体製造における日本の優位性と課題

浮体製造における日本の優位性としては、欧州企業と比べた場合には、設計・製造技術、地理的優位性、日本国内の造船所数の多さが挙げられる。一方で、これらの優位性は日中韓3か国に共通していることもあり、人件費等を踏まえると中国企業の方がコスト面では優位となる可能性がある。また、中国・韓国は、日本よりも洋上風力発電の導入目標が高いことや、具体的な大規模の浮体式洋上風力発電事業が計画されていることから、浮体に対する投資決定が行いやすい点で差があると考えられる。他方で、両国は LNG 関連需要や国内市場の対応を優先するため、アジア展開において日本企業が先行できる余地はあるとの意見もあった。

(5) 日本の浮体製造推進に向けて

日本においては、造船所数の多さなど浮体製造に活かせる優位性があるものの、中国・韓

国と比較し、浮体式洋上風力発電の導入目標や具体的な案件の規模で劣後することから、企業の投資判断が進まないこと、港湾等のインフラ整備等も進まず、コストが高止まりしていることが課題と考えられる。

こういった状況を踏まえ、浮体式洋上風力発電としての導入目標の拡大やグリーンイノベーション基金事業の完了を待たずに、国内で大型の案件形成を図り、投資を促すべきという意見があった。

特に日本の造船事業者においては、既存の商船等の建造機会がある中、リソースを浮体に投入するにあたり経営判断が必要となる。したがって、上記の市場規模拡大や予見性向上のための取り組み（早期の商用案件形成）等のほか、アジア展開等を支援するための支援（補助金）等が求められている。

第3章 洋上風力発電作業船の実態把握調査

3.1 基礎調査

ヒアリング調査に先立ち、洋上風力発電作業船の基礎情報を整理するために、公開情報から文献調査を行った。計画を含め 2010 年以降に建造の SEP・SOV を対象とし、その主要スペックやプレイヤーについて整理した。調査においては、SEP が 30 隻、SOV が 68 隻確認された。

(1) 建造数の経年傾向

① SEP

SEP の建造数の経年傾向を図 3-1 に示す。SEP は、2012 年の 6 隻以降、2021 年まで建造数は低迷し、2022 年以降の建造計画が増えてきている。風車の大型化に伴い、クレーンの吊り上げ能力が高い SEP が建造されるものと想定された。

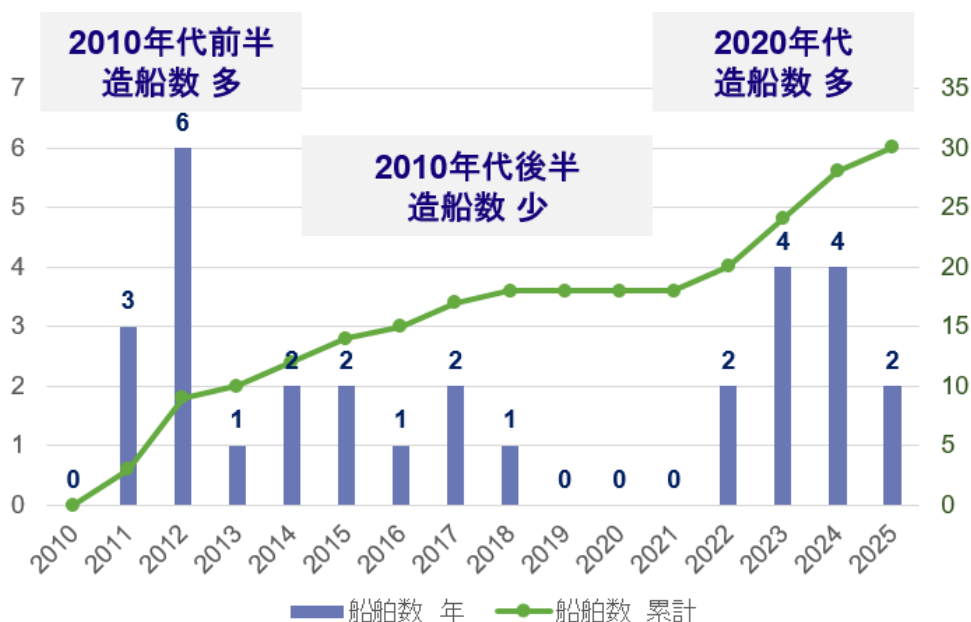


図 3-1 SEP の年別造船数(隻)

出典:各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

② SOV

SOV の建造数の経年傾向を図 3-2 に示す。SOV は、2013 年以降継続的に建造されている。2023-2024 年において、2010 年代に最高だった 2014 年の二倍のペースでの造船が予定されている。windファームの沖合化に伴い、CTV よりも SOV の需要が高まっていると想定される。

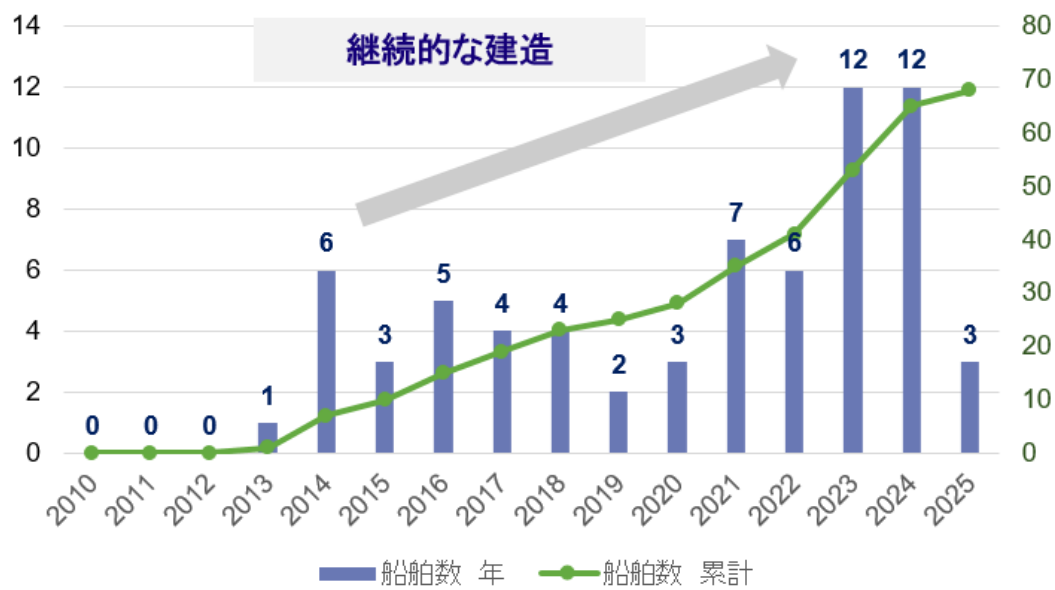


図 3-2 SOV の年別造船数(隻)

出典:各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(2) 建造数の経年傾向

① SEP

SEP のスペックは、クレーン吊り上げ重量と対応深度に着目し、経年傾向を整理した。クレーンの吊り上げ重量の経年傾向を図 3-3 に、海域の対応深度の経年傾向を図 3-4 に示す。

SEP のクレーン吊り上げ重量は、2020 年代に入り大型化しており、建造予定も含めた 11 隻のうち 8 隻が 2000t 以上となっている。また 2010 年代では 1500t の吊り上げ重量が最大であったが、2020 年代では、2 倍を超える 3200t の SEP も造られている。

また対応深度は、深化の傾向があり、2010年代は60m 以浅の SEP が主流であったが、2020年代に入り7隻中6隻が60m 以深の対応深度となっている。

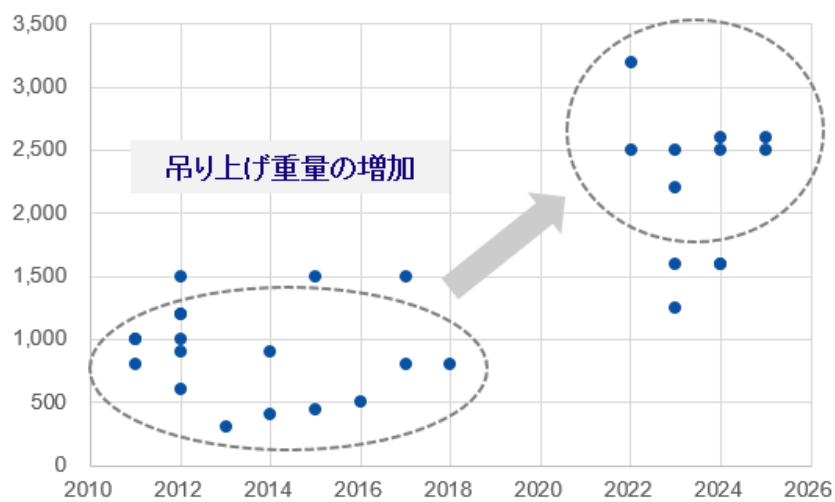


図 3-3 SEP のクレーン吊り上げ重量(t) 推移

出典:各社 HP 等よりみずほりサーチ&テクノロジーズ作成

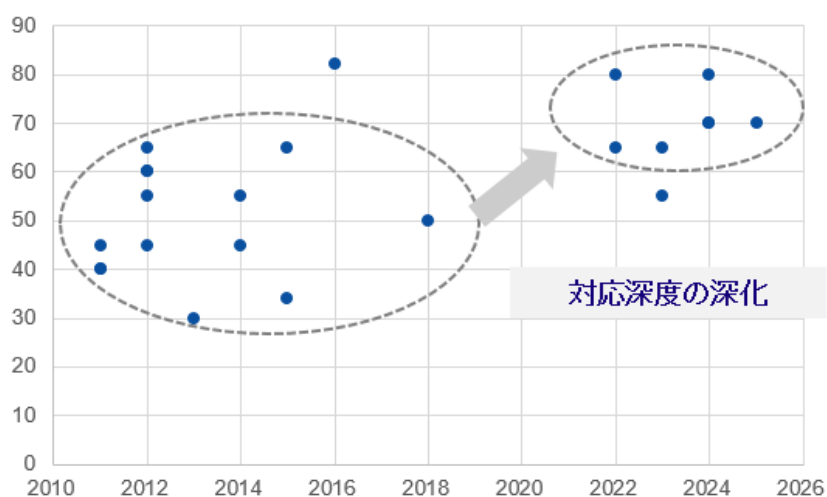


図 3-4 SEP 船の対応深度(m) 推移

出典:各社 HP 等よりみずほりサーチ&テクノロジーズ作成

② SOV

SOV のスペックは、輸送容量を示す搭乗人員数とデッキ面積に着目し、経年傾向を整理した。搭乗人員数の経年傾向を図 3-5 に、デッキの広さの経年傾向を図 3-6 に示す。これらスペックに関して、経年的な傾向は見受けられなかった。

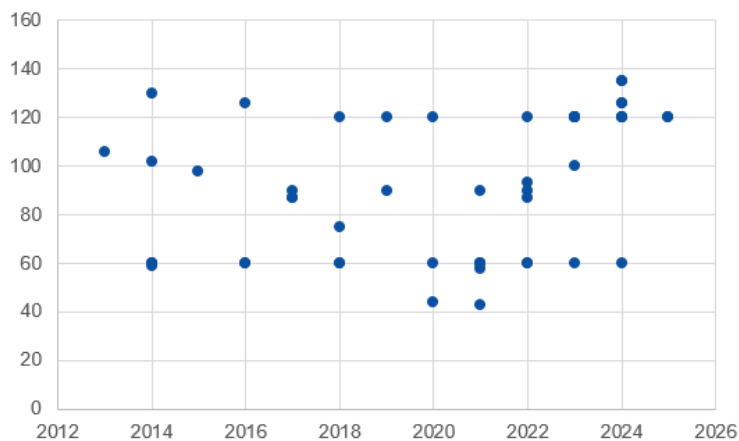


図 3-5 SOV の搭乗人員数(POB) 推移

出典:各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

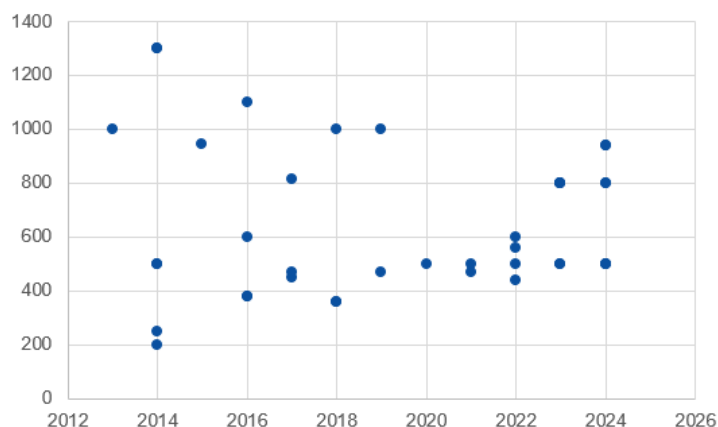


図 3-6 SOV のデッキ面積(m²) 推移

出典:各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

(3) プレーヤー整理

洋上風力発電作業船にかかるプレーヤーとして、作業船の運用・設計・建造それぞれ3つの役割について、プレーヤーの企業とその国籍を整理した。

① SEP

SEP の運用に係るプレーヤーの国籍の割合を図 3-7 に、企業別の保有状況(公表されている取得予定も含む)を表 3-1 に示す。国籍としては、ベルギー、デンマーク、オランダの3国で7割以上を占めている。企業別では、ベルギー-DEME 傘下の GeoSea とデンマークの Cadeler の保有数が多く、欧州企業が運用プレーヤーとして大部分を占めている。

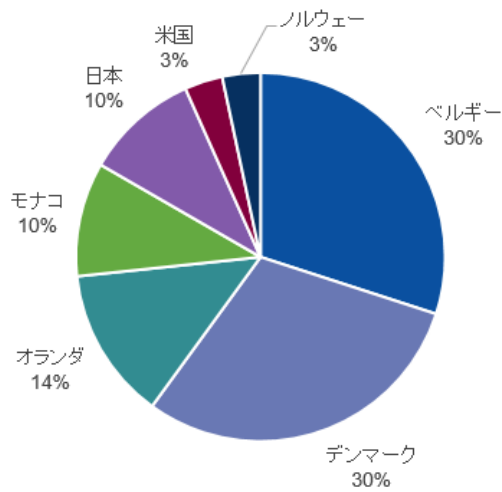


図 3-7 2010 年以降建造の SEP 船の国別保有状況

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

表 3-1 2010 年以降建造の SEP の企業別保有状況

| 企業名 | 国籍 | 保有船数 |
|---------------------|---------------------------|------|
| GeoSea | ベルギー(deme) | 6 |
| Cadeler A/S | デンマーク | 6 |
| Jan De Nul | ベルギー | 3 |
| Ziton(DBB Jack-Up) | デンマーク | 3 |
| Seajacks | イギリス(親会社 Eneti の Hq はモナコ) | 3 |
| Van Oord | オランダ | 2 |
| Vroon | オランダ | 1 |
| BAM-Clough JV | オランダ(BAM グループ) | 1 |
| Penta-Ocean | 日本 | 1 |
| Shimizu Corporation | 日本 | 1 |
| Dominion Energy | 米国 | 1 |
| Seaway 7 | ノルウェー | 1 |
| 大林組、東亜建設 | 日本 | 1 |

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

SEP の設計に係るプレーヤーの国籍の割合を図 3-8 に、企業別の設計状況(公表されている取得予定も含む)を表 3-2 に示す。企業別では、オランダの GustoMSC が過半数の SEP 船を設計している。GustoMSC 以外においても設計はほぼ欧州勢で行われている。

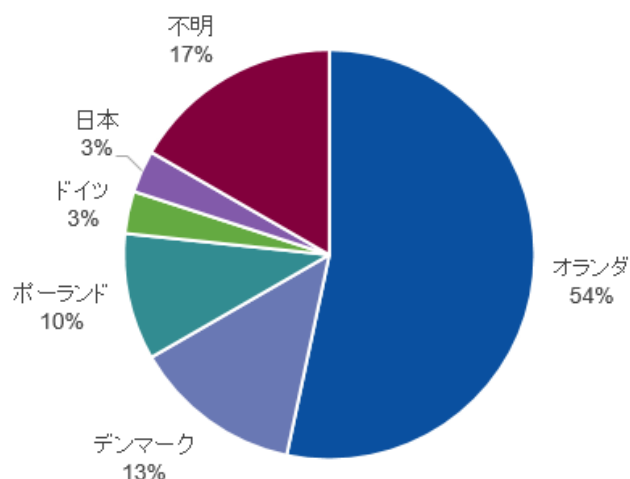


図 3-8 2010 年以降建造の SEP 船の国別設計状況

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

表 3-2 2010 年以降建造の SEP の企業別設計状況

| 企業名 | 国籍 | 合計 |
|-----------------------|-------|----|
| GustoMSC | オランダ | 16 |
| Knud E.Hansen | デンマーク | 4 |
| StoGda | ポーランド | 3 |
| Overdick GmbH & Co KG | ドイツ | 1 |
| ジャパンマリンユナイテッド | 日本 | 1 |
| 不明 | - | 5 |

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

SEP の建造に係るプレーヤーの国籍の割合を図 3-9 に、企業別の建造状況（公表されている取得予定も含む）を表 3-3 に示す。企業別でも中国の COSCO、韓国の Samsung、Daewoo が多数実績を獲得しており、韓国と中国で合わせて 6 割強のシェアを占めている。

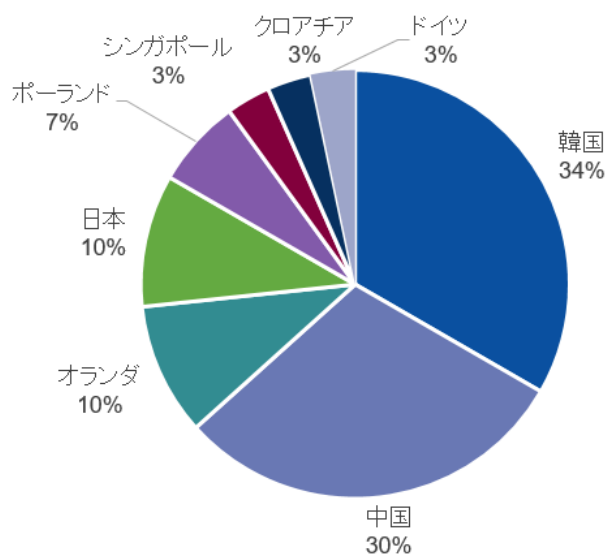


図 3-9 2010 年以降建造の SEP 船の国別建造状況

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

表 3-3 2010 年以降建造の SEP の企業別建造状況

| 企業名 | 国籍 | 合計 |
|---|--------|----|
| COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 中国 | 8 |
| Samsung Heavy Industries | 韓国 | 5 |
| 大宇造船海洋 (Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering) | 韓国 | 4 |
| ジャパンマリンユナイテッド | 日本 | 3 |
| CRIST s.a., Poland | ポーランド | 2 |
| Keppel AmFELS | シンガポール | 1 |
| Royal IHC | オランダ | 1 |
| Uljanik Shipyard | クロアチア | 1 |
| Damen Shiprepair & Conversion※改造 | オランダ | 1 |
| China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd | 中国 | 1 |
| Huisman※改造 | オランダ | 1 |
| Nordic Yards, Germany | ドイツ | 1 |
| Hyundai HI, South Korea | 韓国 | 1 |

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

② SOV

SOV の運用に係るプレーヤーの国籍の割合を図 3-10 に、企業別の保有状況（公表されている取得予定も含む）を

表 3-4 に示す。国別の SOV の保有船数としてはノルウェー・オランダ・デンマークの会社で 7 割近くを占めている。企業別では、デンマークの ESVAGT とノルウェーの Edda Wind の保有が多い。一方で Edda Wind に関しては半数以上が 2023 年以降導入予定の船である。

