

事業戦略ビジョン

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

実施者名：東芝エネルギーシステムズ株式会社、代表名：代表取締役社長 島田 太郎

(共同実施者 東京電力リニューアブルパワー株式会社 (幹事会社))

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

エネルギー構成の変化により洋上風力、なかでも浮体式洋上風力産業が伸長すると予想

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）

- 2050年CN実現が共通課題となり、社会全体での理解が進む
- 環境アセスなどへの地域理解の醸成

（経済面）

- 電気料金の上昇を社会コストに組込む事業運営の浸透
- グリーン投資など金融機関の融資促進

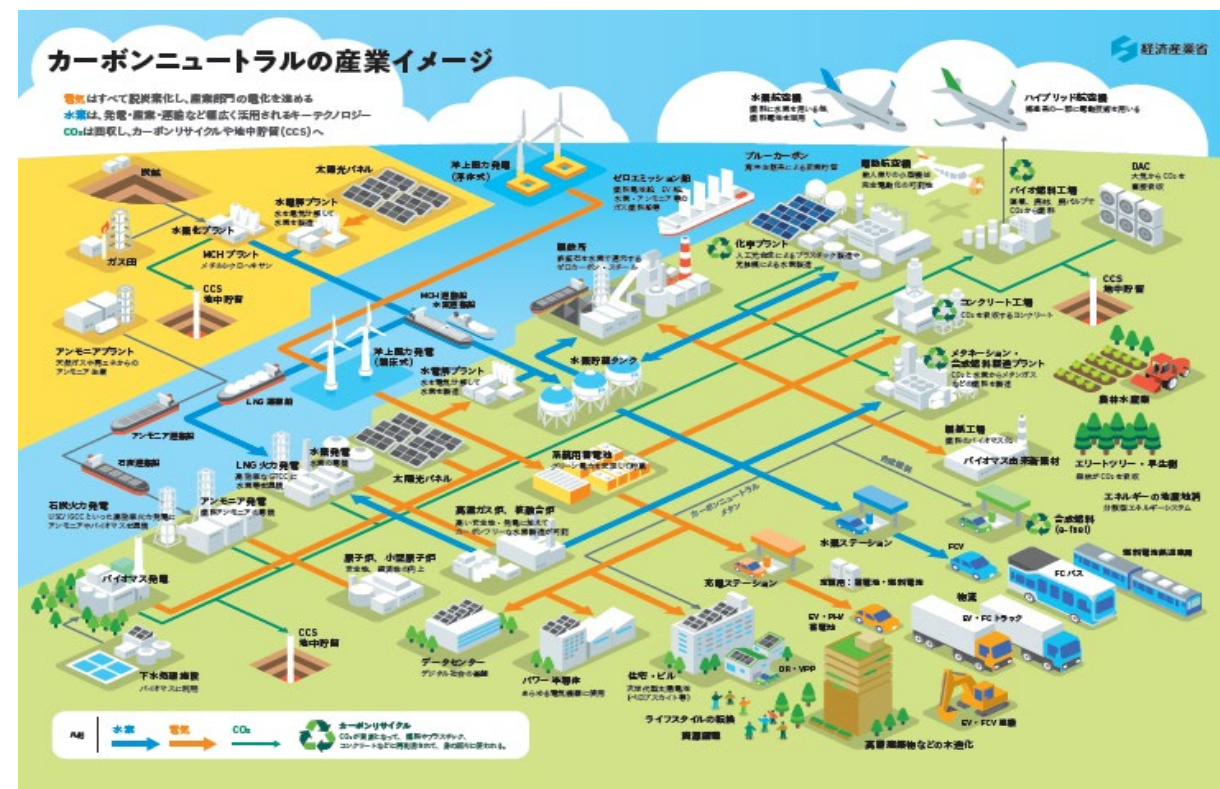
（政策面）

- 再エネの更なる普及や、CCSなど新技術への制度的支援
- 新技術への規制緩和と規格策定

（技術面）

- 洋上風力などを中心とした再生可能エネルギーの活用が伸長
- 浮体式洋上風力については、福島沖での実証研究事業をはじめ国内外での実証機建設・運転・撤去に伴う技術が蓄積されつつある。
- CCSや水素・アンモニア利用など新技術開発の更なる加速
- 社会実装可能なレベルのコストを実現

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：

CNを実現する為、洋上風力は2040年度に政府目標で45GWの導入量が設定。約30兆円市場が見込まれる。中でも浮体式洋上風力は約77%(*)を占めると予想。

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

グリーン&デジタルを成長産業とする社会構造の変化

● 当該変化に対する経営ビジョン：

持続的成長が可能なサステナブル経営の確立

(*) ポテンシャル量として着床：128GW、浮体：424GWから算出。

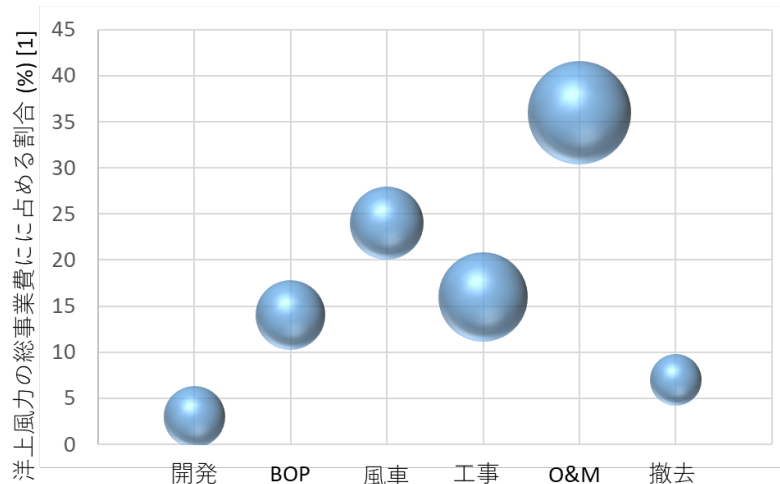
出典：洋上風力の主力電源化を目指して（2020年7月17日、日本風力発電協会）

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O&Mをターゲットとして想定

セグメント分析

洋上風力O&Mは洋上風力総事業費のうち36%(*1)を占め、長期にわたり収益の見込めるビジネスであることから、本セグメントに注力する。



洋上風力事業の各セグメントのコスト規模(縦軸)と収益性(円の大きさ)

洋上風力O&M市場規模の推移（政府導入量目標に基づく）

		2030年	2035年	2040年
累積導入量		10GW	25GW	45GW
市場規模	風車O&M	1,351 億円	2,974 億円	4,884 億円
	うち風車定期メンテナンス	336 億円	739 億円	1,214 億円

□・・・ターゲットとする市場。 風車O&M単価は12k円/kW/y を想定。（*2）
定期メンテナンスは、風車O&M単価の25%と想定

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 2030年には336億円規模市場と想定される風車の定期点検について、2027年より事業化。
- その後2035年を目標に事業対象範囲を拡大、市場の1/10程度のシェア獲得を目指す。

需要家

着床式
洋上風
力発電
事業者

主なプレーヤー

電力
商社
新電力

導入量(*3)

10GW_(2030年)

課題

- O&Mローカライズ
- サプライチェーン構築
- 風車へのアクセス
- O&Mスマート化

想定ニーズ

- O&Mのローカライズと
サプライチェーンによ
る安定的なO&M
サービスの確保
- スマートメンテナンス
による省力化

浮体式
洋上風
力発電
事業者

電力
商社
新電力
浮体メーカー

10GW_(2035年)

