

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名 : 洋上風力発電の低コスト化
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
低コストと優れた社会受容性を実現するTLP方式による浮体式洋上発電設備の開発

実施者名 : 古河電気工業株式会社
代表者名 : 代表取締役社長 小林 敬一

共同実施者 : 三井海洋開発株式会社（幹事企業）
東洋建設株式会社
株式会社JERA

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

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

三井海洋開発（幹事会社）

【研究開発項目：フェーズ1—②】

研究開発の内容

- ① 浮体基礎の最適化
・高信頼性軽量浮体の検討
- ② 浮体の量産化
・短納期量産のためのサプライチェーンの構築
- ③ 係留システムの最適化
・構成部品の要素試験による健全性確認
- ④ 低コスト施工技術の開発
・浮体設置、係留着脱技術の検討

社会実装に向けた取組内容

- ・ 15MW級風車搭載設備の基本設計（浮体・係留システム）
- ・ 浮体製造・輸送計画書の策定
- ・ 浮体設置・メンテナンス要領書の策定

東洋建設

【研究開発項目：フェーズ1—②】

研究開発の内容

- ③ 係留システムの最適化
・係留基礎の引抜実験による係留基礎の設計手法検証
- ④ 低コスト施工技術の開発
・大深度における係留基礎の施工性検証のための要素実験

社会実装に向けた取組内容

- ・ 15MW級風車搭載設備の基本設計（係留基礎）
- ・ 係留基礎の設計
- ・ 係留基礎の設置工事

古河電工

【研究開発項目：フェーズ1—②】

研究開発の内容

- ④ 低コスト施工技術の開発
・TLP浮体用66kVダイナミックケーブルの開発・低コスト化

社会実装に向けた取組内容

- ・ 15MW級風車搭載設備の基本設計・評価（ケーブル、TLP浮体用ターミネーション、付属品）
- ・ ダイナミックケーブルの設計、製作
- ・ ダイナミックケーブルの布設・接続工事

JERA

【研究開発項目：フェーズ1—②】

研究開発の内容

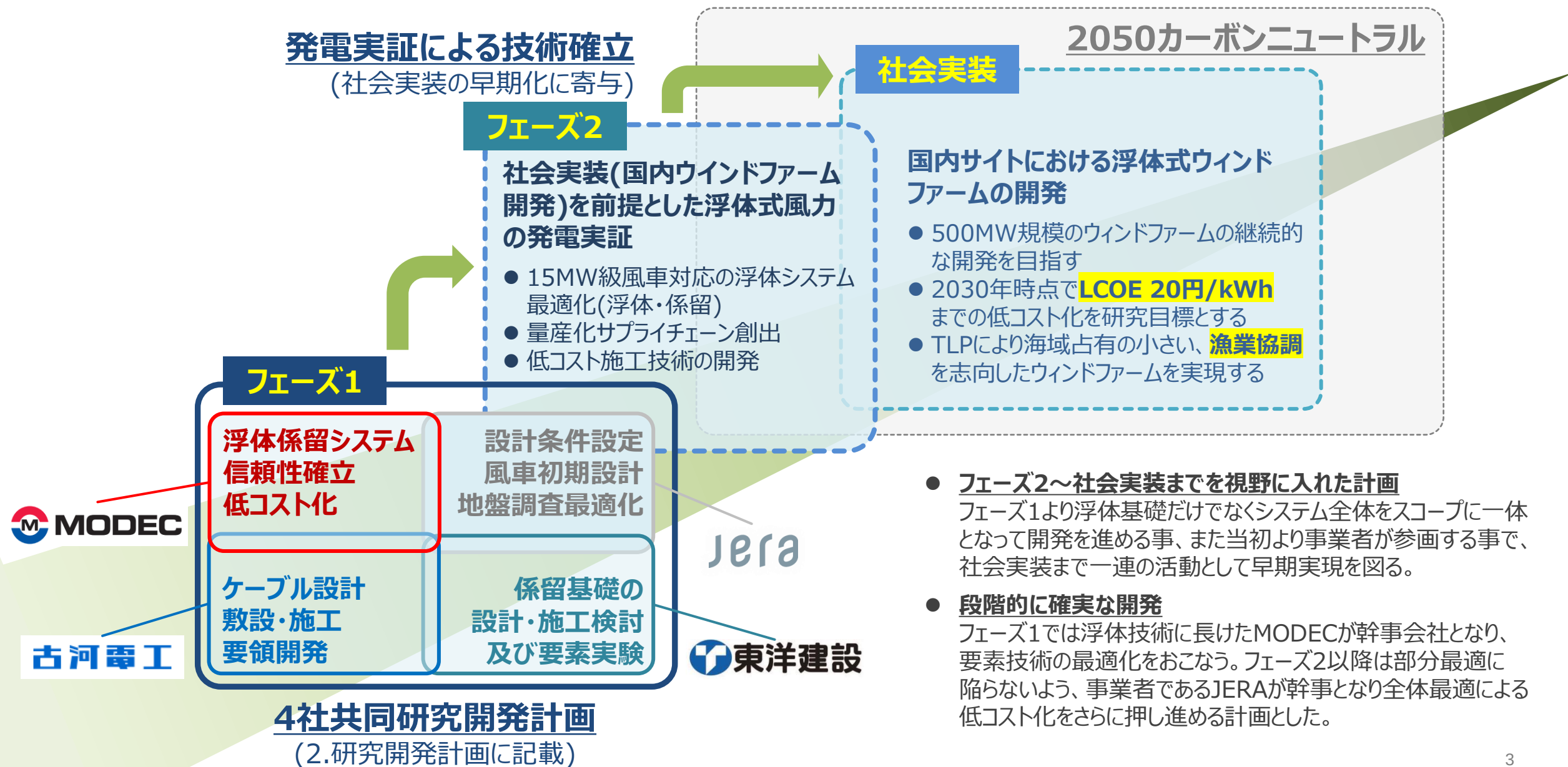
- ① 浮体基礎の最適化
・風車メーカーとの共同設計
・設計海象条件の設定
- ③ 係留システムの最適化
・設計地盤条件の設定
・地盤調査の最適化検討

社会実装に向けた取組内容

- ・ 実証サイト調整・地元調整
- ・ フェーズ2発電実証および、社会実装（商用WF開発）における低コスト化の総合検討
- ・ 風車調達に係る協議、調整
- ・ ウィンドファーム サイト条件調査
- ・ 許認可対応

（TLP型浮体による洋上風力発電設備低コスト化と社会受容性向上プロジェクトの実現

(参考) 事業計画・研究開発計画の関係性 (コンソーシアム4社による提案)



1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識および産業アーキテクチャ

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- 日本は2050年カーボンニュートラルを宣言
- 再生エネルギー拡大による化石燃料シェアの低下
- 環境負荷を与えず持続できる循環型のサービス・製品、社会から支持される経営の必要性
- SDG's取り組みが高まっている。

（経済面）

- SDG's、ESGへの取り組みが投資家の投資判断基準となる。
- 企業にとっての環境付加価値を考慮した電力需要の高まり

（政策面）

- 再エネ比率36～38%@2030年目標
- グリーン成長戦略において 洋上風力は重点分野の一つ
- 2030年10GW, 2040年45GWを目標とする

（技術面）

- 再エネ由来の燃料開発（水素、アンモニア）
- 次世代蓄電池技術
- エネルギーマネジメント、電力×通信×モビリティ
- ー 洋上風力発電関連技術ー
- 2020年代中盤、風車は12～15MWクラスと大型化
- 洋上風力発電低コスト化技術

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



- 市場機会：再生可能エネルギーを主力電源化とする動きの中で、周囲に海に囲まれた地の利を生かした洋上風力発電は最有力候補であり、特に市場拡大が見込まれる。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：国内調達促進による新規事業及び雇用の創出。

- 当該変化に対する経営ビジョン：Society 5.0における情報／エネルギー／モビリティが融合した社会基盤を創る。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

市場のセグメント・ターゲット

セグメント分析

	風車関連	伝送路	アクセサリ
浮体式	係留	ダイナミックケーブル	Buoy
	ブレード発電機タワー		Bend stiffener Bend restrictor
着床式	基礎	スタティックケーブル	

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 国内市場：洋上風力向け海底ケーブル約2,000億円/年（2GW）、この内、TLP浮体式洋上風力発電用ダイナミックケーブルは約12.5%（0.25GW）を想定。

需要家	導入量（2030年）	課題	想定ニーズ
発電事業者	0.25GW/年	- 高耐久性 - 量産体制の確立	- 常時モニタリング - マリングロス対策

注力理由）

- 当社が有する海底ケーブル製造技術。
- 福島、カーボントラスト実績。
- 施工面からのノウハウも有する。

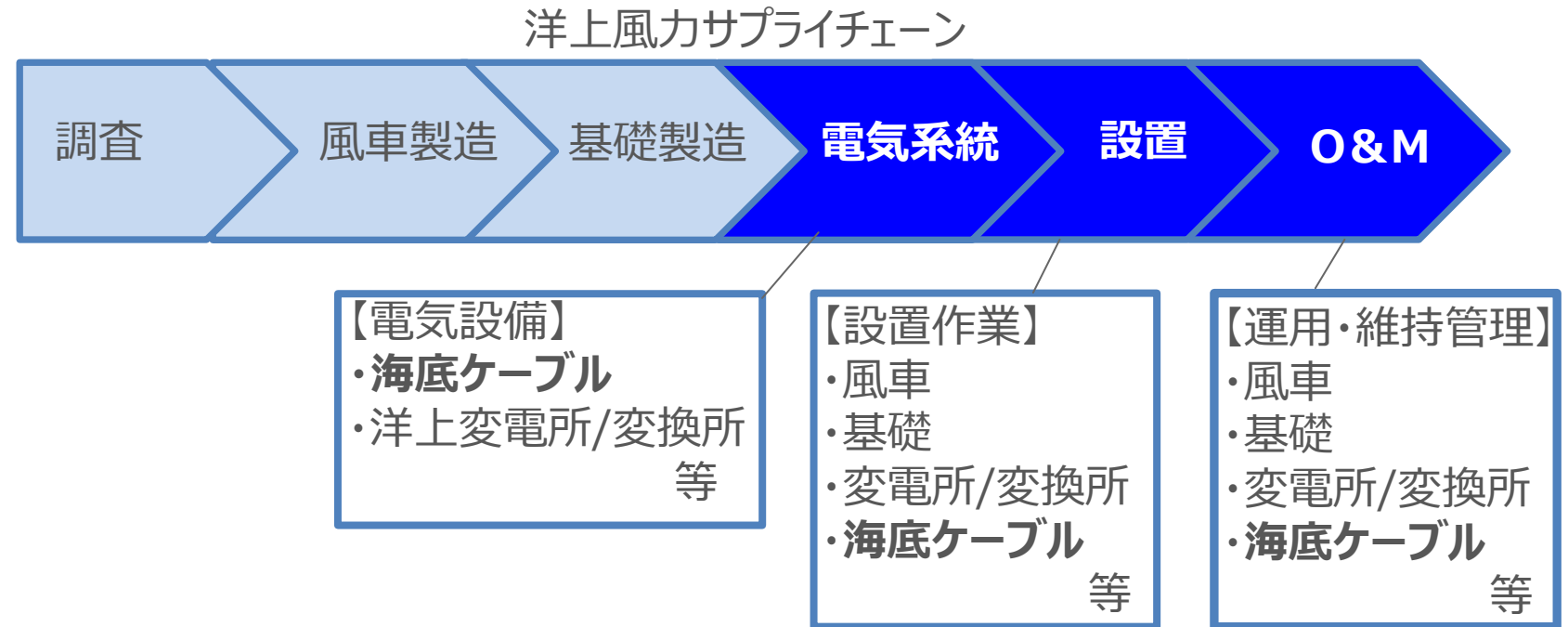
1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

社会・顧客に対する提供価値およびビジネスモデル概要

社会・顧客に対する提供価値

- カーボンニュートラルを実現するための産業アーキテクチャにおける、再生可能エネルギーの送電分野。特に洋上風力の海底ケーブル送電。
- 経済性のあるアレイケーブル、エクスポートケーブルに関係する設計、製造、施工、保守を提供し、洋上風力発電の普及拡大に貢献します。

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



- 当社は、福島WFで得たノウハウをベースにケーブルの設計及び周辺機器の調達及び、施工までを一貫して請け負うことにより、より信頼性の高い伝送路の構築に貢献する。
※ケーブル及びその周辺機器につきEPCI対応可能な企業は国内では限られます。

