

浮体式洋上風力発電の商用化に向けた ロードマップ策定

【国内サプライチェーン形成】

最終報告（要約版）

2023.5.29

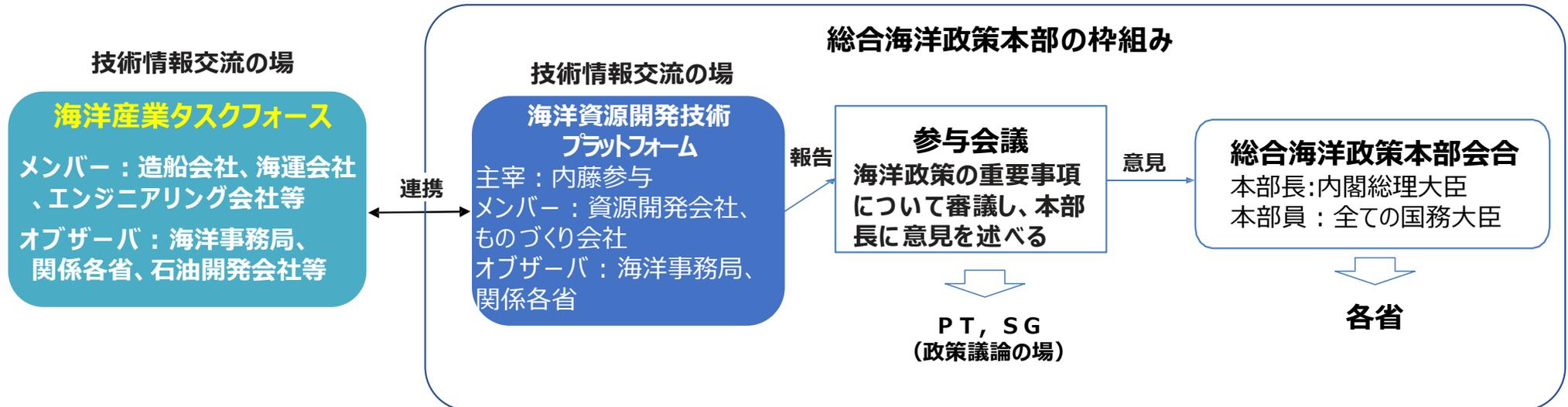
海洋産業タスクフォース

海洋産業タスクフォース(民間主体)

-内閣府ホームページより

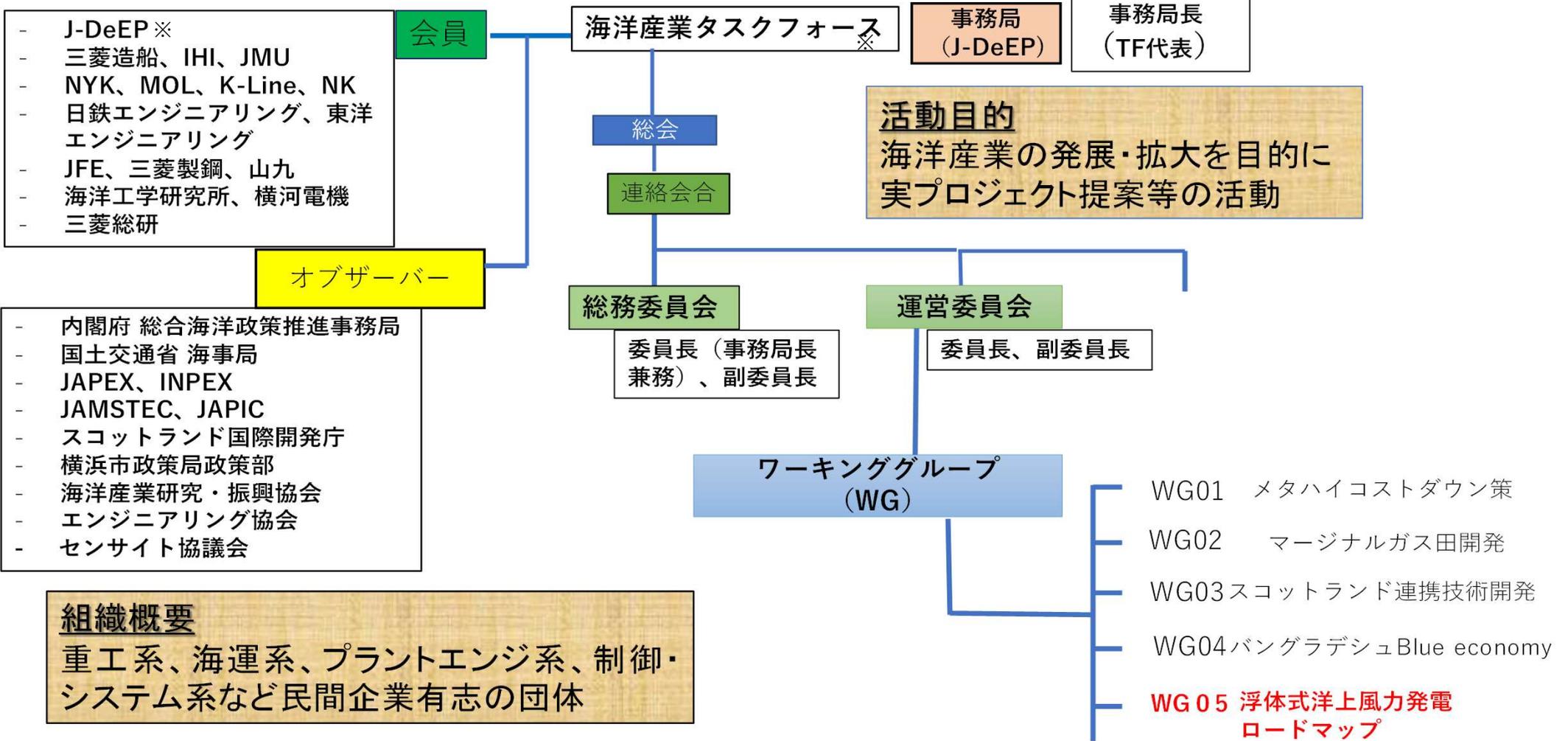
日本の海洋産業の発展、拡大を図るため、「海洋資源開発技術プラットフォーム」との緊密な連携の元、会員会社・組織の協同による下記 海洋開発関連プロジェクトの立案、推進、法人化等をサポートする活動を行うことを目的とする。

- (1) 海洋資源開発のコストダウンに資する研究・開発プロジェクト
- (2) 海洋資源開発を実現するために必要で、国内企業の製品、技術、保守技術等の育成に資する新技術の研究・開発・実績拡大に資するプロジェクト
- (3) 将来の海洋資源開発に関するフィジビリティスタディ等調査・検討プロジェクト
- (4) 本邦の海洋資源開発に関する法律、基準、ルール、規格の充実とデファクトスタンダード化に資する調査・検討プロジェクト、等



海洋産業タスクフォースの紹介 -組織概要・活動目的-

※J-DeEP: 洋上浮体技術開発目的とする技術研究組合。三菱造船、IHI, JMU, NYK, MOL, K-Line, NK、海上技術安全研究所で構成



「浮体式洋上風力発電の商用化に向けたロードマップ策定」

国内サプライチェーン形成 背景・取組概要

背景

- 再生可能エネルギーの主電力化、エネルギー安全保障の観点から、洋上風力発電設備の大規模導入が急務。そのためには、近隣国からの遅れを挽回すべく、国内産業基盤を最大限活用したサプライチェーンを早期実現させることが必要
- 国内サプライチェーン形成にともない、国内産業の育成/拡大、競争力強化を果たすことが目的
- 特に、浮体式洋上風力発電は、風車製造に加え、浮体製造、組立・設置の量産化・低コスト化が最重要課題

取組概要

- 浮体式洋上風力発電に要する機器、機材のみならず、構成部品、サービス業務等全てを対象に、洋上風力発電産業の現状・実態を調査し、国産化への技術課題、参入課題、要望を把握、分析（各種団体アンケート結果＋ヒアリング）
- 国内サプライチェーン形成の大前提となる導入目標、特に発電ポテンシャルの大きい浮体式風力発電の2050年までの10年毎目標を設定（海洋技術フォーラムにワーキンググループ立上げ頂き、根拠ある数値目標を検討）
- 課題・要望解決に向けた具体的な施策案(政策含め)の検討、整理(深堀調査)、分析 特に、
 - ・浮体式特有分野(浮体製造、組立・設置)は時系列的に導入目標実現のシナリオを描き、具体的なロードマップを検討（関連団体と連携、共同検討）
 - ・風車製造は、部品・部材等の国内製採用拡大に向け認証取得等課題の深堀り、解決のための施策を提案最終的には、国内製大型風車製造再開に向けた道筋を関係団体とともに検討

共通：重要課題と解決策への取組・提言

| | 重要課題 | 解決策への取組・提言 |
|--------------------|--|--|
| 導入目標 | 再エネ主力電源化、エネルギー安全保障の観点より、洋上風力発電の導入拡大が急務であるが、特に発電ポテンシャルの大きい浮体式の市場規模、導入目標が不透明 (参入希望の企業あるが投資判断できず) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 浮体式洋上風力発電の中長期導入目標(2050年まで)を早期に決定のうえ、洋上風力産業ビジョン改訂版として表明 ➤ GI基金実証事業に続く複数の小規模プロジェクト(数百MW規模)を決定、国主導で開始。合わせて、対象となる海域ゾーニング、促進区域、基地港湾等の指定 <p>【2030年前までには1GW超規模の大規模プロジェクトを開始】</p> |
| サプライチェーン形成 | 先行している中韓が供給体制を整備する前に、風車本体・部品等も含め国内サプライチェーンの早期確立が必要 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 浮体式洋上風力発電の本格導入に備え、排他的経済水域(EEZ)を活用できるように法整備を実施 |
| 国内産業育成・活性化 | 国内産業活性化の機会であるが、海域利用公募等において産業育成、地域活性化の視点が薄い(限定的) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 公募条件として国内産業育成、地域活性化等の計画を必須とし、重点評価の対象 ➤ 産業規模が小さい初期段階は高めの発電単価で買い取り、市場規模の拡大を優先。事業ごとに個別売電単価へ反映、設定 |
| 浮体製造組立設置 インフラ整備 | 導入目標実現のためには、大型風車用浮体を、10年後に少なくとも年間約100基製造(2040年では年間約200基)が必要となるなど、急速な製造体制、基地港湾の整備、準備が必要 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 基地港湾周辺では、大規模なインフラ整備、設備投資等必要になるため、地域調整、投資支援等を国主導で実施 ➤ 造船関連団体、建設業界(コンクリート製浮体)等関係団体、また自治体に、導入目標、海域ゾーニング、基地港湾、各種支援策等について国の方針を表明し、積極的な参画を促す |
| 大型風車供給体制 | 欧州の市場規模が拡大する中、相対的に日本の市場規模は小さく、主力メーカーより大型風車本体の適時確保が困難になっている。また、国内にサプライチェーンがなく、重要部品等の確保、支給体制に大きな課題あり | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 風車本体構成部品の国産化に向けて、参入障壁となっている風車の認証プロセスの見直し、部品等を含め国産化政策の導入、試験設備等投資支援、など国支援の強化 <p>【最終的には国産風力発電設備の国産化を目指すべき】</p> |

共通：国内サプライチェーン形成へのロードマップ

提言
想定

2021 > 2022 > 2023 > 2024 > 2025 > 2026 > 2027 > 2028 > 2029 > 2030 > 2031-35 > 2036-40 > 2050

第4期海洋基本計画期間

開発
事業化目標

R&D フェーズ (GI 基金開発)
1st Phase: FS 2nd Phase: 実証

商用フェーズ(発電事業)
小規模商用プロジェクト (数百MW規模)
大規模商用プロジェクト (500MW~1GW超規模)