- 同上
- 動揺への対応

- 同上
- 動揺状態に左右さ
れないメンテナンス
の実施

(*1) Guide to an offshore wind farm, The Crown Estate and Catapult 2019

(*2) 今回の想定単価に基づき設定

(*3) 政府導入目標

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

省人化点検技術などを用いて、OPEX低減となるスマートO&Mサービス事業を創出

社会・顧客に対する提供価値

- 発電事業者：
LCOEの最大化（OPEXの低減）に向けた
①風車向けの省力化・省人化点検技術
②取得データに基づく風車状態の自動診断技術

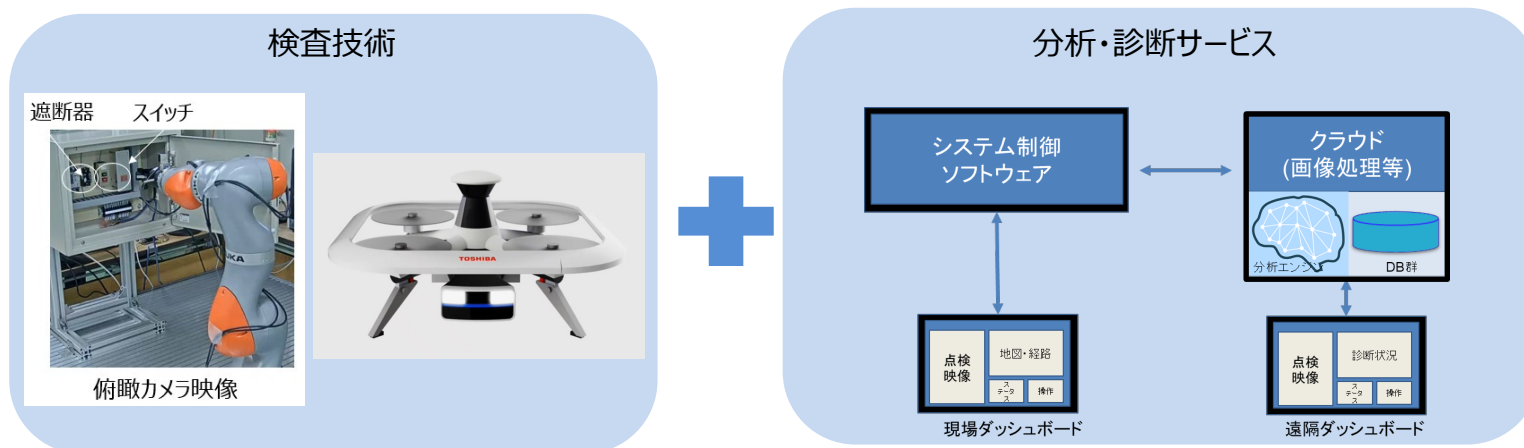
ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

今後大量導入が計画される洋上風力発電では、気象・海象の条件により点検員のタイムリーな現場対応が困難になることが想定される。風車アクセス性の困難さは、定期点検時の計画的な工程進捗を阻む要素となるだけでなく、トラブルが発生した際にも作業費用の増大、大幅なダウンタイム増加につながり、維持保守のコスト増、AEPの低下につながることが懸念される。

作業員が現地で目視点検する代わりに、省力化・省人化点検技術を用いた遠隔監視・検査により、定期点検の効率化、タイムリーな風力発電所の復旧や故障した際の故障部位・範囲の早期の特定が可能となり、労務費・輸送費の削減と逸失発電量の低減が期待できる。

上記の課題を解決するために、当社が研究開発してきたロボティクス技術、及びロボット、ドローンの自動・自律走行/飛行技術を活用する。また、陸上風車向けに開発を進めてきた発電プラント向けIoTプラットフォームを発展させ、各種データの収集、蓄積とAI技術を用いた診断機能の導入を行う。

これにより、風車メーカー独自のデータ収集システムを補完するシステムとして、検査ロボット、ドローンを含む遠隔検査技術の提供だけでなく、収集した画像データ等の分析・診断サービスを行うことで、定期メンテナンス及び補修メンテナンスにかかるコストの大幅な圧縮を実現する。



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）

洋上風力発電設備の点検指針の見直しにより、開発する遠隔点検サービスの採用を促す

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

- 今回開発するロボット、ドローンによる遠隔点検技術が、動揺する風車の外観やナセル内部機器でも、作業員による目視点検と同等以上の点検品質を確保でき、代替となり得ることを示す。
- 上記をクリアした上で、現行の国の点検要求である定期点検指針について、目視点検の代替としてドローン、ロボットによる遠隔点検も可とするように緩和の見直しを働きかける。
- 上記を通じて、開発する遠隔点検サービスが洋上風力発電設備のメンテナンスの現場で使用される環境を創出し、採用を促す。

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）

- 落雷時の安全確認のためにドローンによるブレードの外観検査、ナセル内部のカメラによる遠隔監視などのスマート化メンテナンス技術を取り入れる方向で、定期点検指針の見直しが議論されている。

（市場導入に向けた自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- ナセル内点検用の吸着機構付きドローンの機構構成および運用方法について特許提案を出願した。
- 動揺する浮体式風車における外観点検時の動揺追従、衝突回避制御技術、ナセル内部点検時の位置決め精度向上制御、点検用制御技術に関する特許出願を行う予定である。



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

- 現行の国の風力発電設備の定期点検指針の緩和

知財戦略

- 風車の動揺の予測や周期性に追従したドローンによる風車外観点検技術の特許化
- 画像診断技術、ロボットによるナセル内部の機器の点検、操作技術の特許化

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

スマートメンテナンス技術の強みを活かして、社会・顧客に対してLCOE最大化の価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）		競合との比較			
ターゲットに対する提供価値		技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
<ul style="list-style-type: none">風車、基礎向けの省力化・省人化点検技術、状態分析技術・IoTプラットフォームを通じたスマートメンテナンスによるLCOEを最大化（OPEXの低減）		自社	自社	自社	自社
		<ul style="list-style-type: none">発電プラント向けロボティクス技術インフラ向けドローン飛行技術発電プラント向けIoTプラットフォーム技術	<ul style="list-style-type: none">既存発電事業者インフラ会社/インフラ点検会社既存発電事業者	<ul style="list-style-type: none">単発	<ul style="list-style-type: none">洋上風力事業に展開可能な経営資源を複数保有<ul style="list-style-type: none">風力発電事業及びO&M会社関連研究開発者の保有<ul style="list-style-type: none">メカトロ技術者AI技術者
		↓	↓	↓	↓
自社の強み		<ul style="list-style-type: none">自律走行/飛行技術の組み込みAI画像診断技術の組み込み洋上風力に特化したプラットフォーム開発	<ul style="list-style-type: none">洋上風力発電事業者/風車メーカー	<ul style="list-style-type: none">機体は国内中小企業の採用を予定。特にドローンは東光鉄工を採用予定。機体操作者の地元採用。	<ul style="list-style-type: none">洋上風車製造事業への参画他の発電事業とのO&Mシナジーによる技術者の知見向上GE社とのより緊密な連携によるシナジー効果洋上風力発電事業への参画を検討
		競合A社 (欧州洋上風車メーカー)	競合A社	競合A社	競合A社
		<ul style="list-style-type: none">一部ドローン技術の採用は検討されているが、限定的	<ul style="list-style-type: none">洋上風力発電事業者	<ul style="list-style-type: none">国内でのサプライチェーン構築の情報なし。	<ul style="list-style-type: none">当該エリアへの資本投入の情報なし
自社の弱み及び対応		競合B社 (専業メーカー)	競合B社	競合B社	競合B社
<ul style="list-style-type: none">洋上風力の取扱い経験がない。<ul style="list-style-type: none">本GI基金で経験・知見を獲得する		<ul style="list-style-type: none">ロボティクス、ドローンとも単体の開発はされているが、風車PFと連携したトータルソリューションの構想は無い	<ul style="list-style-type: none">自社使用ないし既存発電事業者風力発電事業者	<ul style="list-style-type: none">自社内で基本的にはクローズ	<ul style="list-style-type: none">資本力を持つ企業も参入

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

28年頃の事業化、29年頃の投資回収を計画

投資計画

- ✓ 2021～2025年度にかけて、風車ナセル及びブレードの省力化・省人化点検技術に関する研究開発を実施。
- ✓ 26年度からの製品化のための品質作りこみの後、28年度に事業化を目指し、29年度に投資回収を想定。
- ✓ 2021年12月の洋上風力発電事業者の決定に伴い、事業化時期を28年度に見直し。

事業化 投資回収
▼ ▼

	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
売上高								実証段階から早期にメンテナンス事業に参画することで、国内気象・海象条件下でのデータ蓄積による分析・診断精度の向上や知見を獲得し、国際競争上の優位性を確保		
研究開発費		<ul style="list-style-type: none">発電プラント向けのロボティクス技術、インフラ向けのドローン飛行技術、画像診断技術を洋上風力向けに展開日本特有の風況・海況・気候条件をもとに、風車動揺を考慮した耐動揺/振動対応を実現					事業化に向けた品質の作りこみ			
		約3.3億円								
取組の段階		研究開発（今回）		研究開発（次フェーズ PoC実施）		製品化		社会実装		
CO ₂ 削減効果	-	-	-	-	-	-	3700kトン			

