

Vestas®

V236-15.0 MWTM

Wind. It means the world to us.TM

ベスタスの 洋上ポートフォリオ

V236-15.0MW™により、従来のベスタスの洋上タービンのポートフォリオはさらに拡大し、プロジェクトの固有条件に応じた最適化の対応性が向上しました。

V236-15.0MW™ 技術情報

V117-4.2MW™ V164-9.5MW™ V164-10.0MW™ V174-9.5MW™

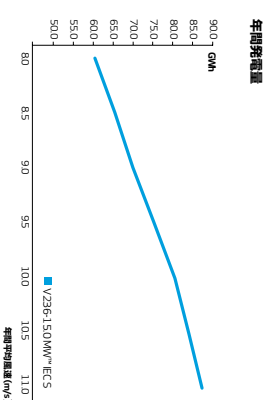
出力 制御方式	ヒッチ可変速制御	ヒッチ可変速制御	ヒッチ可変速制御	ヒッチ可変速制御
運転データ 定格出力 カットイン風速 カットアウト風速 風クラス	4000/4,200kW 3m/s 25m/s IECIB+IECIA+IECS+T	9,500kW 3m/s 25m/s IECS	10,000kW 3m/s 25m/s IECSまたは S、T	9,500kW 3m/s 25m/s 洋上条件に依り IECBまたは IB、T
標準動作 温度範囲	-20°C ~ +45°C タービン温度: 30°C以上 * 風速データは異なります。	-15°C ~ +25°C タービン温度: +25°C ~ +35°C * 風速データは異なります。	-15°C ~ +25°C タービン温度: +25°C ~ +35°C * 風速データは異なります。	-15°C ~ +25°C タービン温度: +25°C ~ +35°C * 風速データは異なります。
ノイズレベル 最大値	106dB ノイズ低減モードは 設置サイトや国により 異なります	1129dB(A)	1129dB(A)	1129dB(A)

ローター ローター直径 受風面積 空気フローキ	117m 10,751m ² 3 エッチ クルクエリソング	164m 21,124m ² 3 エッチ クルクエリソング	164m 21,124m ² 3 エッチ クルクエリソング	174m 23,779m ² 3 エッチ クルクエリソング
電気系統 周波数 変換器	50/60Hz クルステール	50/60Hz クルステール	50/60Hz クルステール	50/60Hz クルステール
ギヤボックス タイプ	フラスターズ+スーパクス、 ヘルカリス+スーパクス1	中速	中速	中速
塔体 ハブ高さ	84m (IEC IIA) 91.5m (IEC IB)	設置サイトや国により 異なります	設置サイトや国により 異なります	設置サイトや国により 異なります

* 設置サイトに適した塔体により異なります

出力 制御方式	ヒッチ可変速制御
運転データ 定格出力 カットイン風速 カットアウト風速 風クラス	15,000kW 3m/s 30m/s IECSまたは S、T
標準動作 温度範囲	-10°C ~ +25°C タービン温度: +25°C ~ +45°C * 風速データは異なります。
ノイズレベル 最大値	118dB(A)

ローター ローター直径 受風面積 空気フローキ	236m 43,742m ² 3 エッチ クルクエリソング
電気系統 周波数 変換器	50/60Hz クルステール
ギヤボックス タイプ	中速
塔体 ハブ高さ	設置サイトや国により 異なります



注: 風速データは 1 風速、年間平均風速 10.0%、風速 0%、風速 11.2、風速 12.25、風速 13 の範囲にわたって計算

論 説

北海道沿岸の「有望な区域」における洋上風力発電の騒音による 周辺住民への健康影響に関する検討

田鎖 順太*

Assessment of the Health Impacts on Residents Due to Noise
from Offshore Wind Turbines in "Promising Areas" in Hokkaido

Junta Tagusari *

Abstract

"Promising areas" for offshore wind energy generation have been designated in Hokkaido. The purpose of this study was to assess the impact of wind turbine noise on residents in the vicinity of these areas. Wind turbine locations were assumed based on government documents. Using simplified sound level predictions and the results of existing epidemiological studies, the study estimated that approximately 25,000 residents could be exposed to noise levels associated with an increased risk of insomnia, potentially resulting in approximately 600 cases of insomnia. The study highlights the urgent need for a comprehensive consideration of health effects in the planning process for offshore wind turbines, and also suggests that the current designation of "promising areas" is inappropriate in light of these health risks.

