

## 2. 従来の騒音等に係る苦情と風車騒音

### 2.1 従来の騒音苦情

昭和40年代中期頃から騒音公害として社会問題化した音源は、工場・事業場、建設作業、道路交通であったが、高度経済成長路線により、公共機関としての新幹線、航空機へと移行していった。これらの発生源による音響出力は大きかったため、社会生活に支障をきたさない程度に音響出力を低減し、騒音公害を低減するための施策として、騒音規制法による規制や環境基準の設定がなされ今日に至っている。その間、近隣騒音、深夜営業騒音などの社会問題も発生している。この規制等の法律化の根拠は、当時の学識経験者による基礎的な学術研究成果や国際的な研究成果を充分に取り入れたことによるものである。不十分なデータについては、調査委員会を国家的なレベルにて構成し、管轄省庁の責任の下にその蓄積を行った。この結果、各音源からの騒音等の発生性状、つまり騒音等の変動特性、時間特性、周波数特性、純音性等々について、現在ではほぼ一般化されてきている。このような経過から、1台当たりあるいは1個当たりの音響出力が低下してきており、いわゆる“低騒音化”してきているが、同時に、住宅の高度化、高密度化および高防音化によって低周波数成分の領域で音圧レベルが小さいにもかかわらず問題が顕在化し始めてきている。また、1台当たりあるいは1個当たりの音響出力が低下してきている一方、台数の多量化、多台数の同時使用あるいは超高速化、大型化等などにより、1台当たりあるいは1個当たりの音響出力の低下がキャンセルされている状況になっている。

従来の騒音性状等について、一般化している内容を下記に示した。

- ・物理特性 : 変動特性、時間特性、周波数特性、純音性
- ・心理的影響 : ラウドネス、ノイジネス
- ・生理的影響 : 自律神経系、内分泌系
- ・社会反応 : アノイアンス

### 2.2 従来の低周波音苦情

我が国で低周波音問題が発生したのは、昭和44年頃のことである。当初は工場・事業場からの超低周波音による建具のがたつき等の物的苦情がその多くを占めていたが、昭和55年頃までに工場事業場で超低周波音の対策が進み、苦情件数は減少した。環境庁では昭和51年から低周波音（当時は低周波空気振動と呼ばれた）の実態調査を開始し、昭和58年12月にそれまでの調査結果をとりまとめて公表している。平成4年には新幹線の高速化に伴い高速列車のトンネ

ル突入時に発生する衝撃性の低周波音による苦情が増加し、環境庁では平成 4 年から低周波音に関する調査を再開した。

従来の低周波音苦情は、その大部分が 20Hz 以下の超低周波音により「音が聞こえないのに戸や窓ガラスがガタガタする」といった物的苦情であった。しかし、「低い音による不快感、圧迫感」といった心身に係る苦情が 20Hz 以上の可聴域の低周波音で 80~90dB 以上の音圧レベルにおいて発生しているケースが増加したことから、環境庁では、調査委員会による調査結果をもとに平成 12 年 10 月に「低周波音の測定方法に関するマニュアル」を公表し、全国で低周波音の実態調査を開始した<sup>1)</sup>。これによって統一した方法による低周波音の測定データが得られるようになった。

### 2.3 近年の騒音等の苦情

住宅の遮音性能の向上に伴い、住宅内の暗騒音レベルが低下し、非常に静かな生活環境が得られるようになってきた。また生活様式の変化から、大家族での生活から夫婦と子供、夫婦あるいは個人といった少人数による生活様式が増えてきた。それに伴い、平成元年頃から集合住宅等において、暗騒音レベルを 2~3dB 上回る程度で苦情が寄せられるようになった<sup>2)</sup>。苦情の発生はごく一部の住民に限られており、発生源の位置関係や個人の音に対する感覚（過敏さの度合い）の違いに起因するものと考えられている。

