



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

風力発電とレーダーの共存

離隔による共存から技術的共存と
監視インフラ基盤への活用へ

2026年9月



謝辞

本報告書の作成にあたっては、駐日デンマーク王国大使館、デンマーク TERMA 社をはじめ、関連分野の専門家の方々から多くの示唆をいただきました。ここに感謝の意を記します。

主執筆者

斉藤 哲夫 自然エネルギー財団 シニアリサーチフェロー

免責事項

本報告書に記載した情報の正確性については万全を期しておりますが、自然エネルギー財団は本報告書の情報の利用によって利用者等に何らかの損害が発生したとしても、かかる損害については一切の責任を負うものではありません。

公益財団法人 自然エネルギー財団とは

自然エネルギー財団は、東日本大震災および福島第一原子力発電所の事故を受けて、2011 年 8 月に設立されました。自然エネルギーを基盤とした安全・安心な社会を構築すること、気候危機を回避する持続可能なエネルギーシステムと経済を実現することを目的として活動しています。

目次

- エグゼクティブサマリー 1
- 1. はじめに 2
- 2. 主要国における技術的共存策 3
 - 2.1 概要 3
 - 2.1.1. ゾーニング・公募時の検討内容と主な共存策 3
 - 2.1.2. 技術的共存策などとその実施状況..... 4
 - 2.2 詳細 7
 - 2.2.1. 米国 7
 - 2.2.2. 英国 13
 - 2.2.3. デンマーク 17
 - 2.2.4. ポーランド 20
 - 2.2.5. オランダ 22
 - 2.2.6. ドイツ 24
 - 2.2.7. 台湾 26
 - 2.2.8. 韓国 27
 - 2.2.9. フィリピン 28
 - 2.2.10. オーストラリア 29
- 3. おわりに 30

エグゼクティブサマリー

本報告書は、主に欧米におけるレーダー干渉に関する調査、研究、実証試験の内容を整理したものである。具体的な技術的対策とその実施状況を報告し、風力発電と各種レーダーの共存に向けた課題と対応策を明らかにすることを目的とする。

風力発電設備の鋼鉄製タワー等はレーダー波を強く反射し直接的なレーダー干渉要因となり、ブレードには受雷レセプターおよび雷電流をアース点へ導く導体が内蔵されており可変速度で回転することによるドップラー干渉が発生する。

風力発電の導入量が少ない段階では、レーダーとの離隔距離や方位により共存を図っていたが、自然エネルギーの拡大によるエネルギー安全保障が急務となる中、風力発電の導入拡大と航空・防衛・気象等のレーダー運用との両立は、重要な社会的課題となってきた。

米国や英国等では、2010 年代初頭から、陸上風力発電所が気象観測レーダーや空港監視レーダー、航空管制レーダー等に与える干渉問題への対応が進められてきた。干渉緩和策に関する調査、研究、実証試験が実施され、技術的対策による風力発電と各種レーダーの共存策が適用され始めている。

航空管制レーダー、空港監視レーダー

- 2022 年、英国の航空交通管制サービス事業者 NATS は、風力タービンによる干渉を低減できる 3D 一次監視レーダー (3D Primary Surveillance Radar) を導入した。このレーダーは主として陸上風力発電の導入を支援するものである。
- 2025 年 12 月、米国連邦航空局 FAA は、航空路の安全性を高め、遅延を減らすなどを目的として、2028 年末までに新しい航空管制システム (Brand New Air Traffic Control System : BNATCS) に更新することを公表した。この一環として 2025 年 1 月に最新鋭の監視レーダーに置き換える 契約を公表 した

防空レーダー、沿岸監視レーダー

- 2026 年 3 月、英国政府は、洋上風力発電との共存を可能にする新たな防空レーダーを購入し、2029 年初頭から設置すると公表した。政府は、これにより 最大 10GW の洋上風力発電の導入が可能になる としている。

海域監視インフラの設置基盤としての活用

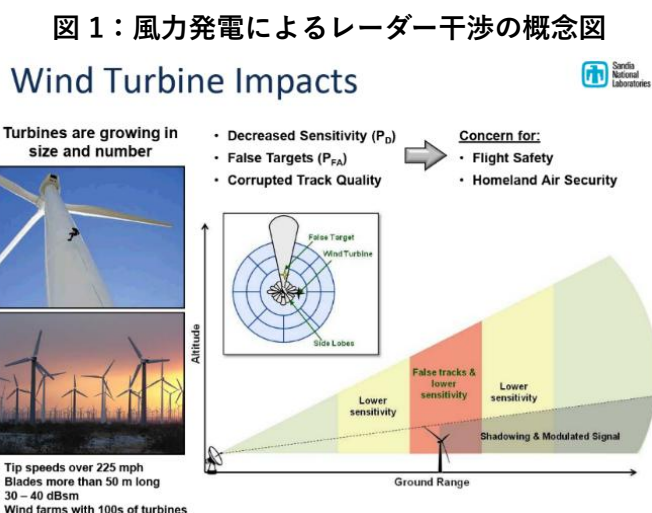
- ポーランドの Baltic Power では、国防省が示した要件に沿って 風車にレーダーとセンサーを設置 し、周辺海域を監視する計画が報じられている。
- オランダでは、2023 年 12 月、国防省が北海の重要インフラに対する監視能力を強化するため、洋上の石油・ガス施設や風力タービンに設置するカメラおよびレーダーシステムを調達する方針 を公表した。
- ドイツでは、FEP 2025 の定める区域・地点では、洋上風力発電設備および洋上プラットフォームの周辺において、海上無線設備、船舶自動識別装置 (AIS) のデータ受信、移動体通信網および海上交通監視用レーダーを整備することを定めている。

1. はじめに

本報告書は、主に欧米におけるレーダー干渉に関する調査、研究、実証試験の内容を整理したものである。具体的な技術的対策とその実施状況を報告し、風力発電と各種レーダーの共存に向けた課題と対応策を明らかにすることを目的とする。

自然エネルギーの拡大によるエネルギー安全保障が急務となる中、風力発電の導入拡大と航空・防衛・気象等のレーダー運用との両立は、重要な社会的課題である。

レーダーは主に移動物体の検出を目的としている。しかし、固定設備である風力発電機においても、鋼鉄製タワー等はレーダー波を強く反射し、直接的な干渉要因となる。ブレードはガラス繊維強化プラスチック（GFRP）やカーボン繊維強化プラスチック（CFRP）を主材料とするが、可変速度で回転するため、レーダー上では移動物体として検出され得る。ブレード内部には、受雷レセプターおよび雷電流をアース点へ導く導体が内蔵されており、これらの構造要素も、レーダー波の反射特性に影響をおよぼし、回転ブレードに起因するドップラー干渉が発生する。



出典：[Identifying Potential Wind Turbine Radar Interference Impacts Early In The Planning Process](#)
Sandia National Laboratories March 2016

米国や英国等では、2010 年代初頭から、陸上風力発電所が気象観測レーダーや空港監視レーダー、航空管制レーダー等に与える干渉問題への対応が進められてきた。干渉緩和策に関する調査、研究、実証試験が実施され、技術的対策による風力発電と各種レーダーの共存策が適用され始めている。

気象観測レーダーへの干渉に関しては、2023 年に世界気象機関（[World Meteorological Organization](#): WMO）が、レーダーと風車の距離に応じた影響の大きさと風車の立地に対する指針を示している。日本でも気象庁が、[風力発電施設が気象観測レーダーに及ぼす影響](#)を公表し、WMO 指針による禁止区域、協議区域、通知区域等を紹介している。また、防衛省は、[防衛・風力発電調整法](#)に基づき、[風力発電設備が自衛隊・在日米軍の運用に及ぼす影響及び風力発電関係者の皆様への事前相談のお願い、事前相談のご案内](#)、を公表し、工事計画の届出に至る前の段階（事業計画策定の初期段階）における事前相談を求めている。

今後、陸上風力に加え、自然エネルギー拡大の中核と位置づけられる洋上風力の導入を拡大するためには、風力発電所とレーダーの離隔距離を確保する対策のみでは十分な対応が困難である。風力導入ロードマップを策定している多くの国では、防空レーダーや沿岸監視レーダーを含む各種レーダーについて、ソフトウェアやハードウェアの改修・高度化が進められている。洋上風力発電所を監視インフラの搭載基盤として活用する取組も進展している。

2. 主要国における技術的共存策

本項では、陸上および洋上風力発電所を視野に、防空レーダー、沿岸監視レーダー、航空管制レーダー、空港監視レーダー、気象観測レーダー等との技術的共存策について、これまでの研究経緯と実施状況を整理する。あわせて、洋上風力発電所を監視インフラの搭載基盤として活用する取組の進展状況を報告する。

2.1 概要

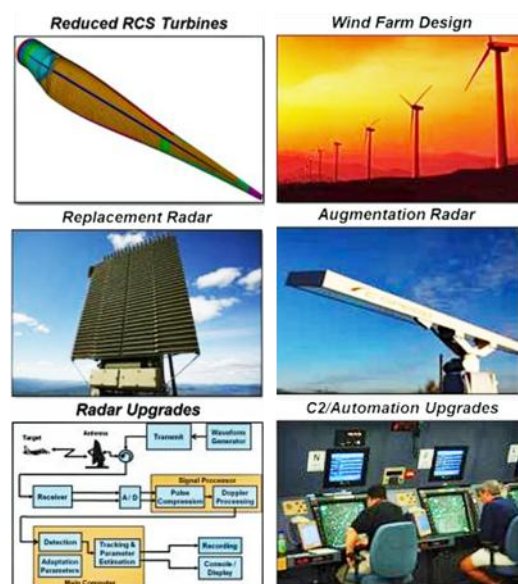
2.1.1 ゾーニング・公募時の検討内容と主な共存策

風力発電所のゾーニングや公募に際して、各国でエネルギー担当省が中心となり、航空局、防衛省等の関係機関と連携してレーダー干渉に関する事前調査を行っている。調査結果に基づき、レーダーへの影響がほとんどない区域をゾーニング対象とするか、必要な影響緩和策を公募要件に含めている。ただし、事前調査時点と選定された事業者の建設計画時点では、採用される風力タービンの機種や配置が異なる可能性がある。このため、事業者は概略設計および詳細設計の時点で、関係省庁との協議を行う必要がある。

米国で 2016 年に提案された対策は以下の通りである。これらは、英国等で検討されている技術的対策とも共通項目が多い。

- レーダー反射断面積低減型風力タービン
ブレードの形状、材質、塗装材を変更する
- 風力発電所の設計
風力発電所内の風車配置、タービンの数、または設置場所を変更する
- レーダーの更新
既存レーダーを狭角 3D ビームや高度なクラッター低減技術を備えたフェーズドアレイレーダー等の高性能レーダーに更新する
- 補強・補完レーダー（インフィルレーダー）
風力発電所内または周辺にインフィルレーダーを追加設置し、既存レーダーの探知範囲を補完する
- 既存レーダーの改良
クラッターマップ、フィルタリング処理、予備追跡ルーチン等を含む前段処理および後段処理アルゴリズムを改善する
- 自動化システムの高度化：追跡ロジックを改善するとともに、同一の航空機または同一領域を監視する複数レーダー間の融合プロセスを高度化する

図 2：米国で提案された風力タービン／レーダー干渉緩和策



出典：Wind Turbine-Radar Interference Test Summary
Sandia National Laboratories September 2014

2.1.2 技術的共存策などとその実施状況

米国

米国では、2011 年の国防権限法(National Defense Authorization Act : NDAA)により、風力発電所がレーダー等の国防システムへの潜在的に与える影響を、国防総省が調整・審査する仕組みが整備された。軍事運用等への悪影響が想定されるものについて、影響の範囲や継続期間、緩和措置を評価するため、国防総省の組織に [Clearinghouse](#)（審査・調整窓口）としての役割を付与した。この制度の下で、洋上風力についても、防空レーダーや沿岸船舶監視レーダー等を対象としたレーダー干渉緩和策に関する調査、研究、実証試験が進められてきた。

