

課題名 5-1307 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

課題代表者名 石竹 達也 (学校法人久留米大学医学部 環境医学講座 教授)

研究実施期間 平成25～27年度

累計予算額 69,496千円 (うち平成27年度: 20,699千円)
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 風力発電、超低周波音・騒音、健康影響、疫学研究、睡眠障害、環境影響評価、Health Impact Assessment (HIA: 健康影響予測評価)

研究体制

- (1) 健康リスクの事前評価法 (Health Impact Assessment) の検討 (学校法人久留米大学)
- (2) 低周波音・騒音の疫学調査 (学校法人産業医科大学)
- (3) 風力発電施設近隣居住者の環境評価 (学校法人帝京大学)
- (4) 関連情報の収集分析 (学校法人産業医科大学)

研究協力機関

学校法人産業医科大学、学校法人帝京大学

研究概要

1. はじめに (研究背景等)

東日本大震災による原発事故問題や地球温暖化対策のため、再生可能エネルギーの導入促進・利用への国民の関心は高い。国も再生可能エネルギーの普及を促進するため「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法 (平成 24 年 7 月)」を施行するなど、法的整備を進めている。

一方で、風力発電施設の導入に伴い、超低周波音・騒音に関連する苦情が発生しているが、健康影響については明らかにされていない。これまでの疫学研究では、風力発電施設からの騒音によりアノイアンスの増大、睡眠妨害、生活の質の低下などが報告されているが、睡眠障害との関連については、一致した結論が得られていない。一般の道路交通騒音や航空機騒音の健康影響においても、睡眠障害が主要な健康影響指標とされており、今回の風力発電による騒音の健康影響の指標として妥当であると考え。睡眠障害は、肥満や糖尿病、高血圧など生活習慣病の発症要因となり、重篤な心臓血管系疾患発症のリスクを高めるとの指摘がなされており、風車騒音の健康影響として睡眠障害に着目する意義は高く、風力発電等による超低周波音・騒音へのばく露が長期健康影響 (睡眠障害) のリスクファクターである可能性を明らかにすることは、今後の風車騒音に対する行政的対応の指針作成において不可欠である。

新たな風力発電施設を設置する際は、人への影響以外に、動植物及び生態系、景観等の環境への影響が危惧される場合があるので、環境影響評価 (環境アセスメント) の実施が望まれていたが、これまでは法的環境アセスメントの対象事業ではなかった。そこで国は平成 23 年 4 月、風力発電施設の開発も法的な環境影響評価の対象事業とし、計画段階における環境配慮手続きを新設した環境影響評価法の改正を行った。しかし、通常の環境影響評価では、人への健康影響を十分考慮した行政的対応は現在なされていない。欧州では 1990 年代より環境影響評価に加えて、開発事業開始前に人への健康影響を予測する HIA (Health Impact Assessment) の必要性が指摘され、行政の政策・施策・事業において既に実施され一定の効果をあげている。これに関連する研究は、風力発電施設導入時の環境影響評価に健康影響の視点を組み入れた事前評価手法 (HIA) の実現可能性について有用な情報提供が期待できる。

2. 研究開発目的

- (1) 健康リスクの事前評価法 (HIA) の検討:

わが国および海外における風力発電施設に係る環境影響評価の現状と課題を調査する。そ

の調査結果を踏まえ、新規風力発電施設の設置が予定されている地区において、人への健康影響に配慮した評価法（HIA）を導入する際に必要な手続きや当該事業者や地域住民への説明の方法などについての知見を得るために調査を行う。

（２） 低周波音・騒音の疫学調査：

風力発電施設から発生する超低周波音・騒音と睡眠障害有訴率との関連性を検討するため、風力発電施設が既に導入されている鹿児島県出水郡長島町にて疫学調査を実施する。最近接風車からの距離、超低周波音・騒音の推定騒音レベル、視界等の環境要因および音への感受性について、睡眠障害の有訴率との関連性を検討し、超低周波音・騒音ばく露が長期健康影響（睡眠障害）のリスクファクターである可能性を明らかにする。また、風車より一定距離にある地区の住民で、「風車の音が聞こえない」と回答した住民を対象に、睡眠障害の有無で症例対照研究を行う。同一対象者に対して、時計型睡眠センサー（アクチグラフ）を用いて、主観的睡眠障害と客観的睡眠評価との関連性を明らかにする。

（３） 風力発電施設近隣居住宅の環境評価：

風力発電施設が島の中心部に位置する鹿児島県出水郡長島町内において、総合騒音、残留騒音および風力発電施設が発する風車騒音を調査し、風力発電施設近隣居住宅における超低周波音・騒音のばく露量を推計する。調査結果は、サブテーマ（２）の超低周波音・騒音のばく露データとして用いた。風力発電施設から約 1,000m 離れた N 地区で行った症例対照研究について、被験者居住宅の屋内外における夜間の超低周波音・騒音を調査し、超低周波音・騒音のばく露量を求める。

（４） 関連情報の収集分析：

風力発電施設等をばく露源とする近隣地域住民への健康影響に関する疫学研究の論文や報告書を幅広く抽出し、アノイアンスを含めてどのような健康影響が報告されているかを明らかにする。風力発電の普及が進んでいる欧州等における風力発電施設等による超低周波音・騒音の健康への影響について、専門家に現地で聞き取り調査を行い、調査国での健康被害の状況や苦情等への行政の対応に関する情報を蓄積する。

３． 研究開発の方法

（１） 健康リスクの事前評価法（HIA）の検討：

１） わが国の環境影響評価に関する情報については、経済産業省や環境省のデータベースにアクセスし、風力発電所の環境アセスメントの申請状況や受理状況、意見書内容等に関する情報を収集した。

２） 海外での現地情報収集（インタビュー）：

風力発電の健康影響の実態や風力発電への HIA の状況に関して

a デンマーク国（平成 26 年 2 月 17 日～19 日）

i. 対象者：Jesper Mogensen 氏（環境庁環境技術工学担当官）、Hilde Balling（保健庁医長 環境と健康に関する科学諮問委員会委員）、Aslak Harbo Poulsen 氏（デンマークガン協会研究センター生物統計学及び疫学課）、Jakob Hjort Bønløkke 氏（オーフス大学公衆衛生研究所准教授 労働環境リーダー）、Vivi Schlønssen 氏（オーフス大学公衆衛生研究所准教授 産業医学専門家）、Skjold Fink（全国組織「巨大風車の隣人」会長）、Gabriel Gulis 氏（南デンマーク大学ヘルスプロモーション研究ユニット副研究部長）の 6 名である。

b 英国（スコットランド、ウェールズ、イングランド）（平成 26 年 12 月 8 日～12 日）

i. 対象者：Dr. Sarah Taylor（NHS Shetland シェットランド島公衆衛生所 所長/医学博士）、Mr. Ben Cave（英国 HIA コンサルタント）、Professor Ian Matthews（カーディフ大学公衆衛生部教授）、Dr. Liz Green（Wales Health Impact Assessment Support Unit、Principal Health Impact Assessment Development Officer）、Dr. Phil MacKie（スコットランド公衆衛生ネットワーク主任コンサルタント）

（２） 低周波音・騒音の疫学調査

１） 横断研究：

対象：鹿児島県出水郡長島町に居住する 20 歳以上の者（約 9,000 人）を対象に実施

調査時期：2014 年 12 月～2015 年 2 月末

配布方法：長島町内の公民館区（57）の館長の協力の下、回覧板配付時に併せて各世帯に調

査票を配付した。

調査内容：基本属性（性別、年齢、身長、体重）、家族構成、住居・居住生活に関する項目、生活習慣（飲酒、喫煙、嗜好品）、社会経済要因（収入、職業、交代勤務など）、健康に関する項目（病歴、K-6、主観的健康感）、騒音（アノイアンス）に関する項目、風力発電施設に関する項目、睡眠（アテネ不眠尺度）に関する項目。

2) 症例対照研究：

自覚的に「風車騒音が聞こえない」と回答した集団 ($n=1,813$) から、N 公民館地区の住民より、睡眠障害あり（アテネ不眠尺度 ≥ 6 ）と睡眠障害なし（アテネ不眠尺度 < 6 ）を抽出（28 名）した。2015 年 8 月下旬～9 月上旬にかけて、対象者の睡眠状況を客観的に評価するため、米国 A. M. I 社製アクチグラフを装着し、7 日間連続の睡眠状況の記録を行った。併せて、対象住居での屋内外の騒音環境の測定を行った。

a アクチグラフ（時計型睡眠センサー）による睡眠評価：

すべての被験者に 7 日間、アクチグラフを装着してもらった。この装置は、世界の睡眠学研究者間で検証済みの機器として、10 数年前から広く用いられており、その検出データは睡眠ポリグラフと 88～90%の相関があることが実証されている。この機器を用いることにより、客観的な睡眠の質および量変化を評価し、風力発電施設の移動状況と照らし合わせ、超低周波音による睡眠障害の実態を評価する。

b 睡眠日誌：

前述したアクチグラフのデータを評価する際に、実際の睡眠日誌と照らし合わせての解析が必要となる。このため、実際に就寝・起床した時間、夜間覚醒した時間、入浴等でアクチグラフを付け外した時間を被験者自身に記録してもらった。

(3) 風力発電施設近隣居住宅の環境評価

鹿児島県出水郡長島町を対象地区として、近隣居住宅の超低周波音・騒音のばく露レベルを明らかにするため、1) 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して、風力発電施設からのばく露レベルの距離減衰の程度の測定、および町内の約 50 か所の公民館を各地区の代表する測定箇所とする校区レベルの超低周波音・騒音のばく露レベルの測定、および 2) 夜間睡眠時の居住宅の屋内外の超低周波音・騒音のレベルの調査として、症例対照研究調査と並行して夜間睡眠時の居住宅の屋内外の超低周波音・騒音のレベルの測定を行った。

1) 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

風力発電施設からの一方向のばく露レベルの距離減衰の程度をみるため、平成 26 年 2 月 10 日～2 月 14 日にかけて約 4 日間の連続測定を行った。次に、町内の約 50 か所の公民館の各地区を代表する測定箇所とした校区レベルの超低周波音・騒音のばく露レベル調査では、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。測定記録データについて、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 分間の時間平均音圧レベル $L_{Aeq, 10min}$ 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 時間ごとの等価音圧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。

2) 夜間睡眠時の居住宅の屋内外の超低周波音・騒音レベル調査

夜間睡眠時の居住宅の屋内外の超低周波音・騒音レベル調査は、平成 27 年 8 月 24 日～9 月 6 日にかけての超低周波音・騒音の疫学調査のうち風力発電施設の超低周波音・騒音と睡眠障害の関連性を検討した症例対照研究に並行して、被験者の居住宅の内外の風力発電施設の超低周波音・騒音を測定した。おおよそ 3 日間の 24 時間連続測定を実施し、1 時間ごとの等価音圧レベルを求めたのち、エネルギー平均をもちいて、夜間（22 時から 6 時）の $L_{Aeq, n}$ および $L_{Aeq, n}$ を求めた。

(4) 関連情報の収集分析

1) 風力発電低周波音の健康影響文献レビュー：

風力発電風車の近隣住民を対象にした疫学研究について文献レビューを実施した。文献は

風力発電風車からの騒音に伴う健康影響に関する疫学研究論文を PubMed を用いて収集した。抽出された疫学研究論文を研究デザイン、研究対象者、ばく露評価、アウトカム、交絡要因および研究結果に関する情報別に整理しエビデンステーブルを作成した。

2) 風力発電普及先進国調査：サブテーマ (1) と重複

4. 結果及び考察

(1) 健康リスクの事前評価法 (HIA) の検討

1) わが国の環境影響評価の現状：

改正環境影響評価法で実施が義務づけられた配慮書(計画段階の配慮の実施)については、2014年の1年間で19件が受理され、2015年2月までに大臣意見書(環境省)が出された。配慮書では、ある地区のモデル事業において、複数案の設定や計画段階での配慮すべき事項やそれに関連した調査、予測および評価法について選定結果が報告されていた。人の健康に直接関係があるのは、事業実施想定区域の周辺に住居地域が存在している場合で、健康影響で考慮すべき要素は、低周波音および騒音、風車の影が主であり、これ以外の健康影響に言及する配慮書および意見書はなかった。これに該当する意見書が出されたものは、配慮書19件中13件(68%)であった。しかし、騒音等の影響に対する具体的な意見は、「騒音に係る環境基準の評価マニュアル(環境省)に基づき調査及び予測を行い、環境影響を評価すること。その結果を踏まえ、学校および住居への影響を回避・低減すること」と、騒音レベルの調査・予測であり、アノイアンスや睡眠障害およびその他の健康影響を指標とした評価方法に関する意見は見られなかった。現在の環境影響評価の中では、人の健康に関連しては騒音のみであった。しかし、その具体的健康影響については言及されていないことが確認できた。

2) 健康リスクの事前評価法 (HIA) の状況：

a オーストラリア：

- i. 風力発電に関する HIA は未だ実施されていない。
- ii. 環境影響評価 (EIA) の中に HIA を取り入れる考えは全ての州・準州において統一した見解であり、豪州連邦政府は EIA や国家的環境健康戦略や利害関係者内での協力の構築に health を組み込むように the enHealth Council を設置し、HIA を実施するためのガイドラインを 2001 年に発表した。2005 年、国家公衆衛生パートナーシップは、HIA を新しい開発計画に対して連邦・州・地方レベルで適用する立法的・行政的な骨子についての検討を行った。そこでは HIA を独立して実施するよりも EIA の中に組み込むべきであるという意見が出されたが、事業計画に対して広範囲な健康問題を考慮することが立法的に困難であること、広範囲な健康問題を考慮することができる力が備わっていないことから EIA の中に health を考慮することが難しいという結論へ至った。その後 HIA は、連邦政府以外で州・準州や地方政府が各々の責任で実施することとなった。

iii. 豪州における HIA の課題

- ① EIA 中の HIA 豪州の HIA は EIA の中に health を加える考え方である。豪州で盛んな採掘や大規模事業に対して広範囲な health を含めた影響評価が実施されている。しかし、事業計画や評価過程で health の考えを含めることを支持するものもあれば支持しないものもあるのが現状である。
- ② HIA のサポートシステム HIA の能力を構築するには 3 つある。1 つ目は行政が HIA を実行する力を強化のため政策開発と事業評価の過程の中で用いられる EIA の中に健康を含めること、2 つ目は HIA で用いられた情報や手段を有効利用すること、3 つ目は HIA トレーニングコースを通して HIA の実施者を増やすことである。

b デンマーク国での聞き取り調査結果：

- i. < Gabriel Gulis 氏 (南デンマーク大学ヘルスプロモーション研究ユニット副研究部長) >：風力発電についてはデンマーク国では HIA 実施の事例はない。デンマーク国での HIA 実施例としてはディーゼル排気ガス、市内の自転車サイクリングなどがある。自治体で風車を設置する場合、EIA は実施するが HIA の実施は義務化されていない。特に騒音という一部の要因しかみていない時点で HIA とは言えない。HIA ではステークホルダーの参加が必要だが、それも実施されていない。HIA は回答を示すも

のではなく選択肢を示すものであるべきである。仮に風力発電に対して HIA を実施するのであれば、騒音、羽の陰、電磁波、風力発電風車の倒壊（めったにないが）、風景の変化、CO₂を発生させないこと、収入の変化（個人所有の場合）等が考えられる。

c. 英国での聞き取り調査結果：

i. 英国における HIA の状況：

- ① 英国では、開発事業などにおいて HIA が既に活用されているが、HIA を要求する法律は存在しない。一方で、事業者は開発事業の許認可を与える自治体や Public Health Observatory と呼ばれる機関、NHS の専門家などに事業に対する健康配慮の諮問を行うことが多く、そのプロセスにおいて HIA が実施されることがある。また、事業者は、許認可を円滑に行うために、予め HIA を自ら実施する場合が多い。多くの場合、HIA 実施費用は開発事業者が負担している。
- ② HIA の役割：今回のインタビュー対象者に共通する認識として、HIA は科学的根拠・情報に基づいた上で、利害関係者（住民、事業者など）間のコミュニケーションを行うために有効である。実証的な意味で、事業の健康影響が未知もしくは未確定な場合がよくあり、その科学的不確実性を踏まえた上での合意形成を目的とするものである。開発業者と住民の間では、感じ方・受け止め方に驚くような隔たりがある場合があり、その溝を埋める道具として、HIA は有効である。

ii. 英国に風力発電における HIA の状況：

今回の調査において、風力発電に対する HIA 事例として 3 件が確認されたが、いずれもそれぞれの事情により、実施途中で中止されていた。

① シェットランド島の風力発電：

当初その建設主体である会社が、独自に HIA を行う予定だった。HIA は 3 段階で計画された。第 1 段階は、風力発電に関する科学論文などを読み込み、科学的証拠を探すこと。第 2 段階は、地域の地理、地形など情報を収集すること。第 3 段階は、地域のコミュニティと説明や話し合いの機会を持つこと。この HIA と並行して、建設計画の提案書が作成され、最初の地域集会が行われた。この集会で、地域住民から風力発電建設に対して強い反対の意思を感じた建設主体者は、その段階で HIA を中止してしまった。建設計画は、HIA 無しで進められ、スコットランド政府から承認された。しかし、反対する住民のグループが裁判に持ち込み、現在国家レベルの最高裁で審議中である。

② スコットランド本島の北西部の小島タイリー島での風力発電開発：

開発業者と Public health Network が HIA を行う予定でいたが、建設予定地がサメの生息地だと分かり、計画そのものが中止になった。

③ ウェールズ西端のアングルシー島で風力発電開発計画：

事業計画そのものが中止になったために HIA も中止となった。

(2) 低周波音・騒音の疫学調査

- 1) 調査の結果、2,593 通の回答（回収率 28.3%）があり、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結果、最終の分析対象者は 2,192 名（2,192/7,771=28.2%）であった。本調査は無記名式を採ったが、記名のあったものは、1,844 名（分析対象者の 84.1%）であった。

- a 自宅から風車までの距離（居住地区の公民館までの距離として推定）と自覚的に「聞こえるかどうか」については、「1,000m 未満」「1,000m～1,500m」「1,500m～2,000m」「2,000m 以上」ではそれぞれ 62%、44%、29%、5%と距離が近くなればなるほど、それらの割合は統計学的に有意な増大を認めた。また、風車までの距離（推定）と「風車騒音へのアノイアンス」「睡眠障害」の割合も、距離が近くなればなるほど、それらの割合は統計学的に有意な増大を認めた。距離が 1,500m より近い場合の具体的な割合は、アノイアンスと睡眠障害では、それぞれ 51%～60%、37%～41%であった。

2) 多重ロジスティック回帰分析の結果（表(2)-1～表(2)-3）

風車騒音が睡眠障害と関連性があるかどうかを、以下の風車騒音指標（①自覚的に聞こえるかどうか、②距離（最近接風車と所属公民館との距離）、③夜間風車騒音： L_{Aeq} A 特

性等価騒音レベル、④風車騒音と残留騒音差（5dB）について検討した。A 特性等価騒音レベルはサブテーマ（3）での測定結果を踏まえて、距離減衰式により求めた。多重ロジスティック回帰分析は、3つのモデル（a；性と年齢で調整、b；モデル a に加えて社会的因子である交代勤務、収入、婚姻状況で調整、c；モデル b に加えて風車景観への態度と風車設置への態度（現在）で調整を検討した。

- a 「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、モデル b において睡眠障害の有意な増大（オッズ比 2.15）を認めた（表(2)-1）。
- b 風車からの距離（推計）（m）との関連では、1,500m 未満に居住している人は、2,000m 以上離れた距離に居住する人に対して、睡眠障害の割合が約 2 倍（オッズ比 2.06）と有意な増大を認めた（モデル b）。また、モデル a において、5,000m 以上で睡眠障害リスクの有意な増大があったが、港の情報で調整すると、有意性は消失し、港に関連する漁船等の騒音の関与が示唆された（表(2)-2）。
- c 距離減衰式により求めた屋外における夜間の風車騒音（ L_{Aeq} ）のばく露指標では、35dB 以上が基準（20～25dB）に対して、睡眠障害の割合がオッズ比 1.5 と有意な増大を認めた（モデル b）（表(2)-3）。
- d 風車騒音と残留騒音の差（5dB）では、差が 5dB 以上に居住している人は、5dB 未満に居住している人に対して睡眠障害の割合が約 1.6 倍（オッズ比）と有意な増大を認めた（モデル b）。
- e 「風車騒音が聞こえない集団」（n=1,813）を対象とした解析では、距離と睡眠障害の割合の間に有意な関連は消失したので、超低周波音（<20Hz）による睡眠障害の可能性は低いと示唆された。
- f 風車への態度（現在）で望ましいとした集団（n=879）を対象とした解析では、風車からの距離（推計）の違いにより睡眠障害の割合に有意差を認めなかった。

表(2)-1 「自宅から風力発電の音が聞こえる」と睡眠障害

オッズ比(95%信頼区間)								
	n	ケース数 (%)	モデル a	p値	モデル b	p値	モデル c	p値
聞こえない (基準)	1,718	397(23.1)	1.00		1.00		1.00	
聞こえる	320	131(40.9)	2.28(1.77-2.93)	<0.0001	2.15(1.63-2.83)	<0.0001	1.89(1.41-2.52)	<0.0001

モデルa: ①性、②年齢で調整

モデルb: モデルaに加えて③婚姻、④収入のある仕事の有無、⑤交代勤務で調整

モデルc: モデルbに加えて⑥風車への態度(現在)、⑦風車の景観で調整

モデルaで有意だった因子は性(1.37)、年齢(1.01)

モデルbで有意だった因子は性(1.29)、年齢(1.01)、仕事の有無(1.34)、交代勤務(1.86)

モデルcで有意だった因子は、性(1.31)、仕事の有無(1.36)、交代勤務(1.88)、現在の気持ち(5.03)

表 (2)-2 風車からの距離 (推計) と睡眠障害

オッズ比(95%信頼区間)								
	n	ケース数(%)	モデル a	p値	モデル b	p値	モデル c	p値
1,000 m未満	78	32(41.3)	2.43(1.50-3.89)	0.0004	2.36(1.35-4.04)	0.0028	1.93(1.08-3.38)	0.0280
1,000 m～1,500 m	166	62(37.4)	2.11(1.49-2.98)	<0.0001	2.06(1.41-3.00)	0.0003	1.91(1.29-2.83)	0.0018
1,500 m～2,000 m	349	97(27.8)	1.35(1.02-1.79)	0.0336	1.32(0.97-1.79)	0.0820	1.32(0.96-1.80)	0.0859
2,000 m～5,000 m (基準)	1,079	235(21.8)	1.00		1.00		1.00	
5,000 m～	293	80(27.3)	1.38(1.02-1.85)	0.0377	1.25(0.90-1.74)	0.1827	1.24(0.88-1.73)	0.2134

モデルa:①性、②年齢で調整

モデルb:モデルaに加えて③婚姻、④収入のある仕事の有無、⑤交代勤務で調整

モデルc:モデルbに加えて⑥風車への態度(現在)、⑦風車の景観で調整

モデルaで有意だった因子は性(1.36)、年齢(1.01)

モデルbで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.02)、交代勤務(1.93)

モデルcで有意だった因子は性(1.30)、年齢(1.02)、交代勤務(1.94)、現在の気持ち(5.46)

表 (2)-3 夜間風車騒音 (L_{Aeq}) と睡眠障害

オッズ比(95%信頼区間)								
	n	ケース数(%)	モデル a	p値	モデル b	p値	モデル c	p値
① <20 dB(A)	273	76(27.8)	1.24(0.90-1.70)	0.1880	1.20(0.85-1.69)	0.2944	1.21(0.85-1.71)	0.2884
② 20-<25(基準)	712	167(23.5)	1.00		1.00		1.00	
③ 25-<30	517	114(22.1)	0.91(0.69-1.19)	0.4725	0.84(0.62-1.13)	0.2422	0.83(0.61-1.13)	0.2297
④ 30-<35	257	91(35.4)	1.73(1.26-2.36)	0.0007	1.53(1.08-2.13)	0.0153	1.43(1.01-2.03)	0.0462
⑤ 35-<40	146	48(32.9)	1.56(1.05-2.29)	0.0272	1.56(1.00-2.38)	0.0489	1.34(0.85-2.08)	0.2094
⑥ >40	0	-						

モデルa:①性、②年齢で調整

モデルb:モデルaに加えて③婚姻、④収入のある仕事の有無、⑤交代勤務で調整

モデルc:モデルbに加えて⑥風車への態度(現在)、⑦風車の景観で調整

モデルaで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.01)

モデルbで有意だった因子は年齢(1.02)、交代勤務(1.92)、収入(1.34)

モデルcで有意だった因子は、年齢(1.01)、交代勤務(1.84)、収入(1.36)、現在の気持ち(5.73)

3) 症例対照研究

a 超低周波音の睡眠への影響

- i. 屋内および屋外における夜間(22時～6時)の超低周波音レベル(G特性等価音圧レベル $L_{Geq,n}$)で2群に分けた場合の睡眠障害のオッズ比および95%信頼区間を求めた。屋外では傾向は見られず、屋内では対象範囲でいずれもオッズ比が1より小さく超低周波音のばく露レベルが高い方が睡眠障害が少ない傾向とも考えられるが、少数例のためのばらつきが大きく、オッズ比に統計的に有意な傾向が見られず、超低周波音レベルによる睡眠障害の影響は認められなかった。

b 主観的睡眠障害と客観的睡眠評価(睡眠センサー)との関連性

- i. 症例対照別に客観的睡眠評価指標の比較を示す。2 群間では、年齢、性、最近接風車からの距離（推計）に有意差は認めなかった。主観的睡眠障害あり群は、なし群に比較して睡眠効率が有意に悪く、最長覚醒ブロック時間、および中途覚醒時間が有意に延長していた。主観的睡眠障害群は、客観的睡眠障害評価においても睡眠の状態が不良であったが、風車稼動時間帯における睡眠状態（Activity Index）は正常群と比較して有意差を認めなかった。

（３）風力発電施設近隣居住宅の環境評価

- １） のべ 17 か所で得られた風車騒音について、1/3 オクターブバンド周波数分析を行った結果を図 (3)-1 に示す。図中に Moorhouse らによって提案された限界曲線が示されているが、20Hz 未満の超低周波域では、大きく下回っており、感覚閾値以下であった。しかし、50Hz 以上では、ISO389-7:2005 に規定されている純音聴覚閾値を越えており、聞こえる可能性がある。超低周波音・騒音の測定を通して、50Hz～250Hz にかけての機械音と思われる卓越成分を認めた。

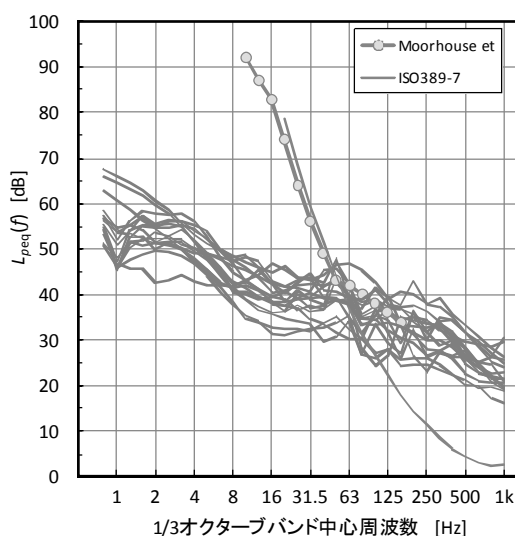


図 (3)-1 風力発電施設からの風車騒音の周波数特性

- ２） 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
- a 風力発電施設からのばく露レベルの距離減衰の程度の測定、および町内の約 40 か所の公民館の各地区を代表する測定箇所とする校区レベルの超低周波音・騒音のばく露レベルの測定の結果から、風力発電施設からの超低周波音・騒音レベルの距離減衰曲線、および町内のばく露レベルの分布が得られた。距離の対数値と音圧レベルの間には、統計的に有意な負の相関関係がみられ、ほとんどのプロット値が回帰式から 1 標準偏差以内に含まれていた。風車騒音の各種レベルの回帰式を以下に示す。
- i. 風車騒音レベルは、 $L_{Aeq, WTN}(d) = -20.9 \log_{10} d + 96.7$ …… (1)
標準偏差は 3.78 であり、すべての実測値は、おおよそ $\pm 1\sigma$ の範囲に分布する。
 - ii. C 特性音圧レベルは、 $L_{Ceq, WTN}(d) = -22.0 \log_{10} d + 114.6$ …… (2)
標準偏差は 4.47 であり、すべての実測値は、おおよそ $\pm 1.5\sigma$ の範囲に分布する。
 - iii. G 特性音圧レベルは、 $L_{Geq, WTN}(d) = -23.0 \log_{10} d + 123.5$ …… (3)
標準偏差は 4.43 であり、すべての実測値は、おおよそ $\pm 1.5\sigma$ の範囲に分布する。
- ここで d は、調査地点から最近接風車までの距離を示す。
- b 長島町は、総合騒音が昼間で約 36～52 dB 程度、夜間で約 22～43 dB 程度の静穏な地域であった。風車騒音の等価騒音レベル ($L_{Aeq, WTN}$)、C 特性等価音圧レベル ($L_{Ceq, WTN}$) および G 特性等価音圧レベル ($L_{Geq, WTN}$) はいずれも、距離の対数に比例して減衰していた。また、超低周波音のレベルを示す $L_{Geq, WTN}$ の距離減衰曲線から、超低周波音は 100m 離れると 80 dB 以下になり、Moorhouse らが示した閾値以下になることが推定された。また、 $L_{Aeq, WTN}$ は最近接の風力発電施設から 1,500m 離れると約 30 dB、2,000m 離れると約 28 dB、2,500m 離

れると約 25 dB、3,000m 離れると 24 dB となることが推定された

3) 夜間睡眠時の居住宅の屋内外の超低周波音・騒音レベル調査

- a 夜間睡眠時の居住宅の屋内外の超低周波音・騒音レベル調査では、N 地区の住民が住む 15 居住宅で屋内外の超低周波音・騒音レベルを測定した（うち屋内調査は 13 戸）。 $L_{\text{Geq},n}$ は、屋内で 44~55 dB、屋外で 48~59 dB であった。屋内外音圧レベル差は、最大で 7 dB 程度であり、超低周波音領域で、窓および壁の遮音効果は少なかった。
- b $L_{\text{Aeq},n}$ は、屋内で 16~32 dB、屋外で 30~51 dB であった。屋内外音圧レベル差は、4~24 dB であり、ばらついていていた。
- c 屋内および屋外における超低周波音レベル（ $L_{\text{Geq},n}$ ）および騒音レベル（ $L_{\text{Aeq},n}$ ）で 2 群に境界レベルで段階的に分けた場合の睡眠障害のオッズ比および 95%信頼区間を求めたが、屋外では傾向は見られず、屋内では対象範囲で超低周波音および騒音のばく露レベルが高い方が睡眠障害が少ない傾向とも考えられるが、少数例のためのばらつきが大きく、オッズ比に統計的に有意な傾向が見られず、対象地区において超低周波音レベルおよび騒音レベルによる睡眠障害の影響は認められなかった。

(4) 関連情報の収集分析

1) 風力発電低周波音の健康影響文献レビュー：

近隣住民を対象とした疫学研究として 11 件が抽出された（うち 2 件は国際学会抄録）。アウトカムとして、Perception（騒音の知覚）、アノイアンス（騒音によるうるささ）、ストレス、睡眠との関連が報告されていた。風車騒音とアノイアンス、主観的評価に基づく健康指標の間には統計的に有意な関連が繰り返し報告されていた。影響の大きさは、A 特性音圧レベル 1dB 増加あたりオッズ比 1.1 程度と 2 つの研究が報告していた。その他のアウトカムでは影響の大きさに関して研究間比較ができなかった。交絡因子として、風力発電への姿勢、景観に対する姿勢、風力発電からの経済的恩恵、風車の可視性、音への感受性、健康への懸念との影響が報告されていた。風力騒音とアノイアンスについては、主観的評価に基づく健康指標の間には統計的に有意な関連が繰り返し報告されていた。ただし、アノイアンスが風力発電施設建設に対する心理的影響なのか、騒音ばく露による心理的影響なのかについて、現状のエビデンスにおいてはその区別が明確にはつけられない状況であった。

2) 風力発電普及先進国調査：

デンマーク国においても本課題は社会的懸念事項となっていた。既存の研究の課題としてはデンマーク国においても工学研究者と医学研究者の共同研究が限られていることが挙げられていた。そして工学研究者は測定できる物理現象、とりわけ風車のみに由来する騒音に注目し、医学研究者はどちらかという風車も含めた地域の騒音全体に注目する。風力発電施設の設置に対して健康影響を懸念する住民団体（巨大風車の隣人）は、風力発電と民家からの距離をとること等を既存の学術研究結果を引用しつつ合理的に主張していた。この際、住民と政策側に隔たりの原因は、前者は騒音特性を重視して風車による騒音は道路など他の騒音源によるものと比較してアノイアンスを惹起しやすいことに注目しており、他の騒音源と比較してこの課題に同等の dB 基準を当てはめることの合理性を否定していた。一方、後者は道路による騒音により国民の 3 分の 1 は高い騒音にさらされていると指摘した。そのことを論拠に風力発電施設による騒音被害は限定的であることを主張していた。どちらのステークホルダーも風力発電には 24 時間続く騒音であることなど違いがあること自体は認めていた。すなわち騒音特性を科学的にとらえる取り組みが、今後の両者の合意形成に資すると思われた。最後に、デンマーク国の騒音規制について、デンマーク国では風力発電のみに対して騒音規制が厳しく課されている一方で道路や工場による騒音については目標値しか設定されていない。同国研究者はこの規制が国民のこの課題に対する懸念に対応するために科学的というよりは政策的な文脈に基づき導入されたものであることを認めていた。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

- 1) 今回の疫学研究により、風力発電施設から発生する騒音（可聴音：聞こえる音）は、下記に

示す居住環境等の条件等で長等期の健康影響（睡眠障害）のリスクファクターとなる可能性が高いことが示唆された。

- a 風車音として自覚的に聞こえる場合
- b 風車からの住居までの距離が近い場合（1,500m 以内）
- c 風車騒音と残留騒音の差が 5dB 以上の静穏地区の居住している場合
- d 周波数分析結果より超低周波音（＜20Hz）「聞こえない音」は感覚閾値以下であり、健康への直接影響は考えにくい。
- e 風車騒音へのばく露に関係なく、「風力発電施設への態度」の要因が睡眠障害の発症に関係している。

2) 風力発電施設近隣居住宅の環境評価：

- a 最近接風力発電施設から約 700m～約 11,000m 離れた 47 地点での測定結果から、総合騒音の音圧レベル L_{Aeq} が昼間で 36～52 dB、夜間で 22～43 dB、残留騒音の音圧レベル L_{A95} が昼間で 24～39 dB、夜間で 18～36 dB、であるような総合騒音レベルおよび残留騒音が低い静穏な地域で、風力発電施設が発する超低周波音・騒音のばく露レベルを測定し、最近接風力発電施設から 2,061m 離れた地点でも夜間に騒音として聞こえている場合がみられた。
- b 20 Hz 以下の超低周波音レベル $L_{Geq, WTN}$ は 46～73 dB で Moorhouse らによる閾値以下であった。風力発電施設が発する騒音の等価騒音レベル ($L_{Aeq, WTN}$)、C 特性等価音圧レベル ($L_{Ceq, WTN}$) および G 特性等価音圧レベル ($L_{Geq, WTN}$) はいずれも、距離の対数に比例して減衰していた。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

なし

<行政が活用することが見込まれる成果>

- 1) 疫学調査により、風力発電施設による騒音と睡眠障害は関連する可能性があるが、風車騒音以外にも睡眠障害に関係する要因がある。風車騒音の周波数成分としては、聞こえる音である 20Hz～100Hz が重要であり、風車騒音は超低周波音（20Hz 未満）と騒音（可聴音：20Hz 以上を含む）に分けて検討することが必要である知見を示せた。
- 2) 風力発電施設が発する 20 Hz 以下の超低周波音は、141m 離れた地点でもそのレベルは聴覚閾値以下であるが、可聴音の周波数帯域では、聴覚閾値レベルを越える場合があり、アノイアンスや睡眠障害と関連する可能性がある。また、最近接風力発電施設から約 2,000m 離れている場合であっても、静穏な地域では夜間に風力発電施設から発する騒音が聞こえている可能性がある。睡眠障害を訴える住民に対する騒音対策が必要である根拠を示せた。

6. 研究成果の主な発表状況（※別添. 報告書作成要領参照）

(1) 主な誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 森松嘉孝、久保達彦、藤野善久、原邦夫、石竹達也：公衆衛生、79, (3), 189-192 (2015), デンマーク国における風力発電事情。
- 2) 森松嘉孝、久保達彦、藤野善久、原邦夫、石竹達也：公衆衛生、80, (2016) (掲載予定), 英国における風力発電事業の実状-HIA (Health Impact Assessment) に着目して-。

(2) 主な口頭発表（学会等）

- 1) 太田達也、福島昭則、原邦夫、森松嘉孝、石竹達也：静穏地域における環境騒音の構成、公益社団法人日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集 125-128, 2015.
- 2) Morimatsu Y, Hara K, Fujino Y, Kubo T, Matsumoto Y, Kushino N, Mori M, Hoshiko M, and Ishitake T. Relationship between exposure to wind turbine noise and subjective and objective sleep disorder in southern part of Japan; a pilot study using new technology in sleep monitoring watch “actigraphy”. 6th International Conference WIND TURBINE NOISE 2015, Glasgow, Scotland 20-23 April 2015.