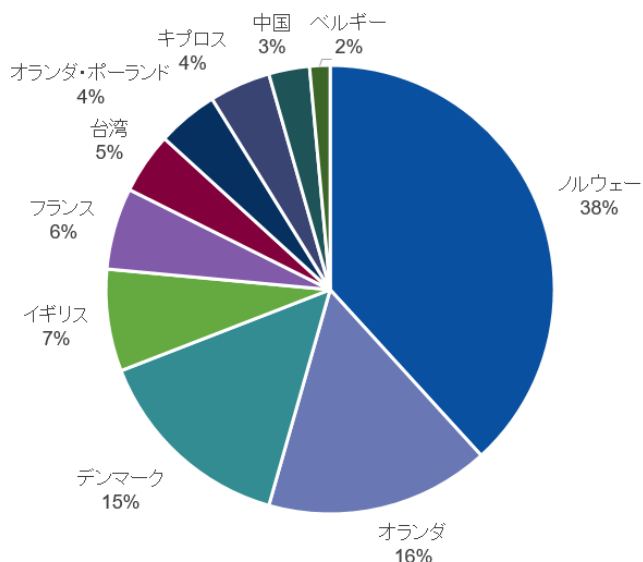


図 3-10 2010 年以降建造の SOV の国別保有状況

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

表 3-4 2010 年以降建造の SOV の企業別保有状況

| 企業名 | 国籍 | 保有船舶数 |
|---|------------|-------|
| ESVAGT A/S | デンマーク | 9 |
| Edda Wind | ノルウェー | 9 |
| Acta Marine BV | オランダ | 5 |
| Norwind Offshore | ノルウェー | 5 |
| Integrated Wind Solutions | ノルウェー | 4 |
| North Star Renewables | イギリス | 4 |
| Glomar Offshore Windsupport BV | オランダ・ポーランド | 3 |
| Bernhard Schulte Ship Management - BS Offshore- | キプロス | 3 |
| Norside Wind | ノルウェー | 3 |
| REM Offshore ASA | ノルウェー | 2 |
| Dong Fang Offshore | 台湾 | 2 |
| Vroon Group BV | オランダ | 2 |

| | | |
|--|-------|---|
| Louis Dreyfus Armateurs | フランス | 2 |
| Bourbon Offshore | フランス | 2 |
| Shanghai Electric | 中国 | 2 |
| Olympic | ノルウェー | 2 |
| Windcat Offshore | オランダ | 2 |
| Royal Wagenvorg | オランダ | 1 |
| Siem Offshore Contractors (船の所有は Subsea7) | ノルウェー | 1 |
| Wagenvorg Offshore | オランダ | 1 |
| C-bed | デンマーク | 1 |
| Bibby Marine Ltd. | イギリス | 1 |
| DEME Offshore | ベルギー | 1 |
| Ta San Shang Marine Co. Ltd. | 台湾 | 1 |

出典:各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

SEP の設計に係るプレーヤーの国籍の割合を図 3-11 に、企業別の設計状況（公表されている取得予定も含む）を表 3-5 に示す。SOV の設計に関しては、ノルウェーが一国で 7 割超を占めている。残りの部分の大半もオランダとイギリスで占められており、SEP 船と同様に欧州勢がシェアの大半を占めている。企業別では、Ulstein、Havyard、Vard、Salt の設計数が多く、これらはいずれもノルウェーの企業である。

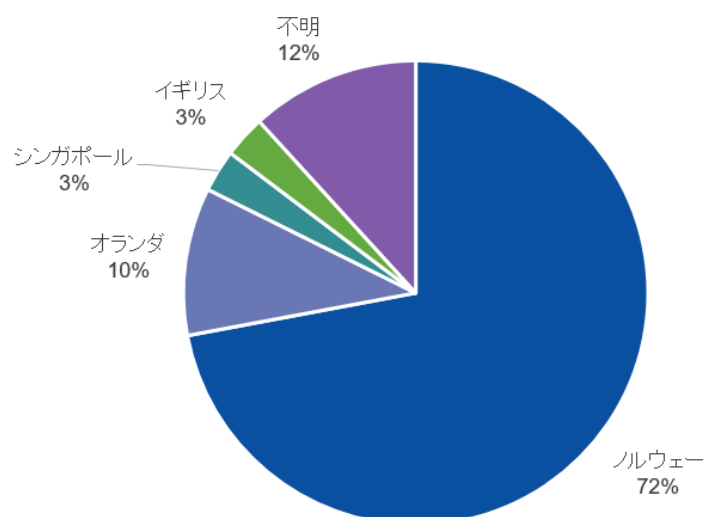


図 3-11 2010 年以降設計の SOV の国別保有状況

出典:各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

表 3-5 2010 年以降建造の SOV の企業別設計状況

| 企業名 | 国籍 | 設計船舶数 |
|-------------------------------|--------|-------|
| Ulstein Verft AS | ノルウェー | 13 |
| Havyard | ノルウェー | 11 |
| VARD | ノルウェー | 10 |
| Salt | ノルウェー | 9 |
| Kongsberg Maritime | ノルウェー | 6 |
| Damen Shipyards Group | オランダ | 3 |
| KCM | シンガポール | 2 |
| Rolls Royce | イギリス | 2 |
| Royal Wagenborg | オランダ | 1 |
| Royal Niestern Sander | オランダ | 1 |
| DEKC Maritime | オランダ | 1 |
| VUYK ENGINEERING ROTTERDAM | オランダ | 1 |

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

SOV の建造に係るプレーヤーの国籍の割合を図 3-12 に、企業別の建造状況（公表されている取得予定も含む）を

表 3-6 に示す。SOV の建造に関しても、ノルウェーが最大シェアを持つ点は保有・設計状況と同様である。一方で造船においては中国が一定のシェアを有し、その中で 10 隻中 8 隻は 2023 年以降の受注となっており、シェアを伸ばしている。企業別でみると、VARD、Havyard、Ulstein ら設計でもシェアを有している企業のシェアが高い。一方、中国 China Merchants Industry は 2023 年以降 6 隻の建造を受注しており、中国勢のシェア向上をけん引している。

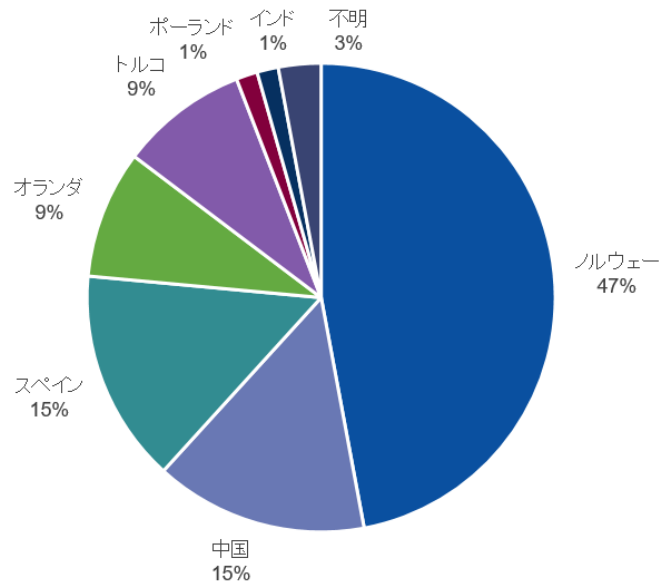


図 3-12 2010 年以降設計の SOV の国別建造状況

出典：各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

表 3-6 2010 年以降建造の SOV の企業別建造状況

| 企業名 | 国籍 | 設計船舶数 |
|---------------------------------------|-------|-------|
| VARD | ノルウェー | 10 |
| Havyard AS | ノルウェー | 8 |
| Ulstein Verft AS | ノルウェー | 8 |
| Astilleros Gondán | スペイン | 7 |
| China Merchants Industry, Hong Kong | 中国 | 6 |
| Cemre Shipyard | トルコ | 4 |
| Damen Shipyards Group | オランダ | 3 |
| Fjellstran | ノルウェー | 3 |
| Royal Niestern Sander | オランダ | 2 |
| Fujian Southeast Shipbuilding Co. Ltd | 中国 | 2 |
| Astilleros Balenciaga | スペイン | 2 |
| ZPMC | 中国 | 2 |
| Tersan Shipyard | トルコ | 2 |
| Kleven Verft AS | ノルウェー | 1 |
| NAUTA S.A. Poland | ポーランド | 1 |
| DEKC Maritime | オランダ | 1 |
| Zamakona Shipyard | スペイン | 1 |

| | | |
|-----------------------------------|-------|---|
| BHARATI SHIPYARD GOA - GOA, INDIA | インド | 1 |
| Green Yard Kleven | ノルウェー | 1 |
| ULSTEIN VERFT AS(Fjellstran 改造) | ノルウェー | 1 |
| 不明 | 不明 | 2 |

出典:各社 HP 等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
 ※保有企業の本社所在地にて、国を分類している。

調査した SEP・SOV の一覧を表 3-7 に示す。

表 3-7 SEP 調査結果

| 船名 | 完成 | 所有者 | 基本設計 | 建造 | クレーン重量 / ton | 対応深度 / m | 喫水 / m | デッキ面積 /m2 | 積載可能重量 / ton | 搭乗人員 /POB | 風速 / m/s |
|----------------------------|------|--------------------|----------------|--|--------------|---------------|--------|-----------|--------------|-----------|----------|
| Wind enterprise | 2011 | Ziton(DBB Jack-Up) | - | 大宇造船海洋(Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering) | 800 | 45 | 4.5 | 2,850 | 4,500 | 24 | 25 |
| MPI Adventure | 2011 | Van Oord | GustoMSC | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 1,000 | 40 | 4.1 | 3,600 | 6,000 | 112 | 21 |
| Taillevent (MPI Discovery) | 2011 | Jan De Nul | GustoMSC | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 1,000 | 40 | 5.2 | 3,600 | 6,000 | 112 | - |
| MPI Enterprise | 2012 | Vroon | - | 大宇造船海洋(Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering) | 1,000 | 45 | 4.7 | 2,850 | 4,500 | - | 25 |
| Sea Installer | 2012 | GeoSea | GustoMSC | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 900 | 55 | 5.8 | 3,350 | 6,000 | 60 | - |
| Innovation | 2012 | GeoSea | StoGda | CRIST s.a., Poland | 1,500 | 65 | 7.3 | 3,400 | 8,000 | 100 | - |
| Neptune | 2012 | GeoSea | GustoMSC | Royal IHC | 600 | 92※leg length | 7.2 | 2,000 | 1,600 | 60 | - |
| pacific orca | 2012 | Cadeler A/S | Knud E. Hansen | Samsung Heavy Industries | 1,200 | 60 | 6.0 | 4,300 | 8,400 | 111 | 20 |
| pacific osprey | 2012 | Cadeler A/S | Knud E. Hansen | Samsung Heavy Industries | 1,200 | 60 | 6.0 | 4,300 | 8,400 | 111 | 20 |
| IB-914 | 2013 | BAM-Clough JV | GustoMSC | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 300 | 30 | 2.4 | - | - | - | - |

| 船名 | 完成 | 所有者 | 基本設計 | 建造 | クレーン重量/ ton | 対応深度 / m | 喫水 / m | デッキ面積 /m2 | 積載可能重量 / ton | 搭乗人員 /POB | 風速/ m/s |
|-----------------|------|---------------------|-----------------------|---|-------------|----------------|--------|-----------|--------------|-----------|---------|
| J/U Wind Server | 2014 | Ziton(DBB Jack-Up) | - | Nordic Yards, Germany | 400 | 45 | 4.5 | 1,000 | 1,760 | 24 | 25 |
| Sea Challenger | 2014 | GeoSea | GustoMSC | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 900 | 55 | 5.8 | 3,350 | 7,400 | 90 | - |
| Seajacks SCYLLA | 2015 | Seajacks | GustoMSC | Samsung Heavy Industries | 1,500 | 65 | 6.0 | 4,600 | 8,390 | 130 | - |
| Thor | 2016 | GeoSea | Overdick GmbH & Co KG | CRIST s.a., Poland | 500 | 82 | 7 | 1,850 | 2,200 | 80 | - |
| Apollo | 2017 | GeoSea | GustoMSC | Uljanik Shipyard | 800 | 107 ※legの長さ | 7 | 2,000 | 4,500 | 150 | - |
| CP-8001 | 2018 | Penta-Ocean | GustoMSC | ジャパンマリンユナイテッド | 800 | 50 | 4.4 | 1,750 | - | 120 | - |
| Blue Wind | 2022 | Shimizu Corporation | GustoMSC | ジャパンマリンユナイテッド | 2,500 | 65 | 6.2 | 4,600 | 10,000 | 130 | - |
| voltaire | 2022 | Jan De Nul | StoGda | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 3,200 | 80 | 7.5 | 7,000 | 16,000 | 110 | - |
| 大林組 sep | 2023 | 大林組、東亜建設 | ジャパンマリンユナイテッド | ジャパンマリンユナイテッド | 1,250 | - | - | - | - | - | - |
| Seaway Ventus | 2023 | Seaway 7 | GustoMSC | China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd | 2,500 | 65.0 | 8.5 | 4,600 | 9,800 | 130 | - |
| Charybdis | 2023 | Dominion Energy | GustoMSC | Keppel AmFELS | 2,200 | 109 ※legの長さ | 7.5 | 5,400 | 11,500 | 119 | - |

| 船名 | 完成 | 所有者 | 基本設計 | 建造 | クレーン重量/ ton | 対応深度 / m | 喫水 / m | デッキ面積 /m2 | 積載可能重量 / ton | 搭乗人員 /POB | 風速/ m/s |
|-----------------------|-------------|--------------------|----------------|--|-------------|----------------|--------|-----------|--------------|-----------|---------|
| Nessie | 2024 | Seajacks | GustoMSC | 大宇造船海洋(Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering) | 2,600 | 109 ※legの長さ | 6.35 | 5,400 | 10t/m2 | 130 | - |
| T.B.N. (NG-20000X-CA) | 2024 | Cadeler A/S | GustoMSC | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 2,500 | 70 | | 5,600 | - | 130 | - |
| Wind Osprey | 2024 | Cadeler A/S | Knud E. Hansen | Samsung Heavy Industries | 1,600 | 70 | 6 | 4,300 | 9,000 | 111 | 20 |
| Wind Orca | 2024 | Cadeler A/S | Knud E. Hansen | Samsung Heavy Industries | 1,600 | 80 | 6 | 4,300 | 6,600 | 111 | 20 |
| Siren | 2025 | Seajacks | GustoMSC | 大宇造船海洋(Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering) | 2,600 | 109 ※legの長さ | 6.35 | 5,400 | - | 130 | - |
| T.B.N. (NG-20000X-CA) | 2025 | Cadeler A/S | GustoMSC | COSCO SHIPPING Heavy Industry Co. Ltd. | 2,500 | 70 | | 5,600 | over 17,000 | 130 | - |
| J/U Wind Pioneer | 2015 ※改造 | Ziton(DBB Jack-Up) | - | Hyundai HI, South Korea | 441 | 34 | 3※ | 530 | 650 | 22 | 38.6 |
| Vole au vent | 2017 ※改造 | Jan De Nul | StoGda | CRIST s.a.(Damen Shiprepair & Conversionにより改造) | 1,500 | 7.0-50 | 6.3 | 3,535 | 6,500 | 98 | - |
| Aeolus | 2023 ※改造 | Van Oord | - | Sietas(改造 Huisman) | 1,600 | 55 | 8.6 | 3,775 | 5,955 | 99 | - |

出典:各社 HP 等よりみずほりサーチ&テクノロジーズ作成

※風速はクレーン作業の可能な許容風速を指す

表 3-8 SOV 調査結果

| 船名 | 完成時期 | 所有者 | 設計 | 建造 | 水線長 /m | 幅 /m | デッキ面積 /m ² | 速力 /kt | 喫水 /m | 搭乗人員 /POB | 載貨重量 /ton |
|--------------------|------|--|-----------------------|---------------------------------------|--------|-------|-----------------------|--------|-------|-----------|-----------|
| REM inspector | 2013 | REM Offshore ASA | Havyard | Havyard AS | 110 | 22 | 1002 | 14.7 | 7.3 | 106 | 4,705 |
| Seaway Moxie | 2014 | Siem Offshore Contractors(船の所有は Subsea7) | Ulstein Verft AS | Fjellstrand | 74 | 17 | 200 | 9.1 | 6.4 | 60 | 2,835 |
| Kroonborg | 2014 | Royal Wagenborg | Royal Wagenborg | Royal Niestern Sander | 79.4 | 15.85 | 500 | 13.5 | 5.4 | 60 | - |
| W2W KROONBORG | 2014 | Wagenborg Offshore | Royal Niestern Sander | Royal Niestern Sander | 79.4 | 15.85 | 500 | - | 5.4 | 60 | - |
| GloMar WAVE | 2014 | Glomar Offshore Windsupport BV | - | NAUTA S.A. Poland | 65.9 | 13.2 | 250 | 12.0 | 5.1 | 59 | - |
| Orient Constructor | 2014 | Dong Fang Offshore | - | Kleven Verft AS | 115.4 | 22 | 1,300 | 12.5 | 7.1 | 102 | 6,480 |
| Orient Adventurer | 2014 | Dong Fang Offshore | - | Ulstein Verft AS | 130 | 25 | 1,300 | 15.0 | 7.6 | 130 | 7,200 |
| ESVAGT Faraday | 2015 | ESVAGT A/S | Havyard | Havyard AS | 83.7 | 17.6 | - | 14.0 | 6.5 | - | - |
| ESVAGT Froude | 2015 | ESVAGT A/S | Havyard | Havyard AS | 83.7 | 17.6 | - | 14.0 | 6.5 | - | - |
| Acta Orion | 2015 | Acta Marine BV | DEKC Maritime | DEKC Maritime | 108 | 16 | 947 | 12.0 | 5.5 | 98 | 4,000 |
| Windea La Cour | 2016 | Bernhard Schulte Ship Management -BS Offshore- | Ulstein Verft AS | Ulstein Verft AS | 88 | 18 | 380 | 13.9 | 6.4 | 60 | 3,490 |
| Windea Leibniz | 2016 | Bernhard Schulte Ship Management -BS Offshore- | Ulstein Verft AS | Ulstein Verft AS | 88 | 18 | 380 | 13.9 | 6.4 | 60 | 3,150 |
| Esvagt Njord | 2016 | ESVAGT A/S | Havyard | Havyard AS | 83.7 | 17.6 | - | 14.0 | 6.5 | - | - |
| VOS start | 2017 | Vroon Group BV | KCM | Fujian Southeast Shipbuilding Co. Ltd | 80 | 18.4 | 450 | 12.0 | 5.8 | 87 | 2,500 |

