



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

2023年度 WG報告資料

2023年11月29日

新エネルギー部

目次

- 1．プロジェクトの概要
- 2．プロジェクトの実施体制
- 3．プロジェクトの実施スケジュール
- 4．プロジェクト全体の進捗
- 5．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見
- 6．プロジェクトを取り巻く環境
- 7．NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

（参考 1）プロジェクトの事業規模

（参考 2）研究開発進捗のマイルストーン

1. プロジェクト概要

- 日本における洋上風力の導入拡大と産業競争力強化の好循環を達成するため、深い海域でも導入余地が大きい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、日本のみならず、海外（特にアジア）への導入拡大を図る。

フェーズ1

要素技術開発（補助、3～5年程度）

テーマ①風車

次世代風車技術開発事業

テーマ②浮体製造・設置

浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業

テーマ③電気システム

洋上風力関連電気システム技術開発事業

テーマ④運転保守

洋上風力運転保守高度化事業

研究開発概要

グローバルメーカーとの協働を視野に入れつつ、日本・アジア市場向けの洋上風車要素技術（次世代発電機、台風・落雷対応、低風速域向けブレード等）を開発し、設備利用率の向上及び大量生産技術の確立によりコストを低減する。

造船技術や建設インフラ等を活用しながら各種浮体の最適化、大量生産技術を確立し、先進的な浮体・係留システムを世界に先駆けて開発する。

台風等の厳しい気象条件やうねり等の海象がある中で、浮体の挙動によるケーブルの曲げや捻れに耐えうる強度や、浮体式変換設備の揺れに対する制御技術、ウィンドファームの大規模化を見据えたダイナミックケーブル等の高電圧化や高耐久性・低コスト化の技術開発を行う。また、大規模浮体式洋上ウィンドファームに向けた浮体式洋上変電所技術を確立する。

運転中のデータを集積、分析・管理するプラットフォームの構築や人員などの輸送ソリューションを視野に入れつつ、台風、落雷、うねりなど日本、アジア市場特有の事象に対応するため、陸上風車のスマートメンテナンスや落雷対策技術を活用し、先進的な運転保守技術の開発を行う。

フェーズ2

浮体式洋上風力実証事業（補助、最大8年）

風車・浮体・ケーブル・係留等の一体設計を行い、システム全体として関連技術を統合した実証を行う。フェーズ1の成果を活用できる段階において、最速2023年度に公募を開始する。

アウトプット目標

- 2030年までに、一定条件下（風況等）で、着床式洋上風力発電の発電コストが8～9円/kWhを見通せる技術を確立し、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立する。

赤枠内を2021年度に公募、採択



2. プロジェクトの実施体制

- フェーズ1は、①風車、②浮体製造・設置、③電気システム、④メンテナンスについて要素技術開発を加速化する。

テーマ名	事業者名（幹事企業のみ記載、※WG出席企業）	事業期間
【研究開発項目フェーズ1－①】 <u>次世代風車技術開発事業</u>	● 大同メタル工業株式会社 ● NTN株式会社 ● 株式会社駒井ハルテック（※）	2021年度～2026年度
【研究開発項目フェーズ1－②】 <u>浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業</u>	● 日立造船株式会社 ● 三井海洋開発株式会社（※） ● ジャパン マリンユナイテッド株式会社 ● 東京電力リニューアブルパワー株式会社（※） ● 戸田建設株式会社 ● 東京瓦斯株式会社	2021年度～2023年度
【研究開発項目フェーズ1－③】 <u>洋上風力関連電気システム技術開発事業</u>	● 東京電力リニューアブルパワー株式会社（※）	2021年度～2024年度
【研究開発項目フェーズ1－④】 <u>洋上風力運転保守高度化事業</u>	● 関西電力株式会社 ● 古河電気工業株式会社 ● 東京電力リニューアブルパワー株式会社（※） ● SOV開発合同会社 ● 株式会社北拓 ● NTN株式会社 ● 戸田建設株式会社	2021年度～2024年度

3. プロジェクトの実施スケジュール（現時点）

- フェーズ1は、①風車、②浮体製造・設置、③電気システム、④メンテナンスについて、要素技術開発を加速化する。
- フェーズ2は、風車、浮体、電気システム、係留等の挙動・性能・施工性・コストを考慮した一体設計技術を確立し、浮体式洋上風力発電を国際競争力がある価格での商用化に繋げる。なお、フェーズ2では、発電事業者主導でコンソーシアムを組成する。フェーズ1の成果を活用できる段階において、最速2023年度に公募を開始する。

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
【フェーズ1－①】 次世代風車技術開発事業	1) 風車仕様の最適化 2) 風車の高品質大量生産技術 3) 浮体搭載風車の最適設計 4) 次世代風車要素技術開発 5) 低風速域向けブレード					【実証フェーズ】 浮体、風車、係留システム、ケーブル等の一体設計				
【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	1) 浮体基礎の最適化 2) 浮体の量産化 3) 係留システムの最適化 4) ハイブリッド係留システム 5) 低コスト施工技術の開発									
【フェーズ1－③】 洋上風力関連電気 システム技術開発事業	1) 高電圧ダイナミックケーブル 2) 浮体式洋上変電所									
【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業	1) 運転保守及び終戦技術の開発 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 4) 落雷故障自動判別システムの開発									
【フェーズ2】 浮体式洋上風力実証事業										

4. プロジェクト全体の進捗

- 本年9月開催のNEDO技術・社会実装推進委員会において、プロジェクト全体が概ね計画通り進捗していることを確認。
- 加速する風車の大型化及び海外展開を意識した開発が必要との意見あり。

