

「風力発電等技術研究開発／
②風力発電高度実用化研究開発／
iv) 風車運用・維持管理技術高度化研究開発」

(2021年度中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間)

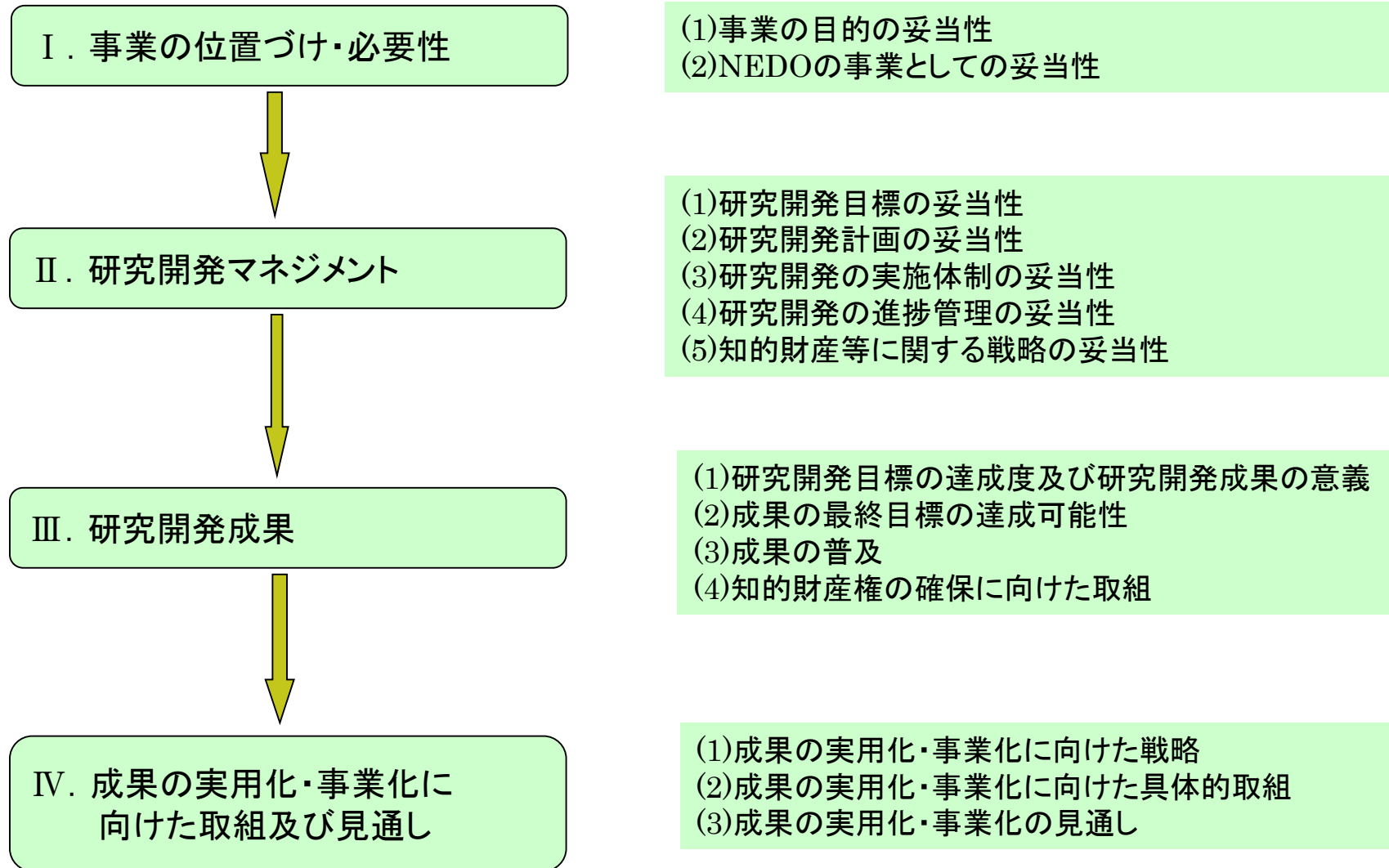
プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