航空管制システムに関して、2025 年 12 月連邦航空局 ([Federal Aviation Administration : FAA](#)) は、航空路の安全性を高め、遅延を減らすなどを目的として、2028 年までに新しい航空管制システム([Brand New Air Traffic Control System : BNATCS](#))に更新することを公表した。さらに2026 年 1 月、FAA は BNATCS の一環として、2028 年 6 月までに最大 612 基のレーダーを 1980 年代の旧式レーダー技術から最新鋭の監視レーダーに置き換える[契約を公表](#)した。

英国

英国では、2008 年 9 月に公表された [Aviation Plan: : In respect to the interaction between wind turbines and aviation interests](#) で、風力発電と航空・防衛レーダーとの共存に向けた技術的・運用上の緩和策が検討されてきた。2014 年には、既設の防空レーダーを対象に、風力タービンによる干渉とその緩和性能を検証する飛行試験や、軍用航空管制レーダーに関する技術的緩和策の検討が行われた。2019 年の防空・洋上風力タスクフォース設置後は、レーダー、材料、代替追跡の各アプローチとその組み合わせを対象とする研究・実証試験が本格化した。

2026 年 3 月 20 日、英国政府は、洋上風力発電の導入可能性を拡大するため、最新鋭の防空レーダーシステムを購入し、2029 年初頭から設置を開始すると[公表した](#)。この防空レーダーの更新により、最大 10GW の導入が可能となるとしている。

同日、スコットランドのエスクデールミューア地震観測アレイ周辺について、最大 6GW の陸上風力発電の建設を可能とするための協議も開始した。これらは、防空レーダーについては技術的な緩和策を導入し、地震観測アレイについては離隔規制を見直すことにより、それぞれの機能を維持しながら風力発電との共存を図る政策動向を示すものである。

デンマーク

デンマークは、米国および英国における調査、研究、実証試験に協力・参画するとともに、国内においてもレーダー干渉に関する調査、研究、実証試験および緩和策を実施している。風力発電の導入にあたっては、計画段階から運用段階に至るまで、エネルギー庁が防衛省と連携しながら調整を進めている。レーダーおよび無線通信システムへの影響把握や、必要となる回避措置の検討については、[Eurocontrol Guidelines](#) に基づく分析が事前に実施される。

これまでは、洋上風力発電の建設に伴い国防上必要となる一時的および恒久的な緩和措置について、風力事業者側の負担が想定されていた。しかし、2025 年 5 月の北海中央、北海南部、ヘッセローの 3 つの[洋上風力発電所の入札枠組み合意](#)では、デンマーク海域の法定監視を維持するために必要となる国防上の緩和措置費用を、国防省が負担することとされた。

同合意では、その総見積額は11億デンマーククローネとされている。あわせて、Energinetが実施した入札区域の予備調査費用についても、事業者に転嫁せず、国が直接負担することとされた。

ポーランド

ポーランド政府は、洋上風力発電の導入を、エネルギー安全保障および国家安全保障の観点から位置づけている。2021年9月、気候環境省や国防省含む複数のポーランド政府機関、投資家、産業界はポーランド洋上風力発電セクターディール（[Polish Offshore Wind Sector Deal](#)）に合意した。

セクターディールでは、洋上風力発電と国家安全保障、防衛、国境保護との両立を図るため、事業者と関係行政機関が協力して技術的専門家報告書の指針を策定することが示されている。評価対象には、レーダー画像システム、海上無線通信、航空管制、軍および国境警備隊の無線通信システムが含まれ、設計、建設、運用、撤去の各段階における国境警備隊や海軍との協力ルールも定めることとされている。

さらにポーランドの制度では、[影響評価の結果、防衛・国境警備上必要な機器の設置が求められる場合、風力設備などを設置場所として関係機関に無償で利用させる仕組み](#)がある。

Baltic Power 洋上風力発電所では、国防省が示したセキュリティ要件に沿って風車タワー等にレーダーやセンサーを設置し、周辺海域を監視する計画が報じられている。また、建設前に実施した[環境影響評価の一項目である海鳥の調査](#)にはレーダーが使用されており、[事後モニタリング](#)として全体の完成後1年および3年には渡り鳥の飛行経路、風力発電所への反応や回避行動などの調査を実施することとされている。

オランダ

オランダ政府の[北海プログラム 2022-2027](#)における省庁間北海協議体（IDON）は、北海に関する任務および権限を有する関係省庁が参加し、北海政策の調整および意思決定準備を担っている。洋上風力の立地検討においては、国防省、沿岸警備隊、インフラ・水管理省、海上交通安全の担当機関、航空交通管制当局等が、早期段階から関与するのが一般的である。

2023年12月、オランダ国防省は、北海における情報・監視・偵察（Intelligence, Surveillance and Reconnaissance: ISR）能力の取得に関する書簡をオランダ議会下院に提出した。同書簡では、北海の重要インフラ保護に向けた取り組みの一環として、既存インフラを活用した監視能力の強化が示されている。具体的には、カメラ、レーダーシステム、船舶自動識別装置（AIS）等を、石油・ガスプラットフォームや洋上風力発電設備等の既存インフラに設置する方向性が示されている。

ドイツ

ドイツの排他的経済水域（EEZ）における洋上風力発電の開発は、[洋上風力エネルギーの開発および促進に関する法律](#)（WindSeeG）に基づいて進められている。洋上風力発電所の建設・運転は、連邦海事水路庁（[Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie](#)：BSH）の認可対象であり、計画・許認可においては、航行安全、航空安全、海洋環境、防衛上の安全などの公共上の利害が考慮される。

BSH が策定する [ドイツ北海・バルト海サイト開発計画 2025](#) (Flächenentwicklungsplan 2025 für die deutsche Nordsee und Ostsee) では、通信および監視に関する計画原則が設けられている。同計画は、風力発電設備、プラットフォーム、その他のエネルギー関連設備について、設備の安全性ならびに海上交通の安全性と円滑性を確保するため、十分な通信インフラおよび監視体制を確保することを求めている。

また、BSH の洋上風力発電所におけるレーダー設備に関する [FAQ](#) では、レーダー設備が船舶の動きを把握し、そのデータを水路・海運局([Wasserstraßen-und Schifffahrtsverwaltung](#) : WSV) の交通管制センターに送信するとされている。報告対象としてはドローンの飛行や無許可船舶の航行なども含まれている。

台湾、韓国、フィリピン、オーストラリア

各国共に、独自のレーダー干渉低減技術に関する実証研究等は確認できなかった。

ゾーニングや公募に際しては、各国共にエネルギー省、国防省等と事前にレーダー干渉の影響を評価し、影響の少ない領域を優先的に選定している。

費用負担に関しては、レーダー干渉緩和処置を Airservices Australia が実施する場合には、緩和措置の費用を事業者に請求しようとしているが、一般ルールを定めた公開資料は確認できなかった。

参考

2022 年 10 月、欧州防衛機関 (European Defence Agency : EDA) は、洋上再生可能エネルギー開発と防衛活動・防衛システムの共存を具体的に検討する取組として、[Symbiosis – Offshore Renewable Energy for Defence](#) (共生—防衛のための洋上再生可能エネルギー) を立ち上げた。

EU 海域における洋上再生可能エネルギー施設の導入拡大が、防衛レーダー、通信、監視、訓練海域などに与える影響を整理し、エネルギー転換と防衛上の要請を両立させるための規制的、技術的、運用上の対応策を検討するものである。

また、EDA は 2024 年に、防衛部門におけるエネルギー転換を幅広く扱う報告書 [Shaping the Future: Energy Transition in the Defence Sector](#) を公表している。同報告書は、防衛部門の脱炭素化、エネルギー効率、重要エネルギーインフラの強靱性などを扱う包括的な文書であり、その一環として、洋上再生可能エネルギー施設と防衛システムの共存も重要な論点として位置づけている。

図 3 : SHAPING THE FUTURE



出典 : SHAPING THE FUTURE EDA

2.2 詳細

2.2.1 米国

2010 年代初頭から、米国では、陸上風力と航空管制レーダー等との干渉問題を緩和するための検討が進められ、その後、洋上風力を視野に、防空、気象、沿岸船舶監視を含むレーダーへの干渉緩和策に関する研究・試験・実証が進められてきた。2023 年に公表された連邦政府間の戦略では、風力タービンによるレーダー干渉軽減 ([Wind Turbine Radar Interference Mitigation : WTRIM](#)) 作業部会の取組について、[2025 年次報告書](#)では 2026 年目標に加え、短期 (5 年)、中期 (10 年)、長期 (20 年) の緩和策の調査研究を継続し、有望な緩和策を展開していく方向性が示された。

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

- 2011 年の国防権限法(National Defense Authorization Act : NDAA)により、風力発電所を含むエネルギー関連プロジェクトが、レーダーなどの国防システムや軍事任務に与える潜在的な影響を評価し、必要に応じて緩和策を検討するため、国防総省内 (Department of Defense : DOD) の立地審査・調整窓口である [Clearinghouse](#) の枠組みが整備された。
- 2012 年から 2013 年にかけて、エネルギー省 (Department of Energy : DOE)、国防総省、連邦航空局 (Federal Aviation Administration : FAA)、国土安全保障省 (Department of Homeland Security : DHS) により、レーダーへの影響評価および緩和技術の効果測定のための [フィールド試験評価プログラム \(Interagency Field Test & Evaluation : IFT & E\)](#) が進められた。

図 4：陸上風力発電所（オレンジ：風車タワー）上空を飛行する航空機の軌跡（白点線）

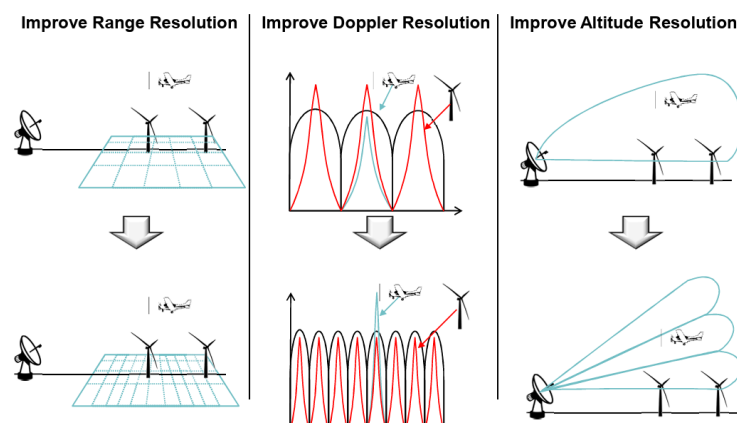


出典：[Wind Farm Radar Mitigation](#) デンマーク TERMA 社

- IFT & E プログラムでは、2012～2013 年にかけて、インフィルレーダー、レーダーアップグレード、代替レーダーを含む 8 つの干渉緩和技術について、既存の 3 つのレーダーサイトにおいて飛行試験・評価を行った。各試験では、レーダーの視界内に複数の実用規模風力発電機が存在する条件下で、3 種類の飛行試験キャンペーンが実施された。2014 年には、その [試験結果の概要](#) が公表された。

- 既存の POR(Program-of-Record)一次監視レーダーは、風力タービンにより深刻な影響を受けることが確認された。一方、ビーコン・トランスポンダー方式の二次監視レーダーについては、今回の試験では風力タービンの影響を受けなかった。
 - 3 種類の飛行試験キャンペーンでは、各 8~10 日間にわたる試験期間中に、8~12 種類の航空機がさまざまな速度および高度で飛行し、各キャンペーンで約 150 時間、合計で 460 時間の飛行データが取得された。試験対象システムには風力タービンの影響が確認されたものの、代替レーダーおよび大半の補完レーダーは、風力発電所内およびその上空領域において、既存 POR レーダーよりも良好な性能を示した。
 - 評価対象となった 5 種類の補完レーダー技術および 1 種類の代替レーダーは、いずれも、適切な環境下および政府が特定したミッションセットにおいて、潜在的な緩和策となり得ると評価された。
- 2014 年に、DOD、DOE、FAA、海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA）間の協力・調整の枠組みを確立し（DHS はオブザーバー、2025 年 4 月に正式メンバー）、風力タービンによるレーダー干渉軽減（Wind Turbine Radar Interference Mitigation : WTRIM)作業部会（[Working Group : WG](#)）を発足した。
 - IFT&E プログラムから WTRIM WG へ移行
 - 2016 年 2 月に、DOE は、DOD、NOAA、FAA 間で策定した[風力タービンレーダー干渉緩和戦略](#)を公表した。3 つの広範な戦略的テーマは以下の通りである。
 - 政府及び産業界が、既存及び計画中的風力発電設備が敏感なレーダーシステムに及ぼす影響を評価する能力の向上
 - 風力タービンに対する既存レーダーシステムの耐性を高めるためのハードウェア・ソフトウェアによる緩和策の開発及び導入促進
 - 風力タービンのレーダー干渉に耐性を持つ次世代レーダーシステムの開発促進
 - 2016 年に提案された 6 つの対策のうち、レーダーによる探知性能の向上に向けたアプローチとして、範囲分解能の向上、ドップラー分解能の向上、高度分解能の向上がある。（狭角 3D ビームと高度なクラッター低減技術を備えたフェーズドアレイレーダー）