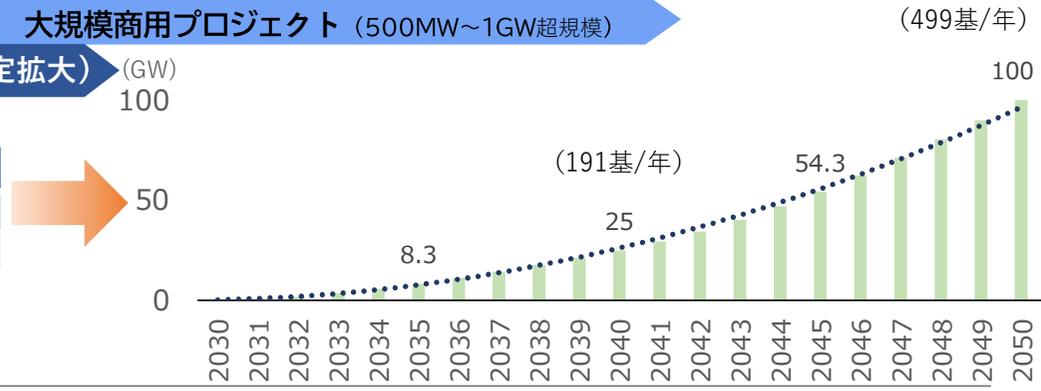
中長期導入目標(2050年頃まで) 早期決定(促進区域指定拡大) (GW)

タスクフォース検討の浮体式導入目標 (基軸)

| 年度 | 2030年 | 2040年 | 2050年 |
|-----------|-------|-------|-------|
| 導入目標 (累計) | 0.2GW | 25GW | 100GW |
| 年間浮体製造数* | | 191 | 499 |

更なる高位目標 ; 40GW (380) 150GW (682)

(*浮体製造数は風車サイズ20MW 想定)



国内産業サプライチェーン形成に向けた提言

- 排他的経済水域(EEZ)活用のため法整備実施
- 複数の小規模プロジェクト(数百MW)を決定、国主導で開始
- 1GW級大規模導入開始を目指し広範囲の海域をゾーニング指定、国主導で開始
- 国産化障壁になっている法規制・規定の整備、見直し : 電気事業法、港湾法、航空法、ほか
- 洋上風力発電事業の公募：国内産業育成/地域活性化計画の重点評価、日本特有条件の付加、等
- 国産化支援策の更なる強化：投資支援、試験設備等開発支援 国内市場・技術PR、国産採用への税制優遇、地域調整、等
- All Japan体制 サプライヤーコンソーシアム確立

共通：補足資料① 現行法規制／規定の見直し課題(例)

| | 法令/規制 | 内容(実状) |
|---|-------------------------------|--|
| ① | 電気事業法 (海底ケーブル・ 洋上変電所関連) | 浮体式洋上風力発電をEEZに設置する場合の法制面の整備では、海底ケーブルや変電所など付帯設備についても、風車本体と同様な検討が必要である。 洋上風力発電の現状基準でJECやIECのものより厳しいものがある。システムの安全性/健全性を確保しつつ、各種の実海域試験を受け、実用的な見直し(IEC63026等による長距離海底ケーブル試験)が必要。 |
| ② | 航空法 (無人航空機関 連) | メンテナンス等のニーズに対応する為、空中ドローンの活用が加速する中、現在の規制では対象物との接近可能距離が30m以上(実質40~50m程度で承認されるケースが多い)となっており、赤外線等センサーの効果が確認できず、ブレード内部の破損について確認が出来ない。また、ナセル内部の異常温度の確認も難しい。海外の法規制で一般的な10~15m程度に合わせて頂きたい。 |
| ③ | 環境影響評価法・ 電気事業法施行規 則 | 浮体式洋上風力発電所の環境アセスメントの実施にあたっては、沿岸より距離が遠く、沿岸域と比べてモニタリング等に係る負担が大きい。 また、浮体式洋上風力発電所が設置される海域の基礎的な環境情報が陸域に比べて少なく、洋上風力発電所に係る調査、予測及び評価手法の知見等も少ない。 調査、予測及び評価の方法の指針があれば、事業検討の際の予見性向上につながると考える。 |
| ④ | 電気事業法 (風車型式認証 の取得) | 欧米3社への部品供給を行う際にはIEC規格への適合が実質求められており、日本に認証機関が無い為、日本のサプライヤーは当該団体と直接やり取りを行わなければならない(物理的距離や言語の問題が発生)。国内に認定認証機関ができる事で軽減される。 |

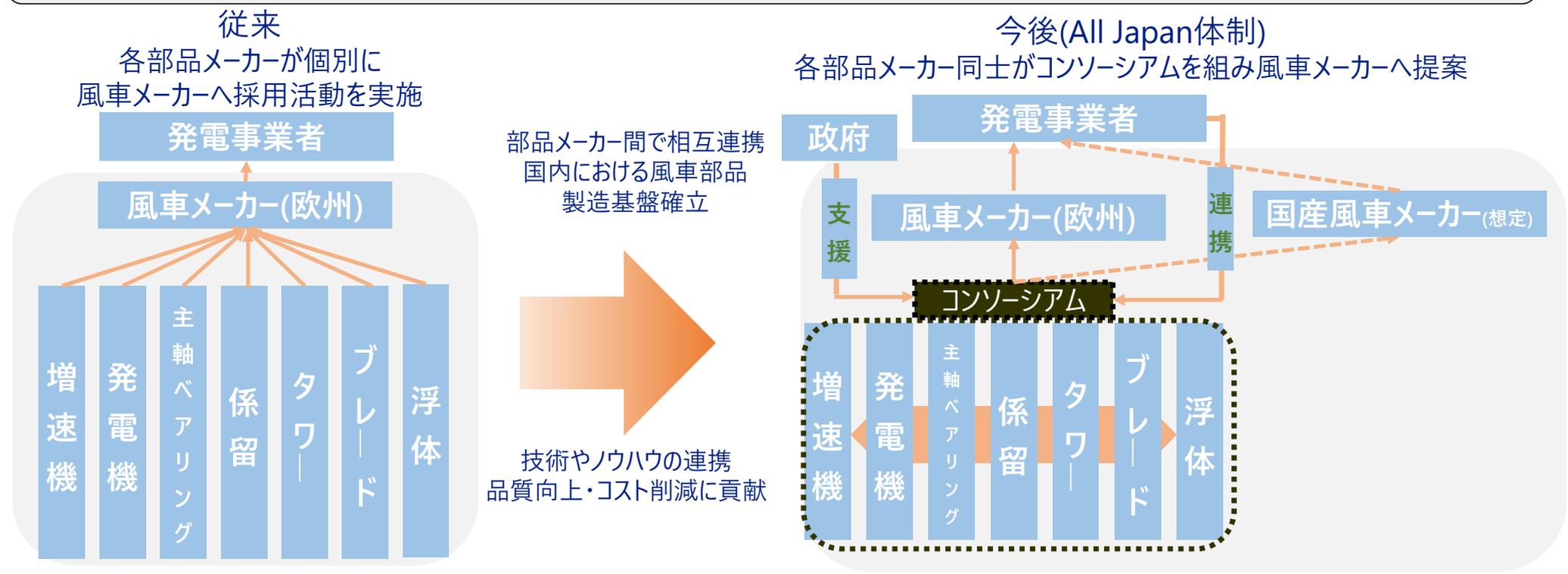
共通：補足資料② ALL JAPAN体制への提案

ALL JAPAN体制への主要取組（提案）

- ・浮体等量産化確立のための業界共同体制の実現
- ・基地港湾を中心とした地域共生化体制の確立
- ・技術等重要課題（協調領域）解決の企業協同体制の確立

企業共同体による協働策(イメージ)

・昨今欧米では部品毎に風車メーカーに売込むのではなく、システムとして(浮体/係留/タワー/フランジ/ナセルなど)提案が主流である。発電事業者と同じく、部品のサプライチェーンにおいても**コンソーシアムを組み**、相互連携した**All JAPANで取り組む**事が有効である



風車製造：重要課題と解決策への取組・提言

| | 重要課題 | 解決策への取組・提言 |
|--------------------|--|---|
| 大型風力発電事業への参入 | 事業規模が見えず、収益が不透明 参入希望あるが、投資判断できず | <ul style="list-style-type: none"> 洋上風力発電のロードマップの明示 ⇒企業が投資判断を行える市場規模の明示する事で参入を促進 ⇒入札単位を1GW以上(2GW程度が望ましい)とし、日本市場の魅力PR |
| 国際競争力欠如 | 先行者(欧州/中国)と比較し、「コスト」「技術力」に差を付けられており、風車メーカーの要求に到達できない。 欧州風車メーカーが国内サプライヤーを採用する目的がない。 | <ul style="list-style-type: none"> 国を挙げた風力産業への支援 ⇒風車メーカーと部品メーカーを繋ぐビジネスマッチングの活性化 ⇒国産化比率に応じて税制優遇をする等、部品国産化にインセンティブを付与 ⇒試験評価施設の設置により個社負担低減、製品開発プロセスの早期化 ⇒世界各国で開催の展示会にJapanブースを設置 |
| 認証プロセス | 国際電気標準会議(IEC)の再エネ設備の認証システム(IECRE)に適合することが、日本の電気事業法での許認可のベースになっている(認証機関は国内にない) | <ul style="list-style-type: none"> 認証プロセスの見直し・提案 ⇒下記、新認証プロセス(案)の提案 入札時の評価項目に国内サプライヤー育成計画を追加 |
| | 現在(電気事業法の許認可プロセス) | 新認証プロセス(案) |
| 国産促進の為の風車認証プロセス(案) | <p>IECRE認証システム適合が前提</p> <p>↓</p> <p>認証機関は欧米/中国に限定</p> <p>↓</p> <p>認証取得に言語や時間・空間的な障壁</p> <p>↓</p> <p>サプライヤーが欧州/中国系に偏り</p> | <p>暫定処置として*ISO製品認証システムに基づき認証(*国内に認証機関あり)</p> <p>↓</p> <p>入札条件に『サプライヤー育成計画』を明文化 各サプライヤーにて製造実績ノウハウの吸収、国内生産品目の拡大</p> <p>↓</p> <p>各部品メーカーから供給を基に国産風車新形式機種の開発</p> <p>↓</p> <p>認証機関(日本海事協会)の実績獲得</p> <p>↓</p> <p>国内認証機関(IECRE認証取得)による審査体制整備</p> |

風車製造：重要課題と解決策への取組・提言

◆課題(主要コモディティ 参入障壁/阻害要因)

以下は部品サプライヤーに向け実施されたアンケート結果及び各社へのヒアリングを基に作成した課題/要望である。

| 主要コモディティ | 供給懸念(部品サプライヤーへのアンケート/ヒアリング結果) |
|-----------------|--|
| 発電機 | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 国内の大型風車メーカーは、既に撤退しており、海外メーカーの風車が導入されるが、採用してもらうには、風車メーカーの認証が必要となり、個社で認証取得するには、費用と時間の面で難しい為、技術面、費用面での支援をしてほしい。 ➢ 風車メーカーが内製化(特にGE/SGRE)している為、外部からの参入は困難である。 |
| 軸受 (主軸/ヨ-駆動) | <ul style="list-style-type: none"> ➢ 新型風車への採用可否には、実機相当のベンチテストが求められる。海外には設備があるが、国内にはない。 輸送費、使用料、利用期間 等、すべての面において海外メーカーが有利な状況。 ➢ 開発直後は採算性が悪い為、業界での優先購入や、開発費用の優遇(Non-Tiedの金的支援)が必要。 更に海外からの類似品を出来るだけ遅くするような仕組みがあれば助かります (WTO上の問題があるかもしれませんが・・・) |
| ブレード | <ul style="list-style-type: none"> ➢ アジア諸国(特に中国/台湾)に既に製造工場があり、日本拠点形成の為には、それらの国々に対するコスト優位性を発揮する必要がある。 |
| タワー | <ul style="list-style-type: none"> ➢ アジア諸国(特に中国/韓国)に既に製造工場があり、日本拠点形成の為には、それらの国々に対するコスト優位性を発揮する必要がある。 ➢ ブレードやナセル部品と比較して、設備投資額が小さい事もあり、海外メーカーの参入が活発。 ➢ 塗装費用が全体の3割を占める為、塗装工程も製造工場内に持つ必要がある。 ➢ 付属部品であるフランジも国内調達できると良い。 |