一方、低周波音についても、低レベルの低周波音による心身に係る苦情が近年急増している。苦情発生源の多くは近隣の工場・店舗等に設置された機器（固定された発生源）である。これらの苦情は室内で問題が発生しており、苦情発生箇所で観測される低周波音は音圧レベルの変動が小さく、20~100Hz（あるいは~200Hz）の周波数帯域に主要成分がある。これらの低周波音苦情の中には、原因が低周波音以外の場合（100Hz 以上の騒音や振動、あるいは苦情者自身の問題）も多く含まれている。環境省では、これらの苦情対応に資するため、平成 16 年 6 月に「低周波音問題対応の手引書」を公表した<sup>3)</sup>。この中には、音圧レベルの変動が少ない固定発生源からと思われる低周波音苦情が寄せられた場合に、苦情の原因が低周波音によるものか否かを判断するための目安となる値（参照値）が示されている。

### 2.4 風力発電所からの騒音等

近年、地球温暖化による地球環境への影響を低減する方策として、自然エネ

ルギーあるいは再生可能エネルギーへの転換が進められ始める中で、最も環境に優しいと言われてきた「自然エネルギー」の一つとして風力発電所の建設が行われている。風力発電所に関連する騒音等に係る苦情に関しては、昭和 50 年代後半にダウンウィンド型風車から発生する低周波音によって苦情が発生していた。その後アップウィンド型が主流となり改良が重ねられてきたが、風車の大型化や住宅地に近接した設置、複数基の風車の設置（ウィンドファーム）などによって再び問題化した<sup>4)</sup>。

例えば、北欧諸国等で風力発電技術を導入した施設が樹林の茂った山岳地帯から海岸線に沿って林立している状況の中で、風力発電所から 300～1000m 前後の範囲に居住する地域住民からの苦情が出始め、現在に至っている。その苦情内容は、心理的、身体的、精神的な妨害、あるいは生活妨害、物的被害と多岐にわたっている。風力発電所からの風車騒音の性状等について、未だ未解明な部分について下記に示した。

- ・物理特性 : 変動特性、時間特性、周波数特性、純音性
- ・心理的影響 : 疲労感、気分の悪化
- ・生理的影響 : 自律神経系、内分泌系
- ・社会反応 : アノイアンス
- ・身体的影響 : 圧迫感、振動感
- ・精神的妨害 : 気分の不安定さ
- ・生活妨害 : 睡眠、不快感（アノイアンス）
- ・物的被害 : がたつき、ひび割れ

## 2.5 風車騒音の特殊性

風力発電所は、騒音源となる駆動系の「原動機類と翼部」及び電力系となる「装置類と運転監視施設」によって構成される発電システムである。これらを整理すると下記のようなになる。

### (1) 駆動系

- ア) 原動機類 : 発電機、動力伝達軸、ブレーキ装置、ヨー駆動装置、増速機、減速機
- イ) ナセル部 : 原動機類全体を囲んでいる
- ウ) 翼部 : ブレード、ハブ、ロータ軸
- エ) その他 : 換気ファン

### (2) 電力系

- ア) タワー内部 : 電力変換装置、制御装置
  - イ) タワー外部 : 変圧器、電力系統保護装置
  - ウ) 運転監視施設 : コンピュータシステム
  - エ) その他 : 通信回線
- (3) その他
- ア) タワー
  - イ) タワーの基礎

風力発電所は1基あたりの発電規模がkW、MW、GWと大規模になってきているが、わが国では大体、100kW～2,000kW前後が主流となっている。このような発電システムの騒音源は、タイプによって異なるが、地表面からの高さが100m前後にあり、ナセル部内の原動機類と翼の回転により発生する。前者は、いわゆる機械音、後者は、いわゆる空力音といわれている。翼は風力が無いと回転しないので音は発生しないが、風力によって翼が回転することによって機械音と空力音が発生する。機械音は、風力発電施設近傍で、ある程度離れると機械音と空力音が、かなり離れると空力音が、主体に伝搬している。風力発電施設は、一般に、風の道といわれる尾根伝いにおける樹林の茂った山岳地帯から障害物もない効率の良い海風を受ける海岸線に沿って設置されている場合が多い。しかしながら、風の現象は一様ではなく、強弱を伴っている。樹林の茂った山岳地帯では、住宅が点在しているが、ある程度離れると里山地区となり密集した住宅が現われる。樹林の茂った山岳地帯のいわゆる環境騒音は30dBを下回るような値となっている。また、海岸線でも、ほぼ打ち返す波音が聞こえる程度の音環境になっている場合が多い。すなわち、ほとんど人工的な音源が無いため、静穏地域となっている。このような地域の環境騒音の周波数特性は、低周波数成分の領域を含んだ特性となっている。