7. 研究者略歴

課題代表者：石竹 達也

久留米大学大学院医学研究科（博士課程）修了、医学博士、現在久留米大学医学部環境医学講

座教授

1986年 久留米大学医学部医学科卒業

1991年 久留米大学大学院医学研究科修了

1991年 久留米大学助手（医学部環境衛生学講座）

1992年 英国サウサンプトン大学音響振動研究所客員研究員

1993年 久留米大学講師（医学部環境衛生学講座）

1996年 久留米大学助教授（医学部環境衛生学講座）

2002年 久留米大学教授（医学部環境医学講座）現在に至る

専門 産業保健（職業性疾病の予防と健康管理：振動病、潜水病）、公衆衛生（行政施策等の健康影響評価：Health Impact Assessment）

研究分担者

1) 藤野 善久

産業医科大学大学院医学研究科（博士課程）修了、医学博士、現在産業医科大学医学部公衆衛生学教室准教授

1998年 産業医科大学卒業

2002年 産業医科大学大学院医学研究科修了

2003年 産業医科大学臨床疫学教室研究員

2004年 University of Wales College of Medical MPH 修了

2004年 公益財団法人福岡労働衛生研究所勤務

2006年 産業医科大学公衆衛生学教室准教授 現在に至る

専門 環境学（環境影響評価・環境政策／健康影響評価）、社会医学（公衆衛生学・健康科学／疫学・産業保健）

2) 原 邦夫

京都大学大学院工学研究科（修士）修了、医学博士、現在帝京大学大学院公衆衛生学研究科教授

1982年 京都大学工学部金属系学科卒業

1984年 京都大学大学院工学研究冶金修了（修士課程）

1984年 大阪府郊外監視センター職員

1992年 （財）労働科学研究所労働衛生・病理学研究部研究員

2006年 久留米大学准教授（医学部環境医学講座）

2009年 帝京平成大学地域医療学部教授

2014年 帝京大学大学院公衆衛生学研究科教授 現在に至る

専門 環境学／環境保健、産業保健（化学物質管理）

3) 久保 達彦

産業医科大学大学院医学研究科（博士課程）修了、医学博士、現在産業医科大学医学部公衆衛生学教室講師

2000年 産業医科大学卒業

2006年 産業医科大学大学院医学研究科修了

2006年 旭化成株式会社延岡支社産業医

2009年 産業医科大学公衆衛生学教室講師 現在に至る

専門 社会医学（衛生学／公衆衛生学）

5-1307 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

(1) 健康リスクの事前評価法 (Health Impact Assessment) の検討

学校法人久留米大学 医学部 環境医学講座

石竹 達也

<研究協力者>

学校法人久留米大学 医学部 環境医学講座

森松 嘉孝

平成25～27年度累計予算額：30,064千円（うち平成27年度：9,479千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

わが国および海外における風力発電施設に係る環境影響評価の現状と課題を調査し、人への健康影響に配慮した評価法（HIA）を導入する際に必要な手続きや当該事業者や地域住民への説明の方法などについての知見を得るために調査を行う。わが国の環境影響評価に関する情報については、経済産業省や環境省のデータベースにアクセスし、風力発電所環境アセスメントの申請状況や受理状況、意見書内容等に関する情報を収集した。海外での風力発電先進国のオーストラリア、デンマーク国と英国の情報収集を行った。わが国の環境影響評価の現状は、改正環境影響評価法で実施が義務づけられた配慮書（計画段階の配慮の実施）について、ある地区のモデル事業において、複数案の設定や計画段階での配慮すべき事項やそれに関連した調査、予測および評価法について選定結果が報告されていた。人の健康に直接関係があるのは、事業実施想定区域の周辺に住居地域が存在している場合で、健康影響で考慮すべき要素は、低周波音および騒音、風車の影が主であり、これ以外の健康影響に言及する配慮書および意見書はなかった。アノイアンスや睡眠障害およびその他の健康影響を指標とした評価方法に関する意見は見られなかった。また、騒音の具体的健康影響については言及されていないことが確認できた。オーストラリアでは、風力発電に関するHIAは未だ実施されていない。しかし、環境影響評価（EIA）の中にHIAを取り入れる考えは全ての州・準州において統一した見解となっていた。デンマーク国での聞き取り調査結果では、風力発電についてデンマーク国ではHIA実施の事例はなかった。風力発電に対してHIAをやるのであれば、騒音、羽の陰、電磁波、風力発電風車の倒壊（めったにないが）、風景の変化、CO₂を発生させないこと、収入の変化（個人所有の場合）等が考慮すべきとの意見であった。英国での聞き取り調査結果では、風力発電に対するHIA事例として3件が確認されたが、いずれもそれぞれの事情により実施途中で中止さ

れていた。HIAは科学的根拠・情報に基づいた上で、利害関係者（住民、事業者など）間のコミュニケーションを行うために有効とされるが、風力発電を対象とした単独でのHIAは報告がなく、EIAの中に取り入れる方針はあるが、十分に成果をあげていない状況が確認できた。

〔キーワード〕

風力発電、改正環境影響評価法、HIA（Health Impact Assessment）、風力発電普及先進国、インタビュー調査

1. はじめに

新たな風力発電施設を設置する際は、人への影響以外に、動植物及び生態系、景観等の環境への影響が危惧される場合があるので、環境影響評価（環境アセスメント）の実施が望まれていたが、これまでは法的環境アセスメントの対象事業ではなかった。そこで国は平成23年4月、風力発電施設の開発も法的な環境影響評価の対象事業とし、計画段階における環境配慮手続きを新設した環境影響評価法の改正を行った。しかし、通常的环境影響評価では、人への健康影響を十分考慮した行政的対応は現在なされていない。欧州では1990年代より環境影響評価に加えて、開発事業開始前に人への健康影響を予測するHIA(Health Impact Assessment)の必要性が指摘され、行政の政策・施策・事業において既に実施され一定の効果をあげている。これに関連する研究は、風力発電施設導入時の環境影響評価に健康影響の視点を組み入れた事前評価手法(HIA)の実現可能性について有用な情報提供が期待できる。

2. 研究開発目的

わが国および海外における風力発電施設に係る環境影響評価の現状と課題を調査する。その調査結果を踏まえ、新規風力発電施設の設置が予定されている地区において、人への健康影響に配慮した評価法（HIA）を導入する際に必要な手続きや当該事業者や地域住民への説明の方法などについての知見を得るために調査を行う。

3. 研究開発方法

- (1) わが国の環境影響評価に関する情報については、経済産業省や環境省のデータベースにアクセスし、風力発電所環境アセスメントの申請状況や受理状況、意見書内容等に関する情報を収集した。
- (2) 海外での現地情報収集：風力発電の健康影響の実態や風力発電へのHIAの状況に関して
 - 1) オーストラリア：ニューサウスウェールズ大学でHIAに専門的に取り組んでいる研究期間へ関連資料を収集して、分析を行った。

2) デンマーク国（平成 26 年 2 月 17 日～19 日）：インタビュー調査

- a 対象者：Jesper Mogensen 氏（環境庁環境技術工学担当官）、Hilde Balling（保健庁医長 環境と健康に関する科学諮問委員会委員）、Aslak Harbo Poulsen 氏（デンマークガン協会研究センター生物統計学及び疫学課）、Jakob Hjort Bønløkke 氏（オーフス大学公衆衛生研究所准教授 労働環境リーダー）、Vivi Schlünssen 氏（オーフス大学公衆衛生研究所准教授 産業医学専門家）、Skjold Fink（全国組織「巨大風車の隣人」会長）、Gabriel Gulis 氏（南デンマーク大学ヘルスプロモーション研究ユニット副研究部長）の 6 名である。

3) 英国（スコットランド、ウェールズ、イングランド）（平成 26 年 12 月 8 日～12 日）：インタビュー調査

- a 対象者：Dr. Sarah Taylor（NHS Shetland シェットランド島公衆衛生所 所長/医学博士）、Mr. Ben Cave（英国 HIA コンサルタント）、Professor Ian Matthews（カーディフ大学公衆衛生部教授）、Dr. Liz Green（Wales Health Impact Assessment Support Unit、Principal Health Impact Assessment Development Officer）、Dr. Phil MacKie（スコットランド公衆衛生ネットワーク主任コンサルタント）の 5 名である。

4. 結果及び考察

（1）わが国の環境影響評価の現状：

- 1) 平成25年の風力発電事業に係る法アセスの案件の状況（平成26年1月時点）は、評価書終了が4件、準備書終了が24件、準備書手続き中が3件、方法書終了が52件、方法書手続き中が2件であった。改正環境影響評価法で実施が義務づけられた配慮書（計画段階の配慮の実施）については、3件が配慮書の手続き中で、予定候補は4件あった。配慮書では、ある地区のモデル事業において、複数案の設定や計画段階での配慮すべき事項やそれに関連した調査、予測および評価法について選定結果が報告されていた。人の健康に直接関係があるのは、騒音のみであった。平成26年の風力発電事業に係る法アセスの案件の状況（平成27年1月時点）は、配慮書（計画段階の配慮の実施）については、1年間で19件が受理され、大臣意見書（環境省）が出された。人の健康に直接関係があるのは、事業実施想定区域の周辺に住居地域が存在している場合で、健康影響で考慮すべき要素は、騒音および低周波音、風車の影が主であり、これ以外の健康影響に言及する配慮書および意見書は見られなかった。これに該当する意見書が出されたものは、配慮書19件中13件（68%）であった。前年度と同じで現在の環境影響評価の中では、人の健康に関連しては騒音以外への健康影響については言及されていないことが確認できた。

（2）海外の健康リスクの事前評価法（HIA）の状況：

1) オーストラリア

- a 海外の先進オーストラリアでは、風力発電に関するHIAは未だ実施されていない。そこで、下記にオーストラリア（豪州）におけるHIAの取り組みについて報告する。環境影響評価（EIA）の中にHIAを取り入れる考えは全ての州・準州において統一した見解であり、政策的なHIA(Policy HIA)であり公平性を考慮したHIA(Equity-focused HIA)である。表（1）-1にオーストラリアの州別のHIAの取り組みの概要を示した。

i. 豪州におけるHIAの歴史^{(1) (2)}

WHOは1987年以降、開発プランのEIAの中にhealthの概念を入れるように取り組んできた。1994年、豪州の国家健康保健医療研究会（The National Health and Medical Research Council）が環境問題に健康を考慮する、Environment and Health Impact Assessment (EHIA)を支持する報告書を出した(National Health and Medical Research Council, 1994)。この報告書が出たことで、豪州連邦政府はEIAや国家的環境健康戦略や利害関係者内での協力関係の構築にhealthを組み込むようにthe enHealth Councilを設置し、HIAを実施するためのガイドラインを発表した(enHealth Council 2001)。2005年、国家公衆衛生パートナーシップ（The National Public Health Partnership）は、HIAを新しい開発計画に対して連邦・州・地方レベルで適用する立法的・行政的な骨子についての検討を行った。そこではHIAを独立して実施するよりもEIAの中に組み込むべきであるという意見が出されたが、事業計画に対して広範囲な健康問題を考慮することが立法的に困難であること、広範囲な健康問題を考慮することができる力が備わっていないことからEIAの中にhealthを考慮することが難しいという結論に至った。その後HIAは、連邦政府以外で州・準州や地方政府が各々の責任で実施することとなった。The enHealth CouncilとThe National Public Health Partnershipは豪州健康保健委員会のThe Environmental Health (enHealth) Committeeへと名称が変わった。

ii. 豪州におけるHIAの課題⁽²⁾

- ① EIAの中のHIA 豪州のHIAはEIAの中にhealthを加える考え方である。豪州で盛んな採掘や大規模事業に対して広範囲なhealthを含めた影響評価が実施されている。しかし、事業計画や評価過程でhealthの考えを含めることを支持するものもあれば支持しないものもあるのが現状である。
- ② 政策的HIA (Policy HIA) HIAの大部分は直接的な健康に影響を及ぼさない建設や交通といった健康の決定要因を考慮したhealth public policy（健康的な公共政策）に寄与するものである。しかし、実際には連邦を挙げての政策的なHIAの活動は困難であり、州レベルでの取り組む方針となっている。特にビクトリア

州（VIC）とニューサウスウェールズ州（NSW）は政策的HIAの開発に力を入れている。VICではモナッシュ大学、NSWではニューサウスウェールズ大学のCPHCE(The Centre for Primary Health Care and Equity)グループを中心に活動している。

- ③ 平等的HIA（Equity HIA）影響を受ける集団の中で誰が有利で誰が不利になるのか、社会経済的状況、年齢、性、文化、民族（先住民か否かも含め）、健康状態の相違を考慮に入れたHIAを実施すべきである。最も目立つ健康不平等の例としては、先住民と非先住民の間では17歳の寿命の差があることである。その他住む場所の違い（超遠隔地と都市部）、教育レベル・収入の差、出生国の違い、ヘルス・リテラシーの違いによる健康格差は顕著である。CPHCEグループが主体となり、不公平な提言とならないように平等を重視した「Equity-focused HIA」を実施している。
- ④ HIAのサポートシステム HIAの能力を構築するには3つある。1つ目は行政がHIAを実行する力を強化のため政策開発と事業評価の過程の中で用いられるEIAの中に健康を含めること、2つ目はHIAで用いられた情報や手段を有効利用すること、3つ目はHIAトレーニングコースを通してHIAの実施者を増やすことである。

表(1)-1オーストラリアの州別のHIAの取り組み

州	内容
ビクトリア州 (VIC)	2002 年以降、州や自治体レベルで政府の意思決定時や政策計画段階で HIA を戦略的に用いることを考慮され、政策レベルで HIA を法制化することが決まった。2008 年、Public Health and wellbeing Act(公衆衛生と福祉法)の中に HIA が組み込まれ、Health Public Policy (健康的な公共政策) を支持するものとなった。公衆衛生スタッフへの教育では、「Learning by doing (やりながら学ぶ)」方針がとられ HIA の実践を通して技術面の理解を深めている。
タスマニア州 (TAS)	EIA の中で HIA を実施することを法制化した州である。HIA は The Health and Human Service 部が担当している。しかしながら、HIA を実践するためのネットワークやタイムテーブル、公的コンサルタント、健康以外の他部局との調整がなされておらず、実践するにはまだ及ばないのが現状である。
北部準州 (NT)	HIA は Health and Families 部 (DHF) で扱われているが、環境影響評価が主体となっている。実際には、採掘、森林キャンプの建設に際して HIA の特別事実シートが開発された。それは、食の安全、労働者の宿泊施設、現地での排水処分、汚水安定処理池、飲料水の供給、廃棄する土壌処理、燃料貯蔵、公衆衛生的に有害となる物資の減少など環境評価が強いものであった。現段階では DHF が HIA を実践してはいないが、HIA の開発能力を高めるうちに DHF スタッフは HIA に貢献できるようになるであろう。
西部豪州(WA)	政府政策の中に健康影響を考慮する流れがあり、新たな開発の計画段階で HIA を行う戦略を出している。この戦略の中には、地域計画に際しては健康部門の持つ役割を認めている。例えば、住宅、火災救急サービス、漁業輸送といった健康部門以外の事業に関しても健康部門と一緒に評価を行うようになってきている。
クィーンズランド (QLD)	都市の人口増加、都市化、環境変化、経済成長を背景に、QLD の Health 部では公衆衛生と福祉の促進のために HIA が用いられるようになった。当初は、HIA は健康と福祉を保全維持するための手段として意思決定者、個人事業者、健康以外の部局で認知度を上げていった。最近では QLD の Health 部は、健康の決定要因を考慮するようになり、QLD の輸送、教育、環境保護部門のスタッフと一緒に HIA を行っている。
ニューサウスウェールズ (NSW)	NSW の Health 部が環境的計画評価と開発計画過程において HIA を取り入れている。NSW の Health 部とニューサウスウェールズ大学の CPHCE グループは、健康不平等を軽減するための健康影響評価の実践能力を開発し、WHO 委員会の健康の社会的決定要因に関する最終レポートに取り上げられた(WHO, 2008a, b)。HIA は NSW 州の「健康計画」とポピュレーション健康計画「健康的な NSW 住民」に取り入れられている。
オーストラリア首都準州 (ACT)	HIA は法制化されていないが ACT Health では意思決定過程において健康を考慮することを勧めている。ACT Health が EIS(環境影響声明)の過程に影響を及ぼしたり、開発申請の初期段階において公衆衛生問題を取り上げることが出来る。
南部オーストラリア(SA)	全ての政策に健康を考慮に入れる「Health in All policy (HiAP)」を打ち出している。特に Health Lens 手法を用いることで健康影響評価の方法を確立している。Health Lens はデジタル技術、水供給の代替え、親の関与、道路の安全性、適正な体重、輸送の開発、遠隔地への水供給など様々な政策問題に健康の視点を取り入れている。SA の健康部では地域計画を含めた計画戦略の開発に健康問題を取り扱うようにしている。

2) デンマーク国での聞き取り調査結果

- a. <Gabriel Gulis 氏（南デンマーク大学ヘルスプロモーション研究ユニット副研究部長）>（まとめ）風力発電についてはデンマーク国では HIA 実施の事例はない。デンマーク国での HIA 実施例としてはディーゼル排気ガス、市内の自転車サイクリングなどがある。自治体で風車を設置する場合、EIA は実施するが HIA の実施は義務化されていない。特に騒音という一部の要因しかみていない時点で HIA とは言えない。HIA ではステークホルダーの参加が必要だが、それも実施されていない。HIA は回答を示すものではなく選択肢を示すものであるべきである。仮に風力発電に対して HIA を行うのであれば、騒音、羽の陰、電磁波、風力発電風車の倒壊（めったにないが）、風景の変化、CO₂ を発生させないこと、収入の変化（個人所有の場合）等が考えられる。
- b. インタビューの詳細：Gabriel Gulis 氏は健康影響評価 HIA の専門家、デンマーク国全体のエネルギー評価に対して HIA を実施した。スロバキア出身、もともとは核化学が専門だったが 21 年前から公衆衛生学分野に専攻を変えている。現在の 6 つの大学で教鞭をとっている。
 - i. デンマーク国では HIA は、特に産業分野においてはほとんど開発されていない。デンマーク国には 5 つのリージョン（県に相当）と 98 の地方自治体（市町村に相当）があり、後者が公衆衛生と健康増進施策について強い責任と権限を有している。デンマーク国における HIA はトップダウンではなく市町村が所管している。2007 年の自治体再編で、誰かが病気になり、病院にかかると、リージョンへ支払いをするのは地方自治体という仕組みになった。自治体としては、できるだけこの医療費の出費を抑えたいと考える。これがきっかけとなって、HIA のガイダンスも地方自治体が出すようになった。交通政策、エネルギー政策に関しても、できる限り医者にかかる人を自治体から出さないために、この分野での HIA が話題に上るようになった。
 - ii. デンマーク国では、HIA はあくまで自治体レベルで、産業や国としての開発事例はない。これまでに行なわれてきたのは EIA（環境影響評価）であり、その一部として HIA が含まれているというのが実情である。オルボー大学のデンマーク環境影響評価センターにコンタクトを取ってみたが、風力発電についてもデンマーク国では HIA の直接の事例はない。学術論文なども見てみたが、騒音やアノイアンスなどについてであり、出所もスウェーデンや英国であった。EU のサポートのもと、デンマーク国のエネルギー政策 2020 に対して HIA のメソッドを構築するケーススタディが行なわれたが、どちらかという方法論の構築のための私見的なものであり、アセスメント実施には至らなかった。この政策リスクアセスメントについてはすでにネット上にも公表されている。したがって、この分野は驚くべきことに、労働衛生の観点においても、公衆

衛生の観点においても、未開発の分野であると言える。つまり、我々が合同でメソッドを構築し、調査を実施することも可能であると考えている。

- iii. 興味深いのは、デンマーク国のエネルギー政策においては、2020 年までに総電力消費量を 2006 年比で 4%削減し、同時に再生可能エネルギーに移行しようとしている点である（2020 年までに、総電力消費量の 50%を風力発電でまかなうというエネルギー政策目標を掲げている）。デンマーク国では各地で洋上風力発電パークの建設も盛んに行なわれており、それに関わる人々に対して HIA は実施されておらず、調査は主にケガや事故に対するものである。騒音やアノイアンス、睡眠障害と怪我は別物だが、6つのステップによる、システムティックな調査は実施されていない。デンマーク国での HIA の実施例としては、“野菜とフルーツを 1 日に 6 つ食べよう”という全国展開のものと、規模の小さい調査では、ディーゼル排気ガス、コペンハーゲンなど都市での自転車利用についてなどがある。デンマーク国では、疾病予防プログラムなどはあるが公衆衛生についてはまだ機能が弱く、生活習慣病の管理など限定的である。教育が盛んになったのもこの 10 から 15 年程のことである。現時点ではダイエット、喫煙、アルコール、運動など個人の責任における健康が中心である。
- iv. シルケボーの高速をどこに建設するかについて、EIA と標準的な HIA が数年前に話題にのぼったが、その際に、私は全国紙ポリティケンに「なぜ、デンマークはスウェーデンの例に習おうとしないのか」とコメントを出したことがあるが、結局そうした調査はされなかった。今後、日本、米国も含め、福岡に集まる、EU の新規メンバー6カ国は、エネルギー政策も含めた HIA に関する取り組みを EU の新しいプログラムで、70 億ユーロの予算を持つ Horizon2020 でできるのではないかと考えている。環境、健康、社会科学、IAT など、様々な分野を網羅する、2014 年から始まった、2020 年までの 7 カ年プログラムである。日本では、この分野の研究があまり進んでいないと言っていたが、私が最近ソウルで開催されたアジア・パシフィック会議に出席した時に、その進捗具合に大いに感銘を受けた。特に韓国では近年、急速に HIA の取り組みが加速している。私の最近の興味は、HIA がどう社会で実施されるかという部分で、その点でも日本に注目している。
- v. HIA は、あくまで政策を実施するためのツールだと言えるのではないか。自治体で風車を設置する場合、EIA は必須だが HIA はそうではない。騒音については調査しているが、騒音という一部の要因しかみていない時点で HIA とは言えない。HIA ではステークホルダーの参加が必要で、建てる側と企業、政策立案者と近隣住民とのコラボレーションが重要だと考えるが、現状はそうっていないと思う。どんなエネルギーを選ぶかは、それぞれメリットとデメリットがあるので、HIA は回答を示すモノではなく選択肢を示

すモノであるべきである。それをもとに、環境省なり、省庁が国策としていずれかを
選択すべきだと考える。

- vi. デンマーク国での例を挙げる。ホーセンス市において市職員から誘われて住宅政策
に関する審議会に、HIA の専門家として参加した。いくつかの環境、EIA、保健、建築
などの関係部局からメンバーが集められた。湖畔に住宅を設置する計画で、EIA を行な
ったところ、大きなリスクは、町までの交通手段、そしてレジャーなど余暇をどう過
ごすことができるかについて、ということだった。私は、なぜ HIA が必要だと考えて
いるのか、皆の意見を確かめてみた。すると、この住宅予定地には、1,000 軒の家が建
てられる計画だったが、それを 400 軒に制限し、運動場などを設置して健康都市をつ
くりたい、だから EIA だけでは不十分で HIA が必要なのだ、ということだった。さら
に、湖に面しているため、富裕層しかこの住宅地を購入できないことが危惧されてい
た。そこで、HIA は住宅の数を減らし、運動場を作ることで住民の運動の機会を確保し、
住宅地をリング状に作って、水辺に近いほど価格が高くなるような設定にすることで、
富裕層以外もその住宅を購入できることに寄与した。こうしたことは、EIA だけでは実
現できないことなのだ。これは、私にとっても大きな学びのケースとなった。なぜな
ら、HIA は、多くのケースで騒音や大気汚染といった、一部の部分を取り上げ、それだ
けにフォーカスしてしまう傾向があり、幅広い分野の調査の必要性をあらためて教え
てくれた事例だからである。ここから、私はエネルギー政策決定のための HIA にも興
味を持つようになったのだ。このホーセンスという町は、刑務所の町から健康と文化
の町に生まれかわるための新しいイメージを欲していた。今では、健康文化都市の代
名詞となっている。
- vii. オーストラリア、タスマニアでも多くの HIA が EIA と同時に行なわれている。文
化の違いなどもあるだろうが、EIA が普及しているところは、HIA の普及もゼロから
築いていくよりは比較的楽に普及させることができるのではないかと。USA は EIA に力を
入れてきたが、現在では、オレゴンの事例など、かなりの数の HIA を開始している。
仮に風車に対して HIA を行うのであれば、騒音、ブレードの影、電磁波、電磁場の変
化、EMR(電磁放射)、変電所が使用する PCB などの化学物質、風力発電施設の倒壊（め
ったいにないが）、CO₂や有害物質の排出量削減（肯定的な影響）、収入の変化（個人
所有の場合）、リスク容認、睡眠障害、アノイアンス、低周波等が考えられるだろう。
景観の変化などもあるが、これは住民がどう感じるか如何なので、いずれにしても、
市民の調査への参加が不可欠だろう。また、その国の文化によって、調査内容が異な
っても不思議ではない。また、マイナスの影響ばかりでなく、肯定的な影響について
も調査すべきである。省庁が決定をするためには、どちらの情報も必要である。

viii. 風力発電施設はデンマーク国では基本的には十分に受け入れられていると思うが、最近の風車の巨大化が、人々に恐怖と懸念を抱かせ始めた原因だろう。ただ、洋上と陸上では、国民の感じ方は大きく異なると思う。国内には大手風力発電施設メーカーが2、3社存在し、洋上風力発電などは、大手の電力会社がそれを担うことが多いため、エネルギー政策は他の政策と比較して中央集権的と言えるかもしれない。ただし、ロラン島のように500基近くある風車のうち、約半数は市民所有という状況もある。デンマーク国という国は、登録制度があるため、何年も遡って調査をすることが可能だ。つまり、風車が導入され始めた当初と現在を比較して、どのくらい環境に好影響を与え、どれくらい健康影響が出ているかを調べるための、よい導入部になるのではないかと。私自身は、スロバキアからドイツを通してデンマーク国にやってきた時、「風車が大地に点在する風景を見てなんて素晴らしいんだ、とても静かだし、これが電気を作っているのか！」と大好きになったが、自然保護活動家や、近くに住む人などは、やはり違う意見を持っているだろう。だからこそ、市民も巻き込んだ調査が必要だと考える。

ix. 再生可能エネルギーの導入が世界各地で進むにつれて、エネルギーを供給する側の地方と、エネルギーを消費する側の都市との間で、誰がその代償を払うのかという議論が聞かれるようになってきた。米国などでは盛んに環境正義が語られるようになっており、ヨーロッパでも広がりを見せつつある。これはまさに倫理的、社会的議論であり、非常に広範な問題で、どこかでバランスをとっていく必要がある。また、デンマーク国の主要産業のひとつは風力発電施設であり、それが伸びなければ国家経済にも大きな影響を及ぼす。こうした様々な議論について考える上で重要な役割を果たすのがHIAなのである。

3) 英国での聞き取り調査結果（まとめ）

a 英国におけるHIAの状況：

- i. 英国では、開発事業などにおいてHIAが既に活用されているが、HIAを要求する法律は存在しない。一方で、事業者は開発事業の許認可を与える自治体やPublic Health Observatoryと呼ばれる機関、NHSの専門家などに事業に対する健康配慮の諮問を行うことが多く、そのプロセスにおいてHIAが実施されることがある。また事業者は、許認可を円滑に行うために、予めHIAを自ら実施するケースが多い。多くの場合、HIA実施費用は開発事業者が負担している。
- ii. HIAの役割：今回のインタビュー対象者に共通する認識として、HIAは科学的根拠・情報に基づいた上で、利害関係者（住民、事業者など）間のコミュニケーションを行うために有効である。実証的な意味で、事業の健康影響が未知もしくは未確定な場合

がよくあり、その科学的不確実性を踏まえた上での合意形成を目的とするものである。開発業者と住民の間では、感じ方・受け止め方に驚くような隔たりがある場合があり、その溝を埋める道具として、HIA は有効である。

- b 英国に風力発電における HIA の状況：今回の調査において、風力発電に対する HIA 事例として 3 件が確認されたが、いずれもそれぞれの事情により、実施途中で中止されていた。

- ① シェットランド島の風力発電：当初その建設主体である会社が、独自に HIA を行う予定だった。HIA は 3 段階で計画された。第 1 段階は、風力発電に関する科学論文などを読み込み、科学的証拠を探すこと。第 2 段階は、地域の地理、地形など情報を収集すること。第 3 段階は、地域のコミュニティーと説明や話し合いの機会を持つこと。この HIA と並行して、建設計画の提案書が作成され、最初の地域集会が行われた。この集会で、地域住民から風力発電建設に対して強い反対の意思を感じた建設主体者は、その段階で HIA を中止してしまった。建設計画は、HIA 無しで進められ、スコットランド政府から承認された。しかし、反対する住民のグループが裁判に持ち込み、現在国家レベルの最高裁で審議中である。
- ② スコットランド本島の北西部の小島タイリー島での風力発電開発：開発業者と Public health Network が HIA を行う予定でいたが、建設予定地がサメの生息地だと分かり、計画そのものが中止になった。
- ③ ウェールズ西端のアングルシー島で風力発電開発計画：事業計画そのものが中止になったために HIA も中止となった。

c インタビューの詳細

- i. Dr. Sarah Taylor (NHS Shetlandシェットランド島公衆衛生所 所長/医学博士)

① <HIAを巡る英国の一般的な状況>

英国でHIAを日常的に使用するようになった歴史は？：約20年前に公衆衛生のトレーニングを受けた際に、既にHIAは存在していた。ある計画を行う際や政策決定する際など、健康に関わる様々な問題の意思決定を行うためのプロセスの一環として行われてきた。最近ではHIAに関する文献も増えてきた。フォーマルな使い方は、政策決定レベルであったり、WHOなどで参考文献として過去10年くらい使用されるようになった。我々はもっと日常レベルで健康への影響の評価のために使用している。英国では医師免許を取得するのは5-7年かかるが、公衆衛生専門の医師になる場合は、PhDの段階で医学博士になるトレーニングを受けた後、公衆衛生を専門に選ぶ。学術トレーニングとサービスをベースにしたトレーニングを合わせたコンビネーションのトレーニングを受ける。医学博士号を取得するには2年間の修

