

洋上風力発電施設の景観に関わる「海洋計画」と「離岸距離」に関する国際比較

- 洋上景観保護のための風車ゾーニングと最小離岸距離に関する調査 -

International Comparison on Marine Plan for Seascape and Distance of Offshore Wind Farm

- A Research of Wind Farm Zoning and Minimum Distance to Shore for the Protection of Seascape -

宮脇 勝
Masaru Miyawaki

This paper focuses on the national marine plans and the minimum distance to shore of offshore wind farm in the world. The shortest distances to shore were founded in the case of demonstration and offshore industrial area or polder in the first phase of many States.

The distances to shore were regulated by the national marine plan and the environmental assessment. Western countries and China regulated the distance to shore from 10km to 22.2km but other Asian countries including Japan looks loose to protect the seascape. The cancel for the seascape preservation emerged in the distance of maximum 16.5km. This paper concludes the needs of national marine plan and landscape assessment based on distance to shore in Japan.

Keywords: Offshore Wind Farm, Marine Plan, Distance to Shore, Seascape, Landscape, Wind Farm Zoning

洋上風車, 海洋計画, 離岸距離, シースケープ, 景観, 風車ゾーニング

1. はじめに

再生可能エネルギーの促進が急がれる中で、洋上風力発電の計画が注目され、全国的に計画が進みつつある。洋上風車の立地は、政府が定める誘導ゾーンとして、2019年の海洋再生可能エネルギー発電施設の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（以降、再エネ海域利用法）に基づき、一般海域の「促進区域」が定められる。

なお、港湾区域は、国土交通省港湾局（2015）「港湾における洋上風力発電施設等の技術ガイドライン」が定められ、立地が先行している。しかし、洋上風力発電に関連した海域の全国計画となる「海洋計画」は、日本には無い。

ここで急務と考えるのは、日本の「促進区域」では、海岸線から風車までの距離である「離岸距離」が極めて短いために、総合環境としての景観への配慮が欠けている問題の解決である。離岸距離が短い理由は、実証実験としての側面、管理の側面、海底ケーブルのコスト削減等の要因がある。しかし、離岸距離が短いことにより、陸域の生活圏からの景観悪化以外にも、漁業権の範囲との重複、生物の生息圏域の問題が混在している。

また、全国で洋上風力発電事業の環境アセスメントが開始され、計画段階環境配慮書が公開されているが、市民の反対活動が確認できる。しかし、計画段階環境配慮書の景観評価において、離岸距離と風車の数、視覚的影響のシミュレーションを示すことなく、景観上の重大な影響を低減できると評価しており、十分な根拠は示されていない¹⁾²⁾。

本論は、日本の海域の風車の全体計画が無いことと、洋上風力発電事業が離岸距離の短い計画となっていることを背景に、景観の基礎要因である「離岸距離」に着目し、「海洋計画」や風車の景観評価である「視覚的影響評価」を国際的に比較調査し、国内適用を目指すことを目的とする。

2. 既往研究と課題

国内における洋上風車の立地や景観に関する研究はまだ無い。その理由は、目に見えて問題となる洋上風車の建設例がまだ少ないためと考えられる。一方、風車の計画方法に関わる既往研究として、陸域の風車ゾーニングの研究が見られるが、「洋上風車」の研究は発電技術と海域の風環境等に限定されている³⁾。しかし、洋上風車のゾーニングと「離岸距離」に着目した景観保護を扱った国内の論文が無い。

諸外国の「離岸距離」を記した研究例によれば、英国、ドイツ、オランダの離岸距離制限は、12海里（約22.2km）、デンマークでは12.5km、中国では10kmと説明されている²⁾。これらの立地制限の理由は、景観と生態系の保護である。しかし、これらの国を含む現在の洋上風車の立地を広く確認したところ、上記の規制の離岸距離を満たさない洋上風車が多数確認されたため、どのような理由で立地したのか、また、洋上風車の離岸距離を規制する場合は、どのように規制しているかを、調査する必要があると考えた。

日本国内の一般海域の洋上風車の事業では、水深、風況、区画・定置漁業権区域、底引き網禁止ラインの陸側、漁礁・藻場、自然公園周囲、船舶航行分布域の条件の下で、政府が「促進区域」を定める。しかし、景観と生態系は条件に入っていない。「促進区域」の離岸距離が極めて短く計画されている傾向が見られ、今後実証実験ではなく、大規模な洋上風車の事業として日本全国で進められることから、「離岸距離」と景観に関する国際比較研究は急務である。

このため本論は、国内外の建設事例の離岸距離を計測し、周囲の土地利用と合わせて分類することで、各国の離岸距離の状況を把握する。そして、日本国内において、離岸距離を考慮しない事例が今後も増えることで、景観への影響、特に視覚的影響に重大な問題が生じる可能性があり、国際

比較して、洋上風車の制度の改善に役立てる意義がある。

なお、日本においては再エネ海域利用法に基づいて、領海 (12 海里、約 22.2km) 内に、洋上風車の「促進区域」の設定を行っている。このため、英国、ドイツ、オランダ、ベルギー、アメリカのような領海の外への風車の誘導規制の検討は、日本ではまだ行われておらず、促進区域の中で、景観に配慮された離岸距離の確保が必要な状況である。

3. 研究方法

本研究の方法は、文献とインターネットによる調査と、洋上風車の離岸距離の計測により、国ごとに最小離岸距離を求める方法から成る。

離岸距離の文献調査は、海外の著書³⁾とともに、エネルギー企業による報告書⁴⁾と、コンサルタントによる調査書⁵⁾がある。特に、基礎データは、洋上風車の事業が国際ビジネスとなっていることから公開されているものを活用した。一方で、国内の事例は、公開されている情報に限りがあるため、現在の時点で参照可能な状態の環境アセスメントの計画段階環境配慮書を参照した¹⁾。調査対象国は、洋上風力発電の総発電量で上位の 18 か国を対象とした⁴⁾。

インターネット調査では、現在までに実施もしくは計画承認された世界の洋上風車の立地状況について、4C Offshore 社が、洋上風車のマーケティングを目的に GIS の地図データを公開⁶⁾しており、活用した。この地図情報の風車の位置の正確性を Google Map の航空写真を用いて確認した上で、GIS 上で離岸距離を計測した。なお、本論では、実際に洋上風車を確認できるもの、もしくは、立地場所が確定しているものを対象とした。同時に、航空写真でも離岸距離を計測し、個々の風車の関連サイトで離岸距離が表示されているものがあれば、それも参照して最も正確な離岸距離を求めた。

また、それぞれの風車群には名称が付けられていることから、インターネット検索を通じて、計画年、実施年、風車の数、総発電量、その他の情報をできるだけ収集した。

なお、4C Offshore 社の GIS 地図データには、開発計画段階のもので、未承認のものも多く掲載されていて、事業が途中で中止される場合もあることから、本論では、実施後もしくは計画承認されたもので、風車の数と総発電量が確定しているものに、調査対象を限定した。

