

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
浮体式風車ブレードの革新的点検技術の開発

実施者名：関西電力株式会社（幹事会社） 代表名：取締役代表執行役副社長 稲田浩二

共同実施者：関電プラント株式会社

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
- (2) 出典

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

関西電力（幹事会社）

関西電力が実施する研究開発の内容

- 全体統括、各研究開発要素の統合
- 浮体式への対応ロジックの構築
- 打音検査機構の開発
- 実証試験

等を担当

関西電力の社会実装に向けた取組内容

- 発電事業者として風力O&M事業者や風車メーカーとの協業体制の構築
- 他発電事業者への営業・提案活動
- サービス提供に係る人材確保（発電所サイト周辺の雇用創出）
- 上記人材の技能育成（計画立案・実施）

等を担当

共同研究開発

関電プラント

関電プラントが実施する研究開発の内容

- 浮体式対応システムの構築
- ユーザーインターフェース（UI）
- 無人航空機（UAV）の制御支援機能の開発
- ダウンコンダクター接点用器具の開発
- 無人航空機（UAV）の改良、ドローンガードの開発

等を担当

関電プラントの社会実装に向けた取組内容

- 発電事業者や風車メーカーへの営業・提案活動
- サービス提供に係る無人航空機（UAV）等資機材の確保（調達）
- サービス提供に係る設備構築（管理所建物、管理システム設置）

等を担当

風力発電の安定的な運用を行い、設備利用率の向上、発電コストの低減を行うため適切な維持管理の実現

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画／（１）産業構造変化に対する認識

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、洋上風力産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)

- 地球温暖化防止に向けたカーボンニュートラルの推進

(經濟面)

- 他電源に比べ高FIT価格という洋上風力発電事業者のインセンティブ、グリーンボンドの普及拡大、ESG投資の推進による市場活性化

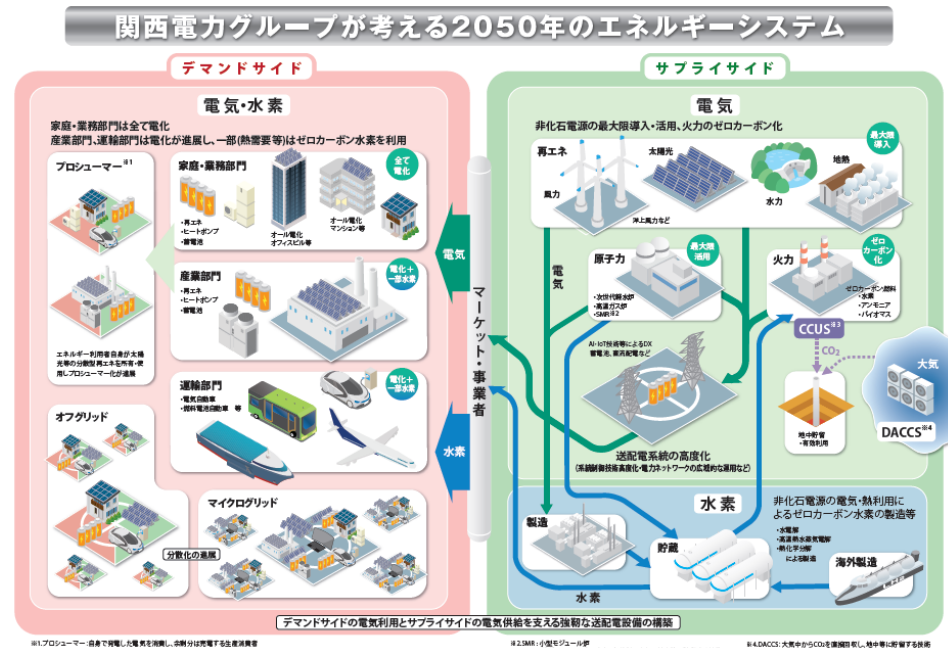
(政策面)

- 2050年カーボンニュートラル実現に向け、特に洋上風力発電は再生可能エネルギーの主力電源化
- 洋上風力発電事業促進施策としての日本版セントラル方式導入
- グリーン成長戦略等により、日本における洋上風力の導入拡大と産業競争力強化の達成のため、競争力のある強靱な国内サプライチェーンを構築

(技術面)

- コストの35%を占めるメンテナンスの高度化は世界的課題
- 台風・落雷・うねりなど日本・アジア特有の事象に対応した運転保守技術開発へのニーズ

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



関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」より抜粋*1

- 市場機会：
 - ・ 2050年カーボンニュートラル実現に向け、主力電源化に向けた切り札。（グリーン成長戦略において、2040年までに3000万～4500万kWの案件を形成として記載。）
 - ・ 浮体式を中心とした洋上風力発電の早期のコスト低減を行い、導入拡大を図る。
 - ・ 2022年12月現在、本研究開発を事業化する2023～2024年までに運転開始予定の洋上風力発電事業は僅かである。また、昨年度に事業者が決定した新規の洋上風力発電事業も、運転開始が2028年度以降の計画であることが明らかになったことを受け、本事業化後の早期の洋上風力発電導入量は当初想定よりも落ち込む見込み。
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：
 - ・ 大量導入可能な洋上風力発電は、経済波及効果が期待。

- 当該変化に対する経営ビジョン：
 - ・ 関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」*1
 - サプライサイドのゼロカーボン化：非化石電源（洋上風力など）は技術開発、革新、運用の高度化等により最大限導入・活用
 - ・ 関西電力グループ中期経営計画（2021-2025）*2
 - EX（Energy Transformation）：
「ゼロカーボンビジョン2050」の実現に向けた取り組み
 - VX（Value Transformation）：
多様化するお客さまニーズに寄り添い新たな価値を提供
- 4

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

洋上風力のO&M分野のうち、風車ブレードを中心とした維持管理をターゲットとして想定

セグメント分析

- 関西電力グループは、「ゼロカーボンビジョン2050」*1に示すように、国内外での洋上風力発電の最大限導入・活用に取り組み、国際的なゼロカーボン化にも貢献することとしている。
- 洋上風力サプライチェーンのうち、コスト構造の占める割合の高いO&M分野を対象とし、そのうち、風車ブレードの維持管理をターゲットとする。
- 風車ブレードの維持管理では、落雷等発生後の風車ブレードの臨時点検や定期点検におけるダウンタイムが課題となっており、ダウンタイムの低減化および維持管理の省コスト化に注力し、洋上風力の発電電力量の増加に貢献する。

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 概要：風車ブレード等の維持管理に無人航空機（UAV）を用いることで、風力発電のダウンタイムの低減化およびO&Mの省コスト化できる点検サービスの提供
- 想定市場：洋上風力発電のO&Mのうち、風車ブレードを中心とした点検市場をターゲットとする。浮体式の外観点検（ブレード・ナセル・タワー）、ダウンコンダクター導通試験および打音検査を含む風車設備の点検において、無人航空機（UAV）を用いた技術により、点検作業の省コスト化およびダウンタイム低減により、洋上風力の発電電力量の増加および発電単価（円/kWh）低減貢献が可能。（なお、無人航空機（UAV）を用いたダウンコンダクター導通試験および打音検査については、陸上風力発電設備に対しても適用が可能。）
- 目標とするシェア：約25%
- 事業化予定時期：2023年度以降

風力発電市場のセグメンテーション

設備・構成要素	ナセル	発電機、制御システム等	風車の設置	ナセルの維持管理	風車の撤去
	電力変換器	電力変換器等		電力変換器の維持管理	
	ブレード	避雷針、構造用複合材料等		ブレードの維持管理	
	タワー	タワー鋼材、ボルト、フランジ等	基礎設置	タワーの維持管理	基礎の撤去
	基礎	基礎鋼材等		基礎の維持管理	
	ケーブル	海底ケーブル、陸上ケーブル等		海底ケーブルの維持管理等	
	変電所	洋上変電所およびその基礎、陸上変電所等	洋上変電所の設置等	洋上変電所の維持管理	洋上変電所の撤去
	調査開発	風車・基礎製造電気系統	設置	O&M	撤去

洋上風力サプライチェーン

需要家	主なプレーヤー	サービス利用頻度 (1年)	課題	想定ニーズ
風力発電業	洋上風力発電事業者	・臨時点検時 (落雷等発生都度) ・定期巡視、定期点検時 (保安規程による頻度)	・点検時は、海上の気象条件に左右され、悪天候の場合は即座の点検ができずダウンタイムが募り、発電電力量が減る。	・海上の気象条件にさほど左右されない点検技術により、ダウンタイムの低減ができると、発電電力量が増える。
風車製造業、風車O&M業、風力発電業	風車メーカー、風力O&M事業者、洋上風力発電事業者		・ロープワーク等の高所作業に伴う職人、資機材の確保、安全対策等により点検コストが高い。 ・ロープワークを行える職人の数が少なく、確保が困難。	・風車ブレードの点検の実施にあたり、ロープワーク等の高所作業以外の方法があると、点検コストの費用をおさえることができる。