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">発電プラント向けのロボティクス技術、インフラ向けのドローン飛行技術、画像診断技術を洋上風力向けに展開。インフラ点検のPoCにおける自律制御や複数機種との協調制御に関する成果を反映。既存発電プラント向けIoTプラットフォームを活用し洋上風力向けに開発。関連会社保有の陸上風車を用いたPoCを実施。現在取得のIPから追加が発生した場合は適時IPの取得を図る。	<ul style="list-style-type: none">ロボット、ドローンは外注することにより、モノづくりに関する設備投資は不要とする。ロボットやドローンを製作する中小企業の投資を促し、国内でのサプライチェーン構築を行う。当社は分析・診断サービスのシステム開発に向けた設備投資に集中。	<ul style="list-style-type: none">システム改良のため、データの蓄積により分析・診断精度の向上を図る。洋上風力案件の増加とともに相応のシステム利用件数を獲得していき、分析・診断サービス利用料のコスト低減を図る。陸上風車でのPoCを洋上風力事業者、風車メーカーにアピール。浮体風車の社会実装時に本技術を実装し、洋上風車での有意性を確認し、アピール。
進捗状況	<ul style="list-style-type: none">当社開発のインフラ向けの画像診断技術などの洋上風車の外観点検自動化への活用を検討した。原子力分野向けのロボットアーム制御技術を活用し、ナセル内電気盤の扉の開閉と内部点検が可能であることを確認した。	<ul style="list-style-type: none">国内でのサプライチェーン構築を見据え、ドローン等の試作段階から中小企業の活用を積極的に進めている。分析・診断サービスのシステムの仕様が確定する2023年度以降、開発に向けた設備投資計画を検討する。	<ul style="list-style-type: none">今回の省力化点検技術の開発内容を洋上風力発電事業者に紹介し、GI基金終了後、得られた成果の適用について協議を進めている。METI/NEDOと米国DOE共催の「日米洋上風力発電ワークショップ」(2022.12.06)にて今回の開発内容を紹介、省力点検技術に関する情報収集、意見交換を実施した。
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none">原子力分野での類似技術を横展開、浮体メーカーとの協調で優位性を確保。日本特有の風況・海況・気候条件をもとに、風車動揺を考慮した耐動揺/振動対応を実現。大型洋上風車に親和性の高い技術開発を行い、海外風車メーカーとの連携を図る。	<ul style="list-style-type: none">特段の大型設備投資は不要。	<ul style="list-style-type: none">実証段階から早期にメンテナンス事業に参画することで、国内気象・海象条件下でのデータ蓄積による分析・診断精度の向上や知見を獲得し、国際競争上の優位性を確保する。設備投資の抑制やシステム利用件数の増加によって、国際コスト競争力を高める。

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、3.5億円規模の自己負担を予定

	22年度	23年度	...	27年度	...	30年度
事業全体の資金需要	約5.0億円					本事業期間(22～23年度)にて、風車ナセル及びブレードの省力化・省人化点検技術に関する研究開発を完了させた後、引き続き事業化に向け、陸上、洋上風車でのPoCの実施、品質の作りこみを実施する予定。
うち研究開発投資	約4.3億円					
国費負担※ (委託又は補助)	約1.8億円					
自己負担	約1.5億円		約1.0億円			

※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

風車OPEX※：4.0千円/kW/年の低減を達成するために本研究でのKPIを設定

研究開発項目

アウトプット目標

OPEX:24千円/kWのうち、風車分16千円/kW(4.0千円/kWの低減)を実現する省力化技術の開発

研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方
③ 監視及び点検技術の高度化 a. ナセル内部点検の遠隔作業システム開発	ナセル点検費用の削減額： 約2.0千円/kW/年	監視費用（人件費など）の圧縮
③ 監視及び点検技術の高度化 b. 風車外観点検自動化の開発	ブレード・タワー点検費用の削減額： 約2.0千円/kW/年の圧縮	外注費+傭船費用の圧縮
② デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 - 洋上風車の健全性分析サービスの開発	上記 ①、② に含む	

1.フェーズ1-④洋上風力発電設備の
運転保守高度化事業

- 1
- 2
- 3

※風車OPEXのベースラインは、東京電力リニューアブルパワー殿の洋上風力プロジェクトでの実績に基づき試算

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

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 ③監視及び点検技術の高度化 a)ナセル内部点検の遠隔作業システム開発	ナセル点検費用の削減	0k¥ /kw/y (提案時TRL4→現状TRL4)	2.0k¥ /kW/y (TRL5)	<ul style="list-style-type: none">遠隔にてナセル内部の障害物を回避し、狭隘部に的確にアクセスするシステムの構築<ul style="list-style-type: none">-多軸アーム制御技術、-障害物回避技術-位置決め操作技術-小型ドローンの壁面接地技術センシング技術 (社内開発技術の組合せ)	<ul style="list-style-type: none">個々の要素技術のインテグレーションに開発要素あり。動揺状態での動作への影響を十分に検討する必要有り。 <p><成功確率：70%></p>
2 ③監視及び点検技術の高度化 b)風車外観点検自動化の開発	風車外観点検費用の削減	0k¥ /kw/y (提案時TRL4→現状TRL4)	2.0k¥ /kW/y (TRL5)	<ul style="list-style-type: none">外観点検システムとして以下技術のインテグレーション<ul style="list-style-type: none">-位置誤差補正、-風車追従制御技術-衝突回避技術、精密離着陸技術(いずれも社内開発技術の応用)複数台ドローン管理(社内開発技術の応用)画像診断 (社内開発技術の応用)	<ul style="list-style-type: none">自律、自己位置推定の性能向上に開発要素有り。特に風況、風車動揺の影響の最小化の検討要。画像診断に教師データを潤沢に準備する必要有り。 <p><成功確率：70%></p>
3 ②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 -洋上風車の健全性分析サービスの開発	---	--- (提案時TRL4→現状TRL4)	--- (TRL5)	<ul style="list-style-type: none">取得データのDB化及び異常個所の特定 (社内技術の組合せ)故障分析、可視化、他の取得データとの連携による作業員支援システム (社内技術の組合せ)	<ul style="list-style-type: none">既開発の発電プラント向けIoTプラットフォーム、陸上風力向けIoTプラットフォームをベースに開発することでリスクを低減 <p><成功確率：70%></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
1 ③監視及び点検技術の高度化 a)ナセル内部点検の遠隔作業システム開発	アクセス装置の試作評価結果に基づく改良方針検討	・発電機シャフト内壁面の任意の方向に電磁石により吸着固定して加速度計測等が可能な有線型ドローンを試作して動作を検証。安定して吸着固定できるように吸着力向上が課題として明らかになり、吸着機構の改良案を検討した。 ・電気盤などの付帯設備点検に用いる移動アームを試作して遠隔操作による扉開閉試験を実施。作業成功率の向上に向けて新たな仮想的ガイド壁を組み合わせる方針を検討した。	○（理由）風車動揺環境で作業できるようにするための「点検用制御技術」に関し、想定動揺仕様の定義に時間を要したが、今年度の評価試験には間に合う見込み。
2 ③監視及び点検技術の高度化 b)風車外観点検自動化の開発	動揺追従機能の陸上風車での検証	・試作した研究用ドローンに3D-LiDARによるブレードセンシング、ズレ検知、飛行経路補正、ジンバルによるカメラ方向補正の各機能を実装し、動揺模擬装置及び沿岸風車にて動作を検証。風車のブレードを検知して画角中心に撮影可能であることを確認。洋上風車対応ドローンの基本設計を実施。詳細設計・試作に着手。 ・東芝オリジナルの異常検知用画像処理エンジンを風車画像に適用し、異常検出用画像データセットにおいて評価を実施。	○（理由）予定通り沿岸風車での動作検証を完了。
3 ②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 -洋上風車の健全性分析サービスの開発	ダッシュボードデモ環境構築	・ロボットセンシングデータを表示するダッシュボード仕様および構成確定、SPINEXにおいてデモ環境を構築完了。また、オンライン遠隔監視システムを僧都ウインドシステムに設置し、2022年12月から遠隔監視開始。 ・主軸受周方向に複数の指向性マイク、加速度計を設置し、主軸受交換前後の特徴量を計測。指向性マイク、加速度とともに、主軸交換前に見られた外輪損傷周波数が消失しており、指向性マイクによる異常検知の有用性を確認。	○（理由）予定通りダッシュボードデモ環境を構築完了。