キーワード： 風車騒音, 健康影響, 睡眠障害, 洋上風力発電

Key word: wind turbine noise, health effects, sleep disorder, offshore wind power generatio

1. はじめに

風力発電を計画する際には風車騒音による周辺住民への影響を考慮する必要がある。しかし、我が国では、風車騒音は「人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い」とされ（環境省, 2017）、風車騒音による健康影響に関する既存の科学的知見に基づく評価が行われていないのが現状である（田鎖, 2023）。

洋上風力発電も同様であり、騒音による影響は十分に検討されていない。2023年、国は、北海道日本海側の広い地域を洋上風力発電の「有望な区域」に指定したが（経済産業省, 2023）、その指定に際して騒音による影響は全く考慮さ

れていない。

本報では、前報（田鎖, 2023）で示した風車騒音による健康影響およびその評価法について概要を示し、その手法に準拠して健康リスクを評価した場合に、北海道沿岸の「有望な区域」における風車の設置が周辺住民にどの程度の健康影響を生じさせるかを推定する。

2. 風車騒音による健康影響とその評価法

筆者は、風車騒音の予測および影響の評価方法について、現時点で明らかになっている科学的知見に基づく方法を提案しており（田鎖, 2023）、本報でもその手法に準拠している。本

節では、その内容について概説する。

風車騒音とは、風車の翼の回転に伴う風切り音・ギヤボックスから発せられる回転音等、風車より発せられる音全般を指し、その周波数に注目すると低周波数の成分が比較的卓越している特徴を持つ。そのため、全周波数帯域を対象とした物理量である「騒音レベル」に加えて、比較的小さな音でも影響を生じやすい数十Hz程度の低周波音を評価するための指標も用いるのが望ましい。特定のオクターブ帯域を対象とした音圧レベルである「オクターブバンドレベル」やより狭い周波数帯域（1/3オクターブバンド）を対象とした「1/3オクターブバンドレベル」が広く用いられる。

風車近傍においては、睡眠障害・頭痛・めまい・耳鳴り等の健康影響が国内外で報告されている。それらの報告の多くが症例研究であるものの、睡眠への影響に関しては、風車騒音のレベルとの量的な関係（量反応関係）が国内における大規模な疫学研究を通じて示されている（Kageyama, et al., 2016）。この研究では、屋外の「騒音レベル」40.5 dBを閾値として、リスクの増大が認められた。なお、風車騒音に関しては様々な疫学研究が行われているものの、その健康リスクが結論付けられた段階ではない（World Health Organization Regional Office for Europe, 2018）。国内で大規模に行われたこの調査結果は重要であるが、一方でその結果の不確かさについても留意が必要であろう。

低周波音に関しては、これに注目した疫学研究は見受けられないものの、過去に音響心理実験が行われており（犬飼他, 2006）、「1/3オクターブバンドレベル」と「入眠時に気になる」という回答の関係が明らかにされている。10%の被験者が「気になる」と回答したレベルは、「低周波音による心身に係る苦情に関する参照値」として行政の現場で用いられている。

著者による前報では、騒音の予測値と、これら既存の科学的知見において影響や反応が現れ

たレベルとの高低を比較することによる健康リスクの評価法について提案した。

なお、環境省は2017年に風車騒音に関する「指針」（環境省, 2017）を示し、風車騒音は「人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い」と結論付けているが、睡眠への影響が直接的な健康影響として扱われていない、低周波音が卓越する風車騒音において「音の大きさ」のみにしか注目していない、風車騒音と無関係の科学的知見に基づき指針値を定めている、等の問題点が存在し、風車騒音による健康影響の評価に寄与しない。

