

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1－④洋上風力運転保守高度化事業
Digital Twin・AI技術による生産予防保全技術などの開発
実施者名：戸田建設株式会社 代表名：代表取締役社長 大谷 清介

目次

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

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

風力主力電源化等の変化により浮体式洋上風力発電事業が急拡大すると予想

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）

- ・ 温室効果ガス削減圧力の高まり
- ・ 風力の安全確保のため運転維持関連のデータ蓄積と技術とサプライチェーン確立への要求

（経済面）

- ・ 風力、特に洋上風力に対するエネルギーコスト低減のため発電コスト低減要求
- ・ 発電コストの約1/3を占める運転保守費の低減要求の高まり

（政策面）

- ・ 安全性(エネルギーセキュリティ)確保のため、技術確立と自給率確保のニーズ

（技術面）

- ・ 情報機器など電子化技術の開発が進む
- ・ ビックデータを用い稼働率の増加、機器の標準化、汎用化が進む
- ・ 計画外停止時間を短縮する

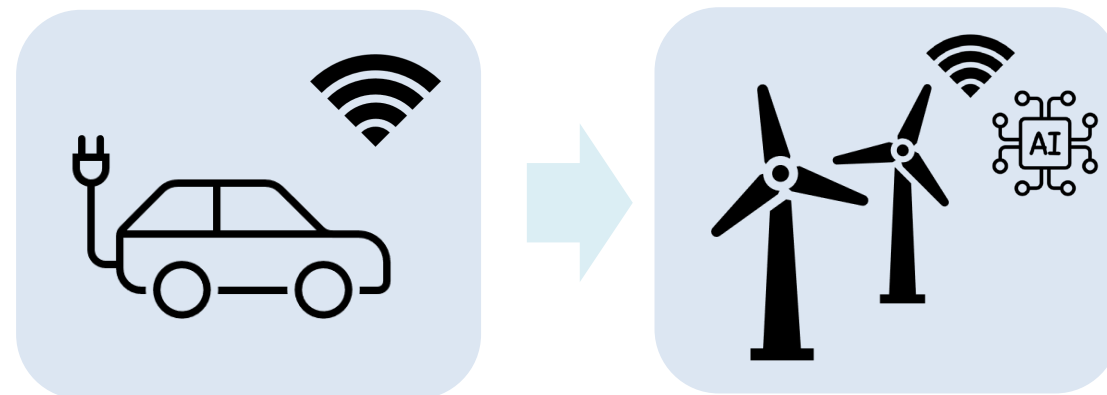
● 市場機会：

CAPEX、OPEX、不具合停止時間など低減のための情報共有ニーズと市場規模の拡大

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

3E+Sを達成し、風力を主力電源とさせるための一助となる

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



産業界のパラダイムシフト

- ・ 風力も自動車産業のように、ソフトウェアとスマートコントロールで効率向上、脱炭素化に貢献。風力用ソフトウェアは、CAPEXの5%から30%以上を占める分野に成長との予想。生産運転保守においても重要性が高まる

● 当該変化に対する経営ビジョン：

風力エネルギー関係者に手ごろで信頼でき、持続可能かつ近代的なエネルギーへのアクセスを確保する
浮体式洋上風力発電事業をはじめとした再生可能エネルギー事業の主力電源化のための必要条件を提供

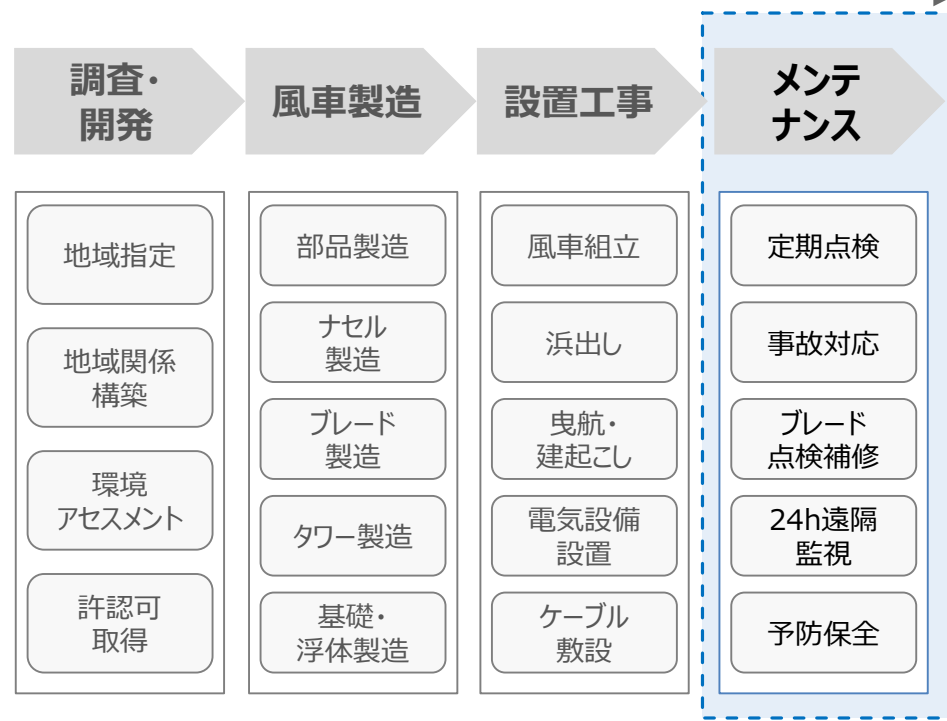
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

浮体式洋上風力市場のうち浮体費用と運転保守費用の合理化をターゲットとして想定

セグメント分析

稼働率向上による発電量増に向けて「運転保守費用」の低減に注力したい。

風車開発のプロセス



ターゲットの概要

「メンテナンス」で現在風車メーカーが持つデータを展開することで運転保守の合理化を進めていくことが考えられる。

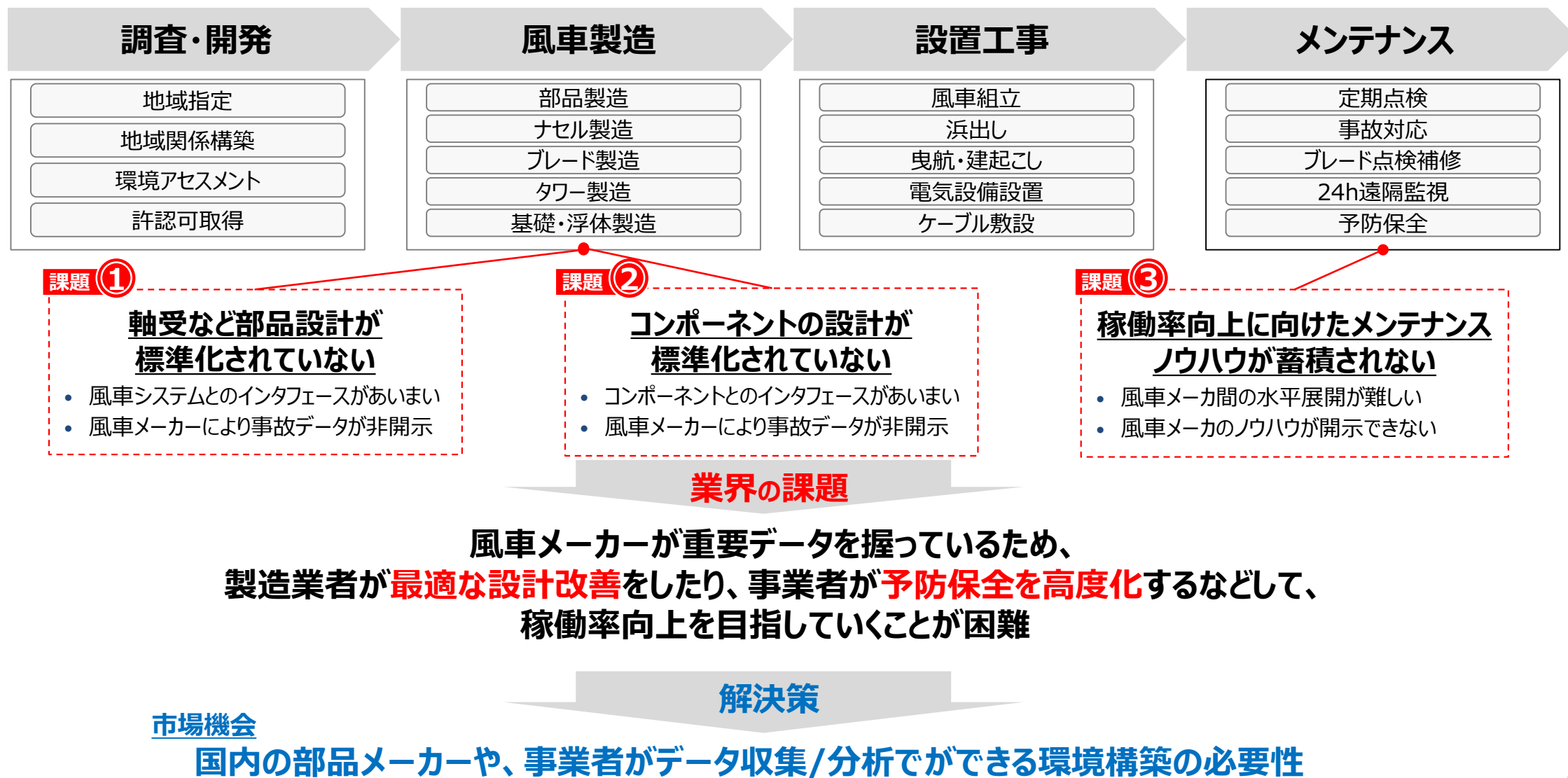
市場概要と目標とするシェア・時期

- 2030年に、風車の価格の**5～10%**は、**不具合データなどの情報取引**になると想定。
- 風車、コンポーネント、部品、素材メカは、情報共有により**標準化、汎用化**が加速すると想定。