| 船名 | 完成 時期 | 所有者 | 設計 | 建造 | 水線長 /m | 幅 /m | デッキ面 積 /m2 | 速力 /kt | 喫水 /m | 搭乗人員 /POB | 載貨重量 /ton |
|-----------------------|----------|---|----------------------------------|---|--------|------|---------------|--------|----------|--------------------|--------------|
| VOS Stone | 2017 | Vroon Group BV | KCM | Fujian Southeast Shipbuilding Co. Ltd | 80 | 18.4 | 470 | 12.0 | 5.8 | 87 | 2,500 |
| Esvagt Mercator | 2017 | ESVAGT A/S | Havyard | Cemre Shipyard | 58.5 | 16.6 | - | 12.0 | 5.5 | - | - |
| Bibby WaveMaster I | 2017 | Bibby Marine Ltd. | Damen Shipyards Group | Damen Shipyards Group | 89.7 | 20 | 815 | 13.0 | 4.8 | 90 | 2,260 |
| Acta Auriga | 2018 | Acta Marine BV | Ulstein Verft AS | Ulstein Verft AS | 93.4 | 18 | 1,000 | 13.0 | 5.6 | 120 | 2,600 |
| Edda Mistral | 2018 | Edda Wind | Rolls Royce | Astilleros Gondán | 81 | 17 | 360 | - | 5.4 | 60 | - |
| Edda Passat | 2018 | Edda Wind | Rolls Royce | Astilleros Gondán | 82 | 17 | 360 | - | 5.4 | 60 | - |
| Esvagt Dana | 2018 | ESVAGT A/S | Havyard | Zamakona Shipyard | 88.4 | 15 | - | 17.8 | - | 75 | - |
| Acta Centaurus | 2019 | Acta Marine BV | Ulstein Verft AS | Ulstein Verft AS | 93.8 | 18 | 1,000 | 10.0 | 5.6 | 120 | - |
| Wind Of Change | 2019 | Louis Dreyfus Armateurs | Salt | Cemre Shipyard | 83 | 19.4 | 470 | 12.5 | 5 | 90 | 1,625 |
| Windea Jules Verne | 2020 | Bernhard Schulte Ship Management -BS Offshore- | Ulstein Verft AS | Ulstein Verft AS | 93.4 | 18 | - | 13.0 | 6.4 | 120 | 3,300 |
| Esvagt Schelde | 2020 | ESVAGT A/S | Havyard | Havyard AS | 70.5 | 16.6 | - | 12.0 | - | 60 | - |
| Groene Wind | 2021 | DEME Offshore | VUYK ENGINEERING ROTTERDAM | Cemre Shipyard | 61.7 | - | - | - | - | 43 | - |
| Wind of Hope | 2021 | Louis Dreyfus Armateurs | Salt | Cemre Shipyard | 83 | 19.4 | 470 | 12.5 | 5 | 90 | 1,625 |
| REM Energy | 2021 | REM Offshore ASA | Havyard | Green Yard Kleven | 89.7 | 19.6 | - | 15.0 | 6 | 123 (24 は Crew) | 2,487 |
| Esvagt Alba | 2021 | ESVAGT A/S | Havyard | Havyard AS | 70.5 | 16.6 | - | 12.0 | - | 60 | - |
| Esvagt Albert Betz | 2021 | ESVAGT A/S | Havyard | Havyard AS | 70.5 | 16.6 | - | 12.0 | - | 60 | - |
| Esvagt Havelok | 2021 | ESVAGT A/S | Havyard | Havyard AS | 70.5 | 16.6 | - | 12.0 | - | 60 | - |

| 船名 | 完成 時期 | 所有者 | 設計 | 建造 | 水線長 /m | 幅 /m | デッキ面 積 /m2 | 速力 /kt | 喫水 /m | 搭乗人員 /POB | 載貨重量 /ton |
|--|----------|-----------------------------------|--------------------|---|--------|------|---------------|--------|----------|--------------|--------------|
| Glomar supporter | 2021 | Glomar Offshore Windsupport BV | - | BHARATI SHIPYARD GOA - GOA, INDIA | 60 | 15.6 | 497 | 9.0 | 5 | 58 | - |
| TSS Pioneer | 2022 | Ta San Shang Marine Co. Ltd. | VARD | VARD | 85.4 | 19.5 | 440 | 14.0 | 5.7 | 87 | 2,612 |
| Edda Brint | 2022 | Edda Wind | Salt | Astilleros Balenciaga | 82.9 | 18.6 | 460 | - | 5.3 | 60 | - |
| Edda Breeze | 2022 | Edda Wind | Salt | Astilleros Gondán | 88.3 | 19.7 | 500 | - | 5.3 | 120 | - |
| Norwind Gale | 2023 | Norwind Offshore | VARD | VARD | 85.1 | 19.5 | - | - | 5.6 | 70 以上 | - |
| North Star Renewables 2 - Dogger Bank (tbc) | 2023 | North Star Renewables | VARD | VARD | 78.1 | 19 | - | - | 5.6 | 40 以上 | - |
| North Star Renewables 3 - Dogger Bank (tbc) | 2023 | North Star Renewables | VARD | VARD | 78.1 | 19 | - | - | 5.6 | 40 以上 | - |
| North Star Renewables 4 - Dogger Bank (tbc) | 2023 | North Star Renewables | VARD | VARD | 85.1 | 19.5 | - | - | 5.6 | 70 以上 | - |
| SE TBN1 | 2023 | Shanghai Electric | Ulstein Verft AS | ZPMC | 93.4 | 18 | 760 | 13.0 | 6 | 100 | 3,200 |
| Edda TBN416(Edda Goelo) | 2023 | Edda Wind | Salt | Astilleros Balenciaga | 82.9 | 18.6 | 460 | - | 5.3 | 60 | - |
| Edda TBN490 | 2023 | Edda Wind | Salt | Astilleros Gondán | 88.3 | 19.7 | 500 | - | 5.3 | 120 | - |
| Edda TBN491 | 2023 | Edda Wind | Salt | Astilleros Gondán | 88.3 | 19.7 | 500 | - | 5.3 | 120 | - |
| IWS CSOV tbn 1 | 2023 | Integrated Wind Solutions | Kongsberg Maritime | China Merchants Industry, Hong Kong | 90 | 19 | 800 | - | - | 120 | - |
| IWS CSOV tbn 2 | 2023 | Integrated Wind Solutions | Kongsberg Maritime | China Merchants Industry, Hong Kong | 90 | 19 | 800 | - | - | 120 | - |

| 船名 | 完成 時期 | 所有者 | 設計 | 建造 | 水線長 /m | 幅 /m | デッキ面 積 /m2 | 速力 /kt | 喫水 /m | 搭乗人員 /POB | 載貨重量 /ton |
|--|----------|------------------------------|--------------------------|---|--------|------|---------------|--------|----------|--------------|--------------|
| IWS Skywalker | 2023 | Bourbon Offshore | Kongsberg Maritime | China Merchants Industry, Hong Kong | 90 | 19 | 800 | - | - | 120 | - |
| IWS Windwalker | 2023 | Bourbon Offshore | Kongsberg Maritime | China Merchants Industry, Hong Kong | 90 | 19 | 800 | - | - | 120 | - |
| Norwind Hurricane | 2024 | Norwind Offshore | VARD | VARD | 85.1 | 19.5 | - | - | 5.6 | 70 以上 | - |
| Norwind Storm | 2024 | Norwind Offshore | VARD | VARD | 85.1 | 19.5 | - | - | 5.6 | 70 以上 | - |
| North Star Renewables I - Dogger Bank (tbn) | 2024 | North Star Renewables | VARD | VARD | 78.1 | 19 | - | - | 5.6 | 40 以上 | - |
| SE TBN2 | 2024 | Shanghai Electric | Ulstein Verft AS | ZPMC | 72.8 | 17.5 | 500 | 13.0 | 5.5 | 60 | 1,500 |
| Olympic TBN I | 2024 | Olympic | Ulstein Verft AS | Ulstein Verft AS | 89.6 | 19.2 | 940 | 12.8 | 5.9 | 126 | 2,300 |
| Olympic TBN2 | 2024 | Olympic | Ulstein Verft AS | Ulstein Verft AS | 89.6 | 19.2 | 940 | 12.8 | 5.9 | 126 | 2,300 |
| Acta Marine tbn 1 | 2024 | Acta Marine BV | Ulstein Verft AS | Tersan Shipyard | 89.9 | 19.2 | - | - | - | 135 | - |
| Acta Marine tbn 2 | 2024 | Acta Marine BV | Ulstein Verft AS | Tersan Shipyard | 89.9 | 19.2 | - | - | - | 135 | - |
| Edda TBN492 | 2024 | Edda Wind | Salt | Astilleros Gondán | 88.3 | 19.7 | 500 | - | 5.3 | 120 | - |
| Edda TBN503 | 2024 | Edda Wind | Salt | Astilleros Gondán | 88.3 | 19.7 | 500 | - | 5.3 | 120 | - |
| IWS CSOV tbn 3 | 2024 | Integrated Wind Solutions | Kongsberg Maritime | China Merchants Industry, Hong Kong | 90 | 19 | 800 | - | - | 120 | - |
| IWS CSOV tbn 4 | 2024 | Integrated Wind Solutions | Kongsberg Maritime | China Merchants Industry, Hong Kong | 90 | 19 | 800 | - | - | 120 | - |
| Norwind Helm | 2025 | Norwind Offshore | VARD | VARD | 85.1 | 19.5 | - | - | 5.6 | 70 以上 | - |
| CSOV Windcat Offshore 1 | 2025 | Windcat Offshore | Damen Shipyards Group | Damen Shipyards Group | 89 | 19.7 | - | - | 5.3 | 120 | - |
| CSOV Windcat Offshore 2 | 2025 | Windcat Offshore | Damen Shipyards Group | Damen Shipyards Group | 89 | 19.7 | - | - | 5.3 | 120 | - |

| 船名 | 完成 時期 | 所有者 | 設計 | 建造 | 水線長 /m | 幅 /m | デッキ面 積 /m ² | 速力 /kt | 喫水 /m | 搭乗人員 /POB | 載貨重量 /ton |
|-------------------|-------------|-----------------------------------|------------------|--|--------------|------------|---------------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|
| Norside Cygnus | 2016 ※改造 | Norside Wind | - | Fjellstran 改造 | - | - | 600 | - | - | 126 | - |
| Wind Innovation | 2016 ※改造 | C-bed | - | - | 93.4 | 22 | 1100 | 16.2 | 6.2 | 80 (105) | 3,813 |
| Glomar worker | 2020 ※改造 | Glomar Offshore Windsupport BV | - | - | 60 | 15.6 | 497 | 11.0 | 5 | 44 | - |
| Norside Cetus | 2022 ※改造 | Norside Wind | Ulstein Verft AS | ULSTEIN VERFT AS(Fjellstran 改 造) | 83.4 ※改造前 | 18 ※改造前 | 560 | 15.8 ※改造前 | 6.69 ※改造 前 | 90 | 4065 ※改造前 |
| Norside Supporter | 2022 ※改造 | Norside Wind | - | Fjellstran 改造 | - | - | 600 | - | - | 93 | - |
| Norwind Breeze | 2022 ※改造 | Norwind Offshore | VARD | VARD | 82 | 18 | - | - | 5.3 | 60 | - |

出典:各社 HP 等よりみずほりサーチ&テクノロジーズ作成

3.2 国内事業者ヒアリング調査

3.2.1 ヒアリングの対象及び内容

基礎調査の内容を踏まえ、表 3-9 に示す発電事業者や造船会社、SEP・SOV を運用する施工会社、船会社へのヒアリングを実施した。

表 3-9 作業船に関する国内事業者ヒアリング対象

| 企業名 | 分類 |
|------|-------|
| 東京電力 | 発電事業者 |
| 丸紅 | 発電事業者 |
| JERA | 発電事業者 |
| JMU | 造船会社 |
| 清水建設 | 施工会社 |
| 日本郵船 | 船会社 |
| 商船三井 | 船会社 |

ヒアリング項目は以下の通り。

- ・ 作業船の採用に関わる重要な仕様、今後のトレンド
- ・ 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ設計・運用で考慮すべき点
- ・ 日本の SEP・SOV 製造で優位性があると思われるもの
- ・ SOV の日本・アジアでの導入可能性
- ・ 今後、日本・アジアで必要となる SEP・SOV の規模

3.2.2 ヒアリング結果

(1) 作業船のスペックのトレンド

① SEP

SEP に関して、施工に用いるにあたって、重要な仕様や風車の大型化に伴う今後のトレンドに関する意見を表 3-10 に整理する。

洋上風力発電事業の施工に関わる重要な仕様としては、デッキ面積、クレーンの能力（重量・高さ）、脚の長さが挙げられ、これらの要因によって対応可能な風車・基礎の規模が変動する。

トレンドとして、風車の大型化に伴い特にクレーンの能力が向上した SEP の建造が進み、現在では 15MW 風車に対応するため、2,500t 級のクレーンを有する SEP が建造されている。また今後は重量のあるモノパイル等基礎の施工は高精度な位置保持が必要ないため、フローティングクレーンによる分業が主流となる可能性がある。この場合においても、基礎への風車の搭載など高精度な位置保持が求められる施工は、SEP でジャッキダウンした状態で行う。実際に欧州では分業での施工が行われている。

一方欧州と比較し波の高い日本の海域において、フローティングクレーンでの施工は、日本

海側の夏季のみ可能で、うねりのある太平洋では困難という意見もある。欧州で進んでいる分業の施工方法が、日本において適用されるかは、海象条件や大型の SEP・フローティングクレーンの開発状況・備船料を踏まえて、今後検討されるものと考えられる。

表 3-10 SEP の重要な仕様や今後のトレンド

| 項目 | 内容 |
|----------------------------------|--|
| 重要な仕様 | <ul style="list-style-type: none"> ・ デッキ面積、クレーン、脚の長さによって、対応できる風車の規模が変わる。 ・ 着床式基礎等の重量によって、施工できる SEP 船が限定される。重量を扱える SEP 船は、備船料も高くなる傾向のため、十分な施工能力を持つ船の中で最小の能力を持つ船になる。 |
| 今後のトレンド(SEPの大型化・フローティングクレーンとの分業) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎の設置と風車の設置に必要なクレーン重量が異なることから、洋上風力のマーケットが大きくなるとそれぞれの専門船が出てくると予想。風車据付には高さのあるクレーン、基礎の設置には吊上げ能力の高いクレーンが必要となる。実際に欧州では基礎の設置と風車の設置で年を跨いで別の SEP が採用されている。 ・ SEP より起重機船のほうが経済性は良いが、基礎に風車を搭載する作業は脚を固定する SEP が必要となる。 ・ モノパイルが今後更に大きくなると、3,000t以上のクレーンが必要になり、モノパイルの打設は起重機船になる。その分 SEP はクレーンの高さとデッキの広さが重要になってくる。 ・ 今後の SEP は 2,500t 程度の大型のテレスコピッククレーンが必要になる。タービンを吊る際はクレーンを伸ばす必要があり、その際には 1,250t程度の能力になる。 ・ 基礎の施工はフローティングクレーンで SEP と分業するほうが経済的と考えていたが、波を考えると、フローティングクレーンが使えるのは日本海側の夏のみで、稼働は限定的かもしれない。大型のクレーンを有するフローティングクレーンは国内には少なく、結局 SEP と同等以上の備船料になる。 ・ 今後20MW など更に風車が大型化すると既存の SEP でフルタワーの設置は困難で、タワーを分割して組み立てることになる。その場合、工期が長期化するため、更に大型の SEP 建造との比較検討になる。 |

② SOV

SOV に関して、重要な仕様や今後のトレンドに関する意見を表 3-11 に示す。SOV は、O&M 用に作業員の輸送をすることが主な用途であり、収容人員等が重要である。ただし、オイル&ガスから転用されており、必ずしも洋上風力向けに建造されていないことから、これまでのスペックから大きな変化は予想されない。

ただし、近年のトレンドとして O&M ではなく、建設や試運転の段階でも多くの作業員を輸送し、短期集中的に作業が進められるよう、通常の SOV よりも多い 80~120 人収容可能な CSOV が建造・導入されている。

また、SPS コード(Code of Safety for Special Purpose Ships、特殊目的船コード)に日本や台湾が批准していないことから、SOV に旅客船同様の基準での設計・運用が求められ、欧州と比較し大型の SOV が求められる。

表 3-11 SOV の重要な仕様や今後のトレンド

| 項目 | 内容 |
|---------|---|
| 重要な仕様 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 地域・離岸距離によって必要なスペックが異なる認識はない。欧州に関しては、オイル&ガスの転用を理由に傾向が出ているかもしれない。 ・ SOV のスペック (POB、デッキ面積) に経年傾向がない理由に関しては、必ずしも SOV が風車向けに製造されていないことも挙げられるのではないかと。オイル&ガスの業界では、大まかに必要なスペックが固まっている。 ・ SOV は特殊な船ではなく、長期の O&M を考えれば航行時や DP 使用時の快適性が重要視される。 |
| 今後のトレンド | <ul style="list-style-type: none"> ・ SOV は汎用性が高く、スペックは今後もあまり変わらないと考えられる。 ・ 元々は O&M において用いられてきたが、近年は建設や試運転などの段階でも短期集中的に用いられ始めている。この船は CSOV と呼称され、80~120 人など SOV よりも多くの作業員が乗れるようになっている。 |
| SPS コード | <ul style="list-style-type: none"> ・ 台湾・日本では、SPS コードに批准しておらず、SOV も旅客船同様の SOLAS 基準で設計・運用が求められる。そのため、台湾の案件では欧州と比較し大型の SOV となっている。 ・ SPS コードに批准すれば、船の設備を簡素化でき、造船事業者の負担も軽減される。 |

(2) 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ考慮すべき点

① SEP

SEP に関する欧州と日本・アジアを比較した際の自然条件の違いに関する意見を、表 3-12 に整理する。主に地震・うねりが挙げられ、それぞれ留意は必要であるが、対策が設計によるか運用によるかは異なる。地震については、地盤の流動化に備え浮力を持った状態でのジャッキダウンを行うなど、ソフト面や運用面での対策が挙げられた。その一方うねりには、主に船体の大きさやジャッキダウン時の脚の強度が求められており、主にハード面からの対策となる。

表 3-12 SEP に関する欧州と日本・アジアの自然条件の違い、考慮すべき点

| 項目 | 内容 |
|-----|--|
| 地震 | <ul style="list-style-type: none"> SEP 船は地震への対策が必要となる分、欧州とアジアで脚のスペックの差が出るのではないかと。 地震については、レベル1、2(各 500 年に一度、50 年に一度の再現頻度)の実施に対する解析でリスク分析を実施している。許容できるリスクは保険会社と協議する。 地震による流動化も対応が難しい。ジャッキダウンして船が海面から浮いている状態で流動化した場合、船が傾き大変危険である。秋田の港湾案件では、ジャッキダウンしつつ、船底を水面につけ浮力が得られるようにしていた。 |
| うねり | <ul style="list-style-type: none"> うねり振動数と船体の固有振動数が、重ならないように考慮して設計する必要がある。 うねりに対応するには船を大きくする必要がある。実績としては、清水建設の Blue Wind や Seajacks の Scylla くらい船体が大きい必要があると聞く。うねりのある太平洋は、SEP の能力で設置できる海域が限定されるかもしれない。 ジャッキダウン時に脚がうねりに耐えられるようにすることが必要。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> 運用の課題として、海象条件が欧州よりも厳しいため船舶の稼働率が低くなってしまう。 基本的に欧州の仕様でカバーできている。台風が来たときには、退避するなど、運用で対応できる。 欧州に比べ、海底地盤が複雑であり、船のハード面よりも、船員のジャッキダウン時の操船技能などソフト面が重要と考えている。カボタージュ規制の関係から、これを日本人の船員で対応することになるが、非常に難しい。 SEP を操作する作業員は、経験のある人材が必要になる。オイル&ガス業界での経験者の確保等が必要になる。 |

② SOV

SOV に関する欧州と日本・アジアを比較した際の自然条件の違いに関する意見を、表 3-13 に整理する。主に台風や海象条件の厳しさが挙げられているが、SOV の設計等ハード面での対策は想定されていない。