新エネルギー部

2021年11月22日 中間評価分科会

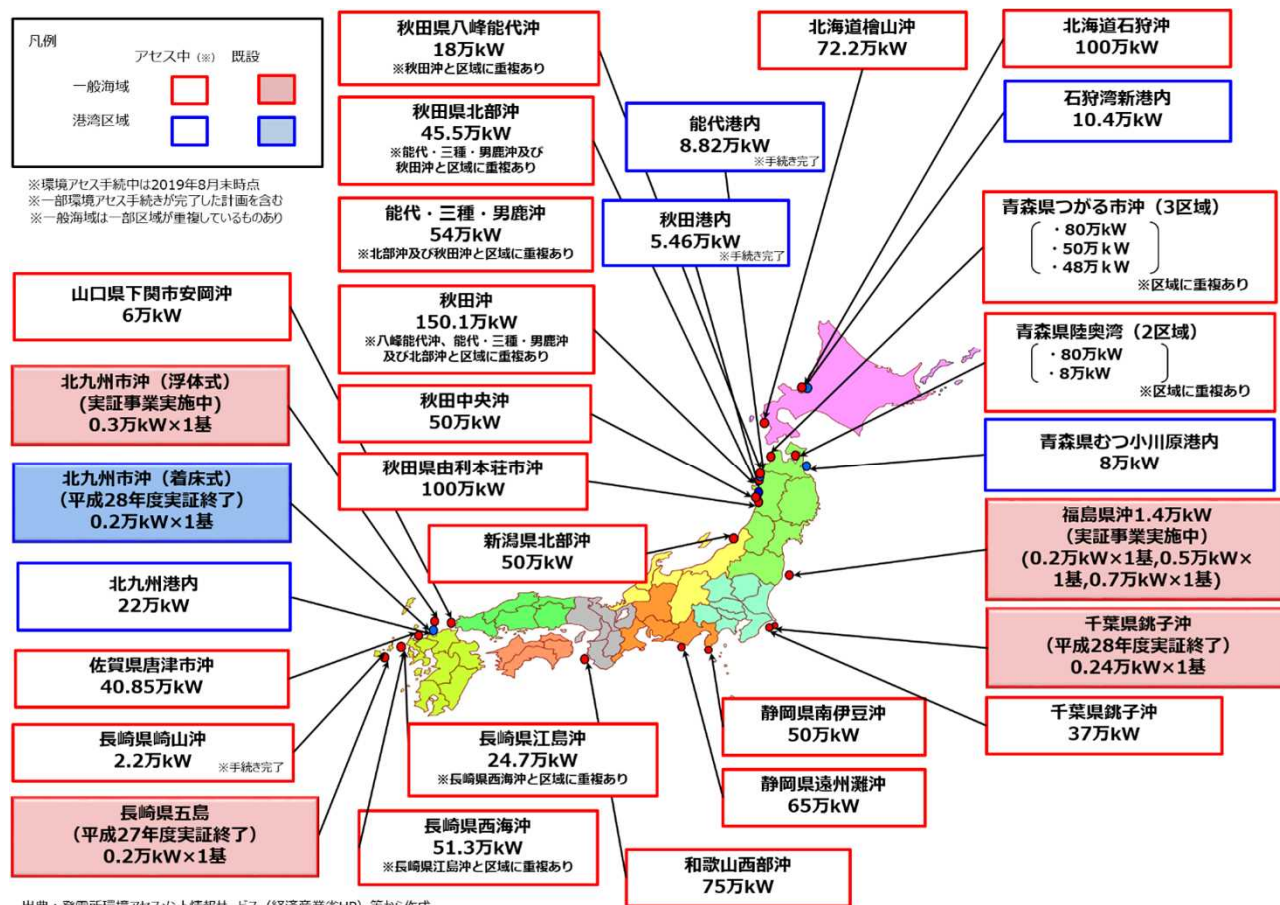
発表内容



1. 事業の位置づけ・必要性 (1)事業の目的の妥当性

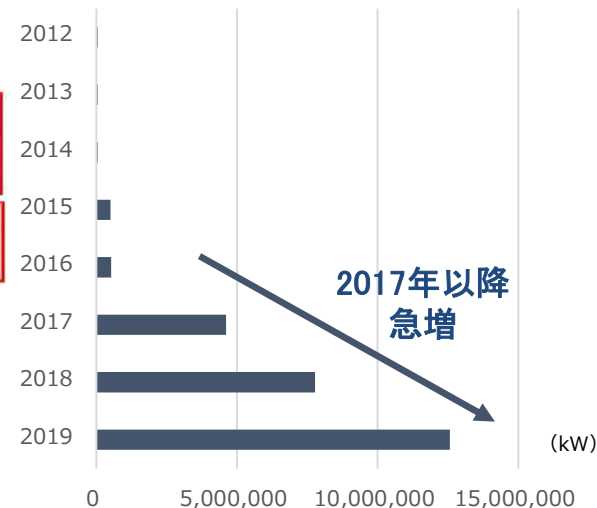
◆背景 日本の洋上風力発電の導入状況

➤ 2019年8月末時点で、約1,258万kWの洋上風力発電案件が環境アセスメント手続きを実施しており、特に2017年度以降、再エネ海域利用法の施行と相まって、**急速に案件形成が進捗している**。(下記右図表)



環境アセス手続中	
港湾区域	55万kW
一般海域	1,258万kW

<一般海域の環境アセスの開始時期(累積)> (年度)



※2019年度は4月～8月の期間のみ。

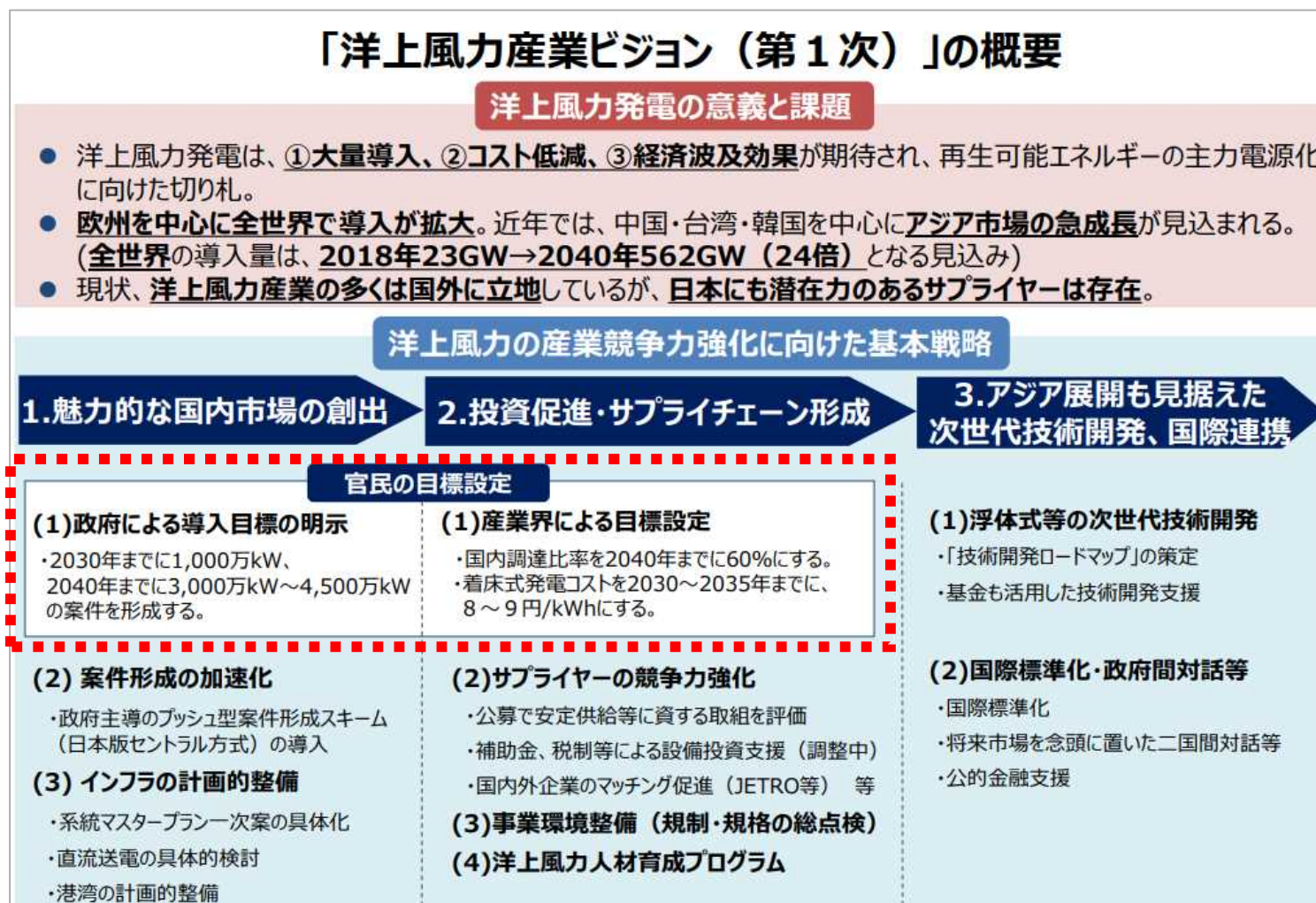
※出典：第41回風力エネルギー利用シンポジウム、
 基調講演1. 我が国の風力発電と促進政策について(2019), 資源エネルギー庁

◆背景 政策的位置付け(1)

- 「新成長戦略」(2010年7月閣議決定)
強みを生かす成長分野として、第一に環境・エネルギー分野があげられている。
- I .グリーン・イノベーションにおける国家戦略プロジェクト
「公有水面の利用促進、漁業組合との連携等による洋上風力開発の推進等への道を開く」
- 「2017年度以降の調達価格等に関する意見」(2016年12月調達価格等算定委員会)では、「風力発電については、資本費、運転維持費の高さや、設備利用率の低さにより、他国と比較しても発電コストが高いことから、導入拡大とともにコスト低減を進めていく必要がある。導入環境整備や、低コスト化・設備利用率向上に向けた取組の支援(スマートメンテナンス等)を進めることにより、固定価格買取制度から自立した形での導入を目指していくべき」とされている。
- 「第5次エネルギー基本計画」(2018年7月閣議決定)
再生可能エネルギーについては、2030年のエネルギーミックスにおける電源構成比率の実現とともに、確実な主力電源化への布石としての取組を早期に進めると言及され、洋上風力発電の導入促進及び着床式洋上風力の低コスト化、浮体式洋上風力の技術開発や実証を通じた安全性・信頼性・経済性の評価を行うことが盛り込まれている。

◆背景 政策的位置付け(2)

2020年12月15日に、「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」で「洋上風力産業ビジョン(第1次)」が示され、官民での目標が設定された。



1. 事業の位置づけ・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆背景 政策的位置付け(3)

2021年4月1日の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会作業部会」で示された「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術研究開発ロードマップ」において、具体的な研究開発項目が示された。