需要家	主なプレイヤー	消費量（2030年）	課題	想定ニーズ
発電事業者 風車メーカー等	風力発電事業者	0.5～1兆円/年間 （世界規模）	<ul style="list-style-type: none">風車メーカー間の水平展開が難しい風車メーカーのノウハウが開示できない	<ul style="list-style-type: none">水平展開データ販売事故データの共有稼働率向上
コンポーネント製造業	風車コンポーネントメーカーなど	10兆円/年間 （世界規模）	<ul style="list-style-type: none">風車システムとのインタフェースがあいまい事故データが非開示	<ul style="list-style-type: none">コンポーネントの標準化、汎用化
部品製造業 （軸受等）	軸受メーカーなど	5兆円/年間 （世界規模）	<ul style="list-style-type: none">コンポーネントとのインタフェースがあいまい事故データが非開示	<ul style="list-style-type: none">部品の標準化、汎用化

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

風力発電業界が抱える課題の分析と、市場機会の検討



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

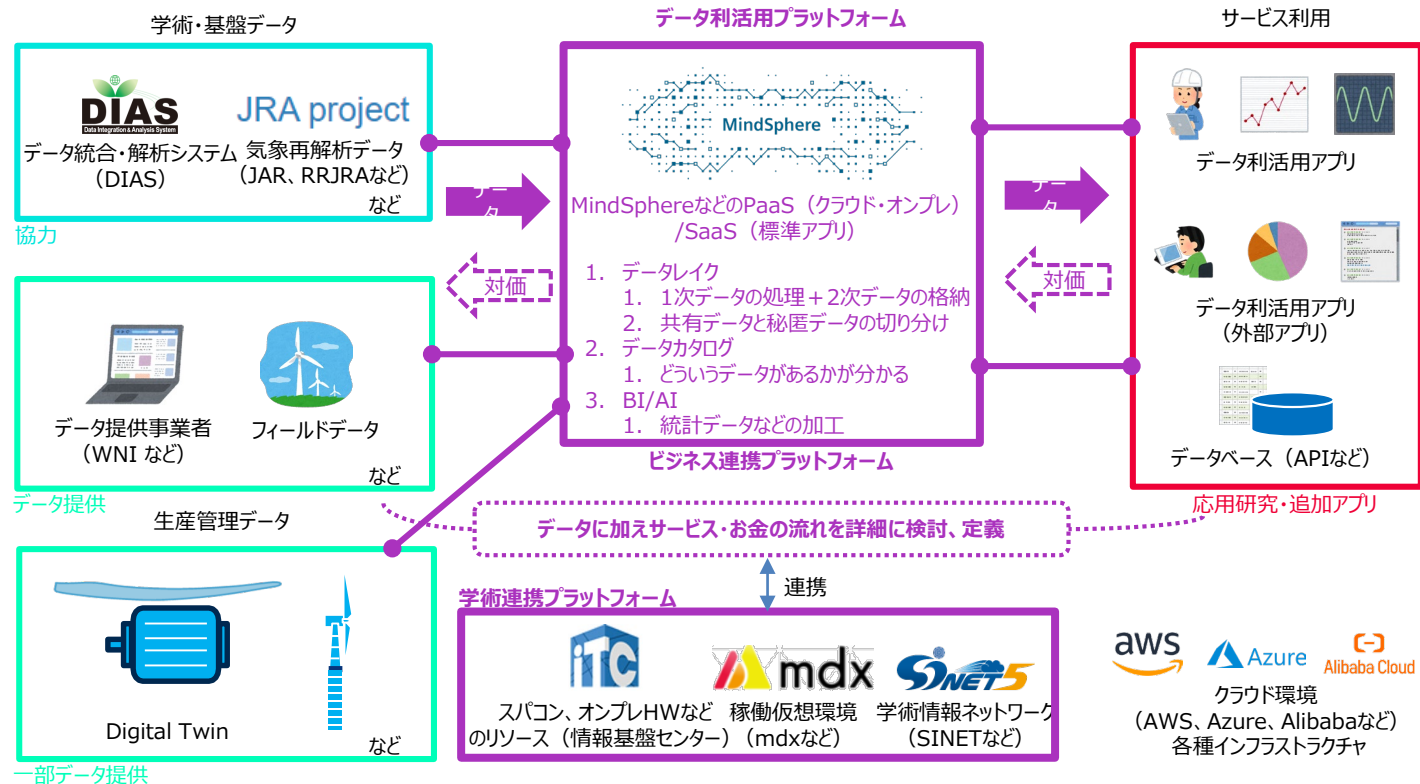
ビックデータとデータ取引で標準化、汎用化された製品・サービスを提供する事業を創出/拡大

- 自主保安技術確立や、サプライチェーンの構築、設備利用率向上に向けて、風車データを自由に取引できるプラットフォームを確立し、自身の製品改善やメンテナンス技術の高度化にニーズがある事業者へのデータ販売で収益性があると考えられる。
- 日本では風車データの取引ができるプラットフォームはまだないため、学術機関などと連携してデータ収集/分析の技術開発が必要。

社会・顧客に対する提供価値

- 安全: Safety**
 - 製造・建設・運転維持の自主技術確立
- 自給率: Energy Security**
 - サプライチェーン確立
- 電力コスト: Economic Efficiency**
 - 設備利用率増大・維持管理費合理化
 - グリッドパリティ
- 環境: Environment**
 - 製造・建設・運転・保守合理化
 - kWh当たりのCO₂排出量削減

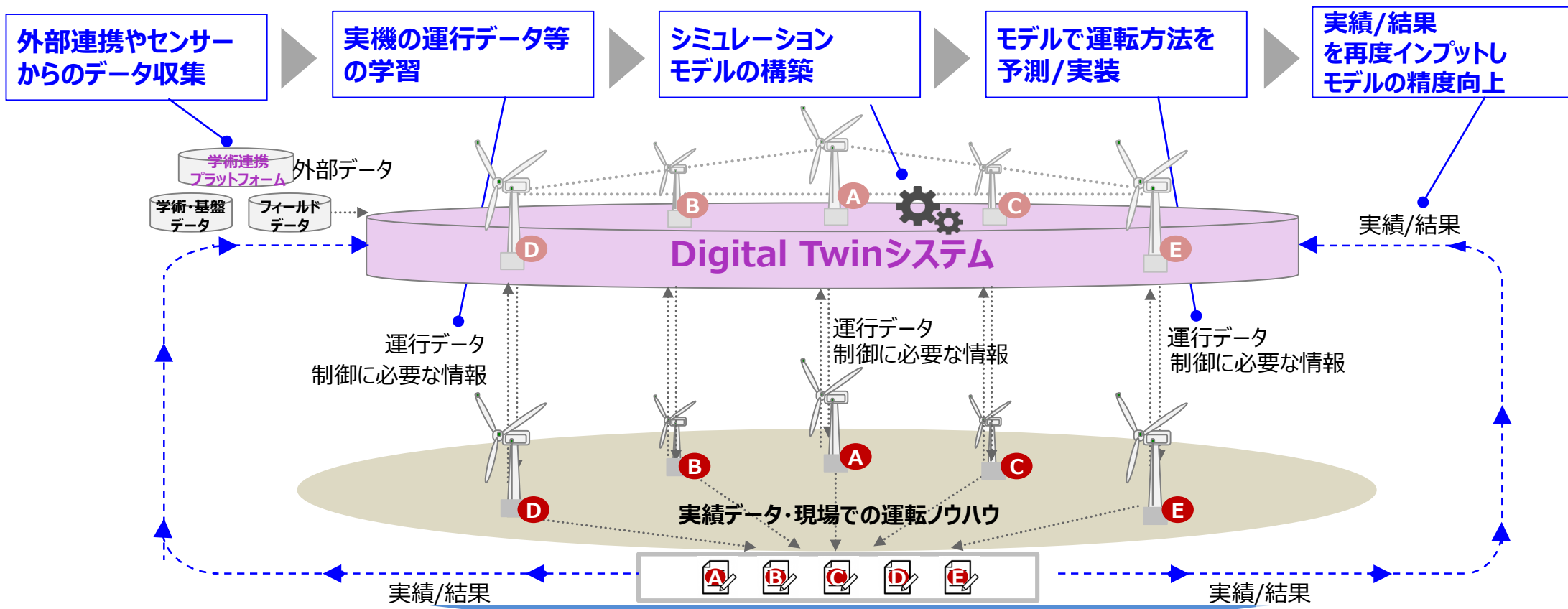
ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性



