

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
セミサブ型ハイブリッド浮体の量産化・低コスト化
実施者名：鹿島建設株式会社 代表名：代表取締役副社長 茅野 正恭

共同実施者：日立造船株式会社(幹事会社)

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・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

役割分担表

太字：主担当

日立造船（幹事会社）

鹿島建設

- 1 浮体基礎の最適化
鋼・コンクリートハイブリッド浮体化
による低コスト化

- 鋼・コンクリートハイブリッド浮体の基本設計
- 二次部材の計画・設計

- 鋼・コンクリート複合構造部材の構造性能確認
- 鋼・コンクリート複合構造部材の設計法の確立
- 二次部材の計画・設計

- 2 浮体の量産化
ハイブリッド浮体の量産化

- 量産方法に関する検討
- 量産設備に関する検討
- 部材（ブロック）の製作、調達に関する検討

- 量産方法に関する検討
- 量産設備に関する検討
- 部材（ブロック）の製作、調達に関する検討

- 4 ハイブリッド係留システム
繊維ロープ・チェーン複合係留
システムによる低コスト化

- 最適係留システムの検討
- 係留システムの設計法の確立

社会実装に向けた取組内容
（Phase1,2,商用段階まで
見据えるもの）

- ◆ 双方の技術を融合した実証試験の実施
- ◆ 開発成果の確実性を担保するための認証取得
- ◆ 既存設備（ドック等）の活用および浮体製造工場の新規建設
- ◆ 浮体式洋上風力実証実績に基づく幅広い顧客基盤への技術PR

- ◆ 双方の技術を融合した実証試験の実施
- ◆ 開発成果の確実性を担保するための認証取得
- ◆ 浮体製造工場の新規建設
- ◆ 洋上/陸上風力、国内建設工事実績に基づく幅広い顧客基盤への技術PR

1. 事業戦略・事業計画

鹿島建設

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

再生可能エネルギーの需要増加により、浮体式洋上風力発電事業の拡大を予想

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）

- 投資家・顧客・国民のカーボンニュートラルへの関心が高まり、企業等において再生可能エネルギー（再エネ）による電力調達の取組が拡大。

（経済面）

- 地球温暖化対策を図りつつ、経済活動を継続するため、再エネの導入促進が不可欠。また、製造・設置・維持管理に関するサプライチェーンの裾野が広い再エネは、産業創出の観点からも期待。

（政策面）

- 洋上風力の魅力的な市場創出に向け、政府は、2030年までに10GW、2040年までに30～45GWの導入目標にコミット。迅速な案件形成、系統インフラ及び港湾インフラの整備等が加速。

（技術面）

- 遠浅のため着底式が普及している欧米等と比較し、急深な海底地形が広がる日本・アジアでは、浮体式洋上風力の導入余地が大きい。浮体式基礎の量産化・コスト低減に向けた技術開発が必要。

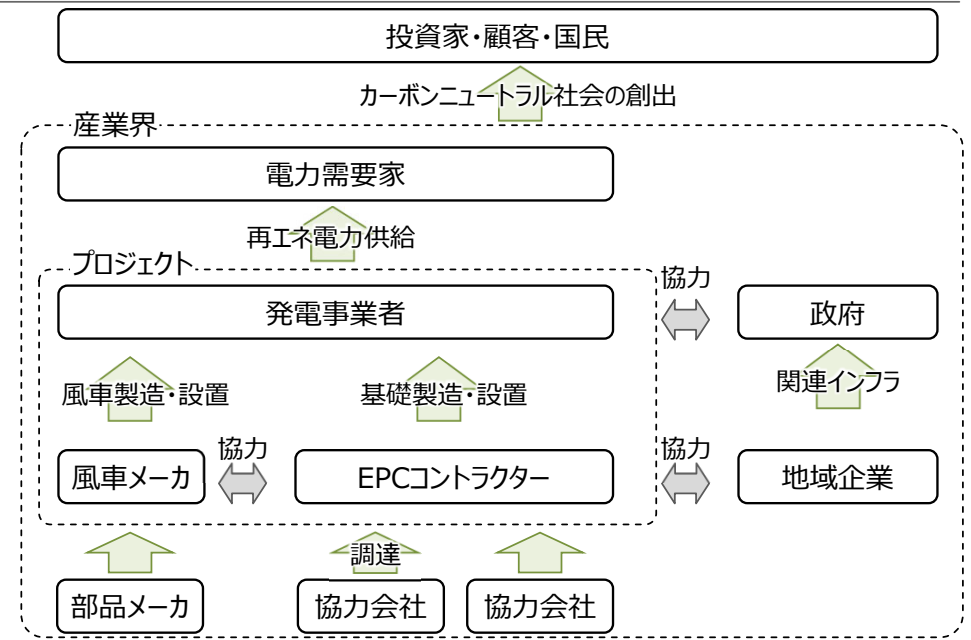
● 市場機会：

- 浮体式洋上風力の合理的な基礎構造・生産システムを確立することで、同プロジェクトの受注拡大を期待

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- 浮体式洋上風力の経済性向上を図ることで、再エネ導入量のさらなる拡大を可能とし、カーボンニュートラル社会の実現に貢献

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：

浮体式洋上風力の建設におけるトッププレーヤーとして、日本を中心に将来的にアジアも視野に入れて事業を展開

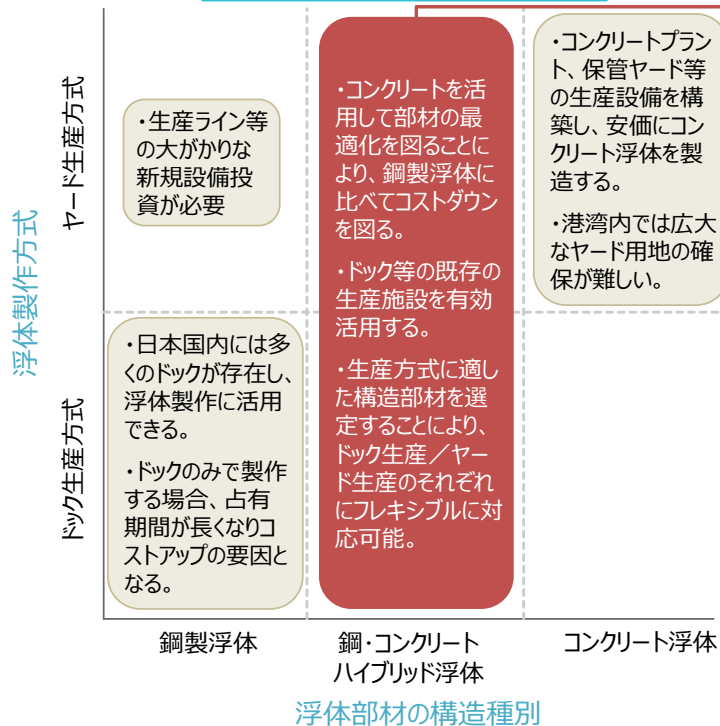
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

浮体式基礎の製作市場のうちドックとヤードを組合せた生産方式をターゲットとして想定

セグメント分析

- 浮体を安価に大量生産するためには、ドック／ヤードの両生産方式にフレキシブルに対応できる構造が求められるため、サプライチェーン体制や要求性能に応じて**最適な浮体構造を選定できる鋼・コンクリートハイブリッド浮体**の開発に注力する。

浮体製作市場のセグメンテーション



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 2040年までに国内で導入予定の30～45GW相当の洋上風力のうち、2029年～2040年の浮体式導入量を最大30GW(約3GW/年)と想定。
- 国内市場で●●%のシェアを目標とする(●●MW/年、浮体製作費●●億円相当)。
- 国内市場を優先し、アジア市場進出は2040年以降を想定。