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

無人航空機（UAV）を用いた洋上風力発電設備O&Mサービスを提供する事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値	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
浮体式風車設備の点検において、無人航空機（UAV）を利用することで、ダウンタイムが低減でき発電電力量の増加が可能となる点検サービスの提供： 浮体式風車設備の点検において、海上の気象条件に影響を受けにくい無人航空機（UAV）を用いた点検方法により、ダウンタイムの低減による発電電力量の増加に貢献する。 ➤ 従来手法であるロープワーク等の高所作業を伴う点検から、無人航空機（UAV）を利用することで点検コストの低減、安全性向上が期待できる点検方法の提供： 現在ロープワーカーが実施している風車ブレードの外観点検、ダウンコンダクター導通試験および打音検査について、無人航空機（UAV）を用いた技術を確立することで、点検コストの低減、作業安全性向上に貢献する。	サービス：無人航空機（UAV）を用いた洋上風力発電設備の点検 収益化の方法 浮体式風力発電における、無人航空機（UAV）を用いた外観点検、ダウンコンダクター導通試験および打音検査の技術を風力発電事業者や風力O&M事業者へ提供。 当該ビジネスモデルに必要な研究開発項目 ・ 浮体式風力発電設備を対象とした外観点検用無人航空機（UAV）等の開発 ・ 無人航空機（UAV）を用いたダウンコンダクター導通試験技術の開発 ・ 無人航空機（UAV）を用いた打音検査技術の開発 取引先を含めたサプライチェーン全体への波及効果 ・ 本点検技術は、風力発電設備を所有する発電事業者には、<u>発電電力量の増加とO&M費用の低減への効果が見込める</u>。また、<u>ダウンコンダクター導通試験技術や打音検査技術は、陸上風力発電にも活用できる可能性がある</u>ことから、風力発電の更なる拡大に寄与できる。 ・ 本点検技術により有人による高所作業がなくなることとなり、<u>風力O&M事業者は、低価格の点検サービスを提供可能となると同時に高所作業を削減できるため作業員の安全を確保することも可能となる</u>。 ・ 浮体式洋上風力に対して本点検を適用するには、ナセル上へのアンテナ設置が必要となる。<u>本点検技術が浮体式洋上風車点検業界に展開されると、風車メーカーによるアンテナ需要が増加する</u>。 ・ 本点検技術により無人航空機（UAV）の更なる活用機会を増やすことができ、製作メーカーの受注機会が増えることが見込める。 ・ 本事業において速やかに技術開発することで、<u>国産技術でもって日本国内特有の課題を解決し、国内洋上風力事業の拡大に寄与する</u>。 ・ 日本において、サプライチェーン全体に効果をもたらすことが判明した際には、それらをパッケージとした<u>海外展開も可能である</u>。

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）

標準化により、風力発電設備点検における無人航空機（UAV）活用の導入を促進

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- 浮体式風車設備の点検では、UAVを利用することで、ダウンタイムが低減でき発電電力量の増加が可能となる点検サービスが提供できる。
- また、従来手法であるロープワーク等の高所作業を伴う点検と比べ、UAVを利用することで点検コストの低減、安全性向上が期待できる点検方法の提供が可能となる。
- 本事業における技術開発や実証試験を通じて、風力発電設備点検におけるUAV活用の上記優位性（利点）を明らかにし、標準に反映することで、UAV活用の導入を促進し、本事業の早期のサービス展開につなげていく。
- なお、この標準化戦略に加えて、コアとなる技術の特許で保護する知財戦略との両立により、目標とするシェアの確保を目指す。

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）

- 風力発電設備の維持管理に関する規格として、JWPA自主指針「風力発電設備 ブレード点検および補修ガイドライン（以下、ガイドライン）」が2021年3月に制定された。
- ガイドラインにはUAV等を用いた近接の点検方法の記載があるものの、外観点検方法の1つとして例示されているのみであり、UAV活用の優位性（利点）に関する記載はない。
- 海上のUAV飛行は、港則法等に則る必要がある。

（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）

- 火力発電設備である煙突の点検マニュアルに、UAVを用いた点検方法を反映する等の標準化に関する取組みを行っている。
- 特許出願を担当する研究開発室と連携して、開発した新技術に関して特許を取得し、競合他社への優位性の確保に取り組んでいる。

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

- ガイドラインへ、風力発電設備点検におけるUAV活用の優位性（利点）を反映する。
- 例）浮体式風車設備の点検では、船舶と比べて、海上の気象条件に影響を受けにくいUAVを用いた速やかな点検技術により、ダウンタイムの低減による発電電力量の増加が期待できる。
- 例）現在ロープワークが主流となっている風車ブレードの外観点検、ダウンコンダクター導通試験および打音検査では、UAVを用いた点検技術により、点検コストの低減、作業安全性向上が期待できる。

知財戦略

- 浮体式風力発電の遊転等に対応した外観点検技術およびダウンコンダクター導通試験方法に対する点検手法の特許を出願済みであり、これにより競合他社の模倣サービスによる参入を阻止できる。

1. 事業戦略・事業計画／（４）経営資源・ポジショニング

長年発電事業者として発電設備の保守運用を行ってきた強みを活かして、社会顧客に対して高付加価値な点検サービスの提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- ・ 開発する技術の提供により、風力発電のダウンタイムの低減およびO&M費用の省コスト化に貢献する。
- ・ 設備利用率の改善に伴い、発電可能となる電力量の増加により、サービスを導入する設備所の利益に貢献し、ひいては日本全体の再生可能エネルギー発電電力量増加に貢献する。
- ・ 無人航空機（UAV）の更なるビジネス展開へ貢献する。



自社の強み

- ・ 多種多様な発電設備に対して保守運用をしており、O&Mに関するノウハウをグループワイドで多数所有している。
- ・ 水力、火力発電設備および着床式風力発電の風車ブレードの外観点検を無人航空機（UAV）にて遠隔に実施できるノウハウを所有。
- ・ 浮体式風力発電の遊転等に対応した外観点検技術及びダウンコンダクター導通試験方法に対する点検手法の特許を出願済。（特許出願番号：特願2021-003396、特願2021-091575、特願2021-149473）

自社の弱み及び対応

- ・ 点検業務を実際に行わないので、実機メンテナンス技術に関するノウハウに欠ける。
- ・ 上記への対応としては、コンソーシアムの組成、グループ会社のノウハウにより補う。

競合との比較

	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) ・ 各発電設備に対するO&Mノウハウを所有 ・ 水力、火力等において、無人航空機（UAV）を利用した点検ノウハウを所有	(現在) ・ 自社 ・ 他の水力事業者、火力事業者	(現在) ・ 発電事業者 ・ 水力および火力発電設備に対する点検システムおよびオペレータ	(現在) ・ 水力、火力等の設備点検に対応した無人航空機（UAV）
	(将来) ・ 各発電設備に対するO&Mノウハウを所有 ・ 水力、火力、<u>洋上風力</u>において、無人航空機（UAV）を利用した点検ノウハウを所有	(将来) ・ 自社 ・ 他の水力事業者、火力事業者、<u>風力事業者</u> ・ <u>風車メーカー</u>	(将来) ・ 発電事業者 ・ 水力、火力、<u>洋上風力</u>発電設備に対する点検システムおよびオペレータ	(将来) ・ 水力、火力、<u>洋上風力</u>の設備点検に対応した無人航空機（UAV） ・ <u>DX技術を点検技術に応用できる人材</u>
他発電事業者	・ 各発電設備に対するO&Mノウハウを所有	・ 自社 ・ 他の発電事業者	・ 発電事業者 ・ 各発電設備に対する点検システムおよびオペレータ	—
風力O&M事業者	・ ロープワーク技術 ・ 陸上風車で実績を積み点検ノウハウを保有	・ 陸上・着床式風力発電事業者	・ 風力発電設備に対する点検システムおよびオペレータ	・ 点検技能を有した人材

