

浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する 官民フォーラム（報告）

令和6年5月21日（火） 第1回フォーラム

- ・浮体式洋上風力発電の海上施工等を取りまく状況
- ・浮体式洋上風力発電の海上施工等における技術的な課題 等

令和6年6月5日（水） 会員募集・意見募集の開始

令和6年6月25日（火） 第2回フォーラム

- ・浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する課題
- ・海外での浮体式洋上風力発電の施工事例
- ・取組方針（骨子案） 等

令和6年8月29日（木） 第3回フォーラム

- ・取組方針（案） 等

海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律の一部を改正する法律案

背景・必要性

- 我が国における2050年カーボンニュートラルの達成に向けて、洋上風力発電は、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札とされている。
- 2030年までに1,000万kW、2040年までに3,000万kW～4,500万kWの案件形成目標を掲げており、領海及び内水における海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律(以下、「再エネ海域利用法」という。)に基づく案件形成の促進に加え、我が国の排他的経済水域(以下、「EEZ」という。)における案件形成に取り組んでいく必要がある。
- こうした中、現在の再エネ海域利用法では、適用対象を「領海及び内水」としており、EEZについての定めはないことから、EEZにおける海洋再生可能エネルギー発電設備の設置に係る制度を創設する。
- また、洋上風力発電事業の案件形成の促進に当たって、海洋環境等の保全の観点から適切な配慮を行うため、海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域(以下、「促進区域」という。)の指定の際に、国が必要な調査を行う仕組みを創設する。

【目標・効果】

EEZにおける海洋再生可能エネルギー発電設備の設置許可や、海洋環境等の保全に配慮した海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域の指定を通じて、海洋再生可能エネルギーの導入拡大を図る。

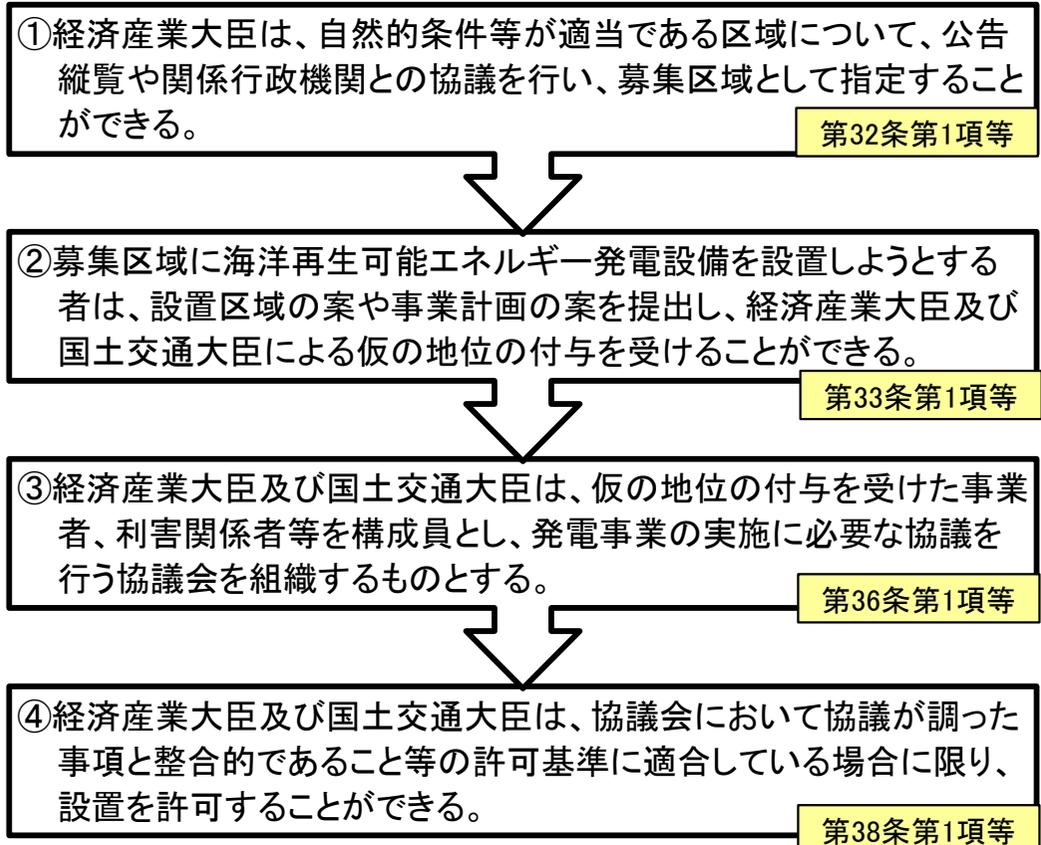
(KPI)

