

環境省請負業務

平成 23 年度風力発電施設の騒音・低周波音  
に関する検討調査業務

報告書

平成 24 年 3 月

公益社団法人 日本騒音制御工学会

## はじめに

風力発電施設にかかる環境影響については、風車施設数の増大とともに騒音などを中心に地域住民の大きな関心事になっている。一方、福島原発事故を契機に風力発電等の再生可能エネルギーについての国民的議論も巻き起こっており、我が国としても今後のエネルギーや環境にかかる施策について十分な検討が求められている。

そのような中で、国においては、環境影響評価法の見直し検討が行われ、風力発電施設を環境影響評価の対象に追加する法令改正が行われ、適切な評価手法や予測手法の整備が求められることになった。

そこで、具体的な環境影響評価にかかる技術上の情報などを国民に示すために、適切な環境影響評価の実施に向けた調査検討が必要になってきた。本業務は、この騒音などについての技術上の情報に関して、内外の知見を整理し検討を行い、今後の環境影響評価制度の適切な運営に資するものである。

さらに、環境影響評価法の対象とはならない風力発電施設や小型風車と呼ばれる施設の設置も進んでいる。また、我が国の地形などから、洋上発電施設への関心が高まっており、我が国においても技術開発が進んでいる。これらのことから、風車騒音の測定評価法などにおいても、新たな検討課題が生じてきている。

当騒音制御工学会は、騒音振動にかかる専門学会として測定、評価、予測などについて、長年の歴史を有しており、風車騒音についても環境省からの委託事業などを継続的に実施してきた。今回は、これらの受託事業の実績をもとに、最新の内外の知見などを収集して、専門的な見地から関係情報の整理検討を行ったものである。

風車騒音については、評価手法や評価量など、なお研究を実施すべき事項も多く残っているが、本報告は、現時点で得られる最新の知見について整理したものである。当学会としては、引き続き風車騒音等についての調査研究を推進していく所存であるが、これらの成果がわが国の環境行政に大きく貢献できるものと信じている。

最後に、本報告の作成に協力いただいた関係各位に謝意を表するとともに、この成果が広く活用されることを願っている。

日本騒音制御工学会

会長 山田 一郎

## 報告書概要

この報告書は、環境省からの委託により、風力発電施設の環境影響評価手法についての技術的な状況について、知見を収集・整理して、環境影響評価制度の適切な運用に資するために取りまとめた資料である。

風力発電施設は、「環境影響評価法」の見直しに伴い、新たに対象施設として追加されることになった。そこで、騒音・低周波音に関する調査、予測、評価の手法などについて、最新の知見を収集・整理したもので、これまで国が行ってきた調査等を基礎にしながら検討を行った。また、諸外国を含む最新の知見について、実例を収集して検討するなど、種々の観点から見解も示した。

この風力発電施設からの騒音・低周波音についての調査・予測・評価等は、まだ実例が少なく確定したものになっていない。国においても、環境省戦略指定研究等を実施して、知見の収集に努力している最中であるが、本報告では、現在得られる知見を収集・整理して取りまとめた。

その結果、調査手法については、低周波音の測定に対応した防風スクリーンの開発なども行われており、おおむね課題は解決されている。

予測手法については、ISO 規格に基づく手法や NEDO が示した手法が採用されている例が多かった。ただし、丘陵部に設置される場合や海岸部に設置される場合など、複雑な地形での予測など、なお開発を要する技術も残されている。

評価手法については、騒音・低周波音による直接的な生理的影響があるという明確な証拠は認められていないが、アノイアンス(不快感)については、調査・検討の必要性が認められた。なお、具体的な評価においては、絶対値による方法、暗騒音との相対値による方法など種々の手法が採用されていた。また、国内では環境基準値の流用など不適切と認められる事例もあった。

本報告では、これら収集した知見を整理するとともに、それぞれの事例概要や見解を示し、今後の課題についても検討し明らかにした。なお、多くの調査研究が、国などの主導で現在実施されている最中であり、これらの調査研究の成果を踏まえることにより、より適切な環境影響評価手法の確立に資することができると考えている。

## 英文概要

This report has been commissioned by the Ministry of the Environment, and collates and summarizes opinions regarding the technical situation surrounding environmental assessment methods for wind power stations to provide for proper operation of environment impact assessments.

Subsequent to revisions in the Environmental Impact Assessment Law, wind power stations have been newly designated as facilities to be subject to assessment. State-of-the-art knowhow and expertise have thus been collected and collated on the basis of results of investigations thus far conducted by the government. Also, the most recent experiences and findings both within Japan and overseas have been reviewed in a collection of actual examples to form positions from variable standpoints.

Lack of practical examples, however, has rendered current researches, predictions and assessments rather inconclusive as regards the noise and low-frequency noise produced by wind power generators. At the national government level, some strategically designated studies are now in progress to strive for the accumulation of knowledge. In the meantime, in this report the knowledge and findings currently available have been assembled and put in order.

As a result, it is concluded that investigative method issues have generally been addressed and resolved as evidenced by developments of windscreens to deal with measurement of low-frequency noise impact.

Prediction methods either based on ISO standards or NEDO-directed have been noted in many instances. Nevertheless, predictions made on irregular landforms such as hilly ground or seashore will require ongoing research and development.

Assessment methods have provided no definite proof are yet linking noise and low-frequency noise directly to physiological effects. However, it has been recognized that future research and investigation will be required to be made into annoyance. The various methods for actual assessment that have been noted have been conducted on absolute values or on relative values vis-à-vis background noises. In some instances, improper practices of diversion of environmental quality standards for noise were identified.

In this report, those collected findings have been put in order, with brief case overviews and our observations attached, while clarifying issues and tasks to be addressed hereafter. Since there are many research projects currently being undertaken either assigned or directed by the government or other bodies, it is expected that examination of the results from these projects will form a firmer basis for establishing better environmental impact assessment methodologies.

## 業務内容

### 1 目的

風力発電施設については、近年設置数が増加していること、風車騒音による苦情が発生していることなどから、その実態の把握とともに、風車騒音の調査、予測、評価の手法についての知見の充実が求められている。環境省においては、平成 20 年度から調査・検討を行ってきたが、風力発電施設が我が国の「環境影響評価法」の対象事業となったことから、具体的な検討が求められることになった。従来の経過に引き続いて調査・検討を行うとともに、これらの知見について暫定的に取りまとめを行い、環境影響評価に関係する機関に最新の情報を示す必要がある。

そこで、この業務では、風力発電施設から発生した騒音等について、これまで環境省が行ってきた検討結果を基礎として、更に内外の知見を追加し、風力発電施設からの騒音等を適切に調査、予測、評価する手法に関して必要な事項を調査検討し、環境影響評価を行うに当たって現段階で最適と思われる情報を取りまとめて示すことにした。

### 2 契約期間

平成 23 年 10 月 31 日～平成 24 年 3 月 19 日

### 3 検討事項

本業務の内容は、「風力発電施設から発せられた風車騒音の調査、予測、評価の手法に関する検討および取りまとめ」であり、仕様書に基づき検討会を設置して検討を行った。なお、風力発電施設に係る環境影響評価については、事例が十分でなく、影響、評価手法、予測手法などについて、現在調査研究が引き続き実施されている状況にある。そこで、この検討においては、現状で得られる知見の収集整理のほか、専門的見地から想定される手法(技術)や今後早急に検討を行うべき課題についても審議を行い報告書にまとめた。

この報告書は、上記の検討会における専門的な見地からの検討審議の結果に基づいて整理・記述した。具体的な内容については、下記の項目のとおりである。

#### (1) 風車騒音の経過と現状

風車騒音等に係る環境影響評価については、風力発電施設に対する苦情の増加などから、国において一連の検討が実施されてきた。

この中で、風力発電施設に係る環境影響評価の大枠が決定されてきており、これらを踏まえて技術的課題を整理する必要がある。そこで、①風力発電施設に係る騒音問題の経過、②風車騒音と健康影響、③環境影響評価法改正の経過、④日本風力発電協会のアセス規程、⑤特に留意すべき事項、に区分して経過と現状について記述した。

## (2) 風車騒音に係る最新知見

風力発電施設にかかる文献資料は、内外ともに増加しつつあり、特に最近は、公的機関等による規模の大きい調査研究が目立ってきている。我が国でも、2年ほど前から国等において、規模の大きい調査研究が計画・実施されている。

そこで、本報告においては、主として規模の大きい調査研究の成果について、その概要を整理記述した。具体的には、①アメリカ・カナダ風力エネルギー協会報告書、②オーストラリア国立保健医療研究評議会報告書、③Wind Turbine Noise 2011 会議総括レポート、④オレゴン州における風力エネルギー開発に係る戦略的健康影響評価、⑤風力発電設備の健康影響の研究：独立専門家研究班の報告（マサチューセッツ州）、⑥風力騒音（Wind Turbine Noise）、⑦環境省戦略指定研究「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」において得られた研究成果概要（中間報告）、⑧各国の風車騒音の基準、について、その概要を整理記述した。

## (3) 国内アセス事例検討

我が国においては、風力発電施設が環境影響評価法の対象となっていなかったため、本格的な環境影響評価の実施例は存在していない。現在までに実施されてきたのは、補助金申請等にかかわり NEDO（（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構）で作成された「風力発電のための環境影響評価マニュアル」に基づく環境影響評価が中心である。さらに、地方公共団体の条例やガイドライン等による環境影響評価も基本的には、NEDO のマニュアルに基づくものが多かった。

以上の状況を考慮しながら、本検討においては、入手可能な4例の文書について事例研究として検討を実施した。具体的には、A～Dの4つの事業所について、今後の環境影響評価を推進するために課題検討を行った。

## (4) 海外の事例検討

前述のように我が国では、これから環境影響評価が本格的に実施される所であり、知見の蓄積も急速に進むと期待されている。そこで、海外における事例について、参考に調査検討するものとし、3カ国の事例を検討した。具体的には、①カナダにおける事例、②イギリスにおける事例、③アメリカにおける事例、について検討を行った。

## (5) 環境影響評価手法の検討

上記の(1)～(4)の検討内容をふまえて、環境影響評価手法に係る技術的事項について検討・整理した。前述のとおり、風力発電施設の環境影響評価に関し、とりわけ騒音等については、今後の技術開発が求められる課題も多くあるが、現在得られている知見から最善を求めるものとして整理を行った。具体的には、①基本的事項、②調査手法、③予測手法、④評価手法、⑤環境影響評価に係る考え方、に区分して記述した。

## (6) 風車騒音の評価に係る考え方

風車騒音に関しては、現在、なお引き続き調査検討が行われている状況で、それらを踏まえて環境影響評価が実施されていかなければならない。また、国立公園内での風力発電施設の立地や洋上発電施設の操業など新たな課題もあり、風車騒音の評価についての考え方を整理した。

## 4 検討会の設置

この業務を遂行するために、工学系、医学系および法学系等の学識経験者等からなる「風力発電施設の騒音・低周波音に関する検討会」を設置し、前述の業務内容に沿って検討審議を実施し、報告書として取りまとめた。

検討委員の名簿は、以下のとおりである。

	氏名	所属	専門分野
委員長	橘 秀樹	千葉工業大学	建築工学、環境科学
副委員長	末岡 伸一	末岡技術士事務所	環境政策、環境科学
委員	落合 博明	(財)小林理学研究所	音響工学、環境科学
委員	影山 隆之	大分県立看護科学大学	疫学、環境科学
委員	塩田 正純	芝浦工業大学	建築工学、振動工学
委員	藤本 一壽	九州大学	建築工学、音響工学
委員	矢野 隆	熊本大学	建築工学、社会反応
委員	柳 憲一郎	明治大学	法学、環境法
幹事	今泉 博之	(独)産業技術総合研究所	音響工学、情報処理

## 5 検討会の開催状況

以下のとおり東京で計4回の検討会を開催し、報告書を取りまとめた。

- ① 第1回検討会 平成23年12月7日 東京にて 業務内容の確認、調査の手順
- ② 第2回検討会 平成24年1月11日 東京にて 収集した資料の検討・審議
- ③ 第3回検討会 平成24年2月15日 東京にて 取りまとめの方向、追加資料の審議
- ④ 第4回検討会 平成24年3月6日 東京にて 報告書(案)の審議・確認

## 参考資料

本報告を作成するに当たって、参考又は検討した主な資料について下記に整理した。

環境影響評価条例	鳥取県以下 11 地方公共団体
風力ガイドライン	福島県以下 7 地方公共団体
環境の保全と創造に関する条例施行規則	兵庫県
環境影響評価の基本的事項に関する技術検討委員会報告	技術検討委員会(環境省総合環境政策局)
今後の環境影響評価制度の在り方について(答申)	中央環境審議会
環境影響評価制度総合研究会報告書	環境影響評価制度総合研究会(環境省総合環境政策局)
風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会報告書	環境省総合環境政策局
低周波音問題対応の手引書	環境省水・大気環境局
平成 22 年度移動発生源の低周波音等に関する検討調査業務報告書	日本騒音制御工学会(環境省水・大気環境局)
風力発電導入ガイドブック(2008 年 2 月改訂第 9 版)	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
小型風力発電の導入ガイド	日本小型風力発電協会
風力発電のための環境影響評価マニュアル(第2版)	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
風力発電環境影響評価規程(JWPA 自主規制 ver.1.1)	日本風力発電協会

## 用語解説

下表においては、この報告書で使われている主要な用語について解説した。

なお、太枠・★印の用語については、本報告書のみで使用しているものである。

用語	解説
事業アセスメント	環境の汚染や破壊を未然に防止するために、開発行為が環境にどのような影響を与えるかについて、事前に調査・予測・評価することが環境影響評価制度であり、環境アセスメントとも呼ばれる。このアセスメントは、戦略的アセスメントと事業段階で実施する事業アセスメントに区分されるが、従来の環境影響評価法に基づく制度は、事業アセスメントである。
戦略的アセスメント	SEA と略称されており、従前の事業段階における環境影響評価とは異なり、政策決定、上位計画決定、事業の意思決定段階で実施される環境影響評価のことである。これは、①事業化以前に環境影響評価を行わなければ効果的でない場合もある、②個別事業のみならずすべての意思決定で環境保全に配慮させる、との考え方から考え出されたものである。
環境基準	昭和 42 年の公害対策基本法(現環境基本法)に基づき定められ、個別の規制のみでは、環境の改善が不十分な状況を受けて、集積された汚染の全体としての改善の目標として定めたものである。この環境基準という言葉は、各国それぞれの意味で使われており、我が国では、「環境対策において実現させたい数値目標であり、国民の権利義務を定める法規としての性格を有するものではない。」とされている。行政上の目標として定めるもので、受忍限度とか、許容限度というものではない。
規制基準	環境基準は、騒音に曝露される側の基準として定められるが、騒音発生源側における基準として定められたものが規制基準といえる。規制基準は、一般には、罰則をもって法もしくは条例で定められているものである。騒音規制法においては、工場・事業場と建設作業の騒音が敷地境界における騒音レベルで規制されている。
★低周波数騒音	本報告で採用した名称で、周波数が 20～おおむね 100Hz の範囲の騒音とした。(低い周波数の騒音等について国際的な定義が明確になっていないため。詳細については、第 1 章 5 を参照)
低周波音	従来、環境省では、超低周波音と上記の低周波数騒音を合わせて「低周波音」としていたが、JIS や国際的には、超低周波音を含まない可聴域の騒音を低周波音と呼んでいる。なお、本文中で引用した文献はおおむね低周波数騒音を低周波音と記述していると思われる。
超低周波音	周波数が 20Hz 以下の音。
★風車騒音	本報告では、風力施設施設から発生する騒音、低周波数騒音、超低周波音の総称とした。
風力発電設備	風が持つ運動エネルギーを原動力として電気を発生するための設備で、ブレード、ナセル、タワー等で構成される。

用語	解説
風力発電所	1つのまとまりとして扱われる風力発電設備の集合体のこと。本報告では、風力発電施設と記述している。
純音	特定の周波数成分が際立っていることで、測定結果に加算することが行われている。もともと ISO 1996 シリーズに記述されており、欧米では実施されている事が多いが、我が国では採用されていない。
スウィッシュ音	風車に特有のシュッシュとレベルが変化する音で、swish、swishing、whooshing と記述されている。欧米では、このレベル変動する音が風車苦情の主要な要素と考えられている。類似の音として、ドンドンと聞こえるサンブ音があり、thump、thumping、pulsing と呼ばれる音もしばしば聞こえる。
定格出力	一般には、製造業者によって指定される機器または装置の規定の運転状態における出力の値。
定格風速	風力発電施設の定格出力を発生させる規定の風速。
音響基準風速	粗度長 0.05m、高さ 10m における 8m/s の風速とされている。なお、粗度長とは、風速の高度分布が対数則に従うとした場合、平均風速がゼロとなる外挿高さのことである。
騒音レベル	A 特性補正音圧レベルとも呼ばれ、量記号は LA、単位は、dB である。なお、騒音レベルという呼び方は、我が国独特のものがある。
A 特性	騒音レベルの算出に使われる聴感補正回路であり、比較的聴感に近い傾向がある。単位は dB であるが、しばしば dBA、dB(A)とも記述される。
C 特性	聴感補正特性の一つで、全周波数にわたって平坦に近い特性で、以前はレベルが高いときに使われた。なお、最新の騒音計の JIS においては、平坦特性として Z 特性が規格化されている。
等価騒音レベル	ある時間範囲 T について、変動する騒音の騒音レベルをエネルギー的な平均値として表した量で、次式で与えられる。  $L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right\}$ <p>LAeq,T : 等価騒音レベル (dB)  pA(t) : 瞬時 A 特性音圧 (Pa)  p0 : 基準音圧 (20 μ Pa)</p>
Lden	影響の大きい夕方や夜間の時間帯について加重を行った等価騒音レベルのことである。この Lden は、我が国の航空機騒音に係る環境基準に採用されている。
Ldn	Lden と同様の評価量であるが、夜間の時間帯についてのみ加重を行った等価騒音レベルのことで DNL とも記述される。この Ldn は、米国を中心に用いられている。
時間率騒音レベル	騒音レベルがある値以上である時間が、実測時間の N(%) を占める場合、その騒音レベルを N パーセント時間率騒音レベルといい、50 % 時間率騒音

用語	解説
	レベルLA50を中央値、5%時間率騒音レベルLA5を90%レンジの上端値、95%時間率騒音レベルLA95を90%レンジの下端値などという。
オクターブバンド	上限周波数( $f_2$ )と下限周波数( $f_1$ )の比が2となるように分割した周波数帯域であり、その中心周波数 $f_c = \sqrt{f_1 f_2}$ となる。周波数を対数軸にとった場合、オクターブバンドは等間隔となるが、それをさらに1/Nごとに分割した場合、それぞれの周波数帯域を1/Nオクターブバンドという。N=3の時は1/3オクターブバンドであり、一般に広く活用されている。
音響パワーレベル	音響出力をレベル表示した量で、次式で表される。 $L_w = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$ <p><math>L_w</math> : 音響パワーレベル (dB)  <math>P_0</math> : 基準の音響パワー (1pW)</p> 音響基準風速で風下方向で測定される音響放射出力と同じ出力をもち、ロータ中心を点音源としたときの音響パワーレベルをいうこともある。
JIS C 1400 シリーズ	風力発電システムに係る規格であり、第 11 部に騒音測定方法が記述されている。IEC 61400 シリーズを翻訳して作成されたもので、騒音の発生源側での規格として定められている。
ISO 9613 シリーズ	屋外伝搬での空気減衰計算について定めた国際規格で、アセスメントなどの広域予測において利用されている。現在、ISO 9613-1(空気による音の吸収の計算)と ISO 9613-2(一般的計算方法)が発行されている。空気吸収の計算は、周波数別に距離と減衰係数で計算し、減衰係については、気温、水蒸気モル濃度、気圧により算出される。
騒音計	最新の規格、JIS C 1509 においては、サウンドレベル計(騒音計)となっており、10~20kHz の範囲を計測できる。証明行為などの計量を実施する場合の騒音計は、特定計量器を定めた計量法第 71 条の条件を満足していなければならない。
防風スクリーン	風雑音を避けるために、騒音計のマイクロホン部に取り付けるもので、ウィンドスクリーンとも呼ばれる。一般にウレタンフォーム、ナイロン布、ナイロン不織布などで作られ、外形が大きくなると効果が大きくなる。
総合騒音	ある場所におけるある時刻の総合的な騒音。
特定騒音	総合騒音の中で音響的に明確に識別できる騒音で、騒音源が特定できることが多い。
暗騒音	ある特定の騒音に着目した時、それ以外のすべての騒音。しばしばバックグラウンド騒音と記述される。
残留騒音	ある場所におけるある時刻の総合騒音のうち、すべての特定騒音を除いた残りの騒音。

用語	解説
	<p>(a) 環境騒音の構成</p> <p>(b) 特定騒音と暗騒音</p>
ラウドネス	ある音の感覚的な大きさを表す心理尺度であり、JIS によれば「音の強さに関する聴覚上の属性」と定義されている。しかし、音の大きさは音の強さだけでは決まらず、周波数スペクトルや時間構造にも依存することから、より一般的に、感覚的な音の大きさを意味すると考えられる。
等ラウドネス曲線	純音や狭帯域雑音の周波数を変化させ、ラウドネスが一定となる音圧レベルを結んで得られる周波数特性の曲線である。最新版は、多くの研究報告を集めて国際的に合意され、2003 年 8 月に ISO 226: 2003 Acoustics - Normal equal-loudness-level contours として改定・発効している。
閾値	刺激をゆっくりと変化させ加えたとき、その刺激に対する反応が転換したとき、その刺激量を閾値という。通常、音響においては、徐々にレベルを変えていったとき、聞こえなくなる音圧レベルを閾値と呼んでいる。
アノイアンス	明確な定義は容易でないが、自らに悪影響を与えていると考え、認知している要因や状態に関する不快な感情と訳されている。日本語としては、「うるささ」という言葉をあてることも多く騒音影響の調査研究によく使われる。「個人が妨害を被ったと認識する影響」と定義する場合もあり、騒音による不快感の総称ともいえる。音そのものによる不快感と音に付随して生じる不快感を包含するものととらえられている。

## 目次

第1章	風車騒音の経過と現状	1
1	風力発電施設に係る騒音問題の経過	1
2	風車騒音と健康影響	4
3	環境影響評価法改正の経過	7
4	日本風力発電協会のアセス規程	10
5	特に留意すべき事項	12
第2章	風車騒音に係る最新知見	16
1	最近の文献	16
2	アメリカ・カナダ風力エネルギー協会報告書	16
3	オーストラリア国立保健医療研究評議会報告書	19
4	Wind Turbine Noise 2011 の会議総括レポート	21
5	オレゴン州における風力エネルギー開発に係る戦略的健康 影響評価	21
6	風力発電設備の健康影響の研究:独立専門家研究班の報告	24
7	風車騒音	28
8	環境省戦略指定研究「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」において得られた研究成果概要 (中間報告)	30
9	各国の風車騒音の基準	36
第3章	国内アセス事例検討	45
1	はじめに	45
2	A 事業所の例	45
3	B 事業所の例	50
4	C 事業所の例	52
5	D 事業所の例	55
6	まとめ	58
第4章	海外の事例検討	62
1	カナダにおける事例	62
2	イギリスにおける事例	66
3	アメリカにおける事例	68

第5章	環境影響評価手法の検討	72
1	調査手法	72
2	予測手法	79
3	評価手法	89
4	事後調査	91
第6章	風車騒音評価の考え方	94
1	評価指標の要件	94
2	評価方法とその設定状況	96
3	風車騒音に含まれる純音性等に対するペナルティ	98
4	低周波数騒音および超低周波音に関する考え方	99
第7章	終章	100
1	今後の課題	100
2	おわりに	103

## 第1章 風車騒音の経過と現状

### 1 風力発電施設に係る騒音問題の経過

風力発電施設からの騒音等の苦情・要請は、平成10年頃から、行政機関においても顕在化してきた。同時に、各地で住民運動も起こり、地方公共団体でも対応することになってきた。

この風力発電施設については、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)において、再生可能エネルギーとして風力発電施設の導入を進めている。そこで、風力発電導入ガイドを平成8年(1996年)12月に作成しており、最新版は、平成20年(2008年)2月の第9版となっている。

このようななかで、風車施設の導入にあたっては、事前の環境影響評価が必要として、アセスメントのガイドラインづくりがNEDOで開始された。初版の「風力発電のための環境影響評価マニュアル」(以下「NEDOマニュアル」という。)は、平成15年(2003年)7月に発行され、平成18年(2006年)2月に第2版に改訂されており、このNEDOマニュアルは、自主アセスのために、しばしば参照されるようになった。なお、NEDOマニュアルにおける騒音低周波音の予測技術に関する主要事項は、下記のとおりである。

#### NEDOマニュアルの主な内容(平成18年2月)

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>① 規模要件は、1万kW程度の大規模のものとしている。</li><li>② 調査すべき内容は、騒音レベルと地表面の状況とする。</li><li>③ 騒音レベルは、環境基準の測定に準じてLAeqを環境基準の時間帯にあわせて測定する。</li><li>④ 測定は、防風スクリーンを装着して、種々の気象条件を把握しながら測定する。</li><li>⑤ 騒音は、必要に応じてオクターブ別に記載する。</li><li>⑥ 調査地域は、影響を受けるおそれがある地域(一般的には半径500m)とする。</li><li>⑦ 調査期間は、1季以上について平日または休日あるいはその両日に昼間・夜間の時間帯にあわせて連続測定する。</li><li>⑧ 予測計算は、点音源モデルとしてメーカー等から示される音響パワーレベルにより空気吸収等を考慮して計算する。</li><li>⑨ 予測結果は、環境騒音と合成して整理する。必要により、オクターブ別に記載する。</li><li>⑩ 低周波音については、必要により1/3オクターブ別に記載する。</li></ol> |
|--|

地方公共団体においても、NEDOマニュアル等の資料に基づき、立地規制や環境影響評価を開始するところが増加してきた。これら法令上の環境影響評価は、ガイドラインによるものが多かったが、より積極的に環境影響評価制度として条例手続を導入する団体も増加してきた。

これらのガイドライン等における対象規模などは、地方公共団体により異なっており、県市では小型風車を含めて100kW以上と規定されている例が多くなっている。下記には、主な風力発電施設の設置に関するガイドライン等を作成している団体を次に整理した。

地方公共団体で風力発電施設設置のガイドラインを有している団体

団体名	年度	概要
稚内市	H12/4	100kW 以上、住宅から 500m、環境基準を満足
酒田市	H16/11	100kW 以上、住宅から 200m 及び全高の 2 倍以上
神栖市	H17/7	100kW 以上、住宅から 500m 及び全高の 4 倍以上、環境基準以内で騒音状況の変化がないこと
掛川市	H18/5	100kW 以上、住宅から 300m 及び全高の 3 倍以上、環境基準を満足、低周波音は参照値を満足
浜松市	H18/8	100kW 以上、住宅から 300m 及び全高の 2 倍以上、環境基準を満足(未設定値は B 類型)、低周波音は参照値を満足
鳥取県	H19/3	500kW 以上
豊橋市	H19/6	100kW 以上、住宅から 200m 及び全高の 2 倍以上、環境基準を満足、低周波音は参照値を満足
静岡県	H19/7	1 万kW 以上、住宅から 300m、環境基準 B 類型・現に越えている場合は +3dB 以内、低周波音は参照値を満足
島根県	H19/7	1 万kW 以上、県アセス条例に準じる
新城市	H22/1	100kW 以上、住宅から 500m 及び全高の 2 倍以上、環境基準を満足、低周波音は参照値を満足
遊佐市	H21/9	100kW 以上、住宅から 300m 及び全高の 3 倍以上、環境基準を満足、低周波音は参照値を満足

前述のとおり、風力発電施設の増加に伴い、風力発電施設の設置にかかるガイドラインが、主として市などで制定されてきたが、徐々に県レベルにおいて環境影響評価条例の改正等が行われるようになってきた。現在、条例による環境影響評価の実施状況は、下記のような状況にあり、今後は、「環境影響評価法」の施行に伴い見直し等が予想される。

地方公共団体で条例改正等により風車アセスを実施している団体

団体名	対象規模
福島県	1 万kW 以上又は 15 台以上(第二種は 7000~1 万kW 以下又は 10~14 台以上)
長野県	1 万kW 以上
滋賀県	1500kW 以上
兵庫県	1500kW 以上(自然公園等特別地域は 500kW 以上)
岡山県	1500kW 以上
長崎県	1 万 5000kW 以上又は 10 台以上
新潟県	1 万kW 以上(特別配慮地域は 6000kW 以上)

上記とは別に、既存のアセス条例の規定により環境影響評価を実施している地方公共団体もあり、例を下記に示す。

地方公共団体で既存アセス条例により風車アセスを実施している団体

団体名	対象施設の項目
岐阜県	高層工作物又は高層建築物の建設
三重県	工場又は事業所
川崎市	電気工作物の新設
名古屋市	発電所の建設
神戸市	発電所の建設(県条例対象を除く)

なお、風車について騒音規制として条例で定めている県としては、兵庫県があり、事業用電気工作物にあたる 20kW 以上を規制している。ここでは、通常の特定工場と同様の考え方により、規制が実施されている。

現行の環境保全条例により規制を実施している団体

団体名	規制法令
兵庫県	環境の保全と創造に関する条例施行規則

このようななかで、平成 23 年(2011 年)5 月には、(社)日本風力発電協会において自主アセスの規程として風力発電環境影響評価規程が制定されている。今後、「環境影響評価法」の具体的事項等が定められるのに合わせて必要な見直しを行うとされており、「環境影響評価法」や条例によるものを除いて自主アセス等に活用するとされている。なお、騒音・低周波音の予測技術に係る主要な事項は、下記のとおりである。

風力発電環境影響評価規程の主な内容(平成 23 年 5 月)

① 規模要件は、1000kW 以上とする。
② 調査すべき内容は、騒音レベルと地表面の状況とする。
③ 騒音レベルは、環境基準測定に準じ LAeq を環境基準の時間帯にあわせて全時間連続測定する。
④ 測定は、防風スクリーンを装着して、種々の気象条件を把握しながら測定する。
⑤ 騒音は、オクターブ別に記載する。
⑥ 予測計算は、点音源モデルの幾何音響モデルとし、メーカー等から示される音響パワーレベルにより計算する。
⑦ 空気減衰については、例示として ISO 9613 が示されている。
⑧ 低周波音については、必要により 1/3 オクターブ別に記載する。
⑨ 騒音の評価については、環境基準値が参考に記述されている。

なお、騒音・低周波音についての記述は無いが、景観を基本に自然環境の良好な地域における風力発電施設の設置については、下記のような規程等が定められている。これらのレクリエーション施設等の極めて良好な地域についての騒音等については、今後の検討課題である。

## 良好な地域における風力発電施設の検討

団体名	年度	名称
環境省	H15/8	国立・国定公園内における風力発電施設設置のあり方に関する基本的考え方
茨城県	H16/1	自然公園における風力発電施設の新築、改築及び増設に係る許可・措置命令・指導指針
鹿児島	H22/4	鹿児島県風力発電施設の建設等に関する景観形成ガイドライン
農水省国交省	H23/6	海岸保全区域等における風力発電施設設置許可に関する運用指針

また、土地の狭い我が国の実情から、最近では風車による洋上発電への関心が高まっている。洋上発電は、大きく区分して、着床式と浮体式があるが、国際的にみてもほとんどが着床式であり、わが国ですでに設置されている3例も着床式で護岸の近くに設置されている。

我が国では、今後の風力発電技術の開発方向として浮体式の研究が進んでおり、国においては、長崎県で実証試験を行っており平成28年度の実用化を目指している。さらに、震災復興事業として福島県沖における浮体式の設置検討が進んでいる。

この洋上発電の環境影響評価について、諸外国では陸上とほぼ同じ手続が定められているが、騒音による動物への影響についての調査等が定められている例もある。なお、この浮体式についての「洋上風力発電施設の安全ガイドライン」については、国土交通省において、現在、検討・作成が進んでいる。

## 2 風車騒音と健康影響

風車に関する議論は、平成10年代末頃になると、超低周波音の影響から風力発電症候群まで多様な議論が続出し、国における対応も不可避となってきた。また、国際的にも大きな課題として検討がより進展するようになり、風車にかかる基準等の設定も進むとともに、公的な機関による規模の大きい調査が次々に行われるようになってきた。

一例として、米国オレゴン州健康局環境公衆衛生事務所が住民からの風車問題についての要請等が増大したことから、風力発電について、音、景観、大気汚染、経済効果、社会の利害対立、の5点について調査検討が行われた。この健康影響等についての調査結果については、「オレゴン州における風力エネルギー開発に係る戦略的健康影響評価」として、下表のように公表・報告されている。

### 米国オレゴン州健康局環境公衆衛生事務所の主な内容

- |  |
|--|
| <p>① 暗騒音より 10dB 以上、あるいは屋外で 35～40dB 以上になると住民の健康と福祉に影響を与える。</p> <p>② 風力発電施設からの音によって深刻なアノイアンス、睡眠妨害、生活質の低下が考えられ、</p> |
|--|

慢性的なストレスや睡眠妨害は、心臓血管系疾患などの危険性を高めることがある。長期にわたる健康影響の多くは、夜間の風力施設からの音による睡眠妨害による、又は悪化させられている。

- ③ 調査に存在する不確実性は、反応が主観的で大きな幅があることに関係しており、疫学的研究、振幅変調、室内の低周波音影響、についての証拠が十分でない。

さらに、米国マサチューセッツ州環境保護省が独立した専門家による研究班を設置して騒音振動、シャドーフリッカー、氷片落下を要素として研究が実施された。この研究報告である「風力発電設備の健康影響の研究」によれば、健康影響等については、下表のように報告された。

#### 米国マサチューセッツ州独立専門家研究班報告の主な内容

- ① 風力発電に関する疫学的論文は、ほとんどがアノイアンスに関するもので、風車の見え方や事業に対する考え方など複雑にからんでいる。
- ② 風力発電によって睡眠中断を引き起こすことはあると言える。
- ③ 大きな音の風力発電は睡眠中断を起こす可能性があるが、この睡眠中断を起こす閾値を示す十分な証拠はない。
- ④ 風力発電の騒音が、アノイアンスや睡眠中断とは別に直接的な健康問題や病気を引き起こすかの証拠はない。
- ⑤ 風力発電からの超低周波音が前庭器官に直接影響を与えるという主張は科学的に明らかにされておらず、風車発電からのレベルでは影響を与えることは有り得ないという証拠はある。
- ⑥ 風力発電症候群と主張される一連の健康影響については、まったく証拠がない。
- ⑦ 風力発電からの騒音と心理的精神的な健康問題の関連性はない。
- ⑧ 疫学的根拠の中で、風力発電からの騒音と肩こり、糖尿病、高血圧、耳鳴り、聴力障害、心臓血管系疾患、頭痛/偏頭痛との関連性を示すものは全くなかった。

また、米国とカナダの風力エネルギー協会においては、最新の知識に関する再検討、分析そして議論が行われた。この大規模な調査により、委員会においては、下表のような結論について合意に至り、公表されている。

#### 米国とカナダの風力エネルギー協会報告書の主な内容

- ① 風力発電によって放射される可聴あるいは可聴以下の音が直接的で有害な生理学的影響を有するという証拠はない。
- ② 風力発電から地盤を伝搬する振動はあまりに弱く、人によって知覚されたり、人に影響を及ぼしたりしない。
- ③ 風力発電によって放射される音は特有ではない。その音のレベルや周波数、そして労働条件下での騒音曝露に関する委員会の経験に基づくと、風力発電からの音が直接的で有害な健康影響を有することを信じるに足る理由は見当たらない。

我が国でも、風車騒音にかかる苦情等が全国で発生していることから、地方公共団体などで調

査が行われるようになった。環境省においても、平成 20 年 4 月から、全国の風車苦情等の状況についてアンケート調査を実施している。

この調査については、平成 22 年(2010 年)10 月に公表されたが、回答数 389 例のうち騒音・低周波の苦情や要望が 64 例提出されていた。その結果についての主な集計結果は、下記のとおりである。

#### 環境省大気生活環境室実施のアンケート結果の主な内容(平成 22 年 10 月)

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>① 苦情が発生している施設は、終結(防音工事等の実施)したものを含めて、いずれの総出力においても、風車と住宅の距離で 0~2000m に分布していた。</li><li>② 総出力が 3 万kW 以上では、風車と住宅の距離で 900~1200m において、約 6 割の施設で苦情が発生していた。</li><li>③ 苦情の生じる時間帯が不明の場合は 33%、時期について年中の場合が 25%であった。</li></ol> |
|---|

さらに、環境省の環境影響審査室が風力発電事業者や該当する地方公共団体に対して平成 22 年(2010 年)6~9 月にアンケート調査を実施した。この調査から騒音・低周波音については、下記のようにまとめられ、後述の「風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会」に報告されている。

#### 環境省環境影響審査室実施のアンケート結果の主な内容

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>① 暗騒音は、季節による風向や風速の違いによりその値が異なるが、現況調査は、1 年のある時期でのみ行われている事例があった。</li><li>② 建設前に実施した環境影響評価における予測結果よりも、実際の騒音レベルの方が大きい事例があった。</li><li>③ 風車から離れている住民(1km 程度)から、眠れない等の苦情が寄せられている事例があった。</li><li>④ 騒音の環境基準を満たしている地点からも苦情が生じている事例があった。</li><li>⑤ 苦情を受けて、苦情者宅で騒音の測定調査を実施している事例があった。</li><li>⑥ 騒音対策として、風車の夜間停止や出力制御、苦情者宅での騒音対策工事(二重サッシ、エアコンの設置)の実施や、風車に高油膜性ギアオイルを取り付けた事例があった。</li></ol> |
|--|

これらの調査結果から、風力発電施設の騒音・低周波音について、国としても積極的に対応する必要があると認識され、調査研究の拡充等が検討された。そこで、国等において風車騒音の解析や低騒音化等の技術開発について一連の事業が実施されることになった。