日本の洋上風車の場合には、「港湾区域」における洋上風車と、「一般海域」における洋上風車とで、行政手続きが異なっている。前者は港湾区域内で洋上風車を設置するもので、陸域側は工業系用途地域に隣接しており、風車の離岸距離が短い特徴がある。「港湾区域」の場合、工業系用途であり、ガイドラインにも景観の評価項目があるので、景観上の配慮がなされると考えられる。しかし、後者の「一般海域」では、自然公園を除き、景観計画等がなければ、離岸距離の立地制限基準は「促進区域」に考慮されていない。

そこで、日本国内の状況に合わせて国際比較分析できるように、本論では、港湾、工業地域 (オランダの場合は人

工干拓地を含める) の場合と初期の実証実験の場合と、それ以外の一般海域の場合とに分けて整理した。

4. 各国の洋上風車の離岸距離の基準比較

4-1. 各国の洋上風力総発電量の比較

2021 年における洋上風車の総発電量について、上位 18 か国を比較したものが図 1 であり、本研究対象国とした。

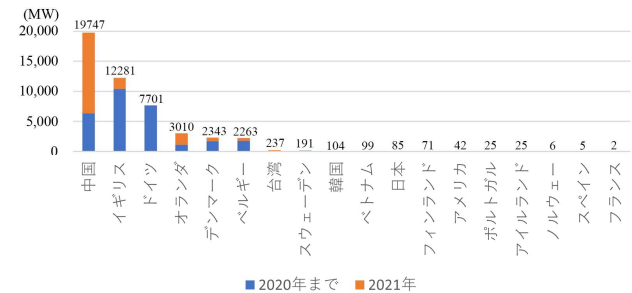


図1 洋上風力の総発電量の上位 18 か国 (データ: 参考文献 4) と 5)

図 1 によると、上位 6 か国は非常に多くの洋上風車の開発を行ってきたが、2020 年までにトップだった英国を抜いて、2021 年には中国がトップとなった。2021 年分だけで、それまでの英国の風車の発電量を超過している。

一方、ドイツは 2021 年に新規の着工が見られない。アジアにおいては、台湾、韓国、ベトナム、日本が続いている。

本論での国際比較では、洋上風力の政策に力を入れている国の傾向から、発電量の多い順序で整理することとする。

4-2. 各国の洋上風力の「海洋計画」と「離岸距離」の概要

中国では、2016 年に国家エネルギー局と国家海洋局が共同で、「洋上風力発電開発・建設管理措置」の統一基準を定めており、第 7 条で、生態系保護の目的で、離岸距離 10km 以上、ビーチ幅 10km を超える海域の水深が 10m 以上の海域で計画すべきとしている⁸⁾。

EU 諸国は、戦略的環境アセスメント指令 (Directive 2001/42/EC) の議定書を 2008 年に批准しており、洋上風力発電施設にも適用しているため、風車の立地場所を戦略的に誘導している。2020 年に着工した欧州全体の洋上風車の平均離岸距離は 44km⁴⁾であり、相当の距離を確保している。

英国では、クラウン・エステート⁹⁾が英国の海域の管理の権限を有している。海外の風車の離岸距離の規制について、英国において、2001 年の Round 1 における計画許可の際に、洋上風車の離岸距離の制限はなかったため、離岸距離が短い洋上風車が立地し、景観上の紛争が生じた⁶⁾。2003 年の Round 2 においては、Round 1 での経験を踏まえ、戦略的アセスメント SEA を海洋に適用してリバプール湾、テムズ川河口、北海のグレーターウォッシュに洋上風車を限定して誘導し、離岸距離で約 8~13km を確保した。視覚的影響を軽減するとともに、浅い餌場の海域の立ち入りを禁止したが、生態学的、累積的な影響について、地元の利害関係者の強い懸念が生じた⁷⁾。2009 年の Round 3 においては、9 つの誘導区域を挙げているが、図 2 のように Round 3 の洋上

風車ゾーン (1 番から 4 番) は、さらに遠方の離岸距離 12 海里 (約 22.2km) を確保している。なお、5 番から 8 番の誘導区域の一部においては、12 海里の離岸距離を確保していない。一方、2018 年からの Round 4 でさらに拡大された 4 つ海底入札区域の中で、2021 年にアナウンスされた 6 つの事業エリア (図 2 の 10 番から 15 番) は、いずれも離岸距離 12 海里を確保していることがわかる。

スコットランドでは、洋上風力エネルギーのための部門海洋計画(2020)が策定されており、12 海里よりも内側に風車の開発計画オプションを追加して提示しているため、離岸距離が短くなる可能性がある。

ドイツでは、図 3 のように建設法典に基づき、海岸線から 12 海里(約 22.2km)までは、州の管轄で、州発展計画による開発制限を行っている。また、海岸部周辺には広く野鳥

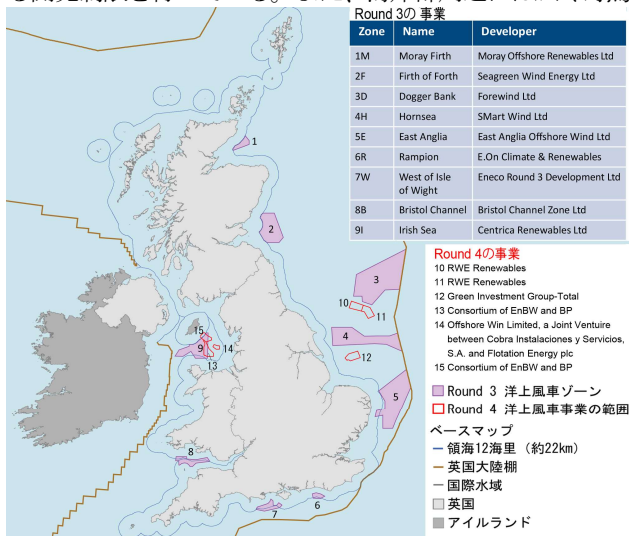


図2 英国の Round 3 の洋上風車誘導ゾーンとその事業、Round 4 の事業の位置 (出典: 参考文献 9 の Round 3 の洋上風車ゾーン図に、参考文献 10 の 2021 年の Round 4 の事業を筆者が加筆した)