2030年までに1,000万kW、
2040年までに3,000万kW～4,500万kWの案件形成

法案の概要

○EEZに設置される洋上風力発電設備について、長期間の設置を認める制度を創設。

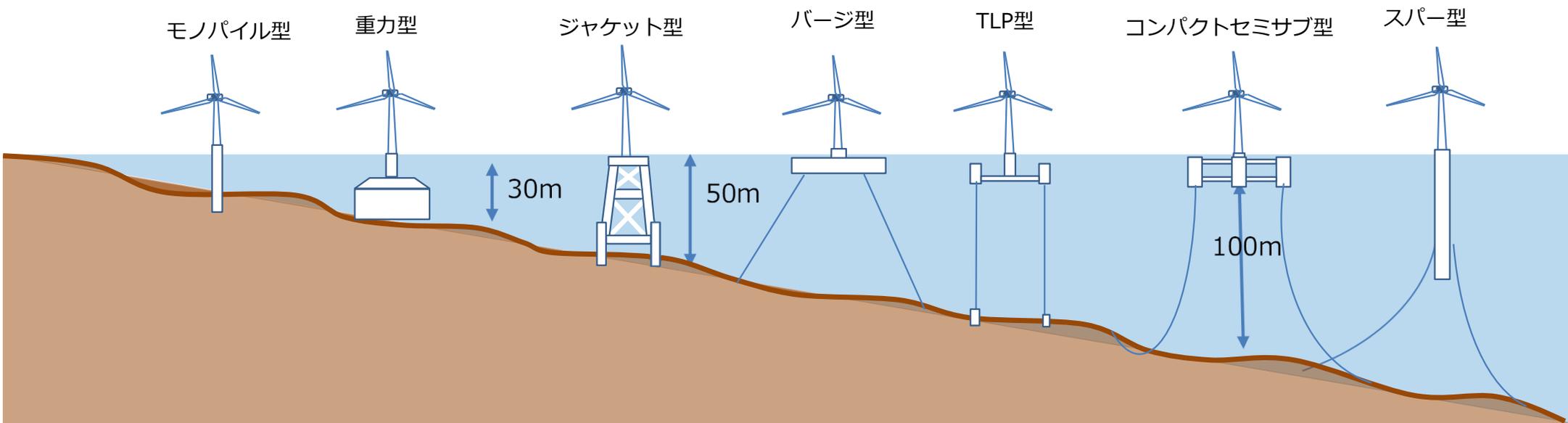
【EEZにおける洋上風力発電設備の設置までの流れ】



※EEZにおける洋上風力等に係る発電設備の設置を禁止し、募集区域以外の海域においては設置許可は行わない。 第31条

○促進区域(領海及び内水)及び募集区域(EEZ)の指定等の際に、海洋環境等の保全の観点から、環境大臣が調査を行うこととし、これに伴い、環境影響評価法の相当する手続を適用しないこととする。

着床式と浮体式の比較



	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	<ul style="list-style-type: none"> ・施工が低コスト ・海底の整備が原則不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・保守点検作業が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的深い水深に対応可 ・設置時の打設不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造が単純で低コスト化可 ・設置時の施工が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・係留による占有面積が小さい ・浮体の上下方向の揺れが抑制される 	<ul style="list-style-type: none"> ・港湾施設内で組立が可能 ・浮体動揺が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤の厚みが必要 ・設置時に汚濁が発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・海底整備が必要 ・施工難易度が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造が複雑で高コスト 	<ul style="list-style-type: none"> ・暴風時の浮体動揺が大。安全性等の検証が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・係留システムのコストが高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・浅水域では導入不可 ・施工に水深を要し設置難

※領海内の促進区域では、着床式の導入が進んできた（9/10）

※我が国EEZでは浮体式の導入が見込まれる

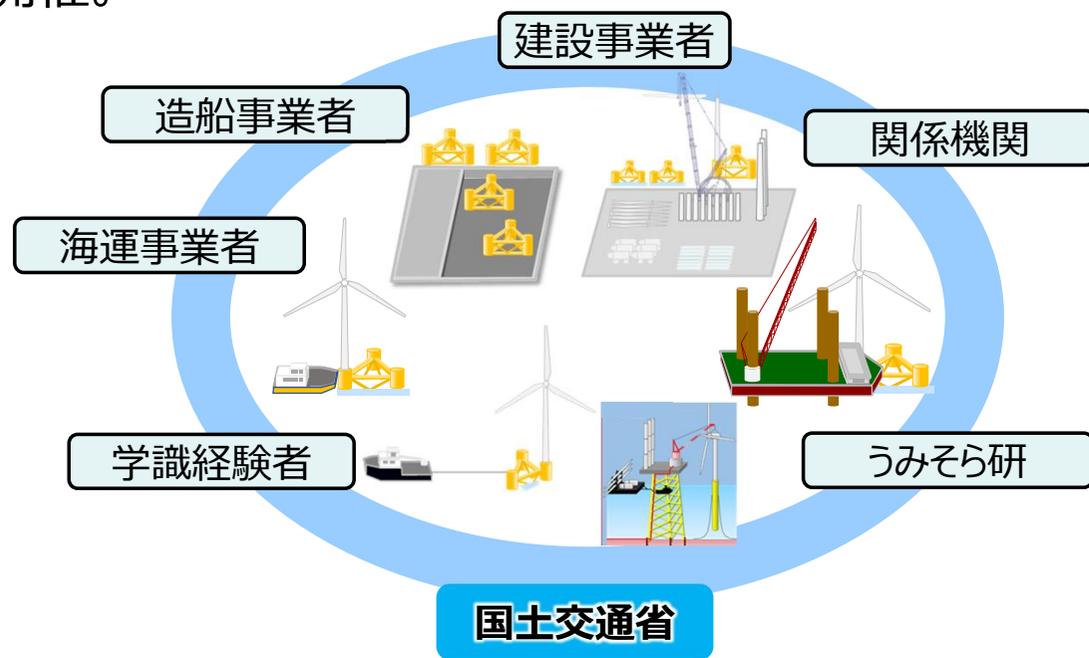
浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民フォーラム

背景・必要性

浮体式洋上風力発電設備の大量導入を進めるためには、浮体の組立・設置など多岐にわたる海上施工や関連船舶に関する諸課題について、様々な主体が連携の上、制度設計や技術検討を計画的に進めることが必要。

検討体制・進め方

浮体式洋上風力発電の大量導入に向けた海上施工や関連船舶に関する諸課題について、官民が連携し、横断的な議論を促進するため、「浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民フォーラム」を設置・開催。



浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民フォーラム

【事務局】

国土交通省総合政策局、海事局、港湾局

【参加者】

国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所、関係機関（海事、港湾）建設事業者、造船事業者、海運事業者、学識経験者等

