

要約版

着床式洋上風力発電 導入ガイドブック最終版

2018年3月

国立研究開発法人

新エネルギー・産業技術総合開発機構



はじめに

世界の平均地上気温は、人類のエネルギー消費の増加とともに上昇していることが認められています。気温上昇の抑制には温室効果ガスの排出削減が最重要課題で、その実現のためには低炭素エネルギーである風力等の再生可能エネルギーの導入促進が不可欠です。

洋上風力エネルギーは、ポテンシャルが大きく、エネルギーの安定供給、二酸化炭素の排出量削減等に重要な役割を担う再生可能エネルギーの一つとして、その導入が期待されています。

我が国では、再生可能エネルギーの普及促進策として固定価格買取制度が導入され、2014年には洋上風力発電の買取価格が設定されました。また2016年には洋上風力発電の港湾域導入促進のための改正港湾法が施行されました。

このような状況を踏まえ、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（New Energy and Industrial Technology Development Organization：NEDO）では、洋上風力発電の導入促進を図るため、発電事業者をはじめ多くの方々に活用していただくことを目的として「着床式洋上風力発電導入ガイドブック（最終版）」を作成しました。

本ガイドブックでは、着床式洋上風力発電の基礎情報や、国内外の知見を踏まえた導入計画の進め方について詳しく解説しています。また、銚子沖・北九州市沖でのNEDO洋上風力発電実証研究の内容を、それぞれ別冊という形でまとめています。

この要約版では、本ガイドブックの概要を説明します。本ガイドブックが洋上風力発電の導入に役立ち、再生可能エネルギーのより一層の普及・拡大に貢献することができれば幸いです。



図1 銚子沖洋上風力発電実証研究施設



図2 北九州市沖洋上風力発電実証研究施設



図3 ウィンド・パワーかみす第1洋上風力発電所（ウィンド・パワーいばらき資料）

I. 再生可能エネルギーにおける風力発電の位置づけ

再生可能エネルギーとは、「太陽光、風力その他非化石エネルギー源のうち、エネルギー源として持続的に利用することができる」と認められるものであり、以下のような導入意義があると考えられます。



図4 再生可能エネルギーの導入意義

再生可能エネルギーのうち、風力エネルギーは、国際エネルギー機関 (International Energy Agency : IEA) が公表している世界の再生可能エネルギーの導入予測によれば、発電設備容量が2040年までに再生可能エネルギーの40%に達すると予測されており、重要な役割を担うと考えられています。また、世界における風力発電の導入先は、近年、陸上から洋上へとシフトしつつあります。

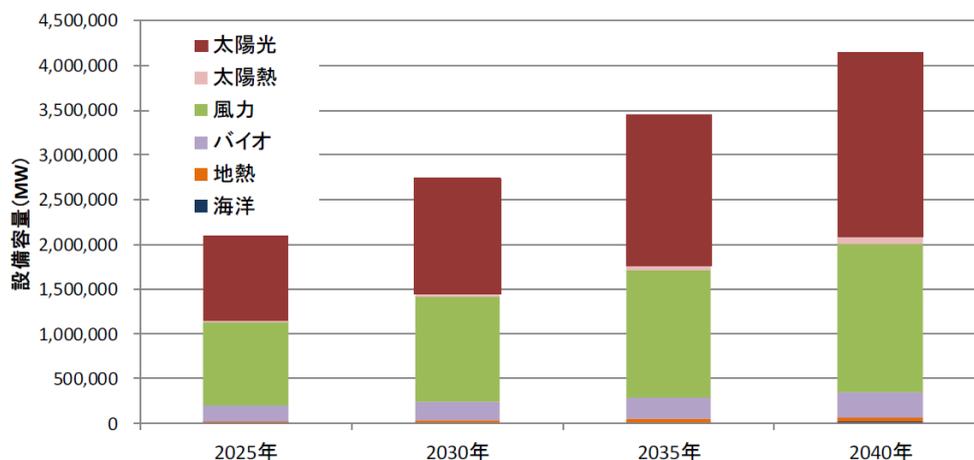


図5 世界の再生可能エネルギーによる設備容量の予測
(三菱総合研究所 (2018) : 平成 29 年度低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務報告書, データ IEA2017 資料)

