

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」プロジェクトに関する
研究開発・社会実装計画 (改定案)

令和 53年 10月 1日

経済産業省

資源エネルギー庁

目次

1. 背景・目的.....	3
2. 目標.....	7
3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援.....	11
4. 実施スケジュール.....	18
5. 予算.....	21

1. 背景・目的

- 洋上風力産業の重要性と課題解決の方向性
 - 2050年カーボンニュートラル実現に向け、再生可能エネルギーを最大限導入することが政府の方針。特に、洋上風力発電は、大量導入やコスト低減が可能であるとともに、経済波及効果が期待されることから、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札である。
 - これまで欧州を中心に洋上風力が拡大してきたが、2050年にかけてはアジア市場の急成長が見込まれる。特に、急深な地形が広がる日本・アジアにおいて、低風速・台風・落雷等の気象条件や海象等を踏まえて最適化するニーズが高まっている。足下では水深の浅い海域で、欧州で技術が確立した着床式の導入が進むが、浮体式は、欧州においてもまだ開発途上。造船業を含む新たなプレイヤーの参入余地も期待される。
 - 日本における洋上風力の大量導入に向け、2019年4月に「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（以下、再エネ海域利用法）」が施行され、促進区域における事業者の公募が2020年から開始された。しかし、着床式の入札上限価格は29円/kWh、浮体式の入札上限価格は36円/kWhと、諸外国と比較してコストが高い。また、日本では、国内に風車メーカー・風車製造拠点が不在であり、陸上風力の経験等から技術力を有する国内部品メーカーの潜在力を十分に活用できていない。
 - こうした状況を踏まえ、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、「洋上風力産業ビジョン（第1次）¹」及び「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」において、「まずは魅力的な国内市場の創出に政府としてコミットすることで、国内外からの投資の呼び水とし、事業環境整備等を通じて投資を促進することにより、競争力があり強靱な国内サプライチェーンを構築する。更に、アジア展開を見据えて次世代の技術開発や国際連携に取り組み、国際競争に勝ち抜く次世代産業を創造していく」こととした。
 - 更には、GX推進戦略においても、日本企業が強みを有する技術分野を最大限活用し、世界各国のカーボンニュートラルの実現に貢献するとともに、脱炭素分野で新たな需要・市場を創出し、日本の産業競争力を再び強化することを通じて、経済成長を実現していくことが求められている。
 - 欧州と異なり、遠浅の海域の少ない日本で「2040年までに3000万～4500万kWの案件を形成する」という高い目標を達成するため、特に、深い海域でも導入余地が大きい浮体式のコストが、技術開発や量産化を通じて、今後大幅に低減することが必要である。本プロジェクトでは、これまで取り組んできた実証事業等による知見も踏まえ、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。

¹ 「洋上風力産業ビジョン（第1次）」

概要：https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/002_02_01_01.pdf

本文：https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/002_02_02_01.pdf

- 本プロジェクトを取りまく現状と課題解決の具体的方策
 - 「洋上風力産業ビジョン」で示したとおり、アジアの需要を取り込むためには、サプライチェーン形成を進めつつ、将来の市場獲得に向けた次世代技術開発を戦略的に進めていくことが重要。
 - ただし、我が国の競争力の現状を踏まえると、限られたリソースを集中させた戦略的な研究開発の推進が不可欠である。
 - そのため、「洋上風力産業の競争力強化に向けた官民協議会」及び NEDO において、候補となる技術群をロングリストで抽出し、8 分野に整理した。その上で、分野毎に、①日本の特性や強み、アジア市場への最適化に有用な技術であるか、②社会実装を見据え、ユーザーである発電事業者のニーズを踏まえたものであるか、といった観点から、有識者や産業界の意見を踏まえ、開発すべき要素技術の絞り込みを行い、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」²として 2021 年 4 月に取りまとめた。
 - 本基金事業の支援対象は、「グリーン成長戦略において実行計画を策定している重点分野であり、政策効果が大きく、社会実装までを見据えて長期間の継続支援が必要な領域に重点化」することとされている。
 - そこで、グリーン成長戦略の重点分野である洋上風力産業のうち、技術開発による政策効果が大きい、つまり技術成熟度が比較的 low、長期の支援が必要となる分野を本事業で支援する。具体的には、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」に基づくサプライチェーン 8 分野のうち、技術成熟度（TRL）が比較的 low（TRL: 4～6 程度）、長期の支援が必要となる分野として、②風車、⑤浮体式基礎製造、⑥浮体式設置、⑦電気システム、⑧運転保守の 5 分野を本プロジェクトの対象として重点化する。
 - 一方、前回の社会実装計画の制定時（令和 3 年 10 月 1 日）より、グローバルなエネルギー安全保障を取り巻く環境は、ロシアによるウクライナ侵攻を背景に大きく変化。英国（50GW（2030 年）、うち浮体式 5GW（同））や米国（30GW（2030 年）、浮体式 15GW（2035 年））など欧米やアジアを中心に洋上風力発電に係る導入目標の引き上げや洋上風力プロジェクトが数多く創出され、世界的にみても風車や作業船等の需給が逼迫している状況。国内においては、再エネ海域利用法に基づく促進区域の指定や事業者選定の進展（同年 12 月）などにより、着床式については一部のプロジェクトで産業界が 2040 年目標とする国内調達比率 60%を達成するなど、サプライチェーン形成が着実に進展している。するものの、今後は国内のみならず、その動きと並行して海外展開も見据えたグローバルサプライチェーンの一角を担うことを目指し、日本の強みを活かした更なる低コスト化や競争力強化に向けた技術開発を進めて行く必要。そのため、2021 年の公募当時に顕在化していなかった技術課題への対応やサプライチェーンの強靱化に資する技術開発の取り組みを加速する。
 - 更に、今後世界的にも導入が本格化する浮体式について日本がグローバルな議論をリードしていくことが重要。そのためには、競合する同業他社の連携による国内企業を中心とした協調