【オブザーバー】

経済産業省資源エネルギー庁

【検討内容】

- 海上施工等に関する課題等の整理
- 海上施工等に関する取組方針 等

セミサブ基礎洋上風力発電所(ウィンドフロートアトランティック)の施工事例

- ウィンドフロートアトランティックでは、基礎製作拠点、係留索・アンカー設置拠点、アッセンブリを行う基地港湾の3か所の港湾を使い、施工を実施。

ウィンドフロートアトランティックの施工プロセス



①セツバル港

・セツバル港ドックで2基の基礎浮体を製作後、基地港湾であるフェロルへ曳航



②フェロル港

・フェロル港のナバンティア社ヤードで浮体基礎1基を製作



②フェロル港内の移動

・フェロル港のナバンティア社ヤードで製作した浮体基礎はセミサブ船でフェロル港サンシブラオ地区へ移動



②フェロル港サンシブラオ地区

水深-20m

・水深20mの岸壁でアッセンブリをクローラクレーンで実施
・工事時の浮体基礎の喫水は17-18m程度と想定される。



③レイクス港を拠点とするアンカリング船

・係留索、アンカーを、事前に設置。



②フェロル港からの曳航

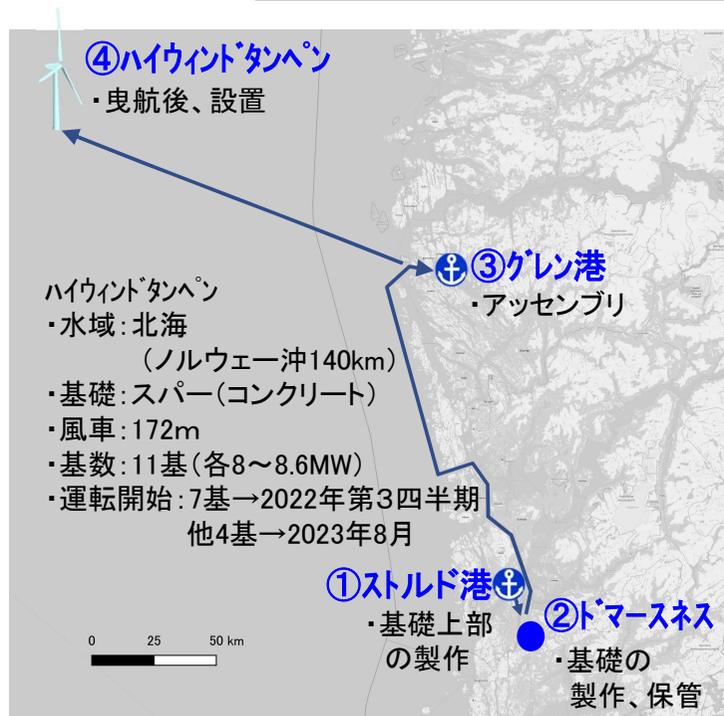
・完成した浮体式洋上風力発電設備を大型タグで曳航し、事前に設置した係留索に固定。
・設置場所の水深は100m

ウィンドフロートアトランティック
・水域：ポルトガル沖18km
・基礎：セミサブ（鋼製）
・風車：185m
・基数：3基（各8.4MW）
・運転開始：2020年

コンクリート製スパー基礎洋上風力発電所(ハイウィンドタンペン)の施工事例

- ハイウィンドタンペンでは、水深100m超のフィヨルド内において基礎を製作・曳航し、基地港湾のリンガークレーンでアッセンブリし、サイトへ曳航、設置。

ハイウィンドタンペン(8MW機×11基、2022年7基・2023年4基運転開始)の施工プロセス



・ストルド港で、浮体基礎下部20mを製作



・浮体基礎上部をドマースネスへ曳航



・ドマースネスにてコンクリートスリップフォーム工法にて完成(長さ107m)



・ドマースネスからグレン港まで浮体基礎を曳航し、リンガークレーンを使いSGRE社※がスパー基礎上でアッセンブリ

※Siemens Gamesa Renewable Energy(シーメンス・ガメサ)：Siemensの風車製造部門とGamesaが合併してできた会社。



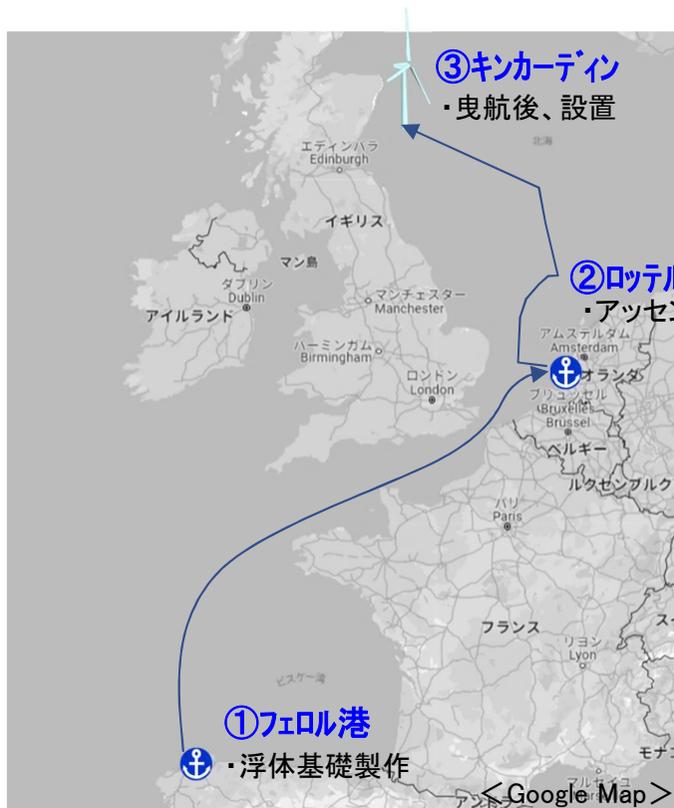
・アッセンブリ後、グレン港から沖合140kmのハイウィンドタンペンサイトまで曳航、設置
・設置場所の水深は260~300m



セミサブ基礎洋上風力発電所(キンカーディン2期)の施工事例

- キンカーディン2期では、浮体基礎の製作、アッセンブリを行う基地港湾の2か所の港湾を使い、施工を実施。

キンカーディン2期(9.5MW機×5基、2021年運転開始)の施工プロセス



①フェロル港

・フェロル港からロッテルダム港まで浮体基礎を曳航



②ロッテルダム港

・ロッテルダム港でアッセンブリ



②ロッテルダム港からの曳航

・アバディーン沖15kmの海域まで曳航



③現地サイトに設置

・現地サイト設置後の様子
・設置場所の水深は60～80m

- キンカーディン2期
- ・水域: 北海(アバディーン沖15km)
 - ・基礎: セミサブ
 - ・風車: 190m
 - ・基数: 5基(各9.5MW)
 - ・運転開始: 2021年

「海上施工の実施」の観点から今後特に議論を加速させるべき課題について

○海外の課題や意見募集等で頂いた課題を性質別に整理した。このうち、「海上施工の実施」の観点から今後特に議論を加速させるべき課題は1、2の通り。

海外の主な課題・意見募集等で頂いた課題

【海外の主な課題】

- ・大量導入・プロジェクトの同時開発
- ・現場（設備設置海域）での最終組立
- ・修理期間のダウンタイムの最小化

【意見募集等で頂いた課題】

- I. 横断的課題
- II. 風力発電施設の構成要素の製造、組立てに関する課題
- III. 風力発電施設の構成要素の保管、運搬に関する課題
- IV. 風力発電施設の設置に関する課題
- V. 基地港湾の機能強化に関する課題
- VI. 関係船舶の整備、運用に関する課題
- VII. 運転保守（O&M）、撤去に関する課題
- VIII. 設置水域の調査、試験等に関する課題
- IX. その他の課題

