

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プロジェクト

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：株式会社JERA

代表名：代表取締役社長 奥田 久栄

共同実施者：三井海洋開発株式会社(幹事会社)、
東洋建設株式会社、
古河電気工業株式会社

エネルギーを 新しい時代へ

当社は、グローバルに展開している事業を通して、

世界最先端のエネルギー・ソリューションを日本に導入し、

日本の新たなエネルギー供給モデルの構築を目指します。

同時に、日本で構築したエネルギーの供給モデルを、

世界で同様のエネルギー問題に直面している国々に提供し、

世界のエネルギー問題解決にも貢献します。

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) 経営者等の事業への関与
- (3) 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) 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ー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ー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ー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、着脱式ターミネーション、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ー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
- ・ ウインドファームサイト条件調査
- ・ 許認可対応

TLP方式による洋上風力発電設備の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および将来展望

2022～2024



要素技術の確立
(フェーズ1)



浮体・係留



係留基礎

古河電工

ケーブル

Jera

設計条件・風車

2024～2030



実証による検証・改善
(フェーズ2)

Jera



東洋建設



古河電工

他

実機サイズ風車による実証試験

▼15MWクラス風車による実施を計画

社会実装前提のサプライチェーン

▼量産化を前提としたサプライチェーン創出

低コスト施工・管理技術の開発

▼材工合せたライフタイムでの低コスト化

2030年代初頭



商業ウィンドファーム
(社会実装)

継続的なウィンドファーム開発

▼毎年500MW規模の事業創出を目指す

漁業協調型のウィンドファーム

▼沖合の漁業実態と協調した開発計画

▼ウィンドファーム内の航行や漁業についての制約を可能な限り低減する

2050
カーボン
ニュートラル

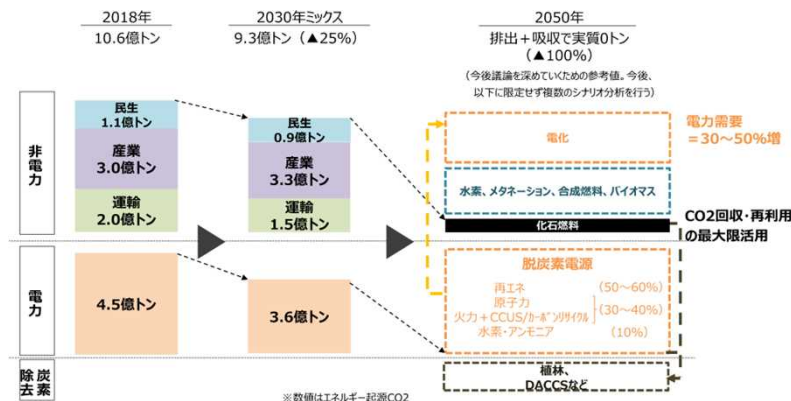
1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／(1) 産業構造変化に対する認識

気候変動対策として洋上風力が成長分野、中長期では浮体式が拡大する見込み

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

- 2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」が宣言され、2020年12月25日に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定された
- その中で、洋上風力は再生可能エネルギーの主力・成長分野と位置付けられた

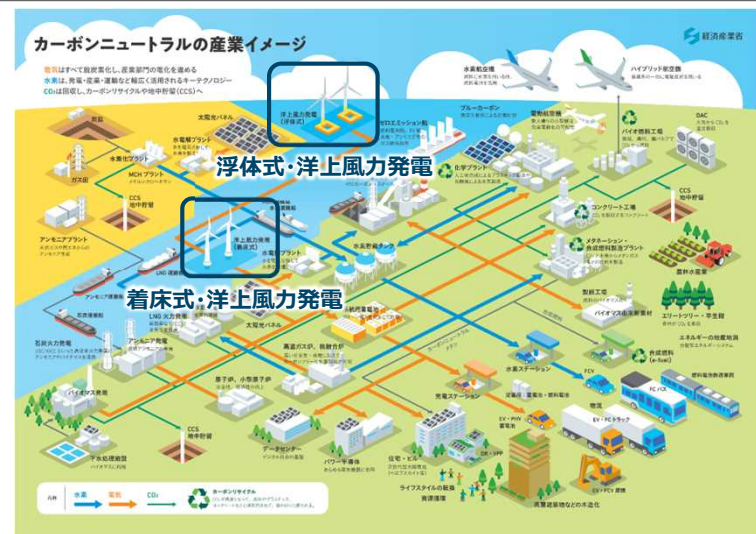


出典：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業省）

- **市場機会：**
政府により、2030年までに10GW、2040年までに30~45GWの市場創出が見込まれる欧州・米国では大規模浮体式ウィンドファーム計画が発表され、市場急拡大する見込み
- **社会・顧客・国民等に与えるインパクト：**
政府は国内調達目標を2040年までに60%としており、国内サプライチェーン形成が有望

出典：洋上風力産業ビジョン（第1次）

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



- 当該変化に対する経営ビジョン：

「JERAゼロエミッション2050」を策定

“JERAは2050年時点で、国内外の当社事業から排出されるCO₂をゼロとするゼロエミッションに挑戦します。これは、「再生可能エネルギー」と「ゼロエミッション火力」の施策によって実現します。”

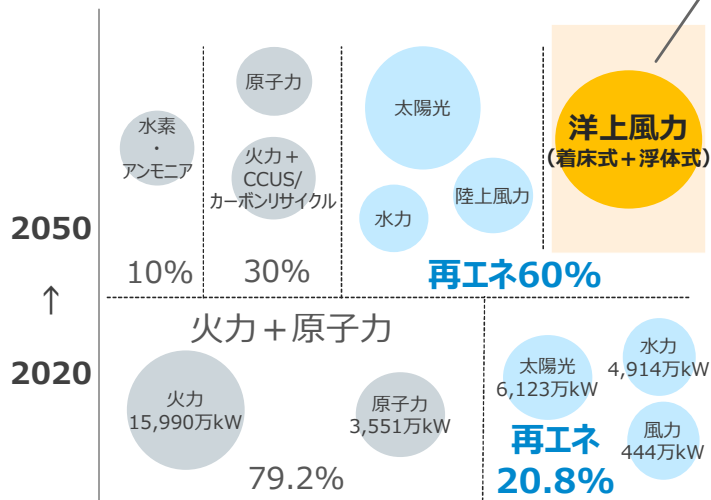
出典：JERA ゼロエミッション 2050 | 会社情報 | JERA

1. 事業戦略・事業計画／(2) 市場のセグメント・ターゲット

ゼロエミ火力＋再エネのベストミックスを志向、浮体式洋上風力は中長期成長戦略の軸

セグメント分析

- 2050年 電源構成比における再エネ比率60%達成のカギとなる、洋上風力（着床式＋浮体式）の開発に注力する



日本の電源構成のセグメンテーション

出典：電力広域的運用推進機関「2021年度年次報告書 供給計画の取りまとめ」
環境エネルギー政策研究所「2020年の自然エネルギー電力の割合（暦年速報）」
2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業省）

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 国内において2040年までの洋上風力導入量は3,000万kW～4,500万kWになると想定（※1）
- 日本の洋上風力導入ポテンシャルは着床式：12,800万kW、浮体式：42,400万kW（※2）
- 当社は2025年度までに洋上風力を中心に再エネ事業を500万kW開発を目指し、その後も拡大する
- 導入ポテンシャルの高い、浮体式洋上風力の国内開発を進め、アジア展開を目指す

出典 ※1:2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
※2:日本風力発電協会「洋上風力の主力電源化を目指して」

海域水深

想定基礎形式

課題

浮体式導入への考え

50m
以浅

着床式基礎
（モノパイル、ジャケット等）

- 沿岸に近く、比較的風速が弱い
- 施工騒音、稼働音、日影、景観など環境影響への配慮が必要

- 水深が浅く係留が難しいため、着床式による開発を基本とする

50～
150m

セミサブ、TLP浮体方式

- セミサブの場合、係留索による海域占有が広範囲（直径2km程度と想定）になり、漁業および船舶航行との協調が課題
- 水深が深くなるにつれて係留設備の費用が大きくなる

