

低周波音トラブルの多くは誤解トラブル

中野環境クリニック所長 中野 有朋

低周波音とは、例えば、ブーンとかボーと耳に聞こえる低音のことである。超低周波音とは耳には「音」として聞こえない音波である。ただこれだけのことである。

それが最近、様々に誤解され、無意味な多くのトラブルを引き起こしている。

ここでは、筆者が今までに相談を受け、解決した多くの事例等をもとに、その主な問題点等について述べる。

1. 低周波音トラブルの多くは誤解が原因

最近、取り上げられている、低周波音と称する音に関する幾つかのテレビや新聞報道、ホームページ等について、その内容のいくつかを列挙してみると、

- 1) 低周波音とは 1～100Hz の音である
- 2) 低周波音は聞えない音である
- 3) 低周波音は人体を貫通するので悪影響がある
- 4) 低周波音は頭や壁を突き抜ける
- 5) 低周波音で皿が飛ぶ、ドアが開く
- 6) 専門家と称する学者はドアが開く可能性があるという
- 7) 低周波音の感覚特性はG特性である
- 8) 病院にいったら低周波症候群などという病気は認められていないと言われたが、これはおかしい
- 9) 象は低周波音で会話している
- 10) 怪しげな実験で、超低周波音は振動であるという
- 11) 頭が痛いのは超低周波音のせいである
- 12) 風力発電風車から超低周波音、低周波音が出る
- 13) その可能性があると言った専門家と称する人が言う
- 14) 火山から超低周波音が出て航空機が墜落する
- 15) 窓ががたつく位だから人体に悪影響がある
- 16) 超低周波音は頭を貫通するので人体に悪影響がある

など、挙げればきりが無い。

しかし、これらは、以下に述べるようにすべて誤りである。その根拠はすべて明らかになっている。

問題は、これらが、単に誤りであるというだけであれば、それですむが、これらの誤りが基になって、近隣不和、住民運動、訴訟などというトラブルに発展することである。

2. 誤解の根本原因は1～100Hzが低周波音であるという誤り

上記の誤解の根本的原因は、低周波音とは1～100Hzの音であるという誤った定義にある。

正しくは、低周波音とは周波数がおおよそ20～100Hzの範囲の耳に聞こえる低音のことである。

1～20Hzの範囲は、超低周波音といって耳には聞こえない音波である。音ではない。

国際規格等では20～20000Hzをsound(音)、1～20Hzの範囲をinfra-sound(音の下)つまり、音の下のもの、20000Hz～をultra-sound(音の上)、音の上のものとなっている。いずれも音ではない。ウルトラマンは人でない。

我が国でも、JIS 8106/2000 音響用語において、音とは、周波数20～20000Hzの音波による聴感覚となっている。infra-soundは超低周波音、そしてこれを、「可聴音の下限周波数以下の音響振動」といっている。「音」とはなっていない。音ではないからである。

またultra-soundは超音波音、そしてこれを「可聴音の上限周波数以上の音響振動」といっている。「音」とはなっていない。これも音ではないからである。

このように明確に定義されているのに、音ではないinfra-soundが非常に周波数の低い音、ultra-soundが非常に周波数の音などと誤解されている。

JISに規定はないが、低周波音といえば「音」であるから、その中の周波数の低い20～100Hz、高周波音といえば、例えば1000Hz以上の音ということになる。

前記1)、2)、などというのは、音である低周波音と、音ではない超低周波音を混同した誤りである。

なお、象は低周波音で会話しているなどというのも用語の誤解によるものである。

象は鼻の付け根の部分を振動させ、8Hz前後の超低周波音を発生し、またここで受けていることは何十年も前に明らかにされている。これを会話と表現すれば超低周波音で会話しているということである。低周波音ではない。