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

3年間の研究開発の後、2023年頃の事業化、2030年頃の投資回収を想定

投資計画

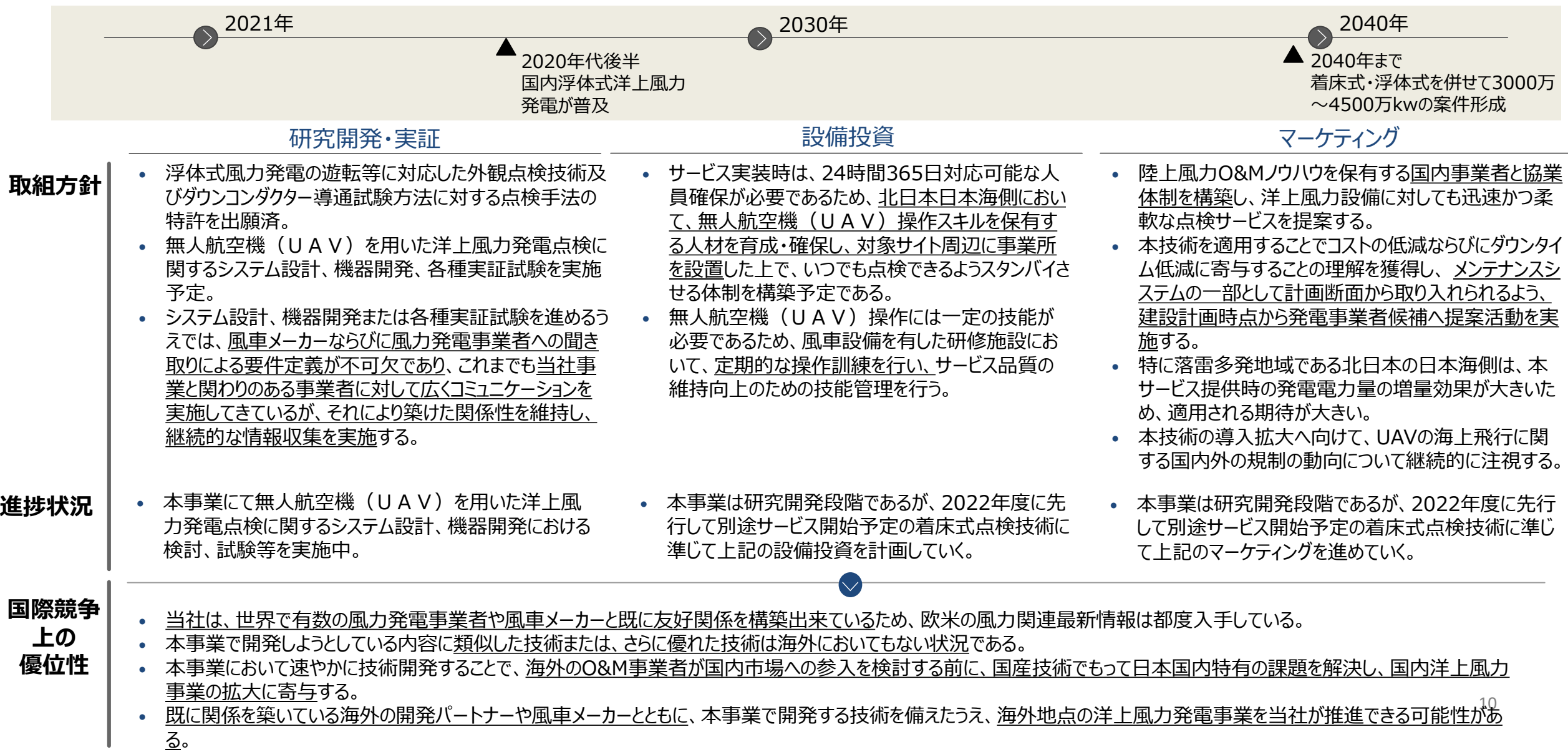
- ✓ 2024年度の研究開発終了と同時に浮体式洋上風力発電設備に対して事業化を目指す。
- ✓ 日本国内市場でのシェアを徐々に拡大し、2030年に投資回収できる見込み。

研究開発 → 事業化 (着床式)※2 事業化 (浮体式) 投資回収													計画の考え方・取組スケジュール等
2021 N0年度	2022 N1年度	2023 N2年度	2024 N3年度	2025 N4年度	2026 N5年度	2027 N6年度	2028 N7年度	2029 N8年度	2030 N9年度	2031 N10年度	2032 N11年度		
売上高 (億円)	-	-	2023年度より先行して着床式、2024年度より浮体式への事業を展開し、国内におけるシェアを徐々に拡大し2030年の投資回収を想定									・2023年から開発する技術でのサービスを開始。	
原価 (億円)	-	-										・グループでの販売を想定。	
研究開発費 (億円)	-	2.1億円※1											
取組の段階	研究開発の開始	→ 事業化								投資回収			
CO ₂ 削減効果(万t)	-	-	約10万トン									ダウンタイム低減分のCO ₂ 削減効果	

※1：コンソーシアムでの総額を記載
※2：研究開発は、浮体式洋上風力発電設備に向けた点検技術であるが、先行して着床式に活用が可能。

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



1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、2.5億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

- 2022年から2024年までの資金需要については、本応募に係る研究開発投資を想定。
- 2025年以降の毎年資金需要については、洋上風力市場の拡大を前提として、本事業に必要となる点検無人航空機（UAV）の購入にかかる設備投資を想定。

	2022 N1年度	2023 N2年度	2024 N3年度	2025 N4年度	2026 N5年度	2027 N6年度	2028 N7年度	2029 N8年度	2030 N9年度	2031 N10年度	2032 N11年度
事業全体の資金需要	2.1億円+設備投資費			本事業に必要となる無人航空機（UAV）購入にかかる設備投資費							
うち研究開発投資	2.1億円										
国費負担 （委託又は補助）	1.4億円										
自己負担	0.7億円+設備投資費										

※コンソーシアムでの総額を記載

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

浮体式洋上風力発電における無人航空機（UAV）を用いた点検技術の確立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	アウトプット目標	
無人航空機（UAV）を用いた風力発電設備点検システムの開発	2023年度末までに浮体式洋上風力発電における無人航空機（UAV）を用いた点検技術の確立し、発電事業者、O&M事業者などが実施している点検に活用していく。	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方
1 浮体式風力発電設備 外観点検用無人航空機 （UAV）等の開発	【開発段階】 開発に伴う検証項目に対する目標値の達成 【実証段階】 開発段階で設定した目標値の達成 - 風車の挙動を予測でき、UAVが追従し、設備画像を取得できること。 - UAV飛行異常時には、UIまたは制御機能により風車設備に接触することなく手動操作に切り替えができること。	浮体式洋上発電設備特有の挙動に追従した無人航空機（UAV）の飛行実現に向け、浮体式風車設備の挙動の予測精度、UAVと浮体式風車への追従性を確認する。
2 ダウンコンダクター導通 試験用無人航空機 （UAV）の開発	【開発段階】 開発に伴う検証項目に対する目標値の達成 【実証段階】 開発段階で設定した目標値の達成 レセプターを洗浄し、ブレードを損傷させることなく導通試験ができること。	1基当たりのUAVによるダウンコンダクター導通試験成功回数を確認する。
3 打音検査用無人航空機 （UAV）の開発	【開発段階】 開発に伴う検証項目に対する目標値の達成 【実証段階】 開発段階で設定した目標値の達成 - 打音検査中に飛行安定性を確保できること。 - ロープワーカーが実施する打音検査結果同等の品質が得られること。	UAVによる風車設備打音検査での設備異常見逃し率を確認する。

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
1	浮体式風力発電設備外観点検用無人航空機（UAV）等の開発	TRL4相当 既に当該技術に関連する特許を出願済みだが、実証は未実施。	TRL9相当 1年間季節の変化に関わらず風車の挙動を把握、追尾可能であることを実証にて確認	- 実機による実証試験の実施 1年間を通して、浮体式風車が波や風の影響により3次元的に動く挙動を把握し、風車の挙動を予測でき、追従できることを実証する。	必要技術は - 浮体設備挙動把握システム [特許は出願済] - 浮体設備挙動追従システム [特許は出願済] - 管理用ユーザーインターフェイス [関連技術開発中]
2	ダウンコンダクター導通試験用無人航空機（UAV）の開発	TRL4相当 既に当該技術に関連する特許を出願済みだが、実証は未実施。	TRL9相当 レセプターの汚れを除去して、ダウンコンダクター導通試験を実施できることを実証にて確認	- 実機による実証試験の実施 - レセプターの汚れを除去してダウンコンダクターの導通試験を、無人航空機（UAV）を用いて、できることを実証する。	必要技術は - レセプター洗浄器 [関連技術は存在] - レセプター接点器具 [特許は出願済] - ドローンガード [基本技術は存在] - ケーブル探索機 [特許は出願済]
3	打音検査用無人航空機（UAV）の開発	TRL6相当 コンクリートを対象とした打音検査用無人航空機（UAV）は開発済だが、風車ブレード用は未開発。	TRL9相当 打音検査用無人航空機（UAV）でロープワーカーが実施する品質同等の打音検査ができることを確認。	- 実証試験の実施 - ロープワーカーが実施する打音検査と同等の試験結果を、打音検査用無人航空機（UAV）から得られることを実証する。	必要技術は - 打音機器 [関連技術は存在] - 飛行安定性確保のための設計 [関連技術は存在] - 打音収録及び打音分析装置 [関連技術は存在]