現在、なお継続中の事業が多いが、平成 24 年度からは、多くの成果が順次取りまとめられて公表される手順となっている。現在実施されている主要な風車騒音等の解析についての調査研究を例示すれば、下記のようなになる。

## 現在継続中の主要な調査研究の概要

- 環境省戦略指定研究(S2-11) 風力発電等による低周波音の人への影響評価に関する研究  
平成 22～24 年度の 3 ヶ年で、全国 36 箇所での詳細測定、アノイアンス及び THI(トータルヘルスインデックス)の調査、低周波音に対する閾値等の基本検討、などが実施されている。
- 環境省地球温暖化対策技術開発事業 騒音を回避・最小化した風力発電に関する技術開発  
平成 23 年に風車騒音の計測と分析、低減対策の検討を行い実際に低減対策を施した設備について効果の検証・評価を行う。あわせて制御システムや騒音の予測手法を開発する。
- (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 次世代風力発電技術開発  
NEDO では、風力発電等にかかる技術開発が進められているが、我が国特有の外部条件に適した風車設計の研究開発として風車騒音予測手法の開発も実施されている。

### 3 環境影響評価法改正の経過

我が国では、当時閣議アセスと呼ばれるアセスメント制度から、平成 9 年 6 月に「環境影響評価法」の制定による新たなアセスメントの仕組みが導入され、条例による環境影響評価制度と相まって、現在の環境影響評価の仕組みが構築されている。この「環境影響評価法」では、規模が大きくて国が実施又は許認可等を行う事業として、12 事業と政令で定める事業が対象事業とされ、具体的な手続が定められ実施されるようになった。

この「環境影響評価法」については、環境省において環境影響評価の技術的課題を検討するために、「環境影響評価の基本的事項に関する技術検討委員会」が平成 16 年に設置され、基本問題の検討が行われた。ここでは、環境影響評価にかかわる専門分野の委員により現況の技術的課題について検討された。

この結果については、平成 17 年 2 月に多岐にわたり報告され、その後、中央環境審議会に環境影響評価の在り方について諮問されることになった。なお、この報告における主要な検討結果のうち、風車騒音にかかわると思われる事項を、下表に概要を記述した。

#### 環境影響評価の基本的事項に関する技術検討委員会報告の主な内容(平成 17 年 2 月)

- ① 現行制度は「ベスト追求型アセス」であり、取組を充実させるとともに、良好な状態への変化についての明示を検討
- ② 事業特性について、環境配慮の検討経過や内容の記述が含まれるように措置
- ③ 評価の標準項目は、強いしぼりにならないように参考項目とするように検討
- ④ 予測に用いた原単位やパラメータ等と予測結果との対応関係を明示
- ⑤ 環境状態の変化と事業が実施されない場合の状態を区分して明示
- ⑥ 不確実性について、その程度の検討を実施
- ⑦ 事業について、評価結果に沿った根拠や検討経過を明確化
- ⑧ 基準・目標について、適用の考え方の明確化  
(例えば、建設工事の規制基準は、敷地境界の許容限度であり、影響評価については、人が

生活するうえで望ましい環境という視点から検討される必要がある。) )

⑨ 専門家等から助言を得る場合は、当該専門家の専門分野が明らかにされる必要がある。

⑩ 環境保全措置について、他の項目への影響について明示

(例えば、遮音壁について景観や日照の観点から検討されなければならない。)

その後、上記報告などを含めて、「環境影響評価法」の見直し検討が実施された。なお、平成 18 年 4 月には、「第 3 次環境基本計画」が決定されたが、ここにおいては、「環境影響評価法」の見直し等が記述された。

そこで政府部内等で鋭意検討が進められた結果、戦略的環境アセスメント(SEA)と風力発電施設の対象事業への追加等が見直しの課題とされるに至った。

この検討の中において、「環境影響評価法」の制定時に設置されたものと同様に環境影響評価総合研究会が平成 20 年 6 月に環境省に設置された。ここでは、事業者や NPO を含めた幅広いヒアリング調査などを含めた検討が実施された。具体的な課題と中長期的課題について報告されたが、環境影響評価の視点については、現行の法制度は、「ベスト追求型アセス」であると下表のように記述された。

#### 環境影響評価総合研究会報告の評価の視点(平成 21 年 7 月)

(3-8) 環境影響評価手続における評価の視点

(現行制度の考え方)

閣議決定要綱に基づく環境影響評価では、環境基準や、環境影響評価の実施に当たって事業者があらかじめ設定した環境保全目標に照らし、当該目標を満足するの可否かという観点から保全目標クリア型の評価が基本となっていた。

これに対して平成 9 年答申では、「個々の事業者により実行可能な範囲内で環境への影響をできる限り回避し低減するものであるか否かを評価する視点を取り入れていくことが適当である。」としており、環境影響評価法ではベスト追求型の評価の視点を取り入れられている。

(法施行後の動向)

ベスト追求型の評価の視点として具体的には、現行の基本的事項において、環境基準等との整合性が図られているか否か検討する「国又は地方公共団体の環境保全施策との整合性に係る検討」に加えて、幅広い環境保全対策に係る複数の案を比較検討する手法と実行可能なより良い技術が取り入れられているか否かについて検討する手法を例示している。

(以下略)

そのような中で、平成 22 年(2010 年)2 月には、中央環境審議会から、「今後の環境影響評価制度の在り方について(答申)」が出された。ここにおいて、戦略的環境アセスメント制度の導入と風力発電施設設置の法対象事業への追加等について検討実施が記述された。

## 今後の環境影響評価制度の在り方について(答申)

### (5) 風力発電施設への対応

近年我が国における風力発電施設の導入量は増加しており、地球温暖化対策の推進により、今後、民間事業者による大規模な風力発電事業の大幅な増加が予想される。風力発電施設の設置に当たっては、騒音、バードストライク等の被害も報告されている。

現在は、一部の地方公共団体において条例による環境影響評価が義務づけられている他、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が作成したマニュアルによる自主的な環境影響評価が実施されているものの、条例以外による環境影響評価を実施した風力発電施設設置者に対するアンケートにおいては、環境影響評価を実施した案件のうち約4分の1が住民の意見聴取手続を行っていないこと、また、NGOへのヒアリングにおいては、方法書・評価書案の縦覧を行わずに補助金の申請がなされている事例があること、といった課題が挙げられている。

また、電気事業法(昭和39年法律第170号)の許認可を捉えて環境影響評価を実施することが可能である。以上の点を踏まえて、風力発電施設の設置を法の対象事業として追加することを検討すべきである。

(以下略)

また、風力発電施設については、環境影響評価の対象として新規に追加されるものであることから、技術的状況についての検討が必要として、環境省において「風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会」が設けられた。ここでは、主として騒音・低周波音、バードストライク、景観などについて技術上の課題についての基本事項の審議が行われた。

この結果については、平成23年6月に公表・報告されたが、騒音・低周波音にかかる環境影響の懸念やNEDOマニュアルによる自主アセスでは、住民意見の聴取手続が行われていないなどの課題が指摘されている。なお、騒音・低周波音に関する評価項目についての概略は、下記のとおりである。

### 風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会報告の概要(平成23年6月)

- ① 風力発電施設は、静穏な地区に建設されることも多い等の特性がある。また、山稜部に建設されることも多く、発生・伝搬状況の把握は十分でなく、視覚と聴覚の相乗作用等の可能性も指摘できる。
- ② 調査期間は、自主アセスでは2日間となっているケースが79.5%となっていたが、外国では、適切な把握に必要な期間として数日から2週間とされていた。
- ③ 評価については、騒音レベル(A特性補正音圧レベル)だけでは卓越した純音成分の適切な評価が困難なためにC特性及び1/3オクターブの音圧も測定することが適当である。
- ④ 予測・評価手法は、ほとんどが定格出力時または8m/sの場合とされていた。評価については、環境基準値を満足しているかで評価されており、約3割が現況からの増加分で評価されていた。なお、低周波音の評価については、参照値を用いた事例が見受けられたが、参照値

は環境保全目標値として設定されたものではない。

この「環境影響評価法」の改正については、平成 23 年 4 月に一部改正法が制定され、平成 23 年 11 月には、関係政令の一つとして、風車について「環境影響評価法施行令の一部を改正する政令」が制定された。これにより、平成 24 年 10 月から風力発電施設が環境影響評価の対象として手続が実施されることになった。

この政令改正により、環境影響評価の対象にかかる風力発電施設の規模要件については、1 万kW 以上は第一種事業、7500～1 万kW は第二種事業とされた。以上の事をまとめると、下表のようになる。

#### 環境影響評価制度の改正と今後

- ① 「環境影響評価法」については、我が国のナショナルミニマムと考えられ、法対象規模については、「風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会」報告等をふまえて、1 万kW 以上は第一種事業、7500～1 万kW は第二種事業とされた。これにより、大規模等の施設については、法の対象とされて手続が実施されることになった。なお、条例においては、1500kW 以上から 1 万 5000kW 以上まであり、(社)日本風力発電協会においては、自主アセスの規程では、1000kW 以上とされていた。
- ② 法対象以下等については、条例により検討されるべきものとされることになる。なお、現行の条例や今後の制定される条例における対象規模については、法の対象規模が定められた事から法との関係についての考慮が必要となる。
- ③ さらに条例対象以下については、現行の(社)日本風力発電協会の自主アセス規程により 1000kW 以上となっていることから自主アセスとして、また、市町が定めたガイドラインの多くが 100kW 以上とされていることからこの手続により、措置されることが想定される。

この調査検討業務においては、これらの一連の風力発電施設に関する対応の経過を受けて調査検討を実施しており、今後想定される環境影響評価の技術上の指針についての参考資料として、整理・取りまとめた内容の報告書となっている。

今後は、この報告書を含め種々の成果の上に、関係省庁において主務省令の制定など関係事務の整備が進むことになる。

#### 4 日本風力発電協会のアセス規程

一般社団法人日本風力発電協会(以下、「JWPA」という。)は、風力発電業界団体であり、風力発電を再生可能エネルギーとして、我が国の長期的エネルギー需給において重要な電源の一つとして位置付けるべく、様々な活動を実施している。この JWPA では、風力発電施設に対する自主的な環境影響評価の実施が必要との考え方から、平成 23 年に「風力発電環境影響評価規程(JWPA 自主規制 Ver.1.1)」を策定している。

ここでは、「風力発電を推進する中で、それに係る施設を建設することによって周辺住民の生活環境に対して何らかの影響を及ぼし得るとの考えに立脚し、それによって一種の迷惑施設となり得ることを事業者として認識し、住民の理解が得られるように丁寧に対応することが重要である。」と指摘し、この規程の活用を求めている。

以下、この自主的な風力発電所に係る環境影響評価規程について、騒音・低周波音を中心にその概要を示す。

## (1) 規程の特徴

この規程では、地域住民とのトラブルを避けるために、「事前に影響の程度を予測し」、「その影響を回避・低減するための計画の再検討」と「回避・低減の程度の予測・検証」とを必要に応じて繰り返し行う。これにより、「地域からの理解・賛同を得た上で事業を推進」し、運転開始後のトラブルを回避する、としている。

具体的に自主規制では、NEDO マニュアル(第2版)をほぼ踏襲しながらも、部分的に補強する形で策定されている。例えば、NEDO マニュアルにおいて対象とする風力発電所の規模要件が1万kW以上を目安にしているのに対し、事実上1基(1,000kW)以上の風力発電所と設定している。

このほかに、主な規定としては、

- ① 準備書縦覧中に住民説明会を開催することを義務化
  - ② 有識者意見の聴取を義務化及び関係市町村からの推薦・紹介等により有識者を選定
  - ③ 低周波音は、原則として評価項目に選定
  - ④ 様々な条件下の騒音レベルが把握できる期間に調査
- などが明記されており、前述した各種の検討会での審議において指摘された課題に答えている。

## (2) 手法

調査、予測および評価の手法の選定では、騒音について、「調査の基本的な手法」、「調査地域」、「調査期間等」がNEDO マニュアルと異なっている。

基本的な手法について、全天候型防風スクリーンを設置し、風雑音の影響を避けることや風力発電設備の様々な稼働状況を想定した測定によって状況を幅広く把握することを推奨している。また、地形の影響への配慮を指摘し、周辺の特徴的な地形を見落とさないよう指摘している。

調査地域については、範囲を数値で例示することをせず、「騒音に係る環境影響を受けるおそれがある地域」として広範囲を考慮するよう指摘している。さらに調査期間に関して、「実態に応じた適切な時期を選定し、様々な条件下の騒音レベルが把握できる期間において昼間及び夜間の各時間帯に連続調査する。」とし、実態把握の重要性を述べている。

低周波音については、概ねNEDO マニュアルと同様であるが、超低周波音やG特性音圧レベル等について補足説明されるとともに、冒頭において低周波音の評価において「人が音を聞き取れる(感じ取れる)範囲」や、「物的苦情に関する参照値」、「心身に係る苦情に関する参照値」など

が参考となる、と記している。

評価については、現時点において「騒音に係る環境基準」(平成 10 年環境庁告示第 64 号)との整合性を検討することを原則とするとしているが、この報告書の次節で指摘するとおり、環境基準の不適切な使用を招くおそれがある。現に、きわめて環境が良好で、静穏な地域であるために類型指定をしない地域に対して、環境基準値を準用している事例があり、評価の課題と考えられている。

### (3) まとめ

「環境影響評価法」の風力発電施設の規模要件が、1 万kW(第二種事業は、7,500~1 万kW)とされたことを考慮すれば、この自主規制により小規模な風力発電施設に対しても環境影響評価を行うよう指摘していることになる。この点については、事業者側の積極的な取り組みとして評価に値すると考えられる。課題はあるものの、この自主規制が着実かつ適切に実施されることによって、風力発電事業に対する地域住民の理解増進等に貢献すると思慮される。

## 5 特に留意すべき事項

### (1) 「低周波音」の定義

可聴閾より低い 20Hz 以下の音は、超低周波音と呼ばれており、20~20kHz の音は可聴音と呼ばれている。このうち超低周波音の測定については、国際的には G 特性が定められており、可聴音について周波数特性 A 特性で計測したものを我が国では騒音レベルとしている。

ただし、低い周波数の苦情が発生した場合、超低周波音と可聴音のうち低い周波数の騒音が同時に発生していることも想定されるため、環境省においては、超低周波音と低い周波数の騒音の総称として「低周波音」という用語が使われてきた。1/3 オクターブ中心周波数で 1~80Hz(遮断周波数を使って 1~90Hz と記述される場合もある。)の音のことである。なお、海外においては、低周波数騒音が問題となっており、G 特性とは別に、低周波数騒音の評価も行われており、対象とする周波数や評価法はまちまちの状況にある。

一方、国際的には、IEC 規格(IEC 61400 シリーズ)及び国際規格に基づく JIS C 1400-0(風車発電システム—第 0 部:風力発電用語)においては、低周波音は低い周波数の騒音(可聴音)として定義されている。ここでは、LFN(low frequency noise)と略称され、下表のとおりである。

番号	用語	定義	英語
618	超低周波音	20Hz 以下の周波数の音	infrasound
619	低周波音	20~100Hz の範囲の周波数の音	low frequency noise

このように、国際機関や他国、音響以外の部門とは異なる定義が使用されており、二つの定義が使われることは好ましいことでなく、多くの混乱を招いている。住民等からの苦情についても、どの定義により議論しているのか見極める必要があり、音響系以外の技術者との論議においてもど

のような定義を確認しないとすれ違いの原因になる。

そこで、本報告においては、「低周波音」という用語は使用せず、国際規格や JIS が定義した 20～100Hz の範囲の周波数の音について、「低周波数騒音」と記述することにした。いずれにしても、国際規格や JIS と異なる定義を環境省で使用し続けるのは、好ましくなく政府内においても統一するよう検討が求められる。

## (2) 参照値の利用

風車騒音のみならず、「低周波音」にかかる予測評価に環境省が作成した平成 16 年 6 月の「低周波音問題対応の手引書」による参照値が使われることが散見される。この手引書は、固定発生源から発生する「低周波音」の苦情への対応として、作成して地方公共団体等に送付したものである。これについては、「低周波音」として騒音苦情が寄せられた場合に、真に「低周波音」によるものかを判断する目安として策定されたものである。

ここでは、被験者実験によって得られた 10～80Hz の寝室の許容値の 10% 値が参照値として示されている。この参照値は、発生源と苦情者側における対応関係が認められる場合に、住民からの苦情が「低周波音」によるものかを判断する目安として示されており、対策目標値等ではないと明記されている。

その後、この参照値について誤解された使用が散見するようになったとして、平成 20 年 4 月 17 日に環境省水・大気環境局より事務連絡「低周波音問題対応の手引書における参照値の取り扱いについて」が寄せられた。そこで、

参照値は、低周波音についての対策目標値、環境アセスメントの環境保全目標値、作業環境のガイドラインなどとして策定したものではない。

と明記されており、地方公共団体で適切に措置することを求めている。

さらに、環境影響評価法の見直しに関しての環境省の「風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会」の平成 23 年度の報告においても、風車騒音の予測評価において、前述と同様の誤った使用が見られることから下記のように報告している。

低周波音の評価に「参照値」を用いた事例も見受けられるが、「参照値」は、固定発生源から発生する低周波音についての苦情の申し立てが発生した際に、低周波音によるものかを判断するための目安として示したものであって、対策目標値、環境影響評価の環境保全目標値などとして策定したものではない。また、風力発電施設に適用できるかは明らかになっていないことに注意する必要がある。

以上のごとく、超低周波音や低周波数騒音について、参照値を用いた予測評価の手法はきわめて不適切である。

なお、一般の超低周波音と低周波数騒音については、各国それぞれの対応となっており、統一されたものになっていない。今後とも調査研究が求められる状況にある。

### (3) 環境基準の利用

環境基準は、環境基本法では、以下のとおり定められている。

環境基本法(平成5年11月19日法律第91号) 【抜粋】

第16条 政府は、大気の汚染、水質の汚濁、土壌の汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれ、人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準を定めるものとする。

2・3 <略>

4 政府は、この章に定める施策であって公害の防止に係るもの(以下「公害の防止に関する施策」という。)を総合的かつ有効適切に講ずることにより、第1項の基準が確保されるように努めなければならない。

この環境基準について、受忍限度とか基礎指針のごとく説明されることがあるが明らかに間違っており、きわめて不適切である。環境基準は、「政府の目標」であり、これが達成したら次の目標を検討することになっている。なお、政府の目標値であることから、これとは別に都道府県等が環境基準などを定めることも可能である。

また、環境基準は、「環境対策において実現させたい数値目標であり、国民の権利義務を定める法規としての性格を有するものではない。」ともされている。言うならば、環境基本法第16条に基づき、著しい騒音現況に対して、行政上の目標として定めるもので、受忍限度とか、許容限度というものでもなく、さらに法律的な規制基準としての効力のあるものでもない。

上記のような環境基準の性格から、知事は、騒音の低減を図るべき地域について類型指定を行うものであり、類型指定を行わないのは、良好で静穏な地域であることになる。これらの静穏な地域については、行政目標を定める必要はなく、引き続き現況の維持に努めるべきものとされている。まして、環境基準値までは、騒音の排出が許されているものでもない。

以上を具体的に整理すると下表のようになる。

I	環境基準が設定され、騒音が著しい地域	騒音低減のために目標を設定したものであり、速やかに達成すべく施策を推進する。
II	環境基準が設定され、基準を達成している地域	目標が達成されていることから、引き続きその静穏な状況を維持する。
III	環境基準が設定されていない地域	環境が良好すなわち著しい騒音環境にない地域であり、その静穏な状況を維持する。

一般に風車の設置地域は、きわめて良好・静穏な地域で類型指定をしない地域でありながら、環境基準値を準用して、さらにB類型の基準値までの排出を可とすることはきわめて不適切である。現在良好で静穏である場合には、原則として引き続きそれを維持することが求められる。

### (4) 騒音の増加量にかかる評価

一部の国において、風車に限るものではないが、現況(暗騒音)に比べて、いくつ増加するかで評価する手法(相対的評価)が提案されている。これは、静穏な地区と言えども、まったく施設等の

新設を認めないことに通じるのは、現実的でないと考えや住民に増加量を示して評価することがより適切であるとの認識によるものである。

環境省の「風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会」の平成 23 年度報告においても、下記のように記述されている。

騒音の評価手法については、環境基準以下であるにもかかわらず、苦情等が発生しうることから、静穏な地域に設置する場合には、風力発電設備の設置により環境騒音がどの程度騒音が増加するかについても調査・予測を行い、その結果を住民等に示して評価すべきである。
---

具体的に、現況レベルと騒音レベルの増加について整理すると下記のようになる。

新たな発生源の発生レベル	想定される当該地域のレベル
現況に対して、+3dB	現況より、+5dB
現況と同じ	現況より、+3dB
現況に対して、-10dB	ほぼ同じ

仮に現況の値が、45dB とすると新たな発生源が+3dB の 48dB とすれば、当該地域は、+5dB の 50dB、現況と同じ 45dB とすれば、当該地域は+3dB の 48dB、となる。また、現況をほぼ保とうとするならば、新たな発生源は、-10dB の 35dB としなければならない。

よく議論される現況より 3dB 増まで許容することとは、現況と同レベルの排出を認めても、3dB 程度ならば、人は知覚しにくいとのことによるものである。

このような背景のうえに、増加量のみで相対的に評価することが適正かどうかについては、暗騒音の測定の困難さなどもあり、今後とも十分に検討が必要である。しかしながら、環境影響評価の手段としては、どの程度騒音が増加するかについて、予測条件等を明示しながら住民に明らかにすることは、最低限必要なことと考えられる。

## 第2章 風車騒音に係る最新知見

### 1 最近の文献

風力発電所からの風車騒音に係る文献等については、巻頭に示された報告等に示されている。ここでは、その後に公表された資料として、国内外の最新の研究論文や調査報告書、学術書籍等を調査した。これにより、風車騒音が人に及ぼす影響を含めた新たな知見の収集、風車騒音の実態に関する再確認を行った。

以下において、文献等ごとに、その内容を整理した。

### 2 アメリカ・カナダ風力エネルギー協会報告書

(Wind Turbine Sound and Health Effects An Expert Panel Review)

2009年に米国とカナダの風力エネルギー協会は、医師、聴覚学者、音響専門家で構成される学際的な委員会を設置し、風力発電所への曝露に起因して起こり得る有害な健康影響に関する既往の科学的文献を検討するよう依頼した。同年12月に当該委員会は、その検討結果を取りまとめた報告書を提出した。

この専門家委員会では、主に風力発電所に直接関係する文献の見直しとそれの稼働に伴って起こり得る環境への曝露の再検討が実施された。「wind turbine and health effects」というキーワードを調べた文献を調査するとともに、「vibroacoustic disease」というキーワードについても文献を収集して検討を行っている。そこでは、起こり得る環境への曝露に関する検討として、低周波音(low-frequency sound)、超低周波音(infrasound)ならびに振動に着目している。

この大規模な文献調査と分析の結果を要約し、以下の主要な質問(課題)について見解を取りまとめている。

- ・風力発電設備の稼働がどのように人の聴覚の応答へ影響するのか？
- ・我々は、どのように音のラウドネスや周波数を決め、それがどのように耳へ影響するのか？
- ・風力発電設備は、どのように音を生成するのか？
- ・音は、どのように測定され、評価されるのか？
- ・振動とは何か？
- ・どのような曝露で、人は知覚し易いのか？
- ・低周波数範囲及び最も着目すべき超低周波数範囲の音は、人の健康に有害なのか、平均的な聴取能力よりも低いレベルでもそうなのか？
- ・人の前庭系は、どのように音に反応するのか？
- ・音の曝露でなにが有害影響となり得て、健康とどのように関係するのか？
- ・科学文献は、風力発電設備、低周波音、超低周波音について、どのように述べているのか？

なお、20 Hz以下の周波数は、通常、超低周波音と呼ばれるが、超低周波音と低周波音との境

界は厳密ではなく、一部の人はある周波数の超低周波音が高いレベルだと聴くことができる。低周波音は、習慣的に 10～200 Hz の間と言われているが、どの定義もあまり明確ではなく、健康との関わりの中で低周波音は一部の人々にとって懸念となっている。

風力発電設備から発せられる音は、機械的あるいは空力的なメカニズムのいずれかで発生する。前者が標準的な騒音制御技術で対応可能で、最新の風力発電設備では支配的な音源ではない。後者は、超低周波音の領域から低周波数騒音を越えて通常の可聴領域にまでわたる場合もある。特に、風車騒音で支配的な音源となっているのは、可聴域の騒音で、概ね 500～1000 Hz という中間周波数域で変調される傾向にあり、この帯域のレベルが約 1 回/秒などの割合で上昇下降している場合がある。

音の曝露による影響として、会話妨害、聴力損失、作業妨害、アノイアンス、睡眠妨害等が考えられ、音の大きさに著しく依存する。風力発電設備から一定の距離、離れることによって、会話妨害、聴力損失、作業妨害は生じないが、一部の人は、はうるさく感じたり、睡眠を妨げられたりする場合がある。このアノイアンスは、人により異なる主観的な反応であり、人々を苛立たせるかも知れないが、有害な健康影響でもないし、いかなる病気でもないことに注意する必要がある。慢性的にうるさく感じさせるあらゆる音(非常に小さな音を含む)が一部の人々に慢性的なストレスを与えるかも知れないが、多くの人々は騒音やその他のストレスへ定常的に曝され、もはやうるさく感じない。

風力発電設備から放射される超低周波音は、通常 50～70 dB 程度であり、もう少し高くなることもあるが、感覚閾値よりも十分低いレベルである。音響専門家の間では、風力発電設備からの超低周波音による健康の影響は考えられないという意見で一致している。

関連して、米国食品医薬品局(FDA)は、8～14 Hz の範囲で 70 dB の超低周波音を治療マッサージ用を使用することを許可している。稼働中の風力発電設備からの低周波音は、風が極端に乱れている場合に一部の人々にうるさく感じられることもあるかも知れないが、このレベルが健康に影響を及ぼすという証拠はない。もし健康に影響を及ぼすならば、都市環境下では、同じレベルの一般的な背景騒音により、そこに人々は住めないことになる。

風力発電設備から発生した低周波音と健康影響との関係に関する報告について慎重に検討した結果、推定される健康影響と曝露の程度との関係、報告された健康影響中の特異性の欠如、および分析における対照群の欠如、において特に疑問がある。具体的には、以下のような内容である。

- ①振動音響疾患(VAD)は、大きな圧力振幅を有する低い周波数(LPALF)の音の慢性的な曝露に伴う全身の多臓器疾患として定義されたが、実際は高周波数成分が卓越する音場であった。
- ②当初 100 Hz より高い周波数域が卓越した 90 dB 以上の音に伴う結果を、超低周波領域で 40～50 dB の聞こえない(inaudible)風車騒音による VAD のリスクに外挿している。しかも、これは 2 つの超低周波音への曝露を比較することのみに基づいて主張されている。

事例1では、8 Hzと10 Hzで約50 dBの低レベルの超低周波音に曝露され、鉄道や道路からの低周波音も含まれた。事例2では、8~16 Hzで約55~60 dBの超低周波音に曝露された。これらの曝露は感覚閾値より十分低く、都市域ではありふれた状況である。

さらに、この2つの事例は明らかに自主的に選択された苦情者である。これらの記述は、症例集積研究であり、潜在的な危険(つまり低周波音)への曝露と潜在的な健康影響(つまりVAD)との因果関係を理解する上で事実上無意味である。症例報告は、明確な因果関係が示される前に、大規模な研究、とりわけコホート研究や症例対照研究によって確認される必要がある。つまり、2つの家族の報告は、風車騒音と心膜の厚さが増すこと(VADの主要な症状は心臓や血管の構造が厚くなること)との関係について説得力のある科学的な証拠を示していない。

③風力発電症候群(Wind Turbine Syndrome)は、風力発電設備から空中伝搬した1~2 Hzの低レベルの超低周波音が前庭系に直接影響する、風力発電設備から空中伝搬した4~8 Hzの低レベルの超低周波音が口を通じて肺に入り横隔膜を振動させ、内臓または身体の内部器官へ振動を伝える、という2つの仮説に基づく。

まず、前庭系が低レベルの音と振動の両方に対して蝸牛よりも敏感である、と明らかに誤解している。1~2 Hzの低レベルの風車騒音が前庭系に直接影響するという信頼できる科学的根拠は存在しない。そもそも、1~2 Hzの低レベルの超低周波音は、身体中に元来存在する超低周波の背景音(例えば、1~2 Hzの心拍ほか、内臓等の内部騒音源からの音)に埋もれてしまう。同じことが4~8 Hzの低レベルの超低周波音についても言える。さらに、身体外からの低レベルの音が体内音を超えるような大きな刺激を身体内で引き起こすことはない。

次に、風力発電設備によって健康を害されたと考える人々を公募し電話インタビューしているため症例集積研究である。この特殊な症例集積研究は、得られる結果に重大なバイアスをもたらす。特に、風力発電設備近傍に住んでいない対照群に欠ける。さらに、風力発電症候群の症候は新しいものではなく、環境音に対するアノイアンスに関わるものとして公表済である。これらの症状は、極端で継続的なアノイアンスの事例に共通であり、これらの影響を受けた人のストレス反応に繋がる。風力発電症候群は、医学界で認知された診断ではない。

#### 【結論】

- ① 風力発電設備からの音は、人に対して聴力損失あるいはいかなる健康への影響に関するリスクも課さない。
- ② 風力発電設備からの可聴以下の低周波音や超低周波音は、人の健康へのリスクではない。
- ③ 一部の人々は、風力発電設備からの音をうるさく感じるかも知れないが、アノイアンスは、病理学的なものではない。
- ④ 風力発電設備からの音に関する懸念の主な原因は、その変動する特性に起因し、一部の人々は、これをうるさく感じ、その反応は、音の強度ではなく個人特性へ依存する。

とカナダ・アメリカ風力エネルギー協会の報告書では、記述されている。

### 3 オーストラリア国立保健医療研究評議会報告書

(Wind Turbines and Health A Rapid Review of the Evidence)

この報告書は、風力発電と人の健康への影響に関して、最新の文献に基づく証拠の検討から知見を提示することを目的として、「風力発電所による直接の病理学的な影響は無く、人への影響は既存の開発ガイドラインに従うことによって最小化される。」という主張が証拠によって支持されるか否かを明らかにしようとしたものである。

風力発電施設と人の健康への影響に関しては、2つの対立した見解があり、風力発電からの超低周波音、騒音、電磁波干渉、シャドウフリッカー、翼の反射光による健康への影響が主に懸念されている。

超低周波音(16 Hz未満と記述)と低周波音(low frequency noise)の境界については、しばしば混乱が生じている。そもそも音に対する人の感度、特に低い周波数の音(low frequency sound)に対する感度は、変化しやすく、様々な周波数に対して許容差がある。

風力発電施設の主要な騒音源は、モーターもしくはギヤボックス等から生じる機械騒音と風力発電の翼を通過した風により生じる空力騒音であるが、正常に稼動する最新の風力発電設備から生じる機械騒音は問題にならない。つまり、通常であれば主要な騒音源は、空力騒音であり、これらに加えて振幅変調、衝撃性、低周波数騒音や純音性のような特別な可聴特性を含む騒音も生成する。

風力発電からの騒音の影響に関して最も一般的に言われていることは、超低周波音と低周波音(low frequency noise)に関係する。超低周波音は、一般の環境中に存在すること、最近までの研究成果として風力発電から生じる超低周波音は無視できるレベルであり、低周波音は、通常僅かであることが明らかになった。なお、風力発電に伴う超低周波音ないし低周波音が健康に影響を及ぼす証拠はないと結論付けた報告書が多く存在する。

健康に及ぼす風力発電の影響に係る様々な研究では、アノイアンスの自己申告による知覚が殆どであるが、アノイアンスのような主観的作用を測定・定量化することは難しい。世界保健機関(WHO)は、アノイアンスが健康に影響を及ぼすとしているが広く受け入れられているものではなく、アノイアンスによって、結果として人々はストレス性の健康影響を受けるという意見もある。風車騒音とアノイアンスに関する研究から、アノイアンス以外の健康への影響が風車騒音と直接的に相関しないこと、騒音によるアノイアンスについての過去の報告では、睡眠障害や不安感は、その騒音への曝露によるものと思われるが、一方、睡眠障害を有する者がその騒音を安易に評価することと同じくらいにアノイアンスを評価していることも見出された。

さらに、風力発電に伴う騒音が知覚されることには、多くの要因が関与し、聴覚が視覚刺激によって強調された結果として騒音を否定的に評価する可能性があること、風力発電所近傍の住民に対する研究でアノイアンスと、風力発電設備が見えることに対する否定的な姿勢とが強く相関する

こと、さらに、風力発電から経済的な利益を得ている者が利益を得ていない者と同レベルの騒音に曝露された場合でもアノイアンスを報告しない傾向があることが明らかになった。

以上を要約すると、

- ① 感覚閾値以下の超低周波音が、生理的もしくは心理的な影響を生じさせるという信頼できる証拠はない。
- ② 最新の風力発電からの超低周波音は、風力発電所近傍の住民に健康被害を及ぼすようなレベルの音源とはならない。
- ③ 風力発電が人の健康に影響を及ぼすことを示す査読を受けた科学的な報告が無いことを調査結果が明確に示している。
- ④ 風力発電からの騒音は、聴力損失もしくはその他の人への健康影響のリスクを引き起こさない。風力発電から生じる可聴域以下の低周波音や超低周波音は、人の健康に対するリスクではない。
- ⑤ 風力エネルギーは、従来の他の発電方法よりも健康影響への関連は低く、むしろ人類の健康にとって有益である。
- ⑥ 現在のところ、問題となっている風力発電所からの騒音放射の中に、特別な特性について科学的に確認された事例はほとんどない。現段階で、信頼できる公表された文献は、騒音影響評価の計画段階に特別な特性を含めることに賛成していない。
- ⑦ 風力発電に関する超低周波音について多くの議論がメディア上で行われている一方で、超低周波音が最新の風力発電から発生しているという検証できる証拠はない。
- ⑧ 風力発電からの騒音が、風力発電症候群(WTS)と呼ばれる症状を引き起こすという主張があるが、超低周波音や低周波音に関連するWTSの症例を紹介している症例研究でしかない。査読を経て、学術雑誌に掲載されてはならず、音響学の専門家から厳しい批判を受けている。

#### 【結論】

- ① 風力発電のような再生可能エネルギーを利用した発電に伴う健康影響は、従来のそれほど評価されておらず公害を伴った発電と比べて、健康への影響とは関連していない。
- ② 学術論文、調査、文献調査や政府報告書を含む入手可能な証拠を再検討した結果、「風力発電所に係る直接の病理学的な影響はなく、人への影響は既存の開発ガイドラインに従うことによって最小化される。」という文章は、容認される。

とオーストラリアの報告書には、記述されている。

なお、報告書の検討過程で得られた風力発電に伴う影響を低減する方法についても下記のように述べている。

- ① 風力発電に関する地域社会の懸念を増やす要因として、自らの意志に反して不公平と思える風力発電騒音に曝露されること、工業的に奇抜とも思われ、記憶にも残りやすい風力発電の性質、マスコミによる頻繁な報道、社会的行動や地域社会の意見を無視した状況などがある。
- ② 風力発電に関する騒音問題を低減するために、風力発電の騒音に曝露される者を明らかにして、定められたセットバックを行い、調査研究によって支持されていない超低周波音に関する

噂を払拭するようなガイドラインを遵守すべきである。

- ③ このガイドラインには、高レベルのリスク評価、データ収集、影響評価、詳細な技術的検討、および地域との協議などの様々な手段が含まれているべきで、これによって風力発電所に対する反対が減少し、アノイアンスや関連する健康影響は、避けることができるだろう。

#### 4 Wind Turbine Noise 2011 の会議総括レポート

最新に開かれた風車騒音に係る国際会議「Wind Turbine Noise 2011」において報告された主要なテーマについて、会議総括として、以下のとおり報告されている。

- ① 風力発電設備からの騒音の中で、swish(シュッシュ)やそれに関連する thump(ドンドン)は、残された騒音の問題である。しかし、2005年の最初の国際会議に比べて、これらに対する理解が進み、解決は遠くない。
- ② 超低周波音は、人々の知覚に関する問題として継続している。しかし、聴覚が超低周波音にどのように反応するかに関する新しい研究にも関わらず、この影響を裏付けるような証拠は見当たらない。
- ③ 昼間の風力発電設備からの騒音による主要な影響は、アノイアンスである。夜間における影響は、睡眠妨害である。これらが一部の人々に疾患に繋がるストレスへ導いている。風力発電設備からの低レベルの騒音による影響が想定される以上、なぜこの影響を生じるのかの解明についての研究が必要である。

##### 【参考原文】

- Swish, and its related thump, are the remaining problems in wind turbine noise. However, there has been real development in understanding of these since the first Wind Turbine Noise Conference in Berlin in 2005, and a solution may not be far away.
- Infrasound continues as a problem in public perception, but there has been no evidence to back this up, despite new studies in how the ear responds to infrasound.
- The main effect of daytime wind turbine noise is annoyance. The night time effect is sleep disturbance. These may lead to stress related illness in some people. Work is required in understanding why low levels of wind turbine noise may produce affects which are greater than might be expected from their levels.