図 5：レーダーによる探知性能の向上に向けたアプローチ



出典： [Identifying Potential Wind Turbine Radar Interference Impacts Early In The Planning Process](#)

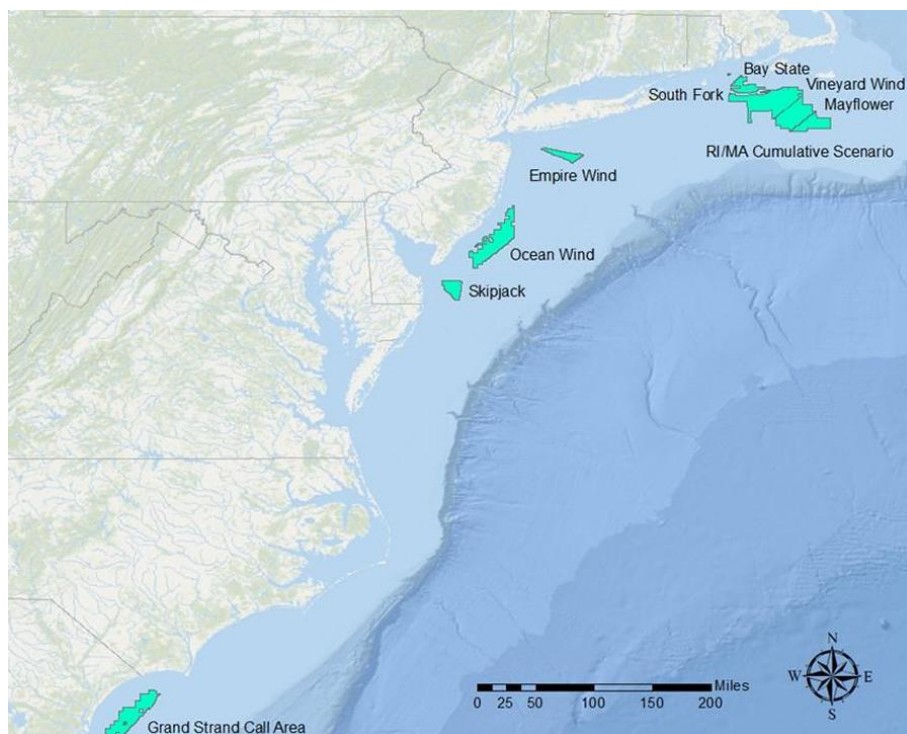
Sandia National Laboratories March 2016

- 2017 年 12 月に、DOE、DOD、NOAA、FAA から、既存および計画中の洋上風力発電施設が地上沿岸航空監視レーダーに与える潜在的影響を初期的に評価した地上設置の沿岸航空監視システムにおける風力タービンとレーダーの干渉脆弱性調査報告書が公表された。
- 2020 年 8 月に、内務省（Department of the Interior：DOI）傘下の海洋エネルギー管理局（Bureau of Ocean Energy Management：BOEM）は、当時計画段階にあった 7 カ所と将来の仮想シナリオに基づく 2 カ所の洋上風力発電所を対象として 4 種類の主要レーダーに対する視線方向（Line Of Sight：LOS）および干渉解析を実施した大西洋外大陸棚における再生可能エネルギー施設のレーダー干渉解析報告書を公表した。

調査対象とした 4 種類の主要レーダーは、以下の通りである。

- 空港監視レーダー（ASR）：空港周辺空域の主要航空交通管制システム
- 航空路監視レーダー（ARSR）：FAA および DOD が米国国境上空および周辺空域の監視に使用する長距離 L バンドレーダー
- 次世代レーダー（NEXRAD）：米国気象局(NWS)が運用する気象評価・予報・警報に使用する S バンドパルスドップラーレーダー(FAA、DoD も利用)
- SeaSonde レーダー：沿岸域の海洋表層の流れや波・風を遠隔で観測する高周波（HF）レーダーシステム

図 6：計画中および仮定の風力発電所の立地地図（2017 年時点）



出典：Final Report Radar Interference Analysis for Renewable Energy Facilities on the Atlantic Outer Continental Shelf

- 2021 年 12 月に、BOEM が沿岸域高周波レーダーに対する風力タービンの干渉軽減策を公表した。
 - 掃引周期調整と干渉軽減ソフトウェアにより、第一次干渉域における風力タービン干渉は、推定 86%の低減を達成した。

- 風力タービンの干渉 (WTI) による空白を埋める追加の高周波 (HF) 海洋短波レーダー (SeaSonde) の設置によって干渉を軽減できる可能性が高い。
- 2024 年 2 月に、DOE は、[風力タービンによるレーダー干渉緩和作業部会の取り組みに関する最新情報](#)を公表した。その一部を以下に示す。
 - 代替レーダーおよび補完レーダーソリューションは、風力タービン上空の領域における劣化したレーダー性能を向上させる最も実現可能な技術的緩和策である。
 - 長距離レーダー向けソフトウェアアップグレードは、風力タービンが密集する地域でのレーダー運用能力向上に一定の成果を上げている。しかしながら、さらなる風力発電所の開発が予想される中、これらのソフトウェア更新だけでは影響を緩和するには不十分である可能性がある。
- 2024 年 6 月に、WTRIM により 3 つの戦略テーマ (影響評価能力の向上/既存レーダーの緩和策/次世代レーダーの研究開発促進) に関して [2023 年次報告書](#)が公表された。
 - 2016 年以降、ターミナルレーダー及び長距離レーダーに関する取り組みは大きく進展したものの、WTRIM WG の責任範囲に沿岸監視レーダー及び気象レーダーシステムが追加されたことを受け、2016 年戦略の目標達成時期は、現時点で利用可能かつ試験済みの技術に基づき 2035 年まで延長された。
 - 改訂戦略で再確認されたこれらの目標は、沿岸地上レーダーおよび気象レーダーシステムへの重点追加を伴い、WTRIM WG 加盟機関間の連携・調整を通じて引き続き追求する。
- 2024 年 10 月に、BOEM と DOD は、開発が困難なエリアや緩和措置により開発可能となる可能性のあるエリアの早期特定などを通じて、リース計画の早期調整と情報共有を目的とした [MOU](#) を締結し、[公表](#)した。
- 2025 年 1 月に、WTRIM により、2024 年次の進捗等の追加[報告書](#)が公表され、2025 年次 WTRIM 作業部会の目標も示された。
 - 短期 (5 年)、中期 (10 年)、長期 (20 年) の緩和策を推進するため、引き続き協力・調整を行う。連邦機関間 WTRIM 戦略及び覚書に規定された活動に沿い、WTRIM 作業部会は以下の目標リストに焦点を当てる。
 - ✧ 風力タービンが加盟機関の能力及び任務領域に及ぼす影響を特定・評価・緩和するための技術分析の開発と実施を引き続き支援する。
 - ✧ 実地試験と分析を通じた緩和能力の成熟化・展開努力を継続支援する。
 - ✧ 海洋風力エネルギー導入に関連する課題の特定を継続する。
 - ✧ 海洋観測および気象レーダーへの影響に関連する懸念事項への対応を継続する。
- 2026 年 5 月に、WTRIM により、[2025 年次報告書](#)が公表され、2026 年次 WTRIM 作業部会の目標も示された。
 - WTRIM WG は、短期 (5 年)、中期 (10 年)、長期 (20 年) の緩和策を推進するため、引き続き協力・調整を行っていく。連邦省庁間 WTRIM 戦略および MOA に規定された活動に沿って、WTRIM WG は以下の目標リストに焦点を当てる。

- ◇ 風力タービンが加盟機関の能力および任務分野に及ぼす影響を特定、評価、および軽減するための技術的分析の策定と実施を引き続き支援する。
 - ・ 技術的分析において、連邦機関およびそれら機関が支援する公共の利益に対する洋上風力発電の潜在的な影響に、より重点を置く。
 - ・ WTRIM および連邦政府が資金提供する研究に関連する試験・評価活動を支援する。
- ◇ 実地試験および分析を通じて、影響緩和能力の成熟化と導入に向けた取り組みを引き続き支援する。
- ◇ 海洋観測および気象用レーダーへの影響に関連する懸念に引き続き対処する。

参考

2025 年 12 月、連邦航空局（Federal Aviation Administration：FAA）は、航空路の安全性を高め、遅延を減らすなどを目的として、2028 年末までに新しい航空管制システム([Brand New Air Traffic Control System：BNATCS](#))に更新することを公表した。これには、612 基の最新鋭レーダー、44 空港の新しい代替地表レーダー、光ファイバー、衛星、無線で 5,170 の新しい高速ネットワーク接続などが含まれている。さらに 2026 年 1 月、FAA は BNATCS の一環として、2028 年 6 月までに最大 612 基のレーダーを 1980 年代の旧式レーダー技術から最新鋭の監視レーダーに置き換える[契約を公表](#)した。

この BNATCS は、WTRIM 作業部会の 2025 年次報告書におけるテーマ 3（風力発電機によるレーダー干渉に耐性のある次世代レーダースステムの開発を促進する）の一項目である FAA レーダー近代化プログラムに関連している。2026 年次 WTRIM ワーキンググループの目標では、BNATC などの取り組みと連携して、風力タービンの干渉に耐性のある次世代レーダースステムの開発を引き続き支援するとしている。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

DOE は、[レーダー干渉に関して](#)、判りやすい解説とともに、レーダー審査プロセスをホームページに公表している。

[非公式審査](#)プロセス（連邦航空局(FAA)への申請前に、プロジェクト開発者が任意の時点で開始する自主的なプロセス）を通じて予備的な評価を依頼する（初回の照会に対して 1 週間以内の返答に努めるとされる）。その後、FAA に障害物評価/空域解析審査の計画（[FAA の障害物評価/空域解析審査](#)）を提出し、FAA が航空上の危険の有無について決定を下す。

FAA は申請を受理すると、DOD、DHS、NOAA などの関係機関に通知する。DOD では Clearinghouse を窓口として[正式審査](#)がおこなわれ、懸念事項がある場合は必要に応じて緩和策の検討がおこなわれる。

英国と同様なレーダー・ゾーニング制度はないが、[BOEM はリース前の区域特定段階から](#) DOD などと調整し、軍事活動やレーダー（防空用を含む）との競合が大きい区域の除外、区域の縮小、個別案件の設定を行ってきた。これに加えて、具体的な風車の高さ、配置および運転条件が明らかになる COP 審査段階で、プロジェクトごとの詳細な影響評価と緩和措置の検討が行われる。

風力発電所の開発者が審査プロセスに備える方法として、以下のオンラインツールがあり、連邦機関と関わる前に風力開発業者が風力発電所の現場を予備的に審査するのを支援している。

- [米国風力タービンデータベース](#)：米国内の陸上および洋上風力タービンの位置、対応する風力プロジェクト情報、タービン技術仕様を提供
- [NOAA のスクリーニングツール](#)：風力タービンがレーダーシステムに与える潜在的な影響に対応
- [風力タービンレーダー干渉軽減モデリング&シミュレーションツールカタログ](#)：風力プロジェクトの選定や影響評価を支援するための包括的なモデリングおよびシミュレーションツールのリストを提供

