

事業戦略ビジョン（WG資料）

資料 8

**実施プロジェクト名：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／
浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業／
浮体式大量導入に向けた大型スーパー浮体式基礎の製造・設置低コスト化技術の開発**

実施者名：東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 永澤 昌
共同実施者：東京電力ホールディングス株式会社

**実施プロジェクト名：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／
洋上風力関連電気システム技術開発事業／
浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）**

実施者名：東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 永澤 昌
共同実施者：東北電力株式会社、北陸電力株式会社、電源開発株式会社、中部電力株式会社、関西電力株式会社、
四国電力株式会社、九電みらいエナジー株式会社、住友電気工業株式会社、古河電気工業株式会社、
東芝エネルギーシステムズ株式会社、三菱電機株式会社

**実施プロジェクト名：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／
洋上風力運転保守高度化事業／
遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全**

実施者名：東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 永澤 昌
共同実施者：東芝エネルギーシステムズ株式会社

1. 事業推進体制における工夫

2. 研究進捗

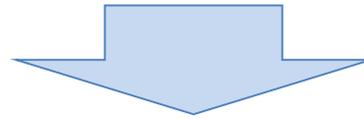
- フェーズ1-② 浮体式大量導入に向けた大型スパー浮体式基礎の製造・設置低コスト化技術の開発
- フェーズ1-③ 浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）
- フェーズ1-④ 遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全

3. 今後の展望

TEPCOグループの経営戦略

カーボンニュートラルを踏まえた現状認識

- 近年、世界各地で大雨等による災害の激甚化や記録的な猛暑が頻発
地球温暖化の進行に伴い、CNを目指す機運の国際的な広まり
- パリ協定が採択され、2020年からの本格実施に伴い、先進国を中心に対応が活発化し、中国やインドもCN目標を表明
- 2020年10月、国は「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2013年度比46%の温室効果ガス削減の目標を発表



東京電力グループの経営ビジョン*



2030年に600~700万kW程度の再生可能エネルギー（国内洋上風力：200~300万kW）の電源開発を目指す

* TEPCO 統合報告書 2022 (2022.10.6 公表)

実証フェーズを視野に入れ、3分野での要素技術開発を実施

東京電力グループは、2020年のNEDO委託事業の実施に加え、本グリーンイノベーション基金のフェーズ1で、浮体式基礎製造・設置、洋上電気システム、運転保守の各分野で低コスト化要素技術を開発し、フェーズ2で技術の確立を目指す

研究概要

フェーズ1-④：洋上風力運転保守高度化
遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全

フェーズ1-③：浮体式洋上風力発電共通
要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上
変電所・洋上変換所）

フェーズ1-②：浮体式大量導入に向けた大型スパー
浮体式基礎の製造・設置低コスト化技術の開発

フェーズ1-②

浮体基礎製造・
設置低コスト化

(2021~2023 (一部2024))
基金事業
フェーズ1 (要素技術開発)

15MW級風車浮体製造・施工の
低コスト化の要素技術確立

フェーズ1-③

洋上風力関連
電気システム

風車大型化に対応した電気設備の
高電圧・大容量対応の要素技術確立

フェーズ1-④

洋上風力
運転保守高度化

浮体式洋上風力に対応した
スマート保守管理の要素技術確立

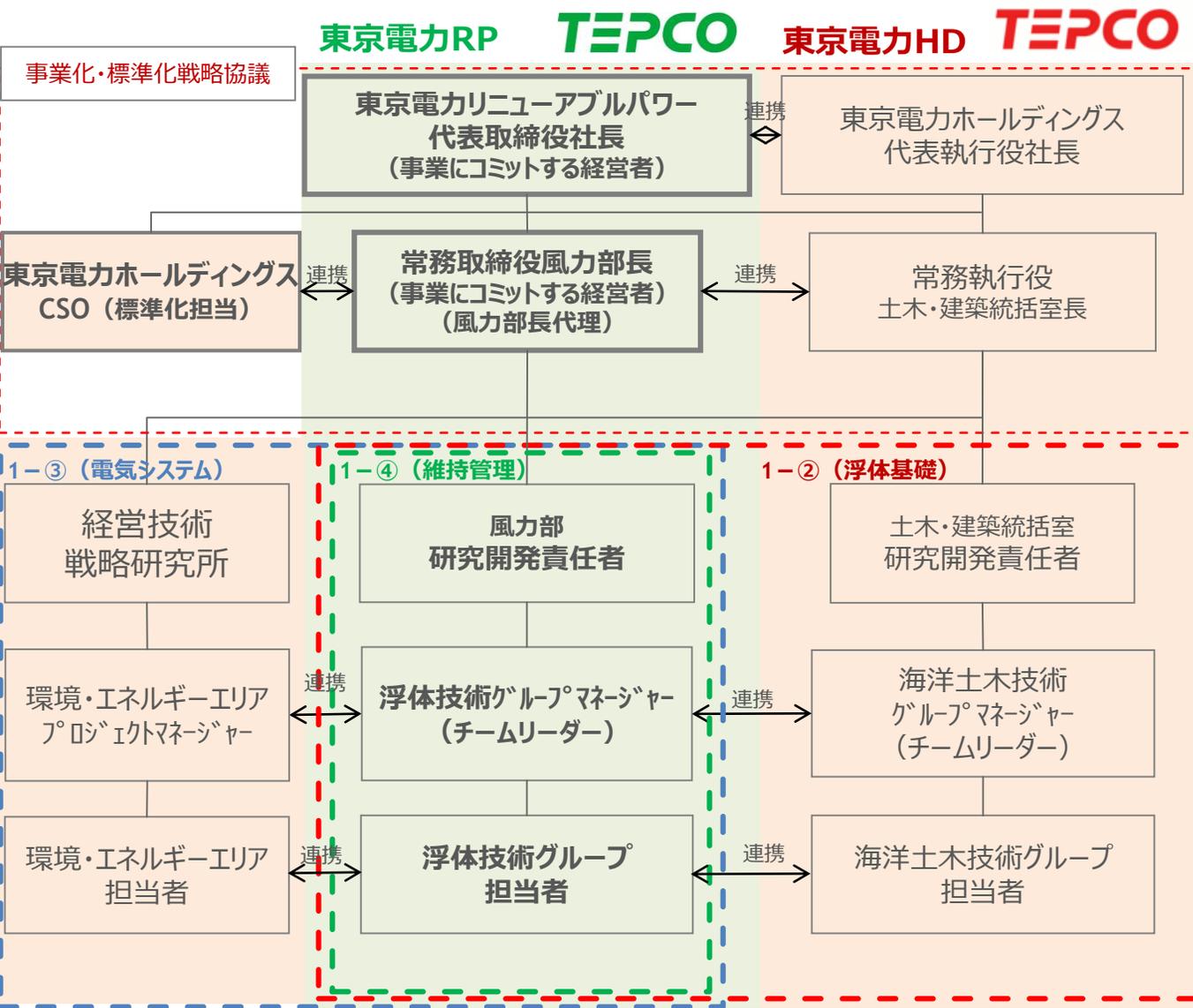
(2024~2028) (想定)
基金事業
フェーズ2 (実証事業)

要素技術
の活用

低コストかつ大量製造可能な
浮体式風力発電システム確立

経営者のコミットメントの下、東京電力グループ一体で3事業を検討する体制を構築

組織内体制図



組織内の役割分担

- 担当部署**
- フェーズ1-② (浮体基礎)
東京電力RP 風力部、東京電力HD 土木・建築統括室 ※ コンソーシアム外の連携
 - フェーズ1-③ (電気システム)
東京電力RP風力部、東京電力HD 経営技術戦略研究所※、土木・建築統括室※
 - フェーズ1-④ (維持管理)
東京電力RP風力部、東京電力HD 土木・建築統括室※、経営技術戦略研究所※

経営資源の投入方針

- 専門部署の設置
 - 浮体式の早期開発を目指し、部内に浮体式に特化した専門部署を（2021年6月）新設し、グリーンイノベーション基金事業を担当
- 人財・設備・資金の投入方針
 - 事業の進捗により必要な技術を持った人財を社内外から積極的に登用している。（官庁、風車メーカー、造船メーカー等からの中途採用の実績あり。）
- 技術開発計画
 - 設置製造・維持管理のコスト低減技術開発を目的に技術開発を策定し、継続的に自社資金による研究費を投入し、検討を加速化している。
- 実施体制の柔軟性の確保
 - 銚子沖の洋上風力や陸上風力発電所、その他発電所の新設実績を踏まえ、柔軟に体制を構築

標準化戦略

東京電力HDおよびRPの役員とCSO（標準化担当）のもとで浮体式洋上風力の社会実装と事業化を実現するための標準化戦略を協議・策定し、戦略に基づいて各担当が事業開発と技術開発を実行