「技術面」

＜実施企業等の主な取組状況＞

＜NEDO委員会による主な意見＞

「研究開発の進捗度」等について

- 部材の納期遅延や浮体構造・設計工程の見直し・追加検討のため、一部事業計画の見直しを行ったものの、概ね順調に進捗。（各研究開発項目共通）
- 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に係るテーマでは実海域での検証を実施、成果を開発に活かす。（研究開発項目1-②）



- 困難な**技術的課題に対して各種実験や実証試験が計画実施されており着実に進捗**していると考える。
- 2030年以降の商用化時には20MW超クラスへの対応も必要と考えられ、**風車のさらなる大型化を見据えた検討が必要**と考えられる。

「研究開発の見通し」等について

- フェーズ2実証事業を見据え、各テーママイルストーン達成に向けて着実に研究開発を推進。（各研究開発項目共通）



- マイルストーンの達成に向けて、**技術面の課題が明確にされており、その解決の見通しは立っている**。

「事業面」

＜実施企業等の主な取組状況＞

＜NEDO委員会による主な意見＞

「市場機会の認識」、「社会実装に向けた取組状況」等について

- 欧州の風車メーカー等と対話を重ねるとともに、事業の進捗に応じた積極的なリリース等により、社会実装に向けた取組を実施。（研究開発項目1-①、1-②）



- 風車メーカーとの連携を継続し、**さらなる大型化を見据えた設計についても検討をして欲しい**。
- まずは国内市場からという方針は理解するが、**海外市場に対する展開への準備も進めて欲しい**。

「ビジネスモデル」等について

- 自社の強み・弱みを認識し、開発した技術を広く社会に展開するため、標準化に取り組む体制構築等、戦略的な取組を継続。（各研究開発項目共通）



- 従来の経験から社会・顧客に対する提供価値を的確に認識しているといえるが、**海外への展開及び海外からの市場参入に対する検討も進めて欲しい**。

5－1．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【フェーズ1－①】 次世代風車技術開発事業 <u>風車主軸受の滑り軸受化開発</u> ・大同メタル工業株式会社	<u>取組状況</u> ・ しゅう動材※の耐摩耗性を確認。 ・ 滑り軸受システムの開発に向け、縮小サイズ試験の軸受およびシャフトの解析モデルを作成。 ・ 縮小サイズ試験用軸受の3D モデルおよび実際の試験用軸受での分解・組立法を検討。 ※摩擦係数が小さく、耐久性（耐摩耗性など）がある材料のこと。 <u>委員からの助言</u> ・ 洋上での交換作業を可能とする製品となれば、重故障対応の面で優位性が確保され、発電事業者に対する訴求力が大いに高まると考える。風車メーカーとの連携を心掛け、低コスト化だけでなく、その他の特徴による付加価値向上についても検討すべき。 ・ 市場・技術動向の変化を踏まえ、実現可能性のあるビジネスモデルを構築しており、国内経済・サプライチェーンへの参入だけでなく海外市場も考慮している点は評価できる。
【フェーズ1－①】 次世代風車技術開発事業 <u>洋上風力発電機用超大型主軸受の低コスト仕様開発</u> ・ NTN株式会社	<u>取組状況</u> ・ 軸受内部設計仕様の確立に向けて試験を実施し、結果を踏まえて仕様の見直し等を実施。 ・ 加工・組立ラインの概略仕様検討案が完成。今後は実際に生産技術開発用ラインを設置して検証を推進。 <u>委員からの助言</u> ・ 近い将来、近隣アジア諸国製の洋上風力関連部品が日本市場へ流入することが想定されるが、これに対する対応も検討すべき。 ・ 軸受は風車の機械的信頼性を担う重要部分であり、日本の競争力が強い部分であるので、長期視点に立って海外風車メーカーとの協業を図って欲しい。

5－2．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【フェーズ1－①】 次世代風車技術開発事業 <u>洋上風車用タワーの高効率生産技術開発・実証事業</u> ・株式会社駒井ハルテック	<u>取組状況</u> ・ 合理化溶接技術の開発に向け、溶接施工試験の実施及び溶接条件に関する情報収集を経て溶接施工システムを決定し、詳細設計を完了。11月下旬頃から現地に於て順次出荷前検査を予定。 ・ ブラスト・塗装ロボット施工システムの開発に向け、塗装建屋・ブース及びブラスト・塗装ロボットの検討を実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 成果をビジネスにつなぐため、引き続き、大手風車メーカーの最新の技術要求の把握に努め、メーカー要求への適合を確実に図って欲しい。 ・ 風車メーカーの信頼を得て、開発した技術の海外含めた市場のデファクト化、若しくはそれに近い状況が達成できれば、風車メーカーの販路拡大と共に事業拡大できるのではないかと。
【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 <u>セミサブ型ハイブリッド浮体の量産化・低コスト化</u> ・ 日立造船株式会社（幹事） ・ 鹿島建設株式会社	<u>取組状況</u> ・ 複合構造の設計手法確立に向け、複合構造を用いた浮体式基礎の設計手法に対する妥当性を検証中。 ・ 浮体の量産化に向け、大ブロックの接合方法、コンクリート打設方法の検討を実施。 ・ 係留システムの試設計を行い、複数の係留方式の比較検討を実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 実施計画に基づき、これまでの経験、実績を踏まえて着実に進めており、開発リスクに関して不安がない点が評価できる。 ・ 国外市場を開拓していくうえでは、国外の標準化やルールメイキングを積極的に行うことで、デジュール標準などを取ることも検討して欲しい。

