

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：

**低コスト化による海外展開を見据えた秋田県南部沖浮体式洋上風力実証事業**

実施者名：関電プラント株式会社

代表名：代表取締役社長 北村 仁一郎

共同実施者（再委託先除く）：丸紅洋上風力開発株式会社（幹事企業）

東北電力株式会社

秋田県南部沖浮体式洋上風力合同会社

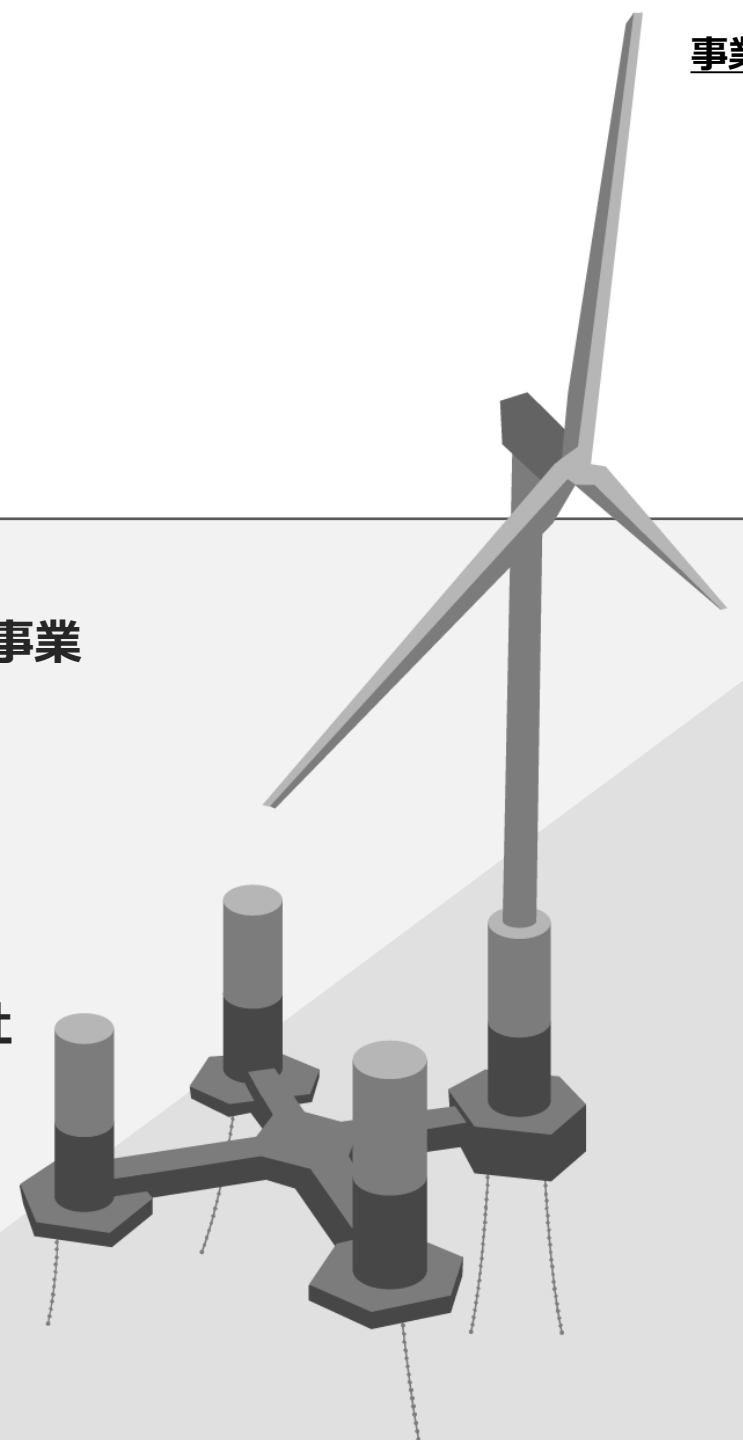
ジャパンマリンユナイテッド株式会社

東亜建設工業株式会社

東京製綱繊維ロープ株式会社

JFEエンジニアリング株式会社

中日本航空株式会社



# 目次

## 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

- (1) 事業概要および実施体制
- (2) 目標および研究開発方針
- (3) 各主体の役割分担
- (4) 研究開発テーマの設定背景

## 1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

## 2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

## 3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

## 4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

# システム全体として関連技術を統合した本事業の概要および実施体制

## 本事業の概要

|           |  |
|-----------|--|
| 実施プロジェクト名 | 低コスト化による海外展開を見据えた秋田県南部沖浮体式洋上風力実証事業                     |
| 実証海域      | 秋田県南部沖 ※水深 約400m                                       |
| 事業規模（想定）  | 風車出力：12～15MW級 風車基数：2基                                  |
| 事業期間（想定）  | 2024年8月～2031年3月 ※実証運転開始：2029年10月                       |
| 成果の活用場所   | アジア展開も見据えた国内外での案件形成や国内サプライチェーン構築に寄与させる他、標準化を推進させる場への活用 |

## 本事業の実施体制（コンソーシアム）

| 全体最適化・事業開発                     |      |                             | EPCI   |                  |                          | O&M    |                             |       |
|--------------------------------|------|-----------------------------|--|------------------|--------------------------|--------|-----------------------------|-------|
| 丸紅洋上<br>風力開発<br>(丸紅洋上)<br>幹事会社 | 東北電力 | 秋田県南部沖<br>浮体式洋上風力<br>(事業会社) | ジャパン マリン<br>ユナイテッド<br>(JMU)                            | 東亜建設工業<br>(東亜建設) | 東京製綱<br>繊維ロープ<br>(東京ロープ) | 関電プラント | JFE<br>エンジニアリング<br>(JFEエンジ) | 中日本航空 |
| 主たる実施者                         |      |                             | 総合商社、電力会社、事業運営会社、船舶・建設会社、ロープ製造会社、航空事業会社等の9社からなるコンソーシアム |                  |                          |        |                             |       |

## 本事業の目標および研究開発方針

### 本事業の概要

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>アウトプット目標</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>2030年に、一定条件下で浮体式洋上風力を低コストで商用化可能な国際競争力のある技術の確立</li> <li>2030年に、浮体式洋上風力商用化に向けてタクトタイム短縮を実現可能な技術の確立</li> <li>沖合・大水深での浮体式導入に向け、技術と社会受容性両面の課題解決</li> </ul> <p>上記3点の道筋を立てることをアウトプット目標とする</p>  |
| <b>フェーズ1の研究成果を活用した継続研究</b> | <div> <b>フェーズ1-②</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>大量生産に向けた浮体の量産/高速化 他（JMU）</li> <li>低コスト施工技術（風車搭載）の開発（東亜建設工業）</li> </ul> </div> <div> <b>フェーズ1-③</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>大規模WFにおける浮体式洋上風力発電システムのコスト評価 他（東北電力）</li> </ul> </div> <div> <b>フェーズ1-④</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>リモートオペレーションによる導通試験 他（関電プラント）</li> </ul> </div> |
| <b>研究項目</b>                | <p>量産化、低コスト化を見据えた実証として事業開発、EPCI、O&amp;Mの3フェーズに大分類（次頁以降参照）</p>   |
| <b>遂行体制</b>                | <p>浮体式洋上風力の実証事業の経験を有し、スコットランドにおいて浮体式洋上風力案件の海域リース権益を落札して案件開発を遂行している他、秋田県内で着床式商用案件を開発・運営する丸紅グループ（丸紅G）、秋田県内で2つの着床式商用案件の開発を遂行している東北電力、福島浮体式実証事業の浮体製造の実績を有するJMU、フェーズ1の要素技術開発を実施している東亜建設工業、関電プラントなどが参画するコンソーシアム体制により、本事業の着実な遂行を実施</p>   |
| <b>他との連携</b>               | <p>技術基準や規格・標準化に係る研究開発等との連携のため、協議の上で適宜実施</p>   |

## 洋上風力の事業経験を有する幹事会社が発電事業の全体最適化の研究を担う

### 全体最適化・事業開発

#### 主な 研究開発 の内容

#### 丸紅洋上風力開発

#### 幹事会社

- 全体最適化(発電コスト・タクトタイム・リスク)
- AUVによる自動点検の開発(O&M)

#### 社会実装に 向けた 主な取組内容

- コスト、タクトタイム、インターフェースリスク低減
- 維持管理技術の効率化・高度化

#### 委託先

- 東京大学
- 島津製作所

#### 東北電力

- 大規模WFにおける発電システムコスト評価
- 発電量・需給予測
- 漁業・環境影響評価手法確立

- 商用化時の技術仕様でのコスト試算
- インバランスの低減
- 漁業・環境影響調査手法の確立

- ウェザーニュース
- 海洋生物環境研究所

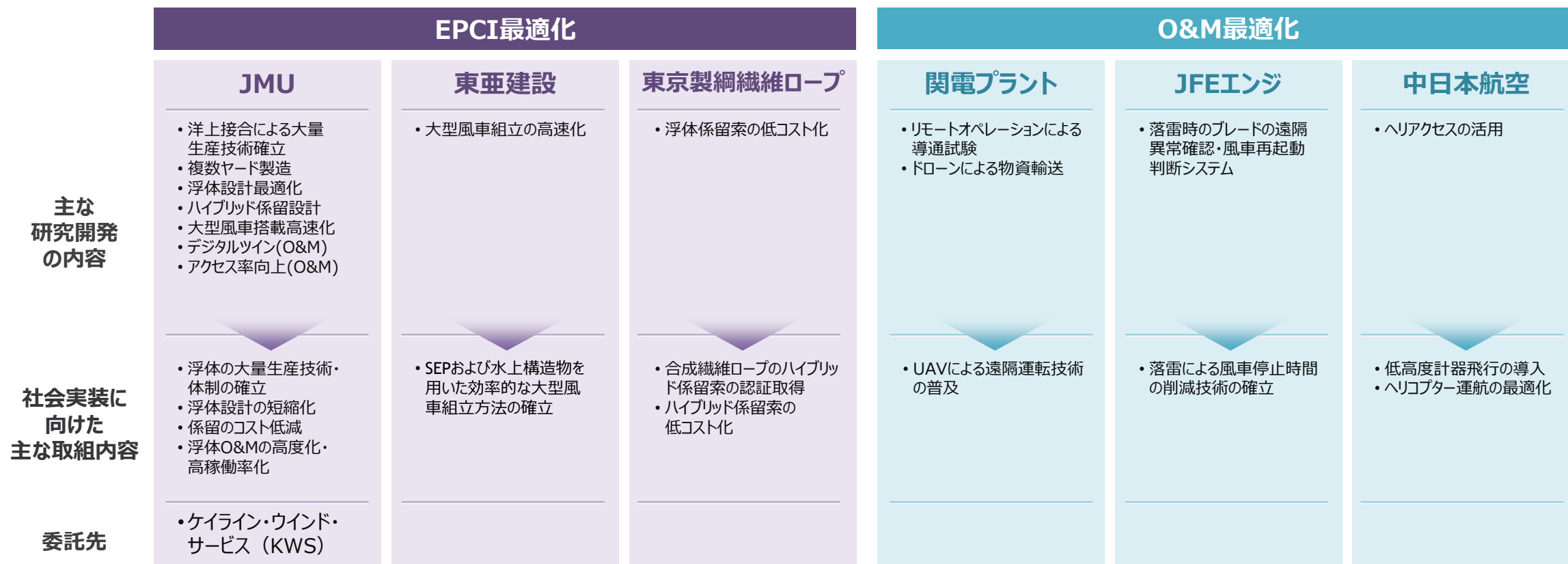
#### 秋田県南部沖浮体式洋上風力

- インターフェースリスク低減
- ステークホルダーとの対話・情報発信

- インターフェースリスク低減
- 地域共生の実現・国民へ広く情報発信
- 東京大学を委託先とした国民との科学・技術対話

- 東京大学

## 建設、O&M各領域のエキスパート企業が一体となって本事業を実施



# 本事業を成功に導き、浮体式洋上風力の低コスト化を実現するための研究体制を構築

## 課題設定

### ■ 過去からの学び

- 丸紅は過去国内2件の実証経験を踏まえて研究開発テーマを厳選
- 将来のアジア展開を見据え、純国産の技術開発を目指す

### ■ 低コスト化

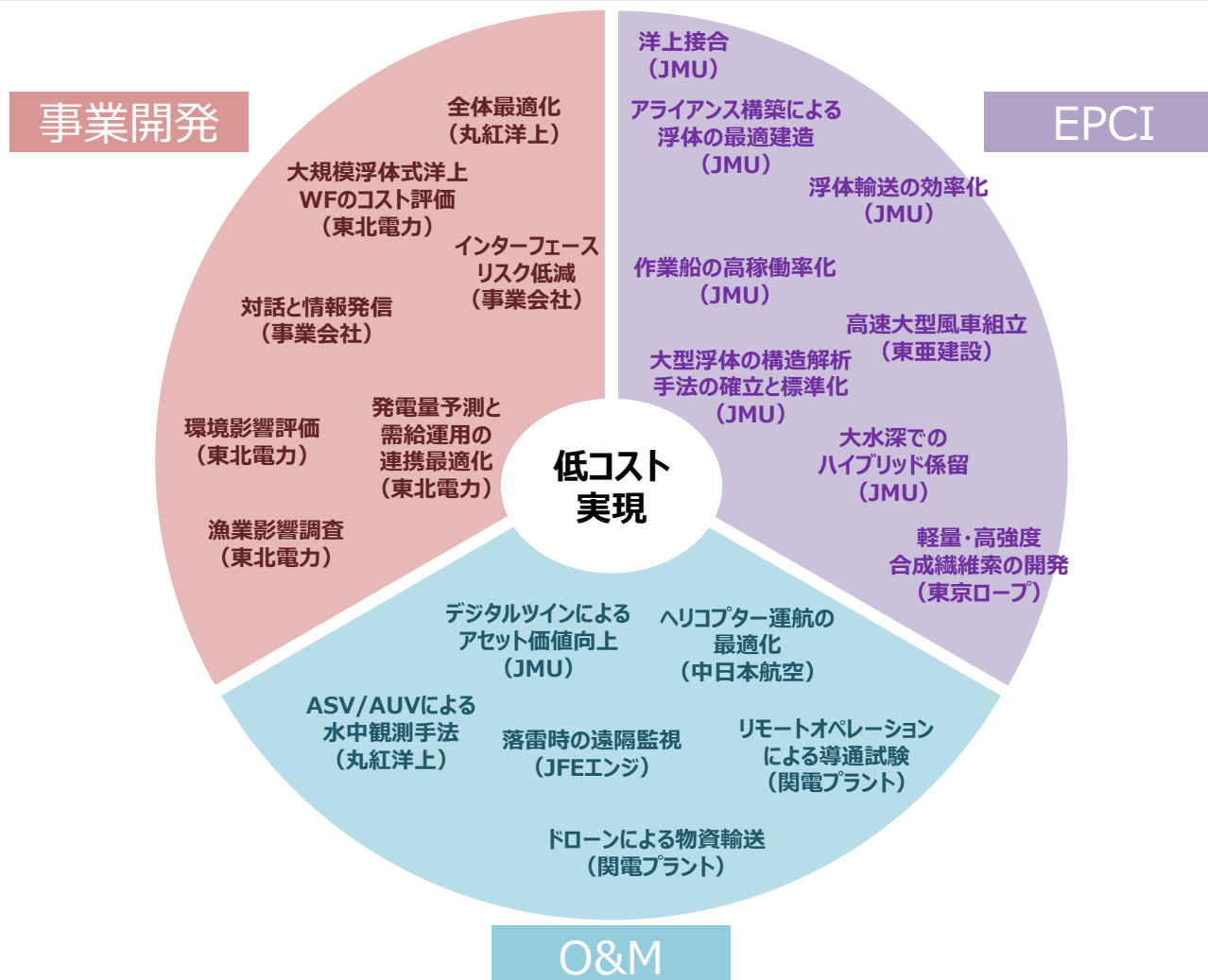
- 風車、浮体、係留システム、ケーブルの挙動・性能・施工性・コストを考慮した一体設計による最適化が必要

### ■ 最適コンソーシアム

- 開発、建設、O&M各フェーズごとの専門家集団を結集、連携することで技術開発の一体設計を推進

コンソーシアムによる課題解決が最善

## 開発、建設、O&M各々の切り口で低コストにつながる研究開発テーマを設定



## ゴール

浮体式洋上風力のモデルケースを確立

アジア展開も見据えた国内外での案件形成や国内サプライチェーン構築に寄与させる他、標準化を推進させる場への活用

# 1

## 事業戦略・事業計画

---

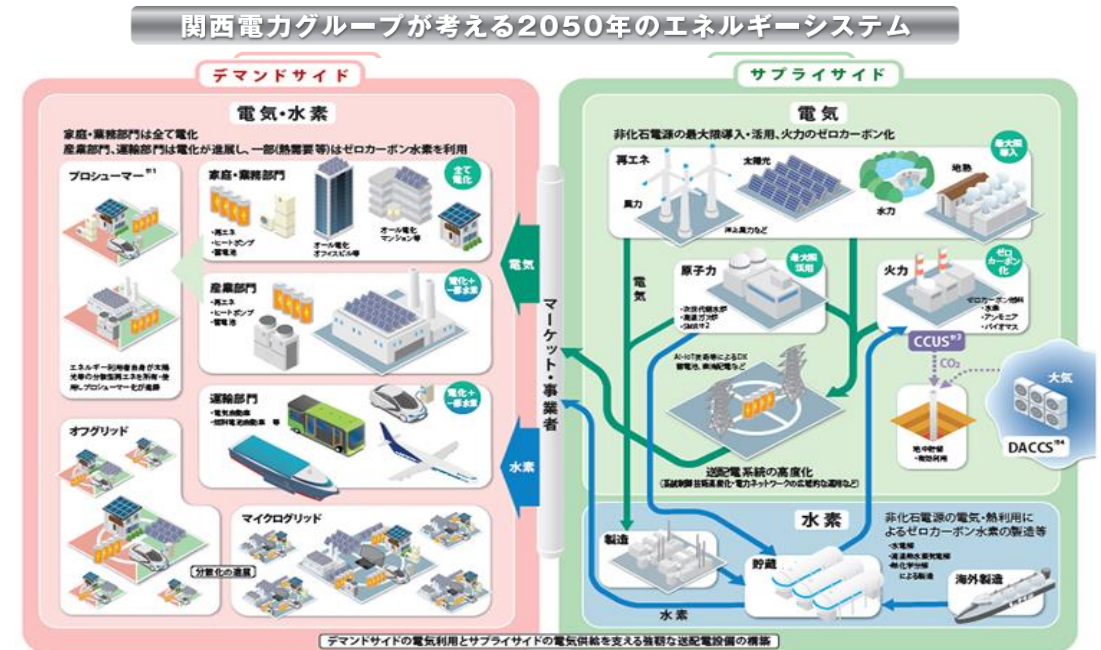
- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画





## ▶カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

- コストの35%を占めるメンテナンスの高度化は世界的課題
- 台風・落雷・うねりなど日本・アジア特有の事象に対応した運転保守技術開発へのニーズ



関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」より抜粋\*1

- 市場機会：
  - ・ 2050年カーボンニュートラル実現に向け、主力電源化に向けた切り札。（グリーン成長戦略において、2040年までに3000万～4500万kWの案件を形成として記載。）
  - ・ 浮体式を中心とした洋上風力発電の早期のコスト低減を行い、導入拡大を図る。
  - ・ 本研究開発の事業化を目指す2031年時点では、事業者が決定した新規の洋上風力発電事業の運転開始が始まり、開発技術の導入拡大を図る。
  - ・ E Z 洋上風力設置制度の創設に向け再エネ海域利用法改正法案が閣議決定。（2024年3月）

- 当該変化に対する経営ビジョン：  
関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」
  - ・ サプライサイドのゼロカーボン化：非化石電源（洋上風力など）は技術開発、革新、運用の高度化等により最大限導入・活用
- 関西電力グループ「脱炭素経営計画（2024年度）」
  - ・ 超長期時点での再生可能エネルギー主力電源化への備え
- 関西電力グループ「脱炭素経営計画（2024年度）」
  - ・ 超長期時点での風力発電設備メンテナンス事業への参入に向けた取組み

## 洋上風力のO&amp;M分野のうち、風車ブレードを中心とした維持管理をターゲットとして想定

## ▶セグメント分析

- 関西電力グループは、「ゼロカーボンビジョン2050」\*1(添付1-1～12参照)に示すように、国内外での洋上風力発電の最大限導入・活用に取り組み、国際的なゼロカーボン化にも貢献することとしている。
- 洋上風力サプライチェーンのうち、コスト構造の占める割合の高いO&M分野を対象とし、そのうち、風車ブレードの維持管理をターゲットとする。
- 風車ブレードの維持管理では、落雷等発生後の風車ブレードの臨時点検や定期点検におけるダウンタイムが課題となっており、ダウンタイムの低減化および維持管理の省コスト化に注力し、洋上風力の発電電力量の増加に貢献する。

風力発電市場のセグメンテーション

| 設備・構成要素 | ナセル   | 発電機、制御システム等         | 風車の設置     | ナセルの維持管理     | 風車の撤去      |
|---------|-------|---------------------|-----------|--------------|------------|
|         | 電力変換器 | 電力変換器等              |           | 電力変換器の維持管理   |            |
|         | ブレード  | 避雷針、構造用複合材料等        |           | ブレードの維持管理    |            |
|         | タワー   | タワー鋼材、ボルト、フランジ等     | 基礎設置      | タワーの維持管理     | 基礎の撤去      |
|         | 基礎    | 基礎鋼材等               |           | 基礎の維持管理      |            |
|         | ケーブル  | 海底ケーブル、陸上ケーブル等      |           | 海底ケーブルの維持管理等 | 海底ケーブルの撤去等 |
|         | 変電所   | 洋上変電所およびその基礎、陸上変電所等 | 洋上変電所の設置等 | 洋上変電所の維持管理   | 洋上変電所の撤去   |
| 調査開発    |       | 風車・基礎製造電気系統         | 設置        | O&M          | 撤去         |

洋上風力サプライチェーン

## ▶ターゲットの概要

## 市場概要と目標とするシェア・時期

- 概要：風車ブレード等の維持管理に無人航空機（UAV）を用いることで、風力発電のダウンタイムの低減化およびO&Mの省コスト化できる点検サービスの提供
- 想定市場：フェーズ1で開発した無人航空機を用いた浮体式の外観点検（ブレード・ナセル・タワー）、ダウンコンダクター導通試験および打音検査技術に加え、将来的な洋上ファーム規模拡大、離岸距離拡大、オペレーター不足への対応等を見据え、リモートオペレーションによる導通試験ならびに無人航空機を用いた物資輸送技術を開発する。  
それにより、更なる点検作業の省コスト化およびダウンタイムが低減され、洋上風力の発電電力量の増加ならびに発電単価（円/kWh）低減貢献が可能。
- 目標とするシェア：約25%（関西電力グループの洋上風力発電事業の目標シェア率[2032年]
- 事業化予定時期：2031年度以降

| 需要家                | 主なプレーヤー                   | サービス利用頻度<br>(1年)  | 課題  | 想定ニーズ  |
|--------------------|---------------------------|---|---|--|
| 風力発電業              | 洋上風力発電事業者                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>臨時点検時（落雷等発生都度）</li> <li>定期巡視、定期点検時（保安規定による頻度）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>点検時は、海上の気象条件に左右され、悪天候の場合は即座の点検ができずダウンタイムが募り、発電電力量が減る。</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>海上の気象条件にさほど左右されない点検技術により、ダウンタイムの低減ができると、発電電力量が増える。</li> </ul> |
| 風車製造業、風車O&M業、風力発電業 | 風車メーカー、風力O&M事業者、洋上風力発電事業者 |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ファーム規模拡大によりドローンオペレーターが不足、また、CTVによる要員輸送頻度が増加、必要な物資運搬にCTVが利用できない。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>少数のドローンオペレーターによる点検方法確立。</li> <li>CTVを利用しない物資輸送方法確立</li> </ul> |

# 無人航空機（UAV）を用いた洋上風力発電設備O&Mサービスを提供する事業を創出/拡大

## 社会・顧客に対する提供価値

浮体式風車設備の点検において、無人航空機（UAV）を利用することで、ダウンタイムが低減でき発電電力量の増加が可能となる点検サービスの提供：浮体式風車設備の点検において、海上の気象条件に影響を受けにくい無人航空機（UAV）を用いた点検方法により、ダウンタイムの低減による発電電力量の増加に貢献する。

従来の点検方法をリモート化およびドローンを活用した方法とすることで要員確保、点検コストの低減が期待できる点検方法の提供：従来は現地へドローンを運搬し、実施していた導通試験のリモート化、CTV等による物資輸送をドローンによる運搬とすることで要員確保、点検コストの低減に貢献する。

## ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

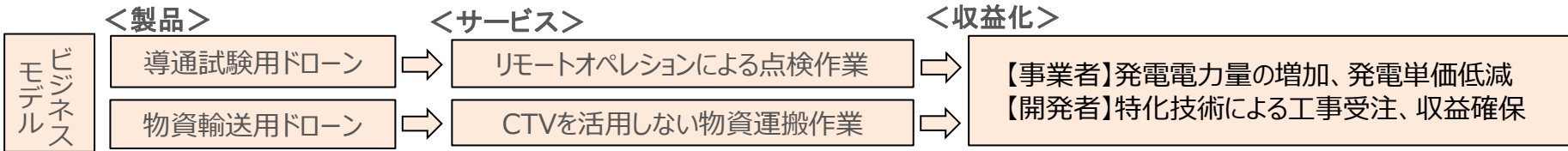
サービス：無人航空機（UAV）を用いた洋上風力発電設備の点検

### 収益化の方法

浮体式風力発電における、無人航空機（UAV）を用いたリモートオペレーションによるダウンコンダクター導通試験および物資輸送の技術を風力発電事業者や風力O&M事業者へ提供。

### 当該ビジネスモデルに必要な研究開発項目

| 研究開発項目                      | 独自性・新規性                   | 有効性                    | 実現可能性               | 継続性                     |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| リモートオペレーションによるダウンコンダクター導通試験 | 高度技術を要する飛行オペレーション技術のリモート化 | ドローンオペレータ要員不足への対策      | 開発実績・基礎技術を保有、実現可能性大 | ファーム規模拡大により、ニーズ増加、継続性あり |
| ドローンによる物資輸送                 | ドローンのブレード接触防止制御技術の開発      | CTVを活用しない事によるコスト低減、効率化 | 開発実績・基礎技術を保有、実現可能性大 | ファーム規模拡大により、ニーズ増加、継続性あり |



### 取引先を含めたサプライチェーン全体への波及効果

- 風力発電設備を所有する発電事業者にとっては、本点検技術は発電電力量の増加とO&M費用の低減への効果が見込める。
- O&M事業者には、本点検技術により従来より少数のドローンオペレーターでの対応が可能となり、さらにCTVによる要員輸送も不要となることから、低価格の点検サービスを提供可能となる。
- 浮体式洋上風力に対して本点検を適用するには、プラットフォーム上やナセル上へのローカル5Gアンテナ設置が必要となり、本点検技術が浮体式洋上風車点検業界に展開されると、風車メーカーによるアンテナ需要が増加する。
- 本点検技術により無人航空機（UAV）の更なる活用機会を増やすことができ、製作メーカーの受注機会が増えることが見込める。
- 本事業において速やかに技術開発することで、国産技術でもって日本国内特有の課題を解決し、国内洋上風力事業の拡大に寄与する。
- 日本において、サプライチェーン全体に効果をもたらすことが判明した際には、それらをパッケージとした海外展開も可能である。



## UAVによる点検の標準化（ルール化）による付加価値の提案およびシェア獲得

### 標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- 浮体式風車設備の点検では、UAVを利用することで、ダウンタイムが低減でき発電電力量の増加が可能となる点検サービスが提供できる。
- また、従来手法であるロープワーク等の高所作業を伴う点検およびCTVによる物資運搬と比べ、UAVを利用することで点検コストの低減、安全性向上が期待できる点検方法の提供が可能となる。
- 本事業における技術開発や実証試験を通じて、風力発電設備点検におけるUAV活用の上記優位性（利点）を明らかにし、標準に反映することで、UAV活用の導入を促進し、本事業の早期のサービス展開につなげていく。
- なお、この標準化戦略に加えて、コアとなる技術の特許で保護する知財戦略との両立により、目標とするシェアの確保を目指す。

### 国内外の動向・自社の取組状況

#### （国内外の標準化や規制の動向）

- 風力発電設備の維持管理に関する規格として、JWPA自主指針「風力発電設備 ブレード点検および補修ガイドライン（以下、ガイドライン）」が2021年3月に制定された。
- ガイドラインにはUAV等を用いた近接の点検方法の記載があるものの、外観点検方法の1つとして例示されているのみであり、UAV活用の優位性（利点）に関する記載はない。
- 海上のUAV飛行は、港則法等に則る必要がある。

#### （これまでの関電グループによる標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- 火力発電設備である煙突の点検マニュアルに、UAVを用いた点検方法を反映する等の標準化に関する取組みを行っている。
- 特許出願を担当する経営企画部と連携して、開発した新技術に関して特許を取得し、競合他社への優位性の確保に取り組んでいる
- UAVに関するISO規格制定に関する情報を入手し、開発に反映する。

### 本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容

#### 標準化戦略

- 日本風力協会（JWPA）等が制定するガイドラインへ、風力発電設備点検におけるUAV活用の優位性（利点）を反映する活動を推進する。
- 例）浮体式風車設備の点検では、船舶と比べて、海上の気象条件に影響を受けにくいUAVを用いた速やかな点検技術により、ダウンタイムの低減による発電電力量の増加が期待できる。
- 例）現在ロープワークが主流となっている風車ブレードのダウンコンダクター導通試験では、UAVを用いた点検技術により、点検コストの低減、作業者安全性向上が期待できる。

#### 知財戦略

- 浮体式風力発電の遊転等に対応したダウンコンダクター導通試験方法に対する点検手法の特許を出願済みであり、これにより競合他社の模倣サービスによる参入を阻止できる。

# 長年、発電設備のてきた強みを活かして、社会顧客に対して高付加価値な点検サービスの提供

## 自社の強み、弱み（経営資源）

### ターゲットに対する提供価値

- 開発する技術の提供により、風力発電のダウンタイムの低減およびO&M費用の省コスト化に貢献する。
- 設備利用率の改善に伴い、発電可能となる電力量の増加により、サービスを導入する設備所の利益に貢献し、ひいては日本全体の再生可能エネルギー発電量増加に貢献する。
- 無人航空機（UAV）の更なるビジネス展開へ

