宇山靖政

内容

音の影響の評価 5
周波数による音の分類 6
エコキュートとエネファームの違い 7
エコキュート 7
エネファーム 7
消費者安全調査委員会（エコキュート） 10
エコキュートでの被害 12
風車での被害 13
エコキュートと風車音被害の比較 14
リスク低減策 14
調査方法と調査結果の問題点 16
エコキュートと風車音の計測結果： 23
消費者安全調査委員会（エネファーム） 26
エネファームの低周波音測定結果 26
被害防止技術 30
ANC 装置 30
防音エンクロージャ 30
結論（燃料電池コジェネ） 32
結論（ガスエンジンコジェネ） 33
対策及び基本的事項に関する問題点 34
ANC 装置 34
防音エンクロージャ 34
エネファームと風車音の計測結果： 35
風車・エコキュート・エネファーム 39
補足： 42
超低周波音の計測と解析 44
アノイアンス（不快感）とラウドネス（うるささ） 47
調査とアンケート用紙 48
アンケート用紙（調査と自由意見） 48
アンケート用紙（不眠） 49
アンケート用紙（不快感） 50
実験 52
不眠症・慢性不眠症・強制不眠症（風車の場合） 54
風車の超低周波音による直接的な健康被害 56
G 特性音圧レベルの問題点 58

1/3 オクターブ解析.....61
A 特性音圧レベル（騒音レベル）.....62
振幅変調と振幅変動.....65
純音.....67
A 特性音圧レベルの推奨.....68
環境省の主張の問題点（アノイアンスとラウドネスの指標）.....71
低周波音の測定方法に関するマニュアル　平成 12 年（2000 年）10 月.....76
解決すべき目的と必要な方法.....78
風車音での被害者と加害者.....83
低周波成分が卓越する場合、A特性による評価は不適切である.....84
騒音レベル（A 特性音圧レベル）での比較.....90
低周波音の健康被害　耳の構造から見ると….....92
不眠について考えてみます。.....93
睡眠と生活習慣病との深い関係（厚生労働省）.....95
風車の影響による「強制不眠症」.....97
頭痛やめまいなどの健康影響は通常の騒音ではなかなかあらわれない。低周波音でそうした症状が起こっているのではないかと予測される。.....105
聴覚以外での健康被害.....106
振動：.....106
圧迫：.....108
環境省の指針　健康への影響を否定.....112
参照値.....112
風車騒音のように広帯域（周波数が低いものから高いものまでを含む）.....114
レベルが変動する騒音.....116
「聴覚閾値（環境省が示した参照値よりも低い)」.....119
「風車騒音は低周波音が卓越しているのは明らかだ」.....126
可聴低周波領域（20～100Hz）での比較.....126
「風車音は超低周波音（特に基本周波数）での音圧が卓越している。」.....128
「音の大きさの評価にはA特性が適している」としたが、これは 1999 年の WHO のガイドラインに反している。.....130
風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い.....134
A 特性、G 特性での重みづけとアノイアンス曲線.....138
風車騒音が大きくなれば睡眠障害の有病率が上昇する.....142
広帯域音と 1/3 オクターブ解析のグラフ.....148
風車騒音は（低周波音ではなく）通常の騒音と同様に扱ってよい.....151
指針値の根拠.....152
WHO 欧州地域事務局（2018 年）.....156
残留騒音（暗騒音）.....163
音の大きさの評価にはA特性が適している.....168
環境省の妨害.....176

４．環境省の見解と問題点 183
知見① 185
専門家の後押し 185
超低周波音（知覚できない） 202
全国 164 か所の風車（−4dB/Octave） 218
聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値 225
・大型風車による地盤振動伝播　（小野寺 英輝） 227
・聴覚以外での影響の感知（がたつき閾値） 229
・家屋の固有振動数とガタツキ 234
・聴覚以外での感知（圧力変動の感知） 247
・聴覚以外での感知（不快感など） 251
・聴覚閾値を感覚閾値に変える方法（その1） 253
・聴覚閾値を感覚閾値に変える方法（その2） 254
知見④ 264
景観 264
経済的利益 266
洋上風力では、漁民は良好な漁場を奪われます。 266
健康影響や賛否の要因 267
風車騒音の調査・予測・評価 277
知見② 293
騒音レベル（A 特性音圧レベル）での比較 298
可聴低周波領域（20～100Hz）での比較 299
風力発電施設から発生する騒音に関する指針について 310
知見③ 322
風車騒音の特徴（スウィッシュ音「振幅変調音」と純音） 322
振幅変調の意味 323
A 特性音圧レベルの変動 324
FFT を使った振幅変調の表現 327
A 特性の重みを使った振幅変調の表現 330
各成分の音圧レベル 331
振幅変調音（スウィッシュ音）の原因 333
超低周波音成分の振幅変動と高周波成分の振幅変調の関係 342
純音成分 347
諸外国の基準と風車騒音の人体影響 350
風力発電施設騒音の評価の考え方①② 357
経緯 362
低周波音はどこにでも存在する 368
環境省見解の変遷 380
昔の環境省 380
環境省の方向転換 391

最近の環境省 435
超低周波音の項目除外 439
防風スクリーンの開発 446
防風スクリーンの効果 463
風雑音と除外音処理（A 特性） 465
日本国憲法第 25 条 473
１０．健康被害と原因 474
１０．１　アノイアンスとラウドネス 474
大型風車による地盤振動伝播* 477
周辺の家の振動（野中　氏） 479
参 考 資 料―低周波音の基礎知識― 481
10．1．1　唾液コルチゾール検査 484
10．1．2 カナダ政府の風車騒音と健康に関する調査 485
10．1．3　風車音の影響 489
直接的影響と間接的影響 489
１０．２　間接的な健康影響（安眠妨害） 504
10．2．1　風車による睡眠へ影響 504
10．2．2　ガタツキ閾値 504
10．2．3　圧力変動の感知 506
10．2．4　不眠による被害 510
安眠妨害は拷問の手法 512
睡眠は、健康な生活にとって極めて重要なのです。 513
南房総市の健康だより 514
１０．３　風車音による直接的な健康被害（循環器障害と頭痛） 520
10．3．1　超低周波音の解析と発生の仕組み 520
10．3．2　圧縮と膨張 534
10．3．3　長期曝露による循環器障害 540
10．3．4　音響キャビテーションと頭痛 544
10．3．5　潜水病についての資料 554
１１．参照値、指針値、環境基準値 559
１１．１　参照値 559
１１．２　法的な側面 562
１１．３　被害の予測と指針値、環境基準値 567
１１．４　指針値マジック 578

音の影響の評価

1/3 オクターブ解析のグラフを見れば、エコキュート・エネファームの性質が風車音に似ていることは明らかです。グラフが減少関数になっているので、音のエネルギーは超低周波音の部分に集中していることが分かります。

音の影響は、うるささ（ラウドネス）と不快感（アノイアンス）として評価されることが有る。エコキュートの場合は、うるささ（アノイアンス）よりも、不快感（アノイアンス）としての影響を強く受ける。

音は、周波数が高ければ鼓膜を介して作用するものとして考えるのが合理的であるが、極端に周波数が低い場合は、体全体に対する圧力の変動として作用して圧迫感、頭痛などの不快感を引き起こします。

環境省は以前は低周波音の計測に関するマニュアルを示して、G 特性音圧レベルと 1/3 オクターブ解析を推奨していた。さらに、風の影響に注意するようにと言っていた。

この方法では、超低周波音の影響を過小評価することになります。

超低周波音の扱いに関しては、

シリーズ「低周波音に関わる苦情への対応」　－第 5 回　低周波音の診断と防止対策－

公益財団法人日本騒音制御工学会　　会長　井上保雄

には、**「20 Hz 程度以下の発生音は感覚閾値と比べて十分小さいため、発生しないとされています。」**

とあり、さらに、

風力発電についての意見聴取会（三重県松坂市、平成 21 年）において、落合博明氏は、

・10 ヘルツの閾値は大体 95 から 100 デシベル程度であり、**聞こえなければ不快感などの影響はない**ということは**専門家の一般的な意見**である。

と言っています。

The effect of infrasound and negative expectations to adverse pathological symptoms from wind farms

には、

The second generating method was employed in this study and therefore there is an inherent assumption that **if infrasound affects the human body, the principal path is via the ears. This assumption is in agreement with the status of current research on this subject.**

インフラサウンドが人体に影響を及ぼす場合、主経路は耳を通るという固有の前提が存在する。この仮定は、本分野における現在の研究状況と一致している

とある。

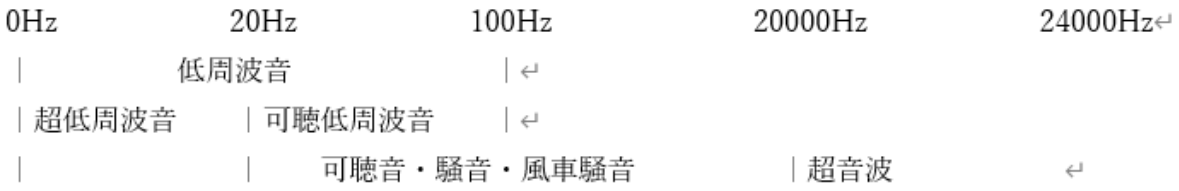
専門家は、聞こえなければ影響は無いとして、超低周波音（0～20Hz）の部分を無視して、可聴域（20Hz～20ｋHz）を中心に扱い、A 特性音圧レベルで影響を評価しようとしている。

超低周波音の影響を評価するには、波形の可視化と、詳細な周波数スペクトルが必要なのです。音の物理的な性質を調べて、その健康影響を評価するには、精密騒音計 NL-62（63）を使い、サンプリングレート 48ｋHz 以上で音圧変動を WAV ファイルとして収録して、コンピュータで解析する必要があるのです。

G 特性音圧レベル、1/3 オクターブ解析、平均化した周波数スペクトルは超低周波音の物理的な影響の解明を妨げます。

周波数による音の分類

NL-62 で、サンプリングレート 48 k Hz の場合は、



Infrasound：Sound of noise whose frequency spectrum lies mainly in the band from 1 Hz to 20 Hz.

“周波数スペクトルが主に 1Hz から 20Hz の帯域に入っている音”

ISO7196 では、1/3 オクターブ解析での中心周波数は、0.25Hz～315Hz。

空力音：ブレードの先端近くで発生する音、数百～数千 Hz。

機械音：風車内部の機器類から発生する音、10Hz～200Hz 程度。

風車音：0～24000Hz の音

風車騒音：20～20000Hz の音

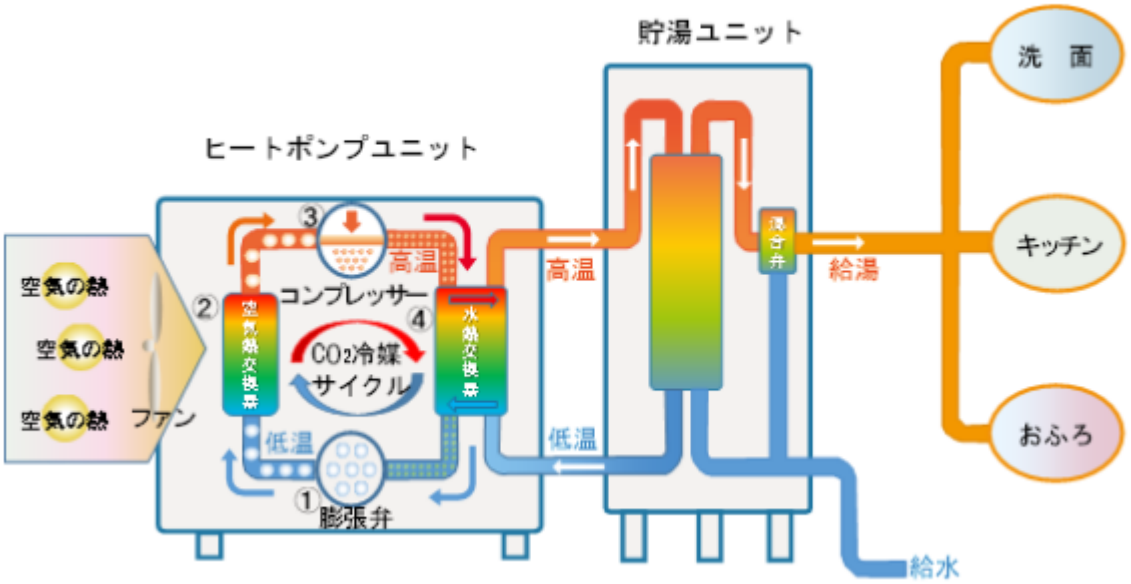
以下、詳細な説明と必要な計測および実験に関して述べます。

エコキュートとエネファームの違い

エコキュート

一番身近な省エネ給湯器とも言えるエコキュート。正式名称は『家庭用自然冷媒（CO2）ヒートポンプ給湯機』と言います。

図１　ヒートポンプ給湯機の概略図



出所：日本冷凍空調工業会のウェブサイト掲載の図を一部修正

その名のとおり、二酸化炭素（CO2）を冷媒に使用しているのが特徴です。
大気中の熱を冷媒にのせ、水をお湯にすることができます。
冷媒に使われている二酸化炭素は「ノンフロンガス」に分類される地球に優しい冷媒ガスの一種です。
オゾン層を破壊する「フロンガス」を利用していないうえ、工場で発生した二酸化炭素を利用して作られているため、冷媒ガス自体も地球に優しい仕組みとなっています。
大気中の熱を利用してお湯を沸かすため、ガスを使用する必要がなく、電気のみでお湯をわかすことができます。
ガスを利用しないため、お湯を作る際に二酸化炭素が発生せず、CO2 削減にも貢献できるのです。
エコキュートの装置は、ヒートポンプユニットと貯湯タンクの二つからなり、まとまった量の水を一気に沸かして貯湯ユニットに溜めておく仕組みです。
災害時や断水時などの緊急時に貯湯タンク内のお湯を使えるのも大きなメリットのひとつといえるでしょう。

エネファーム

エネファームはガスを使ってお湯を沸かします。
エネファームの正式名称は『家庭用燃料電池コージェネレーションシステム』といい、通常のガス給湯器と違い、ガスを使って発電し、その排熱を利用してお湯を沸かす仕組みです。
そのため、給湯器ではなく家庭用燃料電池という位置付けになります。

エネファームは都市ガスやプロパンガスなど、ガスに含まれる成分「メタン」から水素をとりだし、空気中の酸素と化学反応を起こすことで電気を作り出します。
水素（ガス）と酸素がある限り発電することができるため、停電時にもガスが止まらなければ電気を使うことができます。
エネファームはパナソニックや京セラなど複数のメーカーが製造・販売しており、それぞれのメーカーによって大きさや形が大きく異なりますが、燃料電池ユニットと貯湯ユニット、この２つの装置で構成されているのが基本です。

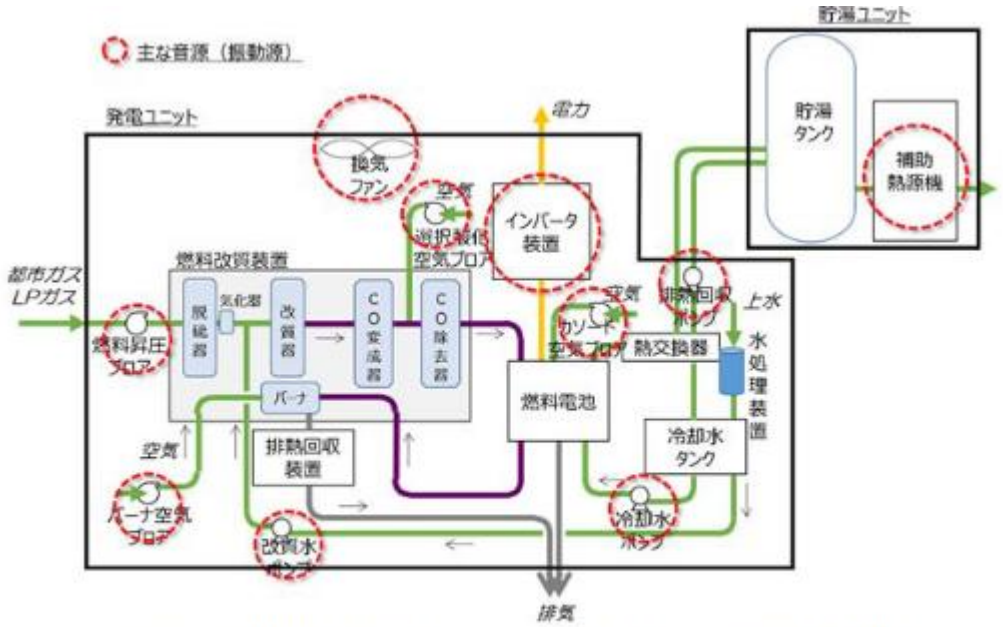


図　燃料電池コジェネの構成例（PEFC型）

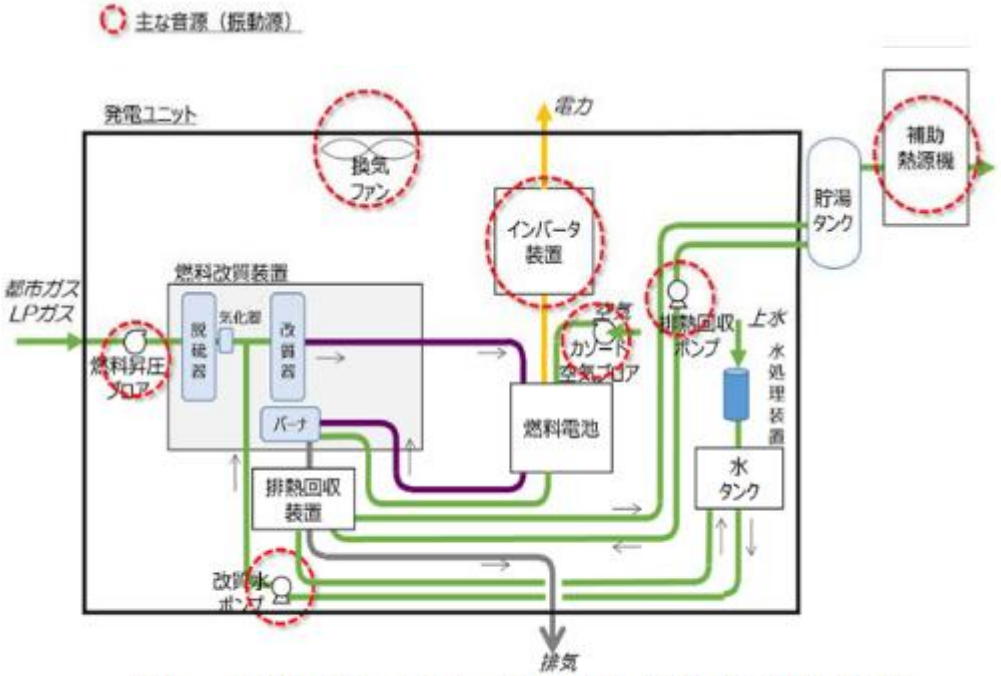


図　燃料電池コジェネの構成例（SOFC型）

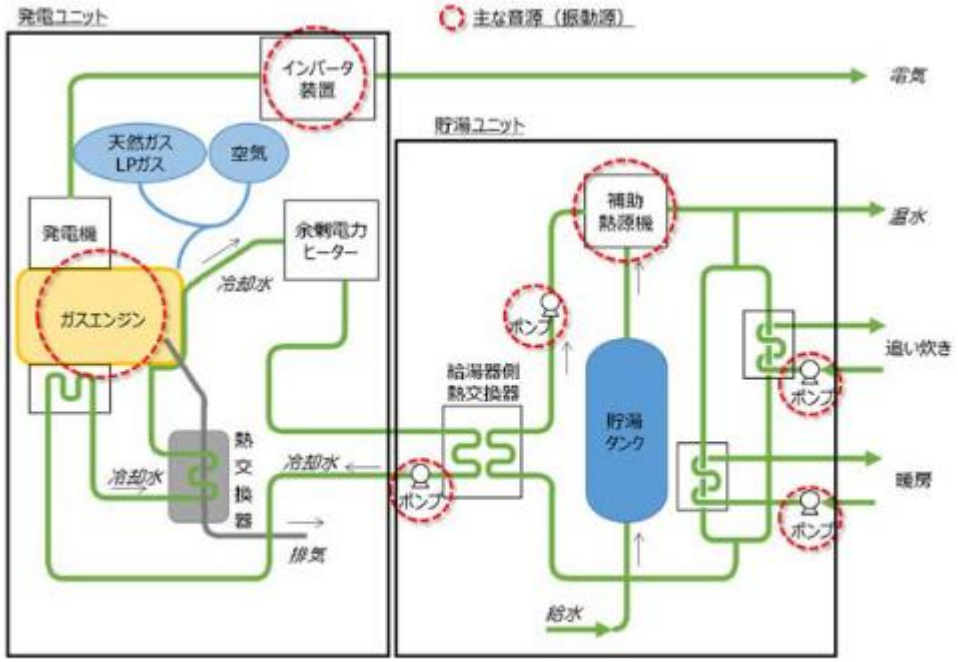


図　ガスエンジンコジェネの構成例

□ 燃料電池コジェネ

燃料電池コジェネは、都市ガスや LP ガスから水素を取り出し、燃料電池により、水素と空気中の酸素を反応させて発電すると同時に、発電時の排熱を給湯や暖房に利用する家庭用コージェネレーションシステムである。

燃料電池は化学反応に用いられる材質や水素と酸素の反応方法の違いにより、固体高分子形（ PEFC ） と 固体 酸 化 物 形（SOFC）があり、現在、家庭用の燃料電池コジェネとして主に普及しているのは固体高分子形（PEFC）である。

主な音源は、燃料となるガス、水、空気を送るための駆動部を有するポンプ、ファン、ブロア及び駆動部を有さないインバータ装置、補助熱源機がある。

□ ガスエンジンコジェネ

ガスエンジンコジェネは、都市ガスや LP ガスを燃料とするガスエンジンによって発電機を回転させて発電を行い、その際にガスエンジンから発生する排熱を給湯や暖房に利用する家庭用コージェネレーションシステムである。

主な音源は、ガスエンジンでは回転音に加えて、燃焼に必要な空気を取り入れる際に吸気音、ガスエンジンから燃焼ガスを排気する際に排気音が発生する。

このほかに、冷却水等を送るためのポンプ及び駆動部を有さないインバータ装置、補助熱源機がある。

消費者安全調査委員会（エコキュート）

エコキュート（平成 26 年 12 月 19 日）

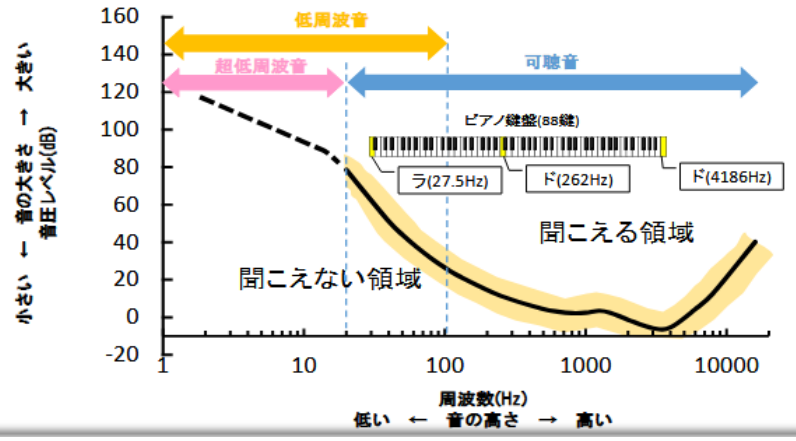
群馬県に在住するＡ氏（50 歳代男性）は、平成 21 年２月頃、**不眠、頭痛、めまい、吐き気**等を発症した。その後、同年５月頃、Ａ氏の配偶者Ｂ氏（50 歳代女性）も同じような症状を訴えた。
「これらの症状は、隣家の敷地内（自宅から約２ｍ離れた場所）に設置されている家庭用ヒートポンプ給湯機（以下「ヒートポンプ給湯機」という。）から生じる低周波音と思われる運転音・振動によるものである。」として、平成 24 年 10 月、Ａ氏及びＢ氏は消費者安全調査委員会に事故等原因調査等の申出を行った。この申出事案を以下「本件事案」という。

ここでの、調査方針は、聴覚による感知とその影響が軸になっている。
参照値を考えているが、聴覚閾値と参照値の性質の違いを見落としている。
聴覚閾値は、耳への刺激を感知できるか否かであり、うるささ（ラウドネス）との関連が深い。
参照値は、体全体に音を浴びせたときの感知であり、不快感（アノイアンス）との関連が深い。
音が体全体に対して、どの様に作用しているかを調べるには、波形の精密な計測が必要になる。
被害の内容は、人体に対する圧力変動の影響に関係が深い。体全体に対する圧力変動に注目した係争と解析方法に変更すべきである。具体的には、NL-62 を使って、ワンプリングレートを 48ｋHz にした波形収録の結果として得られる WAV ファイルを解析する必要がある。

●音に対する人の感度

音に対する人の感度は、音の周波数によって異なる。一般に、2,500Hz～4,000Hz付近が最もよく、それ以下ではおおむね周波数が低くなるほど感度が鈍くなるため、低周波音は大きな音でないと聞こえにくくなる。
なお、音の聞こえ方には個人差があり、聞こえる領域と聞こえない領域の境界線は、幅を持っていると考えられている。この境界線のことを聴覚閾（いき）値と呼ぶ。

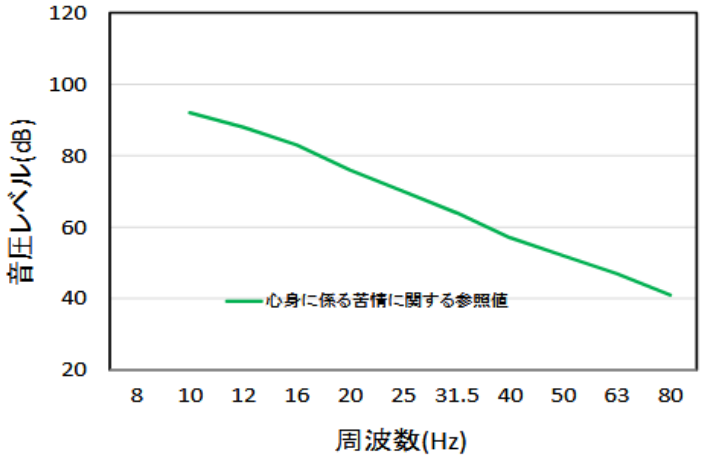
図2 人が音を知覚する周波数と音圧レベルの領域



●低周波音問題への対応指針

平成12年10月、環境庁（当時）は、地方公共団体の環境担当部局の担当者が、低周波音の苦情に対して適切に対応できるよう、「低周波音の測定方法に関するマニュアル」を作成した。その後、環境省は、平成16年6月に、「低周波音問題対応の手引書」を作成、公表した。この中で、苦情の申立が低周波音によるものかどうかを判断するための材料の１つとして「心身に係る苦情に関する参照値」（以下「参照値」という。）が示された。

図3　参照値の周波数と音圧レベルの関係



この参照値について、環境省は、以下のように説明をしている 。

「測定値がどの周波数でも『参照値』以下であれば、多くの場合、低周波音は原因ではないと考えられるので、100Hz以上の（低周波音ではない）騒音や、地盤の振動など他の原因について慎重に検討するよう手引書で示しています。問題となる周波数や原因が違っていれば、十分な対策の効果が得られないからです。ただし、感受性等に個人差があることもあり、『参照値』以下であっても低周波音が原因である場合も否定できません。この場合は、詳しく調査をするよう、『手引書』では勧めています。」

聴覚閾値の実験と参照値の実験では大きな違いがある。

聴覚閾値では、周波数が 3Hz 程度まで実験しているが、音の振動はイヤホンを使って耳に対して与えられる。

得られる数値は、聞こえるか聞こえないかの境界値である。（個人差はある）

参照値は、スピーカから音を出し、体全体で浴びる実験です。内容は不快感を感知するか否かに焦点が当てられている。不快感の内容は、圧迫感、振動感、頭痛などである。

不快感について考えれば、エコキュートでの問題と風車音での問題には共通点が多い。

エコキュートでの被害

■耳鳴り、吐き気…「低周波振動」被害者の切実な訴え（手紙より引用）

お隣の家が、私の家の庭越しに、大手メーカー製の「エコキュート」を設置しました。１～２年前のことです。エコキュートは、空気熱を交換し冷却圧縮して高温化しお湯を作るために、ヒートポンプの装置を作動させますが、その際に発生していると思われる波長の長い低周波振動（モーターの機械的な音や、それによる振動の可能性もあり）が、私の自宅のガルバリウム鋼板や高断熱気密壁を貫通して、室内にまで及んでくる状況になりました。

昼間の活動時には気付けないような微細な振動が、床や柱など自宅全体に伝わり、肉眼では感知できないほど軽微な揺れを家全体に与えているようで(何ヶ月にも渡って身をもって検証してきたので99%間違いありません)、その影響による「**耳鳴り**」や「**息切れ**」「**胸部の圧迫感**」「**動悸**」といった体調不良に悩まされています。

とりわけ２階が酷い状態です。寝室では眠れないので書斎や納戸でも寝てみましたが、発信源から遠いはずの納戸のほうが振動が大きいのです。

夜間を中心に、１日何回かのサイクルで運転される際の「ゴォ」ないし「ウォン」という、家全体を覆うようなうなり音が始まると、とたんに前記の症状があらわれてきます。昨年４月にこれが原因で発症したと思われる「耳鳴り」が大きくなるのです。

就寝時は床や布団ごしに、微細な振動が背面や臀部に伝わってきて、手足が痺れ、その振動の細かい震えが胴部・腹部・胸部にも伝わり、体全体が低周波の振動と共振するような感じになり、体内が無数の粒子で撹拌されているような「吐き気を伴う不快感」を覚えます。

このことに気づく以前は、寝室で横になると何となく床が揺れているように感じていたのですが、自身の勘違いか小さな地震ではないかくらいで済ませていました。ただ、「耳鳴り」が発症した後の６月頃、神経が過敏になっていたこともあって、お隣の空調の振動が空気孔を通して「カラカラッ」という感じで伝わってきていることや、空調の外口部が発する空気の出入りによる「耳障りな騒音」に気づきました。

それでも、夏秋と我慢して何とかやり過ごしたのですが、去年の年末ぐらいに、本格的に寒くなりエコキュートの運転が強まると、急に今まで経験したことがないような体調不良に陥りました。

おそらく、隣家にエコキュートが設置されて以来、気づかずに騒音を浴び続け、知らないうちにダメージが蓄積され、細胞レベルで蝕まれたものが自覚症状として表面化しているのではないかと思います。

事の深刻さに気づいたのはここ１週間ぐらいで、その間エコキュートが製造物責任を問う訴訟になっていることや、低周波が家を揺るがすようなエネルギーを持っていること、波長が長い分遠いところまでその影響が及ぶことなどを知りました。

すでに**横浜市の大気音環境課**に問い合わせ、**振動計や低周波音計（NL-62、波形収録無し）を借りて数値を測定**したり、区役所の無料弁護士相談もしてみましたが、もはやそんなことでは埒が明かない状態に至っています。現に今も振動が足元から伝わってきて、胸の圧迫感を感じつつ書いています。

こうした低周波の害や悪影響は、一般的には社会的に認知されていないようです。ほとんどの人は、私自身がつい最近までそうであったように、身の回りにそうした通常の感覚活動では感知できない危険が潜んでいるとは気づかないで過ごしているためもあってか、人体への影響を体感していないようです。もしくは体質によって、体感する人としない人がいるようです。

そのため、低周波を体感した人が、いくらその苦痛や辛さや不快感を訴えても、「気のせいか何かの体の病気」「精神の病による妄想」ということで片付けられてしまい、泣き寝入りで終わってしまうようです。たとえ訴訟に持ち込んでも、他の給湯器に交換するなどの和解に持ち込むのがせいぜいで、メーカー及び関連業者は、私の

ような苦情のほとんどを、ごくごく例外的な過敏症か統合的失調症として実際に処理しているようです。
今の段階では、私もそう見なされてしまうでしょう。現に製造メーカーに問い合わせても取り扱ってもらえませんでした。
ですが今の私にとっては、本当に病気になってしまうか命の危険を感じるほどに差し迫った問題であることを、何卒理解していただきたく存じます。今日、低周波音計で発生源である空調付近を計測してみたところ、国が設定する環境基準において、「心身に係る苦情としての扱いが可能な参照値を満たしている」ことが確認できましたので、今取れる対応手段として、総務省の公害等調整委員会の公害相談ダイヤルに訴えるつもりでいます――

風車での被害

「風車病の具体的な症状は？」と AI に聞いてみた。

🌪️ 風車病の症状

「風車病」とは、風力発電施設の近くに住む住民が訴える健康被害の通称です。医学的にはまだ公式な病名としては認められていませんが、風力発電施設からの超低周波音などが影響している可能性が指摘されています。

主な症状

風車病の具体的な症状として、多く報告されているものは以下の通りです:

睡眠障害：寝つきが悪くなる、眠りが浅くなる、熟睡できないなどの症状。
頭痛：持続的な頭の痛みや、頭が揺すられるような感覚。
耳鳴り：耳の中で音がする感覚。
めまい：平衡感覚の異常や立ちくらみ。
吐き気：胃の不快感や嘔吐感。
頻脈：心臓が速く脈打つ感覚。
体や胸の圧迫感：体全体や胸部に感じる、締め付けられるような不快感。
イライラ、不安：精神的なストレスや情緒不安定。
血圧上昇。

重症化した場合の症状

一部の報告では、より重篤な症状も挙げられています:

口や鼻からの出血
むくみ
全身の震え
脳の異常感
意識障害
平衡感覚異常
心筋梗塞やクモ膜下出血といった血管系の疾患

症状の軽減と科学的解明への取り組み

これらの症状は、**風車が停止している時や、居住地域から離れると軽減される**ことが多いと報告されています。しかし、現在のところ、風車病は医学的な症例として認められていないため、診断書が発行されにくく、**被害者が補償を受けられないという問題があります。**

と答えた。

エコキュートと風車音被害の比較

エコキュートでは
不眠、頭痛、めまい、吐き気

風車では、
睡眠障害：寝つきが悪くなる、眠りが浅くなる、熟睡できないなどの症状。
頭痛：持続的な頭の痛みや、頭が揺すられるような感覚。
耳鳴り：耳の中で音がする感覚。
めまい：平衡感覚の異常や立ちくらみ。
吐き気：胃の不快感や嘔吐感。
頻脈：心臓が速く脈打つ感覚。
体や胸の圧迫感：体全体や胸部に感じる、締め付けられるような不快感。
イライラ、不安：精神的なストレスや情緒不安定。
血圧上昇。

次の、リスク低減案にあるように、低周波音（超低周波音）の人体への影響を詳しく研究することが必要である。

リスク低減策
発症者の健康症状の発生にヒートポンプ給湯機の設置が関連していることは否定できないと考えられる。また、**発症者が訴える症状の程度**は、**日常の生活に支障を来すほどのものであり**、関係する行政機関、事業者等において、健康症状の発生リスクの低減や症状の軽減に向けた取組が必要と考えられる。
他方、同一の住宅に居住していても、健康症状を発生した者と発生していない者がいるが、低周波音が健康に与える影響の有無及びそのメカニズム（発症の条件、生理的な発症メカニズム等）には不明な点もある。そのメカニズムを更に解明することで、将来的な、製品改良等を通じた未然防止や、健康症状発生時の対応等の検討に寄与すると考えられる。
現時点において、万能な対策を示すことは困難であるが、こうした取組によりできるだけ発症のリスクを低減するとともに、なお残るリスクに備えて、健康症状が発生した場合の対応の改善についても併せて検討されるべきと考えられる。
（1）設置上の対策
ヒートポンプ給湯機の設置に際し、隣家の寝室の傍を避け、かつ開口部から極力距離を取ることを推進するために、据付けガイドブックの活用を促すことで、全ての事案を防げるとは限らないものの、発症リスクの低減や症状の軽減に一定の効果があると考えられる。
（2）消費者への周知
上述の据付けガイドブックに沿った設置を円滑に行うには、ヒートポンプ給湯機の所有者の理解が重要である。そのため、ヒートポンプ給湯機の購入前に、設置状況によってはヒートポンプ給湯機の運転音に起因した健康症状を訴える者が生じる可能性があることを、製品カタログに記載する等により、消費者に伝えることも有効と考えられる。

（3）低周波音の音圧レベルの表示

ヒートポンプ給湯機の運転音に含まれる低周波音の音圧レベルの表示の在り方について検討し、消費者の選択に資することが考えられる。また、こうした表示制度の普及が製造事業者による低周波音低減のための製品開発を促すことにもつながると考えられる。

（4）運転音の改善

根本的なリスク低減策としては、ヒートポンプ給湯機から生じる卓越した低周波音領域の音圧レベルの低減等に向け、製品開発を行っていくことが有効と考えられる。

（5）低周波音による人体への影響についての研究

同一の住宅に居住していても、健康症状を発生した者と発生していない者がいるなど、**低周波音による人体への影響の有無及びそのメカニズム（発症の条件、生理的な発症メカニズム等）には不明な点もある**。

こうしたメカニズムの解明は、製品改良等を通じた未然防止や、健康症状発生時の対応等の検討に寄与すると考えられる。

（6）健康症状が発生した場合の対応

ヒートポンプ給湯機から生じる運転音・振動によって健康症状が生じたとの訴えがあった事案について、既設のヒートポンプ給湯機も含めて、製造事業者は、個々の事案に応じて、健康症状の軽減に向けたヒートポンプ給湯機に関する具体的な対策を検討し提案するとともに、その履行がなされるように取り計らうなど丁寧に対応すべきである。

また、環境省が定めた参照値があたかも基準値であるかのように扱われている事例がみられた。健康症状の発生には個人の特性等も影響すると考えられ、一定の音圧レベルによって一律に対応すべきものではなく、参照値以下であっても慎重な判断が必要な場合があることについて、一層明確に周知すべきである。

さらに、紛争となった場合の地方公共団体における適切な公害苦情対応についても検討すべきである。

「（５）**低周波音による人体への影響についての研究**
同一の住宅に居住していても、健康症状を発生した者と発生していない者がいるなど、**低周波音による人体への影響の有無及びそのメカニズム（発症の条件、生理的な発症メカニズム等）には不明な点もある。**
こうしたメカニズムの解明は、製品改良等を通じた未然防止や、健康症状発生時の対応等の検討に寄与すると考えられる。」
と言いながら、

低周波音問題への対応指針
平成 12 年 10 月、環境庁（当時）は、地方公共団体の環境担当部局の担当者が、低周波音の苦情に対して適切に対応できるよう、「**低周波音の測定方法に関するマニュアル**」を作成した。その後、環境省は、平成 16 年 6 月に、「低周波音問題対応の手引書」を作成、公表した。この中で、苦情の申立が低周波音によるものかどうかを判断するための材料の 1 つとして「**心身に係る苦情に関する参照値」（以下「参照値」という。）**が示された。
この参照値について、環境省は、以下のように説明をしている 。
「測定値がどの周波数でも『参照値』以下であれば、多くの場合、低周波音は原因ではないと考えられるので、100Hz 以上の（低周波音ではない）騒音や、地盤の振動など他の原因について慎重に検討するよう手引書で示しています。問題となる周波数や原因が違っていれば、十分な対策の効果が得られないからです。ただし、感受性等に個人差があることもあり、
『参照値』以下であっても低周波音が原因である場合も否定できません。この場合は、詳しく調査をするよう、『手引書』では勧めています。」

この方針では、G 特性音圧レベル、1/3 オクターブ解析、平均化した周波数スペクトルを使うことになるので、超低周波音の物理的な影響の解明が出来ません。

消費者安全法第 23 条第 1 項に基づく事故等原因調査報告書
家庭用ヒートポンプ給湯機から生じる運転音・振動により不眠等の健康症状が発生したとの申出事案（エコキュート）　平成 26 年 12 月 19 日　消費者安全調査委員会
の p 36 には、
「測定・分析方法については、環境省「**低周波音の測定方法に関するマニュアル**」にできる限り沿って実施した。」
とある。

低周波音の測定方法に関するマニュアル　平成 12 年 10 月
には、
5.1.1 測定量
（1）　低周波音の感覚及び睡眠への影響に関する評価に用いる測定量
超低周波音の感覚及び睡眠への影響に関しては、**G 特性音圧レベルを測定する。**
G 特性を持たない低周波音圧レベル計を用いる場合には、実時間周波数分析器等を用いて **1/3 オクターブバン**

ドで周波数分析を行い、周波数分析結果に G 特性補正値（表-1.1 参照）を加えた後、エネルギー加算して G 特性音圧レベルを計算で求めてもよい。なお、衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブ**バンド音圧レベルから** G 特性音圧レベルを求めるのが望ましい。 G 特性音圧レベルの計算例を表-5.1 に示す。
また、必要に応じて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド音圧レベル（衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブバンド音圧レベル）を測定する。
（2） 低周波音の建具等の**がたつき**に関する評価に用いる測定量
低周波音の建具等のがたつきに関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド中心周波数 **1～50Hz** の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。
（3） 低周波音の**圧迫感・振動感**に関する評価に用いる測定量
低周波音の圧迫感・振動感に関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて、1/3 オクターブバンド中心周波数 **1～80Hz** の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。
（4）風の影響
低周波音の測定では、風の影響を強く受ける。対象とする低周波音の音圧レベルが小さいほど、周波数が低いほど風の影響を受けやすい。風の強さは季節や、時刻によっても異なる。季節別では、冬型の気象配置のときなどは季節風が強く吹いて測定が難しい。一日のうちでは、早朝や夕方の凪のときは比較的風が穏やかで測定がやりやすい。
風雑音によるレベルの上昇は不規則かつ不安定で、風の強い場合には人が測定器にはりついて風雑音と対象音とを逐次仕分けしてやらないと、何を測っているかわからないことになる。大きな音圧レベルが発生したのは実は風によるものだったというようなことになりかねないので特に注意が必要である。**風が強いときは低周波音の測定をしないほうが無難である。**
とあり、

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”
には、
“2.3.5 風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”
とあり、７ページでは、
“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）
風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。
風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。
（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“
となっている。

図19　無響室でのヒートポンプ給湯機の分析結果

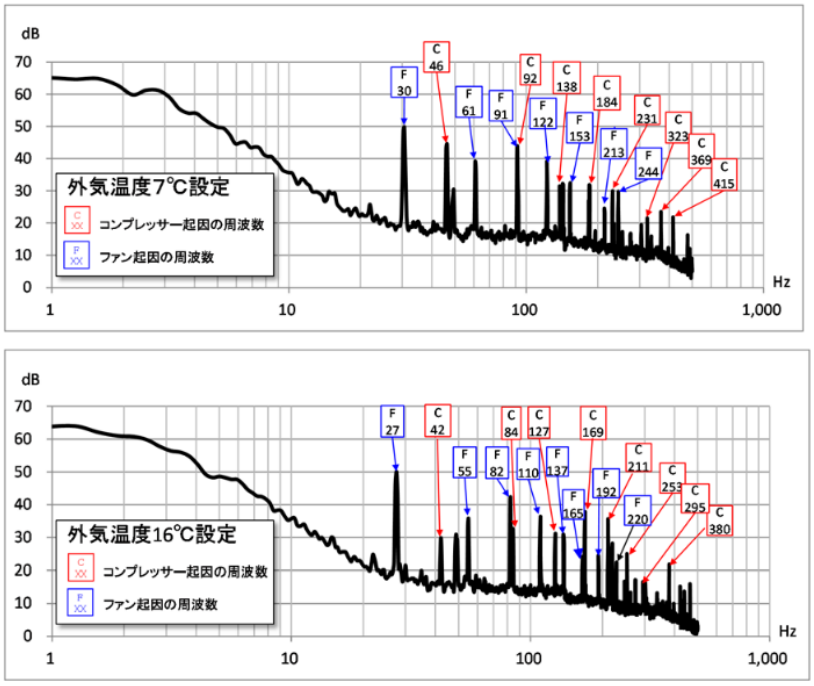
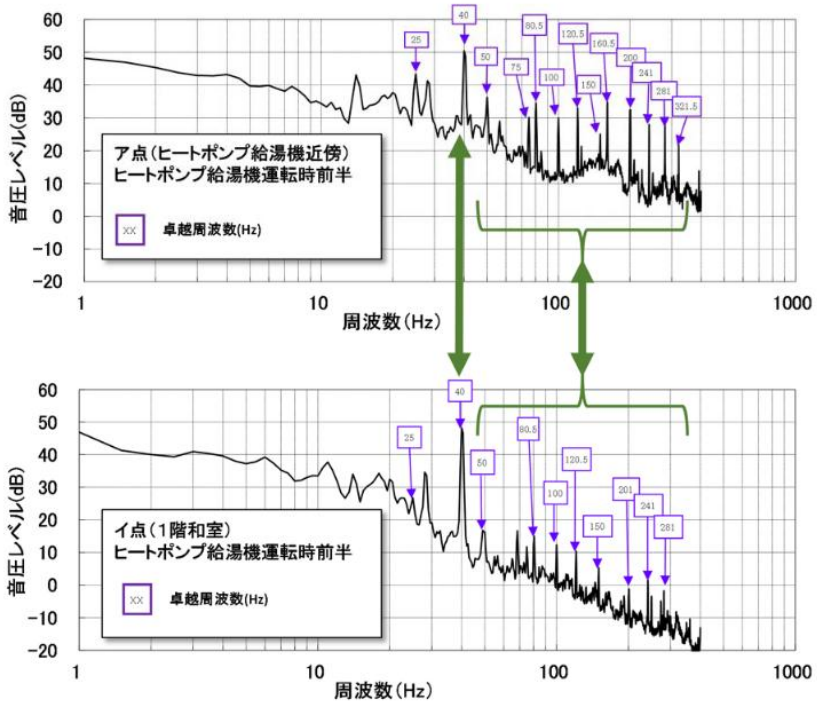


図18　ア点（ヒートポンプ給湯機近傍）とイ点（１階和室）の
ＦＦＴ分析結果の比較

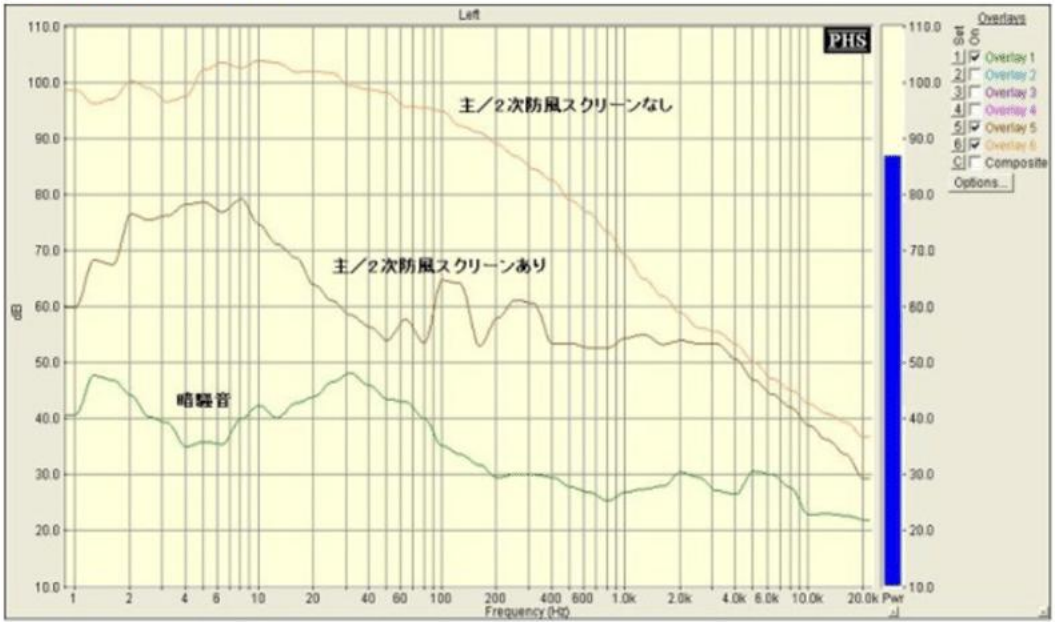


を比べると、1Hz では、65ｄＢと 45ｄＢで 20ｄＢの差がある。
この原因としては、二重防風数リーンを使った可能性がある。

二重防風スクリーンを付けると、かなり減衰した音圧レベルになる。

２次防風スクリーン Φ460×230(H)
主防風スクリーン Φ90半割内蔵
組　　立　：簡易取り付け方式（約10分）

【風切音減少効果】



上のグラフから減衰量を調べると、

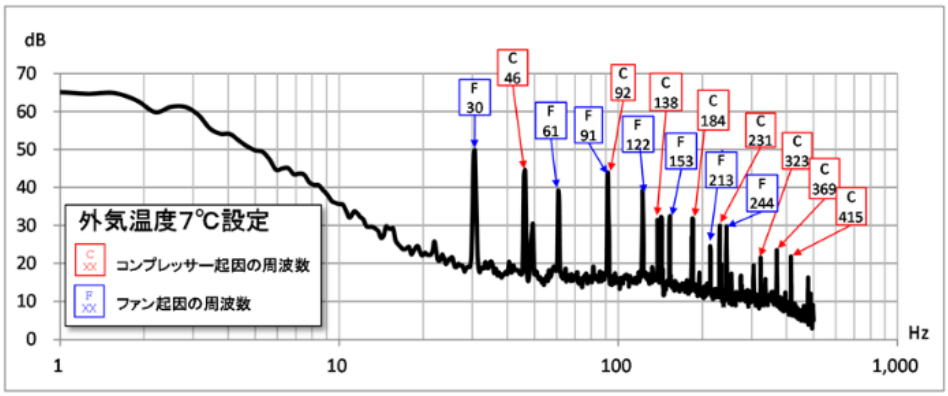
二重防風スクリーンによる減衰

Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
減衰	38	27	28	24	22	21	20	23	25	23	28	30	32	39	40	41	42	43	39	41

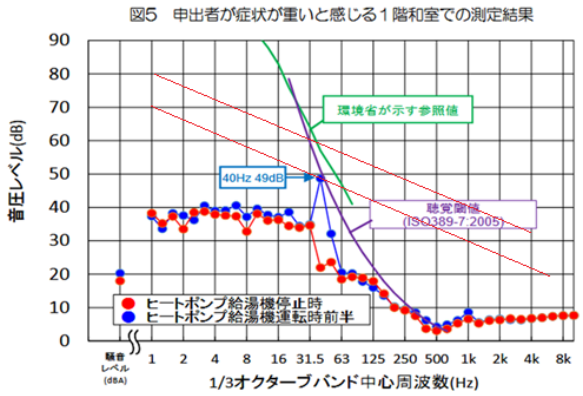
となる。上の資料では、5Hz では、23ｄＢの減衰であるが、計測結果では、5Ｈｚで 10ｄＢ程度の差がある。
この原因は計測方法が書かれていないので不明である。

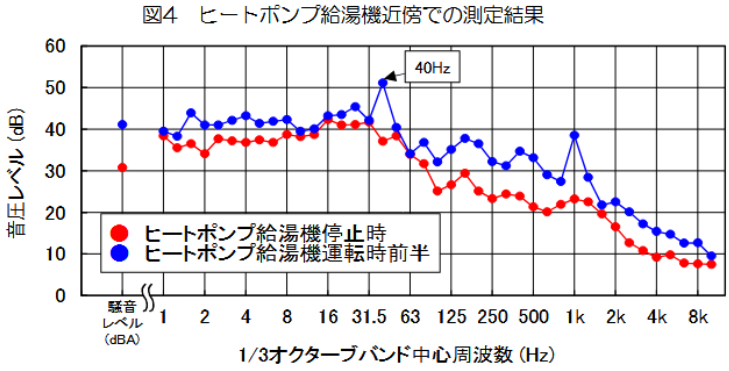
次は、1/3 オクターブ解析のグラフでの平均化の問題であるが、

図19　無響室でのヒートポンプ給湯機の分析結果



平坦特性での 1/3 オクターブ解析のグラフと風車音の比較



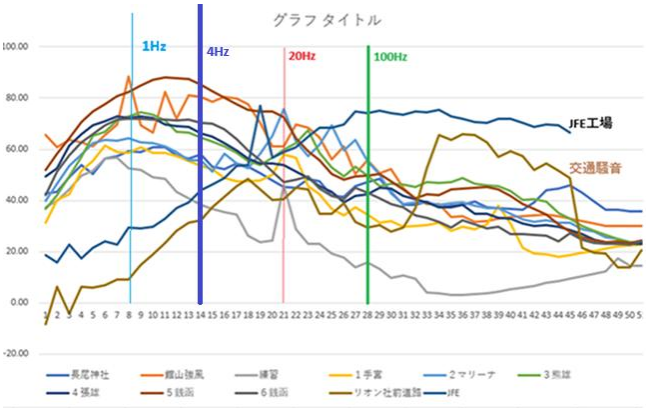


1/3 オクターブ解析では、超低周波音の領域での音圧レベルは、40ｄＢ程度の一定の値になっている。これは、各周波数成分の音圧が一定だと言う意味ではない。

横目盛	0.5	1	2	4	8	16	32
音圧	1	1/1.414	1/(1.414)^2	1/(1.414)^3	1/(1.414)^4	1/(1.414)^5	1/(1.414)^6
音圧	1.0000	0.7072	0.5002	0.3537	0.2502	0.1769	0.1251
音圧*音圧	1.0000	0.5002	0.2502	0.1251	0.0626	0.0313	0.0157
幅＊音圧^2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5006	0.50076	0.50091
10*log	-3	-3.01	-3.008	-3.01	-3.005	-3.0037	-3.0024
43+10log	40	40	40	40	40	40	40

1 オクターブ当たり、音圧が 1/√2 になれば、音圧レベルは一定になる。
従って、1/3 オクターブ解析のグラフが水平なら、横軸が線形目盛で縦軸が音圧または音圧レベルならば、グラフは減少関数になる。

次のグラフの減少関数となっているものが、風車音です。エコキュートの音もよく似た性質を持っています。



屋外で計測したときの精密騒音計の機種、二重防風スクリーンの有無、サンプリングレート、計測時間や、計測結果の WAV ファイル、などを確認する必要がある。

超低周波音の影響を調べるには、NL-63 での波形計測と、周波数スペクトルの精密な計算が必要となる。

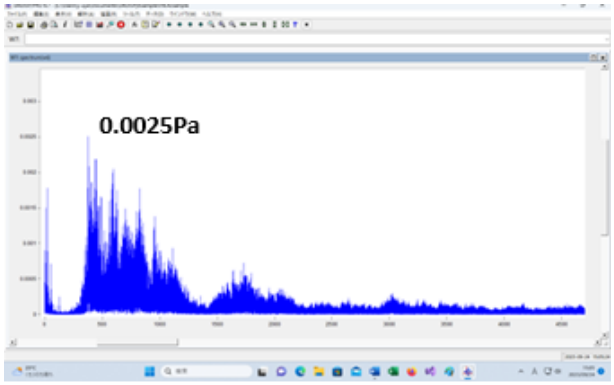
1/3 オクターブ解析での音圧レベルを見れば、超低周波音の成分での音圧は高いが、60Hz 以上の成分に関しては、周波数が上がるにつれて、音圧が急激に減少していることを意味している。

60Hz 以上の領域で減少関数になっているので、風車音のグラフに似た形であり、エコキュートの音は周波数が上がると急激に減少する。

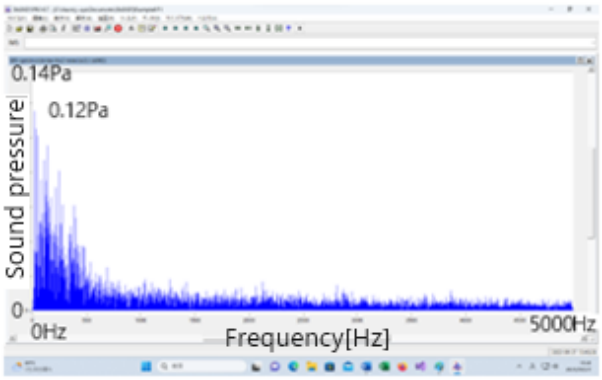
周波数成分が広い範囲で分布していれば、交通騒音や JFE の工場音の様に、増加関数のグラフになる。

周波数スペクトル(0～5ｋHz)

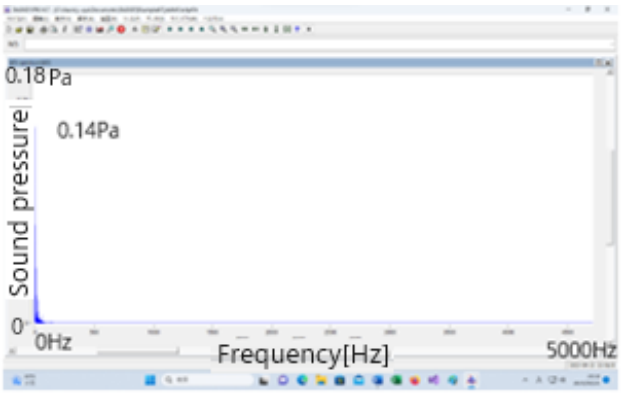
交通騒音(0～5ｋHz)：最大 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）



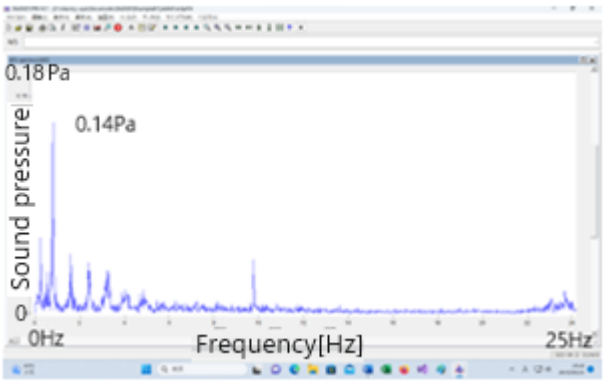
製鉄所(0～5ｋHz)；最大 0.12[Pa](12Hz)



風車音(0～5000Hz)；最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)

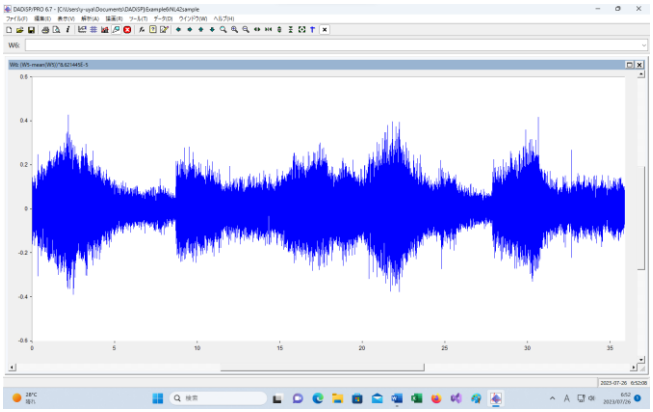


風車音(0～24Hz)；最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)

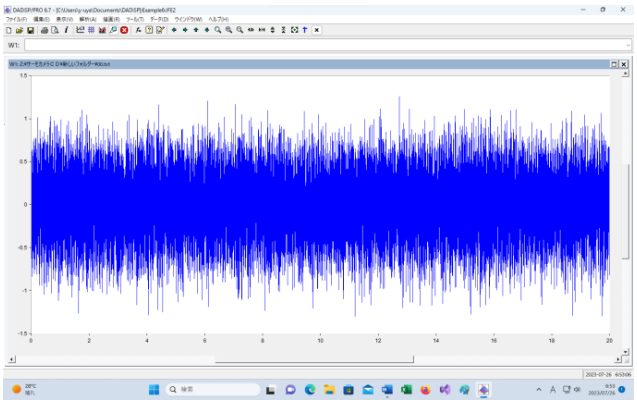


波形の違い：

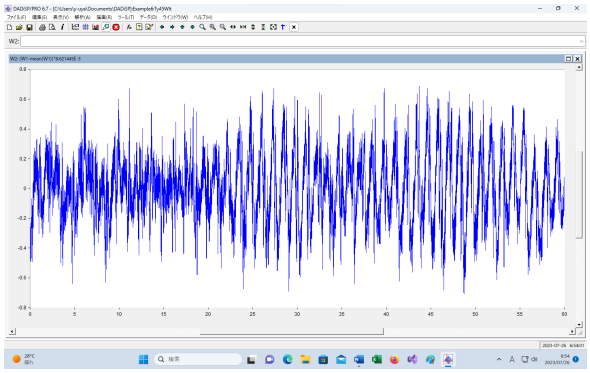
リオン社前の交通騒音



JFE の製鉄所内の音

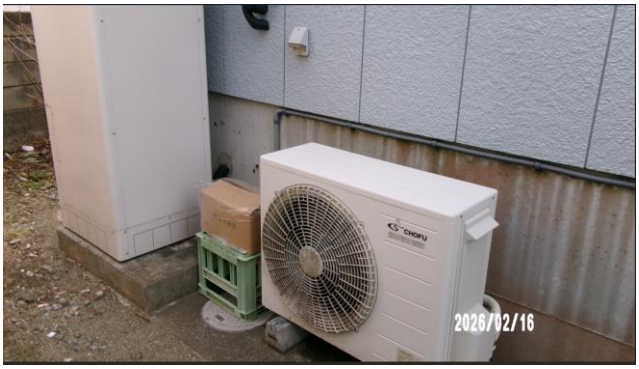


館山の風車音



エコキュートと風車音の計測結果：

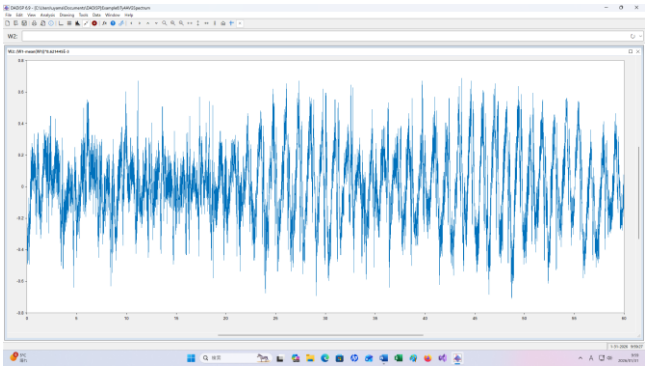
エコキュートの音を計測した場所：



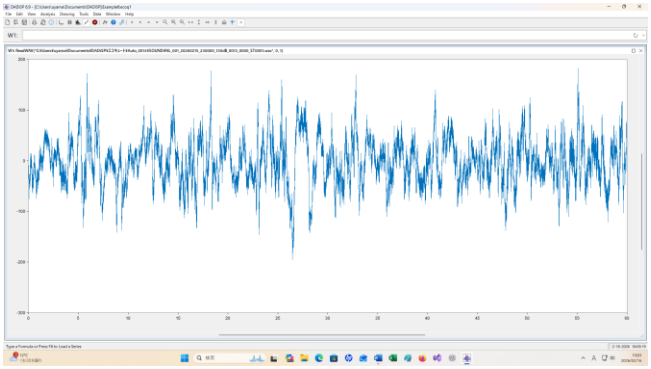


波形：

風車音の波形



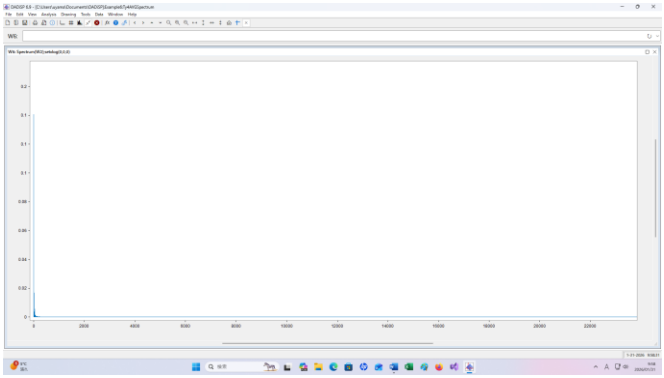
エコキュートの波形



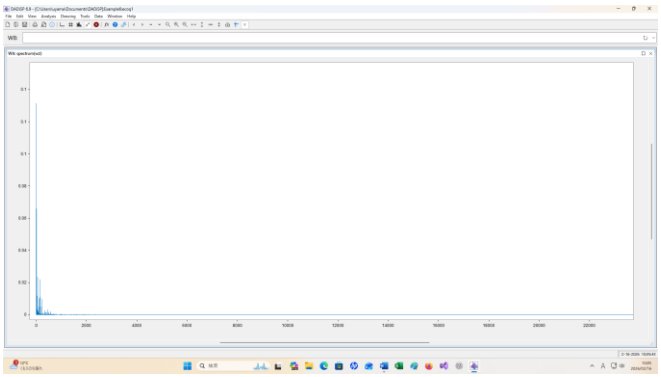
どちらもグラフがスカスカです。

周波数スペクトル。縦軸の単位は Pa、横軸が Hz で線形目盛です。

風車



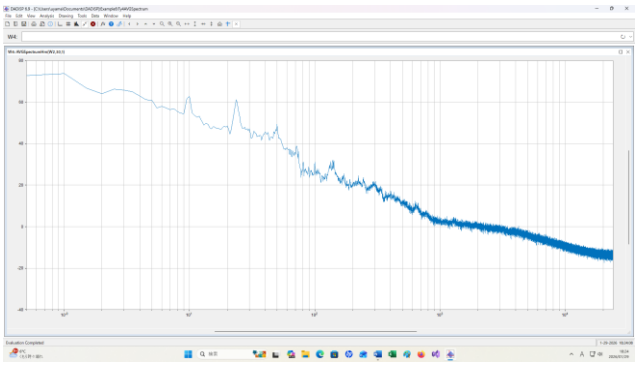
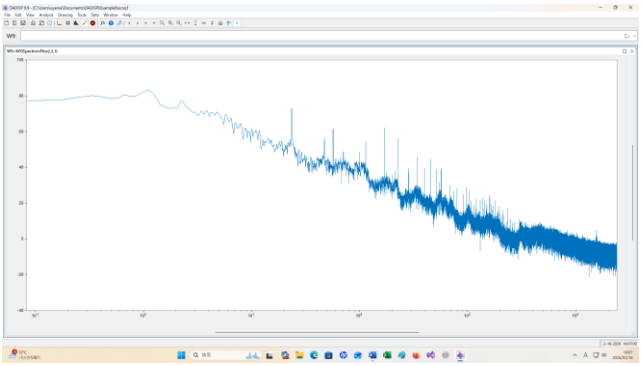
エコキュート



どちらも、超低周波音の成分以外は微弱です。

音圧レベル（平均したグラフ、横軸は対数目盛）

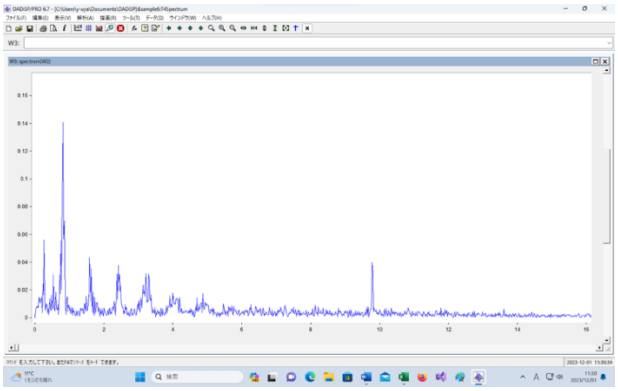
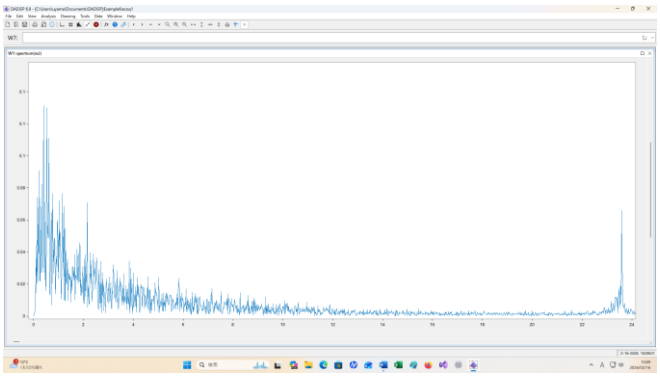
風車　　エコキュート

ＦＦＴから平均化した周波数スペクトルのグラフを作ったものですが、よく似ています。

周波数スペクトル（0～24Hz の部分）

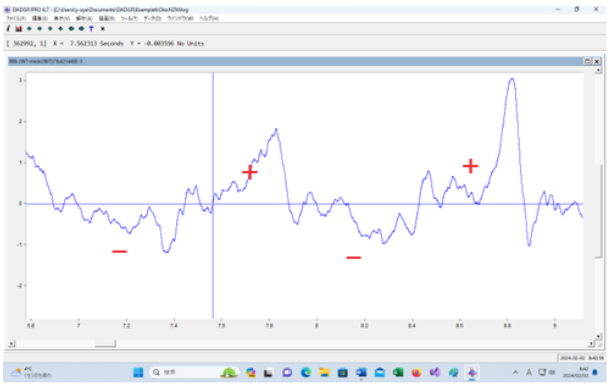
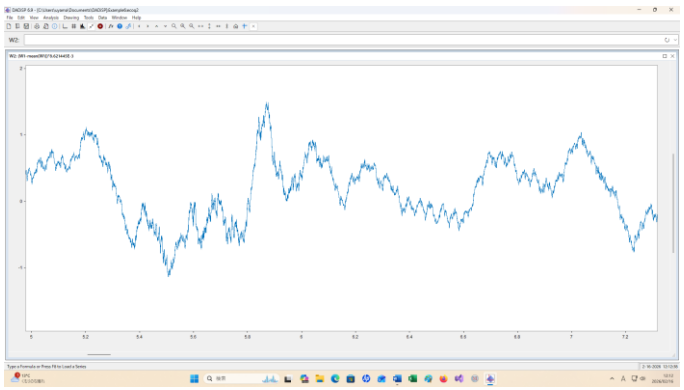
風車　　エコキュート

風車音の方は規則的で離散的な性質が目立つ。エコキュートでは音圧の規則性が薄れている。

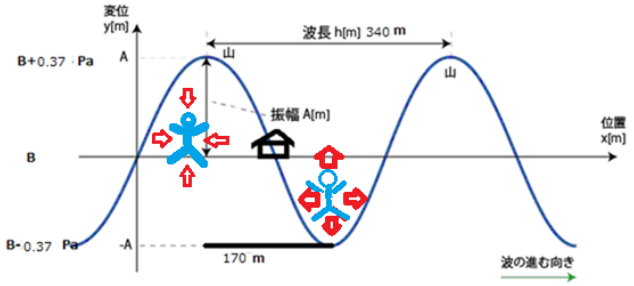
2.2 秒間の波形

風車（2.2 秒間）　　エコキュート（2.2 秒間）

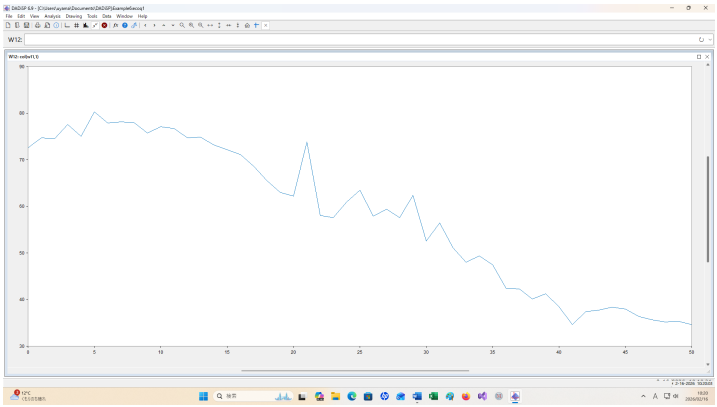



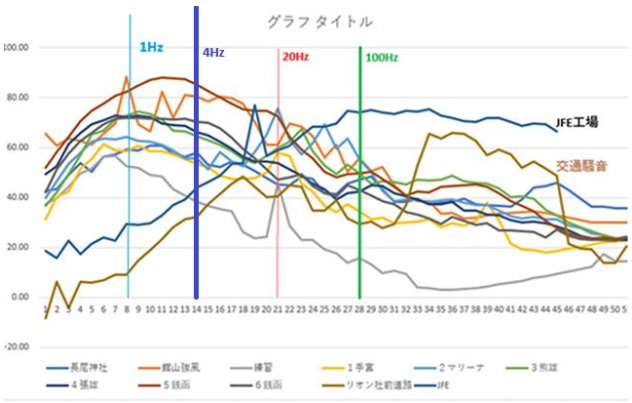
よく似ている。人体を圧縮膨張させる性質を持っている。

従って、人体に対する圧力変動が起きる。



1/3 オクターブ解析（平坦特性、0.25Hz～20000Hz）





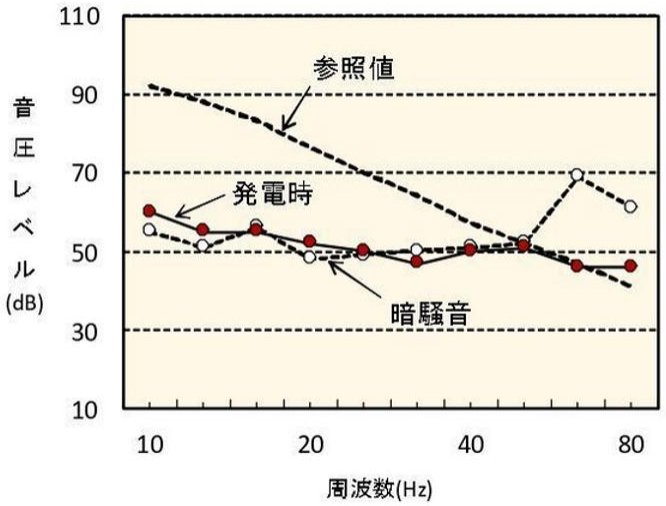
周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24 k Hz	0～24 k Hz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.83E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2
エコキュート	7.39E-04	3.30E-05	9.74E-07	7.73E-04	W/m2

消費者安全調査委員会（エネファーム）

調査の対象は、家庭用燃料電池コージェネレーションシステム及び家庭用ガスエンジンコージェネレーションシステムから生じる運転音によって、**不眠等の症状が発生した**とされる事案である。
消費者安全調査委員会（以下「調査委員会」という。）に対して事故等原因調査の申出がなされた件数に加えて、消費者庁の事故情報データバンクに登録された相談件数を事案数として集計した。

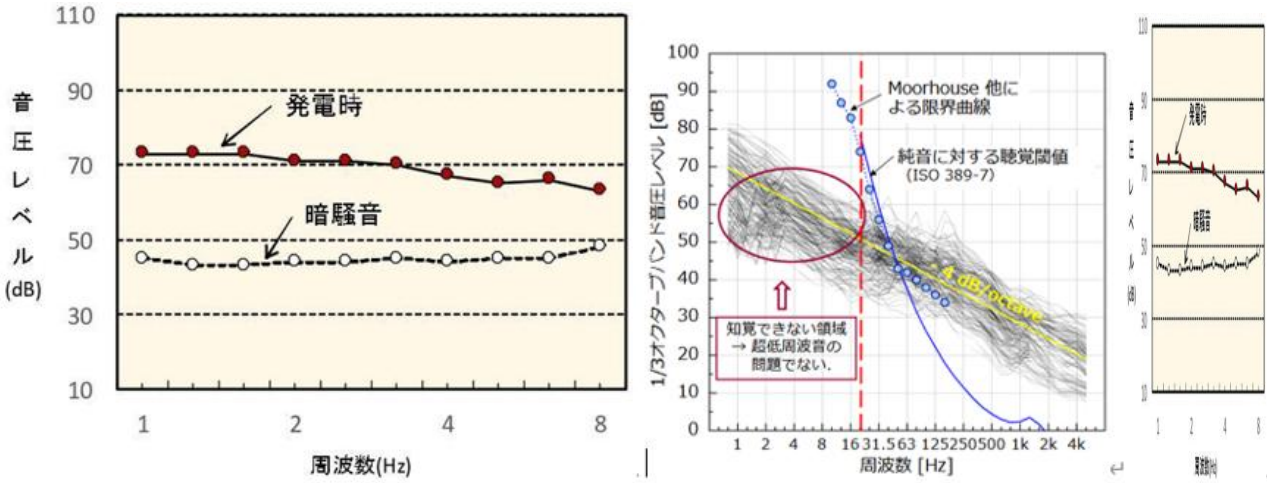
エネファームの低周波音測定結果

発電機稼働時の低周波騒音に関しては、暗騒音に較べ＋３ｄＢという有意なレベル差が認められましたが（２回測定したが同じ結果)、１/３オクターブバンドの１０Ｈｚから８０Ｈｚの範囲の音圧レベルでは、下図に示すように個々の周波数で若干の差が見られただけで、卓越周波数などは見られませんでした。しかも、環境省の参照値よりは大幅にレベルは小さく、この結果を見ればエネファームの低周波音が問題となることは殆ど考えられない結果でした。８０Ｈｚ付近では参照値と同等以上のように見えますが、これは暗騒音の影響と考えられ、それを取り除けば参照値以下になり問題ありません。



エネファームの低周波音測定結果(1)（測定：騒音問題総合研究所）

ところが、話はこれで終わりませんでした。１０Ｈｚより下の１Ｈｚから８Ｈｚまでの超低周波数領域のレベルを分析すると、発電機稼働時には、下図に示すように暗騒音に比べて２０ｄＢから３０ｄＢの大幅な増加が見られたのです。具体的に言えば、１Ｈｚでは４４ｄＢが７３ｄＢ（＋２９ｄＢ)に、５Ｈｚでは４５ｄＢが６４ｄＢ（＋１９ｄＢ)に、８Ｈｚでは４７ｄＢが６３ｄＢ（＋１６ｄＢ)に増加していたのです。これは明らかにエネファームの低周波音（超低周波音）が卓越した状態です。



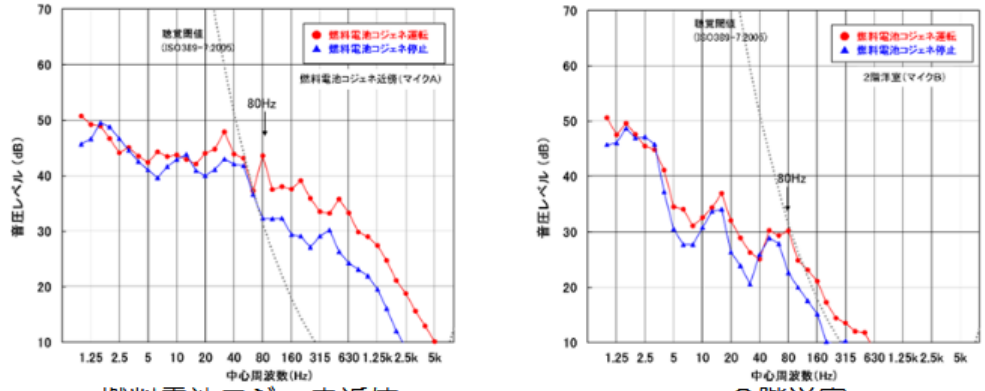
エネファームの低周波音測定結果(2)（測定：騒音問題総合研究所）

しかし、この超低周波音が身体的にどの程度の影響があるのかは現時点では何とも言えません。環境省の参照値も１０Ｈｚ以上についてしか示されていませんから、参照値の対象周波数外である１ヘルツから８ヘルツの超低周波数音が人体に与える影響は明らかではありません。個人差や機種の違いの差なども考えれば、エネファームの低周波音に対する確定的な評価は困難としか言いようがありません。

ただ、何の音の知識もない家庭の主婦が、**めまいや耳鳴り、酷いときには吐き気も催したというのは厳然とした事実**であり、それを考えると、エネファームによって１Ｈｚ～８Ｈｚという超低周波数の騒音が発生し、それが人体に影響を与えていたのは否定できない事実のように思えます。**参照値以下**の場合でも**低周波音の被害を訴える人がいる**ことは事実で、これを今までは単なる個人差として済ませてきたのですが、この周波数域の超低周波音が関係していることも考えられます。今後、これらについての新たな調査や研究が必要ではないかと考えています。

□　燃料電池コジェネ　（調査対象者Ｆ４の事例）

燃料電池コジェネ近傍、２階洋室で、80Hzの中心周波数において、停止状態と比べて運転状態（推測）のときに音圧レベルの上昇がみられた。このとき燃料電池コジェネ近傍で約10dB、２階洋室で約６dB上昇している。特に２階洋室での中心周波数80Hzの音圧レベルは約30dBであり、聴覚閾値(いきち)（31.5dB）と同等であった。



燃料電池コジェネ近傍　　２階洋室

図　1/3オクターブバンド周波数分析結果

体感調査では、17時頃の調査開始から23時頃の調査終了まで、一部の時間を除き、「（音が）継続している。」という回答であった。

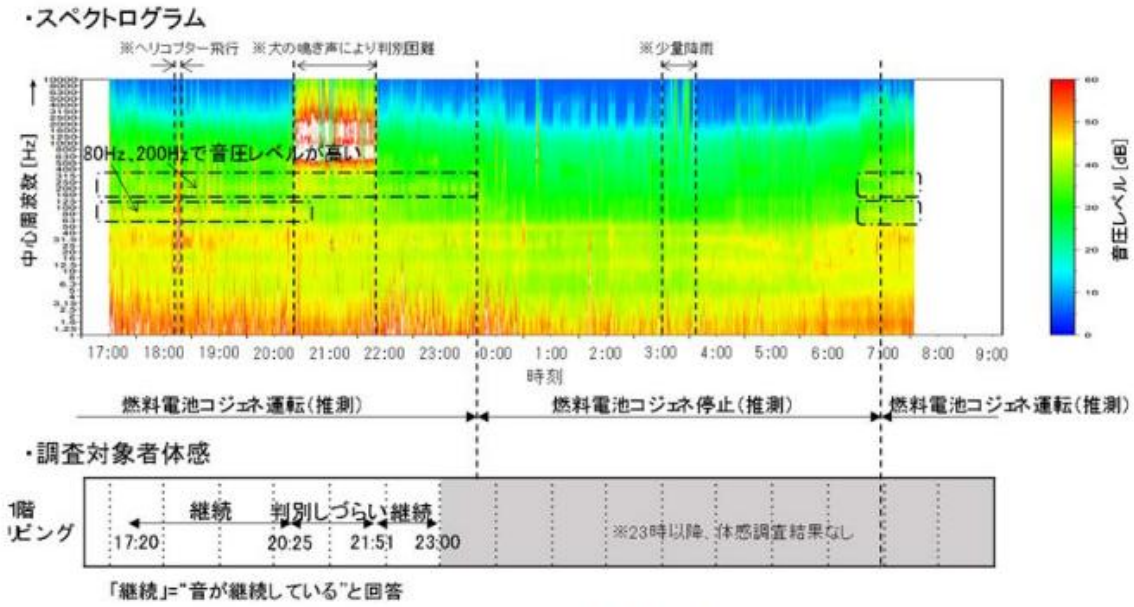


図　体感調査結果

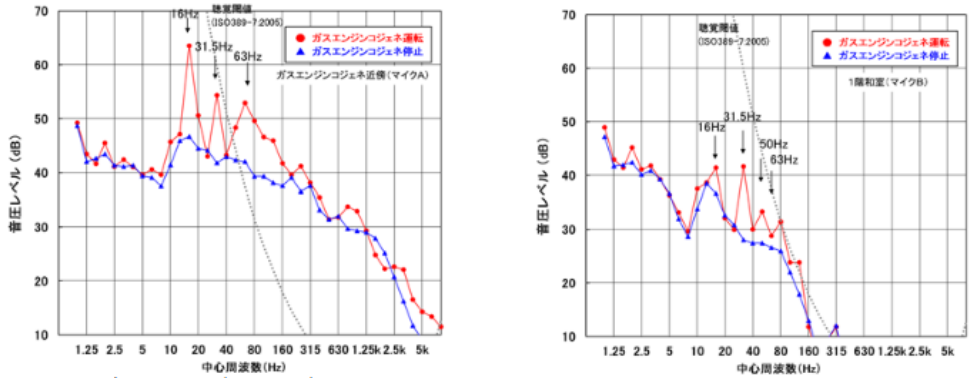
Wavelet 解析のグラフを見ると、17 時～23 時まで継続しているのは、超低周波音の部分である。

21：51～23：00 では、継続となっているが、継続しているのは超低周波音の部分である。

20：25～21：51 については、可聴域での音圧レベルが高いにもかかわらず、判別できていない。この範囲では、超低周波音の音圧レベルがやや低い。

□　ガスエンジンコジェネ（調査対象者G４の事例）

ガスエンジンコジェネ近傍では、運転状態において16Hz、31.5Hz、50Hzから125Hzまでの中心周波数で音圧レベルの上昇がみられた。１階和室では16Hz、31.5Hz、50Hzから125Hzまでの中心周波数で音圧レベルの上昇がみられた。このうち80Hzから125Hzまでは、聴覚閾値(いきち)と同等であった。



ガスエンジンコジェネ近傍　　１階和室

図　1/3オクターブバンド周波数分析結果

体感調査では、調査対象者は調査開始から終了まで、就寝中を除いて、ガスエンジンコジェネが運転しているときには「（音が）継続している。」と回答し、停止しているときには「（音が）ない。」と回答した。

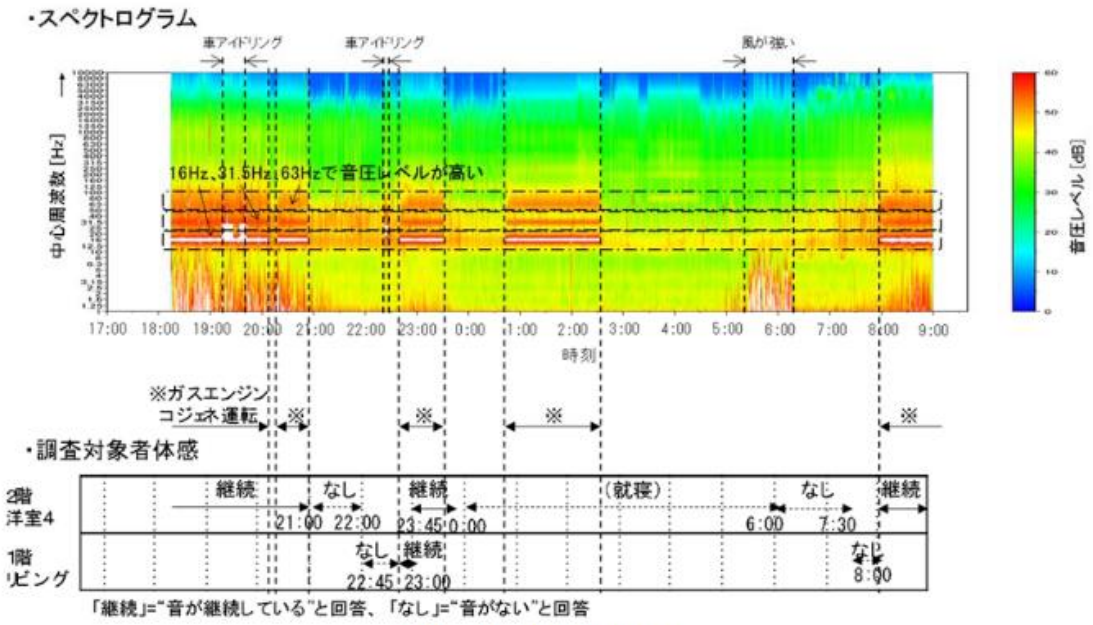


図　体感調査結果

このグラフでは、1：00～2：30 あたりで、「継続」となっても不思議は無いが、継続とはなっていない。

この辺りでは、超低周波音の音圧レベルはかなり低い。

5：00～6：10 あたりの判断に関しては、周波数成分ごとの音圧レベルが必要になる。

ANC 装置

ANC装置の制御対象とする燃料電池コジェネの運転音の周波数は200Hz以下とした。ANC装置を作動した場合に、80Hzから200Hzまでの中心周波数において、10dB程度音圧レベルが低減した。特に、80Hzから125Hzまでの中心周波数では、聴覚閾値（いきち）と同等かそれ以下の音圧レベルになった。なお、制御範囲以外では、ANC装置の作動により音圧レベルが上昇しているところもあった。

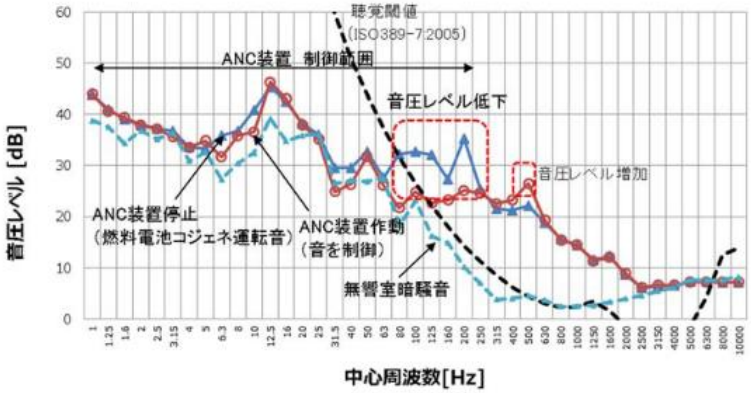


図　1/3オクターブバンド周波数分析結果（ANC装置）

防音エンクロージャ

防音エンクロージャの設置前と比べて、防音エンクロージャを設置することで80Hzから2,000Hzまでの中心周波数で、10dBから20dB程度音圧レベルが低減し、ほぼ、燃料電池コジェネ停止状態（無響室の暗騒音）と同等の音圧レベルであった。特に1,250Hzまでの中心周波数では、聴覚閾値（いきち）と同等かそれよりも下回った音圧レベルとなった。

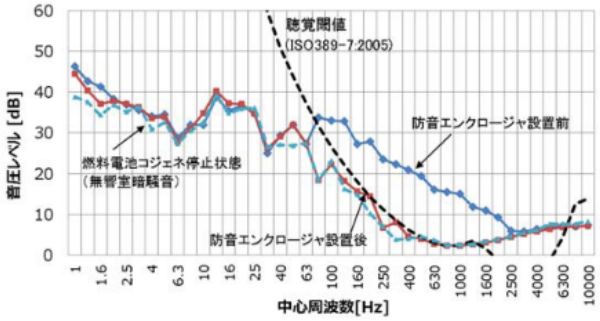


図　1/3オクターブバンド周波数分析結果（防音エンクロージャ）

（燃料電池コジェネ）

マスキング音を発生させたところ、97Hzのピーク周波数はマスキング音の幅広い周波数域の音に埋もれる形となった。

調査対象者Ｆ14はマスキング音を発生させる前には、燃料電池コジェネの運転音を感じ不快であるとしていたが、マスキング音を発生させることによって、これまで気になっていた「（燃料電池コジェネの）運転音が消えた。」として、燃料電池コジェネの運転音を感じず、不快も感じないと回答した。

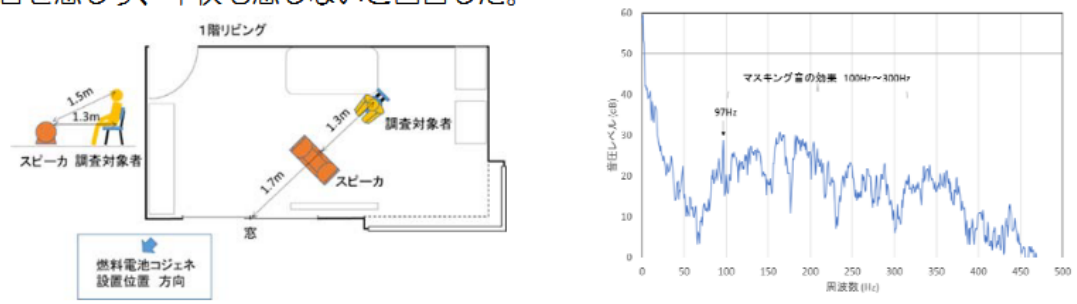


図　マスキング調査概要及びFFT分析結果

別の調査対象者Ｆ４は、気になる燃料電池コジェネの運転音について、マスキング音を発生させる前には「“カラカラ”という音を感じる。」としていたが、マスキング音を発生させた際には、「マスキング音の“ザー”という音だけを感じる。」とし、燃料電池コジェネ及びマスキング音のいずれも不快には感じないと回答した。ただし、「短時間なら聞き流せる程度である。」としている。なお、音量を上げた場合、「“ザー”という音が耳障りである。」とし、同様に音量を下げた場合、「“ザー”という音と“カラカラ”という音の両方を感じる。」としていた。

（ガスエンジンコジェネ）

調査対象者Ｇ１は、気になるガスエンジンコジェネの運転音とマスキング音を別々の音として認識し、「マスキング音はガスエンジンコジェネの運転音よりも高い音である。」と回答し、調査対象者の症状は軽減されなかった。最も音圧レベルが高い32Hzのピーク周波数が、調査対象者が気になるガスエンジンコジェネの運転音であると考えられるが、本調査ではおよそ90Hz以下の周波数域のマスキング音を十分再生できず、マスキングの効果が得られなかったと考えられる。

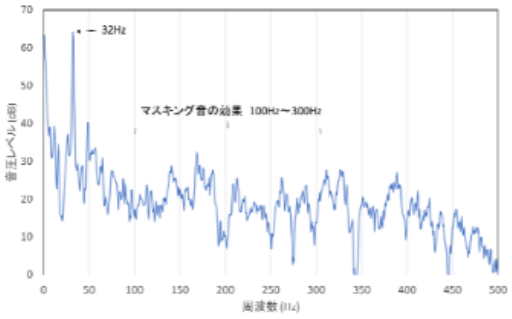


図　FFT分析結果

結論（燃料電池コジェネ）

調査委員会に寄せられた申出及び消費者庁の事故情報データバンクに登録された相談合わせて 73 件（平成 21 年９月から平成 29 年９月まで）ある中で、調査の協力が得られた８件について現地実態調査を行った結果、燃料電池コジェネで２件、ガスエンジンコジェネで３件の対応関係がみられた。家庭用コジェネの運転音の人体への影響及びそのメカニズムには不明な点もあることから、現時点で家庭用コジェネの運転音と不眠等の症状の関連を断定することはできないものの、今回の調査で個別の事案において対応関係がみられたことから、その関連性は否定できない。

家庭用コジェネの運転音と症状との関連について

（燃料電池コジェネ）

ア．運転音

燃料電池コジェネの音測定を行った４件（調査対象者Ｆ４、Ｆ12、Ｆ14、Ｆ17）では、いずれも運転状態の燃料電池コジェネ近傍における 80Hz 又は 100Hz の共通した中心周波数について、音圧レベルの上昇が確認された。ただし、このうち３件（調査対象者Ｆ４、Ｆ14、Ｆ17）では、運転状態及び停止状態は推測したものである。

イ．居室内への伝搬

上記４件のうち１件（調査対象者Ｆ４）では、運転状態において、調査対象者の居室内における 80Hz の中心周波数について、また、他の１件（調査対象者Ｆ12）では、調査対象者の居室内における 80Hz 及び 100Hz の中心周波数について、音圧レベルの上昇が確認された。このときの音圧レベルは、聴覚閾値(いきち)と同等又はそれ以上であった。音圧レベルの上昇が確認された中心周波数については、FFT 分析の結果、ピーク周波数が確認された。

ウ．調査対象者の症状との対応

上記４件のうち１件（調査対象者Ｆ４）では、調査対象者が比較的楽と感じる居室において、他の居室と比較して 80Hz の中心周波数の音圧レベルが小さかったこと、体感調査の結果、燃料電池コジェネの運転状態のときに運転音が継続していると回答していること、燃料電池コジェネの設置後すぐに症状が発生し、借家に引っ越したことで症状が改善されたこと等から、燃料電池コジェネの運転音が調査対象者の症状に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

また、他の１件（調査対象者Ｆ12）では、体感調査を行うことはできなかったものの、燃料電池コジェネの設置後すぐに症状が発生し、電源を遮断し運転を停止させると症状が改善したこと等から、燃料電池コジェネの運転音が調査対象者の症状に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

他の２件のうち１件（調査対象者Ｆ14）では、運転音を強く感じるという居室では、燃料電池コジェネが運転状態において、運転音を知覚することは一般的には困難な状況であると考えられ、運転音と体感の対応も不明確であった。もう１件（調査対象者Ｆ17）では、運転音の居室内への伝搬は確認できず、運転音と体感の対応も不明確であった。このようなことから、燃料電池コジェネの運転音が２件の調査対象者の症状に影響を及ぼしていることは確認できなかった。

エ．無響室での調査

他の調査対象者（Ｆ６、Ｆ９）に対して、無響室における体感調査を行ったところ、燃料電池コジェネの運転音のうち、主に 80Hz から 200Hz までの音圧レベルを ANC 装置によって低減させたときに、調査対象者の不快感が軽減されるなど、運転音と体感とが部分的には対応しており、**燃料電池コジェネの運転音と調査対象者の症状には関連性がある**と考えられる。

結論（ガスエンジンコジェネ）

家庭用コジェネの運転音と症状との関連について

（ガスエンジンコジェネ）

運転音

調査対象者宅においてガスエンジンコジェネの音測定を行った３件の調査（調査対象者Ｇ４、Ｇ５、G6-1・G6-2）では、いずれも、運転状態のガスエンジンコジェネ近傍における 16Hz、31.5Hz の共通した中心周波数で、音圧レベルの上昇が確認された。調査対象者Ｇ４、G6-1・G6-2 では 63Hz の中心周波数においても音圧レベルの上昇がみられた。

居室内への伝搬

上記３件のうち１件(調査対象者Ｇ４)では、調査対象者宅の一部の居室内では、運転状態において 16Hz、31.5Hz、50Hz、63Hz、80Hz の中心周波数について音圧レベルの上昇が確認された。音圧レベルの上昇が確認された中心周波数について、FFT 分析の結果ピーク周波数が確認された。

また、他の１件（調査対象者G6-1・G6-2）では、調査対象者宅の居室内では、運転状態において 16Hz、31.5Hz、63Hz の中心周波数について音圧レベルの上昇が確認された。音圧レベルの上昇が確認された中心周波数について、FFT 分析の結果、ピーク周波数が確認された。このとき 31.5Hz、63Hz の中心周波数の音圧レベルは聴覚閾値(いきち)を超えていた。

他の１件（調査対象者Ｇ５）では、調査対象者宅の一部の居室内では、16Hz、31.5Hz 及びその前後の中心周波数について、運転状態において音圧レベルの上昇が確認されたが、知覚することは一般的には困難な状況であると考えられた。音圧レベルの上昇が確認された中心周波数について、FFT 分析の結果ピーク周波数が確認された。

調査対象者の症状との対応

上記３件のうち１件（調査対象者Ｇ４）では、調査対象者が比較的楽と感じる居室での中心周波数 31.5Hz の音圧レベルが、他の居室と比較して小さかったこと、中心周波数 50Hz から 125Hz までの範囲では、音圧レベルの上昇がみられなかったこと、体感調査の結果、ガスエンジンコジェネの運転状態では、音が継続していると調査対象者が回答したこと等から、ガスエンジンコジェネの運転音が調査対象者の症状に影響を及ぼしていると考えられる。

また、１件（調査対象者G6-1・G6-2）では、ガスエンジンコジェネの運転状態で調査対象者が音及び不快を強く感じていたが、他方、停止時には音を感じておらず、運転音と体感とが対応していたこと等から、ガスエンジンコジェネの運転音が調査対象者の症状に影響を及ぼしていると考えられる。

調査対象者の症状との対応（別宅における体感調査）

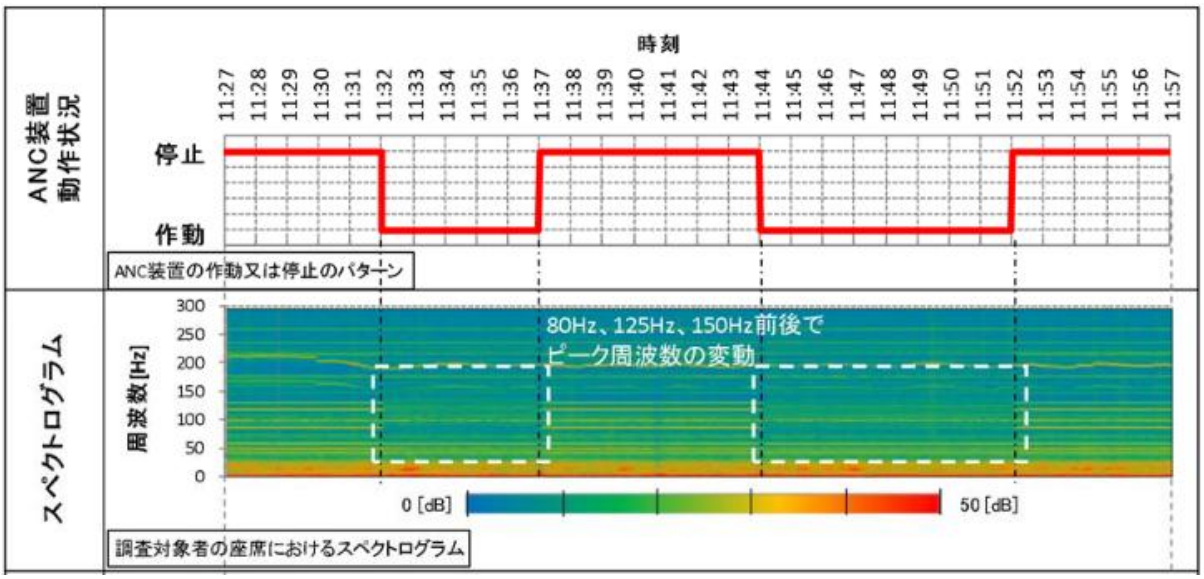
上記３件と別に、調査対象者G6-1 宅において調査対象者Ｇ１の体感調査を行った。ガスエンジンコジェネが運転状態では調査対象者が音及び不快を感じていたが、他方で、ガスエンジンコジェネが停止状態では不快を感じていなかったことから、**ガスエンジンコジェネの運転音と体感とが対応しており、ガスエンジンコジェネの運転音が調査対象者の症状に影響を及ぼしていると考えられる。**

その他症状の発生に影響する可能性がある因子について

その他症状の発生に影響する可能性がある因子としては、住宅固有の音の伝搬特性、音に対する知覚の個人差があり、これらが症状の発生に複合的に関与している可能性が考えられる。このうち、前者について住宅における定在波の測定を行ったところ、燃料電池コジェネが隣家に設置された調査対象者Ｆ４及びガスエンジンコジェネが隣家に設置された調査対象者Ｇ５のいずれの場合でも、運転音に含まれるピーク周波数に近い共鳴周波数がみられ、居室の中において定在波の影響の可能性があると考えられる。

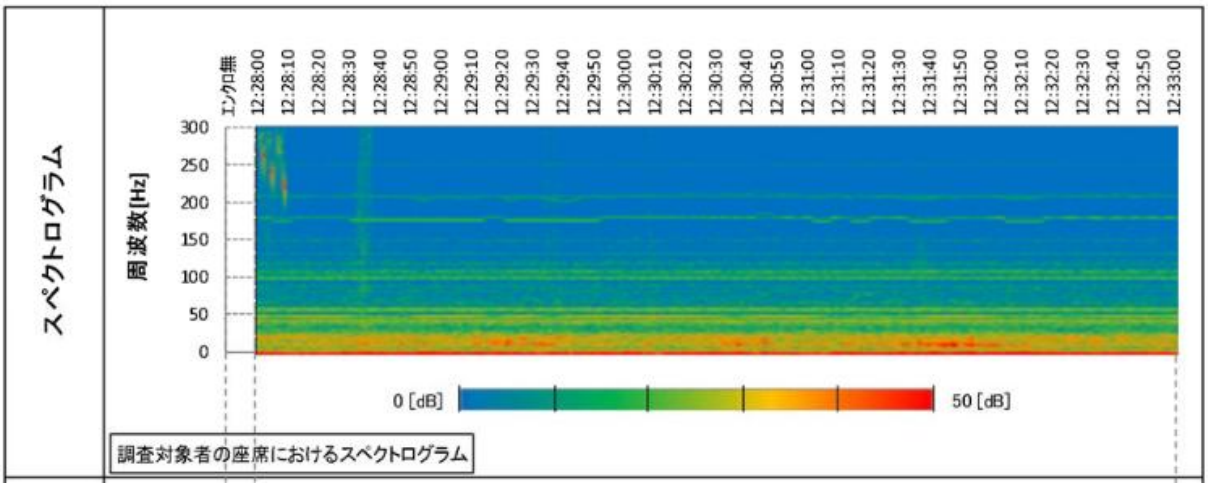
ANC 装置

スピーカでは 10Hz 以下の音が出せない。



防音エンクロージャ

超低周波音の透過性に関する検討が欠けている。



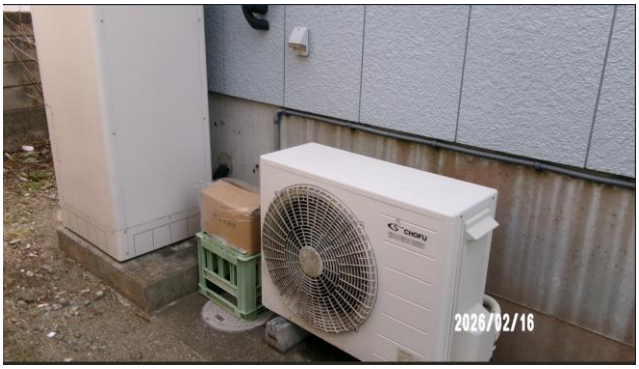
Wavelet 解析だけでは、波形の詳細は不明であり、人体に対する圧力の変動が分からない。また、周波数スペクトルが離散的か否かの判断も出来ない。

被害の面からは、めまいや耳鳴り、酷いときには吐き気、などによる不眠の訴えがあるのだから、アノイアンスを中心に調査すべきであり、可聴域での議論に偏った検討になっているのが残念である。

計測機材は機能が十分高くなっているが、解析ソフトに関しては、計測機器メーカが提供している範囲のものになっている。これでは、超低周波音の影響を把握できません。

エネファームと風車音の計測結果：

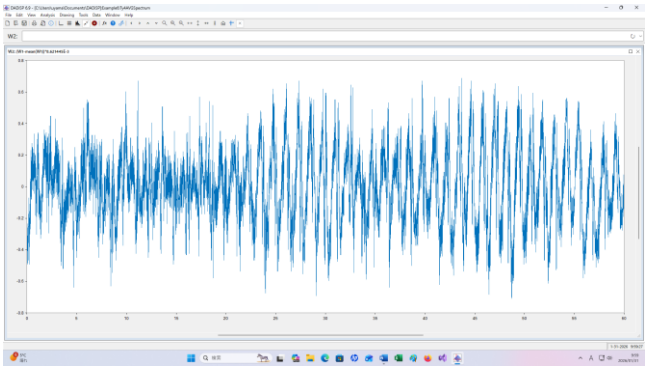
エコキュートの音を計測した場所：



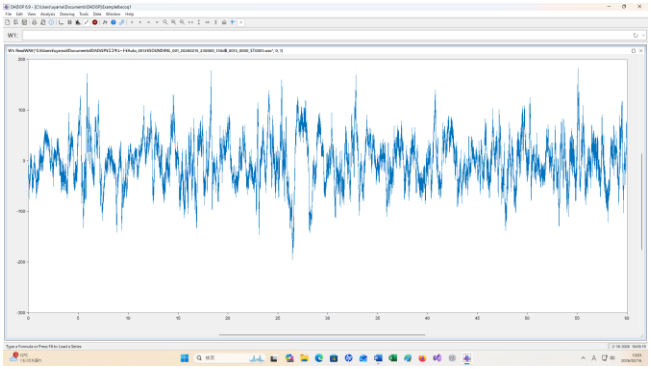


波形：

風車音の波形



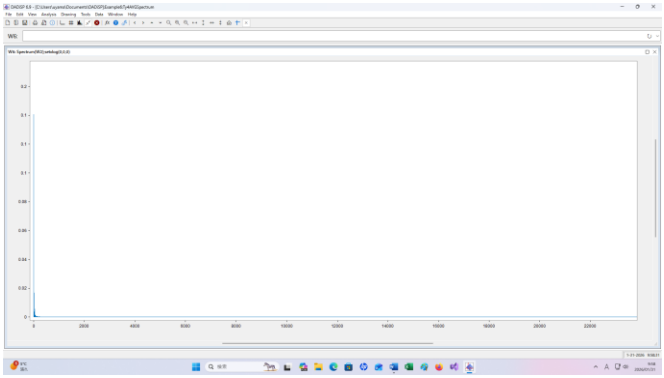
エコキュートの波形



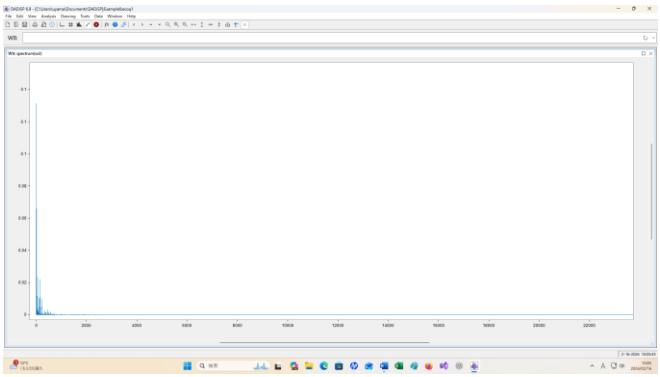
どちらもグラフがスカスカです。

周波数スペクトル。縦軸の単位は Pa、横軸が Hz で線形目盛です。

風車



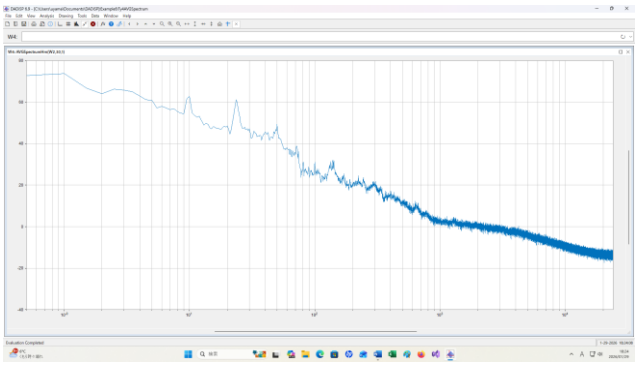
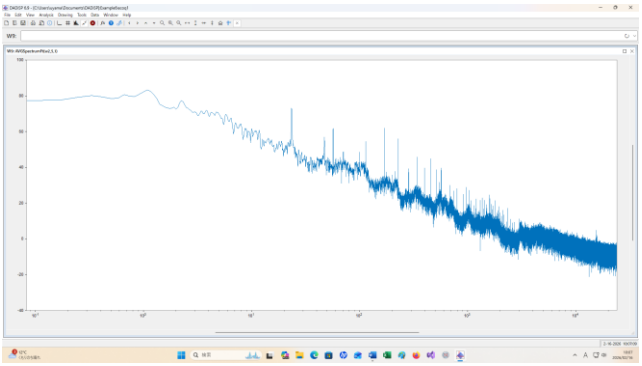
エコキュート



どちらも、超低周波音の成分以外は微弱です。

音圧レベル（平均したグラフ、横軸は対数目盛）

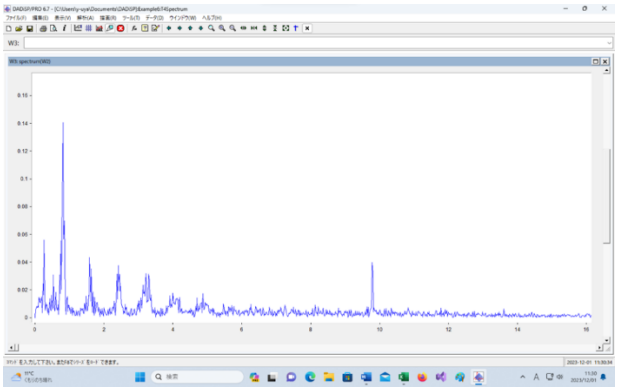
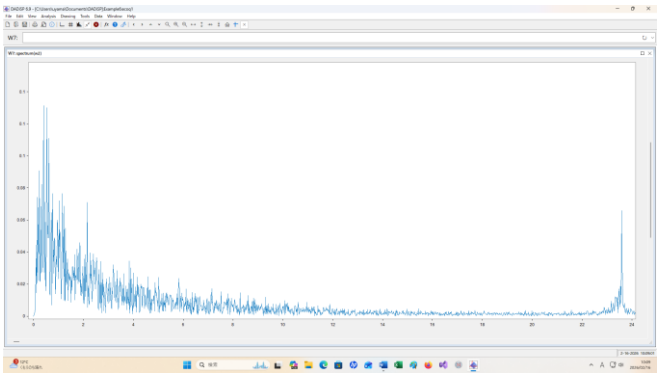
風車　　エコキュート

ＦＦＴから平均化した周波数スペクトルのグラフを作ったものですが、よく似ています。

周波数スペクトル（0～24Hz の部分）

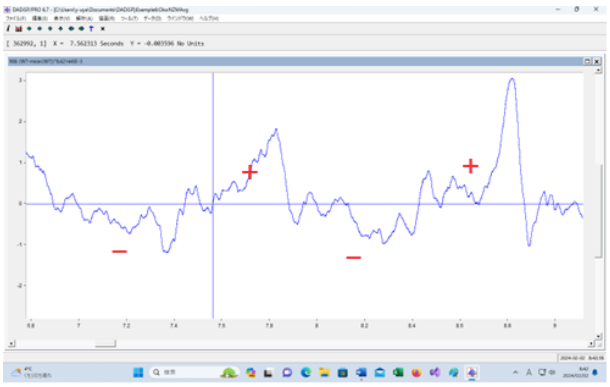
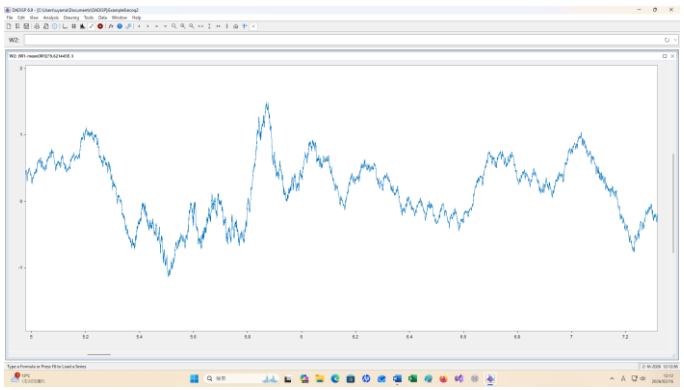
風車　　エコキュート

風車音の方は規則的で離散的な性質が目立つ。エコキュートでは音圧の規則性が薄れている。

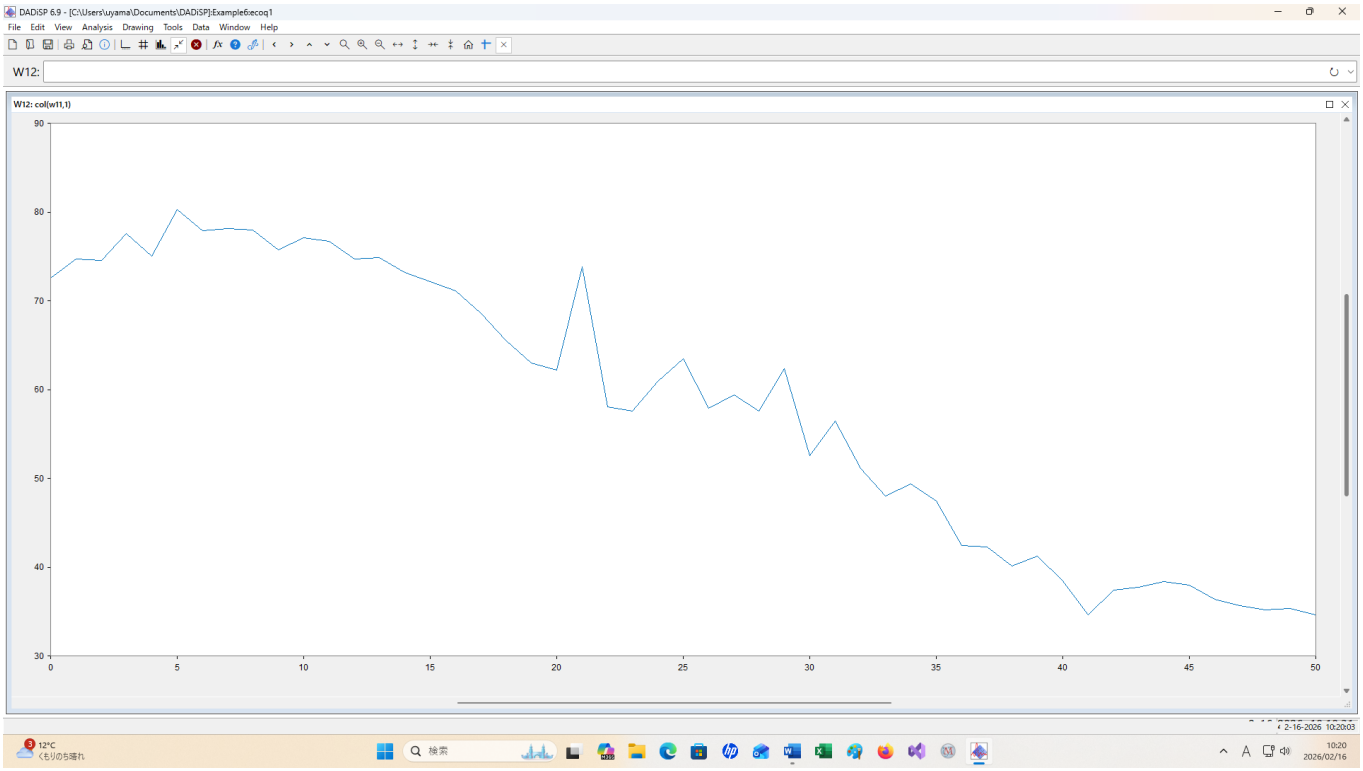
2.2 秒間の波形

風車（2.2 秒間）　　エコキュート（2.2 秒間）

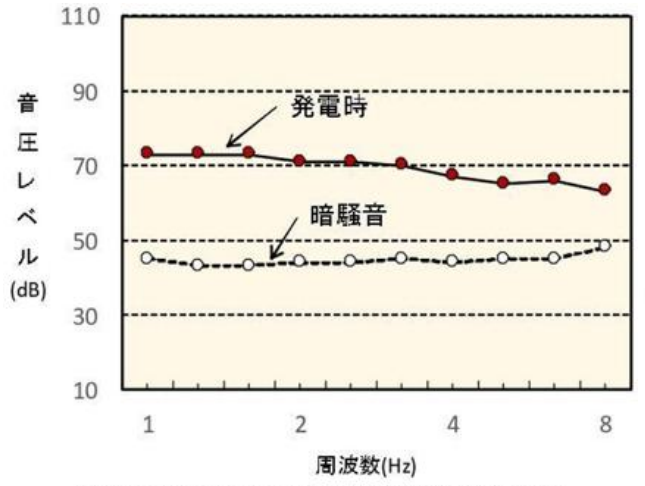



よく似ている。人体を圧縮膨張させる性質を持っている。

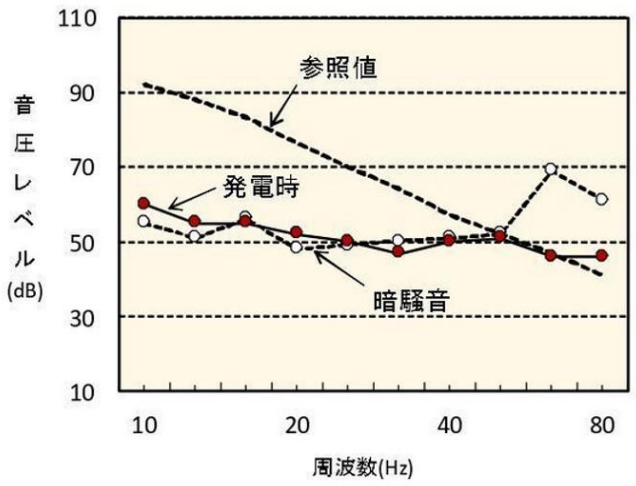
エコキュート：1/3 オクターブ解析（平坦特性、0.25Hz～20000Hz）



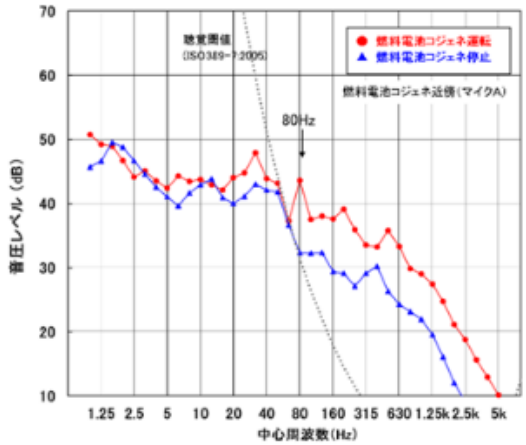
エネファーム



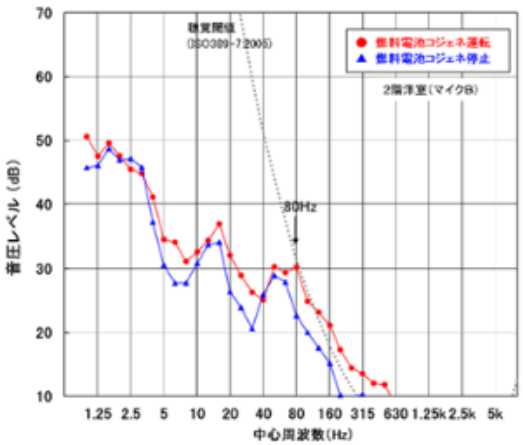
エネファームの低周波音測定結果(2)（測定：騒音問題総合研究所）



エネファームの低周波音測定結果(1)（測定：騒音問題総合研究所）

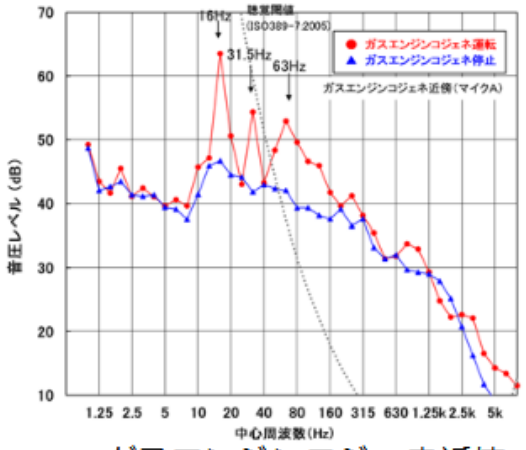


燃料電池コジェネ近傍

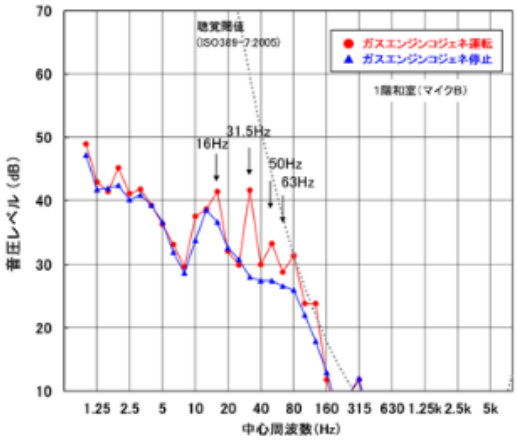


２階洋室

図　1/3オクターブバンド周波数分析結果



ガスエンジンコジェネ近傍



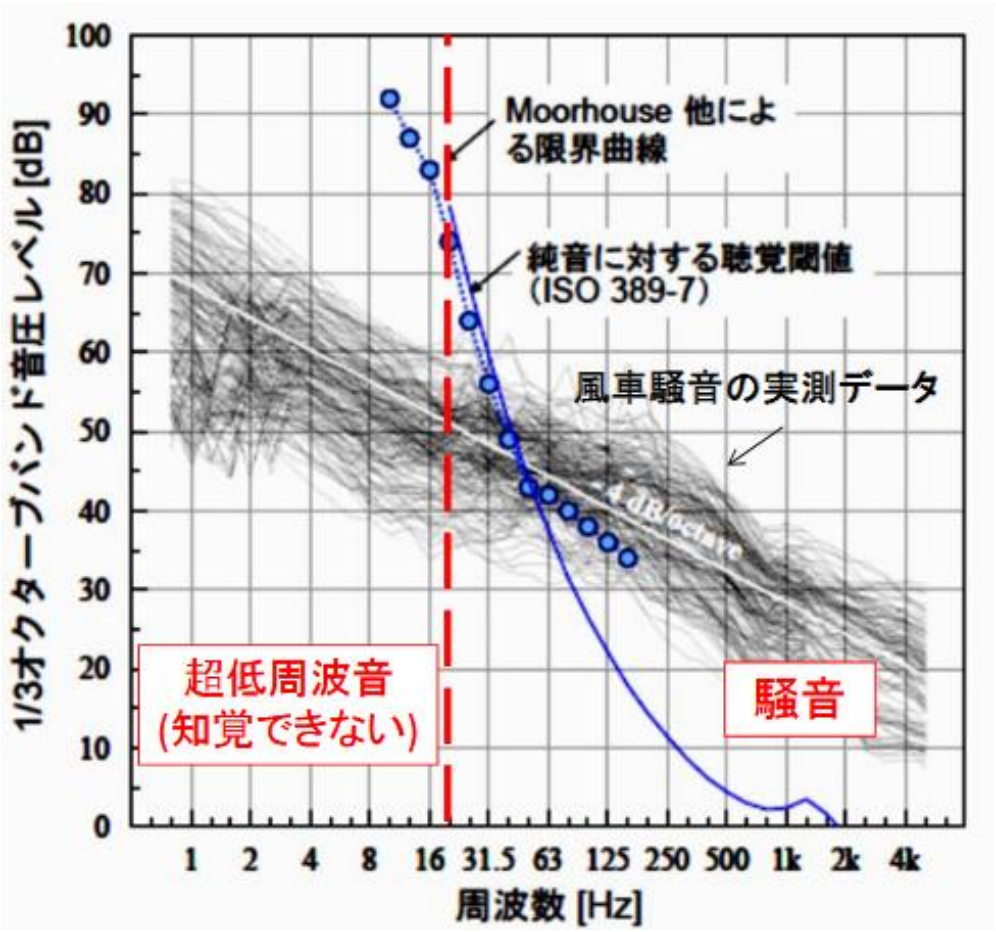
１階和室

図　1/3オクターブバンド周波数分析結果

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.83E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2
エコキュート	7.39E-04	3.30E-05	9.74E-07	7.73E-04	W/m2

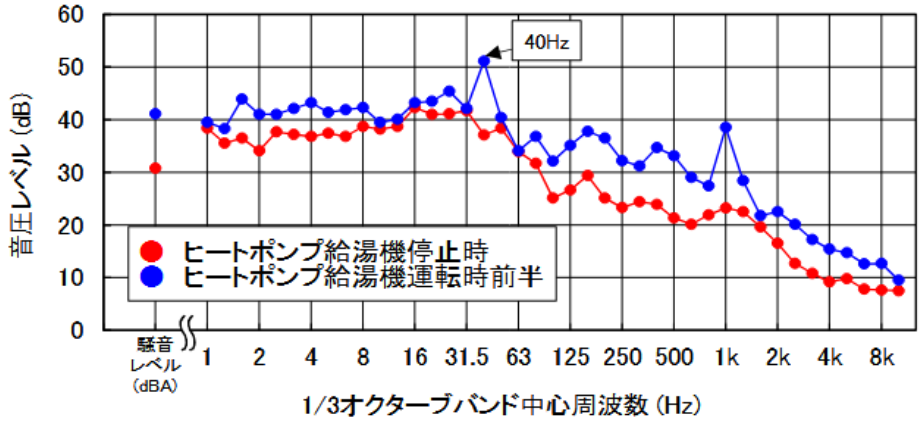
風車・エコキュート・エネファーム

風車からは、次の様な音が出る。

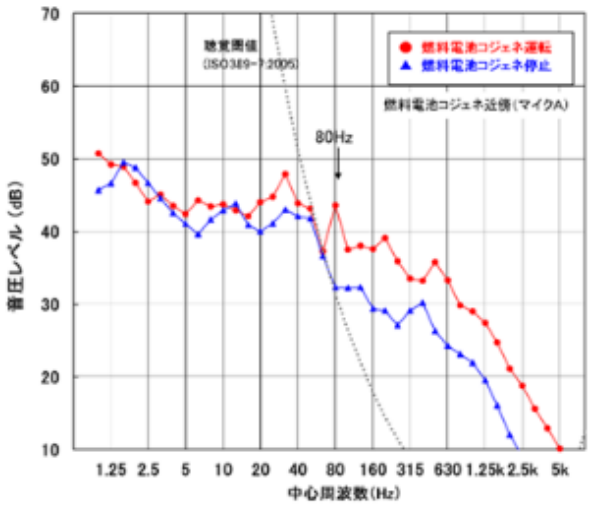


エコキュートの音は、

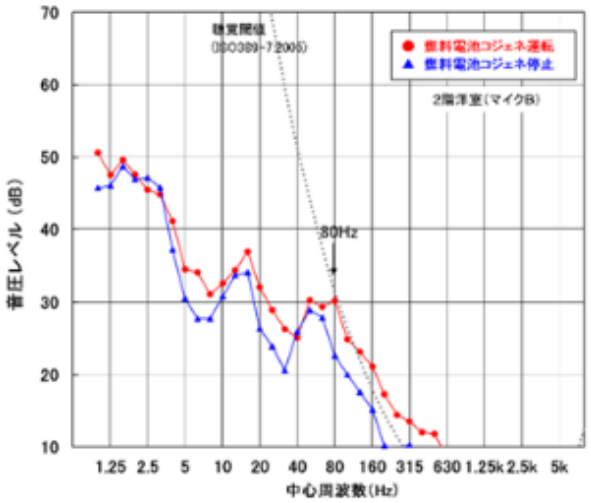
図4　ヒートポンプ給湯機近傍での測定結果



エネファームの音は

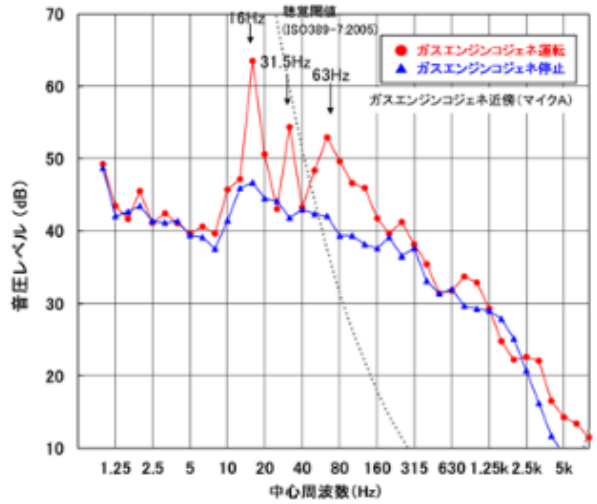


燃料電池コジェネ近傍

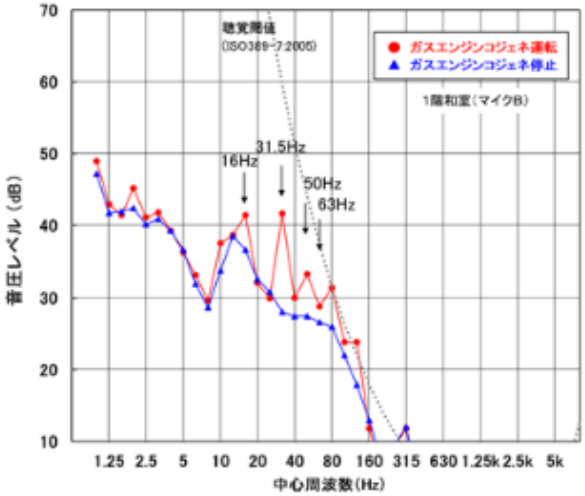


２階洋室

図　1/3オクターブバンド周波数分析結果

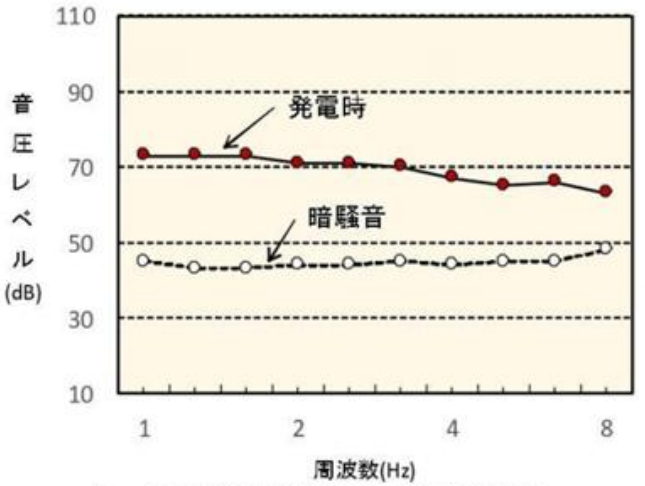


ガスエンジンコジェネ近傍

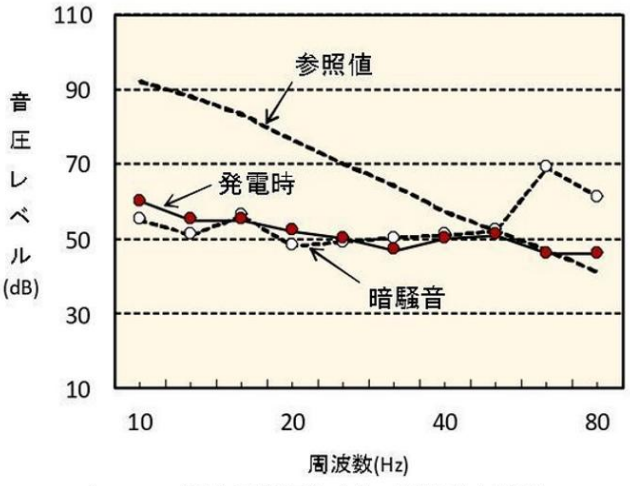


１階和室

図　1/3オクターブバンド周波数分析結果

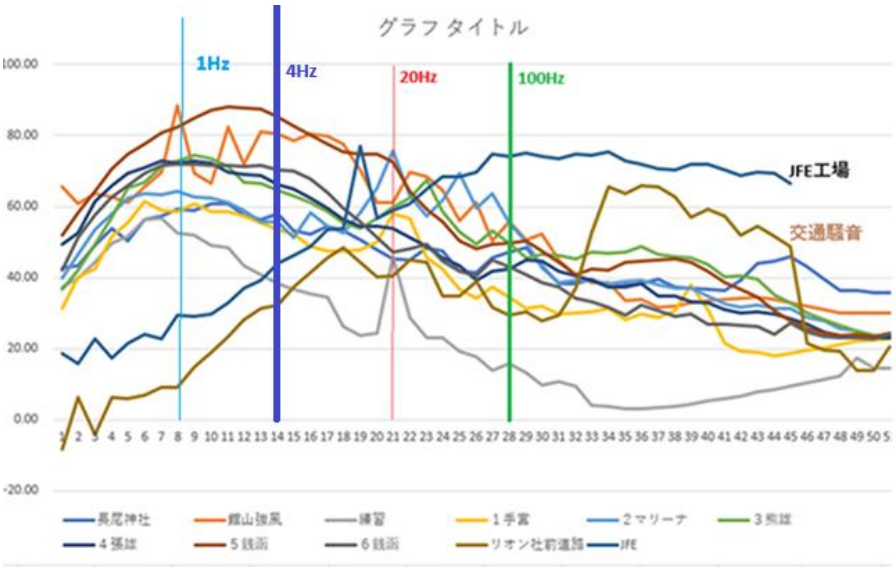


エネファームの低周波音測定結果(2)（測定：騒音問題総合研究所）↵



エネファームの低周波音測定結果(1)（測定：騒音問題総合研究所）↵

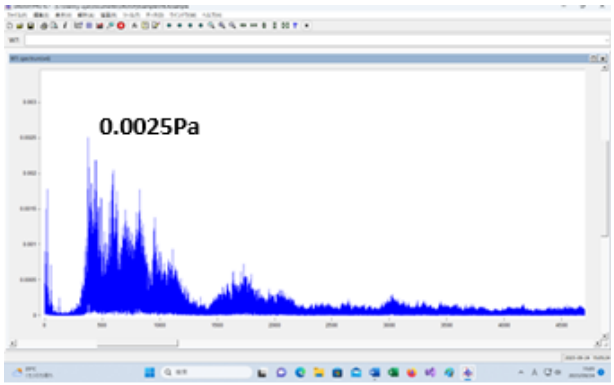
グラフの基本的な特徴は周波数が増えたとき、音圧レベルが減少する点にある。
交通騒音や、JFE 工場での音は、周波数が増えると、音圧レベルが増加する。



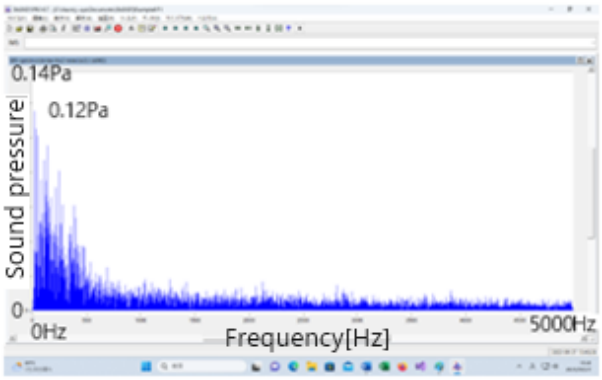
これは、超低周波音の領域にエネルギーが集中していることを意味している。

周波数スペクトル(0～5ｋHz)

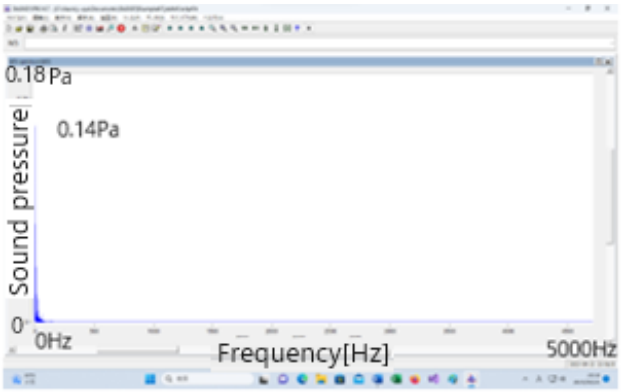
交通騒音(0～5ｋHz)：最大 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）



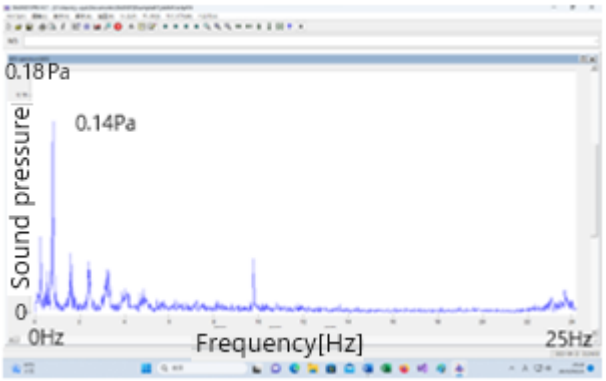
製鉄所(0～5ｋHz)；最大 0.12[Pa](12Hz)



風車音(0～5000Hz)；最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)



風車音(0～24Hz)；最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)



補足：

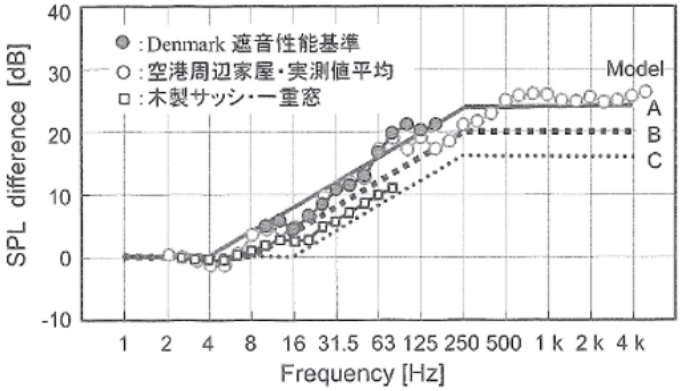
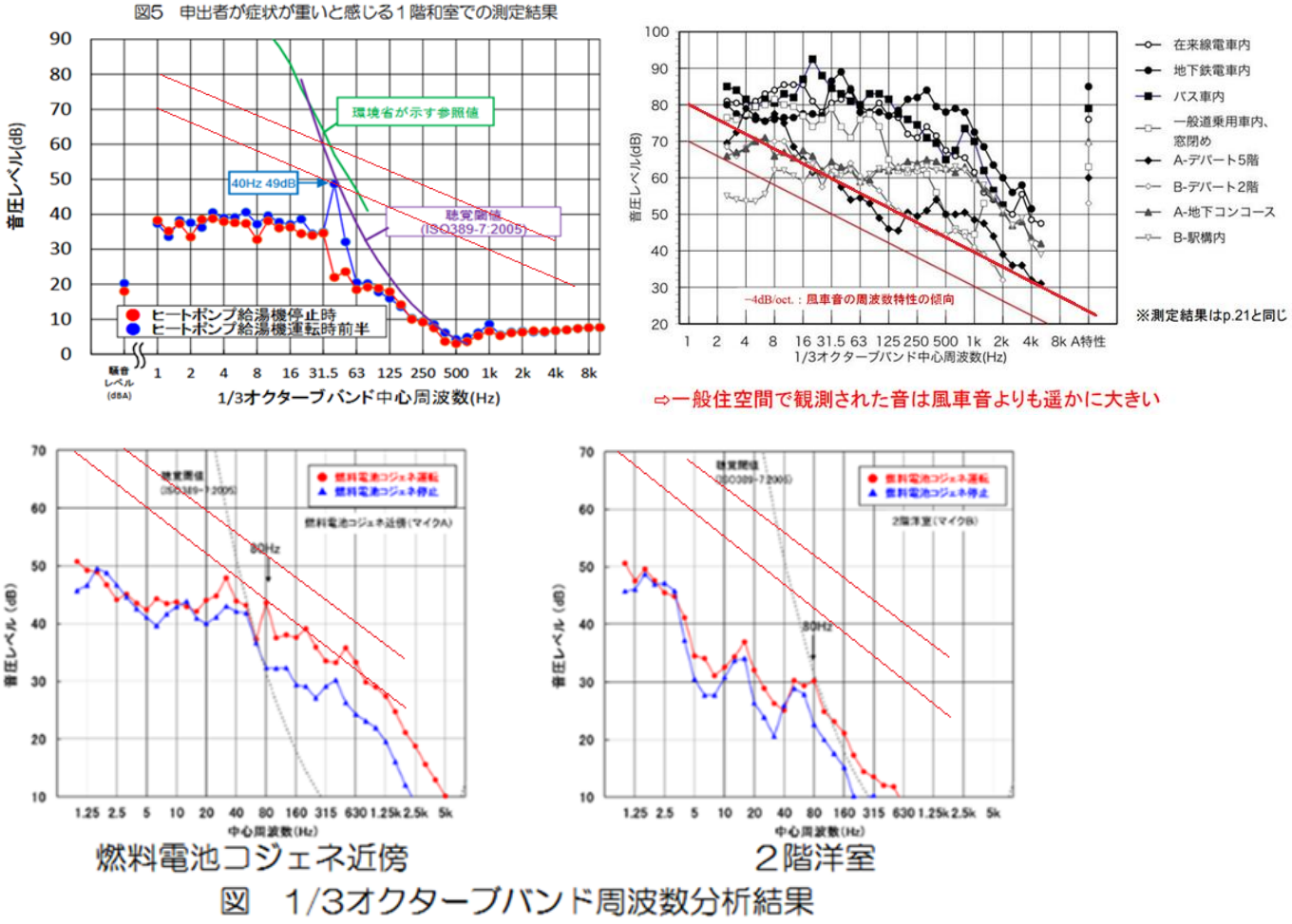


図５　ハウスフィルター・モデルと３種類の参照データの比較

音の大きさに○○ﾃﾞｼﾍﾞﾙの差があるとは？	大きさは何倍なのか
60デシベルの差とは→	百万倍の差
50デシベルの差とは→	10万倍の差
40デシベルの差とは→	1万倍の差
30デシベルの差とは→	1千倍の差
20デシベルの差とは→	100倍の差
10デシベルの差とは→	10倍の差

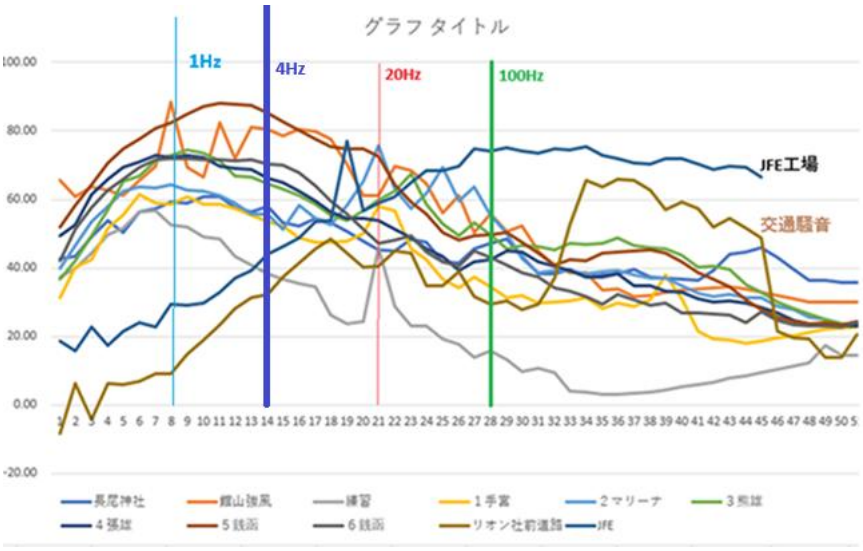
dBの差＝10 log(1/A)

窓を閉めても効果が無い場合は、超低周波音の影響を確認する必要があります。1Hz よりも低い可能性があるので、精密騒音計 NL-63 だけでは結論が出せません。コンピュータでの解析が必要になります。

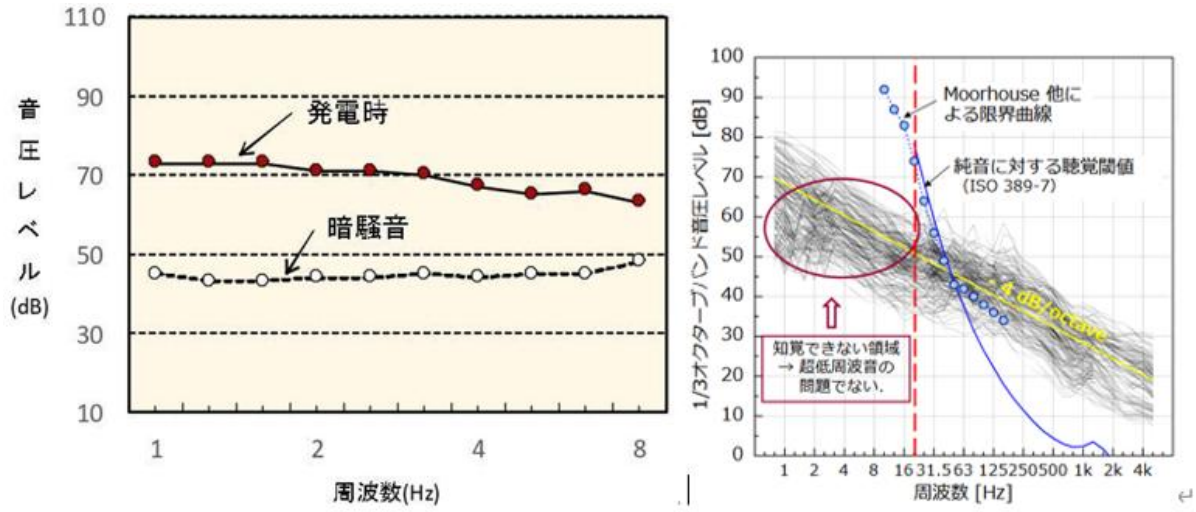


これらのグラフを比較すれば、A 特性音圧レベルで卓越しているとは言えない。
20Hz～100Hz の領域での卓越も見られない。

卓越しているのは、1Hz あたりでの音圧レベルである。1Hz では、45～50ｄB 程度の音圧レベルであり、交通騒音や JFE 工場音に比べて、卓越している。



次の 1Hz での 70ｄB が正しいならば、風車音の平均的な音圧レベルになっている。



エネファームの低周波音測定結果(2)（測定：騒音問題総合研究所）

エコキュート波形データからは、体内の圧力を変化させるに性質を持っていると考えられる。
エネファームの場合も、1/3 オクターブ解析のグラフが減少関数になっていることから、同様の性質を持っていると言える。

参照値、聴覚閾値に頼れば、原因を見失います。
超低周波音の性質をしっかり解明することが必要です。

超低周波音の計測と解析

風車音の計測方法は幾つかある。

番号	種類	測定範囲
NL-62A	精密騒音計	1Hz～20000Hz
NL-52A	精密騒音計	10Hz～20000Hz
NL-42A	普通騒音計	20Hz～8000Hz
NL-27	普通騒音計	20Hz～8000Hz
NA-28	精密騒音計	12.5Hz～20000Hz

精密騒音計精密騒音計 NA-27

騒音測定とオクターブバンド、1／3 オクターブ分析器付きの精密騒音計です。騒音計部は独立した 2 つの騒音計回路を持ち、1 台で異なった時間重み特性、周波数重み特性の条件での測定を同時に行うことが可能です。

メーカー	リオン
測定項目	騒音（オクターブバンド分析）
特長	【測定レベル範囲】 ・A特性：28～130dB ・C特性：33～130dB ・FLAT特性：38～130dB 【周波数範囲】 ・20～12500Hz（マイクロホン含む）

低周波音レベル計低周波音レベル計 NA-18A

G 特性音圧レベルの測定と同時に、1／3 オクターブバンドの実時間分析を可能にした低周波音レベル計です。低周波音（1～500Hz）を測定することができます。人には聞きづらい（聞こえない）低周波数（1～100Hz）の音を測定できます。

メーカー	リオン
測定項目	低周波音
特長	測定レベル範囲 G特性：43～143dB（過負荷3dB含む） FLAT特性：50～143dB（過負荷3dB含む） 1／3オクターブバンド：30dB～143dB（過負荷3dB含む） 周波数範囲：1.0～500Hz（マイクロホンを含む）

低周波レベル計 NA-18A で、1～500Hz まで測り、
精密騒音計精密騒音計 NA-27 で、20 から 12.5ｋHz まで測り、この結果を合わせて考えれば、良いとするのでしょうが、

これでは、0Hz から 20ｋＨｚまでの全体を調べることが出来ません。グラフが繋がっていないと、交通騒音や工場騒音と比較して、違いを把握して、解析方法考えることが出来ないのです。

普通騒音計で、騒音レベル（A 特性音圧レベル）を計測する方法。
この場合、計測対象になるのは 20～8000Hz、あるいは 20～12500Hz の音であり、評価の基準は、人間が耳で聞いたときの大きさです。精密騒音計だと 10～20000Hz の物もある。基本的な計測対象は可聴音である。

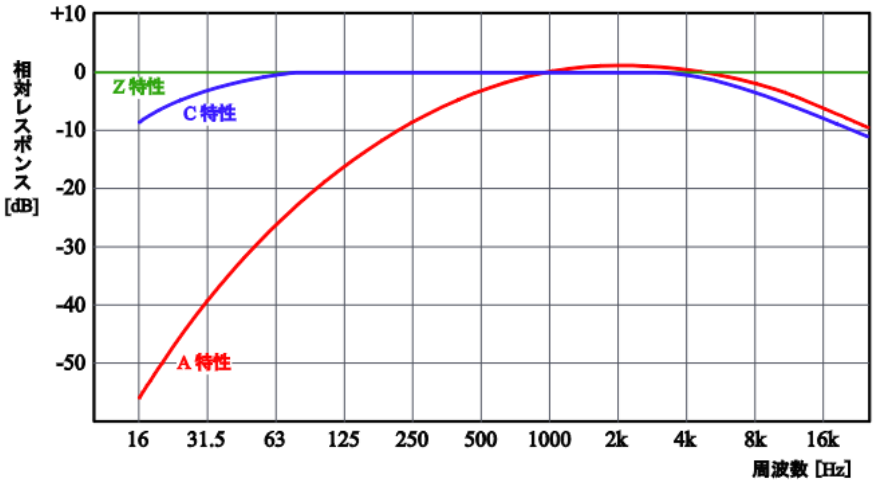


図２　周波数重み付け特性 A/C/Z

低周波用の騒音計（NA-18A）で、G 特性音圧レベルと、1/3 オクターブ解析の結果を得る方法です。
多くの場合、計測対象となる周波数は、1～500Hz 程度です。

低周波音計測機能付きの精密騒音計での計測では、G 特性音圧レベルと、1/3 オクターブ解析の結果も得られますが、A 特性などにも対応しています。

NL-63 では、

【測定レベル範囲】

A 特性：25～138dB

C 特性：33～138dB

G 特性：43～138dB

Z 特性：50～138dB

C 特性ピークサウンドレベル：60～141dB

Z 特性ピークサウンドレベル：65～141dB

【測定周波数範囲】

1Hz～20kHz

となっています。

大型風車では、基本周波数が 0.5Hz 程度であり、1Hz よりも低くなっている。

そのため、風車音の性質を理解するには、NL-63 でも不十分であり、NL-63 を波形収録の目的で使って、サンプリングレート 48ｋHz にして、波形を収録した WAV ファイルを作成して、PC で解析する必要があります。

解析ソフト：

DADISP、

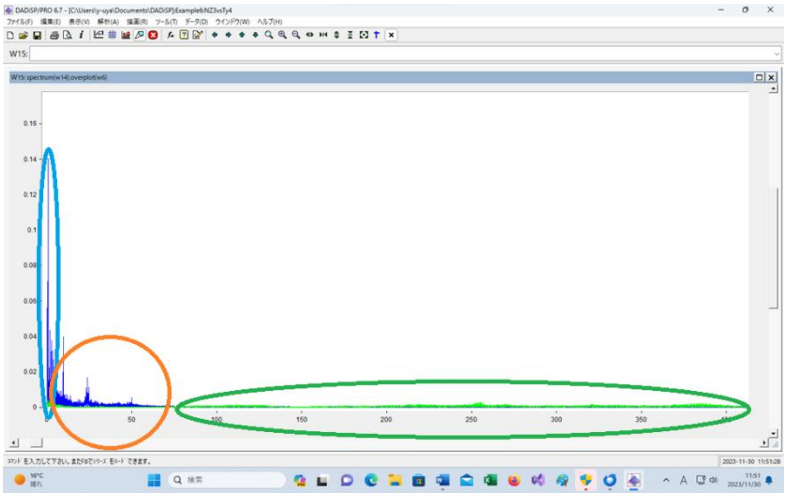
DADISP/WAV、

Unit/Wavelet、

Unit/MVA、

Unit/Noise&Infrasound

私は上記のものを使って調べます。次の様な結果が出ました。



上の計測結果を参考にして、風車音をグループ分けすると、

① 0～10Hz は、塔の側面の振動を主な要因とする超低周波音。

② 10Hz～200Hz は、発電機などの機械音。

③ 200Hz～20ｋHz は、ブレードでの空力音（高周波音）。

アノイアンス（不快感）とラウドネス（うるささ）

環境省は、
○**風車騒音**が人の**健康に直接的に影響を及ぼす**可能性は低いと考えられる。
○静かな環境では、風車騒音が 35～40dB を超過すると、**わずらわしさ（アノイアンス）の程度**が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性がある
○風力発電施設から発生する**超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見**は確認できなかった
○**景観のような視覚的な要素や経済的利益に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する**
と言う。

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”には、
「風力発電施設から発生する**騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（ アノイアンス） を増加させる**傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、 **わずらわしさ（ アノイアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる**可能性があることが示唆されている。また、超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 **周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウドネス） の評価に適している。”」**

睡眠への影響を評価するならば、ラウドネスよりもアノイアンスを採用すべきであり、アノイアンスと関連の深い指標を見つけることが必要なのです。
もちろん、うるささ（ラウドネス）も不快感（アノイアンス）の一部ではあるが、風車音でのアノイアンスへの寄与率は小さい。
“なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は **9%から 13%の範囲**の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。”と書かれた資料も環境省の HP にある。
景観の影響は計測と数値化が難しいが、風車音の被害の中には、「**物理的に圧迫感や振動感を感じる」に着目して、風車音が人体を圧縮膨張させる仕組みを考えれば、圧迫感の原因と言えるのは、基本周波数での音圧である。基本周波数での音圧をパスカル値で計測して、不快感や血圧の変化などとの統計的な関連をしらべて、結果が良好ならば、安眠妨害の指標＝アノイアンスの指標、として、パスカル単位での、基本周波数における音圧を採用すればよい。**

調査とアンケート用紙

アンケート用紙（調査と自由意見）

番号：			記入：　　年　　月　　日		
氏名			連絡先		
検査希望：　　あり　　なし					
コルチゾール検査					
室内	精密騒音計			計測時間	
	振動レベル計			計測時間	
	スマートウォッチ			計測時間	
屋外	精密騒音計（二重防風スクリーンあり）			計測時間	
	精密騒音計（二重防風スクリーン無し）			計測時間	
	精密騒音計（車、ドア閉め＋箱の中）			計測時間	
	精密騒音計（車、ドア開け+箱の上）			計測時間	
	ビデオ撮影			計測時間	
自由意見（風車の増設、撤去、停止の希望や、被害状況など）					

アンケート用紙（不眠）

アテネ不眠尺度(AIS)不眠症の自己評価　　記入日：　　年　　月　　日

過去一ヶ月間に、少なくとも週３回以上経験したものを選んでください。

1	寝床についてから実際に寝るまで、時間がかかりましたか？	0	いつもより寝つきは良い
		1	いつもより少し時間がかかった
		2	いつもよりかなり時間がかかった
		3	非常に時間がかかった、あるいは全く眠れなかった
2	夜間、睡眠の途中で目が覚めましたか？	0	問題になるほどのことはなかった
		1	少し困ることがある
		2	かなり困っている
		3	深刻な状態、あるいは全く眠れなかった
3	希望する起床時間より早く目覚めて、それ以降、眠れないことはありましたか？	0	そのようなことはなかった
		1	少し早かった
		2	かなり早かった
		3	非常に早かった、あるいは全く眠れなかった
4	夜の眠りや昼寝も合わせて、睡眠時間は足りてましたか？	0	十分である
		1	少し足りない
		2	かなり足りない
		3	全く足りない、あるいは全く眠れなかった
5	全体的な睡眠の質について、どう感じていますか？	0	満足している
		1	少し不満である
		2	かなり不満である
		3	非常に不満である、あるいは全く眠れなかった
6	日中の気分はいかがでしたか？	0	いつもどおり
		1	少し滅入った
		2	かなり滅入った
		3	非常に滅入った
7	日中の身体的および精神的な活動の状態はいかがでしたか？	0	いつもどおり
		1	少し低下した
		2	かなり低下した
		3	非常に低下した
8	日中の眠気はありましたか？	0	全くなかった
		1	少しあった
		2	かなりあった
		3	激しかった

風車との距離	1から8の合計			[1～3点]・・睡眠がとれています
m				[4～5点]・・不眠症の疑いが少しあります
				[6点以上]・・不眠症の可能性が高いです
計測希望			屋外	最大音圧；　Hz　Pa
有 ・ 無				A特性音圧レベル；　dB
希望者氏名				G特性音圧レベル；　dB
			屋内	最大音圧；　Hz　Pa
				A特性音圧レベル；　dB
				G特性音圧レベル；　dB

アンケート用紙（不快感）

アノイアンス尺度　不快感の自己評価（1）　番号：

1	風車建設の前後で、床や壁の振動が気になって眠るまで時間がかかることが増えましたか？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
2	風車建設の前後で、夜寝られず仕事に集中できない回数は増えましたが？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
3	風車建設後に、身体のふらつきに悩まされることは増えましたか？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
4	風車建設の前後での血圧について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し高くなった
		2	建設後にかなり高くなった
		3	建設後の高血圧は深刻である
5	風車建設の前後での頭痛が起きる回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
6	風車建設の前後での耳鳴りがする回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
7	風車建設の前後での目まいを感じる回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
8	風車建設の前後での不快感を覚える回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
9	風車建設の前後での胸や腹への圧迫感について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である

合計		[1～3点]‥アノイアンスの影響は見られません
		[4～5点]‥アノイアンスの影響が少しあります
		[6点以上]‥アノイアンスの影響は深刻です

心拍		血圧	コルチゾール検査

アノイアンス尺度　不快感の自己評価（2）　記入日：　　年　　月　　日

1	風車建設の前後で、動悸を感じることが増えましたか？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
2	風車建設の前後で、腹痛になる回数は増えましたが？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
3	風車建設後に、肩こりに悩まされることは増えましたか？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
4	風車建設の前後での手足のしびれを感じることは増えましたか？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し高くなった
		2	建設後にかなり高くなった
		3	建設後の高血圧は深刻である
5	風車建設の前後での吐き気を感じる回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
6	風車建設の前後でのイライラする回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
7	風車建設の前後での脱力感を感じる回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
8	風車建設の前後での不安を覚える回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
9	風車建設の前後での疲れやすくなる回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
10	風車建設の前後での気持ちが悪くなる回数について？	0	建設前と建設後での変化は無い
		1	建設後に少し増えた
		2	建設後にかなり増えた
		3	建設後の状況は深刻である
	合計		[1～3点]・・アノイアンスの影響は見られません
			[4～5点]・・アノイアンスの影響が少しあります
			[6点以上]・・アノイアンスの影響は深刻です

実験

課 題 名 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
研 究 実 施 期 間 平 成 22～24 年 度
では、
聴覚に焦点を当てた実験と調査が行われた。

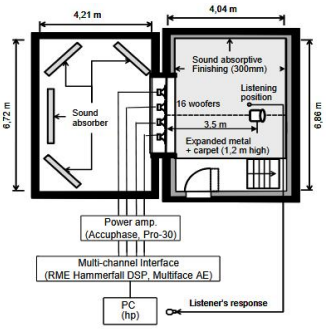


図2　聴感実験システムのブロック図

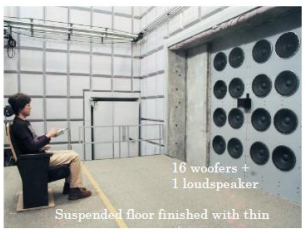


写真2　受音室の概要

風車被害の問題を聴覚に限定する原因は、「**聞こえなければ不快感などの影響はない**」と**専門家の見解である。**
しかし、被害の内容は、風車音が聞こえることとは別の側面を持っている。
聴覚は風車音の影響でのラウドネス（うるささ）に関連が深いが、圧迫感や振動感はアノイアンス（不快感）との関連が深い。

風車音の特徴や、

図１．交通騒音（リオン社前）０～5000Hz

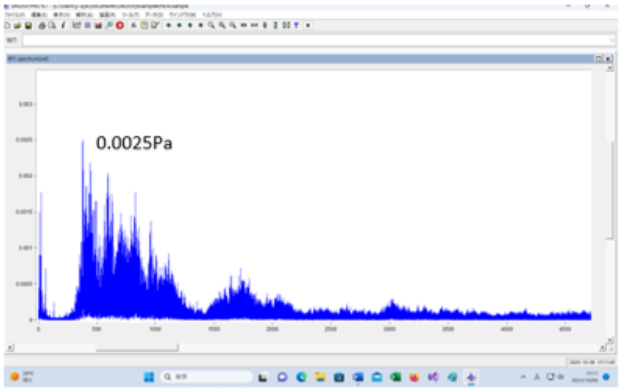


図２．工場騒音（製鉄所内の音）０～5000Hz

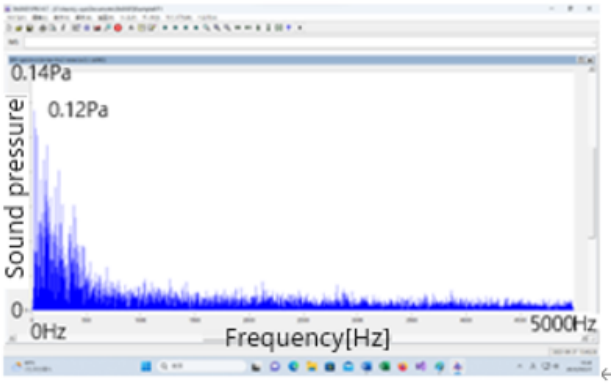


図３．風車音（館山風の丘）０～5000Hz

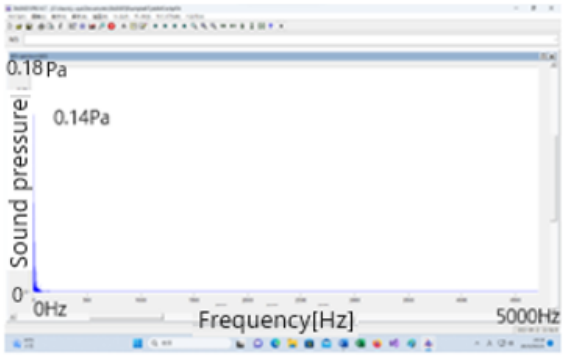


表２．エネルギーの分布

エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

エネルギー分布

周波数帯	0 ～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.83E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2
エコキュート	7.39E-04	3.30E-05	9.74E-07	7.73E-04	W/m2

電力中央研究所報告にある、

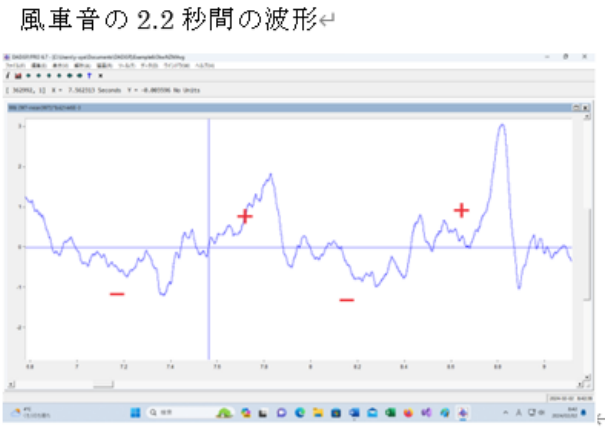
“Subedi らの実験結果[2-19]によると，**低周波音における音圧レベルと不快さの関係は音の周波数が固定した条件において，ほぼ比例関係を示すが，その比例定数は音の周波数によって変わっており，周波数が低いほど不快さは音圧レベルに対しても強く現れることが示されている**．また，Subedi らは不快さと A 特性音圧レベルとの相関についても調べており，彼らの実験範囲において，**不快さと A 特性音圧レベルは周波数に依存せず，ほぼ一定の相関を持つことが示されている**．“

を考慮するならば、

基本周波数ｆ＝RZ/60Ｈｚでの音圧（パスカル単位）と不快感の影響の実験や、それを意識した調査にすべきであった。

潜水病の治療装置を使って、





風車音の観測結果に近い気圧変動を全身に与えるような実験をすべきなのです。

アンケート調査でも、アノイアンスに留意した項目を設定し、無記名での調査をすべきなのです。
被害を訴える人たちは、迫害されているのです。対面調査では、被害を口にできないのです。

不眠症・慢性不眠症・強制不眠症（風車の場合）

（厚生労働省 生活習慣病予防のための健康情報サイト）

「不眠症

不眠症とは、**入眠障害（寝つきが悪い）・中途覚醒（眠りが浅く途中で何度も目が覚める）・早朝覚醒（早朝に目覚めて二度寝ができない）などの睡眠問題**があり、そのために日中に倦怠感・意欲低下・集中力低下・食欲低下などの不調が出現する病気です。

不眠は誰でも経験しますが、自然に改善して再び眠れるようになることが大部分です。ただし、いったん**慢性不眠症**に陥ると適切な治療を受けないと回復しにくいといわれています。

不眠の原因はストレス・こころやからだの病気・薬の副作用など様々で、原因に応じた対処が必要です。

不眠が続くと不眠恐怖が生じ、緊張や睡眠状態へのこだわりのために、なおさら不眠が悪化するという悪循環に陥ります。家庭での不眠対処で効果が出ないときは専門医に相談しましょう。睡眠薬に対する過度の心配はいりません。現在使われている睡眠薬は適切に使用すれば安全です。」

「不眠が続くと日中に様々な不調が出現するようになります。倦怠感・意欲低下・集中力低下・抑うつ・頭重・めまい・食欲不振など多岐にわたります。このように**「1. 夜間の不眠が続き」「2. 日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」、この二つが認められたとき不眠症と診断されます。**

不眠症は慢性不眠症（慢性不眠障害）と短期不眠症（短期不眠障害）の二つに分けられます。不眠と日中の不調が週に 3 日以上あり、それが **3 カ月以上続く場合は慢性不眠症**、3 カ月未満の場合は短期不眠症と診断されます。」

不眠が続くとどうなるの？

不眠が続くと…生活習慣病のリスクが高まる

不眠による睡眠不足は、糖尿病（2 型）や高血圧症、脂質異常症といった生活習慣病のリスクを高めるおそれがあります。

睡眠不足は、数日だけでも食欲に影響を与えます。健康な人であっても、4 時間睡眠を 2 日間続けたら、1 日 10 時間寝た日と比べて食欲を抑えるホルモン（レプチン）が減り、食欲を高めるホルモン（グレリン）が増えてしまうのです。

そのため、慢性的に不眠が続いている人は肥満になりやすく、また、**糖尿病や心筋梗塞**にかかりやすい傾向にあります。

ほかにも、睡眠時間が 7～8 時間の人は、睡眠時間が短い人と比べて**肥満や高血圧症、脂質異常症**のリスクが低いことが分かっています。

不眠が続くと…免疫力が低下する

ウイルスや細菌に抵抗する免疫力は、睡眠中に増える「成長ホルモン」によって維持・強化されています。また睡眠は、免疫力を働かせる役割をもつ自律神経がバランスの乱れを起こさないためにも欠かせないものです。

そのため、不眠が続くと免疫力が低下してしまうおそれがあります。

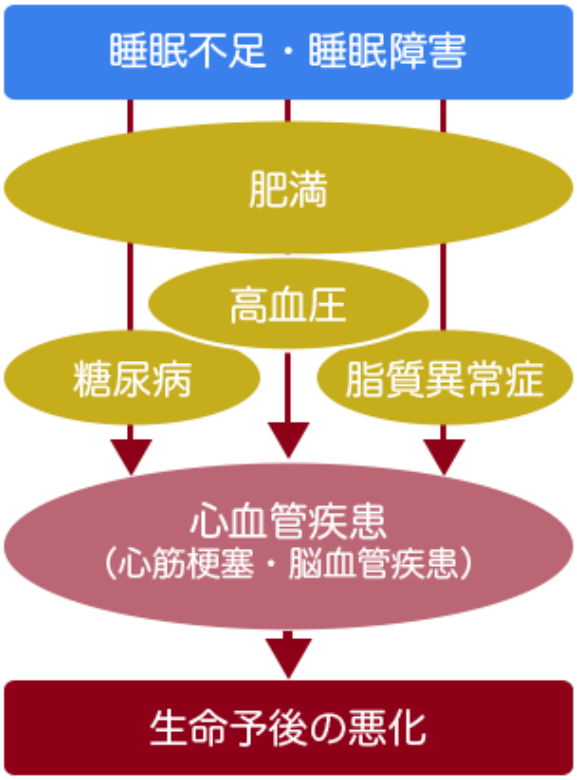
不眠が続くと…意欲や集中力が低下する

不眠によって睡眠不足の状態が続くと、脳の前頭葉がダメージを受けるとされています。その結果、**意欲や集中力の低下**といった不調があらわれるおそれがあります。

ほかにも、**感情の制御ができなくなる、注意力や判断力が鈍る**といった不調があらわれることがあります。

不眠が続く人が仕事や勉強でケアレスミスを頻発している場合は、睡眠が悪い影響を与えている可能性があると言えるでしょう。
不眠と日中の不調が週に 3 日以上あり、それが 3 か月以上続くと「慢性不眠症」の疑いがあります。慢性不眠症になると、医療機関での治療が必要です。慢性不眠症は、成人の約 10%に該当するとされています。

不眠症の意味は、
「1. 夜間の不眠が続き」「2. 日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」、この二つが認められたとき不眠症と診断されます。
です。
　不眠症での「1. 夜間の不眠が続き」の部分は「場所に関係なく夜間の不眠が続く」ことを意味していると考えられる。風車の場合では「風車から離れた場所ではよく眠れる」のだから、不眠症とは言い難い。
　従って、
「１．強制的な睡眠妨害が継続する」「２．日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」
となるのだから、
　風車の場合は、**「外因性の継続的、強制的な睡眠妨害」（睡眠妨害による拷問）と言う意味での「強制不眠症」**と言うべきです。
　厚生省のＨＰによれば、継続する不眠は、更なる健康被害を発生させることが分っています。



ここにある、
肥満、高血圧、糖尿病、脂質異常、心血管疾患、心筋梗塞、脳血管疾患
を健康被害と言うならば、

　風車の影響は多様であり、光、影、振動、超低周波音、騒音などの様々な形で影響し、アノイアンスを向上させます。
その結果、強制的に不眠症の状態を作り出し、その継続によって、
不眠症に止まらず、肥満、高血圧、糖尿病、脂質異常、心血管疾患、心筋梗塞、脳血管疾患などの健康被害を引き起こします。

風車が、アノイアンスの程度を大きくして、**継続する不眠を媒介にして、間接的に**、肥満、高血圧、糖尿病、脂質異常、心血管疾患、心筋梗塞、脳血管疾患などの**健康被害を生んでいて、多くの被害者が出ています**。

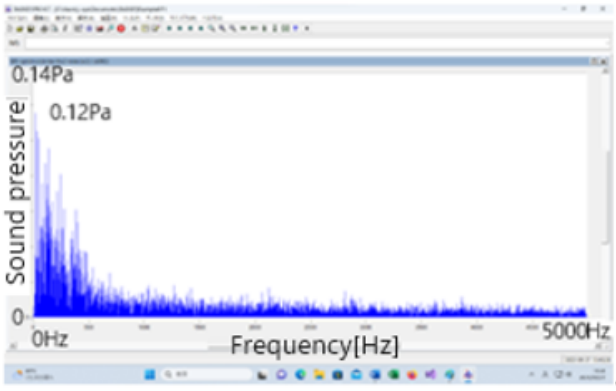
　もちろん、風車音による直接的な健康被害もあります、その代表は、循環器系の障害と頭痛です。
詳しい因果関係は、風車超低周波音 2025（第 1 部）をご覧ください。

風車の超低周波音による直接的な健康被害

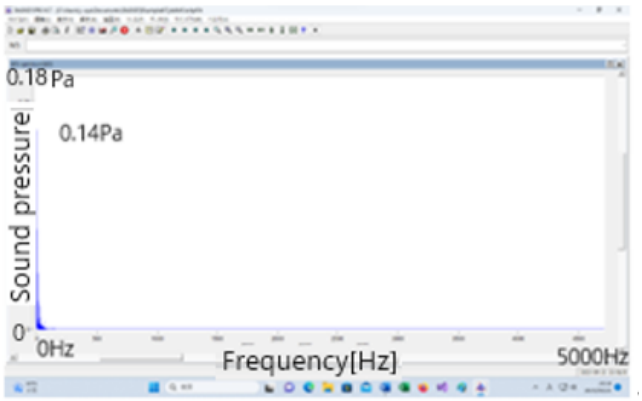
風車音そのものの物理的な作用の結果として起きる健康被害もあります。これは、風車音による直接的な健康被害です。JFE の製鉄所では、超低周波音を含む音がかなりの強さで出ていますが、音の性質が違うので、風車病の様な症状とは、直接的に結びつくとは言えません。風車音は特別であり、風車病の症状と物理的に結びついているのです。