区分	分野	技術開発項目案	
共通	①調査開発 (風況観測・配置最適化等)	<ul style="list-style-type: none"> ●風況観測（各種ライダーや低コスト風況観測タワー等） ●ウェイク及び発電量予測モデルの高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ●洋上風力用の気象海象計測データ整備 ●地盤条件データベースの開発
	②風車 (風車設計・ブレード・ナセル部品・タワー等)	<ul style="list-style-type: none"> ●風車仕様の最適化 ●風車の高品質大量生産技術 ●浮体搭載風車の最適設計 ●次世代風車要素技術開発 ●低風速域向けブレード 	<ul style="list-style-type: none"> ●洋上風車の長寿命化技術 ●大型風車の開発 ●ブレード侵食防止技術 ●ブレードリサイクル技術 ●タワーの高高度化と低コスト化
着床	③着床式基礎製造 (モバイル・ジャケット等)	<ul style="list-style-type: none"> ●複雑な地質・厳しい気象海象条件に対応した基礎構造 ●タワー・基礎接合技術の高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ●基礎構造用鋼材の高強度化 ●基礎溶接技術の高度化
	④着床式設置 (輸送・施工等)	<ul style="list-style-type: none"> ●低コスト施工技術の開発 ●洗掘防止工の高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ●ロジスティクスの高度化 ●撤去
浮体	⑤浮体式基礎製造 (浮体・係留索・アンカー等)	<ul style="list-style-type: none"> ●一体設計 ●浮体基礎の最適化 ●係留システムの最適化 ●浮体の量産化 	<ul style="list-style-type: none"> ●ハイブリッド係留システム ●メンテナンスフリー技術 ●浮体システムの計測技術
	⑥浮体式設置 (輸送・施工等)	<ul style="list-style-type: none"> ●低コスト施工技術の開発 ●作業船と輸送システム 	<ul style="list-style-type: none"> ●大規模修繕技術 ●撤去・リサイクル
共通	⑦電気システム (海底ケーブル・洋上変電所等)	<ul style="list-style-type: none"> ●高電圧ダイナミックケーブル ●浮体式洋上変電所 ●次世代洋上直流送電技術 	<ul style="list-style-type: none"> ●洋上送電ケーブル敷設の高効率化 ●発電需給の統合予測 ●系統安定化技術
	⑧運転保守 (O&M)	<ul style="list-style-type: none"> ●運転保守及び修理技術の開発 ●デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化 ●監視及び点検技術の高度化 	<ul style="list-style-type: none"> ●落雷故障自動判別システムの開発 ●リモートセンシングと予報技術による発電量向上
官民協議会等における検討と連携して推進する項目		<ul style="list-style-type: none"> ●人材育成 ●サプライチェーン ●ステークホルダーの合意（漁業協調、騒音低減等） 	<ul style="list-style-type: none"> ●ガイドライン・標準化 ●海底直流送電 ●水素変換とエネルギー貯蔵

◆NEDOが関与することの意義

「第5次エネルギー基本計画(2018年7月閣議決定)」において、洋上風力発電については、その導入促進及び着床式洋上風力の低コスト化、浮体式洋上風力の技術開発や実証を通じた安全性・信頼性・経済性の評価を行うことが盛り込まれている。

しかしながら、風力発電コストについては、設備利用率の違いによる部分もあるものの、資本費及び運転維持費は他国と比較して高い水準にある。特に洋上風力発電においては、先行する欧州と気象・海象条件や船舶等のインフラが異なることから、欧州の事例をそのまま適用することはリスクが大きい。

これらの課題を克服するためには、我が国特有の自然条件を把握した上で、これらに適合した、風車のダウンタイム及び運転維持コストの低減、さらに発電量向上を目指した技術開発を行う必要があるが、民間企業だけで実施するにはハードルが高く、リスクが大きい。

本事業の狙いとして、

- 国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うものが見込めない事業であり、かつ、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する研究開発であるため、委託事業として実施。
- 風車の維持管理を業務とする企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発に関しては、助成事業として実施。