5－3．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【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 <u>低コストと優れた社会受容性を実現するTLP方式による浮体式洋上発電設備の開発</u> ・ 三井海洋開発株式会社（幹事） ・ 東洋建設株式会社 ・ 古河電気工業株式会社 ・ 株式会社JERA	<u>取組状況</u> ・ 一体設計技術の確立を目指し、15MW級風車及びTLP式浮体の風車・浮体・係留連成応答・強度解析プロセスを構築。 ・ 浮体の量産化に向け、浮体形状を決定するとともに建造方法の検討を実施。 ・ 係留システムの最適化及び低コスト施工技術の確立を目指し、コネクターベアリングの耐久試験、現地引抜実験を実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 非常に精力的に技術開発を進めており、要素試験レベルにおいては多くの技術開発要素について目途が立ちつつあるように思われる。 ・ コンソーシアム内での分担・所掌範囲が存在することはやむを得ないが、例えば、地震時の検討など、その範囲を超えて連携して検討を行うべき点が多々存在することに留意。 ・ 適用可能な地盤条件や施工コストの観点から、他の形式に対するコスト競争力についての検討を深めて欲しい。
【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 <u>セミサブ型浮体・ハイブリッド係留システムに係る技術開発及び施工技術開発</u> ・ ジャパンマリンユナイテッド株式会社（幹事） ・ 日本シップヤード株式会社 ・ ケイライン・ウインド・サービス株式会社 ・ 東亜建設工業株式会社	<u>取組状況</u> ・ 浮体最適化システムの構築を完了し、最適形状を決定。風車浮体連成解析をほぼ完了。 ・ ドッグサイズに依存しない浮体量産化技術として、洋上接合実験を実施。 ・ ハイブリッド係留システムの最適化に向け、開発した浮体係留用合成繊維を用いた実海域試験を実施。 ・ 低コスト施工技術として、SEP改造による風車搭載技術検討、高性能船による浮体設置の作業標準化を実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 2030年以降の商用化時には20MW超クラスの風車への対応も必要と考えられるため、将来の大型化を見据えた検討が必要。 ・ 国際展開においては、自社から国際標準などを作りにおいて、自社しか勝てないようなルール（規制・標準等）作りを検討、取り組みをされると良いのではないかと。

5－4．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【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 <u>浮体式大量導入に向けた大型スパー浮体基礎の製造・設置低コスト化技術の開発</u> ・ 東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事） ・ 東京電力ホールディングス株式会社	<u>取組状況</u> ・ 浮体基礎の最適化に向け、風車-浮体の連成解析を実施し、浮体の水槽模型実験の詳細計画を立案。 ・ 量産化に向け、港湾で浮体建造する場合の浮体ブロックのサイズ、ブロック輸送方法を検討するとともに、ハイブリッド係留システム等の係留索の効率的な施工技術の開発を目指して実海域での試験を実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 浮体基礎の最適化、ハイブリッド係留、アンカーの高効率施工の開発において大学や専門家を交えて検討されており、複数の研究を効率的に連携させるスケジュールで推進されている。 ・ 風車メーカーとの連携は今後も続け、将来的にさらなる大型化にも対応していけるような設計も見据えて欲しい。
【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 <u>15MW級大型風車に対応した低コスト型ハイブリッドスパー浮体量産システムの開発</u> ・ 戸田建設株式会社	<u>取組状況</u> ・ 浮体PC部の軽量化及び鋼製部の最適化に向け、開発手法の効果を検証するため実物大要素試験を計画。 ・ アンカー打設工法の開発に向けて、深海仕様に改造した陸上用小型バイプロハンマーに対する水槽試験結果を踏まえ、仕様の見直しを実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 鋼製部の量産化・低コスト化に関して、15MW規模だけでなくさらに大型化した20MW超クラスでの検討も行った方が良い。これにより、将来を見据えた設備投資計画も考えることができるのではないかと。 ・ 市場・技術動向の変化を踏まえ、実現可能性のあるビジネスモデルに見直ししており、取引先を含めた国内経済・サプライチェーンへの波及効果が期待できるビジネスモデルになっている。

5－5．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【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 <u>早期社会実装に向けたセミサブ型浮体式基礎製造・設置の量産化・低コスト化</u> ・ 東京瓦斯株式会社	<u>取組状況</u> ・ 浮体式基礎の最適化に向け、風車と浮体式基礎のモデリング及び連成解析の結果を受け、鋼材重量の計算を実施。 ・ 浮体式基礎の量産化に関し、進水用バージのコンセプト設計が完了。基本設計承認の取得を目指し、水槽試験に向け模型製作等の準備を進めている。 <u>委員からの助言</u> ・ 実績のある技術に基づいており、量産化技術の具体的な検討を先行的に進めることができている。 ・ 海外の技術を日本仕様にローカライズするだけでなく、成果のグローバル展開を実現して欲しい。
【フェーズ1－③】 洋上風力関連電気システム技術開発事業 <u>ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所</u> ・ 東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事） ・ 東北電力株式会社 ・ 北陸電力株式会社 ・ 電源開発株式会社 ・ 中部電力株式会社 ・ 関西電力株式会社 ・ 四国電力株式会社 ・ 九電みらいエナジー株式会社 ・ 住友電気工業株式会社 ・ 古河電気工業株式会社 ・ 東芝エネルギーシステムズ株式会社 ・ 三菱電機株式会社	<u>取組状況</u> ・ 電力会社が主体となり、2023年度は毎月作業会を開催するなどして、日本の海域を想定した低コスト浮体式洋上風力発電システムを実現するために、共通要素技術（高電圧ダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所/変換所）の開発に必要な浮体等の仕様の検討、及びシステムインテグレーションを実施。 ・ 開発メーカーは高電圧・耐疲労性・長寿命ダイナミックケーブル、及び浮体式洋上変電所/変換所の電気機器開発を推進。 <u>委員からの助言</u> ・ 現在は個別の機器開発に注力しているが、浮体式洋上風力発電システム全体の高度運用に必要な運用や保守管理の面にも注意を払う必要がある。 ・ 国内市場は期待できると思うので、より野心的に海外市場も含めて戦略を考えていく必要がある。