士課程を終え、その後5年間で公衆衛生サービスを中心としたトレーニングを受ける。過去10年くらいは、医学博士以外の分野からでも公衆衛生の専門家になれるようになった。もちろんPhDは必要だが、MDでなくても看護学でも良い。HIAやHealth Needs Assessments (HNA)は公衆衛生の基本として、そのトレーニングの中で教わった。学術レベルでは大規模なHIAを研究として行うこともあるが、日常レベルのサービスにも使用される。計画や政策を実施する際に意思決定プロセスの一環で行われる。例えば、グラスゴーでは新しい交通システムを導入する際に、一連のHIAが行われた。自家用車の利用を減らして、公共交通機関をより使ってもらおうというもので、新しい道路を建設したり、バスや列車のサービスを開発したりする際に、色んな方向から一連の健康面へのHIAを行い、政策決定を助けたり、政策内でのオプションを考えるのに役立ったり、市民に告知するのに役立った。これは市のレベルの大きなHIAである。もちろん、風力発電など大きな開発で、環境に関わるものについては、HIAがあると大変助かる。自分がシェットランドで日常にやっているのはもっと小規模。公衆衛生サービスに与えられた限られた予算を、何に使うかの優先順位を決めるような日々の選択肢の中でHIAを使う。どこに使いはもっともポジティブな効果が出るかを決める助けになる。自分はコミュニティーと繋がるための道具として使っている。シェットランドでの公衆衛生のような規模の小さい場所では、上記のような優先順位を決めたり、費用対効果を測るのにHIAを使用することが多いが、大都市や学術機関がHIAを行う場合は、環境問題や安全性を計測するために使用する場合が多い。

② <テイラー博士が風力発電に関するHIA報告書を作成した背景>

シェットランド島に風力発電を作る計画が出され、当初その建設主体である会社が、独自にHIAを行う予定だった。ところが、英国ではHIAは義務ではないが、EIAは義務化されている。もしその計画が健康に関わる可能性が大きい場合は、EIAの範囲内で健康問題に関しても評価を行う場合が多い。それを行うかどうかは、個別ケースの解釈の問題である。風力発電からは騒音が出るので、建設主体者がテイラー博士のNHSに来て、HIAをするのが適切かどうか助言を求めてきた。博士のアドバイスは、独立したHIAを行うことだった。建設の当事者でなく第三者が行うことで、公平性が保たれる。NHSが第三者としてHIAを行うことも出来たが、様々な政治的な背景があり、NHSは行わなかった。政治的な背景を説明すると、まずシェットランドの風力発電は、地方行政に選出された議員たち数人が運営する会社によって、計画された。もちろんそこには議員たち個人の利益がある。コミュニティーでは、当初からこれらの議員の公私での利害の衝突が懸念されていた。数

人の議員に巨額の利益がもたらされ、彼らがその計画に許可を出す決断を下す立場にあるからだ。当初から地域の人々の間では、健康に対する影響の心配があった。科学的根拠の無いものだが、感情的なものだった。なので、建設当事者でも地域の政府でも無い、第三者の健康被害の評価が妥当だと考えた。テイラー博士が建設当事者に、HIAを行うことができる第三者機関を紹介し、英国の大学関係者が受注を請けてHIAを行うことになった。HIAは3段階で計画された。第1段階は、風力発電に関する科学論文などを読み込み、科学的証拠を探すこと。第2段階は、地域の地理、地形など情報を収集すること。第3段階は、地域のコミュニティと説明や話し合いの機会を持ち、繋がること。このHIAと並行して、建設計画の提案書が作成され、最初の地域集会が行われた。この集会で、地域住民から風力発電建設に対して強い反対の意思を感じた建設主体者は、その段階でHIAを中止してしまった。HIAのプロであるテイラー博士から見れば、それはHIAのプロセスの一環で想像できたこと。住民は最初、科学ではなく感情が優先するが、十分に情報を提供して話し合いを持つことで、その情報を元に満足のいく議論が出来たはずである。しかし、これはテイラー博士の決断ではなく、住民の強い反対を感じた建設主体者がHIAを中止してしまった。テイラー博士はそれには抗議した。建設主体者のHIA中止の理由が、住民が反対したからではなく、建設計画の申請にHIAが法的には必要ないから、というものだったからである（つまり必要の無いものを提出して、それが建設計画反対の材料にもなり兼ねないことを危惧したから）。建設計画は、HIA無しで進められ、スコットランド政府から承認された。しかし、地域の住民の間には、健康被害に対する心配は残っていたので、テイラー博士は独自に風力発電に関する科学調査の論文を調べ、地域住民に見てもらえる形で情報提供することにした。シェットランド島のHIAを行ったわけではなくて、風力発電一般に関するHIAの情報を集めて報告書の形にまとめた。建設計画は今も継続中である。反対する住民のグループが裁判に持ち込み係争中で、現在国家レベルの最高裁で審議中である。最初は住民の反対が認められ、計画はストップしたが、それに対し建設主体者側が上告し、さらに審議が続いている。おそらく計画は承認される見通し。今の争点は、野生動物、特に野鳥の保護の問題。法廷で戦うためには、法律で求められている条項で戦うことになり、人間への健康被害の面で抗議しても計画はストップしない。健康被害の評価は法律で必要とされていないし、人体へはポジティブな面もネガティブな面も両方あるからだ。法律で保護されている希少な種類の野鳥が、建設計画の場所で巣作りをしているので、そこを争点にしている。人間の健康と安全に関する法律もあるが、それは建設工事中に関す

るものである。騒音に関する法律もあるが、環境における騒音の標準値であって、風力発電からの低周波の騒音は不眠症を引き起こすかもしれないが、それは騒音の基準値より下なので、それを根拠に法律で争うことは出来ないのである。シェットランド島の反対住民の反対の理由は、騒音に関するものも含まれてはいる。カナダやオーストラリアやフランスでも、風力発電開発に反対する人は、特に近くに住む住民を中心に、騒音のことも反対理由に挙げている。

③ <英国でのEIAに関して>

シェットランドでもEIAでは、野生動物に対するものの他に、土壌や水質に対する評価も行われる。シェットランドは特に丘や泥炭が多い。泥炭は岩の上に乗っていて、浅いので土壌の侵食やスライドが心配されている。泥炭では穀物も育てられていて、人々は羊の放牧も行って生計を立てているので風力発電の開発工事中に、土壌の侵食が起こらないかが評価される。水質への影響も評価される。雨水を飲み水にしている場所もあるし、サーモンの稚魚などの観光フィッシングも産業になっている。シェットランドの風力発電は規模が大きく、シェットランドの土地の大きな部分に影響するので、ランドスケープ（土地の景観）への影響も心配される。他には、（景観の）美的な理由で反対する人もいる。シェットランドは自然が豊かに残り、人々は伝統的な質の高い暮らしを大切にしている。大規模な風力発電ができることで、その自然美が壊れ、産業的になることを懸念しているので、反対理由の多くは、科学的な根拠からではない。シェットランドは田舎なので、住宅は密集していない。よって発電所の近くに住んでいる人も少ない。おそらく1キロ以内の家は70件くらいなので、200人以下だろう。2-3キロ以内になるともう少し数は増えるがそれでも知れている。高いビルも無いので、遠くからも風力タービンが見えることになり、その意味でも景観への影響を懸念する人のほうが多い。そんな風に色々な懸念が住民の間から出てきた。住民は計画が進んでいるのは知っているが、何も情報が出てこないで、余計に心配し始めた。建設主体者が始めたHIAはドラフトの時点で中止されたため、表に何も情報は出ていない。なので、自分が風力発電一般の情報を集めてHIAリポートを作り、住民に情報を与えることにした。シェットランドの風力発電計画そのものの直接的なHIA評価ではないが、それは実際に計画が進んで、具体的にどこにどの規模のタービンが立てられるかが分かれば、それからでもできる。今回、建設主体者は、HIAの結果がより住民の反発を買うことを懸念して、HIAを中止した。HIAの専門家としての意見は、HIAは結果を気にして行うものではない。ネガティブな評価が出たとしたら、それを軽減する案を考えるためにHIAを行うのが本来の目的なのだから。

ら。住民と対話を持ち、科学的な結果を元に、軽減策について合意すれば良い。私の意見は、この建設主体者はHIAを完遂すべきだった。そうすれば、今頃住民と共に計画を進めていて、住民は良く分からない事から来る不安ではなく、十分な科学的根拠に基づいて判断できるはずだ。

- ④ <EIAの一部として健康に関するセクションもあるが、単独のHIAではなく、EIAの一部として健康影響調査は出来なかったのか？>

健康調査が法律上求められていないので、建設主体者はする義務が無い。EIAの中に含まれるものは、例えば建設工事中の事故とか怪我とか、直接的な健康被害を与える。騒音は基準値を超えていれば直接的とみなされるが、低周波騒音は基準値以下なので、間接的要因となりEIAの対象には含まれない。カナダでは、低周波騒音の騒音による不眠症に対して、裁判所が住民に補償金を支払うよう命じた判例がある。これはあくまで間接的な健康被害として生じたもの。健康被害が認められれば、風力発電を所有する会社が、それを軽減するか補償する。場合によっては土地を買い上げることもある。これらは、色んな文献で報告されていて、世界的に行われている適切な対応であると言える。英国でも様々な建設事業において同様の対応が増えている。計画承認にはHIAは必要無いので、建設後に住民から苦情が来れば、個別にそれに応じて、軽減もしくは補償している。空港建設の騒音問題などでは、よく見られる合法的な対応である。

- ⑤ <頓挫したHIAを依頼した会社は、始める前に住民から反対があることは予想していなかったのか？>

予想以上の反対だった。歴史的な背景として、シェットランド島は、1970年代にNorth Sea Oil石油パイプラインを誘致して、それが成功し、島全体に収益が入り潤ったという経緯がある。今回の風力発電は島内の電力供給だけでなく、余った電力をスコットランド本島に売り収益を得るという計画なので、計画を進めている人たちは、石油の時と同じように島全体が潤い住民にも喜ばれると思っていた。住民投票をすればどれだけが賛成でどれだけが反対か分かるが、今住民投票をすれば反対派に負けるのでは、という建設主体者＝市議会議員たちの懸念から、まだ住民投票は行われていない。しかし、最近の選挙で、風力発電に反対の意を表明している人が当選し、その人が二番目の権力者となった。現在の住民の賛成反対は、おそらく50-50だろう。HIAは本来、住民との衝突を解決する手段として使われるべきものだ。科学的な根拠を元に話し合うので、住民も合理的に考えられる。

- ⑥ <低周波騒音のように科学的根拠をはっきりしない場合はどうすれば良いのか>
直接、低周波騒音によって不眠症などの影響を受ける家の数はそんなに多くない

はず。タービンからの距離を正確に測り、その影響に応じて会社が正直に補償金を支払うのが妥当ではないか。直接影響を受ける家の数は限られるはずなので、会社としてもそんなに大きな補償額にはならないはずだ。もう少し離れたところに住む他の住民は、景観のことなど別の心配をしているので、会社としては十分HIAを行って、住民への影響をそれぞれ十分区別するべきだ。シェットランドのケースでは、会社側は当初住民からの反対を過小評価していた。住民の反対が予想より大きくなってきて、補償する額がどれくらいになるかも計算せずにHIAを中止してしまった。英国では一般的に、その事業から生まれる収益の一部をコミュニティーに還元する慣わしがある。これは法的義務ではないが、習慣的に行われてきた。それを計画申請の際に承認の条件に盛り込んでおき、それで承認も受けやすくなる。今回のシェットランドの風力発電でも同様に還元されるが、まだ額や%は公表されていない。コミュニティーに還元された資金の運用はコミュニティー内の協議で決められるが、通常最も影響を受ける地域に多く分配される。またその資金が入れば、それを使って私に新たにHIAの実施を依頼してくることも考えられる。直接的に被害を受ける個人には、会社からそれとは別に補償があるが、コミュニティー全体にも資金が入るので、この額が発表されると、反対住民のネガティブな意向も軽減される可能性はよくある。Western Isle地方の風力発電開発でも、同様にコミュニティーへの資金還元の発表があったと聞いている。風力以外の他の事業でも、HIAの結果を参考にして、コミュニティーが資金の使い道を考える、というのはよくあるケース。グラスゴーの交通開発の事業でも、街中に道路を開通させることの代わりに、コミュニティーに還元された資金で、子供たちが安全に遊べる公園や、サイクリングロード、歩行路などを作り、また住民がもっと身体を使ったアクティビティをするような広報活動にも資金は使われた。HIAはセオリーとして、その事業によって受ける健康へのインパクトやリスクを軽減するために行うものだ。HIAを行うという発案は、会社側から出ても良いし、住民から出ても良いし、地方政府から出ても良い。今回のシェットランドのケースでは、会社側が発案したので、そこまでは良かったが、途中で中止してしまった。そこから住民もしくは地方政府が引き継いで完成させても良かったが、会社が参加しなければ、計画の詳細が分からないので、HIAの現実味に欠けるものになってしまう。現在、シェットランドでは計画の承認を待っている状態。裁判は既に2年続いている。結果が出れば、次の動きが見えてくる。会社が参加するにしてもしないにしても、住民や政府主体でHIAを行うのは良いこと。それを元にコミュニティー還元資金の使い道を決めることも出来るので。

⑦ <HIAの結果を元にしたアドバイスは誰にどのように行うのか？>

理想的には、HIAの運営グループの中に、住民の代表者を入れておくこと。元々スコットランドのNHSでは、住民の参加を奨励していて、定期的に各地域から住民の代表やボランティアが集まり、いろいろなフォーラムを行っている。そこで、彼らにも参加してもらおう。さらに、地域政府の議員にも入ってもらおう。今回の頓挫したHIAもこの構成で始めていた。HIAの結果やアドバイスを住民に伝える手段としては、上記のフォーラムの他にメディアも利用する。シェットランドでは地域新聞が全家庭に届いているので情報は伝達しやすい。地域ラジオも利用する。さらに住民集会なども開催する。次の段階は、HIAで集まった情報を共有しながら、最も影響を受けそうな住民やその他の住民へのアンケート調査を実施する。

⑧ <日本では事前に住民に情報を開示すると、余計な心配を与えより混乱を招くので、開示したがない傾向があるが、それについてはどう考えるか？>

英国では全く逆。出来る限り情報を与える方が良いと考えられている。より多くの情報があれば、質の高いディベートを行うことが出来る。ヘルス・リテラシーの考え方が浸透している。英国での公衆衛生の基本的な考え方は、自身の健康に関して、自分で情報を持ち、リスクを減らし、自分で責任を取る、というものである。住民も公衆衛生のパートナーであると考え、行政と住民との間には成熟した関係性があると言える。英国では、民主的な意思決定を重んじる傾向がある。しかし、今回のシェットランドの風力発電では、会社側が上記のような考え方を持っていなかったため、住民との間で衝突が生じ、住民は不安の中で懐疑的になってしまった。

⑨ <そういった情報開示は、経済界でも歓迎されるのか？>

され得る。例えば、スコットランドで今年から始まった面白い試みがある。地方政府の予算の使い道をコンピューターでシミュレーション出来るモデルを作り、それを住民集会に持ち込み、住民に色々シミュレーションしてもらった。例えば教育サービスにもっと予算をつぎ込むためには、どのサービスを減らせばよいかなど、そのソフトの上でシミュレーションできる。行政は住民の意見に従う義務は無いが、参考にはなる。来年は、NHSでも同じ事を考えている。公衆衛生の予算をどこにどのように使いたいか、住民集会でそのソフトを使って住民の意見を参考に聞く。

⑩ <住民集会を開催するのは費用も時間もかかるが、専門の業者を雇うのか、自分たちでやるのか？>

確かに労力がかかるが、自分たちスタッフで準備、開催する。大変であるが、そ

れだけ見返りもある。住民と繋がる事が出来るし、信頼関係を築くことも出来る。HIAで集会を行う時は、最初に広範囲な質問を用意して、そこから個別に興味のある分野を絞り分科会的なワークショップを開く。そうすれば、興味のある人だけ集まってくる。今回のシェットランドの風力発電の住民集会では最大で200人集まったし、個別分科会では20人くらいの時もあった。全て合わせると、3,000人くらいは集まった。シェットランドは小さな田舎なので、住民は身の回りのことに非常に興味があり、こういった集会への参加率は高い。都市部では参加率は減るが、範囲を小さくして地域レベルの集会に設定すれば、もっと人が集まる。

⑪ <開発プロジェクトへの地方行政の関わりは>

開発そのものに正式な関わりはないが、行政内に地域の開発計画に関する責任があるので、環境や経済面での影響を監視する義務はある。現在10年計画の期間中で、その中に再生可能エネルギーを増やし、CO₂排出削減が含まれている。風力、波力や沿岸での潮力発電なども推進されている。そのため風力発電の計画が上がった時には、地方行政は全体の開発計画に照らし合わせて、開発予定地も規制がかかった場所でないかを確認し、許可を出す立場にある。その計画申請の段階でEIAを行うことは義務付けられているが、HIAは義務ではない。今回会社側がHIAを独自にやり始めたが、そのHIAには地方行政は関与していない。よって、もしこのHIAが完成していたら、その情報をどれだけ開示するかは会社の判断次第。HIAは義務ではないが、行っていれば、承認審査を受ける時に有利になる。しかし、HIAの結果は会社にとって好ましくないネガティブなものであった場合は、会社側はそれを公表する義務も無い。

⑫ <テイラー博士が独自にHIAを行った時、地方政府から政治的な圧力などは無かったのか？>

無い。地方政府もNHSもスコットランド政府の下部機関であるが、それぞれ独立した機関である。NHSは毎年、年間報告書を出す、それは地方政府から何の規制も受けないので公平に住民に対してサービスが提供できる。さらに、NHSの所長である自分は、NHSから縛りを受けずに自由に発言できる。そのため、今回の風力発電に関して自分が独自に行ったHIAも、誰からも批判や圧力を受けずに行い発表することが出来た。

⑬ <HIAにかかる費用は？>

頓挫したHIAは、会社が英国の大学に頼んで行ったが、おそらく1万ポンド（約200万円）くらいであり、それほど高くない。規模にもよるが、今回依頼されたのは大学だったので利益を得ようとしていなかったことも安かった理由である。

⑭ <住民が反対している理由の内訳？>

健康への心配、野生動植物への影響、一部の人だけが儲かるから、など色々反対の理由はあるが、一番大きいのはやはり景観美が損なわれるから、という理由だろう。シェットランドの人口の3割は外部から来る人で7割は土着の人。外から来る人でさえ、たまたま来るわけではなく、産業的でなく自然美を求めてここに移り住む。1970年代の石油パイプラインの誘致の際は、工場は北の一部の一箇所にまとめられていて、景観を損なうものではなかった。誘致により雇用も増えてみな歓迎した。今回の風力発電所はスケールが大きい。150機のタービンが20キロにも渡って広がるので、島のどこからでも目に付くものになる。泥炭の侵食やスライドを懸念している人は少数派に過ぎない。もしも、計画がシェットランド島のエネルギーを自給できる規模のものだったら、住民の支持も増えていたかもしれない。今回の計画はもっと大規模で、作られた電気をスコットランド本島に売るというものだったので、反対も多かった。シェットランド島の経済は好調なので、住民は島が儲かるということには興味が無い。失業者は居ないし、観光フィッシングもほとんどが家族経営で収益が全て入るので、うまく行っている。その他公務員の仕事も充実しているので、島民は経済には満足している。

⑮ <下関の沿岸の風力発電計画の例では、会社側が風力タービンの寿命は10年なので、その後は漁礁になる、という理由で承認を得ようとしている。またそれを選挙に勝つため政治利用している議員もいる。スコットランドでも同じような状況はあるのか？>

風力タービンの寿命はある、とは考えられている。10年よりは長いと思う。波力や潮力発電の技術が近々進歩して、風力に取って代わるのでは、というのが主な見方。英国本島には沿岸の風力発電もあるが、シェットランド沖は波が高いので、沿岸設置には向いていない。政治利用は英国でもある。シェットランドの風力発電計画が申請されたとき、シェットランドの地方行政は、自身で決断することも出来たが、後々責任を取りたくないため、国家レベルのスコットランド政府に決断を委ねた。スコットランド政府は、再生可能エネルギー推進派なので、おそらく承認されるだろう。英国は地上の風力発電開発はこれ以上増やさないという方針だが、スコットランドはまだ承認している。裁判は2015年に決着するだろう。最高裁なので反対派もこれ以上控訴出来ない。EUに持ち込むこともシステム上は可能だが、国による法律の違いもあるし、反対派のコミュニティーグループは自分たちで資金を調達しないといけなくて住民から募金を集めることになるので、

これ以上闘うのが無理だろう。

⑩ <テイラー博士の報告書に対する反応は？>

地方政府からは何の反応も無かったが、世間からは色々な反応があった。会社設立メンバーの議員たちは、全く健康影響が無いことを期待していた。地方新聞は、当初「所長が健康影響は無いと報告した」という見出しで記事を出したが、私がそうではない、と説明した後、もう少し詳しい解説の記事を出した。報告書を出して3ヶ月くらいは色んなところで引用されたり使用されたりした。結局、客観的に科学的事実だけをまとめた報告書なので、賛成にも反対にもどちらにでも取れる内容にはなっている。反対派は、報告書のある部分を元に「健康への影響はある」と言うし、賛成派は「結局不快感の問題だけで健康への直接的な影響は無い」と言っていた。結果的に、どちらの側にもバランスが取れ、客観的な事実の情報を与えると言う意味で、みんながより理解を深めることが出来たと思うので、報告書の目的は果たされた。開発計画を進めるかどうかに直接的な影響を与えるのが報告書の目的では無かったのだから。特に、根拠無く極端な不安を抱いていた少数の人たちの（例えば電磁放射能の影響やガンになるなどという心配）は、この報告書によって、全く科学的な根拠が無いことが分かり、不安は解消された。報告書の中で、科学的に分かることは十分事実として述べると共に、分からないことは正直に分からない、と書いた。公衆衛生の現場では分からないこともある状況でも、予防原則に基づいて、リスクと利益を天秤にかけて判断をしていかなければならない。それを包み隠さず住民にも伝えるのが、公衆衛生の仕事である。この報告書を出した以降に分かってきたことだが、低周波騒音に関しては計測の方法の問題で、影響がクリアに分からないという面もある。英国でより進化した計測器と方法を始めた所もあり、もっと時間が経って技術が進歩すれば、今は不明な問題も明らかになってくるのではないかと思う。またクリアじゃないことの原因は、事前と事後を比較したデータが無いということも挙げられる。今回のシェットランド島の風力発電は、まだ建設が始まっていないので、今からデータを取り始めれば、良い事前事後のケース・スタディーになると思う。しかし、スコットランド政府はそこに予算は費やしてはくれないので、自分たちでその研究費用を捻出しなければならない。影響を受ける人口が少ないので、政府が興味を示さないのも納得は出来る。風力発電の全体の規模からすると、低周波騒音で不眠症を訴える人の数はかなり少数に過ぎない。全体の事業から得られる収益を考えれば、その一部の人たちに補償金を支払っても、経営的に大きな影響は無い。なので、世界各地でも同じように低周波騒音の問題は補償金で解決しているのだと

思う。

⑰ < 報告書作成にかかった予算と時間は？ >

特別な予算はつけずに、自分の日々の業務の空いている時間で作成した。かかった時間は約2週間である。

⑱ < 日常的な意思決定で使う小規模のHIAとはどんなもの？ >

シェットランドのNHSでは、公衆衛生のある種の健康サービスを開始するとか閉じる、といった決定の参考に使われる。例として、シェットランドには大小12の島があり、小さい島では人口も30-150人くらい。交通の便も良くないので、飛行機かボートで島の間は移動することになる。ある島には医師がいて、ある島には看護婦だけいる。どの島に医師と看護婦を派遣するか、を決定する際にHIAを行った。これまでの各島での健康データや人口統計、過去にどれだけ医師や看護婦を必要としたかなどのデータを入手してまとめることで、健康評価が出来る。これは、Health Needs Assessment (HNA) どれだけの医療が必要かの評価、とも呼ばれて、HIAの一部である。

ii. Dr. Liz Green (Wales Health Impact Assessment Support Unit/Principal Health Impact Assessment Development Officer : 英国の公衆衛生で唯一の公共HIA専門家

- ① < 概要 > : 英国初の公共HIA専門家。毎年10-25件のHIAを行う。ウェールズ西端のアングルシー島で風力発電開発計画があり、そのHIAを依頼されていたが、途中で資金繰りの問題から計画は中止。日本では事前に健康被害を調査することで、むやみに住民の不安を煽る可能性がある一方で、行政も調査を嫌がる傾向があるが、英国では逆。事前に業者も住民も行政も情報を得ていた方が、実際に計画を始めて後で問題が生じた時に困らない、と考える。Green博士は風力以外の例で、HIAによって計画の拡大が中止になった例も担当した。風力発電開発も今後、義務ではないがHIAを行う例は増えてくるだろう、と予測する。低周波騒音の問題は科学的根拠が無いので難しいが、無視できない問題。HIAは住民との対話を持つためのものなので、そこから解決策を探るしかない。

② < HIAに対するウェールズの基本的な考え方 >

ウェールズでは、風力タービンの問題は、騒音などの直接的な健康被害よりも、感情論=生活の質の問題と捉えられている。風力発電が陸上から洋上に移っている傾向もその要因の一つで、住んでいる地域から離れているので、直接的な健康被害はあまりない。それよりも海からケーブルをどうやって陸まで引くのかなどが争点になり、そういった事業で景観が壊されたり、住んでいる地域の

生活の質が低下するのを恐れている。ウェールズでも、風力発電開発の許可を得る際に、HIAを行うことは開発者の義務ではない。しかし、住民の合意を得て計画を進めるための道具として、HIAは使われている。

③ <ウェールズで最初のHIAケース>

ウェールズの西端のAnglesey島に RHIAnnonという名前の風力発電開発計画があり、そのHIAをGreen博士が行うはずだったが、計画そのものが中止された。小さな過疎の島で、高齢化し若者が減って経済が成り立たなくなっているのに、島に再生可能エネルギー開発を誘致して、「エネルギーの島」にしようという目論見があったが、資金繰りの問題でこの風力発電計画は中止された。計画が進んでいけば、開発会社から地域の行政とウェールズの公衆衛生所が委託を受けて、HIAを行うはずだった。義務ではないが、HIAを行っていただければ地域の行政を味方につける事ができ許認可が得やすい、という目論見だろう。これまで英国全体で風力発電に対して行われたHIAはシェットランド島の一件だけ。（Dr. Sarah Taylorの報告書）このAnglesey島の計画が中止されていなければ、英国で2例目になるはずだった。HIAの規模は3つある。デスクトップ型と呼ばれる簡易なHIA：既に出ている文献や科学データの収集と読み込みを中心にまとめられたもの。ラピッド型と呼ばれる標準的なHIA：上記に加え、開発業者や住民との直接のやり取りも行う。包括的と呼ばれる詳細なHIA：実際の開発計画に関する詳細な調査、それを元にした住民や業者とのやり取りなども含む。今回のAnglesey島のHIAは、6ヶ月かけてラピッド型を行う予定だった。最初の文献収集と科学データの読み込み、島の住民の人口統計や健康プロフィールの収集、生活の質に関してどんな問題が生じる可能性があるか、などの調査までは進めていた。HIAのSteering Group（実行グループ）の構成は、地域の公衆衛生チーム、保健所、地域行政官、環境健康コミュニティーといったメンバー。Green博士も監視役としてチームに加わっていた。開発業者が依頼したHIAなので、実行グループは地域行政や公衆衛生のチームが主体になっている。民間の業者がHIAを行うと結果にバイアスがかかり公平な結果にならない危険性があるので。今回のHIAも資金は開発業者から出ているが、実際のHIAを行うのは公共の機関であり、公共のデータも使って報告書を書くので、より正確で公平性も保たれる。

④ <EIAも並行して行われているということで、EIAの中に健康のセクションがあるので、それで良しとせずに、敢えて独立したHIAを行おうとする理由は？>
そのように考える向きもあるが、Green博士は反対。EIAはあくまで環境に焦点

を当てているので、健康面に関する意識は低いし、ネガティブな健康影響にだけ注目する傾向がある。なので、可能な限り独立したHIAを行うことが大事である。今回のHIAは、資金は開発業者が出しているが、もし完成していたら会社の所有物ではなく、地域行政の所有物となり、誰にでも公開されるものになっていたはずだ。開発業者は、その結果を見て、もし健康への影響がありそうな場合は、それを軽減するような処置を講じることができる。

- ⑤ <ネガティブな結果が出ると不利になるので、開発業者は進んでHIAをやりたくないのではないかな？>

地域行政が健康に力を入れている。計画の許認可を出すのも地域行政なので、例えHIAを行うことが計画申請の条件に入っていなくても、行うことで許認可は受けやすくなる。そういう計算もあって、開発業者はHIAを行おうとしていた。<日本の低周波騒音の問題は、英国ではどう捉えているか？>科学的な根拠がはっきりしないので、難しい問題。かといって、無視してもいけない問題。HIAの利点は、住民も巻き込んで話し合いを行うところ。そういった対話の中から解決策を探るしかない。

- ⑥ <HIAの実際の作業グループの構成人数と費用は？>

4～5人。Green博士、地域行政の環境健康官、地域の公衆衛生担当者、地域のボランティアなど。開発業者からは誰も入らない。今回のHIAは、Green博士を含め公共機関の人が自分たちの時間を使って行っていたので、費用は掛からない。開発会社はお金を出さない代わりに、データを提供していた。もしこのHIAを民間業者に依頼していたら、掛かる費用はおそらく1万ポンドくらい。

- ⑦ <英国のHIAを巡る状況について>

英国の他の地域では、EIAは開発計画の許認可を受けるための法的な義務なので、EIAだけ行いHIAはやらない傾向がある。しかし、今回Green博士が行うはずだったHIAを含め、ウェールズの各地域コミュニティでは、HIAを積極的に求め始めている。

- ⑧ <日本では事業が始まる前にHIAを行うと、自らネガティブな問題点を掘り出すようなものだと思います、行政でさえ反対する傾向があるが、英国ではどうか。>ウェールズでの考えは、後になってから健康への問題が発覚して、事業がストップしてしまうよりは、始まる前に十分可能性を調査して、当事者である地域住民と話し合いを持っておいた方が、長い目で見ると得だ、という考え方。Lizは英国で初の公共のHIA専門家で、これまでに200件近いケースを担当した。しかし、英国の他の地域には専門家は一人もいないことを考えると、ウェールズ

は稀なケースで多くの地域は日本と同じような考え方なのだろう。

⑨ <HIAの長所は何か？>

参加型で民主的であるという点。地域と繋がるための素晴らしい道具である。住民に調査結果の印刷物をただ渡すだけでなく、ネットも活用するし、実施に住民と集会も開く。地域行政にとっても有効なこと。ポジティブな健康影響もネガティブなものも、どちらも強調してそれを住民に提示するので、開発業者と住民や行政の間にギャップが無くなる。実際にその地域に住んでいないと分からない問題もあるが、HIAでは全てを証拠ベースで客観的に話し合うことが出来る。決断を下す際の費用対効果のかなり良い手段である。国レベルと地域レベルの両方のニーズを満たすに適した道具である。

⑩ <Green博士が担当したHIAについて>

毎年平均10～25件のHIAを担当している。HIAが開発計画の進展に影響を与えた代表的な例としては：露天採掘のHIAをEIAの一環として行ったケース。山に大きな黒い穴が空く露天採掘。近隣の住民からは不安の声があった。この露天採掘を拡大しようとする計画が浮上し、地域行政が住民の不安に応えHIAを要求した。とても詳細な包括的なHIAを行った。HIAでは健康影響が懸念される結果が出て、拡大計画はストップ。その後、2009年以降は露天採掘の開発や拡大を行うためには、必ずHIAを行うことが規則になった。その意味で、このケースはHIAが大きな影響を与えた例と言える。その他には宅地計画や交通計画がある。

5. 本研究開発により得られた成果

(1) 科学的意義

健康影響が懸念される事業の実施に際しては、科学的な検証は不可欠である。一方で、科学的検証には常に不確実性が伴うことを認識する必要がある。また、事業の円滑な実施のためには、科学的検証結果の開示のみでは、利害関係者間の合意が得られないことは、これまでの社会的経験を通じて自明である。

(2) 環境政策への貢献

環境政策の中には、健康影響が懸念され、かつ科学的に検証することが困難な事例も多い。従来のスタンスは、科学的検証に重点を置き、ひとたび結果が出ると、yes / noの判断がなされている。しかしながら、健康影響の科学的な検証には多くの時間、費用を要す上に、不確実性が常に伴う。そのような現実を踏まえた上で、住民、事業者、その他の利害関係者間での合意やコミュニケーションを促す社会的基盤が必要である。HIAは、利害関係者への情報の開示、

検証過程への参加を通じて、合理的な配慮の範囲を合意することで、事業の実施を円滑に進めるための社会的プロセスの一つである。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 森松嘉孝、久保達彦、藤野善久、原邦夫、石竹達也：公衆衛生、79, (3), 189-192 (2015),
デンマーク国における風力発電事情.
- 2) 森松嘉孝、久保達彦、藤野善久、原邦夫、石竹達也. 公衆衛生、80, (7), 527-530 (2016),
英国における風力発電事業の実状-HIA (Health Impact Assessment) に着目して-.

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

特に記載すべき事項はない

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

- 1) 石竹達也：講演「低周波音・騒音の健康影響」下関市環境審議会勉強会、2014年7月7日（下関市）

8. 引用文献

- 1) Harris-Roxas P, Harris P, Wise M, Haight F, Ng Chok H, Harris E: Health impact assessment in Australia. Health Impact Assessment Oxford University Press, 2013.
- 2) Harris P, Spickett J. Health impact assessment in Australia: A review and directions for progress. Environ Impact Assessment Rev 2011;31:425-432.