3. 有望な区域における健康影響の評価方法

3.1 対象とする風力発電計画

本報では、北海道内の洋上風力発電における「有望な区域」（図1）に計画される風力発電事業を対象とした。

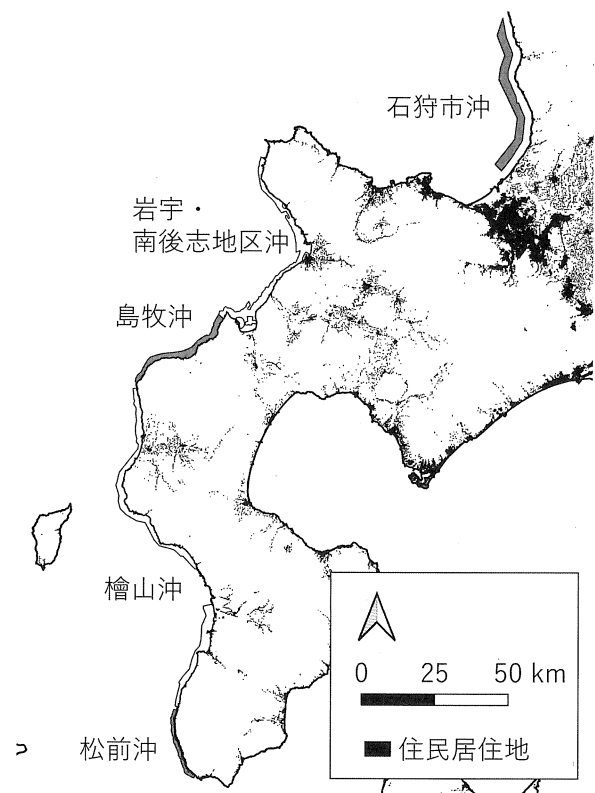


図1：北海道内における洋上風力発電の「有望な区域」。

国内の洋上風力発電は、発電事業者に海域の占有を認める法律に基づき進められており、国

表1:北海道内の「有望な区域」に想定される洋上風力発電事業の風車設置基数

区域	風車列数	設置基数	
		出力10MW/基	出力15MW/基
石狩市沖	2	91	76
岩宇・南後志地区沖	1あるいは2	56	47
島牧沖	1	44	37
檜山沖	1	91	76
松前沖	1	25	21

が洋上風力発電の「促進区域」として海域を指定した後、公募により発電事業者が選定され、計画が具体化する。北海道沿岸海域は、「有望な区域」の指定を受けており、今後「促進区域」に指定される可能性がある。

この「有望な区域」は、石狩市沖、および積丹半島から渡島半島の日本海側に及ぶ海域が指定されている。いずれの海域においても、水深は50 m以下であり、離岸距離は石狩市沖の最も海岸から遠いところでも6 kmに過ぎない。諸外国での実績と比較して（宮脇，2022），風車と沿岸の距離が極端に近い計画である。

3.2 騒音の予測方法および健康影響の評価方法

北海道内の「有望な区域」における風力発電事業は計画が具体化しておらず、設置される風車の位置・基数は未定である。しかし、経済産業省は、同海域に風車を設置する場合の発電出力規模を試算している（表1）。この試算では、当該海域に発電出力10-15 MWの風車が1列ないし2列に並んで設置されるとされている。

本報では、この試算に基づき風車を設置した。同試算に準じて「有望な区域」のうち平均風速が7 m/sを超える海域を対象とし、風車列が1列とされた場合には海域のほぼ中央を通るように、2列の場合には海域の陸側と沖側を通るように、等間隔に風車を設置した。また、風車の発電出力は10 MWあるいは15 MWとし、設置基数が表1と一致するように、その設置間隔を調整した。