周波数スペクトルを調べると、

製鉄所(0～5ｋHz) ； 最大 0.12[Pa](12Hz)

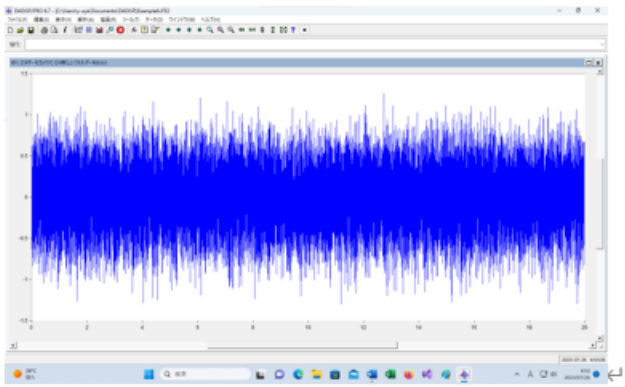


風車音(0～5000Hz)；最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)

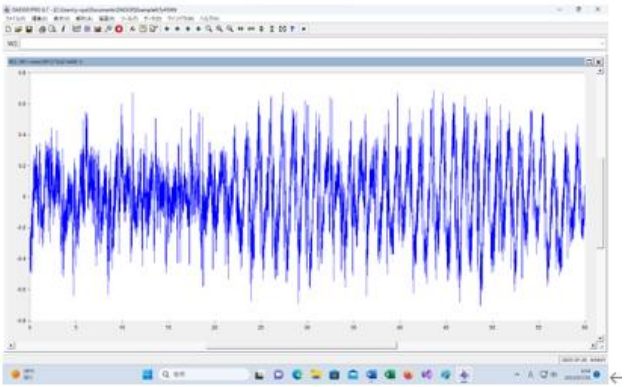


60 秒間の波形

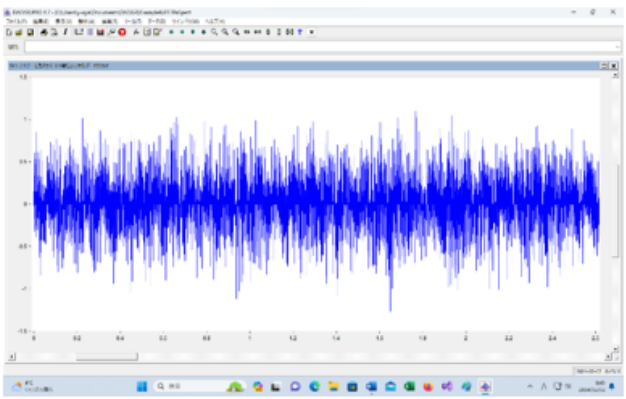
JFE の製鉄所内の音



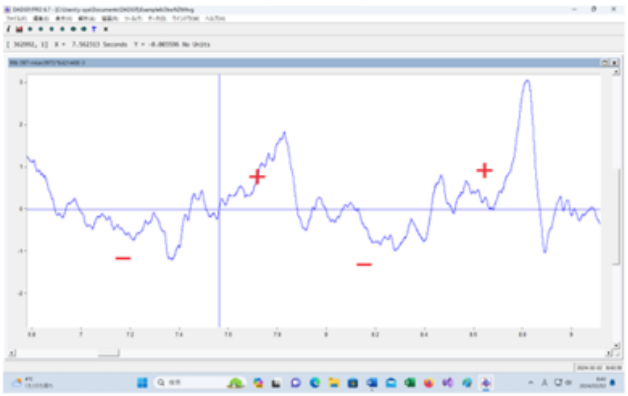
館山の風車音



工場騒音の、2.6 秒間の波形



風車音の 2.2 秒間の波形



この波形の違いは、体内の圧力を変動させる力の強さに大きく影響します。少し計算すれば、工場の音では、体内の圧力は、ほとんど変化しないが、風車音では大きく変動する事が分かります。

圧力が変化するときには、外部からの力によって体が変形します。この時の変形の伝搬を調べれば、循環器系の障害が起きることが分かります。さらに、音響キャビテーションを考えれば、頭痛が起きることが分かります。

これは、風車音の直接的な物理的作用による健康被害と言えます。

G 特性音圧レベルの問題点

“20Hz 以下の超低周波音については ISO-7196 に評価加重特性が規定されていることから、超低周波音による心身への不快感に関する評価にあたっては、G 特性音圧レベルとする。”
との考え方もありますが、簡単ではありません。

“超低周波音のレベル”は、G 特性音圧レベルとして計算されます。対象を 1Hz～として計算した結果と、0.25Hz～として計算結果の数値は、ほぼ同じです。その原因を、モデルを作って調べてみました。

（仮称）ウインドパーク布引北風力発電事業
の要約書 10 ページに次の記載があります

予測地点	現況値	予測値	建設の影響による増分	参考値
一般①	68	68	0	100
一般②	60	61	1	100
一般③	58	64	6	100
一般④	54	63	9	100

注：1　現況値は、バックグラウンド低周波音（現況の超低周波音から、既設の風力発電所から発生する超低周波音を除いたもの）です。
　　2　予測値は、将来の超低周波音（G 特性音圧レベル）です。
　　3　参考値は、ISO 7196 に示されている「超低周波音の知覚の閾値」を示します。

表の数値を参考にして、G 特性音圧レベルが 56ｄB だったとして、次のようなモデルを考えました。

	G特性音圧レベルの試算		ISO7196の重み付け				
	基準音圧（Pa）	0.00002					
	周波数（Hz）	0.25	0.5	1	2	10	20	50
	音圧（Pa）	0.00024	0.0002	0.0001	0.0005	0.0066	0.0041	0.0000007
①	騒音レベル（ｄB）（平坦特性）	21.5836249	20	13.9794001	27.9588002	50.3702788	46.2350772	-29.118639
②	G特性の重み付け	-88	-64.3	-43	-28.3	0	9	-20
①+②	G特性重み付け後	-66.416375	-44.3	-29.0206	-0.3411998	50.3702788	55.2350772	-49.118639
	G特性音圧レベル（ｄB）	56.46126558						

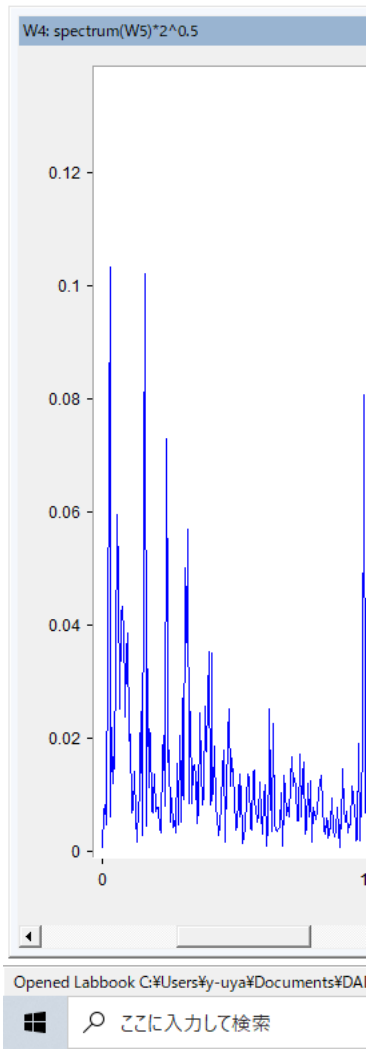
周波数成分は、0.25、0.5、1、2、10，20、50Hz の成分が上の表の音圧の時は、G 特性音圧レベルは 56.5ｄB 程度です。
　各成分の音圧を 1 つだけ変化させて、全体の G 特性音圧レベルが 61ｄB になる様にしてみました。

20Hz の成分が、0.0041Pa から 0.008Pa になれば、61ｄＢになります。
2Ｈｚの成分が、0.0005Ｐａから 0.5Ｐａになれば、61ｄＢになります。
0.5Hz の成分が、0.0002Pa から 31.5Pa になれば、61ｄＢになります。
0.25Ｈｚの成分が、0.00024Ｐａから 482Ｐａになれば、61ｄＢになります。
それぞれの場合の最大音圧（Ｐａ）は、0.008，0.5、31.5、482［Ｐａ］です。最大音圧レベル（ｄＢ）は、52，88，124，147［ｄＢ］です。どの場合も G 特性音圧レベルは 61ｄＢなのです。

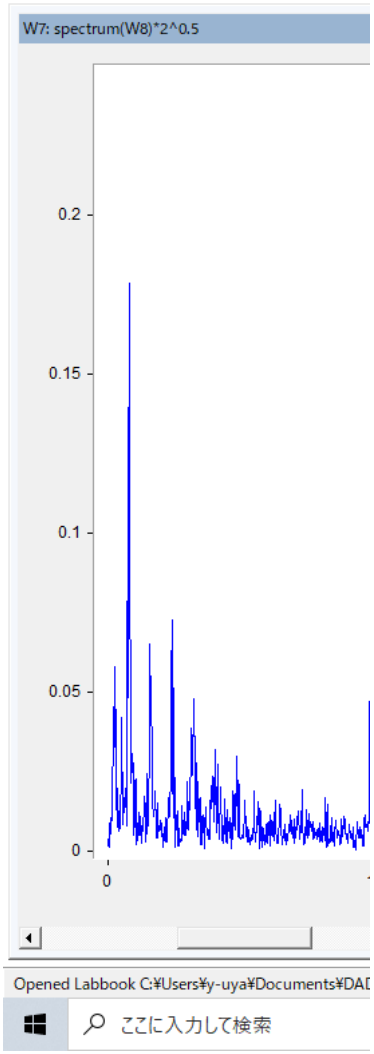
	周波数（Hz）	0.25	0.5	1	2	10	20	50
	音圧（Pa）	0.00024	0.0002	0.0001	0.0005	0.0066	0.008	0.0000007
①	騒音レベル（ｄＢ）（平坦特性）	21.5836249	20	13.9794001	27.9588002	50.3702788	52.0411998	-29.118639
②	G特性の重み付け	-88	-64.3	-43	-28.3	0	9	-20
①+②	G特性重み付け後	-66.416375	-44.3	-29.0206	-0.3411998	50.3702788	61.0411998	-49.118639
	G特性音圧レベル（ｄＢ）	61.39824356						
	周波数（Hz）	0.25	0.5	1	2	10	20	50
	音圧（Pa）	0.00024	0.0002	0.0001	0.5	0.0066	0.0041	0.0000007
①	騒音レベル（ｄＢ）（平坦特性）	21.5836249	20	13.9794001	87.9588002	50.3702788	46.2350772	-29.118639
②	G特性の重み付け	-88	-64.3	-43	-28.3	0	9	-20
①+②	G特性重み付け後	-66.416375	-44.3	-29.0206	59.6588002	50.3702788	55.2350772	-49.118639
	G特性音圧レベル（ｄＢ）	61.35819084						
	周波数（Hz）	0.25	0.5	1	2	10	20	50
	音圧（Pa）	0.00024	31.5	0.0001	0.0005	0.0066	0.0041	0.0000007
①	騒音レベル（ｄＢ）（平坦特性）	21.5836249	123.945611	13.9794001	27.9588002	50.3702788	46.2350772	-29.118639
②	G特性の重み付け	-88	-64.3	-43	-28.3	0	9	-20
①+②	G特性重み付け後	-66.416375	59.6456112	-29.0206	-0.3411998	50.3702788	55.2350772	-49.118639
	G特性音圧レベル（ｄＢ）	61.34928006						
	周波数（Hz）	0.25	0.5	1	2	10	20	50
	音圧（Pa）	482	0.0002	0.0001	0.0005	0.0066	0.0041	0.0000007
①	騒音レベル（ｄＢ）（平坦特性）	147.640341	20	13.9794001	27.9588002	50.3702788	46.2350772	-29.118639
②	G特性の重み付け	-88	-64.3	-43	-28.3	0	9	-20
①+②	G特性重み付け後	59.6403409	-44.3	-29.0206	-0.3411998	50.3702788	55.2350772	-49.118639
	G特性音圧レベル（ｄＢ）	61.3457206						

館山で計測した風車音では、風が強く吹くときの音圧が、0.37Pa 程度でした。

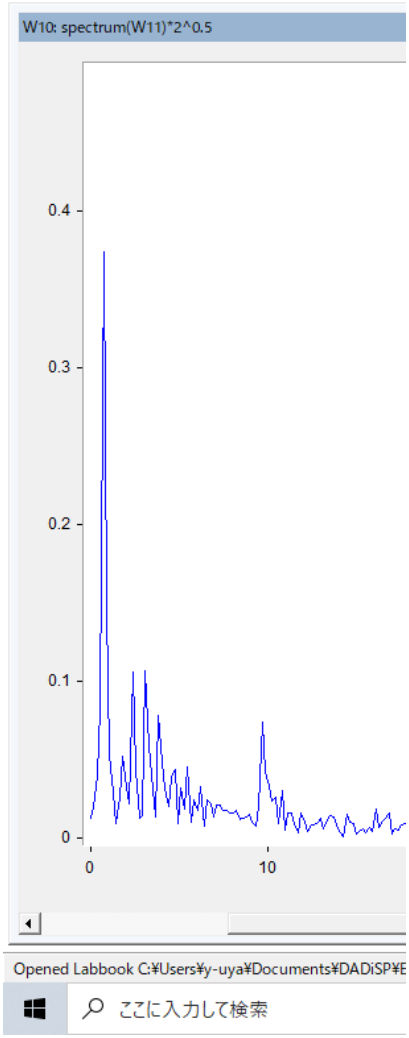
風速の変化に伴う音圧の変化は、次のグラフです。



0.104Pa



0.175Pa



0.37Pa

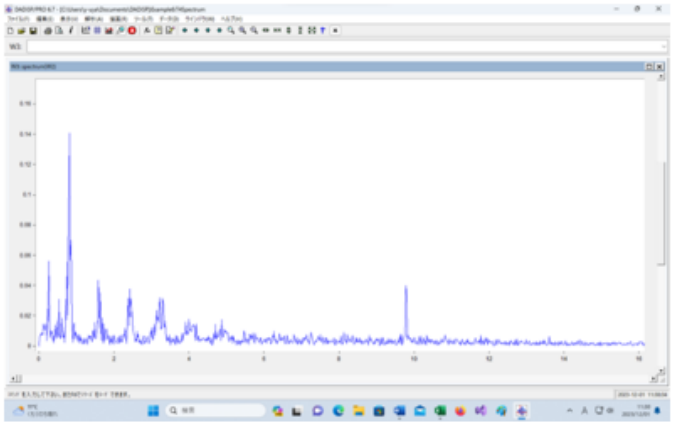
この時の音を受けた感覚は、ヘリコプターが着陸するのかとおもえるような音でした。

これを、315Pa と比べれば、**音圧としては、851 倍**であり、エネルギーとしては、724799 倍です。これだけの違いがあっても、**G 特性音圧レベルは同じ値になる**のです。

G 特性音圧レベルが同じでも、人が受ける圧力には大きな違いがあります。被害を推定する数値としては不適格です。

1/3 オクターブ解析

風車音の計測結果から、２つのグラフが得られます。



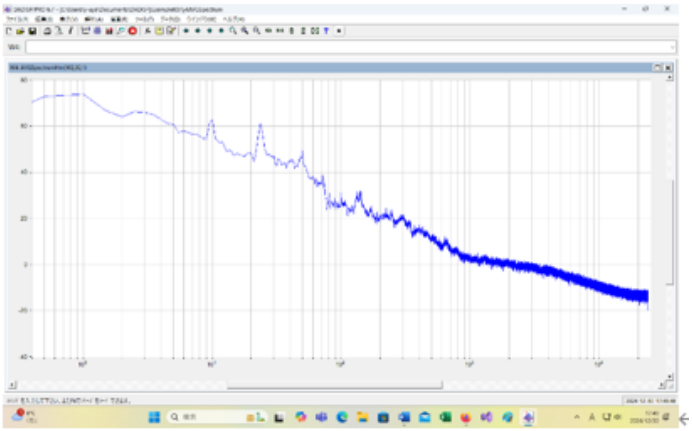
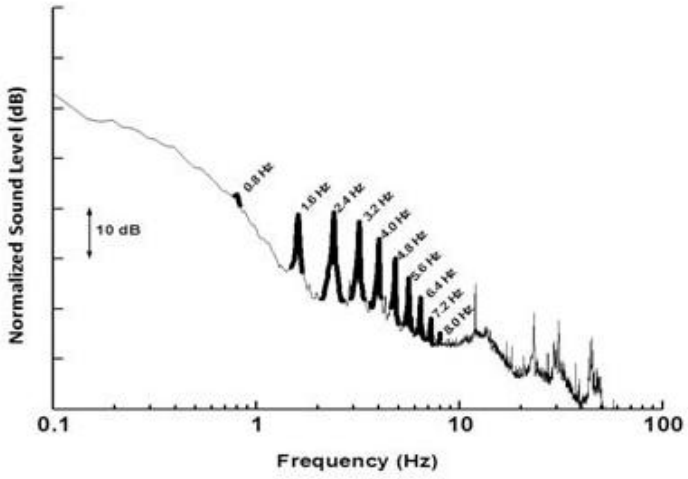
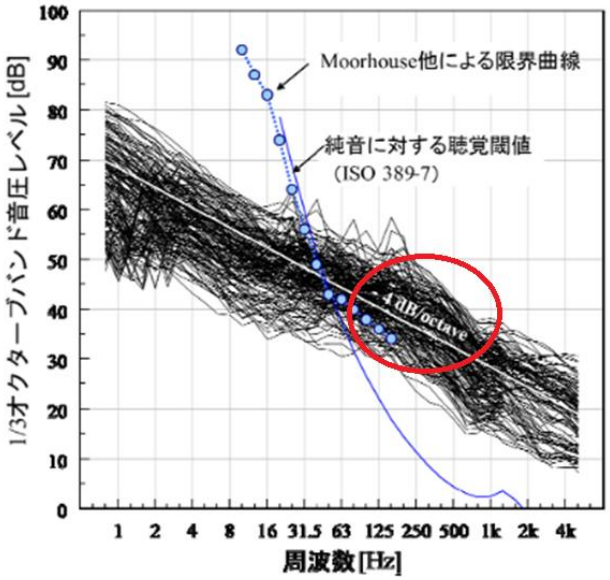


図 2風力タービンの超低周波音測定





1/3 オクターブ解析では、単に周波数スペクトルから 1/3 オクターブ解析をするのではなく、計測データを幾つかに分けて、1/3 オクターブ解析をして、その結果を平均した数値を使います。グラフは滑らかになるのですが、周波数スペクトルの離散性が失われます。

その結果、超低周波音の部分が発生するメカニズムが解明できなくなります。
発生メカニズムが不明だと、物理的な性質が説明できなくて、被害の原因が風車からの超低周波音だと主張するのが困難になります。

多くの学者は、可聴域に属する機械音や空力音の発生原因は説明するのだが、超低周波音の発生原因は説明しないのです。

A 特性音圧レベル（騒音レベル）

耳で感知する音の大きさ（ラウドネス）を評価する数値としては、騒音レベル（A 特性音圧レベル）を使います。

A 特性音圧レベルは、16Hz 以上の部分を対象にした計算であり、1000～4000Hz の成分が重視されます。

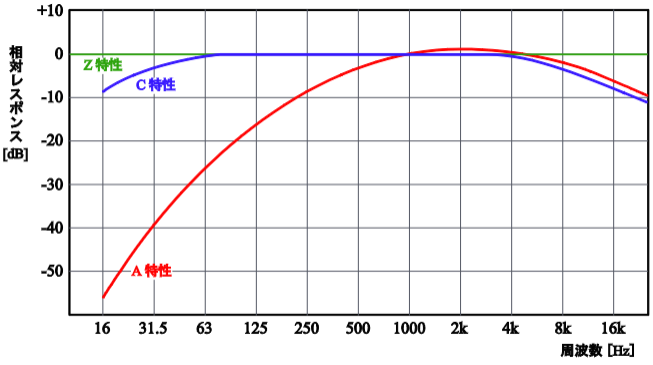
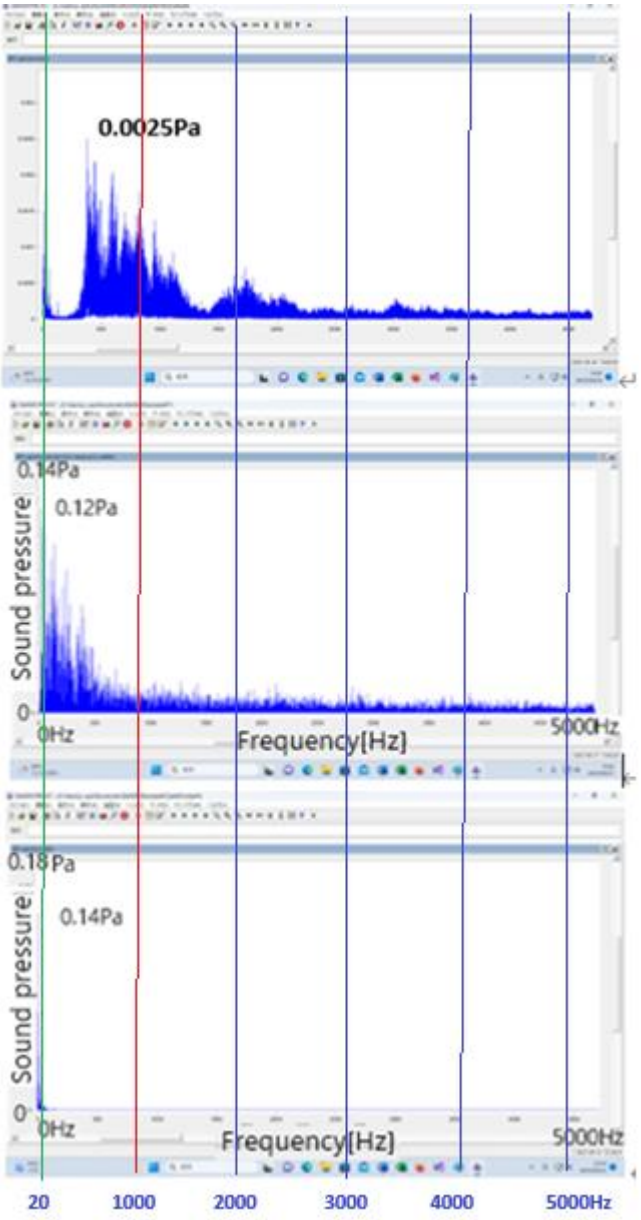


図 2　周波数重み付け特性 A/C/Z

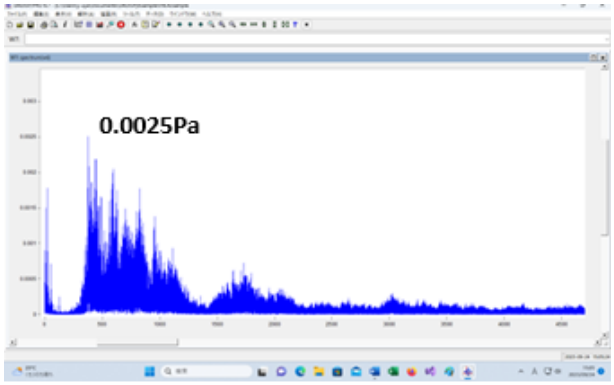


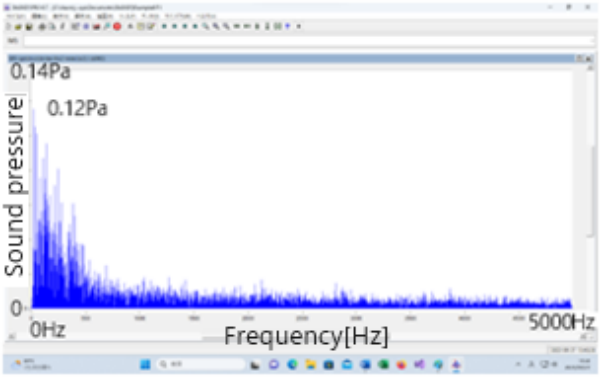
風車音では、計算対象となる周波数成分が、ほとんど存在しないのです。

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.83E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2
エコキュート	7.39E-04	3.30E-05	9.74E-07	7.73E-04	W/m2

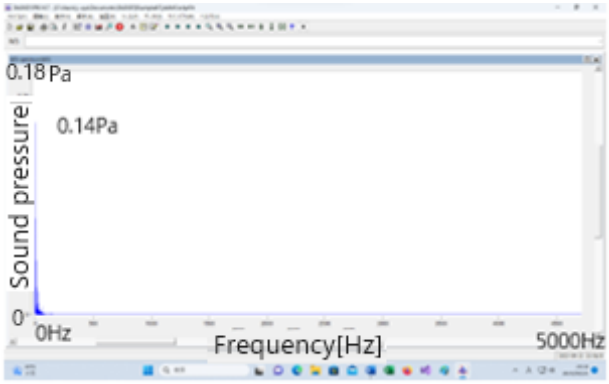
そのようにして求めた数値が、風車音の影響評価に適した数値だとは思えません。

交通騒音(0～5ｋHz)：最大 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）　製鉄所(0～5ｋHz)；最大 0.12[Pa](12Hz)





風車音（0～5ｋHz)）最大 0.14Pa（0.8Hz）



電力中央研究所報告にある、

「低周波音における音圧レベルと不快さの関係は音の周波数が固定した条件において，ほぼ比例関係を示すが，その比例定数は音の周波数によって変わっており，周波数が低いほど不快さは音圧レベルに対しても強く現れることが示されている.」

「不快さと A 特性音圧レベルは周波数に依存せず，ほぼ一定の相関を持つことが示されている.」

を見ると、

うるささでの睡眠妨害との関連はあるだろうが、“風車病”での被害内容との関連性は薄い。

カナダ政府の資料での関連性を表にします。

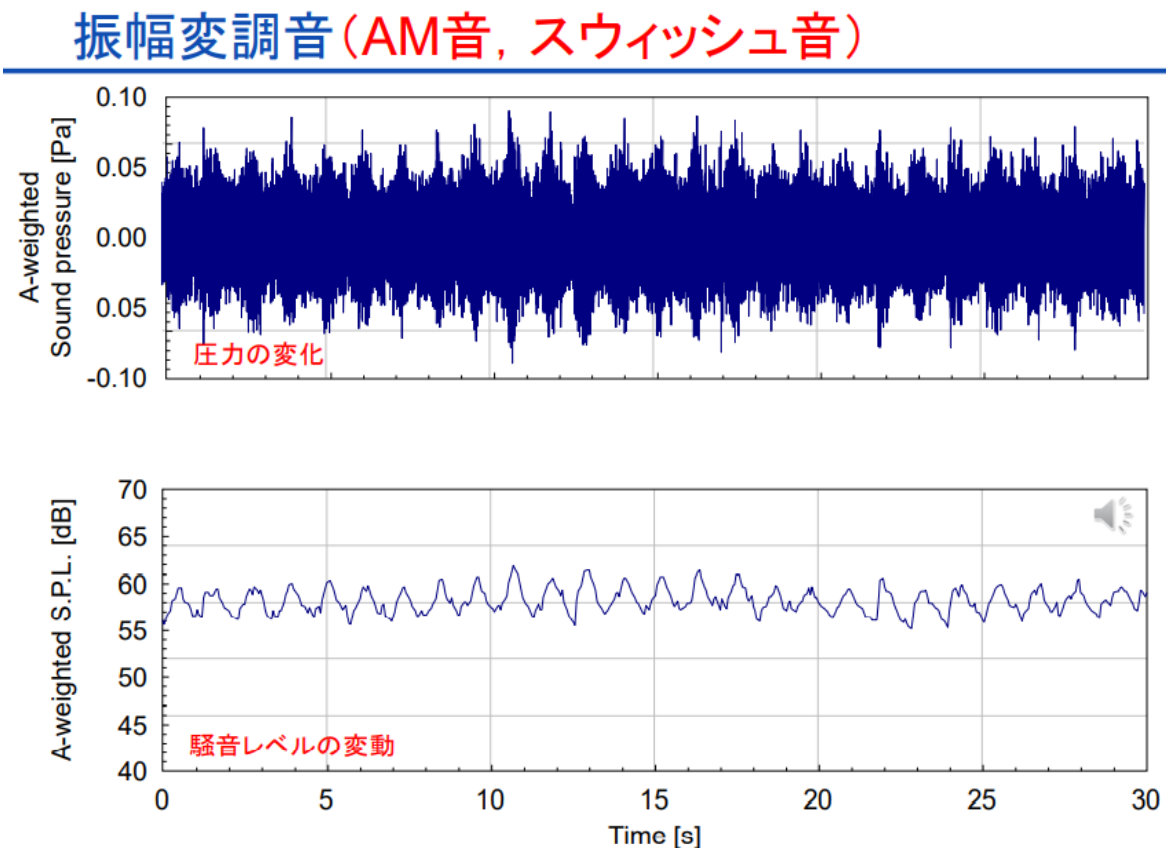
×は関連性無し、〇は関連性あり、△は三段論法で関連性ありと判断できるものを表します。

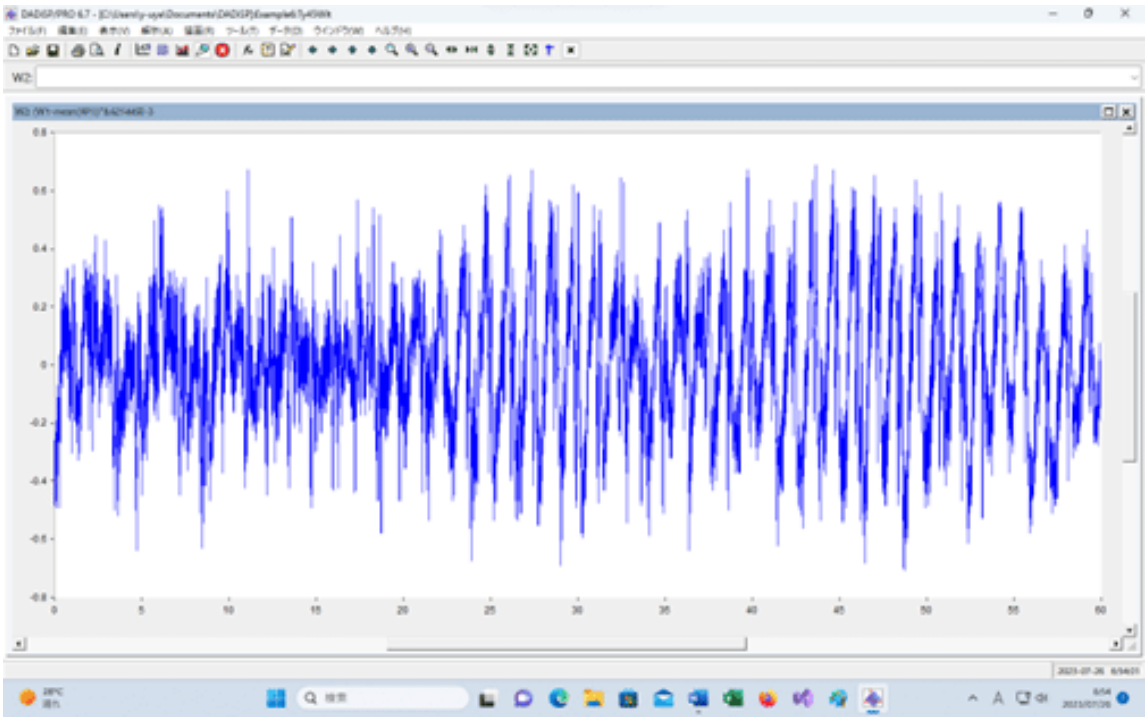
	WTN	睡眠障害	心拍数	血圧	コルチゾール	不快感	知覚ストレス	片頭痛	耳鳴り	めまい
WTN		○	×	×						
睡眠障害	○									
心拍数	×									
血圧	×				△	○	△	△	△	△
コルチゾール				△		○	○	△	△	△
不快感				○	○		○	○	○	○
知覚ストレス				△	○	○		△	△	△
片頭痛				△	△	○	△		△	△
耳鳴り				△	△	○	△	△		△
めまい				△	△	○	△	△	△	

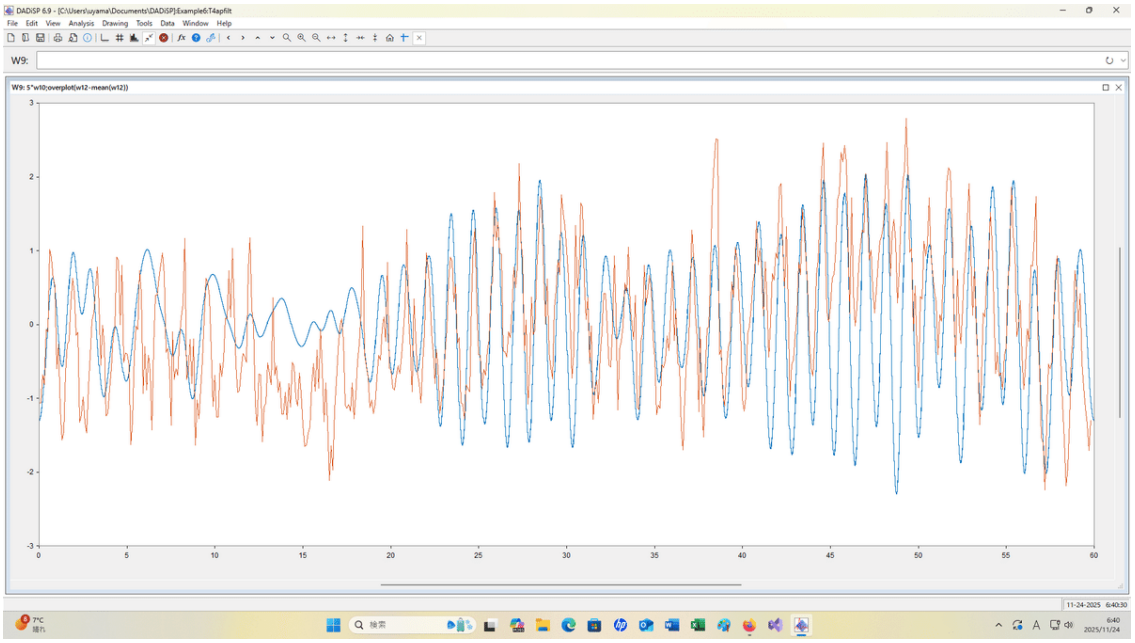
被害者の知覚ストレス、高血圧などの訴えが、体調の具体的は変化を伴っていることが、コルチゾール検査で証明されていることを示しています。被害者は、正直であり嘘ではないのです。

頭痛や不快感に関連が深い基本周波数での音圧（パスカル単位）を使えば、被害との関連性や、因果関係がより明確になります。

空力音（数百～数千 Hz）の部分には振幅変調の性質が見られます。



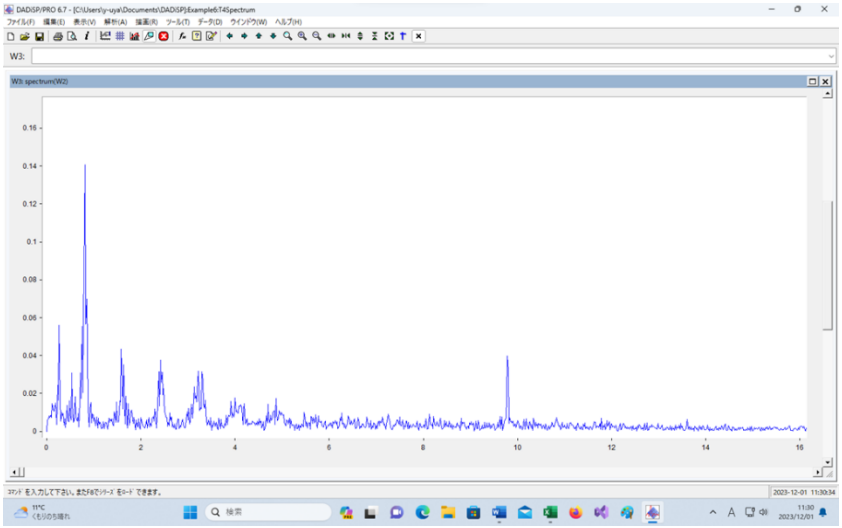




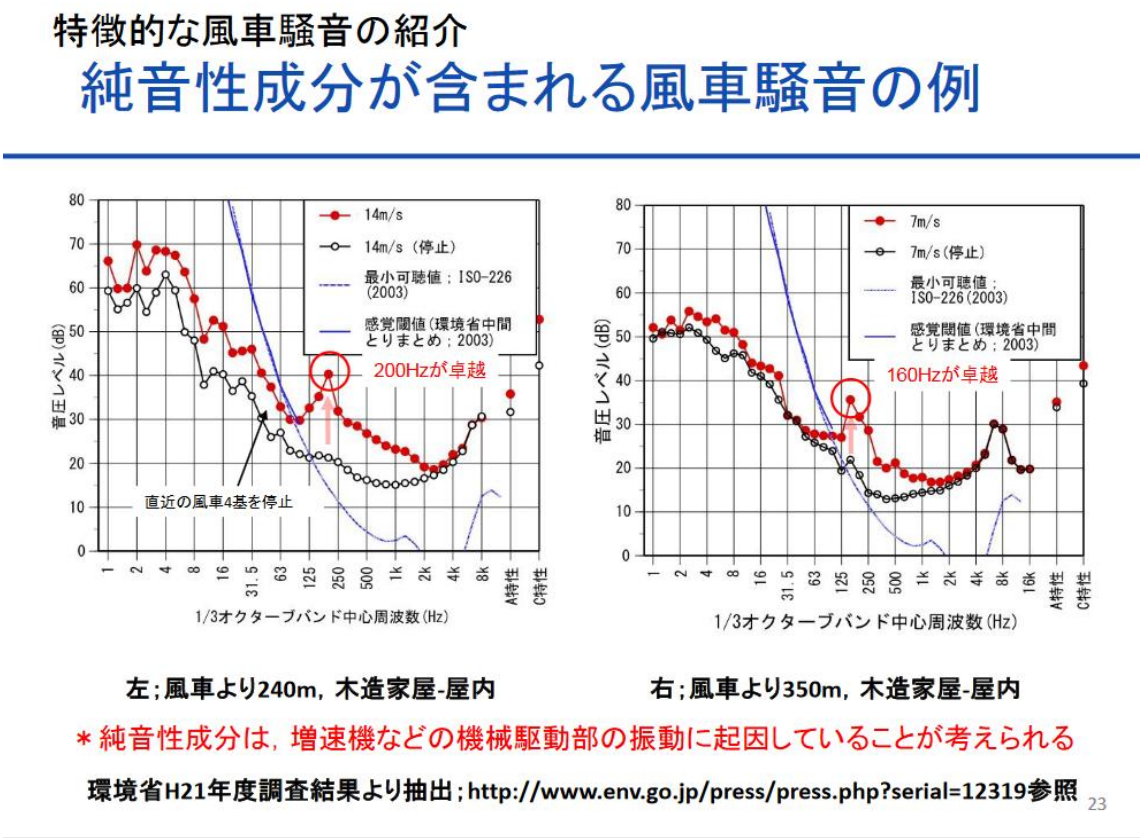
振幅変調での音圧上昇の位置と、基本周波数での音圧変動で音圧が高くなる位置とは一致します。

純音

基本周波数での成分が、純音成分であり、音圧が高い事は明らか。



1/3 オクターブ解析での計算方法を考えると、下の 200Hz 成分や 160Hz 成分が純音としての性質を持っているかは、不明。



A 特性音圧レベルの推奨

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”には、

「風力発電施設から発生する**騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（ アノ イアンス） を増加させる**傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、 **わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる**可能性があることが示唆されている。また、超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 **周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”」**

とあるので、

風車音が、人間に影響するときには、**わずらわしさ（ アノ イアンス）と言う影響と、音の大きさ（ラウドネス）としての影響がある。**

睡眠への影響については、わずらわしさ（アノイアンス）が重視されている。風車音では、音が大きくてうるさいという（ラウドネス）も、不快感の一部分を構成する。アノイアンス（不快感）には、うるささ、圧迫感、振動感、頭痛、血圧上昇などがあるが、風車音でのアノイアンス（不快感）に対するラウドネス（うるささ）寄与率は 9～13%であることが知られている。

“なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。“**となっている。**

したがって、睡眠影響を評価するには、アノイアンスの評価に適する数値を見つけるべきであり、ラウドネスに関する評価値、A 特性音圧レベル（騒音レベル）は不適当である。

アノイアンスの内容を点検すれば、基本周波数での最大音圧をパスカル単位の数値で扱うのが適切だとの結論を得る。（詳細は後程述べます。）

A 特性音圧レベルとは、1000Hz～4000Hz の部分を重視して、聴覚への影響を数値化して評価する方法です。

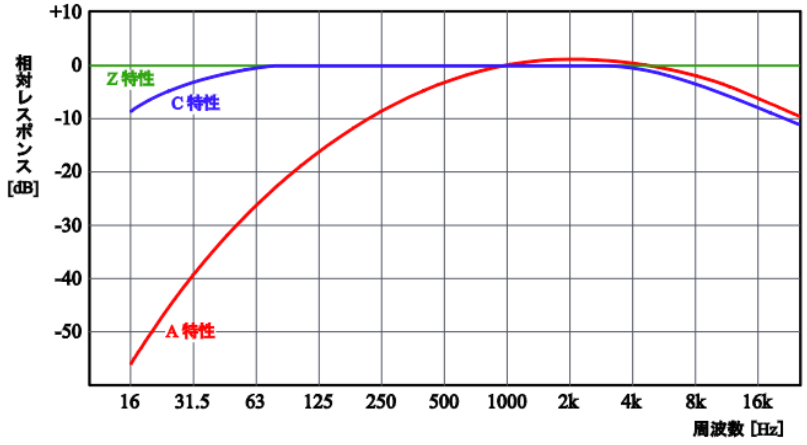


図 2　周波数重み付け特性 A/C/Z

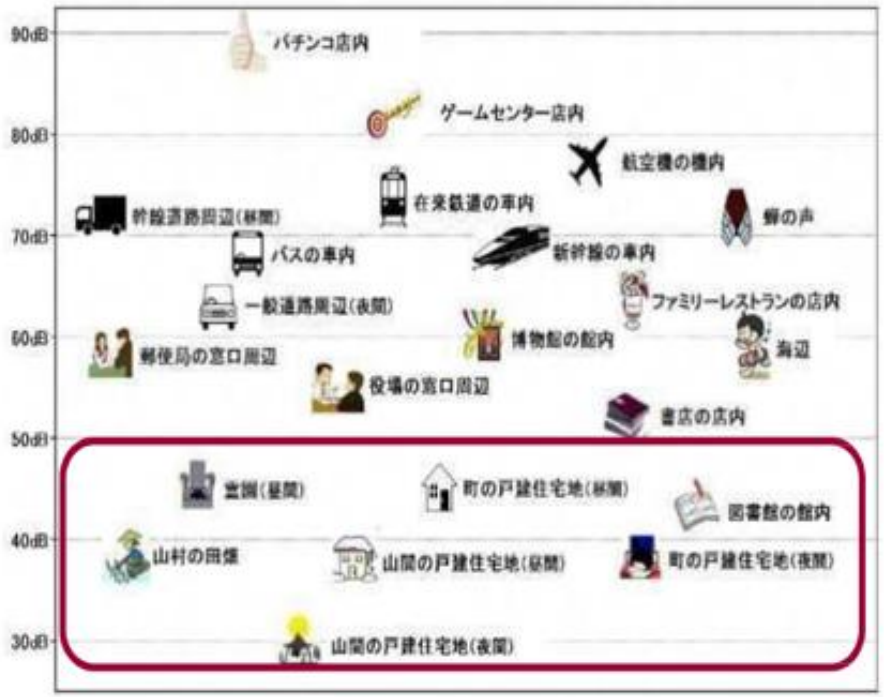
重みは、16～1000Hz ではマイナス、1000～4000Hz ではプラス、4000～20000Hz ではマイナスです。

聴覚では感知しがたいものは小さく評価し、聴覚で感知しやすいものは大きめに評価する方法です。

風車音の評価にA特性音圧レベルを用いる狙いは、環境基準値と比較して、問題がないかの様に見せかけるためです。

騒音に関する環境基準値と比べても、全く問題がないのに被害を訴えているが、
A特性音圧レベル（騒音レベル）は図書館内と同程度であるから、被害が起きるはずはない。
従ってその主張は正当な根拠がない。とされてしまいます。

そんな人は、健常者ではない、気が狂った人だと言われてしまう。それでも、訴えを続ければ、精神病院へ行くようにと言われてしまうのです。



騒音の目安

出典　全国環境研協議会　騒音小委員会

交通騒音では全く問題がない、42ｄBの騒音レベルでも、風車音の場合は被害が出るのです。

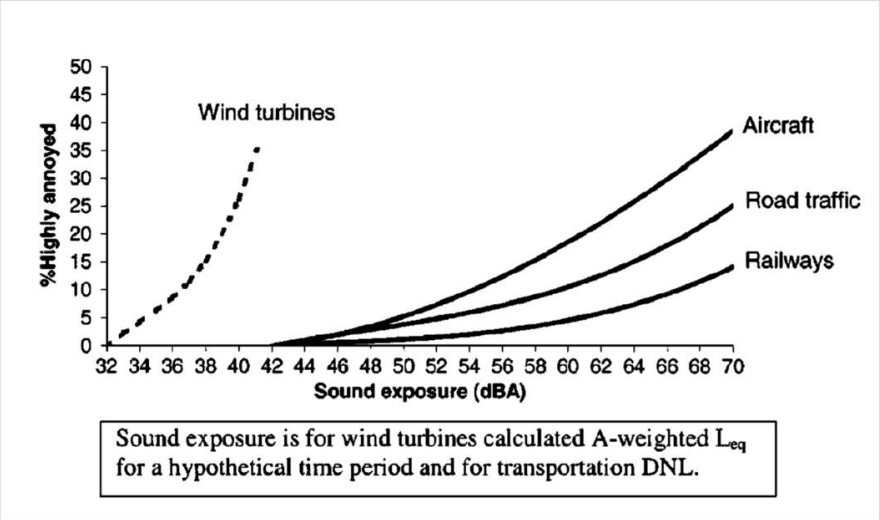


図1　複数の交通騒音（実践）と風車騒音（点線）の用量―反応関係の比較[6]

超低周波音の影響を考えれば、被害が出ても当然です。超低周波音は耳では聞き取れないが、体内の圧力を変化させる力が強いのです。その結果、循環器系の障害と頭痛が起きます。

聞こえないが、大きなエネルギーを持っている基本周波数成分の被害が発生するのです。

「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」と言う専門家を信用するととんでもないことになります。

環境省の主張の問題点（アノイアンスとラウドネスの指標）

都道府県知事　市長・ 特別区長 殿　　環境省水・ 大気環境局長

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”

“全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、**20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。**

これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、 風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。また、**風力発電施設から発生する超低周波音・ 低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。**

ただし、風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、**わずらわしさ（ アノ イアンス） を増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる可能性がある**ことが示唆されている。また、**超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”**

とあり、

“なお、本通知は地方自治法第 245 条の４第１項に基づく技術的な助言であることを申し添えます。”

丁寧に見てゆきます。

「20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。」

とある。

「20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り」、については、

専門家の常識

「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」

「インフラサウンドが人体に影響を及ぼす場合、主経路は耳を通るという固有の前提が存在する。この仮定は、本分野における現在の研究状況と一致している。」

が正しければ、それほど大きな間違いではないが、そもそも、専門家の常識が間違っている。

いろいろな数値を確認しておけば、

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参照値 dB				92	88	83	76	70	64	57	52	47	41				
聴覚閾値							78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
聴覚閾値(旧)							78.5	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
夜間参照曲線				92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34	

となっている。

聴覚閾値を心身に関する参照値の関係を確認する。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
聴覚閾値（デシベル） 感覚閾値（デシベル）	78.1	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

参照値　－　聴覚閾値　の表を作れば次のようになります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	-2.1	1.3	4.5	5.9	8	9.5	9.5

この表は、周波数が低くなればなるほど、聴覚閾値と参照値（不快感を感じ始める値）の差が小さくなってきていて、20Hz では逆転することを示しています。

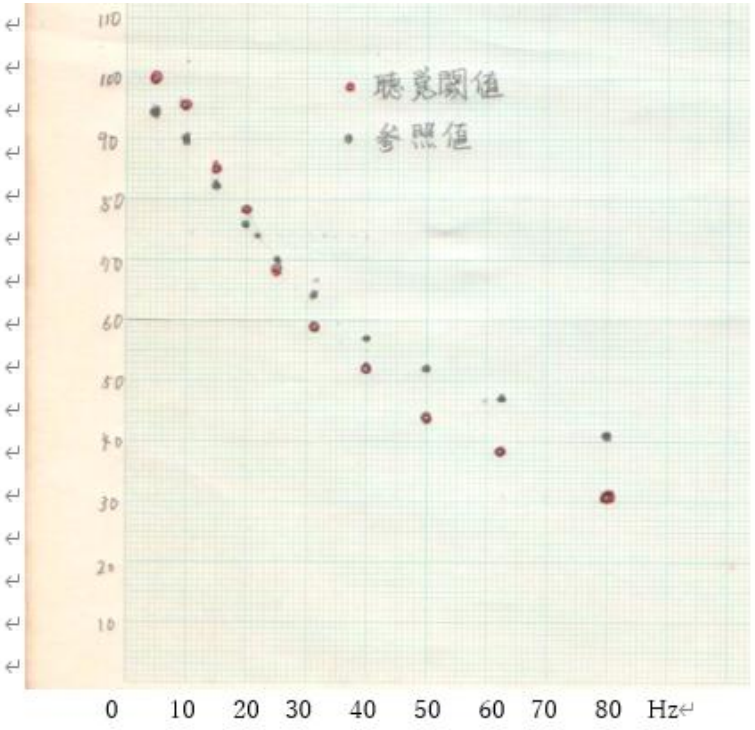
低周波音問題に関する Q&A

Q７　感覚閾値と『参照値』は違うものですか？

A７　感覚閾値とは、なんらかのかたちで低周波音を感じることのできる最小の音圧レベルです。一方、『参照値』には、１）建具類のがたつきなどの「物的苦情の『参照値』」と**２）圧迫感、振動感、不快感などの「心身に係る苦情の『参照値』」**の２種類があります。「物的苦情の『参照値』」については、建具等ががたつき始める最小の音圧レベルを実験等によって求めたものです。「心身に係る苦情の『参照値』」については、長時間継続する低周波音を受けた場合に、大部分の人があまり気にならないで許容できる最大音圧レベルです。このように、「心身に係る苦情の『参照値』」と「感覚閾値」とでは定義が異なります。**大小関係**で言うと、実際には、**「心身に係る苦情の『参照値』」は「感覚閾値」より少し大きな値となっています。**

環境省に電話して、誤訳と数値の大小関係を指摘したが、
答えは、「書いてある通りです。」でした。
環境省は、少数の大小関係が分からない、小学生以下の学力の人を雇っているようです。
25Hz より周波数が高い部分に関しては、ISO389-7 に記載されている値のほうが小さい。よって、この部分だけならば、環境省の言い分は、感覚閾値と言いう誤訳の問題を除けば正しい。しかし、20Hz の所は、ISO389-7 の値の方が大きいのです。

周波数が低くなればなるほど、聴覚閾値と参照値（不快感を感じ始める値）の差が小さくなってきていて、20Hz では逆転することを示します。
10Hz、5Hz、1Hz、0.5Hz と低くなればなるほどこの傾向は続くと考えます。
グラフにすれば（参照値の予測もしてみました。）次のようになります。



参照値は、被験者の 10%程度が不快だと感じる値です。

これは、20Hz の音が 76ｄB の時に、人間が不快感を覚えたと言いう事です。もし、ISO389-7 の値が感覚閾値ならば、人間は 20Hz の音の音圧が 78.1ｄB（78.5ｄB、古い数値）になるまで、人間は不快感を覚えないはずなのに、それよりも小さな値 76ｄB で不快感を覚えてしまうという矛盾が生じます。

聴覚閾値と正しく訳しておけば、20Hz の音に対して、人間の聴覚は 78.1ｄB になるまでは認識しないが、それ以外の感覚（圧迫感、頭痛、など）で 76ｄB の段階でも不快感を覚えると理解できるので、矛盾は生じません。

さて、あくまで感覚閾値だと主張すると、次の矛盾に耐えきれなくなります。

感覚閾値ならば、78.1 デシベルよりも低い音圧レベルの音は、人間の感覚では感知できないはずです。
でも、76 デシベルの音圧レベルで、不快感を覚えてしまいます。不快感の内容は人によるかもしれませんが、音、圧力、振動などを感じ取って不快だと思うのです。感覚閾値は、78.1 ではなくて、76 だとしなくてはなりません。

聴覚閾値としておけば、耳では音を感じなくても、76 デシベルの段階で、圧力や振動を体で感じ取り、不快感を覚える。のですから、全く矛盾は生じません。

これは、電力中央研究所報告にある、
“音圧レベルとアノイアンス(※12)（不快さ）について調べた Møller の実験[2-18]によると，周波数が低い方が音圧レベルの上昇に対してアノイアンスが増加する割合が大きくなっている．
なお，Møller の実験では 18 人の正常な聴覚を持った被験者に対して行っている．各被験者は周波数・音圧レベルの異なるいくつかの純音を聞いたとき，不快さの割合を示す棒線上（両端に「全く不快に感じない（not at all annoying)」,「非常に不快（very annoying)」と記載されている）に印をつけることで主観的な不快さを回答している．
さらに， Subedi らの実験結果[2-19]によると，**低周波音における音圧レベルと不快さの関係は音の周波数が固定した条件において，ほぼ比例関係を示すが，その比例定数は音の周波数によって変わっており，周波数が低い**

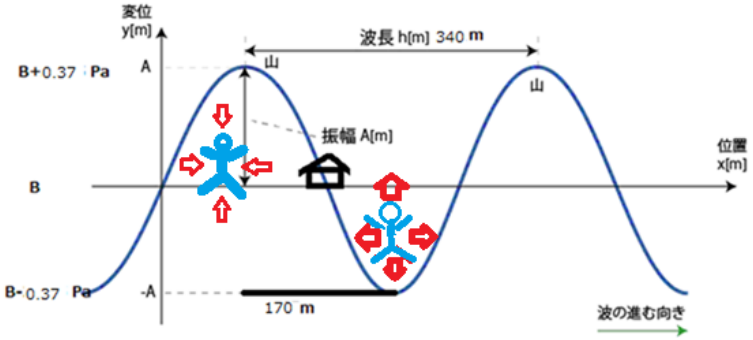
ほど不快さは音圧レベルに対しても強く現れることが示されている．また，Subedi らは不快さと A 特性音圧レベルとの相関についても調べており，彼らの実験範囲において，不快さと A 特性音圧レベルは周波数に依存せず，ほぼ一定の相関を持つことが示されている．“
に対応する事柄です。

この事は、20Hz に於いては、感覚閾値のうちの不快感に関する閾値が、聴覚閾値よりも低いことを示しています。20Hz の超低周波音が、聴覚では感知できなくても、“不快感”として別の感覚器官で先に把握されることを意味しています。

「低い周波数成分の騒音」は、低い周波数の意味が 100Hz 以下であり、騒音の意味が 20Hz 以上なので、「20Hz～100Hz の成分」と言う意味になる。

「超低周波数領域の成分の音も含めた実験」では、スピーカを使って体全体に音を浴びせるような実験は 10Hz 以上の場合だけであり、2Hz や 3Hz の場合はイヤホンを使って耳にだけ刺激を与えるような実験になっている。
特に、風車の基本周波数での音に関しては、閾値を聴覚閾値と感覚閾値に分けて考える必要がある。

である。
基本周波数 f ＝RZ/60H z の音は、聞こえない音だが体内の圧力を物理的に変動させる力がある。
聞こえなくても影響はあるのです。



聞こえない事と影響がない事とは別の事柄なのです。
物理的な影響を考えれば、圧迫感や頭痛との関連が深いのは、基本周波数での音圧をパスカル値で表した数値です。A 特性音圧レベルはライドネス（うるささ）との関連が深く、基本周波数での最大音圧はアノイアンス（不快感）との関連が深いのです。

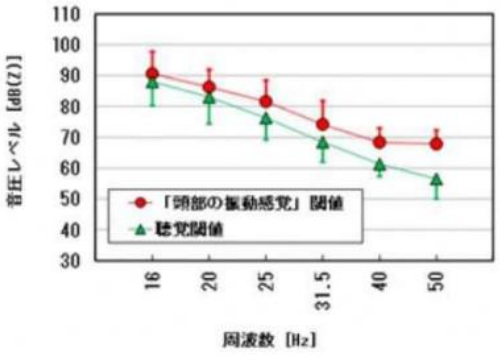
この事は、20Hz に於いては、感覚閾値のうちの不快感に関する閾値が、聴覚閾値よりも低いことを示しています。20Hz の超低周波音が、聴覚では感知できなくても、“不快感”として別の感覚器官で把握されることを意味しています。

風車の影響を知覚するのは、耳で聞いて“うるさい”と感じる場合だけではありません。

日時：６月２９日（日）13:30～16:00 場所：酒田市公益研修センターホール
青山学院大学 特任教授 佐藤敏彦氏

低周波領域の聴覚閾値と感覚閾値

右のグラフは、低周波域の純音による「頭部の振動感覚」閾値を調べた結果です。低周波音による振動感覚は頭部で知覚されやすいので、その閾値を調べました。その結果、「頭部の振動感覚」閾値は、聴覚閾値よりも数～10 dB以上も高いことが分かりました。このことから、振動感覚の誘起は低周波音の特徴ですが、基本的には低周波音も聴覚で知覚されると考えられます。



[Takahashi: J Low Freq Noise Vib Active Control,Vol.32, No.1-2 (2013) より]

専門家は、人間には聴覚以外の感覚器官があり、圧迫感を覚えたり、振動感を覚えたりする。
上のグラフは、**聴覚閾値と振動感覚閾値の**関係が、「周波数が低くなれば近い値になる」ことを示している。更に周波数が低くなった場合の数値が無いが、**大小関係が逆転すると予想できる。**

周波数が下がると、聴覚は鈍感になるが、振動感覚、不快感に関する感覚、圧迫感に関する感覚は鋭敏になる事を示している。この事は、アノイアンスに関する閾値は、超低周波音の領域では、ラウドネスに関する閾値よりも低いことを示唆している。これは、聞こえなくても、不快感による被害が起きることを示している。
「風車音のうち、20Hz 以下の超低周波音は音圧レベルが低く、**感覚**閾値を大きく下回る」
を
「風車音のうち、20Hz 以下の超低周波音の音圧レベルは高いが、**聴覚**閾値よりは低い。しかし、不快感の閾値や振動感の閾値よりは高い。風車音での睡眠妨害の観点からは、ガタツキによる睡眠妨害を考えれば、5Hz での睡眠妨害閾値は 70ｄB よりも低い」
と、修正すべきです。

風車音の感知や影響を聴覚に限定しないで、超低周波音の領域まで含めて、物理的な性質を調べれば、**風力発電施設から発生する超低周波音が健康被害を引き起こす物理的な因果関係を示す知見が確認できました。**となります。

低周波音の測定方法に関するマニュアル　平成 12 年（2000 年）10 月

低周波音の測定方法に関するマニュアル　平成 12 年 10 月　環境庁大気保全局

には、

p 1：

1．　本マニュアルに用いる用語

（1）超低周波音

一般に人が聴くことができる音の周波数範囲は 20Hz-20kHz とされており、周波数 20Hz 以下の音波を超低周波音という。ここで取り扱う範囲は 1/3 オクターブバンド中心周波数 1-20Hz（またはオクターブバンド中心周波数 2-16Hz）の音波である。

（2）低周波音

我が国における低周波音苦情の実態を考慮して、およそ 100Hz 以下の低周波数の可聴音と超低周波音を含む音波を低周波音という。従前、環境庁で低周波空気振動と呼んでいたものである。ここで取り扱う範囲は 1/3 オクターブバンド中心周波数 1-80 Hz（またはオクターブバンド中心周波数 2-63 Hz）の音波である。

（3）G 特性

1-20Hz の超低周波音の人体感覚を評価するための周波数補正特性で、ISO-7196 で規定された。可聴音における聴感補正特性である A 特性に相当するものである。この周波数特性は、10Hz を 0dB として 1-20Hz は 12dB/oct.の傾斜を持ち、評価範囲外である 1Hz 以下および 20Hz 以上は 24dB/oct.の急激な傾斜を持つ（図-1.1、表-1.1 参照）。

1-20Hz の傾斜は超低周波音領域における感覚閾値の実験結果に基づいている。

p 19：

5.1.1 測定量

（1）　低周波音の感覚及び睡眠への影響に関する評価に用いる測定量

超低周波音の感覚及び睡眠への影響に関しては、**G 特性音圧レベルを測定**する。

G 特性を持たない低周波音圧レベル計を用いる場合には、実時間周波数分析器等を用いて 1/3 オクターブバンドで周波数分析を行い、周波数分析結果に G 特性補正値（表-1.1 参照）を加えた後、エネルギー加算して G 特性音圧レベルを計算で求めてもよい。なお、衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブバンド音圧レベルから G 特性音圧レベルを求めるのが望ましい。 G 特性音圧レベルの計算例を表-5.1 に示す。

また、必要に応じて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド音圧レベル（衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブバンド音圧レベル）を測定する。

（2）　低周波音の建具等のがたつきに関する評価に用いる測定量

低周波音の建具等のがたつきに関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて低周波音の周波数分析を行い、**1/3 オクターブバンド中心周波数 1～50Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定**する。

（3）　低周波音の圧迫感・振動感に関する評価に用いる測定量

低周波音の圧迫感・振動感に関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて、1/3 オクターブバンド中心周波数 **1～80Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定**する。

p 52：

“(3) 風雑音と低周波音の見分け方

風による音圧レベルと対象とする音圧レベルの違いを判別するのは簡単ではないが、次のような点に注意するとよい。

・多くの場合、**対象とする低周波音は定常的、周期的あるいは特徴的な音圧レベルの変化を示す**はずである。
・風による音圧レベルは，不規則に変化する。
・風が最も弱まったときの音圧レベルに注目する。
・風の強弱は体感で分かる。
・測定者とマイクロホンが離れているときはマイクロホンスタンドに細長い布を結びつけて風の強弱を確かめる。
・音源の近くの測定結果または風がないときの測定結果と比較する。“
とある。

解決すべき目的と必要な方法

風車病の被害者がいる。彼らは、風車（音）との因果関係が認められなくて、泣き寝入りをさせられている。風力発電に反対する人も多い。景観、バードストライク、伐採、崩落、などの議論はするがが、風車音との因果関係を解明して被害者の状況を改善しようとする人は少ない。

低周波音と睡眠妨害の話をしても、超低周波音による直接的な健康被害の仕組みについて説明する学者は見当たらない。

今までの計測では、G 特性音圧レベル、(平坦特性での) 1/3 オクターブ解析、A 特性音圧レベルを求めている。風車音の影響を評価するには、これらの数値を、参照値、指針値、(騒音に関する) 環境基準値と比較する。これらを使って現状を判断すれば、風車病の原因は見つからなくて、苦情であり、被害ではないとされてしまう。

この状況を打破する方法が一つだけある。市民や被害者が、環境省が妨害する超低周波音を測定し、学者が嫌がる詳細な周波数スペクトルを計算し、超低周波音の物理的な影響と健康被害の関係を調べる事です。

過去の測定や考え方を確認します。

低周波音の基礎および伝搬・影響・評価（落合博明　氏）には、

“低周波音の測定にあたっては G 特性音圧レベルと 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する”

低周波音の測定方法に関するマニュアルには、(平成１２ 年１０ 月　環境庁大気保全局)

“3) 風雑音と低周波音の見分け方

風による音圧レベルと対象とする音圧レベルの違いを判別するのは簡単ではないが、次のような点に注意するとよい。

・多くの場合、対象とする低周波音は定常的、周期的あるいは特徴的な音圧レベルの変化を示すはずである。

・風による音圧レベルは，不規則に変化する。“

平成２２年度　移動発生源の低周波音等に関する検討調査等業務報告書　には、

“風車音の計測に関しては、

・統一した方法はない

・計測機器が規格化されていない“

“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、“●”は不確実さを示したもので、“○”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	・ 波動：疎密波 ・ 入射、反射、吸収、透過、共鳴、回折、干渉、屈折 ・ 衝突・衝撃・摩擦 ・ 回転・乱れ・脈動 ・ 渦・共鳴／共振 ・ 磁界・電磁気	○		・ 波動：疎密波 ・ 入射、反射、吸収、透過、共鳴、回折、干渉、屈折 ・ 衝突・衝撃・摩擦 ・ 回転・乱れ・脈動 ・ 渦・共鳴／共振 ・ 磁界・電磁気 ・ 爆発・燃焼・圧縮・膨張	○	
妨害	・ 心理的・生理的・身体的 ・ 精神的・生活・物的	△	●	・ 聴力低下・聴力妨害 ・ 心理的・生理的・身体的 ・ 精神的・生活・物的	○	
計測	・ 統一した方法はない ・ 計測機器が規格化されていない ・ 実験施設・実験方法も規格化されていない		●	・ 騒音規制法によるもの ・ 日本工業規格で統一 ・ 計測機器は規格化 ・ 実験施設も充実 ・ 実験方法も規格化	○	
予測	・ ISO9613-2 ・ NEDO 式 ・ Nord2000 モデル 等があるが、未完成部分あり		●	・ 騒音発生源毎に予測手法が整備され、実用化	○	
評価	・ 物的影響は一般化 ・ 心身的影響、最小可聴値、アノイアンスは未解明	△	●	・ 騒音規制法、都道府県条例にて、規制基準値を設定 ・ 環境基準を設定	○	
法律	・ 国では未規制 ・ 一部、条例で規制	△	●	・ 環境影響評価法、騒音規制法、都道府県条例が整備	○	
国際	・ 論文発表件数が少ない ・ 特に、発生源、計測方法、評価に集中 ・ 各国の評価法がまちまち	△	●	・ 論文発表は充実している ・ 各国へ法規制・評価法を発信	○	

医学	・ 医学的な見地からの公的な見解が無い		●	・ ある一定以上の騒音暴露による影響についての公的見解はある	○	

風車騒音等の計測に関しては、

・統一した方法はない

・計測機器が規格化されていない

・実験施設・実験方法も規格化されていない

と書かれている。

評価に関しては

・物的影響は一般化

・心身的影響、最少可聴値、アノイアンスは未解明

法律に関しては

・国では未規制

・一部、条例で規制

とある。

統一した方法が無いならば、自分で最適な方法を考えて実行してみれば良いのです。新しい方方法を提起すれば良いのです。

計測結果から得るべきものは、

・“基本周波数 f（Hz）は、翼の回転数を R（rpm）、翼枚数を Z（枚）とすると　f ＝RZ/60 （Hz）　で与えられ、この基本周波数とその高次の周波数が卓越する。”について、正しいか否かを判断すること、卓越の程度を明らかにすること。

・ISO7196 にある、1/3 オクターブ解析での中心周波数 0.25Hz の帯域のエネルギーを計算できるだけの周波数分解能を得ること。

の２点です。もちろん、1Hz 以下の領域でも計測可能なマイクを使う事が必要です。

リオン社と相談した結果、サンプリングレートが 48ｋHz で音圧の変動を WAV ファイルとして記録したものを解析すれば良いとの事でした。

60 秒間の計測データだと、48000*60 個のデータに対して、FFT を計算すれば、同じ個数の数値が得られて、周波数の刻み幅をhHzとすれば、h*48000*60＝48000 となるので、h＝0.01667Hzとなり、周波数スペクトルは 0Hz から、24000Hz までの範囲であり、周波数分解能はh＝0.01667Hz です。0Hzから 24000Hzまで、刻み幅 0.01667Hzで計算されることになります。120 秒間の計測データを使えば、周波数分解能が 0.0083Hz となる。

0.25/0.01667＝14.99、 0.25/0.0083＝30.12 なので、メモリーと計算速度に余裕があれば、120 秒間のデータで計算すべきです。これがあれば中心周波数 0.25Hz～315Hz の 1/3 オクターブ解析が可能です。最大音圧や周波数特性も明確になります。

次の機材を使って具体的な計測を行い、さらに風車音が発生する仕組みに注目しながら考えてみました。

計測機材は、
リオン社の精密騒音計 NL-62 と、波形収録プログラム NX-42WR
リオン社の振動レベル計 VM-55 と、波形収録プログラム VX-55WR。
ビデオカメラ
データの解析は、
PC：Win11 の OS が載っている PC でメモリーは 32GB。
解析ソフト：DADISP、DADISP/WAV、Unit/Wavelet、Unit/MVA、Unit/Noise&Infrasound

計測結果を調べてみれば、
昔の環境省の主張、
“4．低周波音防止技術の概要
4.1.5 風車
風車の超低周波音の発生原理は基本的には送風機のいわゆる回転音と呼ばれるものと似ている。大型発電用風車の場合は、羽根の枚数が少なく、回転数も小さいために正常運転でも超低周波音を発生することがある。
その基本周波数 f（Hz）は、翼の回転数を R（rpm）、翼枚数を Z（枚）とすると
f ＝ RZ/60（Hz）
で与えられ、この基本周波数とその高次の周波数が卓越する。
大型発電用風車の場合は、一般に翼枚数は 1～3 枚（3 枚が主）、回転数は 30～60（rpm）程度であり、基本周波数は数 Hz 以下になる。“

はある程度正しいが、正確ではないことが分ります。

ピーク値を取るのは、f/3、2f/3、f、2f、3f、であり、これらの周波数での音圧の関係を、風車音が発生する仕組みから説明する必要があります。
さらに、他の計測結果（風車の塔の振動、風車音の指向性など）も含めて考えれば、風車音の発生機構も解明できます。さらに、風車音の物理的な特徴と健康被害の関係も分ります。
風車音の発生する仕組みに関する説は沢山あります。残念なのは、その根拠となる風車音の特徴を示す解析結果を示さないで議論していることです。
1/3 オクターブ解析の結果を使っている人もいますが、これでは風車音の正確な周波数成分が分りません。したがって、風車音の発生する仕組みと計測結果の比較が不正確になってしまうのです。
1/3 オクターブ解析の結果は、1Hz 以上の周波数に関して示される場合がほとんどであり、大型風車から出る 0.5Hz や 0.8Hz の音を把握できていないのです。最も重要な部分を把握しないで議論しても正しい結論にはならないのです。

環境省は、どんな機材で、何をどの様に計測して、どのように解析するのでしょうか？
A 特製音圧レベル
G 特性音圧レベルと 1/3 オクターブ解析（1～50Hz、または 1～80Hz）
基本周波数での音圧と周波数スペクトル
どれにするのでしょうか？

【資源エネルギー庁】は、
環境や人の健康に対する影響という点について、引き続き様々な声があると思いますので、**住民から不安の声が示される場合には、選定事業者はその声を聞いて丁寧な説明を行う**ことについて、とりまとめの中に入れていくと言うが、
“住民が環境省の役人や業者に対して丁寧な説明をして、健康被害の原因が風車の超低周波音であることを理解させなくてはならない。”
の間違いだと思う、

風車音での被害者と加害者

宮本しづえのかけ歩き
での、被害者の訴えは、音がうるさいと言うものではありません、
「この風車は 2020 年から稼働、風車と自宅の距離は 1.5Ｋ程度離れているが、開始時期から洗濯機が回るような音がするようになり、特に夜に音が気になると。おばあちゃんは、吐き気やめまいがして、夜もよく眠れず薬を貰っていると言います。
での訴えは、可聴域の音に関する訴えではない。

「聞こえなければ問題がない。」を信じれば、可聴音以外での被害を訴える人は、正常な人とは見做されなくなる。

奇妙な低周波音の高い地域
には、
「役場で怒鳴りつけられて、優しい言葉でクスリ漬けになる。どうせ終わった人だ。社会のゴミなんだよ。風力被害者はもっと大きく社会的な弾圧に遭う。だから本当の事に気が付く人がいてもよさそうなもんだが、とこうして書いてきた。４㎞も遠くに離れた風車を見ながら、低周波被害です、とは言い辛いわな。フィンランドの風力被害の調査報告書は、だから世界標準となったんやね。日本だけ、それがない。被害は否定される。
人間としても精神疾患、ゴミ屑として弾圧される。笑いものになるのだ。誰も谷口さんら被害者を助けなかったでしょ。アホよら、関係ない、あの人はウソをついている、ボロクソだったやないか。私なんかさらにひどかったけど、まだ生きている。住みにくい世の中になったもの。スケープゴート、生贄だよ。水俣や福島と同じ事が全国版で広がっている。お花畑は、そのカラクリだ。追記、米軍厚木基地の低周波被害を思い出した。」
とある。

被害者は、住民や役所からの迫害にあう。

さて、
迫害していた住民は、時間が経てば、循環器系の障害や頭痛に見舞われる。
今まで迫害してきた人の訴えと同じ症状になる。
もし、被害を訴えたら、
今までの迫害の責任を問われるので、どんなに苦しくても被害を口にできなくなる。

「聞こえなければ問題がない。」上手い仕組みを作ったものです。

動物にされた人を見よ。

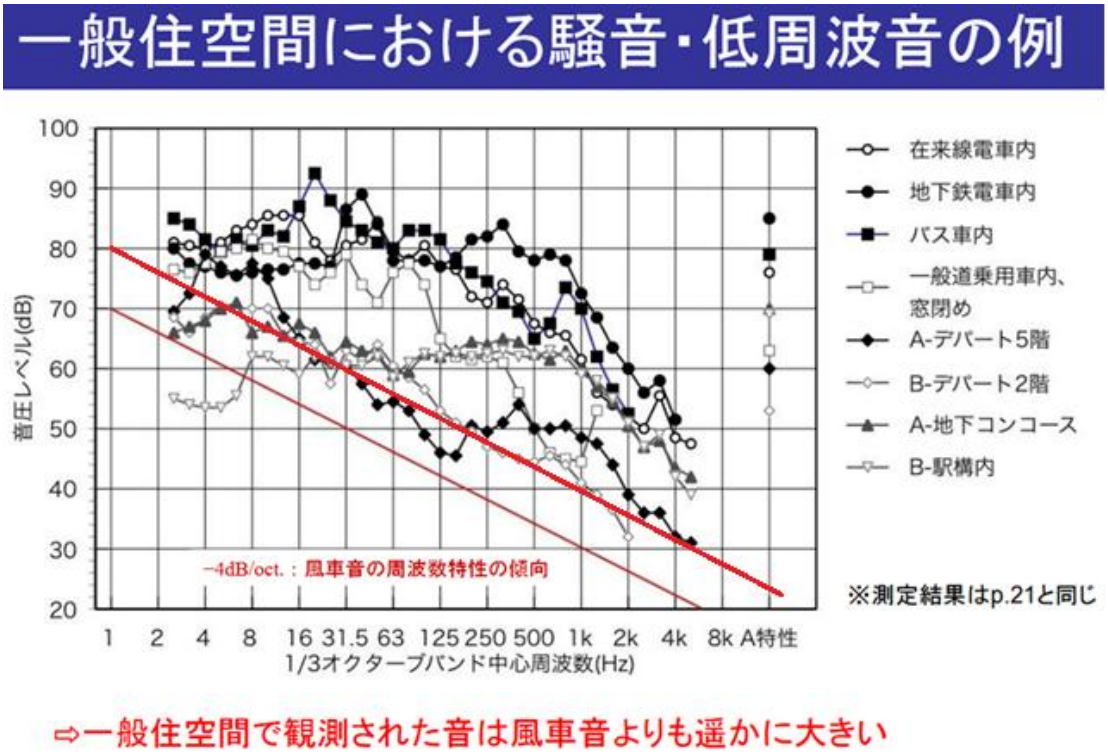
低周波成分が卓越する場合、A特性による評価は不適切である

と、1999 年に WHO（世界保健機関）の環境騒音ガイドラインが指摘している

田鎖氏の「低周波成分」の意味がはっきりしない。田鎖氏は風車音の計測結果と解析結果を示さない。
卓越しているのは、超低周波音（0～20Hz）の部分なのか、可聴低周波音（20～100Hz）なのかを示さない。

田鎖氏は、
「環境省の指針　健康への影響を否定」の所で、
「風車騒音は低周波音が卓越しているのは明らかだ」と言っている。
「低周波音の健康被害　耳の構造から見ると…」の所で、
「低周波音が卓越する風車音」と言っている。

ここで、卓越するものを確認し、その影響をどの様に評価すべきかを検討しておきます。
可聴低周波音（20～100Hz）に関しては、風車音が他の環境騒音に対して卓越しているとは言えない。
理由は、“可聴低周波領域（20～100Hz）での比較”で示しておいた。
また、落合博明の飯館村での講演会の資料には、次のものがある。（上の赤い線は宇山が追加した）

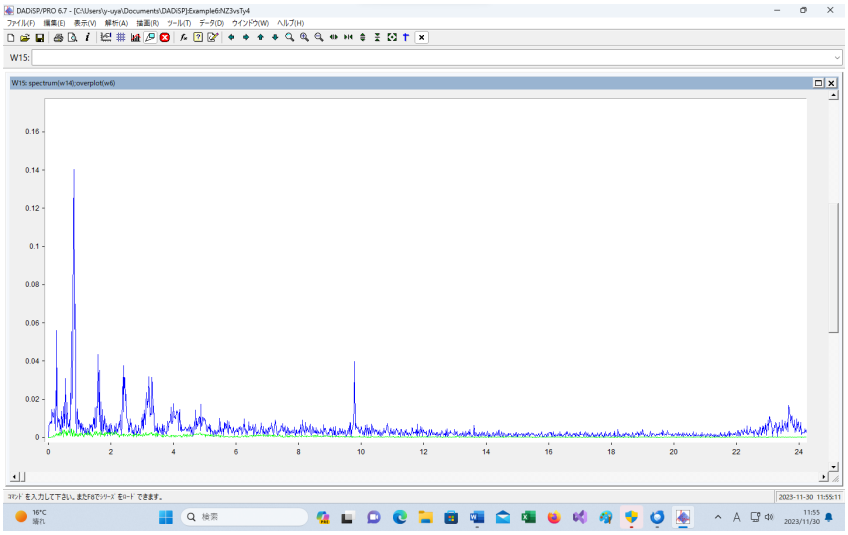


⇨一般住空間で観測された音は風車音よりも遥かに大きい

可聴低周波音の領域で卓越するとは言えない。

では、超低周波音の領域では卓越すると言えるか。間違いではないが正確性に欠ける。
正確には、「超低周波音（0～20Hz）の領域内の基本周波数成分での音圧が卓越している。」と表現すべきである。
理由は、次のグラフで最大音圧になるのは、基本周波数の所であり、グラフがこのようになる事は、風車から

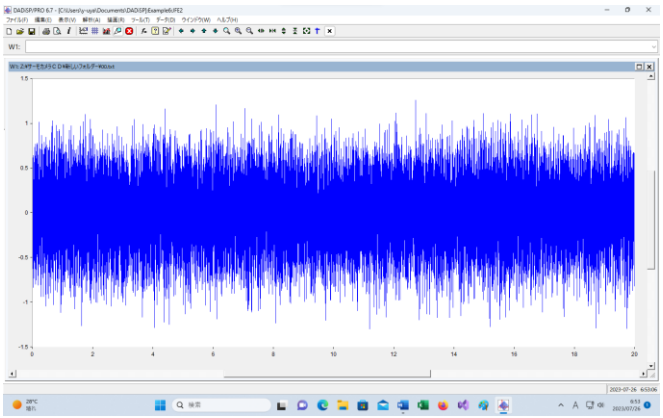
超低周波音が発生するメカニズムを調べればすぐに分かる。



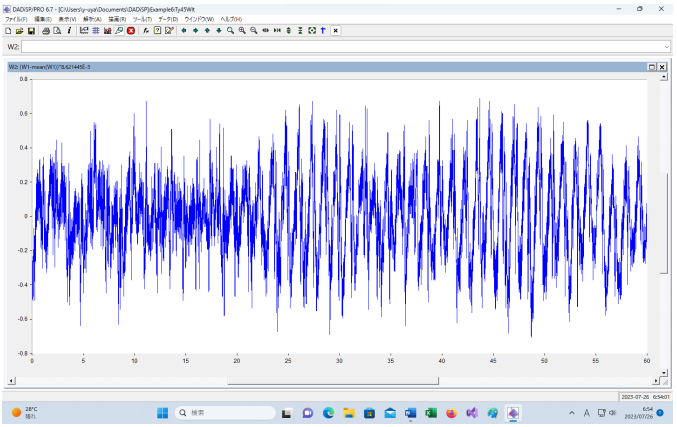
さらに、4Hz 以上での卓越性を強く主張するには、無理がある。(すぐ後で示す 0.25Hz からの 1/3 オクターブ解析のグラフ参照)

さらに、被害（風車病）との関連で言えば、上のグラフで周波数スペクトルが離散的で、高周波成分がほとんど含まれない事から、風車音のグラフがスカスカになっている事が物理的な原因だと言える。

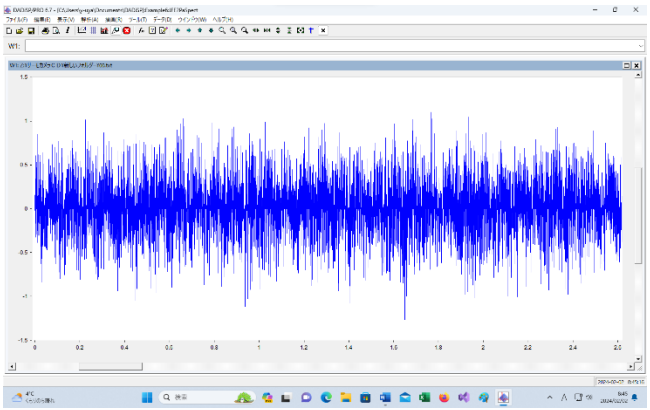
JFE の製鉄所内の音



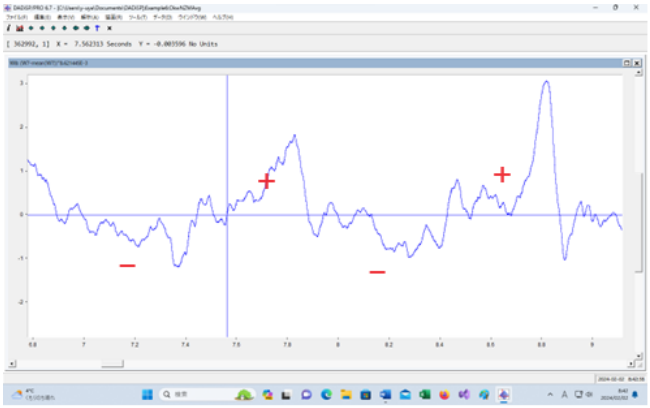
館山の風車音



工場騒音の、2.6 秒間の波形



風車音の 2.2 秒間の波形



風車音の物理的な性質と、健康被害の因果関係は、あとで説明する。

とりあえず、簡単に言えば、

風車騒音は 20Hz 以上の部分であり、風車騒音の中の低周波音（20～100Hz）の部分は卓越していないことを示す資料がある。

卓越するのは、超低周波音の領域であり、その中の基本周波数の部分で卓越しているのです。

となる。

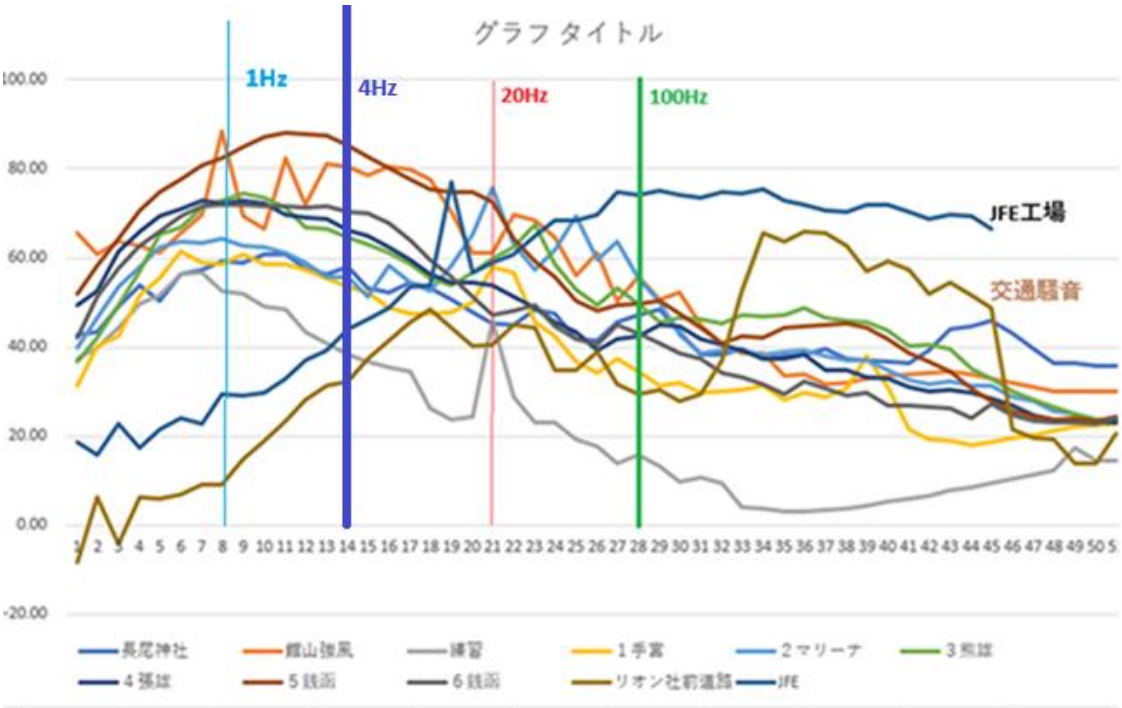
A 特性音圧レベルは、聴覚の特性に従って計算される数値であり、音の影響のうちで、ラウドネス（うるささ）と言われるもの（聴覚への影響）を表現するのに適している。

風車音の場合は、聴覚以外の感覚器官で影響を感知する。風車音はアノイアンス（不快感）として把握され、頭痛、圧迫感、振動感を引き起こしている。アノイアンスとしての作用は不眠に関して大きく影響する。

さらに、波形の特徴と音圧による物理的な影響を考える場合は、基本周波数での音圧をパスカル単位で計測した数値が適している。この数値は圧迫感によって、アノイアンスとも関係が深い。

基本周波数での音圧か特に高い風車音の場合は、A 特性音圧レベルは、風車音の人体への影響を測る数値としては不適切であり、基本周波数での音圧をパスカル単位で計測した数値を使うのが適切である。

ISO7196 に従って、中心周波数 0.25Hz からの 1/3 オクターブ解析で調べてみれば、



となっていて、20Hz 以上の領域では、風車音が卓越しているとは言い切れない。

明らかに卓越しているのは、基本周波数（0.5～1Hz）での音圧である。上のグラフでは 70ｄB の差があり、エネルギーとしては、1000 万倍になっている。

専門家の意見、「聞こえなければ不快感などの影響はない」を採用して、聞こえない音である超低周波音（0～20Hz）を考察の対象外とすれば、“風車病”の原因は存在しないことになってしまう。

そうすれば、ノセボ効果、個人の体質、理解不足、クレーマー、気が狂っている、健常な人ではない、との評

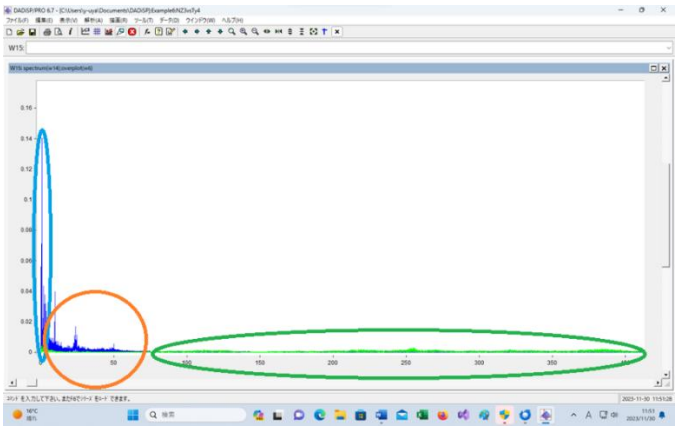
価がついて、精神科へ行けと言われることになる、

田鎖氏の「低周波成分が卓越する場合」との表現は、風車音に対する誤解を拡大し、風車音による被害の評価に役立つ指標を隠してしまう主張である。

A 特性が不適切なら、何が適切なのかを示す必要がある。研究者なら、何を使えば、風車音の性質を反映した数値になり、その数値が被害の程度を表現できるかを考えるべきである。

そのためには、風車音を精密に計測して、超低周波音の発生メカニズムを解明する必要がある。

風車音は、エネルギーが基本周波数の近くに集中している。この成分は耳には聞こえないが、きわめて高い音圧であり、周波数スペクトルが離散的なこともあって、体内の圧力を変動させる力がある。その結果、循環器系の障害や頭痛を引き起こす物理的な原因になっている。



上の計測結果を参考にして、風車音をグループ分けすると、

④　　0～10Hz　は、塔の側面の振動を主な要因とする超低周波音。

⑤　　10Hz～200Hz　は、発電機などの機械音。

⑥　　200Hz～20ｋHz　は、ブレードでの空力音（高周波音）。

風車音での可聴成分（20Hz 以上）のエネルギーは、全体の７％以下であり、影響力は弱く、A 特性音圧レベルの数値も小さい。

周波数帯	0 ～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2

表２．エネルギーの分布

エネルギー分布	0～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

0～20Hz でのエネルギーの分布

Energy distribution	0～1Hz	1～20Hz	0～20Hz
Wind turbine	61.3%	38.7%	100.0%
Iron mill	0.04%	99.96%	100.0%

A 特性での計算対象は、16Hz～20 k Hz の範囲の成分であり、この範囲に入らなければ、いくら音圧が高くても、計算結果には影響を与えない。

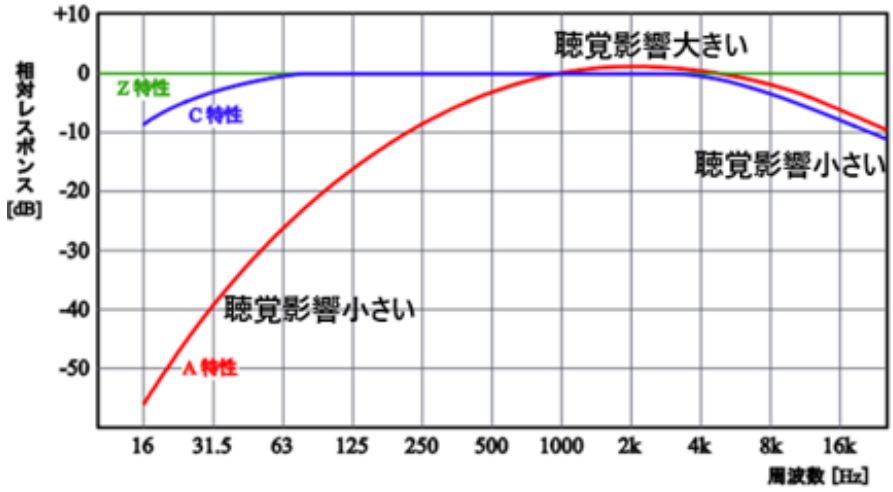


図２　周波数重み付け特性 A/C/Z

風車音の物理的な性質を考えれば、基本周波数の成分が人体を圧縮膨張させることはすぐに分かる。
基本周波数は、0.5～1Hz 程度であり、A 特性での数値は、人体に対する物理的な作用の原因を無視して、風車音の影響を評価するものである。
風車音の主要部分が計算から除外されてしまう A 特性音圧レベルの数値は風車音の評価には適さない。

A 特性音圧レベルは、ラウドネス（うるささ）を評価する数値ではあるが、アノイアンス（不快感）を評価進数値ではない。

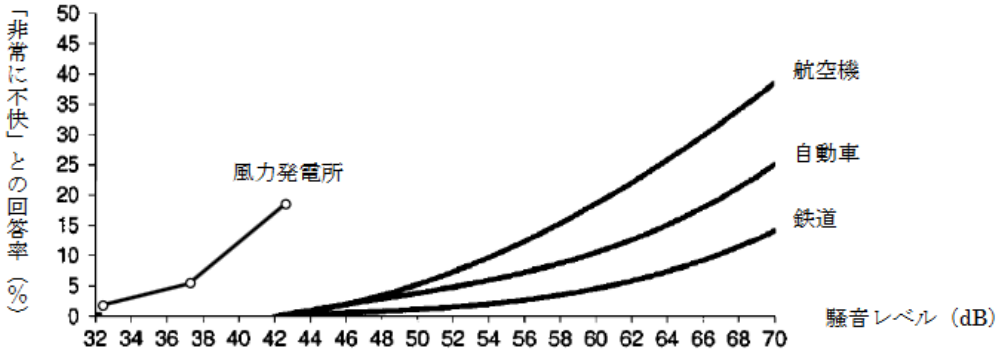


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

ラウドネス（うるささ）もアノイアンス（不快感）の一部ではあるが、その寄与率は 9～13%と小さい。
残りの 91～87%に寄与するものが、景観や経済的なものだとの説もあるが、景観の記憶はそのままでも、風車から 20 k m程度離れれば影響は無くなる。
交通騒音では被害が出ない 42 d B でも、風車音では 20%程度の人が“非常に不快”と感じる。A 特性音圧レベルの数値が同じでも、アノイアンスの程度に差がありすぎる。この差を補正する方法は、超低周波音のエネルギ

ーによる補正である。

さて、“知覚できない”とする主張が正しいとしても、1Hz で 50～80 d B の超低周波音はどの様にして発生するのかを説明する必要はあるのです。

風車音の影響、被害の評価として適する数値は、基本周波数での最大音圧（パスカル値）なのです。
この数値は、圧迫の強さを示す数値であり、圧迫感による不快感（アノイアンス）と関係が深いだけでなく、体内の圧力をどの程度変化させるのかを示す数値でもあるのです。この数値は、循環器系の障害や頭痛に直接結びついている数値なのです。

騒音レベル（A 特性音圧レベル）での比較

カナダでの大規模調査では、風車症候群と **A 特性音圧レベル**の間の統計的な関連性は薄いことが分かっている。これは当然の結果である。**他の環境騒音と比べて風車音の方が低い**のであり、これが原因ならば、他の環境騒音でも風車症候群と言われる被害が出たはずです。（右側の数値で、それぞれの平均値を取る。）風車音を、騒音レベル（A 特性音圧レベル）で評価すれば、その数値は小さい。

表 2　様々な騒音の種類と騒音レベル

騒音の種類	No.	内容	$L_{Aeq,10s}$ [dB]
(a) 一般環境騒音	1	静かな森林の中の環境音	31
	2	松林の中の風の音	61
	3	海岸部の環境音（1）	61
	4	海岸部の環境音（2）	54
	5	都市部の住宅地域の環境音	43
	6	郊外の住宅地域の環境音（1）	32
	7	郊外の住宅地の環境音（2）	38
	8	工業地帯の環境音	49
	9	夏のセミの鳴声	54
	10	秋の虫の鳴声	38
(b) 交通騒音	11	在来鉄道騒音	76
	12	道路交通騒音（距離：22 m）	76
	13	道路交通騒音（距離：85 m）	63
	14	道路交通騒音（距離：85 m，建物内部）	43
	15	航空機騒音	65
(c) 乗物の中の騒音	16	ジェット旅客機客席（1）	73
	17	ジェット旅客機客席（2）	81
	18	新幹線車内	68
	19	新幹線車内（トンネル通過時）	71
	20	在来鉄道車内	70
	21	在来鉄道車内（鉄橋通過時）	70
	22	乗用車室内（高速道路走行中）	72
(d) 種々の騒音	23	空調騒音（1）	40
	24	空調騒音（2）	61
	25	空調騒音（3）	66
	26	地下鉄からの固体伝搬音	45
	27	鉄道駅のコンコース	64
	28	建設工事騒音（コンクリート破砕機）	79
(e) 風車騒音	29	風車騒音（風車近傍）	56
	30	風車騒音（住宅地域：屋外）	43
	31	風車騒音（住宅地域：室内）	27
	32	風車騒音（虫の鳴声が混入）	41
	33	風車騒音（虫の鳴声をカット）	37

※表 2 中の No. は、図 8 中の騒音の種類を示す番号に対応する。

以上の事から、
「低周波成分が卓越する場合、A特性による評価は不適切である」
は、
「風車音では超低周波音（特に基本周波数）での音圧が卓越し、A特性での評価の対象となる成分は微弱なので、風車音に対しては、A特性による評価は不適切である。
　被害の内容をアノイアンスでの圧迫感と物理的な圧迫の原因を考えるならば、風車音被害の指標としては、基本周波数での音圧をパスカル単位で扱うのが適切である。」
と、修正すべきである。

低周波音の健康被害　耳の構造から見ると…

風車被害の内容は、
睡眠障害：寝つきが悪くなる、眠りが浅くなる、熟睡できないなどの症状。
頭痛：持続的な頭の痛みや、頭が揺すられるような感覚。
耳鳴り：耳の中で音がする感覚。
めまい：平衡感覚の異常や立ちくらみ。
吐き気：胃の不快感や嘔吐感。
頻脈：心臓が速く脈打つ感覚。
体や胸の圧迫感：体全体や胸部に感じる、締め付けられるような不快感。
イライラ、不安：精神的なストレスや情緒不安定。
血圧上昇。
重症化した場合の症状
一部の報告では、より重篤な症状も挙げられています:
口や鼻からの出血
むくみ
全身の震え
脳の異常感
意識障害
平衡感覚異常
心筋梗塞やクモ膜下出血といった血管系の疾患
というものである。

田鎖氏は、「低周波音の健康被害」というが、低周波音を超低周波音と可聴低周波音に分けて、
超低周波音（0～20Hz）による被害
風車騒音での可聴低周波音（20～100Hz）での被害
風車騒音での 100Hz 以上の成分による被害
に分けて、他の環境騒音の特徴と比べながら考えるべきである。
　これは、専門家の意見、
「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」
を否定する考え方です。
　物理の知識があり、数学が少し理解できれば、風車音の発生メカニズムや、風車音の物理的な性質が分かる。そうすれば、基本周波数での音圧変動が、体内の圧力を変化させることが、簡単な計算で分かる。
　そして、音響キャビテーションや変形の伝搬について調べれば、循環器系の障害や頭痛が、風車音の物理的な作用による直接的な健康被害であることが判明する。

不眠について考えてみます。

（厚生労働省 生活習慣病予防のための健康情報サイト）

“不眠症
不眠症とは、**入眠障害（寝つきが悪い）・中途覚醒（眠りが浅く途中で何度も目が覚める）・早朝覚醒（早朝に目覚めて二度寝ができない）などの睡眠問題**があり、そのために日中に倦怠感・意欲低下・集中力低下・食欲低下などの不調が出現する病気です。不眠は誰でも経験しますが、自然に改善して再び眠れるようになることが大部分です。ただし、いったん**慢性不眠症**に陥ると適切な治療を受けないと回復しにくいといわれています。不眠の原因はストレス・こころやからだの病気・薬の副作用など様々で、原因に応じた対処が必要です。不眠が続くと不眠恐怖が生じ、緊張や睡眠状態へのこだわりのために、なおさら不眠が悪化するという悪循環に陥ります。家庭での不眠対処で効果が出ないときは専門医に相談しましょう。睡眠薬に対する過度の心配はいりません。現在使われている睡眠薬は適切に使用すれば安全です。

不眠症って何？
誰しも「眠ろうとしてもどうしても眠れない」という不眠体験をもっています。心配事があるとき・試験前日・旅行先など様々な原因がありますが、通常は数日から数週のうちにまた眠れるようになります。
しかし、時には不眠が改善せず長期間にわたって続く場合があります。不眠が続くと日中に様々な不調が出現するようになります。倦怠感・意欲低下・集中力低下・抑うつ・頭重・めまい・食欲不振など多岐にわたります。
このように**「1. 夜間の不眠が続き」「2. 日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」、この二つが認められたとき不眠症と診断されます。**
不眠症は慢性不眠症（慢性不眠障害）と短期不眠症（短期不眠障害）の二つに分けられます。不眠と日中の不調が週に 3 日以上あり、それが 3 カ月以上続く場合は慢性不眠症、3 カ月未満の場合は短期不眠症と診断されます。
不眠症のタイプ
不眠症状には、寝つきの悪い「入眠障害」、眠りが浅く途中で何度も目が覚める「中途覚醒」、早朝に目が覚めて二度寝ができない「早朝覚醒」などのタイプがあります。不眠症状タイプは、原因を探ったり、睡眠薬を選択したりする際に参考になります。

不眠症は国民病
一般成人の 30～40%が何らかの不眠症状を有しており、女性に多いことが知られています。不眠症状のある方のうち、慢性不眠症は成人の約 10%に見られ、その原因はストレス、精神疾患、神経疾患、アルコール、薬剤の副作用など多岐にわたります。加齢とともに不眠症状は増加し、60 歳以上では半数以上の方で認められます。また、東日本大震災や新型コロナウイルス感染症などの大きな災害があった後には一過性に増加します。このように、不眠症は特殊な病気ではありません。よくある普通の病気なのです。実際、日本では成人の 5%が不眠のため睡眠薬を服用しています。

睡眠時間は問題ではない
睡眠時間には個人差があります。日本人の睡眠時間は平均して 7 時間半程度ですが、その人にとって十分な睡眠

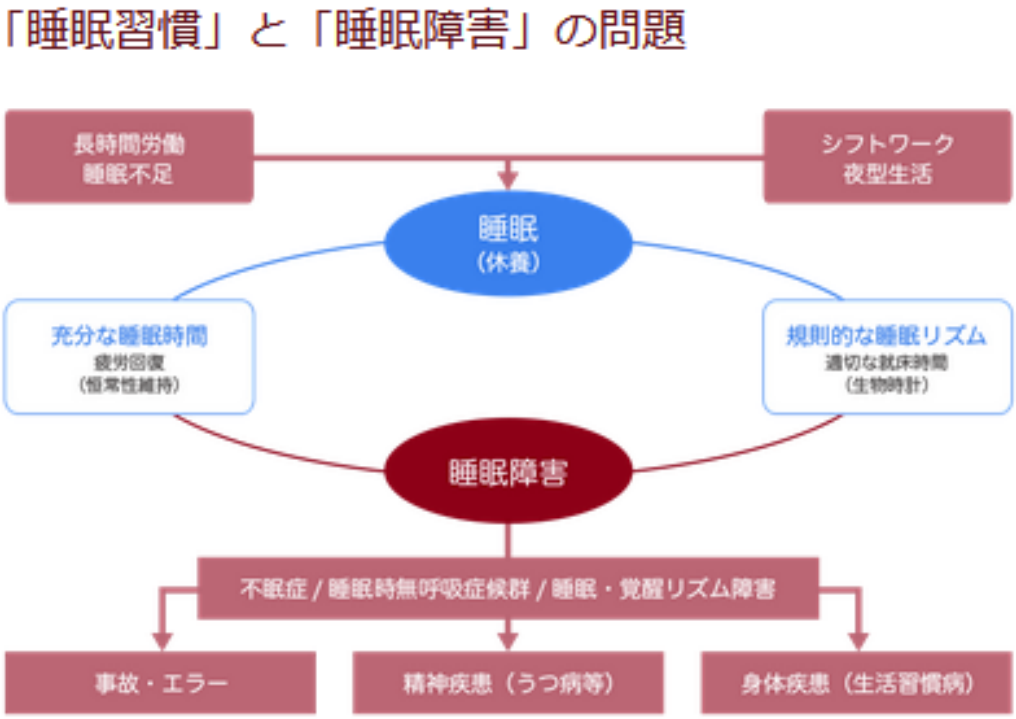
時間（必要睡眠時間）には大きな開きがあります。ごく稀にですが 3、4 時間ほどの睡眠で間に合っている人（ショートスリーパー）もいれば、10 時間ほど眠らないと寝足りない人（ロングスリーパー）まで様々です。また、健康な人でも年齢とともに必要睡眠時間は徐々に短くなります。「若い頃はもっと眠れたのに」は禁物です。
また最初にも書きましたが、**不眠症は不眠そのものだけではなく「日中に不調が出現する」ことが問題なのです。眠りが浅く感じられても、昼間の生活に支障がなければ不眠症とは診断されません。睡眠時間が短いことや目覚めの回数にこだわりすぎないことが大事です**。

不眠の原因
不眠症は一つの病気ではありません。大部分の不眠症にはそれぞれ原因があり、対処法も異なります。主な不眠の原因とその対処法について簡単に表にまとめたので参考にしてください。
特に大事なのは、不眠症状を伴う様々な睡眠障害と誤診をしないことです。睡眠時無呼吸症候群・レストレスレッグス症候群（むずむず脚症候群）・周期性四肢運動障害・うつ病による不眠や過眠などは、専門施設での検査と診断が必要です。これらの特殊な睡眠障害にはそれぞれの治療法があり、通常の睡眠薬では治りません。これらの睡眠障害が疑われる場合には、日本睡眠学会（http://jssr.jp/）の睡眠医療認定医や精神科医、脳神経内科医などへのご相談をお薦めします。“

となっています。

睡眠と生活習慣病との深い関係（厚生労働省）

質の悪い睡眠は生活習慣病の罹患リスクを高め、かつ症状を悪化させることが分かっています。睡眠問題は「睡眠習慣」と「睡眠障害」の問題に分けられます。睡眠習慣については睡眠不足やシフトワークなどによる体内時計の問題、睡眠障害については睡眠時無呼吸と不眠症の問題を取り上げ、それぞれ生活習慣病との関係を明らかにします。

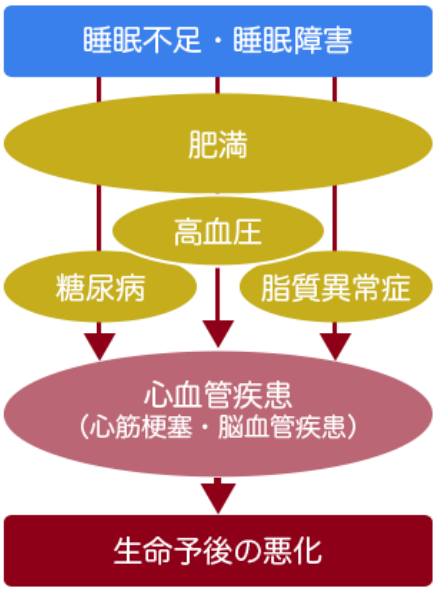


日本人、特に子供たちや就労者の睡眠時間は世界で最も短いと言われています。【図 2】は就労者の男女別の睡眠時間を国際比較した結果です。日本人の睡眠時間が如何に短いかお分かりいただけると思います。とりわけ女性は家事や育児の負担が大きいため男性よりもさらに睡眠時間が短く、平日・週末を問わず慢性的な寝不足状態にあると言えます。

慢性的な睡眠不足は日中の眠気や意欲低下・記憶力減退など精神機能の低下を引き起こすだけではなく、体内のホルモン分泌や自律神経機能にも大きな影響を及ぼすことが知られています。一例を挙げれば、健康な人でも一日 10 時間たっぷりと眠った日に比較して、寝不足（4 時間睡眠）をたった二日間続けただけで食欲を抑えるホルモンであるレプチン分泌は減少し、逆に食欲を高めるホルモンであるグレリン分泌が亢進するため、食欲が増大することが分かっています。ごくわずかの寝不足によって私たちの食行動までも影響を受けるのです。実際に慢性的な寝不足状態にある人は糖尿病や心筋梗塞や狭心症などの冠動脈疾患といった生活習慣病に罹りやすいことが明らかになっています。

また日本人の約 2 割は交代勤務に従事しています。夜勤に入ることによって、体内時計と生活時間との間にずれが生じやすくなります。体内時計にとって不適切な時間帯に食事を取ることでも生活習慣病の原因のひとつになると推測されています。夜間には体内時計を調節する時計遺伝子の一つである BMAL1 遺伝子とその蛋白質が活性化しますが、この蛋白質は脂肪を蓄積し分解を抑える作用を持っています。すなわち「夜食べると太る」という我々の経験は科学的にも正しかったわけです。夜勤中についつい間食をしている方にとっては耳の痛い話ではないでしょうか。

睡眠障害と生活習慣病



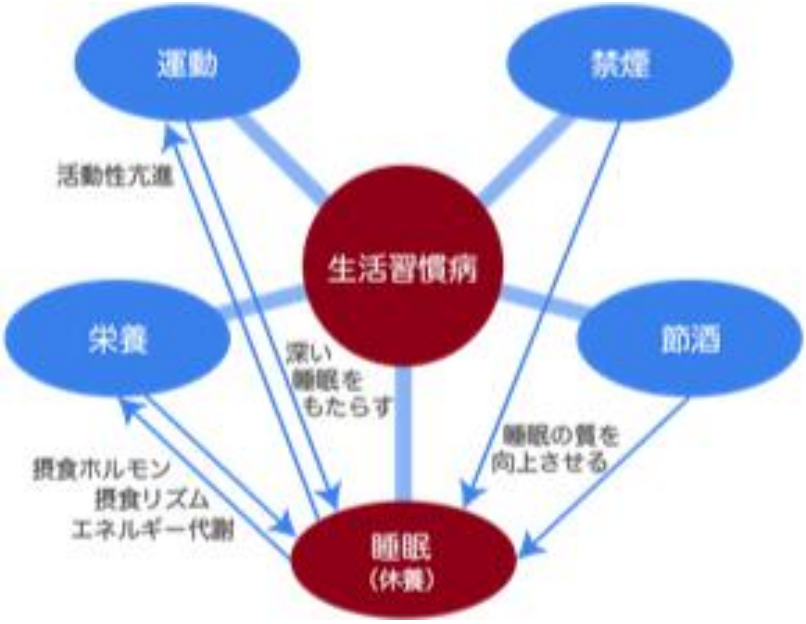
睡眠障害もまた生活習慣病の発症に関わっています。以前から生活習慣病患者さんでは睡眠時無呼吸症候群や不眠症の方が多いことが知られていました。その後の多くの研究によって、睡眠障害が生活習慣病の罹患リスクを高め症状を悪化させることや、その発症メカニズムが明らかになりつつあります。

例えば睡眠時無呼吸症候群の患者さんでは、夜間の頻回の呼吸停止によって「低酸素血症と交感神経の緊張（血管収縮）」「酸化ストレスや炎症」「代謝異常（レフチン抵抗性・インスリン抵抗性）」などの生活習慣病の準備状態が進み、その結果として 5～10 年後には高血圧・心不全・虚血性心疾患・脳血管障害などに罹りやすくなります。

また慢性不眠症の患者さんもまた、「交感神経の緊張」「糖質コルチコイド（血糖を上昇させる）の過剰分泌」「睡眠時間の短縮」「うつ状態による活動性の低下」など多くの生活習慣病リスクを抱えています。入眠困難や中途覚醒・早朝覚醒など不眠症状のある人では良眠している人に比較して糖尿病になるリスクが 1.5～2 倍になることが知られています。

睡眠障害もまた生活習慣病のひとつ

21 世紀における国民健康づくり運動（健康日本 21）では「栄養・食生活の管理」「身体活動・運動」「禁煙・節酒」などと並んで「十分な睡眠の確保」に取り組んできました。不規則な食事・運動不足・ニコチン・アルコール過飲によって睡眠状態は悪化しますので、これら生活習慣を改善することは良質な睡眠を保つことにもつながります。逆に言えば睡眠障害もまた生活習慣病のひとつと考えるべきでしょう。



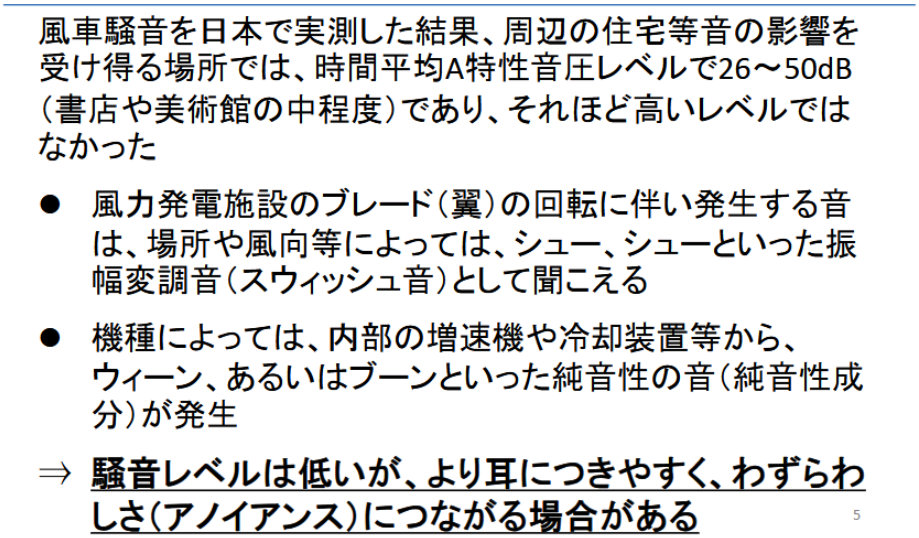
日々の生活の中で睡眠時間はともすれば犠牲になりがちです。ただし今回ご紹介したように**長期にわたり睡眠不足を続けたり、睡眠障害を放置**したりするとは私たちの**健康を大きく害します**。睡眠問題は静かにしかし着実に心身の健康を蝕みます。睡眠習慣の問題や睡眠障害を放置せず、ご自分の睡眠状態に疑問を感じたら、かかりつけ医もしくは睡眠専門医に相談をしてみましょう。

風車騒音の場合は、毎晩続く睡眠妨害による強制的な生活習慣病だと言えます。これは、風車騒音による間接的な健康被害です。

風車の影響による「強制不眠症」

風車の近傍ではさまざまな健康影響が報告されている。有名なのは米国の医師ピアポント氏のインタビュー調査だ。**風力発電のそばに住んでいる住民のなかで、睡眠障害や頭痛、めまい、耳鳴りなどの類似の症状が見られた。その症状は転居したことによって改善した。**そこからピアポント氏は「風車騒音が原因ではないか」と推察している。

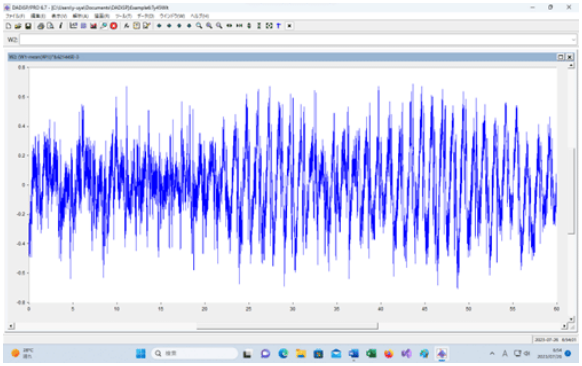
田鎖氏は。
「低周波音による健康影響は、次のように分類できるのではないか。**まず、「音が気になる」という心理的な要因**で睡眠障害が起こる。これもそのまま放置できない。**次に、物理的に圧迫感や振動感を感じる**ことによって起こる睡眠障害がある。**さらには内耳の前庭や半規管が刺激されることによる頭痛やめまいなどの健康影響（風車病）**があると考えられる。」
と言う。
この記述では、
「音が気になる」という心理的な要因で睡眠障害が起こる
とあり、
「音を気にしたことが睡眠障害の原因」であり、「音を気にしなければ、睡眠障害が起きない」かの様に、誤解される。また、
音が気になる状態を放置したことが、圧迫感や振動感を感じる一因の様に理解できる。
その後で、
内耳の前庭や半規管が刺激されることによる頭痛やめまいなどの健康影響（風車病）に至る。
かのように理解できてしまう。これは誤りだと考えます。
「音が気になる（聞こえる）」事と、物理的な圧迫や振動は同時に起きるのです。



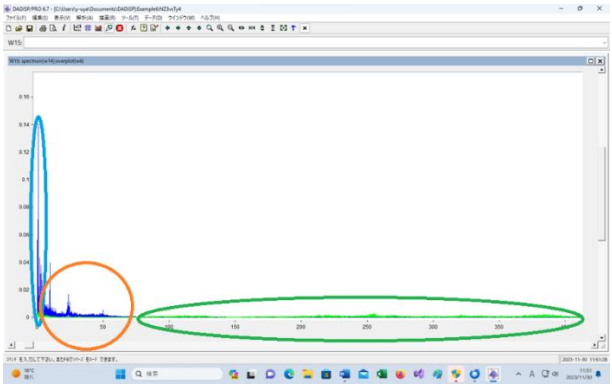
とあるように、
振幅変調音（スウィッシュ音）は聞こえるのです。

この音は、ブレードの先端部分から発生する空力音で周波数は、数百～数千 Hz、です。

風車音の波形を見ると、



となっていて、振幅の変動は見られるが、振幅変調とは言い難い。



上の計測結果を参考にして、風車音をグループ分けすると、

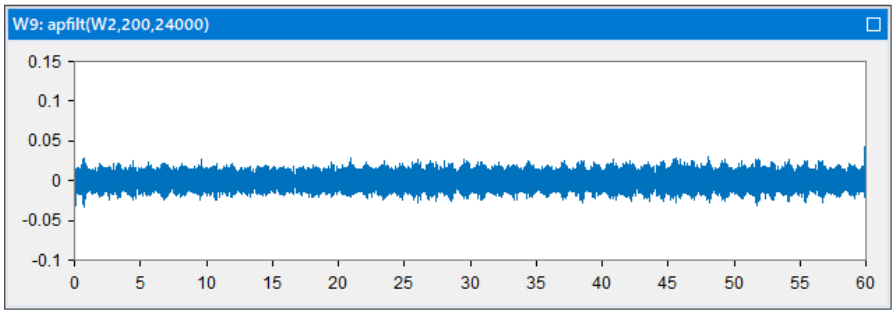
②　　0～10Hz　は、塔の側面の振動を主な要因とする超低周波音。

①　　10Hz～200Hz　は、発電機などの機械音。

②　　200Hz～20ｋHz　は、ブレードでの空力音（高周波音）。

と考えて、FFT を使って、これらの成分を取りだして考えます。

200～24000Hz の成分（空力音）は



となり振幅変調の概念に一致した現象が現れています。

この部分は、気になる音ではなく、聞こえる音です。

振幅変調と言う事で、音の大きさが変化します。変化する回数は、風車が１回転するときに３回です。

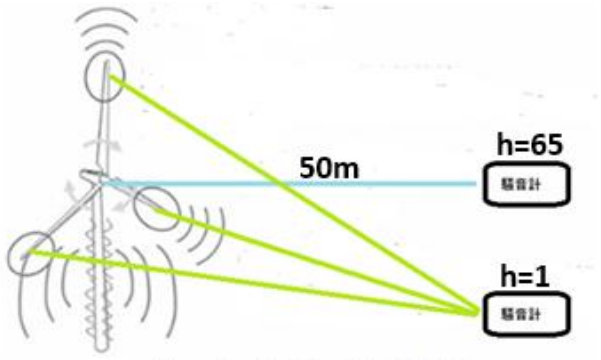
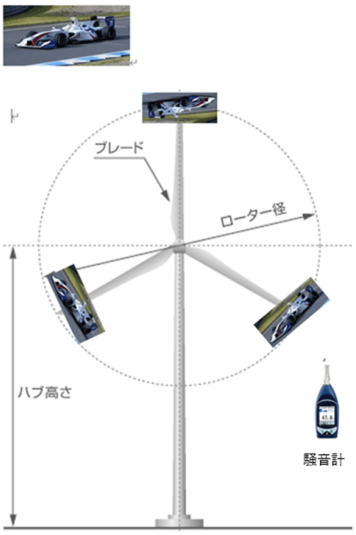
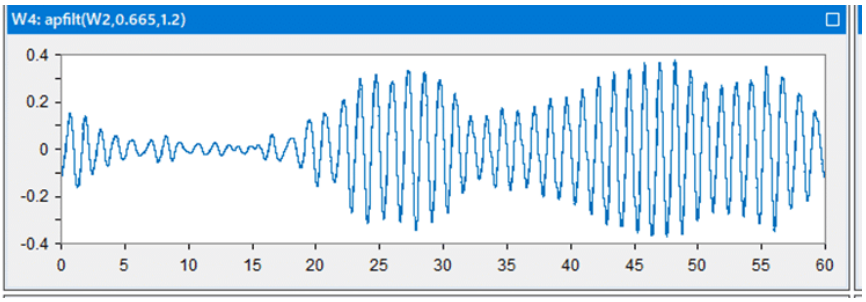


図１　風車騒音の特徴模式図

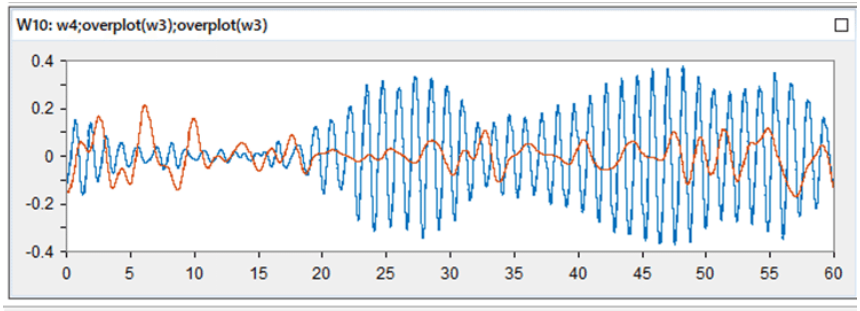


サーキット効果と言う事にします。

圧迫する力を持っているのは、基本周波数の成分です。基本周波数ｆＨｚの成分と、ｆ/3Ｈｚの成分は、風速によってその振幅が大きく変化します。



0.665～1.2Hz の成分

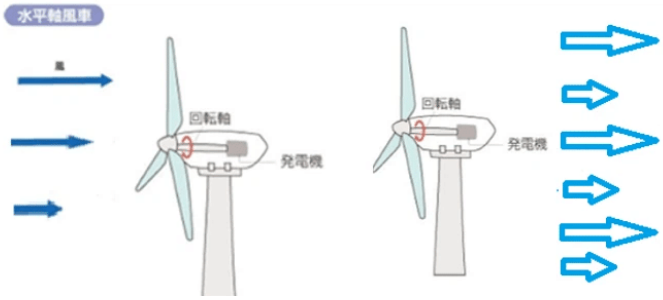


0～0.665Hz の成分と 0.665～1.2Hz の成分を重ねたもの

基本周波数の近くの成分の振幅の変動で、風車音全体の音圧の変動の様子は決まる。
この振幅の変動は、振幅変調とは言えない。

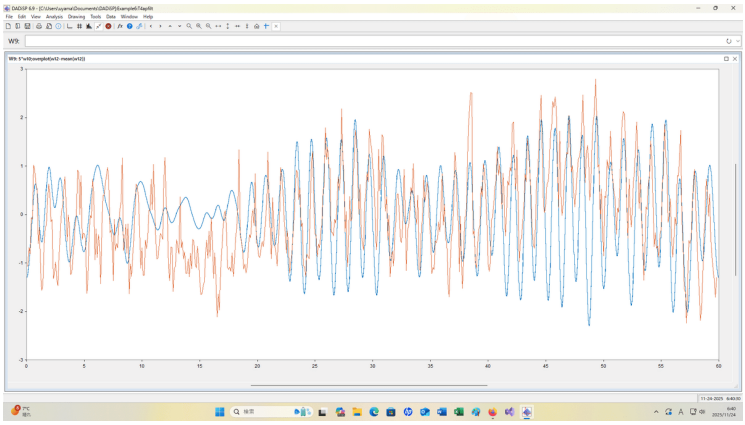
基本周波数成分は、塔にかかる回転モーメントによって変動します。風速とブレードの位置で大きさが変化し

ます。
1回転では、ブレードが3枚なので大きく曲がるのと小さく曲がる場合のセットが3組できます。

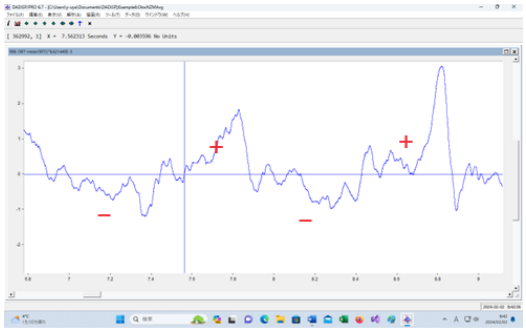


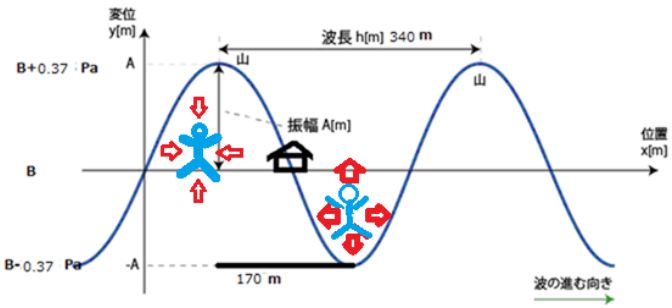
1回転で山が3個できるので、個数は振幅変調のものと一致します。

基本周波数成分とA特性音圧レベルのグラフを重ねたもの



グォーン、グォーンと耳で感じる回数と、ギュー、ギューと体が圧迫される回数は同じなのです。



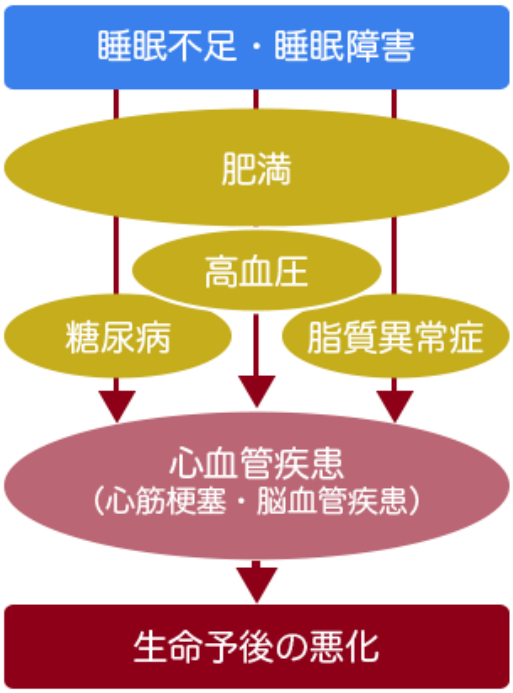


風車振動の地中伝搬に関しては省きますが、

「音が気になる（聞こえる）」事と、「物理的な圧迫や振動」は同時に起きるのです。

体質にもよりますが、基本周波数成分（0.5～1Hz）は体内の圧力を変化させるので、循環器系の障害や頭痛も同時に起きる場合もあります。耳からの音を気にしても、気にしなくても、被害は起きるのです。

不眠症の意味は、
「1. 夜間の不眠が続き」「2. 日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」、この二つが認められたとき不眠症と診断されます。
です。
　不眠症での「1. 夜間の不眠が続き」の部分は「場所に関係なく夜間の不眠が続く」ことを意味していると考えられる。風車の場合では「風車から離れた場所ではよく眠れる」のだから、不眠症とは言い難い。
　従って、
「１．強制的な睡眠妨害が継続する」「２．日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」
となるのだから、
　風車の場合は、**「外因性の継続的、強制的な睡眠妨害」（睡眠妨害による拷問）と言う意味での「強制不眠症」**と言うべきです。
　厚生省のＨＰによれば、継続する不眠は、更なる健康被害を発生させることが分っています。



ここにある、
肥満、高血圧、糖尿病、脂質異常、心血管疾患、心筋梗塞、脳血管疾患
を健康被害と言うならば、

　風車の影響は多様であり、光、影、振動、超低周波音、騒音とした様々な形で影響し、アノイアンスを向上させます。
その結果、強制的に不眠症の状態を作り出し、その継続によって、不眠症に止まらず、肥満、高血圧、糖尿病、脂質異常、心血管疾患、心筋梗塞、脳血管疾患などの健康被害を引き起こします。

風車が、アノイアンスの程度を大きくして、継続する不眠を媒介にして、間接的に、肥満、高血圧、糖尿病、脂質異常、心血管疾患、心筋梗塞、脳血管疾患などの健康被害を生んでいて、多くの被害者が出ています。

　もちろん、風車音による直接的な健康被害もあります、その代表は、循環器系の障害と頭痛です。
詳しい因果関係は、風車超低周波音 2025（第 1 部）をご覧ください。

“風車病”は、風車から離れたり、風車を停止したりすれば大きく改善するのが大きな特徴です。

表1 東伊豆での風車停止中の被害改善調査（%）

風車からの距離（m）	500m未満	500～700m未満	700～900m未満	900m以上	生理的要素
不　眠	71	27	13	0	距離が離れると改善
血　圧	18	15	0	0	距離が離れると改善
リンパ腺の腫れ	6	2	0	0	距離が離れると改善
胸腹歯耳鼻痛	41	39	25	0	距離が離れると改善
煩い・イライラ	59	61	75	0	心理的要素も
頭痛・肩こり	41	39	81	33	心理的要素も
全体で改善	94	76	94	33	心理的要素も

注：事故停止中、住民121人中の77人が回答した。改善63人（改善率82%）。調査結果に転居（10戸）避難者は含まない。出典：三井大林熱川自治会（2009）。

鳥取県における発電用風車の騒音に係る調査報告（十倉 毅・山本 和季・矢野 大地）
での、聴覚での“うるささ”以外の被害は次のものである。

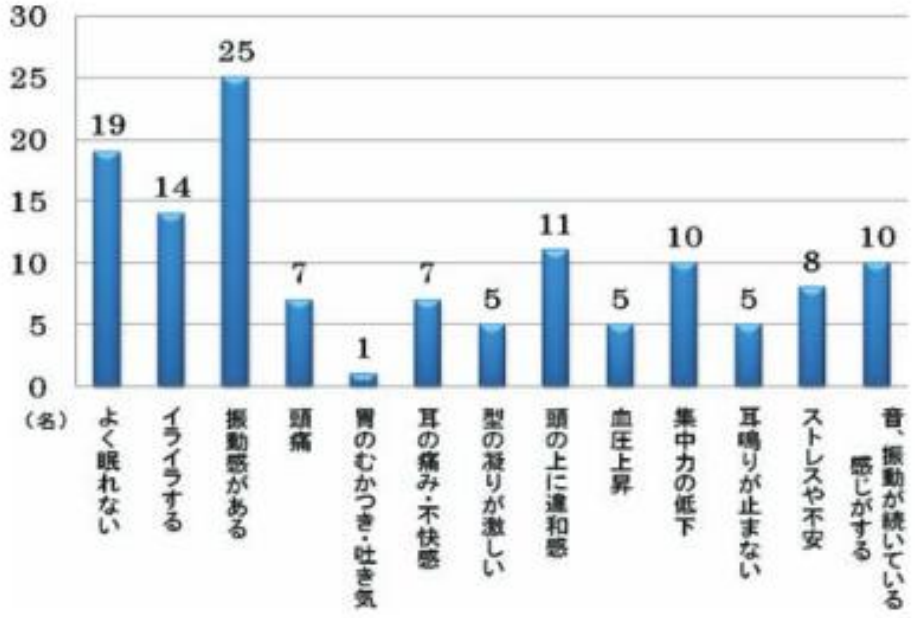


図2　苦情の訴え（「Q5」、複数回答を含む）

風車の影響は聴覚に対してだけではありません。風車音被害を把握するには８つの観点が必要です。
音がうるさい
圧迫感や吐き気などによる不快感
直接的な健康被害としての頭痛
音が原因の建具や床のガタツキを感じる
夜間の光（航空障害灯）による安眠妨害
風車の陰によるイライラ
風車振動の地中伝搬　（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）
音源としての風車の形と距離減衰

です。
どれが起きても、睡眠を妨げられます。風車が建てば、睡眠妨害が毎日繰り返されるので、健康被害が起きるのです。

風車が近くに建った、山形県酒田市の市民は
アンケート名:酒田市広報 11 月特集「風のまち酒田の未来を考えるーカーボンニュートラルの実現に向けてー」
質問５の回答で、
“今陸上風車から約２キロのところに住んでいますが、騒音で眠れない、起こされる日が年に何十日もあります。中心市街地から近い場所に建てることは公害となる可能性があり問題です。
大型の風車の音はどこまで聞こえますか。聞こえないくらい離すべきです。騒音規制ギリギリでは被害が出ているので、聞こえない位置まで離さなければなりません。促進区域の時点で遠くへ設定しなければ、事業者公募で否定できませんよね。事業者は何かと理由をつけて対応しません。結局市役所にクレームが行くのではないですか。一度決めたことは後戻りできないのでしょうから、今遠くへ設定すべきと考えます。もちろん地球温暖化対策は大切ですが、普通の住宅街に住んでいる人に健康への影響を出してまで推し進めるものではないのではないでしょうか。苦しんでいる人を切り捨てないよう、切にお願いします。“
と言っています。

故障などで、風車が停止すれば、数日から数週のうちにまた眠れるようになります。
しかし、風車が停止しなければ、20 年間にわたって、不眠が改善せず長期間にわたって続くことになります。
従って、
「１．強制的な睡眠妨害が継続する」「２．日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」
となるのだから、
風車の場合は、**「外因性の継続的睡眠妨害」（睡眠妨害による拷問）と言う意味での「疑似不眠症」**と言うべきです。
不眠が続くと日中に様々な不調が出現するようになります。倦怠感・意欲低下・集中力低下・抑うつ・頭重・めまい・食欲不振など多岐にわたります。

風車の建設は、周囲の住民を、強制的に不眠症にすることになります。
ただし、よく考えてみると、f=RZ/60Ｈｚの成分は、強烈な純音成分であることが分ります。風車の形を、水平軸から垂直軸に変更すれば、この強烈な純音成分が無くなることは簡単な計算で分かります。しかし、風車建設による自然破壊の影響に関しては、別に考慮する必要があります。

風車の低周波音は特殊な周波数特性を持っている。
その結果、外耳道での圧力上昇はゆっくりであり、鼓膜の内側の圧力もゆっくり上昇する。よって、鼓膜で音として感知するのは困難である。
水に潜るときに、外耳道の気圧も体内の圧力もゆっくり変化する。この時、うるさいと感じる人はいない。
潜水の場合、体内の圧力変動の仕方によっては、血液内に気泡が発生して潜水病が起きる。
風車音では、特別な周波数の音だけが特に大きな音圧となっていて、体内の圧力変動はゆっくりしたものとな

り、潜水での場合と似た状態になる。
　風車音の性質を見れば、
　“物理的に圧迫感や振動感を感じる”
のではなく、
“物理的に強制的な圧迫を受けたり、振動を加えられたりするので”
強制的に睡眠を中断させられるなどの、アノイアンス（不快感）を覚える。
風車の超低周波音の影響は、耳を介する必要は無く、体全体に対して、直接的に物理的に作用して、血圧上昇や頭痛をもたらす。
と考えるべきです。

風車による健康被害の原因は、次のように分類できる。

風車の影響は聴覚に対してだけではありません。風車の被害を把握するには８つの観点が必要です。
音がうるさい
圧迫感や吐き気などによる不快感
直接的な健康被害としての頭痛
音が原因の建具や床のガタツキを感じる
夜間の光（航空障害灯）による安眠妨害
風車の陰によるイライラ
風車振動の地中伝搬　（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）
音源としての風車の形と距離減衰
です。どれが起きても、睡眠を妨げられます。
これだけあるのですから、風車が建てば、睡眠妨害が毎日繰り返されるので、健康被害が起きるのです。

睡眠妨害による間接的な健康被害
　まず、「風車音がうるさい」「圧迫感を感じる」「振動を感じる」「建具がガタつく」「頭痛がする」「ドキドキする」「窓からの光が眩しい」などの要因で睡眠が妨害される。
　この様な外的要因による睡眠妨害が毎日続き、不眠症が長期間継続したような健康被害が起きる。
ただし、普通の不眠症での「1. 夜間の不眠が続き」の部分は、「風車から離れた場所ではよく眠れる」のだから、不眠症とは言い難い。
　「１．強制的な睡眠妨害が継続する」「２．日中に精神や身体の不調を自覚して生活の質が低下する」
となるのだから、「外因性の継続的睡眠妨害」（睡眠妨害による拷問）と言うべきです。
　継続する睡眠妨害は、疑似不眠症に止まらず、肥満、高血圧、糖尿病、脂質異常、心血管疾患、心筋梗塞、脳血管疾患などの健康被害を引き起こす。

超低周波音（0～20Hz）での直接的な健康被害
　風車音は、発生メカニズムから決まる性質として、「基本周波数での音圧が極めて高い。」、「周波数スペクトルが離散的である。」、「波形は基本周波数の正弦波を少し変形したような形になっている。」
その結果、

人体への物理的な作用として、人体の物理的な圧縮膨張を引き起こす。
物体の変形の伝搬を考えれば、末梢血管が細くなり血圧が上がり、動脈内の圧力が上昇する。
これが継続すれば、動脈壁の肥大化と心筋の疲労によって、循環器系の障害が発生する。
　さらに、体内の圧力変動では、音響キャビテーションの効果として、空気の溶解と気泡の発生のバランスが、気泡発生の方に傾き、潜水病の症状になり、頭痛が起きる。
これは、風車の超低周波音による物理的な作用の結果であり、風車音による直接的な健康被害と言える。

周波数範囲を発生源の性質に従って少し変更して、次の図式を得る。

風車音⇒超低周波音(0～10Hz)⇒物理的作用での圧迫⇒**頭痛、循環器系の障害**（直接的健康被害）
⇒圧迫での不快感　⇒強制的慢性不眠症⇒**糖尿病、心筋梗塞**（間接的健康被害）
⇒機械音(10～200Hz)　⇒純音の不快感　⇒強制的慢性不眠症⇒**糖尿病、心筋梗塞**（間接的健康被害）
⇒空力音(200～24000Hz)⇒振幅変調の不快感⇒強制的慢性不眠症⇒**糖尿病、心筋梗塞**（間接的健康被害）

田鎖氏は、

頭痛やめまいなどの健康影響は通常の騒音ではなかなかあらわれない。低周波音でそうした症状が起こっているのではないかと予測される。

と言うのだが、
「低周波音による振動は、蝸牛だけでなく、頭の動きや傾きを感じる前庭や半規管も刺激し、頭痛やめまいが起こるのではないかと推測される。周波数が低いほどこれらの器官に振動が伝わりやすいという研究もある。」
　風車音の特徴とはかけ離れた考察になっている。

　騒音として考える低周波音は、可聴低周波音になってしまう。風車音での可聴低周波音（20～100Ｈｚ）の音圧は他の環境騒音と比べて卓越しているわけではない。
　風車音のエネルギーの半分程度が、基本周波数の近くに集中していて、この音は、聴覚では感知することが困難だが、体内の圧力を変動させる力は強い。
　音響キャビテーションや変形の伝搬に関して調べれば、物理的な作用の結果として、循環器系の障害や頭痛が起きることが分かる。

　聴覚に拘れば、超低周波音を見失うのです。
　聞こえない音が、高いエネルギーによって、物理的な作用をして、圧迫感、頭痛、不快感、振動感を与えるのです。これらは、聴覚での感知ではありません。

聴覚以外での健康被害

振動:

風車による振動に関しては、2 種類考えられる。風車の振動が地中を伝搬して被害者の家まで届く場合と、風車音によって建具や床のガタツキが起きる場合である。(地中伝搬に関しては省略します。)

参照値でのガタツキ閾値は次の様になっている。

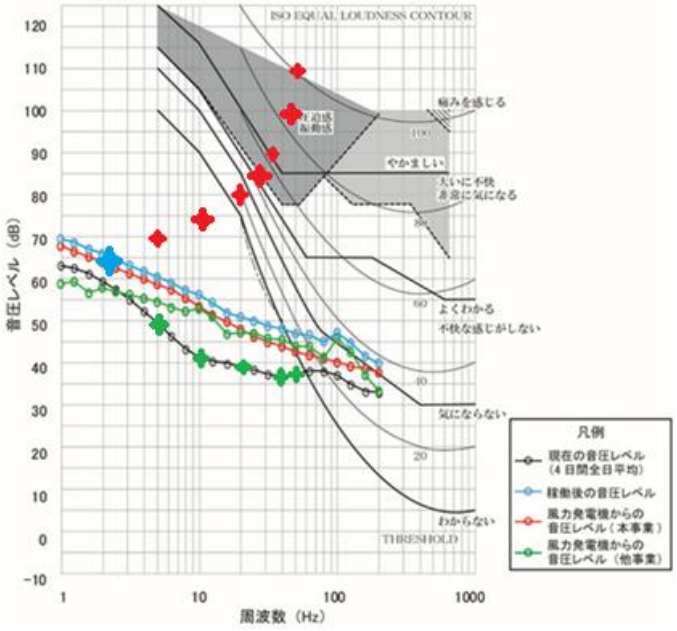
表 1　低周波音による物的苦情に関する参照値

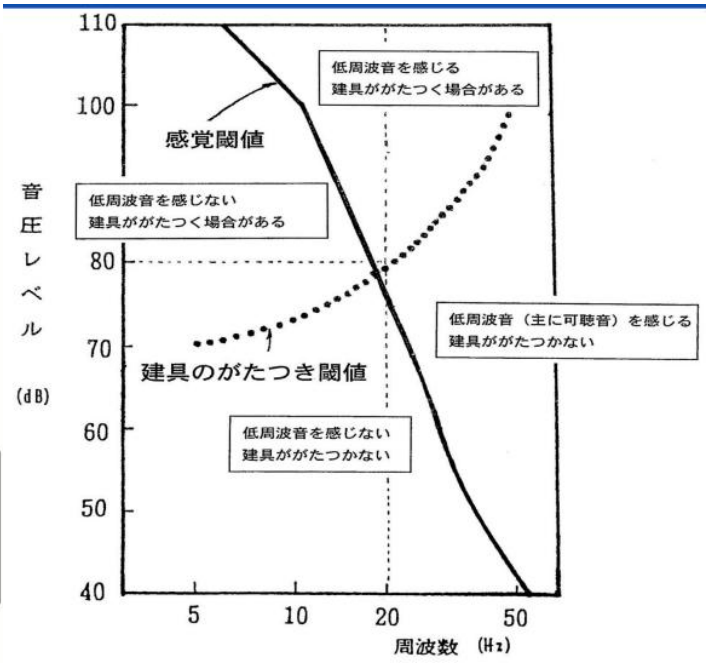
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

この表は、5Hｚまでしかない。

日本家屋の固有振動数は、1Hｚ～2Hｚ程度であることが、地震での被害の様子から分かっています。5Hｚ未満でもガタツキは起こります。さらに、周波数が下がれば、音圧レベルも下がることが上の表の特徴です。

ガタツキに関して考えれば、2Hz で 65ｄB 程度の音でがたつきが起きる可能性が高いと言えます。

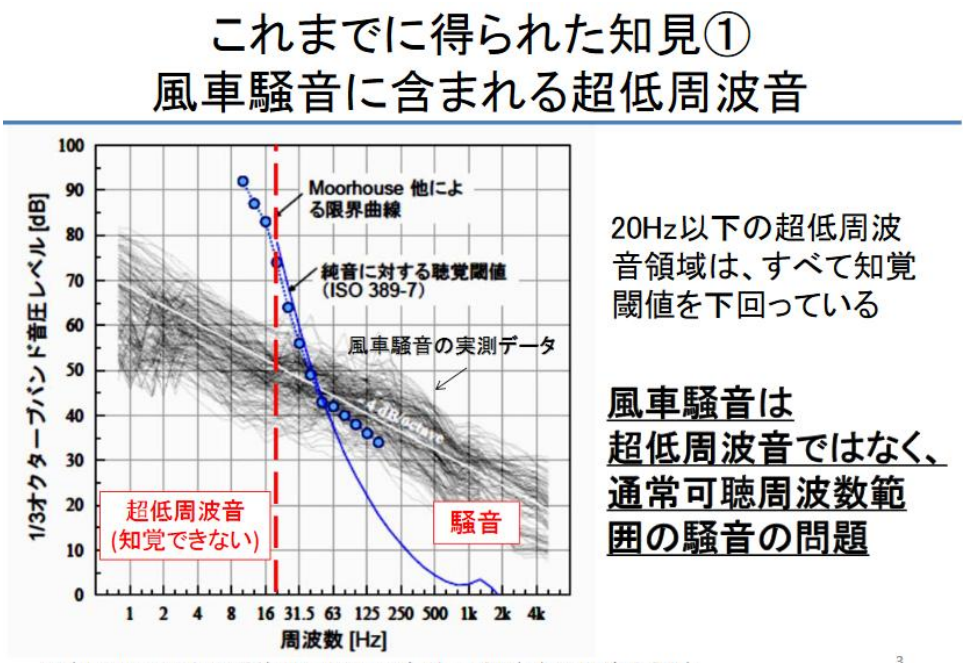




ガタツキによるアノイアンス（不快感）で睡眠妨害を受ける時の音圧レベルは 65ｄＢ程度です。目が覚める時には、風車音に起因するガタツキを知覚しています。

ラウドネス（うるささ）に限定した聴覚閾値の観点からは、65ｄＢでの影響を知覚しても、目が覚めることは無いかもしれませんが、風車からの振動は、粗密波として伝播し、建物が共振すれば、ガタツキとして知覚されるのです。この場合は、振動によって睡眠が妨害されるのです。

ですから、超低周波音の知覚閾値は、65ｄＢ以下だと考えるべきです。

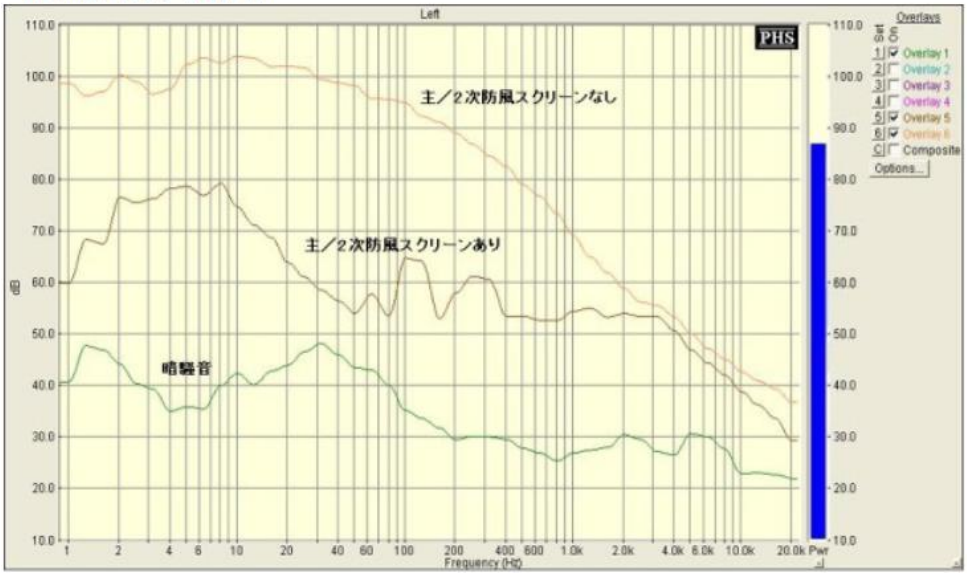


※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

1Hz 辺りでは、50ｄＢ～80ｄＢ になっています。これは、二重防風スクリーンを使って計測した結果なので、１Ｈｚに関しては、38ｄＢほど小さな値になっています。

２次防風スクリーン Φ460×230(H)
主防風スクリーン Φ90半割内蔵
組　　立　：簡易取り付け方式（約10分）

【風切音減少効果】



二重防風スクリーンが付いている家は無いので、被害者の住宅では、88ｄＢ～118ｄＢ 程度の音が来ている事になるので、住宅の構造にもよりますが、ガタツキで目が覚める事や、眠りにつきにくいことが起きることが起こります。もちろん、振動レベル計での計測も必要になります。

圧迫:

圧迫に関しては、超低周波音に注目すべきでる。

人体を半径 0.5mの球とみる。表面積は 4*3.14*0.5*0.5＝3.14 ㎡

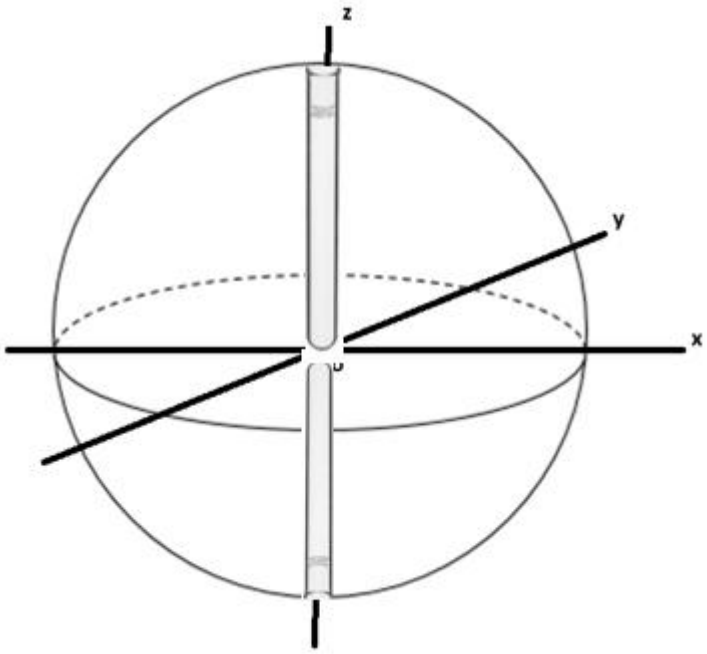
表面の部分は体重（60ｋｇ）に相当する質量を持ち、面密度は 60/3.14＝19kg/m^2

音（平面波）の波面に対して、ｘ軸が垂直になっているとする。

音速は 340m/秒とする。

パスカル値については、1 パスカルは、1 平方メートル（m2）の面積につき 1 ニュートン（N）の力が作用する圧力または応力と定義されている[1]。

ニュートンについては、1 ニュートンは、1 kg の質量を持つ物体に 1 m/s2 の加速度を生じさせる力である。



北極と南極に向けた２本の試験官のような部分を考える。

試験管の半径をｒ＝0.005m、断面積を ds＝π*0.000025＝0.0000785 [m^2]、

殻の部分の密度を ρ＝19.1kg/m^2 とする。

試験管の口の部分の質量は M=ρ*ds＝19*π*0.000025＝0.0015 [kg]となる。

dt=0.00125 秒、L＝0.5m、M=ρ*ds＝0.0015kg、A＝1、として計算をすれば、

dt*ｋ＝周期/2　となるまでは内部の圧力が上昇するが、その後は、外の気圧が、外圧は$P_0 - A$となるので、試験管内の空気は膨張を開始する。この膨張は、周期/2 の間だけ継続する。その後、外圧は$P_0 + A$となり、また、圧縮過程に入る。

最初の圧縮過程が終了する時点での試験管内の圧力は次の表のようになる。

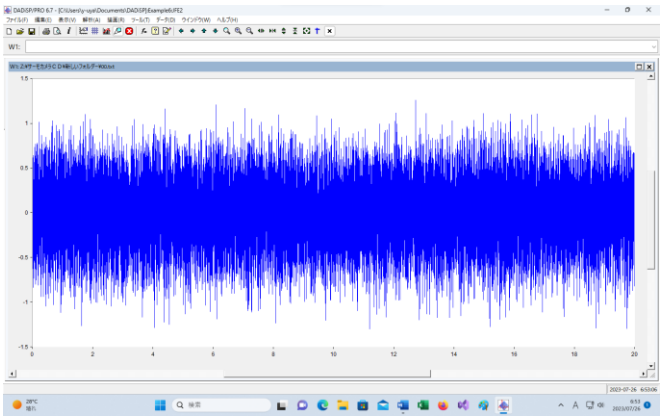
周波数	0.5	1	2	10	20	50	100	200
周期/2	1	0.5	0.25	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025
内気圧	102400.9991	102400.9742	102400.861	102400.467	102400.369	102400.303	102400.132	102400.033

回数	外気圧	外力	気柱長さ	気柱体積	内気圧	内力	気圧差	外力－内力	初速度	加速度	終速度	移動距離 dl	開始秒	終了秒
0	102401	8.0384785	0.5000000000	0.00003925	102400	8.0384	1	7.85E-05	0	0.05233333	6.5417E-05	4.08854E-08	0	0.00125
1	102401	8.0384785	0.4999999591	3.925E-05	102400.0084	8.03840066	0.99162667	7.7843E-05	6.5417E-05	0.05189513	0.00013029	1.22314E-07	0.00125	0.0025
2	102401	8.0384785	0.4999998368	3.925E-05	102400.0334	8.03840262	0.96657677	7.5876E-05	0.00013029	0.05058418	0.00019352	2.02376E-07	0.0025	0.00375
3	102401	8.0384785	0.4999996344	3.925E-05	102400.0749	8.03840588	0.92513015	7.2623E-05	0.00019352	0.04841514	0.00025403	2.79719E-07	0.00375	0.005
4	102401	8.0384785	0.4999993547	3.92499E-05	102400.1322	8.03841037	0.86784356	6.8126E-05	0.00025403	0.04541715	0.00031081	3.53026E-07	0.005	0.00625
5	102401	8.0384785	0.4999990017	3.92499E-05	102400.2045	8.03841605	0.79554369	6.245E-05	0.00031081	0.04163345	0.00036285	4.21034E-07	0.00625	0.0075
6	102401	8.0384785	0.4999985806	3.92499E-05	102400.2907	8.03842282	0.70931554	5.5681E-05	0.00036285	0.03712085	0.00040925	2.90007E-08	0.0075	0.00875
7	102401	8.0384785	0.4999985516	3.92499E-05	102400.2966	8.03842328	0.70337617	5.5215E-05	0.00040925	0.03681002	0.00045526	2.87578E-08	0.00875	0.01
8	102401	8.0384785	0.4999985229	3.92499E-05	102400.3025	8.03842375	0.69748653	5.4753E-05	0.00045526	0.0365018	0.00050089	2.8517E-08	0.01	0.01125

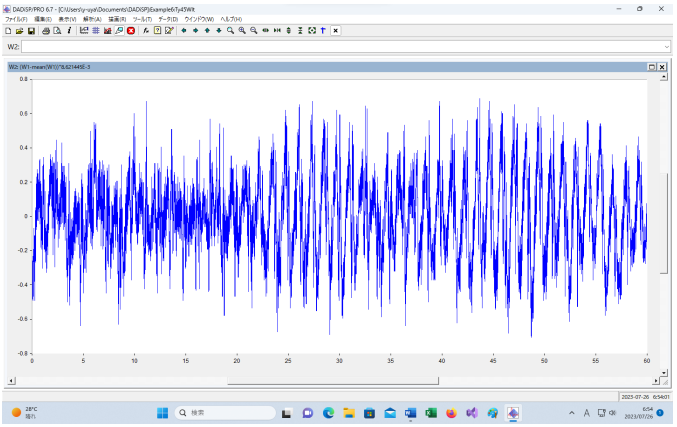
気圧変動の振幅が 1 パスカルのときは、
200Hz だと、体内の圧力は 0.033 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
100Hz だと、体内の圧力は 0.132 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
10Hz だと、体内の圧力は 0.467 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
1Hz だと、体内の圧力は 0.974 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
0.5Hz だと、体内の圧力は 0.999 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

ここでの計算は、波形が矩形波に近い場合でないと適用できない。

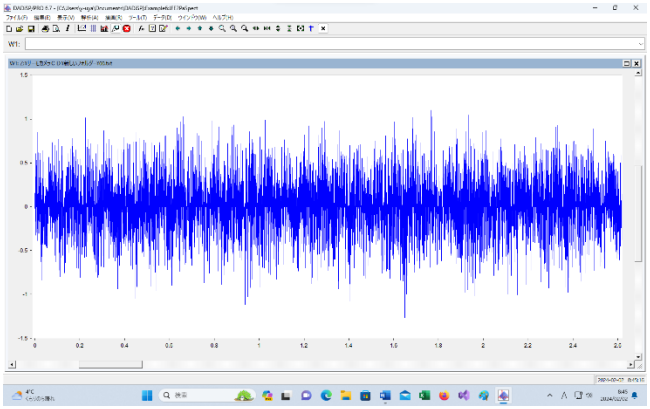
JFE の製鉄所内の音



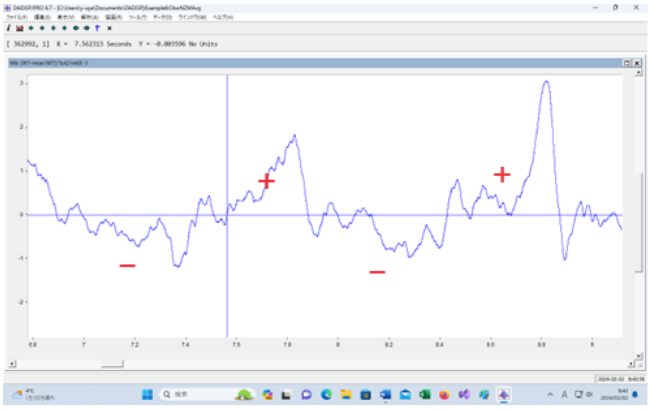
館山の風車音



工場騒音の、2.6 秒間の波形



風車音の 2.2 秒間の波形



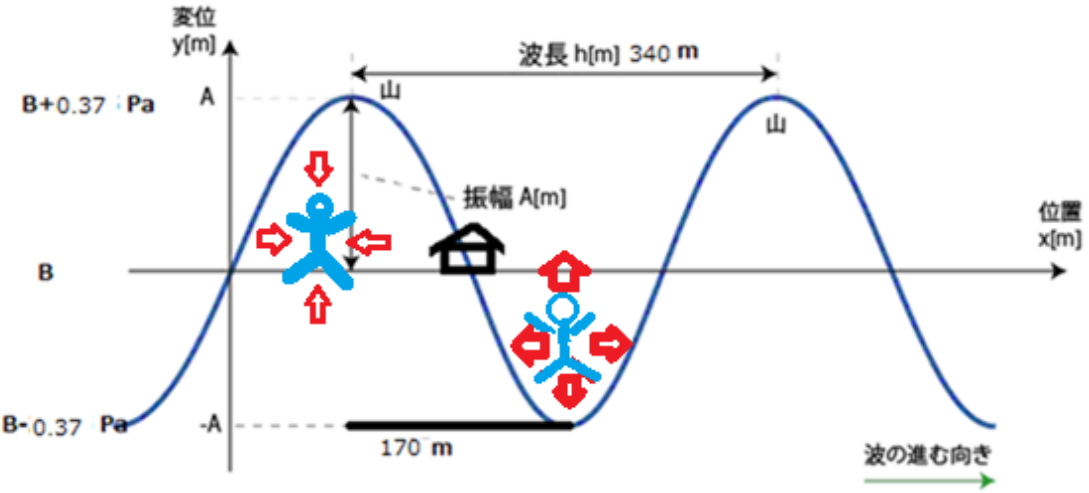
工場音には、超低周波音が含まれているが、高周波成分も大きく、圧縮過程や膨張過程が継続しないので体内の圧力は殆ど変化しない。

風車音では、f=RZ/60H z の成分だけが卓越しているので、ゆっくりした圧力変動が起きて、体内の圧力も大きく変化する。末梢血管が圧迫されて、血圧上昇、動脈壁の肥大化、心筋のダメージの蓄積が起き、循環器系に障害がおきる。

どちらも、単なる感覚ではなく、風車による物理的な影響を、感知した結果であり、アノイアンス（不快感）が増して、寝付けなかったり、夜中に起こされてりして、睡眠障害が起きる。

圧迫感に関しては、風車音の超低周波音の特徴とその影響を考えると原因が明確になる。単なる感覚ではなく、人体が物理的に圧縮されていることを見逃してはいけない。

大型風車では 0.5Hz 辺りでの、人体に対する強制的な圧縮膨張が起きるので、循環器系の被害はより大きくなる。



田鎖氏は、

「**低周波音による健康影響は、次のように分類できるのではないか。まず、「音が気になる」という心理的な要因で睡眠障害が起こる**。これもそのまま放置できない。次に、**物理的に圧迫感や振動感を感じる**ことによって起こる**睡眠障害がある**。さらには**内耳の前庭や半規管が刺激されることによる頭痛やめまいなどの健康影響（風車病）**があると考えられる。」

と言うが、

これは大きな間違いだと考えます。

この考え方では、

「まず、「音が気になる」という心理的な要因で睡眠障害が起こる。」

とあり、

「音が気にならなければ、睡眠障害が起きないかの様な解釈をされてしまう。」

そして、

原因は、本人の主観的な問題であり、気にした本人が悪い。との解釈がされてしまう。

専門家が、

「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」

と主張して、

普通騒音計で可聴音を計測すれば、その数値（騒音レベル、A 特性音圧レベル）は、環境基準値と比較する限り、全く問題が無い数値になっている。

普通の被害者が、これに反論するのは困難です。お金と時間がかかります。

田鎖氏は、

「次に、物理的に圧迫感や振動感を感じる」

と言うが、

超低周波音での物理的な圧迫は、空力音の振幅変調と同時に作用するのです。耳からと体全体に対する作用は同時に起きるのです。

空力音による振幅変調音は、周波数が高く、空気減衰が大きいのですが、超低周波音は空気減衰が無く、壁を透過して作用します。

聞こえなくても、圧迫感、振動感、頭痛、不快感での被害が起きるのです。

これは、風車音をＮＬ－６３で計測して、周波数スペクトルを計算すれば直ぐに分かる事柄です。

風車での被害は、被害者本人の責任ではないのです。被害者は気が狂っているのではないのです。

風車音の計測と詳細な解析をしないで、空想と妄想を拡散する専門家の責任が大きいのです。

環境省の指針　健康への影響を否定

「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」平成 29（2017）年 5 月 26 日には、
「これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、**風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い**と考えられる。また、風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。」
「ただし、風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、**風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性がある**ことが示唆されている。」

参照値

環境省は 2004 年、「低周波音による苦情に関する**参照値**」を出した。

表 1　低周波音による物的苦情に関する参照値

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

表 2-3　低周波音による心身に係る苦情に関する参照値[1-6]

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	ｵｰﾊﾞｰｵｰﾙ値
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41	92dB(G)

上の 2 つの表の数値です。

心身に係る苦情に関する参照値では、
“**参照値以下の低周波音に対しては，90%以上の人にとって許容値範囲内であり，苦情の原因にはならないと予想される．**”との説明もあるが、これだと、参照値ピッタリの時に 95%の人が許容する場合も考えられる。

「心身に係る苦情の『参照値』」の説明では、
一般成人の「寝室の許容値」の 10 パーセンタイル値が苦情者の許容値レベルとの対応が良かった。このため、各周波数間の数値のばらつきを平滑化した表 2 の値を心身に係る苦情に関する参照値とした。
「パーセンタイル値」とは、
“全体を 100 として小さい方から数えて何番目になるのかを示す数値”ですから、

100 人の苦情者の許容レベルを小さい方から順に並べる。10 番目の数値は小さい方から数えて 10 番目なので、許容できないと感じる人が、少なくとも 10 人はいることになる。同じ数値で複数いる場合を考えると、10 人以上の人が許容できないと感じることになる。

表現としては、**少なくとも 10%以上の人が許容できないレベルのうちでの最小値**。という事になる。95%の人が許容することはあり得ない。

風車騒音のように広帯域（周波数が低いものから高いものまでを含む）

風車音にしても、風車騒音にしても、広帯域の音とは言い難いのです。

風車音の発生メカニズムを考えれば、風車からは、次のマクローリン展開に従った周波数の音が出る。

ブレードのなす角は 2π/3 なので回転モーメント M は、ω=2π・0.8/3　と置いたときに、

$$f(t) = (100 + 50 * \sin(\omega t))^{1.3} + (100 + 50 * \sin(\omega t + 2\pi/3))^{1.3} + (100 + 50 * \sin(\omega t + 4\pi/3))^{1.3} \quad (8)$$

とすれば、

$$M = k * f(t) = 181.24 * f(t) \quad [\mathrm{Nm}] \quad (9)$$

となる。マクローリン展開

$$(1+x)^{\alpha} = 1 + \frac{\alpha}{1!}x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2!}x^2 + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)}{3!}x^3 + \cdots \quad (10)$$

を使って計算する。（Sin での計算を示すが、cos でも同様となる。）

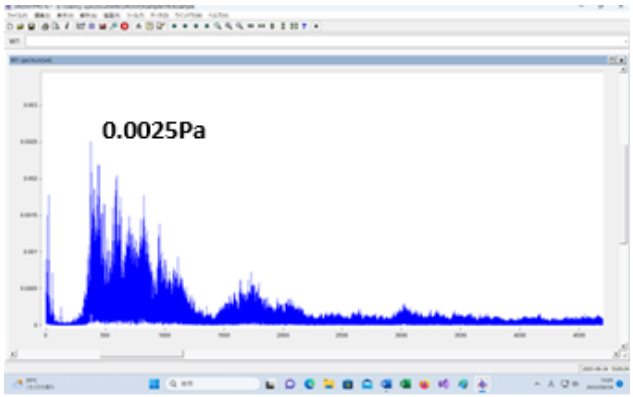
この結果として、基本周波数ｆＨｚの倍音の列が無限に続く展開式となる。
計算だけで言えば、基本周波数から、周波数が無限に大きくなるような成分まで含まれるのだが、マクローリン展開の係数は、基本周波数の部分では大きいが、周波数が高くなると激減する性質を持っている。周波数が上がれば、音圧の数値は極端に下がる。

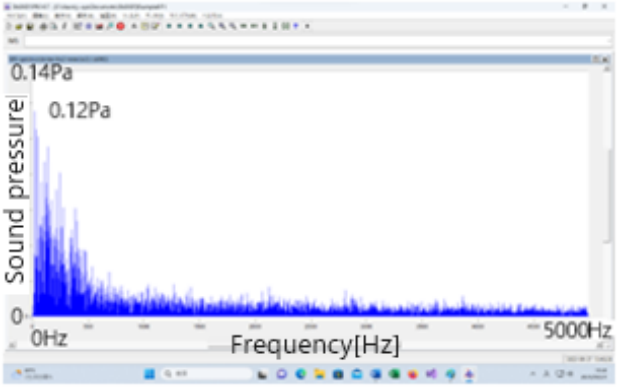
「広帯域（周波数が低いものから高いものまでを含む）」は、低い周波数成分も、高い周波数成分も、それなりの音圧を持っている音を表現する言葉である。

工場での音や、道路での騒音の様に、周波数が低い成分から高い成分まである程度の音圧で存在しているとは言えないのです。

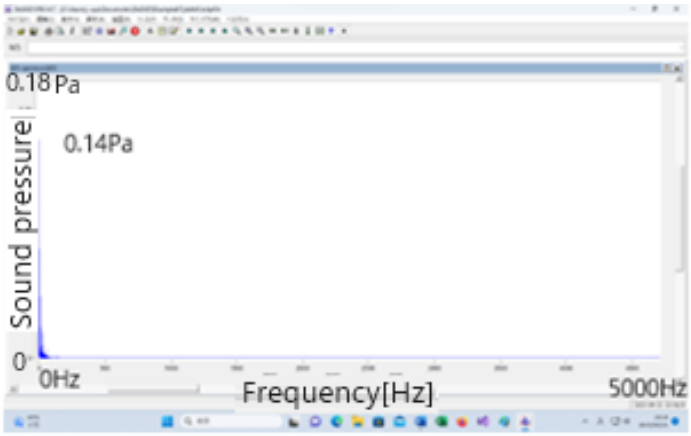
タイプ4：周波数スペクトル

交通騒音（0～5ｋHz）：最大 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）　製鉄所（0～5ｋHz）；最大 0.12[Pa]（12Hz）





風車音（0～5000Hz）；最大音圧 0.14[Pa]（0.8Hz）

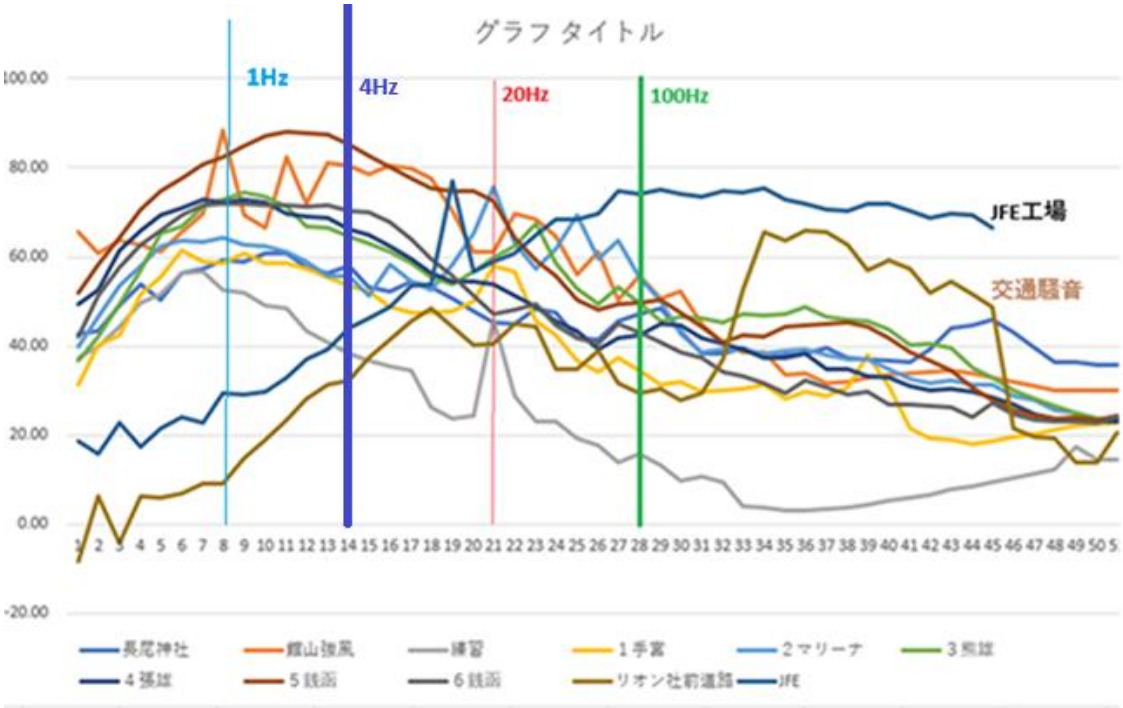


風車音は、左端の細い線で表されています。

交通騒音は、音の周波数範囲はある程度広いが、工場騒音に比べるとそれほどでもない。工場騒音は広帯域の音です。

風車音は特殊で、左端の線にエネルギーが集中しているのです。風車音のこの特徴は、音響キャビテーションで気泡が発生するときの条件に合致しています。

1/3 オクターブ解析のグラフの性質から、広帯域の音のグラフは JFE の工場音や交通騒音の様に、右上がりになります。風車音は右下がりであり、高周波成分が極めて微弱であることを意味しています。



エネルギーから見ても、広帯域とは言えません。

周波数帯	0 ～20Hz	20～200Hz	200～24 k Hz	0～24 k Hz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2

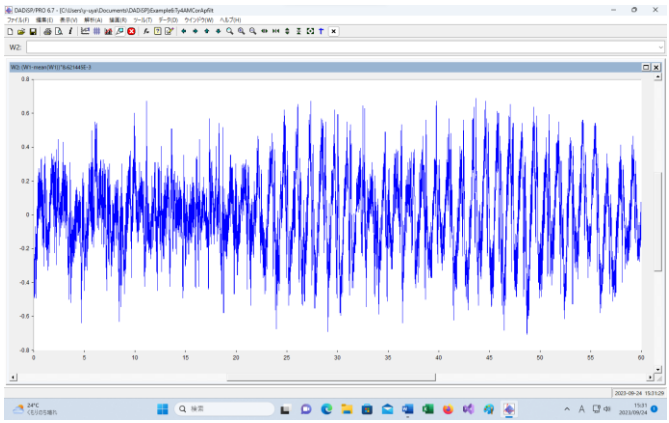
以上の事から、田鎖氏の見解
「風車騒音のように広帯域（周波数が低いものから高いものまでを含む)」
は完全に間違っていると考えます。

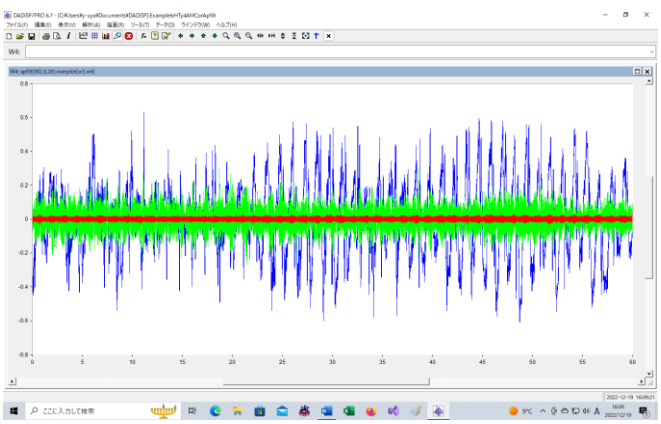
さらに、

レベルが変動する騒音

ですが、

風車音のグラフは、次のものです。(パスカル値)



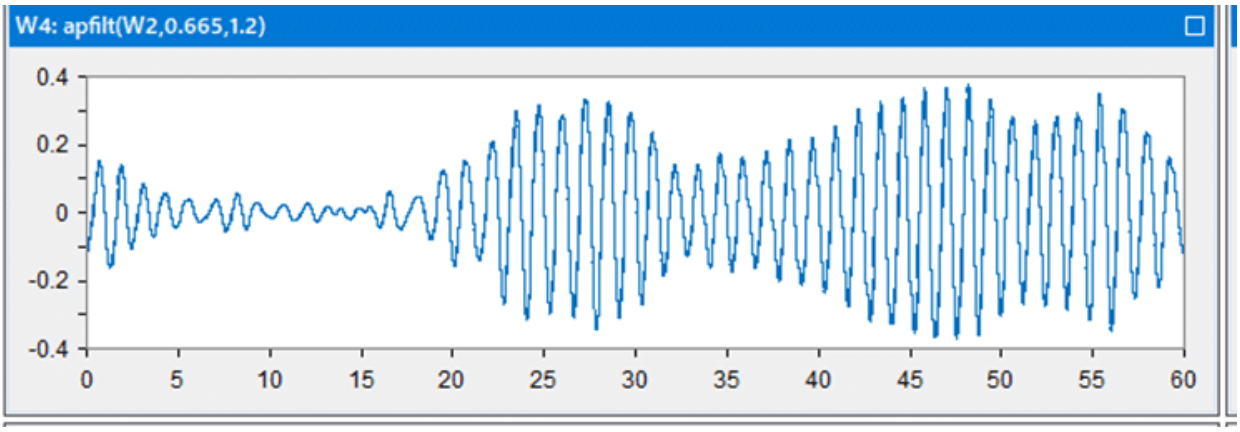


FFT を使えば、風車音を各周波数帯に分割できます。0～20Hz を青、20～200Hz を緑、200～24000Hz を赤として重ねたものが右の図です。超低周波音の音圧がとても大きいのです。

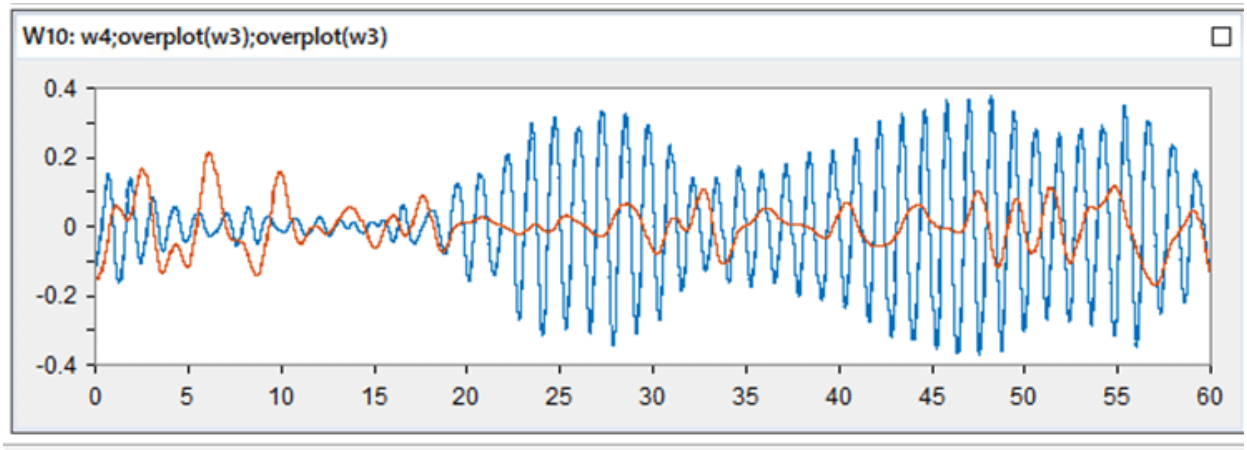
赤い部分は、200Hz 以上の成分で、振幅は変化していて、振幅変調の傾向が見られますが、振幅自体が小さく、変調の度合いも小さい。

振幅変動

基本周波数ｆＨｚの成分と、ｆ/3Ｈｚの成分は、風速によってその振幅が大きく変化します。



0.665～1.2Hz の成分



これは、騒音として考えられる、20～20000Hz の成分ではありません。

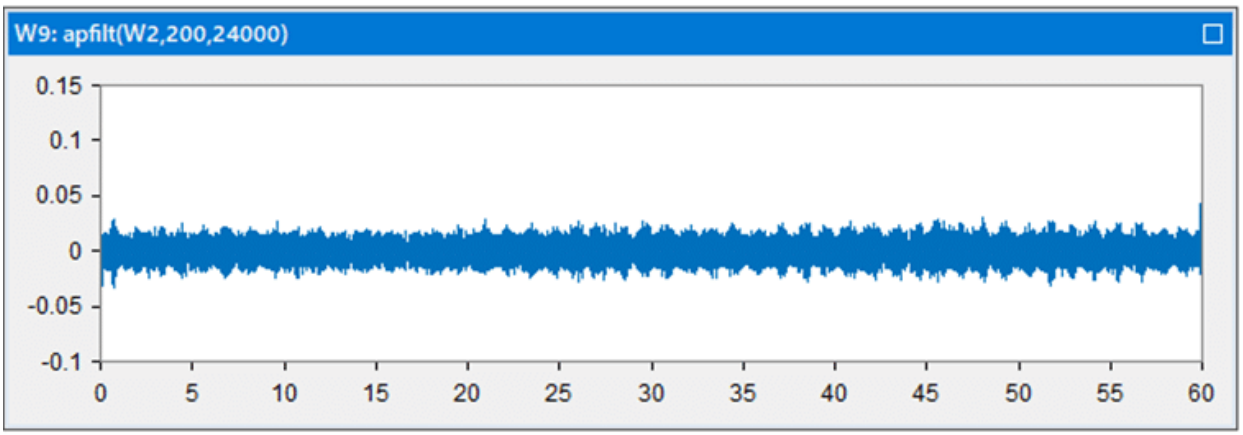
騒音部分で、音圧レベルが規則的に変動するのは空力音（数百～数千 Hz）の部分です。

振幅変調

周波数が 200H z ～24000H z の部分では振幅変調が観測されます。

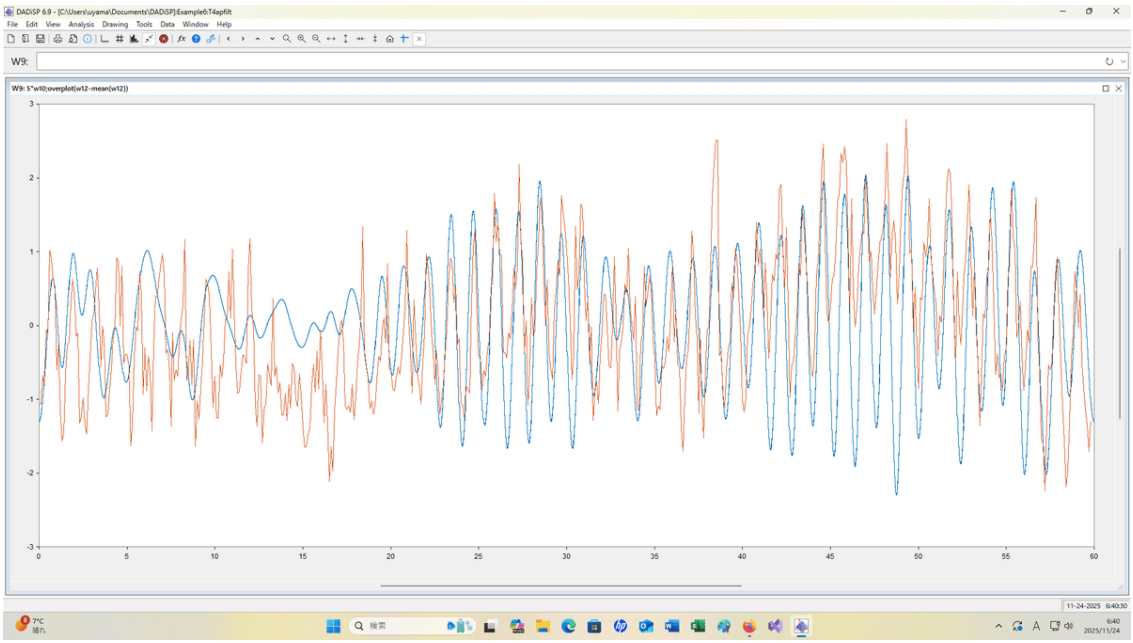
その原因は、サーキットで観客席の近くにレーシングカーが来れば大きな音が聞こえるのと同じです。

ブレードの先端に付けた音源（レーシングカー）が騒音計に近づくと音が大きく記録されるのです。



この部分は周波数が高く、音圧自体が低いので、室内での影響は軽微です。
しかし、ここでの音圧の変化と、基本周波数での音圧の変化の様子は調和しているのです。

基本周波数成分と A 特性音圧レベルのグラフを重ねたもの



グォーン、グォーンと耳で感じる回数と、ギュー、ギューと体が圧迫される回数は同じなのです。

「聴覚閾値（環境省が示した参照値よりも低い）」

低周波音問題に関する Q&A には、次の様に書かれています。
Q７　感覚閾値と『参照値』は違うものですか？
A７　感覚閾値とは、なんらかのかたちで低周波音を感じることのできる最小の音圧レベルです。一方、『参照値』には、１）建具類のがたつきなどの「物的苦情の『参照値』」と２）圧迫感、振動感、不快感などの「心身に係る苦情の『参照値』」の２種類があります。「物的苦情の『参照値』」については、建具等ががたつき始める最小の音圧レベルを実験等によって求めたものです。「心身に係る苦情の『参照値』」については、長時間継続する低周波音を受けた場合に、大部分の人があまり気にならないで許容できる最大音圧レベルです。このように、「心身に係る苦情の『参照値』」と「感覚閾値」とでは定義が異なります。大小関係で言うと、実際には、「心身に係る苦情の**『参照値』」は「感覚閾値」より少し大きな値となっています**。

まず、感覚閾値ですが、
低周波音の測定方法に関するマニュアル（平成 12 年 10 月）の中に、

d.1 感覚閾値
低周波音の**感覚閾値（低周波音を感ずる最小音圧レベル）**については多くの研究者によって検討がなされている。図-d.1 は様々な研究者によって得られた感覚閾値である 1)。これらの閾値は実験方法や実験施設の違いによって 5～10dB 程度の違いがある。大部分の結果は**可聴音の閾値**（ISO-226（**最小感覚閾値**の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている））の延長線上にあり、周波数が低くなるに従い閾値は上昇している。数 Hz～50Hz 位を代表する傾斜はほぼ -12dB/oct.となっており、この傾斜が ISO-7196（超低周波音の心理的・生理的影響の評価特性）においても採用されている。通常、音としては知覚されないとされる超低周波音については、ISO-7196 によると、平均的には、G特性音圧レベルで 100dB を超えると超低周波音を感じ、概ね 90dB 以下では人間の知覚としては認識されないと記されている。G特性の基になった超低周波音の感覚閾値は欧米の実験結果に基づいている。
これらの値は平均値であり、例えば中村らの実験結果によれば閾値には±5～10dB 程度の幅があり、山田らによれば、標準偏差の 2 倍である±10dB の範囲に大部分の人が入るとされている

この中の、
（最小感覚閾値の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている）
についてだが、
この規格の名前は、
ISO 389-7:2019
音響－オーディオメーター校正のための基準ゼロ－第 7 部：自由音場及び拡散音場聴音条件下の基準聴力限界
Acoustics -- Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions
であり、threshold of hearing　なのだから、聴覚閾値と訳すべきです。

決して、“感覚閾値”ではありません。
（最小聴覚閾値の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている）
とすべきです。

このようにしておかないと、とっても不幸なことが起こります。

ISO 389-7:2019 にある、聴覚閾値の表の数値と、心身に係る苦情に関する参照値

2.2　心身に係る苦情に関する参照値

低周波音による心身に係る苦情に関する参照値は、表 2 及び G 特性音圧レベル L_G=92(dB)とする。

表 2　低周波音による心身に係る苦情に関する参照値

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ音圧レベル(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41

との対応表をつくれば、

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
聴覚閾値（デシベル） 感覚閾値（デシベル）	78.1	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

（感覚閾値は聴覚閾値の間違いです。threshold of hearing　だから、聴覚（聴力）閾値です。）

“大小関係で言うと、実際には、「心身に係る苦情の『参照値』」は「感覚閾値」より少し大きな値となっています。”

の表現は、２５Hz 以上の周波数成分については、正しい表現だが、２０Hz の所は、参照値が 76、感覚閾値が 78.1 となっていて、参照値よりも感覚閾値のほうが大きい。
これは、上記の表は、聴覚で音としてとらえる場合の限界、聴覚閾値 78.1 にならなくても、それより低い 76 の値の時に、音としてではなく、例えば圧迫感とかの他の感覚で音圧の変化をとらえて、不快感を覚えるという事を示していると考えます。
　環境省は、２０Hz での参照値と聴覚閾値（感覚閾値）の数値の逆転について、どう考えているのだろう？環境省の職員は、76 と 78.1 のどちらが大きな数値なのか、判断が出来ないのかもしれません。

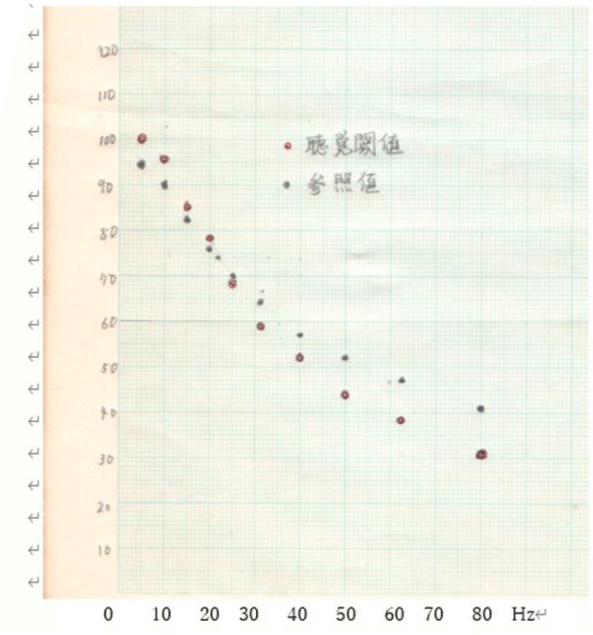
　25Hz より周波数が高い部分に関しては、ISO389-7 に記載されている値のほうが小さい。よって、この部分だけならば、環境省の言い分は、感覚閾値と言いう語訳の問題を除けば正しい。しかし、20Hz の所は、ISO389-7 の値の方が大きいのです。

これは、偶然ではありません。
参照値　－　聴覚閾値　の表を作れば次のようになります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	-2.1	1.3	4.5	5.9	8	9.5	9.5

この表は、周波数が低くなればなるほど、聴覚閾値と参照値（不快感を感じ始める値）の差が小さくなってきていて、20Hz では逆転することを示します。
10Hz、5Hz、1Hz、0.5Hz と低くなればなるほどこの傾向は続くと考えます。

グラフにすれば（参照値の予測もしてみました。）次のようになります。



参照値は、被験者の１０％が不快だと感じる値です。

これは、20Hz の音が 76ｄB の時に、人間が不快感を覚えたと言いう事です。もし、ISO389-7 の値が感覚閾値ならば、人間は 20Hz の音の音圧が 78.1ｄB（78.5ｄB）になるまで、人間は不快感を覚えないはずなのに、それよりも小さな値 76ｄB で不快感を覚えてしまうという矛盾が生じます。
聴覚閾値と正しく訳しておけば、20Hz の音に対して、人間の聴覚は 78.1ｄB になるまでは認識しないが、それ以外の感覚（圧迫感、頭痛、など）で 76ｄB の段階でも不快感を覚えると理解できるので、矛盾は生じません。

さて、あくまで感覚閾値だと主張すると、次の矛盾に耐えきれなくなります。
感覚閾値ならば、78.1 デシベルよりも低い音圧レベルの音は、人間の感覚では感知できないはずです。
でも、76 デシベルの音圧レベルで、不快感を覚えてしまいます。不快感の内容は人によるかもしれませんが、音、圧力、振動などを感じ取って不快だと思うのです。感覚閾値は、78.1 ではなくて、76 だとしなくてはなりません。
聴覚閾値としておけば、耳では音を感じなくても、76 デシベルの段階で、圧力や振動を体で感じ取り、不快感を覚える。のですから、全く矛盾は生じません。

すべての学者や研究者が、感覚閾値と訳しているわけではありません。
平成 21 年度移動発生源等の低周波音に関する検討調査等業務　報 告 書
平成 22 年 3 月　社団法人 日本騒音制御工学会
では、

また、中心周波数 10～200 Hz の 1/3 オクターブバンドの暗騒音レベルは、すべてのバンドで ISO 389-7（文献 5）に示される聴覚閾値を少なくとも 14 dB 下回っており、聴覚閾値の測定に影響の無いことを確認した。

とあり、聴覚閾値と正しく訳している。

論理的な矛盾を避けるために、
感覚閾値と『参照値』
を
聴覚閾値と圧迫感閾値
としました。
感覚閾値を、「なんらかのかたちで低周波音を感じることのできる最小の音圧レベル」
だとたら、
２）圧迫感、振動感、不快感などの「心身に係る苦情
が起きれば、何らかのかたちで低周波音と感じている事になり、矛盾が生じるからです。

少し計算すれが、超低周波音が人体を物理的に圧迫することが分かります。聴覚閾値を知覚閾値と書き換えると、参照値との関係で矛盾が生じます。
知覚閾値にして、人体には影響がないと言い張るから矛盾が生じるのです。

環境省に電話して、誤訳と数値の大小関係を指摘したが、答えは、「書いてある通りです。」でした。
環境省は、少数の大小関係が分からない、小学生以下の学力の人を雇っているようです。

おまけ：
専門家は、
「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」
「インフラサウンドが人体に影響を及ぼす場合、主経路は耳を通るという固有の前提が存在する。この仮定は、本分野における現在の研究状況と一致している。」
と言う。
このような専門家の支援を受けて、環境省は、「聴覚閾値＝感覚閾値＝知覚閾値」、「風車音」＝「風車騒音」とするような記述で日本語の意味を無視した主張をする。
英語に関しては、参考曲線または基準曲線とすべきところを、論文を書いた人の意思を無視して、限界曲線と訳す。その目的は、超低周波音に関する議論を避ける事だと思われる。
学者の中にも、言葉について注意する人もいる。

「酒田市洋上風力発電事業」住民学習会　（山形県・酒田市 共催）

日時：６月２９日（日）13:30～16:00 場所：酒田市公益研修センターホール
青山学院大学 特任教授 佐藤敏彦氏
では、資料の中に、次のものがあった。

低周波騒音Low Frequency Noise （LFN）

低周波音Low Frequency Sound （LFS）

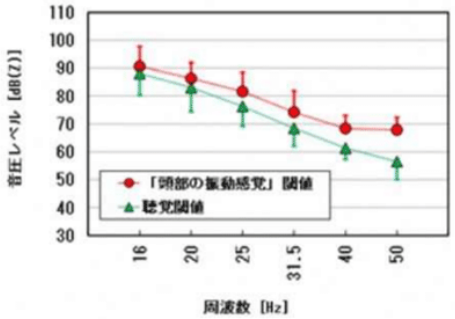
この考え方ならば、風車騒音と風車音を区別できる。

「限界曲線」は苦情発生の可能性を評価する指標、超低周波音の感覚閾値に近い値とされている.