### 自社の強み

- 多種多様な発電設備のメンテナンスを実施しており、ノウハウを多数所有している。
- 機械技術、電気技術、計装技術を保有する社員が多数在籍しており、幅広いニーズに対応できる。
- 各種メーカー、協力会社とのネットワークがあり、幅広いニーズに対応できる。
- フェーズ1において、浮体式風車ブレードの革新的点検技術の開発に取組み、各種ドローンの実証試験を完了している。

### 自社の弱み及び対応

- 保有技術の延長線上であるが、風力設備に関する工事経験が乏しい。  
（対応）⇒先行する同業他社、ドローン運用会社、メーカー等との協業により補う。

## 他社に対する比較優位性

|        | 技術  | 顧客基盤   | サプライチェーン   | その他経営資源   |
|--------|---|--|--|---|
| 自社     | <p>（現在）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>各発電設備に対するメンテナンス技術、ノウハウを保有</li> </ul> <p>↓</p> <p>（将来）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現在の保有技術の深化および風力設備に関する無人航空機（UAV）を活用した点検およびメンテナンスの実施</li> </ul> | <p>（現在）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>関西電力を主とした発電事業者および発電設備を保有する大規模工場、重電メーカー</li> </ul> <p>↓</p> <p>（将来）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現在の顧客に加え、風力事業者および風車メーカーへ拡大</li> </ul> | <p>（現在）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>協力会社</li> <li>資機材購入会社</li> <li>重機類レンタル会社</li> <li>機材レンタル会社</li> </ul> <p>↓</p> <p>（将来）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>協力会社拡大</li> <li>資機材購入、レンタル会社拡大</li> <li>ドローン会社</li> <li>運搬会社</li> </ul> | <p>（現在）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プラント設備EPC、設備設計、強度計算等エンジニアリング能力</li> </ul> <p>↓</p> <p>（将来）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現在のエンジニアリング能力に加え、風車ブレード等の修繕計画、施工能力</li> <li>DX技術を点検技術に応用できる人材</li> </ul> |
| 同業工事会社 | <ul style="list-style-type: none"> <li>各発電設備に対するメンテナンス技術、ノウハウを保有</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>発電事業者および発電設備を保有する大規模工場、重電メーカー</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>協力会社</li> <li>資機材購入会社</li> <li>重機類レンタル会社</li> <li>機材レンタル会社</li> </ul>   | —   |
| 風力工事会社 | <ul style="list-style-type: none"> <li>ロープワーク技術</li> <li>陸上風車で実績を積み点検ノウハウを保有</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>陸上・着床式風力発電事業者</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>協力会社</li> <li>資機材購入会社</li> <li>部品メーカー</li> </ul> <p>↓</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>点検技能を有した作業員</li> </ul>   |

本開発業務により、国内ドローン会社、部品メーカー、地域運搬会社等への経済的波及効果が期待できる。

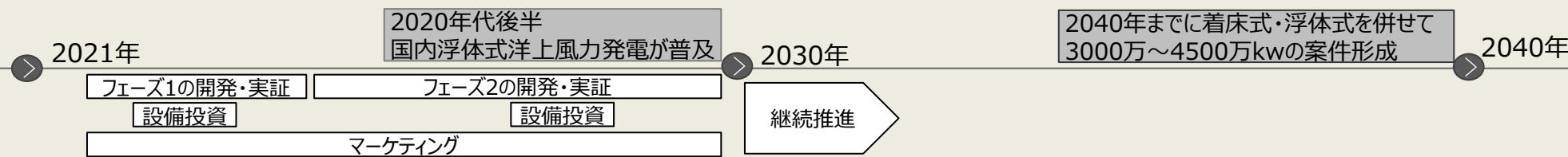
7年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、2037年頃の投資回収を想定

▶投資計画

・本事業（フェーズ2）では、フェーズ1の研究成果も活用しながら2030年度まで実証を行う。

|               | 研究開発（実証）   |            |            |             |            |            |            | 事業化   | 投資回収       |            |            |            |            |            |                                 |  |
|---------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------------------|--|
|               | 2024<br>年度 | 2025<br>年度 | 2026<br>年度 | 2027<br>年度  | 2028<br>年度 | 2029<br>年度 | 2030<br>年度 | 2031<br>年度                                  | 2032<br>年度 | 2033<br>年度 | 2034<br>年度 | 2035<br>年度 | 2036<br>年度 | 2037<br>年度 | 計画の考え方・取組スケジュール等                |  |
| 取組みの段階        | 研究<br>開始   |            |            | ステージ<br>ゲート |            |            | 研究<br>完了   | 事業化   |            |            |            |            |            | 投資<br>回収   |                                 |  |
| 売上高<br>（億円）   | -          | -          | -          | -           | -          | -          | -          | 事業化当初は、年間0.7億円程度の売上高、後年度は年間1.5億円程度の売上高を見込む  |            |            |            |            |            |            | ・ドローン活用に関する売上高。2031年度からサービスを開始。 |  |
| 研究開発費<br>（億円） |            |            |            | 約1.5億円      |            |            |            | 浮体式洋上風力の開発に必要な研究開発の継続実施                     |            |            |            |            |            |            |                                 |  |
| CO2削減効果       | -          | -          | -          | -           | -          | -          | -          | 事業化当初は、年間約0.02万トン、後年度は年間約0.04万トン程度の削減効果を見込む |            |            |            |            |            |            | ・ダウンタイム低減分のCO2削減効果。             |  |

# 関電グループにおいて段階的に確実に社会実装に向けた取り組みを推進



## 研究開発・実証

## 設備投資

## マーケティング

### 取組方針

- ・ 浮体式風力発電の遊転等に対応した外観点検技術及びダウンコンダクター導通試験方法に対する点検手法の特許を出願済。
- ・ 無人航空機（UAV）を用いた洋上風力設備点検に関するシステム設計、機器開発を推進、陸上風力設備で各種実証試験を実施、洋上風力設備でも実施予定。
- ・ システム設計、機器開発または各種実証試験を進めるうえでは、風車メーカーならびに風力発電事業者への聞き取りによる要件定義が不可欠であり、これまでも当社事業と関わりのある事業者に対して広くコミュニケーションを実施してきているが、それにより築けた関係性を維持し、継続的な情報収集を実施する。

- ・ 生産段階におけるドローン等の機器選定に際しては、実績のあるドローン運用会社と連携の上、性能面、価格面で最適な機器を選定する。
- ・ 各種システムに採用するハード、デバイス等の選定に際しては、実績のあるメーカーと連携の上、性能面、価格面で最適な機器を選定する。
- ・ ドローンを活用したりリモートオペレーションによる導通試験および資材運搬の社会実装を実現するため、飛行方法、パイロード、安定性、操作性、価格面等を総合勘案のうえ、必要性能を満たすドローン等機器の絞り込みを行った。

- ・ 陸上風力O&Mノウハウを保有する国内事業者と協業体制を構築し、洋上風力設備に対しても迅速かつ柔軟な点検サービスを提案する。
- ・ 本技術を適用することでコストの低減ならびにダウンタイム低減に寄与することの理解を獲得し、メンテナンスシステムの一部として計画断面から取り入れられるよう、建設計画時点から発電事業者候補へ提案活動を実施する。
- ・ 特に落雷多発地域である北日本の日本海側は、本サービス提供時の発電電力量の増量効果が大きいいため、適用される期待が大きい。
- ・ 本事業は研究開発段階であるが、先行して別途サービス展開を開始した着床式点検技術およびフェーズ1の開発技術に準じて上記のマーケティングを進めていく。

### 進捗状況

- ・ フェーズ1において、無人航空機（UAV）を用いた洋上風力発電点検に関するシステム設計、機器開発における検討、試験等を実施中。

### 国際競争上の優位性

- ・ 関電グループは、世界で有数の風力発電事業者や風車メーカーと既に友好関係を構築出来ているため、欧米の風力関連最新情報は都度入手している。
- ・ 本事業で開発しようとしている内容に類似した技術または、さらに優れた技術は海外においてもいない状況である。
- ・ 本事業において速やかに技術開発することで、海外のO&M事業者が国内市場への参入を検討する前に、国産技術でもって日本国内特有の課題を解決し、国内洋上風力事業の拡大に寄与する。
- ・ 関電グループは、既に関係を築いている海外の開発パートナーや風車メーカーとともに、本事業で開発する技術を備えたうえ、海外地点の洋上風力発電事業を推進できる可能性がある。

## 参考資料名：将来の社会実装を見据えて行う事業化面の取組み

### <考え方>

研究開発の進捗状況を見ながら、下記のステップで社会実装を図る。

#### マーケットリサーチ・顧客ニーズ調査

- **対象者**
  - ・発電事業者
  - ・風車メーカー
  - ・既存のO&M事業者
- **対象エリア**
  - ・国内
  - ・東アジア（台湾、韓国）
  - ・欧州（ノルウェー、イギリス他）

#### 顧客の育成、見込み客選定

- **顧客情報収集・整理**
  - ・見込み顧客の情報リスト化
  - ・ニーズの深掘り・把握
  - ・発注希望額等の把握
- **対応策検討・立案・実行**
  - ・顧客分析
  - ・長期的な視点も取り込んだ顧客毎のアプローチ・戦略の立案
  - ・立案戦略に基づいた営業実行

#### 受注獲得に向けた活動

- **営業継続**
  - ・顧客反応に応じ戦略等をPDCA
- **受注に向けた詰め**
  - ・実証試験等への視察招待
  - ・顧客保有風車等を用いたデモンストラクション実施



## 国の支援に加えて、0.7億円規模の自己負担を予定

### ▶ 資金調達方針

- ・本事業における当社担当分の研究項目に関する資金調達（自己負担）については、100%自己資金を想定。

|                                  | 2024<br>年度 | 2025<br>年度 | 2026<br>年度 | 2027<br>年度 | 2028<br>年度 | 2029<br>年度 | 2030<br>年度 | 2031<br>年度              | 2032<br>年度 | 2033<br>年度 | 2034<br>年度 | 2035<br>年度 |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|
| A：GI基金事業に係る費用                    | 約1.5億円     |            |            |            |            |            |            | -                       | -          | -          | -          | -          |
| うち、GI基金事業における自己負担額               | 約0.7億円     |            |            |            |            |            |            | -                       | -          | -          | -          | -          |
| B：GI基金事業の成果を活用して実施する事業に係る費用（C＋D） | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 浮体式洋上風力の開発に必要な研究開発の継続実施 |            |            |            |            |
| C：研究開発費                          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |                         |            |            |            |            |
| D：事業化に係る費用                       | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |                         |            |            |            |            |
| うち、設備・機械装置等費                     | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |                         |            |            |            |            |
| E：自己資金                           | 約0.7億円     |            |            |            |            |            |            |                         |            |            |            |            |
| F：外部調達額                          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |                         |            |            |            |            |
| うち、国・自治体等からの支援額（含G I）            | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -                       | -          | -          | -          | -          |

# 2

## 研究開発計画

---

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール① 全体計画
- (3) 実施スケジュール② 国内調達計画
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

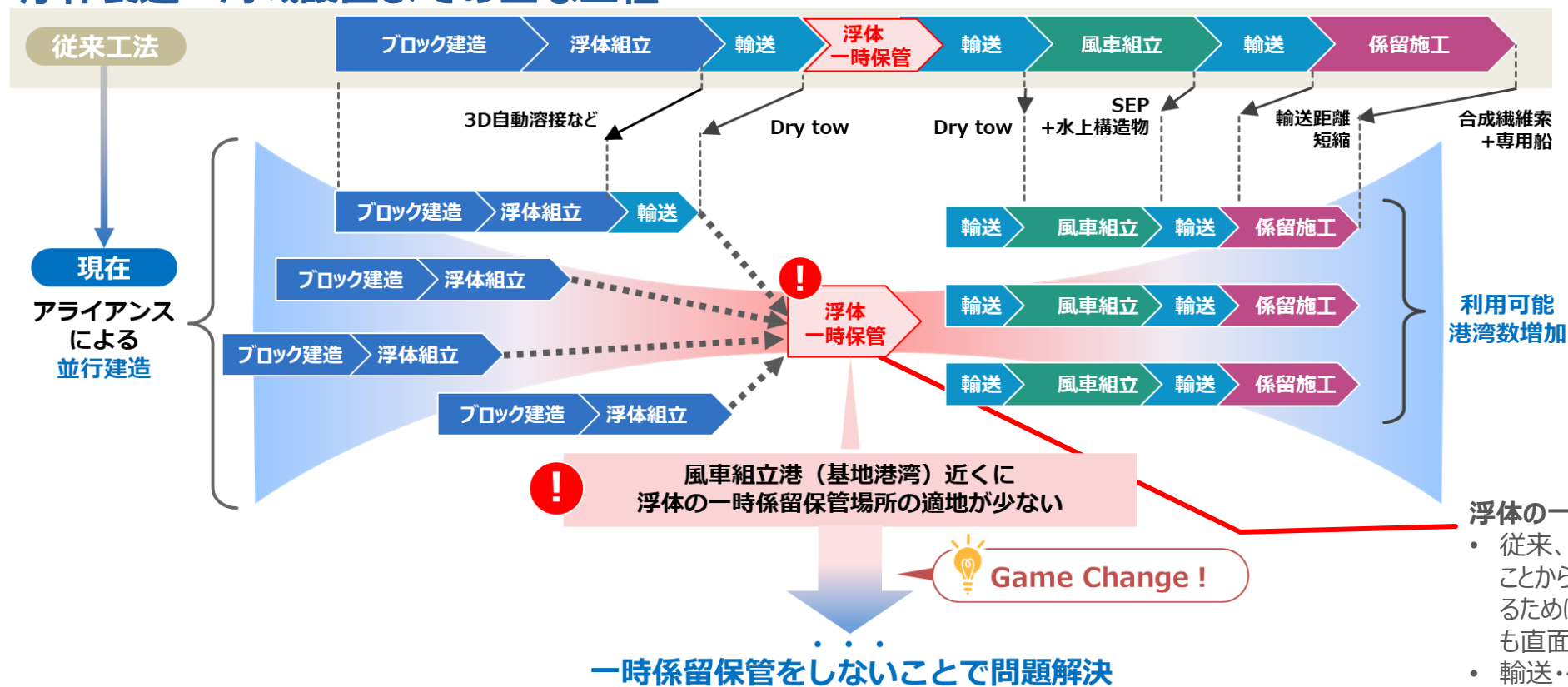


浮体式大量導入、海外産業輸出を見据えて、LCOEとタクトタイムの野心的な目標値を設定

| 研究開発項目           | 本事業のアウトプット目標   |   |  |
|------------------|--|---|--|
| 洋上風力発電の<br>低コスト化 | 以下 3 点の道筋を立てることをアウトプット目標とする。<br><br>①2030年に、一定条件下で浮体式洋上風力を低コストで商用化可能な国際競争力のある技術の確立<br>②2030年に、日本・アジアの気象において●基/年、理想的条件においてそれ以上のタクトタイムを実現可能な技術の確立<br>③沖合・大水深での浮体式洋上風力導入に向け、技術と社会受容性両面の課題解決 |   |  |
| 研究開発分類           | 目標水準   | 考え方   |  |
| 1. 事業開発          | <ul style="list-style-type: none"><li>一定条件下で低コスト化を達成</li><li>沖合・大水深での浮体式導入に向け、社会受容面の課題解決の道筋を立てる</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>国際競争力のある技術の確立、浮体式洋上風力の低コスト化のため、海外の水準を見据えて設定。本事業で得た知見や欧州案件の知見を活かし、CAPEX低減、OPEX低減、設備利用率向上に向け、事業者視点で全体最適を実施。日本や欧州の市場動向（政策・インフラ整備）を踏まえ、低コスト化達成の条件を更新・整理する。</li><li>EEZを含む沖合・大水深への浮体式洋上風力導入には、着床式洋上風力とは異なる地域・漁業等との協調・共生が求められる。</li></ul> |  |
| 2.EPCI           | <ul style="list-style-type: none"><li>一定条件下でCAPEX低減を達成</li><li>2030年に、日本・アジアの気象において●基/年、理想的条件においてそれ以上のタクトタイムを実現可能な技術を確立</li><li>沖合・大水深での浮体式導入に向け、技術面の課題解決の道筋を立てる</li></ul>               | <ul style="list-style-type: none"><li>フェーズ1の成果を活用し、浮体製造および風車・浮体施工等のコストを低減することで達成できる水準として設定。</li><li>浮体製造および浮体への風車組立それぞれについて、日本海など冬季施工が困難な環境にてタクトタイム●基/年を達成し、理想的条件においてそれ以上の量産を達成できる技術を確立する。</li><li>EEZのような沖合・大水深での浮体式洋上風力導入には、合成繊維索等の新たな技術が求められる。</li></ul>               |  |
| 3. O&M           | <ul style="list-style-type: none"><li>一定条件下でOPEX低減を達成するための要素技術を実証し、定量的に評価</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>欧米の水準を参考に、一定の条件下で達成すべき水準として設定。</li></ul>  |  |

# 浮体建造・風車浮体組立のキャパシティを増強した上で、ボトルネックとなる浮体の一時保管の課題を解消し、浮体式洋上風力発電の早期・大量導入を達成する

## ▶ 浮体製造～海域設置までの主な工程



### 浮体の一時保管がボトルネックとなる理由

- 従来、浮体製造速度よりも風車組立速度が速いことから、作業船の待機時間を無くし、大量導入するためには浮体の一時保管が必要（欧州案件でも直面している課題）。
- 輸送・保管は、従来製造事業者・施工事業者の所掌でなく、課題解決が容易でない。

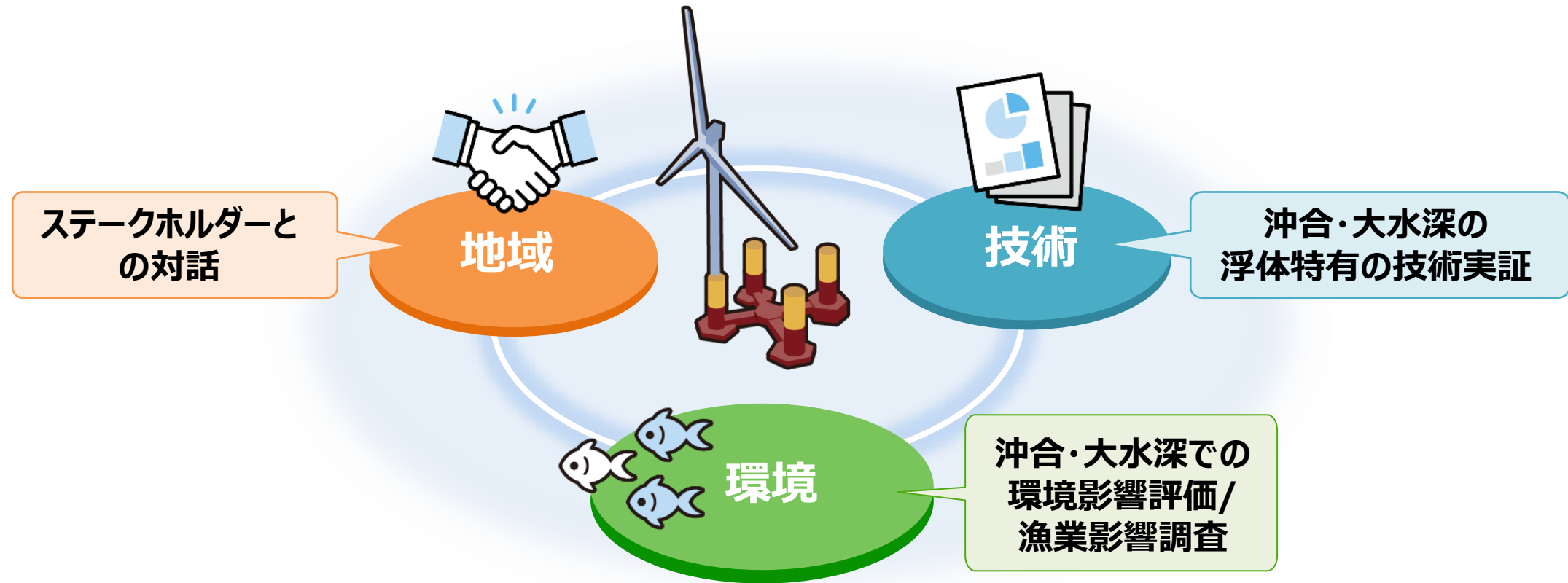
## ▶ 達成できる要因

- 日本の造船・建設技術の基盤を活用したドックによるブロック製造
- 洋上接合による浮体建造高速化と輸送の高速化
- 設置までの全工程の短縮

## ▶ アウトカム

- 浮体式洋上風力の早期・大量導入**

## 沖合・大水深での浮体式洋上風力発電の課題解決に取り組み、実現可能性を高める



### ▶達成できる要因

- 沖合の浮体式でのステークホルダーとの対話方法確立
- 沖合・大水深での調査手法の確立
- 合成繊維索等の技術の確立

### ▶アウトカム

- **浮体式洋上風力の導入可能範囲の拡大**

# 研究開発の分類：事業開発

---



## 2. 研究開発計画

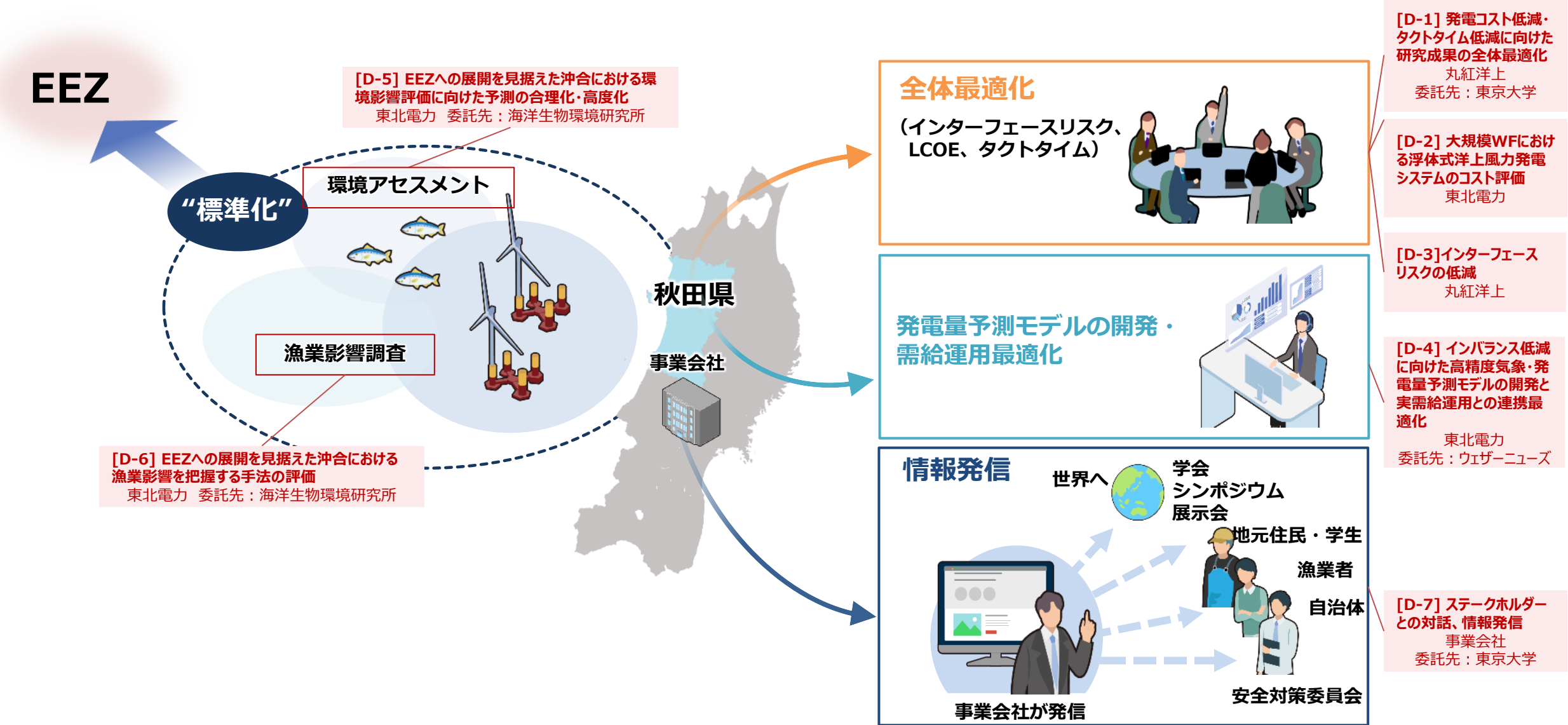
## 事業開発分野の商用化に向けた課題と対応する研究開発項目

| 分類※  | 商用化に向けた課題<br>(当コンソ分析)   | 研究開発項目                                     | アウトプット目標 |        |     | ID    |
|------|---|--|----------|--------|-----|-------|
|      |   |  | コスト      | タクトタイム | 実現性 |       |
| 全体最適 | <ul style="list-style-type: none"> <li>発電コスト・タクトタイム・インターフェースリスクの低減</li> <li>システムの一体設計</li> </ul>                                | 発電コスト低減・タクトタイム低減に向けた研究成果の全体最適化             | ✓        | ✓      |     | [D-1] |
|      |   | 大規模WFにおける浮体式洋上風力発電システムのコスト評価               | ✓        |        |     | [D-2] |
|      |   | インターフェースリスクの低減                             |          |        | ✓   | [D-3] |
| 調査開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>電力需給運用の最適化</li> </ul>  | インバランス低減に向けた高精度気象・発電量予測モデルの開発と実需給運用との連携最適化 | ✓        |        |     | [D-4] |
| 協調共生 | <ul style="list-style-type: none"> <li>浮体式洋上の事例が少ないため</li> <li>①環境や漁業に対する影響評価の不確実性が高い</li> <li>②ステークホルダーとの合意形成手段が未確立</li> </ul> | EEZへの展開を見据えた沖合における環境影響評価に向けた予測の合理化・高度化     |          |        | ✓   | [D-5] |
|      |   | EEZへの展開を見据えた沖合における漁業影響を把握する手法の評価           |          |        | ✓   | [D-6] |
|      |   | ステークホルダーとの対話、情報発信                          |          |        | ✓   | [D-7] |

※技術開発ロードマップ、浮体式産業戦略検討会、その他を踏まえて分類

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 事業開発の研究開発の全体像

EEZの沖合・大水深での浮体式導入のための課題に取り組むとともに、  
事業全体の最適化により低コスト化・大量導入を達成する





## 2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

## 事業開発分野の研究開発内容ごとのKPIと設定の考え方

## 研究開発の分類

## 1. 事業開発

## 目標水準

- ・ 一定条件下で低コスト化を達成
- ・ 沖合・大水深での浮体式導入に向け、社会受容面の課題解決の道筋を立てる

## 研究開発内容

## 1 全体最適化

- ・ 発電コスト低減・タクトタイム低減に向けた研究成果の全体最適化（丸紅洋上 委託先：東京大学）
- ・ 大規模WFにおける浮体式洋上風力発電システムのコスト評価（東北電力）  
※フェーズ1において東北電力が実施
- ・ インターフェースリスクの低減（事業会社）

## KPI

- ・ 各研究成果の全体最適化、追加対策にてコスト低減、タクトタイム年●基の道筋を立てる。
- ・ 商用化後のLCOE見通しとコスト低減の達成に必要な課題・道筋を立てる。
- ・ 本事業完了時まで抽出したインターフェースリスクを整理し、大型商用化への事業展開を見据えた主要リスクを特定する。

## KPI設定の考え方

- ・ 競争力のある技術の確立、浮体式洋上風力の低コスト化のために、海外の水準を見据えて設定
- ・ 本事業および欧州案件の知見を通じて全体最適を実施し達成する
- ・ 各要素技術を統合した発電システムとしての浮体式洋上風力発電設備のコスト評価を行い、本事業の目的である低コスト化達成のための課題を整理し、道筋を立てる
- ・ 開発期間に主要なインターフェースリスクを抽出し、建設、O&Mの遅延・予備費使用を低減できるような対策を考案
- ・ 商用化にあたっての具体的なリスク項目の抽出を実施

## 2 発電量予測の高度化

- ・ インバランス低減に向けた高精度気象・発電量予測モデルの開発と実需給運用との連携最適化（東北電力 委託先：ウェザーニューズ）

## KPI

- ・ 標準的な気象予測モデルを使った発電量予測モデルと比べて、インバランス量の予測誤差低減率10%程度を達成できる道筋を立てる。

## KPI設定の考え方

- ・ 浮体式洋上風力は導入ポテンシャルが大きいですが、変動電源であるため系統連系後の需給管理に課題がある
- ・ インバランス量の低減等に資する

## 2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

## 事業開発分野の研究開発内容ごとのKPIと設定の考え方

## 研究開発の分類

## 1. 事業開発

## 目標水準

- 一定条件下で低コスト化を達成
- 沖合・大水深での浮体式導入に向け、社会受容面の課題解決の道筋を立てる

## 研究開発内容

## 3 ステークホルダーとの協調・共生

- EEZへの展開を見据えた沖合における環境影響評価に向けた予測の合理化・高度化（東北電力 委託先：海洋生物環境研究所）
- EEZへの展開を見据えた沖合における漁業影響を把握する手法の評価（東北電力 委託先：海洋生物環境研究所）
- ステークホルダーとの対話、情報発信（事業会社 委託先：東京大学）

## KPI

- 調査手法の検証および、環境影響評価手続きを終了する。
- 調査手法の評価および漁業関係者の理解醸成に寄与する。
- 講演会の開催、並びに実証事業の進捗や浮体設備で計測した海気象データ等の情報発信を行う。

## KPI設定の考え方

- 事例の少ない沖合における浮体式洋上風力の環境影響評価に関する調査手法を検証し、同手続きを終了させる
- 漁業影響調査内容の標準化に寄与
- 沖合で操業する漁業関係者の理解醸成に寄与
- 浮体式洋上風力に関する理解醸成、ステークホルダーとの共生のため、対話の実施や進捗・データ等の発信が必要