3. 「低周波音問題対応の手引書」がトラブルの誘因

環境省から「低周波音問題対応の手引書」(2004、6/22、大気生活環境室)が発表されている。

筆者のところでは、騒音、振動関係のコンサル業務を行っているが、この手引書が出て以来、誤りに起因する低周波音に関する相談業務が目に見えて増えている。

最近、低周波音、低周波音と騒がれているのは、この手引書が原因であるといっても過言ではない。

手引書は本来、低周波音問題解決のために地方公共団体が低周波音問題に対応するための手引書として作成されたものであるが、逆に、無意味なトラブルの誘因となっているとは皮肉なことである。

例えば、後に述べる三崎地区風力発電機の低周波音問題である。

住民苦情の発端は、「聞こえない音(超低周波音)は問題あるのか？聞こえる音は法的基準に比べてどうなのだ？ 法的根拠もなく低周波音 (1~100Hz)などと、両者を一緒にして問題ないといわれても理解できない。外国製品もあることから法的基準や国際規格に従って調べろ。」ということであった。

手引書では低周波音は 1~100Hz、1~20Hz は超低周波音となっている。言葉を換えて言えば、1~100Hz は男性、その中で 1~20Hz は女性であるということである。この場合、1~20Hz は、男でもあり女でもあるということになる。学術用語にこのような定義はない。

国際規格や現行国内法令との整合が必要である。

また、低周波音影響の可能性を判断する目安値として示されている「低周波音による心身に係る苦情に関する」参照値というものがある。しかし、これは、規制基準、要請限度、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は異なると明記されている。これでは何の意味もない。

筆者の関係した、「参照値を超えているので問題である」という、幾つかの低周波音訴訟では、全く認められなかった。

低周波音の苦情はすべてといってよい程、耳に聞こえる純音性の特定周波数成分によって起こっているが、手引書では純音性の評価が明確に扱われていない。JIS Z 8731/1999 等の規定にならい明確にする必要がある。

また使用する測定器や測定法が、現行法令とかみ合っていない。

規格外の低周波音レベル計などで、1~100Hz の範囲を 1/3 オクターブ分析し参照値などと比較しても、ただ測ってみたというだけで意味はなく、法的根拠も全くない。現行計量法、JIS 等との整合が必要である。

風力発電機の音などについては、事業者は法令に基づき騒音の測定はしているが、低周波音は騒音の一部であるから関係ないとしている。

風力発電機の発生音については、諸外国においては、騒音についての基準は定められているが、低周波音についての基準はない。

低周波音は 騒音の範囲に含まれ、20Hz 以下の超低周波音は発生せず、問題にならないからである。

誤解をもとに、低周波音、低周波音と、騒いでいるのは、我が国だけである。

4. 生活環境に人体に悪影響のある超低周波音は存在しない

音の場合は、騒音レベルが非常に大きい場合に、睡眠妨害、血圧上昇などと

いう生理的悪影響が起こる。

音のものは音波であり、低周波音も超低周波音も音波であるから人体に対する影響に変わることはない。

従って人体に感じられないような超低周波音が存在しても、人体に悪影響が起る筈がないのであるが、その存在が分からないために、何か悪影響があるのではないかと誤解される。

我々の生活環境には、実際にどの位の大きさの超低周波音が存在しているかについては、かつて環境庁(現環境省)の委託実験として行われた実態調査結果がある。

これは、東京都内において、商業系、住宅系、および工業系地区という土地利用形態別および交通機関、自然環境について行われた超低周波音及び低周波音の総合実態調査である。

なおそれ以来現在まで、このような大掛かりな実態調査は行われていない。唯一の調査結果である。

これらの調査結果から、超低周波音の感覚的大きさを表す G 特性音圧レベルを求めた結果を表 1 に示す。

感覚閾値基準の G 特性音圧レベルはすべて 0 又は 0dB 以下になっている。

従って、我々の生活環境においては、人体に感知され、悪影響を及ぼすような大きさの超低周波音は存在しない。

G 特性は「超低周波音、1～20Hz」の感覚特性であり、G 特性音圧レベルは、国際的に騒音の聴感閾値 2×10^{-5} Pa を基準として、次式で定められている。

$$L_{pG} = 20 \log \frac{p_G}{2 \times 10^{-5}} \quad \text{dB} \quad p_G : \text{G 特性補正音圧実効値}$$