公募時点では、レーダー干渉に関する具体的な技術対策が確定していない場合が多い。ただし、DOD との調整、費用拠出、運転停止などの条件が示される場合がある。具体的な対策には、IFT&E や WTRIM WG の調査・試験結果などが活用される。

事業者選定後と費用負担

事業者がリース獲得後、BOEM から COP(Construction and Operations Plan)の承認を受ける際には、Clearinghouse などが指摘した影響への緩和措置が、承認条件として付される場合がある。必要に応じて、DOD と事業者の間で Mitigation Agreement が締結され、対策の内容、実施時期、費用負担、運転上の条件などが定められる。

WTRIM 作業部会の 2025 年次報告書におけるテーマ 2（風力発電機に対する既存のレーダーシステムの耐性を高めるため、ハードウェアおよびソフトウェアによる緩和策を策定し、その導入を促進する。）における「NOAA IOOS – BOEM 覚書および洋上風力発電所協定」の項では、NOAA および BOEM が、建設・運用計画の条項および条件に従い、「洋上風力発電の事業者が HF レーダーへの干渉の緩和に責任を負うことを確保するための仕組みを定めている」と報告している。

現時点では、Mitigation Agreement の締結などを COP の承認条件とする建設中または運転中の洋上風力発電プロジェクトにおいて、既存レーダーの交換や大規模なハードウェア改修まで求められた事例は確認できなかった。

2.2.2 英国

英国では、2008 年 9 月に公表された「Aviation Plan」を起点として、レーダー監視システムと風力タービンの共存を実現するための技術的措置を見いだす事を目的に、複数の緩和策の組み合わせも視野に入れた調査・研究、実証試験が進められてきた。近年は、これらの措置が、主に、レーダーアプローチ・材料アプローチ・代替追跡アプローチに整理されている。

2026 年 3 月 20 日、英国政府は、[洋上風力発電の可能性を広げる新たな防空レーダーシステム](#)を購入し 2029 年初頭から設置することを公表した。同日、政府は、スコットランドのエスクデールミュー地震観測所付近で最大 6GW の陸上風力発電を建設可能とするための協議を開始した。両者は並行して公表された個別の施策であり、英国政府は、防空レーダーの更新により最大 10GW の洋上風力発電が建設可能になるとしている。

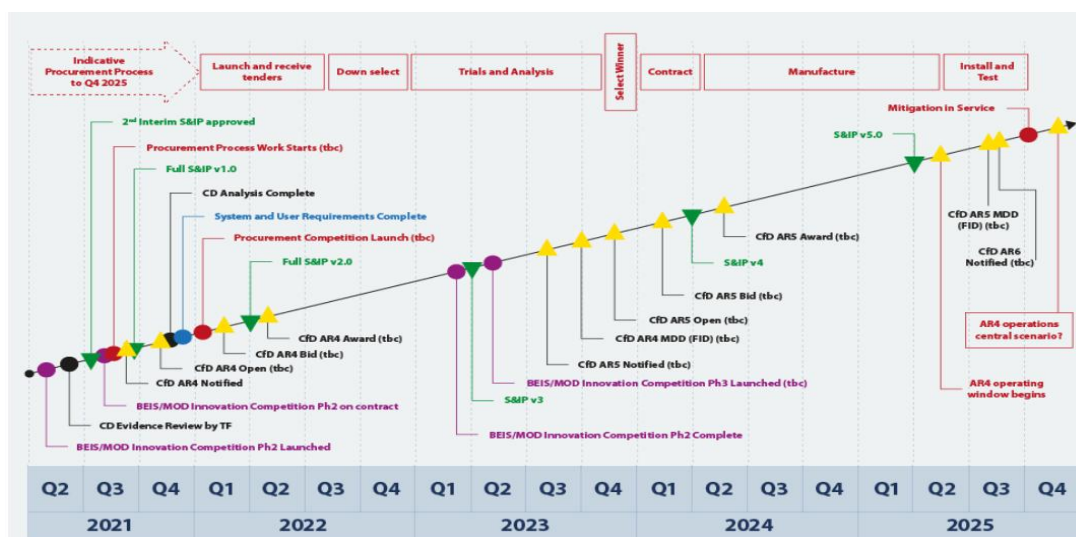
レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

再生可能エネルギーの導入目標達成を進める中で、レーダー監視システムと風力タービンの共存を実現するための技術的措置を見いだす事を目的として、2008 年以降、調査・研究、実証試験が実施されてきた。特に 2019 年以降、複数の緩和策の組み合わせも視野に、主に以下のアプローチによる取組が進められている。

- ▶ レーダーアプローチ：風力タービンから生じる不要なレーダー反射（クラッター）を信号処理で取り除くほか、追加レーダーや代替レーダーを設置して、航空機の追跡性能や監視範囲を維持・補完する方法
 - ▶ 材料アプローチ：レーダー波を吸収したり抑えたりする素材や表面加工を風力タービンに用い、レーダーに映る風力タービンの信号を弱めることで、レーダー監視におけるクラッターの影響を低減する方法
 - ▶ 代替追跡アプローチ：カメラや赤外線など、レーダー以外のセンサーで航空機を捉え、その情報を既存の監視情報と統合することで、風力タービンの影響により長距離防空レーダーで十分に監視できない範囲を補う方法
- 2013 年、民間航空局（UK Civil Aviation Authority：CAA）は[航空交通業務安全要件（CAP 670）](#)を改訂し、監視システムに風力タービン干渉緩和技術を導入する際の要件（SUR 13）を追加した。
 - 2014 年、国防省（Ministry of Defence：MOD）は、風力発電プロジェクトに関する[事前協議の指針](#)を公表した（2021 年 7 月の更新は連絡先の変更）。同指針は、ブレード先端までの高さが 11m 以上、またはローター直径が 2m 以上の風力タービンが対象であり、商用風車は事実上すべて対象となる。これは広範なスクリーニングであり、直ちに詳細な影響調査や緩和措置を求めるものではない。
 - 2016 年、CAA は[風力タービンに関する方針とガイドライン](#)（CAP764）第 6 版を発行し、風力タービンによるレーダーへの影響と緩和策の概要を示す一方、技術的な詳細は CAP670 に委ねた。2019 年の [CAP 670 改訂](#)では、規制枠組みや航空交通業務に関する安全要件全般が更新された。2025 年 12 月に発効された第 7 版では、航空障害灯および標識に関する要件などが更新された。

- 2019 年 8 月、MOD、ビジネス・エネルギー・産業戦略省（Department for Business, Energy & Industrial Strategy : BEIS）および洋上風力産業評議会（Offshore Wind Industry Council: OWIC）は、防空レーダーと洋上風力の共存を検討する共同タスクフォースを設置し、2020 年にはクラウンエステート（The Crown Estate : TCE）が加わった。
- 2021 年、同タスクフォースは政策文書[防空と洋上風力発電：ネットゼロに向けて共に取り組む](#)を公表した（後述）。2022 年には、OWIC 加盟企業の資金提供を受け MOD が実施したレーダー影響緩和技術の実証結果をまとめた[洋上風力発電が防空レーダーに与える影響の緩和:コンセプト実証](#)を、MOD が公表した。
- 2020 年、国防・安全保障アクセラレーター（Defence and Security Accelerator : DASA）は、洋上風力発電によるレーダー干渉の緩和技術の可能性を検証するため、技術成熟度（Technology Readiness Levels : TRL）2～4 の技術を対象とする[イノベーションコンペティション](#)を実施した。当初予算は総額 200 万ポンドであったが、追加資金を含む最終予算は 210 万ポンドとなり、6 件の提案が採択された。さらに 2021 年、DASA のフェーズ 2 では、TRL4 以上の成果を目標として、[6 組織による 7 件のプロジェクトに、総額 380 万ポンドの契約が締結](#)された。

図 7 : Task Force Timeline to 2025



出典 : [Air defence and offwind - working together towards Net Zero](#) Annex C September 2021

- 2021 年 9 月、MOD、BEIS、OWIC、TCE の共同タスクフォースは、政策文書[防空と洋上風力発電：ネットゼロに向けて共に取り組む](#)(Air Defence and Offshore Wind)を公表した。同文書は、当時の 2030 年までに 40GW の洋上風力発電を導入する政府目標を踏まえ防空と洋上風力の共存に向けたロードマップを示した。その後、2024 年 12 月の [Clean Power 2030 Action Plan](#) では、2030 年の目標レンジとして 43～50GW が示された。

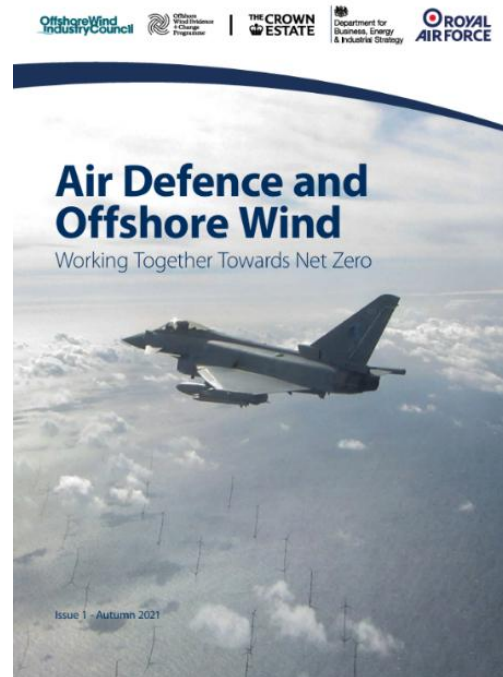
同文書によれば、洋上風力発電所は、英国の防空（UK's Air Defence : AD）探知能力の中核をなす長距離一次監視レーダー（Primary Surveillance Radars : PSR）から得られるデータの品質に悪影響を及ぼす可能性がある。この問題に対応するため、同文書は、風力タービンによるレーダーへの影響を緩和し、洋上風力発電の拡大と防空能力の維持を両立させるためのロードマップを示した。

- 前述した 2022 年の MOD による コンセプト実証 の結果概要では、18 か月間に 8 つのシステムが評価された。そのうち 7 つは、評価対象となった性能分野のいずれかで一定の有望性を示し、少なくとも 1 つは、すべての分野で有望性を示した。

- 2022 年 5 月、OWIC は 洋上風力発電向けレーダー干渉低減技術に関する評価報告書 を公表した。

- 2022 年 9 月、英国の航空交通管制サービス事業者 NATS は、風力タービンによるレーダー干渉を軽減できる 新たな 3D 一次監視レーダー (3D Primary Surveillance Radar) を導入した。これは英国の民間航空交通管理では初の導入であり、航空交通の安全かつ効率的な運用を維持しながら、2030 年までに 10GW の陸上風力発電を供給する政府の計画を支援するものとされた。

図 8 : Air Defence and Offshore Wind



出典 : Air Defence and Offshore Wind

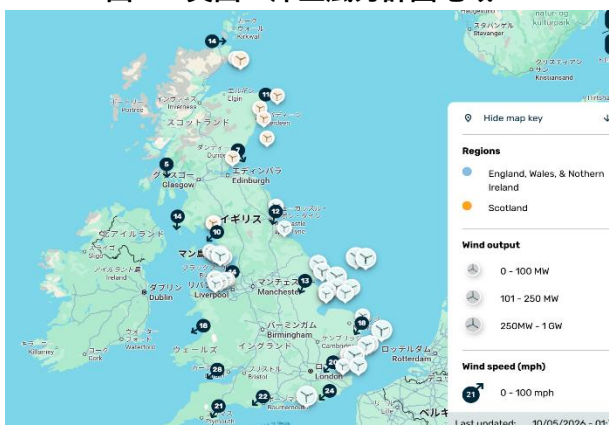
下部に風車が映っている

- 2023 年に開始されたフェーズ 3 は、風力発電による防空レーダーへの影響を緩和する技術を実際の使用環境に近い条件下で実証し、TRL6 まで高めるストリーム 1 と、各技術の性能や特性をモデル分析により比較するストリーム 2 の 二つのコンペティション で構成された。
- 2023 年、MOD は洋上風力発電によるレーダーへの影響緩和を目的とした技術の調達プログラム (Programme Njord) の 契約通知 を公表した。2024 年には、複数の企業を予め選定し、個別案件毎にその中から緩和技術を調達・実証するための フレームワーク契約が設けられ、6 社が参加事業者として選定 された。同年 12 月の Clean Power 2030 Action Plan では、Programme Njord が特定する長期的な緩和策の費用を、政府が別の仕組みを通じて負担する方針が示された。
- 2026 年 3 月 20 日、英国政府は、洋上風力発電の可能性を広げる新たなレーダーシステム を、購入し、2029 年初頭から設置を開始すると公表した。政府は、このレーダーの購入により、最大 10GW の洋上風力発電の導入が可能になるとしている。また同日、スコットランドのエスクデールミュア地震観測アレイ周辺において、最大 6GW の陸上風力発電容量を可能とする協議も開始した。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