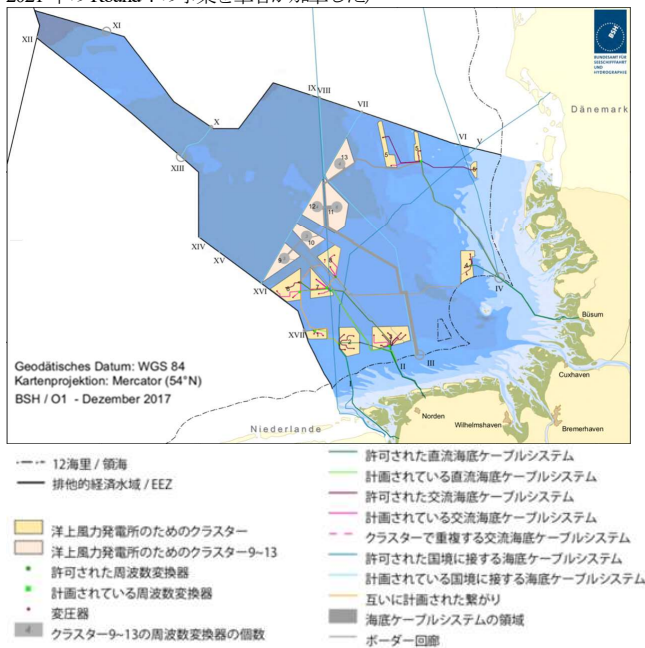


図3 ドイツの北海における連邦洋上部門計画(2017年)。洋上風車のクラスターと、海底ケーブルが計画的にまとめられている。(出典: 参考文献 11)

保護区が掛かっていて風車を立地することが禁じられている。その外側の排他的経済水域は、空間計画法の下で、連邦船舶行水路機構(BSH)が、連邦自然保護局(BfN)と協議しながら、2017 年に連邦洋上部門計画を作成した。つまり、12 海里より外側は連邦政府が管轄し、海洋計画を作成する。

2007 年の「海洋環境における洋上風車の影響に関する調査」のガイドラインによると、離岸距離が 50km 以上ない限り、フォトモンタージュによる風車の視覚的影響を示す。

ドイツの洋上風車の場合、離岸距離が約 22.2km 以上確保されているため、視覚的影響が最小限に抑えられている。2019 年の環境報告書では、風車タービン高さ 125m で離岸距離 30km 以上確保することで、景観の影響を与えないと考えられている⁽⁸⁾。

オランダでは、2015 年の洋上風力エネルギー法により、事業の意思決定プロセスは簡素化されるとともに、政府は海洋計画 (Dutch National Water Plan) における風車ゾーニングの責任を負った。これにより、少なくとも風車の離岸距離の 12 海里(約 22.2km)は確保された (図 4)。

風車タービンが理論上見える距離は、タービン高さ 150m で離岸距離 35km と推定されている。このため、12 海里の離岸距離でも、視覚的影響評価は否定的な評価となり得るとしている⁽⁹⁾。

デンマークでは、Horns Rev の洋上風車の環境アセスメントの結果の事例で、タービン高さ 70m の離岸距離が約 14 ~20km で、視覚的影響は小さいと結論付けた⁽¹⁰⁾。

海の景観と洋上風車の視覚的影響に関する調査として、デンマークエネルギー庁 (DEA) と森林及び自然庁 (DFNA) が行った結論では、離岸距離を重視している。具体的に「Future Offshore Wind Power Sites-2025」において、戦略的な海洋計画の必要性を述べており、諮問委員会は、Kattegat 海峡と北海の一部を推奨している。この案は、2006 年に公



図4 オランダの 2030 年の北海における洋上風車のため方針。12 海里(約 22.2km)の風車の立地を制限している。(出典: 参考文献 12)

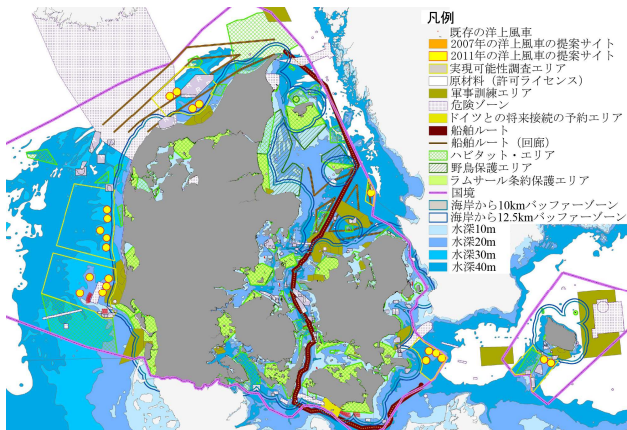


図5 デンマークの洋上風車の海洋利用の提案サイトとバッファゾーンの設定 (出典: 参考文献13)

表され、2007年にパブリック・ヒアリングを経た。2011年に新たな洋上風車の推奨場所の提案と10kmと12.5kmの離岸距離のバッファゾーンの設定が示された(図5)。

ベルギーでは、2002年にKnockeのビーチから離岸距離12.5kmで計画許可されたElectrabelの洋上風車の計画は、地元の反対のために、政府により撤回された。これに続き、離岸距離5kmから16.5kmの他の洋上風車の計画申請も却下された。これらを受けて、2004年、政府は洋上風車のゾーンの離岸距離を、視覚的影響に配慮して12海里(約22.2km)以上の領海に定義した⁽¹¹⁾。

ベルギー初期の事業である2003年のThornton Bankの風車の離岸距離は27km確保され、環境影響評価では、風車の視認性は天候に影響を受けて、限定的となる評価されている。一方、2009年のNorderの風車は、離岸距離21kmで建設され、12海里(約22.2km)は確保されなかった⁽¹²⁾。

これらの事例を含み、2018年、王令に基づき、ベルギー政府の諮問委員会による「海洋計画2020-2026」案が公表され、パブリックコメントに基づく修正後、2019年に決定し、立地を制限した(洋上風車のゾーニングは図6を参照)。

台湾では、2012年に政府がThousand Wind Turbines Project(program)を掲げ、Phase1: Demonstration Round(2013-2020)で最小離岸距離1~5km、Phase2: Transition Round(2015-2025)で36ポテンシャルゾーンの設定、Phase3: Zonal Development Round(2026-2035)で、開発者の選定を計画した⁽¹³⁾。

しかし、最初の洋上風車であるFormosa1は、離岸距離が約3kmであるが、その後の拡張により、離岸距離が2kmと陸地に近接している。

韓国では、洋上風車の開発許可を得る際に、離岸距離を示した仕様の図面を提出する必要がある⁽¹⁴⁾。

ベトナムでは、環境保護法を用いて、環境アセスメント制度がある。しかし、Bac Lieu-phase Iは、ベトナム最初の洋上風車であるが、農業地域の沖合に設置され、わずか0.2kmしか離岸距離がない。最近のTruong Long HoaやTan Thuanも、陸地に近接している。