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
1 浮体式風力発電設備外観点検用無人航空機（UAV）等の開発	浮体式風力発電設備の揺動に追従できるUAV（試作機）の開発 a. 挙動推定追従システムの開発 b. UAVの選定およびシステムの搭載	a. 挙動推定追従システムの要求性能の定義へ向け、関連する技術を有する大学や企業へヒアリングを実施した。それら情報収集結果をベースに、挙動推定追従システムの想定アルゴリズムを整理した。 b. 開発する挙動推定追従システムに対応したUAVの候補機体を選定した。	△ 想定アルゴリズムを整理中の段階であり、今後、挙動推定追従が実現可能なものとする必要がある。なお、UAVの候補機体の選定は順調に進んでいる。
2 ダウンコンダクター導通試験用無人航空機（UAV）の開発	ダウンコンダクター導通試験用UAV（試作機）の開発 a. ケーブル探索機のパフォーマンス検証 b. UAVの選定および機器の搭載 c. レセプター洗浄機構の開発	a. リード線を介さない無線によるケーブル探索機を用いた、新たなダウンコンダクター導通試験方法を検討した。また、模擬ブレードに対してケーブル探索機による導通試験を実施し、その性能を検証した。 b. ダウンコンダクター導通試験用UAVの候補機体を選定した。また、画像解析により自動でレセプターへの接点制御を可能にする点検用アームを採用し、その性能を検証する試験を行った。 c. 新たな導通試験方法においてレセプター洗浄が必要か改めて検討中である。	○ ケーブル探索機の選定と性能検証、UAV候補機体の選定、機器搭載の検討が順調に進んでいる。
3 打音検査用無人航空機（UAV）の開発	打音検査機器を搭載したUAV（試作機）の開発 a. 打音機器の適用性検証と改良 b. UAVの選定および機器の搭載	a. コンクリートを対象とした製品を用いて、風車ブレード用の打音機器を製作した。 b. 打音機器を搭載するUAVの候補機体を選定した。また、ブレードを損傷させることなく打音機器を接触させるとともに、UAVが安定飛行を保持できる搭載機器の機構を検討中である。	○ 打音機器の製作、UAV候補機体の選定、機器搭載の検討が順調に進んでいる。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

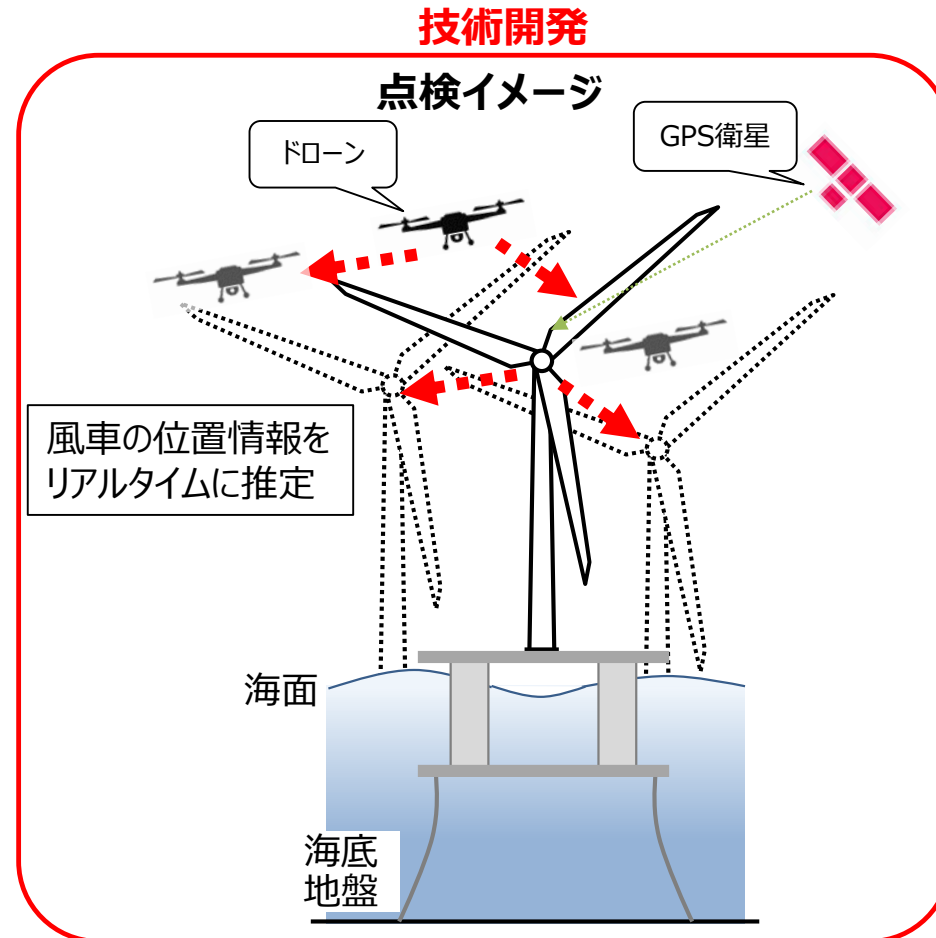
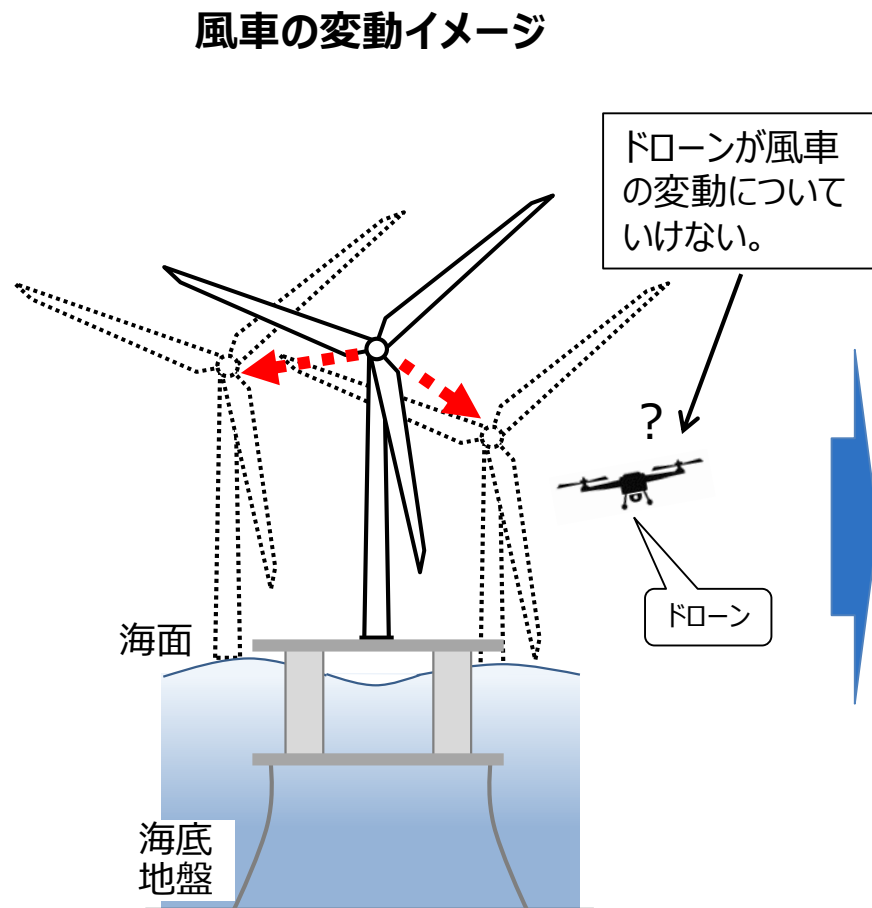
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 浮体式風力発電設備外観点検用無人航空機（UAV）等の開発	浮体式風力発電設備の揺動に追従できるUAV（試作機）の開発 a. 挙動推定追従システムの開発 b. UAVの選定およびシステムの搭載	a. 挙動推定追従が実現可能なアルゴリズムの構築、システム開発 b. 開発する挙動推定追従システムに対応したUAVの選定 ・UAVへの挙動推定追従システムの搭載等の検討 ・容易に操作可能なUIの開発	a. 関連技術を有する企業へのヒアリング、また必要に応じた協業体制の構築により解決できる見込み b. UAVメーカー等との連携により解決できる見込み
2 ダウンコンダクター導通試験用無人航空機（UAV）の開発	ダウンコンダクター導通試験用UAV（試作機）の開発 a. ケーブル探索機の性能検証 b. UAVの選定および機器の搭載 c. レセプター洗浄機構の開発	a. リード線を介さない無線によるケーブル探索機の詳細な性能検証 ・新たなダウンコンダクター導通試験方法の確立 b. UAVの選定 ・UAVへのケーブル探索機、点検用アームの搭載方法の検討、動作検証 c. レセプター洗浄の必要性和技術課題について改めて検討中	a. 模擬ブレードでの導通試験等により解決できる見込み b. UAVメーカー等との連携により解決できる見込み
3 打音検査用無人航空機（UAV）の開発	打音検査機器を搭載したUAV（試作機）の開発 a. 打音機器の適用性検証と改良 b. UAVの選定および機器の搭載	a. 製作した打音機器のFRP製ブレードでの適用性検証と改良 b. UAVの選定 ・UAVへの打音機器の搭載方法の検討、動作検証 ・打音検査時のUAV機体位置の保持技術の開発	a. 打音機器の打撃力の調整により解決できる見込み b. UAVメーカー等との連携およびレーザ測距技術や、画像認識技術の適用により解決できる見込み