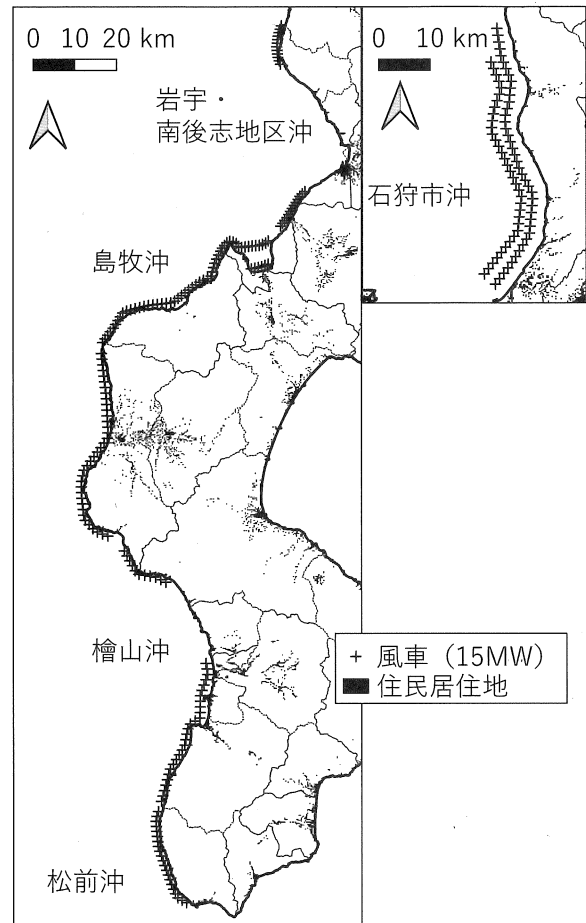


図2：風車の設置位置。ただし1基あたり発電出力15 MWとし、基数が表1と一致するように調整した。

図2に、発電出力15 MWの際の風車位置を示す。積丹半島以西については海域が連続しているため、沿岸に連続的に風車が設置されることとなる。ここで、岩内町付近の沿岸は、平均風速が7 m/sに満たないため、風車の設置位置から除外されている。なお、風況以外にも、漁業・船の航行・その他の観点から風車が建設されない海域が存在することが普通であり、経済産業省の試算でも除外の記載があるが、詳細が不明であるため、本試算では考慮していない。

各々の風車についての音源の特性（パワーレベルおよび周波数特性）は、既存の科学的知見に基づき、発電出力に比例するとして設定した（Møller and Pedersen, 2011）。

風車からの騒音の伝搬については、筆者が提案した手法に準じ（田鎖，2023），風車をハブ中心に位置する点音源とみなし、受音点を地

表面高さ0mとみなし、幾何減衰・空気吸収減衰・地表面反射による増幅を考慮して計算した。

さらに、このようにして計算される騒音の曝露レベルと住民数（国勢調査に基づく）を比較し、騒音曝露人口を求めた。

また、騒音レベル40.5 dB（不眠症のリスク増大閾値）以上の曝露を受ける人口、家屋遮音量が10 dBのときに「参照値」以上の曝露を受ける人口を求めた。さらに、前者については、高騒音曝露地域において不眠症の有病率が2.4%高かったことを用い、不眠症の有病数を推定した。