(2) 低周波音・騒音の疫学調査

学校法人産業医科大学 公衆衛生学教室

藤野 善久

平成25～27年度累計予算額：5,229千円（うち平成27年度：22千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

風力発電施設から発生する低周波音・騒音への長期間のばく露が、人において睡眠障害を引き起こすリスクファクターであるかどうかを検討した。平成20年8月に風力発電施設が導入、稼働している地域に居住する20歳以上の住民（約9,000人）を対象に、生活環境や健康影響に関する疫学調査を行った。調査項目は個人の基本属性に加えて、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を用いて評価した。調査の結果、2,593通の回答（回収率28.3%）があった。最終の分析対象者は2,192名（2,192/7,771=28.2%）であった。風車騒音が睡眠障害と関連性があるかどうかを、以下の風車騒音指標（①自覚的に聞こえるかどうか、②距離（最近接風車と所属公民館との距離）、③夜間風車騒音： L_{Aeq} A特性等価騒音レベル、④風車騒音と残留騒音差（5dB）について検討した。A特性等価騒音レベルはサブテーマ(3)での測定結果を踏まえて、距離減衰式により求めた。多重ロジスティック回帰分析は、3つのモデル（a. 性と年齢で調整、b. モデルa. に加えて社会的因子である交代勤務、収入、婚姻状況で調整、c. モデルb. に加えて風車景観への態度と風車設置への態度（現在）で検討した。「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、モデルb. において睡眠障害の有意な増大（オッズ比2.15）を認めた。風車からの距離（推計）（m）との関連では、1,500m未満に居住している人は、2,000m以上離れた距離に居住する人に対して、睡眠障害の割合が約2倍（オッズ比2.06）と有意な増大（モデルb.）を認め、量-反応関係の存在が示唆された。夜間の風車騒音（ L_{Aeq} ）のばく露指標では、35dB以上が基準（20～25dB）に対して、睡眠障害の割合がオッズ比1.5と有意な増大を認めた（モデルb.）。風車騒音と残留騒音の差（5dB）では、差が5dB以上に居住している人は、5dB未満に居住している人に対して睡眠障害の割合が約1.6倍（オッズ比）と有意な増大を認めた（モデルb.）。「風車音が聞こえない集団」（n=1,813）を対象とした解析では、距離と睡眠障害の割合の間に有意な関連は消失したので、超低周波音（<20Hz）による睡眠障害の可能性は低いと示唆された。風車への態度（現在）で望ましいとした集団（n=879）を対象とした解析では、風車からの距離（推計）の違

いにより睡眠障害の割合に有意差を認めなかった。風力発電施設から発生する騒音（可聴音）は睡眠障害のリスクファクターの可能性が高い。風力発電施設設置前の地域住民との合意形成を十分行い、風力発電施設への住民態度を良好なものにすることが重要である。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）を可能な限り十分確保することが重要である。

[キーワード]

風力発電、超低周波音・騒音、健康影響、疫学研究、睡眠障害

1. はじめに

風力発電による代表的な健康影響として、専門家意見および先行研究から、睡眠障害およびアノイアンス（不安、不快感）が挙げられた。そこで、本研究では、風力発電施設および低周波ばく露と睡眠障害との関連の検討に焦点を絞ることとした。

2. 研究開発目的

風力発電施設から発生する超低周波音・騒音と睡眠障害有訴率との関連性を検討するため、風力発電施設が既に導入されている鹿児島県出水郡長島町にて疫学調査を実施する。最近接風車からの距離、超低周波音・騒音の推定騒音レベル、視界等の環境要因および音への感受性について、睡眠障害の有訴率との関連性を検討し、超低周波音・騒音ばく露が長期健康影響（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することを目的とした。また、超低周波音レベルと睡眠障害の関連性を検討するために、風車より一定距離にある地区の住民で、「風車の音が聞こえない」と回答した住民を対象に、睡眠障害の有無で症例対照研究を行う。同一対象に対して、時計型睡眠センサー（アクチグラフ）を用いて、主観的睡眠障害と客観的睡眠評価との関連性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究開発方法

（1）疫学横断研究

本調査の健康障害の主たるアウトカムは睡眠障害であり、その程度を評価するために既存の睡眠調査票を参考に、睡眠位相の変化も評価できる独自の睡眠調査票の開発を目指した。また、低周波音・騒音のばく露状況を含めて居住環境と健康に関する調査票の作成にあたっては、環境省戦略指定研究（平成22年度～平成24年度）（先行研究）の社会反応調査で使用された調査票を参考にして作成した。研究に与えられた期間、予算、および住民からの参加の得やすさの程度などを考慮し、郵送用によるアンケートを用いた断面調査を実施することとした。また、

風力発電からの低周波ばく露を個人単位で実測することは極めて困難であるため、先行研究から得られた知見にもとづき、風力発電施設と住民住所の距離をばく露の代替指標とした、生態学的研究の手法を採用した。調査地域については、研究計画時は、環境省戦略指定研究（平成22年度～平成24年度）（先行研究）で実施測定した全国34か所の風力発電施設のうち、苦情の多かった地区に居住する住民を対象とすることを予定していたが、当該自治体から研究受け入れ体制が困難であるとの回答を得たため、研究対象地域の変更が必要となった。検討の結果、風力発電施設が21基設置されている鹿児島県出水郡長島町を調査地域に設定した。低周波音・可聴音の推定騒音レベル、視界等の環境要因と音への感受性、病歴等の要因について、睡眠障害の有訴率との関連性を検討し、低周波音・騒音ばく露が長期健康影響（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するために必要な住民調査を実施した。

1) 初回調査

- a 対象地域：鹿児島県出水郡長島町
- b 対象者：鹿児島県出水郡長島町に居住する20歳以上の者
- c 調査時期：2013年12月
- d 配布方法：日本郵便株式会社の配達地域指定郵便物制度を利用した。郵便局が管轄する同地域の4,234世帯を対象に、調査票各2通、合計8,468通を配布した。
- e 調査票回収期間：2014年3月4日
- f 調査項目：基本属性（性別、年齢、身長、体重）、家族構成、住居・居住生活に関する項目、生活習慣（飲酒、喫煙、嗜好品）、社会経済要因（職業、有害業務など）、健康に関する項目（病歴、K-6、SF-8）、騒音に関する項目、風力発電施設に関する項目、睡眠に関する項目。
- g 解析：本調査においては、アウトカム指標として、K6高得点（ $K6 \geq 9$ ）、主観的健康感が悪い、不眠について分析を行った。なお、主観的健康感については、「全体的にみて、過去1ヶ月間のあなたの健康状態はいかがでしたか」という質問項目に対して、「あまり良くない」、「良くない」、「ぜんぜん良くない」と回答したものを該当者とした（該当しない回答は、「最高に良い」、「とても良い」、「良い」であった）。また、不眠については、「睡眠で困っていることがありますか」という質問項目に対して、「ある」と回答したものを該当者とした（該当しない回答は、「ない」であった）。公民館地区でネストされた構造を持っているため、ランダム切片モデルによるマルチレベル・ロジスティック解析を行った。

2) 再調査

- a 初回のアンケート調査の回収率（約17%）が十分でないという指摘を環境省環境研究総合

推進費中間評価ヒアリング時に受けたことを踏まえて、同地区を対象とした疫学再調査を実施した。

- b 対象地域：鹿児島県出水郡長島町
- c 対象者：鹿児島県出水郡長島町に居住する20歳以上の20歳以上の者（約9,000人）
- d 調査時期：2014年12月～配布方法：長島町内の公民館地区（57）の館長の協力の下、回覧板配付時に併せて各世帯に調査票を配付した。
- e 調査票回収期限：2015年2月末
- f 調査項目：基本属性（性別、年齢、身長、体重）、家族構成、住居・居住生活に関する項目、生活習慣（飲酒、喫煙、嗜好品）、社会経済要因（収入、職業、交代勤務など）、健康に関する項目（病歴、K-6、主観的健康感）、騒音（アノイアンス）に関する項目、風力発電施設に関する項目、睡眠（アテネ不眠尺度）に関する項目。
- g ばく露情報の定義：「自宅から風車までの距離」としたものは、対象者の居住宅から最近接風車までの厳密な距離ではなく、対象者の居住地区の各公民館までの水平距離とした。そのため文中での記述を風車からの距離（推計）とした。また、初回調査も含めて「風車の音が聞こえる」としたのは、「自宅にいるときに風車発電施設からの音が聞こえますか」の質問に「聞こえる」と回答したものであり、「自覚的に音が聞こえること」を意味する。
- h 解析：風車騒音が睡眠障害と関連性があるかどうかを、以下の風車騒音指標（①自覚的に聞こえるかどうか、②距離（最近接風車との距離）、③夜間風車騒音： L_{Aeq} A特性等価騒音レベル、④風車騒音と残留騒音差（5dB）について検討した。多重ロジスティック回帰分析は、3つのモデル（a性と年齢で調整、b モデルaに加えて社会的因子である交代勤務、収入、婚姻状況で調整、c モデルbに加えて風車景観への態度と風車設置への態度（現在）で調整を検討した。距離の分類は、その分布状況を考慮し、1,000m未満、1,000m～1,500m、1,500m～2,500m、2,000m～5,000m、5,000m以上の5分類とした。

（2）症例対照研究

- 1) 自覚的に「風車騒音が聞こえない」と回答した集団(n=1,813)から、K公民館地区の住民より、睡眠障害あり（アテネ不眠尺度 ≥ 6 ）と睡眠障害なし（アテネ不眠尺度 < 6 ）を抽出（28名）した。2015年8月下旬～9月上旬にかけて、対象者の睡眠状況を客観的に評価するため、米国A.M.I社製アクチグラフを装着し、7日間連続の睡眠状況の記録を行った。併せて、対象住居での屋内外の騒音環境の測定を行った。被験者には、あらかじめ調査内容を記載した文書を郵送した後、調査開始日に公民館へ集まっていただき、口頭にて再度調査内容を説明した。更に、時計型睡眠センサーの具体的な使用方法を説明し、個人情報保護に関する説明を行なった後、同意書にサインをしてもらった。調査期間は、2015年8月

24日～9月6日とした。ばく露のあるなしの区分に超低周波音・騒音レベルのいくつかの数値を用い、その数値前後で2群に分け、睡眠障害ありなしの2群と照らし合わせ、ばく露の高低での2群のオッズ比を求め、オッズ比が有意に大きくなる（あるいは小さくなる）境界の超低周波音・騒音レベルをカットオフ・レベルとして求めた。すなわち、超低周波音は人には「聞こえない」周波数帯の音であるため、仮に超低周波音のある値（カットオフ値）よりも高いレベルで高頻度に睡眠障害が発生していれば、その領域の超低周波音が睡眠障害要因であると考えられることになる。

a アクチグラフ（時計型睡眠センサー）による睡眠評価

すべての被験者に7日間、アクチグラフを装着してもらった。アクチグラフとは、米国立衛生研究所（NIH）の技術サポートにより開発された腕時計型小型高感度加速度センサ&ロガーで、2～3 Hzで0.01G以上の動きを確実に検出でき、あわせて周囲の照度、音、温度等を記録し、睡眠と同時観察できる媒体である。世界の睡眠学研究者間で検証済みの機器として、10数年前から広く用いられており、その検出データは睡眠ポリグラフと88～90%の相関があることが実証されている。この機器を用いることにより、被験者の休止・活動リズム、生活環境ストレス、日中の眠気や睡眠増加、夜間睡眠の質および量変化を評価し、風力発電施設の稼動状況と照らし合わせ、超低周波音による睡眠障害の実際を評価する。

b 睡眠日誌

前述したアクチグラフのデータを評価する際に、実際の睡眠日誌と照らし合わせての解析が必要となる。このため、実際に就寝・起床した時間、夜間覚醒した時間、入浴等でアクチグラフを外した時間を被験者自身に記録してもらった。

4. 結果及び考察

（1）疫学横断研究

1）初回調査

a 調査概数および回収率

調査の結果、1,621通の回答（回収率19%）を得た。なお、この回収率は、調査票配布数8,468通に対する回収率である。本調査では、住民台帳などの基本情報が得られないなかでの調査であったため、日本郵便株式会社の配達地域指定郵便物のサービスを利用して、対象地域の全世帯に配布した。したがって、配布世帯数4,234世帯を母数と考えると、回収率は最大38%となる。実際は、世帯ごとに全2通回答した世帯と、1通のみ回答した世帯がいることから、実際の回収率は、19%～38%の区間となる。

b K6高得点に関する分析結果及び考察

本調査では、住民の精神的影響を評価する指標としてK6を採用した。K6は、特にうつ病・不安障害のスクリーニング調査票として、妥当性、信頼性が検証されているツールである。分析の結果、風車騒音が聞こえると回答した者のK6高得点(9点以上)に対するオッズ比は2.3倍($p<0.001$)であった。また、経済的ゆとりという質問に対して、「苦しい」と回答したものは、「ゆとりがある」と回答した者と比べ、K6高得点となるオッズ比は3.8倍($p=0.035$)であった。一方、性別、年齢、居住年数、休日に自宅で過ごす時間、喫煙習慣、所得のある仕事への就業の有無については、統計的に有意な関連は認めなかった(表(2)-1)。次に「風車の音が聞こえる」状況に関して、他の生活騒音の影響を考慮した分析として、「風車の音が聞こえる」に関する変数と同時に、各生活騒音に関する変数を、一つずつ加えた解析を行った(表(2)-2)。その結果、「道路自動車の音」、「飛行機の音」、「工場・事業場の音」、「建設工事の音」、「学校や公園など人の集まっている場所の音」、「近隣・近所の音」騒音れの変数を多変量解析に追加した場合においても、「風車の音が聞こえる」と回答した者の、K6高得点に対するオッズ比は高かった(OR=2.1~2.4を示した)。また、各追加した生活騒音自体のK6高得点に対するオッズ比も、「道路の自動車の音」以外については、オッズ比1.9~2.8倍と高かった。以上のことから、風車が聞こえる状況は、他の生活騒音の影響を考慮しても、K6高得点と関連があると考えられる。一方で、風車の音が聞こえることとK6高得点との関連の強さは、他の生活騒音によるK6高得点との関連と比し、概ね同程度であることが示された。

表(2)-1 K6高得点（ ≥ 9 ）に対する風車の音が聞こえる状況との関連

	OR	SE	P>z	95% CI	
age	1.00	0.01	0.649	0.99	1.02
sex	0.94	0.23	0.785	0.58	1.50
風車の音が聞こえる	2.33	0.59	0.001	1.41	3.84
居住年数					
1 年未満	1.23	0.98	0.793	0.26	5.90
1－3 年	0.82	0.47	0.733	0.27	2.52
3-5 年	1.50	0.72	0.396	0.59	3.85
5-10 年	1.29	0.51	0.516	0.60	2.79
基準：10 年以上	reference				
休日に自宅で過ごす時間					
8 時間未満	reference				
8－10 時間	2.46	1.63	0.175	0.67	9.01
10－12 時間	2.04	1.31	0.268	0.58	7.21
12 時間以上	2.49	1.54	0.142	0.74	8.39
喫煙					
吸わない	reference				
吸っている	0.94	0.30	0.846	0.50	1.77
禁煙した	0.28	0.15	0.019	0.10	0.81
所得のある仕事の有無	1.54	0.38	0.083	0.95	2.49
経済的ゆとり					
ゆとりがある	reference				
ややゆとりがある	1.19	0.76	0.789	0.34	4.14
やや苦しい	2.44	1.51	0.151	0.72	8.20
苦しい	3.82	2.43	0.035	1.10	13.27

表(2)-2 K6高得点（ ≥ 9 ）に対する風車の音が聞こえる状況との関連
その他の生活騒音を調整した検討

	OR	95% CI		P>z
Model 1				
風車の音が聞こえる	2.33	1.41	3.84	0.001
Model 2				
風車の音が聞こえる	2.25	1.36	3.71	0.002
道路の自動車の音	1.33	0.83	2.15	0.240
Model 3				
風車の音が聞こえる	2.10	1.26	3.51	0.004
飛行機の音	1.90	1.03	3.50	0.039
Model 4				
風車の音が聞こえる	2.41	1.46	3.98	0.001
工場・事業場の音	2.44	1.25	4.79	0.009
Model 5				
風車の音が聞こえる	2.32	1.39	3.85	0.001
建設工事の音	2.30	1.26	4.20	0.007
Model 6				
風車の音が聞こえる	2.21	1.33	3.66	0.002
学校や公園など人の集まっている場所の音	2.79	1.30	5.98	0.008
Model 7				
風車の音が聞こえる	2.29	1.38	3.81	0.001
近隣・近所の音	2.26	1.22	4.16	0.009

Model 1～7 とともに、性別、年齢、居住年数、休日に自宅で過ごす時間、喫煙、仕事の有無、および経済的状況で調整

c 主観的健康感に関する分析結果及び考察

本調査では、主観的健康感を健康影響の評価指標の一つとして採用した。主観的健康感とは、身体的および精神的疾患リスクと関連することが多くの疫学研究で示されていて、かつ簡便な質問項目で調査できるため、住民調査や大規模な疫学研究において頻用される指標である。分析の結果、風車騒音が聞こえると回答した者の主観的健康感が悪いに対するオッズ比は1.7倍 ($p=0.003$) であった。また、経済的ゆとりという質問に対して、「苦しい」と回答したものは、「ゆとりがある」と回答した者と比べ、主観的健康感が悪いとなるオッズ比は11倍 ($p<0.001$) であった。一方、年齢、居住年数、休日に自宅で過ごす時間、喫煙習慣、所得のある仕事への業の有無については、統計的に有意な関連は認めなかった。つづいて、「風車の音が聞こえる」状況に関して、他の生活騒音の影響を考慮した分析として、「風車の音が聞こえる」に関する変数と同時に、各生活騒音に関する変数を、一つずつ加えた解析を行った。その結果、「道路自動車の音」、「飛行機の音」、「工場・事業場の音」、「建設工事の音」、「学校や公園など人の集まっている場所の音」、「近隣・近所の音」騒音れの変数を多変量解析に追加した場合においても、「風車の音が聞こえる」と回答した者の、主観的健康感が悪いに対するオッズ比は高かった ($OR=1.6\sim 1.7$ を示した)。また、各追加した生活騒音自体の主観的健康感が悪いに対するオッズ比も、「道路の自動車の音」、「建設工事の音」、「学校や公園など人の集まっている場所の音」以外については、オッズ比1.8~1.9倍と高かった。以上のことから、風車が聞こえる状況は、他の生活騒音の影響を考慮しても、主観的健康感が悪い状況と関連があると考えられる。一方で、風車の音が聞こえることと主観的健康感が悪い状況との関連の強さは、他の生活騒音による主観的健康感が悪い状況との関連と比し、概ね同程度であることが示された。

表(2)-3 主観的健康感に対する風車の音が聞こえる状況との関連

	Poor self-rated health				
	OR	SE	P>z	95% CI	
age	1.03	0.01	0.000	1.01	1.04
sex	1.19	0.18	0.256	0.88	1.60
風車の音が聞こえる	1.72	0.32	0.003	1.20	2.48
居住年数					
1 年未満	0.86	0.47	0.782	0.30	2.49
1-3 年	1.06	0.35	0.871	0.55	2.02
3-5 年	0.81	0.28	0.535	0.41	1.58
5-10 年	0.94	0.25	0.819	0.56	1.57
基準：10 年以上	reference				
休日に自宅で過ごす時間					
8 時間未満	reference				
8-10 時間	1.47	0.49	0.249	0.76	2.84
10-12 時間	1.46	0.46	0.237	0.78	2.71
12 時間以上	1.74	0.52	0.066	0.96	3.14
喫煙					
吸わない	reference				
吸っている	1.17	0.24	0.434	0.79	1.76
禁煙した	0.87	0.21	0.552	0.55	1.38
所得のある仕事の有無	1.21	0.19	0.232	0.89	1.65
経済的ゆとり					
ゆとりがある	reference				
ややゆとりがある	3.21	1.45	0.010	1.32	7.78
やや苦しい	6.71	3.01	0.000	2.79	16.18
苦しい	11.26	5.22	0.000	4.54	27.91

表 (2) -4 主観的健康感（悪い）に対する風車の音が聞こえる状況との関連
その他の生活騒音を調整した検討

	OR	95% CI		P>z
Model 1				
風車の音が聞こえる	1.72	1.20	2.48	0.003
Model 2				
風車の音が聞こえる	1.67	1.16	2.41	0.005
道路の自動車の音	1.30	0.95	1.78	0.099
Model 3				
風車の音が聞こえる	1.58	1.09	2.28	0.016
飛行機の音	1.94	1.24	3.03	0.003
Model 4				
風車の音が聞こえる	1.75	1.22	2.51	0.002
工場・事業場の音	1.77	1.04	3.01	0.035
Model 5				
風車の音が聞こえる	1.72	1.20	2.47	0.003
建設工事の音	1.38	0.88	2.16	0.162
Model 6				
風車の音が聞こえる	1.71	1.19	2.46	0.004
学校や公園など人の集まっている場所の音	1.25	0.66	2.37	0.492
Model 7				
風車の音が聞こえる	1.71	1.19	2.46	0.004
近隣・近所の音	1.80	1.12	2.89	0.016

Model 1～7 とともに、性別、年齢、居住年数、休日に自宅で過ごす時間、喫煙、仕事の有無、および経済的状況で調整

d 睡眠障害に関する分析結果及び考察

風車騒音の不眠に対するオッズ比は、1.85と有意に高かった ($p=0.002$)。一方で、年齢、居住年数、休日に自宅で過ごす時間、喫煙習慣、所得のある仕事への就業の有無、経済的ゆとりについては不眠と統計的に有意な関連は認めなかった。次に、「風車の音が聞こえる」状況に関して、他の生活騒音の影響を考慮した分析として、「風車の音が聞こえる」に関する変数と同時に、各生活騒音に関する変数を、一つずつ加えた解析を行った。その結果、「道路自動車の音」、「飛行機の音」、「工場・事業場の音」、「建設工事の音」、「学校や公園など人の集まっている場所の音」、「近隣・近所の音」騒音れの変数を多変量解析に追加した場合においても、「風車の音が聞こえる」と回答した者の、不眠に対するオッズ比は高かった ($OR=1.7\sim 1.9$ を示した)。また、各追加した生活騒音自体の不眠に対するオッズ比も、「建設工事の音」以外については、オッズ比1.6~2.4倍と高かった。以上のことから、風車が聞こえる状況は、他の生活騒音の影響を考慮しても、不眠と関連があると考えられる。さらに、風車の音が聞こえることと不眠との関連の強さは、他の生活騒音による不眠との関連と比べて、自動車の音や建設工事の音よりは関連性が強い可能性があることが示唆された一方で、工場・事業場の音、学校や公園など人の集まっている場所の音、近隣・近所の音よりかは、関連性が弱い可能性があることを示した。ただし、このような断面調査においては、因果の逆転を考慮する必要があるため、不眠症状がある者が、より夜間の風車音に敏感になっている可能性は否定出来ないため結果の解釈には慎重を期す必要がある。また、不眠症状がある者は、昼間の生活騒音よりも、風車のように夜間に認知される騒音により敏感になっていることが考えられるため、他の生活騒音よりも、より強い関連性が認められた可能性も考えられる。

表 (2) -5 睡眠障害に対する風車の音が聞こえる状況との関連

	OR	SE	P>z	95% CI	
age	1.01	0.01	0.142	1.00	1.02
sex	1.19	0.20	0.315	0.85	1.67
風車の音が聞こえる	1.85	0.37	0.002	1.25	2.74
居住年数					
1 年未満	0.66	0.42	0.515	0.18	2.33
1-3 年	0.94	0.36	0.864	0.44	1.99
3-5 年	1.27	0.47	0.510	0.62	2.61
5-10 年	1.15	0.33	0.638	0.65	2.02
基準：10 年以上	reference				
休日に自宅で過ごす時間					
8 時間未満	reference				
8-10 時間	1.17	0.43	0.666	0.57	2.42
10-12 時間	1.26	0.44	0.507	0.64	2.49
12 時間以上	1.13	0.37	0.719	0.59	2.16
喫煙					
吸わない	reference				
吸っている	0.80	0.20	0.372	0.50	1.30
禁煙した	1.00	0.27	0.988	0.59	1.68
所得のある仕事の有無	1.17	0.21	0.378	0.83	1.66
経済的ゆとり					
ゆとりがある	reference				
ややゆとりがある	0.79	0.28	0.497	0.39	1.57
やや苦しい	0.93	0.32	0.826	0.47	1.84
苦しい	1.82	0.66	0.099	0.89	3.71

表 (2) -6 睡眠障害に対する風車の音が聞こえる状況との関連
その他の生活騒音を調整した検討

	OR	95% CI		P>z
Model 1				
風車の音が聞こえる	1.85	1.25	2.74	0.002
Model 2				
風車の音が聞こえる	1.75	1.18	2.59	0.006
道路の自動車の音	1.53	1.09	2.15	0.014
Model 3				
風車の音が聞こえる	1.70	1.14	2.53	0.009
飛行機の音	1.78	1.11	2.84	0.016
Model 4				
風車の音が聞こえる	1.88	1.27	2.79	0.001
工場・事業場の音	2.21	1.30	3.78	0.004
Model 5				
風車の音が聞こえる	1.84	1.25	2.72	0.002
建設工事の音	1.55	0.97	2.49	0.069
Model 6				
風車の音が聞こえる	1.79	1.21	2.65	0.004
学校や公園など人の集まっている場所の音	2.41	1.28	4.52	0.006
Model 7				
風車の音が聞こえる	1.82	1.23	2.70	0.003
近隣・近所の音	2.39	1.48	3.86	0.000

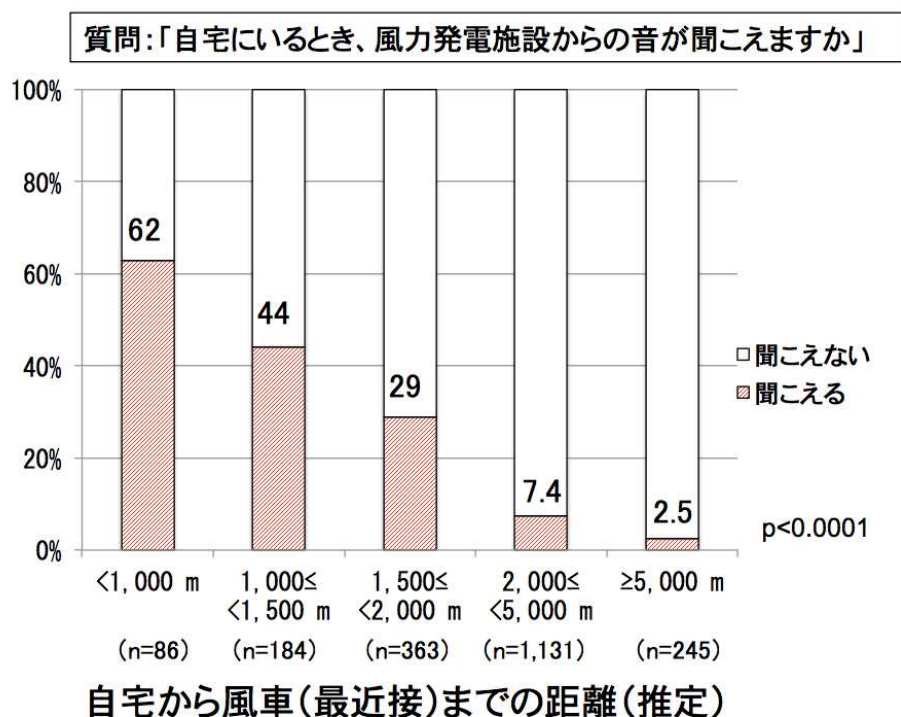
Model 1～7 とともに、性別、年齢、居住年数、休日に自宅で過ごす時間、喫煙、仕事の有無、および経済的状況で調整

本調査により、風車騒音と健康との関連について、疫学的手法による検証可能性を示すことができた。「風車の音が聞こえている」状況は、K6による精神的健康度、主観的健康感、および不眠騒音れに対して関連性を認めた。また、これらの関連性は、K6による精神的健康度、主観的健康感については、他の生活騒音との関連性と同程度であることが確認された。一方で、不眠については、他の生活騒音と不眠との関連性よりも強い関連性がある

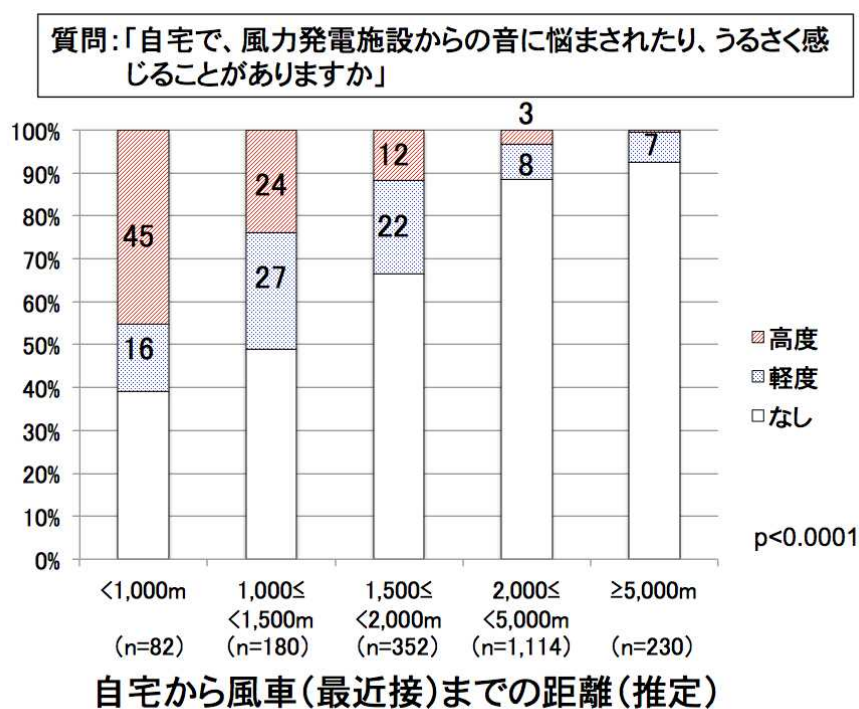
る示唆を得た。さらに、風車による不眠への影響は、距離よりも、風車からの騒音が聞こえるかによって影響される可能性が示唆された。

2) 再調査

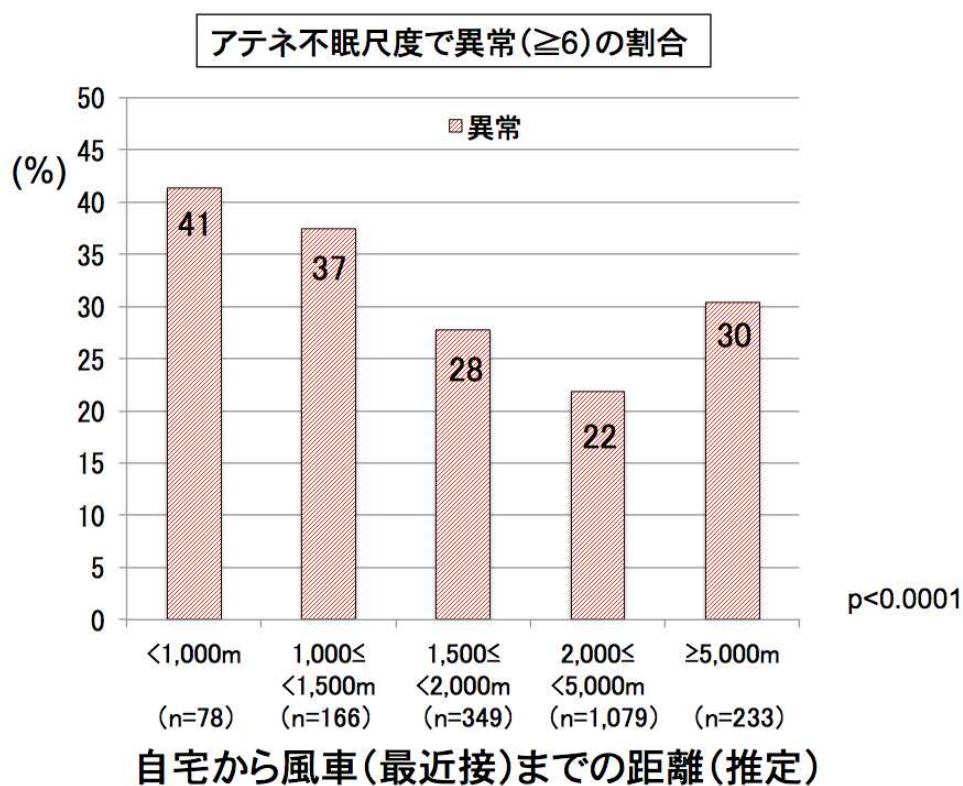
- a 調査の結果、2,593通の回答（回収率28.3%）（初回：1,621/9,163=17.3%）を得た。このうち、性、年齢未記入（75名）、公民館地区未記入（29名）、年齢80歳以上（287名）の計401名を除外対象とした。最終の分析対象者は2,192名（2,192/7,771=28.2%）であった（初回：1,104/9,163=12.0%）。本調査は無記名式を採ったが、記名のあったものは、1,844名（分析対象者の84.1%）であった。
- b 図(2)-1～図(2)-3に、自宅からの風車までの距離（推定）と「聞こえるかどうか」「風車騒音へのアノイアンス」「睡眠障害」の割合をそれぞれ示す。いずれも、距離が近くなればなるほど、それらの割合は統計学的に有意な増大を認めた。