- まずは緩係留・緊張係留(TLP)双方に対応する66kV高圧ダイナミックケーブルの開発導入により、材工でのコスト減貢献を目指します。

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

TLP浮体に最適化されたダイナミックケーブルシステムに関わる標準化の推進

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

自社強み

福島実証、カーボントラストFloating Wind JIPを通して得たダイナミックケーブルシステムの知見と素材メーカーとしての豊富な知見

市場

2030年以降国内においては浮体の時代到来と予想
国内においては漁業等との共存が課題

競合

66kV wet designケーブルの浮体式適用事例あり

開発

ダイナミックケーブル設計・製造・布設における信頼性と高耐久性の実現

標準化

TLP浮体向けダイナミックケーブルシステムに適用するアクセサリ類、接続インターフェース、布設工法の標準化検討に向け、海外知財権動向のIPランドスケープを実施中

国内外の動向・自社の取組状況

国内外動向

66kV wet designケーブルの浮体式適用事例あり
（疲労課題をケーブル設計単体で解決しようという発想）



自社取組

LCOE低減のため、ケーブル線形、布設設計まで含め低コスト化に資するダイナミックケーブルシステムの開発

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

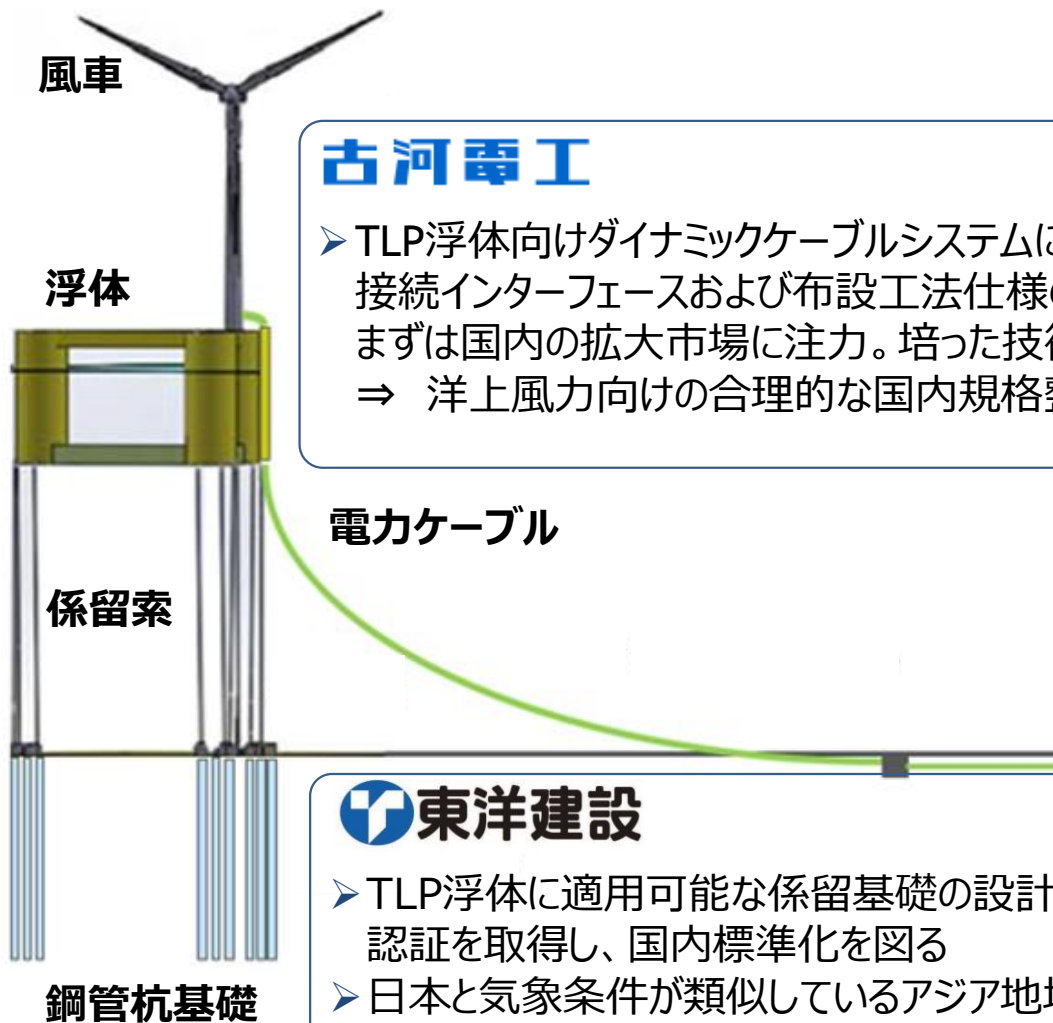
コンソーシアムの標準化への取り組み

Jera

- TLP浮体の洋上風力のウィンドファーム認証・船級検査の先行事例として、設計・建設・運営のデファクトスタンダード確立を目指す
- TLPに対する、風車設計（RNA・タワー）について風車メーカーと先行検討の実績を積上げる事で、風車設計のデファクトスタンダードおよびリードタイム短縮など先行者利益の獲得を目指す
- 実証機による船舶航行・漁業影響（漁業操業・漁獲等）を調査する事により、航行や漁業への負担を低減するための風車配置や設備設計プロセスを確立する



- 係留索システムコンポーネントの標準化を検討
既製品で業界規格が取れていない係留索材料などの国際規格化の検討を実施
リードタイムの短縮の実現



古河電工

- TLP浮体向けダイナミックケーブルシステムに適用するアクセサリ類、接続インターフェースおよび布設工法仕様の標準化
まずは国内の拡大市場に注力。培った技術を海外へ展開
⇒ 洋上風力向けの合理的な国内規格整備が必要

東洋建設

- TLP浮体に適用可能な係留基礎の設計手法についてAIP認証を取得し、国内標準化を図る
- 日本と気象条件が類似しているアジア地域において、確立された設計手法を展開する

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

自社の経営資源および他社に対する比較優位性

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- ・ 緩係留、**緊張係留(TLP)双方**に適合するダイナミックケーブルに関する設計、製造、布設、保守。
- ・ **ケーブル・付属品**、浮体基礎、風車、洋上・陸上電気システムとの**各種インターフェイスの整合性確認**による**信頼性と高耐久性の実現**。

自社の強み

- ・ 福島洋上W F 実証実績、カーボントラスト参加
- ・ ダイナミックケーブルの解析・製造ノウハウ

自社の弱み及び対応

- ・ ダイナミックケーブルの量産技術及び各種インターフェイスの整合性を本事業で確立

他社に対する比較優位性

自社

技術

- ・ (現在) 66kV級実証実績, カーボントラスト委託開発



- ・ (将来) 緩係留方式・TLP方式双方の浮体に適合するダイナミックケーブルの社会実装

- ・ 欧州地域でO & G 向けアンビリカルケーブル, 浮体式洋上風力66kVまでの実績

顧客基盤

- ・ 国内外発電事業者（潜在顧客）



- ・ 国内外発電事業者

- ・ 欧米・アジア他

サプライチェーン

- ・ ケーブル：自社
- ・ 附属品：自社＋海外調達



- ・ 国内外調達によるBCP対応

- ・ 欧州・中国を中心とした調達

その他経営資源

- ・ メタル・ポリマー・情報通信各事業セグメントでの技術的知見



- ・ 事業領域の融合によるアジャイルな開発体制
- ・ 量産体制の整備

- ・ 布設船保有
- ・ 日本国内製造拠点無し

欧州大手

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

T L P 浮体式洋上風力発電用ダイナミックケーブル事業

10年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、2035年頃の投資回収を想定

投資計画

	研究開発					事業化		投資回収						
	N0年度	N1年度	N2年度	…	N10年度	…	N11年度	…	N14年度	N15年度	N16年度	N17年度	N18年度	N19年度
販売方針									平均0.25GW／年程度の販売実績を想定。					
開発方針		約0.9億円（本事業の支援期間）												
		TLP浮体向けの信頼性の高いケーブルシステムおよびターミネーションの開発												
取組の段階	事業化可能性の検証	研究開発の開始	…		実証	…	事業化	…				社会実装		
CO ₂ 削減効果	-	-	…		-	…	43万トン		215万トン	43万トン	43万トン			

8. 電力事業施策 ケーブル製造能力の増強

(参照URL)

https://www.furukawa.co.jp/ir/library/briefing/pdf/2021/20210611_energy.pdf P13/31

2025年度までにケーブル製造能力2倍へ(2017年度比)

- ・国内超高圧地中線および再生可能エネルギー（海底線+地中線）の需要増に対応
- ・海外大型海底線の長尺製造に対応

①生産性改善

- ・絶縁押し出し長尺化(接続部削減)等の生産技術開発の推進
※品質向上・納期短縮にも寄与

②設備投資（千葉工場）

**8年間（2018～2025）累計で150億円規模
計画通り実施中(2021年度中に5割完了)**

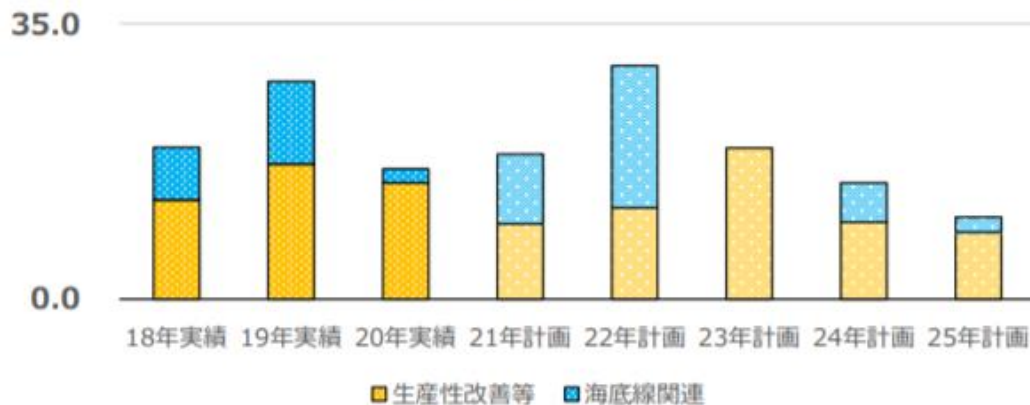
- ・海底線対応（約50億円）
 - ・接続部削減による長尺海底線製造能力2.5倍に
- ・生産性向上等（約100億円）
 - ・千葉第2工場の再稼働（実施済み）
 - ・設備更新・システム化投資を継続し生産性を2倍超に



海底線製造設備(千葉工場)

千葉工場主要設備投資計画

単位：億円



1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

研究開発・設備投資・マーケティング計画

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- 先行特許を回避した開発。国内、海外で特許権利化を目指す。 各種インターフェースの整合性確認技術の標準化 - オープンイノベーションによる国内外メーカとの信頼性、高耐久性に優れるアクセサリ類開発・評価及び、O&M技術開発・評価（将来） 事業者・浮体・海洋工事との共創による製品開発～実証検証	- 量産向け合理化設備の導入 - 国内需要増に対応する量産体制の整備	- 国内プロジェクトの遂行能力確保 - 風車、浮体、海洋工事、調査測量、事業者との繋がりを活用したCAPEX＋OPEXでの貢献 - 国内プロジェクトの遂行能力
進捗状況	- ケーブルと浮体のインターフェースについて、MODECと強度、配置、作業性を協議中 - ケーブルおよびアクセサリの施工方法について、MODECと協議中	量産体制確立に向け、必要設備の増築工事を進めている	CAPEX＋OPEX低減を目的に、アクセサリ類の海外サプライチェーン動向調査を実施。
国際競争上の優位性	▼ - 国内外市場における洋上風力発電事業の最適化手法の確立（緩係留・TLP対応） 高耐久性を有する付属品、O&M技術をアジャイルに開発・評価（相対的コスト優位）	▼ - 国内外サプライヤからのBCP調達 - 国内外附属品のアジャイルな開発・評価	▼ 地域毎でのローカル・コンテンツとの円滑なコラボレーション

