

ミニ特集

わが国の風力発電と居住環境および健康にかかわる諸問題

風力発電施設による超低周波音・騒音の健康影響

石 竹 達 也

久留米大学医学部環境医学講座

Wind Turbine Noise and Health Effects

Tatsuya ISHITAKE

Department of Environmental Medicine, Kurume University School of Medicine

Abstract We investigated whether long-term exposure to low-frequency noise generated by wind power facilities is a risk factor for sleep disorders. We performed an epidemiological study of the living environment and health effects of such noise by surveying 9,000 residents (≥ 20 years of age) living in areas with operational wind power facilities. Sleep disorders were assessed using the Athens Insomnia Scale. To assess environmental noise in residential areas near wind turbines, infrasound and low-frequency sound exposure levels were measured at 50 community centers of a town. The prevalence of sleep disorders was significantly higher among residents who reported subjectively hearing noise (by approximately twofold) than among those who did not. Moreover, the reported prevalence of sleep disorders was significantly higher (by approximately twofold) among residents living at a distance of $\leq 1,500$ m from the nearest wind turbine than among residents living at a distance of $\geq 2,000$ m, suggesting a dose-response relationship. The attitudes of residents towards wind power facilities strongly affected their responses regarding sleep disorder prevalence. It is highly likely that audible noise generated by wind power facilities is a risk factor for sleep disorders. Obtaining a satisfactory consensus from local residents before installing wind power facilities is important as for more amenable their attitudes towards such facilities.

Key words: epidemiology (疫学), sleep disorder (睡眠障害), wind turbine noise (風車騒音), infrasound (超低周波音), low-frequency noise (低周波音), audible noise (可聴音)

1. はじめに

地球温暖化や東日本大震災による原発事故の影響もあり、再生可能エネルギーへの関心が高まり、それに伴い世界的に風力発電施設の導入が精力的に進んでいる。わが国の風力発電施設は2000年前後より急増傾向にあり、2016年度時点の設置基数は2,203基で設備容量は3.36 GWに達している。風力発電施設による発電量の全

体に占める割合は0.55%と極めて低いが、その導入量は着実に増加しており、2030年には現在の3倍程度の発電量になると予測されている(1)。しかし、一方で風力発電施設から発生する騒音により近隣住民の健康問題が報告されている(2)。そのため風力発電施設から発生する騒音とくに周波数が20 Hz以下の超低周波音の健康影響への不安が高まり、我が国において、新たな風力発電施設を設置する計画があっても住民への健康影響が懸念され、計画変更せざるを得ない事案も出現している(3)。McCunneyら(4)は、風車の稼働により超低周波音が発生するが、そのレベルは人の感覚閾値を下回り、風車近辺に住む人に対して特異的な健康リスクを与えるという科学的エビデンスはないとしている。複数の疫学研究(横断)からも風車の近くに住むこととアノイアンス(煩わしさ)は強い関連性があり、風車騒音に対する

受付 2018 年 3 月 22 日, 受理 2018 年 4 月 16 日

Reprint requests to: Tatsuya ISHITAKE

Department of Environmental Medicine, Kurume University School of Medicine, 67 Asahi-Machi, Kurume, Fukuoka 830-0011, Japan
FAX: +81(942)31-4370

E-mail: tishitak@med.kurume-u.ac.jp

アノイアンスは、風車騒音自体よりも風車の視覚的影響、風車設置への態度、経済的な便益の有無など個人の要素がより強く関連していると報告している (4)。また、Jeffery ら (5) は、文献レビューにより、風車が居住地域に著しく近い場合は、身体的、精神的、社会的に悪影響を与える可能性があること。風車から発生する超低周波音や低周波成分は人の感覚閾値を超えないレベルであるが、前庭器官への健康影響を生じさせる原因として完全に除外できないとしている。風車騒音の健康影響については、睡眠障害を指標とした研究が多く、これまでの疫学研究的メタアナリシスを行った Onakpoya ら (6) によると、風車から住宅までの距離や騒音レベルで 2 群に分けて検討したところ、距離が近く、騒音レベルが高い群の睡眠障害のリスクが約 2.9 倍大きくなることを示した。一方、曝露指標である騒音レベルと客観的指標（睡眠効率、血圧、毛髪中コルチゾール）との間に有意な関連性を認めないとする報告もある (7)。さらに、風車からの騒音自体よりも、交絡因子として、風力発電への姿勢、景観に対する印象、経済的恩恵、風車の可視性、音への感受性、健康への懸念などの影響を考慮すべきとの報告もある (8)。これまでの疫学研究から、風車から発生する 20 Hz 以上の可聴音（騒音）とアノイアンス及び睡眠障害には有意な関連があるとの報告が多い。一方、現時点では、風車から発生する 20 Hz 以下の超低周波音の健康影響を示す明確な知見は報告されていない。さらに、これまでの疫学研究はほとんどが横断研究であり、風車騒音と健康影響についての因果関係の推定はできない状況にある。