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

## 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

## 1 全体最適化

- 発電コスト低減・タクトタイム低減に向けた研究成果の全体最適化（丸紅洋上 委託先：東京大学）

- 大規模WFにおける浮体式洋上風力発電システムのコスト評価（東北電力）

※フェーズ1において東北電力が実施

- インターフェースリスクの低減（事業会社）

## KPI

- 各研究成果の全体最適化、追加対策にてコスト低減、タクトタイム年●基の道筋を立てる。

商用化後のLCOE見通しとLCOE目標の達成に必要な課題・道筋を立てる。

- 本事業完了時までに抽出したインターフェースリスクを整理し、大型商用化への事業展開を見据えた主要リスクを特定する。

## 現状

全体最適によるコスト低減方法、大量生産体制が未確立（TRL4）

各要素技術を統合したコスト評価事例が少ない（TRL5）

国内浮体式向けリスクレジスターは存在しない（TRL4）

## 達成レベル

- コスト低減
- 基/年（TRL8）

各要素技術を統合し発電システムとしてのコストの把握が可能（TRL8）

本事業/商用案件向けの有効なリスクレジスターの策定（TRL8）

## 解決方法

- 個別研究成果の最適な組み合わせによるコスト・タクトタイムの全体最適化（東北電力と連携）
- リスク管理表を用いたマルチコントラクトにおけるインターフェースリスクの低減（事業会社と連携）

各要素技術を統合した発電システムとしてコスト評価を実施

- 方式①：フェーズ1-③「洋上風力関連電気システム技術開発事業」の研究成果を活用し、現時点および商用化後のLCOEを試算
- 方式②：商用化後のLCOEを検証しコスト低減に向けた課題・道筋を評価

- マルチコントラクトで本事業を実施し、開発フェーズで策定されたリスク管理表をもとに、建設・O&Mを実施し、効果的な運用を実施する。
- EEZでの大型商用案件への事業展開を見据え、リスクの整理・解決策検討（丸紅洋上と連携）

## 実現可能性（成功確率）

個別研究成果によるコスト水準から、さらなる革新的な手法でのコスト低減効が必要となるため実現可能性は中（50%）

フェーズ1-③の研究成果を活用することから、技術革新等を踏まえたコスト評価の実現可能性は高い（90%）

リスクレジスターにより工程遅延回避の実現可能性は中（50%）  
インターフェースリスク整理により主要リスクを特定できる可能性は高い（80%）

## 2 発電量予測の高度化

- インバランス低減に向けた高精度気象・発電量予測モデルの開発と実需給運用との連携最適化（東北電力 委託先：ウェザーニューズ）

## KPI

標準的な気象予測モデルを使った発電量予測モデルと比べて、インバランス量の予測誤差低減率10%程度を達成できる道筋を立てる。

## 現状

沖合における浮体式洋上風力における需給運用実績が少ない（TRL5）

## 達成レベル

5-10%（TRL8）

## 解決方法

実海域の風況データを活用した気象・発電量予測モデルの最適化と実際の需給運用面での連携最適化を検証

- 方式①：気象モデルによる高精度な気象予測と浮体式洋上風力の発電量予測を実施
- 方式②：実際の需給運用との連携最適化を検証

## 実現可能性（成功確率）

発電量予測の元となる気象予測モデルについて、委託先の実績等から高い精度が期待できる（90%）

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

| 3 | ステークホルダーとの協調・共生  | KPI   | 現状   | 達成レベル                      | 解決方法   | 実現可能（成功確率）   |
|---|--|---|--|----------------------------|--|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"><li>EEZへの展開を見据えた沖合における環境影響評価に向けた予測の合理化・高度化（東北電力 委託先：海洋生物環境研究所）</li><li>EEZへの展開を見据えた沖合における漁業影響を把握する手法の評価（東北電力 委託先：海洋生物環境研究所）</li><li>ステークホルダーとの対話、情報発信（事業会社 委託先：東京大学）</li></ul> | 調査手法の検証および、環境影響評価手続きを終了する。                  | 沖合の浮体式洋上風力に係る環境影響評価は実例が少なく環境影響予測の不確実性が高い（TRL6） | 環境影響評価に関する予測の合理化、高度化（TRL8） | 沖合における環境影響評価の調査手法の検証による予測の合理化・高度化<br>- 方式①：発電施設に付着する生物相を把握するための調査手法の開発（付着生物調査、魚類調査）<br>- 方式②：沖合の浮体式風力発電施設による水中音を把握するための調査手法の開発（サウンドスケープ調査） | 既往知見に基づき、技術的・経済的に現実的な調査手法を採用することなどから、本研究の実現可能性は高い（90%） |
|   |  | 調査手法の評価および漁業関係者の理解醸成に寄与する。                  | 沿岸と生物相の異なる沖合での漁業影響調査手法が未確立（TRL6）               | 沖合における漁業影響を把握する手法の確立（TRL8） | 沖合における漁業影響調査の調査手法を評価し妥当性を確認<br>- 方式①：操業実態の把握が不十分な沖合漁業の現状を調査<br>- 方式②：風車設置前後の漁場環境（流況・水質等）や魚類分布の変化、漁業活動や漁獲量の変化を調査のうえ手法の妥当性を確認                | 既往知見に基づき、技術的・経済的に現実的な調査手法を採用することなどから、本研究の実現可能性は高い（90%） |
|   |  | 講演会の開催、並びに実証事業の進捗や浮体設備で計測した海気象データ等の情報発信を行う。 | 沖合における浮体式洋上風力に関する情報発信は不十分（TRL4）                | 必要な情報発信の遂行（TRL8）           | 「国民との科学・技術の対話」により、以下の活動を予定<br>a. 地元ステークホルダーとWGを立ち上げて検討した内容のホームページ等による情報発信<br>b. 展示会への出展し事業内容や解説を行う<br>c. 地元教育機関等を対象とした講演会の開催               | 実績のある教育機関への委託や適切な人材を確保していることから競合他社に対して優位性を有している（80%）   |

# 研究開発の分類：EPCI

---



## EPCI分野の商用化に向けた課題と対応する研究開発項目

| 分類※         | 商用化に向けた課題<br>(当コンソ分析)   | 研究開発項目                  | アウトプット目標 |        |     | ID    |
|-------------|---|-------------------------|----------|--------|-----|-------|
|             |   |                         | コスト      | タクトタイム | 実現性 |       |
| 浮体式<br>基礎生産 | <b>&lt;大量生産に向けた浮体の量産/<br/>高速化&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>大量導入・生産能力の強化に向けた、ドック規模に制約を受けない施工方法</li> <li>大型基地港湾の整備への時間的制約を受けない建設方法</li> </ul> | 浮体の高速・大量生産に向けた洋上接合技術の確立 |          | ✓      |     | [E-1] |
|             |   | アライアンス構築による最適建造方法の確立    |          | ✓      |     | [E-2] |
|             |   | 一時保管浮体を最少化する浮体輸送の効率化    |          | ✓      |     | [E-3] |
|             |   | 作業船・通船の高稼働率化            |          | ✓      |     | [E-4] |
|             |   | 水上構造物を用いた大型風車組立の高速化     | ✓        | ✓      |     | [E-5] |
| 浮体式<br>基礎構造 | <b>&lt;EPCI低コスト化&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>風車・浮体・係留システム等の一体設計による低コスト化</li> <li>サプライチェーンの構築、標準化</li> </ul>                                | 大型浮体の高精度な構造解析手法の確立と標準化  | ✓        |        |     | [E-6] |
|             |   | 大水深でのハイブリッド係留の全体最適化     | ✓        |        |     | [E-7] |
|             |   | 合成繊維索の軽量・高強度化           | ✓        |        | ✓   | [E-8] |

※技術開発ロードマップ、浮体式産業戦略検討会、その他を踏まえて分類



## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 EPCIの研究開発の全体像

## 浮体式の低コスト化・大量導入のため、設計・製造・輸送・建設全ての主要技術を実証する

[E-6] 大型浮体の高精度な構造解析手法の  
確立と標準化

JMU

[E-7] 大水深でのハイブリッド係留の  
全体最適化

JMU

[E-8] 合成繊維索の軽量・高強度化  
東京ロープ

[E-4] 作業船・通船の高稼働率化  
JMU 委託先：KWS

[E-3] 一時保管浮体を最少化する  
浮体輸送の効率化

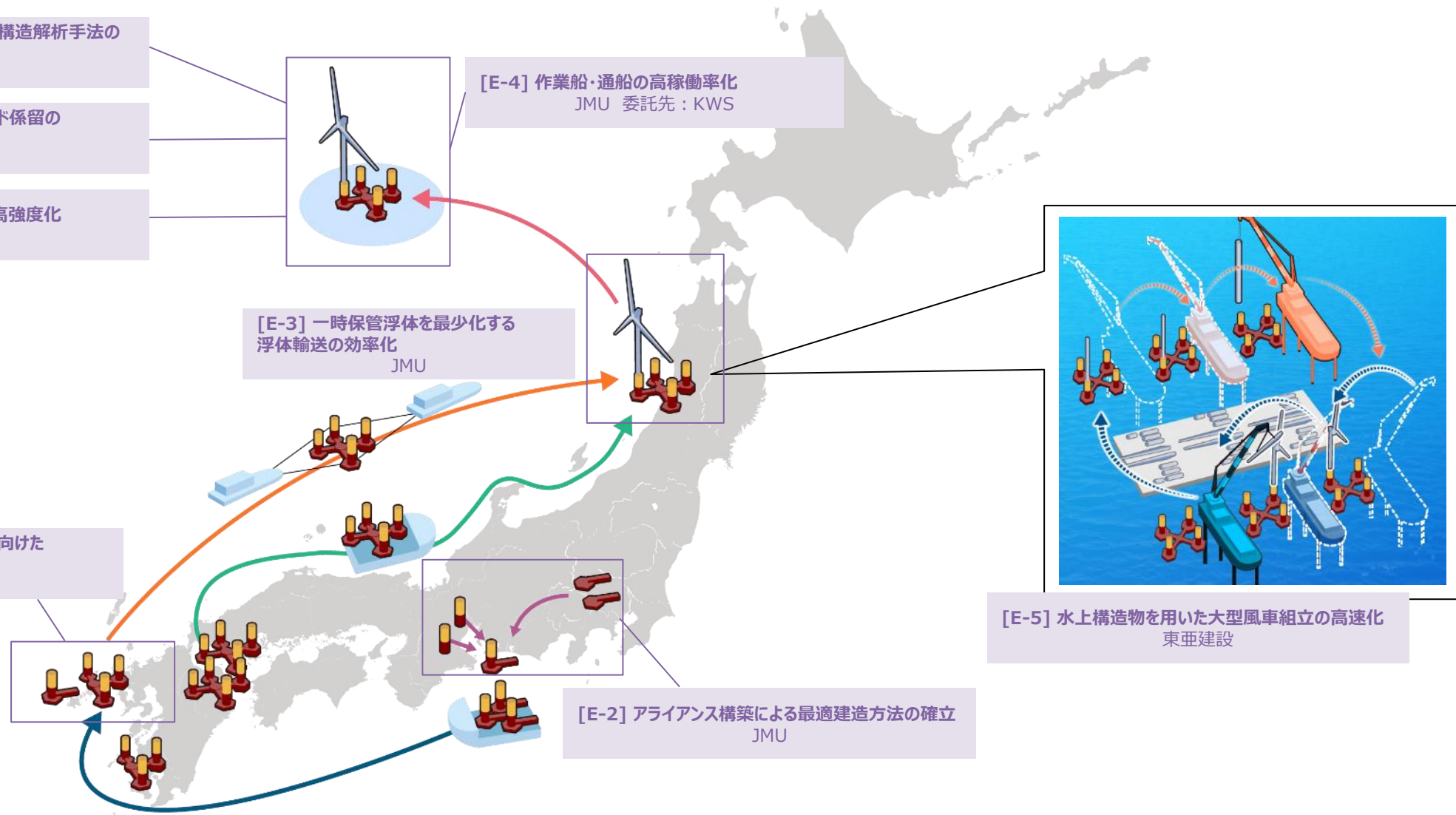
JMU

[E-1] 浮体の高速・大量生産に向けた  
洋上接合技術の確立

JMU

[E-5] 水上構造物を用いた大型風車組立の高速化  
東亜建設

[E-2] アライアンス構築による最適建造方法の確立  
JMU



# EPCI分野の研究開発内容ごとのKPIと設定の考え方

## 研究開発の分類

### 2. EPCI

## 目標水準

- 一定条件下でCAPEX低減を達成
- 2030年に、日本・アジアの気象において●基/年、理想的条件においてそれ以上のタクトタイムを実現可能な技術を確立
- 沖合・大水深での浮体式導入に向け、技術面の課題解決の道筋を立てる

## 研究開発内容

### 1 量産/高速化

- 浮体の高速・大量生産に向けた洋上接合技術の確立（JMU）

※フェーズ1においてJMUが実施

- アライアンス構築による最適建造方法の確立（JMU）

- 一時保管浮体を最少化する浮体輸送の効率化（JMU）

※フェーズ1においてJMUが実施

- 作業船・通船の高稼働率化（JMU 委託先：KWS）

※フェーズ1においてJMUが実施

- 水上構造物を用いた大型風車組立の高速化（東亜建設）

※フェーズ1において東亜建設工業が実施

## KPI

- 浮体建造基数のポテンシャルを拡大し、年間●基の建造の道筋を立てる。

- 風車組立の稼働率を現状の夏季（4～10月）において現状から引き上げる道筋を立てる。

- 年間●基の係留設置作業を可能とする施工方法や船舶を提案する。

- 施工コストの削減、大型風車組立の高速化によりタクトタイム●基/年の道筋を立てる。

## KPI設定の考え方

- 目標タクトタイムの達成には、年間浮体建造基数のポテンシャル拡大が必要

- 日本・アジアの気象における目標タクトタイムの達成には、風車組立を行う夏季の稼働率引き上げが必要

- 目標タクトタイムの達成には、設置施工実施可能数の引き上げが必要

- フェーズ1の成果を応用し、水上構造物とSEPを用いることで●基/年を達成する



# EPCI分野の研究開発内容ごとのKPIと設定の考え方

## 研究開発の分類

### 2. EPCI

## 目標水準

- 一定条件下でCAPEX低減を達成
- 2030年に、日本・アジアの気象において●基/年、理想的条件においてそれ以上のタクトタイムを実現可能な技術確立
- 沖合・大水深での浮体式導入に向け、技術面の課題解決の道筋を立てる

## 研究開発内容

### 2 EPCI低コスト化

- 大型浮体の高精度な構造解析手法の確立と標準化（JMU）  
※フェーズ1においてJMUが実施
- 大水深でのハイブリッド係留の全体最適化（JMU）  
※フェーズ1においてJMUが実施
- 合成繊維索の軽量・高強度化（東京ロープ）

## KPI

- 過去の実証事業での実績値と比較し、浮体基礎の製造コストを削減する道筋を立てる。
- 過去の実証事業での実績値と比較し、大水深ハイブリッド係留により係留単価を削減する道筋を立てる。
- 係留索につき破断・疲労強度を向上させることにより、従来設計よりも製造コスト削減の道筋を立てる。

## KPI設定の考え方

- CAPEXの大きな部分を占める浮体基礎の製造コスト削減が、CAPEX目標達成に必要
- CAPEXの少ない部分を占める係留関連コスト削減が、CAPEX目標達成に必要
- 破断・疲労強度向上および端末加工簡素化などによるコスト削減を見込む

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

## 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

## 1 量産/高速化

- 浮体の高速・大量生産に向けた洋上接合技術の確立（JMU）

※フェーズ1においてJMUが実施

- アライアンス構築による最適建造方法の確立（JMU）

- 一時保管浮体を最少化する浮体輸送の効率化（JMU）

※フェーズ1においてJMUが実施

- 作業船・通船の高稼働率化（JMU 委託先：KWS）

※フェーズ1においてJMUが実施

- 水上構造物を用いた大型風車組立の高速化（東亜建設）

※フェーズ1において東亜建設工業が実施

## KPI

- 浮体建造基数のポテンシャルを拡大し、年間●基の建造の道筋を立てる。

風車組立の稼働率を夏季（4～10月）において現状より引き上げる道筋を立てる。

年間●基の係留設置作業を可能とする施工方法や船舶を提案する。

施工コスト削減、大型風車組立の高速化によりタクトタイム●基/年以上の道筋を立てる。

## 現状

従来技術を用いた現状の建造基数（TRL4）

現状の夏季稼働率：55%（TRL6）

従来技術を用いた現状の設置施工基数（TRL4）

フェーズ1研究開発で施工コストの段階的な削減は達成（TRL4）

## 達成レベル

- 基（TRL8）

夏季稼働率の引き上げ（TRL8）

日本海など冬季施工困難な環境で●基/年達成（TRL8）

実証事業の検証結果で低コスト化達成を確認（TRL8）

## 解決方法

- 洋上接合技術の確立
  - チャンバー設置要領の改良、溶接工事方法の改良
  - 実機サイズでの2浮体の動揺特性の差異を考慮した引寄せ固着要領、洋上接合方法の標準化
- 複数ヤードでの製造方法の検討
  - アライアンス先を含めた設計最適化による建造コスト削減、システムズエンジニアリングによるサプライチェーンの最適化

- 浮体の効率的な輸送方法の検討
- 風車搭載前後の浮体側の準備作業時間の効率化

- 商用規模の浮体式洋上風車を想定した効率的な係留施工方法の開発
- 浮体へのアクセス率向上

- 実証事業について、研究開発要素を含む工事設計図書の作成
- 水上構造物+SEPによる風車組立の施工標準（案）の策定
- タワー立て起こし装置の実証と商用化

## 実現可能性（成功確率）

フェーズ1成果として、洋上接合のコア技術であるチャンバー設置の手順・実現性は確認済み。造船業界であれば既存設備や施工シーケンスの親和性はもともと高いことから実現可能性は高い（80%）

JMUのフローティングドックや半潜式台船の設計・建造、浮体の沈降・再浮上、半潜式重量物運搬船に関する知見が活用できることから実現可能性は高い（80%）

国内外でのAnchor Handling Tag Supply Vessel運用実績豊富な委託先と連携により可能性は高い（80%）

フェーズ1成果を用いて、本事業のKPIを試算し実現可能性は高い（80%）

## 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

### 2 EPCI低コスト化

- 大型浮体の高精度な構造解析手法の確立と標準化（JMU）

※フェーズ1においてJMUが実施

- 大水深でのハイブリッド係留の全体最適化（JMU）

※フェーズ1においてJMUが実施

- 合成繊維索の軽量・高強度化（東京ロープ）

| KPI   | 現状                   | 達成レベル                      | 解決方法  | 実現可能性（成功確率）   |
|---|----------------------|----------------------------|---|---|
| 過去の実証事業での実績値と比較し、浮体基礎の製造コストを削減する道筋を立てる。         | 過去の実証での実績値（TRL4）     | 実績値に対して削減（TRL8）            | <ul style="list-style-type: none"> <li>連成解析モデル化手法の確立</li> <li>連成解析に基づく構造解析手法の確立および高度化</li> <li>設計パラメータの合理化</li> </ul>                       | フェーズ1の目標を確実に達成しつつ、それ以上の成果を目指すことで高い実現可能性を見込む（80%）        |
| 過去の実証事業での実績値と比較し、大水深ハイブリッド係留により係留単価を削減する道筋を立てる。 | 過去の実証での実績値（TRL4）     | 実績値に対して削減（TRL8）            | <ul style="list-style-type: none"> <li>施工方法も考慮した最適係留設計システムの構築</li> <li>セミトート・トート係留技術の開発</li> </ul>  | フェーズ1目標の確実な達成に加え、大水深化に取り組むことにより、実現可能性は高い（80%）           |
| 係留索につき破断・疲労強度を向上させることにより、従来設計よりも製造コスト削減の道筋を立てる。 | 独自に引張破断試験を実施済み（TRL3） | フルスケールによる実海域における実証実施（TRL7） | <ul style="list-style-type: none"> <li>破断・疲労強度を向上させた係留索の開発</li> <li>大量生産時のボトルネックとなる端末加工方法の改良</li> <li>上記を踏まえた製造設備、製造工程および付帯設備の検討</li> </ul> | 破断・疲労強度向上の実現可能性は高いが、端末加工簡素化の実現は難しい課題であり、実現可能性は中程度。（50%） |

# 研究開発分類：O&M

---



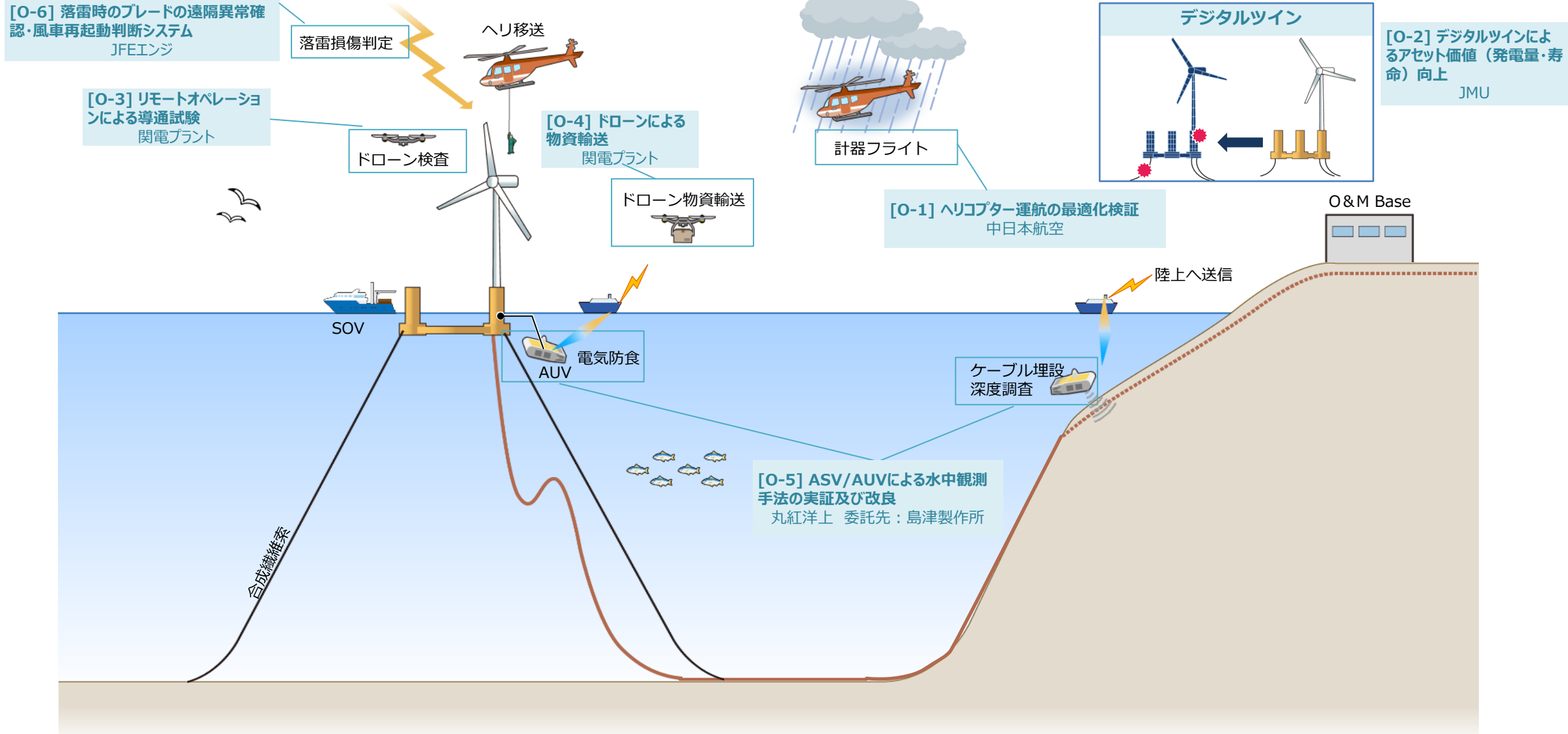
# O&M分野の商用化に向けた課題と対応する研究開発項目

| 分類※                   | 商用化に向けた課題<br>(当コンソ分析)   | 研究開発項目                      | アウトプット目標 |        |     | ID    |
|-----------------------|---|-----------------------------|----------|--------|-----|-------|
|                       |   |                             | コスト      | タクトタイム | 実現性 |       |
| 運転保守・<br>修理技術         | <b>&lt;運転保守・修理時のダウンタイム削減&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>大規模修繕時の大幅なダウンタイム、および修繕コストの低減</li> </ul>   | ヘリコプター運航の最適化検証              | ✓        |        |     | [O-1] |
| メンテナンス<br>高度化         | <b>&lt;デジタルを活用した発電量最大化&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>浮体構造健全性のモニタリングによりタイムリーなメンテナンス、検査効率化</li> </ul>  | デジタルツインによるアセット価値（発電量・寿命）向上  | ✓        |        |     | [O-2] |
| 監視および<br>点検技術の<br>高度化 | <b>&lt;省人、自動化予防保全技術によるメンテナンスコスト低減&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>海中の設備、ケーブル、係留等の予防保全におけるメンテナンスコストの低減</li> <li>浮体の監視、点検における人員の安全性担保とコスト低減</li> </ul> | リモートオペレーションによる導通試験          | ✓        |        |     | [O-3] |
|                       |   | ドローンによる物資輸送                 | ✓        |        |     | [O-4] |
|                       |   | ASV/AUVによる水中観測手法の実証及び改良     | ✓        |        |     | [O-5] |
| 落雷故障<br>自動判別          | <b>&lt;落雷故障自動判別での早期復旧&gt;</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>落雷による故障を遠隔確認、復旧を可能とすることで早期復旧</li> </ul>  | 落雷時のブレードの遠隔異常確認・風車再起動判断システム | ✓        |        |     | [O-6] |

※技術開発ロードマップ、浮体式産業戦略検討会、その他を踏まえて分類

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容 O&amp;Mの研究開発の全体像

事例のない沖合・大水深の浮体式洋上風力発電事業において安定稼働・低コスト化を達成するため、多様な技術を実証し、最適なO&M計画を策定する



# O&M分野の研究開発内容ごとのKPIと設定の考え方

## 研究開発の分類

### 3. O&M

## 目標水準

- 一定条件下でOPEX低減を達成するための要素技術を実証し、定量的に評価

## 研究開発内容

### 1 運転保守及び修理技術の開発

- ヘリコプター運航の最適化検証（中日本航空）

## KPI

- 実証海域における発電施設へのアクセス率向上の道筋を立てる

## KPI設定の考え方

- 船舶よりも高いアクセス率および高速移動による作業時間確保によるダウンタイム低減が期待できる
- CTVでは困難な自然条件の際のアクセス確保、空港以外から輸送が可能なことによる効率化

### 2 デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化

- デジタルツインによるアセット価値（発電量・寿命）向上（JMU）

- 実質設備利用率（＝ライフタイム発電量／（定格容量×設計年数））の向上が期待される方法を提案する。

- ダウンタイム削減と発電量の増加を包括的に考慮しうる実質設備利用率を向上させることで、LCOEの低減およびOPEX削減への寄与が期待できる



# O&M分野の研究開発内容ごとのKPIと設定の考え方

## 研究開発の分類

### 3. O&M

## 目標水準

- 一定条件下でOPEX低減を達成するための要素技術を実証し、定量的に評価

## 研究開発内容

### 3 監視及び点検技術の高度化

- リモートオペレーションによる導通試験（関電プラント）

※フェーズ1において関電プラントが実施

- ドローンによる物資輸送（関電プラント）

※フェーズ1において関電プラントが実施

- ASV/AUVによる水中観測手法の実証及び改良（丸紅洋上 再委託：島津製作所）

### 4 落雷故障自動判別

- 落雷時のブレードの遠隔異常確認・風車再起動判断システム(JFEエンジ)

## KPI

- リモートオペレーションによる O&M のコスト低減の道筋を立てる。

- ダウンタイム改善・輸送費用低減の道筋を立てる。

- 浮体1基あたりの電気防食検査費用（ROV 使用時）およびケーブル埋設深度調査費用のコスト低減の道筋を立てる。

- 落雷後一定時間内に再起動判断指標を提示するシステムを構築し、落雷した場合の再起動判断の成功確率を向上させる。

## KPI設定の考え方

- リモートでのドローンのオペレーションにより、現地でのオペレーションや従来のロープワークと比較し、必要人数の削減が期待できる

- CTVと比較し物資輸送にかかる費用の削減や迅速なメンテナンスによるダウンタイムの短縮が期待できる

- ASVおよびAUVの活用により、作業時間や傭船費用の削減を見込む

- 遠隔での再起動判断のために、早期判断と高い正解率が求められる



## 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

### 1 運転保守及び修理技術の開発

- ヘリコプター運航の最適化検証（中日本航空）

#### KPI

- 実証海域における発電施設へのアクセス率向上の道筋を立てる

#### 現状

ヘリコプターは有視界飛行方式にて運航。また、洋上風力で活用されていない。（TRL7）

#### 達成レベル

低高度計器飛行方式での浮体式洋上風車のナセル上へのアクセスを実証（TRL8）

#### 解決方法

- 低高度計器飛行方式でヘリコプターを運航し、様々な状況下での浮体式洋上風車のナセル上への人員・物資降下を実施
- 空港ではなく、サイト周辺（運転管理事務所やO&M基地港など）での人員搭乗・物資積込みを検討し、輸送効率を検証

#### 実現可能性（成功確率）

国内での低高度計器飛行方式の運航は未成熟（60%）

### 2 デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化

- デジタルツインによるアセット価値（発電量・寿命）向上（JMU）

- 実質設備利用率（＝ライフタイム発電量/（定格容量×設計年数））の向上が期待される方法を提案する。

本技術を用いない計画値（TRL4）

計画値に対する向上（TRL8）

- 実質設備利用率向上シナリオの検証
- 係留健全性評価手法の検証

一般商船を対象とした開発・検査合理化の実績や福島WFでの技術の適用性について確認済みであり、実現可能性は高い（70%）

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

## 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

## 3 監視及び点検技術の高度化

- リモートオペレーションによる導通試験（関電プラント）

※フェーズ1において関電プラントが実施

- ドローンによる物資輸送（関電プラント）

※フェーズ1において関電プラントが実施

- ASV/AUVによる水中観測手法の実証及び改良（島津製作所）

## KPI

- リモートオペレーションによるO&Mのコスト低減の道筋を立てる。

- ダウンタイム改善・輸送費用低減の道筋を立てる。

- 浮体1基あたりの電気防食検査費用（ROV使用時）およびケーブル埋設深度調査費用のコスト低減となる道筋を立てる。

## 現状

リモートオペレーションによる導通試験技術は存在しない（TRL2）

浮体式洋上風力を対象にしたドローンによる物資運搬技術は存在しない（TRL2）

構成品の個別技術検証済、組み合わせたシステムでの運用実績なし（TRL3）

## 達成レベル

ドローンとローカル5Gを活用した技術を実風車で実証（TRL8）

ドローンの完全自律飛行による物資輸送技術の実風車で実証（TRL8）

KPIで示す点検費用のコスト低減、検査内容をリアルタイムで陸上に転送、確認（TRL7）

## 解決方法

- ローカル5Gでの超低遅延オペレーション技術を開発し、ドローンでのブレード導通試験方法を確立

- 各種制御機能、長距離飛行能力、重量物輸送能力を保有するドローンを開発するとともに物資輸送方法を確立

- 洋上風力の水中構造物の点検を自動・無人で実施するシステムの実証・改良
- ASV-AUV間の協調動作アルゴリズムの実証・改良
  - 方式① 光無線＋自律アルゴリズム
  - 方式② ①＋音響通信
- AUVに搭載した水中電界(UEP)センサの防食検査、磁気センサのケーブル埋設調査の実証・改良