計算はQGIS version 3.32.3およびH-RISK version 0.5.0（田鎖, 他, 2022）を用いて行った。

4. 健康影響の評価結果

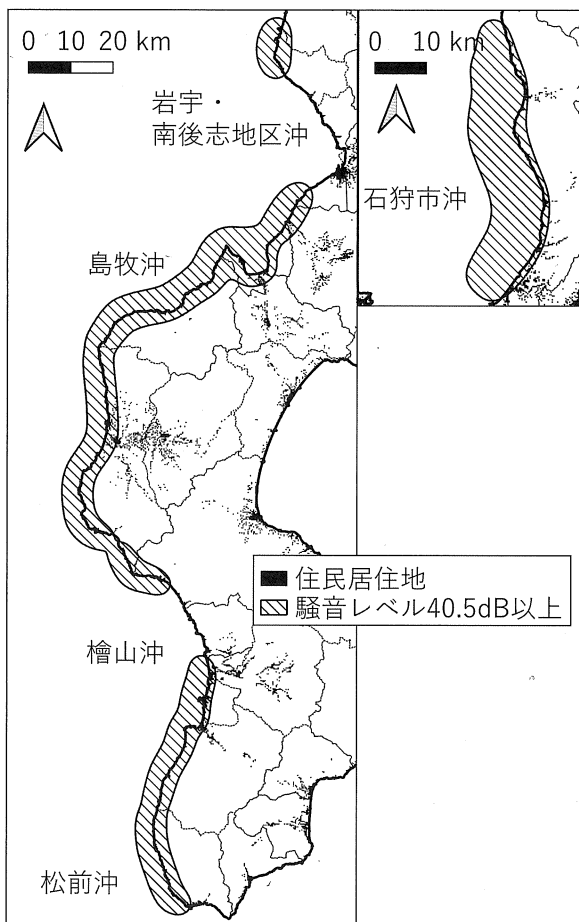


図3：風車騒音の騒音レベルが40.5 dB以上となる地域。ただし風車配置は図2に示した通り。

図3に、発電出力15 MWの風車が設置された際に屋外の騒音レベルが40.5 dB以上となる地域を示す。これらの地域の騒音曝露レベルは、過去の疫学研究において不眠症の有病リスクに有意な上昇がみられたレベル以上となる。この地域の人口は合計24,684人となった。また、このうち2.4%の住民が不眠症になるとすると、不眠症の有病数は592人と推定された。表2に、この結果の市町村別内訳を示す。江差町やせたな町では、不眠症の有病者が各約100人に達すると推定された。

同様の試算を、発電出力10 MWの風車が設置されたと仮定して行くと、屋外騒音レベル40.5 dB以上の曝露を受ける住民数が20,720人、不眠症の有病数が497人と推定された。市町村別の影響については表2と同様であった。

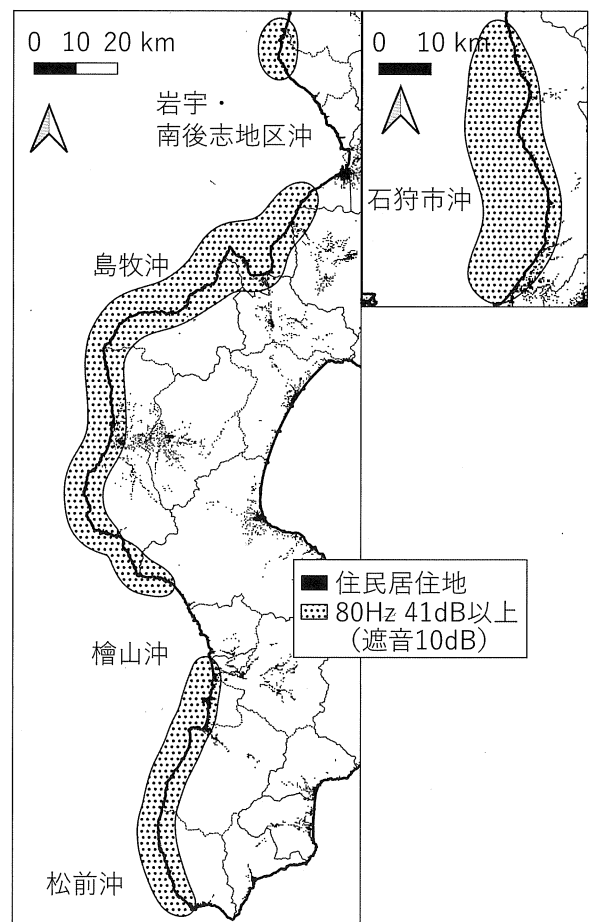


図4：風車騒音の低周波音（中心周波数80 Hzの1/3オクターブバンドレベル）が「参照値」（41 dB）以上となる地域。ただし風車配置は図2に示した通りであり、家屋遮音量10 dBを仮定した。

表2:最大規模(風車1基あたり発電出力15MW)で洋上風車が設置された場合の健康影響の推定値

市町村	不眠症に関するリスク評価		入眠妨害に関するリスク評価
	閾値以上曝露	推定有病数	参照値以上曝露
江差町	6 841	164	6 906
せたな町	4 144	100	5 900
上ノ国町	2 993	72	3 357
松前町	2 846	68	2 882
寿都町	2 838	68	2 838
石狩市	2 110	51	3 361
島牧村	1 298	31	1 298
八雲町	1 230	30	1 231
蘭越町	164	4	175
神恵内村	90	2	90
乙部町	79	2	93
その他	51	1	83
計	24 684	592	28 215