II. 着床式洋上風力発電の基本的事項

1 着床式洋上風力発電の定義

世界で導入が進んでいる洋上風力発電とは、JIS 規格によって「支持構造物が流体力荷重にさらされる風車（JIS C1400-3）」と定められています。また、洋上風力発電設備の主要な構成要素は図 6 の通りです。

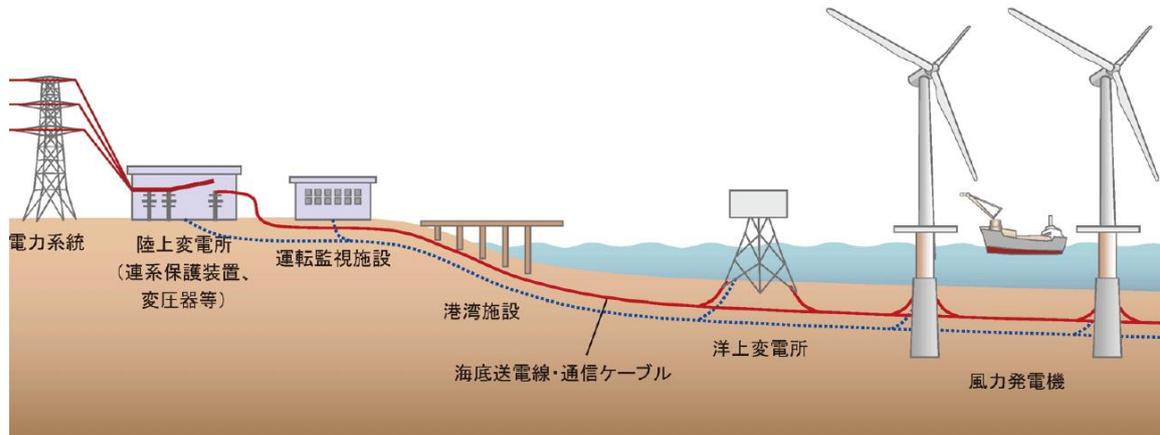


図 6 一般的な着床式洋上風力発電設備の構成要素
(NEDO (2014) : 再生可能エネルギー技術白書 第 2 版)

2 洋上風力発電のポテンシャルと課題

我が国周辺の洋上風力エネルギーは、NeoWins（洋上風況マップ）※¹（図 7 参照）に示されるように沿岸域に広く好適（海面上 80m 高・年平均風速 7.0m/s 以上）海域が分布しており、ポテンシャルが大きいとされています。一方で、洋上風力発電の導入実績が少ないため建設・維持管理等のコスト面や環境影響評価手法の一部が未確立等の課題が潜在しています。わが国における洋上風力発電の導入検討する際のメリット・デメリットの要素を整理しました。

※1 : NEDO Offshore Wind Information System

表 1 日本の洋上風力発電の特性

メ リ ツ	風が強勢	発電電力量の増加が見込まれる 日本の洋上風力ポテンシャルが大きい
	風の状態が一定 風速の変動が小さい	風車やブレードに与える機械的な疲労が小さくなり、寿命が延びる
	風速の鉛直方向の変化が小さい 風速が安定	設備利用率が向上する
	系統制約が少ない	大電力消費地の近くに建設できるため、系統制約が少ない
	規模が大きい	風力発電所の規模が大きく、規模の経済効果を生かせる
	生活への環境影響が少ない	居住地から離れているため、生活への環境影響が少ない
	課 題	コストが高い
海上工事实績が少ない		我が国における海上工事の実績が少ない
インフラが未整備		港湾・作業船等のインフラが未整備
環境影響評価手法の一部が未確立		洋上風力発電事業特有の項目について、定量的な調査手法や予測評価手法が未確立