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 ③監視及び点検技術の高度化 a)ナセル内部点検の遠隔作業システム開発	小型ドローンの吸着力向上に向けた要素試験 盤開閉動作に向けた移動アーム用の仮想ガイドの追加・評価	・小型ドローン：壁面に対する吸着力の向上と飛行中の吸着動作検証。 ・移動アーム：盤の開閉動作中の過負荷エラー発生防止。 ・動揺するナセル環境へ適用するための動揺追従／衝突防止制御。 ・センサ評価：小型ドローンに搭載可能な小型マイクの特性評価。	・電磁石と永久磁石を組み合わせた改良型吸着機構について評価用機構を試作。磁石の配置をパラメータとして評価し、引張りおよびモーメント荷重に対して高い吸着力を得られる構成を確認して設計改良に反映させる。 ・盤の開閉動作に適した仮想ガイドの形状を検討し、実装・評価する。 ・動揺を模擬した環境でドローンの飛行検証を行う。 ・小型マイクの感度評価試験により特性評価を行う。
2 ③監視及び点検技術の高度化 b)風車外観点検自動化の開発	動揺模擬試験装置による追従機能確認 ブレードの異常を検出する画像処理エンジンの選定	風車の位置・ナセル方位・アジマス角度検出手法、動揺センシング及び動揺追従制御、ブレード異常検知の点検ステップの実風車による評価。洋上対応ドローンの詳細設計・試作。動揺するドローンポートへの誘導着陸の評価。AI学習用画像の陸上風車での取得とデータセット構築および異常検知の評価。	・洋上対応ドローンの詳細設計と試作を進める。並行して風車の位置・ナセル方位・アジマス角度検出手法の実装を行い、11月を目途に陸上風車にて評価予定。 ・動揺するポートへの誘導着陸開発において、動揺模擬装置を活用した試験装置による評価試験を実施予定。 ・異常検知エンジンの評価を進め、画像から風車の背景を除去して検知精度を向上する手法を導入。
3 ②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 -洋上風車の健全性分析サービスの開発	遠隔監視システムによる長期運転データをもとに異常検知手法検討	・ナセル内機器の異常個所の特定に向けた正常音モデル構築。 ・ナセル内の漏水等の異常を画像認識により検知する手法構築。	・ナセル内機器の長期運転データをもとに正常音のモデル構築を行う予定。 ・ナセル内の漏水等の異常を模擬した試験によりサンプル画像を取得し、学習データの増強を行う予定。

個別の研究開発内容に対する提案の詳細 参考資料

3つの技術内容それぞれについて以下の開発項目を設定。

③ -a) ナセル内部点検の遠隔作業システム開発	
	1. 遠隔アクセス装置
	2. 障害物回避技術
	3. 位置決め精度向上
	4. 点検用制御技術
	5. 騒音・振動計測技術
	6. 温度計測技術
	7. 遠隔点検作業実証
③ -b) 風車外観点検自動化の開発	
	1. 洋上外観点検システム
	2. 複数台のドローンを管理する統合管理システム
	3. 画像データからの異常検出技術検証
② 洋上風車の健全性分析サービスの開発	
	1. ロボットセンシングデータDB化技術
	2. 異常個所特定技術
	3. 分析データ可視化技術
	4. データ連携による各種サービス

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（参考資料）
個別技術提案内容詳細（KPIの目標達成に必要な解決方法の詳細）

③- a) ナセル内部点検の遠隔作業システム開発

背景

洋上風力の現地作業は作業員がアクセス船で移動する必要があり、移動コストが高く、さらに移動できる日が天候に依存する

ナセル内点検・保守を遠隔作業化

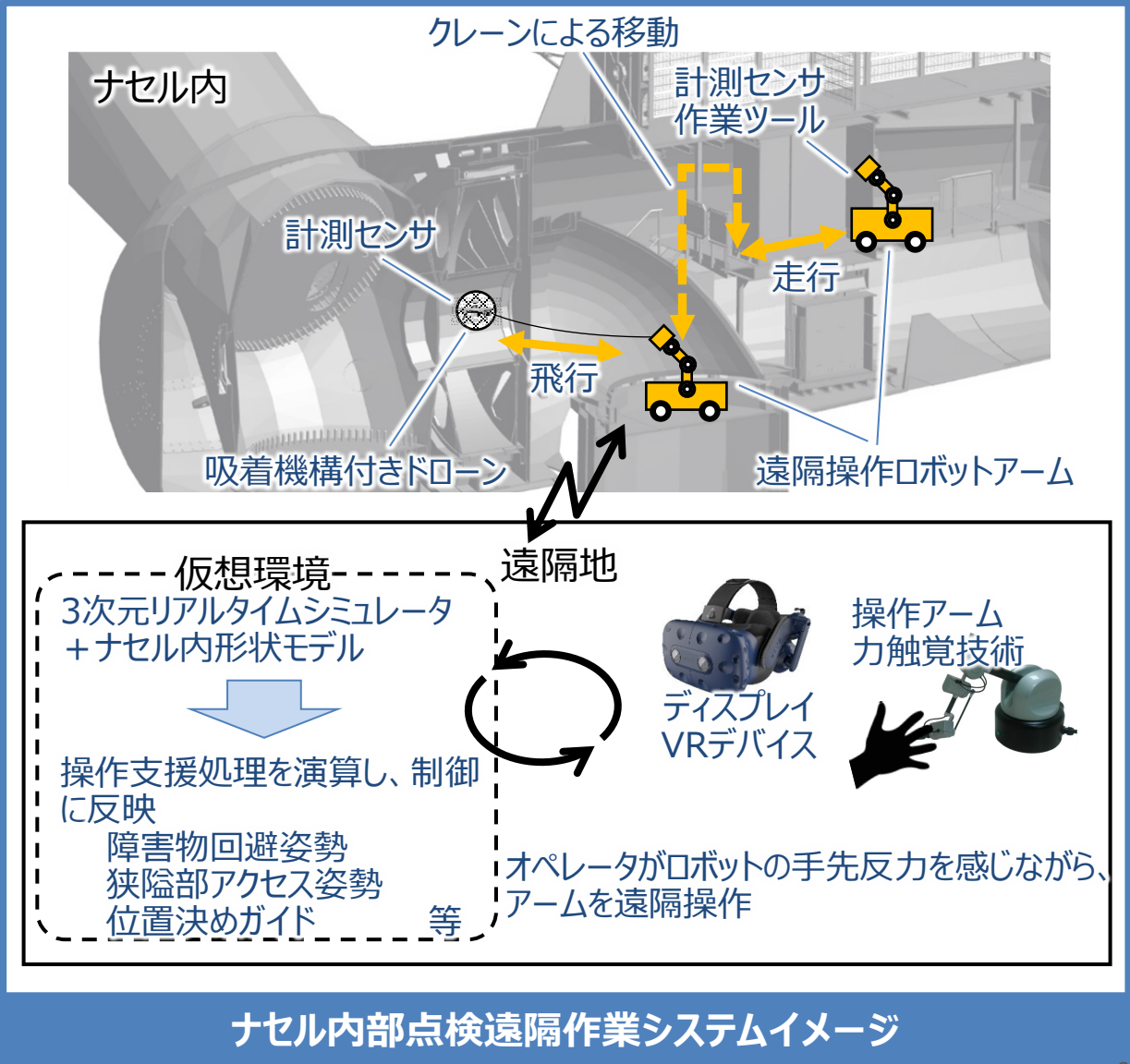
対象とする
遠隔作業範囲

- 定期点検
- アラーム発報時（点検確認）
- アラーム発報時（修理作業）

ゴール

遠隔点検で、作業員の現地作業頻度を低減
→点検コスト低減

- ナセル内遠隔作業システムの課題
- ・稼働中設備の異常診断
 - ・狭隘部にある点検・保守対象にアクセス
 - ・揺れるナセル内での精密位置制御



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（参考資料） 個別技術提案内容詳細（KPIの目標達成に必要な解決方法の詳細）