- 海域の漁業・地域・自然特性に合わせて、漁業協調型のTLP浮体と、実績の多いセミサブ型式を選択して開発する

150m
以深

スパー、セミサブ、
TLP浮体方式

- 大水深施工に関する知見の不足
- 離岸距離が離れることから、送電ケーブル、メンテナンスの負担増加

- 本事業や国内事業開発の経験を積上げ、かつ海外知見を取り入れて対応

1. 事業戦略・事業計画／(3) 提供価値・ビジネスモデル

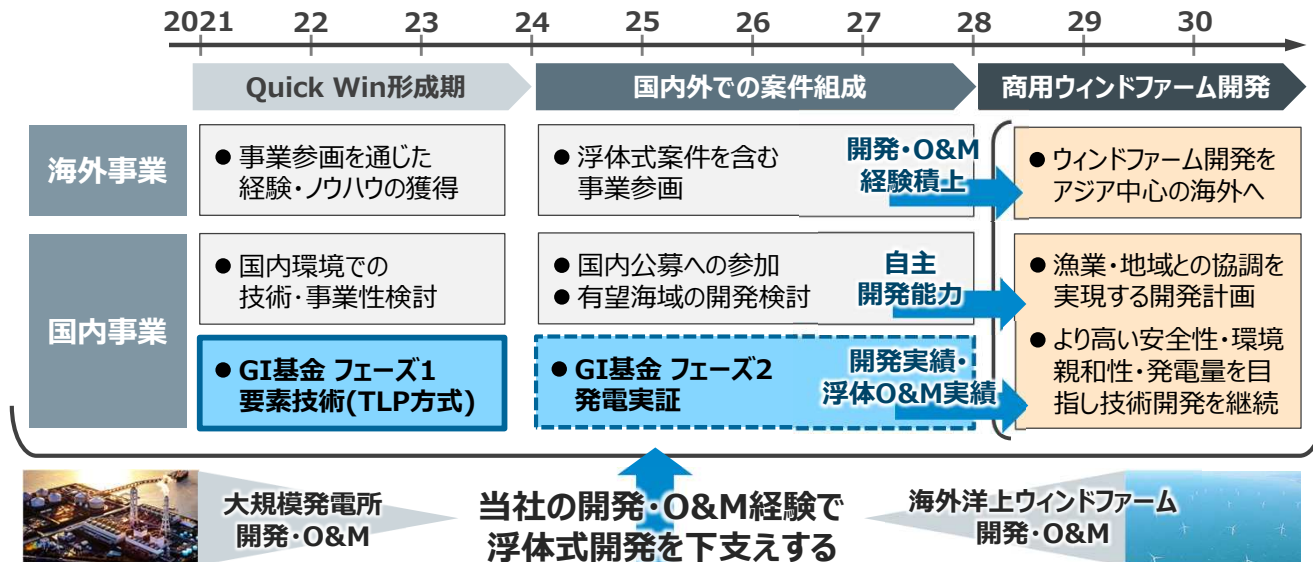
発電事業開発・O&M経験を活かし、浮体式や周辺技術で総合的にゼロエミ社会に貢献

社会・顧客に対する提供価値

- CO₂フリー電気の提供
(洋上風力事業の拡大)

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

- JERAは、国内洋上風力事業の拡大及びアジアにおいて洋上風力事業の主体的な開発・建設・運営を展開する
 - 洋上風力はJERA再エネ開発の柱であり、先行する台湾事業での経験を国内の着床式・浮体式双方に活用する
 - 遠浅海域が少ない日本では、今後は浮体式開発がカギとなる。漁業協調に優れるTLP浮体方式は、沿岸漁業と沖合漁業が共に盛んな日本、さらには多くの漁業者・漁獲高が集まるアジア地区において特に有望とな方式と考えている



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）

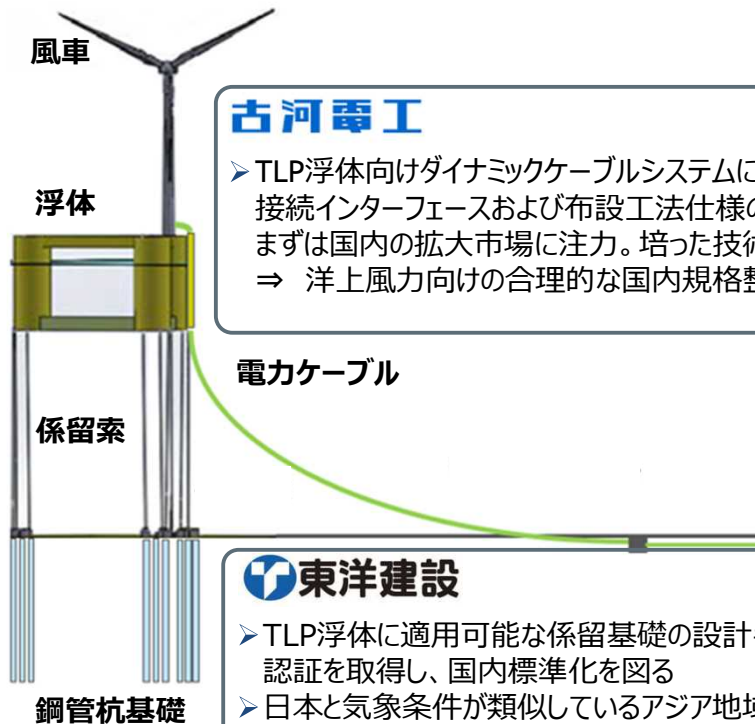
コンソーシアムの標準化への取り組み

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浮体に対する、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
国内ガイドラインにおいてTLP用として適切な安全率や設計マージンを設定



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／(3) 提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

発電事業開発・O&M経験を活かし、浮体式や周辺技術で総合的にゼロエミ社会に貢献

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組み方針・考え方

風車の急速な大型化に伴い、浮体技術に関する技術ライフサイクルは陳腐化するまでの期間が早いと予想する。そのため、2030年頃までは標準化より、先行実例作りとそのプロセスを通じた知財・ノウハウの蓄積を優先する*

- TLP浮体およびTLP海底基礎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
- 動揺の少ないTLP浮体に対する、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

* コンソを構成するメーカー企業においては、競争優位を築ける項目については標準化戦略も採用する

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）

- TLP浮体の実証試験は欧州・米国で計画されており、2020年代半ばに運転開始見込み一方、国内では大型風車を前提とした具体的な浮体式計画はまだ発表されていない
- 10MW以上の風車を搭載した浮体風車の実績は、形式に依らずまだ存在しない浮体動揺による風車設計への影響が懸念されている
- 浮体風車について、建設～運転を通じて周辺漁業への影響については知見がほとんどない

（これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- 火力発電所の建設を通じて、海域の規制対応やメーカーとの交渉経験は多数
- 洋上風力は再エネ主力事業としており、案件を通じて知財獲得を進める方針

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

技術項目	カテナリー係留方式	TLP浮体方式
浮体製造の制約	▲浮体が大きく難所	○浮体小さく国内製造も
航行・漁業との協調	▲係留索が広がり影響大	○影響は浮体直下のみ
係留基礎設計・施工	○技術は確立済	▲基礎技術は開発必要
風車設計・仕様調整	▲動揺大きく調整難しい	○動揺小さく難易度低い

TLPで知財獲得が長期的競争優位につながるポイント

事業者の立場からは、知財・ノウハウ等のクローズ戦略を主とする（知財戦略）

- 実証事業を通じて、TLP浮体の①ウィンドファーム認証・船級検査、②風車側の調整を最小限に抑える検討、③船舶航行・漁業影響、に関する事例作りとノウハウ獲得をおこなう
- 左表の通り、TLP形式において技術確立した際に競争優位となる係留基礎技術に関しては、メーカー・EPCと共に協働し、設計・施工に関して可能な限りの知財化を推進する

ゼロエミ火力によるベースロード確保と洋上風力の再エネで、電源の脱炭素化を実現する

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- CO₂フリー電気の提供（洋上風力事業の拡大）

自社の強み

- 国内最大の発電容量を保有し、大規模プロジェクトの経験が豊富
- 台湾の大規模ウィンドファームで洋上風力の開発・建設に係わり、洋上風力のノウハウを蓄積
- 海洋再生可能エネルギー連合(Ocean Renewable Energy Action Coalition)に唯一の日本企業として参加し、洋上風力の拡大のために必要な取り組みを検討している

自社の弱み及び対応

- 化石燃料による発電が他社より多いためCO₂のゼロエミッション化が課題
- その対策の1つとして、洋上風力の開発・拡大を実施
- また、化石燃料発電により発生するCO₂を削減するために、アンモニア・水素発電を積極的に推進

他社との比較

	国内発電容量	洋上風力発電容量 (持分出力) ※3	海外発電容量 (持分出力)
	7,000万kW ※1	114万kW ※1※2	940万kW ※1
	↓	↓	↓
自社	GI基金等を通じて、ゼロエミ火力に集中投資・開発	海外事業への参画・人員増を通じ開発力を増強	海外事業者との提携で、アジアでの発電事業拡大
	2030年度までに アンモニア混焼本格運用	2025年度までに 再エネ持分500万kWに	再生可能エネルギー 案件の拡大
発電会社 A社	3,891万kW	27万kW ※1	284万kW ※1
再エネ事業者 B社	47万kW	0kW	0.7万kW
再エネ事業者 C社	90万kW ※1	0kW	7.5万kW ※1

※1 建設中を含む、※2 計画中を含む、※3 国内の計画案件は除く

洋上風力拡大に向けた取り組み

- 火力事業とのベストミックスにより、安定電源供給とCO₂フリー電気提供の両立を目指す
- 既存設備の資産・開発経験を活かし、研究開発だけでなく財務施策でもコスト低減に貢献

2020年代の要素技術開発・発電実証を経て、2030年代前半の事業化を目指す

投資計画

- 技術開発・実証に2022～2028年を目処に取組む。発電実証と並行して事業化準備を進め、2030年代前半に商用ウインドファームの運転開始を目指す
- 投資回収時期は分りやすさのため、1号商用ウインドファーム案件のみで計算した（当社は継続した開発を目指しており、より早期の投資回収が見込まれる）
- 上記条件で、投資回収は2040年を想定（買取価格の仮定：36円/kWh(現在の浮体式買取価格ベース)、設備利用率は保守的な条件）

	研究開発							事業化	投資回収	
(億円)	2022 年度	2023 年度	2024 年度	...	2028 年度	29 年度	30 年度	31 年度	32～39 年度計	40 年度
売上高	-	-	-	-	-	-	-	約1,700億円		
原価	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
研究開発費	約3億円		約70億円				-	-	-	-
販売管理費	-	-	-	-	-	-	-	約300億円		
営業利益	-	-	-	-	-	-	-	約1,400億円		
取組の段階	フェーズ1		フェーズ2開発			実証試験		社会実装		
CO ₂ 削減効果	-	-	-	-	-	-	-	16 万トン	290 万トン	32 万トン