Ⅲ. 着床式洋上風力発電の導入手続き

洋上風力発電の導入を進める上で必要な手順の全体的な流れは以下の通りです。図中【A】～【H】項目の主な記載内容については、次ページ以降にて説明します。

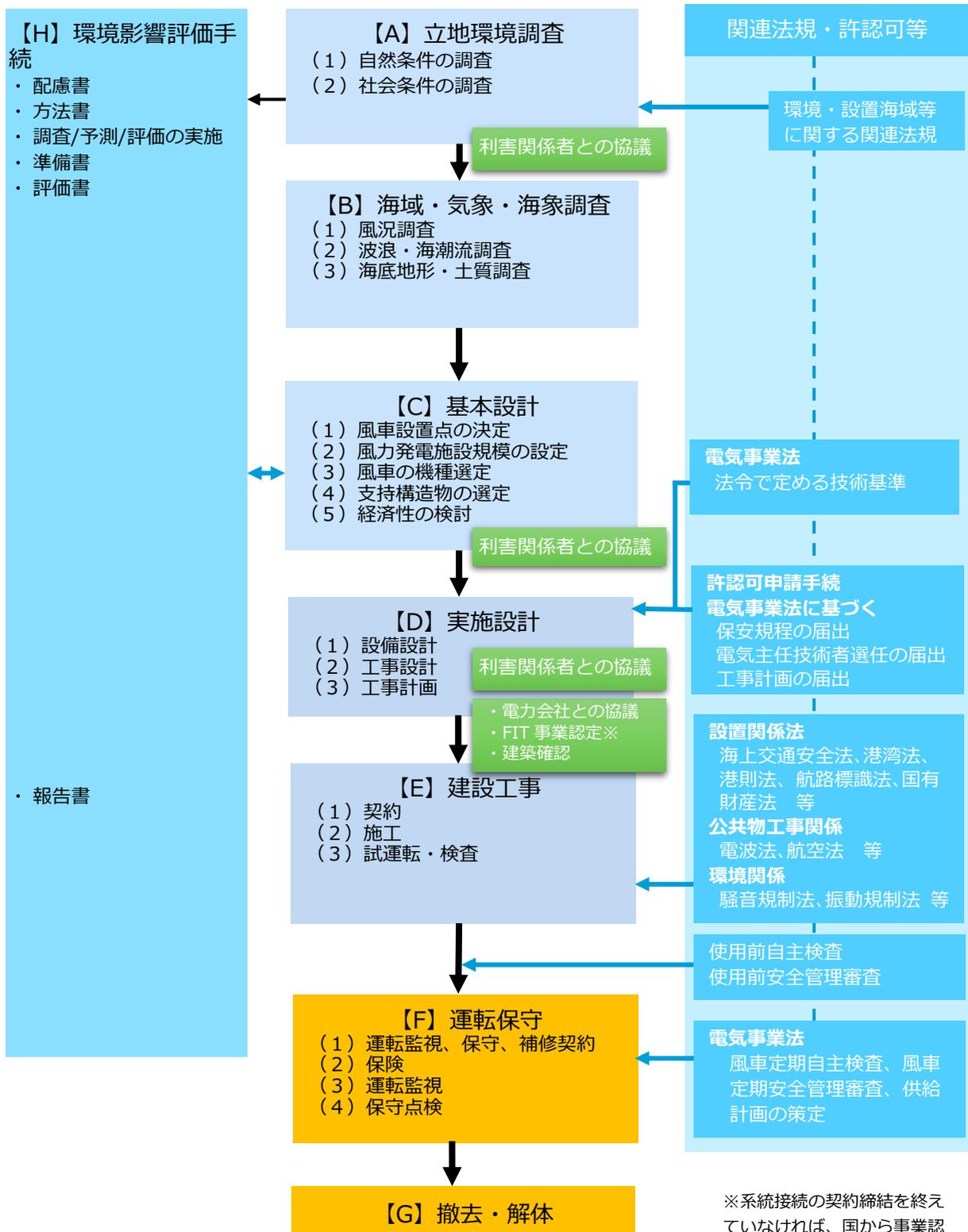


図 8 洋上風力発電に係る導入の流れ

【A】 立地環境調査

洋上風力発電事業の立地候補海域を選定するためには、候補海域の自然条件や社会条件等を基にした事前検討が重要です。当該検討において取り上げる自然・社会条件の具体的項目・条件等を整理しました。