図4に、発電出力15 MWの風車が設置された際に、屋内における中心周波数80 Hzの1/3オクターブバンド音圧レベルが「参照値」(41 dB)を超過する範囲を示す。ただし家屋遮音量10 dBを仮定している。この範囲の人口は28,215人と推定された。参照値は10%が入眠妨害を受けるレベルであるため、仮に上記範囲の住民の10%が入眠妨害を受けるとすれば、2,822人が風車騒音による入眠妨害を受けることとなる。市町村別内訳を表2に示す。全体の傾向は不眠症に関する推定結果と同様であるが、内陸部の人口が多い石狩市で、曝露範囲に居住する人口が特に多くなった。なお、「参照値」はより低周波帯域でも設定されているが、この周波数帯域において影響範囲は最大となった。

発電出力10 MWの風車で同様に計算すると、「参照値」以上の騒音曝露を受ける住民数は22,217人、入眠妨害を受ける住民数は2,222人と推定された。

5 考察

本報では、北海道内における洋上風力発電の「有望な区域」について、具体的な計画の策定に先駆けて風車の配置等を仮定し、周辺住民に

及ぼす健康リスクの評価を試みた。

我が国で行われた疫学研究の結果に基づき推定したところ、不眠症のリスクが増大し得る地域に約2万5千人が居住し、有病数が約600人に達する可能性が示された。不眠症が疾患であること、また不眠症は循環器系疾患・精神疾患等、より重大な影響をもたらす疾患のリスク要因でもあることを考慮すると、「有望な区域」における洋上風力発電計画の健康リスクはきわめて大きいと考えられる。住民の健康保護の観点から発電計画の慎重な検討が求められる。また、より軽度の影響としてさらに多くの住民が入眠妨害を受けることが推定された。

ただし、本報における試算には様々な仮定が含まれており、健康リスクの推定値は過大あるいは過小である可能性がある。注意すべき仮定は複数存在するが、まず、風車の位置について、各海域の中央と仮定している(図2参照)。実際の風車の位置が陸側であればリスクは大きく、海側であれば小さくなる。また、風車の音響パワーレベルについて、過去の実測値に基づき、発電出力にしたがい大きくなることを仮定している。風車メーカーの技術開発によってパワーレベルはこの想定よりも小さくなる可能性がある。さらに、回折や屈折のないきわめて単純な騒音伝搬を仮定している。海に面した居住地では障害物の影響を無視することは理に当たっていると考えられるものの、屈折や海面における反射により騒音のレベルは顕著に上昇する可能性があり、本報における予測値が過小評価になるおそれがある。この他にも、既設の風車による騒音が考慮されていない点も重要である。本報で対象とした海域付近には多数の陸上風車が既に稼働しており、騒音曝露の正確な予測のためには新設風車による騒音と合算して考えるべきである。

また、本報において示した影響住民数は全ての海域で洋上風力発電事業が実施された場合の推定値である。発電事業が一部海域に留まる場

合には、影響を受ける住民はこの推定値よりも少ない。ただし、各地における風車騒音のレベルがその近傍の風車によって説明され、遠方の風車に左右されない（例えば、江差町における風車騒音のレベルは石狩市沖の洋上風車に左右されない）ことを考慮すれば、発電事業が行われる海域に面する居住地が影響を受けることに変わりはない。表2において市町村別の影響人口を示したが、各市町村について、その地域が面する海域に風車が設置された場合には、たとえ5海域全体で風車が設置されなくとも、住民への影響は同程度になると考えられる。

本報で対象とした洋上風力発電計画は、計画が具体化する中で環境影響評価が行われ、上記で示した様な仮定を置くことなしに騒音に関する詳細な評価が行われると見込まれる。しかし、環境影響評価は「促進区域」が設定された後に行われること、住民への健康影響を回避するためには海域の選定がきわめて重要であることを考慮すると、「促進区域」が設定される前、すなわち「有望な区域」が設定されたこの段階で、本報に示すような健康リスクの評価を行うことが望ましいと考えられる。「促進区域」への洋上風力発電設置を前提とした環境影響評価の段階では、風車の設置海域を大きく変更することは困難である。