表 3-13 SOV に関する欧州と日本・アジアの自然条件の違い、考慮すべき点

| 項目 | 内容 |
|-----|---|
| 台風 | <ul style="list-style-type: none">・ 台風が来た際は、退避するため、台風などの日本の自然条件がスペックには影響しないと考えられる。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none">・ 設計では運用の課題として、海象条件が欧州よりも厳しいため船舶の稼働率が低くなってしまう。・ 日本の浅い港湾に対応するために喫水を浅くすることはあるかもしれないが、そこまで市場が大きくない中、日本向けの特殊なデザインをすることはないと考えている。 |

(3) 市場動向とビジネスモデル

① SEP

SEP の市場動向とビジネスモデルに関する意見を表 3-14 に整理する。

ビジネスモデルとして SEP の建造は、運用する施工会社が、設計・建造双方の発注先を選定している。そのため、安価に建造する能力に優れ、巨大な国内市場も有する中国が、コスト競争力・運用会社とのリレーションの両面からもシェアを高めていると予想される。

表 3-14 SEP の市場動向とビジネスモデル

| 項目 | 内容 |
|-------------|--|
| クレーンの増強について | <ul style="list-style-type: none">・ 洋上風力用の SEP では、SEP の寿命よりも風車の大型化のサイクルのほうが早い場合、クレーンを大型に取り替えるケースは出てくるのではないかと。・ クレーンの取り替えは、建造時に想定していなければ船体に無理をさせる。そのため、大型クレーンが必要になると、船も新しく造るのではないかと。 |
| SEP の発注フロー | <ul style="list-style-type: none">・ SEP 船建造の流れとしては、運用する施工会社が風車のサイズから規模感を検討し、Gust MSC のような基本設計の会社のカタログから船の設計を決定し、続いてその船を建造可能な造船所を選定する。・ 欧州は、SEP が建造可能な造船所がないため、基本設計のみのビジネスに転換している。 |
| 中国企業の参入について | <ul style="list-style-type: none">・ 洋上風力分野は中国に欧州と並ぶマーケットがあり、基本的に全て中国国内の企業で成り立っている。SEP は洋上風力向けに開発されており、国内市場もあり、安く大量に造る能力に秀でる中国がシェアを取っているのではないかと。 |
| オイル&ガスからの転用 | <ul style="list-style-type: none">・ 欧州においては、オイル&ガス向けの SEP の大きさはだいたい決まっている。あまり新しい SEP は造られていない。 |

② SOV

SOV の市場動向とビジネスモデルに関する意見を表 3-15 に整理する。

SOV においては、SEP と異なり大型のドックが不要で、オイル&ガスの実績をもつ欧州の設計会社が自社で持つ造船所で建造が可能である。

表 3-15 SOV の市場動向とビジネスモデル

| 項目 | 内容 |
|---------|--|
| 欧州での建造 | <ul style="list-style-type: none"> ・ オイル&ガスからの技術の転用が行われている印象。 ・ 特殊な設備を有し、大型の SEP と比較し、SOV はシンプルでそれほど大きくない。そのため、日中韓が有する大型のドックを必要とせず、欧州でも製造可能。台湾の案件では、オイル&ガス関連の船の建造実績があり、費用も安かったノルウェーの Vard という会社がベトナムの造船所で建造した。 |
| 欧州以外の建造 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 既にベトナムやスリランカ、インド等で、SOV やケーブル敷設船を建造された実績がある。欧州で設計し、アジアで製造するという分業が進んでいる。 |

(4) 作業船建造における日本の優位性と課題

作業船建造における日本の優位性と課題に関する意見を表 3-16、表 3-17 に整理する。

作業船建造に関する日本の優位性としては、主に欧州と比較した際の地理的な近さや国内の運用会社との長年のリレーションが挙げられた。上記の点は、船舶の故障時に早期復旧・稼働率向上に資する。

第一の課題としては、大規模な造船ドックをもつ中韓勢と比較した際のコストの高さが挙げられる。また設計から一貫生産を行ってきた日本の造船所の商習慣と、実績のある欧州企業の設計に基づいて建造を行う洋上風力作業船建造のビジネスモデルのミスマッチも存在している。

表 3-16 作業船建造における日本の優位性

| 項目 | 内容 |
|------|---|
| 造船技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・ SEP と同様の PSV やアンカーハンドラーは国内でも建造実績はある。ここにギャングウェイを搭載すれば SOV であり、技術的には建造可能。 ・ エンジン駆動の精密な船舶を建造する技術は優位性がある。アンカーハンドラーは繊細な技術が必要で強みを活かせる。 |
| 立地 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 欧州と比較し、アジアに近いことは強み。欧州のオーナーであっても、アジア地域向けの船舶を日本が受注することがある。オーナーにとっては建造時の監督駐在費用もネックであるため、日本への発注はあり得る。 |

| | |
|----------|---|
| 稼働率・補修対応 | <ul style="list-style-type: none"> 日本の造船所はアフターサービスがいい会社が多い。修理への対応力は高い。 基本的に日本のメーカーから部品等を取り寄せられることは緊急時の対応を考えると重要。経験上、海外性は納期が見えない。建造先として国内を選択するかどうかは、船の維持に関する考え方が大きいのではないか。 |
| リレーション | <ul style="list-style-type: none"> 船会社と造船所の関係性は重要な強み。 船舶の発注者として、国産化にこだわる考えはある。 アジアの地場のパートナー・拠点は重要。洋上風力分野以外でのリレーションも重要になる。常石造船はフィリピンに造船所を有し、尾道造船は傘下にスリランカのコロンボ造船がある。そういった事業者が他にも続けば面白い。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> 日本の船会社からすれば、円で取引ができ、為替リスクがないことはありがたい。 SOV は浮体式洋上風力でも使え、また EEZ での事業化が検討されており、日本として建造する価値がある。国内調達率にかかる制度を設計すれば、国内の造船所が取り組むきっかけになるかもしれない。 |

表 3-17 作業船建造における日本の課題

| 項目 | 内容 |
|-------|--|
| 価格競争力 | <ul style="list-style-type: none"> 造船技術が劣っているわけではないが、やはり規模の観点からコスト面で弱い。 日本は船の建造費が中国・韓国と比較して 3 割程度割高になってしまう。 SEP の建造に関しては、中国・韓国（日本も）技術的には作れるので、安く大量に作る能力に秀でる中国が市場を取っているのではないか。造船技術が劣っているわけではないが、やはり規模の観点からコスト面で弱いと考えている。 |
| 参入判断 | <ul style="list-style-type: none"> 建設に用いる船は、継続的な機会がないと新造・保有は難しい。港湾案件で稼働した SEP は、第 1 ラウンドまで期間が空いてしまう。船員の稼働も問題となる。カボタージュ規制の関係で海外進出も課題がある。 海運業界が好況であり、造船所には LNG 船などの引き合いもある。日本は商船分野で競争力があり、企業の戦略としてはロットの大きい商船を優先する。そのロットの間に SEP の建造を入れることはないのではないか。 日本のマーケットだけでは規模の観点から参入判断が難しく、海外マーケットも視野に入れなければならない。ただ、SOV は中国やベトナムで |

| | |
|------------|--|
| | 建造されており、現状で勝負ができない。 |
| 商習慣 | <ul style="list-style-type: none"> 作業船の世界は分業化されてきている。SEP のクレーンなども購入する事になり、造船所の仕事はマネジメントメインであるため、これまで作ってきた商船等と造り方が異なる。 日本の造船会社には、他の会社の設計で建造するモデルが伝統的になかった。一方、韓国・中国は LNG 船や SEP のような高バリューの大型船を造る能力が高い。中国は国内の市場が大きいことから、まずは欧州の設計で造り、将来的には自国内で設計から手掛けるよう、国の意向も働いているのではないか。 中国・韓国と異なり、日本の造船会社は基本的に設計から建造まで一貫して執り行っている。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> 作業船はあまり距離を走らないため、強みである省エネ技術も活かされない。 |
| 課題を踏まえた対応策 | <ul style="list-style-type: none"> 日本の造船所を振興し、国際競争力を高めるような支援があるといい。このままでは海外の造船所に国内市場もとられてしまう。 |

(5) 日本・アジアで必要となる SEP・SOV の規模

① SEP

日本で必要となる SEP の規模に関する意見を表 3-18 に整理する。

国内の導入目標から国内に 4 隻程度必要との概算がある。その一方海象・気象不良による工期の遅延や案件の施工時期が集中する可能性も考慮に入れると正確な値を予想するのは難しい。

表 3-18 日本・アジアで必要となる SEP の規模

| 項目 | 内容 |
|---------|---|
| 必要となる規模 | <ul style="list-style-type: none"> 一日あたり基礎の施工や風車の据付が一件行われるぐらいのペースだと思うが、そこから今後の導入量より逆算するしかないだろう。維持管理での使用は、どの程度の頻度で SEP が必要な修繕が発生するのか読めないが、あまり起きないのではないか。 SEP は着床式の施工に使われるため、今後それほど増えるイメージはない。入札の第 1 ラウンドから第 3 ラウンドあたりの案件の建設工事が 2020 年代後半に集中すると考えると、SEP の需要に波が生じ、リスクがある。船価も 500 億円程度で、企業体力的に参入できる会社は限られる。 2030 年までに SEP が 4 隻程度必要との見通しがあるが、それは工事が理想的に進んだ場合と感じている。気象・海象で作業期間が限られ、遅れると工事が翌年持ち越しとなる。予定通り完工できなければ、 |

| | |
|----|--|
| | 船を確保できない可能性もあり、大幅に遅延する。理論上の4隻に加え、50～100%のバッファが必要。 |
| 課題 | ・ これ以上の風車大型化は、おそらく日本の場合は船よりも港に限界が来るのでは。港湾の改造は民間の投資で賄うわけにもいかない。 |

② SOV

日本で必要となるSOVの規模に関する意見を表3-19に整理する。

SOVは、ウィンドファーム規模の観点から行くと、IGW程度が導入の目安となっている。またCTVと比較して、安全に風車への乗り移りができるため、厳しい海象条件においてアクセス率を向上させたい場合にも採用が検討される。SOVは基本的に個別のプロジェクト専属になるため、オイル&ガスからの中古船の転用を鑑みても、洋上風力発電の導入に伴う建造需要が見込まれる。

表 3-19 日本・アジアで必要となるSOVの規模

| 項目 | 内容 |
|---------------------|--|
| 必要となる規模 | <ul style="list-style-type: none"> ・ SOVは、洋上風力の事業期間中はプロジェクト専任となるため、CTVでなくSOVを必要とするプロジェクトの数だけ隻数が必要。専任のプロジェクト終了後も、その後のプロジェクトが見込めるため、余るといふことにはならないだろう。 ・ 汎用性が高いことから、新造する造船事業者にとっては海外の中古船との競争もある。一方、O&Mで長期に使用されるため需要は安定的に伸びていくだろう。 |
| CTVではなくSOVが採用される可能性 | <ul style="list-style-type: none"> ・ CTV/SOVの採用に関して明確な線引きはないが、離岸距離が長く、必要な積載量が増えるほどSOVが採用される可能性は高まる。日帰りが難しければSOVになるのではないか。EEZでの案件ではニーズが高まるのではないか。 ・ 現時点でSOVを国内の案件に採用する話は聞かないが、SOVであれば、有義波高が高くともアクセスできる利点があり、採用可能性はある。 ・ プロジェクト1件でIGWレベル、風車100基の規模であればCTVよりもSOVが採用される可能性が高い。 ・ 風車メーカーが日本海側の複数の案件をまとめて管理するためにSOVを採用することもあるかもしれない。 ・ 洋上風力向けに大きさは最適化されていない。CTVとSOVで船長の差が大きく、SOVは基本的に費用面で割高になる。CTVが様々な海象条件に対応できるようになっている面もある。 |
| 運用にあたっての課題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 台湾の案件をみていて、船員の確保は急務と感じている。台湾のSOVは一定程度の外国人の乗船が認められているが、日本では最初から |

| | |
|--|--------------------------------|
| | 全員日本人であることが必要だとすると、力量・経験から難しい。 |
|--|--------------------------------|

(6) その他、需要が見込まれる作業船

SEP・SOV 以外の需要が見込まれる作業船に関する意見を表 3-20 に整理する。

SEP・SOV 以外の船舶では、浮体の曳航・係留を行うアンカーハンドリング船の必要性が挙げられた。浮体式の設置には必須の船舶で、かつ欧州のようにオイル&ガスの先行する国内市場もないため、不足が懸念されている。

表 3-20 SEP・SOV 以外の需要が見込まれる作業船

| 項目 | 内容 |
|------------------------------|---|
| アンカーハンドリング船 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 今後は洋上風力に特化した船が増えるのではないかと。アンカーハンドリング船もオイル&ガスの転用では条件的に厳しく、風力専用船が出てきている。 ・ オイル&ガスで使われていた経緯から、欧州では SOV 同様にアンカーハンドリング船も 20~30 隻程度存在する。日本では、新潮丸（深田サルベージ）やあかつき（川崎汽船）程度。大きさ・デッキスペースは欧州の 7-8 割程度であるが、出力は欧州の半分以下と、スペックに劣った船が数隻程度しかないのが日本のアンカーハンドリング船の状況。将来的には係留索の展張と把注力試験が工程において致命的なポイントになるのではないかと。 ・ 浮体式洋上風力発電事業で求められるチェーンの幅は 130~140mm と従来より大きくなる。このチェーンをどうハンドリングするのは浮体式洋上風力の課題である。 ・ 本来、アンカーハンドリングと曳航を同じ船でできることが望ましい。 ・ 曳航船も、欧州は馬力が数倍大きいものが日本の 10 数倍ある。一方、こういった規模の船が日本国内でどの程度必要かは判断が難しい。 ・ アンカーハンドリング船や曳航船も多分必要になるが、係留索がチェーンでいいのかという話になってきている。アンカーハンドリング船の大きさも予想がつかない。いずれにしても、アンカーハンドリング船は少ない。過渡期には対応できないのではないかと。 |
| その他の船舶・浮体式の施工における SEP の活用可能性 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 離岸距離が離れるとケーブルも長くなる。港湾の案件ではケーブル敷設に台船を利用したが、今後は自航式のケーブル敷設船が必要になってくる。 ・ 浮体式で必要となる船は意見が分かれるところ。主流の施工としては、港湾で着底させて風車等の据え付けを行うことになるかと踏んでいる。15MW クラスになるとリンガークレーンが求められる。福島の実証時に |

| | |
|-----------------|--|
| | 採用した当時世界最大のクレーンは 1,800t 吊り程度で、今は最大で 5000t 程度である。リングクレーンの投資は結構な金額なので場合によっては SEP を使って港で建設するという考えもある。浮体でも SEP への引き合いがあるのではないかな。 |
| その他作業船の建造にかかる課題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 他国で洋上風力の導入及びそれに必要な作業船が建造される中、日本でもスピードが必要。 ・ アンカーハンドリング船が日本では欧州に比べて小さい理由としては、日本では港や漁港がたくさんあり、航行距離があまり求められない点がある。海外に行けば港間の距離が長い場合もあり、その点で大型の SOV やアンカーハンドリング船の需要が日本より早期に発生する可能性がある。国ごとのニーズに合わせた船の開発をすることで将来性が見いだせるのではないかな |

3.3 海外事業者ヒアリング調査

3.3.1 ヒアリングの対象及び内容

欧州発電事業者の日本支社及び SEP・SOV の設計事業者大手に対してヒアリングを実施した。

表 3-21 作業船に関する海外事業者ヒアリング対象

| 企業名 | 分類 |
|------------------|-----------|
| RWE | 発電事業者 |
| Equinor | 発電事業者 |
| Ørsted | 発電事業者 |
| GustoMSC | SEP 設計事業者 |
| Ulstein Verft AS | SOV 設計事業者 |

ヒアリング項目は以下の通り国内企業と同様の内容を確認した。

- ・ 作業船の採用に関わる重要な仕様、今後のトレンド
- ・ 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ設計・運用で考慮すべき点
- ・ 日本の SEP・SOV 製造で優位性があると思われるもの
- ・ SOV の日本・アジアでの導入可能性
- ・ 今後、日本・アジアで必要となる SEP・SOV の規模

3.3.2 ヒアリング結果

(1) 作業船のスペックトレンド

① SEP (ほか作業船全般)

洋上風力専用の SEP 船の場合、水深 100m 以上に対応できる船舶が現存していない。新

型 SEP 船開発が期待されるが、一方で現存する海底油田開発用のジャッキアップリグでは水深 150m までに対応できる可能性は充分あるので、それらを転用し、水深 100m 以上の深い水深に対応させる事は困難ではないと考えられる。

その一方で、浮体形式と施工プロセスの組み合わせにより、風車建方を港湾内で行うことも可能であるため、SEP の規模・性能に依存しないという点こそ浮体式のメリットと考えることができる。

なお深水域用の SEP 代替策として、起重機船(フローティングクレーン)も採用可能である。この場合、現存する国内の起重機船の最大吊り能力は 4100 トン・揚程 120m で、15MW のタワー+RNA を揚重する事は可能であるが、ハブ高さが 150m (必要揚程 170m 程度)には不足する。したがって国内に 15MW 風車の組立に対応可能な起重機船が現有しないため、海外から調達するか、新規に建造する必要が出てくる。

Hywind Scotland では陸上の港湾エリアで風車とタワーを一体化後、それを起重機船で揚重し、港湾付近の洋上に待機している浮体基礎の位置まで輸送後、浮体基礎に据え付けている。現存する起重機船としてクレーン揚重能力で最大とされる Saipem7000 (クレーン揚重能力 7000 トン) を採用している。Saipem7000 は、クレーン揚重能力のみならず、船体が大きいため、波に対する船体の応答を最小限に抑える利点もある。また船体にダイナミックポジショニングシステムを搭載している事から、据付時に求められる精度の高い施工を実現できた。また組立海域は岸壁から近い位置で、スパー浮体基礎の喫水長を満足する水深が確保できたため、港湾内での組立が可能で海象条件の影響を最小限に抑える対策をとっている。

表 3-22 SEP (ほか作業船全般) のスペクトレンド

| 項目 | 内容 |
|-----------|---|
| スペックの設計動向 | <ul style="list-style-type: none"> 各コントラクター独自の施工方法に対応した設計を提供しており、浮体式洋上風力発電のための様々な設計変更を行っている。 SEP について、浮体式洋上風力発電のための様々な設計変更を行っている。 |
| 施工トレンド | <ul style="list-style-type: none"> 現時点、浮体へのタワー建方は、ほとんどのケースで港湾内作業が想定されている。 タービンメーカーは、タワーを設置する際、浮体基礎を接地させて安定した状態で作業することを希望している。ロッテルダムのプロジェクトでは、ヒープが大きく Principle Power 社の浮体基礎にタワーを建てる際に 2 週間以上かかった。このような作業は現実的ではない。 |

② SOV

基地港からの距離、また気象条件に対する運用性の高さ等から CTV から SOV への移行が進んでいる。下表に CTV・SOV それぞれの最低仕様・一般使用を示す。

表 3-23 標準的な CTV 仕様

| 項目 | 船舶長さ | 船着場に必要 な長さ | 船舶幅 | 喫水深 | 船着場に必要な水 深(想定) |
|------|--------|---------------|---------|------|-------------------|
| 最低仕様 | 18~20m | 20m | 8m~10m | 2m | 3m |
| 一般仕様 | 30~35m | 30m | 12m~13m | 2.5m | 3m |

表 3-24 標準的な SOV 仕様

| 項目 | 船舶長さ | 船着場に必 要な長さ | 船舶幅 | 喫水深 | 船着場に必要 な水深(想定) |
|------|---------|---------------|---------|----------|-------------------|
| 最低仕様 | 50m~60m | 60m | 14m~16m | 4m | 5m |
| 一般仕様 | 80~95m | 90m | 18m~19m | 5.5~6.5m | 7m |