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

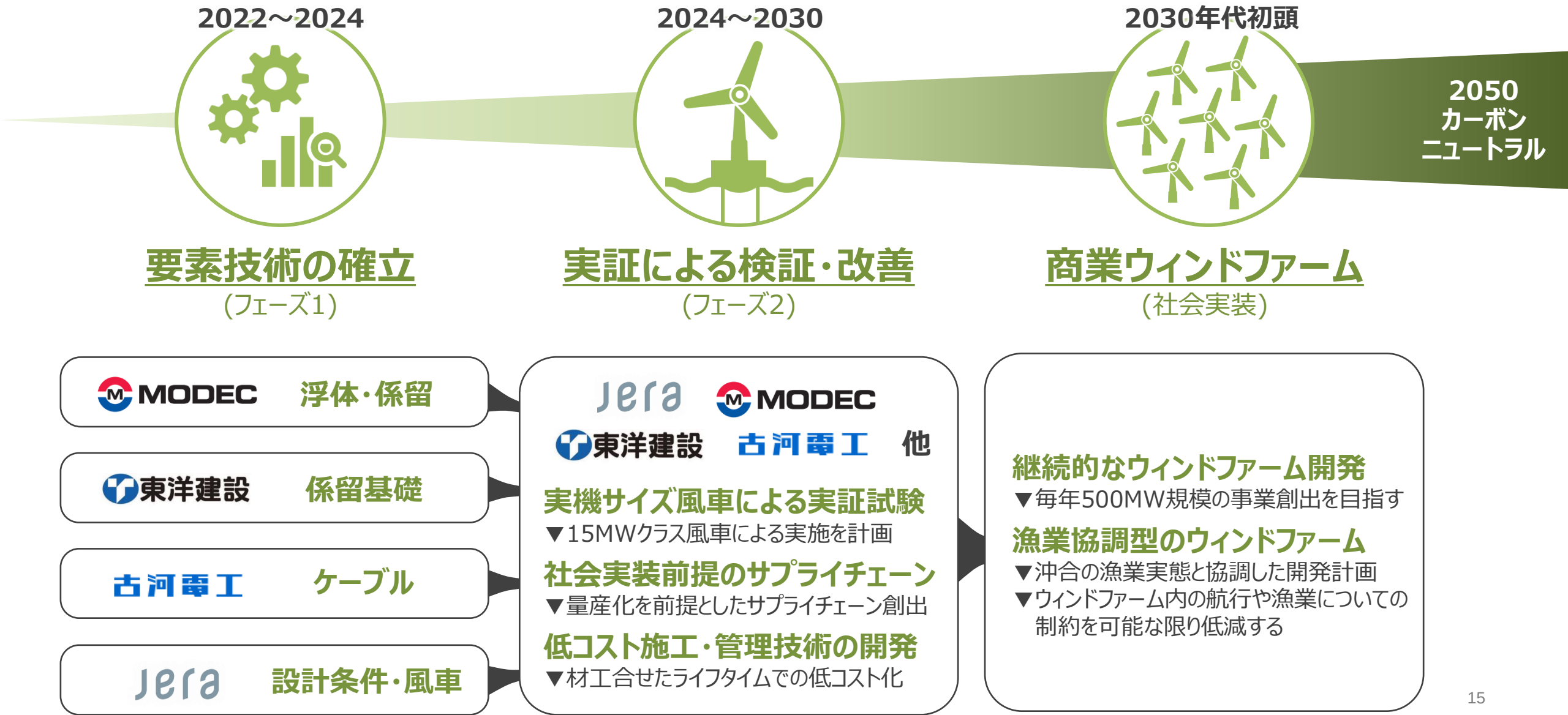
資金計画

資金調達方針

	2018～2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	…2030	2035 年度	N15年度まで合計
事業全体の資金需要	—	—	—	—	—	—	—	—	—
うち研究開発投資		0.9億円		本事業期間にてTLP浮体用66kV級ダイナミックケーブルの要素技術開発を完了させた後、実海域で検証し、設計評価手法を確立することで早期の社会実装に備える（内容、費用は今後検討）。				—	—
国費負担※ （委託又は補助）		0.68億円						—	—
自己負担 （自己資金＋外部調達）		0.22億円						—	—

GI基金事業期間にてTLP浮体用66kV級ダイナミックケーブル開発を完了させた後、浮体式洋上風力発電の安定的運用のためのO&M等の技術確立に向け継続的な研究開発を実施する予定。

事業計画・研究開発計画の関係性および将来展望



2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

実証時のウィンドファーム認証取得に向けた各要素技術のKPI設定

研究開発項目

【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

アウトプット目標

15MW級風車の搭載に対応した高信頼性並びに軽量化を実現する浮体の開発

研究開発内容

1

浮体基礎の最適化

- ・高信頼性軽量浮体の検討
- ・一体設計技術の確立

MODEC

浮体設計

JERA

設計海象条件の設定

KPI

- ・フェーズ1:
 - a) 一体設計技術による浮体の高信頼性確認
 - b) 10MW級従来浮体構造からの重量低減
 - c) 実証想定海域の環境条件に基づく浮体設計に関する基本承認（AIP）取得
- ・フェーズ2: 実証機のウィンドファーム（WF）認証、船級承認を取得

KPI設定の考え方

- ・ 高信頼性及び軽量化を両立し、フェーズ1の段階でWF認証の前段階となるAIPまでを日本海事協会から取得する。
- ・ 発電実証、その後の社会実装を念頭にWF認証を指標とした。

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

実証時のウィンドファーム認証取得に向けた各要素技術のKPI設定

研究開発内容

- 2 浮体の量産化
- ・量産化・サプライチェーンの構築

MODEC

アウトプット目標

コスト低減および量産化に向け15MW級風車を搭載する浮体を量産するサプライチェーンの構築

KPI

- ・フェーズ1:量産化を実現するための 生産設備と工程を示す図面を作成
- ・フェーズ2:サプライチェーンを実現するプロジェクト実行計画を作成

KPI設定の考え方

- ・ 商業化時の課題である価格競争力がある サプライチェーン構築の目処として実行計画の作成とした。

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

実証時のウィンドファーム認証取得に向けた各要素技術のKPI設定

アウトプット目標

係留設計に関して「浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドライン」で要求される係留張力の監視装置の開発及び係留コネクター部品の強度及び安全性に関する設計上の担保、並びに、地盤調査費のコスト低減に向けた調査方法の最適化

研究開発内容

- 3 係留システムの最適化
- ・浮体・係留索・基礎杭の一体設計
 - MODEC 係留索
 - 東洋 係留基礎
 - JERA 設計地盤条件の設定
 - ・係留張力監視システムの開発
 - MODEC
 - ・係留コネクター内ベアリングの耐久性の確認
 - MODEC

KPI

- ・フェーズ1:15MW級風車及び実証想定海域の環境条件に基づく係留設計に関するAIP取得
- ・フェーズ2:実証機のWF認証、船級承認を取得
- ・フェーズ1:当該ガイドラインで要求される係留張力監視装置の開発
- ・フェーズ2:発電実証での実現性確認
- ・フェーズ1:係留コネクター内ベアリングの実物大スケール相当の耐久試験実施
- ・フェーズ2:発電実証での摩耗量確認

KPI設定の考え方

- ・フェーズ1の段階でWF認証の前段階となるAIPまでを日本海事協会から取得する。
- ・発電実証、その後の社会実装を念頭にWF認証を指標とした。
- ・係留張力監視装置は商品化されておらずフェーズ1で新規開発する。
- ・実海域での実現性を実機で確認する。
- ・商業時の耐用期間及び荷重において耐久性、また、摩耗量を確認し設計要求を担保する。
- ・発電実証で推定した摩耗量を検証する。

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

実証時のウィンドファーム認証取得に向けた各要素技術のKPI設定

アウトプット目標(再掲)

係留設計に関して「浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドライン」で要求される係留張力の監視装置の開発及び係留コネクター部品の強度及び安全性に関する設計上の担保、並びに、地盤調査費のコスト低減に向けた調査方法の最適化

研究開発内容

3 係留システムの最適化

・係留基礎の地盤調査

東洋

設計・施工検討

JERA

地盤調査・設計定数

KPI

- ・ フェーズ1: 音波探査などによるCPT調査の補完手法、それに基づく定数設定・設定手順の構築
- ・ フェーズ2: CPTの調査数削減

KPI設定の考え方

- ・ 大深度地盤調査(CPT)が必要とされているが、他の地盤調査データと組み合わせる事で、安全性を確保しつつ、調査要求の簡略化ができるよう認証機関と共に検討する。

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

実証時のウィンドファーム認証取得に向けた各要素技術のKPI設定

アウトプット目標（係留系）

低コスト化が見込める施工要領の確立および発電実証時の施工実現性・経済性及び商業化時の量産化サプライチェーンへの対応性確認

研究開発内容

4 低コスト施工技術の開発 ・係留

MODEC 浮体・係留索

東洋 係留基礎

KPI

- ・ フェーズ1:船級等の第三者機関から係留接続の施工要領に関するTechnical Qualification（TQ）を取得
- ・ フェーズ2:実証機の設置において係留工事の実現性・経済性を確認

- ・ フェーズ1:大深度における係留基礎施工方法の確立
- ・ フェーズ2:15MW級浮体に対応する係留基礎を設置

KPI設定の考え方

- ・ 施工の実現性を机上検討で判断する手法としてTQプロセスを採用する。
- ・ 商業化時の競争力判断に必要な指標として、実現性と経済性を設定した。
- ・ 国内で実績のない大深度での係留基礎施工について装置を含めた研究開発を行う
- ・ ファーム規模で資本費を低減するには、施工速度が重要である。

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

実証時のウィンドファーム認証取得に向けた各要素技術のKPI設定

研究開発内容

4 低コスト施工技術の開発

・ダイナミックケーブル設計・製造・布設
における信頼性と高耐久性の実現

古河電工

・各材料の特性、量産サプライチェーン
評価による低コスト化の実現

古河電工

・インターフェイスを確認した実現性の
高い施工技術の確立

古河電工

アウトプット目標（ケーブル）

- ・うねりや台風、津波、海洋生成物付着等に耐える信頼性と事業期間中の高耐久性を実現
- ・ダイナミックケーブルを構成する材料の特性、量産サプライチェーンの評価を行い低コスト化を実現
- ・TLP浮体/係留との建設・O&M時インターフェイスを確認し実現性の高い施工技術を確立

KPI

- ・フェーズ1:ULS、VIV、FLS(25年以上)
- ・フェーズ2:発電実証でのWF認証取得

- ・フェーズ1:解析条件設定と材料選定
- ・フェーズ2:発電実証でのWF認証取得

- ・フェーズ1:解析条件設定と材料選定
- ・フェーズ2:発電実証でのWF認証取得

KPI設定の考え方

- ・15MW級風車搭載のTLP浮体用のダイナミック
ケーブルシステムの確立と適用可能布設環境の
確認
- ・実海域における実証実験

- ・各素材の最適特性を選定しケーブル構造を決定
- ・選定材料のBCP調達、サプライチェーンを評価
- ・発電実証での解析結果の検証、コスト評価

- ・TLP浮体構造、係留工事との整合性をとった最
適な施工技術を検討
- ・実証実験で安全性と施工品質を確認

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

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 浮体基礎の最適化 ・高信頼性軽量浮体の検討 ・一体設計技術の確立 MODEC JERA	・フェーズ1: a) 一体設計技術による浮体の高信頼性確認 b) 10MW級従来浮体構造からの重量低減 c) 実証想定海域の環境条件に基づく浮体設計で基本承認(AIP)を取得 ・フェーズ2: 実証機のWF認証、船級承認を取得	10MW級風車搭載浮体係留の水槽試験実施 (TRL5)	・フェーズ1 (TRL5) を維持 ・フェーズ2 実証試験による経済性と実現性の確認 (TRL8)	・ 高信頼性と軽量化を実現した15MW級浮体での実証に向け各種認証を取得、実証で経済性および信頼性を確認 - フェーズ1 一体設計技術により高信頼性と軽量化を両立する浮体構造を実現し、実証想定サイトの自然条件における設計に対するAIP取得 - フェーズ2 NKからのWF認証の取得と発電実証による信頼性確認	・フェーズ1: 2023年度 (70%) ・フェーズ2: 2030年度 (90%)
2 浮体の量産化 (係留システム含む) MODEC	・フェーズ1: 量産化を実現するための生産設備と工程を示す図面を作成 ・フェーズ2: 量産化プロジェクト実行計画を作成	10MW級風車単基用の設計と製造検討 (TRL2)	・フェーズ1 (TRL2) を維持 ・フェーズ2 実機スケール浮体の製造による量産化要領書の作成 (TRL8)	・ 机上検討で量産化に適した浮体・係留の設計を行うと共に、浮体製造所・係留メーカーとの協業により具体的なプロジェクト実行計画を作成 - フェーズ1 量産時の最適化設計を実施、係留メーカーと量産化に適した設計及び製作方法を検討 - フェーズ2 実証機の浮体製作の実行計画を基に、製造所と連携し量産化の実行計画を作成	・フェーズ1: 2023年度 (70%) ・フェーズ2: 2030年度 (90%)

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

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3 係留システムの最適化 ・浮体・係留索・基礎杭の 一体設計 MODEC 東洋 JERA ・係留張力監視システム の開発 MODEC ・係留コネクタの耐久性 の確認 MODEC	・フェーズ1:15MW級風車及び実証想定海域の環境条件に基づく係留設計に関するAIP取得 ・フェーズ2:実証機のWF認証、船級承認を取得	浮体係留の水槽試験実施 (TRL5)	・フェーズ1 (TRL5) を維持 ・フェーズ2 実証試験による経済性と実現性の確認 (TRL8)	・15MW級での実証に向け各種認証を取得、実証で経済性および信頼性を確認 - フェーズ1 一体化解析プラットフォームの構築と実証想定サイトの自然条件における設計に対するAIP取得 - フェーズ2 NKからのWF認証の取得と発電実証による信頼性確認	・フェーズ1:2023年度 (70%) ・フェーズ2:2030年度 (90%)
	・フェーズ1:ガイドラインで要求される張力監視装置の開発 ・フェーズ2:発電実証での実現性確認	既存装置の応用による机上検討 (TRL2)	・フェーズ1 実荷重及び実物大で検証 (TRL4) ・フェーズ2 実証試験による精度確認 (TRL8)	・実施相当の荷重での载荷試験と実証試験による計測精度と実用性の確認 - フェーズ1 装置メーカーと共同で張力監視装置を設計し、実機で作用する張力相当での载荷確認試験を実施 - フェーズ2 15MW級での実証試験で計測精度と実用性を確認	・フェーズ1:2023年度 (70%) ・フェーズ2:2030年度 (90%)
	・フェーズ1:係留コネクタ内ベアリングの実物大スケールの耐久試験実施 ・フェーズ2:発電実証での摩耗量確認	既存装置の応用による机上検討 (TRL2)	・フェーズ1 実荷重及び実物大で検証 (TRL4) ・フェーズ2 実証試験による精度確認 (TRL8)	・実施相当の荷重、実物大スケールでの载荷試験と実証試験による設計妥当性の確認 - フェーズ1 機材メーカーと共同で実物大相当ベアリング、実機相当に作用する摩擦荷重での耐久試験を実施 - フェーズ2 15MW級での実証試験を経て、ベアリングの摩擦量を確認	・フェーズ1:2023年度 (70%) ・フェーズ2:2030年度 (90%)