## 実現可能（成功確率）

要素技術はフェーズ1あるいは総務省委託他で開発済みであり実現可能性は高い（90%）

要素技術はフェーズ1あるいは他案件で開発済みであり実現可能性は高い（90%）

実績のある技術の活用及び先進共同開発による最先端技術を活用（80%）

## 4 落雷故障自動判別

- 落雷時のブレードの遠隔異常確認・風車再起動判断システム(JFEエンジ)

- 落雷後一定時間内に再起動判断指標を提示するシステムを構築し、落雷した場合の再起動判断の成功確率を向上させる。

遠隔監視での再起動実績なし（TRL2）

遠隔監視による再起動を達成（TRL7）

- ブレード損傷度評価技術の開発
- 落雷後再起動判断の効率化
- サイトにおける実証

実証期間中の落雷機会が課題  
（落雷した場合の再起動判断の成功率を50%以上とする）

## (2) 研究開発内容 各社詳細資料

---

### 研究開発分類：事業開発

- [D-1]発電コスト低減・タクトタイム低減に向けた研究成果の全体最適化（丸紅洋上）
- [D-2]大規模WFにおける浮体式洋上風力発電システムのコスト評価（東北電力）
- [D-3]インターフェースリスクの低減（事業会社）
- [D-4]インバランス低減に向けた高精度気象・発電量予測モデルの開発と実需給運用との連携最適化（東北電力）
- [D-5]EEZへの展開を見据えた沖合における環境影響評価に向けた予測の合理化・高度化（東北電力）
- [D-6]EEZへの展開を見据えた沖合における漁業影響を把握する手法の評価（東北電力）
- [D-7]ステークホルダーとの対話、情報発信（事業会社）

# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- EEZを含めた、浮体式洋上風力の大型商用化のため、要素技術はフェーズ1事業や本事業にて、メーカー等を中心に研究されている。
- 商用化のためには、開発した複数の要素技術の効果的な組み合わせにより、更なるコスト及びタクトタイムの低減が必要。
- 加えて、沖合では、インターフェースにおける不具合\*発生時の影響が大きくなり、遅延や追加の費用発生につながるため、リスクを低減させることが重要。

\*:風車に接続する海底ケーブルの仕様設定ミスによる、風車試運転の遅延など

要素技術の組合せの最適化によるコスト低減策の検討、インターフェースリスクの低減による実現性向上が必要

## 研究開発内容

研究内容を統合し、システム全体をコスト・タクトタイム、リスクの観点で最適化する

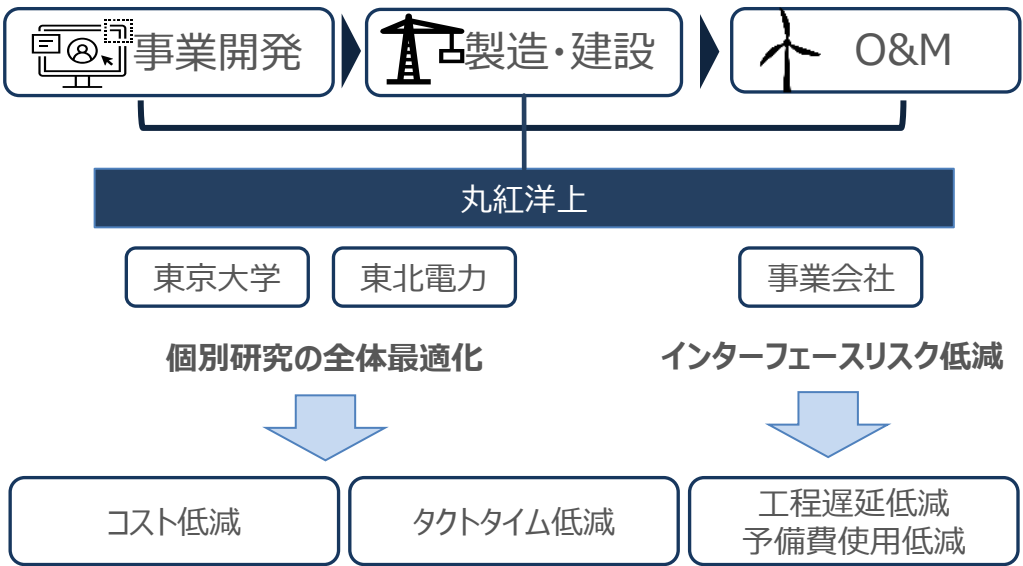
- コスト・タクトタイムの全体最適化（東北電力と連携）
- マルチコントラクトにおけるインターフェースリスクの低減（事業会社と連携）

## 期待される成果（KPI）実現可能性度合とその理由

[KPI]各研究成果の全体最適化、追加対策にてコスト低減、タクトタイム年  
●基の道筋を立てる。

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

本事業を通じて特定したインターフェースリスクを取りまとめ、他事業への展開を見据えて取りまとめる。大規模開発時のリスク等、本事業で未検証の事象について、残された課題として商用時に検証などを実施する。



## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 浮体式洋上風力発電の市場拡大のため、各要素技術を統合した発電設備全体の最適化を図り、国際競争力のあるコスト水準を実現する必要がある。
- 最適化の検討にあたっては、規模や立地地点、施工・O&M方針等を踏まえた設備の一体設計を行い、最適な設備仕様と低コスト化を両立する必要がある。

**LCOEの低減を実現するために、大規模浮体式洋上風力発電システム全体のコスト評価を高精度に行うことが必要**

### 研究開発内容

- フェーズ1-③「洋上風力関連電気システム技術開発事業」の研究成果を活用し、現時点（ベースケース）のLCOEを試算。
- さらに、本事業実績や浮体量産化・O&M効率化等の研究成果を踏まえ、商用化後のLCOEを試算。
- ベースケースと商用化後のLCOEについて、欧州における動向等も踏まえながら比較検証。

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

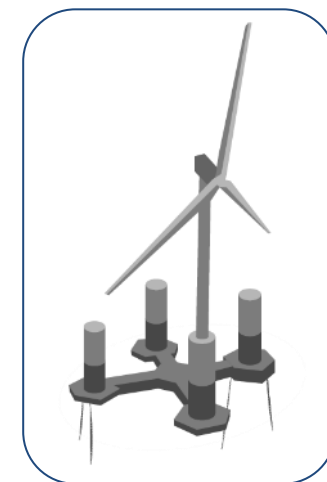
**[KPI]商用化後のLCOE見通しとコスト低減の達成に必要な課題・道筋を立てる。**

フェーズ1-③の研究成果を活用することから、商用化によるスケールメリットの追求や技術革新等を踏まえたコスト評価の実現可能性は高い。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

- ・ 本事業では必要とならない洋上変電所や超高压ダイナミックケーブル（154kV級）に関し、今後、フェーズ1-③における継続したコスト評価も踏まえ、実際の商用規模のWFを開発する段階で、適切に計画に織り込む。
- ・ 風車タービンやケーブル等の資材価格が上昇基調にある点や為替影響を踏まえたリスクヘッジ対策が必要。

### 浮体式洋上風力発電システム



**システム全体でのコスト評価**

# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- 浮体式洋上風力の普及拡大のため、コスト・タクトタイム低減とともに、工程遅延を防ぎ、計画通りに事業遂行するためのリスク対策が必要。
- 同分野ではマルチコントラクトの実績がないことに加え、リスク発現時の影響が大きくなるEEZでの大型商用案件に向け、具体的なインターフェースリスク\*の抽出・対策の検討されておらず、適切なリスク抽出・対策が必要。  
\*:風車に接続する海底ケーブルの仕様設定ミスによる、風車試運転の遅延など

事前検討によるインターフェースリスクの低減と、実行面でのリスク低減による実現性向上が必要

## 研究開発内容

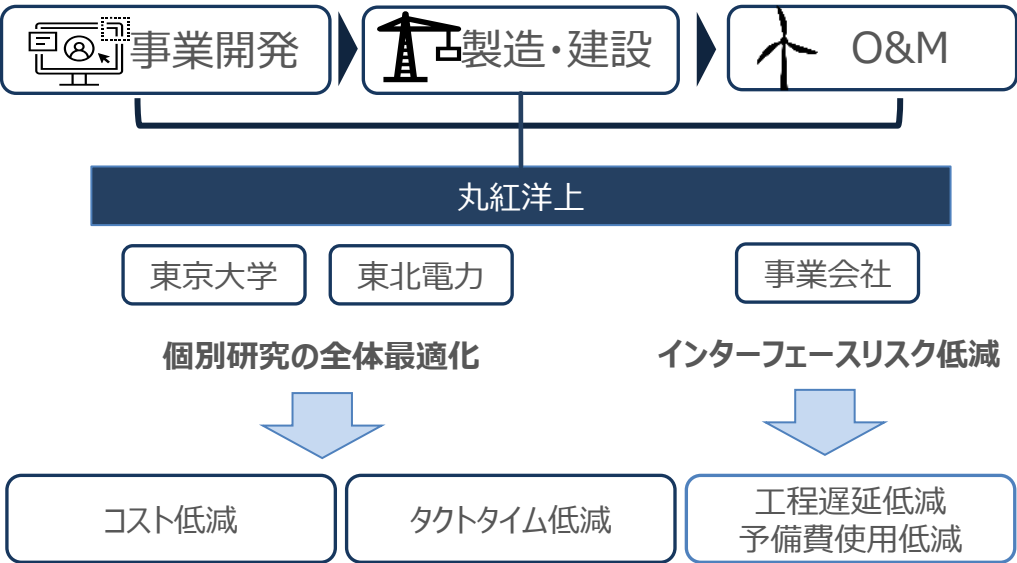
- 事業開発を通じて、リスク管理表策定のためのリスク事象の抽出を実施する。
- 本事業の建設・O&Mを通じて、開発フェーズで策定されたリスク管理表の運用と深化を実施する。
- EEZでの大型商用案件への事業展開を見据え、リスクの整理・解決策検討（丸紅洋上と連携）

## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

[KPI] 本事業完了時までに抽出したインターフェースリスクを整理し、大型商用化への事業展開を見据えた主要リスクを特定する。

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

本事業を通じて特定したインターフェースリスクを取りまとめ、他事業への展開を見据えてガイドラインとして整備する。大規模開発時のリスク等、本事業で未検証の事象については、残された課題として商用時に検証などを実施する。





## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 浮体式洋上風力発電は沖合での動揺があるほか、天候によって発電出力が大きく変動すること考えられ、系統連系後において計画値同時同量のために精度の高い発電量予測を含む高度な需給運用を通じて、インバランス量・コストの低減を図り、安定かつ長期に発電していくことが重要である。

**実海域の風況データを活用した気象・発電量予測モデルの最適化および実際の需給運用面での連携最適化が必要**

### 研究開発内容

- 実海域の風況データを活用した高精度気象・発電量予測モデルの最適化と実際の需給運用面での連携最適化の検証

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 標準的な気象予測モデルを使った発電量予測モデルと比べて、インバランス量の予測誤差低減率10%程度を達成できる道筋を立てる。**

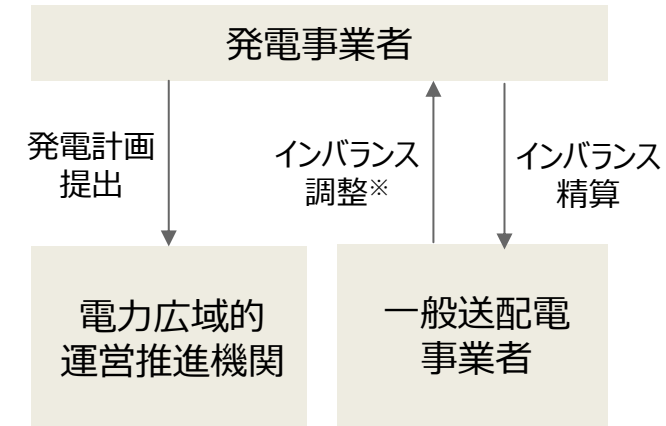
一般送配電事業者のインバランス調整コストや発電事業者のインバランスコストの低減

発電量予測精度の元となる気象予測モデルについて、委託先の実績等から高い精度が期待できるため、本研究の実現可能性は高い。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

発電計画を変更する方法である時間前市場がより活性化することで、精緻な発電量予測結果に基づく取引機会が増加し更なるインバランス低減と経済性向上ができる可能性。

### 計画値同時同量制度（イメージ）



※2024年度の再エネ予測誤差に対応する調整力確保費用の金額水準は全国大で約503億円（東北エリアは約54億円）

〔出典：第59回再エネ大量導入・次世代電力NW小委（2024.2.7）資料3より〕

## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 発電事業者は、事業実施前に環境影響評価を公表し、環境保全に努める必要がある。しかしながら、沖合に設置する浮体式洋上風力に係る環境影響評価は実例が少なく、科学的知見、予測手法の知見の蓄積が必ずしも十分でないため、環境影響予測の不確実性が高いのが現状である。

**沖合における環境影響評価に関する予測の合理化・高度化が必要**

### 研究開発内容

- 発電施設に付着する生物相を把握するための調査手法の開発（付着生物調査、魚類調査）
- 沖合の浮体式風力発電施設による水中音（タービンノイズ、砕波音、係留索の鳴り等）を把握するための調査手法の開発（サウundscape調査）

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 調査手法の検証および環境影響評価手続きを終了する。**

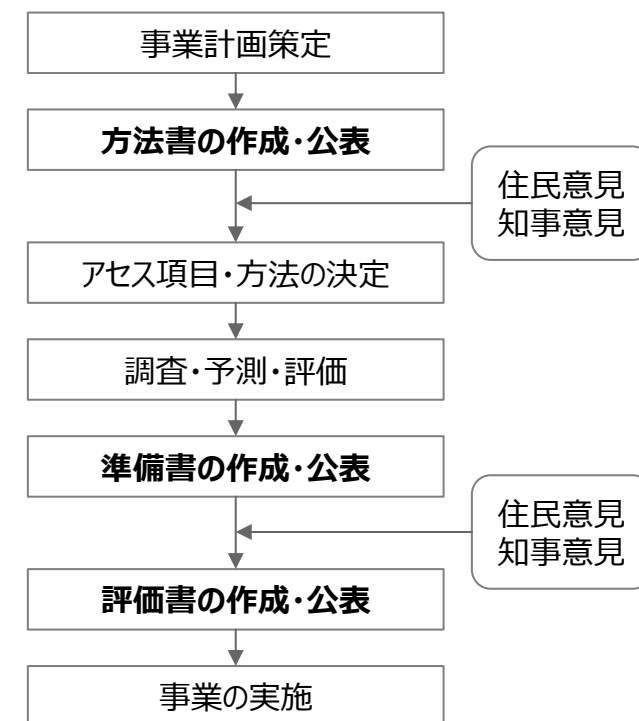
動物・植物がどの程度付着するかがわかれば、洋上風力の設計や保守管理にも寄与する。  
環境影響評価に関する予測の合理化、高度化にも寄与する。

既往知見に基づき、技術的・経済的に現実的な調査手法を採用する。また、対象となると予想される漁業（沖合底曳、小型底曳）については、秋田県の協力を得ることが可能で、利用可能な既存情報も存在することから、本研究の実現可能性は高い。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

本事業を通じて情報収集や調査設計の確立が進むとともに、課題が整理される。

### 秋田県条例に基づく環境影響評価プロセス



〔出典：秋田県ホームページを参考に作成〕

# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- 浮体式洋上風力については、沿岸域に立地する着床式とは操業されている漁業や海域環境、生息する生物種が異なるため、EEZへの展開を見据えて沖合で操業される漁業の特性や漁獲対象生物の生態等に応じた調査手法の検討が必要である。
- また、漁業影響調査については環境影響評価とは異なってルール化されておらず、調査手法の標準化がなされていない。

**沖合における漁業影響を把握する手法を確立することが必要**

## 研究開発内容

□ 今まで操業実態の把握が不十分な沖合漁業の現状を調査の上、風車設置前後の漁場環境（流況・水質等）や魚類分布の変化、漁業活動や漁獲量の変化を調査のうえ手法の妥当性を確認する。

## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

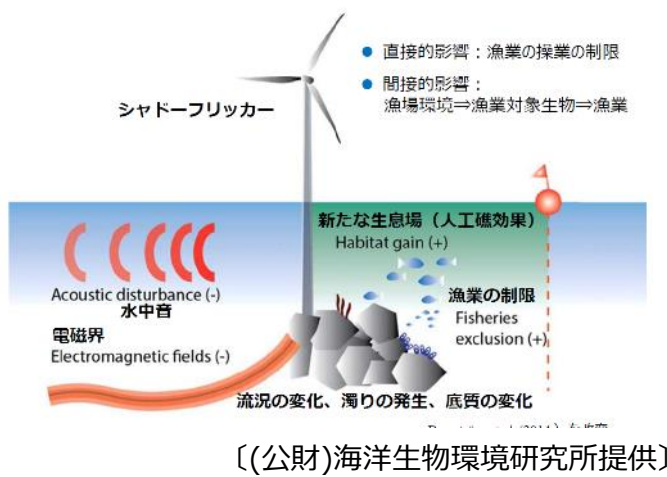
**[KPI] 調査手法の評価および漁業関係者の理解醸成に寄与する。**  
 漁業影響調査内容の標準化に寄与、沖合で操業する漁業関係者の理解醸成に寄与する

- 以下の観点で本研究の実現可能性は高い。
- ・ 既往知見に基づき、技術的・経済的に現実的な調査手法を採用する。
  - ・ 既存情報（GFW※等）を活用する。
  - ・ 効率的な測機（計量魚探等）を用いた現地調査を行う。
  - ・ 影響の予想される漁業種については秋田県等から提供される情報を利用する。

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

水中環境変化の予測精度が課題であり、今後も同様の調査を様々な海域で実施することで精度向上が期待できる。

## 漁業影響調査のイメージ



※Global Fishing Watch。2017年設立の非営利団体。船舶が発する信号を基に各漁船を操業状況を把握することのできるウェブサービスを展開。

## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 浮体式洋上風力は、国内では事例が少なく、また、その規模も大きくないため、理解は十分とは言えない。
- 実証事業が計画される海域の先行利用者の方々に対して、適切な情報発信と対話を実施することで、理解を醸成し、船舶航行安全や漁業操業等への影響を回避・低減させることは最重要課題と認識。

**地域社会との合意形成に向けたステークホルダーとの対話と情報発信および、国民との科学・技術の対話が必要**

### 研究開発内容

- 「国民との科学・技術の対話」として、以下の活動を予定。
  - a. ホームページ等による情報発信、ワーキンググループによる協議
  - b. 展示会への出展、講演会への参加
  - c. 講演会の開催、浮体式洋上風力の現地視察

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 講演会の開催、並びに実証事業の進捗や浮体設備で計測した海気象データ等の情報発信を行う。**

- 以下の観点で本研究の実現可能性は高い。
  - ・ 「国民との科学・技術の対話」の活動について実績のある教育機関（東京大学）への委託。
  - ・ ステークホルダーとの関係構築に関して実績を有する人材を確保していることから競合他社に対して優位性を有している。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

- ・ この取り組みにより、さまざまステークホルダーとの対話や情報発信が可能となる。
- ・ ステークホルダーとの合意形成が難しい課題が生じた際の対処について、行政機関の関与を踏まえた公平公正な観点から定める必要がある。

## (2) 研究開発内容 各社詳細資料

---

### 研究開発分類：EPCI

- [E-1]浮体の高速・大量生産に向けた洋上接合技術の確立（JMU）
- [E-2]アライアンス構築による最適建造方法の確立（JMU）
- [E-3]一時保管浮体を最少化する浮体輸送の効率化（JMU）
- [E-4]作業船・通船の高稼働率化（JMU）
- [E-5]水上構造物を用いた大型風車組立の高速化（東亜建設）
- [E-6]大型浮体の高精度な構造解析手法の確立と標準化（JMU）
- [E-7]大水深でのハイブリッド係留の全体最適化（JMU）
- [E-8]合成繊維索の軽量・高強度化（東京ロープ）



## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 風車の大型化、浮体の大量・高速生産の実現には、大規模ドックだけでなく、中小規模のドックを有効活用した浮体の建造方法が必要不可欠。
- 具体的には、中小規模のドックサイズ内で建造できるサイズのハーフボディを進水させた後、洋上で接合させる技術（洋上接合）の確立が重要。
- フェーズ1では、洋上接合部を部分的に模擬したモックアップ試験を用い、コア技術である洋上接合の実現性を確認。

**商用化に向けて「洋上接合技術」の実機サイズでの検証と施工要領の標準化が必要**

### 研究開発内容

洋上接合技術の確立に向け、フェーズ1の結果を踏まえて以下を実施

- チャンバー設置要領の改良検討
- 溶接工事方法の改良（自動溶接、遠隔監視の導入、海外HSE考慮）
- 実機サイズでの2浮体の動揺特性の差異を考慮した固着要領の検討
- 洋上接合方法の標準化

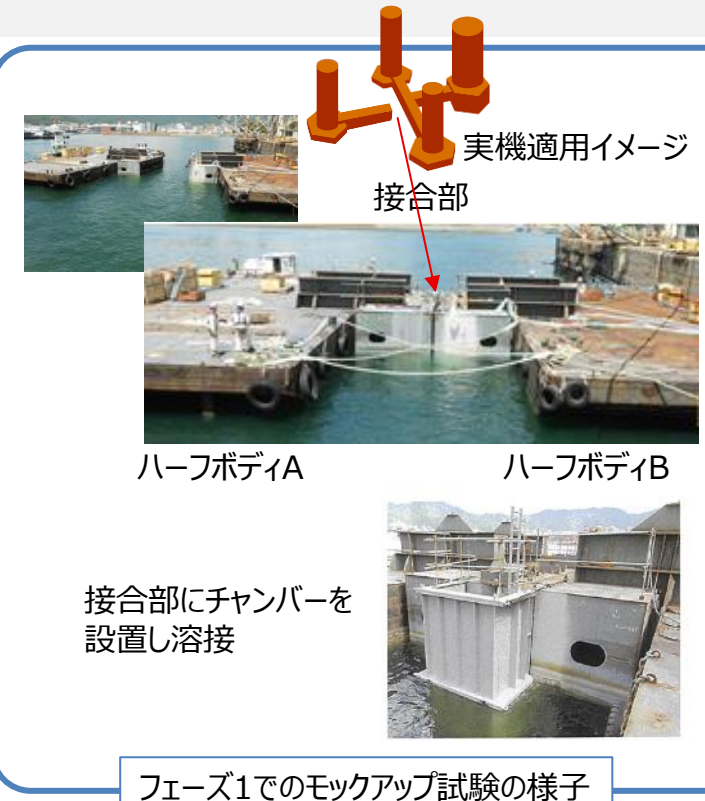
### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 年間浮体建造基数のポテンシャル拡大し、年間●基の建造の道筋を立てる。  
「[E-2]アライアンス構築による最適建造方法の確立」の成果と併せての目標**

フェーズ1成果として、洋上接合のコア技術であるチャンバー設置の手順・実現性は確認済。  
本事業における商用化に向けたブラッシュアップ、および他社とのアライアンス構築により、本成果は実現可能（80%）である。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

洋上接合技術のデファクトスタンダード化を目指す。「[E-2]アライアンス構築による最適建造方法の確立」と連携し、まずは国内でのデファクト化を目指し、海外ヤードへも展開する。





## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 浮体の大量・高速生産の実現には、全国の造船所や鉄工橋梁ヤード等でブロックを製造し、洋上接合技術を活用した建造方法が必要不可欠。
- そのためには、アライアンスを組み、各造船所や鉄工橋梁ヤードの製造能力を十分に考慮した浮体設計になっていることが重要。
- また、輸送効率等を含めて、建造場所・建造内容の組み合わせを状況に合わせて適切に選択することが低コスト化につながる。

**浮体建造のための全国規模のアライアンス体制の構築し、建造能力を最大化、低コスト化を図ることが必要**

### 研究開発内容

- アライアンス先を含めた設計最適化による建造コスト削減
- システムズエンジニアリングによるサプライチェーンの最適化

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 年間浮体建造基数のポテンシャル拡大し、年間●基の建造の道筋を立てる**  
**「[E-1]浮体の高速・大量生産に向けた洋上接合技術の確立」の成果と併せての目標**

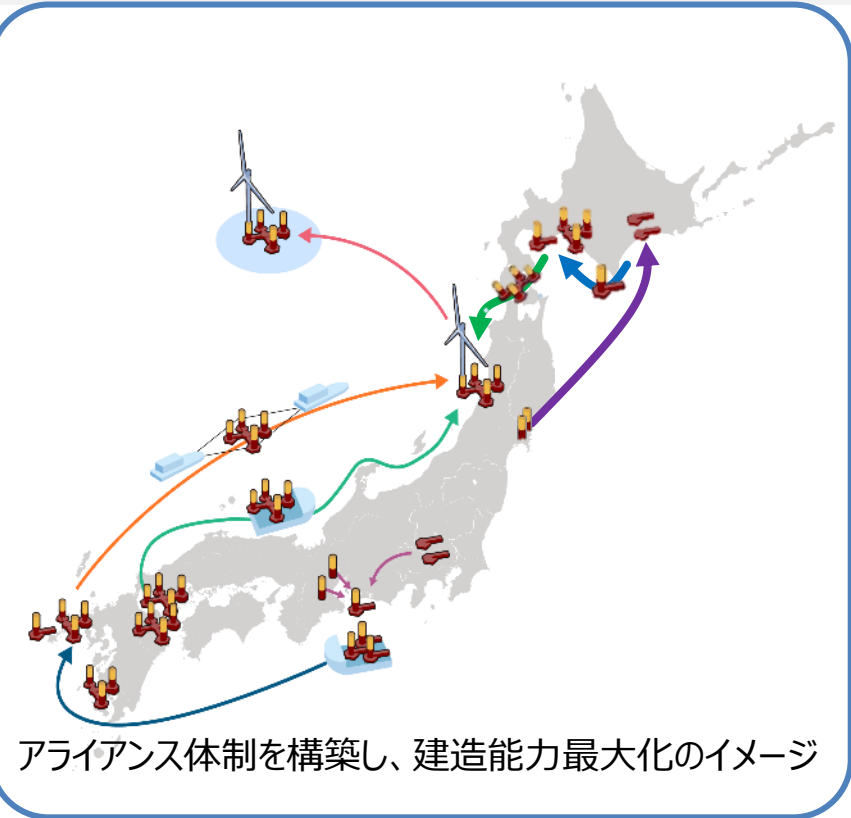
- ・ 造船業界であれば既存設備や施工手順の親和性は高い。
- ・ 鉄工橋梁でも類似する製品を、類似する設備で製作しているところが多い。
- ・ 洋上接合技術の確立により、本成果は実現可能（80%）である。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

コスト削減、建造基数の増加。

確実な未来予測を踏まえた設備投資計画への反映

ヤード間のブロック輸送については、商船ブロックの輸送を応用して実現可能



## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 浮体の高速・大量生産に向けた研究[E-1]および[E-2]により、浮体生産速度と風車組立速度の差が小さくなることが期待される。
- そのため、完成浮体を風車組立基地港への輸送時に生じるダウンタイムが、風車組立・係留接続などの遅延に大きく影響し、コスト増の要因となる。
- このダウンタイムを回避するために、風車組立港近傍に浮体を一時保管する必要があるが、多くの浮体を一時保管できる静穏海域を確保することは困難。

**商用化には、浮体の一時保管を最少とする効率的な輸送方法の確立がコスト削減のために求められている**

### 研究開発内容

浮体の一時保管(ウェットストレージ)を最少化するための効率的な輸送方法を検討するとともに、風車組立前後の浮体側の準備作業時間を効率化する方法を検討する。

□浮体の効率的な輸送方法の検討

□風車組立前後の浮体側の準備作業時間の効率化の検討

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 風車組立の稼働率を現状の夏季(4～10月)において現状から引き上げる道筋を立てる**

- ・ 福島プロジェクトの知見や秋田港を想定した現実の気象海象を踏まえた課題抽出が可能。
- ・ 浮体を着底させない場合の風車組立の作業限界波高はせいぜい0.5mだが、浮体を効率的に着底させることにより安定させ波高1.0mでも施工できるようにする。
- ・ JMUのフローティングドックや半潜水式台船の設計・建造実績、浮体の沈降・再浮上に関する知見や半潜水式重量物運搬船に関する知見が活用できることから、実現可能性80%を見込む。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

- ・ 施工サイクルに合わせた風車部材ロジスティクスの最適化が課題として残されており、風車メーカーとの協議により解決する。

## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 浮体式風車の係留施工方法としてAHTS（Anchor Handling Tug Supply vessel）による工法が有効であるが、ウィンドファーム規模の大量施工を想定した場合、海気象影響によるダウンタイム等により商用規模の目標達成には更なる効率化が必要である。
- 目標達成のためには、新たな係留施工方法や使用船舶・使用機材の導入が必要である。
- また、施工およびO&Mにおいては、同様に海気象影響によるダウンタイム等を考慮すると、浮体へのアクセス率向上が必要である。

**商用化に向けて係留施工等の沖合における作業船・通船の稼働率向上が必要である**

### 研究開発内容

ウィンドファーム規模の風車浮体の係留作業を想定し、高効率な施工法、船舶、アクセス方法を検討する。

- 商用規模の浮体式洋上風車を想定した効率的な係留施工方法の開発（委託）
- 浮体へのアクセス率向上

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

#### **[KPI] 年間●基の係留設置作業を可能とする施工方法や船舶を提案する**

- ・ 25基/年は既存AHTSによる達成可能であることを確認済。効率改善によりKPIを達成可能。
- ・ 国内外でのAHTS運用実績豊富な委託先と連携により、実現可能性は80%を見込む。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