風車製造：重要課題と解決策への取組・提言

◆課題(サプライチェーン全体)

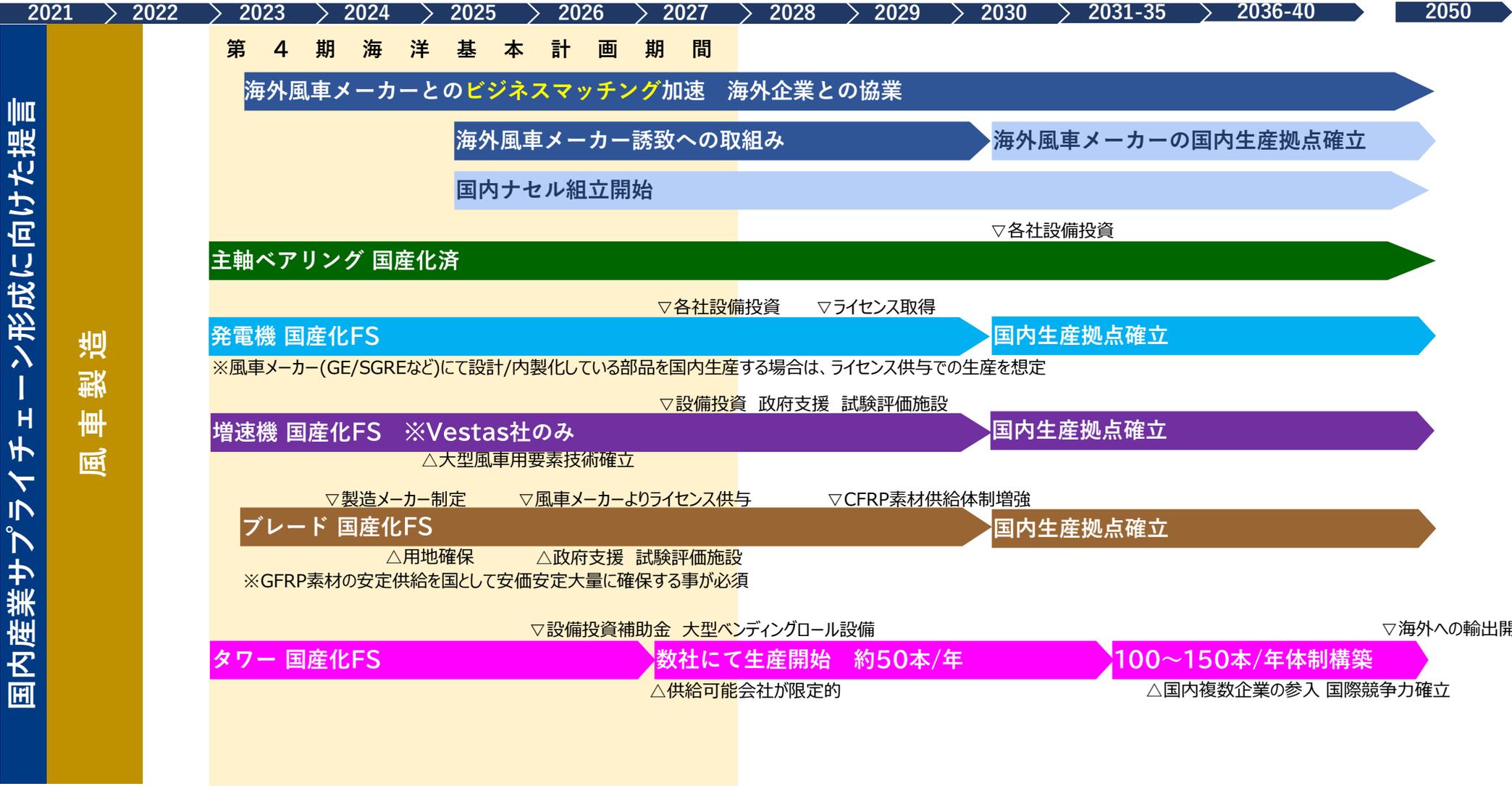


| フェーズ | 懸念(サプライヤーへのアンケート/ヒアリング結果) |
|------------------------|--|
| Tier1 (Tier2/Tier3) | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 風車メーカーの認証に時間とコストがかかり、費用対効果に合わない。また、事業性の検証もできない。(国内の導入目標が不明瞭な為) ▶ 欧米/中国/韓国の先行者とのコスト競争に耐えられない可能性が高い。(損益分岐点を割る)風車メーカーからの要求価格に到達できない ▶ 輸送の面など日本の現行の法規制が新たな投資を阻害している。 ▶ 製造拠点を設ける上で、近隣国と比べて素材(鉄など)コストが高すぎる。 |
| 風車メーカー | <ul style="list-style-type: none"> ▶ ウィンドファームの入札単位が小さすぎる為、他国に比べて魅力が少ない。 ▶ 運転開始時期まで時間が長い上、審査に時間がかかる。各種規制が多すぎる。 |
| 発電事業主 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 事業予見性を判断するのが難しい。 ▶ 採算性の観点を見ると国内部品メーカーを採用し辛い。(風車価格の上昇が避けられない) |

部品メーカー(Tier)の技術競争力強化を目的に、国はグリーンイノベーション基金(GI基金)を通じて、資金援助を行ったものの、受注に結び付くか不透明である。求められるのは**単発的な援助ではなく、恒久的に競争力を発揮できるように促す事であり、国内市場のみならず、海外においても優位性を発揮できるような産業構築が不可欠**である。

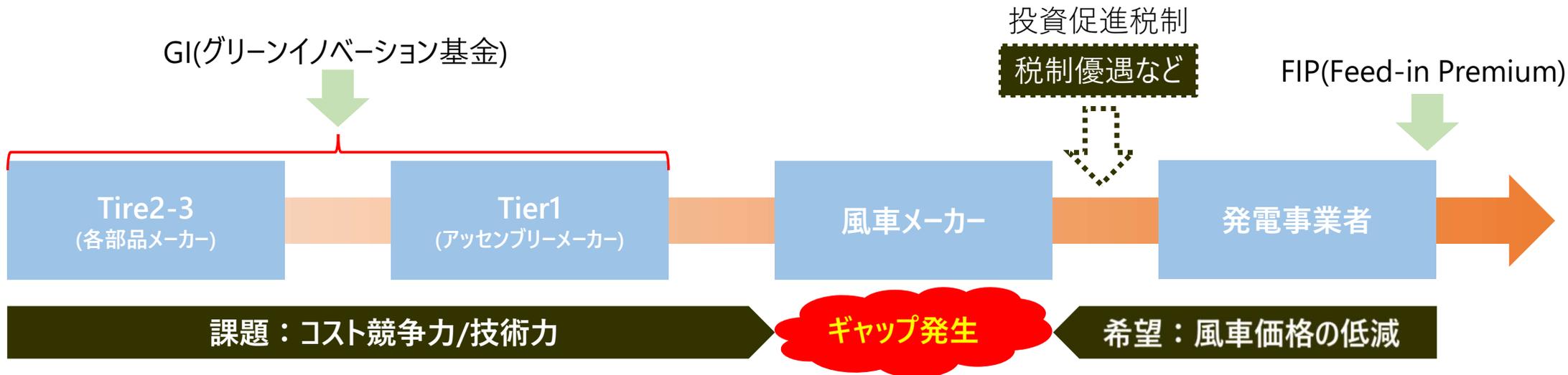
風車製造：国内サプライチェーン形成へのロードマップ

提言
想定



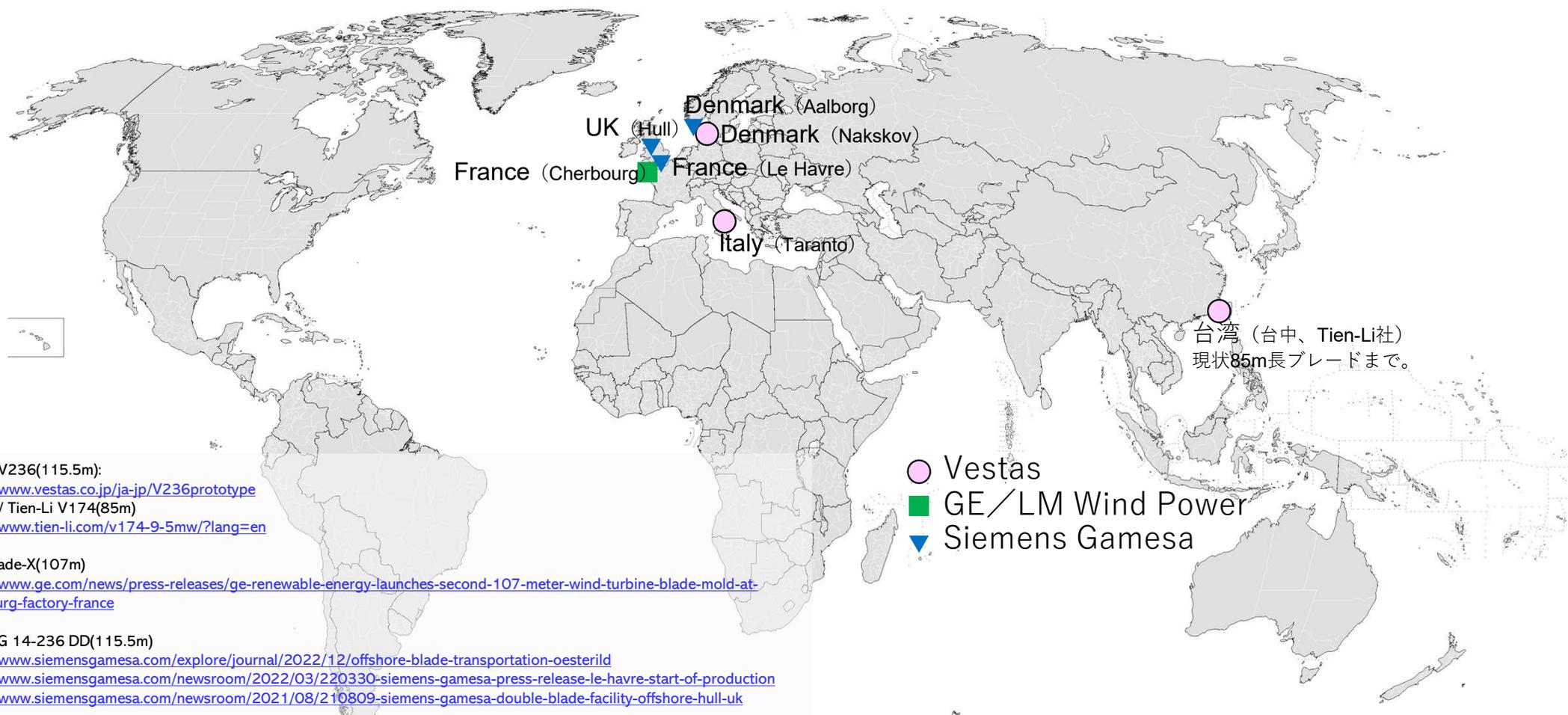
風車製造：補足資料① 国内サプライチェーン構築に向けた提案

①税制優遇策



・参入初期は受注量も極めて少ない為、製造コストは高く風車メーカーからの要求に対応できない。その結果、固定費負担を賄いきれず財務的に体力のない会社は市場から退出せざるを得ない。産業の技術/価格競争力向上の為にも双方の**利益相反を解消するような施策(税制優遇など)**を講じる事で、産業の成長を促す。