③- b) 風車外観点検自動化の開発

現状の課題

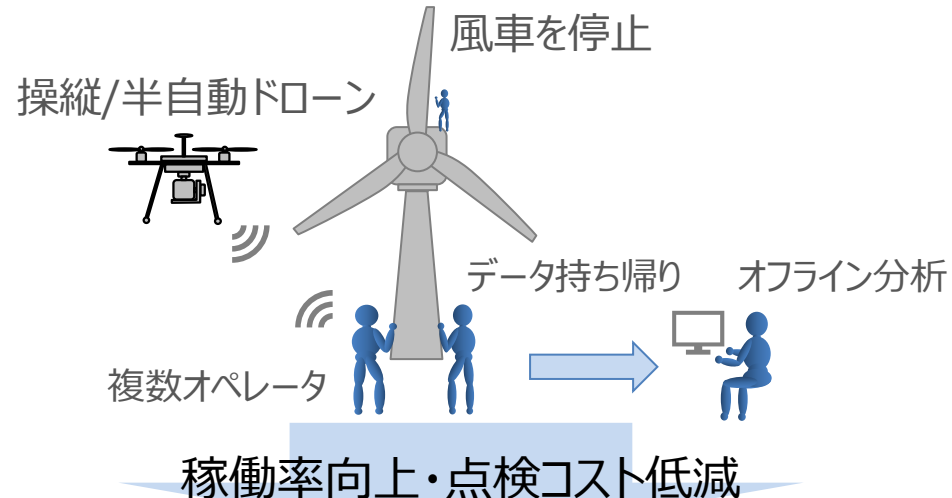
～時間とコストのかかる洋上での点検～

- ・風車近くまで船で機材・人を運搬。風車を止め人が自らブレード点検するか、オペレータがドローンを操縦して点検、オフラインで傷や損傷を分析
- ・動揺する風車に追従した点検は困難
- ・機材運搬コスト高、稼働率低下、点検コスト高

ゴール

～コストを低減する外観点検自動化～

- ・風車浮体、ナセルや無人船から複数のドローンが飛び立ち、連携して自動で画像データを取得、データをサーバへ送信、サーバ（AI）が画像解析により異常検出
- ・動揺する風車に衝突することなく追従
- ・機材運搬コスト低、稼働率向上、点検コスト低

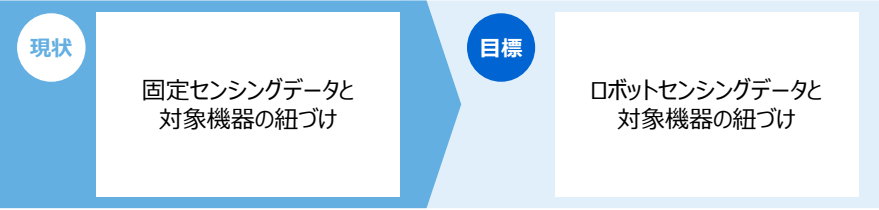


2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（参考資料）
個別技術提案内容詳細（KPIの目標達成に必要な解決方法の詳細）

② 洋上風車の健全性分析サービスの開発

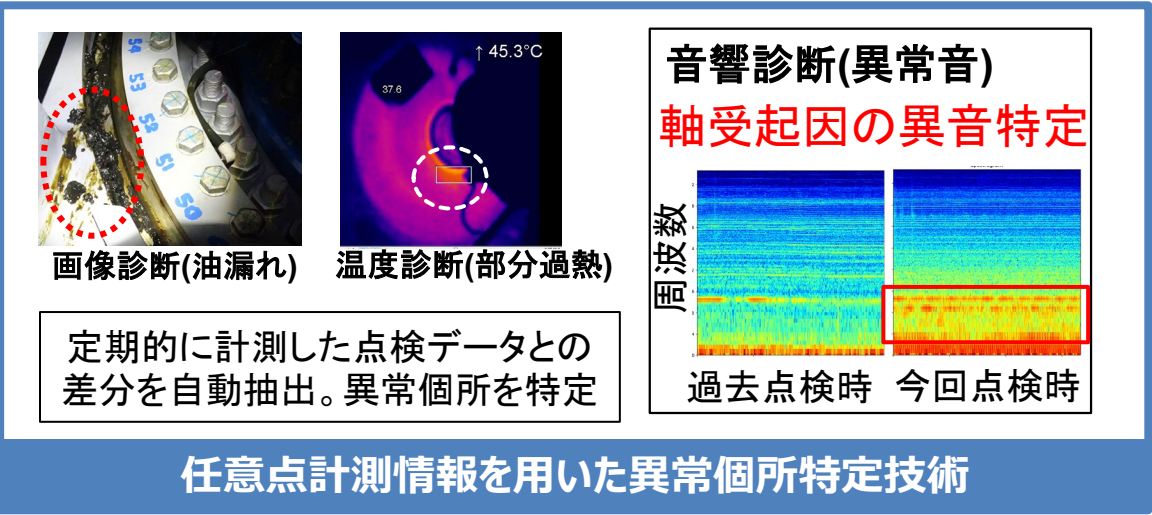
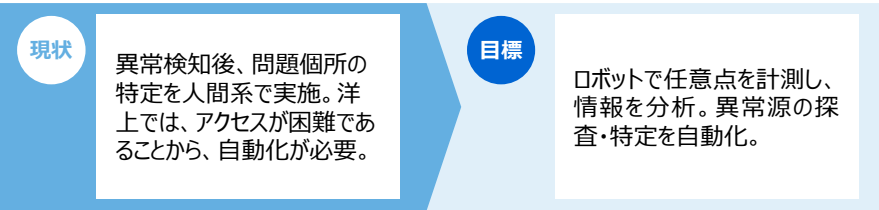
1. ロボットセンシングデータDB化技術

- ・ドローン、ロボットアームの位置情報(画像認識等)とセンシングデータを情報モデルで意味づけするデータベース構築技術を開発



2. ロボット計測情報による異常箇所特定技術

- ・非定点計測により、風車内での計測箇所を拡大。
- ・複数点での風車情報(画像、動画、音響)に基づく分析技術と、異常箇所の自動抽出を開発

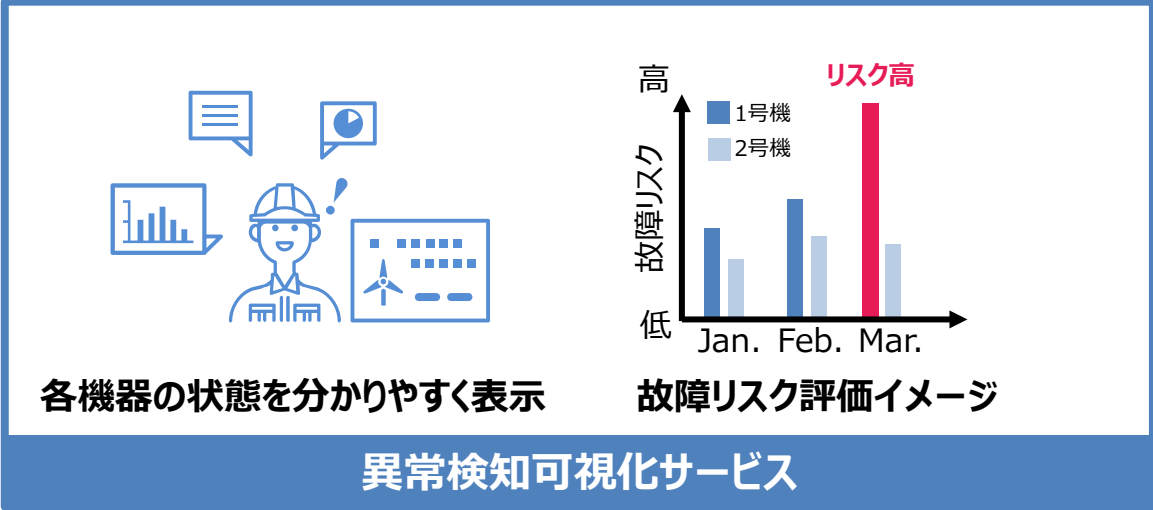


2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（参考資料）
個別技術提案内容詳細（KPIの目標達成に必要な解決方法の詳細）