*) 事業化時点における売上高、設備投資費、販売管理費、CO₂削減効果については、当社出資比率40%を仮定して全体から持分比率を按分して計上した

*) 2年毎に1号ウインドファームと同規模の事業化を達成した場合、2040年時点では浮体式のみで177万トン/年のCO₂削減（持分比率）を見込んでいる

大型風車の実証試験で先行し、国内外へ展開することで産業振興を目指す

研究開発・実証

設備投資

マーケティング

取組方針

- 15MW級・風車搭載による発電コスト低減と、海中占有面積の最小化による漁業協調を同時に実現するため、TLP浮体方式・係留システムを軸に技術開発・実証試験を実施
- 実証試験においても商業ウインドファーム開発と同様の許認可が要求されるため、フェーズ1から実証試験を前提とした実機風車ベースの設計やサイト条件を用いた設計を実施し、コスト低減の蓋然性を高める

- 実証試験においては、可能な限り国内調達を目指し、知見の国内集積を図る
- 当社が開発を進める着床式洋上風力発電設備とその付帯設備、知見等を、本研究開発にも活用する事で開発費用を抑制する

- 当社が参画する海外洋上ウインドファームの開発、建設、およびO&M知見を本事業に反映する事で、着実かつ迅速な事業拡大を目指す



国際競争上の優位性

- 15MW級風車を搭載した実証試験は未だなされていない事から、動揺の少ないTLP浮体方式で大型風車実証の実績を早期に獲得する

- 発電事業者として、調達主体の発電設備開発ではなく、研究開発に深く関与する事で、エンジニアリング内製化を目指す。内製化の試みを通じて、海外事業者に対しても競争力のある開発計画を策定できる能力を獲得する

- 台湾でのウインドファーム開発の経験と、本事業での研究開発経験を組み合わせる事で、アジア地区でトップクラスの開発能力を獲得する

フェーズ1開発2.4億円の自己負担を予定、フェーズ2以降は計画中

資金計画

	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度	2028 年度	2029 年度	
事業全体の資金需要	約10億円		約200億円						2023年度以降は継続した商業 ウインドファーム開発を志向してい るが、促進区域の指定状況など 外部環境により大きく変動するた め、定量的な計画は未定とする
うち研究開発投資	約10億円		約200億円						
国費負担※ (補助)	約7.6億円		約152億円						
自己負担	約2.4億円		約48億円						
フェーズ1関連			フェーズ2実証関連（概算）						

- ・ インセンティブが全額支払われた場合
- ・ 2024年度以降の実証事業に関しては、フェーズ2のコンソーシアム体制・計画内容により負担費用、資金調達必要性が大きく変動するため概算で記載した

2. 研究開発計画

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ー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級従来浮体構造に対して重量10%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
- ・発電実証、その後の社会実装を念頭にWF認証の取得

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30基/2年間で量産する
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2:30基/2年間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

- ・材料費と工間費の最適化過程が分かる指標として図面・計算書等の図書完成
- ・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

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の取得

- ・発電実証、その後の社会実装を念頭にWF認証の取得

- ・商品化されていない係留張力監視装置のフェーズ1での新規開発
- ・計測精度も含めた実現性の確認

- ・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の担保
- ・発電実証で推定した摩耗量の検証

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

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
- ・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

- ・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の実施
- ・ファーム規模で資本費を低減するには、施工速度が重要

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（ケーブル）

- ・うねりや台風、津波、海洋生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

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

古河電気

- ・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

古河電気

- ・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

古河電気

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)
<div>1 浮体基礎の最適化</div> <div>・高信頼性軽量浮体の検討</div> <div>・一体設計技術の確立</div> <div>MODEC</div> <div>JERA</div>	<div>・フェーズ1:</div> <div>a) 一体設計技術による浮体の高信頼性確認</div> <div>b) 10MW級従来浮体構造からの重量低減</div> <div>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</div> <div>・フェーズ2: 実証機のWF認証、船級承認を取得</div>	10MW級風車搭載浮体係留の水槽試験実施 (TRL5)	<div>・フェーズ1 (TRL5) を維持</div> <div>・フェーズ2 実証試験による経済性と実現性の確認 (TRL8)</div>	<div>・ 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</div> <div>- 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</div> <div>- 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</div>	<div>・フェーズ1: 2023年度 (70%)</div> <div>・フェーズ2: 2030年度 (90%)</div>
<div>2 浮体の量産化 (係留システム含む)</div> <div>MODEC</div>	<div>・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</div> <div>・フェーズ2: 量産化プロジェクト実行計画を作成</div>	10MW級風車単基用の設計と製造検討 (TRL2)	<div>・フェーズ1 (TLP2) を維持</div> <div>・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)</div>	<div>・ 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</div> <div>- 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</div> <div>- 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</div>	<div>・フェーズ1: 2023年度 (70%)</div> <div>・フェーズ2: 2030年度 (90%)</div>

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)
<div>3</div> <div>係留システムの最適化 ・浮体・係留索・基礎杭の 一体設計</div> <div>MODEC</div> <div>東洋</div> <div>JERA</div> <div>・係留張力監視システムの 開発</div> <div>MODEC</div> <div>・係留コネクタの耐久性 の確認</div> <div>MODEC</div>	<ul style="list-style-type: none"> 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 (TLP5) 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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 <ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> フェーズ1:2023年度 (70%) フェーズ2:2030年度 (90%)
	<ul style="list-style-type: none"> 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 (TLP3) ⇔ フェーズ2 実証試験による精度確認 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> 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 <ul style="list-style-type: none"> フェーズ1 係留支持構造体のひずみを利用した張力監視方法を策定。有識者の意見を取り入れ、耐久性のあるセンサーも検討し、最終的な仕様を決定 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 	<ul style="list-style-type: none"> フェーズ1:2023年度 (70%) フェーズ2:2030年度 (90%)
	<ul style="list-style-type: none"> 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 (TLP4) ⇔ フェーズ2 実証試験による精度確認 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> 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 <ul style="list-style-type: none"> 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および大型試験機を用い、実機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、ベアリングの耐久性および摩擦量を確認 	<ul style="list-style-type: none"> 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)
<div>3 係留システムの最適化 ・係留基礎の地盤調査</div> <div>東洋 設計・施工検討</div> <div>JERA 地盤調査・設計定数</div>	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)	<div>➡</div> <ul style="list-style-type: none">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する。<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">・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)
<div>4 低コスト施工技術の開発 ・係留</div> <div>MODEC 浮体・係留索</div>	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">施工要領書作成 (TRL2)	<ul style="list-style-type: none">フェーズ1 机上模型確認、シミュレーション実施 (TLP3)フェーズ2 係留の健全性とコスト競争力を確認 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none">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<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">フェーズ1:2023年度 (70%)フェーズ2:2030年度 (90%)
<div>東洋 係留基礎</div>	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">海外事例の収集、施工検討を机上で実施 (TRL2)	<ul style="list-style-type: none">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)	<ul style="list-style-type: none">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<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">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) ↔ 耐軸力等実規模試験 (TRL5) 解析手法確立 (TRL7) ↔ WF認証取得 (TRL8)	① →	・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 (50%)
	・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) ↔ 材料分析複数調達先 (TRL 5) 競争入札 (TRL5) ↔ WF認証取得 (TRL8)	② →	・複数購買による低コスト化を図る。適合性は解析を通して確認 - 絶縁材料 - 遮水材料、外装材料 - バンドスティフナー他保護材料 - SWGR間ジャンパー・ケーブル	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) ↔ モックアップ試験 (TRL 5) 工法確立 (TRL5) ↔ 実海域検証 (TRL8)	③ →	・着脱式コネクタ試作を制作し、引込・着脱作業のモックアップ評価 - 方式① 着脱式作業工法の検討 - 方式② 着脱式コネクタ試作・評価 ・浮体との着脱の作業性・機械的耐力、電気的接続品質と施工性を評価 ・施工サイクルタイム30%減目標（机上）	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
<div>1 浮体基礎の最適化</div> <div>MODEC</div> <div>浮体設計</div> <div>JERA</div> <div>設計海象条件の設定</div>	<p>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</p> <p>設計コンサルとの共同設計に着手</p> <p>実証試験を目指す実サイトでの風況・海象観測の開始</p>	<ul style="list-style-type: none">・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製作し連成解析完了・AIP用の図面・図書提出済・AIP取得に向け、NK支持構造物認証分科会を、23年11月、24年2月に開催し、最終審議中 <p>➤</p> <ul style="list-style-type: none">・風車供給契約前の風車メーカーとのEarly Worksは不可との結論に・風車メーカーからの推奨のあった代替策として、設計コンサルInnosealによる実機風車を模擬した汎用風車モデルを用いた共同設計を実施・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・海象観測共に許可を得て観測を開始・北海道庁からの候補海域についてのヒアリングに回答し、石狩湾浜益沖が候補海域の1つとして選定	<p>◎ 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</p> <p>◎ 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</p>
<div>2 浮体の量産化</div> <div>MODEC</div>	<p>量産化に適した浮体・係留の設計実施</p> <p>➤</p> <p>浮体製造所の協業先の決定</p>	<ul style="list-style-type: none">・カラムの形状を円柱ケース、六角柱ケースにて検討の結果、六角柱を採用・製造候補者に対するRequest for Informationを発出し建造候補企業の絞り込みを実施済み・絞り込んだ企業に対し、Request for Quotationを発出し、建造企業選定のプロセスに入る	<p>◎ 予定通り進捗</p>