#### 5 オレゴン州における風力エネルギー開発に係る戦略的健康影響評価

(Strategic Health Impact Assessment on Wind Energy Development in Oregon)

この報告書は、オレゴン州にある風力エネルギー施設からの健康影響について多くの質問が寄せられたことに対応し、同州健康局環境公衆衛生事務所が実施した戦略的健康影響評価の結果を示すものである。この戦略的健康影響評価は、オレゴン州における新規の風力エネルギー開発に対する健康に関連した質問を理解し、それに対応する関係者を支援しようとするもので、具体的には以下を目的としている。

- ①風力エネルギー施設からの健康影響に関する質問や懸念を理解し、オレゴン州の関係者のために最も優先順位の高い健康影響に関する証拠を評価すること。
- ②オレゴン州エネルギー省、エネルギー施設設置委員会、公衆衛生局、風力エネルギー産業および市民に対して、将来の風力エネルギー施設の設置判断を検討するための証拠に基づいた勧告を行うこと。
- ③健康影響評価に市民を参加させ、その他の関係者とともに適切で有用な情報を提供すること。
- ④健康影響評価を理解し知識を高め、特定の風力発電所の設置判断に役立ててもらふこと。

環境公衆衛生事務所は、この健康影響評価で取り扱う 5 つの課題を音(sound)、視覚影響(景観)、大気汚染、経済効果、社会における利害対立とし、音に関して得られた知見を以下のように整理している。

- ① 地域社会に存在する環境騒音は睡眠妨害、アノイアンス、ストレス、認知能力の低下と関係があり、それぞれ本来好ましいものではないが、身体的健康に影響を与えることもある。環境騒音に曝露されることによる慢性的な睡眠妨害やストレスは、心臓血管系疾患のリスクを増加させ、免疫力の低下、内分泌系の異常、精神障害、その他の障害を引き起こし得る。
- ② 音を騒音として感じるのは、音、人、社会的/環境的条件の要因に影響された主観的印象である。これらの要因によって、人々が音を個人あるいは集団としてどのように聞いているか、またそれにどのように反応するかが変動する。常に拒否的な社会反応と結びついている要因は、音源に対する恐怖、騒音に対する感受性、曝露される騒音の変化(すなわち、新たな音の発生あるいは音の大きさや質の顕著な変化)、および人工的な音の増加である。
- ③ 風力発電からの音は同じ大きさのレベルでも他の環境騒音や産業騒音に比べより気付かれ易く、うるさく感じられ、邪魔になるということを示すいくつかの証拠がある。

その理由としては、

- ①風力発電は、大きさと種類が変動する、すなわち、シュッシュ(shushing)や脈打つ(pulsing)のような振幅変調の環境騒音を発生させる。一般に、変動音は定常あるいは一定の音よりもうるさく感じられるので、風力発電からの音は、他の環境音や産業に伴う音に比べてうるさく感じられるのであろう。
- ②他の環境音とは違って、風力発電からの音は夜間予想通りに小さくなるとは限らず、夜間には昼間と同じかあるいはより気付き易くなることもある。これによって近隣の住民の睡眠妨害が生じることがある。
- ③少数ながら疫学調査によれば、風車騒音はアノイアンス、ストレス感やいらいら感(irritation)、睡眠妨害の増加や生活の質の低下と関連し、欧州の研究では風車騒音によるうるささが 35～40 dBA を超えると発生し易くなることが分かっている。
- ④風力発電からの超低周波音(infrasound:20 Hzより低い周波数)は人によって知覚され得るレベルより低い。
- ⑤少数ながら現場調査によれば、風力発電施設の近郊で低周波音(low frequency sound:250 Hzより低い周波数)が人に聞こえるかそれに近いレベルになるかも知れないことが分かっている。し

かし、風力発電からの耳に聞こえる低周波音がうるささや妨害感の増加と関連性があるか否かを定める十分な証拠はない。

- ⑥風力発電の近くに住む人々は、遠く離れたところの人々に比べて風力発電からの音の影響を受け易い。その影響の程度は、施設からの距離、局地的な地形や水域、気象パターン、バックグラウンド騒音のレベルなど、場所の特性に依存する。
- ⑦オレゴン州では、事業者は新たに建設する風力エネルギー施設がオレゴン州環境省による規則に定められている風力発電に特化した騒音基準を満たすことを示さなければならない。このオレゴン州の騒音基準を満たすために、事業は、暗騒音レベルの中央値が36 dBAを超えないこと、あるいは、バックグラウンド騒音レベルの実測値を10 dBA以上、上回らないことが必要である。しかし、土地所有者にはこの基準を放棄する選択肢もあり、その場合、発電施設は屋外の騒音レベルを50 dBAまで増加させてもよい。

#### 【結論】

- ① オレゴン州において、風力エネルギー施設からの音がバックグラウンド騒音レベルを10 dBA以上増大させる、あるいは長期の屋外環境騒音レベルを35~40 dBA以上にすると、住民の健康と福祉に影響を与える。
- ② 風力発電からの音によって起こり得る影響としては、度を越さない程度の妨害感から深刻なアノイアンス、睡眠妨害、生活の質の低下などが考えられる。慢性的なストレスや睡眠妨害は、心臓血管系疾患、免疫機能の低下、内分泌系の障害、精神障害、その他の影響の危険性を高めることがある。長期にわたる健康影響の多くは、夜間の風力発電からの音による睡眠妨害によって引き起こされるか、あるいは悪化させられるかも知れない。
- ③ 我々の調査における不確実性の主な原因は、音に対する人の反応が主観的であり、人々が音をどのように感じ、反応し、また対処するかに大きな幅があることに関係する。また、以下の分野においても証拠が十分でないことも不確実性の原因である。
  - ・風力発電からの音に関する疫学的研究
  - ・風力発電からの音の振幅変調
  - ・風力発電による室内における低周波音(low frequency sound)の影響
- ④ 環境公衆衛生事務所は、騒音苦情に関する逸話的(anecdotal)な証拠を示し、オレゴン州で稼働している少数の施設における健康影響を報告しているが、我々は州内の稼働している施設による騒音による健康影響の頻度および程度を評価することはできない。

と報告書には記述されている。

さらに、将来の風力エネルギー施設の設置判断を検討するための証拠に基づいた勧告として以下を示している。

#### 【勧告】

- ① 風力発電からの音による健康影響の可能性を減らすために、計画者および開発事業者は風力発電から発生する音の屋外レベルが風車騒音に関するオレゴン州の基準に適合する、またはそれに近くなるように風力発電からの音の発生を低減するための方法を評価し実施すべきで

ある。その中には、以下のものがあり得る。

- ・計画段階において、風力発電からの音の伝搬や受音の大きさ等、場所に特有の要因を考慮すべきである。特に、夜間に実際に起こり得るか知覚される音のレベルについて考慮すべきである。
- ・局所的な条件が風力発電からの音の伝搬や特性をどのように変化させるのか(例えば、振幅変調音や夜間の音の発生に関するウィンドシア(wind shear)の影響)に関して、科学的証拠を評価し続けるべきである。

- ② 風力発電からの音に曝露された人々が感じるアノイアンスあるいは妨害感(disturbance)のレベルは、風力発電の見え方(visibility)、視覚的な影響、信頼、公平性・平等性および計画段階における地域社会(community)の係わり方等、風力エネルギー施設に対するその他の要素に対する個人の感じ方によっても異なる。風力発電用地の決定過程の一部として、開発事業者と計画者はこれらの点及び他の地域社会の懸念に対してはっきりと積極的に説明することによって、風力発電からの騒音による健康影響を低減することができよう。
- ③ 風力エネルギー施設の近くに住んでいる住民が開発に伴って起こり得る危険性と利益を理解し、もし住民が健康問題や心配事を持つ場合にはそれを報告する(あるいは報告できる)ということを実確なものとするべきである。

と報告している。

## 6 風力発電設備の健康影響の研究:独立専門家研究班の報告

(Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel)

マサチューセッツ州環境保護省は、同州公衆衛生省と協力して、風力発電への曝露に関連すると考えられる、確認されたあるいは潜在的な健康影響を見極め、特に科学的な知見に基づいた風力発電と公衆衛生に係る議論を促すために、独立した専門家による研究班を招集した。研究班による評価と報告の目的は、風力発電による騒音、超低周波音、振動、シャドーフリッカーが健康に影響を及ぼすかも知れないという市民の懸念に度々対応するマサチューセッツ州環境保護省や同州公衆衛生省、さらには地方自治体に対し、これらの懸念を調査し有益な情報を提供するような科学的な検討結果を示すことであり、その成果として本報告書が取りまとめられた。

学術論文やその他入手可能な調査報告書の詳細な検討と科学的な証拠としての説得力を考察し、研究班は風力発電の稼働に係る 3 つの要素、つまり騒音・振動、シャドーフリッカーおよび氷片落下に関して得られた知見を示した。以下は、風力発電に伴う騒音および振動に関する知見と人への健康影響に係るベストプラクティスを抜粋して述べる。

まず、風力発電による騒音と振動の生成について、

- ① 風力発電はその稼働中に望ましくない音(騒音と言われる)を発生する可能性がある。その音の性質は風力発電の設計に依存する。音の伝搬は主に距離に依存するが、風力発電の位置、周辺の地形および気象条件にも影響される。

- ・アップウィンド型とダウンウィンド型の風力発電は異なった音響的特性をもち、ダウンウィンド

型では主に翼とタワー背後で風速が低下している部分との相互作用に起因する。

- ・ストール制御型風力発電とピッチ制御型風力発電とでは、風速依存性が異なる。
- ・音の伝搬は、大気中の温度勾配による屈折、丘陵の斜面による反射および空気吸収による影響を受ける。これらの影響によって、風力発電近隣の住民は異なった音に暴露されることが分かっている。
- ・風力発電から発生し耳に聞こえる振幅変調音(whooshing:シューシューあるいはヒューヒュー)は夜間に大きく感じられ、時にはドンドンあるいはゴツンゴツン(thumping)と聞こえることもある。その原因は、i) 安定した大気条件では風速勾配が大きいこと、ii) 安定した大気条件では音が上方よりも下方へ屈折し易いこと、iii) 夜間は大気が安定し人間活動による騒音が低くなることによって、地表面近傍の暗騒音は低い、と考えられる。

②典型的な最新実用規模の風力発電の音響パワーレベルは 103 dB(A)程度であるが、この値は設計の細部や定格出力によって上下する。聞き取れる音は風力発電からの距離とともに急速に小さくなる。特に 400 m 以遠で、最新の風力発電に伴う騒音レベルは 40dB(A)以下であり、疫学研究においてアノイアンスに関連するレベルより小さい。

③超低周波音とは 20 Hz より低い周波数の(空気)振動をいう。超低周波音は、振幅が 100~110 dB を超えると聞こえたり感じられたりする。これよりもレベルが低い振動は感じられないことがいくつかの研究によって明らかにされている。風力発電近傍で測定され、文献で報告されている超低周波音の最高レベルは、100 m ぐらいに近づいても 5 Hz で 90 dB 以下であり、それより高い周波数ではそれ以下のレベルである。

④風力発電からの超低周波音は、連続的なシューシュー(whooshing)という音には無関係で、その原因でもない。

⑤可聴音、超低周波音に関わらず、どの周波数の圧力波も他の構造物あるいは物体に振動を発生させる可能性はある。しかし、そのような振動が発生するためには、波動は十分に大きい振幅(高さ)をもっている必要があり、また構造あるいは物体も波動を受け取ることができる条件(共振周波数)を備えている必要がある。

と述べている。

次に、騒音と振動に伴う健康影響について、

①風力発電に対する人の反応に関する疫学的研究の論文は自己申告によるアノイアンスに関するものがほとんどであり、この反応には音だけでなく、風力発電の見え方や風力発電事業に対する態度などが複雑に絡んでいるようである。

- ・風力発電(騒音)への暴露とアノイアンスの関連を示す疫学的証拠は限定されている。
- ・風力発電の視覚的な影響を切り離して風力発電からの騒音とアノイアンス(あるいはその逆)の関係の有無を決定できる疫学的証拠は十分ではない。
- ・風力発電からの騒音と睡眠中断との関係を示す疫学的研究に基づく証拠はないとは言えない。すなわち、風力発電によっては睡眠中断を引き起こすことはあると言える。

②非常に音が大きい風力発電は感受性が高い住民に対してある距離では睡眠中断を起こす可能性はあるが、静かな風力発電では同じ距離で浅い睡眠中でもそれを中断させるようなことはありそうにない。しかし、風力発電による騒音が睡眠中断を起こす特定の音圧の閾値を示す十

分な証拠はない。

- ③風力発電によるアノイアンスが睡眠問題あるいはストレスの原因となるかどうかについては、まだ十分に定量化されていない。風力発電によるものかどうかは別として、睡眠中断が気分や認識機能、ひいては全体的な健康や幸福感に悪影響を及ぼすことは明らかである。
- ④風力発電からの騒音が健康問題や病気を直接的に(すなわち、アノイアンスや睡眠による影響とは別に)引き起こすかどうかについては、十分な証拠はない(波線部は、原文中で斜体で記述されている)。
- ⑤風力発電から発生する超低周波音が前庭器官に直接影響を与えるという主張は科学的には明白にされてはいない。風力発電に近い場所における超低周波音のレベルでは前庭器官に影響を与えることはあり得ないという証拠はある。
- ・最新のアップウインド型の風力発電設備から68 m離れた点で測定された超低周波音のレベルは、非聴覚的な感覚(体で部分的に感じる振動感、胸部の圧迫など)が生じるレベルよりも十分に低い。
  - ・超低周波音が構造物に伝わるとすれば、その構造物の内部にいる人々は振動を感じるようになる。別の問題では、このような構造的な振動が不安感や一般的なアノイアンスの感覚を引き起こすことが示されている。しかし、最新のアップウインド型の風車について測定によってそのような現象が起こる証拠は何ら示されていない。
  - ・風力発電設備や風力発電所の近傍の地面上における振動測定の結果からみて、振動が構造物に影響することはあり得ない。
  - ・超低周波音と前庭器官とのカップリングのメカニズム(内耳の外有毛細胞(OHC)を介して)の可能性が提案されているが、まだ完全には理解されておらず、また十分な説明もされていない。風力発電近傍における超低周波音のレベルは、十分OHCで感じる大きさであることは示されている。しかし、風力発電によって発生する超低周波音が前庭を介して脳に影響するという証拠はない。
  - ・ネズミを用いた実験的研究で、周波数16 Hzで130 dBの強さの音に短時間暴露させたところ、心臓と脳の細胞の一時的(short-lived)な生化学的変化が認められたという限定的な証拠が示されている。このようなレベルは、最新の風力発電で測定される超低周波音のレベルを35 dB以上も上回っている。
- ⑥「風力発電症候群」として特徴づけられるような風力発電からの騒音に暴露されることによって生じる一連の健康影響に関しては、全く証拠はない。
- ⑦最も有力な疫学的研究では、風力発電からの騒音と心理的なストレスあるいは精神面の健康問題の間に関連性を認めていない。それより規模が小さく説得力が弱い二つの研究があるが、一方は両者の関係に言及しており、他方では言及していない。したがって、これらの研究における根拠の重さから考えて、風力発電からの騒音と心理的苦悩あるいは精神面の健康問題の関連性はないと結論づける。
- ⑧検討した疫学的根拠の中で、風力発電からの騒音と苦痛と肩こり、糖尿病、高血圧、耳鳴り、聴力障害、心臓血管系疾患、頭痛/偏頭痛との関連性を示すものは全くなかった。と報告書は述べている。

さらに研究班は、法令が入手可能で最も有用な情報に基づくものであり、多くの情報および研

究結果が得られるたびに改良されるという認識の下で、風力エネルギーに依存しながら公衆衛生も保全しようとする国々において「ベストプラクティス」が開発され採用されていると考え、次のように述べている。

ある特定の慣行に対する根拠に重要性が高いことがあり得るため、ベストプラクティスは適用できる根拠によって以下のように分類できると述べている。

カテゴリ	名称	内容
1	学術研究に基づくベストプラクティス	客観的かつ広範な学術研究および評価に基づく最も高度に有効性が証明されている計画、活動あるいは戦略。
2	実地調査に基づくベストプラクティス	有効に機能し、好結果が得られることが示され、ある程度まで主観的あるいは客観的なデータに基づく計画、活動あるいは戦略。
3	見込みに基づくベストプラクティス	1 つの機関で採用し、初期の段階で試用した結果、長期の持続的な効果が見込める計画、活動あるいは戦略。見込みに基づく慣行は、その有効性を示すためにある程度の客観的な根拠が必要で、他の機関でも再現性が得られる可能性を持っている必要がある。

“Identifying and Promoting Promising Practices.” Federal Register, Vol. 68, No 131, July 2003. [www.acf.hhs.gov/programs/ccf/about\\_ccf/gbk\\_pdf/pp\\_gbk.pdf](http://www.acf.hhs.gov/programs/ccf/about_ccf/gbk_pdf/pp_gbk.pdf) を参照

風力エネルギー利用の経験を持ち、公衆衛生の保全を図っているいくつかの国では、騒音の悪影響を最小化するためのガイドラインを設定している。それらのガイドラインでは、1 日のうちの時間帯、土地利用、周辺の風速を考慮している。例えば土地利用について、ドイツでは工業地域、商業地域、村落の別で、デンマークでは人口過疎地域と住居地域の別となっている。

また、音圧レベルは、夜間の値を対象としている住宅あるいは建物に近い位置で評価するとしている。さらに世界保健機構 (WHO) では、住居地域における夜間の最大騒音レベルとして 40 dB(A)を推奨している。これらの値に合うために必要なセットバック距離は、WindPro あるいはそれに類似のソフトウェアによって計算することができる。このような計算は可能性の検討の一環として行われるべきである。以上のような考察から、研究班は両国のガイドラインをカテゴリ 3 の見込みに基づくプラクティスに属するが、実地調査に基づくベストプラクティスの側面もいづれか備えていると考えている。

騒音限度値は、それを測定あるいは計算する場合の時間の長さによって変わる。例えば、しばしば引用される夜間の騒音上限値 40 dB(A)という WHO の推奨値は 1 年間の平均である(また、これは風力発電からの騒音に特化したものではない。)一方で、デンマークの騒音限度値は 10 分間の計算値である。これらの限度値は、疫学的研究がアノイアンスに関する無意味な報告を結びつけて求めた騒音レベルと一致している。

研究班は、新たな風力発電を設置する際の州全体の政策の一部として騒音限度値を含めるこ

とを推奨する。さらに、騒音レベルがこれらの値を上回った場合について、その範囲と対処の仕方についても考えておく必要がある。各種のエネルギー源による環境および健康影響、国および州のエネルギーの独立への目標、起こり得る影響の程度などの間のトレードオフについても考慮に入れる必要がある。

また、研究班は、風力発電の購入に関わっている人々が風力発電からの騒音特性、騒音の発生に影響する要因および騒音の制御を理解していることを勧める。ストール制御型風力発電とピッチ制御型風力発電とでは、特に風速が大きい場合に騒音の特性が異なる。ある種の風力発電では、適当な制御の方法(たとえば、ローターの回転速度を落とすなど)によって夜間の騒音を低減することが可能である。騒音を制御する方法を検討する際には、その製造者がこのような制御が可能であることを説明できなければならない。

研究班は、マサチューセッツ州に設置されている風力発電から発生する音を監視し評価する進行中の計画を推奨する。IEC 61400-11 は風力発電の騒音測定の標準的な方法を規定している。一般的に考えて、人口が多い地域における風車騒音を広範に評価する方法が推奨される。これらの評価は、現在、国際的な広がりをもって進められている風力発電からの騒音の発生およびその影響に関する広範な研究を参考として行われるべきである。そのような評価は、(風力発電の)設置に関するガイドラインを改良し、より高度のベストプラクティスを作るために有効であろう。屋外での測定で A 特性と C 特性の音圧レベルの差が 15 dB 以上となるような住宅の近傍については、さらに詳細な検討を行うことが推奨される。

## 7 風車騒音

(Wind Turbine Noise)

この書籍は、風車騒音について体系的に取りまとめられており、D. Bowdler 氏と G. Leventhall 氏が共同で監修した。2011 年 10 月に出版され、それぞれの専門家によって分担執筆されている。本書籍で議論される風力発電は、現代的で大型であり、3 枚の翼型羽根を持ち、ピッチあるいは失速制御を備えた 60 m ないしそれ以上のローター径である。しかし、記述の大部分、より広範囲な風力発電に対応し、現時点で知り得る事実を出来るだけ正確に述べることを目的としている。

### ① 基礎的指針(criteria)

本書籍の第 8 章に基礎的指針について記述されている。ここで、他の環境音の音源のように、計画・許認可の当局による風力発電施設に対して制定された規格は、その取り組み方にも量的にも異なる。ここでは、騒音規制についての評価を行うことより、むしろ異なる規制的な取り組みの概要や事例を示すことである。規制は時とともに変化するので、読者に関連当局に現行の規格を確認することを薦めている。

後述するが、幾つかの規格は 2010 年中に更新され、時とともに変化するものであり、むしろそれらの履行を確実に把握することが重要である。基礎的指針も、モデリングや測定方法を含む法令遵守のための評価方法を規定している。そのような方法が示されると、各々の区域における必要

条件を明確にするために、基礎的指針とともに、その手法を見直すことが重要である。関連する評価方法が異なるので、別の区域での基準を直接比較することは適切ではない。

これらの方法は、以下の議論の中で強調されるが、読者には着目する管轄区をより詳細に集中して見直すことを薦める。風力エネルギー施設に対して定められた規制限度や取り組み方は、他の環境騒音源がどのように評価されるかと一致するかも知れないし、しないかも知れない。管轄区の間で規制を比較する場合、その管轄区が他の環境騒音源をどのように規制しているかについての整合が考慮すべき重要な側面である。例えば、オーストラリアにおける 2 km の居住地域セットバック条件は、オランダや日本のように小さくて人口が密集する地域よりも風力エネルギー発電容量に影響しない。全体的に 2 つの異なる取り組み方がある。それは、絶対的限度と相対的限度である。

## ② 絶対的限度 (absolute limit)

絶対的限度は、超過できない、固定された数値による閾値を定める。数値による閾値は、一般的にオーバーオール A 特性レベルで示される。しかし、その他の基礎指針(例えば、オクターブバンドや 1/3 オクターブバンド)も定められるかも知れない。基礎指針は、プロジェクト特有の限度、すなわち、検討中の特定プロジェクトに起因する騒音を制限することや近傍の他の騒音源を考慮して全騒音量を定めること、という形を採るかも知れない。

## ③ 相対的限度 (relative limit)

風力エネルギー施設からの音響放射が風速に依存することは明らかな特性である。郊外に設置する時、現在の騒音レベルが風速の上昇に伴って上昇することは一般的である。相対限度、さもないと暗騒音プラス手法 (background plus approach) として知られるものはこれを考慮し、既存の騒音レベルに対して閾値を定めようとするもので、新しい騒音源による変化あるいは増加を規制する。

住居あるいは受音側における風が穏やかで暗騒音レベルが低いならば、実際的な風況下において高い騒音レベルの場合よりも、より低いレベルが要求される。別途記述するが、受音点の地表近傍における風速はハブ高さの風速と必ずしも関連しない。この差分が、過去 10 年において 40 m から 100 m へハブ高さが増加したことで相対限度をどのように扱うかを理解し考慮するために極めて重要である。この問題は付録 2 で簡単に議論される。相対限度について、既存のレベルあるいは基礎となる騒音レベルを決定するための方法や測定量も定めなければならない。ある程度の時間的・空間的な変動を考えることが最も自然である。当局が相対限度を適用する場合、そのような変動ないしバラツキをどのように扱うのかに関する指針を定めることが、プロジェクトとその周辺住民との双方に確信を与える。

## ④ 絶対的限度と相対的限度の組み合わせ

両方の取り組み方の組み合わせも定められている。このような取り組みでは、報告された既存の騒音レベルにかかわらず、有効な最低限度あるいは最高限度を定めるかも知れない。例えば、もし 8 dB の相対限度が定められ、既存のレベルが 48 dB であれば、50 dBA の規制的な最高限度は相対限度によって許容され得る 56 dB (48+8) よりも制限された限度となる。同様に、もし既存のレベルが 30 dBA であり、8 dB の相対的な閾値が 38 dB の限度を求めれば、40 dBA の規制的な最低限度はより高いレベルを許容することになる。相対限度と連携する時、規制的な最低限度ない

し最高限度の制定は、起こり得る極値を規制することに役立つ。

多くの規制が昼間に対してより高い限度を定めている一方で、プロジェクトは、夜間の稼働を制限するより、むしろ最も制限的な限度を設けることを選択するかも知れない。基礎指針に係る文書で言及されている他の話題は、超低周波音、低周波音 (low frequency sound)、純音性そして振幅変調を含むが、必ず規制されているとは限らない。

## 8 環境省戦略指定研究「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」において得られた研究成果概要(中間報告)

本研究は、風車騒音の生理・心理的影響等を明らかにし、環境影響評価に係る技術資料や影響の防止対策のための基本的な知見を得ることを目的に、平成 22 年度から 3 カ年計画で実施されている。3 つのサブテーマを設け、風車騒音の実測調査および地域住民に対する影響調査、風車騒音に係る聴感実験を中心に検討している。以下は、本研究に関する平成 23 年度秋季研究発表会(日本騒音制御工学会)での報告から概要を整理して示す。

### ① 曝露側(immission)の測定に用いる計測システムの開発

風車騒音の計測システムとして、低周波数から広帯域に用いることができる測定機器および風雑音を低減するためのウィンドスクリーンを開発・試作し、それらを用いた実測方法を報告している。この騒音および低周波音を同時に計測する広帯域音圧計は、測定周波数範囲 1 ~20 kHz において概ね平坦特性を有するマイクロホンを装着し、長時間の録音機能を具備している。

防風スクリーンは、防風性能以外にも運搬・設置の容易さ、防水性なども重視し、市販の 20 cm 径全天候型ウィンドスクリーンを 1 辺 16 cm の正五角形を 12 面組み合わせた 12 面体型で覆う方法を基本とし、必要に応じて 1 辺 50 cm の立方型防風スクリーンを付加する方法である。各防風スクリーンの音響透過性が測定され、12 面体型単独、立方型単独、両者の併用のいずれにおいても、4 kHz 以下の挿入損失が 1 dB 以下であることを確認している。風雑音の除去性能を屋外実験によって確認し、20 cm 径ウィンドスクリーンのみと比べ 12 面体型を併用することで約 6~10 dB、これに立方型を追加すると低減効果が約 3 dB 増加している。

この他に、風車騒音に対する測定点高さや風速の影響等も検討した結果として、主要な測定方法を以下のように提案している。

- ・測定地点:対象とする風力発電施設周辺(対象からおおよそ 1,000 m 以内)で、風車騒音の影響を受けていると思われる民家等の外部(庭等)で音圧を測定。
- ・音圧測定システム:広帯域音圧計のマイクロホンを 20 cm 系全天候型ウィンドスクリーンに 12 面型を二次防風スクリーンとして付加し、マイクロホン中心を地上 20 cm にする。
- ・風速測定システム:風車の近接点に基準点を設け、地上 4m における風向・風速を測定。

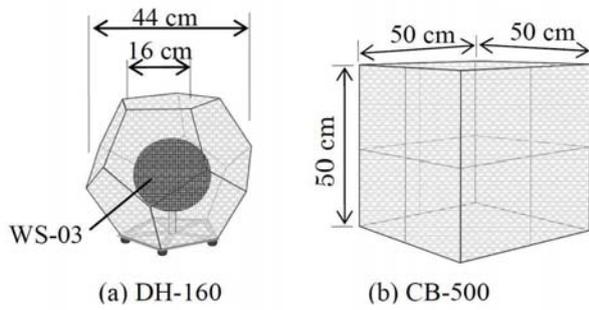


図 試作された二次ウィンドスクリーン

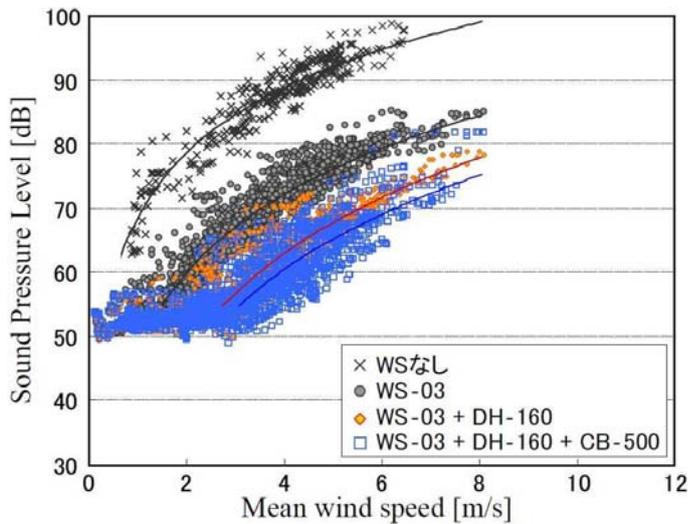


図 風雑音の低減性能の比較(定置実験)

## ② 風車騒音の評価量と周波数特性の分析方法

風車騒音について統一した測定方法や評価方法がないことを背景に、風車騒音の実測例を紹介し、他の騒音源の周波数特性と比較して、測定で把握しておくべき評価量や周波数特性の分析における注意点を報告している。

風車1基の定格出力が1,500 kW以上の6施設を対象として施設周辺の民家で騒音・低周波音を測定している。暗騒音が小さく風車騒音が卓越している時間帯の音圧レベルLA, LC, LGは、LAとLCが風車の羽根枚数と回転数の積の逆数(約1.3 s)の周期で変動しているのに対し、LGはこの周期に無関係に不規則に変動している。1/1 オクターブバンド音圧レベルの時間変動では、125, 250, 500 Hz および 1 kHz で LA や LC と同じ周期で変動しているが、16 Hz 以下ではそれが見られない。

また、暗騒音が小さく風車音大きい時間帯に対して、実測時間10分として除外音処理を施して算出した6施設毎の代表周波数特性(各施設7地点の算術平均値)を比較すると、高周波数に向かって-3~-4 dB/Oct.の周波数特性を示し、施設毎に特徴的な卓越成分が見られる(施設Aでは31.5 Hzと125 Hz、施設Bでは25 Hzと160 Hz)。

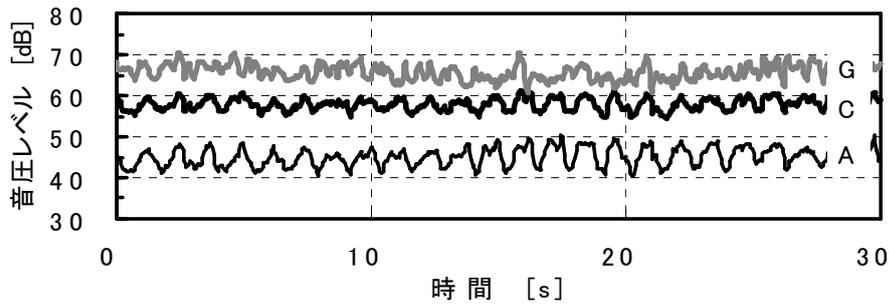


図 周波数重み特性音圧レベルの時間変動

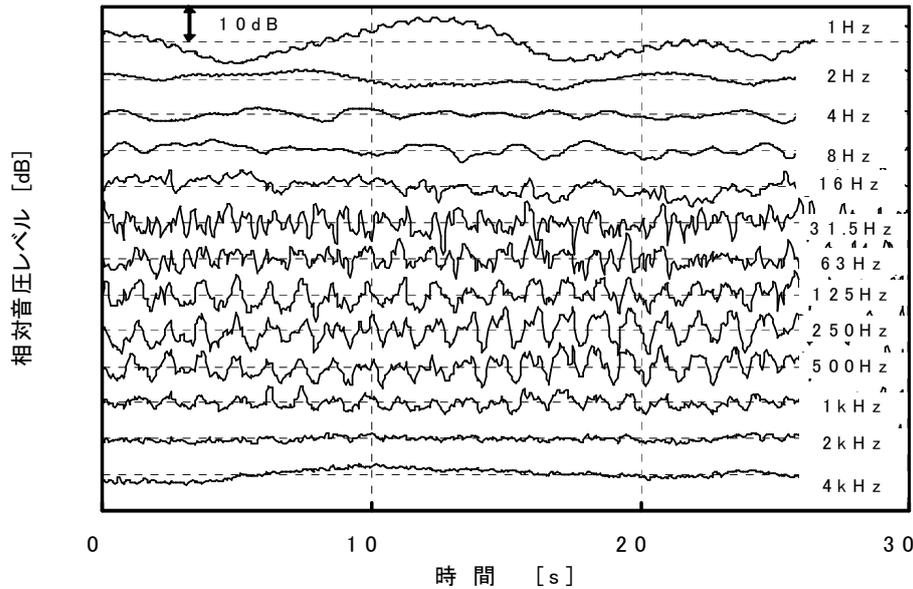


図 1/1 オクターブバンド音圧レベルの時間変動

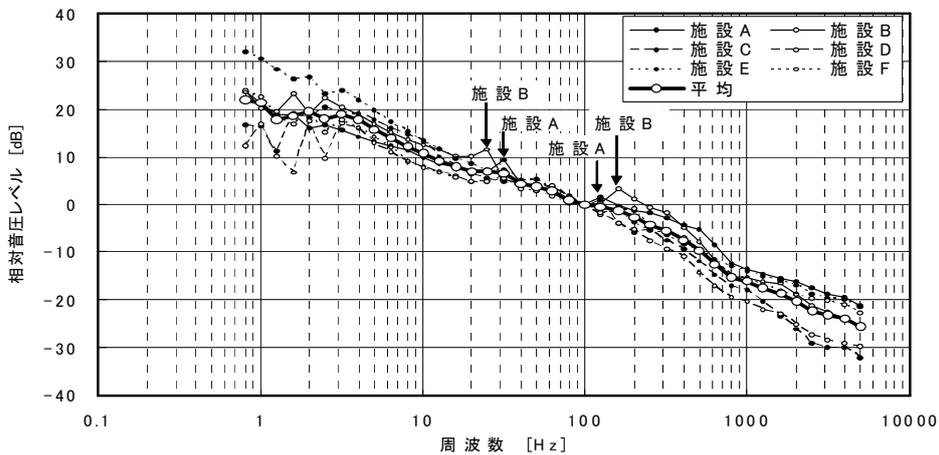


図 風車騒音の周波数特性

次に曝露側における評価量について、「簡潔かつ実務的で住民に説明しやすいこと」、「既存の方法とできる限り関連性があること」、「予測可能で、物理的な意味が明確であること」に着目して  $L_{peq}$  が適当とし、風車騒音のレベルが大きくないことから除外音処理が必要と指摘している。

環境基準や騒音規制法に基づく騒音評価において A 特性音圧レベルが使用され、低い周波

数域に大きな成分をもつ騒音(トンネル発破音等)に対して C 特性音圧レベルが適するとの指摘を参考にして、風車騒音の周波数スペクトル(A 特性)と各種の交通騒音のそれを比較している。風車騒音は A 特性で評価した場合 200~500 Hz の低い周波数域に主成分がありトンネル発破音等の周波数特性(C 特性)に近く、トンネル発破音等は C 特性による評価が必要との指摘があるため、風車騒音も LCeq による検討が必要と述べている。

周波数特性の分析では除外音処理が重要であるが、超低周波音領域の除外音は実音をモニタしても音源識別が困難であるため、周波数毎の音圧レベルの変動波形を参考にしながら現地の状況を踏まえて判断するしか方法はなく、その一方可聴域であれば実音モニタによる音源識別が可能としている。

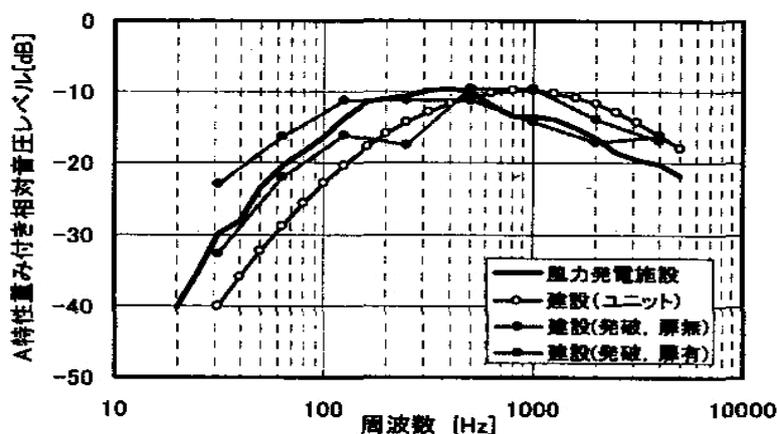


図 建設作業騒音と風車騒音との周波数特性の比較

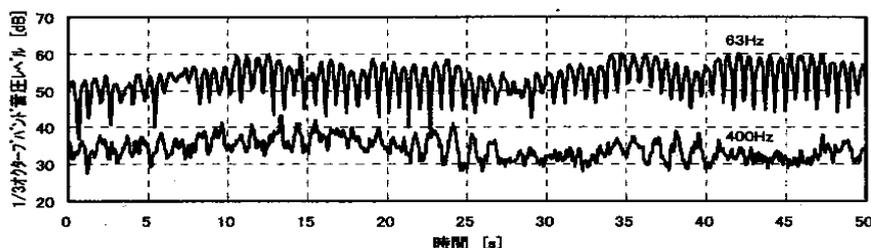


図 周波数毎の音圧レベルの変動波形を用いた除外音処理の例

### ③ 風車騒音の分析における暗騒音の影響除去と分析対象時間帯

風力発電施設周辺の民家における騒音の実測例を示し、暗騒音の影響を除去するための除外音処理の方法と曝露側の評価における分析対象時間の設定について、主に報告している。

暗騒音の影響を除外する一般的な方法として、a)音圧レベル波形による判断、b)実音をモニタすることによる判断、c)周波数特性による判断、を活用することが基本としている。風が強い日に実測された風車騒音を用い、暗騒音の影響を除外する前後での  $L_{peq,10min}$  とそのレベル差を、周波数重み特性 A 特性、C 特性および G 特性で比較している。その結果、レベル差は概ね 0~5 dB であり、A 特性音圧レベルで除外音処理の効果が顕著である。

分析対象日・時間帯として、数日間の測定の中から風車騒音が大きい日あるいは時間帯を対象とし、あわせて風車騒音のインパクトを検討するために風車が稼働していない時間帯を分析して暗騒音を把握することも重要である。その際、昼間は暗騒音の影響を受けやすい点を考慮し、基準となる時間帯を夜間(22:00～06:00)あるいは夕(19:00～22:00)と提案している。その上で、観測時間全体に対して除外音処理を施すことは実務的ではないとの理由から、観測時間1時間、実測時間を10分として除外音処理をして分析する方法を提案している。