一方、従来の騒音は高騒音地域を如何に静穏地域化していくかが課題であったことから、工学的な手法の開発が急激に発達していった。現在では、高騒音地域における音源対策は十分に充実している状況である。しかしながら、静穏地帯における騒音防止対策は、環境騒音と同等かそれ以下でなければ、住民の納得が得られない状況になっている。これらの現象が多く顕在化してきたのはこの6～7年である。しかし、低周波数成分の領域における心理的影響、生理的影響、社会反応、身体的影響、精神的妨害及び生活妨害による多くの反応等に関して、学術的かつ客観的な裏付けや検証がなされている状況ではない。この

ことから、本節では、現状において学術的かつ客観的な裏付けや検証がなされている項目について明確に示すこととする。

表 2.1 は、従来の騒音発生と風車騒音発生とはどのような違いがあるのかを幾つかの観点で比較・整理したものである。本表で使用する記号のうち、風力発電所から発生する騒音等について記載している“△”は、「従来の低周波音」である程度「明確さ」になっていると判断したものである。また、“●”は不確かさを示したもので、“○”は明確さを示したものである。

表 2.1 風車騒音等と従来の騒音との比較

	風車騒音等			従来の騒音（工場・事業場、建設作業、道路交通、新幹線、航空機、近隣騒音、深夜営業騒音）		
	概要	明確さ	不確実さ	概要	明確さ	不確実さ
現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 波動：疎密波</li> <li>・ 入射、反射、吸収、透過、共鳴、回折、干渉、屈折</li> <li>・ 衝突・衝撃・摩擦</li> <li>・ 回転・乱れ・脈動</li> <li>・ 渦・共鳴／共振</li> <li>・ 磁界・電磁気</li> </ul>	○		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 波動：疎密波</li> <li>・ 入射、反射、吸収、透過、共鳴、回折、干渉、屈折</li> <li>・ 衝突・衝撃・摩擦</li> <li>・ 回転・乱れ・脈動</li> <li>・ 渦・共鳴／共振</li> <li>・ 磁界・電磁気</li> <li>・ 爆発・燃焼・圧縮・膨張</li> </ul>	○	
妨害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 心理的・生理的・身体的</li> <li>・ 精神的・生活・物的</li> </ul>	△	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 聴力低下・聴力妨害</li> <li>・ 心理的・生理的・身体的</li> <li>・ 精神的・生活・物的</li> </ul>	○	
計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 統一した方法はない</li> <li>・ 計測機器が規格化されていない</li> <li>・ 実験施設・実験方法も規格化されていない</li> </ul>		●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 騒音規制法によるもの</li> <li>・ 日本工業規格で統一</li> <li>・ 計測機器は規格化</li> <li>・ 実験施設も充実</li> <li>・ 実験方法も規格化</li> </ul>	○	
予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IS09613-2</li> <li>・ NEDO 式</li> <li>・ Nord2000 モデル</li> </ul> 等があるが、未完成部分あり		●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 騒音発生源毎に予測手法が整備され、実用化</li> </ul>	○	
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 物的影響は一般化</li> <li>・ 心身的影響、最小可聴値、アノイアンスは未解明</li> </ul>	△	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 騒音規制法、都道府県条例にて、規制基準値を設定</li> <li>・ 環境基準を設定</li> </ul>	○	
法律	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国では未規制</li> <li>・ 一部、条例で規制</li> </ul>	△	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境影響評価法、騒音規制法、都道府県条例が整備</li> </ul>	○	
国際	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 論文発表件数が少ない</li> <li>・ 特に、発生源、計測方法、評価に集中</li> <li>・ 各国の評価法がまちまち</li> </ul>	△	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 論文発表は充実している</li> <li>・ 各国へ法規制・評価法を発信</li> </ul>	○	
医学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 医学的な見地からの公的な見解が無い</li> </ul>		●	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ある一定以上の騒音暴露による影響についての公的な見解はある</li> </ul>	○	