風車製造：補足資料② 欧米風車3社の長尺ブレード製造拠点（洋上風車用）



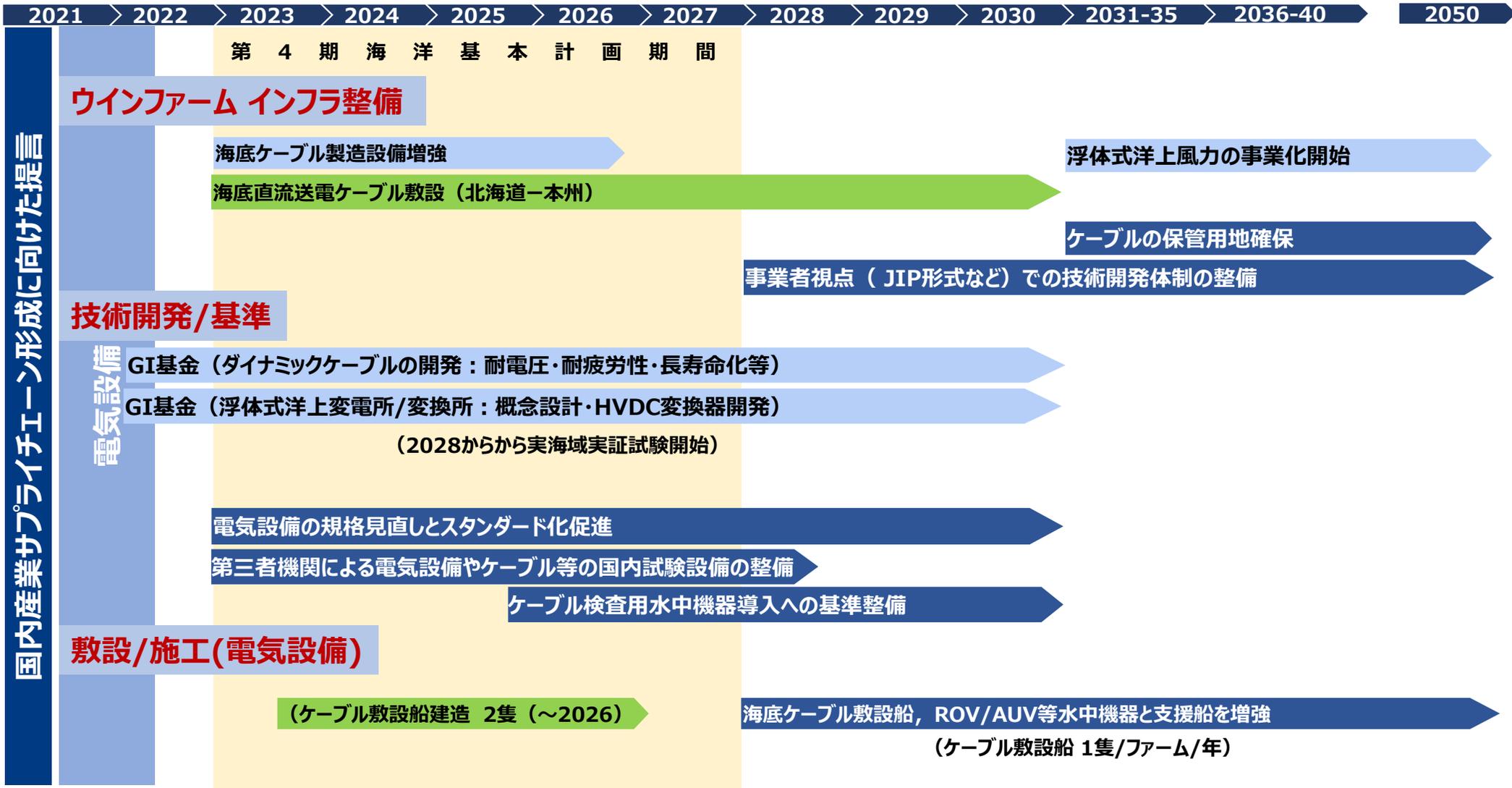
現状、欧米風車メーカーの100m級風車ブレード製造拠点は欧州に集中。今後120m長以上のブレードが求められる時代になると地産地消が前提となり、且つ従来拠点も手狭だと使えない。今後洋上風力が立ち上がる、北米、アジア(中国除く)での長尺ブレード製造拠点新造が必須となる。

電気設備：重要課題と解決策への取組・提言

| | 重要課題 | 解決策への取組・提言 |
|------------------------------|---|--|
| ウインドファーム インフラ整備 (電気設備) | 洋上風力発電で用いる電気設備等の周辺インフラ（海底ケーブル・洋上変電所など）の必要規模/事業規模が見えず、設備投資計画が立てづらい | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 洋上風力関連産業のロードマップを示し、周辺インフラに対しても設備投資を含め、国を挙げた産業支援策の強化 ➤ 官民資金を用いたJIP形式による協調領域での事業者主体の技術開発の体制構築と推進 |
| 技術開発/基準 | 洋上風力発電で用いる電気設備等の周辺インフラに対して、現状、従来の陸上の設備基準で運用されており、実用的でない 洋上風力発電では洋上試験が必要となり、陸上での試験規定/基準が馴染まない | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 日本の強みがある電気設備分野の技術開発加速と関連する規格見直しとスタンダード化促進 ⇒洋上変電所・海底直流送電・ダイナミックケーブル・等（GI基金など） ➤ 電気設備分野については、国内規格に加え、より実用的な海外規格を取入れる等、規格の構築/運用の見直し <ul style="list-style-type: none"> ・洋上変電所/海底ケーブルについては、JEC/IECにない規定や厳格な部分もあり、安全面に配慮しつつ、実用的な見直しが必要（工場での電気性能確認は、JEC3048の適用（AC試験）が求められるが、長距離海底ケーブルでは、実質的に困難な試験もあるため IEC63026等の実用的な試験方法の適用が必要 など） ・ダイナミックケーブルは、Cigre TB862等の実機疲労試験が求められるため、第三者公的機関による国内試験設備の整備が急務 |
| 敷設/施工 (電気設備) | 洋上での電気設備の敷設/施工/保守の効率化のためには、専用船の不足や水中機器の運用面の基準整備等が遅れている | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 各海域への洋上風力発電の展開計画と、これに併せた専用船（海底ケーブル敷設船（CLV）/支援船（SOV））の段階的な整備計画とオペレータの人員育成/強化が必要（洋上風力関連作業のロードマップに反映） ➤ 水中設備の調査/検査/点検の効率化に向け、ROV/AUV、新たなモニタリング技術などの積極的な技術開発とその成果の早期導入が必要。AUVなど無人機の活用では、検査基準/法整備面の充実、見直しが急務 |

電気設備：国内サプライチェーン形成へのロードマップ

提言 **海底直流送電PJ**
 想定



電気設備：【補足資料①】 浮体式洋上風力発電システム 技術開発要素

(ケーブル敷設船の要求性能)

NEDOの海底長距離直流送電網の検討資料から、ケーブル敷設船の要求性能を分析した

| 項目 | 内容 | 備考 |
|---------|-----------------------------|---|
| ケーブル積載量 | 7000t | 長さ約70~100km (ケーブル重量70~100kg/m) |
| 形態 | 自航船 | |
| 作業可能条件 | 有義波高2m以下 風速15m/s以下 | 埋設時のROV監視と搭載船の作業可能条件 (日本海で有義波高2m以下は50%程度) |
| 搭載機器 | DPシステム 埋設機・ROV | |
| 敷設速度 | 18km/日 12km/日 1.2km/日 | 埋設 (ROV監視無) 埋設 (ROV監視有) 非埋設/防護管有 (ROV監視有) |
| ケーブル本数 | 5本 6本 | 5 : 双極 2 回線 (帰線共通) 6 : 双極 2 回線 (3本 x 2 回線) |



海底直流送電敷設の場合：
900(km) x 5(本) / 12(km/日) / 2(隻)
= 187.5日

=> 敷設作業の連続実施により、年間作業可能期間を60日~90日/年とすれば、約3~4年で敷設完了



浮体式洋上風力発電に対して、2040年でのケーブル敷設船の必要隻数

条件：191基浮体設置 + 洋上中継器 (0.5~1GWのファーム当たり1基) , 敷設速度, 浮体設置50~60基/ファーム

必要隻数：浮体/ケーブル敷設の年間作業可能期間 (90日) とすると、1ファーム/隻/年、4~5隻 (同時4~5ファーム) が必要

(ただし、浮体周辺のケーブル敷設では、既存の国内船 (ケーブル積載量2500t級) も含め検討要)

(冬場の荒天期間は、他海域での運用等が必要 (設備運用費用削減))

浮体製造：重要課題と解決策への取組・提言

| | 重要課題 | 解決策への取組・提言 |
|--------------|---|--|
| 製造能力 | 現存造船設備による鋼製浮体の製造可能量は導入目標に対し大幅に不足 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 臨海区画において、新たに浮体のユニットを組み立て、供給するサプライチェーンを検討 ➤ 一次検討では、10MWクラス風車浮体を月産2基、鋼材加工から浮体まで一貫して製造する場合、21Haの敷地に64,000m²の工場建屋、2,000人規模の施設が必要という結果（*ケース1） |
| 製造コスト | 合理的な量産化体制実現による大幅なコストダウン | <ul style="list-style-type: none"> ➤ この結果を元に、生産拠点での機能(案) *ごとに、設備投資規模および設備投資のインパクトを試算したところ、許容できるレベルと評価 ➤ まずは、2030年に上記生産体制を確保、更に、2030年代半ばには年100基規模の生産体制案の確立を目指す（⇒量産化効果の発揮） ➤ 国内でのコンクリートの総製造量・総加工量は鋼構造物に比べ2桁以上も多く、また現地製造も容易でかつ製造コストも安価なコンクリート製浮体の課題を調査の上、実現に向け検討 |
| 風車とのインターフェース | 大型風車のメーカーは世界に3,4社しか存在せず、個々の浮体の形式・性能とのマッチングには対応せず。先行する海外の大型事業向け浮体がデファクト化する可能性大 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 浮体製造供給者が連携し、関係団体とともに標準インターフェースを風車メーカーに提示し、コスト低減と量産化の実現 ➤ 国内向け風車の技術仕様要件を関係省庁、団体に検討のうえ規定化 |

*臨海生産拠点での機能(案)