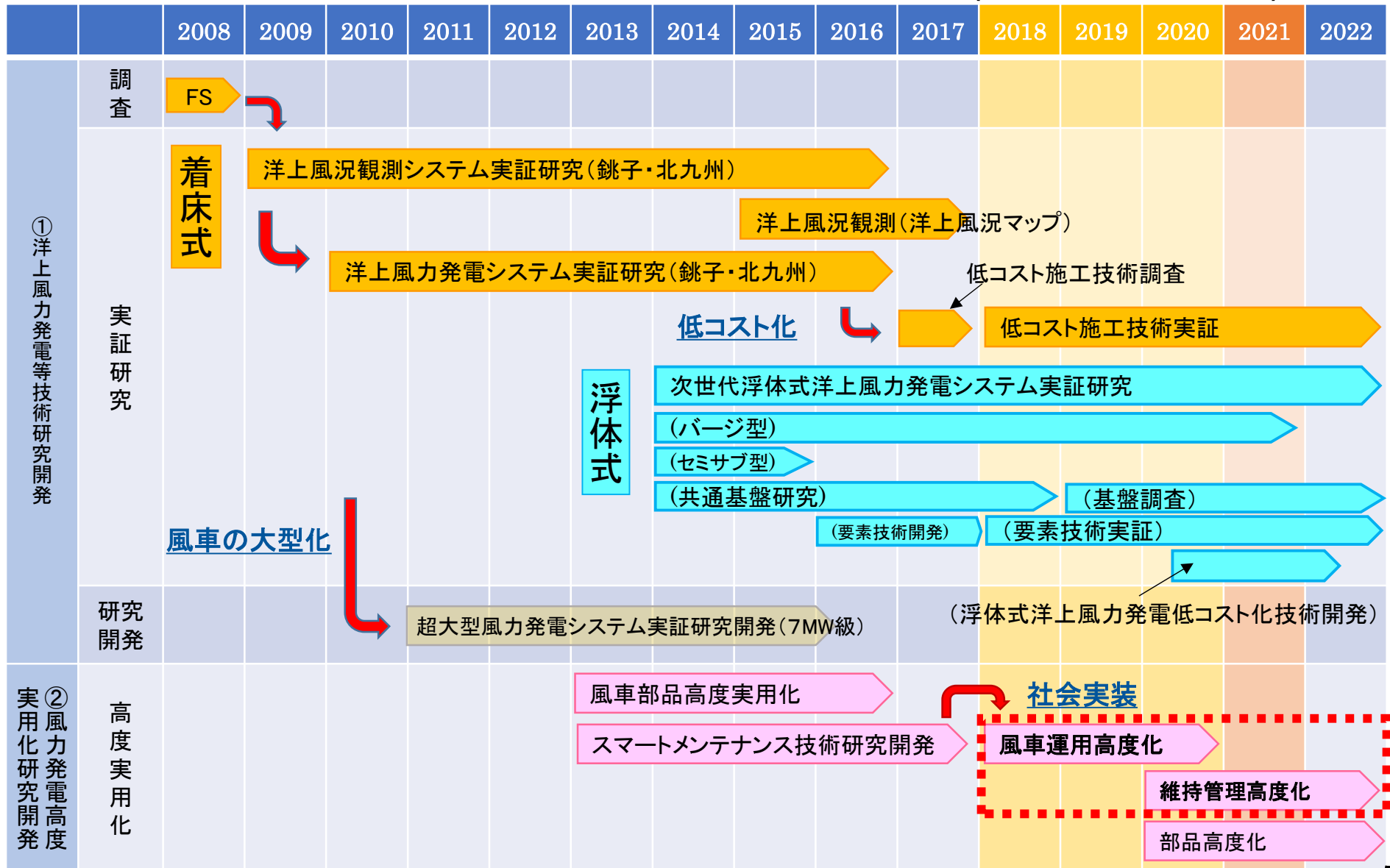


これらの技術開発をNEDOのマネジメントの元、
主導的、かつ各事業間を積極的に連携させて実施することが有用

2. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

◆「風力発電等技術研究開発」の全体スケジュール

評価対象年度



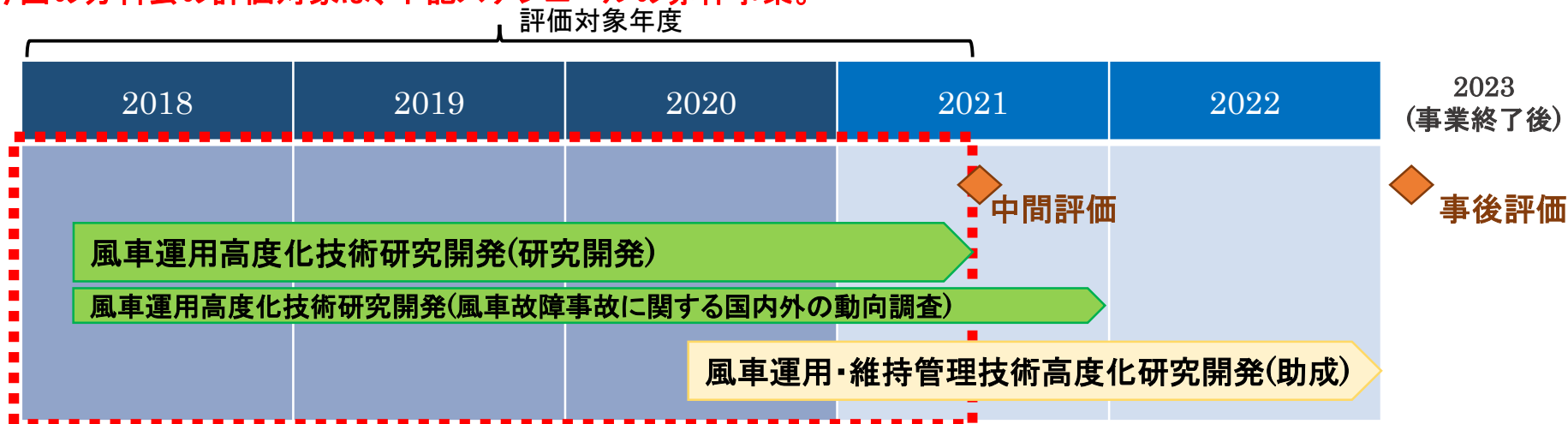
2. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

◆基本計画目標

研究開発項目	最終目標(2021年度)	最終目標(2022年度)
	風車運用高度化技術研究開発(委託) 研究開発 および 風車故障事故に関する国内外の動向調査	風車運用・維持管理技術 高度化研究開発(助成)
風車運用・維持管理 技術高度化研究開発	風車のダウンタイムおよび運転維持コスト低減に向け、維持管理を的確に行い、風車稼働率(利用可能率)を97%以上に向上させる技術を確立する。	洋上風車の運転維持コストを低減する各コア技術を開発する。

◆風車運用・維持管理技術高度化研究開発の全体スケジュール

今回の分科会の評価対象は、下記スケジュールの赤枠事業。



2. 研究開発マネジメント (2)研究開発計画の妥当性

◆プロジェクトの全体像

第5次エネルギー基本計画などでの示唆を踏まえ、公募により6件のテーマを採択した。

研究開発項目	開発テーマ	事業者名	委託/助成	事業期間
風車運用・維持管理技術高度化研究開発	I-① 風車運用高度化技術研究開発 (研究開発)	国立大学法人東京大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 学校法人中部大学	委託	2018年度 ～ 2021年度
	I-② 風車運用高度化技術研究開発 (風車故障事故に関する国内外の動向調査)	株式会社風力エネルギー研究所		
	II-① 無人航空機(UAV)とAI画像解析の活用による風車の高度な次世代型運用・維持管理技術開発	関西電力株式会社	助成	2020年度 ～ 2022年度
	II-② 洋上風力発電用CTV及び洋上ブレード補修ゴンドラの開発による維持管理技術の高度化	イオスエンジニアリング&サービス株式会社		
	II-③ 風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケールトライボ解析・実験による最適潤滑剤設計	出光興産株式会社		
	II-④ 風車ブレード用高耐久ダイバーストリップの開発	株式会社守谷刃物研究所		

◆開発スケジュール(1)

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

開発テーマ	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
I-① 風車運用高度化技術 研究開発 (研究開発)	実運用データ分析	風力発電情報データベースプラットフォームの構築と運用		検証評価
	ソフトウェア開発	要素技術を風力事業者が利活用できるプラットフォームの構築	風力発電情報データベースプラットフォームの試験運用と効果の検証	検証評価
I-② 風車運用高度化技術 研究開発 (風車故障事故に関する国内外の動向調査)	国内風車事故の実態調査	国内風車事故の実態調査	国内風車事故の実態調査	国内風車事故の実態調査
	海外動向調査	海外動向調査	海外動向調査	海外動向調査

➤ 「I-② 調査事業」の成果を積極的に「I-① 研究開発」でも活用し、連携しながら事業を推進。

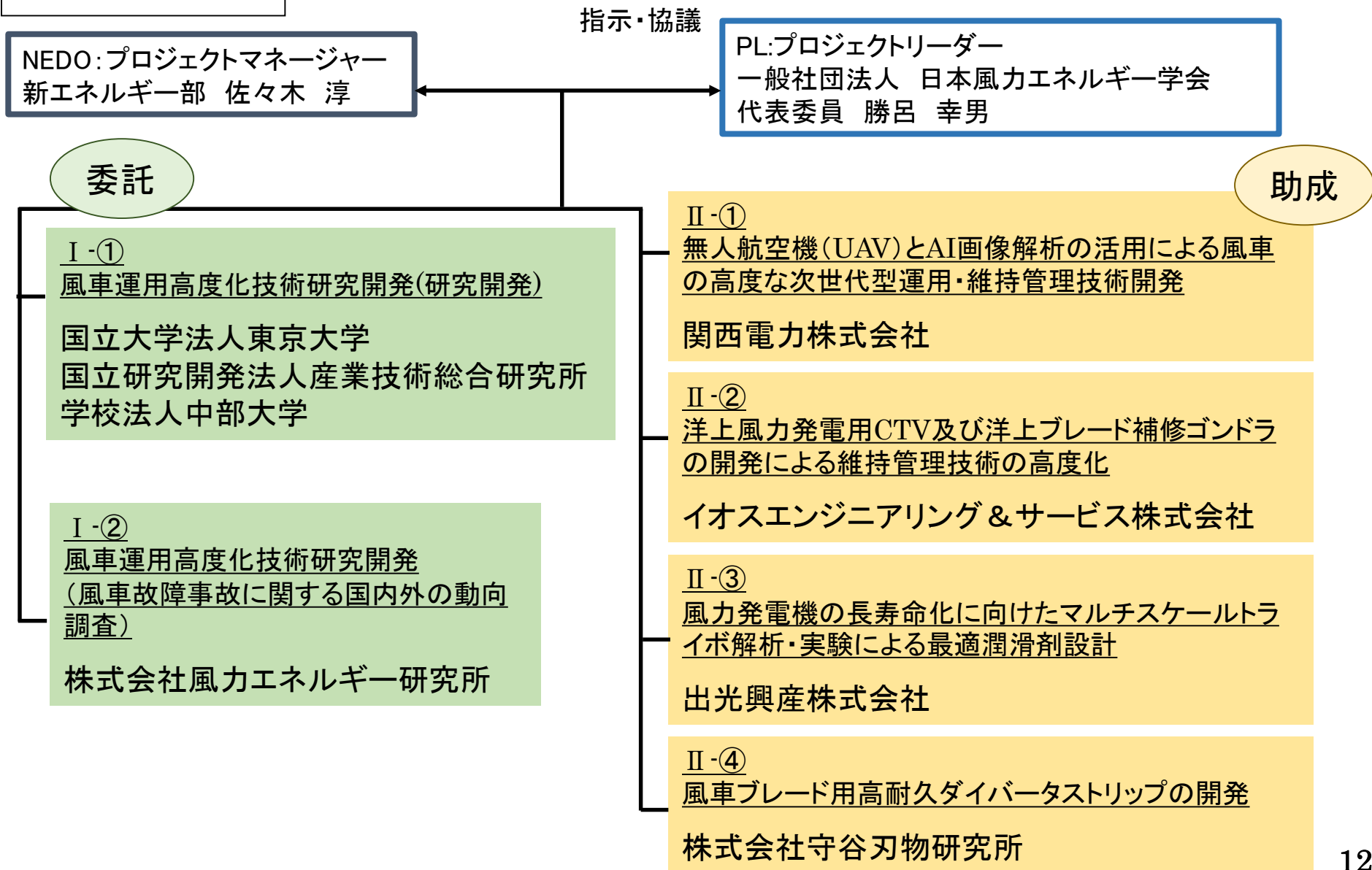
◆開発スケジュール(2)