説明内容

1. 事業推進体制における工夫

2. 研究進捗

- フェーズ1-② 浮体式大量導入に向けた大型スパー浮体式基礎の製造・設置低コスト化技術の開発
- フェーズ1-③ 浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）
- フェーズ1-④ 遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全

3. 今後の展望

**実施プロジェクト名：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／
浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業／
浮体式大量導入に向けた大型スパー浮体式基礎の製造・設置低コスト化技術の開発**

実施者名：東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 永澤 昌
共同実施者：東京電力ホールディングス株式会社

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

アウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

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

① 浮体基礎の最適化

② 浮体の量産化

③ ハイブリッド係留システム

④ 低コスト施工技術の開発

アウトプット目標

2030年までに、一定条件下（風況等）で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立

KPI（@2023年度）

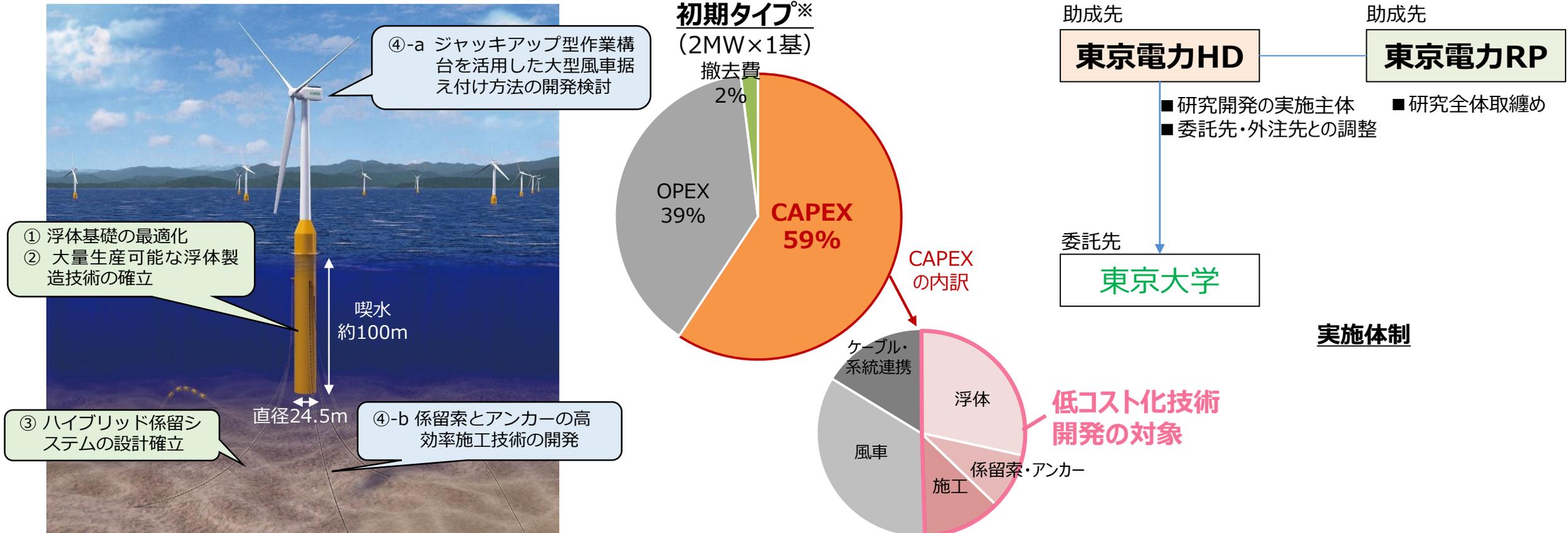
- フェーズ1（要素技術開発）を経て、浮体の調達コストマイナス16%程度を見通す。
- フェーズ1（要素技術開発）を経て、ドックに依存しない浮体の大量製造等の技術の確立を見通す。
- フェーズ1（要素技術開発）を経て、係留システムの調達コストマイナス4%程度を見通す。
- フェーズ1（要素技術開発）を経て、施工マイナス5%程度を見通す。

KPI設定の考え方

- **浮体基礎・係留・施工費を25%低減**することを目標として設定。
- **風車大型化**および日本の厳しい気象・海象条件、地盤条件等の自然条件に対応した**浮体基礎の最適化**および材料削減によりコスト低減。
- 15MW級風車搭載浮体について、連続製造に適した浮体を設計し、**浮体製造のパネル化やブロック化、分割施工、ドックに依存しない浮体の大量製造**等の技術の確立することで達成する。
- **浮体基礎・係留・施工費を25%低減**することを目標として設定。
- 軽量化可能な合成繊維索の特性を生かし、合成繊維係留索と鋼製係留索からなる**ハイブリッド係留システムの設計を最適化検討**することにより係留システムを低コスト化して達成する。
- **浮体基礎・係留・施工費を25%低減**することを目標として設定。
- **ジャッキアップ型作業構台を活用した大型風車の据え付け方法、ハイブリッド係留システム等の係留索の効率的な施工技術**の開発により低コスト化して達成する。

浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業の低コスト化技術開発の対象

15MW級風車を搭載可能なスパー型浮体を主な対象とし、2030年までに一定条件下（風況等）で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準を達成するため、浮体・係留システム・施工技術を中心とする低コスト化要素技術および大量生産技術を開発する



「浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業(大型スパー)」の実施概要
(実施期間：2022年4月-2024年3月)

目標：浮体基礎・係留・施工費 25%低減

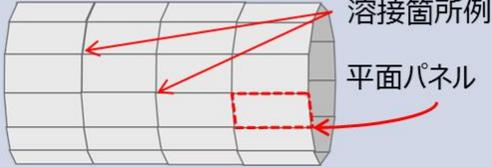
(※ 初期タイプのCAPEXは、Floating Offshore Wind Market and Technology Review (Carbon Trust, June 2015)を参照して算出)

①-1. 浮体基礎の最適化（大型風車対応スパー型浮体の設計技術の確立）

課題	平面パネル溶接方式によるスパー型浮体について、浮体式実証を見据え、 15MW級風車に対応させるよう大型化し、問題となる連成挙動を調査して、成立性のある浮体構造設計を行い、設計技術を確立
対応	<ul style="list-style-type: none"> 15MW級風車に対応するスパー型浮体を基本設計※ 風車-浮体の連成解析を行い、連成挙動を調査・把握 浮体の動揺特性を詳細に把握し、成立性のある浮体構造設計を行い、設計技術を確立
進捗	<ul style="list-style-type: none"> スパー型浮体の基本設計完了 風車-浮体の連成解析を実施中

(※ 平面パネル溶接方式(特許出願中)を適用)

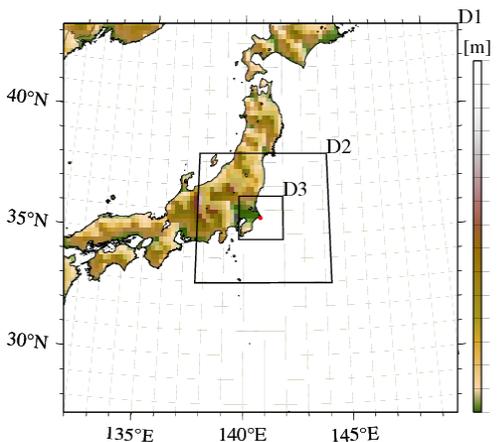
(参考) 従来方式と平面パネル溶接方式の長所・短所と浮体調達コスト

	円形リング溶接方式（従来方式）	平面パネル溶接方式※（特許出願中）
長所	<ul style="list-style-type: none"> 小割のリング同士の溶接工程の自動化が容易 真円構造であり、力学的には合理設計 	<ul style="list-style-type: none"> 高価な厚板曲げ加工設備のない工場でも部材製造が可能
短所	<ul style="list-style-type: none"> 高価な厚板曲げ加工設備の導入が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 小割のリング部材を製造する場合、リング同士の溶接自動化がやや難 角部の強化を目的とした補強が必要
イメージ	 <p>(Hywind Scotlandの浮体製造方法)</p>	 <p>平面パネル溶接方式によるスパー型浮体の構成イメージ</p>

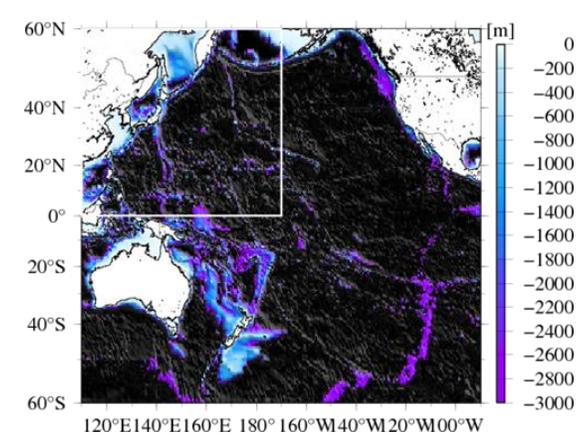
※ 10MW級風車を搭載するスパー型浮体の製造コスト従来方式に対して平面パネル溶接方式では、約20%のコスト削減効果見込み。ただし、材料費・労務費の単価等によって変更の場合あり。