<参考資料> 研究開発内容①：浮体式風力発電設備外観点検用無人航空機（U A V）等の開発

課題：浮体式洋上風力発電設備は海底地盤に固定されていないため、波浪や風況により、風車全体が変動する。このため、ドローンで点検を行う場合には、風車の位置情報等を正確に把握する必要がある。

解決方法：**GPS等を活用し、風車のリアルタイムな位置情報等を推定することで、ドローンによる浮体式洋上風力発電設備の外観点検を実現させる。**



<参考資料> 研究開発内容②：ダウンコンダクター導通試験用無人航空機（UAV）の開発

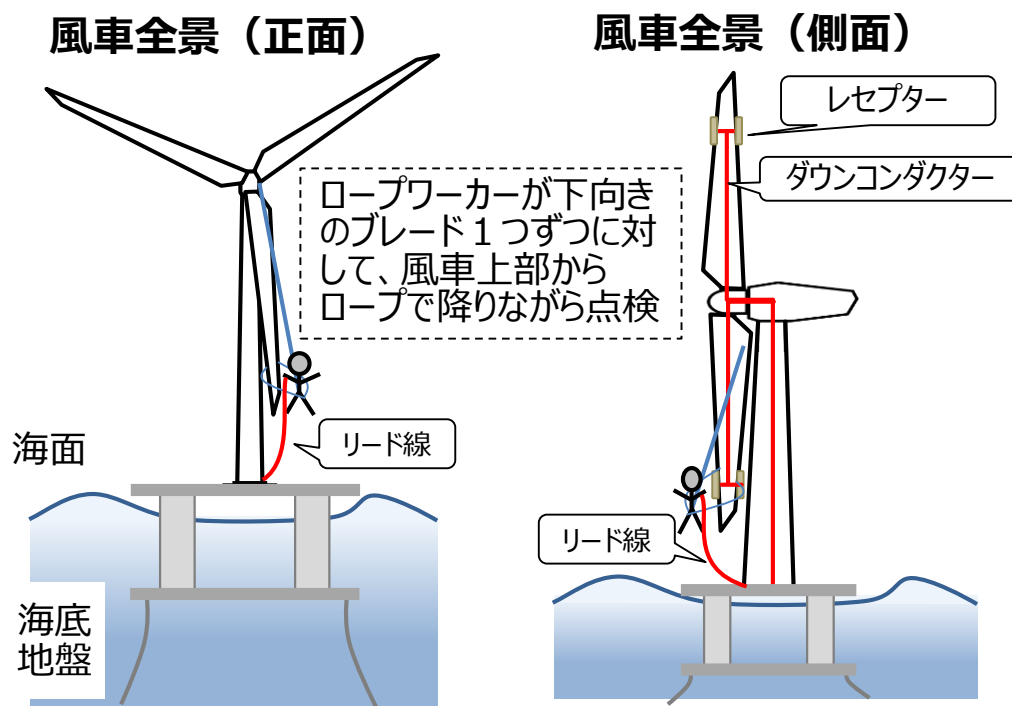
課題：風車のレセプター部※¹ダウンコンダクター※²導通試験は、従来のロープワークによる方法では、試験のたびに各ブレードを下向きに回転させる必要がある。このため、点検期間が長期化し、設備停止期間（ダウンタイム）が長くなる傾向がある。

また、ロープワークは墜落災害の危険性があるため、特に沖合に設置される浮体式洋上風力発電設備では、波風の影響でロープワークが実施できない期間が長くなる。

解決方法：**ダウンコンダクター接点用器具を搭載することで、ドローンによる導通試験を実現させる。**
これにより、試験のたびにブレードの回転をなくし、迅速かつ確実な試験を行うことで、**設備停止期間の短縮を図るとともに、作業の安全性向上につなげる。**

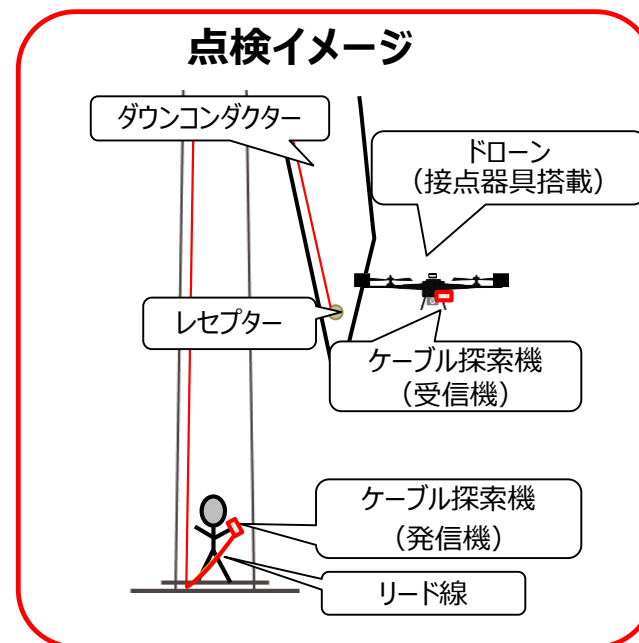
※ 1：ブレード先端及び表面に設置される金属製の受雷器具。

※ 2：雷電流を安全に大地に放電するための設備



技術開発

点検イメージ



<参考資料> 研究開発内容③：打音検査用無人航空機（U A V）の開発

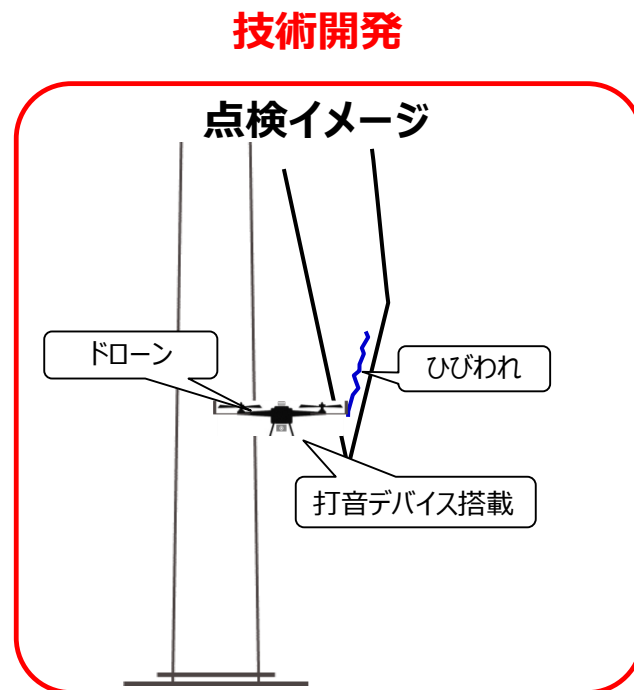
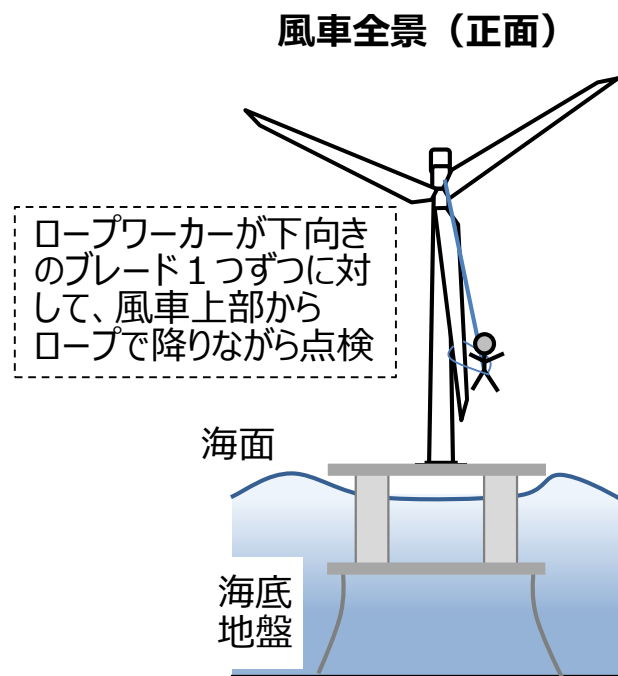
課題：外観点検によりひび割れが見つかったブレードに対して行う打音検査※¹は、従来のロープワークによる方法では、検査のたびにブレードを下向きに回転させる必要がある。このため、点検期間が長期化し、保安停止期間（ダウンタイム）が長くなる傾向がある。