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
<div>3</div> <div>係留システムの最適化</div> <div>・浮体・係留索・基礎杭の一体設計</div> <div>MODEC</div> <div>係留索</div> <div>東洋</div> <div>係留基礎</div>	<div>実証サイトの15MW級浮体のAIP取得</div> <div>・係留システムのAIP承認図書のNK提出</div> <div>・係留基礎のAIP</div> <div>・常時引拔力が繰返し作用する基礎の支持力評価方法確立</div> <div>・設計地盤条件の設定のための地盤調査</div> <div>・地盤調査の最適化検討へ着手</div>	<div>・浮体設計と同様に、NK支持構造物認証分科会を23年末、24年初旬に開催し、最終審議中</div> <div>・鋼製材料とポリエステルポープを組み合わせたハイブリッド係留システムの仕様決定</div> <div>・係留基礎のAIP取得</div> <div>✓ サイトの土質調査結果に基づく設計地盤定数の評価を実施</div> <div>✓ 設計図書（係留基礎構造図および設計計算書）を作成</div> <div>✓ AIP取得に向け支持構造物認証分科会にて設計評価を受審中</div> <div>・常時引拔力が繰返し作用する基礎の支持力評価方法確立</div> <div>✓ 現地引抜実験条件を再現した遠心模型実験の実施</div> <div>✓ 現地引抜実験（静的載荷、繰返載荷）を実施</div> <div>・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</div> <div>・2022年夏、水深72mの実証候補地点においてCPT調査を実施</div> <div>データ分析と採取サンプルの室内試験を実施</div> <div>2022年12月末に室内試験および総合評価が完了</div> <div>・2023年夏に音波探査調査、微動アレイ探査を実施、結果まとめる。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み合わせ、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</div>	<div>◎</div> <div>予定通り進捗</div> <div>◎</div> <div>予定通り進捗</div> <div>◎</div> <div>予定通り進捗</div>

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
<div>3</div> <div>係留システムの最適化</div> <div>・係留張力監視システムの開発</div> <div>MODEC</div> <div>・係留コネクタ内ベアリングの耐久性の確認</div> <div>MODEC</div>	<div>・実証サイトの張力監視装置の仕様決定</div> <div>・実証サイトの係留コネクタ内ベアリングの仕様決定</div>	<div>・構造体のひずみを利用した張力監視方法を策定し、NK支持構造物認証分科会にて張力監視方法を説明。有識者の意見を取り入れ、光ファイバーセンサーを用いたセンサーを併用した方式に変更</div> <div>・想定実証サイトに適したコネクタに内蔵するベアリングの仕様(寸法、素材)を決定</div> <div>・実物大モデルおよび大型試験機を用いた室内予備試験を実施し、耐久性、および実物大でのベアリングの摩擦係数および摩耗量を確認済</div>	<div>◎</div> <div>予定通り進捗</div> <div>◎</div> <div>予定通り進捗</div>
<div>4</div> <div>低コスト施工技術の開発</div> <div>MODEC</div> <div>浮体・係留索</div> <div>東洋</div> <div>係留基礎</div>	<div>・係留接続、取り外しの施工要領の作成完了</div> <div>・大深度における係留基礎施工方法の確立</div>	<div>・接続/着脱要領につき、第三者機関によるTechnical Qualificationの一環として新規性及びリスクの度合いの確認を実施</div> <div>・現地CPT調査結果により詳細な実験計画を立案</div> <div>・海上作業に必要な諸手続きを実施</div> <div>・大深度実験を実施</div>	<div>◎</div> <div>予定通り進捗</div> <div>◎</div> <div>予定通り進捗</div>

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
<div>4 低コスト施工技術の開発</div> <ul style="list-style-type: none">・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	<ul style="list-style-type: none">・ULS解析、FLS解析の完了・ケーブルの布設検討を開始・浮体仕様を踏まえたターミネーションの実機評価を完了	<ul style="list-style-type: none">・ULS解析が完了した・疲労ダメージの低いケーブル延線方位を特定し、FLS解析を完了・O&Mを考慮したアクセサリ仕様につき検討を開始・浮体仕様を踏まえたターミネーションの実機評価を完了	<ul style="list-style-type: none">◎ 予定通り進捗△ やや遅延◎ 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
<div>1 浮体基礎の最適化</div> <div>MODEC</div> <div>浮体設計</div> <div>JERA</div> <div>設計海象条件の設定</div>	<ul style="list-style-type: none">・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・実証試験を目指す実サイトでの風況・海象観測の開始	<ul style="list-style-type: none">・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・沖合での風況データ、大水深での海象データの取得率	<ul style="list-style-type: none">・使用想定的大型風車を前提とし、浮体構造の設計疲労寿命20年を確保・国内造船所と協議し建造しやすい浮体として平板構造のカラムを採用・最大引抜荷重の約25%低減を実現する浮体構造を開発 ✓ 2023年10月 水槽試験で張力低減を確認・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確認 海象観測については3ヶ月毎に海底から引揚げて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 現在複数の造船会社をメインに、鉄鋼構造物メーカーをブロック製作会社として協議中
- ・国内造船所と協議し建造しやすい浮体として平板構造のカラムを採用
- ・商業化での量産化を念頭に、実証用浮体の建造引合いを実施予定

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取得
- ・常時引拔力が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
- ・実証想定海域での係留基礎適用性検証
- ・実験成果を活用した繰返し作用に対する安定性評価手法の確立

- ・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済
- ・ロープ両端部構造を再現したスケールダウンモデルを製作し、実際の浮体・係留の挙動および荷重を再現した局部曲げ試験を開始し、2,000万サイクル数での耐久性を確認予定
- ・AIP取得過程で幅広く有識者の意見を聴取し設計に反映
- ・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

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
<div>3 係留システムの最適化</div> <div>・浮体・係留索・基礎杭の一体設計</div> <div>JERA</div> <div>設計地盤条件の設定</div> <div>・係留張力監視システムの開発</div> <div>MODEC</div> <div>・係留コネクター内ベアリングの耐久性の確認</div> <div>MODEC</div>	<div>・設計地盤条件の設定のための地盤調査</div> <div>・地盤調査の最適化検討へ着手</div> <div>・実証サイトの張力監視装置の仕様決定</div> <div>・実証サイトの係留コネクター内ベアリングの仕様決定</div>	<div>・CPTおよび室内試験からの設計定数設定</div> <div>・ドリルシップからのPS検層データ分析</div> <div>・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</div> <div>・張力監視装置システムの耐久性向上</div> <div>・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</div>	<div>・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</div> <div>・2022年夏調査において、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。また、SPTボーリング調査で実施するPS検層結果とドリルシップからのPS検層データの比較実施も検討中。</div> <div>・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し、要すれば、音波探査を高解像度にする事も検討中</div> <div>・NK支持構造物認証分科会での有識者の意見を取り入れ光ファイバーセンサーの検討を実施すると共に、センサーの耐久性に着目したセンサ周辺の養生方法を検討中</div> <div>・実物大ベアリングで摩擦係数および摩耗量を推定し、実証試験の装置仕様・設計に反映</div>

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

・商用化時の施工検討

・接続/着脱要領につき、第三者機関によるTechnical
Qualificationの一環として新規性及びリスクの度合いの確
認を実施

・大深度における実験施工実績を活用し、商用化に向けた
施工計画を検討

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
<p>4 低コスト施工技術の開発</p> <p>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</p> <p>古河電工</p> <p>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</p> <p>古河電工</p> <p>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</p> <p>古河電工</p>	<p>・ULS解析、FLS解析の完了</p> <p>・ケーブルの布設検討を開始</p> <p>・浮体仕様を踏まえたターミネーションの実機評価を完了</p>	<p>・設計寿命の安全率向上</p> <p>・O&Mを考慮したアクセサリ仕様の確定</p> <p>・O&Mを考慮したターミネーション仕様のブラッシュアップおよび施工方法の検討</p>	<p>・アクセサリ仕様の見直し</p> <p>・O&Mにおける実際の施工手順を考慮し、適切なケーブル保護アクセサリを選定</p> <p>・O&Mにおける実際の施工手順を考慮し、適切なケーブル保護アクセサリを選定</p>

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

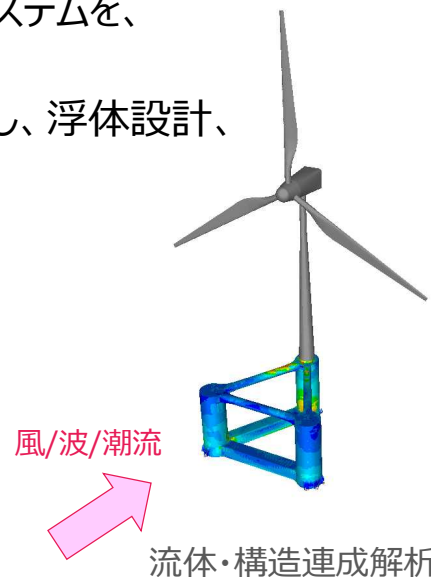
- 15MW級風車及びTLP式浮体の風車・浮体・係留 連成応答・強度解析システムを、風車のモデリングに実績のあるエンジニアリング会社と連携して構築
- 本解析システムを用いて、自然環境条件の分析結果からの設計条件を設定し、浮体設計、係留設計を実施すると共に、係留基礎およびケーブル設計とも連携し実施

（２）浮体の軽量化

- 浮体の軽量化コンセプトを検討

（３）サイト条件での基本設計

- フェーズ２における発電実証に向け、実証サイトを想定した自然環境条件で発電設備の基本設計を実施し、NKから基本設計承認（AIP）を取得



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容【参考資料】

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	<ul style="list-style-type: none">• 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• 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し、連成解析を実施済み
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">• 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済み• タワー基部の施工方法の確立

（2）高信頼性軽量浮体の検討

これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">• 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	<ul style="list-style-type: none">• 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	<ul style="list-style-type: none">• NKから基本設計承認（AIP）を取得するために提出図、参考図書リストを決定し、現在順次提出中• 本年7月末には提出完了予定
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">• 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