需要家	主なプレーヤー	施設規模 (2029年～2040年)	課題、想定ニーズ
日本 国内市場 における 発電 事業者	国内企業 ・商社 ・電力会社 ・再エネ専業等	[市場] 約3GW/年	- 浮体式洋上風力の導入拡大 → 浮体式基礎の低コスト、短期間での供給
	日本市場へ参入する海外企業 ・電力会社 ・再エネ専業等	[目標シェア] ●●MW/年	- 海外での洋上風力開発実績の日本への展開 → 国内サプライチェーンの構築 → 海外技術の日本への適用、認証取得

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

コンクリートの活用により、国内外のサプライチェーンに柔軟に対応できる経済的な浮体式基礎を開発

セグメント分析の詳細（構造種別）

下表の3種類の構造種別のうち、洋上風力での適用実績がない鋼・コンクリートハイブリッド浮体をターゲットに設定。

構造種別	①鋼製浮体	②鋼・コンクリートハイブリッド浮体		③コンクリート浮体 (RC or PC構造)
		フルサンドイッチ構造	オープンサンドイッチ構造	
写真/ 概念図				
出典	福島洋上風力コンソーシアム作成資料	大阪港夢洲トンネル工事パンフレット		Ideol社Webページ
浮体式基礎への適用	・国内外で多くの実証試験の実績あり（福島沖など）	・適用実績なし		・国内適用実績なし ・海外ではバージ式の 実証試験の実績あり
他工事への適用		・沈埋函やハイブリッドケーソン等、海洋環境下の土木構造物への適用実績が多数あり		

①サプライチェーン体制の充実	例) 鋼材が調達しやすく、ファブメーカーの生産体制が充実	ファブメーカー生産体制が十分ではないが、安価な労働力や広大なヤード用地の調達が可能
②設計・施工上の要求性能	例) 作用荷重が大きく高強度が求められる部材、浜出し時の岸壁水深が浅い場合 など	作用荷重が小さく高強度を必要としない部材 浜出し時の岸壁水深が大きい場合 など

セグメント分析の詳細（浮体形式）

安定性、施工性に優れたセミサブ型を選定。セミサブ型の課題である製造コストを低減するために、鋼・コンクリートハイブリッド浮体を適用。

	バージ型	セミサブ型	スパー型
性能 (安定性)	 ▲ 暴風時の動揺が大	 ○	 ○
施工性	○ 喫水が小さい ⇒港湾施設内での 風車組立が可能	○ 喫水が小さい ⇒港湾施設内での 風車組立が可能	▲ 喫水が大きい ⇒揺れが大きい海上 で風車組立が必要
製造 コスト	○ 構造が単純 鋼材量が少ない	▲→○ 構造が複雑 鋼材量が多い	○ 構造が単純 鋼材量が少ない

構造が複雑で鋼材量が多い部材に鋼・コンクリート複合構造を採用
⇒鋼材の軽量性とコンクリートの廉価さを兼ね備えた、経済的なセミサブ型の実現

ターゲットの概要

鋼・コンクリートハイブリッド浮体を開発することにより、国内外のサプライチェーン体制に応じた**最適な浮体式基礎構造を柔軟に選定できる体制を構築する。**

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

鋼・コンクリートのハイブリッド技術を用い、合理的な浮体式洋上風力基礎構造を開発・提供

社会・顧客に対する提供価値

- 洋上風力のポテンシャルの大きい日本・アジア近海で、水深の深いエリアを含めた再エネ導入に貢献(目標: ●●MW/年)

■産業アーキテクチャにおける収益機会

- 洋上風力プロジェクトにおいて、浮体式基礎の製造、販売を行うことでEPCコントラクターから対価を獲得

■ビジネスモデルの特徴

- (独自性・新規性) 鋼・コンクリートハイブリッド浮体の**量産システム**を確立
※特殊技術を保有しない雇用の創出(雇用条件の拡大)により、地元企業の活性化に貢献
- (有効性) 鋼・コンクリートの最適な組合せにより、**低コスト化**の実現
- (実現可能性) 造船・建設の既存技術の応用であり、個々の要素技術には十分な実績あり
- (継続性) 量産を通じてコスト削減を図り、さらなる需要を喚起する好循環を創出

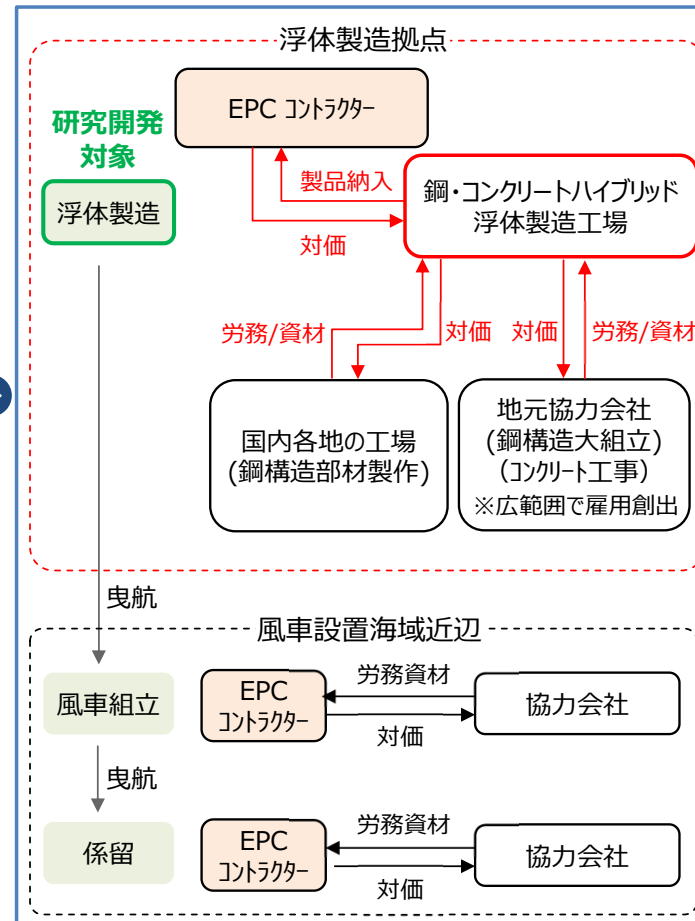
■ビジネスモデルの実現に必要な研究開発

- 【構造の最適化】鋼・コンクリートの最適な組み合わせや、ハイブリッド特有の構造上の課題の検討
- 【量産システムの確立】鋼・コンクリートそれぞれの材料特性及び国内の製造拠点の特性を考慮した量産システムの検討

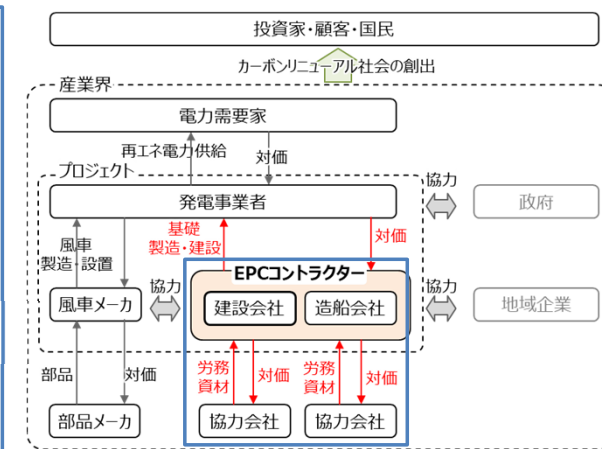
低コスト化、量産化の実現

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

＜各施工ステップにおける協力会社との関係図＞



＜産業アーキテクチャ全体＞



- 製造工場にて、鋼・コンクリートハイブリッド浮体を製造
- 浮体製造拠点においては、特殊技術が必要ないコンクリート工事を行うことにより、雇用条件を拡大し、地元企業の活性化に貢献
- 国内各地の工場において鋼構造部材を製作することにより、全国的な国内経済の活性化にも貢献
- EPCコントラクターとして一連の工事を実施することにより、浮体製造拠点と風車設置海域の両者における雇用に拡大