5－6．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業 <u>浮体式風車ブレードの革新的点検技術の開発</u> ・ 関西電力株式会社（幹事） ・ 関電プラント株式会社	<u>取組状況</u> ・ 開発する挙動対応システムに対応したUAVを選定・改良の結果、目標連続飛行時間を超える連続飛行を達成。 ・ 自律制御にてブレード対象箇所へ接触できる機構を備えた導通試験用 UAV を開発。 <u>委員からの助言</u> ・ UAVを用いた当該方式が、従来型のUAVを利用しない方式に対して同等、あるいはそれ以上の診断結果が担保できるか、その上で低コストにつながるのかの検証が必要。 ・ UAVを用いたO&Mサービスはユニバーサルなソリューションであり、国内外のニーズ確認を細かく行い、社会実装に向けたシナリオの具現化を着実に進めて欲しい。デファクトとするための標準化の手順、具体的なアクションプランを示して欲しい。
【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業 <u>海底ケーブル布設専用船（Cable Laying Vessel：CLV）開発プロジェクト</u> ・ 古河電気工業株式会社（幹事） ・ CLV開発合同会社	<u>取組状況</u> ・ CLVコンセプト設計を完了し、作業限界達成に見通しが立った。 ・ 工程短縮に資するオペレーションシステム及びモニタリングシステムの検討を実施し、国内サイトにおいて欧州同等のスケジュール感で海底ケーブル布設・埋設作業を実施出来る確実性・実行性が高まった。 <u>委員からの助言</u> ・ ケーブル敷設船の国内事情への対応及び作業成功率の向上を目指しており、順調に進展していると考える。 ・ 事業を有利に成立させるため、競合他社のベンチマークを行い、他社との差別化を明確に打ち出して欲しい。

5－7．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業 <u>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</u> ・ 東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事） ・ 東芝エネルギーシステムズ株式会社	<u>取組状況</u> ・ デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化に向け、デジタルツインに関する調査から浮体式洋上風力発電に応用できると考えられるプラットフォームを抽出。 ・ 試作した研究用ドローンに風車外観点検用の各機能を実装し、動揺模擬装置及び沿岸風車にて動作を検証のうえ、洋上風車対応ドローンの詳細設計・試作に着手。 <u>委員からの助言</u> ・ 遠隔化・自動化による運転保守の高度化並びにデジタル技術による予防保全は、今後風車が大型化しファームが遠隔化するほど需要が増すことから独自性・新規性・他技術に対する優位性を有すると言える。また実現可能性が十分期待できる。 ・ グローバルな市況変化に対し、競合の動きを注視し、適宜マーケティング計画、事業計画の修正を行いながら進めて欲しい。
【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業 <u>風車建設・メンテナンス専用船（Service Operation Vessel：SOV）開発プロジェクト</u> ・ SOV開発合同会社	<u>取組状況</u> ・ 船型並びに主要艀装品に関するコンセプト設計の取り纏めを完了し、船体運動の解析作業を実施。 ・ 具体的な案件を想定したオペレーションプランの検討を実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 具体的な市場・ユーザー企業とそのニーズ・課題を想定し、実海域での運用を想定したシミュレーションを行って具体的な提案を行っており、取組みに合理性が認められる。 ・ 日本においては、水深との関係で浮体式windファームの離岸距離がどの程度になるかも影響してくると思われる。戦略的取り組みを期待したい。

5－8．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業 <u>浮体式風力発電用運用保守デジタルプラットフォームの開発</u> ・ 株式会社北拓	<u>取組状況</u> ・ 開発計画及びセンシング詳細設計、データ取得サイトの選定を実施。 ・ O&M情報一元化システム用APIの開発に向け、関係者との情報交換等を実施。 ・ ひびき風力発電所を用いた実証に向けて準備。 <u>委員からの助言</u> ・ 主にRNA部分の運転保守を対象とするデジタルプラットフォームと思うが、将来的には浮体構造部分も一元的に把握できるようなシステムとなれば、浮体式風車の保守管理が一層効率化されると期待する。 ・ 浮体式風車の事業性を高めるため、RNA部やブレードへの重故障を未然に防止することは極めて重要である。本デジタルプラットフォームの効果として、メリットをユーザーに訴求していくことができれば、システム普及を加速することが出来るのではないかと。
【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業 <u>軸受ライフサイクルマネジメント実現のための洋上風力発電機用CMSの高度化開発</u> ・ NTN株式会社	<u>取組状況</u> ・ データ収集装置の機能向上・機能拡張に向け、試作評価を完了し改良設計評価を推進中。 ・ ブレード部センサの計測装置を実機風車に設置して実証運転中。 ・ メンテナンス会社との連携スキームを構築するとともに、補修ビジネスの構想立案に向けた取組を実施。 <u>委員からの助言</u> ・ 落雷、地震等の日本特有の現象に対して、開発したCMSが適用できることを提示できると良い。これらに対応できていることを、海外製品に対する優位性として積極的に発信してほしい。 ・ 発電事業者にとってのコストメリットをより定量的に提示できると良い。