課題の性質整理

1. 海上施工の最適化に向けた核となる優先的な課題

【例】

- ・洋上風力発電事業の安定・成長を支える技術、資格、体制に関する法令、ガイドラインの制度化
- ・基地港湾等港湾ごとの役割分担、最適な場所等港湾のあり方の検討、設置や維持管理に必要な洋上風力関係船舶確保のあり方の検討、海上作業基地(プラットフォーム)の開発、整備
- ・海上施工全体の安全確保 等

2. 優先的な課題の解決に向けて必要な課題

【例】

- ・船舶・施設間の移乗、作業の安全確保
- ・遠隔点検、監視技術の活用
- ・傷病者の搬送その他緊急時対応計画の必要性 等

3. 関係機関、組織との連携が不可欠な課題

【例】

- ・浮体タイプ（セミサブ、スパー等）に合わせた施工方法の検討
- ・海上施工等の人材（作業員、運航要員等）の育成、確保、そのための魅力ある市場づくり
- ・浮体式の大量導入にあたり、系統配置の最適化 等

「海上施工の実施」の観点から今後特に議論を加速させるべき課題について

○「海上施工の実施」の観点から特に議論を加速させるべき課題（「1. 海上施工の最適化に向けた核となる優先的な課題」「2. 優先的な課題の解決に向けて必要な課題」）について、以下の通り項目毎に分類。

「海上施工の実施」について特に議論を加速させるべき事項

①前提条件や海上施工全体の流れに関する主な課題

【海上施工の最適化に向けた核となる優先的な課題】

■海上施工の一連の流れの中でのボトルネックの排除

- ・一連の流れの中で、ボトルネックが発生しないよう、漏れのない検討と対策の立案が必要

■浮体基礎のタイプごとの最適化

- ・各ケースについて施工方法に関する最適化の検討が必要

■海上施工全体のロジスティクス

- ・多様な構造形式に対応可能な建設システムの構築が必須

■仮定に基づく具体的なケーススタディの実施

- ・施工全体を考えたスタディによるインフラ整備の課題抽出等が必要

等

②港湾インフラ・関係船舶確保等のあり方に関する主な課題

【海上施工の最適化に向けた核となる優先的な課題】

■基地港湾等港湾ごとの役割分担、最適な場所等港湾のあり方の検討

- ・すべてが出来る浮体式の港を目指すのではなく、それぞれの基地港湾がやるべき仕事を洗い出す必要がある
- ・港湾内の静穏海域は重要なインフラであり、それを有効に活用することが全体最適に資する

■浮体式に対応した資機材の大型化に係る事業採算性、ライフサイクル全体での事業効率性の確保

- ・風車大型化等に対応した組立用設備を民間企業のみで整備するのは難しい
- ・港湾設備のアップグレードに関する事業者負担のあり方や手法等

■設置や維持管理に必要な洋上風力関係船舶確保のあり方の検討

- ・洋上風力関係船舶について、需要見通しを整理の上で確保策の検討が必要

等

③ガイドライン等の整理に関する主な課題

【海上施工の最適化に向けた核となる優先的な課題】

■洋上風力発電事業の安定・成長を支える技術、資格、体制に関する法令、ガイドラインの制度化

- ・海上構造物の大規模な展開にあたっては、技術標準化やガイドライン整備等が不可欠

【優先的な課題の解決に向けて必要な課題】

■船舶・施設間の移乗、作業の安全確保

- ・波高の高い外洋での船舶と洋上施設での移乗/作業の安全と効率化

■関係船舶同士、一般船舶との関係

- ・施工等に伴って、関係船舶同士、または一般船舶と関係船舶との間での航行安全確保の仕組み作りも肝要

■傷病者の搬送その他緊急時対応計画の必要性

- ・浮体式の施工現場は陸から遠隔に位置することになるので、本格的なオフショア施工に対する制度設計が必要

等

④各種調査・研究に関する主な課題

【海上施工の最適化に向けた核となる優先的な課題】

■海上施工全体の安全確保

- ・地震・津波、雷、台風などの気象災害による事故を未然に回避する必要がある

■海上作業基地（プラットフォーム）の開発、整備

- ・大量急速施工のためには基地港湾、海上プラットフォーム、作業船舶などの建設インフラを準備していく必要がある

【優先的な課題の解決に向けて必要な課題】

■遠隔点検、監視技術の活用

- ・海域監視・気象海象情報管理と予測・浮体式設備の保安監視・緊急/非常時の通信設備と情報共有システムと体制の構築
- ・遠隔監視方法を積極的に検討すべき

等

浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する取組方針

I. 前提条件の整理

⇒取組を進めるにあたり、海上施工シナリオの検討に必要な前提条件等を今回提示

II. 今後の取組方針

⇒ I. を踏まえ、「海上施工の実施」の観点から特に議論を加速させるべき課題（ ）について、項目毎に今後取組を深化

課題

取組方針

① 施工シナリオの検討【国・民間(建設事業者、造船・船用事業者等)】

- ・ 港湾インフラ等の機能を踏まえた施工手順・船舶利用方法の整理
- ・ 浮体基礎のタイプごとの最適化
- ・ 海上施工全体のロジスティクス
- ・ 仮定に基づく具体的なケーススタディの実施

- ・ 「I. 前提条件の整理」をもとに、浮体基礎の種類別など複数ケースの海上施工シナリオについて検討
※官民WGを設置

② 港湾インフラ・関係船舶確保等のあり方に関する検討【国】

- ・ 基地港湾等港湾ごとの役割分担、最適な場所等港湾のあり方の検討
- ・ 浮体式に対応した資機材の大型化に係る事業採算性、ライフサイクル全体での事業効率性の確保
- ・ 設置や維持管理に必要な洋上風力関係船舶確保のあり方の検討

- ・ 「洋上風力発電の導入促進に向けた港湾のあり方に関する検討会」での議論を通じ、浮体式の大量導入を可能とする港湾の機能について検討
- ・ 「洋上風力関係船舶確保のあり方に関する検討会（仮称）」を設置し、需要見通しと確保に向けた取組みについて整理