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

建設・造船のトップ企業の技術力を融合させ、浮体式洋上風力のさらなる導入促進に貢献

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- 鋼・コンクリートハイブリッド浮体の採用による**コスト低減**
- 鋼・コンクリートハイブリッド浮体の特性を踏まえた量産システムの確立による**製造工程の短縮及びコスト低減**
- 浮体式洋上風力発電事業の総コスト・工期の縮減による**事業性の向上、採択可能事業の増加**

自社の強み

- 洋上風力の設計・施工実績は国内トップクラス**
(NEDO銚子沖、福島沖浮体7MW風車組立、秋田港能代港など)
- コンクリート構造物、及び鋼・コンクリート複合構造物に関する設計・施工等の技術力**
- 国内土木工事における量産システムの実績

自社の弱み及び対応

- 浮体式洋上風力の設計・製作・施工の実績はない
- 造船技術及びそれを生かした浮体式洋上風力の知見や実績を保有する造船会社とコンソーシアム※を組成し、**相互の技術力を融合**

※コンソーシアム：本研究開発を実施するための共同企業体

他社に対する比較優位性

○：自社より優位 —：自社と同等 △：自社の方が優位

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	(現在) ・鋼・コンクリート複合構造や、量産システム、洋上風力の設計・施工実績(沈埋函、羽田D滑走路等)	(現在) ・国内の陸上/洋上風力の実績に基づく幅広い顧客基盤	(現在) ・風力関連及び国内各地での工事に対応可能な地域毎のサプライチェーンを構築	(現在) ・自前の研究設備(技術研究所)、コンクリートに精通したインハウスの研究員
	(将来) ・鋼・コンクリートハイブリッド浮体の設計、量産に関する技術力の向上	(将来) ・低コストな浮体式基礎の需要増大に伴う、顧客基盤の拡大	(将来) ・鋼・コンクリートハイブリッド浮体の量産拠点、及び国内各地の工場における継続的な雇用創出	(将来) ・浮体量産工場への投資、及び鋼・コンクリートハイブリッド浮体の設計、量産に精通した人材の育成
[競合] 海外企業	○/△ ・豊富な実績に基づく技術力はあるが、日本固有の気象海象条件の知見は不十分	△ ・国内着床式案件において顧客基盤を構築中	△ ・国内サプライチェーンは未構築	△ ・欧州における人材基盤は構築済だが、日本法令を踏まえた実施体制は未構築

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

3年間のFS、5年間の実証研究の後、2029年頃の事業化、2040年代前半の投資回収を想定

投資計画：2029年より浮体量産開始のため、2027～2028年に量産設備を整備。フェーズ2実証機の製造は既存設備にて実施し設備投資を抑制。

要素技術開発（フェーズ1）→ 実証研究（フェーズ2）→ 量産開始 製造工場稼働 → 投資回収（2040年代前半を想定）												
	2020年度	2021年度	…	2023年度	2024年度	…	2028年度	2029年度	…	204x年度	204x年度	計画の考え方・取組スケジュール等
売上高	-	-	-	-	-	-	-	浮体の製作・販売に加え、今後協議していく実施体制を踏まえて、洋上据付等も検討			-	・2029年より浮体の量産を開始。
研究開発費	-	3.1億円			計画中			-	-	-	-	・2021～2023年に浮体・係留設備の要素技術開発、設計認証取得の準備を実施。 ・2024年以降に設計認証取得、既存設備にて浮体製造、実証運転の実施。左記金額には風車・係留設備・電気設備の調達、洋上・陸上工事は含んでいない。
取組の段階	バージ型浮体による実証研究成果の検証	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 複合部材モックアップ試験(2023年度)			15MW級セミサブ型2基による実証研究 一体設計～製造・施工～実証運転			量産開始 国内市場に注力			投資回収	・バージ型浮体による実証研究成果をふまえ、フェーズ1にてセミサブ型浮体、係留設備の要素技術開発、フェーズ2にて実証研究。 ・実証研究成果を量産機に反映。2029年度量産開始。 ・2040年洋上風力45GW導入達成のため、国内市場に注力。
					量産化設備整備			アジア進出				
CO ₂ 削減効果	-	-	-	-	-	-	≧5万トン/年 (コンソ合計)	≧100万トン/年 (コンソ合計)			-	・想定導入量をもとに、研究開発・社会実装計画記載のCO ₂ 削減効果計算 (x8,760x0.332x0.66kg/kW) より試算

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

研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- 各主体の特徴を生かす研究開発実施体制と役割分担の構築。複数の研究開発を効率的に連携させるための研究開発フローの策定 - 数値解析、要素実験、部材実験、モックアップ試験を組み合わせることにより、鋼・コンクリート構造部材の成立性、施工性を確認 - 鋼・コンクリート複合構造部材の設計手法の確実性を担保するために、研究開発段階から認証機関と協議を実施	- 量産システムの実証においては、保有設備（ドック等）を活用 - 量産体制を確立するために、浮体製造工場の新規建設を予定 - 開発段階から発電事業者とのコミュニケーションを図り、実証研究体制を早期に確立 - 生産設備の効率的な活用を図るため、主要部材の規格化・標準化を考慮	- 研究開発段階から発電事業者とのコミュニケーションを密に取ることでニーズを的確に把握し、それに応える浮体式基礎を開発、製作 - 浮体製造拠点、風車設置海域それぞれの地元の要望を考慮し、地元活性化につながる生産体制を構築
国際競争上の優位性 （国外競合他社との比較）	国内設計基準への精通及びこれまでの国内認証機関との協議実績を生かし、認証取得までの期間を短縮	- 実証段階において保有設備を活用することにより、早期の大規模設備投資を抑制 - これまで国内事業を通して構築してきたネットワークを活用し、量産工場に最適な立地を選定	- 長年の陸上/洋上風力を含む国内建設工事を通して、幅広い顧客基盤及び国内全域の地元とのネットワークを保有 - 鋼・コンクリート複合構造分野において、国内外競合他社より優位な技術・実績を保有

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、1.0億円(フェーズⅠ)規模の自己負担を予定

資金調達方針

	フェーズⅠ			フェーズⅡ				
	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	...	2026 年度	...	2035 年度
事業全体の資金需要	3.1億円			● フェーズⅡに必要な費用、浮体量産のための設備投資費用は検討中				
うち研究開発投資	3.1億円							
国費負担※ (委託又は補助)	2.1億円							
自己負担	1.0億円							

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

国際競争力のあるコスト水準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

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

- 2030年までに、一定条件下（風況・海象等）で、浮体式洋上風力基礎を国際競争力のあるコスト水準での製造・設置する技術確立
- 浮体式基礎製造、設置費全体（係留含む）で2029年に●●万円/kWの達成を見通すことのできる技術の実現

研究開発内容

① 浮体基礎の最適化
鋼・コンクリートハイブリッド浮体化による低コスト化

② 浮体の量産化
ハイブリッド浮体の量産化

④ ハイブリッド係留システム
繊維ロープ・チェーン複合係留システムによる低コスト化

KPI

浮体製造費：●●万円/kW
2025年の実証機の製造コスト

製造基数：●●基/年
2029年での実現を見通す

浮体製造費：●●万円/kW
2029年での実現を見通す

係留張力：●●低減
チェーン係留との比較

係留システム製造費：●●低減
チェーン係留との比較

KPI設定の考え方

- ・ 浮体式基礎の材料の鋼・コンクリートハイブリッド浮体化と、大型風車に対応した最適設計により浮体製造費●●万円/kW（単機ベース）を可能とする技術開発を行う。
- ・ 2040年までの洋上風力発電の導入目標30～45GWのうち、浮体式の導入量を約30GW（約3GW/年）、当コンソーシアムのシェアを●●%（●●MW/年）と想定。
- ・ 15MW風車を想定し、年間に●●MW/15MW＝●●基のペースでのハイブリッド浮体量産を目標値に設定。
- ・ 量産時の製造効率化により●●%のCDを達成する。（●●万円/kW⇒●●万円/kW）
- ・ ●●万円/kWはLCOE●●円/kWhの達成に必要な初期費用の試算値。
- ・ 複合係留システムの開発により、従来のALLチェーン係留から張力を●●低減、製造費を●●削減。張力低減と係留の軽量化により施工費低減に繋げる。