一方、Than Longなどの長期プロジェクトでは、14km以上の離岸距離を取っている。

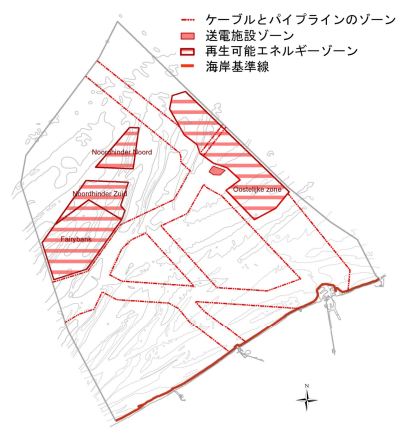


図6 ベルギーの海洋空間計画のビジョンにおけるエネルギー、ケーブル、パイプライン図 (出典: 参考文献14)

日本では、再エネ海域利用法(2019)に基づき、「海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン」(2019)を策定している。しかし、促進区域には離岸距離が十分確保されていない事例が見られる。また、促進区域の検討の際に、港湾区域の場合と異なり、一般海域には自然公園以外に、景観計画等が無ければ、景観の評価項目がない。

また、風車の環境アセスメントの段階では、景観の評価項目があるが、「離岸距離」の評価は見られず、「垂直見込角」を用いて視覚的影響の範囲や圧迫感を評価している事例が多い。これは、「国立・国定公園内における風力発電施設の審査に関する技術的ガイドライン」(2013)等を参照して、垂直見込角を使用しているためで、「景観的に気になり出す可能性がある見込角」が、1~2度と定義されている。

一方、近年、日本全国で大規模な洋上風車の環境アセスメント手続きが続いている。そこで「離岸距離」は明示されていないが、促進区域が陸域から1km未満の場合が多数見られ、十分な「離岸距離」を取らずに検討を進めている結果、海外の実証実験の時期のように、景観等の重大な問題が生じる可能性がある。

アイルランドで実施された洋上風車は、ダブリン近郊の東海岸からの離岸距離約7kmのArklow Bankの事例のみである。2010年のアイルランド政府による洋上の再生可能エネルギー開発のSEAにおいて、視覚的影響が大きい範囲は、離岸距離は0~15km、中間の大きさの範囲の離岸距離は15~24km、小さい範囲の離岸距離は24~35km、無視できる範囲の離岸距離は、35km以上と報告された⁽¹⁵⁾。しかしながら、報告書では、海岸部の景観に人々はセンシティブであると考えられていることから、戦略的なレベルで予め影響を判断することは不可能であるとしている。

アメリカでは、1970年の国家環境保護法(National Environmental Protection Act)と1966年の国家歴史保全法(National Historic Preservation Act)に基づいて、環境アセスメントを行わなければならない。海洋エネルギー監督局(Boem; Bureau of Ocean Energy Management)は、200マイルの海域において、管理権限を有している。国立公園サービスでは、2014年にリリースされる海域の視覚的影響を評価

するためのガイドラインを策定し、8つの主要因 (Viewshed limiting factors, Viewer characteristics, Lighting factors, Atmospheric conditions, Distance, Viewing geometry, Backdrop, and Object visual characteristics)を設定し、「距離」もその一つの要因としている。また、2013年のSullivanらのガイドランスでは、タービン高さ152mの風車の視覚的影響範囲は、25マイル(約40km)であることを示唆している⁽¹⁶⁾。海洋エネルギー監督局は、2018年までに、デラウェア州、メリーランド州、マサチューセッツ州、ニュージャージー州、ニューヨーク州、ノースカロライナ州、ロードアイランド州、バージニア州に、商業風車のためのリースを許可しているが、離岸距離は12海里(約22.2km)である。

以上を整理すると、2009年から2017年までに、欧米の政府は、風車の高さに関わらず、海洋計画等を用いて、12海里(約22.2km)の離岸距離を制限基準に用いていることが明らかになった。また、環境アセスメントでは、風車の視覚的影響をマグニチュードの大きさで示し、離岸距離と高さに応じた評価を行っていることが明らかになった。

一方、アジアにおいては実証実験や陸域の土地利用や大規模かどうかの区別や検討は無く、景観の評価が十分行わ

れずに離岸距離が十分確保されない事例が見られるが、2016年に中国政府は、10kmの離岸距離の規制を導入したことが明らかになった。

5. 各国の洋上風車の離岸距離の比較

5-1. 実証実験もしくは工業地域と人工干拓地の陸域に近い洋上風車の離岸距離

本論の主題となる洋上風車の離岸距離を調査した結果のうち、「実証実験用」の洋上風車と、「港湾区域を含む工業地域」及び「人工干拓地」に近接した洋上風車の最小離岸距離について、表1に整理した。

いずれの国においても、最初の実証実験を行う場合に、技術とコストの課題から、離岸距離を大きく取れないことが多く、1kmに満たない事例も多いことがわかる。また、タービン数は少なく、実証実験の期間が限られている。実証実験後に既に廃棄された事例として、英国、オランダ、デンマーク、ポルトガルの例が検出された。

一方、港湾施設、工業地域の土地利用の陸域に近接した洋上風車の場合、風車が発電施設であることから、周辺環境に適合すると考えている国が見られる。このため、景

表1 実証実験用洋上風車および港湾を含む工業地域と人工干拓地に近い洋上風車の最小離岸距離の国際比較(筆者作成)