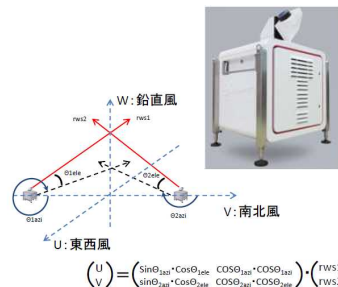
- 浮体設計に利用可能な風車条件としてはNRELやDTUが公開するモデルが利用可能だが、①設計最適化が図られていない、②提供されるコントロールは汎用目的であり、実際の風車条件と乖離する可能性が高い。
- 実証試験、社会実装における低コスト化の確実性を高めるため、実風車を模擬した汎用風車モデルを用いた設計コンサルとの共同設計を監理する。



現在、フェーズ2での風車供給について風車メーカーとの協力を協議中で風車主要目情報については提供を受けている。しかし、供給契約前のEarly Works着手は不可との交渉結果となり、設計コンサルを活用した実機を模擬した汎用風車モデルを用いた浮体設計を実施。

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、その条件で浮体基礎の最適化をおこなう。
- 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

実機風車ベースの共同設計

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、Early Worksの着手について継続的に協議実施
- ・ 風車供給については口頭合意しているが、MOU締結に向けて継続協議中
- ・ Early Worksについては供給契約前の支援困難との交渉結果となり、代替案として実機を模擬した汎用風車モデルを作成可能な設計コンサルとの共同設計を実施

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

設計海象条件の設定

これまでの取組

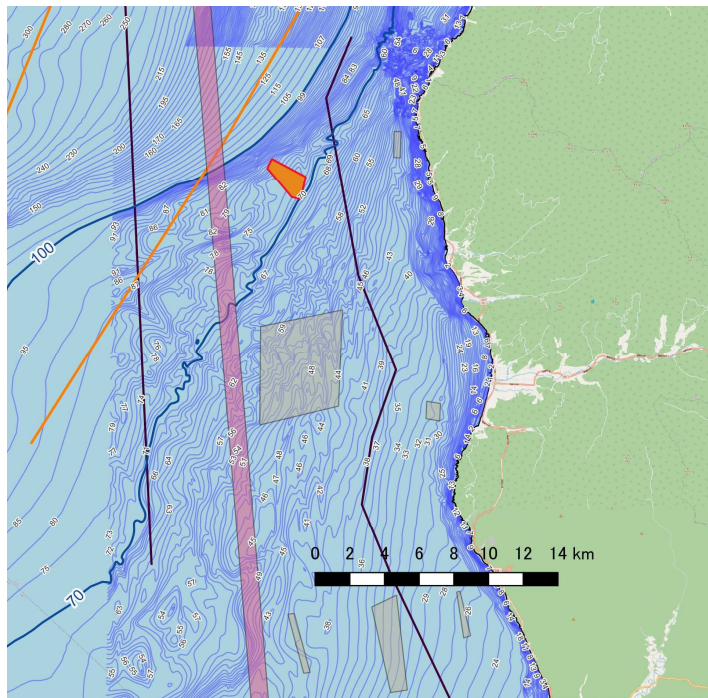
- ・ 実証試験の候補海域について、北海道石狩湾の関係漁業者・行政と協議し、基本同意を取得
- ・ 風況観測については観測用地を確保、現在は機器手配・許認可を得て観測を実施中
- ・ 波浪・海洋付着生物の観測の予定の観測期間を終了し、データーのまとめを実施

今後の見通し

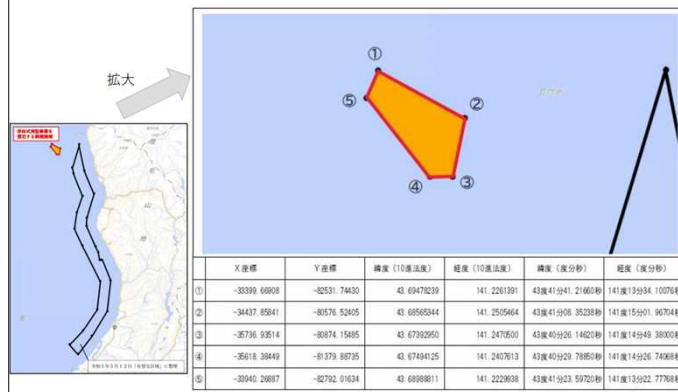
- ・ 風況観測は冬季の観測率を向上させるため観測を延期

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

石狩湾浜益沖が2023年10月3日(火)に経済産業省ホームページに4つの候補海域の1つとして公表



1. 実証候補区域の地図（北海道石狩市浜益沖）



現地確認



経済産業省HPニュースリリースより
 抜粋：“別紙：フェーズ2について”：

[20231003002-3.pdf \(meti.go.jp\)](https://www.meti.go.jp/20231003002-3.pdf)

② 浮体の量産化/15MW級機に対応した浮体・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	・ 浮体のカラム形状（円柱タイプ、六角柱タイプ）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、陸上ヤード候補者に対しRequest for Informationを発出し、候補企業の絞り込みを実施
今後の見通し	・ 23年夏には実証用浮体の建造方法決定 ・ 2020年代後半での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六角柱カラムの採用

③ 係留システムの最適化/係留張力モニタリングシステムの開発

- 有限要素解析（FEA）による応力発生箇所の予測とひずみゲージを組み合わせた監視装置を立案し、計測会社と共同で取り付け箇所に適したひずみゲージを選定
- ひずみゲージ取り付け箇所の雰囲気を考慮した取り付け方法の決定、また、取り付け部の耐久性に課題があるとされるひずみゲージが外れた場合のバックアップ方法を確立

課題と見通し

- 計測精度…船級の要求精度によるが、実用に耐えうる張力精度は確保できる見通し

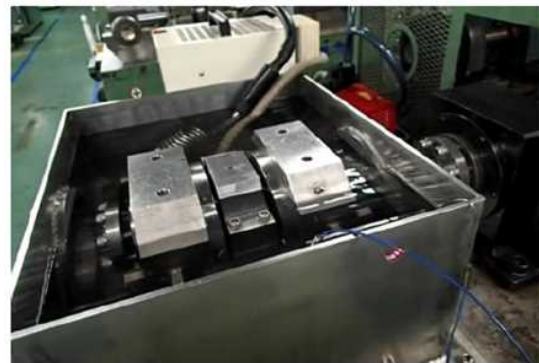
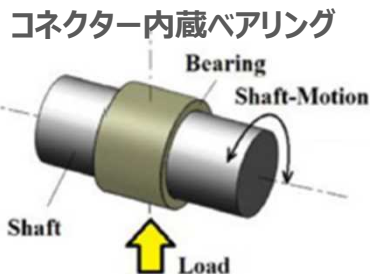
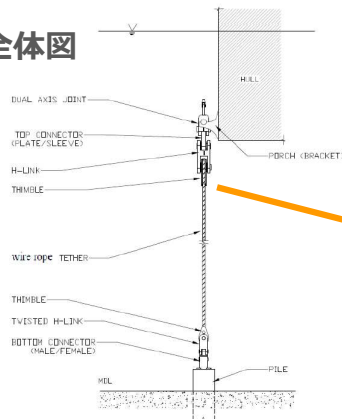
③ 係留システムの最適化/コネクターベアリングの耐久試験

- 係留耐久性において重要部品となるコネクター内蔵ベアリングに関して、20年間ノーメンテナンスを目標に実機の荷重、摩擦状態を想定した実物大相当での耐久試験の実施
- 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

課題と見通し

- スケール影響を排除するため実物大で試験を必要があるが、実機荷重および海水中を再現できる設備がないため、新たに試験装置を構築することで対応

係留系全体図



小型試験機での耐久試験例

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へAIP承認図書 提出済
今後の見通し	・ AIP取得に向け、NK支持構造物認証分科会を、23年11月、24年2月に開催し、最終審議中

（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ひずみセンサーの取付やロードセル他を搭載する方式を外注先に調査の上、監視システムの仕様を検討
今後の見通し	・ FEA結果に基づき応力発生箇所・方向を特定し、計測会社と共同で、ゲージ選定等を行いシステム仕様を確定

③ 係留システムの最適化/コネクタベアリングの耐久試験

（3）コネクタベアリングの耐久試験

これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">• 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	<ul style="list-style-type: none">• 22年度に試験仕様を決定し、本年度、摩擦状態を想定した大型試験機での耐久試験を実施中• 耐久試験結果から、実証機のベアリング仕様（摩擦係数、摩耗代）を決定



大型試験機での耐久試験の様子

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	<ul style="list-style-type: none">・ サイトの土質調査結果に基づく設計地盤定数の評価を実施・ 設計図書（係留基礎構造図および設計計算書）を作成・ NK AIP取得に向け支持構造物認証分科会洋上(浮体)部会にて設計評価を受審中
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ スムーズな認証取得のため、AIP取得過程で幅広く有識者の意見を聴取し設計に反映

（２）遠心模型実験

これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">・ 現地引抜実験条件を再現した遠心模型実験の実施・ 鉛直方向以外の荷重を載荷した遠心模型実験の実施
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ 実験の成果をもって繰返し作用に対する安定性評価手法の確立

（３）現地引抜実験

これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">・ 地元関係者の同意を得て実験実施海域を決定し、引抜試験実施海域で土質調査を実施・ 現地引抜実験（静的載荷、繰返載荷）を実施
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ 実験の成果をもって係留基礎の設計手法を確立