データプラットフォームの社会実装を実現するために、事業者、風車メーカーを含めた実施体制を構築していく

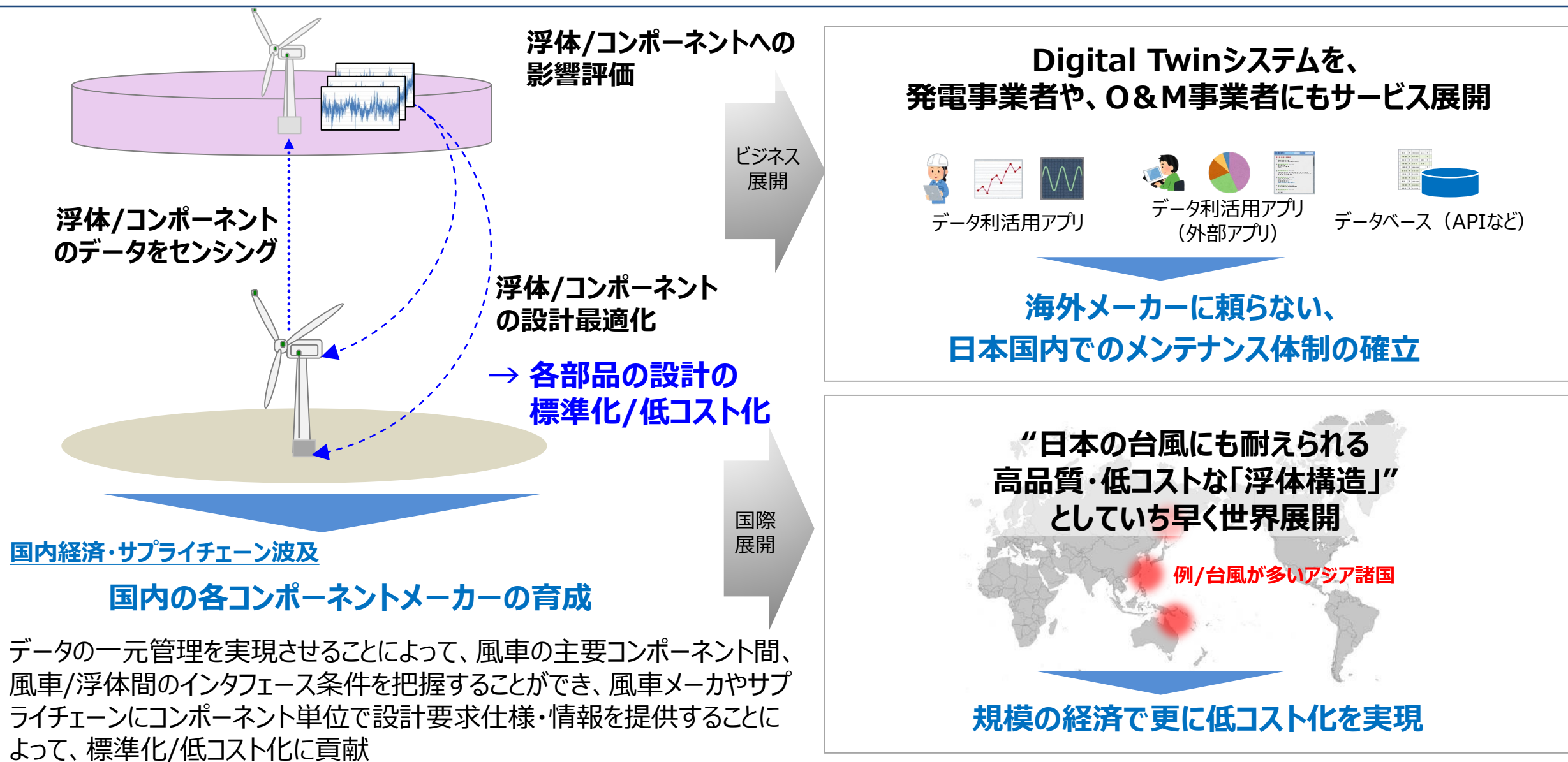
「Digital Twinシステム構築」による「高度予防保全」の実現イメージ

デジタルツインでは、風車、浮体および係留索などから構成される浮体式風車の主要コンポーネントに対して、気象や海象が与える力、モーメント、加速度、周波数、浮体と風車の傾斜角などを正規化、標準化し、各コンポーネント間のインターフェース情報として、剛性、減衰、トルク、力などの境界条件をデジタルツールを用いて管理する



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

部品の標準化・低コスト化に貢献し、日本の競争力強化を後押し

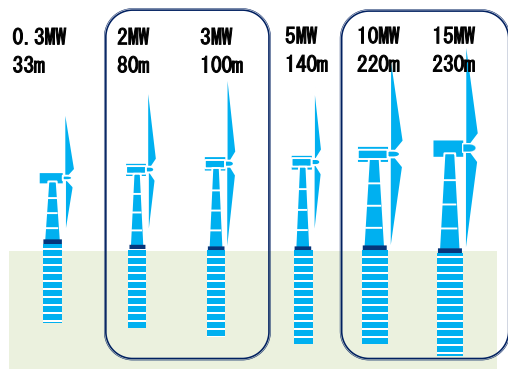


1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

市場導入(事業化)しシェアを獲得するために、ルール形成(標準化等)を検討・実施

標準化戦略の前提となる市場導入に向けての取組方針・考え方

- 風車/浮体、浮体/係留、係留/アンカーなどのインタフェース管理、コスト、収益管理のための五島PFから、データを取得、分析、標準化する。
- 上記のインタフェース条件の標準化により、各コンポーネントの開発を同時進行可能とし、アジャイル(agile)な対応を可能とする。
- 設置海域の環境条件もクラス分けし、浮体の設計をシリーズ化することにより、標準化・量産化による発電コストの観点の競争力を高める。



国内外の動向・自社のルール形成(標準化等)の取組状況

（国内外の標準化や規制の動向）

- 国際標準化として、IEC61400-3-2などの議論において、設計の基本的な考え方の整理が進められている。
 - 国内では、浮体式洋上風車設計要件分科会などで、国内の海象条件などを考慮した標準化や規制の在り方などの議論がされている。
- （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）
- 風車メーカーと共同でスパー式浮体を中心に浮体式洋上風力発電技術を標準化し、知財化をしている。

本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容（※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載）

標準化戦略

- 日本電機工業会と共同で設計手法、設計クライテリアの標準化に向けた検討をしている。
- Digital Twinの構築と風車およびコンポーネントを標準化し、データ利活用・学術データプラットフォーム連携のDBを介して公開していく

知財戦略

- 実プロジェクトの据付工程を通じて施工技術の蓄積と知財化を進めている。
- データ利活用・学術データプラットフォーム連携の占有DBとして、参画企業の知財化を推進している。

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

ビックデータの強みを活かして、社会・顧客に対して3E+Sを満たすシステム価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

- 複数実証に裏付けられた浮体開発・建設EPCの知見が、最適なデータを取得し、業界全体が活用できるデータベースの構築に活用。そのためにDigital Twinシステムを構築。

ターゲットに対する提供価値

- 安全：製造・建設・運転維持の自主技術確立
- 自給率：サプライチェーン確立
- 電力コスト：グリットパリティ
- 環境：kWh当たりのCO₂排出量削減

自社の強み





- 商用事業として先行
 - 実証に裏付けられた的確な技術

自社の弱み及び対応

- 標準化、量産化
 - Digital Twinシステムなどで他社を凌駕する

他社に対する比較優位性

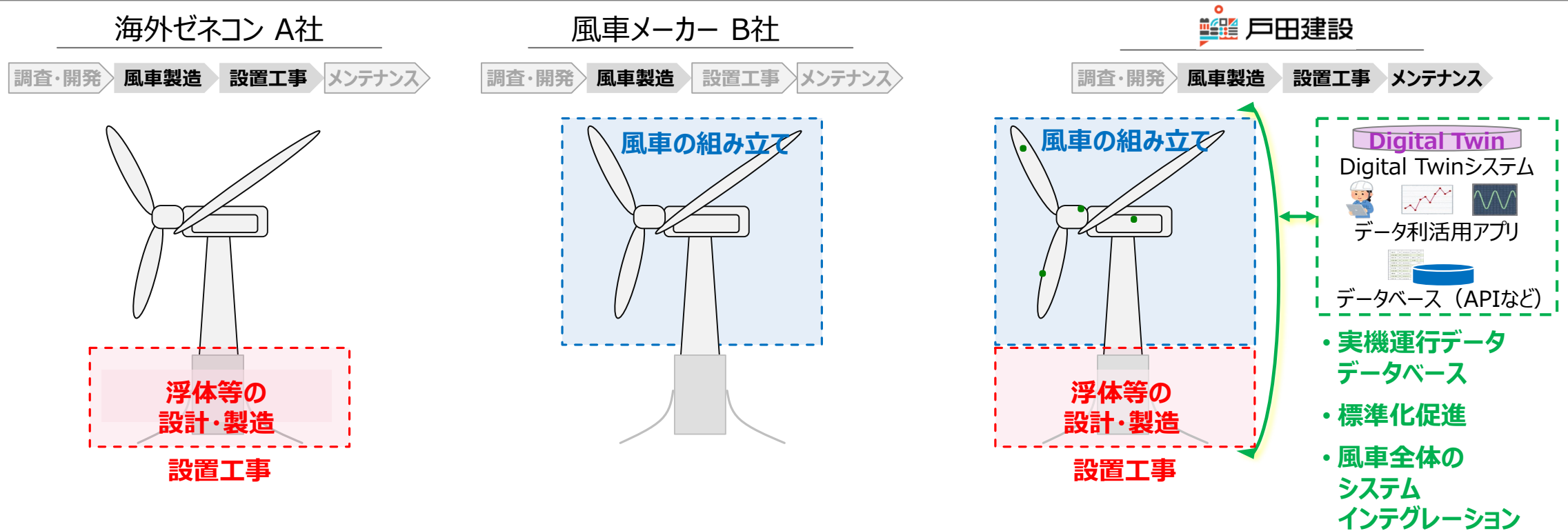
- ゼネコンは浮体等の設計・製造、風車メーカーは各コンポーネントの組み立てしかできない。
- 戸田建設は、本来自社で持つ浮体の設計・製造及び現地での風車の設置工事/組み立てのノウハウに加え、実機での運行実績から運行データを用いたデータベースを構築。
- 更に、風車全体の最適管理を実現することで、部品/コンポーネントメーカーの「標準化」を促進する「風車全体のシステムインテグレーター」の立場を担う。