以上の方法を実測結果(観測時間8時間、実測時間10分×8)に適用して算出した風車騒音の夜間時間平均周波数特性と $L_{Aeq}$ ,  $L_{Ceq}$ ,  $L_{Geq}$ が大きい観測時間1時間の周波数特性とを比較したところ両者はほぼ一致し、結果として $L_{Aeq}$ ,  $L_{Ceq}$ ,  $L_{Geq}$ が大きい1～2時間を対象として詳細に分析することを提案している。

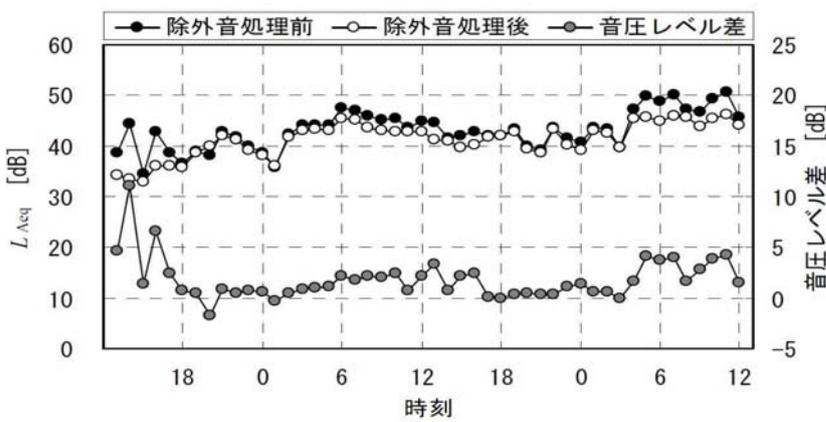


図 暗騒音の影響の除去例(A 特性音圧レベル)

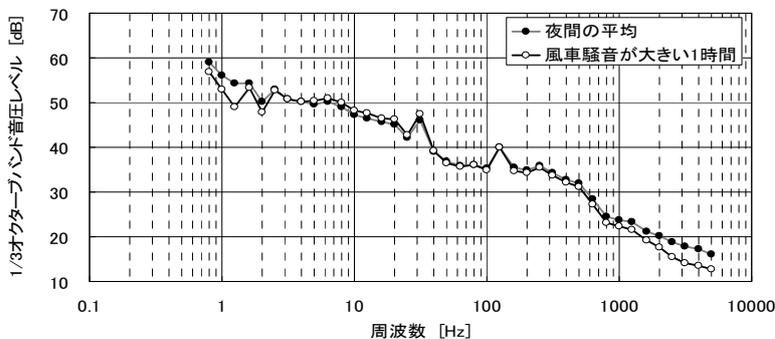


図 風車騒音が大きい1時間と夜間平均との周波数特性の比較

#### ④ 風力発電施設周辺における残留騒音の推定

風力発電施設周辺における騒音の実測結果を基にした残留騒音の推定方法を検討している。

対象とした風車のナセル上のカットイン風速(3 m/s)を指標に、それ未満の時間帯の95%時間率騒音レベル $LA_{95}$ と除外音処理を施して算出した $L_{Aeq}$ を比較した結果、両者はよく一致することを確認している。

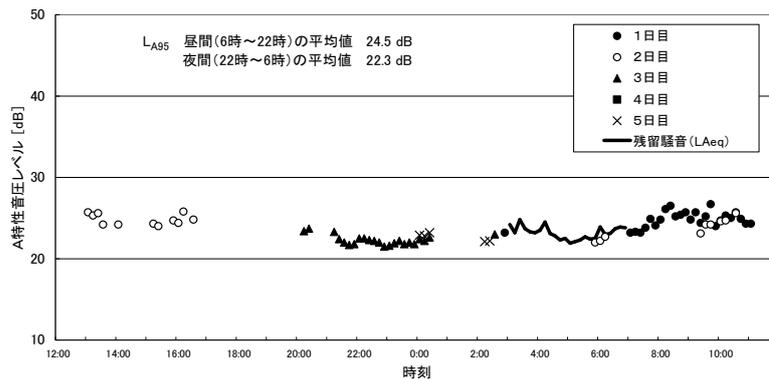


図 LA95と除外音処理したLAeqの時間変動

⑤ 低周波数域に主成分をもつ騒音計測用の防風スクリーンの開発

これまでに開発された二重ネット構造を保ちながらできる限りサイズを抑えた小型防風スクリーンを開発し、屋外における実測結果からその有効性を述べている。

試作された防風スクリーン(小型円筒形 WS)は高さ 200 mm、直径 200 mm の円筒形で二重ネット構造をしている。マイクロホンには 84 mm 径のウレタンフォームを被せ、それを 20 mm 厚の円筒形ウレタンフォームで再度覆って、その外側と内側にネット(それぞれ、1.59 mm メッシュと 80 μm メッシュ)を配置している。1 Hz~2 kHz の周波数範囲における挿入損失はほとんどない。

屋外で小型円筒形 WS を地上 1.2 m に設置した実験における風速と小型円筒形 WS の風雑音除去性能との関係は、9 cm 径球形防風スクリーンのそれと比べて約 10 dB 高い。これを風速 4~8 m/s に対する周波数別の低減効果と比較すると、特に 4~31.5 Hz の範囲で小型円筒形 WS は 8~10 dB 程度であった。既往の研究で得られているような二重ネットの効果は現れていない。

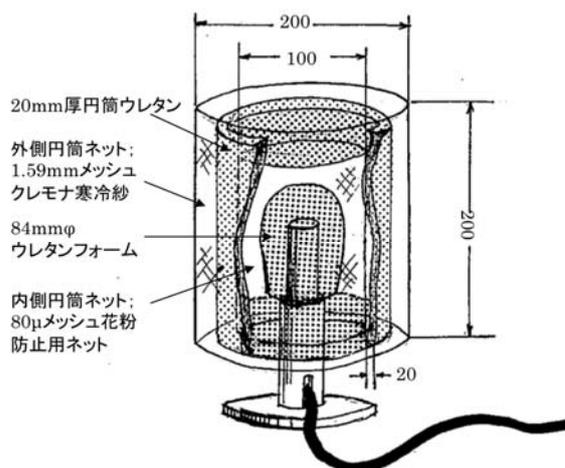


図 試作された小型円筒形 WS

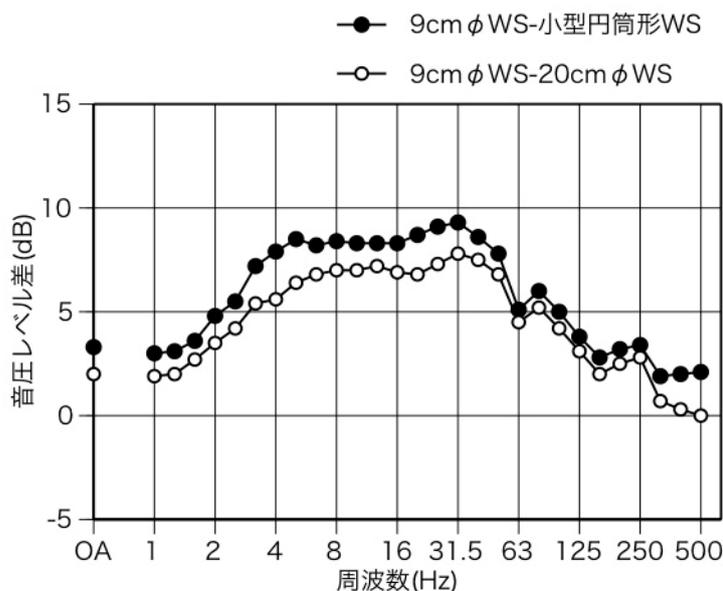


図 周波数別の風雑音低減効果

## 9 各国の風車騒音の基準

上述の書籍「風車騒音 (Wind Turbine Noise)」を基本に、各国の規制的な取り組み方に関して整理を行った。なお、最新の状況については、それぞれの関連当局に問い合わせる必要がある。

### (1) オーストラリア

オーストラリア環境保護遺産委員会 (EPHC) は、国家風力発電開発ガイドラインの草案を準備した。これは、オーストラリア規格 AS 4959 “音響学 - 風力発電機からの騒音の測定、予測および評価” (2010) に対する補足的な手引と位置付けられる。このガイドラインは、管轄地域に適用する基礎指針を開発する規制当局を支援することを目的としており、既存の L90 に基づく A 特性による相対限度の制定を示唆し、最低限度あるいは下限に関する条項も含んでいる。

既存の下限は管轄区内で異なり、35dBA から 40dBA の間で変化する。測定量も様々で、Leq、L10、L90、L95 が含まれる。45dBA よりも高い騒音の最低限度は居住地域に対する追加的な低減措置が実行されない限り望ましくないが、このガイドラインから、プロジェクト参加者あるいは利害関係者がより高い騒音レベルに同意するだろうと思われる。純音性について 5 dB のペナルティが示唆される。

このガイドラインは最大騒音レベルに言及しない。しかし、全稼働ないし提案されるプロジェクトに対して累積するレベルへの配慮を示唆する。そのようにすることがある地域における追加的な風力発電開発を難しくすることがある。ガイドラインは以下についても注意を呼び掛けている：

「風力発電所によって発生する低周波音 (low frequency noise) や超低周波音 (infrasound) のレベルは、通常、健康影響を引き起こすために要する最大レベルよりも十分小さい。結果として、これらのガイドラインは低周波音や超低周波音の特別な評価を求めない。しかし、苦情への対応を評価する手引を示す必要がある。」、また、「風力発電に伴う地盤振動は、施設境界外の人々に知

覚されそうにないので、これらのガイドラインで特に言及されない。」とされている。

2011年6月にオーストラリア議会は、審議を終え、「郊外の風力発電施設の社会的・経済的な影響」と題するレポートを発行し、そこで、下記のように推奨している。

- ・郊外の風力発電施設の計画や運用に関して州や地域によって採用される騒音規格は、影響を受ける住居内における低周波音と振動の影響を推計するための適切な手法を含むこと、
- ・住居と風力発電所の施設との間の分離基準に関する政策の開発を一層考慮すること、

オーストラリア・ビクトリア州は、2011年8月に風力エネルギー施設に対する政策と計画に係るガイドラインを改訂した。改訂されたガイドラインは、提案された風力発電施設の2km以内にある住民から同意を要求し、以下で議論されるニュージーランド規格6808(音響学 - 風力発電所からの騒音)の2010年改訂を参照している。

## (2) カナダ

風力発電からの音の評価のためのオンタリオ州環境省(MOE)のガイドラインは、最低限度と最高限度をもつ相対限度を定めた。現在の暗騒音レベルを定めるために監視を要求する代わりに、風に起因する暗騒音レベルの推定を定めた。規格は、ISO 9613の中で使用される様々なモデル変数も規定する。この規格では、穏やかな風速下で郊外にある住居において(限度は)実質的に40dBAとなる。

## (3) チェコ共和国

チェコ共和国で制定された産業ガイドラインが風力発電に適用され、昼間50dB(LAeq,8h)、夜間40dB(LAeq,1h)と報告されている。5dBAのペナルティが純音成分に対して課され、10Hzから160HzのZ特性による1/3オクターブバンドを評価することによって決定される。純音性を有するバンドは、可聴閾値と同時に5dB以上両隣のバンドを超えなければならない。IEC 61400-11による風下側の測定と受音点におけるISO 9613に基づいたプロジェクトレベルの推計を組み合わせ、法令遵守が図られる。

## (4) デンマーク

デンマークはIEC 61400-11による10m高さの風速6m/sと8m/sに対して絶対限度を定めた。風力発電の所有者でない住居から15m以内の屋外において、限度は6m/sの場合42dBA、8m/sの場合44dBAである。騒音に対して配慮が必要な地域では、6m/sの場合37dBA、8m/sの場合39dBAである。騒音に対して配慮が必要な地域、地域開発に関する文書で指定され、住居、夏場の別荘および娯楽地域を含んでいる。

規制は、測定方法とともに幾何拡散とオクターブバンドの空気吸収に基づく予測方法を定める。受音点において純音が確認された場合、5dBAのペナルティが課される。2011年11月、デンマーク環境相は、産業界、自治体および市民からの要請に応じて、風力発電に伴う低周波音(low frequency noise)に対する限度が明確化される、と声明を出した。この限度はデンマークのほかの産業に対して定められたものと類似すると考えられる。環境相は、「低周波音がそれ以外の騒音よりも有害であるという証拠は示唆されない。」し、「今日のデンマーク内にある風力発電施設は、極近傍であっても可聴閾値より低く、非常に弱い超低周波音を放射するのみである。したがって、超

低周波音は最新の風力発電施設について問題ではない。」と特に言及した。最終的な規則は2011年末までに出されると考えられる。

#### (5) ドイツ

ドイツの風力施設は、受音側の土地利用に対して A 特性による限度を定める騒音の技術指針 (TA Lärm) に従わなければならない。施設の複合による累積効果は、下表に示す限度を超えないように考慮されねばならない。

表 ドイツの騒音限度

受音側の土地利用	昼間 (dBA)	夜間 (dBA)
村や混合利用	60	45
都市住居地域	55	40
住居専用地域	50	35
健康への配慮を要する施設	45	35

#### (6) フランス

2006年のフランス近隣騒音規制は、風力発電からの騒音を明確に規制することを定めなかったが、許可を得て法令を遵守することを基本としている。これらの規制は、屋外で30dBAの最低限度で、昼間5dB、夜間3dBのLeqに基づいて評価される相対閾値を定める。加えて、屋内レベルが25dBAの最低限度(窓の開閉を加味)と、125Hzから250Hzのオクターブ中心周波数に対して7dB、500Hzから4000Hzのオクターブ中心周波数に対して5dBの相対オクターブバンド限度によって評価される。相対限度の規制的な特性と結果的な法令遵守の評価に関連する努力を仮定すれば、騒音対信号レベルをより正確に測定しなければならない風力発電近傍で、二者択一の限度を定めると考えられる。その限度は、受音点におけるレベルが適切な限度に従うように定められ、実行されれば、チェコの取り組み方を反映すると考えられる。

#### (7) イタリア

風力プロジェクトの法令遵守を適用可能な騒音限度で評価する特定の手引が検討されている。現在、風力発電施設に対する騒音限度はそれ以外の産業施設からのそれと類似した方法で定められている。絶対限度は、自治政府によって割り振られた区分けあるいは土地利用の分類に基づいている。これらの分類は、保護地域から専ら産業地域まで様々である。自治体が音響的な分類を定めていない場合(国レベルの方法に依存するよりはむしろ音響的な分類を割り当てるのが自治体に期待されるが)、国レベルの分類が適用される。

絶対的限度に加えて、この規制は住居内において昼間5dBA、夜間3dBA(Leq)の相対閾値も定めている。規制上の最低限度が、窓の開閉状態の両方において相対的な室内基準を評価するために定められている。窓が開いた状態で、室内レベルは適用される相対テストに対して昼間50dBAあるいは夜間40dBAを超えなければならない。窓が閉まっている状態で、同じように、室内レベルは昼間35dBAないし夜間25dBAを超えなければならない。Ziliani(2009)によって要約されたプロジェクトでは、住居において適用可能な屋外の絶対限度は昼間70dBA、夜間60dBAで

あった。Bartolazziら(2009)は住居における類似した屋外レベルを報告している。

表 自治体の土地利用互換ガイドライン

土地利用分類	昼間	夜間
I-保護地域	50	40
II-住居地域	55	45
III-混合地域	60	50
IV-専ら人間活動の地域	65	55
V-専ら産業地域	70	60
VI-産業地域	70	70

表 イタリアの国土利用互換ガイドライン

土地利用分類	昼間	夜間
全国土	70	60
A 区分:歴史的都市地区	65	55
B 区部:専ら住居地域	60	50
産業地域	70	70

## (8) オランダ

オランダにおける風車騒音に対する規制は、2010年に改訂された。従来の規制は、住居側の騒音レベルが10m高さの風速と相関するカナダ・オンタリオ州の場合に類似していた。新しいオランダの限度は、毎年のハブ高さにおける風速統計から個々の時間区分(昼間、夕方、夜間)に対して決定される長期平均音響パワーレベルに基づいている。限度はEU指標Lden(47 dBA)とともにLnight(41 dBA)である。

このオランダの予測モデルは、ISO 9613シリーズに類似しており、伝搬は風下条件で計算され、周期的な風上条件に伴う減衰を説明するために、その後で調整が加えられる。新たな必要条件では、優勢な風向が考慮され、受音点から風力発電を臨む角度に依存する補正項を導入している。また、風力発電自身の指向効果も補正されるが、これらの気象補正は2.5(卓越して風下側にある住居)から7.5 dBA(卓越して風上側にある住居)の範囲である。風力施設の法令遵守のための測定として長期間Ldenは課題が多いことで知られているため、提案された方法は、稼働記録を評価、実際の年間音響パワー分布を計算し、それによって受音点における音圧レベルが予測される。測定は、風力発電の音響パワーが許可段階で示されたレベルに従っているかを評価するために使用され、すなわち発電機の音響パワーレベルの検証を行っている。

47 dBAという屋外におけるLden限度は、風車騒音に対して屋内で非常にうるさい(highly annoyed)と訴える住民割合を8%に制限することに基づいている。41 dBAというLnight限度は、睡眠妨害を扱うために定められた。van den Bergやその参考文献で議論されるように、風車騒音と睡眠妨害の間の量反応関係はまだ十分に開発されていない。41 dBAというレベルは、音源は定かではないが、音によって少なくとも月に一度睡眠が妨害されたとメールによる調査で回答した人の

25 %と関連する。41 dBA に Lnight 限度を設定する過程で、WHO のヨーロッパにおける夜間騒音のガイドラインが考慮された。これらの閾値を決める過程で評価された住民は、風力施設から財政的な利益を得ていない人々である。利益を得ている人々にはうるささや睡眠妨害をわずかに見出せるかどうかである。

### (9) ニュージーランド

2010 年、ニュージーランドは、風力発電所からの騒音のための規格を更新した。New Zealand 規格 6808 音響学-風力発電施設からの騒音である。この規格では、風力発電所からの音のレベルが LA90(10min)値で 40 dBA あるいは(住居を含む)騒音に敏感な地域で LA90(10min)による現在のバックグラウンド騒音より 5 dBA 大きい値のいずれか大きい方を超えてはいけない。「風に起因するバックグラウンド騒音レベルがこの値(相対限度)より大きい場合に風力発電所からの音のレベルを固定値に制限することが音響的な利益を与えない。」ため、相対的限度は適切であると述べている。

付加的な規制が夕方や夜間の高い快適性を有する地域に対して課されるが、これらの限度は LA90(10min)値で 35 dBA より小さくなくていい。騒音限度は、騒音に敏感な地域に影響を及ぼす全ての風力発電所からの累積したレベルに適用されるべきである。計画されている新しい風力発電所の予測レベルが、現在の風力発電施設よりも少なくとも 10 dB 小さいならば、累積効果は考慮されない。予測が採用される場合、予測された Leq レベルは、上記の基礎指針によって法令遵守を評価する目的で L90 レベルと見なされる。特異な可聴特性にはペナルティ(例えば純音性、衝撃性、振幅変調)が課され、全てのペナルティの合計は 6 dB を超えない。超低周波音、低周波音(low frequency noise)あるいは地盤振動に係る付加的な規制は正当化されないと記されている。

風力発電所からの騒音レベルが IEC 61400-11 に従って決められた音響パワーレベルを用いた ISO 9613 で予測される。この規格はバックグラウンド騒音レベルや計画騒音レベルを測定・評価する手続きを定める。ハブ高さの風速が現在のバックグラウンド騒音レベルと計画騒音レベルの双方を評価する場合に使用される。

### (10) 韓国

韓国は、産業音源に対して下表に示すガイドラインを定めた。これは風力発電にも適用される。

表 産業音源に対する韓国のガイドライン

地域	昼間(dBA)	夜間(dBA)
産業地域	70	60
住居と産業との混合地域	65	55
専ら住居地域	55	45
病院、健康施設等の地域	50	40

### (11) スウェーデン

スウェーデン環境保護庁(SEPA)は、風力発電に伴う騒音に関するガイドラインを定めた。SEPA

の Web サイトには、風力プラントからの騒音レベルが 10 m 高さの風速 8 m/s において Leq で 40 dBA を超えてはいけないと述べられている。静けさがあり適用可能な基本計画文書中に重要な価値として認められた地域に対して 35 dBA が定められている。純音性の騒音が受音点において存在すれば、5 dBA の純音ペナルティが課せられる。陸上施設に対して、A 特性に基づく 2 つの伝搬モデルが定められており、一つは最も近い風車までの距離が 1000 m 未満の場合で、他方はそれよりも長距離の場合である。

## (12) イギリス

イギリスで風力発電に対して共通して参照される騒音に係る必要条件是、通商産業部による「風力発電所からの騒音の評価」であり、一般に文書記号 ETSU-R-97 と呼ばれている。この文書に記述された方法は、公衆衛生員、風力発電操作員および独立した音響専門家を含む横断的な人々から構成された作業グループによって 1996 年に開発されている。ETSU-R-97 の目標は、推奨となるまで「風力発電所に対する不適切な規制を課すことなく、あるいは風力発電事業者や地方自治体にコストや行政的な負荷を過度に与えることなく、風力発電所の周辺住民の適切な保護を提案するような騒音レベルを示すこと。」であった。

ETSU-R-97 は、快適作業 (Quiet waking) と夜間で異なる限度が適用されるべきと述べている。快適作業の限度は、屋外における快適さを保全することを目指し、夜間の限度は、睡眠妨害を防ぐことを目指している。示された限度は、下表に要約され、風速の関数である。快適作業は、バックグラウンド騒音レベルが低く、騒音の最低限度は 35~40 dBA と定められた。正確な数字は、近隣住居の数、生成されるエネルギーに係る騒音限度の効果および騒音曝露の期間とレベルを含む多くの要因に依存する。

(注) 原本の「Quiet waking」について、ここでは快適作業と仮訳した。

表 許容される騒音レベルの基準

時間帯	許容される騒音レベル
快適作業 (Quiet waking hours)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・30~35 dB(A)よりも小さい LA90,10min に対して、35~40 dB(A)</li> <li>・30~35 dB(A)よりも大きい LA90,10min に対して、LA90,10min +5 dB(A)</li> </ul>
夜間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・38 dB(A)よりも小さい LA90,10min に対して、43 dB(A)</li> <li>・38 dB(A)よりも大きい LA90,10min に対して、LA90,10min +5 dB(A)</li> </ul>

昼間あるいは快適作業よりも、夜間において高い騒音レベルが許容される点は興味深い。夜間の基準は、ETSU-R-97 で参照される睡眠妨害 35 dBA から導出され、窓を開けることによる減衰として 10 dBA の許容量、LAeq ではなく LA90 を使用することによる 2 dBA の補正を含んでいる。

上述のように、現在の L90 値を超える 5 dBA の相対値を評価するために、必要条件是背景騒音の測定に著しく依存する。ガイドラインはまた、影響を受ける土地所有者が風力発電所と財政的な関わりがある場合、レベルの増加を考慮すべきであると指摘する。Boulder (2007) は、規制に係る届出書から事例を示し、モニタリング結果の解釈における課題と変化とについて議論している。

### (13) アメリカ

アメリカは、風力発電に対する連邦政府の騒音に係る必要条件を持ってない。僅かな州で産業騒音に対する規制があるのみである。それゆえに、風力発電を含む商業規模のエネルギー計画に関する騒音の必要条件は、地域のより様々であり、許可に際して州毎に様々な騒音に係る必要条件が課されている。例えば、オレゴン州における大規模な再生可能化石燃料プロジェクトでは、州に許可を求め、州から詳細な環境面のレビューを受けた。カリフォルニア州やワシントン州では、風力発電計画に対して州に許可を求めず、地方の市や郡が主導的な許可官庁である。

なお、オレゴン州は風力発電施設からの騒音を扱うための必要条件を改訂している。

### (14) 土地管理事務所 programmatic IEC

アメリカ内務省(DOI)土地管理事務所(BLM)は、12の西部に位置する州内の公用地264百万エーカーを管理する連邦官庁である。BLMは、管理する土地における風力エネルギーの開発に責任を持つ。BLMは、「西部アメリカ内のBLM管理地における風力エネルギー開発に関する最終環境影響評価宣言」を用意した(2005)。風力プロジェクトの騒音影響を評価するために関係する主要な事項は以下の通りである。

- ①BLM 管理地における多くの風力エネルギープロジェクトで広帯域騒音の大きな変動が一般的であり、10 dBの増加でさえ有害な社会反応の原因となることは考えにくい。
- ②典型的な郊外の環境に対して、背景騒音はおおよそ昼間 40 dB(A)、夜間 35 dB(A)、あるいはDNLで 35 dB(A)であると思われる。
- ③EPA ガイドラインは、概して静かな屋外において幅広い環境騒音の影響から公衆を保護するために昼夜間騒音レベル(Ldn)で 55 dB(A)を推奨する(1974)。このレベルは規制的な目標ではないが、安全に関する付加的なマージンを含み、アメリカ国民の中で最も配慮すべき人々を保護するために国際的な観点から保守的(なレベル)である。

上記事項は規制ではないが、BLM が個々のプロジェクトにおける騒音影響の重大さをどのように評価するかを示し、個々のプロジェクトがどのように騒音を扱うことを求められるのかに関するガイドラインを与える。

### (15) ワシントン州

ワシントン州の一般的な騒音規則が風力発電に適用され、州が独自に承認する騒音規格を開発にかかわる地方管轄区が許容する。初めに実施したのは、シアトルのような都市社会である。ワシントン州の騒音限度は、その低減に対する環境面の指摘(EDNA)に基づき、「最大許容騒音レベル(maximum permissible noise level)が定められた地域あるいはゾーン(または環境)」と定義されている。3つのEDNA指摘があり、それらは居住地域、商業/娯楽地域、産業/農業地域に概して対応する。下表は、居住地域のような騒音に配慮すべき地域(class A EDNA)と産業/農業地域(class C EDNA)における騒音に適用される最大許容レベルを要約する。

表 ワシントン州の騒音規制

統計指標	Class C EDNA からの最大許容騒音レベル (dBA)		
	Class A EDNA 受音点		Class C EDNA 受音点
	昼間 (7 am～10 pm)	夜間 (10 pm～7 am)	常時
Leq	60	50	70
L25	65	55	75
L8.3	70	60	80
L2.5	75	65	85

#### (16) オレゴン州

オレゴン州騒音規制(オレゴン州行政規則 340 章 35 節)は、2 つの騒音規格を含んでおり、通常、「表 8 テスト」と「環境悪化テスト」と呼ばれている。「表 8 テスト」は、規則中の表 8 を参照し、プロジェクトによって発生する最大許容される統計的な騒音レベルを制限している。「環境悪化テスト」は、既存の L10 あるいは L50 を最大 10 dBA までの増加に制限している。

表 オレゴン州の「表 8 テスト」の最大許容レベル

	昼間 (7 am～10 pm) (dBA)	夜間 (10 pm～7 am) (dBA)
L50	55	50
L10	60	55
L1	75	60

規則は L50 で 26 dBA という最小バックグラウンド騒音 (minimum background) を受け入れることによって環境悪化規格に従うことを申請者に課している。これらの基準の評価は、大規模な風力エネルギープロジェクトの許可を監督する州官庁の要請に沿った最大保証音響レベルで稼働する全発電機で通常実施される。規則は、環境悪化規格から騒音低減に取り組む特性を免除する。騒音低減に取り組む住居に対して、50 dBA の「表 8 テスト」による限度が実施される。

#### (17) コロラド州

コロラド州騒音規制は、風力発電に特に言及していない。この規制は、住居地域において夜間 50dBA を超える不動産線から放射される騒音が社会苦情を生むことに注意を促す。加えて、騒音が「断続性やうなり周波数あるいは甲高さによって不快でない。」ようにしなければならない。そして、規制は「周期的で衝撃性あるいは甲高い騒音」に対して 5dBA のペナルティを含む。これらの定性的な用語のいずれもが定義されていない。法令遵守のための測定は、風速が時速 5 mile (秒速 2.2 m) を超えない時に行う必要がある。コロラド州内の 340 を超える地方管轄区が付加的な騒音に係る必要条件を持つ。

#### (18) イリノイ州

地域が独自の規格を定めるが、産業起因の音源に対するイリノイ州公害制御委員会 (IPCB) の騒音規制が風力発電に適用される。IPCB 規制は受音と音源の土地利用分類を特定する。土地

利用分類は通常、住居地域(class A)、商業/小売地域(class B)、農業/産業地域(class C)と関連する。郊外の住居を含む全ての住居が class A と考えられる。最も制約を受ける騒音規格は、下表に要約されるように、騒音を放射する class C と騒音を受ける class A に関して定められた基準を用いて住居における予測レベルを評価することによって決められる。限度はオクターブバンドのみについて定められ、風力発電プロジェクトについて 500 Hz ないし 1000 Hz オクターブバンドが制限限度となる傾向があることに注意を要している。

表 イリノイ州の騒音規制-Class C(産業)から Class A(住居)へ発せられた音圧レベル

	オクターブバンド中心周波数(Hz)								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
昼間限度 (Leq) 7am-10pm	75	74	69	64	58	52	47	43	40
夜間限度 (Leq) 10pm-7am	69	67	62	54	47	41	36	32	32

#### (19) メイン州

「開発内の繰り返し作業」に対するメイン州環境保護局の騒音規制が風力発電に適用されるが、地域が州規制を 5 dBA 以上超えないとする独自規格を定めることができる。プロジェクトが開発前の1時間 Leq で昼間 45 dBA 以下、あるいは夜間 35 dBA 以下である地域に対して提案される時、保護されるべき住居地域における限度は、1時間 Leq で昼間 55 dBA、夜間 45 dBA となる。既存のレベルが 45 dBA/35 dBA を超えている場合、限度は結果的に昼間 60 dBA、夜間 50 dBA になる。純音性と短時間繰り返し音に対してペナルティが課せられる。

2011 年 9 月、メイン州環境保護委員会は住居地域や商業地域の近傍で稼働する商用風力発電に対して一層厳しい騒音規制を課すことを可決した。この提案は、夜間の騒音限度を 45dBA から 42dBA に下げることを含み、法令遵守がどのように評価されるかを更に詳細に示し、「短時間繰り返し音」がどのように評価されるかも明確にした。2011 年 10 月現在、州議会は委員会の提案を採択していない。

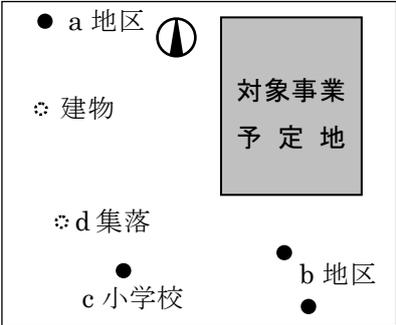
### 第3章 国内アセス事例検討

#### 1 はじめに

ここでは、収集できた国内の風力発電所を対象とした環境影響評価書を検討材料としてし、風車騒音に着目して調査、予測、評価の手法の実態を整理した。また、これらの環境影響評価書について、現時点における技術レベルからみた場合の課題を抽出して検討を行った。

なお、対象とした環境影響評価書は、ABCD の4つの発電事業についてであり、比較的規模が大きく、資料が得やすかった事例である。

#### 2 A事業所の例

A 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法
<p>調査地点</p> <p>「騒音の伝搬の特性を踏まえ…、並びに風力発電施設の稼動に伴う騒音に係る環境影響を、予測及び評価するために適切かつ効果的な地点として、a 地区、b 地区(2 地点)及び c 小学校の 4 地点とした。」</p> 	<p>⇒[問題点]地図を見ると、対象事業予定地西側の a 地区測定点南側には建物らしきものがあること、対象事業予定地南西側にも d という集落がある。それにもかかわらず、これらの地域には調査地点が配置されておらず、調査地点が必ずしも適切に配置されているとは言い難い(選定の根拠)。</p> <p>⇒[問題点]調査、予測・評価の地点を選定する場合、「環境影響が大きくなる」という視点とともに、周辺の居住地域にこまめに地点を選定する考え方も必要。</p> <p>⇒[問題点]調査地点の高さ(マイク高さ)など調査の具体的な手法を記述されるべきである。</p>
<p>調査期間</p> <p>「環境騒音については平成〇年〇月 28 日(木)～29 日(金)の 1 日(24 時間)とした。」</p>	<p>⇒[問題点]調査時期をどのように決めたのかが不明(選定の根拠)。風向・風速の発生割合等について記載があり、これを調査期間の選定根拠にする考え方がある。</p> <p>⇒[問題点]調査期間が 1 日では十分と言えない。但し、「風力発電のための環境影響評価マニュアル(第 2 版)」(以下、NEDO マニュアルという)には、1 季以上について平日又は休日、或いはその両日に調査すると記述されている。NZS 6808: 1998 では最低 10 日にわたって 10 分間平均の LA95 による暗騒音レベルが風速値とともに連続測定と記述されている。</p>

A 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法
<p>(1)調査の手法、オ調査方法  「騒音に係る環境基準」(平成 10 年環境庁告示第 64 号)に基づき、日本工業規格 JIS C 1502 に定める普通騒音計を用い、JIS Z 8731(環境騒音の表示・測定方法)に準拠して行った。」</p>	<p>⇒[問題点]平成 17 年 3 月 20 日に JIS C 1502 は廃止され JIS C 1509 に置き換えられた。  ⇒[問題点]JIS Z 8731 には除外音処理のことまで記述されていない。調査結果を環境基準に照らして評価するのであれば、「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」も示すほうがよい(除外音処理)。  ⇒[問題点]背景的な騒音レベルからの増加分が反応に影響するので、残留騒音(LA90 または LA95) も併せて測定することが望ましい(調査すべき情報)。</p>
<p>(2)予測の手法、エ風力発電施設の稼働、  (イ)予測地域  「風力発電稼働に伴う騒音に係る環境影響を受けるおそれのある地域として対象事業実施区域及びその周辺とした。」</p>	<p>⇒[問題点]具体的にどの程度の範囲(距離)なのか不明(選定の根拠)。風力発電設備の配置を見ると南北に連なって、南側は複数基重なって設置予定のため、1 基に比べて影響範囲(距離)は広がることが予想される。  ⇒[コメント]デンマークでは、風力発電設備全高の 4 倍(あるいはハブ高さの 6 倍)のセットバックが必要。</p>
<p>(エ)予測対象時期  「風力発電所の稼働が定常となる時期とした。」</p>	<p>⇒[問題点]ナセル高さで強い風の吹くことによる最大稼働の時期を想定すべき(風向の違いも考慮すべき)。</p>
<p>5.2.3 低周波音  (1)予測の手法、(ア)予測項目  「低周波音レベルとした。」</p>	<p>⇒[問題点]「低周波音レベル」という用語はない。騒音に合わせるのであれば、「G 特性等価音圧レベル L<sub>Geq</sub>」とする考え方がある。  ⇒[コメント]「低周波音」の扱いは課題。</p>
<p>第 2 節 騒音  6.2.1 現況  (1)調査概要、イ調査地点  「環境騒音に係る調査地点として、a 地区、b 地区(2 地点)及び c 小学校の 4 地点を、…選定した。環境騒音に係る b 地区の 2 箇所の調査地点のうち、A 地点は風力発電機予測区域の周辺居住地域として、B 地点は当所計画していたヘリコプターの運航範囲の周辺居住地域として、各々選定したものである。」</p>	<p>⇒[問題点]4 地点については、5.2.2 (1) 調査の手法、ウ.のコメントと同様。ウィンドファーム周辺で民家がある地域には満遍なく調査地点を設定する考え方も必要。また、「b 地区の 2 箇所の調査地点のうち、B 地点はヘリコプターの運航範囲の周辺居住地域として選定した」とあるが、B 地点についても近接する風力発電設備からの距離は 1km 程度であり、風力発電設備の調査地点として選定が必要な場合も想定される。</p>

A 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法
<p>6.2.2 予測 (1)予測概要、イ予測方法、(エ)風力発電施設の稼働、 a 予測式</p> $L = L_w - 10 \log_{10}(l^2 + h^2) - 8 - \Delta L_{AIR}$ $\Delta L_{AIR} = \alpha(l^2 + h^2)^{1/2}, \alpha = 0.005 \text{ dB/m}$	<p>⇒[コメント]周波数重み付け特性は A 特性を対象としているので、表示は次式となる。(他の式も同様)</p> <p>例) <math>L_A = L_{WA} - 10 \log_{10}(l^2 + h^2) - 8 - \Delta L_{AIR}</math></p> <p>⇒[問題点]出典、根拠を明示すべき(トレーサブルな表示が望ましい)。 ⇒[問題点]20 °C、70 %、1 kHz に対する値を適用することの妥当性。</p>
<p>b 予測条件 (b)予測地点 「…予測地域を 50 m 間隔に区切った格子点及び環境騒音の現地調査を実施した 2 地点(a 地区及び b 地区)とした。」</p>	<p>⇒[問題点]基本的に、現地調査を実施した全地点(この場合は 4 地点)を対象に予測すべき。 ⇒[コメント]予測地点の地上高さも示すべき。</p>
<p>(c)風力発電機のパワーレベル及びハブ高さ(注書き) 「風力発電機のパワーレベルは、風速 8 m/s(測定高度:10 m)時に風力発電機の直近で実際に測定された値から 105 デシベルとした。」 欄外(注)「対象事業実施区域内で得られている年間の風向・風速観測値によれば、地上 10 m に換算した年平均風速は約 5.7 m/s であり、予測条件とした風速(8 m/s)は十分に安全側である。使用を予定する風力発電機の定格風速は 17 m/s(ハブ高度:78 m)であるが、これを高度 10 m に換算すると風速は 9.9 m/s となることから、予測条件とした風速はほぼ定格回転に近い状態と考えられる。」</p>	<p>⇒[問題点]風車騒音が問題となるのは年間の平均風速でなく、定格風速に近い風速条件の音圧レベルが大きい時(予測対象時期等)であり、定格稼働時とすべき(本アセス書の場合、高度 10 m 換算の風速で 10 m/s の条件で予測すべき)。 ⇒[コメント]純音成分が問題となる可能性があることから、1/3 オクターブバンド毎の音響パワーレベルデータを用い周波数毎の予測も望まれる(調査すべき情報)。</p>
<p>b 予測条件、(c)風力発電機のパワーレベル及びハブ高さ(注書き) 「…風力発電機の LWA は IEC 61400-11 に基づいて実測された結果である。」</p>	<p>⇒[問題点]同規格による LWA は次式により計算される。上記伝搬式に適用しても基本的に問題はないと考えられるが、妥当性については検討が必要。</p> $L_{WA,k} = L_{Aeq,c,k} - 6 + 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi R_1^2}{S_0} \right)$ <p>ここに、<math>L_{Aeq,c,k}</math> : 基準条件のもとで、音響基準風速において暗騒音補正した等価騒音レベル、<math>R_1</math> : ロータ中心からマイクロホンまでの傾</p>