このように風力発電施設から発生する騒音による健康影響に関する研究はまだ十分ではなく、我が国では大規模な疫学研究はこれまでなされていない。そこで、本稿では、我が国の風力発電施設から発生する超低周波音・騒音への曝露が人の健康にどのように影響するかを調べるために、環境省環境研究総合推進費（平成 25 年度～平成 27 年度）を受けて、既に風力発電施設が稼働している地域住民を対象に、疫学研究（横断）を行い、超低周波音・騒音が健康影響（睡眠障害）のリスク・ファクターである可能性について検討した。

2. 方 法

調査対象地区は、鹿児島県の北部に位置する出水郡長島町で、人口は 10,400 人（平成 18 年合併）。産業は漁業（養殖ブリ、アオサ）、農業（島みかん、ジャガイモ、サツマイモ：芋焼酎）、畜産などである。平成 20 年 8 月に風力発電施設が導入（出力 2.4 MW×21 基、定格風速 12.5 m/s）され、稼働している地域に居住する 20 歳以上の住民（約 9,000 人）を対象とし、平成 26 年 12 月にアンケート調査を行った。調査票は、長島町内にある 57 公民館区の館長の協力の下、回覧板配付時に併せて各世帯に配付し、同封した返信用封筒を用いて郵送法にて回

収した。島は南北に長く面積約 110 km²、中心部が山間部で、島の周辺各地に港がある地形で、21 基の風力発電施設は島の中心部に位置していた。多くの住居は最近接風車から約 1 km 以上離れている地域であり、500 m 以内に近接した住居はなかった。

アンケート項目は個人の基本属性（性別、年齢、身長、体重）に加えて、家族構成、住居・居住生活、生活習慣、社会経済的因子、健康状態、騒音へのアノイアンスの程度、風力発電施設設置への態度や景観に対する反応に関する質問から構成された。睡眠障害はアテネ不眠尺度（日本語版）を用いて評価した。アテネ不眠尺度は 2000 年に WHO が中心となって ICD-10 に基づいて開発した尺度で、2013 年には日本語版が作成された (9)。質問項目は最初の 5 項目が入眠困難、中途覚醒、早朝覚醒、睡眠時間、睡眠の質からなり、残りの 3 つが昼間の眠気、気分、活動度に関する質問から構成されている。それぞれ 4 件法（0＝問題なし、1＝少し問題である、3＝かなり問題である、4＝非常に問題である）で回答し、総合点（範囲 0～32）を算出し、6 点以上を睡眠障害ありとして評価した。