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	<ul style="list-style-type: none">• (現在)浮体開発 	<ul style="list-style-type: none">• 自社事業中心 	<ul style="list-style-type: none">• 風車など購入 	<ul style="list-style-type: none">• 建設業EPC経験 
	<ul style="list-style-type: none">• (将来)風車を含むシステムインテグレーション	<ul style="list-style-type: none">• 国内外発電事業者、自社事業の拡大	<ul style="list-style-type: none">• 標準化、オープンソース化、国内コンポーネントメーカーと協調	<ul style="list-style-type: none">• システムインテグレーター
競合A社	<ul style="list-style-type: none">• 海底油田技術を転用し、風車メーカーと協調	<ul style="list-style-type: none">• 国家プロジェクトなどを活用	<ul style="list-style-type: none">• 欧州の風力産業基盤を活用	<ul style="list-style-type: none">• オイルアンドガスなど幅広い経営資源あり
競合B社	<ul style="list-style-type: none">• 風車ベンチャーと協調	<ul style="list-style-type: none">• 自治体と協調	<ul style="list-style-type: none">• 構築に苦慮	<ul style="list-style-type: none">• 造船技術、プラント設計技術

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

（参考）戸田建設の浮体開発と風車ノウハウの強みの活用イメージ

- ゼネコンは浮体等の設計・製造しかできず、風車メーカーは各コンポーネントの組み立てしかできない一方で、戸田建設は、本来自社で持つ浮体の設計・製造及び現地での風車の設置工事/組み立てのノウハウに加え、実機での運行実績から運行データを用いたデータベースを構築。
- 更に、風車全体の最適管理を実現することで、部品/コンポーネントメーカーの「標準化」を促進する「風車全体のシステムインテグレーター」の立場を担う。



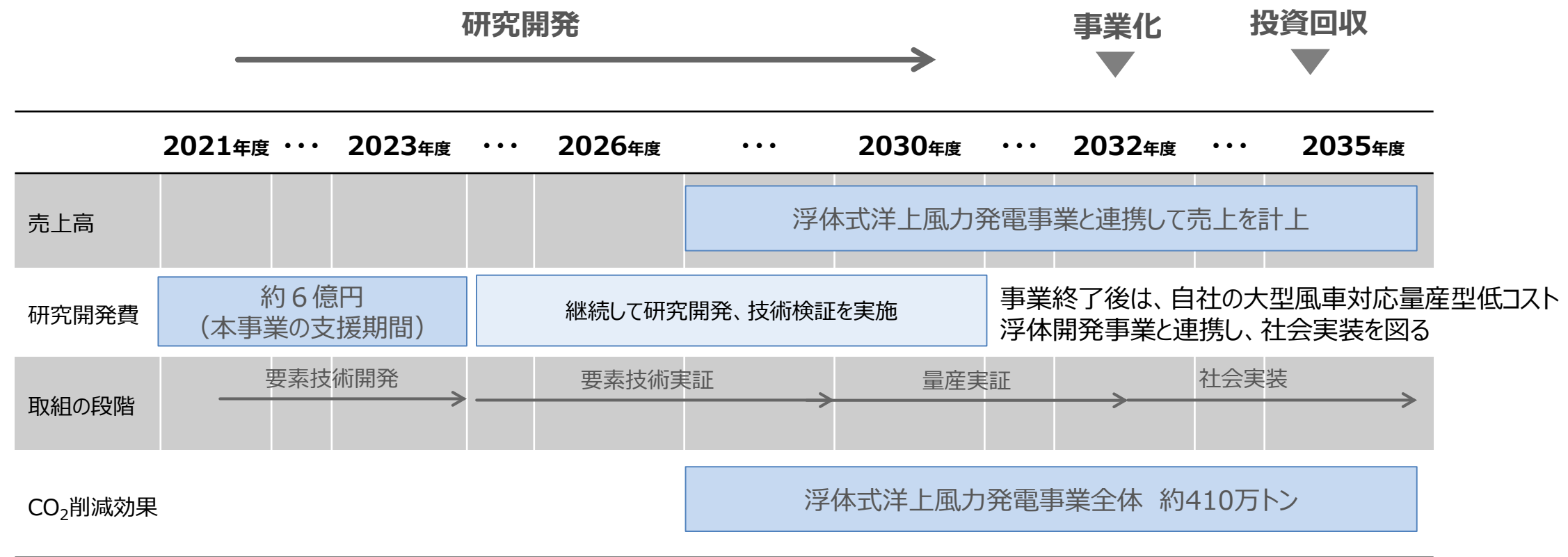
これまで、風車メーカーと浮体メーカーの共同開発として、試作機を製作し、試行錯誤を繰り返しながら進めてきており、設計データ等のデータプラットフォームを活用してさらに協業を進めて行く。一方、国際分業で進められる航空業界のような効率的かつ迅速なシステムインテグレーション手法を適用することで差別化を図る

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

約10年間の研究開発の後、2032年頃の事業化、2035年頃の投資回収を想定

投資計画

- ✓ 本事業終了後も、自社の大型風車対応量産型低コスト浮体開発事業と連携して社会実装を目指す。
- ✓ デジタルプラットフォームサービスについて、2032年頃の事業化を目指す。
- ✓ 浮体式洋上風力発電の保守管理サービスに適用し、2035年頃に投資回収できる見込み。



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

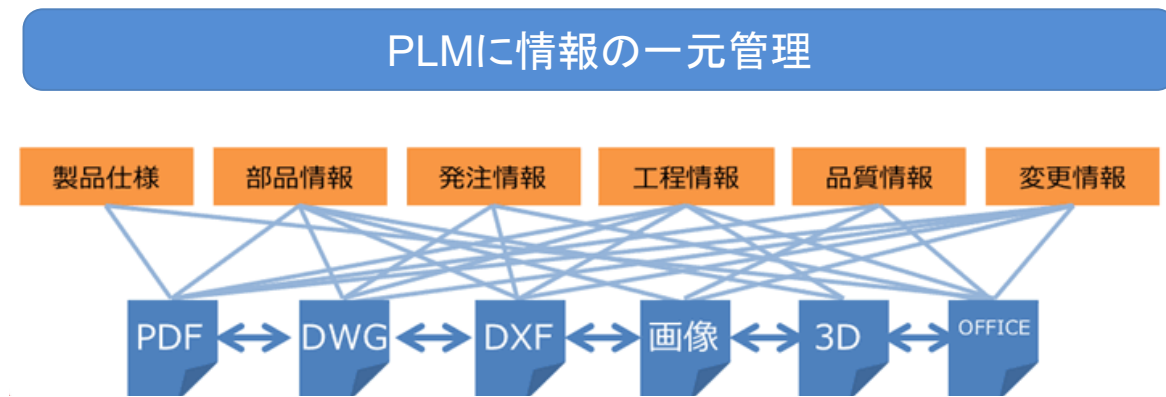
研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	<ul style="list-style-type: none">Digital Twin・AI技術開発・実証において、オープンソース活用とオプションの充実を標準化戦略とする。オプション部分では、知的財産化も進める。本格的な営業展開前に関連実プロジェクトに実装し検証し、顧客ニーズの確認等の方策・工夫を開発に反映していく。	<ul style="list-style-type: none">システムのドライランを経て、関連実プロジェクトの生産段階および運転中の実プロジェクトに適用する。設備・システム導入、部品調達に当たり、Digital Twin・AI技術を以て、インタフェースやプロトコルを標準化し、部品の原価低減、製品の競争力を確保する。さまざまな風力発電システムに展開し得る標準化を進める。	<ul style="list-style-type: none">販売段階では、標準化とシリーズ化を以て、広告活動を展開する。流通の容易性・リーズナブルな価格・顧客意見のフィードバックを得て、商品改良等を進める。JIS Q 9001(ISO9001)の認定会社である戸田建設の営業組織も活用していく。
進捗状況	<ul style="list-style-type: none">学術コンソーシアムのプラットフォームを活用しながらデータ利活用のオープンソースを利用したシステム開発五島PJで浮体式風力発電の実際のデータを利用するプラットフォームを整備し、並行して既設の浮体式洋上風車を利用して検証	<ul style="list-style-type: none">SCADAシステムと計測管理システムを連携させて、データを一元管理学術コンソーシアムのAIモデルに浮体式洋上風力の運転データを加えて学習するようにプラットフォームを用意	<ul style="list-style-type: none">センサー、風車のSCADAを一括して管理したデータを利用した予防保全技術を検討標準化を目指して、風車内の社内の生産、設計、保守管理のデジタルデータを管理するソリューションサービスを計画
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none">上記オープンソースは、世界の自動車、航空業界で使用されているものを予定している。水平および垂直統合で寡占、ブラックボックス化が進む風力産業にコンポーネントの標準化、共通化、ひいては、国産コンポーネントの拡販の流れをもたらす点で圧倒的に優位である。	<ul style="list-style-type: none">風車メーカーの水平統合、風車メーカーによるコンポーネントメーカーの垂直統合などデータの閉鎖性と標準化に逆行する市場環境において本システムは、インタフェースやプロトコルの標準化、などにより、他社に対して圧倒的に優位である。	<ul style="list-style-type: none">風力産業やサプライチェーンが充実している国外では、風車メーカーを頂点とする閉鎖的なシステムが主流で競合関係にある会社は、少数で、データ量も少ない点で、本システムは、極めて優位である。