判断基準としては、距離よりも基地港～windファーム海域間の運行時間で決まるが、一般的には 30km 程度を目安に SOV の導入が妥当と判断される。(それ以上になると、CTV の日帰り運航では十分なメンテナンス時間が確保できない)

なお SOV の場合、WTG70 基程度までであれば、SOV 1 艘によって複数のwindファームの運用が可能とされるが、これは同一の事業者、かつ同一の発電機を利用している前提となるため、実際に適用できるプロジェクトは少ないと予想される。

表 3-25 SOV のスペクトレンド

| 項目 | 内容 |
|-----------|---|
| 必要なスペック | <ul style="list-style-type: none"> SOV は、通常想定されるメンテナンスや部材運搬に限らず、浮体のケーブル敷設などもこなし、多目的な作業に対応できるマルチユースデザインが求められる。 これまで着床用に設計したアクセス用のベッセルは、浮体式 WF であっても十分利用されている。ただし WTG5~10 基程度のデモプロジェクトであり、十分な規模の浮体プロジェクトは無いのでまだ断言はできない。 |
| SOV の採用目安 | <ul style="list-style-type: none"> SOV 運用では2週間に一度の定期往復をすることになるが、片道 8 時間以上の航行は望ましくない 少なくとも SOV が現地にいない期間は 1 日以内に制限するべき。SOV の大型化により往復頻度を減らす(3~4週間毎など)も考えられるか、各国クルーの労働条件次第。 O&M 計画次第だが SOV の導入を決めるパラメーターは様々で、一般には離岸距離が 30~50 km を超えると SOV を選ぶが、それより WTG の規模のほうで決定されると思う。欧州の過去プロジェクトは CTV 中心 |

| | |
|--|---|
| | <p>だが、近年は大規模 WF をサポートするために、台湾も含め SOV が多い。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 拠点港から 30nm 以上だと通常 CTV から SOV に代わる。60nm という例もあるが、それ以上で CTV 事例は無いと思う。20~25 ノットの CTV で 30nm を往復すると、8 時間のうち 2 時間以上を移動に費やしていることになるので、それ以上の距離は実用性が低い。 |
|--|---|

(2) 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ考慮すべき点

① SEP (ほか作業船全般)

港湾内でのタワー建方を前提とすれば、既存サイズの SEP でも対応可能。

ただし、将来的に開発される SEP の大きさによっては組立拠点港に停泊できない可能性もあり、その場合はタワーを港から別の船舶へ積み下ろし、起重機船へ移し替えるといったプロセスを検討する必要がある。基地港や組立拠点港の岸壁整備計画を視野に入れ船舶の開発を進める必要がある。

起重機船を用いる場合、作業限界条件は有義波高 1.0m、周期 8~10 秒程度となるため、港域外となる外洋でのクレーン揚重作業は稼働率が低下する。浮体と吊荷または作業船自体の動揺差を小さくすることが可能な機構を有する専用作業船の開発が必要と思われる。

また性能以前の課題として、ウィンドファームの施工が複数重なり、日本船舶の調達が困難な場合は、海外からの船舶調達の可能性が高くなる。欧州から起重機船、台船を借船するシナリオについては、まず外国船籍は日本の洋上風力案件には使用できず、日本籍船に転籍する必要があり、その手続きが非常に煩雑である為、外国船籍を国内用に借船する事は難しいと考えられる。また借船したとしても外航船という制約を受け 60 日に 1 回は海外に寄港する義務が発生する為、工期に影響を及ぼす事も考慮する必要がある。尚、起重機船は「作業船」、台船は「輸送船」というカテゴリーで、「輸送船」の方がこのような規制が厳しく、起重機船と台船で国の対応が異なるかも知れない為、確認が必要である。

表 3-26 SEP (ほか作業船全般) 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ考慮すべき点

| 項目 | 内容 |
|--------|---|
| 拠点港 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 拠点港の不足により、港湾利用料は高くなるため、作業船の港湾利用に係る価格設定は政府によって規制されるべきである。 |
| ベッセル仕様 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 現時点で日本向けの浮体やベッセルの具体的な設計知見を有しているわけではないが、台風等の海象条件・環境面の違いを考慮し異なる設計が必要になると思われる。 |

② SOV

技術的な部分では特に問題なく、欧州の設計仕様により国内の造船会社が CTV や SOV

を製作することは十分可能。運用面で、欧州同様に SOV のウィンドファーム駐留期間を2週間サイクルとするか（中国では4週間という事例もある模様）、といった点で運用方法が変わり、それにより必要なSOVのスペックが変わる。

国内では、欧州に比べて比較的近距离でも浮体式に適した深水域に達すると考えられるため、欧州に比べるとSOVへの移行時期は遅れる可能性がある。

表 3-27 SOV、欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ考慮すべき点

| 項目 | 内容 |
|--------------|---|
| 設置海域の水深と移動距離 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 拠点港から 30nm 以上だと通常 CTV から SOV に代わる。60nm という例もあるが、それ以上で CTV 事例は無いと思う。20~25 ノットの CTV で 30nm を往復すると、8 時間のうち2時間以上を移動に費やしていることになるので、それ以上の距離は実用性が低い。 ※日本では離岸距離が短くても水深が大きくなるため、運航距離の観点からは CTV から SOV への移行が遅れる可能性がある。 |

(3) 市場動向とビジネスモデル

① SEP (ほか作業船全般)

原則としては事業者-施工者間のプロジェクト単位の個別契約となるが、SEPに限らず施工船全般の不足は共通しており“取り合い”の状況にあるため、事業者は施工会社とデモプロジェクト等を通じて長期的な関係を保つとともに、プロジェクトの開発初期段階から施工会社と協議を進める方針を取っている。

また SEP について船舶の欧州の設計会社は、設計に専念している場合が多く建造は他社が行っている。

表 3-28 SEP (ほか作業船全般)、市場動向とビジネスモデル

| 項目 | 内容 |
|------------|---|
| 施工会社との早期接触 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 船舶の不足がサプライチェーンにおけるボトルネックの一つであり、可能な限り早い段階から、発電事業者は海運会社や施工会社との協議を始めている。 |
| 設計と建造の分業 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 設計会社として自社で船舶を所有せず、各コントラクター独自の施工方法に対応した設計を提供する。 |

② SOV

過去には事業者が自前のCTVやSOVを所有しているケースもあったが、現在はチャーター方式が主流。メーカー保証期間が完了した段階で事業者手配のO&Mに移行し、船会社からチャーターしたCTV・SOVを運用する。その際の人員を育成するために、メーカー保証期間中は事業者からメーカーO&Mチームに出向させる等の取り組みをしている。

一般的な調達・運用方法は以下の通り：

- ベース契約として、5～10～15 年程度のチャーター契約により SOV をウインドファームあたり 1 艘配備し、通常の O&M 活動を行う。
- 夏季に、追加の SOV (ベース契約より小型の仕様でよい) をチャーターし、2～3 か月で大型メンテ作業を実施する。同じチャーター船団により、ひと夏の間ウインドファーム数か所を巡回して作業できる。

また、SOV においても欧州の設計会社と、世界の造船所との間で分業が行われている。

表 3-29 SOV、市場動向とビジネスモデル

| 項目 | 内容 |
|----------|---|
| 足元の需要 | ・ 現状では市場の CTV, SOV の数は不足している。 |
| 契約方式 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 契約方式についてまだオプションを比較中だが、着床式の場合、補償期間経過後は自社運用が中心。その場合も船舶は所有せずチャーター契約をしている。 ・ 5-10 年の長期 SOV をウインドファームごとに 1 隻契約する。それをベースに、夏には追加として比較的小型の SOV を 2 台ほど 2~3 か月単位でチャーターして大規模メンテ作業を行う。終わったら次の海域に移動する。 |
| 設計と建造の分業 | ・ デザイン会社としてベッセルを設計し、世界各国の造船所に提供している。 |

(4) 作業船建造における日本の優位性と課題

技術面では特に問題はなく、欧州の設計による協業 (GustoMSC→大島造船、Ulstein→新潟造船等) の実績もある。ただし、CTV や SOV は造船会社にとっては「比較的小型である一方で要求仕様が大きい」製品となるため、積極的に取り組む意欲を持たれるよう振興策が望まれる。同時にこれは、より大型船に注力している中国や韓国の造船会社に対して日本国内造船会社が高付加価値市場で先行する機会でもある。

また作業船建造にかかる課題としては、複数の企業から政府による断続的な事業機会の確保が望まれている。

表 3-30 作業船建造における日本の優位性

| 項目 | 内容 |
|----------|--|
| 技術力・協業実績 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 我々 (欧州の設計会社) の設計を基に新潟の造船所で曳航タグ 4 隻製造した。彼らはより大型のカーゴに慣れていたので、80m 級のベッセルは彼らには小さい一方で多くの要求条件があったが、十分な品質で製造してもらえた。 ・ 日本の造船会社の技術力は高いので、欧州の設計会社として協業の |

| | |
|--|---|
| | 可能性は十分ある。洋上風力に関する知識を取り入れれば十分なマーケットがあると思う。 |
|--|---|

表 3-31 作業船建造における日本の課題

| 項目 | 内容 |
|-------|---|
| 事業予見性 | <ul style="list-style-type: none"> 日本の産業は必要な能力とキャパシティをすでに有しているので、民間事業者ではなく、国の目標設定が重要。 長期的な事業パイプラインを示すことにより、大企業による大規模な建設プロジェクトを奨励することができる。 |

(5) 日本・アジアで必要となる SEP・SOV の規模

① SEP (ほか作業船全般)

着床式と異なり、必ずしも SEP のような大型施工船を要しないこと自体が浮体式基礎のメリットと言える。港湾内で既存 SEP や起重機船を活用した風車据え付け、あるいは港湾設備によって接岸状態で直接風車据え付けを行うといった、浮体形式と組み合わせた検討・開発が求められる。そのため、SEP の必要規模については、予測が難しい状況。

② SOV

海域の離岸距離が大きくなることにより、CTV から SOV への移行、また SOV の大型化・高速化が必要となる。(原則としてひとつのウィンドファームに対して SOV 1 艘を配備するため、人員交代のための帰港は片道 8 時間以内が望ましい。)

表 3-32 SOV、日本・アジアで必要となる規模

| 項目 | 内容 |
|-----------------------|--|
| SOV の採用 目安 (再掲) | <ul style="list-style-type: none"> SOV 運用では 2 週間に一度の定期往復をすることになるが、片道 8 時間以上の航行は望ましくない 少なくとも SOV が現地にいない期間は 1 日以内に制限すべき。SOV の大型化により往復頻度を減らす (3~4 週間毎など) も考えられるか、各国クルーの労働条件次第。 O&M 計画次第だが SOV の導入を決めるパラメーターは様々で、一般には離岸距離が 30~50 km を超えると SOV を選ぶが、それより WTG の規模のほうで決定されると思う。欧州の過去プロジェクトは CTV 中心だが、近年は大規模 WF をサポートするために、台湾も含め SOV が多い。 拠点港から 30nm 以上だと通常 CTV から SOV に代わる。60nm という例もあるが、それ以上で CTV 事例は無いと思う。20~25 ノットの CTV で 30nm を往復すると、8 時間のうち 2 時間以上を移動に費やし |

| | |
|------------|---|
| | ていることになるので、それ以上の距離は実用性が低い。 |
| 1隻当たりの対応基数 | ・ 1つのウィンドファームに1隻のSOVが通常であり、複数のSOVを配備することは少ない。同じ事業者、かつ同じ仕様の風車であれば1隻のSOVで複数のウィンドファームに対応することもあり得る。70基程度までは1隻で対応可能。 |
| 需要動向 | ・ これからWFが増えていくので、SOVが不足する。現在欧州で30隻稼働、30~40隻が建造中と思われる。1WFあたり1SOVを契約、追加で2台が夏季メンテに必要となるため、今後急速にSOVの需要が増す。 |

(6) その他、需要が見込まれる作業船

アンカーハンドリング船：水深が大きくなることにより、係留索とアンカーが大型化する。これに伴い、特にドラッグアンカー用に十分な牽引力をもつAHTが必要だが、現状では欧州でも十分な性能のAHTが不足しているため、これがHywind Tampenにおける施工遅延の一因とも言われている。これを避けるためには杭式アンカーやサクシオンアンカーの採用など、基礎形式の選定と組み合わせた判断が必要となる。

表 3-33 その他、需要が見込まれる作業船

| 項目 | 内容 |
|-------------|--|
| アンカーハンドリング船 | <ul style="list-style-type: none"> 今夏に Equinor による Hywind Tampen が施工されたが、11WTGのうち7本しか施工できなかった。組立、曳航等が少しずつ遅れて海象条件の良い9月末までに終わらなかったことによる。3台のAHVで一基ずつ設置したがAHVが後2~3隻など余裕があれば遅れを取り戻せたかもしれない。 現時点で日本国内には必要なSOV・AHV等が存在せず、カボタージュが大きな制約となっている。4~5年後でも十分なベッセル確保は困難ではないか。 |

(7) まとめ

浮体式洋上風力の施工プロセスは、浮体形式、港湾施設の条件、使用可能な作業船等によって様々な組み合わせがありうるため、一概にSEP等の規模・性能アップに期待する必要はない。むしろタワー建方をどの海域(港湾内/近海/洋上ファーム海域)で行うかという点に注目し、いかに港湾内・近隣海域での施工を可能にするかという工夫、それに応じた浮体形式の選定・施工船舶の準備が必要になる。

その点で、現時点で最もボトルネックになり得る要素はAHTの可能性が高く、係留索・アンカーの設計と連携したAHTの仕様選定と建造が必要である。

また欧州では、CTVからSOVへの移行が顕著となっている。国内では、浮体式洋上ファーム

ムの対象となる深水域が比較的近海ということもあり、初期段階は CTV で対応できる可能性も高いが、長期的には SOV による運用方法、特に人材育成について、事業者側そして国による促進策が必要になるとと思われる。

3.4 まとめ

基礎調査、国内事業者へのヒアリング、海外事業者へのヒアリングを通じ、以下の示唆が得られた。

(1) 作業船のスペックのトレンド

SEP に関しては、風車の大型化に伴ったクレーン能力や脚の長さの向上が、トレンドとして文献調査・国内外のヒアリングの双方から確認された。また着床式の基礎や浮体式の風車の設置を起重機船で代用する施工例も出てきており、起重機船と SEP のどちらを採用するかは、設置海域の海象条件や双方の船の備船料等の条件による。浮体式に関しては、さらなる風車大型化への対応の中で、クレーンの高さ・吊り上げ重量の向上が SEP に要求される見込み。

SOV に関しては、デッキ面積や走行性能などに目立ったトレンドは確認されず、欧州ではオイル&ガスの洋上支援船の転用もある。一方で、建設時に短期的に人材を大量に送り込むために CSOV と呼ばれる従来よりも搭乗人員を増やしたタイプの SOV も建造されている。

(2) 欧州と日本・アジアの自然条件等の違い、それを踏まえ考慮すべき点

SEP に関する欧州と日本・アジアの自然状況の違いとして、主に地震・うねりが挙げられている。地震については、地盤の流動化に備え浮力を持った状態でのジャッキダウンを行うなど、ソフト面や運用面での対策が挙げられた。その一方うねりには、主に船体の大きさやジャッキダウン時の脚の強度が求められており、主にハード面からの対策となる。うねりに対して船体の大きさが必要な点は起重機船も同様。

SOV に関しては、特に自然条件の違いにより性能や設計の変更は想定されていない。しかし、欧州では離岸距離に応じて CTV と SOV の採用を使い分ける傾向がある一方で、日本・アジアでは厳しい海象条件下での風車へのアクセス性能の違いから CTV ではなく SOV を採用する事例もある。

(3) 市場動向とビジネスモデル

SEP の運用に関しては、発電事業者と施工会社間のプロジェクトごとの契約が主流で、施工船不足の背景から、デモプロジェクトの段階から施工会社と協議を進めていることが確認された。また SEP 造船に係る設計と建造の発注先は、船舶を所有する施工会社によって選定されている。設計先としては、オイル&ガスやこれまでのプロジェクトの実績から欧州の企業がシェアを占めている。その一方で SEP の建造には大型のドックが必要であり、大型のドックを備えコスト競争力に強みを持つ中国と韓国が高い建造シェアを持つ状況。

SOV の運用については、夏場の大型メンテナンス時に台数を増やす観点から、現在はチャー

ター方式が主流になっている。事業者主導のO&Mは、メーカーの保証期間完了後に開始され、一般的に5～15年程度のチャーター契約によりSOVをウインドファームあたり1艘配備する。SOVの設計についても、オイル&ガスの実績から欧州企業がシェアを占めている。建造については、SEPと異なり、大型のドックを必要としないため、設計した欧州企業がそのまま建造を行う場合が多い。

(4) 作業船建造における日本の優位性と課題

優位性としては、欧州と比較した際のアジア各国への地理的な近さや国内事業者については運用会社とのリレーションが挙げられた。特に国内事業者にとって、稼働率向上の観点から、修繕や部品交換が国内で完結できる点は大きい。

課題としては、中韓勢と比較した際のコストの高さが第一に挙げられる。また設計から一貫生産を行ってきた日本の造船所の商習慣と、設計と建造を分業する洋上風力作業船のビジネスモデルのミスマッチも存在している。さらに日本の造船所は作業船以外にも商船の引き合いもあり、商船はロット数も多いため作業船を受注するべきか経営判断となる。

(5) 日本・アジアで必要となるSEP・SOVの規模

日本で必要となるSEPについては、国内の導入目標から4隻程度必要とする概算があるが、自然条件による工期の遅延や案件の集中を勘案すると正確な必要隻数を予想するのは難しい。また起重機船・港湾内のクレーンとの風車設置の使い分けもあり、事業者の中でも正確な予測が行われていない。

SOVは原則一つのウインドファームに、一隻で運用されている。SOVとCTVの使い分けとしては、ウインドファームの規模・離岸距離・海象条件が挙げられている。特に離岸距離の観点からは、30km程度を超えると日帰り運用となるCTVでは、風車でのメンテナンスの作業時間が確保できないためSOVが採用される傾向にある。またウインドファーム規模と海象条件については、SOVとCTVの傭船料の差額とそれぞれメンテナンスの効率・船員の労働環境・アクセス率との兼ね合いとなり、ウインドファーム規模については1GW程度がSOV導入の目安とされている。SOVは、オイル&ガスの中古船の転用が可能であるが、ウインドファームに専属になる関係から、今後の導入拡大につれて世界中で需要が伸びる見込み。

(6) その他、需要が見込まれる作業船

その他需要が見込まれる船としては、浮体の曳航・係留を行うアンカーハンドリング船が、国内外のヒアリングで挙げられている。設置海域の水深が深くなるにつれて、係留索とアンカーが大型化する。そのため欧州でも十分な牽引力を持つ船舶が不足しており、Hywind Tampenにおける施工遅延の一因とも言われている。そのうえ日本はオイル&ガスのベースがないこともあり、アンカーハンドリング船はスペック・隻数の双方で、欧州と比べて整備されていない。そのため浮体式の導入に伴って、不足が懸念されている。