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。

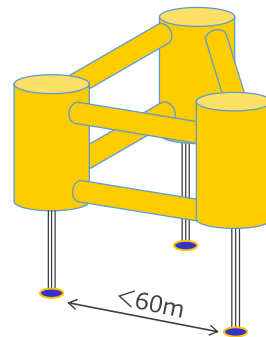


ドリルシップによるCPT調査・サンプリングの様子

杭設計に必要な地盤定数を設定するために、CPT調査および音波探査を実施する。また、JERAが過去に実施した実証予定サイト周辺の地盤調査情報について、本研究開発へ提供する予定である。

地盤調査の最適化検討

- 3カラム浮体のTLP係留に関し、現在のウィンドファーム認証では風車1基に対し3箇所地盤調査(CPT調査)が必要と見込まれる。これは社会実装時のコスト高、および工程リスクとなるため最適化の検討を実施する。
- 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、CPT調査数の低減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、①風車基数の3倍必要と考えられているCPT調査の最適化、および②CPTのキャリブレーションに必要なSPT調査への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	<ul style="list-style-type: none">・ 実証試験の候補海域について、北海道石狩湾の関係漁業者・行政と協議し、基本同意を取得・ 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検層のデータ解析とサンプリングのコア抜きと室内試験計画をまとめ、JERAが保有する周辺海域の地盤情報を元に地盤条件を設定・ 音波調査と微動アレイ探査を実施した
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ 地盤調査の最適化検討に向けた最終報告書をまとめる

地盤調査の最適化検討

これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">・ 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	<ul style="list-style-type: none">・ 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」

- 上部、および下部コネクターを、係留接続部（ポーチ）及び、下部係留杭頂部に、確実に誘導するためのガイド設備の仕様検討及び作業要領を確立
- DNV-GLのTechnical Qualification（TQ）のプロセスを用い、作業要領のTQを取得

課題と見通し

- DNV-GLのTQプロセスに則り、2023年度中にPQを取得する。

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完成
- ・ 低コスト化に向けた更なる最適化を追求し、着脱要領代替案を作成し実現性の検証

今後の見通し

- ・ 本年中に着脱要領の課題の抽出、対策の立案を完了する予定
- ・ その後、施工要領の実現性を確認するため、第三者機関による確認のプロセスに入る

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	<ul style="list-style-type: none">・ 測量機器を調達し、水槽実験を実施・ 実海域にて計測実験を実施
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ 実験結果を活用し、フェーズ2や商用化に向けた計測計画を検討

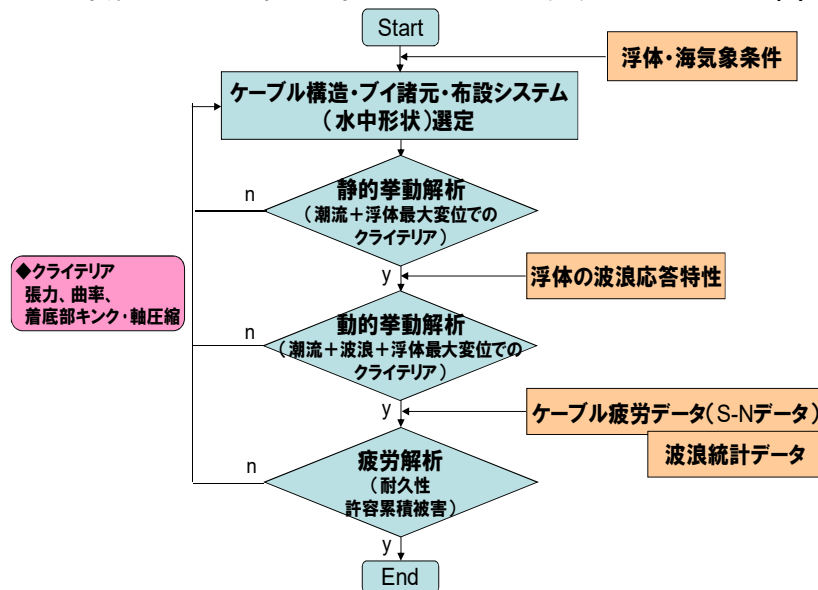
（2）大深度における係留基礎施工技術の確立

これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">・ 現地CPT調査結果により詳細な実験計画を立案・ 海上作業に必要な諸手続きを実施・ 大深度実験を実施
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ 実験結果を活用し、フェーズ2や商用化に向けた施工計画を検討

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用アクセサリ（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。

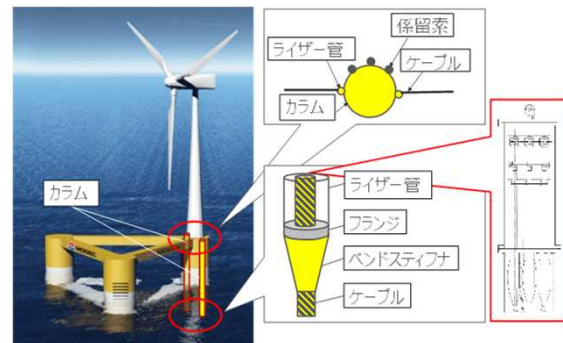
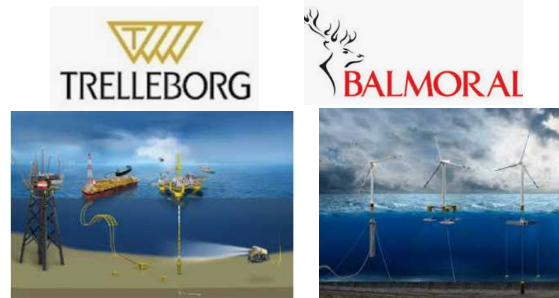
（３）施工サイクルタイム30%削減（机上検討）

- 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

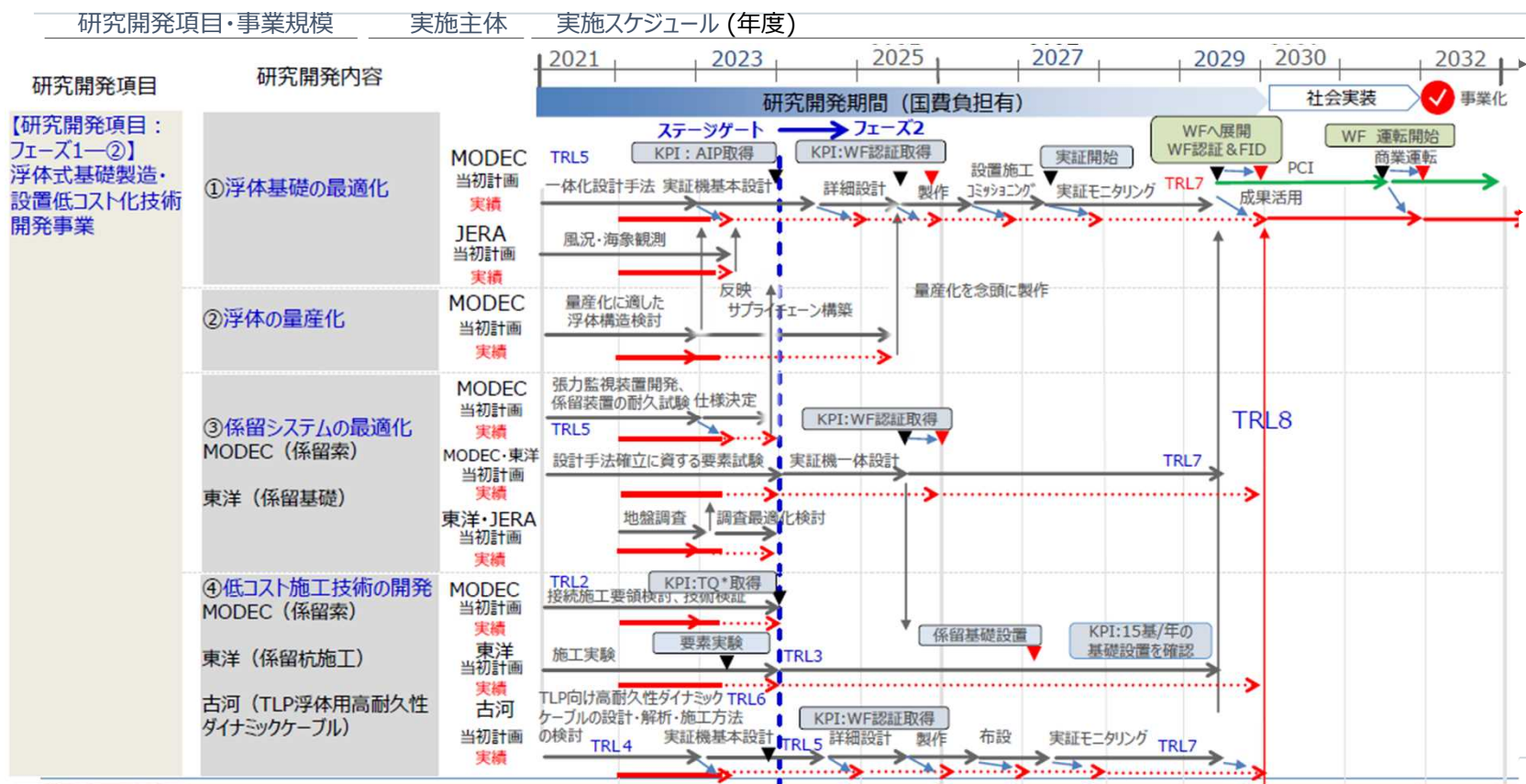
これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">・ ULS解析を実施し、TLP浮体に最適化されたケーブル線形が極値海象条件に対して高耐久であることを確認・ FLS解析を実施し、TLP浮体に最適化されたケーブル線形により、運転年数以上の設計寿命が確保されることを確認
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ 設計寿命の安全率をさらに向上