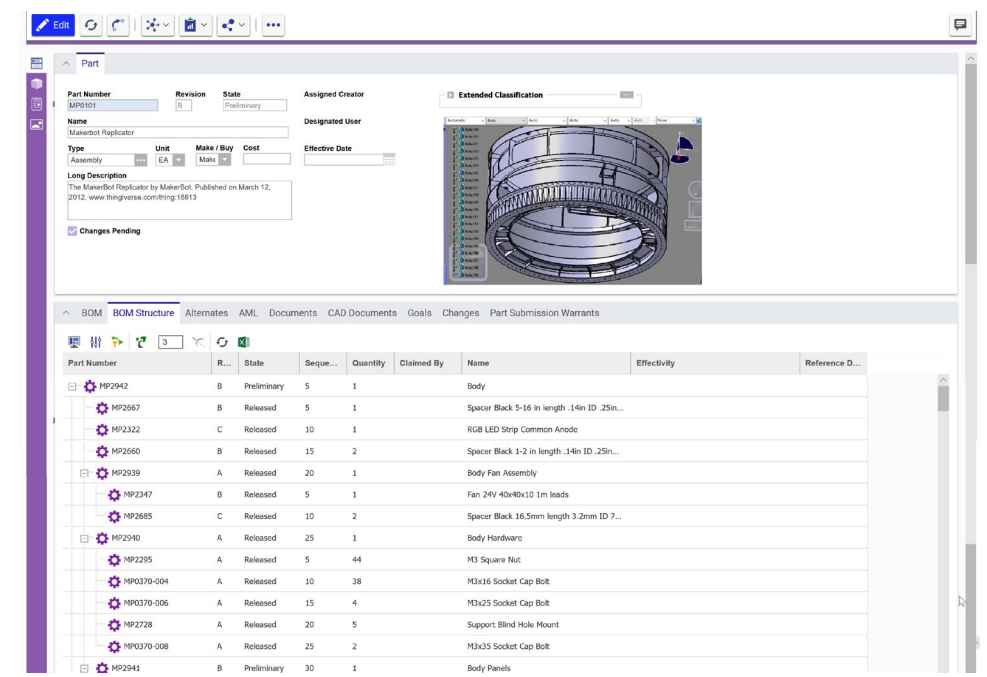
社会実装に向けた取り組み

システムの標準化によるソーリション提供を目指してデジタルプラットフォームを構築

設計、生産、保守管理に至るライフサイクルでデータを管理して、開発効率、生産性の向上、メンテナンスコストの削減を図るPLM(Product Lifecycle Management)システムを構築している



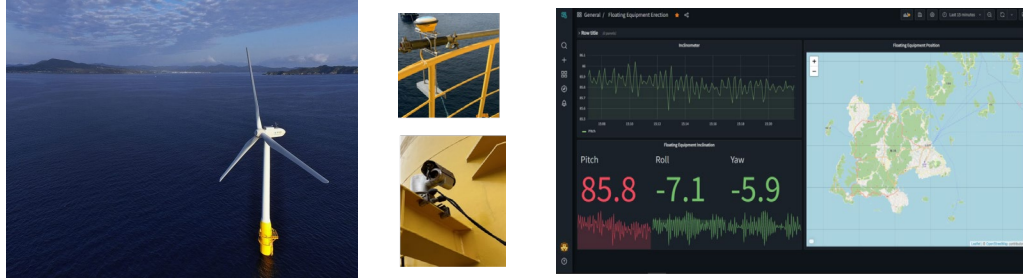
PLMソフトウェアを活用して、浮体式洋上風力設備にカスタマイズして最適化を図る



開発しているPLMシステムのGUI例

デジタルプラットフォームを活用したスマートメンテナンス技術を洋上風力事業で検証

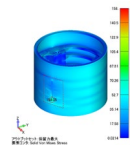
風車の構成装置や浮体の状態の計測データ



SCADAデータや浮体固有データの提供

保守管理ソリューションサービス

- ・ 予知保全型浮体風力発電管理
- ・ 余寿命診断・修理修繕診断



デジタルプラットフォーム

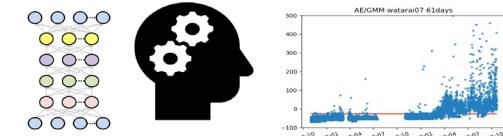
- ・ デジタルプラットフォームとAPIの連携
- ・ デジタルツインモデルによるシミュレーション計算による検証
- ・ SCADAデータや計測データ収集と予測結果の比較検証

風力発電メンテナンスプラットフォーム



【セキュアで効率的なデータ収集・蓄積技術】

データ蓄積・BigData Management



【AIなどビッグデータ処理による診断・予測技術】

データ分析技術による予測診断

- ・ 浮体式洋上風力のSCADAデータや浮体固有データから予防保全モデルの構築
- ・ 予防保全モデルを活用したAPI提供

単体による要素技術検証



崎山沖2MW浮体式洋上風力発電所（10年間運転）

ウィンドファームへ展開

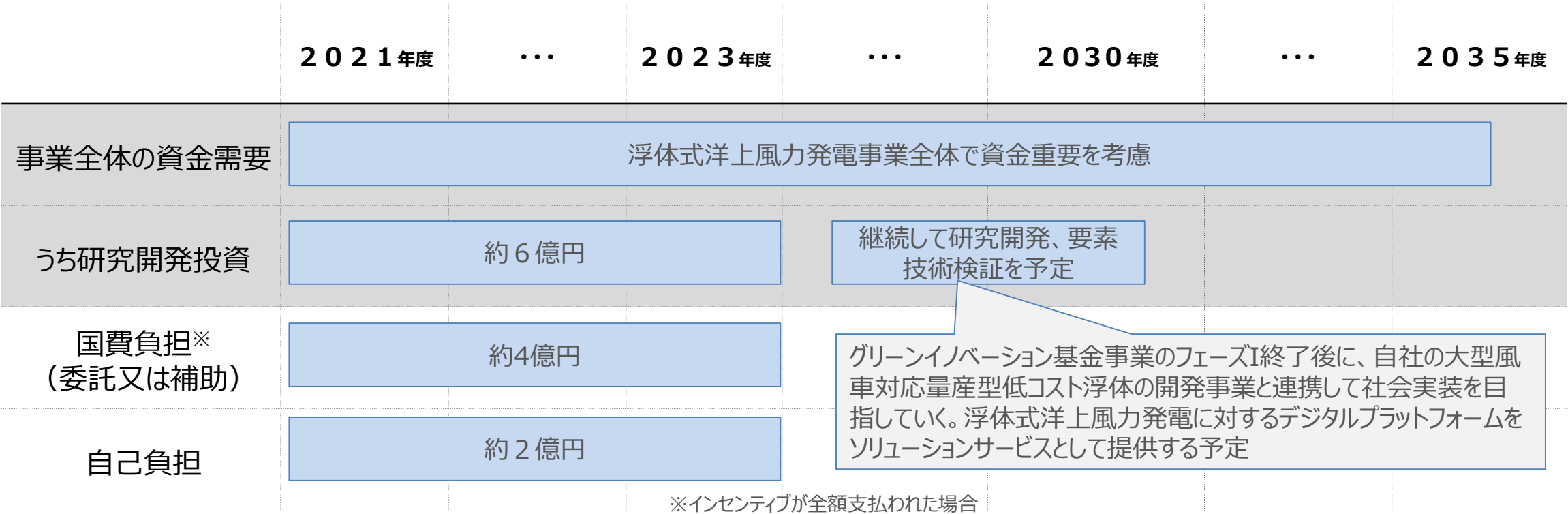
ファームにおける要素技術検証



五島市沖洋上風力発電事業（建造中）

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

フェーズ I 期間で、国の支援に加えて約2億円規模の自己負担を予定



2. 研究開発計画

2. 研究開発計画

浮体洋上風力発電実証から大量導入を目指したDigital Twin 技術の活用とコスト低減

- ・ 浮体構造仕様が複数部品で構成されている（陸上風車からの改変で浮体洋上に特化していない）ため、風力発電機の条件に制限制約を受けている。

⇒ **浮体・風車全体を含めたO&Mを見据えた設計開発技術・標準化を目指す**

前提・基本的な考え方

- ・ 浮体式洋上風車は、機械・電気装置であるためメンテナンスが必須。
- ・ 近年ではDigital技術を活用したCBM（Condition Based Maintenance：風車の状態を見ながらメンテナンス）が主流になりつつある。
⇒ **（安全に対する最低限の安全率は必要だが）適切な状態把握により、浮体・風車構成部品の軽量化や改善などが可能。**

研究開発要求項目の洗い出し

CBM&標準製品化には下記の3つの項目が要求される。

- ・ 構成部品の物理的状态をある精度で把握できること（センシング技術の確立と高度化）
⇒ **研究開発項目①**
- ・ 浮体式洋上風車の状態判断、O&M（浮体構造および風車本体）システム・計画と連携すること（Digital Twin O&M技術の確立）
⇒ **研究開発項目②**
- ・ 構成部品の製造精度がある範囲に収まること、センシングで適切な物理状態が把握できること（製品製造信頼性の向上とDigital Twin O&M適用のための製品製造管理）
⇒ **研究開発項目③**