(7) 日本の洋上風力作業船建造推進に向けて

ここまでの整理により、日本の造船所の洋上風力作業船建造を推進するために、国際競争力の向上と造船所の作業船建造の経営判断支援の二つが必要である。

国際競争力の向上には、中韓勢とのコスト競争と、洋上風力作業船における設計・建造を分業したビジネスモデルへの対応が課題である。前者については、中韓勢と比較した際の国の支援やコスト要因・コスト以外での競争要因の分析を行い、それを踏まえた対策が必要である。後者については、欧州の設計会社とのリレーション強化や国内の運用会社の発注を通し、まず設計・建造が分業されたビジネスモデルにおいて案件を受注し実績を獲得することが求められる。特に SEP については、現時点で中韓勢に建造のシェアを押さえられており、リレーション等の強みがある国内事業者向けの案件を確実に受注することが一層重要である。SOVについては、現状で中韓のアジア展開において競合しうる国の造船事業者がまだ本格参入していない。一方、大型の造船所を必要としないことからベトナム等の造船所での建造実績もあり、日本においては、他のアジア諸国に生産基盤を確立するなどの取り組みを通じたシェア獲得が望ましいと考えられる。

造船所の作業船建造の経営判断促進については、必要作業船数の予見性や作業船建造に係るインセンティブを向上させる取り組みが重要である。特に SEP は、案件の建設時期・SEP の採用可能性の予見が難しいことに加えて、投資規模が大きい船舶の発注者にとって非常にリスクが高い。そのため造船所のみならず、施工事業者等の発注者目線での施策も必要である。

第4章 アジア等の周辺海域における浮体式洋上風力発電及び洋上風力発電作業船のニーズ調査

4.1 基礎調査

ヒアリング調査に先立ち、中国・韓国・台湾・フィリピン・ベトナムを対象に、電力需要や洋上風力の導入目標などの社会条件を整理した。また造船業の進出可能性の観点から、造船業が盛んな中国・韓国を除いた、台湾・フィリピン・ベトナムについて、自然条件（風速・水深）に関しても整理を行った。

（1）基本的な社会条件

① 中国・韓国

中国・韓国の電力需要や洋上風力の導入目標・施策等を表 4-1 に示す。中国は、世界で最も洋上風力発電の導入が進んでおり、126GW 導入されている。また、2021 年から 2025 年の 5 年間でも新規に 50GW 程度の導入を目標としており、今後も積極的な導入が想定される。韓国の導入量は 188MW に留まるが、2030 年に 12GW という目標を掲げ、6GW の浮体式洋上風力発電を含む大規模な開発案件の計画が進んでいる。

表 4-1 中国・韓国の洋上風力発電に関する導入支援策等

| | 中国 | 韓国 |
|--|--|--|
| 電力需要 (10 億 kWh) (2015~2019 年の 平均) | 6033.9 | 524.1 |
| 洋上風力導入目標 | 2021~2025 年の 5 年間で、10GW 規模の洋上風力発電拠点を 5 箇所設置するとしており、5 年で新規に 50GW 程度 | 2030 年 12GW |
| 導入支援策 | 2014 年より FIT 制度を運用している。 | ・グリーンニューディール政策で、2050 年ネットゼロ達成を目指し、2025 年までに風力・太陽光・水力発電への 77 億ドルの投資を決定。 ・許認可の合理化を目指した”One stop shop”方式の導入を検討している状況である。 |
| 導入量 (2021 年末時点) | 126GW | 188MW |
| 開発案件 | ※洋上風力導入目標を参照 | ・2030 年までに官民 33 機関のコンソーシアムが新安郡沖で 8.2GW 導入を計画。 ・2030 年までに蔚山広域市沖で 6GW の浮体式洋上風力発電導入を計画。 |

出典：各種公開情報よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

中国・韓国は、上記のように洋上風力の大規模な導入が期待される一方で、表 4-2 のように造船業が盛んであり、浮体・作業船を自国で製造できる可能性が高い。

表 4-2 世界の造船竣工量の推移

| | 年 | 日本 | | 韓国 | | 中国 | | 欧州 | | その他 | | 世界合計 | |
|-----|--------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|-------|-----|
| | | 百万総トン | % | 百万総トン | % | 百万総トン | % | 百万総トン | % | 百万総トン | % | 百万総トン | % |
| 竣工量 | 2001 | 11.8 | 37.9 | 11.9 | 38.3 | 1.8 | 5.8 | 4.5 | 14.5 | 1.1 | 3.5 | 31.1 | 100 |
| | 2002 | 12.1 | 35.4 | 13.0 | 38.0 | 2.6 | 7.6 | 5.1 | 14.9 | 1.4 | 4.1 | 34.2 | 100 |
| | 2003 | 12.5 | 34.4 | 13.8 | 38.0 | 3.8 | 10.5 | 4.7 | 12.9 | 1.5 | 4.1 | 36.3 | 100 |
| | 2004 | 14.6 | 35.8 | 15.2 | 37.3 | 4.9 | 12.0 | 4.6 | 11.3 | 1.5 | 3.7 | 40.8 | 100 |
| | 2005 | 16.4 | 34.9 | 18.2 | 38.7 | 6.3 | 13.4 | 4.6 | 9.8 | 1.5 | 3.2 | 47.0 | 100 |
| | 2006 | 18.1 | 34.0 | 19.0 | 35.7 | 8.4 | 15.8 | 5.8 | 10.9 | 1.9 | 3.6 | 53.2 | 100 |
| | 2007 | 17.4 | 30.4 | 20.6 | 36.0 | 10.8 | 18.9 | 6.4 | 11.2 | 2.0 | 3.5 | 57.2 | 100 |
| | 2008 | 18.8 | 27.6 | 26.4 | 38.8 | 14.4 | 21.1 | 6.4 | 9.4 | 2.1 | 3.1 | 68.1 | 100 |
| | 2009 | 19.0 | 24.2 | 28.9 | 36.8 | 23.5 | 29.9 | 5.0 | 6.4 | 2.1 | 2.7 | 78.5 | 100 |
| | 2010 | 20.1 | 20.5 | 32.2 | 32.8 | 37.8 | 38.5 | 4.8 | 4.9 | 3.2 | 3.3 | 98.1 | 100 |
| | 2011 | 19.3 | 18.7 | 35.9 | 34.7 | 41.2 | 39.8 | 3.0 | 2.9 | 4.0 | 3.9 | 103.4 | 100 |
| | 2012 | 17.4 | 18.0 | 31.4 | 32.5 | 40.3 | 41.8 | 2.3 | 2.4 | 5.1 | 5.3 | 96.5 | 100 |
| | 2013 | 14.5 | 20.3 | 24.8 | 34.7 | 27.0 | 37.8 | 2.0 | 2.8 | 3.1 | 4.3 | 71.4 | 100 |
| | 2014 | 13.4 | 20.9 | 22.3 | 34.7 | 23.2 | 36.1 | 1.8 | 2.8 | 3.5 | 5.5 | 64.2 | 100 |
| | 2015 | 12.9 | 19.1 | 23.8 | 35.2 | 25.4 | 37.5 | 1.6 | 2.4 | 4.0 | 5.9 | 67.7 | 100 |
| | 2016 | 13.4 | 20.1 | 25.7 | 38.6 | 22.1 | 33.2 | 2.7 | 4.1 | 2.7 | 4.1 | 66.6 | 100 |
| | 2017 | 13.1 | 19.9 | 22.6 | 34.3 | 23.9 | 36.3 | 2.4 | 3.6 | 3.9 | 5.9 | 65.9 | 100 |
| | 2018 | 14.4 | 24.7 | 15.0 | 25.7 | 23.3 | 40.0 | 2.1 | 3.6 | 3.5 | 6.0 | 58.3 | 100 |
| | 2019 | 16.2 | 24.5 | 21.7 | 32.8 | 23.5 | 35.5 | 2.5 | 3.8 | 2.3 | 3.5 | 66.2 | 100 |
| | 2020 | 12.8 | 22.1 | 18.3 | 31.7 | 23.3 | 40.3 | 1.7 | 2.9 | 1.7 | 2.9 | 57.8 | 100 |
| | 2021 | 10.7 | 17.7 | 19.7 | 32.5 | 26.9 | 44.4 | 1.9 | 3.1 | 1.4 | 2.3 | 60.6 | 100 |
| | 22. 1H | 5.0 | 18.7 | 8.6 | 32.2 | 11.8 | 44.2 | 0.9 | 3.4 | 0.4 | 1.5 | 26.7 | 100 |

注) 1. クラークソン “World Shipyard Monitor” (2015年以降はJuly-2022版, 2014年Dec-2021, 2013年Dec-2020, ……2001年Dec-2008)

出典: 日本造船工業会、統計データ 造船関係資料 2022年9月

② 台湾・フィリピン・ベトナム

台湾・フィリピン・ベトナムの電力需要や洋上風力の導入目標・施策等を次ページ表 4-3 に示す。

台湾は、237MW 導入されており、入札制度により、今後 2027 年までの開発案件が顕在化している。また、2025 年以降毎年 1.5GW 導入し、2035 年 15GW という導入目標を掲げている。

フィリピンは、世界銀行グループ (WBG) 協力のもと洋上風力発電に関するロードマップを策定し、高成長シナリオでは 40GW の導入を掲げている。また、今後の導入支援策の整備が見込まれる。

ベトナムは、草案段階であるが、PDP8 で 2030 年 7GW 導入を目標としている。

表 4-3 台湾・フィリピン・ベトナムの洋上風力発電に関する導入支援策等

| | 台湾 | フィリピン | ベトナム |
|----------------------------------|---|---|--|
| 電力需要(10億 kWh) (2015~2019年の平均) | 255.7 | 86.1 | 178.1 |
| 洋上風力導入目標 | 2035年 15GW ※2025年までに5.6GW 導入、2025年以降、毎年 1.5GW 導入 | 洋上風力ロードマップでは以下の記載 低成長シナリオ:2050年 6GW 高成長シナリオ:2050年 40GW | PDP8 草案(2022/4)にて2030年までに7GW 導入するとしている。 洋上風力ロードマップでは以下の記載 低成長シナリオ:2050年 35GW 高成長シナリオ:2050年 70GW |
| 導入支援策 | 入札制度あり | 現時点では策定されていないが、ロードマップではビジョンの策定、枠組みの確立、案件形成、長期的なインフラ整備の方針を示している。 | FIT 制度(価格が低いことから見直しのロビー活動中) 入札制度あり |
| 導入量 (2021年末時点) | 237MW ・Changhua (109MW) ・Formosa I (128MW) | — | — |
| 開発案件 | 第2ラウンド:15件 5500MW (2025年までに導入予定) 第3ラウンド phase I: 10件(2026~2027) | — | — |

出典:各種公開情報よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

2022年4月、フィリピンのエネルギー省と世界銀行グループは洋上風ロードマップを公表し、その中では、国家再生可能エネルギープログラムに沿った水準の低成長シナリオと更なる促進策を実施した高成長シナリオが示されている。低成長シナリオでは2034年以降の全ての導入量が浮体式とされている。高成長シナリオでは2030年より浮体式の導入が開始し、2032年以降は全ての導入量が浮体式であり、2036年以降毎年2GWの導入が想定されている。このシナリオでは、海域としてフィリピン西部での導入が見込まれている。その海域の多くは、浮体式が想定されており、特にD.Southern Mindoro エリアでは、20-36GWのポテンシャルが見込まれている。

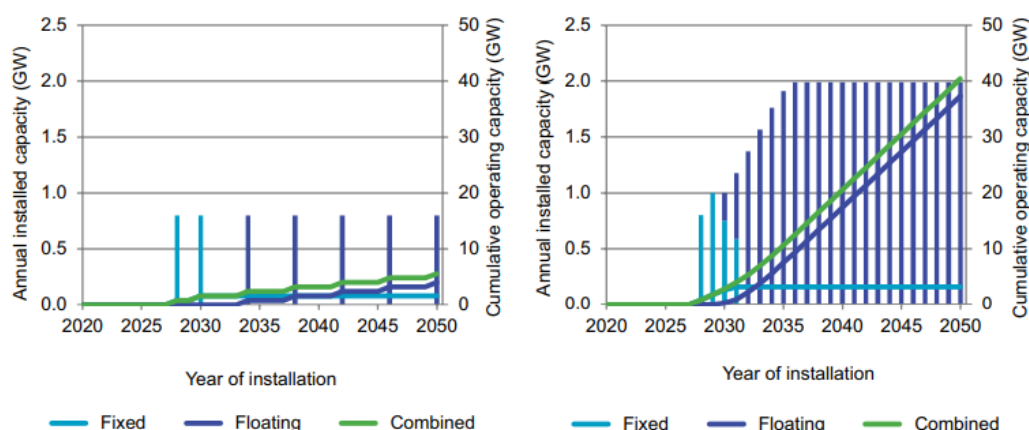


図 4-1 フィリピンの洋上風力導入シナリオにおける着床式・浮体式の導入量
(左:低成長シナリオ、右:高成長シナリオ)

出典:World Bank Group “OFFSHORE WIND ROADMAP FOR THE PHILIPPINES”

表 4-4 フィリピンの高成長シナリオにおける洋上風力発電の導入海域

| Area | Foundation type | Overall impact of considerations | Area (km ²) | Practical capacity |
|-----------------------------|--------------------|--|-------------------------|---|
| A: Northwest Luzon | Floating | Marginal - shipping routes on western edge | 1,571 | 2 to 5 GW (density 1.3 to 3.2 MW/km ²) |
| B: Manila | Fixed and floating | Severe - shipping routes | 2,281 | 0 to 3 GW (0 to 1.3 MW/km ²) |
| C: Northern Mindoro | Floating | Significant - undersea cables and shipping routes | 3,606 | 3 to 10 GW (0.8 to 2.8 MW/km ²) |
| D: Southern Mindoro | Floating | Marginal - shipping lanes, cables, and ecological considerations | 11,669 | 20 to 36 GW (1.7 to 3.1 MW/km ²) |
| E: Guimaras Strait | Fixed | Significant - ecology, shipping, and proximity to shore | 689 | 0 to 1 GW (0 to 1.5 MW/km ²) |
| F: Negros/Panay West | Floating | Marginal - shipping routes and cables | 1,534 | 2 to 3 GW (1.3 to 2.0 MW/km ²) |
| Total | Fixed and floating | | 21,348 | 27 to 58 GW (1.3 to 2.7 MW/km ²) |

出典:World Bank Group “OFFSHORE WIND ROADMAP FOR THE PHILIPPINES”

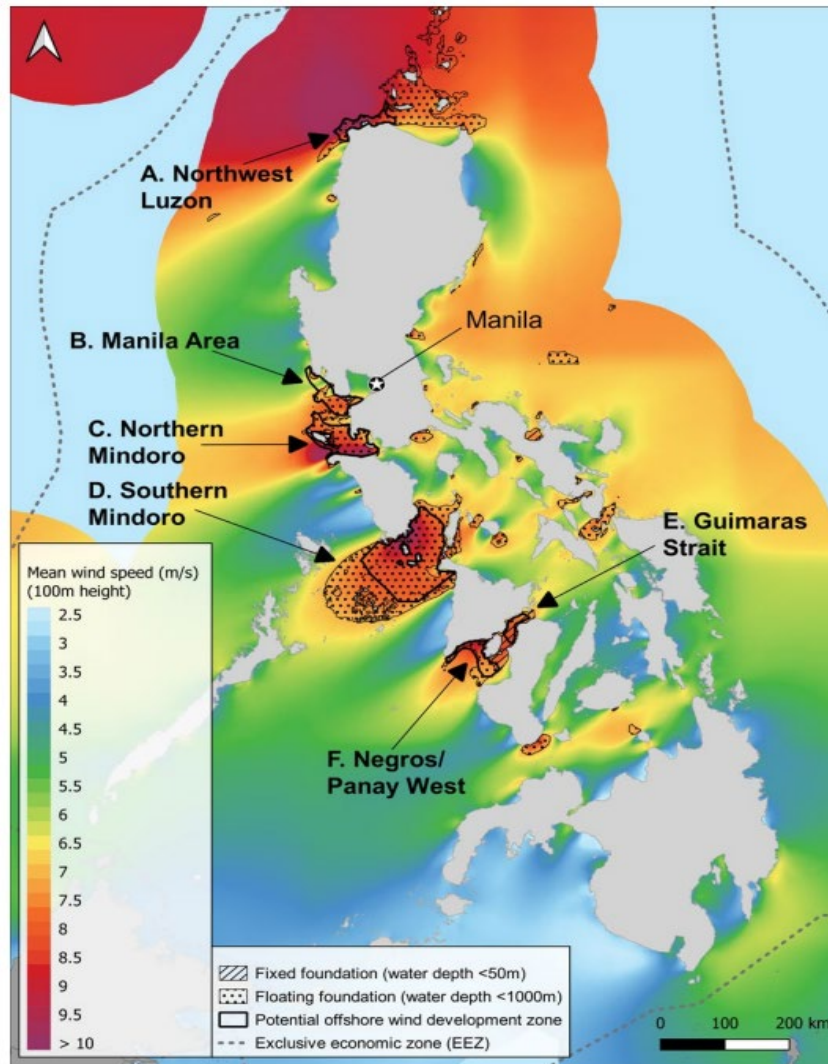


図 4-2 フィリピンの高成長シナリオにおける洋上風力発電の導入海域の分布

出典: World Bank Group “OFFSHORE WIND ROADMAP FOR THE PHILIPPINES”

世界銀行は、ベトナムにおいて Danish Energy Agency と洋上風力発電ロードマップを発行している。このロードマップでも、高成長シナリオと低成長シナリオの 2 つのシナリオにおける洋上風力発電導入見通しが示されている。低成長シナリオでは 2050 年 35GW 導入が見込まれ、浮体式は年間数百 MW 程度の導入が見込まれる。高成長シナリオでは、2050 年 70GW 導入見込まれ、浮体式は最大年間 1.5GW 程度の導入が見込まれている。両シナリオにおいて、特に南東部は風速が大きく、浮体式の導入が見込まれている。

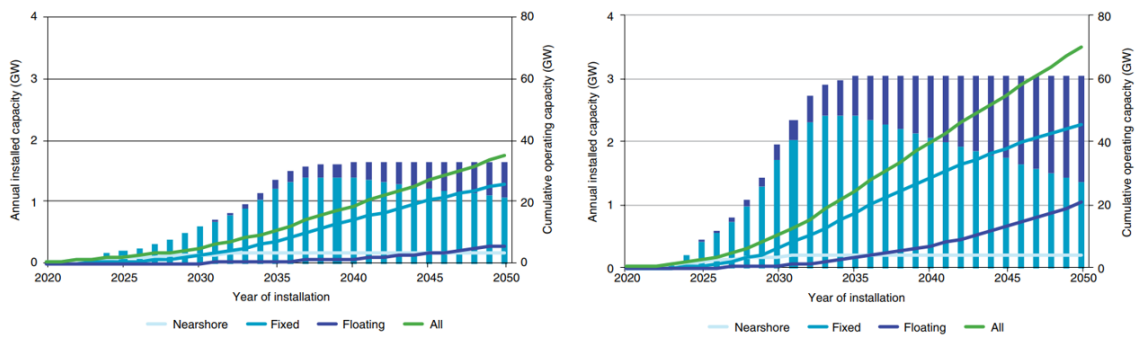


図 4-3 ベトナムの洋上風力導入シナリオにおける着床式・浮体式の導入量
(左:低成長シナリオ、右:高成長シナリオ)

出典:World Bank Group “OFFSHORE WIND ROADMAP FOR VIETNAM”