ケース1：鋼材切断加工⇒小組部品に組立 ⇒ブロック組立 ⇒ブロック搭載、浮体製造 ⇒進水

ケース2：外注製作（小組部品の状態で入荷） ⇒ブロック組立 ⇒ブロック搭載、浮体製造 ⇒進水

ケース3： 外注製作（大組部品の状態で入荷） ⇒ブロック搭載、浮体製造 ⇒進水

外注先候補：近隣鉄構所、近隣造船所等

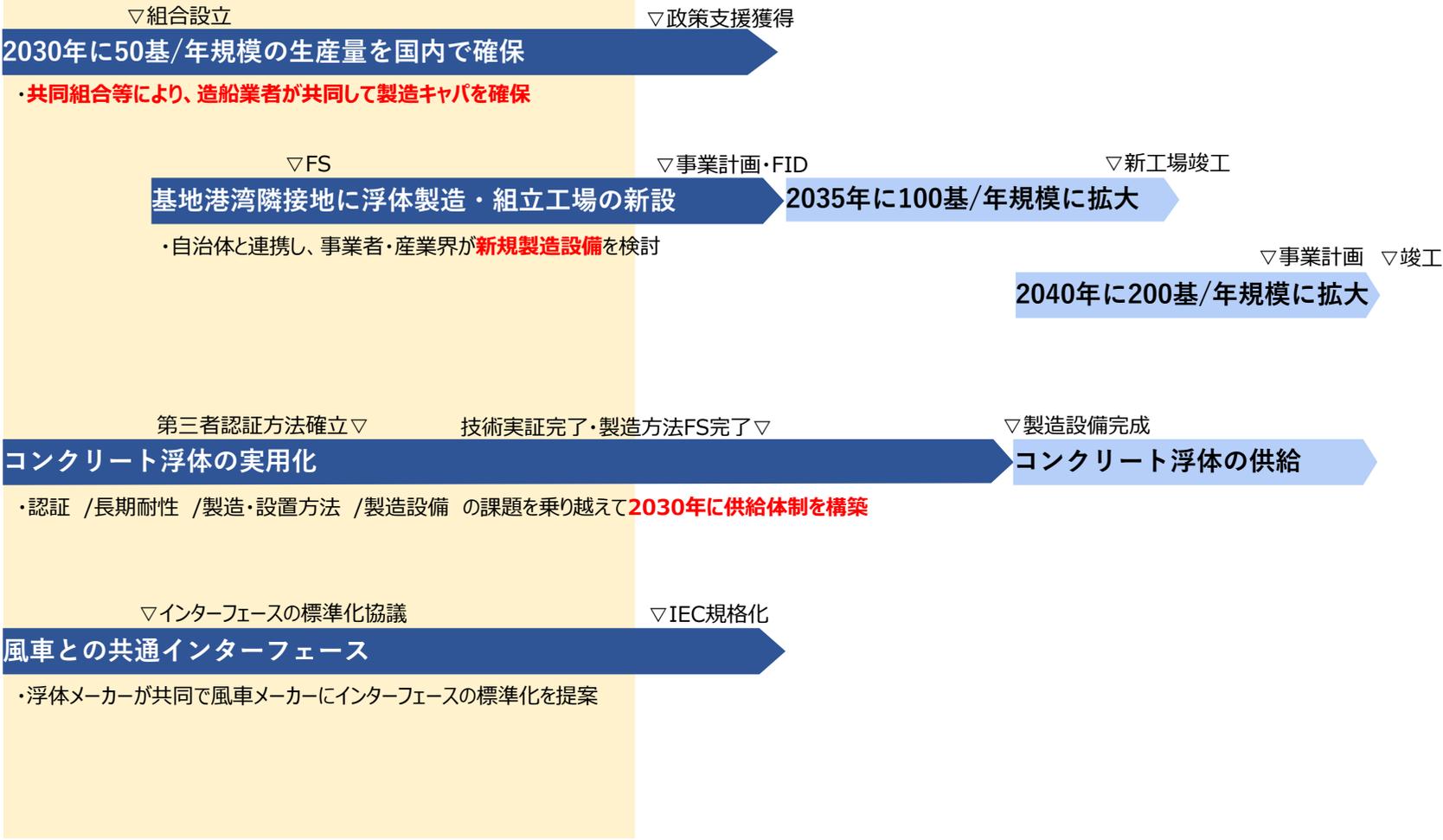
浮体製造：国内サプライチェーン形成へのロードマップ

提言
想定

2021 > 2022 > 2023 > 2024 > 2025 > 2026 > 2027 > 2028 > 2029 > 2030 > 2031-35 > 2036-40 > 2050

第4期海洋基本計画期間

国内産業サプライチェーン実現のための取組計画



浮体製造：補足資料① 造船各社の製造能力調査

1. アンケートの目的

基地港湾隣接地における浮体製造設備の必要性を掘り下げるべく、ドックを用いた一貫製造のみならず、内組工場等による小組ブロック製作・大組ユニット製造等の部品製造について、造船業界の生産力を調査

なお、先の埋没の調査※との比較を意識し、同じ10MW級風車用浮体としたが、簡素化のためにセミサブ型に限定

※2021年8月に日本埋立浚渫協会殿が実施、港湾局主催の検討会で報告済み。既存のドックを使った製造では必要量の5～23%程度の製造能力とされたもの

2. アンケート依頼先（日本造船工業会様、日本中小型造船工業会様のご協力）

造工会員17社および中小造工会員6社から回答を入手、うち17社が対応可能との回答。

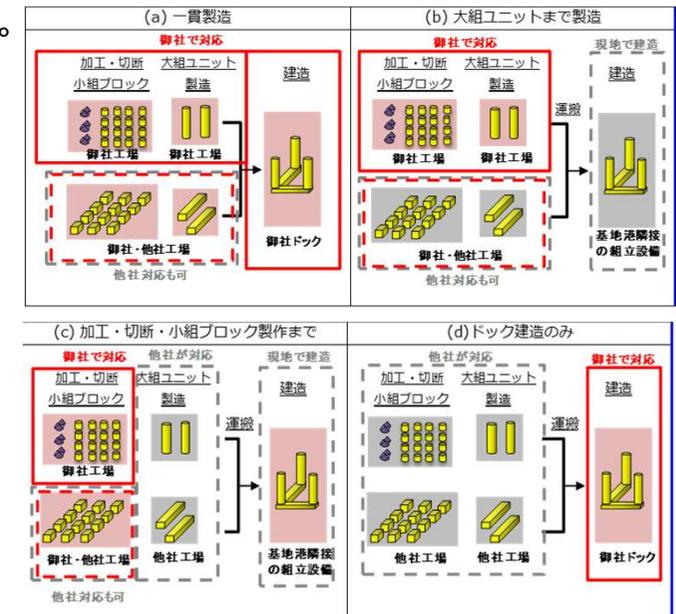
3. アンケート内容

右図の4つの製造範囲で対応可能な製造方法について、年間の生産量(能力)

および建造事業との比率、将来の設備拡充に関する要望等を調査

4. 調査結果(概要)

- 一貫製造による製造：4社。設備能力で144基あり、43～62基程度製造可能
- 大組ユニットまで製造：4社。設備能力で40基分あり、11基程度の製造が可能
- 小組ブロックの製造：9社。設備能力では21基分程度あり、11基分程度が製造可能
- 合計で194基分の設備能力があり、造船業との兼業で65～84基分の製造が可能
- ドック、クレーン能力、溶接工事量、曲げ設備、塗装仕様、高張力鋼、溶接資格者、図面供給などに懸念あり。



浮体製造：補足資料③ コストターゲット

海上技術安全研究所が2020年に公表した「浮体式洋上風力発電の将来ビジョン」において、2030年 発電単価15円/kWhでの浮体初期費用として、**159百万円/MW**をターゲットとしており、これを基にすると**10MW用セミサブ浮体価格：1,590百万円**となる。

今回、2022年の鋼材単価と検討した想定工数から算出したところ、10MW用セミサブ浮体の費用は、**材料費と製作費で1,246百万円**となり、設計費、管理費、利益相当を加味した場合、上記ターゲット相当になると想定される。

工数からの想定（10MW風車用セミサブ想定）

| | |
|--------------|-------------|
| 材料費・・・① | 540 |
| 製作費・・・② | 706 |
| 設計費、管理費、利益相当 | *** |
| 合計 | 1,246+α 百万円 |

今後、2050年の目標発電コスト8円/kWhを目指し、更にコスト低減が必要である。

浮体式洋上風力発電の将来ビジョン

- 目標発電コストの試算
- 目標発電コストを2030年に15円/kWh、2050年に8円/kWhと設定、初期費用や運用費用をどの程度低減する必要があるかを試算
- コスト低減に効果的な分野の抽出

| Year | 2020 | 2030 | 2050 | 初期費用（100万円/MW） | 2020 | 2030 | 2050 | EU | |
|----------------------|------|------|------|----------------|----------|------|------|-----|-----|
| 風車基数 | 1 | 100 | 100 | 風車 | 200 | 150 | 105 | 149 | |
| 発電コスト（¥/kWh） | 40 | 15 | 8 | 浮体 | 400 | 159 | 80 | 80 | |
| 設備利用率（%） | 43 | 43 | 50 | 係留 | 100 | 18 | 14 | 76 | |
| 初期費用（100万円/MW） | 1500 | 537 | 341 | 設置 | 500 | 78 | 50 | | |
| 年間運用費用 （100万円/MW） | O&M | 50 | 10 | 5 | サブステーション | — | 44 | 28 | |
| | 保険 | 10 | 5 | 4 | 送電系統 | 300 | 50 | 40 | |
| | 間接経費 | 7.5 | 1.5 | 0.8 | 開発費・間接経費 | — | 38 | 24 | |
| | 金利 | — | 9.8 | 6.2 | 合計 | 1500 | 537 | 341 | 352 |
| | 小計 | 67.5 | 26.3 | 15 | | | | | |

浮体の建造費、および浮体・係留の設置費が大きく、これらをプロジェクトチームの主な検討項目とする。



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

8

海上技術安全研究所R2年研究発表会資料より

①材料

| 製品重量 | 鋼板重量 | 千円/ton | 価格（百万円） | 備考 |
|-------|-------|--------|---------|--------------|
| 3,000 | 3,600 | 150 | 540 | 歩留考慮 ×1.2 |

②加工

| 工種 | Hr | 千円/Hr | 価格（百万円） |
|--------|--------|-------|---------|
| 加工費 | 3,729 | 6 | 22 |
| SUB-大組 | 96,000 | 6 | 576 |
| 塗装 | 12,000 | 6 | 72 |
| 艀装 | 6,000 | 6 | 36 |
| 加工費計 | | | 706 |

※材料単価とチャージレートは想定

組立設置：重要課題と解決策への取組・提言

| | 重要課題 | 解決策への取組・提言 |
|---------------------------|---|--|
| 組立・設置 基盤整備 (含O&M対応) | 中長期導入目標、設置海域決定の遅れによる、基地港湾整備の不足、風車組立用の大型クレーン、SEP船、ケーブル敷設船、浮体曳航の曳船等、工事機材並びに人材の大幅な不足が予測 【補足資料①②③】 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 組立設置の基盤整備に向け中長期導入目標の早期決定 ➤ 上記導入計画および風車規模に対応した基地港湾の整備計画策定 ➤ 将来アジア域での展開も視野に入れ、段階的な工事機材の導入計画を策定（関係省庁、団体と連携必要） ➤ 大幅不足が予測される機材への設備投資支援策の策定 ➤ ダイバーシティ人材活用のための支援、研究、法整備の検討 |
| 係留設備 | 大型チェーンの製造メーカーは世界で数社しかなく製造能力の大幅な増強が必要 【補足資料④】 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 繊維索とのハイブリッド係留等、メーカーと共同で技術開発・実用化を促進、並びに、大規模な設備投資などサプライチェーン整備に向けた支援策強化 ➤ クレーン設置を含むストックヤード整備計画、曳航・設置スケジュールを勘案した保管期間、保管要領、輸送手段の確保計画策定 |
| 風車搭載 | スパー型浮体に対する風車搭載工事には、ある程度の水深が必要になるため、安定して搭載できる方策が課題 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ スパー型浮体への風車搭載方法、必要な機器及び拠点等の対応策検討 (例えば、固定ジャケット上の活用、中古ジャッキアップリグ等を改造したクレーン船台等大型スパーに対応可能な機器の可能性検討) |
| 大型浮体 進水・運搬 | 浮体の大型化と大量生産に対応した浮体の進水・風車搭載設備の不足 国内製造拠点からの組立、搭載拠点への運搬計画が必要（将来、アジア域展開も視野） | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 浮体のブロック製造、組立を基地港近くで行う前提で、大型風車の進水・搭載工法の策定、拠点整備 (進水用台船・SPMT等の導入検討、セミサブ浮体用大型ドライドックの開発、運用計画策定 ※Self-Propelled Modular Transporter) ➤ 風車の大型化を前提としたバージ、輸送船の増強に伴う投資支援 (将来、アジア域展開も視野) |