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

研究開発内容

KPI

1 浮体基礎の最適化
鋼・コンクリートハイブリッド浮体化による低コスト化

浮体製造費 ●●万円/kW
単機製造時の製造コスト

現状	2023年 達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
【浮体製造費】 40万円/kW※1	●●万円/kW 2025年の実証機 製造費で見通しを つける	- 鋼・コンクリートそれぞれの特徴を活かしたハイブリッド浮体化により、経済性を向上させる。 - 部材の形状寸法や載荷荷重に応じて、鋼構造と鋼・コンクリート複合構造それぞれの部材の適用部位を最適化することで、ハイブリッド浮体全体の製造費を低減する。 15MW級の大型風車を搭載可能なハイブリッド浮体の最適設計を行い、kW単価を低減する。 - 製造性、施工性を考慮して二次部材（係留定着部、バラストシステム、海底ケーブル定着部、接舷設備等）の計画・設計を実施する。	造船と建設分野の強みを活かした最適設計を行うことで実現が見込まれる。 (90%)
TRL 5 海洋環境下での複合構造物の実績は多数、セミサブ浮体の実績はなし	TRL6 セミサブ浮体に対する複合構造部材の成立性を解析および部材実験で確認	15MWハイブリッド浮体の全体荷重解析モデルを構築し、水槽試験との比較により全体解析モデルの妥当性を確認する。 - 全体荷重解析結果を用いて鋼・コンクリート複合構造部材を設計する。 - 鋼・コンクリート複合構造部材に対するFEM解析及び構造実験によって構造成立性を確認することで、信頼性のある構造を確立する。 - 将来のNK認証取得を見据えた、鋼・コンクリート複合構造部材の設計手法を確立する。	沈埋函やケーソン等、海洋環境下で複合構造の十分な実績あり。 (90%)

※1. 海上技術安全研究所報告 第20巻 別冊（令和2年度）第20回研究発表会 講演集「3 浮体式洋上風力発電の将来ビジョンと海技研の取り組み」に記載の2020年の初期費用

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

研究開発内容

- 2 浮体の量産化
ハイブリッド浮体の量産化

KPI

製造基数 ●●基/年：2029年での実現を見通す
浮体製造費 ●●万円/kW：2029年での実現を見通す

現状	2023年 達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
【製造基数】 6基/年※2	●●基/年 2029年の商用開始時点での製造可能数を見通す	部材製作(サブシステム)に関する追加検証(モックアップ試験を含む)及び実環境を想定した量産システム(全体システム)の机上検討を行う。具体的には以下の項目に取り組む。	大量生産システムの多くが既存の要素技術(サブシステム)の組合せでとなるため実現が可能と見込まれる。 (70%)
【浮体製造費】 40万円/kW※1	●●万円/kW 浮体基礎最適化後の●●万円/kWから量産により●●%のCDを見通す	①量産方法に関する検討(全体システムの検証) - 合理的な搬入～組立～出荷のコンセプト - 大ブロックの輸送、位置合わせ方法 - 溶接の高速化・品質管理手法 - 塗装の省力化・品質管理手法 - 鋼構造組立と並行したコンクリート打設計画 ②量産設備に関する検討(全体システムの検証) - 新設工場候補地の調査 - 製造ヤードのレイアウト、必要設備の仕様	
TRL4 浮体製造の各々の作業、技術(サブシステム)は検証済。	TRL6 実環境を想定した机上検討による、全体システムの検証	③部材(ブロック)の製作、調達に関する検討(サブシステムの追加検証) - 大ブロック化、接合部構造の簡素化によるブロック接合作業の高速化 - モックアップによる鋼材部の製作性及びコンクリートの充填確認試験の実施 - 大ブロック供給体制の目途付け	

※1. 海上技術安全研究所報告 第20巻 別冊（令和2年度）第20回研究発表会 講演集「3 浮体式洋上風力発電の将来ビジョンと海技研の取り組み」

※2. 浮体の組立場所を日立造船(株)の工場と想定し、過去の実証試験での経験を基に鋼製浮体の組立工程を考慮した場合の製造可能基数

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

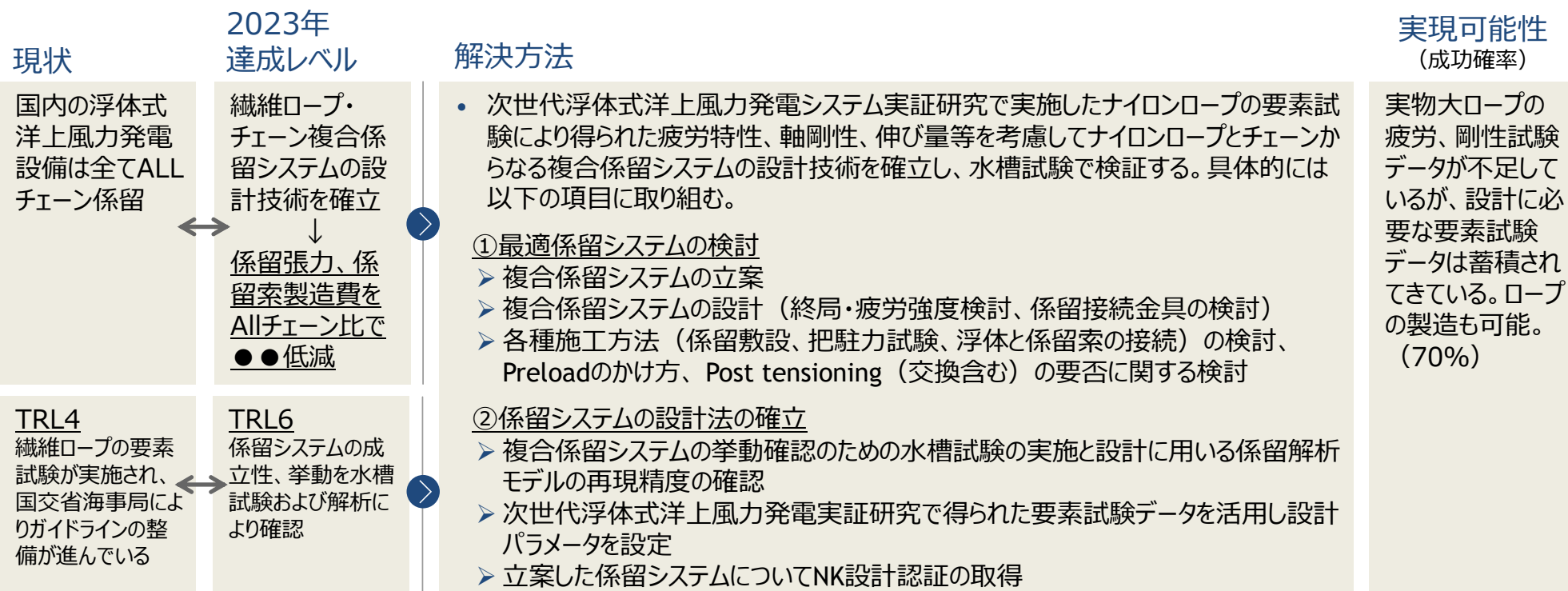
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

研究開発内容

4 ハイブリッド係留システム
繊維ロープ・チェーン複合係留システムによる低コスト化

KPI

係留張力 ●● 低減：チェーン係留との比較
係留システム製造費 ●● 低減：チェーン係留との比較



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（参考資料）

浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業で開発の対象とするセミサブ浮体コンセプト

- 次世代浮体式洋上風力発電実証研究（バージ型）での経験を基に開発する浮体コンセプトを選定

実証研究で得られたバージ型浮体の利点と課題

利点	- 浮体の形状がシンプルで製作しやすい - 施工時喫水が小さいため、港湾内で風車搭載可能かつ輸送が容易
課題	- 浮体内部に補強材が多く、内部構造が複雑で鋼材溶接量が多い - タワー基部等の厚板部材の製作費が高価 - 浮体の動揺が大きいため、風車への負荷が大きい - 水面付近の体積が大きいため波漂流力が大きくなり、係留への負荷が大きい