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

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3 係留システムの最適化 ・係留基礎の地盤調査 東洋 設計・施工検討 JERA 地盤調査・設計定数	係留基礎の地盤調査の要求に関する調査最適化	係留基礎の設計・施工検討に必要な調査について検討を始めた段階 (TRL2)	・フェーズ1 実海域での施工要素実験を踏まえつつ、設計定数の設定手段を確立 (TRL5) ・フェーズ2 実証試験の許認可において、CPT調査要求の低減が認められる (TRL8)	➡ - CPT以外の地盤調査(音波探査・SPT)および机上調査から、安全性を確保しながらCPT調査の一部省略する設計・施工検討の手段を確立 - 方式① 実海域での地盤調査を実施 - 方式② 風車1基に対しCPT1箇所と他のデータを組合わせたデータ補完を実施 - 方式③ ②と従来手法を比較する事で、調査数量を削減しても安全性に問題が無い事を確認	・フェーズ1:2023年度 (70%) ・フェーズ2:2030年度 (90%)

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

		KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
4 低コスト施工技術の開発 ・係留	MODEC 浮体・係留索	・フェーズ1:船級等の第三者機関から係留接続の施工要領に関するTQを取得 ・フェーズ2:実証機の設置において係留工事の実現性・経済性を確認	・施工要領書作成 (TRL2)	・フェーズ1 机上模型確認、シミュレーション実施 (TRL3) ↔ フェーズ2 係留の健全性とコスト競争力を確認 (TRL8)	・ 第三者機関による施工要領のTechnical Qualification (TQ) 取得と実証試験による確認 - フェーズ1 DNV-GLのTQプロセスと施工シミュレーション - フェーズ2 15MW級での実証試験における施工実現性の確認	・フェーズ1:2023年度 (70%) ・フェーズ2:2030年度 (90%)
	東洋 係留基礎	・フェーズ1:大深度における係留基礎施工方法の確立 ・フェーズ2:15MW級浮体に対応する係留基礎を設置	海外事例の収集、施工検討を机上で実施 (TRL2)	・フェーズ1:実海域で同等の係留基礎を設置 (TRL6) ↔ フェーズ2:実証を通じ年間設置基数を確認 (TRL8)	・ 実海域での要素実験から段階的にフルスケールの実証を行い、商用化段階での年間設置基数を確認 - 方式① 係留基礎に求められる要求性能を要素実験で確認 - 方式② フルスケールの浮体の設置実証を実施 - 方式③ 実証試験より商用化での設置基数を確認	方式①：2023年度 (70%) 方式②：2026年度 (①成功後80%) 方式③：2030年度 (②成功後90%)

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

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
4 低コスト施工技術の開発 ・ダイナミックケーブル設計・製造・布設における信頼性と高耐久性の実現 古河電工 ・各材料の特性、量産サプライチェーン評価による低コスト化の実現 古河電工 ・インターフェイスを確認した実現性の高い施工技術の確立 古河電工	・フェーズ1:ULS、VIV、FLS(25年以上) ・フェーズ2:発電実証でのWF認証取得	TLP用ダイナミック線形での水槽試験 (TRL 4) ↔ 解析手法確立 (TRL7)	耐軸力等実規模試験 (TRL5) ↔ WF認証取得 (TRL8)	・ダイナミックケーブル、バンドスティフナー他アクセサリの解析評価と実験評価を行う。 - 方式① Local解析、Global解析 - 方式② モックアップ試験	NEDO：TLP浮体中間報告 (90%)
	・フェーズ1:解析条件設定と材料選定 ・フェーズ2:発電実証でのWF認証取得	解析・評価調達先1社 (TRL 4) ↔ 競争入札 (TRL5)	材料分析複数調達先 (TRL 5) ↔ WF認証取得 (TRL8)	・複数サプライチェーンの各材料を解析し、特性を確認した上で複数購買による低コスト化を図る。	日本船舶海洋工学会、日本船舶海洋工学会講演会論文集 第23号。 http://www.fukushima-forward.jp/reference/pdf/study050.pdf (90%)
	・フェーズ1:解析条件設定と材料選定 ・フェーズ2:発電実証でのWF認証取得	既存技術組合せによる机上検討 (TRL 4) ↔ 工法確立 (TRL5)	モックアップ試験 (TRL 5) ↔ 実海域検証 (TRL8)	・TLP浮体に適したターミネーションを制作し、引込・施工作業のモックアップ評価を行う。 ・施工性・機械的耐力、電気的接続品質と施工性を評価する。	NEDO：TLP浮体中間報告 (80%)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 浮体基礎の最適化 MODEC 浮体設計 JERA 設計海象条件の設定	風車、浮体、係留連成解析による実証サイトの設計荷重設定完了 設計コンサルとの共同設計に着手 実証試験を目指す実サイトでの風況・海象観測の開始	・設計条件協議継続中 既往の風況、海象、地盤データについて収集済み 風車データを一部JERAより入手し汎用風車モデルを開発中 ・浮体の一般配置図、構造図面、計算書を作成中 ・AIP取得に向け提出図面・図書の合意 ・風車メーカーからの推奨の実機風車の諸元に基づく風車モデル・荷重条件の算出を実績のある欧州の設計コンサルに依頼し、この結果を用いてEarly Works相当の連成解析に着手 ・実証試験の候補海域について、実証試験を前提とした調査について関係漁業者および行政からの合意取得済 ・風況観測・海象観測共に許認可を得て、観測を開始	◎ 一部計画変更はあったものの、フェーズ1の目的達成には影響無く予定通り ◎ 一部計画変更はあったものの、フェーズ1の目的達成には影響無く予定通り
2 浮体の量産化 MODEC	量産化に適した浮体・係留の設計実施 浮体製造所の協業先の決定	・造り易さを重視したカラムの形状を検討中 ・建造場所については、建造実施計画を策定すべく、造船所、陸上ヤードと面談を重ね、製造候補者のリストアップを完了 ・製造候補者に対するRequest for Information作成中	◎ 予定通り進捗 浮体建造の興味につき確認済み 今後興味を表明した企業にRequest for Informationを配布予定

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
3 係留システムの最適化 ・浮体・係留索・基礎杭の一体設計 MODEC 係留索 東洋 係留基礎 JERA 設計地盤条件の設定	・実証サイトの15MW級浮体のAIP取得プロセスの開始 ・係留システムのAIP承認図書のNK提出 ・係留基礎のAIP承認図書のNK提出 ・常時引抜力が繰返し作用する基礎の支持力評価方法確立 ・設計地盤条件の設定のための地盤調査 ・地盤調査の最適化検討へ着手	・係留システムのAIP承認図のNK提出 ✓ AIP取得作業に関しNKと契約済み ✓ 23年からのAIP取得作業に向け事前調整作業を開始 ・係留システム材質オプションの検討を実施中 ・係留基礎のAIP承認図書のNK提出 ✓ AIP取得に向け提出図面・図書の合意 ✓ サイト近隣地点の土質調査結果に基づく基礎試設計(概略寸法の把握)を実施 ・常時引抜力が繰返し作用する基礎の支持力評価方法確立 ✓ 遠心力模型実験の地盤モデル、模型サイズ、載荷装置検討を実施 ✓ 引抜実験実施海域を決定、地元関係者の同意を得た また、実施海域で土質調査を実施した ・実証試験の候補海域について、実証試験を前提とした調査について関係漁業者および行政からの合意取得済 ・今夏、実証候補地点においてCPT調査を実施 データ分析と採取サンプルの室内試験を実施し報告書作成 ・2022年実施のCPT調査の結果を分析し、さらに音波探査結果を組合わせ、TLP浮体向けの大水深でも信頼性の高い地盤調査の方針を検討する 2023年半ばに着手予定	◎ 予定通り進捗 ◎ 概ね計画通り進捗 ◎ 予定通り進捗

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
3 係留システムの最適化 ・係留張力監視システムの開発 MODEC ・係留コネクター内ベアリングの耐久性の確認 MODEC	・実証サイトの張力監視装置の仕様決定 ・実証サイトの係留コネクター内ベアリングの仕様決定	・NKより、張力監視装置の要件を確認 ・モニタリングシステムの具体的な方式を検討中 ・ベアリング大規模摩擦試験の要領につき関連メーカーと協議中	◎ 予定通り進捗 ◎ 予定通り進捗
4 低コスト施工技術の開発 MODEC 浮体・係留索 東洋 係留基礎	・係留接続、取り外しの施工要領の作成完了 ・大深度における係留基礎施工方法の確立	・接続/着脱要領の作業条件（風、波浪等）の設定 ・接続/着脱要領作成を作成中 ・要素実験実施場所を特定、地元関係者の同意を得た ・鋼管杭の試設計を行い、発注準備を開始した ・大深度実験を行うための作業船の調達を開始した	◎ 予定通り進捗 ◎ 実証実験ができる海域を決定 土質調査を計画通り実施した

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
4 低コスト施工技術の開発 ・ダイナミックケーブルシステムの信頼性と高耐久性の実現 古河電工 ・各材料の特性、量産サプライチェーン評価による低コスト化の実現 古河電工 ・インターフェイスを確認した実現性の高い施工技術の確立 古河電工	・挙動解析を開始 ・アクセサリのCAPEX調査を開始 ・ケーブル・浮体インターフェイスにつきMODECと協議開始	・15MW級風車につき試解析を開始した ・アクセサリのCAPEX調査を完了した ・浮体仕様を踏まえたターミネーションの実設計を開始した	◎ 予定通り進捗 ◎ 予定通り進捗 ◎ 予定通り進捗

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 浮体基礎の最適化 MODEC 浮体設計 JERA 設計海象条件の設定	・風車、浮体、係留連成解析による実証サイトの設計荷重設定完了 ・実証サイトの15MW級浮体のAIP習得用図面作成完了 ・設計コンサルとの共同設計に着手 ・実証試験を目指す実サイトでの風況・海象観測の開始	・高信頼性についてはタワー基部の疲労強度の成立性確認 ・強度および工作性との両立の観点から最適化を実施 ・設計荷重低減にむけた浮体、係留システムの検討 ・実機風車への設計移行時の手戻りを最小化するための、設計コンサルとの共同設計 ・沖合での風況データ、大水深での海象データの取得率	・タワー基部の補強要領の検討 ・10MW級従来浮体構造からの改善 ・製作性と浮体性能の両立の検討 ・選定した設計コンサルは、風車メーカーからの受託設計を数多く経験しており、浮体設計に必要な風車モデルの作成に長けている。また、風車モデルデータの提供であり、Early Works相当の連成解析が実施可能 ・風車モデル作成においては実機諸元をベースとし、さらに協議を密に持つ事で設計精度を高める方針 ・データ取得状況をモニタリングすると共に、ライダー周辺環境は定期的にチェックする ・海象観測については3ヶ月毎に海底から引揚げで状況確認を実施する方針

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
2 浮体の量産化 MODEC	・机上検討で量産化に適した浮体・係留の設計実施 ・浮体製造所の協業先の決定	・量産時の浮体建造要領の確立 ・係留索メーカーと量産時の設計及び製作方法の確立	・協力体制(製作場所)の構築を行う ・係留システムメーカーとの協業により、量産化を考慮した設計及び製作の検討を行う
3 係留システムの最適化 ・浮体・係留索・基礎杭の一体設計 MODEC 係留索 東洋 係留基礎	・係留システムのAIP承認図書のNK提出 ・係留基礎のAIP承認図書のNK提出 ・繰返し作用する基礎の支持力評価方法確立	・実証想定海域の環境条件での高信頼性係留システムの構築 ・係留基礎構造図、設計計算書の作成 ・繰返し作用に対する基礎の支持力評価	・一体化解析プラットフォームの構築と実証想定サイトの自然条件における風車、浮体、係留の連成解析を実施する ・浮体連成解析結果を得た後、DLC(設計荷重ケース)毎の基礎設計計算に着手し、AIP取得スケジュールに沿って構造図および計算書を作成する ・遠心模型実験、現地引抜実験、数値計算を組み合わせた総合的な評価により、設計手法を確立する