Ⅱ 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

開発テーマ	2020年度	2021年度	2022年度
Ⅱ-① 無人航空機(UAV)とAI画像解析の活用による風車の高度な次世代型運用・維持管理技術開発 (関西電力)	基本 原理 確認	基本 技術 確立	実用化 検討
Ⅱ-② 洋上風力発電用CTV及び洋上ブレード補修ゴンドラの開発による維持管理技術の高度化 (イオスエンジニアリング&サービス)		CTV、 ゴンドラ 建造	CTV、 ゴンドラ 評価 洋上保守 要員プロ ラム構築
Ⅱ-③ 風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケールトライボ解析・実験による最適潤滑剤設計 (出光興産)		仕様最適化、 添加剤開発、 新素材探索	寿命3倍 実現 (ラボ)
Ⅱ-④ 風車ブレード用高耐久ダイバーストリップの開発 (守谷刃物研究所)		試験片に よる耐雷 性確認	製品 デザイン 確立 フィールド テスト 実施

➤ Ⅱ-①～④の助成事業については個社の事業計画も踏まえ、テーマごとに事業を推進。

◆実施体制



◆進捗管理

- ・ 毎月末に予算執行状況調査を行ない、研究開発の進捗状況及び予算執行状況を精査。
- ・ 委託事業である「I 風車運用高度化技術研究開発」においては、「I-①風車運用高度化技術研究開発」と「I-②風車運用高度化技術研究開発(風車故障事故に関する国内外の動向調査)」を連携して進めるため、合同で技術委員会を設置。

技術委員会の設置

- ・ 各実施者が開催し、外部有識者から技術的助言を受けることで、事業の円滑な運営を図り、またNEDOもオブザーバーとして参加し助言を行った。

【技術委員会の開催実績】

開催回数	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	合計(回)
I 風車運用高度化技術研究開発(委託)	3	3	2	2	10

※2021年9月時点

◆事業費用

プロジェクト全体の事業費は以下の通り

・事業費(総額):約1,395百万円(2018~2021年度)

(単位:百万円)

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	計
対象事業 合計	128	250	281	734	1,395

◆知的財産等の戦略

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

→非公開セッションで紹介

◆知的財産等の管理

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

【標準化施策との連携】

得られた研究開発成果については、標準化等との連携を図ることとし、標準化に向けて開発する評価手法の提案、データ提供等を積極的に行う。なお、先端分野での国際標準化活動を重要視する観点から、NEDOは、研究開発成果の国際標準化を戦略的に推進する仕組みを構築する。

【知財マネジメントに係る運用】

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

【データマネジメントにかかる運用】

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

→各社の事業計画を踏まえて管理

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマの事業概要

I-① 風車運用高度化技術研究開発(研究開発)

国立大学法人東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人中部大学

<事業概要>

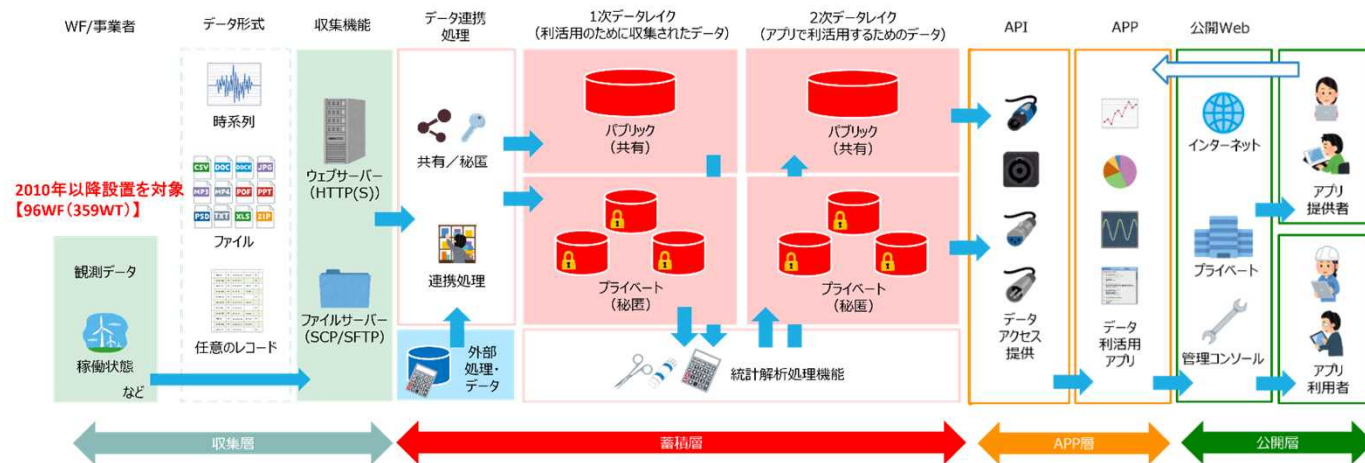
風車稼働率を97%以上に向上させる技術を確認させ、国内風車のダウンタイム及び運転維持コストの低減を図る。発電量向上に寄与するを当該技術開発により、発電コスト低減を図る。

<成果>

- ・データプラットフォームを構築した。これは、データ収集とデータ解析利用による風車状態判断を風力発電事業者に提示する。事業者・O&M会社が困難な分析・開発技術を大学研究機関から提供できる。⇒国内事業者の競争力を支援
- ・転移学習を適用しこれまでの学習期間を1/4以下にできることを検証した。機械学習を用いた異常・故障検知は、検知率80%超の世界最先端(世界では75%弱)で競争力を有する
- ・雷データの国内データ分析として、唯一稼働率の影響、対策方針を実データと共に評価

<意義>

風車のO&Mは事業コストの35%以上を占めるとされ、産業経済効果が高く風力発電低コスト化のために重要分野である。一方、国内風車メーカー不在の中、海外風車メーカーによる**風車産業マーケット**の抱え込みが起こっている。また、O&Mの範囲は風力発電事業全般に渡るため、国内O&M企業の人員と知見、情報・技術力不足は拡大の方向である。本事業により、**O&M支援分析技術の開発と統合プラットフォーム化**が達成された。これにより、国内企業の**不足した部分を適切に補う**ことが可能となった。さらにこれら支援システムは、**国内O&Mサプライチェーン**の追加的な開発要素、拡張・投入の可能性も示した。



O&M支援分析技術と
統合プラットフォームの体系

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマの事業概要

I-(2) 風車運用高度化技術研究開発(風車故障事故に関する国内外の動向調査)

株式会社風力エネルギー研究所

<事業概要>

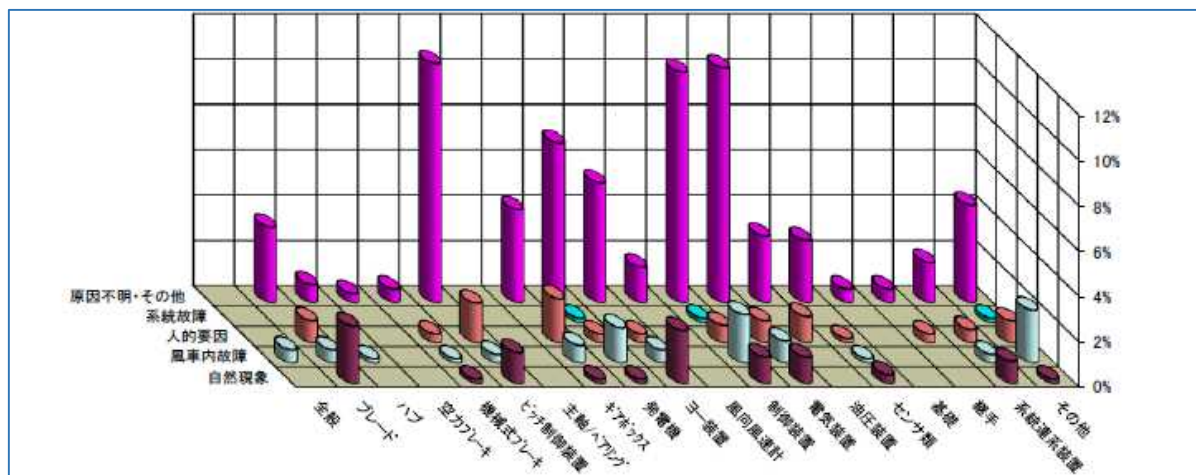
国内外の風車故障事故の実態把握及び関連する最新の研究開発等の調査を行い、広く公表すると共に「I-① 風車運用高度化技術研究開発(研究開発)」へ情報の提供を行う。