² 「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/sagyo_bukai/pdf/003_s01_00.pdf

体制を構築し、2023 年に L O I を締結したデンマーク等とも連携しつつ、グローバル市場を意識した国際標準等の実現に向けた技術開発等を実施していく。

- 既存事業

- 洋上風力発電等の導入拡大に向けた研究開発事業（2008～2022 年度、2020 年度予算額 86.8 億円）

- ・本事業は、我が国の洋上風力発電の導入拡大に向けて、風況・海象等の基礎調査や、我が国の環境条件に適した着床式洋上風力発電の低コスト施工技術開発等に取り組むもの。特に、風況調査手法の確立に向けた研究開発等、洋上風力の導入基盤となる技術については、委託事業として実施している。

- グリーン成長戦略の実行計画における記載（抜粋）

- (1) 洋上風力・太陽光・地熱産業（次世代再生可能エネルギー）

- i) 洋上風力

- ③ アジア展開も見据えた次世代技術開発・国際連携

- <現状と課題>

サプライチェーンの形成等を通じて競争力を高めつつ、将来的に、気象・海象が似ており、市場拡大が見込まれるアジアへの展開を目指すことが重要である。

現在、世界で進む洋上風力導入は着床式が中心であるが、浮体式については造船業等の新たなプレイヤーの参入余地が大きく、今後競争の激化が特に見込まれる。商用化を常に見据えながら、技術開発を加速化し、世界で戦える競争力を培っていく必要がある。同時に、将来のアジア市場展開を見据え、国際標準化や政府間対話等により、官民が連携して海外展開の下地づくりを進めていく必要がある。

- <今後の取組>

第一に、アジア展開も見据えた次世代技術開発を進める。競争力強化に向けて必要となる要素技術を特定するため2021年4月に策定した「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」に基づき、特に、サプライチェーン構築に不可欠な風車や中長期的に拡大の見込まれる浮体式等について、要素技術開発を加速化し、実海域での実証を見据えて、グリーンイノベーション基金の活用も検討しつつ、企業から目標へのコミットメントを得た上で、長期間にわたる技術開発・実証等を一気通貫で支援する取組等を行う。

第二に、将来のアジア市場展開を見据え、政策対話や国際実証等を行うことにより、政府間の協力関係の構築と国内外の企業の連携を促す。具体的には、2021年4月に二国間政策対話である日 EU エネルギー政策対話を通じて、ワークショップを開始したところであり、洋上風力に関する協力事例、技術の認証と適合性評価、浮体式等に関する取組・課題について日 EU 双方の理解を醸成することで、日 EU 協力の更なる深化を図る。また、海外での洋上風力事業への参画等

を検討する日本企業を FS や実証、ファイナンスで支援していく。加えて、浮体式の安全評価手法の国際標準化等を進める。これらの取組等を通じて、浮体式等の海外展開に向けた下地作りを行う。