5－9．実施企業等の取組状況とNEDO委員会での意見

【フェーズ1－④】 洋上風力運転保守高度化事業 <u>D i g i t a l T w i n・A I技術による 生産予防保全技術などの開発</u> ・ 戸田建設株式会社	<u>取組状況</u> • PLMソフトウェアと3Dモデル間のデータ連携システムを制作し、試運用を開始。 • 予防保全技術の確立のため、浮体式洋上風力発電設備全体の計測システムを風車のSCADAシステムと連携させ、計測データを一元管理するシステムを構築し、風車システムに設置を進めている。 • 風車およびコンポーネントメーカーからのデータを補完するために、3Dスキャナーを利用した3Dデータ計測環境を整備し、PMLとの連携を開始。
	<u>委員からの助言</u> • 浮体式洋上風力発電を主体的に開発して総合的なノウハウを所有しており、SPA、計測データを結合するシステムを実証できる体制にある。今後の成果を期待するとともに他社の発電機にも適用できるかが重要である。 • 事業化の視点で納得のいくモデルを検討して欲しい。

6. プロジェクトを取り巻く環境

- 世界的に脱炭素化が加速、中でも風力発電に対する期待は大きく、IEA World Energy Outlook 2021におけるNZEシナリオでは、2050年に風力発電は25PWhと現状より15倍以上の増加が必要とされる。

■ カーボンニュートラルに向けた導入拡大

- ✓ 世界では2050年CNの実現に向けて現状の15倍以上の約25,000TWh以上の発電量が必要とされており、洋上風力については現状比10-13倍の7,000-9,000TWh程度発電量が必要とされている。現状、発電量は中国・EU・米国が世界全体の約2-3割を占めるなど、大きなシェアを占めている。
- ✓ 浮体式は足下ではまだ導入量が僅かだが、洋上風力の導入ポテンシャルは浮体式に適した深海域により多く存在しており、世界的にも浮体式に期待が集まっている。

■ 世界情勢

- ✓ EUは洋上風力について2030年や2050年の導入目標を設定し、目標達成のために注力分野の設定や必要な投資規模(約8,000億ユーロ)の試算等を発表。
- ✓ ドイツ、フランス、英国、米国、中国においてもそれぞれ洋上風力に関する導入目標やロードマップを設定すると共に、研究開発プロジェクトの実施により技術革新を促す。

■ 浮体式洋上風力に関する技術開発動向

- ✓ 浮体式は比較的気象海象の穏やかな海域でバージ型が、深海域ではスパー型が、それ以外では広くセミサブ型が適用され、更に深海域や漁業等の先行利用者の社会受容性の観点から一部においてTLP型が将来的に展開されることが想定。いずれの方式も大型化が課題。
- ✓ 欧米では、風車の大型化に加え、シミュレーションや気流モデル、デジタルツインを用いた風車や発電所の設計・運用の高度化、係留システムや海底ケーブルの高度化が中心。加えて、生態系・周辺産業への影響評価や負荷低減策の検討、既存貨物船・プラットフォームの風車専用船への転換や省資源・リサイクルに向けた材料や設計の最適化も特徴的な取組。
- ✓ 国内では浮体の低コスト化やデジタルツインやUAVを用いた保守管理の低コスト化が図られる他、軸受け関連の開発やタワー製造、落雷対応技術や専用船の開発が特徴的な取組。

7. NEDOによる社会実装に向けた支援に関する取組状況

■ 小規模な実証

- 実施企業が検討する浮体形式について、次期フェーズに必要となる耐久性等の検証を早期に行うため、本フェーズにおいても必要に応じて小型模型による実海域試験を実施。成果を開発へフィードバックするとともに、積極的な外部発信を推進。
- 最速で2023年度より開始することとしているフェーズ2 実証事業に向け、実証事業後の社会実装を見据えて関係各所と協議を進めている。

■ 事業化に向けた支援

- 米国CECとNEDOが共同開催したワークショップにおいて、日本企業と外国政府及び関係機関とが意見交換する機会を創出。アジアのみならず欧州や北米の巨大市場への普及を目指した、実施企業の事業戦略検討を促す。

■ 認知度・社会受容性向上

- 国際会議や関連シンポジウム等で講演を行い、プロジェクト認知度や、風力発電に係る社会受容性の向上に貢献。
- 昨年度に引き続き、2024年1月に開催される再生可能エネルギー世界展示会 & フォーラムに出展を予定。他分野のイベントと同時開催されることにより、幅広い層の認知度向上を図る。



石狩湾で実施した国内初となる繰返し荷重を用いた杭の引抜き実験
(提供：東洋建設株式会社)



プロジェクト認知度や風力発電に係る社会受容性向上に向けた取組
(2023年2月度再エネ展への出展)

(参考 1) プロジェクトの事業規模

プロジェクト全体の関連投資額※

※ プロジェクト実施企業等が、事業終了後の期間を含めて見積もった社会実装に向けた取組（グリーンイノベーション基金事業による支援を含む）にかかる関連投資額

53,760億円

グリーンイノベーション基金事業の支援規模

事業名		事業規模	支援規模
フェーズ 1 (交付決定済み)	①次世代風車技術開発事業	6 5 億円	5 0 億円
	②浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業	1 2 9 億円	9 9 億円
	③洋上風力関連電気システム技術開発事業	3 2 億円	2 5 億円
	④洋上風力運転保守高度化事業	2 4 億円	1 8 億円
フェーズ 2	浮体式洋上風力実証事業	今後、公募予定	今後、公募予定