ISO 7196 によると人体に感じ始める G 特性音圧レベルは 100dB (平均値) となっているので、この感覚閾値を基準とした G 特性音圧レベルを求めると、G 特性音圧レベルの測定値から 100dB 引いた値になる。

これを用いると、騒音や低周波音の場合と同じく、0dB を基準として超低周波音の感覚的大きさを表すことができる。

よく誤解されるが、低周波音の聴感特性は G 特性ではなく、騒音の場合と同じ A 特性である

なお、人体に対する影響として低周波音症候群なるものが流布され、これがトラブルの原因になっている事例も少なくない。

いろいろな症状が示されているが、周波数何 Hz、音圧レベル何 dB で、その様な症状が出るか、客観的基準は全く示されていない。従ってこれは提唱者の主観的見解で、一般に認められたものとはなっていない。

5. 建具がたつく位の超低周波音は人体に悪影響ない

人体に感じられる超低周波音の音圧レベルよりもかなり小さい音圧レベルで住宅の窓や戸などの建具ががたがた振動し、そのがたがたする音が問題になることがある。そして、窓ががたつく位だから、人体に悪影響があるに違いないと誤解される。しかしこのようなことは全くない。

健常者が感じ始める超低周波音の周波数ごとの音圧レベルの大きさは、国際的に、図 1 の鎖線に示す大きさであるとされている。

この閾値を超える超低周波音は人体に感じられ、閾値未満の超低周波音は感じられない、つまり、超低周波音は存在しないことを意味している。

超低周波音が人体に感知されるには、極めて大きい音圧レベルが必要であることがわかる。

これに比べて超低周波音による建具のがたつき閾値は、図 1 の実線に示すものが現在も一般に使われている。これは、(低周波空気振動の家屋等に及ぼす影響の研究、昭和 52 年度環境庁委託業務結果報告書、小林理学研究所、1978) によるものである。

感覚閾値に比べて非常に小さい値である。従って、建具ががたつく位では人体には感じられず、人体に悪影響があることはない。

また、この使用をめぐっても、いろいろ誤解が生じている。

例えばテレビ朝日報道ステーションの捏造報道、「三崎地区風力発電機の低周波音被害問題」(<http://www2.odn.ne.jp/~cai00050>) である。

周波数 1 及び 2Hz のがたつき閾値は、音圧レベル 70dB 程度であるが、図の直線をさらに低い方に伸ばし、この直線の値を超えているから建具ががたつくななどという誤解である。

建具ががたつくのは建具の固有振動数が超低周波音の周波数範囲にあり、超低周波音の周波数との共振によるものである。

この直線は異なった 15 種類の建具の最低共振レベルを結んだものである。つまり共振を起こすには、最低、この直線程度の音圧レベルが必要であるという直線である。従ってこれを超えても共振しなければがたつかない。これを超えると必ずがたつくということではない。

また通常の建具には、5Hz より低い固有振動数を持つものはないことが確認されている。従って伸ばした線の音圧レベルを大幅に超えても共振は起こらず建具はがたつくことはない。

なお、例えば周波数 10Hz、音圧レベル 80dB の超低周波音による力を求めてみると、1 m²あたり 28 グラムという小さな力である。このような強制力で、皿が飛び、ドアが開く筈もない。

がたつき閾値に限らず、超低周波音に関する睡眠妨害やその他の実験結果がいくつもある。しかしこれらについても、この場合のように、実験条件などが

無視され、結果だけが一人歩きし問題を起こしている。

6. 風力発電機から低周波、超低周波の回転音など発生しない

全国各地に風力発電用の風車が多数設置されている。その中で、風車から低周波音がでる、また超低周波音が出るので人体に悪影響があるなどというトラブルが起こっているところがある。そしてこれがテレビなどでまことしやかに報道されるので、本当であると思われる。