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

Digital Twin・AI技術による予防保全技術の開発というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目

1. Digital Twin・AI技術による予防保全技術などの開発

研究開発内容

① Digital Twin・AI技術開発 Phase-I(基盤整備)

② データ利活用・学術データプラットフォーム連携 Phase-I(専用DB構築)

③ Digital Twin O&Mを支える浮体製造部品の生産信頼性確保

アウトプット目標

浮体洋上実証を通じて浮体構造・風車本体の状態データを取得し、スマートメンテナンス技術による高度予防保全を実現させる。そのうえで、浮体構造・風車部品への影響を評価し、浮体構造の低コスト化、コンポーネント標準化要件、O&Mコストの低減を実現する

KPI

浮体風車の状態把握の諸物理パラメータ取得率100%
⇒浮体式洋上風力におけるO&M目標ダウンタイムを試算可能にする

①データの格納DB整備完了およびデータ整理モジュールの動作確認
②浮体構造・風車部品の異常検知性能を9割以上に高める

製品製造稼働率を97%に維持

KPI設定の考え方

浮体洋上実証に対して、単なる運転管理だけではなく、種々の構成部材の状態物理データを取得できるように、製造段階で組み込むことが重要であるため

異常検知が十分な精度で実施できることは、浮体および風車の製品信頼性のリスク許容値を適切に設定できることになり、過度な安全率を設定しなくてよくなる⇒低コスト化が可能に

製品のばらつきを一定範囲に抑えることで、センシング&AIで検知される異常状態の検知精度信頼性が向上する。また、コスト低減の信頼性を高めることにつながる

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

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	Digital Twin・AI 技術開発 Phase-I(基盤整備)	浮体風車の状態把握 の諸物理パラメータ取 得率100% ⇒浮体式洋上風力に おけるO&M目標ダウン タイムを試算可能にする	DX技術はあ るものの浮体 O&Mに資する 状態にはない (提案時TRL2 →現状TRL3)	DXにより浮体風車 O&Mの設計・計画に 資するデータ取得へ要 素試験を実現 (TRL5)	スマートメンテナ ンス技術開発学術 研究機関と連携 (90%)
2	データ利活用・学 術データプラット フォーム連携 Phase-I(専用DB 構築)	①データの格納DB整 備完了およびデータ整 理モジュールの動作確 認 ②浮体構造・風車部 品の異常検知性能を9 割以上に高める	浮体構造と風 車設計とを連 動したデータプ ラットフォーム は皆無 (提案時TRL3 →現状TRL4)	各部の情報を統合させ 評価分析ができるプラ ットフォームを実海域デ ータ収集可能なレベルへ (TRL 6)	データプラット フォーム技術は既 存技術を活用。 風力発電用の データ要素・分析 技術は学術コン ソの協力で開発 (90%)
3	Digital Twin O&Mを支える浮体 製造部品の生産 信頼性確保	製品製造稼働率を 97%に維持	プロト試作の 状態のため量 産モデルの信 頼性は課題が ある (提案時TRL3 →現状TRL3)	量産化を見据えた製 品製造精度を安定化 させるDigital Twin O&Mを適用可能な製 品信頼性を要素試験 で評価 (TRL 5)	浮体製造における 設計留意点の確 立が事前に必要 DXの導入により 一定品質を確保 するか (50%)

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

① Digital Twin・AI技術開発
Phase-I(基盤整備)

② データ利活用・学術データプラットフォーム連携
Phase-I
(専用DB構築)

③ Digital Twin O&Mを支える浮体製造部品の生産信頼性確保

直近のマイルストーン

- ① PLMシステムと風車の3Dモデルの連携によるプラットフォーム環境整備
- ② SCADAシステムと計測管理システムの連携

これまでの（前回からの）開発進捗

- PLMソフトウェアと3Dモデル間のデータ連携システム制作し資運用を開始
- SCADAシステムを学術コンソーシアム側の計測管理システムと連携

進捗度

○：
PLMシステムと3Dモデルの連携によりデータを一元管理できる環境を整備した。今後、風車の3Dモデルを組みあわせて風力システム全体として拡張していく。

- ① 既設の浮体式洋上風車の運転データ移行
- ② 浮体構造・風車部品の異常検知のためのセンサ取付

- 既設の浮体式洋上風車の運転データ移行の protocols を設定しデータ移行に着手
- 実機据付工程に合わせ、浮体構造・風車部品の異常検知のためのセンサ取付を実施

○：
コンソーシアムのデータプラットフォーム仕様に合わせた風車の計測データの提供を可能とした。今後、データを解析してAIモデル構築に向けて進んでいく予定。

- ① 3D計測装置、非破壊検査装置を利用した施工データ、検査データのPLMと連携

- RNA部の3D計測データと設計図面からRNAコンポーネントの3Dモデルを作成し、PLMとの連携を開始
- 品質管理のため、施工プロセス及び検査結果をPLMによりデータベース化し、トレーサビリティの確保と品質向上につなげた

○：
3D計測装置や非破壊検査装置による検査データ、施工モニタリングデータを各部材と関連づけた管理を可能とした。

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

- 1 Digital Twin・AI技術開発
Phase-I(基盤整備)
- 2 データ利活用・学術データプラットフォーム連携
Phase-I
(専用DB構築)
- 3 Digital Twin O&Mを支える浮体製造部品の生産信頼性確保

直近のマイルストーン

- PLMシステムと3Dモデルを連携したプラットフォームを整備
- 学術コンソーシアム側のデジタルプラットフォームで既設の浮体式洋上風車データへAIモデル適用
- 3D計測装置や非破壊検査装置の検査データや施工データをPLM上での連携

残された技術課題

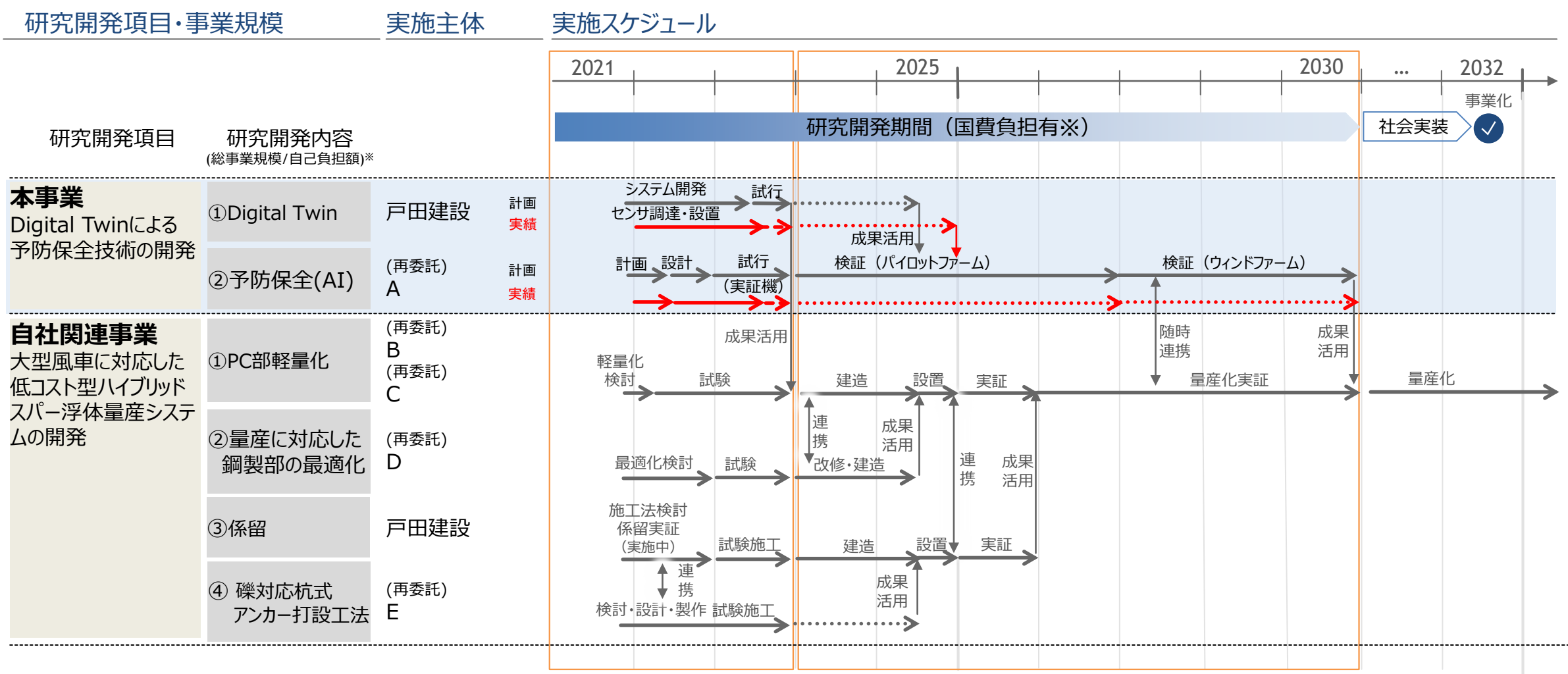
- デジタルデータを利用したデジタルツインモデルを構築と運用を通したコンポーネントインタフェース閾値の設定
- 風車システム全体の3Dモデル化と関係データのリンクによるトレーサビリティ確保と品質管理最適化
- 陸上風車データベースに浮体式洋上風力のデータを追加し、浮体式洋上風車に対応したAIモデルに調整して社会実装につなげる
- 施工工程、検査業務のデジタル化による一元管理、トレーサビリティ確保と品質管理最適化