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
3 係留システムの最適化 ・浮体・係留索・基礎杭の一体設計 JERA 設計地盤条件の設定 ・係留張力監視システムの開発 MODEC ・係留コネクター内ベアリングの耐久性の確認 MODEC	・設計地盤条件の設定のための地盤調査 ・地盤調査の最適化検討へ着手 ・実証サイトの張力監視装置の仕様決定 ・実証サイトの係留コネクター内ベアリングの仕様決定	・CPTおよび室内試験からの設計定数設定 ・ドリルシップからのPS検層データ分析 ・TLP浮体下の面的な地盤状況を合理的かつ効率的に把握すること ・張力監視装置システムの耐久性向上 ・実機に作用する摩擦荷重、海水中でのベアリングの耐久性向上	・設計定数の設定精度を確保できるような、室内試験の数量の確保、および同海域での既存データを考察に反映する予定 ・今夏調査において、CPTとは別孔でPS検層を単独実施済 現在データ分析を進めており、今後、本対策の有用性について検証を実施する ・音波探査や海域地盤の堆積環境の考察を最大限活用する事で、地層層序の特性を把握し、CPT等ボーリング調査の数を低減する事を検討する 要すれば、音波探査を高解像度にする事も検討中 ・張力監視装置のコンセプト設計を行い、実機で作用する張力に出来るだけ近い設定で載荷確認試験を実施する ・実物大ベアリング、実機に作用する摩擦荷重に出来るだけ近い設定で耐久試験を実施する

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
4 低コスト施工技術の開発 MODEC 浮体・係留索 東洋 係留基礎	・係留接続、取り外しの施工要領の作成完了 ・大深度における係留基礎施工方法の確立	・係留接続、取り外しの施工要領ブラッシュアップ ・現地海域でのCPT調査結果によるTLP式浮体の係留基礎の試設計および要素実験による整合性の確認 ・大深度における杭打設技術の導入にあたっての国内基準との整合性確認	・DNVのTQプロセスと施工シミュレーションを実施し、施工要領をブラッシュアップする ・要素実験を通じて商用化に向けた施工検討を実施する

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
4 低コスト施工技術の開発 ダイナミックケーブルシステムの信頼性と高耐久性の実現 古河電工 各材料の特性、量産サプライチェーン評価による低コスト化の実現 古河電工 インターフェイスを確認した実現性の高い施工技術の確立 古河電工	・挙動解析を開始 ・アクセサリのCAPEX調査を開始 ・ケーブル・浮体インターフェイスにつきMODECと協議開始	・実海域海象条件下での挙動に対する健全性の確認 ・CAPEX上有利なアクセサリにつき、挙動解析の実施 ・実海域でのオペレーションを想定したターミネーションの評価内容検討	・試解析終了次第解析を開始する ・試解析終了次第解析を開始する ・評価内容はほぼ固まった、実機評価を計画中。

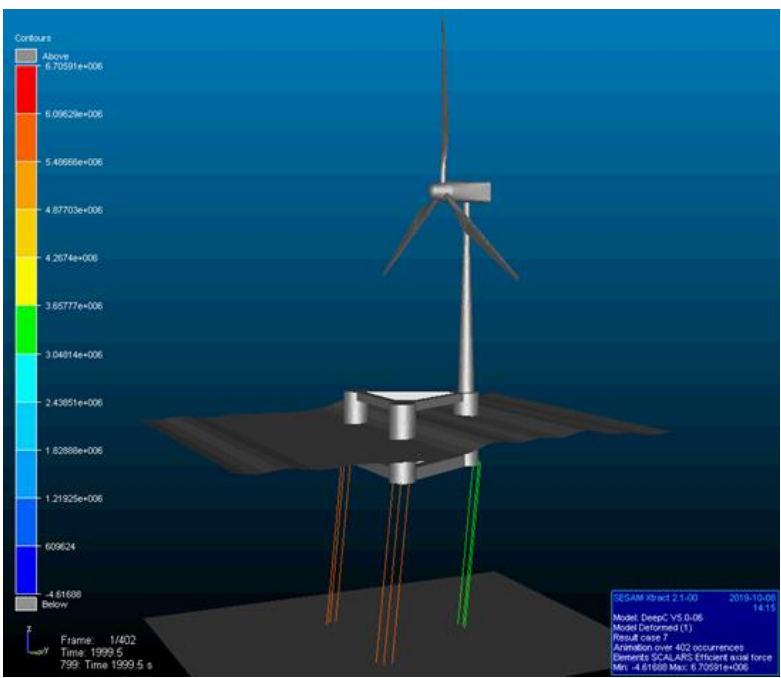
① 浮体基礎の最適化/高信頼性軽量浮体の検討と一体設計技術の確立

（1）一体設計技術による浮体の高信頼性確認	
これまでの取組	• 既往の風況、海象、地盤データにつきMODECとJERA、東洋建設間で設計条件を調整中 • 風車メーカーのデータについてはJERAより入手し、実証にて使用予定の風車と同等のモデルを作成中
今後の見通し	• 実海域での調査・観測データによる連成解析の前に既往データによる連成解析を実施し、タワー基部の疲労強度の成立性確認
（2）高信頼性軽量浮体の検討	
これまでの取組	• 15MW級風車用の浮体コンセプトを検討し、一般配置図検討および図面作成
今後の見通し	• 浮体の軽量化の検討
（3）サイト条件での基本設計	
これまでの取組	• NKから基本設計承認（AIP）を取得するために提出図、参考図書リスト協議中
今後の見通し	• NK、有識者による審議とコメントに対応し、AIP取得

① 浮体基礎の最適化／実機風車・実海域ベースとした設計条件の設定

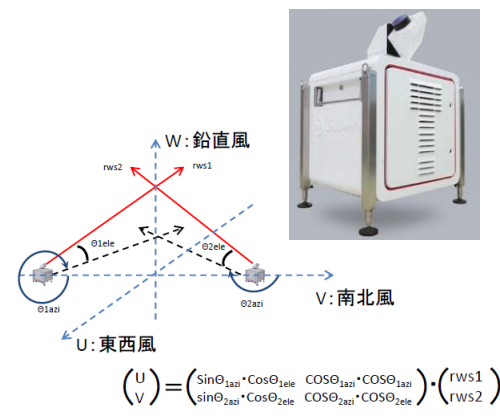
実機風車ベースの共同設計

- 浮体設計に利用可能な風車条件としてはNRELやDTUが公開するモデルが利用可能だが、①設計最適化が図られていない、②提供されるコンローラーは汎用目的であり、実際の風車条件と乖離する可能性が高い。
- 実証試験、社会実装における低コスト化の確実性を高めるため、洋上ウィンドファーム向けに実機風車ベースの設計(連成解析)を監理する。



設計海象条件の設定

- 実証試験でも、社会実装と同じ設計承認、許認可取得が必要になる。そのため、フェーズ2へのスムーズな移行を目指すためにも、実証試験候補サイトの風況・海象を観測し、実際の条件で浮体基礎の設計をおこなう。
- 浮体式のために実施した実際の観測情報を元に設計承認、ウィンドファーム認証の議論を先行する事で、最適化による低コスト化をより確実にする。



ライダーによる洋上風況観測



大水深での波浪・流況観測

実海域での風況・海象についてフェーズ2実証で要求される船級検査、ウィンドファーム認証にも耐える仕様で計測し、確実な浮体基礎の最適化と実証試験の早期化を目指す。

① 浮体基礎の最適化／実機風車・実海域ベースとした設計条件の設定

実機風車ベースの設計

これまでの取組	- 風車メーカーと実証試験における風車供給および、先行設計作業の着手について継続的に協議実施 - 風車メーカーと協議の上、次善策として実機風車の諸元に基づく風車モデル作成を設計コンサルへ委託し、1st Iteration相当の連成解析実施に着手
今後の見通し	- 実証試験での風車供給をより確実にするために、風車メーカーにプレゼンを実施予定 - 連成解析の結果から提供した風車モデルの整合性を確認

設計海象条件の設定

これまでの取組	- 実証試験の候補海域について、実証試験を前提とした調査について関係漁業者および行政からの合意取得済 - 風況観測・海象観測共に許認可を得て、観測を開始（風況観測は2022年12月初旬、波浪・海洋付着生物観測は2022年11月初旬からの開始）
今後の見通し	風況観測・海象観測・海洋付着生物観測を継続し1年間のデータを取得する

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容【参考資料】

JERA

① 浮体基礎の最適化／実機風車・実海域ベースとした設計条件の設定

現地確認



実証候補海域

JERAホームページ プレスリリースより

TLP方式による浮体式洋上風力発電の実証試験に向けた北海道石狩湾沖における調査の開始について

2022/08/19

株式会社JERAは、三井海洋開発株式会社、東洋建設株式会社、古河電気工業株式会社（以下、当社を含め「4社」）とともに取り組むTLP※¹方式の浮体式洋上風力発電の実証試験に向けた準備の一環として、本日、北海道石狩湾沖における海底地盤調査（以下「本調査」）に着手いたしました。

本調査は、グリーンイノベーション基金事業の一環として国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）により4社が採択された「TLP方式による浮体式洋上風力発電低コスト化技術検証事業」※²のうち、実証試験を実施するにあたって必要となる海底地盤構造や特性を把握するものです。

4社は、今後のTLP方式の浮体式洋上風力発電の実証試験を見据え、調査および計画検討を進めています。この中で当社は、北海道石狩湾沖において、漁業関係者のご理解のもと本調査を実施するとともに、風況や海洋観測も行い、浮体式洋上風力発電設備の設計に用いる環境条件の設定も行います。

なお、実証試験の計画策定においては、地元の漁業関係者や住民、行政をはじめとする関係者との協議を重ね、ご理解いただけるよう検討を進めてまいります。

当社は、再生可能エネルギーにおけるグローバルリーダーを目指し、国内外において大規模な洋上風力発電事業を積極的に推進しています。浮体式洋上風力発電は、国内の再生可能エネルギーの普及拡大に重要な技術であり、様々なパートナー企業と連携しながら技術開発やノウハウの習得に努めてまいります。

② 浮体の量産化/15MW級風車に対応した浮体・係留サプライチェーンの構築

（1）量産化に適した浮体の検討 <浮体形状>	
これまでの取組	・ 建造効率の良い浮体形式の検討
今後の見通し	・ 浮体の基本設計用一般配置図の確定
（2）量産化に適した浮体の検討 <建造方法>	
これまでの取組	・ 国内造船所、陸上ヤード候補者との協議継続中
今後の見通し	・ 各社の設計能力、建造能力を確認するためのRequest for Informationの発行 ・ 23年夏には実証用浮体の建造方法決定 ・ 連続建造シナリオ作成

<浮体形式について>

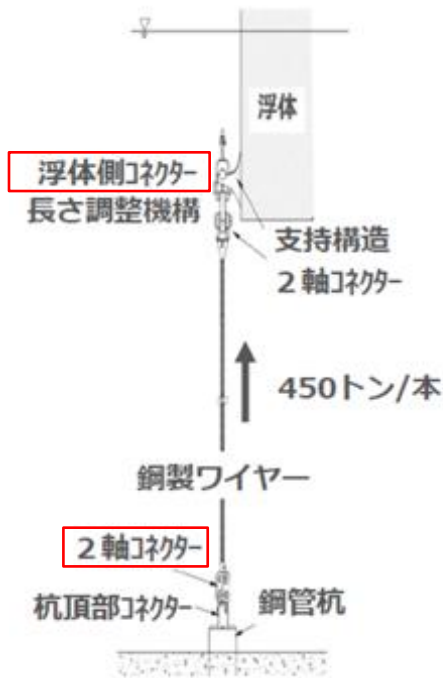
- VLCC建造ドックで建造可能な浮体幅を踏襲
- 国内建造を念頭に造りやすい浮体構造を追求
- 板曲げ加工を極力少なくした多角柱カラムの採用も検討中

③ 係留システムの最適化/「係留システムの検討」「張力モニタリングシステムの開発」

（１）係留システムのAIP承認図書のNK提出		
これまでの取組	• NKの要求事項の確認を実施済 <u>主な提出図面</u> <u>主な提出参考図書</u> • 一般配置図 • 設計条件書 • 浮体構造図 • 連成解析計算書 • 係留支持構造図 • 浮体強度計算書 • 係留基礎構造図 • 係留基礎計算書	
今後の見通し	• スムーズな認証取得のためAIPの申請をすることにより幅広く有識者の意見を伺う • 図面については2022年度中に提出予定 • 図書については2023年中旬に提出予定	
（２）係留張力モニタリングシステムの開発		
これまでの取組	• NKの要求事項の確認を実施済 • 係留索内にセンサーを挿入する方式や係留索支持構造にロードセル他を搭載する方式を調査の上、監視システムの仕様を検討中	
今後の見通し	• NKの要求に基づき2022年度中に計測方式と仕様を決定 • 張力監視装置のコンセプト設計を行い、実機における張力に出来るだけ近い設定で載荷確認試験を実施	

③ 係留システムの最適化/コネクターベアリングの耐久試験

（3）コネクターベアリングの耐久試験	
これまでの取組	• NKの要求事項の確認を実施済 • 各計測方式の仕様、課題の整理 • 各ベアリング材料の仕様、適用限界の整理を実施中
今後の見通し	• 2022年中に試験仕様、実機の荷重を決定し、来年度行う摩擦状態を想定した実物大相当での耐久試験の発注を行う予定 • 耐久試験結果から、実証機のベアリング仕様（素材、摩耗代）を決定