しかしこれは音波の発生に関する最も基本的事項の誤解によるもので、全くの誤りである。

風車からは、問題になるような超低周波数及び低周波数の回転音は発生しない。問題になることがあるのは通常の騒音の問題である。

超低周波音も低周波音も、基をただせばいずれも音波である。すなわち空気中を伝わる波動である。従って音波の発生及び性状は波動方程式によって規定される。

音波は空気の直接的圧力変化及び物体の振動によって発生するが、これらの現象のうちで、波動方程式が成り立つ条件を満足する場合にのみ、音波が発生、従って音が存在することになる。

単に空気中に直接的圧力変化が起こり、また物体が振動しても音波が発生するとは限らない。

波動方程式は空気の運動方程式と空気の弾性的性質から導かれる。

運動方程式については、音波の音圧により、空気の微小部分に力が加わり x 方向に加速度が生じたとするとニュートンの運動法則より空気の微小部分の運動方程式は(1)式となる。

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \rho \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1)$$

ここで p : 音圧、 ρ : 空気の密度、 u : 空気の振動速度 (粒子速度)、 t : 時間である。

空気の弾性的性質については、音圧のように加わる圧力の変化が速い場合には、空気が圧縮されて温度が上がった部分と、膨張して温度が下がった部分の温度の相違を平均化する十分な時間的余裕がないので、空気中の変化は断熱変化になり、音圧は(2)式で表される。

$$p = -K \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (2)$$

ここで ξ : 空気の変位、 K : 空気の体積弾性係数である。波動方程式はこの両式から導かれ、

$$-\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = \frac{K}{\rho} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \quad \text{となる。}$$

しかし空気中に直接的圧力変化が起こっても、その変化が遅く、また物体が

振動しても空気が圧縮されず、断熱変化が起こらない場合には、(2)式は成り立たない。従って波動方程式は成り立たず、音波は存在しないことになる。

以上を風力発電風車等の実例について具体的にみると次のようになる。

風車に限らず、送風機やプロペラ機などのように、羽根が回転するものから発生する音波は二つある。一つは羽根の回転音、もう一つは渦流音である。

*** 回転音**

これは、回転する羽根が空気を圧縮することによって発生する音である。

例えば家庭にもある扇風機についてみると、扇風機の電源を入れると回りだし、羽根一枚一枚は見えず一定の回転数で回る。このとき羽根近くに耳を寄せると、ブーンという音が聞こえる。これが回転音である。

これは羽根の回転が速いため、羽根にあたる空気がまわりに逃げるひまがなく圧縮され、音波が発生するからである。この音は回転数に羽根の枚数を掛けた周波数の回転音になる。

しかし電源を抜くと、回転は遅くなり、羽根一枚一枚が見える位になると、ブーンという音はしない。

回転が遅いため羽根にあたる空気がまわりに逃げ圧縮されず、音波にならないからである。空気がただかき回されているだけである。

プロペラ機の場合は通常回転が速いので、ブルブルンという強い回転音が発生する。

しかし風車の場合は羽根一枚一枚が見えるくらい回転が遅いので、回転音は発生しない。周囲の空気がかき回されるだけである。

室内天井に取付け、室内空気の攪拌に用いる最近よく見られる市販のプロペラファンと同じである。

従って羽根が回っても回転音は発生せず、回転数に羽根の枚数を掛けた超低周波音や低周波音が発生するなどというのは全くの誤りである。

*** 渦流音**

これは、回転する羽根の周辺に発生する渦がつぶれる音である。例えばシューとかザッというような、いわゆる風切り音である。

渦流音には超低周波数から超高周波数の広範囲の周波数成分が含まれるが、主な周波数成分は耳に聞こえる高周波音である。

風車の直下では、羽根が回転しタワーを横切る時、ザッと最も大きく聞こえ、羽根の枚数に回転数をかけた回数大きく聞こえる。しかしこれは、この回数変動する、高周波の渦流音で、超低周波音ではない。