①-2. 浮体基礎の最適化（台風、複雑な海底地形等による厳しい気象・海象条件の評価）

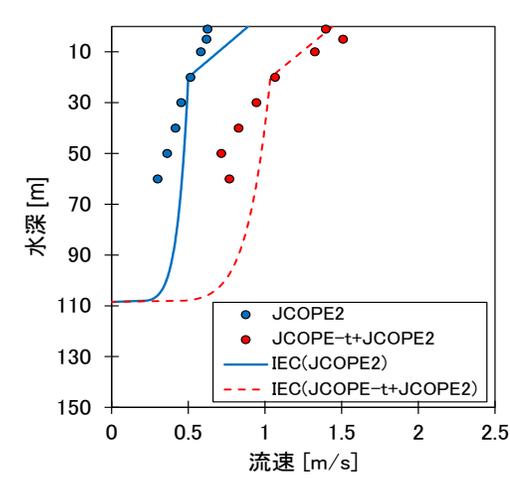
課題	<ul style="list-style-type: none"> 気象・海象条件の高精度化、および、日本近海の複雑・急峻な海底地形を考慮した沖合の海象条件の予測
対応	<ul style="list-style-type: none"> 気象モデルを用いて常時および極値風況を予測すると共に、海象モデルを用いて、複雑・急峻な海底地形の影響を考慮した沖合における常時および暴風波浪時の有義波高・波周期を評価 海流モデルを用いて潮流を予測し、同時期の気象・海象条件との相関性を分析・評価することにより、風・波・流れの結合確率分布を構築し、福島沖で取得した観測値を用いて検証
進捗	<ul style="list-style-type: none"> 風速場のモデル設定や格子解像度を変更し、暴風波浪時の波高の再現性の精度を検討中



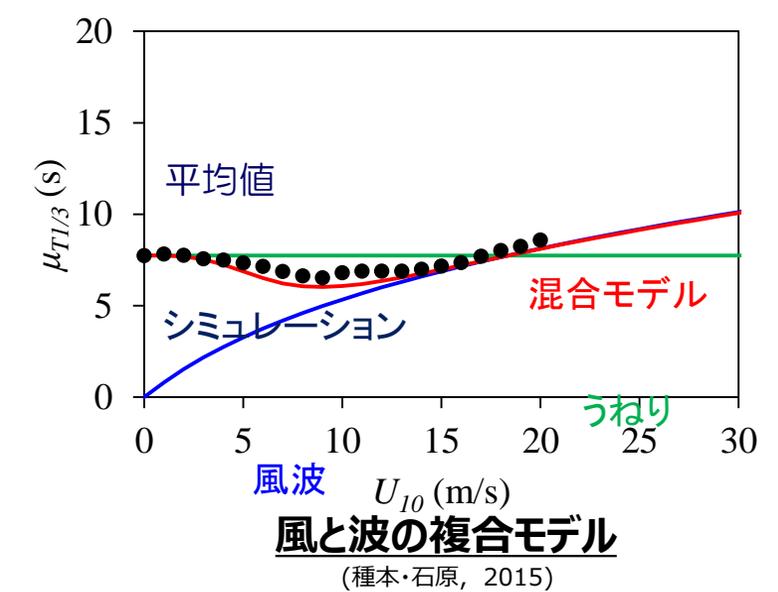
気象シミュレーション
(Kikuchi, Fukushima, Ishihara, 2020)



海象シミュレーション
(種本・石原, 2015)



潮流のシミュレーション
(石原・種本・山口, 2016)



風と波の複合モデル
(種本・石原, 2015)

② 大量生産可能な浮体製造技術の確立

課題

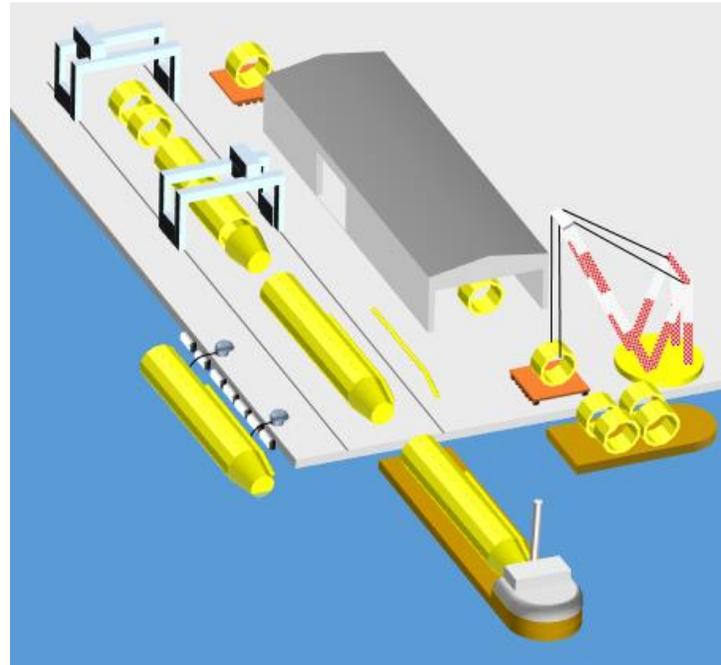
- ドック製造と同程度の品質とコストで製造可能な第2の方法を考案
- ドックに依存せず、低コストな浮体ブロックの輸送・陸上での浮体組立、浜出し方法の確立

対応

- 港湾で建造をする際の15MW級風車搭載可能なスパ-型浮体の**ブロックサイズ・構造の最適化**
- **浜出し方法**の検討

進捗

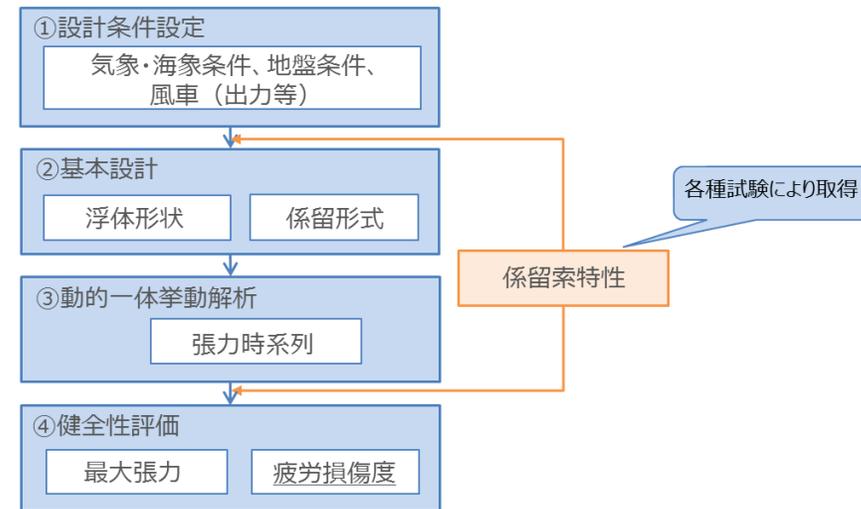
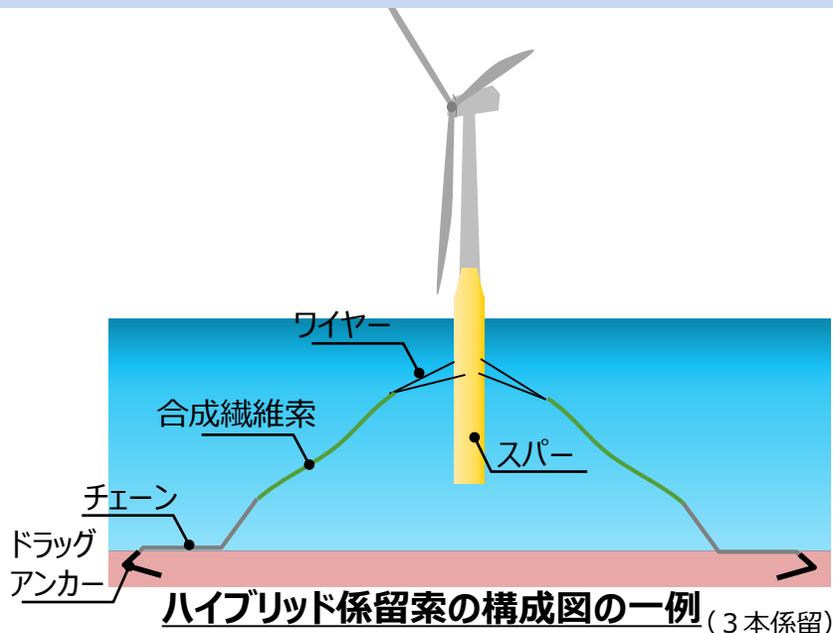
- 製造検討に必要な基本設計（形状、寸法、重量）の検討完了
- 製造計画、製造方法を検討中