- **自然条件**：風況をはじめとする気象条件、海象条件、海生生物の生息状況等
- **社会条件**：関連法規、系統連系等

【B】 海域・気象・海象調査

洋上風力発電所の設置海域の決定、事業化の検討、設計条件等の基本データの取得といったより具体的な検討のためには、候補海域の気象・海象の実測調査やシミュレーションによる予測、海底地形・土質の調査が必要となります。海域・気象・海象調査で実施する調査内容を整理しました。

- **風況調査**：海上風の観測、平均風速・極値風速等の予測
- **波浪調査**：波浪の観測、極値波浪等の予測
- **海潮流調査**：流速・流向の観測
- **海底地形・土質調査**：候補海域の現地測量、ボーリング調査等の実施

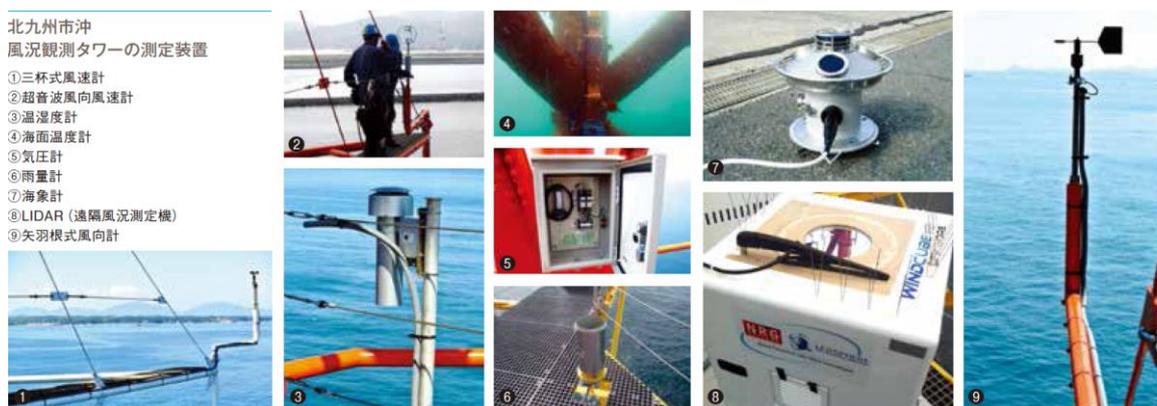


図9 北九州市沖風況観測タワーの測定装置の例

【C】 基本設計

候補海域における具体的な洋上風力発電事業のプランを作るためには、風車設置点・導入発電規模・風車機種や支持構造物の選定とともに経済性の検討等が重要です。基本設計における重要な項目の検討内容を整理しました。

- **風車設置点の決定**：風況・海底地形・海底質等の自然条件、漁業権・海底ケーブル敷設・系統連系点等社会条件および経済性を考慮した風車設置点の検討
- **風力発電施設規模の設定**：風車設置基数の想定、総出力規模（容量）の想定、概略の経済性評価に基づいた最適施設規模の設定および風車配置の検討
- **風車の機種選定**：金額、風車の仕様と諸元、塩害等の洋上環境への対応、メンテナンス条件、保証の内容、販売実績等を考慮した機種の検討
- **支持構造物の選定**：候補海域における水深、海底地形、底質・土質等からの支持構造物の検討
- **経済性の検討**：建設コストや運転保守費等からの発電原価の算出、発電原価と売電価格との比較