② 洋上風車の健全性分析サービスの開発

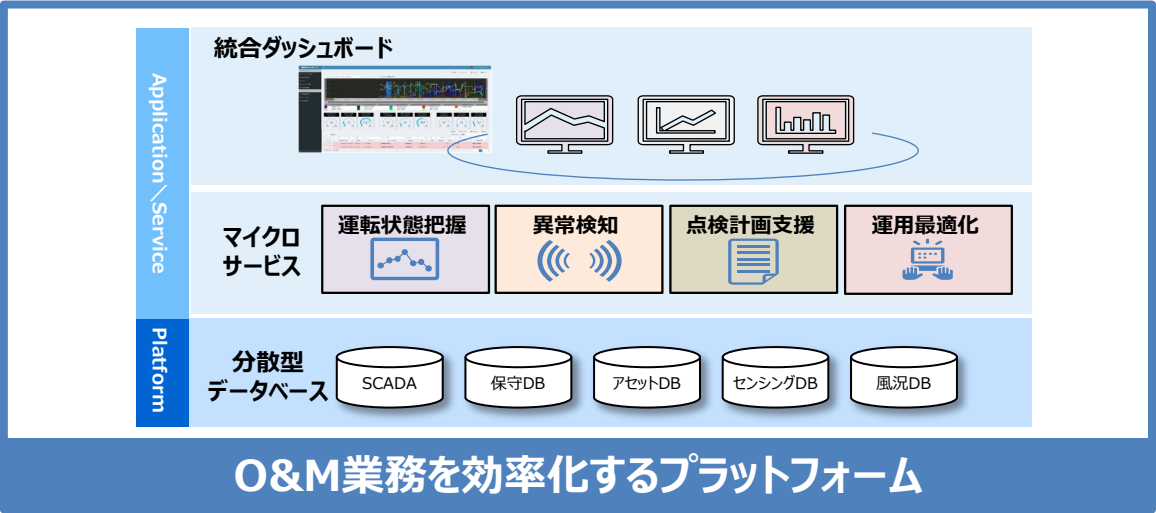
3. 分析データ可視化技術

- ・保守員が機器の状態変化を容易に判断可能な可視化サービスを開発



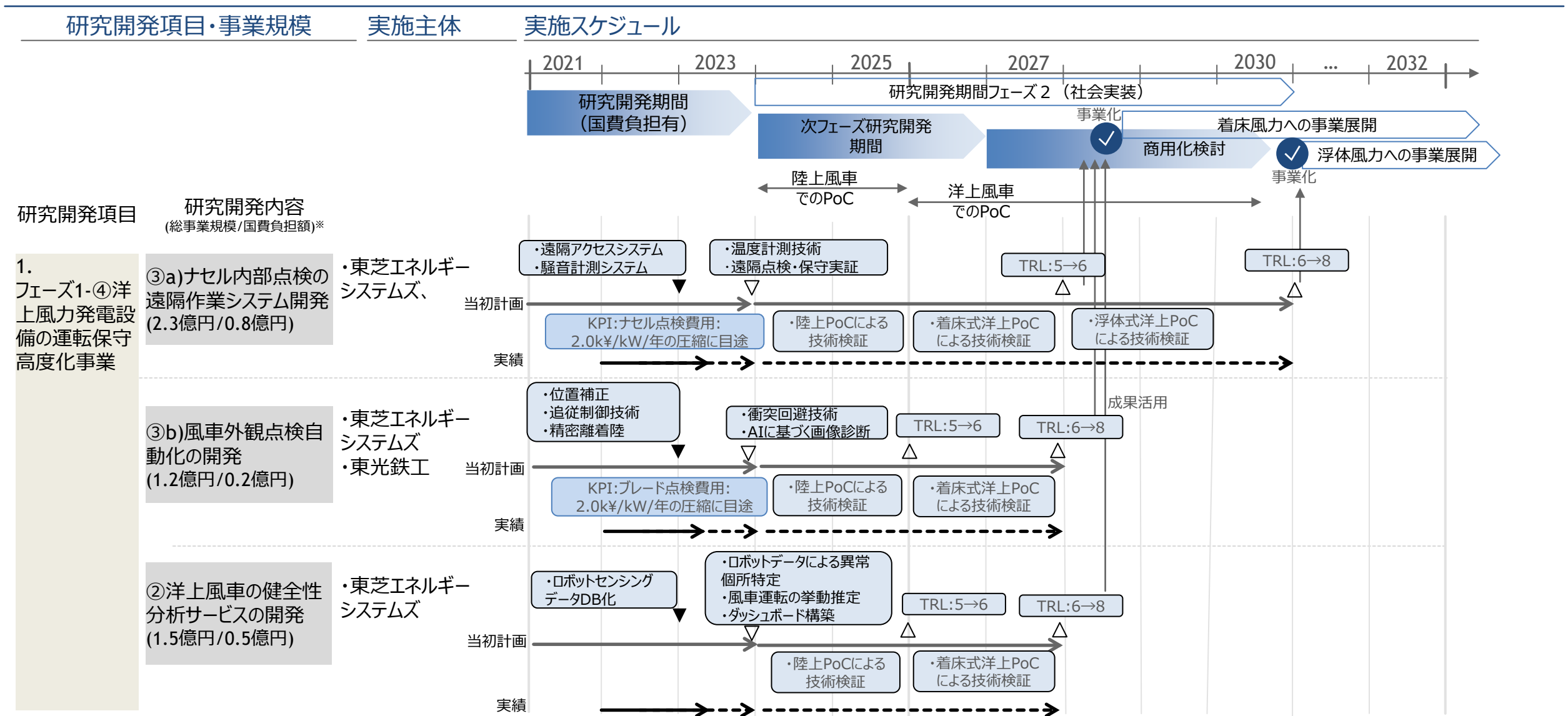
4. データ連携による各種サービス開発

- ・運転・保守データ、風況データ、センシングデータ（ロボット、ドローンでの取得データを含む）を連携し、O&M業務の効率化を図るサービスを開発



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、陸上、洋上でそれぞれPoCを実施。



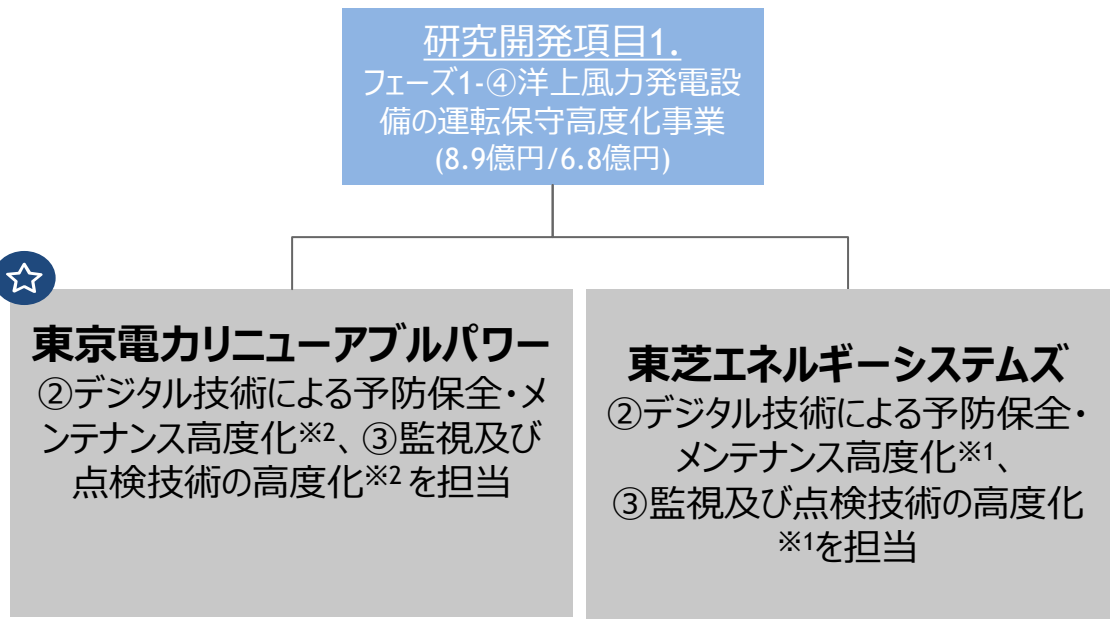
※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの補助金の額

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

- 研究開発項目4 全体の取りまとめは、東京電力RPが行う
- 東芝エネルギーシステムズは②デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化、③監視及び点検技術の高度化（風車およびタワー部分）を担当する
- 東京電力RPは③監視及び点検技術の高度化（浮体、係留索・アンカー及びグイミッケーブル）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)