ドックによらない浮体の製造技術

③ ハイブリッド係留システムの設計確立

課題	<ul style="list-style-type: none"> 15MW級風車搭載浮体に対応するハイブリッド係留索の設計について、繰返荷重等の使用環境を考慮して材料選定・最適化
対応	<ul style="list-style-type: none"> 15MW級風車搭載浮体のハイブリッド係留システムを設計検討し、適用性のある合成繊維索等の調査 合成繊維索等の各種試験を行い、係留策特性を調査 使用環境を考慮して設計の最適化を実施
進捗	<ul style="list-style-type: none"> 合成繊維索等の係留索特性を調査中



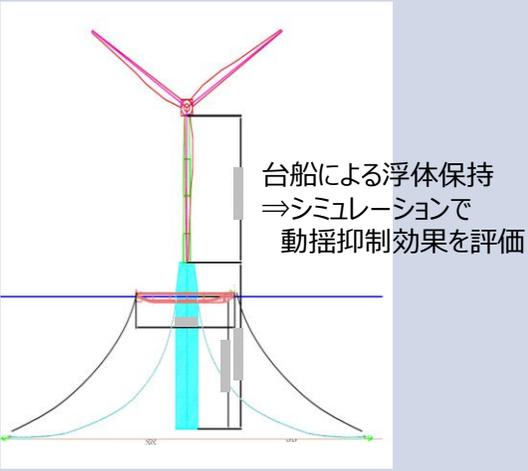
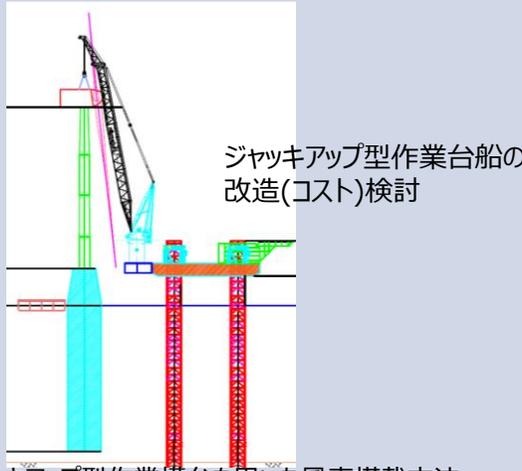
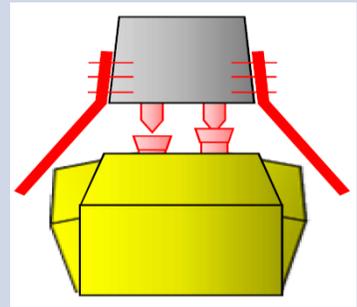
ハイブリッド係留索の設計フローの概要※1

(※1 浮体式洋上風力発電施設の係留系の設計の評価手法に関する検討 (令和元年9月、第1回浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法検討会) を参照作成)

④-a. ジャッキアップ型作業構台を活用した大型風車の据え付け方法の開発

課題	<ul style="list-style-type: none"> 現実的な波高条件(有義波高1m程度)で安価に風車搭載可能な技術の開発
対応	<ul style="list-style-type: none"> ①スパーの動揺を抑制する技術の検討 ②吊り荷の風車の動揺を抑制する技術の検討 ③動揺があっても安全かつ確実に風車と浮体を接続する技術の検討 開発した要素技術を統合評価し、施工検討(施工コスト評価)を行う(課題共通)
進捗	<ul style="list-style-type: none"> スパーの動揺抑制技術、ジャッキアップ型作業構台、風車-浮体接続技術のコンセプトについて、調査・検討中

ジャッキアップ型作業構台を活用した大型風車の据え付け方法の技術開発要素のイメージ例と検討フロー

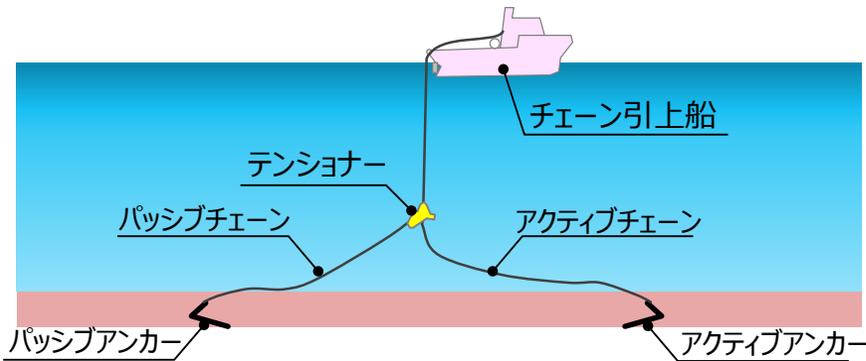
項目	①スパーの動揺を抑制する技術	②吊り荷の風車の動揺を抑制する技術 (ジャッキアップ型作業構台)	③動揺があっても安全かつ確実に風車と浮体を接続する技術
イメージ例	 <p>台船による浮体保持 ⇒シミュレーションで 動揺抑制効果を評価</p>	 <p>ジャッキアップ型作業台船の 改造(コスト)検討</p> <p>ジャッキアップ型作業構台を用いた風車搭載方法</p>	 <p>実海域施工試験で有効性を確認</p>

④-b. 係留索とアンカーの高效率施工法の開発

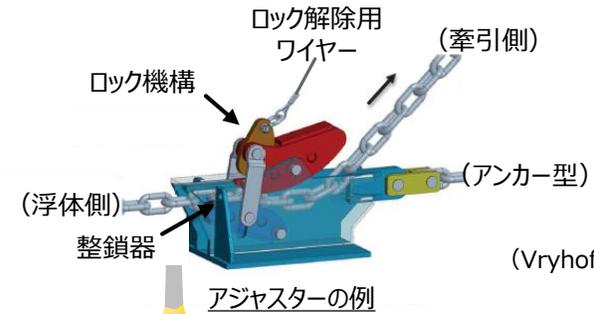
課題	<ul style="list-style-type: none"> 高稼働率の既存船について、大がかりな改造なしに高把駐力を得る方法の開発 合成繊維索のびによる張力低下を解消するための効率的な施工技術の開発
対応	<ul style="list-style-type: none"> テンショナーを用いた把駐力試験の海域施工試験を行い、把駐力試験時の負荷低減装置の有効性を確認する。 張力調整技術(アジャスター)の海域施工試験により、張力調整技術の作業限界・作業効率を評価する。
進捗	<ul style="list-style-type: none"> 海域施工試験の適地候補調整、実証施工手順の検討を実施中



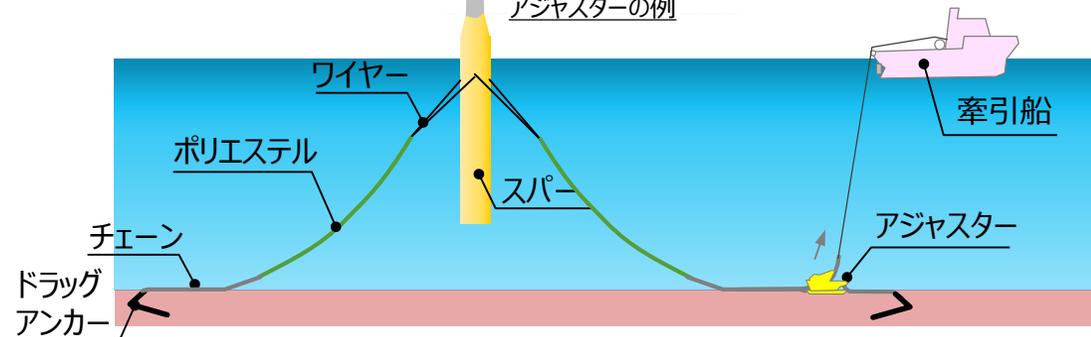
テンショナーの例 (Vryhof社提供)