## 2.6 本報告書において使用する用語

### (1) 騒音、低周波音、超低周波音

通常の音圧レベルで人が聞き取ることができる音の周波数範囲は概ね 20～20,000Hz とされている。一般の騒音測定では、20～20,000Hz 程度の周波数範囲の音を取り扱っている。騒音は望ましくない音と定義され、ある音が騒音かどうかは人の主観的な判断による。つまり聞こえることが前提であるため、周波数範囲としては 20～20,000Hz と考えるのが妥当としている。なお、騒音レベルを測定するための機器(サウンドレベルメータ)に関する規格である JIS C 1509 では、10～20,000Hz の範囲の周波数重み特性が記載されている<sup>5)</sup>。

一方、ISO 7196 では、周波数スペクトルが主に 1～20Hz の範囲にある音を超低周波音(Infrasound)としている<sup>6)</sup>。また平成 12 年に環境庁より公表された「低周波音の測定方法に関するマニュアル」では、主な低周波音発生源の周波数特性、我が国における 80Hz 程度以下の可聴域の低い周波数における苦情の現状等を考慮して、1/3 オクターブバンド中心周波数で 1～80Hz の範囲を低周波音、このうち 1～20Hz の範囲を超低周波音と定義している<sup>1)</sup>。低周波音の周波数領域として可聴周波数域を一部含む背景には、A 特性音圧レベルで基準値以下にもかかわらず、100Hz 以下程度に主要な周波数成分をもつ騒音に関する苦情が寄せられるケースが多く見られたことによる<sup>7)</sup>。低周波音の周波数範囲は世界的に統一されているわけではなく、諸外国においても、各国の事情によって低周波音(Low frequency noise)の周波数範囲はまちまちである<sup>8)</sup>。以上を整理して示すと表 2.2 のようになる。

表 2.2 規格、文献等に見る騒音、低周波音、超低周波音の周波数範囲

規格、文献	超低周波音	低周波音	騒音
JIS C 1509	-	-	10～20,000Hz (1/3 オクターブバンド中心周波数)
ISO 7196	1～20Hz	-	-
低周波音の測定方法に関するマニュアル	1～20Hz (1/3 オクターブバンド中心周波数) *	1～80Hz (1/3 オクターブバンド中心周波数) **	-

\* オクターブバンド中心周波数では 2～16Hz。

\*\* オクターブバンド中心周波数では 2～63Hz。

前章に記した本検討調査業務の目的に照らす時、本報告書では受音側(immission)を意識した検討結果を取りまとめる必要があるため、騒音、低

周波音及び超低周波音の周波数範囲を、1/3 オクターブバンド中心周波数でそれぞれ 20～20,000Hz、1～80Hz 及び 1～20Hz として記載することとする。なお騒音については、特に周波数域に言及する必要がある場合に、例えば「100Hz 以上の騒音」のような表記で記載することとする。

## (2) ガイドライン

規制 (regulation)、基準 (standard)、限度 (limit)、クライテリア (criteria/ 判定条件)、ガイドライン (guideline) など、環境影響評価において関連が深い用語は複数ある。いずれの用語についてもその意味するところが必ずしも明確になっておらず、国際騒音制御工学会 (I-INCE) の TSG#3 (技術調査グループ#3) の調査報告によれば、同じ用語であるにもかかわらず、国毎にそれらの定義 (測定方法を含む) や使用方法などに差異が見られたと述べている<sup>9)</sup>。このような状況の中では各用語の使用が困難であるばかりか、不適切な用法によってその文書がもつ性質が第三者に誤って理解される場合も考えられる。つまり、上記のような用語には細心の注意を払いつつ使用しなければならない。そこで本節において、当該検討業務に関して最も関係が深い用語“ガイドライン”について、法学的な意味について考察し、整理を試みた。

辞書等<sup>10)</sup>で“ガイドライン”を調べると、“政治や業務などを具体的に運用する際に守られるべき指針や手引き”や“政策・施策などの指針、指標”と説明され、一見、罰則等のペナルティを伴わない約束あるいは規則 (取り決め) という解釈が成り立つように推察される。なお、ここに例示した 2 つの説明文においても、指針、手引き、指標という、ガイドラインの翻訳としても使用できそうな用語が表れている。さらに法学的な観点から“ガイドライン”の有する意味を考察するために、本検討調査委員会の中の法律学を専門とする委員から意見を聴取したところ、下記のような意見等があった。