- 東京電力RPを幹事とする研究運営会議の定期開催
- 必要に応じて知的財産権などを規定した覚書等を締結

提案者以外の他プロジェクト実施者等との連携

- 東京電力RPを幹事とする研究運営会議の定期開催
- 必要に応じて知的財産権などを規定した覚書等を締結

☆ 幹事企業

※1 風車およびタワー部分
※2 浮体、係留索・アンカー及びグイミッケーブル部分

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.フェーズ1-④洋上風力発電設備の運転保守高度化事業	③ 監視及び点検技術の高度化 a. ナセル内部点検の遠隔作業システム開発	<ul style="list-style-type: none">発電所点検の省力化技術<ul style="list-style-type: none">-発電所内自律走行技術（特開2021-155930）障害物回避技術、位置精度向上技術<ul style="list-style-type: none">-汎用多軸アームと動作経路の自動生成（東芝レビュー2009年1月）-原子炉内作業用ロボットマニピレータの自動動作設計手法（日本保全学会 2009年）-ロボットアーム操作システムおよびロボットアーム操作方法(特開2020-155930)	→ <ul style="list-style-type: none">原子力、火力等の発電プラント向けに開発した技術をトータルソリューションで提供するサービスは、競合の風車メーカー、専門メーカーに対しても優位民間のロボティクス技術がニッチな分野に入り込むリスクあり。
	③ 監視及び点検技術の高度化 b. 風車外観点検自動化の開発	<ul style="list-style-type: none">ドローン巡視点検技術<ul style="list-style-type: none">-巡視点検高度化を目指した移動プラットフォーム開発（日本保全学会学術講演会 2021年）-ブレード点検方法（特願B0002B21）画像診断技術<ul style="list-style-type: none">-相対位置推定を導入した異常画像検出手法（情報科学技術フォーラム 2021）	→ <ul style="list-style-type: none">風車設計、O&Mに知見を有する当社は、点検箇所、点検内容を細かく設定できることから、専門メーカーに対して優位。他風車メーカーは現時点で開発しているとの情報は無いものの、今後の動向は把握しづらい
	② デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 - 洋上風車の健全性分析サービスの開発	<ul style="list-style-type: none">エネルギーシステム向けIoTプラットフォーム（東芝レビュー2020年5月）再生可能エネルギーの導入を支えるO&M技術（東芝レビュー2019年1月）	→ <ul style="list-style-type: none">トータルソリューション提供が可能風車メーカーはインハウスで開発を進めており、開発の詳細が不明。

(*) 主要な技術を示す。

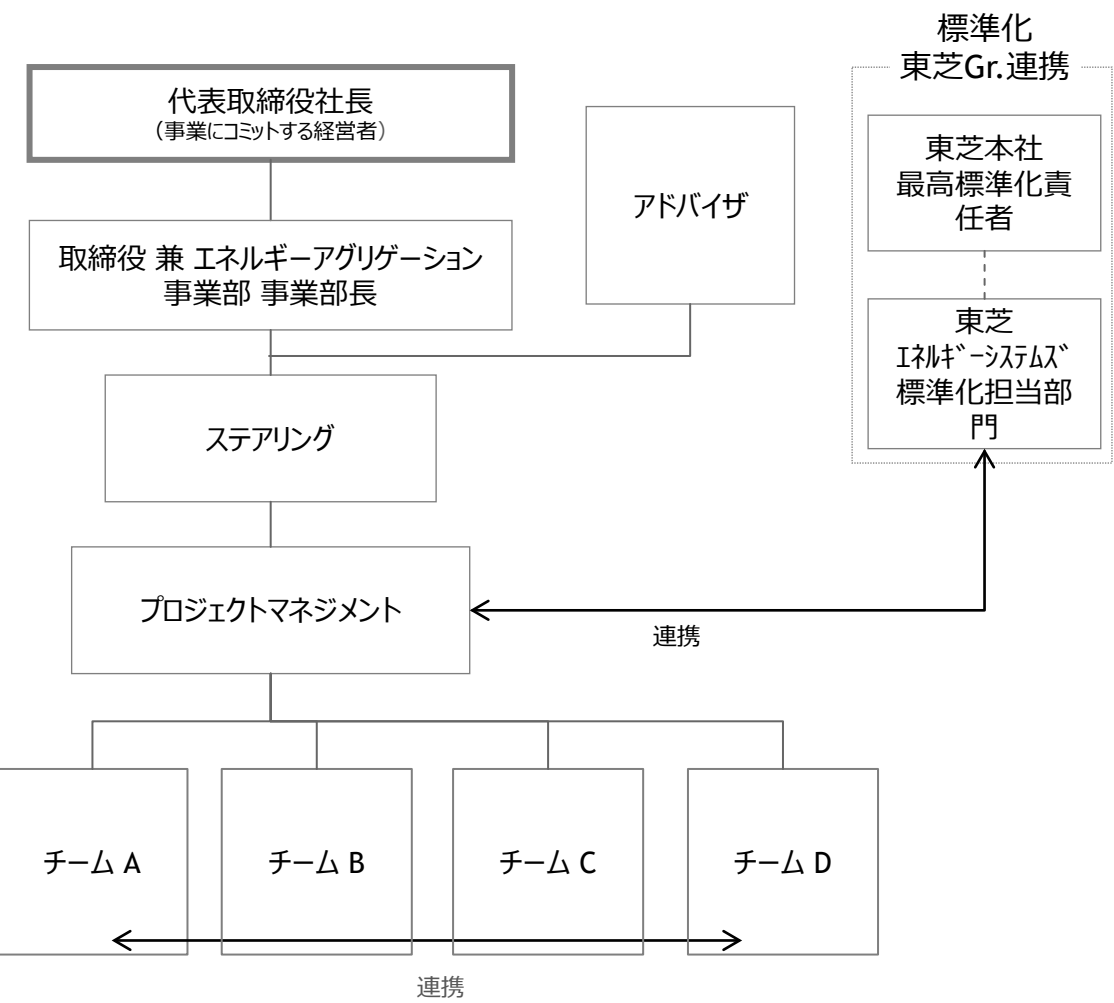
3. イノベーション推進体制

(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

- ステアリング
 - エネルギー・アグリゲーション事業部 洋上風力事業開発プロジェクトグループ シニアマネジャー：技術統括
 - エネルギーシステム技術開発センター 機械技術開発部 シニアマネジャー：研究開発統括
- アドバイザ
 - 技術アドバイザ（風力技術、デジタル技術）
 - 研究開発アドバイザ
- プロジェクトマネジメント
 - 洋上風力事業開発プロジェクトグループ エキスパート：研究開発責任者
 - 機械技術開発部：研究開発チーム取りまとめ
- 開発チーム
 - チーム A：ロボティクス技術を担当
 - チーム B：ドローン技術を担当
 - チーム C：IoTプラットフォーム開発を担当
 - チーム D：事業開発を担当
- 標準化担当
 - 東芝グループ内標準化と連携

部門間の連携方法

- ステアリング会議の実施（ステアリングメンバー間の連携）
- プロジェクト会議の実施（プロジェクトマネジメントメンバー間の連携）
- チーム会議の実施（チームメンバー間の連携）

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

経営者等による洋上風力事業への関与の方針

（1）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
 - 社長メッセージ
自社ウェブサイトには社長メッセージを掲載し、自社の目指す姿、方針を社内外に示し、また、洋上風力事業を含む再生可能エネルギー事業をカーボンニュートラルの実現に向けた重要事業として位置づけている。
<https://www.global.toshiba/jp/outline/energy/message.html>
 - ビジョンの策定
将来のエネルギーのあり方について、自社が目指す姿をビジョンとして策定し、自社のウェブサイトで公開している。
<https://www.global.toshiba/jp/outline/energy/vision.html>
 - 組織の再編
カーボンニュートラル関連事業に注力するため、風力、太陽光、水素の部門を再編統合し、2022年4月よりエネルギーアグリゲーション事業部を立ち上げた。
- 事業のモニタリング・管理
 - 進捗状況のフォロー
事業の進捗状況は、担当取締役（事業部長）が出席する月次事業会議の場で定期的にフォローされ、必要により、計画見直し等の意思決定、進め方・内容に対しての指示を行っている。なお、担当取締役（事業部長）は社長に報告を行う。
 - 株式会社東芝との連携
事業の進捗を判断するにあたり、親会社の株式会社東芝からの意見も取り入れる。また、株式会社東芝に対し、進捗状況を報告する。
 - 事業化の判断
目標コストへの到達度合、市場の成熟度合により、事業化の判断を行う。

（2）経営者等の評価・報酬への反映

- 業績評価
本プロジェクトの開発費について、財務評価の各項目で特殊要因項目として、考慮を行う仕組みが導入されており、本事業の進捗状況や成果が、事業部の業績評価に反映される。
- 本事業の位置づけ
洋上風力事業は当社の事業計画の中で重要な位置づけとなっており、事業の成果が担当取締役・担当管理職等の評価や報酬の一部（賞与）に反映される。