テンショナーを用いた把駐力試験



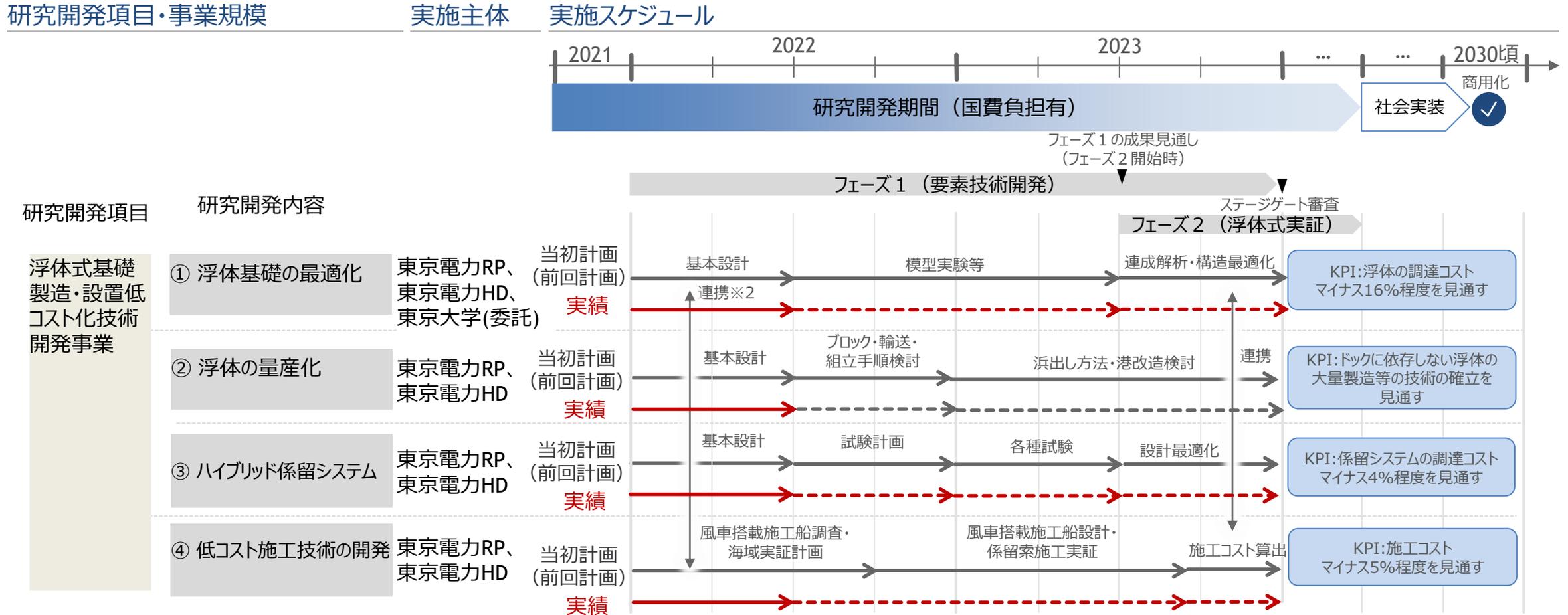
(Vryhof社提供)



ハイブリッド係留索の構成例と張力調整作業イメージ

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

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



**実施プロジェクト名：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／
洋上風力関連電気システム技術開発事業／
浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）**

実施者名：東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 永澤 昌
共同実施者：東北電力株式会社、北陸電力株式会社、電源開発株式会社、中部電力株式会社、関西電力株式会社、
四国電力株式会社、九電みらいエナジー株式会社、住友電気工業株式会社、古河電気工業株式会社、
東芝エネルギーシステムズ株式会社、三菱電機株式会社

低コスト浮体システム開発というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

フェーズ1-③-①-a・②-a：高電圧ダイナミックケーブル・浮体式洋上変電所/変換所
浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討と要素技術の評価

研究開発内容

① 浮体式洋上風力発電システムの技術仕様の検討

② システムインテグレーション・評価

③ フェーズ2（実証試験）実施内容の検討

アウトプット目標

2030年度までの実証試験を経て社会実装を目標として、低コスト浮体式洋上風力発電システムを実現するために、共通要素技術開発（高電圧ダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所/変換所）の成果をインテグレート・評価し、フェーズ2（実証試験）の開発内容を明らかにする。

KPI

風車・変電所・変換所用の浮体を3種類検討し、共通要素技術開発のための技術仕様を検討
共通要素技術開発からのフィードバックを踏まえ、実証試験用浮体を選定するための検討を行う。検討のために年10回協議会WG※1を開催

浮体式洋上風力発電システムとしての総合評価・コスト評価を実施。国際競争力のあるコスト水準を実現するためのシステムを検討。検討のために年10回協議会WG※1を開催

フェーズ2（実証試験）の実施内容を検討し実施計画を策定、2030年以降の社会実装計画を検討。年10回協議会WG※1を開催

KPI設定の考え方

共通要素技術開発を行うために、協調領域として浮体設計を協議会が実施し、共通条件を各メーカーに提供。フェーズ2で共通要素の実証試験を実施するために使用する浮体システムを決定する。電力会社がシステムインテグレーションを行い、WGで開発者の意見聴取、PDCAサイクルを3回実施

10回のWGで、ベースラインwindファーム（Round1浮体プロジェクトを想定）から、要素技術開発により低コスト技術を導入した場合の2030年以降のwindファームに対する商用windファームのコスト分析を実施し、評価できる

10回のWGで、検討した浮体形式、開発した要素技術から、実証試験における課題を明らかにし、実証試験における開発内容を明らかにできる

※1 協議会WGの中で①～③を別々に実施します。

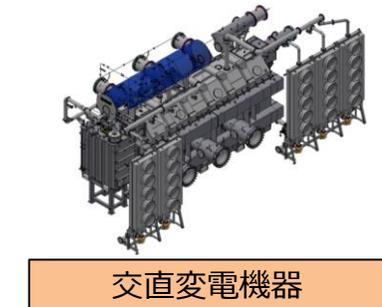
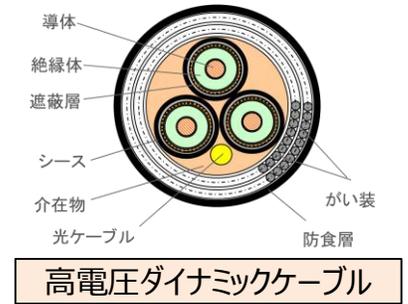
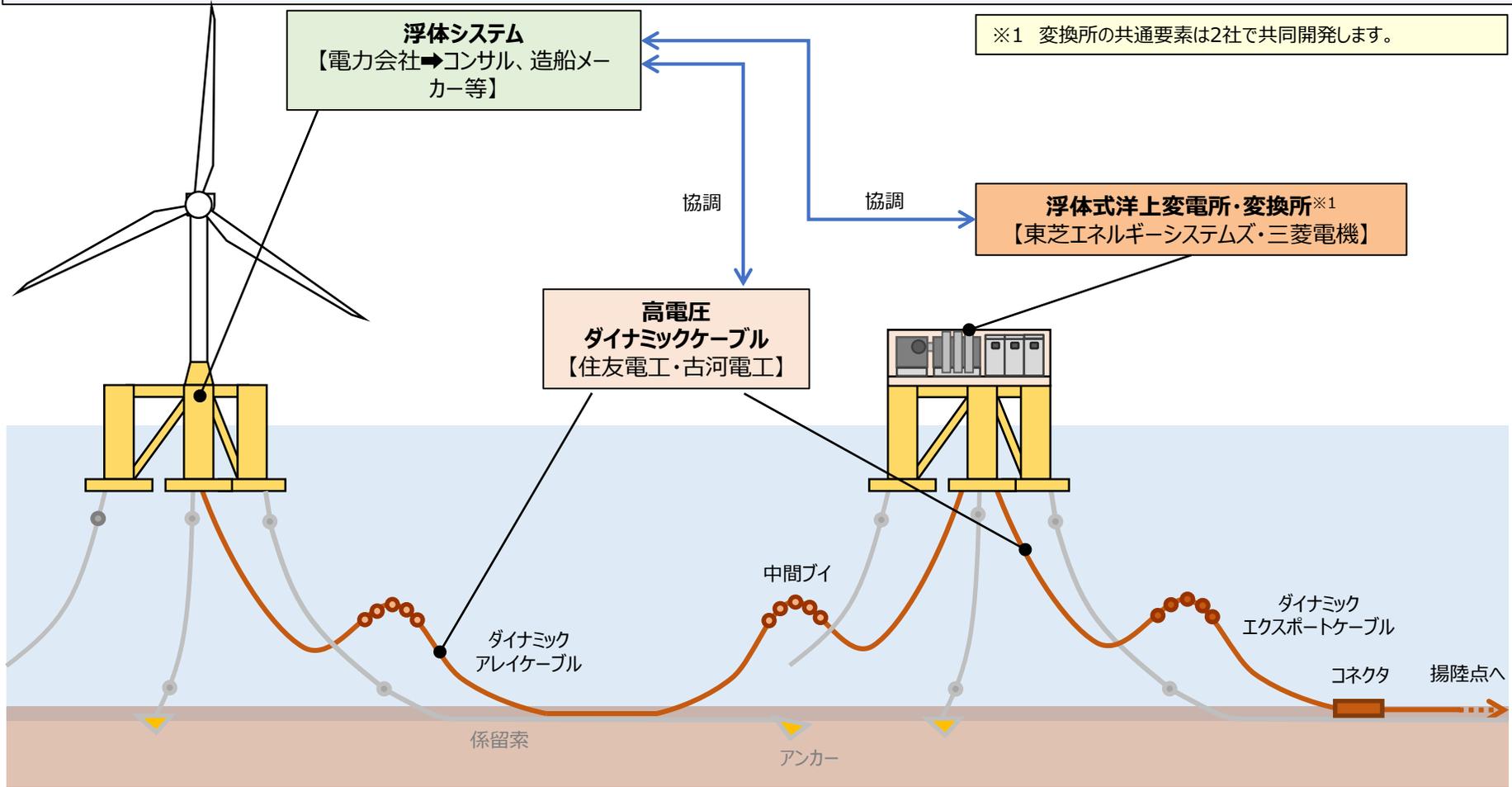
- ・電力会社（発電事業者）が、将来の浮体式洋上風力発電事業に向けて、浮体式洋上風力発電システムに不可欠な要素技術（電気システム）を共同で開発
- ・**将来の主たるユーザーである電力会社のニーズに対して海外の先端的な技術を超える（対抗しうる）要素技術開発を各メーカーが実施**