- 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略（GX 推進戦略）における記載（抜粋）

- 2) 再生可能エネルギーの主力電源化

洋上風力の導入拡大に向け、早期運転開始の計画を評価するインセンティブ付けを行うなど、洋上風力公募のルールの見直しを踏まえ、2022 年末から 2023 年 6 月まで公募を実施したところ。また、地元理解の醸成を前提とした案件形成を加速させるため、「日本版セントラル方式」を確立する。さらに、排他的経済水域（EEZ への拡大のための 制度的措置を検討する。加えて、陸上風力について関係する規制・制度の合理化に向けた取組を進めつつ、地域との共生を前提に更なる導入を進める。

浮体式洋上風力の導入目標を掲げ、その実現に向け、技術開発・大規模実証を実施するとともに、風車や関連部品、浮体基礎など洋上風力関連産業における大規模かつ強靱なサプライチェーン形成を進める。

2. 目標

● アウトプット

➤ 研究開発の目標

1. 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
2. 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

（目標設定の考え方）

- 欧州を中心として、技術の確立した着床式洋上風力発電の導入が進み、発電コスト（LCOE）の平均は 8.6 円/kWh となっている。
- 日本では、再エネ海域利用法に基づく公募が 2020 年から開始されたが、入札上限価格は、着床式は 29 円/kWh、浮体式は 36 円/kWh と、諸外国と比較してコストが高い。
- 着床式については、調達価格算定委員会の議論を経て、第 5 次エネルギー基本計画において、「浮体式洋上風力発電を除く風力発電の発電コスト水準が、2030 年までに 8 ～ 9 円/kWh となることを目指す」としていたところ、「洋上風力産業ビジョン（第 1 次）」において「着床式の発電コストを、2030～2035 年までに 8 ～ 9 円/kWh にする」ことに産業界がコミットした。より野心的な目標である、2030 年での 8 ～ 9 円/kWh を目指した技術開発が必要である。
- 浮体式については、各国で浮体式の技術開発が進む中、国際競争力のある価格で商用化することが重要であるが、現時点で具体的コスト目標を設定することは困難であり、実証の開始段階で数値を設定することを検討。

（目標達成の評価方法）

- 発電コストの評価方法については、世界でも広く使われているモデルプラント方式に基づく算定方式の考え方に、調達価格等算定委員会における議論内容も勘案して試算する。
- 提案者の柔軟性を確保する観点から、目標の個別の評価方法については、現時点で特定せず、その方法について考え方のみ示すに留め、提案された技術の特性を勘案しつつ、採択時に適切な評価方法についても確認し、より具体化することを可能とする。
- 特に、浮体式で目指すべきコスト低減目標については、欧州 Wind Europe の試算では、欧州の浮体式の LCOE は 2030 年までに 5 ～ 8 円/kWh（40～60 ユーロ/MWh）に達するという見通しもあるが、内外価格差や風況等も踏まえつつ、国際競争力あるコスト水準を達成できているか評価する。

(目標の困難性)

- 日本においては、再エネ海域利用法に基づく公募が2020年から開始されたが、着床式の入札上限価格は29円/kWh、浮体式の入札上限価格は36円/kWhと、諸外国と比較してコストが高い。
- 着床式については、「洋上風力産業ビジョン（第1次）」において「着床式の発電コストを、2030～2035年までに8～9円/kWhにする」ことに産業界がコミットしているが、最も早い2030年を目指すことは、現在のコスト水準に鑑みれば、野心的な目標である。
- 浮体式については、欧州 Wind Europe の試算では、欧州の浮体式のLCOEは2030年までに5～8円/kWh（40～60ユーロ/MWh）に達するという見通しもあるが、現在の日本のコスト水準に鑑みれば、2030年までに国際競争力のある価格で商用化することは、野心的な目標である。

● アウトカム

洋上風力の導入拡大により期待される国内のCO₂削減効果、及び予想される国内及びアジアのターゲット市場規模について、以下の前提に基づき機械的に算出した。日本企業の国際競争力の状況も意識しつつ、世界市場の付加価値の相当程度の割合を我が国に還流させ、世界及び日本の脱炭素化に貢献することを目指す。

➤ CO₂削減効果（日本市場）

1. 約300～700万トン/年（2030年）

【算定の考え方】

洋上風力により発電された電力が、火力により発電された電力を代替すると仮定。2030年の洋上風力の導入量については、総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会及び総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会での議論を踏まえ、再エネ海域利用法に基づく導入量100～300万kW及び再エネ特措法等に基づく港湾区域や一般海域における68万kWの合計168～368万kWが、現在実施中の着床式洋上風力の公募の際の供給価格上限額における想定値である33.2%の設備利用率で稼働したと仮定し、試算した。

【利用したパラメータ】

- ① 2030年における洋上風力導入見込み：168～368万kW
- ② 2030年度の火力平均の電力排出係数：0.66kg-CO₂/kWh
- ③ 設備利用率：33.2%