国	地方	計画名	開発者	計画年	実施年	総発電量	タービン数	タービン高さ	最小離岸距離	特記事項	
中国	上海北	Hydropower Rudong	Sinohydro Renewable Energy Co., Ltd./Jiangsu Donghe Investment Group Co., Ltd		2012	20MW	10基		約0.8km	上海市北部の港湾地区に面する洋上風車	
英国	ヨークシャー地方	Blyth Offshore	E.ON, Shell Renewables, NUN, Border Wind	2000	2019	4MW	2基	約62m	約1.6km	イギリス初の洋上風車。試験的な役割があった。廃棄した1基はスペアパーツに、1基は Blyth harbourで訓練用に活用している。	
ドイツ	メクレンブルク=フォアポンメルン	Breiting	WIND-projekt GmbH		2006	2.5MW	1基		約0.3km	港湾地区内の実証実験用洋上風車	
オランダ	北海	Irene Vorrink			1998	16.8 MW	28基		約0.25km	オランダで最初に設置した洋上風車。大規模干拓地に面した湖面に設置された風車で、住宅地には面していない。使用予定期間を経て、廃棄開始した。	
デンマーク	南デンマーク地域 Svddanmark	Vandby	Ørsted A/S (formerly DONG Energy AS)		1991	4.95 MW	11基		1.8km	世界初の洋上風車。2017年に廃棄された。	
	デンマーク首都地域 Hovedstaden	Middelgrunden	Middelgrundens Vindmøllekaug,HOFO		1996	2000	40 MW	20基	64m	約4.7km	コペンハーゲン市の港湾地区内の工業地域に隣接している。景観アセスメントと住民参加が十分実施された。
	北ユラン地域 Nordjylland	Frederikshavn	European Energy A/S		2003	10.6MW	4基		約0.3km	デンマーク北端都市Frederikshavnの港湾地域内で、埋め立て地の工業地域の中に位置している。1基のみ洋上に残っている。	
ベルギー										事例を検出せず。	
台湾	苗栗県沖	Formosa 1 OWF - phase 1	JERA Co., Inc./Ørsted AS (formerly DONG Energy AS)/Swancor Renewable Energy Co., Ltd./Mitsui O.S.K. lines		2015	2017	8MW	2基		約3km	実証実験のための台湾で初めて設置された洋上風車。
スウェーデン											事例を検出せず。
韓国		Ulsan 750 kW Floating Demonstrator	KETEP - Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning,Ministry of Knowledge Economy (MKE), Now MOTIE			0.75MW	1基	60m	約2km		
ベトナム	Bac Lieu県	Bac Lieu - phase 1 (intertidal)	Cong Ly Construction-Trading-Tourism Co., Ltd. (Công Ty TNHH XD - TM - DL Công Lý)		2010	2013	16MW	10基	80-100m	約0.2km	ベトナム最初の洋上風車。農業地域の沖合に設置。
日本	北海道	Setana	Setana Town		1998	2004	1.32MW	2基	40.3m	約0.5km	日本初の洋上風車。港湾地域内の洋上風車。
	茨城県	Kamisu Nearshore Wind Farm - phase 1	WIND POWER Group Co., Ltd.		2010	2019	14MW	7基		約0.2km	工業地域に隣接した洋上風車。
	千葉県	Choshi	Tokyo Electric Power Company, Inc (TEPCO),New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO)		2013	2019	2.4MW	1基	80m	約3km	一般海域に設置した実証実験用風車。
	長崎県	Sakiyama 2MW Floating Wind Turbine	Goto Floating Wind Power GK		2011	2016	2MW	1基	56m	約5km	一般海域に設置した浮体式実証実験用風車。
フィンランド	Ajos		IKEA		2017	26.4MW	8基		約0.5km	工業地域に隣接して設置。	
	Satakunta県	Tahkoloto	Suomen Hyötötuuli Oy		2010	2017	42MW	10基	80-90m	約0.5km	フィンランド最初の洋上風車。工業地域に隣接して設置。
アメリカ	ロードアイランド州	Block Island	Ørsted US Offshore Wind (formerly Deepwater Wind LLC)		2009	2016	30MW	5基	約100m	約6.1km	アメリカ初期の実証用洋上風車。
ポルトガル	Viana do Castelo沖	WindFloat 1 Prototype (WF1)	EDP Inovacao,Principle Power, Inc., A. Silva Matos Energia, S.A.,InovCapital/Portugal Ventures,Fundo de Apoio a Inovacao,Repsol,Vestas Wind Systems A/S		2011設置、2016廃棄	2MW	1基		約5km	ポルトガル初の実証実験用浮体式洋上風車。2017年から2020年まで、スコットランドに移設して稼働した。	
アイルランド	ウィックロー郡	Arklow Bank - phase 1	GE Energy		2004	25.2MW	7基	約73.5m	約10km	アイルランド最初の洋上風車。	
アイルランド		TetraSpar Demonstrator-Metcentre	Shell New Energies,Stiesdal Offshore Technologies,RWE Renewables,TEPCO Renewable Power, Inc.		2021	3.6MW	1基		約9km		
ノルウェー		Hywind floating demonstrator	Equinor		2009	2MW	1基		約8km		
スペイン										事例を検出せず。	
フランス										事例を検出せず。	

観問題も生じる可能性が低いと考えられる。

オランダにおいて、歴史的に海岸部には干拓地が多く、農地のための干拓地が拡大している。内海や干拓地に洋上風車を設置しても、将来周辺が干拓により、陸上風車になる可能性もある。人工的な土地であることから、計画的に新しい農家が分散配置されていて、既成市街地の住宅地と異なり、近接する風車による景観問題を生じておらず、情報公開と市民参加も積極的に行われている。

デンマークにおいて、注目されるのは *Middelgrunden* の事例である。離岸距離は約 4.7km でコペンハーゲン市の市街地に近接しているが、人気のあるレクリエーション施設も近接しており、本格的に市民への公開を行い、意見を反映した事例である。具体的に景観に反対する意見があり、3 列の風車配置を 1 列で弓なりに配置するデザイン変更のミチゲーションが行われた。事業を中止するのではなく、市民の意見を積極的に受け付けながら、タービン数を削減変更し、民主的に決定するプロセスにより、視覚的影響評価を機能させた事例として重要である。固定された案から、デザインスキームを取り入れた代替案への選択をもたらしている、一つの戦略的環境アセスメント方法に相当する。

開発事業者においても、市民の受容性を増し、洋上風車への理解を向上させた点で意義深いと認識している。なお、この風車の事例は、コペンハーゲン市の工業地域に隣接している点にも留意する必要がある。

台湾においては、離岸距離が約 3km で実証実験が行われた。景観の検討に関する資料は、検出できなかった。

韓国においては、タービン高さが 60m の風車で、離岸距離が約 2km で実証実験が行われた。景観の検討に関する資料は、検出できなかった。

日本においては、港湾区域において、戦略的に洋上風車を誘導していることから、先行して洋上風車の立地が見られるが、陸域の工業地域の土地利用と適合し、景観問題を生じにくいと考えられる。また、港湾区域の洋上風車のガイドラインには、景観の項目があり、関係者が景観を認識しているとともに、制度的に協議や調整が可能と見られる。

一方、実証実験用の最初の洋上風車であっても、離岸距離を比較的長く取っている例には、長崎県（約 5km）、アメリカ（約 6.1km）、ポルトガル（固定式約 10km、浮体式約 5km）、ノルウェー（約 8km）の例があり、いずれも景観への配慮によるものである。長崎の五島列島の場合は、世界遺産の景観への配慮が見られた。

以上により、実証実験用洋上風車と、港湾区域を含む工業地域に近接する洋上風車、干拓地に近接する洋上風車については、離岸距離が比較的短いものが多くみられることが明らかになった。

5-2. 一般海域の洋上風車の離岸距離

実証実験用洋上風車と、港湾・工業地域や人工干拓地の土地利用に近い洋上風車を除き、一般海域における最小離岸距離を調べる目的で、表 2 を作成した。

この結果、一般海域の洋上風車で、離岸距離として 12 海

里を遵守している国は、アメリカのみであった。

10km 以上 12 海里未満の離岸距離を確保している国は、ドイツ、オランダ、デンマーク、ベルギー、韓国、ポルトガル、フランスである。

次に、風車のタービン高さ 95m で、ZVI⁽¹⁷⁾の視覚的影響の大きさ（マグニチュード）が、「大」となる最小距離 4km⁽¹⁸⁾を目安にすると、4km 以上 10km 未満の離岸距離を確保している国は、スウェーデン、アイルランドである。