限界曲線に関しては、絶対的な限界値ではなく、苦情発生の可能性を評価する指標としてとらえている。苦情の中には、振動感や圧迫感での不快感も含まれている。
ガタツキによる苦情は切り離されている。

低周波領域の聴覚閾値と感覚閾値

右のグラフは、低周波域の純音による「頭部の振動感覚」閾値を調べた結果です。低周波音による振動感覚は頭部で知覚されやすいので、その閾値を調べました。その結果、「頭部の振動感覚」閾値は、聴覚閾値よりも数～10 dB以上も高いことが分かりました。このことから、振動感覚の誘起は低周波音の特徴ですが、基本的には低周波音も聴覚で知覚されると考えられます。



[Takahashi: J Low Freq Noise Vib Active Control,Vol.32, No.1-2 (2013) より]

振動感覚と聴覚閾値を別扱いしているのは正しいが、グラフの特徴を見逃している。振動感閾値と聴覚閾値の差は、周波数が下がるにつれて小さくなっている。このままいけば、参照値と聴覚閾値の場合の様に、逆転する可能性が高い。
この事は、アノイアンスに関する閾値は、超低周波音の領域では、ラウドネスに関する閾値よりも低いことを示唆している。これは、聞こえなくても、不快感による被害が起きることを示している。(もちろん実験が必要です。)

これは、電力中央研究所報告にある、
“音圧レベルとアノイアンス(※12)（不快さ）について調べた Møller の実験[2-18]によると，**周波数が低い方が**

音圧レベルの上昇に対してアノイアンスが増加する割合が大きくなっている.

なお，Møller の実験では 18 人の正常な聴覚を持った被験者に対して行っている．各被験者は周波数・音圧レベルの異なるいくつかの純音を聞いたとき，不快さの割合を示す棒線上（両端に「全く不快に感じない（not at all annoying)」,「非常に不快（very annoying)」と記載されている）に印をつけることで主観的な不快さを回答している.

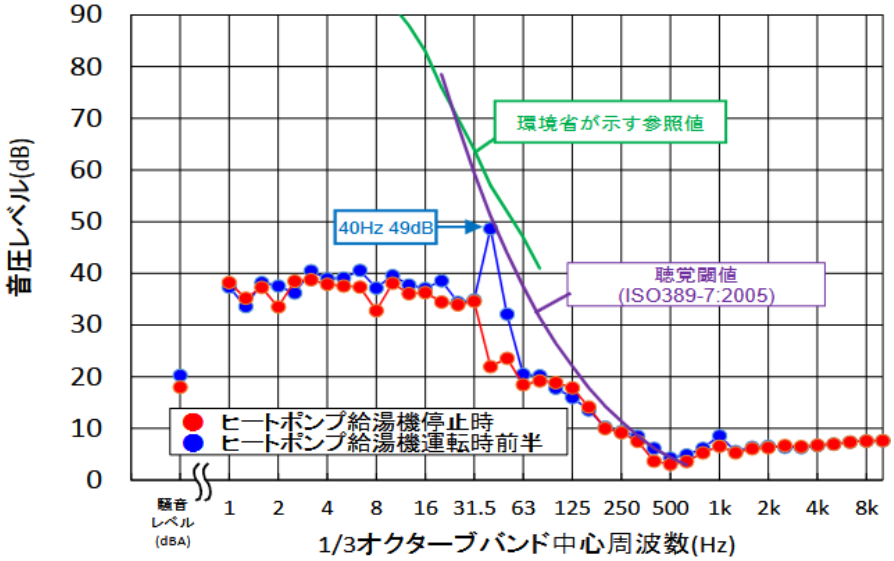
さらに， Subedi らの実験結果[2-19]によると，**低周波音における音圧レベルと不快さの関係は音の周波数が固定した条件において，ほぼ比例関係を示すが，その比例定数は音の周波数によって変わっており，周波数が低いほど不快さは音圧レベルに対しても強く現れる**ことが示されている．また，Subedi らは不快さと A 特性音圧レベルとの相関についても調べており，彼らの実験範囲において，不快さと A 特性音圧レベルは周波数に依存せず，ほぼ一定の相関を持つことが示されている．“

に対応する事柄です。

一方、消費者庁は 2014 年、**聴覚閾値（環境省が示した参照値よりも低い）**以下でも低周波音による影響があることを認める判断を示した。これは群馬県在住の夫婦が、隣家に設置された家庭用ヒートポンプ式給湯器「エコキュート」の発する低周波音で不眠や頭痛の症状が出たとして訴えたもの。調査の結果、音圧レベルは聴覚閾値以下（環境省の参照値以下）だったが、消費者庁は低周波音と睡眠障害との因果関係を認めた。それ以降、ヒートポンプ式給湯器については各メーカーが設置の仕方の手引きを出している。“

消費者庁は 2014 年の資料には、

図5　申出者が症状が重いと感じる１階和室での測定結果



“（６）健康症状が発生した場合の対応

ヒートポンプ給湯機から生じる運転音・振動によって健康症状が生じたとの訴えがあった事案について、既設のヒートポンプ給湯機も含めて、製造事業者は、個々の事案に応じて、健康症状の軽減に向けたヒートポンプ給湯機に関する具体的な対策を検討し提案するとともに、その履行がなされるように取り計らうなど丁寧に対応すべきである。

また、環境省が定めた参照値があたかも基準値であるかのように扱われている事例がみられた。健康症状の発生には個人の特性等も影響すると考えられ、一定の音圧レベルによって一律に対応すべきものではなく、**参照値以**

下であっても慎重な判断が必要な場合があることについて、一層明確に周知すべきである。
さらに、紛争となった場合の地方公共団体における適切な公害苦情対応についても検討すべきである。“
“⑦ 環境省は、現場での音の測定値が参照値以下であっても慎重な判断を要する場合があることを、一層明確に周知すること。“
とある。

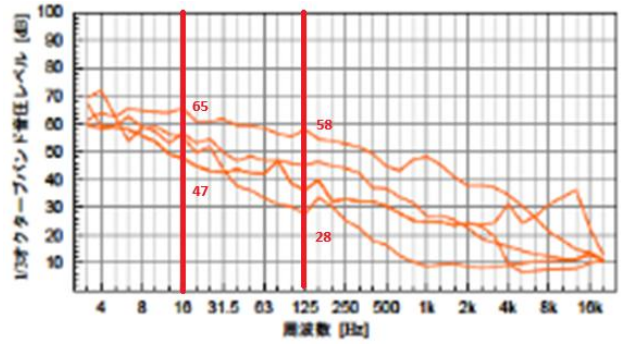
田鎖氏が、
「消費者庁は 2014 年、**聴覚閾値（環境省が示した参照値よりも低い）**以下でも低周波音による影響があることを認める判断を示した。」
と言うので、確認した。
消費者庁は 2014 年
⑦環境省は、現場での音の測定値が**参照値**以下であっても慎重な判断を要する場合があることを、一層明確に周知すること。
とあり、
⑦環境省は、現場での音の測定値が**聴覚閾値**以下であっても慎重な判断を要する場合があることを、一層明確に周知すること。
とはなっていない。

「風車騒音は低周波音が卓越しているのは明らかだ」

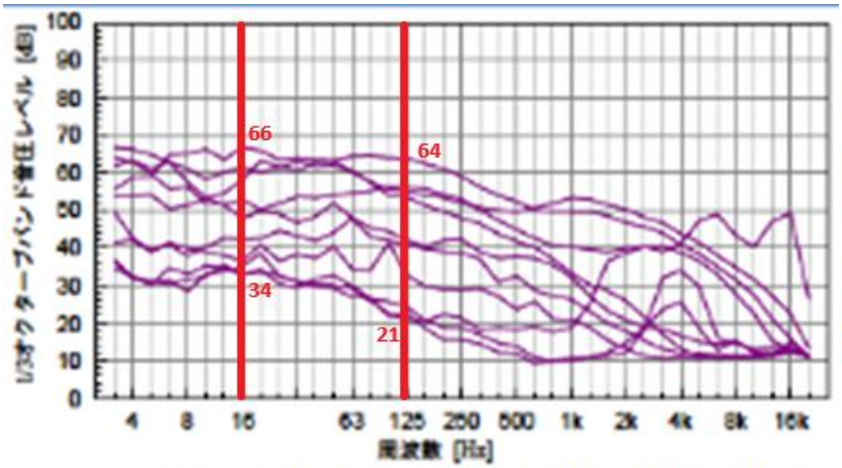
の意味は、
「風車騒音は、20Hz 以上の成分であり、その中の低周波音だから、20～100Hz の音を指す。そして卓越するか否かは、他の環境騒音との比較に問題である。」
となる。
　問題は、“明らか”である。神様ならば“明らか”だろうが、人間にとって明らかなことは少ない。田鎖氏が“風車騒音”の意味をどの様に定義するかにもよるが、多くの場合、風車音を超低周波音と可聴音に分類する。風車騒音は、可聴音の成分を指し、そこには超低周波音の成分は含まれない。

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
の資料を調べれば、可聴低周波音（20Hz～100Hz）での比較に関する次の資料がある。
それを見れば、**可聴低周波音の範囲で風車騒音が卓越しているとは言えない**。

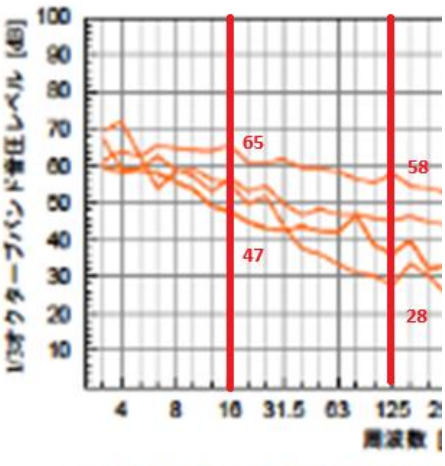
可聴低周波領域（20～100Hz）での比較



e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

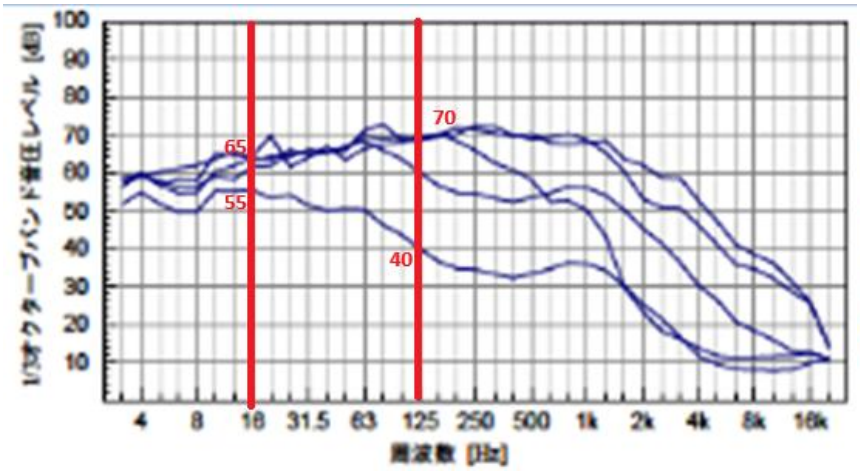


a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

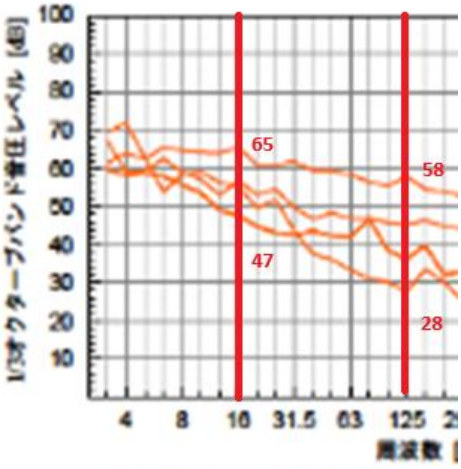


e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

自然環境（山中、海浜）の中では、風車音は中間程度の音圧レベルだと言える。

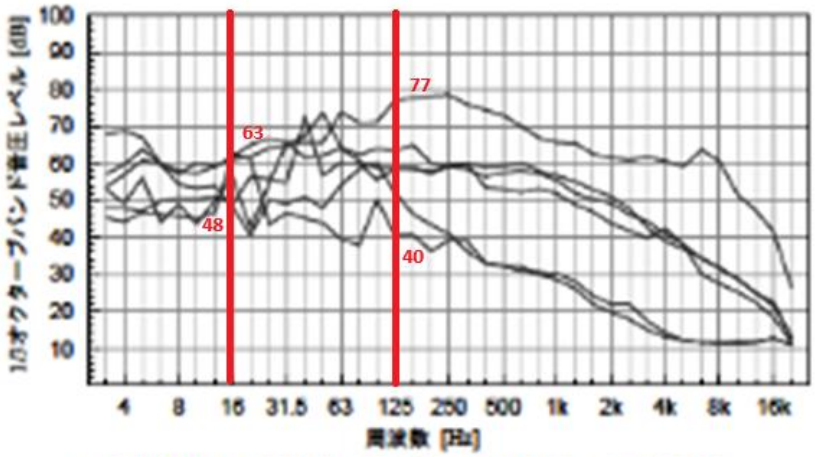


b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類

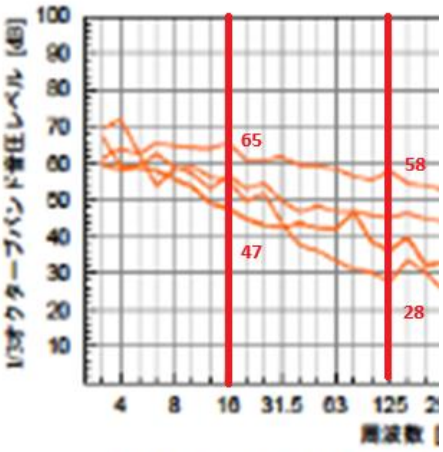


e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

沿道、沿線での音の中では、低い方だと言える。

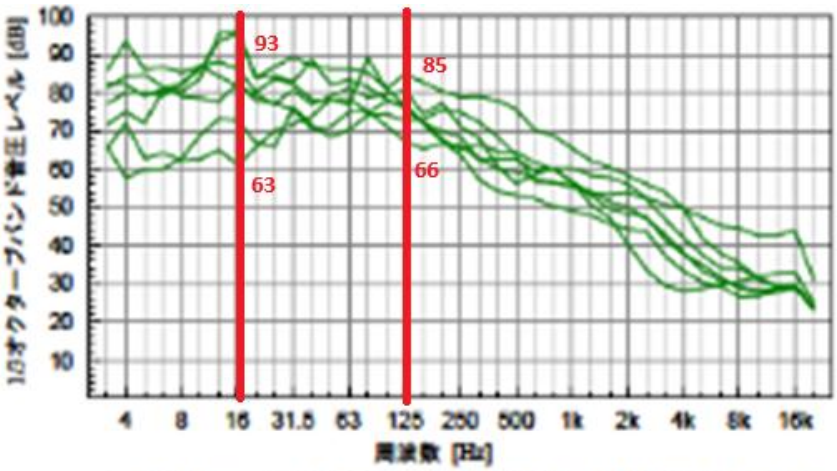


d) その他の環境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、地下鉄固体音、公共空間の音など）：6種類

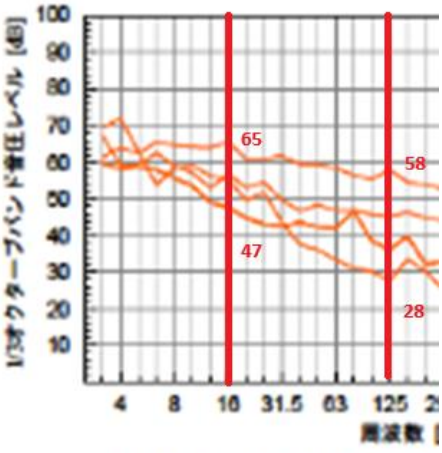


e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

その他補環境騒音（工場音など）の中では低い方だと言える。



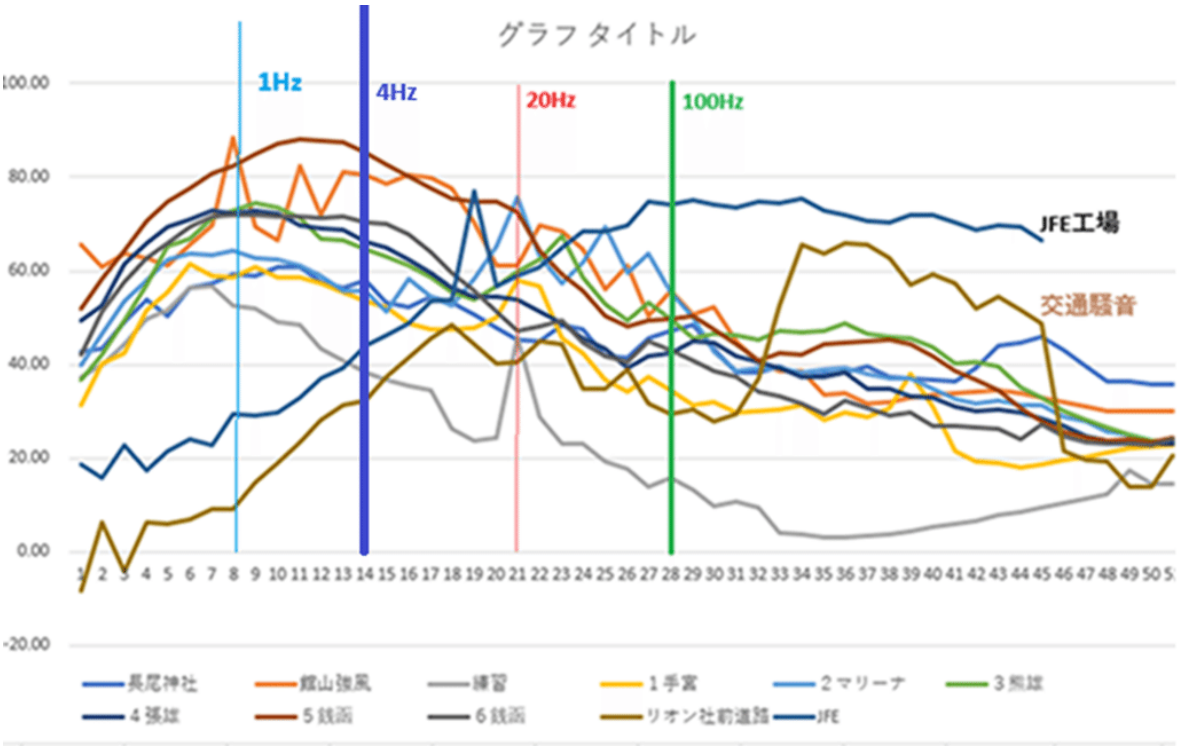
c) 自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：7種類



e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音よりも低いと言える。

「風車音は超低周波音（特に基本周波数）での音圧が卓越している。」



エネルギーの分布は次の表になります。

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2

田鎖氏は、「**風車騒音は低周波音が卓越しているのは明らかだ。**」と言うが、その根拠が示されない。明らかだから、根拠は必要ないのでしょうか。

世の中には、ある出来事について、明らかだと思う人と、明らかだと思わない人がいる。

「2+3＝5 を証明せよ。」と言われたら、「明らかだ。」と言うのでしょうか。

「円周率（π）が超越数である事を証明せよ。」と言われたら、「明らかだ。」と言うのでしょうか。

自分が明らかだと思っても根拠を示す必要があるのです。

田鎖氏は、
風車騒音の扱いについてで「風車騒音は（低周波音ではなく）通常の騒音と同様に扱ってよい」としたことに対して、“風車騒音”の扱い方を問題視している。

もし、「**風車騒音は低周波音が卓越している**」との主張が正しいなら、田鎖氏の意見も理解できる。
残念ながら、可聴低周波音（20～100Hz）の範囲で比べる限り、風車音の卓越は認められない。

わずらわしさ（アノイアンス）と睡眠影響を別扱いしているので、この段階での環境省は、超低周波音の領域での基本周波数の音圧が卓越していることは、認識していると思われる。

残念ながら、“風雑音”を防ぐとして使用した、二重防風スクリーンによって計測値が大きく減少している。
その値が聴覚閾値以下になっていると考えたことや、
専門家の意見、
「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」
「インフラサウンドが人体に影響を及ぼす場合、主経路は耳を通るという固有の前提が存在する。この仮定は、本分野における現在の研究状況と一致している。」
を信じ、さらに、
「風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。」
ことから、風車音から超低周波音の部分を“知覚閾値”以下として除外してしまったことが間違いなのです。
“風車病”の被害者は、うるささの被害よりも、不快感に関連する内容の被害を訴えているのです。
田鎖氏がやるべきことは、
「風力発電施設から発生する超低周波音と健康被害の、明らかな関連を示す知見を公開する。」
事だったのです。
「明らか」と言ったとたんに、人間は考えなくなります。
「2+3＝5 を証明せよ。」、「円周率（π）が超越数である事を証明せよ。」について「明らかだ。」と言わないで、丁寧な証明を書いてみれば、自分が明らかだと思っても根拠を示す必要があることが分かります。

「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」平成 29（2017）年 5 月 26 日には、
「これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、**風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い**と考えられる。また、風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。」
「２）指針策定の趣旨
（１）に示した知見を基に、検討会では、**風力発電施設からの騒音については、通常可聴周波数範囲の騒音として取り扱い、わずらわしさ（アノイアンス）と睡眠影響に着目して、屋内の生活環境が保全されるよう屋外において昼夜の騒音をそれぞれ評価することが適当である**と整理され、風力発電施設から発生する騒音の評価の目安が提案されたところである。これを踏まえ、環境省では、風力発電施設から発生する騒音による生活環境への影響を未然に防止するための指針を別紙のとおり策定した。」

「風力発電施設から発生する騒音に関する指針」には、
「７．その他
騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい。」

「音の大きさの評価にはA特性が適している」としたが、これは 1999 年の WHO のガイドラインに反している。

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”には、
「風力発電施設から発生する**騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（ アノ イアンス） を増加させる**傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、 **わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる**可能性があることが示唆されている。また、超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 **周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”」
とあり、
環境省は、**「A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。」**と言っているのです。
私は、
「ラウドネスは、耳で感じるときの音の大きさであり、耳で感じる音の大きさを評価する方法として、A 特性音圧レベルを使う方法は正しい方法だと考える。ただし、人間に対する影響のあり方は、アノイアンスでの圧迫感、振動感、頭痛などもあり、聴覚以外の刺激による影響が大きい場合での評価方法としては不適格だと考える。」
音の大きさの評価方法は他にもあるが、
アノイアンス（不快感）によって、音の大きさを評価するための指標は示されていない。
風車音（0～24000Hz）の大きさを、圧迫感や体内の圧力変動に注目して評価するには、基本周波数での最大音圧（パスカル単位）が適していると考えます。

調べてみたが、WHO でも、A 特性音圧レベルを使って、目標値を設定している。
1999 年の WHO ガイドラインでは、音の大きさを評価するのに、A 特性音圧レベル以外の何を推奨しているのかが、私には分からなかった。

第 6 章 風車騒音の影響評価手法の提案
(3) 目標値の設定
以上に述べた考察の結果を総合して、風車騒音に係る目標値を考察する。**夜間の寝室内の騒音レベルは WHO のガイドラインでは 30 dB** としており、これを保持するための外部騒音は 45 dB 以下にすべきとしている 。しかし、低周波数成分を多く含む風車騒音では建物の**遮音性能が 10dB** 程度しか見込めないことから、**屋外において 40dB** となる。さらに、風車騒音にはアノイアンスを高める振幅変調音が必ず含まれていることから、これに対

するペナルティを 5 dB 程度見込む必要がある 。これらのことから、静穏な地域に建設される風力発電施設からの騒音の影響評価のための目標値としては、住宅等静穏を必要とする施設の屋外で、騒音レベル（A 特性音圧レベル ）で 35 dB とすることが適当であると考えられる。

この目標値を設定するにあたって検討した事項とその結果をまとめて表 6-1 に示す。また、諸外国の基準等における設定値との比較を表 6-2 及び 表 6-3 に示す。

これを見ると、ここで推奨する目標値の設定にあたっては、静穏な地域を対象としていること、振幅変調音の影響も含めて考えていること等から、諸外国で設定れている基準値 （ 騒音限度値 ）と比較して特段大きな違いがあることはない 。

表 6-2　諸外国の基準等における設定値との比較

国名 （年次）	各国における設定値 （基準値、ガイドライン値）	備　考
日本 （本報告による提案）	・L_{Aeq}：35 dB	・目標値 ・風車騒音で設定 ・振幅変調音を含む
デンマーク （2006）	・L_{Aeq}：37～44 dB ［風速に応じて変化］	・国レベルの基準値（絶対限度） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有
ノルウェー （2005）	・L_{Aeq}：50 dB（受音点が地形等によって風に影響される場所） ・L_{Aeq}：45 dB（風の影響を受けない場所）	・ガイドラインによる基準値（推奨値） ・暗騒音＋風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
スウェーデン （－）	・L_{Aeq}：40 dB（一般地域） ・L_{Aeq}：35 dB（静穏を要する地域）	・ガイドラインによる基準値（推奨値） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有
オランダ （2010）	・L_{den}：47 dB（終日） ・L_{night}：41 dB（夜間）	・国レベルの基準値（限度値） ・風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
ドイツ （1998）	・L_{Aeq}：45～70 dB（昼間） ・L_{Aeq}：35～70 dB（夜間）	・技術指針による限度値 ・暗騒音＋風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
イギリス （1996）	・L_{Aeq}：35～40 dB 又は暗騒音＋5 dB（昼間） ・L_{Aeq}：43 dB 又は暗騒音＋5 dB（夜間）	・住民の保護に対し提案する値（騒音限度値） ・風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
チェコ共和国 （－）	・L_{Aeq}：50 dB（昼間） ・L_{Aeq}：40 dB（夜間）	・ガイドラインによる基準値（騒音指標） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有
カナダ（オンタリオ州） （2008）	・L_{Aeq}：40～51 dB（農山村部） ・L_{Aeq}：45～51 dB（都市部） ［風速に応じて変化］	・ガイドラインによる基準値（限度値） ・風車騒音で設定 ・変電トランスに対して 5 dB のペナルティ有
ニュージーランド （2010）	・L_{Aeq}：40 dB 又は暗騒音＋5 dB（昼間） ・L_{Aeq}：35 dB 又は暗騒音＋5 dB（静穏地域の夕、夜間）	・国レベルの基準値（限度値） ・風車騒音で設定 ・純音性、衝撃性、振幅変調音に対して最大 6 dB のペナルティ有
オーストラリア （南オーストラリア） （2009）	・L_{Aeq}：35 dB 又は暗騒音＋5 dB（農山村部） ・L_{Aeq}：40 dB 又は暗騒音＋5 dB（それ以外の地域）	・ガイドラインによる基準値（超過してはいけない値） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有

欧州地域向けの環境騒音ガイドラインに関する調査検討について（2018 年）

騒音源	指標	勧告値	勧告の強さ
道路交通騒音	L_{den}	53 dB	強い
鉄道騒音		54 dB	強い
航空機騒音		45 dB	強い
風車騒音		45 dB	暫定的

表４　平均的な騒音曝露に関する音源別の騒音の勧告値と勧告の強さ

騒音源	指標	勧告値	勧告の強さ
道路交通騒音	L_{night}	45 dB	強い
鉄道騒音		44 dB	強い
航空機騒音		40 dB	強い
風車騒音		—	

表５　夜間の騒音曝露に関する音源別の騒音の勧告値と勧告の強さ

２．３．４ 風車騒音

（１）平均的な騒音曝露量

風車騒音に係る健康影響のエビデンス及びその質については、以下の表 13 のとおり。高度の不快感のガイドライン曝露レベルに基づき、風車騒音の平均的な騒音曝露に関する L den の勧告値を 45 dB に設定した。この騒音曝露レベル以下であっても、不快感のリスクが増加する可能性があることを強調したが、エビデンスが十分でないために、他の健康影響のリスクも増加するかいなかについては言及できなかった。このエビデンスの質が低いと評価されたため、勧告を暫定的とした。

優先的に扱う健康影響	定量的なリスク	研究間での最低騒音レベル	参加者数(研究数)	エビデンスの質
心臓血管系疾患				
虚血性心疾患の罹患	—	—	—	—
高血圧の罹患	—	—	—	—
不快感				
高度の不快感の割合	異質性のため利用できない	30 dB	2,481 (4)	低い 格下げ：不一致性，不確実性
認知能力障害				
読解・口頭能力	—	—	—	—
聴力損失と耳鳴り				
永久性聴力損失	—	—	—	—

表13　風車騒音の曝露(L_{den})による健康影響に関する知見の要約

（２）夜間の騒音曝露量

夜間風車騒音について６つの横断研究が確認された。睡眠への影響は自己申告に基づくデータによって測定されたため、バイアスの可能性は６つの研究全てにおいて高く、６つの研究の内の５つを用いたメタアナリシスが実施された(表 14)。

オッズ比は有意ではなく、そのエビデンスの質は低いと評価された。エビデンスの質が低いことや異質性が高いことが原因で、夜間の睡眠妨害を解決するための勧告を策定できなかった。

優先的に扱う健康影響	定量的なリスク	研究間での最低騒音レベル	参加者数(研究数)	エビデンスの質
睡眠への影響				
高度の睡眠妨害	10 dB 上昇に対するオッズ比 = 1.60 (95%信頼区間: 0.86～2.94)	31 dB	3,971 (6)	低い 格下げ：研究の限界，不一致，不精確さ

表14　風車騒音の曝露(L_{night})による健康影響に関する知見の要約

風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い

ここでは、「直接的に影響を及ぼす」の意味が問題になっている。直接的に影響に関しては否定的だが、間接的な影響についてまで否定しているのではない。

周波数範囲を発生源の性質に従って少し変更して、

風車音⇒超低周波音(0～10Hz)⇒物理的作用での圧迫⇒**頭痛、循環器系の障害**（直接的健康被害）
⇒圧迫での不快感　⇒強制的慢性不眠症⇒**糖尿病、心筋梗塞**（間接的健康被害）
⇒機械音(10～200Hz)　⇒純音の不快感　⇒強制的慢性不眠症⇒**糖尿病、心筋梗塞**（間接的健康被害）
⇒空力音(200～24000Hz)⇒振幅変調の不快感⇒強制的慢性不眠症⇒**糖尿病、心筋梗塞**（間接的健康被害）

「健康影響」の分類について

- 急に起こるもの（**急性影響**）と
  徐々に、継続して起こるもの（**慢性影響**）
- **可逆性変化**（曝露をやめると元に戻る）と
  不可逆性変化（曝露をやめても継続するもの）

標的臓器（影響を受ける臓器）は曝露原因によって異なる

（一般的な）音の健康影響にはどのようなものが考えられるでしょうか

- **聴力損失：慢性/急性　主として不可逆性**
- **いらいら感（アノイアンス）：急性　可逆性**
- **睡眠障害**
- **耳鳴り**
- **高血圧症：慢性　可逆性？**
- **心臓疾患：慢性　不可逆性　器質性**

風車音での不眠症には特効薬がある。「風車の停止や撤去、風車から 20ｋｍ以上離れる事。」が、特効薬である。普通の不眠症には、このような特効薬は無い。

風車音での不眠症の段階は、健康影響がある段階であり、心臓疾患まで来れば、不可逆的な健康被害である。その意味で、**風車騒音**の影響は、回り道をして、健康被害に行きつくので、**間接的な健康影響**を与える。と言える。

超低周波音の影響は、頭痛などとして現れる。頭痛は健康被害である。その意味で、**超低周波音は直接的な健康被害**を発生させると言える。

風車騒音でのラウドネス（うるささ）も、アノイアンス（不快感）の一部ではあるが、その寄与率は 9～13%と小さい。残りは、超低周波音での圧迫による不快感と考えるべきである。

平成２８（2016）年１１月

- これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている
- 風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できなかった
- 景観のような視覚的な要素や経済的利益に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する

6

に関しては、

○**風車騒音**が人の**健康に直接的に影響を及ぼす**可能性は低いと考えられるが、風車音は交通騒音と違って、昼も夜も鳴り響き睡眠を妨害する。これが長期間継続すれば強制的な慢性不眠症となり、心臓疾患などの不可逆的な病状が発生する。この時、超低周波音での圧迫による不快感も起きている。さらに、超低周波音による体内の圧力変動は、循環器系の障害や頭痛を引き起こす直接的な原因でもある。

○静かな環境では、風車騒音が 35～40dB を超過すると、**わずらわしさ（アノイアンス）の程度**が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性がある

風車音では不快感が目立つが、風車音を超低周波音（0～20Hz）と風車騒音（20～20000Hz）に分けたとき、人体に影響する部分が風車騒音の部分だけならば、A 特性音圧レベルが低く、可聴低周波音（20～100Hz）での卓越が見られないのに、不快感を覚える人が多く出る理由が説明できないことになる。

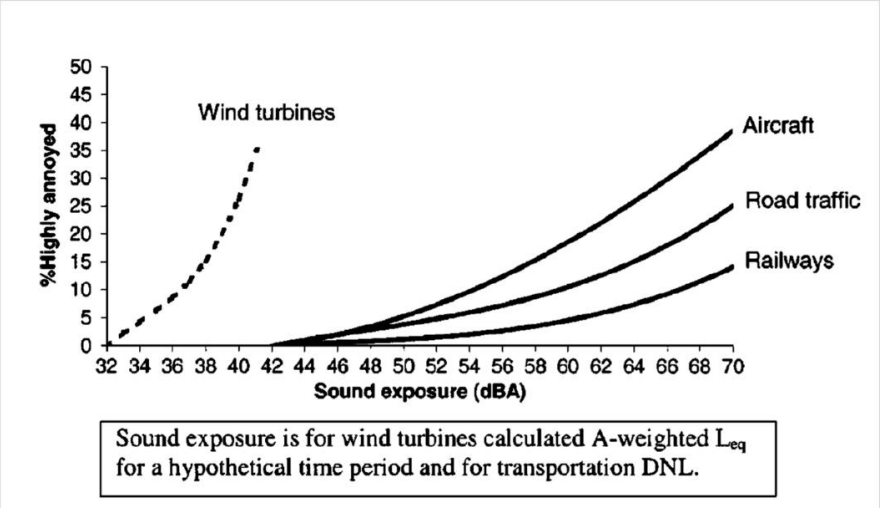


図1　複数の交通騒音（実践）と風車騒音（点線）の用量―反応関係の比較[6]

○風力発電施設から発生する**超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見**は確認できなかった。
とあるが、明らかな物理的関連が解明され、風車超低周波音 2025（第 1 部）に書かれている。
○景観のような視覚的な要素や経済的利益に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する。
　因果関係についてはいろいろあるが、
ここでは、佐藤先生の主張を書いておく事にします。
　佐藤先生は風車症候群の症状が出る原因は、“風車が見えるからだ”と主張した。
　陸上での風車は、山の陰で見えない事もあるが、離岸距離２ｋｍの風車は、岸から丸見えである。水平線が陸から４ｋｍなので、洋上風力の風車は、岸に近くてよく見える。
　陸から２ｋｍの風車が沢山あると、音の累積的影響と、沢山の風車が見えることで、大きな被害が出る。
　音のエネルギー加算での累積的影響を除いたとしても、佐藤先生の理論に従えば、沢山の風車が並べば風車の数だけ怒りがまし、症状が悪化し、被害者が増えることになる。
　１基の風車が見えた時の被害人数×風車の基数
　だけの、被害者と重い症状が出ると考えられます。
　被害者の総数は、1 基の風車が見えるときの被害人数が分かればすぐに計算できます。素晴らしいい理論です。
　佐藤先生は、２ｋｍの場所に並べた風車の危険性を訴えていたのです。
　ただし、極めて分かりにくい表現だった。また、1 基の風車が見えるときに被害者が何人出るかを示してくれなかった。
　佐藤先生の理論では、2 ｋｍの地点に設置した洋上風力の被害は陸上風車の 10 倍～20 倍以上になると言える。見えることが被害の原因なのだから、このような結論になる。
　被害を減らすには、見える風車を 2 基くらいにして、残りは水平線の向こうにもっていって見えなくしなさいと言っているのです。
　素晴らしい考えです。佐藤先生の本心を誤解してはいけません。
　佐藤先生は、
　大型風車からは 0.5Hz の強烈な超低周波音が出る。
　エネルギー加算での累積的影響を計算しなさい。
　限界曲線と言っていたのはウソですよ。
　風車音の影響が長く続くと、いくら治療しても回復しない状態になる。
　風車は見えないところに設置しなさい。
　と言いたかったのかも知れません。
　海面から 200ｍの高さのものが見えなくなるのは陸から 50ｋｍ離したとき、
　海面から 100ｍの高さのものが見えなくなるのは陸から 35ｋｍ離したとき、
　です。
　佐藤先生はここまで計算して、風車が見えないようにしなさいと言っていたのです。

風車音の影響を評価する観点としては、アノイアンス（不快感）とラウドネス（うるささ）がある。
“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”には、
「風力発電施設から発生する**騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（ アノ イアンス） を**

増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、 **わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる**可能性があることが示唆されている。また、超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 **周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”」**

睡眠への影響を評価するならば、ラウドネスよりもアノイアンスを採用すべきであり、アノイアンスと関連の深い指標を見つけることが必要なのです。

もちろん、うるささ（ラウドネス）も不快感（アノイアンス）の一部ではあるが、風車音でのアノイアンスへの寄与率は小さい。

“なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、**景観への影響等、他の要因の寄与が大きい**と考えられると報告している。”と書かれた資料も環境省の HP にある。

景観の影響は計測と数値化が難しいが、風車音の被害の中には、**「物理的に圧迫感や振動感を感じる」に着目して、風車音が人体を圧縮膨張させる仕組みを考えれば、圧迫感の原因と言えるのは、基本周波数での音圧である。対数化すれば変化が分からなくなるので、基本周波数での音圧をパスカル値で計測して、不快感や血圧の変化などとの統計的な関連をしらべて、結果が良好ならば、安眠妨害の指標＝アノイアンスの指標、として、パスカル単位での、基本周波数における音圧を採用すればよい。**

A 特性、G 特性での重みづけとアノイアンス曲線

A 特性と G 特性の重み付けは、下のグラフです。

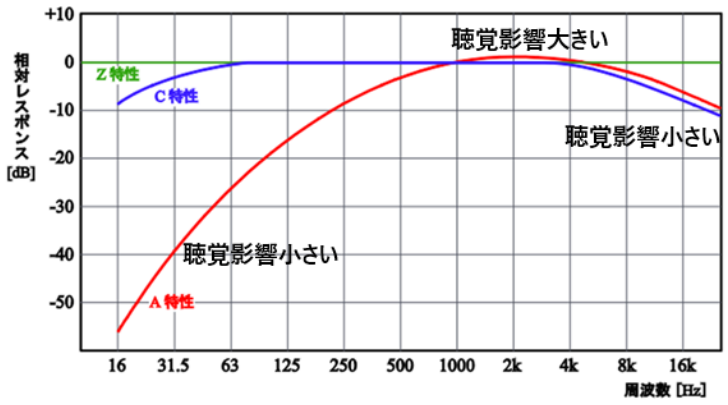


図 2　周波数重み付け特性 A/C/Z

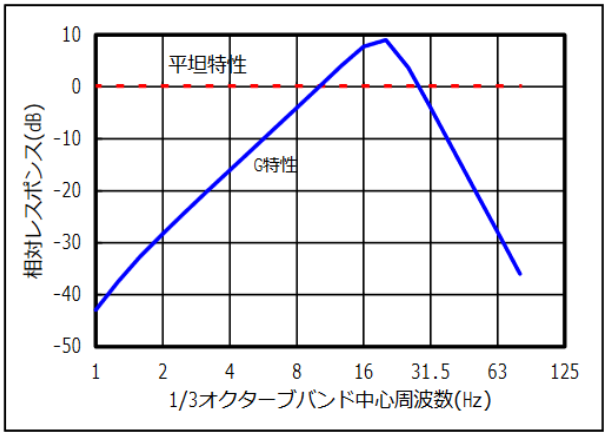
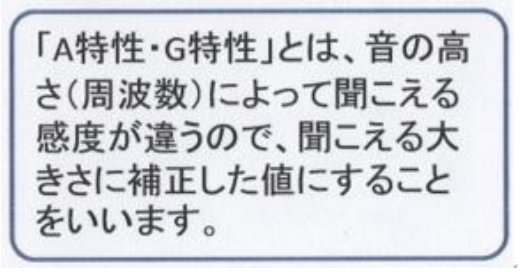


図-1.1　低周波音の周波数補正特性



そもそも、聞こえない音を“聞こえる大きさに補正した値にする“こと自体が意味を持たないのであるが、もう少し確認します。

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参照値 dB				92	88	83	76	70	64	57	52	47	41				
聴覚閾値							78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
聴覚閾値(旧)							78.5	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
夜間参照曲線				92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34	
G特性の重み	-12	-8	-4	0	4	7.7	9	3.7	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68
A特性の重み				-70	-63	-57	-51	-45	-39	-35	-30	-26	-23	-19	-16	-13	-11

A 特性の重みを 20Hz～200Hz で確認すれば。-51～-11 まで、単調に増加している。

これは、20Hz～200Hz の範囲では、周波数が高くなると聞こえる感度が良くなることを意味している。

G 特性の数値が、“聞こえる感度”で補正した数値ならば、20Hz～80Hz の間では単調増加になるはずなのに、9～-36 まで単調に減少している。

G 特性での、20Hz～80Hz での重みは、聞こえる感度とは逆の重み付けになっている。

20Hz 以下では、聞こえにくいからマイナスの重みを付けるが、

20Hz 以上では、聞こえやすいからマイナスの重みを付ける。

という事になる。

これでは理屈が通らない。G 特性の真の目的は別の所にある。

周波数Hz	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
聴覚閾値											78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5
心身参照値 dB								92	88	83	76	70	64	57	52	47	41
G特性の重み	-28	-24	-20	-16	-12	-8	-4	0	4	7.7	9	3.7	-4	-12	-20	-28	-36

心身に関する参照値を見れば、10Hz～80Hz までは、参照値が下がっている。これは音が聞こえて、不快に思う時の音圧レベル小さくなっていることを意味している。

聞こえる感度は、20Hz よりも 80Hz の方が良好であることを意味している。聞こえ方が良好になるにも拘らず、G 特性での重み付けは、20Hz～80Hz ではどんどん小さな数値になっている。聞こえやすくなる周波数なのに、あたかも聞こえにくいかのような重みを与えている。

A 特性での重み付けの根拠は、

人間にとっての騒音の煩さを表す数値が A 特性音圧レベル（単位はデシベル d B）です。この計算には、人間の聴覚での可聴域が 20Hz から 20000Hz であることと、周波数によって人間の感じる煩さ（聴覚で感じる騒音の大きさ）が異なることを考慮して、周波数帯ごとに重み付けをして全体としての騒音レベル（ｄB）計算します。

“聴覚で感じる騒音の大きさ”が大きい場合は、プラスの重みを付ける。小さい場合はマイナスの重みを付ける。聞こえやすい場合はプラス、聞こえにくい周波数にはマイナスの重みを付けている。
G 特性での重みを、20Hz～80Hz で見れば、聞こえやすい音にマイナスの重みを付けている。

“低周波音の測定方法に関するマニュアル”には、

（3）G 特性

1-20Hz の超低周波音の人体感覚を評価するための周波数補正特性で、ISO-7196 で規定された。可聴音における聴感補正特性である A 特性に相当するものである。この周波数特性は、10Hz を 0dB として 1-20Hz は 12dB/oct.の傾斜を持ち、評価範囲外である 1Hz 以下および 20Hz 以上は 24dB/oct.の急激な傾斜を持つ（図-1.1、表-1.1 参照）。

1-20Hz の傾斜は超低周波音領域における感覚閾値の実験結果に基づいている。

とある。

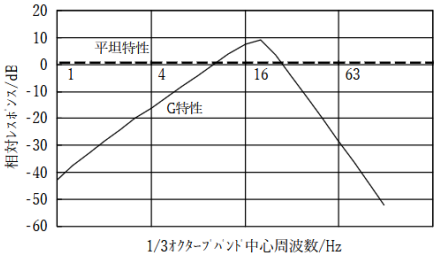


図-1.1　低周波音の周波数補正特性

とあるが、ISO7196 での G 特性の重みの範囲は、1～20Hz ではなく、0.25Hz～315Hz である。

20Hz 以下の部分は、聞こえにくい音にはマイナスの重みを付けるとの言い訳もできるが、20H z ～80H z の

部分に関しては、どの様に説明するのでしょうか。20Hz～80Hz では聞きやすい音にマイナスの重みを付けています。この様な説明を、普通の日本語では、“支離滅裂”という。

これを不快感について真似る。不快感に関しては、10Hz 以上に関しては聴覚での不快感を採用する。10Hz 以下については、圧迫感を中心とした不快感を採用する。

参照値を 10Hz 以上に関して確認すれば、

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参照値 dB				92	88	83	76	70	64	57	52	47	41				
聴覚閾値							78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
聴覚閾値(旧)							78.5	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
夜間参照曲線				92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34	

10～80Hz については、92～41ｄB と減少している。

これは、音圧レベルが同じならば、周波数が上がるにつれて、音による不快感が増大することを意味している。

不快感に関する影響が大きいものに、プラスの重みを付けると考えれば、10Hz を越えた場合の重みは、周波数の増大に伴って、プラスで増大する。

ガタツキによる不快感での睡眠妨害を考えてみます。ガタツキ閾値の表は、

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						

となっている。5Hz～20Hz の範囲で考えれば、ガタツキ閾値は周波数の増加につれて大きくなる。

感覚閾値の感覚について、ガタツキを感知する三半規管や、床による振動を皮膚への圧力変動として感知することを考えるならば、ガタツキまで含めた感覚閾値は周波数の減少につれて小さくなる。同じ音圧ならば、周波数が下がるほどガタツキを敏感に感知するようになる。同じ音圧ならば、周波数が低いほどガタツキでの不快感が増し、睡眠を妨害される。

A 特性での重み付けは、感覚で把握しやすい部分はプラスの重みを付けて、感覚で把握しづらい場合はマイナスの重みを付ける。

G 特性でもこれを真似て、風車での睡眠妨害の観点から 5Hz～20Hz の部分に対する重み付けをするならば、低い周波数（5Hz）は睡眠妨害の力が強いのでプラスの大きな値の重みを付ける。高い周波数（20Hz）はガタツキでの睡眠妨害を起こす力が弱いので、ゼロあるいはマイナスの重みを付けるのが合理的である。

もちろん、感覚を聴覚だけに限定すれば逆になる。聴覚への刺激は、音圧が同じならば、周波数が高いほど敏感に感知されるので、重みは大きくなる。ただし、聴覚は超低周波音の評価には向いていない。そもそも、超低周波音の領域では、聴覚の感度は鈍いのです。

圧迫感による不快感に関しては、同じ音圧での音が、周波数の減少との関係の様子を確認すれば、

圧縮過程が終了する時点での試験管内の圧力は次の表のようになる。

周波数	0.5	1	2	10	20	50	100	200
周期/2	1	0.5	0.25	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025
内気圧	102400.9991	102400.9742	102400.861	102400.467	102400.369	102400.303	102400.132	102400.033

気圧変動の振幅が 1 パスカルのときは、

200Hz だと、体内の圧力は 0.033 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

100Hz だと、体内の圧力は 0.132 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

10Hz だと、体内の圧力は 0.467 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

1Hz だと、体内の圧力は 0.974 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

0.5Hz だと、体内の圧力は 0.999 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

周波数が低いほど、体内の圧力変動が大きくなる。

200Hz 以上ならば、体内の圧力はほとんど変化しないが、10Hz 以下では、かなりの圧縮が起きる。

これは、圧迫感ではなく、圧迫そのものです。したがって、周波数が低くなるほど圧迫感による不快感は増加する。

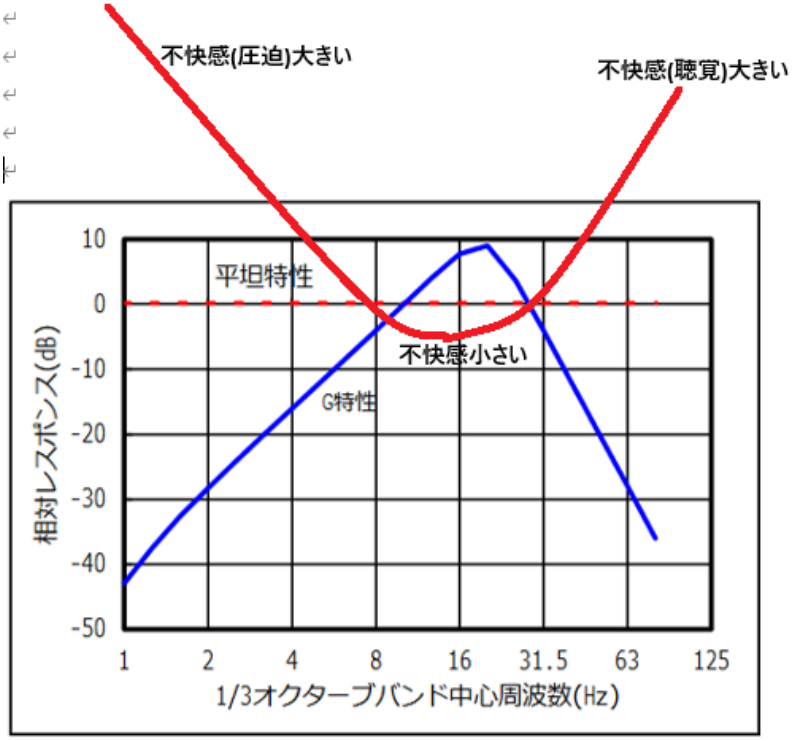


図-1.1　低周波音の周波数補正特性

不快感の観点からは、U 字型の重み曲線を考えるべきである。これを“アノイアンス曲線”と呼ぶことにする。

アノイアンス曲線で数値を決めれば、風車音でのアノイアンスに合った数値となるが、G 特性音圧レベルは、アノイアンスの程度とは逆の数値になる。

これは、風車の超低周波音による被害を隠蔽する目的で、G 特性音圧レベルでの重み付けがなされていることを意味する。

風車騒音が大きくなれば睡眠障害の有病率が上昇する

・「風車騒音が直接的に健康影響を生じる可能性は低い」とのべている。2010～12 年の環境省の調査でも風車騒音が大きくなれば睡眠障害の有病率が上昇するということが示されているのに、それをみずから否定している　に関して確認してみた。

課 題 名 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
課 題 代 表 者 名 橘 秀 樹 （千 葉 工 業 大 学 附 属 総 合 研 究 所 教 授 ）
研 究 実 施 期 間 平 成 22～24 年 度（2010～12 年）
には、
この実験から、以下のことが言える。
i. 風車騒音に含まれている低周波数成分（超低周波数領域および可聴周波数領域の約 50 Hz 以下の成分）のラウドネスに対する寄与はきわめて少ない。
ii. 風車騒音のラウドネス評価のための騒音評価尺度としては、一般環境騒音の評価にも用いられている A 特性音圧レベルが適していることが示唆された。

６）うるささ反応に関する多重ロジスティック解析
本研究におけるアンケート調査の中で最も重要な質問 の一つは、風車騒音のうるささに関する設問（問 3 の 7）である。自己申告による①騒音に対する敏感さ（問 10 の 6）あるいは②環境問題への関心（問 10 の 7）、③風力発電施設に対する態度（問 10 (8)）、④風車の景観上の問題（問 10 (12)）、⑤風力発電施設があることによるメリット（問 10 (14)）などの修飾要因を⑥騒音暴露量、⑦回答者の住居から最近接風車までの距離とともに用いて、以下に述べる多変量解析を行った。
前述の方法で推定した回答者ごとの風車騒音の暴露レベル（主として夜間の等価騒音レベル LAeq,n）でクラス分けし、その回答数を調べた。また、それぞれのクラスごとに、問 3 の中で風車騒音に対して「非常にうるさい」、「非常にうるさい＋だいぶうるさい」、「非常にうるさい＋だいぶうるさい＋多少うるさい」と回答した割合を求めた。その結果を表 (2)-6 に示す。

表(2)-6　騒音暴露量とうるささの訴え率

$L_{Aeq,n}$ (dB)	回答数	「%非常にうるさい」	「%非常に＋だいぶうるさい」	「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」
-30	30	10.0	10.0	26.7
31-35	114	2.6	9.7	31.6
36-40	247	6.5	12.6	36.0
41-45	207	14.0	19.8	38.7
45+	53	18.9	22.6	50.9

表(2)-6 から、31～35 dB の範囲で「%非常にうるさい」が最小であるので、この値を基準カテゴリーとした。（30 dB 以下の場合に訴え率が高くなっているが、サンプル数が 30 と小さいために偶然の結果という可能性が考えられる。）

「%非常に＋だいぶうるさい」と「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」の場合には、 30 dB 以下と 31-35 dB の範囲の訴え率はほぼ同じ、あるいは 30 dB 以下が最小であったため、30 dB 以下の範囲を基準カテゴリーとした。

まず、性別、年齢、LAeq,n に関して粗オッズ比を計算したところ、性別と年齢に関しては有意ではなかった（95%信頼区間の下限が 1 以下）。一方、LAeq,n の粗オッズ比は 40 dB 以下では有意ではなかったが、41 dB 以上では有意であった。

つぎに、「非常にうるさいかどうか」を従属変数、 LAeq,n、性別、年齢を独立変数として多重ロジスティック解析を行った。「非常に＋だいぶうるさい」と「非常に＋だいぶ＋多少うるさい」に関しても同様の分析を行った。

「%非常にうるさい」、「%非常に＋だいぶうるさい」、「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」に関する調整オッズ比は図 (2)-60 に示すとおりである。LAeq,n が 41dB 以上の時、性別・年齢調整オッズ比は(a)のように有意に高い（95%信頼区間の下限は 1 以上）。

同図の(b)、(c)に示すように LAeq,n が増加すると調整オッズ比も増加するが、それらは有意ではない（95%信頼区間の下限は 1 以下）。

また、環境問題への関心および風力発電施設 に対する態度、風力発電施設があることによるメリット、風車の景観上の問題、自己申告による音に対する自覚的な感受性 が風車騒音に対するうるささを修飾するかどうかを検討した。これら 5 つの修飾要因と「%非常にうるさい」との関連を Fisher の直接確率法によって検定し、LAeq,n と「%非常にうるさい」との関連が修飾要因によって層別化されたときにその関連に線形傾向があるかどうかを Mantel-Haenszel の χ2（χ2MH）によって検定した。

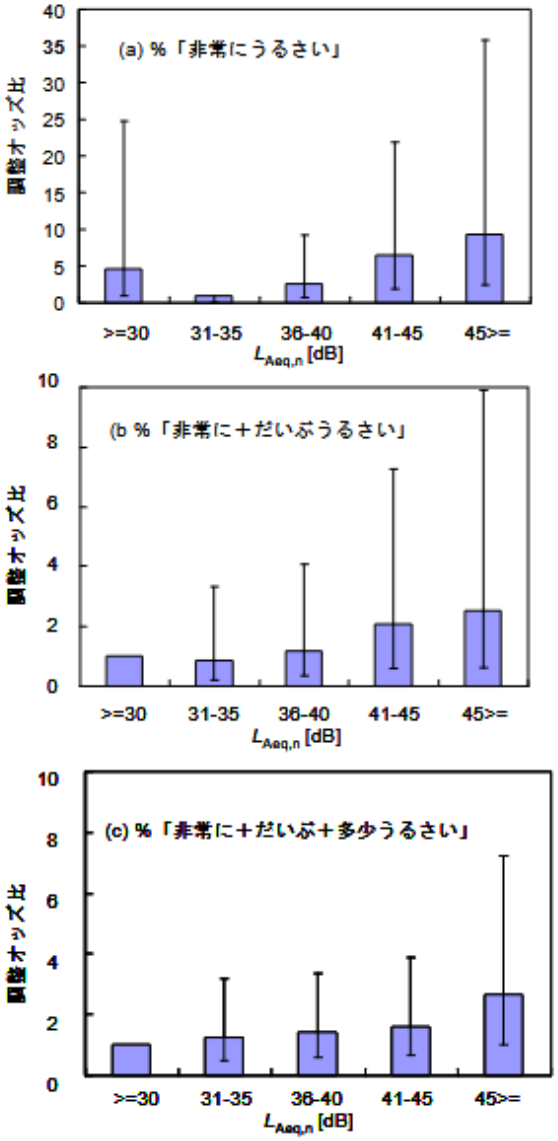
表(2)-7 に示すように、環境問題に関心を持っている人、風力発電施設を良い方法と思わない人、風車によって景観が邪魔されていると感じている人、音 に敏感であると思っている人は、それ以外の人よりも「%非常にうるさい」が高かった。これらの要因で層別化した場合、環境問題に関心が低い人、風力発電は良い方法だと思わない人、風力発電でメリットがある人、または景観の邪魔になると答えた人では、LAeq,n と「%非常にうるさい」との関連が有意ではなかった。しかし、どのサブグループにおいても、LAeq,n と「%非常にうるさい」との関連はある程度一貫しており、LAeq,n とその他の修飾要因は互いに独立して「%非常にうるさい」と関連しているものと考えられる。

表(2)-7 で「%非常にうるさい」と有意に関連していた 4 つの修飾要因 （環境問題への関心および風力発電施設に対する態度、風車の景観上の問題、自己申告による音に対する自覚的な感受性）と LAeq,n を独立変数として同時に用いて多重ロジスティック 解析を行った。その調整オッズ比を図(2)-61 (a)に示す。風力発電施設に対する態度は「%非常にうるさい」と有意な関連は見られず、LAeq,n、環境問題への関心、景観上の問題、騒音に対する敏感さが独立して「%非常にうるさい」と関連していた。図(2)-60 (a)と同様に LAeq,n が 41dB 以上の場合に調整オッズ比は有意に高かった。

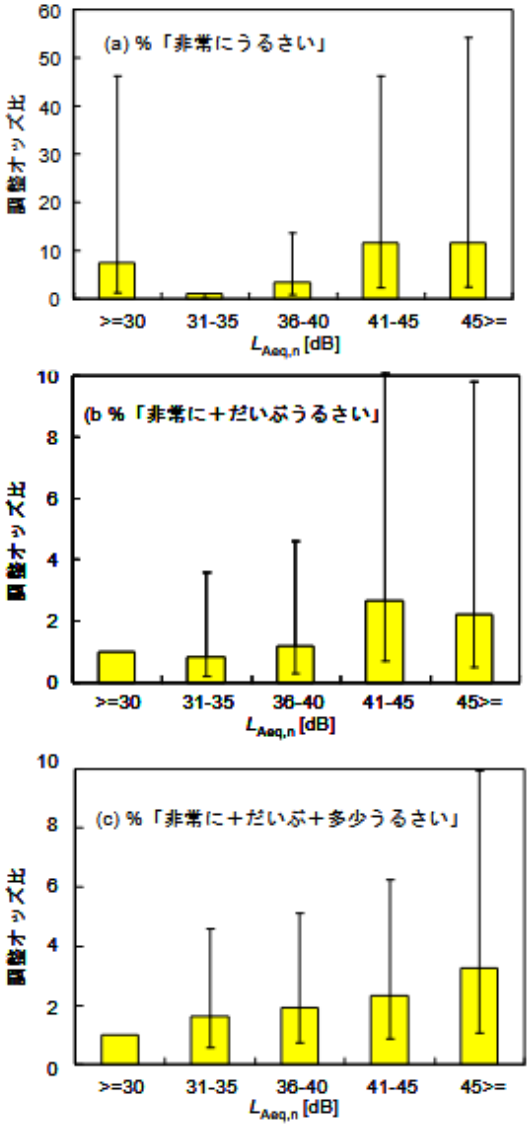
また、この解析で LAeq,n をそのまま連続量として用いた場合には、LAeq,n が 5dB 増加すると、調整オッズ比（95%信頼区間）は 1.82(1.22-2.71)であった。

以上と同様の分析を「%非常に＋だいぶうるさい」、「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」に関しても行った。独立変数として「%非常に＋だいぶうるさい」、「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」と有意に関連している 5 つの修飾要因と LAeq,n を同時に用いて、多重ロジスティック解析を行った。その調整オッズ比を図(2)-61 (b)、(c)に示す。「%非常にうるさい」の場合と同様に、LAeq,n、環境問題への関心、景観上の問題、騒音に対する敏感さが独立して「%非常に＋だいぶうるさい」、「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」と関連していた。「%非常にうるさい」 の場合と同様に LAeq,n をそのまま連続量として用いた場合には、LAeq,n が 5dB 増加すると、調整オッ

ズ比（95%信頼区間）は「%非常に＋だいぶうるさい」では 1.52(1.09-2.13)、「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」では 1.18(0.95-1.48)であり、前者では有意な関連が見られた。図(2)-60 (a)、図(2)-61 (a)を図(2)-60 (b)、図(2)-60 (c)、図(2)-61 (b)、図(2)- 61 (c)と比較すると、厳しいうるささに限って集計する方が低いうるささまで考慮して集計するよりも LAeq,n との関係が大きくなることが分かる。



図(2)-60　性別・年齢調整オッズ比



図(2)-61　修飾要因調整オッズ比

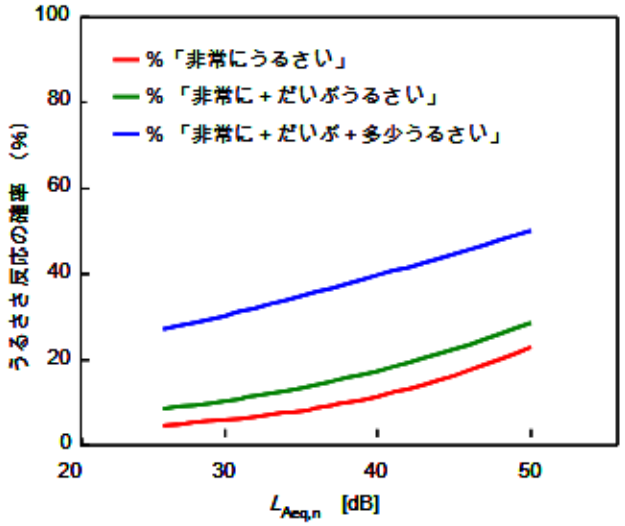
表(2)-7 サブグループ別の等価騒音レベル$L_{Aeq,n}$と「%非常にうるさい」との関連

要因	カテゴリー	訴え率(%)	$L_{Aeq,n}$との関連（χ^2_{MH}）
環境問題への関心	ない/どちらともいえない	2.5	2.53(NS)
	ある	18.4	9.67***
	(Fisherの直接検定)	***	
風力発電はよい方法か	そう思う	5.9	9.23**
	思わない	14.6	3.61(NS)
	(Fisherの直接検定)	*	
風力発電によってよいことがあるか	ある	4.9	0.36(NS)
	ない/わからない	10.0	12.15***
	(Fisherの直接検定)	NS	
景観の邪魔になるか	ならない	5.1	13.60***
	なる	37.2	2.21(NS)
	(Fisherの直接検定)	***	
音を気にするほうか	気にしない/どちらともいえない	2.5	5.41*
	気にする	15.9	26.04***
	(Fisherの直接検定)	***	

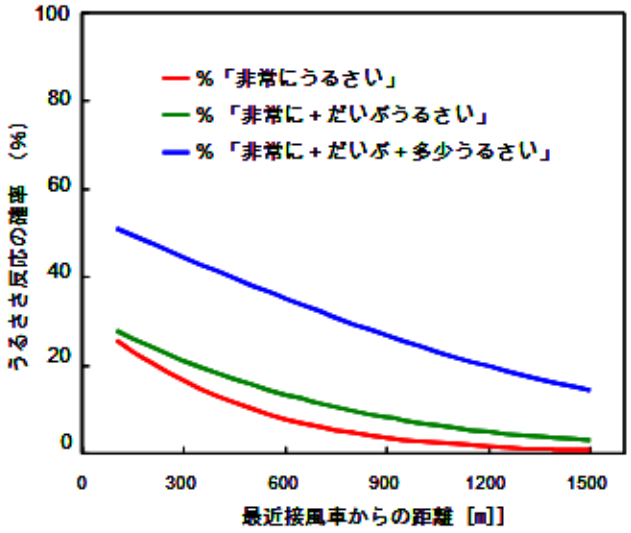
以上のような詳細な分析とは別に、暴露－反応関係は風車騒音の問題を考える上で 非常に重要である。ここでは「LAeq,n－うるささ」、あるいは「距離－うるささ」の関係をロジスティック関数として求めてみた。その結果を図(2)-62、図(2)-63に示す。

まず、$L_{Aeq,n}$を変数とした場合についてみると、$L_{Aeq,n}$が26から50 dBまで増加すると「%非常にうるさい」、「%非常に＋だいぶうるさい」、「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」はそれぞれ3～21、6～27、25～48%の範囲で変化している。この暴露－反応曲線の傾向は、スウェーデンやオランダで得られた結果[4]と良く一致している。すなわち、両国での調査では暴露側の騒音レベルが30-35 dBで%very annoyed（両調査では４段階のうるささ尺度が使われ、veryは最上位のカテゴリー）は2-3%、40-45 dBでは18-19%となっている。

つぎに風車からの距離について着目すると、今回の調査では回答者の住居は最近接風車から90～1,466 m離れていた。図(2)-4に示すように90～1,466 mの範囲で、「%非常にうるさい」、「%非常に＋だいぶうるさい」、「%非常に＋だいぶ＋多少うるさい」はそれぞれ26～1、28～3、51～14%まで変化している。「%非常にうるさい」は100 m点の26%から500 m点の10%まで減少している。



図(2)-62　$L_{Aeq,n}$とうるささの反応確率との関係



図(2)-63　距離とうるささの反応確率との関係

7）睡眠問題に関する分析結果

回答者の健康状態を睡眠の観点から評価するために、自覚的睡眠感に関する質問をアンケートに加えた。国際睡眠学会等によれば、**十分眠れないことが高頻度で（たとえば週 3 日以上）生じ、そのため日中の眠気によって社会活動に支障が生じる場合を不眠という**。これはさらに、その症状によって、入眠困難・中途覚醒・早朝覚醒・熟眠困難のような亜型に分けられることが多い。

そこで本調査ではアンケートの回答から、睡眠問題の有無を次のように定義した。

①睡眠で困っていることが「ある」かつ週 3 回以上「夜、床についてもなかなか寝つけない」かつ週 3 回以上「昼間眠くて仕事がよくできない」→入眠困難

②睡眠で困っていることが「ある」かつ週 3 回以上「夜中に目が覚めて、その後寝つけない」かつ週 3 回以上「昼間眠くて仕事がよくできない」→中途覚醒

③睡眠で困っていることが「ある」 かつ週 3 回以上「朝、早く目が覚める」かつ週 3 回以上「昼間眠くて仕事がよくできない」→早朝覚醒

④睡眠で困っていることが「ある」 かつ週 3 回以上「起きたときよく眠れなかった感じがする」かつ週 3 回以上「昼間眠くて仕事がよくできない」→熟眠困難

⑤上記 4 つの症状のうち 1 つ以上あり→不眠

睡眠に関する設問は風車と直接関係しない表現であり、 風車周辺地域、対照地域で全く同じ質問内容となっている。

前述の方法で推定した回答者ごとの風車騒音の暴露レベル（主として夜間の 等価騒音レベル LAeq,n）でクラス分けし、クラスごとに睡眠問題の訴え率を求めた。その結果を 表(2)-8 に示す。訴え率の線形傾向は Mantel-Heanszel の $\chi 2$($\chi 2$MH)によって検定した。LAeq,n が高くなると入眠困難・早朝覚醒・熟眠困難の訴え率は有意に上昇しており、中途覚醒でも同様の傾向がみられた。他方、性別や年齢による訴え率の差はみられなかった。

表(2)-8　騒音暴露量と睡眠問題の訴え率

$L_{Aeq,n}$ [dB]	不眠	入眠困難	中途覚醒	早朝覚醒	熟眠困難
-30	0.7	0.0	0.0	0.7	0.0
31-35	0.5	0.5	0.5	0.0	0.5
36-40	0.7	0.4	0.7	0.4	0.7
41-45	3.1	2.2	3.1	1.3	2.6
46+	2.7	2.7	1.4	2.7	2.7
χ^2_{MH}	5.3*	6.9**	6.0*	3.7(NS)	.3**

睡眠問題ごとに騒音暴露量に関するオッズ比を求めると（ただし 、LAeq,n 30 dB 以下では一部の訴え率が 0 であるので、35 dB 以下の回答者をすべて一括して比較基準とした)、表(2)-9 のような調整オッズ比が得られた。41-45 dB に比べ 46 dB 以上のオッズ比が必ずしも高くなっていない場合があるが、等価騒音レベルが高いとどのタイプの睡眠問題でもオッズ比が上昇する傾向はうかがえる。

表(2)-9　騒音暴露量と性別・年齢調整オッズ比（95%信頼区間）

$L_{Aeq,n}$ [dB]	不眠	入眠困難	中途覚醒	早朝覚醒	熟眠困難
-35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
36-40	1.24	1.24	2.54	1.44	2.44
	(0.17-8.90)	(0.08-20.11)	(0.23-28.34)	(0.09-23.37)	(0.22-27.30)
41-45	5.69	8.31	11.76	5.55	9.71
	(1.16-27.94)	(0.95-73.01)	(1.42-97.40)	(0.55-54.27)	(1.15-82.01)
46+	5.26	11.09	5.53	13.64	10.13
	(0.72-38.65)	(0.96-127.74)	(0.34-90.74)	(1.17-159.01)	(0.89-115.20)

また、この解析で LAeq,n をそのまま連続量として用いた場合には、LAeq,n が 5 dB 増加するごとの調整オッズ比 (95%信頼区間) は、不眠で 2.05 (1.55-2.71)、入眠困難で 2.73 (1.89-3.95)、中途覚醒で 2.31 (1.69-3.17)、早朝覚醒で 2.24 (1.52-3.30)、熟眠困難で 2.46 (1.78-3.39)と、いずれも有意であった (95%信頼区間下限が 1 より大)。

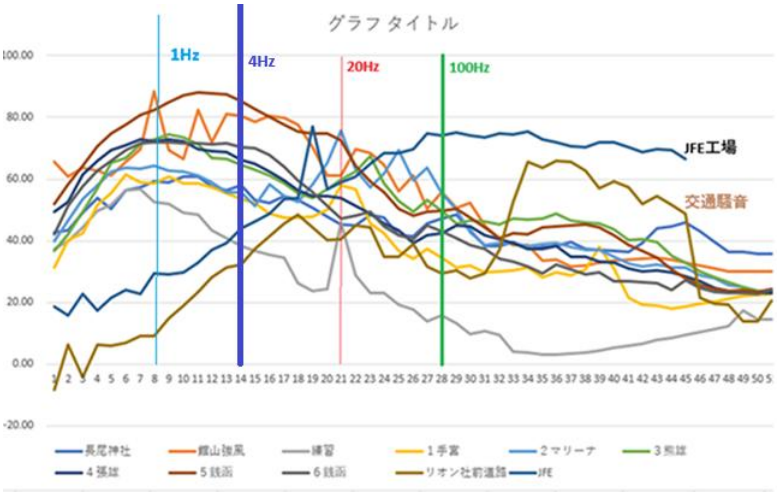
広帯域音と 1/3 オクターブ解析のグラフ

広帯域の音ならば、1/3 オクターブ解析でのグラフは、右上がりになるはずです。
理由は、多くの周波数成分の音圧が高いので、周波数帯の幅が広くなり、その帯域のエネルギーを集めれば大きな数値になるからです。

下のグラフの、JFE 工場、道路と書いてある部分です。

風車音のエネルギーは、超低周波音の部分に集中していて、周波数が高い音域の音圧は極めて低いのです。1/3 オクターブ解析にして、帯域を広くしてエネルギーをかき集めても小さな数値にしかなりません。結果としてグラフは右下がりになるのです。

右下がりのグラフを見て、広帯域の音だという事は、1/3 オクターブ解析のグラフの意味が理解できていないことを意味しています。



また、

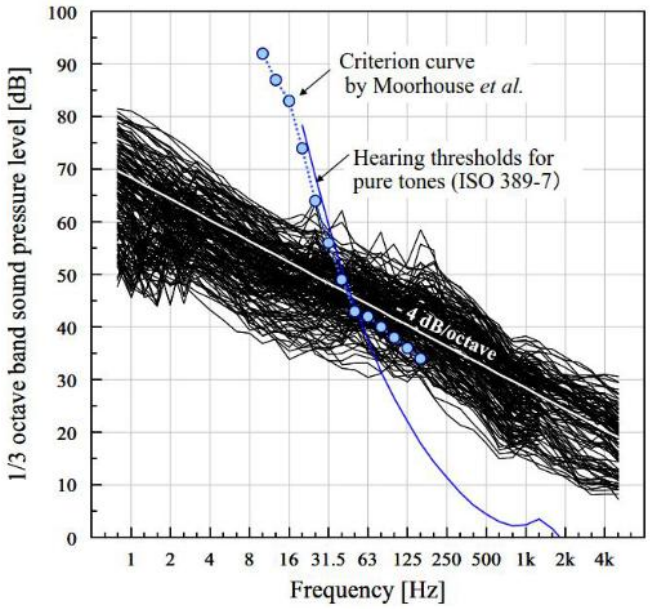


Figure 2. Measurement results at 164 points around 29 wind farms in Japan. (Assessment of wind turbine noise in immission areas, H. Tachibana et al, 2013)

全国 164 か所の風車のグラフで、横軸の目盛りを線形目盛り、縦軸の目盛りをパスカル値にすれば、むかし調査された全国 164 か所の風車に於いて、よく似た性質を持っている風車音が計測されていたことが分ります。

グラフをよく見ると、白抜きで、-4dB/octave と書いてあります。
「ある音を基準として、周波数比が 2 倍になる音」を「1 オクターブ上の音」と呼んでいます。
周波数が２倍になると１オクターブ増える。１オクターブ増えると音圧レベルが 4ｄB 減る。
周波数が２倍になる系列として、
0.5Hz、1Hz、2Hz、4Ｈｚ、8Ｈｚ、16Ｈｚ、…
上のグラフでは、1/3 オクターブバンド音圧レベル　の値を使っています。計算を簡単にするために、1/1 オクターブバンドに変換して考えます。

音圧レベルは、各周波数帯に属する音のエネルギーの合計で決ります。
0.5～１Ｈｚ、１～2Ｈｚ、2～4Ｈｚ、４～8Ｈｚ、8～16Ｈｚ、…でのエネルギーをｄＢ表示した値を使って、164 本の曲線が描かれています。

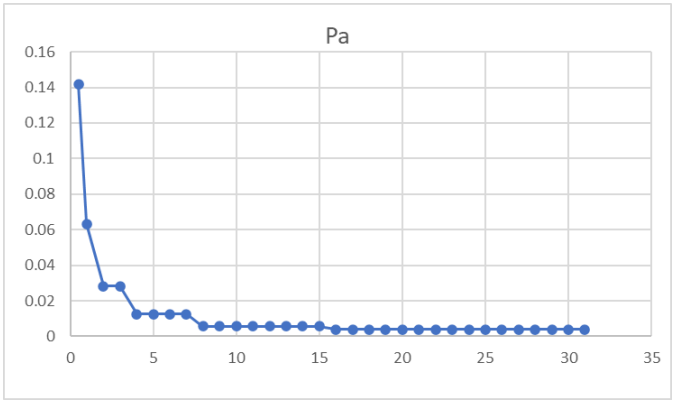
それらの中間をとった、白い斜めの線で言えば、下のような表になります。

Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
dB	74	70	66		62				58
Σ(Pa*Pa)	0.010048	0.004	0.001592		0.000634				0.000252
Pa*Pa	0.020095	0.004	0.000796	0.000796	0.000158	0.000158	0.000158	0.000158	3.15E-05
Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
Pa	0.141757	0.063246	0.028217	0.028217	0.012589	0.012589	0.012589	0.012589	0.005617

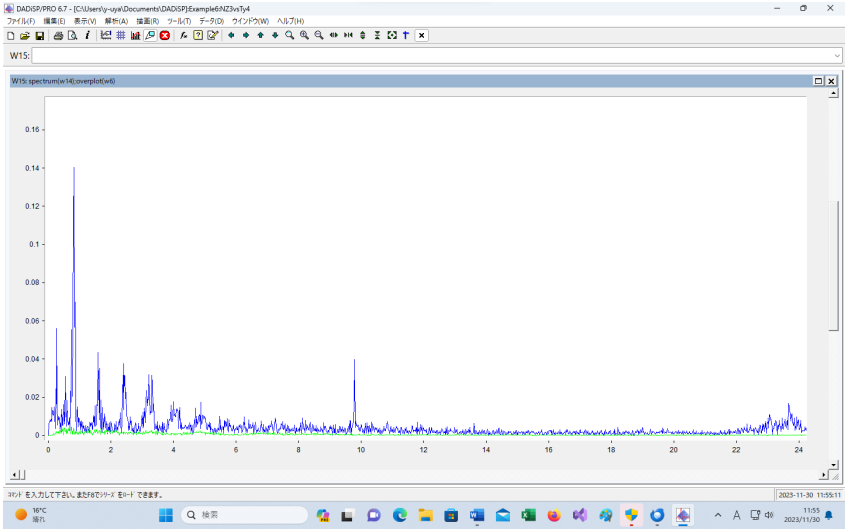
0.5Hz 以上、1Ｈｚ未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、74ｄＢ
1Ｈｚ以上、2Hz 未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、70ｄＢ
２Ｈｚ以上、4Hz 未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、66ｄＢ
４Ｈｚ以上、8Ｈｚ未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、62ｄＢ
…
です。
このエネルギーを、線形座標目盛りに従って均等に分配してから、対応するパスカル値に変換すると、表の一番下の数値になります。

図３のグラフを表にして、値をパスカル値に変換すればグラフは次の様になります。

Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa	Hz	Pa
0.5	74	0.0100475	0.020095091	0.5	0.141757
1	70	0.004	0.004	1	0.063246
2	66	0.0015924	0.000796214	2	0.028217
3			0.000796214	3	0.028217
4	62	0.000634	0.000158489	4	0.012589
5			0.000158489	5	0.012589
6			0.000158489	6	0.012589
7			0.000158489	7	0.012589
8	58	0.0002524	3.15479E-05	8	0.005617
9			3.15479E-05	9	0.005617
10			3.15479E-05	10	0.005617
11			3.15479E-05	11	0.005617
12			3.15479E-05	12	0.005617
13			3.15479E-05	13	0.005617
14			3.15479E-05	14	0.005617
15			3.15479E-05	15	0.005617
16	58	0.0002524	1.57739E-05	16	0.003972
17			1.57739E-05	17	0.003972



右側のグラフは、下のグラフの青い線とよく似た形です。



なお、緑の線は、風車が無い場所でマイクに風を当てて測った“風雑音”です。超低周波音の領域で比べる限り、風車からの超低周波音に比べれば、本来の風雑音は、計算誤差程度の大きさにすぎません。

これは、風車音の計測結果ですから、似ていて当然です。

風車騒音は（低周波音ではなく）通常の騒音と同様に扱ってよい

田鎖氏は、
“「風車騒音に関する指針」では、風車騒音の扱いについてで「**風車騒音は（低周波音ではなく）通常の騒音と同様に扱ってよい**」とした。”
事に対する批判を述べている。
　残念ながら、風車音をどの様に扱うべきなのかに関する提案が無い。

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”では、
“風力発電施設からの騒音については、通常可聴周波数範囲の騒音として取り扱い、わずらわしさ（アノイアンス）と睡眠影響に着目して、屋内の生活環境が保全されるよう屋外において昼夜の騒音をそれぞれ評価することが適当である”
の意味は、
　ラウドネス（うるささ）としてのＡ特性音圧レベルの外に、アノイアンス（不快感）にも注意しなさいと言っているのだが、アノイアンスに関して注意するための方法が書かれていない。

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”
“全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、**20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。**
これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、 風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。また、**風力発電施設から発生する超低周波音・ 低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。**
ただし、**風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（ アノ イアンス） を増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる可能性がある**ことが示唆されている。また、**超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”**

第２．騒音に関する環境基準との関係
風力発電施設から発生する騒音は、風力発電施設の規模、設置される場所の風況等でも異なり、さらに騒音の聞こえ方は、風力発電施設からの距離や、その地域の地形、植生や舗装等の地表の被覆状況、土地利用の状況等により影響される。本指針における指針値はこのような風力発電施設から発生する騒音の特性を踏まえ、全国一律の値とするのではなく、風力発電施設の設置事業者及び運用事業者等による地域の状況に応じた具体的な対策の実施等に資するために策定したものであり、**行政の政策上の目標**として一般的な騒音を対象とし、生活環境を保全し、人の健康を保護する上で維持されることが望ましいものとして定められている**騒音に係る環境基準**（平成 10 年９月 30 日環境庁告示第 64 号、最終改正平成 24 年３月 30 日環境省告示第 54 号）とは性格及び位置付けが異なる。従って、騒音に係る環境基準の類型指定がなされており、風力発電施設が設置されている地域においては、**一般的な騒音**に対しては引き続き当該**環境基準に基づき生活環境を保全**し、人の健康を保護するため

の施策を講じるとともに、**風力発電施設から発生する騒音については、本指針に基づき、未然防止の観点から、当該地域の状況に応じた具体的な対策等が講じられるよう努められたい。**

（1）検討会において整理された主な知見

風力発電施設は、風向風速等の気象条件が適した地域を選択する必要性から、もともと静穏な地域に設置されることが多い。そのため、**風力発電施設から発生する騒音のレベルは、施設周辺住宅等では道路交通騒音等と比較して通常著しく高いものではない**が、バックグランドの騒音レベルが低いために聞こえやすいことがある。また、**風力発電施設のブレード（翼）の回転に伴い発生する音は、騒音レベルが周期的に変動する振幅変調音（スウィッシュ音）として聞こえることに加え、一部の風力発電施設では内部の増速機や冷却装置等から特定の周波数が卓越した音（純音性成分）が発生することもあり、騒音レベルは低いものの、より耳につきやすく、わずらわしさ（アノイアンス）につながる場合がある。**

全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。

これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。また、風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。

ただし、**風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。**静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。また、**超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ラウドネス）の評価に適している。**

なお、諸外国における騒音の指標を調べたところ、**多くの国が A 特性音圧レベルを用いている**。また、周囲の背景的な騒音レベルから一定の値を加えた値を風力発電施設から発生する騒音の限度としている国が複数みられる。

（1）に示した知見を基に、検討会では、**風力発電施設からの騒音については、通常可聴周波数範囲の騒音として取り扱い、わずらわしさ（アノイアンス）と睡眠影響に着目して、屋内の生活環境が保全されるよう屋外において昼夜の騒音をそれぞれ評価することが適当である**と整理され、風力発電施設から発生する騒音の評価の目安が提案されたところである。

指針値の根拠

「さらに**指針値については、科学的な根拠がまったくない**。環境省は「残留騒音（地域で定常的に生じている騒音）＋5 デシベルを風車騒音の指針値とする」としているが、風車騒音による影響が残留騒音＋5 デシベル以内であれば生じないとする科学的知見は見受けられない。また、この指針値について、「下限値は 35 デシベルもしくは 40 デシベルとする」としている。騒音の上限が存在するならわかるが、下限値が存在するというのは健康保護の観点からたいへん疑問だ。なお、35 デシベルの下限値は、学校や病院など「とくに静穏を求められる地域」

に適用される。」

指針値での、35ｄＢについては、
第 6 章 風車騒音の影響評価手法の提案
(3) 目標値の設定
以上に述べた考察の結果を総合して、風車騒音に係る目標値を考察する。**夜間の寝室内の騒音レベルは WHO のガイドラインでは 30 dB** としており、これを保持するための外部騒音は 45 dB 以下にすべきとしている 。しかし、低周波数成分を多く含む風車騒音では建物の**遮音性能が 10dB** 程度しか見込めないことから、**屋外において 40dB** となる。さらに、風車騒音にはアノイアンスを高める振幅変調音が必ず含まれていることから、これに対する**ペナルティを 5 dB** 程度見込む必要がある 。これらのことから、静穏な地域に建設される風力発電施設からの騒音の影響評価のための目標値としては、住宅等静穏を必要とする施設の屋外で、騒音レベル（A 特性音圧レベル ）で **35 dB** とすることが適当であると考えられる。
とあるが、
残留騒音+5ｄＢ
が、安全であるとの根拠はみつからなかったが、
指針値以下でも被害が発生することを認識していると考えられる根拠は見つかった。

風力発電施設から発生する騒音に関する指針
７．その他
騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、**指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい。**

です。

指針値安全を保障する数値ならば、
「指針値を超えなければ、風車騒音の影響は無いので、地域の音環境の保全に関しては風車騒音が指針値以下になるようにすればよい。」
と書けるはずです。

外国での数値を真似たのでしょうか、日本での指針値は目安であり罰則はありません。

（参考） 風車騒音に関する諸外国の基準等

国/地方	騒音指標	地域の類型			
		田園地域	住宅地域	工業地域に近い住宅地域	その他の地域
Denmark	L_r(6 m/s) L_r(8 m/s)	42 dB(6 m/s) 44 dB(8 m/s)	37 dB(6 m/s) 39 dB(8 m/s)	ー	ー
Sweden	L_{Aeq}@8 m/s	35 dB	40 dB		
Belgium/ Wallonia	L_{Aeq}	45 dB			
France	L_{Aeq}	昼(07:00-22:00):残留騒音レベル+5 dB 夜(22:00-07:00):残留騒音レベル+3 dB (風車稼働時の騒音が35dBを超える場合)			
Germany	L_r	昼:60 dB 夜:45 dB	昼:50-55 dB 夜:35-40 dB	昼:60 dB 夜:45 dB	昼:45-70 dB 夜:35-70 dB
The Netherlands	L_{den} L_{night}	L_{den}: 47 dB L_{night}: 41 dB			
United Kingdom	$L_{A90,10min}$	昼:残留騒音レベル+5 dB(最低35 dBまたは40 dB) 夜:残留騒音レベル+5 dB(最低43 dB)			
New Zealand	$L_{A90,10min}$	35 dBまたは残留騒音+5dBの高い方の値	静穏を要する地域:40 dBまたは残留騒音+5 dBの高い方の値		
Australia/ Victoria	$L_{A90,10min}$	35 dBまたは残留騒音+5dBの高い方の値	静穏を要する地域:40 dBまたは残留騒音+5 dBの高い方の値		
Canada/ Manitoba	L_{Aeq}	40 dB(風速4 m/s)から53 dB(11 m/s)まで段階的に設定			
USA/ Maine	L_{Aeq}	静穏を要する地域:昼:55 dB, 夜:45 dB 風力発電施設の敷地境界線上:終日75 dB			

10

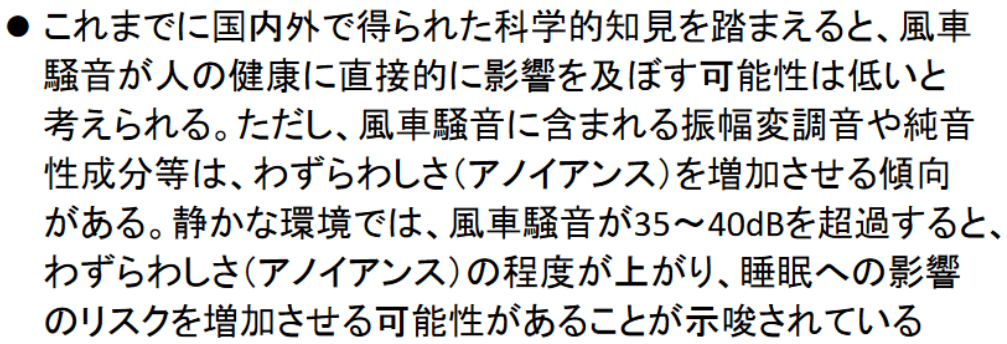
世界各国における風車騒音の基準・ガイドラインの比較（一部抜粋改変）

計測値が大きくなった時は、「風雑音」だと言って誤魔化す約束です。

⇒ **騒音レベルは低いが、より耳につきやすく、わずらわしさ（アノイアンス）につながる場合がある**

5

● 風力発電施設から発生する音は、通常著しく大きいものではないが、もともと静穏な地域に建設されることが多いため、比較的小さな騒音レベル（A特性音圧レベル）であっても苦情等の発生事例あり



最初から被害が出る事は分かっています。指針値以下でも被害は出ます。もちろん環境基準値以下でも被害は出ます。

風力発電施設から発生する騒音に関する指針

７．その他

騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、**指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい**。

指針値や環境基準値を超えなくても起きる被害については、ノセボ効果や精神的な問題だとして、被害を受けている人の責任に転嫁するために、各地で学者による学習会と言う名の洗脳集会が開かれます。

風力発電事業について（福島県飯舘村）

落合氏講演の問題点 2025

佐藤氏講演の問題点 2025

「酒田市洋上風力発電事業」住民学習会

風車と音のギモン質問-秋田県 2025

外国では、この数値が基準値や規制値になっていて、その数値より大きくなると、罰則がありますが、日本では、いくら超えても罰則規定はありません。音が大きくなった時は“風雑音”と言って、風神の責任にしてしまいます。

WHO 欧州地域事務局（2018 年）

「さらに**指針値については、科学的な根拠がまったくない**。環境省は「残留騒音（地域で定常的に生じている騒音）＋5 デシベルを風車騒音の指針値とする」としているが、風車騒音による影響が残留騒音＋5 デシベル以内であれば生じないとする科学的知見は見受けられない。また、この指針値について、「下限値は 35 デシベルもしくは 40 デシベルとする」としている。騒音の上限が存在するならわかるが、下限値が存在するというのは健康保護の観点からたいへん疑問だ。なお、35 デシベルの下限値は、学校や病院など「とくに静穏を求められる地域」に適用される。」

「風車騒音について、事業者がまず最初に使うのがこの環境省の指針だ。ところがその内容は、うなずけないことが多く書いてある。」

「ＷＨＯ欧州地域事務局は 2018 年、科学的知見にもとづき、自動車、鉄道、航空機などさまざまな騒音曝露から健康を保護するためのガイドラインを示した。そのなかで風車騒音をめぐって、「**高度の不快感」と評価される勧告値についてはすでに科学的知見がある**としたが、「**高度の睡眠障害」や「風車病」については、「現在の科学的知見では勧告値について結論を下すことができない**」と慎重な態度をとった。」

田鎖氏が言うように、

「さらに**指針値については、科学的な根拠がまったくない**。環境省は「残留騒音（地域で定常的に生じている騒音）＋5 デシベルを風車騒音の指針値とする」

に関しては、

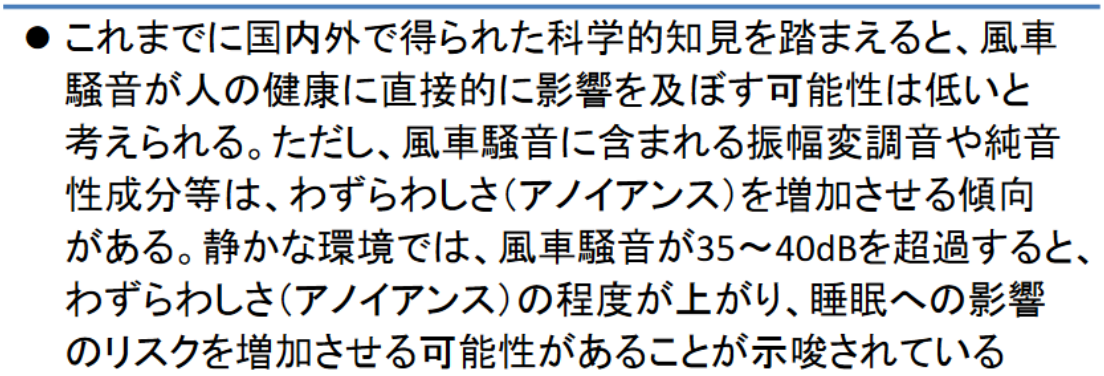
指針値以内であっても健康被害が発生することを認識していると思われる。

風力発電施設から発生する騒音に関する指針

７．その他

騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい。

風力発電施設から発生する騒音等への対応について



平成２４年度（2012 年）

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

第 6 章 風車騒音の影響評価手法の提案

(3) 目標値の設定

以上に述べた考察の結果を総合して、風車騒音に係る目標値を考察する。**夜間の寝室内の騒音レベルは WHO のガイドラインでは 30 dB** としており、これを保持するための外部騒音は 45 dB 以下にすべきとしている 。しかし、**低周波数成分を多く含む風車騒音**では建物の**遮音性能が 10dB** 程度しか見込めないことから、**屋外において 40dB** となる。さらに、風車騒音にはアノイアンスを高める振幅変調音が必ず含まれていることから、これに対する**ペナルティを 5 dB** 程度見込む必要がある 。これらのことから、静穏な地域に建設される風力発電施設からの騒音の影響評価のための目標値としては、住宅等静穏を必要とする施設の**屋外**で、騒音レベル（A 特性音圧レベル ）で **35 dB** とすることが適当であると考えられる。

この目標値を設定するにあたって検討した事項とその結果をまとめて表 6-1 に示す。また、諸外国の基準等における設定値との比較を表 6-2 及び 表 6-3 に示す。

表 6-2 諸外国の基準等における設定値との比較

国名 （年次）	各国における設定値 （基準値、ガイドライン値）	備 考
日本 （本報告による提案）	・L_{Aeq}：35 dB	・目標値 ・風車騒音で設定 ・振幅変調音を含む
デンマーク （2006）	・L_{Aeq}：37～44 dB ［風速に応じて変化］	・国レベルの基準値（絶対限度） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有
ノルウェー （2005）	・L_{Aeq}：50 dB（受音点が地形等によって風に影響される場所） ・L_{Aeq}：45 dB（風の影響を受けない場所）	・ガイドラインによる基準値（推奨値） ・暗騒音＋風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
スウェーデン （－）	・L_{Aeq}：40 dB（一般地域） ・L_{Aeq}：35 dB（静穏を要する地域）	・ガイドラインによる基準値（推奨値） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有
オランダ （2010）	・L_{den}：47 dB（終日） ・L_{night}：41 dB（夜間）	・国レベルの基準値（限度値） ・風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
ドイツ （1998）	・L_{Aeq}：45～70 dB（昼間） ・L_{Aeq}：35～70 dB（夜間）	・技術指針による限度値 ・暗騒音＋風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
イギリス （1996）	・L_{Aeq}：35～40 dB 又は暗騒音+ 5 dB（昼間） ・L_{Aeq}：43 dB 又は暗騒音+ 5 dB（夜間）	・住民の保護に対し提案する値（騒音限度値） ・風車騒音で設定 ・振幅変調音に対してのペナルティ無
チェコ共和国 （－）	・L_{Aeq}：50 dB（昼間） ・L_{Aeq}：40 dB（夜間）	・ガイドラインによる基準値（騒音指標） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有
カナダ（オンタリオ州） （2008）	・L_{Aeq}：40～51 dB（農山村部） ・L_{Aeq}：45～51 dB（都市部） ［風速に応じて変化］	・ガイドラインによる基準値（限度値） ・風車騒音で設定 ・変電トランスに対して 5 dB のペナルティ有
ニュージーランド （2010）	・L_{Aeq}：40 dB 又は暗騒音+ 5 dB（昼間） ・L_{Aeq}：35 dB 又は暗騒音+ 5 dB（静穏地域の夕、夜間）	・国レベルの基準値（限度値） ・風車騒音で設定 ・純音性、衝撃性、振幅変調音に対して最大 6 dB のペナルティ有
オーストラリア （南オーストラリア） （2009）	・L_{Aeq}：35 dB 又は暗騒音+ 5 dB（農山村部） ・L_{Aeq}：40 dB 又は暗騒音+ 5 dB（それ以外の地域）	・ガイドラインによる基準値（超過してはいけない値） ・風車騒音で設定 ・純音成分に対して 5 dB のペナルティ有

WHO環境騒音ガイドライン値（1999，一部）

用途	健康影響	L_{Aeq} (dB)	時間 (hours)	L_{Amax} (dB)
屋外	強い不快感	55	16	
	中程度の不快感	50	16	
屋内	会話妨害	35	16	
	睡眠妨害	30	8	45
寝室屋外	睡眠妨害（窓開で測定した屋外値）	45	8	60
屋内屋外	聴力損失	70	24	110

上記の影響が生じ始める騒音レベル

欧州WHO夜間騒音ガイドライン（2009）

	$L_{night,outside}$	備考
ガイドライン値	40dB	ほとんどの高感受性群を含む公衆を健康影響から保護できる。
暫定目標値	55dB	様々な事由により短期間にガイドラインを達成できない場合の暫定値。高感受性群の健康は保護できない。例外的な地域に対して政策担当者が定める，実行可能性に基づいた目標値。

- 「健康影響」の防止を目的としたガイドライン
- 騒音に関する疫学調査の知見と，睡眠障害と健康影響の公知の事実に基づく。
- EU各国が，騒音指令（2002）に基づいて，LdenとLnightで騒音マップを作成済みであることなどにより，Lnight を採用。

欧州 WHO 夜間騒音ガイドライン（2009）は、屋外で 40ｄB としている。

さて、

「**低周波数成分を多く含む風車騒音**では建物の**遮音性能が** 10dB 程度しか見込めないことから、**屋外において** 40dB となる。さらに、風車騒音にはアノイアンスを高める振幅変調音が必ず含まれていることから、これに対する**ペナルティを** 5 dB 程度見込む必要がある 。これらのことから、静穏な地域に建設される風力発電施設からの騒音の影響評価のための目標値としては、住宅等静穏を必要とする施設の**屋外**で、騒音レベル（A 特性音圧レベル ）で 35 dB とすることが適当であると考えられる。」

の部分に関しては、幾つかの問題点がある。

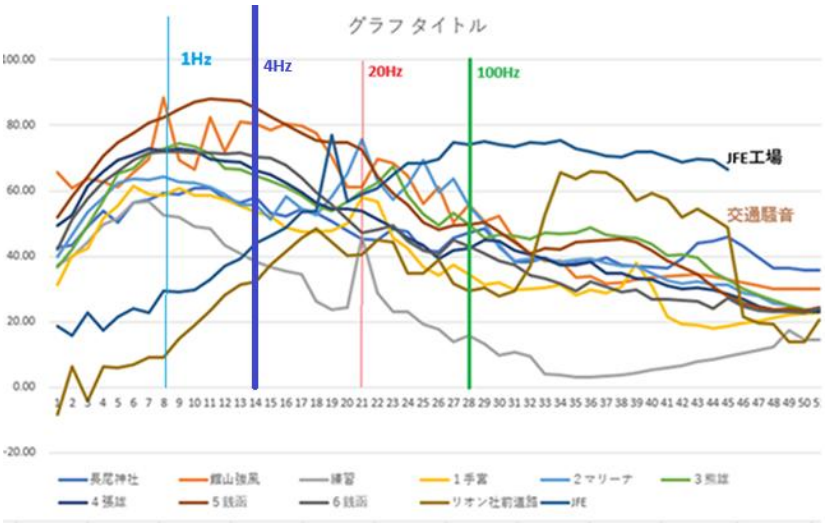
「低周波数成分を多く含む風車騒音」の意味が問題になる。

風車音と風車騒音を区別すれば、（低周波音を 0～100Ｈｚと考えて）

風車音＝超低周波音（0～20Hz）+風車騒音（20～20ｋHz）+超音波（20ｋHz 以上）

となる。

風車騒音**（20～20ｋHz）の範囲では、**



この範囲以内での低周波音（20～100Hz）を多く含むとは言い切れない。

（可聴低周波領域（20～100Hz）での比較、A 特性音圧レベルでの比較　参照）

もちろん、

「低周波数成分を多く含む風車音」とすれば、超低周波音を含めて考えるので、正しい表現になる。

しかし、この場合は、

「風車騒音では建物の遮音性能が 10dB 程度しか見込めない」が問題になる。

防音窓の効果

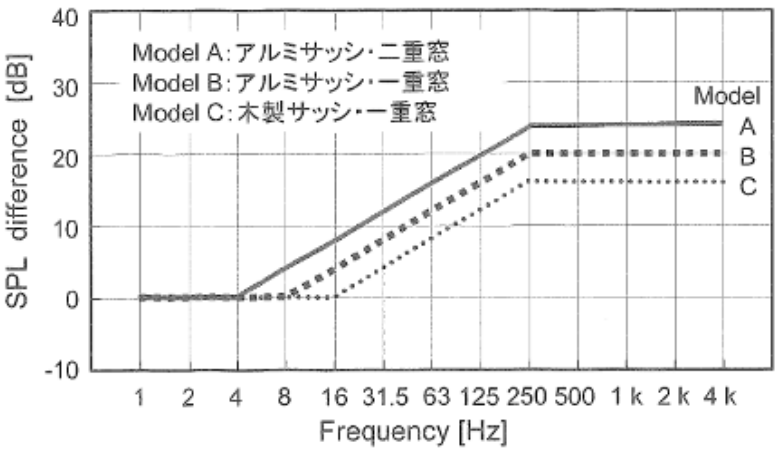


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

より、10ｄＢの減衰を見込めるのは、20Hz 以上の成分であり、基本周波数（0.5～1Hz）での防音効果は 0ｄＢになる。

この部分は、聞こえない音なので、専門家の見解

「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」
（落合氏）
「インフラサウンドが人体に影響を及ぼす場合、主経路は耳を通るという固有の前提が存在する。この仮定は、本分野における現在の研究状況と一致している。」
The effect of infrasound and negative expectations to adverse pahological symptoms from wind farms
が正しければ、防音効果が０ｄＢでも問題にはならないはずですが、そうでは無い。
　基本周波数成分の物理的な影響を考えるならば、体内の圧力を変動させて、循環器系の障害や頭痛を引き起こす。この部分に対して、10ｄＢの減衰を期待する事は出来ない。

　室内 30ｄＢ、窓減衰 10ｄＢ、で屋外 40ｄＢになるが、振幅変調 5ｄＢの迷惑料で更に減らして屋外 35ｄＢとの計算だが、この計算の前提は、専門家の見解、
「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」
を前提とした考え方になっている。

　風車音と交通騒音ではアノイアンス（不快感）については大きな違いがある。
しかし、アノイアンス（不快感）に関する被害は出ます。

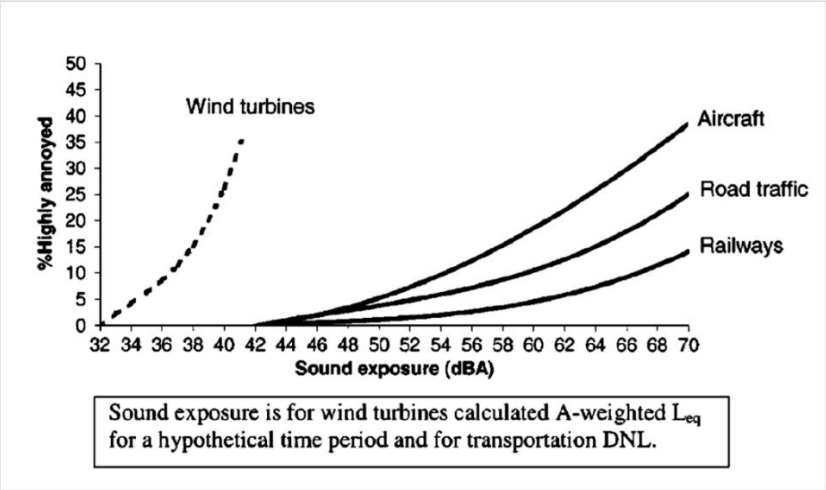


図1　複数の交通騒音（実践）と風車騒音（点線）の用量―反応関係の比較[6]

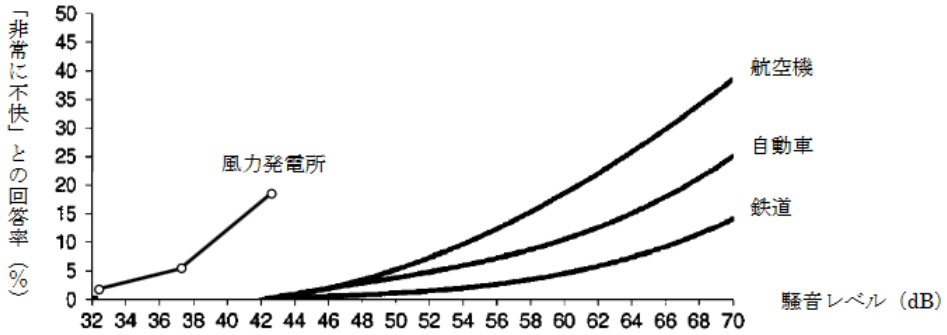
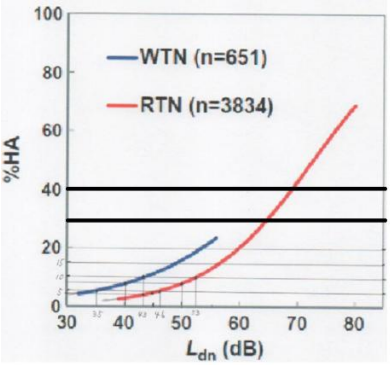


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）



%HA	風車騒音	交通騒音	差
30%	60dB	64dB	4dB
20%	53dB	60dB	7dB
10%	43dB	53dB	10dB
8%	40dB	50dB	10dN
5%	35dB	46dB	11dB
4%	30dB	43dB	13dB

“非常に不快である”と感じる人の割合にかなりの差がある。

この違いの説明に、

● **景観のような視覚的な要素や経済的利益に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する**

と言う人もいるが、

景観を変えなくても、お金を配らなくても、風車を止めれば、アノイアンスは激減するのです。

もちろん、風車の無い土地引っ越して、家を建てて、畑や山を買って生活できるお金（一人４億円）をもらって引っ越しすると言う解決方法もあります。

“２００７年末、東伊豆の別荘地では１５００ｷﾛﾜｯﾄ×１０基の風力発電が運転を始めた直後から、住民のなかで健康被害が続出した。この因果関係を調べるため、事故で風車が停止しているとき、団地自治会が独自に疫学調査を実施した【表１】。不眠、血圧、胸・腹・歯・鼻・耳痛などの症状が、風車が停止することで大きく改善したことがわかる。

表1 東伊豆での風車停止中の被害改善調査（%）

風車からの距離（m）	500m未満	500～700m未満	700～900m未満	900m以上	生理的要素
不　眠	71	27	13	0	距離が離れると改善
血　圧	18	15	0	0	距離が離れると改善
リンパ腺の腫れ	6	2	0	0	距離が離れると改善
胸腹歯耳鼻痛	41	39	25	0	距離が離れると改善
煩い・イライラ	59	61	75	0	心理的要素も
頭痛・肩こり	41	39	81	33	心理的要素も
全体で改善	94	76	94	33	心理的要素も

注：事故停止中、住民121人中の77人が回答した。改善63人（改善率82%）。調査結果に転居（10戸）避難者は含まない。出典：三井大林熱川自治会（2009）。

この結果を受けて住民が動き、今後は夜間に住宅直近の風車３基を停止すること、次に近い風車２基の回転数を４割減らすこと－－という内容の協定を、自治会と事業者と東伊豆町の三者で結んだという。これによって睡眠障害は７割減った。ただし、それでも耐えられず転居した家族もいる。“

欧州地域向け環境騒音ガイドライン(2018) の解説

3.1 騒音曝露による健康影響に関するエビデンス

表–7 には，騒音曝露による健康影響に関するエビデンスの質を示す。「心臓血管系疾患」,「不快感」,「認知能力障害」及び「聴力障害と耳鳴り」では 1 日の騒音曝露（評価指標は Lden),「睡眠妨害」では夜間の騒音曝露（評価指標は Lnight）について，それぞれの曝露反応関係の勾配の妥当性等を評価して，エビデンスの質を決定している。

表–7 騒音曝露（L_{den}/L_{night}）による健康影響に関するエビデンスの質の要約

優先的に扱う健康影響		道路交通騒音	鉄道騒音	航空機騒音	風車騒音
心臓血管系疾患	虚血性心疾患の罹患	高い	—	非常に低い	—
	高血圧の罹患	低い	低い	低い	—
不快感	高度の不快感	中程度	中程度	中程度	低い
認知能力障害	読解・口頭能力	非常に低い	—	中程度	—
聴力障害と耳鳴り	永久性聴力障害	—	—	—	—
睡眠妨害	高度の睡眠妨害	中程度	中程度	中程度	低い

表–11 勧告値と勧告の強さ

	道路交通騒音	鉄道騒音	航空機騒音	風車騒音
1 日の騒音（L_{den}）	53 dB/強い	54 dB/強い	45 dB/強い	45 dB/暫定的
夜間の騒音曝露（L_{night}）	45 dB/強い	44 dB/強い	40 dB/強い	—
対策効果	強い	強い	強い	暫定的

とあるが、根本的な問題がある。

A 特性音圧レベルの数値は、交通騒音や工場音の性質を反映する数値ではあるが、風車音の性質を表す数値ではないと言う事です。

A 特性音圧レベルの数値を決めるときの対象は、16～20000Hz の範囲内の成分です。これを風車音に対して使うと言う事は、人体に対する物理的な影響を与える部分を無視して、評価する事になります。

エネルギー分布	0～20Hz	20Hz以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

この計算は簡単です。

NL-63 でサンプリングレート 48 k Hz にして波形を収録し､120 秒間の計測データに対する FFT を計算して、帯域ごとのエネルギーを比較すればよいのです。

残念ながら、風車音を計測しない、性質を調べない、物理的な影響を考えない専門家が多いのです。
杜撰な観測結果を使えば、風車から超低周波音が発生する仕組みが分からない。音＝耳と思い込む。そして、SF 作家の様に、空想と妄想を並べたてる。都合が悪くなると、“明らか”と言って、検証をしない。悲しい現実があるのです。　上の表を見れば、超低周波音の影響を取り込んだ数値が必要な事は明らかです。その数値を含めた検証した結果、「聞こえなければ不快感などの影響はない」が、正しいのか否かが判断されるべきなのです。

残留騒音（暗騒音）

「**低周波数成分を多く含む風車騒音**では建物の**遮音性能が 10dB** 程度しか見込めないことから、**屋外において 40dB** となる。さらに、風車騒音にはアノイアンスを高める振幅変調音が必ず含まれていることから、これに対する**ペナルティを 5 dB** 程度見込む必要がある 。これらのことから、静穏な地域に建設される風力発電施設からの騒音の影響評価のための目標値としては、住宅等静穏を必要とする施設の**屋外**で、騒音レベル（A 特性音圧レベル ）で **35 dB** とすることが適当であると考えられる。」

から見れば、35ｄＢを超えているので、問題になりますが、計測地点での残留騒音（簡単に言えば風車音以外の音）が問題になります。

項目 / 予測地点	時間区分	騒音レベル			指針値	評価
		現況の騒音（残留騒音）	予測値	増加分		
騒音1	昼間	38	38	0(0)	43	○
	夜間	38	38	0(0)	43	○
騒音2	昼間	37	38	1(1)	42	○
	夜間	37	38	1(1)	42	○
騒音3	昼間	38	39	1(1)	43	○
	夜間	36	37	1(1)	41	○
騒音4	昼間	41	41	0(0)	46	○
	夜間	40	40	0(0)	45	○
騒音5	昼間	42	43	1(1)	47	○
	夜間	40	41	1(1)	45	○
騒音6	昼間	39	41	2(2)	44	○
	夜間	38	41	3(2)	43	○
騒音7	昼間	39	39	0(0)	44	○
	夜間	38	38	0(0)	43	○

指針値マジック　単位はｄＢ

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	
残留騒音	予測値	増減	到達風車音	指針値dB	残留騒音-0.5	予測値+0.49	増減	到達風車音	到達風車音+6	予測値確認
38	38	0	#NUM!	43	37.50	38.49	0.99	31.6	37.6	38.49
37	38	1	31.1	42	36.50	38.49	1.99	34.1	40.1	38.49
38	39	1	32.1	43	37.50	39.49	1.99	35.1	41.1	39.49
36	37	1	30.1	41	35.50	37.49	1.99	33.1	39.1	37.49
41	41	0	#NUM!	46	40.50	41.49	0.99	34.6	40.6	41.49
40	40	0	#NUM!	45	39.50	40.49	0.99	33.6	39.6	40.49
42	43	1	36.1	47	41.50	43.49	1.99	39.1	45.1	43.49
40	41	1	34.1	45	39.50	41.49	1.99	37.1	43.1	41.49
39	41	2	36.7	44	38.50	41.49	2.99	38.5	44.5	41.49
38	41	3	38.0	43	37.50	41.49	3.99	39.3	45.3	41.49
39	39	0	#NUM!	44	38.50	39.49	0.99	32.6	38.6	39.49

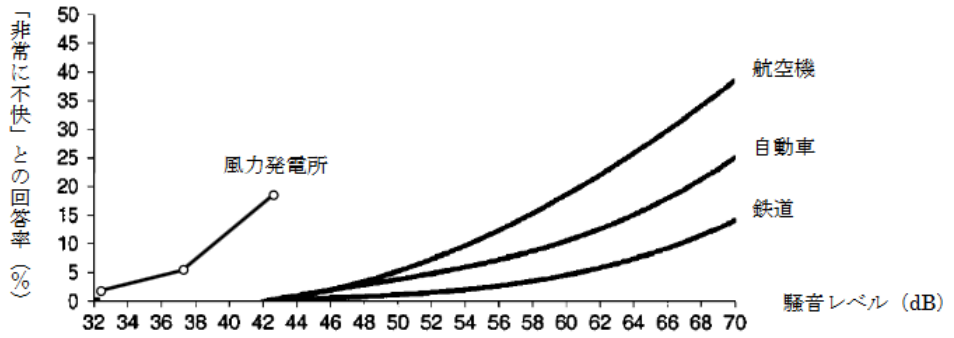


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

上の場合では、指針値以内でも 2～12%程度の人が“非常に不快”と感じることを意味している。

ただし、これは予測であり、実際は、

風力発電サイトにおける事後調査報告　- 騒音・低周波音・電磁波 -

第 9 回風力エネルギー利用総合セミナー　2009 年 6 月 19 日　クリーンエナジーファクトリー株式会社によれば、

3-4）事前調査結果（騒音）

調査地点（風車までの距離）	時間区分	風車設置前の調査結果（平成17年） 通常時	風車設置前の調査結果（平成17年） 強風時	環境基準（B類型）
T1（350m）	昼間	50dB	55dB	55dB
	夜間	42dB	※59dB	45dB
H1（400m）	昼間	42dB	※56dB	55dB
	夜間	42dB	※55dB	45dB
M2（470m）	昼間	39dB	52dB	55dB
	夜間	36dB	※59dB	45dB
N1（680m）	昼間	45dB	※59dB	55dB
	夜間	42dB	※53dB	45dB

（※）を付した箇所は環境基準を超過。風雑音や波音の影響あり。

3-5）① 事後調査結果（騒音：アセス地点）

調査地点（風車までの距離）	時間区分	調査結果 1日目	2日目	3日目	環境基準（B類型）	直近風車における平均風速 1日目	2日目	3日目
T1（350m）	昼間	53dB	52dB	50dB	55dB	6.4m/s	1.2m/s	3.6m/s
	夜間	45dB	39dB	43dB	45dB	7.4m/s	1.2m/s	7.5m/s
H1（400m）	昼間	49dB	50dB	—	55dB	4.9m/s	3.8m/s	—
	夜間	※46dB	41dB	—	45dB	5.5m/s	5.3m/s	—
M2（470m）	昼間	45dB	41dB	43dB	55dB	6.2m/s	1.2m/s	3.5m/s
	夜間	※46dB	36dB	44dB	45dB	7.7m/s	0.6m/s	5.2m/s
N1（680m）	昼間	43dB	51dB	45dB	55dB	4.0m/s	4.3m/s	3.4m/s
	夜間	※48dB	41dB	34dB	45dB	6.2m/s	7.7m/s	5.3m/s

・調査員を配置して、音源識別を実施
・（※）を付した箇所は環境基準を超過。
風雑音、波音、犬の鳴き声等の影響あり。

となっています。

都合が悪くなると指針値を忘れて環境基準値を使うようです。さらに、風車が無ければ発生しない“風雑音”に責任を転嫁します。

建設前の通常値と建設後の観測値を比較すれば、次の様になります。

建設前後の比較		建設前	建設後の観測値			基準値
		通常	1日目	2日目	3日目	B類型
T1	昼間	50	53	52	50	55
350m	夜間	42	45	39	43	45
H1	昼間	42	49	50		55
400m	夜間	42	46	41		45
M2	昼間	39	45	41	43	55
470m	夜間	36	46	36	44	45
N1	昼間	45	43	51	45	55
680m	夜間	42	48	41	34	45

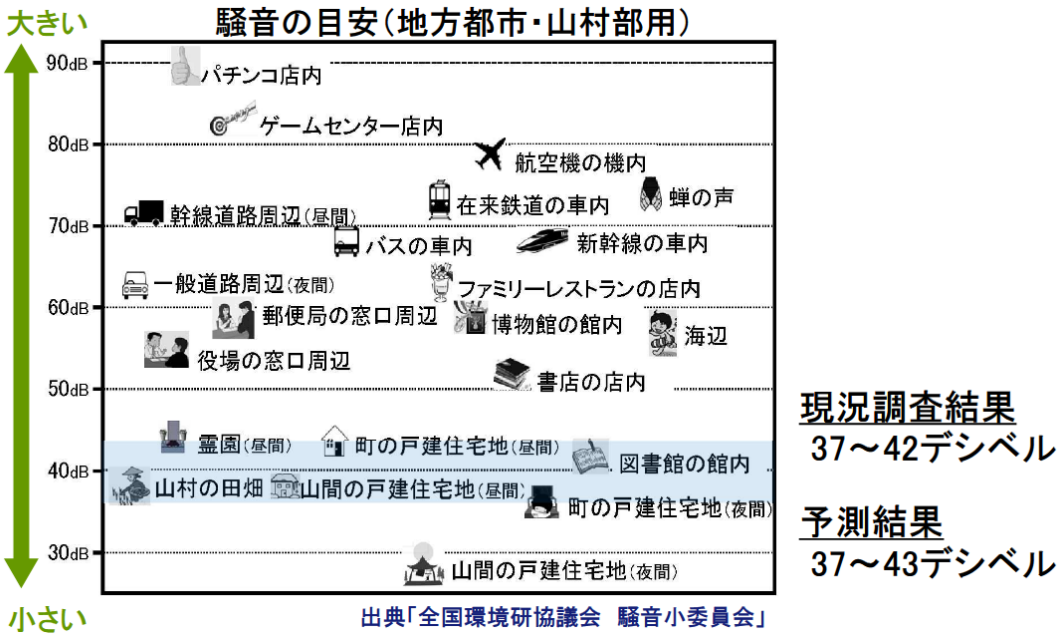
増加分を、到達風車音による騒音と考えて計算します。

到達風車騒音		前	建設後の到達風車音			基準値
		通常	１日目	２日目	３日目	B類型
T1	昼間	50	50.0	47.7		55
350m	夜間	42	42.0		36.1	45
H1	昼間	42	48.0	49.3		55
400m	夜間	42	43.8			45
M2	昼間	39	43.7	36.7	40.8	55
470m	夜間	36	45.5		43.3	45
N1	昼間	45		49.7		55
680m	夜間	42	46.7			45

到達風車音から、被害を推定します。

到達風車騒音		前	被害予測（%）			基準値
		通常	１日目	２日目	３日目	B類型
T1	昼間	50	40.0	32.0		55
350m	夜間	42	16.0		5.0	45
H1	昼間	42	35.0	37.0		55
400m	夜間	42	22.0			45
M2	昼間	39	22.0	5.0	14.0	55
470m	夜間	36	25.0		20.0	45
N1	昼間	45		39.0		55
680m	夜間	42	30.0			45

１日目では、20～30%程度の人が“非常に不快”と感じていると推定できます。もちろん、強風時の音圧レベルから、風車音の部分を取り出す工夫が必要になりますが、何とかなるでしょう。強風の時は、風車の超低周波音の音圧も増加します。人体内での圧力変動も大きくなるので、循環器系の障害や頭痛、不快感も増します。風雑音として無視したいものは、風車からの超低周波音なのです。



現況調査結果
37～42デシベル

予測結果
37～43デシベル

したがって、

７．その他

騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、**指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい。**

となり、指針値を超えない場合でも、風の強い日は風向によっては大きな被害が出るのです。

ただし、残留騒音が分かっているのは、風車から１ｋｍの範囲の中で、数か所にしか過ぎない。
普通に計測すれば、風車音と残留騒音を合わせたものが計測される。
計測された数値から、風車音と残留騒音を分離するのは、少し面倒です。

音の大きさの評価にはＡ特性が適している

についてですが、
元の表現は。
・超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、周波数重み付け特性として Ａ 特性音圧レベルが音の大きさ（ラウドネス）の評価に適している。
となっています。
　私は正しい表現だと思います。
　風車音には、超低周波音と可聴音があり、音の大きさ（ラウドネス）は、可聴音の部分を耳で聞いたときの音の大きさなのですから、Ａ特性での評価が妥当なのです。
　しかし、その数値は、風車音（超低周波音と可聴音を含めたもの）の影響を評価する数値としては不適格なのです。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

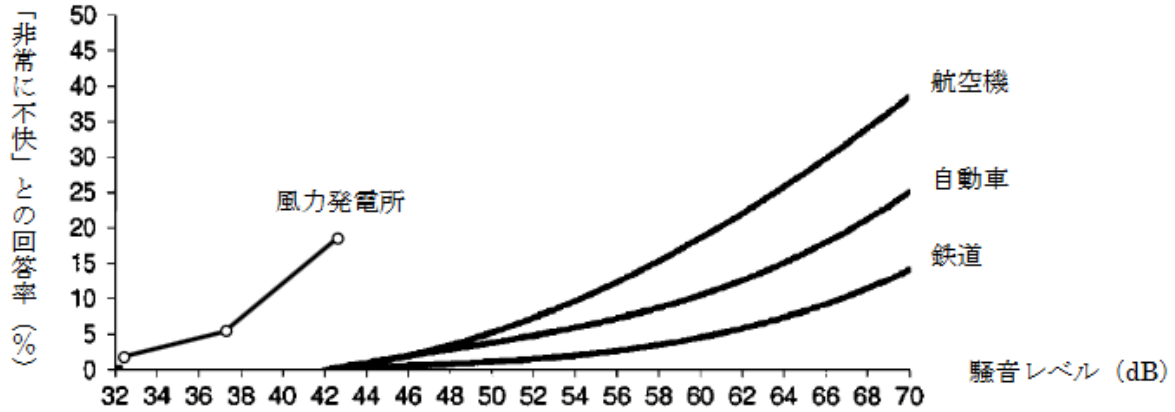


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

　耳で聞いたときの音の大きさ（ラウドネス）が 42ｄＢの時、風車音では 20%の人が“極めて不快”と感じるが、交通騒音では“極めて不快”と感じる人は 0%です。

　　風車音の影響を、アノイアンス（不快感）とラウドネス（うるささ）の観点から考えてみれば、
“音がうるさい”という事は、不快感の一部です。不快感には、圧迫感、頭痛、肩こり、イライラ、不眠、うるささ、などがあります。
　風車騒音のラウドネス（うるささ）は、風車音によるアノイアンス（不快感）の一因です。アノイアンス（不快感）への、ラウドネス（うるささ）の寄与率は、9%～13%です。

“なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%

から 13%の範囲の寄与にとどまり、**景観への影響等、他の要因の寄与が大きい**と考えられると報告している。”と書かれた資料も環境省の HP にある。

残りの約 90%を決める要因が、景観にあるならば、洋上風力ではすべての風車が見えるので、甚大な被害が発生します。

（私は、風車音のエネルギーの 93%を占める超低周波音の寄与率をエネルギーの比率から決定すべきだと考えています。）

風車被害は、距離が離れると改善する症状と言うのが大きな特徴です。

表1 東伊豆での風車停止中の被害改善調査（%）

風車からの距離（m）	500m未満	500～700m未満	700～900m未満	900m以上	生理的要素
不　眠	71	27	13	0	距離が離れると改善
血　圧	18	15	0	0	距離が離れると改善
リンパ腺の腫れ	6	2	0	0	距離が離れると改善
胸腹歯耳鼻痛	41	39	25	0	距離が離れると改善
煩い・イライラ	59	61	75	0	心理的要素も
頭痛・肩こり	41	39	81	33	心理的要素も
全体で改善	94	76	94	33	心理的要素も

注：事故停止中、住民121人中の77人が回答した。改善63人（改善率82%）。調査結果に転居（10戸）避難者は含まない。出典：三井大林熱川自治会（2009）。

鳥取県における発電用風車の騒音に係る調査報告（十倉 毅・山本 和季・矢野 大地）
での、聴覚での“うるささ”以外の被害は次のものである。

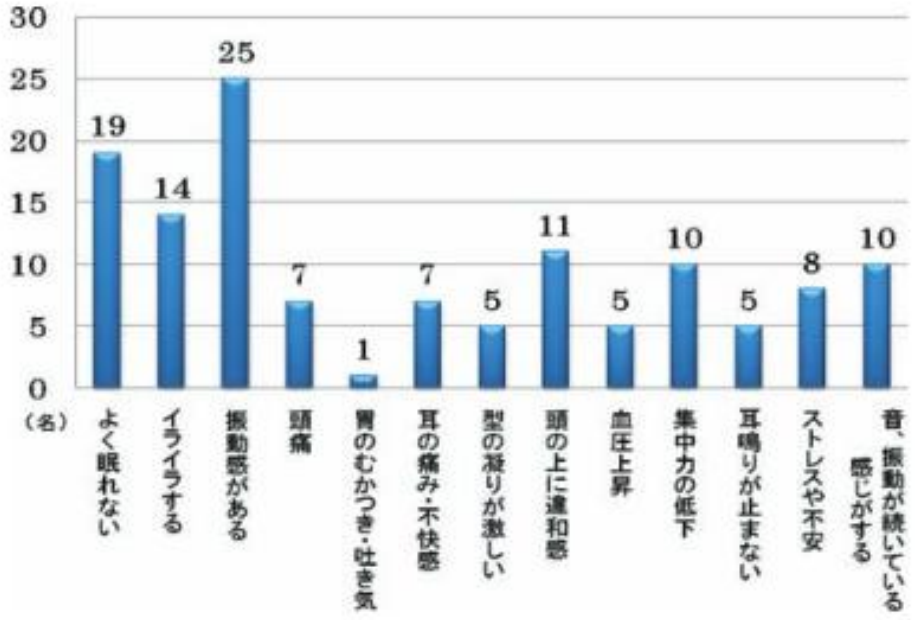


図2　苦情の訴え（「Q5」、複数回答を含む）

風車音の影響を、睡眠への影響に注目して考えるならば、アノイアンスを評価すべきなのです。
ラウドネス（うるささ）の評価に、A 特性音圧レベルの数値が適切なのだが、その数値はアノイアンス（不快感）の評価には使えません。

昔、風車を日本でも作っていた頃、風車を作っている技術者から、“
日本の風車は音がうるさいが、ドイツの風車は音が静かです。とても勝てない。“
と言う話を聞いたことがあります。

風車はどんどん大型化します。発電機の精度が向上すれば、A 特性音圧レベルの数値は小さくなります。風車騒音が小さくなるのです。大きくなるのは、0.5Hz での音圧です。単純に、風車騒音が大きいならば、超低周波音の音圧レベルも大きいとは言えないのです。個別に計測することが必要です。

風車音の被害を考えるならば、圧迫感の原因と、エネルギーの集中に着目して、f=RZ/60　Hz の音圧を使うのが適切です。数値は、単位をパスカルとして、扱えば、風車音での被害や、コルチゾール検査の数値との関連性が明確になると考えます。

もちろん、G 特性音圧レベル、1/3 オクターブ解析での平坦特性での音圧などもあるので、それらと、不眠の程度を含む被害アンケートの結果との統計的な関連性を調べることが必要になります。

・音の大きさの評価には A 特性が適している
との主張は正しいのだが、超低周波音まで含めた風車音の影響を評価する数値としては、不適当なのです。
田鎖氏は、“風車騒音”の中の低周波音（20Hz～100Hz）に注目しているが、風車音の中の緒低周波音に関する考察はしていないのです。

聞こえない音でも、人体を強制的に圧縮膨張させる力は大きいのです。当然、循環器系の障害が起きるし、頭痛も起きます。

必要なことは、アノイアンス（不快感）の評価に役立つ数値を見つける事です。ラウドネス（うるささ）の評価に役立つ数値と、アノイアンス（不快感）の評価に役立つ数値は別のものなのです。

都道府県知事　市長・特別区長 殿　　環境省水・大気環境局長
風力発電施設から発生する騒音に関する指針について
全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、**20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。**
これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。また、**風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。**
ただし、風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。また、**超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ラウドネス）の評価に適している。**
なお、諸外国における騒音の指標を調べたところ、多くの国が A 特性音圧レベルを用いている。また、周囲の背景的な騒音レベルから一定の値を加えた値を風力発電施設から発生する騒音の限度としている国が複数みられる。

さらに、

・「風車騒音が直接的に健康影響を生じる可能性は低い」とのべている。2010～12 年の環境省の調査でも風車騒音が大きくなれば睡眠障害の有病率が上昇するということが示されているのに、それをみずから否定している

に関しては、
あまりにも単純化しすぎです。元の文章は、

“風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。”

ですから、

風車騒音が 35～40ｄB を越える、風車騒音が振幅変調音や純音成分を含む　→　アノイアンス（不快感）の上昇　→　睡眠への影響
となっています。
アノイアンスには、圧迫感や頭痛があるので、超低周波音成分の影響を含めて考える必要があるのです。
ですから、

F=RZ/60Ｈｚの音の音圧の増加、風車騒音が 35～40ｄB を越える、風車騒音が振幅変調音や純音成分を含む　→　アノイアンス（不快感）の上昇　→　睡眠への影響
となるのです。

　もちろん、風車騒音が大きくなれば、アノイアンスは増加しますが、アノイアンスにおけるラウドネスの寄与率は 9%～13%です。ですから、アノイアンスの増加の原因は他の部分が大きく影響します。

　“そのほか、内耳の中の一部の骨が欠損している高感受性群（上半規管裂隙症候群）という障害のある人が全人口の数パーセントおり、低周波音で健康障害が起こりやすいと推測される。”
　と書かれたら、

　風車音の被害を訴えたら、障害を持っている人だとレッテルを貼られてしまうのではないかと考えて、被害を口に出せ無くなります。
　風車が停止して、被害が軽減する住民（82%）は、健康な人であり、障害が無い人でも、多くの人が被害を受けるのが、風車音被害の特徴なのです。

　以前、中野氏は、

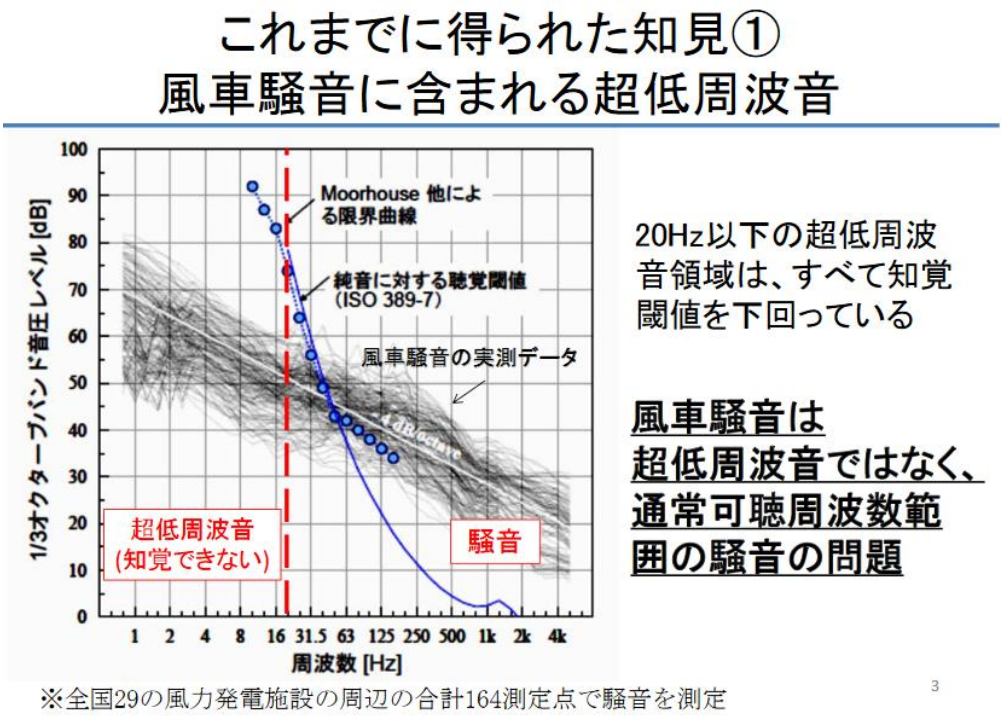
【結言】

三崎地区風力は、風車周辺および住宅内では「健常者の人体に感知される超低周波音」は存在せず、建具をがたつかせる超低周波音も存在しないことから、周辺の生活環境を保全する上において支障はないものと考えられます。

と言いました。

体が健康人が、超低周波音を感知したと言えば、健常者ではなくなります。気が狂っているとでも言いたいのでしょうが。

環境省は、



超低周波音（知覚できない）とあります。これでは、超低周波音を知覚したら、人間ではいられない事になります。

超低周波音を聴覚で感知するのは確かに困難ですが、風車の影響を超低周波音の周波数領域に関連が深いものの影響を受けたり、風車振動の地中伝搬の影響や、風車からの光や影の影響を受けます。

超低周波音が、聴覚で感知できなくても、私たちの体は、物理的は必然として、超低周波音による強制的な圧縮膨張にさらされるのです。

体全体で感知しているのです。感覚的に表現すれは、圧迫感、イライラ、血圧上昇、頭痛などの形で感知しているのです。

風車音の性質をしっかりと確認すれば、健康被害が起きることが分るのです。

本来、研究者がやるべきことは、空想でものを言うことではないのです。

残念ながら、田鎖氏は“低周波音”と言ったとたんに、風車音が infrasound であることを全て忘れてしまったのです。

環境省は、超低周波音（0Ｈｚ～20Ｈｚ）を無視して、A 特性音圧レベルの数値評価するようにと言っています。多くの学者は“聞こえなければ問題は無い”と考えているようです。

田鎖氏は、低周波音（0Hz～100Hz）に着目しているが、自分で風車音の性質を調べていないのです。

調べてみれば、疑問が湧いてきます。

何故このような周波数特性になるのか。

なぜこのような音圧になるのか。

どの様な仕組みで、強い指向性を持っている風車音が発生するのか。

本当に点音源なのか。

単なる低周波音として扱うことが適切なのか。

風雑音、空力音、風切り音、空力変調音、カルマン渦、疑似音などの説は正しいのか。

人体への影響はどのように考えるべきか。

風車音の特徴を把握するには、何をどの様に計測して解析すればよいのか。

などなど、調査研究することは山のようにあるのです。

そのためには、

新しい知識である、Wavelet 解析、カオス理論、量子力学、統計力学と、それに対応する新しい数学の知識が必要です。

裁判で、計測した風車音の A 特性音圧レベルを使って裁判をしたのでは勝てません。適法か否かとの観点で利用出来る数値は、騒音に関する環境基準値です。

環境基準値では問題が無いと判断される数値でも、風車音の場合は被害が出るのです。

・平成２２年、環境省の調査

環境省による次の調査結果もあります。

風力発電所に係る騒音・低周波音に関する問題の発生状況

【風力発電所の現地調査のうち、騒音・低周波音に関する主な状況】

・ 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 年のある時期のみ行われている事例があった。

・ 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。

・ 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。

・ 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。

・ 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。

・ 騒音対策として、風車の夜間停止や出力抑制、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。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

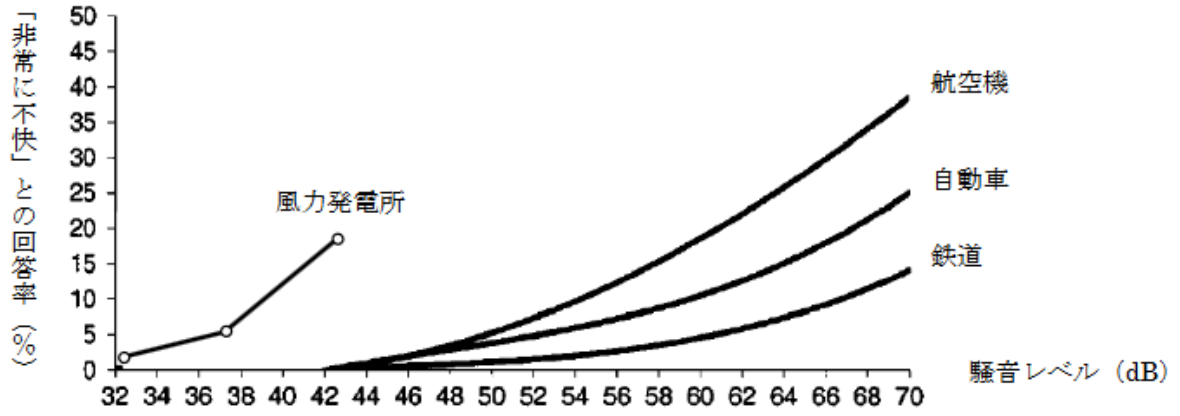


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

②風力発電所からの騒音・低周波音に関する訴え

・Nina Pierpont は、風力発電所の近くに住む 10 家族（38 名）に対する症例調査を行っている 6。それによれば、**風力発電所から発生する低周波音により**、内耳の器官が影響を受けて、**様々な健康被害（睡眠障害、頭痛、耳鳴り、めまい、吐き気、頻脈、集中力低下、記憶障害、倦怠感、パニック症状等）が生じているとされている。**とあります。

交通騒音では、全く影響が無い 42ｄＢでも、風車音では 20％の人が“非常に不快”と感じるのです。ですから、風車音のＡ特性音圧レベルの数値を計算して、環境基準値と比較すれば、違法な数値ではない。との判断になるのです。

もちろん、被害は起きているのです。

裁判で勝つには、被害者である住民が、被害と風車の因果関係を立証しなくてはなりません。

被害状況を客観的な数値にするには、単なるアンケートだけでは不足です。コレチゾール検査、スマートウオッチでの血圧測定と精密騒音計での測定値の比較。動脈の血管壁の厚さを MRI や CT で継続的に観察し、精密騒音計での計測結果と比較する。

風車音の性質を詳しく調べて、その音の特性から、循環器系の障害や頭痛が起きることを物理的に論証する。

風車音の予測は、有限要素法を使って正確に行う。

風車が見える場合と見えない場合での音圧の違いを確認する。

など、

被害が起きていることを立証する。

被害の原因が特殊な音の結果であることを示す。

その音が風車から出ることを、計測と計算で示す。

音が、環境基準値よりも大きいか小さいかではなく、実際に起きている被害を示し、風車との因果関係を立証する方針に切り替えることが必要です。

風札音だと言って妨害する環境省や、風切り音、空力音などの理論で風車音に関しての研究を妨害する理論を

一つずつ、徹底的に批判してゆく。
　ことが必要です。

田鎖氏には、親切に教えていただいた恩はあるのですが、
科学者として大切なことが欠けていると思います。
自ら調査し、解析し、最新の物理学や数学の知識の下でそれらを検証すると言う立場です。

環境省の妨害

因果関係が判明すると企業が困るので、環境省は風車音の性質を詳しく調べないようにとの圧力をかけています。

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”

の３ページには、

“2.3.5　**風雑音**

風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。

風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”

とあり、７ページでは、

“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）

風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。

風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。

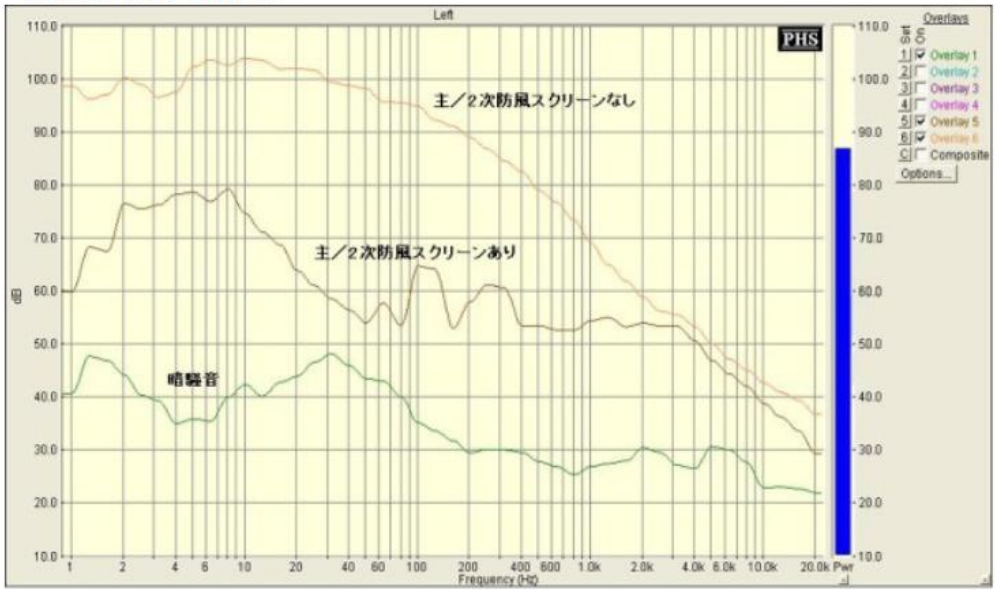
（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“

となっている。

二重防風スクリーンと付けると、1Hz では、平坦特性での音圧レベルが 38 d B 程度減衰した数値になる。

２次防風スクリーン Φ460×230(H)
主防風スクリーン Φ90半割内蔵
組　　立　：簡易取り付け方式（約10分）

【風切音減少効果】



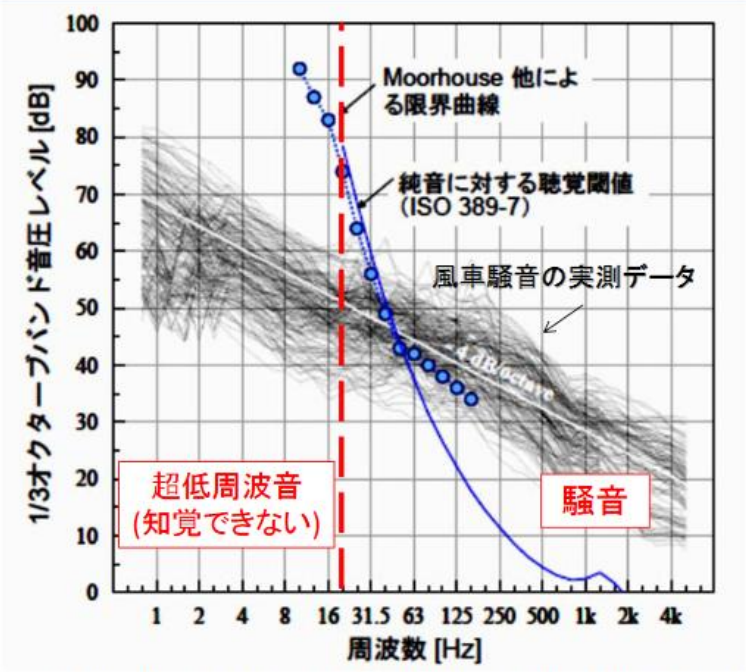
60デシベルの差とは→	百万倍の差
50デシベルの差とは→	10万倍の差
40デシベルの差とは→	1万倍の差
30デシベルの差とは→	1千倍の差
20デシベルの差とは→	100倍の差
10デシベルの差とは→	10倍の差

それでも残った“風雑音”は、“除外音処理”をして取り除けと言っている。

では、“風雑音”とは、何ヘルツの成分なのかが定義されていない。
以前、
“宇山さんは、風車からの低周波音の測定について検討されていたと思います。
風車の回転に伴い、1 分間の回転数×羽枚数÷60 を基本周波数とする成分と倍音成分（例えば、回転数 20rpm、3 枚羽の風車では、1Hz とその倍々の周波数）が発生することについては、以前お話ししたように思います。
しかし、現場で観測される低周波音は風車からの音に、風雑音が重畳されたものとなります。
低周波数域の風雑音は風がマイクロホンに当たることによって発生します。
この雑音は周波数が低くなるほど大きな成分を持っています。
通常、低周波音の測定は風雑音による影響を避けるため、風のない時に行います。
しかし、風車は風がないと回らないので、風による影響を受けます。
風による影響を受けにくい山間地や尾根で風が遮られる地域では、風車の回転に伴う成分が周波数分析結果で卓越成分として観測されます。
一方、**平地などのように風による影響を受けやすい場所における測定結果では、低周波数域の周波数特性はこんもりと盛り上がったような特性となっていて卓越成分が観測されないことが多いと思います。これは、風車音よりも風雑音が優勢であると考えられます。**
通常の防風スクリーンより大きい直径 20cm 程度の防風スクリーンをマイクロホンに装着しても風が強いときは風雑音を十分に除去できません。
風雑音の低減に関しては、これまで色々と研究されてきていますが、およそ 5Hz 以下の周波数域（場合によってはおよそ 10Hz 以下）については、風雑音の除去が難しいのが現状です。
従って、風車からの低周波音を正確に測定するにあたっては、風雑音による影響をいかに排除するかも大きな課題の一つです。
研究にあたっては、このあたりも参考にしていただけると幸いです。”
と指導していただきました。（同意出来ません。）
これを見ると、5Hz 以下、あるいは 10Hz 以下の音を“風雑音”と考えているように見えます。

全国の風車では、超低周波音が全てに於いて計測されました。

これまでに得られた知見①
風車騒音に含まれる超低周波音



20Hz以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている

風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題

※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

3

上のグラフを見れば、1Hz で 50ｄB～80ｄB の音圧レベルを持っている音が計測されたことが分ります。0～20Hz の超低周波音成分が、知覚閾値を

超低周波音で５Hz 以下の部分について、“風雑音”と考えている人もいるようです。そう考えれば、超低周波音の領域での音圧が高くなっている原因を風のせいに出来ます。

風雑音が心配なら、マイクに風を当てないで計測すれば良いのです。風車の近くでは、マイクに風が当たらなくても音圧の高い超低周波音が計測されます。

風車の近くでの計測の様子

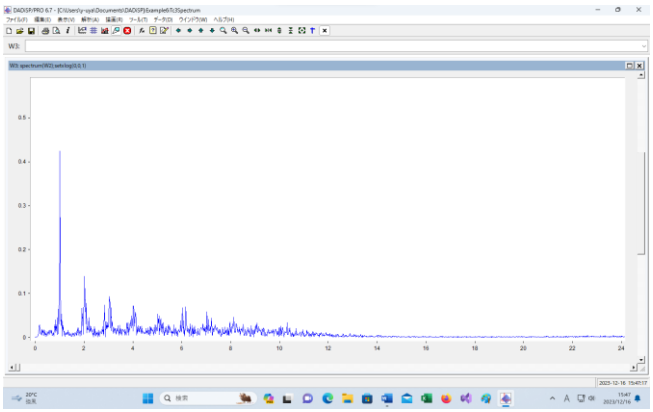
騒音計をビニール袋に入れて、それを段ボール箱に入れて、ビニールをかぶせて、

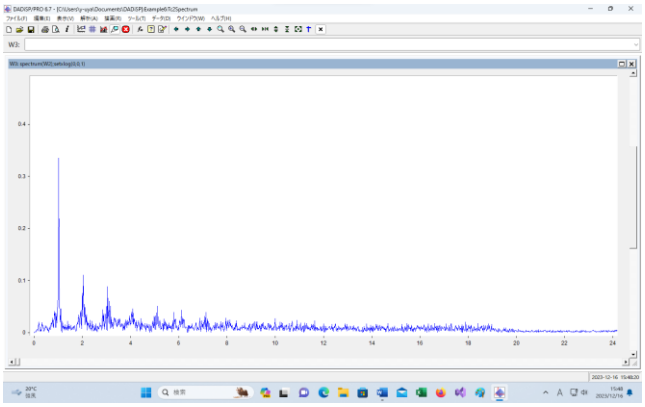






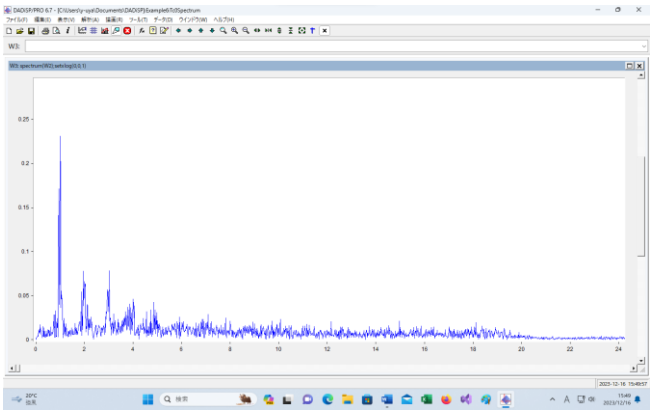
袋と箱に入れ、ドアを閉めた場合は、Max. 0.42Pa　　袋と箱に入れ、ドアを開けた場合は Max. 0.33Pa



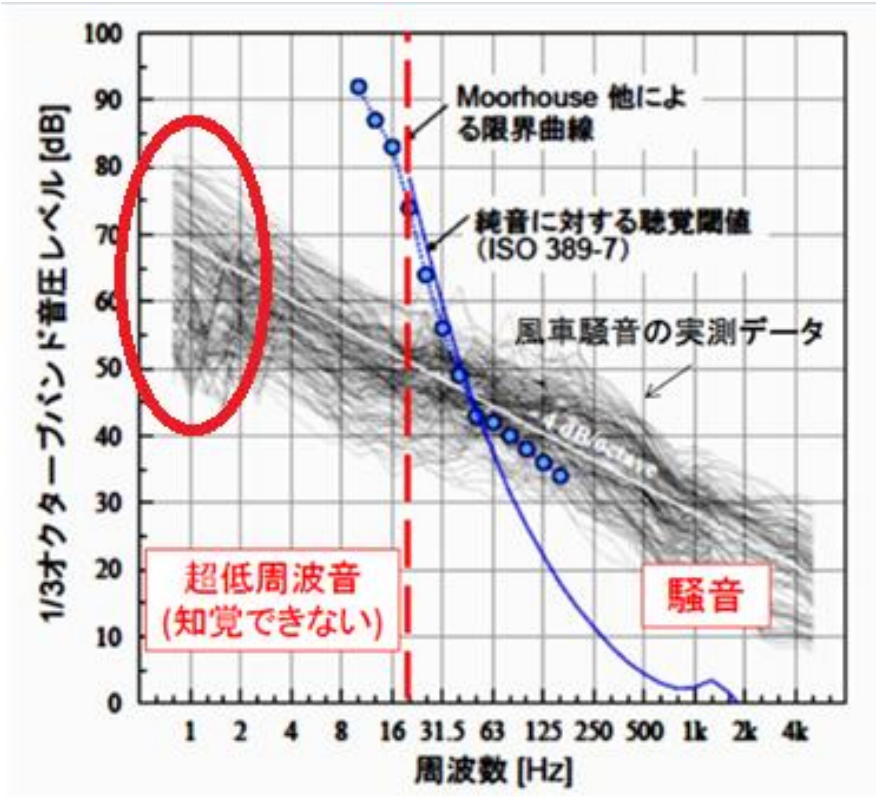


袋から出して、箱の上においた結果は　Max. 0.23Pa





これから、1Hz で 50ｄB～80ｄB の音は、風雑音ではなく、風車からの超低周波音であることが分ります。

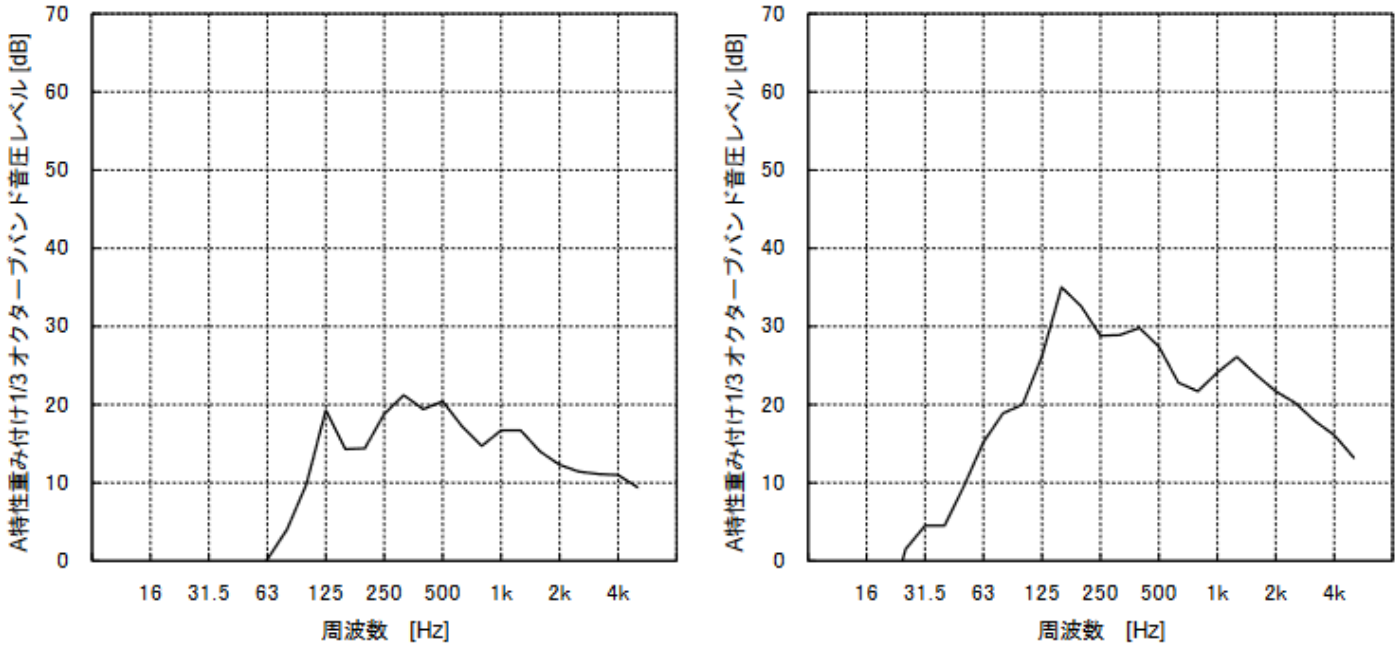


計測された超低周波音を除去する操作は簡単です。いろいろありますが、A 特性での重み付けを使う方法が簡単です。

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”の 33 ページでは、

B.4 周波数特性

残留騒音および風車騒音の周波数特性は、実測時間の 1/3 オクターブバンド音圧レベルの周波数特性として作成する。測定例を図 B.1 に示す。



(a). 残留騒音の周波数特性　　(b). 風車騒音の周波数特性

図 B.1 周波数特性の表示例

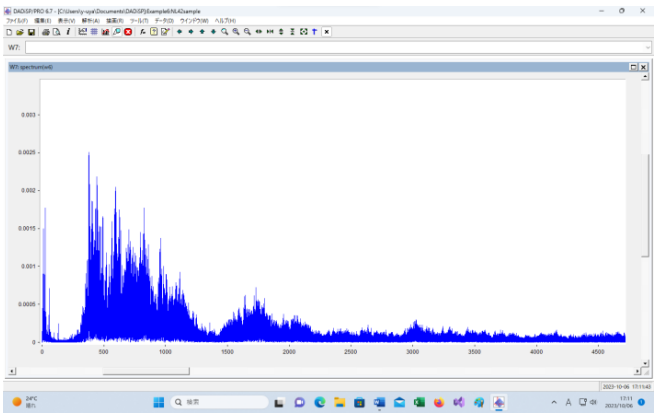
右側のグラフを見れば、20Hz 以下は 0 として扱われることが分ります。

大型風車では、f=RZ/60＝0.5（Hz）程度ですから、騒音を計算する場合には、完全に無視されます。

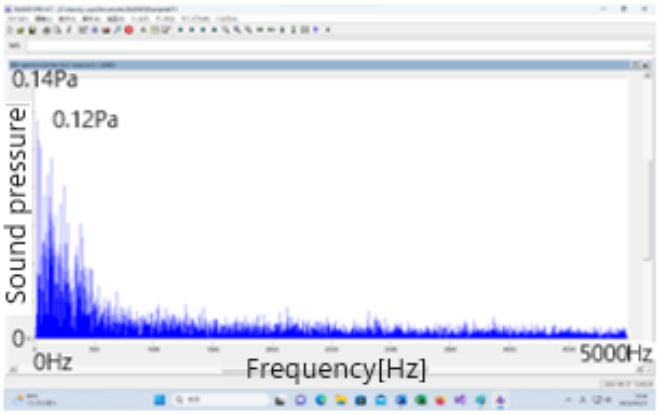
実際には、次のような周波数成分になっています。

周波数スペクトルは、

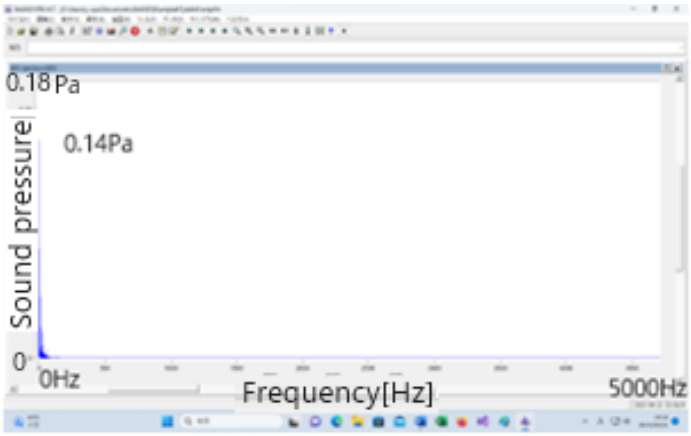
交通騒音（０～5000Hz）



工場騒音（０～5000Hz）



風車騒音（０～5000Hz）



風車音は、左端の細い線で表されています。

エネルギーの分布

表２．エネルギーの分布

エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

0～20Hz でのエネルギーの分布

Energy distribution	0～1Hz	1～20Hz	0～20Hz
Wind turbine	61.3%	38.7%	100.0%
Iron mill	0.04%	99.96%	100.0%

ですから、A 特性音圧レベルが低くても、原因不明の圧迫感や頭痛が起きるのです。もちろん、風車を停止させれば解消します。これを、普通は風車からの超低周波音が原因である。と判断するのですが、A 特性音圧レベルの数値で原因か否かを判断すれば、A 特性音圧レベルの数値は、あまりにも小さい値になっているので、原因不明となるのです。

健康被害の原因追及では、大きな壁が待ち構えています。それは環境省です。

職員の学力が低すぎて、小学校の算数や、中学生の国語、高校生のグラフの知識、大学での数学などの話を全く理解できない事が、最大の問題点です。

私は電話で、76＜78.1 だと主張したら、環境省の職員は 76＞78.1 だから、HP は間違っていないと言う内容の主張をしました。

納得させるには、小学生の算数から説明いてやらないといけないので、大変なのです。

普通に考えれば、最新の知見で議論すれば良いのですが、環境省の見解が最新の知見だとする業者もいます。小学生 3 年生の知識しかない環境省の職員を、大学卒業以上の学力に引き上げた上で更に勉強してもらわないと、最新の知識である環境省の見解を更新できないのです。10 年以上かかるのです。

この主張の根拠は、

仮称）今ノ山風力発電事業に係る高知県環境影響評価技術審査会　議 事 録

日 時：令和２年１月 14 日（火）14 時 00 分から 16 時 00 分

岡林委員： 健康被害について、最新の情報で対応していくと回答されていたが、風力発電の騒音、超低周波音について最新の情報とはどのようなものがあるのか。

(一財)日本気象協会： 環境省の方で、風車騒音についてマニュアルを出しており、日本ではこれが最新の知見に該当すると考えている。そのマニュアルでは、いわゆる超低周波音については、健康被害との科学的因果関係が分かるまでの十分なデータは得られなかったとある。風車の騒音については、現況値からの増分プラス５デシベルという考え方を提示して、そちらを用いて影響について評価するよう指針が示されているため、基本的にはそちらの指針に基づいて評価を行うつもりである。

岡林委員： ということは、**最新の情報というのは環境省からでる情報ということか**。

(一財)日本気象協会： **そのとおり**。

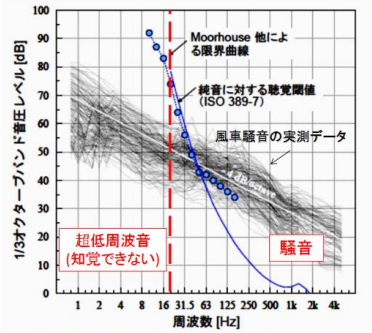
岡林委員： 前回の審査会でも意見として出ていたが、県の方で、この委員の中で、特に超低周波音について健康にどのように影響するのか分かる方を委員の中に入れていただくと、審査できるかと思うので、県へ改めてお願いする。

これこそ、鉄壁の防御です。

４．環境省の見解と問題点

前に上げた資料の問題点を順に確認します。

これまでに得られた知見①
風車騒音に含まれる超低周波音



20Hz以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている

風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題

※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

3

これまでに得られた知見④
風車騒音の人への影響

- これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている
- 風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できなかった
- 景観のような視覚的な要素や経済的利益に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する

6

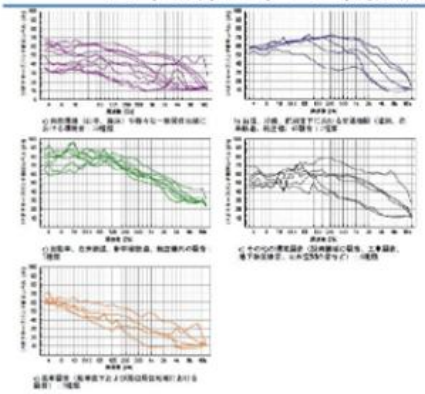
風車騒音の調査・予測・評価

- 風車騒音は、騒音レベル（A特性音圧レベル）で測定する
- 測定の際には、一時的に近隣を通過する自動車の音等の一過性の交通騒音や、定常的には発生しない人工音・自然音等の影響は、適切に除外音処理を行う
  ※90%時間率騒音レベル（L_{A90}）に2dB加算することで代替することも可
- 風力発電施設周辺の住宅等、風車騒音が人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域を対象とする
  ※発電所アセス省令では事業実施区域から1kmを環境影響を受ける範囲としている
- 測定は、年間の状況を正確に把握するため、風力発電施設が稼働する代表的な気象条件毎（原則四季毎、ただし気象条件の変動が小さい場合等は、調査回数を減らすことができる）に、稼働する風が安定して吹いている状況で行う
- 残留騒音は、昼間（6:00～22:00）と夜間（22:00～6:00）の時間帯について、それぞれ把握する

※ 今後、具体的な測定・評価手法を定めたマニュアルを策定予定

9

1 これまでに得られた知見②
風車騒音と他の環境騒音の比較



＊他の環境騒音（一般環境騒音、交通騒音等）と風車騒音を比較

他の環境騒音と比較して、低周波数領域の卓越はみられない

都道府県知事　市長・特別区長 殿　　環境省水・大気環境局長

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”

“全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、**20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。**

これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、 風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。また、**風力発電施設から発生する超低周波音・ 低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。**

ただし、風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（ アノ イアンス） を増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、 わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。また、**超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”**

これまでに得られた知見③
風車騒音の特徴

風車騒音を日本で実測した結果、周辺の住宅等音の影響を受け得る場所では、時間平均A特性音圧レベルで26～50dB（書店や美術館の中程度）であり、それほど高いレベルではなかった

- 風力発電施設のブレード（翼）の回転に伴い発生する音は、場所や風向等によっては、シュー、シューといった振幅変調音（スウィッシュ音）として聞こえる
- 機種によっては、内部の増速機や冷却装置等から、ウィーン、あるいはブーンといった純音性の音（純音性成分）が発生

⇒ **騒音レベルは低いが、より耳につきやすく、わずらわしさ（アノイアンス）につながる場合がある**

5

（参考） 風車騒音に関する諸外国の基準等

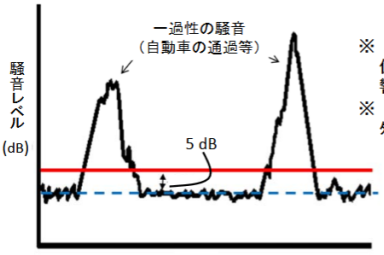
国/地方	騒音指標	地域の類型			
		田園地域	住宅地域	工業地域に近い住宅地域	その他の地域
Denmark	L_r(6 m/s) L_r(8 m/s)	42 dB(6 m/s) 44 dB(8 m/s)	37 dB(6 m/s) 39 dB(8 m/s)	–	–
Sweden	L_{Aeq}@8 m/s	35 dB	40 dB		
Belgium/ Wallonia	L_{Aeq}	45 dB			
France	L_{Aeq}	昼(07:00-22:00):残留騒音レベル+5 dB 夜(22:00-07:00):残留騒音レベル+3 dB (風車稼働時の騒音が35dBを超える場合)			
Germany	L_r	昼:60 dB 夜:45 dB	昼:50-55 dB 夜:35-40 dB	昼:60 dB 夜:45 dB	昼:45-70 dB 夜:35-70 dB
The Netherlands	L_{den} L_{night}	L_{den}: 47 dB L_{night}: 41 dB			
United Kingdom	$L_{A90,10min}$	昼:残留騒音レベル+5 dB(最低35 dBまたは40 dB) 夜:残留騒音レベル+5 dB(最低43 dB)			
New Zealand	$L_{A90,10min}$	35 dBまたは残留騒音+5dBの高い方の値	静穏を要する地域:40 dBまたは残留騒音+5 dBの高い方の値		
Australia/ Victoria	$L_{A90,10min}$	35 dBまたは残留騒音+5dBの高い方の値	静穏を要する地域:40 dBまたは残留騒音+5 dBの高い方の値		
Canada/ Manitoba	L_{Aeq}	40 dB(風速4 m/s)から53 dB(11 m/s)まで段階的に設定			
USA/ Maine	L_{Aeq}	静穏を要する地域:昼:55 dB, 夜:45 dB 風力発電施設の敷地境界線上:終日75 dB			

世界各国における風車騒音の基準・ガイドラインの比較（一部抜粋改変）

10

風力発電施設騒音の評価の考え方①

- 風力発電施設の設置又は発電設備の新設を伴う変更が行われる場合が対象
- 屋内の生活環境保全を考慮し、屋外で昼夜毎に評価
- 「残留騒音」(一過性の特定できる騒音を除いた騒音)からの増加量が5dBに収まるように設定する



※ 風車騒音の評価は、設置予定地近隣の住居等、風車騒音が人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域で行う

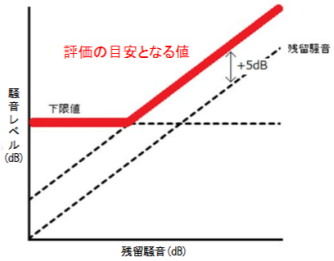
※ 残留騒音は、風が安定して吹くときに屋外で測定する

7

風力発電施設騒音の評価の考え方②

評価の目安となる値：残留騒音＋5dB

※ただし、残留騒音が著しく低く(30dBを下回る場合)特に静穏を要する地域や、地域において保存すべき音環境がある場合においては35dB、それ以外の地域においては40dBを下限値として設定する。



経緯

- 再生可能エネルギーである風力発電の導入加速化は我が国の重要なエネルギー政策
- 風力発電施設から発生する音は、通常著しく大きいものではないが、もともと静穏な地域に建設されることが多いため、比較的小さな騒音レベル(A特性音圧レベル)であっても苦情等の発生事例あり
- 環境省では、平成25年から、主として商業用に用いられる一定規模以上の風力発電施設を対象とし、現時点までの知見及び風車騒音の評価方法について検討を実施

知見①

専門家の後押し

専門家は、

「聞こえなければ不快感などの影響はないということは専門家の一般的な意見である。」

「インフラサウンドが人体に影響を及ぼす場合、主経路は耳を通るという固有の前提が存在する。この仮定は、本分野における現在の研究状況と一致している。」

と言う。

このような専門家の支援を受けて、環境省は、「聴覚閾値＝感覚閾値＝知覚閾値」、「風車音」＝「風車騒音」とするような記述で日本語の意味を無視した主張をする。

英語に関しては、参考曲線または基準曲線とすべきところを、論文を書いた人の意思を無視して、限界曲線と訳す。その目的は、超低周波音に関する議論を避ける事だと思われる。

学者の中にも、言葉について、少し注意する人もいる。

「酒田市洋上風力発電事業」住民学習会　（山形県・酒田市　共催）

日時：６月２９日（日）13:30～16:00 場所：酒田市公益研修センターホール

青山学院大学 特任教授 佐藤敏彦氏

では、資料の中に、次のものがあった。

低周波騒音Low Frequency Noise（LFN）

低周波音Low Frequency Sound（LFS）

この考え方ならば、風車騒音と風車音を区別できる。

「限界曲線」は苦情発生の可能性を評価する指標、超低周波音の感覚閾値に近い値とされている.