組立設置：補足資料①基地港湾及び指定の移行のある港湾（15MW）

| 港湾名 | 岸壁水深 (m) | | 岸壁延長 (m) | | 隣接岸壁 有無 | 用地面積 (ha) | | 備考 | アセンブリ拠点 | | | 浮体製造拠点 | | | アンカリング拠点 | | | | | |
|---------------|----------|-----|------------------------|-----|------------|-----------|------|----|---------|----|----|--------|----|----|----------|----|----|---|---|--|
| | 現状 | 整備後 | 現状 | 整備後 | | 現状 | 整備後 | | 水深 | 岸壁 | 用地 | 水深 | 岸壁 | 用地 | 水深 | 岸壁 | 用地 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 15MWクラス風車の組立設置を考慮し設定 ⇒ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 北海道・東北・北陸ブロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | -10 | -12 | 180 | 230 | 有 | 8.0 | 15.0 | | ○ | × | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| B | -11 | -11 | 180 | 260 | 有 | 8.0 | 18.0 | | × | × | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| C | -12 | -12 | 240 | 240 | 有 | 16.0 | 16.0 | | ○ | × | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| D | -12 | -14 | 240 | 520 | 有 | 36.3 | 47.7 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| E | -10 | -12 | 185 | 230 | 有 | 12.6 | 13.6 | | ○ | × | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| F | -12 | -12 | 240 | 240 | 有 | 17.5 | 17.5 | | ○ | × | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| G | - | -12 | - | 460 | 有 | 10.9 | 17.1 | | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| H | - | -12 | - | 300 | 無 | 4.1 | 20.0 | ※ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| I | - | -12 | - | 230 | 無 | 41.0 | 41.0 | | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| J | -10 | -12 | 230 | 230 | 無 | 29.0 | 29.0 | | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| K | -10 | -10 | 185 | 185 | 無 | 2.4 | 15.0 | | × | × | × | ○ | ○ | × | × | × | ○ | ○ | ○ | |
| 東京・中部・関西ブロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | -12 | -12 | 200 | 200 | 有 | 5.0 | 16.0 | | ○ | × | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| M | - | -14 | - | 700 | 無 | 13.0 | 40.0 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 中国・四国・九州ブロック | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | -10 | -10 | 180 | 180 | 有 | 8.0 | 12.5 | | × | × | × | ○ | ○ | × | × | × | ○ | ○ | ○ | |
| O | - | -15 | - | 540 | 無 | 39.8 | 39.8 | ※ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| P | - | -12 | - | 230 | 無 | 43.0 | 43.0 | | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |

※浮体式洋上風力発電設備への対応の意向あり

[港湾データ参照]

- 国土交通省港湾局、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
- 国土交通省港湾局、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検討会～基地港湾の配置及び規模～

組立設置：補足資料②機材必要数と現状

基地港1港で必要な機材数と現状

| 機材 | 能力 | 必要数 | 現状数 |
|-----------|-------|-------|--------|
| クローラークレーン | 350 | 2 | 多数 |
| | 750 | 2 | 多数 |
| | 1,000 | 1 | 5 |
| リンガークレーン | 3,200 | 1 | 0 |
| SPMT | | 8,200 | 13,920 |

大型クレーン台数

| | 種類 | 能力 | 台数 |
|--------|------------------|-------|----|
| 1) | Crawler Crane | 1,600 | 3 |
| 2) | Crawler Crane | 1,350 | 3 |
| 3) | Crawler Crane | 1,250 | 5 |
| 4) | Crawler Crane | 1,200 | 1 |
| 5) | Allterrain Crane | 1,200 | 3 |
| 6) | Crawler Crane | 1,000 | 3 |
| Total | | | 18 |
| => 25% | | | 5 |

多軸台車台数

| | 所有者 | 能力計(ton) |
|--------|-----|----------|
| 1) | A社 | 17,500 |
| 2) | B社 | 14,800 |
| 3) | C社 | 5,800 |
| 4) | D社 | 5,800 |
| 5) | F社 | 4,750 |
| 6) | E社 | 2,500 |
| 7) | F社 | 1,950 |
| 8) | G社 | 1,650 |
| 9) | H社 | 650 |
| 10) | I社 | 300 |
| Total | | 55,700 |
| => 25% | | 13,920 |

- クローラークレーンの現有数は、右の「大型クレーン台数」のうち、25%が洋上風力に使用可能として算出。
- SPMTの現有能力は、右の「多軸台車台数」のうち、25%が洋上風力に使用可能として算出。

風車の大型化に伴い現有機材での対応が困難になるため増強必要

基地港1~5港であれば現状数で足りているが陸上・着床式との取り合いで増強必要

基地港1~2港であれば現状数で足りているが基地港増加に伴い増強必要

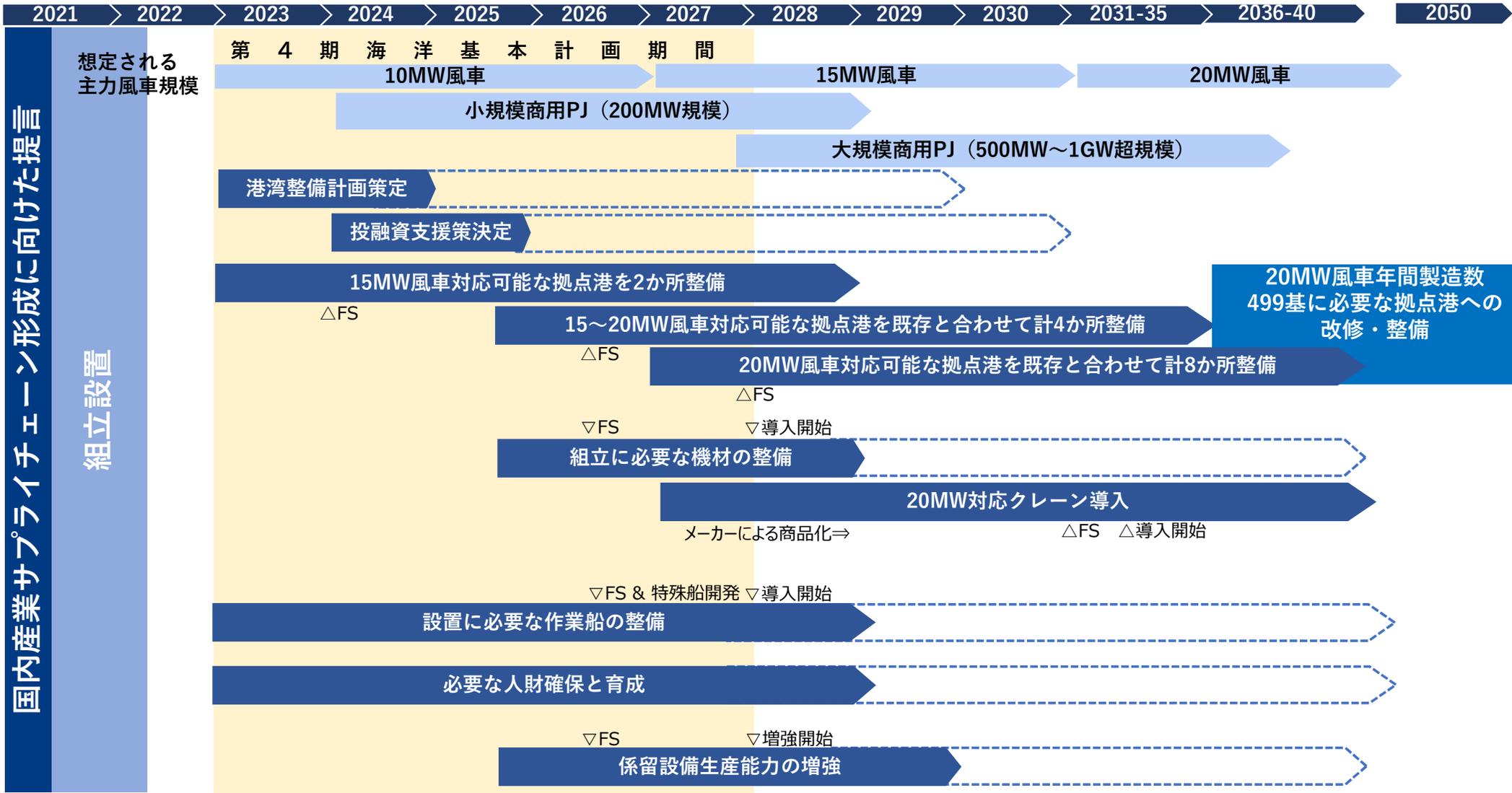
<風車別クレーン対応可否判定>

| 風車能力 | | 10MW | | 15MW | | 20MW | | | |
|-----------|----|----------|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 種別 | 名称 | 重量 (ton) | 必要揚程高 (m) | Tower | Nacell | Tower | Nacell | Tower | Nacell |
| 起重機船 | A | 4,100 | 120.7 | ○ | × | × | × | × | × |
| | B | 3,700 | 105.0 | × | × | × | × | × | × |
| | C | 3,700 | 107.1 | × | × | × | × | × | × |
| | D | 3,000 | 125.7 | ○ | ○ | × | × | × | × |
| SEP船 | E | 1,250 | 158.0 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| | F | 3,200 | | ○ | ○ | × | ○ | × | × |
| クローラークレーン | G | 1,600 | | ○ | ○ | × | × | × | × |
| | H | 3,200 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

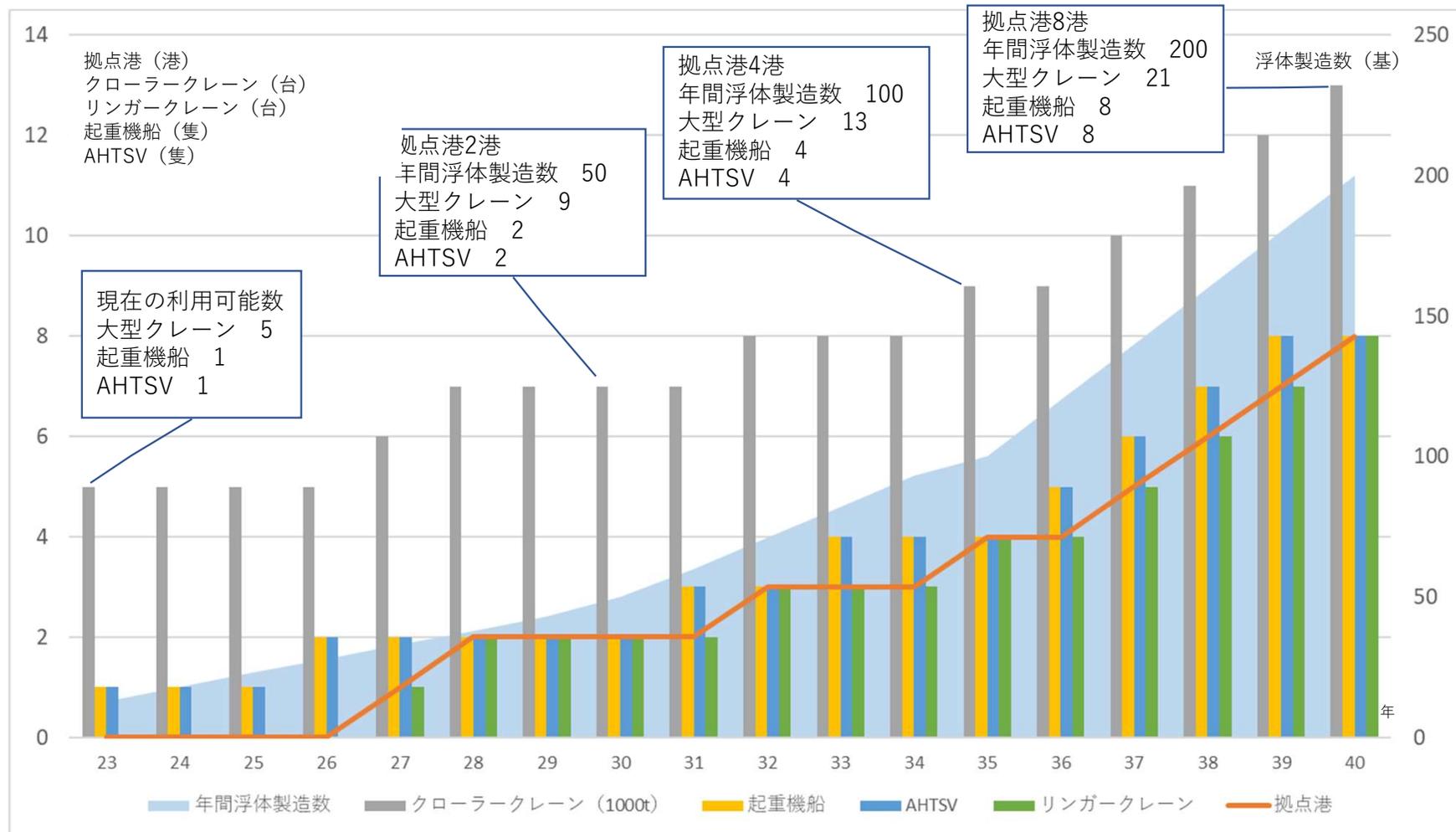
- 部品重量：2050年CN実現のための基地港湾のあり方に関する検討会、第2回会合資料『風車大型化・発電所大規模化に対応した基地港湾の最適な規模について』P10の想定値を使用。
- 必要揚程高：同資料P10のブレード長さ+25mをハブ高さとして想定、ナセル高さの調整、吊り代15mを加算して設定。