さらに本論では、4km 未満の離岸距離が短い場合に、視覚的影響の問題が生じやすいと考え、個別に詳細調査した。

中国最初の洋上風車の実証実験は、2009 年から始まっていたが、洋上風車を推進する国家エネルギー局と海洋保護の国家海洋局の意見対立から、2014 年まで大規模には進まなかった⁽¹⁹⁾。2015 年に、44 の計画が許可され、その中でも最大の福建省南日島沖（離岸距離約 0.4km）の建設がすすめられた⁽²⁰⁾。福建省には非常に多くの洋上風車が沖合 1km 以内の一般海域に林立しているが、これらは 2016 年の離岸距離 10km の統一基準が定まる前の開発許可と考えられる。

一方、広東省に複数見られる大規模洋上風車について、離岸距離が他よりも短い 2019 年の *Guangdong Yudean Zhanjiang Wailuo* の例で確認すると、離岸距離は約 10km であることを、4C Offshore 社の GIS 上で確認した。

英国において、2001 年からの Round 1 の初期における洋上風車計画では、離岸距離制限が無かったため、一般海域でも洋上風車の離岸距離が短くなっている。*Teesside* の事例は、SSSI の自然特別保護区域に近接しており、22 年間の使用を経て、まもなく廃棄となる予定である⁽²¹⁾。

中でも注目されるのは、*Aberdeen* (EOWDC) の事例である。離岸距離は約 3km であるが、米国の前大統領ドナルド・トランプが、2006 年に洋上風車の計画の景観に懸念を示し、2011 年に自身のゴルフ場や別荘地の開発のため、風車の開発事業者 EOWDC (European Offshore Wind Deployment Centre) に苦情の書簡を送ったことが報道されている⁽²²⁾。

スコットランド自然遺産庁 (Scottish Natural Heritage) と王立鳥類保護協会スコットランド (RSPB) は、2006 年に風力発電所とトランプのゴルフコースの両方が、アバディーン海岸の野生生物へ影響を与えるとして、書類で懸念を示し、計画申請に異議を申し立てた⁽²³⁾。

結局、2012 年までに事業者は風車の数を減らし、レイアウトを変更したことを受けて、SNH と RSPB は反対を取り下げて、計画許可が出された。

しかし、2013 年、スコットランド政府の計画許可に対して、トランプは法的な訴訟を起こした。同年、裁判所は却下したが、トランプは上訴し、2015 年に却下、再度上訴により、英国最高裁判所により、同年却下され確定した。

このように、欧米での景観への意識が高く、離岸距離約 3km の洋上風車の計画には、景観上の影響が生じるリスクがある。このため英国では 2009 年の Round 3 以降、12 海里（約 22.2km）の離岸距離が基準となっている。

台湾において、2017 年からの *Formosa 1 OWF - phase 2* の

表2 一般海域における洋上風車の最小離岸距離の国際比較。赤字は離岸距離4km未達の事例(筆者作成)

国	地方	計画名	開発者	計画年	実施年	総発電量	タービ ン数	タービ ン高 さ	最小離岸距離	近接する陸地の土地利用と特記事項
中国	福建省南日島沖	Longyuan Putian Nanri Island 1 - 400MW Project phase 1	China Longyuan Power Group Corporation Limited, Jiangyin Sulong Heat and Power Generating Co.,Ltd		2015	204MW	51基		約0.4km	自然地域に面した風車。
	広東省	Guangdong Yudean Zhanjiang Wailuo-phase 1	Guangdong Yudean Group Co.,Ltd.,Chao Kang Investment Co.,Ltd		2019	198MW	36基		約10km	農業地域に面した風車。
英国	スコットランド	Aberdeen (EOWDC)	Vattenfall Wind Power Ltd	2003	2018	93.2MW	11 (原案は20基)		約3km (原案は8km)	イギリス初期の洋上風車。自然地域に面した風車。
	ヨークシャー地方	Teesside	EDF Energy Renewables,Dalmore Capital,Pensions Infrastructure Platform	2004	2013	62.1MW	27基	約80m	約1.5km	イギリス初期の洋上風車。科学的関心の高い自然特別保護区SSSI沖合に位置している。22年間使用後は廃棄する予定。
ドイツ	メクレンブルク=フォアポンメルン州	Baltic 1	EnBW	2010	2011	48.3MW	21基		約16km (10マイル)	バルト海でドイツ初の商用洋上風車。
	ニーダーザクセン州	Riffgat	ENOVA Energiesysteme EWE		2014	108MW	30基		約15km	2011年初頭、オランダ政府は風車の一部がオランダの領土内にあるとして、ドイツ政府に計画許可に抗議した。この問題は2014年にエムス・ドラート条約の調印で解決された。
オランダ	北ホラント州	Egmond aan Zee	Shell Wind Energy Ltd	2005	2007	108MW	36基		約10km	ビーチに面した洋上風車。
デンマーク	南デンマーク地方	Horns Rev	Ørsted A/S (formerly DONG Energy AS),Vattenfall Europe Windkraft GmbH	2002		160MW	80基	約70m	約14km	世界初の大規模洋上風車。ビーチに面した洋上風車。
ベルギー	フランデン州	Norther	Eneco Wind B.V. O&M Base,Elicio nv (formerly Electrawinds NV),Diamond Generating Europe Limited	2009	2009	369.6MW	44基		約21km	ビーチに面した洋上風車。2004年にベルギー政府は12海里的の離岸距離を定義したにも関わらず、約21kmの距離で実施された。
台湾	苗栗県沖	Formosa 1 OWF - phase 2	Swanor Renewable Energy Co., Ltd.,Ørsted A/S (formerly DONG Energy AS),Mitsui O.Swanor Renewable Energy Co., Ltd.,Ørsted A/S (formerly DONG Energy)	2017	2019	120MW	20基		約2km	水中基礎杭打ち作業が行われた際、EIAの約束に違反して、十分な観察船とクジラの観察者を派遣していないことが判明した。EIA法に基づく罰則が適用された。
スウェーデン	スコネ県	Lillgrund	Vattenfall Europe Windkraft GmbH			110.4MW	48基		約7km	マルメブ郊外の自然系地域の沖合に設置。
韓国	全羅北道	Southwest Offshore Demonstration	KEPCO - Korea Electric Power Corporation,KHNP - Korea Hydro and Nuclear Power Co., Ltd.,EWP - Korea East-West Power Co., Ltd.,KOEN - Korea South East Power Co., Ltd (KOSPEP),KOSPO - Korea Southern Power Co., Ltd.,KOWEPO - Korea Western Power Co.,Ltd.,KOMIPO - Korea Midland Power			60MW	20基		約10km	ビーチに面した洋上風車。近郊に原子力発電所が立地している。
ベトナム	チャウビン省	VI-1 - Truong Long Hoa (intertidal)	Climate Investor One,Santam Co., Ltd (South Korea),Sermsang Power Group Co., Ltd.		2021	48MW	12基		約0.5km	農業地域の沖合に設置。
	カマウ省	Tan Thuan (intertidal) PECC2 - phase one	Ca Mau Investment Renewable Power Joint Stock Company (CMC),PECC2 - Power Engineering Consulting Joint Stock Company 2,Phan Vu Group		2021	25MW	6基		約0.3km	農業地域の沖合に設置。
日本	一般海域の促進区域には、離岸距離がほとんどない事例が多く、実際の風車の離岸距離が非常に短い可能性がある。環境アセスメントの計画段階環境配慮書では、風車の位置が明示されていないため、離岸距離を現時点では特定できない。									
フィンランド	風車の位置を特定できる段階の事例を検出せず。									
アメリカ	ニューヨーク州	Empire Wind 1	Equinor Wind US LLC,BP United States		2026	816MW	54-55基		約23km	自然地域に面した風車。
ポルトガル	ノルテ地方	WindFloat Atlantic (WFA)	Principle Power, Inc.,Repsol,Ocean Winds		2020	25MW	3基		約18km	浮体式洋上風車。農業地域と歴史的集落の沖合に設置。
アイルランド	ウィックロー郡	Arklow Bank - phase 2	SSE Renewables (formerly Airtricity)			800 MW	76基	約191m	約6km	Arklow Bank - phase 1の拡張計画。市街地、工業地域、ビーチに面する風車。
ノルウェー	風車の位置を特定できる段階の事例を検出せず。									
スペイン	風車の位置を特定できる段階の事例を検出せず。									
フランス	Bretagne州	Calvados	EDF Energies Nouvelles Group,WPD offshore GmbH,Enbridge Inc.,Canada	2012	2024	450MW	64基		約10km	ビーチ、歴史的集落、農業地域に面した風車。