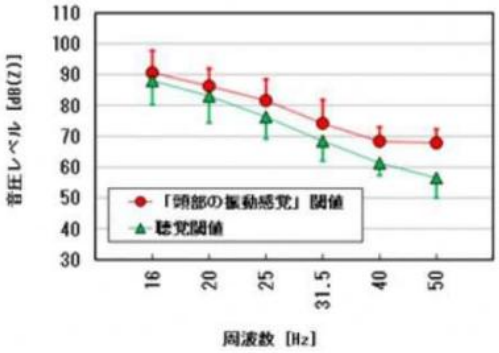
限界曲線に関しては、絶対的な限界値ではなく、苦情発生の可能性を評価する指標としてとらえている。

苦情の中には、振動感や圧迫感での不快感も含まれている。

ガタツキによる苦情は切り離されている。

低周波領域の聴覚閾値と感覚閾値

右のグラフは、低周波域の純音による「頭部の振動感覚」閾値を調べた結果です。低周波音による振動感覚は頭部で知覚されやすいので、その閾値を調べました。その結果、「頭部の振動感覚」閾値は、聴覚閾値よりも数～10 dB以上も高いことが分かりました。このことから、振動感覚の誘起は低周波音の特徴ですが、基本的には低周波音も聴覚で知覚されると考えられます。



[Takahashi: J Low Freq Noise Vib Active Control,Vol.32, No.1-2 (2013) より]

振動感覚と聴覚閾値を別扱いしているのは正しいが、グラフの特徴を見逃している。振動感閾値と聴覚閾値の差は、周波数が下がるにつれて小さくなっている。このままいけば逆転する可能性が高い。

参照値での不快感では、20Hz の所で、大小関係が逆転する。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
聴覚閾値（デシベル） 感覚閾値（デシベル）	78.1	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

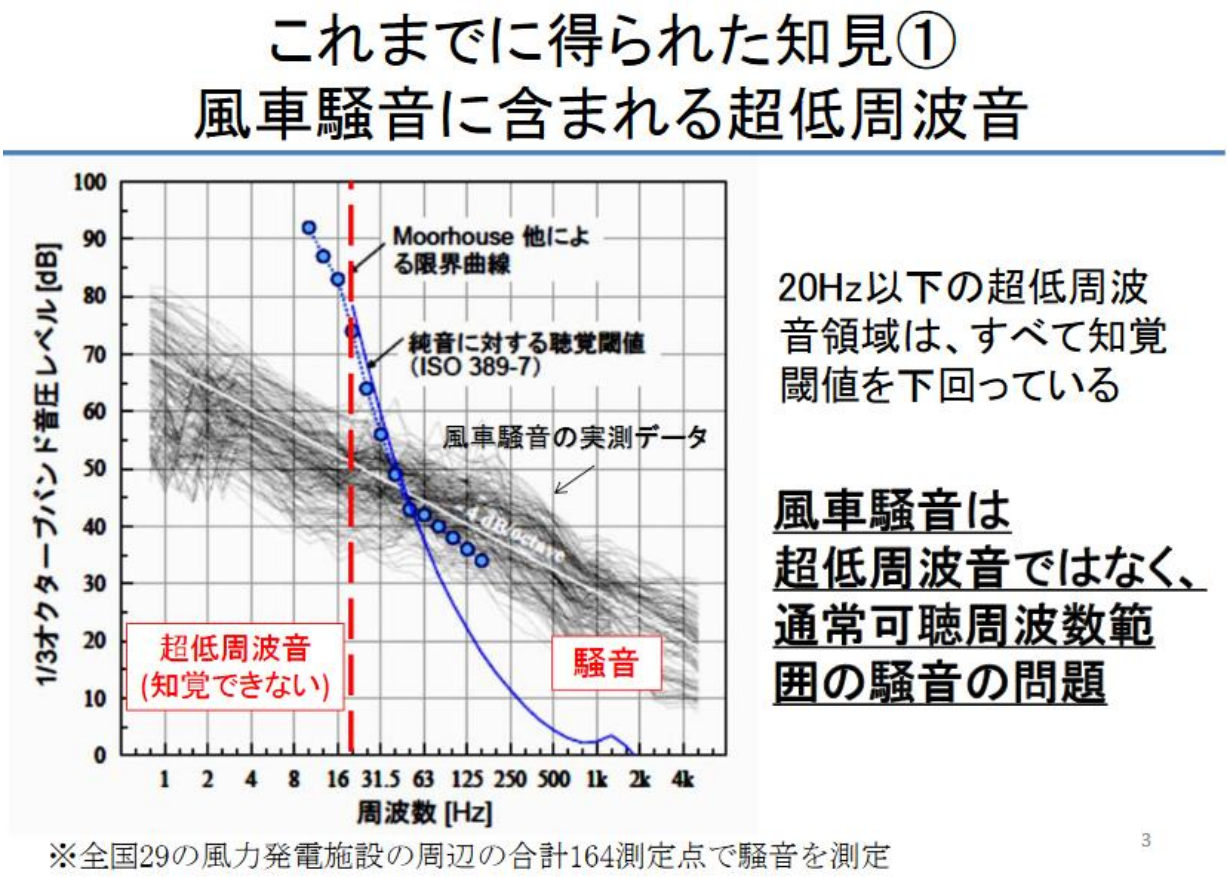
この事は、アノイアンスに関する閾値は、超低周波音の領域では、ラウドネスに関する閾値よりも低いことを示唆している。

これは、聞こえなくても、不快感による被害が起きることを示している。（もちろん実験が必要です。）

様々な数値を纏めると、次の表になる。

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参照値 dB				92	88	83	76	70	64	57	52	47	41				
聴覚閾値							78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
聴覚閾値(旧)							78.5	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
夜間参照曲線				92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34	

環境省の主張に沿って丁寧に確認してゆきます。



よく見ると、矛盾だらけである。

グラフに対する注釈で、

※全国 29 の風力発電施設周辺の合計 164 測定点で騒音を測定

と書いてあるが、

グラフでは、縦に赤い線があって、右側が騒音、左側が超低周波音になっている。計測したのは超低周波音と騒音の両方である。

グラフと注釈から、風車音が風車超低周波音と風車騒音に分かれる事になる。全体を風車音、風車音のうちで 20Hz 以下が風車超低周波音、20Hz 以上（より大きいとすべきだが面倒なのでこのように表現する。）のものを風車騒音と呼ぶしかない。

しかし、表題は“風車騒音に含まれる超低周波音”と書いてある。騒音が 20Hz 以上の音を意味するので、風車からの騒音には、風車からの超低周波音は含まれない。表題を、“風車音に含まれる超低周波音”と修正する必要がある。

スピーカから 10Hz 以下の音を出して、被験者の全身を包むようない実験はできない。10Hz 以下の実験では、イヤホンから耳に音を伝えて実験している。刺激は聴覚だけに限定される。このような実験の結果の閾値は、聴覚閾値と考えるのが正しい。

環境省は、聴覚閾値と訳すべき、threshold of hearing を感覚閾値と訳す。風車音の被害では、

②風力発電所からの騒音・低周波音に関する訴え

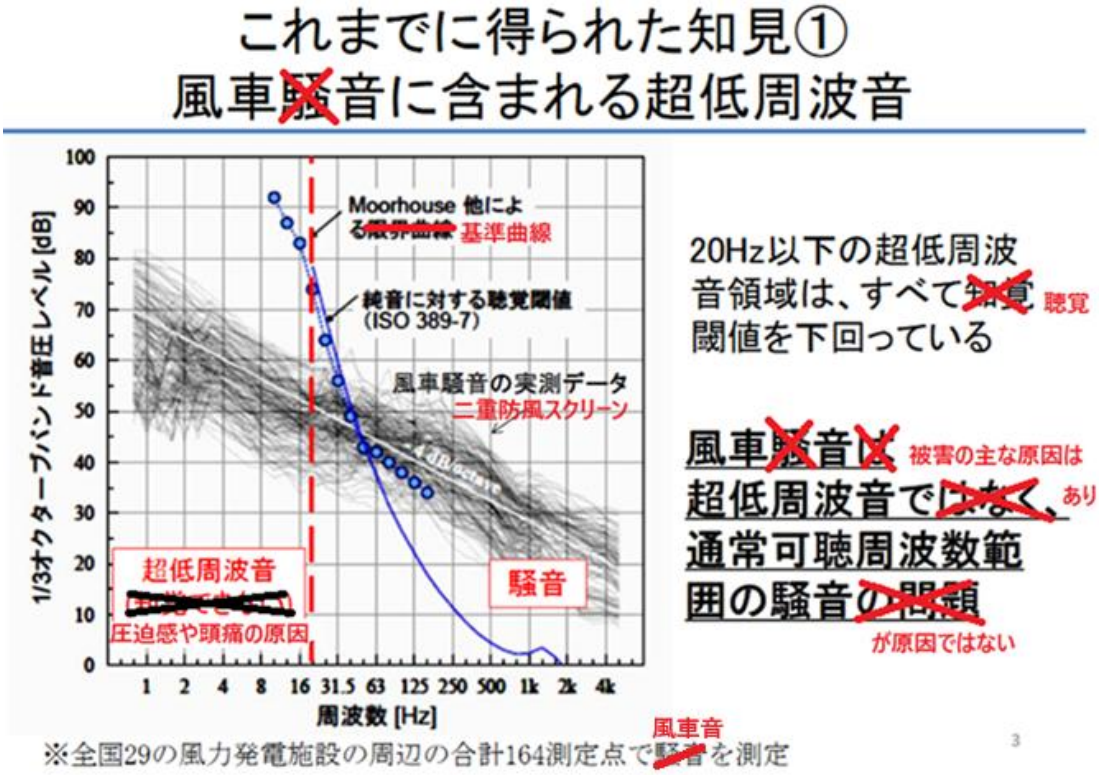
□ Nina Pierpont は、風力発電所の近くに住む 10 家族（38 名）に対する症例調査を行っている 6。それによれば、風力発電所から発生する低周波音により、内耳の器官が影響を受けて、様々な健康被害（睡眠障害、頭痛、耳鳴り、めまい、吐き気、頻脈、集中力低下、記憶障害、倦怠感、パニック症状等）が生じているとされている。
“

とあり、被害の多くは騒がしくて困るというような内容ではない。

少し計算すれば、同じ音圧でも 1Hz の超低周波音は体内の圧力を変動させる力が強いことが分かる。強制的な圧縮膨張を受ければ、循環器系の障害や頭痛が起きるのは物理的に見て必然的な結果である。

聴覚では知覚できない、1Hz の超低周波音を、圧迫感（実際に圧迫が起きる）として感知することがあるのだから、聴覚閾値と感覚閾値を混同してはいけない。さらに、ガタツキによる睡眠妨害を考えれば、聴覚では感知できない超低周波音が、5Hz で 70ｄB もあれば、ガタツキで睡眠を中断させることもある。

また、聴覚で感知できないことと、他の感覚器官で感知できないこととは別の事柄であるが、睡眠妨害が毎晩毎晩起きて、健康な生活を妨げるという共通点があることに注意する必要がある。



“騒音”の意味は、“騒がしい音、耳にうるさく感じる音”なので、“風車騒音”は風車の音で耳にうるさく感じる部分を指すことになる。耳で聞き取れる音ですから、20Hz～20ｋHz の周波数範囲の音が対象となる。

それに対して、“風車超低周波音”は風車音のうちで周波数が 0Hz～20Hz の成分を指し、耳では聞き取れない音を意味することになる。

従って、“風車騒音”が“風車超低周波音”を含むような意味で使うことは、日本語の基礎学力の欠如をいみする。あるいは、数の最少関係が分からないのかもしれない。

“風車音（0Hz～24ｋHz）”として、聞き取れるか否かには関係のない言葉を使うべきである。

もちろん、“風車騒音”を“風車超低周波音”を含む意味で使っている資料、
課題名 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
課題代表者名 橘秀樹（千葉工業大学附属総合研究所教授）S2-11-v
もある。

しかし、
”平成 28 年 11 月 25 日に出た検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」“
検討会報告書の記載
“(注)「超低周波音」についての補足
我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC（国際電気標準会議）規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」(infrasound)、20～100Hz を「低周波音」(low frequency noise）と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005（風車発電システム-第 0 部：風力発電用語）で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として定められた主務省令では、「騒音 (周波数が 20～100Hz までの音を含む)」とした上で、「超低周波音（周波数が 20Hz 以下の音)」と規定しており、「低周波音」という用語を用いないこととされた。
これらの状況を踏まえ、本報告書では、20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」と表記する。”
とあるのだから、これに従った言葉を選ぶ必要がある。

もし、風車音の中の可聴域成分のエネルギーが、風車音のエネルギーの 99%を占めているならば、風車音を風車騒音と呼ぶのもある程度理解できる。
交通騒音では、全体のエネルギーの 99%以上が可聴域の成分に属しているが、風車音では全体のエネルギーの 7%程度が可聴域の成分に属している。
この様な、エネルギーの観点から見ても、風車音全体を、風車騒音と表現するのは適切ではない。

業者によっては、上の図に、

“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”
“全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。
これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、 風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。また、風力発電施設から発生する超低周波音・ 低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。“
の部分を少し変形して追加する事もある。
その時の住民説明会資料は次の様になるが、騒音が 20Ｈｚ以上の音を指し、低周波数領域が 20Ｈｚ～100Ｈ

z の意味である事と、大型風車では f=RZ/60=0.5Hz 程度のなることに注意すれば、騙されることは無い。

業者は、
“風力発電施設から発生する 20Hz 以下の超低周波音については、人間の知覚閾値を下回ること、他の騒音源と比べても低周波数領域の卓越は見られず、健康影響との明らかな関連を示す知見は確認されなかった。“と書いている。

業者に対する質問としては、
1Hz での音圧レベルは、50ｄB～80ｄB になっているが、これは風雑音なのか、風車からの超低周波音なのか？詳細な理由も示せ。

計測では、二重防風スクリーンを付けて測るが、1Hz での数値は 38ｄB ほど低い値として計測されるので、家の中での音圧レベルは、88ｄB～118ｄB になる。反論はあるか？

1Hz での知覚閾値は何ｄB か、それは何時、どのような実験で確認したのか？
実験では、1Hz の音が必要だが、1Hz の音がでる装置は作れるのか？
風車以外の音源で、1Hz での音圧が風車音よりも高くなるのは存在するか？
存在するならば、具体的な音源と、その計測結果を示せ。

0.5Hz～1Hz の音は、体内の圧力を大きく変動させて、音響キャビテーションでの気泡発生を引き起こし、この微小な気泡は、潜水病での体内の状態と同じ状態を引き起こすので、“頭痛” が起きる。これは風車の超低周波音による直接的な健康被害である。これは物理学的に見て必然的な現象である。
知識の量が少なく学力が低すぎて、知見を確認できないからと言って、超低周波音と健康被害の関連を否定してはいけない。
が、候補になる。
もちろん、説明会の前に質問状を提出し、文書での回答を要求しておくべきです。

次の資料を配る業者もいる。

3．環境影響評価を行う項目と調査、予測及び評価の手法

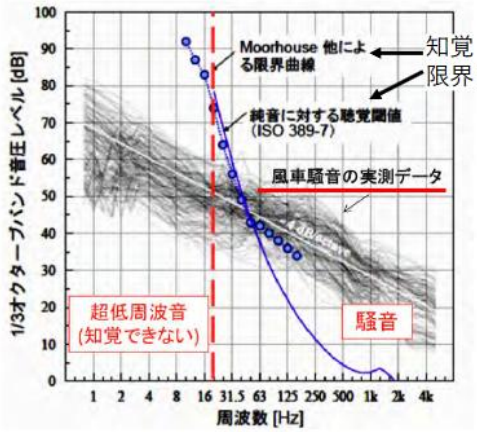
環境影響評価項目：（1）騒音・超低周波音・振動

③ 超低周波音

風力発電施設から発生する20Hz以下の超低周波音については、人間の知覚閾値を下回ること、他の騒音源と比べても低周波数領域の卓越は見られず、健康影響との明らかな関連を示す知見は確認されなかった。

「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」　環境省

- 風車による20Hz以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回る（＝知覚できない）
- 風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の問題（＝聞こえる騒音の問題）



「風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会　報告書概要」環境省

左側の③超低周波音の記述に関連して、

“[県民の声] 由利本荘沖、男鹿沖、能代沖の洋上風車の建設について”における秋田県知事の回答は、

“超低周波音等による健康影響については、環境省によると、「風車から発生する超低周波音は、音圧レベルが低く、人間に感じられないものであり、また、日常生活において身近な自動車のエンジンから発生するものと比較しても、特別大きいわけではない。」とされています。”

となっています。

業者の言い分は、環境省の表現に近い。

“風力発電施から発生する 20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回ること、他の環境騒音と比べても、低周波数領域の卓越は見られず、健康影響との明らかな関連を示す知見は確認されなかった。”

環境省は次の様に言う。

“全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。

これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、 風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。また、風力発電施設から発生する超低周波音・ 低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。“

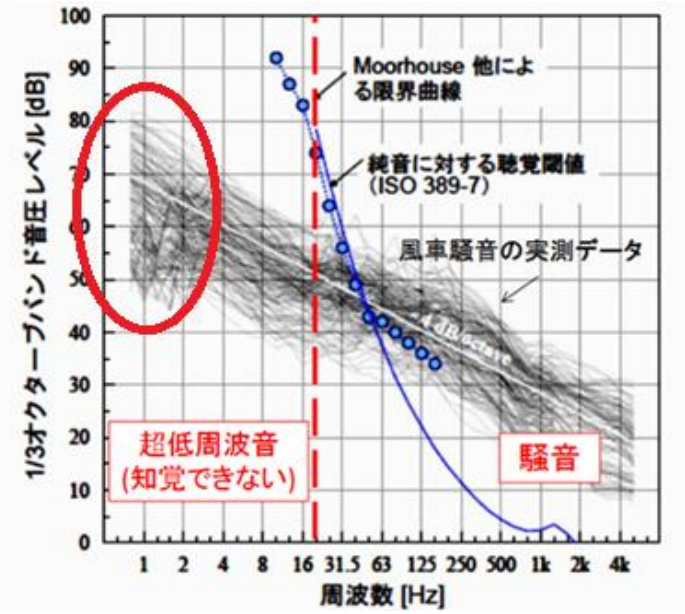
よく似ていますがその意味は大違いです。

秋田県は、“風車から発生する超低周波音は、音圧レベルが低く、人間に感じられないものであり、”

業者は、“風力発電施から発生する 20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回る”

環境省は、“20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り”
と言っています。

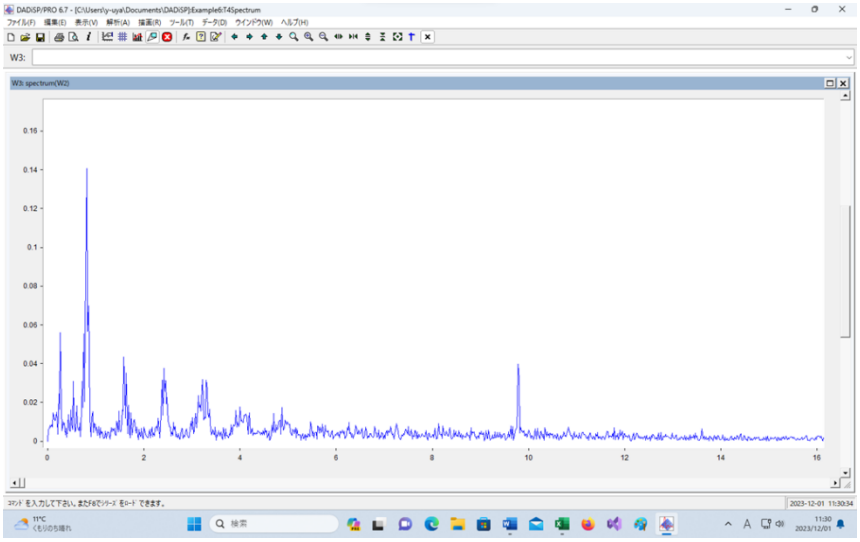
秋田県だけが、超低周波音の音圧レベルが低いと言い切っています。



上の図の〇で囲んだ部分は、風雑音だと言う人もいるかもしれませんが、風車から 20ｋｍ程度離れた場所で、マイクに風を当てて計測した風雑音と、風車の近くでの計測結果や風車の物理的な運動を調べれば、風車から発生する超低周波音であることが分ります。何しろ、計測した全ての風車で 1Hz 辺りでの極めて高い音圧が計測されたのですから、風車が有れば、特殊な超低周波音がその近くに存在することは間違いありません。風車が無い所では、これほど高い音圧を持ってて離散的な周波数構造を持っている超低周波音は計測させません。

この観測結果は、風雑音か否かは別にしても、風車が近くにあれば、必ず 1Ｈｚ辺りで、50～80ｄＢ程度の音圧レベルを持っている超低周波音で、離散的で特徴的なものが必ず計測されるが、風車から 20ｋｍ離れれば、特殊な周波数特性を持った超低周波音は計測されないのです。

実際の風車音で計測された音圧（パスカル）には、周波数の倍音構造があります。



この性質が、人体を強制的に、圧縮膨張させ、末梢血管を圧迫して血圧を高くし、動脈壁が厚くなり、心筋への負担が増

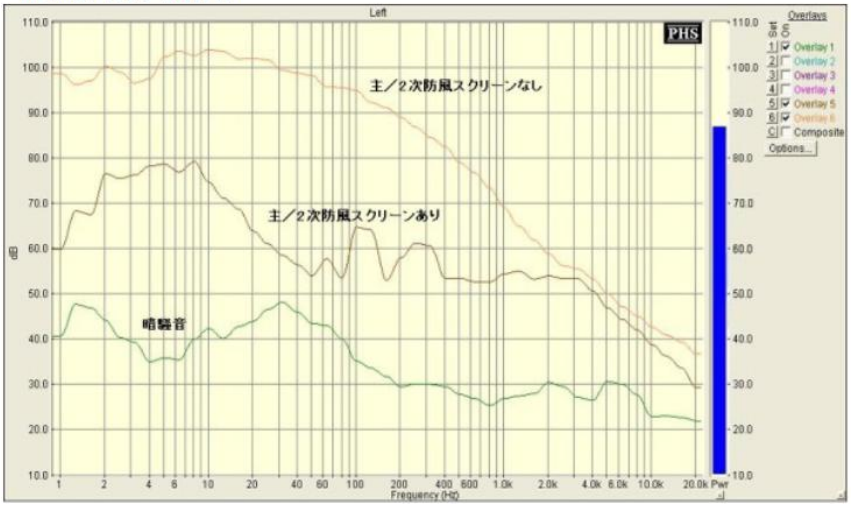
し、循環器系での健康被害を引きおこすのです。(詳しい理由は後で述べます。)

音圧レベルは、1Hz の辺りで、50ｄB～80ｄB になっています。4Hz では、45ｄB～70ｄB です。
1，2，4 と２オクターブの差があるので、4*2＝8ｄB の差が出るので、単純に計算すれば、53～78ｄB になりますので、グラフの特徴（-4ｄB/oct）から見れば妥当な数値にはなっています。

但し、この計測では、二重防風スクリーンが使われている。その特性は、

２次防風スクリーン Φ460×230(H)
主防風スクリーン Φ90半割内蔵
組　　立　：簡易取り付け方式（約10分）

【風切音減少効果】



1Hz で 38ｄB、5Hz で 20ｄB 程度の差があります。

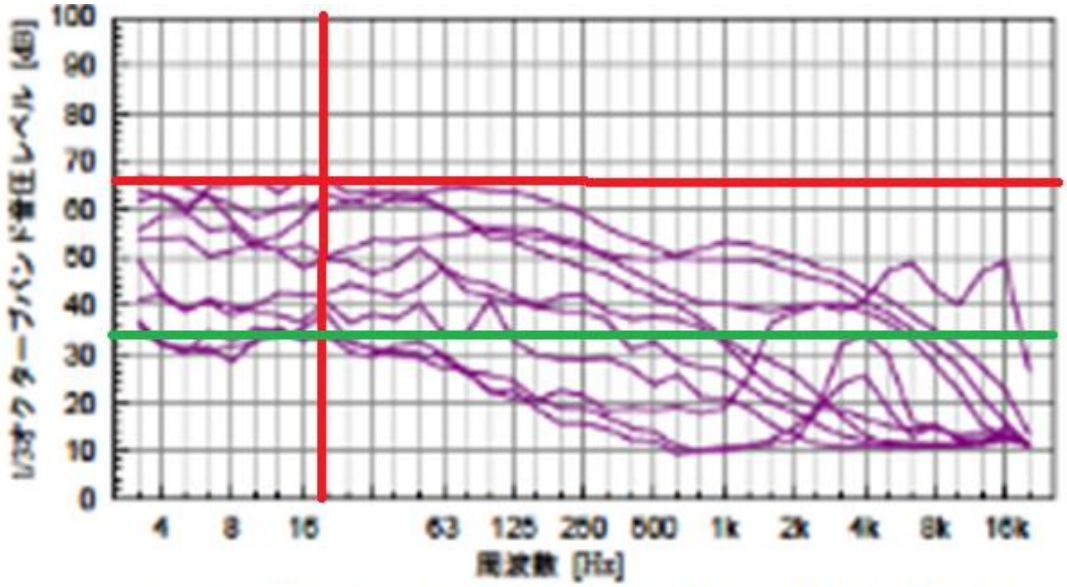
音の大きさに○○ﾃﾞｼﾍﾞﾙの差があるとは？	大きさは何倍なのか
60デシベルの差とは→	百万倍の差
50デシベルの差とは→	10万倍の差
40デシベルの差とは→	1万倍の差
30デシベルの差とは→	1千倍の差
20デシベルの差とは→	100倍の差
10デシベルの差とは→	10倍の差

dBの差＝10 log(1/A)

二重防風スクリーンを付けて計測した結果は、1Hz では 38ｄB 程度の減衰となるので、実際の音のエネルギーは、$38 = 10logx$より、ｘ＝6310 となり、(1/6310）程度の数値として観測される。
従って、1Ｈｚでの本来の音圧レベルは 38ｄＢを加えて、88ｄＢ～118ｄＢとなる。

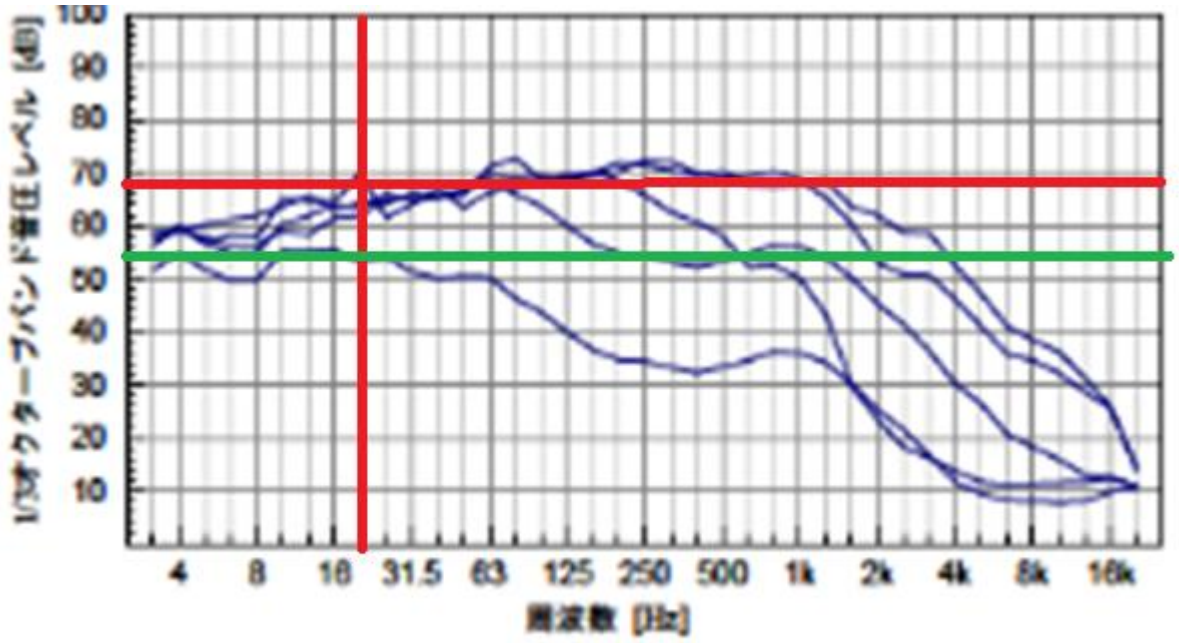
4Hz 辺りで比較すれば、他の環境騒音との違いは目立ちませんが、1H z まで考えれば大きな違いが出ます。

4Hz から 20Hz ではグラフは水平。



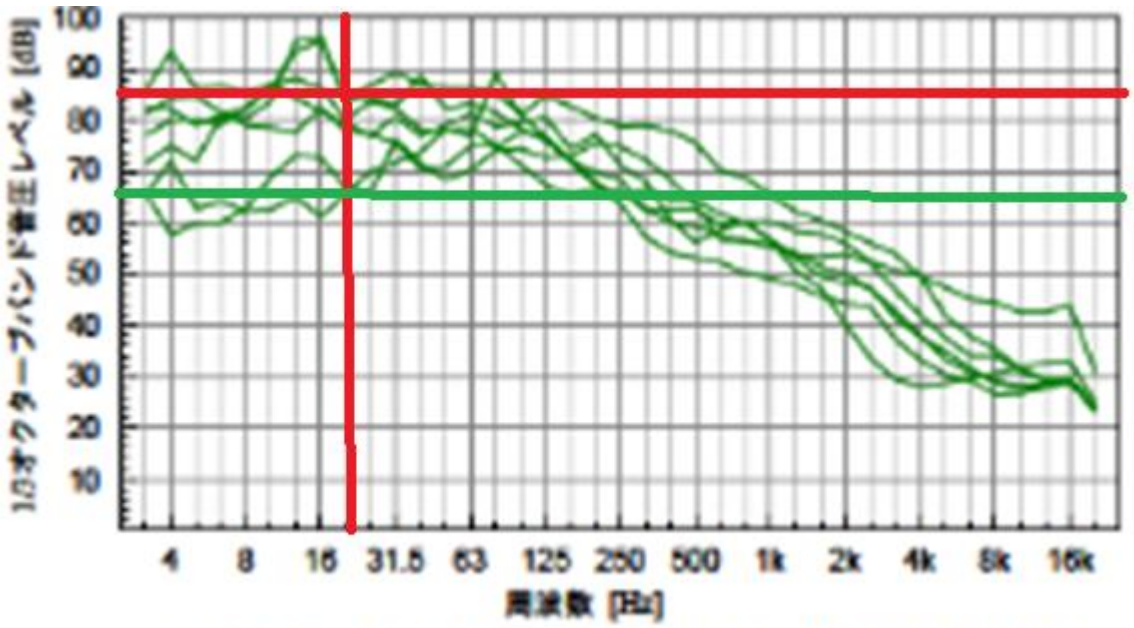
a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

周波数が低くなるとグラフは下がる。



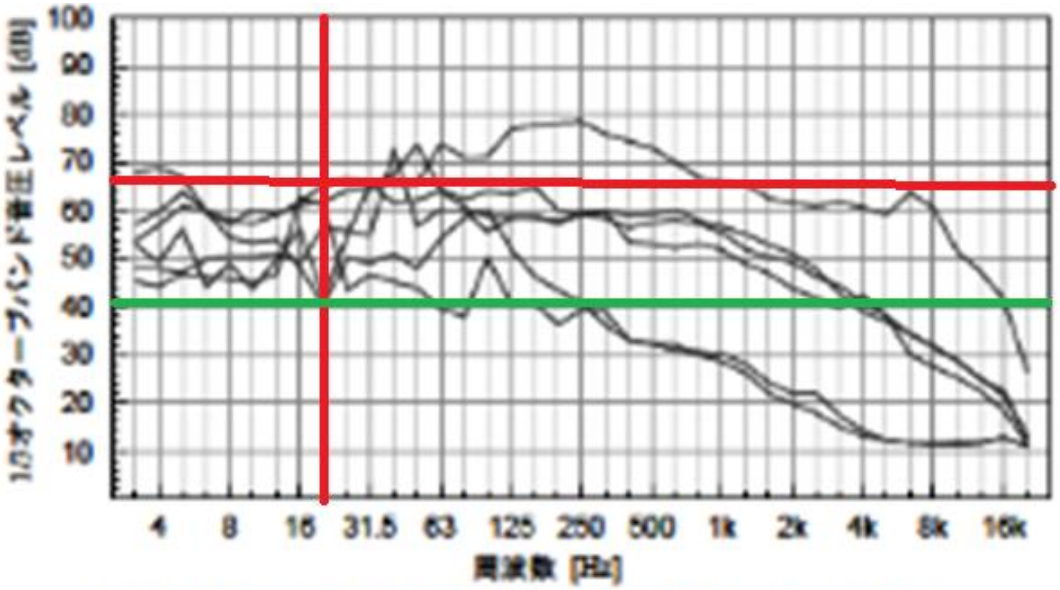
b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類

水平に近いが、周波数が低くなるとグラフはやや下がる。



c) 自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：7種類

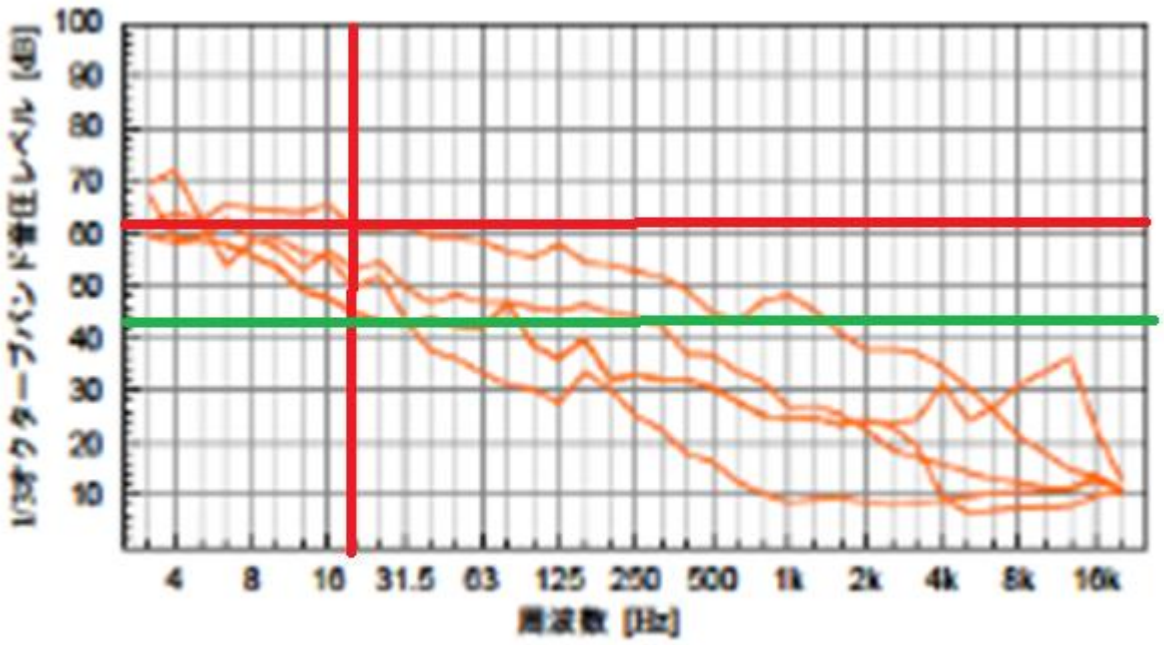
4Hz から 20Hz ではほぼ水平。



d) その他の環境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、地下鉄固体音、公共空間の音など）：6種類

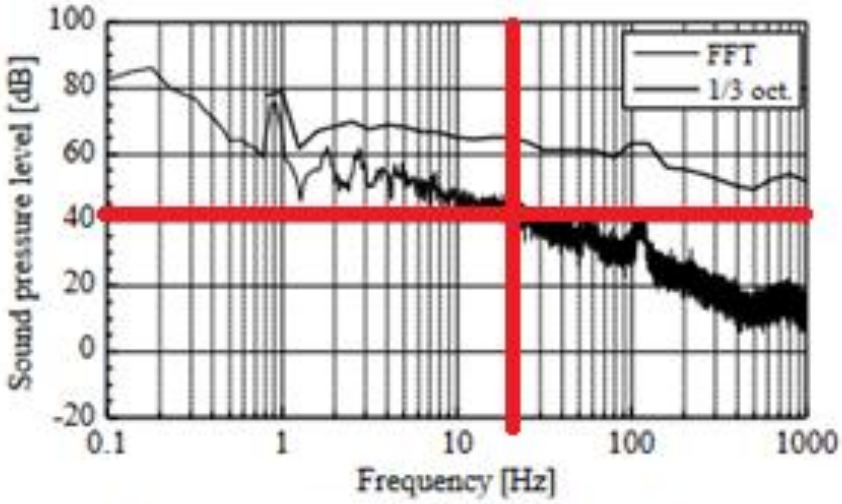
※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

さて、風車騒音のグラフは、異質です。　風車騒音のグラフでは、周波数が下がるにつれて音圧が上昇しているのです。



e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

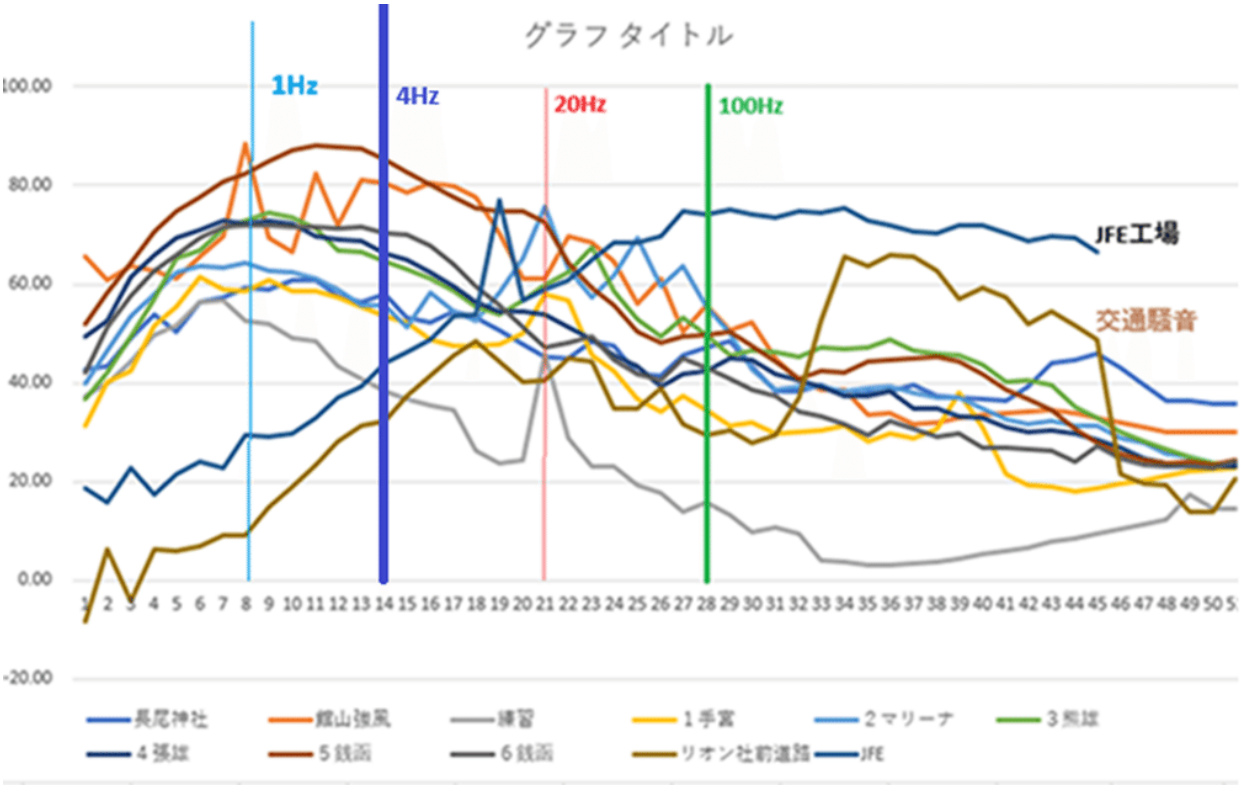
これらの比較から、他の騒音と異なり、風車騒音は、4Hz から 20Hz の間で、周波数が低くなると音圧レベルが上昇する、特徴を持っていることが分かります。更に上昇して次のグラフになります。



図(2)-11　図(2)-9の音圧のスペクトル

1Hz 以下の部分で大きな違いが出ます。

0.25Hz 辺りまでしらべれば、次のグラフになります。赤い縦線は 20Hz を示します。



工場騒音と交通騒音を比較すると、1Hz 辺りでは、風車の超低周波音は卓越する音圧レベルを持っているのです。

だから、超低周波音について書くときには、音圧レベルの数値には触れないで、知覚レベル、聴覚レベルとの比較だけにするのです。

音圧

音は空気中を粗密波として伝わります。音がないときの空気の圧力（静圧）に対して、音があるときはこの静圧に比べて、空気の圧力が変化します。

この静圧からの圧力の変化分が音圧です。単位はパスカル（Pa）です。1 ㎡あたり、1 ニュートンの力が加わるときの気体の圧力が1パスカルです。

音の強さ

音場内の 1 点において、単位面積を単位時間に通過する音響エネルギーを音の強さ（I または J と書く）と言います。単位は、(W/㎡)

J＝（p*p）/（ρ c）　　(W/㎡)

ここで、p（Pa）は音圧、ρは空気の密度（kg/㎥）、c は音の速度（m/s）

音のエネルギー分布を見ても、

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2

強風時の超低周波音は、桁違いのエネルギーを持っているのです。

さらに、
秋田県知事は、
“[県民の声] 由利本荘沖、男鹿沖、能代沖の洋上風車の建設について”における秋田県知事の回答は、
“超低周波音等による健康影響については、環境省によると、「**風車から発生する超低周波音は、音圧レベルが低く、人間に感じられないものであり、また、日常生活において身近な自動車のエンジンから発生するものと比較しても、特別大きいわけではない。**」とされています。”
と言うが、
環境省は、注意深く、“騒音”を比べる立場を取っている。
“他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。”
とあり、
環境省の資料では、“環境**騒音**”、“低い周波数成分の**騒音**”とあり、良く調べると、この言葉に対応する周波数範囲は、**20Hz～100Hz** なので、この領域での比較になっています。しかし、秋田県の回答は、この部分が抜けているので、超低周波音の領域を含む比較になっています。これでは嘘になってしまいます。
環境省は、グラフでは 20Hz 以下の領域を含めて表示しているが、文章の表現では、20Hz 以上の部分について述べていて、読んだ人が誤解するように誘導しているのです。

日常生活において身近な自動車のエンジンから発生するものと比べると、３桁から４桁の違いがあるのです。

秋田県知事の認識は、無知としか表現できません。風車音は大きなエネルギーを持っていて、しかも周波数特性が特殊であり、他の環境騒音は体内の圧力を変化させる力は小さいのですが、風車音は人間の体内の圧力を大きく変動させます。この事実認識の間違いは、秋田県民の多くが被害を受ける原因になるのです。

県知事が、職員に風車音の計測（NL-62、NL-63、SA-A1）と解析を職員に命じて、すぐに実行すべきです。超低周波音に関しては、様々な説があります。秋田県としての、計測結果と解析結果に基づいて判断する必要があるのです。もちろん計測方法や使用した機材の情報と、計測結果の WAV ファイル自体も公開すべきです。公表すれば、判断の妥当性を世界中の学者に確認してもらえます。

業者資料については、
風車音の被害を把握するには、9 つの観点が必要です。
音がうるさい

0.5Hz～2Hz 辺りの音による人体に対する強制的な圧縮膨張
圧迫感や吐き気などによる不快感
直接的な健康被害としての頭痛
音が原因の建具や床のガタツキを感じる
夜間の光（航空障害灯）による安眠妨害
風車の陰によるイライラ
風車振動の地中伝搬　（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）
音源としての風車の形と距離減衰
です。どれが起きても、睡眠を妨げられます。

聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値を区別して使う必要があります。聴覚閾値よりも低いかもしれませんが、ガタツキでの安眠妨害が起きて、風車被害を知覚する場合の音圧レベルとしては、2Hz では、65ｄB 程度です。
他の感覚器官もあるので、知覚閾値はさらに低くなります。聴覚閾値を拡大解釈して知覚閾値に変えてはいけません。人間の感覚器官は耳だけではないのです。

環境省 HP の資料の検討に戻ります。
“Moorhouse 他による限界曲線”ですが、

University of Salford MANCHESTER

A procedure for the assessment of low frequency noise complaints

Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD

http://dx.doi.org/10.1121/1.3180695

Title	A procedure for the assessment of low frequency noise complaints
Authors	Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD
Publication title	The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)
Publisher	Acoustical Society of America
Type	Article
USIR URL	This version is available at: http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/18459/
Published Date	2009

には、次のように書かれています。
The proposed criteria curve is provided as guidance for environmental health officers in their evaluation of

an LFN complaint, and not as an absolute limit.
This means that tonal sounds at, or just below, the threshold of the hearing should be considered as environmental sources potentially responsible for the complaint.
提案された基準曲線は、環境衛生担当者のためのガイダンスとして提供されています、LFN 苦情の評価であり、絶対的な制限としての評価ではありません。これは、騒音が聴覚閾値より大きい、または少しだけ小さい場合は、環境音源として考慮されるべきであることを意味します。

Criterion　の意味は、
１．（判断・評価などの）基準、規範、尺度、よりどころ
２．特徴
語源は、ギリシャ語の基準（分ける、決めるより）
であり、これは、基準曲線と訳すべきです。基準は聴覚に関連する基準です。
ですから、基準曲線または参照曲線と訳すべきであり、“限界曲線”と言えば、その限界よりも低ければ問題なし。と聞こえてしまいます。
“not as an absolute limit”と書いてあるのに、まるで、“absolute limit.”と書いてあるかのように訳してはいけないのです。
　もとの論文の中では、“Moorhouse 他による限界曲線”の具体的な数値は次のものです。

表 V: 提案された夜間参照曲線

Hz	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
dB	92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34

ISO 389-7:2019 にある聴覚閾値の表の数値と、２つの参照値などを纏めれば、次の表になります。

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参照値 dB				92	88	83	76	70	64	57	52	47	41				
聴覚閾値							78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
聴覚閾値(旧)							78.5	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
夜間参照曲線				92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34	

100Hz の所の、聴覚閾値は 26.5ｄB、“Moorhouse 他による限界曲線”（夜間参照曲線）での数値は 38ｄB です。
　限界曲線での数値が 38ｄB ですから、この数値になるまでは知覚できないはずですが、26.5ｄB の段階で聴覚は音を知覚します。
　これは、“限界曲線”としたから矛盾する数値となるのです。本来の“参照曲線”または“基準曲線”と訳せは、100Hz の音は、26.5ｄB になれば聴覚で知覚できるが、低周波音としての影響で苦情が出るほどの大きさではなく、38ｄB 程度になっていたら、うるさくて苦情が出ても当然なので、計測値が 38ｄB に近かったら、低周波音に起因する問題と考えて、音の発生源についての調査をやってみましょう。と言うような数値であり、調査開始の目役となる数値だという事なのです。

10Hz での 92ｄＢは、心身での参照値と同じ数値になっています。参照値で、10Hz での 92ｄＢでは、10%程度の人が許容できないとする音圧レベルです。10%程度の人が被害を受ける数値ですから、10Hz で 92ｄＢの数値が観測されたら、低周波音の問題として捉えて、調査を開始すべきです。これが、参照曲線の意味なのです。

せこい事に、英語版では“Absolute curve”ではなく、“Criterion curve”となっている。

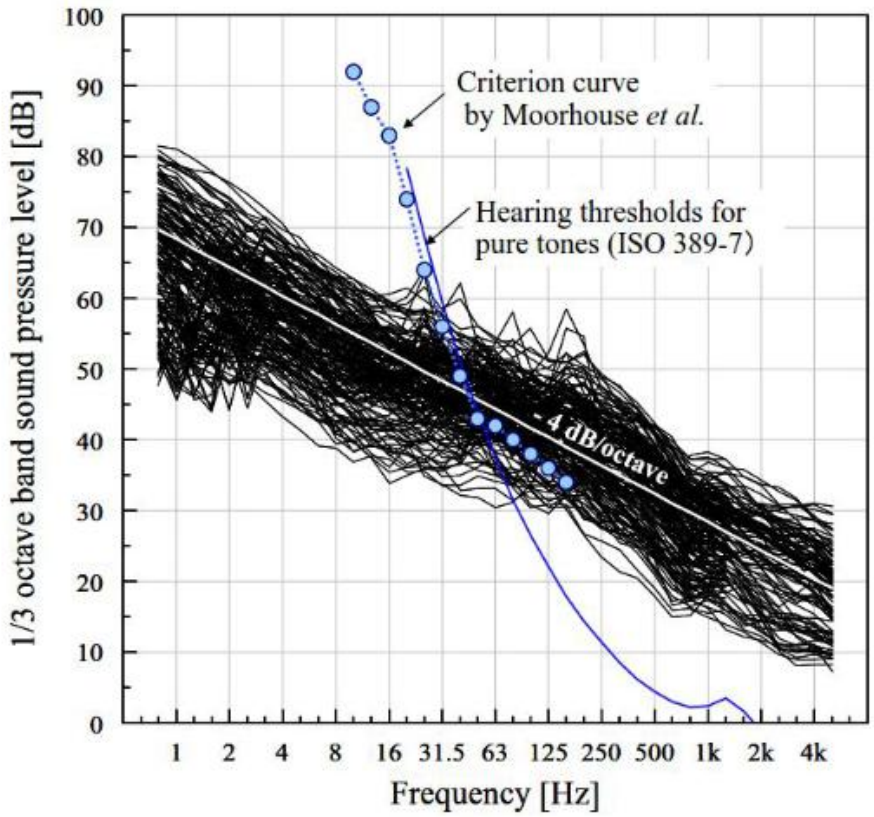


Figure 2. Measurement results at 164 points around 29 wind farms in Japan. (Assessment of wind turbine noise in immission areas, H. Tachibana et al, 2013)

この図からは、“聴覚閾値を下回っている。”との結論になる。市民は英語が分からないだろう。とでも思っているようです。

超低周波音（知覚できない）

超低周波音（知覚できない）とあるが、聴覚で感知するのは、かなり困難だとは思うが、風車からの超低周波音は、いろいろな形で人間に影響を与える。それらを様々な感覚器官で把握するので、いろいろな形の影響が出る。それらの結果として、多くの場合において睡眠が妨害される。

うるさくて目が覚めても、床が振動して目が覚めても、睡眠妨害という結果には違いが無い。これは仕事にも、子供の学習にも大きな影響を与える。

超低周波音の影響は様々な形で現れる。例えば、周波数が 200Hz 以上の音は、たとえ音圧が高くても体内の圧力を変動させる力は弱いが、超低周波音は、物理的な作用として体内の圧力を変化させる。末梢血管が圧迫されて血液が流れにくくなれば、心臓は大きな力で血液を送り出す。結果として動脈壁が肥大化し、心筋にもダメージが蓄積する。そして循環器系の健康被害が起きる。これは風車音による直接的な健康被害の具体例です。そこまで行かなくても、圧迫感として知覚され、アノイアンス（不快感）の要因となる。

聴覚では知覚できないと言いうことと、健康被害が無いという事は全く別の事なのです。人間には様々な感覚器官があるのです。超低周波音は様々な形で人体に影響を与えるのです。

昔の、参照値から確認してゆきましょう。
参照値と感覚閾値（正しくは聴覚閾値）の関係を見ておきます。

環境省は、聴覚閾値と感覚閾値を意識的に同一視しますので、環境省の立場だと次の表になります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
聴覚閾値（デシベル） 感覚閾値（デシベル）	78.1	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

（感覚閾値は聴覚閾値の間違いです。threshold of hearing　だから、聴覚（聴力）閾値です。）

環境省は、低周波音問題に関する Q&A の中で次のように言っています。
“大小関係で言うと、実際には、「心身に係る苦情の『参照値』」は「感覚閾値」より少し大きな値となっています。”
この表現は、２５Hz 以上の周波数成分については、正しい表現だが、２０Hz の所は、参照値が 76、感覚閾値が 78.1 となっていて、参照値よりも感覚閾値のほうが大きい。
これは、上記の表は、聴覚で音としてとらえる場合の限界、聴覚閾値 78.1ｄB にならなくても、それより低い 76ｄB の値の時に、音としてではなく、例えば圧迫感とかの他の感覚で音圧の変化をとらえて、不快感を覚えるという事を示していると考えます。

環境省は、２０Hz での参照値と聴覚閾値（感覚閾値）の数値の逆転について、どう考えているのだろう？環境省の職員は、76 と 78.1 のどちらが大きな数値なのか、判断が出来ないのです。電話で聞いたときに、職員は、“書いてある通りです。”　と答えました。

25Hz より周波数が高い部分に関しては、ISO389-7 に記載されている値のほうが小さい。よって、この部分だけならば、環境省の言い分は、感覚閾値と言いう語訳の問題を除けば正しい。しかし、２０Hz の所は、ISO389-7 の値の方が大きいのです。

これは、偶然ではありません。

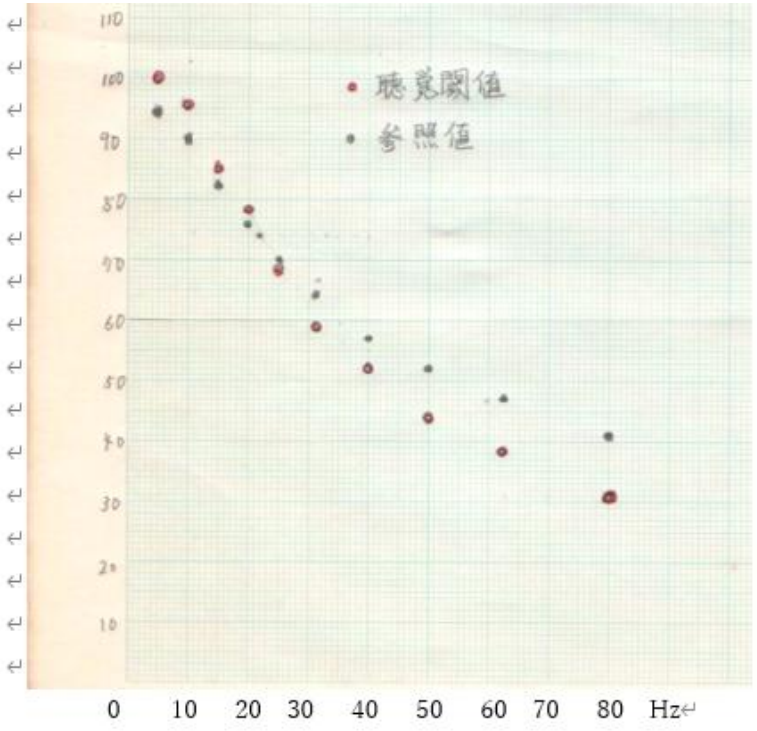
参照値　－　聴覚閾値　の表を作れば次のようになります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	-2.1	1.3	4.5	5.9	8	9.5	9.5

この表は、周波数が低くなればなるほど、聴覚閾値と参照値（不快感を感じ始める値）の差が小さくなってきていて、20Hz では逆転することを示します。

10Hz、5Hz、1Hz、0.5Hz と低くなればなるほどこの傾向は続くと考えます。

グラフにすれば（参照値の予測もしてみました。）次のようになります。



参照値は、被験者の 10%程度が不快だと感じる値です。

これは、20Hz の音が 76ｄB の時に、人間が不快感を覚えたと言いう事です。もし、ISO389-7 の値が感覚閾値ならば、人間は 20Hz の音の音圧が 78.1ｄB（78.5ｄB）になるまで、人間は不快感を覚えないはずなのに、それよりも小さな値 76ｄB で不快感を覚えてしまうという矛盾が生じます。

聴覚閾値と正しく訳しておけば、20Hz の音に対して、人間の聴覚は 78.1ｄB になるまでは認識しないが、それ以外の感覚（圧迫感、頭痛、など）で 76ｄB の段階でも不快感を覚えると理解できるので、矛盾は生じません。

さて、あくまで感覚閾値だと主張すると、次の矛盾に耐えきれなくなります。

感覚閾値ならば、78.1 デシベルよりも低い音圧レベルの音は、人間の感覚では感知できないはずです。

でも、76 デシベルの音圧レベルで、不快感を覚えてしまいます。不快感の内容は人によるかもしれませんが、音、圧力、振動などを感じ取って不快だと思うのです。感覚閾値は、78.1 ではなくて、76 だとしなくてはなり

ません。
　聴覚閾値としておけば、耳では音を感じなくても、76 デシベルの段階で、圧力や振動を体で感じ取り、不快感を覚える。のですから、全く矛盾は生じません。

これは、電力中央研究所報告にある、
“音圧レベルとアノイアンス(※12)（不快さ）について調べた Møller の実験[2-18]によると，周波数が低い方が音圧レベルの上昇に対してアノイアンスが増加する割合が大きくなっている．
なお，Møller の実験では 18 人の正常な聴覚を持った被験者に対して行っている．各被験者は周波数・音圧レベルの異なるいくつかの純音を聞いたとき，不快さの割合を示す棒線上（両端に「全く不快に感じない（not at all annoying)」,「非常に不快（very annoying)」と記載されている）に印をつけることで主観的な不快さを回答している．
さらに， Subedi らの実験結果[2-19]によると，低周波音における音圧レベルと不快さの関係は音の周波数が固定した条件において，ほぼ比例関係を示すが，その比例定数は音の周波数によって変わっており，周波数が低いほど不快さは音圧レベルに対しても強く現れることが示されている．また, Subedi らは不快さと A 特性音圧レベルとの相関についても調べており，彼らの実験範囲において，不快さと A 特性音圧レベルは周波数に依存せず，ほぼ一定の相関を持つことが示されている．“
に対応する事柄です。
この事は、20Hz に於いては、感覚閾値のうちの不快感に関する閾値が、聴覚閾値よりも低いことを示しています。20Hz の超低周波音が、聴覚では感知できなくても、“不快感”として別の感覚器官で把握されることを意味しています。

　風車の影響を知覚するのは、耳で聞いて“うるさい”と感じる場合だけではありません。
　風車音の被害を把握するには、９つの観点が必要です。
音がうるさい
0.5Hz～2Hz 辺りの音による人体に対する強制的な圧縮膨張
圧迫感や吐き気などによる不快感
直接的な健康被害としての頭痛
音が原因の建具や床のガタツキを感じる
夜間の光（航空障害灯）による安眠妨害
風車の陰によるイライラ
風車振動の地中伝搬　（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）
音源としての風車の形と距離減衰、風車音の指向性
です。
どれが起きても、睡眠を妨げられます。
風車での被害としては、安眠妨害が重要です。安眠出来ない日が続けば、健康被害が生じます。
この場合は、(風車音→安眠妨害→健康被害）となるので、“間接的な健康被害”と表現することにします。
特徴は、風車の影響が、時間的な継続性を持っている形で影響していることです。
　頭痛は健康被害です。一定の条件が整えば、風車音の性質による物理的な現象として、直接的に発生します。“頭痛は直接的な健康被害”と言えます。

風車と安眠妨害の関係を詳しく考えます。
風車音発生→粗密波として聴覚に作用→ラウドネス（うるささ）として知覚→覚醒
風車音発生→ゆっくりした圧力変動として作用→アノイアンス（圧迫感が中心）として知覚→覚醒
風車音発生→建具や床の振動として作用→2 次的な音によるラウドネス（うるささ）として知覚→覚醒
風車音発生→建具や床の振動として作用→振動そのものをアノイアンスとして知覚→覚醒
風車の振動→振動の地中伝搬→建具や床の振動→振動そのものをアノイアンスとして知覚→覚醒

のケースは、聴覚閾値以下であれば起こらないと考えられます。
のケースは、圧迫感等の不快感として、風車音の影響が知覚されますので、参照値と指針値の関係を見れば、超低周波音の領域では、圧迫感の閾値は、聴覚閾値よりも小さいのです。
のケースは、２Ｈｚでは 65ｄＢもあれば、ガタツキによる安眠妨害が起きる事から、超低周波音の領域にある音については、ガタツキとして風車の影響を知覚して、覚醒する場合の閾値は 65ｄＢ以下であると言えます。グラフを見れば、全国 164 か所の風車の半数がこの条件を満たしていることが分ります。
のケースは、③のケースと同様です。
のケースは、（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）を見れば、

“大型風車の運転に起因する低周波音(空気振動；周波数 20～100Hz 程度)に関する問題も認識されてきた．ただし，この空気振動は，距離により指数関数的に減少するので，大型風車による騒音はアノイアンス(不快感)はあるにせよ，受忍限度内とした判決がある(1).
しかし，健康被害の訴えが存在すること自体は否定できない(2)．この事実は，減衰率の大きい空気振動(空振)だけではなく，距離による減衰が空気中に比して少ない，地盤内の振動伝播も検討すべきではないかということを示唆する．“
“次に，これまでの計測結果とヒアリング内容を対照してみたい．ヒアリングによると，風車の稼働に伴う体調への影響は，ある限定された状況で，強度が増すという申告を得た．今般のヒアリングにおいては，具体的には以下の 3 項目が挙げられた．
１． 雨の日には 24 時間強い不快感を感じる
２． 水田にいると楽になる
３． 冬がひどく，夏はいくらかよい“
“計測データを見ると，Ⅲでは，Ⅳ．Ⅴと比較して 0.1～2Hz の範囲の振幅値も大きくなっている．この領域の振動は，俗にいう船酔いの原因となる振動(揺動)周波数(8)に近接している．風車から直線距離で 950m 離れたⅥに関しても距離減衰に伴い値は非常に僅かであるが，振動特性は類似しており，これも，およそ 1Hz 以下で上昇がみられる．Ⅷに関しては，0.08Hz 程度以下での上昇があるが，他の 2 つに比してその傾きは小さい．“
“これらのうち，アノイアンス申告が顕著であったのがⅥ関係地域であり，次いでⅧ地（民間の作業所）であるが，後者は風車に近接していることから，一般の空力騒音によるものではないかと考えられる．“
として、詳細な研究結果が示されています。
これは、超低周波音の知覚ではありませんが、風車の影響であり、アノイアンス（不快感）と関連が深く、睡眠を妨害すると言えます。

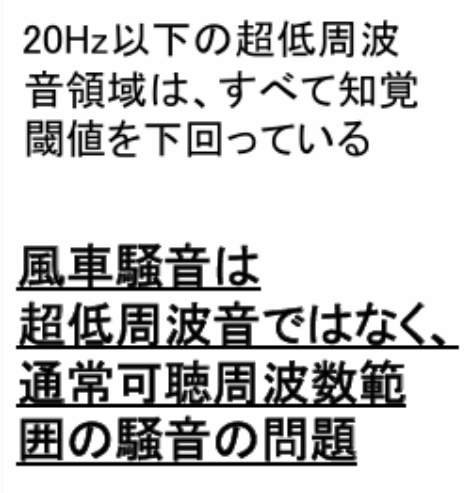
超低周波音（知覚できない）

は、

超低周波音（聴覚での感知は困難だが、圧迫感や振動の形で知覚されて、安眠妨害による間接的な健康被害の原因となる）

と書き換える必要があります。

今度は、右側です。



“20Hz 以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている”
は、超低周波音の影響が聴覚以外の器官でも把握できることを無視しており、完全な誤りです。
聴覚閾値を下回っていても、感覚域値を下回っているわけではないのです。
超低周波音による刺激を、聴覚に対する刺激だけに限定してはいけないのです。ガタツキによる睡眠妨害や循環器系への影響や頭痛などの形での知覚の仕方や被害があるのです。
超低周波音の影響が、がたつきとして感知され、睡眠が妨害される音圧レベルは 65ｄＢ（２Hz）程度であり、グラフから、多くの風車において、風車からの超低周波音が安眠妨害の原因となっていることが分かります。
よって、
“20Hz 以下の超低周波音領域は、聴覚閾値を下回っているが、超低周波音は、圧迫感や振動としても知覚される。振動に関しては 2Ｈｚでは 65ｄＢ程度が閾値となり、全国 164 か所の風車の半数以上で、この閾値を上回っている”
と書き換えるべきです。

さらに重視すべきは、超低周波音が圧迫感として感知される事だけではなく、風車音からの超低周波音の周波数特性が特殊であり、人体を強制的に圧縮膨張させ、体内の圧力を変動させる事実です。周波数が高ければ、ほとんど影響はありません。超低周波音の成分を含んでいても、JFE の工場音のような場合には、この様な圧縮膨張は起きません。風車音が特殊なのです。（詳細は後ほど述べます。）

“風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題”
については、周波数を補足して書けば、
“風車騒音（20Hz 以上）は超低周波音（20Hz 以下）ではなく、通常可聴周波数範囲（20～20ｋHz）の騒音（20Hz 以上）の問題”
となります。
たしかに、“風車騒音（20Hz 以上）は超低周波音（20Hz 以下）”ではありません。“風車騒音（20Hz 以上）”は、その周波数範囲から考えれば、“通常可聴周波数範囲（20～20ｋHz）の騒音（20Hz 以上）の問題”です。
内容は、騒音の周波数範囲と超低周波音の周波数範囲の区別を確認しただけです。
風車音の問題を考える場合には、単なる同義反復であり、意味のない議論になっています。

これは、風車音の一部だけを考えようとする立場です。これでは問題が大きくなるだけです。

“風車音は超低周波音（20Hz 以下）の部分がエネルギーの 93%以上を持っていて、この部分がアノイアンス（不快感）の原因となる。通常可聴周波数範囲（20～20ｋHz）の騒音（20Hz 以上）の問題と考えると、ラウドネス（うるささ）に限定することになり、低周波音や超低周波音での被害、頭痛、吐気、不快感、圧迫感、床や建具の振動、航空障害灯の光、などの聴覚以外の感覚器官に対する刺激による睡眠妨害や、超低周波音による直接的な健康被害である頭痛、循環器系の障害などを無視することになる。”

“騒音”が付けば、20Ｈｚ以上の音を扱っていることになる。

検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には

“（注）「超低周波音」についての補足

我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範 囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC（国際電気標準会議） 規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」（infrasound）、20～100Hz を「低周波音」（low frequency noise）と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005（風車発電システム-第０部：風力発電用語）で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として 定められた主務省令では、「騒音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）」とした上で、「超低周波音（周波数が 20Hz 以下の音）」と規定しており、「低周波音」という 用語を用いないこととされた。 これらの状況を踏まえ、本報告書では、**20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、 それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」と表記する**”

とあり、

騒音と付けば、超低周波音（20Ｈｚ以下の音）以外の音なので、20Ｈｚ以上の周波数成分を対象とすることになるのです。

そして、騒音の程度を評価する数値としては、A 特性音圧レベル（騒音レベル）が使われることになります。この A 特性音圧レベルは 20Hz 以上の成分を使って計算された数値です。

この主張が正しいならば、可聴域の音の強さの指標である A 特性音圧レベルの値が、他の環境騒音と同じ数値ならば、風車音の影響で不快感を覚える人と、他の環境騒音で不快感を覚える人の割合が等しくなるはずです。

・平成２２年、環境省の調査

風力発電所に係る騒音・低周波音に関する問題の発生状況

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

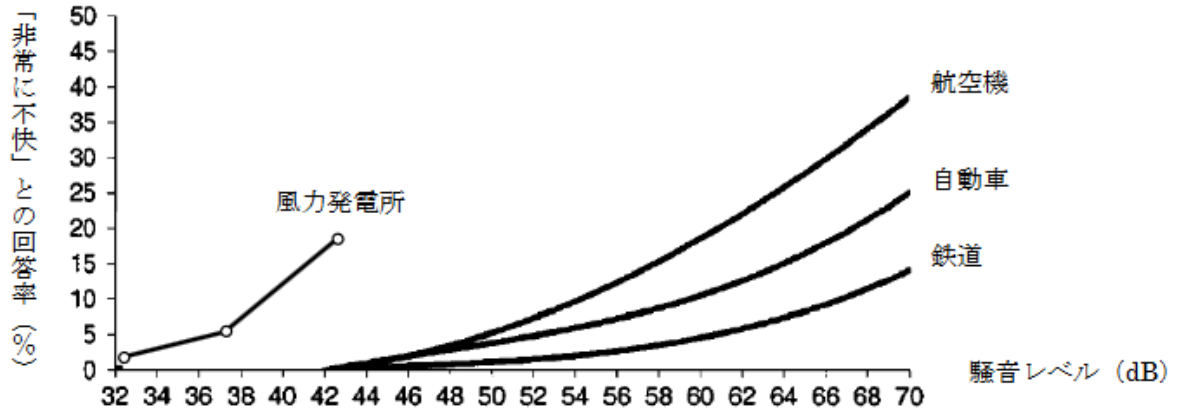


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

を見れば、A 特性音圧レベルが、42ｄB のときに、風車音では 20%の人が“非常に不快”と感じるが、航空機、自動車、鉄道の音では、“非常に不快”と感じる人が 0%であることが分かります。

風車音の被害での大きな要因は、ラウドネス（うるささ）ではなく、アノイアンス（不快感）です。

”**検討会報告書**「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」“ｐ14 には、
“風車騒音とわずらわしさ（アノイアンス）との量-反応関係についても多くの研究がなされている。複数の報告により、**同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音は他の交通騒音よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすい**ことが示唆されている。
表 1 の Kuwano らの研究により得られた、日本を対象とした、風車騒音と道路交通騒音を非常に不快であると感じた者の割合（%HA）を図 7 に示す。この図によれば、非常に不快であるとの回答確率が 30%程度となる騒音レベルは昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn）で 60dB 程度、20%程度は 53dB 程度、10%程度は 43dB 程度となる。

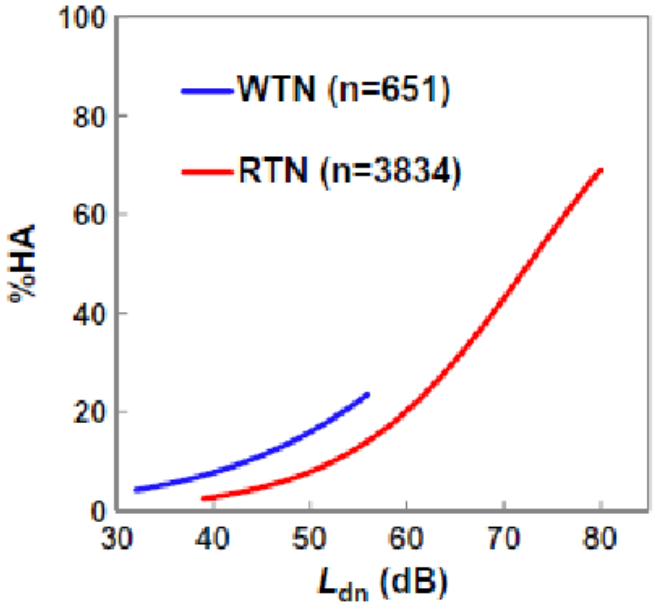


図 7　風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（L_{dn}）※と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

※ 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、LAeq に 6dB を加算して Ldn を推計している。

なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。”

したがって、A 特性音圧レベルで把握されるラウドネス（うるささ）以外の要因から、寄与率の高いものを見つけるべきです。

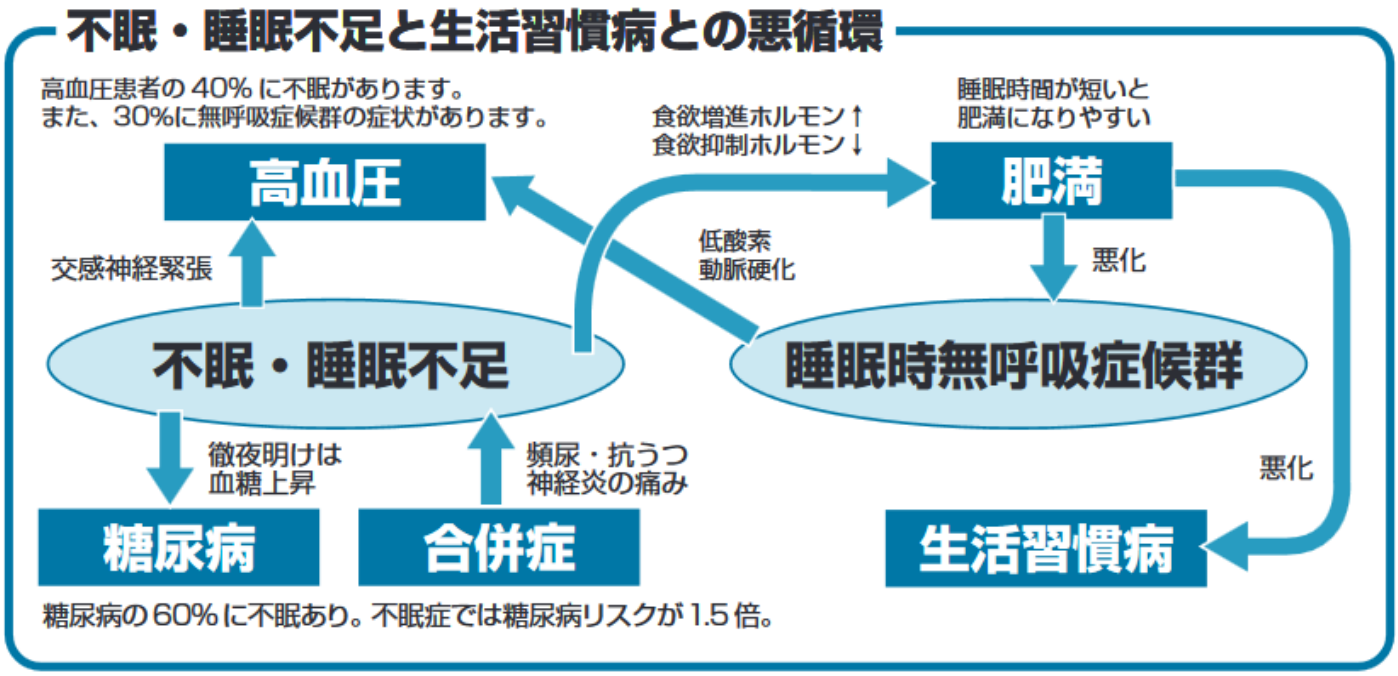
環境省の HP には、

- これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている

とあり、“風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”と言っているが、
“風車騒音が人の健康に影響を及ぼす可能性は低い”とは言っていないのです。
“風車騒音が人の健康に間接的に影響を及ぼす可能性は高い”のです。
なぜなら、風車騒音は、“睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている”のです。

風車被害の調査結果では最も多いのが、風車音による睡眠妨害の訴えです。この調査結果を踏まえれば、風車騒音は睡眠を妨げることによって、健康に大きな影響を与えるのです。長期にわたる睡眠不足は、糖尿病や心筋梗塞の要因となります。更に、子供の健やかな成長を妨げるのです。

子どもの夜型化には大人の生活習慣が影響を与えています。大人の生活習慣を見直すことが大切です。大人にとっても睡眠は重要です。睡眠不足は糖尿病や心筋梗塞などの生活習慣病や認知症のリスクを高めます。



“騒音と低周波、健康とは関係ありません。”
は間違った考え方です。
“騒音は健康と深い関係があり、睡眠を妨げることで糖尿病や心筋梗塞のリスクを高めます。”
と修正する必要があります。

「寝る子は育つ」ということわざは正しい意味を持つ

「寝る子は育つ」とは、よく眠る子は元気に育つという意味を持つことわざです。
ことわざとは、昔から伝えられてきた知恵や教訓を含む言葉ですが、「寝る子は育つ」ということわざは単なる迷信ではないようです。
子どもの成長には、就寝中に分泌される成長ホルモンが関係しています。成長ホルモンには、軟骨に働きかけて骨の成長を促す役割があり、身長が伸びるために欠かせないものです。
眠りについてから２時間ほどの間に分泌量がピークを迎えるため、適切に睡眠をとることは子どもの成長のために大切だといえます。
このとおり、就寝中に子どもが成長するために必要な成長ホルモンの分泌が活発になることから、「寝る子は育つ」ということわざは正しい意味を持つといえるでしょう。
ただし、あくまでも「正しく睡眠をとれば、骨や筋肉に作用する成長ホルモンが分泌される」ということです。単純に「たくさん寝たから身長が高くなる」「寝た分だけ体格が良くなる」というわけではない点に注意してください。

カナダ政府の HP にある、
Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results には、
“多くの変数が測定された睡眠に有意な影響を与えたことがわかりますが、参加者の自宅の近くで計算された屋外の WTN レベルは、睡眠効率、覚醒速度、覚醒時間、総睡眠時間、または眠りにつくのにかかった時間と関連していることがわかりました。”
“煩わしさと健康
WTN の**不快感**は、**血圧、片頭痛、耳鳴り、めまい、PSQI のスコア、知覚ストレス**など、いくつかの自己申告による健康への影響と統計的に関連していることがわかった。
WTN の**不快感**は、測定された**毛髪コルチゾール、収縮期血圧、拡張期血圧**と統計的に関連していることがわかりました。
自己報告および測定された健康エンドポイントに関する上記の関連は、特定の騒音レベルまたはタービンからの特定の距離に依存せず、多くの場合、道路交通騒音の不快感についても観察されました。
カナダ保健省は、これらの症状が風力タービンへの曝露よりも前からあったのか、あるいは風力タービンへの曝露によって悪化した可能性があるのかを知る方法がないが、この調査結果は、長期にわたる高い不快感と健康との潜在的な関連性を裏付けている。“

低周波音被害に関する日本の研究結果の項目には、圧迫感や頭痛があります。

表-3　低周波音苦情の分類

心理的苦情	睡眠妨害、気分のいらいら
生理的苦情	頭痛、耳なり、吐き気、胸や腹の圧迫感
物的苦情	家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動、瓦のずれ

● 聴力影響，頭痛，耳鳴り，糖尿病，高血圧，循環器疾病等の健康影響については，統計的に有意な知見は認められていない

ここでの“統計的に有意な知見”とは、WTN（A特性音圧レベル、騒音レベル）と“低周波音苦情”の項目との統計的に、深い関連性は認められなかったという意味です。

風車音の特徴をＷＴＮで表現できると考えてことが間違いの原因です。ＷＴＮは 20Ｈｚ以上の周波数から計算されます。風車音では、20Hz 以上の周波数を持っている成分のエネルギーは全体の 7%です。

WTN の数値は、可聴域での被害“うるさい”との関係は深いのですが、圧迫感や頭痛などの不快感との関連は薄いのです。このような低周波音による被害との関連を求めるには、圧迫感に注目すれば、圧迫の原因そのものである最大音圧を多変量解析での項目にしなくてはならないのです。

音響キャビテーションとの関連を考慮すれば、PT=（最大音圧*周期）や、波形支配指数＝（最大音圧/２番目の音圧)、なども考えるべきです。

最大音圧の部分を、“風雑音”と言って除外するのは、この部分が風車からの超低周波音であり、高い音圧で人体が圧迫され、被害が起きると知っているから、原因そのものを除去した数値にしようと考えているからでしょう。

カナダ政府の調査で判明しているのは、

被害者の訴えは、コルチゾール検査によって、虚偽ではないことが確認できている。

WTN の数値は、これらの現象とは、関連が薄い。

従って、

被害項目に沿った数値を、風車音の計測結果から導いて、多変量解析にかければ、原因と結果の統計的な関連性は明確になるのです。最大音圧に注目すべきです。5Ｈｚ以下の部分は“風雑音”ではなく、風車からの超低周波音であることは、風車の近くで、車の中に騒音計を置いて計測すれば、風が当たらないのに、“風雑音だ”と言い張るところの超低周波音が計測できるのです。

超低周波音と 200Hz 以上の音が、体内の圧力をどれくらい変動させるかを計算すれば、0.5～1Hz の成分は、音の音圧を１Pa としたときに、体内の圧力変動での振幅は 0.999～0.974Pa となるが、200Ｈｚだと、0.033Ｐａの変動にとどまることが判明します。

さらに、波形の違いで、ＪＦＥの工場音では、この現象は起きない事も分ります。

風車音の超低周波領域における周波特性の特殊性が、人体を強制的に圧縮膨張させる原因になっています。

その結果、様々な健康被害が発生します。

“風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題”

については、

“風車騒音（20Hz 以上）は超低周波音（20Hz 以下）ではなく、通常可聴周波数範囲（20～20ｋHz）の騒音（20Hz 以上）の問題”ではあるが、風車音のエネルギーの 93%を占める超低周波音は、人体を強制的に圧縮膨張させる。その結果音響キャビテーションでの気泡発生の条件が満たされて、発生した微小な気泡によって頭痛が起きる。症状としては軽い潜水病です。毎日続く、全身に対しての強制的な圧縮膨張は、他の健康被害も引き起こす。よって、風車音の問題は超低周波音の問題として考えるべきである。“

と修正する必要がある。

周波数スペクトル

図１．交通騒音（リオン社前）０～5000Hz
最大音圧 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）

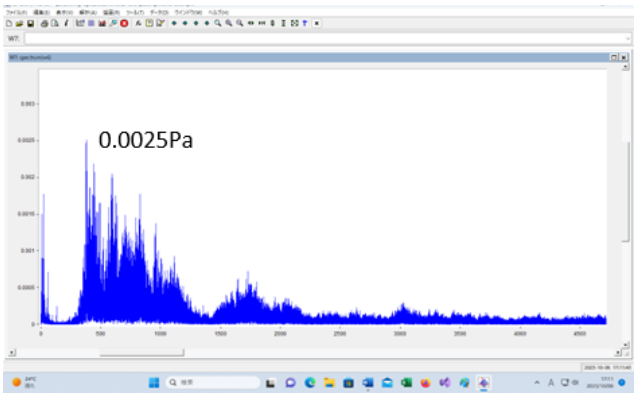


図２．工場騒音（製鉄所内の音）０～5000Hz
最大音圧 0.12[Pa](12Hz)

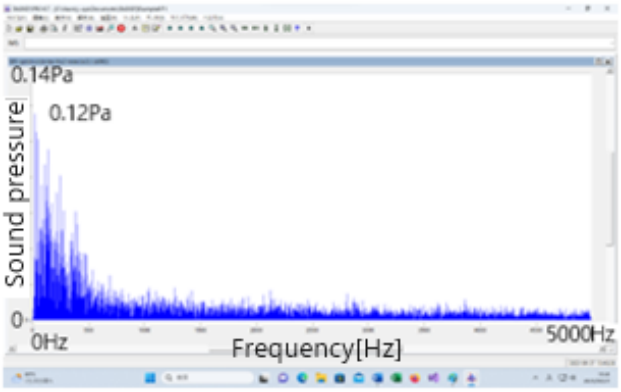


図３．風車音（館山風の丘）０～5000Hz
最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)

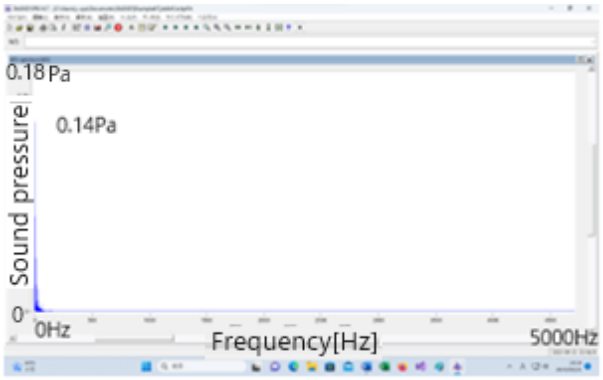


表２．エネルギーの分布

エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

0～20Hz でのエネルギーの分布

Energy distribution	0～1Hz	1～20Hz	0～20Hz
Wind turbine	61.3%	38.7%	100.0%
Iron mill	0.04%	99.96%	100.0%

風車音で 20Hz 以上の周波数を持っている音のエネルギーを集めても、風車音全体のエネルギーの 7%以下です。93*0.613＝57%ですから、風車音全体のエネルギーの 57%は 1Hz よりも周波数が低い部分に含まれています。交通騒音では、20Hz 以上の周波数を持っている音のエネルギーを集めると、交通騒音全体のエネルギーの 99%以上となります。

音の強さ

音場内の１点において、単位面積を単位時間に通過する音響エネルギーを音の強さ（I または J と書く）と言います。単位は、(W/㎡)

J＝（ｐ*ｐ）/（ρ ｃ）　　(W/㎡)

に注意して、音がマイクを通過するときの音の強さ(W/m2)を計算したものが次の表です。

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2

さらに、1/3 オクターブ解析で、リオン社前の道路の音、JFE の製鉄所内の音、千葉県館山市の風車音（強風時）、マイクに風を当てて測った神社での音、石狩湾近くの数か所で、風車群の音から計算した平坦特性での音圧レベルを比べてみると次の様になります。

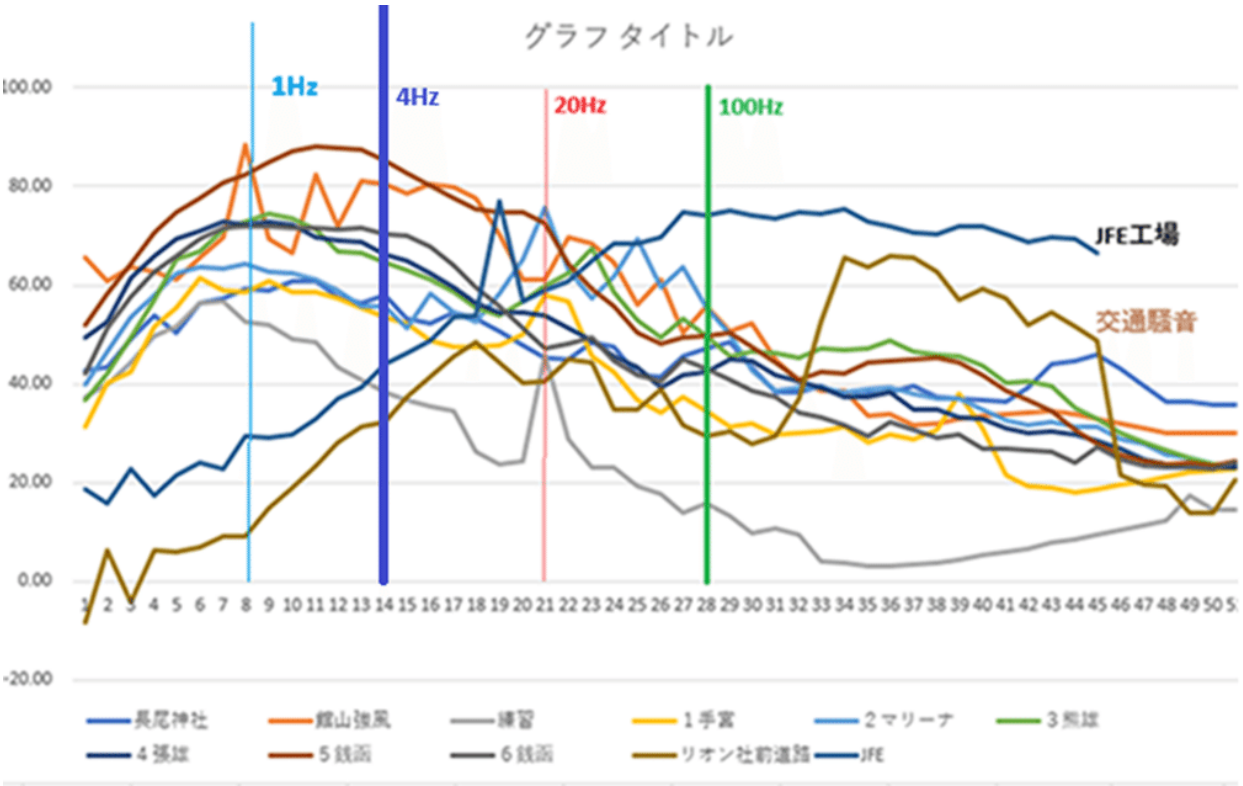
なお、番号と中心周波数（0.19Hz～20000Hz）の関係は次の表です。

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
中心周波数	0.19	0.25	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00

番号	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
中心周波数	10.00	12.50	16.00	20.00	25.00	31.50	40.00	50.00	63.00	80.00	100.00	125.00	160.00	200.00	250.00	315.00	400.00

番号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
中心周波数	500.00	630.00	800.00	1000.00	1250.00	1600.00	2000.00	2500.00	3150.00	4000.00	5000.00	6300.00	8000.00	10000.00	12500.00	16000.00	20000.00

20Hz は、21 番のところです。（1/3 オクターブ解析での平坦特性音圧レベルのグラフです。）



グラフの中央部分（8 番～33 番、1Hｚ～315Hｚ）の辺りでは、風車音は、全体として周波数が大きくなると音圧レベルが減少するが、交通騒音などは周波数が高くなると音圧レベルが上昇する。

8 番（1Hz）から 15 番（5Hｚ）辺りでの違いが大きい。これを風車からの超低周波音だと認めたくない人は

この部分を“風雑音”というのですが、風車音が発生する仕組みを考えて、詳細な周波数を確認すれば、離散的な特徴から風車の超低周波音だと分かるのです。

騒音として、20Hz 以上の成分だけを考えれば、一般騒音の方が A 特性音圧レベル（A）が高いのです。G 特性音圧レベル（G）（0.25～315Hz）を計算すれば、（距離にもよりますが）風車音の方が大きくなります。結果として、一般騒音は G が小さく A が大きいので G-A は小さい数値になります。
風車音では、G が大きく A が小さいので、G-A は大きな値になります。

G-A＞15 の場合は、風車音の影響が大きい

G-A＜10 の場合は、風車音の影響は小さい

と判断できます。

	G	A	G―A
手宮1、A＝43.69, G＝68.92	68.92	43.69	25.23
マリーナ2, A＝48.93, G＝85.08	85.08	48.93	36.15
熊碓3, A＝55.07, G＝72.34	72.34	55.07	17.27
張碓4, A＝43.31, G＝67.85	67.85	43.31	24.54
銭函5, A＝52.62, G＝87.06	87.06	52.62	34.44
銭函6, A＝40.5, G＝67.95	67.95	40.5	27.45
館山弱風、A＝49.09、G＝79.06	79.06	49.09	29.97
館山強風、A＝47.74、G＝82.92	82.92	47.74	35.18
神社、A=53.02、G=61.45	61.45	53.02	8.43
JFE製鉄所	81.42	81.88	−0.46
道路（リオン社前）	55.92	71.12	−15.20

更に重要なことは、継続する安眠妨害でのアノイアンス（不快感）に関して、A 特性音圧レベルが同じ値でも、交通騒音と風車音では被害の程度が全く異なります。

さらに、風車音での超低周波音は、f=RZ/60Hz＝0.5Hz～1Hz の音が特に高い音圧を持っているので、人間の体内の圧力を音圧の振幅と同じくらいの幅で強制的に変動させる。これは単なる圧迫感ではなく、圧縮と膨張が強制的に起きているので、圧迫感を中心としたアノイアンス（不快感）の主な要因となる。

可聴域の成分は他の環境騒音よりも低く、ラウドネス（うるささ）の観点から言えば、風車音の影響は微弱です。

従って、睡眠妨害での観点で言えば、風車音の問題は、超低周波音の問題であり、アノイアンス（不快感）の程度と関連が深いのは、風車音での最大音圧とその時の周期である。

全国 164 か所の風車（-4dB/Octave）

全国 164 か所の風車のグラフで、横軸の目盛りを線形目盛り、縦軸の目盛りをパスカル値にすれば、むかし調査された全国 164 か所の風車に於いて、よく似た性質を持っている風車音が計測されていたことが分ります。

知見①のグラフをよく見ると、白抜きで、-4dB/octave と書いてあります。
「ある音を基準として、周波数比が 2 倍になる音」を「1 オクターブ上の音」と呼んでいます。
周波数が２倍になると１オクターブ増える。１オクターブ増えると音圧レベルが 4ｄＢ減る。
周波数が２倍になる系列として、
0.5Hz、1Hz、2Hz、4Ｈｚ、8Ｈｚ、16Ｈｚ、…
上のグラフでは、1/3 オクターブバンド音圧レベル　の値を使っています。計算を簡単にするために、1/1 オクターブバンドに変換して考えます。

音圧レベルは、各周波数帯に属する音のエネルギーの合計で決ります。
0.5～１Ｈｚ、１～2Ｈｚ、2～4Ｈｚ、４～8Ｈｚ、8～16Ｈｚ、…でのエネルギーをｄＢ表示した値を使って、164 本の曲線が描かれています。

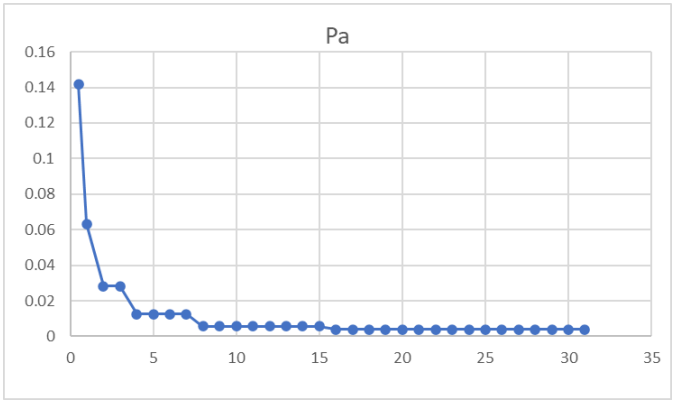
それらの中間をとった、白い斜めの線で言えば、下のような表になります。

Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
dB	74	70	66		62				58
Σ(Pa*Pa)	0.010048	0.004	0.001592		0.000634				0.000252
Pa*Pa	0.020095	0.004	0.000796	0.000796	0.000158	0.000158	0.000158	0.000158	3.15E-05
Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
Pa	0.141757	0.063246	0.028217	0.028217	0.012589	0.012589	0.012589	0.012589	0.005617

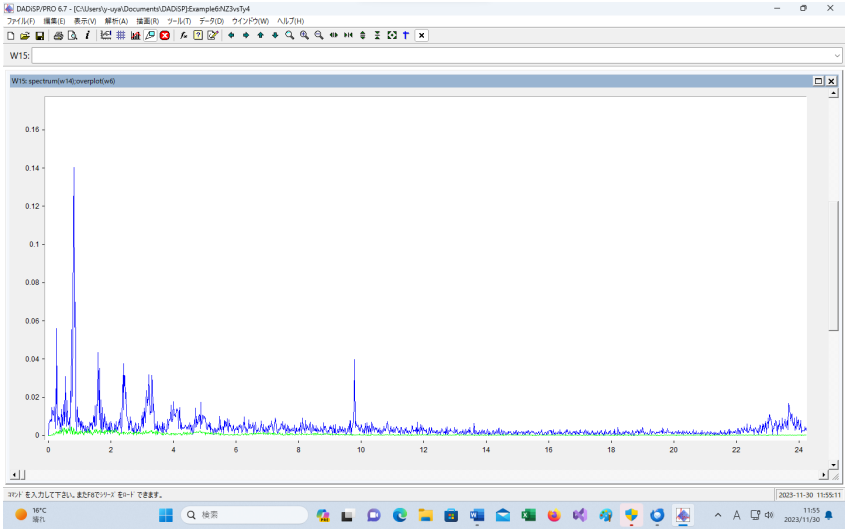
0.5Hz 以上、1Ｈｚ未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、74ｄＢ
1Ｈｚ以上、2Hz 未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、70ｄＢ
２Ｈｚ以上、4Hz 未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、66ｄＢ
４Ｈｚ以上、8Ｈｚ未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、62ｄＢ
…
です。
このエネルギーを、線形座標目盛りに従って均等に分配してから、対応するパスカル値に変換すると、表の一番下の数値になります。

図３のグラフを表にして、値をパスカル値に変換すればグラフは次の様になります。

Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa	Hz	Pa
0.5	74	0.0100475	0.020095091	0.5	0.141757
1	70	0.004	0.004	1	0.063246
2	66	0.0015924	0.000796214	2	0.028217
3			0.000796214	3	0.028217
4	62	0.000634	0.000158489	4	0.012589
5			0.000158489	5	0.012589
6			0.000158489	6	0.012589
7			0.000158489	7	0.012589
8	58	0.0002524	3.15479E-05	8	0.005617
9			3.15479E-05	9	0.005617
10			3.15479E-05	10	0.005617
11			3.15479E-05	11	0.005617
12			3.15479E-05	12	0.005617
13			3.15479E-05	13	0.005617
14			3.15479E-05	14	0.005617
15			3.15479E-05	15	0.005617
16	58	0.0002524	1.57739E-05	16	0.003972
17			1.57739E-05	17	0.003972



右側のグラフは、下のグラフの青い線とよく似た形です。



なお、緑の線は、風車が無い場所でマイクに風を当てて測った“風雑音”です。超低周波音の領域で比べる限り、風車からの超低周波音に比べれば、本来の風雑音は、計算誤差程度の大きさにすぎません。

これは、風車音の計測結果ですから、似ていて当然です。

また、100Hz から 4ｋHz の間では、

Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa	Hz	Pa
128	46	1.592E-05	1.24408E-07	128	0.000353
256	42	6.34E-06	2.4764E-08	256	0.000157
512	38	2.524E-06	4.92935E-09	512	7.02E-05
1024	34	1.005E-06	9.81206E-10	1024	3.13E-05
2048	30	0.0000004	1.95313E-10	2048	1.4E-05
4096	26	1.592E-07	3.88777E-11	4096	6.24E-06

Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa	Hz	Pa
1024	38	2.524E-06	2.46468E-09	1024	4.96E-05
1024	34	1.005E-06	9.81206E-10	1024	3.13E-05
1024	15	1.265E-08	1.23526E-11	1024	3.51E-06
2048	35	1.265E-06	6.17632E-10	2048	2.49E-05
2048	30	0.0000004	1.95313E-10	2048	1.4E-05
2048	12	6.34E-09	3.09549E-12	2048	1.76E-06

これと、窓による遮音効果を考えれば、

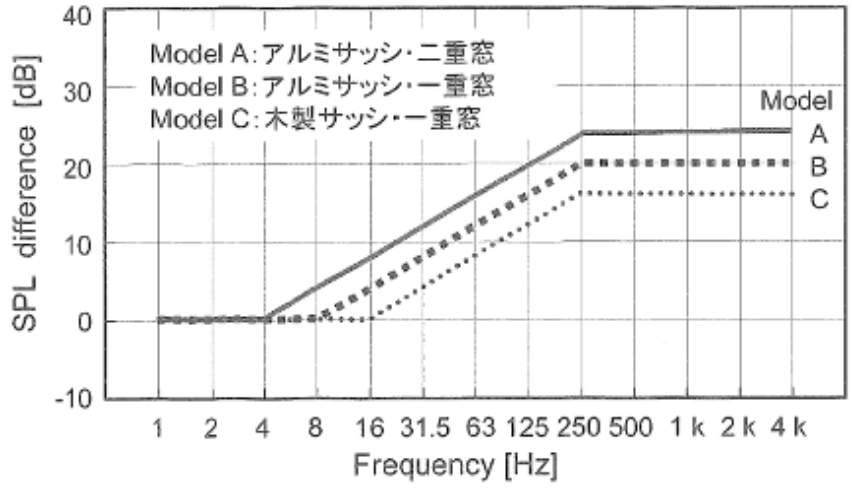
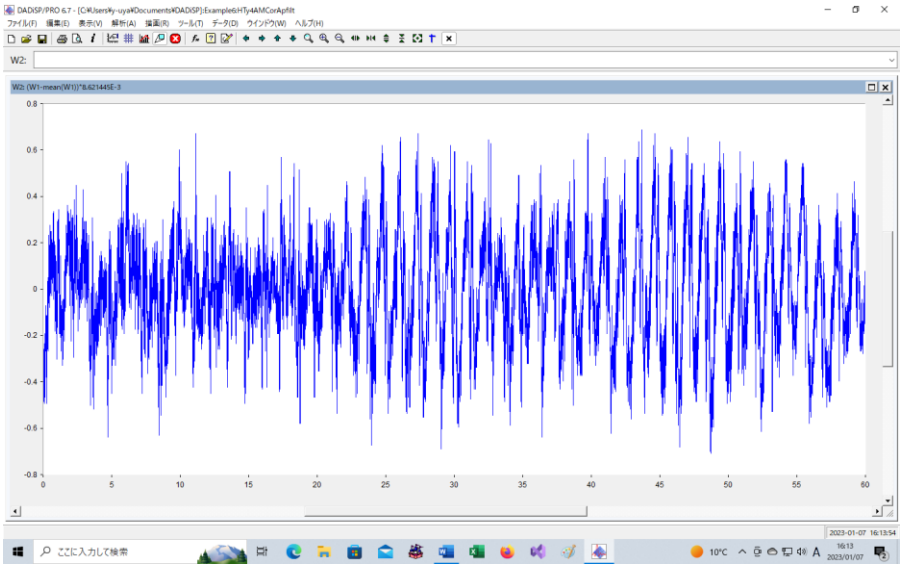


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

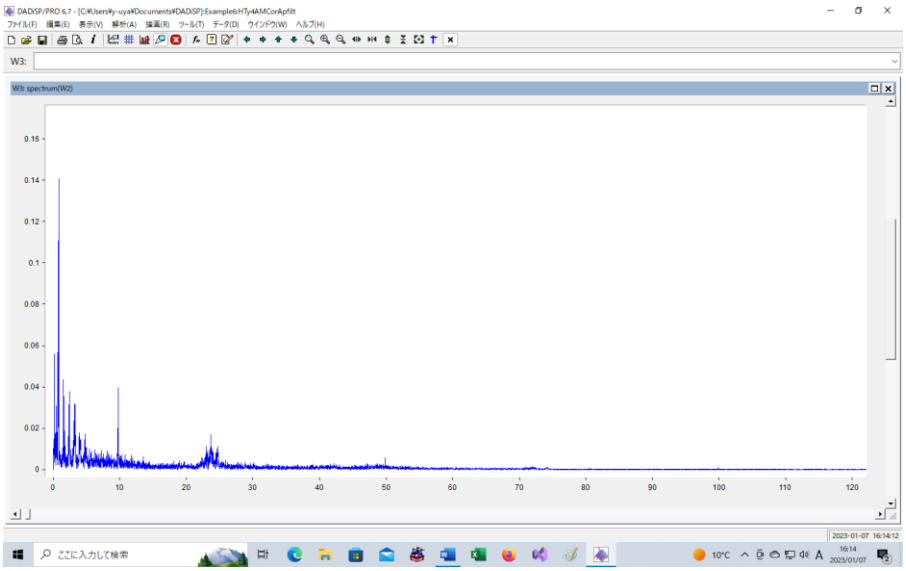
室内では、1ｋHz の音は、18ｄB 以下、２ｋHz の音は 15ｄB 以下だと考えられます。

周波数が高い部分の音圧は極めて低いことが分ります。この成分の振幅変調はありますが、元々小さく、防音効果が効くので問題ではありません。

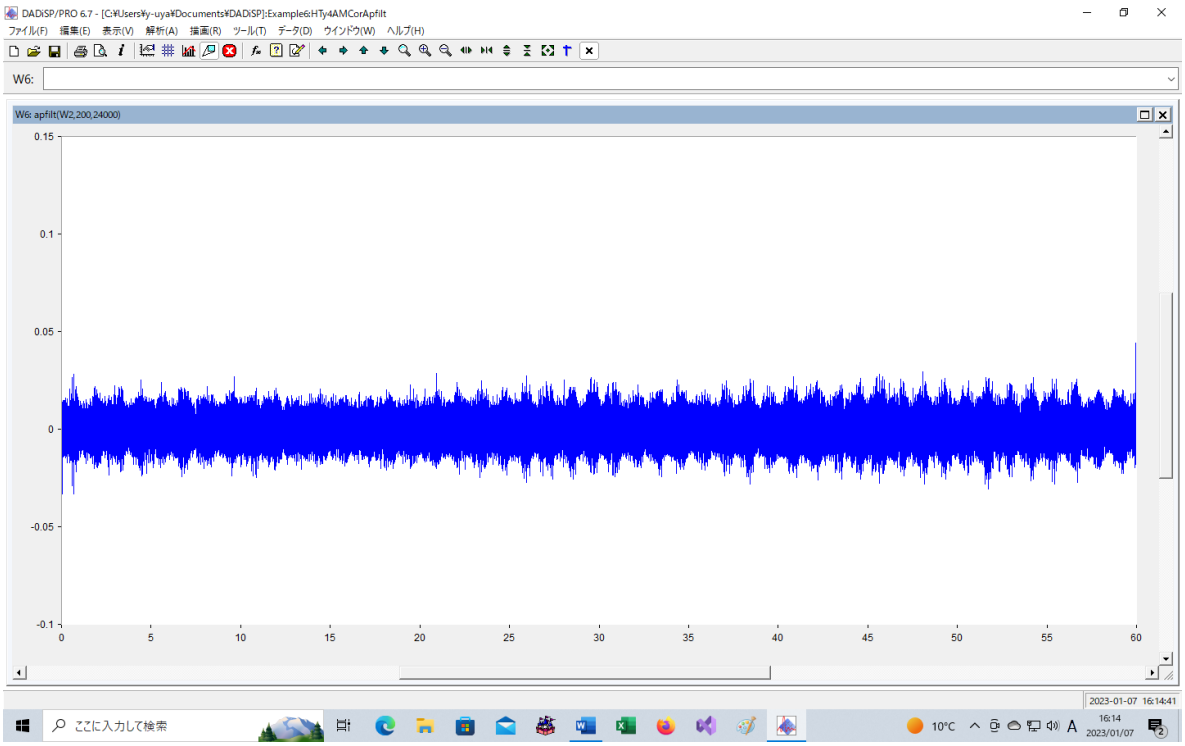
風車音を６０秒計測したデータを表すグラフは次のものです。（これが風車音そのものです。）



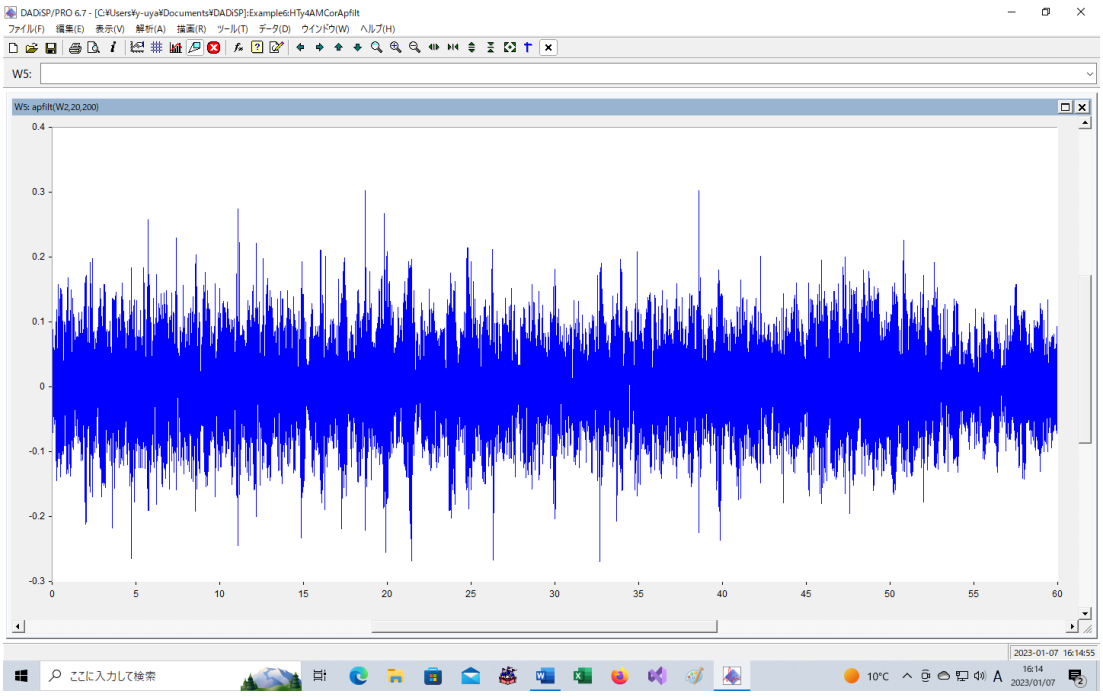
低周波部分を拡大した、周波数スペクトルは次のグラフです。50Hz 以下の成分が大半を占めています。このグラフからも、200Hz 以上の成分は、微弱なものであることが分かります。



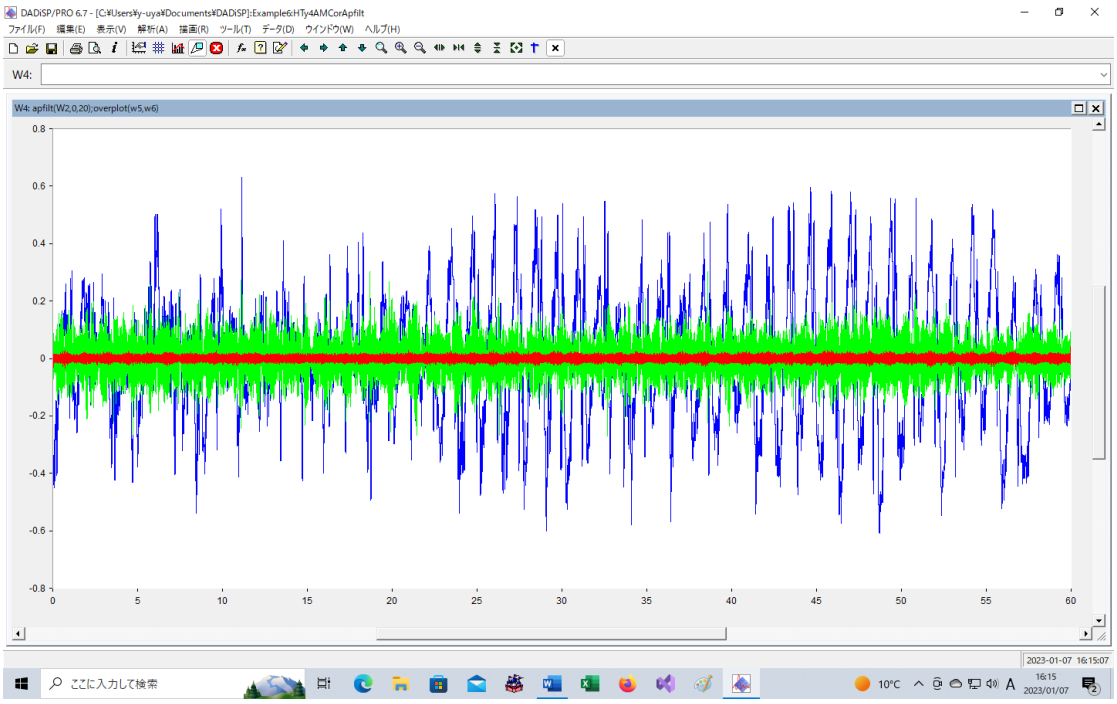
FFT は逆変換が出来るので、元の波形から、200Hz～24000Hz の成分を取り出しました。確かに、振幅が変動しています。



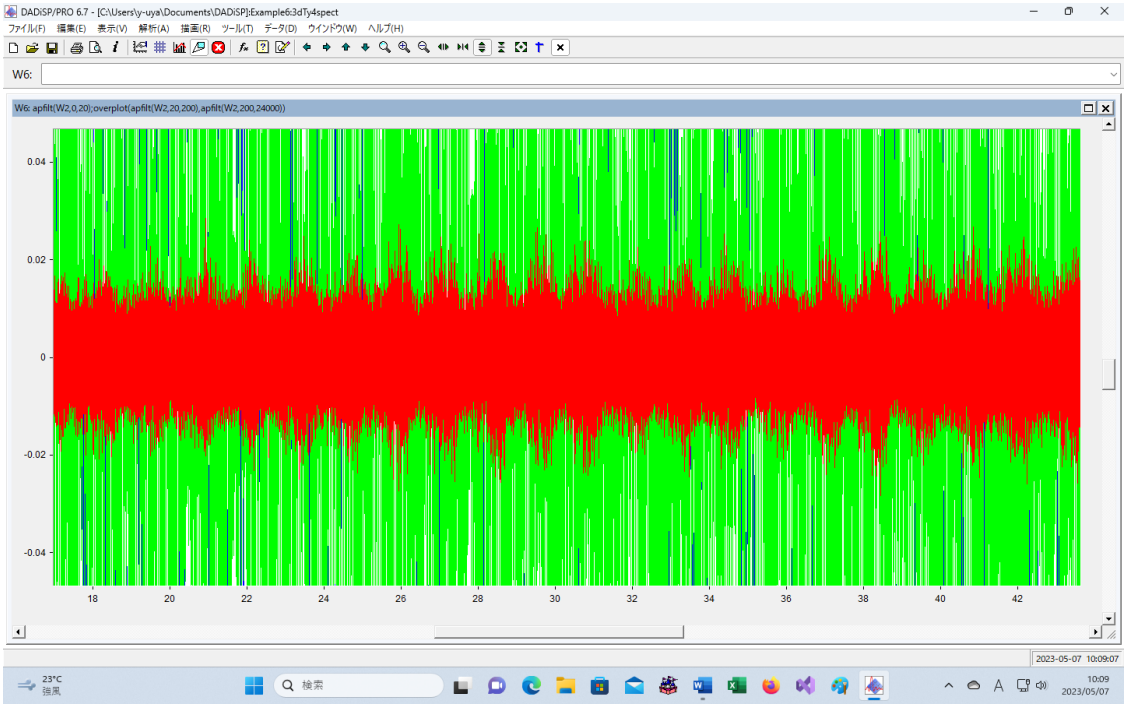
同様に、20Hz～200H z の成分を取り出しました。



同様に取り出した、0Hz～20H z の超低周波音成分を青で、20Hz～200Hz の成分を緑で、200Hz～24000Hz の成分を赤で、重ね書きしてみました。高い音圧を持っているのは、超低周波音の成分であることが分かります。赤い部分の 200Hz 以上の成分は、他の成分に比べて、極めて弱い音であることが見て取れます。



赤い部分を拡大すれば、振幅変調も見て取れますが、周波数が高いので、防音窓で防げると考えます。
事論、屋外と屋内で精密騒音計を使って、0.01Hz 刻みの周波数で調べて、比較してみることが必要です。
さらに、A 特性音圧レベル（２０Hz～）が同程度の交通騒音が存在する場所でも、同じ計測をして、比較してみることも必要です。



赤の部分は、微弱で周波数が高いのですから、部屋の中で窓を閉めて、24ｄＢ程度の減衰があることを考えれば、室内での被害の原因とはなりません。超低周波音（0Hz～20Hz）の部分は、エネルギー透過率が高いので窓を閉めても、7ｄＢ程度の減衰しか期待できませんので、室内での被害に関しては、この影響は無視できません。

日本家屋は、固有振動数が 1Hz 程度であり、大型化する風車から出てくる音の音圧が最大となるのは、1Hz よりも低い周波数となっているのです。しかも、風車音のエネルギーの 93%以上を超低周波音が持っているのです。

検討会報告書　p 8

また、落合（2013）(7)によれば、風力発電施設周辺で苦情を申し立てている住居における内外音圧レベル差を測定した結果で、窓を閉めた状態の A 特性音圧レベルにおける内外音圧レベル差は 11～18dB 程度、やや特殊なケースであるが玄関扉を開放した状態でのレベル差は 7 dB 程度となった。「騒音に係る環境基準」における基準値の設定にあたっては、我が国の一般的住居の遮音性能（騒音レベルで評価した内外音圧レベル差）として、窓を閉めた状態で 25dB、窓を開けた状態で 10dB が想定されており、他の騒音と比較して風車騒音の屋内外のレベル差が小さいことを示している。一般に低い周波数ほど遮音されにくいことが知られており、風車騒音に関しては、より低い周波数成分の割合が大きいことから、遮音による屋内外のレベル差が小さくなっていると考えられる。そのため、他の騒音があまりない静穏な環境においては、風車騒音は、屋内において通常の騒音より相対的に聞こえやすくなる点に留意が必要である。

検討会報告書　p 28

イ．調査機器等

調査機器は、基本的に騒音計(サウンドレベルメータ)、防風スクリーン及びデータレコーダないしレベルレコーダで構成される。最近では、騒音計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。

風力発電施設周辺の地域は一般に風が強いことから、残留騒音を測定する際に風雑音の影響をできるだけ避けるため、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。

なお、風雑音の影響を最小限にする例として、推進費研究(5)では、市販されている 20 cm 径防風スクリーン(直径 20cm、ウレタンフォーム製)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（1/2 inch コンデンサーマイクロホン）を挿入して、風車騒音及び残留騒音の測定を行っている（図 11）

これに関しては、風車から 20ｋｍ離れた場所と、風車のすぐ近くで、風速が同じ時にマイクに風を当てながら計測したデータを比較すれば、疑問点はすぐに解決します。

グラフでの 1 Hz での音圧レベルは、50～80ｄB です。これは、二重防風スクリーンを付けて計測した値です。

二重防風スクリーンを使うと、1Hz では 38ｄB 程度の減衰があるので、この減衰を取り除けば、88～118ｄＢ程度の音圧レベルになります。

普通の家の窓では、超低周波音が減衰することは無いので、室内では、88～118ｄＢの音圧レベルになっていたと考えられます。

聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値

日本語の単語を適切に使用する必要があります。**いつの間にか摩り替えられる言葉として、聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値の３つがある。**

聴覚閾値は、耳で聞いて、聞こえるか聞こえないかの境目と理解できるが、

感覚閾値の感覚は、聴覚による音の感知、指先の皮膚などでの触覚、半規管、耳石器での揺れや加速度の感知、内耳の前庭器官による気圧の変化の感知能力、などが考えられるが、それらの全てを意味しているのか、他の感覚をも意味しているのかが不明である。多様な感覚の閾値を決定できるような実験は誰がどのように行ってどのような評価を受けているのかを明確にする必要がある。

知覚閾値にいたっては、知覚とは、感覚器官への物理化学刺激を通じてもたらされた情報をもとに、外界の対象の性質、形態、関係および身体内部の状態を把握するはたらきのこと。感覚と知覚の概念に含意されている意味は、それらの概念の研究史と密接な関係を持っている。

風車音の被害を把握するには、9 つの観点が必要です。
音がうるさい
0.5Hz～2Hz 辺りの音による人体に対する強制的な圧縮膨張
圧迫感や吐き気などによる不快感
直接的な健康被害としての頭痛
音が原因の建具や床のガタツキを感じる
夜間の光（航空障害灯）による安眠妨害
風車の陰によるイライラ
風車振動の地中伝搬　（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）
音源としての風車の形と距離減衰
です。
どれが起きても、睡眠を妨げられます。

音でなくても、風車からの強い光（航空障害灯）が窓から入れば、眠れなくなる人も出ます。音ではありませんが風車の影響で安眠妨害が起きるのです。

音がうるさくて眠れない。これは、聴覚で感知した風車音の影響です。

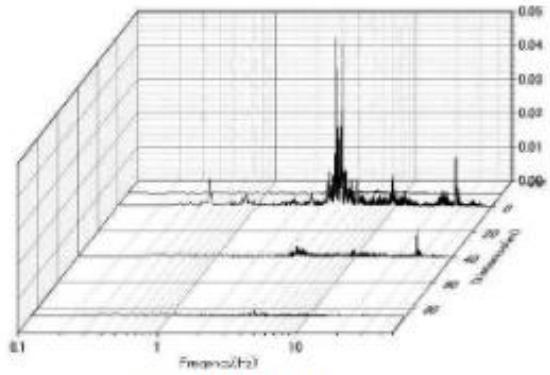
周波数が低くなると、耳で音を感知するのは難しくなります。聴覚で感知できるか出来ないかの境界が聴覚閾値です。

人間には、耳の他にも、いろいろな感覚器官があり、うるさい、圧迫感がある、頭痛がする、暑い、寒いというような感覚を覚えます。耳では感知できない風車音の影響を他の感覚器官で、うるささ以外の形で感知することがあります。圧迫感を覚えるのは、耳ではありません。風車音による建具や床の振動を感知するのは、耳ではありません。

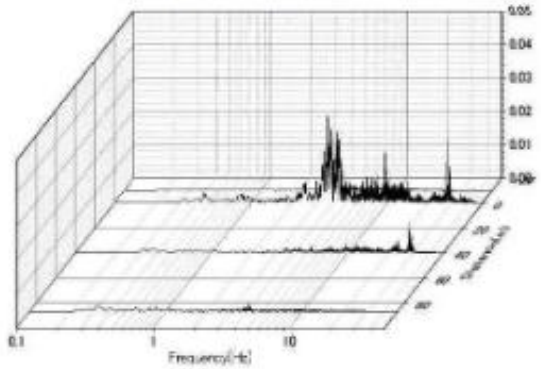
風車音はいろいろな形で、人間に影響を与えます。その影響は色々な形で感知されます。風車音の影響がどれかの感覚器官で感知されるか、どの感覚器官を使っても感知されないかの境界が、感覚閾値です。

ガタツキも風車音の影響で起きる場合がある。また、風車からの振動が地中伝搬として伝わり、それを感知する場合もある。

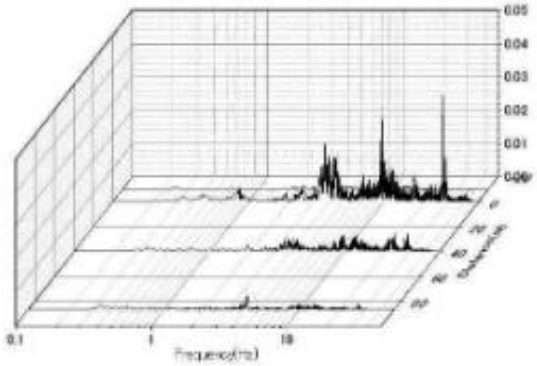
・大型風車による地盤振動伝播　（小野寺 英輝）



(a) *x*-direction

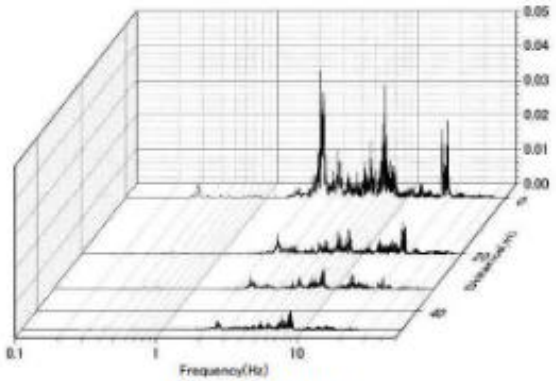


(b) *y*-direction

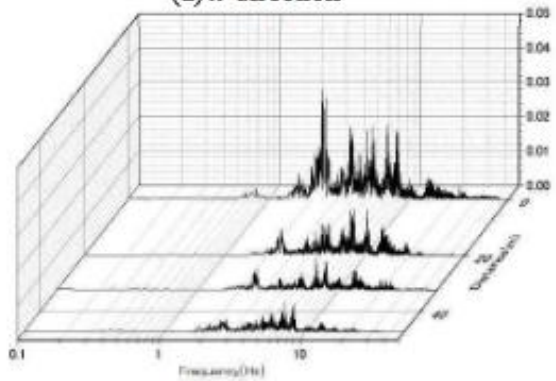


(c) *z*-direction

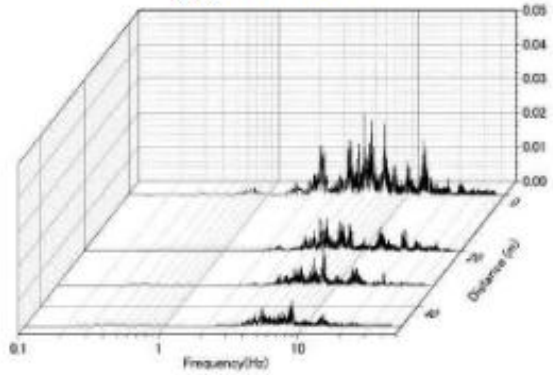
Fig.1 FFT frequency profile by the distance(III)



(a) *x*-direction



(b) *y*-direction



(c) *z*-direction

Fig.2 FFT frequency profile by the distance(IV)

3-2. アノイアンス問題発生地域での計測

風車近隣(それでも数百 m 離れている)住民が申告する被害と地盤振動の伝播との関連に関して具体的な状況を知るため，当該地域へ赴き，ヒアリングと地盤振動の計測を行った．計測結果の一例を図 5 に示す．(a)は，これまでに計測を実施した第 1，第 2 地域における計測結果の代表例，(b)が今回計測したアノイアンス問題申告のある地域での結果を示す．

(b)では，微細な変化の観察を容易とすることを目的に縦軸を(a)の 200 倍としてある．ただし，(b)を(a)と同じ

スケールの縦軸にすると振幅データは，およそ 10Hz 以上の領域を除けば，値の上下はほとんど観察されない．なお，図中のギリシャ数字は前記の表１にある風車の略号を示す．ただし，それぞれの計測個所までの距離は，表 1 に示した通り一定ではない．これらのうち，**最大のピーク値を示すⅤの場合の振動加速度は 8.9×10-2(Gal)，アノイアンスの申告があったⅥの場合，6.7×10-6(Gal)で，数値的には非常に小さくなっている．なお補足であるが，震度 1 の最小値は 0.6(Gal)である．**

次に，これまでの計測結果とヒアリング内容を対照してみたい．ヒアリングによると，風車の稼働に伴う体調への影響は，ある限定された状況で，強度が増すという申告を得た．今般のヒアリングにおいては，具体的には以下の 3 項目が挙げられた．

１． 雨の日には 24 時間強い不快感を感じる

２． 水田にいると楽になる

３． 冬がひどく，夏はいくらかよい

今回の計測時は，数日前に降雨があったものの，地表は完全に乾燥していた．従って，上記申告に基づくと，やや症状が軽い状況になる．なお，伝播途中の土質の変化，あるは振動の面的分散によるものかは不明であるが，Ⅵの場合に，x 方向の振動振幅が他と比して若干大きくなっていたので，他のデータについても，x 方向の計測結果を用いている．

計測データを見ると，Ⅲでは，Ⅳ．Ⅴと比較して 0.1～2Hz の範囲の振幅値も大きくなっている．この領域の振動は，俗にいう船酔いの原因となる振動(揺動)周波数(8)に近接している．風車から直線距離で 950m 離れたⅥに関しても距離減衰に伴い値は非常に僅かであるが，振動特性は類似しており，これも，およそ 1Hz 以下で上昇がみられる．Ⅷに関しては，0.08Hz 程度以下での上昇があるが，他の 2 つに比してその傾きは小さい．

周波数が大きい側の領域をみると，Ⅲ,Ⅴでは 0.3～20Hz の範囲で値の上昇がみられるのに対し，Ⅳでは 8～40Hz,Ⅵでは 10～40Hz,Ⅶでは 7～50Hz,風車近傍のⅧでは 0.9Hz～となっている．

これらのうち，アノイアンス申告が顕著であったのがⅥ関係地域であり，次いでⅧ地（民間の作業所）であるが，後者は風車に近接していることから，一般の空力騒音によるものではないかと考えられる．

一方，Ⅵで非常に特徴的な性状として，１Hz 以下でデータが周波数の変化とともに明白に波打っている．

この結果は，空振における翼後流とマストの干渉音に対応(8)していると思われるが，値は干渉周波数(1Hz 程度)と比して小さく，地盤特性による変化とも考える余地もある．したがって，今後，空振と地盤振動の波形の周波数の相互対照により共鳴などの可能性も検討する必要がある．

さて，前記３項目に関して，もし**アノイアンスが風車周りで発生した場合，原因を地盤振動に求めると説明が可能になる．即ち，前述の伝播特性から，雨天では土が締まり振動を伝えやすい，冬も地盤温度が下がり，粒子が密着するので，振動が伝播しやすい．一方，水田に関しては，地盤が濡れているので，振動は大きくなりそうであるが，水田の泥濘は基盤までの部分のみが水に浸っており，その下の地盤は濡れの量は非常に少ない．したがって，地盤内の伝播量は比較的少なく，表層の泥濘は人間(の足)と基盤間のクッションになり，振動伝播が弱まる．**

夏に関しても地層が膨張し，粒子の密着度が下がるので振動の伝播がしにくくなるという説明ができる．

ただし，これまで述べてきたとおり，振動の振幅自体は常時微動に十分に近いレベルであり，振動単独での影響は非常に限定的と思われる．したがって，アノイアンスとの関連で繰り返してきた通り，空振との相互作用に関しても調査する必要があろう．

・聴覚以外での影響の感知（がたつき閾値）

人と物では低周波音に対する感度に違いがある

人と物では，低周波音に対する感度に違いがある



建具の低周波音に対する反応は，低い周波数（20Hz以下程度）では人の感度より良く，揺れやすい窓や戸では，低周波音の主要な周波数と窓の揺れやすい周波数が一致（共振）すると，人が感じるより低い音圧レベルでがたつく場合がある。

低周波音の建具などへの影響は？

建具の低周波音に対する反応は、低い周波数では人の感度よりも良く、揺れやすい窓や戸では、5Hzで70dB、20Hzで80dB程度の低周波音によってがたつく場合があります。

館山の風車騒音の解析では、1/3 オクターブ解析を、ISO7196 に従って調べると次の表になります。

W15: transpose(w12)

	1: No Units	2: No Units	3: No Units	4: No Units	5: No Units	6: No Units	7: No Units
1:	54.727250	62.381626	54.976763	56.733648	58.610999	77.287140	64.371465
2:	0.250000	0.315000	0.400000	0.500000	0.630000	0.800000	1.000000
3:							

でも、

表１　低周波音による物的苦情に関する参照値

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

0.8Hz では、77.287140（ｄB）ですが、参照値がありません。

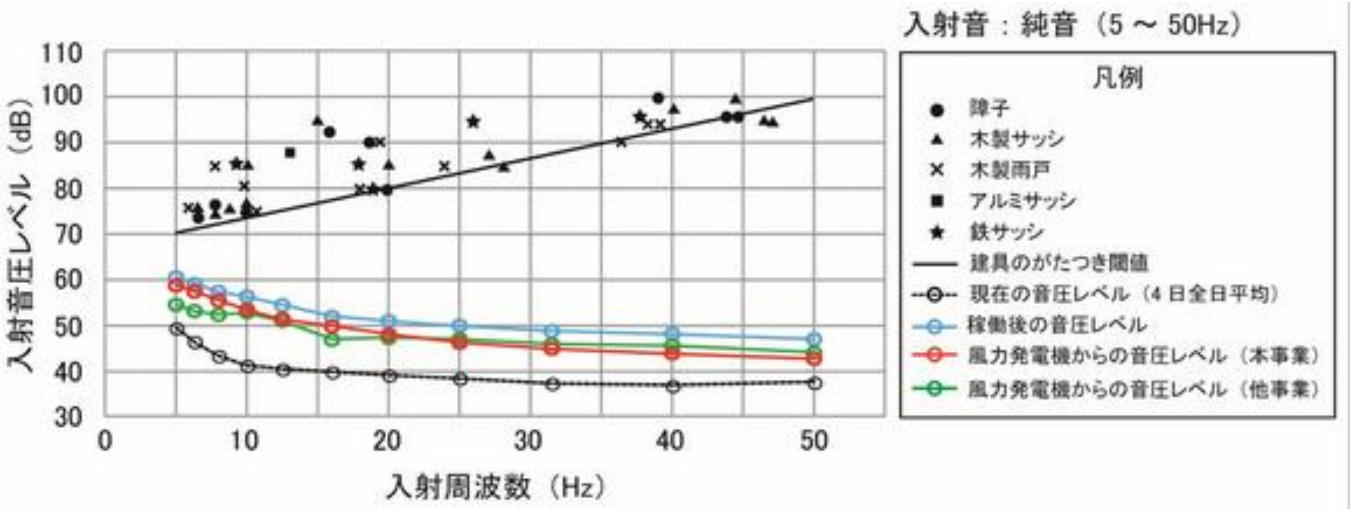
“ある周波数の低周波音が、その値以上であれば、その周波数の低周波音が苦情の原因である可能性が高い”

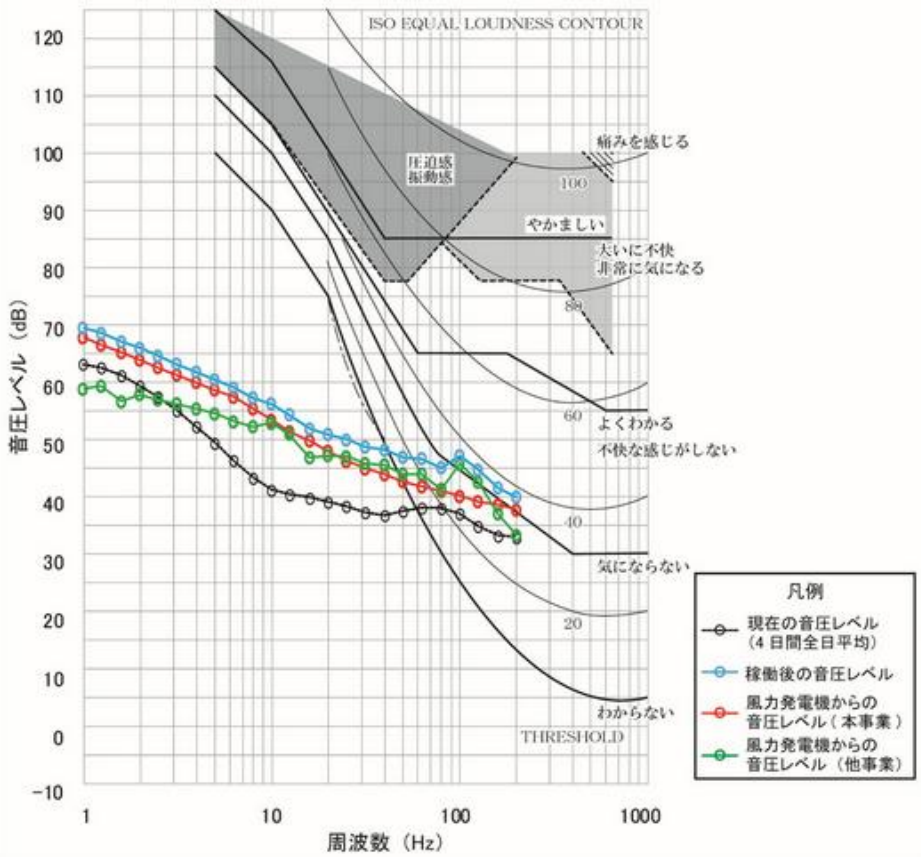
と書いてあるのだが、5Hz よりも低い周波数についての値が無いのです。参照値以下か否か判断できません。

しかし、日本の家屋の固有振動数が 1Hz 程度であることや、低周波音による物的苦情に関する参照値については、周波数が低くなると参照値も小さくなる傾向ははっきりと認められます。

このことから、0.8Hz で 77.28714 デシベルと言う値は、将来、がたつき閾値が 0.8Hz の周波数に対しても決定されたならば、がたつき閾値をはるかに超えていると結論できる、との推測ができます。表の減少傾向と見れば、0.8H ｚでのガタツキ閾値は、60～65ｄＢ程度だと予想出来ます。

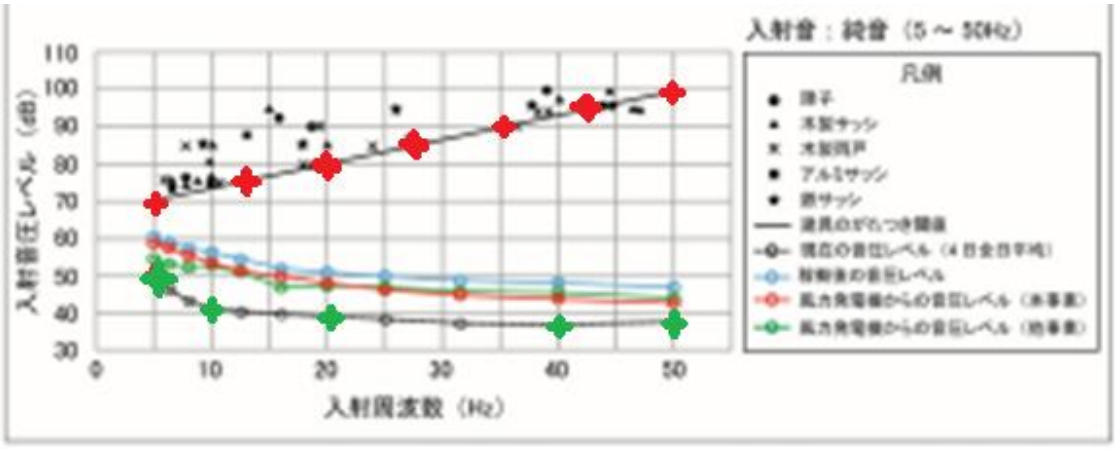
ある企業が、準備書の中で次の資料を見せてくれました。資料には、２つのグラフがありました。





上のグラフを根拠に、がたつきは生じませんと言いました。下のグラフをもとに、**圧迫感・振動感を感じる音圧レベル**との比較を行い、圧迫感や振動を感じることは無い。と説明しました。

２つのグラフの対応する点に印をつけました。直線上の赤い点と、曲線上の緑の点です。



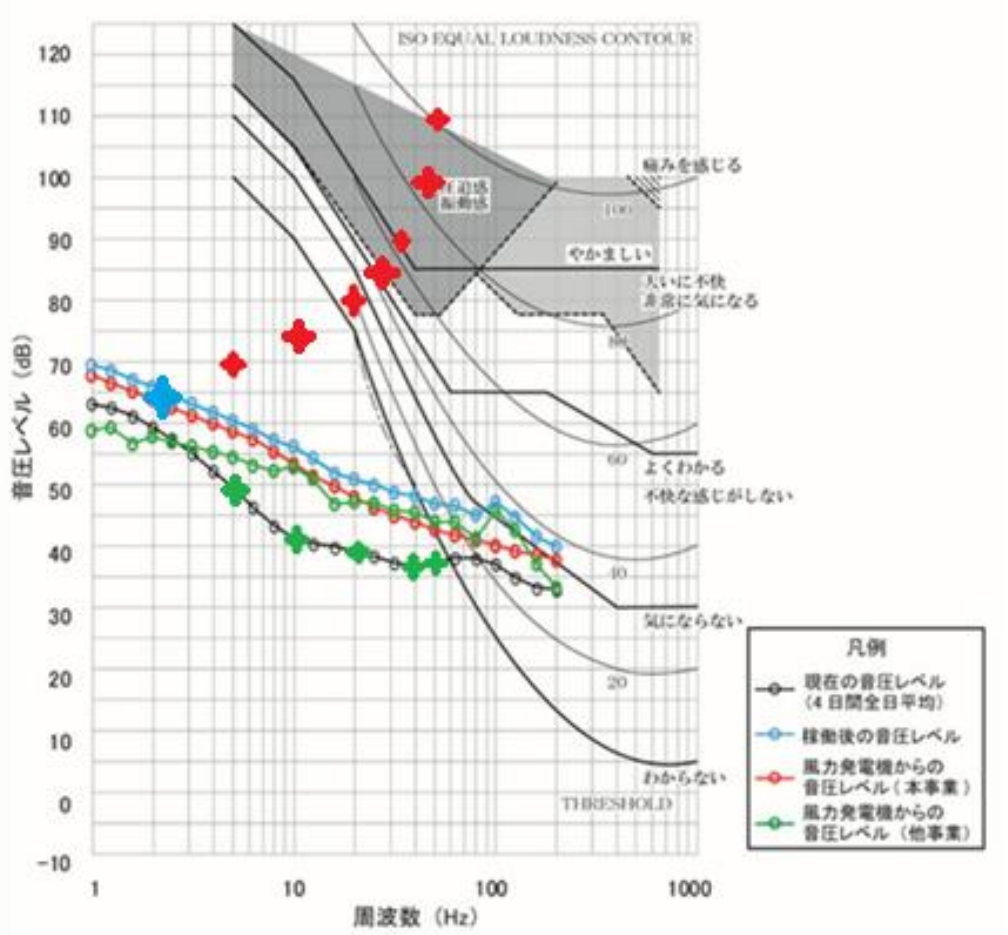
出典：「低周波音の測定方法に関するマニュアル」（環境庁大気保全局、平成12年）より作成

図 10.1.4-7(1)　建具のがたつきが始まるレベルとの比較結果

（環境－①：春季全日平均）

上のグラフでは5Hzまでしかなかった曲線が、下のグラフでは１Hzまで伸びています。

上の図の直線に当たるものが消えていますので、赤い印を追加しました。赤い印は、がたつき閾値に対応します。



この結果から、2Hz（65ｄB）辺りで、がたつきが起きると考えられます。そうすれば、人間は聴覚以外の感覚も持っていて、三半規管もあるので振動そのものも感じます。

このことは、超低周波音を聴覚では感知できなくても、がたつきとして感知できることを意味しています。煩くて目が覚めても、がたつきで目が覚めても、どちらも風車音が原因での安眠妨害なのです。

・大型風車による地盤振動伝播*

―立地環境による差異―　小野寺 英輝**

に関する検討も必要である。

１．はじめに

環境問題への関心の高まりと共に，大型風車への期待も高まっている．しかし，我が国での系統連系した風車による発電量は，全体の 0.6%（2017）にすぎず，低環境負荷という観点からも増加が期待される．その一方で近年，大型風車の運転に起因する低周波音(空気振動；周波数 20～100Hz 程度)に関する問題も認識されてきた．ただし，この空気振動は，距離により指数関数的に減少するので，大型風車による騒音はアノイアンス(不快感)はあるにせよ，受忍限度内とした判決がある(1).

しかし，健康被害の訴えが存在すること自体は否定できない(2)．この事実は，減衰率の大きい空気振動(空振)だけではなく，距離による減衰が空気中に比して少ない，地盤内の振動伝播も検討すべきではないかということを示唆する．

地盤振動には，第一に地震波があり，当然，数多くの研究がある．しかし，地震波は孤立波の減衰振動であり，周期的変動を扱っているわけではない．

また, 風車ナセルあるいは翼からの空力騒音の伝播に関しての研究もあるが, 地表への吸収に関してのもので(3), 長い距離の地中伝播の面からの検討はなされていない．一方，風車が誘起する地盤振動の伝播に関する研究もあるが，水平方向の振動伝播特性に限られている(4).