- ・ 係留資機材を保管するためのオフショアサプライベースの未整備が課題として残されており、港湾管理者との協議により解決する必要がある。
- ・ 研究開発の一環として、オフショアサプライベースのモデルプランを示すことも想定する。



## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 風車組立後の現地設置～運転開始作業を考慮すると、海気象条件の良い時期に短期集中して風車組立作業を行うことでコスト・リスク低減につながる。
- 風車組立作業を効率的に行うためには、リードタイムの最適化とダウンタイムの最小化が必須条件。
- フェーズ1において「SEPおよび水上構造物を用いた効率的な大型風車組立方法」を検討し、特許出願済み。

**フェーズ1での成果をブラッシュアップし、商用化に向けた大型風車組立の低コスト化、高速化に対する道筋を立てる。**

### 研究開発内容

フェーズ1での検討内容「SEPおよび水上構造物を用いた効率的な大型風車組立方法」（特許出願済み）をブラッシュアップし、改善点等の洗い出しを行うため、実証事業の工事設計図書を作成する。研究開発および実証の成果を用いて大型風車組立高速化の施工標準（案）を策定する。

□ 水上構造物＋SEPによる風車組立の施工標準（案）の策定

□ タワー立て起こし装置の商用化に向けた詳細設計、試作、運転による開発

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 施工コストの削減、大型風車組立高速化、タクトタイム●基/年以上の道筋を立てる**

（気象や環境条件を無視すれば●基/年の生産能力を実現）

- ・ フェーズ1において、各工程のサイクルタイム及び月別稼働率を考慮した具体的な検討を完了済。
- ・ フェーズ1成果を用いて、本事業のKPIを試算し実現可能性は80%以上、港湾・海洋工事等での当社実績を基に検証済。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

SIMOPS対応（風車部材、浮体、SEP、組立後浮体ほか）、風車組立前後の工程との調整方法（風車部材の搬入、浮体基礎の仮置および浮上、曳航とのジャストインタイム調整）、水上構造物構築のコストダウン方法（プレキャスト（Pca）化やSEPによる一括施工など）：いずれも検討を開始しており、解決の見通しあり。



フェーズ1での成果：水上構造物とSEPによる大型風車組立のイメージ（SEPが移動して組立）



# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- 風車の大型化に伴い、浮体構造の固有振動数と風車の励起振動数が干渉しやすくなる傾向にあり、浮体の信頼性やコストを最適化するためには浮体を弾性体として扱える高精度な解析が必要。
- 大型風車浮体の構造解析では、波浪荷重に加えて風荷重が支配的になり、波浪荷重が支配的な従来の海洋構造物設計技術では不十分。
- このため、現在十分に高精度な構造解析ができておらず、安全側の設計となっており、浮体がコスト高となる要因となっている。

**低コスト化につながる大型風車浮体の高精度な構造解析手法の確立が必要**

## 研究開発内容

大型風車浮体の構造解析手法を確立し、大型風車浮体の基本計画・実機での検証をする

□ 連成解析モデル化手法の確立

□ 連成解析に基づく構造解析手法の確立および高度化

□ 設計パラメータの合理化

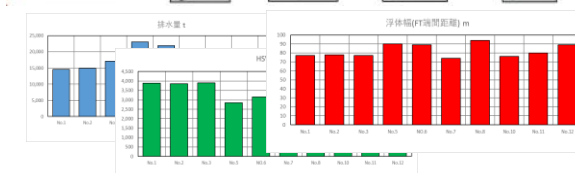
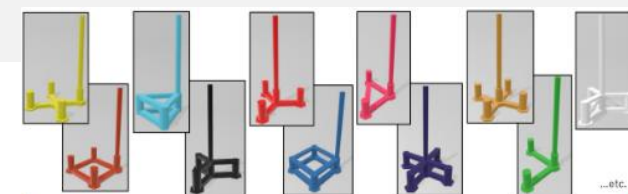
## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 過去の実証事業での実績値と比較し、浮体基礎の製造コストを削減する道筋を立てる**

- ・ フェーズ1にて、解析手法構築のための方針を見通し済
- ・ フェーズ1にて、大型風車浮体の基本的な成立性について確認済
- ・ フェーズ1の目標を確実に達成しつつ、それ以上の成果を目指し、実現可能性80%を見込む

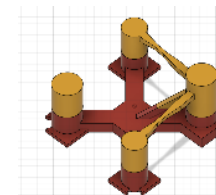
## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

継続的なコスト削減のためには、さらなる設計の効率化や浮体構造信頼性の向上が必要となる。本事業をはじめ実際の環境条件下で取得されるデータを蓄積し、設計パラメータや設計手法へのフィードバックを継続する。



設計最適化システムを用いた  
浮体形状のベンチマーク・スクリーニング

秋田沖を想定した基本計画の完了



秋田沖を想定した浮体の基本計画

# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- フェーズ1では、チェーンの一部を合成繊維索に置き換え低コスト化可能なハイブリッド係留について、試設計と実海域試験を通じて設計手法を確立した。
- また大水深を含む広範囲海域への洋上風力発電浮体設備の設置需要が増加しているが、特に大水深においては従来のチェーン係留に対するハイブリッド係留（セミトート・トート係留）のコスト優位性が高いことを明らかにした。
- 一方で、大水深化に伴う施工性の悪化や、風車の大型化による係留機器サイズの増加による、施工コスト増加量が整理されていない。
- 現状では、係留仕様と施工コストの相関関係を考慮し、係留に関するコスト全体を最適化する一連の手法は確立されていない。
- ハイブリッド係留のコスト優位性を明らかにしたが、風車浮体に対する合成繊維索の適用実績は少なくフルスケールにおける大径索の特性や耐久性実証が必要。

## 大水深でのハイブリッド係留最適化技術の確立

## 研究開発内容

係留全体コストを最適化する係留設計システムを開発し、大型風車浮体係留の基本計画・実機での実証をする

- 施工方法も考慮した最適係留設計システムの構築
- セミトート・トート係留技術の開発

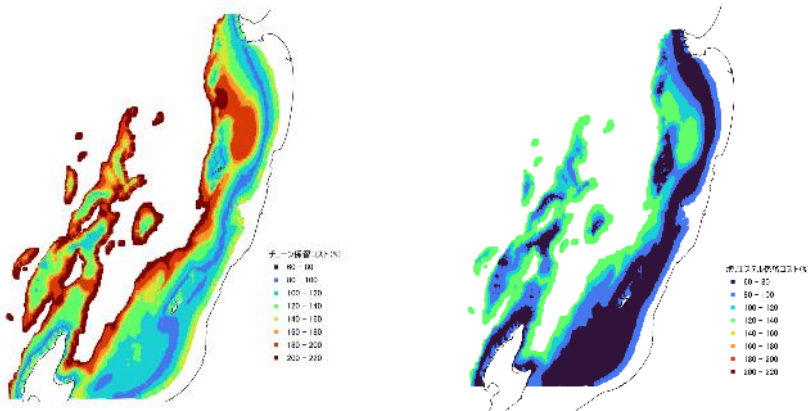
## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI]過去の実証事業での実績値と比較し、大水深ハイブリッド係留による係留単価を削減する道筋を立てる。**

- ・ フェーズ1にて実海域スケール試験を実施し、設計手法の検証済
- ・ フェーズ1にてフルスケール大型風車対応の試設計およびコスト推定を実施
- ・ フェーズ1成果の活用に加え、大水深化に取り組むことにより実現可能性80%を見込む。

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

- ・ 最適設計に用いる各種コスト要因の精度向上→実証機の実績値を基にフィードバック
- ・ 長期耐久性の継続検証



フェーズ1成果：チェーンカテナリ係留とセミトート係留の係留索コスト比較  
（左：チェーン、右：セミトート）  
（コンターは100m水深におけるチェーンコストを100%とした相対比較値）

秋田～新潟沖の水深50～500m海域を対象に試作した係留コストマップであり、ハイブリッド係留化による海域毎のコスト低減量を明らかにした。



## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 世界的な浮体式洋上風力開発の活発化に伴い、鋼製チェーンは供給不足になることが想定され、また、適用水深は水深400m程度が限界と考えられる。
- 合成繊維索は、鋼製チェーンよりも製造・設置コスト面で有利であり、合成繊維索の活用による低コスト化が期待されている。
- フェーズ1でのスケールモデル浮体の係留に合成繊維索を用いた実証を実施するとともに、独自に実機向けの合成繊維索の強度試験を実施した。

**商用化に向けて、より高強度で低コストな合成繊維索の開発・実証が必要**

### 研究開発内容

低コストで国際競争力のある合成繊維索の開発実証

- 破断・疲労強度を向上させた係留索の開発
- 大量生産時のボトルネックとなる端末加工方法の改良検討
- 上記を踏まえた製造設備、製造工程および付帯設備の検討

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI]係留索につき破断・疲労強度を向上させることにより、従来設計よりも製造コスト削減の道筋を立てる。**

国内最大径級のポリエステルISO径φ212mm・索強度12,300kNの引張破断試験を実施済（独自実施）。この結果に基づき、破断・疲労強度向上の実現可能性は高いが、端末加工簡素化の実現は難しい課題であり、実現可能性度合は50%。

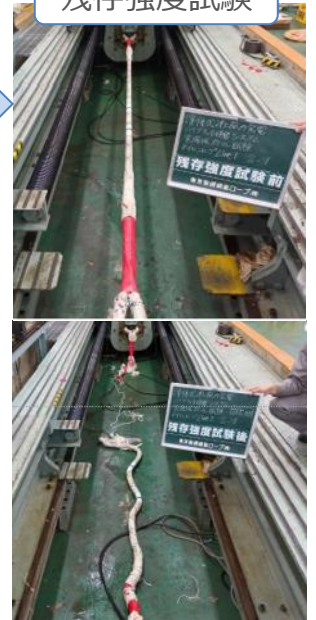
### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

現状、国内で船級認証を取得するための引張破断試験機が無いため、これを整備するとともに、本事業を通して国内サプライチェーンを創出する。

設置後の様子(フェーズ1)



残存強度試験



異物侵入評価



ロープ設置状況とロープ内への異物（砂・生物）の侵入量の関連性を明らかにした。

回収後のロープの残存強度や分子量を測定し、経年劣化度合の評価を実施。

フェーズ1での研究開発成果

## (2) 研究開発内容 各社詳細資料

---

### 研究開発分類：O&M

- [O-1]ヘリコプター運航の最適化検証（中日本航空）
- [O-2]デジタルツインによるアセット価値（発電量・寿命）向上(JMU)
- [O-3]リモートオペレーションによる導通試験（関電プラント）
- [O-4]ドローンによる物資輸送（関電プラント）
- [O-5]ASV/AUVによる水中観測手法の実証及び改良（丸紅洋上）
- [O-6]落雷時のブレードの遠隔異常確認・風車再起動判断システム（JFEE）

## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- 従来の船舶によるアクセスでは、自然条件による制約が大きく、特に冬季のアクセス率低下リスクが大きい。今後、EEZ等のより沖合で事業を実施する場合、移動速度に優れ、アクセス率が高い輸送方法が必要となる。また、作業員の救助や洋上変電所の故障等緊急性を要する場合のアクセス手段が必要。
- 欧州においても、風車メンテナンス作業員の移動やタワー昇降の負荷があることから、労働安全衛生の観点でヘリコプターでの輸送が評価されている。
- 欧州では着床式洋上風力発電事業でヘリコプターが利用されているが、浮体式での例は少なく、浮体動揺の影響が不明であるため検証する必要がある。

**商用化に向けて、荒天時でのアクセス率向上、風車故障時のダウンタイム削減のためにヘリコプター輸送の実証が必要**

### 研究開発内容

天候に左右されにくい低高度計器飛行方式運航と荒天時におけるホイスティングに関する実証研究。

- 低高度計器飛行方式運航によるアクセス率向上
- ホイスティング時の浮体動揺限界の検討
- 輸送ルート最適化

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 実証海域における発電施設へのアクセス率向上の道筋を立てる。**

CTV（洋上風力発電アクセス船）では困難な自然条件の際のアクセス確保、空港以外から輸送が可能なことによる効率化

欧州において着床式での実施事例が豊富（業務提携会社HeliServiceも実施）であり、本成果は実現可能性が高い。

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

航空局との協議が必要だが、既に協議を開始し、本事業への協力についても確認済み。



ヘリコプターによる洋上風車への人員降下

出典：HeliService International GmbH 公式動画から抜粋

# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- 20～30年に亘る維持管理では「故障を予見し、健全性を保つこと」がダウンタイムやO&Mコスト削減につながるとともに、アセットの価値を高めることにつながる。
- この故障予見には、CMS等の結果を踏まえて浮体構造全体の健全性を把握できる「デジタルツイン技術の活用」が必要不可欠である。
- 特に浮体式の場合では、陸上・着床式と比較し、離岸距離・水深・水中構造物の複雑さ等から、その重要度が大きい。

**商用化に向けて「デジタルツインによる維持管理方法の確立」が必要**

## 研究開発内容

デジタルツイン技術による構造や係留索張力推定システムを用いた、アセット価値の向上を目指す

- 実質設備利用率向上シナリオの検証
- 係留健全性評価手法の検証

## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

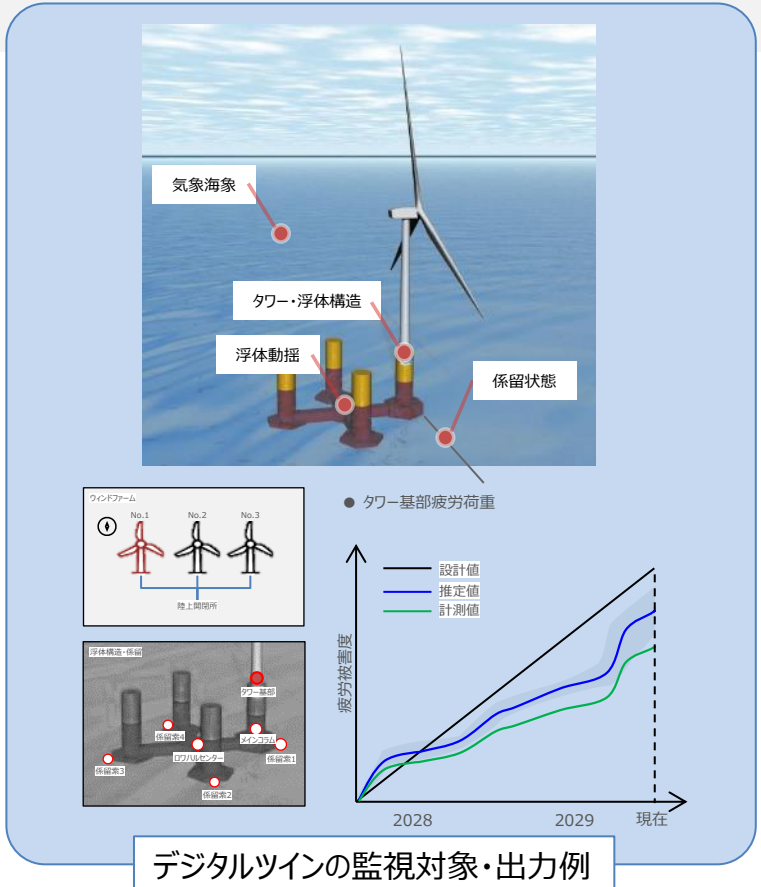
**[KPI] 実質設備利用率\*の向上が期待される方法を提案する。**

**\*)実質設備利用率＝ライフタイム発電量/(定格容量×設計年数)**

- ・ 一般商船を対象としたデジタルツインシステム開発および検査合理化の実績
  - ・ 福島WFでのデジタルツインシステム技術の適用性について確認済み。
- 自社開発の実績をふまえたシステム開発により、実現可能性70%を見込む。

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

ウィンドファーム規模での各手法検証は、商用化段階にて実証の予定



デジタルツインの監視対象・出力例



## 研究開発の概要と将来展望

### 背景・課題

- ロープワーカー等の作業員不足の中、浮体式洋上風力のO&Mコスト削減には、ドローン等による遠隔点検・試験等による効率化は必須。
- フェーズ1において、現地オペレーターの直接操縦とAI制御を組合せた飛行技術を開発。
- 浮体式風力発電の大規模化やEEZへの展開も考慮すると、長距離飛行および陸域O&M基地や、事業者等が国内外に設置する統合監視制御室から実施できるリモートオペレーション技術が有効。

**大規模化・EEZへの展開を睨み、導通試験ドローンの効率化と、リモートオペレーションによる作業効率化が必要**

### 研究開発内容

- フェーズ1で開発したブレード追従技術に応用したブレード接近技術の開発
- ローカル5Gを活用したリモートでの超低遅延オペレーション技術の開発
- 上記を活用したドローンのリモート操作によるブレード導通試験方法を確立

### 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] リモートオペレーションによるO&Mのコスト低減の道筋を立てる。**

ハイスキルドローンオペレーター必要人数の低減による安定的で継続的な試験体制の確立、試験コスト低減

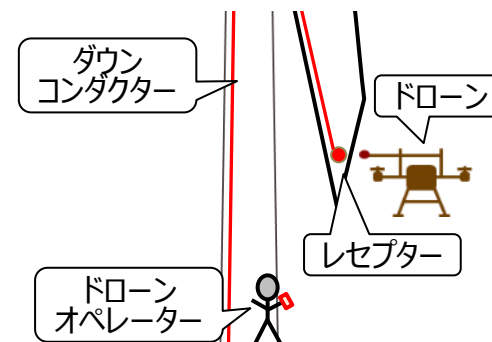
- ・ 導通試験技術はフェーズ1にて、ローカル5G適用技術は総務省委託事業にて各々で確立できており実現可能性は高い

### 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

- ・ フェーズ1での課題は、レセプター型式（チップ、ディスク、ロッドタイプ等）の相違による試験状況を把握・分析・評価し必要に応じ改善（接触用無線デバイス改良等）
- ・ ローカル5Gは洋上風車実機による実証が未実施であり実施し、実務適用性等を再評価



従前の導通試験状況



実施イメージ



導通試験用ドローン



試験実施状況

# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- 洋上風力の修理・点検等の作業中に物資（部品、工具等）が不足した場合、早急に手配しなければ作業時間が延長になり、不要なダウンタイムが発生し、電力の安定供給に支障をきたす。
- 基本的に物資輸送は傭船で行うが、定期点検期間等は要員輸送にフル活用しており、代替の輸送方法を確保する必要がある。
- ドローンでの物資運搬での荷下ろし場所はナセルか風車基礎部になるが、ドローンの揺動するブレード・風車基礎部への衝突・接触を回避する必要がある。

**洋上風力の修理・点検時のダウンタイム低減に向け飛行制御技術を搭載したドローンが必要**

## 研究開発内容

- 揺動するブレードとの衝突・接触を自動で回避する飛行制御技術
- 長距離飛行能力及び重量物輸送能力
- 着陸地点に設置するマーカーをAI画像解析にて認識し自律着陸
- 上記を活用したドローンの完全自律飛行による物資輸送方法の確立

## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

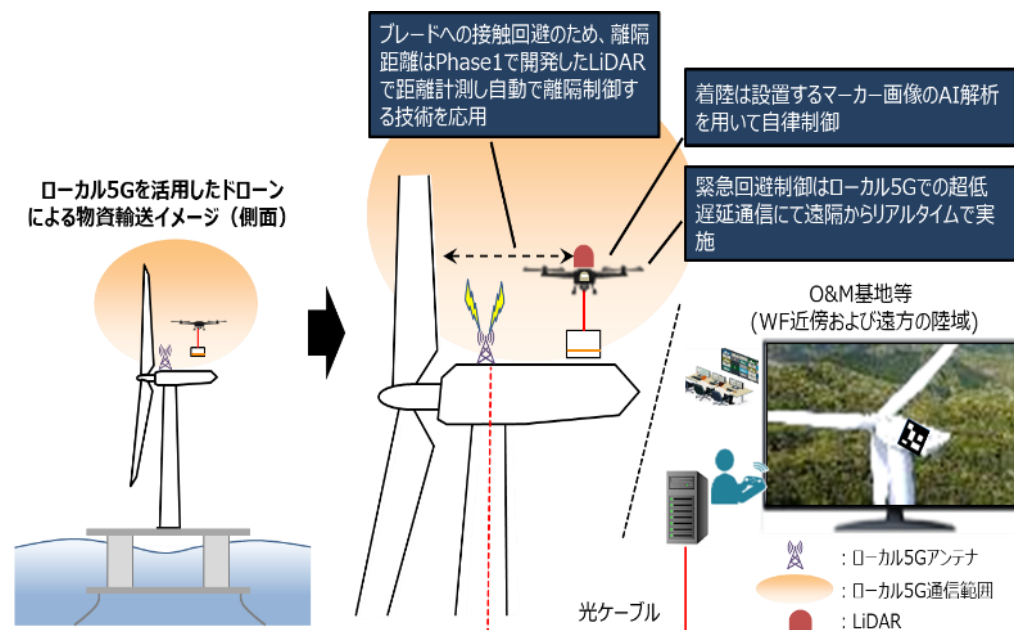
**[KPI]ダウンタイム改善・輸送費用低減の道筋を立てる**

迅速なメンテナンス実施によるダウンタイム短縮、CTVと比較した輸送費用低減効果、作業中断時間短縮による増加コスト抑制、安全性向上（人力での輸送排除）

- ・ 揺動するブレードへのドローン接触回避技術は、フェーズ1で開発したドローンが揺動するブレードに自動追従する飛行制御技術を応用するため、実現可能性は高い

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

実証の結果、安全で安定的な物資着陸に揺動緩和装置等の補助装置が必要となる可能性があるが、当該技術・装置等を保有する企業と連携済みであり解決可能





# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- 洋上風力施設の水中構造物の点検はダイバー・ROVで実施しているが、HSE、コストダウンおよびダウンタイム削減の観点から自動・無人化が必要。
- 国土交通省海事局において、洋上風力発電施設のメンテナンスにAUVを活用することを期待し、「AUVの安全運用ガイドライン」を策定・公表済み。
- また、水面下の検査に当たっては日本海事協会でも遠隔検査を認めているところ。

**商用化には水中構造物検査の自動・無人化による低コスト化が必要**

## 研究開発内容

水中/地中構造物の点検を自動・無人で実施するシステムの実証・改良

- 浮体の電気防食状態の計測実証
- アンカーの位置検知実証、および海底ケーブル等の海底埋設物の位置検知・埋設深度計測実証
- 自律機能により水中/地中構造物の点検を実施し陸上に結果を送信するシステムの検証

## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

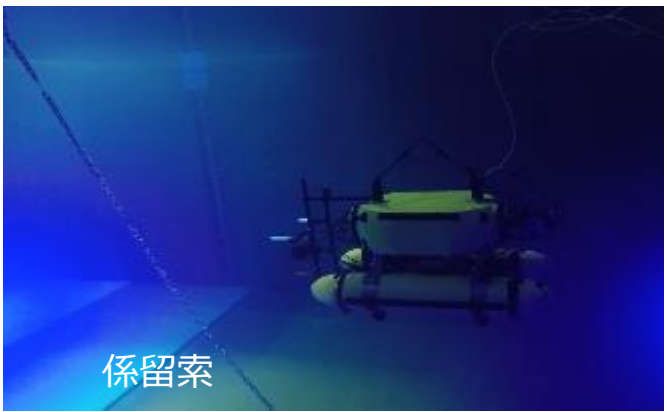
**[KPI]浮体 1 基あたりの電気防食検査費用（ROV 使用時）およびケーブル埋設深度調査費用のコスト低減の道筋を立てる。**

AUVは北九州での潜航実績あり。ASV/AUVを決められた緯度経度、高度で航行・潜航させる技術は確立されている。ASV/AUVは昼夜を問わずに検査が可能となるため、作業にかかる人員がROVの場合の1/4程度に削減可能。

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

- ・ 無人船運航に関する規制緩和

ASV: Autonomous Surface Vehicle  
（自律型小型無人ボート）  
AUV: Autonomous Underwater Vehicle  
（自律型小型無人ボート）



AUVによる係留索検査のイメージ

# 研究開発の概要と将来展望

## 背景・課題

- 現状、落雷時には風車を停止する必要があり、再起動に際しては、現地で目視により風車の状況を確認する必要がある。
- 浮体式洋上風力の場合は離岸距離が長いため、目視確認を行い再起動するまでに数日を要する可能性がある。
- 風況の良い時期は海象が悪いために、船の待機なども含めたこのダウンタイムが収益に大きく影響する。

**落雷時のブレードの異常確認・風車再起動判断を遠隔で行い、ダウンタイムを小さくすることが商用化時に求められる**

## 研究開発内容

落雷によるブレード損傷程度を判断し、一定時間内に再起動可否を判断するシステムを構築し、実証する。

- ブレード損傷度評価技術の開発
- 落雷後再起動判断システムの構築
- 浮体式洋上風力サイトにおける実証

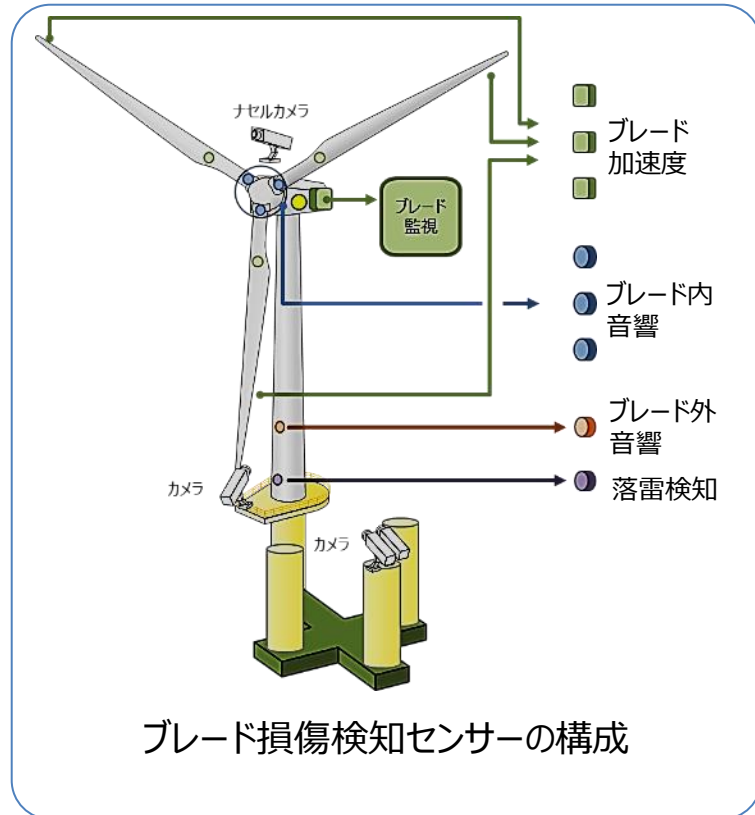
## 期待される成果（KPI）とその理由、実現可能性度合

**[KPI] 落雷後一定時間内に再起動判断指標を提示するシステムを構築し、落雷した場合の再起動判断の成功確率を向上させる**

陸上風力、着床式洋上風力など条件の異なる風車でのデータ収集し、計測データと損傷度の関連性を解析し、風車における損傷に関する特徴量を抽出するアルゴリズムを組み込んだAI解析プラットフォームPla'cello®を活用することで、システム化された再起動判断指標の提示が可能となる。

## 社会実装・将来展開に向けた課題（残された課題の解決見通し）

遠隔からの風車ブレードの安全性確認が可能となることで、作業員が現地に行く必要が無くなり、作業員のHSE向上、運航費削減効果も期待できる。早期に商用化し、アジアにも展開することでバックデータの蓄積が加速されるため、デファクトスタンダードとして世界中に広まることを期待。



# フェーズ1 成果の活用（1/3）

| 【研究開発項目フェーズ1-(2)】浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業 |  |  |   |
|--|--|--|---|
| 研究開発内容                                 | フェーズ1の成果   | 解決できていない課題   | 本事業の取り組み  |
| 大型浮体の高精度な構造解析手法の確立と標準化（JMU）            | <ul style="list-style-type: none"><li>フェーズ1では既存風車を搭載した浮体の基本計画を目的とした最適化設計手法の確立を達成</li><li>設計最適化による浮体コストの削減を達成</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>今後の商用化に向けた大型風車浮体への適用</li><li>詳細設計段階の設計手法の確立</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>フェーズ1の成果、課題を踏まえ、本事業では大型風車搭載浮体の詳細設計段階に重要となる最適化設計手法の確立・標準化に取り組む</li></ul>                                 |
| 一時保管浮体を最少化する浮体輸送の効率化（JMU）              | <ul style="list-style-type: none"><li>フェーズ1ではベースラインウインドファームを想定した浮体製造・浮体曳航・風車搭載・係留工事のサイクルを検討し、通年施工で年間25基の供給が可能であることを示した</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>フェーズ1で検討したベースラインウインドファームは年間を通じて穏やかな海象条件が想定されていたが、洋上工事は気象海象条件の影響を受けやすく、現実的にはフェーズ1想定通りの施工はできない。</li><li>夏季においても台風などの荒天によりJust in timeの洋上施工ができず、浮体の一時保管が必要不可欠</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>風車搭載時の浮体固定技術および浮体輸送の効率化の検討により、洋上工事の稼働率アップ・施工サイクル短縮を図る</li><li>荒天時の浮体の一時保管（ウェットストレージ）の実現可能性を検討</li></ul> |
| 大水深でのハイブリッド係留の全体最適化（JMU）               | <p>フェーズ1ではハイブリッド係留設計手法を確立</p> <ul style="list-style-type: none"><li>様々な合成繊維索を適用した試設計を実施、索材質ごとの特性を明らかにした</li><li>実海域試験でハイブリッド係留の設計手法および耐久性の検証を実施</li><li>実海域試験でカテナリー係留およびトート係留の適用性を確認</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>ハイブリッド係留のフルスケール長期耐久性の実証</li><li>大型FOWT用大水深係留の実証</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>大水深海域におけるハイブリッドセミトート係留のフルスケール実証</li></ul>   |
| 作業船・通船の高稼働率化（JMU）                      | <ul style="list-style-type: none"><li>フェーズ1ではベースラインウインドファームを想定した浮体製造・浮体曳航・風車搭載・係留工事のサイクルを検討し、通年施工で年間25基の施工が可能であることを示した</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>ウインドファーム規模の大量施工の場合、海気象影響によるダウンタイム等により商用規模の目標達成には更なる効率化が必要</li><li>ウインドファームの浮体・海気象条件に最も適した高アクセス率・低コストなアクセス方法が必要</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>使用船舶や機材、設備を含めた係留施工方法の効率化</li><li>高精度アクセス可否評価手法の開発により、高アクセス率・低コストなアクセス方法の最適化</li></ul>                   |