また、ロープワークは墜落災害の危険性があるため、特に沖合に設置される浮体式洋上風力発電設備では、波風の影響でロープワークが実施できない期間が長くなる。

解決方法：**打音デバイスを搭載することで、ドローンによる打音検査を実現させる。**

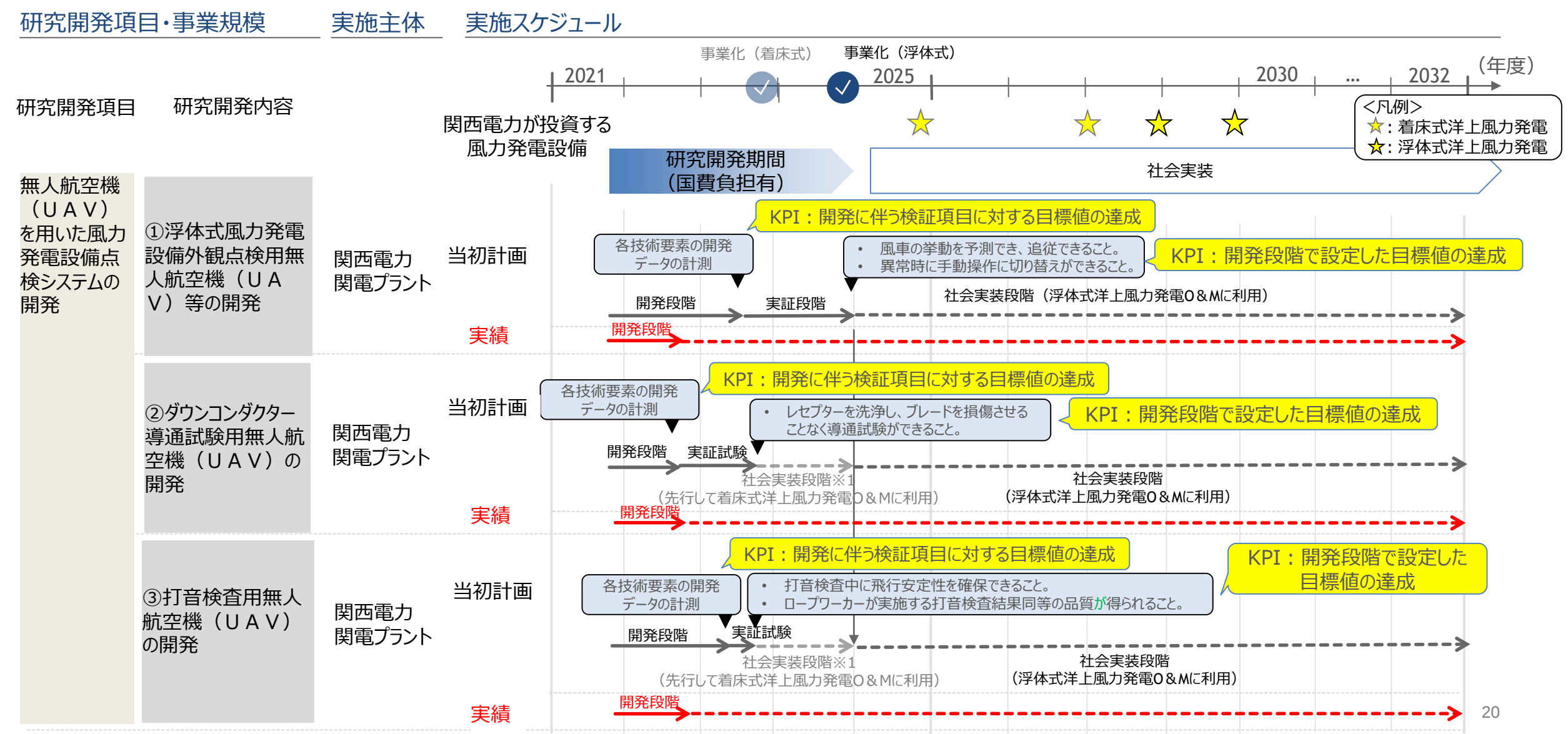
これにより、検査のたびにブレードの回転をなくし、迅速かつ確実な検査を行うことで、設備停止期間の短縮を図るとともに、作業の安全性向上につなげる。

※ 1：ブレードの表面をハンマーで軽く叩き、音等の区別により損傷度を確認する試験



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



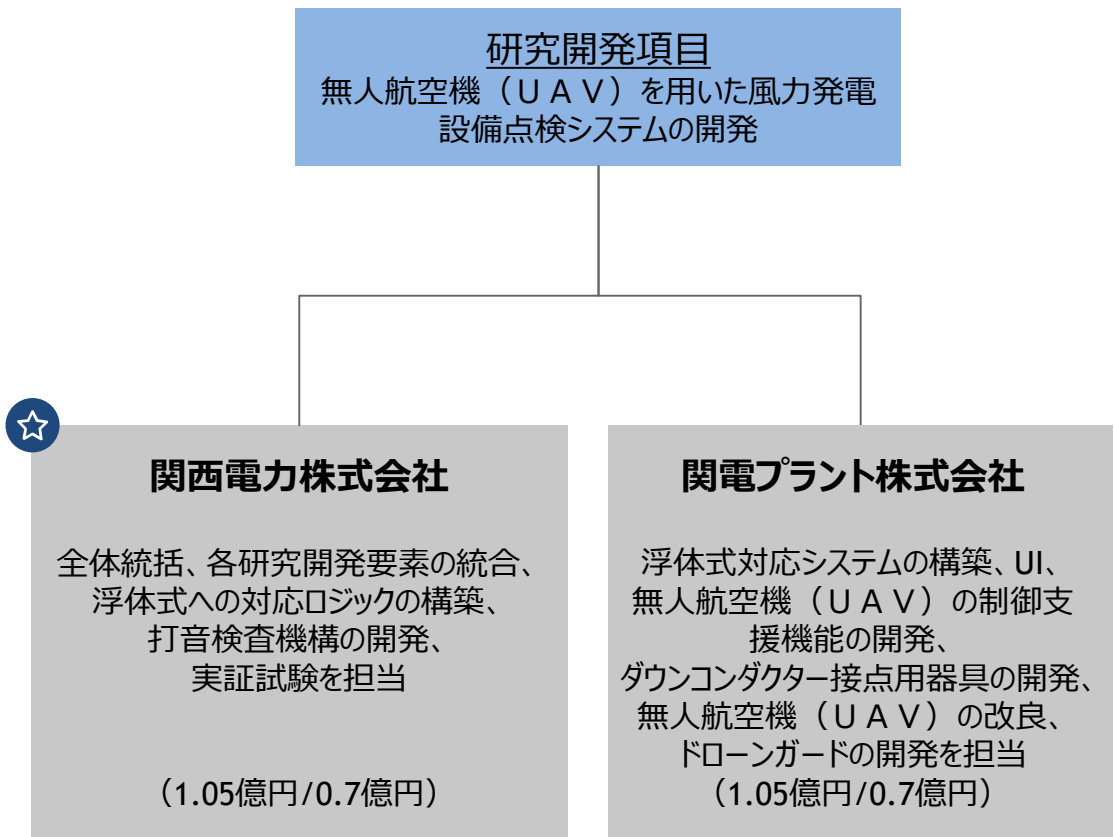
※1：②③の技術も、浮体式洋上風力発電設備に向けた点検技術であるが、先行して着床式に活用が可能。

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

- 研究開発項目全体の取りまとめは、関西電力株式会社が行う
- 関西電力株式会社は、全体統括、各研究開発要素の統合、浮体式への対応ロジックの構築、打音検査機構の開発、実証試験を担当する
- 関電プラント株式会社は、浮体式対応システムの構築、UI、ブレード接近に伴う無人航空機（UAV）の制御支援機能の開発、ダウンコンダクター接点用器具の開発、無人航空機（UAV）の改良、ドローンガードの開発を担当する