実証研究の経験を活かし、バージ型の利点（シンプルな形状、施工時浅喫水）を継承しつつ課題を改善する浮体コンセプトを選択



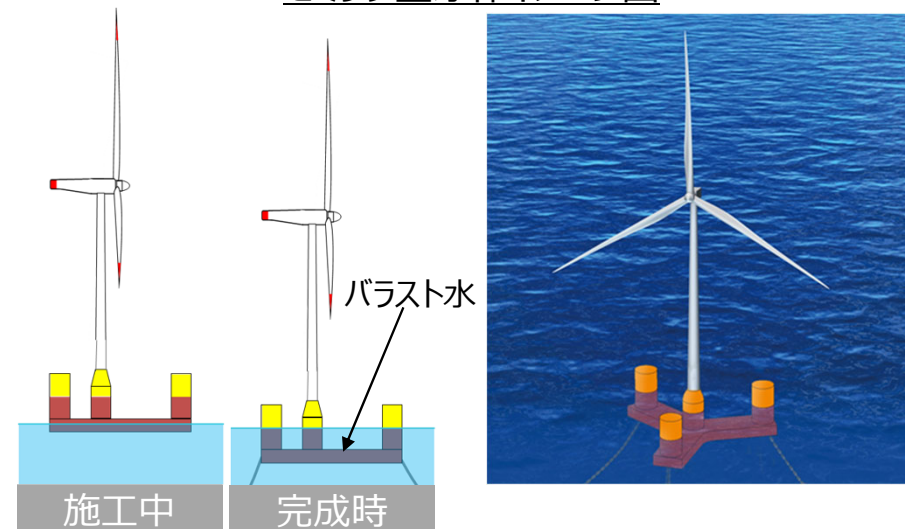
開発の対象とするセミサブ型浮体の特長

特長	- 浮体の形状がシンプルで製作やすく、浮体組立工程の短縮が可能 - 下部ポンツーンの浮力により、他のセミサブ浮体コンセプトと比較して施工時の喫水が浅く、港湾内で風車搭載が可能 - 内部構造が複雑あるいは厚板部材に鋼・コンクリート複合構造を採用し、製造費を低減 - バージ型浮体と比較して浮体の動揺、波漂流力が小さくなり、風車・係留への負荷を軽減 ⇒ 浮体式基礎製造・設置の低コスト化を実現
----	--

バージ型実証機 製作中の写真



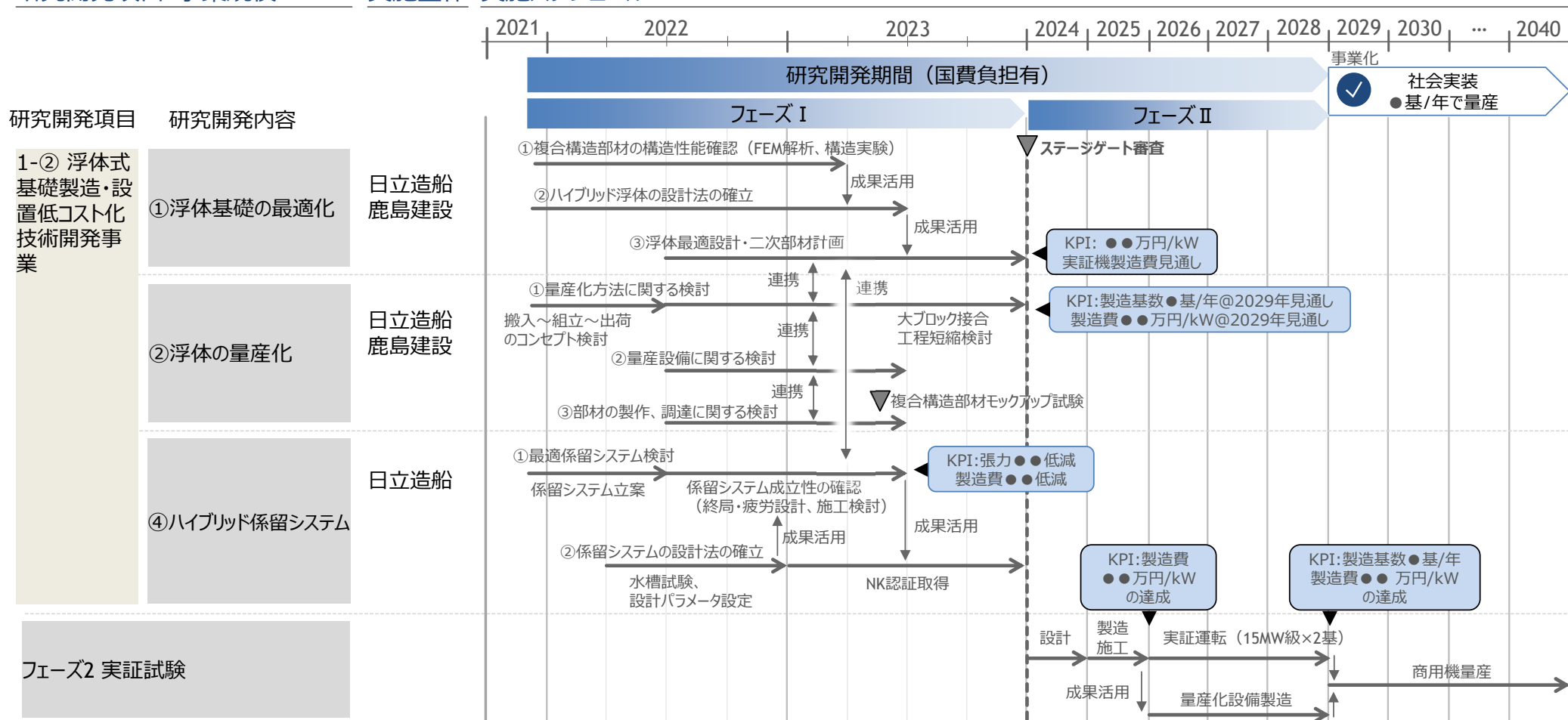
セミサブ型浮体イメージ図



Hitz **鹿島**
Hitachi Zosen

研究開発項目・事業規模

実施主体 実施スケジュール

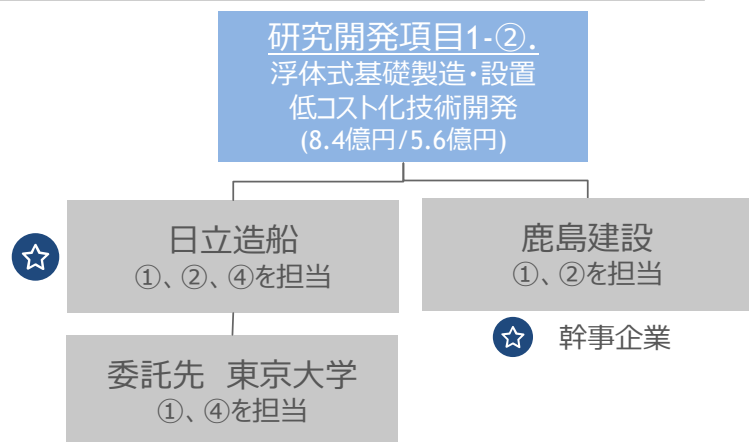


2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

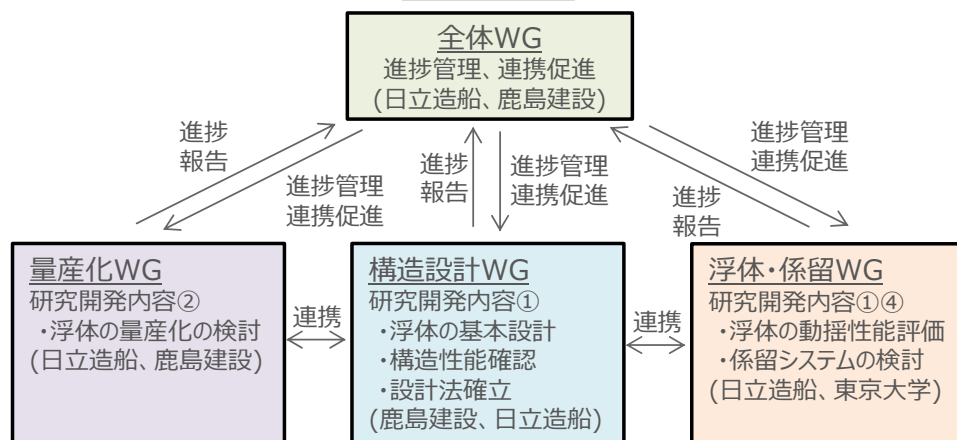
各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図