上記のように大型風車起源の低周波騒音の存在自体は把握されているが，空振を軸とした検討であり(5)，地盤の振動励起を起源とする波の伝播という観点での研究はほとんどない．

地盤振動は，直接的に身体に感覚的に察知されるものであり，空振だけでなく風車の誘起する地盤振動の特性調査も学術的に重要であろう．

と述べられている。

・家屋の固有振動数とガタツキ

気象庁の HP の解説では、

長周期地震動って何？

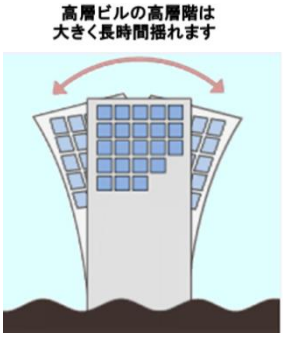
地震が起きると様々な周期を持つ揺れ（地震動）が発生します。ここでいう「周期」とは、揺れが１往復するのにかかる時間のことです。南海トラフ地震のような規模の大きい地震が発生すると、周期の長いゆっくりとした大きな揺れ（地震動）が生じます。

このような地震動のことを長周期地震動といいます。

建物には固有の揺れやすい周期（固有周期）があります。地震波の周期と建物の固有周期が一致すると共振して、建物が大きく揺れます。

高層ビルの固有周期は低い建物の周期に比べると長いため、長周期の波と「共振」しやすく、共振すると高層ビルは長時間にわたり大きく揺れます。また、高層階の方がより大きく揺れる傾向があります。

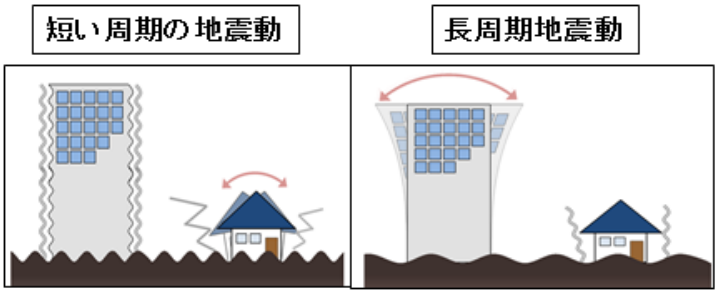
長周期地震動により高層ビルが大きく長く揺れることで、室内の家具や什器が転倒・移動したり、エレベーターが故障することがあります。



長周期地震動による高層ビルの揺れ方

長周期地震動により高層ビルがどのように揺れるかを分かりやすく解説したアニメです。

短い周期の地震動と長周期地震動による揺れとの違い



高層ビルは、短い周期の揺れは、「柳に風」のように、揺れを逃がすよう柔らかくできていますが、長い周期の揺れがあると共振してしまい、大きく・長く揺れることがあります。

ビルの高さによる揺れの違い

建物の揺れやすい周期（固有周期）は、高さによって異なり、一般的に高いビルほど長い固有周期をもちます。同じ地面の揺れでも、建物の高さによって揺れ方は異なります。また、地面の揺れの周期と建物の固有周期が一

致すると、その建物は大きく揺れます。

となっています。

ダイワハウスの PH　の解説では、
　建物の固有周期はどのように決まるのでしょうか。
「“建物の固有周期”とは、その建物が 1 回揺れる時間の長さで、建物の高さや固さによって決まります。一般に、建物が高いほど長く、低いほど短くなります。30 階程度の超高層建物では 4～7 秒程度で、10 階程度だと 0.5～1 秒程度と言われています。
通常の地震は揺れの周期が短いため、固有周期の短い低いビルや戸建て住宅は共振しやすく、超高層ビルは共振しにくいとされています。逆に、4～7 秒の長周期地震では、超高層ビルや石油タンクも影響を受けます。2003 年の十勝沖地震では、長周期地震で石油タンク内の液体が共振して激しく揺れ、タンクの浮屋根を動かして火花が発生、あふれた石油に引火して火災が発生したことで、長周期地震が注目されました」と、近藤は語ります。

となっています。
たとえば、4～7 秒の長周期地震だと、１秒あたりの揺れの回数は、０．２５回から０．１４回となります振動数は 0.25Hz から 0.14Hz ということになります。

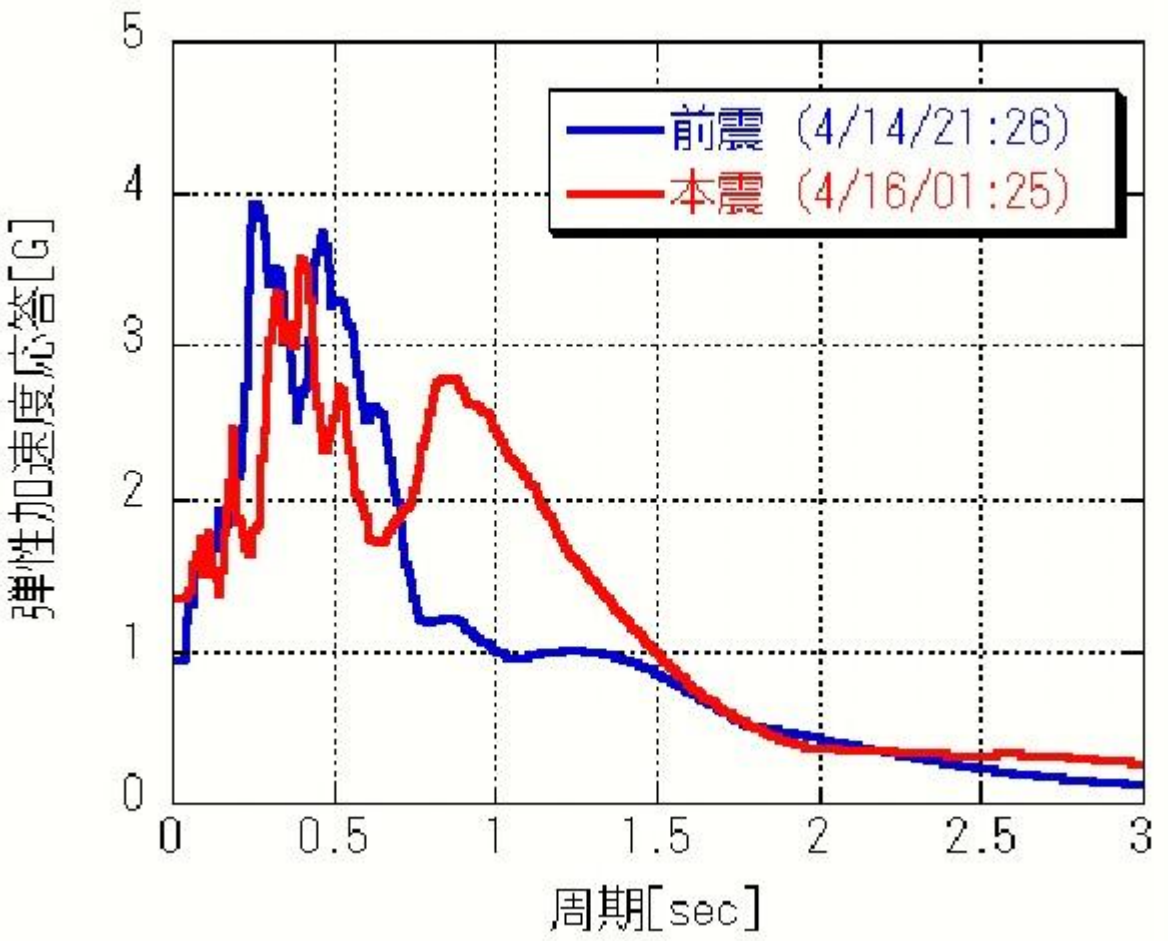
　さて、“５Hz で７０ｄB、２０Hz で８０ｄB”で建具がゆれやすいと言うことですが、
普通の住宅はどの程度の周期的な刺激があれば揺れ易くなるのでしょうか？
　熊本地震で倒壊した建物の調査から、それは、0.5Hz から 1Hz だと分かります。
もちろん、家は建具より大きく、高層ビルよりは小さいので、5Hz から 0.25Hz の間であることは明白です。

　熊本地震の被害に関しては、
次の、秋山英樹による研究報告があります。

熊本地震はナゼ被害が大きかったのか　　2016 年 6 月 29 日
グリーンレポート
4 月 14 日の熊本大地震について、地震の専門家ではありませんが、テレビなどマスコミでは分かりにくいことについて解説してみます。
最初の地震は前震ということでしたが、最大震度が 7、マグニチュード 6.5 と地震の大きさを示すマグニチュードの割には震度が 7 と大きかったのは震源が浅かったためです。揺れが大きかった割には朝になって全貌がテレビで確認できたときも被害は思っていたほどではありませんでした。
そして深夜に起きた本震が最大震度 7、マグニチュード 7.3、一夜明けた全貌は前の日とは大違いで多くの建物が崩壊した悲惨な状況でした。
マグニチュード 7.3 は阪神大震災に匹敵する地震で、前震の 6.5 の 16 倍にも達するということです。今回の地震は、阪神大震災と同様活断層の横滑りという現象で長さ 50ｋｍの断層が水平方向に最大 1.8m、垂直方向に最大 70ｃｍずれたということでした。航空写真でよく分かります。



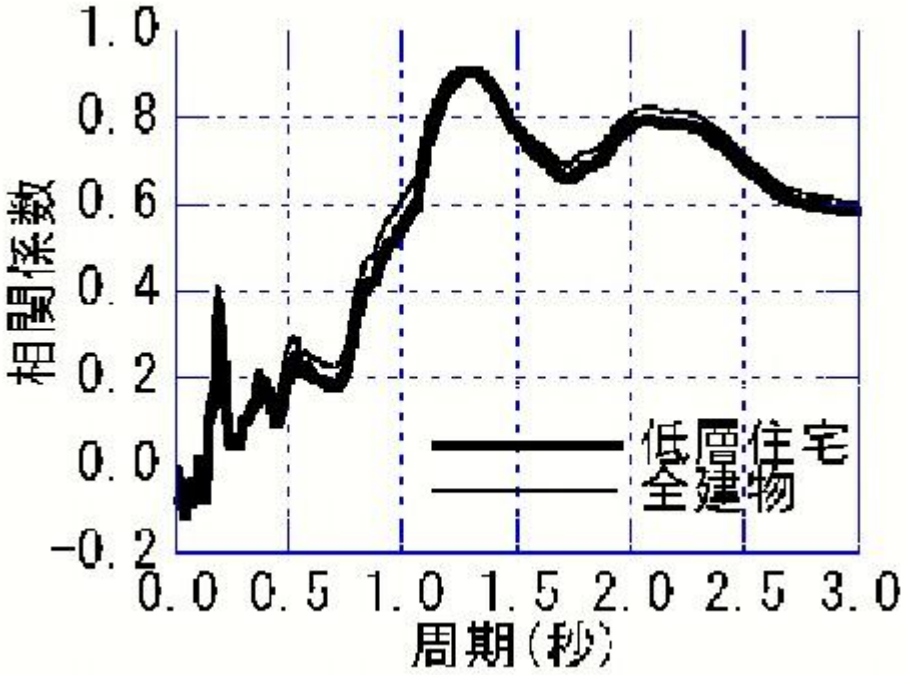
益城における前震と本震の地震の性格をみると下図のようになります。



この揺れ方の違いが建物の崩壊率を高めている原因の一つなのです。

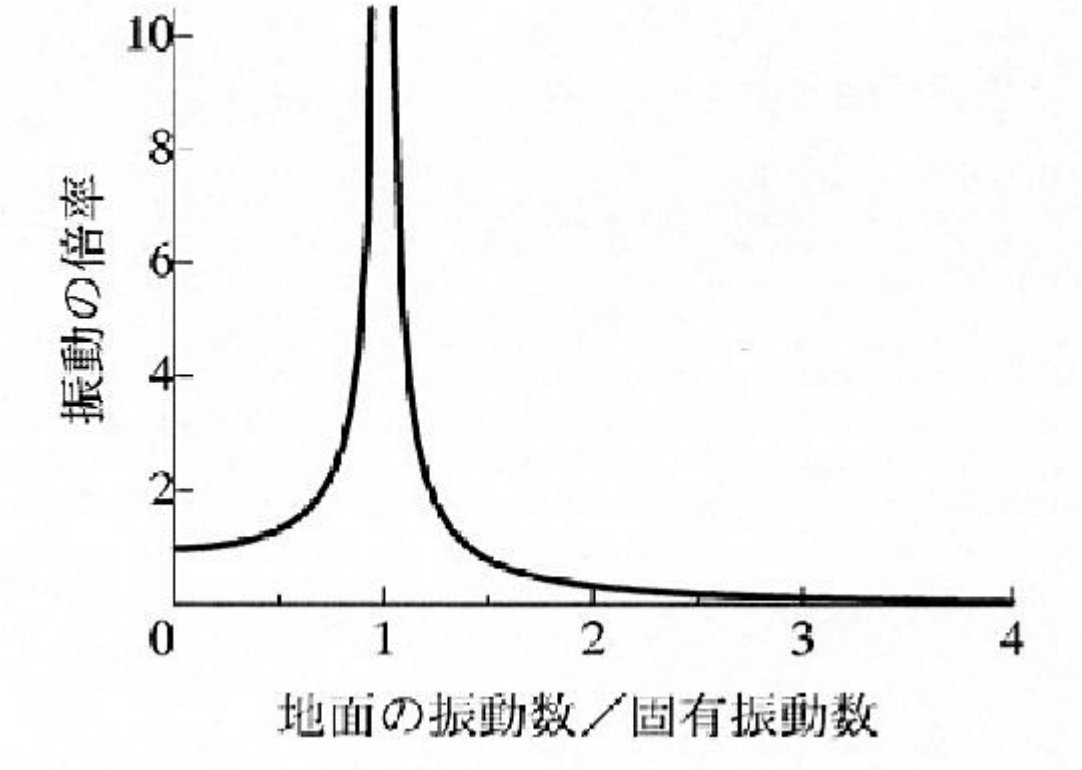
下記の図は日本で起こった様々な地震について何秒の揺れの強さが実際の建物被害と対応しているかを示した

ものです。縦軸の相関係数が大きな値の周期が建物被害と対応していると言えます。



これを見ると大ざっぱに言って、1-2 秒という 0.1-1 秒より長い周期の揺れの強さが実際の建物被害と対応していることがわかります。

熊本地震では揺れの大きな前震で、建物の固有周期が短い低層の木造建物（ユラユラと動かない堅い建物：固有周期が 0.2～0.5 秒）の柱や梁との結合が緩み固有振動が 1 秒ほどに長くなるのです。そこに、1 秒ほどの周期の本震に見舞われ、共振現象により地震エネルギーは倍増し崩壊につながってしまったと考えられます。

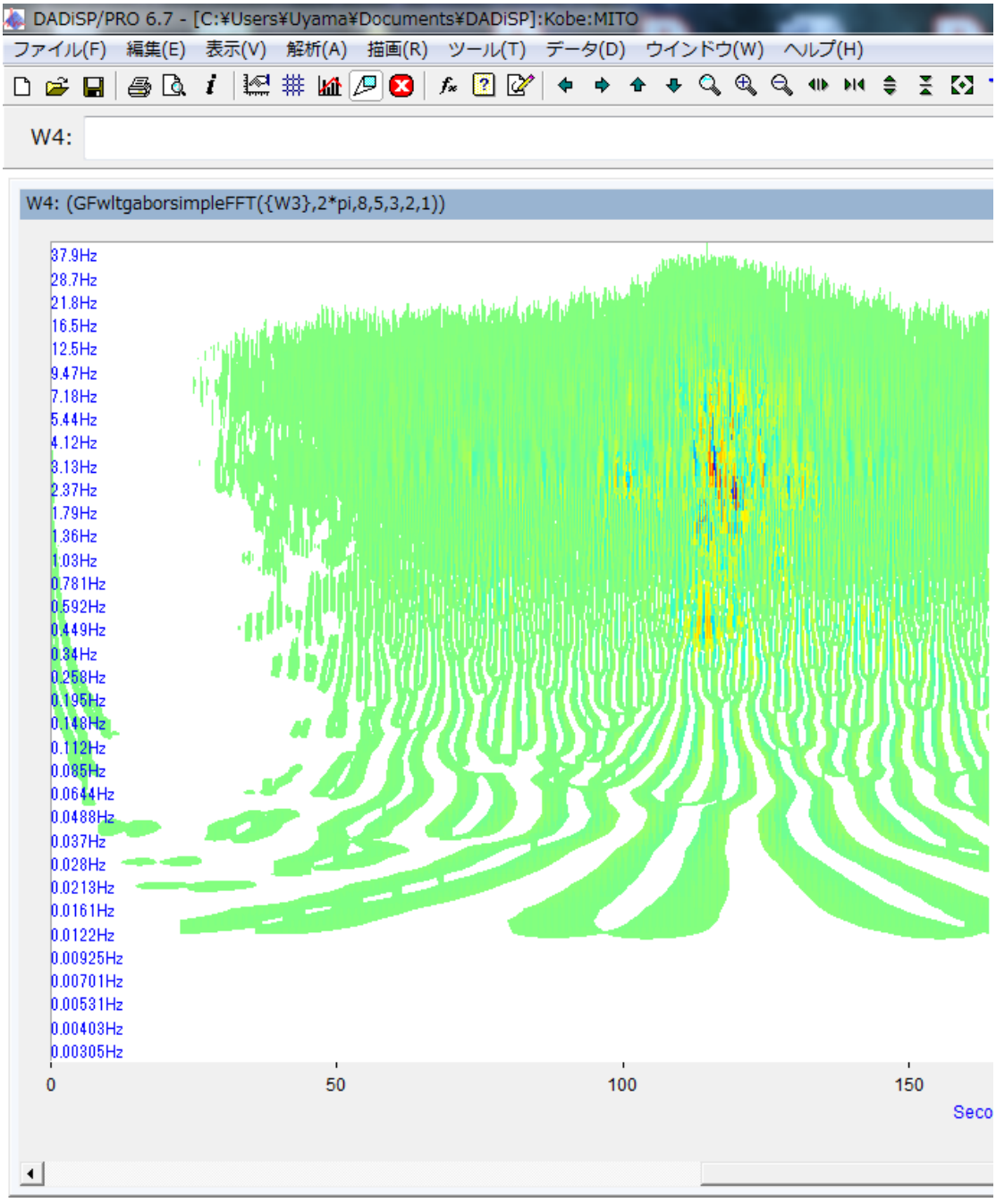


地震は、単に強い弱いだけでなく、ガタガタという揺れ（１秒以下の短周期地震動)、ユサユサという揺れ（１～２秒のやや中周期地震動)、ユラユラという揺れ（２～５秒の長周期地震動）が複雑に混ざり合っているのです。このどの周期の地震動が卓越しているのかにより地震の被害状況が変わるのです。ユサユサという揺れがキラーパルスといわれ建物に大きな被害を及ぼすのです。

地震は日本ではいつ発生するかわかりません。熊本では今月の４日に約 8m のザトウクジラ、８日には長崎で約 7m のザトウクジラが定置網にかかり海岸に打ち上げられていたそうです。地元漁業の話によると、クジラが定置網にかかったり、打ち上げられるようなことは、いままで無かったといいます。いつものことですが、大地震の前には何かしらの前触れがあるようですから、日ごろから非日常的なニュースには注意しましょう。

とのことです。

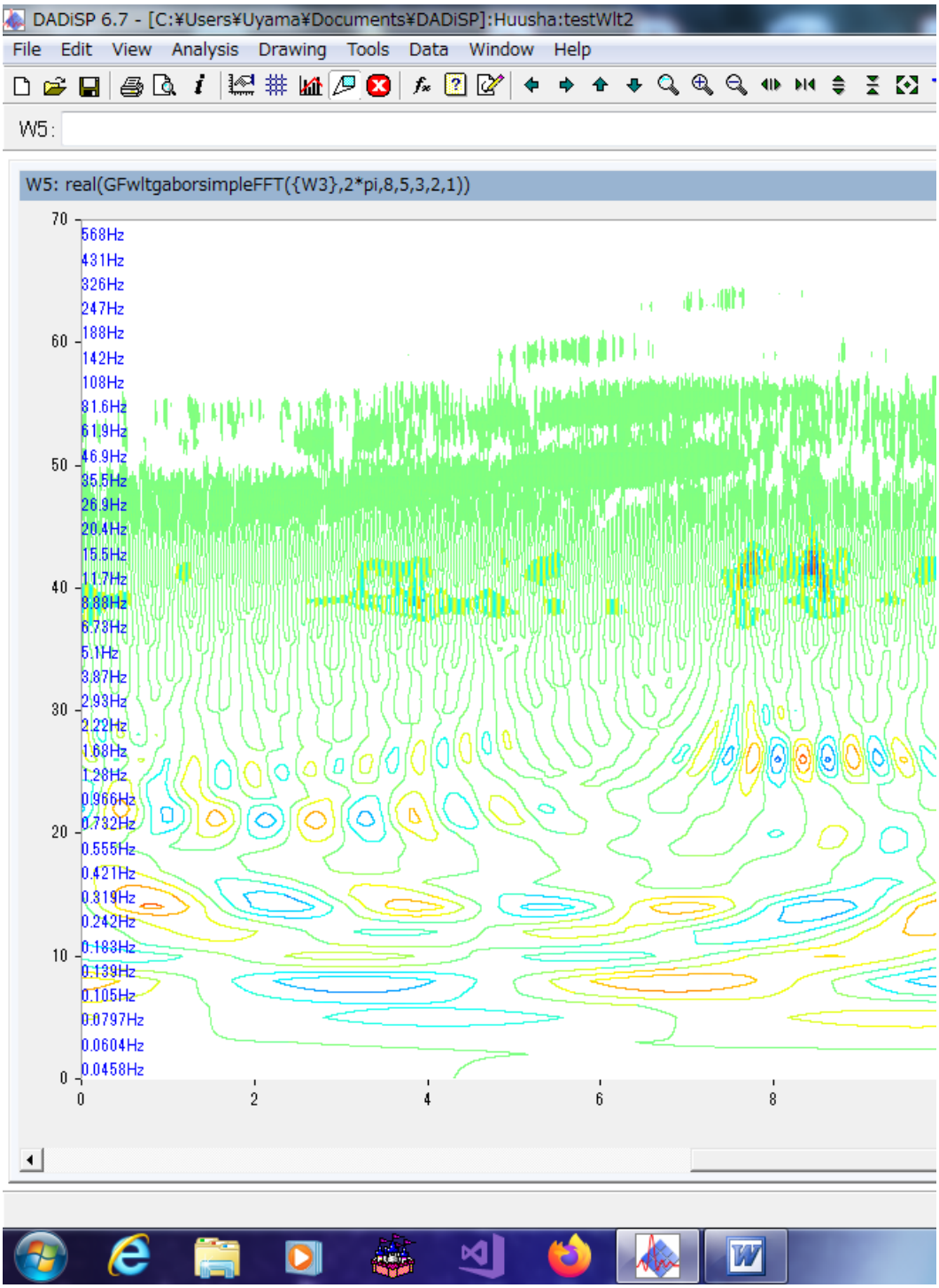
東北大地震のときに、茨城県の水戸で計測された地震データは次のようなものです。



0.25Hz から 0.14Hz の成分があることはもちろん、さらに低い周波数として、0.0161Hz（１秒間に 0.0161 回のゆれ、１回ゆれるのに 62 秒かかる）のものもあることが分かります。

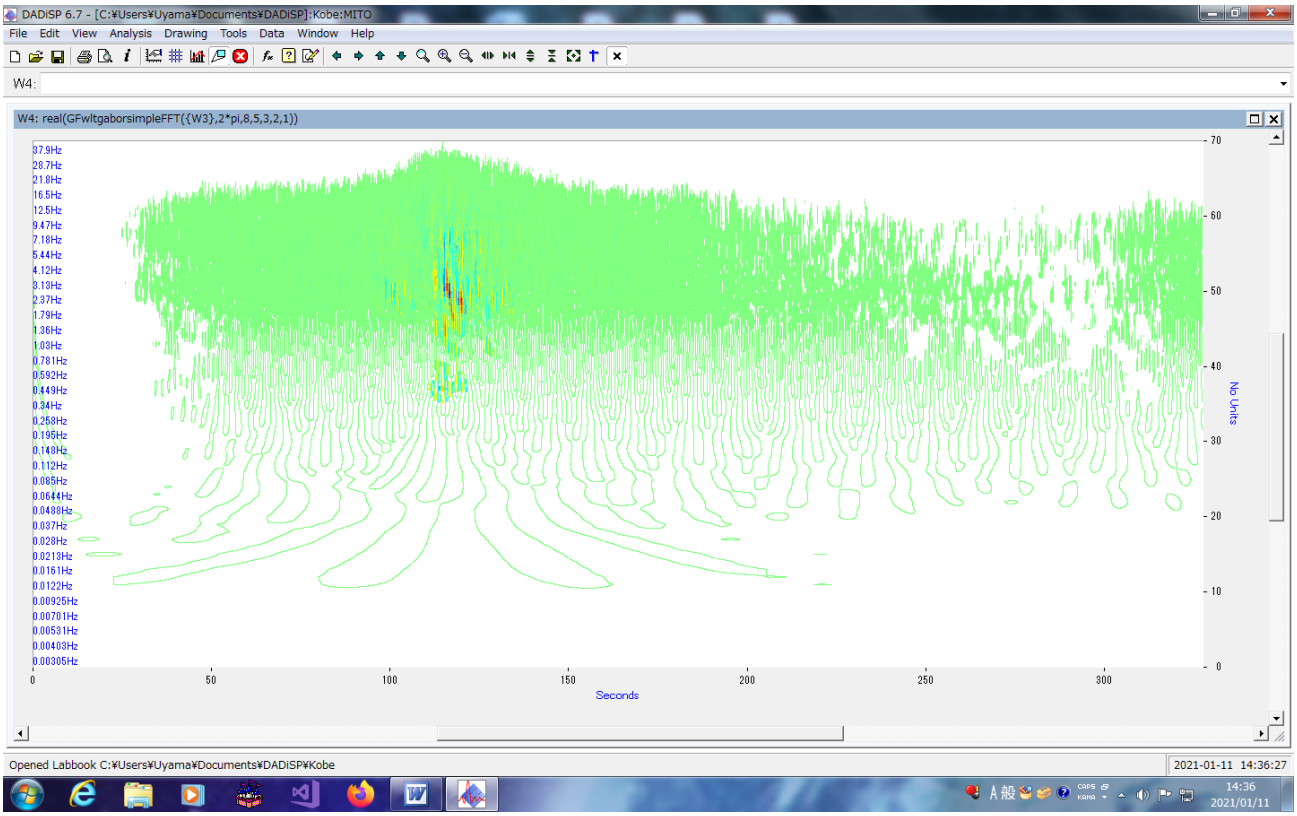
このようにゆっくりとした揺れが、超高層ビルを大きく揺らします。どんな周期の波のときに、その建物が一番揺れやすいのかを表す言葉が、固有振動数です。

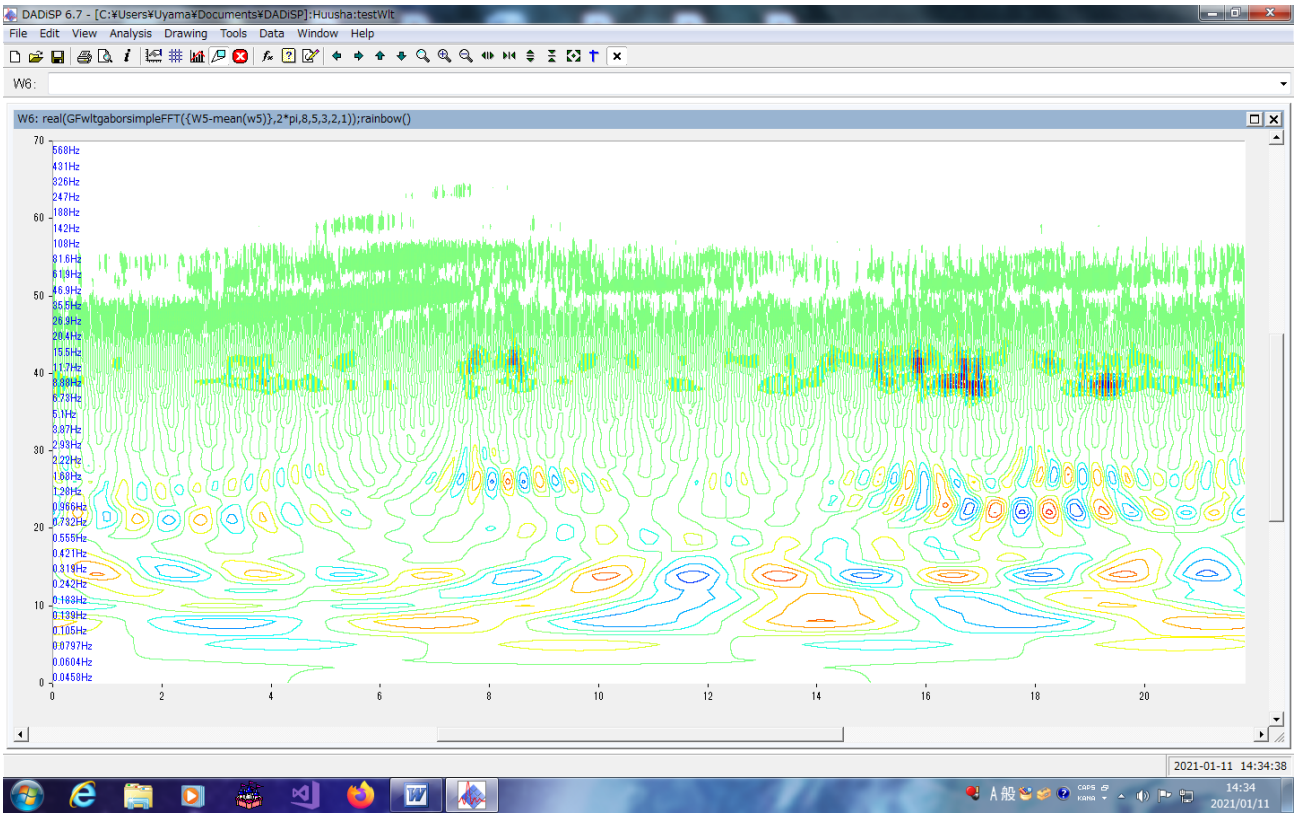
さらに、風車の騒音を千葉県が観測したデータは、次のグラフです。



0.1Hz から 2Hz の間の成分が強いことが分かります。

両者を長めの時間で比較します。上が地震、下が風車です。





地震でも、風車の超低周波音でも、家全体が共振するような周波数成分が含まれています。

違いは、地震の場合の長周期成分（低周波成分）は急速に弱くなるが、風車の場合は強弱の変化が多少はあるが、ずっと継続するところです。継続すれば、指で釣鐘を押しているような状態になります。

建具の共振を解説しているのだから、戸建て住宅全体としての共振を解説するべきです。１Hz の超低周波音は、耳で聞くことは出来なくても、住宅全体を共振させて、床の振動として普通の人に感知できる刺激になります。これは、聴覚による感知ではありません。これに関しては、精密騒音計のほかに、振動レベル計による計測が必要となります。

従って、どのような刺激が与えられて、人間のどのような感覚がそれを捕らえるのかを解明するには、精密騒音計と振動レベル計のセットで、室内で、同時に、長時間計測する必要があります。幸い、どちらの機械も、セットすれば、自動的に計測してくれます。

共鳴、共振の研究が必要なことは、勝呂幸男　氏も次のように述べている。

特集1：「風力発電を社会により一層知ってもらうために」

風車の発生音と伝播

日本風力ｴﾈﾙｷﾞ協会副会長
勝呂　幸男

5.3.騒音低減の現状

諸検討の結果，今日の風車の騒音ﾚﾍﾞﾙは過去の風車と比較して格段に低くなってきた。しかし，設置場所によっては多くの要素から騒音が発生しているので完全に解決出来ていない。これには風車の設計や計測側からの検討検証は行われているが聞く側(聞かされている側)からの検討が行われていない事が大きな原因であろう。

このような問題のなかで一番は，共鳴･共振を考慮した風車音場全体の検討検証が行われてこなかった事による。従って，音源の削減と発生音低減は勿論であるが，発した音の拡声，伝播，共鳴，共振と反響や残響と言った下記のような音響関係からの研究や検討が必要であろう。

a. 風車建設ｻｲﾄにおける共鳴･共振を考慮した超広域周波数範囲の風車音計測と解析手法の検討検証。

b. 風車建設計画時の風車設置場所近傍の地形を考慮した風車音場の解析

c. 現在多くの音響場解析ﾂｰﾙを有効活用した研究。

風力エネルギー

d. NEDO の風車騒音研究の公募も有り騒音問題解決に向けて動き始めたのでその成果に期待したい。

e. 低周波被害に関する聴覚の検討検証も併せて必要。今日まで騒音の研究は原因とその対策進んできたが，多方面からの研究を進める時である。
例えば，現象から捉えようとすると，①人の聴覚中枢とその反応，②個人的な違いと被害の関係，③10%以下を許容する問題とせず，④騒音被害を 0%とする為にはどうするべきか。

共鳴、共振を調べるには周波数を正確に測る必要がある。

1/3 オクターブ解析では、発生している音の周波数を正確に測れないので、使えない。

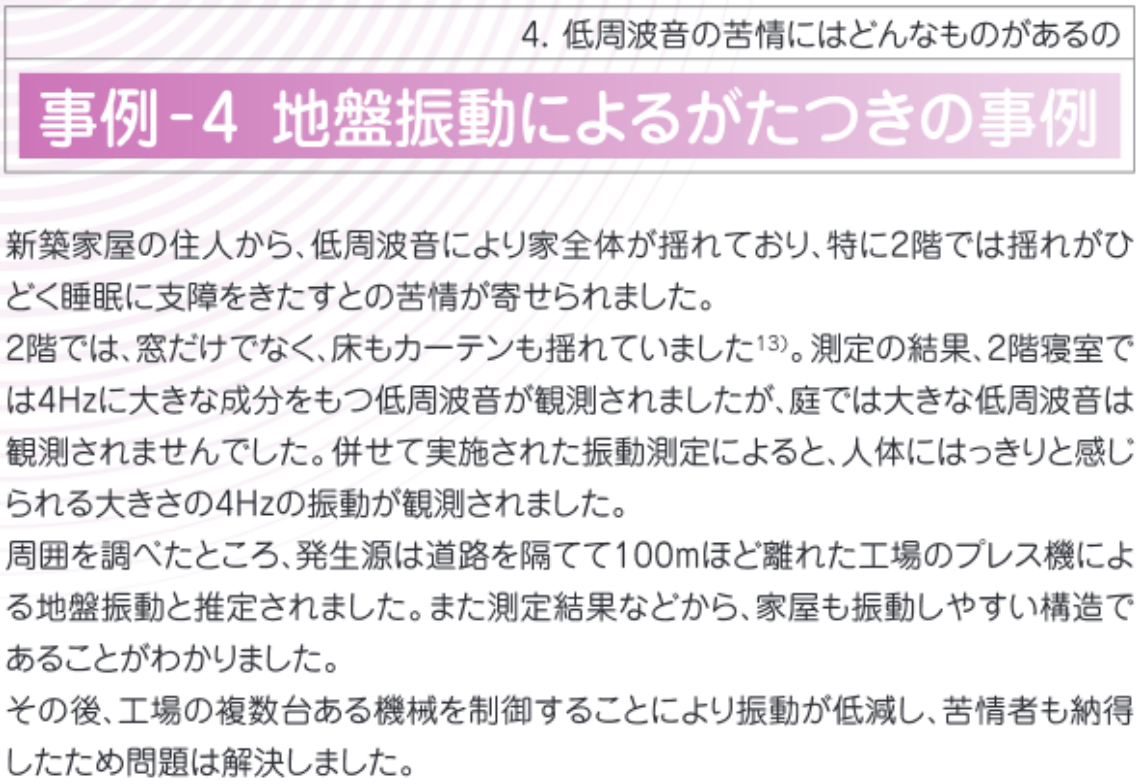
共振を調べるには、音圧を正確に調べる必要がある。A 特性や G 特性を使うと物理的な計算が余計に面倒になる。しかも、1/3 オクターブ解析をした結果に対して適用されるので、こちらも使えない。

家全体の共振は、感知できるまで振幅が大きくなるまで長い時間がかかるので、計測している間に雑音が入る可能性が高い。これを除去するために、データの切り貼りをすると、FFT や SPECTRUM を計算したときに、本来は存在しない高周波が計算の結果現れる。この問題は、Short Time FFT や Wavelet を使えば解決できます。

計測機器（精密騒音計、振動レベル計、波形収録プログラム、ビデオカメラ）で１５０万円。コンピュータは２０万円。解析プログラムは１００万円。合計２７０万円程度で可能です。

市役所や県が頼りにならないならば、自分で機材を購入して計測と解析をやればよいだけの話です。

さらに、環境省の“よくわかる低周波音”には



4. 低周波音の苦情にはどんなものがあるの

事例-4 地盤振動によるがたつきの事例

新築家屋の住人から、低周波音により家全体が揺れており、特に2階では揺れがひどく睡眠に支障をきたすとの苦情が寄せられました。
2階では、窓だけでなく、床もカーテンも揺れていました[13]。測定の結果、2階寝室では4Hzに大きな成分をもつ低周波音が観測されましたが、庭では大きな低周波音は観測されませんでした。併せて実施された振動測定によると、人体にはっきりと感じられる大きさの4Hzの振動が観測されました。
周囲を調べたところ、発生源は道路を隔てて100mほど離れた工場のプレス機による地盤振動と推定されました。また測定結果などから、家屋も振動しやすい構造であることがわかりました。
その後、工場の複数台ある機械を制御することにより振動が低減し、苦情者も納得したため問題は解決しました。

との記述もあります。

風を受けた風車がゆれて、その振動が地面を伝わってくることも考えられます。この観点からも、振動レベル計による計測が必要となります。

睡眠が確保できるかどうかを調べるには、夜間に室内で、振動レベル計での計測を行う必要があります。

次の記述は、
低周波音の測定方法に関するマニュアル（平成 12 年 10 月）
のものであるが、被害の出ている室内での、振動レベル計による計測をしたくないのがよくわかる。
また、原因究明には被害発生地点における、振動レベル計及び精密騒音計での測定により周波数ごとの強さを調べ、振動源となる風車すぐ近くでも振動レベル計及び精密騒音計での測定により周波数ごとの強さを調べ、これらの値の関連を多変量解析で調べる必要があるのに、わざわざ、1/3 オクターブ解析と G 特性への変換で、正確な分析が出来ないものにしている。

4.3.2 調査内容 ここでは、主に苦情が寄せられた場合の予備調査を中心に、調査のポイントについて述べる。調査項目は、基本的には窓口、電話等における状況調査とほとんど同様である。

（1）現象を感じる場所 建具のがたつきが発生する場合、室内のどの建具ががたつくか、そのときの室内の各建具の開閉状況はどうであるかを確認する。低周波音は波長が長いので、がたつきが発生している方向に必ずしも発生源があるとは限らないので注意する。 心理的、生理的苦情がある場合には、屋外と屋内で低周波音が感じられるか、聞こえるか確かめる。屋内では窓を開閉してみるとよい。可聴域の低周波音では図-4.3 に示すように室内で定在波が生じて、局所的に音が大きい場所、小さい場所が存在することがあるので、室内を移動して特に大きく感じる場所があるかどうかも確かめることとよい。図では左右方向で強さが異なっているが、高さによってレベルが異なることもある。可聴域の低周波音では、室内の場所によって音の大小が存在する場合がある図-4.3 室内で定在波が生じた場合の音圧分布

（2）現象の発生性状（持続的か間欠的か） 可聴域の低周波音であれば、低周波音（あるいは現象）の発生性状が持続的か間欠的かは耳で確認できる。 大きな音圧レベルの超低周波音が発生している場合には、低周波音圧レベル計のメーターの動きで性状を確認することができる。

（3）耳で聞こえるか 可聴域の低周波音は、苦情が発生するくらいの音圧レベルの低周波音が発生していれば耳で聴いてわかる（知覚される）。ただし、低周波音の感覚閾値は個人差が大きいので、複数の調査員によって確認することが望ましい。特に機械等が稼働したり停止したりする場合はわかりやすい。超低周波音の場合はかなり大きな音圧レベルが発生している場合でないと、なかなかその存在に気づかない。屋外の場合は、周囲の騒音によりマスクされてわかりづらいことが多い。

（4）建具等が振動するかしないか 特に揺れやすい建具の場合、超低周波音で建具が微振動することにより二次的な騒音が発生することがある。一般に金属製の建具は木製建具より揺れにくい。特にアルミサッシなどでクレセントをしてある（施錠してある）場合には、音圧レベルが大きくてもがたつかないことが多い。 建物の外側から、建具の微振動を励起させるような超低周波音が発生しているかどうかの見当をつけるには、建物の外部に面した建具を見るとよい。窓等が揺れているかどうかは、窓面の動き（窓に写り込んだ景色の動き）でわかることが多い。工場・倉庫などのシャッターや、トタンや鉄板などでできた簡易の塀や面積の大きい看板等を手で軽く触ってみるとよい。この方法は、高い音圧レベルの超低周波音が発生している場合には有効である。

（5）苦情との対応 苦情者宅を訪れる場合には、調査員の体感または物理量（低周波音圧レベル計の音圧レベルの変化）と苦情者の反応が対応するかどうかに注目する。苦情者の反応と物理量が対応していれば、低周波音がその要因の一つである可能性が考えられる。

（6）周辺の状況 苦情対応では、苦情者の周辺に大きな音圧レベルの低周波音の発生源があるかどうか調査する。低周波音の発生源がはっきりしている場合の実態調査、発生メカニズムの解明、対策効果の測定等を行う場合には、対象とする低周波音以外の発生源がないか、ある場合には稼働状況等を確認しておく必要がある。 できればカメラ、ビデオ等で現場の状況を記録しておくと、後で役に立つことがある。

（7）測定点候補地の選定 苦情対応、発生メカニズムの解明、対策効果の確認のための現場測定を行う場合には、あらかじめ測定に適した場所を選定する。測定点の選定条件については次の章で述べる

5.1.5 測定場所および測定点の選定

測定点は，原則として問題となる場所の屋外とするが、必要に応じて屋内にも設ける。

（1）屋外における測定 屋外の測定点の選定にあたっては、暗騒音レベルが高くて対象となる低周波音が精度良く測定できない場所や、建物や地形による音の反射、遮蔽、回折によりごく局所的に音圧レベルが変化する場所は避ける。一般の環境低周波音を測定する場合、騒音測定の場合（騒音では建物より 3.5m以上離れることになっている）よりも広い範囲の地形や建物の影響を受けるので、これらによる反射の影響がないかどうかを十分確認の上測定点を定める。マイクロホンの高さは地上 1.2～1.5mの高さとするが、風の影響がある場合は、地上に置いてもよい。 機械、工場建物内外などの測定は、騒音の測定（例えば、騒音レベルの測定）に準じて測定点を決める。

遮蔽物、反射物の有無による音の伝わり方の違いを図-5.1.5 に示す。

（2）建物の周囲における測定 低周波音の影響を受けている住宅などにおいて測定を行うとき、マイクロホンは音源方向に面した所、例えば実用的には窓の外側で窓から 1～2m離れた場所で建物の問題となる階の床上 1.2～1.5mに相当する高さに設置する。 低周波音は騒音に比べて波長が長いので、建物から数m離れても反射、遮蔽、回折等により局所的に音圧レベルが変化する場合がある。ある点の音圧レベルを決めるとき、その周囲数点で測定し、大きな差がでるかどうかを確認する程度のことは常に心がけるとよい。 低周波音の発生源がはっきりしている場合には、低周波音の影響を受けている住宅の近傍に加えて発生源近傍（例えば、敷地境界など）にも測定点を設け、同時に測定することが望ましい。

５．１ 測定計画

5.1.1 測定量

（1）低周波音の感覚及び睡眠への影響に関する評価に用いる測定量

超低周波音の感覚及び睡眠への影響に関しては、G 特性音圧レベルを測定する。G 特性を持たない低周波音圧レベル計を用いる場合には、実時間周波数分析器等を用いて 1/3 オクターブバンドで周波数分析を行い、周波数分析結果に G 特性補正値（表-1.1 参照）を加えた後、エネルギー加算して G 特性音圧レベルを計算で求めてもよい。なお、衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブバンド音圧レベルから G 特性音圧レベルを求めるのが望ましい。 G 特性音圧レベルの計算例を表-5.1 に示す。 また、必要に応じて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド音圧レベル（衝撃性の超低周波音の場合は、オクターブバンド音圧レベル）を測定する。

（2）低周波音の建具等のがたつきに関する評価に用いる測定量

低周波音の建具等のがたつきに関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド中心周波数 1～50Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。

（3）低周波音の圧迫感・振動感に関する評価に用いる測定量

低周波音の圧迫感・振動感に関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて、1/3 オクターブバンド中心周波数 1～80Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。

とあるが、

次の記述は特にひどい。

“(2) 低周波音の建具等のがたつきに関する評価に用いる測定量

低周波音の建具等のがたつきに関する評価に関連する測定は、実時間周波数分析器等を用いて低周波音の周波数分析を行い、1/3 オクターブバンド中心周波数 1～50Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。“

本当に、がたつきを調べる気が有るなら、振動レベル計を設置して、夜間の継続的な計測をするべきである。がたつきの原因となる共鳴を調べるには、周波数を特定する必要があるのだから、1/3 オクターブ解析を使ってはいけない。

千葉県には次の機材がある。



578000 円＋波形収録ソフト 100000 円



380000 円+波形収録ソフト 100000 円

千葉県では、風車騒音の測定では、精密騒音計は使うが、振動レベル計は使っていないと言っていた。
３２GB のＳＤカードを使えば､精密騒音計は４０時間､振動レベル計は 450 時間の連続した計測ができるので、夕方 18 時から翌朝の 6 時まで、被害が発生している室内で連続的に計測するべきです。
共振現象で揺れが大きくなるまでには時間が掛かります。“指で釣鐘を揺らすには、調子をとりながらしばらく、押す作業を継続する必要がある。”と同じです。　長時間計測したデータの解析には Wavelet が必要です。各周波数成分の強さの時間的な変化を調べたり、雑音の影響を考えたりする必要があるからです。1/3 オクターブ解析や、FFT,SPECTRUM では不可能です。もちろん、ShortTimeFFT ならばある程度は可能です。
せっかくの宝物です。国の方針に反しても、千葉県民の為に活用してください。

・聴覚以外での感知（圧力変動の感知）

音は粗密波であり、密になった場合は人体に掛かる大気圧は増加し、疎になった場合には大気圧は減少する。次の研究報告によれば、この気圧の変化を感知できると考えられる。

　これは、1 Hz の粗密波を、音として感知するのではなく、大気圧の変動として感知できるという意味です。根拠は、次の論文です。

気圧の変化を感じる場所が内耳にあった ―気象病や天気痛の治療法応用に期待― （佐藤純教授らの共同研究グループ）

【2019 年 1 月 29 日】

プレスリリース

鳥類には気圧を感じる器官が耳に存在することが分かっています。彼らはこの能力を使って、自分の飛んでいる高度を知り、雨が降るかどうかなどの気象変化を予見し行動していると考えられています。一方、ほ乳類に気圧を感じる能力があるかどうか明らかになっていませんが、「猫が顔を洗うと雨が降る」などの言い伝えもあり、わたしたち人間においても、「天気が崩れると頭痛がする、ぜん息がでる」、「古傷が痛むので、明日雨が降るのが予知できる」など、臨床家の間ではよく知られた事実があることから、他の動物と同じように気圧の変化を感じている可能性があると言われてきました。この問題を慢性痛の治療の面から長年取り組んできた中部大学・生命健康科学部理学療法学科の佐藤純教授（愛知医科大学医学部客員教授）のグループは、愛知医科大学・医学部と日本獣医生命科学大学・獣医学部との共同研究により、マウスにも内耳の前庭器官に気圧の変化を感じる場所があることを、世界で初めて突き止めました。

研究成果のポイント

マウスの内耳の前庭器官に気圧の変化を感じる場所と能力があることを突き止めました。

このメカニズムを明らかにすることで、気象病や天気痛の有効な治療法の確立に繋がります。

研究の背景、概要と成果

「雨が降ると古傷が痛む」「頭痛がする」「気分が落ち込む」など、天気の崩れが体調に影響したり病気を悪化させたりすることは「気象病や天気痛」と呼ばれ、古くから知られていますが、そのメカニズムははっきりとは分かっていません。佐藤教授らは、以前より、天気の崩れにより気圧が変化すると内耳がその変化を感じとって脳に伝え、その結果、さまざまな疾患が発症したり悪化したりするという仮説（図 1）を提唱してきましたが、今回の研究成果により、本来は平衡感覚を司る前庭器官に、気圧を感じる部位と機能もあることが確かめられました。

実験の内容は次のとおりです。

マウスを人工的に気圧が変えられる装置にいれて、天気の変化に相当する微小な低気圧に一定時間暴露します。その後、脳を取り出し、内耳の前庭器官からの感覚情報を中継する延髄の前庭神経核細胞の活動を観察しました。すると、前庭神経核のうち、おもに半規管（一部、球形嚢）からの情報が集まる上前庭神経核細胞において、神経細胞が興奮すると増える特殊な蛋白質（c-Fos タンパク質）が細胞内に増加していることを発見しました。一方、他の部位からの感覚情報が集まる神経核細胞に変化はなく、気圧の変化を与えていないマウスでも変化はみられませんでした（図 2）。

図 1

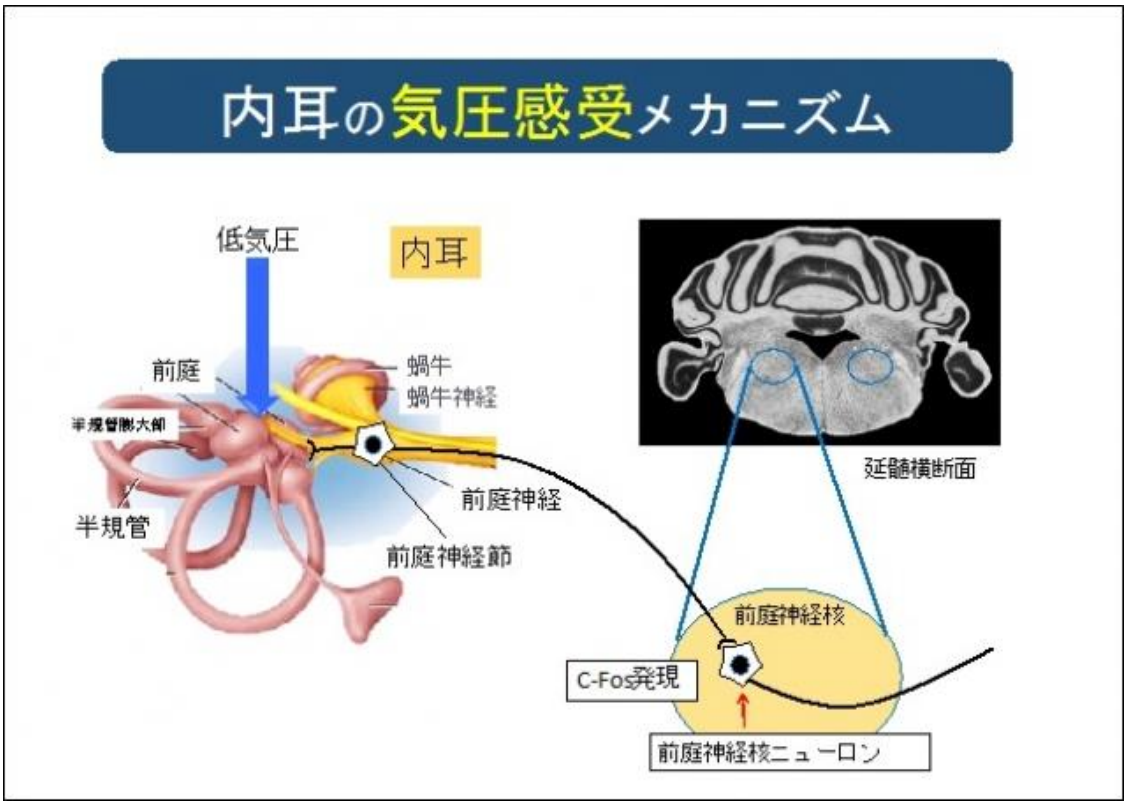
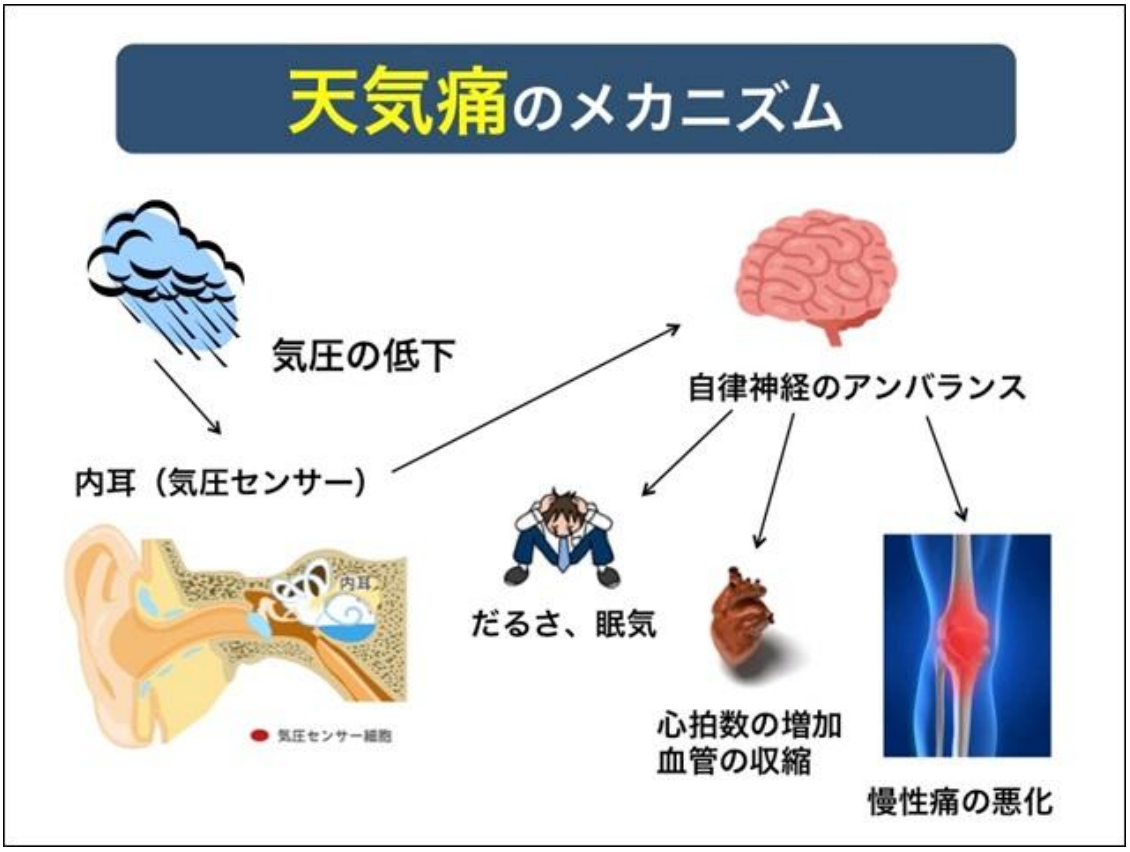

内耳の気圧感受メカニズム
低気圧
内耳
前庭
蝸牛
蝸牛神経
半規管
前庭神経
前庭神経節
延髄横断面
前庭神経核
C-Fos発現
前庭神経核ニューロン

図 2


天気痛のメカニズム
気圧の低下
自律神経のアンバランス
内耳（気圧センサー）
だるさ、眠気
心拍数の増加
血管の収縮
慢性痛の悪化

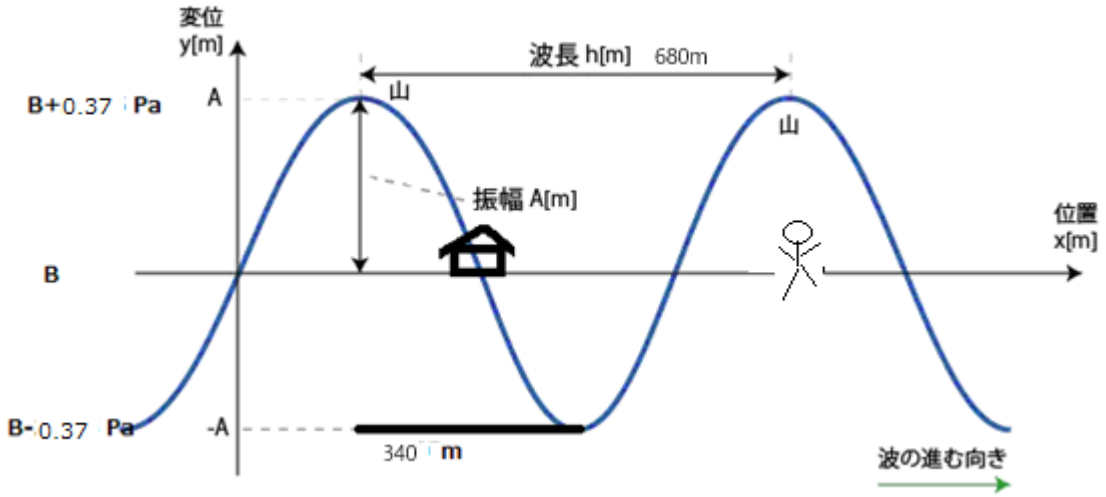
今後の展開
今回の研究成果から、私たち人間においても天気の崩れによって前庭器官が気圧の微妙な変化を感じとり、脳にその情報が伝わり、結果として古傷や持病の痛みを呼び覚ましたり、めまいや気分の落ち込みといった不調を起こすものと考えられます。これまで、平衡感覚のみを感じていると考えられてきた内耳の半規管に気圧の変化を感じる能力があることが分かりました。今後も研究を続け、どのようなメカニズムで前庭器官が気圧の変化を感じ取るのかを明らかにしていきます。また、このメカニズムを明らかにすることで、気象病や天気痛の有効な治療法の確立に繋げていきます。
研究成果の公表
本研究成果は、2019 年 1 月 25 日午後 2 時（米国東海岸時間）、PLOS ONE 誌オンライン版として掲載されました。
論文題名：
Lowering barometric pressure induces neuronal activation in the superior vestibular nucleus in mice
（低気圧はマウスの上前庭神経核ニューロンを興奮させる）
問い合わせ先
佐藤純　（中部大学　生命健康科学部　理学療法学科教授）
E-mail : jsato[at]isc.chubu.ac.jp　※アドレスの[at]は@に変更してください。

これは、粗密波としての超低周波音を気圧変動として感知できる可能性を意味しています。もちろん、これは聴覚による感知ではありません。

人間には、聴覚以外の感覚器官があるので、
聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値を混同してはいけないのです。
中学生程度の学力があれば、この言葉の意味を理解できますが、報告書を書いた人たちにはその学力が欠けていたようです。

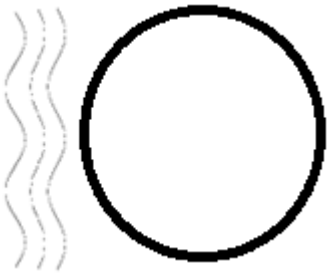
　風車からの町営周波音の影響は様々なのです。形はいろいろでも、風車が夜間も稼働することにより、これらの刺激は、安眠を妨害します。
これは、粗密波としての超低周波音を気圧変動として感知できる可能性を意味しています。もちろん、これは聴覚による感知ではありません。

周波数が 0.5 (Hz)の音を考える。
波長は、340/0.5＝680m、波は、１秒間に 0.5 回、したがって、2 秒に１回の割合で繰り返す。
音圧を 0.37（Pa）として、ある時刻 t を固定すれば、下の図のようになる。
右の人物（風船のように反応すると考える）は、
気圧が高くなった中にいるので、押しつぶされている。
１秒後には波が右に 340m進むので、気圧が低くなり、膨張する。
２秒後には、波は 680m進むので、気圧が高くなり、押しつぶされる。



押しつぶされたり、膨張したりすれば、圧迫感を覚えるのは当然です。これは、聴覚での把握とは言えません。

周波数が高ければ、風船の表面は振動するでしょう。これは、鼓膜が振動するのと同じですから、
この場合は、音を聴覚で感知したと言えます。



ですから、表面が振動する反応と、表面が振動しないで押しつぶされたり膨張したりする反応の２種類があると考えられます。

音に対して、聴覚での“うるささ”としての感知と、体に対する圧力変動を“圧迫感”として感知する場合の２種類があると考えるべきです。こちらは、頭痛などとの関連が考えられます。

従って、超低周波音の感知には、聴覚メカニズムによらないものがある。と考えるべきです。

人間の体は、人体に加わる圧力の変化に敏感に反応することは、海に潜ってアワビを採っている人ならば皆が知っています。深く潜ったり、浮き上がったりする動作を繰り返すと、頭痛がしたり、鼻血が出たり、耳が痛くなったりします。人体に加わる圧力変動の観点からの議論する必要があります。

私も海に潜って漁をします。潜り始めて１週間くらいは頭痛がします。圧力変化に体が直接反応して、鼻血が出たり、耳が痛くなったりします。

・聴覚以外での感知（不快感など）

さらに、

・平成２２年、環境省の調査

環境省による次の調査結果もあります。

風力発電所に係る騒音・低周波音に関する問題の発生状況

【風力発電所の現地調査のうち、騒音・低周波音に関する主な状況】

・ 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 年のある時期のみ行われている事例があった。

・ 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。

・ 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。

・ 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。

・ 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。

・ 騒音対策として、風車の夜間停止や出力抑制、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。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

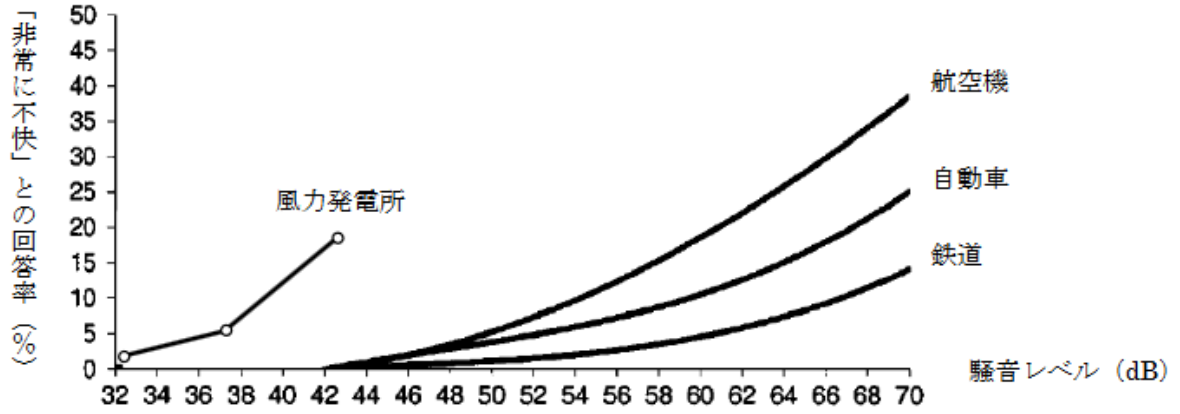


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

②風力発電所からの騒音・低周波音に関する訴え

・Nina Pierpont は、風力発電所の近くに住む 10 家族（38 名）に対する症例調査を行っている 6。それによれば、**風力発電所から発生する低周波音により**、内耳の器官が影響を受けて、**様々な健康被害（睡眠障害、頭痛、耳鳴り、めまい、吐き気、頻脈、集中力低下、記憶障害、倦怠感、パニック症状等）が生じているとされている。**とあります。

注目すべきは、

・Nina Pierpont は、風力発電所の近くに住む 10 家族（38 名）に対する症例調査を行っている 6。それによれば、**風力発電所から発生する低周波音により**、内耳の器官が影響を受けて、**様々な健康被害（睡眠障害、頭痛、耳鳴り、めまい、吐き気、頻脈、集中力低下、記憶障害、倦怠感、パニック症状等）が生じているとされている**。

です。
ここでの健康被害は、（睡眠障害、頭痛、耳鳴り、めまい、吐き気、頻脈、集中力低下、記憶障害、倦怠感、パニック症状等）とあり、聴覚での反応以外のものが多いのです。

・聴覚閾値を感覚閾値に変える方法（その１）

聴覚閾値を、無理やり**感覚閾値**にしようとする人もいます。こんな文章もあります。
環境省の HP にある、参 考 資 料―低周波音の基礎知識―の、- 参考 5 –　のページには、
“d.1 感覚閾値
低周波音の**感覚閾値**（低周波音を感ずる最小音圧レベル）については多くの研究者によって検討がなされている。図-d.1 は様々な研究者によって得られた感覚閾値である 1)。これらの閾値は実験方法や実験施設の違いによって 5～10dB 程度の違いがある。大部分の結果は可聴音の閾値（ISO-226**（最小感覚閾値の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている）**）の延長線上にあり、周波数が低くなるに従い閾値は上昇している。数 Hz～50Hz 位を代表する傾斜はほぼ -12dB/oct.となっており、この傾斜が ISO-7196（超低周波音の心理的・生理的影響の評価特性）においても採用されている。通常、音としては知覚されないとされる超低周波音については、ISO-7196 によると、平均的には、G特性音圧レベルで 100dB を超えると超低周波音を感じ、概ね 90dB 以下では人間の知覚としては認識されないと記されている。G特性の基になった超低周波音の感覚閾値は欧米の実験結果に基づいている。
これらの値は平均値であり、例えば中村らの実験結果によれば閾値には±5～10dB 程度の幅があり、山田らによれば、標準偏差の 2 倍である±10dB の範囲に大部分の人が入るとされている ”
とあるが、

この中の、
（最小感覚閾値の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている）
についてだが、この規格の名前は、ISO 389-7:2019
Acoustics -- Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 7: Reference **threshold of hearing** under free-field and diffuse-field listening conditions
であり、threshold of hearing　なのだから、**最小聴覚閾値**と訳すべきです。

・聴覚閾値を感覚閾値に変える方法（その2）

聴覚閾値と感覚閾値について、分かったことがあります。電力中央研究所報告に、次の記述があります。

超低周波音の平均的な
感覚閾値をG特性で評価すると図3-7に示され
るようにほぼ100dB(G)となる.

さて、図3-7における100ｄB（G）であるが、幾つかの問題がある。

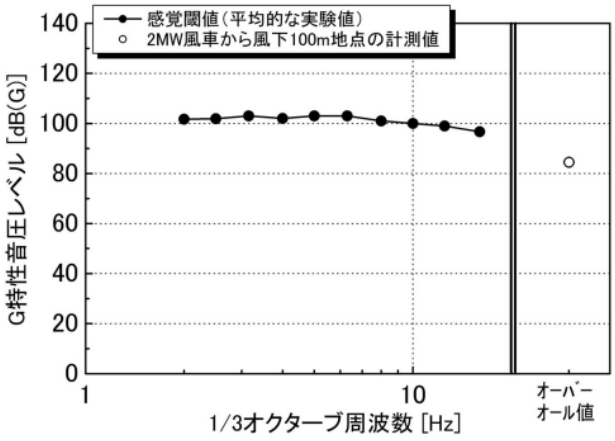


図 3-7　風車からの超低周波音の音圧レベルと感覚閾値との比較

感覚閾値[2-13]の値を元にG特性音圧レベルに換算.
風車音（超低周波音）の計測値は[4-2]の値を示す.

ここに、感覚閾値[2-13]と書かれている、

[2-13] 井上保雄，低周波音の調査方法，騒音制御 Vol. 30, No. 1, pp. 17-24, 2006.

を確認したが、理解に苦しむ内容です。

次の表の④の項目でが、

④超低周波音の感覚閾値と最小可聴値	—	—	—	130	126	123	118	115	111	105	100	95

“④超低周波音の感覚閾値と最少可聴値”となっているが数値は一つしかない。

これでは、感覚閾値と最少可聴値が同じものになってしまう。最少可聴値は聴覚閾値と同じ内容です。人間の音に関する感覚器官が、聴覚しかいないならば、“感覚閾値＝最少可聴値＝聴覚閾値”となります。人間は聴覚以外の感覚器官でも風車音を感知するので、“感覚閾値≠最少可聴値＝聴覚閾値”となるのです。

130+（-28.3）＝101.7　に直してG特性での重みを付けただけで、聴覚閾値を感覚閾値に昇格させてはいけません。将棋ではないのです。勝手に“と金”を作ってはいけません。

表－2　低周波音

1/3 オクターブバンド中心周波数（Hz）	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5
①物的苦情の参照値（2004）	—	—	—	—	—	—	—	70	71	72	73	75
②心身に係る苦情の参照値Ⅰ（2004）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92	88
③心身に係る苦情の参照値Ⅱ（2004）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
④超低周波音の感覚閾値と最小可聴値	—	—	—	130	126	123	118	115	111	105	100	95
⑤スウェーデン住宅内（1996）	—	—	—	(130)	(126)	(122)	(118)	(114)	(110)	(106)	(102)	(98)
⑥ドイツ住宅内（夜間，1997）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(103)	95	86.5
⑦デンマーク住宅内（夕方・夜間，1997）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90.4	83.4
⑧オランダ住宅内（1999）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92	88
⑨ポーランド住宅内（2000）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80.4	73.4
⑩G 特性基準レスポンス	−43	−37.5	−32.5	−28.3	−24.1	−20	−16	−12	−8	−4	0	4

注記 1）① 項は低周波音による建具のがたつき開始閾値の実験値（昭和 52 年度環境庁委託報告書）による。なお，実験は純音を用いている。この値が環境省「低周波音問題対応の手引き」の評価指針になっている。

注記 2）①項の値は連続的な低周波音の場合であり，衝撃性の場合は 10dB くらい大きい値でないとがたつきは発生しないといわれている。

注記 3）実際には①項の値以下でも苦情があることもあり，建具の揺れ等まで配慮するとすれば①項の値より 10 dB 程度小さいレベルに対策の目標値を設定することが望ましい（(社)日本騒音制御工学会技術レポート，6 号，1986）。

注記 4）②項，③項は環境省「低周波音問題対応の手引き」の評価指針。一般成人の「寝室の許容値」の 10 パーセンタイル値を基に決められている。

注記 5）③項の G 特性音圧レベルについては低周波音音圧レベル計に G 特性周波数補正回路が内蔵していない場合は 1/3 オクターブバンド周波数分析値と ⑩ 項補正値から計算により求めることができる。

G 特性での感覚閾値は、次の図 2-2 における、超低周波音の感覚閾値とされる折れ線の値に、次の表にある、G 特性での重み付けをした結果です。

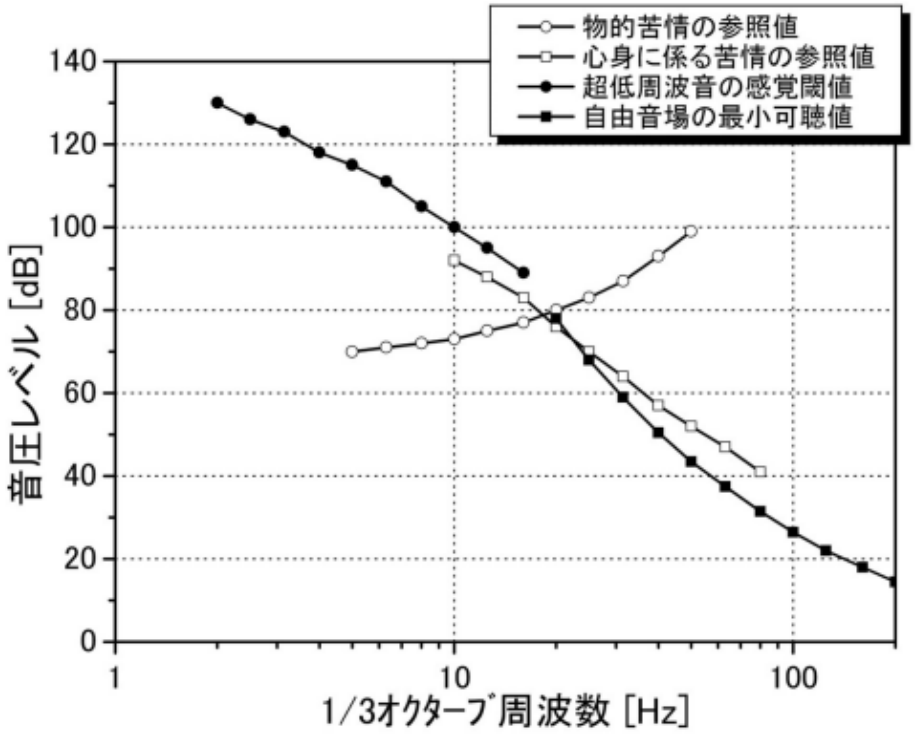


図 2-2　低周波音による苦情の参照値

心身に係る参照値は 20Hz 以上では平均的な人の最小可聴値よりも高いが，
20Hz 以下では平均的な人の感覚閾値よりも小さい．
（参照値は[1-6]，超低周波音の感覚閾値は[2-13]，自由音場の最小可聴値は[2-14]をそれぞれ参照）

ここで、

心身に係る参照値は 20Hz 以上では平均的な人の最小可聴値よりも高いが，
20Hz 以下では平均的な人の感覚閾値よりも小さい．

と書かれているが、参照値に関しては、

“A６　『参照値』は平成 15 年に独立行政法人産業総合研究所において実施した聴感実験データから、一般被験者の 90%の人が寝室で許容できるレベルとして設定したものです。この聴感実験では、低周波音を発生させた実験室に被験者を部屋に入れて、被験者の反応を調査することで行いました。なお、被験者は、実験室の中で、耳だけでなく全身が低周波音に浴しており、いわゆる骨導音の影響も実験の中で自然に含まれ、総合的に把握されていると考えられます。”

とあり、“一般被験者の 90%の人が寝室で許容できるレベルとして設定した”では、何らかの感覚器官で刺激を感知したから、その刺激に対して許容できるか否かが問題になるのです。何も感知しなければ、許容できるか否かを問う事はあり得ないのです。

この数値だ“感覚閾値”よりも小さいならば、感知できないのです。参照値が感覚閾値よりも小さいという事はあり得ないのです。可能なのは、参照値が聴覚閾値よりも小さいと言う事なのです。

“心身に係る参照値は 20Ｈｚ以上では平均的な人の最少可聴値（聴覚閾値）よりも高いが、20Ｈｚ以下では平均的な人の最少可聴値（聴覚閾値）よりも小さい。”

としなくてはなりません。元の文章では、参照値の実験で被験者は、20Hz 以下では感覚閾値よりも小さ刺激を感知してしまう事になる。ので、“感覚閾値”の意味が、“その値よりも小さな刺激に対しては、全ての感覚器官を使っても感知できない数値“である事に矛盾します。

聴覚閾値と感覚閾値を混同するから矛盾するのです。

もちろん、

“G 特性での感覚閾値は、次の図 2-2 における、超低周波音の感覚閾値とされる折れ線の値に、次の表にある、G 特性での重み付けをした結果です。“

としてはいけません。

“G 特性での聴覚閾値は、次の図 2-2 における、超低周波音の感覚閾値とされる折れ線の値に、次の表にある、G 特性での重み付けをした結果です。“

とすべきです。

重みを足しただけで、“聴覚閾値”を“感覚閾値”に昇格させてはなりません。

表-1.1　基準周波数レスポンス及び許容差

中心周波数(Hz)	平坦特性		G 特性	
	基準レスポンス(dB)	許容差(dB)	基準レスポンス(dB)	許容差(dB)
1	0	±3	− 43	±3
1.25	0	±3	− 37.5	±3
1.6	0	±3	− 32.5	±3
2	0	±2	− 28.3	±2
2.5	0	±2	− 24.1	±2
3.15	0	±1.5	− 20	±1.5
4	0	±1	− 16	±1
5	0	±1	− 12	±1
6.3	0	±1	− 8	±1
8	0	±1	− 4	±1
10	0	±1	− 0	±1
12.5	0	±1	4	±1
16	0	±1	7.7	±1
20	0	±1	9	±1
25	0	±1	3.7	±1
31.5	0	±1	− 4	±1
40	0	±1	− 12	±1
50	0	±1	− 20	±1
63	0	±1	− 28	±1
80	0	±1.5	− 36	±1.5

図 2-2 には、参照値のグラフもあります。

表 2-3　低周波音による心身に係る苦情に関する参照値[1-6]

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	ｵｰﾊﾞｰｵｰﾙ値
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41	92dB(G)

参照値に対して、G特性での重み付けをしたものを、書き込めば、赤い折線になります。

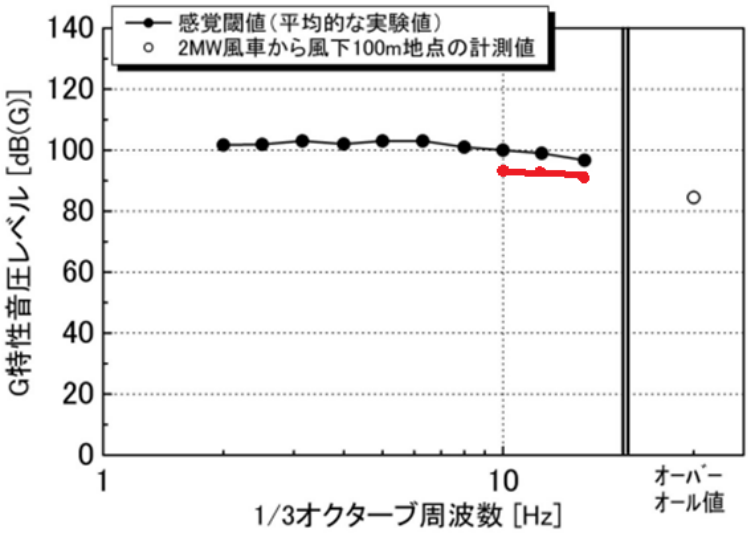


図 3-7　風車からの超低周波音の音圧レベルと感覚閾値との比較

感覚閾値[2-13]の値を元に G 特性音圧レベルに換算.
風車音（超低周波音）の計測値は[4-2]の値を示す.

これは、感覚閾値よりも小さな値でも人間の感覚は不快感を覚えると言う論理的な矛盾が生じます。

もちろん、論理学もいろいろです。古典的な 2 値の論理の他に、多値論理学や量子論理学もあるのですから、一概に矛盾、矛盾と言う事も無いのでしょうが、赤い線を忘れてはいけません。

さらに、次のグラフ

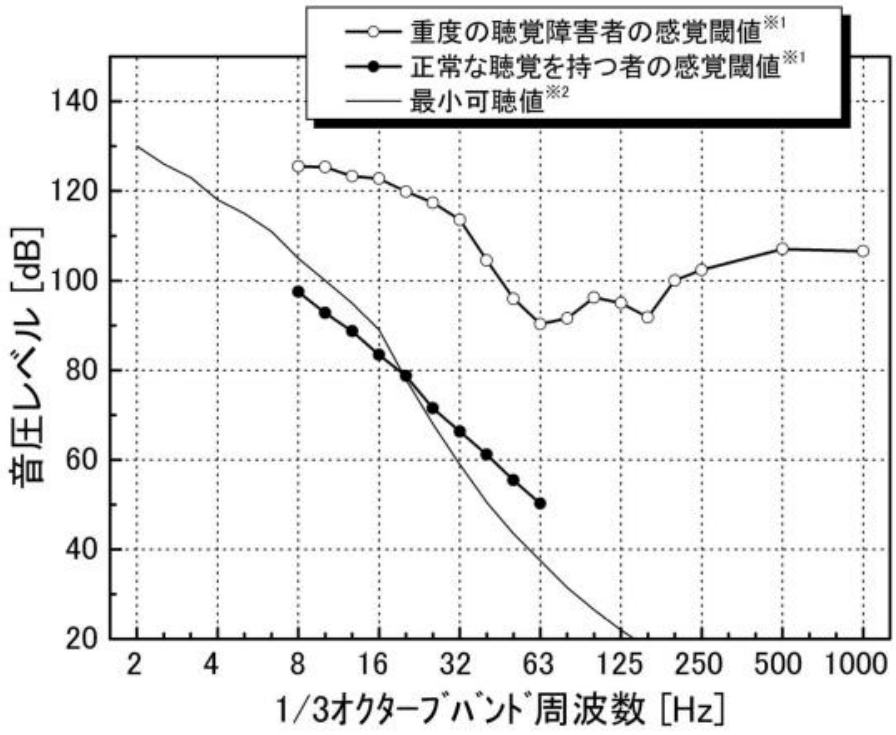


図 2-4　低周波音の聴覚閾値と聴覚以外の感覚閾値

（※1 は[2-23]，※2 は[2-14]の値を参照）

での、細い曲線の説明が、最小可聴値（聴覚閾値）となっていることを忘れてはいけません。

聴覚閾値を感覚閾値に書き換えれば、支離滅裂な議論になるのです。日本語をしっかり勉強しなくてはなりません。

さらに、図 3-7 における“ほぼ 100ｄB（G）” に関してですが、
感覚閾値を止めて、聴覚閾値と修正しても、その値が 100ｄB に近いことは間違いありません。
また、参照値の方も、“ほぼ 92ｄB”の赤い線になります。

これは、ISO7196 の記述とも一致します。

The perception of infrasound, although apparently achieved through the auditory mechanism, differs in some respects from that usuary understood by hearing. The normal threshold of perception if considerably higher than at audio frequencies (about 100 dB relative to 20 μPa at 10 Hz), whilst toleration for high levels is not raised correspondingly, that is, the dynamic range is smaller and the rate of growth of sensation with sound pressure level is much more rapid. In the frequency range 1Hz to 20Hz, sounds that are just perceptible to an average listener will yield weighted sound pressure levels close to 100dB when measured in accordance with this International Standard. A very loud noise will yield a weighted level in the order of 120 dB, only 20 dB above. Weighted sound pressure levels which fall below about 90 dB will not normally be significant for human perception.

超低周波音の感知は、明らかに聴覚メカニズムによって達成されるが、通常、聴覚として理解されるものとは、いくつかの点で異なる。通常の感知の閾値は、可聴周波数よりもかなり高い(10Hz で 20μPa に対して約 100dB)。一方、高いレベルに対する許容度はそれに応じて上昇しない、すなわち、ダイナミックレンジは小さく、音圧レベルでの感覚の成長速度ははるかに速い。1Hz～20Hz の周波数範囲では、平均的なリスナーに感知できる音は、この国際規格に従って測定すると、加重音圧レベルで 100dB に近い値となる。 非常に大きな騒音は、加重音圧レベルで、わずか 20 dB だけ大きい、120 dB の程度となる。加重音圧レベルが、約 90dB を下回れば、通常、人間の感知にとって重要ではありません。

と書かれている。最後の
Weighted sound pressure levels which fall below about 90 dB will not normally be significant for human perception.

での、90ｄB は参照値に対応する。
一番の問題は
超低周波音の感知は、明らかに聴覚メカニズムによって達成されるが
The perception of infrasound, although apparently achieved through the auditory mechanism,
です。

10Hz，12.5Hz，16Hz は超低周波音の領域です。感覚閾値とされる 100ｄB あたりの音圧よりも低い段階で、不快感、圧迫感、振動を感知します。聴覚では感知できなくても他の感覚器官で知覚するのです。人間の感覚は不快感を覚えてしまうのです。

ですから、“超低周波音（知覚できない)”としてはいけないのです。

20Hz以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている



では、“超低周波音（知覚できない)”について確認しましょう。

聴覚閾値に至らない粗密波による刺激でも、別の感覚で捕らえられる。さらに、様々な刺激をきちんと把握すれば、外界の対象たる風車騒音による被害なのだと知覚できる。

聴覚閾値は 10Hz の音のでるスピーカーと実験室で調べられても、感覚閾値を調べるのはかなり難しい、感覚器官は色々あるので、それらの感覚器官の閾値を調べるのはとても難しい。その感覚に対してそれぞれどのような実験が行われ、その実験の信頼度はどの程度なのかを示す必要がある。知覚閾値については何をどのように調べたら決定できると言うのだろうか？この３種の閾値を混同してはいけません。

例えば、0.8Hz の音に対する、聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値はそれぞれ、何デシベルでしょうか？

“20Hz 以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている”と言っているが、0.8Hz での知覚閾値が何デシベルかは、どの文献に書いてあるのでしょうか？誰が、どのような方法で計測したのでしょうか？

まさか、0.8Hz での聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値が書いてある文献が存在しないと言うようなことは無いでしょうね。普通の科学者は存在しないものとの大小比較はしません。

この説が正しいならば、風車音のうちで、20Hz 以上の部分だけが人間に影響を与えることになる。

風車の近くに住む人が受けている被害としては次のようなものがあります。同じ強さの交通騒音によってもこのような被害が発生するのでしょうか？

過去の研究結果には、次のものもあります。この知見を無視してはいけません。

表-3　低周波音苦情の分類

心理的苦情	睡眠妨害、気分のいらいら
生理的苦情	頭痛、耳なり、吐き気、胸や腹の圧迫感
物的苦情	家具、建具(戸、障子、窓ガラス等)の振動、置物の移動、瓦のずれ

このような反応は、交通騒音では起きない反応です。風車音から出る音のうちで 20Hz 以下の超低周波音が、知覚されないから、その影響は全くない。ならば、風車音と交通騒音の影響は同じものになるはずです。よって、同様の反応が、交通騒音によっても起きなくてはなりませんが、そのようなことは起こらないのです。

反応の違いの原因となるものが風車音に含まれているのです。それは、20Hz 以下の超低周波音であり、0.8Hz での極めて高い音圧です。この部分を感知したから反応が起きたと考えるべきです。

知性によって、このように認識できるのですから、超低周波音は聴覚では感知できないが、気圧変動を感じる器官や、揺れを感じる器官によって、超低周波音は感知できるのです。それを知性は風車音が原因となった刺激であると認識できるのです。この事は、風車の低周波音を知覚できたと表現すべきです。

超低周波音の部分が、感知できない、知覚できないならば、交通騒音とは異なる反応が起きる理由を説明しなくてはなりません。

下のグラフの赤い線と青い線がずれる理由を説明することが必要となります。

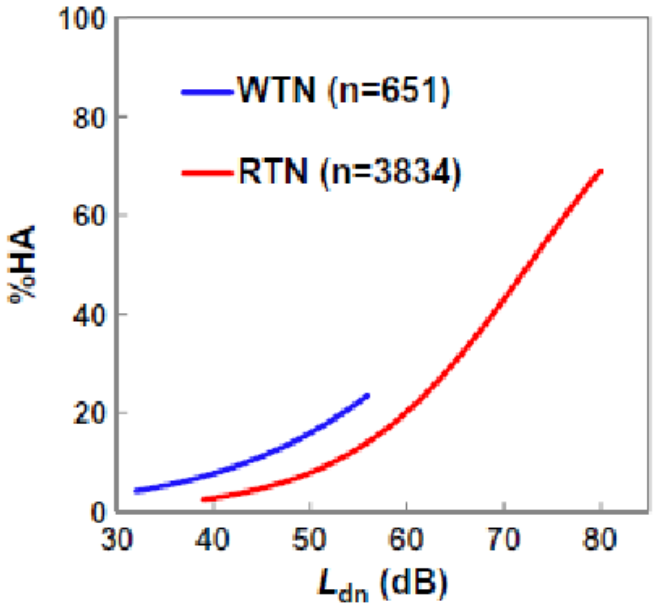


図 7　風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（L_{dn}）※と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

風車が稼働してから、１年も経てば、その場所なもはや静穏な場所ではありません。静穏だったころの記憶が消えれば、同じＡ特性音圧レベルの、交通騒音と同じ生体反応を起こすようになるのでしょうか？

記憶が消えるまでの期間で、被害が決まってくるのでしょうか？記憶が消えて被害を感じなくなる人は住民の何％であり、死ぬまで静穏だったころの記憶が消えなくて苦しむ人は住民の何％でしょうか？

私には、引っ越しすることと、死ぬこと以外の解決策は見つけられません。

また、風車音と交通騒音の被害状況に違いがある理由は、住民の環境のせいだと言って済ませる気なのでしょうか？その解釈が正しいか否かは、都会の人に風車の近くに住んでもらい、風車の近くの人に都会に住んでもらって、不快感に関する共通のアンケートを取ればすぐに分かります。

これは、粗密波としての超低周波音を気圧変動として感知できることを意味しています。
もちろん、これは聴覚による感知ではありません。
従って、参照値において人々が感じた不快感には、音響関連の、耳からの音、骨伝導での音の認識の他に、
圧力変動を感じて、
（5）胸や腹を圧迫されるような感じがするか
低周波音に特有な感覚として圧迫感・振動感がある。大きな音圧レベルの超低周波音が発生している場合や可聴域の低周波音が発生している場合には、胸や腹を圧迫されるような感じがすることがある。

と言う現象は、圧力を感じる器官を持っているのですから、生理的反応と考えるべきです。

室内で暮らす人が多いのですから、共鳴での音圧の強さを考えれば、粗密波としての超低周波音を気圧変動として感知できる可能性についても深く研究すべきだと考えます。
当然のことですが、これは聴覚による感知ではありません。
圧力を感知するときの閾値が、2016 年に分かっていたのでしょうか？そうならば、2019 年の研究結果は意味がないことになってしまいます。

聴覚閾値や感覚閾値を決めるのには、実験室で音を出して被験者の反応を見る。
例えば、参照値に関しては、

前川真帆香　氏は論文の中で
“第 3 節 救済されない低周波音被害者
自己の聴覚閾値を実験室にて経験した被害者は「実験室で使う純音と実際聞く音は全く異なる」と、実験室に基づくデータにより策定した参照値自体が現実を反映していないと主張する。さらに、彼らはその参照値を使った測定にも問題があると指摘する。では、被害者がこの参照値を低周波音の評価方法として用いるのは現実を反映せず、妥当ではないと主張するのは一体どうしてであろうか。”
と述べている。
これに関しては、後ほど録音時におけるマイクの性能や、再生時におけるスピーカの性能を検討したときに、理由が明らかになる。

ここでは、聴覚閾値と感覚閾値のズレを確認します。聴覚閾値と参照値にはズレがあります。
ISO 389-7:2019 には、threshold of hearing 聴覚（聴力）閾値の値が書かれています。
この、聴覚閾値の表の数値と、心身に係る苦情に関する参照値との対応表をつくれば、

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
聴覚閾値（デシベル） （改訂前の値）	78.1 (78.5)	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

となります。
（参照値－聴覚閾値）の表を作れば次のようになります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	-2.1	1.3	4.5	5.9	8	9.5	9.5

この表は、周波数が低くなればなるほど、聴覚閾値と参照値（不快感を感じ始める値）の差が小さくなってきていて、20Hz では逆転することを示します。10Hz、5Hz、1Hz、0.5Hz と低くなればなるほどこの傾向は続くと考えます。
参照値は、被験者の１０％が不快だと感じる値です。これは、20Hz の音圧レベルが 76ｄB の時に、10%の人間が不快感を覚える。と言いう事です。

聴覚は、低周波音（0 Hz～100 Hz）に対しては周波数が下がると鈍くなります。ISO389-7 の値での、聴覚閾値は、20Hz の音の音圧が 78.1ｄB（78.5ｄB）になると、音として認識できるようになる。ことを示しています。重要なのは、音として聴覚で認識する前に、別の感覚器官を含めた形で音を感知して不快感を覚えてしまうと言う事です。

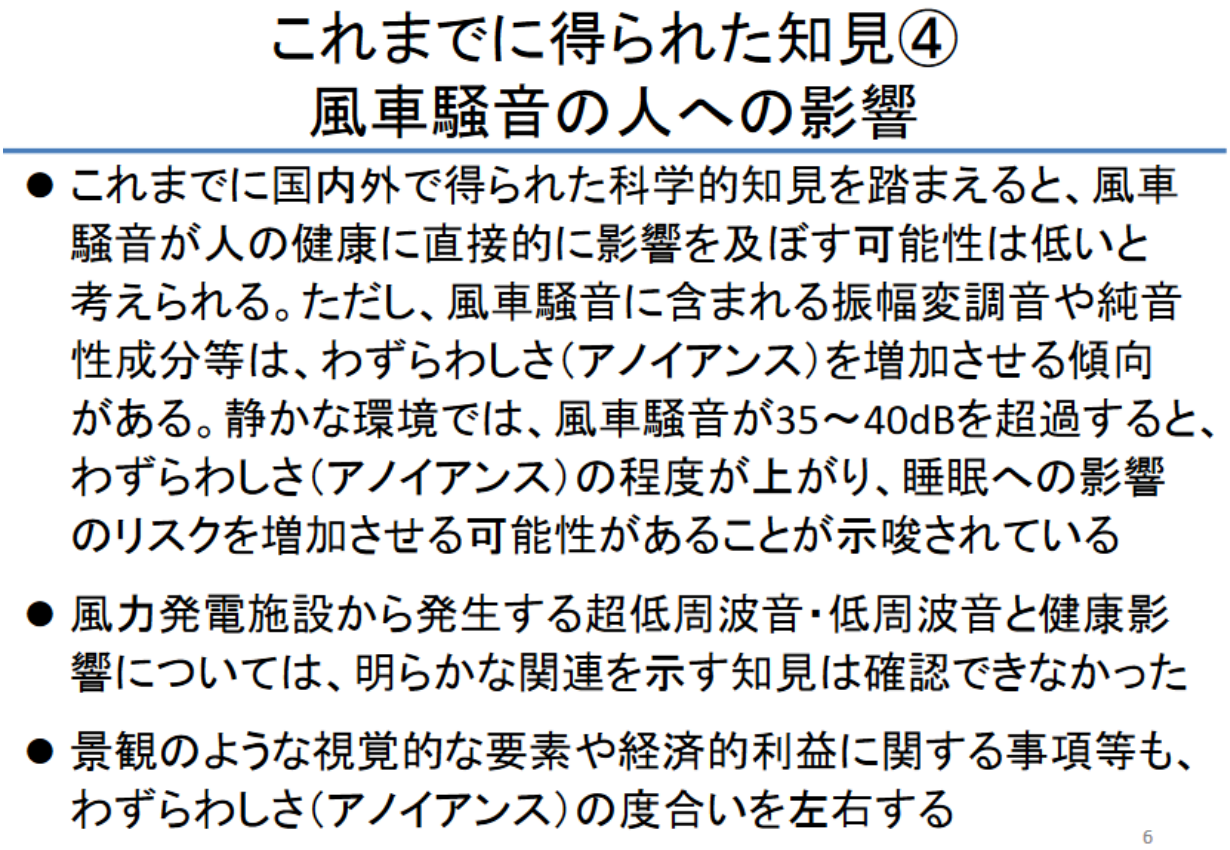
もし、この 78.1ｄB（78.5ｄB）が、感覚閾値ならば、その音圧レベルまでは、人間は音の影響を感知しないのだから、76ｄB で不快感を覚えることは無いはずです。

聴覚閾値と正しく訳しておけば、20Hz の音に対して、人間の聴覚は 78.1ｄB になるまでは認識しないが、それ以外の感覚（圧迫感、頭痛、など）で 76ｄB の段階でも不快感を覚えると理解できるので、矛盾は生じません。耳が悪くなっても圧力は感知で来ると言う事です。

困ったことに、ISO389-7 には、20Hz 未満の聴覚閾値は書かれていません。参照値も 10Hz までしかありません。5Hz 程度までは、他の実験も行われているようです。

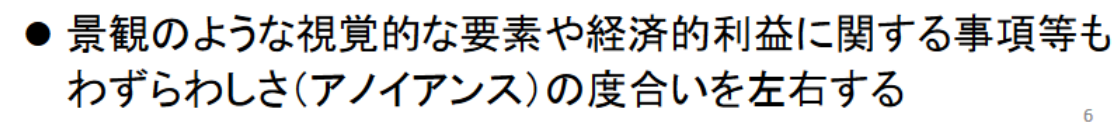
風車音では、0.8Hz の時に最大音圧になっているのですから、実験室でも、0.8Hz の音を被験者が経験しなくてはなりません。残念なことに、この実験は出来ないのです。0.8Hz の音を出せる巨大なスピーカは風車そのものしかないのです。

知見④



アノイアンスの要因として、景観、経済的利益、業者の態度などが上げられます。

最後の方から考えてゆきます。



もしも最後の記述が正しいいならば、洋上風力の風車は、丸見えなので、視覚的要素は陸上風力とは比較にならない。また、海で働いていた人にとっては、漁場を奪うことで経済的な利益の根本を奪い取った悪者である。海岸近くに住む人にとっては、うるさくて眠れなければ、仕事にも、交通事故にも、子供の学習にも悪い影響がでる。うるさくて眠れない人は仕事でミスをする。交通事故にあう可能性が高まる。授業中に眠れば、学力も低下し、学習塾の費用もかかる。従ってアノイアンス（不快感）の程度は格段に高まり、睡眠への影響も格段に大きくなる。
と言えます。

これらの要因について具体的に確認しておきます。

景観

景観については、“直接見えている”ことと“見た記憶がある”に分けて考えます。

直接見えていなくても、被害が出ます。
“南伊豆風車（被害）紀行（２）～承前
似たような証言は他の家でもあり、風車が山陰に隠れて見えない、1.5km くらい離れた家では、その見えない風車からの音は聞こえないのですが、回っているとき、ぴったり連動して住民が吐き気や胸の圧迫感、頭痛、耳鳴りなどに襲われていることが分かったそうです。
そのかたは、当初、見えない風車のことなど気にしていなかったのですが、昨年暮れから急に、そして、あまりに頻繁に気持ちが悪くなるので、体調がおかしくなる時間帯を記録していたところ、それが風車の稼働している時間とぴったり重なったのです。“

風車が見えていても、風車が止まれば被害は激減します。
“２００７年末、東伊豆の別荘地では１５００ｷﾛﾜｯﾄ×１０基の風力発電が運転を始めた直後から、住民のなかで健康被害が続出した。この因果関係を調べるため、事故で風車が停止しているとき、団地自治会が独自に疫学調査を実施した【表１】。不眠、血圧、胸・腹・歯・鼻・耳痛などの症状が、風車が停止することで大きく改善したことがわかる。

表1 東伊豆での風車停止中の被害改善調査（%）

風車からの距離（m）	500m未満	500～700m未満	700～900m未満	900m以上	生理的要素
不　眠	71	27	13	0	距離が離れると改善
血　圧	18	15	0	0	距離が離れると改善
リンパ腺の腫れ	6	2	0	0	距離が離れると改善
胸腹歯耳鼻痛	41	39	25	0	距離が離れると改善
煩い・イライラ	59	61	75	0	心理的要素も
頭痛・肩こり	41	39	81	33	心理的要素も
全体で改善	94	76	94	33	心理的要素も

注：事故停止中、住民121人中の77人が回答した。改善63人（改善率82%）。調査結果に転居（10戸）避難者は含まない。出典：三井大林熱川自治会（2009）。

この結果を受けて住民が動き、今後は夜間に住宅直近の風車３基を停止すること、次に近い風車２基の回転数を４割減らすことーーという内容の協定を、自治会と事業者と東伊豆町の三者で結んだという。これによって睡眠障害は７割減った。ただし、それでも耐えられず転居した家族もいる。“

風車を見た記憶は消えなくても、風車から離れれば被害は無くなります。
“風力発電による健康被害については、和歌山県由良町の故・谷口愛子氏の証言がある。１９９０ｷﾛﾜｯﾄの風車から１・３ｷﾛのところに彼女の自宅がある。彼女は「辛いときは夜中に車に乗って遠く離れたコンビニの駐車場まで行って寝る」「按摩さんを呼んだら、“ここに来ると何か恐ろしい妙な感じがする（視聴覚障害者は低周波音に敏感)”といっていた」という。“

景観と被害の関連はかなり薄いと言えます。

経済的利益

に関しては、ほとんどの住民にとっては、被害はあっても、経済的な利益は無いのです。

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
におけるアンケート結果では、
“つぎに、風車地域におけるアンケート調査の結果を詳細に分析した結果について述べる。
a. 問 4 で何らかの音を「最も悩まされている音」として挙げた回答は、全回答数 747 のうち 197 件であった。その内訳（図(2)-37）を見ると、60%（119 件）が風力発電施設の音を挙げている。それに次いで、22%が道路の自動車の音となっている。
b. 問 4 に対する回答のうち、風力発電施設の音以外の音を挙げた回答（ 78 件、以下、「風車騒音以外グループ」と呼ぶ）と風力発電施設の音を挙げた回答（ 119 件、以下、「風車騒音グループ」と呼ぶ）の別に、検討を行った。まず、生活環境の満足度（問 2）に対する回答（図(2)-38）を見ると、「風車騒音グループ」の回答で「静けさ」に対する不満の程度が「風車騒音以外グループ」よりも大きくなっている。その他の項目については、両グループ間で大きな差は見られない。
p. 「風力発電施設があることによって、よいことがあるか」という問 10(14)に対する回答（図(2)-57）では、両グループともに「ない」という回答が圧倒的に多い。“
となっている。

洋上風力では、漁民は良好な漁場を奪われます。

令和５年度 山形県地域協調型洋上風力発電研究・検討会議
第１回 遊佐沿岸域検討部会

“五十嵐委員（山形県北部小型船漁業組合）
先ほど経済産業省から安全に対してはそれなりの基準でやっているという説明があったが、調べたところ過去８年間で 38 件の事故が起きており、年間にすれば４～５件、何らかの事故が起きているようだ。内容としてはブレードの破損等が 22 件、火災が 7 件、ナセルの落下等が５件、タワーの倒壊等が４件。我々はこういうものの下で操業しなければならない立場の人間であり、非常に危惧している。
今までは台風などの強風や雷によるものがほとんどだった思う。ただ、2023 年３月 17 日に青森県の六ケ所村で発生したタワーの倒壊は、風速が 8～10m前後であり、そうしたレベルでも倒壊するということを考えると、我々はそこで商売するということは考えられない。命を懸けてまで、そこまでやる価値があるのかと思う。溶接面の金属疲労が原因とのことであったが、こういう状態でも事故が発生するとなると、本当に我々はそこで漁業を営んでいけるのか、逆に言えば安全を誰が担保してくれるのか、その辺も考えていただきたい。１年前にこういう事故が発生しているわけで、これに関しての議論がこの会議で何もなされていないということもどうなのか、提言しておきたい。“

とあり、これに対して、

“資源エネルギー庁 西尾補佐（オブザーバー）
そうした不安を与えてしまうような事故があったということは大変申し訳なく思っている。
先ほども説明した通り、洋上風力発電設備は電気事業法に基づき、計画、設計がしっかりなされているか、経済産業省において確認しており、適切な施工等、維持管理がなされているのかも確認しているところであるが、どうしても溶接の不具合や施行の不備が発生してしまっている事例があるので、監督省庁としても適切に対処していきたい。“
との発言があった。

ここで驚くのは、五十嵐委員の見識に対しての、西尾補佐の意見である。水平軸型の風車の運動を確認すれば、金属疲労が起きることは明白です。振動の様子やその原因を考えれば水平軸型風車は金属疲労の実験装置だと言えます。
1) 高橋厚太,賀川和哉,長嶋久畝,川端浩和,田中元史,小垣哲也,濱田幸雄,風車ナセル・タワーの振動解析,
風力エネルギー利用シンポジウム Vol.40,p.251-254,2018
2) 菊島義弘,長島久敏,橋本晶太,鯨岡政斗,濱田幸雄,川端浩和,小垣哲也,風速が風車騒音指向性に及ぼす影響について,風力エネルギー利用シンポジウム Vol.38 p. 69-72, 2016
3) Dai-Heng CHEN,増田健一,尾崎伸吾,円筒の弾塑性 純曲げ崩壊に関する研究, 日本機械学会論文集 A 編, Vol.74, No.740, p. 520-527, 2008
風車の塔の振動は、水平軸型の風車の物理的は宿命であり、その結果としての金属疲労による倒壊なのです。

健康影響や賛否の要因

“風力発電所による近隣住民の健康影響や賛否は，風力発電所からの近さによって決定づけられるのではなく，事業のやり方や風車音の不快感などその他の要因によって影響を受けると判断できる．“

“風力発電所による近隣住民への影響に関する社会調査
Social Survey of Attitudes on Wind Turbine Neighbors
本巣 芽美*1 丸山 康司 *2“
の
評価できる点は、
新しい観点でのアンケート項目がある。
既存の風力発電所と新規計画を想定した風力発電所の賛否について尋ねた
ところです。
残念な点は、
アンケート項目が足りない。
既存の風力発電所の撤去の賛否について尋ねていない
ところです。

実際に風車音の影響を経験した人は、さらに新しく風車を建設する事に対して、どのように考えるかという観点からの資料が次のものです。

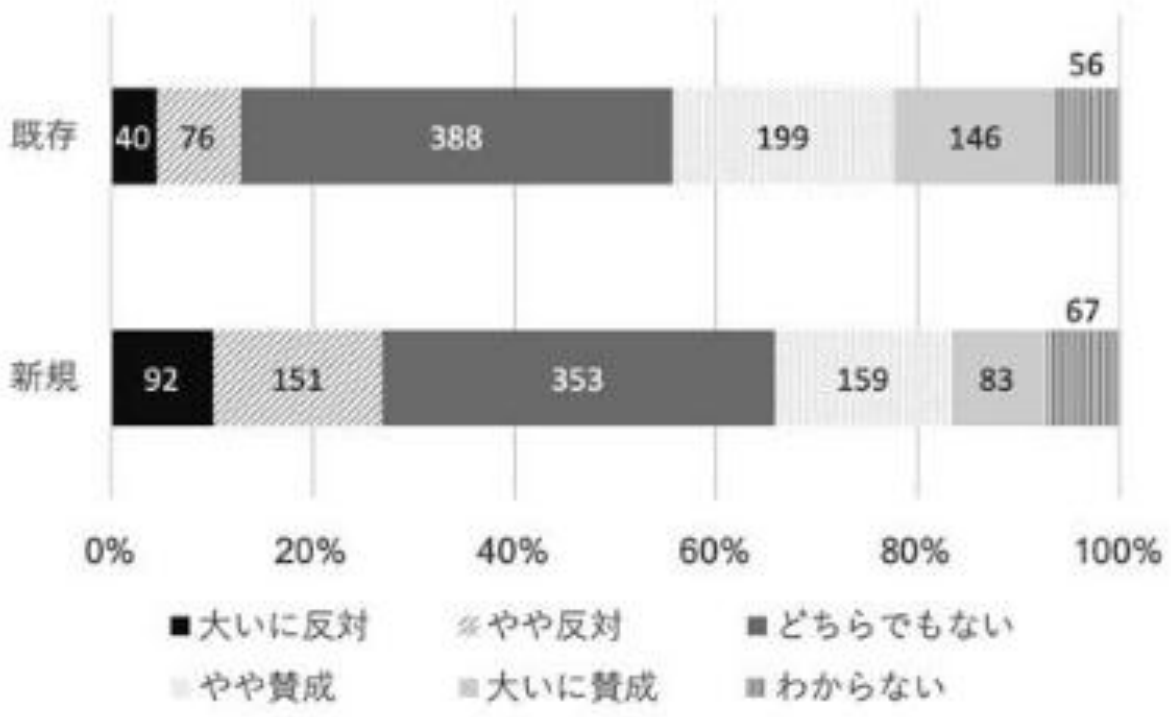


図５ 風力発電所に対する地域住民の賛否

反対する人は２倍になり、賛成する人は、３割程度減少しています。
過去の建設時における業者の対応は、過去の出来事であり変化しないのですから、何が原因で賛成や反対の割合が変化したのかを調べる必要があります。
さらに、この調査を、0.5ｋｍ未満、1ｋｍ未満、2ｋｍ未満、3ｋｍ未満、5ｋｍ未満、10ｋｍ未満、毎にやれば、風車からの距離と賛否の変化の関係がより明らかになるのですが、その資料はありません。
これは、苦情や被害を表立って訴えなくても、実際に風車が建設されている場所で暮らす人の風車に関する認識が否定的なものになることを明確に示している資料です。
地球温暖化、SDGｓとか言われて、反対できなかった住民が新たな建設にＮＯと言っているのです。
風車の影響を実際に経験すれば、既設建設に対する（大いに反対、やや反対）（40，76）から新規建設に対する（大いに反対、やや反対）（92，151）に変わるのです。
この結果を見れば、“既存風車を撤去する”事に関する賛否を尋ねれば、賛成が多くなるような気もします。
“しかし,「風車音による不快感」と「風力発電所に対する賛否」は有効回答数が少ないが相関関係が認められた（Pearson の相関係数 r=-0.830，有意確率（両側）p=0.001）.”

論文の、５．結論　に於いて、
“風力発電所が原因と思われる身体的もしくは精神的な健康影響については，健康影響があると答えたのは回答者の 3.1%（28 人）であり，一部の近隣住民は風力発電所により健康影響が生じていると感じていた．この 28 人の回答者の自宅と風力発電所との距離から考察すると，距離は主観的な回答であるため実際とは異なる可能性はあるが，風力発電所から同心円状に健康影響が広がっていることは本研究では確認できず，距離が健康影響に

直接関わりがあるとは言えなかった.”
とある。

回答者は 905 件、距離の平均 8.888ｋｍ、聞こえた 93 人であり。
可聴性に関する、５ｋｍ未満の回答は

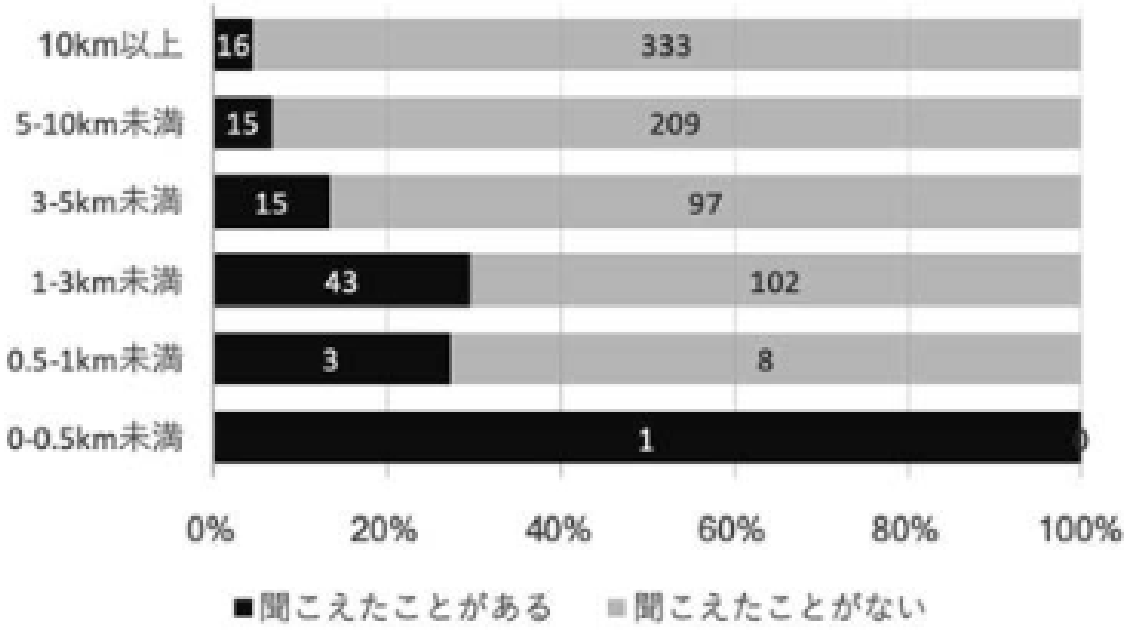


図 1 風車音の可聴（n=842）

風車の近くでの健康影響を受ける割合については

表 2 健康影響が生じている住民の風力発電所からの距離

距離	0.5km	1km	2km	3km	4km	5km 以上
人数	1	5	4	1	1	16

であり、この２つの資料から次の結果が得られます。

	聞こえる	聞こえない	合計		被害あり
３～５未満	15	94	109		1
1～３未満	43	102	145		5
0.5～１未満	3	8	11		5
0.5未満	1	0	1		1
	62	204	266		12
					4.51

５ｋｍ圏内では、4.51%が健康影響を受けている。

	聞こえる	聞こえない	合計		被害あり
1～３未満	43	102	145		5
0.5～１未満	3	8	11		5
0.5未満	1	0	1		1
	47	110	157		11
					7.01

３ｋｍ圏内では、7.01%が健康影響を受けている。

洋上風力では海岸から２ｋｍ前後の場所に建てることが多いので、２ｋｍ未満での推定値は、

	聞こえる	聞こえない	合計		被害あり
1～2未満	16.125	38.25	54.375		1.875
0.5～１未満	3	8	11		5
0.5未満	1	0	1		1
	20.125	46.25	66.375		7.875
					11.86

より、２ｋｍ以内では、11.86%が健康影響を受けると推測されます。

	聞こえる	聞こえない	合計		被害あり
0.5～１未満	3	8	11		5
0.5未満	1	0	1		1
	4	8	12		6
					50.00

1km 以内では、50%が健康影響を受けている。
となり、
本巣氏のデータが示すように、回答者のうちで風車による健康影響を受けている人の割合は、
回答者全体では 3.1%だが、風車の近くに限定してみれば、健康影響を受けている回答者の割合は、
５ｋｍ未満では 4.5%、３ｋｍ未満では 7.0%、２ｋｍ未満では 11.86%、1ｋｍ未満では 50%となります。
本巣氏自身のデータが示すように、“同心円状ではない。”＝“距離には関係が無い。”という事にはならないのです。同心円ではなくとも、距離には深く関係するのです。

また、住民説明会は 1ｋｍ以内でしか行われないことを考えれば、風車から 1ｋｍ以上離れた場所（住民説明会が無い場合）に関しては、距離が大きくなれば健康影響は減る。と言えます。

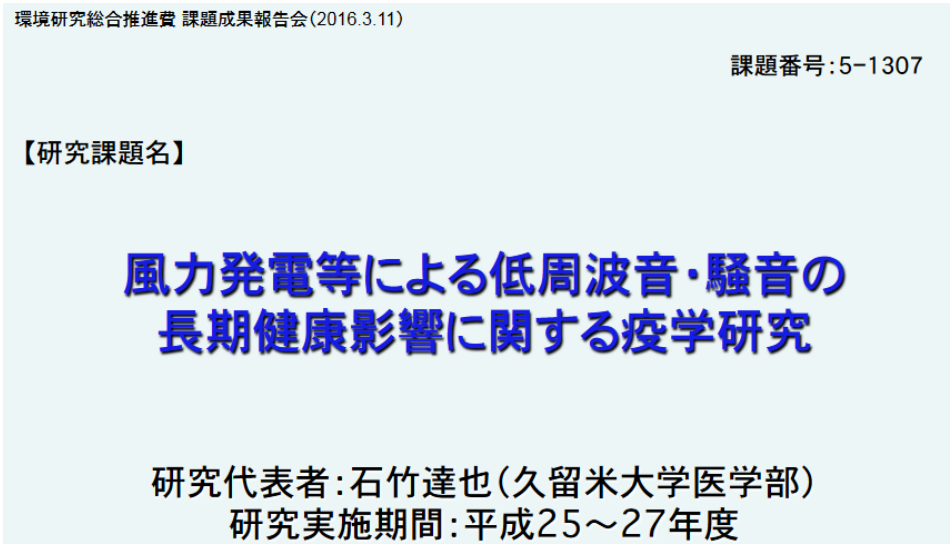
例えば、２ｋｍ圏内の住民の反応と、20ｋｍあるいは 200ｋｍ離れた場所に住む人の被害に対する認識は全く異なると思われます。

では、住民説明会が行われる 1ｋｍ圏内では、健康影響を受ける割合が多い理由は何でしょうか？
・距離が近いから風車音も大きく、被害を訴える人の割合が多い。

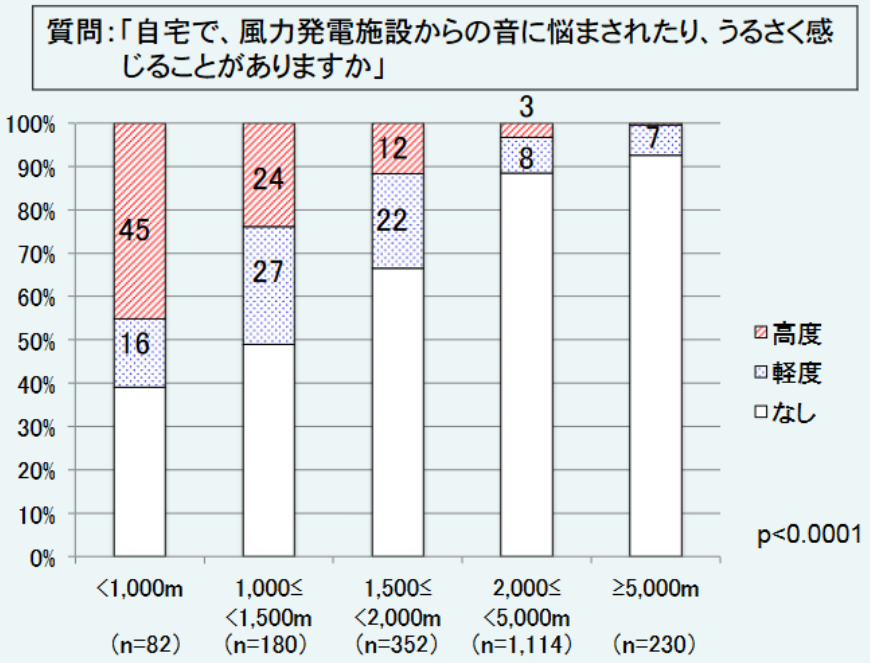
・説明会があったので、謎の音の原因が風車だとわかるので、被害を訴える人が多い。
・説明会の内容が悪かったので、健康影響を訴える人が多くなった。
　さて、どんな説明会をして、どんな資料を配布すれば、健康影響受ける人が減るのでしょうか？

　もともと風車音への反応では個人差も大きい。住んでいる人の構成も均一ではないし、地形の違いもあるのですから、たとえ音圧が同心円状であったとしても、健康影響が同心円状になるとは言えないのです。

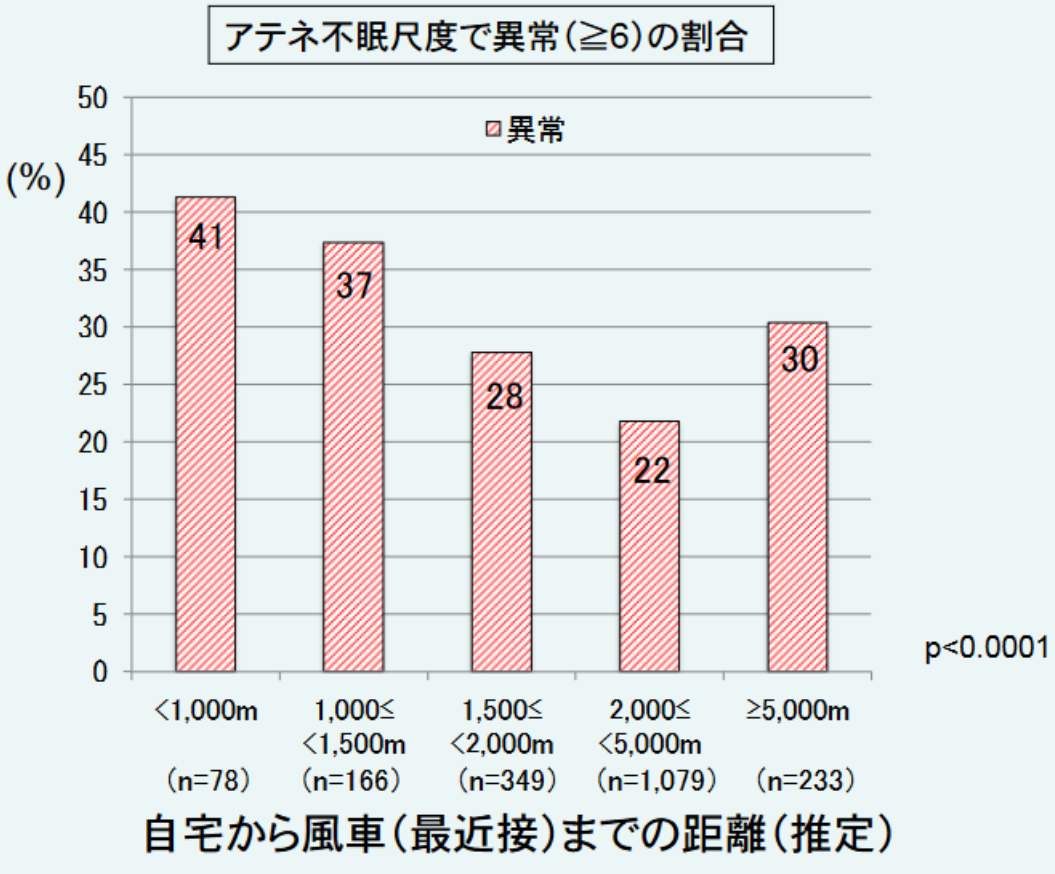
　さらに、
石竹氏の調査結果と、説明会は風車から１ｋｍ圏内の場所でしか行われないことを考えれば、
説明を受けていない２ｋｍ以上の地域を見れば、業者の説明を受けていない人に関しては、アノイアンス（煩わしさ、不快感）、睡眠障害のどちらとも、距離によって影響が低減することが分ります。
　もちろん、厳密に同心円状になっているというような主張はしていません。



風車までの距離とアノイアンス（風車）



風車までの距離と睡眠障害



“風力発電所による近隣住民の健康影響や賛否は，風力発電所からの近さによって決定づけられるのではなく，事業のやり方や風車音の不快感などその他の要因によって影響を受けると判断できる．“
“風車音の可聴の有無ではなく，むしろ，風車音がどのように感じられるかということの方が，健康影響や風力発電に対する賛否においては重要である．
以上より，風力発電所による近隣住民の健康影響や賛否は，風力発電所からの近さによって決定づけられるのではなく，事業のやり方や風車音の不快感などその他の要因によって影響を受けると判断できる．“
　さて、
“近隣住民の風車音による不快感を低減させるためには，風車音の音量や距離に関する対策だけでなく，建設過程における地域住民への対応が重要であると考えられる．“
とあるが、
“今陸上風車から約２キロのところに住んでいますが、騒音で眠れない、起こされる日が年に何十日もあります。”の対策としては、業者がもう一度丁寧に説明すれば解決できるのでしょうか？あるいは、建設の時に丁寧に説明してあれば、“騒音で眠れない、起こされる日が年に何十日もあり”という事は起こらなかったのでしょうか？

● 風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できなかった

これについては、
議論の基礎となる、風車音の計測結果がゆがめられているから確認できないのです。

低周波音・超低周波音に関連する解析方法は主に２つでした。それは G 特性音圧レベルと 1/3 オクターブ解析です。

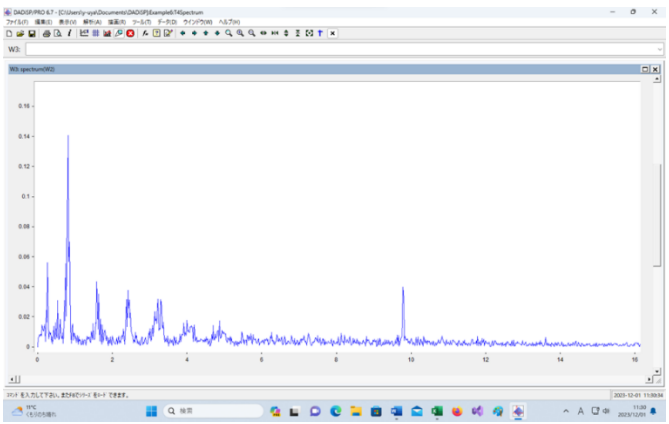
低周波音の基礎および伝搬・影響・評価（落合博明　氏）には、
“低周波音の測定にあたっては G 特性音圧レベルと 1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する”
とある。

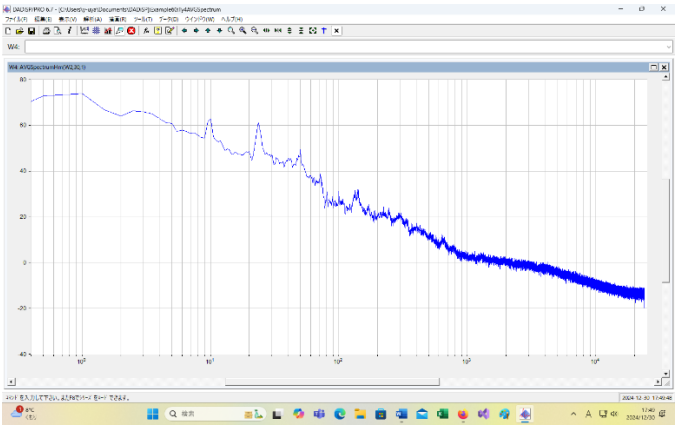
低周波音の測定方法に関するマニュアルには、
“3）風雑音と低周波音の見分け方
・多くの場合、対象とする低周波音は定常的、周期的あるいは特徴的な音圧レベルの変化を示すはずである。
・風による音圧レベルは，不規則に変化する。“
とある。

平成２２年度　移動発生源の低周波音等に関する検討調査等業務報告書　には、
“風車音の計測に関しては、
・統一した方法はない
・計測機器が規格化されていない“
とある。

“定常的、周期的あるいは特徴的な音圧レベルの変化”を見つけたいのか、見つけたくないのかによって、解析方法が違ってきます。

風車音の計測結果から、2 つのグラフが得られます。





左を選べば、f/3、2f/3、f、2f、3f、、Hz で音圧がピークとなることが分り、その事から風車音が発生する仕組みや頭痛が起きる理由を解明できるが、右のグラフを選べば風車音被害の原因は究明できなくなります。さらに、最大音圧は半分の数値として評価されます。

“風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”
及び、

● 風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できなかった

に関しては、
８．健康被害と原因
で、詳しく説明します。
　明白なことは、“風車を撤去すれば被害は無くなる。”という事です。この事は、普通は、健康被害の原因が風車である証拠として扱われますが、“被害が起こる仕組みを明確にしなければ、風車が被害の原因だとは認めない。”と主張しているのです。
　しかも、“知見は確認できなかった”とあるが、“知見はあったが故意に見落とした可能性が高い。”のです。そう判断する理由は、環境省が“健康被害の原因を明確にしてしまうような計測を妨害し、さらに原因を示すデータを除去しろ。”と言っているからです。

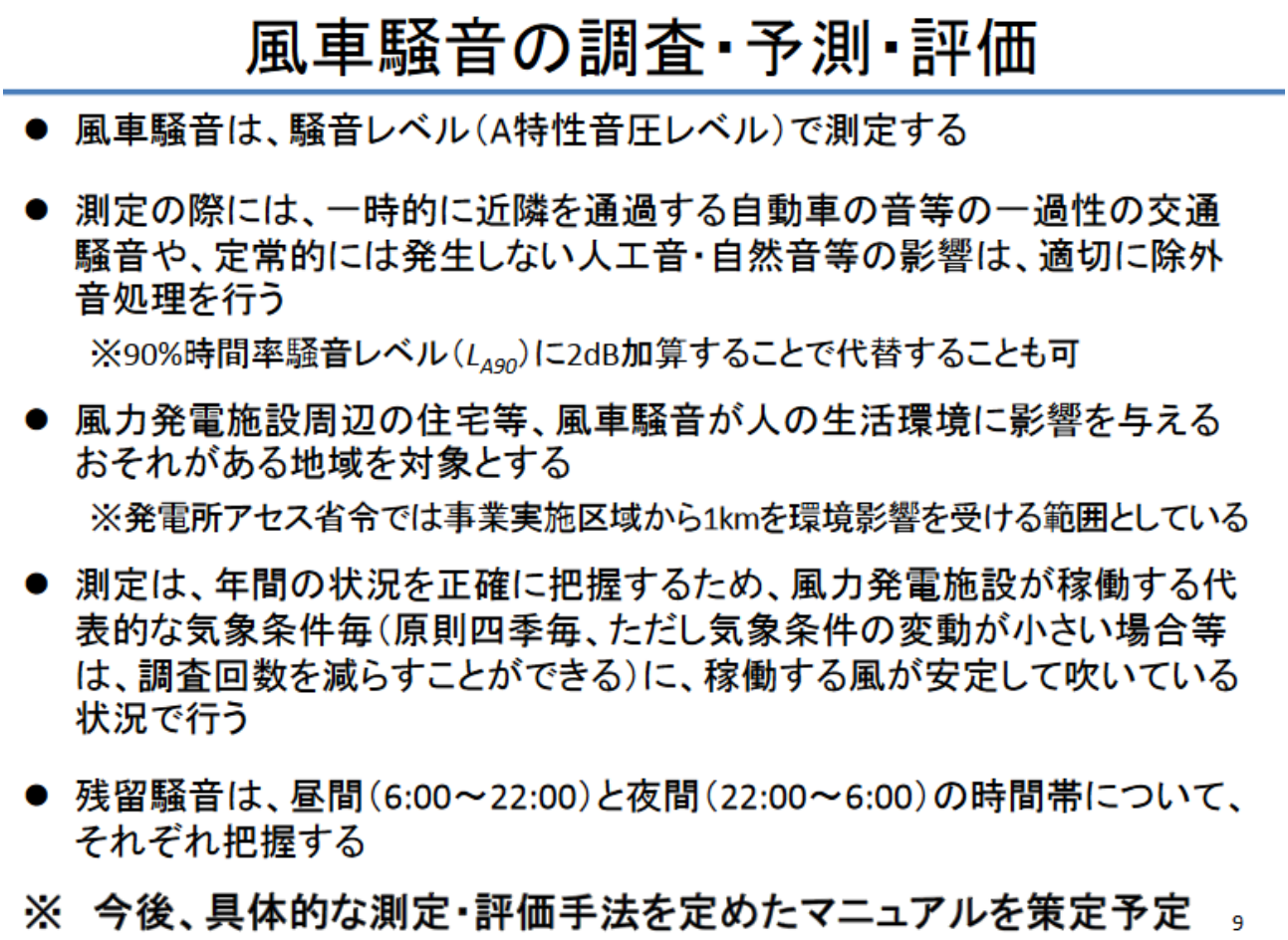
長期間継続する風車音による睡眠妨害での結果としての健康被害（間接的な健康被害）と風車音の性質から物理的な必然として起こる頭痛（直接的な健康被害）があります。
また、音としてではなく、振動として作用して安眠を妨害し、健康被害を引き起こす場合もあります。

超低周波音・低周波音と健康影響の関連は明らかです。幾つかの文献を調査すれば、すぐに判明します。
　関連を見つけないように、関連の書いてない文献だけを調査したのでしょう。

また、

● これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている

にある、アノイアンスについては、ラウドネスとの関係を含めて、
因果関係と風車音被害の指標
アノイアンス（不快感）の指標とラウドネス（うるささ）の指標
10.1　アノイアンスとラウドネス
で詳しく検討します。



以下の点が問題になります。

□ 風車騒音は、騒音レベル（A 特性音圧レベル）で測定する

については、

風車による睡眠妨害に大きく影響を与えるのは、アノイアンス（不快感）です。ラウドネス（うるささ）の不快感の一部ですが、風車音ではラウドネス（うるささ）アノイアンス（不快感）の程度の決定に寄与する割合は 9～13%です。

風車音のエネルギーでは、超低周波音（0～20Hz）の部分に 93%、可聴域（20Hz 以上）に 7%の割合で分布しています。この割合は、超低周波音のアノイアンス（不快感）への寄与が 90%、風車騒音（20Hz 以上）の寄与が 10%と考えれば、他の事項との整合性が保てます。

風車騒音は、騒音とあるので風車音の成分のうちで 20Hz 以上の周波数を持っているものを意味します。従って、風車騒音の測定には A 特性音圧レベルが適切ではあるが、風車音での 20Hz 以上の成分は、他の環境騒音と比べると音圧が低くて、人体に対する影響はほとんどありません。

従って、A 特性音圧レベルの値と、風車音による被害との関連はほとんど無いのです。

“風車騒音は、騒音レベル（A 特性音圧レベル）で測定する”作業は、風車音による被害を隠蔽する役割しかないのです。A 特性音圧レベルを測って、環境騒音の基準値と比べて小さいことを示して、風車騒音（20Hz 以上）が被害の原因ではないというのです。

超低周波音の f =RZ/60H z の音圧を測れば、被害状況との相関関係が明白になります。ですから、

☆風車音は、周波数スペクトルでの最大音圧で計測する
と変える必要があるのです。

風車音（0Hz 以上）による被害は色々ある。

安眠妨害（音や振動）
「夜眠れない、眠っていても起こされてしまう」
疲れやすい、集中できない、イライラ感、脱力感、肩こり、不安、気持ちが悪くなる、幻覚、不眠症、
超低周波音による体内の圧力変動の結果（長期間の曝露で発症する。循環器系の障害）
腹・胸の圧迫感、耳鳴り、腹痛、吐き気、
血圧上昇、動悸、手足のしびれ、癲癇、めまい、
頭痛（短時間の曝露でも発症し風車から離れれば治る。音響キャビテーション）
頭痛、
その他（総合的なストレス）
脱毛、顎の痛み、

このうちの、安眠妨害の一因として、A 特性レベルの大きさがある程度は影響するが、主な要因ではない。安眠妨害の要因は他にも沢山ある。

また、循環器系の障害について、風車からの可聴音（20Hz 以上）が原因ではない。もしこれが原因ならば、可聴域でより音圧が高い他の環境騒音でも循環器系の障害が起きるはずである。

超低周波音を原因とする末梢血管の圧迫により、体内の血圧の上昇と動脈壁の肥大化、心筋への負担の蓄積によって健康被害が起きる。また、音響キャビテーションでの気泡発生による頭痛も起きる。これらの事柄と関連が深いのは、f=RZ/60Hz での最大音圧である。

従って、風車音の周波数スペクトルを調べ、最大音圧と健康被害の関連を調べることが重要なのです。

□ 測定の際には、一時的に近隣を通過する自動車の音等の一過性の交通騒音や、定常的には発生しない人工音・自然音等の影響は、適切に除外音処理を行う
※90%時間率騒音レベル（LA90）に 2dB 加算することで代替することも可
については、

ここでの記述は、残留騒音の計測に関する記述なのか、風車音の測定に関する記述なのかが不明です。

残留騒音の計測に関する記述だとすれば、既設の風車からの音に関する記載が足りません。
“一時的に近隣を通過する自動車の音等の一過性の交通騒音や、定常的には発生しない人工音・自然音”が除外音処理の対象になっているのだが、
既設の風車音は、
“一過性ではないが特定できる人工音”（他の会社の既設風車の音）は、“残留騒音”に含めるのか、それとも、既設の風車音を暗騒音から除いたものを残留騒音とするのかが、問題になります。

よって、“測定地点周辺に既設の風力発電施設がある場合は、これらの施設から発生する騒音を除いた騒音を残留騒音とする。”が必要になります。でも、“測定地点周辺”の定義が問題になります。周辺とは１ｋｍなの

か、3ｋｍなのか、10ｋｍなのか、20ｋｍなのかが問題になります。

1ｋｍと考える場合は、大型風車が沢山並ぶ洋上風力の場合の被害の予測が出来ません。累積的な影響をなるべく正確に考える必要があるのです。もちろん音源の形や風車音の指向性、風速の変化と音圧の変化の関連性なども課題として残ります。

風車音の計測に関する記述だとすれば、“適切に除外音処理を行う”の意味が問題になります。
安いマイクが付いている普通騒音計で、A 特性音圧レベルを測れば、環境省が心配することは起きないのですが、別の A 特性音圧レベルを測る方法もあります。

それは、NL-62、NL-63、SA-A1 で 120 秒間の波形を計測して WAV ファイルにする。サンプリングレートは 48ｋHz 以上にしておく。

この WAV ファイルに対して、ISO7196 と JIS の規定に従って、1/3 オクターブ解析を行う。そうすると平坦特性での音圧レベルが、中心周波数 0.25Hz～20ｋHz になっているものが得られる。

このうち、20Ｈｚ～20ｋＨｚの部分だけを取り出して、A特性での音圧レベルを計算する。
この場合、隠したいデータが残っています。超低周波音の部分です。

これが残っていると、風車音の特性が判明してしまいます。風車音の被害と関係が深いのは超低周波音の部分であり、20Ｈｚ以上の成分からなる風車騒音は、被害とはほとんど関係が無い事が判明します。

その結果、A 特性音圧レベルの数値が低いのは当然の結果であり、その数値が低いことは、風車音による被害が無い事を意味するものではない事が判明します。

さらに、二重防風スクリーンを付けて計測した結果と、室内の条件に近い、車内で、精密騒音計に風を当てないで、二重防風スクリーンを付けないで計測した結果を比べると、環境省の指示が、あまりにも乱暴であり、被害を個人の責任に転化するものだと分かってしまいます。

超低周波音である 0.5Hz や 1Hz の音は、聞こえなくても、体内の圧力を変化させます。体が強制的に圧縮膨張させられます。圧縮の時は、末梢血管が、さらに細くなり、血流が妨害され血圧が上がります。この状態が数年続けば、動脈の血管壁が肥大化し、心筋にもダメージが蓄積します。循環器系での障害が起こります。聞こえなくても、物理的な要因によって健康被害が起きるのです。

都合が悪いので、二重防風スクリーンを使って、1Hz の辺りの観測値は 38ｄB ほど小さな数値として計測されるようにしなさい。それでも目立つ様なら“除外音処理”をしなさい。と環境省は言うのです。

□ 風力発電施設周辺の住宅等、風車騒音が人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域を対象とする
※発電所アセス省令では事業実施区域から 1km を環境影響を受ける範囲としている
については、

実際に業者が計測するのは、風車から 1ｋｍ以内の場所であることが多い。風車の数が少なくても風車から 3ｋｍ程度の範囲には影響が及ぶ。大型風車が沢山並ぶ洋上風力では、更に広範囲に影響がでる。石狩湾の計測結果を見れば、風車群からの音は 10ｋｍ以上の範囲に影響を与えていることが分る。

被害の推定には、到達風車音の大きさが必要である。風車建設前の残留騒音が計ってあれば、到達風車音の計測が簡単になる。それが判明すれば、被害の原因解明が簡単になる。

少なくとも、住民の希望があれば、10ｋｍ以内での、測定は行うべきである。測定結果は、WAV ファイルの形の波形データとして、そのコピーを住民自身が保管すべきである。
※の“発電所アセス省令”の意味が不明確なのと、通産省令の内容とは異なる内容なので別扱いとします。

□ 測定は、年間の状況を正確に把握するため、風力発電施設が稼働する代表的な気象条件毎（原則四季毎、ただし気象条件の変動が小さい場合等は、調査回数を減らすことができる）に、稼働する風が安定して吹いている状況で行う

については、

この調査だが、適切な調査とするためには、音源としての風車の性質と風の性質を理解する必要があります。風速は激しく変化します。調査の方法で、長時間の平均値を取ったのでは、１時間に１回程度の割合で風速が大きくなることによる被害を把握できません。

10 分間の計測でも、0.8Hz 成分の音圧は平均すると 0.175Pa、弱いときは 0.104Pa、強いときは 0.37Pa です。強いときは、平均の２倍程度の音圧になっています。この状態は 20 秒ほど継続します。

これによる“ガタツキ”や“圧迫感”を感じ目が覚める可能性が高い。一度目が覚めると、眠りにつくのに時間がかかります。これが１時間に１回繰り返されたら、眠気が残ったまま朝になってしまいます。

また、風車音には指向性があるので、風車の向きによって、強い音を受ける方向が決まります。風速が同じでも、風向によって被害の状況が異なります。

建設前の測定や建設後の測定では、被害の予測、被害を把握する為には、慎重な計測が必要になります。

さらに大切なのは、実際の被害状況の調査を、県や市や第三者が一緒に行えるような法的環境整備です。

伊豆の住民は次の様に被害を訴えています。

“似たような証言は他の家でもあり、風車が山陰に隠れて見えない、1.5km くらい離れた家では、その見えない風車からの音は聞こえないのですが、回っているとき、ぴったり連動して住民が吐き気や胸の圧迫感、頭痛、耳鳴りなどに襲われていることが分かったそうです。

そのかたは、当初、見えない風車のことなど気にしていなかったのですが、昨年暮れから急に、そして、あまりに頻繁に気持ちが悪くなるので、体調がおかしくなる時間帯を記録していたところ、それが風車の稼働している時間とぴったり重なったのです。

今、風車の周辺の住民たちの間では、様々な疑心暗鬼が渦巻き始めています。

はっきり聞こえない音で体調がおかしくなることなどあるのだろうか……。しかし、風車が稼働してから、突然、身体がだるくなったり、音もしないのに圧迫感に襲われて眠れなくなったり、吐き気や頭痛に襲われることが多くなった。これはやはり風車のせいではないのか……。しかし、風車が目の前にある××さんの家などと違って、我が家は風車が見えない、少し離れた場所にある。うちでクレームなど言いだしたら、まるで補償目当てのように、変に思われるのではないか。村八分にされるのではないか……。いやいや、△△さんの家は、黙っているけれど、業者とこっそり示談金交渉をしているらしい。うちも黙っていたらバカみたいだ……。

静かに仲よく暮らしていた住民たちの間に、こうした、声にならない声が溜まっていっているというのです。

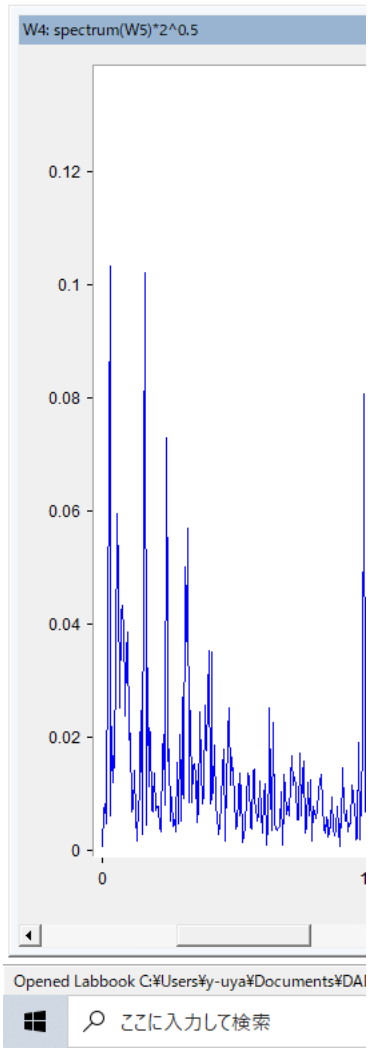
風車はまだ試験運転の段階で、本格稼働はこれからです。一部をこわごわ（？）動かしている今でさえこれだけの被害が出ているのですから、全機が一斉に動き始めたら一体どういうことになるのでしょう。想像を絶する地獄になることは間違いないでしょう。

町はすでに、苦情や相談は事業者との個別交渉へと導き、諸手を挙げて誘致した自分たちの責任から逃げることで精一杯のようです。

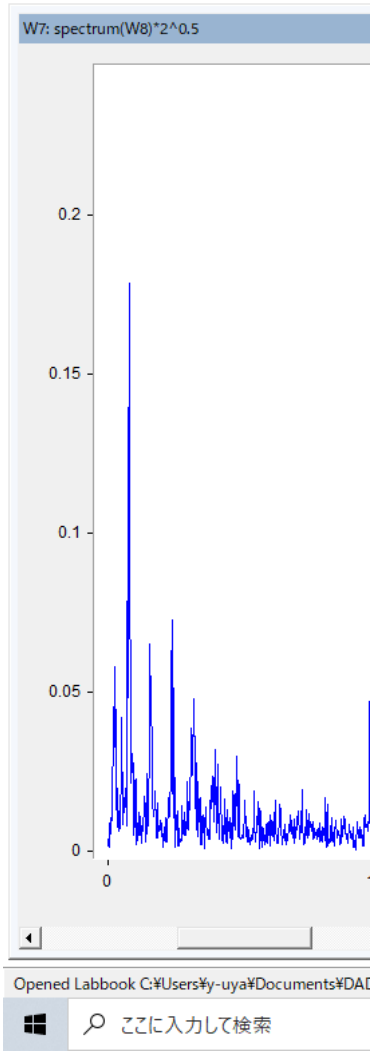
隣の下田市は、市長が風車を拒否する姿勢を貫いていて、住民説明もろくにしないまま、早い段階で誘致した南伊豆町とは対照的です。行政の責任者がどれだけまともな感性、判断力を持っているかで、住民の運命はこうも

違ってくるのだと、痛感させられます。
お話を伺った住民（70 代くらい？男性）は、繰り返し繰り返し言っていました。
「建てられてしまったらおしまいです。何を言っても、何をやってもだめ。とにかく、絶対に建てさせないこと。建てられたらもう遅いんです」
このかたは、ご自分は今のところ目立った体調異変はないそうですが、奥様がたちまち体調を崩し、今は半別居状態になってしまいました。
彼はまた、こうもおっしゃっていました。
「ぼくは今のところ元気だし、ひとりでもここに住んでいこうと思っているけれど、小さいお子さんやお孫さんがいらっしゃるかたたちがしっかり声を上げないのが不思議でしょうがない。孫子の時代のことを真剣に考えていないんじゃないですか。子供たちが住めないような土地にして、どうするんですか」
この町はどうなっていくのでしょうか。ゴーストタウンになるのか。それとも、風車病の町として有名になるのを恐れ、残った住民たちが箝口令を敷き、どんどん閉鎖的になっていくのか……。
町の中を見ていくうちに、見たくないものを見てしまった、知りたくないことを知ってしまったという、何とも言えない重たい気分に襲われていきました。
そう、まさにこの感じ、このどんよりした空気が、今、全国の風車現場で広がっているのです。わが村でもまったく同じです。
「お尻（ナセル）がこっちを向いたときが怖い」と住民は言う。風下になったときという意味だ。風下になった時に、大きな被害が出ているのです。”

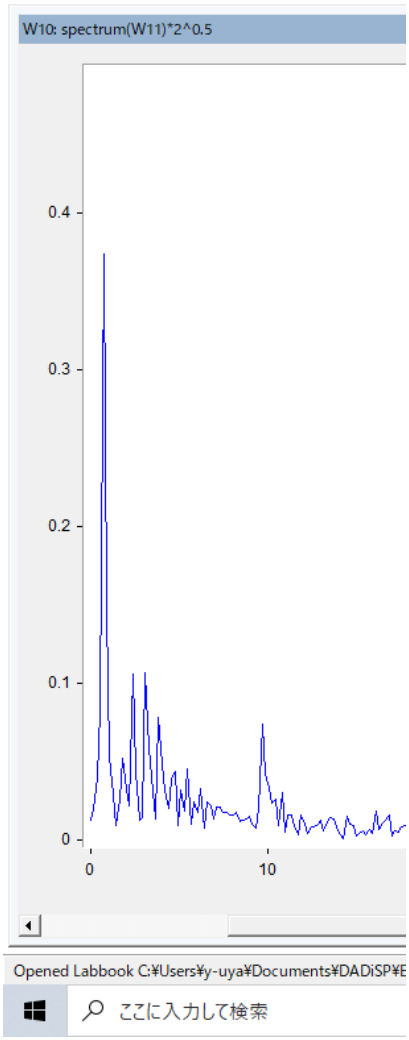
風速の変化に伴う音圧の変化は、次のグラフです。



0.104Pa



0.175Pa



0.37Pa

0.8Hz 成分の音圧は平均すると 0.175Pa、弱いときは 0.104Pa、強いときは 0.37Pa です。強いときは、平均の２倍程度の音圧になっています。“ガタツキ”や“圧迫感”を感じる可能性が高まります。

平均して、0.175 パスカルの音圧で、A 特性音圧レベル（20Hz～）が評価されていて、指針値での限界にかなり近い場合において、１時間に１回くらい、平均値の２倍程度の音圧になる状態が起きるのです。

これは、１時間ごとに目覚まし時計が鳴るような状態に置かれると言う事です。いくら目覚まし時計が鳴っても、起きない人もいますが、普通の人は目が覚めます。

このような被害は、63Hz～8000Hz を対象にして、単純に計算した騒音の予測値からでは分からないのです。このような中で住民は生活しているのです。実際の被害状況を見ようとしない理由が分かりません。

風車の被害や事故は、音だけではありません。金属疲労で風車が折れることもあります。音源としての風車の物理的な特性を調査しておけば、これらの事故の予測につながります。事故を防ぐつもりは無いのでしょうか？

□ 残留騒音は、昼間（6:00～22:00）と夜間（22:00～6:00）の時間帯について、それぞれ把握する

※ 今後、具体的な測定・評価手法を定めたマニュアルを策定予定

については、

現状では、三重県の様に、近い場所に、複数の業者が次々に風車を建設します。

既設の風車からの音は、残留騒音に入るのでしょうか？
　入るとすれば、これを取り除く必要があります。近隣の業者が風車をすべて停止しなくてはなりません。経済的な損失が生じます。誰が補填するのでしょうか？
　入らないならば、残留騒音が建設するたびに、残留騒音が増加してゆきます。残留騒音+5ｄＢの数値は、どんどん増えてゆきます。
　そもそも、夜間（22：00～6：00）の時間帯は風車を止めると言うような考えは無いのでしょうか？
睡眠をとれないと、健康で文化的な生活を営むことが出来ません。憲法で保障された基本的な人権です。
まるで、憲法なんて関係ない！　と言っているようにしか聞こえません。

※ 今後、具体的な測定・評価手法を定めたマニュアルを策定予定
につては、

風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル
が出来た。そこには、

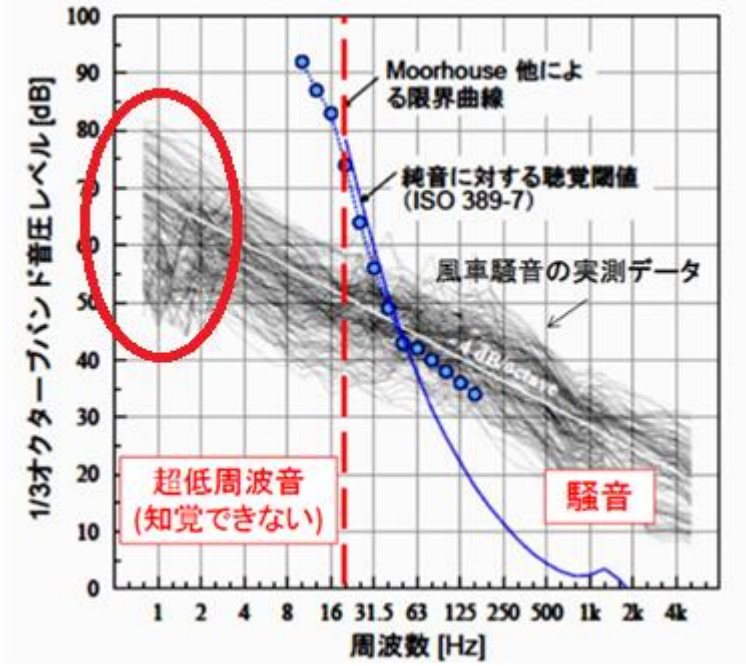
1. 本マニュアルの目的
風力発電施設は山間部等の静穏な地域に設置されることが多く、これらの地域では、まれに通過する自動車等の一過性の騒音により、地域の騒音のレベルが大きく変化する。また、**風力発電施設から発生する騒音**は、風力発電施設の規模や設置される場所の風況等で異なり、さらに騒音の聞こえ方は、風力発電施設からの距離や、その地域の地形、土地利用の状況等により影響される。また、通常の環境騒音の測定においては、雑音等を避けるため強い風を避けることとされているが 、**風力発電施設から発生する騒音等については、当該施設が稼働する風が吹く際に測定することが必要である。**
風力発電施設から発生する騒音等の測定は、これらの特性を踏まえた方法により実施する必要がある。
本マニュアルは、風力発電施設の設置事業者・製造事業者、行政（国、地方公共団体）、地域住民等の関係者等が、風力発電施設から発生する騒音に関する測定を行う場合の標準的な方法を示すものであり、風車騒音、残留騒音の測定方法の他、測定手順や留意点等も併せて記載したものである。
風力発電施設から発生する騒音への対応全般については「風力発電施設から発生する騒音に関する指針」のみならず、「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」（風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会報告書[1]、平成 28 年 11 月、以下「検討会報告書」という）も参照されたい。
なお、本マニュアルについては、作成に際しての基礎資料を適宜再評価することにより、必要に応じて改定することとする。

とあるが、

　このマニュアルの目的は、風車音の影響を 20Hz 以上の成分からなる“風車騒音”に限定することを目的としたものであり、風車からの超低周波音（0～20Hz）の問題を隠蔽することである。
　この目的を実現する為に、環境省は次のような方法を取った。
　「風力発電施設から発生する騒音に関する指針」に於いて、
　「**風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル**」を、騒音問題を未然に防止するために対策を講じ生活環境を保全する上での参考としていただくとともに、関係の事業者等へ周知いただくなど格段の御配意をお願いい

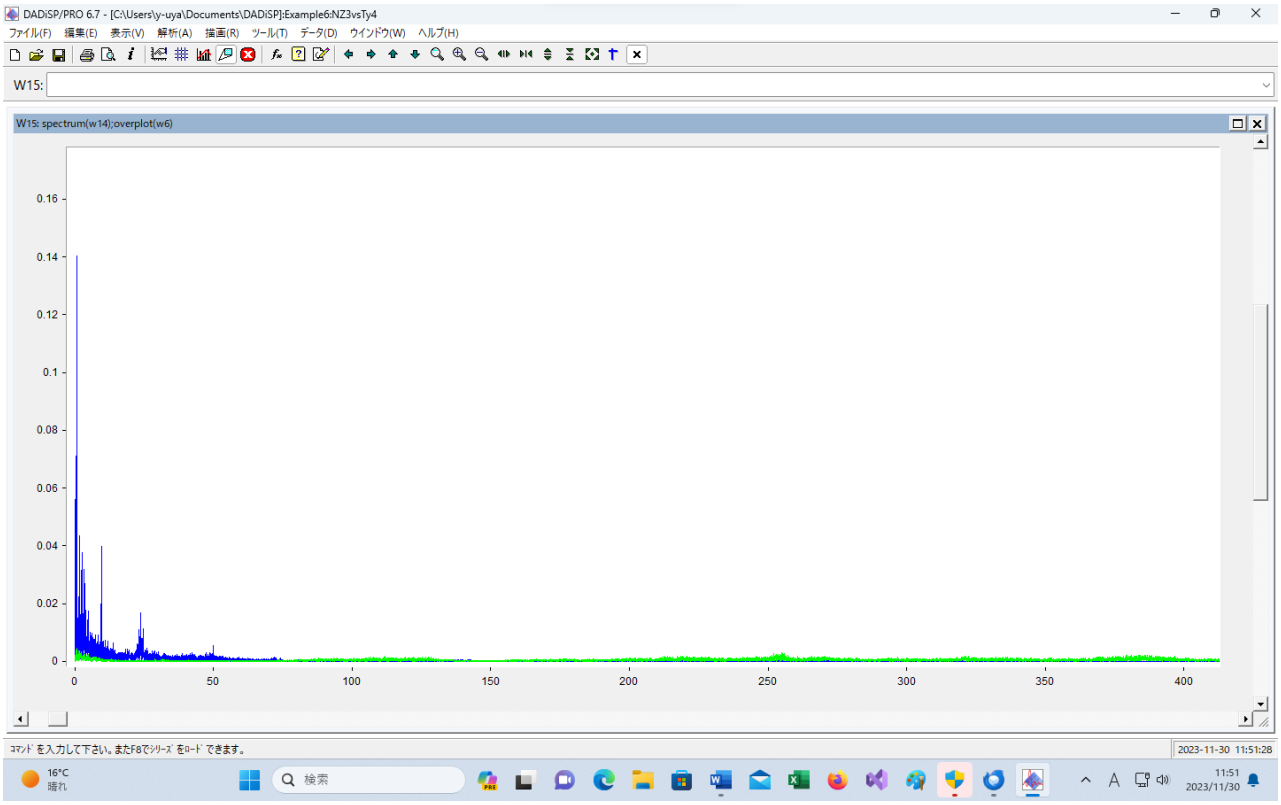
たします。各都道府県におかれましては、この旨、管下町村に対して周知いただきますようお願いいたします。
とあり、
“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル”（平成２９年５月 環境省）の３ページには、
“2.3.5　風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”
とあり、
７ページでは、
“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）
風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。
風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。
（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“
となっていて、“除外音処理”で消し去ることを要求しています。

さて、風車音の計測結果は、次のグラフでした。



二重防風スクリーンで除去したい風雑音はどの部分でしょうか？
赤い丸で囲んだ超低周波音の部分でしょうか？それとも 20H z 以上の部分でしょうか？
風を当てないで計測した風車音（青）と、風車が無い場所で計測した風雑音（緑）を比べてみれば次の様になっています。

0～400Hz までの拡大図、風車音（青）と神社での音（緑）の周波数スペクトル



0～20Hz の範囲で比較すれば、風雑音の強さは、計算誤差の範囲内です。20Hz 以上の範囲で比較すれば、風雑音の音圧が高いのです。

二重防風スクリーンの周波数特性は、1Hz の辺りの減衰が大きすぎるので、風車音の測定には向いていません。

20Hz 以上では、状況によっては殆どが風雑音となり、可聴域を全て除去するのが、“除外音処理”の作業になってしまうようにも考えられます。

風雑音として扱うべき周波数成分は何ヘルツから何ヘルツまでなのか、除外音処理をする対象の周波数範囲は何ヘルツから何ヘルツまでなのかを、その理由と共に示すべきです。

検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には

“(注)「超低周波音」についての補足

我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範 囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC（国際電気標準会議） 規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」(infrasound)、**20～100Hz を「低周波音」(low frequency noise)** と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005（風車発電システム-第 0 部：風力発電用語）で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として 定められた主務省令では、「騒音（周波数が 20～100Hz までの音を含む)」とした上で、「超低周波音（周波数が 20Hz 以下の音)」と規定しており、「低周波音」という 用語を用いないこととされた。 これらの状況を踏まえ、本報告書では、**20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、 それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」**と表記する”

とあり、

騒音と付けば、超低周波音（20Ｈｚ以下の音）以外の音なので、20Ｈｚ以上の周波数成分を対象とすることになるのです。

22 ページには、次の記載がある。

３．風車騒音の評価の考え方、調査・予測、対応策等

２．で示した知見を踏まえると、風車騒音は、20Hz 以下の超低周波音（注）の問題ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題としてとらえるべきものであり、**A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。**このようなことを前提とした上で、ここでは、風車騒音の評価の考え方を示すとともに、主に風力発電施設の設置事業者を想定し、風力発電施設の設置前・後に行うべき調査・予測の考え方を整理した。なお、今後本報告書の考え方に基づき、より具体的な測定・評価手法を定めたマニュアル等を策定することが適当である。

とある。

“風車騒音の調査・予測・評価”の目的は何か。それは、被害の原因を隠蔽することに他ならない。

風車音は、0～20Hz の超低周波音と 20Hz 以上の風車騒音に分類できる。それぞれは、風車音のエネルギーの 93%と 7%に対応する。

交通騒音を、0～20Hz の超低周波音と 20Hz 以上の風車騒音に分類した場合、それぞれは、交通騒音のエネルギーの 1%と 99%に対応する。

風車騒音の騒音レベルは、他の環境騒音よりも低い傾向にある。（知見②の表の右側の数値の平均値を計算すれば分かります。）

従って、風車音を、そのごく一部のエネルギーしか持っていない“風車騒音”の部分を A 特性音圧レベルの値で評価して、影響を判断すれば、必ず“問題はありません。”となるのです。

超低周波音まで含めてエネルギーについて検討すれば、

周波数帯	0 ～20Hz	20～200Hz	200～24ｋHz	0～24ｋHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.83E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2

強風時の、超低周波音のエネルギーは交通騒音の超低周波音の部分の 10000 倍。全体のエネルギーでは 100 倍です。圧迫感でのアノイアンスが増して安眠妨害が起きるので、問題があることが分ります。

被害を評価するならば、最大音圧を計測して、被害状況との統計的な関連性を調査することが必要です。

200Hz～24ｋHz で比較すると、音が大きい順に、JFE の製鉄所、交通騒音、神社での音、風車音となります。

20Hz～200Hz で比べると、JFE の製鉄所、風車音、神社での音、交通騒音となっています。

A 特性音圧レベルの計算では、

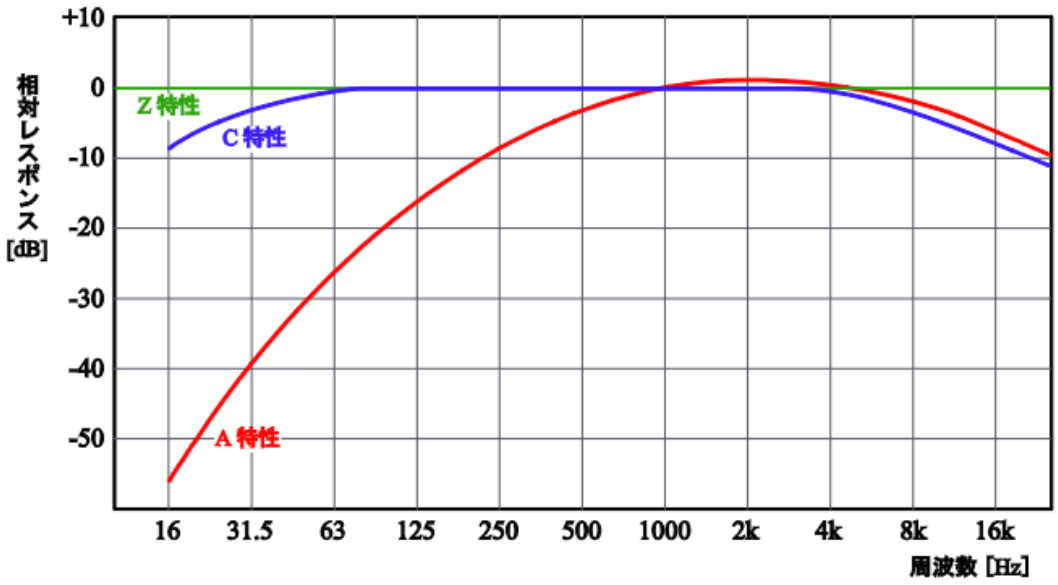


図 2　周波数重み付け特性 A/C/Z

16Hz～200Hz に対してはマイナスの重みづけが大きいので、総合的な A 特性音圧レベルの計算の数値に対しては、ほとんど影響しません。

大きな影響を持つのは、1000Hz～4ｋHz の部分です。この部分が大きい、A 特性音圧レベルが大きくなるのです。風車音では、200Hz～24ｋHz の部分のエネルギーが小さいので、A 特性音圧レベルの値は小さくなります。聴覚に対する刺激としては、風車音の影響は小さいのです。

しかし、1Hz の成分が大きければ、体全体を強制的に圧縮したり、膨張させたりする力が強いので、多くの人が、圧迫感を感じて不快になります。

風車音が、可聴域の成分しか持たないならば、窓を閉めれば済む話ですが、f=RZ/60＝0.5～1Ｈｚの成分の音圧が最大になっている風車音ではそうは行かないのです。

20Hz～200Hz の音ならば、防音窓も少しは効果があったのですが、

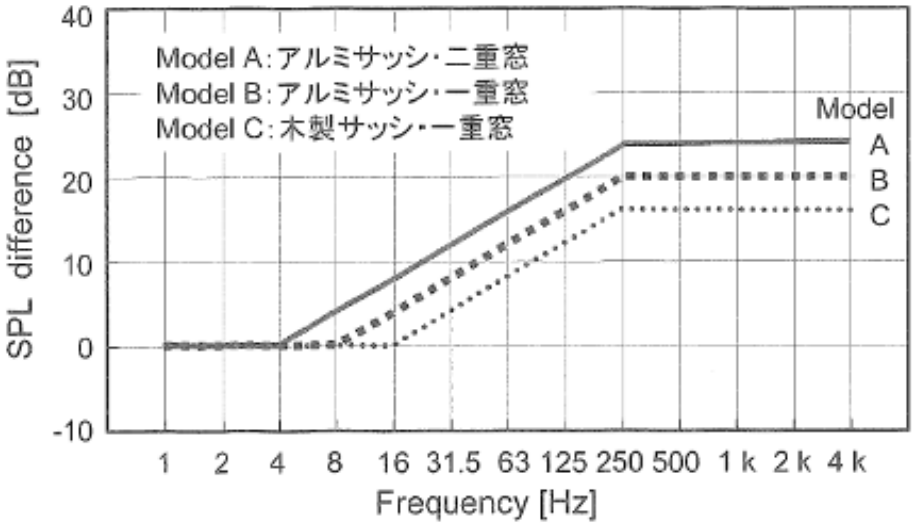


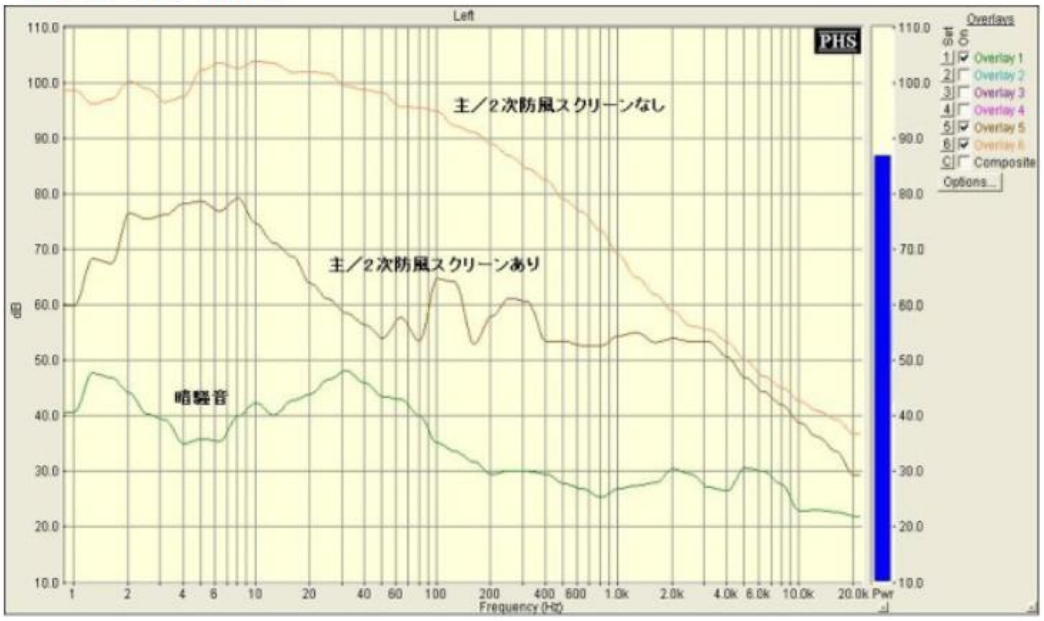
図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

風車からの 0.5Hz、1Hz の音に対して防音効果は無いのです。発生源対策しかないのです。

ただし、二重防風スクリーンは、1Hz の音の音圧レベルが極端に低く計測されるようになっています。

２次防風スクリーン Φ460×230(H)
主防風スクリーン Φ90半割内蔵
組　　立　　：簡易取り付け方式（約10分）

【風切音減少効果】



1Hz で 38ｄB、5Hz で 20ｄB 程度の差があります。

音の大きさに○○ﾃﾞｼﾍﾞﾙの差があるとは？	大きさは何倍なのか
60デシベルの差とは→	百万倍の差
50デシベルの差とは→	10万倍の差
40デシベルの差とは→	1万倍の差
30デシベルの差とは→	1千倍の差
20デシベルの差とは→	100倍の差
10デシベルの差とは→	10倍の差

dBの差＝10 log(1/A)

二重防風スクリーンを付けて計測した結果は、1Hz だと 40ｄB 程度の減衰となるので、実際の音圧レベルの 1/10000 程度の数値として観測されます。

普通は、20Hz（16Hz）からの A 特性音圧レベルの値を計算するので、“風車騒音の問題はありません。”

となります。
　低周波音の測定を頼んでも、二重防風スクリーンを付けて屋外で計測し、G 特性音圧レベルの数値と 1Hz からの 1/3 オクターブ解析の結果を示してくれるだけですから、“低周波音も問題ありません。”
　となって、
“あなたの気のせいです。精神科のある病院で診てもらって下さい。”
との結論になるのです。

ひどい話です。

除外音処理
除外音処理は２つの場合があります。
風雑音、二重防風スクリーン、での“除外音処理”と一過性の音に関する“除外音処理”です。
ここでは、後者について確認します。

周囲 30ｋｍ以内に風車が存在しない場所で、新たに風車を建設する場合で残留騒音を計測する場合には、

- **残留騒音は、昼間（6:00～22:00）と夜間（22:00～6:00）の時間帯について、それぞれ把握する**

一過性の交通騒音を除外するのは合理的です。

- **測定の際には、一時的に近隣を通過する自動車の音等の一過性の交通騒音や、定常的には発生しない人工音・自然音等の影響は、適切に除外音処理を行う**

  ※90%時間率騒音レベル（L_{A90}）に2dB加算することで代替することも可

既設の風車が近くにある場合は困ります。

- **風力発電施設周辺の住宅等、風車騒音が人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域を対象とする**

  ※発電所アセス省令では事業実施区域から1kmを環境影響を受ける範囲としている

建設予定地から 1500m～2000m離れた場所に風車が沢山有る場合は困る事になります。
1ｋｍ以上離れているから、全く問題ないとして扱うか、累積的な影響を考えるかのどちらが適切なのでしょうか？
　簡単すぎる計算ですが、2000m離れた場所に風車が沢山ある場合を考えてみます。
1 基の風車の音響パワーレベルを PL とし、音源の形は点音源、音は球面状に拡散するとして１ｋｍ離れた場所での音圧レベルL_1、２ｋｍ離れた場所での音圧レベルL_2を計算すれば

$$L_1 = PL - 11 - 20log1000$$

$$L_2 = PL - 11 - 20log2000 = PL - 11 - 20(log1000 + log2) = L_1 - 20log2 = L_1 - 6.02$$

2km の距離の風車がｋ基になったとすると、音圧レベルは

$$L_k = 10\log\left(k * 10^{\frac{L_2}{10}}\right) = 10logk + 10\log\left(10^{\frac{L_2}{10}}\right) = 10logk + L_2 = L_1 - 6.02 + 10logk$$

となるので、

$$10logk - 6.02 = 0$$

より、

$$k = 3.99$$

となるので、$L_4 = L_1$になります。2000m離れた場所に、４基建てれば１基の風車から 1000m離れた場所での騒音レベルと同じになるのです。

では、２ｋｍ離れた場所に 40 基建てたらどうなるでしょう。

$$L_{40} = L_1 - 6.02 + 10log40 = L_1 + 10.00$$

となります。

１基の風車にどれくらい近づけば、$L_1 + 10.00$の音圧レベルになるかを計算します。

距離を（1000* ｒ）ｍにしたときに、

$$L_r = PL - 11 - 20\log(1000 * r) = L_1 - 20logr = L_1 + 10.00$$

$$-20logr = 10.00$$

より、

$$logr = -0.5$$

$$r = 0.316$$

1000*0.316=316m　となるので、１基の風車から 316ｍの場所での音圧レベルになります。

もし、風車から 316m離れた場所での被害を認めるならば、2ｋｍ離れた 40 基の風車による被害を認める必要があります。これが累積的な影響と言う言葉の意味です。

最近の洋上風力では、沢山の風車が岸から 2ｋｍの辺りに沢山並ぶので、累積的な影響を考える必要があります。

- **風力発電施設周辺の住宅等、風車騒音が人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域を対象とする**

  ※発電所アセス省令では事業実施区域から1kmを環境影響を受ける範囲としている

ですから、単純に、“1ｋｍを環境影響を受ける範囲”として済ませることは出来ないのです。

風車が点音源ではないことを考えれば、影響はかなり広い範囲にまで及ぶことが分ります。

被害状況の把握

- **測定は、年間の状況を正確に把握するため、風力発電施設が稼働する代表的な気象条件毎（原則四季毎、ただし気象条件の変動が小さい場合等は、調査回数を減らすことができる）に、稼働する風が安定して吹いている状況で行う**

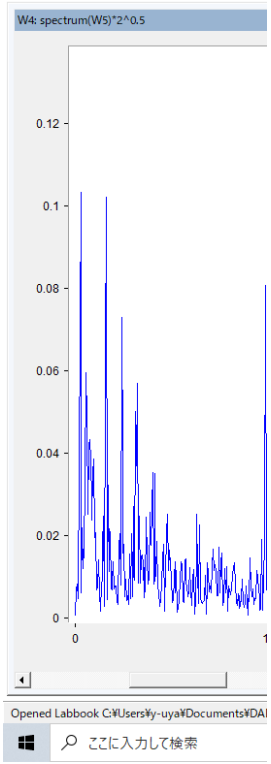
測定の目的は何か。被害が起きないと主張するための測定なのか、被害の有り方を正確に予測するための測定なのかが問題です。

風車音の音圧は風速の変化で大きく変動します。その変動を含めて被害を予測する必要があるのです。

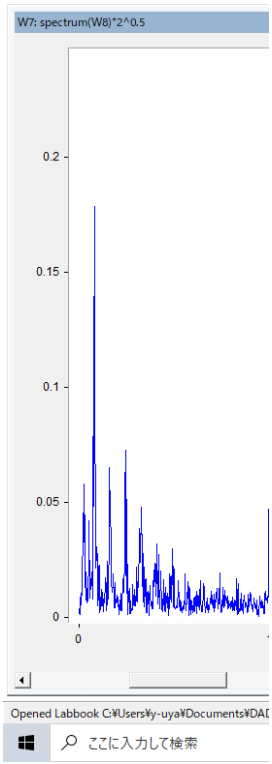
揚力ベクトルの大きさは、風速の２乗に比例します。風速が２倍になれば、揚力ベクトルの大きさは４倍になります。

塔の側面の振幅も大きくなるので、風車音の音圧も大きくなるのです。周波数は 0.7Hz～0.9Hz の辺りで、かなり安定しているのですが、音圧はかなり変化します。

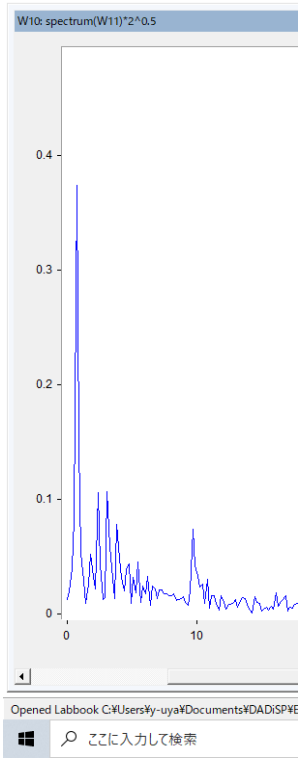
さて、音圧の変化は、次の様になっています。



0.104Pa



0.175Pa



0.37Pa

周波数スペクトルでの、0.8Hz 成分の音圧は平均すると 0.175Pa、弱いときは 0.104Pa、強いときは 0.37Ｐａです。強いときは、平均の２倍程度の音圧になっています。

平均して、0.175Pa の音圧で、A 特性音圧レベル（20Hz～）が評価されていて、指針値での限界にかなり近い場合において、１時間に１回くらい、平均値の２倍以上の音圧になる状態が起きるのです。

これは、１時間ごとに目覚まし時計が鳴るような状態に置かれると言う事です。いくら目覚まし時計が鳴っても、起きない人もいますが、普通の人は目が覚めます。

被害は、次のような形で現れます。

山形県酒田市の市民は

アンケート名:酒田市広報 11 月特集「風のまち酒田の未来を考えるーカーボンニュートラルの実現に向けてー」

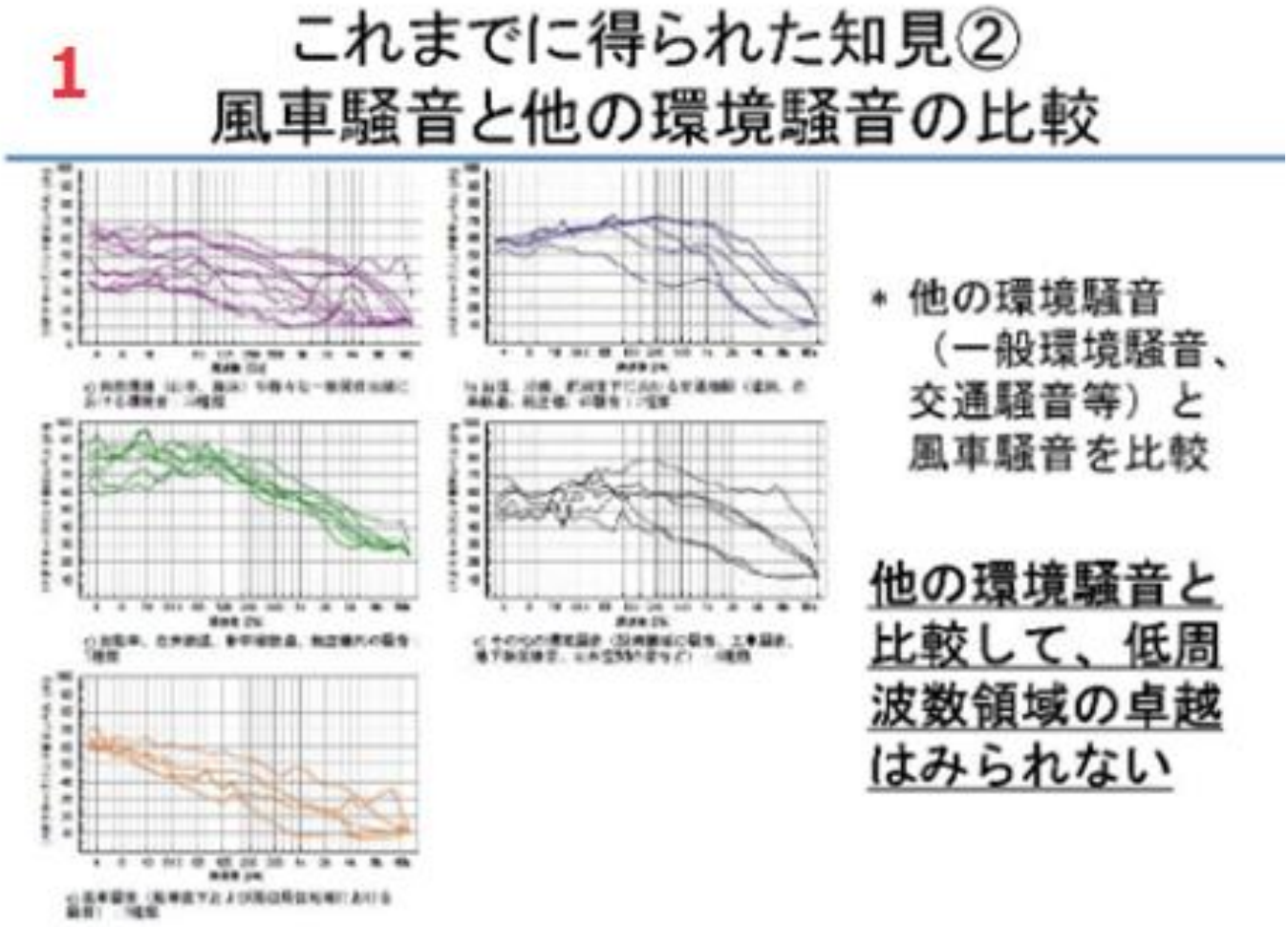
質問５の回答で、

“今陸上風車から約２キロのところに住んでいますが、騒音で眠れない、起こされる日が年に何十日もあります。中心市街地から近い場所に建てることは公害となる可能性があり問題です。

大型の風車の音はどこまで聞こえますか。聞こえないくらい離すべきです。騒音規制ギリギリでは被害が出てい

るので、聞こえない位置まで離さなければなりません。促進区域の時点で遠くへ設定しなければ、事業者公募で否定できませんよね。事業者は何かと理由をつけて対応しません。結局市役所にクレームが行くのではないですか。一度決めたことは後戻りできないのでしょうから、今遠くへ設定すべきと考えます。もちろん地球温暖化対策は大切ですが、普通の住宅街に住んでいる人に健康への影響を出してまで推し進めるものではないのではないでしょうか。苦しんでいる人を切り捨てないよう、切にお願いします。“
風が安定している日だけではなく、風が弱い日と風が強い日での計測も必要です

知見②



“他の環境騒音（一般環境騒音、交通騒音等）と風車騒音を比較”
“他の環境騒音と比較して、低周波数領域の卓越はみられない”
とある。
　比較しているのは、“風車音”ではないのです。“風車騒音”を扱っているのです。

“騒音”については、
“本報告書では、20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」と表記する”
とあるので、周波数が 20Hz 以上の音に限定されるのです。

低周波数領域に関しても、20～100Hz を「低周波音」（low frequency noise）とあり、20Hz 以上の周波数成分に限定されるのです。

　では、交通騒音、工場音、風車音の周波数成分の強さを確認しましょう。

周波数スペクトル

図１．交通騒音（リオン社前）０～5000Hz
最大音圧 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）

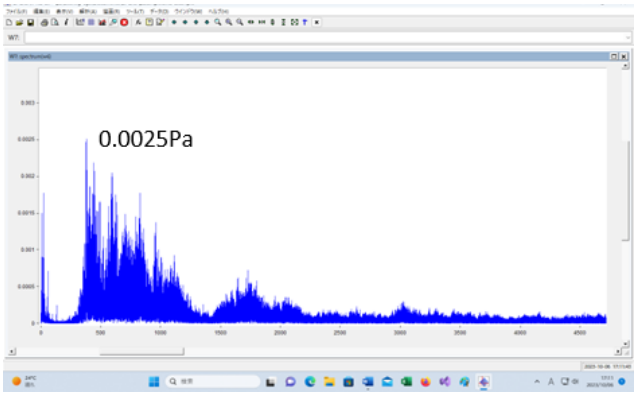


図２．工場騒音（製鉄所内の音）０～5000Hz
最大音圧 0.12[Pa](12Hz)

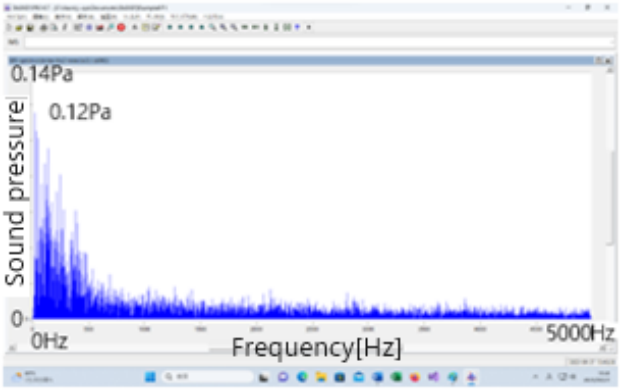


図３．風車音（館山風の丘）０～5000Hz
最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)

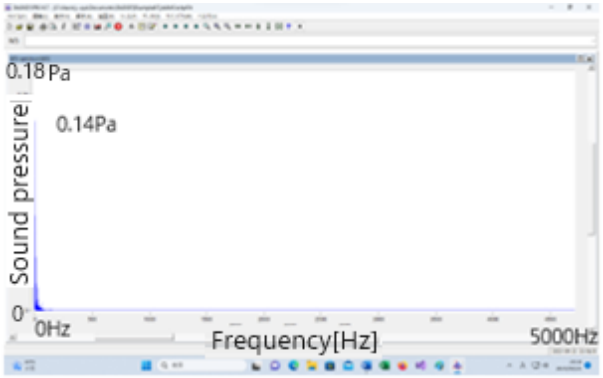


表２．エネルギーの分布

エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

0～20Hz でのエネルギーの分布

Energy distribution	0～1Hz	1～20Hz	0～20Hz
Wind turbine	61.3%	38.7%	100.0%
Iron mill	0.04%	99.96%	100.0%

周波数範囲を、0～5000Hz の範囲で考えれば、
交通騒音での最大音圧は、0.0025Pa、風車音での最大音圧は、0.14Pa、（強風時は 0.42Pa）
です。

次は、“低周波数領域の卓越は見られない”との結論を導いた原因を探ります。
知見②での、左のグラフは、定義域が 4Hz からになっています。これが誤りの元です。
比較するときには、風車騒音と環境騒音の比較ですから、定義域を 20Hz 以上に制限して比較します。
本来は、定義域が 20Hz 以上のグラフにして比較すべきです。

定義域が議論の中身と異なれば、誤解を生みます。
定義域を 20Hz からにして確認してみます。

高校１年で習うグラフに関する基礎知識として、定義域、最大値、最小値、増加、減少などがあります。
〈数Ⅰ〉の教材に次のものがあります。

数Ⅰ ＞ 第２章 ２次関数 ＞ 第２節 ２次関数の値と変化 ＞ 第１講：２次関数の最大・最小

3 ２次関数の定義域と最大・最小（関数に変数を含む）

日付（　　月　　日　　曜日）
名前（　　）

定義域があるときの最大値・最小値

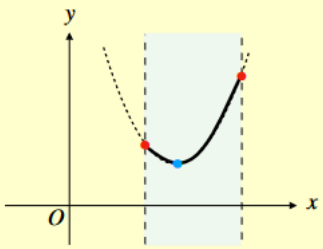
（Step１）（　　）をする

$y=ax^2+bx+c \Rightarrow y=a(x-p)^2+q$

（Step２） グラフをかく

（Step３）（　　）と（　　）の端を確認する

【$y=a(x-p)^2+q$ の最大・最小】

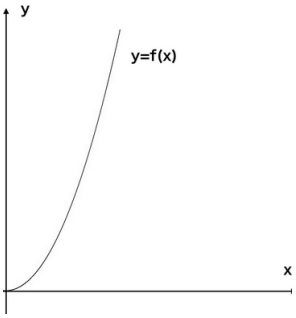


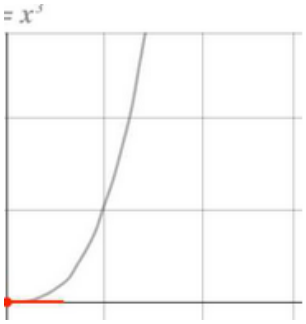
例題

関数 $y=2x^2+4x+c$ （$-2 \leqq x \leqq 1$）の最大値７であるとき，定数ｃの値を定めなさい。

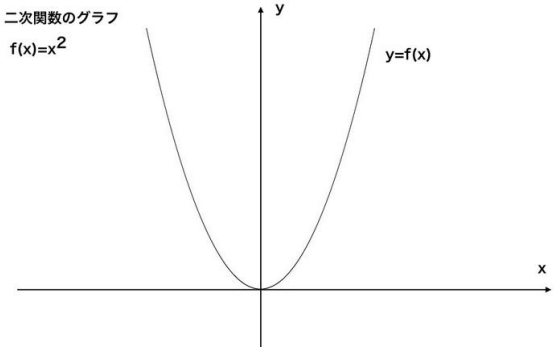
解

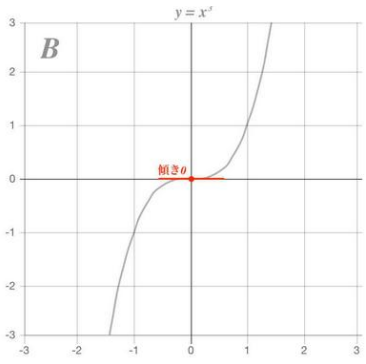
$y=x^2$と$y=x^3$のグラフは、定義域をｘ＞0 に限定して比較すれば、よく似たグラフになります。





全体を見れば、全く別のグラフです。

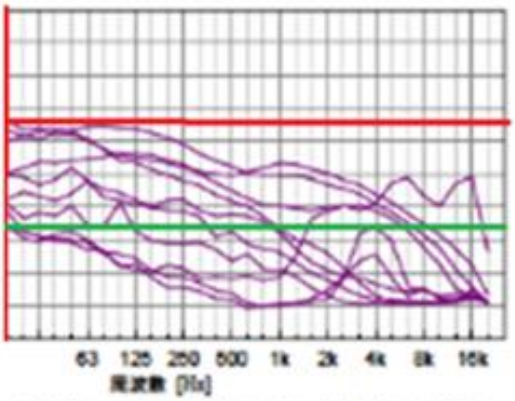




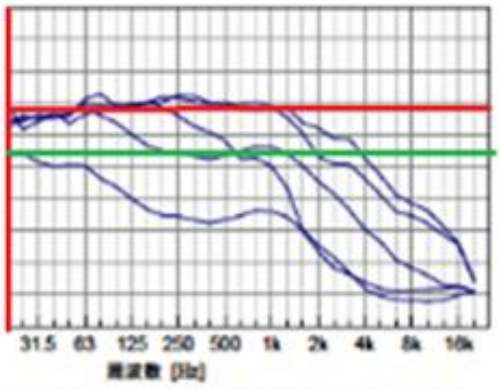
定義域を小さくしたときに、そのグラフが似ているからと言って、両者を同じもののように扱ってはいけません。全体をよく見て、違いを判断できなければ、普通は高等学校を卒業できません。

検討会の参加者は、このような高等学校＜数学Ⅰ＞の知識を持っていて、グラフの形式に関する検討をすれば、良かったのです。騒音（20Hz 以上）との言葉による定義域と、提示されたグラフの定義域（4H z 以上）の違いは、グラフの基礎を全く理解していないことを意味しています。

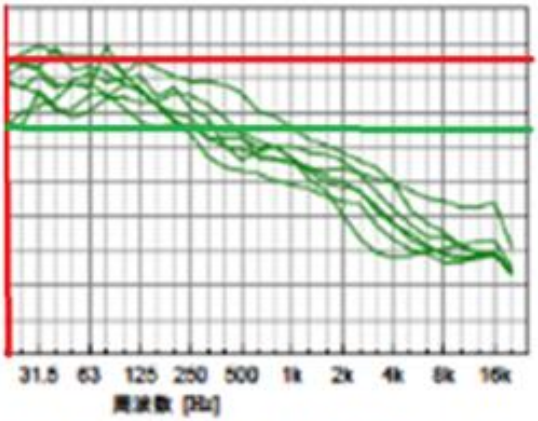
騒音が 20Hz 以下の超低周波音（0Hz～20Hz）を含まないことに注意すれば、扱うグラフは
騒音（20Hz 以上）の定義に従って、グラフの定義域を 20Hz 以上に限定する必要があります。
20Hz 以上の定義域内でグラフを比べれば、次のようになります。



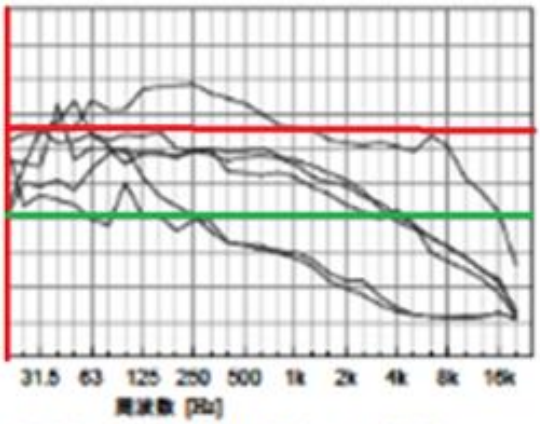
（山中、海浜）や様々な一般居住地域に
音：10種類



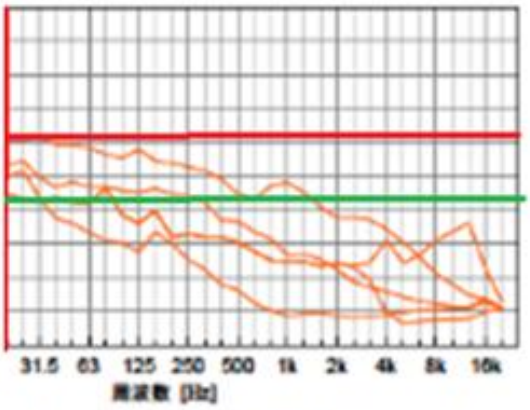
航路直下における交通機関（道路、在
I）の騒音：5種類



在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：



境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、
、公共空間の音など）：6種類



電車直下および周辺居住地域における

風車騒音（20Hz 以上）と一般騒音（20Hz 以上）の大きな違いは見つかりません。

騒音レベル（A 特性音圧レベル）での比較

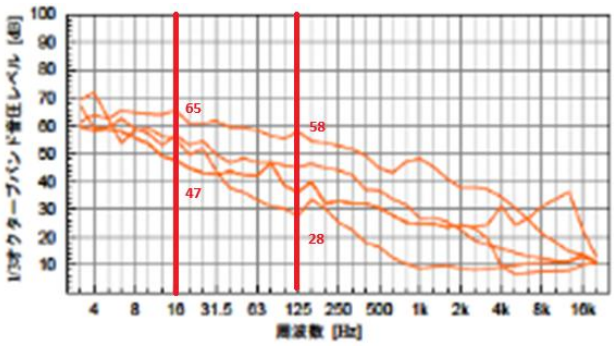
また、次の表から、A 特性音圧レベル（20Hz～）の平均を計算すれば風車の場合が最も小さな値となっている。事が分かります。

表 2　様々な騒音の種類と騒音レベル

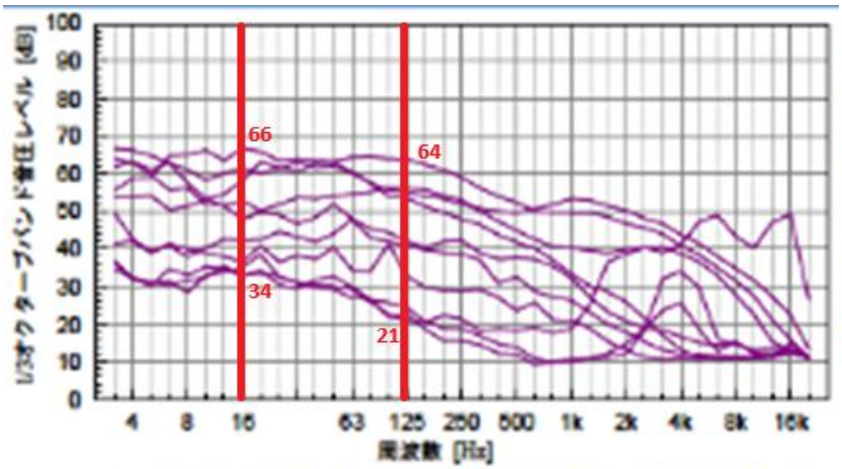
騒音の種類	No.	内容	$L_{Aeq,10s}$ [dB]
(a) 一般環境騒音	1	静かな森林の中の環境音	31
	2	松林の中の風の音	61
	3	海岸部の環境音（1）	61
	4	海岸部の環境音（2）	54
	5	都市部の住宅地域の環境音	43
	6	郊外の住宅地域の環境音（1）	32
	7	郊外の住宅地の環境音（2）	38
	8	工業地帯の環境音	49
	9	夏のセミの鳴声	54
	10	秋の虫の鳴声	38
(b) 交通騒音	11	在来鉄道騒音	76
	12	道路交通騒音（距離：22 m）	76
	13	道路交通騒音（距離：85 m）	63
	14	道路交通騒音（距離：85 m，建物内部）	43
	15	航空機騒音	65
(c) 乗物の中の騒音	16	ジェット旅客機客席（1）	73
	17	ジェット旅客機客席（2）	81
	18	新幹線車内	68
	19	新幹線車内（トンネル通過時）	71
	20	在来鉄道車内	70
	21	在来鉄道車内（鉄橋通過時）	70
	22	乗用車室内（高速道路走行中）	72
(d) 種々の騒音	23	空調騒音（1）	40
	24	空調騒音（2）	61
	25	空調騒音（3）	66
	26	地下鉄からの固体伝搬音	45
	27	鉄道駅のコンコース	64
	28	建設工事騒音（コンクリート破砕機）	79
(e) 風車騒音	29	風車騒音（風車近傍）	56
	30	風車騒音（住宅地域：屋外）	43
	31	風車騒音（住宅地域：室内）	27
	32	風車騒音（虫の鳴声が混入）	41
	33	風車騒音（虫の鳴声をカット）	37

※表 2 中の No. は、図 8 中の騒音の種類を示す番号に対応する。

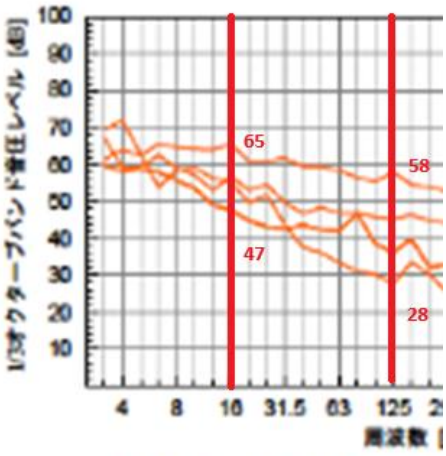
可聴低周波領域（20～100Hz）での比較



e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

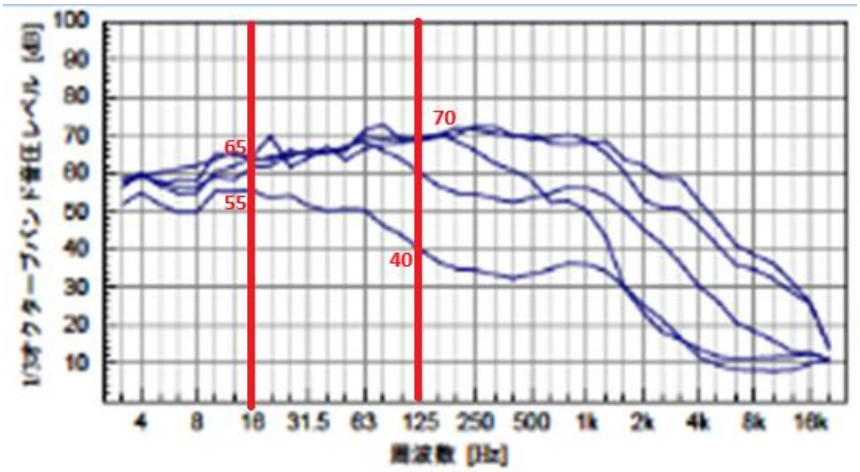


a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

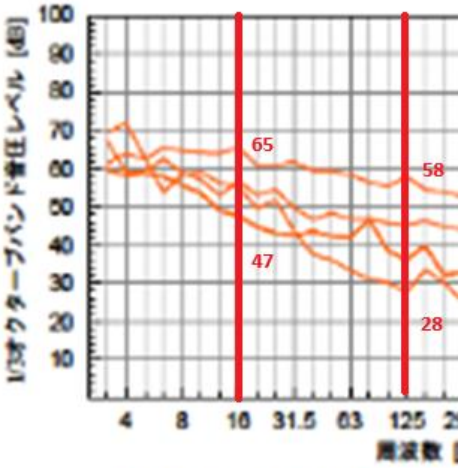


e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

自然環境（山中、海浜）の中では、風車音は中間程度の音圧レベルだと言える。

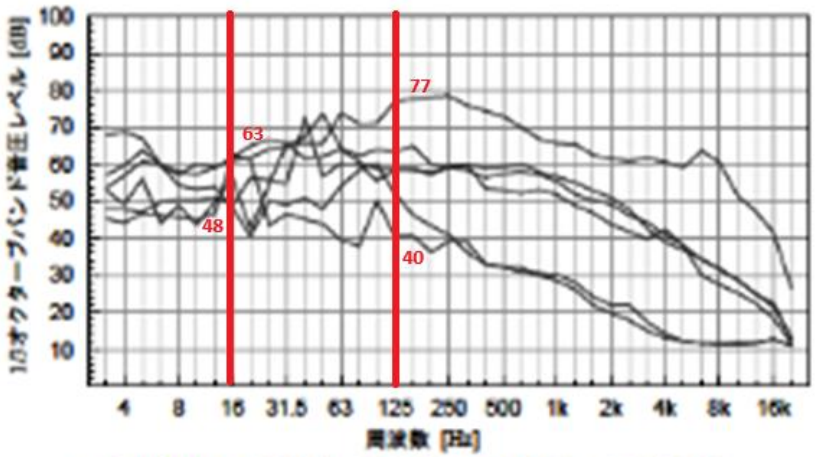


b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類



e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

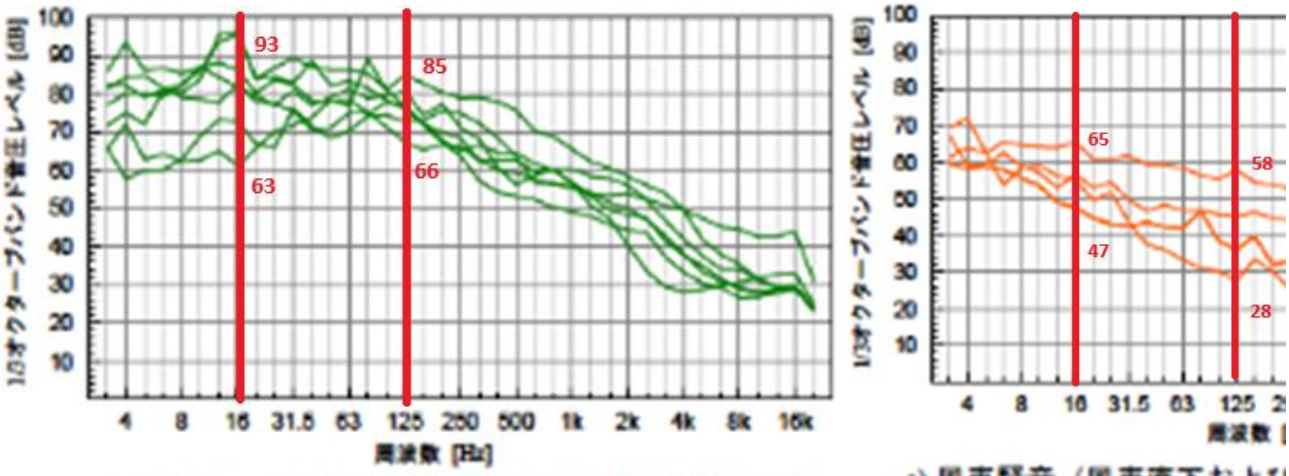
沿道、沿線での音の中では、低い方だと言える。



d) その他の環境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、地下鉄固体音、公共空間の音など）：6種類

e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

その他補環境騒音（工場音など）の中では低い方だと言える。



c) 自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：7種類

e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音よりも低いと言える。

自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内で、居眠りする人も多いが、うるさくて眠れない、極めて不快、と言う人はほとんどいない。