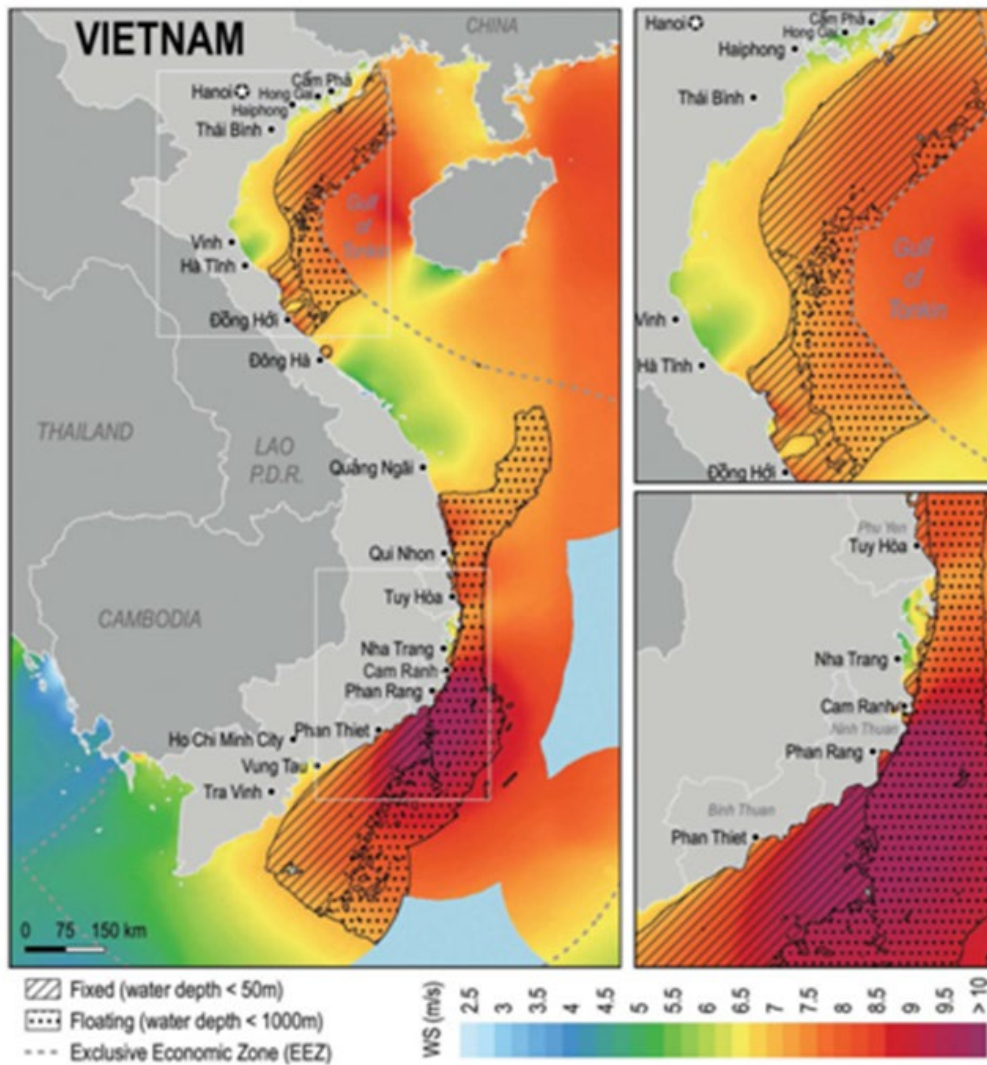


図 4-4 ベトナムの低成長シナリオにおける洋上風力発電の導入海域の分布

出典:World Bank Group “OFFSHORE WIND ROADMAP FOR VIETNAM”

(2) 自然条件

台湾・フィリピン・ベトナムの3か国について、自然条件(水深・風速)を整理した。

① 台湾

台湾は、東側・南西部を除いた広範囲で、8.5m/s 以上の風速があり非常に風況が良い。西側沿岸部および一部の沖合では、着床式に適した50m 以浅海域となっている。一方、その他の北部から西部にかけて、水深が 50-200m 程度の浮体式の導入が期待できる海域が広がっている。

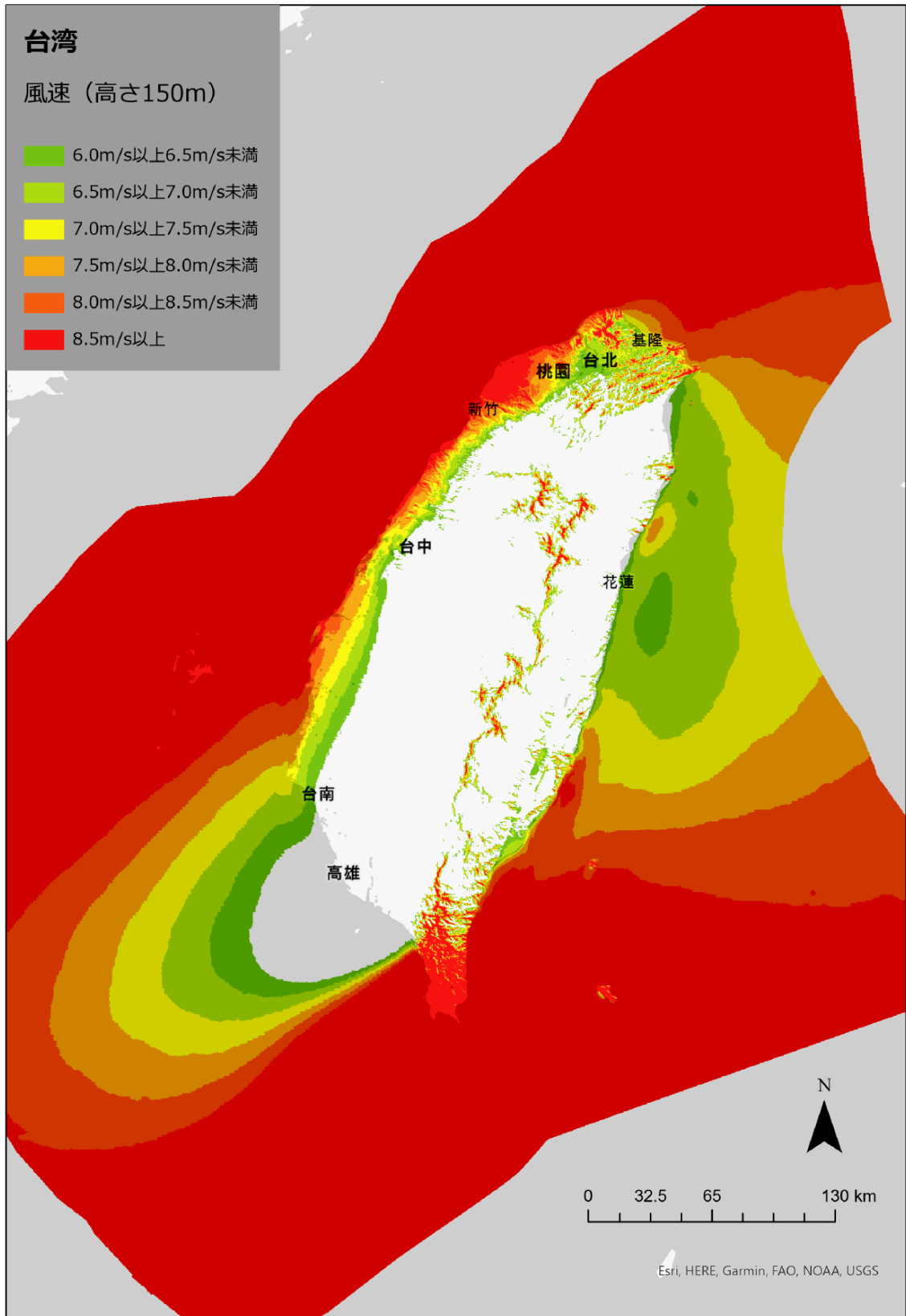


図 4-5 台湾の風速分布

出典：Global Wind Atlas より、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

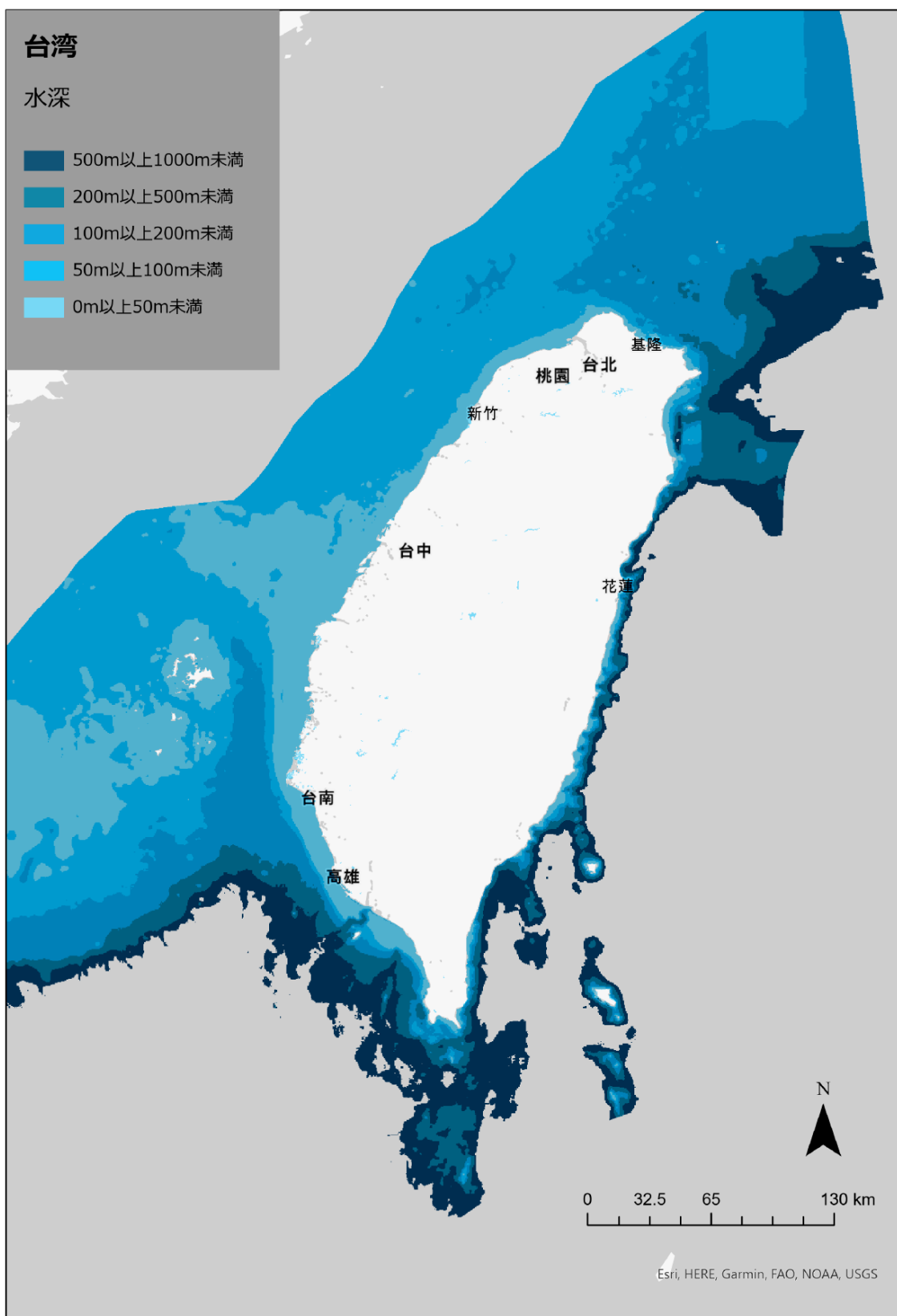


図 4-6 台湾の水深分布

出典: Global Wind Atlas より、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

② フィリピン

フィリピンは国の北部に位置するルソン島の片側と、諸島を南北に隔てる海域で風況が良い傾向となっており、その多くが浮体式の導入が期待される 50m 以深の海域である。

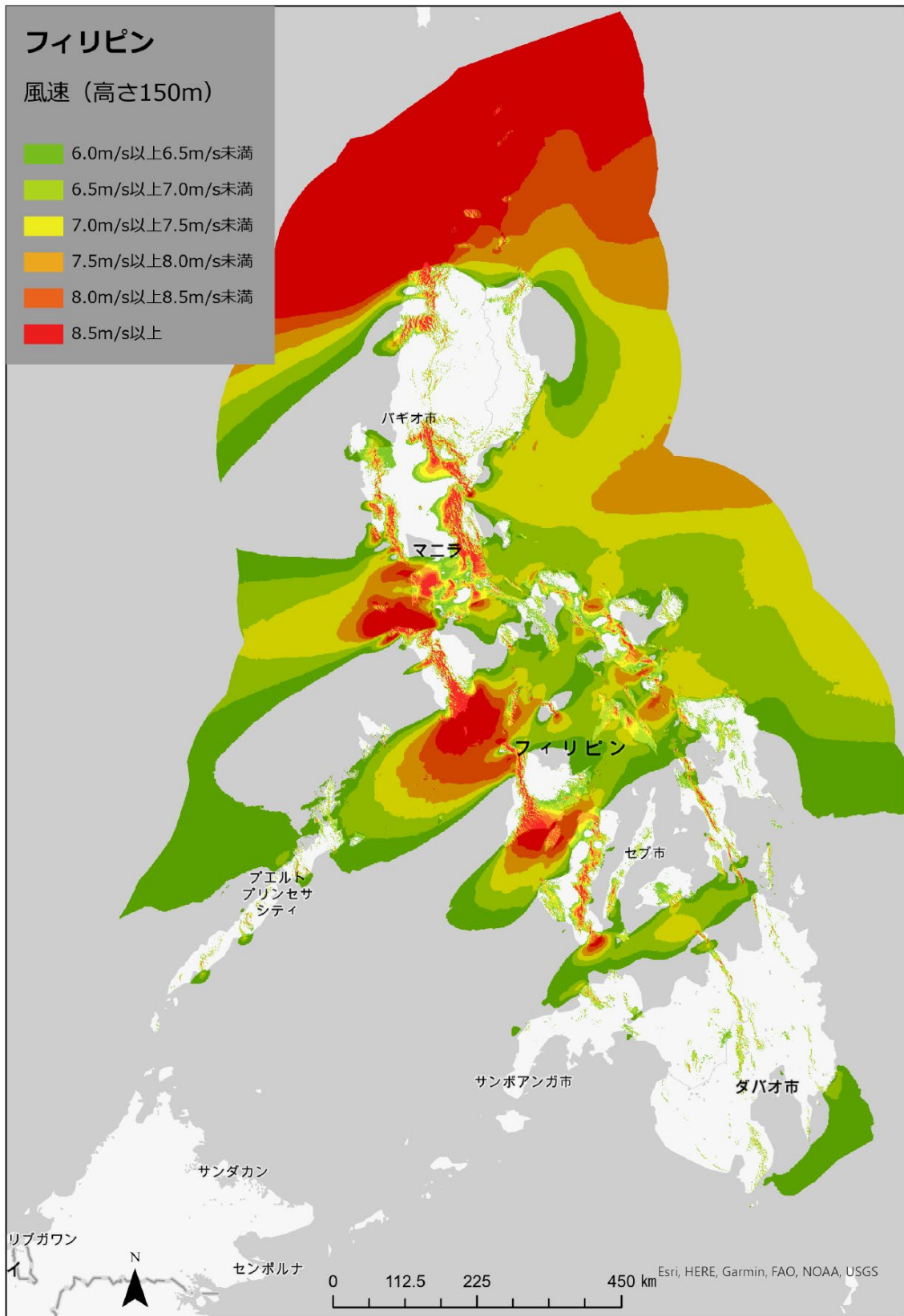


図 4-7 フィリピンの風速分布

出典:Global Wind Atlas より、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

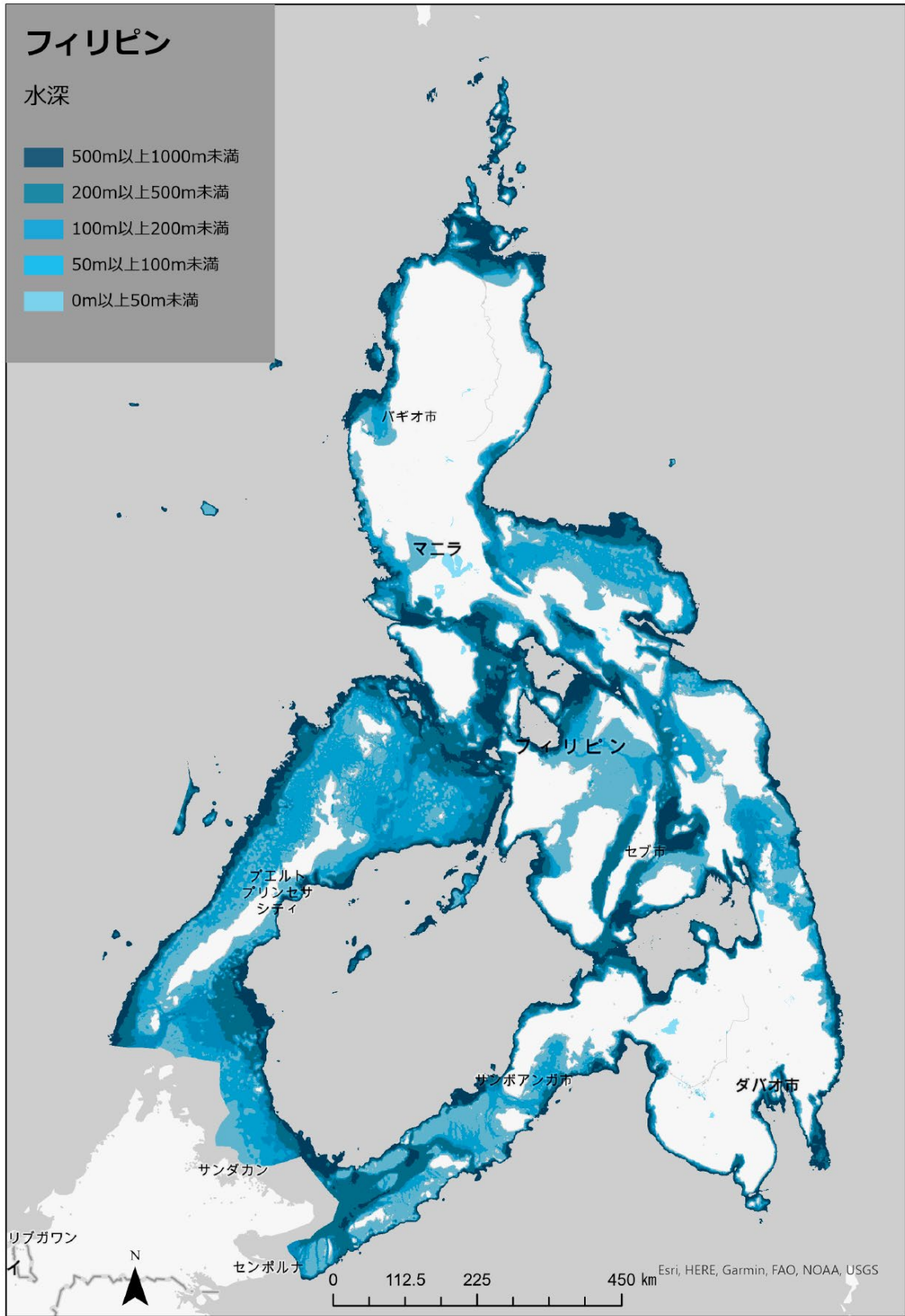


図 4-8 フィリピンの水深分布

出典: Global Wind Atlas より、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

③ ベトナム

ベトナムでは、広範囲の沿岸部で 7m/s 以上の風況が期待され、特に南東部は 8.5m/s 以上の海域が広がる。南部の沿岸部では、着床式の導入に適した 50m 以浅の海域が広がる一方、南東部では水深がなだらかに深まる海域があり、浮体式の導入が期待できる。