図(2)-1 風車までの距離（推定）と聞こえる割合



図(2)-2 風車までの距離(推定)と風車騒音へのアノイアンスの割合



図(2)-3 風車までの距離(推定)と睡眠障害の割合

- c 表(2)-7 に睡眠障害の有無（アテネ不眠尺度 ≥ 6 点）を目的変数として、単変量ロジスティック回帰分析の結果を示す。

表(2)-7 ロジスティック回帰分析（二変量）：睡眠障害

		睡眠障害（アテネ不眠尺度）			
		n	オッズ比	95%信頼区間	p 値
性別	男性（基準）	1,058	1.00		
	女性	976	1.31	1.08-1.60	0.0070
年齢	1歳増加		1.01	1.004-1.019	0.0013
婚姻状況	配偶者あり（基準）	1,565	1.00		
	死別	147	1.23	0.84-1.78	0.2773
	離別	82	1.81	1.13-2.86	0.0137
	未婚	238	1.03	0.75-1.40	0.864
家族構成	家族と同居（基準）	1,851	1.00		
	一人暮らし	178	1.17	0.83-1.64	0.367
居住年数	1年未満	53	0.68	0.32-1.33	0.273
	1-3年	102	0.68	0.40-1.11	0.126
	3-5年	80	1.13	0.68-1.84	0.624
	5-10年	135	1.07	0.71-1.58	0.732
	10年以上（基準）	1,667	1.00		
自宅で過ごす時間（休日）	8時間未満（基準）	142	1.00		
	8-12時間	278	1.11	0.69-1.79	0.675
	12-16時間	399	1.21	0.78-1.91	0.406
	16時間以上	850	1.19	0.79-1.84	0.402
喫煙	吸わない（基準）	1,488	1.00		
	吸っている	373	0.78	0.59-1.01	0.064
	禁煙した	179	1.00	0.70-1.42	0.984
飲酒	ほぼ毎日飲む	693	0.74	0.59-0.93	0.0089
	週に1回以上	225	0.81	0.58-1.13	0.221
	月に1回以上	127	1.17	0.78-1.73	0.446
	ほとんど飲まない（基準）	993	1.00		
コーヒー	1日2杯以上	616	0.95	0.72-1.26	0.716
	1日1杯	554	0.89	0.67-1.19	0.426
	週に1回以上	303	0.94	0.67-1.31	0.715

睡眠障害（アテネ不眠尺度）					
		n	オッズ比	95%信頼区間	p 値
お茶	月に1回以上	130	1.38	0.90-2.10	0.125
	ほとんど飲まない （基準）	442	1.00		
	1日2杯以上	1,442	1.12	0.73-1.77	0.616
	1日1杯	333	1.17	0.72-1.93	0.529
	週に1回以上	122	0.99	0.55-1.81	0.977
	月に1回以上	27	1.68	0.65-4.13	0.272
所得の有無	ほとんど飲まない （基準）	118	1.00		
	有（基準）	1,425	1.00		
交代勤務・夜勤	無	619	1.44	1.17-1.79	0.0008
	有	183	1.54	1.10-2.13	0.012
騒音職場の有無	無（基準）	1,598	1.00		
	有	272	1.51	1.14-2.00	0.0046
経済的ゆとり	無（基準）	1,501	1.00		
	ゆとりがある（基準）	92	1.00		
	ややゆとりがある	649	0.58	0.35-0.98	0.044
	やや苦しい	893	1.05	0.65-1.73	0.834
疾病との関連	苦しい	353	1.82	1.10-3.08	0.019
高血圧	治療中	734	1.62	1.31-2.02	<0.0001
	既往あり	98	1.57	0.97-2.35	0.059
	罹患なし（基準）	1,015	1.00		
糖尿病	治療中	179	1.70	1.21-2.36	0.0023
	既往あり	34	2.29	1.13-4.57	0.023
	罹患なし（基準）	1,461	1.00		
脳卒中	治療中	33	2.34	1.14-4.69	0.021
	既往あり	13	1.97	0.59-5.94	0.253
	罹患なし（基準）	1,582	1.00		
不整脈	治療中	109	2.48	1.66-3.70	<0.0001
	既往あり	161	1.67	1.16-2.34	0.0054
	罹患なし（基準）	1,408	1.00		
狭心症	治療中	80	3.02	1.90-4.75	<0.0001
	既往あり	39	2.86	1.49-5.42	0.0019

睡眠障害（アテネ不眠尺度）					
		n	オッズ比	95%信頼区間	p 値
心筋梗塞	罹患なし（基準）	1,534	1.00		
	治療中	38	3.24	1.69-6.21	0.0005
	既往あり	14	1.80	0.55-5.24	0.311
	罹患なし（基準）	1,572	1.00		
喘息	治療中	50	2.73	1.54-4.82	0.0008
	既往あり	84	1.07	0.63-1.75	0.797
	罹患なし（基準）	1,494	1.00		
花粉症	治療中	96	2.03	1.30-3.11	0.0019
	既往あり	232	1.46	1.07-1.98	0.018
	罹患なし（基準）	1,326	1.00		
難聴	治療中	42	2.27	1.19-4.22	0.0137
	既往あり	153	1.87	1.31-2.65	0.0007
	罹患なし（基準）	1,443	1.00		
不眠症	治療中	99	11.6	7.42-18.77	<0.0001
	既往あり	147	8.73	6.07-12.70	<0.0001
	罹患なし（基準）	1,411	1.00		
うつ病	治療中	24	6.72	2.93-16.70	<0.0001
	既往あり	55	4.34	2.52-7.56	<0.0001
	罹患なし（基準）	1,544	1.00		
めまい・メニエル	治療中	65	3.15	1.90-5.22	<0.0001
	既往あり	218	2.79	2.07-3.75	<0.0001
	罹患なし（基準）	1,376	1.00		
健康状態（1）	最高によい（基準）	61	1.00		
	とても良い	207	1.98	0.53-12.89	0.3428
	良い	1,102	5.61	1.73-34.39	0.0017
	あまり良くない	506	25.39	7.81-156.80	<0.0001
	良くない	93	56.23	16.10-356.87	<0.0001
	全然良くない	39	85.55	21.46-585.21	<0.0001
健康状態（2）	良い（基準）	1,370	1.00		
	悪い	638	6.37	5.13-7.93	<0.0001
K6（1）	異常	196	9.11	6.61-12.69	<0.0001
	正常（≤8）（基準）	1,673	1.00		

睡眠障害（アテネ不眠尺度）					
		n	オッズ比	95%信頼区間	p 値
K6（2）	異常	494	6.28	4.99-7.91	<0.0001
	正常（≤5）（基準）	1,375	1.00		
アノイアンス					
自動車	無し（基準）	848	1.00		
	軽度	661	1.41	1.11-1.80	0.0054
	高度	480	2.36	1.84-3.04	<0.0001
飛行機	無し（基準）	1,485	1.00		
	軽度	360	1.68	1.30-2.15	<0.0001
	高度	133	2.18	1.50-3.14	<0.0001
工場	無し（基準）	1,591	1.00		
	軽度	276	1.62	1.22-2.12	0.0008
	高度	90	1.87	1.19-2.90	0.0073
建設工事	無し（基準）	1,442	1.00		
	軽度	367	1.57	1.22-2.01	0.0006
	高度	162	1.65	1.16-2.33	0.0059
風車	無し（基準）	1,594	1.00		
	軽度	235	1.79	1.32-2.39	0.0002
	高度	146	4.59	3.24-6.51	<0.0001
学校等	無し（基準）	1,647	1.00		
	軽度	236	1.70	1.26-2.26	0.0005
	高度	86	2.45	1.57-3.80	0.0001
近隣等	無し（基準）	1,474	1.00		
	軽度	396	1.91	1.51-2.44	<0.0001
	高度	97	2.26	1.47-3.44	0.0003
居住環境（自宅）					
自宅が振動する	はい	54	2.02	1.15-3.49	0.015
	いいえ（基準）	1,951	1.00		
風車の影が映る	うつらない（基準）	1,976	1.00		
	庭にうつる	40	2.41	1.27-4.53	0.008
	家の中までうつる	14	3.94	1.36-12.00	0.012
自宅から風力発電が見える	はい	827	1.20	0.98-1.47	0.081
	いいえ（基準）	1,174	1.00		

睡眠障害（アテネ不眠尺度）					
		n	オッズ比	95%信頼区間	p 値
自宅から風力発電の音が聞こえる	聞こえる	320	2.31	1.80-2.96	<0.0001
	聞こえない（基準）	1,718	1.00		
風力発電への態度					
一般的	好ましい（基準）	1,042	1.00		
	どちらでもない	925	1.56	1.27-1.92	<0.0001
	好ましくない	58	3.45	2.01-5.90	<0.0001
設置当時（過去）の気持ち	好ましい（基準）	842	1.00		
	どちらでもない	1,071	1.47	1.19-1.82	0.0003
	好ましくない	91	3.24	2.07-5.06	<0.0001
現在の気持ち（現在）	好ましい（基準）	879	1.00		
	どちらでもない	1,049	1.52	1.23-1.88	<0.0001
	好ましくない	82	4.96	3.12-7.95	<0.0001
景観上の印象	好ましい（基準）	938	1.00		
	どちらでもない	940	1.53	1.24-1.89	<0.0001
	好ましくない	133	2.27	1.54-3.32	<0.0001
騒音ばく露情報との関連					
公民館距離（実測値）	<1,000m	78	2.50	1.54-4.00	0.0002
	1,000≤ <1,500m	166	2.14	1.51-3.02	<0.0001
	1,500≤ <2,000m	349	1.38	1.05-1.82	0.0226
	2,000≤ <5,000m	1,079	1.00		
	≥5,000m	233	1.35	1.00-1.81	0.0494
風車騒音*					
L_{Aeq}	① <20	273	1.26	0.91-1.72	0.156
	② 20-<25（基準）	712	1.00		
	③ 25-<30	517	0.92	0.70-1.21	0.562
	④ 30-<35	257	1.79	1.31-2.43	0.0003
	⑤ 35-<40	146	1.60	1.08-2.34	0.0194
	⑥ >40	0	-		
L_{Ceq}	① <35	381	1.17	0.88-1.56	0.276
	② 35-<40（基準）	710	1.00		
	③ 40-<45	425	0.94	0.70-1.24	0.651
	④ 45-<50	166	2.26	1.58-3.21	<0.0001

睡眠障害（アテネ不眠尺度）					
		n	オッズ比	95%信頼区間	p 値
L_{Geq}	⑤ 50-＜55	223	1.34	0.95-1.87	0.094
	⑥ ＞55	0	-		
	① ＜40	367	1.22	0.90-1.63	0.198
	② 40-＜45（基準）	618	1.00		
	③ 45-＜50	517	0.93	0.70-1.23	0.616
	④ 50-＜55	152	2.33	1.60-3.38	<0.0001
夜間総合騒音 (L_{Aeq})	⑤ 55-＜60	251	1.43	1.03-1.98	0.0340
	⑥ ＞60	0	-		
	① ＜20	0	1.00		
	② 20-＜25	27	0.98	0.38-2.25	0.971
	③ 25-＜30	76	0.75	0.41-1.29	0.309
	④ 30-＜35（基準）	1,006	1.00		
夜間残留騒音 (L_{A95})	⑤ 35-＜40	633	1.12	0.89-1.39	0.332
	⑥ ＞40	163	0.68	0.39-0.92	0.0171
	① ＜20	82	0.87	0.49-1.49	0.632
	② 20-＜25	473	1.04	0.79-1.38	0.772
	③ 25-＜30	669	1.06	0.82-1.38	0.658
	④ 30-＜35（基準）	523	1.00		
夜間低周騒音 (L_{Geq})	⑤ 35-＜40	158	0.95	0.62-1.43	0.812
	⑥ ＞40	0	-		
	① ＜45	0	-		
	② 45-＜50	284	0.77	0.56-1.04	0.091
	③ 50-＜55（基準）	971	1.00	0.96-1.77	0.093
	④ 55-＜60	617	0.73	0.58-0.92	0.0084
風車騒音と 残留騒音の差	⑤ 60-＜65	33	1.24	0.58-2.55	0.563
	⑥ ＞65	0	-		
	5 dB未満（基準）	1,642	1.00		
	5 dB以上	263	1.58	1.20-2.09	0.0015
港の近くかどうか	3 dB未満（基準）	1,479	1.00		
	3 dB以上	426	1.34	1.05-1.69	0.018
	遠い（基準）	1,631	1.00		
	近い	416	1.42	1.12-1.79	0.0040

* ばく露情報である風車騒音レベルの算出は、最近接風車と所属する公民館との距離を、サブテーマ(3)で得られた距離減衰式を用いて行った。

d 多重ロジスティック回帰分析の結果（表(2)-8～表(2)-10）

- i. 「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、モデル b において睡眠障害の有意な増大（オッズ比 2.15）を認めた（表(2)-8）。
- ii. 風車からの距離（推計）（m）との関連では、1,500m 未満に居住している人は、2,000m 以上離れた距離に居住する人に対して、睡眠障害の割合が約 2 倍（オッズ比 2.06）と有意な増大を認めた（モデル b）。また、モデル a において、5,000m 以上で睡眠障害リスクの有意な増大があったが、港の情報で調整すると、有意性は消失し、港に関連する漁船等の騒音の関与が示唆された（表(2)-9）。
- iii. 夜間の風車騒音（ L_{Aeq} ）のばく露指標では、35dB 以上が基準（20～25dB）に対して、睡眠障害の割合がオッズ比 1.5 と有意な増大を認めた（モデル b）（表(2)-10）。
- iv. 風車騒音と残留騒音の差（5dB）では、差が 5dB 以上に居住している人は、5dB 未満に居住している人に対して睡眠障害の割合が約 1.6 倍（オッズ比）と有意な増大を認めた（モデル b）。
- v. 風力発電施設への態度（オッズ比 5 倍前後）が最も強く関連しており、その他には「収入」「交代勤務」が有意に関連していた。
- vi. 「風車音が聞こえない集団」（n=1,813）を対象とした解析では、距離と睡眠障害の割合の間に有意な関連は消失したので、超低周波音（<20Hz）による睡眠障害の可能性は低いと示唆された（表(2)-11）。
- vii. 風車への態度（現在）で好ましいとした集団（n=879）を対象とした解析では、風車からの距離（推計）の違いにより睡眠障害の割合に有意差を認めなかった。

表(2)-8 「自宅から風力発電の音が聞こえる」と睡眠障害

オッズ比(95%信頼区間)								
	n	ケース数 (%)	モデル a	p値	モデル b	p値	モデル c	p値
聞こえない (基準)	1,718	397(23.1)	1.00		1.00		1.00	
聞こえる	320	131(40.9)	2.28(1.77-2.93)	<0.0001	2.15(1.63-2.83)	<0.0001	1.89(1.41-2.52)	<0.0001

モデルa:①性、②年齢で調整

モデルb:モデルaに加えて③婚姻、④収入のある仕事の有無、⑤交代勤務で調整

モデルc:モデルbに加えて⑥風車への態度(現在)、⑦風車の景観で調整

モデルaで有意だった因子は性(1.37)、年齢(1.01)

モデルbで有意だった因子は性(1.29)、年齢(1.01)、仕事の有無(1.34)、交代勤務(1.86)

モデルcで有意だった因子は、性(1.31)、仕事の有無(1.36)、交代勤務(1.88)、現在の気持ち(5.03)

表(2)-9 風車からの距離(推計)と睡眠障害

オッズ比(95%信頼区間)								
	n	ケース数(%)	モデル a	p値	モデル b	p値	モデル c	p値
1,000 m未満	78	32(41.3)	2.43(1.50-3.89)	0.0004	2.36(1.35-4.04)	0.0028	1.93(1.08-3.38)	0.0280
1,000 m～1,500 m	166	62(37.4)	2.11(1.49-2.98)	<0.0001	2.06(1.41-3.00)	0.0003	1.91(1.29-2.83)	0.0018
1,500 m～2,000 m	349	97(27.8)	1.35(1.02-1.79)	0.0336	1.32(0.97-1.79)	0.0820	1.32(0.96-1.80)	0.0859
2,000 m～5,000 m (基準)	1,079	235(21.8)	1.00		1.00		1.00	
5,000 m～	293	80(27.3)	1.38(1.02-1.85)	0.0377	1.25(0.90-1.74)	0.1827	1.24(0.88-1.73)	0.2134

モデルa:①性、②年齢で調整

モデルb:モデルaに加えて③婚姻、④収入のある仕事の有無、⑤交代勤務で調整

モデルc:モデルbに加えて⑥風車への態度(現在)、⑦風車の景観で調整

モデルaで有意だった因子は性(1.36)、年齢(1.01)

モデルbで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.02)、交代勤務(1.93)

モデルcで有意だった因子は性(1.30)、年齢(1.02)、交代勤務(1.94)、現在の気持ち(5.46)

表(2)-10 夜間風車騒音(L_{Aeq})と睡眠障害

オッズ比(95%信頼区間)								
	n	ケース数(%)	モデル a	p値	モデル b	p値	モデル c	p値
① <20 dB(A)	273	76(27.8)	1.24(0.90-1.70)	0.1880	1.20(0.85-1.69)	0.2944	1.21(0.85-1.71)	0.2884
② 20-25(基準)	712	167(23.5)	1.00		1.00		1.00	
③ 25-30	517	114(22.1)	0.91(0.69-1.19)	0.4725	0.84(0.62-1.13)	0.2422	0.83(0.61-1.13)	0.2297
④ 30-35	257	91(35.4)	1.73(1.26-2.36)	0.0007	1.53(1.08-2.13)	0.0153	1.43(1.01-2.03)	0.0462
⑤ 35-40	146	48(32.9)	1.56(1.05-2.29)	0.0272	1.56(1.00-2.38)	0.0489	1.34(0.85-2.08)	0.2094
⑥ >40	0	-						

モデルa:①性、②年齢で調整

モデルb:モデルaに加えて③婚姻、④収入のある仕事の有無、⑤交代勤務で調整

モデルc:モデルbに加えて⑥風車への態度(現在)、⑦風車の景観で調整

モデルaで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.01)

モデルbで有意だった因子は年齢(1.02)、交代勤務(1.92)、収入(1.34)

モデルcで有意だった因子は、年齢(1.01)、交代勤務(1.84)、収入(1.36)、現在の気持ち(5.73)

表(2)-11 風車騒音と残留騒音との差

オッズ比(95%信頼区間)								
	n	ケース数(%)	モデル a	p値	モデル b	p値	モデル c	p値
5 dB未満 (基準)	1,642	406(24.7)	1.00		1.00		1.00	
5 dB以上	263	90(34.2)	1.58(1.20–2.09)	0.0015	1.59(1.16–2.16)	0.0042	1.48(1.06–2.04)	0.020

モデルa:①性、②年齢で調整

モデルb:モデルaに加えて③婚姻、④収入のある仕事の有無、⑤交代勤務で調整

モデルc:モデルbに加えて⑥風車への態度(現在)、⑦風車の景観で調整

(2) 症例対照研究

1) 超低周波音の睡眠への影響

表(2)-12～表(2)-13に、屋内および屋外における超低周波音レベル(G特性等価音圧レベル $L_{Gec, n}$)で2群に分けた場合の睡眠障害のオッズ比および95%信頼区間をそれぞれの表にまとめた。屋外では傾向は見られず、屋内では対象範囲でいずれもオッズ比が1より小さく超低周波音のばく露レベルが高い方が睡眠障害が少ない傾向とも考えられるが、少数例のためのばらつきが大きく、オッズ比に統計的に有意な傾向が見られず、超低周波音レベルによる睡眠障害の影響は認められなかった。

表(2)-12 屋内の超低周波音レベル(G特性)で2群に分けた場合の睡眠障害のオッズ比

屋内	境界レベル(dB)	睡眠障害(人)		オッズ比	95%信頼区間
		あり	なし		
L_{Gec}	> 14	10	10	0	
	≤ 14	3	0		
44	> 45	9	7	0.96	0.16, 30.8
	≤ 45	4	3		
～	> 47	6	6	0.57	0.14, 42.9
	≤ 47	7	4		
55	> 49	3	6	0.20	0.08, 232
	≤ 49	10	4		
dB	> 49	3	6	0.20	0.08, 232
	≤ 49	10	4		

表(2)-13 屋外の超低周波音レベル（G特性）で2群に分けた場合の睡眠障害のオッズ比

屋外	境界レベル（dB）	睡眠障害（人）		オッズ比	95%信頼区間
		あり	なし		
L_{Gcq} 48 ～ 59 dB	>49	6	8	0.21	0.07, 252
	≤49	7	2		
	>51	5	6	0.42	0.13, 63.3
	≤51	8	4		
	>54	3	1	2.70	0.13, 6.52
	≤54	10	9		
	>58	1	1	0.75	0.04, 22.6
	≤58	12	9		

2) 主観的睡眠障害と客観的睡眠評価（睡眠センサー）との関連性

表(2)-14 に、症例対照別に客観的睡眠評価指標の比較を示す。2 群間では、年齢、性、最近接風車からの距離（推計）に有意差は認めなかった。主観的睡眠障害あり群は、なし群に比較して睡眠効率が有意に悪く、最長覚醒ブロック時間、および中途覚醒時間が有意に延長していた。主観的睡眠障害群は、客観的睡眠障害評価においても睡眠の状態が不良であったが、風車稼動時間帯における睡眠状態（Activity Index）は正常群と比較して有意差を認めなかった。

表(2)-14 主観的睡眠障害と客観的睡眠評価指標の比較

	睡眠障害		有意差
	対照（なし）	症例（あり）	
性別	男5：女5	男8：女5	なし
平均年齢	58.5	60.8	なし
最近接風車との距離	1,615	1,483	なし
日中活動レベル	182.8	190.1	なし
仮眠回数	5.26	2.76	なし
睡眠効率（%）	94.8	90.4	$p<0.05$
最長睡眠ブロック（分）	7.36	10.2	なし
中途覚醒（回）	1.16	2.49	なし
最長覚醒ブロック（分）	7.08	14.73	$p<0.05$
睡眠潜時（分）	1.35	2.16	なし

	睡眠障害		有意差
	対照（なし）	症例（あり）	
Activity Index（%）	24.8	30.7	なし
総睡眠時間（分）	371.1	400.1	なし
中途覚醒時間（分）	20.5	46.0	$p<0.01$
睡眠環境照度（Lux）	2.57	17.3	なし
風車稼働中の睡眠時間（分）	278.3	321.4	なし
風車稼働中のActivity Index（%）	26.8	31.9	なし

3) まとめ

疫学的手法（横断研究）により、風車騒音と睡眠障害という健康影響との関連について、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。

- a 自覚的に聞こえることが重要（オッズ比約 2 倍）
- b 距離が近いこと（1,500m 以内）（オッズ比約 2 倍）
- c 風車騒音と残留騒音の差（5dB 以上）（静穏地区の特性）（オッズ比約 1.5 倍）
- d 風力発電施設への態度が強く関連（オッズ比約 5 倍）

また、症例対照研究から、超低周波音（20Hz 未満）による健康影響（睡眠障害）は考えにくいことが示唆された。また、自覚的睡眠障害の有無と客観的検査法（時計式睡眠センサー：アクチグラフ）における睡眠指標において有意な関連を認め、客観的検査法の有用性が確認できた。

4) 本調査の課題

今回の調査における課題は以下の通りである。

- a 調査地区の特性：本調査対象地区は、20 基以上の風力発電施設が島の中心部に位置する鹿児島県出水郡長島町とした。島は南北に長い約 110 km²、中心部が山間部で、島の周辺各地に港がある地形である。風力発電施設は代表的な一基が 2,400 KW で定格風速が 12.5 m/s である。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、500m 以内に近接した住居はなかった。また、この地区は、風力発電施設の導入の際にも大きな反対運動はなく、風力発電施設への態度も約半数は好ましいと回答していた。このことは結果にバイアスをもたらした可能性がある。
- b アンケート調査の回収率（28.3%）：個人情報保護法適用以降、この種の疫学研究での回答率は低下しており、それを反映したものとする。回答者集団と母集団の性、年齢の構成には有意な差を認めなかった。
- c 距離情報：今回は、無記名の調査方式のため最近接風車からの距離（推計）は、対象者が所属する地区公民館の位置とした。そのため、風車騒音のばく露情報として

重要な風車から居住宅までの距離については、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多分に不確実性があると考えなければならない。しかし、回答者の約 8 割で、氏名と住所の記載があったため、最近接風車から所属公民館までの距離と最近接風車から回答者の住居までの距離の平均では、風車から住居までの距離の方が約 200m 遠かった。

- d 距離減衰式から求めた風車騒音の推計値の正確度：本調査では、35 測定点での実測データから距離減衰式を求めた。風力発電施設からの超低周波音・騒音は距離減衰し、距離の対数値との間で直線関係がみられた。超低周波音・騒音は風力発電施設の規模や型式、風速などに影響され、距離減衰は地形等の因子にも影響される。35 測定点での実測値は、距離減衰式から求めた推計値に、超低周波音では標準偏差の約 1.5 倍 (± 4.7 [dB])、騒音では標準偏差の約 1.0 倍 (± 3.8 [dB]) を加えた範囲に入っていた。
- e 疫学研究デザイン（横断研究）：横断研究では騒音ばく露情報等（原因）と健康影響（結果）との因果関係については証明することはできず、リスクファクターの可能性を明らかにするのみである。そのため因果関係を証明するには、縦断研究であるコホート研究が望まれる。しかし、個々の住民の超低周波音・騒音のばく露評価を長期的に行うことは困難である。そのため、超低周波音・騒音の長期ばく露の影響を評価する手段として質問票による横断調査は有用であり、本研究の結果は、他の地区を対象とした横断研究の成果と併せて評価される必要がある。
- f 症例対照研究の対象数：症例対照研究でオッズ比の有意差を検定するためには、十分な人数が必要である。しかし、屋内のそれも夜間の調査に対して了承を得ることは困難であった。現場の調査で住民合意を得る困難さが本調査でも見られた。したがって、本調査の症例対照研究はあくまで予備的な要素が強い。しかし、連続して夜間の屋内の超低周波音・騒音の測定と睡眠の状態を測定した例は少なく、結果は今後の超低周波音・騒音の睡眠への影響についての基礎データとして有効である。

5. 本研究により得られた成果

（１）科学的意義

風力発電施設から発生する騒音（可聴音：聞こえる音）は、下記に示す居住環境等の条件等で長期の健康影響（睡眠障害）のリスクファクターとなる可能性が高いことが示唆された。

- a 風車音として自覚的に聞こえる場合
- b 風車からの住居までの距離が近い場合（1,500m 以内）
- c 風車騒音と残留騒音の差が 5dB 以上の静穏地区の居住している場合
- d 風車騒音へのばく露に関係なく、「風力発電施設への態度」の要因が睡眠障害の発症に関係している。

（２）環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

- 1) 疫学調査により、風力発電施設による騒音と睡眠障害は関連する可能性があるが、風車騒音以外にも睡眠障害に関係する要因がある。風車騒音は超低周波音（20Hz 未満）と騒音（可聴音：20Hz 以上）に分けて検討することが必要である知見を示せた。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) Morimatsu Y, Hara K, Fujino Y, Kubo T, Matsumoto Y, Kushino N, Mori M, Hoshiko M, and Ishitake T. Relationship between exposure to wind turbine noise and subjective and objective sleep disorder in southern part of Japan; a pilot study using new technology in sleep monitoring watch “actigraphy”. 6th International Conference WIND TURBINE NOISE 2015, Glasgow, Scotland 20-23 April 2015.

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

なし

（３）風力発電施設近隣居住者の環境評価

学校法人帝京大学大学院 公衆衛生学研究科

原 邦夫

平成25～27年度累計予算額：26,186千円（うち平成27年度：9,071千円）

予算額は、間接経費を含む。

〔要旨〕

風力発電施設が島の中心部に位置する鹿児島県出水郡長島町内において、総合騒音、残留騒音および風力発電施設が発する風車騒音を調査し、風力発電施設の周辺地域における超低周波音・騒音のばく露量を推計した。総合騒音および残留騒音の調査は、島内の地区ごとに設置されている公民館、集会施設57か所および他施設3か所のうち、本島を中心とした47か所で実施した。1か所あたり24時間の連続測定し、昼夜間別のばく露レベルを求めた。複数の地点で季節ごとの調査を実施し、季節変動を確認することで、地区ごとの年間の平均ばく露レベルを求めた。調査結果より、長島町は、島全体で静穏な地域であり、季節変動も少なかった。幹線道路沿道の調査地点では、道路交通騒音の影響により等価騒音レベルが多少大きくなる傾向があるが、交通量が少ないことから、多くの時間は残留騒音でばく露していると考えられる。主に漁港の多い島の北部で、超低周波音成分の評価量であるG特性等価音圧レベルが大きい傾向が見られた。風車騒音の調査は、音源特性の把握を目的として風力発電施設が見通せる9か所で連続4日間実施した。そのうち有効であった5か所の調査結果と、総合騒音および残留騒音の調査地点のうち9地点（四季調査でのべ17か所）で得られた風車騒音の観測データをまとめ、風車騒音の距離減衰傾向を検討した。橘氏らの先行研究の調査結果を参考として、本研究調査で約2,000 mまで風車騒音が聴取された結果を考慮し、長島町における風車騒音の距離減衰式を求めた。風力発電施設から各公民館、集会施設および他施設の距離から、各地域における風車騒音のばく露レベルを算出した。

風力発電施設周辺地域における住民の睡眠状況を調査した症例対照研究に関して、被験者の超低周波音・騒音のばく露状況を調査した。風力発電施設から約1,000 m離れた長島町内N地区の被験者23名の居住者の屋内外において、就寝する夜間の時間帯を対象に3～4日間の風車騒音を含む総合騒音および残留騒音の調査を実施した。調査結果より、風車の稼働に伴う音圧レベルの変化は観測されなかった。G特性等価音圧レベルは、屋内外で差が小さかった。また、風車騒音の距離減衰式から求めたN地区のレベルと近い値であった。屋内における総合騒音の等価騒音レベルは、幹線道路からの距離との対応が見られたが、残留騒音では、その対応が見られず、夜間は特に少ないことから、多くの時間は残留騒音でばく露されていると考えられる。

この調査結果は、サブテーマ（2）の超低周波音・騒音のばく露データとして用いた。

〔キーワード〕

風力発電施設、超低周波音、総合騒音、残留騒音、睡眠障害

1. はじめに

風力発電施設が発する超低周波音・騒音が実際に我々の健康へ影響を及ぼすかどうかについて、現時点ではまだ科学的には必ずしも明確になっておらず、風力発電施設が発生する超

低周波音・騒音の住民のばく露レベルと健康影響の関係を調査することは重要である。健康影響を評価するための質問票調査に必要な個人の超低周波音・騒音のばく露レベルをできるだけ厳密に評価することが、健康影響の厳密な評価に不可欠である。

2. 研究開発目的

風力発電施設が島の中心部に位置する鹿児島県出水郡長島町内において、総合騒音、残留騒音（本報告では、JIS Z8731の定義とは異なり、95%時間率騒音レベルとして自動車等の一過性の特定騒音のみを除外した騒音を意味する）および風力発電施設が発する風車騒音を調査し、風力発電施設の周辺地域における超低周波音・騒音のばく露レベルを推計した。

風力発電施設から約1,000 m離れたN地区で行った症例対照研究について、被験者居住宅の屋内外における夜間の超低周波音・騒音を調査し、超低周波音・騒音のばく露レベルを求めた。

これらの調査結果は、サブテーマ(2)の超低周波音・騒音のばく露データとして用いた。

3. 研究開発方法

(1) 総合騒音および残留騒音の実測調査

長島町内の公民館、集会施設57か所および他施設3か所のうち、本島を中心に町内47か所、のべ72地点において平成26年度の四季の4回（8月5・6日、11月25・26日、2月2・3日、3月23・24日）にわたり、24時間の連続測定を実施した。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。調査地点は、公民館の敷地内としたが、総合騒音および残留騒音を測定するにあたって相応しくない場合はその近くとした。測定現場で録音した音圧信号を分析し、A特性、C特性およびG特性周波数重み付け音圧レベル（ L_A 、 L_C 、 L_G ）、および周波数分析として1/3オクターブバンド音圧レベルを50 ms毎に求めた。レベル波形を確認し、総合騒音および残留騒音として相応しくない区間については、録音記録の聴取により確認する方法でその区間のレベル記録を削除した。削除の対象とした音は、その地域を代表としない音であり、生活音、緊急車両、防災行政無線、マイクロホン近くで鳴く鳥の鳴き声、犬の鳴き声などである。1時間ごとの等価音圧レベル、時間率音圧レベルを求めた後に、等価音圧レベルは、エネルギー平均、時間率音圧レベルは、算術平均を用いて昼間（6時から22時）、夜間（22時から翌6時）のそれぞれの音圧レベルを求めた。ただし、 L_A および L_C の評価量を求めるにあたり、虫の音および鳥の鳴き声の影響を除外するために1 kHz（1/3オクターブバンド）のローパス処理を行った。なお、評価対象とした地区で、測定を行わなかった地区については、最近接となる公民館および集会施設の測定データで補間した。

(2) 風力発電施設が発する風車騒音の実測調査および距離減衰曲線の算出

風力発電施設が発する風車騒音の音源特性の把握を目的として、長島町内の風力発電施設が見通せる9か所で、平成26年2月10日～2月14日にかけて約4日間の連続測定を行った。調査地点は、風車までの水平距離が337m～1,485mのA地域で5か所、944m～1,766mのB地域で4か所とした。現地の風速データを参考にして、録音データの聴取から、風力発電風車がほぼ定格

で安定して回転していると判断された2月12日（水）の22：00～2月13日（木）の6：00までを分析対象時間とした。また、（1）の総合騒音および残留騒音の実測調査で、風車までの水平距離が730 m～2,061 mの範囲の9地点のべ17か所でも風車騒音が聴取されたため、分析対象とした。測定方法および分析方法は、（1）と同様であるが、道路交通騒音の寄与が少ない、主に夜間の時間帯において、毎時10分間程度安定して風車騒音が聴取された時間を対象とした。風車騒音以外の暗騒音を削除し、10分間の時間平均音圧レベルを求め、風車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の等価騒音レベル $L_{Aeq, WTN}$ 、C特性等価音圧レベル $L_{Ceq, WTN}$ 、G特性等価音圧レベル $L_{Geq, WTN}$ 、および1/3オクターブバンド音圧レベルを求めた。ただし、虫の音の影響を除外するために L_A および L_C の評価量を求めるにあたり、1 kHz（1/3オクターブバンド）以下のローパス処理を行った。これらの調査結果と、先行研究で同地域の測定結果を併せた計35地点から風車騒音の $L_{Aeq, WTN}$ 、 $L_{Ceq, WTN}$ および $L_{Geq, WTN}$ の距離減衰曲線と周波数特性を求めた。