提案プロジェクトの目的：共通要素技術を用いた低コスト浮体式洋上風力発電システムによる発電の実現

◆ 低コスト浮体式洋上風力発電システムの共通要素技術開発

- 電力会社：全体取り纏めを実施
 - 浮体技術仕様：造船メーカー・コンサル会社の外注により検討
 - 社会実装の目的のために、**各要素技術を統合したシステムとして評価**（技術、CAPEX、OPEX、LCOE等）
- 開発メーカー：要素技術開発を各メーカーで実施
 - 研究開発項目：①高電圧ダイナミックケーブル
 - ②浮体式洋上変電所及び洋上変換所に関する技術を開発



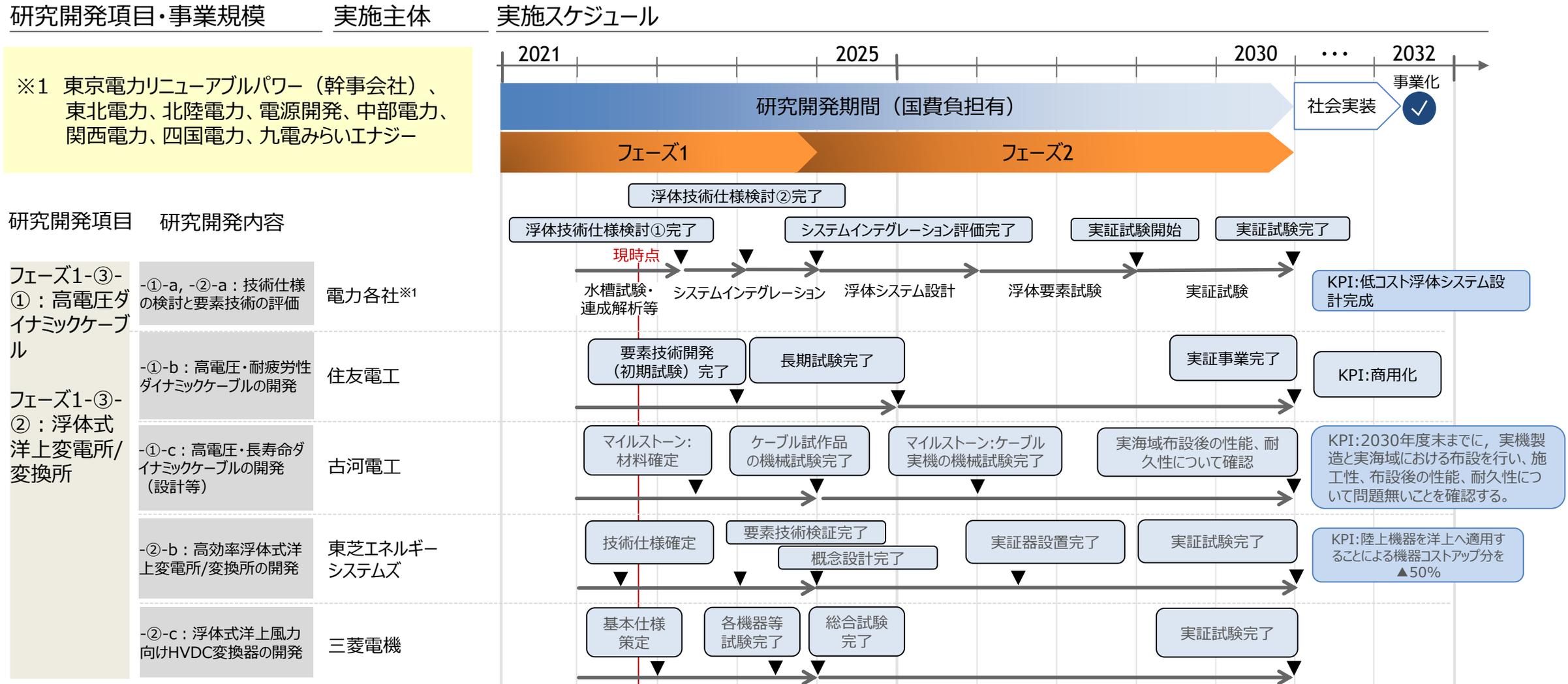
①高電圧ダイナミックケーブル、②浮体式洋上変電所及び洋上変換所に関する技術

検討条件としての技術仕様

	項目	仕様
◆環境条件		
	水深	100m以深
	海底地質	砂層
	気象・海象条件	50年再現確率として設定 (洋上変電所／変換所は一部100年再現確率)
	基準・ルール	ISO、IEC、DNV、NK等
◆風車・風車用浮体		
	定格出力	15MW
	浮体形式	セミサブ
	係留システム	カテナリー
	アンカー	ドラッグアンカー
◆ベースラインWF		
	設備容量	500MW～1GW
	浮体形式（変電所／変換所）	セミサブ
	変電所／変換所	1 / 1

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

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

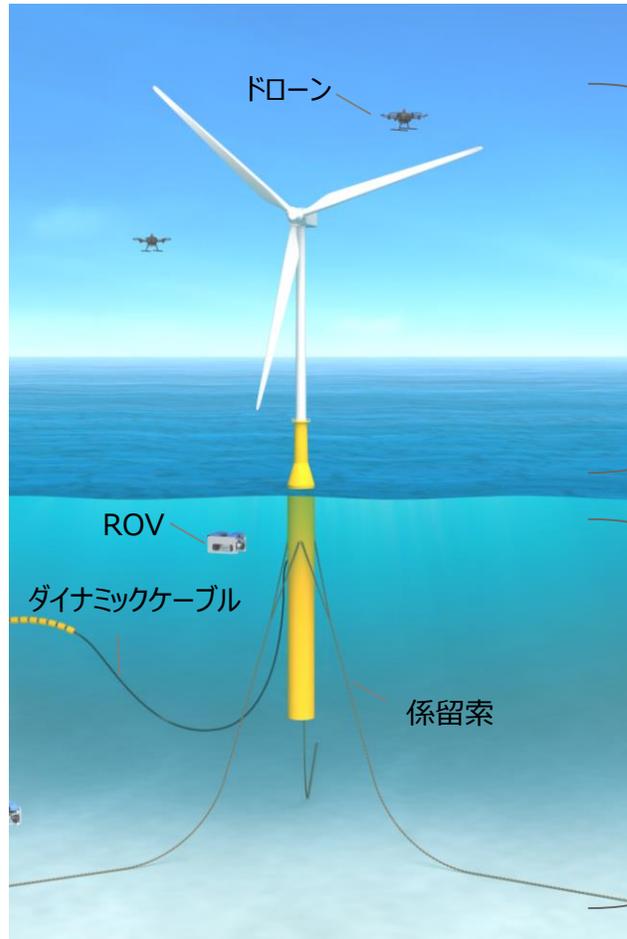


**実施プロジェクト名： グリーンイノベーション基金事業／洋上風力発電の低コスト化／
洋上風力運転保守高度化事業／
遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全**

実施者名：東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 永澤 昌
共同実施者：東芝エネルギーシステムズ株式会社

プロジェクト推進体制

- ◆ 風車を東芝エネルギーシステムズ、浮体等の水中部を東京電力リニューアブルパワーが担当し、洋上風力全体を対象にした検討体制を構築
- ◆ 日本海事協会、東京大学といった各分野のオーソリティを委託先に加えるとともに、開発した技術のコスト評価までコンソーシアム内で実施