風車騒音曝露指標として、①自覚的に聞こえるかどうか、②風車から居住区までの距離（最近接風車から居住地区の各公民館との水平距離を測定）、③夜間風車騒音： L_{Aeq} 等価騒音レベル、④風車騒音と残留騒音の差を用いて睡眠障害との関連について検討した。尚、風車騒音の測定データについては、環境省環境研究総合推進費「風力発電等による低周波音・騒音の長期健康影響に関する疫学研究」のサブテーマである「風力発電施設近隣居住区の環境評価」で得られた測定値を用いた。測定方法の概略を示す。発生源である風力発電施設からの超低周波音・騒音の距離減衰曲線を求める調査と各地区の代表として町内の公民館を測定箇所とする校区レベルの超低周波音・騒音の曝露レベルの測定を行った。測定は、広帯域音圧レベル計を用い、超低周波音については風の影響を受けるためマイクロホンに風雑音防止のための二重構造の防風スクリーンを装着して行った。公民館区レベルの超低周波音・騒音の曝露レベル調査では、平成 26 年度の四季の 4 回にわたり、長島町の 57 公民館・集会施設の中で本島を中心に町内 47 か所の公民館、のべ 72 地点において 24 時間の連続測定を実施した。風力発電施設からの超低周波音・騒音が聴取された時間について毎時間ごとの 10 分間の等価騒音レベル $L_{Aeq,10min}$ を求め、風力発電施設からの超低周波音・騒音が聞こえた時間帯全体にわたってエネルギー平均し、調査地点ごとの風車騒音レベル $L_{Aeq,WTN}$ を求めた。また、総合騒音についても、1 時間ごとの等価騒音レベルおよび時間率騒音レベルを求めたのち、等価騒音レベルはエネルギー平均、時間率騒音レベルは算術平均を用いて、昼間（6 時から 22 時）および夜間（22 時から 6 時）それぞれの音圧レベルを求めた。

統計解析は χ^2 検定および多重ロジスティック回帰分析

を用いた。風車から居住宅までの距離の分類は、1,000 m 未満, 1,000 ~ 1,500 m, 1,500 ~ 2,000 m, 2,000 ~ 5,000 m, 5,000 m 以上の 5 分類とした。調査の結果、2,593 通の回答（回収率 28.3%）を得た。このうち、性、年齢未記入（75 名）、公民館地区未記入（29 名）、年齢 80 歳以上（287 名）の計 401 名を除外対象とした。最終の分析対象者は、2,192 名であった。

3. 結 果

1) 対象の基本属性と居住環境

表 1 に分析対象の居住環境の状況を示す。平均年齢は 58.1 歳で、性比は男性／女性が 1.06 であった。家族構成は家族との同居が 90.2% で最も多く、現在の住居への居住年数も 10 年以上が 82.3% で最も多かった。居住

表 1 分析対象の居住環境

項目	人数 (%)		
家族構成			
一人暮らし	202 (9.3)		
家族と同居	1,958 (90.2)		
その他（施設入居）	11 (0.5)		
居住年数			
1 年未満	52 (2.4)		
1 年～5 年未満	105 (4.8)		
3 年～5 年未満	84 (3.9)		
5 年～10 年未満	145 (6.6)		
10 年以上	1,794 (82.3)		
居住宅で過ごす時間（平日）			
8 時間未満	284 (13.3)		
8 時間～12 時間未満	555 (25.9)		
12 時間～16 時間未満	637 (29.7)		
16 時間以上	666 (31.1)		
喫煙状況	全体	男	女
吸わない	1,604 (73.5)	610 (54.3)	994 (93.9)
吸っている	389 (17.8)	334 (29.7)	55 (5.2)
禁煙した	189 (8.7)	179 (16.0)	10 (0.9)
飲酒状況	全体	男	女
ほぼ毎日飲む	731 (33.5)	623 (55.6)	108 (10.2)
週に 1 回以上飲む	232 (10.6)	133 (11.9)	99 (9.3)
月に 1 回以上飲む	134 (6.1)	62 (5.5)	72 (6.8)
ほとんど飲まない	1,083 (49.7)	303 (15.9)	780 (73.7)
居住宅から風力発電施設が見えるか			
はい	872 (41.5)		
いいえ	1,228 (58.5)		
居住宅から風力発電からの音が聞こえるか			
聞こえる	335 (15.6)		
聞こえない	1,813 (84.4)		
最近接風車から居住宅までの距離：平均 3,093 m（最小 730 m, 最大 10,768 m）			
<1,000 m	87 (4.3)		
1,000–1,500 m	187 (9.2)		
1,500–2,000 m	364 (17.9)		
2,000–5,000 m	1,148 (56.4)		
≥5,000 m	248 (12.2)		
夜間風車騒音（ L_{Aeq} ）			
<20 dB	273 (14.3)		
20–25 dB	712 (37.4)		
25–30 dB	517 (27.1)		
30–35 dB	257 (13.4)		
35–40 dB	146 (7.7)		