## フェーズ1 成果の活用（2/3）

| 【研究開発項目フェーズ1-(2)】浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業 |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 研究開発内容                                 | フェーズ1の成果   | 解決できていない課題   | 本事業の取り組み   |
| 浮体の高速・大量生産に向けた洋上接合技術の確立（JMU）           | <ul style="list-style-type: none"><li>洋上接合要領として「突合せチャンバー方式」を立案、浮体モックアップと、プロトタイプ版チャンバーを製作して実験を行い、実現性と手順の妥当性を確認</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>チャンバー機能のブラッシュアップ。実機サイズの2浮体が異なる周期で動揺する場合の工事手順の検証</li><li>チャンバー方式の施工手順（JMU呉工場以外でも適用ができるように調整する必要がある）</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>モックアップ試験を踏まえてチャンバー機能を改良し、実機に適用して検証。実機サイズで建造を通し、浮体の動揺特性を考慮した実証試験</li><li>JMU呉工場で作った手順をベースに他工場／他岸壁でも洋上接合ができるよう、手順の汎用化と標準化、手順書の作成</li></ul> |
| 水上構造物を用いた大型風車組立の高速化（東亜建設）              | <ul style="list-style-type: none"><li>フェーズ1では低コスト施工技術として複数案の検討を行い、水上構造物とSEPを用いた施工方法がコスト・実現可能性において優位性が高いことを確認した</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>過去の港湾・海洋工事等の実績に基づき検証を行っているが、実際に施工し、現場環境条件を考慮のうえ改善点等の洗い出しを行う必要がある</li></ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>各種研究開発要素を含む、実証事業の工事設計図書を作成</li><li>水上構造物とSEPを用いた風車組立高速化技術に関する施工標準（案）の策定</li><li>タワー立て起こし装置の商用化に向けた実機開発</li></ul>                         |
| 【研究開発項目フェーズ1-(3)】洋上風力関連電気システム技術開発事業    |  |  |  |
| 大規模WFにおける浮体式洋上風力発電システムのコスト評価（東北電力）     | <ul style="list-style-type: none"><li>商用規模の技術仕様の妥当性確認</li><li>将来的なコスト削減の見通しを踏まえたLCOE水準の確認</li></ul>                      | <ul style="list-style-type: none"><li>選定する仕様や開発地点等に応じたコスト評価</li><li>将来的な商用化を見据え、浮体の量産化等に係るコスト低減の余地や実証におけるコスト実績等を踏まえたコスト評価が必要</li></ul>             | <ul style="list-style-type: none"><li>実証における仕様や商用規模の仕様におけるコスト評価（LCOE試算）</li><li>実証を通じて得たコスト実績や研究成果等を踏まえたコスト見通しの評価</li></ul>  |

# フェーズ1 成果の活用（3/3）

| 【研究開発項目フェーズ1-(4)】洋上風力運転保守高度化事業 |  |   |   |
|--------------------------------|--|---|---|
| 研究開発内容                         | フェーズ1の成果   | 解決できていない課題  | 本事業の取り組み  |
| リモートオペレーションによる導通試験（関電プラント）     | <ul style="list-style-type: none"><li>無線によるダウンコンダクター導通試験技術開発（レセプター接触用無線デバイス、AI自動飛行システム、試験結果画像データ伝送システム）</li><li>導通試験システムを搭載可能なドローン開発</li><li>浮体式での実証試験実施</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>2枚翼あるいはバージ型浮体以外への実証試験が未実施</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>2枚翼あるいはバージ型浮体以外を対象に飛行実証を行い、改良検討、実装範囲拡大、商用化を目指す</li></ul>              |
| ドローンによる物資輸送（関電プラント）            | <ul style="list-style-type: none"><li>浮体式挙動データ取得、実機の挙動把握</li><li>浮体式風車挙動に対する追従システム構築</li><li>120分連続飛行、長距離通信（20km以上）が可能なハイブリッドドローン開発</li><li>既存の浮体式での実証試験実施</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>揺動量が大きい冬季等に対する実証試験が未実施</li></ul>    | <ul style="list-style-type: none"><li>揺動量が大きく（冬季等）、2枚翼あるいはバージ型浮体以外を対象に飛行実証を行い、改良検討、実装範囲拡大、商用化を目指す</li></ul> |



# 複数基での検証内容

## 研究開発内容

デジタルツインによるアセット  
価値（発電量・寿命）向  
上(JMU)

浮体の高速・大量生産に向  
けた洋上接合技術の確立  
(JMU)

水上構造物を用いた大型  
風車組立の高速化  
(東亜建設)

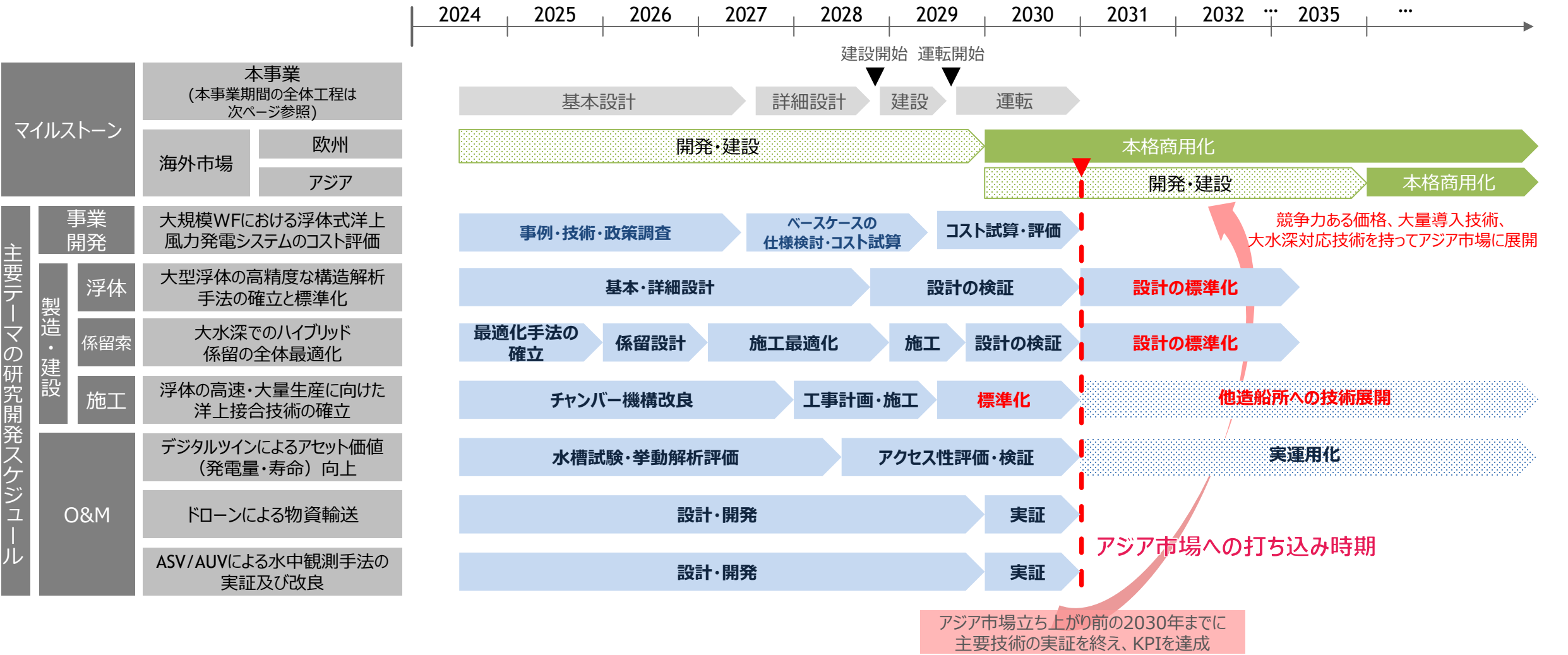
落雷時のブレードの遠隔異  
常確認・風車再起動判断シ  
ステム(JFEエンジ)

## 複数基での検証内容

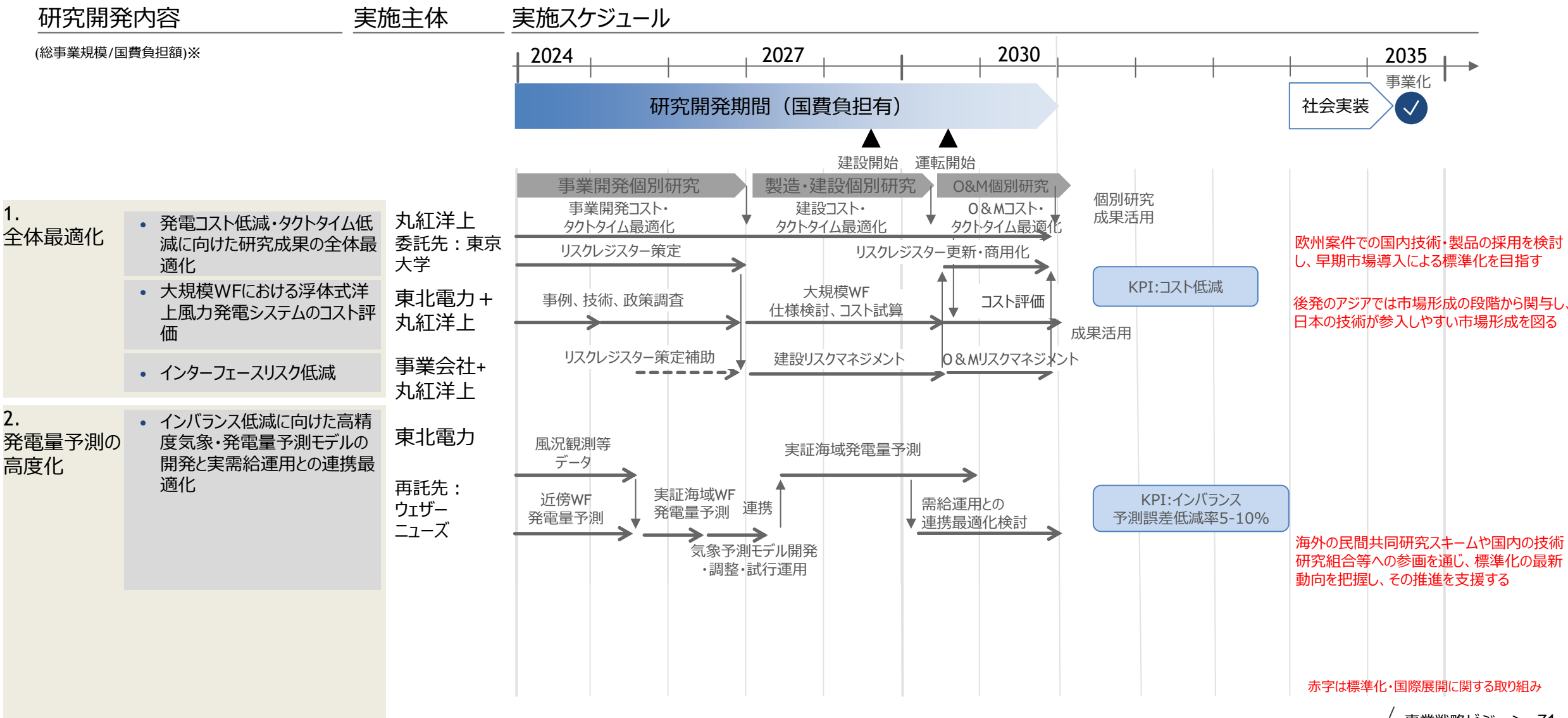
- 1基目では詳細な応答データの計測を行い、計測されたデータを用いることで他浮体にも適用可能なデジタルツインシステムを構築
  - 1基目で構築されたデジタルツインシステムを2基目の実装し、実測とデジタルツイン結果とを比較検証し、有効性の検証を実施
- 
- 一連の洋上接合工事において、チャンバー設置要領等を微調整して2種類の方法を実施、これらを2つを比較し、いずれの案が標準として相応しいか、状況によるのであれば、その条件や得失を検証
  - 異なる接合方法を検証することにより、より商用化に適した方法を明らかにする
- 
- 各々の風車組立において、浮体の位置制御方法や着底状況を変化させることにより更なる工程短縮につながる方策を検証
- 
- 2基の風車から収集されるデータを比較し、AIによる学習データの信頼性を確保すると共に、ブレード運転状態でのデータ特性のバラツキを検証
  - 1基目と2基目の配置による風車への落雷特性の違いと気象条件の関連を解析・検証



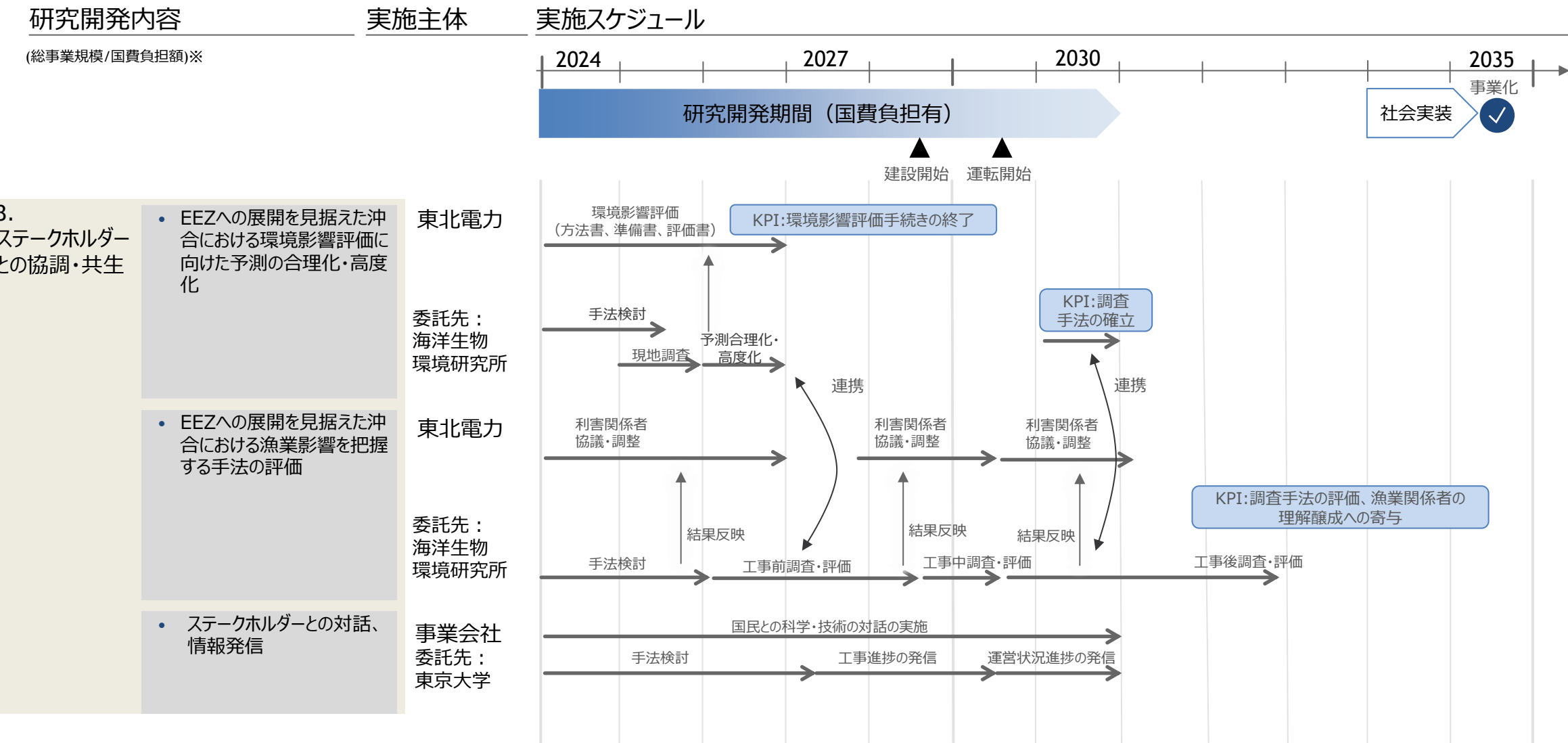
標準化・国際展開を見据えた実施スケジュール



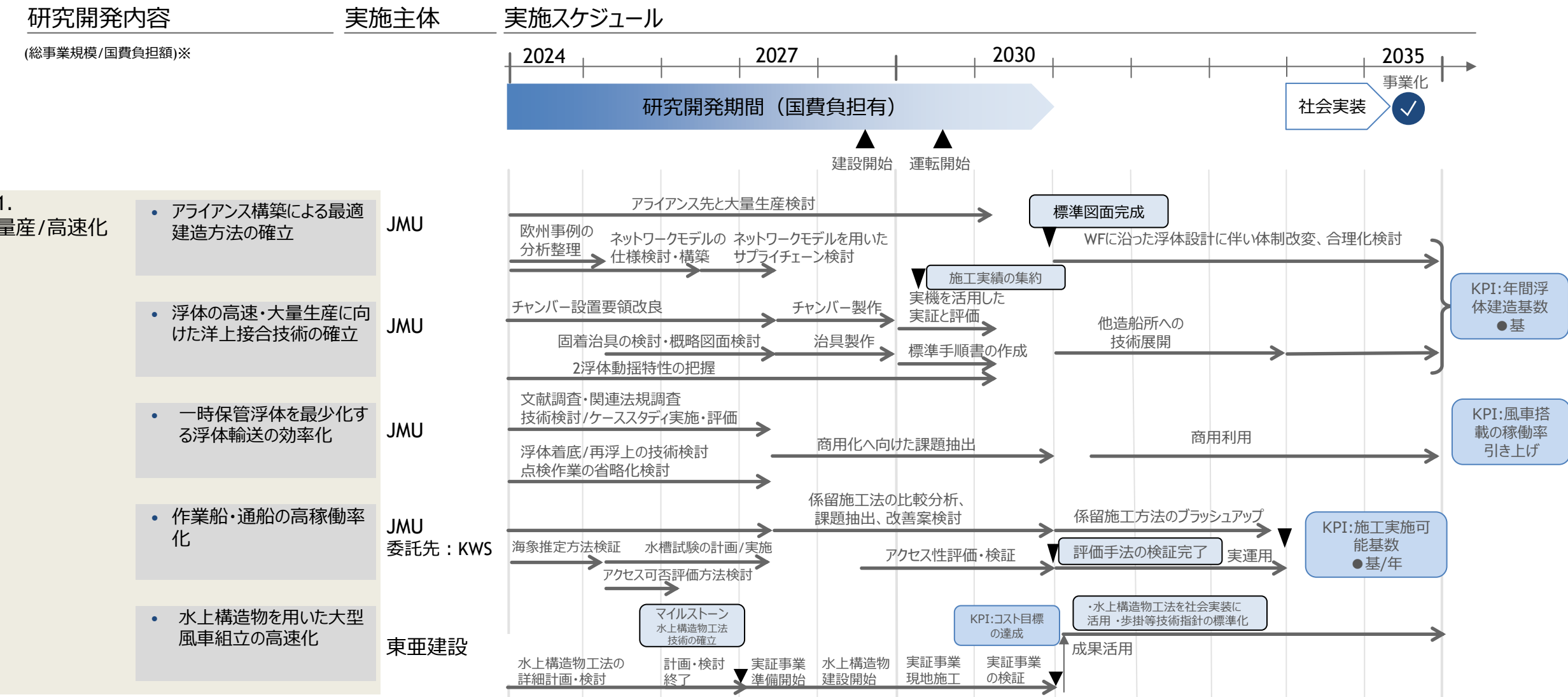
事業開発：複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



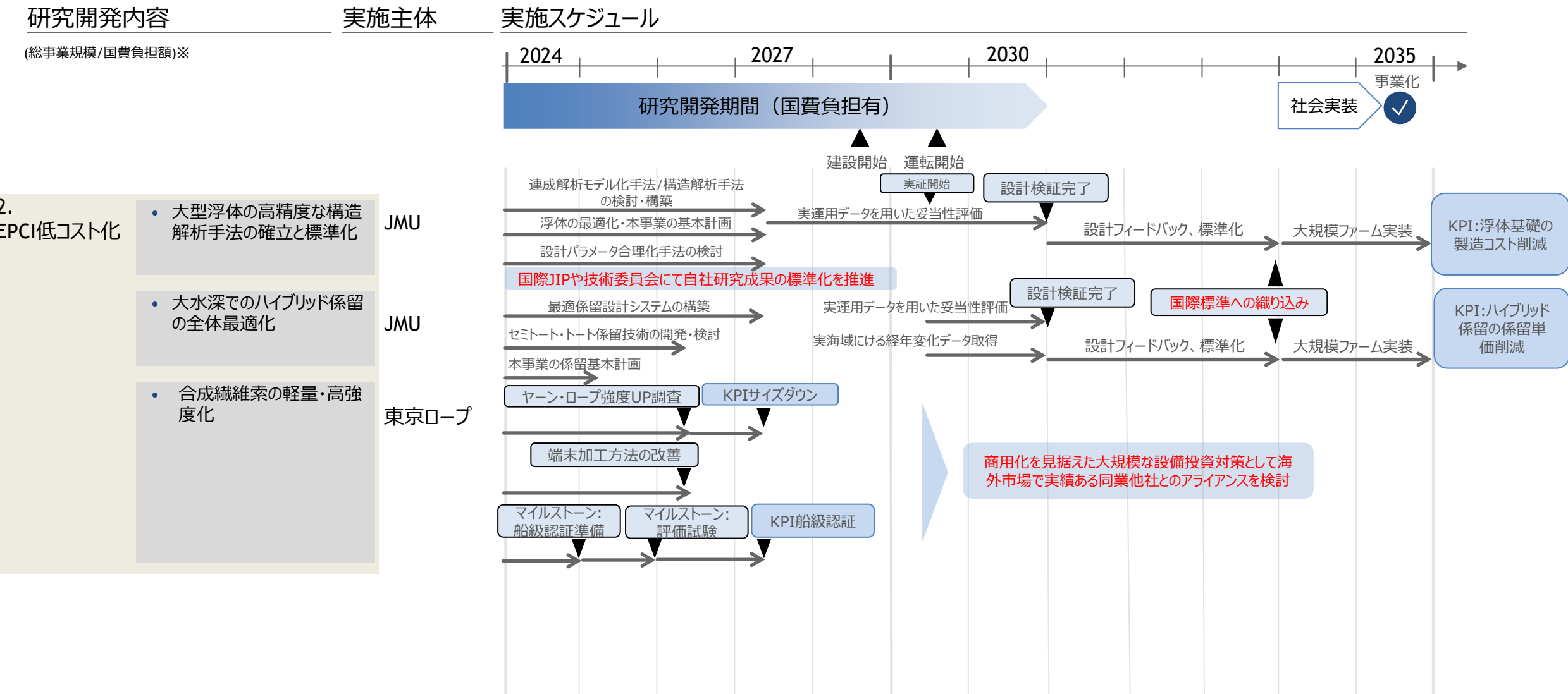
事業開発：複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



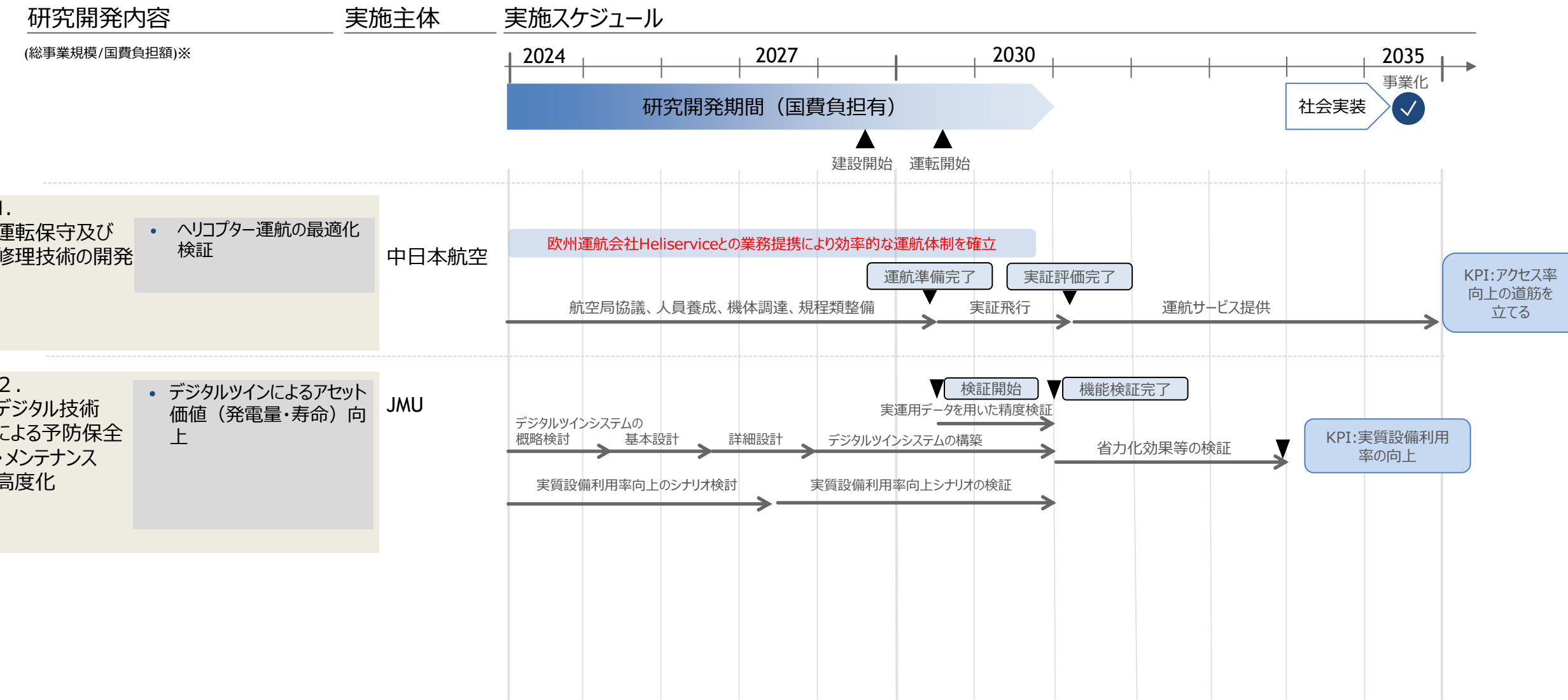
EPCI：複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



# EPCI：複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

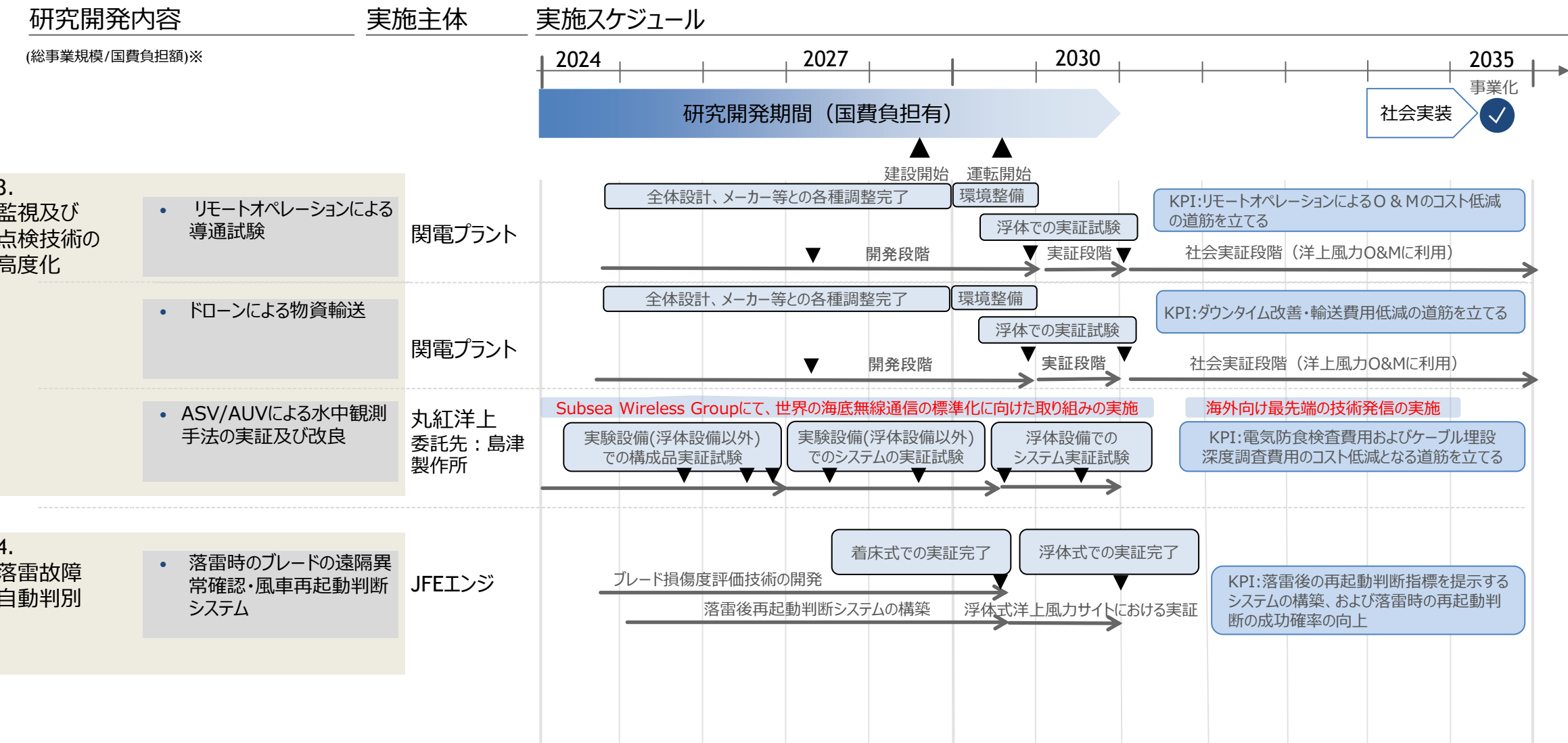


O&M：複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



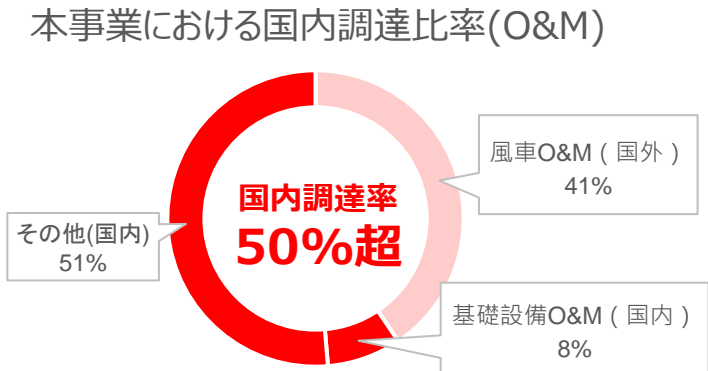
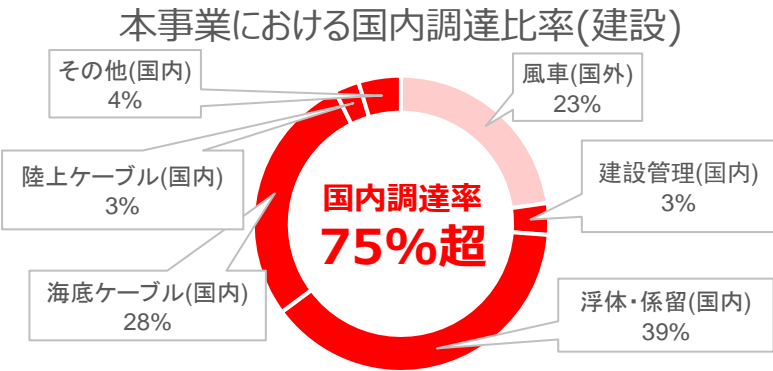