<成果>

- 国内風車事故の実態調査では、国内風力発電事業者にアンケートを依頼し、故障事故調査ならびに稼働率調査を実施し、年度毎の実態と稼働率を把握・評価した。
- 海外動向調査では、IEA Wind TCP (国際エネルギー機関風力技術協力プログラム)を通じた情報収集、IEA Wind国内委員会運営、IEA Wind Task(研究タスク)の管理等を行い、最新の研究開発状況等を調査・把握すると共に、IEA Windの各会合を通じて国内の研究成果を発信した。

<意義>

- 国内全体の風車故障・事故に係わる調査としては、他に類を見ない。
- 故障・事故事例の把握、故障・事故が発生する頻度(発生率)、部位や要因の把握、故障・事故の発生によって生じる停止期間(ダウンタイム)およびその内訳の把握、ダウンタイムの実績に基づいた事業者の対策検討等を把握した。また、海外動向の最新情報も合わせて取りまとめ、風力発電事業者などを対象に広く公表すると共に、「I-① 風車運用高度化技術研究開発(研究開発)」にデータや情報を提供し、研究開発へ寄与した。



調査結果の一例:
故障・事故発生要因別の故障部位別発生状況(2019年度実績)

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマの事業概要

Ⅱ-① 無人航空機(UAV)とAI画像解析の活用による風車の高度な次世代型運用・維持管理技術開発 関西電力株式会社

<事業概要>

- 洋上風力発電設備を対象に、UAVによる緊急停止したブレード他、外観全体確認対応自律飛行および損傷箇所のAIを用いた画像解析による自動判定等の技術を開発し、高度な迅速化・効率化・安定化を実現する風車の次世代型運用・維持管理技術を確立する。加えて、開発する管理手法と既存技術とのマッチングにて適用領域等の拡大を図るなど、更なる高度利用に関する方向性を示す。

<これまでの成果>

①風車設備点検技術の構築

- 実際の風車設備を対象に飛行試験を実施し、自律飛行、AI開発のソフトウェア開発に必要なデータを取得。

②過酷環境下でのUAV飛行技術構築

- 風速16.5m/sまでの耐風速性を確認。
- 水平距離25.5kmでの通信性能を確認。

③UAVを用いた風車制御用風況(風向・風速)観測技術確立

- CFD解析により最適なフェアリング形状を算出し、風洞試験により観測精度を確認。

④次世代型運用・維持管理技術の更なる高度利用への適用

- 陸上～洋上風車の長距離に対応した実用化事例はなく、本研究は停止時間短縮、保守・保全費用削減、発電効率向上への貢献が期待され、市場ニーズに則していることを確認。

<意義>

- 基礎データ収集、実証試験により技術開発に向けた課題の抽出を実施



実海域で実施したドローンのテスト飛行

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマの事業概要

Ⅱ-② 洋上風力発電用CTV及び洋上ブレード補修ゴンドラの開発による維持管理技術の高度化 イオスエンジニアリング&サービス株式会社

(1)洋上風力発電用多目的CTV開発・実用化

<事業概要>

- 国内小型船舶仕様に合致し運用コストを押さえつつ、洋上発電設備のBOPを含む点検(巡視 点検、定期安全管理審査)が可能なCTVを開発する。操船をアシストする推進機の自動制御機能を搭載しO&M効率化への有効性を検証する

<これまでの成果>

- 船体の主機関、推進機の選定および基本仕様の決定が完了。

<意義>

- 運用コストが小さいという小型CTVの優位性を生かし、O&Mコスト低減に寄与。
→日本の港湾、沿岸の洋上風力発電設備の立地環境に適した国内技術開発
- 国内設計、建造した船舶のO&M運用による国内調達率向上。

(2)ブレード補修ゴンドラ開発・実用化

<事業概要>

- 国内規格に合致し、かつ安全に効率的な作業が可能な仕様のブレード補修ゴンドラを開発し、実用化する。

<これまでの成果>

- ゴンドラ利用時の補修作業時間をロープワークと比較し、補修時間が短縮可能であることを確認した。

<意義>

- ブレード補修時間を短縮することで、風車停止時間を削減することが可能となり、稼働率および設備利用率の向上につながる。

(3)洋上風力発電向け要員育成プログラム

<事業概要>

- 洋上風力発電保守要員の育成プログラムを構築する。

<目標>

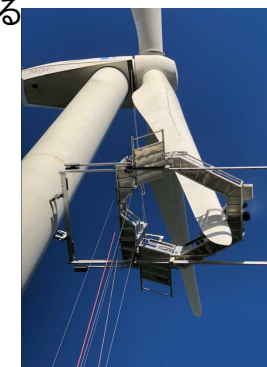
- GWOトレーニングプロバイダーとして以下の認証を取得する。BST(Sea Survival含む),EFA, ART, BTT
- 高度ブレード補修トレーニング施設を整備。

<これまでの成果>

- トレーニングプログラムの図書類の作成。・トレーニング用ツールの導入。

<意義>

- 国内で実施可能な風力発電向け要員育成プログラムを構築することで、人手が不足している国内の風力発電保守要員を増やし、自社のみならず国内風力発電業界の発展に寄与する。



ブレード補修ゴンドラ



トレーニングの様子

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマの事業概要

Ⅱ-③ 風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケールトライボ解析・実験による最適潤滑剤設計 出光興産株式会社

<事業概要>

風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケールトライボ解析・実験による最適潤滑剤設計

- ・ 極圧添加剤の設計・合成と評価、現象解析、
- ・ 添加剤挙動の分子シミュレーションと最適化 など

<これまでの成果>

- ・ 現行陸上用風車に用いられている現行添加剤をベースに、構造を改良したリン系添加剤を試作・評価し、構造と性能の相関を把握するとともに、摩擦摩耗試験で現行品性能を上回る可能性のある添加剤を抽出した
- ・ リン系添加剤の油中での会合体の拡散、物理吸着および化学吸着機構を分子動力学法を用いて明らかにし、高性能化の構造指針を与えた
- ・ 改良添加剤を適用したギヤ油が、摩耗試験で現行性能を上回ることを確認した

<意義>

洋上風車の軸受や歯車のメンテナンスフリー化に資するため、計算科学のツールや技術を活用した潤滑状態の可視化と理想的な潤滑基材を提案し、実験と解析により、オイルの最適化手法(性能と寿命の向上)を実現する

風車の設計寿命;20年、初充填オイルの交換;5年
風車が20年稼働すると仮定して、従来油(寿命5年)は3度の交換が必要になるが、新しく開発するオイル(目標寿命15年)であれば1度の交換で設計寿命を全うでき、交換費用は約3分の1に削減できる



3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマの事業概要

Ⅱ-④ 風車ブレード用高耐久ダイバータストリップの開発 株式会社守谷刃物研究所

<事業概要>

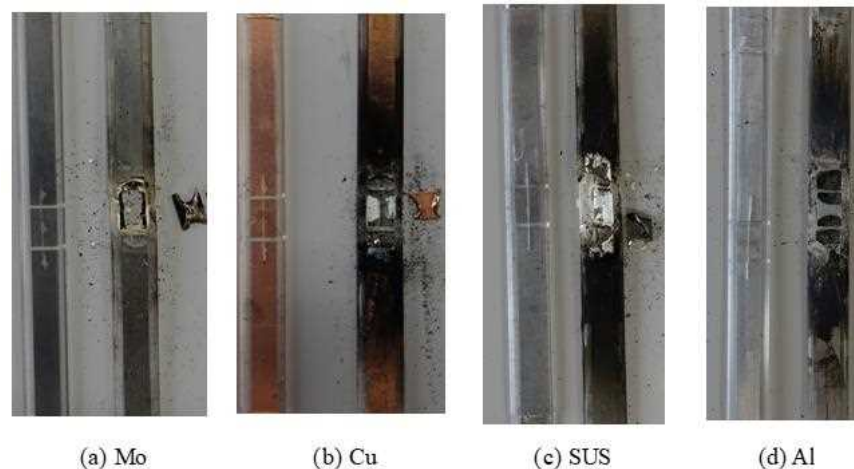
- 冬季雷への耐久性を付与し、耐食性、施工性に優れたダイバータストリップを開発する。