（２）ターミネーションの実機試作評価

これまでの取組	<ul style="list-style-type: none">・ 浮体仕様を踏まえたターミネーションの実機評価を完了
今後の見通し	<ul style="list-style-type: none">・ O&Mにおける実際の施工手順を考慮し、適切なケーブル保護アクセサリを選定

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

【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



JERA

- 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
- ②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

MODEC

- ①浮体基本設計
- ②浮体・係留量産化検討
- ③張力モニタリングシステム開発
- ④コネクターベアリング体重性確認
- ⑤係留接続要領確立 を担当

東洋建設

- ①係留システムの最適化
- ②低コスト施工技術の開発を担当

古河電工

- ①ダイナミック・ケーブル、ターミネーション設計
- ②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
- ③着脱式ターミネーションの検証試験を担当

各主体の役割と連携方法

☆ 幹事企業

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

三井海洋開発

- ・高信頼性かつ軽量浮体の検討
 - ・一体設計技術の確立
- (境界条件の一部は東洋・JERAが提供)

JERA

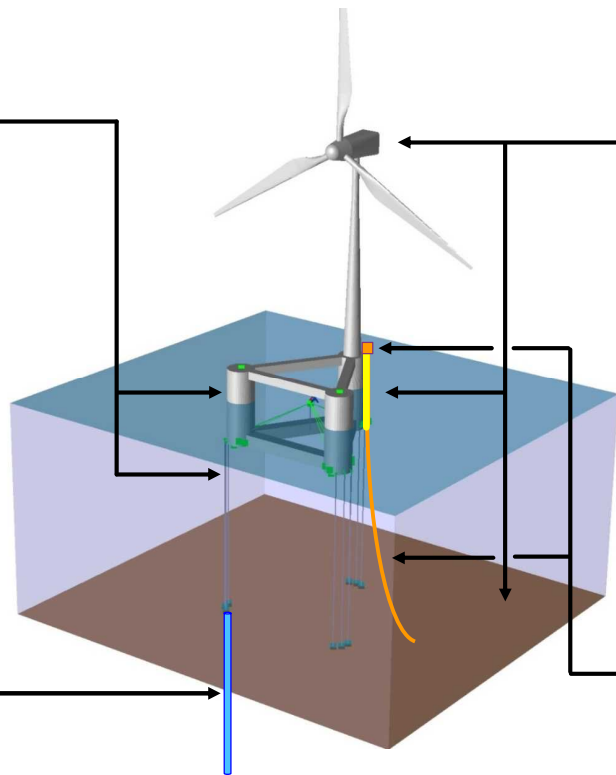
- ・サイト選定/調査データ取得
 - ・風車メーカー連携
 - ・地盤調査方法の最適化
- (調査に必要な条件は東洋が提供)

東洋建設

- ・係留システムの最適化
- ・低コスト施工技術の開発

古河電工

- ・浮体/ケーブルの一体解析
- ・着脱式ターミネーションの検証
- ・ケーブルの布設要領の確立



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 ・ひずみゲージ、光ファイバー式センサー技術を応用した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す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、海外洋上ウィンドファームの開発経験を保有
	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が必要

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：アクセサリー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アクセサリーの布設実績（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

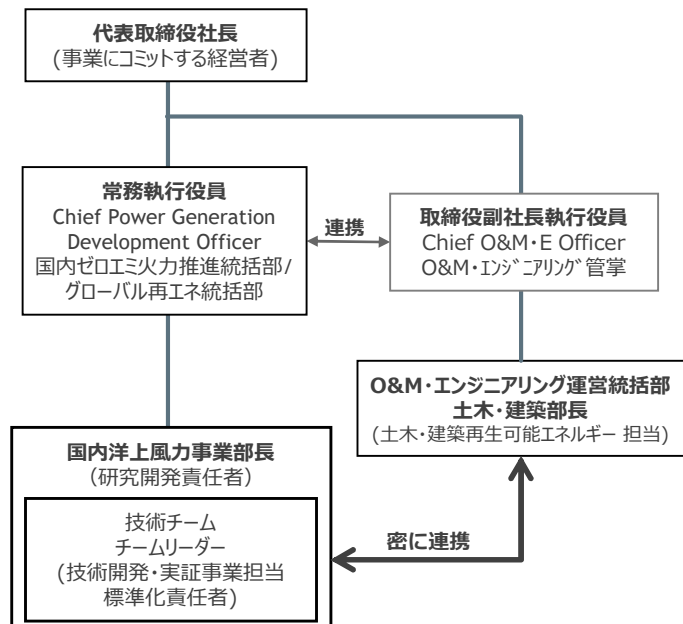
3. イノベーション推進体制

(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

JERAカーボンニュートラル2050のコミットの下、組織横断で浮体技術を検討

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**
 - 社会実装までの開発全体の総括を担当
- **チームリーダー**
 - 船舶・海洋構造物設計、洋上風力事業計画、プロジェクトマネジメント等の実績を活かし、プロジェクト全体の取りまとめを担当
- **担当チーム**
 - **国内洋上風力事業部**
プロジェクトの実行・検討・取りまとめを担当
(技術チームを中心に洋上BOP・陸上BOP・商務で研究開発を分担する)
 - **プロジェクト土木・建築室**
設計条件設定、地盤調査の最適化などの検討に関する専門技術支援

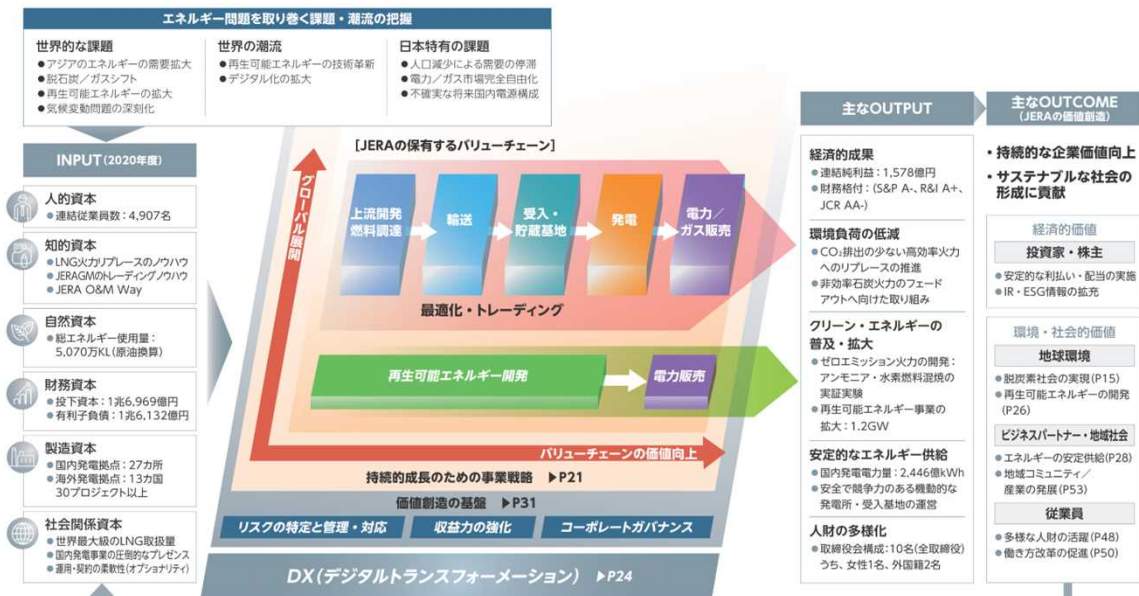
部門間の連携方法

- 各本部間の連携については、適宜実施
- 各部門において対応者の取り決めを行い、本プロジェクトにおける情報共有を密に行う
- 進捗会議を毎週実施。並行してITツールを活用して遅延なく状況共有を実施

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

経営による脱炭素実現に向けたの全社戦略主導と、洋上風力事業の戦略整合

- 当社はMissionに基づいた事業活動により、社会やステークホルダーへの提供価値を最大化することで、当社の企業価値向上とVisionの実現を目指しています。また、事業環境の変化や社会・ステークホルダーの要請も踏まえた重要課題を事業戦略に統合することで、SDGs達成にも貢献していきます
- 具体的には、当社が優先して取り組むべき重要課題（マテリアリティ）を特定しました。今後は、この重要課題にステークホルダーの皆さまのご理解とご支援を賜りながら積極的に取り組み、『Mission & Vision』の実現を通じて、サステナブルな社会の形成に貢献します



Mission (果たすべき使命)
世界のエネルギー問題に
最先端のソリューションを提供する

Vision (将来のありたい姿)
グリーン・エネルギー経済へと導く
LNGと再生可能エネルギーにおける
グローバルリーダー

経営戦略の中核において再エネ・洋上風力事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - JERAゼロエミッション2050を策定・公表（2020年10月）
 - 2035年に向けた新たなビジョンと環境目標を策定（2022年5月）
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 技術経営戦略（技術開発含む）の立案・更新
 - 再エネ・洋上風力セグメントの事業計画立案・更新
 - ステアリングコミッティ等での議論内容を反映
 - 専門組織である脱炭素推進室が部門横断的に展開
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - JERAゼロエミッション2050を掲げ、再エネ・洋上風力導入に向けた研究開発を推進

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - コーポレートコミュニケーションブック（統合報告書）、プレスリリース、ホームページ、CM、社内報等で社内外へ取り組みを発信
- 具体的な実施内容
 - 本事業の採択についてプレスリリースを実施（2022年1月）
 - 当社ホームページ上にJERAゼロエミッション2050の特設サイトを作成
 - CMにより幅広いステークホルダーへ発信