③ 係留システムの最適化/係留基礎の設計

（1）係留基礎の設計

これまでの取組	・ サイト近隣地点の土質調査結果に基づく基礎試設計（概略寸法の把握）を実施 ・ AIP取得に向けた要求事項を確認（主な提出図書：係留基礎構造図および計算書）
今後の見通し	・ DLC毎の係留張力受領後に基礎設計計算を実施予定 ・ スムーズな認証取得のためAIPの申請をすることにより幅広く有識者の意見を伺う

（2）遠心模型実験

これまでの取組	・ 模型寸法、縮尺（遠心力）、地盤モデルの作製方法検討を実施 ・ 荷重載荷装置の仕様検討を実施
今後の見通し	・ 現地引抜等実験条件を再現した遠心模型実験の実施

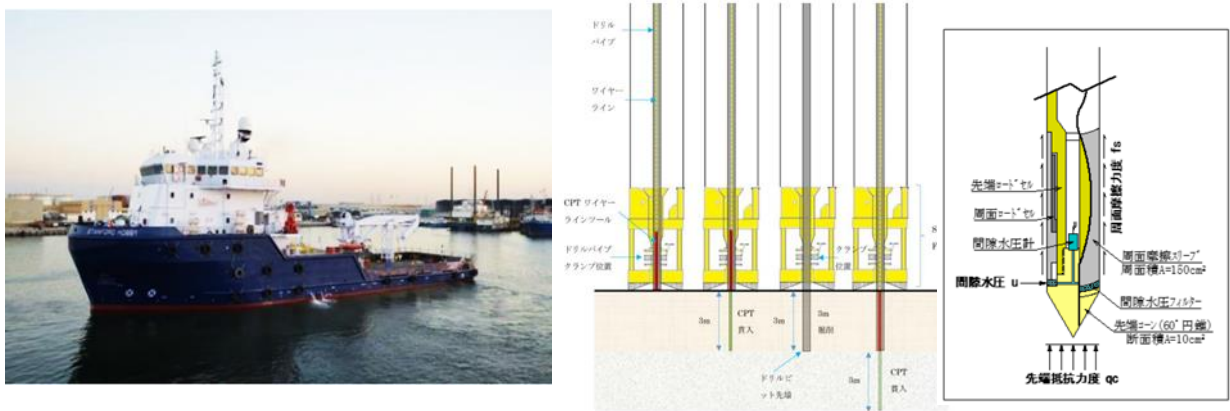
（3）現地引抜等実験

これまでの取組	・ 実験実施海域を決定、地元関係者の同意を得た ・ 引抜試験実施海域で土質調査を実施した
今後の見通し	・ 現地引抜等実験を実施 ・ 実験の成果をもって係留基礎の設計手法を立案

③ 係留システムの最適化／係留基礎設計の確度向上および調査最適化

設計地盤条件の設定

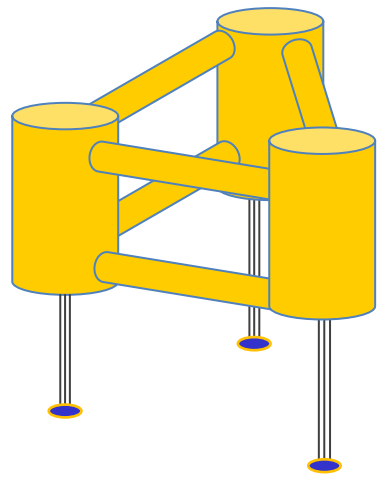
- TLP係留の低コスト化において、杭基礎の設計・施工最適化が要点だが、地盤条件によって大きく影響を受ける。机上のモデルではなく、実海域の海地盤条件を用いる事で、設計最適化の成果の確度を高める。
- フェーズ2へのスムーズな移行のためにも、実証予定サイトでの地盤調査・設計条件設定を実施し、実証試験および社会実装の早期実現を目指す。



ドリルシップによるCPT調査・サンプリングの様子

地盤調査の最適化検討

- TLP係留基礎に関し、設計で必要となる地盤調査仕様について最適化検討を実施することで、社会実装時のコスト低減、および工程リスクの低減を目指す。
- 安全性を確保しつつ、音波探査など面的に地盤構造を把握する調査と組み合わせる事で、調査仕様の最適化を図るための技術検討を実施する。



CPT調査必要箇所イメージ

地盤調査の最適化について、安全性を確保しつつ、調査要件の最適化について検討する。

③ 係留システムの最適化／係留基礎設計の確度向上および調査最適化

設計地盤条件の設定

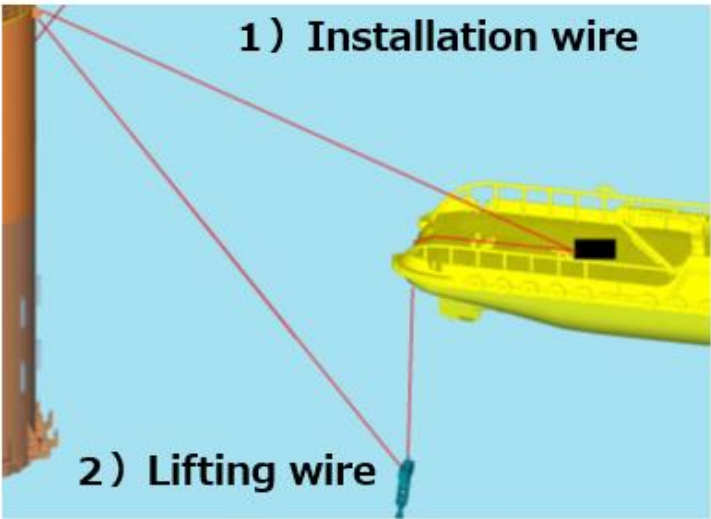
これまでの取組	・ 実証試験の候補海域について、実証試験を前提とした調査について関係漁業者および行政からの合意取得済 ・ TLP浮体の各カラム直下の地盤について、ドリルシップによるCPT調査・PS検層およびサンプリングを実施 ・ CPT・PS検層のデータ解析を進めると共に、サンプリングのコア抜きと室内試験を実施
今後の見通し	・ CPT・PS検層の結果、およびJERAが保有する周辺海域の地盤情報を元に、早期に暫定版の地盤条件を設定 ・ 2022年末までかけ取得したサンプルの室内試験の結果から、確定版の設計地盤条件を設定する ・ 地盤調査の最適化検討に向けた、2023年度物理探査の計画を策定

地盤調査の最適化検討

これまでの取組	・ 浮体式風車の導入が有望視される海域について、既往文献から海底地盤の特性について調査
今後の見通し	・ 地盤調査が一通り終わった段階で、地盤調査数量の最適化に関する検討に着手

④ 低コスト施工技術の開発／「係留接続作業要領の確立」

係留接続作業要領の確立	
これまでの取組	・ 係留索の着脱要領作成につき国内の業者を選定し作業開始
今後の見通し	・ 2022年中に作業工程を含め概略の着脱要領書完成 ・ その後、施工要領の実現性を確認するため、第三者機関によるTechnical Qualification 取得のプロセスに入る



<MODEC考案の上部コネクタのポーチへの誘導方法の一例>

④ 低コスト施工技術の開発/係留基礎の施工方法の確立

（1）大深度における測量技術の開発

これまでの取組	・ 測量機器の選定、調達 ・ 水槽実験の実施場所を選定
今後の見通し	・ 水槽実験を実施 ・ 実海域実験にて計測方法と施工精度について確認

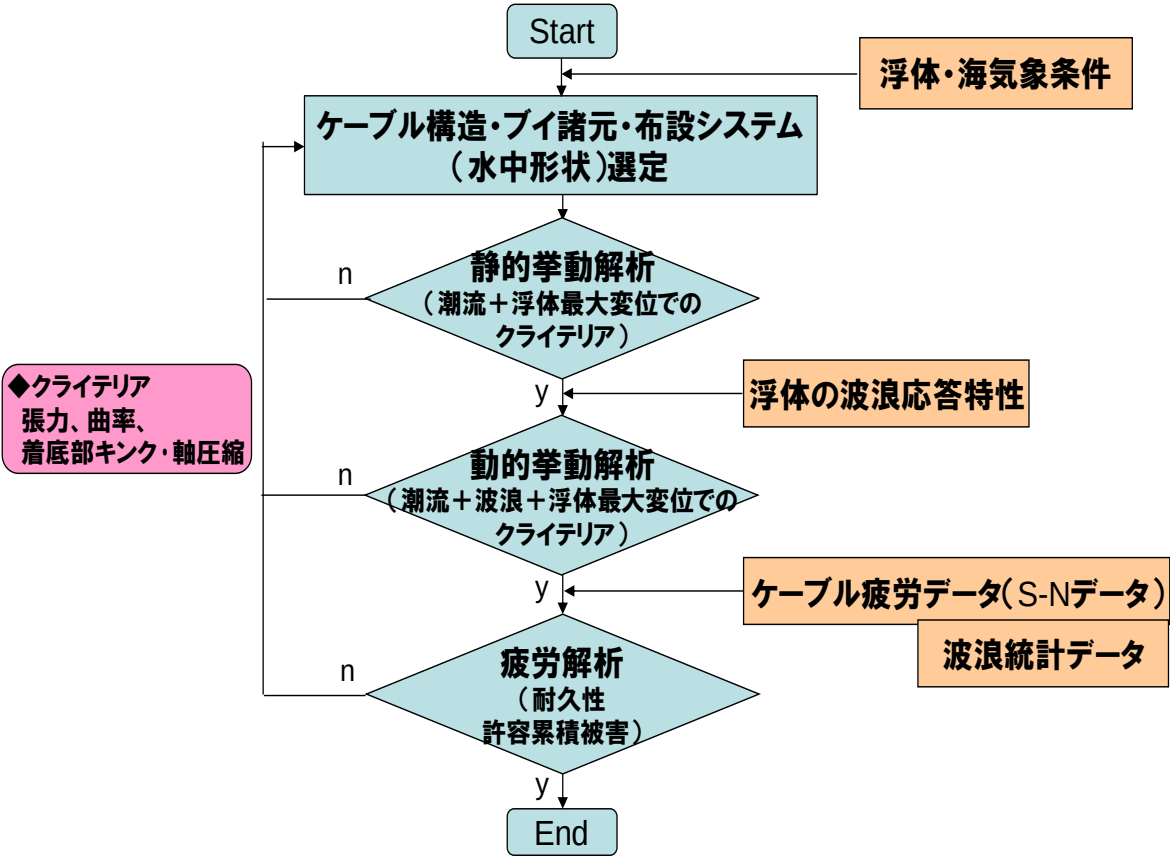
（2）大深度における係留基礎施工技術の確立

これまでの取組	・ 大深度実験の実施場所を決定、地元関係者の同意を得た ・ 鋼管杭、作業船の調達検討を開始した
今後の見通し	・ CPT調査結果より詳細な実験計画を立案 ・ 海上調査作業に必要な諸手続きを実施 ・ 大深度実験を実施

④ 低コスト施工技術の開発／ダイナミックケーブルシステムの信頼性と高耐久性の実現

（1）15MW級ダイナミックケーブルシステムの解析と実機検討

- 15MW級風車及びTLP浮体での浮体動揺データと海象条件から最適なダイナミックケーブルシステムの検討を行う。
- TLP浮体で想定される機械力への耐性を確認するため、実機レベルでの評価を行う



④ 低コスト施工技術の開発／量産サプライチェーン評価による低コスト化の実現 インターフェイスを確認した実現性の高い施工技術の確立

（2）ダイナミックケーブルシステムの解析と低コスト化

- ダイナミックケーブル付属品（バンドスティフナなど）の解析結果から、複数サプライチェーンでの実現性および性能を確認した上で複数購買による安定供給（BCP対策）と低コスト化を図る。

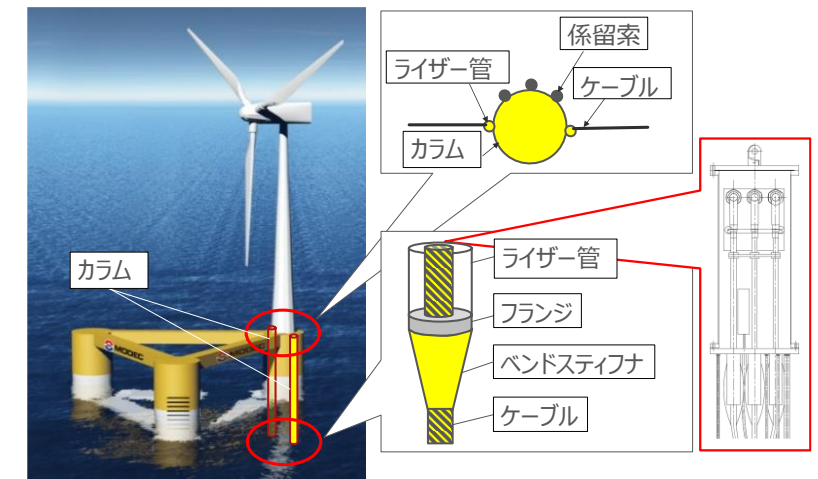
（3）施工サイクルタイム30%削減（机上検討）

- TLP浮体構造、係留工事との整合性をとった最適な施工技術を検討する

（4）TLP浮体用ターミネーション評価

- TLP浮体用に最適化したターミネーションを制作し、施工作業のモックアップ評価を行う。
- 現場適用を見据えた作業要領の最適化を行う。

評価対象候補社(例)