拡張計画の事例は、第1期の離岸距離約3kmよりも短い、約2kmでの立地が進められた。工事中の期間も環境アセスメントの対象となるが、水中基礎杭打ち作業が行われた際、開発事業者のEPAは、環境アセスメント時の約束に違反して、十分な観察船とクジラの観察者を派遣していないことが判明し、洋上風車で初めて罰則が適用された⁽²⁴⁾。

最も懸念されるのはベトナムである。複数の事例で、離岸距離が1kmに満たない距離で、海岸線の垂直方向に列を成して洋上風車を立地させていることを、4C Offshore社のGISで確認した。環境アセスメント制度による視覚的影響の議論は検出できなかったが、明らかに視覚的影響があると見られる。ベトナム南部で林立する風車群に近接する陸域は農業地域で、風車は大きな河川の河口部に位置していることから、生態系への懸念もある。

日本においては、促進区域の離岸距離が極めて短い。しかし、環境アセスメントの計画段階環境配慮書では、風車の位置が明示されていない問題がある。また、景観評価において、垂直見込角1度の範囲を調査範囲に特定している事例⁽¹⁾²⁾が見られるが、諸外国のZVIの評価結果や国内のZVIの視覚的影響範囲⁽²³⁾²⁴⁾に比較して、風車の大きな影響の及ぶ距離が短く、かつ、視覚的影響の大きさは実際より低く評価されている問題がある⁽²⁵⁾。さらに、一般海域自体

を景観資源と捉えていない根本問題が見られる⁽¹⁾²⁾。

6. 結論と課題

本論の結論を以下の4点にまとめる。

- 1) 洋上風車の離岸距離を現在配慮している国が把握できた。一般海域の最小離岸距離の計測から、離岸距離に配慮しているとみられる国には、中国、英国、ドイツ、オランダ、デンマーク、ベルギー、スウェーデン、韓国、アメリカ、ポルトガル、アイルランド、フランスの12カ国が挙げられる。このうち、離岸距離と景観への影響を関連付けた視覚的影響評価を行っているのは、英国、ドイツ、オランダ、デンマーク、ベルギー、アイルランド、アメリカの7か国で、評価数値を示している。
- 2) 景観や生態系保護に配慮していない、実証実験用の風車で離岸距離が短い事例が多数検出された。港湾と工業地域、人工干拓地に近接した洋上風車では、離岸距離が短い事例が検出された。
- 3) 2)を除いた一般海域において、ドイツ、オランダ、ベルギーでは、政府が海洋計画を策定し、景観と生態系保護を目的に、洋上風車の離岸距離として12海里(約22.2km)を基準にゾーニングし、比較的長い離岸距離を確保していることが明らかになった。英国はRound 3期で12海里を基

準に、離岸距離を確保していることが明らかになった。デンマークは、バッファゾーンとして 12.5km の離岸距離を確保していることが明らかとなった。

4) ベルギーで離岸距離が最大 16.5km で地元反対により、計画申請は却下された。英国で離岸距離が 3km で景観訴訟が生じている。デンマークの事例は、工業地域に隣接した例ではあるが、地元の市民参加を最初から計画に組み込むことにより、離岸距離 4.7km の比較的陸地に近い場合でも、風車の配列や数を変更してデザインすることで、市民の受容性が増し、実現している点が示唆的である。

次に、日本で改善すべき今後の課題を以下に 3 点挙げる。

5) 日本には「洋上風車のための海洋計画」が不在のため、政府による海洋基本法、海洋基本計画、国土形成計画（全国計画）、自治体による沿岸域圏総合管理計画、沿岸域の景観計画に位置付け、領海内と排他的経済水域の景観保護のため、洋上風車の望ましい離岸距離を検討する必要がある。

6) 再エネ海域利用法に基づく洋上風車の「促進区域」の設定の際にも、景観に係る市民の反対を防止する目的で、一般海域を景観計画に基づいて景観資源に位置付けた上で、景観に配慮した風車ゾーニングの設定の必要がある。

7) 日本の環境アセスメント制度での景観影響評価では、風車の「垂直見込角」の基準を用いているために、「離岸距離」の概念が浸透しておらず、欧米の視覚的影響範囲 ZVI に比較して視覚的影響を過小評価している。より正確に評価するためには、国際的に採用されている「離岸距離」と「風車の高さ」に基づく視覚的影響範囲 ZVI と大きさ（マグニチュード）を採用する必要がある。