計算式：①×8760(時間：24時間×365日)×③×②

2. 約0.9億トン/年（2050年）

【算定の考え方】

2050年の洋上風力の導入容量について、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会において、参考値（再エネ比率約5～6割）を実現するためのイメージとして示された4500万kWが導入されたと仮定した上で、2030年時点と同様のCO₂排出量の考え方を適用した。

【利用したパラメータ】

- ① 2050年における洋上風力導入見込み：4500万kW
- ② 2030年度の火力平均の電力排出係数：0.66kg-CO₂/kWh
- ③ 設備利用率：33.2%

計算式：①×8760(時間：24時間×365日)×③×②

➤ 経済波及効果（世界市場規模推計）

1. 約1兆円（2030年）

【算定の考え方】

国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の試算に基づけば、2030年の洋上風力発電プロジェクト全体の投資額は、61億ドル（約6.6兆円）/年となる。³ IRENAの試算に基づけば、2030年の世界の洋上風力の導入容量は、228GWであり、このうちアジアについては126GWとなっている。2030年の日本の洋上風力の導入量については、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会及び総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会での議論を踏まえ、再エネ海域利用法に基づく導入量100～300万kW及び再エネ特措法等に基づく港湾区域や一般海域における68万kWの合計168～368万kWが導入されたと仮定した上で、日本市場全体とアジアの25%（太陽光電池市場や石炭火力用ボイラーと同水準）を目指してシェアを取得すると仮定すると、その経済効果は約1兆円となる。

2. 約2兆円（2050年）

【算定の考え方】

IRENAの試算に基づけば、2050年の洋上風力発電プロジェクト全体の投資額は、100億ドル（約11兆円）/年となる。⁴ IRENAの試算に基づけば、2050年の世界の洋上風力の導入容量は、1000GWであり、このうちアジアについては613GWとなっている。2050年の日本の洋上風力の導入容量については、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会において、参考値（再エネ比率約5～6割）を実現するための

³ IRENA Planned Energy Scenario 2019

⁴ IRENA Planned Energy Scenario 2019

イメージとして示された 45GW が導入されたと仮定した上で、日本市場全体とアジアの 25%を目指してシェアを取得すると仮定すると、その経済効果は約 2 兆円となる。

3. 研究開発項目と社会実装に向けた支援

- 【研究開発項目：フェーズ 1—①】次世代風車技術開発事業

【補助 2/3+（インセンティブ 1/10）】

- 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、又は、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

- 研究開発内容⁵：

欧州では2030年までに風車の定格出力が15MW超～20MWクラス、ロータの直径は最大250mまで大型化し、稼働率向上・コスト低減が進むと予測されている。

一方、日本・アジアの自然条件（台風、地震、落雷、低風速等）に鑑みると、現在欧州で使用されている風車設計のまま単にサイズを大きくするだけでは、日本にとって最適な設計にはならない可能性がある。また、発電機等を軽量化することで地震荷重等が低減するため、風車・基礎等のコストを低減する効果がある。

日本には、陸上風力で培った、発電機、増速機、ベアリング、ブレード用炭素繊維素材、永久磁石等の部品メーカーの技術力や国内ものづくり基盤がある。生産技術・品質管理や、工場の自動化等のロボティクスにも強みがあり、風車全体のバリューチェーンの効率化・最適化を確立する下地がある。

更には、再エネ海域利用法に基づく事業者選定の進展やロシアによるウクライナ侵攻を契機とした欧州を中心とする各国の再エネ投資などのエネルギー政策に関する大きな変化を踏まえ、海外展開も見据えたグローバルサプライチェーンの一角を担うことを目指し、日本の強みを活かした更なる低コスト化や競争力強化に向けた技術開発を進めて行く必要。2021年の公募時に顕在化していなかった技術課題（例えば、保磁力向上によるレアメタル削減技術、ブレードの長寿命化を実現する次世代炭素繊維開発等）への対応やサプライチェーン形成の強靱化に資する技術開発を加速する。

そこで、グローバルメーカーとの協働を視野に入れつつ、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」の中で重点項目とされた下記の技術開発等を行う。