クラウンエステート（TCE）は、イングランド、ウェールズおよび北アイルランド周辺のリース候補海域について事前にスクリーニングを行い、防衛関連施設や MOD の演習海域などを制約要素として評価し、技術的に実現可能で、相対的に制約の少ない海域を入札対象区域として選定している。ただし、制約のある海域が一律に除外されるわけではない。クラウンエステートは海域の貸付主体であり、海洋計画や開発許可を所管する機関ではないため、区域の選定は個別プロジェクトの許可を保証するものではない。なお、スコットランドの海域リースは Crown Estate Scotland が担当している。

図 9：英国の洋上風力計画地域



出典：THE CROWN ESTATE [Offshore wind map](#)

海域リース後の許認可手続きは、地域や事業規模によって異なる。イングランドでは、一定規模以上の事業は国家的重要インフラ事業（Nationally Significant Infrastructure Project: NSIP）として、開発同意命令（Development Consent Order : DCO）の手続き対象となる。ウェールズでは、2025 年 12 月以降、対象となる重要インフラ事業について、インフラ同意命令（Infrastructure Consent Order: ICO）の手続きが行われ、北アイルランドでは別の許認可制度が適用される。これらの手続きでは環境影響評価が行われ、航空・気象・防衛への影響が見込まれる場合には、MOD、CAA、NATS、気象庁、関連する飛行場などとの協議を行い、レーダーを含む影響を評価する。例：[RWE による航空・レーダーへの影響評価](#)

事業者選定後と費用負担

DCO は案件ごとに定められる開発許可命令であり、具体的な DCO では、レーダーへの影響に応じて、緩和策の策定・承認・実施、技術・運用評価、稼働前の試験、事業期間中の維持などが、プロジェクトごとの要件として定められている。一般的な政策枠組みは、Overarching National Policy Statement for Energy (EN-1)2025 および、National Policy Statement for renewable energy infrastructure (EN-3), 2025 であり、事業者は、MOD などの関係機関に必要な情報を提供しながら協議を進める。

費用負担について、EN-1(2025)は、レーダーを含む通信・航法・監視設備の改修が必要となる場合、原則として事業者がその費用を負担するとしており、個別の DCO にも事業者負担を定めた例がある。一方、Programme Njord が特定する対象となる長期的な防空レーダー対策については、政府が費用を措置する方針である。

これに対し、過去の民間航空用レーダーの事例では、2022 年に NATS が風力タービンによる干渉を低減する新たなレーダーを導入した際、NATS が配備費用を一旦負担し、その導入によって事業を進められる風力発電事業者から数年かけて費用回収する仕組みが採用された。2026 年 3 月 20 日に英国政府が公表した、洋上風力発電の可能性を広げる新たなレーダーシステムは、国が購入するとしている。

2.2.3 デンマーク

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

Terma 社は、デンマークに本社を置き、防衛・航空宇宙・安全保障分野のシステムを開発・製造する技術企業である。レーダー分野では、航空・海上監視用の SCANTER シリーズを提供し、風力タービンによるレーダー干渉の緩和技術の開発・実証にも取り組んでいる。Terma 社へのインタビューおよび同社等の公表資料から、以下の情報を得た。

- 風力発電所周辺における航空機の監視能力を確保するため、補完レーダーを用いた技術検証を行っている。2011 年 3 月には、Horns Rev I・II 洋上風力発電所を見通せるユトランド半島西岸の地点に SCANTER 4002 を設置し、風力タービンからの反射と航空機を識別しながら、風力発電所周辺を飛行する小型航空機を追跡できるかを検証した。2012 年 5 月には、デンマークの航空管制機関 Naviair と協力してコペンハーゲン国際空港に同型レーダーを設置し、空港周辺の風力タービンによる影響を抑えながら航空機を追跡できるかを評価した。

図 10：Horns Rev 位置（左）と Horns Rev 1 飛行試験結果（右）

右図のオレンジ：風車タワー、赤点線：上空を飛行する航空機軌跡

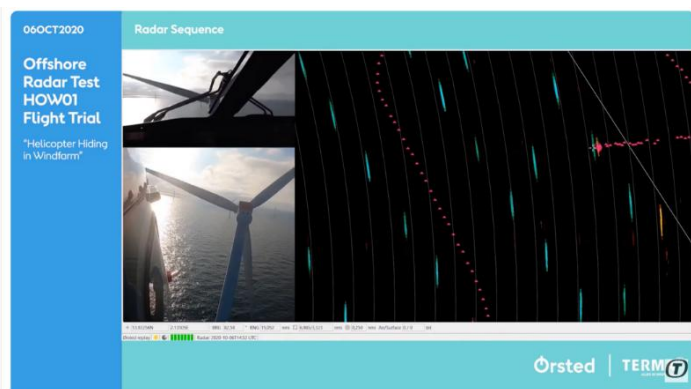


出典：Wind Farm Radar Mitigation デンマーク TERMA 社

- 米国や英国での同様な技術検証に参加している。2012 年には、米国政府のフィールド試験評価プログラム (IFT&E) において、テキサス州アビリーンの陸上風力発電所周辺で補完レーダーの試験を実施した。また、同社へのインタビューによれば、2014 年には英国国防省と洋上風力発電所周辺での試験を実施した。2021 年には、Ørsted と英国の Hornsea One 洋上風力発電所で 6 か月間の試験を行い、NATS が航空機の検出・追跡性能を分析した。

図 11：洋上風力上空の航空機追跡試験結果

青：風車タワー、赤点線：上空の航空機軌跡

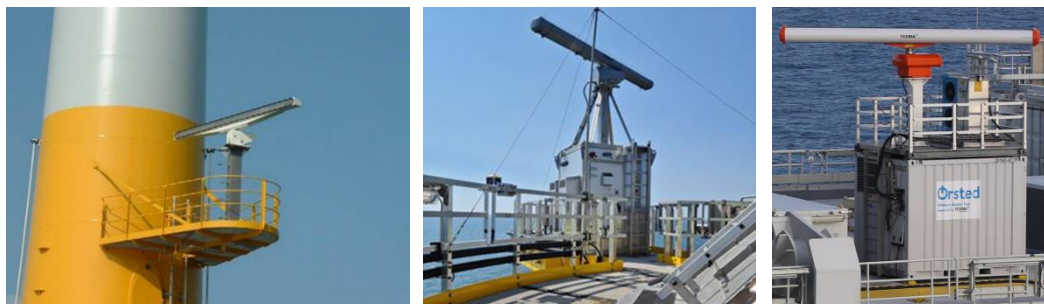


出典：Offshore Wind: New Solution Solves Radar Clutter Issue

2021-11-24

- Terma 社の公開資料には、洋上風力発電設備を海域・航空監視インフラの設置基盤として活用し、風車タワー、トランジションピース、洋上変電所にレーダーなどの関連機器を配置する構成例も示されている。

図 12：風力発電へのレーダー設置例（風車タワー、トランジションピース、洋上変電所）

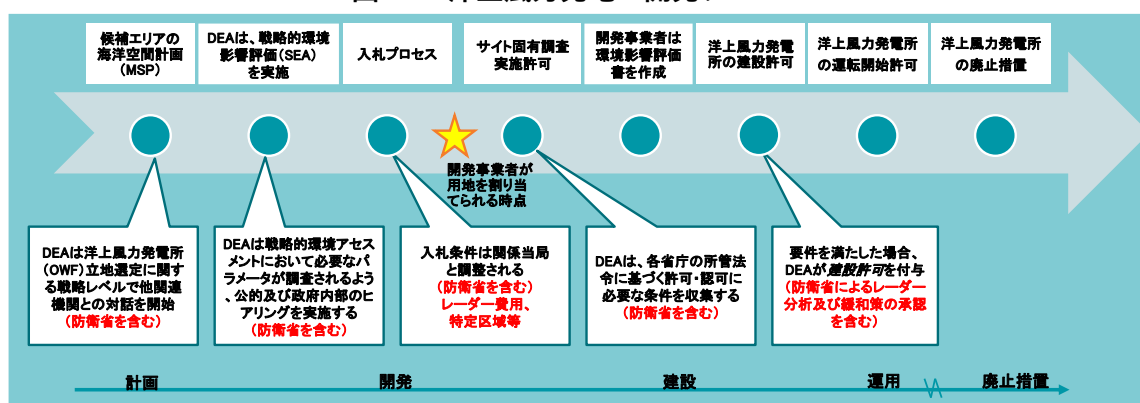


写真提供：TERMA 社

ゾーニング検討時の調査と公募要件

デンマークエネルギー庁（Danish Energy Agency：DEA）は、洋上風力発電の計画段階から国防省（Danish Defence：DA）を含む関係省庁と調整しながら風力発電の導入を進めている。

図 13：洋上風力発電の開発プロセス



図提供：駐日デンマーク王国大使館 Offshore wind and Defence A DEA and GR topic DEA 17. maj 2026
(訳：自然エネルギー財団)

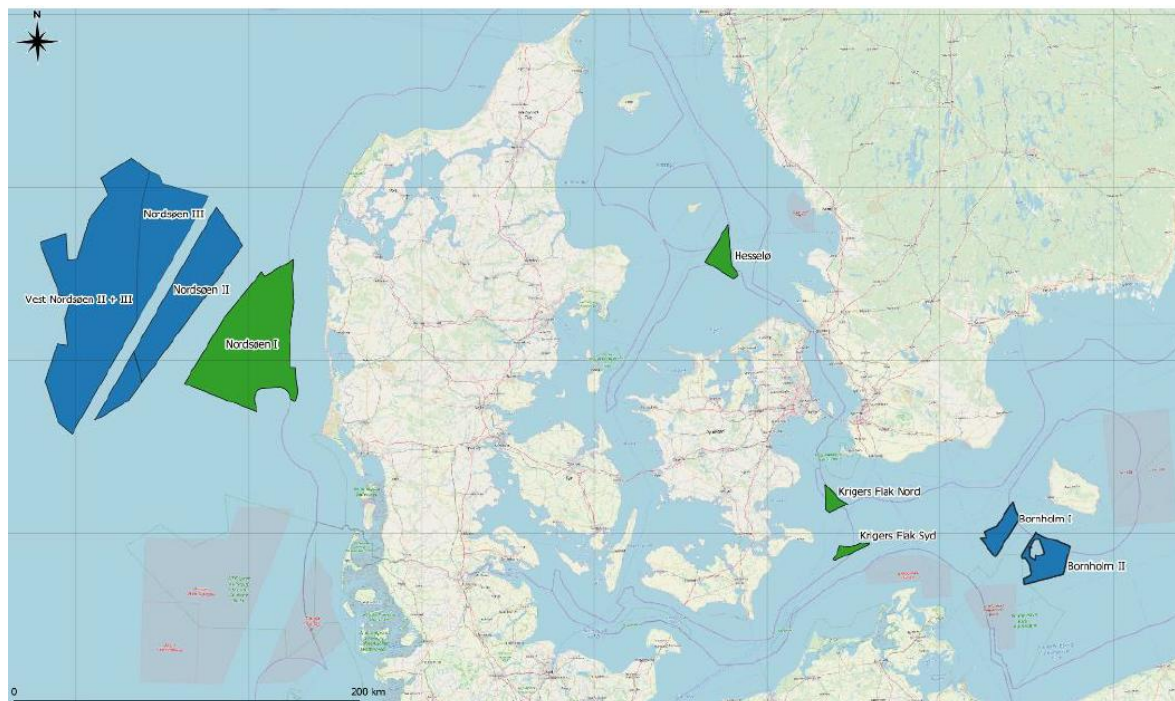
公募要件に関連して、2024 年 5 月、Energinet は、North Sea I の公募区域に関連する民間用レーダーおよび無線通信への干渉について、事前調査報告 MARINE ENVIRONMENTAL STUDIES - NORTH SEA I TECHNICAL REPORT - RADAR (CIVIL) AND RADIO INTERFERENCE を公表した。同報告書は、仮定した風車の機種と配置に基づく分析であるため、必要な緩和措置は、事業者が風力タービンの機数や配置などを確定した後、詳細な分析を踏まえて事業者と関係当局が調整し、最終的な要件を定めることとされている。また、軍用レーダーについては別途詳細な分析が行われているが、その報告書は公表されていない。