③ 設計・施工・維持管理に係るガイドライン等の整理【国】

- ・ 洋上風力発電事業の安定・成長を支える技術、資格、体制に関する法令、ガイドラインの制度化 等

- ・ EEZへの展開も踏まえた設計・施工・維持管理に係るガイドライン等について整理

④ 各種調査・研究の推進【国・民間(建設事業者、造船・船用事業者等)】

- ・ 海上施工全体の安全確保
- ・ 海上作業基地（プラットフォーム）の開発、整備 等

- ・ 国において、必要な審査や許可、基準等に関する技術的・制度的な調査・研究を実施（安全に係る基準（例：大水深における海底地盤の評価やアンカーの施工手法）等）
- ・ 民間において、協調領域の調査・研究について連携するための枠組みを構築（施工の効率化・コスト削減等）
※官民WGを設置

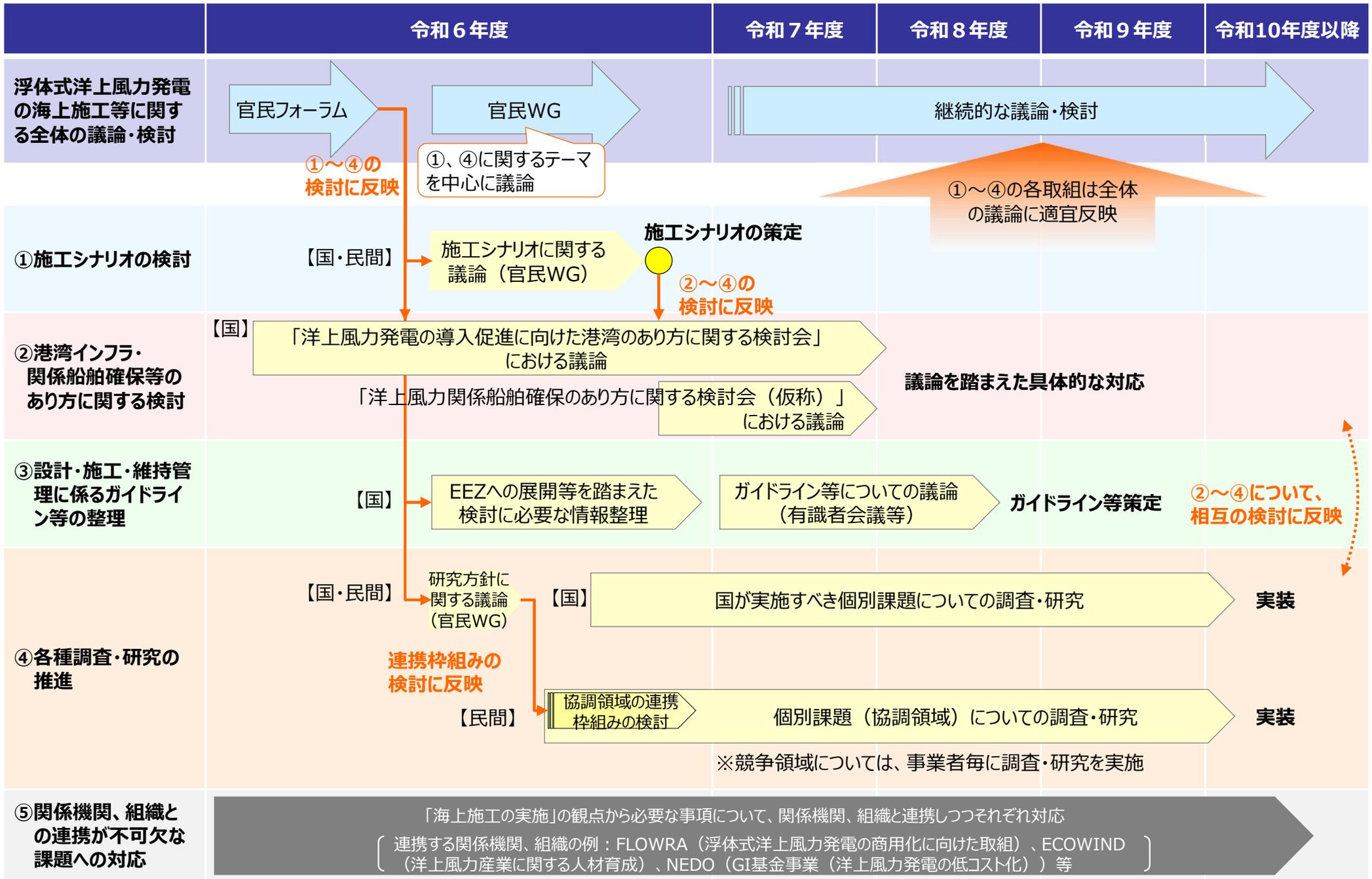
⑤ 関係機関、組織との連携が不可欠な課題への対応

- ・ 浮体タイプ（セミサブ、スパー等）に合わせた施工方法の検討
- ・ 海上施工等の人材育成・確保や市場づくり
- ・ 浮体式の大量導入にあたり、系統配置の最適化 等

- ・ 「海上施工の実施」の観点から必要な事項について、関係機関、組織と連携しつつそれぞれ対応

4.浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民フォーラム（報告）

取組方針の進め方イメージ



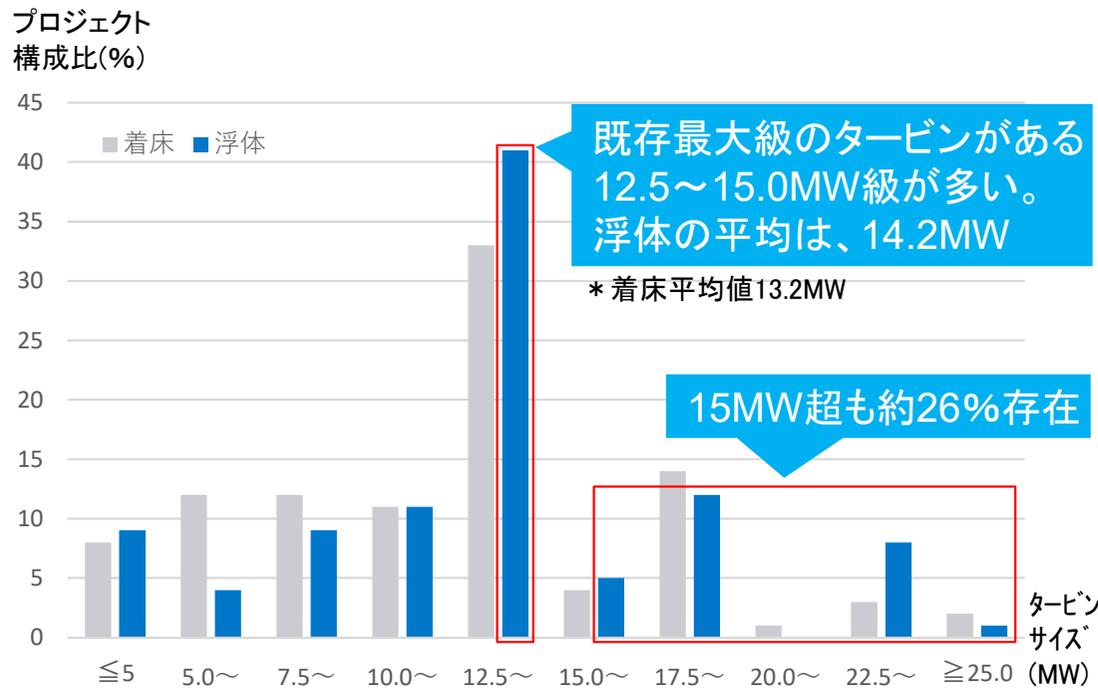
※「協調領域の連携枠組みの検討」等の民間が実施すべき取組は、あくまで想定。また、上記進め方全体については、今後の様々な情勢変化により変わることがあり得る。