（日本音響学会誌 2018;74(5):280–285 より転載）

宅で過ごす時間（平日）は 16 時間以上の割合が最も多かったが、ほとんどが 8 時間以上であった（86.7%）。喫煙率と飲酒率（ほぼ毎日）はそれぞれ、17.8%と 33.5%で有意な男女差を認めた。「自宅から風車が見えるか」は約 40% がはいと回答し、「自宅から風車の音が聞こえるか」では約 15% が「聞こえる」と回答していた。最近接風車からの距離は平均約 3,000 m で最小は 730 m であった。住居の距離分類毎の頻度で最も多いのは 2,000 ～ 5,000 m の 56% であった。夜間風車騒音レベルで最も頻度の多かった騒音レベルは 20 ～ 25 dB であった。

2) 風力発電所近隣居住宅の騒音環境

町内 47 か所の公民館区レベルの超低周波音・騒音について、1/3 オクターブバンド周波数分析を行った結果を図 1 に示す。20 Hz 以下の超低周波音レベル L_{Geq} は 46 ～ 73 dB で風車騒音の成分に超低周波成分が含まれていることが確認できた。しかし、図中に Moorhouse らによって提案された限界曲線よりも 20 Hz 以下の超低周波数域では大きく下回っていた。一方、50 ～ 250 Hz にかけて機械音と思われるいくつかの卓越成分が認められ、ISO389-7:2005 に規定されている純音聴覚閾値を超えており、聞こえる可能性があると判断された。

3) 騒音源アノイアンスと風力発電への態度等

図 2 に騒音源別のアノイアンスの割合を示す。最もアノイアンスの訴えの高かった騒音源は自動車で 25%（「多少ある」＋「とてもある」）であった。風力発電へのアノイアンスは 8%（「多少ある」＋「とてもある」）で、「まったくない」と回答した割合は 81% であった。風力発電へのアノイアンスは自動車騒音以外の騒音源へのアノイアンスとは大きな違いはなかった。騒音への感受性については、風車騒音を除く 6 つの騒音源について、「全くない」と「それほどない」を無とし、6 つの全ての騒音源に対するアノイアンスが無を示した場合を騒音への感受性無しとしそれ以外は感受性有りとして定義した。今回の分析対象における騒音の感受性有りの割合は 35.8% であった。風力発電への態度や景観上の印象をまとめたのが図 3 である。「あなたは、一般的に風力発電についてどのように感じますか」の問いには、約 50% の住民が「好ましい」と回答していた。当該地区に風力発電施設が設置されたときの気持ちや現在の気持ちは、「好ましい」が 40% を超え、「好ましくない」はともに 5% 以下であった。景観上の印象については、「好ましい」「好ましくない」がそれぞれ 46% と 6% であった。

4) 風車までの距離と聞こえる割合および睡眠障害の頻度との関係

図 4 は、「居住宅にいますとき、風力発電施設からの音が聞こえますか」の割合を自宅から最近接風車までの距離で示したものである。距離が 1,000 m 未満では 63% が聞こえると回答していたが、距離が長くなると聞こえ