【補注】

- (1) 国内では実証実験の研究、風況把握の研究が多数見られるが、洋上景観保護の研究は見られない。
- (2) (一財)電力中央研究所 社会経済研究所、尾羽秀晃、永井雄宇、豊永晋輔、朝野賢司(2019)、研究資料「再エネ海域利用法を考慮した洋上風力発電の利用対象海域に関する考察」p.18 を参照した。離岸距離確保の根拠は、景観と生態系保全としている。
- (3) 4Coffshore, <https://map.4coffshore.com/offshorewind/> を使用した。(2022 年 8 月 8 日)
- (4) 参考文献 5) の p.19 を参照した。
- (5) クラウン・エステートは、「1961 年クラウン・エステート法」に基づき、英国王室の公の不動産（建物、海岸地帯、海底、森林、土地等）を管理する独立した営利事業体である。洋上発再エネ海域利用法を考慮した洋上風力発電の利用対象海域に関する考察電事業に関しては「2004 年エネルギー法」の下、イングランド、ウェールズ、北アイルランドの海域および領海内の大陸棚において、風力、波力、潮力発電を行う権利を管理している。
- (6) 参考文献 3) を参照した。
- (7) 参考文献 3) を参照した。
- (8) 参考文献 6) の p.49 を参照した。
- (9) 参考文献 6) の p.50 を参照した。
- (10) 参考文献 6) の p.47 を参照した。
- (11) 参考文献 6) の p.49-50 を参照した。
- (12) 離岸距離 21km は、参考文献 14) のオランダ政府の海洋計画（空間分析）のデータを参照した。
- (13) 参考文献 15) の p.17-18 を参照した。
- (14) 参考文献 16) の p.10 を参照した。
- (15) 参考文献 6) の p.52 を参照した。
- (16) 参考文献 6) の p.53 を参照した。
- (17) Zone of Visual Influence の略で、欧米で環境アセスメントに用いる視覚的影響範囲のこと。
- (18) スコットランドの風車ガイドラインで用いられている Thomas Matrix and Sinclair-Thomas Matrix of Potential Visual Impacts of Wind Turbines の視覚的影響範囲 ZVI を参照した。
- (19) 新エネルギー・国際協力支援ユニット 新エネルギーグループ(2014),

中国：停滞していた洋上風力発電、動き始める、一般社団法人日本エネルギー経済研究所を参照した。

(20) Offshore Wind Journal (2016), Technology innovation helps drive China's offshore wind industry

(21) Teesside Wind Farm, Wikipedia を参照した。

https://en.wikipedia.org/wiki/Teesside_Wind_Farm (2022 年 8 月 8 日)

(22) 2006 年 4 月、Donald Trump は、「海を見たい、風車を見たくない」とアパディーン洋上風車の計画に懸念を示した。この裁判の詳細は、Trump International Golf Club Scotland Ltd v The Scottish Ministers, Wikipedia を参照した。

https://en.wikipedia.org/wiki/Trump_International_Golf_Club_Scotland_Ltd_v_The_Scottish_Ministers (2022 年 4 月 27 日)

(23) European Offshore Wind Deployment Centre, Wikipedia を参照。

https://en.wikipedia.org/wiki/European_Offshore_Wind_Deployment_Centre (2022 年 4 月 27 日)

(24) 環境アセスメント法に基づく洋上風力発電の最初の罰則を適用し、150 万ドルの直接罰金を正式に発表した。杭打ちの際の音が、水中で悪影響を及ぼすリスクがあるためである。

(25) 例えば、参考文献 1) と 2) の計画段階環境影響評価書において、垂直見込角 1 度による視覚的影響の可能性のある距離は、それぞれ 15.5km (風車の高さ 270m) と 17.8km (風車の高さ 310m) としている。しかし、既往研究の参考文献 24) の推計式で ZVI の視覚的影響範囲を推計すると、マグニチュード 大の視覚的影響が大きい範囲は、それぞれ 20.2km と 21.4km と見積もられる。本論の欧米の視覚的影響評価事例の数値と比較しても、垂直見込角 1 度の距離は短く、かつ、視覚的影響が低く評価されている。

【参考文献】

- 1) 日本風力開発株式会社(2022), (仮称)石狩湾洋上風力発電所計画段階環境配慮書
- 2) 北海道洋上風力開発合同会社(2022), (仮称)島牧村沖洋上風力発電事業に係る計画段階環境配慮書
- 3) Joseph Szarka, Richard Cowell, Geraint Ellis et al. (2012), Learning from Wind Power Governance, Societal and Policy Perspectives on Sustainable Energy, Palgrave Macmillan
- 4) Wind Europe (2020), Offshore Wind in Europe Key trends and statistics 2019
- 5) Wind Europe (2021), Offshore Wind in Europe Key trends and statistics 2020
- 6) White Consultants(2020), Offshore Energy Strategic Environmental Assessment, Review and update of Seascape and Visual Buffer study for offshore wind farms
- 7) BMT Cordah Limited (2003), Offshore Wind Energy Generation: Phase 1 Proposals and Environmental Report For consideration by the Department of Trade and Industry
- 8) 中国国家エネルギー局、国家海洋局(2016), 洋上風力発電開発・建設管理措置
- 9) The Crown Estate (2012), Submarine cables and offshore renewable energy installations, Proximity Study
- 10) The Crown Estate (2021), Offshore Wind Leasing Round 4 Delivering a low carbon future
- 11) Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2016), Maritime spatial planning, https://www.bsh.de/EN/TOPICS/Offshore/Maritime_spatial_planning/maritime_spatial_planning_node.html (2022 年 4 月 24 日)
- 12) DNV GL Netherlands B.V. (2020), North Sea Energy Outlook (NEO)
- 13) Danish Energy Agency (2015), Energy Policy Toolkit on Physical Planning of Wind Power Experiences from Denmark
- 14) Belgium, Federal Public Service, Health, Food Chain Safety and Environment (2018), Marien Ruimtelijk Plan (2020-2026)
- 15) Jones Day White Paper (2021), Taiwan Offshore Wind Farm Projects: Updates to Guide Investors and Financiers through the Legal and Regulatory Framework
- 16) Dentons (2021), Starting Offshore Wind Projects in Korea
- 17) 環境省(2013), 国立・国定公園内における風力発電施設等の審査に関する技術的ガイドライン
- 18) 国土交通省 港湾局(2015), 港湾における洋上風力発電施設等の技術ガイドライン
- 19) 資源エネルギー庁(2017), 一般海域における利用調整に関するガイド
- 20) The American Wind Energy Association (2020), U.S. Offshore Wind Power Economic Impact Assessment
- 21) Bureau of Ocean Energy Management (2020), Draft Construction and Operations Plan Volume III Appendices Vineyard Wind Project
- 22) Robert G. Sullivan et al. (2012), Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distances in Western Landscapes, ResearchGate, pp.1-47
- 23) 宮脇 勝・藤原磨名夢 (2014), 東京スカイツリーの眺望と視覚的影響アセスメントに関する研究 - 理論上の可視域 ZTV と視覚的影響ゾーン ZVI の距離に着目して -, 日本都市計画学会 都市計画論文集, 49-3, 747-752
- 24) 宮脇 勝・岩田 純 (2015), 超高層建造物の高さに応じた視覚的影響の及ぶ範囲 ZVI の推計モデルに関する研究 - 風の塔(96m), 千葉ポートタワー (129m), 千葉火力発電所煙突 (203m), 横浜ランドマークタワー (299m) の評価, 日本都市計画学会 都市計画論文集, no.50-3, 1122-1129