研究開発における連携方法

- 幹事会社である関西電力株式会社主導で必要に応じてミーティングを実施し、担当業務の実施状況の把握を行う。（1か月に1回程度）

提案者以外の他プロジェクト実施者等との連携

- なし

中小・ベンチャー企業の参画

- なし

☆ 幹事会社

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
無人航空機（UAV）を用いた風力発電設備点検システムの開発	1 浮体式風力発電設備外観点検用無人航空機（UAV）等の開発	- 浮体式風車発電設備の挙動把握およびその挙動に無人航空機（UAV）が追尾するシステムの特許（特願2021-003396、特願2021-149473） - 着床式洋上風力発電設備外観点検用に開発した、無人航空機（UAV）がブレードに追従して飛行できる技術	→ （優位性） - 浮体式風車発電設備の挙動把握およびその挙動に無人航空機（UAV）が追尾するシステムの特許を出願済。 - 着床式洋上風力発電設備における無人航空機（UAV）を用いた外観点検での自動飛行技術の知見。 - 現在市場に存在する競合他社の技術はない。 （リスク） - 無人航空機（UAV）を用いない点検システム開発との競合
	2 ダウンコンダクター導通試験用無人航空機（UAV）の開発	- ダウンコンダクター導通試験を無人航空機（UAV）で実施する技術の特許（特願2021-091575） - 着床式洋上風力発電設備外観点検用に開発した、無人航空機（UAV）がブレードに追従して飛行できる技術	→ （優位性） - ダウンコンダクター導通試験を無人航空機（UAV）で実施する技術の特許を出願済。 - 現在市場に存在する競合他社の技術はない。 （リスク） - 無人航空機（UAV）を用いない点検システム開発との競合
	3 打音検査用無人航空機（UAV）の開発	着床式洋上風力発電設備外観点検用に開発した、無人航空機（UAV）がブレードに追従して飛行できる技術	→ （優位性） - 無人航空機（UAV）で実際の損傷個所を打音検査する技術は開発されていない。 （リスク） - 陸上風力発電設備に対して、可視光カメラ、X線センサーを搭載した無人航空機（UAV）を用いて損傷を検知し、損傷度を定量評価できる技術との競合 - 無人航空機（UAV）を用いない点検システム開発との競合

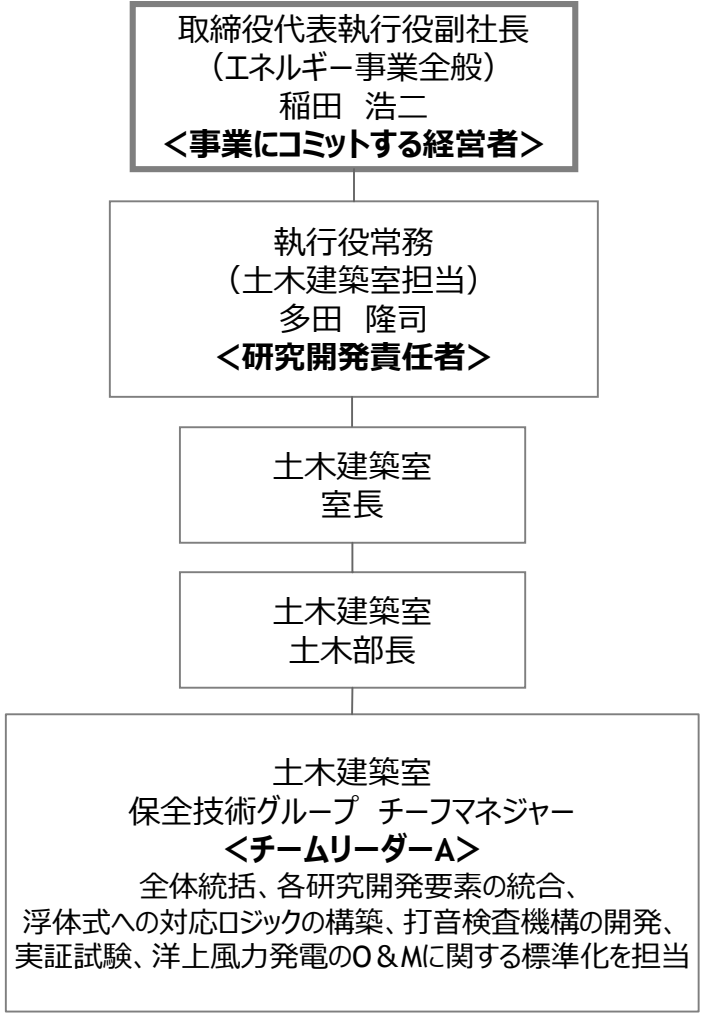
3. イノベーション推進体制

(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

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
 - 多田 隆司：プロジェクト統括を担当
- 担当チーム
 - 全体統括、各研究開発要素の統合、浮体式への対応ロジックの構築、打音検査機構の開発、実証試験、洋上風力発電のO&Mに関する標準化を担当
(専任1人、併任6人規模)
- チームリーダー
 - A：洋上風力発電(浮体式除く)、火力発電、水力発電に関する各種自律運転、自律飛行可能な無人航空機（UAV）の開発などの実績

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発電メンテナンス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
 - 関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」の策定*1
当社グループは、ゼロカーボンエネルギーのリーディングカンパニーとして、発電事業をはじめとする事業活動に伴うCO₂排出を2050年までに全体としてゼロとする。これに向けて、当社グループのリソースを収取すべく、社長をトップとした推進体制を構築し、取り組む。
 - 中期経営計画におけるゼロカーボンへの挑戦とサービス・プロバイダーへの転換*2
当社グループは、中期経営計画の取組みの柱「KX（Kanden Transformation）」として、「ゼロカーボンへの挑戦（EX:Energy Transformation）と「サービス・プロバイダーへの転換（VX: Value Transformation）」を掲げ、関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」の実現に向けた取組みとお客さまに新たな価値を提供するとしている。
 - イノベーション推進への取り組み*3
当社グループはイノベーションを推進するための体制強化や仕組みの構築を行っている。
 - イノベーションをさらに加速するためのイノベーションハブとして経営企画室に「イノベーションラボ」を設置。
 - 革新的な技術やビジネスモデルを有するベンチャー企業との連携を強化するために合同会社K4Venturesを投資主体とし、個別のベンチャー企業に対する直接投資とベンチャーキャピタルファンドに対する間接投資を行っている。
- 事業のモニタリング・管理
 - ゼロカーボン委員会の設置(2021年4月1日)*4
 - 「ゼロカーボンビジョン2050」の実現に向けた基本方針や、それを踏まえたロードマップの策定に加え、取組みや進捗状況について、委員会で幅広く議論し、実行していくことで、当社グループのゼロカーボンに関する取組みを統括・推進する。
 - 同委員会は、社長を委員長としているほか、委員は、エネルギー事業に関する関係役員と送配電、情報通信、生活・ビジネスソリューションそれぞれのグループ会社の社長で構成される。
 - DX戦略委員会委員会の設置(2018年8月1日) *3
 - 執行役常務を委員長として、デジタル技術を利用して新たな価値を創出することで競争優位性を確保し、将来にわたり当社グループの持続可能な成長を実現していく。

- 成長投資のマネジメント*3

グループ事業・国際事業等への成長投資については、投資の妥当性の評価に加えて、投資後のモニタリングと撤退・再建策の検討・実施も含めた一連のマネジメントプロセスを構築・運用し、事業推進部門およびコーポレート部門の担当役員で構成される社内委員会（成長・投資部会）において、専門的知見に基づく審議・検討を行う。これにより、個別案件の意思決定における適切な判断を支援するとともに、リスク顕在化時にはタイムリーな対処を促し、投資リスクの適正な管理に努めている。

経営者等の評価・報酬への反映

● 業績連動報酬制度の導入 *3

業務執行を伴う執行役の報酬については、企業業績と企業価値の持続的な向上に資するよう、各執行役の地位等に応じて求められる職責などを勘案した基本報酬に加えて、短期インセンティブ報酬として業績連動報酬および中長期インセンティブ報酬としての株式報酬で構成している。

事業の継続性確保の取組

● 指名委員会の設置*3

当社のコーポレートガバナンスにおいては、経営の透明性・客観性を高めることを目的に、「指名委員会等設置会社」の機関設計を採用しており、指名委員会は、執行役社長の後継者計画の策定および運用を担っている。

● 経営層へのトレーニング*3

取締役や執行役に対して、その役割・責務を果たすうえで必要な知識を付与するため、就任の際、また就任後も定期的に研修をおこなうなど、適切なトレーニングの機会を設けている。社外取締役に対しては、その役割・責務を果たすうえで必要な知識を習得できるよう、就任の際、また就任後も継続的に、当社グループの事業・財務・組織等に関する説明をおこなっている。

● ゼロカーボン委員会の設置*4

同委員会は、社長を委員長としているほか、委員は、エネルギー事業に関する関係役員と送配電、情報通信、生活・ビジネスソリューションそれぞれのグループ会社の社長で構成される。