（3） 夜間睡眠時の居住宅の屋内外における超低周波音・騒音レベル調査

風力発電施設の近隣居住宅において、超低周波音・騒音の疫学調査のうち風力発電施設が発する風車騒音の超低周波音・騒音と睡眠障害の関連性を検討した症例対照研究に並行して、睡眠時の超低周波音・騒音を調査した。平成27年8月24日～9月6日にかけて、風力発電施設から約1,000 m離れた長島町内N地区の被験者23名の居住宅において、就寝する夜間の時間帯を対象に3～4日間にわたって屋内外の風車騒音を含む総合騒音および残留騒音の調査を実施した。分析方法は、（1）の総合騒音および残留騒音を求める方法と同様に行った。1日ごとの夜間（22時から6時）の $L_{Geq, n}$ および $L_{Aeq, n}$ を求め、調査期間全体でエネルギー平均し、被験者ごとのばく露レベルを算出した。

4． 結果及び考察

（1） 総合騒音および残留騒音の実測調査

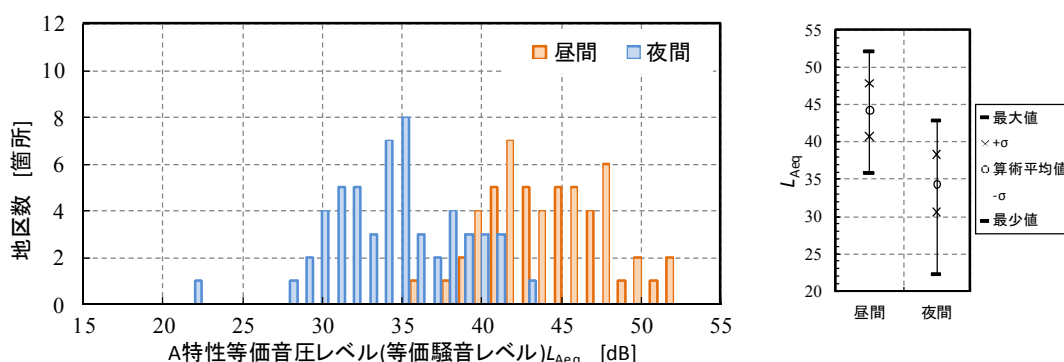
55地点の総合騒音および残留騒音の調査結果を図(3)-1～4に示す。図(3)-1は等価騒音レベルの調査結果（総合騒音）、図(3)-2は95%時間率騒音レベルの調査結果（残留騒音）、図(3)-3はC特性等価音圧レベルの調査結果（総合騒音）、図(3)-4はG特性等価音圧レベルの調査結果（総合騒音）を示す。なお、総合騒音および残留騒音は風車稼働時の風車騒音も含まれているが、最近接風力発電施設まで約700m離れており、風車騒音を含むか含まないにかかわらず大きな影響を受けなかった。総合騒音の等価騒音レベル L_{Aeq} の平均および標準偏差（範囲）は、昼間で 44.3 ± 3.7 （35.8～52.2）[dB]、夜間で 34.4 ± 3.9 （22.3～42.8）[dB]であった。同様に、残留騒音とした95%時間率騒音レベル L_{A95} の平均および標準偏差（範囲）が昼間で 31.0 ± 3.5 （23.7～38.7）[dB]、夜間で 27.3 ± 4.7 （18.1～36.2）[dB]であった。等価騒音レベルの昼間と夜間の差は10dB程度であった。これは道路交通騒音の影響が大きいと考えられた。等価騒音レベルの昼間と95%時間率騒音レベルの昼間の差は10dB程度であった。これは交通量が少なく、多くの時間は残留騒音レベルでばく露されていたと考えられた。95%時間率騒音レベルは、昼間31.0dB、夜間27.3dBであり、静穏な地域であった。総合騒音の等価騒音レベルが大きい地域は、幹線道路に近いところであった。総合騒音の夜間の等価騒音レベルが大きい

場所には、漁港近くで、船舶のエンジン音が長時間聴取された場所も含まれた。

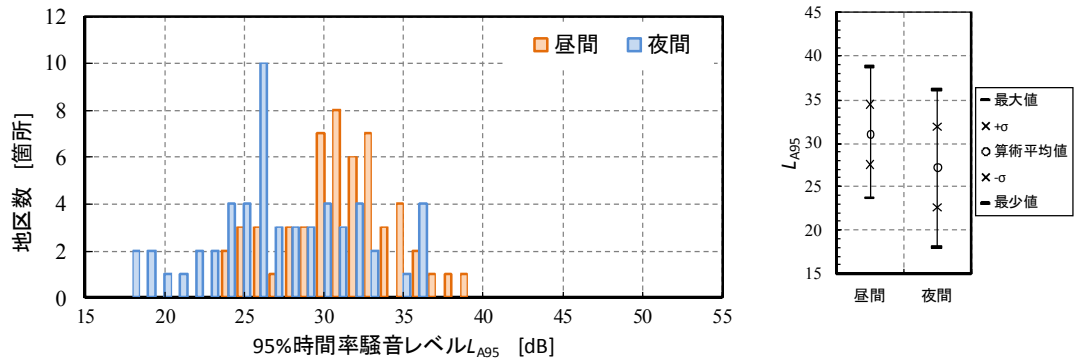
総合騒音のC特性音圧レベル L_{Ceq} の平均および標準偏差（範囲）は、昼間で 58.8 ± 3.9 (51.4～69.2) [dB]、夜間で 49.8 ± 4.2 (43.1～58.9) [dB]であった。また、G特性音圧レベル L_{Geq} の平均および標準偏差（範囲）は、昼間で 61.0 ± 3.5 (53.2～70.4) [dB]、夜間で 53.4 ± 3.2 (46.6～60.8) [dB]であった。C特性等価音圧レベル、G特性音圧レベルは、夜間より昼間が大きかった。これは道路交通騒音の影響と考えられた。G特性音圧レベルは昼間および夜間を問わず、等価騒音レベル、C特性音圧レベルより大きかった。尚、漁港にある公民館では、船舶のエンジン音の影響が大きいと考えられた。

17か所で得られた風車騒音について、1/3オクターブバンド周波数分析結果を図(3)-5に示す。図中にMoorhouseらによって提案された限界曲線が示されているが、20Hz未満の超低周波域では、大きく下回っており、感覚閾値以下であった。しかし、50Hz以上では、ISO389-7:2005に規定されている純音聴覚閾値を越えており、聞こえる可能性がある。図(3)-6には、風車距離が730m、1,020m、2,061mの地点の周波数分析結果を示す。音圧レベルの時間変動波形を目視で確認し、風車の回転に伴う周期的なレベル変動が見られた箇所について、実際に録音記録を耳で聴取し、いずれの地点でも風車騒音を確認した。Moorhouseらによって提案された限界曲線によると160Hz以下では感覚閾値以下であるが、100Hz以上でISO389-7:2005に規定されている純音聴覚閾値を越えていた。これまで風車騒音は、1,500m程度までは聞こえるといわれていたが、今回、2,000m付近でも、夜間静穏な地域では、風車騒音が聞こえている可能性が測定により明らかになった。

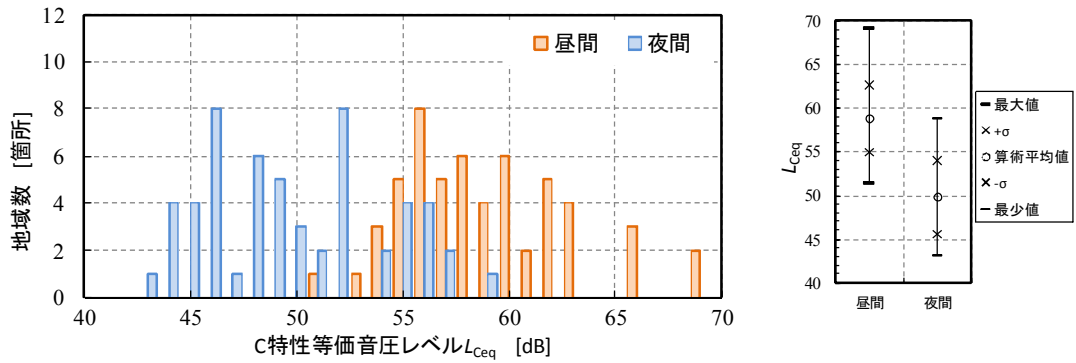
また、季節変動では、4回測定できた7か所での総合騒音の等価騒音レベル L_{Aeq} の測定結果の変動幅の平均（範囲）は、昼間は1.8 (0.7～3.5) [dB]、夜間は2.4 (0.6～5.1) [dB]であった。4回測定できた6か所での残留騒音とした95%時間率騒音レベル L_{A95} の測定結果の変動幅の平均（範囲）は、昼間は2.01 (0.8～4.2) [dB]、夜間は2.9 (1.3～6.1) [dB]であった。4回測定できた7か所での超低周波音の音圧レベル L_{Geq} の測定結果の平均および標準偏差（範囲）は、昼間は1.7 (0.5～2.9) [dB]、夜間は2.2 (0.9～4.5) [dB]、であった。これらの四季調査結果より、この地区における季節変動は少ないことがわかった。



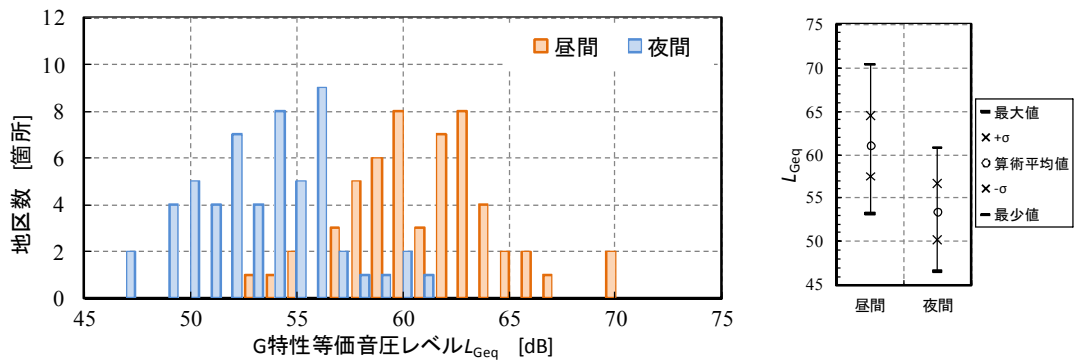
図(3)-1 等価騒音レベルの調査結果（総合騒音）



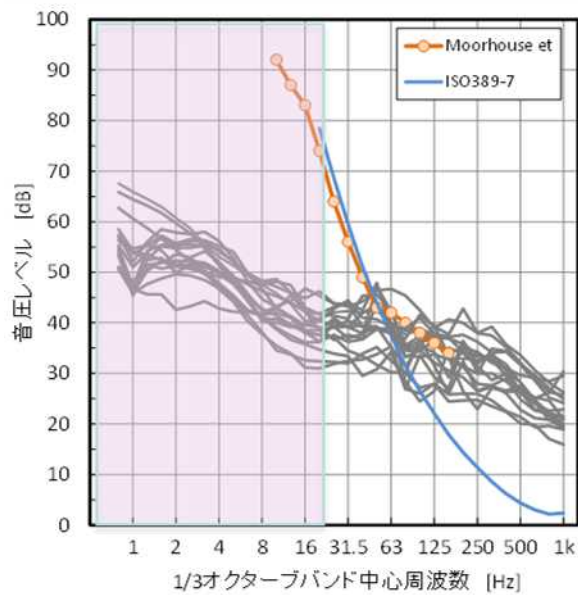
図(3)-2 95%時間率騒音レベルの調査結果 (残留騒音)



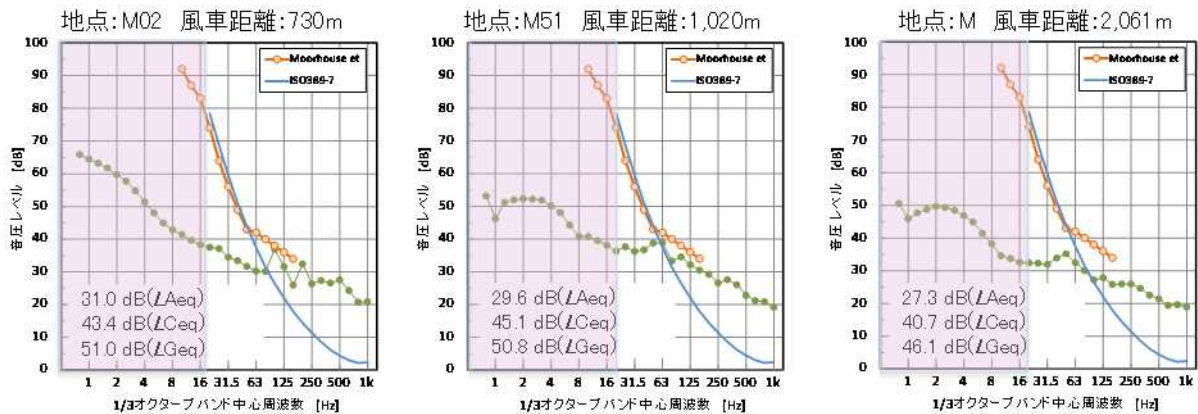
図(3)-3 C特性等価音圧レベルの調査結果 (総合騒音)



図(3)-4 G特性等価音圧レベルの調査結果 (総合騒音)



図(3)-5 風車騒音の周波数分析（公民館位置における調査結果（全調査結果））



図(3)-6 風車騒音の周波数分析（風車距離が730m、1,020m、2,061mの地点）

（2） 風力発電施設が発する風車騒音の実測調査および距離減衰曲線の算出

風力発電施設からの超低周波音・騒音レベルの距離減衰曲線、および町内のばく露レベルの分布が得られた。図(3)-7～9に風車騒音の各種レベルの距離減衰の特性を示す。風車騒音の各種レベルの回帰式を以下に示す。距離の対数値と音圧レベルの間には、統計的に有意な負の相関関係がみられ、ほとんどのプロット値が回帰式から1標準偏差以内に含まれていた。

風車騒音レベル（n=35）は、

$$L_{Aeq,WTN}(d) = -20.9 \log_{10} d + 96.7 \quad \cdots (1)$$

標準偏差は3.78であり、すべての実測値は、おおよそ $\pm 1\sigma$ の範囲に分布する。

C特性音圧レベル（n=35）は、

$$L_{Ceq,WTN}(d) = -22.0 \log_{10} d + 114.6 \quad \cdots (2)$$

標準偏差は4.47であり、すべての実測値は、おおよそ $\pm 1.5\sigma$ の範囲に分布する。

G特性音圧レベル（n=35）は、

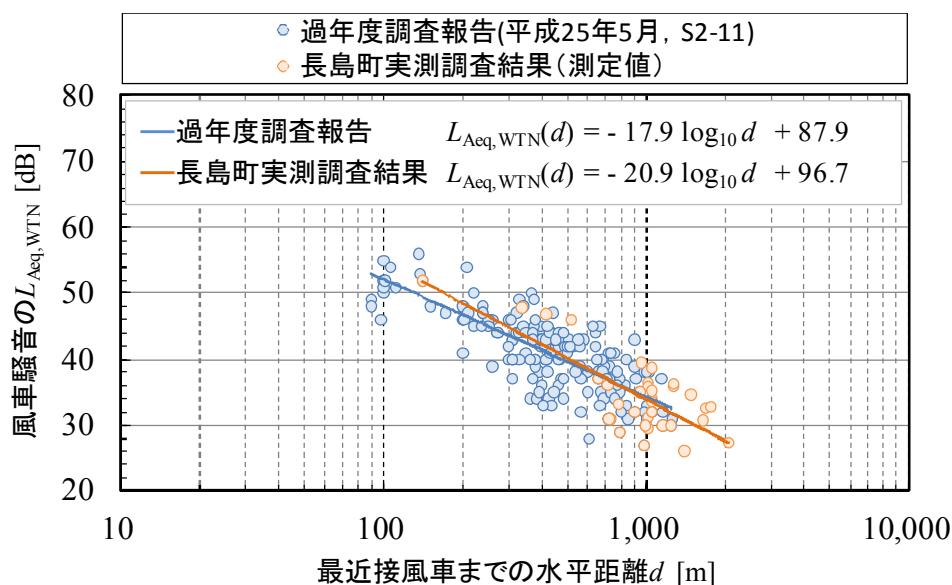
$$L_{Geq,WTN}(d) = -23.0 \log_{10} d + 123.5 \quad \cdots (3)$$

標準偏差は4.43であり、すべての実測値は、おおよそ $\pm 1.5\sigma$ の範囲に分布する。

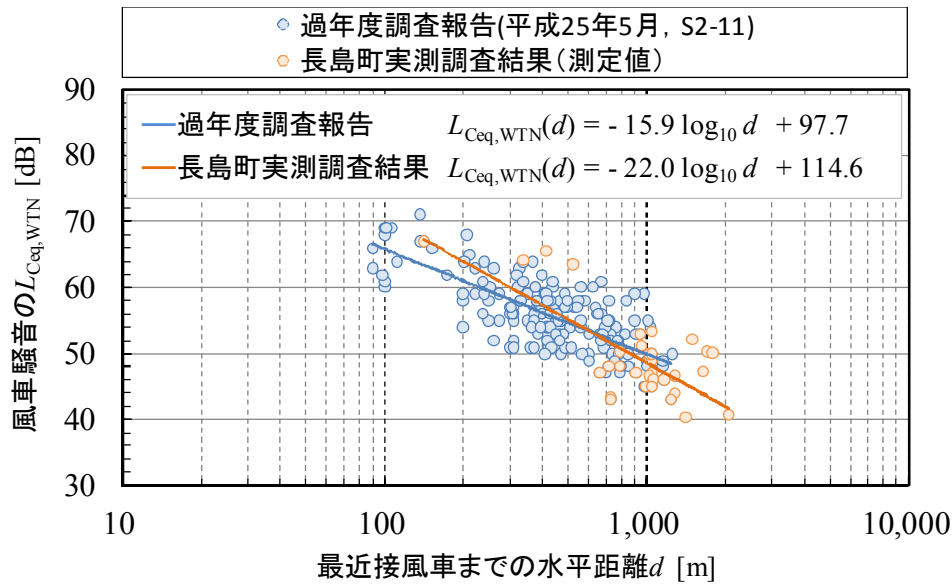
ここに d は、調査地点から最近接風車までの距離を示す。

低周波音のレベルを示す $L_{Geq,WTN}$ は、距離減衰曲線から推定すると100m離れると80 dB以下になり、G特性音圧レベルの感覚閾値以下になることが推定される。実際の測定結果からも全ての公民館位置でG特性音圧レベルは感覚閾値以下であった。また、 $L_{Aeq,WTN}$ は最近接の風力発電施設から1,500m離れると約30 dB、2,000m離れると約28 dB、2,500m離れると約25 dB、3,000m離れると24 dBとなることが推定された。

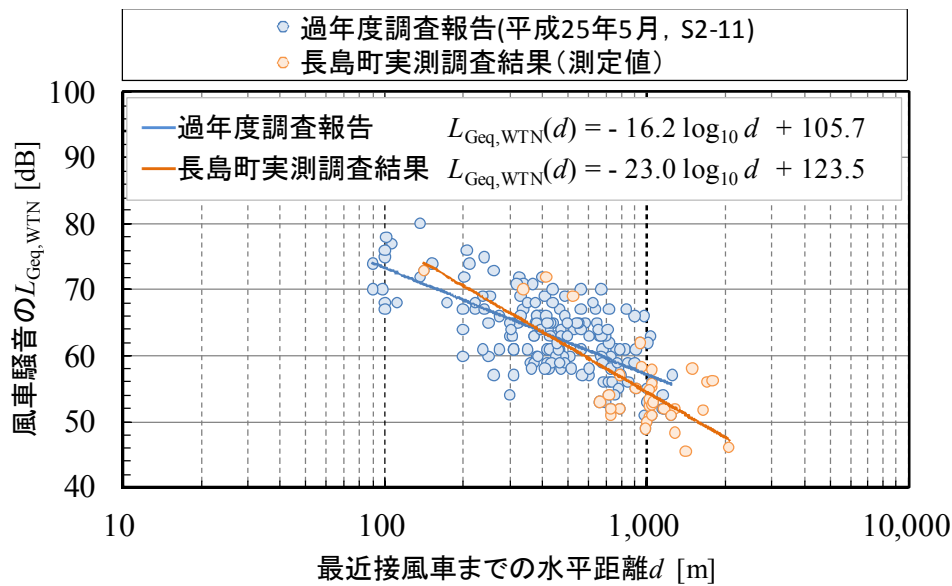
以上の結果は、橘氏らのデータから求めた距離減衰傾向²⁾が妥当なものであることを示したもので、橘氏らのデータから求めた式を用いることで、超低周波音・騒音の疫学調査としての「居住環境に関する健康調査」（アンケート調査）の各住民の推定の超低周波音・騒音のばく露レベルに反映された。



図(3)-7 風車騒音の $L_{Aeq,WTN}$ の距離減衰特性

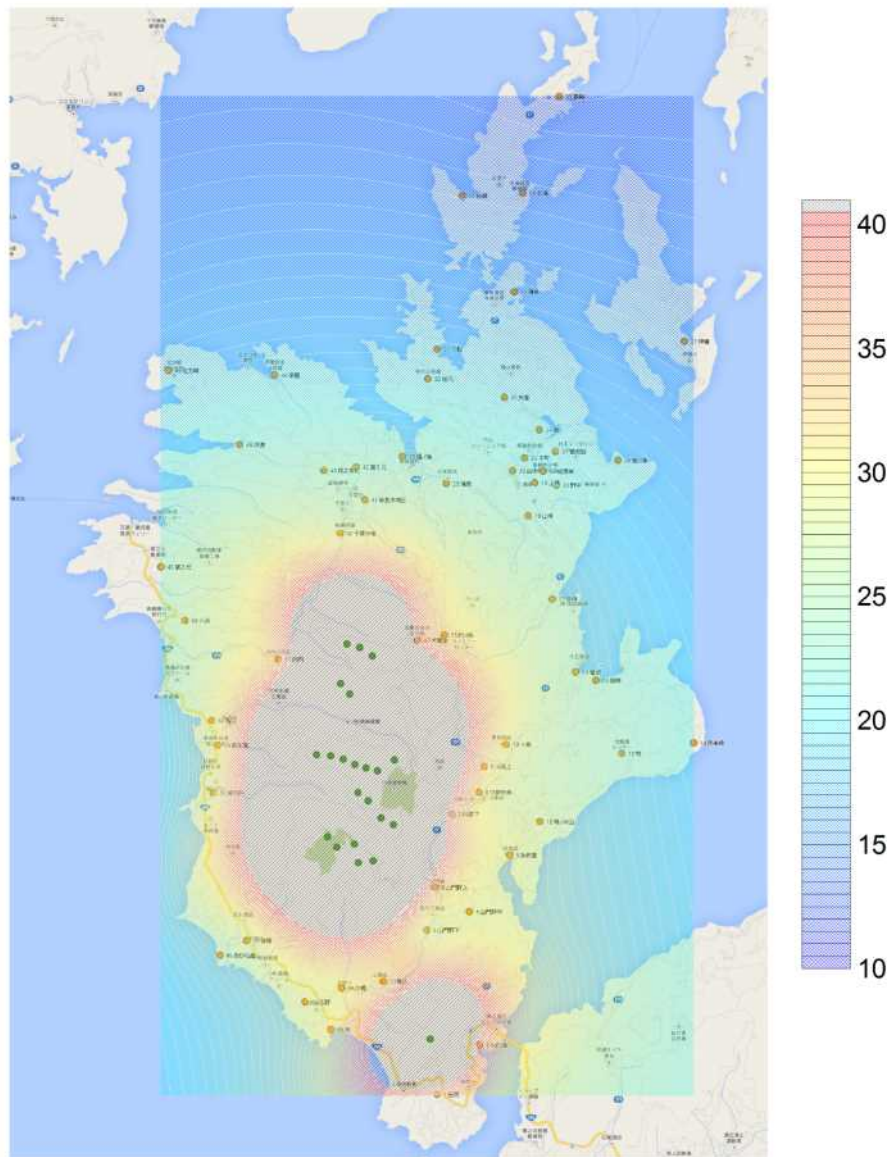


図(3)-8 風車騒音の $L_{Ceq,WTN}$ の距離減衰特性



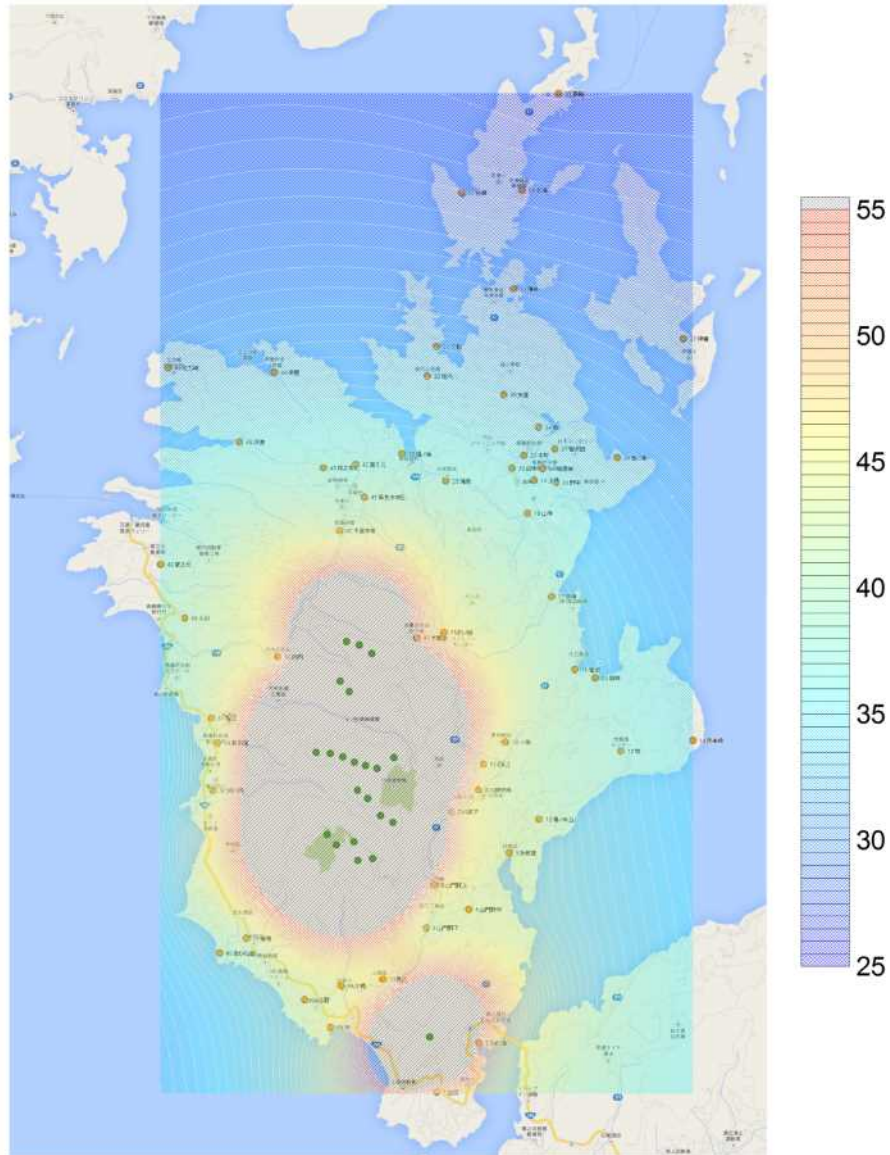
図(3)-9 風車騒音の $L_{Geq,WTN}$ の距離減衰特性

図(3)-10～12は風車騒音のレベル分布を示す。ただし、各公民館位置における風車騒音レベルの推計最大値以上の地点については図示していない。図(3)-10は、公民館位置における風車騒音レベルの推計値 $L_{Aeq,WTN}$ を示し、最大値が39.5dBであった。図(3)-11は、公民館位置における風車騒音レベルの推計値 $L_{Ceq,WTN}$ を示し、最大値が53.4dBであった。図(3)-12は、公民館位置における風車騒音レベルの推計値 $L_{Geq,WTN}$ を示し、最大値が58.2dBであった。



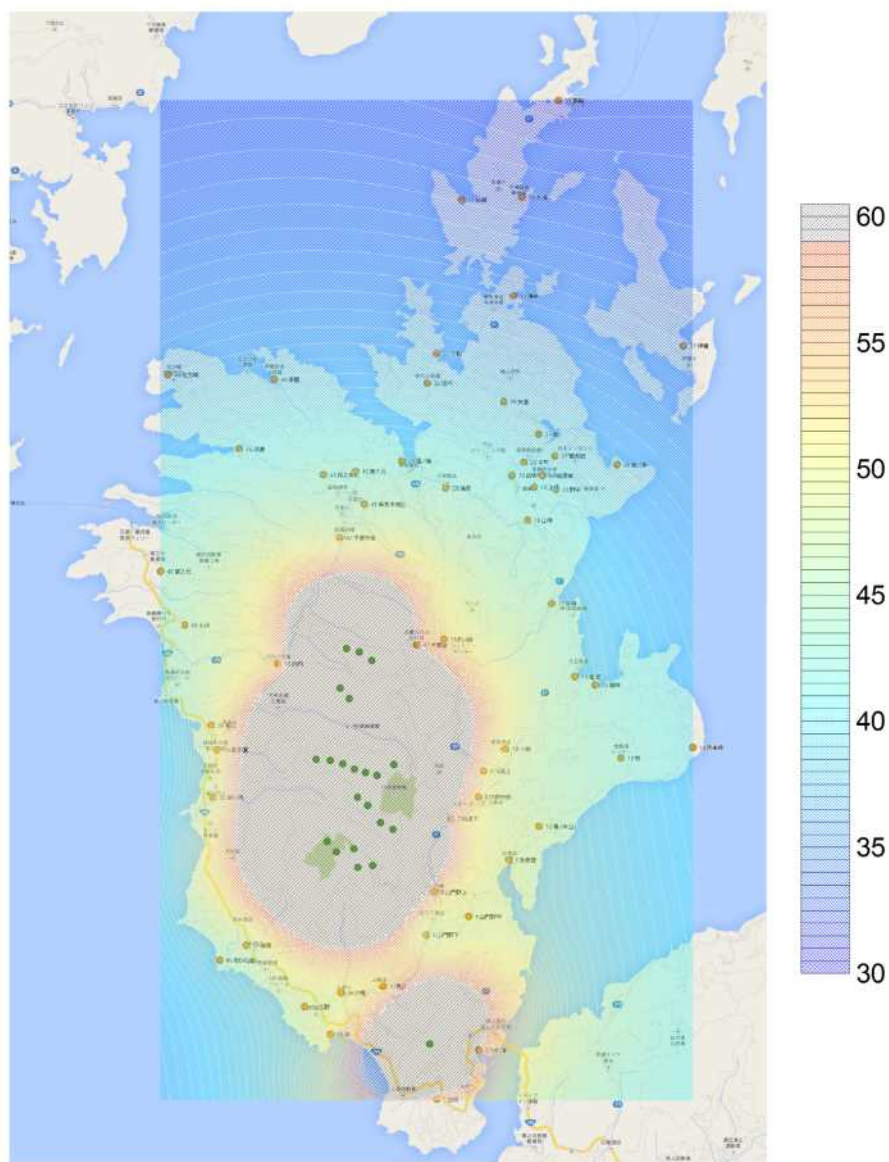
図(3)-10 風車騒音の $L_{Aeq,WTN}$ のレベル分布

公民館位置における風車騒音レベルの推計値 $L_{\text{Ceq, WTN}}$ の最大値が53.4dBであり、レベルがそれ以上の地点については、図示していない。（風車付近の黒線の網掛け）



図(3)-11 風車騒音の $L_{\text{Ceq, WTN}}$ のレベル分布

公民館位置における風車騒音レベルの推計値 $L_{\text{Geq, WTN}}$ の最大値が58.2dBであり、レベルがそれ以上の地点については、図示していない。（風車付近の黒線の網掛け）



図(3)-12 風車騒音の $L_{\text{Geq, WTN}}$ のレベル分布

(3) 夜間睡眠時の居住宅の屋内外における超低周波音・騒音レベル調査

夜間睡眠時の居住宅の屋内外の超低周波音・騒音レベル調査では、N地区の住民が住む15居住宅で屋内外の超低周波音・騒音レベルを測定した（うち屋内調査は13戸）。表(3)-1～4に、屋内外の総合騒音の超低周波音レベル（G特性等価音圧レベル $L_{\text{Geq, n}}$ ）および騒音レベル（等価騒音レベル $L_{\text{Aeq, n}}$ ）の測定結果を示す。 $L_{\text{Geq, n}}$ は、屋内で44～55 dB、屋外で48～59 dBであった。屋内外音圧レベル差は最大で7 dB程度であり、超低周波音域で窓および壁の遮音効果は少なかった。

$L_{Aeq,n}$ は、屋内で16～32 dB、屋外で30～51 dBであった。屋内外音圧レベル差は4～24 dBであり、ばらついていた。

表(3)-1 屋内における等価騒音レベル $L_{Geq,n}$ の調査結果

被験者 番号	2015年8月								2015年9月			平均値	備考
	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日	1日	2日	3日		
1	62.2	50.0	50.9									50	台風
2	60.0	48.5	48.1									48	台風
3	57.4	46.5	52.8									51	台風
4	57.4	46.5	52.8									51	台風
5				43.9	47.4	45.5						46	
6				43.9	47.4	45.5						46	
7	63.5	42.2	46.8									45	
8	63.5	42.2	46.8									45	
9				50.9	49.6	53.4						52	
10				44.7	43.8	46.2	50.3					47	
11				49.9	48.8	50.9	54.5					52	
12	59.1		47.0	46.5								47	台風
13							55.6	51.7	47.0			53	
14								54.4	53.7	54.3		54	
15								—	—	—			当日不参加
16								54.4	53.7	54.3		54	
17	67.7	43.7	48.1				54.4					44	台風、除湿機
18	67.7	43.7	48.1				54.4					44	台風、除湿機
19	67.7	43.7	48.1				54.4					44	台風、除湿機
20							51.7	49.7	43.6			49	
21							51.7	49.7	43.6			49	
22	67.2		48.5									49	
23		44.4	46.3	45.3		42.4						45	
24		44.4	46.3	45.3		42.4						45	
25				49.9	48.8	50.9	54.5					52	