- ① 風車仕様の最適化

台風、地震、落雷、低風速等の自然条件に対応した風車仕様の最適化。

- ② 風車の高品質大量生産技術

日本の生産技術やロボティクス技術を活かし、大型風車の国内における高効率生産を実現。

- ③ 浮体搭載風車の最適設計

風車・浮体・係留・制御の一体設計を行うことにより、浮体動揺や深い海域の海況

⁵ 「2. 目標」の「研究開発の目標」の達成に向けては、様々な方法が考えられるため、具体的な達成方法は提案者の創意工夫に委ねる。以下同じ。

等を考慮した風車を最適化。

④ 次世代風車要素技術開発

発電機、電力変換装置、増速器及び周辺機器等のナセル部品の高性能、高信頼・耐久性、低コスト化技術開発。

⑤ 低風速域向けブレード

長尺化等のブレード開発により、年間平均風速の低い地域における設備利用率の向上。

(委託・補助の考え方)

➤ TRL 4 以上であり、社会実装に近い段階での検証・実証であるため、補助で事業を実施する。

● 【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

【補助 2/3+ (インセンティブ 1/10)】

➤ 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

➤ 研究開発内容：

世界の動向としては、世界各国でバージ、セミサブ、スパー、TLP 等の多様な浮体形式を様々なメーカーが開発しているが、各種技術間で競争している状況。

一方、日本・アジアの特性としては、海深、海底地形、海象などが多様であり、一つの浮体形式に絞り込まず、複数方式間での競争を喚起することが重要。

日本の強みとして、造船技術の基盤があり、浮体の大量生産技術を確立する下地がある。その技術基盤やドック等のインフラを活用しながら、浮体の大量生産技術を世界に先駆けて確立すべきである。

そこで、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」の中で重点化された下記項目等の技術開発を行う。

① 浮体基礎の最適化

風車の大型化および台風、地震、複雑な海底地形等の自然条件に対応した浮体基礎の最適化および材料削減によるコスト低減。

② 浮体の量産化

連続製造に適した浮体を設計し、浮体製造のパネル化やブロック化、分割施工、ドックに依存しない浮体の大量製造等の技術を確立。

③ 係留システムの最適化

共有アンカー、衝撃荷重、マリングロス等を考慮した係留システムの最適化・耐久性向上、大水深又は浅海域における係留システムの低コスト化技術、漁業協調に貢献する海中占有面積の小さい TLP 係留システムの開発。

④ ハイブリッド係留システム

軽量化可能な合成繊維係留索の特性を生かし、合成繊維係留索と鋼製係留索からなるハイブリッド係留システム的设计・製造技術を開発し、係留システムを低コスト化。

⑤ 低コスト施工技術の開発

浮体製作場所に対応した浮体基礎の浜出し・曳航方法、クレーン付き台船やジャッキアップ型作業構台を活用した大型風車の据え付け方法、ハイブリッド係留システムおよび共用アンカーの施工技術の開発による低コスト化。

(委託・補助の考え方)

- TRL 4 以上であり、社会実装に近い段階での技術開発であるため、補助で事業を実施する。

● 【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

【補助 2/3+ (インセンティブ 1/10)】

- 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、又は、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

- 研究開発内容：

世界では、浮体の挙動に合わせて浮遊するダイナミックケーブルに関し、ウインドファームの大規模化により 66kV を超える高電圧化や高耐久性・低コスト化の技術開発ニーズが高まっている。また、遠浅の欧州では着床式の洋上変換所は導入されているが、浮体式洋上変換所の技術は未確立。

日本・アジアの特性として、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の開発ニーズが高い。

日本の強みとしては、国内ケーブルメーカーは世界シェアが高く、英国における技術開発コンペに参画するなど、グローバルな競争優位を確保。

そこで、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」の中で重点化された下記項目等の技術開発を行う。

① 高電圧ダイナミックケーブル

風車の大型化に対応できる 66kV 超えの高圧アレイと送電用のダイナミックケーブルを開発し、洋上送電を低コスト化。

② 浮体式洋上変電所

大規模浮体式洋上ウインドファームに向けた高効率・高密度な電力変換技術並びに電気機器やケーブルの疲労荷重を抑制した浮体式洋上変電所の開発。

(委託・補助の考え方)

➤ TRL 4 以上であり、社会実装に近い段階での技術開発であるため、補助で事業を実施する。

● 【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

【補助 2/3+（インセンティブ 1/10）】

➤ 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、又は、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。

➤ 研究開発内容：

コストの 35%程度を占めるメンテナンスの高度化は世界的な課題となっている。特に、洋上風力発電所の運転中に得られたデータを分析・管理するためのプラットフォームや、深い海域など厳しい海況下での人員輸送ソリューションの開発などが世界共通の課題。

日本・アジアにおいては、台風、落雷、うねりなどアジア市場特有の事象に対応した運転保守技術の開発へのニーズがあり、アジア各国に先行して開発を進めることでデータの集積を進めることが期待される。