（3）事業の継続性確保の取組

- 事業の引き継ぎ
経営層が交代する場合は、担当管理職等から事業内容について確実に説明を行うことで、事業が継続し、意思決定に支障をきたすことのないように進める。
- 2022年4月の事業部長交代及び2022年6月の社長交代の際には担当管理職から事業内容について説明を行った。

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洋上風力事業を位置づけ、広く情報発信

（1）経営会議等での議論

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - カーボンニュートラルに向けた取り組み
洋上風力事業を含め、自社が提供するカーボンニュートラルに貢献する製品・サービスについて、全体像を自社ウェブサイトで公開している。
<https://www.global.toshiba/jp/company/energy/carbon-neutral.html>
- 経営戦略への位置づけ、研究開発計画の決議
 - 経営会議等の開催
本プロジェクトに代表されるような国家プロジェクトで、自社の事業戦略または事業計画に対し、重大な影響を及ぼす研究開発計画は、社長を決裁者としたレビュー会議で審議される。また、株式会社東芝の技術スタッフ部門主催による審査会も行われ、技術担当役員により、研究開発計画が審査される。
 - 決議内容の周知
研究開発計画のレビュー会、審査会の決議内容については、議事録が発行され、関係部門に周知される。
- 決議事項と事業戦略・事業計画の関係
 - 事業戦略・事業計画への反映
決議された研究開発計画に基づき、事業戦略・事業計画が策定される。
- コーポレートガバナンスとの関連付け
 - 洋上風力事業は当社の事業計画の中で重要な位置づけとなっており、事業の成果が担当取締役・担当管理職等の評価や報酬の一部（賞与）に反映される。

（2）ステークホルダーとの対話、情報開示

- 中長期的な企業価値向上に関する情報開示
 - 中期経営計画による情報開示
本プロジェクトを含む洋上風力事業に関わる事業戦略・事業計画は中期経営計画に反映され、経営方針説明会や統合報告書の開示を通じて内外に公開している。
<https://www.global.toshiba/jp/ir/corporate.html>
 - プレスリリースによる情報開示
本プロジェクトの採択を受け、自社のウェブサイトにて研究開発計画の概要等のプレスリリースを行い、対外的に公表している。
<https://www.global.toshiba/jp/news/energy/2022/01/news-20220121-02.html>
 - 展示会やカンファレンスなどを通じた情報発信
以下の展示会やカンファレンスなどを通じて、カーボンニュートラル事業戦略と本プロジェクトを含む洋上風力事業に関わる取り組みについて情報発信をしている。
 - 第13回 [国際]スマートグリッドEXPO春への出展に関する技術説明会 (2023.03.06)
 - Global Offshore Wind Summit Japan 2022 (2022.11.10)
 - 第10回 国際風力発電展 WIND EXPO2022 (2022.03.17)
 - マスメディアでの情報発信
洋上風力事業における自社の取り組み（社会的価値等）について、マスメディアを通じて、ステークホルダーや顧客を含む一般の方々に対し、幅広く分かりやすい情報発信を行っている。
（2022/08/31 日経産業新聞、東芝エネ、秋田沖など風力設備「25年度にも製造開始」）
- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
 - 決算説明会の開催
投資家や金融機関等のステークホルダーに対し、四半期毎に決算説明会を開催することで、洋上風力事業の将来の見通し・リスクを説明している。
 - 持続的な企業価値向上
自社で策定した「環境未来ビジョン2050」に基づき、持続可能な社会の実現に向けた施策を推進し、持続的な企業価値向上につなげている。この施策の活動状況について、洋上風力事業を含む再エネ供給製品・サービスにおける温室効果ガス排出量の削減に関する数値目標と実績を年次の統合報告書で開示している。

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、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

（1）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
 - 人材の確保
本プロジェクトを推進するため、自社研究所で当該技術領域を専門に担当している人員の確保を優先的に実施し、各技術領域で5～8人程度のチームを編成した。また、ドローン技術開発では、外注でも4名程度の人員の確保を行った。
 - 既存設備の活用
当社で保有する既存の設備（陸上風力向け設備等）を最大限に活用する。また、外注先でも同様に、既存の設備（ドローン向け設備等）の活用を行っている。
 - 国費負担以外での資金投入
社内の研究開発費を充当している。また、本プロジェクトの前後で独自の研究開発（本プロジェクト開始前の準備開発、及び本プロジェクト終了後の製品化開発）を実施する。
 - 資金投入の継続性
本プロジェクトの計画と予算は、応募前に社長決裁を取得し、資金投入の継続性について社内的合意を形成している。なお、本プロジェクトの応募については、株式会社東芝からも承認を得ており、本プロジェクトの運営がサポートされる。
 - 洋上風力事業は、当社の技術戦略の中で、長期的な成長領域に位置付けられており、引続き必要な経営資源が投入される。また、年次の統合報告書の中で、洋上風力事業の取組の一つとして本プロジェクトについて紹介し、メンテナンスの低コストに向けた技術開発の実施を継続していくことを示している。
- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性の確保
 - 開発体制や手法の見直し、追加的なリソース投入の準備・体制
ステアリングメンバーがプロジェクトのマネジメント状況のモニターを行い、必要に応じ、開発体制や手法の見直しを行う。また、プロジェクトマネジメントメンバーは研究開発リソースに関わる権限を委譲され、進捗状況に応じ、2022年5月、開発チームに8名の追加的なリソース投入を行った。
 - 外部リソースの活用
プロジェクトマネジメントメンバーは外部リソースに関わる権限も与えられ、ドローン技術開発に、外部リソースの活用を行った。

（2）組織横断体制の構築

- 組織横断体制の構築
 - 機動的な意思決定
自社の本社技術部、研究所より組織横断で人員を集結し、合同のプロジェクト体制を構築。本プロジェクトの運営に関する権限はプロジェクト体制内で全て完結しており、機動的な意思決定を可能とする。
 - 事業環境の変化への対応
組織横断のプロジェクト体制により、既存の組織体制や事業体制にとらわれず、年1回柔軟にビジネスモデルの検証と更新を実施しており、事業環境の変化への対応を可能とする。
- スタッフ部門のサポート
 - 社内規程、システムの整備
本プロジェクトの運営のサポートのため、必要により、スタッフ部門が社内規程、システムの追加、見直しを行う。
 - 進捗レポートの提出
本プロジェクトの進捗について、スタッフ部門に定期的にレポートを提出する。
- 人材の育成
 - 若手チームメンバーの起用
今後の中長期的な洋上風力事業の発展に寄与するため、自社研究所で当該技術領域を専門に担当している若手人材を積極的にチームメンバーに起用しており、プロジェクト活動の中で技術的育成を図っている。
 - 技術報告や論文提出の機会の活用
若手チームメンバーが、本プロジェクトの技術成果について、技術報告書や論文等の形で社内外に発信することを支援し、技術者としての能力向上を図っている。
 - 技術者倫理教育をe-learningにて全ての技術部門に対して定期的の実施しており、技術者倫理の維持向上を図っている。

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、事業収益性が大幅に想定を下回る場合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">目標とする機能・性能が確保できない。 → トールゲートを設定し、進捗を管理する。 → 代替方法の検討を行い、性能・機能の確保に努める想定より検討に時間がかかり、スケジュールが遅延する。 → トールゲートを設定し、進捗を管理する。 → その後のスケジュール圧縮方法を検討する。想定より検討に時間がかかり、工数が増大。 → 作業内容を見直す。	<ul style="list-style-type: none">本PJ終了時に目標とするコストに到達できない可能性が予見される。 → 物売りとはせず、サービス提供とすることで、ハードウェアのコスト増を薄める。浮体風力の事業化スケジュールが大きく遅延する。 → 浮体での実証は開発スケジュールをスライドすることとし、着床風車向けの実装を優先。洋上風力の事業化スケジュールが大きく遅延する。 → 陸上風車向けの実装を進める。コロナ禍等の状況により、使用する半導体の入手が遅延する。 → 使用する半導体は少量であり、影響は限定的ではあるが、機体メーカーと早期の調整を行い、調達リスクを低減する。	<ul style="list-style-type: none">極端な暴風が生じ、ドローン飛行機会が減少する。 → 耐風性能の高いドローンを採用する。



- 事業中止の判断基準：2023年本研究終了時点で、研究によるコスト低減目標が不可能であると客観的視点で明らかな場合。