※金額は、総事業費/国費負担額



WG体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 1－②全体の取りまとめは、日立造船が行う
- 日立造船は以下を担当する
 - ①浮体基礎の最適化
 - 鋼・コンクリートハイブリッド浮体の基本設計
 - 二次部材の計画・設計
 - ②浮体の量産化
 - ④ハイブリッド係留システム
- 日立造船は東京大学に以下を委託する
 - ①浮体基礎の最適化
 - 鋼・コンクリートハイブリッド浮体の基本設計（動揺性能評価）
 - ④ハイブリッド係留システム
 - 最適係留システムの検討
- 鹿島建設は以下を担当する
 - ①浮体基礎の最適化
 - 鋼・コンクリート複合構造部材の構造性能確認及び設計法の確立
 - 二次部材の計画・設計
 - ②浮体の量産化

研究開発における連携方法

- 全体WGと各開発内容のWGを組成することで、会社/大学横断的な実施体制を構築する。
- 各開発内容WGは、定期的（月1回程度）に打合せを実施し、綿密な情報共有を図る。
- 全体WGは、各開発内容WGの進捗を把握し、プロジェクト全体の進捗を管理することに加え、開発内容WG間の連携を促進する。

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
1-②. 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	- 次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究（バージ型）を通して以下の実績、技術を保有 https://www.nedo.go.jp/events/FF_100129.html - 実証機の鋼製浮体の動揺解析、応力評価、観測値と解析値の比較を実施（日立造船、東京大学） - 支持構造物認証分科会の対応とNK認証の取得（日立造船） - 連成解析、動揺性能評価（日立造船、東京大学） - 浮体復原性計算、鋼構造設計技術（日立造船） - NEDO銚子沖洋上風力や秋田港能代港洋上風力工事、等を通して以下の実績、技術を保有（鹿島建設） https://www.kajima.co.jp/tech/c_harbor/energy/index.html#!body_01 https://www.kajima.co.jp/news/press/202003/26c1-j.htm - 構造・水理実験等の実験設備と技術、および種々のFEM解析技術（鹿島建設） - 着床式（コンクリート重力式および鋼製モノパイル）風車基礎の設計・製作・施工技術（鹿島建設） - 鋼・コンクリート複合構造に関する開発・適用実績（鹿島建設）	【優位性】 - 鋼製浮体の実証研究経験、NK認証経験を保有 - 国内洋上風力の実証試験、商用案件における研究開発、設計・施工実績(認証取得を含む) - 鋼・コンクリート複合構造に関する研究開発、設計、施工実績 次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究設計評価適合証書 

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
1-②. 浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業	2 浮体の量産化	- 次世代浮体式洋上風力発電実証研究（バージ型）でバージ型浮体を日立造船堺工場で製造（日立造船） https://www.nedo.go.jp/events/FF_100129.html - 東京港臨港道路整備事業（南北線）、那覇うみそらトンネル等のフルサンドイッチ構造（鋼・コンクリート複合構造物）の沈埋函の製作実績（鹿島建設） https://www.kajima.co.jp/tech/civil_engineering/topics/210517.html https://www.kajima.co.jp/tech/c_projects/ctg/harbor.html#1_sqlb_10	【優位性】 - 日立造船堺工場で浮体式洋上風力用浮体基礎等の多くの浮体構造物の製造経験を保有 - 日立造船堺工場3号ドックを活用すれば15MW級風車用浮体の大組立も可能 - 充填性の高い高流動コンクリート材料及び施工技術を保有 【リスク】 - 浮体の大組立は製造場所が限られる

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
1-②. 浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業	4 ハイブリッド係留システム	- 次世代浮体式洋上風力発電実証研究（バージ型）を通して以下の実績、技術を保有 https://www.nedo.go.jp/events/FF_100129.html ➤ 実証機の係留システムの設計、施工、係留張力に関する観測値と解析値の比較 ⇒ 係留システム設計技術を習得（日立造船） ➤ 繊維ロープの各種要素試験を実施 ⇒ 繊維ロープの疲労特性、耐久性等に関する知見取得（日立造船、東京大学） ➤ 複合係留の挙動確認の水槽試験を実施 ⇒ 水槽試験ノウハウを習得（東京大学）	【優位性】 - チェーン係留での実証研究経験を保有 - ナイロンロープに関する多くの要素試験データを保有 【リスク】 - 国内で繊維ロープを使用した係留システムの実績が乏しい、実環境での長期耐久性が不明 - 国内繊維ロープメーカーの生産能力が低い

3. イノベーション推進体制

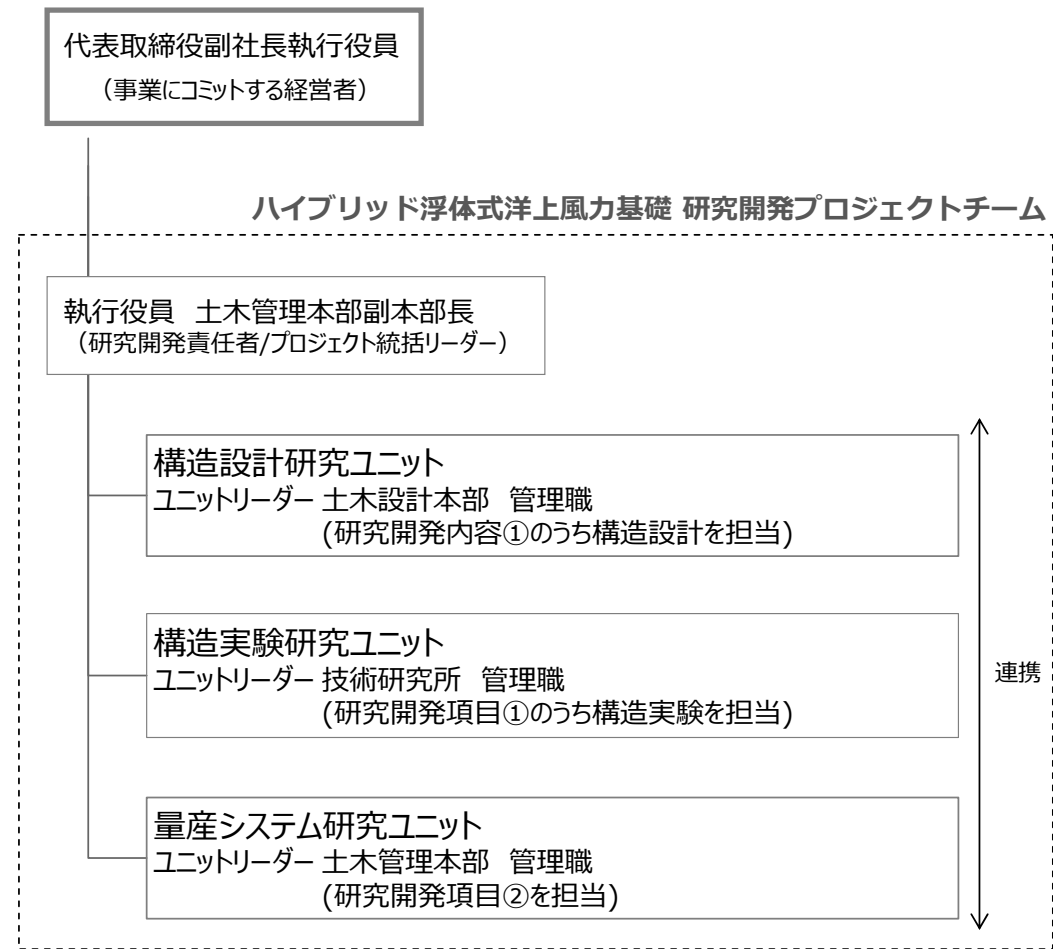
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