(参考 2 - 1) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目フェーズ 1 - ①：次世代風車技術開発事業

テーマ名・事業者名	アウトプット目標	
風車主軸受の滑り軸受化開発 ・大同メタル工業株式会社	✓ 要素試験およびベンチ試験において風車主軸受の滑り軸受成立性を確認する。	
	実施内容	マイルストーン
	①耐疲労性、耐摩耗性摺動材の開発	・支持球面軸受の耐摩耗性を確認する。（2023年度） ・耐疲労性評価を実施する。（2024年度）
	②滑り軸受システム開発	・軸受潤滑解析の性能予測精度の向上。（2023年度） ・3～6MW級軸受試験による軸受性能評価。（2026年度）
	③滑り軸受状態監視技術開発	・状態監視に係る基礎評価を実施する。（2023年度）
	④滑り軸受分解・組立法の開発	・縮小サイズ軸受を用いた分解・組立、軸受交換性の確認。（2023年度）
	⑤経済性評価	・コスト低減効果を検証する。（2026年度）

(参考 2 - 2) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目フェーズ 1 - ① : 次世代風車技術開発事業

テーマ名・事業者名

洋上風力発電機用超大型主軸受の
低コスト仕様開発

・NTN株式会社

アウトプット目標

- ✓ 長期の使用に耐え得る高い信頼性を有し、高品質で生産性に優れる洋上風車用主軸受設計仕様の確立。
- ✓ 長期の使用に耐え得る高い信頼性を有し、高品質で生産性に優れる洋上風車用主軸受を効率よく生産する生産技術の確立。

実施内容

①軸受内部設計仕様の確立

②材料仕様の確立

③社内加工の効率化

④組立・検査等作業の効率化

⑤品質の維持・向上

マイルストーン

・社内開発の完了。(2023年度)

・社内開発後、焼入れ評価の完了。(2024年度)

・社内開発後、試作評価の完了。(2024年度)

・社内開発後、試作評価の完了。(2024年度)

・社内開発後、試作評価の完了。(2024年度)

(参考 2 - 3) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目フェーズ 1 - ① : 次世代風車技術開発事業

テーマ名・事業者名

アウトプット目標

洋上風車用タワーの高効率生産技術
開発・実証事業

・株式会社駒井ハルテック

✓ タワー生産コスト（材料費除く）を16%削減する。

実施内容

マイルストーン

① 合理化溶接技術の開発

・溶接施工試験や情報収集を経て溶接施工システムを決定し、設計、導入、要素試験及び試験施工を完了する。（2024年度）

② ブラスト・塗装ロボット施工システムの開発

・工場レイアウト及びブラスト・塗装設備の検討を行い、設計、導入、要素試験及び試験施工を完了する。（2024年度）

③ AIを活用した非破壊検査システムの開発

・特許調査や装置メーカーからの情報収集を行い、設計、導入、要素試験及び試験施工を完了する。（2024年度）

(参考 2-4) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

セミサブ型ハイブリッド浮体の量産化・低コスト化

- ・日立造船株式会社（幹事）
- ・鹿島建設株式会社

アウトプット目標

- ✓ 2030年までに、一定条件下（風況等）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商用化する技術を確立。

実施内容

①浮体式基礎の最適化

②浮体式基礎の量産化

③ハイブリッド係留システム

マイルストーン

・鋼・コンクリートハイブリッド構造の適用による低コスト化の検討（2023年度）

・ハイブリッド浮体の製作工程短縮による量産化の検討（2023年度）

・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の検討（2023年度）

(参考 2 - 5) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

低コストと優れた社会受容性を実現する T L P 方式による浮体式洋上発電設備の開発

- ・三井海洋開発株式会社 (幹事)
- ・東洋建設株式会社
- ・古河電気工業株式会社
- ・株式会社 J E R A

アウトプット目標

- ✓ 15MW級風車の搭載に対応した高信頼性並びに軽量化を実現する浮体の開発。
- ✓ コスト低減および量産化に向け15MW級風車を搭載する浮体を量産するサプライチェーンの構築。
- ✓ 係留設計に関して「浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドライン」で要求される係留張力の監視装置の開発及び係留コネクター部品の強度及び安全性に関する設計上の担保、並びに、地盤調査費のコスト低減に向けた調査方法の最適化。
- ✓ 低コスト化が見込める施工要領の確立および発電実証時の施工実現性・経済性及び商業化時の量産化サプライチェーンへの対応性確認。
- ✓ うねりや台風、津波、海洋生成物付着等に耐えうる信頼性と事業期間中の高耐久性を実現。
- ✓ ダイナミックケーブルを構成する材料の特性、量産サプライチェーンの評価を行い低コスト化を実現。
- ✓ TLP浮体と係留索のインターフェイスを吟味し建設・O&M時において実現性の高い施工技術を確立。

実施内容

①浮体基礎の最適化

②浮体の量産化

③係留システムの最適化

④低コスト施工技術の開発

マイルストーン

・一体化設計手法の確立 (2023年度)

・量産化に適した浮体構造の検討 (2022年度)
・サプライチェーン構築に向けた検討 (2023年度)

・張力監視装置開発、係留装置の耐久試験 (2023年度)
・設計手法確立に資する要素試験を実施 (2023年度)

・接続施工要領の検討及び技術の検証 (2023年度)
・TLP向け高耐久性ダイナミックケーブルの設計・解析・施工方法の検討 (2023年度)