なぜ、風車音の場合は睡眠を妨害されたと訴える人が多いのかを解明する必要がある。

風車音を町営周波音（0～20Hz）と騒音（20Hz～20ｋHz）に分けて、さらに、騒音を２通りに評価する低周波音（20～100Hz）での評価と、A 特性での評価（これは 1000Hz～4000Hz の部分を樹脂下評価）立場がある。

これは、聞こえなければ問題はないという考え方を受け入れる立場です。これでは風車音が発生する仕組みやその性質（指向性）を理解することが出来ません。これでは風車音被害の原因は分からない。風車音との因果関係は不明のままになります。

環境省が隠したがること、調べられてら困るので調査を妨害するところが、原因だと考えるのが普通の考え方です。

騒音（20Hz 以上）について議論しているのに、掲載されているグラフの定義域は 4Hz からになっています。

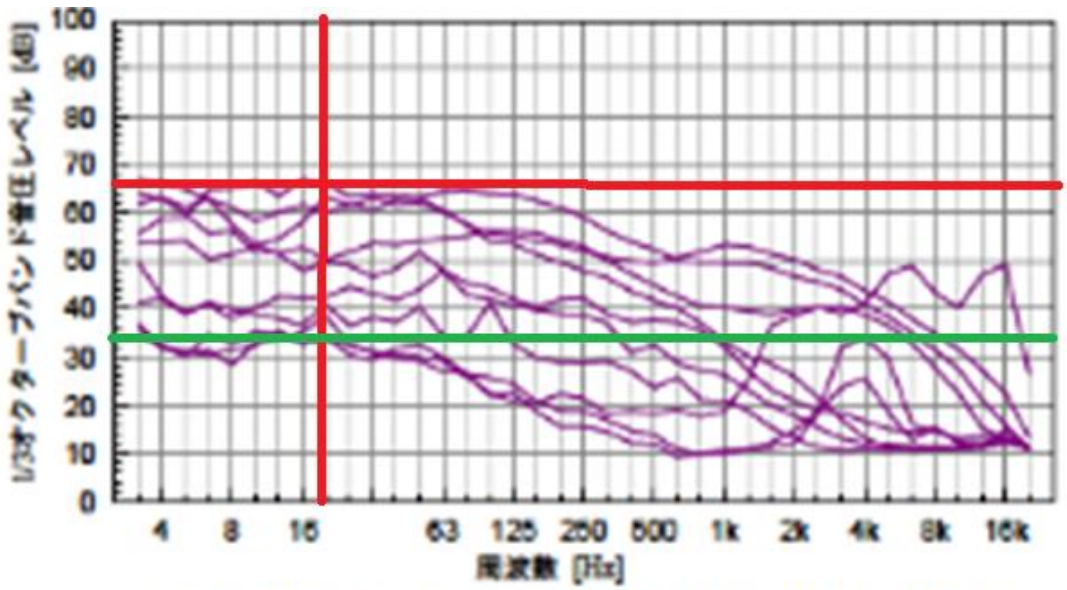
“他の様々な騒音の実測値と比較しても、風車騒音で特に低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない。”

4Hz からのグラフを見ながら、“低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない”との文章をみれば、“低い周波数成分の騒音”が 4Hz も含むかのように錯覚します。低周波領域は“20～100Hz”であり、“低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない”が、4Hz を含む“超低周波音”の領域まで含めて考えれば、風車音は他の環境騒音に比べて卓越した音圧を持っていることが分ります。

定義域を変更すれば、グラフも違ってくるし、上の表の値もグラフの定義域に合わせて変更する必要があります。4Hz からのグラフでは、20Hz 以下の騒音に関しても検討しているかのような誤解を生みます。

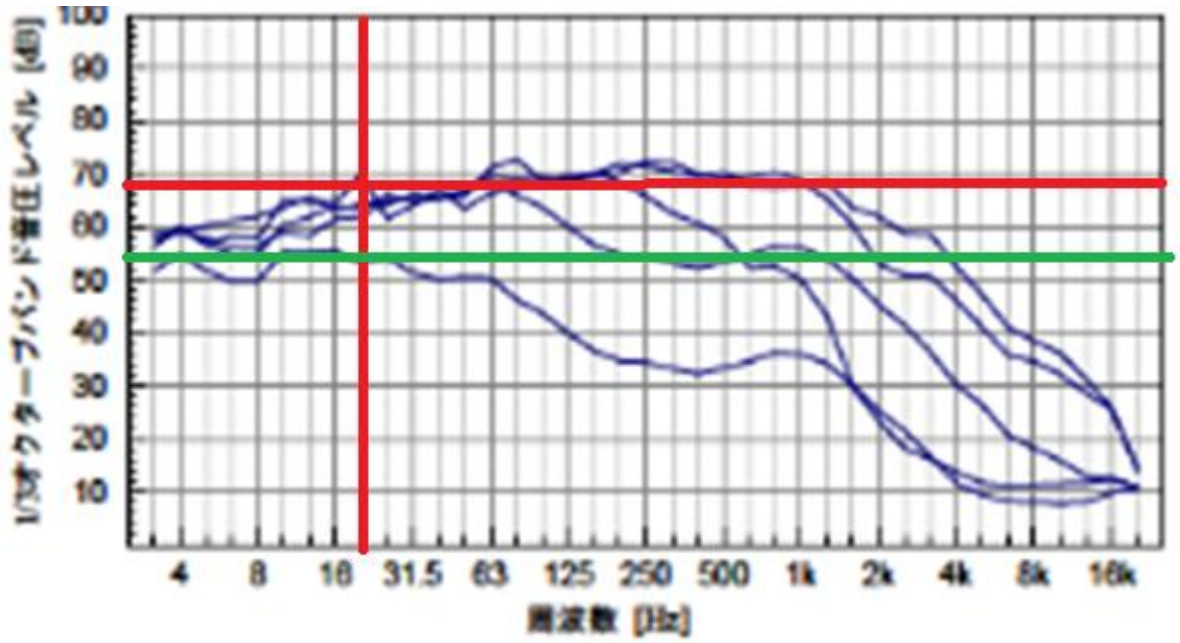
定義域を 4Hz からにして議論すれば次の様になります。
20Hz 辺りに縦線、それとグラフとの交点を通る水平線を引けば、低周波領域（4Hz～20Hz を含む）での特徴が分かります。低周波領域（4Hz～20Hz を含む）に着目すれば次の様になります。

4Hz から 20Hz ではグラフは水平。



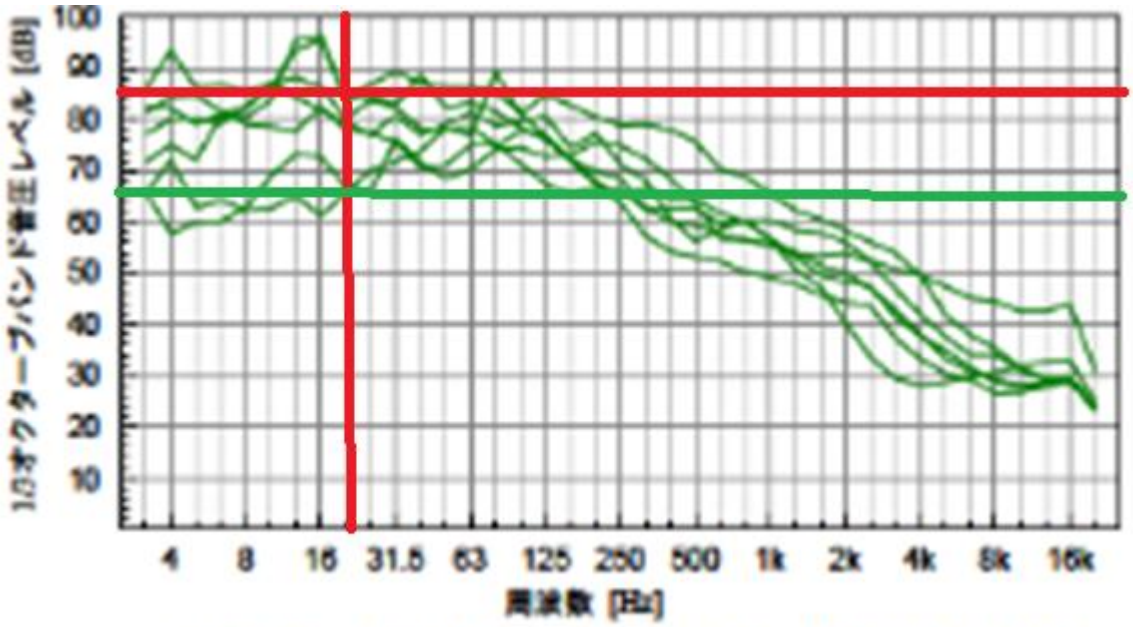
a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

周波数が低くなるとグラフは下がる。



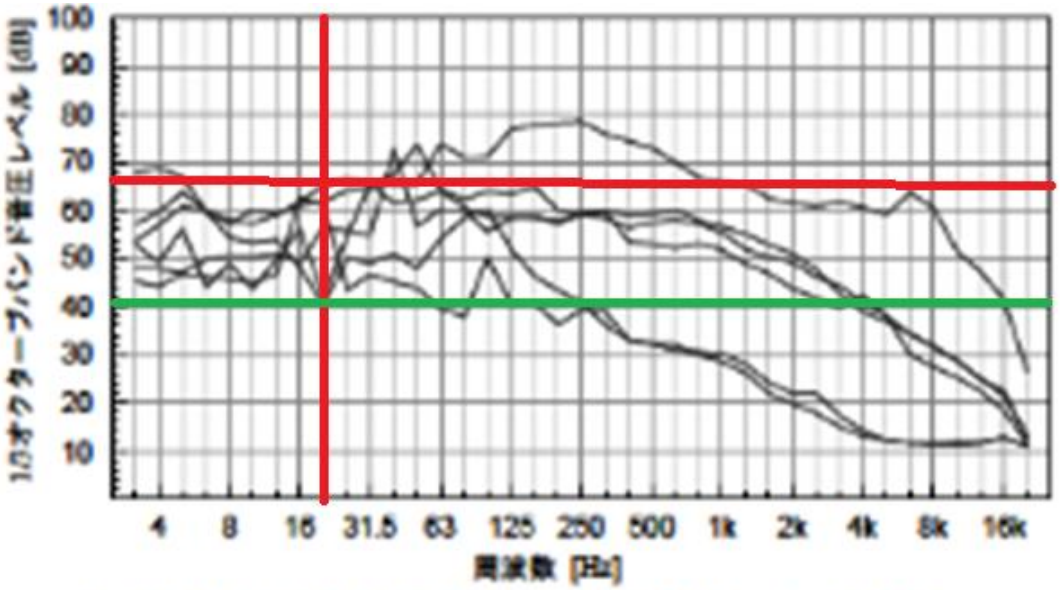
b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類

水平に近いが、周波数が低くなるとグラフはやや下がる。



c) 自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：7種類

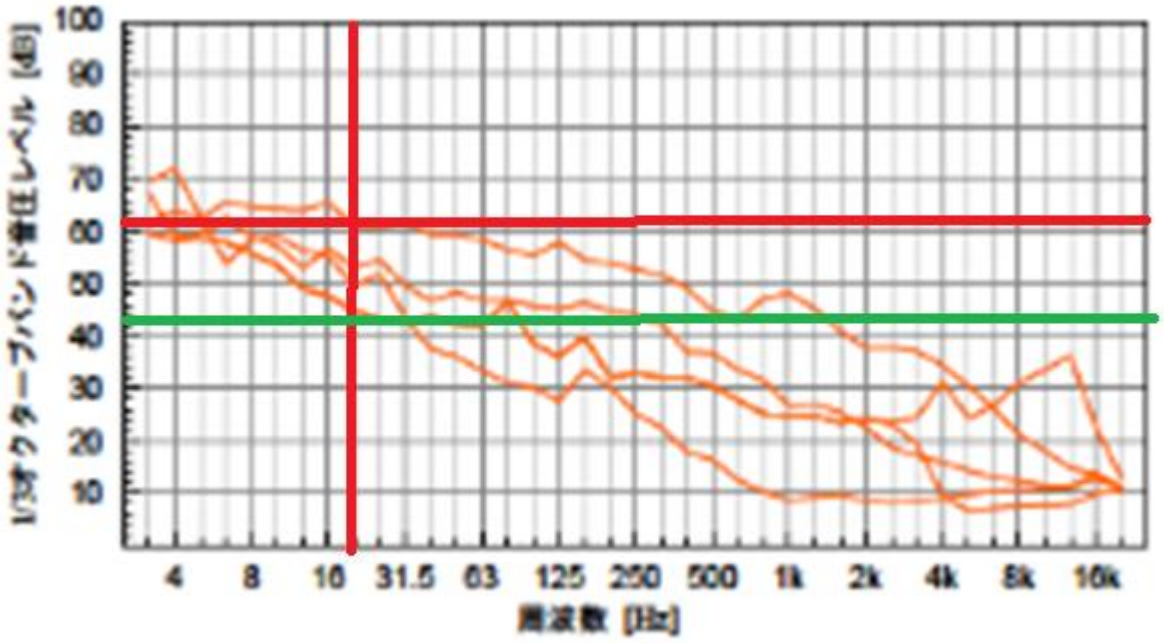
4Hz から 20Hz ではほぼ水平。



d) その他の環境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、地下鉄固体音、公共空間の音など）：6種類

※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

さて、風車騒音のグラフは、異質です。　風車騒音のグラフでは、周波数が下がるにつれて音圧が上昇しているのです。



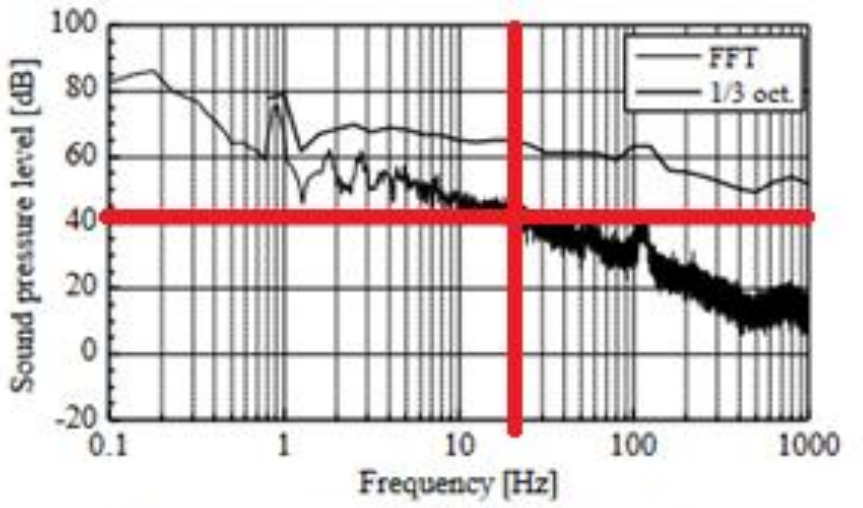
e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

これらの比較から、他の騒音と異なり、風車騒音は、4Hz から 20Hz の間で、周波数が低くなると音圧レベルが上昇する、特徴を持っていることが分かります。この傾向は、10Hz 前後で同じ傾向を持っているので、10H z 以下を風雑音だとするのには無理があります。

風の様子は、激しく変化します。音圧レベルが連速的に変化している事と、風の激しい変化との釣り合いが取れません。したがって、10H z 以下も風車音だと考えるべきです。

（マイクに風を当てないようにしても、同じ超低周波音が計測できますので、風雑音ではありません。）

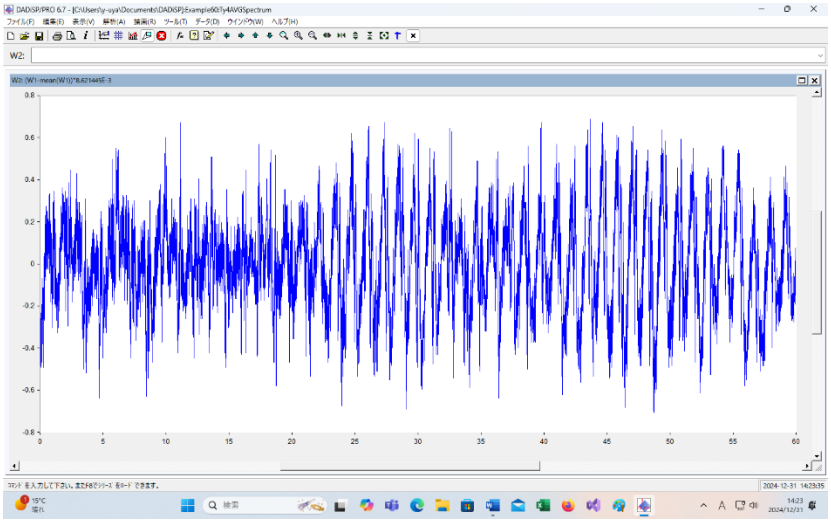
報告書にある、他のグラフでも、全体としての連続性は、風雑音説とは折り合いが付きません。



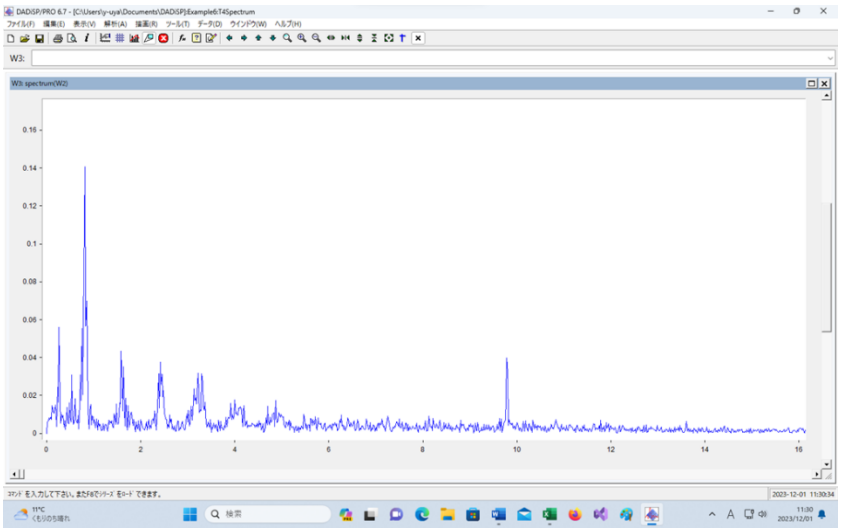
図(2)-11　図(2)-9の音圧のスペクトル

さらに、騒音（0Hz 以上）の特徴が分かるグラフを避けて、最も違いを隠蔽しやすいグラフを選んだようにも見えます。

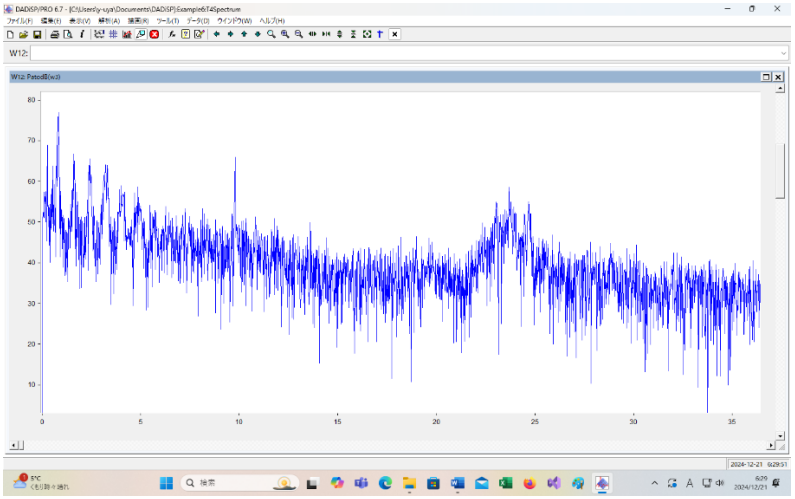
風車音の波形



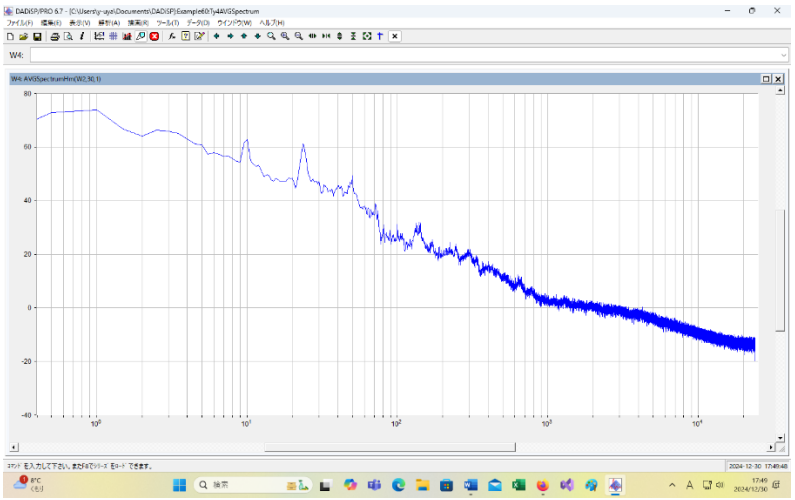
周波数スペクトル



上のグラフを、単純にｄＢ表示に変えると、次のぎざぎざのあるグラフになるのです。

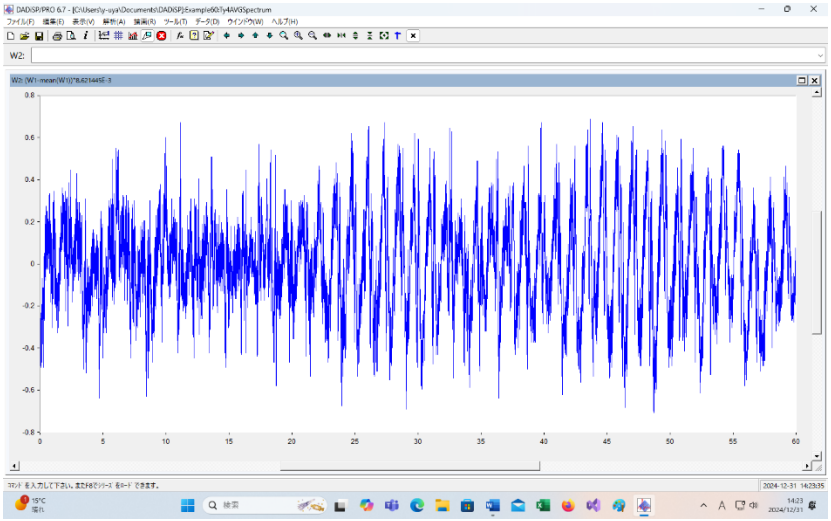


周波数スペクトルを 30 回計算して、その平均値を取ってから、同様の処理をすると次のグラフになります。

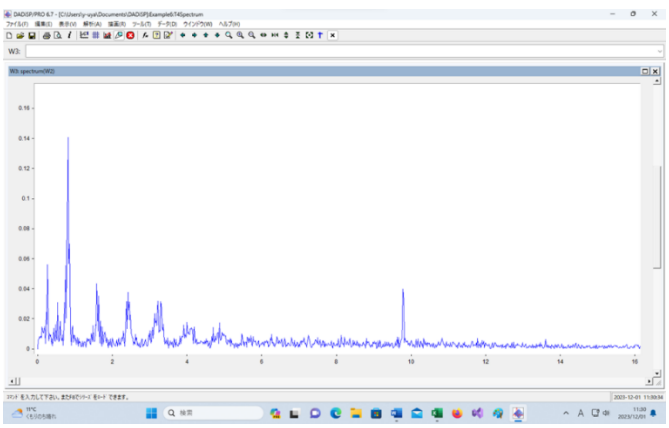


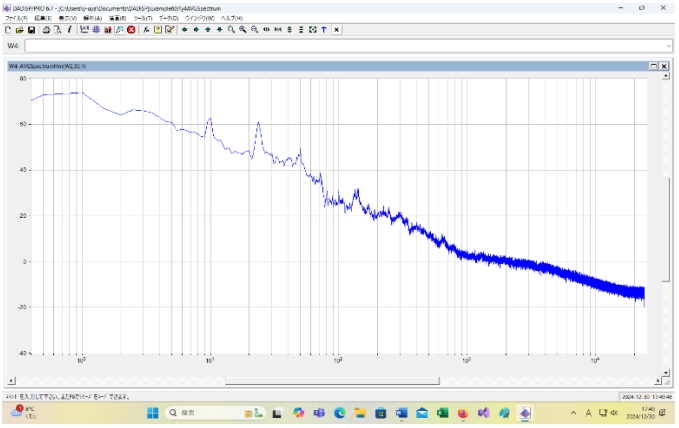
風車音の特徴が消えてしまっています。

このグラフでは、風車音が発生する仕組みを解明出来ません。



からの処理で、2 つのグラフが得られます。





左を選べば、風車音が発生する仕組みや頭痛が起きる理由を解明できるが、右のグラフを選べば風車音被害の原因は究明できなくなります。
どちらを選択するかは、被害を実際に起きていると考えるか、被害の可能性が有ると考えるかの違いです。
超低周波音の解析技術は色々です。掲げる課題と方針によってその技術の価値が決まって来るのです。

超低周波音領域と可聴音の領域でのエネルギーの分布や、音圧が最大となる周波数などの点に注目すれば、風車騒音（0Hz 以上）が異質のものであり、A 特性音圧レベル（20Hz～）で評価すると、エネルギーの 93%を見失う事になることが分かります。A 特性音圧レベル（20Hz～）では、風車騒音（0Hz 以上）の特性は理解できません。

定義域を 20Hz 以上に制限すれば、間違いとは言えないが、その狙いは、風車音の影響を矮小化して、風車音の特徴を隠蔽するものでしかないのです。風車音の特徴が分れば、被害の直接的な原因も判明するのです。都合が悪くても、隠してはいけないのです。

グラフを比較するには、高校 1 年で学習する、定義域と値域の概念が必要なのです。普通の高校では、これが理

解できない生徒は、２年生に進級出来ません。
誤魔化し方が下手です。ほとんどの住民は高等学校で数学を学び、定義域、値域の内容を理解しているのです。

実際の計測結果を使って、0.19Ｈｚ～20ｋＨｚの範囲で、比較してみます。

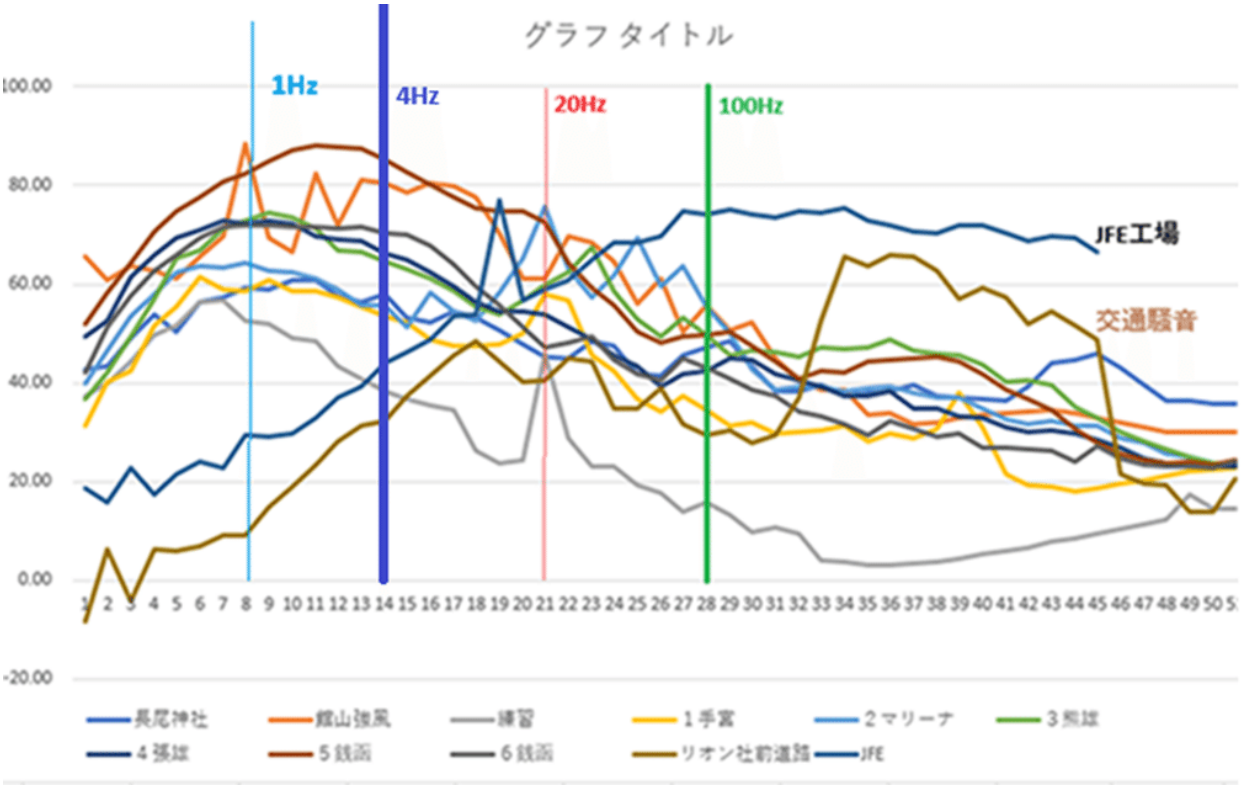
1/3 オクターブ解析で、リオン社前の道路の音、JFE の製鉄所内の音、千葉県館山市の風車音、マイクに風を当てての風雑音、石狩湾の数か所の風車群の音から計算したものを比べてみると次の様になります。

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
中心周波数	0.19	0.25	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00

番号	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
中心周波数	10.00	12.50	16.00	20.00	25.00	31.50	40.00	50.00	63.00	80.00	100.00	125.00	160.00	200.00	250.00	315.00	400.00

番号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
中心周波数	500.00	630.00	800.00	1000.00	1250.00	1600.00	2000.00	2500.00	3150.00	4000.00	5000.00	6300.00	8000.00	10000.00	12500.00	16000.00	20000.00

20Hz は、21 番のところです。



グラフの中央部分（8 番～33 番、1Ｈｚ～315Ｈｚ）の辺りでは、風車音は、全体として周波数が大きくなると音圧レベルが減少するが、交通騒音などは周波数が高くなると音圧レベルが上昇する。

8（1Hz）から 15（5Ｈｚ）辺りでの違いが大きい。これを見たくない人はこの部分を“風雑音”というのですが、詳細な周波数を確認すれば、離散的な特徴から風車の超低周波音だと分かるのです。

21 番のところが 20Ｈｚです。これよりも右の部分だけを考えて、音の大きさを比較すれば、“風車音が特に卓越しているわけではない。”となりますが、左側の部分（超低周波音の部分）が大きな問題になるのです。

このグラフから、20Hz 以下の領域では風車音の音圧が高く、20Hz 以上の領域では工場騒音や交通騒音の音圧が高いことが分ります。

風車音のエネルギーは超低周波音の領域に集中していて、全体の 93%以上を占めています。20Hz 以上の可聴域のエネルギーは 7%以下です。

超低周波音の部分を調べれば、風車音による直接的な健康被害である“頭痛”の原因が判明してしまいます。ですから、環境省は、計測も、分析も 20Hz 以上の領域に限定したいのです。

これらの事から、

“報告書（風力発電施設から発生する騒音等への対応について)”の 15P の記述、

“２）発生する音の特徴・性質

風力発電施設は、他の施設から発生する騒音と比較して、より低い周波数の騒音が発生していると一般に思われている。しかし、２－１．で示したとおり、20Hz 以下の音（超低周波音）に関しては、音圧レベルが聴覚閾値を超えるものは確認されていない。また、風車騒音と他の様々な騒音（表 2）の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを比較した結果は図 8 に示すとおりであり、他の様々な騒音の実測値と比較しても、風車騒音で特に**低い周波数成分の騒音**の卓越が見られるわけではない。“

は、次の様に修正しなくてはなりません。

“２）発生する音の特徴・性質

風力発電施設は、他の施設から発生する音と比較して、より低い周波数の音が発生している。

20Hz 以下の音（超低周波音）に関しては、音圧レベルが聴覚閾値を超えるものは確認されていないが、風車音の影響は、聴覚でのうるささ、圧迫感、頭痛、振動など、として感知される。これらの刺激は睡眠妨害を引き起こす。

人間の体内の圧力変動と言う観点からは、0.5～1Hz の音は、音圧と同程度の大きさの体内の圧力変動を引き起こす。これは人体に対して、強制的に圧縮と膨張の繰り返しを起こし、その結果としての物理的な反応が起きる。これは、単なる感覚器官による感知ではない。

知性のある人間は、感知された刺激の原因が風車音だと認識できる。ガタツキ閾値の数値を見れば、聴覚閾値（100ｄB 程度）よりも低い値（65ｄB 程度）でも、風車音の影響が振動として知覚されることが分る。

また、風車騒音と他の様々な騒音（表 2）の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを比較した結果の図 8 では、中心周波数の範囲が狭くて風車音の影響を評価できない。少なくも ISO7196 にある様に中心周波数を 0.25Hz からにした比較が必要である。

騒音と言う言葉で、20Hz 以上に限定して議論すれば、「他の様々な騒音の実測値と比較しても、風車騒音で特に低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない。」と言えるが、超低周波音の領域まで含めて議論すれば、風車音は超低周波音の領域で卓越した音圧を持っていて、周波数 f=RZ/60[Hz]で最大音圧となる。

音のエネルギーの観点で言えば、0～20Hz の範囲に 93%以上が集中していて、20Hz 以上の範囲には 7%以下のエネルギーが分布していることが知られている。“

もし、“有識者”が普通に高等学校を卒業していたならば、定義域と値域の概念が理解できていたはずです。そして“騒音”とつければ、対象が 20Hz 以上に限定されることが理解できたはずです。

“騒音”が 20Hz 以上の音であることや“低周波音”が 20Hz から 100Hz の音であることに注意すれば、問題が多いことは分かりますが、議論が被害者を誤魔化すことを目的にした悪質なものであったのか、それとも“有識者”が高校１年生の学力がなかったという悲しい現実のために起きた悲惨な出来事なのかの判断は難しいです。

このような“有識者”を見つけるのは困難だと思います。英語は小学生以下、国語は中学生以下、数学は高校１年生以下の学力の人たちを集めてきた環境省の能力がすごいと思います。

一つだけはっきりしているのは“有識者”には、デジタル信号処理と数学の能力がなくて、風車音を正確に把握することができなかったと言うことです。

昔の環境省は

“４．低周波音防止技術の概要

4.1.5 風車

風車の超低周波音の発生原理は基本的には送風機のいわゆる回転音と呼ばれるものと似ている。大型発電用風車の場合は、羽根の枚数が少なく、回転数も小さいために正常運転でも超低周波音を発生することがある。

その基本周波数 f（Hz）は、翼の回転数を R（rpm）、翼枚数を Z（枚）とすると

f ＝ RZ/60（Hz）

で与えられ、この基本周波数とその高次の周波数が卓越する。

大型発電用風車の場合は、一般に翼枚数は 1～3 枚（3 枚が主）、回転数は 30～60（rpm）程度であり、基本周波数は数 Hz 以下になる。“

と言っていました。

これで計算すると、大きくなった風車では、ｆ＝RZ/60＝0.5 （Hz）となります。

0.5Ha の周辺のエネルギーは風車音のエネルギーの 50%以上を占めます。**周波数範囲を、1～20Hz にしたのでは、風車音被害の原因の半分以上を無視しているので、被害の原因が分らなくなります。**

“有識者”は、超低周波音に関しては、

低周波音の基礎および伝搬・影響・評価（落合博明　氏）、

“低周波音の測定にあたってはG特性音圧レベルと1/3オクターブバンド音圧レベルを測定する”とある。

の様に、考えているようです。

1/3 オクターブ解析の表示では、中心周波数を使うので、0.692Hz～0.869Hz は全て 0.775Hz（0.8Hz）として表示され、正確な周波数が不明となり周波数の微小な変化や周波数の倍音構造が消えてしまい、風車音が到達しているか否かの判断が出来ない。

風車音と風雑音の区別に必要な音圧レベルの規則性を把握できない。

“対象とする低周波音は定常的、周期的あるいは特徴的な音圧レベルの変化を示す”のですが、G特性音圧レベルと 1/3 オクターブ解析では、それを調べることが出来ない。

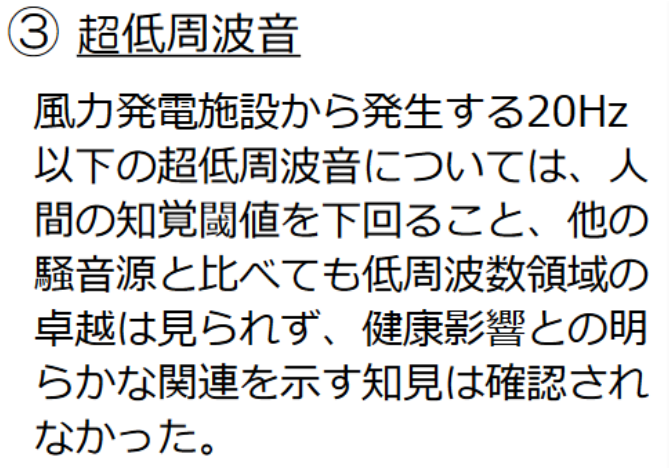
0.5Hz の音を正確に把握するには、周波数分解能と上げることが必要です。

風力発電施設から発生する騒音に関する指針について

都道府県知事　市長・ 特別区長 殿　　環境省水・ 大気環境局長
“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”
“全国の風力発電施設周辺で騒音を測定した結果からは、**20Hz 以下の超低周波音については人間の知覚閾値を下回り、また、他の環境騒音と比べても、特に低い周波数成分の騒音の卓越は見られない。**
これまでに国内外で得られた研究結果を踏まえると、 **風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い**と考えられる。また、**風力発電施設から発生する超低周波音・ 低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。**
ただし、風力発電施設から発生する騒音に含まれる**振幅変調音**や**純音性成分**等は、わずらわしさ（ アノ イアンス） を増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。また、超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”
とあり、
“なお、本通知は地方自治法第 245 条の４第１項に基づく技術的な助言であることを申し添えます。”
とも書かれている。

まるで、自分が助言できるほどの知識があるかのような書き方である。自分が、日本語さえも理解できない事が分っていない。

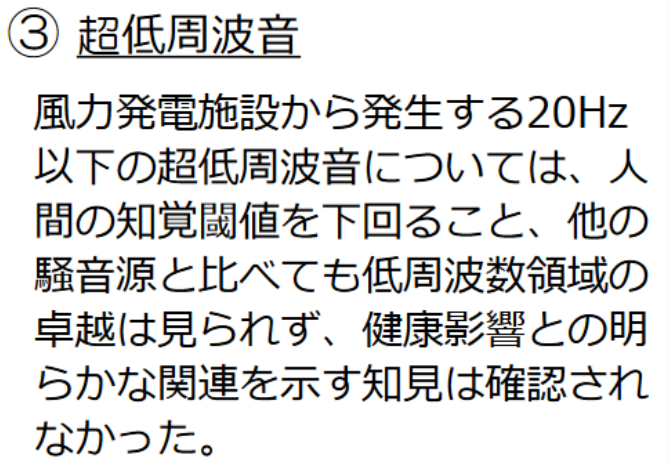
質問：



での、“知覚閾値を下回る”は、“聴覚閾値を下回る”とすべきだと考えますが、貴社の見解を示して下さい。
また、
“知覚閾値”では、全ての感覚器官と知識を総合して、風車音の影響を認識するとの意味になると思いますが、ガタツキを覚えれば、それが風車音の影響だと認識できます。これは音以外の形で風車の影響を認識したことになる。この時の数値は 70ｄＢ以下になると考える。
風車音の影響としては、
うるさい

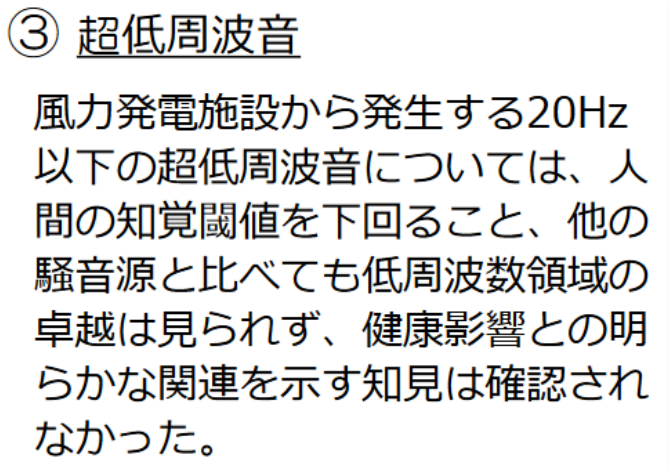
圧迫感がある、頭痛がする
建具や床の振動を感知する
の３つがあると考えます。
　風車振動の伝搬に関しては、小野寺英輝　氏による風車の振動が地中を伝搬する事に関する研究（大型風車による地盤振動伝播）があり、
“(3)1Hz 以下で，波状の周波数分布を示す風車があり，本調査の範囲では，アノイアンス申告のある地域と一致している．“
との報告もあります。
貴社は、風車音の人間の感覚器官への影響について、どのように考えますか？
感覚器官ごとに、影響を詳しく書いてください。
貴社が、風車の影響を聴覚に限定するという間違った考えを、さらに繰り返して宣伝する理由は何ですか？
（答え）

質問：



　での、“他の騒音源と比べても低周波数領域の卓越は見られず”での、“低周波数領域”の意味を、20～100Hz、20～200Ｈｚどちらの意味で理解していますか？
　“低周波数領域”には、20Ｈｚ以下の“超低周波音の領域”が含まれないことは認識していますか？
“超低周波音の領域”を含めて、0～20000Ｈｚの範囲で考えた場合、風車音の最大音圧が、他の環境騒音よりもはるかに卓越していることを認識していますか？
　この表現、
　“他の騒音源と比べても低周波数領域の卓越は見られず”
　は
　“他の騒音源と比べる時に、定義域を 20～100Ｈｚ、あるいは 20～200Ｈｚの低周波数領域に限定すれば、風車音の卓越は見らないが、定義域を 20Ｈｚ以下の超低周波音の領域まで広げれば、風車音の最大音圧は他の環境騒音の最大音圧に比べてはるかに卓越している”
　と書き直すべきだと考えますか、貴社はどのように考えますか？
（答え）

質問：



での、“健康影響との明らかな関連を示す知見な確認されなかった”ですが、

超低周波音の領域まで含めて考えれば、超低周波音の領域での周波数の離散的な構造とその音圧がマクローリン展開の係数に関連している事から、風が強い時は、ｆ＝RZ/60Ｈｚの周波数成分の音圧の符号が、波形全体の符号を決定するので、音響キャビテーションでの気泡発生条件まで音圧が上がるような風速になれば、体内に微小な気泡が発生して、潜水病と同じ症状になり、頭痛が起きる。のです。

これは、回転軸が水平の風車が、ブレードに掛かる揚力で回転して、風が強い時には、塔の変形と塔の腹の部分の振幅が増大して、指向性を持った超低周波音が放出されることによる、必然的な結果です。

これは、健康影響との明白な関連性です。

“健康影響との明らかな関連を示す知見はあったが、都合が悪いので見なかったことにした。”

と正直に書くべきだと考えるが、貴社はどのように考えますか？

（答え）

理由を見てゆきます。

わずらわしさ（アノイアンス（不快感））としては、音がうるさい、圧迫感がある、ガタツキを感じる、などなど、沢山の要因があります。

それらの要因が、アノイアンス（不快感）の程度に影響する割合は、寄与率として捉えることになります。

“わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与”

の部分を見落としたのでしょうか？

“風車騒音が 35～40dB を超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる“

とあるが、騒音レベル（A 特性音圧レベル）がアノイアンスの指標とになる為には、風車音での騒音レベル 42ｄB の時と、交通騒音での騒音レベル 42ｄB の時に、どちらの場合でも、同程度の割合で、アノイアンス（不快感）を感じる人がいて、風車音の場合でも、交通騒音の場合でも、その数値を確認すれば、アノイアンス（不快感）での安眠妨害が発生する率が同じでなくてはなりません。

次のグラフは、環境省が作成したものです。

・平成２２年、環境省の調査

風力発電所に係る騒音・低周波音に関する問題の発生状況

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

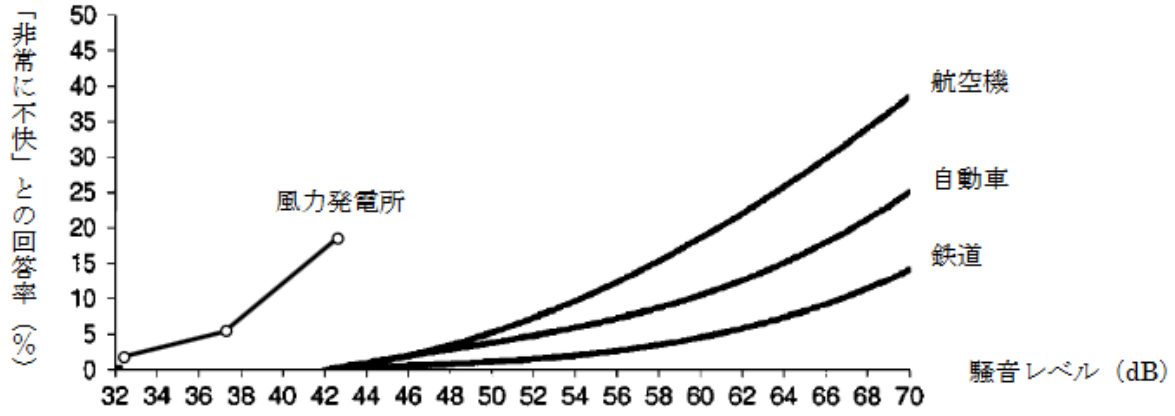


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

これを見れば、騒音レベル（A 特性音圧レベル）が不快感を決定する要因としては適していないことが分る。不快感を決定する要因として、騒音レベル（A 特性音圧レベル）が適しているならば、交通騒音でも、風車騒音でも 42ｄB の時には、どちらも 20%の人が“非常に不快”と感じなくてはならないのですが、0%と 20%では、あまりに違いすぎます。

従って、騒音レベル（A 特性音圧レベル）はラウドネスの評価値ではあるが、風車被害でのアノイアンス（不

快感）による不眠の程度を表す指標としては不適格なのです。
　何がアノイアンスの指標に適しているかは、被害の内容と風車音の性質を比較すれば見つかるのです。
それが見つかれば、その数値は風車被害の程度の判断する数値として利用できるのです。
　人間への影響を評価する場合、聴覚での感知に拘るよりも、睡眠妨害が起きるか否かの観点からの評価を重視すべきです。
　少し計算すれば、
音による、気圧変動の振幅が 1 パスカルのときは、
200Hz だと、体内の圧力は 0.033 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
100Hz だと、体内の圧力は 0.132 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
10Hz だと、体内の圧力は 0.467 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
1Hz だと、体内の圧力は 0.974 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
0.5Hz だと、体内の圧力は 0.999 パスカル増えた後で減圧過程に入る。
となります。
　周波数が低いほど、体内の圧力変動が大きくなる。
200Hz 以上ならば、体内の圧力はほとんど変化しないが、10Hz 以下では、かなりの圧縮が起きる。
　これは、圧迫感ではなく、圧迫そのものです。圧迫感での不快感もあるが、体内に物理的な影響が生じます。体内での圧力の変動は、睡眠妨害の大きな要因になります。最大音圧と周期が圧迫感や頭痛の指標としては適しているのです。アノイアンス（不快感）の指標として使えるのです。

“環境省では、平成 25 年度から水・大気環境局長委嘱による「風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会」を設置し、風力発電施設から発生する騒音等を適切に評価するための考え方について検討を進め、平成 28 年 11 月 25 日に検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」を取りまとめました。今般、同報告書を踏まえ、風力発電施設から発生する騒音等について、当面の指針を別紙のとおり定めたので通知します。”
“下記に示した本指針策定の趣旨等及び別紙の指針、並びに風力発電施設から発生する騒音等の測定方法について別途通知する「風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル」を、騒音問題を未然に防止するために対策を講じ生活環境を保全する上での参考としていただくとともに、関係の事業者等へ周知いただくなど格段の御配意をお願いいたします。
各都道府県におかれましては、この旨、管下町村に対して周知いただきますようお願いいたします。“
とある。

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル”（平成２９年５月 環境省）
には、
“風力発電施設から発生する騒音等の測定は、これらの特性を踏まえた方法により実施する必要がある。
本マニュアルは、風力発電施設の設置事業者・製造事業者、行政（国、地方公共団体）、地域住民等の関係者等が、風力発電施設から発生する騒音に関する測定を行う場合の標準的な方法を示すものであり、風車騒音、残留騒音の測定方法の他、測定手順や留意点等も併せて記載したものである。“
との事であるが、

その３ページには、
“2.3.5　風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照)。
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”
とあり、７ページでは、
“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）
風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。
風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。
（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“
となっていて、
“除外音処理”で消し去ることを要求しています。

報告書（風力発電施設から発生する騒音等への対応について）の 22 ページには、次の記載がある。
３．風車騒音の評価の考え方、調査・予測、対応策等
２．で示した知見を踏まえると、風車騒音は、20Hz 以下の超低周波音（注）の問題ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題としてとらえるべきものであり、A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。このようなことを前提とした上で、ここでは、風車騒音の評価の考え方を示すとともに、主に風力発電施設の設置事業者を想定し、風力発電施設の設置前・後に行うべき調査・予測の考え方を整理した。なお、今後本報告書の考え方に基づき、より具体的な測定・評価手法を定めたマニュアル等を策定することが適当である。

纏めれば、
“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”
“2.3.5　風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照)。”
“風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。”
となる。

交通騒音と風車騒音の質的な違いが無く、双方に対して、“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”と言えるためには、評価値としての A 特性音圧レベルが同じ値ならば、同程度の被害が出なくてはなりません。尺度を共通にしたときに、同じ値に対しての被害状況が異なるならば、その尺度は共通の尺度としては使えないのです。
交通騒音と風車音では、“極めて不快である”と感じる人の割合が異なることを示す資料（”検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」“ｐ14）があります。これは A 特性音圧レベルの値が同一でも、人体に対する影響には大きな差があることを意味し、評価基準を A 特性音圧レベルの数値にすることが不適

当であることを意味しているのです。
A 特性音圧レベル（騒音レベル、WTN）は 20Hz 以上の成分の持つエネルギーから計算される数値です。ですから、A特性音圧レベルで風車音を評価してその影響を考えると言いう事は、残りのエネルギー93%の影響を無視することになるのです。これでは、風車音による被害の原因が判明しないのは当然です。

別の場所で詳しく書きますが、“風雑音”に関しては、科学的な思考の放棄としか言えません。

言葉の意味を確認しておきます。
検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には
“(注)「超低周波音」についての補足
我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範 囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC（国際電気標準会議） 規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」（infrasound）、20～100Hz を「低周波音」（low frequency noise）と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005（風車発電システム-第 0 部：風力発電用語）で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として 定められた主務省令では、「騒音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）」とした上で、「超低周波音（周波数が 20Hz 以下の音）」と規定しており、「低周波音」という 用語を用いないこととされた。 これらの状況を踏まえ、本報告書では、20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、 それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」と表記する”
とあり、
騒音と付けば、超低周波音（20H z 以下の音）以外の音なので、20H z 以上の周波数成分を対象とすることになるのです。

風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会　の報告書（p 14）には、不快感と A 特性音圧レベル（20Hz～）の関連を示す記述がある。

風車騒音とわずらわしさ（アノイアンス）との量-反応関係についても多くの研究がなされている。複数の報告により、同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音は他の交通騒音よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすいことが示唆されている。
表 1 の Kuwano らの研究により得られた、日本を対象とした、風車騒音と道路交通騒音を非常に不快であると感じた者の割合（%HA）を図 7 に示す。この図によれば、非常に不快であるとの回答確率が 30%程度となる騒音レベルは昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn）で 60dB 程度、20%程度は 53dB 程度、10%程度は 43dB 程度となる。

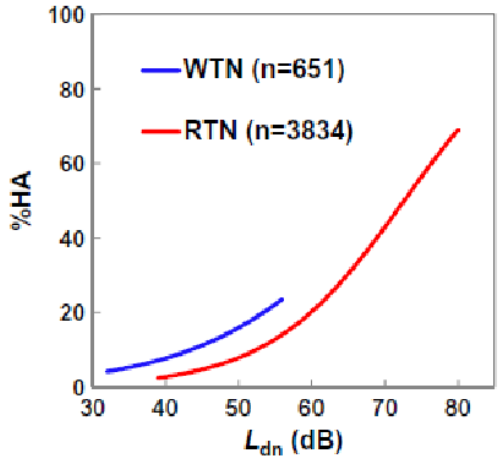


図 7 風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn ）

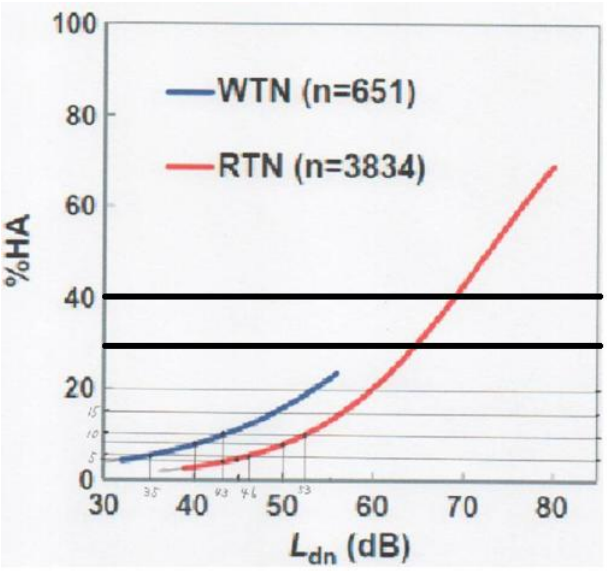
※ と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

※ 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、LAeq に 6dB を加算して Ldn を推計している。

なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。

“同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音（20Hz 以上）は他の交通騒音（20Hz 以上）よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすいことが示唆されている。”

とあり、この差を調べると、



%HA	風車騒音	交通騒音	差
30%	60dB	64dB	4dB
20%	53dB	60dB	7dB
10%	43dB	53dB	10dB
8%	40dB	50dB	10dN
5%	35dB	46dB	11dB
4%	30dB	43dB	13dB

“非常に不快である”と感じる人の割合にかなりの差がある。

交通騒音での基準値の表と比較してみます。

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
ＡＡ	５０デシベル以下	４０デシベル以下
Ａ及びＢ	５５デシベル以下	４５デシベル以下
Ｃ	６０デシベル以下	５０デシベル以下

（注）
1　時間の区分は、昼間を午前６時から午後１０時までの間とし、夜間を午後１０時から翌日の午前６時までの間とする。
2　ＡＡを当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。
3　Ａを当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。
4　Ｂを当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。
5　Ｃを当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

住宅街での交通騒音での基準値は昼間で 55ｄＢ、夜間で 45ｄＢ です。

この数値の意味は、騒音値の基準と目安（日本騒音調査ソーチョー）の資料によれば、

うるさい	かなりうるさい。かなり大きな声を出さないと会話ができない	７０db	・騒々しい事務所の中 ・騒々しい街頭 ・セミの鳴き声（２ｍ） ・やかんの沸騰音（１ｍ）
	大きく聞こえ、うるさい。声を大きくすれば会話ができる	６０db	・洗濯機（１ｍ） ・掃除機（１ｍ） ・テレビ（１ｍ） ・トイレ（洗浄音） ・アイドリング（２ｍ） ・乗用車の車内
普通	大きく聞こえる、通常の会話は可能	５０db	・静かな事務所 ・家庭用クーラー（室外機） ・換気扇（１ｍ）
	聞こえるが、会話には支障なし	４０db	・市内の深夜 ・図書館 ・静かな住宅地の昼
静か	非常に小さく聞こえる	３０db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	２０db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

防音効果を無視して考えれば、

風車騒音は屋外で計測したA特性音圧レベル（２０Hz～）を使って評価します。
住宅地域での指針値の下限として40ｄBが示されています。風車騒音での40ｄBは、被害状況を比べながら交通騒音に対応させると、交通騒音での50ｄBに相当します。
風車は夜間も停止しません。もし、風車音で40ｄBの音が夜間放出されると、被害は、夜間に於いて交通騒音50ｄBが発生している状況と同程度の被害が出ます。
交通騒音で 50ｄB だと、8%の人が“非常に不快である”と感じます。他の統計結果と比較すれば、“不快である”と感じる人の割合は、その２倍で、16%程度だと推測できます。
合計は、24%になります。上の表では“大きく聞こえる、通常の会話は可能”ですから、24%程度の人が、“睡眠の妨げとなる”と考えるのは当然の結果だと判断できます。
もちろん、眠りが浅くなっても、翌日死亡することはほとんどありません。そんな日が毎日続けば、車を運転中に居眠りします。子供は、学校の授業中に居眠りします。
死亡事故や、生涯賃金の減少が予測できます。もちろん、これは風車騒音（0Hz以上）による直接の影響ではありません。風車騒音（0Hz以上）は、毎日毎日ほんの少しだけ、安眠を妨げただけです。風車には責任はありません。眠い時に運転した人が悪いのです。眠いからと言って授業中に居眠りした生徒が悪いのです。

となりますが、室内での影響を考えると、もう少し複雑になります。

風車騒音でのグラフと、交通騒音でのグラフがずれている理由を考えなくてはなりません。
その理由については、次の事項を手掛かりにして考えてみます。

“なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。”

エネルギー分布の数値に着目します。

エネルギー分布	0～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

風車音でのエネルギー分布は、20Hz以上が７%、0～20Hzが93%になっています。
風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与の部分に注意して、
不快感に関する風車音の周波数帯ごとの寄与は、20Hz以上の寄与が9%、0から20Hzの寄与が91%
と考えれば、数値的にはそれなりに整合性があります。
単純な発想ですが、検証する価値はあると考えます。

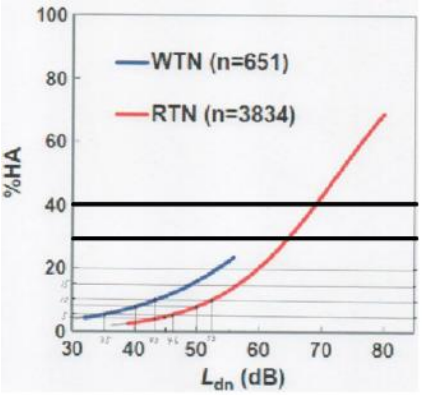
グラフを拡大して、水平線を引いて、交点の間隔を調べてみたら、次の様になりました。ズレの理由を次の様に考えました。
A特性音圧レベルで計算される騒音レベルは、風車音のエネルギーの7%と占める。この部分が、風車音全体のエネルギーの99%まで増加したとすれば、

$$DB7 = 10 * log10(\frac{p_1^2}{p_0^2})$$

$$DB99 = 10 * log10\left(\frac{99}{7} * \frac{p_1^2}{p_0^2}\right) = DB7 + 11.5$$

となって、11.5ｄＢ増加します。

報告書（ｐ14）にある、風車騒音と交通騒音の違いを表にすると、



%HA	風車騒音	交通騒音	差
30%	60dB	64dB	4dB
20%	53dB	60dB	7dB
10%	43dB	53dB	10dB
8%	40dB	50dB	10dN
5%	35dB	46dB	11dB
4%	30dB	43dB	13dB

“非常に不快である”と感じる人の割合にかなりの差があることが分かります。

風車音の騒音レベルを11.5ｄＢだけ補正すれば、数値としては、ほぼ一致します。表を作れば、

%HA	風車騒音	交通騒音	差	補正風車音	交通騒音	差
30%	60ｄB	64ｄB	4 ｄB	7１.5dB	64ｄB	-7.5ｄB
20%	53ｄB	60ｄB	7ｄB	64.5dB	60ｄB	-4.5ｄB
10%	43ｄB	53ｄB	10ｄB	54.5dB	53ｄB	-1.5ｄB
8%	40ｄB	50ｄB	10ｄB	51.5dB	50ｄB	-1.5ｄB
5%	35ｄB	46ｄB	11ｄB	46.5dB	46ｄB	-0.5ｄB
4%	30ｄB	43ｄB	13ｄB	41.5dB	43ｄB	1.5ｄB

エネルギーの面から風車騒音の値を補正した数値を使えば、不快感を覚える人の割合が、ほぼ一致すると言えます。超低周波音を無視すれば、この違いの合理的な説明は出来ません。

交通騒音と風車騒音の質的な違いが無く、双方に対して、“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”と言えるためには、評価値としてのＡ特性音圧レベルが同じ値ならば、同程度の被害が出なくてはなりません。尺度を共通にしたときに、同じ値に対しての被害状況が異なるならば、その尺度は共通の尺度としては使えないのです。

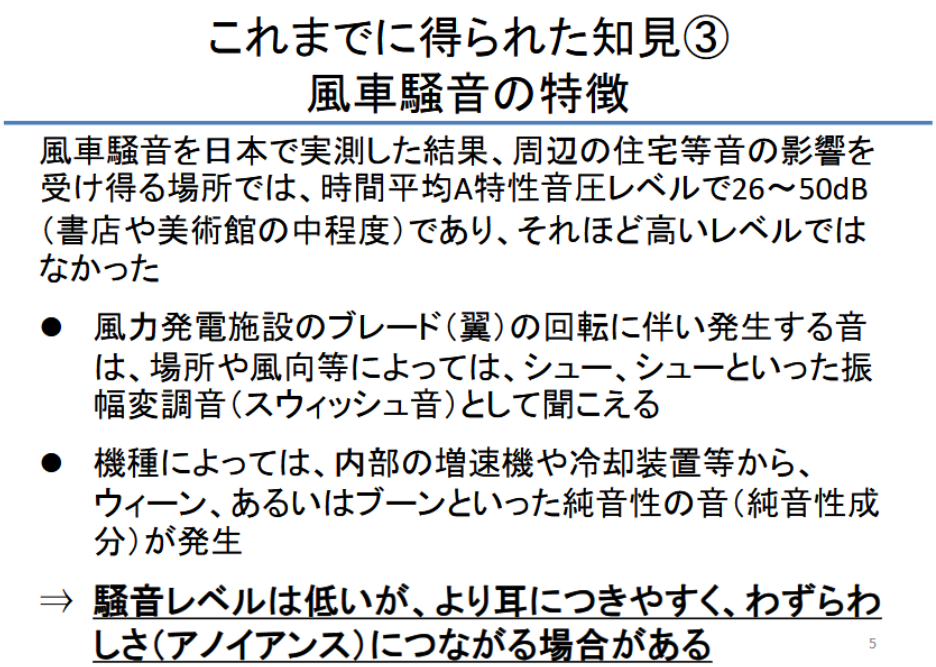
不快になる割合が30%になるときの、A 特性音圧レベルが、風車音で43ｄB、交通騒音で52ｄB と考えられるのです。9ｄB の差が出ています。この差の原因を考えれば、問題解明の手掛かりが見つかります。

また、エネルギー分布を考えても、風車音の7%のエネルギーから計算される数値で判断するのは、あまりにも、非科学的と言うしかない。

風雑音、二重防風スクリーン、除外音処理
に関しては、後で詳しく述べます。

知見③

風車騒音の特徴（スウィッシュ音「振幅変調音」と純音）



2018 年に環境省の調査結果では

風力発電施設から発生する騒音等に対する取組について

環境省水・大気環境局大気環境課大気生活環境室

のなかに、次のような記述も含まれています。

“2.風力発電と騒音に関する苦情

風力発電に伴い発生する騒音は、交通騒音等と比べ、著しく大きなものではない。ただ 、風力発電施設が もともと静穏な地域に作られることが多いため、騒音に関する苦情が発生する場合がある。“

明らかに、風力発電の騒音と交通騒音では大きな違いがある。

閑静な地域では夜間の交通量がほとんど無くなるので、夜間に交通騒音を感じることは無い。

風車は昼でも夜でも低周波音を出し続けるので、風力発電に伴って発生する騒音や振動は夜間の睡眠を妨げるものである。これが風車騒音の大きな特徴である。

最近は、風車から発生する音の原因と周波数については、説明しないことにした様である。発生する音の周波数が何 Hz になるのかが書かれていない。

ブレードの回転で発生する音は何 Hz なのか、増速機や冷却装置から何 Hz の音がでるのか？

タワーが建っているだけで、ブレードか回転していないときに精密騒音計と振動レベル計で計測した結果は

風車が無いときの計測結果とどこが異なるのか？

これをきちんと説明することは、被害を減少させる意味でも極めて大切なことである。

説明しないということは、問題解決の意志がないのであろう。

振幅変調の意味

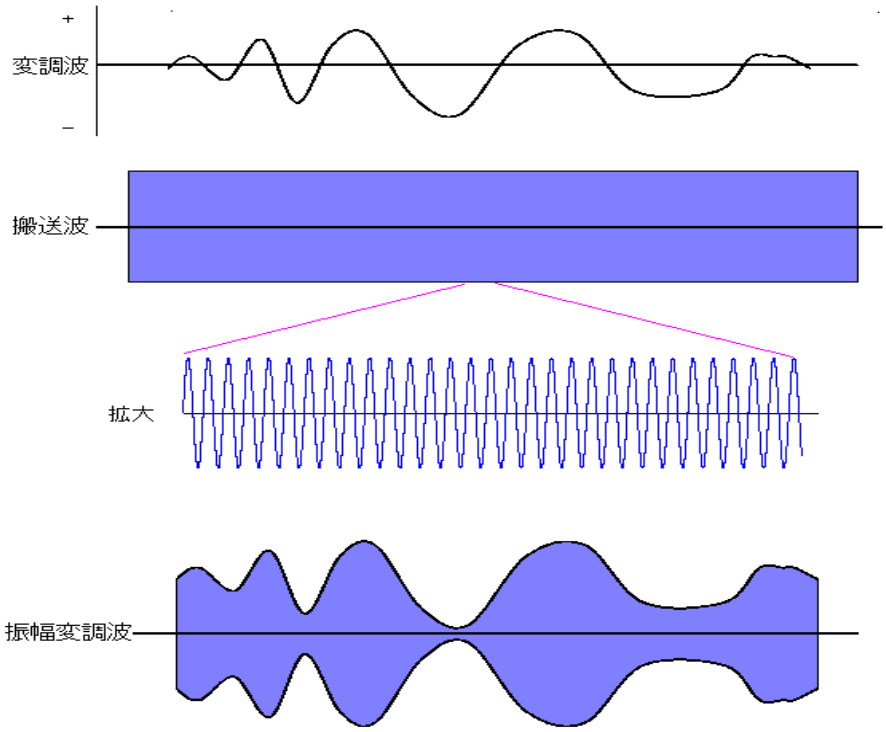
振幅変調の概念を確認します。

つぎに、

計測された風車騒音の音圧は回転に伴って変動するが、この変動は単なる計測の問題であり、音源そのものの観点からは、振幅変調とは言えないことを確認します。

振幅変調について

振幅変調とは、通信変調方式の一つで、主として音声信号からなる情報を、電波や光の波の振幅を変化させることで伝達する。以下の図では、振幅変調により変調された変調波を、縦軸を電圧値[V]、横軸を時間[Sec.]として、時間の関数として説明する。



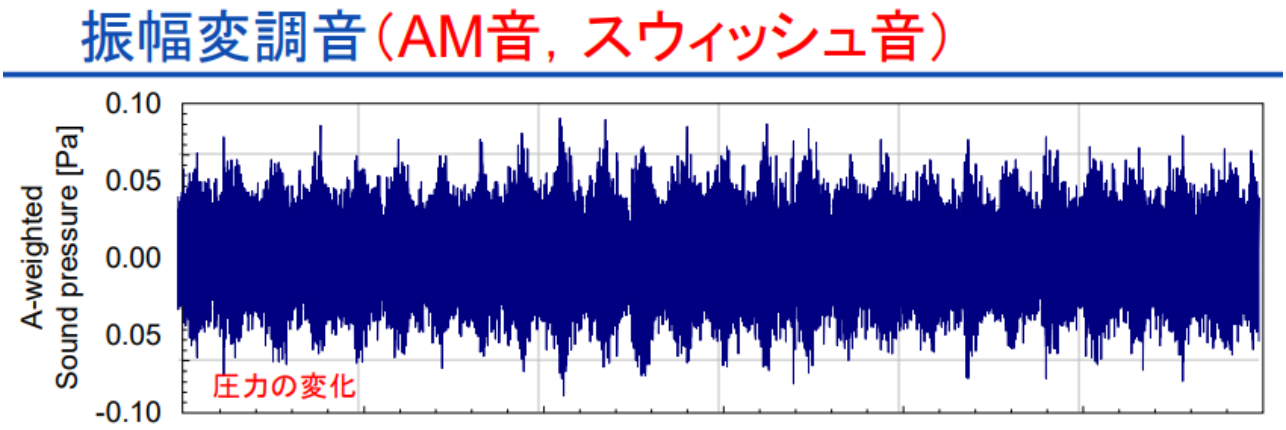
上図では、音声信号等の変調周波数帯に対し、それを伝送するための搬送波（キャリア、英語: carrier wave）の周波数として、変調周波数帯（20Hz～20kHz）より相対的にかなり高い周波数帯（中波放送で 500～1300kHz）を使用するため、搬送波の波形の一部を拡大して表現した。変調波は、電圧振幅値が正の最大値になると振幅変調波の振幅電圧値が最大になり、逆に、同変調波が負の最大値になると振幅電圧値が最小になる。詳細は理論の項を参照。ここでは、変調波を信号波（送信しようとしている原信号（音声や音楽等））と読み替えてよい。

あくまでも、搬送波のような高い周波数の波があり、その振幅が比較的周波数の低い波によって変調されるという概念であって、振幅が変調される搬送波部分が無ければ、無意味な概念となる。

風車騒音の場合は、振幅が変調されるのは、何ヘルツの波なのか？そもそも変調の対象となる波が存在しないのである。

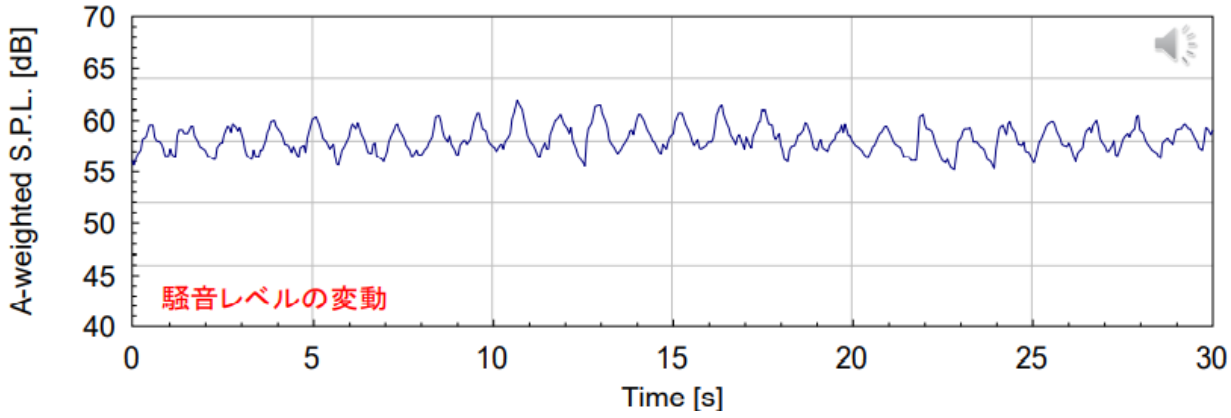
振幅が変動する波と言う意味ならば、振幅変動波と呼ぶべきであり、すでに概念の確立している振幅変調波の用語を使うべきではない。

低周波音波を、$Asin(\omega t)$ 、高周波音をと$Bsin(200\omega t)$書いてみたときに、
０,B＞０で A,B はほぼ等しいとしておく。）
振幅変調は、$\left(B+0.1Asin(\omega t)\right)*sin(200\omega t)$ のように、振幅 B が変動するべきである。
観測された風車音の場合は、$Asin(\omega t)+00.1Bsin(200\omega t)$のような形であり、強い超低周波音の上に、弱い高周波成分が作用して、小さな波が立っているような状態である。



A 特性音圧レベルの変動

可聴域での音の振幅が変化すれば、耳に聞こえる音の大きさも変化します。それは A 特性音圧レベルの変化として表現できます。



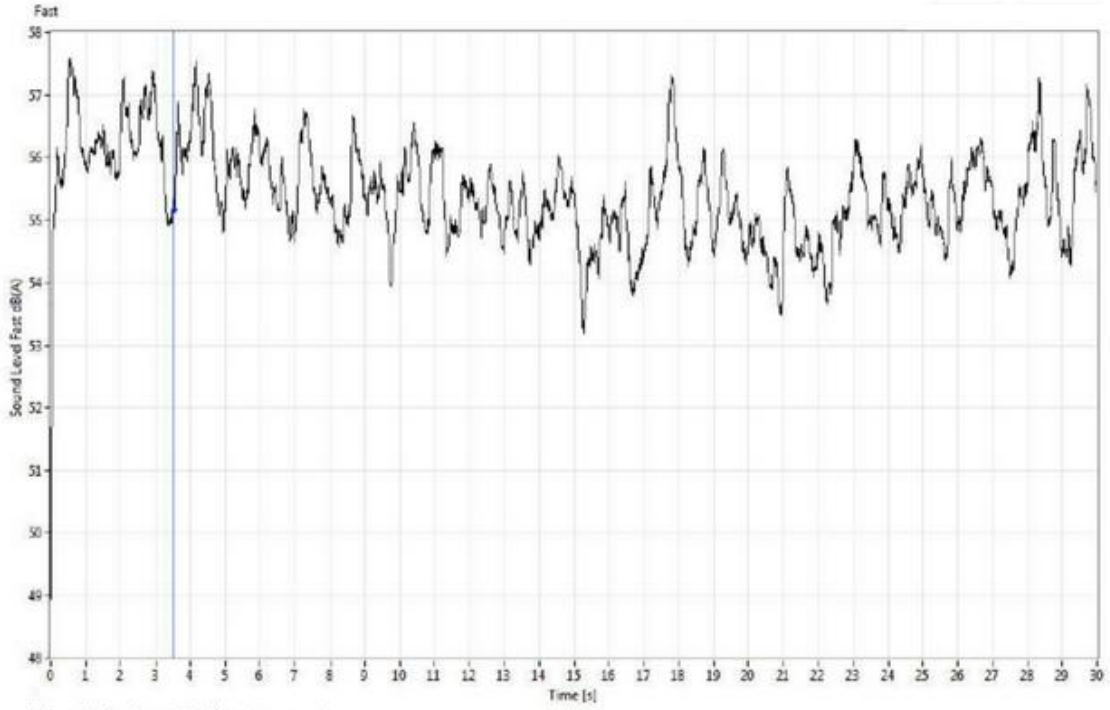
スウィッシュ音に関して、ある風車会社の資料に、次のような記述がありました。

② 機側的な音の変動（スウィッシュ音）について

風力発電機の回転に伴い発生する騒音は、周期的な変動がみられる。この音は、スウィッシュ音と呼ばれる。

風力発電機メーカーより入手した騒音の測定結果（時間変動）を、図 2.2-10 に示す。

ブレードの回転に伴い約 1.5 秒ごとに音圧レベルの変動がみられ、変動幅は 1～3dB 程度となっている。



注）調査時の風速は 8.9m/s
測定位置はロータ中心から 120m の地点

図 2.2-10　風力発電機から発生する騒音レベルの時間変動

目盛り軸の所に、Sound Level Fast dB(A) とあるので A 特性音圧レベル（騒音レベル）の値です。
主に、54ｄＢから 57ｄＢの間で変動すると判断できます。（平均では 55.5ｄＢとする。）
計測位置がローター中心から 120mの場所なので、地上では、風車の根元から 100mの地点になります。

120m離れて、音圧レベルが LP(120)=55.5ｄＢならば、音源のパワーレベルＬＷは

$$L_{pi} = L_{Wi} - 20logr - 11$$

より、

$$55.5 = L_{Wi} - 20log120 - 11$$

LW=108.1 となる。

500m離れた場合は、

$$L_{pi} = 108.1 \quad - 20log500 - 11$$

より、LP(500)＝43.1ｄＢ　となる。

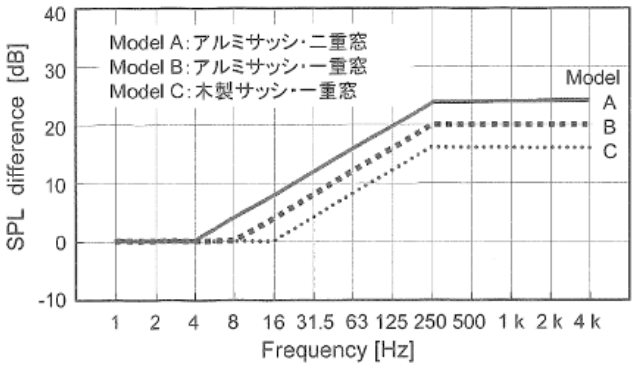


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

200Ｈｚだと、防音窓での減衰は、25ｄＢ程度なので、

120m地点で、防音窓のある室内では、29ｄＢ～32ｄＢとなり、

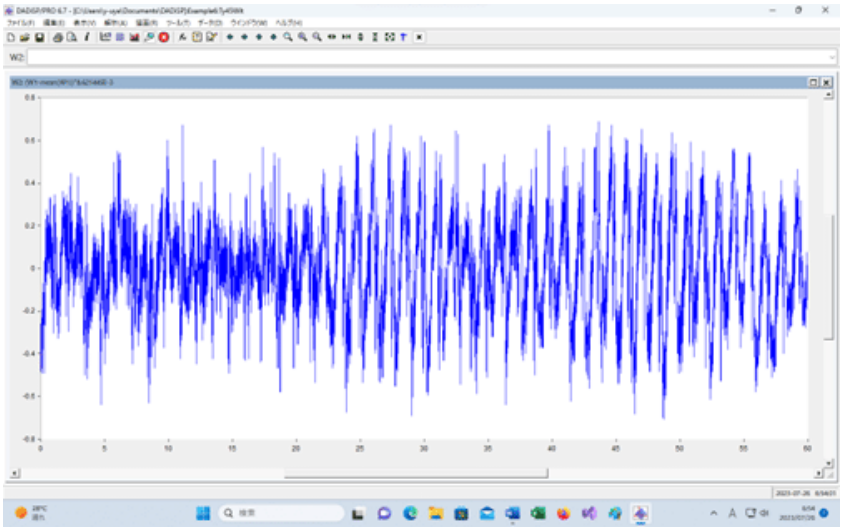
500m地点で、防音窓のある室内では、43-25＝18ｄＢとなり

普通	大きく聞こえる、通常の会話は可能	５０db	・静かな事務所 ・家庭用クーラー（室外機） ・換気扇（１ｍ）
	聞こえるが、会話には支障なし	４０db	・市内の深夜 ・図書館 ・静かな住宅地の昼
静か	非常に小さく聞こえる	３０db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	２０db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

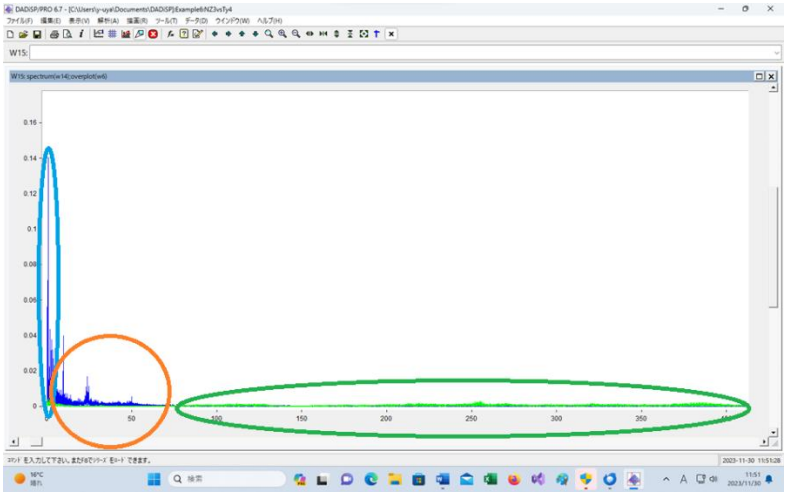
室内での影響は無いと判断します。他の周波数成分については慎重な計測と計算が必要です。

FFT を使った振幅変調の表現

風車音の波形を見ると、



となっていて、振幅の変動は見られるが、振幅変調とは言い難い。



上の計測結果を参考にして、風車音をグループ分けすると、

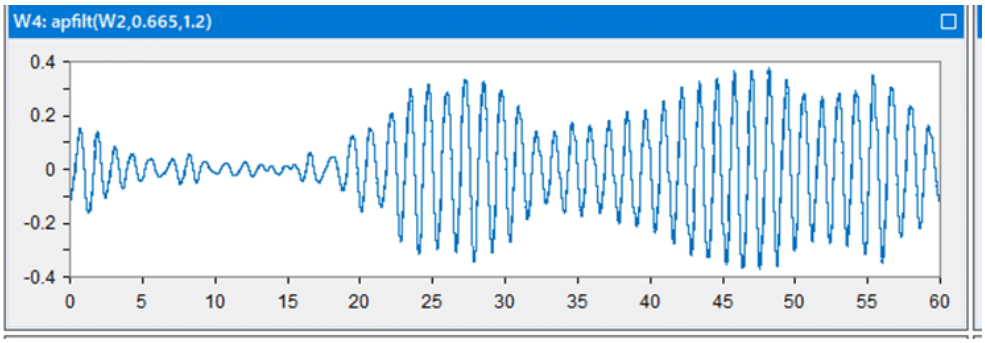
③　　0～10Hz　は、塔の側面の振動を主な要因とする超低周波音。

③　　10Hz～200Hz　は、発電機などの機械音。

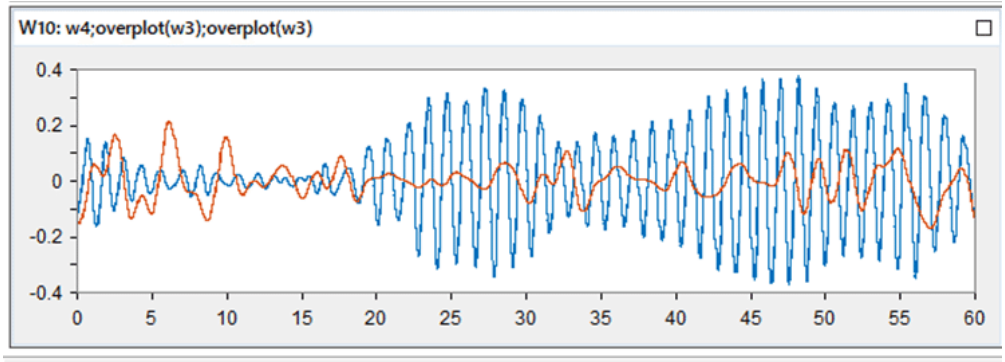
④　　200Hz～20ｋHz　は、ブレードでの空力音（高周波音）。

と考えて、FFT を使って、これらの成分を取りだして考えます。

基本周波数ｆＨｚの成分と、ｆ/3Ｈｚの成分は、風速によってその振幅が大きく変化します。



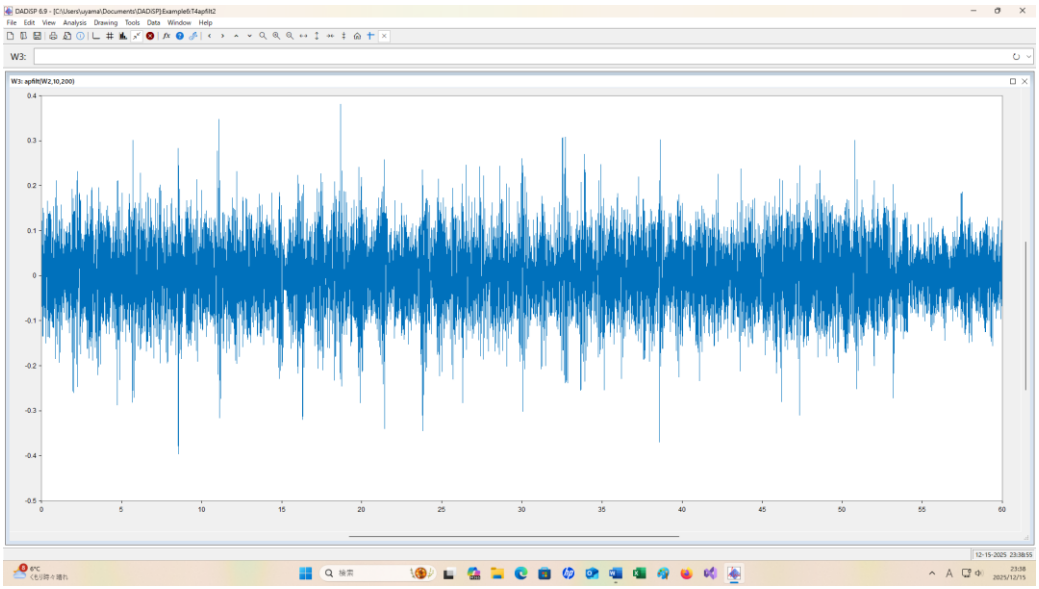
0.665～1.2Hz の成分



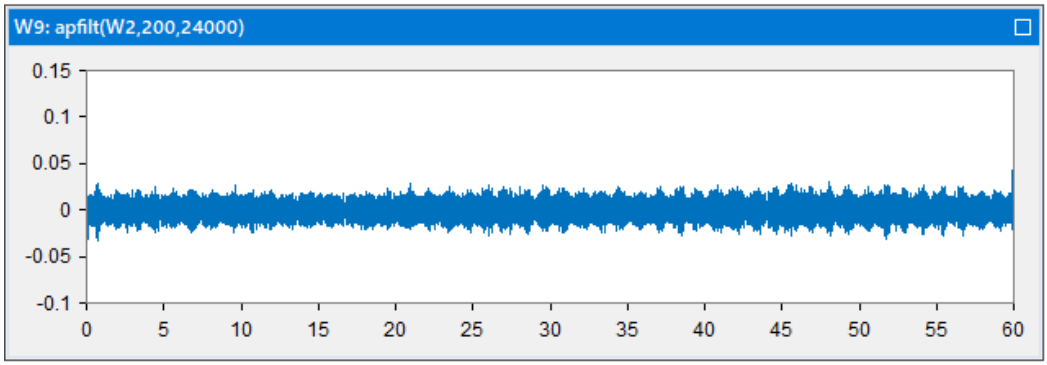
0～0.665Hz の成分と 0.665～1.2Hz の成分を重ねたもの

基本周波数の近くの成分の振幅の変動で、風車音全体の音圧の変動の様子は決まる。
この振幅の変動は、振幅変調とは言えない。

10Hz～200Hz の成分のグラフは次のものです。振幅変調とは言い難い。



200～24000Hz の成分(空力音)は

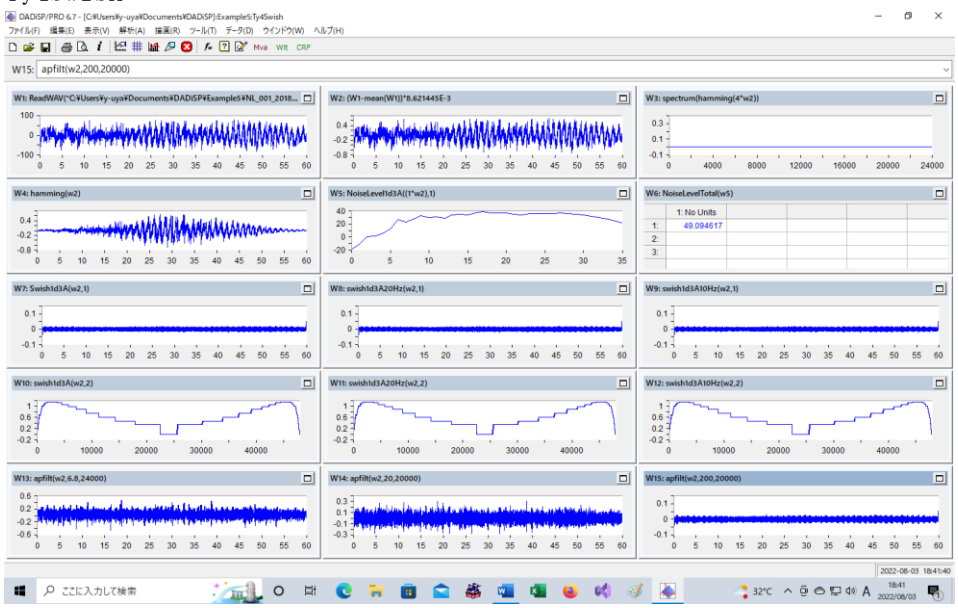


となり振幅変調の概念に一致した現象が現れています。

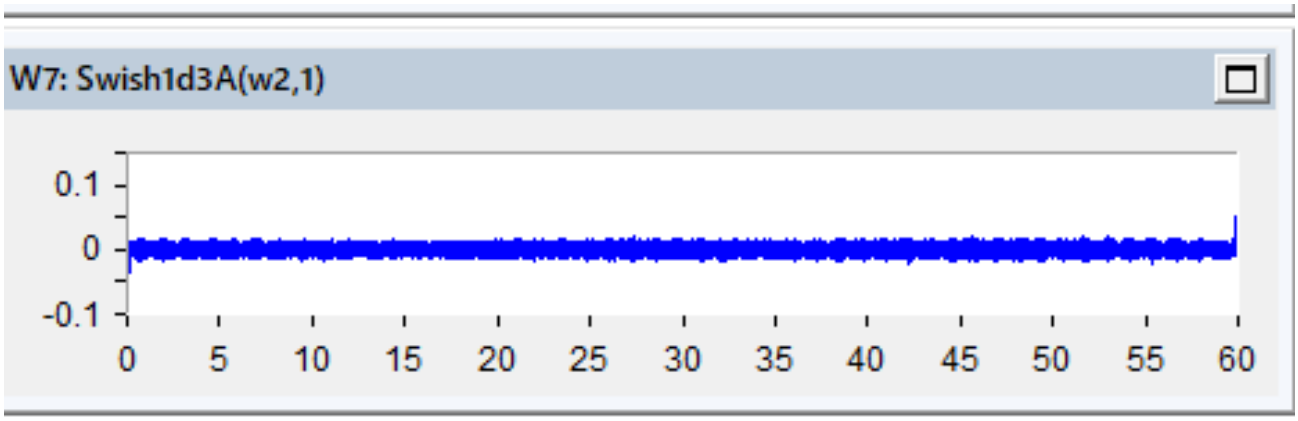
A 特性の重みを使った振幅変調の表現

振幅変調と言える現象については、A 特性での重み付けを使っても把握できます。

Ty4Swish



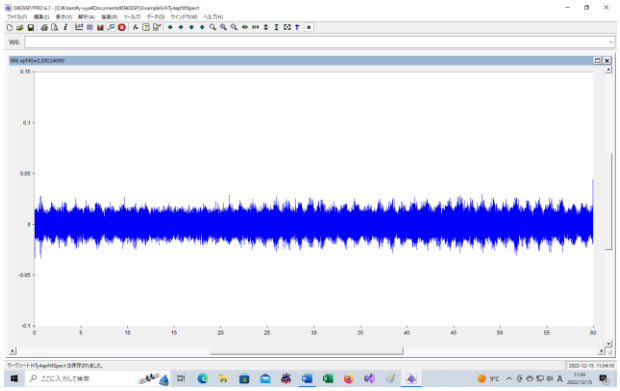
さらに、A 特性を考慮して、可聴域の部分を取り出せば、



上の図が得られます。この意味では、可聴域の音は振幅変調音として人間の聴覚を刺激すると言えます。

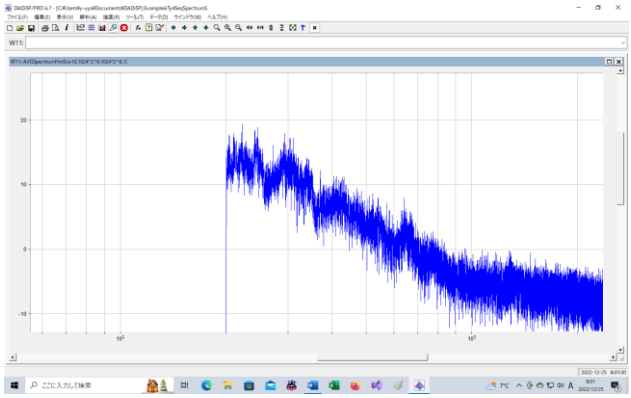
各成分の音圧レベル

200～24000H z の成分だけならば、次の図になります。



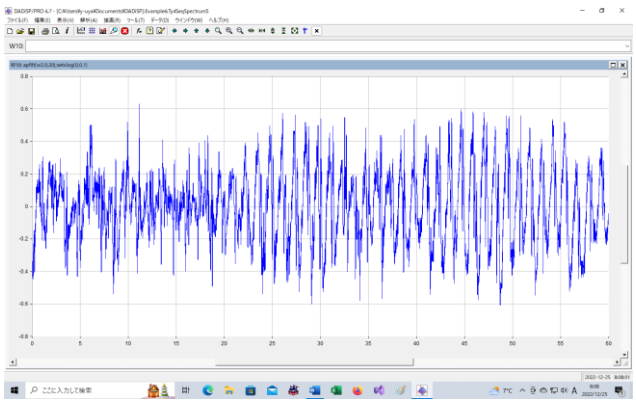
ここでも、振幅変調と言える現象がみられる。

この高周波成分の音圧レベルは、次のグラフのように、15 d B から 18 d B 程度です。

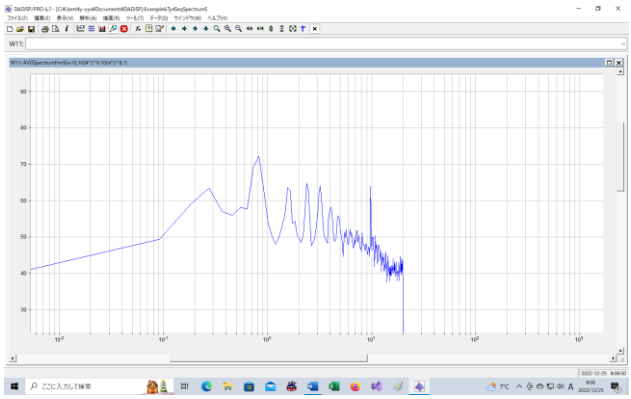


防音窓での減衰を 24 d B とすれば、－11 d B～―6 d B 程度です。室内での音圧が低すぎるので、防音窓がある室内では、この部分の変動を感知するのは困難です。

これに対して、0Hz～20Hz の周波数成分は、次のようであり、



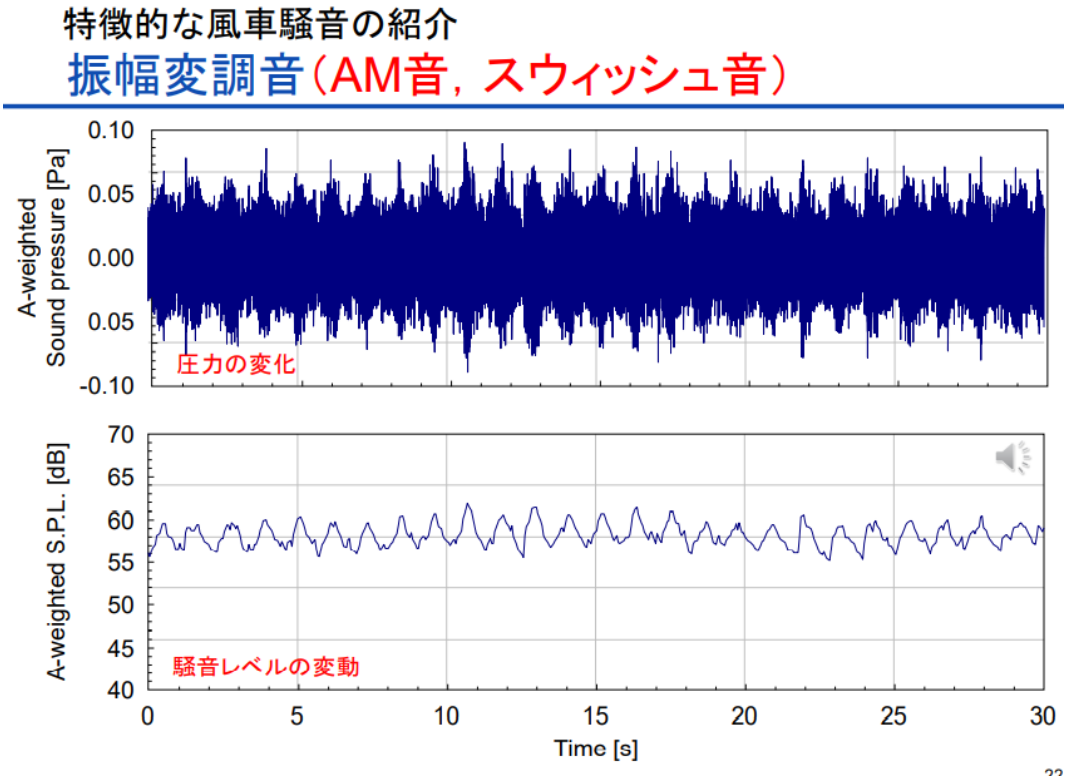
音圧レベルは、50 d B～70 d B 程度です。



この部分に関しては、防音窓での減衰は最大でも７ｄＢ程度しか期待できません。
室内では、43ｄＢ～63ｄＢ程度になるので、その影響は大きいと考えます。

人間は、聴覚以外の感覚器官も持っていることや、ガタツキ閾値に関連した振動による睡眠妨害を考える必要があるので、室内での被害を考えるときは、高周波域での振幅変調よりも、この部分を重視すべきです。

振幅変調音（スウィッシュ音）の原因



このグラフには、計測方法の問題があります。

2-11 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では、地上に於いて計測しています。



写真3 広帯域音圧レベル計を使用した風車騒音の測定の例

計測例としては、

風力発電施設：**W02**　分析時間帯：2011年1月11日22:00～1月12日06:00（8時間）

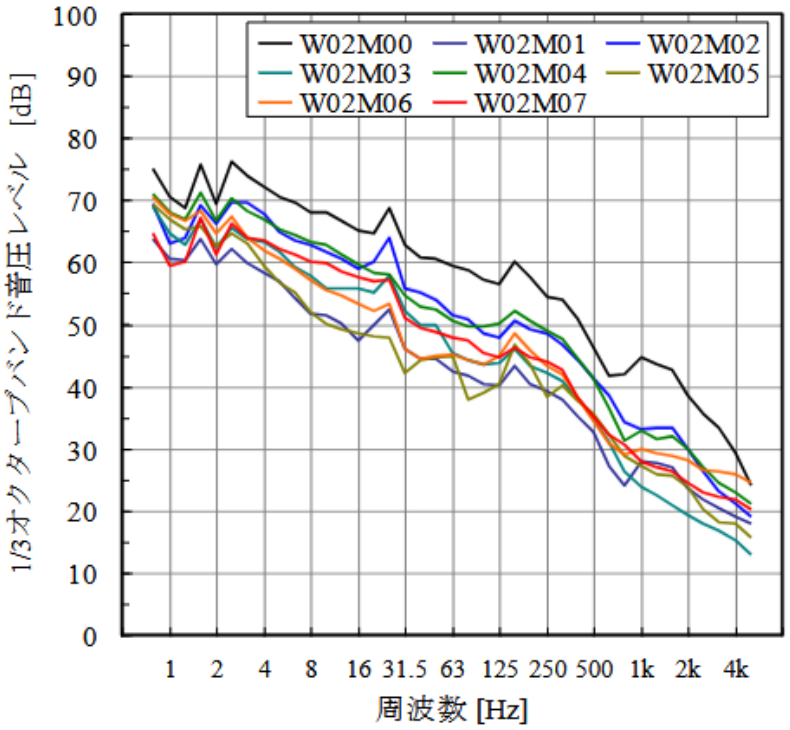


図2-1　各測定点における1/3オクターブバンド音圧レベル

表2　**W02**周辺における等価音圧レベル

測定点	距離 [m]	等価音圧レベル [dB]		
		L_{Aeq}	L_{Ceq}	L_{Geq}
M00	136	56	71	80
M01	416	40	54	64
M02	240	48	64	75
M03	409	42	59	69
M04	328	49	63	72
M05	464	42	54	61
M06	397	44	57	66
M07	561	43	60	70

備考：
距離は最近接風車までの距離。
M00は参考としての基準点。

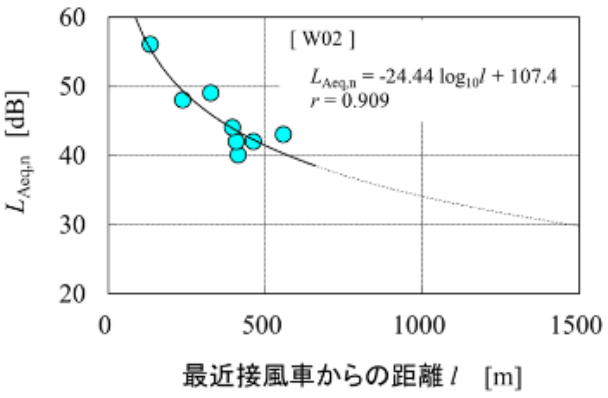
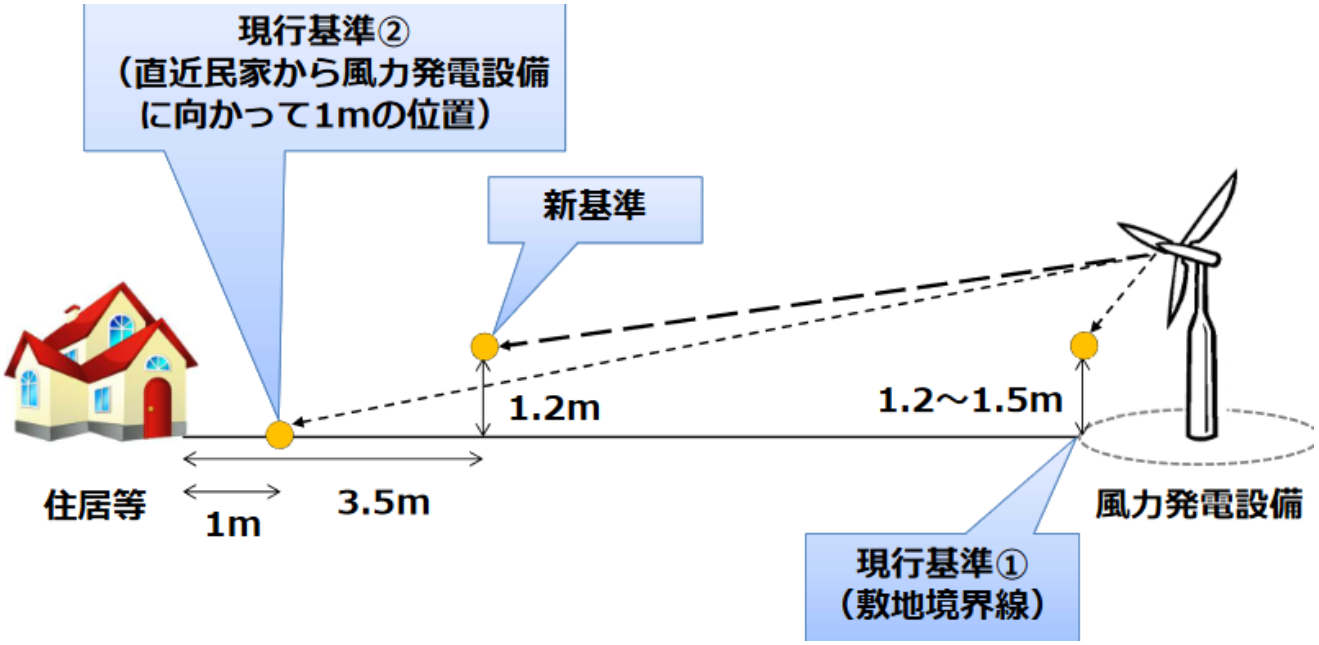


図2-2　等価騒音レベルL_{Aeq}の距離分布

備考：
M00～M07の測定値から作成。

風車からの距離は、136～561mになっています。

最近は、家から少し離して、地上 1.2mの場所に精密騒音計を置いて測る場合が多い。



Swish 音の原因としては精密騒音計の置き場所が問題になります。

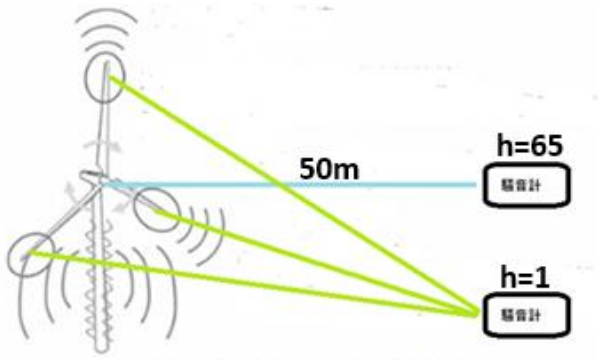
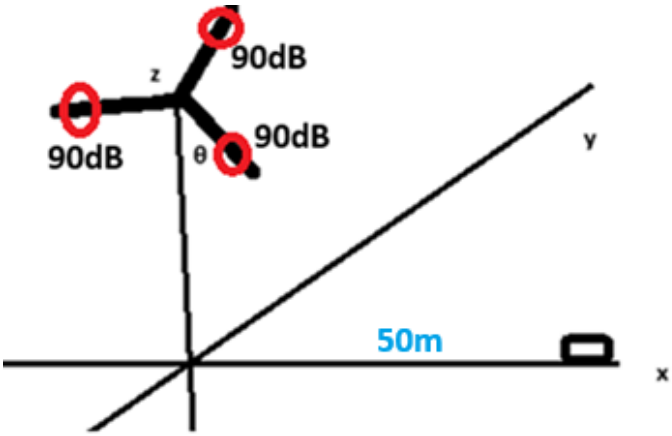


図 1　風車騒音の特徴模式図



「房総かぜの丘」の風車は、タワー高さ　６５m、ブレード直径　７０．５m
これを参考にして、音源は、ブレード上で回転軸から 30m離れた場所にあるとする。
どのブレードからも、500Hz で音響パワーレベル LW=90dB の音が出るとする。
騒音計は、風車から水平距離で 50mの場所に置くとする。

音圧レベル LP と音響パワーレベル LW の関係は、点音源で同心球状に波面が広がるとして、

$$
\begin{aligned}
L_p &= L_W + 10\log_{10}\frac{1}{4\pi r^2} \\
&= L_W - 10\log_{10} 4\pi r^2 \\
&= L_W - 10\log_{10} r^2 - 10\log_{10} 4\pi \\
&\approx L_W - 20\log_{10} r - 11 \qquad \text{(式 1)}
\end{aligned}
$$

となるので、

$$L_{pi} = L_{Wi} - 20logr - 11$$

として計算する。

いくつかの音源が有るとき、それらの音圧レベルの音を合成した音の音圧レベルは次の式で計算できる。

$$\Sigma L = 10 \cdot \log_{10}(10^{L1/10} + 10^{L2/10} + \cdots\cdots + 10^{Ln/10})$$

ここで、

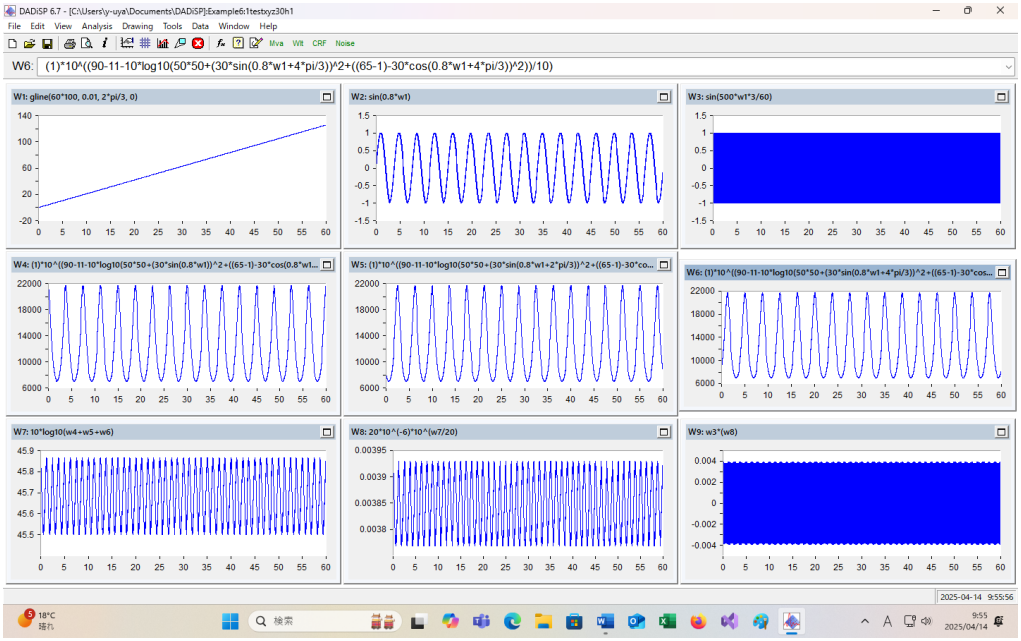
ΣL　：合成された低周波音圧レベル(dB)

Ln　：発生源 n に対する低周波音圧レベル(dB)

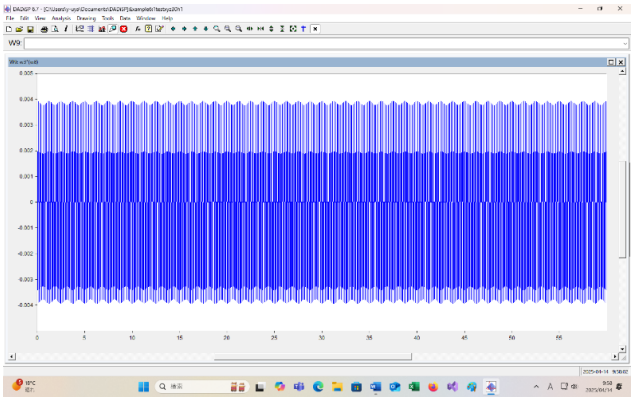
合成された結果、200Hz の音が計測されて、その音圧を p としたとき、

$$\sum L_i = 20 * \log\left(\frac{p}{20 * 10^{-6}}\right)$$

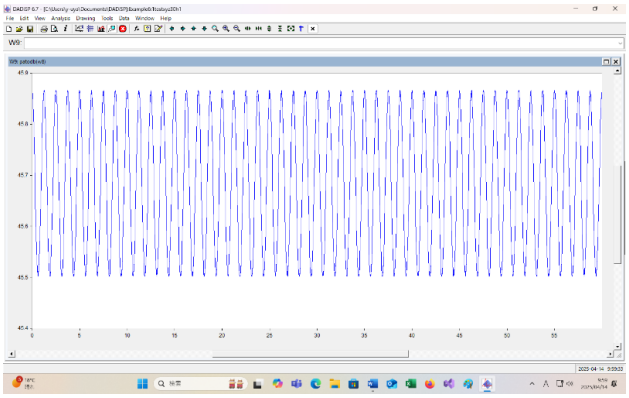
風車と騒音計の水平距離が 50m で、騒音計の場所が高さ 1 m で、ブレードの回転面が y z 平面にあるときは、次の様になり、



振幅変調（パスカル値）



音圧レベルの変動（デシベル値）



音圧レベルは、45.5～45.9 d B での変動になります。

計算式は、

W!：gline(60*100, 0.01, 2*pi/3, 0)

W2：sin(0.8*w1)

W3：sin(500*w1*3/60)

W4：(1)*10^((90-11-10*log10(50*50+(30*sin(0.8*w1))^2+((65-1)-30*cos(0.8*w1))^2))/10)

W5：(1)*10^((90-11-10*log10(50*50+(30*sin(0.8*w1+2*pi/3))^2+((65-1)-30*cos(0.8*w1+2*pi/3))^2))/10)

W6：(1)*10^((90-11-10*log10(50*50+(30*sin(0.8*w1+4*pi/3))^2+((65-1)-30*cos(0.8*w1+4*pi/3))^2))/10)

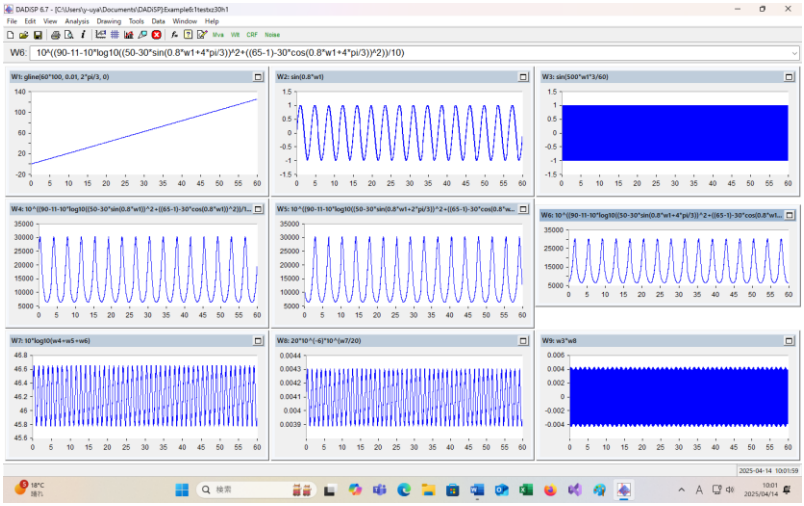
W7：10*log10(w4+w5+w6)

W8：20*10^(-6)*10^(w7/20)

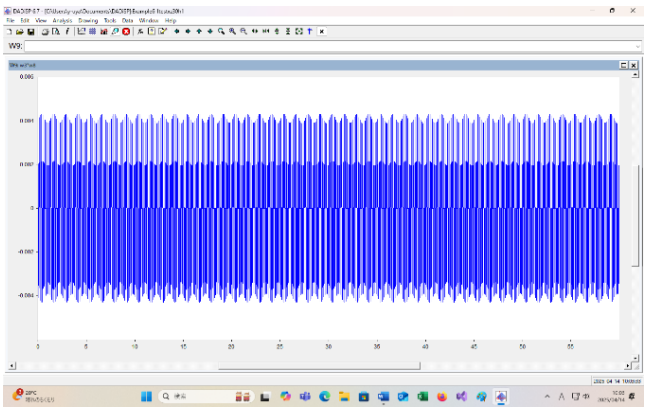
W9：w3*(w8)

となっています。

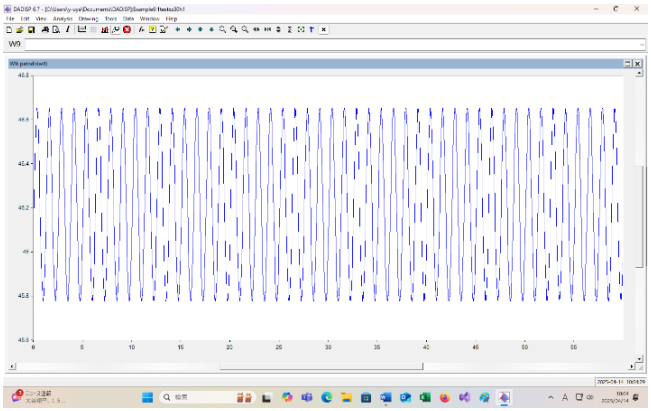
風車と騒音計の水平距離が 50ｍで、騒音計の場所が高さ１ｍで、ブレードの回転面がｘ ｚ平面にあるときは、次の様になり、



振幅変調（パスカル値）

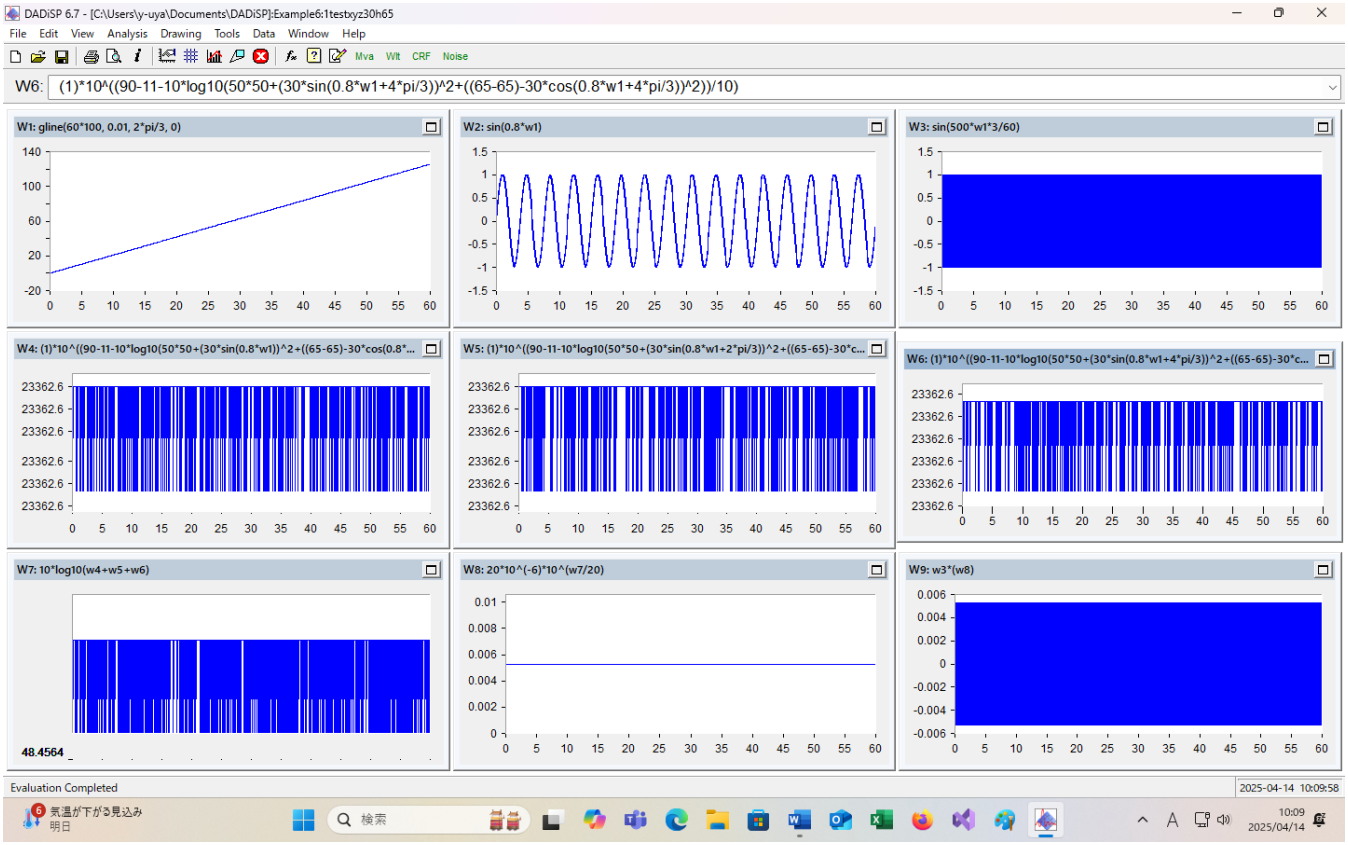


音圧レベルの変動（デシベル値）

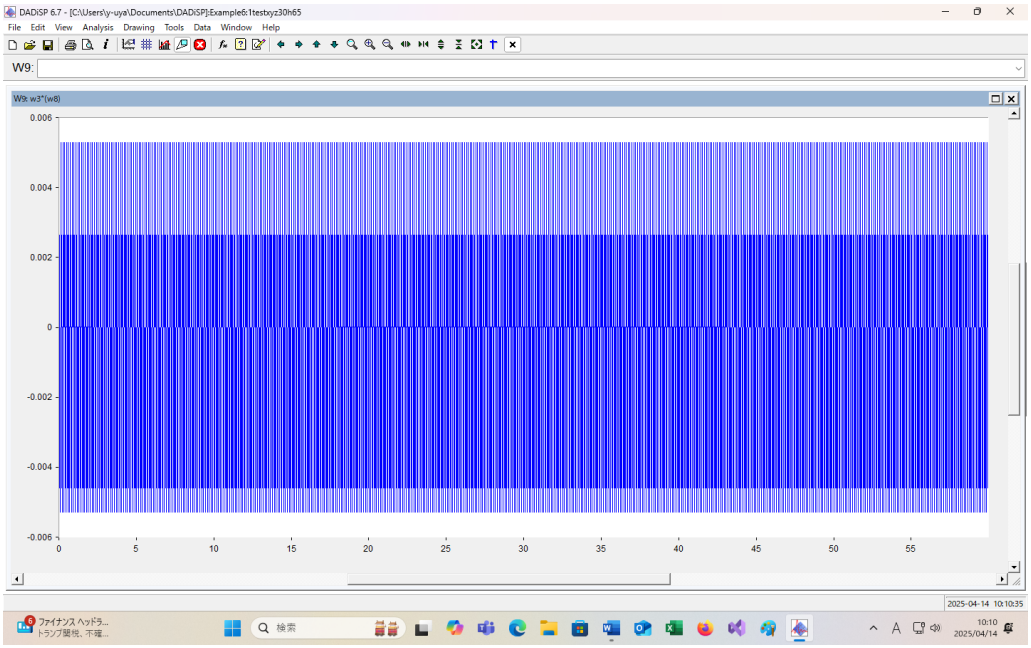


音圧レベルは、45.8～46.7ｄＢの変動になります。

風車と騒音計の水平距離が 50mで、騒音計の場所が高さ 65mで、ブレードの回転面がｙ ｚ平面にあるときは、次の様になり、

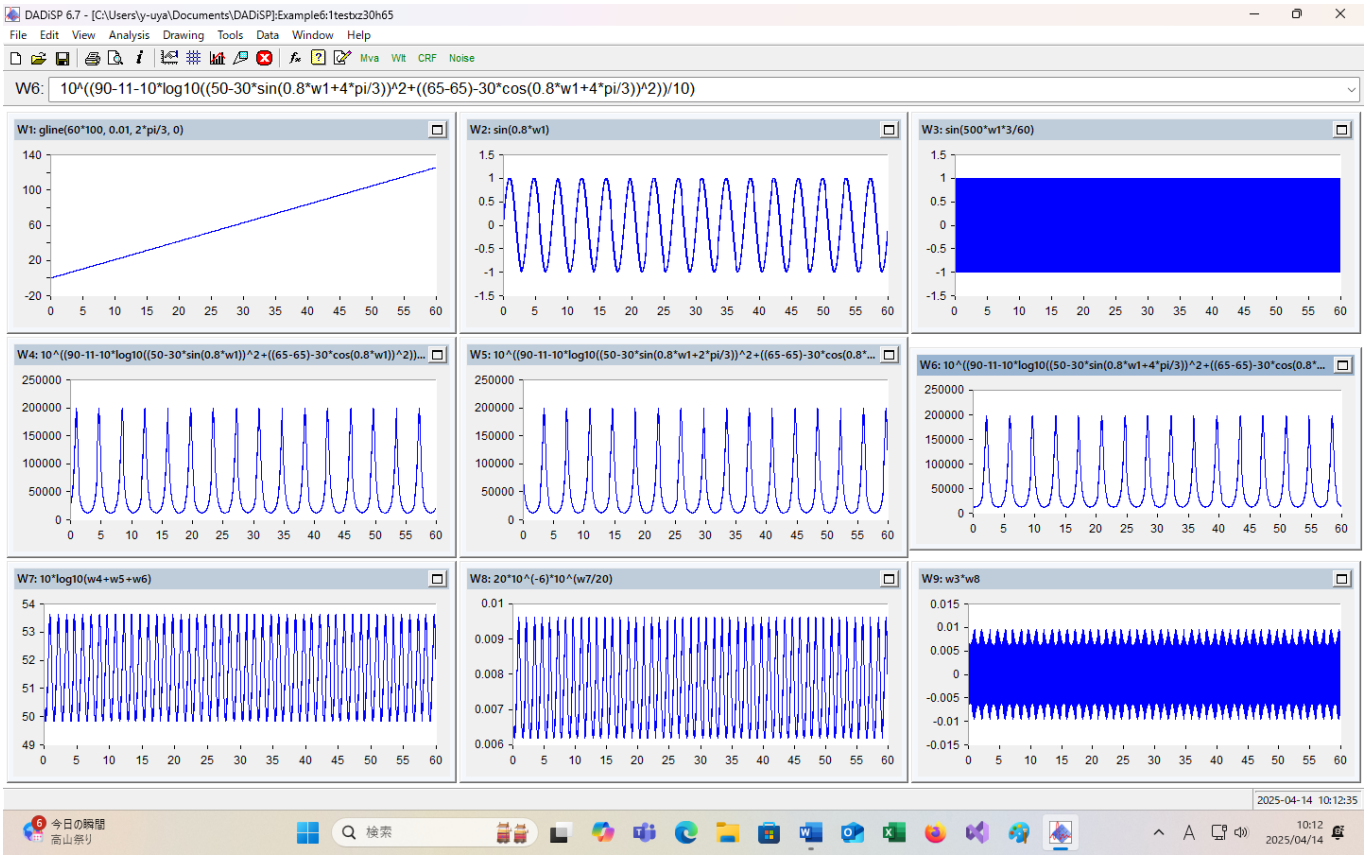


振幅変調（パスカル値）

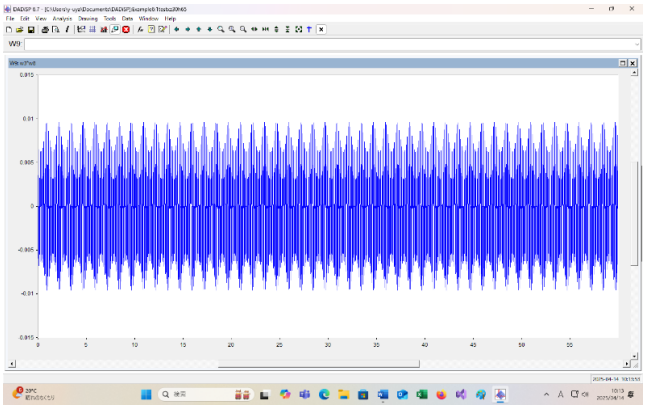


振幅の変動は起きません。

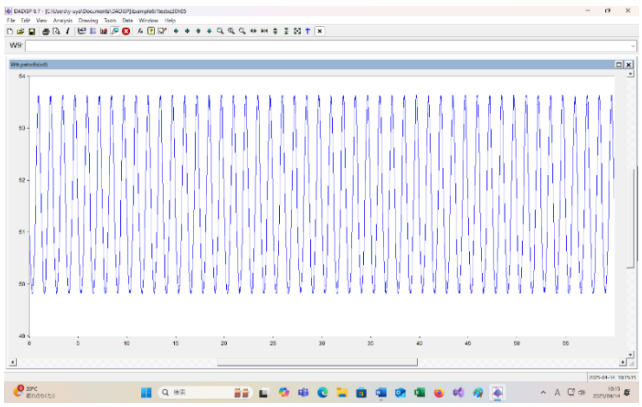
風車と騒音計の水平距離が 50ｍで、騒音計の場所が高さ 65ｍで、ブレードの回転面がｘ ｚ平面にあるときは、次の様になり、



振幅変調（パスカル値）

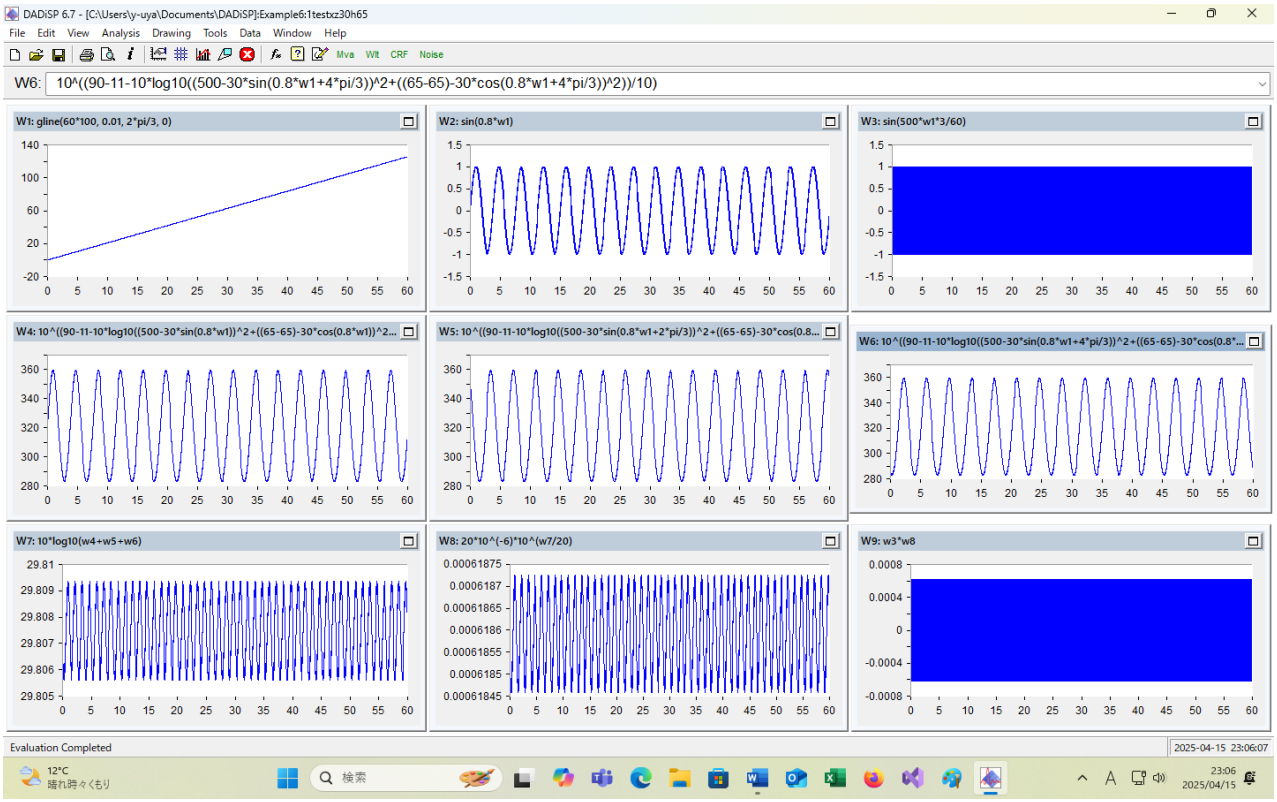


音圧レベルの変動（デシベル値）

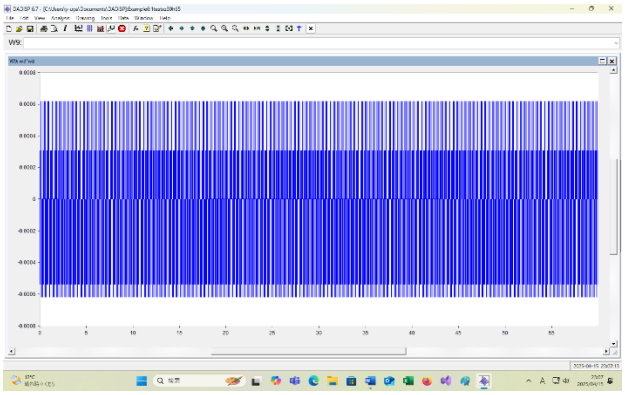


音圧レベルは、50～54ｄＢの変動となります。

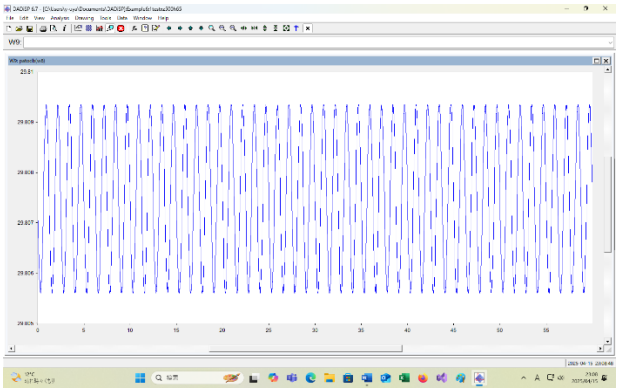
風車と騒音計の水平距離が 500m で、騒音計の場所が高さ 65m で、ブレードの回転面が x z 平面にあるときは、次の様になり、



振幅変調（パスカル値）



音圧レベルの変動（デシベル値）

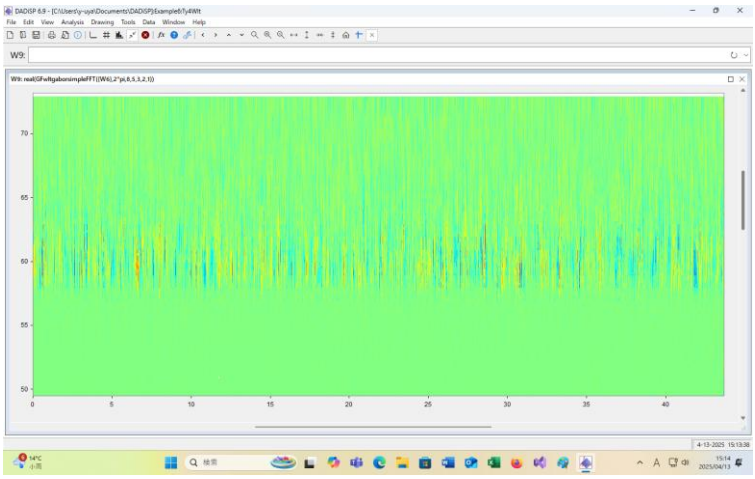


音圧レベルは、29.805～25.809ｄＢの変動となります。

Swish 音について考える時に、騒音計に音源が近づいたから振幅の大きな音が記録されたのか、ブレードが塔の前を通過することが原因で音が特別に大きくなるのかを判定することが必要です。

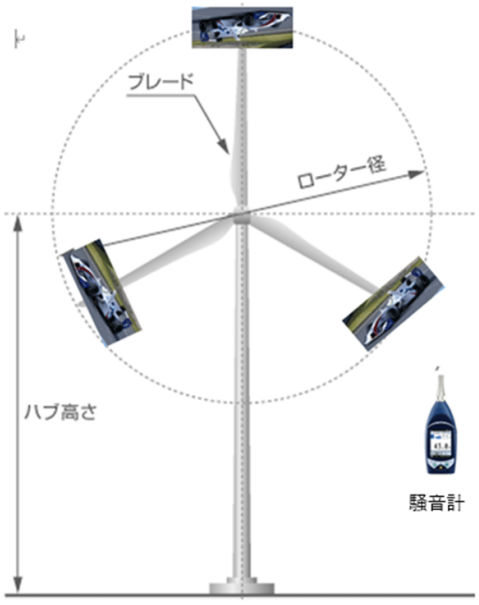
騒音計を回転軸の高さまで上げて、回転軸の延長上に置いて計測した結果に、振幅変調が現れれば、ブレードが塔の前を通過するのが原因と言えるが、振幅変調が見られなければ、単なる音源との距離の変化で、音が大きくなったり小さくなったりしているだけだと判断できます。

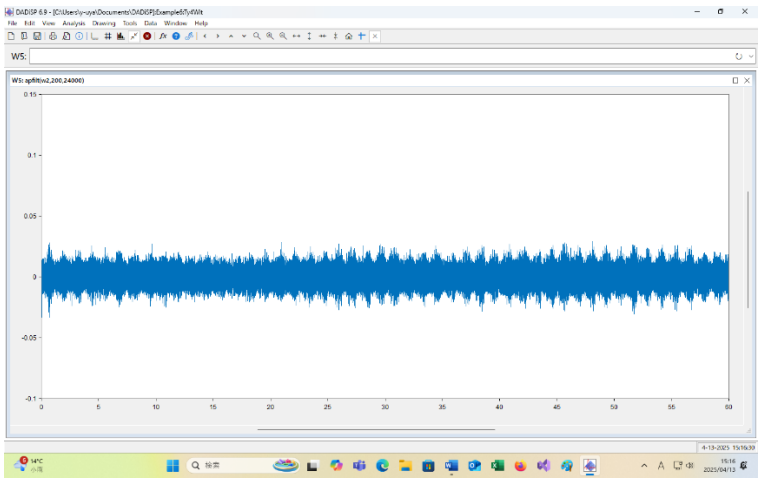
音源と騒音計の距離の変化による、ドップラー効果らしき、周波数の変化も見られますが、それほど明確ではありません。



振幅変調音は



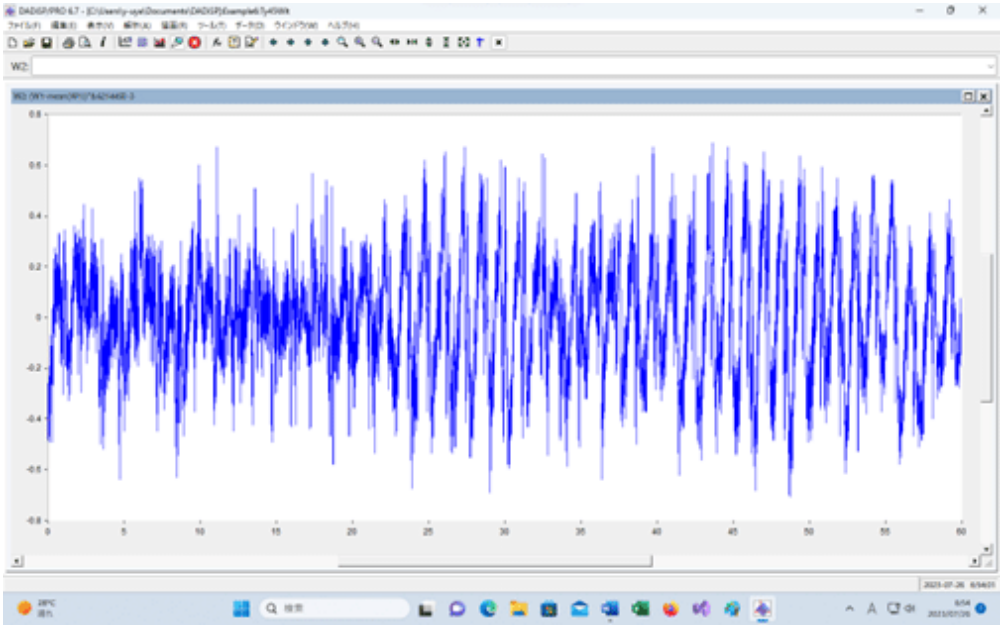




サーキット効果です。
サーキットで、車が近くに来れば音が大きくなるだけのことです。

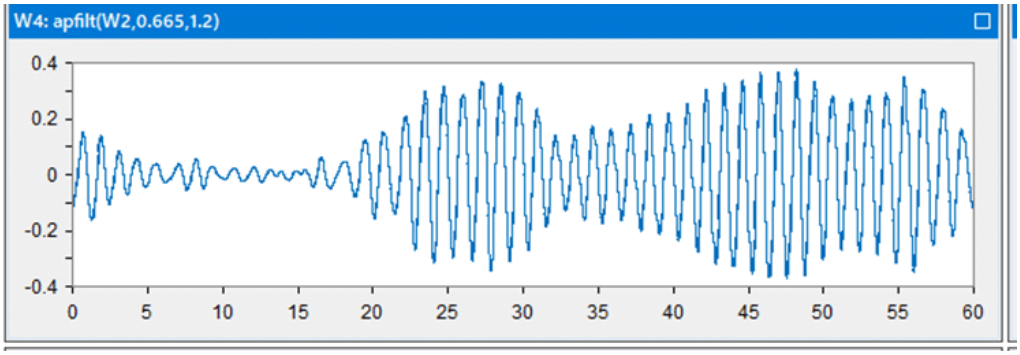
超低周波音成分の振幅変動と高周波成分の振幅変調の関係

風車音の全体

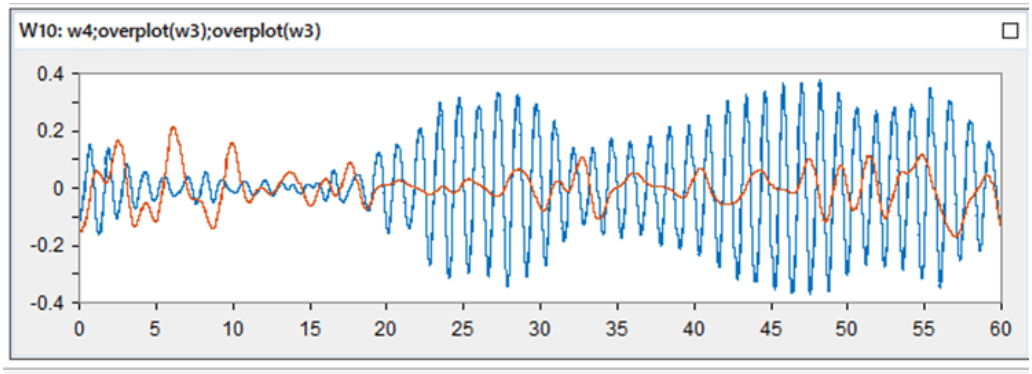


振幅変動

基本周波数ｆＨｚの成分と、ｆ/3Ｈｚの成分は、風速によってその振幅が大きく変化します。



0.665～1.2Hz の成分



0～0.665Hz の成分と 0.665～1.2Hz の成分を重ねたもの

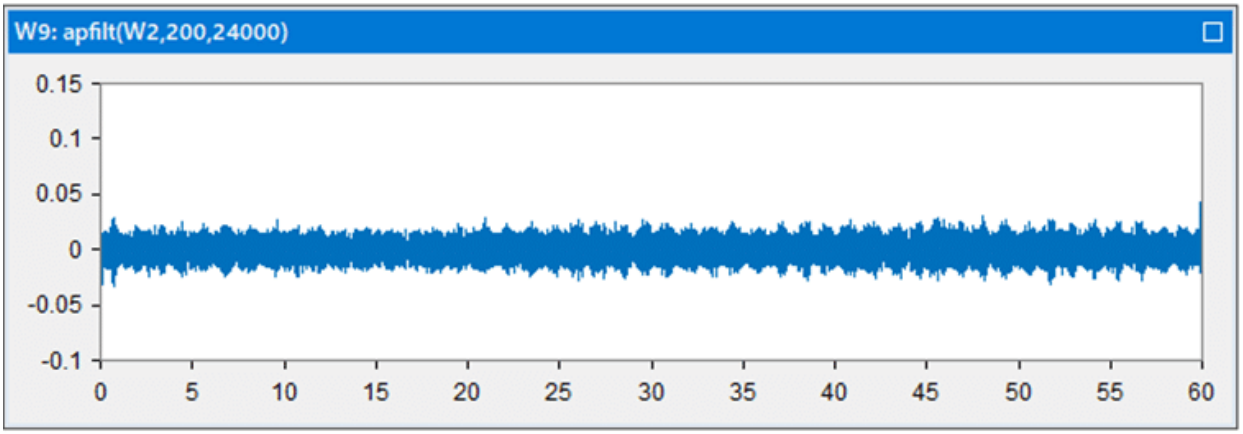
基本周波数の近くの成分の振幅の変動で、風車音全体の音圧の変動の様子は決まる。

振幅変調

周波数が 200Ｈｚ～24000Ｈｚの部分では振幅変調が観測されます。

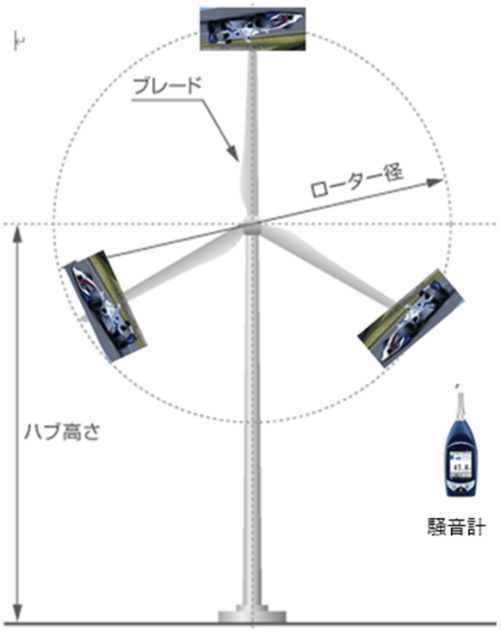
その原因は、サーキットで観客席の近くにレーシングカーが来れば大きな音が聞こえるのと同じです。

ブレードの先端に付けた音源（レーシングカー）が騒音計に近づくと音が大きく記録されるのです。



200～24000Hz の成分

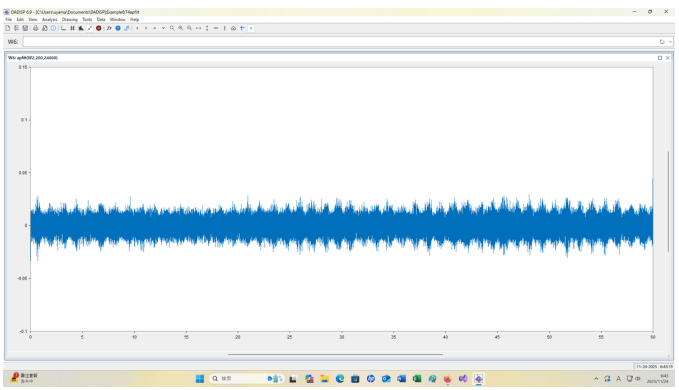




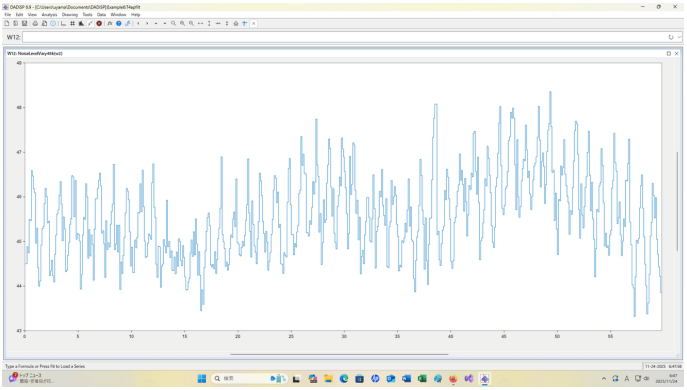
騒音計にブレードの先端が近づくのは、１回転で３回です。

なお、振幅変調での山の数は、A 特性音圧レベルが大きくなる回数と一致します。どちらも音源が近くに来たので音が大きくなったことを意味しています。（サーキット効果）

振幅変調

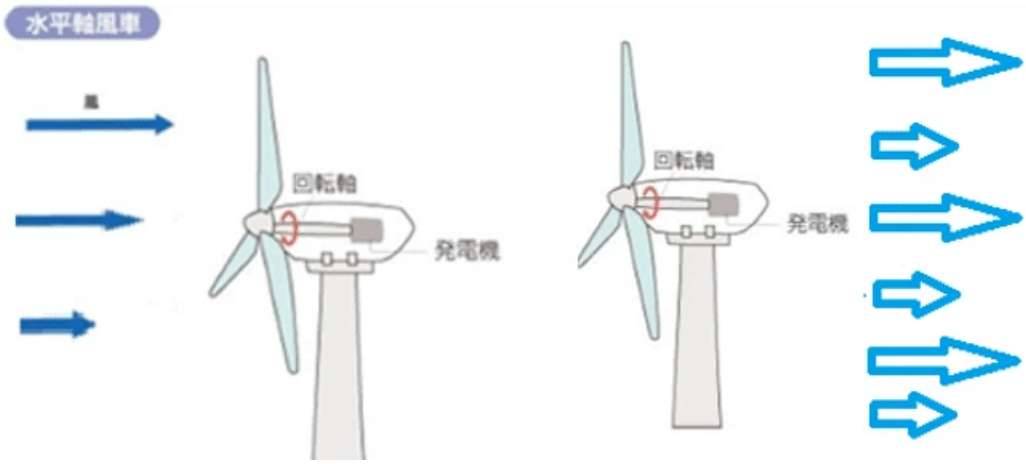


A 特性音圧レベルの変動



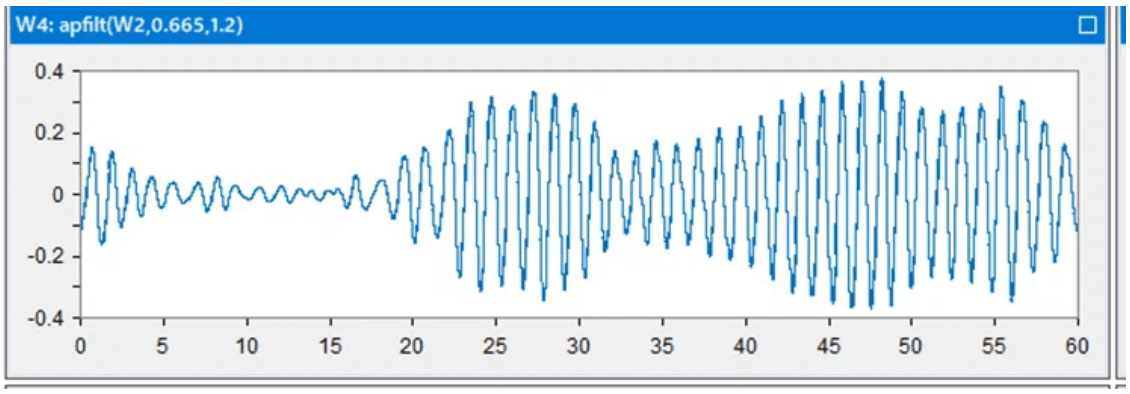
基本周波数成分は、塔にかかる回転モーメントによって変動します。
これは、風速とブレードの位置で大きさが変化します。

1 回転では、ブレードが 3 枚なので大きく曲がるのと小さく曲がる場合のセットが 3 組できます。

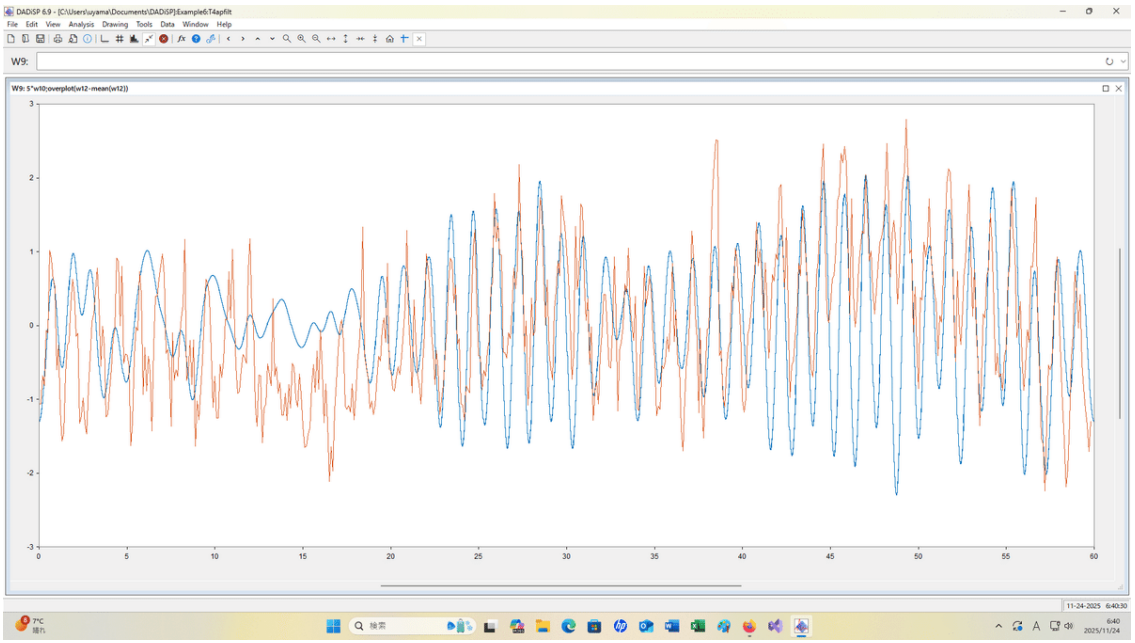


1 回転で山が 3 個できるので、個数は振幅変調のものと一致します。

基本周波数成分の振幅変動



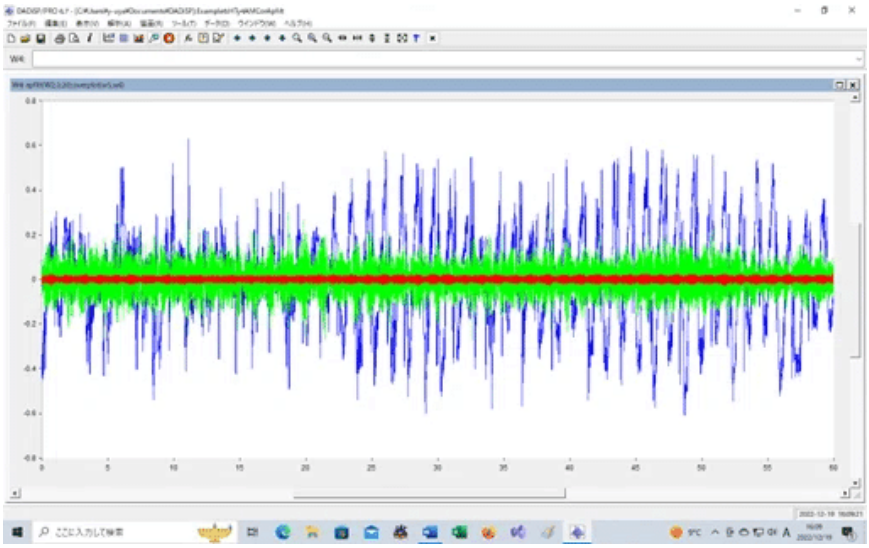
基本周波数成分とA特性音圧レベルのグラフを重ねたもの



グォーン、グォーンと耳で感じる回数と、ギュー、ギューと体が圧迫される回数は同じなのです。

ただし、風車音を分解して考えれば、振幅変調現象が見られる成分は、
音圧が低くて微弱な成分であることが分かります。

次のグラフの赤い部分が、振幅変調している成分です。
青い部分は超低周波音の成分です。



振幅変調している部分は周波数が高く、防音窓を使えば室内への影響はありません。
超低周波音の成分に対しては、防音窓は効果がありません。

環境省は、振幅変調音と言っています。

（４）風力発電設備から発生する騒音の特徴

○風力発電施設は、静穏な地域に設置されることが多いため、そこから発生する騒音等のレベルは比較的低くても、周辺地域に聞こえやすいことがある。

○また、風力発電施設からは、ブレード（翼）の回転によって振幅変調音（スウィッシュ音）が、また、一部の施設では内部の増速機や冷却装置等から純音性成分が発生することがあり、これらの音によりわずらわしさ（アノイアンス）を増加させ、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。

○一方で、風力発電施設から発生する20Hz以下の超低周波音については、人間の知覚閾値を下回ること、他の騒音源と比べても低周波数領域の卓越は見られず、健康影響との明らかな関連を示す知見は確認されなかった。

（出典）風力発電施設から発生する騒音に関する指針（平成29年５月26日環境省）

振幅変調の前に、誤魔化しを暴いておきます。

（４）風力発電設備から発生する超低周波音と騒音の特徴

○風力発電施設からは、超低周波音（0～20Hz）と騒音（20Hz 以上）が発生します。騒音（20Hz 以上）のレベル（A 特性音圧レベル）は、他の交通騒音や工場騒音と比べれば比較的低いのですが、超低周波音の部分は卓越したエネルギーを持っています。エネルギー比率は超低周波音が 93%、騒音が 7%です。

○風力発電施設からは、ブレード（翼）の回転によって振幅変調音（スウィッシュ音）が計測されることがあるが、これは、回転する３つの音源と騒音計の距離の変化によって大きな音が記録されたり、小さな音が記録されたりすると言うことです。一部の施設では内部の増速機や冷却装置から純音成分（特別な周波数を持った、音圧の高い音）が発生することがあり、これらの音によりアノイアンス（不快感）が増加させて、睡眠妨害が起きることが報告されています。

風車音の純音成分で最も音圧が高いのは、f=RZ/60Ｈｚ（大型風車では 0.5Ｈｚ程度）の成分です。これは水平軸型の風車からは必ず放出され、体内の圧力を変動させ、人体が強制的に圧縮膨張させられます。

物理的な圧縮膨張が起きるので圧迫感を感じます。循環器系の障害や頭痛が起こります。ラウドネス（うるささ）での睡眠妨害も継続するので、いろいろな健康被害も発生します。

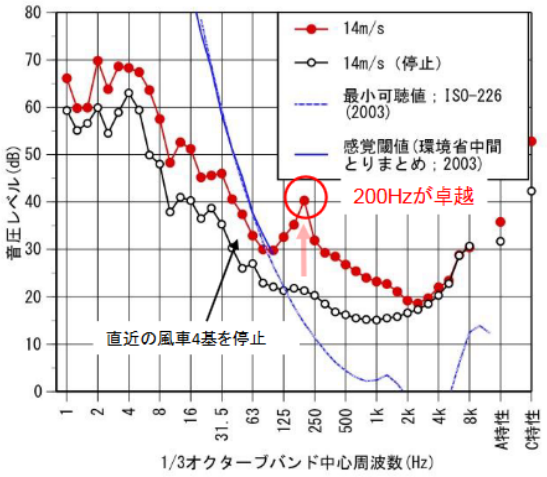
○20Ｈｚ以下の超低周波音については、人間の聴覚閾値を下回るのですが、２Ｈｚでは 65ｄＢ程度で建具や床のガタツキが起きて睡眠が妨害されます。体内の圧力はｆＨｚの超低周波音に従って変動し、人体の圧縮が体表面から内部に伝搬するので末梢血管の収縮により血圧が上がり、動脈壁の肥大化と心筋へのダメージが蓄積されます。体内の圧力変動は音響キャビテーションによる気泡発生を引き起こし頭痛が起きます。

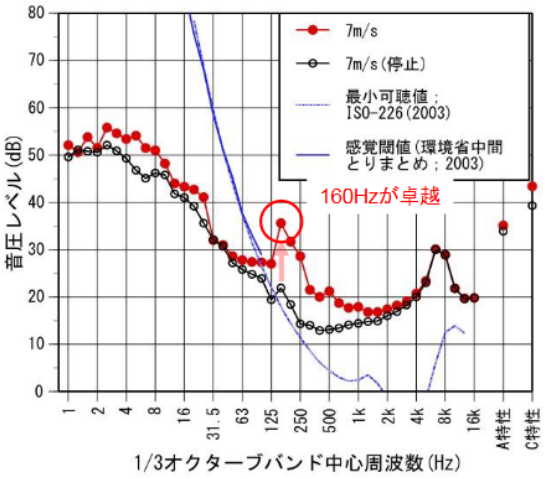
低周波音（20～100Ｈｚ）に関しては、他の騒音と比べても卓越は見られません。風車音での不眠、血圧上昇、イライラ、頭痛などは超低周波音との関係が深く、20Ｈｚ～100Ｈｚの音である低周波音との関連性は低いのです。最大音圧と被害の関連性を調べることが必要です。

純音成分

特徴的な風車騒音の紹介

純音性成分が含まれる風車騒音の例





左；風車より240m，木造家屋-屋内　　右；風車より350m，木造家屋-屋内

＊純音性成分は，増速機などの機械駆動部の振動に起因していることが考えられる

環境省H21年度調査結果より抽出；http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=12319参照

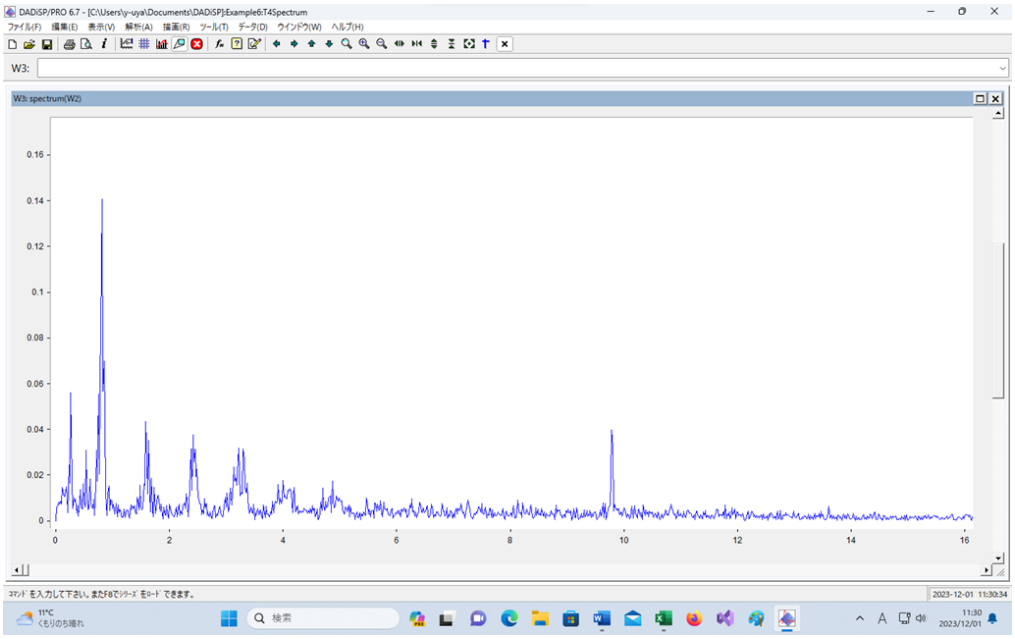
上のグラフは、1/3 オクターブ解析でのグラフである。
中心周波数が 200Hz の帯域は、かなり広く、その帯域でのエネルギー加算の結果が 200Hz で 40dB となっている。

1/3 オクターブ解析では、中心周波数 160Hz での帯域幅は 36.469Hz、中心周波数 200Hz では帯域幅な 45.948Hz と広いので、純音の正確な周波数が不明確です。本当に純音なのか否かは、1/3 オクターブ解析のグラフからでは分かりません。

横軸を線形目盛にして、160Hz、200Hz での音圧が何パスカルかを調べて数値を見ないと純音成分と言えるか否かの判断はできない。

それに対して、
超低風波音の領域での基本周波数ｆＨｚの近くでは、
f/3、2f/3、f、2f、3f、、Ｈｚでの音圧は高いが、その間の音圧は理論的には 0 パスカルである。
これらは、孤立した周波数成分であり、風速が安定している期間は周波数も安定している。

純音成分が含まれる音源のほうが、不快感を与えるとの実験結果があることは承知しています。
実際の風車音で計測された音圧（パスカル）には、周波数の倍音構造があります。



音圧(パスカル)がピーク値となるときの周波数に、次のような規則性がある。

周波数	周波数/0.8167	音圧[Pa]
0.2667	0.3266	0.0560
0.5333	0.6530	0.0309
0.8167	1.0000	0.1405
1.5833	1.9387	0.0436
2.4167	2.9591	0.0377
3.2167	3.9387	0.0317
4.0000	4.8978	0.0177
4.8667	5.9590	0.0173
5.4667	6.6936	0.0101
6.2667	7.6732	0.0098

上のグラフの一番音圧が高い周波数 0.816Hz が、RZ/60 に対応します。(R は 1 分間の回転数、Z は翼の枚数)。
他のピーク値の発生も必然的であり、明確な理由があります。

グラフから、超低周波音は、強烈な純音であることが明確です。
不思議なのは、35～40ｄＢの音圧レベルの純音は気にするのに、音圧が 50～70ｄＢの超低周波音を気にしないことです。
そもそも、1/3 オクターブ解析では、中心周波数 160Hz での帯域幅は 36.469Hz、中心周波数 200Hz では帯域幅な 45.948Hz と広いので、正確な周波数が不明確です。従って本当に純音なのか否かは、1/3 オクターブ解析のグラフからでは分かりません。

超低周波音のグラフは、周波数分解能が高いので、純音であることが明確です。更に、風車での超低周波音の発生する仕組みと、マクローリン展開の係数から考えても、純音であることは明確です。

しかも、周波数が 0.8Ｈｚですから、計測された音圧の変動に対応した、体内での圧力変動を強制的に起こす力があります。人体は強制的に圧縮膨張させられるのです。これは循環器系の障害を引き起こします。

70ｄＢ-40ｄＢ＝30ｄＢです。

音の大きさに〇〇ﾃﾞｼﾍﾞﾙの差があるとは？	大きさは何倍なのか
60デシベルの差とは→	百万倍の差
50デシベルの差とは→	10万倍の差
40デシベルの差とは→	1万倍の差
30デシベルの差とは→	1千倍の差
20デシベルの差とは→	100倍の差
10デシベルの差とは→	10倍の差

dBの差＝10 log(1/A)

エネルギーでは、1000 倍です。
微小な変動に注目するが、巨大な圧力を無視する姿勢は、科学的とは言えません。

周波数の高い音は、マンションのガラス戸を閉めれば聞こえなくなります。

周波数が低い音ほど、エネルギー透過率が高く、遮蔽が困難なのです。さらに、機密性の低い日本家屋では、超低周波音による気圧変動の影響を直接受けます。

家のグラフの左端には、1 Hz から 5 Hz の周波数成分が可聴音とは比べ物にならない強さで存在していることを示しています。1 Hz は日本家屋の固有振動数に近く、5 Hz は障子などの建具の固有振動数に近いのです。残念ながら、このグラフでは正確な周波数は分かりません。

風雑音か否かを判断するには、風車音の発生する仕組みを理解しなくてはなりません。それに踏まえての議論が必要です。

（参考） 風車騒音に関する諸外国の基準等

国/地方	騒音指標	地域の類型			
		田園地域	住宅地域	工業地域に近い住宅地域	その他の地域
Denmark	L_r(6 m/s) L_r(8 m/s)	42 dB(6 m/s) 44 dB(8 m/s)	37 dB(6 m/s) 39 dB(8 m/s)	―	―
Sweden	L_{Aeq}@8 m/s	35 dB	40 dB		
Belgium/ Wallonia	L_{Aeq}	45 dB			
France	L_{Aeq}	昼(07:00-22:00):残留騒音レベル+5 dB 夜(22:00-07:00):残留騒音レベル+3 dB (風車稼働時の騒音が35dBを超える場合)			
Germany	L_r	昼:60 dB 夜:45 dB	昼:50-55 dB 夜:35-40 dB	昼:60 dB 夜:45 dB	昼:45-70 dB 夜:35-70 dB
The Netherlands	L_{den} L_{night}	L_{den}: 47 dB L_{night}: 41 dB			
United Kingdom	$L_{A90,10min}$	昼:残留騒音レベル+5 dB(最低35 dBまたは40 dB) 夜:残留騒音レベル+5 dB(最低43 dB)			
New Zealand	$L_{A90,10min}$	35 dBまたは残留騒音+5dBの高い方の値	静穏を要する地域:40 dBまたは残留騒音+5 dBの高い方の値		
Australia/ Victoria	$L_{A90,10min}$	35 dBまたは残留騒音+5dBの高い方の値	静穏を要する地域:40 dBまたは残留騒音+5 dBの高い方の値		
Canada/ Manitoba	L_{Aeq}	40 dB(風速4 m/s)から53 dB(11 m/s)まで段階的に設定			
USA/ Maine	L_{Aeq}	静穏を要する地域:昼:55 dB, 夜:45 dB 風力発電施設の敷地境界線上:終日75 dB			

10

世界各国における風車騒音の基準・ガイドラインの比較（一部抜粋改変）

上の表から、A 特性音圧レベルを使っている国が多いことは理解できるが、示された数値の意味に関しては、かなり異なる。

風力発電施設から発生する騒音等への対応について　では、

２－３．風車騒音に関する諸外国の基準等

風力発電施設は、世界各国で広く導入が進んでおり、各国で騒音に関する基準等も定められている。世界各国における風車騒音の基準値やガイドライン値等について表 3 に示す。

基準値・ガイドライン値等は、騒音指標として種々あるが、同じ住宅地域に関しても 35～56dB と幅があり、昼夜の別、暗騒音との差、地域類型（田園、住宅、工業地域に近い住宅等）を考慮しているところが多い。振幅変調音や純音性成分に対してより厳しく扱っている国（州）や、暗騒音をベースとしてそれに５dB を加えた値を**限度値**として設定している国（州）もある。例えば、ニュージーランドでは、地域類型の別に定めたある一定の値（35 又は 40dB）と暗騒音のレベルに５dB 加えた値のうち、高い方の値を風車騒音の**限度値**とする方法が定められている。

自分に都合の良いところだけを持ち出してはいけません。企業が自社の利益の為に宣伝のパンフレットを作るのとは違うのです。国民の生活や人生を左右する決定をするのです。慎重に公平に資料を集めで公開する必要があるのです。

第 4 章 諸外国のガイドライン、基準等に関する情報の収集・整理

https://www.env.go.jp/air/report/h25-01/04_chpt4.pdf

によれば、

4.3.1 デンマーク

(1) 概要

デンマークでは、2006 年（平成 18 年）に風力発電施設から発生する騒音に関する規則が定められた 2)。

(2) 基準等

この基準では、風車からの音を対象とし、限度値を「農山村部」（rural areas）と「静穏を要する地域」（ noise sensitive areas）とに区分して示している。限度値は、風速に応じて規定する方法が採用されており、IEC 61400-11 の方法による 10 m 高さにおける風速 6 m/s と 8 m/s に対して定められている。農山村部では、等価騒音レベル LAeq で風速 6 m/s の場合 42 dB、風速 8 m/s の場合 44 dB、静穏を要する地域では、6 m/s の場合 37 dB、8 m/s の場合 39 dB となっている。静穏を要する地域は地域開発に関する文書で指定され、 これには住居や夏場の別荘、娯楽地域等を含んでいる。

なお、受音点において純音が確認された場合、5 dB のペナルティが課される。

表 4-3 デンマークの限度値

高さ 10m における風速（m/s）	6	8
農山村部に対する限度値（L_{Aeq}）（dB）	42.0	44.0
静穏を要する地域に対する限度値（L_{Aeq}）（dB）	37.0	39.0

(3) その他

その他、この基準において以下の記述がある。

・測定方法とともに、幾何拡散（距離減衰 ）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。

・風力発電設備の設置のための地域を指定した地域計画案の発行の日付よりも後に建設された住居等については、騒音アセスメントの対象とはしない。

また、2011 年（平成 23 年 ）11 月、デンマーク環境省は、産業界、自治体及び市民からの要請に応じて、 風力発電に伴う低周波音（周波数範囲 10～160 Hz）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での他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。デンマーク環境省 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なく、今日のデンマーク内にある風力発電施設 から放射される低周波音は、ごく近傍であっても可聴閾値より低く、非常にレベルの低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。」 としている。

最後の結論については疑問があるが、

この基準では、風車からの音を対象とし、**限度値**を「農山村部」（rural areas）と「静穏を要する地域」（ noise sensitive areas）とに区分して示している。限度値は、風速に応じて規定

となっている。**限度値なので、この数値を超えてはいけない。**と理解できる。

日本の指針値は、限度を示す数値ではない。指針値を超えても罰則はないのです。

さらに、

“７．その他

騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい”

と書かれたのでは、業者は何処まで下げたら、安全な風車となるのか判断できません。

住民も、業者も困るのが“指針値”なのです。これを提案した責任は、誰がどのようにして取るのでしょうか？無責任の象徴が、“指針値”なのです。

山形県が言うように、日本の風車音は規定に従って1ｋｍの範囲までしか到達しないかもしれないが、外国の風車音はもっと遠くまで届くようです。

洋上風力発電では、イギリスは2001年には離岸距離の規制は無かったが、2003年には８～13ｋｍと規定した。２００９年には22.2ｋｍ以上に変更した。

ドイツ、オランダも22.2ｋｍ以上の離岸距離をとるようにしている。中国では離岸距離が10ｋｍ以上となっているが実際は20ｋｍ以上離して建設している。

日本では、洋上風力と言っても海岸から1.5ｋｍ程度の場所に設置します。このような発電設備が並べば、人々は田舎から都会へ移動します。そして過疎化が進みます。生きて行ける場所が狭くなれば人口も減ります。食料の自給率も下がります。