*** 発電機からの発生音**

風力発電機は風車のほかに、増速機、発電機、変電装置などからなっている。

しかしこれらの寸法はいずれも超低周波音の波長 17～340m より十分に小さい

で、これらからも感知される超低周波音を発生することはない。

音源となる振動物体の寸法が波長にくらべて十分小さくなると、物体表面の空気が側方に逃げるので、空気は圧縮されず、音波の発生がほとんどなくなるからである。

風力発電装置の音の問題は低周波音問題でも超低周波音問題でもなく、通常の機械騒音の問題である。

問題を解決するには、低減方法はすでに明らかになっているので、通常の騒音問題と同様に、敷地境界線における騒音レベルを定められた測定器で測定し、また未然に防ぐには予測をして、適切に対処すれば問題になることはない。

7. 低周波音や超低周波音が壁を突き抜けるなどということはない

テレビやインターネットなどにおいて、超低周波音は壁を突き抜ける、遮音の効果はない、頭を貫通するので人体に悪影響があるなど、びっくりすることが言われている。

何を基にこんなことになっているのか、本当にびっくりしてしまう。しかしこんなことは全くない。

騒音の場合、壁などの遮音の程度はよく知られた質量則で求めることができる。低周波音の場合は周波数 20～100Hz について考えればよく、やはりそれなりに遮音できるわけであり、人体を貫通するなどということはない。

これに対して超低周波音の場合は低周波音の場合と少し異なる。透過損失は質量側ではなく、剛性則によって求めることができ、例えば材料の堅さが 2 倍になると、透過損失は 6 dB 増し、また周波数が低くなるほど透過損失は大きくなり、周波数が 1/2 になると透過損失は 6 dB 増加する。やはりそれなりに遮音することができる。決して壁や頭を突き抜けるなどということはない。

また超低周波音及び低周波音の場合は波長が長いので、回折しやすく、人体に加わっても、貫通するどころか、人体を回って通り過ぎてしまう。

8. 低周波音トラブルは騒音トラブル

生活環境においては、超低周波音が問題になることはないので、低周波音トラブルとは、通常の騒音トラブルが誤解されて低周波音トラブルと言われているといっても過言ではない。

騒音問題は、通常、周波数 20～8000Hz が対象であり、騒音の測定法、測定器、環境基準始め各種基準等は法的にも定められている。

低周波音は 20～100Hz であるから、騒音の一部にすぎない。従って低周波音問題などと殊更に取り上げるまでもなく、騒音問題として扱うならば、測定法を始めすべて、法的根拠を基にした対応が可能になり、トラブルなど起こる余地はない。

それがなぜこの周波数範囲の低周波音が問題になるかということである。

それは、何も今に始まったことではなく、何十年も前から、「低周波騒音」問題として、しばしば問題になってきたことである。

我々の生活環境において、例えばブーンという音が顕著に聞こえ、気になって眠れないとか、この音のために体調が悪いなどという問題に対処するためである。

しかし対処方法はすでに明らかになっている。適切に対処すれば何のトラブルも起こることはない。

現在騒がれている低周波音問題は、特別な問題ではなく騒音問題にすぎないが、強いて言えば低周波騒音問題というべきものである。

9. 低周波騒音問題の対処法

問題が発生した場合、まず計量法に定められた騒音計で騒音レベルを測定する。その結果が法令等で定められている騒音レベルの基準を満足すれば、低周波音を含めて法的に問題はないことになる。

例えば、騒音レベル 35dB であれば低周波音を含めて睡眠影響はない。さらに苦情があってもそれは低周波音を含めた騒音問題とは別問題である。

騒音レベルが基準を超えていれば、例えば特定の低周波数成分が顕著であれば、その音は、例えばブーンというようにはっきり聞こえる筈であるから、それを苦情者に確認し、測定するまでもなく、発生源を探索する。即ちそれと同じ音がどこから出ているが聴いて回わる。これで発生源を突きとめることができる。後は、必要な騒音の周波数分析を行い、適切な騒音低減技術を適用すればよい。