組立設置：国内サプライチェーン形成へのロードマップ

提言
想定



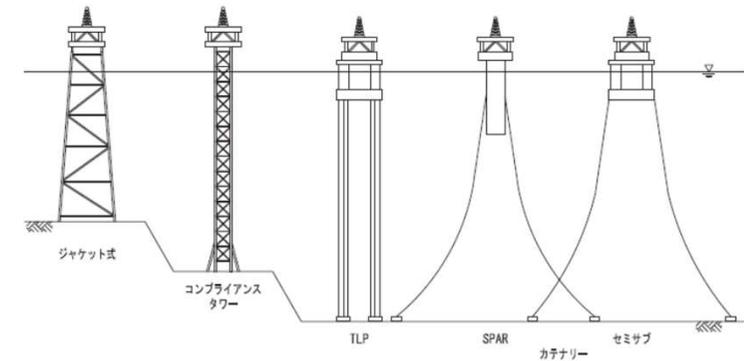
組立設置：補足資料① 機材拠点港・現状から必要数への推移予測



※2030、2035、2040年の各年に必要となる浮体製造数をベースに、必要な拠点港数および機材量を推算

組立設置：補足資料② 係留設備の製造能力

浮体式洋上風車の係留方法は①チェーンカタナリー係留、②TLP、およびその中間の③Taut係留との3種類に大きく分類される。係留に必要なチェーン、アンカー、係留索、鋼管等の製造能力も確認が必要である。中でも、主力であるカタナリー係留のための大型チェーン製造メーカーは世界で数社しかなく、浮体量産化に合わせて大規模な設備投資で能力増強する必要がある。また新たな素材や係留方法の改良などの技術検討をメーカーと共同で行うとともに、サプライチェーン整備が必要である

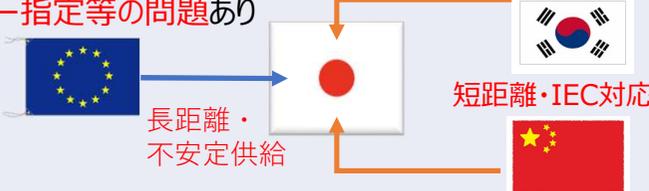


某チェーン製造メーカーヒアリング結果(要点)

- 洋上風力に対応可能なチェーンメーカーは世界で3社（スペイン、中国、国内某社）で各社の年間製造能力はスペイン10万ton、中国20万ton、国内某社2万tonの32万tonしかなく、スペインは欧州向けで手一杯、中国は半分が商船用でアジアの浮体に進出する余力はない（仮に3社の製造能力全てを洋上風力向けとしても需要に満たすことが出来ない）
- 国内のチェーンの製造は船用チェーンの需要に対応するため、海洋チェーンの生産能力は1万トンが限度である。MSB福島実証7MW×1基で約1,600ton必要だったのでこれは、6基分の製造能力でしかない
- 需要に対応するには複数ラインの設備投資が必要だが製鎖機、熱処理、牽引試験機等の専用設備に相当な投資が発生、先行投資にはリスクが高すぎるし、当面需要があっても一巡したらアイドルになる懸念あり

係留チェーンと同様にアンカーについても国内では生産拠点が確保できていない。これについても海外メーカーを主体に、調査、対応策の立案が必要。（蘭VRYHOF ANCHORS社のアンカーを国内メーカーが受託生産し、国産化に乗り出す動きがある。国産化の可否検証のため、試作品を製作し、NK承認の取得含めて2023年9月頃に検証を完了する計画の様相）

O&M：重要課題と解決策への取組・提言

| | 重要課題 | 課題解決への取組・提言 |
|-----------------|--|--|
| 維持管理 業務全般 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 浮体式の維持管理業務は欧州中心に展開を開始、他地域は計画中、実証中であるが、事業会社が実行するのか、操業用の業者活用で行うか？ ➤ 浮体式は複数風車の維持管理＋浮体の安定操業＋集電・変電管理 ⇒ 事業の複雑化への対応 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 維持管理業務の事業形態・体制構築が必要 ・同種大型複数風車に対する管理手法並びにルーティン手法の確立 ・AI活用にてDX(Digital Twin)体制形成 ⇒ 操業の均質化、省人化、効率上昇 ・AUV/ROV/ドローンの活用 ⇒ 設備へのアクセス利便性向上 |
| 主要部品の安定供給 体制 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 維持管理必需品(予備品等)の安定供給には規格・メーカー指定等の問題あり  <ul style="list-style-type: none"> ➤ 発電機のパーツはメーカーより納入者指定 (Global調達か欧州規格保持の近隣国納入者) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 安定操業のため、主要パーツの安定的供給システムを構築 国内生産拡大に向け積極的な支援、更に国内供給者優遇政策が必要 ➤ 風車メーカーの独自選定システム (Global Supply System)による部品納入者選定に入るべく、日本メーカーの認証取得を支援 (「風車製造」の項を参照) ➤ 主要パーツ内小型部品(ボルトナット等)への日本規格対応の可能範囲拡大に向け中小企業等への支援強化 |
| 業務用機材・ 作業船不足 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 作業船/機材・・・国内に中規模ヤード不足 (SOV・CTV・アルミ製双胴船型) ➤ 現場状況確認ツール用のAUV/ROV(海中)、ドローン(空中)の国内製造メーカー (オペレータ含め) 不足 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 維持管理業務の作業船等の不足は、当面本邦設計、海外製造(製作/組立)で確保するが、将来的には国産化を目指す 日本の海象状況に合わせた標準を策定し、国内製作を目指す (標準・条件化には関係省庁・団体との連携が必要) |
| 人材不足 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 風力発電の大規模拡大が予測されるなか、浮体式に対応できる維持管理人材の大幅な不足 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 設備全体の業務人材の育成、並びに、作業員(設備維持管理人員、日本人/外国人、等)の確保⇒導入目標に見合う計画策定 |

O&M：重要課題と解決策への取組・提言

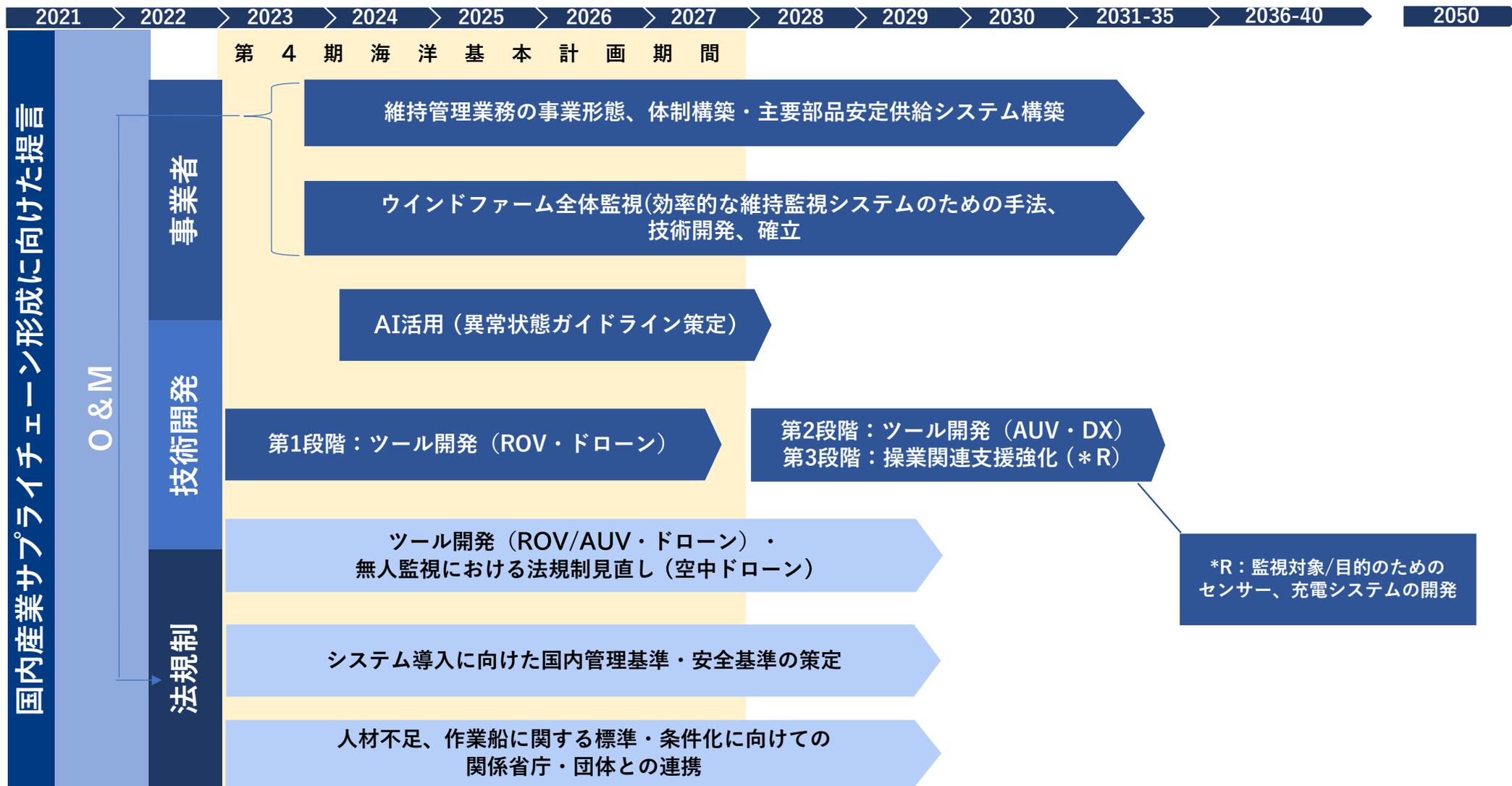
| | 重要課題 | 課題解決への取組・提言 |
|---------------------|---|--|
| システム導入 前提条件 | O&Mは、主に事業者の自主保全体制に基づくもの ↓ 浮体式特有のものに対する対応性、適合性を考慮したガイドラインを整備した自主保全への移行が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 国内安全基準に基づく管理基準・安全基準を推奨すべく下記を整備 <ul style="list-style-type: none"> ・事業運営ガイドライン並びに運営基準を策定 ・安全操業に対する管理基準の策定 |
| ツール開発 (AUV・ドローン) | <p>海中、空中における監視・点検機能の仕様明確化と対応する技術、規定が不十分、未整備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AUV等、海中監視システム⇒技術開発が必要 <ul style="list-style-type: none"> ・海中の監視対象、手法、目的：センサー、通信 ・ドローン等、空中監視システム⇒海外規定との整合性要 <ul style="list-style-type: none"> ・設備までの距離規制：現行規制では30mまで ・防爆規程：洋上の発電設備の規定は？ ・保守ツール：無人保守ツール適用ガイドライン ・海中の随時交信手段 など | <ul style="list-style-type: none"> 重要技術の開発促進、支援強化 <ul style="list-style-type: none"> 監視対象と監視目的のためのセンサー開発 <ul style="list-style-type: none"> ・（海中）錆、傷、牡蠣殻：確認精度、認証困難の問題 ・（空中）内部破損：内部確認センサー対応可能距離 など 充電システムの開発促進 <ul style="list-style-type: none"> ・（AUV）海中充電システムの開発 ・（ドローン）充電ステーション、コントロールステーションのリモート設置 ・（無人保守ツール）ドローンと同様 など 無人監視における法規制の見直し（空中監視時の監視距離、飛行エリア規制等） |
| AI活用 DX体制 | <p>基本となる操業パターンが未確立（陸上モデルの転用も） AIに操業を任せられる「通常」状況と、人の手を必要とする「異常」状況の判断区分が未整備</p> | <ul style="list-style-type: none"> 「異常状況」のガイドライン設定が必要 「現場確認」・「監視室AI判断」・「人による判断」のPriority設定の確定 |
| ウインドファーム全体監視 | 洋上における維持監視システムはウインドファーム全体で監視、異常検知が出来る仕組みが必要 | <ul style="list-style-type: none"> 効率的な維持監視システムのための手法、技術の開発、確立が必要 例えば、異常検知手法としてファーム内で海象条件等でのグルーピング後のサンプリング、また、サンプリング検査は同条件下でのグルーピングが必要（浮体式であれば水深でグルーピング） |