A 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法
	<p>斜距離、<math>S_0</math>：基準面積で、<math>S_0 = 1 \text{ m}^2</math> (式中の 6 dB の定数は、地表設置板上の音のレベル測定で生じる、近似的な音圧倍加を考慮したものである。)</p> <p>⇒[問題点]メーカに音源側の 1/3 オクターブバンド音圧レベルデータも提出させ、純音成分がある場合には、周波数特性のデータも提出させる必要がある(調査すべき情報)。</p>
<p>b 予測条件、(c)風力発電機のパワーレベル及びハブ高さ(注書き)</p> <p>「……地上高度 10 m に換算した年平均風速は……」</p>	<p>⇒[問題点]風速の高さ補正に用いた式、係数等の出典、根拠を明示すべき(トレーサブルな表示が望ましい)。</p>
<p>6.2.3 評価</p> <p>(1)環境保全のための措置、エ風力発電施設の稼働</p> <p>「対象事業実施区域内にて得られた1年間の風向・風速データを整理した結果によれば、約 76 % が風下側に民家が位置しない西北西から南南西の風であり、表 6.2.3-2 によると風上側に位置する a 地区などでは影響はより小さくなるものと考えられる。… …表 6.2.3-2 によれば、風下側 200 m の地点では、約 5 デシベル増加することもあるとされるが……」</p>	<p>⇒[問題点]表 6.2.3-2 は道路交通騒音の予測モデルに適用するものであり、周波数特性や発生源高さの異なる風車騒音にそのまま適応することが妥当か否かを検討する必要がある。</p> <p>⇒[コメント]夜間・早朝の温度勾配によっても伝搬減衰は変動する。</p>
<p>第3節 低周波音 6.3.1 予測</p> <p>(1)予測概要、イ予測方法、a 予測式 (NEDO マニュアルによる式)</p>	<p>⇒[問題点]NEDO マニュアルの提案式を準用するとしても、式を再掲し、予測量等の説明が必要。</p>
<p>b 予測条件</p> <p>「風力発電機の低周波音レベル」</p>	<p>⇒[コメント]「低周波音レベル」という用語はない(用語の使用)。</p>
<p>6.3.2 評価</p> <p>(2) 環境影響の回避、低減に係る評価</p> <p>「(前略)これにより、風力発電施設の稼働に伴う低周波音の影響は、既に回避されているものと評価される。</p> <p>なお、「低周波音の測定方法に関するマニュアル」によれば、周波数が低いほど風の影響を受けやすいとされており、特に低周波音に関しては強風時には風力発電機以外の風自体によるレベルの上昇が相当量見込まれるものと考えられる。こ</p>	<p>⇒[コメント]回避・低減の努力が見当たらない。</p> <p>⇒[問題点]測定側の問題を風による暗騒音の上昇と混同している(あるいは話をすり替えている)。風に起因する葉擦れ音等の暗騒音は受音点側の状況によって大きく異なる。我が国でよく見られる風力発電設備が尾根に建っているような場合で受音側が山陰にあると、尾根で風が遮られて暗騒音は低下する。</p>

A 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法
<p>のようなより低い周波数帯域を含めた音圧レベルの周波数特性のデータはメーカーからも提示されておらず、予測において周波数特性を考慮することは不可能であるが、風雑音による低周波音の増大により風力発電機による低周波音がかき消され影響は相対的に下がるものと予測される。」</p>	
<p>(3) 国又は地方公共団体による基準又は目標との整合性の検討  エ 風力発電施設の稼働  「(前略)昼間で 45～47 デシベル、夜間で 42～44 デシベルとなるものの、「主として住居の用に供される地域」に指定される環境基準値(昼間:55 デシベル、夜間:45 デシベル)を満たすものと評価される。」</p>	<p>⇒[問題点]対象地域には環境基準の類型指定が行われていない地域も含まれている。これらの地域は「良好で静穏な地域」であり、引き続き現状を維持することが望まれることから、予測値を「主として住居の用に供される地域」に対する基準値と比較して問題なしと評価することは適切でない。</p>
<p>第 8 章 第 1 節 事後調査の手法  8.1.2 風力発電施設稼働に伴う騒音の状況  (1)調査の手法  ア.調査項目  「風力発電施設稼働に伴う騒音の状況とする。」</p>	<p>⇒[コメント]後述、オ.の調査方法によれば、騒音に係る事後調査は居住者の聞き取りのみとなっている。少なくとも調査の基本的な手法に沿った騒音のモニタリングが必要である。予測レベルを満足しているか否かだけでなく、対策を検討する際の基礎資料となる。</p>
<p>イ調査地域  「風力発電施設の稼働に伴う騒音に係る環境影響を受けるおそれのある地域として、対象事業実施区域周辺とする。」</p>	<p>⇒[問題点]近接する風力発電設備からどの程度の距離までを対象とするのか不明(選定の根拠)。</p>
<p>エ調査期間等  「風力発電施設の試運転稼働後 1 年間とし、月 1 回の頻度を予定する。」</p>	<p>⇒[問題点]上記アの通り。月 1 回の頻度としても、その際の期間を記載すべき。</p>
<p>オ調査方法  「居住者の聞き取り調査によるものとする。」</p>	<p>⇒[問題点]上記アの通り。騒音のモニタリング等の調査を併用する方が望ましい。</p>

### 3 B 事業所の例

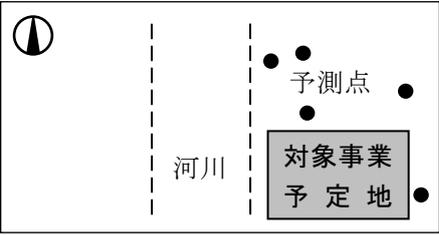
B 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>第 5 章 環境影響評価の項目並びに調査、予測及び評価の手法</p> <p>5.2.1 騒音</p> <p>(2)調査の手法</p> <p>「騒音の測定は、日本工業規格(以下「JIS」という。)JIS Z 8731「環境騒音の表示・測定方法」に準拠して行った。測定は 48 時間連続で行い、昼間及び夜間の等価騒音レベル(Leq)を得た。昼間及び夜間の区分については、「騒音に係る環境基準」に定められる時間区分(昼間：6 時～22 時、夜間 22 時～翌 6 時)にしたがうものとした。」</p>	<p>⇒[問題点]JIS Z 8731 には除外音処理のことまで記述されていない。調査結果を環境基準に照らして評価するのであれば、「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」も示すほうがよい(除外音処理)。</p> <p>⇒[コメント]連続測定をしていることは評価できるが、NZS 6808: 1998 では最低 10 日にわたって 10 分間平均の LA95 による暗騒音レベルが風速値とともに連続測定と記述されている。</p> <p>残留騒音(LA90 または LA95) も併せて調査しておく方が望ましい(調査すべき情報)。</p>
<p>(3)調査地域</p> <p>「対象事業実施区域周辺とした。」</p>	<p>⇒[問題点]近接する風力発電設備からの距離でどの程度の範囲までを対象としたかが不明(根拠の明示)。</p>
<p>(4)調査地点</p> <p>「周辺の住環境への影響を考慮するため、対象事業実施区域に近い居住地域である…の 10 地点において、騒音の状況を測定した。」</p>	<p>⇒[コメント]調査地点の地上高さも示すほうがよい(調査の基本的な手法)。</p>
<p>(5)調査期間等(p.74)</p> <p>「年間を通じて平均的な様相を呈すると思われる 2 日間(48 時間連続観測)として、平成〇年〇月 24 日(木)～25 日(金)に測定を実施した。」</p>	<p>⇒[問題点]「年間を通じて平均的な様相を呈すると思われる 2 日間」という設定が不明(選定の根拠)。「平均的な様相」を風車問題に持ち込むことが適当ではない(定格回転または定格回転に近い稼動状況の時)。NEDO マニュアルには、1 季以上について平日又は休日、或いはその両日に調査すると記述されている。NZS 6808: 1998 では最低 10 日にわたって 10 分間平均の LA95 による暗騒音レベルが風速値とともに連続測定と記述されている。(調査期間)。</p>
<p>(6)予測の手法、(a)音源条件、(ア)風力発電機の配置及び種類、台数</p> <p>「予測時における音源としての風力発電機は 26 基で、その仕様は表 5.2-2 に示すとおりである。」</p>	<p>⇒[問題点]表 5.2-2 に示された風力発電機の仕様に、カットイン風速、カットアウト風速、定格風速、定格回転数等の情報も記載されるべき(調査すべき情報)。</p>
<p>(イ)風力発電機のパワーレベル</p> <p>「…風力発電機の直近で実際に測定された</p>	<p>⇒[問題点]風車騒音が問題となるのは年間の平均風速でなく、定格風速に近い風速条件の音圧レ</p>

B 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>値から、当該地域の年平均風速(測定高度 10 m にて約 5 m/s)に対するものとして 96.2～104.8 dB(設置位置によって異なる)とした。</p> <p>※風力発電機のパワーレベルの提示方法は、国際規格である IEC 61400-11 により規定されている。…」</p>	<p>ベルが大きい時(予測対象時期等)。</p> <p>⇒[問題点]設置位置とパワーレベル値の対応を示し、予測に用いた値の選定根拠を述べるべき。</p> <p>⇒[コメント] 純音成分が問題となる可能性があるため、1/3 オクターブバンド毎の音響パワーレベルデータを用い周波数毎の予測も望まれる(調査すべき情報)。</p> <p>⇒[問題点]同規格による LWA は次式により計算される。上記伝搬式に適用しても基本的に問題はないと考えられるが、妥当性については検討が必要。</p> $L_{WA,k} = L_{Aeq,c,k} - 6 + 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi R_1^2}{S_0} \right)$
<p>(6)予測の手法、(b)予測式</p> $L = L_w - 10 \log_{10}(l^2 + h^2) - 8 - \Delta L_{AIR}$ $\Delta L_{AIR} = \alpha(l^2 + h^2)^{1/2}, \alpha = 0.005 \text{ dB/m}$	<p>⇒[コメント]周波数重み付け特性は A 特性を対象としているので、表示は次式となる。(他の式も同様)</p> <p>例) <math>L_A = L_{WA} - 10 \log_{10}(l^2 + h^2) - 8 - \Delta L_{AIR}</math></p> <p>⇒[問題点]出典、根拠を明示するほうがよい(トレサブルな表示が望ましい)。</p>
<p>(8)予測地点</p> <p>「…領域を 50 m メッシュに区切った格子点(格子数 224×152=34,048)及び現況騒音の測定地点とした。」</p>	<p>⇒[コメント]予測地点の地上高さも示すほうがよい。</p>
<p>第 6 章 環境影響評価の結果</p> <p>6.1 騒音</p> <p>(1)調査の結果の概要並びに予測及び評価の結果、(a)調査の結果の概要</p> <p>「50 dB を超えている地点は、いずれも海岸付近に位置しており、…主な音源としては、海岸付近に位置する測定地点については波の音、他の地点については付近を通過する自動車の走行音や、風に起因する葉擦れ音などであった。」</p>	<p>⇒[問題点] 残留騒音のレベルが不明。LA90 または LA95 も併せて測定しておけば、残留騒音の大きさを把握できる(調査すべき情報)。</p>
<p>「当該地域の年平均風速(測定高度 10 m にて約 5 m/s)に対する騒音レベルを解析し、表 6.1-2 に示した。」</p>	<p>⇒[問題点]風車騒音が問題となるのは年間の平均風速でなく、定格風速に近い風速条件で音圧レベルが大きい時である(調査期間等)。</p>

B 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>「対象事業地域内の風況観測塔で得られた風速と、本調査で得られた騒音レベルの関係から、当該地域の地上高 10 m での年平均風速(約 5 m/s)に対する騒音レベルを解析し、表 6.1-2 に示した。」</p>	<p>⇒[問題点]何故、地上高 10 m における年平均風速に対する騒音レベルに補正したかが不明。 ⇒[問題点]表 6.1-2 のデータの導出根拠が不明(調査の基本的な手法)。</p>
<p>(b) 予測の結果 「現況騒音の測定地点における騒音レベルの予測結果を表 6.1-3 に、風力発電機の稼動時における騒音レベルの結果を表 6.1-4 に示す。」</p>	<p>⇒[問題点]表 6.1-4 の結果(暗騒音+風車騒音)を導出するにあたり、暗騒音として表 6.1-2 の値を使っているため、例えば、a 地点や b 地点の昼間の予測値のように、表 6.1-1 の現況騒音調査結果より予測結果が小さく現れるという現象が生じている。</p>
<p>(c) 評価の結果 「(前略)38～45dB 程度であり、これにより一部の地域において将来の騒音の増加が見込まれるものの、概ね現況と同程度であると予測された。「専らあるいは主として住居の用に供される地域」の環境基準(A 及び B 類型、昼間:55dB、夜間:45dB)に対しても、現況で既に超過している海岸付近の地点を除けば、いずれも同基準を満たしており、騒音に係る環境影響は概して小さいものと評価される。」</p>	<p>⇒[問題点]対象地域には環境基準の類型指定が行われていない地域も含まれている。これらの地域は「良好で静穏な地域」であり、引き続き現状を維持することが望まれることから、予測値を「主として住居の用に供される地域」に対する基準値と比較して問題なしと評価することは適切でない。</p>

#### 4 C 事業所の例

C 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>第 2 章 対象事業の目的及び内容 2.2 対象事業の内容、2.2.4 対象事業実施区域 (3) 風況の概要 「年間及び各月の風況の状況を表 2.2-1 に、年間及び各月の風配図を図 2.2-1(1)～(2)に示す。」</p>	<p>⇒[コメント]年間及び各月の風況の状況、年間及び各月の風配図が記載してあり適切である。</p>
<p>第 3 章 環境影響評価の調査、予測及び評価の手法並びに環境影響評価の結果 3.1 騒音 3.1.1 調査及び予測並びに評価の手法 (2)調査の手法 騒音の測定は、日本工業規格(以下「JIS」</p>	<p>⇒JIS Z 8731 には除外音処理のことまで記述されていない。調査結果を環境基準に照らして評価するのであれば、「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」も示すほうがよい(除外音処理)。 ⇒[問題点] 調査期間が 1 日では十分と言えない。NEDO マニュアルには、1 季以上について平日</p>

C 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>という。)JIS Z 8731「環境騒音の表示・測定方法」に準拠して行った。測定は 24 時間連続して行い、昼間及び夜間の等価騒音レベル(Leq)を得た。昼間及び夜間の区分については、「騒音に係る環境基準」に定められる時間区分(昼間：6 時～22 時、夜間 22 時～翌 6 時)にしたがうものとした。</p>	<p>又は休日、或いはその両日に調査すると記述されている。NZS 6808: 1998 では最低 10 日にわたって 10 分間平均の LA95 による暗騒音レベルが風速値とともに連続測定と記述されている。</p>
<p>(3)調査地域 「風力発電機が設置される地点およびその周辺とした。」</p> 	<p>⇒[問題点] 近接する風力発電設備からの距離でどの程度の範囲までを対象としたかが不明(調査地域)。 ⇒[コメント] デンマークでは風車全高の 4 倍(あるいはハブ高さの 6 倍)のセットバックが必要。風車の配置を見ると南北に 4 基並んで設置される予定であることを考えると、1 基に比べてパワーレベルは 6 dB 大きくなることにより、影響範囲は倍の距離の範囲まで拡大することが予想される。 ⇒[問題点] 調査地域が風力発電設備側に偏っている。風上に位置するとは言え、対象事業予定地の西側にも調査地域を設けるべき。</p>
<p>(4)調査地点 「風力発電機の設置位置に近い居住地域等を対象として、図 3.1-1 に示す 5 地点を設定し、暗騒音の状況を測定した。」</p>	<p>⇒[コメント] 測定項目は「(1)調査すべき情報」で記述すべき。 ⇒[コメント] 調査地点の地上高さも示すほうがよい。</p>
<p>(5)調査期間等 「年間を通じて平均的な様相を呈すると思われる 1 日(24 時間連続観測)として、平成〇年〇月 29 日(水)～30 日(木)に測定を実施した。」</p>	<p>⇒[問題点] 「平均的な様相」を風力発電設備の問題に持ち込むことは適当ではない(定格回転または定格回転に近い稼働状況の時)。 ⇒[問題点] 調査期間が 1 日では十分と言えない。NEDO マニュアルには、1 季以上について平日又は休日、或いはその両日に調査すると記述されている。NZS 6808: 1998 では最低 10 日にわたって 10 分間平均の LA95 による暗騒音レベルが風速値とともに連続測定と記述されている。(調査期間)。</p>
<p>(6)予測の手法 「風力発電機の騒音パワーレベルは、採用を予定する風力発電機メーカーによる資料※から、対象事業実施区域周辺における地上高度 10 m での年平均風速(4.9 m/s)に対する値として 101.6 dB とした。」</p>	<p>⇒[問題点] 予測に用いるべきは年間の平均風速でなく、定格風速に近い風速条件の音圧レベルが大きい時。 ⇒[コメント] 純音成分が問題となる可能性があるため、1/3 オクターブバンド毎の音響パワーレベルデータをを用い周波数毎の予測も望まれる(調査すべき</p>

C 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>※風力発電機のパワーレベルの提示方法は、国際規格である IEC 61400-11 により規定されている。</p>	<p>情報)。 ⇒[問題点]同規格による LWA は次式により計算される。上記伝搬式に適用しても基本的に問題はないと考えられるが、妥当性については検討が必要。</p> $L_{WA,k} = L_{Aeq,c,k} - 6 + 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi R_1^2}{S_0} \right)$ <p>(変数の説明は A 発電事業を参照のこと)</p>
<p>(6)予測の手法</p> $L = L_w - 10 \log_{10} (l^2 + h^2) - 8 - \Delta L_{AIR}$ $\Delta L_{AIR} = \alpha (l^2 + h^2)^{1/2}, \alpha = 0.005 \text{ dB/m}$	<p>⇒「問題点」周波数重み付け特性は A 特性を対象としているので、表示は次式となる。(他の式も同様)</p> <p>例) <math>L_A = L_{WA} - 10 \log_{10} (l^2 + h^2) - 8 - \Delta L_{AIR}</math></p> <p>⇒[問題点]出典、根拠を明示するほうがよい(トレース可能な表示が望ましい)。</p>
<p>3.1.2 環境影響評価の結果</p> <p>(1)調査の結果の概要並びに予測及び評価の結果 (a)調査の結果の概要</p> <p>・・・主な騒音源は、航空機騒音に加え、木々のざわめき等であったが、このうち航空機騒音に関しては除外した。</p>	<p>⇒[コメント]「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」によると、「平常でない自然音(鳥の鳴き声、虫の声、木の葉摺れ音等)」は除外することとされている。</p>
<p>(c)評価の結果</p> <p>「予測の条件とした年平均風速値(地上高度 10 m において 4.9 m/s)を超える強風時には、風力発電機から発生する騒音は大きくなるものの、そのような条件時には強風に起因する木々のざわめき等によって暗騒音も高くなるものと考えられ、風力発電機からの騒音が遮蔽されることも予測される。」</p>	<p>⇒[問題点]年間の平均風速という条件での予測が問題。</p> <p>⇒[問題点]「強風時には暗騒音も高くなる」とあるが、高くなるかどうかは地域や風向により異なる。強風時の暗騒音によるマスキングに言及するならば、一年を通じての実測結果を示す等の定量的な説明が必要。</p> <p>⇒[コメント]調査の基本的な手法に沿った暗騒音測定が必要ではないか。</p>
<p>(4)環境影響の総合的な評価</p> <p>「風力発電機が定格運転状態にて稼動するような気象条件時には、風自体に起因する暗騒音も非常に高くなることから、周辺居住者の生活に支障を与える可能性は小さいものと評価されるが・・・。」</p>	<p>⇒上記と同様</p> <p>⇒[問題点]風に起因する騒音のマスキング効果を用いて評価することは適切ではないと考えられる。</p>
<p>第 5 章 事後調査</p> <p>5.1 風力発電施設稼動に伴う騒音の状況</p> <p>5.1.1 調査の手法</p>	<p>⇒[問題点]後述、(5).の調査方法によれば、騒音に係る事後調査は、居住者の聞き取りのみとなっている。少なくとも調査の基本的な手法に沿ったモニタ</p>

C 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
(1) 調査項目 「風力発電施設稼動に伴う騒音の状況とする。」	リングが必要である。予測レベルを満足しているか否かだけでなく、対策を検討する際の基礎資料となる。
(2) 調査地域 「風力発電施設の稼動に伴う騒音に係る環境影響を受けるおそれのある地域として、対象事業実施区域及びその周辺とする。」	⇒[コメント]「調査手法」の「調査地域」において「環境影響を受けるおそれのある地域」が明確に定義され、ここはそれを参照する。 ⇒[コメント]苦情発生があれば地域に追加が必要。
(4) 調査期間等 「風力発電施設の試運転稼働後 1 年間とし、月 1 回の頻度を予定する。」	⇒[問題点] 少なくとも調査の基本的な手法に沿ったモニタリングとすべき。状況に応じた追加期間の検討も必要。
(5) 調査方法 「居住者の聞き取り調査によるものとする。」	⇒[問題点]上記(1)の通り。

## 5 D 事業所の例

D 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
第 1 章 事業者の名称・・・ 第 2 節 対象事業の内容 2.2.3 対象事業の規模 1)風力発電所出力及び台数について 「方法書では、風力発電機の台数を最大 55 台、風力発電所の出力を最大 55,000 kW としていたが、・・事業規模は下記の範囲とした。 ・風力発電所の出力;最大 60,000 kW ・風力発電機の台数;最大 46 台」	⇒[問題点]以降の予測評価に際して、風力発電機の詳細が記載されていない。変更された事業規模からすると、風力発電機の出力は 1.3 MW 相当ということになる。
第 2 節 騒音 7.2.1 騒音の現況 1)調査概要 (1)調査地点 風力発電所計画区域及び a 地区とした。	⇒[コメント]調査地点の地上高さも示すほうがよい。
第 2 節 騒音 7.2.1 騒音の現況 1)調査概要 (3)調査方法 騒音調査は、「騒音に係る環境基準」(平成 10 年環境庁告示第 64 号)に基づき、JIS C 1502 に定める普通騒音計を用いて、「環境騒音の表示・測定方法」JIS Z 8731 に準拠して行った。	⇒[問題点]JIS Z 8731 には除外音処理のことまで記述されていない。調査結果を環境基準に照らして評価するのであれば、「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」も示すほうがよい(除外音処理)。

D 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>第2節 騒音</p> <p>7.2.1 騒音の現況</p> <p>2)調査結果</p> <p>表 7.2.1-1(1)道路交通騒音調査結果</p> <p>「天候:雨」となっている。</p>	<p>⇒[コメント]「騒音に係る環境基準の評価マニュアル(道路に面する地域)」によると、「降雪時はぬれた路面により道路交通騒音が上昇し、常態の騒音が測定できないことから測定は中止する」とされている。</p>
<p>第2節 騒音 7.2.2 騒音予測</p> <p>3)風力発電所の稼働</p> <p>(3)予測方法</p> $SPL = PWL - 10 \log_{10}(l^2 + h^2) - 8 - \Delta L$ $\Delta L = \alpha(l^2 + h^2)^{1/2}, \alpha = 0.005 \text{ dB/m}$	<p>⇒[問題点]出典、根拠を明示するほうがよい(トレーサブルな表示が望ましい)。</p>
<p>(4)予測条件</p> <p>「風車の騒音レベル PWL:100 デシベル (風車については、近年技術開発が進んでおり、発電機の増速ギヤについても、ギヤレスタイプが開発されている。風車メーカー未決定であるが同規模機種メーカー資料から設定した。)」</p>	<p>⇒[問題点] 風車の PWL:100 デシベルとのことであるが、どのような稼働条件(風速)のデータなのかを明記すべきである。メーカー未決定とのことであるが、想定される風力発電機の大まかな仕様も記載されていない(ギヤタイプかギヤレスタイプかも不明)。メーカーや機種によって発生する騒音レベルや周波数特性が異なるので、算定に用いた風力発電機のメーカー、機種、仕様を明記すべきである。この場合、想定される仕様の機種のデータは 1 機種ではなく、複数機種のデータを用いて予測することが望ましい。複数機種のデータを収集して比較する等、設定する音響特性には留意する必要がある。</p> <p>騒音の予測に際して、年間平均風速における見かけのパワーレベルを使用する例が多く見受けられるが、風車騒音が問題となるのは年間の平均風速でなく、定格風速に近い風速条件の音圧レベルが大きい時である。したがって、予測は定格稼働時とすべきである。また、純音成分が問題となる可能性があることから、1/3 オクターブバンド毎のパワーレベルデータの提示、及び純音成分が認められる場合には周波数毎の予測も必要である。</p> <p>⇒[問題点]予測の不確実性が考えられるため、事後調査を行う必要があると考えられる。しかし、本アセスでは未実施。</p>

D 発電事業環境影響評価書の記述内容	課題・対応方法(案)
<p>第2節 騒音 7.2.3 低周波音予測 1)風力発電所の稼動</p> <p>(3)予測方法</p> $SPL = PWL - 10 \log_{10}(l^2 + h^2) - 8 - \Delta L$ $\Delta L = \alpha(l^2 + h^2)^{1/2}, \alpha = 0.005 \text{ dB/m}$	<p>⇒[問題点]出典、根拠を明示するほうがよい(トレーサブルな表示が望ましい)。</p> <p>⇒[問題点]20℃、70%、1kHz に対する値を適用することの妥当性。</p>
<p>(4) 予測条件</p> <p>「風車の低周波音レベル PWL:105 デシベル(G) (メーカー資料に基づき本計画で採用が検討されている同規模機種を設置している風車サイトにおける実測値の最大値を用いて算出し設定した)」</p>	<p>⇒[問題点]算定に用いた風力発電機のメーカー、機種、仕様を明記すべきである。また、風車の低周波音の PWL:105 デシベル(G)----同規模機種を設置している風車サイトにおける実測値の最大値----とのことであるが、どのような稼動条件(風速)のデータなのか、測定条件も明記すべきである。</p> <p>騒音の予測に際して、年間平均風速における見かけのパワーレベルを使用する例が多く見受けられるが、風車騒音が問題となるのは年間の平均風速でなく、定格風速に近い風速条件の音圧レベルが大きい時である。したがって、予測は定格稼働時とすべきである。</p>
<p>7.2.4 評価 3)風力発電所の稼動</p> <p>(1) 環境保全目標</p> <p>「近傍の住居地域は環境基準の種類の指定が行われていないが、周辺状況を勘案し、環境基本法で定める環境基準に基づく「B 類型:昼間 55 デシベル・夜間 45 デシベル以下)を環境保全目標として設定する。</p>	<p>⇒[問題点]類型指定が行われていない地域に対して B 類型を当てはめる理由が不明である。</p>
<p>(2) 評価結果</p> <p>「近傍住居地域である〇〇の予測値は 28 デシベル未満であり環境保全目標を下回っている。」</p>	<p>⇒[問題点]対象地域には環境基準の類型指定が行われていない地域も含まれている。これらの地域は「良好で静穏な地域」であり、引き続き現状を維持することが望まれることから、予測値を「主として住居の用に供される地域」に対する基準値と比較して問題なしと評価することは適切でない。</p>

## 6 まとめ

前述したとおり、いずれの事例とも、類似した問題点を抱えていた。

### 〔調査手法〕

- ・除外音処理に関する記載がない。
- ・調査地域、調査地点、調査時期等の選定の根拠が明確に示されていない事例が多い。
- ・国外と比べて調査期間が極端に短い(暗騒音ないし残留騒音の把握が不十分)。

### 〔予測手法〕

- ・低周波音レベルのような不適切な用語の使用が見られる。
- ・風力発電設備の機種、風速等の予測条件が明示されていない事例がある。
- ・メーカー未決定の事例で、予測に用いられているデータが1機種しかない。
- ・NEDO 式が予測手法として使用されているが、妥当性の検討が十分ではない。
- ・「年間の平均風速」が予測手法に用いられており適正さに欠ける。

### 〔評価手法〕

- ・「風が強い時は暗騒音も大きい」との記載があるが、地形や風向により異なる。
- ・風雑音が風車騒音をマスキングするから問題ないという評価事例が散見される。
- ・環境基準の類型指定が行われていない地域について、B 類型の基準値を適用し評価する事例が見受けられる。

### 〔事後評価〕

- ・事後調査が居住者への聞き取りのみで、風車騒音の実測を行うような記載がない。
- ・事後調査に触れられていない事例もある。

これらの問題点に対する基本的な対応方法を整理して以下に示した。

### 〔調査手法〕

#### 【基本的な手法】

##### 〈評価書〉

「騒音に係る環境基準」に基づき、JIS C 1502 に定める普通騒音計を用い、JIS Z 8731(環境騒音の表示・測定方法)に準拠して行った。

##### 〈問題点〉

- ・最新の情報を記述する必要がある。(平成 17 年 3 月 20 日に JIS C 1502 は廃止され、JIS C 1509 に置き換えられた。)
- ・暗騒音等の測定では除外音処理を行う必要があるが、JIS Z 8731 には除外音処理のことまで記述されていない。除外音の処理方法が示されている「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」などを引用すべきである。
- ・背景的な騒音レベルからの増加分が反応に影響するので、残留騒音(LA90 または LA95)も併せて測定しておく必要がある。

### 【調査地点】

#### 〈評価書〉

騒音の伝搬の特性を踏まえ…、並びに風力発電施設の稼動に伴う騒音に係る環境影響を、予測及び評価するために適切かつ効果的な地点として、○地区、□地区及び△小学校の●地点とした。

#### 〈問題点〉

調査地点は、適切に配置する必要がある。調査、予測・評価の地点の選定では、「環境影響が大きくなる。」という視点だけではなく、集落別にこまめに地点を選定して影響の有無を示すほうがよい。また、調査地点の高さも示す必要がある。

### 【調査期間等】

#### 〈評価書〉

環境騒音については平成○年○月○日(木)～△日(金)の1日(24時間)とした。

#### 〈問題点〉

- ・調査時期の設定根拠を示す必要があり、年間の風配図等をもとに検討が必要である。
- ・測定期間は、選定した季節において、それぞれ1週間程度(最低でも3～5日程度)の測定が必要と考えられる。海外では2～3週間は必要と記載されているものもある。

### [予測手法]

### 【予測条件①】

#### 〈評価書〉

風車の騒音レベル PWL:100 デシベル (風車については、近年技術開発が進んでおり、発電機の増速ギヤについても、ギヤレスタイプが開発されている。風車メーカー未決定であるが同規模機種メーカー資料から設定した。)

#### 〈問題点〉

風車の PWL:100 デシベルとのことであるが、どのような稼動条件(風速)のデータなのかを明記すべきである。メーカー未決定だが、想定される風力発電機の大まかな仕様も記載されていない。メーカーや機種により騒音レベルや周波数特性が異なるので、算定に用いた風力発電機のメーカー、機種、仕様を明記すべきである。この場合、想定される仕様の機種のデータは、1機種ではなく、複数機種のデータを用いて予測することが望ましい。複数機種のデータを収集して比較する等、設定する音響特性には留意する必要がある。

### 【予測条件②】

#### 〈評価書〉

対象事業実施区域内で得られている年間の風向・風速観測値によれば、地上高度10mに換算した年平均風速は約5.7 m/sであり、予測条件とした風速(8 m/s)は十分に安全側であると考えられる。

#### 〈問題点〉

受音側において環境影響が最大になると考えられる風況(条件)下で予測することが求められるため、年平均風速を基にして予測条件を設定するのは適切ではない。風力発電設

備が定格出力で稼働し最大の騒音を放射していると考えられる状況下において、風向を考慮した予測計算を実施するべきである。

【予測条件③】

〈評価書〉

「風力発電の低周波音レベル」という用語が用いられている。

〈問題点〉

用語を適切に用いる必要がある:「低周波音レベル」という用語はない。

【予測条件④】

〈評価書〉

予測時における音源の風力発電機は 26 基で、その仕様は表-×に示すとおりである。

〈問題点〉

表-×に示された風力発電機の仕様に、「カットイン風速、カットアウト風速、定格風速、定格回転数」等の情報も記載する必要がある。

【予測条件⑤】

〈評価書〉

風力発電機の LWA は、IEC 61400-11 に基づいて実測された結果である。

〈問題点〉

同規格によるLWAは次式により計算される。上記伝搬式に適用しても基本的に問題はないと考えられるが、妥当性については検討が必要である。

$$L_{WA,k} = L_{Aeq,c,k} - 6 + 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi R_1^2}{S_0} \right) \text{ (変数の説明は省略)}$$

【予測条件⑥】

〈評価書〉

地上高度 10 m に換算した年平均風速は○ m/s である。

〈問題点〉

風速の高さ補正に用いた式、係数等の出典、根拠を明示する必要がある。

【予測地域】

〈評価書〉

風力発電稼働に伴う騒音に係る環境影響を受けるおそれのある地域として対象事業実施区域及びその周辺とした。

〈問題点〉

影響範囲を定量的に示す必要がある。海外では、最も近い住居までの距離は少なくとも風車の全高の 4 倍であるべきとの記載もあるが、1 基の場合に比べてウィンドファームでは

影響範囲は広がることが予想され、予測地域の設定には十分配慮する必要がある。

#### 【予測地点】

〈評価書〉

予測地域を 50 m 間隔に区切った格子点及び環境騒音の現地調査を実施した 4 地点のうち、2 地点とした。

〈問題点〉

基本的に、現地調査を実施した全地点(地点)を対象に予測する必要がある。

[評価手法]

#### 【評価手法①】

〈評価書〉

低周波音に関しては強風時には風力発電機以外の風自体によるレベルの上昇が相当量見込まれるものと考えられる。…風雑音による低周波音の増大により風力発電機による低周波音がかき消され影響は相対的に下がるものと予測される。

〈問題点〉

風に起因する葉擦れ音等の暗騒音は受音点側の状況によって大きく異なるので、全予測地点にあてはまるものではない(風力発電設備が尾根に建設される場合で、予測地点が山陰にあると、尾根で風が遮られて暗騒音は低下する)。年間を通じて測定をしていなければ、実際の状況はわからない。また、風に起因する騒音のマスクング効果を用いて評価することは適切ではないと考えられる。

#### 【評価手法②】

〈評価書〉

環境基準値(B 類型 昼間:55 デシベル、夜間:45 デシベル)を〇〇すと評価される。

〈問題点〉

対象地域に含まれる環境基準の類型指定が行われていない地域について、B 類型の基準を当てはめて評価している。これらの地域は「良好で静穏な地域」であり、引き続き現状を維持することが望まれる地域である。したがって、予測値を「主として住居の用に供される地域」に対する基準値と比較して問題なしと評価することは適切でない。

[事後調査]

#### 【調査方法】

〈評価書〉

居住者の聞き取り調査によるものとする。

〈問題点〉

騒音に係る事後調査は、少なくとも調査の基本的な手法に沿った騒音モニタリングが必要である。また、海岸の近く等の風により暗騒音が大きくなる可能性のある場所では、稼働中の風車を一時停止させての暗騒音の確認調査も必要である。

## 第4章 海外の事例検討

ここでは、海外の風力発電所に関する環境影響評価の事例を分析し、風車騒音に係る調査、予測、評価の状況を整理した。これにより、今後、我が国における風車騒音に係る環境影響評価手法への資料とするものである。

対象とする国外の風力発電所および環境影響評価の実施時期は、次の通りである。

- ・AIM PowerGen Plateau Wind Generation Project (カナダ) 2009年3月
- ・Yelvertoft Wind Farm (イギリス) 2009年3月
- ・Deerfield Wind Project (アメリカ) 2008年9月

上記事例から認められる参考となる事項を、調査、予測、評価の手法に分けて以下に示した。

### 〔調査手法〕

- ・純音性に係るデータもメーカーから入手可能
- ・残留騒音(ないし暗騒音)の実測に相当な期間を充てている(最大22日間)

### 〔予測手法〕

- ・予測の基本的な手法として、
  - －伝搬予測手法はすべてがISO 9613 シリーズを使用
  - －導入機種が未定の場合、最大風車騒音が発生する条件を設定(発生騒音が大きい機種の選定したりやナセル高さの風速に依らず最大音響パワーレベルで計算)
  - －短期的なA特性音圧レベルの推計で環境影響評価を実施(気象補正に係る記載はない)
  - －安全サイドの予測のために、森林による減衰は考慮しない
- ・予測地点は、対象の風力発電所周辺の住居が中心
- ・予測対象時期等として、夜間および夏季(あるいは暖かい季節)を重視

### 〔評価手法〕

- ・回避・低減や基準または目標との整合に係る評価は参考になる事例が多い
- ・近接する風力発電所の風車騒音については検討課題とされている。(考慮する範囲を距離で規定する方法や積極的に予測のなかに取り込む方法)
- ・カナダとイギリスは相対値規制、アメリカは絶対値規制