前提条件の整理【①洋上風車の規模】

○ 世界において計画・構想されている浮体式洋上風力発電所における洋上風車の規模(タービンサイズ)は、15~20MW機風車を使用するケースが一定程度見られる。

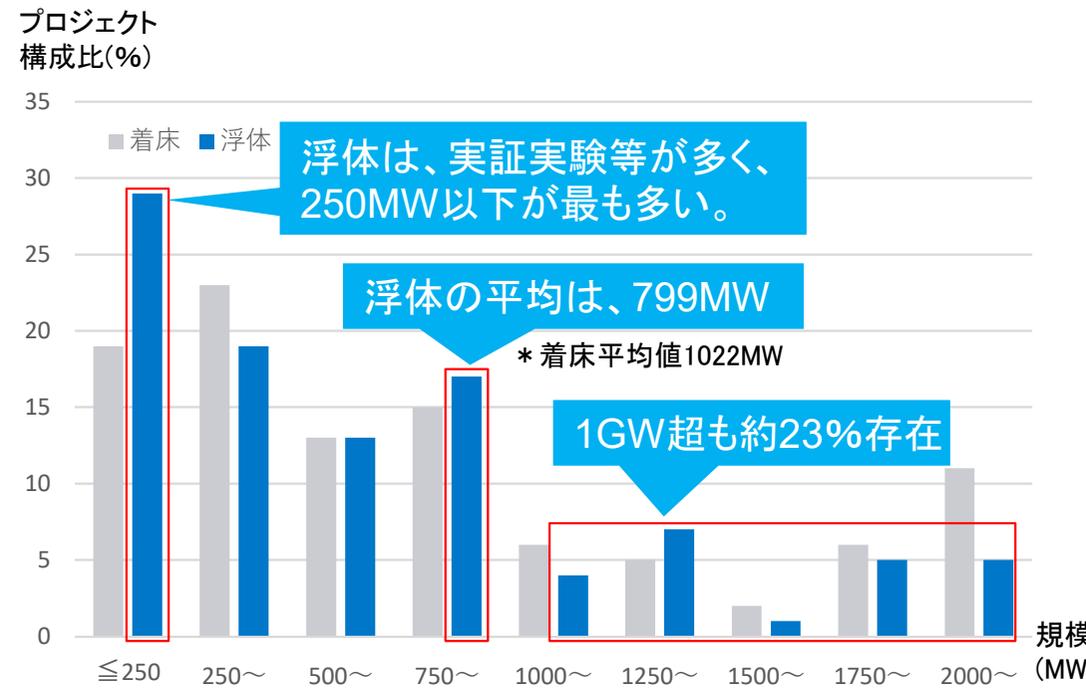
世界で計画・構想中の浮体式洋上風力発電所における洋上風車の規模(タービンサイズ)等

○タービンサイズ(計画・構想プロジェクト)



(出所)4C offshoreより作成

【参考】発電所規模(計画・構想プロジェクト)



(出所)4C offshoreより作成

前提条件の整理【②浮体基礎の種類、サイズ】

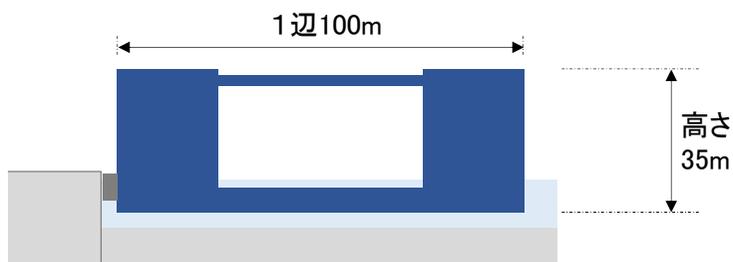
- 検討対象とする浮体基礎の種類として、セミサブ型、バージ型、スパー型等が想定される。
- 15MW機用の場合の浮体基礎のサイズ(目安)は下図の通りと想定される。

(注)浮体基礎のサイズは、プロジェクト毎に異なるが、下記の通り仮定

15MW機用の場合の浮体基礎の種類とサイズ(目安) * 下記図面は側面図

□セミサブ型(15MW機用)

・サイズ(形状は正三角形を想定)



・浮体基礎のサイズ

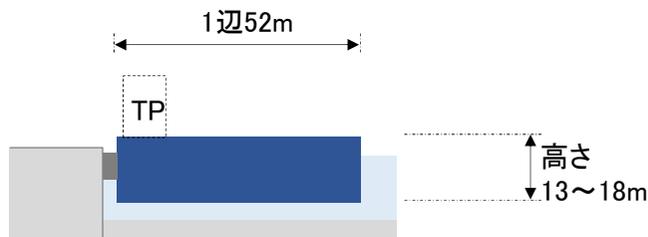
:1辺の長さ100m、高さ35m

- * 1辺の長さ100mの正三角形の浮体基礎の場合は、最小幅は約90m
- * サイズについては、文献・メーカーにより幅があるが、検討の前提としては最大級の1辺の長さ100m、高さ35mと設定した。
- * 20MW浮体基礎の幅については、具体的な公表値はないが、ヒアリングでは、100m+ α 程度との想定が多かった。
- * TLP型については、セミサブ型と比較して一辺の長さは小さくなるものと想定される。