この原因は、被害範囲を1ｋｍに限定するような発言があった検討会に参加していた委員の責任です。もちろん、報告書やそれに関連する規定を許した国民の責任です。

現在の方針は国家として自殺する道を選んだことになるのです。

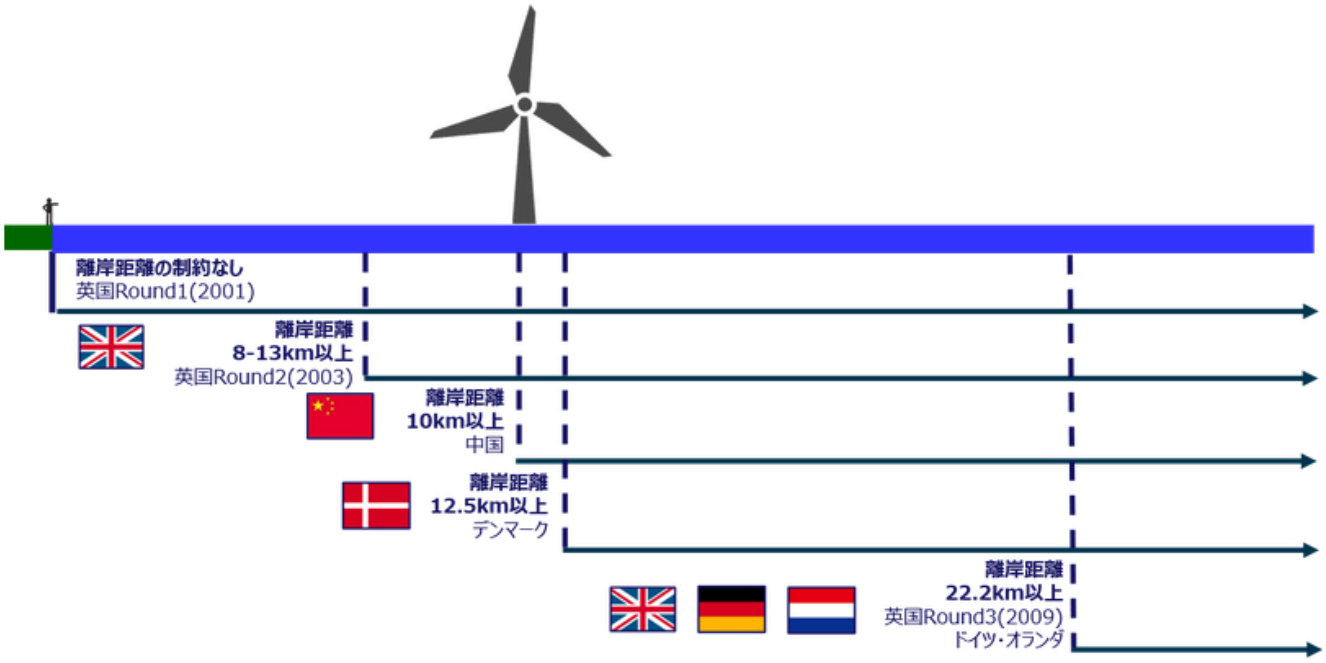


図　諸外国において洋上風力の立地を認める最低離岸距離

参考文献: BMT Cordah Limited, Everington, BSH, 国家能源局, Danish Energy Agency, Gorvernment of the Nethrlands

参照値についても批判はあるが、少なくとも被害を受ける人の割合を意識していた。10%程度の人が被害を受けると考えていた。

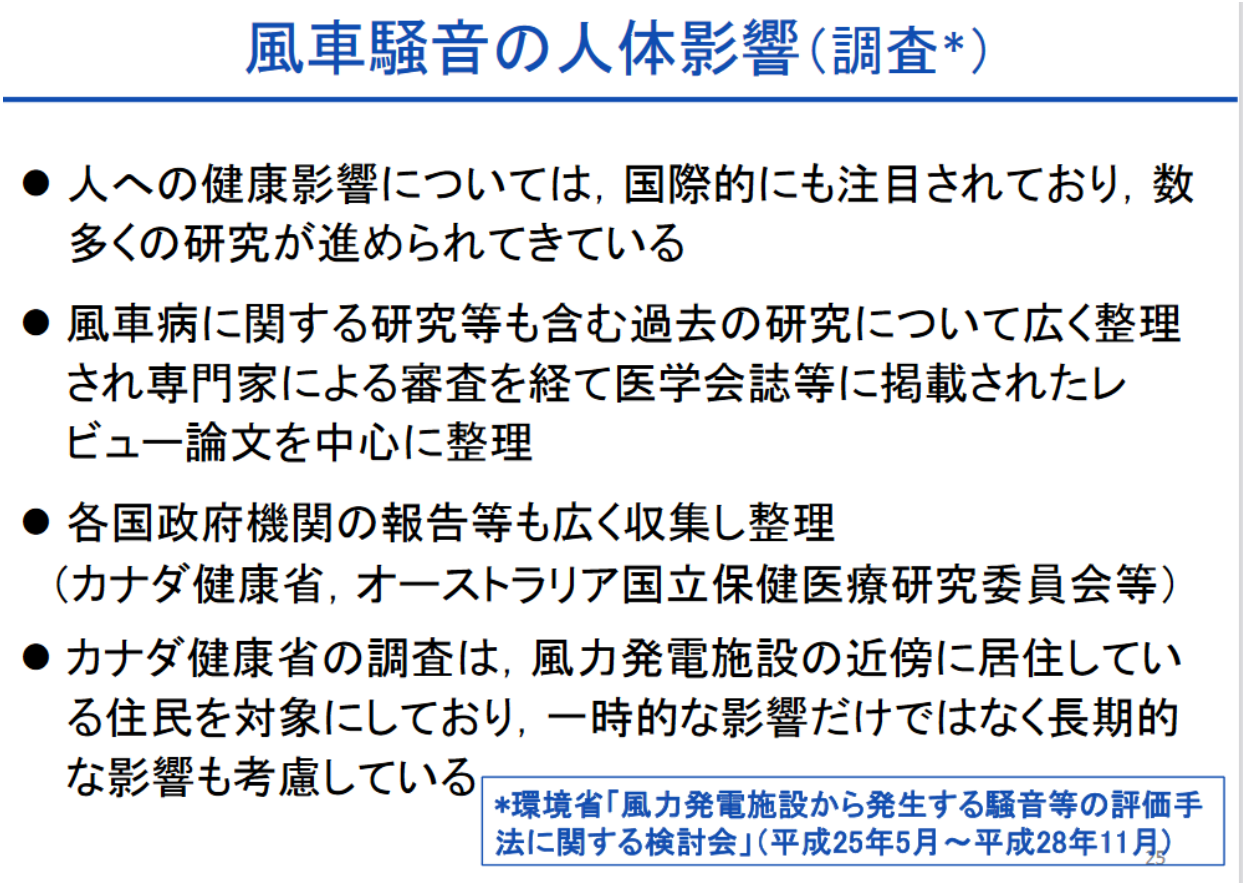
指針値では、被害を受ける人の割合に関する記述は見当たらない。環境省の昔の資料と比べると、7～25%だと推定できる。

大型風車が沢山並べば、20～30%程度の人が“非常に不快”と感じると予測される。多くの人が引っ越しを考える。そして地域社会は崩壊する。

限度値ですから、その数値を越えてはいけないとなっている国が多いが、日本では指針値であり、超えても罰則はない。多くの場合、指針値を超えたしまった時は、指針値を忘れて騒音に関する環境基準値を持ってくる。

環境基準値ですが、交通騒音では 42ｄB という数値は、アノイアンス（不快感）を訴える人が０%であるという目安になるが、風車音での４２ｄB は、20%の人が、“極めて不快”を感じるのです。

勝手に環境基準にすり替えられては困ります。A 特性音圧レベルの数値が同じでも、風車音と交通騒音では被害の状況は全く違うのです。交通騒音では被害が出ない数値でも、風車音では大きな被害が出るのです。



そもそも、表題が

“風車騒音の人体影響”であり、騒音の意味を確認すれば、風車音のうちの 20Hz 以上の成分の人体影響を調査していることを示している。

循環器系への物理的影響に関して考えてみても、0.5Hz～1Hz での超低周波音が決定的な要因である。風車音の超低周波音の部分を無視して考えるのが間違いの元です。

人の健康影響と風車騒音の関連は極めて薄いのです。そもそも、20Hz 以上の成分で比較する限り、他の環境騒音よりも、風車音の A 特性音圧レベルは小さいのです。

表 2　様々な騒音の種類と騒音レベル

騒音の種類	No.	内容	$L_{Aeq,10s}$ [dB]
(a) 一般環境騒音	1	静かな森林の中の環境音	31
	2	松林の中の風の音	61
	3	海岸部の環境音（1）	61
	4	海岸部の環境音（2）	54
	5	都市部の住宅地域の環境音	43
	6	郊外の住宅地域の環境音（1）	32
	7	郊外の住宅地の環境音（2）	38
	8	工業地帯の環境音	49
	9	夏のセミの鳴声	54
	10	秋の虫の鳴声	38
(b) 交通騒音	11	在来鉄道騒音	76
	12	道路交通騒音（距離：22 m）	76
	13	道路交通騒音（距離：85 m）	63
	14	道路交通騒音（距離：85 m，建物内部）	43
	15	航空機騒音	65
(c) 乗物の中の騒音	16	ジェット旅客機客席（1）	73
	17	ジェット旅客機客席（2）	81
	18	新幹線車内	68
	19	新幹線車内（トンネル通過時）	71
	20	在来鉄道車内	70
	21	在来鉄道車内（鉄橋通過時）	70
	22	乗用車室内（高速道路走行中）	72
(d) 種々の騒音	23	空調騒音（1）	40
	24	空調騒音（2）	61
	25	空調騒音（3）	66
	26	地下鉄からの固体伝搬音	45
	27	鉄道駅のコンコース	64
	28	建設工事騒音（コンクリート破砕機）	79
(e) 風車騒音	29	風車騒音（風車近傍）	56
	30	風車騒音（住宅地域：屋外）	43
	31	風車騒音（住宅地域：室内）	27
	32	風車騒音（虫の鳴声が混入）	41
	33	風車騒音（虫の鳴声をカット）	37

※表 2 中の No. は、図 8 中の騒音の種類を示す番号に対応する。

風車騒音と健康被害の関連があるならば、他の環境騒音と健康影響とのより強い関連が認められるべきですが、その様なことはありません。

アノイアンス（不快感）に関しては、次の資料があります。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

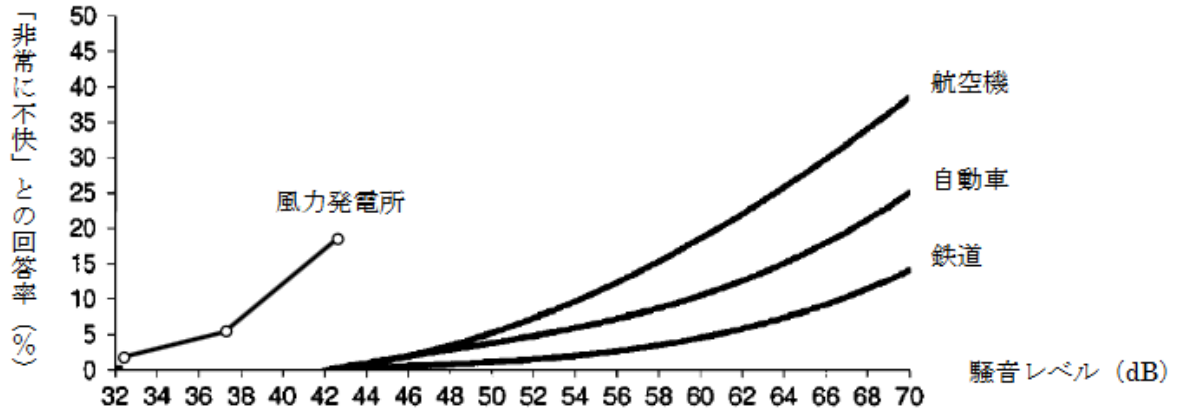


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

風車と健康被害の関連に関しては、すでに述べた。
貴社として反論があるならば、詳細な理由を示しながら、回答して下さい。
（答え）

さて、調査の結果として、どのような問題が解明され、その問題がどのような形で解決されたのであろうか？

調査で大切なのは、日本の状況をふまえた調査をすることである。

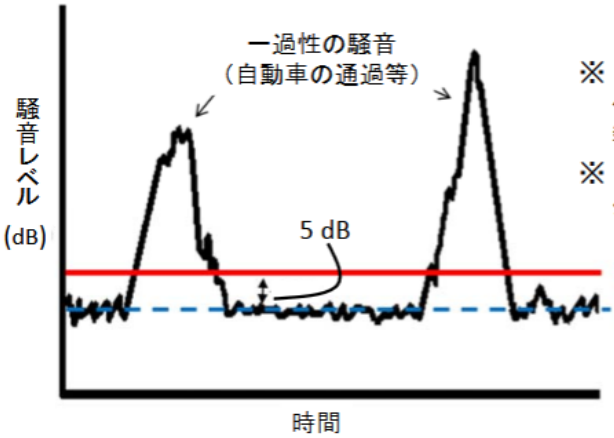
１、日本人が住んでいる住宅の構造
土台、平屋、２階建て、築年数、屋根、地盤、被害の発生場所は室外か室内か、
などにふまえて、どこで何をどのように計測すべきかをきちんと示さなければならない。

２、風車病というならば、その特徴を数量化して捉える方法があるのだから、
日本の住宅に住む人たちを対象にして、統計的な分析か可能となる健康調査を実施する必要がある。

３、外国とは住宅事情が異なるのだから、しっかりとした調査計画を発表して見せて欲しい。
計画が作れないなら、正直に言って、民間の方にお願いすればよい。

風力発電施設騒音の評価の考え方①

- 風力発電施設の設置又は発電設備の新設を伴う変更が行われる場合が対象
- 屋内の生活環境保全を考慮し、屋外で昼夜毎に評価
- 「残留騒音」（一過性の特定できる騒音を除いた騒音）からの増加量が5dBに収まるように設定する



※ 風車騒音の評価は、設置予定地近隣の住居等、風車騒音が人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域で行う

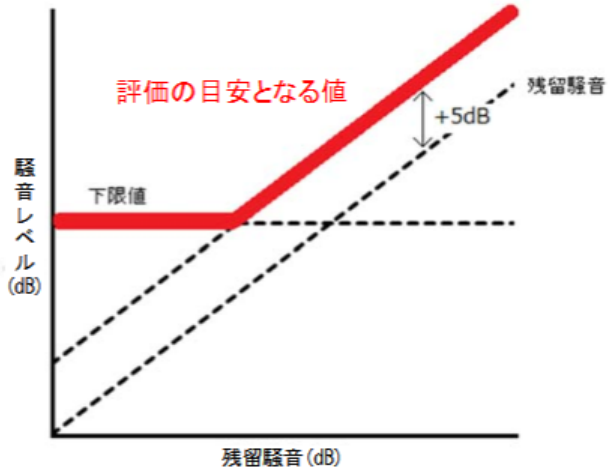
※ 残留騒音は、風が安定して吹くときに屋外で測定する

7

風力発電施設騒音の評価の考え方②

評価の目安となる値：残留騒音＋5dB

※ただし、残留騒音が著しく低く（30dBを下回る場合）特に静穏を要する地域や、地域において保存すべき音環境がある場合においては35dB、それ以外の地域においては40dBを下限値として設定する。



鹿島沖の洋上風力発電に関して、茨城県の情報公開で次の資料を得た。

風速帯(m/s)	予測地点	時間区分	残留騒音[a]	寄与騒音レベル[b]	将来騒音レベル[c:aとbの合成]	指針値[d]	評価[c vs d]	増加分[c-a]
7	KN-1	昼間	43	30	43	48	○	0
		夜間	45	30	45	50	○	0
	KN-2	昼間	41	31	41	46	○	0
		夜間	41	31	41	46	○	0
	KN-3	昼間	47	36	47	52	○	0
		夜間	46	36	46	51	○	0
14	KN-1	昼間	43	38	44	48	○	1
		夜間	45	38	46	50	○	1
	KN-2	昼間	41	39	43	46	○	2
		夜間	41	39	43	46	○	2
	KN-3	昼間	47	44	49	52	○	2
		夜間	46	44	48	51	○	2

風車騒音の人への影響

- これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている

従って、“風車騒音が35～40ｄBを超過する”ので、指針値を目安にする限り、“わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる”のです。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

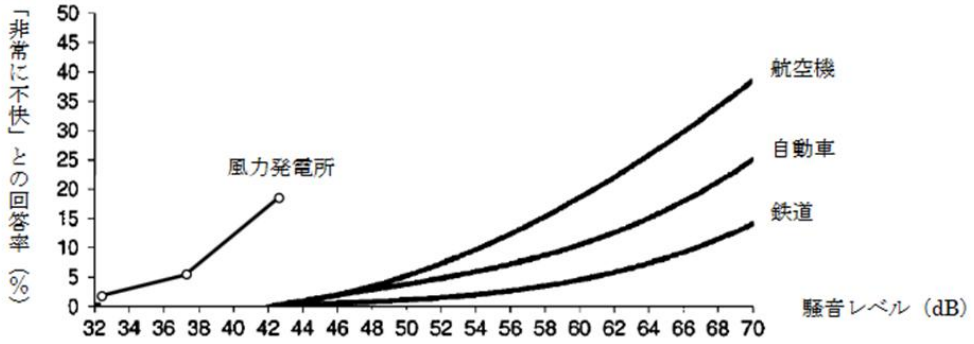


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

グラフを参考にして、

到達風車音	50.0	49.7	49.3	48.0	47.7	46.7	45.5	43.8	43.7	43.3	42.0	40.8	36.7	36.1
非常に不快（%）	40	39	37	35	32	30	25	22	22	20	16	14	5	5

と言う表を作りました。

風速帯(m/s)	予測地点	時間区分	残留騒音[a]	寄与騒音レベル[b]	非常に不快	将来騒音レベル[c:aとbの合成]	指針値[d]	評価[c vs d]	増加分[c-a]
7	KN-1	昼間	43	30		43	48	○	0
		夜間	45	30		45	50	○	0
	KN-2	昼間	41	31		41	46	○	0
		夜間	41	31		41	46	○	0
	KN-3	昼間	47	36	5%	47	52	○	0
		夜間	46	36	5%	46	51	○	0
14	KN-1	昼間	43	38	7%	44	48	○	1
		夜間	45	38	7%	46	50	○	1
	KN-2	昼間	41	39	12%	43	46	○	2
		夜間	41	39	12%	43	46	○	2
	KN-3	昼間	47	44	22%	49	52	○	2
		夜間	46	44	22%	48	51	○	2

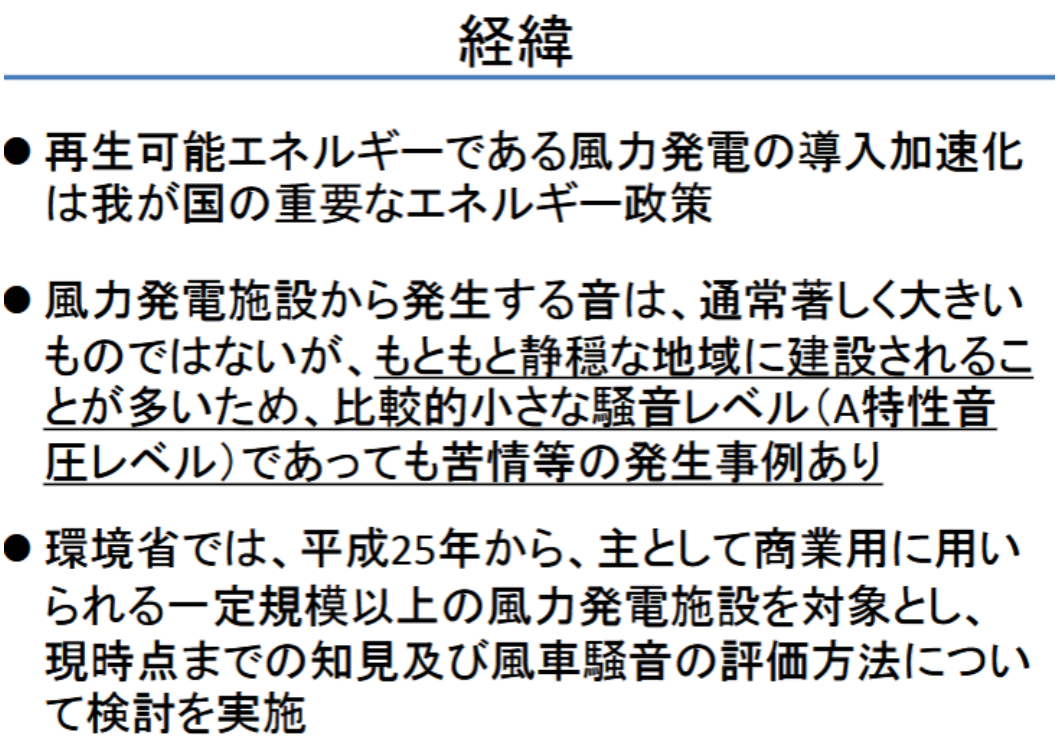
風速が７m/s から 14m/s に変化すると、寄与騒音レベルが８ｄB 上昇している。その原因は、音のエネルギーが増えたことにある。

この場合、風速が 7 から 14 になった時には、風速は 14/7＝2 倍です。2*2＝4、

揚力ベクトルの大きさは、風速の２乗に比例します。この場合は、揚力ベクトルの大きさは 4 倍になる。
振幅が 4 倍の波という事は、音圧が 4 倍の波という事です。

単純に考えれば、音圧レベルは 20*log4=12 だけ増加する。A特性音圧レベルも 12 増加する。
となるが、上の表では、８しか増えていない。

さらに、兵庫県の考え方を参考にして、よく考えることが必要です。



□ 環境省では、平成 25 年から、主として商業用に用いられる一定規模以上の風力発電施設を対象とし、現時点までの知見及び風車騒音の評価方法について検討を実施

ですが、

私には謎だらけです。

環境省の役人は、76＞78.1 だと言う。

聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値の異なる日本語の区別がつかない学者がいる。

基準曲線、参照曲線と訳すべき言葉を限界曲線と訳す。

風車音では、アノイアンス（不快感）への寄与率が 9～13%しかない、ラウドネス（うるささ）なのに、ラウドネス（うるささ）の評価にしか使えない A 特性音圧レベルで風車音の問題を評価しようとする。

そして、

計測方法を制限して、超低周波音の計測と解析を妨害する。（二重防風スクリーンと除外音処理）

さらに、これを“技術的な助言”だと主張する、環境省の厚かましさ。

小学３年生の知識もない人間が、“技術的な助言”が出来ると思っていることが信じられない。環境省に電話して、皆さんも確認してみて下さい。

調査して知見を調べるには、書かれている内容を理解できる学力が必要なのです。算数、数学、英語の基礎知識がない人だけを集めて調査委員会を作っても、調査は出来ないのです。

確かに、エネルギー政策は重要な課題です。

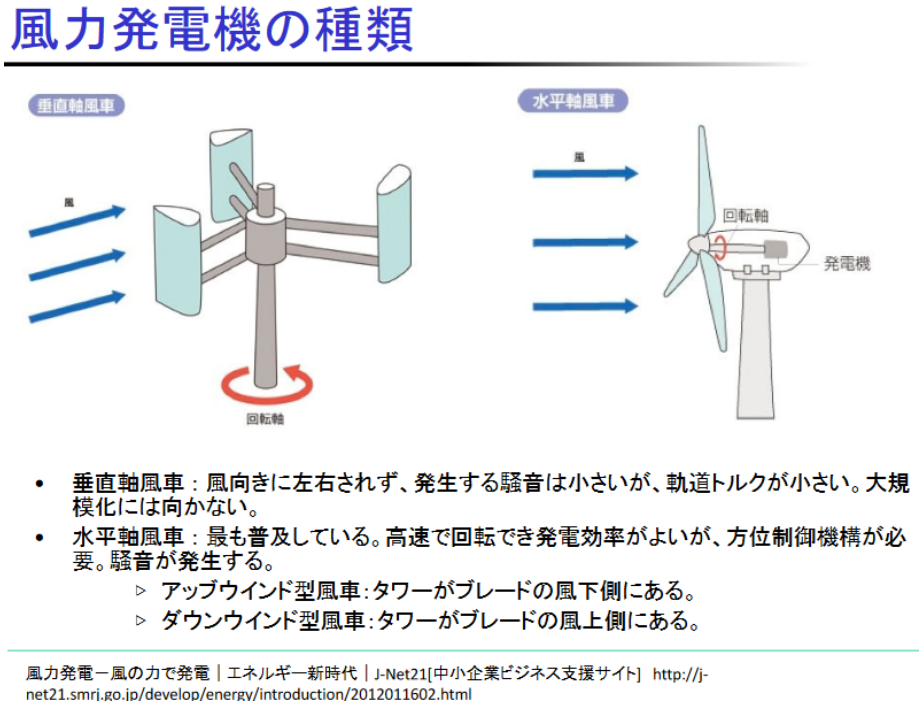
□ 再生可能エネルギーである風力発電の導入加速化は我が国の重要なエネルギー政策

だからと言って、超低周波音の発生装置である水平軸型の風車を海岸の近くに建設してはいけません。

これは、国を亡ぼす行いです。

中国産の粗大ごみで、日本の海を汚してはいけないのです。

最低でも、水平軸型の風車と、垂直軸型の風車の音を精密に比較することが必要なのです。その選択や検討は慎重に行う必要があります。

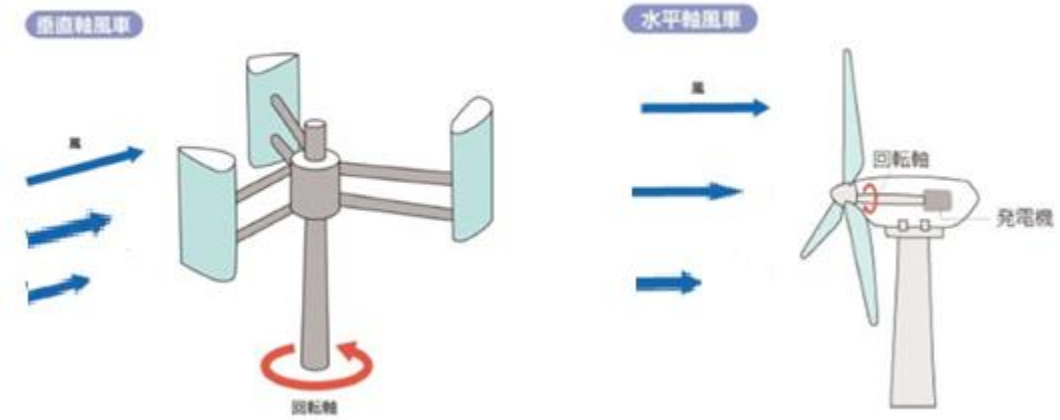


垂直軸のものは、“発生する騒音は小さい”とあるが、残念ながら誤りがある。上の図の様に風が上空でも地上付近でも風速が同じならば、どちらの風車からも超低周波音が発生しない事が分かる。
確認するには、“超低周波音の解析と発生の仕組み”の計算に於いて、高さと風速の関係式を少し変えて計算すればすぐに分かる。

さらに、超低周波音が発生するか否かが、健康被害との関連では重要であり、20Ｈｚ以上の可聴域成分である“騒音”は、水平軸型の風車でも音圧が小さいことが調査結果から判明している。

上の図では風速の矢印が同じ長さですが、正しく書けば、次の様になります。

風力発電機の種類

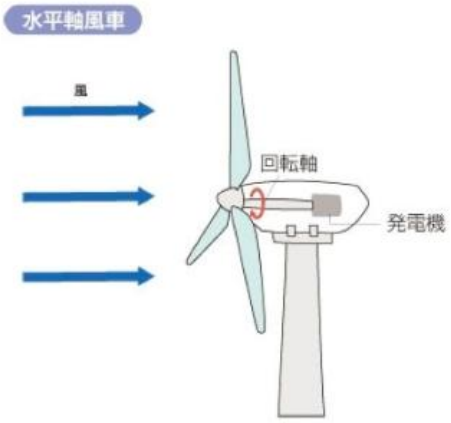


上空の風の速度が速いので、ブレードに掛かる揚力ベクトルが、水平軸型の場合には、ブレードの回転に従って周期的に変化します。これよって、塔が曲がり、塔の側面の振動が起きて、強い指向性を持った超低周波音が発生することになります。風速の特徴を詳しく調べると、マクローリン展開の係数に従って、超低周波音の周波数スペクトルが離散的となることや、音圧の特徴についても、計算結果と計測結果が一致することが分ります。

回転軸が垂直の場合にはこのような現象は起きないので静かなのです。

簡単に言えば、水平軸型の風車は超低周波音の発生装置そのものなのです。

ただし、風速に高度差による違いが無い



として計算すれば、超低周波音は発生しないと言う結論になってしまいます。

水平軸型の風車は、物理的に考えれば超低周波音の発生装置そのものであり、100m*10mのスピーカ４個から超低周波音を放出しているのです。また、工学的に考えれば金属疲労の実験装置そのものです。上空の風が地表近くよりも早いので、ブレードの回転ごとに、ブレードと塔に周期的に変化する力が加わります。風車が揚力を利用している以上、避けられないのです。

物理的、工学的に考えれば欠陥商品そのものであり、産業廃棄物なのです。日本の沿岸を中国産の粗大ごみで埋め尽くす方針にしか見えません。

大規模発電には向かないとあります。現状はその通りでしょうが、被害を減らすには、発生源対策が必要な

のです。検討対象としては、垂直軸の風車と東京タワーのような骨組みだけの風車が適切だと思います。
もちろん、風車を建てれば、風下での風速が減少します。これは人の生活だけでなく、植生にも大きな変化を与えます。もちろん動物の食物にも影響が有るので、多角的な検討が必要です。
風車を建ててしまえば、取り返しがつかない事になります。建てる前の研究が大切です。
もちろん研究に参加する学者の基礎学力も問題になるので、研究の参加者には基礎学力試験を課す必要があります。

エネルギーの確保が非常に重要な問題であることは明らかです。私たちの日常生活は膨大なエネルギーの消費を前提にして成り立っています。
エネルギーの確保の方法は幾つかあるが、それぞれ問題を抱えています。

原子力発電所では、使用済み核燃料の処分が大きな問題である。使用済み核燃料を保管しているプールの水が無くなって冷却でき無くなれば、非常に多くの人に被害が及ぶ。しかも、それを安全に処分する方法に関しても、地震が多く、活断層が沢山あるこの日本においては、諸外国以上の大問題となっている。そんなわけで長い間プールに保管されている。そのうち、プールを冷却するためだけの原発を作るようになるでしょう。こうなったら、何のための原子力発電なのかを問われかねません。

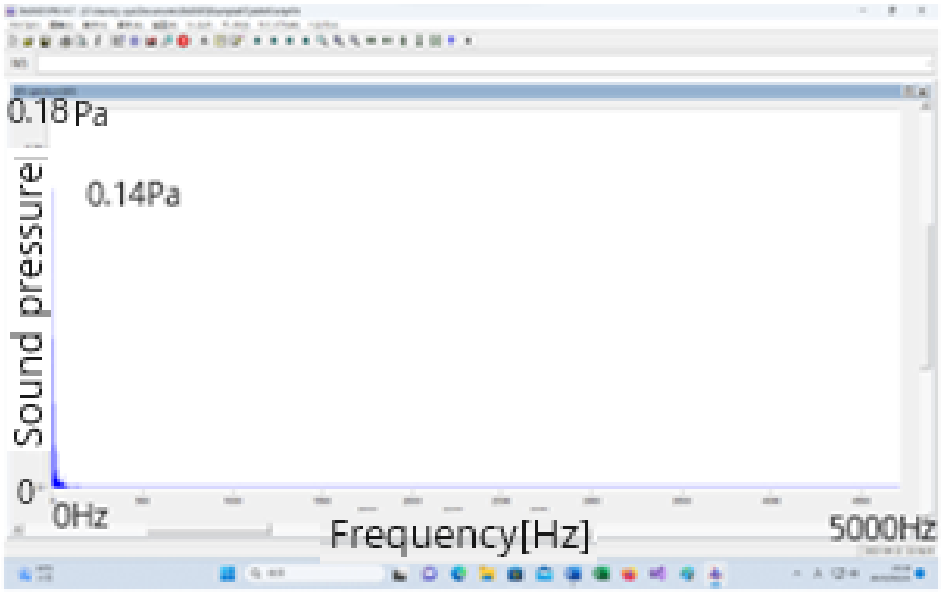
問題点から目を背けて開発をおこなえば、積もり積もった問題を次の世代に先送りするだけであり、先送りできる時代はよいが、先送りできない時が必ずくる。

風力発電でも同様だと考えます。都合の悪いことは、見ないことにする、言わないことにする、聞かなかったことにする。ような、傾向があると思っています。これでは、問題点が積み上げられるだけです。
都合の悪いことは、見ないことにする、言わないことにする、聞かなかったことにする。
との態度はあり得ません。諸問題に対して、目を見開いて正面から向き合うこと。最新の科学技術を使って原因を解明すること。その問題の解決方法について議論すること。が必要だと考えています。
これらの問題点を解決することで、エネルギー確保がより安全に、より犠牲が少ない形で実現できれば、現在、風車騒音で苦しんでいる人への朗報となります。
嘘から始めたのでは、日本の未来は切り開けません。最悪の方針である、“風雑音”、“二重防風スクリーン”、“除外音処理”についてはすぐに撤廃すべきです。

風力発電、太陽光発電が、気象条件によって発電量を大きく変えることは明らかです。多すぎず、少なすぎない電力供給を考えるとき、不安定な電力供給を何らかの方法で、安定化させなければなりません。
風力発電でも、回転軸が水平なものと、垂直なものがあります。それらは全く異なる音響特性を持っていると考えられます。もちろん精密な測定が必要です。
他にも、太陽光発電、地熱発電、小型水力発電、潮流発電、波力発電、など、いろいろあります。それらの特徴や問題点をしっかりと比較検討しなくてはなりません。

次の記述は無理な言い訳です。
・ 風力発電施設から発生する音は、通常著しく大きいものではないが、もともと静穏な地域に建設されることが多いため、比較的小さな騒音レベル（A 特性音圧レベル）であっても苦情等の発生事例あり

ですが、
“失敗を認めて反省する。”ことを知らないのでしょうか？
本来、風車音の被害の程度を推定する数値として、A 特性音圧レベルが適切ならば、地域の特性に関係なく、同程度の割合で被害が発生するはずです。
　循環器系の障害で考えれば、周波数が 200Hz 以上の音は、体内の血圧を上昇させる力は弱いのです。A 特性音圧レベルの数値は、循環器系の障害とはほとんど関係が無い数値なのです。ですから、A 特性音圧レベルが低くても、循環器系を中心とする健康被害は起きるのです。
　再度確認しますが、A 特性音圧レベルの計算対象となる周波数領域に関しては、風車からは出る音の音圧レベルは小さいのです。風車からは、著しく大きな音圧の超低周波音が出ているのです。



　ですから、A 特性音圧レベルの値が低くても、風車からの超低周波音が高くなっていることがあるのです。
　また、計測の仕方で、平均的な状態での数値を取り出すのですが、風速が 1 時間に 1 回程度大きくなることは、気象庁の観測データから明らかです。この時、風車音の音圧は平均的な値の 2 倍程度になります。その状態は 20 秒程度続きます。
　これは、 1 時間に 1 回目覚まし時計が鳴るような状態です。A 特性音圧レベルの計測値が平均的な状態を意味する限り、 1 時間に 1 回程度の割合で目を覚ます人の苦しみが全く反映されていない数値になっているのです。当然、平均的な数値での A 特性音圧レベルが低くても、睡眠妨害による被害は発生するのです。
　ですから、

・ 風力発電施設から発生する音は、通常著しく大きいものではないが、もともと静穏な地域に建設されることが多いため、比較的小さな騒音レベル（A 特性音圧レベル）であっても苦情等の発生事例あり

という事は、不思議な事ではないのです。
　もちろん、その時なすべきことは、f=RZ/60Hz の周波数の音の音圧をパスカル単位で計測する事だったのです。
　高い音圧は圧迫感の原因であり、頭痛の原因です。A 特性音圧レベルの値の増加が少しであっても、被害が発生するのです。

被害を苦情と言い換える立場だから、原因が見えないのです。計測も解析も出来ないのです。
根本的な原因である超低周波音を、考察対象から除外するから、分からなくなるのです。風車音で苦しんでいる人の身になって考えれば、超低周波音が発生する仕組みも分ります。しっかり計測してその波形を観察し、数値積分の技法と組み合わせれば、その影響で血圧が上昇することはすぐに分かります。

学者が、お互いに厳しく批判しあえば、風雑音や風切り音、疑似音などの説がそのまま生き残ることは無いのです。現状は、ファンタジー小説で溢れている状態です。誰も風車音の詳細な周波数スペクトルを公開しない。エネルギー分布についての計算をしない、精密騒音計とおまけのソフトの計算結果で満足する。

そして、妄想を発表しあうのだが、その誤りに関してはお互いに批判することなく、発想の奇抜さを競い合っている。科学はどこかに行ってしまいました。

G 特性音圧レベルと 1Hz からの 1/3 オクターブ解析で考えなさいと指導する学者がいる。それでは救わらない被害者がいる事に気が付かない。因果関係を解明するには、新しい技術が必要なのです。

新しい技術は溢れているのに、勉強を嫌がり、役に立たない G 特性音圧レベルと 1/3 オクターブ解析で説明しようとする学者があまりにも多いのです。

風車音のエネルギーの 7%を捉えて数値化したものを使って、風車音の被害を評価しようとしても無理なのです。風車が無い場所での超低周波音の音圧は、0.011Pa 程度ですが、風車の近くでの音圧は平均で 0.14Pa です。弱いときは 0.104Pa、強いときは 0.37Pa です。

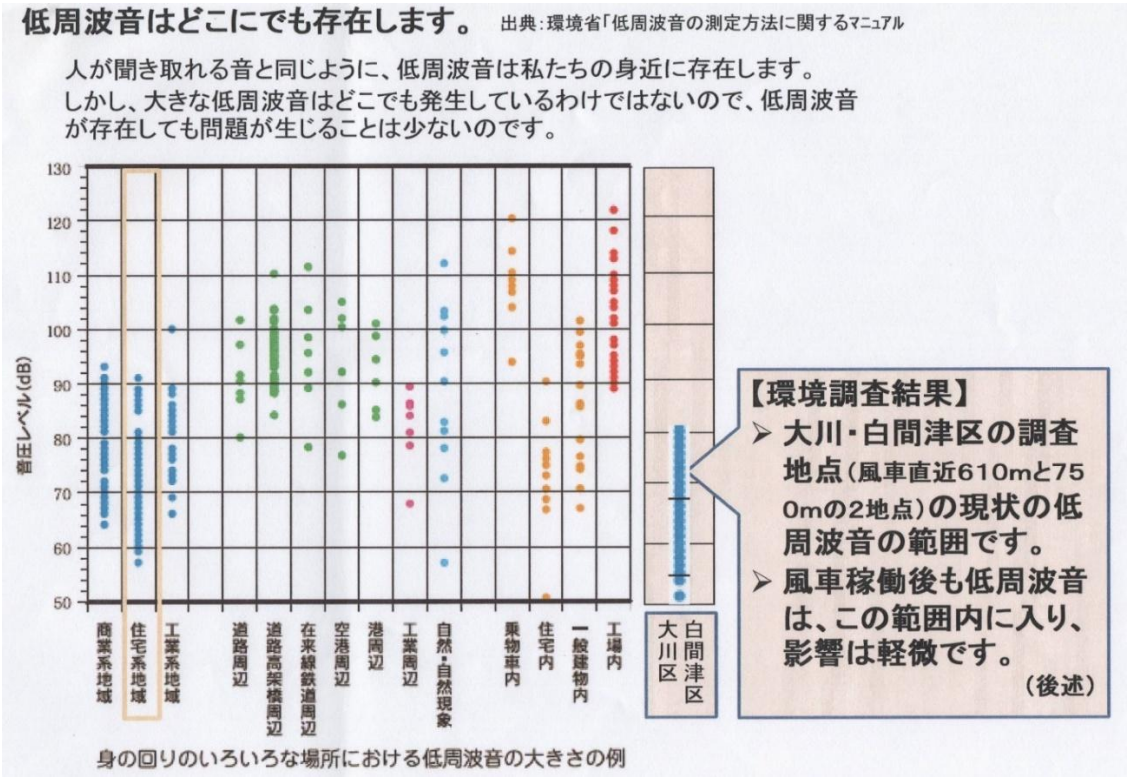
強いときの音圧は、風車の無い場所での音圧の 33.6 倍です。これは、“ガタツキ”や“圧迫感”の原因になります。騒音レベル（20Hz 以上で計算）が小さくても、圧迫感や頭痛などによる苦情が出るのは当然のことです。

この主張では、“もともと静穏は地域に住んでいる人だから苦情を言うのだ。”というようにも解釈できます。このように書くためには、都会の人と田舎の人を入れ替えて、交通騒音と風車騒音への反応、苦情の調査をする必要があります。入れ替え実験によるデータが無しにこのように言われると、“田舎者だから苦情を言うのだ。”と言われているように感じてしまいます。

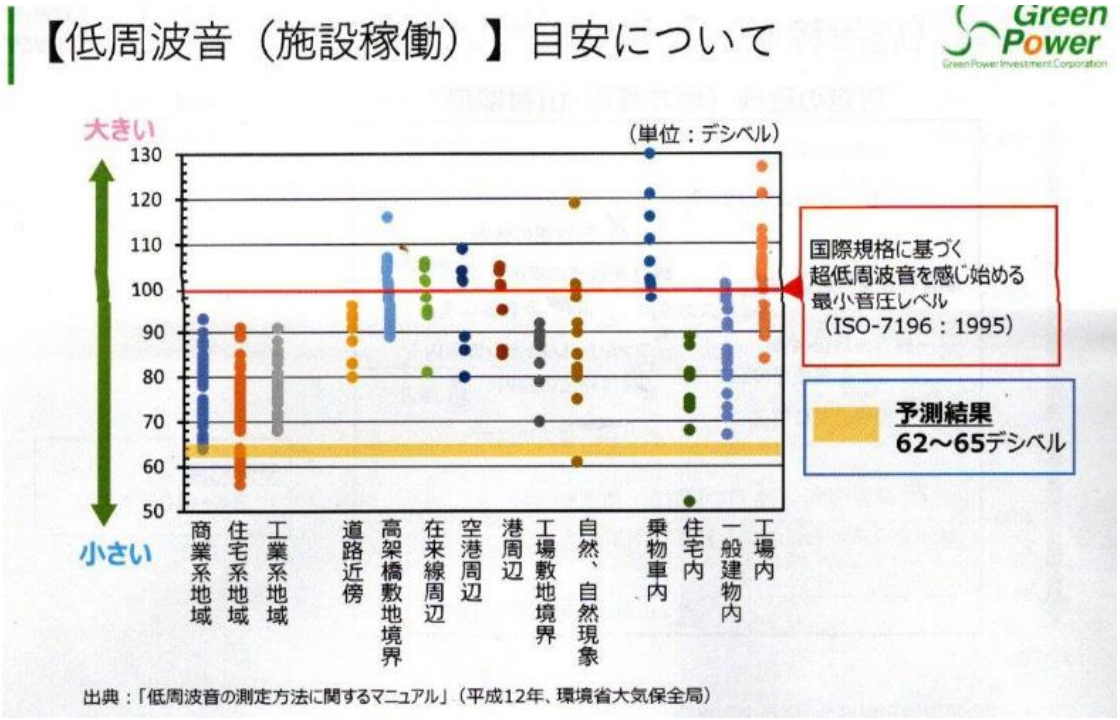
また、風車が出来てから 1 年も経てば、住んでいる環境は静穏な環境ではなくなります。 1 年たっても被害は減りません。伊豆の方では、引っ越しをした人もいます。

低周波音はどこにでも存在する

私が住んでいるのは、海岸の近くです。地元に来た業者も同じデータに、地元での調査結果、50～80ｄＢ程度の水色の部分を追加した図を、住民説明会で使っていました。



次のグラフを使う業者もいます。



よく似ていますが、右上の点の位置が違います。

最初の図は、下の左側の図であり、２番目は右側の図です。

この図の元になっているのは、
低周波音の測定方法に関するマニュアル
にある図です。

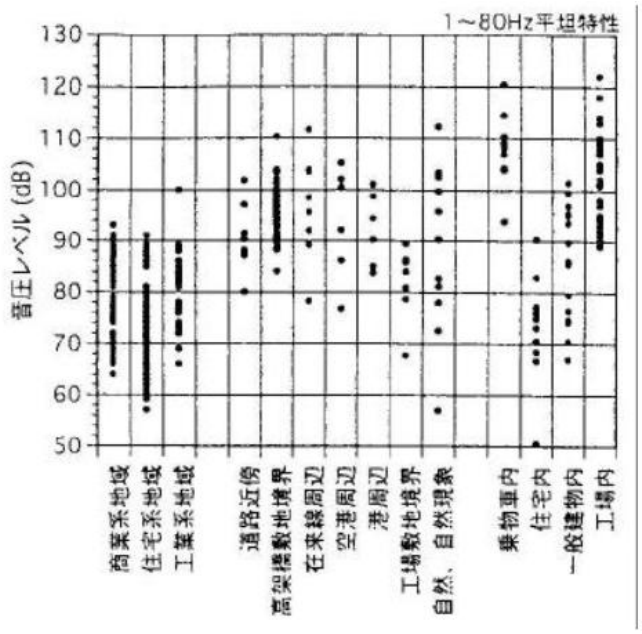


図-e.1　発生源周辺を含めた一般住宅空間における
1-80Hz 平坦特性の音圧分布（分析区間の最大値）

1-80Hz 平坦特性の音圧分布（分析区間の最大値）

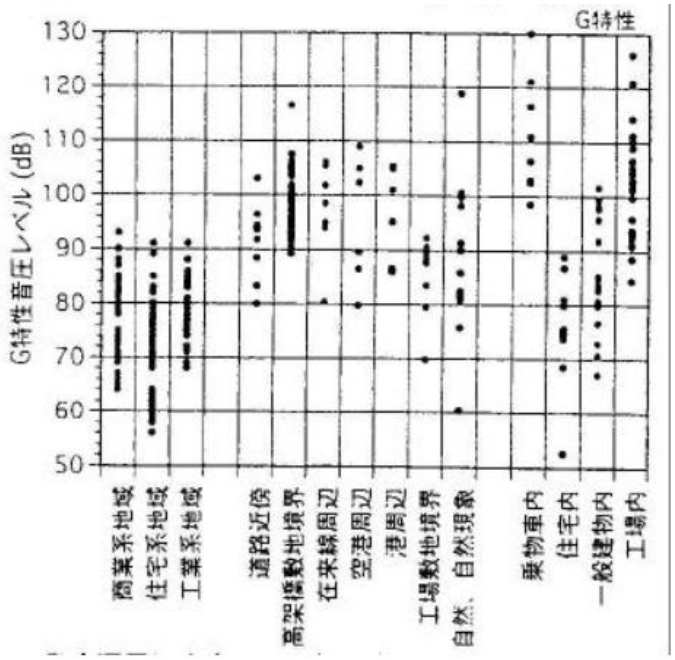


図-e.2　発生源周辺を含めた一般住宅空間における
G 特性音圧レベル分布（分析区間の最大値）

左側のグラフの作り方は、1-80Hz での平坦特性の音圧分布を、1/3 オクターブ解析を基にして作ります。
右は 1-80Hz での G 特性での音圧分布を、1/3 オクターブ解析を基にして作ります。

神社での、平坦特性での最大値は 60.92ｄB（２Hz）、G 特性での最大値は、55.42ｄB（16Hz）。

No-W	59.27	58.97	60.82	60.92	57.58	56.47	57.98	53.35	52.15	54.43	53.22	50.67	47.72	45.22	45.05	48.57	47.63	41.64	41.55	45.86	max	60.92
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		
G-W	16.27	21.47	28.22	32.62	33.48	36.47	41.98	41.35	44.15	50.43	53.22	54.67	55.42	54.22	48.75	44.57	35.63	21.64	13.55	9.86	max	55.42
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

風車では、平坦特性での最大値は 88.34ｄB（1Hz）、G 特性では 77.75ｄB（10Hz）。

No-W	88.34	69.43	66.39	82.26	71.87	81.04	80.49	78.65	80.46	79.77	77.75	70.44	61.24	61.25	69.84	68.51	64.56	55.92	60.98	50.36	max	88.34
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		
G-W	45.34	31.93	33.79	53.96	47.77	61.04	64.49	66.65	72.46	75.77	77.75	74.44	68.94	70.25	73.54	64.51	52.56	35.92	32.98	14.36	max	77.75
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

JFE の工場では、平坦特性では 74.11ｄB（80Hz）、G 特性では 77.66ｄB（12.5Hz）

No-W	32.68	34.65	34.56	44.81	48.62	51.44	53.24	54.06	59.37	56.97	60.42	73.66	60.6	58.07	63.2	66.76	69.26	70.66	72.43	74.11	max	74.11
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		
G-W	-10.3	-2.85	1.964	16.51	24.52	31.44	37.24	42.06	51.37	52.97	60.42	77.66	68.3	67.07	66.9	62.76	57.26	50.66	44.43	38.11	max	77.66
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

リオン社前の道路では、平坦特性では 48.54ｄB（10Hz）、G 特性では 49.54ｄB（20Hz）

No-W	10.27	14.98	18.93	23.52	28.25	31.26	32.24	37.39	41.56	45.56	48.58	44.3	40.24	40.54	44.82	44.34	34.82	34.89	38.84	31.64	max	48.58
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		
G-W	-32.7	-22.5	-13.7	-4.78	4.148	11.26	16.24	25.39	33.56	41.56	48.58	48.3	47.94	49.54	48.52	40.34	22.82	14.89	10.84	-4.36	max	49.54
Hz	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

低 周 波 音 問 題 対 応 の 手 引 書　には、
“[巻末資料 1] 生活環境中における低周波音発生実態 1)

（1）生活環境中で観測される超低周波音の音圧レベル

生活環境中で観測される超低周波音の音圧レベルを図 1 に示す。

これによると、屋外で観測される超低周波音の音圧レベルは、G 特性音圧レベルで最大でも 130dB 程度である。通常の市街地屋外では G 特性音圧レベルで 55～95dB 程度、住宅内では G 特性音圧レベルで 50～90dB 程度 、 一般建物内では 65 ～ 100dB 程度の音圧レベルが観測されている。また、道路・鉄道・空港・港周辺では 80～115dB 程度、乗り物内では 100～130dB 程度、波・滝・雷等の自然現象では 60～120dB 程度の音圧レベルが観測されている。乗り物内では比較的高い音圧レベルが観測されているが、このうち、最も G 特性音圧レベルが高かったのは、後部窓を少し開けて高速走行した場合の乗用車内で、室内の共鳴により 130dB が観測された。

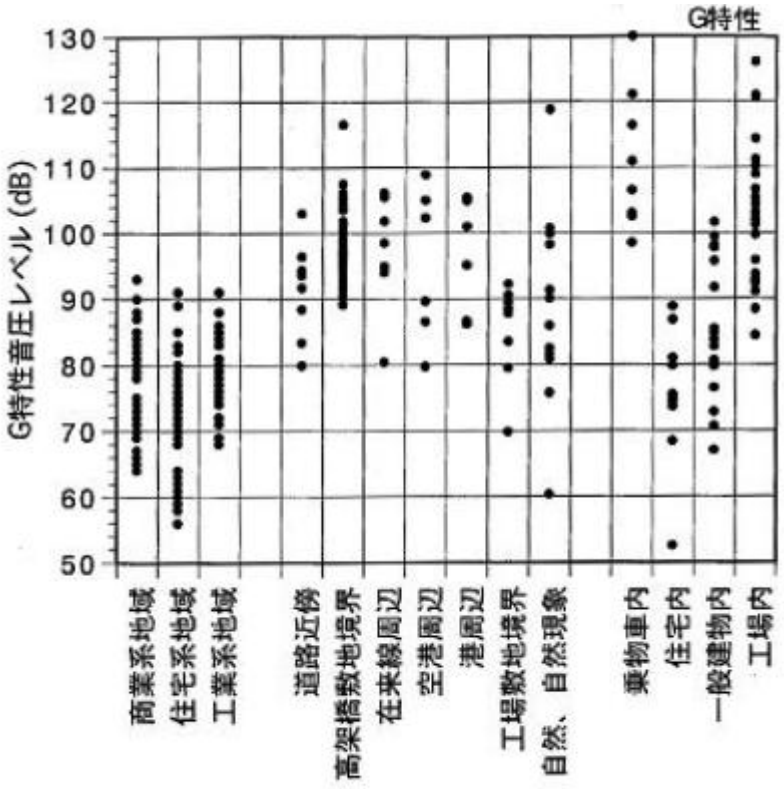


図1　生活環境中で観測された超低周波音のG特性音圧レベル

（2）生活環境中で観測される低周波音の周波数特性 2), 3)

生活環境中で観測される低周波音の周波数特性の測定例を図 2～図 9 に示す。**市街地で観測される低周波音は 40～80Hz 付近に主要成分がある。**これらは道路交通等の背景騒音によると考えられる。道路・鉄道周辺で観測される低周波音は 20Hz 以上に主要成分がある。乗り物車内では、バス走行時のディーゼルエンジンによる 16Hz の帯域に卓越成分をもつ低周波音が、乗用車窓開け高速走行では室内の共鳴により発生する 16,20Hz の帯域に卓越成分をもつ低周波音が観測されている。雷の測定例では、可聴域に主要周波数成分がある。また、一般建物内で観測される低周波音のなかには、20Hz 以下に主要成分があるものもみられるが、これは換気用の大型空調機や送風機によるものと考えられる。“

との解説もありました。

元の資料は次のものでした。

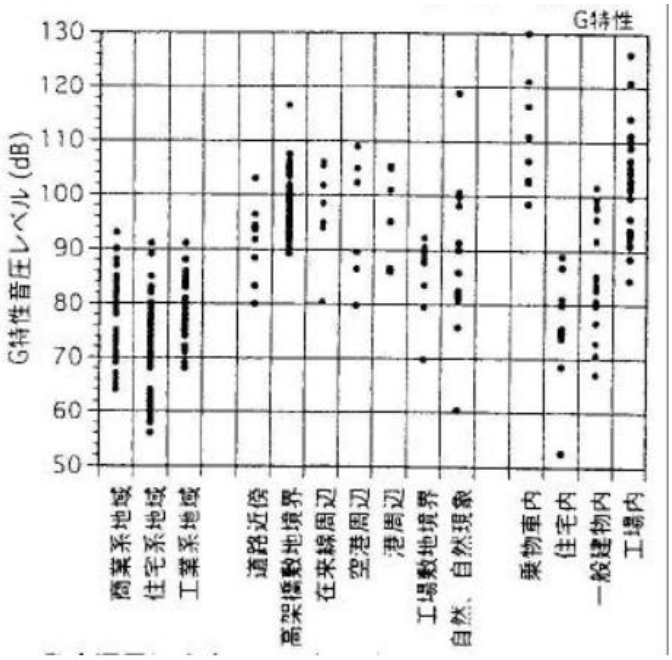


図-e.2　発生源周辺を含めた一般住宅空間における
G特性音圧レベル分布（分析区間の最大値）

よく見ると、(分析区間の最大値) が削除されています。この区間は 1Hz～80Hz ですから、超低周波音の範囲、0Hz～20Hz とは異なるのです。

その目的は、G 特性音圧レベルの数値が大きくても、問題が無いと言いたいのです。
この主張が通れば、風車音で苦しむ人が、その原因を、超低周波音だと主張することが、より困難になるのです。

これは、企業や環境省による、被害の原因を、項低周波音から、個人の体質にすり替えるための宣伝活動なのです。

ここで、数値の意味を確認します。

風車と JFE の工場での G 特性音圧レベルの最大値は、77.75ｄB（10Hz）と 77.66ｄB（12.5Hz）です。

この数値は、低周波領域で考えた、風車音の影響と JFE の工場での音の影響が同程度だと言う意味になるか否かを考えます。

風車では、平坦特性での最大値は 88.34ｄB、G 特性では 77.75ｄB でした。

No-W	88.34	69.43	66.39	82.26	71.87	81.04	80.49	78.65	80.46	79.77	77.75	70.44	61.24	61.25	69.84	68.51	64.56	55.92	60.98	50.36	max	88.34
f	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

G-W	45.34	31.93	33.79	53.96	47.77	61.04	64.49	66.65	72.46	75.77	77.75	74.44	68.94	70.25	73.54	64.51	52.56	35.92	32.98	14.36	max	77.75
f	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

JFE の工場では、平坦特性では 74.11ｄB、G 特性では 77.66ｄB

No-W	32.68	34.65	34.56	44.81	48.62	51.44	53.24	54.06	59.37	56.97	60.42	73.66	60.6	58.07	63.2	66.76	69.26	70.66	72.43	74.11		74.11
f	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

G-W	-10.3	-2.85	1.964	16.51	24.52	31.44	37.24	42.06	51.37	52.97	60.42	77.66	68.3	67.07	66.9	62.76	57.26	50.66	44.43	38.11		77.66
f	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80		

平坦特性での最大値は、

風車は、1Hz で 88.34ｄB、JFE は 12Hz で 77.66ｄB です。

この意味は、1/3 オクターブ解析での、各帯域でのエネルギーを全て集めた数値ですから、

風車：帯域幅*エネルギー密度＝88.34

JFE：帯域幅*エネルギー密度＝77.66

中心周波数 1 Hz での帯域幅は、0.226

中心周波数 12Hz での帯域幅は、2.873

です。

風車：0.226*エネルギー密度＝88.34

JFE：2.873*エネルギー密度＝77.66

となり、

エネルギー密度は

風車：エネルギー密度＝88.34/0.226＝391

JFE：エネルギー密度＝77.66/2.873＝27

となります。

この数値 391 と 27 は、音が人間の体内の圧力を強制的に変化させ、人体を強制的に圧縮膨張させる観点から見ると、重要な数値になります。

風車音は人間の体を強制的に圧縮膨張させる力が強い（391）が、JFE の工場での音は、人間の体内の圧力を変化させる力はない（27）という事を意味する数値になります。

この数値は末梢血管での血流に対する影響を示す数値になっています。当然、心臓に対する負荷を示す数値でもあります。

ISO7196 での中心周波数

	1/3オクターブバンド中心周波数と帯域幅（ISO7196）0.25～315Hz						
x	x/3	2^(x/3)	厳密中心周波数 1000*2^(x/3)	f 1	f 2	帯域幅	公称中心周波数
36	-12	0.000244	0.244	0.218	0.274	0.057	0.250
35	-11.6667	0.000308	0.308	0.274	0.345	0.071	0.315
34	-11.3333	0.000388	0.388	0.345	0.435	0.090	0.400
33	-11	0.000488	0.488	0.435	0.548	0.113	0.500
32	-10.6667	0.000615	0.615	0.548	0.691	0.142	0.630
31	-10.3333	0.000775	0.775	0.691	0.870	0.179	0.800
30	-10	0.000977	0.977	0.870	1.096	0.226	1.000
29	-9.66667	0.00123	1.230	1.096	1.381	0.285	1.250
28	-9.33333	0.00155	1.550	1.381	1.740	0.359	1.600
27	-9	0.001953	1.953	1.740	2.192	0.452	2.000
26	-8.66667	0.002461	2.461	2.192	2.762	0.570	2.500
25	-8.33333	0.0031	3.100	2.762	3.480	0.718	3.150
24	-8	0.003906	3.906	3.480	4.385	0.905	4.000
23	-7.66667	0.004922	4.922	4.385	5.524	1.140	5.000
22	-7.33333	0.006201	6.201	5.524	6.960	1.436	6.300
21	-7	0.007813	7.813	6.960	8.769	1.809	8.000
20	-6.66667	0.009843	9.843	8.769	11.049	2.279	10.000
19	-6.33333	0.012402	12.402	11.049	13.920	2.872	12.500
18	-6	0.015625	15.625	13.920	17.538	3.618	16.000
17	-5.66667	0.019686	19.686	17.538	22.097	4.559	20.000
16	-5.33333	0.024803	24.803	22.097	27.841	5.743	25.000
15	-5	0.03125	31.250	27.841	35.077	7.236	31.500
14	-4.66667	0.039373	39.373	35.077	44.194	9.117	40.000
13	-4.33333	0.049606	49.606	44.194	55.681	11.487	50.000
12	-4	0.0625	62.500	55.681	70.154	14.473	63.000
11	-3.66667	0.078745	78.745	70.154	88.388	18.234	80.000
10	-3.33333	0.099213	99.213	88.388	111.362	22.974	100.000
9	-3	0.125	125.000	111.362	140.308	28.945	125.000
8	-2.66667	0.15749	157.490	140.308	176.777	36.469	160.000
7	-2.33333	0.198425	198.425	176.777	222.725	45.948	200.000
6	-2	0.25	250.000	222.725	280.616	57.891	250.000
5	-1.66667	0.31498	314.980	280.616	353.553	72.938	315.000

G 特性での重みづけをした数値では、この違いが隠れてしまいます。

G 特性音圧（騒音）レベルを調べてみたら、

低周波音の騒音レベルの指標についての問題（住宅設備から生じる低周波音の問題）

“２　Ｇ特性騒音レベル

Ｇ特性とは、人における超低周波音（２０Hz 以下の低周波音）の知覚特性に基づいて、超低周波音を評価するために、物理的な音圧レベルの値に対して周波数補正を施した騒音評価指標です。ｄＢ（Ｇ）と表記されます。可聴音全体に対して聴覚補正を施した騒音評価指標であるＡ特性騒音レベルに対応するものです。こちらは超低周波音を評価するためのものであり、超低周波音を測定する場合以外は用いられることは通常はありません。“とありました。

ここで、“人における超低周波音（２０Hz 以下の低周波音）の知覚特性”とありますので、この方は、超低周波音が知覚できると考えているのでしょう。知覚できなければ、“知覚特性”自体が存在しません。

G 特性での重み付けは

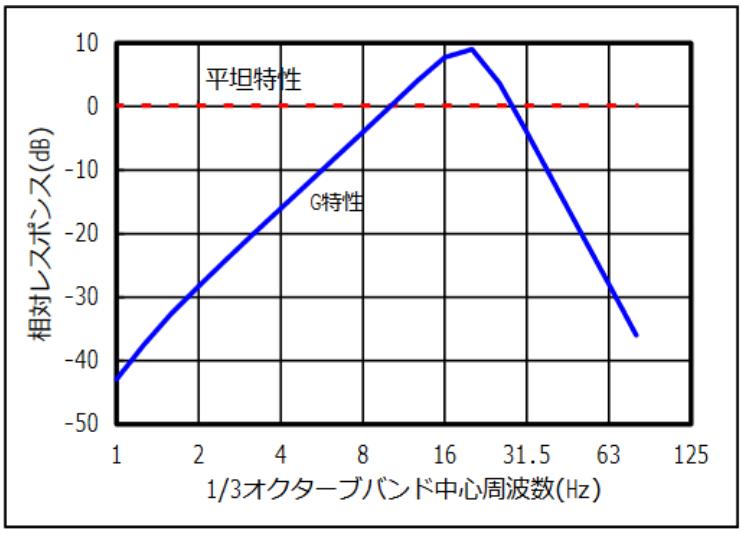


図-1.1　低周波音の周波数補正特性

ISO7196 での G 特性での重みは次のものです。（ネット情報）

中心周波数Hz	0.25	0.315	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2	2.5
G特性での重み	-88.00	-80.00	-72.10	-64.30	-56.60	-49.50	-43.00	-37.50	-32.60	-28.30	-24.10

中心周波数Hz	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5
G特性での重み	-20.00	-16.00	-12.00	-8.00	-4.00	0.00	4.00	7.70	9.00	3.70	-4.00

中心周波数Hz	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
G特性での重み	-12.00	-20.00	-28.00	-36.00	-44.00	-52.00	-60.00	-68.00	-76.00	-84.00	

です。

1/3 オクターブ解析での G 特性音圧レベルの数値は、風車の超低周波音の人体に対する影響の大きさを隠蔽する役割を持っているのです。

風車の超低周波音は、f=RZ/60Hz、0.5～1Hz 辺りにエネルギーが集中しています。この辺りでの重みを -88～-43 としてあることと、帯域幅の話に触れない事で、他の環境騒音との違いを見えなくするのです。

質問：

貴社は低周波音の測定をしますか？測定に使う機材を教えてください。マイクの音響特性を示してください。また、実際に計測した日時と正確な場所を示してください。

（答え）

質問：

貴社の計測予定を示してください。すぐ隣で一緒に計測させてください。

（答え）

質問：

低周波音・超低周波音があるという事と、その音圧がどの程度かは別の話です。

風車の近く（50ｍ）での、風車音の周波数スペクトルと、風車が無い場所での周波数スペクトルを示して下さい。

ただし、音圧はパスカル値で表示して下さい。

また、計測した機材、解析で使ったソフト名も明らかにして下さい。音圧変動を記録したデータをＷＡＶファイルの形で公開して下さい。

きちんと計測した証拠と証人も明らかにして下さい。

（答え）

環境省の資料には、おまけが付いています。

人が聞き取れる音と同じように、低周波音は私たちの身近に存在します。しかし、大きな低周波音はどこでも発生しているわけではないので、低周波音が存在しても問題が生じることは少ないのです。

残念なことですが、

“風車が存在する場所では、大きな低周波音（0 Hz～100 Hz）が、日ごろ生活している環境での音（0Hz 以上）に比べて、音圧で 10 倍～100 倍、エネルギー（音圧の 2 乗に比例する）では、100 倍～10000 倍のエネルギーを持っているものが存在する。ので、風車の近くでは低周波（0 Hz～100 Hz）による被害が生じます。”

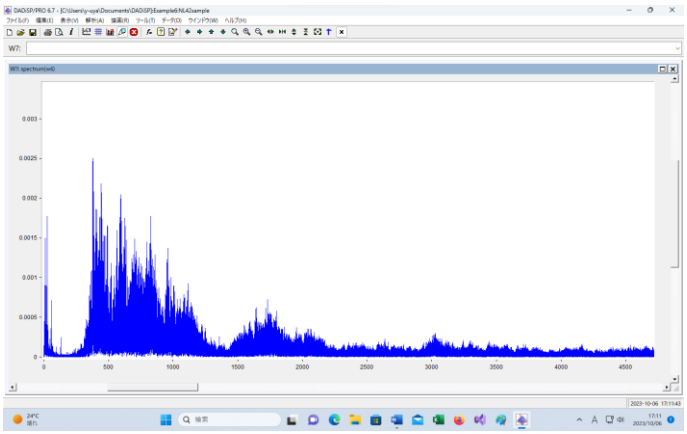
との一言が足りません。

質問：貴社の風車音は、風車の無い場所での音と比べたとき、最大の音圧について、何倍ですか？
計測データをネット上に公開できますか？

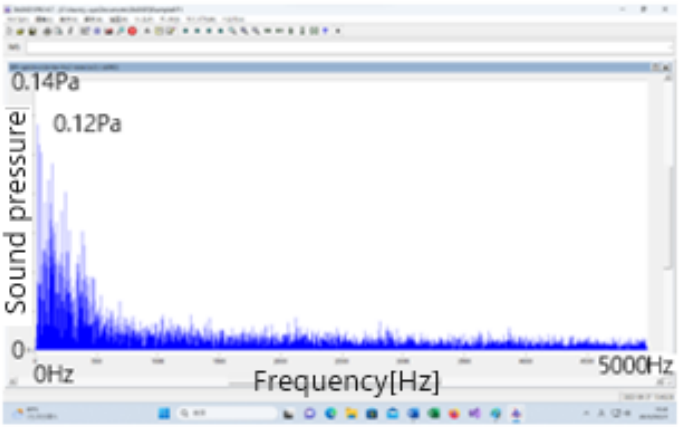
（答）

留意点は、超低周波音を 20Hz 以下とするか、1～20Hz とするかです。
後者は、風車音で最大音圧となる周波数 0.5Hz や 0.8Hz は無視します。との立場です。風車音のエネルギーは、0.5Hz や 0.8Hz のごく近くに 60%程度が集中しているのです。

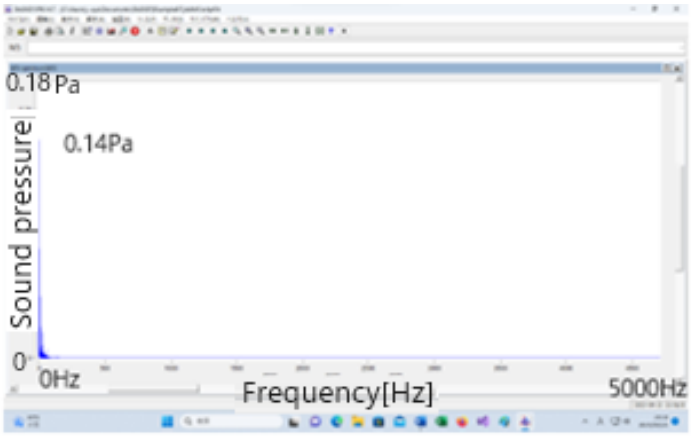
交通騒音（0～5000Hz）



工場騒音（0～5000Hz）



風車騒音（0～5000Hz）



風車音は、0.8Hz 辺りに集中していて、左端の細い線で表されています。
風車音は、超低周波音（20Hz 以下）の塊です。

質問：
超低周波音では、“20Hz 以下”とする規定と、“1～20Hz”とする規定がありますが、貴社はどちらを選ぶべきだと考えますか？貴社の計測と計算はどの規定に従って計算していますか？それを選んだ理由も示して下さい。
（答え）

質問：上の帯グラフでは、超低周波音も低周波音も 1 Hz 以上になっていますが、0.5H z とか 0.8H z の音は風車からは出ないのですか？
（答）

質問：環境省は、風車の 1 分間の回転数をR、翼の枚数をZとするとき、風車から RZ/60（Hz）の音が出ると言っていました。大型の風車の場合、0.5H z や 0.8H z になるのですが、なぜ、1 Hz 以上にしているのですか？環境省の式 RZ/60（Hz）は間違っているのですか？
（答）

質問：精密騒音計で調べてみると、0.5H z や 0.8H z の部分が、風車から出る音のエネルギーの 50%以上占めているのですが、1 Hz 以上に限定すると、物理的な影響を考えるときに過小評価になると思いますが、1 H z 以上にしても、物理的な影響評価が可能になると考えるのでしょうか？
（答）

質問：私たちが風車の無い場所で生活しているとき、超低周波音で最大音圧となるのは、何ヘルツの音で音圧は何パスカルくらいですか？
私たちが風車の有る場所で生活しているとき、超低周波音で最大音圧となるのは、何ヘルツの音で音圧は何パスカルくらいですか？
貴社が、超低周波音の音圧と周波数を計測する為に使用している精密騒音計の機種を教えてください。
その計測データを、デジタルデータのまま公開できますか？計測した自然音には著作権は発生しなので、公開しても問題は無いと考えますが貴社はどのように考えますか？
（答）

低周波音ってどんな影響があるの？

低周波音の影響は、大きく分けて二種類あります。一つは、不快感や圧迫感などの人への影響（心身に係る影響）で、もう一つは窓や戸の揺れ・がたつきなどの建具などへの影響（物的影響）です。
低周波音による不快感や圧迫感は、人が低い音を聞く（あるいは感じる）ことにより発生します[4]。
窓や戸の揺れ・がたつきは、低周波音が窓や戸を振動させることにより発生します。
いずれも、低周波音がある大きさ以上になると発生します。

質問：超低周波音の人体に対する物理的影響について、貴社はどのように考えますか？
（答）

質問：不快感や圧迫感は、聴覚による“うるささ”とは異質の感覚だと思いますが、貴社はどのように考えますか？
（答）

質問：窓や戸が揺れるときに、床が揺れることはありますか？振動レベル計を置けば、床の揺れを把握できると思いますが、振動レベル計による調査をしたことはありますか？
また、床が揺れれば、三半規管や背中に対する圧力として、風車に起因する刺激を感知して、目が覚めることがあると考えます。これは風車が原因となっている、睡眠障害であると考えるが、貴社の考えはいかかですか？
（答）

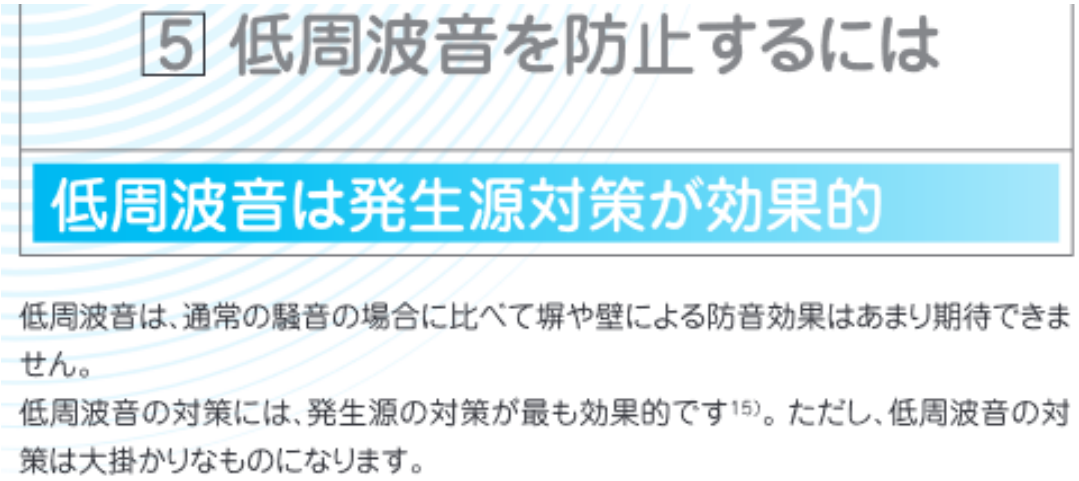
質問：同じ振幅の音でも、0.5～1Hz の音は、体内の圧力を音の振幅と同じ振幅で変動させますが、200Hz 以上の音では、体内の音圧変動は音の振幅の 1/100 程度です。
これは、圧迫感ではなく、強制的な圧縮と膨張として考えるべきであり、この結果音響キャビテーションによって微小な気泡が発生して、体内は潜水病と同じ状態になります。普通に考えれば、風車が原因での健康被害が出ているとなりますが、貴社はどのように考えますか？
なお、風車の数を減らして大型化すれば、超低周波音の周波数 f=RZ/60Hz が下がり、その影響強くなるのですが、なぜ大型化して、減らしたから安全性が増すかのように、いうのですか？
（答）

環境省見解の変遷

昔の環境省

昔の環境省は、風車から出る音に関して超低周波音の領域にも関心を持っていた。
60 秒間での、風車の回転数を R、羽の枚数を Z とすると、風車からは、f=RZ/60　Hz の音が出ると言っていた。
この値は、現在の大型風車では 0.5Hz 程度になる。

さらに、環境省の資料には、低周波音は塀や壁では防ぎにくいと書いてあった。もちろん２重窓でも音を防げないので被害も防げないのです。環境省の“よくわかる低周波音”には、


5 低周波音を防止するには

低周波音は発生源対策が効果的

低周波音は、通常の騒音の場合に比べて塀や壁による防音効果はあまり期待できません。
低周波音の対策には、発生源の対策が最も効果的です[15]。ただし、低周波音の対策は大掛かりなものになります。

15) 低周波音の対策は、発生源の対策が基本ですが、以下のような対策で窓のがたつきや不快感が解消されることがあります。
・窓ががたつく場合：隙間にパッキングを取付ける、ガラスを桟(さん)にパテなどで固定する。
・部屋の場所により不快で眠れない場合：寝る向きや寝る部屋を変えてみる。
なお、対策に関して詳しくお知りになりたい方は「低周波音防止対策事例集」(平成14年、環境省)をご覧下さい。

ここには、“窓ががたつく”、“不快で眠れない”とあり、“うるさくて眠れない”との表現ではない。
“低周波音は、通常の騒音の場合に比べて塀や壁による防音効果はあまり期待できません。”
“発生源の対策が最も効果的です”
とあり、対策としては、運転を止めるか、壊すか、建てさせない、のどれかとなります。

以前は、低周波音の被害の研究も行われていた。被害の特徴は、“音がうるさい”という事とは別のものです。

“低周波音の基礎および伝搬・影響・評価”（小林理学研究所　落合博明）には、

6.　低周波音苦情の分類

　低周波音の苦情は人に関する苦情（心理的苦情、生理的苦情）と建物等に対する苦情（物的苦情）に大きく分けられる。低周波音苦情の分類を表-3に示す。

表-3　低周波音苦情の分類

心理的苦情	睡眠妨害、気分のいらいら
生理的苦情	頭痛、耳なり、吐き気、胸や腹の圧迫感
物的苦情	家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動、瓦のずれ

10.　おわりに

　近年、風車からの騒音・低周波音が問題となっている。しかし、国内に設置されている大型の風車から発生する騒音・低周波音の測定データが公表されていない。これにより、風車から問題となるような大きさの音が発生しているのかどうかもはっきりせず、あらぬ誤解を生じさせていると考えられる。

　現状をきっちりと測定し、測定データを公表することにより、問題の有無を明確することが重要である。問題がある場合には、対策を施すことにより、騒音の低減をはかればよいと考える。

　なお、低周波音の基礎的な事項については、環境省よりパンフレット(23)が公表されているので、そちらも併せて参照頂きたい。

残念ながら、業者が、計測結果のデジタルデータを公開した例は見られない。県や市が、風車音を計測して、計測結果をデジタルデータとして公開した例は見られない。

質問：

　この中で、

　現状をきっちりと測定し、測定データを公表することにより、問題の有無を明確することが重要である。問題がある場合には、対策を施すことにより、騒音の低減をはかればよいと考える。

　と言われているが、貴社は今まで建設してきた風車の音に関して、

どの様な騒音計で計測しましたか？機種名を明らかいにして下さい。その機種で計測可能な周波数範囲を示してください。計測結果はどのような形で保管していますか？

住民の信頼を得るためには、計測結果とのものを公開すべきだと考えます。計測結果で最も重要なのは、高性能のマイクを備えている精密騒音計で記録した音圧変動の記録だと考えます。これを公開することが、被害原因が風車なのか否かを考える上で最も重要なことだと考えます。

貴社は、風車音を NL-62、NL-63、SA-A1 のどれかで計測し、音圧変動の様子を記録したＷＡＶファイルを公開すべきだと考えるが、貴社はどのように考えますか？

計測すれば、風車から超低周波音が出ていることが判明すると思いますが、どのような対策が有効だと考えていますが？

対策は、周波数によって変わってくるのですが、貴社の風車から出ている音の周波数成分の中で、最大音圧を持っている成分を明らかにして、被害を防ぐ手段が有効である事を、周波数に踏まえてしっかりと説明してください。

（答え）

環境省は、“参照値”として、低周波音の被害の目安となる数値も示していた。

表１　低周波音による物的苦情に関する参照値

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

表 2-3　低周波音による心身に係る苦情に関する参照値[1-6]

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41

ｵｰﾊﾞｰｵｰﾙ値
92dB(G)

上の 2 つの表の数値です。

これと関連するものとして、
ISO 389-7:2019 には、threshold of hearing 聴覚（聴力）閾値の値が書かれています。
この、聴覚閾値の表の数値と、心身に係る苦情に関する参照値との対応表をつくれば、

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
聴覚閾値（デシベル）（改訂前の値）	78.1 (78.5)	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

となります。
（参照値－聴覚閾値）の表を作れば次のようになります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	-2.1	1.3	4.5	5.9	8	9.5	9.5

この表は、**周波数が低くなればなるほど、聴覚閾値と参照値（不快感を感じ始める値）の差が小さくなってきていて、20Hz 手前で逆転する**ことを示します。

不思議なことに、環境省の HP には、

Q７　感覚閾値と『参照値』は違うものですか？
A７　感覚閾値とは、なんらかのかたちで低周波音を感じることのできる最小の音圧レベルです。一方、『参照値』には、１）建具類のがたつきなどの「物的苦情の『参照値』」と２）圧迫感、振動感、不快感などの「心身に係る苦情の『参照値』」の２種類があります。「物的苦情の『参照値』」については、建具等ががたつき始める最小の音圧レベルを実験等によって求めたものです。「心身に係る苦情の『参照値』」については、長時間継続する低周波音を受けた場合に、大部分の人があまり気にならないで許容できる最大音圧レベルです。このように、「心身に係る苦情の『参照値』」と「感覚閾値」とでは定義が異なります。**大小関係で言うと、実際には、「心身に係る苦情の『参照値』」は「感覚閾値」より少し大きな値となっています。**

Q６　『参照値』に科学的な根拠はありますか？
A６　『参照値』は平成 15 年に独立行政法人産業総合研究所において実施した聴感実験データから、一般被験者の 90%の人が寝室で許容できるレベルとして設定したものです。この聴感実験では、低周波音を発生させた実験室に被験者を部屋に入れて、被験者の反応を調査することで行いました。なお、**被験者は、実験室の中で、耳だけでなく全身が低周波音に浴しており、いわゆる骨導音の影響も実験の中で自然に含まれ、総合的に把握されていると考えられます。**

Q10　風力発電から、低周波音が出て健康や生活環境に影響があると聞きましたが本当ですか？
A10　風力発電施設から発生する音には低周波音も含まれますが、他の環境騒音（交通騒音等）と比べて特に大きいわけではありません。風力発電施設から発生する音と健康影響の関係については、国内外で様々な研究が進められていますが、風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音（※）と健康影響について、現段階において、明らかな関連を示す知見は確認できませんでした。

環境省では、平成 25 年度から「風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会」を設置し、平成 28 年 11 月に検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」が取りまとめられました。

検討会報告書では、これまでの国内外で得られた研究結果を整理しています（詳細は検討会報告書を参照ください。）。

まず、日本の風力発電施設から発生する音の実測調査の結果、風力発電施設から発生する超低周波音は、音圧レベルがそれほど高くなく、人間の知覚閾値以下であることがわかりました。また、他の環境騒音を比較した結果、風力発電施設から発生する音は、低周波数領域で卓越があるわけではありませんでした。

また、国内外の風車騒音と人への健康影響について、過去の研究を広く整理し専門家による審査を経て医学会誌等に掲載されたレビュー論文や、各国政府による報告書等を整理したところ、風力発電施設から発生する超低

周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できませんでした。

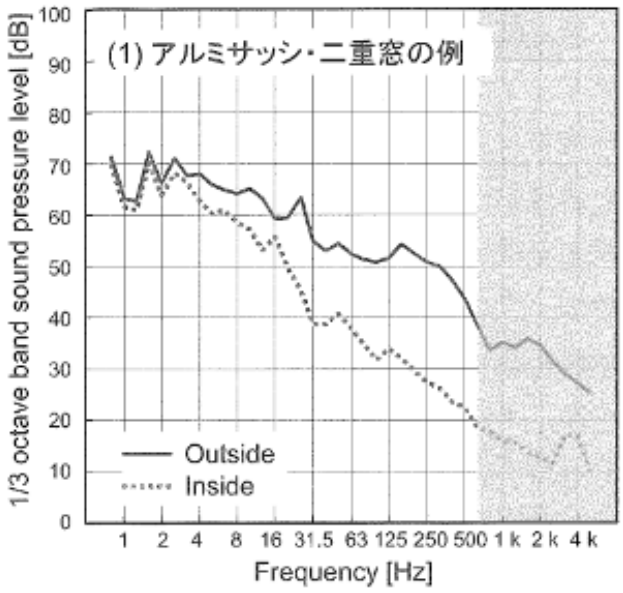
ただし、検討会報告書では、一般的な騒音の問題として、生活環境を保全する観点から騒音の評価の目安を定めるべきとされ、その後環境省により指針が定められています（Q11 を参照ください)。

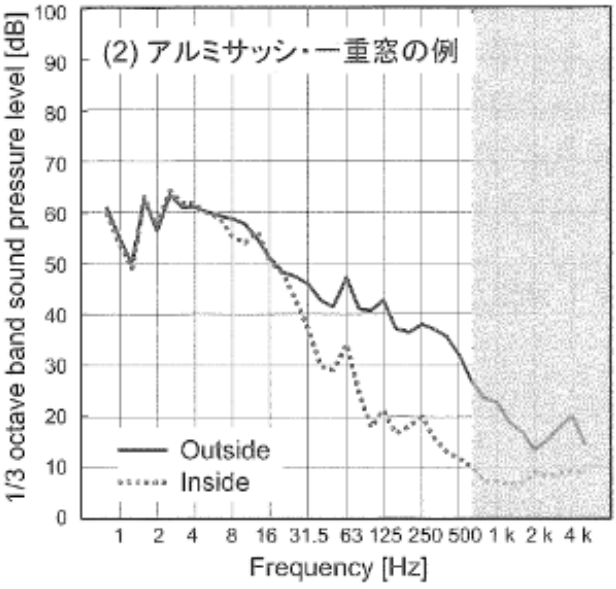
※　低周波音というのは、**一般に１００Hz 以下の周波数の音を指します。その中でも２０Hz を下回るものは、超低周波音と呼ばれ、通常人間には聞こえません。超低周波音は音圧レベルが高くなると、圧迫感等を感じさせる場合があることが知られています。**

さて、超低周波音・低周波音ですが、環境省が言っていた通り防音は困難です。

少し調べれば、回転軸が水平の風車は、超低周波音の発生装置そのものであることが分ります。
このような性質を持っている風車音に対して、防音窓の効果を調べた論文があります。

低周波数性騒音に対するハウスフィルターのモデル化
https://jglobal.jst.go.jp/detail?JGLOBAL_ID=201702283160419756
著者 (3 件)： 橘秀樹 ， 福島昭則 (ニューズ環境設計) , 落合博明 (小林理学研)
資料名： 日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集 (日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集)
巻： 2017 号： 春季 ページ： 13-16 発行年： 2017 年 04 月 21 日





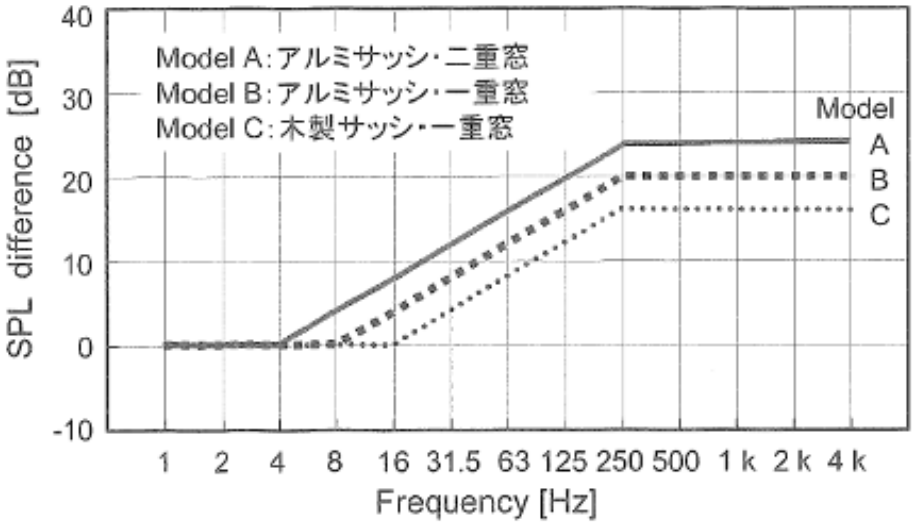


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

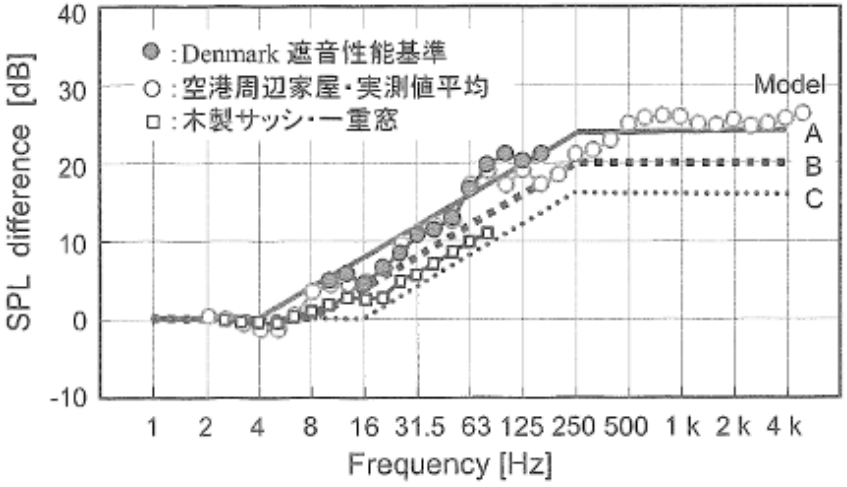


図 5　ハウスフィルター・モデルと 3 種類の参照データの比較

これを見ると、低周波音に対して、防音窓の効果が少ないことが分かります。4 Hz 以下は素通りです。30Hz 以下の周波数に関しては、あまり効果がありません。200Hz 程度のものに対しては効果があります。250Hz だと 1/10 程度にまで減衰するが、30Hz だと 1/3 程度にまで減衰します。20Hz だと 1/2 程度にまで減衰します。外での音の強さが 100 なら、室内では、250H z だと 10, 30H z だと 33, 20H z だと 50 程度の強さになっていると言いうことです。

風車音で目立つのは、30Hz 以下の部分がほとんどです。交通騒音に対して効果のある防音窓も風車音に対しては、お手上げなのです。

発生源対策しかないのです。日本では、発生源対策として、超低周波音を無視して計算して風車音の影響を評価する。そして、実際に発生する被害は、個人差や田舎が静かすぎるのが原因だと言い張るのです。

フランスでは、素晴らしい発生源対策をしました、対策済みの風車は、パリのエッフェル塔に設置しても苦情が出ないのです。この違いの原因は、学者の学力の違いだと思います。

アルミサッシの二重窓では、250Hz 以上の周波数の音に対する遮音効果が、25ｄB 程度です。家の外の音が

50ｄＢの時、家の中では、25ｄＢとなります。その結果、室内環境はとても静かになるので、被害は生じないように見えます。

静か	非常に小さく聞こえる	３０db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	２０db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

しかし、4Hz 以下の音に対しては、遮蔽効果が無いので、室内への影響は大きくなります。また、共鳴や共振を考えながら、影響を正しく評価しなくてはなりません。

この音が“知覚できないから問題は無い”という人は、0.8Hz の音の知覚閾値の音圧を示す事が必要となります。知覚閾値を決める実験ではどのようなスピーカを使ったのかを示す必要があります。実験を再現するためには、スピーカを販売している会社名を示す事も必要です。

もちろん、議論の前提として、立場の異なる複数の人によって、屋外と室内で同時に計測された精密騒音計での結果を、デジタルデータのままで、ネットに公開することも必要です。

超低周波音・低周波音は一度発生したら、防音窓でも防げないのです。

そして、“苦情”＝被害を防ぐには、風車を停止させるか撤去するしかないのです。

環境省は検討会報告書を根拠として、住民の被害を苦情と言い換え、さらに 20Hz 以下周波数成分を計測しないことにした。A 特性音圧レベルを基に住民の言い分を評価すれば、住民の訴えは根拠の無いたわごと、ということになります。

回転軸が水平の風車は、物理的に考えれば、超低周波音の発生器そのものであり、風車が大型化すれば被害は大きくなるのです。一度出た低周波音は防げないのです。

可能性は一つだけ残っています。フランスのエッフェル塔には、優れた風車があります。(少なくともこの風車に関する研究をする価値はあります。)

パリのエッフェル塔に風力発電設置　地上 120m の風を利用。太陽光設備も併設。年末の COP21 に向けて「再エネのシンボル」に（FGW）2015-02-26 15:10:23





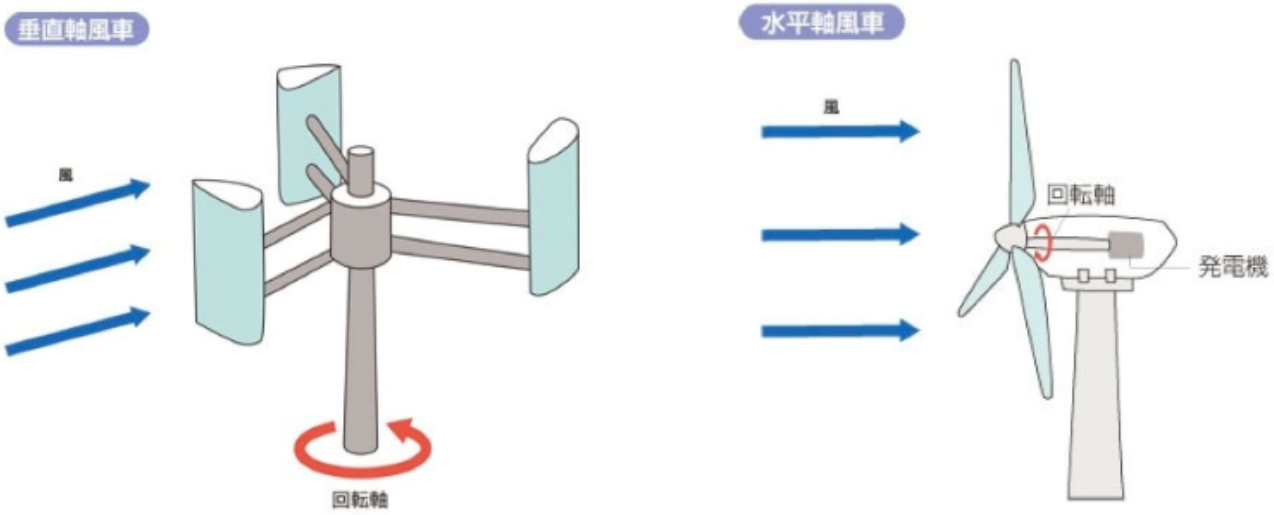
フランスの名所、エッフェル塔が再生可能エネルギー発電のシンボルとして脚光を浴びている。塔の改修工事に伴って、地上 120 メートルのところに風力発電所が、また太陽光発電パネルも設置されたためだ。

設置された風力発電は垂直軸方式のもので、風力発電特有のタービン音がほとんどないという。発電事業を担当する Urban Green Energy International（UGE）によると、発電量は年間 10,000kWh で、エッフェル塔の観光客向け電力をほとんど賄うことができるという。

また風力発電の設備のデザインも、歴史あるエッフェル塔にマッチしたデザインとし、色も塔の色に溶け込むように工夫されている。事業者の UGE は、「塔全体のエネルギー効率化も進める。エッフェル塔はパリの気候変動計画のシンボルとなる」と自賛している。

日本では、被害の原因を計測から除外して、被害を本人の気のせいだ、としているが、フランスでは、静かな風車をパリの中心部に建てているのです。

風力発電機の種類



- **垂直軸風車：風向きに左右されず、発生する騒音は小さいが、軌道トルクが小さい。大規模化には向かない。**
- **水平軸風車：最も普及している。高速で回転でき発電効率がよいが、方位制御機構が必要。騒音が発生する。**
  - **アップウインド型風車：タワーがブレードの風下側にある。**
  - **ダウンウインド型風車：タワーがブレードの風上側にある。**

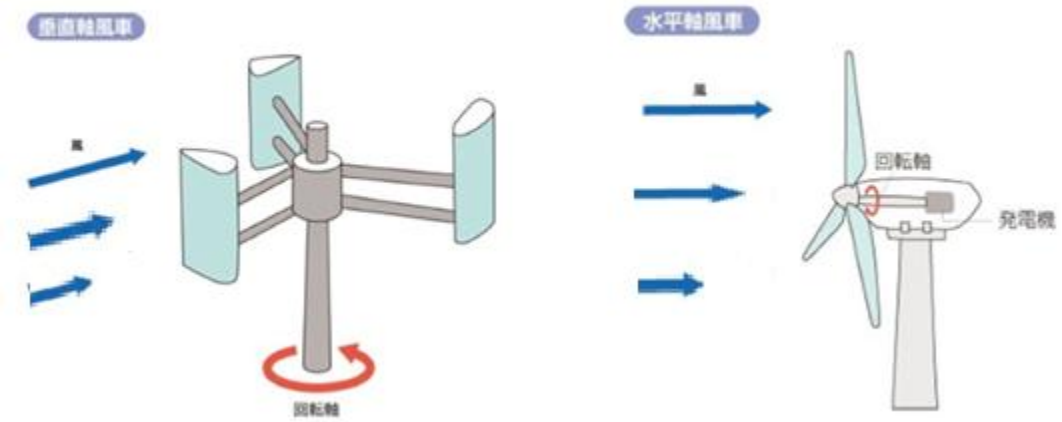
風力発電－風の力で発電｜エネルギー新時代｜J-Net21[中小企業ビジネス支援サイト] http://j-net21.smrj.go.jp/develop/energy/introduction/2012011602.html

垂直軸のものは、“発生する騒音は小さい”とあるが、残念ながら誤りがある。上の図の様に風が上空でも地上付近でも風速が同じならば、どちらの風車からも超低周波音が発生しない事が分かる。
確認するには、“超低周波音の解析と発生の仕組み”の計算に於いて、高さと風速の関係式を少し変えて計算すればすぐに分かる。

さらに、超低周波音が発生するか否かが、健康被害との関連では重要であり、20Ｈｚ以上の可聴域成分である“騒音”は、水平軸型の風車でも音圧が小さいことが調査結果から判明している。

上の図では風速の矢印が同じ長さですが、正しく書けば、次の様になります。

風力発電機の種類

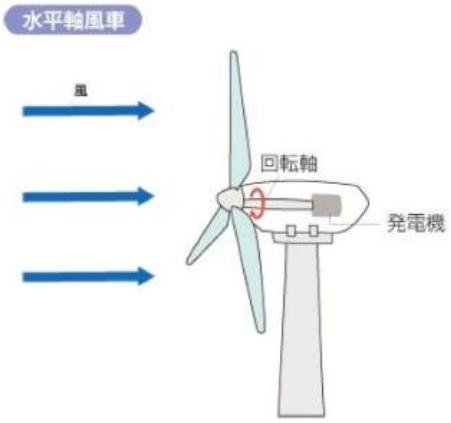


上空の風の速度が速いので、ブレードに掛かる揚力ベクトルが、水平軸型の場合には、ブレードの回転に従って周期的に変化します。これよって、塔が曲がり、塔の側面の振動が起きて、強い指向性を持った超低周波音が発生することになります。風速の特徴を詳しく調べると、マクローリン展開の係数に従って、超低周波音の周波数スペクトルが離散的となることや、音圧の特徴についても、計算結果と計測結果が一致することが分ります。

回転軸が垂直の場合にはこのような現象は起きないので静かなのです。

簡単に言えば、水平軸型の風車は超低周波音の発生装置そのものなのです。

ただし、風速に高度差による違いが無い

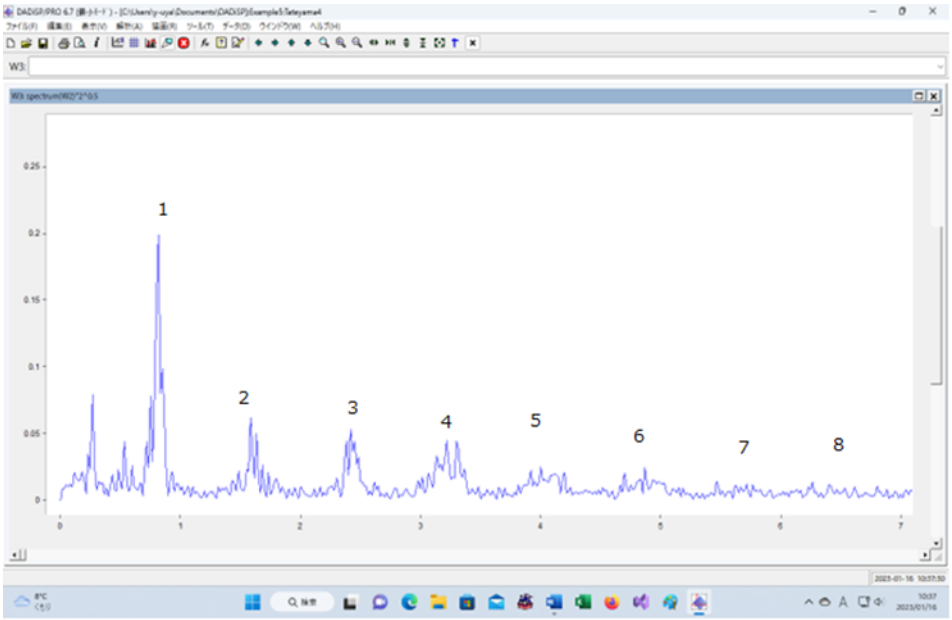


として計算すれば、超低周波音は発生しないと言う結論になってしまいます。

質問 0-4：回転軸が水平の風車からの音と、回転軸が垂直の風車からの音の違いに関して、貴社はどのように考えているか、貴社が持っている最新の知見に基づいて回答してください。

（答え）

質問：貴社の風車も、下の図のような特徴を持っていると考えるが、



NL-62A、NL-63、SA-A1 のどれかで、48ｋHz 以上のサンプリングレートで録音した結果を公開し、さらに周波数スペクトルを示す事で、貴社風車がどのような超低周波音を発生しているのかを明確にして、計測結果に踏まえて議論する必要があると考えます。事実の確認が無ければ、議論が水掛け論になってしまいます。貴社はどのように考えますか？

（答え）

質問 0-5：持続可能な社会を目指すならば、日本の地域社会も持続可能でなくてはなりません。
伊豆では、風車音を避けて、その地域から逃げ出す人もいます。これでは地域社会が崩壊してしまいます。
地域社会の持続可能性の必要性についての貴社の認識を示してください。

（答え）

環境省の方向転換

昔は、低周波音の影響を聴覚以外の面からも追及していた環境省ですが、

・超低周波音と手を切る
・低周波音の影響を、聴覚での感知に限定する
・聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値の区別をしないで、誤魔化す
・英語を意識的に誤訳する
・風雑音説で計測を妨害する
・根拠の無い新説

“風力発電施設から発生する**騒音に関する指針**について”　（平成 29 年 5 月 26 日）
には、
“環境省では、平成 25 年度から水・大気環境局長委嘱による「風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会」を設置し、風力発電施設から発生する騒音等を適切に評価するための考え方について検討を進め、平成 28 年 11 月 25 日に検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」を取りまとめました。今般、同報告書を踏まえ、風力発電施設から発生する騒音等について、当面の指針を別紙のとおり定めたので通知します。”

“下記に示した本指針策定の趣旨等及び別紙の指針、並びに風力発電施設から発生する騒音等の測定方法について別途通知する「風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル」を、**騒音問題を未然に防止するために対策を講じ生活環境を保全する上での参考としていただくとともに、関係の事業者等へ周知いただくなど格段の御配意をお願いいたします。**

各都道府県におかれましては、この旨、管下町村に対して周知いただきますようお願いいたします。“
とある。

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル”（平成２９年５月 環境省）
には、
“風力発電施設から発生する騒音等の測定は、これらの特性を踏まえた方法により実施する必要がある。**本マニュアルは**、風力発電施設の設置事業者・製造事業者、行政（国、地方公共団体）、**地域住民等の関係者等が、風力発電施設から発生する騒音に関する測定を行う場合の標準的な方法を示すもの**であり、風車騒音、残留騒音の測定方法の他、測定手順や留意点等も併せて記載したものである。“
との事であるが、
その３ページには、
“2.3.5　風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”
とあり、７ページでは、
“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）

風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。
風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。
（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“
となっていて、
“除外音処理”で消し去ることを要求しています。

報告書（風力発電施設から発生する騒音等への対応について）の 22 ページには、次の記載がある。
３．風車騒音の評価の考え方、調査・予測、対応策等
２．で示した知見を踏まえると、風車騒音は、20Hz 以下の超低周波音（注）の問題ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題としてとらえるべきものであり、**A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。**このようなことを前提とした上で、ここでは、風車騒音の評価の考え方を示すとともに、主に風力発電施設の設置事業者を想定し、風力発電施設の設置前・後に行うべき調査・予測の考え方を整理した。なお、今後本報告書の考え方に基づき、より具体的な測定・評価手法を定めたマニュアル等を策定することが適当である。

纏めれば、
“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”
“2.3.5　風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。”
“風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。”
となる。

交通騒音と風車騒音の質的な違いが無く、双方に対して、“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”と言えるためには、評価値としての A 特性音圧レベルが同じ値ならば、同程度の被害が出なくてはなりません。尺度を共通にしたときに、同じ値に対しての被害状況が異なるならば、その尺度は共通の尺度としては使えないのです。
交通騒音と風車音では、“極めて不快である”と感じる人の割合が異なることを示す資料があります。これは A 特性音圧レベルの値が同一でも、人体に対する影響には大きな差があることを意味し、評価基準を A 特性音圧レベルの数値にすることが不適当であることを意味しているのです。
A 特性音圧レベル（騒音レベル、WTN）は 20Hz 以上の成分の持つエネルギーから計算される数値です。ですから、A特性音圧レベルで風車音を評価してその影響を考えると言いう事は、残りのエネルギー93%の影響を無視することになるのです。これでは、風車音による被害の原因が判明しないのは当然です。

別の場所で詳しく書きますが、“風雑音”に関しては、科学的な思考の放棄としか言えません。

言葉の意味を確認しておきます。

検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には

“(注)「超低周波音」についての補足

我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範 囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC(国際電気標準会議) 規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」(infrasound)、**20～100Hz を「低周波音」(low frequency noise)** と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005(風車発電システム-第 0 部:風力発電用語)で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として 定められた主務省令では、「騒音(周波数が 20～100Hz までの音を含む)」とした上で、「超低周波音(周波数が 20Hz 以下の音)」と規定しており、「低周波音」という 用語を用いないこととされた。 これらの状況を踏まえ、本報告書では、**20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、 それ以外の音(周波数が 20～100Hz までの音を含む)を「騒音」**と表記する”

とあり、

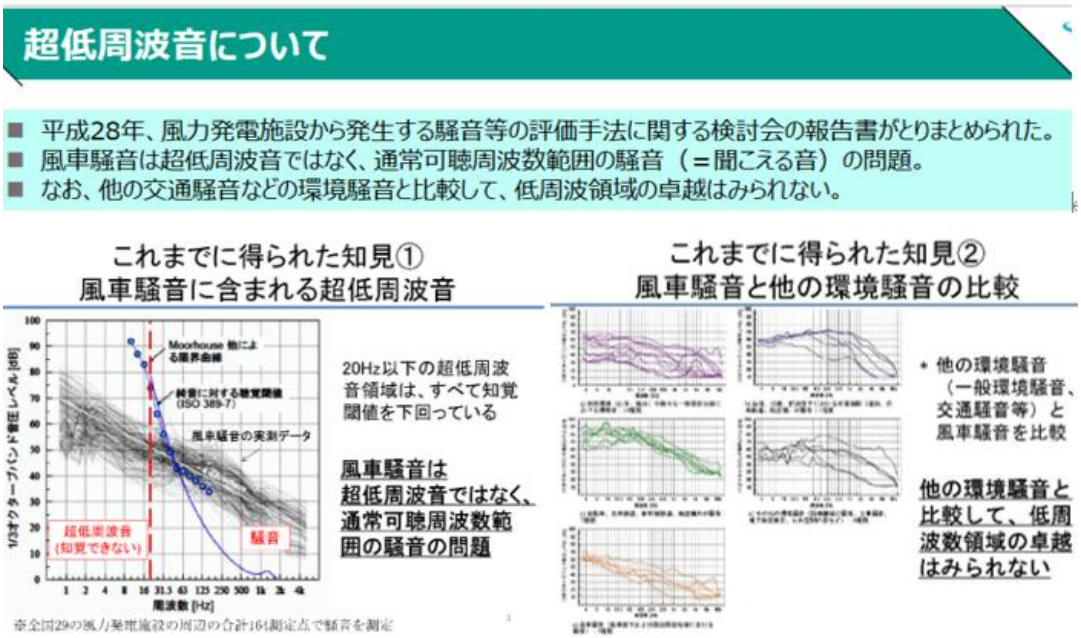
騒音と付けば、超低周波音(20H z 以下の音)以外の音なので、20H z 以上の周波数成分を対象とすることになるのです。

何をどのように計測して、被害をどのように予測するか、建設計画の評価をどのような観点で行うべきか？これらの全てが、課題として残っています。

さらに、“自然エネルギーの利用”の大号令の前に、以前は問題にされていた、低周波音・超低周波音の被害は無視されています。

“科学的エビデンス”と言いながら、科学とは全く異なる主張が繰り返されます。何が嘘で、何が詐欺同然の誤魔化しなのかを見てゆきます。

次のページは、環境省が A 特性音圧レベルを使う根拠になっているものです。



内容を確認してゆきます。

環境省の HP には、風車騒音に関する新しい指針を示したページがあり、そこには

風力発電施設から発生する騒音について（平成 29 年頃）

風力発電施設から発生する騒音に関する指針

風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル

風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会

と言う資料が掲載されています。

新しい指針の特徴は、

「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」、の 3 ページの記述

“4．残留騒音及び風車騒音の測定方法とそれらの騒音と指針値との比較の考え方

騒音の評価尺度はいずれも A 特性音圧レベルを用いるものとする。

5．注意事項

○ 本指針は、風力発電施設から発生する騒音等に関する検討を踏まえて設定したもので

あるため、その他の騒音の評価指標として使用することはできない。“

環境省の文書、「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」の根拠が、

”平成 28 年 11 月 25 日に**検討会報告書**「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」“

です。

この検討会の座長が町田氏であり、報告書を纏めたメンバーは次の方々です。

（参考 1）風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会 名簿

沖山 文敏 環境アセスメント学会理事

落合 博明 一般財団法人小林理学研究所協力研究員

桑野 園子 大阪大学名誉教授

佐藤 敏彦 青山学院大学大学院社会情報学研究科特任教授

塩田 正純 元工学院大学工学部教授

橘 秀樹 東京大学名誉教授

田中 充 法政大学社会学部教授

新美 育文 明治大学法学部専任教授

船場 ひさお 岩手大学 COC 推進室特任准教授

（座長） 町田 信夫 日本大学理工学部特任教授

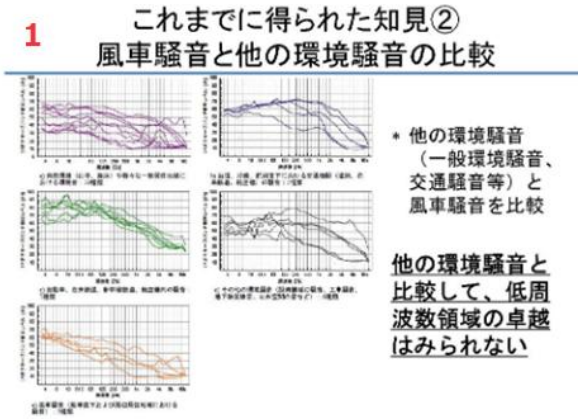
矢野 隆 熊本大学大学院先端科学研究部教授

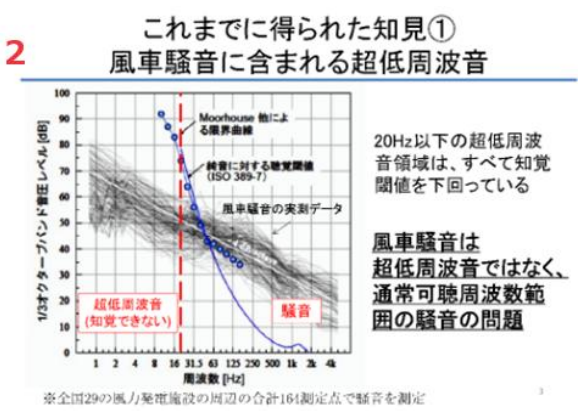
（50 音順、敬称略。所属は平成 28 年 11 月現在

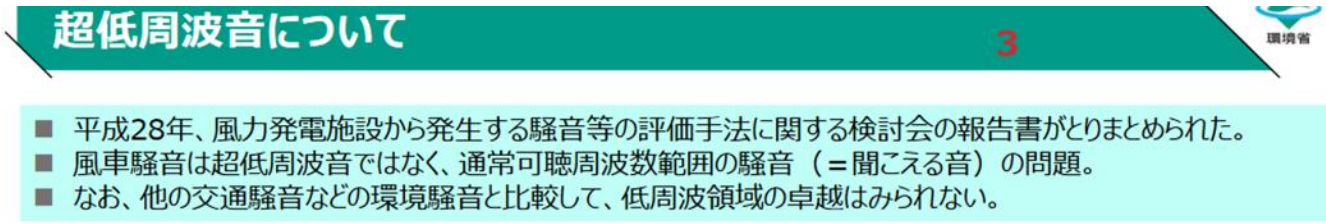
素晴らしい経歴の方々が並んでいますが、検討会報告書及び検討会報告書概要の中身を調べてみると、数学、英語、日本語の学力が心配になるような内容です。

私の学力が低いから、崇高な内容が理解できないだけなのかもしれませんが、感じた問題点を詳しく見てゆきましょう。

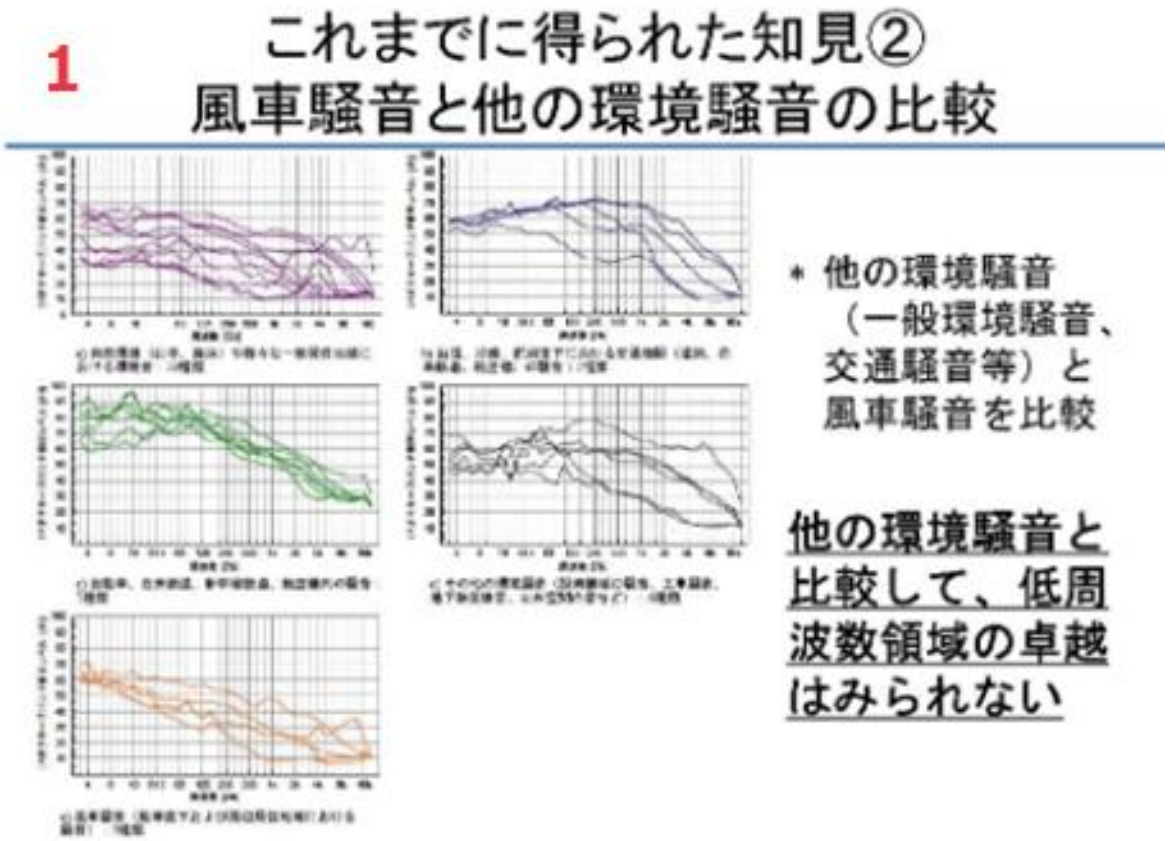
1，２，３の順に確認します。







まず、



これまでに得られた知見②
風車騒音と他の環境騒音の比較

* 他の環境騒音（一般環境騒音、交通騒音等）と風車騒音を比較

他の環境騒音と比較して、低周波数領域の卓越はみられない

比較しているのは、“風車音”ではないのです。“風車騒音”を扱っているのです。

“騒音”については、

“本報告書では、**20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、 それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」**と表記する”

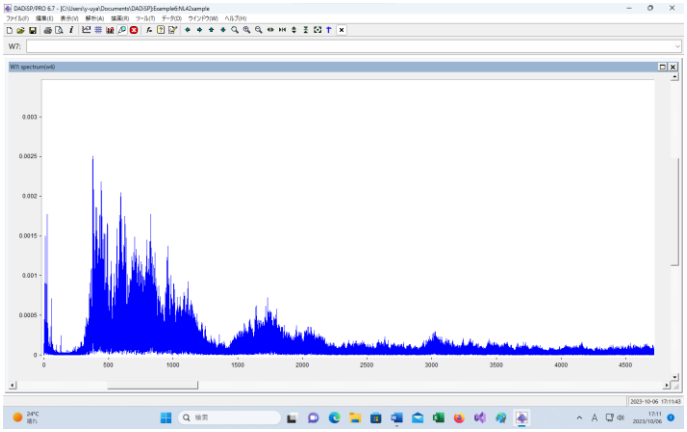
とあるので、周波数が 20Hz 以上の音に限定されるのです。

低周波数領域に関しても、**20～100Hz を「低周波音」（low frequency noise）**とあり、20Hz 以上の周波数成分に限定されるのです。

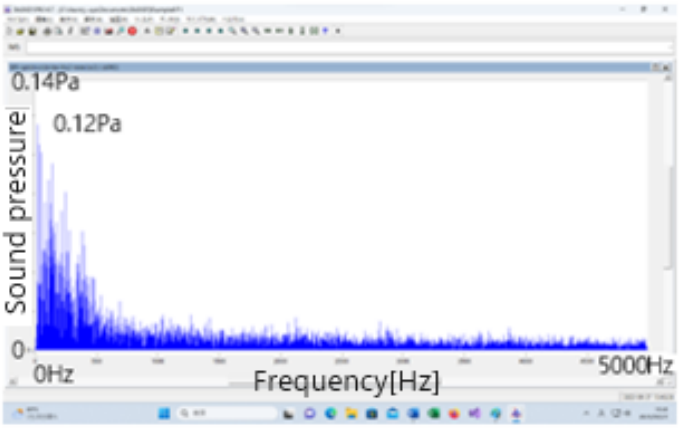
では、交通騒音、工場音、風車音の周波数成分の強さを確認しましょう。

周波数スペクトル

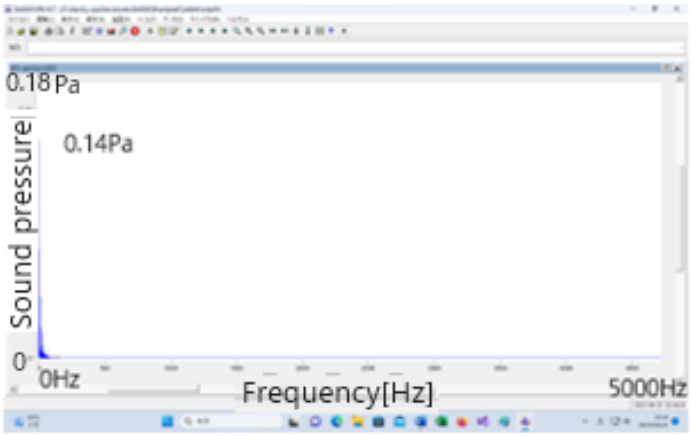
交通騒音（0～5000Hz）



工場騒音（0～5000Hz）



風車騒音（0～5000Hz）



交通騒音は、広帯域の音ですが、20Hz 以上の成分の振幅が大きいことが分ります。
工場音は、広帯域の音ですが、低周波音の成分も強いことが分ります。
風車音は、0.8Hz 辺りに集中していて、左端の細い線で表されています。

上のグラフを見れば、風車音には、20Hz 以上の周波数成分は非常に弱く、0.8Hz の辺りに集中していることが分ります。交通騒音や工場音では、20Hz 以上の周波数を持っている成分がかなり強いことが分ります。

エネルギーの分布

表２．エネルギーの分布

エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

0～20Hz でのエネルギーの分布

Energy distribution	0～1Hz	1～20Hz	0～20Hz
Wind turbine	61.3%	38.7%	100.0%
Iron mill	0.04%	99.96%	100.0%

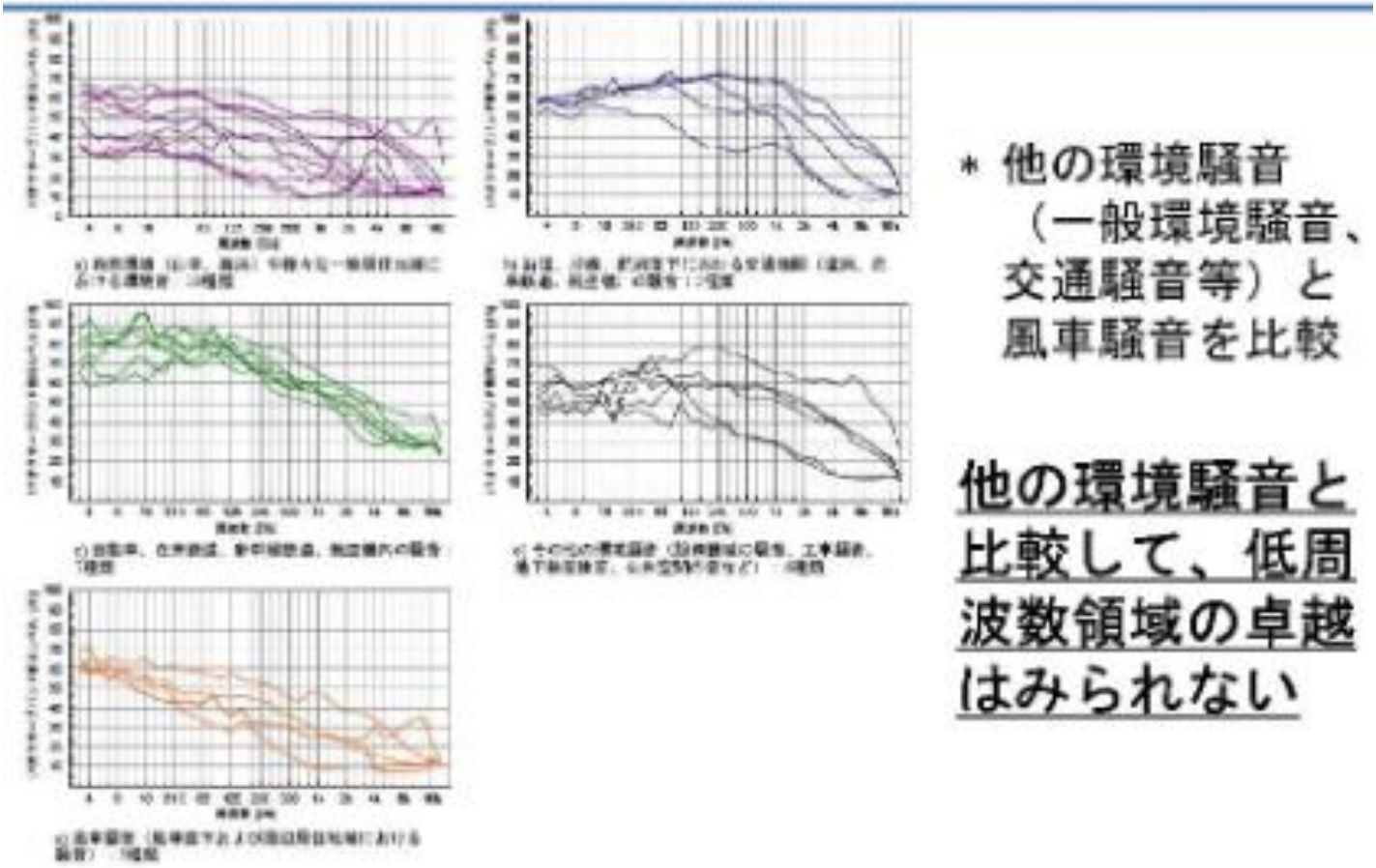
を見れば、風車音で 20Hz 以上の周波数を持っている音のエネルギーを集めても、風車音全体のエネルギーの 7%以下です。93*0.613＝57%ですから、風車音全体のエネルギーの 57%は 1Hz よりも周波数が低い部分に含まれています。
交通騒音では、20Hz 以上の周波数を持っている音のエネルギーを集めると、交通騒音全体のエネルギーの 99%以上となります。

A 特性音圧レベル（騒音レベル、WTN）は 20Hz 以上の成分の持つエネルギーから計算される数値です。ですから、A特性音圧レベルで風車音を評価してその影響を考えると言いう事は、残りのエネルギー93%の影響を無視することになるのです。これでは、風車音による被害の原因が判明しないのは当然です。

これまでに得られた知見②
風車騒音と他の環境騒音の比較

風車騒音（20Hz 以上）ではなく、風車音（0Hz 以上）と、他の環境騒音の比較が必要なのです。

次は、“低周波数領域の卓越は見られない”との結論を導いた原因を探ります



左のグラフは、定義域が 4Hz からになっています。

比較するときには、風車騒音と環境騒音の比較ですから、定義域を 20Hz 以上に制限して比較します。本来は、定義域が 20Hz 以上のグラフにして比較すべきです。

定義域が議論の中身と異なれば、誤解を生みます。

定義域を 20Hz からにして確認してみます。

高校１年で習うグラフに関する基礎知識として、定義域、最大値、最小値、増加、減少などがあります。〈数Ⅰ〉の教材に次のものがあります。

数Ⅰ ＞ 第２章 ２次関数 ＞ 第２節 ２次関数の値と変化 ＞ 第１講：２次関数の最大・最小

3 ２次関数の定義域と最大・最小（関数に変数を含む）

日付（　　月　　日　　曜日）
名前（　　）

定義域があるときの最大値・最小値

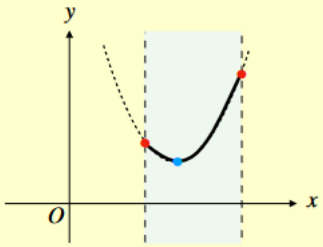
（Step１）（　　）をする

$y=ax^2+bx+c \Rightarrow y=a(x-p)^2+q$

（Step２） グラフをかく

（Step３）（　　）と（　　）の端を確認する

【$y=a(x-p)^2+q$ の最大・最小】



例題

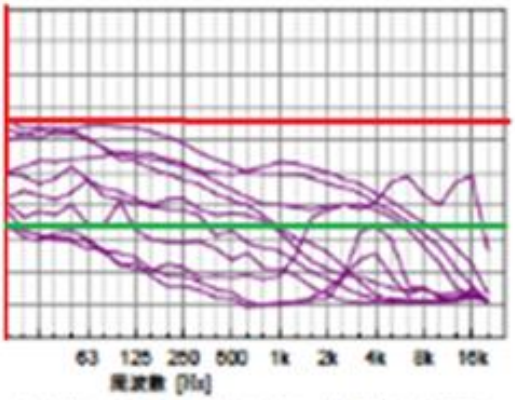
関数 $y=2x^2+4x+c$ （$-2 \leqq x \leqq 1$）の最大値７であるとき，定数ｃの値を定めなさい。

解

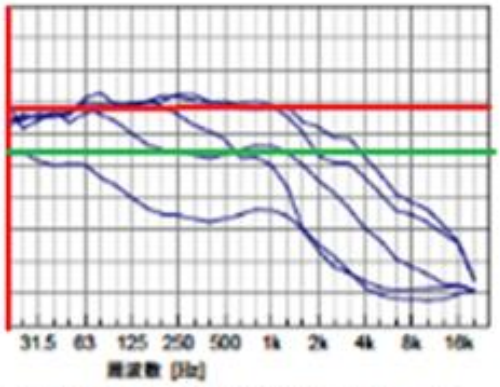
検討会の参加者は、このような高等学校＜数学Ⅰ＞の知識を持っていて、グラフの形式に関する検討をすれば、良かったのです。騒音（20Hz 以上）との言葉による定義域と、提示されたグラフの定義域（4H z 以上）の違いは、グラフの基礎を全く理解していないことを意味しています。

騒音が 20Hz 以下の超低周波音（0Hz～20Hz）を含まないことに注意すれば、扱うグラフは騒音（20Hz 以上）の定義に従って、グラフの定義域を 20Hz 以上に限定する必要があります。

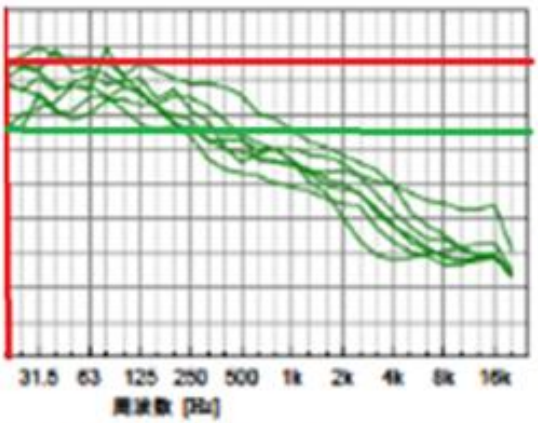
この定義域内で風車騒音（20Hz 以上）、環境騒音（20Hz 以上）のグラフを比べれば、次のようになります。



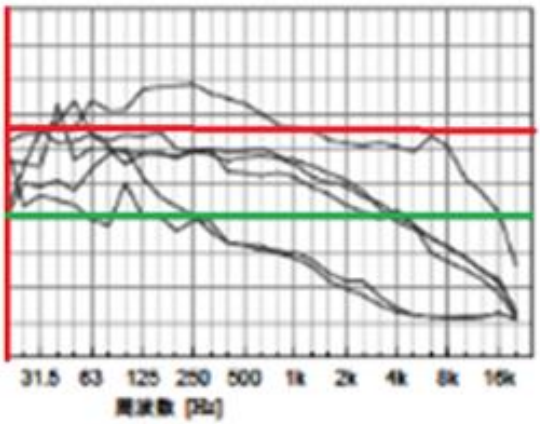
（山中、海浜）や様々な一般居住地域に
音：10種類



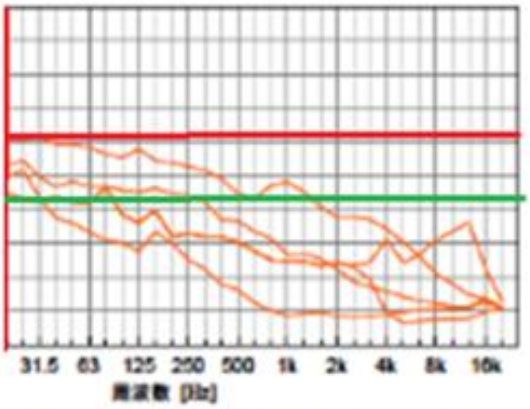
航路直下における交通機関（道路、在
）の騒音：5種類



在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：



境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、
、公共空間の音など）：6種類



風車直下および周辺居住地域における

修正した図 8

風車騒音（20Hz 以上）と一般騒音（20Hz 以上）の大きな違いは見つかりません。

また、次の表から、A特性音圧レベル（20Hz～）の平均を計算すれば風車の場合が最も小さな値となっている。事が分かります。

表 2　様々な騒音の種類と騒音レベル

騒音の種類	No.	内容	$L_{Aeq,10s}$ [dB]
(a) 一般環境騒音	1	静かな森林の中の環境音	31
	2	松林の中の風の音	61
	3	海岸部の環境音（1）	61
	4	海岸部の環境音（2）	54
	5	都市部の住宅地域の環境音	43
	6	郊外の住宅地域の環境音（1）	32
	7	郊外の住宅地の環境音（2）	38
	8	工業地帯の環境音	49
	9	夏のセミの鳴声	54
	10	秋の虫の鳴声	38
(b) 交通騒音	11	在来鉄道騒音	76
	12	道路交通騒音（距離：22 m）	76
	13	道路交通騒音（距離：85 m）	63
	14	道路交通騒音（距離：85 m，建物内部）	43
	15	航空機騒音	65
(c) 乗物の中の騒音	16	ジェット旅客機客席（1）	73
	17	ジェット旅客機客席（2）	81
	18	新幹線車内	68
	19	新幹線車内（トンネル通過時）	71
	20	在来鉄道車内	70
	21	在来鉄道車内（鉄橋通過時）	70
	22	乗用車室内（高速道路走行中）	72
(d) 種々の騒音	23	空調騒音（1）	40
	24	空調騒音（2）	61
	25	空調騒音（3）	66
	26	地下鉄からの固体伝搬音	45
	27	鉄道駅のコンコース	64
	28	建設工事騒音（コンクリート破砕機）	79
(e) 風車騒音	29	風車騒音（風車近傍）	56
	30	風車騒音（住宅地域：屋外）	43
	31	風車騒音（住宅地域：室内）	27
	32	風車騒音（虫の鳴声が混入）	41
	33	風車騒音（虫の鳴声をカット）	37

※表 2 中の No. は、図 8 中の騒音の種類を示す番号に対応する。

騒音（20Hz 以上）について議論しているのに、掲載されているグラフの定義域は 4Hz からになっています。

“他の様々な騒音の実測値と比較しても、風車騒音で特に低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない。”

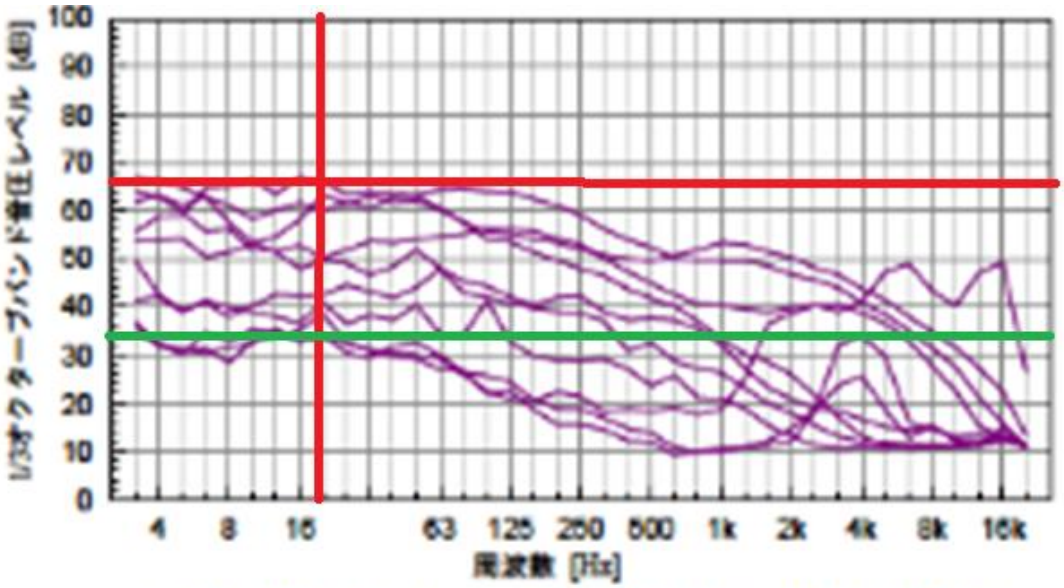
4Hz からのグラフを見ながら、“**低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない**”との文章をみれば、“**低い周波数成分の騒音**”が 4Hz も含むかのように錯覚します。低周波領域は“20～100Hz”であり、“**低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない**”が、4Hz を含む“超低周波音”の領域まで含めて考えれば、風車音は他の環境騒音に比べて卓越した音圧を持っていることが分ります。

定義域を変更すれば、グラフも違ってくるし、上の表の値もグラフの定義域に合わせて変更する必要があります。4Hz からのグラフでは、20Hz 以下の騒音に関しても検討しているかのような誤解を生みます。

定義域を 4Hz からにして議論すれば次の様になります。

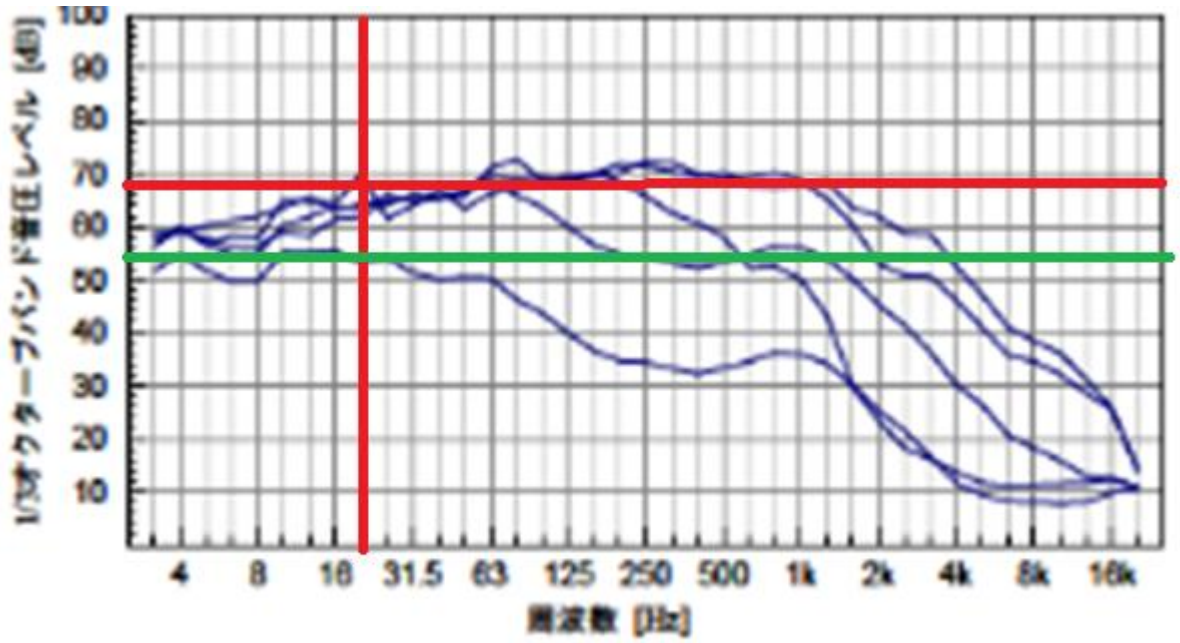
20Hz 辺りに縦線、それとグラフとの交点を通る水平線を引けば、低周波領域（4Hz～20Hz を含む）での特徴が分かります。低周波領域（4Hz～20Hz を含む）に着目すれば次の様になります。

4Hz から 20Hz ではグラフは水平。



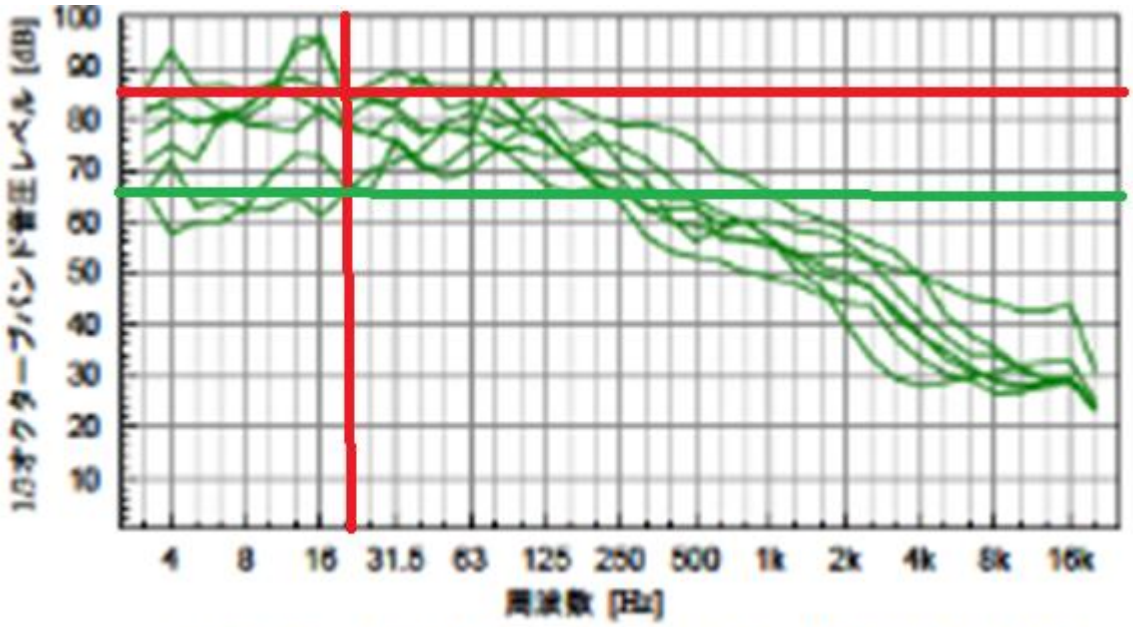
a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

周波数が低くなるとグラフは下がる。



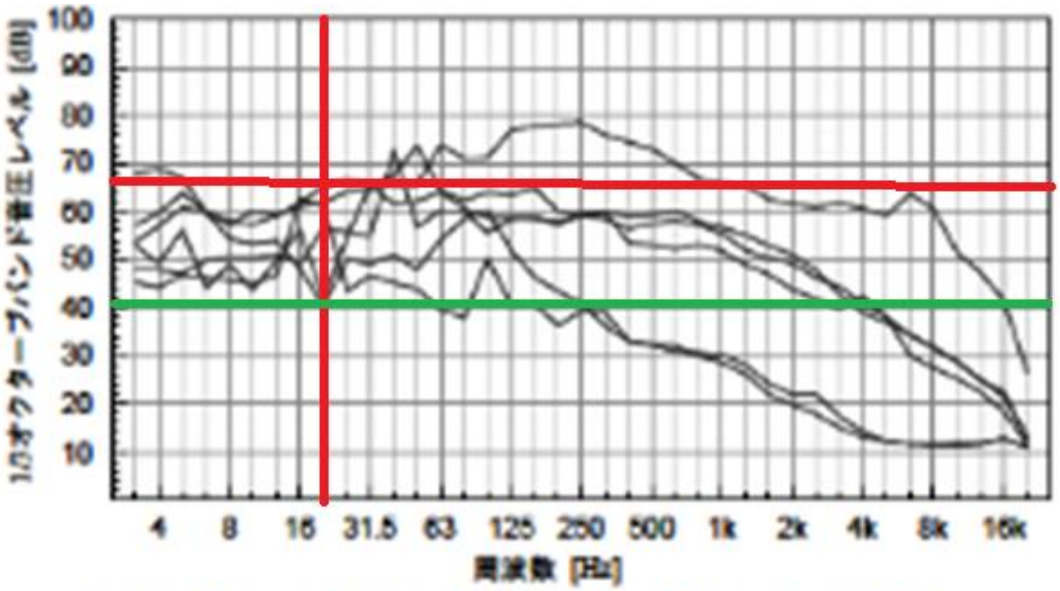
b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類

水平に近いが、周波数が低くなるとグラフはやや下がる。



c) 自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：7種類

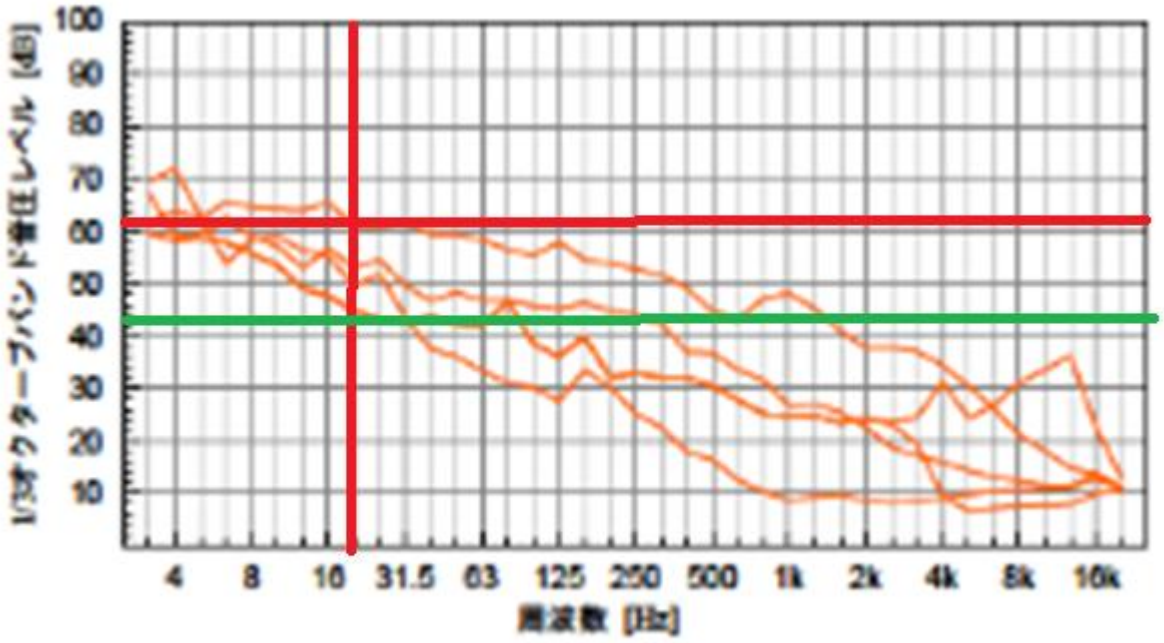
4Hz から 20Hz ではほぼ水平。



d) その他の環境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、地下鉄固体音、公共空間の音など）：6種類

※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

さて、風車騒音のグラフは、異質です。　風車騒音のグラフでは、周波数が下がるにつれて音圧が上昇しているのです。



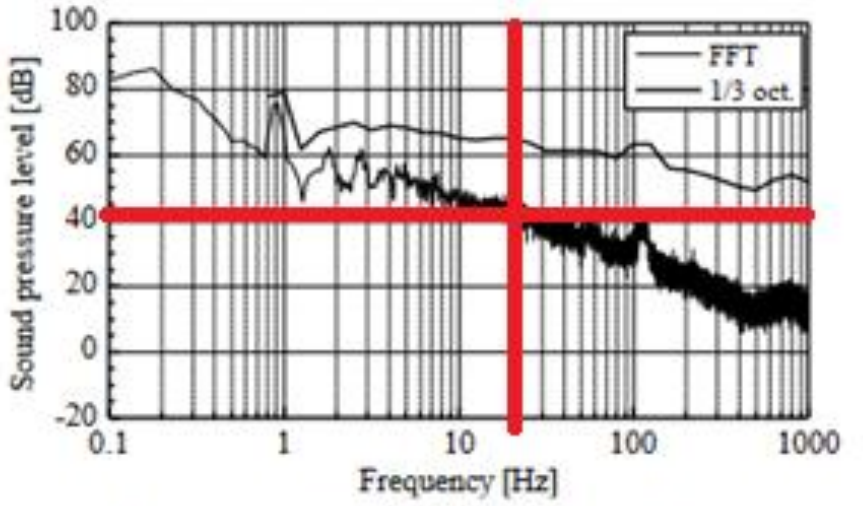
e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

これらの比較から、他の騒音と異なり、風車騒音は、4Hz から 20Hz の間で、周波数が低くなると音圧レベルが上昇する、特徴を持っていることが分かります。この傾向は、10Hz 前後で同じ傾向を持っているので、10H z 以下を風雑音だとするのには無理があります。

風の様子は、激しく変化します。音圧レベルが連速的に変化している事と、風の激しい変化との釣り合いが取れません。したがって、10H z 以下も風車音だと考えるべきです。

（マイクに風を当てないようにしても、同じ超低周波音が計測できますので、風雑音ではありません。）

報告書にある、他のグラフでも、全体としての連続性は、風雑音説とは折り合いが付きません。



図(2)-11　図(2)-9の音圧のスペクトル

さらに、騒音（0Hz 以上）の特徴が分かるグラフを避けて、最も違いを隠蔽しやすいグラフを選んだようにも見えます。

超低周波音領域と可聴音の領域でのエネルギーの分布や、音圧が最大となる周波数などの点に注目すれば、風車騒音（0Hz以上）が異質のものであり、A特性音圧レベル（20Hz～）で評価すると、エネルギーの93%を見失う事になることが分かります。A特性音圧レベル（20Hz～）では、風車騒音（0Hz以上）の特性は理解できません。

定義域を 20Hz 以上に制限すれば、間違いとは言えないが、その狙いは、風車音の影響を矮小化して、風車音の特徴を隠蔽するものでしかないのです。風車音の特徴が分れば、被害の直接的な原因も判明するのです。

都合が悪くても、隠してはいけないのです。

グラフを比較するには、高校１年で学習する、定義域と値域の概念が必要なのです。普通の高校では、これが理解できない生徒は、２年生に進級出来ません。

誤魔化し方が下手です。ほとんどの住民は高等学校で数学を学び、定義域、値域の内容を理解しているのです。

実際の計測結果を使って、0.19H z ～20 k H z の範囲で、比較してみます。

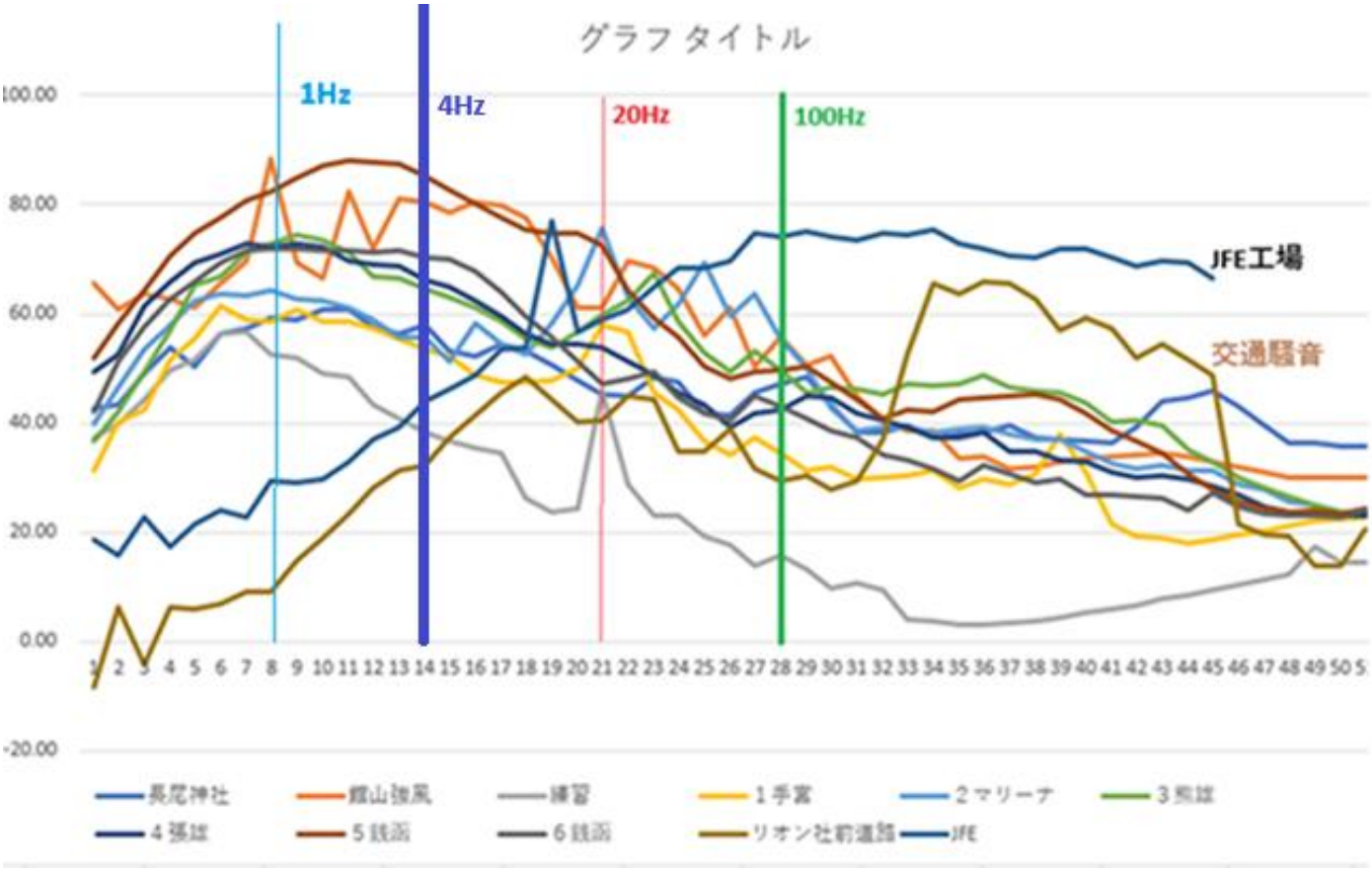
1/3 オクターブ解析で、リオン社前の道路の音、JFE の製鉄所内の音、千葉県館山市の風車音、マイクに風を当てての風雑音、石狩湾の数か所の風車群の音から計算したものを比べてみると次の様になります。

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
中心周波数	0.19	0.25	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00

番号	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
中心周波数	10.00	12.50	16.00	20.00	25.00	31.50	40.00	50.00	63.00	80.00	100.00	125.00	160.00	200.00	250.00	315.00	400.00

番号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
中心周波数	500.00	630.00	800.00	1000.00	1250.00	1600.00	2000.00	2500.00	3150.00	4000.00	5000.00	6300.00	8000.00	10000.00	12500.00	16000.00	20000.00

20Hz は、21 番のところです。

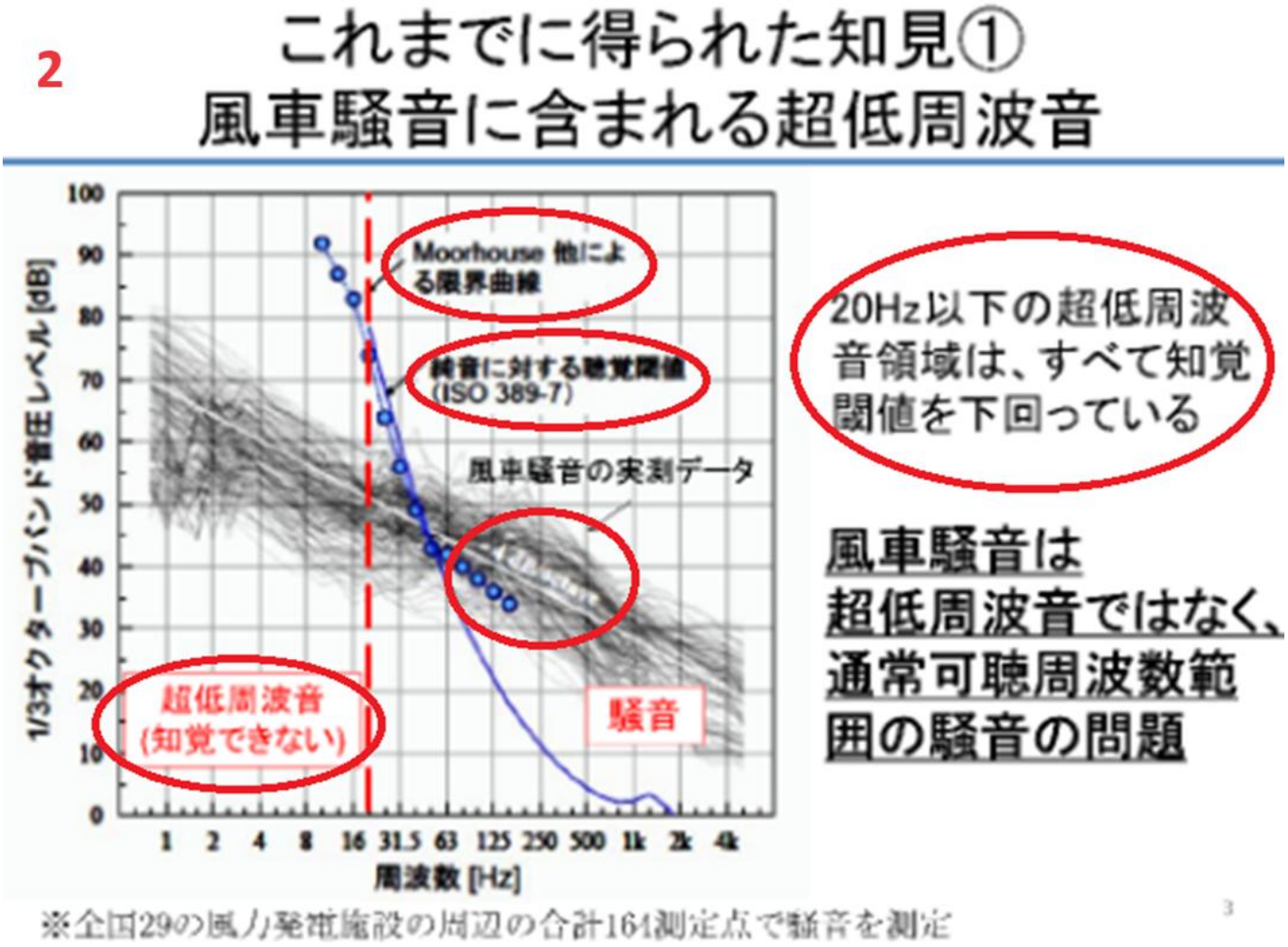


グラフの中央部分（8 番～33 番、1Hｚ～315Hｚ）の辺りでは、風車音は、全体として周波数が大きくなると音圧レベルが減少するが、交通騒音などは周波数が高くなると音圧レベルが上昇する。

8（1Hz）から 15（5Hｚ）辺りでの違いが大きい。これを見たくない人はこの部分を“風雑音”というのですが、詳細な周波数を確認すれば、離散的な特徴から風車の超低周波音だと分かるのです。

21 番のところが 20Hｚです。これよりも右の部分だけを考えて、音の大きさを比較すれば、“風車音が特に卓越しているわけではない。”となりますが、左側の部分（超低周波音の部分）が大きな問題になるのです。

次は、



音圧レベルとオクターブ、デシベルでの表示が関連してきます。

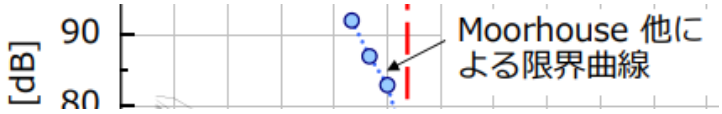
難しいい理論ではありません。丁寧な説明を聞けば誰でも分ることです。

では、見てゆきます。

英語：

この資料の左下には、知覚できない領域として 0Hz～20Hz（超低周波音）の範囲が示されている。

上の方をみると、



Moorhouse 他による“限界曲線”が、この領域にはみだしている。

Criterion　の意味は、

１．（判断・評価などの）基準、規範、尺度、よりどころ

２．特徴

語源は、ギリシャ語の基準（分ける、決めるより）

であり、これは、基準曲線と訳すべきです。基準は聴覚に関連する基準です。



A procedure for the assessment of low frequency noise complaints

Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD

http://dx.doi.org/10.1121/1.3180695

Title	A procedure for the assessment of low frequency noise complaints
Authors	Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD
Publication title	The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)
Publisher	Acoustical Society of America
Type	Article
USIR URL	This version is available at: http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/18459/
Published Date	2009

には、次のように書かれています。

The proposed criteria curve is provided as guidance for environmental health officers in their evaluation of an LFN complaint, and **not as an absolute limit**.

This means that tonal sounds at, or just below, the threshold of the hearing should be considered as environmental sources potentially responsible for the complaint.