### 〔事後調査〕

- ・風力発電所が集中する地域で残留騒音(ないし暗騒音)のモニタリングを実施

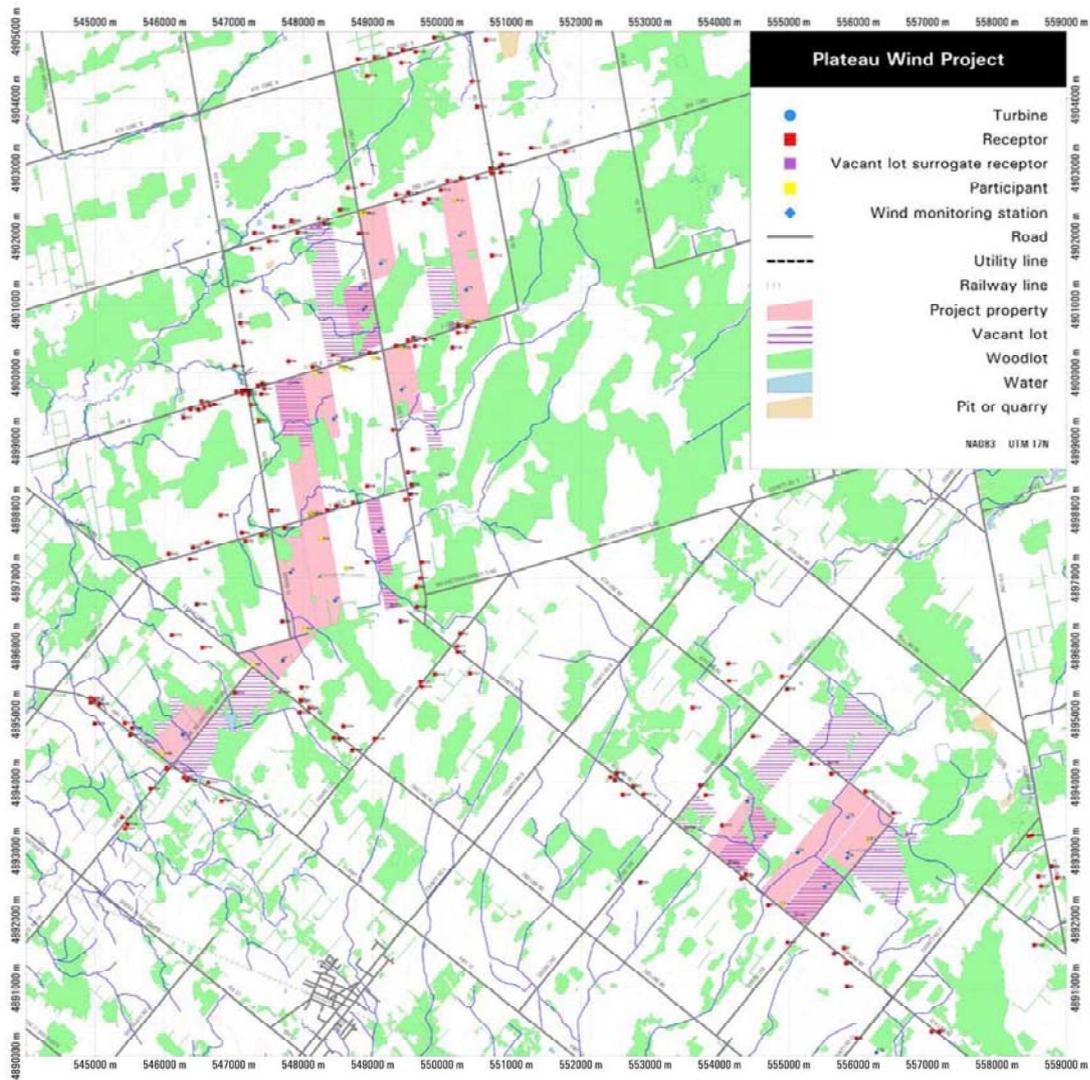
## 1 カナダにおける事例

AIM PowerGen Plateau Wind Generation Project

---

・AIM PowerGen Plateau Wind Generation Project は 3 つの再生可能エネルギーに関するプロジェクトから構成

・Plateau 1 (Maxwell), Plateau 2 (Hatherton), and Plateau 3 (Shrigley)と呼ばれ、前 2 つは Grey 郡 Grey Highlands 市に、残りは Dufferin 郡 Melancthon Township に位置



プロジェクト地域の周辺図

調査方法	調査すべき情報	<p><b>【音源特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハブ高さにおける風速が 6~10 m/s の場合のオクターブバンド毎の A 特性音響パワーレベル</li> <li>・ウィンドシアの指数(風速の鉛直方向分布)(伝搬特性を参照)</li> </ul>
調査方法	調査すべき情報	<p><b>【伝搬特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気象</li> <li>・地形</li> <li>・地表面</li> </ul>

	<p><b>【受音点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sound Level Limits for Stationary Sources in Class 3 Areas (Rural) による限度値</li> </ul> <table border="1" data-bbox="525 349 1386 584"> <thead> <tr> <th colspan="8">Summary of Sound Level Limits for Wind Turbines</th> </tr> <tr> <th>Wind speed (ms<sup>-1</sup>) at 10 m height</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wind turbine sound level limits Class 3 Area, dBA</td> <td>40.0</td> <td>40.0</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>Wind turbine sound level limits Class 1 Area, dBA</td> <td>45.0</td> <td>45.0</td> <td>45.0</td> <td>45.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>Reference wind induced background sound level L<sub>90</sub>, dBA</td> <td>30.0</td> <td>31.0</td> <td>33.0</td> <td>36.0</td> <td>38.0</td> <td>42.0</td> <td>44.0</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>133 機(総出力 199.5MW)を有する風力発電プロジェクトが本プロジェクトの南側に位置</li> </ul>	Summary of Sound Level Limits for Wind Turbines								Wind speed (ms <sup>-1</sup> ) at 10 m height	4	5	6	7	8	9	10	Wind turbine sound level limits Class 3 Area, dBA	40.0	40.0	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	Wind turbine sound level limits Class 1 Area, dBA	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	49.0	51.0	Reference wind induced background sound level L <sub>90</sub> , dBA	30.0	31.0	33.0	36.0	38.0	42.0	44.0																																																																																																																																																													
Summary of Sound Level Limits for Wind Turbines																																																																																																																																																																																																						
Wind speed (ms <sup>-1</sup> ) at 10 m height	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																															
Wind turbine sound level limits Class 3 Area, dBA	40.0	40.0	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																																																															
Wind turbine sound level limits Class 1 Area, dBA	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																																																															
Reference wind induced background sound level L <sub>90</sub> , dBA	30.0	31.0	33.0	36.0	38.0	42.0	44.0																																																																																																																																																																																															
調査の基本的な手法	<p><b>【音源特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ウィンドシアの指数 0.61 を用いてハブ高さ風速に対する 1/1 オクターブ毎の A 特性音響パワーレベルに係るデータを取得</li> </ul> <table border="1" data-bbox="525 848 1386 1440"> <thead> <tr> <th colspan="11">Wind Turbine Acoustic Emission Summary</th> </tr> <tr> <td colspan="11">Make and Model: GE Wind 1.5sle</td> </tr> <tr> <td colspan="11">Rating: 1,500 kW</td> </tr> <tr> <td colspan="11">Hub height (m): 80.0</td> </tr> <tr> <td colspan="11">Wind profile adjustment: summer night-time power-law wind shear coefficient = 0.61</td> </tr> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="10">Octave band sound power level (dBA)</th> </tr> <tr> <th colspan="5">Manufacturer's emission levels (hub-height)</th> <th colspan="5">Adjusted emission levels (10 m a.g.l.)</th> </tr> <tr> <th>Wind speed (ms<sup>-1</sup>)</th> <th>6.0</th> <th>7.0</th> <th>8.0</th> <th>9.0</th> <th>10.0</th> <th>6.0</th> <th>7.0</th> <th>8.0</th> <th>9.0</th> <th>10.0</th> </tr> <tr> <th>Frequency (Hz)</th> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>77.7</td> <td>80.9</td> <td>83.8</td> <td>85.1</td> <td>85.1</td> <td>85.1</td> <td>85.1</td> <td>85.1</td> <td>85.1</td> <td>85.1</td> </tr> <tr> <td>125</td> <td>86.6</td> <td>89.8</td> <td>92.7</td> <td>94.0</td> <td>94.0</td> <td>94.0</td> <td>94.0</td> <td>94.0</td> <td>94.0</td> <td>94.0</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>89.8</td> <td>93.0</td> <td>95.9</td> <td>97.2</td> <td>97.2</td> <td>97.2</td> <td>97.2</td> <td>97.2</td> <td>97.2</td> <td>97.2</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>91.2</td> <td>94.4</td> <td>97.3</td> <td>98.6</td> <td>98.6</td> <td>98.6</td> <td>98.6</td> <td>98.6</td> <td>98.6</td> <td>98.6</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>90.5</td> <td>93.7</td> <td>96.6</td> <td>97.9</td> <td>97.9</td> <td>97.9</td> <td>97.9</td> <td>97.9</td> <td>97.9</td> <td>97.9</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>87.1</td> <td>90.3</td> <td>93.2</td> <td>94.5</td> <td>94.5</td> <td>94.5</td> <td>94.5</td> <td>94.5</td> <td>94.5</td> <td>94.5</td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>79.9</td> <td>83.1</td> <td>86.0</td> <td>87.3</td> <td>87.3</td> <td>87.3</td> <td>87.3</td> <td>87.3</td> <td>87.3</td> <td>87.3</td> </tr> <tr> <td>8000</td> <td>70.7</td> <td>73.9</td> <td>76.8</td> <td>78.1</td> <td>78.1</td> <td>78.1</td> <td>78.1</td> <td>78.1</td> <td>78.1</td> <td>78.1</td> </tr> <tr> <td>A-weighted</td> <td>96.6</td> <td>99.8</td> <td>102.7</td> <td>104.0</td> <td>104.0</td> <td>104.0</td> <td>104.0</td> <td>104.0</td> <td>104.0</td> <td>104.0</td> </tr> </thead> </table> <p>“ Please note that the manufacturer has requested that this information remain confidential”との記載あり</p> <p><b>【伝搬特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>気象: 2.5 km 南にある Chinodin 22502 Wind Monitoring site から取得(過去 4 年間のデータから、夏季(4~9 月)の 23 時~7 時を抽出し、最小二乗法から指数則によるウィンドシアの指数を推計(= 0.61))</li> </ul>	Wind Turbine Acoustic Emission Summary											Make and Model: GE Wind 1.5sle											Rating: 1,500 kW											Hub height (m): 80.0											Wind profile adjustment: summer night-time power-law wind shear coefficient = 0.61												Octave band sound power level (dBA)										Manufacturer's emission levels (hub-height)					Adjusted emission levels (10 m a.g.l.)					Wind speed (ms <sup>-1</sup> )	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	Frequency (Hz)											63	77.7	80.9	83.8	85.1	85.1	85.1	85.1	85.1	85.1	85.1	125	86.6	89.8	92.7	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	250	89.8	93.0	95.9	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	500	91.2	94.4	97.3	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	1000	90.5	93.7	96.6	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9	2000	87.1	90.3	93.2	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	4000	79.9	83.1	86.0	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	8000	70.7	73.9	76.8	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	A-weighted	96.6	99.8	102.7	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0
Wind Turbine Acoustic Emission Summary																																																																																																																																																																																																						
Make and Model: GE Wind 1.5sle																																																																																																																																																																																																						
Rating: 1,500 kW																																																																																																																																																																																																						
Hub height (m): 80.0																																																																																																																																																																																																						
Wind profile adjustment: summer night-time power-law wind shear coefficient = 0.61																																																																																																																																																																																																						
	Octave band sound power level (dBA)																																																																																																																																																																																																					
	Manufacturer's emission levels (hub-height)					Adjusted emission levels (10 m a.g.l.)																																																																																																																																																																																																
Wind speed (ms <sup>-1</sup> )	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0																																																																																																																																																																																												
Frequency (Hz)																																																																																																																																																																																																						
63	77.7	80.9	83.8	85.1	85.1	85.1	85.1	85.1	85.1	85.1																																																																																																																																																																																												
125	86.6	89.8	92.7	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0																																																																																																																																																																																												
250	89.8	93.0	95.9	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2																																																																																																																																																																																												
500	91.2	94.4	97.3	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6	98.6																																																																																																																																																																																												
1000	90.5	93.7	96.6	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9																																																																																																																																																																																												
2000	87.1	90.3	93.2	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5	94.5																																																																																																																																																																																												
4000	79.9	83.1	86.0	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3																																																																																																																																																																																												
8000	70.7	73.9	76.8	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1																																																																																																																																																																																												
A-weighted	96.6	99.8	102.7	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0	104.0																																																																																																																																																																																												
調査の基本的な手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形: 緩やかに起伏しているが概ね平坦、と記述</li> <li>地表面: 地表面は典型的なオンタリオの郊外に見られるもので、農地や林地のほかに農業用建物や住居など、と記述</li> </ul> <p><b>【受音点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>特になし</li> </ul>																																																																																																																																																																																																					
調査地域	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発対象地域</li> </ul>																																																																																																																																																																																																					

		<ul style="list-style-type: none"> <li>本プロジェクトに含まれる風力発電設備から 2 km 以内のすべての住居(空地も含む)</li> </ul>																																																																																																																																																															
	調査地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>受音点周辺 30 m の地域で地表面上 1.5 m 点</li> <li>2 階層は 4.5 m と設定</li> <li>住居等の密度が高い地域に対して代替の受音点を設定(具体的には、敷地境界に沿って 200 m 間隔に受音点を配置)</li> </ul>																																																																																																																																																															
	調査期間等	<ul style="list-style-type: none"> <li>夏季(4~9 月)の 23 時~7 時を想定(調査すべき情報を参照)</li> </ul>																																																																																																																																																															
予測手法	予測の基本的な手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>the Zephyr North WFNoise software program(ISO 9613-2 を含む)</li> <li>空気吸収は考慮(ISO 9613-1 で 10 °C、70 %、101.325 kPa を想定)</li> <li>受音点における最大騒音レベルを推計</li> <li>受音点から 5 km 以上離れた風車の寄与は無視</li> </ul>																																																																																																																																																															
	予測地域	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査地域と同じ</li> </ul>																																																																																																																																																															
	予測地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査地点と同じ</li> </ul>																																																																																																																																																															
	予測対象時期等	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査期間等と同じ</li> </ul>																																																																																																																																																															
評価手法	回避・低減に係る評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>記載なし</li> </ul>																																																																																																																																																															
	基準または目標との整合に係る評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>受音点における騒音レベル一覧表(適否を含む)</li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Point of Reception ID</th> <th rowspan="2">Description</th> <th rowspan="2">Height (m)</th> <th rowspan="2">Distance to Nearest Project Turbine (m)</th> <th rowspan="2">Nearest Project Turbine</th> <th colspan="5">Calculated Sound Level at Selected Wind Speeds (dBA)</th> <th colspan="5">Sound Level Limit (dBA)</th> </tr> <tr> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R5</td> <td>Residence</td> <td>1.5</td> <td>1472</td> <td>T13</td> <td>34.0</td> <td>34.0</td> <td>34.0</td> <td>34.0</td> <td>34.0</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R6</td> <td>Residence</td> <td>1.5</td> <td>1132</td> <td>T13</td> <td>33.6</td> <td>33.6</td> <td>33.6</td> <td>33.6</td> <td>33.6</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R7</td> <td>Residence</td> <td>4.5</td> <td>937</td> <td>T13</td> <td>36.1</td> <td>36.1</td> <td>36.1</td> <td>36.1</td> <td>36.1</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R8</td> <td>Residence</td> <td>1.5</td> <td>961</td> <td>T13</td> <td>34.2</td> <td>34.2</td> <td>34.2</td> <td>34.2</td> <td>34.2</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R9</td> <td>Residence</td> <td>4.5</td> <td>695</td> <td>T13</td> <td>37.8</td> <td>37.8</td> <td>37.8</td> <td>37.8</td> <td>37.8</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R10</td> <td>Residence</td> <td>1.5</td> <td>945</td> <td>T13</td> <td>34.3</td> <td>34.3</td> <td>34.3</td> <td>34.3</td> <td>34.3</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R12</td> <td>Residence</td> <td>4.5</td> <td>661</td> <td>T18</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R13</td> <td>Residence</td> <td>1.5</td> <td>416</td> <td>T18</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> <td>39.7</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> <tr> <td>R14</td> <td>Residence</td> <td>4.5</td> <td>678</td> <td>T18</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>38.0</td> <td>40.0</td> <td>43.0</td> <td>45.0</td> <td>49.0</td> <td>51.0</td> </tr> </tbody> </table>	Point of Reception ID	Description	Height (m)	Distance to Nearest Project Turbine (m)	Nearest Project Turbine	Calculated Sound Level at Selected Wind Speeds (dBA)					Sound Level Limit (dBA)					6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	R5	Residence	1.5	1472	T13	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R6	Residence	1.5	1132	T13	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R7	Residence	4.5	937	T13	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R8	Residence	1.5	961	T13	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R9	Residence	4.5	695	T13	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R10	Residence	1.5	945	T13	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R12	Residence	4.5	661	T18	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R13	Residence	1.5	416	T18	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0	R14	Residence	4.5	678	T18	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	40.0	43.0	45.0	49.0
Point of Reception ID	Description	Height (m)						Distance to Nearest Project Turbine (m)	Nearest Project Turbine	Calculated Sound Level at Selected Wind Speeds (dBA)					Sound Level Limit (dBA)																																																																																																																																																		
			6	7	8	9	10			6	7	8	9	10																																																																																																																																																			
R5	Residence	1.5	1472	T13	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R6	Residence	1.5	1132	T13	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R7	Residence	4.5	937	T13	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R8	Residence	1.5	961	T13	34.2	34.2	34.2	34.2	34.2	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R9	Residence	4.5	695	T13	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R10	Residence	1.5	945	T13	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R12	Residence	4.5	661	T18	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R13	Residence	1.5	416	T18	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			
R14	Residence	4.5	678	T18	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	40.0	43.0	45.0	49.0	51.0																																																																																																																																																			

#### 【ポイント整理】

- ・オクターブ毎およびオーバーオールのア特性音響パワーレベルを取得(GEの騒音放射特性に関する技術文書を末尾に添付)
- ・地表面上 10 m において風速 6~10 m/s の場合のオクターブ毎の音響パワーレベルを換算(方法は不明)し、予測に利用
- ・複数の高度における風速データ(観測値)を活用して風速分布を推計
- ・調査期間等を、夏季の夜間に設定
- ・実測は行わず、市販ソフトウェアを用いた予測計算のみで評価まで実施
- ・予測量は、受音点における最大騒音レベル
- ・予測計算における減衰項は、幾何拡散、空気吸収、(地表面減衰に係る記載は見当たらない)
- ・気象補正 C<sub>meteo</sub> の扱いは不明
- ・(この評価書では)基準または目標との整合に係る評価のみを実施

#### 【参考になる事項】

- ・オクターブ毎およびオーバーオールのア特性音響パワーレベルは確実に入手すべき(仕組み

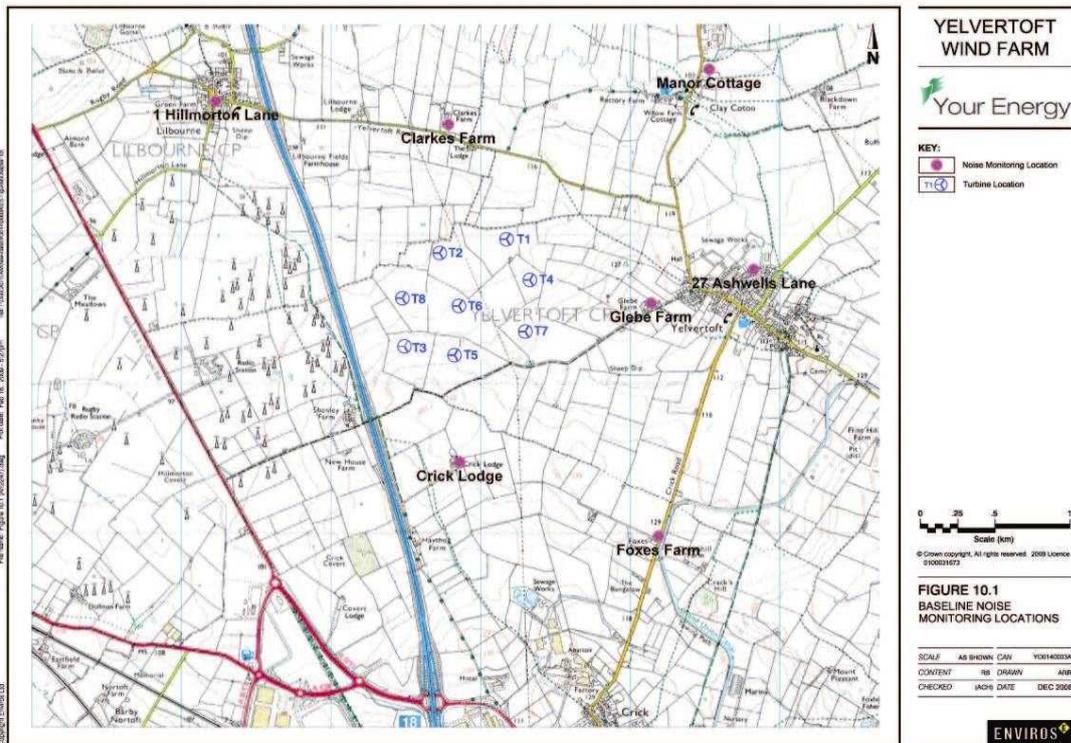
の構築)

- ・調査地域や調査地点の設定は参考になる
- ・調査期間等を「夏季の夜間」とする点は興味深い

## 2 イギリスにおける事例

### Yelvertoft Wind Farm(イギリス)

- ・Yelvertoft 村から西へ約 1.5 km、Lilbourne 村の南東 1.9 km、Crick 村の北 2.5 km、Rubby 町は西へ約 6 km に位置、風力発電設備の選定は終わっていないが、1 基 2~2.5 MW の風力発電設備を 8 台導入予定(最大容量は 16~20 MW)。ただし、ハブ高さは 80 m まで、ロータ径は 90 m まで(従って全高は 125 m まで)の設備を候補



風力発電所周辺図

調査方法	調査すべき情報	<p><b>【音源特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・風力発電設備の選定が未了のため、典型的な発電設備に対する保証された音響パワーレベルおよびハブ高さや翼長さ等の寸法</li></ul> <p><b>【伝搬特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・風力発電所と受音点との配置や地形</li><li>・地表面</li><li>・気象</li></ul> <p><b>【受音点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・風力発電所に近く、騒音に配慮すべき地域の代表 7 箇所の中で、</li></ul>
------	---------	---

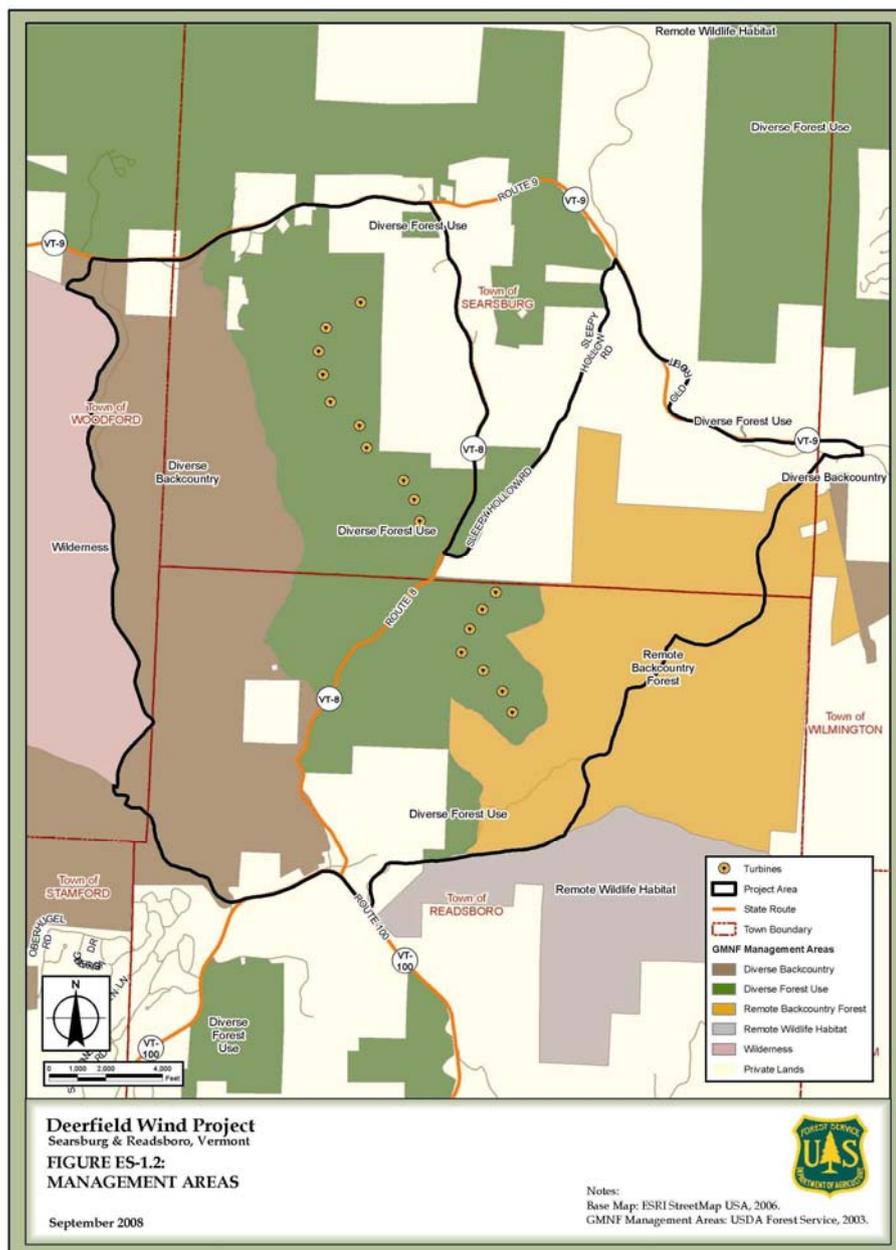
		高速道路から離れ、残留騒音の測定が可能な地点とその残留騒音のレベル
調査方法	調査すべき情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ETSU-R-97, The Assessment and Rating of Noise from Wind Farms における騒音限度値(地表面上 10 m で風速 12 m/s までに適用) <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 昼間(07:00～23:00) : 35～40 dBA か「静寂な昼間」における残留騒音(LA90)より 5 dBA 高いレベルのいずれか大きい方</li> <li>－ 夜間(23:00～07:00) : 43 dBA か残留騒音より 5 dBA 高いレベルのいずれか大きい方</li> <li>－ 「静寂な昼間」は、18:00～23:00 の時間帯 + 土曜日の 13:00～18:00 + 日曜日の 07:00～18:00 と定義</li> </ul> </li> </ul>
	調査の基本的な手法	<p><b>【音源特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 風力発電設備の候補(Nordex N90 LS 2.5 MW)の地表面上 10 m における風速毎の音響パワーレベルをメーカーより入手</li> <li>• オクターブバンド周波数スペクトルは、サンプルの風力発電設備を対象に IEC 61400-11 に基づいて実測(地表面上 10 m におけるスペクトルは、各オクターブバンドレベルの合成値が風速毎の音響パワーレベルと一致するように一定値を均等配分)</li> </ul> <p><b>【伝搬特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 地形特性地域の分類(この地域は “まばらな住居地域を含む丘陵地で、穀物栽培と放牧を組み合わせた混合農業地域” に該当)</li> </ul> <p><b>【受音点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 測定項目は、連続する 10 分間毎の LA05, LA10, LA50, LA90, LA95, LA99, LAeq, LAmax, LAmin, Lpeak</li> <li>• 各調査地点に設置した気象マストで地表面上 10 m の風速と雨量を騒音指標と共に同時測定</li> </ul>
	調査地域	• 風力発電所に最も近く、騒音に配慮すべき地域の代表(7 箇所)
	調査地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 風力発電所に最も近く、騒音に配慮すべき地域の代表として 7 地点</li> <li>• 測定写真から、マイクロホンを地表面上約 1.5 m に設置</li> </ul>
	調査期間等	• 4～5 月における 22 日間
予測手法	予測の基本的な手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 9613-2 に基づく予測計算</li> <li>• 空気吸収は ISO 9613-1 に基づいて考慮(15 °C、70 %を想定)</li> <li>• 地盤係数 G は 0.5(学術論文を参照)</li> <li>• 風力発電所から全方向に風下伝搬するという想定で計算を実施</li> <li>• 風速範囲は地表面上 10 m で 3～12 m/s</li> <li>• LAeq を予測し、その値から 2 dBA を引いて LA90 を算出</li> </ul>
	予測地域	• 調査地域と同じ
	予測地点	• 調査地点と同じ(ただし、予測計算で 35 dBA となる地点まで)
	予測対象時期等	• 記載なし(風力発電所から全方向に風下伝搬するという想定で、風速範囲は地表面上 10 m で 3～12 m/s)

評価 手法	回避・低減に係 る評価	・回避・低減の必要がないと記述
	基準または目標 との整合に係る 評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全予測地点で風車騒音は定められた限度値より小さかったと記述</li> <li>・ウィンドシアの発生により音響パワーレベルを過小評価する可能性を指摘しているが、仮に発生しても全予測地点で風車騒音は定められた限度値より小さいと評価</li> <li>・風車騒音の振幅変調について言及(限定的な調査研究による結果としながらも、振幅変調が測定された事例が全体の約3%(測定される可能性がある事例を含めても約9%)と少数であり、発生した時間も全体の7~15%と短時間であるという理由を挙げ、発電設備を近接させ直線配置した場合等による影響の方が大きいと指摘し、考慮外としている)</li> <li>・当該地域近郊で計画されている風力発電所(詳細は未定)からの風車騒音が対象の風力発電所からのそれと同等としても、各予測地点で限度値は超えないと評価</li> </ul>
<p><b>【ポイント整理】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・風速毎のオーバーオール A 特性音響パワーレベルをメーカーから入手(ただし、周波数スペクトルはサンプルの風力発電設備を対象に IEC 61400-11 に基づく実測から整備)</li> <li>・オーバーオール値を一致させるために、各オクターブバンドレベルに一定値を均等配分(ただし、方法の妥当性には疑問あり)</li> <li>・予測は地表面上 10 m における風速 3~12 m/s に対する各予測地点の LA90(風下伝搬を想定)</li> <li>・予測計算における減衰項は、幾何拡散、空気吸収、地表面減衰(気象補正 Cmeteo の扱いは記載なし)</li> <li>・学術論文を参考に地盤係数 G を 0.5 に固定</li> <li>・研究報告(DTI report W/45/00656/00/00)を引用して「風力発電設備から発生する超低周波音は閾値より十分小さい」と述べ、WHO による情報から「閾値以下の超低周波音が生理的あるいは心理的な影響を生じさせるという信頼できる証拠はない」と指摘</li> </ul>		
<p><b>【参考になる事項】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・オーバーオール A 特性音響パワーレベルは確実に入手すべき</li> <li>・基準または目標との整合に係る評価では、様々な要因に対して検討</li> </ul>		

### 3 アメリカにおける事例

#### Deerfield Wind Project(アメリカ)

- ・Deerfield 風力プロジェクトは 17 基の最新型風力発電設備から構成され、それぞれの発電容量は 2.0~2.1 MW(全発電容量は 34~35.7 MW)
- ・これらをバーモント州 8 号線の東西にある 2 つの稜線に配置する計画



風力発電所周辺図

調査方法	調査すべき情報	<p><b>【音源特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発電容量が 2.0～2.1 MW の代表的な風力発電設備の選定</li> <li>・音響パワーレベルおよびハブ高さや翼長さ等の寸法</li> </ul> <p><b>【伝搬特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・風力発電所と受音点との配置や地形</li> <li>・地表面</li> <li>・気象</li> </ul> <p><b>【受音点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該計画の風力発電所周辺の全住居(10 戸)と残留騒音レベル</li> </ul>
------	---------	---

		<ul style="list-style-type: none"> <li>採用された基準は、夜間 8 時間平均 A 特性音圧レベルで 45 dBA (暖かい季節の屋外における値を想定 / 寝室の窓が開放され、ハウスフィルタで 15dBA 減衰し 8 時間平均レベル 30dBA を確保すると説明)、昼間 16 時間平均 A 特性音圧レベルで 50 dBA</li> </ul>
	調査の基本的な手法	<p><b>【音源特性】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Suzlon S88 (2.1 MW) のオーバーオール A 特性音響パワーレベルを過去の調査結果から入手</li> <li>Suzlon S88 の純音性に係る (不可聴という) データを入手</li> </ul> <p><b>【伝搬特性】</b>記載なし</p> <p><b>【受音点】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>住居に係る情報はバーモント州緊急 911 データベースの活用</li> <li>当該計画地域周辺の 7 箇所の残留騒音観測サイトにおけるデータ (10 秒毎の LA90, LA50, LAeq / 騒音計は地表面上 0.8~1.4 m に設置)</li> <li>風速を同時測定 (測定方法に係る記載なし)</li> </ul>
	調査地域	・当該計画の風力発電所周辺の全住居 (10 戸)
	調査地点	・当該計画の風力発電所周辺の全住居 (10 戸)
	調査期間等	・4~5 日間
予測手法	予測の基本的な手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>市販ソフトウェア Cadna A を利用 (ISO 9613-2 に基づく予測計算)</li> <li>安全側の予測を行うために、全風速に対して最大稼働時の 107.5 dBA を適用するとともに、森林による減衰は考慮しない</li> <li>中程度の夜間の逆転と風下伝搬を想定</li> <li>空気吸収、地表面減衰に関する条件は不明</li> </ul>
	予測地域	・調査地域と同じ
	予測地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査地点と同じ</li> <li>当該計画地域を 25 m 四方で分けし、各グリッドにも予測地点を配置</li> </ul>
	予測対象時期等	・記載なし
評価手法	回避・低減に係る評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>回避・低減に関して 2 つのシナリオ (基数の減少と片方の計画サイトを中止) を検討し、それぞれについて最大 6dBA と 2~9dBA のレベル低下を報告</li> </ul>
	基準または目標との整合に係る評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>17 基新設および既存 11 基を組み合わせた 4 つの稼働シナリオ全てに対して、全住居のレベルが定めた限度値 (夜間の限度値を重視) より小さかったと記述</li> <li>追加シナリオとして、年間の風向風速 1 時間値を用いた予測計算を行い、全住居のレベルが定めた限度値より小さかったと記述</li> </ul>
<p><b>【ポイント整理】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>過去の調査結果からオーバーオール A 特性音響パワーレベルを入手</li> <li>純音成分に係るデータがメーカーにある模様</li> </ul>		

- ・残留騒音レベルの測定に4～5日間を設定
- ・風力発電所周辺の全住居を予測地点に設定

**【参考になる事項】**

- ・オーバーオール A 特性音響パワーレベルは確実に入手すべき
- ・純音成分に係る情報を含めて音源特性を把握すべき
- ・回避・低減および基準または目標との整合に係る検討をそれぞれに複数のシナリオを想定して実施

## 第5章 環境影響評価手法の検討

環境影響評価の項目や調査、予測、評価の手法の選定等については、すべての事業種に共通する基本となるべき考え方を環境大臣が告示する「基本的事項」と、事業特性や立地条件等を勘案して事業所管大臣が事業種ごとに、環境大臣と協議の上で定める「主務省令」によって規定されている。基本的事項は、①第二種事業の判定基準、②環境影響評価の項目や手法の選定指針、③環境保全措置に関する指針、である。

また、法の対象事業ごとに環境影響評価を行う際の具体的な内容に関する基準や指針を規定する主務省令は、具体的には、①事業種ごとの第二種事業の判定基準、②事業種ごとの環境影響評価の項目や手法の選定指針、③事業種ごとの環境保全措置に関する指針、を定めている。

なお、一部の事業種は、環境影響評価の手続や主務省令の内容等について解説するガイドライン等が策定されており、例えば、発電施設について経済産業省により「発電所に係る環境影響評価の手引」が作成されている。この章においては、これらの状況を踏まえて、環境影響評価法の対象事業となる風力発電施設の風車騒音に関する調査、予測、評価の手法について、基本的事項および主務省令に定められた事項に従って整理を行った。

### 1 調査手法

#### (1) はじめに

風力発電施設からの風車騒音に係る調査手法の選定では、風車騒音について適切に予測および評価を行うために必要な範囲内で、事業特性、地域特性を踏まえて、必要となる様々な情報を収集しなければならない。

特に、風車騒音については、風力発電設備に係る音源特性、風力発電施設から受音点までの伝搬特性、風車騒音に曝される受音点状況、に大別して検討することが重要である。なお、地域特性は、対象となる風力発電施設の実施区域や周辺における自然的社会的状況であり、時間の経過に伴って変化することにも十分に留意しなければならない。

環境影響評価法の適用規模については、前述したとおり、第一種については、1万kW以上、第二種については、7500～1万kWと定められており、この点を踏まえて調査検討を行った。なお、この規模より小さな風力発電施設も今後設置されと予想されることから、これらに係るアセス条例や自主アセス等でも同様の調査等が実施されるのもと考えている。ただし、当然にもこれらの小規模の風力発電施設については、簡易な手法や判断基準が採用されることも考慮されるべきである。

#### (2) 取得すべき情報

##### ① 音源特性

風力発電設備の音響パワーレベルや純音成分の有無、およびその他の仕様(製造メーカー、型番、ハブ高さ、ロータ直径、定格風速や発電量等)に係る情報が必要である。
---

(音響パワーレベル)

風力発電設備の音響パワーレベルについて、オーバーオール値および周波数特性(オクターブバンドあるいは 1/3 オクターブバンド)を収集する必要がある、最低でもオーバーオール値は不可欠である。予測地域あるいは予測地点において環境影響が最大となる状況を把握するために、風力発電設備が定格出力ないし最大出力で稼働している場合の音響パワーレベルに係る情報が非常に重要である。また、純音性の周波数成分の有無も調査する必要がある。