解決の見通し

- シミュレーションモデルと計測データと比較検証し、各コンポーネントインタフェース設定と標準化につなげる
- RNA部の3D計測データと組み合わせて全体モデルを組み上げシステムインテグレーションの最適化につなげる
- 既存の浮体式洋上風力のデータを利用して検証を実施する
- デジタル化は、主要コンポーネントから優先的に整備を進める

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

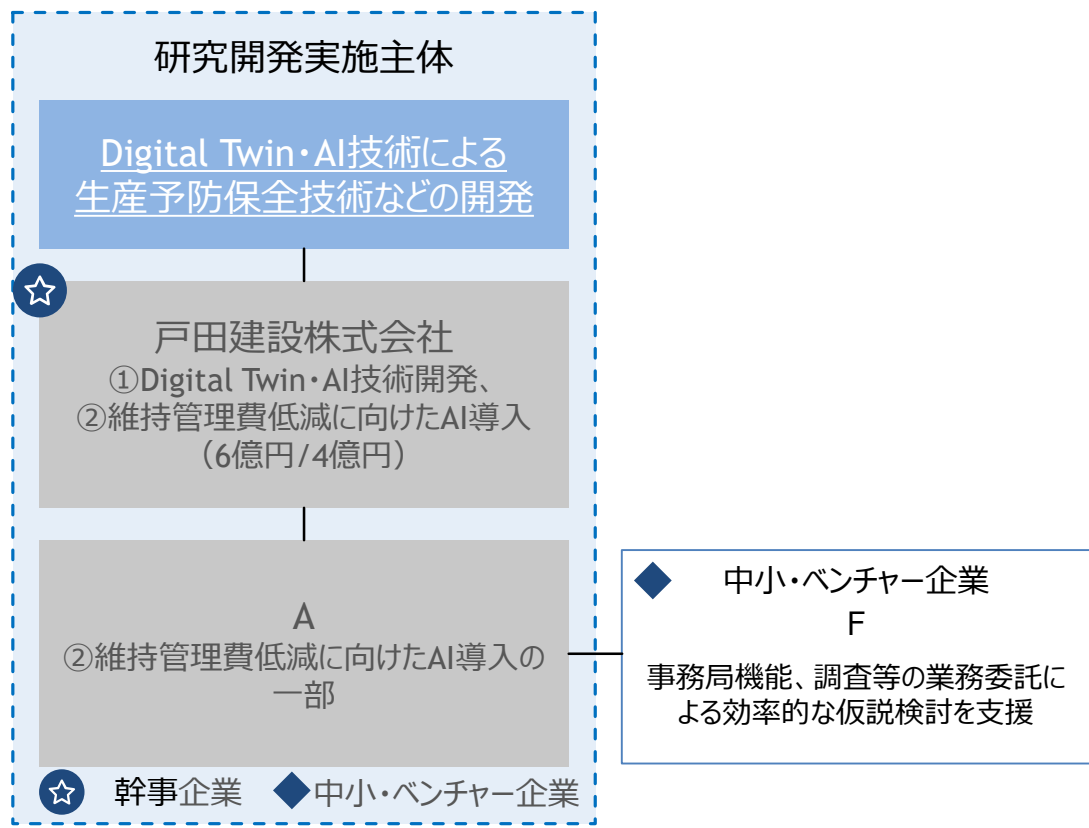


※：フェーズ2での実施を前提

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



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- Digital Twin・AI技術による生産予防保全技術などの開発の全体の手配は、戸田建設が行う
- Aは、維持管理費低減に向けたAI導入の一部を担当する

研究開発における連携方法（本ビジョンに関連する提案者間の連携）

- Aが構築する基礎データと戸田建設が構築する生産管理データをAが構築するデータ活用プラットフォームを用い連携させる。

中小・ベンチャー企業の参画

Fは、事務局機能、調査等の業務委託による効率的な仮説検討を支援

提案者以外のおプロジェクト実施者等との連携

- 実在の風力発電所を所有、運用する事業者の実在の浮体式風力発電システムを用いることで連携する。
- 汎用のオープンソースを用いプロセスの改善、結果の予測、問題の防止、より良い製品の構築、パフォーマンス測定。これらを実現し、より高度な製品の開発および資産活用をする。

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. Digital Twin・AI技術による予防保全技術などの開発	1 Digital Twin・AI技術開発 Phase-I(基盤整備)	<ul style="list-style-type: none">スマートメンテナンス基盤技術を研究開発進めている学術研究機関と連携した最先端技術浮体部も含めた風力発電データの収集が可能	→ <ul style="list-style-type: none">研究開発担当者は、日立製作所で風車設計にも携わってきた。国内で浮体部および風車構造に対する挙動、構造強度、センシングを全体的に行うことができる唯一のチーム
	2 データ利活用・学術データプラットフォーム連携 Phase-I(専用DB構築)	<ul style="list-style-type: none">過去NEDO事業で開発されてきたデータ利活用研究成果、雷データ収集の知見（再エネ学術祖コンソーシアムが所有）と連携することで最先端の技術を活用可能プロトタイプ実証試験を活用しいち早く社会実装可能	→ <ul style="list-style-type: none">学術機関が所有する先端技術、スパコンなどの高速かつ重い処理が必要とするAI技術の開発が可能学術機関の異常検知性能は8割を超えている。(NEDO運用高度化事業にて個別性能の学術評価済み)
	3 Digital Twin O&Mを支える浮体製造部品の生産信頼性確保	<ul style="list-style-type: none">プロトタイプ試験にもとづく設計信頼性評価が可能研究開発課題①と連携することで、製品製造信頼性の許容度を測り、コスト低減目標の設定に寄与する	→ <ul style="list-style-type: none">浮体洋上プロトタイプを有している企業は数少なく、浮体から風車のすべての製造工程を適切に把握し、コントロール可能な点は競合他社に比べ優位であると考えている

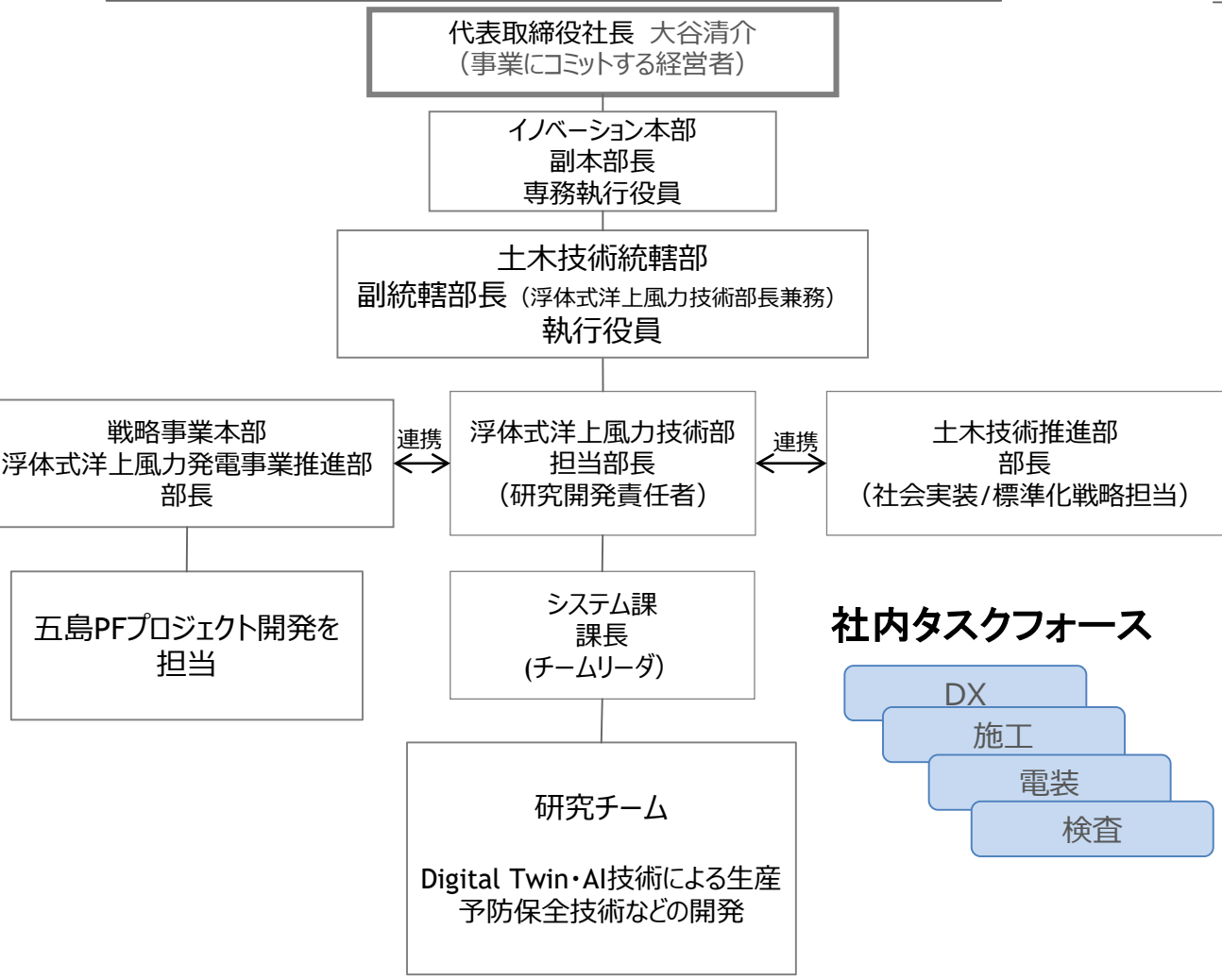
3. イノベーション推進体制

(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

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
 - 研究開発全体の統括を担当
- チームリーダー
 - デジタルプラットフォームに関する技術開発の取り纏めを担当
- 担当チーム
 - チーム： Digital Twin・AI技術による生産予防保全技術などの開発を担当（専任1人、併任1人規模）