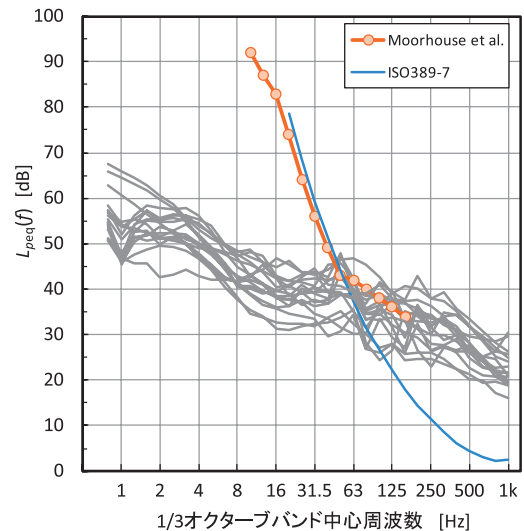


図 1 風力発電施設からの風車騒音の周波数特性

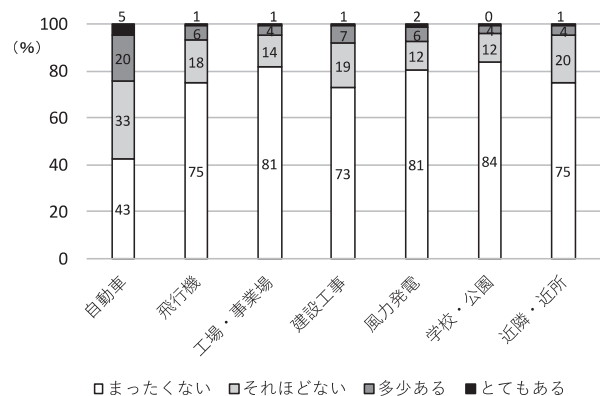


図 2 騒音源別のアノイアンスの割合。(日本音響学会誌 2018; 74(5):280-285 より改変)

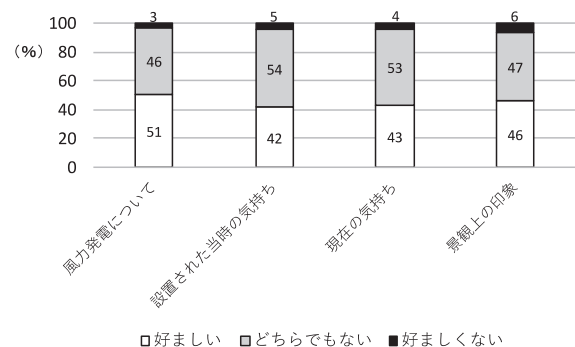


図 3 風力発電への態度と景観上の印象の割合。(日本音響学会誌 2018;74(5):280-285 より改変)

る割合は有意に減少していた。5,000 m 以上でも 2% の人が「音が聞こえる」と回答していた。睡眠障害（アテネ不眠尺度 ≥ 6 点）の割合は全体の 26%（528 人）であったが、距離が 1,000 m 未満では約 40% が睡眠障害を示した（図 5）。距離が長くなると睡眠障害の頻度は 22% まで減少したが、5,000 m 以上では逆に 30% へ増加して

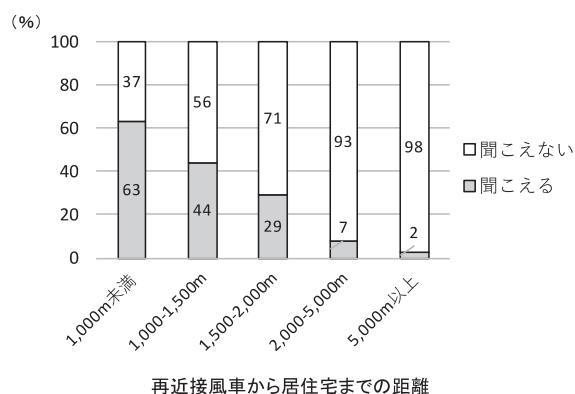


図4 風車から居住宅までの距離別にみた風車音が聞こえる割合。(日本音響学会誌 2018;74(5):280-285 より転載)

いた。距離と睡眠障害の頻度の間には有意な関連を認めた ($p<0.001$)。

5) 多重ロジスティック回帰分析

睡眠障害の有無を目的変数として、風車騒音曝露指標として、①自覚的に聞こえるかどうか、②居住宅から風車までの距離、③夜間風車騒音 (L_{Aeq})、④風車騒音と残留騒音の差について、それぞれ性、年齢、婚姻状況、収入の有無、交代勤務の有無、風車導入への現在の気持ち (態度)、風車の景観に対する反応、風車の可視性、騒音への感受性を説明変数として調整を行った。多重ロジスティック回帰分析を行った結果をまとめて表2に示す。「自覚的に風車騒音が聞こえる」と回答した人は「聞こえない」に対して、睡眠障害のオッズ比が約1.8倍と有意に増大していた。次に、風車からの距離との関連で

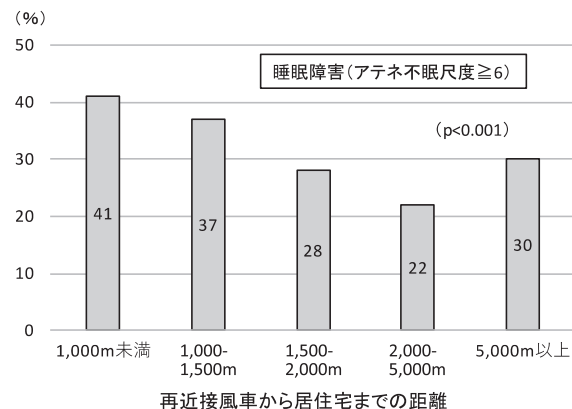


図5 風車から居住宅までの距離別にみた睡眠障害の頻度。(日本音響学会誌 2018;74(5):280-285 より改変)