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洋上風力発電事業を位置づけ、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
- 関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」の策定*1
当社グループは、持続可能な社会の実現に向け、ゼロカーボンエネルギーのリーディングカンパニーとして、安全確保を前提に安定供給を果たすべく、エネルギーの自給率向上に努めるとともに、地球温暖化を防止するため、発電事業をはじめとする事業活動に伴うCO₂ 排出を2050年までに全体としてゼロとする。お客さまや社会のゼロカーボン化に向けて、当社グループのリソースを結集すべく、社長をトップとした推進体制を構築し、取り組む。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
- 中期経営計画の取組みの柱：ゼロカーボンへの挑戦とサービス・プロバイダーへの転換*2
当社は、中期経営計画（2021-2025）の取組みの柱として、「ゼロカーボンへの挑戦」と「サービス・プロバイダーへの転換」を掲げている。その取組みの中で、電源のゼロカーボン化や電化の推進に向け多様なソリューションを通じた新たな価値を提供としている。
- DX戦略委員会での審議・報告
当該事業に係る取組状況については、DX戦略委員会にて審議・報告を実施する。
- 情報の周知・連携
当該事業について決議された内容は社内の関連部署に広く周知する。
- 決議事項と研究開発計画の関係
- エネルギー事業の取組みの方向性*2
中期経営計画（2021-2025）の中で、電源のゼロカーボン化として洋上風力の拡大に取り組むこと、及びAIや当社技術力の組み合わせによる多様なソリューションを通じて新たな価値の提供に取り組むとしている。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
- 情報開示の充実*5
有価証券報告書やコーポレートガバナンス報告書、統合報告書等にて会社の財務状態・経営成績等の財務情報や、経営戦略・経営課題、リスクやガバナンスにかかる非財務情報等について、積極的に開示を行う。その際、会社法等の法令で定められる内容のみならず、株主をはじめとするステークホルダーの皆様との対話に有用と考えられる情報については、正確かつ具体的な内容で開示する等、付加価値の高い説明となるよう努める。
- TCFD提言*3
2019年5月に「気候関連財務情報開示タスクフォース」低減への賛同署名。
- 採択にかかるプレスリリース
2022年1月に本事業の採択にかかるプレスリリースを実施。*11
- ステークホルダーへの説明
- 株主・投資家との建設的な対話*5
株主総会を初め、国内外の株主・投資家と直接対話する機会を設ける。具体的には、以下の取り組みを実施する。
 - 社長や執行役等による決算説明会等の実施
 - 株主・投資家とのミーティングの実施
 - 株主向け施設見学会などの適宜実施
 - 当社ウェブサイトにおける株主・投資家へ向けた情報開示・情報提供

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

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 中期経営計画を推進するための組織改正*6
「関西電力グループ中期経営計画（2021-2025）」に掲げた、「ゼロカーボンへの挑戦（EX: Energy Transformation）」「サービス・プロバイダーへの転換（VX: Value Transformation）」に関する取組みを力強く推進するため、組織改正を実施。
 - ・「水素事業戦略室」の新設（2021年5月1日付）
 - ・「再生可能エネルギー事業本部」の再編（2021年7月1日付）
 - ・「ソリューション本部」の新設（2021年7月1日付）
 - 合同会社K4Ventures による投資*3
合同会社K4Ventures のよる出資を通じて有望なベンチャー企業の成長を支援し、当社や当社グループとの協業を推進していく。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 人材の投入方針
デジタルトランスフォーメーション(DX)の実現に向け、デジタル技術を活用した生産性向上付加価値創出の取組みを推進する、DX人材を育成している。
 - 設備の投入方針 *9,*10
最先端のデジタル技術の提供の実現に向け、これまでも水力発電所の鉄管内部点検用無人航空機や火力発電所における煙突内部点検用無人航空機の開発、活用に投資している。
 - 資金の投入方針
中期経営計画(2021-2025)において、EX（ゼロカーボンへの挑戦 Energy Transformation）に対して5年間で1兆500億円、VX（サービス・プロバイダーへの転換 Value Transformation）に対して5年間で1,200億円の投資をすることを掲げている。
 - 将来の成長に向けた投資*2
関西電力グループは、2050年のゼロカーボン社会実現に向けて「ゼロカーボンエネルギーのリーディングカンパニー」としてグループのリソースを結集する。

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - 土木建築室保全技術グループ(2018年6月27日)
DX技術を用いた保全業務の向上の役目を担う組織として設置し、風力発電設備O&M領域でもDX技術を用いた技術開発を行っている。
- 専門会社の設立
 - K4Digitalの設立（2018年8月1日）*7
DX技術の推進のため、デジタル技術を活用した、当社グループの既存事業の変革や新規事業への支援(各DX技術の最新情報および海外事例情報の取得)を行っている。
- 若手人材の育成
 - 関電グループアカデミーの開校（2018年7月導入）*3
「グループ経営理念」、「基盤人材育成」、「事業人材育成」、「次世代リーダー育成」に関わる学部を置き、各役員が学部長に就任。各学部には、従業員が自らの成長に向けて受講することができる、様々な研修や育成制度を用意している。
 - 社内公募制度の活用（2018年7月導入）*8
環境分野に高い意欲やスキルを有する従業員が能力を発揮できる体制を強化するなど、脱炭素化の取組みを加速する。従業員自らが多様なキャリアや幅広いフィールドに自発的にチャレンジできる社内公募制のプログラムである「e-チャレンジ制度」を整備。

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、応募時点では予測できない理由により、事業継続が困難な事態に陥った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">● 各種試験機器技術のリスク<ul style="list-style-type: none">- KPIに基づく開発段階、実証段階の状況の確認。- 各種機器製作進捗状況の適宜確認- 開発フェーズ、実証フェーズ段階の工程をコンソーシアム内部にて確認 | <ul style="list-style-type: none">● 洋上風力発電地点開発の遅延によるリスク<ul style="list-style-type: none">→ 新規開発予定地点の開発状況を注視し、毎年事業化計画（投資回収計画）を更新したうえ、ターゲットを洋上風力から陸上風力に変えるなど事業継続可能な計画に変更する。● より革新的な技術の登場に伴う競争優位性喪失リスク<ul style="list-style-type: none">→ 進歩の著しいデジタル技術の更なる活用等により新たな革新的技術が登場した場合、本事業で開発する技術の競争優位性が確保されるかを速やかに比較評価し、本技術が競争優位性をどの程度確保できるかを検討する。● 持続的な事業運営に必要な人材が不足するリスク<ul style="list-style-type: none">→ 本事業で開発する技術を用いたサービスの提供にあたり、無人航空機操作、無人航空機メンテナンスおよび臨時点検に備えた待機のための人材を、サービス提供地点周辺より雇用し、技能育成し配置する計画であるが、人材確保が困難な場合に備え、ドローン操作ライセンス保有者の団体等から一時的に人員派遣を可能と出来るよう、当該団体等と業務提携を締結する等持続的なサービス提供体制を確立する。 | <ul style="list-style-type: none">● 洋上風力発電の導入の遅れ<ul style="list-style-type: none">- 実証フェーズにおいて、浮体式洋上風力発電設備が整っていない場合は、陸上風力を中心ターゲットとして受注を狙う。 |
|--|---|--|



- 事業中止の判断基準：
 - 研究開発
 - 人による外観点検（現在の外観点検の方法）以外に、研究開発期間において、圧倒的な代替技術が発明された場合
 - 社会実装
 - 競合等により十分なシェアがとれず、投資回収が困難と判断された場合

4. その他

参考資料 出典

*1：関西電力グループ「ゼロカーボンビジョン2050」

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2021/0226_3j.html

*2：関西電力グループ中期経営計画

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2021/0326_1j.html

*3：関西電力グループ総合報告書2020

<https://www.kepcoco.jp/corporate/report/integrated/2020.html>

*4：「ゼロカーボン委員会」の設置について(2021/3/26プレス)

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2021/0326_2j.html

*5：コーポレートガバナンス・ガイドライン

<https://www.kepcoco.jp/ir/policy/governance/index.html>

*6：中期経営改革を推進するための組織改正について(2021/4/28プレス)

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2021/pdf/20210428_5j.pdf

*7：K4Digitalの設立(2018/8/1プレス)

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2018/0801_1j.html

*8：脱炭素社会の実現に向けたソリューション活動の強化について(2021/1/29プレス)

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2021/0129_2j.html

*9:火力発電所の煙突内部点検で活用する非GPS環境下における自律飛行ドローンの開発について（2020/8/6プレス）

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2020/0806_1j.html

*10:水力発電所導水路の内部点検に活用する水面ドローンの開発について（2020/6/11プレス）

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2020/0611_1j.html

*11:浮体式洋上風力発電における点検技術の高度化に向けた開発について～グリーンイノベーション基金事業を活用～（2022/1/25プレス）

https://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2022/pdf/20220125_1j.pdf