鹿島建設

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

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
 - 執行役員 土木管理本部副本部長 : 全体統括
- 担当チーム

ユニット	担当	ユニットリーダー	人員規模
構造設計 研究ユニット	研究開発項目① のうち構造設計	土木設計本部 管理職 (洋上風車基礎の設計、研究 開発、工事支援等の実績)	併任15人 規模
構造実験 研究ユニット	研究開発項目① のうち構造実験	技術研究所 管理職 (鋼・コンクリート複合構造に関する 研究開発等の実績)	併任10人 規模
量産システム 研究ユニット	研究開発項目②	土木管理本部 管理職 (洋上風車、鋼・コンクリート複合構 造物建設工事施工等の実績)	併任10人 規模

- チーム内に3つの研究ユニットを置き、ユニットリーダーを中心に各所掌の研究開発を推進
- プロジェクト統括リーダーと各ユニットリーダーが定期的に打合せを実施し、各所掌の進捗を報告

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

浮体式洋上風力基礎の研究開発に対する経営者等による関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた当社グループの取組について、**全社戦略に位置付け**（次頁）、社内外に示している。本事業における研究開発もその一環として、経営層のリーダーシップの下、取り組んで行く。
 - 本事業における活動状況・研究開発成果については、様々な機会を活用して経営層からもメッセージを発信し、積極的にアピールしていく。
- 事業のモニタリング・管理
 - 研究開発プロジェクトの**統括リーダー（研究開発責任者）に当社幹部（執行役員クラス）を充て、経営層が直接関与する体制**を構築する。また、土木部門のトップである代表取締役副社長が同リーダーから定期的に報告を受け、研究開発の推進に向けた、確実な指示・支援を行う。
 - 本研究開発のKPI達成状況等を的確に管理するとともに、浮体式洋上風力プロジェクトの事業化スケジュール等も踏まえて、タイムリーな技術実装を図る。

事業の継続性確保の取組

- 本研究開発について、全社戦略等(次頁)における位置づけを明確にし、**組織的な取組を継続**できる体制とする。
- 担当する経営者や技術者が事業期間中に交代となる場合には、本事業に取り組む意義等を含め、後任への着実な引継ぎを実施する。

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

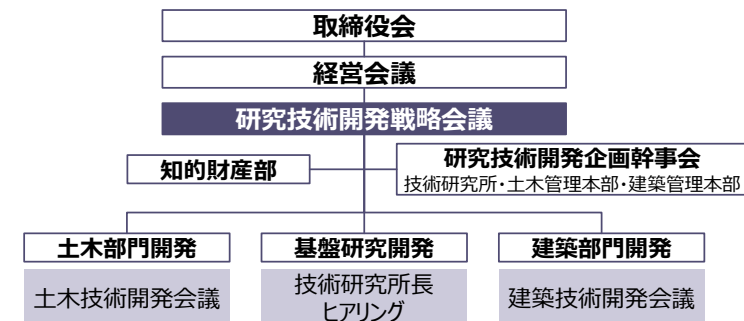
浮体式洋上風力基礎の研究開発を経営戦略に明確に位置づけ、広く情報発信

全社経営方針における位置づけと推進体制

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 当社グループはSDGsを踏まえたマテリアリティ（重要課題）の一つとして、「脱炭素社会移行への積極的な貢献」を掲げ、以下を推進している。
 - ◆ 工事中のCO2排出量の削減
 - ◆ 省エネ技術・環境配慮型材料の開発
 - ◆ 再生可能エネルギー発電施設の建設及び開発・運営
 - ◆ グリーンビルディングの開発 など
 - 「鹿島環境ビジョン：トリプルZero2050」（2021年5月改定）では、持続可能な社会を「脱炭素（カーボンニュートラル）」「資源循環」「自然共生」の3つの視点でとらえ、2050年までに当社グループが達成すべき将来像を「Zero Carbon」「Zero Waste」「Zero Impact」としている。このうち「Zero Carbon」は、当社グループのGHG排出（スコープ1, 2）の2050年カーボンニュートラル達成と、サプライチェーンCO2の削減貢献を目標としている。
 - 現行中期経営計画（2021～2023）において、「新たな価値創出への挑戦」として環境エネルギーを含めた新領域でのビジネス推進を掲げている。また、「成長・変革に向けた経営基盤整備とESG推進」として「トリプルZero2050」（上記）の活動加速を掲げている。本事業による研究開発は、これらの事業計画に即した取組と位置付けられる。
 - 以上については取締役会で決議・フォローを行っている。また、特に気候変動をはじめとする環境関連の重要な方針・施策については、**社長を含む経営層をメンバーとする「全社環境委員会」（年1回開催）**で審議し、取締役会等に報告している。

- 全社戦略における本事業の位置づけ
 - 本事業は浮体式洋上風力基礎の研究開発・社会実装を通じてカーボンニュートラルへの貢献を図るものであり、左記の**全社戦略に即した取組と位置づけられる**。
- 研究開発計画の推進体制
 - 研究開発については、**社長を含む経営層をメンバーとする「研究技術開発戦略会議」（年2回開催）**を設置し、全社の研究技術開発に関する方針、重要な研究技術開発テーマ、研究開発予算を審議・決定し、適宜取締役会に報告している。
 - 採択された場合、本事業についても同会議に諮り、経営層参画の下、当社の研究開発計画への反映、進捗状況に関するモニタリング、事業環境の変化に応じた見直し等を行っていく。

研究開発推進体制



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

浮体式洋上風力基礎の研究開発を経営戦略に明確に位置づけ、広く情報発信

ステークホルダーに対する情報開示

● 情報開示の方法

- 本事業における浮体式洋上風力基礎の研究開発は、全社戦略（前頁）に即した取組であり、進捗状況については、**統合報告書・決算説明会資料等の各種IR資料や当社Webページ等において積極的に情報を開示する。**
- また、当社は2019年12月にTCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）への賛同を表明し、統合報告書、当社Webページにて、同提言に沿った気候変動関連の情報開示を行っていくこととしている。その中で、「**再エネ施設の設計・施工技術開発**」を新市場や気候変動に対応した技術開発の一つと位置付けている。
- 採択された場合、主要なイベントやマイルストーン毎（例：コンソーシアムの結成、実証試験の実施等）に**タイムリーなプレスリリース**を検討する。

● ステークホルダーへの説明

- 各種IR資料やWebページプレスリリース等の情報開示を通じて、顧客・サプライヤー・投資家、報道関係者等の様々なステークホルダーからの問い合わせ増加が想定される。IR担当部署・広報担当部署も含めた情報共有を図り、**各相手先に応じた的確なコミュニケーション**を図る。