<これまでの成果>

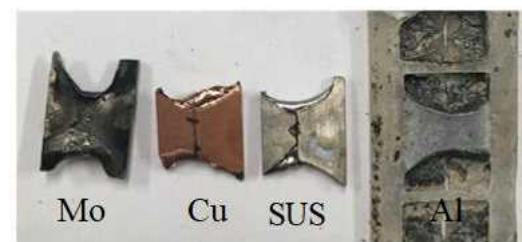
- 冬季雷を模擬の人工雷により選定したモリブデンとシリコーンを素材としたダイバータストリップに高い耐雷性が確認された。
- 耐エロージョン、耐塩性を評価した。
- コストメリットが高く、施工現場の作業性に優れた設計と製法の開発を進めた。

<意義>

- 耐雷性、耐エロージョン性、耐塩性を高めることで、長期耐久性が付与され、長期の風車の雷保護が可能となる。
- 低コストかつ現場作業性に優れたものとすることで、普及性に優れた製品となる。



落雷試験時のダイバータストリップ
(左側:試験前、右側:試験後)



各素材毎の溶損状況

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況(1)

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

開発テーマ	目標(2021年度)	成果	達成度	今後の課題、 解決方針、取り組み
I-① 風車運用高度化 技術研究開発 (研究開発)	風車稼働率97%以上を実現するための要素技術を開発し、データプラットフォームによるデータ利活用と風車運用の高度化を目標とする。	<ul style="list-style-type: none"> 機械学習を用いた異常検知、故障検知は、検知率80%超の世界最先端(世界では75%弱)で競争力を有する。 雷データの国内データ分析として、唯一稼働率の影響、対策方針を実データと共に評価。 データ収集をもとに、データの複合利用による風車状態判断の考え方を事業者へ提示し、風力発電事業者・メンテナンス会社が困難な分析・開発技術を大学研究機関から提供することを可能にした。 ⇒国内事業者の競争力支援。 	○	研究開発チームによる継続したデータプラットフォーム研究と、風力発電事業者を主体としたプラットフォーム利活用への展開を図る。
I-② 風車運用高度化 技術研究開発 (風車故障事故に関する国内外の動向調査)	国内外の風車故障事故の実態把握及び関連する最新の研究開発等の調査を行い、「技術研究開発」へ情報の提供を行う。	2017～2019年度分の日本国内の風車の実態を把握し概ねの稼働率を把握した。風車の部位別の故障率の傾向を明らかにし、また、稼働率を高める上で3日以上故障・事故を防ぐことが重要であることが分かった。	○	継続的な調査を実施し、風車故障事故のデータの蓄積を図る。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間)、×未達

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況(2)

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

開発テーマ	目標(2021年度)	これまでの成果	達成度	今後の課題、解決方針、取り組み
II-① 無人航空機(UAV)とAI画像解析の活用による風車の高度な次世代型運用・維持管理技術開発	UAVによるブレード他、外観全体確認対応自律飛行および損傷箇所のAIを用いた画像解析による自動判定等の技術を開発	実際の風車設備を対象に飛行試験を実施し、自律飛行、AI開発のソフトウェア開発に必要なデータを取得した。	○	自立飛行プログラム、AI解析ソフトウェアの改良、実サイト検証
II-② 洋上風力発電用CTV及び洋上ブレード補修ゴンドラの開発による維持管理技術の高度化	CTVやゴンドラのO&Mツールの課題を抽出し、要求を満たす仕様の決定。洋上保守要員トレーニングプログラムの図書、ツール整備。	CTVは主要目の仕様を決定 ゴンドラは実用化に向けた試験を開始した。	○	O&Mツール開発/実用化、洋上保守要員トレーニングプログラム構築
II-③ 風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケールトライボ解析・実験による最適潤滑剤設計	添加剤の設計とそれを用いたギヤ油仕様の最適化により、オイル交換頻度延長(中間目標寿命2倍)を実現する	基材と仕様の最適化で、ギヤ油が各種疲労試験で現行性能を大幅に上回ることを確認した。	○	オイル仕様の最適化、高性能極圧剤開発、新規マテリアル探索
II-④ 風車ブレード用高耐久ダイバーストリップの開発	日本国内の高エネルギーの冬季雷への耐久性を有するダイバーストリップを開発する。	人工雷による高エネルギー冬季雷への耐久性を評価するとともに、耐食性、施工作业性を考慮した試作を実施した。	○	耐雷性、耐食性をより高め、現場作業性に優れたダイバーストリップへの改良

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間)、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

風車運用技術の高度化研究開発の取り組みにより、異常・故障検知技術開発などの要素技術を大学研究機関が開発できた。開発したデータプラットフォームの利活用によって、国内の風力発電事業者・メンテナンス会社等が風車運用を直接分析・評価することにより、高度な風車運用(風車稼働率97%以上)を図ることができるようになる。これらは、発電コストの低減につながり、国内風力事業者の競争力強化に貢献する。

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

運用・維持管理技術の高度化研究開発の取り組みにより、新たな運用・維持管理手段が増え、競合相手が増えることにより競争原理が働くようになり、風車運転維持管理費の低コスト化が見込める。また、ユーザーである国内の発電事業者、メンテナンス会社、等がより最適な運用・維持管理手段を選択できるようになる。

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性(1)

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

開発テーマ	現状	最終目標 (2021年度上期末)	達成見通し
I-① 風車運用高度化技術 研究開発(研究開発)	<ul style="list-style-type: none"> 風車運転情報を活用した機械学習(AI)異常検知高度化技術・アプリケーションを開発。 雷トラブル停止時間短縮高度化技術・アプリケーションを開発。 風力発電情報データプラットフォームの開発と実証を実施。 	風車のダウンタイム及び運転維持コスト低減に向け、維持管理を的確に行い、風車稼働率(利用可能率)を97%以上に向上させる技術を確立。	達成。
I-② 風車運用高度化技術 研究開発(風車故障事故に関する国内外の 動向調査)	<ul style="list-style-type: none"> 国内外の風車故障事故の実態把握及び関連する最新の研究開発等の調査を行い、「風車運用高度化技術研究開発」へ情報を提供。 	風車のダウンタイム及び運転維持コスト低減に向け、維持管理を的確に行い、風車稼働率(利用可能率)を97%以上に向上させる技術を確立。	達成見込み。

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性(2)

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

開発テーマ	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
II-① 無人航空機(UAV)とAI 画像解析の活用による風 車の高度な次世代型運 用・維持管理技術開発	陸上、洋上地点における実証試 験を実施し、UAV自律飛行の成 功。	UAVによるブレード他、外観全体確 認対応自律飛行および損傷箇所の AIを用いた画像解析による自動判定 等の技術を開発。	最終目標である技術開 発を行い、実用化が達 成される見込み。
II-② 洋上風力発電用CTV及 び洋上ブレード補修ゴ ンドラの開発による維持 管理技術の高度化	CTV、ゴンドラのO&Mツール仕 様決定。洋上保守要員育成ト レーニング用の図書作成、ツール 導入。	O&Mツールの実用化、低コスト化の 有効性確認。 トレーニングプログラムの認証取得、 社内外への提供。	達成見込み。
II-③ 風力発電機の長寿命化 に向けたマルチスケール トライボ解析・実験による 最適潤滑剤設計	現行品は、およそ5年毎にオイル 交換。これまでの検討から、基材 と仕様の最適化で10年は高い確 度で可能な見込み。	オイルの平均交換頻度を15年に向上 する。	計算科学を活用した理 想的な潤滑環境(添加 剤、仕様、材料)を実現 することで、さらに+5年 を見込む。
II-④ 風車ブレード用高耐久ダ イバータストリップの開発	各種実験により耐雷性、耐食性、 製造性について課題を確認し、 フィールドテストの準備を進めて いる。	1年以上の長期耐久性を有し、風車 の雷保護性能を維持できる、普及性 に優れたダイバータストリップの開発。	現在各種の実証を行っ ており達成可能。