図 14：North Sea I 調査報告書



2025 年 5 月 19 日の「3 つの洋上風力発電所の公募枠組みに関する合意」では、Energinet が実施した公募区域の事前調査全体の費用を国が直接負担することとされ、その推定額は約 7 億 6,000 万 DKK とされた。

図 15：デンマークの洋上風力調査対象地域



出典：LAYOUTS OG ENERGIPRODUKTION FOR BORNHOLM I + II, NORDSØEN II + III OG OMRÅDET VEST FOR NORDSØEN II + III デンマークエネルギー庁 2020 年 5 月

事業者選定後と費用負担

事業者は、風車の機種、機数、配置などの詳細設計に関する情報を関係当局に提供し、必要な影響評価や緩和措置について協議を進める。2024 年の [Kriegers Flak II 公募](#)では、軍用通信・レーダー監視への影響を防ぐために国防当局が必要と判断した一時的・恒久的な緩和措置について、事業者が実費を負担し、その上限を 2 億 DKK としていた。なお、この公募はその後取り消された。風力発電事業者は、国防省にプロジェクトの詳細設計進捗状況を随時報告し協議を進める。

一方、2025 年 5 月の[洋上風力発電所の入札枠に関する合意](#)では、新たに公募する北海中部、北海南部、Hesselø の 3 案件について、必要な防衛上の緩和措置の費用を国防省が負担する方針が示された。推定総額は 11 億 DKK で、最終額は落札者による風力発電所の配置確定後に決定される。

2.2.4 ポーランド

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

ポーランド独自のレーダー干渉低減技術に関する研究・実証試験の経緯を示す公開資料は確認できなかった。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

ポーランドでは、洋上風力発電の立地許可にあたり、国防大臣や内務担当大臣を含む関係閣僚が申請内容について意見を提出する仕組みとなっており、国防・安全保障上の影響は計画段階から審査される。

2021 年 9 月、気候環境省、国有資産省、財務省、教育科学省、農業農村開発省、内務・行政省などの複数省庁と洋上風力事業者等は、ポーランド洋上風力発電セクター協定 ([Polish Offshore Wind Sector Deal](#)) を締結した。同協定は、レーダー画像表示、海上無線通信、航空管制ならびに軍および国境警備隊の無線通信に対する影響を評価する技術専門家報告書の指針を作成することや、計画、建設、運転および廃止の各段階における関係機関と事業者と協力していく方針を示している。

ポーランドでは、海上安全法に基づき、専門家による影響評価を承認する制度が設けられている。事業者は、洋上風力発電所および関連する送電設備が、ポーランド共和国軍のレーダー監視、技術監視、海上無線通信および航空交通管制の各システムに及ぼす影響と、国境警備隊のレーダー監視、技術監視および海上無線通信の各システムに及ぼす影響について、それぞれ技術専門家報告書を作成する必要がある。前者は国防大臣、後者は内務・行政大臣が、建設許可の申請前に承認する仕組みである。

また、海事安全法第 113d 条では、影響評価の結果、防衛または国境警備に必要な機器の設置が求められる場合、風車などを監視に必要な機器の設置基盤として関係機関に無償で利用させることを定めている。この制度は、洋上風力発電所を既存の防衛・国境警備システムへの影響という観点から評価するだけでなく、必要に応じて、防衛・安全保障関連機器の設置場所として利用することも制度上想定している。

[Baltic Power](#) では、国防省が示した要件に沿って風車にレーダーとセンサーを設置し、周辺海域を監視する計画が報じられている。また、建設前に実施した環境影響評価の一項目である海鳥の調査にはレーダーが使用されており、事後モニタリング (4.4 項) として全体の完成後 1 年および 3 年には渡り鳥の飛行経路、風力発電所への反応や回避行動などの調査を実施することとされている。

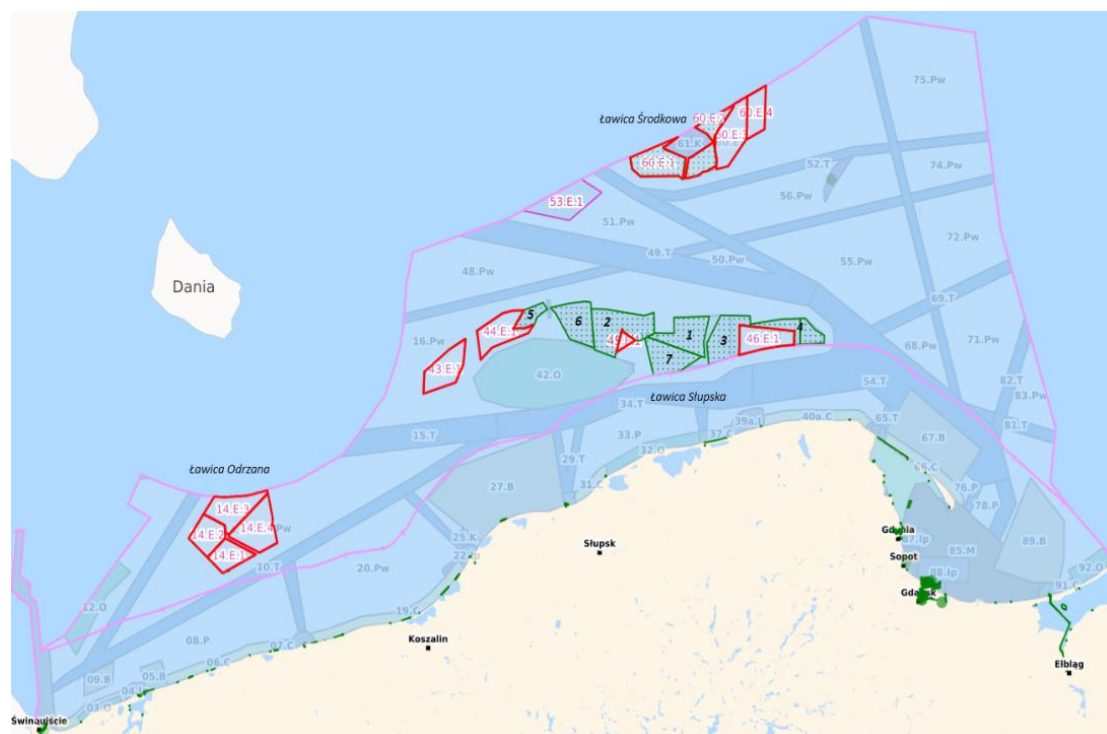
事業者選定後と費用負担

事業者は、風車の機種、基数、配置などの詳細設計を反映した技術専門家報告書を作成し、防衛・国境警備システムへの影響について、国防大臣および内務・行政大臣の承認をそれぞれ受ける。レーダー等への影響緩和措置の内容および規模は、案件ごとの影響評価と関係当局との協議を通じて決定される。海事安全法第 113d 条は、これらの評価に基づく緩和措置の費用を、洋上風力発電事業者が負担すると定めている。

参考

洋上風力発電所開発プログラムでは、洋上風力発電は、エネルギー安全保障を強化し、ポーランドの経済発展を促進するエネルギー転換の戦略的な柱と位置付けられている。2021 年に策定されたエネルギー政策 2040 (EPP2040) では、設備容量を 2030 年に 5.9GW、2040 年に最大 11GW とする見通しが示された。その後、2026 年 6 月に閣議決定された 2030 年までの国家エネルギー・気候計画 (2040 年までの見通しを含む) においては、2040 年 11.8GW の参照シナリオと 17.9GW の追加対策シナリオを掲げている。

図 16：ポーランドの洋上風力調査対象地域（3 が Baltic Power）



出典： Program rozwoju Morskich Farm Wiatrowych

2.2.5 オランダ

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

オランダ応用科学研究機構 (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek : TNO) は、法律により設立された独立機関であり、オランダ最大の研究機関として 60 年以上のレーダー研究経験を有している。TNO によれば、1995 年に風力タービンによるレーダー性能低下に関する最初の研究を行い、2012 年以降、オランダ国内に設置された軍用を含む一次監視レーダー (Primary Surveillance Radar: PSR) の影響評価を行う権限を持つ国内唯一の機関となっている。

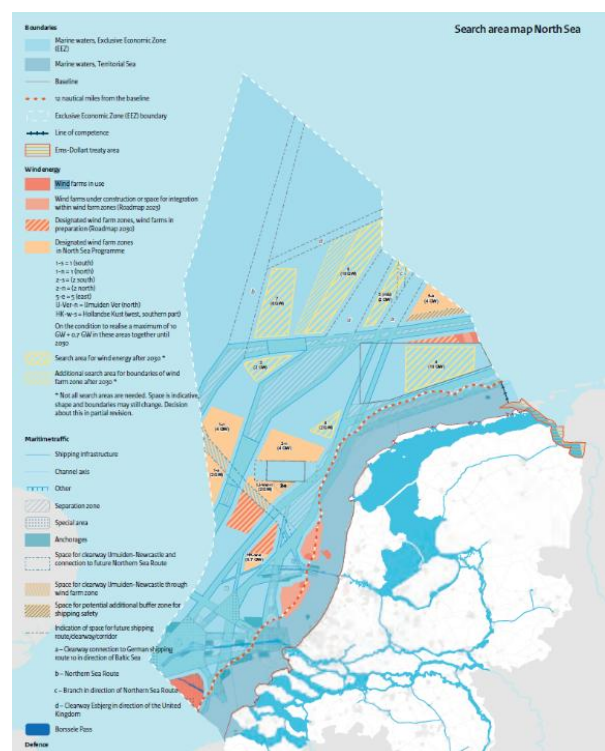
TNO が開発したシミュレーションツール PERSEUS を用いて、7 つのレーダーシステムで構成されるオランダのレーダーネットワークに対する、9,000MW を超える風力発電所導入シナリオの影響が評価された。陸上および洋上に合計 4,000 機を超える風力タービンを配置する複数のシナリオを分析し、レーダー性能が低下する可能性のある区域と、その解決方法を検討している。これにより、レーダーの監視範囲と安全性を維持しながら、オランダ政府の再生可能エネルギー目標の達成を支援している。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

北海プログラム 2022-2027 は、2022 年 3 月に公表された。洋上風力発電開発区域、軍事演習区域、航路などを指定し、海上安全、国防、自然環境などに関する政策および評価の枠組みを示している。同プログラムはその後部分改定され、現在は部分改訂北海プログラム 2022-2027 が適用されている。軍事演習区域と風力発電などの固定施設との調整が必要であり、軍事利用に支障を及ぼさないことが前提となる。

省庁間北海協議体 (Interdepartmental Directors North Sea Consultative Body : IDON) は、インフラ・水管理省を議長として、気候政策・グリーン成長省、農業・漁業・食料安全保障・自然省、内務・王国関係省、国防省、財務省、司法・安全保障省、教育・文化・科学省、住宅・国土計画省のほか、公共事業・水管理総局 (Rijkswaterstaat) および沿岸警備隊で構成されている。洋上風力発電の立地についても、こうした関係省庁・機関が計画段階から調整を行う仕組みとなっている。

図 17：北海の海洋空間計画
(肌色系が風力エリア)