斜体は、測定条件として特異な日であったため平均計算から除外した。

下線は、ハウスフィルタを用いて屋外の調査結果から推計した音圧レベル

表(3)-2 屋外における等価騒音レベル $L_{\text{Geq},n}$ の調査結果

被験者 番号	2015年8月								2015年9月			平均値	備考
	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日	1日	2日	3日		
1		55.1	54.2									55	
2		50.5	49.9									50	
3		50.5	49.9									50	
4		50.5	49.9									50	
5				48.4	48.4	49.4						49	
6				48.4	48.4	49.4						49	
7		48.1	49.9									49	
8		48.1	49.9									49	
9				50.9	49.6	53.4						52	
10				50.9	49.6	53.4						52	
11				48.7	48.4	54.5						52	
12		46.5	49.7	47.2								48	
13							55.6	51.7	47.0			53	
14								57.7	59.3	60.7		59	
15								-	-	-			当日不参加
16								57.7	59.3	60.7		59	
17		47.9	49.2									48	除湿機
18		47.9	49.2									48	除湿機
19		47.9	49.2									48	除湿機
20							49.3	51.1	46.3			49	
21							49.3	51.1	46.3			49	
22		55.1	54.2									55	
23		51.1	51.6	53.1								52	
24		51.1	51.6	53.1								52	
25				48.7	48.4	54.5						52	

斜体は、測定条件として特異な日であったため平均計算から除外した。

表(3)-3 屋内における等価騒音レベル $L_{\text{Aeq},n}$ の調査結果

被験者 番号	2015年8月								2015年9月			平均値	備考
	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日	1日	2日	3日		
1	35.8	27.2	33.9									32	台風
2	38.0	28.9	28.0									28	台風
3	33.2	22.1	27.5									26	台風
4	33.2	22.1	27.5									26	台風
5				17.7	22.8	20.2						21	
6				17.7	22.8	20.2						21	
7	35.1	18.3	21.2									20	
8	35.1	18.3	21.2									20	
9				15.0	12.7	19.5						17	
10				28.9	26.6	25.4	28.6					28	
11				27.7	28.3	30.0	35.0					31	
12	31.0		15.8	16.3								16	台風
13							17.7	20.2	16.9			19	
14								26.6	27.5	25.2		27	
15								-	-	-			当日不参加
16								26.6	27.5	25.2		27	
17	41.2	17.3	30.5				27.1					17	台風、除湿機
18	41.2	17.3	30.5				27.1					17	台風、除湿機
19	41.2	17.3	30.5				27.1					17	台風、除湿機
20							21.0	18.7	16.9			19	
21							21.0	18.7	16.9			19	
22	49.1		30.7									31	
23		22.9	23.1	18.6		19.5						21	
24		22.9	23.1	18.6		19.5						21	
25				27.7	28.3	30.0	35.0					31	

斜体は、測定条件として特異な日であったため平均計算から除外した。

下線は、ハウスフィルタを用いて屋外の調査結果から推計した音圧レベル

表(3)-4 屋外における等価騒音レベル $L_{Aeq, n}$ の調査結果

被験者 番号	2015年8月								2015年9月			平均値	備考
	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日	1日	2日	3日		
1		43.2	41.4									42	
2		36.5	36.2									36	
3		36.5	36.2									36	
4		36.5	36.2									36	
5				34.0	31.9	31.2						33	
6				34.0	31.9	31.2						33	
7		34.1	34.3									34	
8		34.1	34.3									34	
9				30.3	27.7	35.3						32	
10				30.3	27.7	35.3						32	
11				35.6	35.9	38.1						37	
12		30.9	30.8	29.2								30	
13							33.6	36.4	33.5			35	
14								51.8	49.7	49.8		51	
15								-	-	-			当日不参加
16								51.8	49.7	49.8		51	
17		36.2	35.9									36	除湿機
18		36.2	35.9									36	除湿機
19		36.2	35.9									36	除湿機
20							26.6	32.2	29.5			30	
21							26.6	32.2	29.5			30	
22		43.2	41.4									42	
23		32.9	32.2	33.3								33	
24		32.9	32.2	33.3								33	
25				35.6	35.9	38.1						37	

斜体は、測定条件として特異な日であったため平均計算から除外した。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

漁港の多い北東部を含む地域で、風力発電施設が島の中心部に位置する鹿児島県出水郡長島町での最近接風力発電施設から約700m～約11,000m離れた47地点での測定結果から、総合騒音の音圧レベル L_{Aeq} が昼間で36～52 dB、夜間で22～43 dB、残留騒音の音圧レベル L_{A95} が昼間で24～39 dB、夜間で18～36 dB、であるような総合騒音レベルおよび残留騒音が低い静穏な地域で、風力発電施設が発する超低周波音・騒音のばく露レベルを測定し、最近接風力発電施設から2,061 m離れた地点でも夜間に騒音として聞こえている場合がみられた。一方、20 Hz以下の超低周波音レベル $L_{G_{eq, WTN}}$ は46～73 dBでG特性音圧レベルの感覚閾値以下であった。風力発電施設が発する騒音の等価騒音レベル ($L_{Aeq, WTN}$)、C特性等価音圧レベル ($L_{C_{eq, WTN}}$) およびG特性等価音圧レベル ($L_{G_{eq, WTN}}$) はいずれも、距離の対数に比例して減衰していた。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

風力発電施設が発する20 Hz以下の超低周波音は、141 m離れた地点でも可聴域値以下である。騒音の伝搬は、風向や地形等で変化し、伝搬距離について一般化は難しいと考えるが、

今回の調査対象となった地域では、最近接風力発電施設から約2,000 m離れている場合であっても、静穏な地域では夜間に風力発電施設から発する騒音が聞こえている可能性がある。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表(学会等)

太田達也、福島昭則、原邦夫、森松嘉孝、石竹達也．静穏地域における環境騒音の構成、公益社団法人日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集 125-128, 2015.

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない

8. 引用文献

1. Moorhouse AT, Waddington DC, Adams MD. A procedure for the assessment of low frequency noise complaints. J Acoust Soc Am. 2009 Sep;126(3):1131-41. Erratum in: J Acoust Soc Am. 2013 Sep;134(3):2336.
2. 橘秀樹．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、available on https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo_report/pdf/S2-11.pdf (2015.10.15).

（４）関連情報の収集分析

学校法人産業医科大学 公衆衛生学教室

久保 達彦

平成25～27年度累計予算額：8,017千円（うち平成27年度：2,127千円）

予算額は、間接経費を含む。

〔要旨〕

風力発電低周波音の健康影響文献レビュー：風力発電施設等をばく露源とする近隣地域住民においてアノイアンスを含めてどのような健康影響が報告されているかを明らかにするために、風力発電施設の近隣住民を対象にした疫学研究について文献レビューを実施した。文献は風力発電施設からの騒音に伴う健康影響に関する疫学研究論文をPubMedを用いて収集した。近隣住民を対象とした疫学研究として11件が抽出された（うち2件は国際学会抄録）。アウトカムとして、Perception（騒音の知覚）、Annoyance（騒音によるうらささ）、ストレス、睡眠との関連が報告されていた。風車騒音とAnnoyance、主観的評価に基づく健康指標の間には統計的に有意な関連が繰り返し報告されていた。交絡因子として、風力発電への姿勢、景観に対する姿勢、風力発電からの経済的恩恵、風車の可視性、音への感受性、健康への懸念との影響が報告されていた。Annoyanceが風力発電施設建設に対する心理的影響なのか、騒音ばく露による心理的影響なのかについて、現状のエビデンスにおいてはその区別が明確にはつけられない状況であった。

風力発電普及先進国調査：風力発電普及が進んでいるデンマーク国における風力発電施設等による低周波音・騒音の健康への影響について情報を収集するために、現地で専門家への聞き取り調査を行った。専門家は政府関係者や大学研究者および市民団体代表者の計5人であった。風力発電施設の設置に伴う健康課題に関する研究調査について、デンマーク国では今後、国家が管理する個人データをもとにした大規模疫学研究が計画されていた。研究の課題として指摘されていたことは、デンマーク国においても工学研究者と医学研究者の共同研究は限られていること。そして、工学研究者は測定できる物理現象、とりわけ風車のみ由来する騒音に注目し、医学研究者はどちらかというと風車も含めた地域の騒音全体に注目する。今回の調査では風力発電施設の設置にたいして健康影響を懸念する住民団体（巨大風車の隣人）もインタビュー対象に含めることができた。これは政府研究者からの進言に基づき実施されたものであるが非常に有益な情報収集となった。同団体は風力発電の民家からの距離をとること（1,500m）と騒音規制を強化すること（現行の風速8m/sだけでなく10m/sの風速基準の騒音規制値の設定を行い、騒音規制を44dBから35dBに強化すること）を主張していた。デンマーク国においても本課題は社会的懸念事項となっており、2年間の計画で本格的な風力発電による健康影響に関する研究が計画されていた。

〔キーワード〕

風力発電、健康影響、疫学研究、文献レビュー、風力発電普及先進国、インタビュー調査

1. はじめに

風力発電施設等をばく露源とする近隣地域住民への健康影響は科学的に未解明の部分が未だ

多く、その知見は十分には整理されていない。そのために既存の科学的根拠を網羅的に整理しておくことが望まれる。また、科学的根拠が不足するなかでも風力発電事業は進捗されていくため、風力発電普及が進む国における健康影響についての認識や対応状況について調査することは事業管理の参考となる。

2. 研究開発目的

風力発電施設等をばく露源とする近隣地域住民への健康影響に関する疫学研究の論文や報告書を幅広く抽出し、アノイアンスを含め、どのような健康影響が報告されているかを明らかにすること。さらに、収集した疫学研究について文献レビューを行うこと。また、風力発電普及が進んでいる欧州国（デンマーク国／英国）における風力発電施設等による低周波音・騒音の健康への影響について、現地での専門家への聞き取り調査を実施して風力発電設置に伴う健康影響についての課題認識や対応状況を探ること。

3. 研究開発方法

(1) 文献レビュー

疫学研究の論文検索は、査読論文を中心に行うためPubMedを用いた。検索方法は、風力発電を定義する言葉として“wind turbine”, “wind turbines”, “pinwheel”, “wind mill”, “electricity produced by wind power”, “power generation by wind”, “wind electricity”, “wind force power generation”, “wind generation”, “wind-generated electricity”, “wind-generated power”, “wind-power generation”, “wind-powered electricity”, 低周波音・騒音を示す用語として“low-frequency noise”, “low-frequency wave”, “Wind turbine noise”, “Noise/adverse effects”を掛け合わせて行い、言語は英語とした。2015年4月30日時点で、上記キーワードにより検索された英語論文は79件であった。これらのうち、近隣住民を対象とした疫学研究の論文は9件であった。これに、国際騒音制御学会（INTER-NOISE）2013 及び風車騒音に関する国際会議（Wind Turbine Noise）2015の発表から得られた日本(6)とカナダ政府(7, 8)の研究2件を加えた。これら2件は、peer-review された論文ではない。

これらの対象論文より、これまでの知見の整理と今後の課題を明らかにするため、研究デザイン、研究の実施された地域、研究対象者、ばく露評価、アウトカム、交絡要因および研究結果に関する情報について整理した。

(2) 風力発電普及先進国調査

調査国：デンマーク国

調査日：（平成26年2月17日～19日）

インタビュー対象者：Jesper Mogensen 氏（環境庁 環境技術工学担当官）、Hilde Balling（保健庁 医長 環境と健康に関する科学諮問委員会委員）、Aslak Harbo Poulsen 氏（デンマークガン協会研究センター 生物統計学及び疫学課）、Jakob Hjort Bønløkke 氏（オーフス大学 公衆衛生研究所 准教授 労働環境リーダー）、Vivi Schlünssen 氏（オーフス大学 公衆衛生研究所 准教授 産業医学専門家）、Skjold Fink（全国組織「巨大風車の隣人」会長）、Gabriel Gulis 氏（南デンマーク大学ヘルスプロモーション研究ユニット副研究部長）の6名である。

4. 結果及び考察

(1) 文献レビュー

1) 研究デザイン・研究地域

近隣住民を対象にした研究11件について、その研究デザインは断面研究が10件、プール解析1件であった。研究地域は、アメリカ2件、オランダ2件、スウェーデン2件、ニュージーランド1件、ポーランド1件、カナダ1件、日本1件さらに、オランダとスウェーデンのプール解析1件であった。欧米での研究が大多数を占めていた。研究対象者数は、62名～1,820名であった。

2) ばく露評価

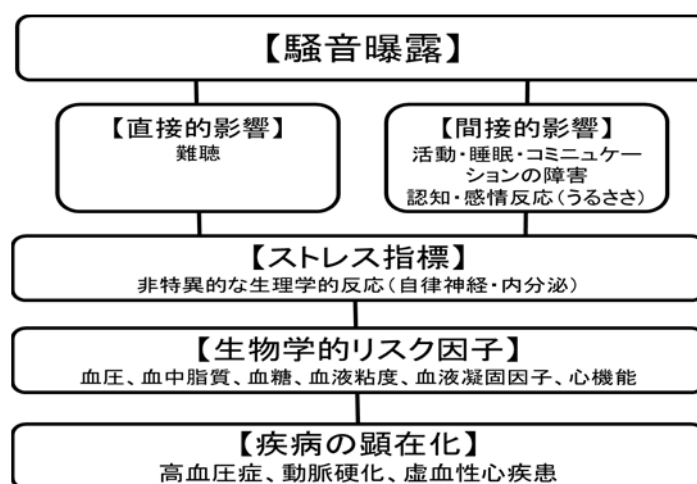
研究で採用されたばく露評価の指標としては、風力発電施設からの距離が2件、騒音モデル推計値が7件、騒音実測値を用いた研究が2件であった。風力発電施設からの距離の2件の論文は、どちらも近隣住民と遠隔地住民との2群比較を行っていた。Nissenbaumら⁶⁾は風力発電施設の近隣375m～1400mと遠隔地（3.3～6.6km）の住民を、Shepherdら⁷⁾は風力発電施設から2km以内の住民と8km以上離れた住民を対象にして比較検討していた。騒音モデル推計値による研究では、風力発電施設メーカーからの発生音に関する技術データを用いて、風速などの気象条件を設定し、住民の居住地における騒音レベルを推計していた。ばく露指標としては、A特性音圧レベル（A-weighted SPL）が6件、昼夜平均騒音レベル

（A-weighted equivalent noise level (L_{den} ））が1件見られた。解析では、多くの論文で、カテゴリー化（例えば、30dB以下、30-34 dB, 35-39 dB, 40-44 dB, 45-50 dB）を行って解析に用いていた。騒音実測値を用いた研究では、Magariら⁴⁾は、住宅の屋内と屋外で等価音圧レベル（ L_{Aeq} ）の測定を各自宅の屋内外で行っていた。著者は、同研究が各自宅の騒音実測値を用いた初めての疫学研究である主張していた。Yano ら¹⁾は、夜間の屋外でのA特性等価音圧レベル（ L_{Aeq} ）の測定を行って、Annoyance との関連を検討していた。カナダ政府の研究⁸⁾では、騒音モデル推計値を疫学研究でのばく露評価指標として用いるとともに、騒音測定も実施して推計値の妥当性を確認していた。過去の研究においてばく露評価手法としては「風力発電施設からの距離」を用いた研究が見られたが、ガイドライン等の策定に向けては施設近郊群と遠隔地群の群間比較するだけでなく、風車からの距離と健康指標影響に関する量反応関係を検討する研究が求められると考えられる。一方で、平坦でない複雑な地形や隣接する建物が風力発電施設の騒音を増幅させ、推計値以上の音圧レベルとなっていることがあると指摘されており、この課題は研究結果の一般化を困難にする要因として指摘しうる。またPawlaczyk-Luszczynskaら⁵⁾は、A特性音圧レベルを測定し、屋外推計値と屋外測定値は平均で0.7 dBA（95%CI: -2.6-1.2）の差があったと報告しており、屋外推計値の妥当性確認を行っていた。騒音モデル推計値による騒音ばく露量評価には限界があり、今後はPawlaczyk-Luszczynskaら⁵⁾が実施したように推計値に加えて、部分的にでもサンプリングにより実測値測定を行って推計値の妥当性を確認することで、より妥当性の高いばく露評価を行っていくことが期待される。さらに、家屋外壁等の遮音効果にも相当の個体差があることが想定され、このことも一般化をより難しくしていると考えられる。また、睡眠障害を検討するにあたっては、通常は夜間に床に就き、日中よりも

夜間にPerception、Annoyanceが高まることから、夜平均騒音レベル ($L_{den, n}$) をばく露指標として用いるなど、測定時間についても考慮したばく露評価指標を実施することが望ましいと考えられる。

3) 健康影響評価指標

健康影響評価指標騒音ばく露に伴うヒトの反応連鎖について過去には図(4)-1に示すようなモデルが提案されていた^{13, 14)}。このモデルは風力発電等による低周波騒音を対象として提唱されているものではないが、騒音ばく露と健康影響の関連を整理するモデルとして有用であるため、本稿においてレビュー結果をこのモデルに習い、騒音ばく露－Perception（騒音の知覚）－Annoyance（騒音によるうささ）－Stress indicators（ストレス指標）－biological risk factor（各疾病の生物学的リスク因子）－disease（疾病）と整理して報告する。



図(4)-1 騒音ばく露に伴うヒトの反応連鎖（引用文献13. 14より改編）

Perceptionをアウトカムとして採用した疫学研究は5件で、いずれもアウトカムとしてPerceptionとAnnoyanceをセットで研究に組み入れていた。一般的に風車騒音は、道路交通騒音などの他の騒音に比べて低い値であるが、風力発電は農山村部で設置されることが多いため、静かな環境で過ごしてきた住民にとっては、風車音を認知しやすく、Annoyanceを感じやすいことが指摘されていた⁹⁾。また、一般的に音の認知は、昼間よりも夜間により認知されやすいことも指摘されていた。これは夜間に暗騒音が低くなることに加え、夜間に接地逆転層が生じやすいことにより音の屈折による影響も加わって、音が認知されやすくなるためとされている⁹⁾。Perceptionする風車騒音の大きさは30-35 dBA前後であり、風車騒音を認知するとそれだけAnnoyanceを感じる者の割合が高くなるという報告がある。Pedersenら(2004)¹¹⁾は、Perceptionの割合が30.0-32.5 dBAでは39% (n=27, 95%CI: 27%-50%)であったが、35.0-37.5 dBAでは、85% (n=53, 95%CI: 77-94%)と急激に増加したと報告している。そしてAnnoyanceは30.0-32.5 dBAでは0%であったが、35dBAを超えると増加したと報告している。

Annoyanceをアウトカムとした疫学研究は8件と最も多かった。このうち風車騒音とAnnoyanceとの統計的に有意な関連が検出された論文は7件あった^{3, 5, 7, 9-12)}。これら6件のうち、音圧レベル

に対するAnnoyanceのオッズ比を求めた2件の論文では、Pedersenら(2007)¹⁰⁾は、2004年にスウェーデンの7地域で実施し、A特性音圧レベル1 dBA 増加あたりのAnnoyanceのオッズ比は、1.1 (95%CI 1.01-1.25) と報告していた。Pawlaczyk-Luszczynskaら⁵⁾は、ポーランドの156名の対象者について、A特性音圧レベル推計値を求め、5dBおきの4カテゴリー (30-, 35-, 40-, 45-50 dBA) に分類して解析した結果、そのカテゴリー増加あたり、Annoyanceに対するオッズ比は2.1 (95%CI: 1.22-3.62) であり、音圧レベルとAnnoyanceの間に量反応関連があったと報告していた。この結果は、1dB増加あたりに換算するとオッズ比1.16 に相当し、Pedersenらのオッズ比1.1と一致する。一方、風車騒音とAnnoyanceとに関連が見られなかったとする論文は、Magariら⁴⁾の研究1件のみであり、風車騒音とAnnoyanceとの明確な統計的に有意な相関関係は見られなかったと報告している。

自記式調査票による問診でQOLやメンタルヘルス、睡眠の質を健康指標として検討した疫学研究は5件あり^{3, 4, 6-8)}、うち4件で低周波音と統計的に有意な関連を報告していた。健康QOL (Health Related Quality of Life) のスケールとして、WHOQOL-BREF^{3, 8)}、SF-36v2⁶⁾、メンタルヘルスのスケールとしてGHQ-12⁷⁾、睡眠の質のスケールとしてPSQI、ESSを用いた研究^{3, 6)}があった。なおMagariら⁹⁾の研究は、独自の自記式質問票を用いていたが、質問票に対する詳細な記述はなかった。Shepherd ら⁸⁾は、WHOQOL-BREFを用いて、風力発電から2km以内の住民は、遠隔地の住民と比較して、睡眠の質が低かった ($p<0.01$) と報告している。Nissenbaumら⁶⁾は、風力発電施設から1.4km以内の研究参加者は、1.4km以上離れて住む研究参加者よりも、PSQIスコア、ESSスコア、SF-36v2精神状態スコアが悪かった。すなわち、睡眠状態が悪く、日中に眠気が感じられ、精神状態が悪かったと報告していた。Bakkerら⁷⁾は、睡眠障害に関する質問を、“ない”、“年1回以上”、“月1回以上”、“ほとんど毎日”の4択で、月1回以上を睡眠障害ありとして解析に用いていた。30dBA以下の対照群に対する45dBA以上のばく露群の睡眠障害のオッズ比は、年齢、性別、経済的恩恵を調整して、2.98 (98%CI: 1.35-6.60) であったと報告していた。

自記式調査票より妥当性のある結果を導くために客観的指標を用いた研究が近年行われるようになっていった。カナダ政府の研究³⁾では、睡眠効率、血圧、安静時心拍数、ストレスのバイオマーカーである毛髪中コルチゾールが測定されていた。風車騒音と、睡眠効率、血圧、毛髪中コルチゾールとの関連は、いずれも観察されなかった。

風力発電施設からの低周波音に関する疫学研究レビューの結果、風車騒音とAnnoyanceとの関連では8件中7件、風車騒音とストレス指標 (Stress Indicator) との関連では5件中4件で、統計的に有意な関連を報告していた。影響の大きさとしては、Annoyanceのオッズ比を求めた2つの研究では、A特性音圧レベル1dB増加あたり、どちらもオッズ比1.1 程度であった。その他のアウトカムでは、影響の大きさに関して、研究間比較ができなかった。騒音基準に関しては、都市の生活騒音問題と同じように、音が小さくても気になる人は存在し、Perceptionの割合が高いとAnnoyanceのリスクにつながるとの指摘がされている¹¹⁾。このことから、今後、風車騒音対策を講じる際には、Perceptionに留意することがまず重要であると思料される。なお本研究のレビュー範囲では、Perception する風車騒音の大きさは30-35 dBA前後であったが¹¹⁾、30dB以下でもPerceptionする居住者がいる⁹⁾。

一般的に疫学的知見をもとに因果推論を行う際には、①関連の一貫性、②関連の強固性、③関連の特異性、④関連の時間性、⑤関連の整合性などを考慮する必要がある (米国公衆衛生局長諮

問委員会の5基準)。これらの観点からすると、既存の疫学研究では、①関連の一貫性、②関連の強固性、⑤関連の整合性については、ある程度一貫しているといえるだろう。一方で③関連の特異性については、心理的影響であるAnnoyanceを健康評価に用いることが、風力発電施設建設に対する心理的影響なのか、騒音による心理的影響なのか区別がつきにくいことなど、未だ認めがたい状況にある。言い換えると、社会心理的要因による交絡の調整が今後の課題である。この課題の原因の一つに、Annoyanceを自記式質問票による健康評価を行っているため、測定手段バイアス (instrument bias) の影響を受けやすいことが指摘できる。今後は、客観的指標を用いた研究 (例えば終夜睡眠ポリグラフ検査等) を用いた研究が行われることが望ましいと考えられる。④関連の時間性に関連して、いずれの研究も断面研究であり、関連性は評価できるものの現状では因果関係は評価できていない。今後、風力発電施設の運転・停止前後での健康影響の変化を観察する追跡研究が求められる。

4) 交絡因子

近隣住民を対象にした研究から、統計的に有意な関連が見られた交絡因子を抽出したところ、風力発電への姿勢 (Attitude to wind turbines in general) ^{4, 5, 10, 11)}、景観に対する姿勢 (Attitude to visual impact) ^{4, 5, 9-11)}、風力発電からの経済的恩恵 (Economic benefits) ^{3, 7, 9, 12)}、風車の可視性 (Visibility) ^{3, 9, 10, 12)}、音への感受性 (Sensitivity) ^{3, 5, 9, 11, 12)}、健康への懸念 (Health concerns) ³⁾、との影響が報告されていた。

これらの交絡因子のAnnoyanceに対するオッズ比 (OR) として、Pawlaczyk-Luszczynskaら⁵⁾は、風力発電への姿勢OR=39.36 (95%CI: 10.89-142.29)、景観に対する姿勢OR=16.29 (6.00-44.26)、景観を汚されたことへの感受性 (sensitivity to landscape littering) OR=6.56 (2.86-15.05)、音への感受性 (Sensitivity) OR=3.43 (95%CI: 1.53-7.70) に有意な関連を報告していた。同様にPedersenら (2007) ¹⁰⁾は、風力発電への姿勢OR=13.4 (6.03-29.59)、景観に対する姿勢OR=14.4 (6.37-32.44)、風車の可視性OR=10.9 (1.46-81.92)、音への感受性OR=2.5 (1.14-5.63) との関連を報告していた。これらの交絡因子の影響については、オッズ比で小さくとも2.5、最大で39.36と非常に強い関連が報告されていた。

統計的に有意な関連が見られた交絡因子としては、風力発電への姿勢 (Attitude to wind turbines in general)、景観に対する姿勢 (Attitude to visual impact)、風力発電からの経済的恩恵 (Economic benefits)、風車の可視性 (Visibility)、音への感受性 (Sensitivity) との影響が報告されていた。結果に示した通り、いずれのオッズ比も2以上と大きく、これらの交絡因子を考慮しなければ、騒音自体によるオッズ比のエビデンスレベルは十分ではないと思われる。この件に関連して、交絡要因の調整が適切になされず、科学雑誌上での議論が沸き起こっている事例が1件ある。Nissenbaumら⁶⁾は、睡眠の質の評価スケールとして、Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)、日中の眠気のスケールとして、Epworth Sleepiness Scale (ESS)、HRQOLとしてSF-36v2を用いた。風力発電施設から1.4km以内の研究参加者は、1.4km以上離れて住む研究参加者よりも、睡眠状態が良好でなく、日中に眠気が感じられ、精神状態のスコアが悪いという結果が得られ、更に性別、年齢、同一世帯を調整後、風力発電施設からの距離と、PSQI, ESS, SF36-v2 MCS との関連を評価したところ有意な量反応関係が認められたと報告している。しかし、Barnard ら¹⁵⁾は、Nissenbaumら⁶⁾が風力発電施設反対運動に参加した経緯を指摘しつつ、研究者バイアスやサン

プリングバイアスの可能性に加え、風力発電施設に対する住民の考えや経済的恩恵といった交絡因子が考慮されていない点を問題と指摘し、科学的根拠として不十分と指摘した。この事例からもわかるように、交絡因子が適切に取り扱われていなければ、エビデンスの社会応用においてはむしろ論争を招くことさえある。このような課題への対処として、過去の研究には住民への説明時に、真の研究目的を伏せて実施している研究も見られるが、被験者の研究参加に関する自由意思の尊重の観点からは異議も残る手法である⁸⁾。Maffei ら¹⁶⁾は、経済的恩恵を受けている人を、調査対象者の除外基準(Exclusion Criteria)とする研究デザインを採用していた。このような層別解析を採用することが現実的かつ論争の少ない方法かもしれない。

交絡因子としては他に、「風力発電による健康影響に心理的不安を持っていること」が報告されている。風力発電による健康影響に心理的不安を持つグループは、偽のばく露(sham exposure)後に自記式質問票での健康影響スコア(頭痛、めまい、耳鳴り等)が統計的に有意に増加し、不安を持たないグループは偽のばく露後に健康影響スコアに変化がなかったとの報告がある¹⁷⁾。また、性別・年齢は、Annoyance に影響がない⁴⁾とする研究もあれば、年齢は、Annoyanceに影響ある¹²⁾とする研究もある。こういった因子による影響を研究デザインにおいて丁寧に取り扱っていくことが、関係者の合意形成に向けて求められていると言える。

合意形成に関して付言すると、近年、開発事業等に付随して欧米諸国では環境影響アセスメント(Environmental impact assessment: EIA)に加えて健康影響アセスメント(Health impact assessment: HIA)を実施する動きがある。HIAは、「政策、施策、開発計画などに関して特定の集団もしくは健康影響が懸念される一部のグループにおける健康影響(良い影響と悪い影響の両面について)を判断するための一連の手順や方法論のこと」(ウェールズ議会政府による定義)であり、そのプロセスは健康影響評価の結果を事業者等の意志決定者に提供し、意思決定者によって不利益を最小化し便益を最大化するような事業改善に役立てられることによって完了される。HIAは当事者参加を促し、またネガティブな影響のみならずポジティブな影響にも着目することで、科学的根拠が必ずしも充分でないような健康影響に対しても現実的な対処方法を導き、関係者の合意形成を促進する。今後、本邦においてもEIAに付随する形でHIAを実施することは、エビデンスが充足するまでの現実的な事業管理対応として関係者の選択肢となっていくだろう。

5)既存のレビュー文献とその主な結論

Knopper ら¹⁸⁾は、査読された研究論文から一般記事までを対象に文献レビューを行っていた。彼らは、風力発電施設は、住民にとってAnnoyanceの原因となると結論づけていた。また主観的評価に基づく健康影響評価は、人によっては、風力発電施設を不快に感じる事が、健康影響(例:睡眠障害)を引き起こす可能性があるとし、風力発電施設のみならず、地域の環境を変えてしまう多くのプロジェクトも同様に、ある一定の割合で、Annoyanceを訴える人々がいる。風力による恩恵を受けている人々がいる一方で、施設反対者にとっては、その施設の存在が重い負担となっていると指摘していた。

Schmidt ら¹⁹⁾は、研究論文の文献レビューの結果、風力発電からの騒音により、Annoyance、睡眠障害のリスクがあり、その影響は、35 dB L_{Aeq}前後であると結論づけている。しかし、すべての研究で、(研究協力者が全騒音ばく露人口の一部であることによる)セレクションバイアスや(自記式質問票による評価のために生じる)情報バイアスが存在する。今後の研究では、客観的な実証に焦点をあてた研究が望まれると指摘している。