(出所)iea wind資料、ヒアリング等を参考に設定

□バージ型(15MW機用)

・サイズ(形状は四角形を想定)



・浮体基礎のサイズ

:1辺 52m、高さ13~18m

- * TPの高さを加えると概ね30m程度の高さとなる。
- * 20MW浮体基礎の幅60mという公表値あり

(出所)BW IDEOL社資料等を参考に設定

・稼働中の事例

【Kincardine】



(出所)写真は日本港湾協会撮影

・稼働中の事例

【北九州市沖ひびき】

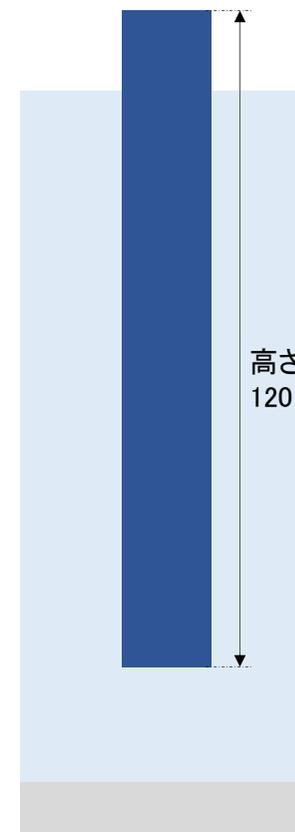


(出所)写真はNEDO HP

□スパー型(15MW機用)

・サイズ(形状は円形を想定)

幅19~22m



・浮体基礎のサイズ

:幅19~22m、高さ120~155m

・稼働中の事例

【Hywind Tampen】

- ・スパー
- ・2023運開
- ・8.6MW×11基



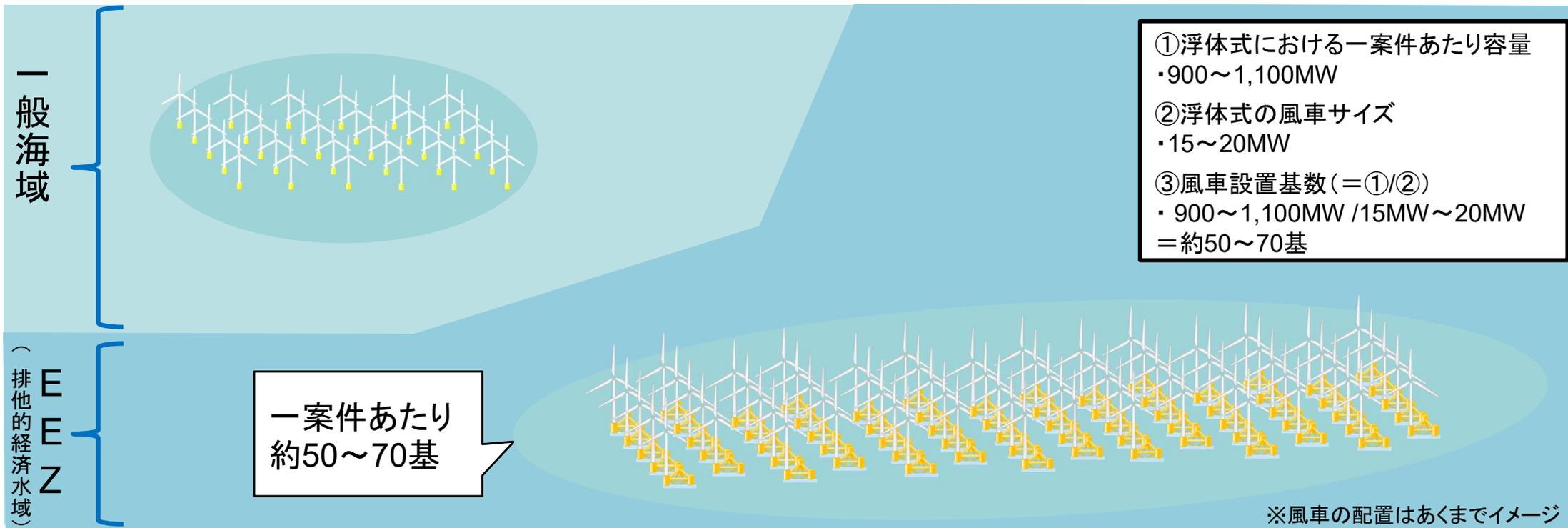
(出所)写真はequinor社HP

(出所)Response of the IEA Wind 15 MW – WindCrete and Activefloatfloating wind turbines to wind and second-order waves (2021)、15MW 風車用スパー型浮体の予備検討(2021)等を参考に設定

前提条件の整理 【③風車の設置基数、施工期間】

- 一般海域で現在想定されている一区域あたりの最大容量は約90万kW～110万kW（900MW～1,100MW）。今回試算する浮体式についても、一案件で同程度の規模の容量を仮定。
- 浮体式の洋上風車の規模は①、②を踏まえ15～20MW機と仮定。一案件あたりの容量と洋上風車の規模から基数を算出すると、約50～70基程度の導入が必要となる試算。
- また、施工期間は、着床式における標準的な期間等を考慮し、2～3年間と想定する。

風車設置基数の試算



着床式における標準的な施工期間

1年目	2年目	3年目
資機材搬入等	基礎設置	プレアッセンブリ・風車据付

※着床式と浮体式で施工フローは異なるものの、本検討においては、同程度の施工期間であると仮定。

【取組方針①関係】浮体式洋上風力発電の海上施工シナリオの検討に向けた論点

- 浮体式洋上風力発電の大量導入を見据え、海上施工においてボトルネックとなり得る点を具体化するため、「海上施工シナリオ」を整理することが必要。
- 海上施工シナリオの検討に必要な(1)前提条件、(2)設定すべき要素を以下の通り整理。今後、(2)についてより詳細に設定し、検討を深掘りする。