出典：North Sea Programme 2022-2027

2023 年 12 月、オランダ国防省は、北海の重要インフラに対する監視能力を強化するため、洋上の石油・ガスプラットフォームや風力タービンに設置するカメラおよびレーダーシステムを調達する方針を公表した。これは、風力発電による既存レーダーへの干渉を緩和する措置というより、洋上インフラを活用して北海の監視能力を強化する施策である。

オランダでは、政府が洋上風力発電区域を指定した後、環境影響、防衛、航行安全などを検討して区画決定（Wind Farm Site Decision：kavelbesluit）を行い、建設・運転条件を定める。その後、オランダ企業庁（Netherlands Enterprise Agency：RVO）が許可事業者を選定する入札を実施する仕組みである。政府は入札前に区域調査や環境影響評価を行い、その結果を事業者に提供している。

事業者選定後と費用負担

事業者は、区画決定および許可に定められた条件に従い、最終的な風車の機種、基数、配置などを確定する。レーダーへの影響について追加の評価や対策が必要となる場合には、TNO による影響評価や国防省との調整を通じて、プロジェクトごとに必要な措置が決定される。

費用負担について、レーダーの更新、補完センサー、ソフトウェア改修などの費用を一律に洋上風力発電事業者が負担するとの一般原則は、公式資料では確認できないが、国家的な海域監視能力を強化するための設備については、政府が費用を負担する例がある。2026 年 2 月に公表された北海のレーダー（Radars op de Noordzee）プロジェクトでは、国防省が追加レーダーの調達・維持契約の費用を負担し、設置後の管理を公共事業・水管理総局が担う方針である。

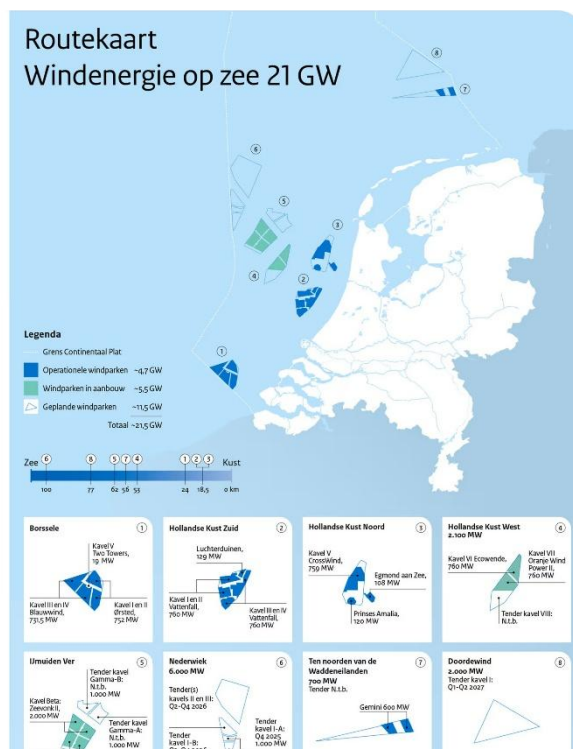
参考

オランダ政府で 2022 年 3 月に採択された北海プログラム 2022–2027 は、2030 年までに 10.7GW の追加風力を開発するための風力エネルギー地域を指定した（合計 21GW）。その後の部分改訂より、2022 年 3 月時点で洋上風力発電の設備容量を2032 年頃までに約 23GWとするロードマップを進めている。

さらに、2026 年 3 月の北海プログラムの部分改定では、将来的に合計 40GW の洋上風力発電を導入する目標が示されている。

北海プログラム 2022–2027 の後継は北海プログラム 2028–2033で、ドラフトは 2027 年 5 月に発表される予定である。北海プログラム 2028–2033 は、オランダ領北海の海洋空間計画として機能し、北海に適用されるすべての政策の概要を提供し、その管理方法を概説するものである。

図 18：オランダの風力発電のロードマップ



出典：オランダの風力発電のロードマップ
(2022 年 3 月時点)

2.2.6 ドイツ

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

ドイツは、オランダの TNO やデンマークの TERMA 社と同一の役割を担う単一の専門機関に研究が集約されていないが、ドイツ物理工学研究所（Physikalisch-Technische Bundesanstalt : PTB）およびドイツ航空宇宙センター（Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt : DLR）などが、風力タービンとレーダー・航法設備との共存に関する研究を行ってきた。

2013 年、PTB は、企業および大学と共同で、風力タービンが航空管制、防空、気象観測などのレーダーや航法設備に与える影響を、実測とシミュレーションにより評価する研究プロジェクト [WERAN—風力発電設備とレーダー・航法設備との相互作用](#)を開始した。2015 年には、DLR にて、[風力発電機のローターブレード用複合材料におけるレーダー波吸収のための炭素系充填材の評価](#)が行われた。2018 年には PTB が、後継プロジェクト [WERAN plus](#) を開始し、特に航空用無線航法設備への影響予測の精度向上が測られた。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

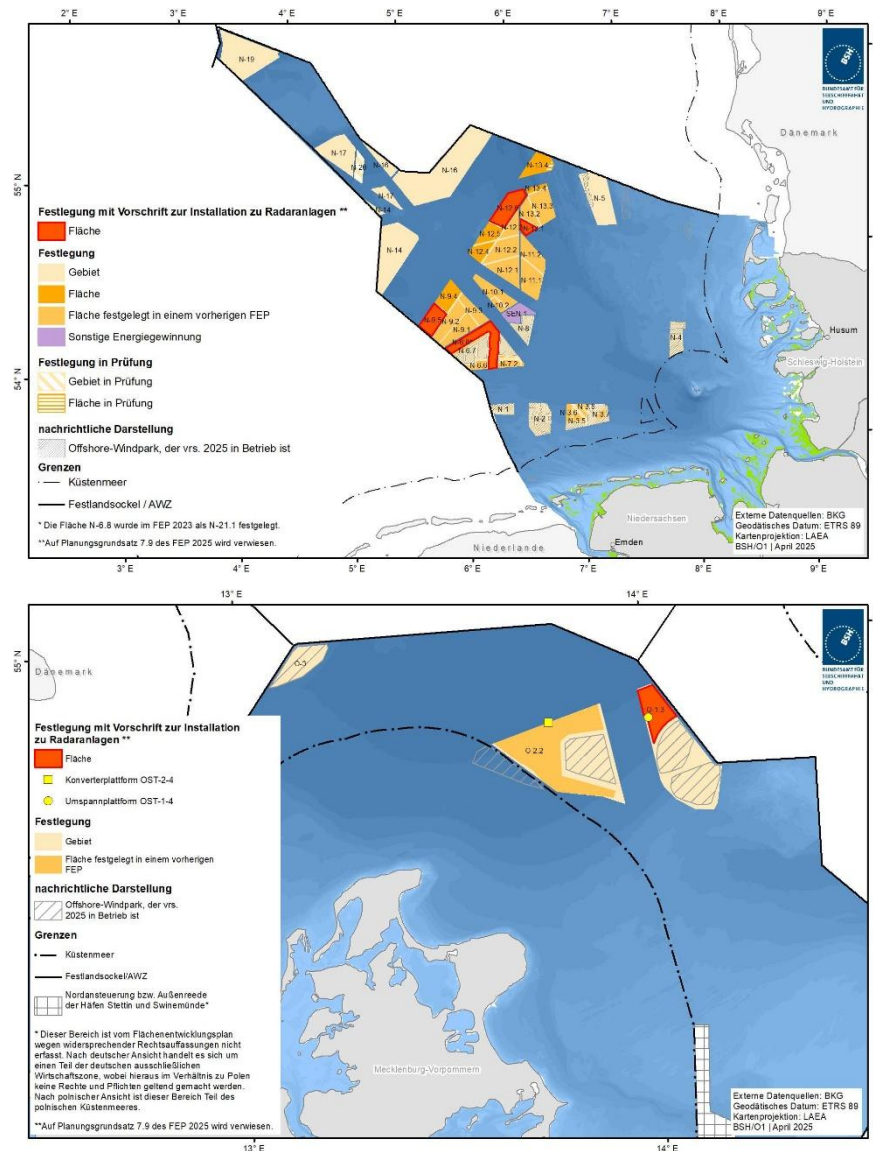
ドイツの排他的経済水域（EEZ）における洋上風力発電は、[洋上風力エネルギーの開発および促進に関する法律（WindSeeG）](#)に基づき、連邦海事水路庁（[Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie](#) : BSH）が海域開発計画の策定、区域の事前調査および事業の認可を行う。計画・認可にあたっては、貿易上の利害を含む関係機関の意見が考慮される。

BSH の[サイト開発計画（Flächenentwicklungsplan 2025 : FEP2025）](#)は、FEP の指定区域・地点に限り、洋上風力発電設備および洋上プラットフォームの周辺において、海上無線設備、船舶自動識別装置（AIS）のデータ受信、移動体通信網および海上交通監視用レーダーを整備することを定めている。レーダーは AIS を補完して船舶を把握するために使用され、取得したデータは連邦水路・海運管理局（[Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes : WSV](#)）の交通管制センターに提供される。

BSH の[洋上風力発電所のレーダーシステムに関する FAQ](#)は、これらのレーダーの機能や技術的要件を解説している。また、同 FAQ では、ドローンの飛行や無許可の船舶航行など、正体不明の主体による活動を確認した場合、関係当局および海上安全センター(MSZ)への通報することが示されている。

北海では、N-6.8、N-9.5、N-12.6、N-13.1 の航路付近にレーダー設置が求められ、N-3.5 および N-3.6 についても設置の必要性が示されている。バルト海では、OST-2-4 の洋上プラットフォームおよび O-1.3 または OST-1-4 の周辺にレーダーを設置することとされている。北海における具体的な設置点は、洋上風力発電を認可する BSH が、船舶交通管理を所管する連邦水路・海運総局（Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt : GDWS）と調整して決定する。

図 19：北海（上）とバルト海（下）の海洋利用計画



出典：FAQ: Radaranlagen in Offshore-Windparks

事業者選定後と費用負担

公募で選定された事業者は、計画図面、工程、技術的な安全対策および必要な場合の環境影響評価などをBSHに提出し、[WindSeeG](#) 第66条（計画認定および計画承認）に基づく計画確定または計画認可を受ける。同法第69条（計画認定決定、計画承認）第4項では、BSHは、書類の受領から原則として18か月以内に計画確定決定を、12か月以内に計画認可を行うとされている。例外的な事情がある場合には、理由を示したうえで3か月延長できる。

FEP 2025では、北海の対象区域に設置するレーダーについて、原則として各洋上風力発電事業者が設置・運用を担う。また、移動体通信設備の設置・運用費用も洋上風力発電事業者が負担する。一方、バルト海のOST-2-4洋上変換所に設置するレーダーは、同変換所を整備する送電事業者が設置・運用を担う。このように、設備が設置される施設とその事業主体によって、責任および費用負担の主体が異なる。

2.2.7 台湾

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

交通部運輸研究所等で、洋上風力による船舶レーダー・通信への影響、洋上風力発電の建設と航空安全技術の発展の研究事例が公表されているが、台湾独自のレーダー干渉低減技術に関する実証研究等は確認できなかった。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

2015年に経済部（Ministry of Economic Affairs：MOEA）は、離岸風力発電規劃場址申請作業要點（Directions of Zone Application for Planning：ZAP）を制定し、36の有望海域（Zones of Potential：ZoP）を公表して事業者による事前調査・計画を可能とした。同制度では、事業者側が航空・レーダー・軍事等の関係機関から意見書を取得し申請する仕組みである。

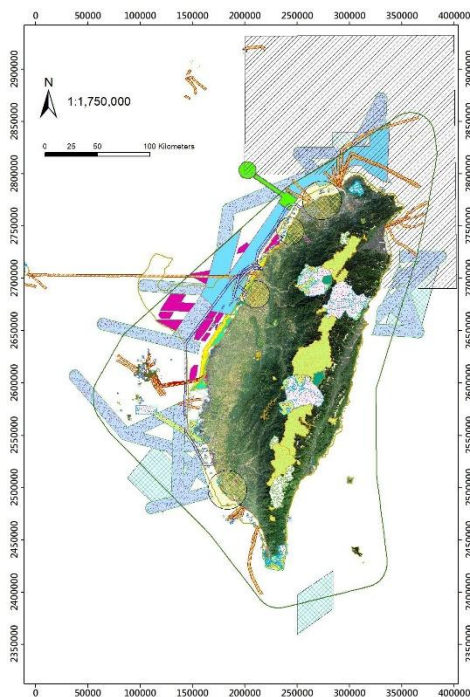
2021年に區塊（海域）開発向けに離岸風力発電區塊開發場址規劃申請作業要點が制定され、その後2024年に改訂が行われている。現行の開発エリア計画制度では、航空・気象・軍事等を含む高敏感区域（影響を受けやすい区域）との重複が禁止されている。