(参考 2-6) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

セミサブ型浮体・ハイブリッド係留システムに係る技術開発及び施工技術開発

- ・ジャパン マリンユナイテッド株式会社 (幹事)
- ・日本シップヤード株式会社
- ・ケイライン・ウインド・サービス株式会社
- ・東亜建設工業株式会社

アウトプット目標

- ✓ ベースラインウィンドファームにおけるLCOE：11円台/kWh(2030年目標)
- ✓ 国内経済波及効果： 約700億円
- ✓ CO2削減量： 約20万トン

実施内容

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の最適化

④低コスト施工技術の開発

マイルストーン

・浮体開発設計及びコスト積算を完了する (2023年度)

・浮体構造の概略策定 (2022年度)
・詳細検討を完了する (2023年度)

・実海域試験設置を完了し計測を開始する (2022年度)
・実海域試験及び最適設計を完了する (2023年度)

・施工条件を決定する (2022年度)
・低コスト施工工程検討を完了する (2023年度)

(参考 2 - 7) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

浮体式大量導入に向けた大型スーパー浮体基礎の製造・設置低コスト化技術の開発

- ・東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事）
- ・東京電力ホールディングス株式会社

アウトプット目標

- ✓ 2030年までに、一定条件下（風況等）で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立。

実施内容

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

④低コスト施工技術の開発

マイルストーン

- ・基本設計を完了する。（2022年度）
- ・連成解析及び構造の最適化を実施する。（2023年度）

- ・基本設計完了後、輸送・組立手順等の検討を実施する。（2022年度）
- ・浜出し方法・港の改造等を検討する。（2023年度）

- ・基本設計完了後、試験計画を立案する。（2022年度）
- ・各種試験を実施し、設計を最適化する。（2023年度）

- ・風車搭載施工船の調査を実施すると共に、実証計画を立案する。（2022年度）
- ・風車搭載施工船の設計及び係留索施工の実証を行い、施工コストを算出する。（2023年度）

(参考 2 - 8) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

15 MW級大型風車に対応した低コスト型ハイブリッドスパー浮体量産システムの開発

・戸田建設株式会社

アウトプット目標

✓ 世界で未だ実現していない、世界最大級となる大型風車に対応した、量産化に対応した低コスト浮体を開発。

実施内容

①量産化、大型化に対応したPC部の軽量化技術の開発

②量産化、大型化対応の鋼製部設計最適化技術の開発

③係留の開発

④礫質土対応杭式アンカー打設工法の開発

マイルストーン

・実物大試験を実施し、開発手法の効果を検証（2023年度）

・実大要素試験を実施し、開発手法の効果を検証（2023年度）

・実証海域にて試験施工を実施し、アンカーの施工性および設計手法の妥当性を評価（2023年度）

・実証海域にて試験施工を実施し、打設工法の施工性を評価（2023年度）

(参考 2 - 9) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

早期社会実装に向けたセミサブ型浮体式基礎製造・設置の量産化・低コスト化

・東京瓦斯株式会社

アウトプット目標

✓ 低コスト施工技術の確立と事業化への適用 : 浮体式基礎・施工関連コストを低減できる技術開発を進める。

実施内容

①浮体式基礎の最適化

②浮体式基礎の量産化

③ハイブリッド係留システム

③低コスト施工技術の開発

マイルストーン

・大型化・軽量化の両立により浮体式基礎の重量を削減することを目指し、仕様の確定をする。(2022年度)

・量産に適した組立方式の確立及び量産に拠る低コスト化に向けて、生産方式の検討を行う。(2023年度)

・設計・製造・施工を踏まえた総合的なケーススタディー・コスト評価を通して、ハイブリッド係留システムの最適化を実施する。(2023年度)

・作業工程短縮によるコスト低減を目指した施工手法の開発及び実用性・コストの検証を実施する。(2023年度)

(参考 2 - 1 0) 研究開発進捗のマイルストーン

研究開発項目フェーズ 1-③：洋上風力関連電気システム技術開発事業

テーマ名・事業者名

浮体式洋上風力発電共通要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）

・東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事）
・東北電力株式会社
・北陸電力株式会社
・電源開発株式会社
・中部電力株式会社
・関西電力株式会社
・四国電力株式会社
・九電みらいエナジー株式会社
・住友電気工業株式会社
・古河電気工業株式会社
・東芝エネルギーシステムズ株式会社
・三菱電機株式会社

アウトプット目標

✓ 2030年度までの実証試験を経て社会実装を目標として、低コスト浮体式洋上風力発電システムを実現するために、共通要素技術開発（高電圧ダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所/変換所）の成果をインテグレート・評価し、フェーズ2（実証試験）の開発内容を明らかにする。

実施内容

①技術仕様の検討と要素技術の評価

②各要素技術の開発

マイルストーン

・電力会社主体で浮体技術仕様の検討を実施し、仕様を決定する。（2024年度）
・開発メーカーにて各要素技術開発（ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所）を実施し、社会実装の目的のために、電力会社で各要素技術を統合したシステムについて検討し、コスト評価を実施する。（2024年度）

(参考 2 - 1 1) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

浮体式風車ブレードの革新的点検技術の開発

- ・関西電力株式会社（幹事）
- ・関電プラント株式会社

アウトプット目標

- ✓ 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）を用いた点検技術を確立し、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。