【D】 実施設計

導入する洋上風力発電設備構造や工事の方法を具体化するためには、法令や技術基準、規定等に則って適切に設計する必要があります。実施設計の内容を整理しました。

- **設備設計**：洋上風車およびその支持構造物等の洋上風力発電設備の設計、海底ケーブルや連系設備等の電気設備設計
- **工事設計**：「電気設備に関する技術基準」「発電用風力設備に関する技術基準」等に則った電気工事設計、「海岸法」「港湾法」等に則った土木・建築設計
- **工事計画**：基礎工事、風車設置工事、電気工事等の計画

【E】 建設工事

実施設計に基づき、洋上風力発電設備を建設するためには、建設工事にあたっての各種契約、海上施工に係る方法・安全管理等が重要です。建設工事に向けた検討内容を整理しました。

- **契約**：建設請負契約、保険の仕様・期間等の検討
- **施工**：安全、品質、工程、経済性を検討した計画の上での基礎工事、風車設置工事、電気工事等
- **試運転・検査**：電気事業法に基づく使用前自主検査の実施



図 10 銚子沖洋上風力発電所の作業工程

【F】 運転保守

陸上風力と異なってアクセスしにくく、事故対応が困難な洋上風力発電については、稼働後の運転監視、電気設備および風車設備本体の保守点検などの検討が重要です。運転・保守に係る重要な検討項目・内容を整理しました。

- **運転監視、保守、補修契約**：運転監視契約、保守契約（定期点検、不定期点検）、補修契約（改造、改修）の仕様・期間等の検討
- **損害保険、賠償責任保険**：火災保険や動産総合保険等の損害保険、賠償責任保険、パッケージ化された保険の仕様・期間等の検討
- **運転・保守**：状態監視システム（CMS）、定期検査の費用・課題等の検討

【G】 撤去・解体

洋上風力発電の撤去は参考となる事例が少ないものの、事業計画作成に当たっては重要な要素です。施設の撤去・解体に係る法律や撤去の方法等、事業計画の段階での撤去に係る検討内容を整理しました。

【H】 環境影響評価（手続は【A】立地環境調査の時期に開始）

洋上風力発電事業実施に当たっての環境影響評価では、海洋生物や海辺の景観等が重要視されます。着床式の洋上風力発電設置工事時は水中騒音による海棲哺乳類等への影響、沿岸域に設置された洋上風力発電施設の供用時は渡り鳥や海鳥のバードストライク、景観への影響が懸念されるため、特にこれらへの留意・検討内容を整理しました。

コラム：NEDO 洋上風力発電実証研究成果の概要

本実証研究では、洋上風力先進地の欧州と異なる日本の気象・海象条件を考慮した洋上風力発電の設計・施工・運転保守・環境影響評価手法等の技術開発を目的に、太平洋側の千葉県銚子沖、日本海側の福岡県北九州市沖を研究サイトとして、着床式の洋上風力発電施設および洋上観測タワーに係る開発・研究を平成 21～28 年度にかけて実施しました。銚子沖は波浪の厳しい海域、北九州市沖は台風の影響を強く受ける海域として洋上風車・観測タワーおよび基礎部の設計・施工技術を開発・研究し、稼動後は洋上風車・観測タワーの運転保守技術や観測データ解析手法等の開発・研究を実施しました。また、東日本大震災や台風襲来等多くの影響・課題等を克服するとともに、多くの研究成果を国内・海外（IEC：国際電気標準会議）等へ発表してきました。これらの開発・研究は、洋上風力発電等技術研究開発委員会（委員長：牛山泉 工学博士）での議論・助言に基づいて実施しました。

本実証研究に関する詳細な情報や得られた成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の HP (<http://www.nedo.go.jp/fuusha/index.html>) に掲載されています。

●洋上風車・基礎等の設計・施工

台風やうねりの影響を受ける銚子沖・北九州市沖にて、国内初の洋上風況観測タワーと洋上風車を建設しました。これらの設計・建設で得られた経験とデータは、今後の我が国での洋上風力開発に生かされています。