◆ 成果の普及

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

開発テーマ	成果
<p>I-① 風車運用高度化技術研究開発(委託)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019年10月18日 2019年度NEDO新エネルギー成果報告会【風力・海洋分野】 ● 2020年2月 2020年度NEDO新エネルギー成果報告会 (Online) ● 2021年1月21日 日刊工業新聞 掲載 ● 2018年度 風力エネルギー利用シンポジウム 優秀発表賞 受賞 ● 2019年度 風力エネルギー学会ベストポスター賞 受賞 ● 2019年度 風力エネルギー学会論文賞 受賞 ● 2020年度 電気学会高電圧技術委員会奨励賞 受賞
<p>I-② 風車運用高度化技術研究開発(風車故障事故に関する国内外の動向調査)(委託)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019年10月18日 2019年度NEDO新エネルギー成果報告会【風力・海洋分野】 ● 2020年2月 2020年度NEDO新エネルギー成果報告会 (Online) ● 2019年3月6日 第7回IEA Windセミナー ● 2020年2月18日 第8回IEA Windセミナー ● 2021年2月16日 第9回IEA Windセミナー

◆ 成果の普及

Ⅱ 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

開発テーマ	成果
Ⅱ－① 無人航空機(UAV)とAI画像解析の活用による 風車の高度な次世代型運用・維持管理技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 2021年1月19日: 第1回洋上メンテナンス研究会(秋田県主催)
Ⅱ－② 洋上風力発電用CTV及び洋上ブレード補修ゴンドラの開発による維持管理技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> ● 2020年度10月28・29日 REIFふくしま2020出展
Ⅱ－③ 風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケール トライボ解析・実験による最適潤滑剤設計	<ul style="list-style-type: none"> ● bmtベアリング&モーション・テック 2021年1月号 ● 2020年10月31日 神戸医療産業都市一般公開 2020 ● 2020年12月9日 2020 石油製品討論会 ● 2021年3月18日 トライボロジー研究会 第31回
Ⅱ－④ 風車ブレード用高耐久ダイバータストリップの開発	<ul style="list-style-type: none"> ● 2021年3月3日～5日 スマートエネルギーWeek2021 国際風力発電展 出典

3. 研究開発成果 (4) 知的財産権等の確保に向けた取組

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

プロジェクト全体の知的財産等に関する実績は以下の通り。

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	計
特許出願件数(件)	0	0	1	1	2
論文発表数(報)	2	7	8	1	18
フォーラム発表等(件)	17	17	16	9	59

※フォーラム発表等にIEAの国内委員会・Excoを含む

※2021年9月時点

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

➤ 本プロジェクトにおける実用化・事業化の定義

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業等活動・風車運用に貢献することをいう。

➤ 各研究開発項目における実用化・事業化の考え方

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

当該研究開発に係る要素技術、サービス等の風力発電事業者および風車O&M企業の利用が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係るソフトウェア、要素技術、サービス等の販売や利用により、企業等活動・風車運用に貢献することをいう。

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

当該研究開発に係る要素技術、デバイス(装置)、などが事業会社の事業責任部門に移管され、量産化に向けた開発が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る要素技術、製品等の販売(ライセンス含む)や利用することにより、企業等活動・風車運用に貢献することをいう。

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し (1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

◆ 実用化・事業化に向けた戦略

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

開発テーマ	戦略
I 風車運用高度化技術 研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 委託期間終了後、委託事業で開発した技術を適用した風車運用データプラットフォーム利活用サービスを実用化する。研究開発チームと風力発電事業団体によりサービス実用化主体を組織化する。それら組織により、サービス実運用を開始予定。2カ年程度の運用を図り、その実績積み上げと改善により、2024年度以降の自立運営につなげる。

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

開発テーマ	戦略
II-① 無人航空機(UAV)とAI画像解析の活用による風車の高度な次世代型運用・維持管理技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 助成期間終了以降、助成事業で開発した技術を適用した維持管理サービスを自社関連ウィンドファームで実運用開始予定。実績を蓄積し、発電事業者、メンテナンス会社、等の自社以外にもサービスを提供する予定。
II-② 洋上風力発電用CTV及び洋上ブレード補修ゴンドラの開発による維持管理技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 助成期間終了以降、開発品のブレード補修ゴンドラおよび多目的CTVを自社関連ウィンドファームで実運用し、実績を蓄積する。その後、自社以外の発電事業者、メンテナンス会社などを対象に、レンタル事業を展開する予定。洋上保守要員育成プログラム事業に関しては、助成期間終了後、自社がプログラムを提供できる組織となるために、プログラム認証を取得する。その後、自社内の保守要員に教育を実施し、洋上保守可能な人員を増員する。同時に他事業者の作業員にも育成教育を提供する予定。
II-③ 風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケールトライボ解析・実験による最適潤滑剤設計	<ul style="list-style-type: none"> 助成期間終了後、既設陸上風車へ既存の販売ルートを軸に展開し、実績を蓄積する。その後、発電事業者、増速機メーカー、ベアリングメーカー、メンテナンス会社、石油販売元を対象に、メンテナンスフリーに特化した風車用潤滑剤の油剤・オイルを販売する予定。
II-④ 風車ブレード用高耐久ダイバータストリップの開発	<ul style="list-style-type: none"> 助成期間終了後、国内既設陸上風車の発電事業者を対象に高耐久ダイバータストリップを販売する予定。陸上風車で実績を蓄積後、洋上大型風車を対象に、発電事業者、風車メーカー、メンテナンス会社へ販売する予定。

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組

詳細は非公開セッションで説明

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

開発テーマ	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度前半	2021年度後半～2022年度～2024年度～2030年度
I 風車運用高度化技術研究開発	————— 最終目標				————— 実用化 ————— 事業化(自立運営) —————>

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

全ての開発テーマにおいて2025年度までに実用化の見込み。

開発テーマ	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度～2025年度～2030年度
II-① 無人航空機(UAV)とAI画像解析の活用による風車の高度な次世代型運用・維持管理技術開発	————— 最終目標			————— 実用化 —————>
II-② 洋上風力発電用CTV及び洋上ブレード補修ゴンドラの開発による維持管理技術の高度化	ゴンドラ、CTV ————— 最終目標			————— 実用化 —————>
	保守要員育成プログラム ————— 最終目標			————— 実用化 —————>
II-③ 風力発電機の長寿命化に向けたマルチスケールトライボ解析・実験による最適潤滑剤設計	————— 最終目標			————— 実用化 —————>
II-④ 風車ブレード用高耐久ダイバーストリップの開発	————— 最終目標			————— 実用化 —————>

◆ 成果の実用化・事業化の見通し

I 風車運用高度化技術研究開発(委託)

- 研究開発チームと風力事業団体により、実用化を担う組織を創設する予定。
- 組織は、データベースシステムをPrivateCloudに移行する。
- 風車運用データプラットフォーム利活用サービスは、風力事業団体の会員を中心に利用参加の見込みを得ている。
- 風車運用データプラットフォーム利活用は、2年程度の運用期間にその実績を積み上げる。
- 2024年度以降に、実用化組織を発展させ、自立的な運営が可能な事業化組織を形成する見通し。

→詳細は非公開セッションで説明

II 風車運用・維持管理技術高度化研究開発(助成)

→詳細は非公開セッションで説明