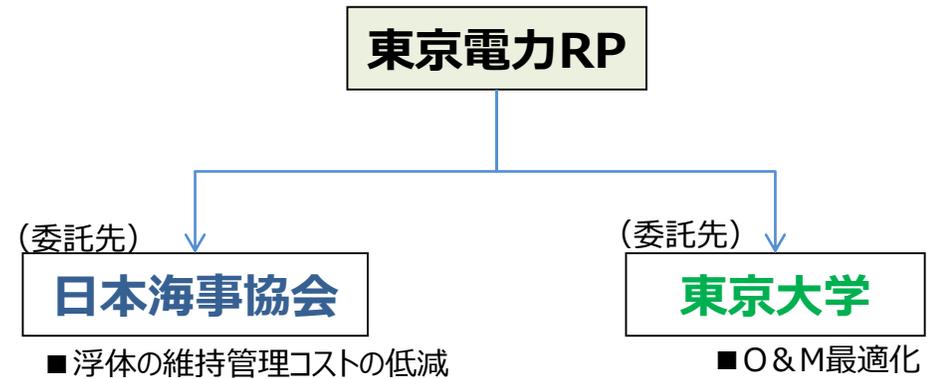
【実施内容】

東芝エネルギーシステムズ

- ① アクセス装置によるナセル内部の遠隔作業システム開発
- ② ドローンによる風車外観点検自動化の開発
- ③ 洋上風車の健全性分析サービスの開発

東京電力リニューアブルパワー

- ④ 超小型ROVによる浮体外部の遠隔化点検技術開発
- ⑤ 防食対策の策定による浮体内部のノーメンテナンス化技術の開発
- ⑤ 超小型ROV・センサーを活用した係留索・アンカー・ダイナミックケーブルの遠隔化点検技術の開発
- ⑥ デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化



水中部分の検討体制

実施概要

国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立するというアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

フェーズ1-④ 洋上風力発電運転保守
高度化事業

研究開発内容

A

③監視及び点検技術の高度化

A) 浮体の維持管理コストの低減

- a) 防食対策の策定
- b) 浮体外部の目視検査の代替手法の開発

B

③監視及び点検技術の高度化

B) 係留系・ダイナミックケーブルの維持管理コストの低減

- a) 係留系の維持管理コストの低減
- b) ダイナミックケーブルの維持管理コストの低減

C

②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化

アウトプット目標

2030年までに、一定条件下（風況等）で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立

KPI

浮体の維持管理コスト：フェーズ1（要素技術開発）後にマイナス20%程度を見通す。

係留系・ダイナミックケーブルの維持管理コスト：フェーズ1（要素技術開発）後にマイナス20%程度を見通す。

上記A、Bを含む。

KPI設定の考え方

- ・OPEX目標から風車、浮体、係留系、ダイナミックケーブルの維持管理費の比率（当社調べ）より浮体部分の費用を設定
- ・設計での防食措置の考慮により、維持管理を省力化、かつ超小型ROV等の活用による状態監視手法の確立により目標達成を目指す。

- ・OPEX目標から風車、浮体、係留系、ダイナミックケーブルの維持管理費の比率（当社調べ）より係留系、ダイナミックケーブル部分の費用を設定
- ・超小型ROVを用いた構造健全性の監視手法の確立により目標達成を目指す。

上記A、Bを含む。

A) 浮体の維持管理コストの低減

a) 防食対策の策定

浮体内部の防食対策の策定の検討状況

課題	<ul style="list-style-type: none"> ・浮体内部に設けるバラストタンクは、定期的な点検・検査が求められ、バラスト排出を伴いコストを抑えての実施が困難 ・砕石等を積載するバラストタンク内のメンテナンスフリー・検査省略の実現のため、腐食しると塗装の組合せによる防食対策を策定
対応	<ul style="list-style-type: none"> ・耐摩耗性、耐腐食性を有する塗料を複数抽出し、試験を行うことで塗料の仕様を検討 ・防食対策のための鋼材腐食代と塗装仕様を検討し、防食対策を策定
進捗	<ul style="list-style-type: none"> ・砕氷船外装用の塗料など5種類の塗料を試験対象に抽出



**タンク内部のNK検査員による
目視点検の様子**



砕氷船の外装



洋上O&G施設の外装



ばら積み船の貨物倉

試験対象塗料の使用箇所



**塗料の試験方法の例
(BAW摩耗試験)**

塗装した基盤に砂利、
水を回転させて曝露させ、膜厚を計測

A) 浮体の維持管理コストの低減／b)浮体外部の目視検査の代替手法の開発

B) 係留系・ダイナミックケーブルの維持管理コストの低減

浮体外部、係留系、ダイナミックケーブルの監視技術の開発

課題

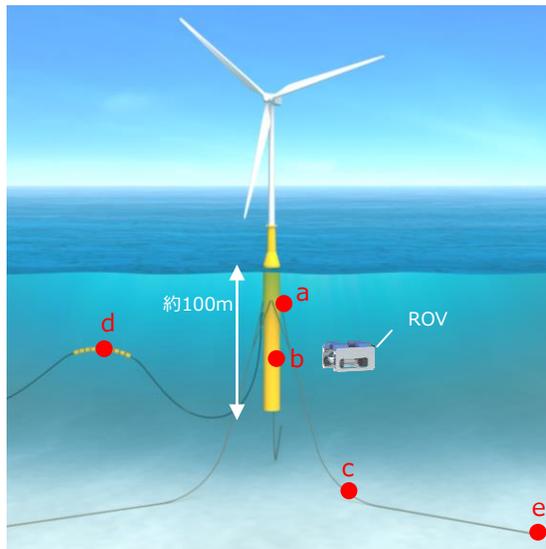
- ・定期検査（5年ごと）の際に、下記の項目で所定の範囲内にあることの確認が必要
 - 浮体外部の異常検知（防食防止を目的とした陽極材の減少量）
 - 係留張力（係留角度）
 - 係留チェーンの衰耗量
 - アンカーの位置
- ・既往の実証事業ではダイナミックケーブル等に海生生物が付着した影響でケーブルが海底に着底し、損傷が発生
- ・目視確認による代替方法として超小型ROVを活用した計測・監視方法を確立

対応

- ・超小型ROVとセンサー類を組合せ、港湾内海域試験による手法の有効性を確認する。
- ・一部の項目では外洋で海域試験を行い、外洋での適用性も確認予定

進捗

- ・試験で使用する超小型ROV、センサー類を選定し、港湾内海域試験のための許認可手続き等を実施中



計測位置のイメージ

計測位置

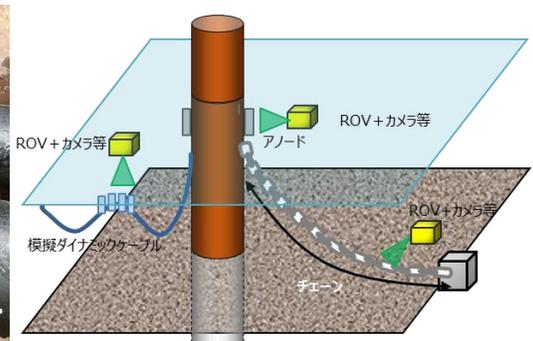
場所	計測項目
a	係留張力
b	浮体外部※1
c	係留索衰耗量※2
d	ダイナミックケーブル高さ
e	アンカー位置

※1 アノードは複数設置するため、b以外の箇所にも設置

※2 係留索衰耗量はc以外に複数で計測



ROVから2本のラインレーザーを照射
計測方法の一例（c 係留索衰耗量）



港湾内海域試験設備イメージ

C. デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化

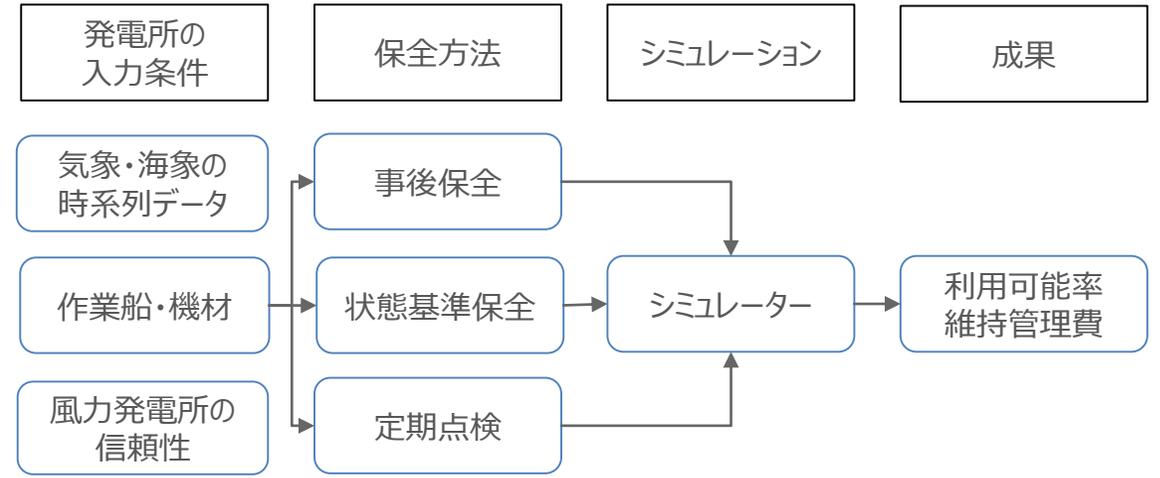
課題	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理コスト低減のために予防保全が求められ、監視および点検技術の高度化により構造物の健全性を適切に把握する事が必要 デジタルツイン（シミュレーション結果と計測結果とを比較する手法）により異常箇所を適切に検知する手法の確立が課題 デジタルツイン技術による予防保全技術の他、開発した点検・検査手法の維持管理コストの低減量を定量的な評価手法の確立が課題
対応	<ul style="list-style-type: none"> 今後は既存技術調査結果に基づき、予防保全技術に必要な基本機能やプラットフォームの整合性を調査し、システム導入を図る 着床式で実績のある維持管理シミュレーションを浮体式に適用し、本研究で開発した各種技術のコスト低減について定量的に評価
進捗	<ul style="list-style-type: none"> 次年度のシステム構築のためのデジタルツイン技術の既往技術の調査を実施中 次年度のコスト評価実施の準備として、データベース構築のための既往の故障率等の調査およびシミュレーションの入力項目を調査中