本報の推定結果および上記の観点から北海道内の「有望な区域」について考察するならば、同区域は発電用風車の設置には不向きな海域であると判断せざるを得ない。沿岸に住民の居住実態がある中で、離岸距離が短いために、住民の多くに風車騒音による健康影響が生じる可能性が高いと考えられる。洋上風力発電の先進地である欧州において12海里（約22.2 km）の離岸距離を確保するのが標準的になっている中で（宮脇, 2022）、離岸距離が最短で0 mとなるこれらの海域で洋上風力発電を行うことはきわめて非合理的であり、発電所設置に向けた次のプロセスに進む前に、見直しが求められる。

洋上風車は設置可能な水深に限界があるという点において技術的制約を受ける。我が国の沿岸では沖合に進むにつれて急速に水深が大きくなるため、洋上風力発電は海岸からごく近い領域に計画されるのが現状であり、本報で対象とした「有望な区域」もまた同様である。しかし、海外では数百mの大水深に対応可能な風車の開発も進められており（エクイノール, 2023）、我が国においても数十km程度の離岸距離が設定できる可能性がある。洋上風力発電においては、計画の根本的な見直しとともに、有効な技術の活用もまた、本報で指摘した問題点を解決するための重要な鍵になると考えられる。

6. 結論

本報では、北海道沿岸に指定された洋上風力発電の「有望な区域」に風車が設置された場合の風車騒音による健康影響に関して推定を行った。推定値に関する不確かさは大きいですが、沿岸の住民には無視できないほどの健康影響が及ぶ可能性が高いことが示された。

この「有望な区域」は、風車騒音から住民の健康を保護するという観点からは決して有望ではなく、離岸距離が最短で0 mとなる海域の指定は非合理と考えられる。風況や水深などの経済性だけではなく、住民への影響の観点から海域の見直しを行うことが必要である。

残念ながら、我が国においては、その地理的条件および技術的制約から、洋上風力発電施設の離岸距離を十分に確保することが困難であるのが現状である。この状況を打開して風力エネルギーを健全な形で利用することが我々の課題であり、様々な観点に基づく風力発電計画の詳細な検討や、風車の設置可能範囲を大水深へ広げる技術の活用が求められる。また、適切なりスクコミュニケーションのもとでの住民との合意形成が必須であることは論を俟たない。様々な課題の解決をみて初めて洋上風力発電の「有望な区域」が定まっていくべきであろう。

参考文献

- [1] 環境省. (2017). 風力発電施設から発生する騒音に関する指針について (環水大大第1705261号). http://www.env.go.jp/air/noise/wpg/shishin_H2905.pdf, 2024年2月15日閲覧
- [2] 田鎖順太. (2023). 我が国における風車騒音の評価における問題点および適切な健康リスク評価方法の提案. 北海道自然エネルギー研究, 17, 13-20.
- [3] 経済産業省. (2023). 再エネ海域利に基づく促進区域の指定に向け, 新たに有望な区域の整理を行いました. <https://www.meti.go.jp/press/2023/05/20230512001/20230512001.html>, 2024年2月15日閲覧
- [4] Kageyama, T., Yano, T., Kuwano, S., et al. (2016). Exposure-response relationship of wind turbine noise with self-reported symptoms of sleep and health problems: A nationwide socioacoustic survey in Japan. *Noise and Health*, 18 (81), 53-61.
- [5] World Health Organization Regional Office for Europe. (2018). Environmental noise guidelines for the European Region.
- [6] 犬飼幸男, 多屋秀人, 山田伸志, 他. (2006). 低周波音の聴覚閾値及び許容値に関する心理物理的実験. 騒音制御, 30 (1), 61-70.
- [7] 宮脇勝. (2022). 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. 都市計画論文集, 57 (3), 546-553.
- [8] Møller, H., Pedersen, C. S. (2011). Low-frequency noise from large wind turbines. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129 (6), 3727-3744.
- [9] 田鎖順太, 鍛冶光岐, 磯嶋咲良. (2022). 洋上風車による騒音・健康リスク評価ソフトウェア「H-RISK」の開発. 騒音制御, 46 (4), 176-182.
- [10] エクイノール. (2023). 世界最大の浮体式風力発電所Hywind Tampenが運転を開始しました. <https://www.equinor.jp/news/hywind-tampen-opened>, 2024年3月27日閲覧

(原稿受理：2024年2月22日)