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

火力のグリーン燃料化、洋上風力を中心とした再エネ開発・拡大で脱炭素戦略を構成

- 当社は、国内最大の発電事業者として脱炭素社会の実現を積極的にリードしていく立場にあると認識しています。長期的に目指す姿を明確にすべく、2020年10月に「JERAゼロエミッション2050」を策定・公表しました。この実現に向けて3つのアプローチを実施します
- ゼロエミッションに向けた道筋を示す第一弾として、日本版ロードマップを策定しました。本ロードマップでは、2030年までに非効率な石炭火力発電所（超臨界以下）の停廃止などに加え、洋上風力を中心とした大規模再生可能エネルギーの開発に取り組む計画としています
- 洋上風力市場の大きな成長を見込み、アジアNo.1を目指し、現在台湾で複数案件に参画しています。日本国内の案件開発にも取り組んでおり、この経験を浮体式洋上風力にも展開していきます



JERAゼロエミッション2050
日本版ロードマップ

本ロードマップは、政策等の前提条件を踏まえて段階的に詳細化していきます。前提が大幅に変更される場合はロードマップの見直しを行います。
※CO₂フリー-LNGの利用も考慮しております。

2050年時点で専焼化できない発電所から排出されるCO₂はオフセット技術やCO₂フリー-LNG等を活用

出典：JERAグループ コーポレートコミュニケーションブック 2021

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

JERAは洋上風力発電を再エネの中核として位置付け、着床式・浮体式共に積極投資

ガンフリートサンズ洋上風力IPP事業への参画	フォルモサ1洋上風力発電事業への参画	フォルモサ2洋上風力発電事業への参画	海洋再生可能エネルギー連合への参画	日本国内での洋上風力発電事業開発
<p>2018年12月に英国エセックス州の沖合にあるガンフリートサンズ洋上風力発電事業（出力172,800kW、48基の着床式洋上風力発電機）への参画を公表。発電所の運転開始は2010年4月。洋上風力発電の運用に関する知見を獲得。</p>  	<p>2018年12月に台湾苗栗県の沖合にあるフォルモサ1洋上風力発電事業（出力128,000kW、22基の着床式洋上風力発電機）への参画を公表。8,000kWは台湾で初めて稼働した洋上風力発電設備であり、2017年4月に商業運転を開始。120,000kWは2018年6月より建設が行われ、2019年10月に工事完了。プロジェクトの立ち上げに貢献し、建設中の洋上風力発電における知見を獲得。</p> 	<p>2019年10月に台湾苗栗県の沖合にあるフォルモサ2洋上風力発電事業（出力376,000kW、47基の着床式洋上風力発電機）への参画を公表。2019年10月に工事に着手。建設初期段階から参画することにより、プロジェクトの開発を牽引。</p> 	<p>2020年1月に「海洋再生可能エネルギー連合」に参加することを公表。本連合は世界風力会議と国連グローバル・コンパクトをパートナーに加え、気候変動対策に関するグローバルな対話において、洋上風力発電部門を代表。当社は、唯一の日本企業としてこの連合に参加。また、2020年5月に「洋上風力世界フォーラム」に参加することを公表。浮体式洋上風力発電の導入拡大を推進。</p> 	<p>2021年5月に「秋田県能代市、三種町及び男鹿市沖」、「秋田県由利本荘市沖」の両海域における再エネ海域利用法に基づく公募に参加。</p> <p>2021年3月に環境影響評価法に基づく「（仮称）青森県つがる沖南部洋上風力発電事業 計画段階環境配慮書」を経済産業大臣へ送付。</p> <p>2021年3月に環境影響評価法に基づく「（仮称）石狩湾沖洋上風力発電所建設計画 計画段階環境配慮書」を経済産業大臣へ送付。</p>

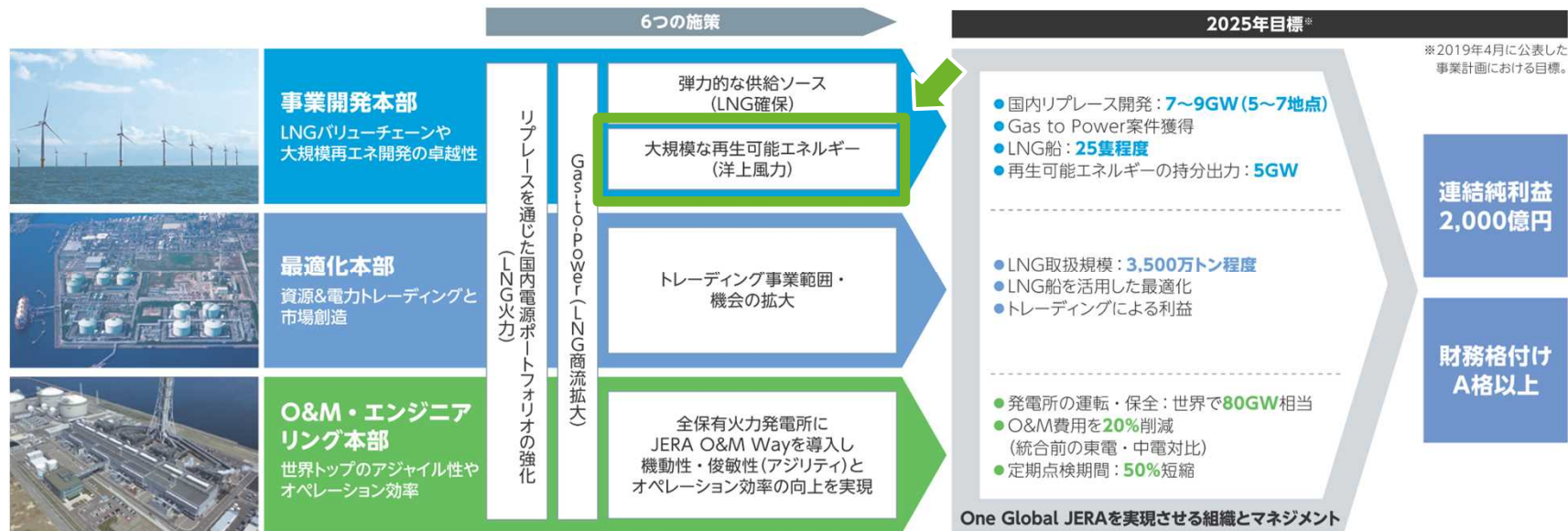
健全な経営・財務体質、公正・迅速な意思決定を可能とする経営体制の確保

-
- The organizational chart illustrates the corporate governance structure of Tokai Marine Co., Ltd. At the top are the Shareholders (株主) and the Shareholders' Meeting (株主総会). The Shareholders' Meeting oversees the Board of Directors (取締役会), which consists of 10 directors (取締役10名). The Board of Directors is supported by the Board of Corporate Governance (取締役懇談会 指名・報酬委員会). The Board of Directors oversees the Executive Officers (執行役員) and the Business Execution System (業務執行体制). The Business Execution System includes the Management Executive Committee (経営執行会議) and the Chairman/President (会長・社長). The Internal Audit Department (内部監査部) is connected to the Board of Directors and the Business Execution System. The Business Execution System also includes various support departments: Business Planning Department (経営企画本部), Finance & Management Department (財務・経理本部), Business Support & Solutions Department (ビジネスサポート&ソリューション本部), Sales Development Department (事業開発本部), Optimization Department (最適化本部), O&M Engineering Department (O&M・エンジニアリング本部), and Tokai Japan Branch / West Japan Branch (東日本支社／西日本支社).

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

Mission & Vision達成のための「6つの施策」の1つに洋上風力を設定

- JERAのMission & Visionの達成に向けて「6つの施策」を着実に実行します。その中で、再エネについては、既存事業で培った大規模事業開発能力を活用して、特に洋上風力を中心に開発を進め、今後の事業ポートフォリオにおける主要事業の一つに成長させていきます。



4. その他

4. その他／(1) 想定されるリスク要因と対処方法

リスク・コントロールにより事業中断を回避し、浮体式風車の社会実装・産業化を目指す

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- **風車メーカーとの共同設計が実施できないリスク**
→実機風車をベースとした設計を実現するために、風車メーカーと協議を継続する事で設計協力が得られる様にする。またリスクシナリオへのバックアップとして、風車設計の経験豊富な設計コンサルタントに浮体式風車を想定した設計条件・コントローラー作成委託・協働も検討する。
- **設計条件の設定に必要な現地調査ができないリスク**
→想定海域の地元関係者とはコミュニケーションを取り、ご賛同・ご協力頂ける様に丁寧な説明を継続している。
→調査実施において悪天候などによる遅延リスクはあるが、荒天影響を考慮した調査工程を計画する。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- **自然環境・漁業環境へ想定を超えた影響を与えるリスク**
→洋上風力発電事業は、協議会を経て促進区域指定された上で実施する事となる。客観的に事前予測と異なった場合には、地元行政および協議会と協調して解決策を講じる。
- **近隣住民や関係者の心象が期待値と異なるリスク**
→国内発電所開発の経験を活かし、真摯に対応をおこなう。
- **突発的な事故等による第三者損害が生じるリスク**
→安全管理の徹底によりリスク低減を図ると共に、万が一発生した場合は、第三者賠償保険にて対応を実施する。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- **大規模災害発生リスク**
→JERA版BCP・BCM策定を進めており、研究開発・実証試験・社会実装においても同等の計画・規定を作成する。



- **事業中止の判断基準**： 研究対象の浮体形式について、製造・輸送・施工・全体工程の精査、および固定価格買取制度の変更などの外部環境変化により、収益性を確保できる見込みがないと総合的に判断した場合