表(4) -1 風力発電等による低周波音・騒音の健康影響に関する疫学研究

著者	国	研究デザイン/時期	対象者	曝露評価	アウトカム	交絡因子(統計的有意な因子を掲載)	結果概要
1 Shannon R. Magani et al. (2014) ⁹⁾	米国・ニューヨーク州	断面研究/ 2011年10-11月	風力発電施設の敷地内及び周辺の住民 62名	屋内と屋外で等価騒音レベル(L _{eq} , L _{Aeq})を測定。	質問票 ・Perception ・Annoyance ・自己申告の健康影響	・風力発電機の低周波以外の騒音(swishing等) ・風力発電への姿勢 ・景観に対する姿勢	・風力発電機のノイズへの短期曝露と各人の不快感との間には明白な関係は見られなかった。 ・調査対象者の風力発電による健康影響への懸念と、睡眠障害・ストレスの有病率との間には、相関が見られた。
2 Pawlaczuk-Luszczynska et al. (2014) ¹⁰⁾	ポーランド	断面研究/ 2011年5-6月	ポーランドの中心部と北西部にある3つの風力発電施設の近隣住民 156名	A特性音圧レベルを推計し、4カテゴリ(30-, 35-, 40-, 45-50dB)に分類	質問票 ・Perception ・Annoyance ・自己申告の健康影響 ・精神健康状態(GHQ-12)	・風力発電への姿勢 ・景観に対する姿勢 ・音への感受性 ・景観の感受性	・屋外では風力発電機の音により不快を感じた人のオッズ比は、A-weighted 音圧レベルの上昇にともない増加した。(OR=2.1; 95%CI: 1.2-3.62, 5dBカテゴリ増加あたり) ・風力発電機への考え方や景観を汚されたことへの感受性等が、不快感に大きく影響することが分かった。
3 Michael A. Nissenbaum et al. (2012) ¹¹⁾	米国・メイン州	断面研究/ 2010年3-6月	風力発電施設の近隣(375m~1400m)の住民 38名、遠隔地(3.3km~6.6km)の住民41名。	距離(2群比較)	質問票 ・睡眠の質(PSQI) ・日中の眠気(ESS) ・HRQOL(SF36-v2)		・風力発電施設から1.4km以内の近隣住民では、遠隔地の住民よりも、睡眠の質が悪く、SF36 Mental Component Score も最悪の結果であった。 ・風力発電施設からの距離、PSQI ESS, SF36-v2(MCS)の間には、有意な量反応関係が見られた。
4 R.H. Bakker et al. (2012) ¹²⁾	オランダ	断面研究/ 2007年4月	風力発電施設の周辺住民 725名 Response Rate: 37%	A特性音圧レベルを推計し、5カテゴリ(<30-, 30-, 35-, 40-, 45-)に分類	質問票 ・Annoyance ・睡眠影響 ・精神健康状態(GHQ-12)	・道路騒音等のバックグラウンドの騒音 ・風力発電からの経済的恩恵	・風力発電機のノイズレベルと不快感との間に量反応が見られた。 ・ノイズアノイアンスとして音を聞いた者にとっては、音への(長期的)曝露が睡眠障害や精神的苦痛とも関連していた。 ・風力発電の音を認識しない、または音による障害を受けていないと感じている住民に対しては、健康影響は見られなかった。
5 Daniel Shepherd et al. (2011) ¹³⁾	ニュージーランド	断面研究	風力発電機から2km以内の住民39名、8km以上離れた住民158名。	距離(2群比較)	質問票 ・HRQOL(WHOQOL-BREF)		・風力発電施設から2km以内の近隣住民は、遠隔地の住民と比較して、環境に係わる生活の質(QOL)が低く(p=0.018)、快適性も低く(p=0.001)、健康状態も悪かった(p=0.017)。 ・社会面・心理面では、近隣と遠隔地の住民との間には、違いは見られなかった。
6 Eja Pedersen et al. (2009) ¹⁴⁾	オランダ	断面研究/ 2007年4月	風力発電機から半径2.5km以内の住民725人	A特性音圧レベルを推計	質問票 ・Annoyance ・Perception	・風力発電からの経済的恩恵 ・景観に対する姿勢 ・風車の可視性 ・音への感受性	・音圧とAnnoyanceに相関関係が見られ、屋外での不快感では相関係数(r=0.50, p<0.001)と屋内での不快感では相関係数(r=0.36, p<0.001)であった。
7 Eja Pedersen et al. (2007) ¹⁵⁾	スウェーデンとオランダ	断面研究/ 2005年	7地域の風力発電機の近隣住民754名。	A特性音圧レベルを推計	質問票 ・Annoyance ・Perception	・風力発電への姿勢 ・景観に対する姿勢 ・風車の可視性 ・都市化 ・地形	・風力発電機のノイズの認知に関するオッズ比は、音圧が増すことで増加し(OR 1.3; 95%CI: 1.25-1.40)、不快に関するオッズ比も、音圧が増すことで増加した(OR 1.1, 95%CI: 1.01-1.25)。
8 Eja Pedersen et al. (2004) ¹⁶⁾	スウェーデン	断面研究/ 2000年	風力発電機のノイズ30 dBA以上の5地域の住民351人	A特性音圧レベルを推計 6カテゴリに分類	質問票 ・Annoyance ・Perception	・風力発電への姿勢 ・景観に対する姿勢 ・音への感受性	結果: ・風力発電のノイズは、その他の航空機や交通の騒音等と比べて、比較的低い音圧でAnnoyanceに感じ、32.5dBA以下ではannoyanceを感じ人はなく、35.0dBA以上で不快を感じた人が増加した。 ・ノイズカテゴリとAnnoyanceは統計的に有意であり(r=0.421, p<0.001)。
9 Sabine A. Janssen et al. (2011) ¹⁹⁾	スウェーデンとオランダ	断面研究/ 3研究のデータ統合	-	A特性昼夜平均等価騒音レベル(L _{den})を推計	質問票 ・Annoyance	・風力発電からの経済的恩恵 ・風車の可視性 ・年齢 ・音への感受性	・風力発電からの比較的低いノイズの曝露により、Annoyanceが誘発されることが示唆された。 ・風力発電機のノイズによるAnnoyanceは、屋内より屋外で高かった。 ・Annoyanceは、風力発電から経済的な恩恵を受けている住民の間でより低く、住居から風力発電機が見えた居住者でより高かった。
10 Takashi Yano et al. (2013) ⁸⁾	日本	断面研究/ 2010-2012年	風力発電機を所有する36地域の住民747名と、所有しない16地域の住民332名	夜間等価騒音レベル(L _{Aeq,n})を測定	聞き取り調査 ・Annoyance	・環境問題への関心 ・景観への姿勢 ・健康への懸念 ・音への感受性	・風力発電のノイズL _{Aeq,n} とAnnoyanceについて、量反応関係が得られた(p<0.01)。
11 カナダ保健省 ⁵⁾	カナダ	断面研究/ 2012年	場所: オンタリオとプリンスエドワード島の2か所。風力発電機から600m以内全世帯と600m~10kmから無作為抽出した世帯の1,238人。	A特性音圧レベルを推計 騒音モデル推計値の確認のため、4,000時間以上の測定を実施	・睡眠の質(PSQI) ・自己申告の健康影響 ・ストレス(PS) ・HRQOL(WHOQOL) ・Annoyance ・毛髪コルチゾール、血圧、安静時心拍数、睡眠効率	・風力発電からの経済的恩恵 ・風車の可視性 ・健康への懸念 ・音への感受性	・風力発電からの騒音は、血圧、安静時心拍数、睡眠効率、ストレスのバイオマーカーである毛髪コルチゾールと統計的に有意な関連は見られなかった。

(2) 風力発電普及先進国調査

1) デンマーク国への聞き取り調査結果（まとめ）

風力発電施設の設置に伴う健康課題に関する研究調査について、デンマーク国では今後、国家が管理する個人データをもとにした大規模疫学研究が計画されていた。この研究で取り扱う個人データには生涯の居住履歴、受診歴、病名等が含まれる。一方、ばく露データとしては実測値ではなく、風力発電の設置時の実測数値をもとにしてよりバックグラウンドも高い騒音が風力発電施設によって引き起こされていると推定される場合をばく露群として取扱うことが検討されていた。同研究計画は国民番号制度が導入されているデンマーク国ならではの取り組みであるが、この研究は現在、研究費申請段階にあり、実際に実施されるかはまだ決定されていない。実施された場合の研究期間は2年間で予定されている。研究の課題として指摘されていたことには、デンマーク国においても工学研究者と医学研究者の共同研究は限られていることが挙げられていた。そして工学研究者は測定できる物理現象、とりわけ風車のみ由来する騒音に注目し、医学研究者はどちらかというと風車も含めた地域の騒音全体に注目する。また工学研究者は健康問題にアノイアンスを含むのか議論を整理しがたい問題として悩む場合が多く、医学研究者はアノイアンスは必ずしも健康被害に含まない（睡眠障害は当然、健康障害）などクリアな設定をすることが多いよう聴取された。この状況はわが国の状況にも通じるものがあると思われた。

今回の調査では風力発電施設の設置に対して健康影響を懸念する住民団体（巨大風車の隣人）もインタビュー対象に含めることができた。これは政府研究者からの進言に基づき実施されたものであるが非常に有益な情報収集となった。同団体は風力発電と民家からの距離をとること（1.5キロに）と騒音規制を強化すること（現行の風速8m/sだけでなく10m/sの風速基準の騒音規制値の設定を行い、騒音規制を44 dBから35 dBに強化すること）を主張していた。同団体は主張の論拠として、医学論文に加えて電力事業者が実施した住民健康調査の結果等を示していた。

住民と政策・研究者側とのスタンスの隔たりがみられた点として、前者は騒音特性を重視して風車による騒音は道路など他の騒音源によるものと比較してアノイアンスを惹起しやすいことに注目。他の騒音源と比較してこの課題に同等のdB基準を当てはめることの合理性を否定していた。一方、研究者は道路による騒音によってより国民の3分の1は55dBというより高い騒音にさらされていると指摘。そのことを論拠に風力発電施設による騒音被害は限定的であることを主張していた。また前者はよりナラティブな事例経験に、後者は物理学的な測定値に基づき出張をおこなっていたが、どちらのステークホルダーも風力発電には24時間続く騒音であることなど違いがあること自体は認めていた。すなわち騒音特性を科学的に捉えた上での取り組みが、今後の両者の合意形成に資する可能性があると思われた。騒音特性を把握するための研究の重要性は現地の医学研究者らも指摘していた。またすべてのインタビュー対象者が視覚的圧力を指摘していた。科学的根拠こそ示されていないものの、巨大な風車が突然立つことにたいする視覚的驚きがアノイアンスや睡眠障害の原因となる可能性が指摘されていた。そして問題の具体的解決策として事前に事業計画に当事者参加をえることなどが議論されていた。このような状況のなかデンマーク国では風力発電のみに対して騒音規制が厳しく課されている一方で道路や工場による騒音については目標値しか設定されていない。これは風力発電の導入に対して強い政策誘導がかけられていることが関係していると指摘されていた。また規制は継続的に見直されており、2012年には室内騒音

基準が追加されたが、国立研究所研究者はこの規制が国民のこの課題に対する懸念に対応するために科学的というよりは政策的な文脈に基づき導入されたものであることを認めていた。

2) インタビューの詳細

- a Hilde Balling（保健庁 医長 環境と健康に関する科学諮問委員会委員）まとめ：国内外の文献レビュー等を保健省事業として実施担当している。デンマーク国では本格的な調査はなかったこともあり特に海外の調査結果を分析し国の政策にいかしている。環境と健康に関する案件の国内事例に詳しく、風力発電に関しても、『巨大風車の隣人』など、風車の健康影響を心配する団体からの質問に対しての回答なども行なっている。また、現在デンマークガン協会で開始された風力発電と健康被害に関する調査の結果についての評価を、環境と健康に関する科学諮問委員会が国際的専門家と共に行うことになっている。実際に国内で確認されている懸案事例やそれに対する対応などについてのヒアリングを期待している。
- i. 学会の論文のレビューを保健省として実施している。デンマーク国では風力発電の騒音と健康被害に関する本格的な調査はこれまでなかったことと、海外の調査でも包括的に網羅した内容の調査はまだ行なわれていないために、海外の様々な調査結果や症状などを分析し、国の政策にいかしている。アノイアンスは国際的にも関心が集まっている事項であるが、病気とはとらえていない。不快感やイライラは、様々な要因で引き起こされる事象で、風車だけが原因となっていると証明するのは難しい。
- ii. 2014年から、デンマーク国では風力発電と健康被害に関する調査が行われることになっているが、この調査の背景としては、この国は優れた登録制度により、健康、疾病などの情報が管理されていること、また、70年代以降、風車も登録制を採用していることで、健康被害を訴えている人たちだけでなく、総括的に、風車と健康被害の関係を、個人感情抜きに調査できるという点がある。今回は、アンケートやインタビューの実施はせず、登録されたデータの履歴から、どこで騒音が発生し、その周辺の人々にはどのような疾病が見られ、そこに因果関係はあるのかを調べるという、主観の入らない、極めて客観的な調査になる。人はある一定期間、同じ場所に住み続けることが多いが、デンマーク国では人々の受診治療データが詳細に記録されている。よってその結果をもとに調査を実施することが可能である。
- iii. オランダやスウェーデンによる調査はアンケートによるアノイアンスについての調査であり、疫学的調査ではない。そこで参考になるのが高速道路や鉄道による疫学的調査結果であり、そこでよく事例としてあるのが心筋梗塞である。風力発電と健康被害に関しては、まだ世界的にも疫学的調査の例はないので、今回デンマーク国では、主に循環器疾患について調査しようと考えている。風力発電を行っているカナダでも、風車から10km圏内での騒音とアンケート調査に加えて血圧と髪の毛のコルチゾールを計ったり、腕に計測器を7日間つけて睡眠障害を計ったりするようなタイプの調査も行なわれている。カナダの調査は断面調査で因果関係を見いだすことはできないのに対し、デンマーク国での調査は80年代から遡って因果関係を調べるができるという意味で重要な調査である。
- iv. デンマーク国と日本の調査との違いは、デンマーク国は国民登録制により居住地履歴も追跡できるという部分である。アンケート調査の回答はどうしても課題認識に基づいて過大評価になりがちである。また、騒音そのものは客観的に分析できても、騒音の源につい

て、それが視野に入っているか、その恩恵を受けているか、その騒音を止めることができるかできないかといった主観が入る懸念がある。その意味でも、レセプトなどを用いた研究には大きな意味がある。客観的な騒音の数値と睡眠障害には相関がないが、いくつかの調査では、騒音が迷惑だと感じる人に、睡眠障害やストレスが起こるという相関性が見て取れる。だから、騒音と騒音によるアノイアンスとわけて議論する必要がある。また、アンケート調査で注意しなければならないのは、アンケートに回答する人というのは、この問題を重要視している人が大多数である。一方、登録調査はそういった多数派でない人も網羅することができるという点で優れている。どうして風車の騒音にばかり懸念が集まるのかについては、風車が建っている場所というのは、静かな田舎で、騒音に悩まされることが少なかったエリアであることが関係するのではないか。また、風車が近くに見えるか見えないか、また風車によって経済的な恩恵を受けているかどうかによっても、イラつかせる要因になるかどうかを左右する。

- v. でも、一番の原因となったのは、2009年にニナ・ピアポイント(Nina Pierpoint)が38名の風車による健康被害を訴えた人たちを調査した研究報告『Wind Turbine Syndrome』の影響が大きいのではないか。ここから、インターネットなどを通じて世界に情報が広まっていたと考えられる。しかし、これに関しての医学的診断は認められていない。環境庁、保健庁としては、客観的な事実を知らせることに務めているが、メディアからその通りに伝わらないこともある。例えば、車は多くの人が利用し、必要としているものだから、騒音に対してそれほど敏感でなくいられるという側面があり、その一方で、風車は歴史の中でも新しい分野だけに、注目されがちであるかもしれない。また、物理的にも存在感があり、目に付く存在でもある。比較的歴史上新しいものの例として、携帯電話もあるが、これも今ではほとんど多くの人にとって、日常の必需品となっており、あえて低周波について目をつぶっているという部分もありうるのではないか。携帯電話のマストも健康被害の懸念が出ているものの一つだが、これについての調査で、健康被害はない、という保証もまたない。さらに、想像の範囲ではあるが、のどかな農村地帯にいきなり大きな目立つ風車というモノが建つというインパクトと、それを知っていたかどうか、最初から関わっているかによっても、好意的に受け入れられるか、反感を持つかの違いが出てくるのではないか。聞いた話によると、アメリカやオーストラリアでの調査で、風車が建つ時に、地域住民が深く関わったエリアと、そうでないエリアでは、風車の騒音に対する不快感が、深く関わっていないエリアの住民の間で高い、という結果が出ているということだ（科学的な調査ではないが）。

- b. Skjold Fink氏（全国組織『巨大風車の隣人』会長：2009年1月に発足した全国組織で、法律の改正、及び巨大風車の近くに住む人々を風車から受ける不当な迷惑から守ることを目的としている。現在、全国で179のグループが所属しており、風車で健康被害を受けていると訴えている人たちの状況についてヒアリングが期待できる。）
- i. 巨大風車の近隣住民は、150m級の巨大風車が突然建ったことに当初は視覚的な驚きを禁じ得なかった。そのうち、頭痛やストレス、不眠を感じる住民がいることを知った。私が訪ねた女性は風車から600mのところに住んでいた。風車は150mの高さで、規定された風車の高さの4倍の距離のギリギリのラインあたりの、比較的風車に近いところに住んでいた。また900mのところに住んでいる住民も影響を受けていることに気づいた。このような経緯から巨大風車にまつわる問題に対してネットワークが構築されていった。そして、グループとして、許認可を担当する自治体に巨大風車の建設や健康障害について相談するようになった。お渡しした資料は、2km四方の近隣住民に配るために作られたもの。資料1のP2の赤字は2 kmを示す。このエリアには3つの村があって比較的人口密度が高いエリアで、この地域には風車が2基設置される計画であった。こうした資料を配布して注意喚起し、地域の人々と住民集会を開いて議論を行うことになった。この集会には、すでに自宅付近に巨大風車が建っている地域の人々を招き、その体験を話してもらうことになり、この辺一帯の地域住民だけでなく、自治体担当者やメディアも参加して活発な議論が交わされ、大きな注目を集めた。そして署名運動が実施され、たくさんの人たちが署名をしてくれた結果、我々の近隣地域の風車設置計画は白紙となり、風車は建たないことになった。私たちはとてもハッピーだった。風車建設計画の白紙撤回を勝ち取り、私たちが喜んでいたら、今度は、全国規模の反対組織が、他の地域でも同じ問題に対峙している人たちのために、私たちの助けを必要としていることを知った。私たちも、自分たちのケースで彼らにお世話になったので、今度はお返しとして、私もこの全国組織の理事を、2年間務めることになり、他のグループが、私たちの勝ち取った成功のノウハウを活かせるように活動することになった。我々の地域の風車の建設予定地だった場所は、後で示すが、この場所から海拔で40mほど低いところにあるのだが、もし風車が建っていたら、このエリアから、ちょうど目線の高さあたりに見えることになり、存在感があったのではないかなと思う。
- ii. 我々が立ち上げた『巨大風車の隣人』は、197グループ（1グループのメンバー数には5家族～20家族など開きがあり、近接する風車の台数も、デンマーク国南部の20基の風力発電パークに反対するものから、ここのように2基の風車に反対するケースなど、規模も様々である）が集まっているが、その多くは、新しい投資家が現れて、巨大風車を建てる計画が立ち上がり、政治的にもそれを支援する動きが出たような時に活動を再開する休眠グループである。『巨大風車の隣人』はいわゆる協会組織であり、何か特別な権限を持っている訳ではない。我々の活動はボランティア活動がベースになっている。デンマーク国ではこのような市民運動は珍しいことではなく、自分も種々の運動に1970年代から参加している。我々は、風車は工業地帯と同じだと考えている。デンマーク国では、古くから風車を利用してきたが、かつてはそれほどの大きさでもなく、家の近くに建てても問題はなかった。しかし、近年デンマーク国で陸上に建っている風車は、洋上風力用に開発されたサイ

ズの巨大な大きさになってきている。本来ならば、洋上に建てるべきものを、エネルギー政策の変遷などで、陸上で建てても良いという認識に変わってきているのだ。これだけ巨大化した風車は、もはや住宅の近隣に隣接できる大きさではなく、工業地域という認識に改めるべきだと考える。

- iii. 我々の主張はまず騒音基準の強化である。風車は、タイプによってそれぞれ騒音の出方が違うので、それに基づいた形で居住区域と風車との距離を決めるように要望している。DASAMやオルボー大学の騒音の専門家と頻繁にコンタクトし、専門的知識を得たりアドバイスをもらったりしているが、政府は彼らではなく、御用学者を雇っているように見受けられる。我々は工場などに夜間に適応されるものと同等の騒音基準35 dBを適応するように提案している。これは、DASAMやオルボー大学の騒音の専門家も同意見である。また6m/s、8m/sの風速に加え、10m/sの風速にも基準を設定するように提案している。これは、風速が10m/sを超えるとアノイアンスを感じるという人たちがいるが、現行の規制では、自治体などは10m/sの規制がないために対処ができず、私たちはそれに不満を持っている。また、150mクラスの風車に対して、現行の半径600mから1,500mの範囲に騒音集計範囲を適応するよう提案している。これが受け入れられると、巨大風車の建設可能なエリアはだいぶ狭まり、これまでの計画の大きな見直しを迫られることになる。投資家は、風車を建てる必要が出てくるからだ。3km周囲で、人が全く住んでいないエリアというのは、デンマーク国であっても見つけるのは難しい。つまり、例えば原子力発電所を建てる時に、居住区域からは距離を置いた場所に建てるのと同じで、巨大風車も大規模集中型の発電所施設として扱う必要があると、我々は考えているのだ。
- iv. デンマーク国には歴史的に多数の風車があるため、風車が近接してしまっている。そういった背景から、政府も風力発電業界も、相変わらず風車を全国に、と考えているが、そこが見直されるべき点ではないか。また、我々は、何よりも地域のグループを支援したいと考えている。インターネットで情報を公開するなどしている。また、広く情報を共有するため、レターを発行している。これは、全国98の自治体に対しても配布をして、陸上風車設置の許認可をする立場にある自治体での理解を深めてもらうよう務めている。同じものを、各地の新聞など、メディアとも共有して、世論に影響を与えたいと考えている。さらに、新しい基準がでてきた場合、DASAMやオルボー大学の専門家が、それぞれの立場で意見を表明するように、我々もそれにたいして住民の視点からコメントを出している。しかし、残念ながらそれが政府に影響を与えたことは今のところない。
- v. どのように、皆さんが私たちを見つけてくれたのかわからないが、デンマーク国で、風車に関するこうした議論があるのが現実であり、その声が日本の専門家の方にも聞いてもらえるのはとても有意義なことだと思う。何が真実か、どのような影響があるのかは様々な調査や意見があり、不詳なところもあるが、我々が信じる真実とは、まず2004年の調査で明らかになった、騒音が人にどのような影響を与えるかの結果である。道路交通、電車、飛行機などがあるが、これらと風車の騒音から人が受ける影響は全く異なっている。それは、他の騒音源に対し、風車が24時間ずっと騒音を出し続けるという特徴を持っていることによると考えられる。2009年のニナ・ピアポイント(Nina Pierpoint)の論文で風車の騒

音は他の騒音と比べてアノイアンスについて大きな違いがある、すなわちより大きなアノイアンスを起こすことが示されている。世間でよく聞かれる論点としては、例えば、幼稚園については50dBの基準が示されているのに、それより低い規定値になっている風車がなぜ問題になるのかという点である。が、こうした比較は全くナンセンスである。何がアノイアンスを生むのか、という点が大事なのだ。また、風車の騒音に関して、道路と同じようにdBのみで議論することでは不十分であることが示されている。例えば、10%の住民がアノイアンスを受けることを基準とすれば道路と風車ではdBに大きな違いがある。この点を考慮して、風車と騒音、アノイアンスの問題を考えることが必要で、これは住民にとっても非常に重要なことである。アノイアンスを感じる人が10%というのが、受け入れ可能かどうかのラインとして考えているようだが、論点としては、この10%のアノイアンスがどのような内容のものなのかを詳しく知ることが重要なのではないか。また高さが120m以上の風車に関して、風車から2km周囲の住民にアンケート調査をしたN=150の研究であるが、500－750m以内では53%がアノイアンスを受けるが、1,501m以上離れたところからは5%しか受けないことがわかる。次の表は500－750mでは35%が強いアノイアンスを、1,000mでは23%、1,501m以上では6%に人が受けていることを示している。もちろん、これは主観的な感覚を聞いたアンケートなので、議論の余地はあるかもしれない。3枚目の表は不眠についてで、我々も非常に興味を持って見ている調査結果である。750m以内では29%が、1,000mでは15%、1,500m以内では11%、2,000mまでの距離では5%が不眠を感じていることがわかる。興味深いのは、これらは風力発電産業が公表した数値であることだ(Jysk analyserという民間企業に委託してアンケート調査を取ったもの)。業界は、「睡眠障害を感じているのは、わずか5%の人々である。だから、問題はそれほど大きくない」と言っているが、我々が、このデータを細かく分析すると、距離によって大きな違いが出ていることがわかった。企業はいつも風車から1,500m以上の距離の居住者に関する数値を強調するが、データをきちんと読めば、実は我々の主張をサポートする数字を示してくれている。だから、我々は近接地域の数値に対して懸念を持ち、そのために風車と居住地域の距離の見直しを提言しているのである。

- vi. アノイアンスが10%くらいなら受け入れ可能と考えているのか、ゼロを目標にしているわけではないのか、については、以下のように考える。鉄道や道路など、社会を構築する上で、どうしても避けられない騒音はあり、どこかにそのしわ寄せがくるのは避けられないことだと考える。ただ、電力供給とその他のインフラは分けて考える必要がある。なぜなら、発電事業は、陸上風車を増やすだけでなく、他の選択肢もあるからだ。風車であれば、あちこちに点在させるではなく、何か所か条件の合う場所にまとめて建てるとか、洋上に建てることもできるはずだ。また、風車の所有者は、政府からのサポートもあり、そこからたくさんの経済的利益を得ている。つまり、個人投資なので、道路や鉄道といった、他の公共インフラとは条件が異なる。例えば、1基の巨大風車から、年間1,500万デンマーク・クローネ（約2億8,800万円）を回収できる。だから、こうした完全に公共投資とは言えないインフラに対して、なぜ一般住民がガマンを強いられなければならないのか、ということなのだ。中でも、睡眠障害とアノイアンスがまず重要である。なぜならば他の騒音とは性質が違うからだ。健康という観点を考える上で、10%のアノイアンスは高すぎて、

認められない数字である。発電事業として考えた場合、デンマーク国は国としてやり方を工夫すれば健康影響をゼロにすることは可能なはずなので、やはりゼロを目指すべきだ。そうは言っても、ゼロという数字はそう簡単ではない。なぜなら、騒音に関しては個人差もあり、非常にセンシティブな人もいるのは事実だからだ。したがって、個別に考える必要はあると思うが、少なくとも、我々が実際に住民や家族に会い、子ども達が眠れない現状や、大きなストレスやアノイアンスを受けた家族が機能しなくなっている様子をみれば、このようなトラブルが受け入れ不能なことは明らかだ。ただし政府はこうしたことに耳を貸そうとしない。我々から見て、政府はあまりにも産業政策に偏った考え方を持っていると感じる。ヴェスタスやシーメンスといった風力発電産業が、国内で主力産業のひとつとなっていることは、大きな意味があるのではないかと思う。

vii. 私が「健康」という言葉を使う時は、すべて睡眠障害がベースになっている。なぜなら、睡眠障害はすべての人にとって深刻な問題であるからだ。そして、睡眠障害が多く健康障害を引き起こすことは、科学的に証明されている。アノイアンスとは分けて考えていて、アノイアンス自体は受け入れ可能なことだと思う。デンマーク国は風況がよく、風車で発電が可能だが、やはり、アノイアンスレベルに注意しながら、慎重に議論し、国としてこういった形で電力を得ていくのかを計画していく必要があると考える。また、地域のグループには、景観対策に重点を置き、活動しているところもあるが、我々全国組織としては、睡眠障害や健康障害の問題に焦点を絞って活動している。ただ、人口の都市集中を避けるために、地方への移住を勧める動きもある中で、静かな田舎に住もうとしたら、突然風車がどんどん建って、地方の美しい景観が損なわれているという現実もあり、景観という問題も、社会問題としては重要な論点である。この辺りのような都市から離れた場所では、人間の作り出した騒音というものは少なく、もともと自然にある風などの背景騒音は、居住者にとってあまり問題にならないと考えている。しかし、実際に巨大風車の近くに住む住民の感覚としては、低周波は家にダイレクトに入りやすく睡眠障害の原因になっている。低周波によって、住宅の中の空気、雰囲気は異なるのだ。ただ、背景騒音が大きい場所では、低周波の影響も小さいように感じる。実際、デンマーク国西部の海岸沿いに建っている巨大風車3基の近くの居住者には、影響がそれほど出ていない。なぜなら、四六時中聞こえる風や波の音などからくる低周波が、風車の低周波を上回っているからだと考えられる。でも、これは特殊なケースと言えるだろう。

viii. がん協会が今回実施する研究について問題なのは、風車と居住地との適切な距離を見いだすことができないという懸念があることだ。距離と騒音レベルの調査が含まれていないのがその根拠である。多種多様な風車による影響を、おそらくそれぞれのケースでは見ない。よって個別の症例のばく露量までは把握できないということだ。研究計画は公表されておらず正確には把握していないが、騒音レベルについて直接的な根拠が得られることは期待できないのではないかとと思われる。風車の健康障害が取り沙汰されるようになったのは、巨大風車が建てられるようになってからで、おそらく低周波が原因になっていると思われるので、これまでのサイズの風車に関して調べる必要はないはずなのに、それを遡って調べるのはあまり意味がないように思える。

- ix. 室内基準20 dBが追加されたことについては科学的にも受け入れられと考えているが、問題は測定方法だ。33%の家では遮音が十分でないことがわかっているが、こちらは基準になっていない。これは政治的な議論であり科学的議論の結果ではないと理解している。オルボー大学では、実際に新しく建てられた、断熱防音が行き届いた家で低周波を計測したが、その結果25～29dBという測定値であった。私自身も実際にその家に行ってみたが、中で感じる状況はひどいものだった。私の妻は、何か、言葉では言い表せないものを感じて、その家の中に居続けることができなかった。そこから考えると、問題なのは20dBという数字ではなく、この基準がどのように計算され、定義され、計測されたか、ということである。現行の測定方法では本当に20dB以下がどうかを知ることはできず、不十分である。測定ではなく推定である限り問題は残る。また、±2dBという許容範囲も、通常は人を助けるためのものだが、実際は風車を助ける手段になっている。人々の健康を守るという意味では、風車による低周波騒音、それは風下から風上へも通過しやすく、家にも入りやすいので、巨大風車は小さな風車よりもその影響が出やすい。だからこそ、我々は、これから行われる調査は巨大風車のみを対象にしたものであるべきだと考えていて、こうした巨大風車の性質をとらえた制御が必要である。
- x. 日本向けの対策について、まずデンマーク国との違いは、日本は人口密度が高いことが挙げられる。つまり、デンマーク国以上に、風車と居住地との距離を取ることが難しいことを意味する。風車がこれだけ巨大化した以上、風車を産業施設と考えるべきである。したがって、風車を原子力と同じように集積させて国中のあちこちに設置するようなことはやめるべきだと思う。また、山の上などに風車を設置する場合は、そうした経験のあるノルウェーやスウェーデンの専門家にアドバイスを頼むといいのではないかな。設置する段階で住民に提供されるべき情報は、まず信頼できるデータの必要がある。デンマーク国では信頼できるデータがない。政治的議論の結果から出たデータではなく、科学的根拠をベースとした、信頼がおけるデータ。これが重要だ。また、当初から住民参加を得るべきで、そのためには、正当な形での住民参加を得るための制度をもっと導入すべきだ。お金で買収されるような形でなく、個人的には、政府による公共投資という形にしていくのがいいのではないかと考える。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

特に記載すべき事項はない

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

特に記載すべき事項はない

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

(2) 口頭発表（学会等）

特に記載すべき事項はない

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

8. 引用文献

1. Yano T. et al.: Dose-response relationships for wind turbine noise in Japan. 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013 (Innsbruck, Austria), 2013
2. Michaud David S.: Wind turbine noise and health study: Summary of results. 6th International conference on Wind Turbine Noise (Glasgow, Scotland), 2015
3. Canada Health. Wind Turbine Noise and Health Study Results, 2014
<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/noise-bruit/turbine-eoliennes/index-eng.php>.
4. Magari S. R. et al.: Evaluation of community response to wind turbine-related noise in western New York state. Noise & health. 16 (71): 228-39, 2014
5. Pawlaczyk-Luszczynska M. et al.: Evaluation of annoyance from the wind turbine noise: a pilot study. International journal of occupational medicine and environmental health. 27 (3): 364-88, 2014
6. Nissenbaum M. A. et al.: Effects of industrial wind turbine noise on sleep and health.

- Noise & health. 14 (60): 237-43, 2012
7. Bakker R. H. et al.: Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. *The Science of the total environment*. 425: 42-51, 2012
 8. Shepherd D. et al.: Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. *Noise & health*. 13 (54): 333-9, 2011.
 9. Pedersen E. et al.: Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 126 (2): 634-43, 2009.
 10. Pedersen E. et al.: Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. *Occupational and environmental medicine*. 64 (7): 480-6, 2007
 11. Pedersen E. et al.: Perception and annoyance due to wind turbine noise--a dose-response relationship. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 116 (6): 3460-70, 2004
 12. Janssen S. A. et al.: A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 130 (6): 3746-53, 2011
 13. Babisch W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise & health*. 4 (16): 1-11, 2002
 14. World Health Organization Regional Office for Europe: Night noise guidelines for Europe, 2009
 15. Barnard M. Issues of wind turbine noise. *Noise & health*. 15 (63): 150-2, 2013
 16. Maffei L. et al.: Auditory recognition of familiar and unfamiliar subjects with wind turbine noise. *International journal of environmental research and public health*. 12 (4): 4306-20, 2015
 17. Crichton F. et al.: Can expectations produce symptoms from infrasound associated with wind turbines? *Health psychology*. 33 (4): 360-4, 2014
 18. Knopper L. D. et al.: Health effects and wind turbines: a review of the literature. *Environmental health*. 10: 78, 2011
 19. Schmidt JH, et al.: Health effects related to wind turbine noise exposure: a systematic review. *Plos one*. 9 (12): e114183, 2014

Epidemiological Study on Long-Term Health Effect of Low-Frequency Noise Produced by Wind Power Stations in Japan

Principal Investigator: Tatsuya ISHITAKE

Institution: Department of Environmental Medicine, Kurume University School of Medicine

67 Asahi-machi, Kurume City, Fukuoka, 830-0011, Japan

Tel: +81-942-31-7552 / Fax: +81-942-31-4370

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

Cooperated by: Teikyo University Graduate School of Public Health,
University of Occupational and Environmental

[Abstract]

Key Words: Wind power generation, ultralow-frequency noise, health effect, epidemiological study, sleep disorder, Environmental Impact Assessment, Health Impact Assessment (HIA)

We investigated whether long-term exposure to low-frequency noise generated by wind power facilities is a risk factor of sleep disorders.

We performed an epidemiological study of living environment and health effects, surveying 9,000 residents (≥ 20 years) living in areas with operational wind power facilities. In addition to basic attributes of the individuals, the survey items consisted of questions related to lifestyle, socioeconomic factors, health status, degree of annoyance towards noise, attitudes towards installation of wind power facilities, and responses to landscape. Sleep disorders were assessed using the Athens Insomnia Scale. To assess environmental noise in residential areas near the wind turbines, low-frequency sound exposure levels were measured at 50 community centers of the town.

In some cases, the noise from the wind turbine was heard at locations that were 2,000 m away from the nearest wind power facility. Although below the auditory threshold, ultralow-frequency sound (< 20 Hz) measured 46–72 dB ($L_{\text{Geq, WTN}}$). Moreover, several dominant components ranging from 50 to 250 Hz, exceeding the auditory threshold, were recorded; these appeared to be mechanical noise. The prevalence rate of sleep disorders was significantly higher for residents who reported subjectively hearing noise being (by approximately two-fold) than for those who did not. Moreover, the reported prevalence rate of sleep disorders was significantly higher (by approximately two-fold) in residents living at a distance of $\leq 1,500$ m from the nearest wind turbine

compared to that for residents living at a distance $\geq 2,000$ m, suggesting an dose-response relationship. The attitudes of residents towards wind power facilities and sensitivity to noise strongly affected their responses regarding sleep disorder prevalence.

It is highly likely that audible noise generated by wind power facilities is a risk factor of sleep disorders. Obtaining a satisfactory consensus from local residents before installing wind power facilities is important as for making their attitudes towards such facilities more amenable. In order to decrease the noise levels to the audible range, it is essential to ensure that wind turbines are built at the farthest possible distance from residential areas (i.e., setback distance).