O & M：国内サプライチェーン形成へのロードマップ

【事業者・技術開発・法規制】

提言

想定



国内産業サプライチェーン形成に向けた提言

O & M

事業者

技術開発

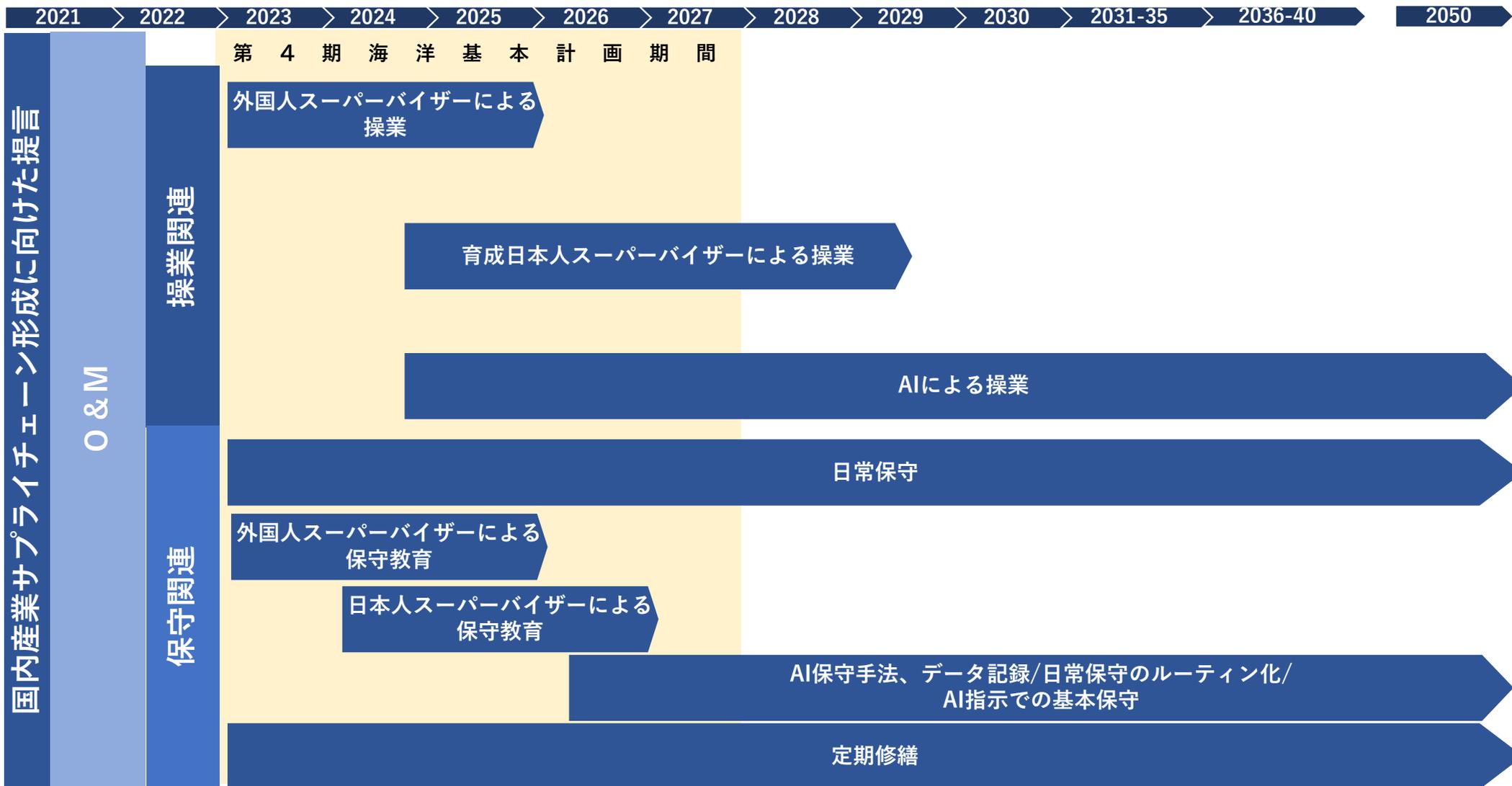
法規制

O & M : 国内サプライチェーン形成へのロードマップ

【操業/保守関連】

提言

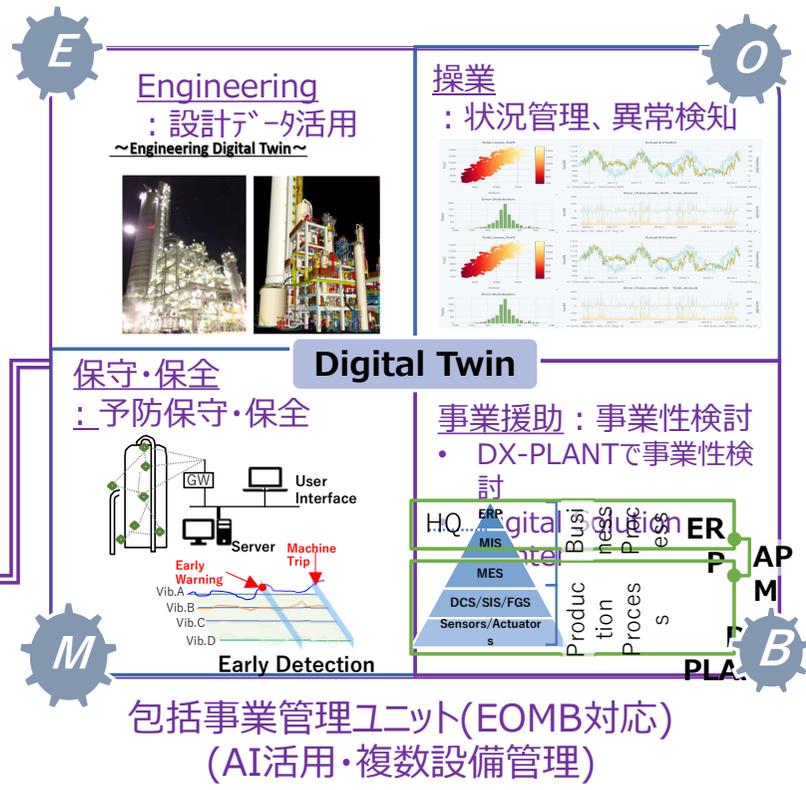
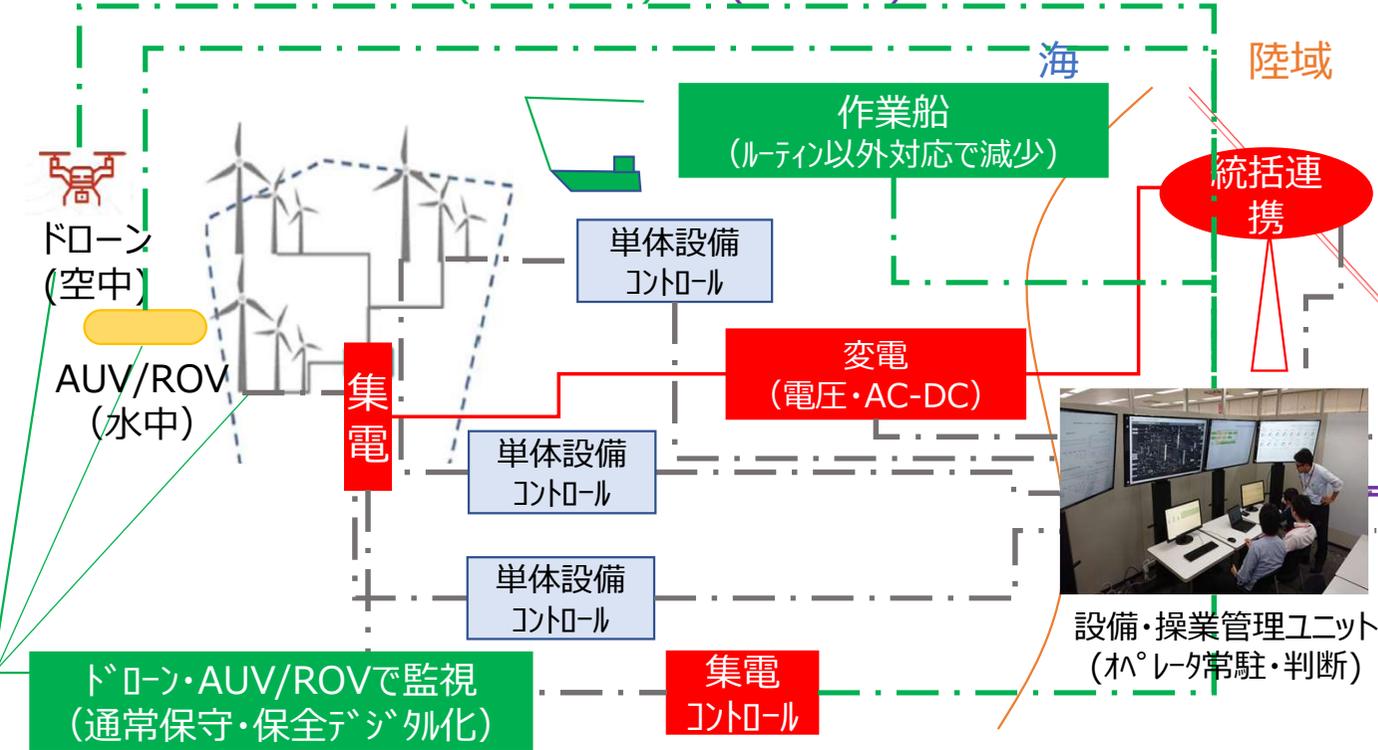
想定



O&M 補足資料① 操業・保守の省人化

- アクセス困難地域、場所の常時状況把握： 海上はドローン・設備設置の相互モニター、海中はAUV・ROVで洋上作業省人化
- 複数設備の同時管理： 個別設備は既存制御設備、集合制御にDX及びAI導入
- 作業時期の集中： 設備データ集約化、個別稼働データ集約化による予防保守・保全導入
- 作業経験不足： AIによる標準操業習得を通じ、ルーティン操業の省人化
- 発電量対応はメーカー技術依存： 初期の教育期間後のルーティン化操業により徐々に独自操業へ移行

【操業イメージ】：下図の緑(現場対応)と紫(DX対応)部分



包括事業管理ユニット(EOMB対応) (AI活用・複数設備管理)

これからの活動

浮体式洋上風力発電の商用化に向け国内サプライチェーン形成のロードマップを、関係省庁・団体・企業の多大なご協力のもと、策定した。

今後、この実現に向け、関係省庁・団体への働きかけを継続するとともに、特に、ALL JAPAN体制に関わる課題については、引き続き、具体化するための活動を行いたい。

- 浮体の量産化（低コスト化）に向けた共同生産体制・拠点の確立
- 基地港含めた地域共生に向けた取組
- 技術等重要課題（協調領域）解決の企業協同体制の確立
- 風車国産化を目指し、国内生産体制の確立