また、風車騒音の発生状況は、ナセル高さにおける風向風速やそれによる稼働状況等によって時々刻々変化するため、風速毎の音響パワーレベルのオーバーオール値および周波数特性も収集することが望ましい。なお、得られた音響パワーレベルについて周波数重み特性に注意する必要がある、一般的には A 特性と考えられる。

(その他の仕様)

風力発電設備の製造メーカ、型番、ハブ高さ、ロータ直径、定格風速や発電量等を収集する必要がある。例えば、製造メーカや型番等は当該発電設備以外の既存データを利用する場合に、ハブ高さは予測計算に必要となる。

## ② 伝搬特性

風車騒音の伝搬過程における音の反射、吸収、透過、屈折、回折等に関する情報が必要である。

(地形や障害物、地表)

風車騒音は、受音点まで伝搬する過程で様々な要因の影響を受け、そのレベルや周波数特性が変動する。これらは音の反射、吸収、透過、屈折、回折等の現象に起因する。風力発電施設の多くが山稜部に設置されていることを考慮すれば、起伏のある地形や山稜自身による風車騒音の反射や吸収、回折(あるいは遮蔽)の状況を把握するための情報を収集する必要がある。

また、地表面によって音の伝搬特性は著しく影響を受けるため、地表面の状況(河川や湖沼等も含む)も十分調査する必要がある。

(気象)

風力発電施設は基本的に風速が大きい地域に立地され、屋外における音の伝搬に大気(気象)の状態が著しく影響を及ぼすため、風向風速や発生頻度等の風況を調査する必要がある。風下方向へ音が伝搬し易いのは、一般的に風速が地表面近傍で小さく上空に行くほど大きくなるため、音が地表面方向に屈折させられることに起因する。風速勾配による音の屈折と同様の現象は地表面上の温度分布によっても生じ、夜間に地表面近傍よりも上空の方で気温が高い場合、音が地表面方向に屈折させられ、音は伝搬し易くなる。

また、音は大気中を伝搬する際、空気の粘性や熱伝導に起因する吸収等によって減衰が生じ、この現象は空気吸収と呼ばれる。空気吸収による減衰は、対象とする音の周波数が高くなると共

に急激に増加するが、その程度は温度や湿度に大きく依存する。

### ③ 受音点情報

風力発電施設周辺で人の生活や活動がある地域あるいは地点の配置、残留騒音の状況および気象の状況に係る情報が必要である。

#### (住居等の配置)

風力発電施設の周辺における人の生活や活動の有無を中心に調査することが重要である。特に、住居あるいはそれが集合する住居地域の配置を把握する必要がある。また、学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な施設や地域の配置も調査する必要がある。なお、住居地域については、家屋の構造も可能な範囲で情報を収集することが望ましい。

#### (残留騒音)

風力発電施設の設置に伴う上記の地域における音環境の変化を詳細に把握するために、上記のような地域の屋外において、現在の残留騒音の状況を調査する必要がある。その際、残留騒音のレベルだけではなく、周波数特性や時間変動もあわせて収集することが重要である。

#### (気象)

風が強い地点では、風雑音の影響等で残留騒音の測定が困難になるため、上記の地域における気象の状況も把握する必要がある。

### (3) 情報の取得方法

#### ①音源の調査

風力発電設備の音響特性を示す資料等を入手する方法、機種は異なるが製造メーカーや規模が同一の風力発電設備に係る資料等を利用する方法、他の風力発電施設において稼働中の同一設備に係る既存データを活用する方法等がある。

#### (音響特性等の情報)

導入対象となる風力発電設備の製造メーカーから、その音響特性を示す資料ないし関連する情報等を入手する方法が最も有効である。また、他の風力発電施設において稼働中の同一設備に係る既存データを活用する方法も考えられる。これらの場合、風力発電設備の音響特性を把握するために定められた規格に基づく測定方法によるかどうか、風力発電設備が定格出力ないし最大出力で稼働している状況下における音響パワーレベルが含まれるかどうか、並びにそれらの測定条件を確認することが重要である。

#### (その他の方法)

製造メーカーからの情報入手が困難な場合には、規模が同一だが他のメーカーの風力発電設備に

係る情報等を収集し利用することも考えられる。また、同一メーカーの稼働中の機種は異なるが規模等が同一の風力発電設備に係る既存データを手または、自ら実測する方法も考えられる。

製造メーカーが異なると、規模が同一であっても発生する風車騒音の音響特性が著しく異なるため、資料ないし情報を複数収集し比較する等によって慎重に対応することが重要である。これらの場合も、風力発電設備の音響特性を把握するために定められた規格に基づく測定方法によるかどうか、風力発電設備が定格出力ないし最大出力で稼働している状況下における音響パワーレベルが含まれるかどうか、並びにそれらの測定条件を確認する必要がある。

(自ら実測する方法)

風力発電設備からの音響放射特性に係る測定方法は、IEC 61400-11:2006 Wind turbine generator systems-Part 11: Acoustic noise measurement techniques あるいは JIS C 1400-11:2005 風力発電システム—第 11 部:騒音測定方法に定められている。

## ② 伝搬特性の調査

地形や障害物、地表面の状況を把握するために、現地調査とともに地図(数値地図を含む)の活用がある。気象データは気象観測所や近隣の風力発電施設で得られたデータの活用等が考えられる。

(地形や障害物、地表面の状況)

風力発電施設周辺の地形や風車騒音の伝搬に障害物となり得る地物を把握するために、現地調査とともに地図の活用が考えられる。特に近年、数値地図(住宅地図等を含む)の発展が著しく、それらを表示・解析するソフトウェアと組み合わせることで風力発電施設と住居地域等との間の地形断面を把握したり、一定の条件を設定することで障害物として考慮すべきものを同定したりすることもできる。

地表面の状況を調査する方法として、現地調査のほかに数値地図を活用する方法が考えられる。必ずしも全国を網羅していないが、10 m メッシュの土地利用データで、土地利用を 15 項目(山林・田・畑・空き地・造成中地・工業用地・一般低層住宅地・密集低層住宅地・中高層住宅地・商業業務用地・道路用地・公園緑地・その他の公共公益施設用地・河川湖沼・その他の用地)に分類し、行政区域データや土地利用画像ファイルとともに収録され市販されている。

なお、入手可能な数値地図については、国土交通省国土地理院のホームページ(<http://www.gsi.go.jp/>)上で紹介されている。

(気象データ)

風力発電施設が設置される地域近傍の気象観測所や測候所、あるいは近隣の風力発電施設で得られたデータを活用することが考えられる。後者の場合、風力発電設備のナセル高さで取得された気象データを手入手できる可能性がある。出来る限り長期間の気象データを手入手し、年間の風向風速とそれらの頻度分布を示す風配図として整理すると非常に有効である。

風向風速や温湿度等の気象データを実測する場合は、風力発電施設が設置される地域において代表的な気象を呈する地点で行うことが考えられ、風力発電設備の全高程度まで測定することが望ましい。この場合も、可能な限り長期間の観測を行い、年間の気象変動を把握する必要がある。地表面上の比較的近傍において鉛直方向の風向風速等を測定し、それらの実測データと気象学に基づく推計手法とを用いてそれらの分布を計算で求める方法も考えられる。

なお、推計による場合、鉛直方向で急激に風向あるいは風速が異なる現象(ウインドシア/wind shear)が生じる場合があることに注意する必要がある。

### ③ 受音点の調査

住居等や学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な施設や地域の配置には現地調査や地図(数値地図を含む)の活用がある。残留騒音の現況には、実測あるいは近隣の風力発電施設における既存データからの推定等がある。気象の現況は、実測あるいは地域近傍の気象観測所や測候所における観測データの入手等から把握する。

#### (住居等の配置)

風力発電施設周辺における住居あるいはそれが集合する住居地域や、学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な施設や地域の配置を把握するためには、現地調査とともに地図の活用が考えられる。特に数値地図の発展が近年目覚ましく、それらを表示・解析するソフトウェアと組み合わせ、周辺の状況に係る情報を効率的に収集することも可能である。

#### (残留騒音の現況)

上記の地域における残留騒音を把握するためには、実測あるいは近隣の風力発電施設における既存データからの推計、地方公共団体からの資料の入手あるいは閲覧等が考えられる。

残留騒音を実測する場合、時間率騒音レベル LA95 を測定することが適当である。自動車騒音常時監視マニュアル(平成 23 年 9 月)における残留騒音の測定でも、LA95 が採用されている。なお、低周波数領域の現況を事前に把握するに際しては、C 特性や G 特性による音圧レベルを測定することも検討する。

環境省水・大気環境局自動車環境対策課による「自動車騒音常時監視マニュアル(平成 23 年 9 月)」の中に残留騒音の扱いについて以下の記載がある。

「測定する残留騒音は、受音点ごとの騒音レベル(LAeq)を推計する際に、対象道路からの騒音レベル(LAeq,road)と合成されることから、等価騒音レベル(LAeq)でなければならない。しかしながら、残留騒音を等価騒音レベル(LAeq)で測定するためには、特定騒音を全て取り除く必要があり、この作業は非常に煩雑かつ困難である。したがって、測定が容易であり、かつ変動する騒音レベルの下端値に近い、95 パーセント時間率騒音レベル(90 パーセントレンジの下端値; LA95)の値を残留騒音(LAeq,resid)として採用してもよい。」

なお、静穏な地域で実測する場合は、波の音、虫の声、カエルなど鳴き声、葉等のすれる音な

ど自然音などに留意して、その他の地域においても、自動車などの交通騒音、工場騒音、建設作業騒音などにも留意して測定を行う必要がある。

#### (気象の状況)

この場合の気象は、気象観測所等による広域の気象に比べて住居等の周辺における局所的な気象が重要となることが想定され、主に実測によると考えられる。特に風が強くなる傾向がある地域ないし地点を見出すことで残留騒音の測定を避ける場合等に役立つと考えられる。

#### (4) 測定機器等

測定に要する機器は、基本的にサウンドレベルメータ、防風スクリーンおよびデータレコーダないしレベルレコーダである。最近では、サウンドレベルメータ内に測定データの保存機能を有するものが一般的であり、長時間のデジタルデータを格納することができる。超低周波音領域のそくていには、広帯域音圧計や低周波音計が必要になる。

風力発電施設周辺の地域は一般に風が強いことが想定され、残留騒音を測定する場合に風雑音の影響をできるだけ避けるためには防風スクリーンの使用が不可欠である。ウレタン製の球形で径が異なる数種類の防風スクリーンが市販されており、一般に径が大きいほど風雑音の影響を受けにくい。防風スクリーンの径に係る記載はないが、防風スクリーンを装着することによって風速 5 m/s 程度までは風雑音の影響を少なくすることができると考えられる。市販品の性能については製造メーカーから直接入手するか、カタログ等に記載されていることもある。なお、風雑音の影響を受け易い低周波数域の測定のために、特別な防風スクリーンに係る研究や一部商品化も進められている。

測定高さ、すなわちサウンドレベルメータのマイクロホン高さは、環境省が作成した「騒音に係る環境基準の評価マニュアル」によれば、当該地域内の住居等の生活面の高さとし、通常は地上 1.2 m となると記述されている。しかしこれは一律の値ではなく、対象地域の住居等の状況を勘案して設定することが可能としている。一方、EU 指令 2002/49/EC によれば、測定高さは 1.5 m 以下にしないこととしつつ、環境騒音を評価する高さは 4 m と決められている。

しかし、一般の環境騒音の測定とは異なり、風車騒音の測定では屋外で風速が高い地点に測定用マイクロホンを設置する必要があり、特に低周波数域で風雑音の影響を受けやすい。この影響を極力小さくするために、十分な性能を有する防風スクリーンを装着したマイクロホンを地表面近くに設置することも考えられる。

測定に際しては、人が張り付いて有人測定する場合と自動測定機能を活用して測定するかが問題となる。前者は、残留騒音等の状況等を時刻とともに野帳に記帳することにより適切な分析が可能となるが、後者は少数の人員で調査が可能という利点がある反面、メモがないため詳細な分析が困難な場合もある。

環境省戦略指定研究「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」では、超低周波数域から可聴域までを測定可能な広帯域サウンドレベルメータを開発するとともに、市販されている20 cm 径防風スクリーンを12面体の各面にネットを貼った二次防風スクリーンで覆った特別なスクリーン内にマイクロホンを挿入し、その中心が地表面上20 cm になるように設置して、風力発電施設からの風車騒音および残留騒音の測定を行っている。

## (5) 調査地域

風力発電施設周辺の住居あるいはそれが集合する住居地域、学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な地域等、風車騒音に係る環境影響を受けるおそれがある地域を選定する。

風車騒音の伝搬の特性を踏まえ、風力発電施設周辺における住居あるいはそれが集合する住居地域、学校、病院、その他、環境保全についての配慮が特に必要な地域等、風車騒音に係る環境影響を受けるおそれがある地域を調査地域とする。また、静寂さを保全すべき地域が含まれる場合も考えられる。

調査に適切な範囲であると認められる地域として、風力発電施設からの一定距離内の地域や風車騒音の増分が大きいと予想される地域等も考えられる。前者については、地方公共団体における条例等により設定されている場合がある一方、気象条件や地形の影響等で音の伝搬が必ずしも一様ではない場合があることに留意する必要がある。

## (6) 調査地点

風力発電施設周辺の住居や学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な地点等の屋外を選定する。

調査地点の考え方として、調査地域を代表する地点や調査が効果的であると認められる地点等があり、その他法令等で定められた地点があれば、それを選定する必要がある。

調査地域を代表する地点には、風力発電施設の周辺にあつて風車騒音の影響を受けるおそれがある住居、学校や病院等(将来に立地することが想定される地点を含む)の屋外が挙げられる。しかし、風車騒音の伝搬は、気象変動に影響を受けるため、当該地域の気象状況を十分配慮するとともに、丘陵地等の地形によって風の影響を受けにくいような地点でも保全すべき対象が存在する場合は、調査地点に選定する必要がある。

調査は、風車騒音の影響を最も受ける側とするが、住居周辺では外壁面からの反射の影響を避ける必要がある。建物から1~2 m としているが、特定の音源からの騒音が支配的ではない総合騒音や残留騒音の測定を行う場合には、反射の影響を無視して差し支えないと考えられる。

## (7) 調査期間等

風力発電施設からの環境影響が最大になると考えられる状況を想定し、調査地点ないし調査地域で風車騒音が最も大きくなると予想される気象(特に風向風速)を呈する期間あるいは時期、就寝時に窓を開放する可能性がある夏の時期、一般的に残留騒音が小さくなる夜間の時間帯、等が考えられる。

選定された調査地点において、風力発電施設からの環境影響が最大になると考えられる状況を想定し、調査期間等を選定することが重要となる。音源特性として風力発電設備の稼働状況、特に定格出力あるいは最大出力である状況を考慮する必要がある。

その上で、調査地点において風車騒音が最も大きくなると予想される気象条件となる時期あるいは期間とする考え方がある。このような気象の状況として、風力発電設備に対して個々の調査地点が風下側にある場合や地表面近傍の気温がその上空よりも低い場合(逆転)等がある。

また、夏季には就寝時にも窓を開けて生活する可能性が高く、風車騒音による影響が最も現れ易いことから、この時期を調査対象として重視することが考えられる。

昼間は人の生活活動に伴う大小さまざまな騒音が間欠的に発生することが想定される一方、深夜等は人の活動に伴う騒音発生が少なく残留騒音が小さくなる可能性があること、時間帯によって残留騒音が変化することを考慮して、夜間を対象にして時間帯別に調査を行う考え方もある。

気象条件によって遠方の騒音源からの音が伝搬し、残留騒音が高くなる可能性があるため、対象地域における天候や風向風速の出現頻度、温度勾配の強弱も考慮して選定する必要がある。

## 2 予測手法

予測とは、対象事業の実施による環境影響を適切に評価できるよう、対象とする地域における風車騒音の状況の変化を明らかにすることである。そこで予測にあたっては、対象とする風車騒音の発生源、評価量、予測条件、評価の観点、予測の不確実性等を明らかにする必要がある。ここで、予測に用いた原単位や係数等の妥当性を明示することも欠かせない。

環境影響評価における予測手法として、基本的にその時点で最新の技術あるいは知見を適用し、最も確からしい結果を定量的に導き出す手法を選定することが望ましい。しかし、予測には常に誤差ならびに不確実性があることに十分留意する必要がある。将来的な予測の精度を高めるためには、予測方法や予測条件の研究、事後調査・環境監視結果の蓄積およびその解析等を進めていく必要がある。なお、常に最新の技術や知見の把握に努めることによって、必要に応じて予測手法の見直しを行う場合も考えられる。

## (1) 予測の基本的な手法

予測の基本的な手法として、音響理論に基づく計算と事例の引用または解析による方法が考えられる。

風車騒音が予測地点あるいは予測地域まで伝搬する過程で生じる様々な音響現象を理論に基づいて計算できる方法をいう。ここでは、国内外において適用事例が多いと考えられる方法を列記する。

### ① ISO 9613 シリーズによる方法

この方法は、国際標準化機構 (ISO) によって規格化されている伝搬予測計算に基づくものであり、各種音源から屋外を伝搬する騒音を等価騒音レベルによって予測する手法である。道路、鉄道、工場等の多様な音源を想定し、幾何拡散、空気吸収、地表面の影響、障害物による遮蔽等の伝搬中の物理的要因に対して個別に周波数毎(中心周波数 63 Hz～8 kHz のオクターブバンド)に減衰量を算出することで、受音点における等価騒音レベルを予測することができる。

この方法は、音が伝搬しやすい気象条件を前提として構築され、風と同じ方向に音が伝搬する順風(風下)伝搬の場合、あるいは通常の夜に見られるような気温逆転層が中程度に発達した条件下において、その伝搬は“音が伝搬しやすい気象条件”に該当するとしている。風下に位置する受音点におけるオクターブバンド毎の等価音圧レベル  $L_{fT}$  (dB) は、次式で計算される。

$$L_{fT} = L_W + D - A$$

$L_W$  : 音源の音響パワーレベル (dB)

$D$  : 音源の無指向性補正值 (dB) であり、音響パワーレベル  $L_W$  を無指向性の点音源と比較した時のレベル差(無指向性の音源が自由空間で音を放射する場合、 $D = 0$  dB となる)。

$A$  は音源から予測点までの伝搬過程における減衰の総和を示し、次式で与えられる。

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{ground} + A_{screen} + A_{misc}$$

ここで、

$A_{div}$  : 幾何拡散による減衰 (dB)

$A_{atm}$  : 空気吸収による減衰 (dB)

$A_{ground}$  : 地表面の影響による減衰 (dB)

$A_{screen}$  : 遮蔽壁による減衰 (dB)

$A_{misc}$  : その他の要因(植栽中、工場立地中および家屋群中)による減衰 (dB)

オクターブバンド毎に上記の 2 式を用いて伝搬予測計算を行い、レベル合成して等価音圧レベルを算出するが、この過程で  $A$  特性補正を行うことで等価騒音レベル(短期間の順風条件下における  $A$  特性音圧レベル)を求めることができる。また音源が  $n$  個の点音源から構成される場合は、

次式を用いて受音点における等価騒音レベル  $L_{AT}$  (dB) を算出する。

$$L_{AT} = 10 \log_{10} \left( \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^8 10^{\frac{L_{AT}(i,j) + Af(j)}{10}} \right) \right)$$

$j$  は、63 Hz～8 kHz の 8 つのオクターブバンド中心周波数に対応し、 $Af(j)$  は、 $j$  番目のオクターブバンド中心周波数に対する A 特性補正值 (dB) である。

これらを基にして、数ヶ月から 1 年程度を想定した長期間の等価騒音レベル  $L_{AT}(LT)$  (dB) を得るために、各気象条件の出現割合に基づく補正項  $C_{meteo}$  を適用し次式で計算する。

$$L_{AT}(LT) = L_{AT} - C_{meteo}$$

次に、主要な減衰項の計算方法について示す。

a) 幾何拡散 ( $A_{div}$ )

本方法における幾何拡散は、自由空間における点音源からの球面波伝搬に基づいて次式で計算される。

$$A_{div} = 20 \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + 11$$

ここで、

$d$  : 音源から受音点までの距離 (m)

$d_0$  : 基準距離で 1 m

b) 空気吸収 ( $A_{atm}$ )

空気吸収は、距離  $d$  (m) を伝搬する過程を対象としてオクターブバンド毎に次式で計算するが、最大は約 15 dB である。

$$A_{atm} = \alpha \cdot d / 1000$$

なお、 $\alpha$  は前節でも述べた通り ISO 9613-1 で規定される定数 (dB/km) であり、気温や相対湿度、大気圧に依存する。

c) 地表面の効果 ( $A_{ground}$ )

一般的な計算方法と A 特性音圧レベルの減衰を計算する方法とを提案している。

前者は、地表面が水平か、一定の傾斜でほぼ平坦に近い場合に適用可能で、地表面による減衰量を決める 3 つの領域を定義している。

- ・音源領域 : 音源から受音点方向へ距離  $30h_s$  まで (最大値は  $dp$ )
- ・受音点領域 : 受音点から音源方向へ距離  $30h_r$  まで (最大値は  $dp$ )
- ・中間領域 : 音源と受音点の間の領域で、 $dp < 30(h_s + h_r)$  の場合はこの領域はない

なお、 $dp$  は音源から受音点までの地表面上への投影距離 (m)、 $h_s$  と  $h_r$  はそれぞれ音源と受音

点の高さ(m)である。

それぞれの地表面領域の音響特性を地盤係数  $G$  で表し、3 種類の反射特性を以下のように定めている。

- ・硬い地表面 : 舗装面や水、氷、コンクリートおよび他の多孔性の低い地表面であり、 $G = 0$
- ・多孔質な地表面: 草地、樹木、他の植栽で覆われた、ないし植栽可能な地表面であり、 $G = 1$
- ・混合地表面 : 上記2つが混じった地表面であり、 $G$  の値は全体に占める多孔質な地表面の割合で決まる(0 と 1 の間の値)

特定のオクターブバンドに対する減衰量を計算する場合は下表を用い、音源領域の地盤定数  $G_s$  を使って減衰  $A_s$  を計算し、同じ要領で受音点領域の  $G_r$  によって減衰  $A_r$  を、中間領域の  $G_m$  によって減衰  $A_m$  を求め、最後に  $A_{\text{ground}}$  は次式で求める。

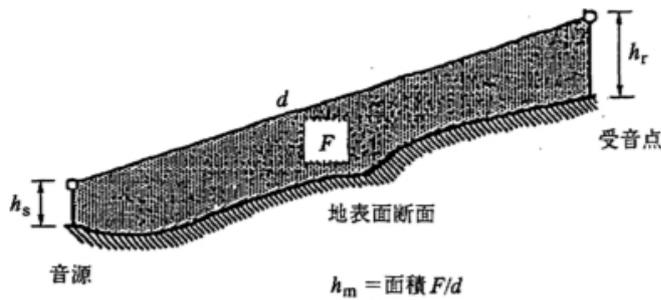
$$A_{\text{ground}} = A_s + A_r + A_m$$

オクターブバンド中心周波数 (Hz)	$A_s$ あるいは $A_r$ (dB)	$A_m$ (dB)
63	- 1.5	- 3q
125	- 1.5 + $G \cdot a'$ (h)	- 3q (1 - $G_m$ )
250	- 1.5 + $G \cdot b'$ (h)	
500	- 1.5 + $G \cdot c'$ (h)	
1,000	- 1.5 + $G \cdot d'$ (h)	
2,000	- 1.5 (1 - $G$ )	
4,000	- 1.5 (1 - $G$ )	
8,000	- 1.5 (1 - $G$ )	
<p>ここで、</p> $a'(h) = 15 + 3.0 \cdot e^{-0.12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{30}}\right) + 5.7 \cdot e^{-0.09h^2} \left(1 - e^{-2.8 \cdot 10^{-6} \cdot d_p^2}\right)$ $b'(h) = 15 + 8.6 \cdot e^{-0.09h^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{30}}\right)$ $c'(h) = 15 + 14.0 \cdot e^{-0.46h^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{30}}\right)$ $d'(h) = 15 + 5.0 \cdot e^{-0.9h^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{30}}\right)$		
$q = 0$	$d_p \leq 30(h_s + h_r)$ の場合	
$q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{d_p}$	$d_p > 30(h_s + h_r)$ の場合	

一方、後者(A 特性音圧レベルの減衰を計算する方法)は地表面の大半が多孔質で、かつ予測対象の音源が純音性でない場合に適用可能で、地表面の形状は問わない。この場合の計算方法は次式の通りである。

$$A_{\text{ground}} = \begin{cases} 4.8 - (2h_m/d)[17 + (300/d)] \geq 0 \\ 0 < 0 \end{cases}$$

ここで、 $h_m$  は伝搬経路の地表面上の平均高さ(m)であり、下図に示す方法で計算する。

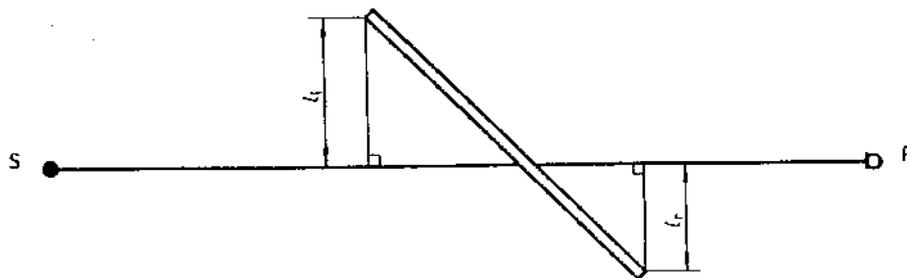


この方法で地表面減衰を求める場合、音源の無指向性補正值 D の算出には次式を用いる。

$$D = 10 \log_{10} \left\{ 1 + \frac{d_p^2 (h_s - h_r)^2}{d_p^2 (h_s + h_r)^2} \right\}$$

d) 障壁の効果 (Ascreen)

対象物を遮蔽障害物 (障壁や防音壁ともいう) として取り扱う場合、面密度が少なくとも 10 kg/m<sup>2</sup> 以上、対象物に大きな亀裂等がなく閉鎖された下図においては、オクターブバンドの中心周波数の波長が (l<sub>s</sub>+l<sub>r</sub>) より小さくなる。



遮蔽効果による減衰 D<sub>z</sub> は、音源から受音点の間の最も重要な経路のみを想定し、次式で計算する。

$$D_z = 10 \log_{10} \{ 3 + (C_2 / \lambda) \cdot C_3 \cdot z \cdot K_w \}$$

ここで C<sub>2</sub> は 20 であり、回折の回数によって C<sub>3</sub> は以下の値となる。

$$C_3 = \begin{cases} 1 & \text{回折 1 回} \\ \left( 1 + (5\lambda/e)^2 \right) / \left( (1/3) + (5\lambda/e)^2 \right) & \text{回折 2 回} \end{cases}$$

e は 2 つの回折端間の距離 (m) であり、この場合直達波と回折波との伝搬経路差 (m) である z は、

$$z = \begin{cases} d_{ss} + d_{sr} - d & \text{回折 1 回} \\ d_{ss} + d_{sr} + e - d & \text{回折 2 回} \end{cases}$$

で計算される。さらに、K<sub>w</sub> は気象条件による補正項を表し、次式より求める。

$$K_w = \begin{cases} \exp \left\{ - (1/2000) \sqrt{d_{ss} d_{sr} d / (2z)} \right\}, & z > 0 \\ 1, & z \leq 0 \end{cases}$$

なお、Dz は回折 1 回の場合は最大 20 dB、2 回の場合は 25 dB とし、2 枚以上の障壁は影響が最も大きい 2 枚を選択 (他は無視) して計算を行う。

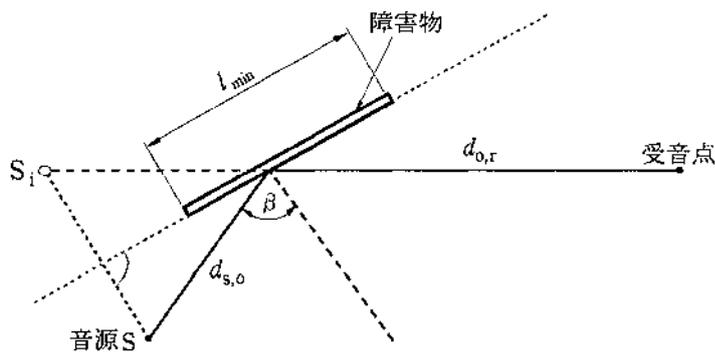
e) 反射

反射の影響は、別に虚音源がある場合として扱われ、次に示す条件がすべて満たされる場合に障害物からの反射が全周波数に対して計算できる。反対に、これらが満たされない場合、反射は無視することができる。

- ・下図に示すように典型的な反射条件が校正される場合
- ・障害物の反射係数が 0.2 より大きい場合 (下表を参照)
- ・当該オクターブバンドの中心周波数  $f_c$  が次式を満たす場合

$$f_c > \left\{ 2c / (l_{\min} \cos \beta)^2 \right\} \left\{ d_{s,o} d_{o,r} / (d_{s,o} + d_{o,r}) \right\}$$

- c : 空気中の音速 (m/s)
- $d_{s,o}$  : 障害物上の反射点から音源までの距離 (m)
- $d_{o,r}$  : 障害物上の反射点から受音点までの距離 (m)
- $\beta$  : 入射角
- $l_{\min}$  : 反射障害物表面の最短長さ (m)



対象物	$\rho$
平坦な硬い壁	1
窓や格間等の付属物がある建物の壁	0.8
50%程度の開口率、設備パイプ等のある工場の壁	0.4
硬い表面の円筒構造物 (タンク、サイロ、等) *	$\frac{D \sin(\phi/2)}{2d_{sc}}$
開放構造物 (パイプ、タワー、等)	0

以上より、虚音源のパワーレベルは

$$L_{W, \text{image}} = L_W + 10 \log_{10}(\rho) + D_r$$

で計算でき、虚音源に対する減衰計算等では伝搬経路長として反射経路の長さを用いる。なお、実音源に起因する音圧レベルよりも虚音源に起因する音圧レベルが 7 dB 以上小さいならば、虚音源は無視する。なお、 $\rho$  は障害物表面の反射率、 $D_r$  は音源の反射障害物方向の音響パワー

レベルと受音点方向の音響パワーレベルの差である。

f) 気象条件による補正 (C<sub>meteo</sub>)

この方法で計算される等価騒音レベル LAT は、音が伝搬し易い条件が継続する場合の値である。したがって、長期間を考慮すると音が伝搬し易い条件ばかりでは必ずしもないため補正項が必要であり、それが気象条件による補正 C<sub>meteo</sub> である。

$$C_{\text{meteo}} = \begin{cases} 0, & d_p \leq 10(h_s + h_r) \\ C_0 \left\{ 1 - \frac{10(h_s + h_r)}{d_p} \right\}, & d_p > 10(h_s + h_r) \end{cases}$$

ここで、C<sub>0</sub> は予測点における風向・風速および気温勾配を考慮して気象統計に基づく値である。これらの式から、音の伝搬に及ぼす気象条件の影響は d<sub>p</sub> が短い場合に小さく、d<sub>p</sub> が長い場合に大きくなる。C<sub>0</sub> は対象地域の気象統計から求められるが、経験的に 0～5 dB であり、例えば予測対象とする時間の 50 %で音が伝わり易い条件が出現する場合に C<sub>0</sub> の値は約+3 dB である。

海外を中心に本手法が風力発電施設に適用されているが、具体的に予測計算を行うに当たって必ずしも明確ではない部分が残されている。本手法が前提とする「音が伝搬し易い気象条件」が定義されているが、抽象的な適用範囲と言わざるを得ない。我が国の風力発電施設の立地状況を考慮すると、多くの場合で地表面の音響特性は 0 < G < 1 と考えられるが、硬い地表面や多孔質な地表面の判定によっては値が大きく変動する可能性があり、また山稜部からの反射の扱いが課題となる場合に、山稜部の反射率をどのように算定するのも課題となる。

さらに、気象条件による補正を考慮する場合、予測点における気象統計に基づいて C<sub>0</sub> を算定する必要があるが、風向風速や気温勾配に関する整備されたデータが必ず取得できるとは限らず、山稜部における立地が多い我が国においては、この種のデータが得られない場合が多い可能性も考えられる。本手法を適用するに当たっては、予測精度等の検証のために予測値と実測値とを比較した事例を積み重ね、評価と検討を行うことが重要と考えられる。

また、本手法は、商用ソフトウェアとして入手し易いものの、モデル内の気象条件が中程度の風下状態に固定され、音源と受音点が地表面近傍にある場合の中程度の伝搬距離に対して開発されていること、この種のモデルが測定可能な範囲を外れたモデル変数に対して良好な結果を得にくいこと、風力発電のように音源位置が高い場合により結果が得られないこと、が指摘されており留意する必要がある。

## ② 風力発電のための環境影響評価マニュアル(第2版)による方法

NEDO マニュアルに記載された予測計算方法は、風力発電設備を点音源としてモデル化し、風力発電機メーカー等から示される音響パワーレベルを用いるものとしている。伝搬過程においては、幾何学的拡散による距離減衰、空気吸収による減衰を考慮している。各風力発電設備に対する予測点における騒音レベルを算出し、さらにそれらをレベル合成することによって予測点における

騒音レベルを計算する。なお、風力発電設備を増設する場合は既存設備を含む音源、また、対象事業実施区域内に他の音源がある場合はそれも含めて予測を行うこととしている。

ここで、風力発電設備の音響パワーレベルの提示方法が IEC 61400-11 により規定され、タワーの高さとロータ径により定められる所定の距離で現地測定されたデータから、強制的に運転を停止させて得られる暗騒音の影響を差し引いて求められる、と解説している。また、予測計算式がすべての風力発電設備が同時に稼働することを前提としている、と補足説明している。

予測計算に使用する式を以下に示すが、半自由空間における伝搬を仮定している。

$$L_{A,n} = L_{WA} - 10 \log_{10}(r^2 + h^2) - 8 - \Delta L_{AIR}$$

ここで、

$L_{A,n}$ : n 番目の風力発電設備から水平距離  $r$ (m) 離れた地点での騒音レベル (dB)

$L_{WA}$ : 風力発電設備の A 特性音響パワーレベル (dB)

$r$  : 風力発電設備から予測地点までの水平距離 (m)

$h$  : 風力発電設備のブレード中心までの高さ (m)

・  $L_{AIR}$  は空気吸収に伴う減衰 (dB) を示し次式で計算され、 $\alpha$  は定数で 0.005 dB/m と記述されている。

$$\Delta L_{AIR} = \alpha (r^2 + h^2)^{\frac{1}{2}}$$

予測地点において、それぞれの風力発電設備から伝搬した騒音を合成する方法は次式の通りである。

$$L_A = 10 \log_{10} \left( 10^{L_{A,1}/10} + 10^{L_{A,2}/10} + \dots + 10^{L_{A,n}/10} \right)$$

ここで、

$L_A$  : 予測地点における騒音レベル (dB)

さらに、現地調査によって得られる暗騒音をレベル合成し、風力発電施設が稼働し始めた場合の騒音レベルを求める際には下記の式を用いる。

$$L_{A,total} = 10 \log_{10} \left( 10^{L_A/10} + 10^{L_{A,background}/10} \right)$$

$L_{A,total}$  : 風力発電施設稼働後の騒音レベル (dB)

$L_{A,background}$  : 現地調査によって得られた暗騒音レベル (dB)

騒音レベルは、必要に応じてオクターブバンド毎に記載するとし、このマニュアルによる予測計算方法は、オクターブバンド毎に実施することも可能であることを示唆している。

前述の通り、NEDO マニュアルにおける予測計算式は、半自由空間を想定しているが、音源が地表面上の高い位置にあること等を考えると、地表面の影響を含めてその妥当性を検証する必要

がある。空気吸収による減衰に関して減衰係数を0.005 dB/mという定数としているが、前節で示したように減衰係数は気象条件に依存するため、使用時には予測条件と照らして妥当性への配慮が求められると考えられる。また、我が国における風力発電施設の設置箇所として山稜部が多いことを考慮すると、山稜部の特性を反映できる予測計算が必要と考えられ、このマニュアルによる手法の適用範囲は限られる可能性がある。

低周波音(この NEDO マニュアルでは、人の耳に聞こえにくい低い周波数帯域、概ね 100 Hz 以下の音と定義されている。)に関する予測の基本的な手法として、対象事業実施区域周辺の環境保全のために特に配慮が必要な施設(学校、病院等)および住宅の状況を踏まえ、対象事業による環境影響の程度を把握し、既存事例の引用は騒音の予測計算式に準じた伝搬理論による予測を行う、と記述されている。

- ISO 9613-2 による方法を中心に、音の伝搬理論に基づく計算方法を具備した市販ソフトウェアがある。例えば、WindFarm、WindFarmer および winPro 等がある。海外における風力発電施設の環境影響評価では広く利用されているようである。
- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構における「風力等自然エネルギー技術研究開発 次世代風力発電技術研究開発 自然環境対応技術等」の一環として、平成 23 年度から個々の風力発電設備からの合成音がウインドファーム周辺地域でどのように分布するかを、風車音特性、地形、及び風況の影響等を考慮して予測する手法(シミュレーション技術)の開発を目的とする研究開発が行われている。
- 環境省における「平成 23 年度地球温暖化対策技術開発等事業 騒音を回避・最小化した風力発電に関する技術開発」では、風車騒音等の計測と分析、風車騒音低減対策の検討を実施し、また実際に低減対策を施した風力発電設備による低減対策効果の検証・評価を行うものであり、あわせて風車騒音の監視・制御システムや、風車騒音の予測手法を開発することを目的としている。なお、風車騒音予測解析システムの開発の最終目標は、気象条件や地形等による風況の違いを考慮し、既存モデルと比較して再現性を高めた騒音レベルの予測を可能にする風車騒音予測モデルが組み込まれた解析ソフトの作成となっている。