は、2,000 m 以上離れた距離に居住する人に対して、1,500 m 未満に居住している人は、睡眠障害のオッズ比が約1.8倍と有意な増大を認めた。次に、夜間の風車騒音レベル (L_{Aeq}) では、30～35 dB は基準 (20～25 dB) に対して、睡眠障害のオッズ比は約1.7倍と有意な増大を認めたが、35 dB 以上では有意差を認めなかった。最後に、風車騒音と残留騒音の差では、差が5 dB 以上に居住している人は、5 dB 未満に居住している人に対して睡眠障害のオッズ比が約1.4倍に増大する傾向を認めた。他の説明変数では、風力発電施設に関する現在の気持ちが望ましくないとする人が望ましいとする人に対して、睡眠障害のオッズ比が5倍以上に有意な増大を認めた。騒音への感受性では感受性有りが無しに対して、約2倍と有意な増大を認めた。風車の可視性や景観上の印象は睡眠障害とは関連していなかった。

表2 風車騒音曝露指標と睡眠障害

	オッズ比	95% 信頼区間		p 値
①風車の音が聞こえるか				
聞こえない (基準)				
聞こえる	1.861	1.363	2.543	<0.0001
②風車からの距離				
～1,000 m	1.798	0.971	3.331	0.062
1,000 m～1,500 m	1.824	1.191	2.794	0.006
1,500 m～2,000 m	1.313	0.930	1.854	0.122
2,000 m～5,000 m (基準)				
5,000 m～	1.218	0.860	1.724	0.267
③夜間風車騒音 (L_{Aeq})				
<20 dB	1.410	0.953	2.085	0.085
20～<25 dB	1.231	0.899	1.686	0.195
25～<30 dB (基準)				
30～<35 dB	1.735	1.163	2.590	0.007
>35 dB	1.697	0.791	3.639	0.174
④夜間風車騒音と残留騒音の差				
5 dB 未満 (基準)				
5 dB 以上	1.363	0.966	1.923	0.078

(日本音響学会誌 2018;74(5):280-285 より改変)

4. 考 察

本疫学研究により、風力発電施設から発生する騒音(可聴音: 周波数 20 Hz 以上)は、居住環境の条件等で健康影響(睡眠障害)のリスク・ファクターとなる可能性が示唆された。今回の夜間の風車騒音 (L_{Aeq}) が 35 dB 以上については、Schmidt ら (10) が、アノイアンスと睡眠障害の限度値とすべきという値と一致している。また、世界の風車騒音の基準・ガイドラインでも、スウェーデンやニュージーランドの騒音限度値と一致している (11)。日本にはこれまで風車騒音の基準はなかったが、最近、環境省から行政通達(指針値)が出され (12)、残留騒音に 5 dB を加えた値とするが、全国一律ではなく、地域の状況に応じて、生活環境に支障が生じないレベルを考慮して、指針値における下限値を設定している。下限値を 35 dB (特に静穏を要する場合) とし、それ以外の地域においては 40 dB となっている。超低周波音 (20 Hz 以下) による睡眠障害については、今回測定した風車騒音の超低周波数域のレベルが人の感覚閾値を下回っていたこと、結果には示していないが、風車音が聞こえないと回答した集団 ($n=1,813$) のみを対象とした解析では、距離と睡眠障害の間の有意な関連性が消失したことから、可能性は低いと考えられる。全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果から、20 Hz 以下の超低周波音については人の感覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない (13)。ただし、風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ(アノイアンス)を増加させる傾向があるため、これらの健康影響については今後さらに検討を要する。Jeffery ら (5) も、風車から発生する超低周波音は人の感覚閾値を超えないレベルとしつつも、前庭器官への影響を生じさせる原因として完全に除外できないとしており、睡眠障害以外の健康影響についてはさらに検討が必要である。