「法律が裏付けてあれば“規制”になるし、法律に裏付けてなくてもガイドラインに則って何か行動しますと約束すれば、それは約束によって強制されることになる。ガイドラインだから強制力があるとかないとか、単純な話ではない。例えば、行政がガイドラインを持った (定めた) 時に、そのガイドラインに反する行為を行政がディペンド (信頼) できるかということ、事実上不可能と言わざるを得ない。つまり、ガイドラインは誰がどのような目的のために使用するかによって強制の度合いが違ってくる。本検討調査委員会について言えば、行

政が環境影響評価の中のガイドラインとして使用すると述べた場合、そのガイドラインは事実上強制力を持つことになる。」

さらに、騒音に関するガイドラインについては、過去に裁判になった経緯がある。一例であるが、都道府県が騒音に対する指針値やガイドラインを作成し、工場側がこれは法令ではないから遵守しなくてよいという主張に対して、最高裁判所はガイドラインなどを公的基準として使うことについて事実上問題ないとした<sup>11)</sup>。このような判例を踏まえ、ガイドラインは裁判における公的基準の一つとして使われることは確かなことと言える。

その一方、今年度の本検討調査委員会における調査の目的は、「風力発電施設からの騒音等を適切に測定、予測、評価する手法について検討を行うこと及び移動発生源の低周波音等の実態を把握し、低周波音問題に対して適切な対応を図るためのガイドラインの策定について検討を行う」ことである。つまり、上記の検討結果に沿えば、法学的に強制力を持ち得るものを策定することが求められていることになる。しかし、最近の関連研究をレビューすると、特に我が国における風力発電施設からの騒音等については調査研究が十分とは言えず、引き続き検討が必要である旨の指摘が多い<sup>12-14)</sup>。つまり、諸外国における研究事例を参照しつつも、我が国の諸条件に適合したガイドラインを策定するには、不確実性が多いと言わざるを得ないと考えられる。これは、本検討会における検討過程等においてガイドラインという用語を使用することが必ずしも適切ではないことを示唆する。

以上のような検討と考察を踏まえ、今年度の本検討調査委員会においては基本的に“ガイドライン”という用語の使用は時期早尚とし、本報告書に記載する内容はガイドラインの策定に向けた種々の「考え方」としている。

## 参考文献

- 1) 環境省大気保全局：低周波音の測定方法に関するマニュアル（平成 12（2000）年 10 月）。
- 2) 渡邊秀夫，大川平一郎，松岡明彦：集合住宅における小レベル騒音について，日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集，pp. 1-4，（2001. 9）
- 3) 環境省環境管理局大気生活環境室：低周波音問題対応の手引書（平成 16（2004）年 6 月）。
- 4) K. P. Shepherd and H. H. Hubbard: Physical characteristics and perception

- of low frequency noise from wind turbines, Noise Control Engineer Journal, Jan-Feb. (1991) .
- 5) JIS C 1509 : 電気音響-サウンドレベルメータ (騒音計) -第1部:仕様 (2005) .
  - 6) ISO 7196 : Acoustics -- Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements (1995)
  - 7) 時田保夫, 清水和男 : 低周波音評価に関する一考察, 日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集, p.151-154 (昭和53年11月) .
  - 8) 日本騒音制御工学会 : 環境省請負業務 平成20年度移動発生源等の低周波音に関する検討調査業務報告書, p.56 (平成21年3月) .
  - 9) I-INCE Technical Study Group on Noise Policies and Regulations (TSG 3): Survey of Legislation, Regulations, and Guidelines for Control of Community Noise, I-INCE Publication: 09-1 (2009).
  - 10) 例えば、 <http://www.webl.io.jp/> や <http://dictionary.goo.ne.jp/thsrs/>.
  - 11) 最高裁判所判例 : 昭和42 (1967) 年10月
  - 12) 今泉博之, 落合博明, 井上保雄, 山田伸志, 諸外国における風車音等の規制状況と最新の研究動向, 日本騒音制御工学会平成22 (2010) 年秋季研究発表会, pp.233-236 (2010) .
  - 13) 落合博明, 今泉博之, 井上保雄, 山田伸志, 風車音の実測調査結果について, 日本騒音制御工学会平成22 (2010) 年秋季研究発表会, pp.237-240 (2010) .
  - 14) 石橋雅之ほか, 千葉県における風車音の実測調査結果, 日本騒音制御工学会平成22 (2010) 年秋季研究発表会, pp.241-244 (2010) .