日本の強みとして、陸上風力でスマートメンテナンス技術が開発されており、特に落雷対策技術に関する開発・活用が継続的に行われている。また、他産業で開発されているデジタル技術の導入も期待できる。

更には、再エネ海域利用法に基づく事業者選定の進展やロシアによるウクライナ侵攻を契機とした欧州を中心とする各国の再エネ投資などのエネルギー政策に関する大きな変化を踏まえ、海外展開も見据えたグローバルサプライチェーンの一角を担うことを目指し、日本の強みを活かした更なる低コスト化や競争力強化に向けた技術開発を進めて行く必要。沖合でのメンテナンス作業の更なる効率化（例えば、日本の強みであるロボティクス技術を活かした監視・点検の自動化等）に資する技術開発を加速する。

そこで、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」の中で重点化された下記項目等の技術開発を行う。

① 運転保守及び修理技術の開発

洋上環境に適した修理技術や塗装管理技術の開発、浮体式風車を曳航せず現地で大規模修理を行う技術の開発、係留索の張力調整技術、ダイナミックケーブルの脱着技術、高稼働率の作業船や作業員輸送船の開発。

② デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化

風車運転保守データおよび CMS データ収集システムの高度化、デジタルツインによる予防保全技術、AI 技術を活用した部品寿命予測の高精度化。

③ 監視及び点検技術の高度化

低コストの監視及び点検技術（遠隔モニタリングと状態監視メンテナンスのための新たなセンサーとアルゴリズム、空中・水中ドローン、点検ロボット、通信技術等）の開発。

④ 落雷故障自動判別システムの開発

センサー・CMS・運転データを利用した雷による損傷を自動的に判別するシステムの確立。

(委託・補助の考え方)

- TRL 4 以上であり、社会実装に近い段階での技術開発であるため、補助で事業を実施する。

● 【研究開発項目：フェーズ 1-⑤】浮体式洋上風力における共通基盤開発

(今後の経済産業省での検討を経て、補助率を提示予定)

- 目標：2030 年度までに、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価格で商用化する技術を確立

- 研究開発内容：

浮体式洋上風力については、多様な形状、風車・浮体間の連成解析等により、依然として高コストであり、大量生産に向けてコスト低減を図っていく上では、風車メーカーと浮体メーカーに加えて、これらをシステムとして統合し海域に導入するエンジニアリング事業者等が密に連携し、各構成要素を一つのシステムとして統合し、全体最適を図っていくことが必要。

また、世界第 6 位の面積を誇る E E Z 有する我が国において、日本近海は、欧州の遠浅の海域とは異なり、急峻な海底面、深い海域、不均一な海底地盤等の特徴があり、こうした海域で E E Z での展開も見据えた浮体式洋上風力に係る送電や係留、施工などの技術を培うことは、同様の特徴を有するアジア等の海域への技術展開、更には標準化を目指すことでグローバルに議論を主導することが期待できる。

そのため、今後の浮体システムの規格化や浮体の大量生産、E E Z への展開も見据えた大水深などへの課題に対応すべく、国内企業を中心とした協調体制を構築し、2023 年に L O I を締結したデンマーク等とも連携しつつ、グローバル市場も意識した国際標準等の実現に向けて、下記の研究開発等を実施する。

なお、本事業の実施に際しては、フェーズ 2（浮体式実証）との連携も視野に実施していくものとする。

① 浮体システムの最適な設計基準・規格化等開発

各種規格設計ガイドライン等の検討に活用することを目的とした、大水深・離岸海域で活用可能な代表風車モデルの設計開発や、風車接合部分等の部品レベルでの取り合い精度の向上を図ることを目的とした、複雑な浮体風車設置環境における風車挙動や構造変形の解析技術の開発等

② 浮体システムの大量/高速生産等技術開発

我が国が優位性を発揮できる量産工程の確立に向けて、浮体式基礎の製造における共通化やモジュール化製造技術・部品規格化の確立等

③ 大水深における係留・アンカー施工等技術開発

大水深下での係留索及びアンカーについて、コスト及びリスクを低減する最適な設置・施工方法、モニタリング監視手法等に係る開発等

④ 大水深に対応する送電技術の開発

大水深に対応した、直流ダイナミックケーブルの開発、浮体式洋上変電所などの長距離送電システムの開発、遠洋における送電システムの管理技術開発等

⑤ 遠洋における風況観測手法等の開発

遠洋における気象海象の把握方法、遠距離監視を可能とする風況観測機器の開発、大水深における海底地質調査手法等の開発等

(委託・補助の考え方)

➤ (今後の経済産業省での検討を経て、補助率を提示予定)