O&M：複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



本事業における国内での調達計画

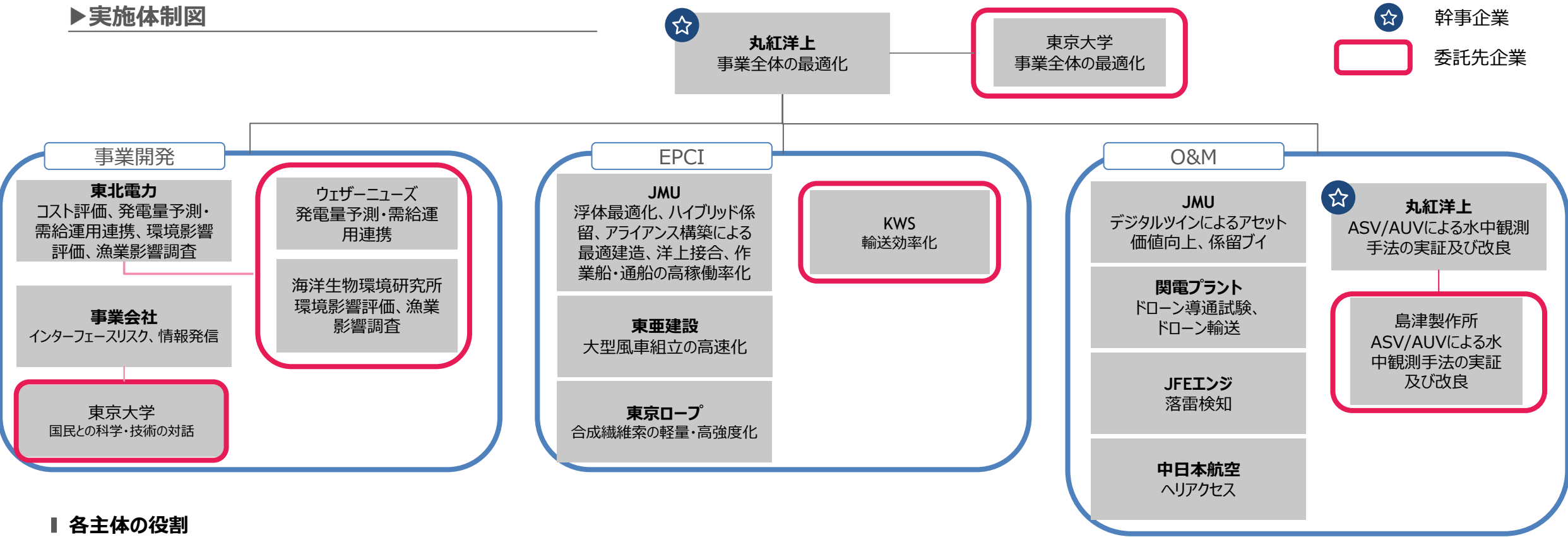
- 本事業では、風車の調達およびO&M以外の一次請負先としては、原則として国内調達を想定。建設にて75%超、O&Mにて50%超の国内調達を想定。



|           | 本事業               | 商用時の展開（国内経済・サプライチェーンへの波及効果）  |
|-----------|-------------------|--|
| 建設(調達・施工) |                   |  |
| 風車        | 海外企業より調達、施工は国内企業  | ・ 一部の風車部品の国内製造、最終アセンブリなど国内実施可能性を模索。施工は国内企業にて実施することを想定。   |
| 浮体・係留     | 国内企業より調達、国内企業にて施工 | ・ 浮体：JMUは、構築済みの国内サプライチェーン活用および、洋上接合技術による国内中小造船ドックでの部材製造による活用、国内サプライチェーンの拡大を模索。また、丸紅・JMUによるアジア展開にて、設計のライセンス展開に加えて、国内メーカーを積極的に起用することで国産製品輸出を実現し、国内経済波及に寄与する。<br>・ 係留：実証を通じ、国産合成繊維索の適用が広がることで、国内大手繊維メーカーなど国内サプライチェーンへの波及効果が期待される。 |
| ケーブル      | 国内企業より調達          | ・ 国内調達を想定。本事業の成果を踏まえて国際展開を図ることで、経済効果の創出が期待される。   |
| O&M       |                   |  |
| 風車        | 海外企業にて実施          | ・ 国産技術の遠隔監視・制御システムを用い、風車O&Mの部分国産化を図る。  |
| 基礎設備等     | 国内企業にて実施          | ・ 国内企業にて実施。ASV/AUVの活用など新規手法の取入れによるサプライチェーンの拡大が期待される。また、本実証で研究される水中光無線通信は海外で実例がなく、実用化後は最先端の技術発信が期待される。<br>・ また、大手電力のO&M関連子会社による保守・保安人材育成を通じて、地域の雇用創出効果が期待される。   |

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

▶実施体制図



■ 各主体の役割

下記の研究開発項目を個別企業で実施し、幹事企業である丸紅洋上にて、全体最適化の研究として、取りまとめを実施する

「事業開発」： 開発期間及び事業期間における、コスト低減策、事業実施に不可欠な項目を浮体式洋上風力にて効率的化する個別研究を設定  
洋上風力事業開発の実績・知見を有する丸紅洋上、東北電力、事業会社にて実施し、研究成果を最大化する

「EPCI」： 設計、製造、建設における、コスト・タクトタイム低減策の研究を設定  
国内企業の自助努力にてコスト低減が見込まれる、浮体、係留及び洋上工事の分野で実績・知見を有するJMU、東亜建設工業、東京製綱繊維ロープなど、にて実施し、研究成果を最大化する

「O&M」： O&Mにおける、コスト低減策、O&Mの新手法の研究を複数。加えて、新手法の研究成果を取りまとめ、最適な組み合わせ検討を丸紅洋上の全体最適化にて実施  
デジタル技術、ドローン、AUVなどの自動化技術などの強みを有する、JMU、関電プラント、島津製作所(丸紅洋上の委託先)、JFEE、中日本航空にて実施

# 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

## ▶各主体の役割と連携方法

### ■ 研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 各個別研究は、幹事企業の実施する月例会議にて進捗の共有を実施し、相互に連携を図ることができる体制を構築する。
- 複数間企業で共同で実施する形態をとる研究項目は、両社間で適切な課題設定と情報共有を行うことで、抜け漏れを防止する。  
(例：丸紅洋上の全体最適と、東北電力のコスト評価では、丸紅洋上にて個別研究を踏まえたシナリオを設定し、そのシナリオに基づき東北電力にてコスト算定を実施する、など。)

### ■ 共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- 参加企業は将来の標準化やグローバル展開も見据え、以下のような業界専門知識の取得及び、標準化、国際展開に取り組んでいる。

|           |   |
|-----------|---|
| 東北電力      | 各種要素技術の研究実施のため、英国Carbon Trustが運営するThe Floating Wind Joint Industry Programmeのほか、浮体式洋上風力発電技術組合（FLOWRA）等 に参画                  |
| JMU       | 国際Joint Industry Projectsや技術委員会等へ参加し、これらを自社研究成果の標準化を推進する場として活用  |
| 東亜建設      | 今後の商品化に向けて協力体制を維持すべく、欧州オランダのTWD BVを母体としたTWD Japan Corporationとフェーズ 1 研究開発の外注先として新技術開発の試設計を実施                                |
| 東京ロープ     | オフショアでも実績のないナイロン索の社会実装に向けた取り組みとして、DNVの「Technical Qualification（技術認証）」プロセスを活用、高機能ポリアラレート繊維の係留索に係るISO基準化実績                    |
| 関電プラント    | 海外展開を見据えた効率的な開発が行えるような実施体制を検討するため、韓国Doosan社と風車メンテナンスに関して連携調整中   |
| JFEエンジ    | 自社で運営する陸上風車およびO&Mを実施する着床式洋上風車を活用することで、浮体式洋上風車における実証に先駆けて開発を進めることが可能   |
| 中日本航空     | 欧州では運航体制が確立されており、日本で未成熟な飛行方式（計器飛行方式）での飛行も実施済みのため、欧州運航会社Heliserviceと業務提携し効率的な開発が可能   |
| 島津製作所     | 世界の海底無線通信の標準化に向けて2023年度からレベル3の高速通信検討するため、認証機関Subsea Wireless Groupに参画   |
| 海洋生物環境研究所 | 洋上風力発電に係る環境影響評価技術手法に関する検討会（環境省）や再エネ海域利用法上の促進区域における協議会、漁業影響調査の検討委員会等に継続的に参加し、標準化に資する議論を支援                                    |
| ウェザーニューズ  | 洋上再生可能エネルギー市場の発展に向けたサービス&サポートに一層注力し、独自高解像度気象予測モデルやAI技術、意思決定におけるDX促進のためのプラットフォームなど最新の技術を駆使したサービスを提供                          |
| KWS       | 欧州と日本でのオフショア支援船運航実績を活かした効率的係留施工方法の開発、その国際展開を見据えて導入したISO品質管理システムに基づき、日本の実運航にも配慮した国際規則ISMコードやIMCA（国際海洋請負業者協会）に対応する前提に取り組んでいる。 |

# 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目  | 研究開発内容                               | 活用可能な技術等  | 競合他社に対する優位性・リスク  |
|---------|--------------------------------------|---|--|
| 1. 事業開発 | 1 全体最適化                              |   |  |
|         | 発電コスト低減・タクトタイム低減に向けた研究成果の全体最適化（丸紅洋上） | <ul style="list-style-type: none"> <li>福島沖浮体式や国内着床式洋上風力案件、国内外の発電所の建設管理、運転管理能力を保有</li> <li>欧州の大規模浮体式洋上風力プロジェクトScotWindの開発を通じて得られた大型風車に対応する浮体技術の知見、構築を進めているグローバルサプライチェーン（港湾インフラ、造船所など）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>複数の浮体形状の特性を実証した福島浮体式の知見を活用可能</li> <li>国内商業案件かつ、マルチコントラクト形態をとった秋田港・能代港洋上風力事業を通じて蓄積したリスク管理ノウハウとの比較による課題解決策の導出が可能</li> <li>世界最大規模の浮体式洋上風力実案件であるScotWind案件とのシナジーによる課題解決策の導出が可能</li> </ul> |
|         | 大規模WFにおける浮体式洋上風力発電システムのコスト評価（東北電力）   | <ul style="list-style-type: none"> <li>電気事業者としての発電・O&amp;M・販売等の知見</li> <li>国内外事業者とのネットワーク</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>70年以上にわたる電源開発・O&amp;M実績や秋田県を含む東北エリアの需要家への電気の販売実績がある</li> <li>GI基金フェーズ1-③を通じて得た研究成果と国内事業者・メーカー間で共有する知見の蓄積、欧州のFLWJIPへの参画を通じた欧州事業者とのネットワークと知見</li> </ul>                                 |
|         | インターフェースリスクの低減（事業会社）                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>福島・北九州の実証事業及び秋田港能代港洋上風力を通じた課題解決、開発・建設・操業のノウハウの活用</li> <li>マルチコントラクト形態をとった秋田港能代港洋上風力を通じて蓄積したリスク管理ノウハウの活用</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>福島・北九州の実証事業及び、秋田港能代港洋上風力での実績を活用できることから、競合他社に対する優位性を有する</li> </ul>   |



国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目 | 研究開発内容   | 活用可能な技術等  | 競合他社に対する優位性・リスク   |
|--------|--|---|---|
| 1．事業開発 | 2 発電量予測の高度化                                      |   |   |
|        | インバランス低減に向けた高精度気象・発電量予測モデルの開発と実需給運用との連携最適化（東北電力） | <div><ul style="list-style-type: none"><li>ウェザーニューズの高精度気象モデルと発電量予測の知見</li><li>再エネアグリゲーションサービスにおける需給運用実績</li></ul></div> | <div><div>→</div><ul style="list-style-type: none"><li>ウェザーニューズの高精度気象モデルは、過去実績において、従来モデル比で風速予測誤差10-20%低減を実現</li></ul></div> <div><div>→</div><ul style="list-style-type: none"><li>東北エリアにおける需給運用実績においてインバランス低減に寄与</li></ul></div> |

## 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目  | 研究開発内容                                       | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク  |
|---------|--|--|--|
| 1. 事業開発 | 3 ステークホルダーとの協調・共生                            |  |  |
|         | EEZへの展開を見据えた沖合における環境影響評価に向けた予測の合理化・高度化（東北電力） | <ul style="list-style-type: none"> <li>海洋生物環境研究所の環境影響評価に係る知見・実績</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>海洋生物環境研究所は、沿岸海域における開発と環境保全に関する研究機関として、洋上風力発電に係る環境影響評価技術手法に関する検討会に継続的に参加しており、同分野に関する動向について精通している</li> <li>海洋生物環境研究所は、環境影響評価に関するNEDOや資源エネルギー庁からの委託事業を数多く実施した実績があり、洋上風力発電に係る環境影響評価に関する知見を蓄積している</li> </ul> |
|         | EEZへの展開を見据えた沖合における漁業影響を把握する手法の評価（東北電力）       | <ul style="list-style-type: none"> <li>海洋生物環境研究所の漁業影響調査に係る知見・実績</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>海洋生物環境研究所は、再エネ海域利用法上の促進区域における協議会や漁業影響調査の検討委員会に継続的に参加しており、各地域における漁業関係者の問題意識等について精通している</li> <li>海洋生物環境研究所は、漁業影響調査に関するNEDOや資源エネルギー庁からの委託事業を数多く実施した実績があり、洋上風力発電に係る漁業影響調査に関する知見を蓄積している</li> </ul>           |
|         | ステークホルダーとの対話、情報発信（事業会社）                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>福島・北九州の実証事業、秋田港能代港着床式洋上風力における知見・実績</li> <li>東京大学の国民との科学・技術の対話の実績</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>実績のある教育機関への委託や適切な人材を確保していることから競合他社に対して優位性を有している</li> </ul>  |

## 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目  | 研究開発内容                       | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク  |
|---------|------------------------------|--|--|
| 2. EPCI | 1 浮体の量産/高速化                  |  |  |
|         | 浮体の高速・大量生産に向けた洋上接合技術の確立（JMU） | <ul style="list-style-type: none"> <li>新造船建造技術</li> <li>豊富な設備及び人材</li> <li>洋上接合技術</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>（優位性）大型構造物の製造が豊富</li> <li>（優位性）自社所有のドックと従業員</li> <li>（リスク）風車浮体への適用実績なし</li> </ul> |
|         | アライアンス構築による最適建造方法の確立（JMU）    | <ul style="list-style-type: none"> <li>JMUにて浮体一体設計</li> <li>商船の推進性能技術</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>（優位性）他ヤードからのフィードバック対応</li> <li>（優位性）浮体輸送に関する基盤技術</li> </ul>                       |
|         | 一時保管浮体を最少化する浮体輸送の効率化（JMU）    | <ul style="list-style-type: none"> <li>JMU舞鶴事業所</li> <li>豊富な浮体輸送経験</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>（優位性）日本海港湾内の静穏性</li> <li>（優位性）自社所有設備</li> <li>（優位性）浮体沈降・浮上技術</li> </ul>           |
|         | 作業船・通船の高稼働率化（JMU）            | <ul style="list-style-type: none"> <li>国内外O&amp;G分野における洋上作業の実績</li> <li>福島実証での浮体アクセスに関する知見</li> <li>商船事業での海象逆解析実績</li> <li>海上・港湾・航空技術研究所との着床式洋上風力へのアクセスに関する研究</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ノウハウ、人材、実験設備</li> <li>社会実装に向けた高い実現可能性</li> </ul>                                  |

## 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目  | 研究開発内容                                       | 活用可能な技術等  | 競合他社に対する優位性・リスク   |
|---------|--|---|---|
| 2. EPCI | 1 浮体の量産/高速化<br><br>水上構造物を用いた大型風車組立の高速化（東亜建設） | <ul style="list-style-type: none"> <li>当社が有する多数の港湾、海洋工事および発電所、エネルギー基地建設等における技術的知見</li> <li>関連会社や国内外のパートナー企業の専門的な技術的経験や知見を活用</li> <li>共同実施者各社の洋上風力実績、特にJMU殿の造船技術と研究開発実績</li> </ul> | <p>（優位性）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>フェーズ1研究成果として、水上構造物工法の国内特許出願済み、国際PCT特許出願中。</li> <li>当社の実績を用いた自社独自の技術確立</li> </ul> <p>（リスク）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海域の環境条件に応じた工法の修正、調整</li> </ul> |
|         |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>当社独自の施工方法に関する技術的知見や特許工法、特許出願中技術などを活用</li> <li>欧州で多数の開発実績をもつ企業と協業体制にある外注先（TWD Japan）の技術的知見を活用</li> </ul>                                    | <p>（優位性）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>フェーズ1研究成果として、タワー立て起こし装置の試設計を終えて、国内特許出願済み、国際PCT特許出願中</li> </ul>  |

## 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目  | 研究開発内容  | 活用可能な技術等  | 競合他社に対する優位性・リスク  |
|---------|---|---|--|
| 2. EPCI | <p>2 EPCI低コスト化</p> <p>大型浮体の高精度な構造解析手法の確立と標準化（JMU）</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>浮体形状に関する特許</li> <li>風車浮体および係留の技術論文</li> <li>自社水槽試験設備</li> <li>国際JIPへの参画</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>大型風車搭載浮体に有効な形状を真似することができない（風車搭載コラムの拡大など）</li> <li>人材およびノウハウ</li> <li>世界最前線の技術の導入</li> </ul> |
|         | <p>大水深でのハイブリッド係留の全体最適化（JMU）</p>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>風車浮体および係留の技術論文</li> <li>ハイブリッド係留の実海域試験の経験</li> <li>福島実証での係留施工・撤去の経験</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>浮体と係留の一体設計が可能</li> <li>合成繊維索実海域データを基にした設計可能</li> <li>施工手順も考慮した係留最適化が可能</li> </ul>           |



## 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目  | 研究開発内容                                      | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク   |
|---------|---|--|---|
| 2. EPCI | 2 EPCI低コスト化<br><br>合成繊維索の軽量・高強度化<br>(東京ロープ) | <ul style="list-style-type: none"> <li>係留索の低コスト化（強度アップ） <ul style="list-style-type: none"> <li>φ200mm超の試験データーの活用</li> <li>ヤーンの太さ、撚り方、サブロープの撚り方など<br/>これまでの豊富な知見の活用</li> </ul> </li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>国内大手原料メーカーとの協力体制で進めることが出来る</li> <li>超太径ロープでの実績、経験値の差がリスクとして挙げられる</li> </ul>  |
|         |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>端末加工の低コスト化（加工方法改良） <ul style="list-style-type: none"> <li>スプライス加工以外の加工方法に関する知見</li> <li>様々な用途での実績を踏まえた外層ジャケットの<br/>端末処理方法の改良</li> <li>シングルや接続金具の国内調達検討</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>細径ロープにおいてはすでに多くの実績を持っている</li> <li>超大型の金具は世界的にも供給先が限られており、国内で対応可能かは未確認</li> <li>超太径ロープでの実績、経験値の差がリスクとして挙げられる</li> </ul> |
|         |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>現地設置コスト低減に向けて <ul style="list-style-type: none"> <li>作業船の設備等を踏まえた巻取リールの検討</li> <li>作業軽減のためのマーキング(捻じれ防止)</li> <li>保管期間を想定した紫外線対策(ラッピング等)</li> </ul> </li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>コンソの中で施工業者が所有する船の装備に合わせて開発を進めることが出来る</li> <li>超太径ロープでの実績、経験値の差がリスクとして挙げられる</li> </ul>                                  |
|         |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>国内初となる船級認証取得 <ul style="list-style-type: none"> <li>既存製品における認証取得実績</li> </ul> </li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>国内外船級協会と意見交換を実施中</li> </ul>  |

## 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目 | 研究開発内容                              | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク   |
|--------|-------------------------------------|--|---|
| 3.O&M  | 1 運転保守及び修理技術の開発                     |  |   |
|        | ヘリコプター運航の最適化検証<br>（中日本航空）           | <ul style="list-style-type: none"> <li>洋上風力発電施設（欧州）での運航経験（欧州運航会社との業務提携にて）</li> <li>設備及び人材（近隣に運航拠点保有）</li> </ul>  | <p>（優位性）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>確立された欧州洋上運航ノウハウ保有</li> <li>計器飛行方式で運航可能な操縦士保有</li> </ul> <p>→</p> <p>（リスク）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国内洋上運航は未成熟</li> </ul>  |
|        | 2 デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化           |  |   |
|        | デジタルツインによるアセット価値<br>（発電量・寿命）向上（JMU） | <ul style="list-style-type: none"> <li>風車浮体の応答に関する技術論文</li> <li>一般商船用デジタルツインシステム</li> <li>大学との共同研究実績</li> </ul>  | <p>→</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ノウハウ、人材</li> <li>社会実装に向けた高い実現可能性</li> <li>世界最先端の技術導入</li> </ul>   |
|        | 3 監視及び点検技術の高度化                      |  |   |
|        | ドローンによる物資輸送<br>（関電プラント）             | <ul style="list-style-type: none"> <li>フェーズ1で開発した無人航空機（UAV）により、遠距離飛行を可能とした技術</li> <li>LiDARでドローンとブレードとの距離計測し自動で離隔制御する技術</li> <li>山岳地における送電鉄塔修繕工事他に活用しているドローンによる物資輸送技術の提供</li> <li>ローカル5G活用に対する総務省委託事業での実証結果</li> <li>フェーズ1、総務省委託事業でのドローン等の開発人材の確保</li> </ul> | <p>→</p> <p>（優位性）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ハイブリッドドローンに重量物を搭載した長時間飛行を実証済み</li> <li>揺動するナセル上部へ設置検討を行う揺動緩和装置等の開発企業と連携済み</li> <li>開発人材確保済み</li> </ul> <p>（リスク）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ヘリコプターを用いた物資輸送技術</li> </ul> |

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目 | 研究開発内容                        | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク   |
|--------|-------------------------------|--|---|
| 3.O&M  | 3 監視及び点検技術の高度化                |  |   |
|        | リモートオペレーションによる導通試験（関電プラント）    | <ul style="list-style-type: none"><li>・ ダウンコンダクター導通試験を無人航空機（UAV）で実施する技術の特許（特願 P023003JP1）</li><li>・ フェーズ1で開発した無人航空機（UAV）により、無線で導通試験を行う技術（レセプター接触用無線デバイス、AI自動飛行システム、試験結果画像データ伝送システム）</li><li>・ ローカル5G活用に対する総務省委託事業での実証結果</li><li>・ フェーズ1、総務省委託事業でのドローン等の開発人材の確保</li></ul> | <div>（優位性）</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・ ダウンコンダクター導通試験を無人航空機（UAV）で実施する技術の特許を保有</li><li>・ ドローン制御の安定性は実証済</li><li>・ 開発人材確保済み</li></ul> <div>（リスク）</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 無人航空機（UAV）を用いない点検システム開発との競合</li></ul>   |
|        | ASV/AUVによる水中観測手法の実証及び改良（丸紅洋上） | <p>以下の島津製作所の保有する技術を活用</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 水中光無線</li><li>・ 水中音響無線</li><li>・ ファイバー式水中光無線</li><li>・ 水中位置検知</li><li>・ フラックスゲート型磁気センサ、UEPセンサ</li><li>・ 背景ノイズ補償技術</li><li>・ 光無線基地局</li></ul>   | <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 防衛装備品で実績あり、世界トップクラス性能</li><li>・ 防衛装備品で実績あり（日立製作所）</li></ul> <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 世界トップクラス性能</li></ul> <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 実績あり（長崎大学）</li></ul> <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 防衛装備品で実績あり、世界トップクラス性能</li><li>・ 防衛装備品で実績あり、世界トップクラス性能</li></ul> <div>→</div> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 世界トップクラス性能</li></ul> |

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

| 研究開発項目 | 研究開発内容                              | 活用可能な技術等   | 競合他社に対する優位性・リスク   |
|--------|-------------------------------------|--|---|
| 3.O&M  | 4 落雷故障自動判別                          | <ul style="list-style-type: none"><li>GRC(Global Remote Center)を活用した各種発電設備（太陽光発電設備、バイオマス発電設備、環境廃棄物発電設備）の監視制御システム、データ分析・運転支援開発技術の実績あり</li><li>風力発電設備状態監視、健全性評価センサーの適用評価を実施中</li></ul> | <p>→</p> <p>＜優位性＞<br/>20年以上の陸上風車でもEPC及びO&amp;Mの実績があり、ブレードの損傷状況判断技術・補修技術を保及びセンサー、装置、カメラ等の選定ノウハウを保有している</p> <p>＜リスク＞<br/>浮体式のような動揺の多い設備へのセンサー、装置、カメラ等の実績はない</p> |
|        | 落雷時のブレードの遠隔異常確認・風車再起動判断システム（JFEエンジ） | <ul style="list-style-type: none"><li>陸上風力および着床式風力における運営実績</li><li>陸上風力におけるOEMメーカーに代わって実施しているブレード損傷診断・補修技術</li><li>統合管理システム ASUNAGとAI解析プラットフォーム Pla'cello®を保有</li></ul>              | <p>→</p> <p>＜優位性＞<br/>再生可能発電プラントの故障診断・予防保全に資するデータ解析実績あり</p>   |
|        |                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>メンテナンス作業を直接従事している</li><li>陸上風力発電所として幌延風力発電所を所有。さらに入善町沖洋上風力発電所のメンテナンスも実施している</li></ul>  | <p>→</p> <p>＜優位性＞<br/>メンテナンス作業を直接従事しておりブレード損傷に対する知見を有する</p> <p>＜リスク＞<br/>実証期間中にシステム評価するに足る十分な落雷機会が得られるか不明</p>   |

参考：各主体の特長を生かせる研究開発実績（1/3）

| 研究開発内容              | No. | 案件名  | 期間               | 実施内容                      | 実績を持つ機関                   |
|---------------------|-----|--|------------------|---------------------------|---------------------------|
| 全体最適                | 1   | 福島浮体式洋上ウインドファーム実証事業                                  | 2011年～2021年      | 建設管理・運転管理、事業性評価、地域との協調、共生 | 丸紅洋上                      |
|                     | 2   | 秋田港・能代港洋上風力発電所                                       | 2016年～           | 建設管理・運転管理、許認可取得等          |                           |
|                     | 3   | 洋上風力発電の低コスト化プロジェクト／研究開発項目フェーズ1ー③ 洋上風力関連電気システム技術開発事業  | 2021年～2025年3月    | 技術仕様検討・コスト評価              | 東北電力                      |
|                     | 4   | Floating Wind Joint Industrial Programme (FLW JIP)   | 2021年～           | 共同研究への参画                  |                           |
|                     | 5   | 浮体式洋上風力技術研究組合（FLOWRA）                                | 2024年～           | 共同研究への参画                  |                           |
|                     | 6   | 岩手県久慈市沖における浮体式洋上風力発電の実現可能性調査                         | 2022年～           | 実現可能性調査の共同実施              |                           |
| 発電量予測の高度化           | 7   | 洋上風況観測にかかる試験サイトのモデル検討・構築                             | 2022年～2024年      | 試験サイトの構築                  | 丸紅洋上                      |
|                     | 8   | 国内陸上風力発電量予測 35ヶ所                                     | 2018年～           | 陸上風力発電量予測                 | 東北電力<br>委託先：<br>ウエザーニューズ  |
|                     | 9   | ポルトガルTSO REN向け 風力発電量予測 136ヶ所                         | 2021年～           | 風力発電量予測                   |                           |
|                     | 10  | 石狩湾新港洋上風力プロジェクト 基礎工事&風車据付工事支援                        | 2022-23年         | 高精度気象予測の提供                |                           |
|                     | 11  | 入善町沖洋上風力プロジェクト 風車据付工事支援                              | 2023年            | 高精度気象予測の提供                |                           |
|                     | 12  | Greater Changhuaプロジェクト（台湾） 風車据付工事支援                  | 2022-23年         | 高精度気象予測の提供                |                           |
|                     | 13  | Vesterhav Nord and Sydプロジェクト（デンマーク） 風車据付工事支援         | 2022-23年         | 高精度気象予測の提供                |                           |
| ステークホルダーとの<br>協調・共生 | 14  | 発電所の環境影響評価審査に係る調査委託費（洋上風力発電所調査等手法の検討）                | 2018年            | 調査研究                      | 東北電力<br>委託先：<br>海洋生物環境研究所 |
|                     | 15  | 発電所環境審査調査（海域調査）                                      | 2017年            | 調査研究                      |                           |
|                     | 16  | 洋上風力発電に係る漁業影響調査手法検討                                  | 2019年            | 調査研究                      |                           |
|                     | 17  | 新エネルギー等の導入促進のための広報等事業（地域での洋上風力発電に関する案件形成の促進に向けた調査事業） | 2021年            | 調査研究                      |                           |
|                     | 18  | 洋上風力発電による水産生物への生態影響に係る基礎調査                           | 2022～2024年       | 基礎調査                      |                           |
|                     | 19  | 秋田県八峰町及び能代市沖における協議会 実務者会議                            | 2021年            | 会議メンバー                    |                           |
|                     | 20  | 新潟県村上市及び胎内市沖における協議会 実務者会議                            | 2022年            | 会議メンバー                    |                           |
|                     | 21  | 遊佐町沖漁業影響調査に係る専門家会議                                   | 2022年            | オブザーバー参加                  |                           |
|                     | 22  | 秋田県由利本荘市沖(北側・南側)洋上風力発電事業における漁業影響調査検討委員会              | 2022年～           | 委員就任                      |                           |
|                     | 23  | 洋上風力発電所に係る環境影響評価技術手法に関する検討会                          | 2022年11月～2024年3月 | 委員就任                      |                           |