部門間の連携方法

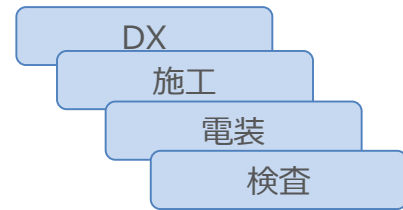
- 社内コラボレーションプラットフォームを使用したデータ共有
- Web会議サービスを使用した多地点、同時Web会議の開催
- 社内タスクフォースを立ち上げ、社内の人財を活用して課題解決につなげる体制を構築

社会実装/標準化戦略担当
・保有技術の活用推進、社外へのPRを担当

各部門間連携方法

- 研究開発について、定期的に各部門の担当者が進捗確認を行っている。
- 標準化担当者及び研究開発担当者は、土木技術統轄部門に所属しており、部門内での情報共有を実施している。

社内タスクフォース



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

経営者等によるDigital Twin・AI技術による生産予防保全技術などの開発事業への関与の方針

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
 - 事業構造転換の方針
「DXによる事業革新」と「サステナビリティ推進体制の構築」[1]を社長就任あいさつの中で主要課題として位置付けて、株主、一般の方々および社員に周知徹底している。社内に対しては、本方針により、会社としての事業をリードしている。当該事業もこの中に位置づけられている。

[1] <https://www.toda.co.jp/csr/message.html>

- ガバナンスイノベーション
経営層が、デジタル技術やその社会実装による社会の変化に合わせた「ガバナンス・イノベーション」を理解し、浮体式洋上風力発電に関する事業を推進する専門部門を設け従来の建設業に無い体系の中、当該事業を推進している。国内初の浮体式洋上風力発電商用事業なども完遂した試行錯誤を為し得る組織制度・組織文化を醸成している。

- 事業のモニタリング・管理
 - 経営管理
経営層向けの事業報告が一ヶ月毎に開催され、事業進捗の経営層による把握と管理のための仕組みが構築されている。経営層の時間の内、月2時間程度を当該業務に充当している。経営層が、事業の進め方・内容に対して適切なタイミングで指示を出すことが可能となっている。
 - 異業種からの役員受け入れ
事業の進捗判断のため、社内外から幅広い意見を取り入れられるよう、金融機関など異業種から役員を受け入れ、ダイバーシティが確保された形で事業化を判断をしていく。将来の投資回収計画などもKPI・条件を予め設定していく。

経営者等の評価・報酬への反映

- 役員報酬
事業の進捗に合わせた収益や投資回収状況が、経営者や担当役員・担当管理職等の評価や報酬の一部に反映される。

事業の継続性確保の取組

- 事業方針の踏襲
経営層が交代する場合にも事業が継続して実施されるよう、戸田建設経営会議にて議決されている。経営会議議決事項は、役員の交代で変更されることは無く、後継者の育成・選別等の際に当該事業を関連づける等、着実な引き継が可能となっている。

※ISO56002、IEC62853等の国際標準、経済産業省による「[ガバナンスイノベーション](#)」「[ガバナンスイノベーションVer2](#)」「[日本企業における価値創造マネジメントに関する行動指針](#)」等が参考になる。

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

経営戦略の中核において本事業を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

取締役会等コーポレート・ガバナンスとの関係

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 「エコ・ファースト企業」認定
戸田建設は、2010年に「エコ・ファースト企業」認定を受け以降、2020年を目標年として、地球環境の保全に取り組んでいる。2017年11月、その目標年度を2030年、2050年に改め、新しい目標数値を設定してエコ・ファーストの約束を更新した。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 施工中に排出するCO2総量などを削減
CO2排出量原単位を2030年に1990年比50%削減、2050年には60%削減、CO2排出総量を2030年に1990年比70%削減、2050年には80%削減、作業所での建設廃棄物の最終処分率を5%以下まで低減
 - 当社が設計する事務所ビルから排出するCO2総量を削減
2050年に1990年比80%削減
 - 当社の保有施設から排出するCO2を削減
2050年に1990年比60%削減
- 決議事項と研究開発計画の関係
上記で決議された事業戦略・事業計画において、浮体式風力の発電コスト低減は、不可欠な要素であり、優先度高く位置づけられている。

ステークホルダーとの対話、情報開示

- 情報開示の方法
 - 全社戦略
中期経営計画等のIR資料・統合報告書、CSR報告書等において、TCFD等のフレームワークも活用し、事業戦略・事業計画の内容を明示的に位置づけている。
 - Digital Twin・AI技術による生産予防保全技術などの開発
「Digital Twin・AI技術による生産予防保全技術などの開発」の研究開発が進んだ段階で研究概要をホームページ等により情報開示することに努める。
- ステークホルダーへの説明
 - WEB上での公開
戸田建設ホームページ/CSR/環境保全の推進体制にて、事業の将来の見通し・リスクを投資家や金融機関等のステークホルダーに説明している。
 - 関係各社への説明
事業の採択を以て、将来の見通し・リスクを取引先やサプライヤー等のステークホルダーに対して、説明している。
 - 社会的価値の周知徹底
本事業の効果（社会的価値等）を、国民生活のメリットに重点を置いて、幅広く情報発信に努める。

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、社会実装、企業価値向上に繋ぐ組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
 - 当社は、2022年9月に、当事業の推進体制の再編成を行った。これは、浮体式洋上浮力発電事業部が実施してきた事業管理および設計、技術開発を、新規事業の推進を手掛ける戦略事業推進室と技術開発、設計、施工に関する部門を統轄する土木事業本部に拡張移管したものである。これにより、当事業への自社総力の結集が容易となり、柔軟な実施体制を強化した。
 - 社外リソースの活用
社内や部門内の経営資源に拘らず、目標達成に必要であれば、外部リソースを活用もしている。
 - 実事業における活用
プロトタイプを実事業者の実プラントに提供することでフィードバックを得て、アジャイルに方針を見直していくことにしている。
- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
 - 人材・設備
Digital Twin・AIに経験豊富な人材を新規採用、外注を含め2名程度確保する予定。建設予定の洋上風力発電所と戸田建設の設計建屋、ネットワーク設備、コンピュータ、土地などの一部を活用する。
 - 資金
国費負担以外で、自主事業として、実プラント建設に資金を投じる予定。次期プロジェクトなどへの資金投資を継続していく。

専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
 - 2022年9月に、浮体式洋上風力発電に関する事業を推進する専門部門として、戦略事業推進室に浮体式洋上風力企画開発部（2023年3月に当社の組織再編に伴い部門名を浮体式洋上風力発電事業企画営業部に変更）を、浮体式風力発電に関する設計、技術開発を行う専門部門として、土木技術統轄部に浮体式洋上風力技術部をそれぞれ設置した。それぞれの部門長は、取締役の代わりに会社の業務を執行する役員であり、機動的な意志決定が可能な組織構造・権限設定となっている。
 - 環境変化への対応
事業環境の変化や本開発に合わせて、産業構造を検証する戸田建設の経営管理体制を準用している。
- 人材育成(含む標準化戦略人材)
 - 人材多様性の確保
将来の基幹エネルギーとしての洋上風力とそれを実現するための産業構造転換を見据え、当該産業分野を中長期的に担う若手人材に対して育成機会を提供する。
 - 学識経験者・研究者の知見活用
学会などのセミナー、研究会等の機会を通じて、アカデミアの若手研究者やスタートアップ企業との共同研究を推進していく。本事業には大学などへの外注は、既に織り込み済である。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、データ入手困難等の事態には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
<ul style="list-style-type: none">データのプロトコルなどが統一できないリスク → オープンソースの活用と、風力関連産業界への啓発活動データベースの基幹システムが供給と維持が不可となるリスク → 国際的に認知されたオープンソースの活用する	<ul style="list-style-type: none">経済情勢などによる風車が調達不可となるリスク → 風車と浮体間のインタフェース標準化により、風車に対する要求仕様の標準化運転保守部品の供給不可となるリスク → 風車の部品に対するインタフェース標準化により、部品への要求仕様の標準化風車および部品メーカーからデータが得られないリスク → 社外に公開可能なデータとインタフェースデータに限定	<ul style="list-style-type: none">国際紛争、パンデミックなどによる風車が調達不可となるリスク → 標準化などによる国内風力関連産業から支援運転保守部品の供給不可となるリスク → 国内風力関連産業から支援風車および部品メーカーからデータが提供されないリスク → 国内風力関連産業から支援



- 事業中止の判断基準：
データベースの基幹システムが供給と維持が不可となり、代替システムの確保ができなかった場合
主要コンポーネントにおいて、データの提供が著しく困難となり、システム構築への甚大な障害が発生した場合
戸田建設が会社更生法の適用を申請し破綻した場合