これまで交絡因子として、風車の可視性や景観に関する姿勢の影響が指摘されていたが (8)、本研究では、有意な影響は認めなかった。基本的に今回の調査地域の風力発電への受け入れ姿勢が他の地域と比べて良好だったことの影響が考えられるため、今後も地域ごとの特性を踏まえた検討が必要である。今回検討した交絡因子のうち、オッズ比のもっとも大きかった因子は「風力発電施設への態度(過去、現在)で約 5 倍であった。今回の結果には示していないが、風車への態度(現在)で「好ましい」と回答した集団 ($n=879$) のみを対象とした解析では、風車からの距離の違いにより風車騒音へのアノイアンスでは同様に有意差を認めたが、距離と睡眠障害との有意な関連は消失しており、風力発電施設を新規に導入する場合には、事前の合意形成をいかに高めるかが鍵となると考えられた。環境省も「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」の報告書において、利害関

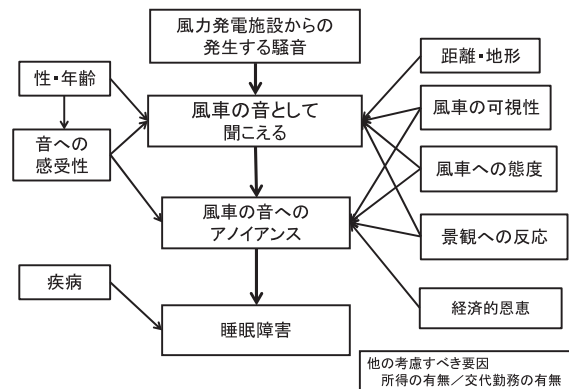


図 6 風力発電施設から発生する超低周波音・騒音と健康障害(睡眠障害)の関係

係者のコミュニケーションの促進の重要性を指摘している (13)。先行研究や我々の結果より、風力発電施設から発生する騒音(超低周波音を含む)と睡眠障害発生との関係を図 6 にまとめた。まず、風車の音として自覚されるかどうか重要で、最も大きな要因は風車からの距離や地形である。それを修飾する要因としては、風車の可視性、風車導入への個人的態度、景観への反応などが考えられる。さらに風車音が聞こえてもそれが本人にとってアノイアンスとなるかどうか重要であり、それには風車導入への個人的態度や経済的恩恵の有無が関係しているとされている。高度アノイアンスの自覚が結果として睡眠障害に寄与すると推定される。一方、年齢、性(女性)や音への感受性などの個人的要因も交絡因子となるので評価の際は注意が必要である。

本研究の限界は以下の通りである。今回のアンケート調査では回収率が 28.3% と低いため、データ解析時に母集団と回答集団の性年齢構成間に差がないことは確認したが、データの代表性に課題を残した。風車曝露情報として最近接風車から居住宅までの距離について、対象者が所属する地区公民館の位置とした。そのため厳密に対象者の居住宅から最近接風車までの距離ではなく、今回の風車からの距離という距離情報には不確実性が残ると思えなければならない。風車騒音 (L_{Aeq}) の推定には、当該地区の風力発電施設が見通せる 9 か所で、風車までの水平距離が 337 ~ 1,485 m の A 地域で 5 か所、944 ~ 1,766 m の B 地域で 4 か所の測定結果に基づいて距離減衰曲線 $\langle L_{Aeq, WTN}(d) = -20.9 \log_{10} d + 87.9$, d は距離 (m) $\rangle$ により算出しており、この推定式の妥当性が十分に確認できていない。最後に、疫学研究デザインが横断研究であり、騒音曝露情報等(原因)と健康影響(結果)との因果関係については言及することはできず、関連の可能性を明らかにするのみであった。世界的にも風車騒音と健康影響についての縦断研究(コホート研究)はほとんどなく、そのため因果関係を証明するためは、縦断研究の実施が不可欠である。