低減目標は、卓越周波数成分の音圧レベルを両隣の周波数成分の音圧レベルと同等とする。また問題となる周波数成分の発生停止程度とする。

低減技術の適用に当たっては、低減装置は大型になり、費用もかかることが多いので、対策実績豊富な専門家と十分相談して行うことが望ましい。これで問題は解決できる。

これらはすべて、現状の騒音測定器と騒音基準、騒音低減技術で対応できる話である。

ポイントは、まず音をよく聴くことから始めて、対策の方向を見極めることで、最初から実態調査まがいの測定などを行わないことである。

表 1 生活環境における超低周波音調査結果

種類	測定点数	感覚補正 G 特性音圧 レベル dB
商業系地区	37	−24)
住居系地区	62	−31
工業系地区	25	−22
自動車専用道路周辺	14	−18
一般道路周辺	12	−20
在来鉄道線周辺	5	−16
新幹線周辺	5	0
フェリー港周辺	4	−3
漁港周辺	2	−21
空港周辺	4	−5
高原	2	−45
湖畔	2	−36
滝周辺	2	−15
海岸	1	−28

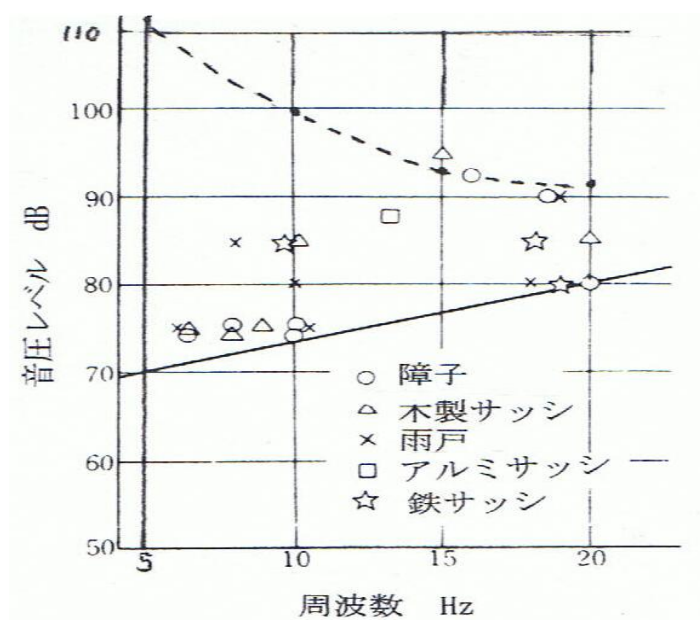


図 1 人体の感覚閾値と建具のがたつき閾値

参考文献

1. 中野有朋：超低周波音、低周波音に係る最近の課題、日本騒音制御工学会講演論文
集、2009/4
2. 〃：低周波音問題に関する最近の課題、環境管理、2009/4
3. 〃：風力発電機からの発生音について、日本騒音制御工学会講演論文集、2008/9
4. 〃：地下鉄道による戸建住宅の低周波音の評価と対策の実際、日本騒音制御工学会講
演論文集、2006/9
5. 〃：騒音レベルと等感度曲線による低周波音の評価と実際、日本騒音制御工学会講演
論文集、2006/4
6. 〃：低周波音・超低周波音トラブル解決法「あの音が私を苦しめる?」、技術書院、2005/4
7. 〃：低周波音トラブル解決策、訴訟のすすめ、日本騒音制御工学会講演論文集、2004/9
8. 〃：改訂低騒音化技術、技術書院、2003/11
9. 〃：騒音・低周波音に係る最近の問題と対策、環境管理、2003/4
10. 〃：超低周波音－基礎・測定・評価・低減対策－、技術書院、2002/8
11. 〃：超低周波音・低周波音対策事例 100 件より、日本騒音制御工学講演論文集、2001/9
12. 〃：低周波音の対策と事例、資源環境対策、2001/9
13. 〃：低周波音等対策事例ノートより⑦、環境管理、2000/6
14. 〃：超低周波音と低周波音⑥、環境管理、2000/4
15. 〃：実践騒音対策－騒音・低周波音・超低周波音－、日刊工業新聞社、2000/2
16. 〃：入門超低周波音工学、技術書院、1984/6

以上