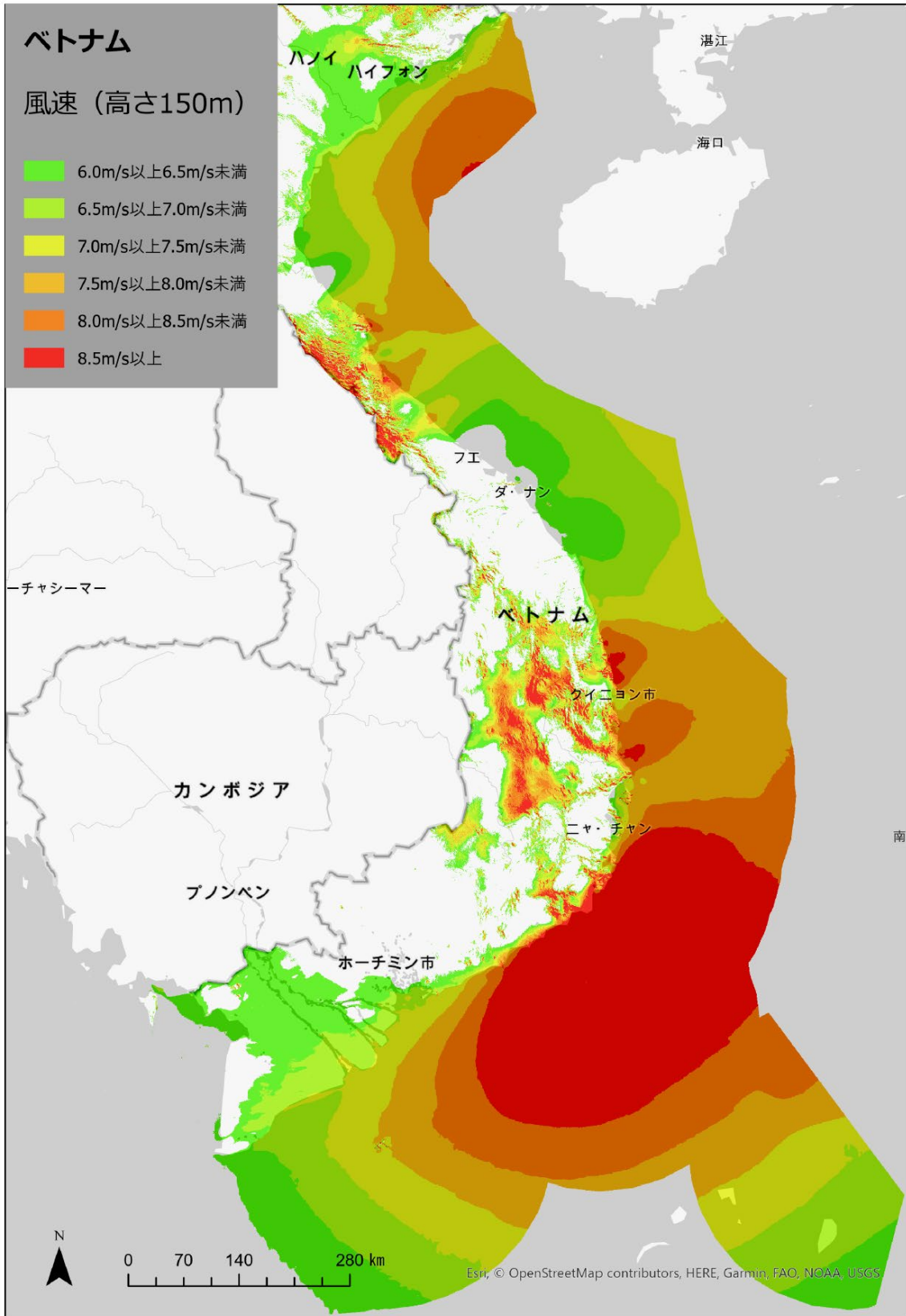


図 4-9 ベトナムの風速分布

出典：Global Wind Atlas より、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

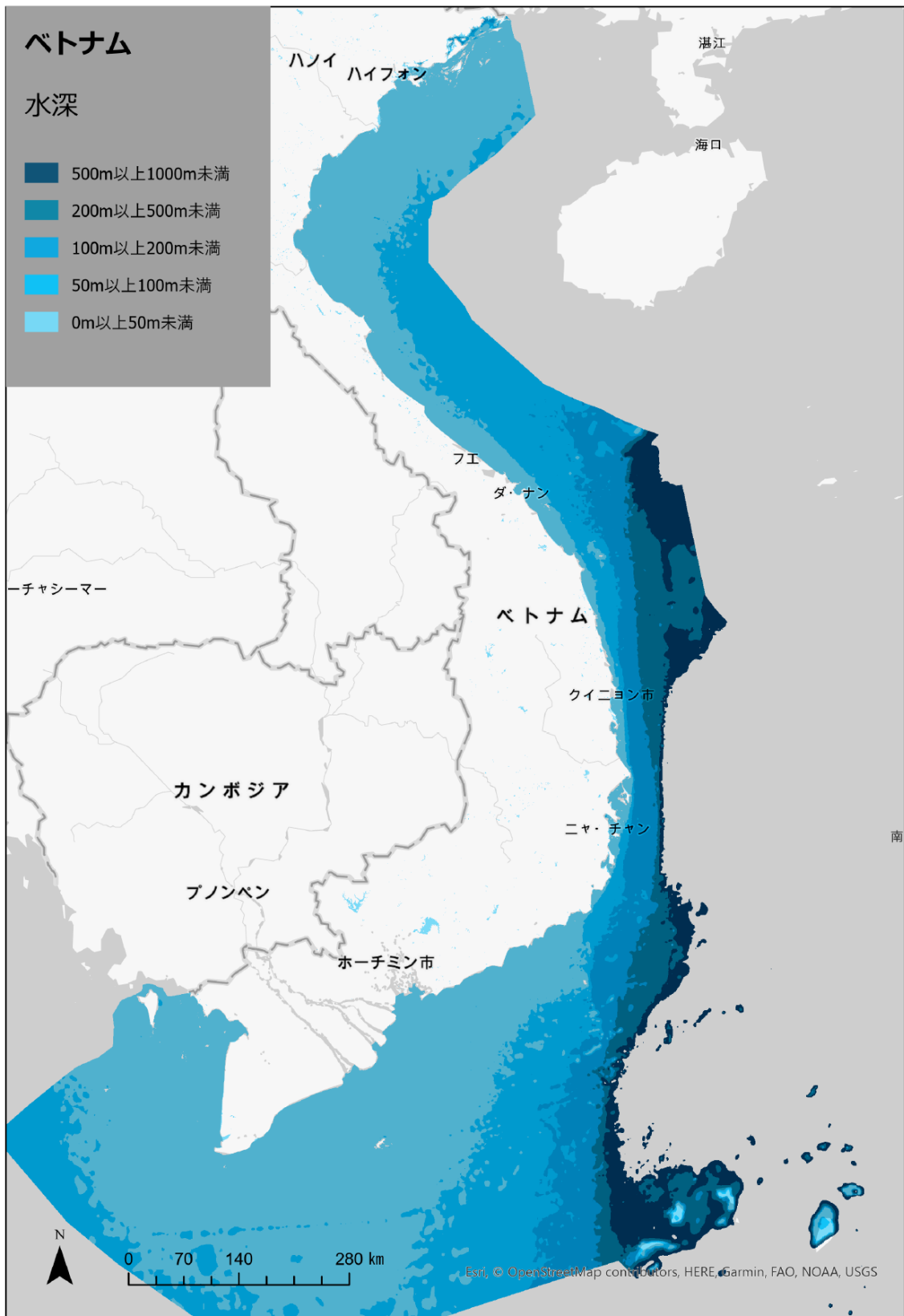


図 4-10 ベトナムの水深分布

出典: Global Wind Atlas より、みずほりサーチ&テクノロジーズ作成

4.2 ヒアリング調査

4.2.1 ヒアリングの対象及び内容

2.2、3.2 の浮体式洋上風力発電及び作業船に関するヒアリングの対象事業者に、補足的にアジア展開にあたり、課題と感じていることについてヒアリングを行った。

4.2.2 事業者へのヒアリング結果

(1) アジア展開における優位性と課題

アジア展開における優位性と課題等に関する意見を表 4-5 に整理する。なお、浮体式洋上風力発電に関する優位性と課題は表 2-6、表 2-7、作業船に関する優位性と課題は表 3-16 表 3-17 に示すとおりである。

アジア展開に係る日本の優位性としては、対欧州企業の地理的な近さに加えて、日本がアジア諸国で現地雇用を作りながら進出してきた実績が挙げられる。

一方課題としては、日本の洋上風力作業船のプレーヤーの中でアジア展開自体がまだ検討が進んでいない段階にあり、基礎情報等が不足している点が挙げられる。

また、アジア展開において考慮すべき事項としては、自然条件よりも社会条件が挙げられ、国同士の関係性や貿易における支援、政治情勢や商慣習が挙げられた。

表 4-5 アジア展開における優位性と課題等

| 項目 | 内容 |
|---------|--|
| 優位性 | <ul style="list-style-type: none">・ 欧州と比べると地政学的に近い。既存の事業でベトナムなど進出できている国もある。国や企業同士のリレーションを含めて勝負できる。・ 中国の企業のように自社で雇用を全て取りきるような方法ではなく、日本の企業の現地の雇用を作りながら行う方法が良いのではないかと。 |
| 課題 | <ul style="list-style-type: none">・ 港湾などのインフラが整備されていないことが予想されるが、そもそもそういった情報にアクセスすることに苦労している。アジア展開に必要な基礎情報が整理されているといい。 |
| 考慮すべき事項 | <ul style="list-style-type: none">・ 自然条件以上に社会条件を考慮する必要がある。日本との国同士の関係性や造船技術に対する支援があるかなどが考えられ、フィリピン・ベトナムあたりは親和性が高い。また、政治情勢なども考慮する。・ カントリーリスクはある。台湾も日本の商習慣と違うところがあり、どこまで信じていいのか。 |

(2) アジア展開にあたり必要な支援策

アジア展開にあたり必要な支援策は、浮体式洋上風力発電については、表 2-9、作業船については 2.4(5) のとおりである。

案件形成、インフラ整備等が挙げられており、国主導の市場環境の整備が求められている。

造船業においては、商船等の既存事業がある中、浮体や SEP、SOV、その他作業船の建造にリソースを割くこととなり、その経営判断が可能となる市場規模が示されることが望まれている。

4.2.3 対象国の関連組織へのヒアリング結果

基礎調査の内容を踏まえ、特に今後浮体式洋上風力発電の導入が見込まれ、日本からの浮体・作業船の展開が考えられる台湾、フィリピンについて、現地でのヒアリングを実施した。ヒアリングの対象は以下のとおり。

表 4-6 台湾・フィリピンのヒアリング対象

| 国 | 機関名 | 分類 |
|-------|--|-------------------|
| 台湾 | Taiwan Ministry of Economic Affairs (MOEA) , Bureau of Energy (BoE) | 政府 (台湾經濟部 能源局) |
| 台湾 | Taiwan International Port Company (TIPC) | 港湾事業者 |
| 台湾 | CSBC, Taiwan | 造船事業者 |
| 台湾 | Taiya Renewable Energy | 発電事業者 |
| 台湾 | Taiwan Power Company | 国有電力会社 |
| フィリピン | Philippine Port Authority (PPA) | 港湾事業者 |
| フィリピン | WPD, Philippines | 発電事業者 |

(1) 台湾

台湾における浮体の導入に関する展望や課題の意見について、表 4-7 に整理する。

台湾では、実証事業として浮体式洋上風力発電の開発が検討されている。浮体の製造能力としては大型ドックをもつ CSBC が有すると考えられるが、15MW 基を想定すると浮体が 14 基程度必要となる。この規模を想定すると製造能力、保管・輸送能力に課題がある。

また、着床式洋上風力発電の入札においては、ローカルコンテンツ規制が存在し、発電事業者に、台湾国内のサプライヤーの採用を求めたが、将来の浮体式洋上風力発電の入札では、規制は設けない予定である。

浮体式洋上風力発電向けの基地港湾は、日本同様台湾も整備されておらず、今後浮体式洋上風力発電に求められる条件を整理の上で、整備することが予定されている。

表 4-7 台湾における浮体の導入に関する展望や課題

| 項目 | 内容 |
|-------------|---|
| 製造能力 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 大型ドックのある CSBC など造船所は優位性がある。国内で開発した浮体 Taida Float であれば、国内でサプライチェーンを形成可能だが、それ以外の浮体設計は、国際的にサプライチェーンに依存する。 ・ 将来の実証事業では、100MW のプロジェクト 2 件を開発する可能性があるが、15MW 風車の搭載を想定すれば 14 基の浮体が必要となる。その場合には、製造能力、保管・輸送能力など課題がある。 |
| 実証事業 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 浮体式洋上風力発電の様々な形式の浮体について、実証を通じ知見を得られることを期待している。 ・ 欧州でも実証はあるが、台湾固有の特徴・課題があると考えており、一例として台風への対応等を想定している。 ・ 浮体式に対応した港湾拠点が必要になる。 |
| ローカルコンテンツ規制 | <ul style="list-style-type: none"> ・ O&M を中心にローカルサプライチェーンを構築するために、地元企業の関与は重要な課題。 ・ 着床式の入札においては、地元企業による着床式基礎の製造に成功した。 ・ 着床式と異なり、ローカルコンテンツの規制で強制するのではなく、地元の企業・研究期間の関与によって地元産業の成長を目指す。 ・ 洋上風力の関連技術が成熟した後は、他のアジア諸国に輸出する方針としている。 |
| 港湾整備 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 2030 年代に浮体式向けに改造することを検討しているが、2027～2028 年に予定する浮体式洋上風力発電の実証事業の運転開始よりも後であるため、実証用に仮の基地港湾を検討する必要がある。 ・ 台湾は他国よりも港湾の面積には限りがあるため、そういった課題解決には外国の企業の経験に期待している。 ・ 浮体式洋上風力発電の風車の大きさや浮体形状など様々な条件に応じ港湾のインフラの棚卸しを実施しており、台北港及び台中港の開発可能性が高い。 |

台湾における作業船建造に関する現状への意見について、表 4-8 に整理する。

SEP、SOV については、台湾国内で建造されていなかった。SEP は不足している現状であり、SOV もプロジェクトごとに事業者が調達するため、台湾の洋上風力発電市場向けには、海外で製造するニーズがあると考えられる。

表 4-8 台湾における作業船建造に関する現状

| 項目 | 内容 |
|-----|--|
| SEP | <ul style="list-style-type: none"> ・ 着床式基礎の設置のための船舶 (SEP) は不足している。 ・ 稼働している SEP はすべて海外で製造されたものである。 ・ コストの問題もあり、直近で新規の SEP 建造は予定していない。季節によって施工期間に制約があることが、台湾での SEP への投資を抑制している。 |
| SOV | <ul style="list-style-type: none"> ・ 稼働している SOV はすべて海外で製造されたものである。 ・ O&M 船 (CTV、SOV) は、発電事業者が各自で調達するものと考えていることから、不足等を想定していない。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 洋上風力産業では中国船籍の船は認めていない。 ・ アンカーハンドリング船は、国内で建造したものはないが、中古船舶を購入し、台湾で登録・改装を行うメーカーはある。 ・ 起重機船は、CSBC が台湾で建造した Green Jade が 1 隻存在するが、将来の開発ニーズには不足している。 ・ 浮体式洋上風力発電については、タービン据付後に浮体を港湾から曳航するため、施工用の船舶の不足はあまり起こらないと考えている。 |

台湾における日欧の EPC 企業等のプレゼンスについての意見を、表 4-9 に整理する。

台湾国内において日本の EPC 企業の知名度はかなり低いとの事であり、欧州の発電事業者が台湾市場に参入するにあたり、欧州の EPC 企業が一体となって市場に参入し、プレゼンスを発揮したと考えられる。

表 4-9 台湾における日欧の EPC 企業等のプレゼンスについて

| 項目 | 内容 |
|----|---|
| 日本 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 台湾国内の洋上風力発電市場においては、日本の EPC 企業の知名度はかなり低い。 ・ 日本のタグボートやバージ、起重機船などが導入できればいいと思うが、日本の船舶機械や技術に対してあまり馴染みがない。 |
| 欧州 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 洋上風力発電の経験が豊富であり、発電事業者も欧州であることから、台湾内の事業者に好まれている。 |

以下に、現地で確認できた CSBC のドック等の写真を示す。



図 4-11 CSBC のドライドック①



図 4-12 CSBC のドライドック②



図 4-13 CSBC のクレーン設備



図 4-14 CSBC の建造する Green Jade

(2) フィリピン

フィリピンにおいては、現状洋上風力発電が導入されておらず、市場環境も整備されていないことから、それほど浮体式洋上風力発電等に関する意見は得られなかった。今回得られた意見を表 4-10 に示す。

現状は、浮体・作業船ともに洋上風力発電事業においてどういったものが求められるのか把握されていない状況であり、市場として未成熟であることがわかる。また、フィリピン国内で製造能力も現状ではないものと考えられる。

表 4-10 フィリピンにおける洋上風力発電の導入について

| 項目 | 内容 |
|-----|---|
| 浮体 | <ul style="list-style-type: none">・ 国内での製造見込みはなく、全て輸入が想定される。・ どういった浮体が国内に適しているかは把握できていない。 |
| 作業船 | <ul style="list-style-type: none">・ 国内の船舶で対応可能かどうかは、求められる船舶の仕様や輸送する部品の大きさを把握しなければならない。 |
| 港湾 | <ul style="list-style-type: none">・ クリマオ港では、陸上風力発電のスペアパーツの輸送などに対応したことがあるが、洋上風力発電の導入に求められる条件や対応能力は把握できていない。・ 民間の港も含め、洋上風力発電のニーズには応えられないため、独自に港を開発する又はフィリピン港湾公社と連携して公共の港湾を拡張する必要がある。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none">・ 外国企業が土地を購入またはリースする規定がないため、土地の取得に障壁がある。 |

4.3 まとめ

今回、浮体と作業船のアジア展開についてヒアリングを実施した結果、国内の発電事業者や台湾・フィリピンの自治体に共通し、基地港湾や造船所等のインフラ整備が課題として挙げられた。日本同様に、浮体式洋上風力発電の導入にあたり、どういった条件の基地港湾が求められるのか整理をした上で、インフラ整備が進められるものと考えられる。

その中で、洋上風力発電の導入が進んでいる台湾においては、今後基地港湾整備も計画されているが、浮体の製造能力については限定的と考えられる。浮体製造可能なドックを持つCSBCが存在するが、日本と比較すればドックの数は限定的であり、大量導入を考えた場合には、日本等の造船事業者が台湾国内で新規投資を行った上での製造や、日本や他アジア諸国から輸送することも考えられる。そのため、台湾国内における今後の浮体式洋上風力発電の導入量に対する、製造能力を整理し、海外企業の参画ポテンシャルを整理の上、台湾国内での製造や日本・アジア諸国からの輸送など、適切な展開方法の検討が求められる。

フィリピンは洋上風力発電が導入されていない未成熟な市場であり、洋上風力発電の導入目標の設定等の政策的なコミットがあった上で、インフラ整備を検討する必要がある。浮体・作業船ともにフィリピン国内で製造することは難しく、日本等の海外企業の参入可能性が高いと考えられる。欧州や中韓との差別化を考えればインフラなど市場環境整備の初期から関与する産業支援も方策と考えられる。特に、検討が進んでおらずフィリピン国内のインフラ整備に時間を要する可能性を考えれば、今回のヒアリングにおいて示された、インフラ整備前は日本から浮体を輸送するといった方策の実施も考えられる。

また、台湾では欧州の発電事業者とEPC企業が一体で参入したことを考えれば、日本の発電事業者と造船事業者、EPC企業等が提携し、一体で参入することも、円滑な市場参入の方策として考えられる。