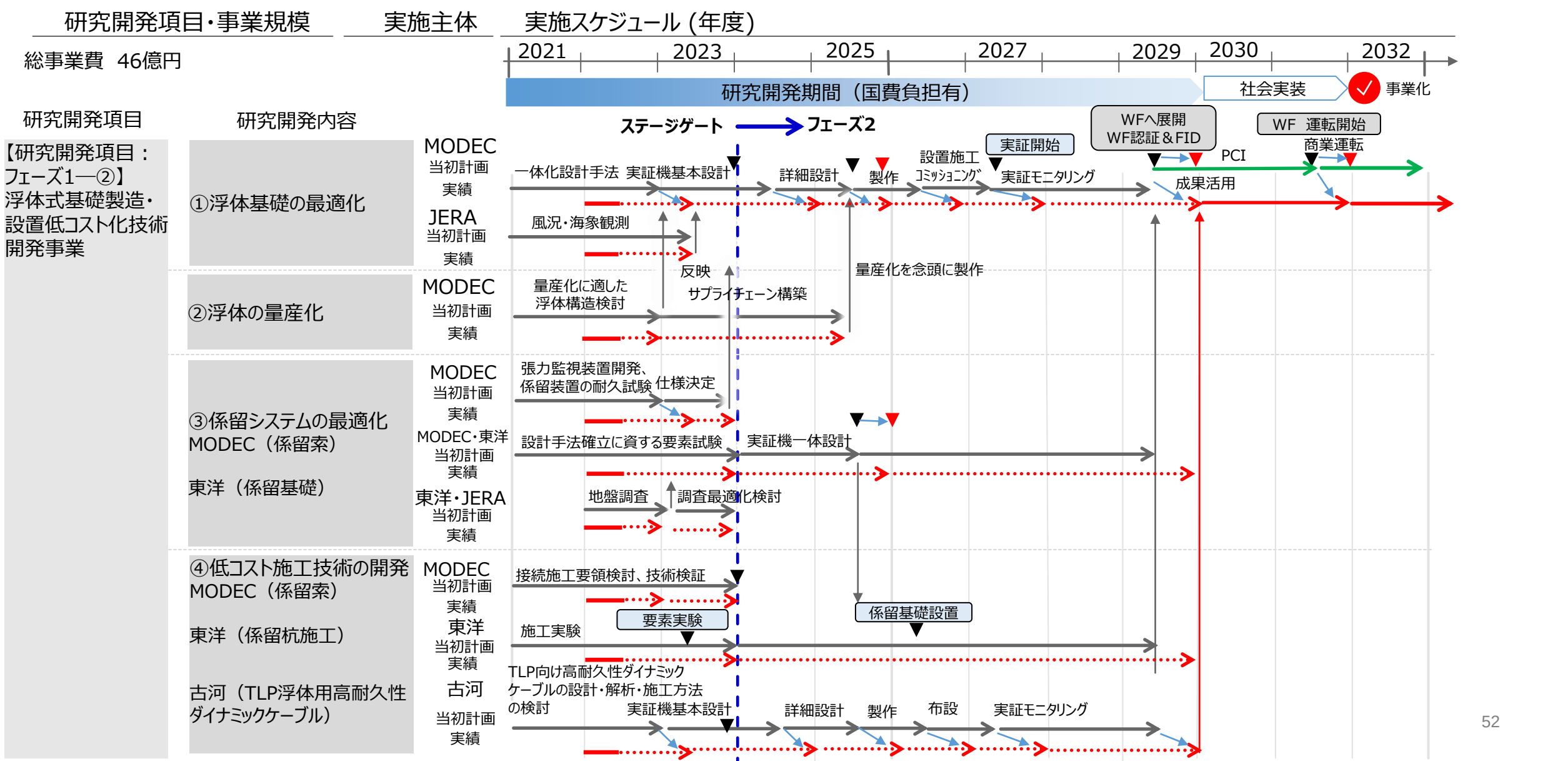
これまでの取組と今後の見通し

（1）信頼性と高耐久性確保のためのダイナミックケーブル線形設計	
これまでの取組	・ 疲労耐久性を向上させるパラメータを数水準抽出することを目的に、挙動解析を開始した ・ ケーブルの浮体引き入れ時の健全性確認を目的とし、布設解析を開始した
今後の見通し	・ 実海域海象条件下での挙動に対する健全性の確認

（2）ターミネーションの実機試作評価	
これまでの取組	・ 浮体側と協議し、浮体上でのターミネーションの実際の据え付けスペースを明らかにした
今後の見通し	・ 実機試作の評価内容を固め、実施計画を確定させる

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

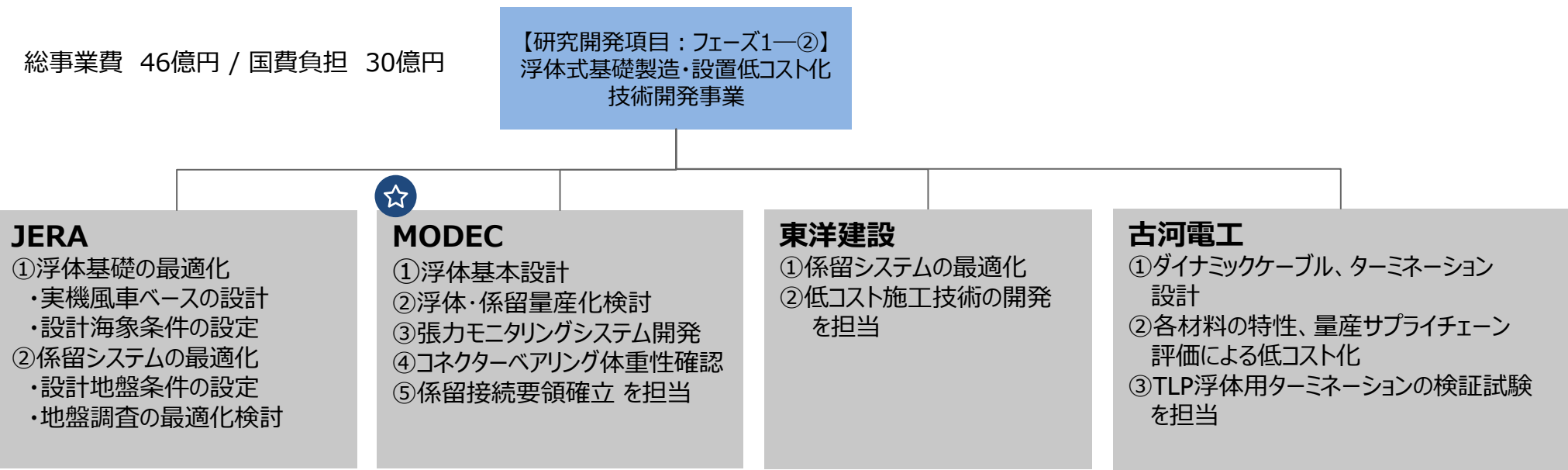
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

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 ※金額は、総事業費/国費負担額



☆ 幹事企業

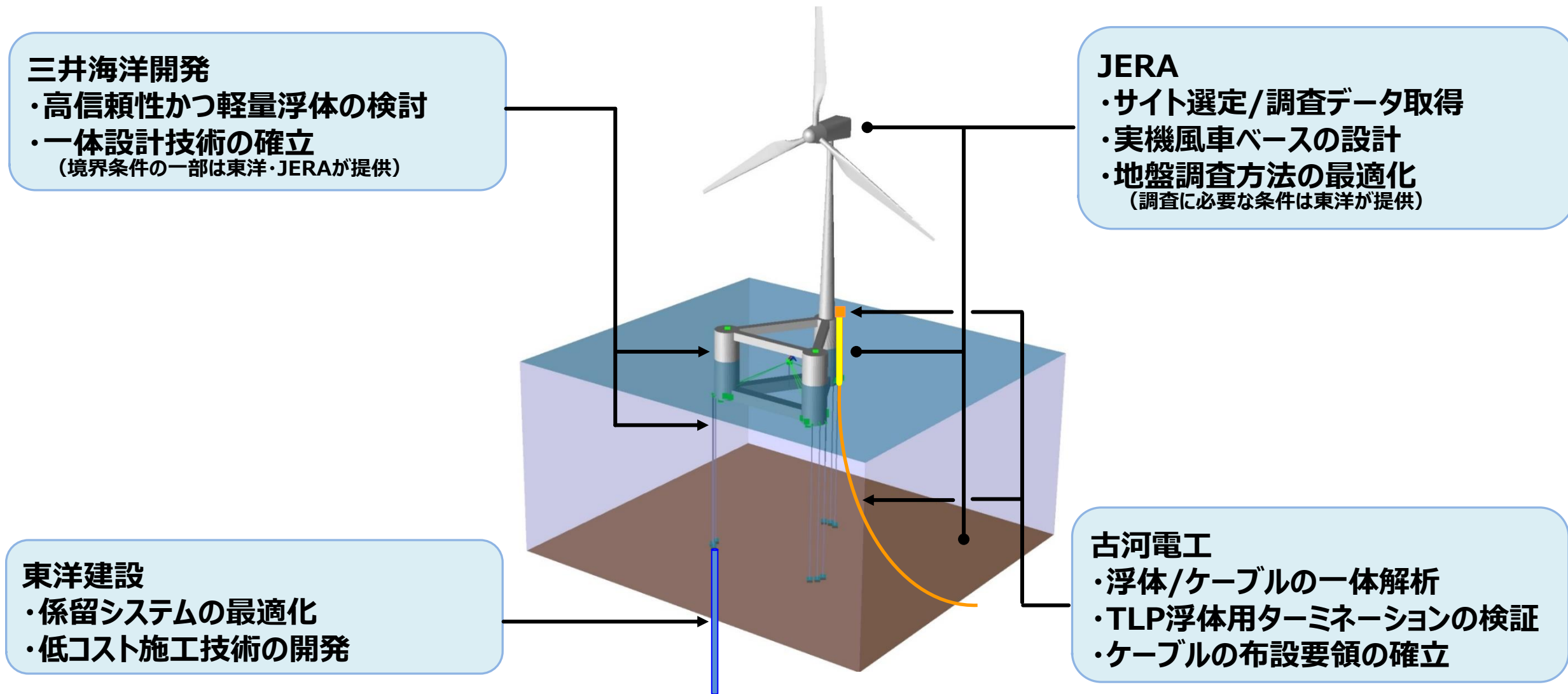
各主体の役割と連携方法

- 各主体の役割
- ・ 研究開発項目 1 全体の取りまとめは、MODECが行う
 - ・ コンソーシアム各社の役割は上記の通り

- 研究開発における連携方法
- ・ 想定サイトにおける計測データに基づいた設計
 - ・ 風車と浮体の流体・構造連成解析
 - ・ 浮体/係留の連成解析結果に基づく、係留基礎および電力ケーブルの設計

2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

コンソーシアム各社の役割分担と連携の説明



2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

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
【研究開発項目：フェーズ1ー②】 浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業	1 浮体基礎の最適化 ・高信頼性軽量浮体の検討 ・一体設計技術の確立 MODEC JERA	・石油&ガス業界におけるTLPの設計技術 ・既解析プラットフォームの風力設備応用	→ 世界一のTLP設備の設計、運用実績 → バッチ解析システムによる計算負荷低減
	2 浮体の量産化（係留システム含む） MODEC	・石油&ガス業界で培ったEPCI技術 ・高疲労強度を有する鋼製ワイヤ索	→ ファブレス企業ゆえの調達先の柔軟性 → 日本の橋梁業界で独自発展した技術課題であったワイヤの疲労問題を解決
	3 係留システムの最適化 ・係留基礎の設計 MODEC 東洋 JERA ・係留張力監視システムの開発 MODEC ・係留コネクター内ベアリングの耐久性の確認 MODEC ・係留基礎の地盤調査最適化 東洋 JERA	・自社の研究施設にてインハウスで杭の遠心模型実験を行う ・新規の張力監視システムの開発 ・既存試験設備を用いた実物大ベアリングでの耐久性確認（要設備改造） ・海岸工学に関する知見・経験と、洋上風力発電のための地盤調査・基礎設計の経験	→ 様々な実験ケースに柔軟に対応でき、スピーディーな設計への反映が可能 → 商品化されている監視システムはないので、開発実現による差別化 → 海水中、実物大で耐久性を事前確認できることによる実現性の向上 → 海底地盤に関する設計・施工経験と、海外洋上ウインドファームの開発経験を有している
	4 低コスト施工技術の開発 ・係留索の着脱要領の実現性確認 MODEC ・大深度での係留基礎施工 東洋	・石油&ガス業界で培った着脱係留索システムを用いた緊張係留方式 ・国内の様々な海域での基礎設置実績	→ 係留施工期間の短縮、ウィンチや専用作業船が不要 → 船舶からの基礎設置は、特殊な仮設備等のノウハウを要する