シミュレーション項目と計測方法（例）

項目	実際（計測）	デジタル空間（仮想）
浮体動揺	GPSによる計測	計測結果を外力として入力
係留索 衰耗量	画像解析による計測	数値モデルによる予測



デジタルツインのイメージ



時間領域モンテカルロ法を用いた維持管理シミュレーションの流れ

出典：
 ・時間領域モンテカルロシミュレーションを利用した洋上風力発電所利用可能率の評価，菊地由佳 他，2017
 ・信頼性分析に基づく風力発電コストの評価，菊地由佳 他，2018

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

実施スケジュール

研究開発項目

研究開発項目 研究開発内容

フェーズ1-④.
洋上風力運
転保守高度
化事業

②デジタル技術による
予防保全・メンテナ
ンス高度化

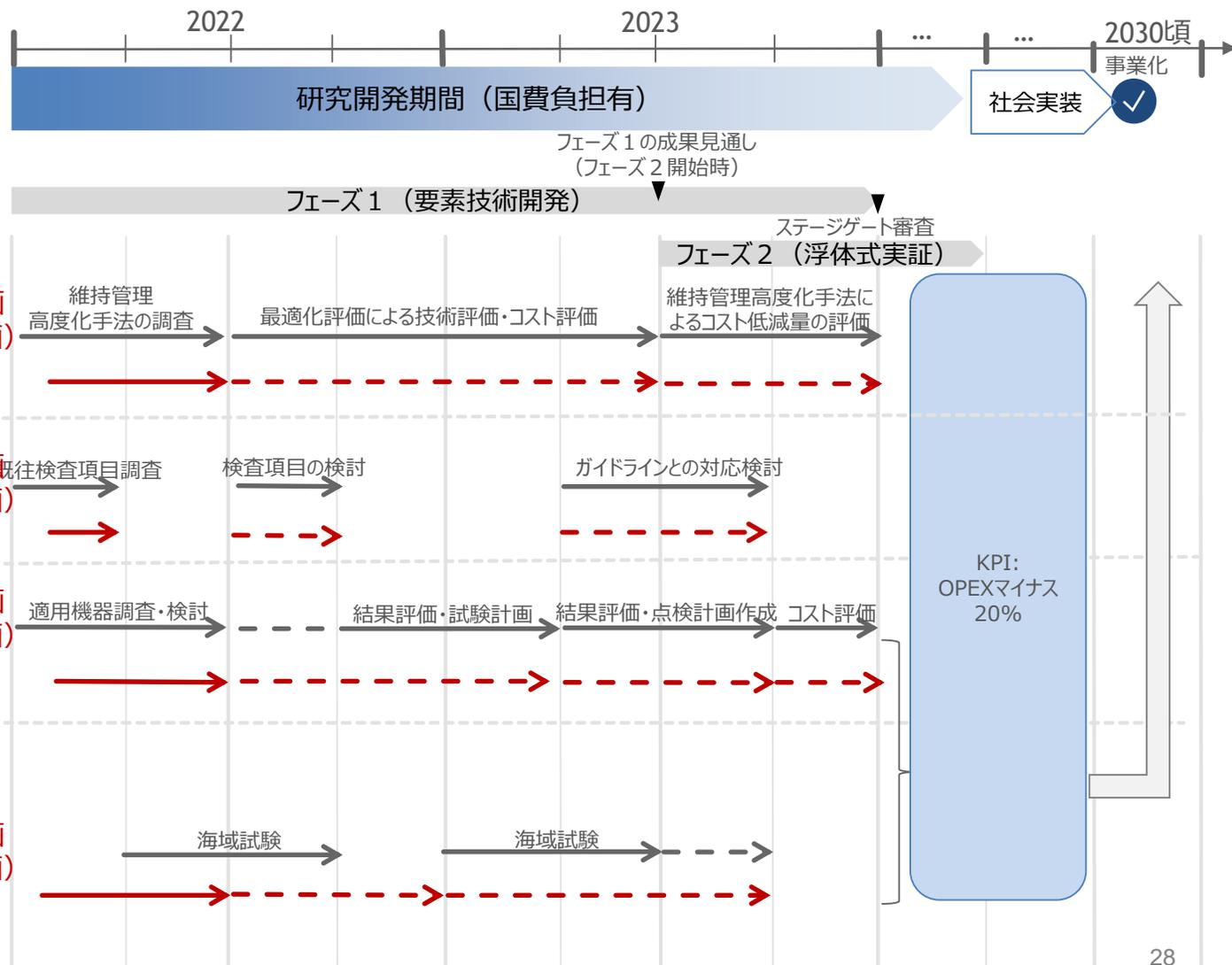
③監視及び点検技術

デジタルツイン技術の確立
O&Mの最適化

点検・検査方法
合理性評価

点検・検査合理化

海域試験



説明内容

1. 事業推進体制における工夫

2. 研究進捗

- フェーズ1-② 浮体式大量導入に向けた大型スパー浮体式基礎の製造・設置低コスト化技術の開発
- フェーズ1-③ 浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）
- フェーズ1-④ 遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全

3. 今後の展望

浮体式洋上風力の市場展開戦略

浮体式洋上風力システム

研究開発段階（GIフェーズ1・2）

浮体式発電システム開発

フェーズ1-②

多角柱スパー浮体システム

フェーズ1-③

浮体式変電・変換所／高電圧ケーブル

フェーズ1-④

スマート保守管理システム

オープン戦略

認証取得および標準化・規格化により広く認知された技術開発

・設計方法・項目の明確化、ガイドライン等への反映
⇒ 認証の効率化

・発電事業者となり得る電力会社による共通仕様の明確化
⇒ メーカーによる技術開発を促進

・遠隔監視時の維持管理の検査項目のガイドライン等へ反映
⇒ ROV、センサー等のメーカーの開発を促進し、更なる低コスト化

・認証機関と連携し、ガイドラインへ反映を足掛かりに国際規格化
⇒ 日本の事業者の海外展開を後押し

クローズ戦略

設計ノウハウおよび低コスト化に寄与するコア技術は知財化等により競争力として蓄積

知財化 設計、保守管理のコンセプト等の特許取得

ノウハウ獲得 具体的な設計、製造、施工、運転管理方法

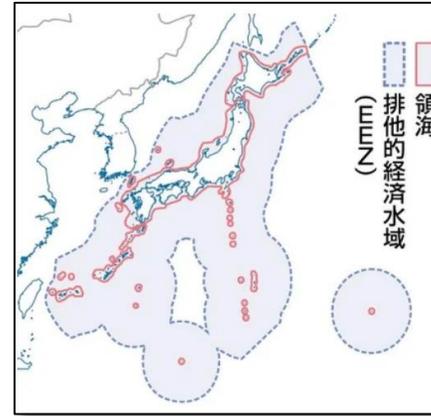
低コストかつ大量製造可能な
浮体式風力発電システム確立

国内市場展開

多角柱スパー浮体システム

スマート保守管理システム

厳しい気象・海象／大量製造に適したスパー
⇒ EEZを含む広大な海域への進出・拡大



国内の多数の造船ドックで製造可能
⇒ 国内各地で製造拠点化

浮体式変電・変換所／高電圧ケーブル

国内各所での採用による標準化
量産化による低コスト化の実現

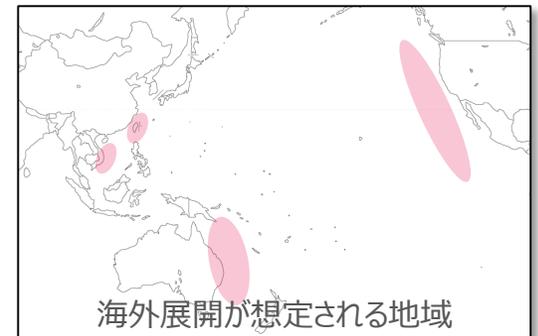
海外市場展開

日本の厳しい気象・海象に適合した
浮体式洋上風力システム

浮体式洋上風力の技術基準

認証機関の協力によりハード・ソフト両
面*で気象・海象が類似する太平洋沿岸諸国に発電事業者として進出へ

アジア地域を皮切りに浮体式風力発電システムの水深100m程度以深でのスパー型浮体のシェア拡大へ
⇒ 資材購入における価格競争力向上



海外展開が想定される地域