実施内容

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

②ダウンコンダクター導通試験用無人航空機（UAV）の開発

③打音検査用無人航空機（UAV）の開発

マイルストーン

浮体式風力発電設備の揺動に追従できるUAV（試作機）を開発し、実証試験を行う。（2023年度）

ダウンコンダクター導通試験用UAV（試作機）を開発し、実証試験を行う。（2023年度）

打音検査機器を搭載したUAV（試作機）を開発し、実証試験を行う。（2023年度）

(参考 2 - 1 2) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

海底ケーブル布設専用船 (Cable Laying Vessel : CLV) 開発プロジェクト

- ・古河電気工業株式会社 (幹事)
- ・CLV開発合同会社

アウトプット目標

- ✓ 国内初となる世界最新鋭のCLV 開発・導入・運用により、着床式及び将来の浮体式洋上風力プロジェクトにおける海底ケーブル敷設工程を大幅に短縮し、発電コスト低減化に貢献する。

実施内容

①造船設計管理

②オペレーションシステム

③モニタリングシステム

④工程標準化・リスク分析

マイルストーン

・技術研究検証及びCFD 解析を実施する。(2023年度)

・技術検証を実施する。(2023年度)

・技術検証を実施する。(2023年度)

・技術検証を実施する。(2023年度)

(参考 2 - 1 3) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

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

・東京電力リニューアブルパワー株式会社（幹事）
・東芝エネルギーシステムズ株式会社

アウトプット目標

- ✓ 2030年までに、一定条件下（風況等）で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立
- ✓ OPEXのうち、風車点検費用の20%程度低減を実現する省力化技術の開発

実施内容

①デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化

②監視及び点検技術の高度化

マイルストーン

・デジタルツインに用いる実測方法及び数値計算方法の整理、プラットフォームへの導入に向けた概念設計（2023年度）
・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（2023年度）

・係留系及びダイナミックケーブルの維持管理コストの低減に向けた海域試験の実施（2023年度）
・ナセル内部点検の遠隔作業を実現するための計測技術の開発及び遠隔点検実証（2023年度）
・風車外観点検自動化のための自動飛行技術及びAI画像診断技術の開発（2023年度）

(参考 2 - 1 4) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名	アウトプット目標	
<u>風車建設・メンテナンス専用船（Service Operation Vessel：SOV）開発プロジェクト</u> ・SOV開発合同会社	✓ 発電コスト低減化を目指す。	
	実施内容	マイルストーン
	①造船設計管理	・技術研究検証及びCFD解析を実施する。（2023年度）
	②ハイブリッドシステム	・技術研究及び検証を実施する。（2023年度）
	③SOV活用に基づくO&M提案標準化	・技術研究及び検証を実施する。（2023年度）

(参考 2 - 1 5) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

浮体式風力発電用運用保守デジタルプラットフォームの開発

・株式会社北拓

アウトプット目標

- ✓ 風車のメンテナンスに必要な情報が散在し、熟練のメンテ技術者のノウハウに依存している現況を打破し、メンテナンスサービスの高度化と効率的な人員配置を実現する支援システムを開発。

実施内容

①風車メンテナンスに必要な風車状態・周辺環境情報取得技術開発

②O&M情報一元化システム用APIの開発（データ接続・分析ツール・メンテ自動学習ツール）学術コンソDP連携API開発

③陸上・着床洋上・浮体洋上でのメンテナンス効率化

マイルストーン

・開発計画およびセンシングの詳細計画を立案するとともに、データ取得サイトの選定を実施する。（2022年度）

・ O&M情報一元化システム用APIの開発を完了する（2023年度）

・メンテナンス作業効率化の見込みを確認。（2023年度）

(参考 2 - 1 6) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

軸受ライフサイクルマネジメント実現のための洋上風力発電機用CMSの高度化開発

・NTN株式会社

アウトプット目標

- ✓ データ収集装置の機能向上品の完成、実機搭載評価の完了（2023年度）
- ✓ 洋上風車での実証データ、陸上風車での知見を洋上風力運用に展開する（2030年度）
- ✓ 診断結果を利用した軸受メンテナンスサービスの開始（長期スコープ）
- ✓ 実機での主軸受周辺のセンシングデータ収集と分析（軸受設計へのFB）

実施内容

①データ収集装置の機能向上・機能拡張

②CMSデータの利用技術・分析技術の高度化

③拡張機能の陸上風車での実証運用

④軸受供給，状態監視，軸受メンテナンスをパッケージ化したサービスの開発

⑤軸受周辺の追加センシングデータ収集

マイルストーン

- ・実証用機器の試作完了（2022年度）
- ・実証評価の完了（2023年度）

- ・研究開発の完了（2023年度）

- ・実証試験の完了（2023年度）

- ・研究開発及び設計を完了する（2023年度）

- ・研究開発及び設計を完了する（2023年度）

(参考 2 - 1 7) 研究開発進捗のマイルストーン

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

テーマ名・事業者名

Digital Twin・AI技術による生産予防保全技術などの開発
・戸田建設株式会社

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。

実施内容

①Digital 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)

③Digital Twin O&Mを支える浮体製造部品の生産信頼性確保

マイルストーン

- 既存風車へのセンサー類の取り付け及び製造と据付におけるデータ計測（2023年度）
- 浮体用異常検知モデルを検証できる環境を整備（2023年度）
- 既存のデジタルプラットフォームのデータベース確認（2022年度）
- 浮体用異常検知モデルの構築(2023年度)
- 3Dモデルを構築するために、鋼製部材の3Dモデル化を開始（2022年度）
- 3D計測装置の試行実施(2022年度)
- シミュレーションとともにモニタリングによる許容範囲を導くモデルを構築（2023年度）