TCFDに沿った気候変動関連の情報開示（鹿島統合報告書2021より）

リスクと機会

分類

リスク／機会の項目

2030年度P/Lへのインパクト

1.5℃シナリオ

4℃シナリオ

政策

炭素税によるコスト増加

【リスク】セメントや鉄の製造時CO₂排出や施工時のCO₂排出に炭素税が附加され、建設コストが増加。

【機会】低炭素施工が価格競争力となる。

増税による建設市場縮小

【リスク】増税により民間建設投資が減少。消費税増税時と類似した民間消費の減少を想定。

CO₂排出枠による事業の制限

【リスク】国別排出量目標達成のため、政府が建設投資を抑制。当社排出量目標達成のため、排出権取引や証書（クレジット）購入のコストが増加。

市場

エネルギーミックス変化（化石燃料減少）

【リスク】化石燃料を使用する発電施設の建設需要減少。

再エネ関連需要増加

【機会】風力発電等、再エネ関連施設への建設投資が増加。

++

++

ZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）市場拡大

【機会】4℃シナリオにおいてもZEBの一定の普及が想定されるが、1.5℃シナリオにおいてはより普及し、高付加価値化が進む。

++

+

慢性

気温上昇による労働条件への影響

【リスク】ヒートストレスにより労働生産性が低下し、施工量維持のために多くの技能労働者が必要となり建設コストが増加。

急性

防災・減災、国土強靱化

【リスク】異常気象により、自社施設に被害が発生。集中豪雨や異常気象の激化に伴い、治水をはじめとする防災・減災需要や復興需要が発生。

【機会】

++

++

災害危険エリアからの移転

【リスク】自然災害の危険エリアが拡大し、工場等が海外へ移転。

【機会】海抜の低い地域からの移転需要が発生。

+

対応策	
炭素税・排出枠規制への対応	- 炭素税によるコスト増加 - 増税による建設市場縮小 - CO₂排出枠による事業の制限
新市場や気候変動に対応した技術開発	- エネルギーミックス変化（化石燃料減少） - 再エネ関連需要増加 - ZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）市場拡大 - 気温上昇による労働条件への影響
異常気象の激化への対応	- 防災・減災、国土強靱化 - 災害危険エリアからの移転

① 施工中CO₂排出量削減活動の推進

② 低炭素建材の開発、導入促進

③ 再エネ電力の確保

① エネルギーミックスを踏まえた注力分野選択

② **再エネ施設の設計・施工技術開発**

③ ZEBの事業性・快適性の追求

④ 省人化施工技術の開発

① 防災・減災、BCPIに関連する技術開発の推進

② 独自の知見を加えたハザードマップの整備、活用

③ 国土強靱化、建物・構造物強靱化に資する工事の施工

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

機動的に経営資源を投入し、着実に技術実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 研究開発プロジェクトチームの主管部署となる土木管理本部、土木設計本部、技術研究所は密な連携を取り、必要に応じて**全社からのリソース投入**を行う。
 - 社内だけでなく、日立造船との連携、その他の外注先の活用等、**外部リソースの積極的な活用**を図り、事業の進捗状況等に応じた柔軟な体制を確保する。
 - 洋上風力プロジェクトの事業スケジュールや国内外の最新技術動向を注視し、実プロジェクトでの実装を見据えた柔軟かつ合理的な取組みを推進していく。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 研究開発や設計、施工等の専門メンバーを中心に、**全体で35名程度の人材を研究開発プロジェクトチームに配置**予定。
 - 自己負担分については全社の研究投資額（過去5年平均120億円/年）からの充当を予定している。

プロジェクトチームの設置

- プロジェクトチームの設置
 - 本研究開発の**プロジェクトチームを設置**した上、**統括リーダー（研究開発責任者）には当社執行役員**を充て、経営層の直接関与の下、機動的な活動を推進する。
 - 洋上風力プロジェクトの事業スケジュールや国内外の最新技術動向を注視し、研究開発計画に反映する。
- 若手人材の育成
 - 研究成果については学会発表等を積極的に行い、当該分野の**研究活動の活性化に寄与**する。
 - 世界に先駆けて浮体式洋上風力基礎の研究開発・事業化に取り組んでいることを当社のリクルート活動でも学生に紹介し、**大規模土木プロジェクトや環境・エネルギー分野に関心を持つ人材の採用強化**を図る。

4. その他

鹿島建設

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、市場リスクが高まった場合には事業中止も検討

項目	要因	要素技術 (フェーズⅠ)	実証段階～設備投資 (フェーズⅡ)	社会実装段階 (商用段階)
技術 (構造成立性)	内的 要因	- 鋼・コンクリート複合構造が成立しない。 - 開発の手戻りにより期間中の成果創出が困難となる。 → 試設計、解析、要素実験、部材実験を段階的に進める開発計画とする。	浮体構造及び繊維ロープに亀裂、浸水、沈没、破断等想定外の事象が発生する。 → 状態変化を監視し、事象発生の早期発見を図る。 → 設計変更等の対応策を講じるとともに、商用機の建造スケジュールを見直す。 → 補修体制を構築する。	提案する構造について、認証が得られない。 → 開発の過程で、有識者・認証機関のアドバイスを取り入れる。 → 対応計画等を含めた条件付きの設計認証の取得を図る。
必要 環境の 整備	内的 要因	—	浮体製造工場の港湾用地や岸壁、実証海域が確保できない。 → 日本版セントラル方式等の公開情報の活用を検討する。 → 計画地変更、工場計画見直しによる面積縮小等を検討する。 → 施工方法の工夫、浮体重量の低減等の対策を検討する。	大量生産するための環境（船舶、人員、浮体仮置海域）が確保できない。 → 早い段階で専門業者、港湾管理者などとの連携体制を構築する。
市場 ・受注	内的 要因	—	—	競合他社との競争により、受注を確保できない。 → 他社より優位性のある基礎構造を構築する。 → 事業者、EPCコントラクターと早期段階から関係性を構築する。
	外的 要因	—	技術革新により風車が大型化し、開発中の15MW級の浮体が市場のニーズを失う。 → 風車の技術開発動向を常に把握し時期を逃さず対応する。	- 浮体式風力発電所の建設市場が遅れる、形成されない。 → 既存工場の活用および新工場建設時期の見極めを行う。 - 案件集中時に供給能力が制限される。 → 早期段階から事業者、EPCコントラクターと納期について協議する。 → 調整可能な生産体制の工場を構築する。 → 繊維ロープメーカー等事前協議により供給を確保する。 - 風車大型化に伴う浮体大型化により工場の生産能力を超える。 → 工場の用地・設備に拡張性をもたせることを検討する。

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、市場リスクが高まった場合には事業中止も検討

項目	要因	要素技術 (フェーズⅠ)	実証段階～設備投資 (フェーズⅡ)	社会実装段階 (商用段階)
採算性	内的 要因	- 詳細検討の結果、ハイブリッド浮体化により期待するコスト低減効果が得られない。 → 開発段階毎に、浮体構造設計とコスト試算を行う。	—	—
	外的 要因	- 鋼材価格の上昇に伴う浮体式構造のコスト増により、事業利益が低下する。 - 鋼材価格の下落とコンクリート価格の上昇により、ハイブリッド浮体のコスト低減効果が得られない。 → 浮体構造の設計変更により鋼コンクリートのバランスを変更し材料コストの低減を図る、鋼製浮体の実証に切り替える等の対策を検討する。		
		—	- 認証機関における審査において、指摘事項により構造仕様が上がる、荷重条件が厳しくなるなどにより、事業性が悪化する。 → 鋼構造の適用部材を拡張し、生産システムの改良によりコスト縮減を図る。開発の過程で、有識者・認証機関のアドバイスを取り入れる。 - 浮体式構造の供給過剰により事業利益が低下する。 → GI基金フェーズ2の採択状況や他社動向を見ながら、事業の方向性や製造工場の規模を検討する。 - 大型風車の型式認証取得が遅れるなど供給が間に合わなくなることで事業性が悪化する。 - 風車メーカーが浮体式に適合する風車の開発を中止する。 → 開発段階から風車メーカーをまきこみ、風車供給の確度を上げる。	
		—	- 浮体製造工場のヤードの購入費及び借地費が高騰する。 → 市場の動向を見極め、ヤード費用を見込んだ港湾用地の選定をする。	—
自然災害	外的 要因	- 津波や雷などの自然災害により、実験施設、実証機、浮体製造工場等が被災し、使用不能になる。 → 代替施設等についてリストアップする。 → 損害保険などによるリスク低減を検討する。		



- 事業中止の判断基準： 浮体式建造事業としてのマーケット規模、スケジュール、原価等の変更に伴い、市場のニーズに適合しないと判断した場合。