航空・気象等に関わる高敏感区域（影響を受けやすい区域）はあらかじめ図示されているが、軍事用途海域の制限海域は公開図には表示されておらず、国防部の最新規定に従うこととされている。

事業者選定後と費用負担

レーダー干渉影響緩和の費用負担について、一般ルールを定めた公開資料は確認できなかった。

図 20：台湾の計画対象海域範囲と
影響を受けやすい区域



出典：離岸風力発電區塊開發場址規劃申請作業要點

図 21：台湾の洋上風力計画エリア



出典：離岸風電地質與環境感知系統

2.2.8 韓国

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

2013 年に、国防機関・電力会社・大学の連携により、L バンドレーダーによる韓国沖合風力タービンのマイクロドップラー解析などの研究が行われているが、韓国独自のレーダー干渉低減技術に関する実証研究等は確認できなかった。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

2018 年に導入された海洋空間計画 Marine Spatial Planning(MSP)により、海域を 9 つの海洋利用ゾーンに区分し、Energy Development Zone や Military Action Zone 等を設定している。

2026 年 3 月に施行された洋上風力普及促進及び産業発展促進特別法（洋上風力発電法）および洋上風力発電法施行令により、政府主導で予備地区、発電開発地区を指定する制度を導入している。

洋上風力発電法第 12 条および洋上風力発電法施行令第 7 条により、予備地区、発電開発地区の指定に必要な洋上風力立地情報網に軍事作戦影響性情報を含めることとしている。

洋上風力発電法第 14 条において、予備地区の指定要件として「軍事作戦の遂行に及ぼす影響が少ないこと」を明記し、さらに第 16 条では軍事作戦影響性の事前調査計画を含め、施行令第 15 条においても「国家安全保障への影響を考慮する」としている。

発電開発地区指定後に事業者を入札で選定し、選定事業者は洋上風力発電法および施行令に基づき、気候エネルギー環境部等の実施計画の承認を受ける。

事業者選定後と費用負担

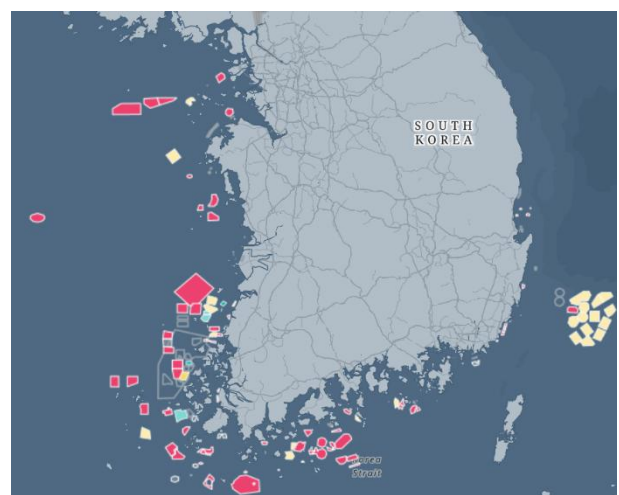
レーダー干渉影響緩和の費用負担について、一般ルールを定めた公開資料は確認できなかった。

図 22：韓国の海洋空間計画
例：釜山海洋空間管理計画抜粋



出典：海洋空間計画

図 23：韓国の洋上風力計画エリア



出典：4C Offshore

2.2.9 フィリピン

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

フィリピン独自のレーダー干渉低減技術に関する実証研究等は確認できなかった。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

2022 年の World Bank とエネルギー省(DOE)による洋上風力ロードマップでは、軍事活動・軍事施設や、洋上風力によるレーダーへの影響を立地上の制約として提示し、国防省（DND）等との早期協議や案件別の排除・制限の必要性を指摘しているが、具体的な排除ゾーンや、レーダーへの影響緩和策までは示されていない。

2026 年の DENR ガイドライン ([DAO 2026-09](#)) では、発電事業者は DOE から洋上風力発電サービス契約(OSWESC)を取得するにあたり、2019 年に制定された [Energy Virtual One-Stop Shop](#) (EVOSS) システムを通じて、意向表明 (LOI) を提出し対象区域について立地上の確認を受ける必要があると示している。また、DOE は対象区域が、国防、航行等のため禁止・保留・使用される区域や MSP 上の区域との重複を確認する。

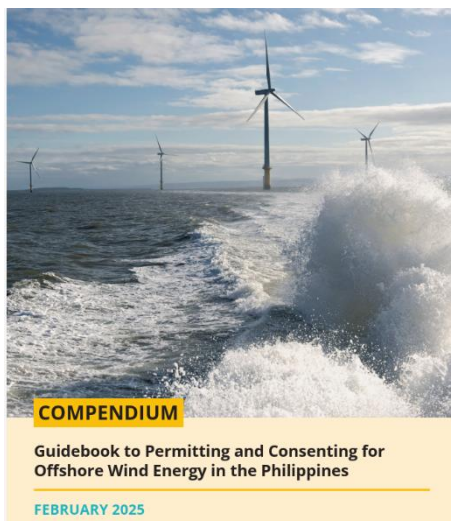
準備段階における環境調査報告書 (IEE Report) の環境適合証明(Environmental Compliance Certificate : ECC)には、運輸省 (DOTr)、情報通信技術省 (DICT)、農業省 (DA)、内務自治省 (DILG)、観光省 (DOT) との協議実績 (Documented Coordination) の提出が含まれる。開発段階では環境影響評価報告書 (EIS Report) に基づく ECC の取得が必要となる。

建設等の開始前には、洋上風力によって活動等が影響を受ける可能性のある関係政府機関から必要な承認・確認を得て、ECC を環境・天然資源省 環境管理局 ([DENR-EMB](#)) へ提出することが求められている。

事業者選定後と費用負担

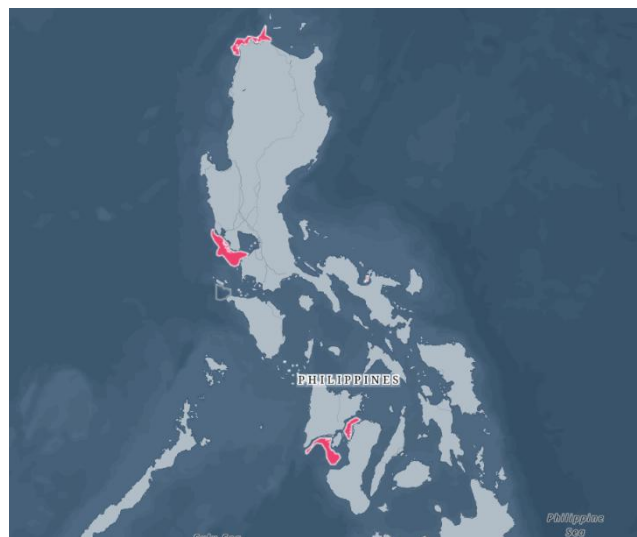
レーダー干渉影響緩和の費用負担について、一般ルールを定めた公開資料は確認できなかった。

図 24：洋上風力発電ガイドブック



出典：[Guidebook to Permitting and Consenting for Offshore Wind Energy in the Philippines](#)

図 25：フィリピンの洋上風力計画エリア



出典：4C Offshore

2.2.10 オーストラリア

レーダーへの影響緩和策の調査・研究経緯

2022 年に洋上電力インフラ法 ([Offshore Electricity Infrastructure Act 2021](#)) が施行されているが、オーストラリア独自のレーダー干渉低減技術に関する実証研究等は確認できなかった。

ゾーニング検討時の調査と公募要件

ビクトリア州ギプスランドの Proposed Area(提案海域)設定時に、主要航路、防衛制限区域、海洋保護区域などの[空間的スクリーニング](#)が行われている

[Gippsland や Hunter の Declared Area](#) では、Feasibility Licence (調査ライセンス) 等に国防等関係機関との協議とその結果の管理計画への反映を条件化している。特に Gippsland では、RAAF Base East Sale の航空監視レーダーから 80 海里以内を Defence consultation area とし、国防上の作戦やレーダーへの潜在的影響の確認を明記している。

調査ライセンス、商業ライセンス等の申請、事業活動の内容、リスク管理等を定める管理計画に対しては、[Offshore Infrastructure Registrar](#) (OIR) が審査・承認し、担当大臣に勧告。最終的なライセンス付与は担当大臣が決定する。

National Airports Safeguarding Advisory Group (NASAG) による [風力発電所ガイドライン D](#) では、風力発電による航空手順や通信・航法・監視・設備への影響を対象とし、計画初期から Airservices Australia、CASA、国防等との協議・リスク評価を推奨している

現行の [CASA 航空安全ガイダンス](#) (Advisory Circular) では、風力発電計画初期段階で航空調査をおこない、Airservices Australia、国防省等との協議により CNS 設備への影響評価及び必要な緩和措置の検討することを推奨している。

Airservices Australia は風力発電案件について[航空影響評価書 \(AIS\) の提出](#)を求め、レーダーの目標位置精度、探知確率、レーダーカバレッジ等を評価している。

事業者選定後と費用負担

レーダー干渉影響緩和の費用負担について、一般ルールを定めた公開資料は確認できなかった。Airservices Australia は、風力発電による航空・レーダーへの影響について、必要な緩和処置を Airservices Australia が実施する場合には、[緩和措置の費用を事業者に請求しう](#)るとしている。

図 26：オーストラリアの洋上風力計画（左：メルボルン近辺、右：シドニー近辺）



出典：[Offshore Renewable Energy Portal](#)

3. おわりに

本報告では、防空レーダー、沿岸監視レーダー、航空管制レーダー、空港監視レーダー、気象観測レーダーと風力発電の技術的共存策について、研究・実証および導入状況を整理した。あわせて、洋上風力発電施設を監視機器の設置基盤として活用する取組、費用負担先についても報告した。

風力発電所と各種レーダー等に与える干渉問題への対応策研究は、米国や英国等で 2010 年代初頭から進められてきている。本報告で扱った国々では、こうした研究の成果に基づいて、区域や離隔距離の調整、案件ごとの影響評価、レーダーの信号処理・更新、補完レーダーや代替センサーの導入などの複数の対策を自国の風力導入目標とも組み合わせている。

本報告書の調査範囲外であるが、エストニアでも、風力発電の導入と航空監視能力を両立させるため、追加レーダーの整備と既存システムの更新計画が進められている。2026 年 7 月に、新しいレーダーシステムは、西エストニアの海洋地域を高度制限から解放し、グリーン移行を加速させますと報じている。

風力発電所のゾーニングや公募に際して、各国でエネルギー担当省が中心となり、航空局、防衛省等の関係機関と連携してレーダー干渉に関する事前調査を行っている。調査結果に基づき、レーダーへの影響がほとんどない区域をゾーニング対象とするか、必要な影響緩和策を公募要件に含めている。

日本においても、将来の風力発電導入目標を実現すべく、経済産業省、国土交通省、防衛省などの複数省庁と風力事業者等は早急に協定を結び、レーダー干渉問題対応策の調査、研究、実証試験に着手する必要がある。これは、離隔距離による共存策から一律に技術的対策へ移行するのではなく、レーダーの用途、影響の程度、導入効果および費用負担を踏まえて適切な対策を選択することも含まれる。

風力発電とレーダーの共存

離隔による共存から技術的共存と監視インフラ基盤への活用へ

2026年9月

公益財団法人 自然エネルギー財団

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-10-5 KDX虎ノ門一丁目ビル 11F TEL: 03-6866-1020 (代表)

info@renewable-ei.org

www.renewable-ei.org