(1) 海上施工シナリオの検討に必要な前提条件（案）

- ・設置水深：100m超
- ・風車の規模：15MW～20MW機
- ・基数：50～70基
- ・施工期間：2～3年間

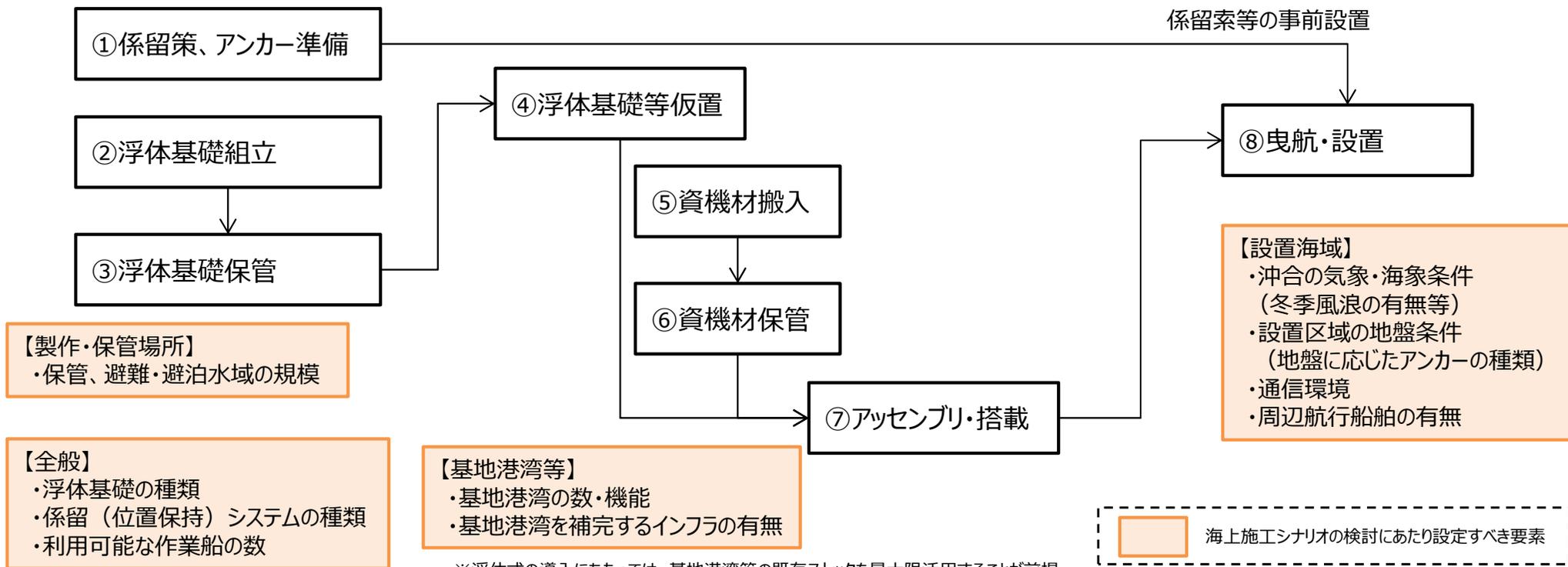
(2) 海上施工シナリオの検討にあたり設定すべき要素（案）

※下図はセミサブにおけるフローの一例を単純化したものであり、浮体基礎の種類や風車の規模、作業船や基地港湾の機能等により様々なケースが想定される。

製作・保管場所

基地港湾等

設置海域



※浮体式の導入にあたっては、基地港湾等の既存ストックを最大限活用することが前提

4.浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民フォーラム（報告）

浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民WGについて

- 浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民フォーラム（以下、官民フォーラム）で提示した取組方針のうち、海上施工シナリオ及び海上施工に関する調査・研究方針に関する具体的な議論を行うため、官民フォーラムの下に「浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民WG」を設置する。

浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民フォーラム

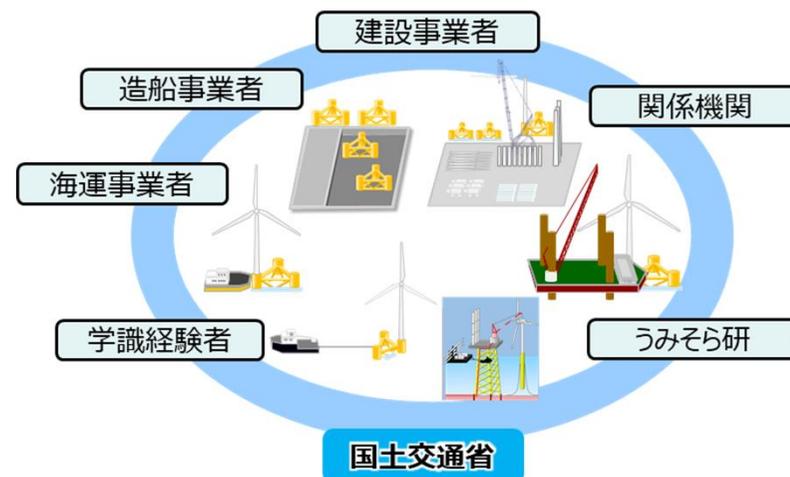
<事務局> 国土交通省総合政策局、海事局、港湾局

<参加者> 国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所、関係機関（海事、港湾）、建設事業者、造船事業者、海運事業者、学識経験者等

<オブザーバー> 経済産業省資源エネルギー庁

【海上施工等に関する取組方針】 ※第3回官民フォーラムにおいて提示

- ①施工シナリオの検討
- ②港湾インフラ等のあり方に関する検討
- ③設計・施工・維持管理に係るガイドラインの整理
- ④各種調査・研究の推進



①施工シナリオ、④各種調査・研究に関する具体的な議論を実施

浮体式洋上風力発電の海上施工等に関する官民WG

<事務局> 国土交通省総合政策局、海事局、港湾局

<参加者> 国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所、関係機関（海事、港湾）、民間事業者※、学識経験者等

<オブザーバー> 経済産業省資源エネルギー庁

【検討事項】

- ・浮体式洋上風力発電の海上施工シナリオの策定
- ・浮体式洋上風力発電の海上施工に関する調査・研究の方針の整理

※民間事業者は、以下の参加要件を満たす事業者が対象

- a. 着床・浮体の海上施工の実績又は具体的な参入見込みがある建設事業者
- b. 海洋土木工事の実績がある建設事業者
- c. 着床・浮体の設計・エンジニアリング実績又は具体的な参入見込みがあるエンジニアリング事業者
- d. 浮体基礎等（係留策・チェーン、アンカー等の関係部材を含む）の製造の実績又は具体的な参入見込みがある造船・船用事業者
- e. 作業員や浮体基礎等の輸送に必要な洋上風力関係船舶を保有又は具体的な確保見込みがある海運事業者
- f. その他、海上施工、浮体基礎等の設計・エンジニアリング・製造、洋上風力関係船舶等に関する調査・研究の実績がある者