### ③ 事例の引用または解析による方法

類似する既存の発生源、例えば既存の風力発電設備部分や類似事業における風車騒音の測定例や距離減衰の測定例を参考にして推定・予測する方法である。風力発電施設の場合、音源特性としては同一製造メーカーの同一発電機(あるいは同一規模の発電機)を使用していること、地域特性としては地形や気象条件、残留騒音の状況等が類似することが必要である。適切な事例が十分あれば精度の良い予測が可能となるが、実際に適切な事例を見いだすのは困難な場合が多い。

#### (2) 予測地域

予測地域は原則として調査地域と同様であり、風力発電施設周辺の住居あるいはそれが集合する住居地域、学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な地域等、風車騒音に係る環境影響を受けるおそれがある地域である。

予測地域は、風力発電施設の立地により風車騒音が一定のレベル以上変化する範囲を含む地域とする必要があり、原則として調査地域に包含される。この範囲は当該事業の規模や内容によって変化するものであり、予測の不確実性や地域特性に配慮する必要がある。安全サイドの考え方から、予測地域を広めに設定することも考えられる。

具体的には、風力発電施設周辺における住居あるいはそれが集合する住居地域、学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な地域等、風車騒音に係る環境影響を受けるおそれがある地域である。

### (3) 予測地点

予測地点は原則として調査地点と同様であり、風力発電施設周辺の住居や学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な地点等の屋外である。

予測地点は調査地点と同様に、環境の状況の変化を重点的に把握する場合に設定するものである。予測地域を代表する地点や特に環境影響を受けるおそれがある地点、保全すべき対象等を的確に把握できる地点、予測が効果的であると認められる地点等があり、法令等で定められた地点があれば、それを選定する必要がある。なお、予測地点の設定・選定に際しては、事後調査やモニタリングに係る計画等にも配慮することが望ましい。

具体的には、風力発電施設の周辺にあって風車騒音の影響を受けるおそれがある住居、学校や病院等(将来に立地することが想定される地点を含む)の屋外である。

地域特性等によって風車騒音の影響が考えられる地点も予測地点に取り入れる必要がある。

### (4) 予測時期等

予測対象時期等は、音源特性、伝搬特性および受音点(予測点)等の状況を総合的に判断し、予測点において環境影響が最大になると考えられる時期、期間または時間帯である。

予測の対象時期等は、音源特性、伝搬特性および受音点(予測点)等の状況を総合的に判断し、選定された予測地点において環境影響が最大になると考えられる時期、期間または時間帯を選定する。

音源特性として風力発電設備の稼働状況、特に定格出力あるいは最大出力である状況を考慮する必要がある。

その上で、予測地点に向かって風車騒音が伝搬し易く最も大きくなると考えられる時期あるいは期間として、風下や温度分布(逆転)の状況が考えられる。

予測点あるいは予測地域で夏季の就寝時に窓を開けたままにするような場合、風車騒音が屋内に伝搬し易いと考えられる。また、時間帯によって変動はあるものの、夜間(の基準時間帯)は残留騒音が小さくなる可能性があるため、予測対象時期とする考え方がある。なお、この基準時間帯は一つの風車騒音のレベル値を代表値として適用し得る時間帯をいう。

その他の予測に適切かつ効果的であると認められる時期、期間または時間帯という考え方もある。例えば、対象とする風力発電施設の周辺に他の類似施設が存在する場合はこれに該当し、両施設の稼働状況や伝搬特性、予測点等の状況を全体的に考慮して予測対象とすべき時期、期間または時間帯を定めるよう、留意する必要がある。さらに、他の類似施設の立地が計画されている場合にも、その時期を加味した予測が必要な場合があり、留意する必要がある。

### 3 評価手法

評価は、環境影響の回避・低減の措置が十分であることが求められる。

環境影響評価法における評価の考え方は、以下に示す、(1) 回避・低減、(2) 基準または目標との整合、の2種類に大別される。これらの内、(1)の視点からの評価は必ず行う必要があり、また、(2)に示される基準又は目標等のある場合には、この点からの評価についても必ず行う必要がある。ここで、(1)および(2)の評価を行う場合には、基準等との整合が図られた上で、さらに、回避・低減の措置が十分であることが求められる。

回避・低減に係る評価では、発生源での評価と、影響を受ける地点での評価があり、状況に応じた適切な評価が求められる。また(2)の評価にあたっては、単に基準値と比較するだけでなく、予測結果に含まれる不確実性にも配慮して評価する必要がある。

また、基準値には、段階的な行政目標としての受音点側の基準を示した環境基準のような考え方と、工場・事業場や建設工事などを対象とした発生源の排出量の規制を定めた規制基準のような考え方がある。環境影響評価においては、暴露側での評価が基本であり、環境基準のような考え方にに基づき適切に手続きが実施される必要がある。

#### (1) 回避・低減に係る評価

風力発電施設に関する環境影響の回避・低減として、立地・配置、規模・構造、施設整備・植栽等、管理・運営に係る検討が考えられる。

建造物の構造・配置のあり方、環境保全設備、工事の方法等を含む幅広い環境保全対策を対象として、複数の案を時系列に沿ってもしくは並行的に比較検討すること、実行可能なより良い技術が取り入れられているか否かについて検討すること等の方法により、対象事業の実施により選定項目に係る環境要素に及ぶおそれがある影響が回避され、または低減されているものであるか評価するものである。

なお、これらの評価は、事業者によって実行可能な範囲内で行われるものとする。ここで、回避・低減に係る検討の経緯がそれらの根拠（客観的な資料等）とともに明示されなければ適切な評価につながらないことに留意する必要がある。風力発電施設に係る苦情が発生している現状を鑑みると、周辺住民等とのトラブルを事前に回避する観点から、事業者には想定可能な対策の明記が求められる。

風力発電施設に関する環境影響の回避・低減について、以下に挙げるような具体的な検討項目が考えられる。

#### ① 立地・配置に係る検討

対象となる事業の実施区域を変更することが考えられる。音源側に対する措置であり、騒音制御の観点からも有効であると考えられる。

また、事業の実施区域を変えることなく、実施区域内における風力発電設備のレイアウトを変更することも考えられる。このレイアウトを工夫することで、騒音影響を受けるおそれがある地域あるいは地点との距離を増加させる可能性があり、風車騒音について距離減衰の増加が期待できる。なお、地表面を工夫する（例えば、植栽）等によって、一層の減衰が期待できる。

#### ② 規模・構造に係る検討

まず、風力発電設備の基数を減らすことが考えられる。これと上記の①と組み合わせることで、回避・低減が一層効果的になることが期待される。また、風力発電設備自体の出力を制限する、あるいは当該施設の運営にも関わるが、時間帯を区切って出力を制限する方法も考えられる。この場合の時間帯の検討は夜間が中心になると考えられる。風車騒音の発生が抑制される機種（発電機や翼等）への変更も考えられる。

#### ③ 施設整備・植栽等に係る検討

当該の検討について、風力発電設備の定期的なメンテナンスは重要である。落雷等によって翼が損傷等を受けることによって、純音成分を含む異音を発生させたという研究報告がある。

前述した通り、対象となる施設内および周辺の地域を緑化することで風車騒音の減衰を増加させる可能性がある。少なくとも、施設内においてアスファルトやコンクリート等の反射性の強い地表面が占める割合が多くならないようにすることが望ましい。

#### ④ 管理・運営に係る検討

風力発電施設の稼働を制限する方法が考えられる。この場合、制限の対象を施設全体あるいは一部、時間帯を定めて制限を加えるあるいは停止する等、複数の考え方があ

風力発電設備の稼働は自然条件に著しく影響を受けるため、そこから生じる風車騒音の諸特

性も時々刻々変動することになり、また設備の経年変化(劣化)も考慮して、長期的にモニタリングすることが考えられる。その際、モニタリングは風車騒音の影響を受けるおそれがある地域ないし地点を含め当該設備の状態を把握するために適切な場所から選定することが望ましい。これによって取得されたデータは、例えば周辺地域から苦情が発生した場合の対策検討のための基礎資料となるだけでなく、施設周辺の環境影響の状態を積極的に公開することを通じた対話や理解の醸成等に役立つと考えられる。

## (2) 基準または目標との整合に係る評価

我が国では、風力発電施設からの風車騒音に係る基準または目標は現時点で設定されていない。

基準または目標との整合に係る評価では、環境基準、環境基本計画その他の国または地方公共団体による環境の保全の観点からの施策によって、選定項目に係る環境要素(ここでは、風車騒音)に関する基準または目標が示されている場合は、当該基準等の達成状況、環境基本計画等の目標または計画の内容等と調査および予測の結果との整合性が図られているか否かについて検討する。

しかし、上述の通り、我が国では風力発電施設からの風車騒音に係る基準または目標は現時点で設定されていない。

なお、評価に当たって事業者以外が行う環境保全措置等の効果を見込む場合には、当該措置等の内容を明らかにできるように整理されている必要がある。

## 4 事後調査

環境保全措置の実施によって生じるおそれがある環境影響の程度が著しいものとなる可能性がある場合や効果に係る知見が不十分な環境保全措置を実施する場合等に事後調査を行うことになるが、風力発電施設からの風車騒音の発生・伝搬や、これに対する人の聴覚反応等を含む影響については、現時点で知見が十分に得られているとは言えず、対象となる事業開始後の状況に応じて対策をとることが非常に重要と考えられる。そこで必要に応じて、風車騒音の発生状況、住宅等への伝搬状況および住民等への影響等について、事後調査の実施によって把握し、その結果に応じた適切な対策を検討すべきである。

風力発電施設からの風車騒音について実施する事後調査は、以下のような項目および手順で進めることが考えられる。

### (1) 調査の基本的な手法

ある程度の調査期間を設け、音源特性、伝搬特性、調査地点における風車騒音に係る実測データを収集する。苦情対応や風車騒音の実測データをチェックするために、風力発電施設の稼働の ON/OFF を実施することが考えられる。

事後調査の目的を達するための実測データを得るために、短期の測定では必ずしも十分とは言えず、例えば四季毎にある程度の期間で実施することも考えられる。

音源特性として、ナセル高さにおける風向風速の変動に伴う音響パワーレベルの変動とともに、調査地域あるいは調査地点における風力発電施設からの風車騒音に係る実測データを同時に収集する。その際、風車騒音の伝搬状況を把握するために、天候を含む気象データ(風向風速および温湿度)もあわせて収集・記録する。なお、風車騒音中の純音成分の有無を調査するため、周波数分析を行うことが望ましい。

苦情が発生している場合は苦情の申し立て地点における調査が必要であるが、それが屋内である可能性が高く、長期間の監視が必要となることを想定する必要もある。この監視期間中に、風力発電施設の稼働の ON/OFF と苦情との対応関係を把握することが望ましい。これとは別に、例えば風力発電施設が海岸近傍に設置されている場合等、その稼働の ON/OFF によって実測データが暗騒音(この場合は波音)の影響を受けているか否かを把握する場合にも有効と考えられる。

## (2)調査地域

風力発電施設の周辺における住居等、風車騒音に係る環境影響を受けるおそれがある地域を選定する。

調査地域として、風力発電施設の周辺における住居あるいはそれが集合する住居地域、学校、病院、その他環境保全についての配慮が特に必要な地域、風車騒音に係る環境影響を受けるおそれがある地域等がある。また、静寂さを保全すべき地域が含まれる場合も考えられる。

## (3)調査地点

調査地域を代表する地点として、風力発電施設の周辺にあつて風車騒音の影響を受けるおそれがある住居等の屋外がある。

調査地域を代表する地点や調査が効果的であると認められる地点等であり、その他法令等で定められた地点があれば、それを選定する必要がある。

調査地域を代表する地点は、風力発電施設の周辺にあつて風車騒音の影響を受けるおそれがある住居、学校や病院等(将来に立地することが想定される地点を含む)の屋外が挙げられる。

#### (4)調査期間等

調査地点において環境影響が最大になると考えられる状況あるいは時期を調査期間等として選定する。

選定された調査地点において環境影響が最大になると考えられる状況あるいは時期を調査期間等として選定する必要がある。また上述の通り、事後調査の目的を達成するために、四季毎に調査期間等を設けることも考えられる。

#### (5)評価手法

回避・低減に係る措置において想定された環境影響への効果と当初の予測の結果との対比等から検証を行う。

回避・低減に係る措置において想定された環境影響への効果が得られたかどうかを検証するために、当初の予測の結果との対比等を行うことが考えられる。その際、予測の結果に含まれる不確実性にも配慮する必要がある。

風力発電施設からの風車騒音に係る基準または目標が設定された場合、それらと事後調査の結果が整合するかどうかを確認する必要がある。

#### (6)事後調査結果の公表と追加的な措置

事後調査結果の速やかな公表と必要に応じて追加的な環境保全措置を行う。

環境影響評価手続きでは住民からの十分な意見聴取等が重要であるため、事後調査結果の速やかに公表し、環境影響評価の結果との比較検討が可能なようにする必要がある。

事後調査の結果を評価した結果、回避・低減に係る措置や基準または目標との整合が十分でない場合は追加的な環境保全措置を実施する必要がある。

事後調査の中に苦情対応が含まれる場合も、その調査結果を速やかに苦情者へ公表し苦情者から十分な意見聴取等を行う必要がある。仮に環境影響の程度が著しいことが明らかになった場合は、管理・運営(運転時間の調整等)や暴露側対策(住居の防音工事等)の環境保全措置を講じる必要がある。

## 第6章 風車騒音評価の考え方

我が国の風力発電施設から発生する騒音に係る評価、特に基準値または目標値については、これまでに検討がほとんどなされていない。今後、風力発電施設の環境影響評価を着実に実施するためには、風車騒音に係る評価手法を確立する必要があり、これは広く騒音の評価手法の見直しにも通ずるものもある。そこで、風車騒音の評価に係る考え方を以下に整理する。ただし、風車騒音に含まれることがある純音や振幅変調音に関しては別項に記述した。

### 1 評価指標の要件

風力発電施設からの騒音に係る評価指標については、いくつかの側面(要件)から検討する必要がある。

#### (1) 人の感覚に対応していること

風車騒音の評価量(測定量)としては、環境騒音全般にわたって広く用いられているA特性音圧レベル(騒音レベル)を単一数値の評価量として採用している国が多い。風車騒音に含まれる低周波数成分の影響が完全には解明されていない現状では、補足的にC特性音圧レベルやG特性音圧レベルなどを併用することも考えられ、いくつかの国ではその方法を採用している。

この評価指標について、最も必要な条件は、人の感覚に適切に対応していることである。そこで、第一に考えられるのが、人の聴覚特性を考慮した周波数重み特性であるA特性の周波数重み付けをした音圧レベル、すなわち騒音レベルを使用することである。我が国では、すべての環境騒音の評価には、この騒音レベルが採用されており、これと異なる評価量を採用するには、特段の理由を明らかにする必要がある。また、騒音レベルについては、我が国でも、国際的にも多くの知見が得られており、多様な環境騒音を統一的に比較・評価することが可能である。なお、国内におけるこれまでの風力発電施設に係る環境影響評価の事例のすべてにおいて騒音レベルが採用されている。

一方、風車騒音の評価では周波数重み付け特性にC特性をA特性と併用している国もある。元来、C特性周波数重み付けは、比較的レベルが高い騒音のラウドネスを近似する特性として考案され、A特性に比べて低い周波数の寄与を大きく評価する特性を有している。このため、アメリカなどでは、砲撃音などの評価に用いられているが、一般環境騒音の評価における主たる評価量として用いられることはほとんどない。しかし、風車騒音では、低周波数成分の影響が危惧され、これを評価するためにA特性による評価に加えて補足的にC特性による測定が行われることもある。その場合には、C特性音圧レベルとA特性音圧レベルの差に着目し、それが、たとえば15 dB以上の場合には、低周波数成分の寄与が高いと判断するという方法がとられている。なお、国内におけるこれまでの風力発電施設に係る環境影響評価では、C特性音圧レベルが用いられている例はない。

これらの評価量とは別に、G特性音圧レベルがISO 7196に規定されている。これは産業用機械

類などの周辺における超低周波音領域(1 Hz~20 Hz)の音圧の影響を評価するための評価量で、ISO 7196 では、G特性音圧レベルの感覚閾値は 100 dB としている。また、環境省が作成した「低周波音問題対応の手引書」では、G 特性音圧レベルが 92 dB 以下では、人間には知覚されないとしている。これまでの風車周辺における実測例では、G特性音圧レベルがこれらの感覚閾値を越えている例はほとんど報告されていない。G特性音圧レベルは、そのための測定器も市販されているので測定は容易であるが、屋外における測定では、風によってマイクロホンで生じる雑音の影響に十分な注意が必要である。

なお、低周波数成分の影響を評価する場合に、100 Hz 以下の領域について 1/3 オクターブバンドごとの値を上記の環境省作成の「低周波音問題対応の手引書」に示されている感覚閾値の周波数特性と比較して評価することが行われている例(市などのガイドライン)がある。ただし、この手法については、平成 20 年 4 月 17 日に環境省水・大気環境局より事務連絡「低周波音問題対応の手引き書における参照値の取り扱いについて」が通知されており、参照値を風車騒音の環境影響評価における環境保全目標等に使用するの、好ましくないとされている。

## (2) 実際の騒音特性を適切に反映していること

一般に、騒音の評価では対象とする騒音の時間変動特性をどう評価するか、また評価の対象とする時間をどのように設定するかが重要な問題である。風車騒音には、時々刻々変動する自然条件(特に風向・風速)の影響を大きく受けて変動する。また、風車騒音が近隣住民に与える影響も、時間帯によって大きく異なると考えられる。このような特性を持つ風車騒音の評価する場合の代表値の決め方が重要である。

騒音の時間的変動性を評価する方法の一つとしては、変動する音圧レベルをある一定の時間にわたってエネルギー的に平均したレベルを用いる方法である。「騒音に係る環境基準」などで採用されている等価騒音レベル( $L_{Aeq,T}$ )は、この方法に基づく評価量であり、これは国際的にも広く用いられている。

上記の方法に対して、変動する音圧レベルを一定の時間( $T$ )にわたって一定間隔でサンプリングし、その累積度数分布の  $N\%$  値を読み取って  $N\%$  時間率音圧レベル( $L_{N,T}$ )を求め、代表値とする方法もある。わが国でも改正前の「騒音に係る環境基準」で 50%時間率騒音レベル(騒音レベルの中央値)が用いられていたが、等価騒音レベルに比べて心理的反応との対応が劣ること、また予測計算において物理モデルの設定が難しいことなどから、この評価量は用いられなくなった。風車騒音についても、5%値や 10%値を用いるという考え方もあるが、これらの統計量は環境アセスメントにおける予測計算には適していないと考えられる。

次に評価の対象とする時間帯についてあるが、これについては大きく分けて二つの方法がある。ひとつは、1 日を 2 時間帯(昼間、夜間)に分け、それぞれの時間帯について基準値を設定する。我が国の「騒音に係る環境基準」では、この方法を採用している。一方、1 日を 2 時間帯あるいは 3 時間帯(昼間、夕方、夜間)に区分し、時間帯ごとに騒音影響に関する重みを付けたうえで 1 日についての値を計算し、それを代表値とする方法である。アメリカでは、前者の方法が採用されており、昼夜等価騒音レベル( $L_{dn}$ )を用いている。一方、EU などでは、後者の 3 時間帯区分の方法をと

り、昼夕夜等価騒音レベル( $L_{den}$ )を用いている。改正された我が国の「航空機騒音に係る環境基準」においては、 $L_{den}$ による方法が採用されている。

これらのことから、風車騒音に関しては、「騒音に係る環境基準」と同様に昼間、夜間の2時間帯区分によることが適当であると考えられる。なお、風車騒音に関する国内の調査研究事例では、睡眠に対する影響を重視した夜間の時間平均レベルを代表値とする考え方の事例もある。その場合の具体的な測定方法としては、その時間帯の毎正時10分間の時間平均音圧レベルを求め、それらの対象時間帯全体におけるエネルギー平均値を求める方法が試みられている。

### (3) 予測計算が可能であり、調査手法や事後調査にも対応できること

環境影響評価は、建設以前に予測を行わなければならない。したがって、当然のことながら予測計算が明確な物理モデルに基づいて行える評価量を採用する必要がある。また、対象とする風車騒音以外の騒音(暗騒音)や地域の残留騒音との比較、合成・分割が理論的に容易に行えることも重要である。さらに環境影響評価における事前調査、予測、事後調査を通して一貫して用いることができる評価量でなければならない。

この点から考えると、上に述べた等価騒音レベルなどの時間平均音圧レベルを用いるのが適当である。

### (4) 既存の基準や目標と整合していること

風力発電施設は、一部は都市部に設置されているが、ほとんどは、静かな環境の山村部や農村部に設置されている。そのため、都市部を中心とする従来型の騒音問題とは異なり、風車騒音は、「静穏な地区」における、新たな環境問題となっている。

前述の通り、我が国では、この種の新たな騒音に対する基準あるいは目標が明確に定められていないが、少なくとも現行の法令等の基準との整合については、考慮する必要がある。ただし、これらの基準等を風車騒音に直接適用してよいかは、慎重な検討・考察が必要である。第1章の5で述べたが、環境基準をもって排出許容限度のように扱うのは極めて不適切である。

## 2 評価方法とその設定状況

前述の「評価指標の要件」を考慮しつつ、海外の状況も含めて、風車騒音の具体的な基準値等についての考え方を整理する。この風車騒音に係る評価方法については、幾つかの考え方があり、それぞれ特徴を有している。

### (1) 一定の値で規定する方法

超過してはならない固定された数値によって風車騒音の上限値を定める方法(絶対値規制)である。例えば、ドイツやオランダでは、国レベルの基準、ノルウェーでは、国レベルのガイドラインをこの方法によって定めている。

この方法は単純明快であるが、基準値を設定する際にその地域の暗騒音(残留騒音)の状況に十分に配慮する必要がある。どのような状態(昼間/夜間のような時間区分を含む)、どのような

場所での暗騒音(残留騒音)を考慮するか、など判断が難しい面がある。また、値の設定においては、設定根拠に関する明確な説明も必要である。

この方法を採用する諸外国の状況を見ると、土地利用状況あるいは地域区分毎に値が割り付けられている。このような一定の値を設定する場合、風力発電施設の周辺地域に設定されている騒音に係る基準値や目標値との整合を図ることに十分留意する必要がある。

## (2)風速に応じた限度値を設定する方法

これは、個別の条件により、相対的に限度値を定める方法(相対値規制)である。その一つとして、音響放射がナセル高さでの風速に依存することから、それぞれの場所における風速値と連動させて限度値を設定する方法である。例えば、デンマークでは、国レベルの基準、カナダ・オンタリオ州では、州レベルのガイドラインがこの方法によって定められている。

この方法は、風速の上昇に伴って周辺における風車騒音以外の騒音も上昇するため、風車騒音の規制値も大きくしてもよいという考え方に基づいている。しかし、風速条件は地形・地物によって局所的に変化し、地域全体を通して一様であるとは言えず、この方法はきわめて大きな問題をはらんでいる。

## (3) 暗騒音に一定の値を加えた値を設定する方法

風車騒音の規制値として、暗騒音レベルに一定値を加えた値を設定する方法で、相対値規制のひとつである。例えば、フランスやニュージーランドで国レベルの基準を、英国では実質的な国のガイドラインをこの方法によって定めている。

この方法による場合、地域ごとに暗騒音(残留騒音)を設定する必要があり、地域特性の把握と暗騒音(残留騒音)の測定方法が大きな問題となる。道路など周辺にある騒音源の配置によって同一地域内であっても暗騒音(残留騒音)は一様ではなく、それを地域全体にわたって一定に設定することはきわめて難しいと思われる。また、容認される暗騒音(残留騒音)からの増分について、設定根拠を示す必要があり、そのためには、大規模な実測調査・社会反応調査等が必要である。また、地形等の影響による風速条件の局所性をどのように反映させるか、またそれによる予測値の不確実性などが大きな問題である。

## (4)セットバック距離を設定する方法

例えばデンマークのように、風力発電施設の設計時の必要条件として、対象施設から最も近い住居までの距離(セットバック距離)を規定する考え方もある。これについては、我が国では、市等が定めたガイドラインでしばしば採用されており、下表に示すとおりである。

団体名	制定年度	セットバック距離(大きい方)
稚内市	H12/4	住宅から 500m
酒田市	H16/11	住宅から 200m 又は全高の 2 倍
神栖市	H17/7	住宅から 500m 又は全高の 4 倍
掛川市	H18/5	住宅から 300m 又は全高の 3 倍
浜松市	H18/8	住宅から 300m 又は全高の 2 倍
豊橋市	H19/6	住宅から 200m 又は全高の 2 倍
静岡県	H19/7	住宅から 300m
遊佐市	H21/9	住宅から 300m 又は全高の 3 倍
新城市	H22/1	住宅から 500m 又は全高の 2 倍

このセットバック方式は、騒音源から遠ざかるにつれて騒音が小さくなるという単純な考え方(距離減衰)に基づいていて分かりやすいが、実際には距離だけでなく、地形や気象条件などによって騒音の伝搬特性は、きわめて複雑に変化する。また、風車が複数設置される場合には、単純な距離減衰は期待できない。「環境影響評価法」の第一種として規定されている1万kWを越える発電規模の風力発電装置では、数百m程度のセットバック距離では、環境影響評価手続における合意形成は困難と思われる。

前述の環境省戦略指定研究では、全国各地の風力発電施設周辺において風車騒音の実測調査が行われており、最近接風車からの距離と風車騒音のレベルの関係が調べられている。その結果では単純な距離減衰特性が見られない事例が多く、これは複数の風車による影響や複雑な地形のために騒音の伝搬性状が複雑になっているためと考えられる。セットバック距離の設定は、必要条件ではありえても、決して十分条件とは言えない。

なお、セットバック距離の設定は、風車による騒音影響とは別に、シャドウフリッカーや景観の対策としては考慮する価値はある。

### 3 風車騒音に含まれる純音性等に対するペナルティ

環境騒音についての評価において、欧米では、純音成分や衝撃成分が含まれると評価を厳しくする考え方(ペナルティを課す。)がある。その値を一定値とする場合と変動値とする場合があり、前者は、オーストラリア(ビクトリア州を除く全州)、後者は、英国やニュージーランドが採用している。なお、変動値の場合は純音性の程度によってその値が変わる。純音性の評価方法については、ISO 1996-2: 2007 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise level に記載されている。我が国では、このペナルティについての検討はほとんど行われていない。

風車騒音の特徴の一つとして、シュッシュュツというスウィッシュ音(swish)や、ドンドンというサンブ音(thump)と呼ばれる振幅変調性の音の発生がある。この振幅変調音は、その時の気象条件等によって、すべての地域あるいは地点で観測されるものではないが、一般に変動音に慣れることは

難しいと言われており、風車騒音に対する苦情の大きな原因であると米国などで指摘されている。このことから、風車騒音による環境影響を防ぐために、振幅変調音に対してペナルティを科す、例えば測定値に一定の値を加える等の必要性についても検討していく必要がある。

#### 4 低周波数騒音および超低周波音に関する考え方

環境省によるこれまでの調査研究の結果においても、風力発電施設からの低周波数騒音に特化した評価を実施した例は見当たらない。このことの検討は、今後の課題ではあるが、むしろ、可聴域全体についての評価の検討を進めながら、他の低周波数騒音が卓越している家庭用機器類の評価とあわせて調査研究を推進する事が求められる。

海外の一部の地域においては、A 特性音圧レベルに加えて、C 特性音圧レベルと A 特性音圧レベルとの差を評価量として採用している。これは、周波数重み付け特性 C 特性が A 特性に比べて低い周波数領域まで平坦な周波数特性を有することから、低周波数成分が含まれる程度を把握する目的があると考えられる。しかし、前記した通り、元来 C 特性は比較的大きな音を評価するための周波数特性であるため、風力発電施設からの騒音の評価へ適用することが妥当かどうかは今後慎重に検討する必要がある。

風力発電施設が立地する地域は、基本的に風が強く、風車騒音の正確な測定には、風雑音の除去について細心の注意を払う必要があり、特に低周波数騒音および超低周波音に関しては、風雑音と周波数帯が重複するため、十分な風雑音防止性能を備えた防風スクリーン等を用いた測定が不可欠である。このような精緻な測定を通じて、受信側における低周波数騒音および超低周波音の状況に係る正確なデータの蓄積を図りながら、最新の研究論文や専門文献にある知見や事実を適切に評価検討することが重要である。

なお、国内で収集された風力発電施設からの風車騒音を用いた聴感評価実験が、環境省戦略指定研究「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」の中で実施されている。特に、風力発電施設からの風車騒音の聞こえに対する低周波数成分の寄与度を調べる被験者実験等が行われており、その結果を慎重に吟味することによって、低周波数騒音および超低周波音に係る基準、または目標の有効な知見が得られることが期待される。

## 第7章 終章

### 1 今後の課題

今年度の検討調査業務において見出された風力発電施設からの風車騒音に関する今後の課題について、以下に整理した。

#### (1) 音響パワーレベル等の資料公開

風力発電設備の音響パワーレベルの測定結果については、通常、顧客からの要請があれば開示するとされているものの、一般には公開されていない。また、データの質についても、周波数毎の音圧レベルや低周波音のレベル値の入手は困難なのが現状である。また、国内メーカーが輸出のために音響パワーレベルを自前で計測している場合にも、不確かさなどバラツキがどの程度かなどはわからない場合もある。輸出する特定の工業製品については、欧米の認証機関で認証を取得していると思われるが、我が国では、これから認証機関を決めて認証制度を定着させようとしている状況にある。

風力発電設備の音響パワーレベルに係る情報は、当該の環境影響評価において最も基本となるもので、周辺住民との合意形成に不可欠である。したがって、風力発電設備の音響パワーレベルに係る情報が容易に取得できる仕組みの整備が求められ、風力発電設備のメーカーによる音源特性データの開示を義務化するなどが検討されなければならない。これは、風力発電設備に係るラベリング制度の導入であり、低騒音型設備への技術開発に誘導することも施策として十分に検討される必要がある。

#### (2) 予測手法の妥当性の検討

風車騒音の伝搬に係る予測手法の妥当性の検証とともに、それら手法の相互比較による予測精度の検証を今後実施する必要がある。そのためには、測定条件が明確で風雑音対策も十分配慮された測定データの拡充と蓄積が不可欠であり、事業者らが自ら測定したデータを公的に活用できる仕組みを構築することが考えられる。

その一方で、必要に応じて予測手法の開発も行う必要があるが、現在環境省等において風車騒音の伝搬に係る予測手法が開発されつつあるが、その成果を十分反映させ、我が国の予測手法の確立を図ることが必要である。

#### (3) 環境保全目標の検討

環境影響評価においては、「方法書」において、環境保全目標を個別に定めることになっている。これにおいては、法令による規制基準がある場合に、これを遵守するのは当然としても、環境基準の達成が目標とされる場合も多くある。その点からは、風車騒音に係る環境保全目標の設定においても、環境基準値や規制基準値が考慮に入れられるのは当然のことで、環境基準と規制基準について十分検討が求められる。

現在の風力発電施設に係る問題の発生状況を鑑みると、元来静穏で音環境が良好な地域に当該施設が開発され、その稼働に伴って事業者と周辺住民等との間でトラブルが生じているものが多数存在している。言うまでもなく、環境基準が類型指定されておれば、一義的には、これを達成するのは当然といえる。しかし、環境基準は、「騒音が著しい地域についての改善の政府目標」として定められており、風力発電施設が立地されているような静穏な地区は、環境基準を設定する必要がないのである。そこで、環境影響評価においては、①現行悪化の回避、②現行同程度排出、などの考え方が一般的となる。

なお、一部の県のように、風力発電施設が騒音規制の対象施設とされておれば、規制基準値についても考慮されるべき基準であることは当然であろう。いずれにしても、関連する法令において、地方公共団体とも考え方の整合を図って慎重に検討を進める必要がある。

なお、既存の風力発電施設におけるトラブルは事後調査と追加的な環境保全措置を徹底する等して真摯に対応を続けることが重要と考えられる。

#### (4) 規制的手法の検討

一般に騒音環境については、規制指導、環境基準、環境影響評価などの措置を通じて担保されている。風車に関しては、単独で設置される場合から大規模な風力発電施設として設置されるものまで存在し、大規模な風力発電施設については、「環境影響評価法」の対象に追加された。このことから、「建設時」における環境への配慮が求められることになり、現行環境影響評価法の基本的考え方「ベスト追求型アセス」にのっとり、適切に手続が実施されなければならない。

一方、規制基準については、法令にもとづき守られなければならない最低限の基準として、罰則の裏付けをもって担保されるものである。風車については、静穏な地区から都市部内まで建設されつつあり、諸般の状況を鑑みると工場・事業場と同様に、何らかの規制の措置も検討される必要がある。

なお、現状で良好な騒音環境は、引き続き維持されなければならないとされている。この点についての一般の認識は、必ずしも十分でない点が認められることなどから、積極的に「静穏地区」の指定を行い、騒音型施設の立地規制などを行い良好な環境を維持する施策も検討されなければならない。欧州連合(EU)などにおいては、良好な環境である静穏地区を指定して良好な環境を維持する施策の検討が進んでおり、我が国においても考慮すべきと考えられる。

#### (5) 騒音影響に係る検討

風力発電施設からの超低周波音および低周波数騒音については、最近までに諸外国の公的機関で実施された調査研究の結果を見る限り、風力発電施設から放射される音が直接的で(すなわち、アノイアンスや睡眠による影響とは別に)有害な生理学的影響を与えるという証拠はないという見解がほとんどである。アノイアンスについては、視覚的影響を含めて影響を与えることが考えられ、睡眠妨害や生活の質の低下をもたらすと多くの調査研究が指摘している。

また、今年度開催された風車騒音に係る国際会議(Wind Turbine Noise 2011)後に公表された総括レポートで、「聴覚が超低周波音にどのように反応するかに関する新しい研究においても、人が(風力発電施設からの)超低周波音を知覚することによる問題を支持する証拠はない」と指摘さ

れている。しかしながら、「風力発電設備からの低レベルの騒音による影響が想定される以上、なぜこの影響が生じるかの解明についての研究が必要である」とされており、引き続き、客観的なデータの積み上げとそれに基づいた取り扱いを検討することが必要である。

#### (6) スウィッシュ音等や純音成分についての検討

上記国際会議後の総括レポートにおいて、swish(シュッシュュツ)や thump(ドンドン)は風力発電施設からの音の中で残された重要な問題であると指摘し、これらの問題について研究が進みつつあると述べている。環境影響評価からの観点では、このような成分の音響特性が聴感上に与える影響を把握することは必要であり、純音成分が含まれる場合にペナルティを課す方法を採用する国や地域があるように、swish や thump もその特性によっては評価手法におけるペナルティの考え方にも影響を及ぼすと考えられる。ここでも客観的なデータの積み上げとそれに基づいた取り扱いを検討することが必要である。

#### (7) 風車騒音に係る調査研究の継続

これまで示したように、風力発電施設に係る環境影響評価、特に風車騒音に対して多くの課題があり、それらの解決のための研究や調査の継続が必須である。しかし、国内における風力発電施設からの風車騒音の実測結果や諸外国における評価量の状況等を現時点で判断すると、周波数重み特性 A 特性を中心に評価方法を検討することが適当であり、加えて周波数重み特性 C 特性や G 特性も可能な限り把握することが望ましいと考えられる。

なお、環境省戦略指定研究における風力発電施設からの風車騒音(モデル音)を用いた聴感実験の結果(暫定)もこれを概ね支持することができそうとの見解を得ている。その一方で、研究や調査だけではなく、環境影響評価の具体的な遂行の観点から、その実施者である事業者との意見等を交換する場を設定し、協力して当該制度をより良く見直す仕組みも望まれる。最新の技術や知見を参照し、環境影響評価の現場にも配慮しながら、制度そのものを継続して見直す取り組みが必要と考えられる。

#### (8) 洋上風力発電施設等への対応

我が国における今後の風力発電開発を考える場合、洋上風力発電は大きなポテンシャルを有すると考えられる。しかし、諸外国のように陸域から沖合に向けて浅瀬が続くような自然条件に必ずしも恵まれているとは言えない状況を勘案すれば、陸域に近い部分における洋上風力発電の開発が中心になると考えられる。

その場合、当該施設と陸上にある居住地域等との位置関係や条件等が陸上風力発電施設の場合と著しく異なるとはかんがえられないことや工事においては当然にも環境への影響が総手合いされるため、諸外国の状況を参照しつつ、今後は洋上風力発電施設に係る知見や技術の蓄積を継続する必要があると認められる。

## 2 おわりに

環境影響評価法に基づく基本的事項および主務省令に定められた事項に従い、調査、予測、評価の手法についてそれぞれの考え方等に関する複数の選択肢を示し、特に評価の手法に係る基準値または目標値の設定について、評価指標の要件および評価方法に関する選択肢を示し、それぞれの問題点を含めて検討した。

この検討を通じて、今後の課題についても明らかにした。これらは、単に風車に係る環境影響評価の技術的な課題のみならず、騒音全般についての問題点であり、今後調査研究を進める必要があり、特に下記の4点について見解を述べた。

- ① 風力発電設備の機種毎の音響特性を公的に開示すること。(将来的には、騒音影響に係る機器に公的ラベリング制度を導入)
- ② 基準または目標の設定において、規制的な扱いなのか、環境の目標値的な扱いなのかを明確にして、適切に運用すること。
- ③ 風車騒音に含まれるスイッチュ音等や純音成分についての調査検討と聴覚的な特性と聴覚の関連に関する検討を行うこと。
- ④ 洋上風力発電の開発に伴う環境影響評価の手法など早め早めの調査研究を行うこと。

本検討調査業務においては、風力発電施設の環境影響評価に資するため、検討委員会を組織して、最新の知見を収集して整理した。これらは、騒音を適切に調査、予測、評価する手法に関して基礎的な考え方となるものである。また、内外の環境影響評価の事例を検討し、種々の手法について取りまとめを行った。

また、現段階では、十分に検討が進んでいない事項については、積極的に審議を行い課題として整理を行った。なお、我が国においては、環境省・環境研究総合推進費の戦略指定研究など基本的な研究が実施中であり、これらの成果を含めて、一層の環境影響評価の確立に努める必要がある。