参考：各主体の特長を生かせる研究開発実績（2/3）

| 研究開発内容    | No. | 案件名  | 期間                    | 実施内容   | 実績を持つ機関  |
|-----------|-----|--|-----------------------|--|----------|
| EPCI低コスト化 | 24  | 福島浮体式洋上ウインドファーム実証事業  | 2011年～2021年           | 風車浮体EPCI、撤去  | JMU      |
|           | 25  | 浮体式洋上風力発電低コスト化技術開発調査研究（大型スーパー浮体）   | 2020年～2021年           | 風車組立解析、浮体動揺解析  |          |
|           | 26  | Floating Wind Joint Industry Project   | 2020年～                | 浮体設計・施工検討  |          |
|           | 27  | MoniMoor JIP   | 2023年～                | 係留設計解析、デジタルツイン   |          |
|           | 28  | IEA Wind Task56 OC7  | 2024年～                | 風車浮体挙動解析   |          |
|           | 29  | 風力発電等技術研究開発/洋上風力発電等技術研究開発/洋上風力発電システム実証研究（ジャッキアップ型作業構台に係わる低コスト施工技术調査研究）                       | 2017年～2019年           | 風車組立解析、浮体動揺解析  |          |
|           | 30  | 超大型浮体式海洋構造物の研究開発   | 1995年～2001年           | 浮体挙動解析、洋上接合  |          |
|           | 31  | 浮体式洋上風力発電の安全性研究開発  | 2012年                 | 浮体挙動解析、係留設計、水槽試験   |          |
|           | 32  | 浮体式洋上風車を設置するための作業船開発   | 2020年～2021年           | 風車組立解析   |          |
|           | 33  | 次世代大水深用半潜車型掘削リグの研究開発   | 2016年                 | 浮体設計   |          |
|           | 34  | 五洋建設殿向け SEP船建造業務   | 2018年完工               | SEP船設計、建造  |          |
|           | 35  | 清水建設殿向け SEP船建造業務   | 2022年完工               | SEP船設計、建造  |          |
|           | 36  | 環境配慮型 C C S 実証事業委託業務   | 2017年～                | 小型浮体設計、係留設計、アクセス検討   |          |
|           | 37  | 大林組/東亜建設工業殿向け SEP船建造業務   | 2023年完工               | SEP船設計、建造  | JMU、東亜建設 |
|           | 38  | 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<br>浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業<br>セミサブ型浮体・ハイブリッド係留システムに係る技術開発及び施工技术開発 | 2022年3月23日～2024年3月31日 | 低コスト施工技术の開発（風車搭載）  | 東亜建設     |
|           | 39  | コンソーシアム：浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究【国土交通省海事局】   | 平成31年度～現在             | 合成繊維索を用いた係留索の安全評価手法の検討<br>付着物調査実施中                                     | 東京ロープ    |
|           | 40  | 経験：海洋エネルギー発電実証等研究開発事業（海流発電）【NEDO】  | 平成29年度～令和4年度          | 発電施設係留用ロープの製作、納入。  |          |
|           | 41  | 経験アイスブームメインロープ（ロープ径φ130、長さ160m）の納入実績【北海道開発局】   | 平成6年度から現在             | 流水防止用ロープの製作、納入<br>φ130までの太径ロープの巻き取り及び<br>陸上輸送実績有。                      |          |
|           | 42  | 経験：船舶に用いる合成繊維索の製造法承認の取得実績【一般財団法人 日本海事協会】   | 1950年代～現在             | 既存製品における船級認証取得<br>NKで47種、DNVで2種の船舶係留索の認証取得<br>実績有（その他にLR、OCIMF等の認証実績有） | JFEエンジ   |
|           | 43  | 陸上風車の建設  | 1997年～2007年           | 750kW：121基(1997年～2004年)<br>2000kW:10基(2003年～2007年)                     |          |



参考：各主体の特長を生かせる研究開発実績（3/3）

| 研究開発内容                  | No. | 案件名                               | 期間                 | 実施内容   | 実績を持つ機関       |
|-------------------------|-----|-----------------------------------|--------------------|--|---------------|
| 運転保守及び修理技術の開発           | 44  | 陸上風車のメンテナンス                       | 1999年～現在           | 750kW：121基(1999年～現在)<br>2000kW:9基(2004年～現在)          | JFEエンジ        |
|                         | 45  | 中日本航空による取り組み                      | 2023年～（提携締結は2020年） | 洋上風力発電施設でのヘリコプターによる人員・物資輸送                           | 中日本航空         |
|                         | 46  | 中日本航空による取り組み                      | 常時                 | 設備、人材の保有   |               |
| デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 | 47  | 発電プラントのデータ解析・グリーンエナジー津            | 2016年～             | 予防保全診断   | JFEエンジ        |
|                         | 48  | 発電プラントのデータ解析                      | 2022年～             | データ解析：RODAS  |               |
| 監視及び点検技術の高度化            | 49  | 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 | 2022年～2025年        | 浮体式洋上風力発電における点検技術の高度化に向けた開発に取組み、浮体式風車ブレードの革新的点検技術を開発 | 関電プラント        |
|                         | 50  | 安全保障技術研究推進制度                      | 2015年～2017年        | AUVなどの水中移動体で安定した高速無線通信の確立                            | 丸紅洋上委託先：島津製作所 |
|                         | 51  | 日本財団－Deep Star連携技術開発助成プログラム       | 2019年～2023年        | 水中光無線通信基地局の開発  |               |
|                         | 52  | 先進技術の橋渡し研究                        | 2020年              | 水中光無線通信試験機材の光ビーム幅広域化データ取得役務                          |               |
|                         | 53  | 先進技術の橋渡し研究                        | 2021年              | 水中光無線通信の太陽光等の外乱光の影響低減及び多重化に関するデータ取得役務                |               |
|                         | 54  | 先進技術の橋渡し研究                        | 2022年              | 水中光無線通信の多重化に関するデータ取得役務                               |               |
|                         | 55  | SWiG（Subsea Wireless Group）       | 2023年～             | 海中無線技術(無線周波数、音響、誘導、光、ハイブリッド)の規格定義                    |               |
|                         | 56  | 先進技術の橋渡し研究                        | 2022年              | 光/音響ハイブリッド水中通信装置に関するデータ取得役務                          |               |
|                         | 57  | 先進技術の橋渡し研究                        | 2023年～             | UUV-UUV間における光/音響ハイブリッド水中通信                           |               |

参考：各主体の特長を生かせる研究開発内容に関する特許

| 研究開発内容       | No. | 実施主体が有する特許  | 発明の名称  | 出願番号            | 実績を持つ機関 |
|--------------|-----|---|--|-----------------|---------|
| EPCI低コスト化    | 1   | 浮体形状に関する特許  | 浮体構造物、浮体式風力発電装置及び浮体構造物の製造方法                  | 2019-065666     | JMU     |
|              | 2   |   | 浮体構造物及び洋上施設                                  | 2020-042477     |         |
|              | 3   |   | 浮体構造物  | 2018-552350     |         |
|              | 4   |   |  | 2013-134248     |         |
|              | 5   |   | スパー型浮体構造物                                    | 2013-503553     |         |
|              | 6   |   | 浮体構造物  | 2010-187182     |         |
|              | 7   | 風車作業船に関する特許   | 浮体構造物作業システム、浮体構造物、作業船及び浮体構造物作業方法             | 2010-165889     |         |
|              | 8   |   | クレーン装置、作業船及び洋上風力発電設備の作業方法                    | 2014-042054     |         |
|              | 9   | 作業船・通船の高効率化   | 多機能船   | 2024-2647926479 |         |
| 浮体の量産／高速化    | 10  | 洋上接合技術  | 浮体構造物及び浮体構造物の建造方法                            | 2024-011579     | 東亜建設    |
|              | 11  | 水上構造物、タワー立て起こし装置、SEP（出願中）                                     | 浮体式洋上風力発電施設の施工方法                             | 2023-113565     |         |
|              | 12  |   |  | 2023-174198     |         |
| 落雷故障自動判別     | 13  | 周波数変換装置を備えた風力発電装置に用いるのに好適な落雷時に周波数変換装置内の機器の損傷を防止することが可能な風力発電装置 | 風力発電装置                                       | 2012-72584      | JFEエンジ  |
|              | 14  | ブレードが樹脂製のブレード本体とその先端に接合された導電性・金属製のブレード先端部材からなることを特徴とする風力発電設備  |  | 2003-347213     |         |
| 監視及び点検技術の高度化 | 15  | リモートオペレーションによる導通試験技術の開発                                       | 風力発電設備の点検方法および無人点検装置                         | 2022-183996     | 関電プラント  |
|              | 16  | 水中光無線通信   | 光ファイバーを用いて多チャンネル受光素子の指向性を調整する方法              | 2021-554803     | 島津製作所   |
|              | 17  |   | 水中用レーザ光源                                     | 2018-063804     |         |
|              | 18  |   | 空間光無線通信用光ファイバシステム                            | 2021-573650     |         |
|              | 19  |   | 異なる方向に異なる波長の光を放出する多重光無線通信法                   | 2021-550886     |         |
|              | 20  |   | 水中無線通信（発光素子にファイバー）                           | 2021-573652     |         |
|              | 21  |   | 素子の一部を無効化することで、素子に過大な外乱光が入射するときも光無線通信を維持する方法 | 2021-554539     |         |
|              | 22  | 磁気センサ   | 機械学習による学習済みモデルを搭載した磁気センサシステム                 | 2020-036104     |         |
|              | 23  | 磁気センサ,UEPセンサ  | 海底構造物検出システム                                  | 2021-185761     |         |

## 参考：各主体の特長を生かせる研究開発内容に関する論文（1/2）

| 研究開発内容    | No. | 論文名   | 発表先   | 発表時期    | 実績を持つ機関 |
|-----------|-----|---|---|---------|---------|
| EPCI低コスト化 | 1   | Development of floating offshore substation and wind turbine for Fukushima FORWARD  | Proceedings of the International Symposium on Marine and Offshore Renewable Energy                              | 2013.10 | JMU     |
|           | 2   | DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF FLOATING SUBSTATION   | Grand Renewable Energy 2014   | 2014.7  |         |
|           | 3   | Verification of Precision Concerning to the Design of Advanced Spar Type Structure  | 日本船舶海洋工学会講演会論文集   | 2015.4  |         |
|           | 4   | THE VALIDATION OF THE MOTION PERFORMANCE OF THE ADVANCED SPAR TYPE FLOATER  | WWEC2016  | 2016.11 |         |
|           | 5   | Structural Design of Advanced Spar Type Structure in Fukushima FORWARD  | WMTC2018  | 2018.4  |         |
|           | 6   | VALIDATION OF APPLICABILITY OF LOW FREQUENCY MOTION ANALYSIS THEORY USING OBSERVATION DATA OF FLOATING OFFSHORE SUBSTATION                      | Proceedings of the ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2018) | 2018.6  |         |
|           | 7   | Validating numerical predictions of floating offshore wind turbine structural frequencies in Bladed using measured data from Fukushima Hamakaze | DeepWind2019  | 2019.1  |         |
|           | 8   | NUMERICAL MODELLING OF A RELATIVELY SMALL FLOATING BODY'S WAVE AND LOW FREQUENCY MOTION RESPONSE, COMPARED WITH OBSERVATIONAL DATA              | Proceedings of the ASME 2019 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering            | 2019.6  |         |
|           | 9   | VALIDATION OF THE MOTION ANALYSIS METHOD OF FLOATING OFFSHORE WIND TURBINES USING OBSERVATION DATA ACQUIRED BY FULL SCALE DEMONSTRATION PROJECT | 38th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering   | 2019.6  |         |
|           | 10  | Prediction of an Advanced Spar's Horizontal Motions Validated by Full Scale Observation Data  | Torque2020  | 2020.5  |         |
|           | 11  | EXPERIMENTAL IDENTIFICATION OF AN ADVANCED SPAR'S LOW FREQUENCY DRAG DAMPING IN WAVES   | Proceedings of the ASME 2020 39th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering            | 2020.6  |         |
|           | 12  | Non-Linear Motion Characteristics of a Shallow Draft Cylindrical Barge Type Floater for a FOWT in Waves   | Journal of Marine Science and Engineering   | 2021.3  |         |
|           | 13  | DEVELOPMENT OF 12MW CROSS-SHAPED SEMI-SUBMERSIBLE FLOATING OFFSHORE WIND TURBINE  | Proceedings of the ASME 2022 41st International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2022   | 2022.6  |         |
|           | 14  | Surge slow drift viscous drag damping of an advanced spar: A numerical-experimental method for variable damping rates                           | Ocean Engineering   | 2022.10 |         |
|           | 15  | ESTIMATION OF VISCOUS DAMPING FORCE AND NONLINEAR WAVE FORCE ACTING ON A FLOATING OFFSHORE WIND TURBINE USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS      | 42nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering   | 2023.6  |         |
|           | 16  | 動的解析における係留張力の位相差について  | 日本船舶海洋工学会講演会論文集   | 2016.11 |         |
|           | 17  | Structural Design of Advanced Spar Type Structure in Fukushima FORWARD  | TEAM2017  | 2017.9  |         |
|           | 18  | 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）   | 風力エネルギー（一般財団法人日本風力エネルギー学会）Vol.47 No.2   | 2023.8  |         |
|           | 19  | 工程モデリングと離散時間シミュレーションに基づく洋上風車浮体の建造計画検討システムの開発  | 日本船舶海洋工学会 2023秋季講演会論文集  | 2023.9  |         |
|           | 20  | 海事産業における技術開発プロジェクト初期段階での意思決定支援プラットフォームの開発   | 日本船舶海洋工学会講演会論文集   | 2017.11 |         |

参考：各主体の特長を生かせる研究開発内容に関する論文（2/2）

| 研究開発内容                          | No. | 論文名  | 研究開発内容                              | No.          | 実績を持つ機関 |
|---------------------------------|-----|--|-------------------------------------|--------------|---------|
| EPCI低コスト化                       | 21  | 試験レポート:Break load testing of 212mm diameter PET ropes                      | 発行元：DNV                             | 令和6年3月19日発行  | 東京ロープ   |
|                                 | 22  | 冊子:合繊ロープの概要  | 発行元：運輸省海技大学校                        | 平成3年12月16日発行 |         |
|                                 | 23  | カタログ：エースラインV   | 発行元：自社カタログ                          | 平成9年～現在      |         |
|                                 | 24  | カタログ：エースラインT、8ケンインロープ  | 発行元：自社カタログ                          | 平成9年～現在      |         |
|                                 | 25  | 図書：浮魚礁設計・施工技術基準  | 発行元：一般社団法人マリノフォーラム 2 1 浮魚礁システム研究会   | 平成4年3月       |         |
|                                 | 26  | 図書：漁港・漁場の施設の設計参考図書   | 発行元：公益社団法人 全国漁港漁場協会                 | 2015年版       |         |
|                                 | 27  | 論文：合成繊維索の安全ガイドライン化に係る検討<br>海上技術安全研究所報告 第20巻 別冊（令和2年度）<br>第20回研究発表会 講演集P.63 | 依頼元：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 | 令和2年度        |         |
| デジタル技術<br>による予防保全・<br>メンテナンス高度化 | 28  | 船舶運航支援統合プラットフォーム「Sea-Navi2.0」による<br>鉱石運搬船のハルモニタリング                         | 日本船舶海洋工学会 2021春季講演会論文集              | 2021.11      | JMU     |
|                                 | 29  | ケーブサイズばら積み貨物船の静水中・波浪中応答評価  | 日本船舶海洋工学会 2022春季講演会論文集              | 2022.05      |         |
| 監視及び点検<br>技術の高度化                | 30  | 長距離自律飛行型無人航空機（UAV）による<br>洋上風力発電設備を対象とした点検技術の開発                             | 電力土木技術協会                            | 2023.7       | 関電プラント  |
|                                 | 31  | 水中可視光通信  | 電子通信学会誌                             | 2018年        | 島津製作所   |

# 3

## イノベーション推進体制

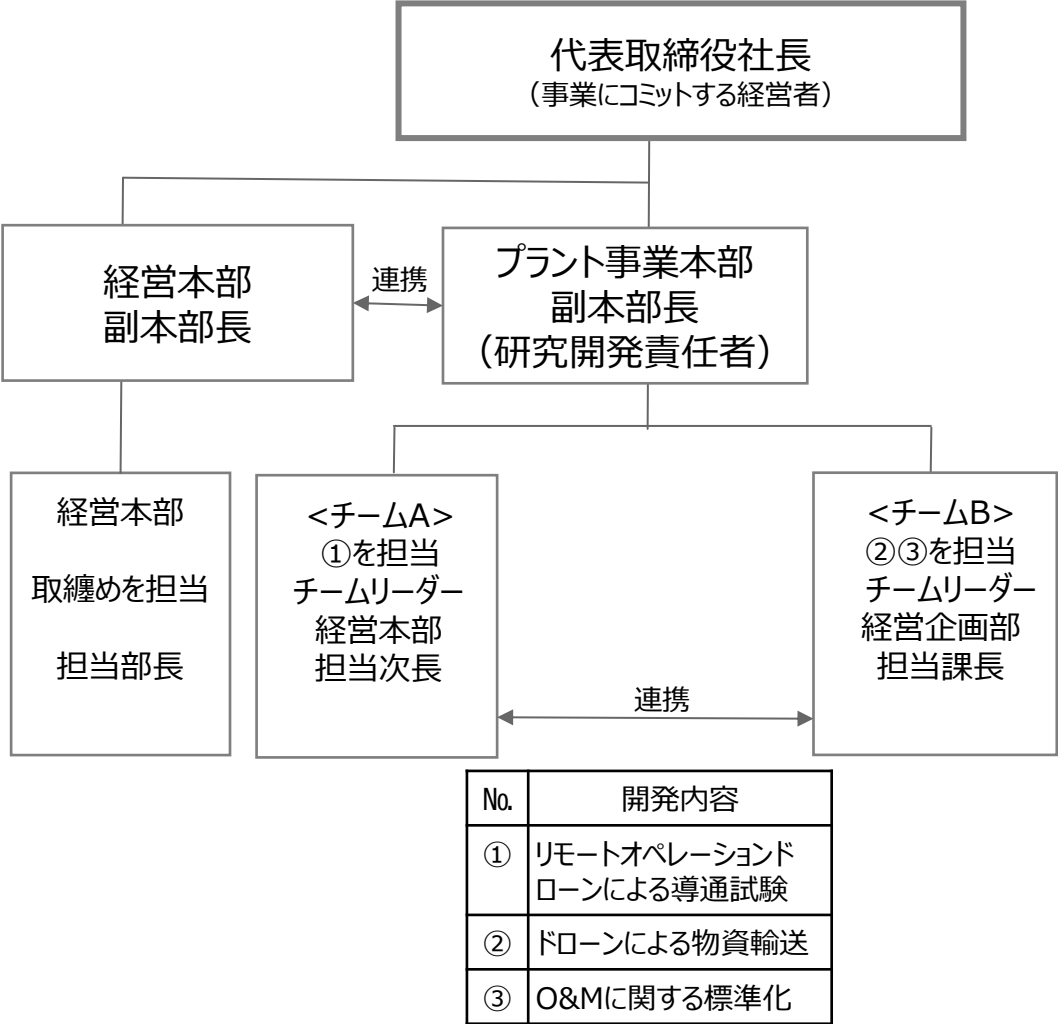
---

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保



経営者のコミットメントの下、研究開発内容毎にチーム編成、バックアップ部署と連携し、事業推進

組織内体制図



組織内の役割分担

- 研究開発責任者と担当部署
- 研究開発責任者
    - プラント事業本部副本部長：プロジェクト統括を担当
  - 担当チーム
    - チームA：リモートオペレーションドローンによる導通試験（専任1人、併任1人規模）
    - チームB：ドローンによる物資輸送および洋上風力発電のO&Mに関する標準化を担当（専任1人、併任1人規模）
    - 経営本部（担当部長）：取纏めを担当（併任1人規模）
  - チームリーダー
    - チームAリーダー：発電設備の計測装置関係点検、修繕工事の計画・施工実績フェーズ1（ケーブル判定器、ユーザーインターフェイス開発）のチームリーダー
    - チームBリーダー：発電設備の計測装置関係点検、修繕工事の計画・施工実績：各種プラント設備工事でのピンポイント熱橋部位の検索、既設構造物と撤去品の接触防止計画および施工実績：フェーズ1（レセプター接点器具、ドローン・ドローンガード、自動制御支援の開発およびO&Mに関する標準化）のチームリーダー
- 部門間の連携方法
- 担当チームは、適宜、研究開発・事業化業務を所管する経営企画部と連携し、事業推進を図る。
  - 定期連絡会議の開催（1回／2カ月程度）
    - 各チームリーダーが参加する連絡会を開催、開発内容の共有化を図る。
  - 臨時連絡会議の開催（都度）
    - 研究上の課題が発生した場合、都度、対策を検討する会議を開催する。
    - 課題内容により、参加者を選定、必要により経営層も参加する。



## 経営計画に本事業を記載し、経営層の積極的な関与体制を構築

### ▶経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
  - 関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」の準拠
  - 当社は、関西電力グループの一員として、また、発電事業に関わる会社として、発電事業を始めとする事業活動に伴うCO<sub>2</sub>排出を2050年迄に全体としてゼロとする関西電力グループ大の取組みを積極的に推進していく。
  - 関電プラント長期経営計画に基づき将来の再生可能エネルギーの拡大を支えるべく取組みを行うこととしている。
  - 関電プラント年度経営計画において、将来の再生可能エネルギー拡大を支える取り組みの一つとして、新エネルギー関連への取組みや風力発電設備メンテナンス技術者の養成を行っている。新エネルギー関連については、水素関連工事の実施、営業を通じた情報収集、風力発電設備メンテナンス技術者の養成については長年の経験のあるメンテナンス会社等への出向を行い、養成を行っているところである。
- 事業のモニタリング・管理
  - 年度経営計画進捗管理(四半期毎)

風力発電設備メンテナンスへの取組みについては、現段階では将来の投資との位置づけとして予算設定をし、推進に向け、金銭的支援を行っている。当該対応を含めた全体予算の執行状況については社内役員全員が参加する経営会議で四半期毎の決算および収支予想の中で確認するなどマネジメントしており、2023年度実績を確認している。
  - 成長投資のマネジメント

将来の再生可能エネルギー拡大を支える取組みについては、年度経営計画に盛り込まれており、当該計画の進捗を四半期毎に社内役員全員が参加する経営会議において確認するとともに適宜、課題の議論を通してスムーズな進捗を図っている。2023年度の取組み実績について管理表で確認している。

### ▶経営者等の評価・報酬への反映

取締役執行役員、執行役員の報酬については、地位等に応じて求められる職責などを勘案した基本報酬と業績の達成度合いに応じた報酬で構成している。本事業は、当社の将来の事業に育てるべく長期経営計画、年度経営計画に反映し、定期的に経営層が指導、管理する体制としている。

### ▶事業の継続性確保の取組

- 取締役会の設置

会社法に基づき、取締役会を設置し、取締役会規則、取締役会付議基準に基づく運用を適切に図るとともに、会社法上の大会社として、内部統制システムを構築し、適切な業務の執行を図っている。本事業への取組みについては、年度経営計画に記載し、取締役決議により実施内容を決定している。
- 経営層へのトレーニング

取締役、監査役に対して、その役割・責務を果たすうえで必要な知識を付与するため、定期的な研修を行っている。社外監査役に対しては、その役割・責務を果たすうえで必要な知識を習得できるよう、就任の際、当社の事業等に関する説明をおこなっている。

経営計画の中核に風力発電設備メンテナンス事業を位置づけ、企業価値向上を目指し、ステークホルダーとの対話を推進

#### 取締役会等コーポレートガバナンスとの関係

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
  - 関電プラント長期経営計画に基づき将来の再生可能エネルギーの拡大を支えるべく取組みを行うこととしている。
  - 関電プラント年度経営計画において、将来の再生可能エネルギー拡大を支える取り組みの一つとして、新エネルギー関連への取組みや風力発電設備メンテナンス技術者の養成を行うこととしている。
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議
  - 社内役員全員が参加する経営会議、常務会において再生可能エネルギー拡大を支える取組みを盛り込んだ長期経営計画、年度経営計画を審議、決議している。
  - 年度経営計画は、取締役会においても審議、決議している。
  - 長期経営計画、年度経営計画は、社長コミュニケーション、各事業本部長のコミュニケーションの中で従業員に説明されるとともに、社内ポータルサイトにも掲示し社内周知を図っている。
- コーポレートガバナンスとの関連付け
  - 再生エネルギー拡大を含めた年度経営計画での各取組項目は、社内全役員（取締役・執行役）が参加した経営会議において、所管各本部が進捗状況、課題等を定期的に報告、方向性の確認を行っている。

#### ステークホルダーとの対話、情報開示

- 長中期的な企業価値向上に関する情報開示
  - 年度決算の公告は、官報に掲載、また、関西電力の100%出資の子会社として、特に重大な事象については、親会社の関西電力が行う適時の情報開示として、公表される仕組みとなっている。
  - 2023年度決算公告は、2024年6月28日付で官報に掲載済である。
  - 関電プラントのホームページを通じ、本事業の取組み、成果等を発信している。
- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
  - 親会社である関西電力(株)の子会社管理に関する規程に基づき、担当部署である経営企画室に上申する仕組みを通じて説明を行っている他、必要に応じて、取締役会において報告することとしている。
  - 2024年度は、4月、5月、6月、7月、9月、10月に取締役会を開催している。
  - 年度経営計画の従業員向けキャラバンを通じて、本事業の取組み、成果等を説明する。

## 機動的に経営資源を投入、社会実装をすることで企業価値向上に資する組織体制整備と若手人材の育成

### 経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
  - 長期経営計画の達成、会社の長期にわたる成長に向け、惜しむことなく、人・お金・時間を投入することを社達で全社に周知。
  - 活動状況により、プロジェクト体制を構築し、対応していく。
- 人材・資金の投入方針
  - 人材の投入方針
    - ・経営本部、プラント事業本部、原子力事業本部の3本部毎に持つ知見を結集すべく適任な人材を投入する。2022年7月、定期人事異動において体制の充実化を図った。
    - ・DXについては、データ基盤整備に重点的に取り組み、スモールスタート・スモールサクセスを目指し、推進を図っている。
  - 資金の投入方針
    - ・風力発電設備メンテナンスへの取り組みについては、将来の投資との位置づけとして予算設定をし、推進に向け、金銭的支援を行っているところである。
  - 将来の成長に向けた投資
    - ・関西電力グループは、2050年のゼロカーボン社会実現に向けて「ゼロカーボンエネルギーのリーディングカンパニー」としてグループのリソースを結集する。

### プロジェクト体制の構築と人材育成

- 事業環境に応じたプロジェクト体制による活動
  - ドローン開発を社会実装に確実につなげるためのドローン開発に特化したプロジェクトを設置。（2021年 9月16日付）
- 若手人材の育成
  - 全社教育基本計画、各本部教育計画に基づく、教育および社外教育並びにOJT教育等を通じて、人材育成を行っている。
  - 風力メンテナンス技術確保に向けて、社外出向研修に取り組んでいる。
  - 風力建設にも要員を派遣し、風力発電設備全体に関する知見を深めるべく人材の育成にも取り組み始めたところである。
  - メーカー指定の資格取得に取り組んでいく。
  - 関電グループアカデミーへの参加
  - ・「グループ経営理念」「基盤人材育成」「次世代リーダー育成」に関わる学部を置き、各役員が学部長に就任。各学部には、従業員が自らの成長に向けて受講することができる様々な研修や育成制度が用意されている。

# 4 その他

---

## (1) 想定されるリスク要因と対処方針



#### 4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、応募時点では予測できない理由により、事業継続が困難な事態に陥った場合には事業中止も検討

##### 研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 各種試験機器技術のリスク
  - KPIに基づく開発段階、実証段階の状況の確認。
  - 各種機器製作進捗状況の適宜確認
  - 開発フェーズ、実証フェーズ段階の工程をコンソーシアム内部にて確認

##### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 洋上風力発電地点開発の遅延によるリスク
  - 新規開発予定地点の開発状況を注視し、毎年事業化計画（投資回収計画）を更新したうえ、ターゲットを洋上風力から陸上風力に変えるなど事業継続可能な計画に変更する。
- より革新的な技術の登場に伴う競争優位性喪失リスク
  - 進歩の著しいデジタル技術の更なる活用等により新たな革新的技術が登場した場合、本事業で開発する技術の競争優位性が確保されるかを速やかに比較評価し、本技術が競争優位性をどの程度確保できるかを検討する。
- 持続的な事業運営に必要な人材が不足するリスク
  - 本事業で開発する技術を用いたサービスの提供にあたり、無人航空機操作、無人航空機メンテナンスおよび臨時点検に備えた待機のための人材を、サービス提供地点周辺より雇用し、技能育成し配置する計画であるが、人材確保が困難な場合に備え、ドローン操作ライセンス保有者の団体等から一時的に人員派遣を可能と出来るよう、当該団体等と業務提携を締結する等持続的なサービス提供体制を確立する。
- 洋上風力発電の導入の遅れ
  - 実証フェーズにおいて、浮体式洋上風力発電設備が整っていない場合は、陸上風力を中心ターゲットとして受注を狙う。

##### その他（自然災害等）のリスクと対応

- 洋上風力発電供給停止のおそれ
  - 自然災害（落雷、津波、豪雨、地震、等）が発生し、風力発電設備に影響のおそれがある場合、早期に状況確認できる体制の構築を検討する。

#### ● 事業中止の判断基準：

- 研究開発
  - 人による外観点検（現在の外観点検の方法）以外に、研究開発期間において、圧倒的な代替技術が発明された場合
- 社会実装
  - 競合等により十分なシェアがとれず、投資回収が困難と判断された場合