我が国では、騒音の苦情の発生状況を踏まえて、環境

省が「低周波音」という用語を「おおむね 100 Hz 以下の音」として定義してきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範囲は国により異なり定まったものはない。IEC (国際電気標準会議) 規格 61400 シリーズにより、20 Hz 以下を「超低周波音」(infrasound)、20 ~ 100 Hz を低周波音 (low-frequency noise) と定義している。国内でもこれを受けて JIS 規格で同様に定義されている (14)。環境影響評価法においては、「騒音 (周波数が 20 ~ 100 Hz までの音を含む)」及び「超低周波音 (周波数が 20 Hz 以下の音)」と規定しており、「低周波音」という用語を用いないこととされた。一般に風車騒音については、いわゆる「低周波音」による健康影響を懸念する住民の方が多く、低周波音がおおむね 100 Hz 以下の音という考え方が浸透していて、低周波音とは聞こえない音 (超低周波音) とする誤解が見受けられる。今後は、風車騒音の測定結果の共有や対策に向けて、研究者のみならず、事業者および地域住民間の「低周波音」の用語使用についての共通理解のために、行政の積極的な周知が重要となる。

5. ま と め

今回の横断疫学研究により、風車騒音と睡眠障害の関連について、風力発電施設から発生する騒音 (可聴音) は条件によって健康影響 (睡眠障害) のリスク・ファクターとなる可能性が高い。可聴音帯域の騒音レベルを低くするために、風車と住宅までの距離 (セットバック値) を十分確保することが重要である。また、風力発電施設導入時に利害関係者間 (事業者、行政、住民等) のコミュニケーションを十分に行い、事前に十分な合意形成を得ることが重要である。

なお、本稿は環境省環境研究総合推進費 (平成 25-27 年度 : 5-1307) で実施した研究の一部である。

本報告に関する利益相反はない。

文 献

(1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO). 日本における風力発電の状況. <http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/state/1-01.html> (2018.2.25)

(2) Farboud A, Crukhorn R, Trinidad A. 'Wind turbine syndrome': fact or fiction? *J Laryngol Otol* 2013;127:222-226.

(3) 環境省. 宇久島風力発電事業に係わる環境影響評価準備書に対する環境大臣意見の提出について (お知らせ) 2015. <https://www.env.go.jp/press/100207.html> (2018.2.25)

(4) McCunney R, Mundt K, Colby D, Dobie R, Kaliski K, Blais M. Wind turbine and health: a critical review of the scientific literature. *J Occup Environ Med* 2014;56:e108-e130.

(5) Jeffery RD, Krogh CM, Horner B. Industrial wind turbines and adverse health effects. *Can J Rural Med* 2014;19:21-26.

(6) Onakpoya IJ, O'Sullivan J, Thompson MJ, Heneghan CJ. The effect of wind turbine noise on sleep and quality of life: A systematic review and metaanalysis of observational studies. *Environ Int* 2015;82:1-9.

(7) Michaud DS, Feder K, Keith SE, Voicescu SA, Marro L, Than J, Guay M, Denning A, Murray BJ, Weiss SK, Villeneuve PJ, van den Berg F, Bower T. Effects of Wind Turbine Noise on Self-Reported and Objective Measures of Sleep. *Sleep* 2016;39:97-109.

(8) 久保達彦, 蓮沼英樹, 森松嘉孝, 藤野善久, 原 邦夫, 石竹達也. 風力発電等による低周波音・騒音の健康影響 : 疫学文献レビュー. *日本公衆衛生雑誌* 2017;64:403-411.

(9) Okajima I, Nakajima S, Kobayashi M, Inoue Y. Development and validation of the Japanese version of the Athens Insomnia Scale. *Psychiatry Clin Neurosci* 2013;67:420-425.

(10) Schmidt JH, Klokke M. Health effects related to wind turbine noise exposure: a systematic review. *PLoS One* 2014;9:e114183.

(11) 橘 秀樹. 諸外国における風車騒音に関するガイドライン. *日本音響学会誌* 2015;71:198-205.

(12) 環境省. 風力発電施設から発生する騒音に関する指針, 2017. http://www.env.go.jp/air/noise/wpg/shishin_H2905.pdf (2018.2.25)

(13) 環境省. 平成 22-24 年度環境研究総合推進費研究課題「S2-11 風力発電等による低周波音の人への影響評価に関する研究」報告書.

(14) JIS C 1400-0:2005 風力発電システム—第 0 部 : 風力発電用. <http://kikakurui.com/c1/C1400-0-2005-01.html> (2018.2.25)