● 【研究開発項目：フェーズ2】浮体式洋上風力実証事業

【補助 1/2 又は 2/3→1/2+ (インセンティブ 1/10)】

➤ 目標：2030年度までに、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価格で商用化する技術を確立

➤ 研究開発内容：

浮体式洋上風力発電を社会実装するためには、風車、浮体、係留システム、ケーブルの挙動・性能・施工性・コストを考慮した一体設計により、信頼性の向上と低コスト化が必要である。特に、大型風車とアジアの気象・海象への対応が必要。

そこで、ユーザー（発電事業者）を巻き込んでプロジェクト全体の発電コスト低減にコミットする形で、過去の実証事業による知見も踏まえ、システム全体として関連技術を統合した実証を行う。

なお、フェーズ1の成果を活用した案件は高い補助率を適用（2/3補助）することにより実施者間の連携を促す。（目標達成を見通すことができれば、フェーズ1の成果を活用することは必須要件ではない。）

(委託・補助の考え方)

➤ 社会実装に近い段階での実証であるため、補助で事業を実施し、その実施状況を踏まえ、事業化リスクに応じて、補助率を逡減させる。また、フェーズ1の成果を活用した案件は高い補助率を適用（2/3補助）することにより実施者間の連携を促す（ただし、補助率を引き上げた案件についても、実証期間中の事業化リスクの低減に応じて、補助率を逡減させる）。

● 社会実装に向けた支援

➤ 「洋上風力産業ビジョン（第1次）」及びグリーン成長戦略に基づき、「2040年に3000万～4500万kW」という導入目標の提示や系統・港湾インフラの整備を通じて、魅力的な国

内市場を創出し、風車メーカーなどの国内外の投資を呼び込む。また、予算や税制による設備投資支援や、産業界の国内調達・コスト削減目標の設定等を通じて、競争力があり強靱な国内サプライチェーンを形成するとともに、将来のアジア展開も見据えた国際連携・国際標準化に取り組む。更には、EEZ への拡大のための国内法制度の環境整備、浮体式に特化した導入目標の設定、安定的な電力供給を含む洋上風力における大規模かつ強靱なサプライチェーン形成などを通じて、浮体式を含む洋上風力に関して、我が国の国際競争力を強化し、早期導入を実現していく。

- FIT 制度等の支援措置や DER の価値を各種市場において適切に取引できるよう、海外先行事例も参考にしつつ検討を進めること等により、アグリゲーションビジネスの活性化を促す。また産業界からの規制見直し要望に対し、各省庁と連携した規制・規格の総点検を実施している。
-

4. 実施スケジュール

具体的なスケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、想定される実施スケジュールは以下のとおり。また、ステージゲートを設定し、事業進捗を見て、継続可否を判断。

- プロジェクト期間

- 【研究開発項目：フェーズ 1—①】次世代風車技術開発事業

フェーズ 1 で得られた成果をフェーズ 2 の実証事業に活用する観点と、風車開発に要する期間に鑑み、2021 年度から 2025 年度までの 5 年間で想定。また、現下のエネルギー情勢に関する大きな変化を踏まえて今後新たに採択する事業については、今後の浮体式洋上風力発電の市場形成に要する期間に鑑み、着手後 5 年間で想定する。ただし、状況に応じて期間は延長する可能性がある。

- 【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

【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

【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

フェーズ 1 で得られた成果をフェーズ 2 の実証事業に活用し、一体的に 2030 年の商用化達成を図ることを想定しているため、一連の取組を確実に実施するための十分な時間を確保する観点から、2021 年度から 2023 年度までの 3 年間で想定。また、現下のエネルギー情勢に関する大きな変化を踏まえて今後新たに採択する事業については、今後の浮体式洋上風力発電の市場形成に要する期間に鑑み、着手後 3 年間で想定する。ただし、状況に応じて期間は延長する可能性がある。以下のスケジュールは、あくまで一例であり、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

- 【研究開発項目：フェーズ 1—⑤】浮体式洋上風力における共通基盤開発

今後の浮体システムの規格化や浮体の大量生産、E E Z への展開も見据えた大水深などへの課題に対応すべく、国内企業を中心とした協調体制を構築し、2023 年に L O I を締結したデンマーク等とも連携しつつ、グローバル市場も意識した国際標準等の実現に向けた研究開発をフェーズ 2（浮体式実証）との連携も視野に実施するため、2023 年から 2030 年までの 8 年間で想定。ただし、事業者の提案において、早期の目標達成のために最適なスケジュールを組むことは妨げない。