図 11 銚子沖 洋上風況観測タワーの建設状況



図 12 北九州市沖 風車の建設状況

●運転・保守技術の開発

うねりの影響が大きい銚子沖では、国内で初めてメンテナンス用アクセス船を設計・製造・運転（2016 年 1 月）しました。新アクセス船では有義波高 1.5m 以上（通常の交通船では有義波高 1m 以下）での安全なアクセスが可能となりました。また北九州市沖では、水中の基礎部等を安全かつ効率的に点検する水中メンテナンスロボットを開発しました。実証研究海域でそのロボットによる計測作業を行い、設計値との比較検証を行いました。

当該新アクセス船や水中メンテナンスロボット技術が今後の洋上風力発電



図 13 銚子沖で使用している新アクセス船



図 14 水中メンテナンスロボットの性能確認

事業の運転保守手法の検討等に役立つことが期待されます。

●洋上観測タワー等における気象・海象観測

本実証研究では、風況、波浪、海潮流等様々なデータを取得しました。特に風況に関しては、日本で洋上風況を長期間、高高度で計測した事例がないため、貴重なデータを取得することができました。本観測データは洋上風車の新規開発や洋上風力発電適地開発等に寄与していきます。

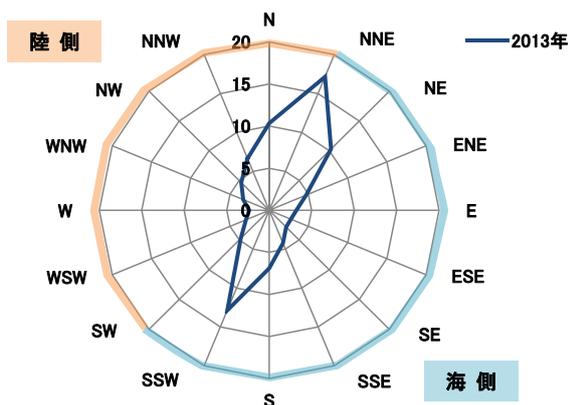


図 15 銚子沖での風向出現率 (80m (ハブ高))

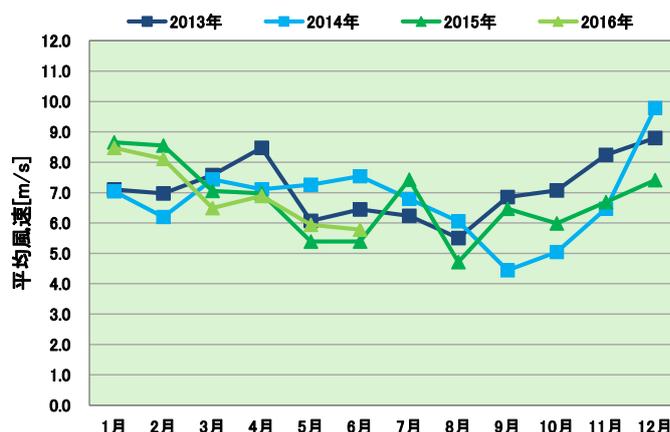


図 16 北九州市沖での月別平均風速 (80m (ハブ高))

●成果の発信

本実証研究で得られた成果や知見を広く共有するため、国内外の学会、一般向けセミナー、展示会等様々な場で発表を行ってきました。また IEC (国際電気標準会議) などの国際標準への提案も行いました。本実証研究の成果や知見を広く発信することで、我が国の洋上風力発電技術のさらなる発展や国際競争力の向上に貢献しました。

～最後に～

銚子沖・北九州市沖での実証研究にて多くの知見が得られましたが、我が国での洋上風力発電事業の開発はまだ緒に就いたばかりです。今後、我が国の洋上風力発電事業の拡大・普及には、固定価格買取制度等の政策とともに、洋上風力発電事業へのチャレンジが重要です。今後、洋上風力発電事業へ挑戦される発電事業者のために、着床式洋上風力発電導入ガイドブック (最終版) が一助になれば幸いです。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

新エネルギー部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー

Tel 044-520-5273 Fax 044-520-5276

<http://www.nedo.go.jp/>