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

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
【研究開発項目： フェーズ1ー②】 浮体式基礎製造・ 設置低コスト化技術 開発事業	4 低コスト施工技術の開発 ・ダイナミックケーブル遮水材料等の選定・評価（信頼性・高耐久性の実現） 古河電工	- 福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業における66kVダイナミックケーブルに関する機械特性評価結果などに関する知見（TRL7相当） - カーボントラストFloating Wind JIPにおける220kVダイナミックケーブル（基本的な構造は福島実証を踏襲）に関する挙動解析結果などに関する知見 - 耐疲労特性に優れた遮水構造の特許	- 優位性：福島実証を通して得た実海域適用における課題や、カーボントラストFloating Wind JIPへの参画を通して得た大サイズ化に伴う課題把握など豊富な知見を有している。また、素材メーカーとしての総合力を活かした材料開発・評価が可能である。 - リスク：ケーブル構造を知財で限定される。
	・各材料の特性、量産サプライチェーン評価による低コスト化の実現 古河電工	- 当社保有の金属・樹脂加工技術等に関する知見 - 福島実証で培った形状解析技術およびその妥当性が実証データから検証できている - カーボントラストFloating JIPの成果を踏まえた最適遮水層構造に関する知見	- 優位性：ダイナミックケーブルシステム確立のために、単なる電線メーカーを超えた素材メーカーとしての豊富な解決策（金属、樹脂加工技術等）を有している。 - リスク：付属品のサプライチェーンを限定される。
	・インターフェイスを確認した実現性の高い施工技術の確立 古河電工	- 福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業における66kVダイナミックケーブル延線および付属品の布設実績（TRL7相当） - MODEC、東洋建設との綿密なインターフェイス確認	- 優位性：国内の実際の海象条件下で布設延線する実績を多数有する - リスク：風車の機械強度等のインターフェイス不整合

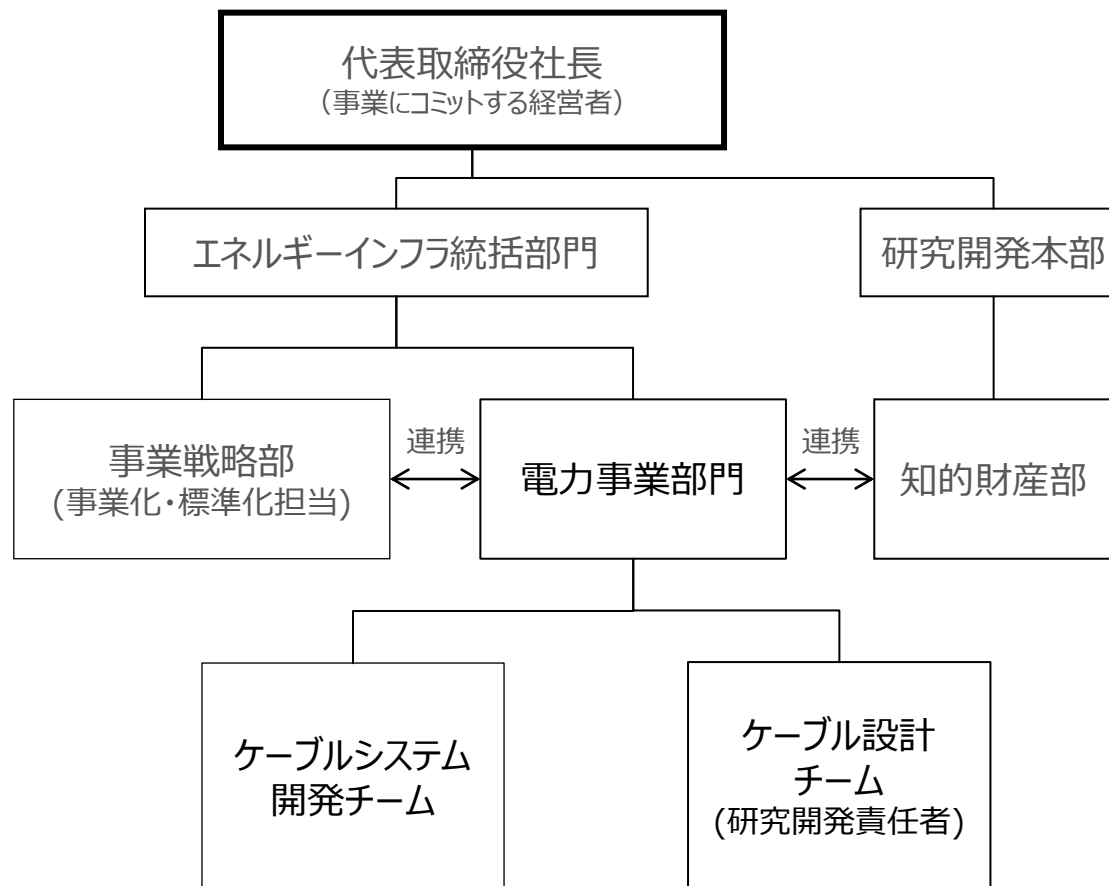
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

古河電工の組織内体制と役割分担

組織内体制図



部門間の連携方法

- 中期計画における各部門の施策・開発計画等を共有しているほか、各部門間で定期的にミーティングを実施し進捗を確認している。

3. イノベーション推進体制／（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

古河電工グループの経営活動方針とエネルギーインフラ事業方針

当社グループの経営活動方針

[古河電工グループビジョン 2030]

- 当社では、国連で採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」を念頭に、「古河電工グループ ビジョン2030」を策定しております。
- 本ビジョンにおいては、「地球環境を守り、安全・安心・快適な生活を実現するため、情報/エネルギー/モビリティが融合した社会基盤を創る」をテーマに、社会課題解決型の事業の創出に取り組んでいます。
- 特に、次世代インフラを支える事業の創出・環境配慮事業の創出を、経営上の活動方針の一つとしております。

[古河電工グループ環境ビジョン 2050]

- 当社では「古河電工グループ環境ビジョン 2050」を定め、環境に配慮した製品サービスの提供および循環型生産活動を通じ、バリューチェーン全体で持続可能な社会の実現に貢献することを、方針としてしています。
- 本ビジョンにおいては、脱炭素社会への貢献をテーマの一つとして掲げ、バリューチェーン全体で温室効果ガス排出削減を目指してまいります。

エネルギーインフラ事業方針

- 古河電工グループでは、2025年度までの中期経営計画（以下、「25中計」）において、社会課題解決型事業の強化による成長の実現を掲げ、電力ケーブルシステム関連を含むエネルギーインフラ事業を重点事業として掲げています。
- エネルギーインフラ事業では25中期において以下を事業方針として掲げています。
 - ①安全：2050年カーボンニュートラル
⇒再生可能エネルギーの導入拡大（洋上風力向け海底線、コト売り）
⇒大容量長距離送電/広域連系
 - ②安心：防災・減災（災害に強いまちづくり）
⇒電力基幹網強靱化（超高圧地中線）
⇒自然災害激甚化対策品（配電部品）
 - ③快適：少子高齢化・次世代インフラの構築
⇒施工・保守作業の省力化・効率化（地中線工事、らくらくアルミケーブル®）
⇒住みよいまちづくり/5G社会の実現（データセンタ向け戦略製品、送水管）

1. 30年のありたい姿と25中計の位置づけ
25中計の位置づけ

FURUKAWA
ELECTRIC



2022年5月26日
25中計説明資料より

3. イノベーション推進体制／（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

古河電工エネルギー・インフラ統括部門の中期経営計画

中期経営計画

- 当社では策定した25中計を2022年5月26日に発表しており、以下で閲覧可能です。
(https://www.furukawa.co.jp/ir/library/mid_briefing/pdf/2022/20220526.pdf)
 - 25中計は、取締役会および経営会議の審議・決議を経て策定しています。
- [エネルギーインフラ事業]
- 当社のエネルギーインフラ事業は、25中計の重点事業に位置付けられています（前スライド参照）。
 - エネルギーインフラ事業では、再エネ（海底線・地中線）を含むターゲット領域での受注と収益確保、ケーブル製造能力の増強、GI基金事業を含む技術開発の推進等を、25中計の施策としています。
 - エネルギーインフラ事業の事業戦略を推進するために、本年5月にエネルギーインフラ統括部門事業戦略部を設置いたしました。

ステークホルダーに対する公表・説明

- ・ 情報開示の方法
 - 当社では、毎年度、中期経営計画の進捗および各年度の経営方針について、投資家向けの説明会を開催しており、説明会の内容は当社ホームページで開示しています。
 - 上記に加え、各事業毎の状況を説明する説明会を開催しており、その内容についても当社ホームページで開示しています。
 - 当社では、ESG経営について説明する統合報告書を毎年度作成し、当社ホームページで開示しています。

2. 社会課題解決型事業の強化・創出

(1) 25年に向けた資本効率重視による既存事業の収益最大化

エネルギー
インフラFURUKAWA
ELECTRIC

【電力ケーブルシステム】

強みの発揮による収益成長・中長期の事業成長を確保

2022年5月26日
当社25中計説明資料より

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

古河電工エネルギー・インフラ統括部門の経営資源の投入方針と研究開発体制

経営資源の投入方針

- 中期経営計画では、各事業に投入する資源（設備投資、研究開発費、人員など）につき計画を定めています。なお、25中計においては、洋上風力分野の技術開発に注力いたします。
- 当社では、毎年度の予算策定時に、中期経営計画の進捗を確認するとともに、環境変化にあわせ投入資源の変更も含め適宜見直しを行っております。
- 当社では、千葉事業所に電力ケーブルの製造設備や試験設備を有しており、同事業所にて本事業関連の試作・試験を実施します。

12. 電力事業施策 技術開発の推進

FURUKAWA
ELECTRIC

将来有望な洋上風力および直流分野に注力

技術開発の主な取り組み

①次世代の浮体式洋上風力発電向け海底送電システムの開発

NEDO グリーンイノベーション基金(GI基金※)の3事業を実施

※GI基金:「2050年カーボンニュートラル」に向け温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする

目標を達成するためにNEDOが2021年に設立した基金

・洋上風力発電の大型化に対応する高電圧ダイナミックケーブルの開発

・TLP※浮体式洋上風力発電向け送電システムの開発

※Tension Leg Platform:緊張係留方式により浮体の高い安定性とコンパクト化を実現

・海底ケーブル布設専用船開発プロジェクト

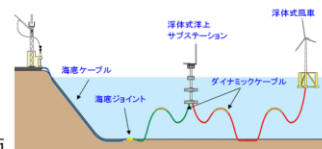
②直流ケーブルの開発

・直流525kV級ケーブルシステムの長期課通電試験完了

・1500m級までの深海に布設可能な海底ケーブルの開発をNEDOにて実施

③認証取得

・海外海底線や国内洋上風力向け海底線における国際規格取得

浮体式洋上風力発電向け
海底送電システム

研究開発体制

- 研究開発本部
 - 同本部情報通信エネルギー研究所では、エネルギーインフラ事業関連の研究を担う電力材料開発部を設置し、エネルギーインフラ事業関連の基礎技術の研究を行っています。
- 電力事業部門
 - 同部門では、電力ケーブルシステムの開発を担う技術開発部、電力ケーブルの設計を担う電力技術部、製造・設備開発部を設置しております。

本申請事業においては、技術開発部長が責任者として、関連各部門相互の連携を図りながら、本事業を推進してまいります。

- 若手人材の育成
 - 研究開発本部および電力事業部門では、毎年一定数を採用し、技術力の維持・向上を図っています。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクとその対応

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- **他社特許に抵触**
 - 事前の特許調査を踏まえた開発着手。
 - タイムスタンプによる先使用权確保
- **想定できなかった技術の壁**
 - 社内有識者による不確定要素の事前洗い出しと対処検討。
 - 代替技術についても並行して検討する。
- **開発品に係る材料調達が困難となる場合**
 - 調達しやすさを考慮した材料選択。
 - 材料メーカーとの情報交換を密に行いながら進める。
 - 複数の代替材料も意識し開発進める。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- **海外勢の国内進出**
 - 海外技術ベンチマーク。
 - 開発技術の特許化。
- **ケーブルシステムを原因とする、人的もしくは漁業への被害発生**
 - 周辺システムも含めたHAZID/HAZOP。
 - 認証機関によるシステム認証取得。
 - 安全ガイドライン。
- **保険会社との契約ができない。**
 - 認証機関の認証取得。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- **自然災害に伴う、製造工場の稼働停止。**
 - 工場BCPに基づく耐震化、設備更新の推進
- **自然災害に伴う、材料調達に関する支障。**
 - 複数購買
- **自然災害、テロ行為によりケーブル断線。**
 - 支障箇所への割り入れ技術と必要部材の常備に関する検討。
※発電事業者様とのご相談



- **事業中止の判断基準：**
社会・経済環境の変化・自然災害・第三者との関係（第三者知財権の侵害）などにより、本件開発事業が不可能となった場合または開発の有益性が失われる場合（本件開発を利用した将来の事業展開における採算が見込めなくなった場合を含む）