- 【研究開発項目：フェーズ 2】浮体式洋上風力実証事業

最速 2023 年度から 2030 年度までの最大 8 年間で想定。また、個別テーマの実施に当たっては、各技術や事業化に向けた進捗状況を踏まえ、本期間内で柔軟に設定するものとし、早期実用化が図れるものについては期間の短縮を行う。なお、事業開始に当たっては、改めて公募を行う。

- キーマイルストーン・ステージゲート設定

研究開発目標の達成には、様々なアプローチが考えられることから、具体的な達成方法は提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、以下の通り、事業化段階の切れ目において、ステージゲートを設定し、事業の進捗を見て、継続可否を判断する。また、必要に応じて追加公募を行う。

- 【研究開発項目：フェーズ 1—①】次世代風車技術開発事業

下表の例では 2025 年頃に事業継続判断

- 【研究開発項目：フェーズ 1—②】浮体製造・設置低コスト化技術開発事業

【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

【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

下表の例では 2023 年頃に事業継続判断

- 【研究開発項目：フェーズ 1—⑤】浮体式洋上風力における共通基盤開発

- 【研究開発項目：フェーズ 2】浮体式洋上風力実証事業

下表の例では 2026 年頃に事業継続判断

表1：プロジェクトの想定スケジュール（例）

	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 3) 次世代風車要素技術開発 4) 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) 浮体の生産化 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) 運転保守及び修理技術の開発 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) 落雷放電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										

	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】 1) 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) 浮体の生産化 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) 運転保守及び修理技術の開発 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) 落雷放電自動判別システムの開発									
【フェーズ1-⑤】 浮体式洋上風力における 共通基盤開発	1) 浮体システムの最適化設計・標準・規格化等開発 2) 浮体システムの大量/高速生産等技術開発 3) 大水深における係留・アンカー施工等技術開発 4) 大水深に耐える基礎技術の開発 5) 遠洋における風況観測手法等の開発									
【フェーズ2】 浮体式洋上風力実証 事業										

表2：社会実装スケジュール

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年	
アジア展開も踏まえた次世代技術開発、国際連携	技術開発ロードマップ策定	浮体式等の次世代技術開発・実証（基金の活用も検討）					浮体式の商用化・導入拡大		
	海外展開を見据えた二国間対話や共同研究開発・国際実証の推進					海外展開に向けたファイナンス支援（NEXI/JBICの支援）			
	浮体の安全評価手法等の国際標準化								

5. 予算

- プロジェクト総額（国庫負担額のみ。インセンティブ分を含む額）：上限 1 1 9 5 億円

【研究開発項目：フェーズ 1—①】次世代風車技術開発事業

- 予算額：上限 1 ~~8 0 5 0~~ 億円
- 予算根拠：既存事業（NEDO 洋上風力発電等の導入拡大に向けた研究開発事業）における開発費用や企業等へのヒアリングを参考に、本事業のプロジェクト期間（5年）を乗じて必要な予算額を試算。

【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

- 予算額：上限 1 0 0 億円
- 予算根拠：既存事業（NEDO 洋上風力発電等の導入拡大に向けた研究開発事業）における開発費用や企業等へのヒアリングを参考に、本事業のプロジェクト期間（3年）を乗じて必要な予算額を試算。

【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

- 予算額：上限 2 5 億円
- 予算根拠：既存事業（NEDO 洋上風力発電等の導入拡大に向けた研究開発事業）における開発費用や企業等へのヒアリングを参考に、本事業のプロジェクト期間（3年）を乗じて必要な予算額を試算。

【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

- 予算額：上限 ~~4 0 7 0~~ 億円
- 予算根拠：既存事業（NEDO 洋上風力発電等の導入拡大に向けた研究開発事業）における開発費用や企業等へのヒアリングを参考に、本事業のプロジェクト期間（3年）を乗じて必要な予算額を試算。

【研究開発項目：フェーズ 1—⑤】浮体式洋上風力における共通基盤開発

（分野別ワーキンググループでの審議結果を踏まえ、研究開発項目及び研究開発内容等を必要に応じて修正した後、今後の分野別ワーキンググループにおいて、各項目の予算額と予算根拠を提示予定）

【研究開発項目：フェーズ 2】浮体式洋上風力実証事業

- 予算額：上限 8 5 0 億円
- 予算根拠：浮体式洋上風力発電設備及び変電設備等の参考見積りや企業等へのヒアリングを参考に必要な予算額を試算。風況や海象等を踏まえた事業者の創意工夫を促すこととして、2事業程度の実施を想定。

(参考) 改訂履歴

・2021年10月 制定

・2023年●月 改訂