提案された基準曲線は、環境衛生担当者のためのガイダンスとして提供されています、LFN 苦情の評価であり、**絶対的な制限としての評価ではありません**。これは、騒音が聴覚閾値より大きい、または少しだけ小さい場合は、環境音源として考慮されるべきであることを意味します。

と書いてあるのですら、基準曲線または参照曲線と訳すべきであり、限界曲線としたのでは、“騒音が聴覚閾値より大きい、または少しだけ小さい場合は”との記述を無視することになります。

“限界曲線”と言えば、その限界よりも低ければ問題なし。と聞こえてしまいます。“騒音が聴覚閾値より大きい、または少しだけ小さい場合は”との記述があるのですから、この日本語は不適当です。

“not as an absolute limit”と書いてあるのに、まるで、“absolute limit.”と書いてあるかのように訳してはいけないのです。

聴覚閾値と感覚閾値、知覚閾値

風車音の被害を把握するには、８つの観点が必要です。

音がうるさい

圧迫感や吐き気などによる不快感

直接的な健康被害としての頭痛

音が原因の建具や床のガタツキを感じる

夜間の光（航空障害灯）による安眠妨害

風車の陰によるイライラ

風車振動の地中伝搬　（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）

音源としての風車の形と距離減衰

音がうるさくて眠れない。これは、聴覚で感知した風車音の影響です。

周波数が低くなると、耳で音を感知するのは難しくなります。聴覚で感知できるか出来ないかの境界が聴覚閾値です。

人間には、耳の他にも、いろいろな感覚器官があり、うるさい、圧迫感がある、頭痛がする、暑い、寒いというような感覚を覚えます。耳では感知できない風車音の影響を他の感覚器官で、うるささ以外の形で感知することがあります。圧迫感を覚えるのは、耳ではありません。風車音による建具や床の振動を感知するのは、耳ではありません。

風車音はいろいろな形で、感知されます。音がどれかの感覚器官で感知されるか、どの感覚器官を使っても感知されないかの境界が、感覚閾値です。

超低周波音の領域では、聴覚閾値よりも不快感を感知する閾値の方が小さいことが分っています。

聴覚閾値と感覚閾値を混同してはいけません。もちろん、知覚閾値を同じ意味で使ってはいけません。環境省の HP に見られるような、支離滅裂な論理展開となってしまいます。

ISO 389-7:2019 にある、聴覚閾値の表の数値と、心身に係る苦情に関する参照値

2.2　心身に係る苦情に関する参照値

低周波音による心身に係る苦情に関する参照値は、表 2 及び G 特性音圧レベル L_G=92(dB)とする。

表 2　低周波音による心身に係る苦情に関する参照値

1/3ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1/3ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ音圧ﾚﾍﾞﾙ(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41

との対応表をつくれば、（10Ｈｚで 92ｄＢは、Moorhouse の数値と一致する。）

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80

参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
聴覚閾値（デシベル） 感覚閾値（デシベル）	78.1	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

（感覚閾値は聴覚閾値の間違いです。threshold of hearing　だから、聴覚（聴力）閾値です。）
となります。

もう少し正確な表を作れば、

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41
感覚閾値（デシベル） （2005年）	78.1 (78.5)	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5
聴覚閾値（デシベル） （2005年）	78.1 (78.5)	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5
バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	**-2.1**	**1.3**	**4.5**	**5.9**	**8**	**9.5**	**9.5**

となります。ISO での聴覚閾値の 20Hz での値は 78.5 から 78.1 に改訂されました。

環境省は、低周波音問題に関する Q&A の中で次のように言っています。
“大小関係で言うと、実際には、「心身に係る苦情の『参照値』」は「感覚閾値」より少し大きな値となっています。”
この表現は、２５Hz 以上の周波数成分については、正しい表現だが、２０Hz の所は、参照値が 76、感覚閾値が 78.1 となっていて、参照値よりも感覚閾値のほうが大きい。
これは、上記の表は、聴覚で音としてとらえる場合の限界、聴覚閾値 78.1ｄB にならなくても、それより低い 76ｄB の値の時に、音としてではなく、例えば圧迫感とかの他の感覚で音圧の変化をとらえて、不快感を覚えるという事を示していると考えます。
　環境省は、２０Hz での参照値と聴覚閾値（感覚閾値）の数値の逆転について、どう考えているのだろう？環境省の職員は、76 と 78.1 のどちらが大きな数値なのか、判断が出来ないのです。電話で聞いたときに、職員は、“書いてある通りです。” と答えました。

　２５Hz より周波数が高い部分に関しては、ISO389-7 に記載されている値のほうが小さい。よって、この部分だけならば、環境省の言い分は、感覚閾値と言いう語訳の問題を除けば正しい。しかし、２０Hz の所は、ISO389-7 の値の方が大きいのです。

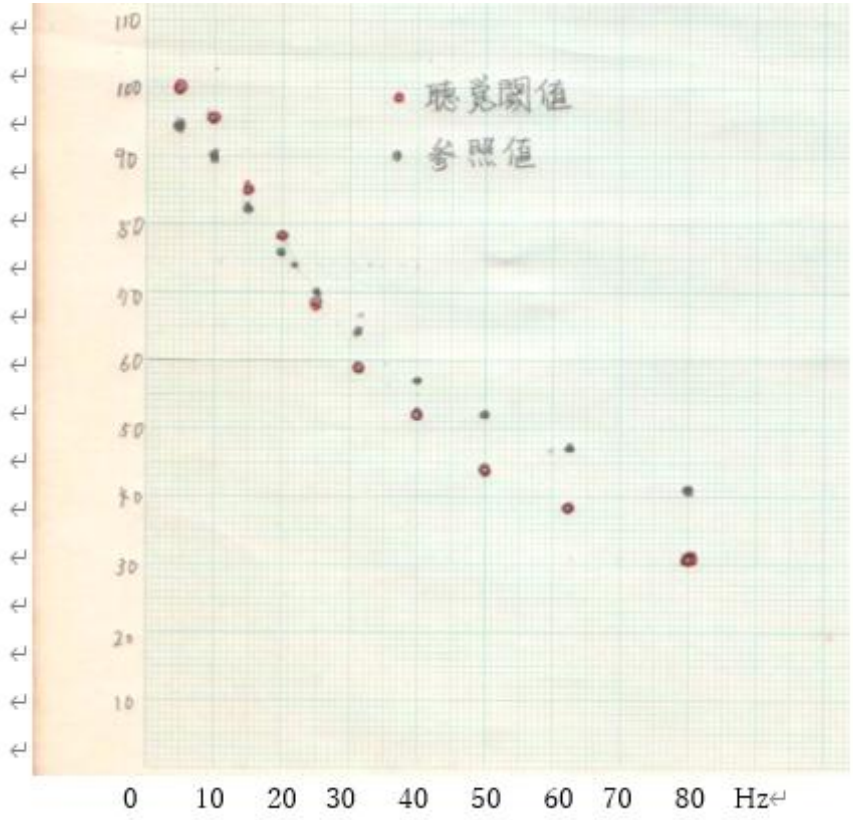
　これは、偶然ではありません。
参照値　－　聴覚閾値　の表を作れば次のようになります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	-2.1	1.3	4.5	5.9	8	9.5	9.5

この表は、周波数が低くなればなるほど、聴覚閾値と参照値（不快感を感じ始める値）の差が小さくなってきていて、20Hz では逆転することを示します。

10Hz、5Hz、1Hz、0.5Hz と低くなればなるほどこの傾向は続くと考えます。

グラフにすれば（参照値の予測もしてみました。）次のようになります。



参照値は、被験者の１０％が不快だと感じる値です。

これは、20Hz の音が 76ｄB の時に、人間が不快感を覚えたと言いう事です。もし、ISO389-7 の値が感覚閾値ならば、人間は 20Hz の音の音圧が 78.1ｄB（78.5ｄB）になるまで、人間は不快感を覚えないはずなのに、それよりも小さな値 76ｄB で不快感を覚えてしまうという矛盾が生じます。

聴覚閾値と正しく訳しておけば、20Hz の音に対して、人間の聴覚は 78.1ｄB になるまでは認識しないが、それ以外の感覚（圧迫感、頭痛、など）で 76ｄB の段階でも不快感を覚えると理解できるので、矛盾は生じません。

さて、あくまで感覚閾値だと主張すると、次の矛盾に耐えきれなくなります。

感覚閾値ならば、78.1 デシベルよりも低い音圧レベルの音は、人間の感覚では感知できないはずです。

でも、76 デシベルの音圧レベルで、不快感を覚えてしまいます。不快感の内容は人によるかもしれませんが、音、圧力、振動などを感じ取って不快だと思うのです。感覚閾値は、78.1 ではなくて、76 だとしなくてはなりません。

聴覚閾値としておけば、耳では音を感じなくても、76 デシベルの段階で、圧力や振動を体で感じ取り、不快感を覚える。のですから、全く矛盾は生じません。

環境省：低周波音問題に関する Q&A

Q６　『参照値』に科学的な根拠はありますか？

A６　『参照値』は平成 15 年に独立行政法人産業総合研究所において実施した聴感実験データから、一般被験者の 90%の人が寝室で許容できるレベルとして設定したものです。この聴感実験では、低周波音を発生させた実験室に被験者を部屋に入れて、被験者の反応を調査することで行いました。なお、被験者は、実験室の中で、耳だけでなく全身が低周波音に浴しており、いわゆる骨導音の影響も実験の中で自然に含まれ、総合的に把握されていると考えられます。

の記述を参考にすれば、聴覚以外の感覚器官による刺激を含めて反応を調査したものが参照値だと理解できます。

聴覚だけの聴覚閾値とそれ以外の感覚を含めた参照値が一致しないのは当然です。

このずれを検討しないで、聴覚閾値を単純に感覚閾値と言い換えたり、知覚閾値を言い換えたりしてはいけません。

風車音は、夜になっても止まりません、不眠による被害はとても大きなものです。

風車音による被害は、聴覚を介してのものだけではありません。最近の研究によれば、人間には気圧変動を感知する器官あります。この器官により 0.8Hz の超低周波音による気圧変動を感知することも考えられます。これは聴覚によるものではありません。

人間は振動を感知します。この感知は音を聞くための聴覚とは異なります。聴覚以外の感覚器官で風車音の影響を感知し、影響を受けるのです。

ガタツキに関しては、70ｄＢ以下で起きる可能性がありますので、ガタツキによる睡眠妨害を考えれば、風車音が人体に影響を及ぼす音圧の最小値は 70ｄＢ以下です。風車音の影響に関する知覚閾値は 70ｄＢ以下なのです。

家の中で眠る人にとっては、床や建具の振動も気になります。これに関連する値は、がたつき閾値と言われます。もしも、がたつき閾値が、0.1Hz ごとに、0Hz から 20Hz まで測定されていて、各周波数に関して、がたつき閾値を超えるものは存在しないと言う状況ならばもう少し安心できます。

残念ながら、5Ｈｚ未満の周波数につてのがたつき閾値（低周波音による物的苦情に関する参照値）を書いた文献は見つかりません。

館山の風車騒音の解析では、1/3 オクターブ解析を、ISO7196 に従って調べると次の表になります。

W15: transpose(w12)

	1: No Units	2: No Units	3: No Units	4: No Units	5: No Units	6: No Units	7: No Units
1:	54.727250	62.381626	54.976763	56.733648	58.610999	77.287140	64.371465
2:	0.250000	0.315000	0.400000	0.500000	0.630000	0.800000	1.000000
3:							

でも、

表１　低周波音による物的苦情に関する参照値

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

0.8Hz では、77.287140（ｄB）ですが、参照値がありません。

“ある周波数の低周波音が、その値以上であれば、その周波数の低周波音が苦情の原因である可能性が高い”

と書いてあるのだが、5Hz よりも低い周波数についての値が無いのです。参照値以下か否か判断できません。

しかし、日本の家屋の固有振動数が 1Hz 程度であることや、低周波音による物的苦情に関する参照値については、周波数が低くなると参照値も小さくなる傾向ははっきりと認められます。

このことから、0.8Hz で 77.28714 デシベルと言う値は、将来、がたつき閾値が 0.8Hz の周波数に対しても決定されたならば、がたつき閾値をはるかに超えていると結論できる、との推測ができます。表の減少傾向と見れば、0.8H z でのガタツキ閾値は、60～65ｄＢ程度だと予想出来ます。

聴覚以外の感覚器官による超低周波音（0Hz～20Hz）の感知や、風車音の影響を受けた家屋や建具から発生する音による 2 次的な影響を受けて、睡眠を妨げられることもあります。もちろん、これを確認するには、屋内での振動レベル計による計測や屋内での精密騒音計による計測の裏付けが必要です。

人間は、感覚器官での知覚と、知識を総合的に判断して、風車音の被害を知覚します。

様々な感覚器官による、風車音の影響の感知を調査すれば、知覚閾値は 65ｄＢ以下になることが予測されます。

聴覚閾値の数値が被害の目安にはならないのです。

グラフの左側を見れば、半数の風車に置いて 65ｄＢを超えています。

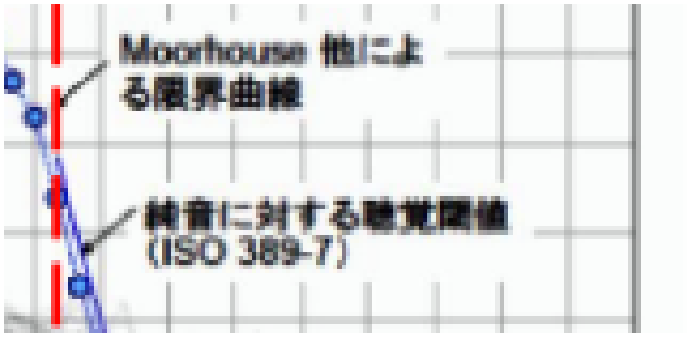
うるさい

圧迫感や頭痛

ガタツキ

による、睡眠妨害が起きていると考えるべきです。聞こえるか否かの境界値は、100ｄＢ程度でしょうが、風車音の影響が有るか無いかの境界値は、ずっと低いのです。

知覚閾値の考えが、被害を訴えさせないための仕組みなのです。



20Hz以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている

町田氏の書かれた、検討会報告書の 15 ページのように**聴覚閾値**と訳すべきです。

２）発生する音の特徴・性質

風力発電施設は、他の施設から発生する騒音と比較して、より低い周波数の騒音が発生していると一般に思われている。しかし、２－１．で示したとおり、20Hz 以下の音（超低周波音）に関しては、音圧レベルが**聴覚閾値**を超えるものは確認されていない。また、風車騒音と他の様々な騒音（表 2）の 1/3 オクターブバンド音圧レベルを比較した結果は図 8 に示すとおりであり、**他の様々な騒音の実測値と比較しても、風車騒音で特に低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない。**

これを、無理やり**感覚閾値**にしようとする人もいます。こんな文章もあります。

環境省の HP にある、参 考 資 料―低周波音の基礎知識―の、- 参考 5－　のページには、

d.1 感覚閾値

低周波音の**感覚閾値**（低周波音を感ずる最小音圧レベル）については多くの研究者によって検討がなされている。図-d.1 は様々な研究者によって得られた感覚閾値である 1)。これらの閾値は実験方法や実験施設の違いによって 5～10dB 程度の違いがある。大部分の結果は可聴音の閾値（ISO-226**（最小感覚閾値の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている）**）の延長線上にあり、周波数が低くなるに従い閾値は上昇している。数 Hz～50Hz 位を代表する傾斜はほぼ -12dB/oct.となっており、この傾斜が ISO-7196（超低周波音の心理的・生理的影響の評価特性）においても採用されている。通常、音としては知覚されないとされる超低周波音については、ISO-7196 によると、平均的には、G特性音圧レベルで 100dB を超えると超低周波音を感じ、概ね 90dB 以下では人間の知覚としては認識されないと記されている。G特性の基になった超低周波音の感覚閾値は欧米の実験結果に基づいている。

これらの値は平均値であり、例えば中村らの実験結果によれば閾値には±5～10dB 程度の幅があり、山田らによれば、標準偏差の 2 倍である±10dB の範囲に大部分の人が入るとされている

この中の、

（最小感覚閾値の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている）

についてだが、この規格の名前は、ISO 389-7:2019

Acoustics -- Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions

であり、threshold of hearing　なのだから、**最小聴覚閾値**と訳すべきです。

次は、実測データの中身を調べます・

図３をよく見ると、白抜きで、-4dB/octave と書いてあります。

「**ある音を基準として、周波数比が2倍になる音**」を「1オクターブ上の音」と呼んでいます。

周波数が２倍になると１オクターブ増える。１オクターブ増えると音圧レベルが4ｄB減る。

周波数が２倍になる系列として、

0.5Hz、1Hz、2Hz、4Ｈｚ、8Ｈｚ、16Ｈｚ、…

上のグラフでは、1/3オクターブバンド音圧レベルの値を使っています。計算を簡単にするために、1/1オクターブバンドに変換して考えます。

音圧レベルは、各周波数帯に属する音のエネルギーの合計で決ります。
0.5～１Ｈｚ、１～2Ｈｚ、2～4Ｈｚ、４～8Ｈｚ、8～16Ｈｚ、…でのエネルギーをｄＢ表示した値を使って、164本の曲線が描かれています。

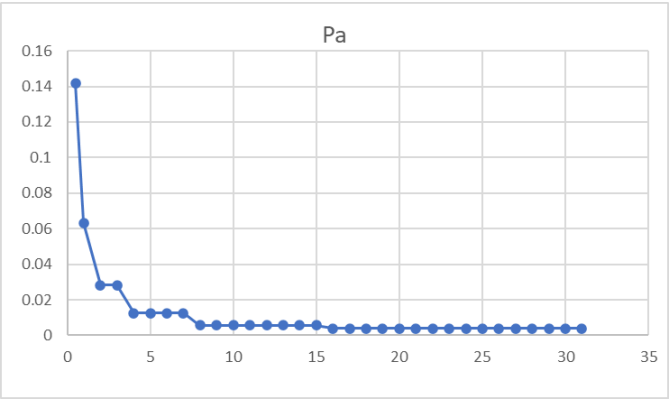
それらの中間をとった、白い斜めの線で言えば、下のような表になります。

Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
dB	74	70	66		62				58
Σ(Pa*Pa)	0.010048	0.004	0.001592		0.000634				0.000252
Pa*Pa/Hz	0.020095	0.004	0.000796	0.000796	0.000158	0.000158	0.000158	0.000158	3.15E-05
Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
Pa	0.141757	0.063246	0.028217	0.028217	0.012589	0.012589	0.012589	0.012589	0.005617

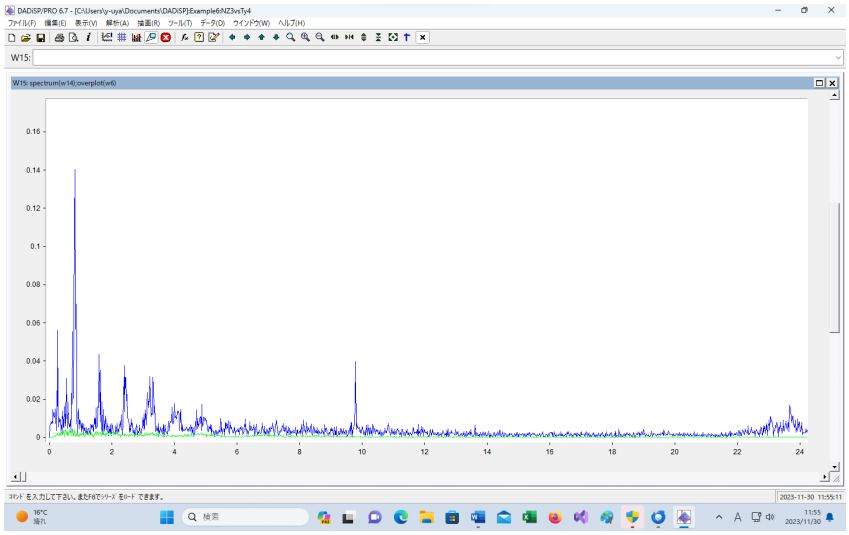
0.5Hz以上、1Ｈｚ未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、74ｄＢ
1Ｈｚ以上、2Hz未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、70ｄＢ
２Ｈｚ以上、4Hz未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、66ｄＢ
４Ｈｚ以上、8Ｈｚ未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、62ｄＢ
です。
このエネルギーを、線形座標目盛りに従って均等に分配してから、対応するパスカル値に変換すると、上の表の一番下の数値になります。

図３のグラフを表にして、値をパスカル値に変換すればグラフは次の様になります。

Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa/Hz	Hz	Pa
0.5	74	0.0100475	0.020095091	0.5	0.141757
1	70	0.004	0.004	1	0.063246
2	66	0.0015924	0.000796214	2	0.028217
3			0.000796214	3	0.028217
4	62	0.000634	0.000158489	4	0.012589
5			0.000158489	5	0.012589
6			0.000158489	6	0.012589
7			0.000158489	7	0.012589
8	58	0.0002524	3.15479E-05	8	0.005617
9			3.15479E-05	9	0.005617
10			3.15479E-05	10	0.005617
11			3.15479E-05	11	0.005617
12			3.15479E-05	12	0.005617
13			3.15479E-05	13	0.005617
14			3.15479E-05	14	0.005617
15			3.15479E-05	15	0.005617
16	58	0.0002524	1.57739E-05	16	0.003972
17			1.57739E-05	17	0.003972



右側のグラフは、下のグラフの青い線とよく似た形です。



また、100Hz から 4ｋHz の間では、

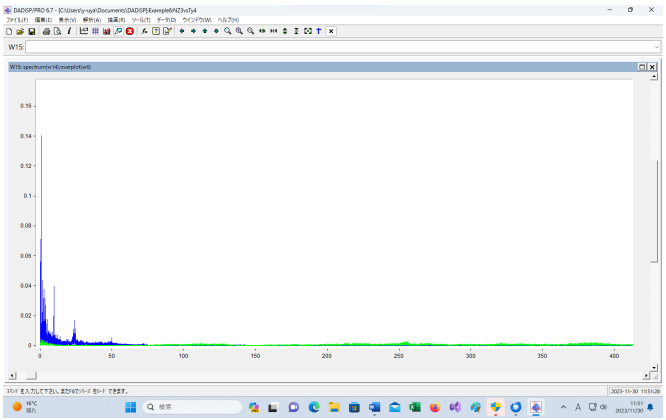
Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa/Hz	Hz	Pa
128	46	1.592E-05	1.24408E-07	128	0.000353
256	42	6.34E-06	2.4764E-08	256	0.000157
512	38	2.524E-06	4.92935E-09	512	7.02E-05
1024	34	1.005E-06	9.81206E-10	1024	3.13E-05
2048	30	0.0000004	1.95313E-10	2048	1.4E-05
4096	26	1.592E-07	3.88777E-11	4096	6.24E-06

図３での数値は風車によって違います。

音圧が高いもの、低いものを、1ｋHz、2ｋHz の辺りで調べると、次の表になります。

Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa/Hz	Hz	Pa
1024	38	2.524E-06	2.46468E-09	1024	4.96E-05
1024	34	1.005E-06	9.81206E-10	1024	3.13E-05
1024	15	1.265E-08	1.23526E-11	1024	3.51E-06
2048	35	1.265E-06	6.17632E-10	2048	2.49E-05
2048	30	0.0000004	1.95313E-10	2048	1.4E-05
2048	12	6.34E-09	3.09549E-12	2048	1.76E-06

0～400Hz までの拡大図、風車音（青）と神社での音（緑）の周波数スペクトル



上の図をよく見れば、100Hz～300Hz 辺りでは、神社での音の方の音圧が高くなっています。
200Hz 以上ならば、窓を閉めれば、遮音効果が効きますので、それほど問題にはなりません。

さて、風車音の被害は、超低周波音（0Hz-20Hz）を除外して考えることが適切なのでしょうか？

風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会　の報告書（ｐ14）には、不快感と A 特性音圧レベル（20Hz～）の関連を示す記述がある。

グラフでは、青い曲線と赤い曲線の曲がり方はよく似ている。従って、A 特性音圧レベルと不快感の間に関連性がある事は見て取れる。

風車音による被害を考える上では、曲線の曲がり方が似ている事よりも、曲線のズレの方が重要である。

風車音では、交通騒音に比べて、同じ A 特性音圧レベルでの被害が大きいのです。この原因を考えることが必要なのです。

風車騒音とわずらわしさ（アノイアンス）との量-反応関係についても多くの研究がなされている。複数の報告により、同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音は他の交通騒音よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすいことが示唆されている。

表 1 の Kuwano らの研究により得られた、日本を対象とした、風車騒音と道路交通騒音を非常に不快であると感じた者の割合（%HA）を図 7 に示す。この図によれば、非常に不快であるとの回答確率が 30%程度となる騒音レベルは昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn）で 60dB 程度、20%程度は 53dB 程度、10%程度は 43dB 程度となる。

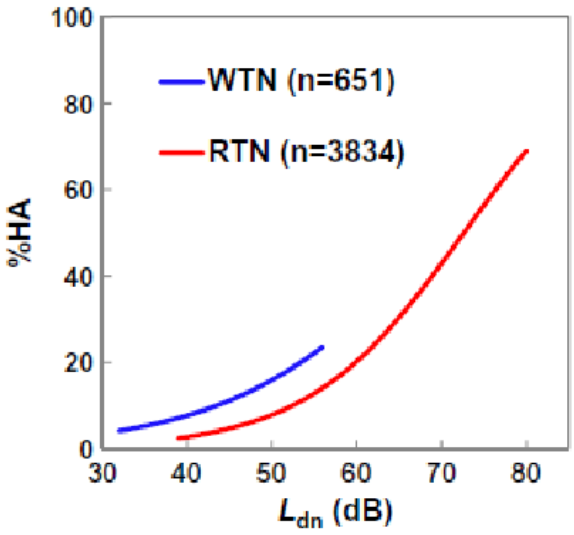


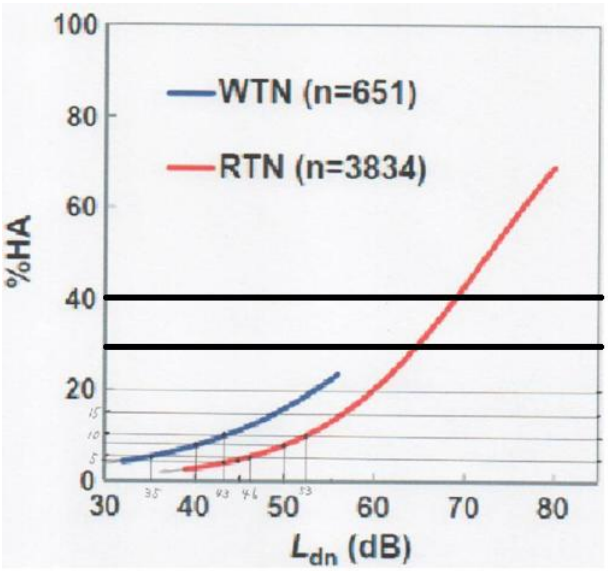
図 7 風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn ）※ と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

※ 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、LAeq に 6dB を加算して Ldn を推計している。

なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、**わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与**にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。

“同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音（20Hz 以上）は他の交通騒音（20Hz 以上）よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすいことが示唆されている。”

とあり、この差を調べると、



%HA	風車騒音	交通騒音	差
30%	60dB	64dB	4dB
20%	53dB	60dB	7dB
10%	43dB	53dB	10dB
8%	40dB	50dB	10dN
5%	35dB	46dB	11dB
4%	30dB	43dB	13dB

“非常に不快である”と感じる人の割合にかなりの差がある。

交通騒音での基準値の表と比較してみます。

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
ＡＡ	５０デシベル以下	４０デシベル以下
Ａ及びＢ	５５デシベル以下	４５デシベル以下
Ｃ	６０デシベル以下	５０デシベル以下

（注）
1　時間の区分は、昼間を午前６時から午後１０時までの間とし、夜間を午後１０時から翌日の午前６時までの間とする。
2　ＡＡを当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。
3　Ａを当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。
4　Ｂを当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。
5　Ｃを当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

住宅街での交通騒音での基準値は昼間で 55ｄＢ、夜間で 45ｄＢ です。

この数値の意味は、騒音値の基準と目安（日本騒音調査ソーチョー）の資料によれば、

うるさい	かなりうるさい。かなり大きな声を出さないと会話ができない	７０db	・騒々しい事務所の中 ・騒々しい街頭 ・セミの鳴き声（２ｍ） ・やかんの沸騰音（１ｍ）
	大きく聞こえ、うるさい。声を大きくすれば会話ができる	６０db	・洗濯機（１ｍ） ・掃除機（１ｍ） ・テレビ（１ｍ） ・トイレ（洗浄音） ・アイドリング（２ｍ） ・乗用車の車内
普通	大きく聞こえる、通常の会話は可能	５０db	・静かな事務所 ・家庭用クーラー（室外機） ・換気扇（１ｍ）
	聞こえるが、会話には支障なし	４０db	・市内の深夜 ・図書館 ・静かな住宅地の昼
静か	非常に小さく聞こえる	３０db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	２０db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

防音効果を無視して考えれば、

風車騒音は屋外で計測したA特性音圧レベル（２０Hz～）を使って評価します。
住宅地域での指針値の下限として40ｄBが示されています。風車騒音での40ｄBは、被害状況を比べながら交通騒音に対応させると、交通騒音での50ｄBに相当します。

風車は夜間も停止しません。もし、風車音で40ｄBの音が夜間放出されると、被害は、夜間に於いて交通騒音50ｄBが発生している状況と同程度の被害が出ます。

交通騒音で50ｄBだと、8%の人が“非常に不快である”と感じます。他の統計結果と比較すれば、“不快である”と感じる人の割合は、その２倍で、16%程度だと推測できます。

合計は、24%になります。上の表では“大きく聞こえる、通常の会話は可能”ですから、24%程度の人が、“睡眠の妨げとなる”と考えるのは当然の結果だと判断できます。

もちろん、眠りが浅くなっても、翌日死亡することはほとんどありません。そんな日が毎日続けば、車を運転中に居眠りします。子供は、学校の授業中に居眠りします。

死亡事故や、生涯賃金の減少が予測できます。もちろん、これは風車騒音（0Hz以上）による直接の影響ではありません。風車騒音（0Hz以上）は、毎日毎日ほんの少しだけ、安眠を妨げただけです。風車には責任はありません。眠い時に運転した人が悪いのです。眠いからと言って授業中に居眠りした生徒が悪いのです。

となりますが、室内での影響を考えると、もう少し複雑になります。

風車騒音でのグラフと、交通騒音でのグラフがずれている理由を考えなくてはなりません。
その理由については、次の事項を手掛かりにして考えてみます。

“なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、**景観への影響等、他の要因の寄与が大きい**と考えられると報告している。”

一つの考えとして、エネルギー分布の数値に着目します。

エネルギー分布	0～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

風車音でのエネルギー分布は、20Hz以上が７%、0～20Hzが93%になっています。
風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与の部分に注意して、
不快感に関する風車音の周波数帯ごとの寄与は、20Hz以上の寄与が9%、0から20Hzの寄与が91%
と考えれば、数値的にはそれなりに整合性があります。
単純な発想ですが、検証する価値はあると考えます。

騒音レベル（WTN）の値が同じでも、不快感を覚える人の比率は、交通騒音と風車音では差があります。
この差について、“風車騒音の特徴と指針・測定マニュアルについて、　落合博明（小林理学研究所）”

風車騒音のうるささ

風車騒音の社会調査結果

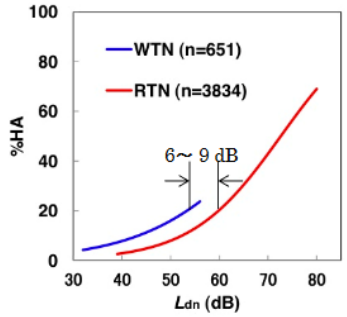


Fig.7 Relationship between Ldn and percentage of highly annoyed response of wind turbine noise (WTN) and road traffic noise (RTN)

- 全国の風車騒音が聞こえる地区34箇所と風車騒音の影響のない地区 16箇所（いずれも静かな田園地域あるいは山岳地域）において実施した社会調査結果
- 風車騒音と自動車騒音の量反応関係の比較；
- 風車騒音は自動車交通騒音よりうるさく、両者の差はL_{dn} を用いた暴露ー反応曲線で 6～ 9 dB 。

⇒ 風車騒音は音圧レベルが小さくても耳につくことがわかった。

桑野、矢野、影山、末岡、橘；風車騒音に関する社会調査 ーアンケート調査手法と調査結果ー、日本音響学会秋季研究発表会講演論文集、pp.1067-1070、2014.9

ＷＴＮは不快感の指標にはなりえないのです。指標として役立つためには、同じＷＴＮの値の時に、不快感を覚える人の割合が同じになる必要があります。

ＷＴＮは、交通騒音の場合は、そのエネルギーの 99%以上から計算された数値だが、風車音の場合には、そのエネルギーの 7%以下の部分から計算された数値なのです。したがって、風車音と交通騒音の共通の物差しにはなりえないのです。

グラフのズレについて６～９ｄＢとありますが、グラフを拡大して、水平線を引いて、交点の間隔を調べてみたら、次の様になりました。

誤差はあるでしょうが、ズレの理由を次の様に考えました。

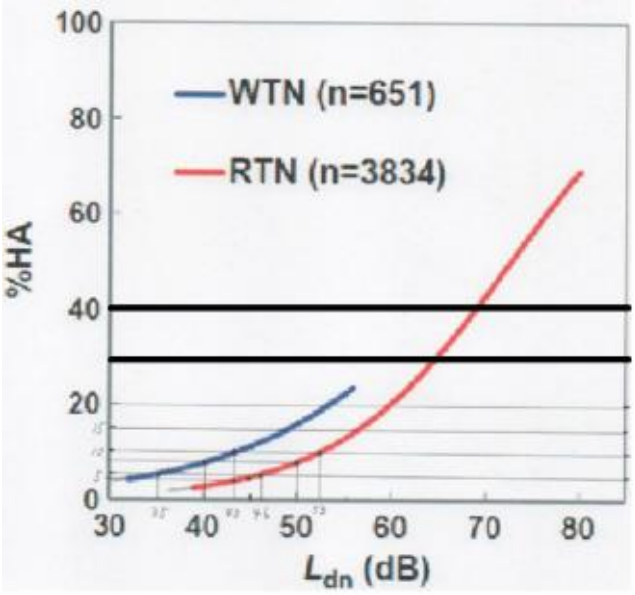
Ａ特性音圧レベルで計算される騒音レベルは、風車音のエネルギーの 7%と占める。この部分が、風車音全体のエネルギーの 99%まで増加したとすれば、

$$DB7 = 10 * log10(\frac{p_1^2}{p_0^2})$$

$$DB99 = 10 * log10\left(\frac{99}{7} * \frac{p_1^2}{p_0^2}\right) = DB7 + 11.5$$

となって、11.5ｄＢ増加します。

報告書（ｐ14）にある、風車騒音と交通騒音の違いを表にすると、



%HA	風車騒音	交通騒音	差
30%	60dB	64dB	4dB
20%	53dB	60dB	7dB
10%	43dB	53dB	10dB
8%	40dB	50dB	10dN
5%	35dB	46dB	11dB
4%	30dB	43dB	13dB

“非常に不快である”と感じる人の割合にかなりの差があることが分かります。

風車音の騒音レベルを 11.5ｄＢだけ補正すれば、数値としては、ほぼ一致します。表を作れば、

%HA	風車騒音	交通騒音	差	補正風車音	交通騒音	差
30%	60ｄB	64ｄB	4 ｄB	7 1 .5dB	64ｄB	-7.5ｄB
20%	53ｄB	60ｄB	7ｄB	64.5dB	60ｄB	-4.5ｄB
10%	43ｄB	53ｄB	10ｄB	54.5dB	53ｄB	-1.5ｄB
8%	40ｄB	50ｄB	10ｄB	51.5dB	50ｄB	-1.5ｄB
5%	35ｄB	46ｄB	11ｄB	46.5dB	46ｄB	-0.5ｄB
4%	30ｄB	43ｄB	13ｄB	41.5dB	43ｄB	1.5ｄB

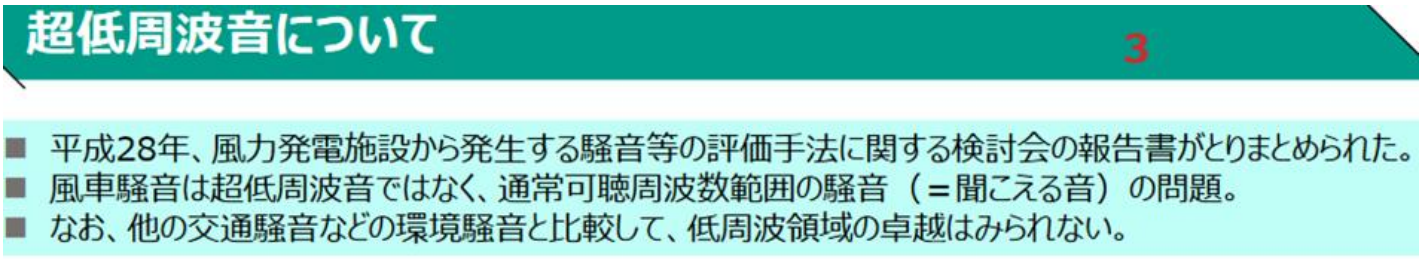
エネルギーの面から風車騒音の値を補正した数値を使えば、不快感を覚える人の割合が、ほぼ一致すると言えます。超低周波音を無視すれば、この違いの合理的な説明は出来ません。

交通騒音と風車騒音の質的な違いが無く、双方に対して、“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”と言えるためには、評価値としてのＡ特性音圧レベルが同じ値ならば、同程度の被害が出なくてはなりません。尺度を共通にしたときに、同じ値に対しての被害状況が異なるならば、その尺度は共通の尺度としては使えないのです。

不快になる割合が 30%になるときの、A 特性音圧レベルが、風車音で 43ｄB、交通騒音で 52ｄB と考えられるのです。9ｄB の差が出ています。この差の原因を考えれば、問題解明の手掛かりが見つかります。

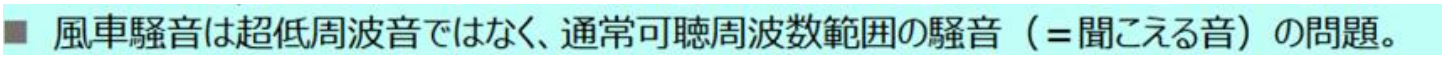
また、エネルギー分布を考えても、風車音の 7%のエネルギーから計算される数値で判断するのは、あまりにも、非科学的と言うしかない。

３番目の、



ですが、

まず、



については、その通りです。

この文章は、“風車騒音”の意味を説明しているだけなのです。同義反復であり、理論的な推論ではないのです。

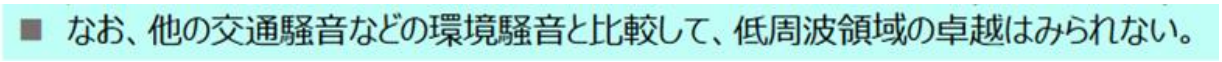
“**風車騒音**”とすれば、すでに 20Ｈｚ以上の可聴域に限定したことになり、超低周波音は 0～20Hz の音なので、可聴域の音ではありません。ですから、書いてあることは同義反復にすぎません。

風車音の全体的なエネルギーを評価する観点から書き直せば、

“**風車音**問題は、通常可聴域の問題ではなく、エネルギーの 93%を占めている**超低周波音の問題**なのです。”

となります。

さらに、



については、低周波音の意味が、

20～100Hz を「低周波音」（low frequency noise）

なのですから、この領域で比較すれば、交通騒音よりも音圧レベルは低いのです。

しかし、超低周波音の領域も含めて考えれば、

“他の交通騒音などの環境騒音と比較して、20～100Hz の範囲である低周波領域での卓越は見られないが、超低周波音の領域、特に 1Hz の近くでは、大幅な卓越が確認される。最大音圧は風車音で 0.15～0.42Pa、交通騒音では、0.0025Pa 程度です。100 倍程度です。”

残念ながら、



とあるにも関わらず、風車音の周波数スペクトルの１つも示されていないのは、

羊頭狗肉とでもいうべきなのでしょうか？

超低周波音は存在しない。騒音計で計測されるのは、風がマイクに当たったことによる風雑音だとでも言いたいのでしょうか？

さて、せっかく

■ なお、他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波領域の卓越はみられない。

と書いて誤魔化したのに、“低周波数領域（20～100Hz）”を省略する人がいます。

秋田県知事は、県民の声に対する回答の中で、
“超低周波音等による健康影響については、環境省によると、「**風車から発生する超低周波音は、音圧レベルが低く、人間に感じられないものであり、また、日常生活において身近な自動車のエンジンから発生するものと比較しても、特別大きいわけではない。**」とされています。また、「各国政府の報告書や、過去の論文等を整理したところ、風車から発生する超低周波音や低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。」という所見も示されておりますが、一方で、風車の音が騒音として聞こえる場合は、睡眠等への影響が考えられることから、事業者は、計画している風車の仕様や設置場所に基づき、調査・予測・評価し、その結果を環境影響評価準備書で示すことになっています。”
と言っています。

石狩湾新港ウィンドファーム（仮称）事業に係る環境影響評価準備書についての意見の概要と事業者の見解
見解の提出 平成 26 年 4 月 15 日　エコ・パワー株式会社
では、
“環境省が数年に渡り継続調査した結果から、風力発電機に起因する**超低周波音は、日常生活におけるレベル（バスや電車、自家用車内）と同程度**で、感知されるレベルを遙かに下回ることが分かっています。
対象事業実施区域は、石狩湾新港地域内に位置し、周辺で操業している企業活動によるさまざまな超低周波音が発生している状況です。そのような状況下で、風力発電機から生じる超低周波音が特別に大きいレベルではないと考えています。“
と書かれています。

“低周波数領域（20～100Hz）”を省略した記述は、計測結果から見れば完全な誤りです。

1/3 オクターブ解析で、リオン社前の道路の音、JFE の製鉄所内の音、千葉県館山市の風車音（強風時）、マイクに風を当てて測った神社での音、石狩湾の数か所の風車群の音から計算した平坦特性での音圧レベルを比べてみると次の様になります。

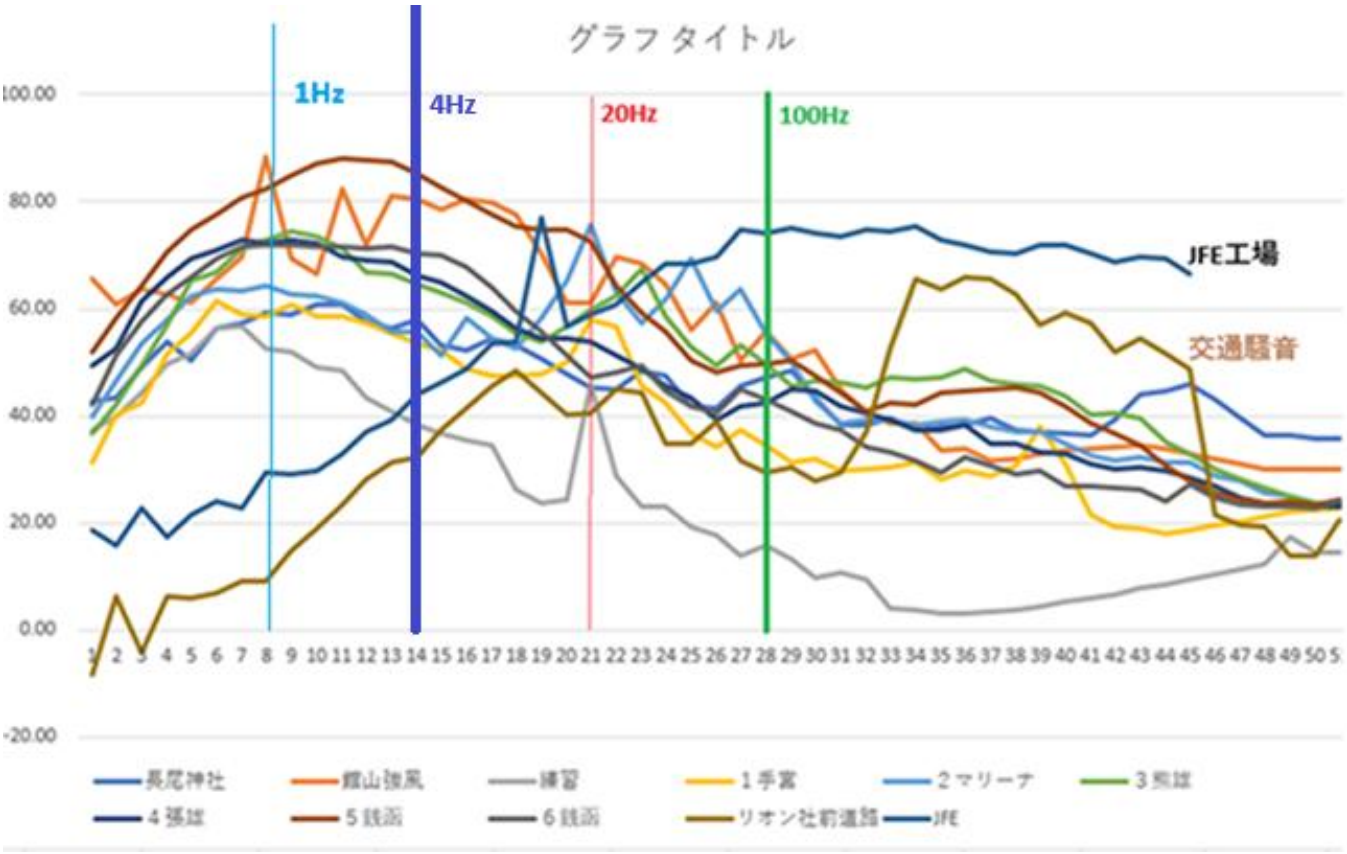
なお、番号と中心周波数の関係は次の表です。

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
中心周波数	0.19	0.25	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00

番号	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
中心周波数	10.00	12.50	16.00	20.00	25.00	31.50	40.00	50.00	63.00	80.00	100.00	125.00	160.00	200.00	250.00	315.00	400.00

番号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
中心周波数	500.00	630.00	800.00	1000.00	1250.00	1600.00	2000.00	2500.00	3150.00	4000.00	5000.00	6300.00	8000.00	10000.00	12500.00	16000.00	20000.00

20Hz は、21 番（赤い直線）、100Hz は 28 番（緑の直線）の所です。



グラフの中央部分（8 番～33 番、1Hｚ～315Hｚ）の辺りでは、風車音は、全体として周波数が大きくなると音圧レベルが減少するが、交通騒音などは周波数が高くなると音圧レベルが上昇する。

JFE の製鉄所内の騒音でも、0～20Hz の領域では小さな音圧ですが、この領域では風車音の音圧は極めて高いのです。

8 番（1Hz）から 15 番（5Hｚ）辺りでの違いが大きい。これを風車からの超低周波音だと認めたくない人はこの部分を“風雑音”というのですが、風車音が発生する仕組みを考えて、詳細な周波数を確認すれば、離散的な特徴から風車の超低周波音だと分かるのです。

となっています。

が、さらに測定方法が問題になります。

エコ・パワー株式会社は、

“「低周波音の測定方法に関するマニュアルでの測定事例（参考 1-12)」と比較して特別高い値ではないと考えています。当該地点の測定時風速は 1～4m/s 程度で、防風スクリーン（RION WS-03）を装着して測定を行っており、風雑音の影響は低減できていると考えています“

と言っている。

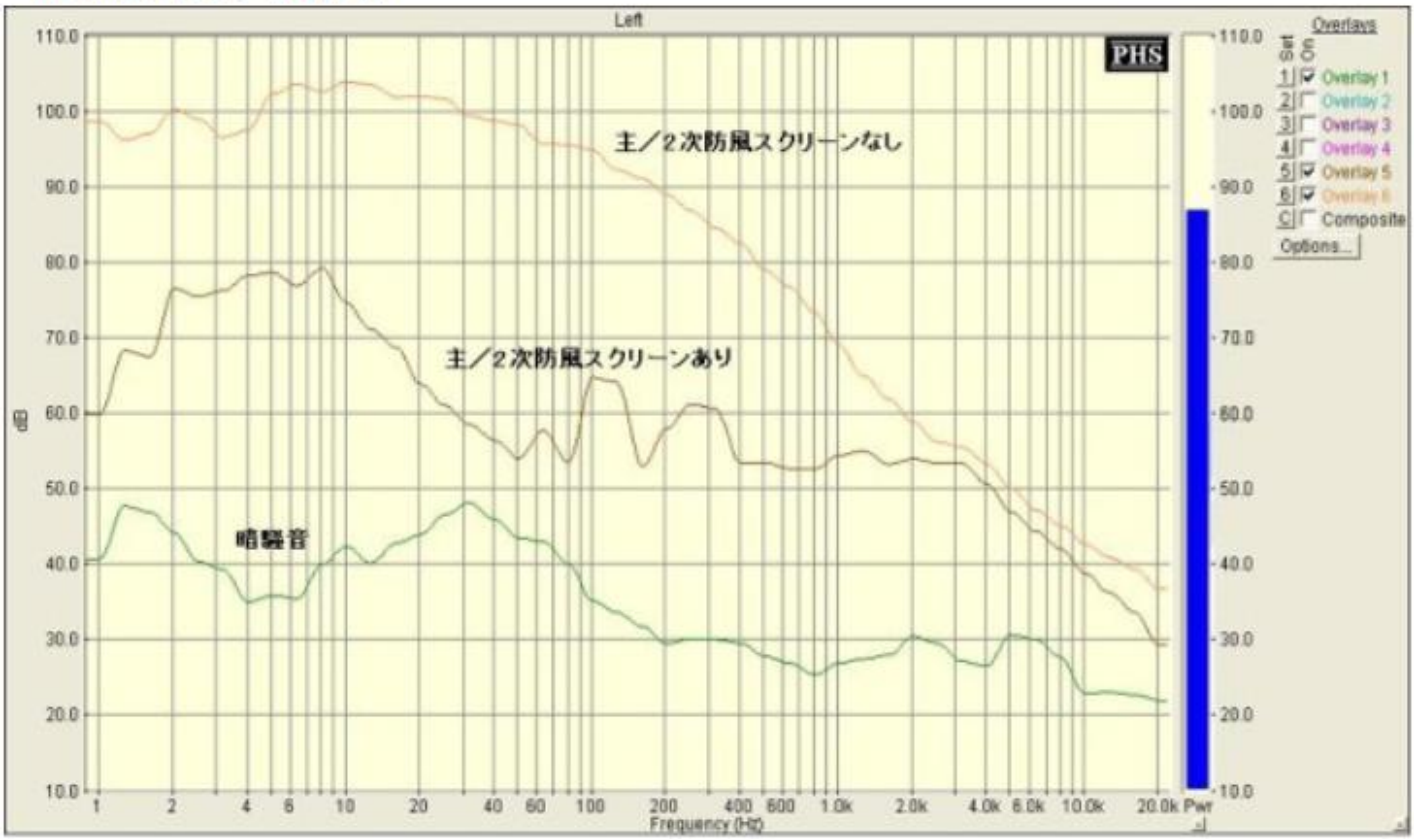
測定時の風速、測定機材、測定方法、測定結果の計算方法に問題があるが、被害が起きる室内での音圧レベルを考慮する必要がある。

２次防風スクリーン Φ460×230(H)

主防風スクリーン Φ90半割内蔵

組　　立　　：簡易取り付け方式（約10分）

【風切音減少効果】



1Hz で 38ｄB、5Hz で 20ｄB 程度の差があります。

音の大きさに○○ﾃﾞｼﾍﾞﾙの差があるとは？	大きさは何倍なのか
60デシベルの差とは→	百万倍の差
50デシベルの差とは→	10万倍の差
40デシベルの差とは→	1万倍の差
30デシベルの差とは→	1千倍の差
20デシベルの差とは→	100倍の差
10デシベルの差とは→	10倍の差

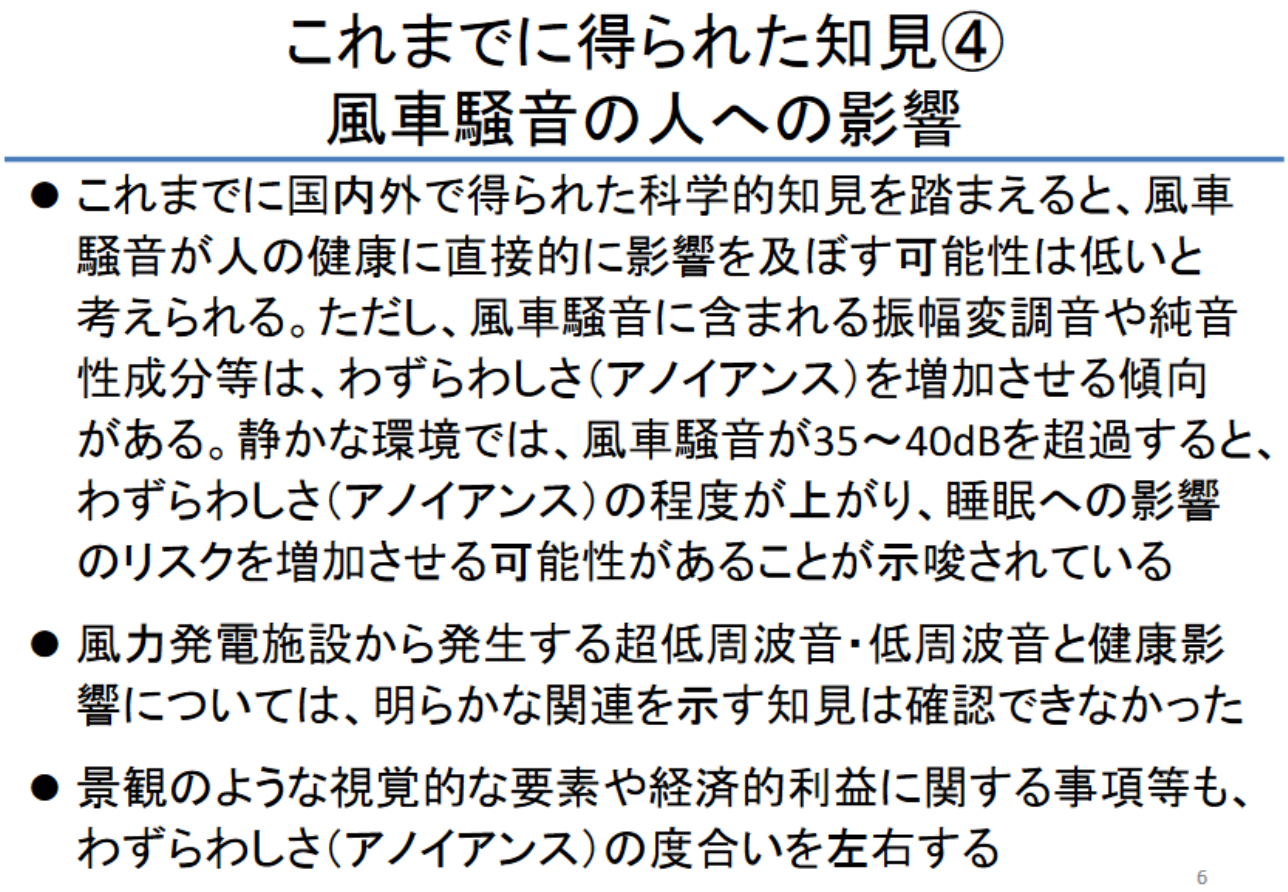
dBの差＝10 log(1/A)

二重防風スクリーンを付けて計測した結果は、1～500Hz の間では、20ｄB～40ｄB 程度の減衰となるので、実際の音圧の 1/100～1/10000 程度の数値として観測されます。

窓ガラスでの防音効果はもっと小さいので、室内ではガタツキ閾値を超えていて、被害が起きることが多いのです。

さらに、室内での音圧を考える時には、次の事にも注意する必要があります。

平成２８年１１月　風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会 報告書概要
には、



と書かれている。

この記述を見ると、

健康影響についての明らかな関連が示せた場合のみ、風車音の責任を認める。

睡眠への影響は重要であるが、直接的な健康影響ではないから責任は取らない。

というようにも読める。

風車騒音は、わずらわしさ（アノイアンス）に伴う睡眠影響を生じる可能性はあるものの、人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。

との主張もありますが、これに関しては、

風車騒音の意味が問題になります。
そして、
人間の健康に直接的に影響を及ぼす
の意味も問題なのです。

風車音を浴びて、その日に死亡したと言うような事例は聞いたことが無いが、

極めて周波数が高い、超音波では直接的と言える被害も出ています。もちろん、超音波を聴覚で捉えることは出来ません。聴覚閾値以下の音です。しかし、この聴覚閾値以下の超音波に人間の体は直接反応します。
超音波を使った美顔器でも使い方によっては事故が起きます。
この場合は、超音波を感知したと言うよりは、超音波に直接反応したと言うべきでしょうが、聴覚閾値に至らない音が、人体に直接作用して被害を生む事もあることが分かります。

“超音波使った美容施術” 規制が必要か検討へ 消費者事故調
2022 年 7 月 27 日 7 時 07 分
エステサロンなどで超音波の技術を使った美容施術を受けた結果、やけどやシミができるといった事故が相次いでいるとして、消費者庁の安全調査委員会が調査の中間結果を報告し、機器の使用などに関して法令による規制が必要かを検討していくことを明らかにしました。
事故が相次いでいるのは、エステティックサロンなどで行われている、肌のたるみを取ったり痩身（そうしん）効果を得たりするために「HIFU」と呼ばれる機器で超音波を照射する施術です。
去年から調査を進めている消費者庁の安全調査委員会、いわゆる消費者事故調が 26 日に調査の中間結果を報告しました。
それによりますと、2015 年 11 月からことし 5 月末での間に 110 件の事故の情報が寄せられ、このうち 76 件はエステサロンで起きていて、
内訳は
▽やけどが 45 件、
▽皮膚が赤く腫れる、シミができたなどの「皮膚障害」が 23 件、
▽マヒが残ったといった「神経・感覚の障害」が 13 件などとなっています。
これまでの調査では、施術者が施術の内容や注意事項などを十分に説明しておらず、利用者がリスクを理解していないケースも多いことや、非常に強い照射能力があり、やけどなどを引き起こすおそれがある機器がエステ店で広く使われていることが分かったということです。
事故調は今後、機器の使用などに関して法令による規制が必要かどうかなどをまとめ、今年度内に再発防止への提言を示したいとしています。

一度建設された風車は、約 20 年間、昼も夜も住人に対して、超低周波音（ISO7196）を浴びせます。
不眠を訴える人が多く出ます。不眠が継続すると、問題が起きるのです。
これは、農漁村地区の人にとっては重要な問題です。安眠できなければ、朝早く起きたときに眠気が残ります。良く眠れなければ体力も落ちます。
夏に、朝早く起きて海老網の手伝いをしている方の睡眠時間は極端に短くなってしまいます。眠くてぼんやりした頭で、バイクに乗って港に向かう。とても危険なことです。

車を運転するときに、居眠り運転をする可能性も高くなります。人身事故も十分予想されます。

夏に、草刈や草取りの農作業をする人も多いです。体力が落ちている人が、炎天下で農作業をしたら、熱中症になってしまいます。

熱中症で畑に倒れているところを、他の人に見つけてもらって、病院に行った方もいるとの話も聞いています。

海に潜って、アワビを採る人にとっても、睡眠不足は大変危険です。体調不良で潜っていて気分が悪くなるのは、良くあることです。眠れなくて体力が落ちれば、漁獲高にも影響します。

良く眠れない原因となる風力発電施設を作ることは、私たちの命を縮めることであり、漁業による収入の減少を招くことです。

不眠は被害なのです。苦情ではありません。不眠の面からだけ考えても、“**人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い**”と言えますが、“**人の健康や活動に間接的な影響を及ぼす可能性は極めて高い**”とも言えます。

睡眠妨害が拷問の技法であることは、昔から知られています。

PhantaPorta
パンタポルタ

魔女狩りの常套手段！ 人間性を奪う拷問「睡眠妨害」の恐怖

拷問の歴史 | 西洋史 | 狸穴醍 | 歴史・文化

今回は道具を使わず、眠りを妨げることで犠牲者を従わせる「睡眠妨害」の拷問を紹介します。

嘘の自白、精神異常、果ては死……睡眠妨害の末路

眠りによる休息は、あらゆる生物にとって必要不可欠なものです。それだけに、睡眠の妨害は非常に効果の高い拷問となりえます。

睡眠妨害の拷問は古くから行われていましたが、古代や中世では拷問に残酷さが求められたためあまり目立っていませんでした。しかし、近世以降になると盛んに用いられるようになります。

睡眠妨害のうちもっとも原始的な拷問はなんでしょう？

それは、24 時間体制で見張りをつけて眠らせないようにしておくというものです。犠牲者は監房に閉じ込められ、居眠りをすれば執行人に棒でこづかれます。その状態で歩き続けなければならないこともありました。もちろん飲食は最低限だけ、または禁止です。

こうして長時間眠れずにいると、犠牲者の精神は追い詰められ、誘導尋問に乗りやすくなりますし、無実であっても言われた通りのことを自白してしまいます。

また限界に達すれば精神に異常をきたすこともあり、方法によっては死んでしまうことすらありました。

こうした睡眠妨害は、犠牲者の身体に傷が残りにくいことから、現代でも密かに行われ続けているといいます。

南房総市が 2021 年２月１１日に発行した、広報みなみぼうそう２月号には、次のように書かれている。

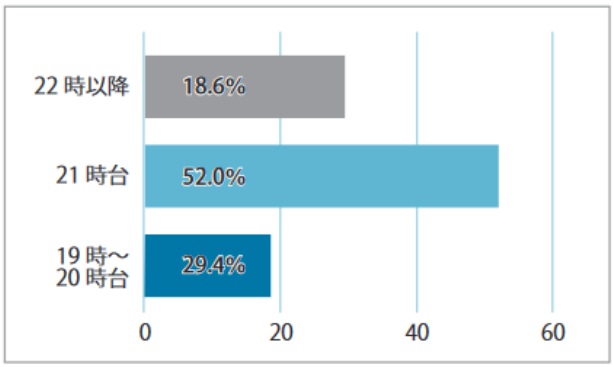
子どもの睡眠と成長ホルモン
～夜9時までに眠り、朝7時までに起きる～

健康だより

問 保健予防室 ☎ 36−1154

睡眠は子どもの成長に大きくかかわっています。３歳児健康診査状況からみると、南房総市では夜型の傾向が進んでいることが伺えます。子どもの成長には、食事や運動だけではなく、睡眠を意識した生活リズムを整えることが大切です。夜９時までに眠り、朝7時までに起きることが理想です。

身体の成長や健康の維持には、『成長ホルモン』と呼ばれるホルモンの働きが関与しています。『成長ホルモン』は①免疫力の増強、②筋肉の発達、③骨を伸ばす役割を担っています。睡眠時、とくに入眠直後の深い眠り（ノンレム睡眠）の間に多く分泌されます。



子どもの就寝時間
（令和２年度３歳児健康診査から）

睡眠の質を高めるために

◇朝起きたら太陽の光で体内時計をリセット

朝強い光を浴びることで、体内時計をリセットしてくれ、脳と体を目覚めさせます。まずは、朝早く起きることからはじめ、日中天気の良い日は外でたくさん遊ばせましょう。

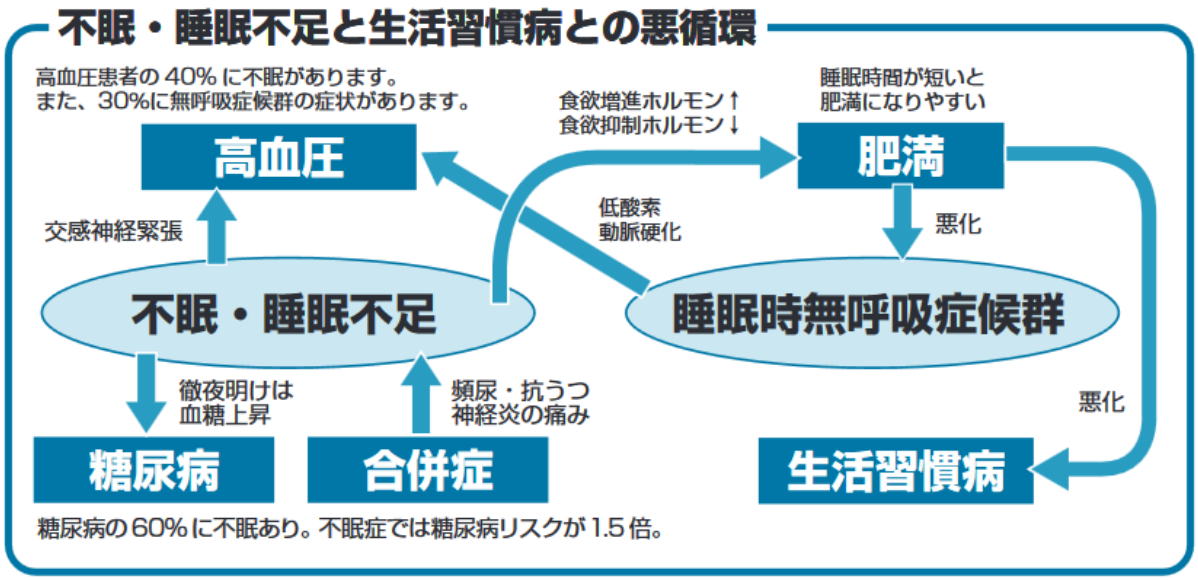
◇ブルーライトを遮断し、灯りは暗く

遅くまで、テレビ、ゲーム、スマホなどをしていると夜はなかなか眠れません。寝る前のテレビやスマホは避け、部屋の明かりを消して静かな環境を整えましょう。

◇休日でもいつもと同じ時間に起床する

休み前の夜更かし、眠れなかった分を補おうと休日に多く睡眠時間を確保すると、より生活リズムが崩れてしまいます。休日も平日と同じ時間に就寝・起床し、眠気がある場合は短時間の午睡を取り入れましょう。

子どもの夜型化には大人の生活習慣が影響を与えています。大人の生活習慣を見直すことが大切です。大人にとっても睡眠は重要です。睡眠不足は糖尿病や心筋梗塞などの生活習慣病や認知症のリスクを高めます。



睡眠は、健康な生活にとって極めて重要なのです。ネット上では、

疲労物質と睡眠
疲労とは？疲労の原因と回復方法
公開日：2016 年 7 月 25 日 12 時 00 分
更新日：2019 年 8 月 5 日 15 時 59 分
疲労とは
疲労は「疲れ」とも表現され、痛みや発熱と同様に「これ以上、運動や仕事などの作業を続けると体に害が及びますよ」という人間の生体における警報のひとつです。疲労は、人間が生命を維持するために身体の状態や機能を一定に保とうとする恒常性（ホメオスタシス）のひとつとして、痛みや発熱などと並んでそれ以上の活動を制限するサインとして働いています。
疲労の定義
日本疲労学会では、「疲労とは過度の肉体的および精神的活動、または疾病によって生じた独特の不快感と休養の願望を伴う身体の活動能力の減退状態である」1)と定義されています。疲労は、心身への過負荷により生じた活動能力の低下のことを言い、思考能力の低下や、刺激に対する反応の低下、注意力の低下、注意散漫、動作緩慢、行動量の低下、眼のかすみ、頭痛、肩こり、腰痛などがみられます。
疲労の原因
自律神経の中枢部では、身体の器官や組織の調節を行い、絶えず生命維持のための身体機能を一定に保っています。運動時には、運動強度や体調に応じて呼吸や心拍、体温などの機能の調節を行っており、身体へかかる負荷に合わせて生体機能のコントロールを行う自律神経の中枢も働き続けます。運動によって体にかかる負荷が大きくなるほど、自律神経の中枢にかかる負荷も大きくなり、自律神経の中枢がある脳がダメージを受けることで疲労が起こるとされています。
疲労を起こすのは活性酸素による酸化ストレスで、神経細胞が破壊されるからであると考えられています。運動などのエネルギーをたくさん使う活動では、酸素が多く消費されるとともに活性酸素も多量に発生します。活性酸素が発生すると、活性酸素を分解して体内から除去する抗酸化酵素が働くようになっていますが、発生する活性酸素の量が抗酸化酵素の働きを上回ると自律神経の細胞や筋肉が活性酸素によって攻撃されて疲労へとつながります。
加齢や紫外線を浴びることは活性酸素の影響を受けやすくなるため、疲労が起こりやすくなります。睡眠障害や睡眠時無呼吸症候群も疲労を蓄積させる原因となることが言われています。
乳酸は疲労物質か？
「乳酸は疲労物質」という考え方がされていましたが、現在では乳酸が疲労を起こす物質であるという考えは間違いであるとされています。疲労した筋肉では乳酸の濃度が高くなり、筋肉のパフォーマンス低下がみられるけれども、乳酸がパフォーマンスの低下をもたらすのではないとされています 2)3)。
最新の研究では、高負荷の運動時に、糖質がエネルギーとして使われる際に乳酸が産生され、筋肉の細胞のエネルギー源として再利用されることがわかっています。運動中の脳内でも神経細胞のエネルギー源として乳酸が働くことも確認されています 2)。
疲労と病気
疲労によって身体の機能を一定に保つ恒常性が乱れると自律神経失調症の症状がみられるようになります。疲れが蓄積すると防衛反応としてステロイドホルモンが分泌されます。ステロイドホルモンが多量に分泌されると、

血管の老化による動脈硬化やインスリン抵抗性による高血糖・肥満などのリスクが高まり、高血圧、糖尿病、脂質異常症などの生活習慣病、メタボリックシンドロームにかかりやすくなって心筋梗塞や脳梗塞などの原因となります。ステロイドホルモンは免疫を下げる作用もあり、さらに疲労が蓄積することで免疫系が働きにくくなり、がんの進行から身体を守る防衛機能も低下します。

疲労の回復方法

良質な睡眠をとることが疲労回復に最も効果的であるとされています。1日3食のバランスのとれた食事を摂り、生活リズムを整えること、食事は眠る時間の3時間前に済ませておき、眠る1～2時間前に8分程度、38～40度のぬるま湯にみぞおちの辺りまでつかることが質のよい睡眠を招きます。

との記事も公開されています。

この常識を無視して、

“これらの音によりわずらわしさ（アノイアンス）を増加させ、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。”と言われたら、“お前たちを拷問にかけてやる。”と宣言しているとしか思えません。いくら、環境省のお役人様が偉いといっても、このようなことは受け入れられません。

朝早くから、車を運転する人にとっては命に係わる重大な事柄です。居眠り運転は運転する人だけではなく、歩行者や、他の車を巻き込む事故の起きる可能性が大きくなります。

命に係わる事柄です。もちろん、騒音が１日だけとか、夕方６時から朝６時までは風車を止めるとかの配慮があれば、少しは危険性が減少するでしょうが、１年中、２４時間うるさくされたら、住民は困り果てます。

２００７年末、東伊豆の別荘地では１５００ｷﾛﾜｯﾄ×１０基の風力発電が運転を始めた直後から、住民のなかで健康被害が続出した。この因果関係を調べるため、事故で風車が停止しているとき、団地自治会が独自に疫学調査を実施した【表１】。不眠、血圧、胸・腹・歯・鼻・耳痛などの症状が、風車が停止することで大きく改善したことがわかる。

表1 東伊豆での風車停止中の被害改善調査（%）

風車からの距離(m)	500m未満	500～700m未満	700～900m未満	900m以上	生理的要素
不　眠	71	27	13	0	距離が離れると改善
血　圧	18	15	0	0	距離が離れると改善
リンパ腺の腫れ	6	2	0	0	距離が離れると改善
胸腹歯耳鼻痛	41	39	25	0	距離が離れると改善
煩い・イライラ	59	61	75	0	心理的要素も
頭痛・肩こり	41	39	81	33	心理的要素も
全体で改善	94	76	94	33	心理的要素も

注：事故停止中、住民121人中の77人が回答した。改善63人（改善率82%）。調査結果に転居（10戸）避難者は含まない。出典：三井大林熱川自治会（2009）。

この結果を受けて住民が動き、今後は夜間に住宅直近の風車３基を停止すること、次に近い風車２基の回転数を４割減らすこと――という内容の協定を、自治会と事業者と東伊豆町の三者で結んだという。これによって睡眠障害は７割減った。ただし、それでも耐えられず転居した家族もいる。

とのことです。

超低周波音・低周波音のケースは、超音波とは違いますが、可能性に関しては慎重に確認することが必要です。“音波が、人間の健康に直接的に影響を及ぼす”可能性があるような現象としては、超低周波音による音響キャビテーションと、超音波による障害の 2 つが考えられる。

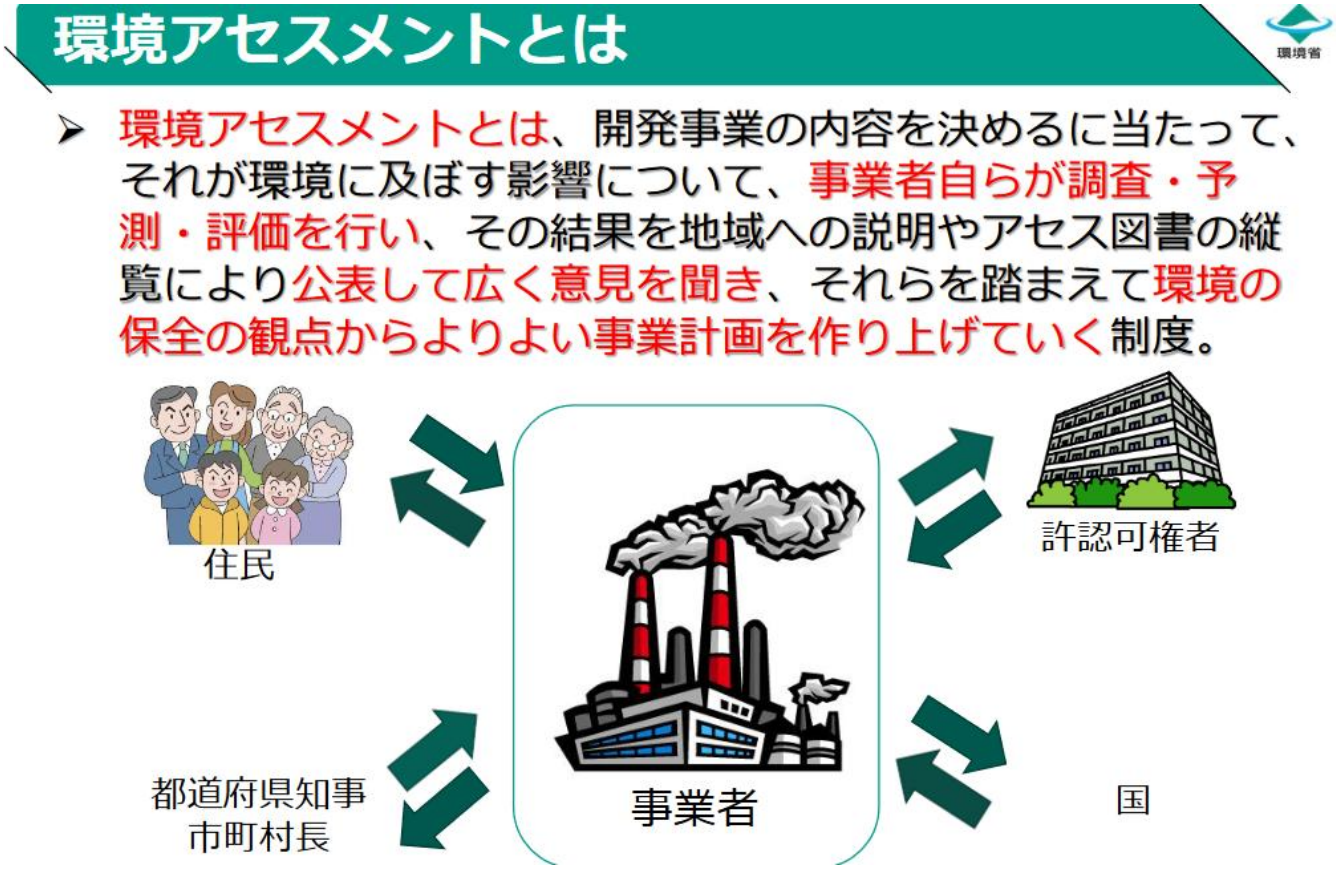
風車音で、音響キャビテーションが起こるかどうかについては詳細な検討が必要ですが、風車音が発生する仕組みを理解して、音響キャビテーションが発生する条件と比較すれば、頭痛の直接的な原因である可能性は極めて高いと言えます。

音響キャビテーションで気泡が発生して頭痛が起きるならば、風車音は健康に直接的に影響を及ぼすと言えます。

最近の環境省

環境省が 2021 年１２月に公開した資料“風力発電所の環境影響について”があります。

ここには、環境アセスメントの説明と、変更点について書かれています。



環境アセスメントでは、“事業者自らが調査・予測・評価を行い”とあります。

事業者が、自分に都合の良いように、調査・予測・評価と行うのは、企業は利益を追求する組織ですから当然の事です。自社の利益に反するような調査・予測・評価は行わないのです。

住民は自らの生活基盤を守るとの観点から調査・予測・評価を行うことが必要です。

県や市は、地域住民の生活環境を良好な状態に保ち、その上で、地域社会の存続と発展を測るとの観点から独自に、調査・予測・評価をおこなうべきです。

現状では、県や市は、計測機材を持っていても、計測してはくれません。計測機材を自前で用意している町内会はほとんどありません。

現状は悲惨な状況なのです。

計測方法に関して環境省が制限しています。目的は風車被害の原因を隠蔽するためだと推測されます。

風力発電施設から発生する**騒音に関する指針**について

には、

“下記に示した本指針策定の趣旨等及び別紙の指針、並びに風力発電施設から発生する騒音等の測定方法について別途通知する「風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル」を、**騒音問題を未然に防止するために対策を講じ生活環境を保全する上での参考としていただくとともに、関係の事業者等へ周知いただくなど格段の御**

配意をお願いいたします。

各都道府県におかれましては、この旨、管下町村に対して周知いただきますようお願いいたします。“

とある。

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”

マニュアルは、

“風力発電施設から発生する騒音等の測定は、これらの特性を踏まえた方法により実施する必要がある。**本マニュアルは**、風力発電施設の設置事業者・製造事業者、行政（国、地方公共団体）、**地域住民等の関係者等が、風力発電施設から発生する騒音に関する測定を行う場合の標準的な方法を示すもの**であり、風車騒音、残留騒音の測定方法の他、測定手順や留意点等も併せて記載したものである。“

との事であるが、

その３ページには、

“2.3.5　風雑音

風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。

風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”

とあり、７ページでは、

“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）

風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。

風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。

（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“

となっていて、“除外音処理”で消し去ることを要求しています。

報告書（風力発電施設から発生する騒音等への対応について）の 22 ページには、次の記載がある。

３．風車騒音の評価の考え方、調査・予測、対応策等

２．で示した知見を踏まえると、風車騒音は、20Hz 以下の超低周波音（注）の問題ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題としてとらえるべきものであり、**A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。**このようなことを前提とした上で、ここでは、風車騒音の評価の考え方を示すとともに、主に風力発電施設の設置事業者を想定し、風力発電施設の設置前・後に行うべき調査・予測の考え方を整理した。なお、今後本報告書の考え方に基づき、より具体的な測定・評価手法を定めたマニュアル等を策定することが適当である。

纏めれば、

“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”

“2.3.5　風雑音

風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。”

“風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。”
となる。

例えば、屋外で防風スクリーンを付けて計測して、5Hz で 66ｄB だったとしましょう。
次の、グラフから、防風スクリーンの効果として、5Hz で 20ｄB 程度の減衰があることが分ります。
単純に考えると、防風スクリーンが無ければ、測定値は 86ｄB となり、ガタツキ閾値を超えることになります。
ただし、ガタツキが起きるのは、室内です。防音窓があったとすれば、

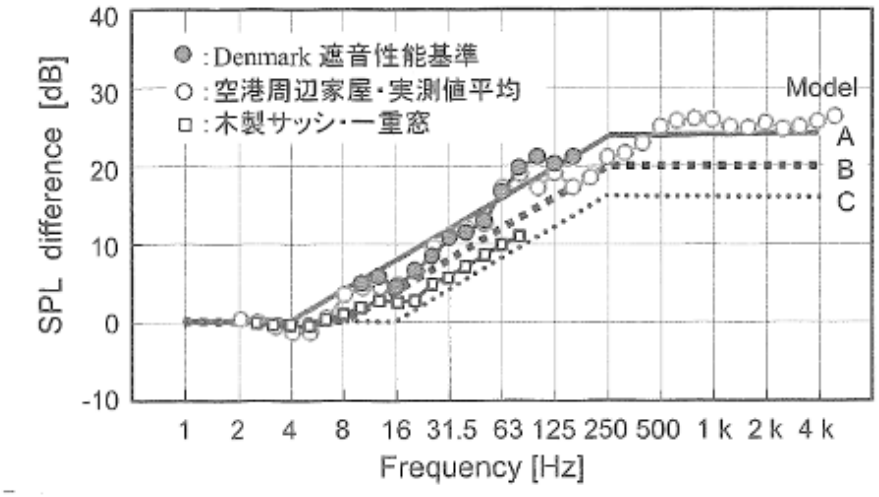
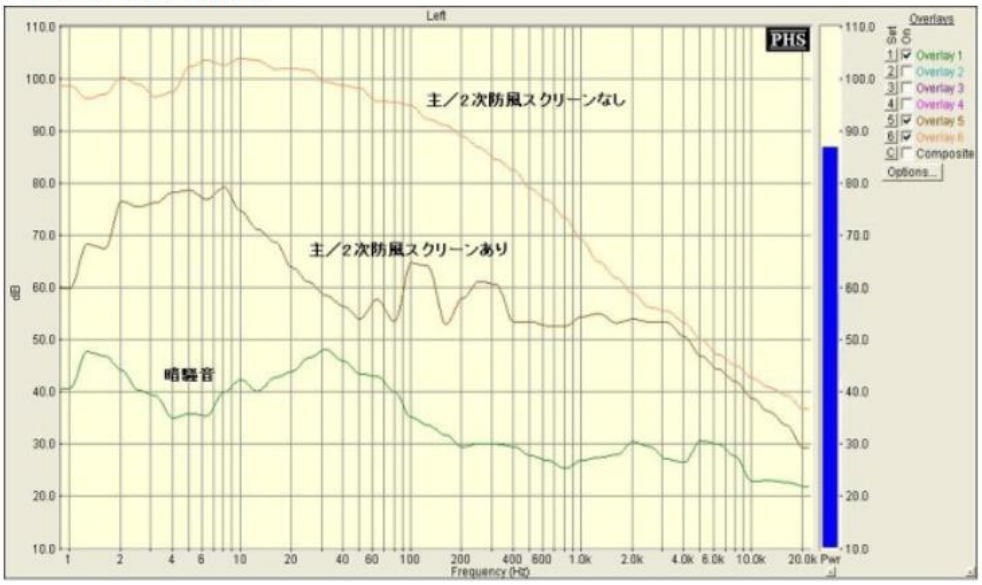


図５　ハウスフィルター・モデルと３種類の参照データの比較

5Hz では３ｄB 程度の減衰がありますので、室内では 5Hz で 83ｄB 程度の音圧となり、ガタツキ域とを越えていると考えられます。

２次防風スクリーン Φ460×230(H)
主防風スクリーン Φ90半割内蔵
組　　立　　：簡易取り付け方式（約10分）

【風切音減少効果】



音の大きさに〇〇ﾃﾞｼﾍﾞﾙの差があるとは？	大きさは何倍なのか
60デシベルの差とは→	百万倍の差
50デシベルの差とは→	10万倍の差
40デシベルの差とは→	1万倍の差
30デシベルの差とは→	1千倍の差
20デシベルの差とは→	100倍の差
10デシベルの差とは→	10倍の差

dBの差＝10 log(1/A)

1Hz で 38ｄB、5Hz で 20ｄB 程度の差があります。

二重防風スクリーンを付けて計測した結果は、1～500Hz の間では、20ｄB～40ｄB 程度の減衰となるので、実際の音圧の 1/100～1/10000 程度の数値として観測されます。これでは、被害の原因が不明となるのは当然の結果です。

被害は室内で起きます。二重防風スクリーンを外して室内で計測すべきです。風車振動の地中伝搬も考えられますので、室内での振動レベル計による計測も必要です。

計測は、NL-62 以上の性能を持つ精密騒音計で行い、音圧変動そのものを記録した WAV ファイルの公開を義務付ける必要があります。もちろん、第三者による同じ場所での同時計測も義務化する必要があります。

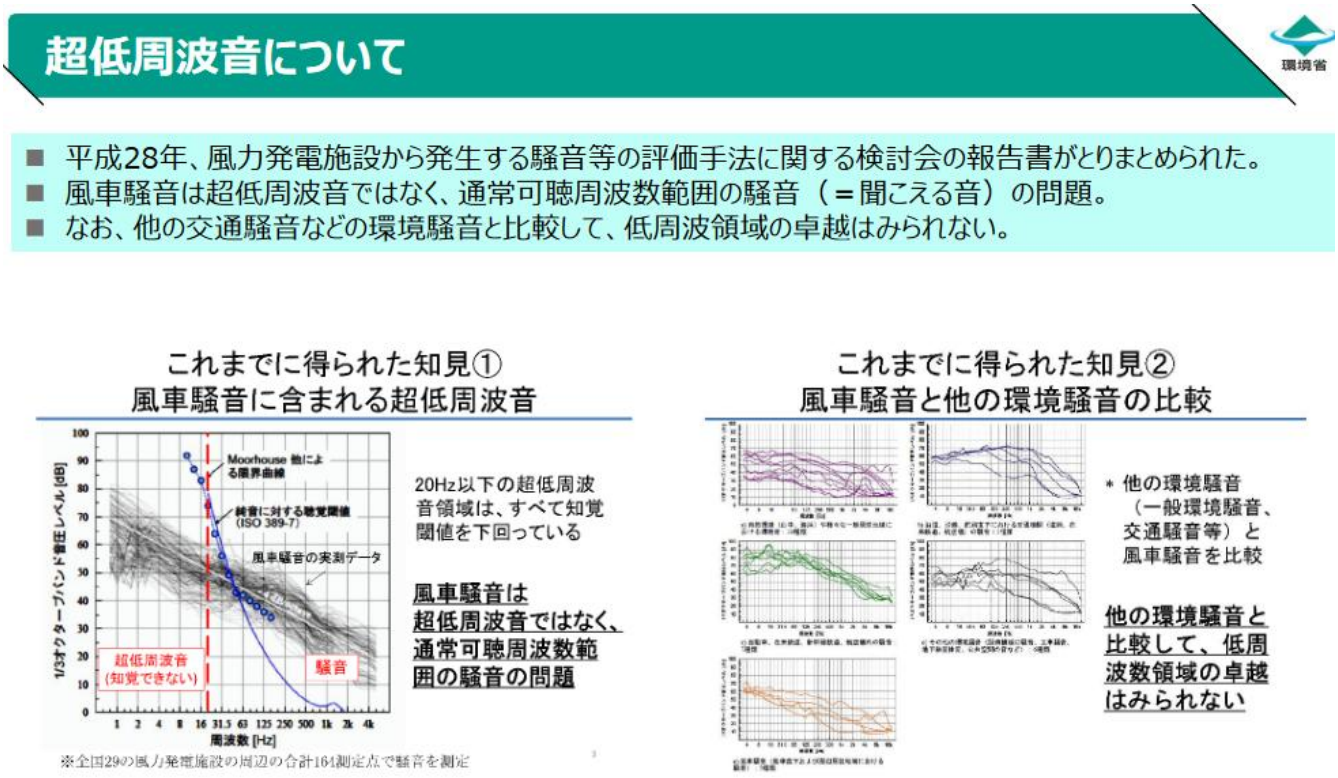
風車音の性質そのものを隠蔽して、誤魔化しの安全安心を主張することを許してはいけないのです。

これまでの悪行の纏めとして、環境省は、環境アセスから超低周波音の項目を無くしました。これは国民に対する犯罪行為です。

超低周波音の項目除外

2021 年 12 月には、評価項目から超低周波音を外した。

環境省が主張する“理由”は以下の通りです。



風力発電施設から発生する騒音等への影響について（概要資料）（風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会、平成28年）

超低周波音について　3

■ 平成28年、風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会の報告書がとりまとめられた。
■ 風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（＝聞こえる音）の問題。
■ なお、他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波領域の卓越はみられない。

ですが、

まず、

■ 風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（＝聞こえる音）の問題。

については、その通りです。

この文章は、“風車騒音”の意味を説明しているだけなのです。同義反復であり、理論的な推論ではないのです。

“風車**騒音**”とすれば、すでに 20H z 以上の可聴域に限定したことになり、超低周波音は 0～20Hz の音なので、可聴域の音ではありません。ですから、書いてあることは同義反復にすぎません。

風車音の全体的なエネルギーを評価する観点から書き直せば、

“風車音問題は、通常可聴域の問題ではなく、エネルギーの 93%を占めている超低周波音の問題なのです。”

となります。

風車音は、強烈な超低周波音と微弱な可聴音から構成されているのです。音のエネルギーの比率で言えば、超低周波音の部分が 93%以上、可聴域の音が 7%以下なのです。超低周波音の音圧が高く、周波数スペクトルが離散的になるので、音響キャビテーションの条件を満たす場合には、物理的な理由で頭痛起きます。

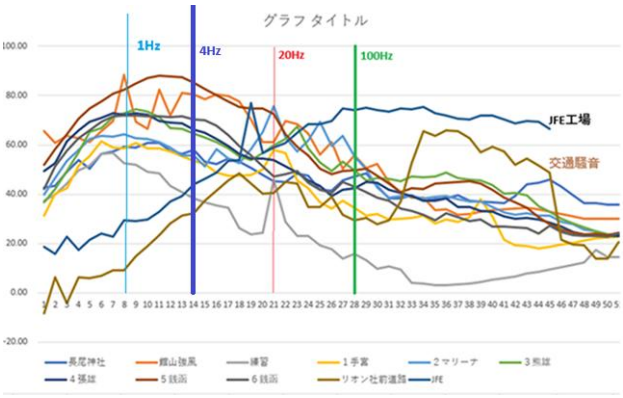
高い音圧の影響で、圧迫感や不快感と覚える人もいます。交通騒音と風車音で“非常に不快である”と感じる割合に違いが出るのです。

周波数が 200Hz 以上の音は、体内の圧力を変動させる力は弱いのですが、風車から出ている、0.5Hz～1Hz の超低周波音は体内の圧力を大きく変動させます。人体を強制的に圧縮膨張させる働きがあるのです。

さらに、

■ なお、他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波領域の卓越はみられない。

については、低周波音の意味が、“20～100Hz を「低周波音」(low frequency noise)”なのですから、この領域で比較すれば、交通騒音よりも音圧レベルは低いのです。



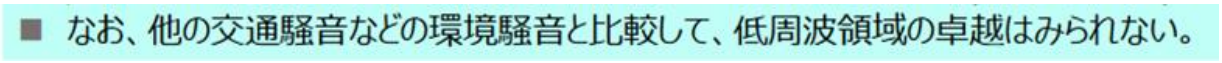
しかし、超低周波音の領域も含めて考えれば、
“他の交通騒音などの環境騒音と比較して、20～100Hz の範囲である低周波領域での卓越は見られないが、超低周波音の領域、特に 1Hz の近くでは、大幅な卓越が確認される。最大音圧は風車音で 0.15～0.42Pa、交通騒音では、0.0025Pa 程度です。100 倍程度です。”

残念ながら、



とあるにも関わらず、風車音の周波数スペクトルの１つも示されていないのは、
羊頭狗肉とでもいうべきなのでしょうか？
超低周波音は存在しない。騒音計で計測されるのは、風がマイクに当たったことによる風雑音だとでも言いたいのでしょうか？

さて、せっかく



と書いて誤魔化したのに、“低周波数領域（20～100Hz）”を省略する人がいます。

秋田県知事は、県民の声に対する回答の中で、
“超低周波音等による健康影響については、環境省によると、「風車から発生する超低周波音は、音圧レベルが低く、人間に感じられないものであり、また、日常生活において身近な自動車のエンジンから発生するものと比較しても、特別大きいわけではない。」とされています。また、「各国政府の報告書や、過去の論文等を整理したところ、風車から発生する超低周波音や低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない。」という所見も示されておりますが、一方で、風車の音が騒音として聞こえる場合は、睡眠等への影響が考えられることから、事業者は、計画している風車の仕様や設置場所に基づき、調査・予測・評価し、その結果を環境影響評価準備書で示すことになっています。”
と言っています。

見解の提出 平成 26 年 4 月 15 日　エコ・パワー株式会社

では、

“環境省が数年に渡り継続調査した結果から、風力発電機に起因する超低周波音は、日常生活におけるレベル（バスや電車、自家用車内）と同程度で、感知されるレベルを遙かに下回ることが分かっています。

対象事業実施区域は、石狩湾新港地域内に位置し、周辺で操業している企業活動によるさまざまな超低周波音が発生している状況です。そのような状況下で、風力発電機から生じる超低周波音が特別に大きいレベルではないと考えています。“

と書かれています。

“低周波数領域（20～100Hz)”を省略した記述は、計測結果から見れば完全な誤りです。

1/3 オクターブ解析で、リオン社前の道路の音、JFE の製鉄所内の音、千葉県館山市の風車音（強風時)、マイクに風を当てて測った神社での音、石狩湾の数か所の風車群の音から計算した平坦特性での音圧レベルを比べてみると次の様になります。

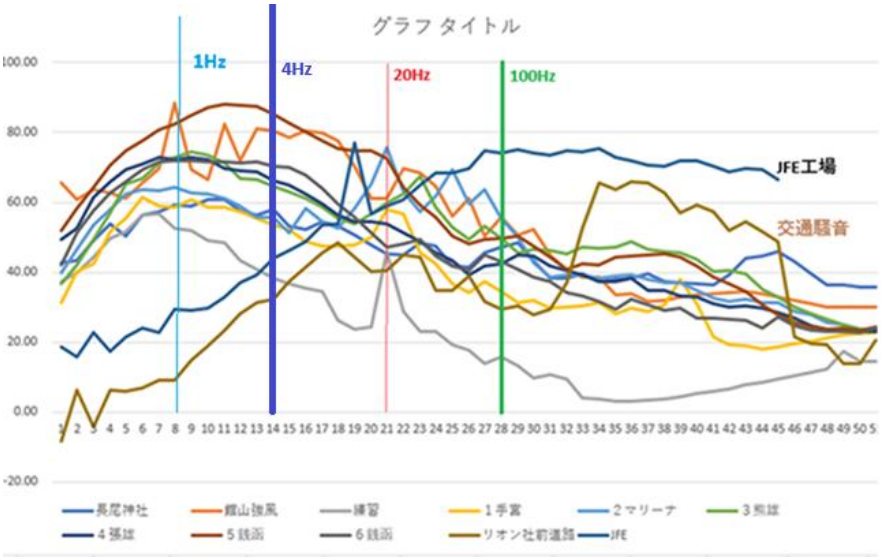
なお、番号と中心周波数の関係は次の表です。

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
中心周波数	0.19	0.25	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00

番号	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
中心周波数	10.00	12.50	16.00	20.00	25.00	31.50	40.00	50.00	63.00	80.00	100.00	125.00	160.00	200.00	250.00	315.00	400.00

番号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
中心周波数	500.00	630.00	800.00	1000.00	1250.00	1600.00	2000.00	2500.00	3150.00	4000.00	5000.00	6300.00	8000.00	10000.00	12500.00	16000.00	20000.00

20Hz は、21 番（赤い直線)、100Hz は 28 番（緑の直線）の所です。



グラフの中央部分（8 番～33 番、1H z ～315H z ）の辺りでは、風車音は、全体として周波数が大きくなると音圧レベルが減少するが、交通騒音などは周波数が高くなると音圧レベルが上昇する。

JFE の製鉄所内の騒音でも、0～20Hz の領域では小さな音圧ですが、この領域では風車音の音圧は極めて高いのです。

8 番（1Hz）から 15 番（5H z）辺りでの違いが大きい。これを風車からの超低周波音だと認めたくない人はこの部分を“風雑音”というのですが、風車音が発生する仕組みを考えて、詳細な周波数を確認すれば、離散的な特徴から風車の超低周波音だと分かるのです。

となっています。



洋上風力発電に係る環境影響評価について　2022 年 12 月 13 日（火）　環境省 には、

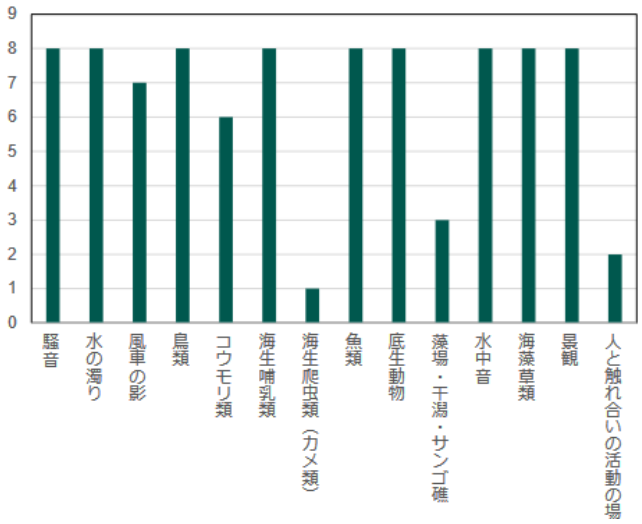
国内の着床式洋上風力発電の環境影響評価で対象となった主な項目（例）

環境影響評価法に基づく着床式の洋上風力発電における環境影響評価では、全８事業※で、

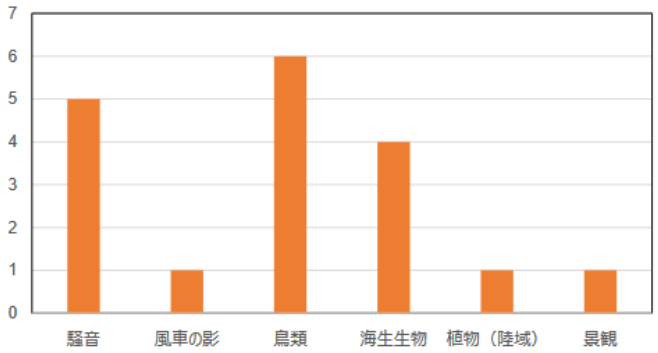
- 評価項目については、騒音、水の濁り、鳥類、海生哺乳類、魚類、底生動物、水中音、海藻草類、景観等を、地域特性に応じて選定
- 特に懸念のある項目として、騒音、鳥類、海生生物等について環境大臣意見において指摘

※準備書10件のうち、着床式の事業

評価項目として選定された項目の例

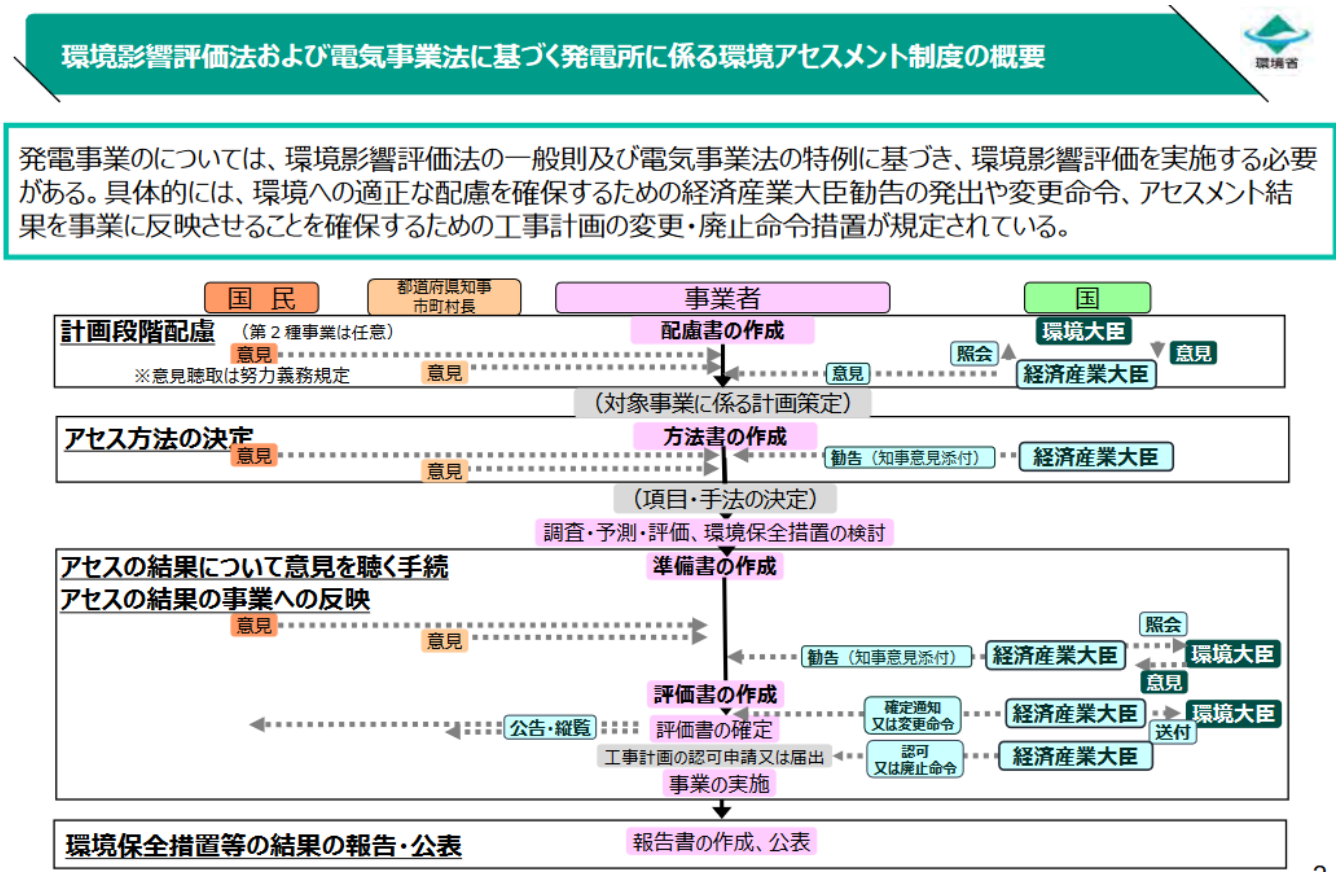


環境大臣意見で懸念を指摘している項目



5

とあり、　環境省は、市民が意見を表明する機会を減らしました。



「風力発電事業に係る環境影響評価の在り方について（一次答申）（案）」
に関する意見の募集（パブリックコメント）の結果について（概要）
令和６年１月
のなかで、
“環境省では、当該指針の策定以降も、文献調査を実施してまいりましたが、低周波音と健康影響の明らかな関連を示す知見は得られておりません。引き続き、知見の収集に努めてまいります。“
と答えている。ふと考えてみると、
“criteria curve”を“限界曲線”と訳す。聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値を混同する。76 と 78.1 の大小関係が分からない。グラフの定義域を議論に合わせて調整する能力が無い。間違いを指摘されても“書いてある通りです”と言い張る方々が集まっている環境省です。
文献調査では英語の文献も多くなる、単語の意味は分かっているのか、英語の文章は理解できるのか、と心配になる。少数の大小関係が分からないのに、文献に書いてある数式は理解できるのかが心配になる。
いくら、低周波音と健康影響の明らかな関連を示した文献があっても、内容を理解できる能力が無ければ、千年経ても、“低周波音と健康影響の明らかな関連を示す知見は得られておりません。”となる。

“引き続き、知見の収集に努めてまいります。”と言う前に、小学３年の教科書と高校１年の教科書を勉強する必要があると思ってしまうのは、私だけでしょうか？

防風スクリーンの開発

環境省の委託業務
平成２２年度
移動発生源の低周波音等に関する検討調査等業務報告書

1. 業務概要
1.1 業務の目的
近年、低周波音に係る苦情が増加している。環境省では、低周波音問題に対し、平成 12 年に「**低周波音の測定方法に関するマニュアル**」を策定するとともに、工場・事業場等の固定発生源から発生する低周波音については平成 16 年に「低周波音問題対応の手引書」を公表し、対応を図ってきたところである。一方、近年設置数が増加している風力発電所については、環境影響評価法の対象とすることが検討されていること、騒音・低周波音（以下「騒音等」という）による苦情が発生していること等から、その実態の把握とともに、騒音等の測定・予測・評価方法についての知見も求められている。
その中で平成 20 年度は、風力発電所から発生する騒音等の実態、諸外国におけるガイドラインの設定状況等について調査し、国際会議等を通じて低周波音の基準や研究成果に関する最新情報を収集した。平成 21 年度は、前年度に引き続き風力発電所から発生する騒音等の実態、諸外国におけるガイドラインの設定状況等について知見を蓄積するとともに、風力発電所からの騒音等の測定方法について検討、及び地方公共団体への低周波音に係る委託業務で得られた測定データの解析を行った。
本業務は、平成 20 年度、21 年度の調査結果を踏まえ、風力発電所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する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を目的としている。

問題点：
現在は、リオン社から SA-A1 が発売されている、これを使えは、0.25Hz からの解析が可能である。マイクが同じなので、NL-62、NL-63 でも、コンピュータで解析すれば、同じ程度の正確さで解析もできる。
ただし、平成 12 年に「低周波音の測定方法に関するマニュアル」での解析精度では、大型風車の超低周波音 0.5Hz 程度を把握して、その発生原因を突き止めることは出来ない。
JIS C 1513 では、1/3 オクターブ解析での中心周波数は、0.65Hz～になっている。これでは、計測対象から外れてしまう。
更に問題なのは、周波数分解能を高くするためには、大量のデータを扱う必要があるが、平成１２年の PC では無理でした。

今の PC と解析ソフトが有れば、可能ですが、日本や諸外国は、WTN を測る様に方針を転換しました。

この方針は、
“聞こえなければ問題はない。”、“精密騒音計に記録された超低周波音は、風雑音や疑似音であり、風車からの超低周波音ではない。”

というものです。

例えば、カナダ政府の HP には、

A Primer on Noise（Date modified:2014-10-2）と、Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results（Date modified:2014-10-30）があります。

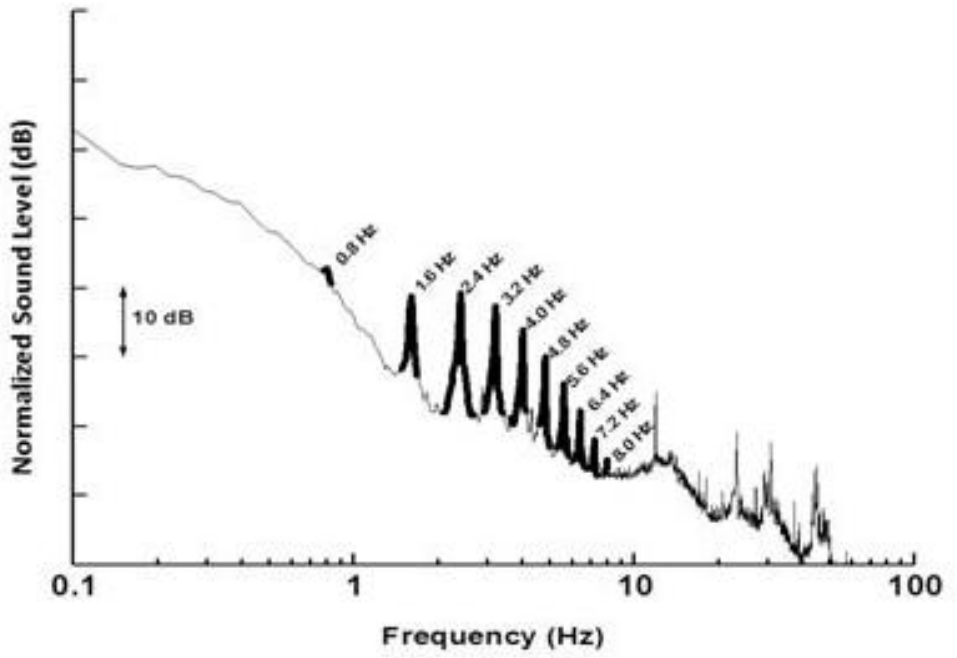
A Primer on Noise には、次の記述もあります。

“音はどうやって作られるのか?

物体が前後に振動すると、空気圧がわずかに増減し、音波として空気中を伝搬します。科学者が音の周波数に言及するとき、彼らは音源が 1 秒間に生成する完全な音波の数、つまりサイクル/秒、またはヘルツ(Hz)を指します。人間の耳は極端に低い周波数や高い周波数にそれほど敏感ではないため、人々が音にどのように反応するかを理解しようとするとき、音の周波数は非常に重要です。固定されていませんが、一般的に、正常な聴覚を持つ若者は、通常、20Hz から 20,000Hz の周波数で通常の日常レベルの音を聞くことができますが、人間の耳は 2000Hz から 5000Hz の間の音に最も敏感です。“

“音源の回転周波数は、音を発している音源を特定するために使用できます。たとえば、毎分 16 回転(RPM)で回転する 3 枚のブレードを備えた風力タービンの基本**周波数**は、0.8 Hz(つまり、(3 ブレード X 16 RPM)を 60 秒で割った値)に対応します。したがって、この例では、特定の距離で測定された音において、風力タービンによる騒音レベルが、基本周波数と基本周波数の倍数で周波数ピークを示すのに十分なほど高い場合、風力タービン音をバックグラウンドノイズから分離することができます。これらの倍数は**高調波**と呼ばれ、基本周波数が 0.8Hz のソースの場合、1.6Hz、2.4Hz、3.2Hz、4.0Hz、4.8Hz などになります。”

図 2:風力タービンの超低周波音測定



“20Hz 未満の周波数は超低周波音に分類され、上記のように、通常発生する騒音レベルでは一般に人間の可聴範

囲外になります。超低周波音は環境中で一般的であり、雷雨、火山、地震などの自然発生現象から発生する場合もあれば、ロケットの打ち上げ、爆発、一部の採掘活動などの人為的な発生源から発生する場合もあります。超低周波音は、大型の風力タービンや大型ボイラーでも発生する可能性があります。低周波ノイズは、20Hz　から約 200Hz の間の周波数を表すために使用されています。超低周波音や超低周波ノイズ(約 30Hz 未満)の知覚は、多くの場合、聞こえるものではなく、「感覚」または「圧力」として説明されます。このタイプの騒音は建物の外から建物の内部に簡単に伝わるため、レベルによっては、家の中の軽量構造物が振動したりガタガタしたりして、煩わしさを引き起こす可能性があります。”

と書かれていましたが、

Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results でのカナダ政府の見解は、

“**屋外の WTN レベル**は、睡眠効率、覚醒速度、覚醒時間、総睡眠時間、または眠りにつくのにかかった時間と関連していることがわかりました。”
“毛髪コルチゾール濃度と知覚ストレス尺度のスコアとの間に一貫性が見られた(すなわち、この尺度のスコアが高いほど毛髪コルチゾールの濃度が高い)が、どちらの指標も WTN への曝露によって有意な影響を受けないことがわかった。同様に、自己申告による高血圧(高血圧)は測定された血圧の上昇と関連していたが、測定された血圧または安静時心拍数と WTN 曝露との間に統計的に有意な関連は観察されなかった。“

となっています。

関連性を表にします。×は関連性無し、〇は関連性あり、△は三段論法で関連性ありと判断できるものを表します。

	WTN	睡眠障	心拍数	血圧	コルチ	不快感	知覚ス	片頭痛	耳鳴り	めまい
WTN		〇	×	×						
睡眠障害	〇									
心拍数	×									
血圧	×				△	〇	△	△	△	△
コルチゾール				△		〇	〇	△	△	△
不快感				〇	〇		〇	〇	〇	〇
知覚ストレス				△	〇	〇		△	△	△
片頭痛				△	△	〇	△		△	△
耳鳴り				△	△	〇	△	△		△
めまい				△	△	〇	△	△	△	

被害者の知覚ストレス、高血圧などの訴えが、体調の具体的は変化を伴っていることが、コルチゾール検査で証明されていることを示しています。被害者は、正直であり嘘ではないのです。

この結果は、低周波音被害に関する日本の研究結果とも一致しています。

表-3　低周波音苦情の分類

心理的苦情	睡眠妨害、気分のいらいら
生理的苦情	頭痛、耳なり、吐き気、胸や腹の圧迫感
物的苦情	家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動、瓦のずれ

低周波音被害とは関係が薄い、WTN（A 特性音圧レベル、騒音レベル）だけを測る様になったのです。

この方針転換の一因は、次の論文です。

Wind Turbines and Health

A Critical Review of the Scientific Literature

November 2014 - Volume 56 - Issue 11

McCunney, Robert J. MD, MPH; Mundt, Kenneth A. PhD; Colby, W. David MD; Dobie, Robert MD; Kaliski, Kenneth BE, PE; Blais, Mark PsyD

Author Information

From the Department of Biological Engineering (Dr McCunney), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge; Department of Epidemiology (Dr Mundt), Environ International, Amherst, Mass; Travel Immunization Clinic (Dr Colby), Middlesex-London Health Unit, London, Ontario, Canada; Dobie Associates (Dr Dobie), San Antonio, Tex; Environment, Energy and Acoustics (Mr Kaliski), Resource Systems Group, White River Junction, Vt; and Psychological Evaluation and Research Laboratory (Dr Blais), Massachusetts General Hospital, Boston.

Address correspondence to: Robert J. McCunney, MD, MPH, Department of Biological Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Ave, 16-771, Cambridge, MA 02139 (mccunney@mit.edu).

The Canadian Wind Energy Association (CanWEA) funded this project through a grant to the Department of Biological Engineering of the Massachusetts Institute of Technology (MIT). In accordance with MIT guidelines, members of the CanWEA did not take part in editorial decisions or reviews of the manuscript. Drs McCunney, Mundt, Colby, and Dobie and Mr Kaliski have provided testimony in environmental tribunal hearings in Canada and the USA. The Massachusetts Institute of Technology conducted an independent review of the final manuscript to ensure academic independence of the commentary and to eliminate any bias in the interpretation of the literature. All six coauthors also reviewed the entire manuscript and provided commentary to the lead author for inclusion in the final version.

The authors declare no conflicts of interest.

Supplemental digital contents are available for this article. Direct URL citation appears in the printed text and is provided in the HTML and PDF versions of this article on the journal's Web site (www.joem.org).

Journal of Occupational and Environmental Medicine

には、

The main problem with measuring low-frequency sound and infrasound in environmental conditions is wind-caused pseudosound due to air pressure fluctuation, because air flows over the microphone.
With conventional sound-level monitoring, this effect is minimized with a wind screen and/or elimination of data measured during windy periods (less than 5 m/s [11 mph] at a 2-m [6.5 feet] height).36 In the case of wind turbines, where maximum sound levels may be coincident with ground wind speeds greater than 5 m/s (11 mph), this is not the best solution. With infrasound in particular, wind-caused pseudosound can influence measurements, even at wind speeds down to 1 m/s.12 In fact, many sound-level meters do not measure infrasonic frequencies.

“環境条件下での低周波音と超低周波音の測定における主な問題は、**マイクロホンの上を空気が流れるため、気圧の変動による風による疑似音です。**従来の騒音レベルモニタリングでは、風の強い期間(2m(6.5 フィート)の高さで 5m/s(11mph)未満)に測定されたデータを排除することで、この影響を最小限に抑えます。36 風力タービンの場合、最大騒音レベルが 5 m / s(11 mph)を超える地上風速と一致する可能性があるため、これは最善の解決策ではありません。特に超低周波音では、風速が 1m/s 以下の場合でも、風による疑似音が測定に影響を与える可能性があります。12 実際、**多くの騒音計は超低周波周波数を測定していません。**”

と書いてあります。
計測された超低周波音は、風がマイクの表面を通過したことによる、疑似音だと言っているのです。
これに沿った主張を、多くの学者も、日本の環境省も一斉に開始します。
嘘はやがてバレます。

（4）検討会の設置・運営
当該業務の実施にあたり、工学系、医学系及び法学系の学識経験者等からなる「移動発生源の低周波音等に関する検討調査委員会」を設置して検討を行う。
なお、検討会は東京で計 4 回開催し、検討委員の名簿は次の通りである。
氏 名 所 属 専 門
1 塩田正純 芝浦工業大学 騒音振動のアセスメント
2 井上保雄 (株)アイ・エヌ・シー・エンジニアリング
低周波音の測定、対策
3 石橋雅之 千葉県環境研究センター 行政
4 今泉博之 (独)産業技術総合研究所 低周波音の伝搬
5 魚崎耕平 (財)日本気象協会 風力発電所の調査
6 落合博明 (財)小林理学研究所 低周波音の測定、評価
7 松島 貢 千葉市環境保全部 行政
8 佐藤 洋 (独)産業技術総合研究所 低周波音の影響、評価
9 新美育文 明治大学法学部 法律
10 佐藤敏彦 北里大学医学部附属臨床研究センター医学（公衆衛生）

ウ）風自体の特性を明らかにするための検討

高橋ら 17)は、**風雑音の発生形態に関する基礎的な検討を目的として**、屋外において一定距離離れた低周波音用音圧レベル計と Hot-wire 風速計によって風雑音および風速変動を同時計測し、200Hz 以下の周波数領域に着目し 69 て風雑音信号と風速変動とを比較している。計測した 2 点での音圧レベル計の出力信号間では、その時の風速に対応する時間遅れを持って相互相関関数の最大点が存在することを見出し、風塊の通過に起因する風雑音を確認した。一方、同距離の 2 点での風速信号間では特定の時間遅れを持った相関関数最大点が認められず、**風速自身が有する極めて低い周波数成分の支配的なエネルギー**によってマイクロホン近傍で相互作用的な雑音の発生が起こっていると示唆した。

問題点は、

最初の問題設定からして間違っています。

“風雑音の発生形態に関する基礎的な検討を目的とし”

とあるのですが、やるべきことは、

風車音そのものを計測することです。風雑音が気になるならば、騒音計に風が当たらないようにして計測すれば済むことです。

風が騒音計に当たらない状態でも、風車からの超低周波音は計測されます。音圧が高くて規則的は周波数特性を持っています。この結果をよく見て、過去の研究結果を確認すれば、計測された音が風車から出る超低周波音であることも判明します。もちろん発生する仕組みも明らかになります。

さて、

風塊の通過に起因する風雑音の周波数は何ヘルツなのでしょうか？

なぜその周波数になるのでしょうか？

風塊の性質は、そのような周波数を発生させるようなものなのでしょうか？

風車が無い場所での風塊は、同じような周波数の風雑音を発生させるのでしょうか？

など、沢山あります。

風雑音を風車が無い場所で計測した結果と、風車が有る場所で計測した結果の比較が必要なのです。

風車の近くでは、マイクに風が当たらなくても、f、2f、3f、4f、…（f ＝RZ/60）Hz の超低周波音は計測されますので、超低周波音で、音圧が高くて規則的な周波数を持っている部分は、風雑音ではありません。

“風速自身が有する極めて低い周波数成分の支配的なエネルギー”と言う表現は誤りです。“風速自身が”と言うならば、同じ風速の時に、風車が無い場所で計測しても同様の風雑音が計測されるはずです。

風車が無ければ、音圧が低くて、不規則な周波数特性を持った超低周波音しか計測されません。風車が有る場所、164 か所の計測結果のグラフの表示方法を変えて確認すれば、風車が有る、すべての場所で、音圧が高い超低周波音の存在が確認できます。きちんとした検証が無ければ単なる空想です。科学を空想に変えてはいけません。

風のせいではなく、風車の存在こそが、音圧が高くて、規則的な周波数を持っている超低周波音の原因なのです。ほんの少し物理学を勉強すれば、なぜ超低周波音が発生するのかが分かります。さらに、回転軸が水平の風車は、物理的に考えれば、超低周波音の発生装置そのものである事も簡単に分かります。

平成２２年度　移動発生源の低周波音等に関する検討調査等業務報告書

ｐ８

2. 従来の騒音等に係る苦情と風車騒音

2.3 近年の騒音等の苦情

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。

（注意）

“騒音レベル”という用語は我が国独特の言葉で、上記の説明にあるように“A 特性音圧レベル（A-weigted sound pressure level）”と同義語として使われています。さらに、新 JIS（JIS C 1509）では、周波数重み付きの音圧レベルに対して新用語“サウンドレベル （sound level）”を定義しており、それによれば、“A 特性時間重み付きサウンドレベル（A weighted and time-weighted sound level）”に相当します。

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 5)。

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 6)。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 1)。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 7)。**

問題点：

“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”
ことを理由として、
“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”
と言っているが、
周波数範囲は、1～80Hz 、1～20Hz と書いてある。
昔の話は、忘れたのでしょうか？
昔の環境省は
“4．低周波音防止技術の概要
4.1.5 風車
風車の超低周波音の発生原理は基本的には送風機のいわゆる回転音と呼ばれるものと似ている。大型発電用風車の場合は、羽根の枚数が少なく、回転数も小さいために正常運転でも超低周波音を発生することがある。
その基本周波数 f（Hz）は、翼の回転数を R（rpm）、翼枚数を Z（枚）とすると
f ＝ RZ/60（Hz）
で与えられ、この基本周波数とその高次の周波数が卓越する。
大型発電用風車の場合は、一般に翼枚数は 1～3 枚（3 枚が主）、回転数は 30～60（rpm）程度であり、基本周波数は数 Hz 以下になる。“
と言っていました。
これで計算すると、大きくなった風車では、 f ＝RZ/60＝0.5 （Hz）となります。0.5Ha の周辺のエネルギーは風車音のエネルギーの 50%以上を占めます。**周波数範囲を、1～80Hz 、1～20Hz にしたのでは、風車音被害の原因の半分以上を無視しているので、被害の原因が分らなくなります。G 特性音圧レベルの数値でも、重みの付け方が悪いので、被害状況を表す指標にはなりません。計測範囲を拡大して、最大音圧を把握することが必要なのです。**

エ）騒音測定データに含まれる風雑音の補正方法の検討
立石ら 18)は、低周波音の測定と同時に風速を実測し、風速の実測結果を用いて騒音測定データに含まれる風雑音（発表では風ノイズと表現）を補正する方法について検討している。平均風速および乱流強度と風雑音のレベルの関係について、風洞実験結果に基づいて導いた補正式を提案している。その結果、風雑音環境下におけるマイクロホン出力に作用する風雑音が乱流強度、平均風速、周波数で定義できること、防風スクリーンによる風雑音低減効果は、風の乱れが大きく風速が速い場合に小さいことを示した。

問題点：
精密騒音計での計測結果に対する、風の影響と環境騒音の影響を考えるには、10Hz 以下の領域と、20Hz 以上の領域に分けて考えることが必要です。
10Hz 以下の領域に関しては、補正は必要ありません。風がマイクに当たって発生する超低周波音の音圧は、計算誤差の範囲内です。さらに、風車以外の騒音源で、5Hz 以下の周波数の音を出すものは、ほとんどありませ

ん。

20Hz 以上の成分に関しては、風車以外の騒音源からの影響が大きいので、防風スクリーンで低減させれば、可聴域での、すべての音が低減されているので、風雑音の影響を低減させてとは言い切れません。

超低周波音の領域での最大音圧は、他の環境騒音の影響を、ほとんど受けないので、この値から、計測地点での、風車音による、可聴域での影響、WTN を推測できます。

ただし、計算方法には注意が必要です。

ここで、“風雑音のレベルの関係”とあるが、FFT の計算に於いて、平均値を取った結果を使う場合が多いと、リオン社の人から聞いたことがあります。

これでは、周波数特性が把握できません。音圧レベルに変換すると、低周波音の振幅を決めるマクローリン展開の係数との関連が見えなくなります。

さらに、平均風速にしたのでは、風速の変動により、ブレードの回転速度が変化して、超低周波音の周波数が変化するところが消えてしまいます。

平均化してはいけないのです。周波数に関しては Wavelet 解析が必要になるのです。

オ）風車騒音測定用の小型防風スクリーンの開発

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よる研究）における風車騒音測定のために、20cmφのウレタンフォーム製球形防風スクリーンと 12 面体の金属製枠にネットを貼った二重防風スクリーンが開発されている。太田ら 19)は、屋外で実験を行った結果、直径 20cm 防風スクリーンのみに比べて、12 面体防風スクリーンのみで約 10dB、その外側に同じネットを貼った立方体防風スクリーンを 付加した場合には 13dB（いずれも 8Hz）の低減効果が得られたと報告している。

問題点：

“風雑音”説を皆が信じてくれれば、超低周波音がいくら大きくなっても問題は無いでのしょうが、ダメだったようです。そこで、計測装置を工夫して、超低周波音を計測できないようにしたようです。

リオン社の精密騒音計を購入すると、直径９ｃｍのウレタン製の防風スクリーンが、マイクの保護を兼ねて、付いてきます。

この直径９ｃｍの防風スクリーンについて、リオン社の説明は

（屋外で使用する際の風雑音を減少させることを目的としています。また、マイクロホン部を保護することもできます。(降雨に対する防水効果はありません)）

となっています。

◆ 騒音計（録音機能付き）

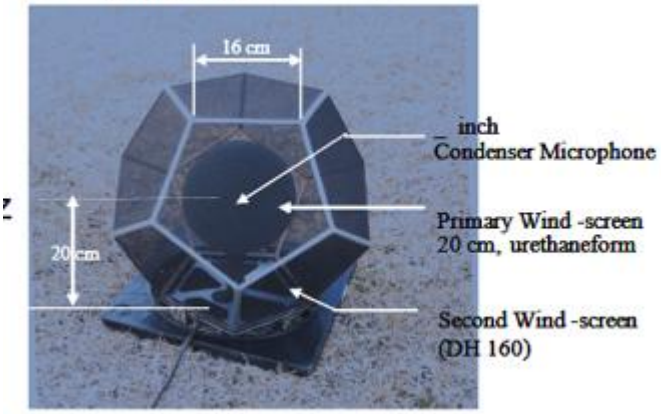




- 測定周波数帯域：1 Hz ～ 20 kHz
- 録音機能：WAVE-format

これでは不十分として、20cmφのウレタンフォーム製球形防風スクリーンと 12 面体の金属製枠にネットを貼った二重防風スクリーンが開発されている。

◆ 二重防風スクリーン



最近の研究動向の整理より、風雑音の低減方法に関する研究は必ずしも活発ではないが、様々な角度からの検討が行われており、防風スクリーンの開発を含めた測定方法や風雑音のメカニズムに関する検討が継続されていることが明らかになった。また、風力発電所から発せられる音を対象とした計測方法に関する研究も実施されていることがわかった。

（2）防風スクリーン商品化の動向

前記のとおり、屋外において低周波音を正確に計測する場合には、風雑音の 70 影響をできるだけ低減する必要がある。その中で最近、2 種類の防風スクリーンが商品化されている。この動向は、低周波音を測定することに対する社会の要請が高まっていることを反映していると考えられる。

そのうちの一つは商品名に風力発電用とあり、もう一方も使用例として風力発電所からの音を示している。

2 種類の防風スクリーンの特徴を比較する。両者は、円盤状のアルミニウム製の板の上に騒音計用マイクロホンを設置し、それを半球形に成形した薄いアルミ繊維で覆うことで風雑音（なお、一方は風切音と表記されているが風雑音と同意語と思われる）の低減を図る点で共通している。これらの方法は IEC61400-11 で示された方法に類似しており、発生源側における測定方法として考えられていると推察される。このうち、一方は 90mm 径の球形防風スクリーンを半割したものを主スクリーンとして内装するのに対して、他方はマイクロホンを直接ア

ルミ繊維製の半球形防風スクリーンで覆い使用するように見て取れ、それぞれの構造に僅かな差異が見られる。

問題点

言葉の定義の問題ですが、風雑音と風切り音は異なる意味で使われることが多いです。

この立場は、“風雑音”の意味を２通りに捉えています。
１，風がマイクに当たって発生する音。
２，5Hz 以下の周波数域（場合によってはおよそ 10Hz 以下）の超低周波音。
さて、
“低周波数域の風雑音は風がマイクロホンに当たることによって発生します。
この雑音は周波数が低くなるほど大きな成分を持っています。“
とあるのだが、
環境省は
風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル、（３ページの説明）
“風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。“
としています。

風車のすぐ近くでは、マイクに風が当たらなくても、音圧が高く、規則的な周波数を持った、超低周波音が計測されました。

従って、風車の近くで計測される、音圧が高くて、規則的な周波数を持つ超低周波音は、風雑音ではありません。風車から発生する超低周波音なのです。

以下の記述があります。

“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よる研究）における風車騒音測定のために、20cmφのウレタンフォーム製球形防風スクリーンと 12 面体の金属製枠にネットを貼った二重防風スクリーンが開発されている。太田ら 19)は、屋外で実験を行った結果、直径 20cm 防風スクリーンのみに比べて、12 面体防風スクリーンのみで約 10dB、その外側 に同じネットを貼った立方体防風スクリーンを付加した場合には 13dB（いずれも 8Hz）の低減効果が得られたと報告している。”

防風スクリーンが、超低周波音を防ぐ効果があるならば、防音窓ではなく、家の周りを全て、大きな防風スクリーンで、覆ってくれますか？根本的な対策としては、風車の周りを、防風スクリーンでカバーすれば良いと考えます。

超低周波音に対して、防音窓の効果が無い事は、次のグラフから分かります。
8Hz では、アルミサッシ二重窓で５ｄＢの減衰ですが、それ以外は減衰が見られません。

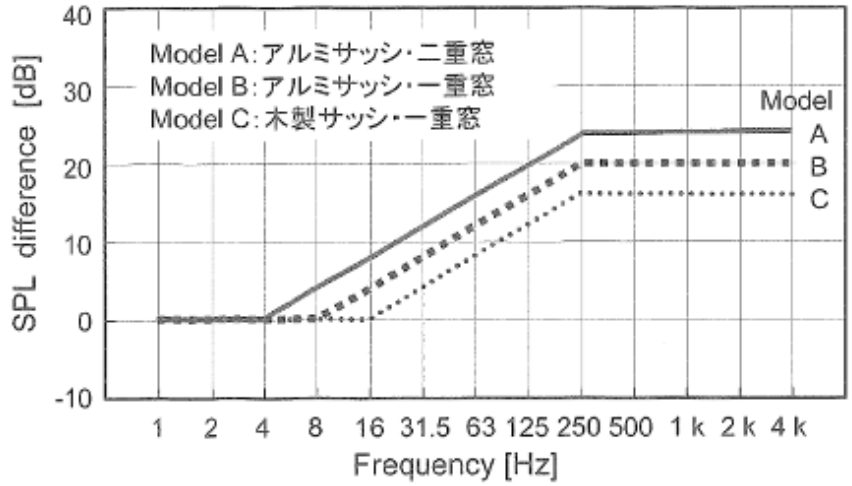


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

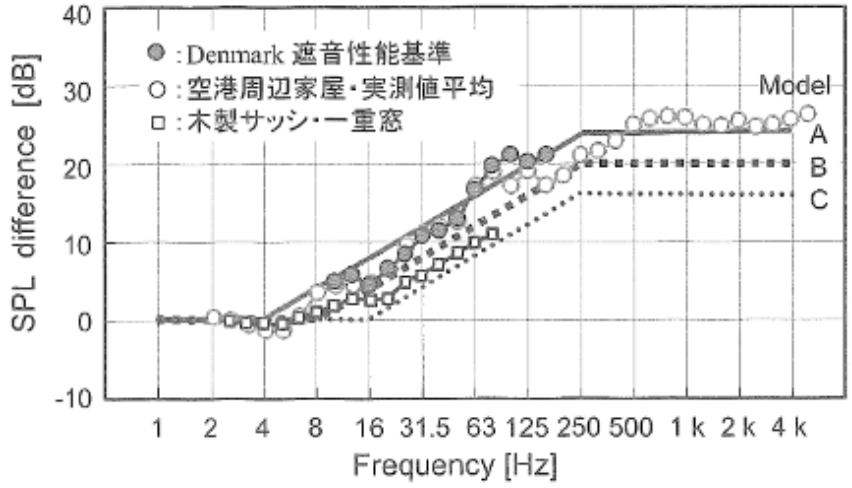


図 5　ハウスフィルター・モデルと 3 種類の参照データの比較

超低周波音に対して、防音窓の効果が無い事は、次のグラフから分かります。
8Hz では、アルミサッシ二重窓で 5ｄB の減衰ですが、それ以外は減衰が見られません。

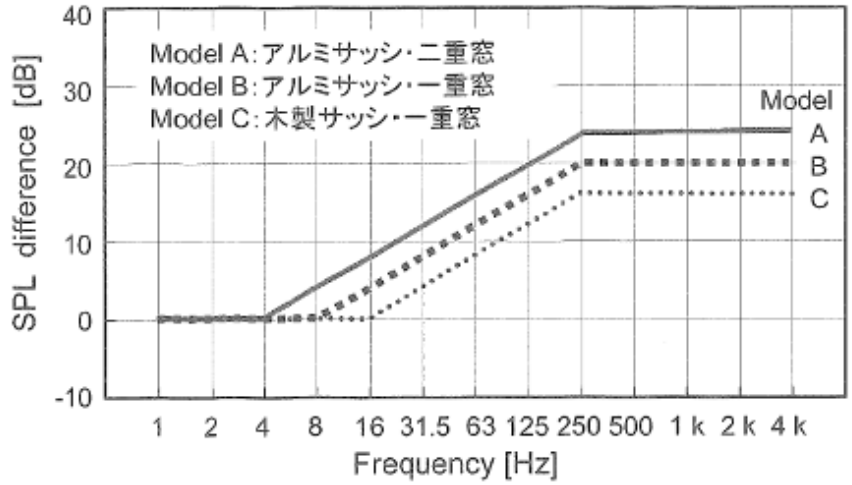


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

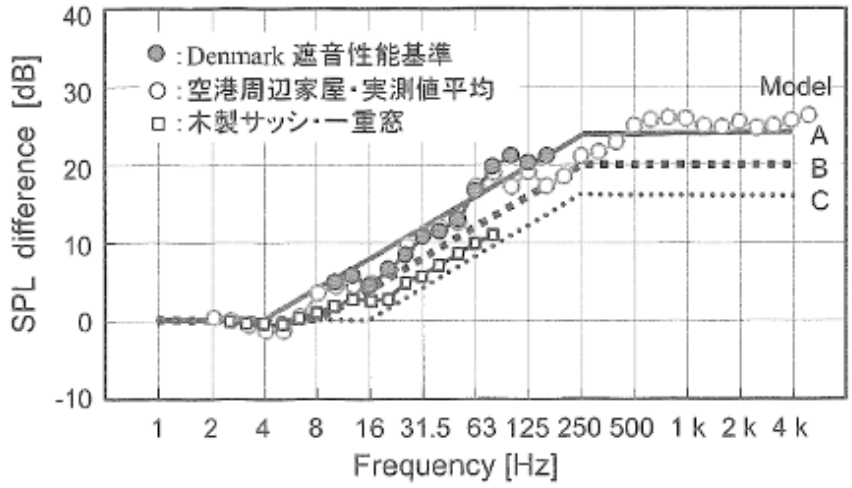


図 5　ハウスフィルター・モデルと 3 種類の参照データの比較

屋外では、防風スクリーンを付けて計測するのでしょうが、8Hz の音に対しては、10ｄB～13ｄB の減衰を得ることになります。

室内の計測では、防風スクリーンは不要です。室内で、防風スクリーンを外して計測すれば、8Hz の音は、屋外での防風スクリーンを付けての計測結果よりも大きな値になります。

普通の家では、外での計測結果よりも、10～13ｄB 高い状態になっている事になります。
防音用の二重窓が付いている家では、外での計測結果よりも、5～8ｄB 高い状態になるのです。

これは、防風スクリーンを付けての屋外での計測が、被害を防ぐと言うよりも、数値で住民を騙すことが目的であると考えてしまいます。

10ｄB 大きいと言うことは、音圧が 3 倍になっているという事です。13ｄB 大きいという事は、音圧が 4.5 倍になっているという事です。

これが、屋外での計測を主張する理由かも知れません・

質問：貴社の風車音に対する責任として、精密騒音計で、防風スクリーンを外した状態で、室内での音圧を計測すべきだと考えます。もちろん。屋外での、計測スクリーンを付けての計測も行って、両方の結果を、デジタルデジタルデータのまま、希望する住民に提供すべきだと考えますか、貴社はどのように考えますか？

（答）

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”

の３ページには、

“2.3.5　風雑音

風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。

風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”

とあり、７ページでは、

“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）

風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。

風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。

（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“

となっている。

質問：貴社は“除外音処理”について、具体的にどのようは方法を採用していますか？詳しく述べてください。

また、貴社は、除外対象である“風雑音”と風車の“超低周波音”の違いをどのように認識していますか？

（答）

風力発電施設から発生する騒音について　　期日：2018 年 10 月 31 日(水) 13:30-15:00

株式会社アイ・エヌ・シー・エンジニアリング　　技術本部 井上 保雄

にそって、風車音の指向性と音圧変動に留意しながら計測について考えます。

騒音に係る用語

① **風車騒音** ： 風力発電施設が稼働しているときの騒音．本マニュアルにおける風車騒音は地域の残留騒音に風力発電施設から発生する騒音が合成された騒音である．一過性の暗騒音は除外する．

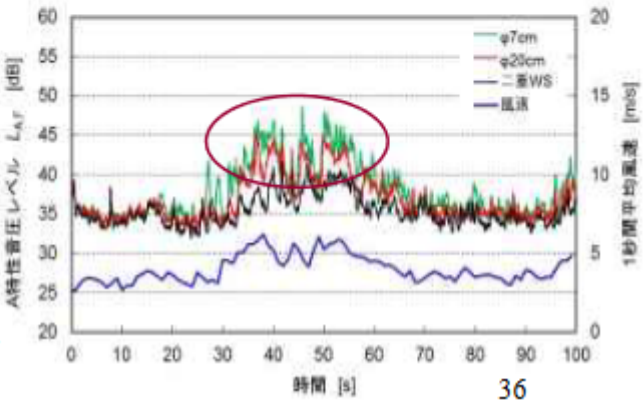
② **振幅変調音** ： 音の大きさが周期性をもって時間変動する騒音．風車騒音では、風車のブレードが回転面内の1点を通過する周期に応じ発生する．

③ **純音性騒音** ： 風車によっては、騒音に純音またはそれに近い狭帯域の周波数成分（純音性成分）が含まれていることがある．

④ **風雑音** ： 風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音．測定においてはウインドスクリーンを装着し風雑音を低減する．



風雑音の測定風景（左）と結果（右）



注釈．風速が早くなると風雑音は大きくなる．スクリーンを大きくあるいは2重にすると風雑音は低減される．

36

質問：

“騒音”は耳で聞いてうるさいから、騒音なのです。従って可聴域の周波数を対象にしている言葉です。

風車騒音としてしまうと、風車音のエネルギーの 7%だけを使って計測することになりますが、貴社はこの方法が妥当だと考えますか？

（答え）

質問：

風車音の影響としては、

うるさい

圧迫感がある、頭痛がする

建具や床の振動を感知する

の３つがあると考えます。

振動に関しては、小野寺英輝　氏による風車の振動が地中を伝搬する事に関する研究（大型風車による地盤振動伝播）があり、
“(3)1Hz 以下で，波状の周波数分布を示す風車があり，本調査の範囲では，アノイアンス申告のある地域と一致している．“
との報告もあります。
貴社は、風車音の人間の感覚器官への影響について、どのように考えますか？
感覚器官ごとに、影響を詳しく書いてください。
（答え）

質問：
風雑音に関しては、２台の精密騒音計を用意する。
防風スクリーン無しで、２台ともポリ袋で包んで、段ボールの箱に入れ、車に積みドアを閉めて 11 分間測る。
片方に防風スクリーンを付ける。２台ともポリ袋で包んで、段ボール箱に入れて車に積み、ドアを閉めて 11 分間測る。
片方に防風スクリーンを付ける。２台とも外に出して、２つ並べて計測する。
両方とも、直径９ｃｍのものを付けて、２台とも外に出して、２つ並べて計測する。
これらを比較すれば、
風雑音の意味が明確になると考えます。
貴社はどのように考えますか？
（答え）

質問：
マイクに風を当てなくても、風車の近くでは超低周波音が計測されます。
これについて、風雑音が計測されていると考えますか？
それとも、風車から超低周波音が放出されていると考えますか？
（答え）

質問：
風車の近くで、マイクに風を当てないようにして計測した音には、離散的で規則的な周波数を持つという静筒がありますが、貴社の風車は、どのような性質の音を出しますか？
計測した風車の場所を示すとともに、精密騒音計で音圧変化を記録した WAV ファイルを提供してた上で、
貴社の風車の音の特徴を説明して下さい。
貴社の風車は、音響キャビテーションで気泡が発生しやすくなる時の条件を満たしますか、それとも満たしませんか？
理由となる観測データを提示したうえでの、判断を表明して下さい。
（答え）

防風スクリーンの効果

超低周波音の計測では、防風スクリーンを付けて、数値を小さく見せかけてきた。

環境省の委託業務、平成２２年度、移動発生源の低周波音等に関する検討調査等業務報告書

オ）風車騒音測定用の小型防風スクリーンの開発

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よる研究）における風車騒音測定のために、20cmφのウレタンフォーム製球形防風スクリーンと 12 面体の金属製枠にネットを貼った二重防風スクリーンが開発されている。太田ら 19)は、屋外で実験を行った結果、直径 20cm 防風スクリーンのみに比べて、12 面体防風スクリーンのみで約 10dB、その外側に同じネットを貼った立方体防風スクリーンを付加した場合には 13dB（いずれも 8Hz）の低減効果が得られたと報告している。

最近の研究動向の整理より、風雑音の低減方法に関する研究は必ずしも活発ではないが、様々な角度からの検討が行われており、防風スクリーンの開発を含めた測定方法や風雑音のメカニズムに関する検討が継続されていることが明らかになった。また、風力発電所から発せられる音を対象とした計測方法に関する研究も実施されていることがわかった。

超低周波音に対して、防音窓の効果が無い事は、次のグラフから分かります。

8Hz では、アルミサッシ二重窓で５ｄＢの減衰ですが、それ以外は減衰が見られません。

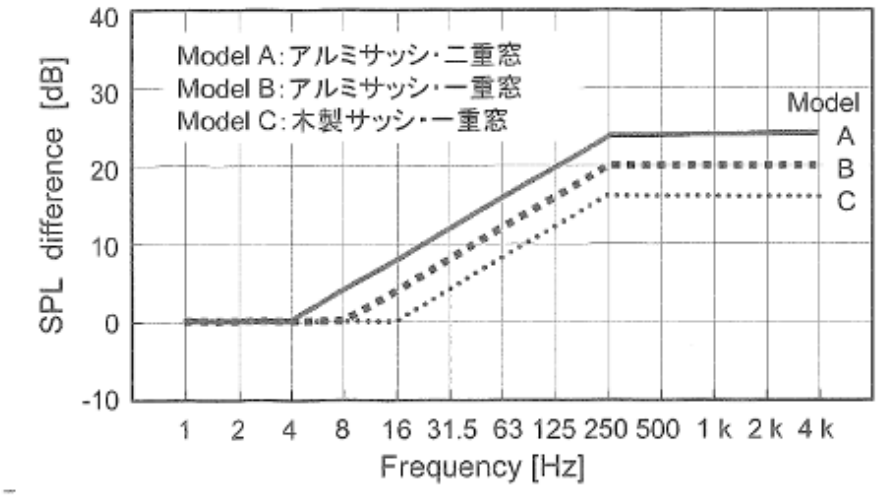


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

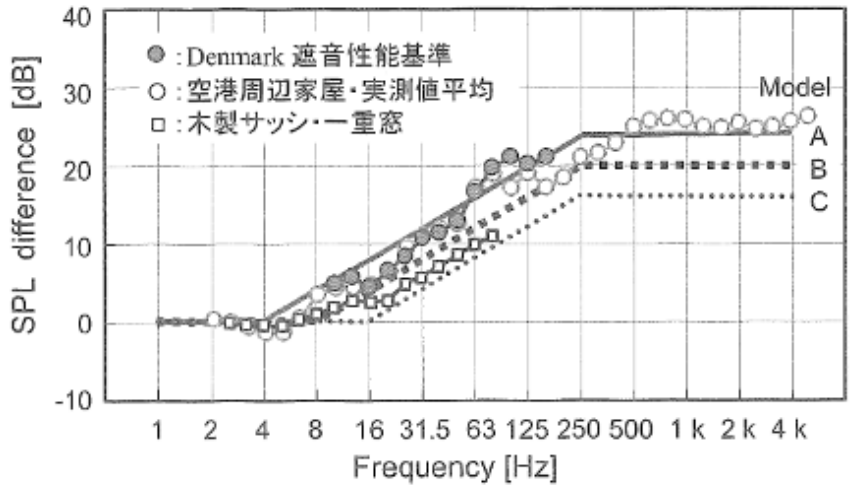


図５　ハウスフィルター・モデルと３種類の参照データの比較

屋外では、防風スクリーンを付けて計測するのでしょうが、8Hz の音に対しては、10ｄＢ～13ｄＢの減衰を得ることになります。

室内の計測では、防風スクリーンは不要です。室内で、防風スクリーンを外して計測すれば、8Hz の音は、屋外での防風スクリーンを付けての計測結果よりも大きな値になります。

普通の家では、外での計測結果よりも、10～13ｄＢ高い状態になっている事になります。
防音用の二重窓が付いている家では、外での計測結果よりも、5～8ｄＢ高い状態になるのです。

これは、防風スクリーンを付けての屋外での計測が、被害を防ぐと言うよりも、数値で住民を騙すことが目的であると考えてしまいます。

10ｄＢ大きいと言うことは、音圧が３倍になっているという事です。13ｄＢ大きいという事は、音圧が 4.5 倍になっているという事です。

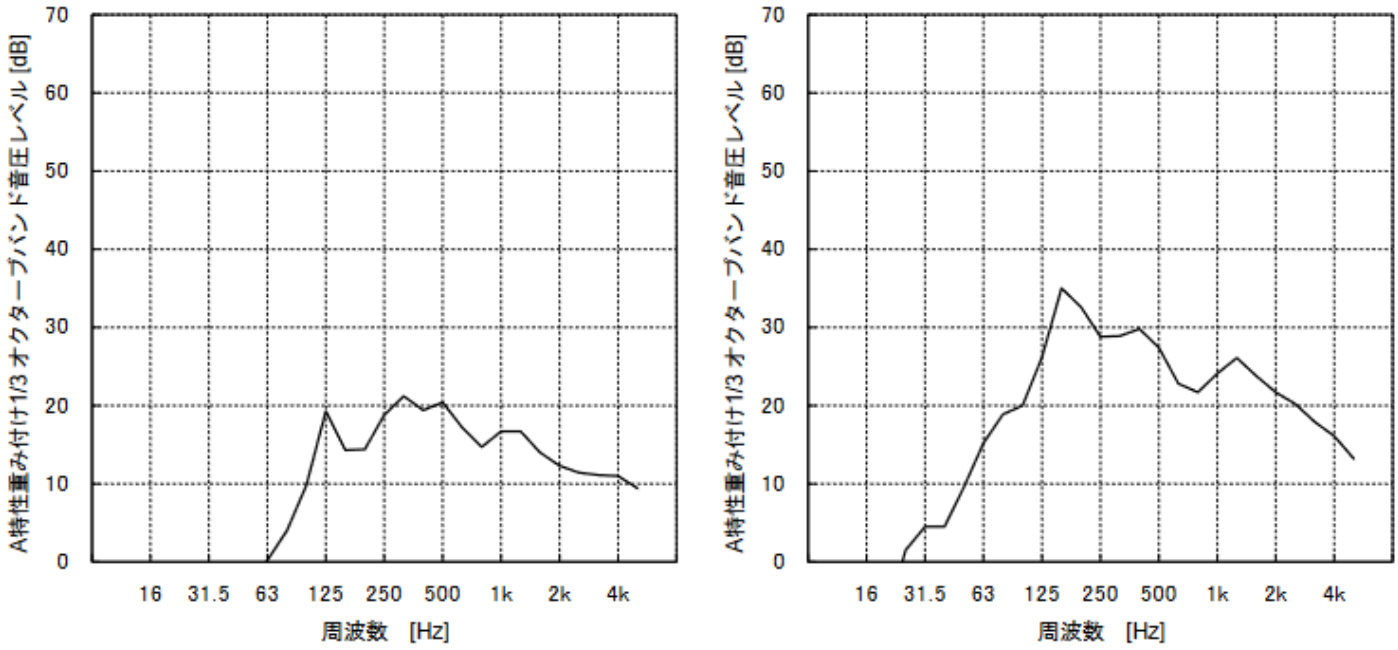
これでは、被害を評価するための計測とは言えません。

風雑音と除外音処理（A 特性）

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”の 33 ページでは、

B.4 周波数特性

残留騒音および風車騒音の周波数特性は、実測時間の 1/3 オクターブバンド音圧レベルの周波数特性として作成する。測定例を図 B.1 に示す。



(a). 残留騒音の周波数特性　　(b). 風車騒音の周波数特性

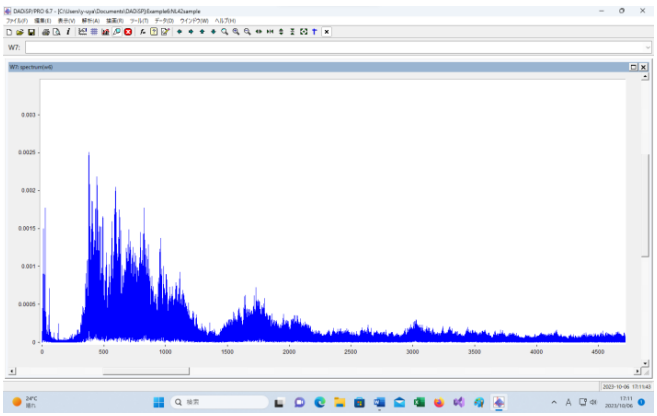
図 B.1 周波数特性の表示例

右側のグラフを見れば、20Hz 以下は 0 として扱われます。

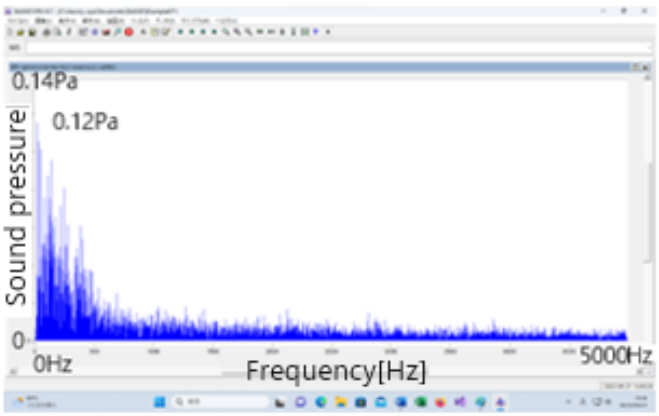
大型風車では、f=RZ/60＝0.5（Hz）程度ですから、騒音を計算する場合には、完全に無視されます。

周波数スペクトルは、

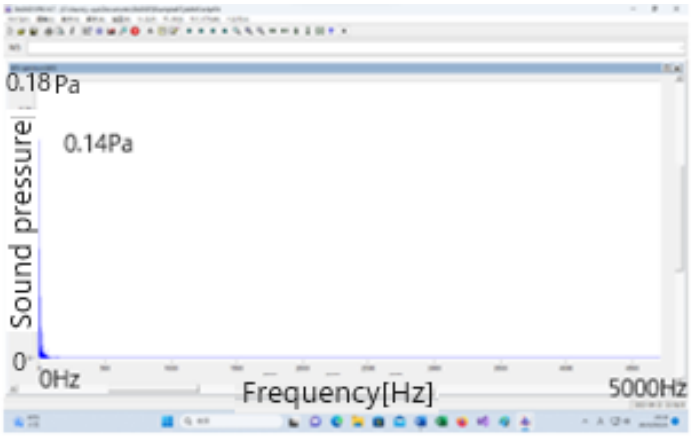
交通騒音（０～5000Hz）



工場騒音（０～5000Hz）



風車騒音（０～5000Hz）



風車音は、左端の細い線で表されています。

エネルギーの分布

表２．エネルギーの分布

エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

0～20Hz でのエネルギーの分布

Energy distribution	0～1Hz	1～20Hz	0～20Hz
Wind turbine	61.3%	38.7%	100.0%
Iron mill	0.04%	99.96%	100.0%

ですから、A 特性音圧レベルが低くても、原因不明の圧迫感や頭痛が起きるのです。もちろん、風車を停止させれば解消します。これを、普通は風車音に原因がある。と判断するのですが、A 特性音圧レベルの数値で原因か否かを判断すれば、A 特性音圧レベルの数値は、あまりにも小さい値になっているので、原因不明となるのです。

性能の良い精密騒音計を使う場合は、超低周波音が計測されてしまうので、防風スクリーンを付けて、10～13ｄＢくらい低い値になる様にする。

環境省水・大気環境局長　からのお知らせ、「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」、の（別紙）、風力発電施設から発生する騒音に関する指針、には、

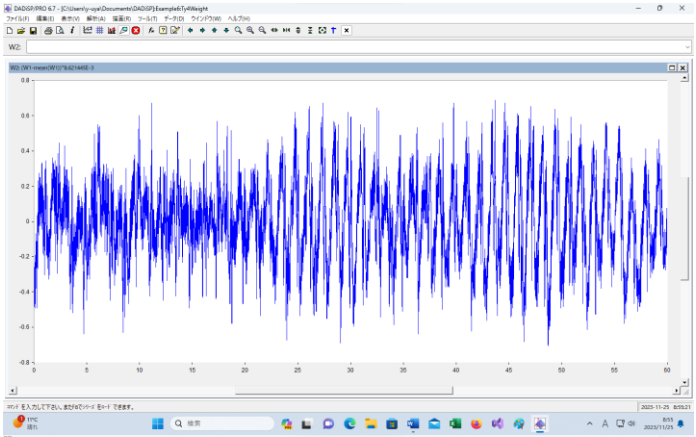
“環境省では、平成 25 年度から水・大気環境局長委嘱による「風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会」を設置し、風力発電施設から発生する騒音等を適切に評価するための考え方について検討を進め、平成 28 年 11 月 25 日に検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」を取りまとめました。今般、同報告書を踏まえ、風力発電施設から発生する騒音等について、当面の指針を別紙のとおり定めたので通知します。貴職におかれては、下記に示した本指針策定の趣旨等及び別紙の指針、並びに風力発電施設から発生する騒音等の測定方法について別途通知する**「風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル」を、騒音問題を未然に防止するために対策を講じ生活環境を保全する上での参考としていただく**とともに、関係の事業者等へ周知いただくなど格段の御配意をお願いいたします。”

と書かれている。

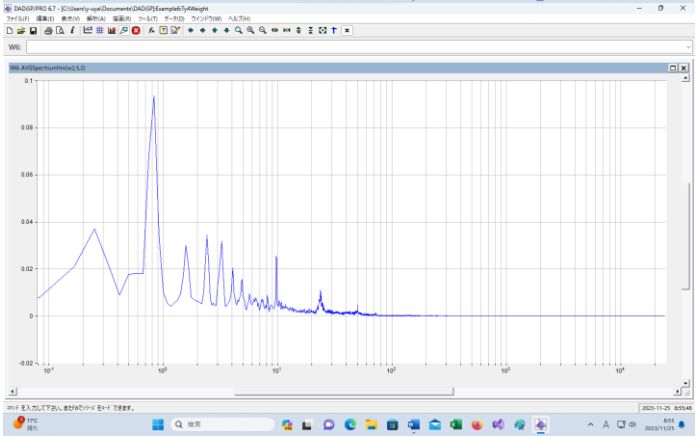
“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”
の３ページには、
“2.3.5　風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”
とあり、７ページでは、
“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）
風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウインドスクリーンを使用する必要がある。
風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。
（注） 二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“
となっている。

環境省は、超低周波音を“風雑音”と決めつけて“除外音処理”で消し去れと言っているのです。
除外音処理は、いろいろ考えられますが、具体例を１つ示します。

これは、計測された風車音のグラフ

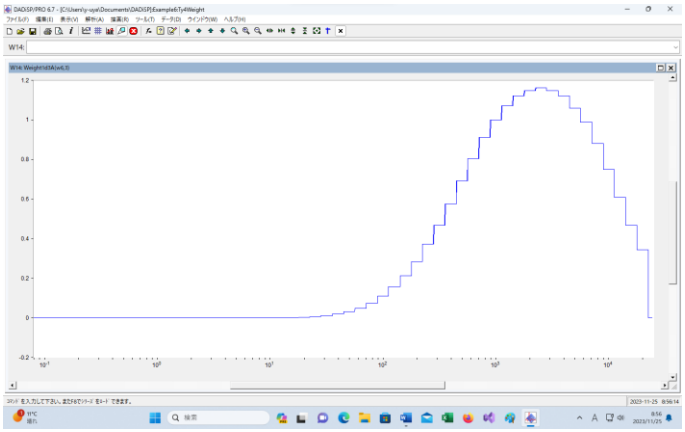


ハミング窓を使った周波数特性（Pa 表示）

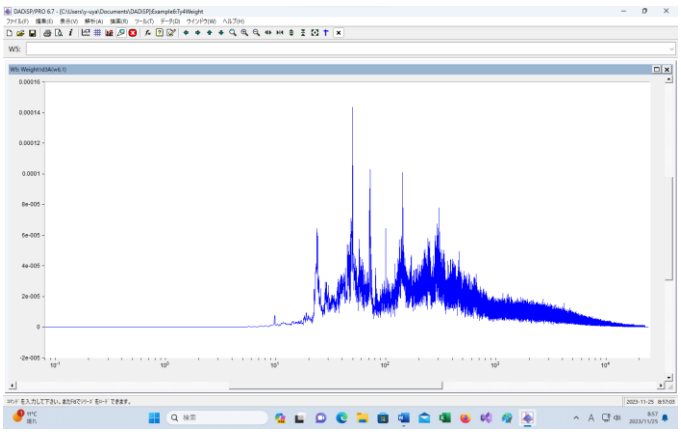


A 特性による窓関数

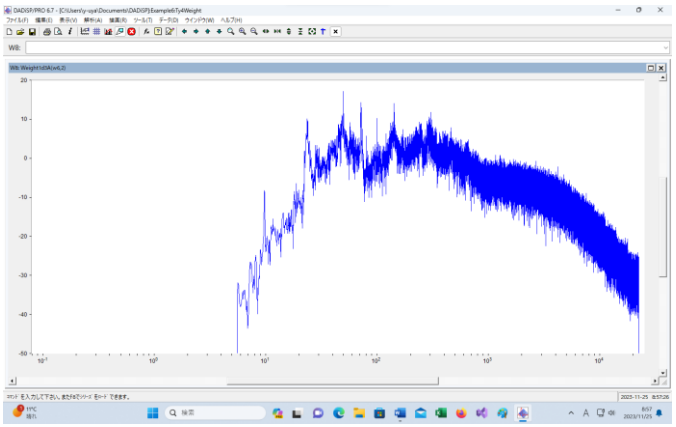
A 特性の窓関数を使った周波数特性（Pa 表示）

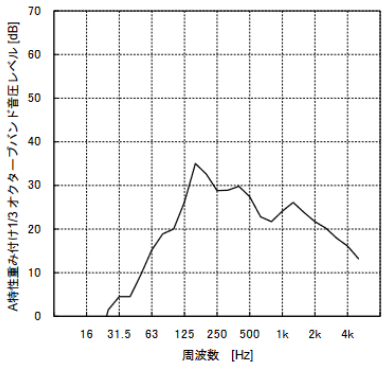


A 特性の窓関数を使った周波数特性（ｄＢ表示）



左のグラフを周波数帯ごとに纏めたもの。

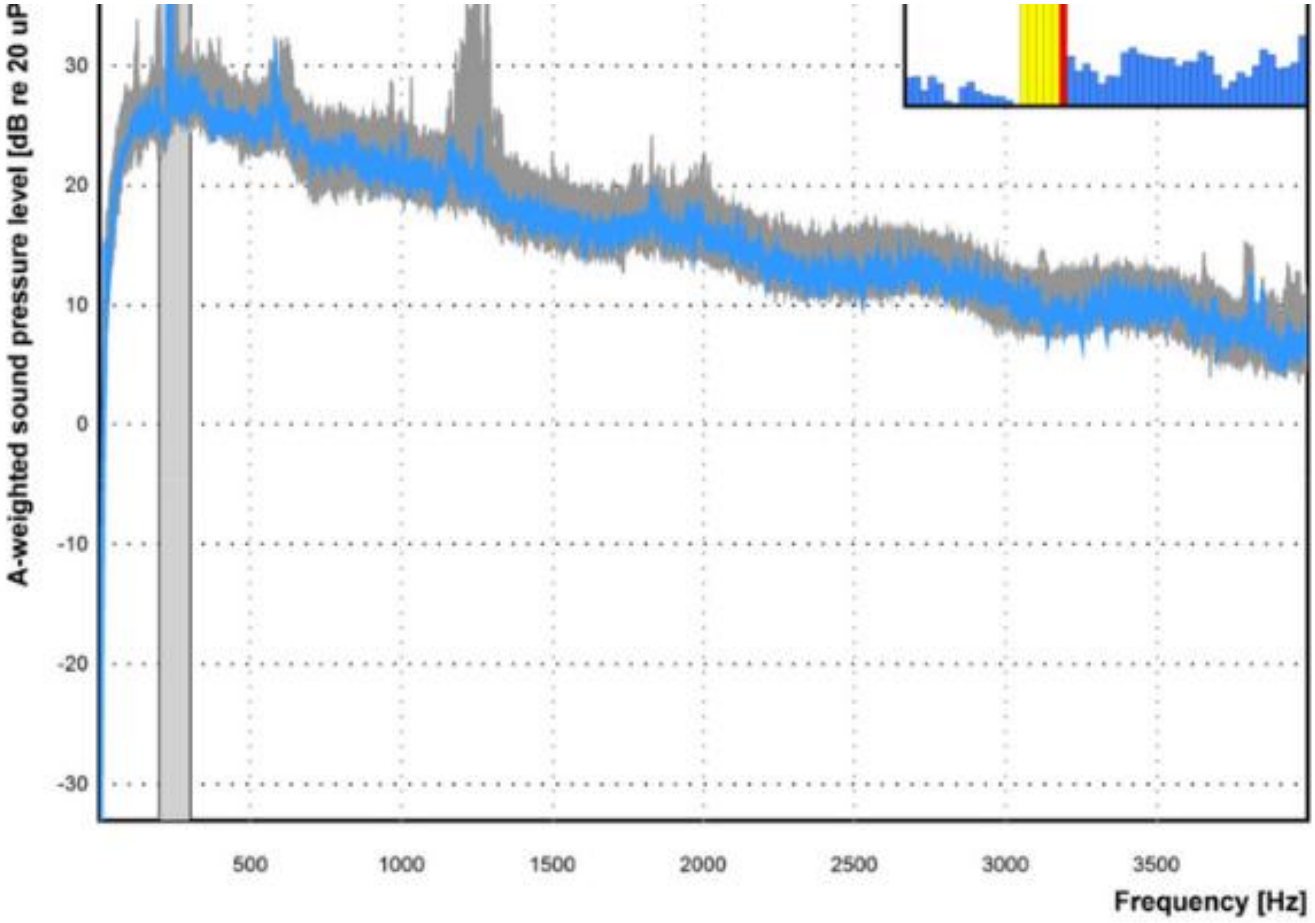




(b). 風車騒音の周波数特性

・A-weighted sound pressure level [dB]

下のグラフを、“FFT 分析結果”と主張する人もいます。

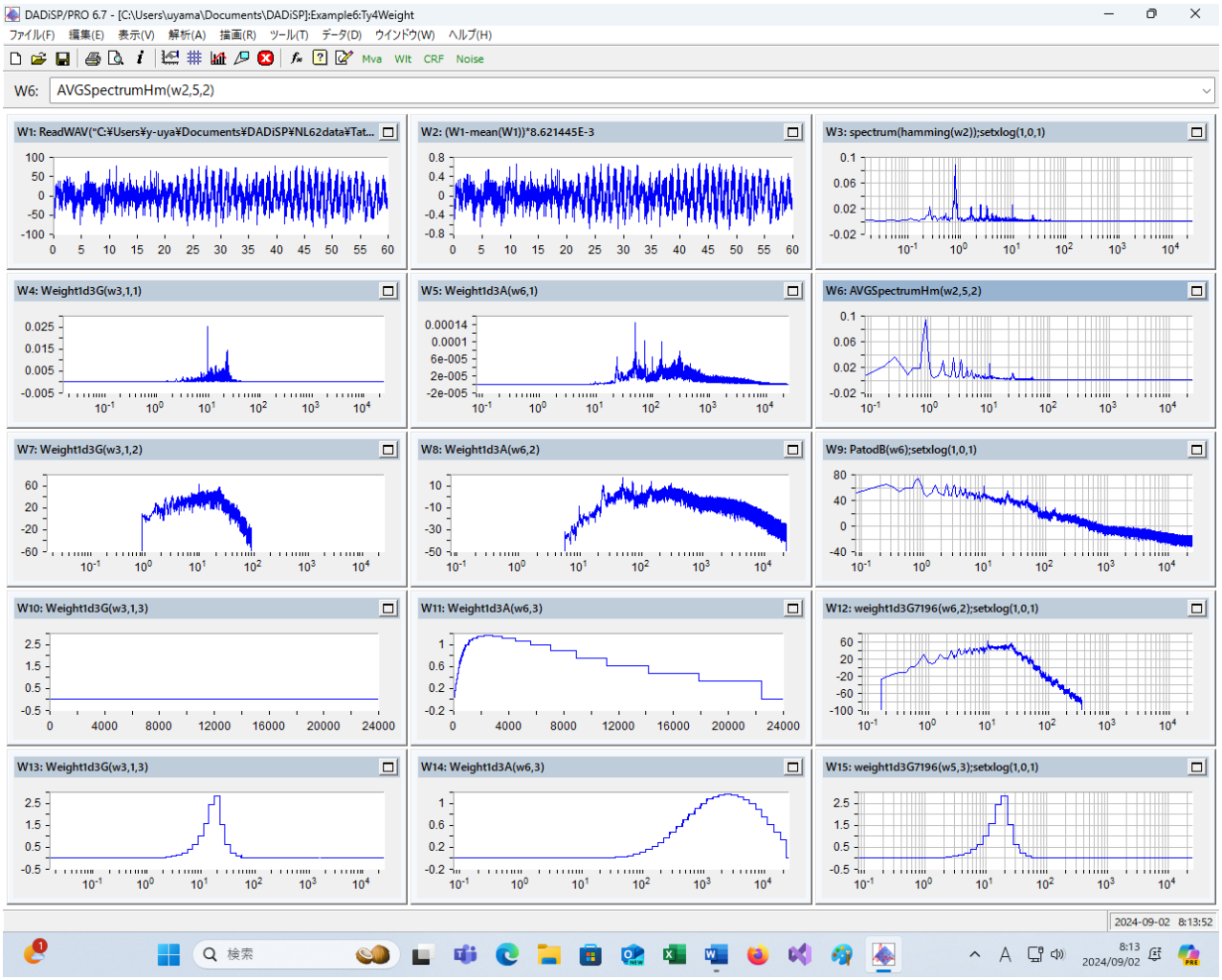


注）グラフ中の灰色の帯で示す箇所（臨界帯域）の詳細を右上に示す。

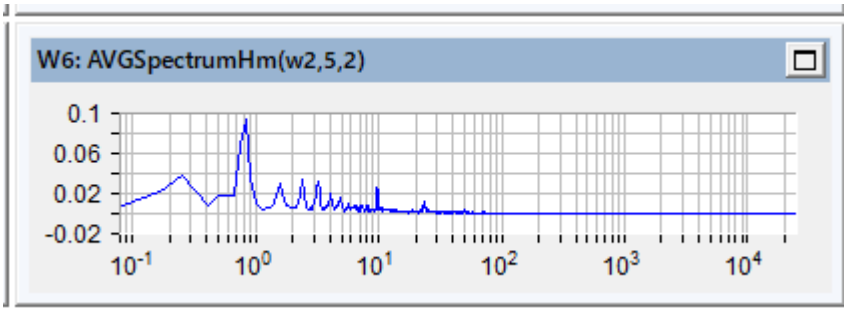
] 2.2-11(1)　風力発電機から発生する騒音の周波数特性（FFT 分析結果：8m/s）

左側をよく見ると、A-weighted sound pressure level [dB]　と書いてあります。

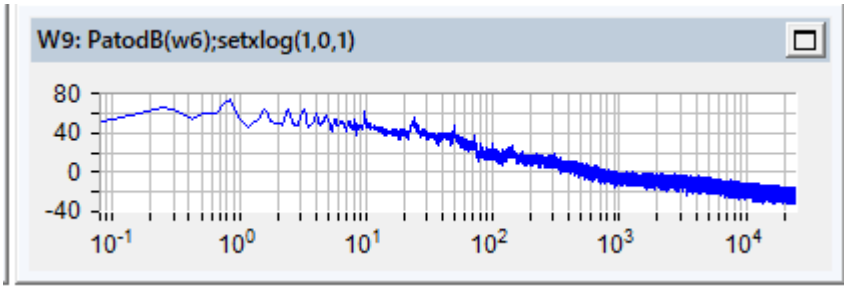
Ty4Weight



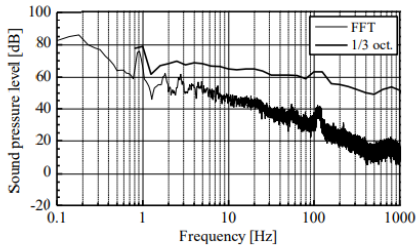
W2 の風車音の周波数スペクトルが W6（音圧、パスカル）です。



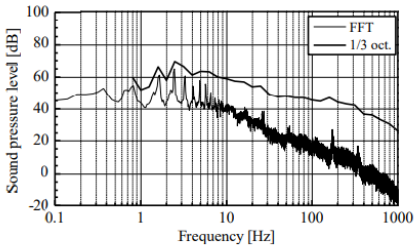
音圧（Pa）から音圧レベル（dB）に直したものがW9です。



これを、音圧のスペクトルと呼びます。

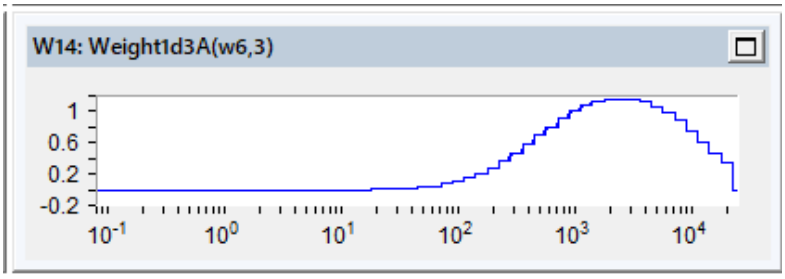


図(2)-11　図(2)-9の音圧のスペクトル



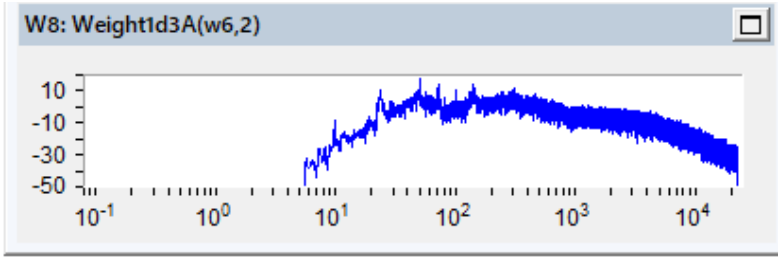
図(2)-12　図(2)-10の音圧のスペクトル

これに対して、A 特性での重みづけ

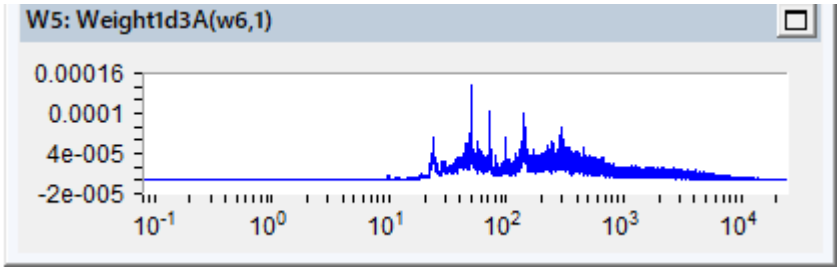


を作用させると、次のグラフになります。

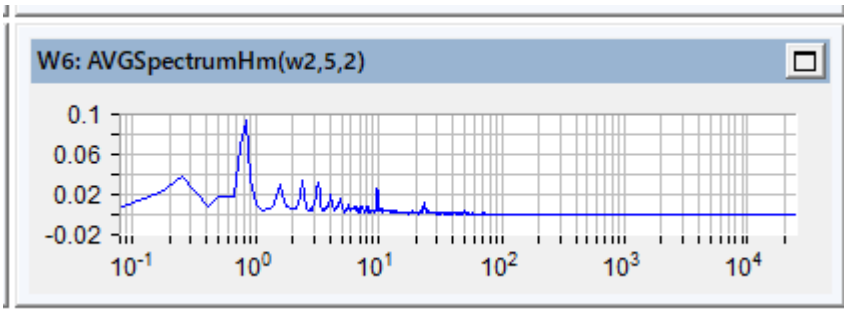
A-weighted sound pressure level [dB]



これを、音圧（Pa）単位での表示に戻せば、次のグラフになります。



もとのグラフ



と比べてみると、全く別のグラフになっています。

FFT から、周波数スペクトルを計算すると、元のグラフになります。A 特性の重みづけを使って、超低周波音の部分を消してしまったものを、“FFT 分析結果”だと言っているのです。

はっきりしている事は、A 特性の重み付けでは、超低周波成分は除外されるという事です。

グラフから、超低周波音を消すのは簡単ですが、風車からの超低周波音そのものは消せません。
“除外音処理”をした結果のグラフを見ながら、風車被害を考えれば、原因が不明になるのです。
はっきり言えば、原因不明になる様に、問題点を消し去ったグラフを作ったという事です。
これが、環境省の指示する、“除外音処理”なのです。

大型化する風車の超低周波音は 0.5Hz の辺りで、最大音圧となる。音圧が高ければ圧迫感を覚え、不快になる。これに備えては、“超低周波音はすべて知覚閾値以下である。”と言って、超低周波音に関する訴えを門前払いする。

ここまで来ると、
“超低周波音は存在しない。それは、除去すべき風雑音である。”
とはっきり言ってしまえば、楽になります。

日本国憲法第 25 条

日本国憲法第 25 条は、

1　すべて国民は，健康で文化的な最低限度の生活を営む権利を有する。

2　国は，すべての生活部面について，社会福祉，社会保障及び公衆衛生の向上及び増進に努めなければならない

とあります。安眠は健康を維持し、地域社会を維持するための必要事項です。美味しいものを食べていというような贅沢ではありません。

風車の影響の感知の仕方はいろいろですが、安眠妨害指数を目安にすれば、風車が地域社会に与える影響を評価できると思います。例えば、

安眠妨害指数＝Min{　聴覚閾値、ガタツキ閾値、圧迫感閾値、地中伝搬振動閾値、頭痛閾値、など　}

この数値が、風車の被害に関する感覚閾値なのです。

10Hz の音について考えれば、

音が聴覚を刺激して“うるさい”という形で安眠を妨害するときの音圧は、100ｄB（問題あり）

音が“圧迫感や不快感”として安眠を妨害するときの音圧は、92ｄB（参照値、心身）

音が“ガタツキ”として安眠を妨害するときの音圧は、73ｄB（参照値、物的）

５Hz では

音が聴覚を刺激して“うるさい”という形で安眠を妨害するときの音圧は、115ｄB（問題あり）

音が“圧迫感や不快感”として安眠を妨害するときの音圧は、記載なし（スピーカの音が出せない）

音が“ガタツキ”として安眠を妨害するときの音圧は、70ｄB（参照値、物的）

この数値を越えれば、安眠を妨害されます。そして、仕事や学習に大きな影響が出ます。安眠妨害の形として、ガタツキに注目すれば、5Hz で 70ｄB 以下の数値が、風車被害の知覚閾値となります。圧迫感の閾値が分ればもっと下がる可能性があります。

１０．健康被害と原因

１０．１　アノイアンスとラウドネス

都道府県知事　市長・ 特別区長 殿　　環境省水・ 大気環境局長
“風力発電施設から発生する騒音に関する指針について”
“風力発電施設から発生する騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（ アノ イアンス） を増加させる傾向がある。静かな環境では、風力発電施設から発生する騒音が 35～40dB を超過すると、 わずらわしさ（ アノ イアンス） の程度が上がり、 睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。また、超低周波数領域の成分の音も含めた実験の結果、 周波数重み付け特性として A 特性音圧レベルが音の大きさ（ ラウド ネス） の評価に適している。”
とある。

ラウドネス（うるささ）の評価に、A 特性音圧レベル（騒音レベル）の数値が適しているのだが、アノイアンス（不快感）の評価には適していない。
　騒音レベルの数値が同じでも、風車音でのアノイアンスと交通騒音でのアノイアンスには、大きな違いがある。

鳥取県における発電用風車の騒音に係る調査報告（十倉 毅・山本 和季・矢野 大地）
での、聴覚での“うるささ”以外の被害は次のものである。

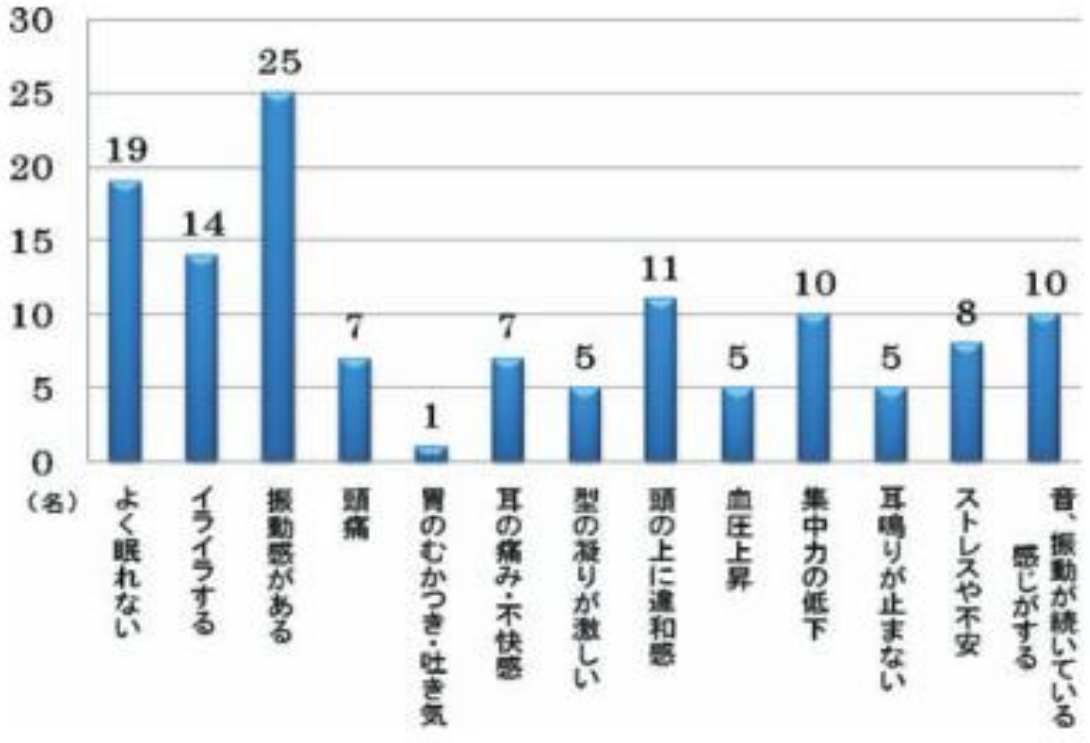


図２　苦情の訴え（「Q５」、複数回答を含む）

石狩風車の低周波音測定結果と健康被害　元札幌医科大学講師・山田大邦氏の論文より 2018 年 2 月 8 日

には、

“２００７年末、東伊豆の別荘地では１５００ｷﾛﾜｯﾄ×１０基の風力発電が運転を始めた直後から、住民のなかで健康被害が続出した。この因果関係を調べるため、事故で風車が停止しているとき、団地自治会が独自に疫学調査を実施した【表１】。不眠、血圧、胸・腹・歯・鼻・耳痛などの症状が、風車が停止することで大きく改善したことがわかる。

表1 東伊豆での風車停止中の被害改善調査（%）

風車からの距離(m)	500m未満	500～700m未満	700～900m未満	900m以上	生理的要素
不　眠	71	27	13	0	距離が離れると改善
血　圧	18	15	0	0	距離が離れると改善
リンパ腺の腫れ	6	2	0	0	距離が離れると改善
胸腹歯耳鼻痛	41	39	25	0	距離が離れると改善
煩い・イライラ	59	61	75	0	心理的要素も
頭痛・肩こり	41	39	81	33	心理的要素も
全体で改善	94	76	94	33	心理的要素も

注：事故停止中、住民121人中の77人が回答した。改善63人(改善率82%)。調査結果に転居(10戸)避難者は含まない。出典：三井大林熱川自治会（2009）。

この結果を受けて住民が動き、今後は夜間に住宅直近の風車３基を停止すること、次に近い風車２基の回転数を４割減らすことーーという内容の協定を、自治会と事業者と東伊豆町の三者で結んだという。これによって睡眠障害は７割減った。ただし、それでも耐えられず転居した家族もいる。“

とあります。

・平成２２年、環境省の調査

風力発電所に係る騒音・低周波音に関する問題の発生状況

には、

“【風力発電所の現地調査のうち、騒音・低周波音に関する主な状況】

□ 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。

□ 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。

□ 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。

□ 騒音対策として、風車の夜間停止や出力抑制、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。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

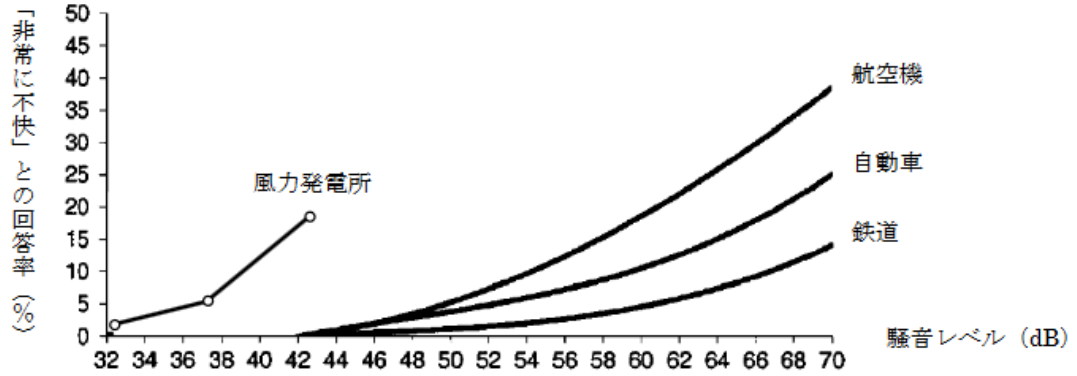


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

②風力発電所からの騒音・低周波音に関する訴え

□ Nina Pierpont は、風力発電所の近くに住む 10 家族（38 名）に対する症例調査を行っている 6。それによれば、風力発電所から発生する低周波音により、内耳の器官が影響を受けて、様々な健康被害（睡眠障害、頭痛、耳鳴り、めまい、吐き気、頻脈、集中力低下、記憶障害、倦怠感、パニック症状等）が生じているとされている。“

とあります。

環境省が作った上のグラフは、“不快感”と言う観点で風車音と他の環境騒音を比較すれば、A 特性音圧レベル（騒音レベル）が 42ｄB のとき、風車音では 20%程度の人が“非常に不快”と感じるが、一般の環境騒音では、“非常に不快”と感じる人はいないことが分ります。

アノイアンス（不快感）の内容は様々です。ラウドネス（うるささ）もその一部です。

風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会　の報告書（ｐ14）には、不快感と A 特性音圧レベル（20Hz～）の関連を示す記述がある。（これは、統計的な分析結果です。）

“風車騒音とわずらわしさ（アノイアンス）との量-反応関係についても多くの研究がなされている。複数の報告により、同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音は他の交通騒音よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすいことが示唆されている。

表 1 の Kuwano らの研究により得られた、日本を対象とした、風車騒音と道路交通騒音を非常に不快であると感じた者の割合（%HA）を図 7 に示す。この図によれば、非常に不快であるとの回答確率が 30%程度となる騒音レベルは昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn）で 60dB 程度、20%程度は 53dB 程度、10%程度は 43dB 程度となる。

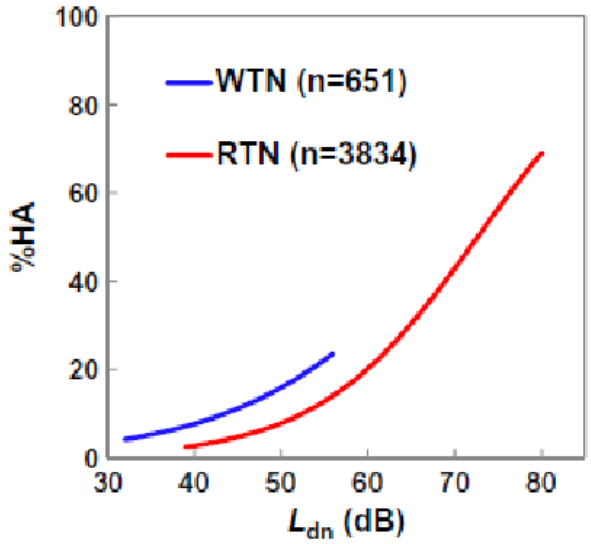


図 7 風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn ）※ と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

※ 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、LAeq に 6dB を加算して Ldn を推計している。

なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。“

次の論文から、不快感に関してはより小さな数値でも安心できないことが分ります、

大型風車による地盤振動伝播*

―立地環境による差異―

Ground vibration originated from large-scale wind turbines

― difference by the foundation situation ―

小野寺 英輝

3-2. アノイアンス問題発生地域での計測

風車近隣(それでも数百 m 離れている)住民が申告する被害と地盤振動の伝播との関連に関して具体的な状況を知るため，当該地域へ赴き，ヒアリングと地盤振動の計測を行った．計測結果の一例を図 5 に示す．(a)は，これまでに計測を実施した第 1，第 2 地域における計測結果の代表例，(b)が今回計測したアノイアンス問題申告のある地域での結果を示す．

(b)では，微細な変化の観察を容易とすることを目的に縦軸を(a)の 200 倍としてある．ただし，(b)を(a)と同じスケールの縦軸にすると振幅データは，およそ 10Hz 以上の領域を除けば，値の上下はほとんど観察されない．

なお，図中のギリシャ数字は前記の表 1 にある風車の略号を示す．ただし，それぞれの計測個所までの距離は，表 1 に示した通り一定ではない．これらのうち，**最大のピーク値を示すⅤの場合の振動加速度は 8.9×10-2(Gal)，アノイアンスの申告があったⅥの場合，6.7×10-6(Gal)で，数値的には非常に小さくなっている．なお**

補足であるが，震度 1 の最小値は 0.6(Gal)である．

次に，これまでの計測結果とヒアリング内容を対照してみたい．ヒアリングによると，風車の稼働に伴う体調への影響は，ある限定された状況で，強度が増すという申告を得た．今般のヒアリングにおいては，具体的には以下の 3 項目が挙げられた．

１． 雨の日には 24 時間強い不快感を感じる

２． 水田にいると楽になる

３． 冬がひどく，夏はいくらかよい

今回の計測時は，数日前に降雨があったものの，地表は完全に乾燥していた．従って，上記申告に基づくと，やや症状が軽い状況になる．なお，伝播途中の土質の変化，あるは振動の面的分散によるものかは不明であるが，Ⅵの場合に，x 方向の振動振幅が他と比して若干大きくなっていたので，他のデータについても，x 方向の計測結果を用いている．

計測データを見ると，Ⅲでは，Ⅳ．Ⅴと比較して 0.1～2Hz の範囲の振幅値も大きくなっている．この領域の振動は，俗にいう船酔いの原因となる振動(揺動)周波数(8)に近接している．風車から直線距離で 950m 離れたⅥに関しても距離減衰に伴い値は非常に僅かであるが，振動特性は類似しており，これも，およそ 1Hz 以下で上昇がみられる．Ⅷに関しては，0.08Hz 程度以下での上昇があるが，他の 2 つに比してその傾きは小さい．

周波数が大きい側の領域をみると，Ⅲ,Ⅴでは 0.3～20Hz の範囲で値の上昇がみられるのに対し，Ⅳでは 8～40Hz,Ⅵでは 10～40Hz,Ⅶでは 7～50Hz,風車近傍のⅧでは 0.9Hz～となっている．

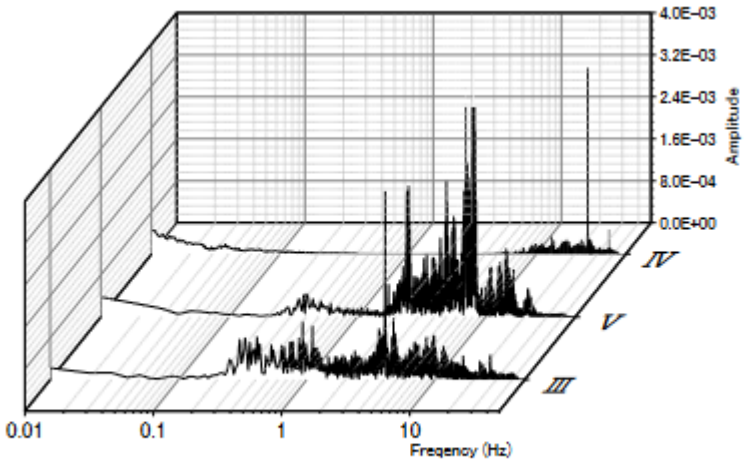
これらのうち，アノイアンス申告が顕著であったのがⅥ関係地域であり，次いでⅧ地（民間の作業所）であるが，後者は風車に近接していることから，一般の空力騒音によるものではないかと考えられる．

4．まとめ

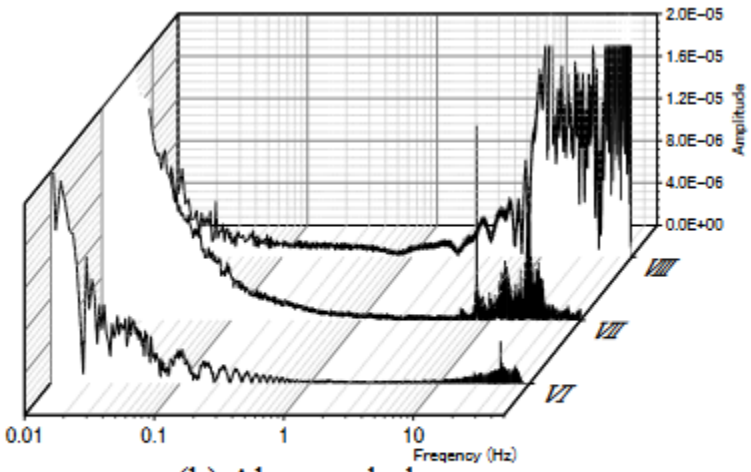
(1)本報の範囲では減衰割合は，砂地では z 方向が，土質地盤では y 方向が他に比して大きい．

(2)風車の立地条件によると思われる極低周波数側の振幅増加が他と比して大きい周波数から発生する場合がある．

(3)1Hz 以下で，波状の周波数分布を示す風車があり，本調査の範囲では，アノイアンス申告のある地域と一致している．



(a) Referring places



(b) Abnormal places

Fig.5　Frequency profiles of measured points

質問

建設後に、事前予測と異なって室内でのガタツキが起きることもあります。

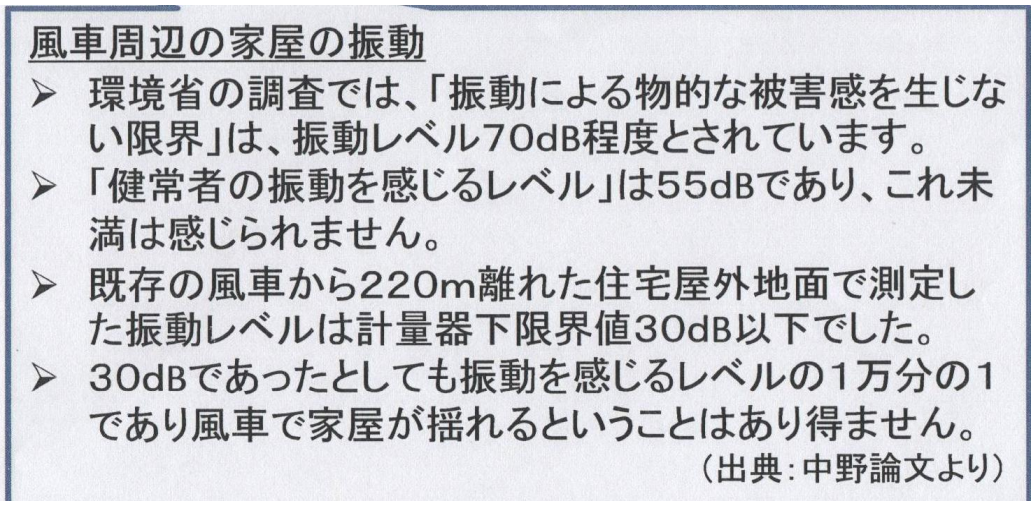
計測が必要である。そのような機材を使って、どのように計測し、どのように解析すべきかを詳しく述べて下さい。

現実が予測と違っていて、被害が出たら、どのようン責任を取るのかを、例えば“夜間は風車を停止する。”などの様に具体的に述べて下さい

（答え）

周辺の家の振動（野中　氏）

ここでは、音だけではなく地盤振動に関しての記述があります。



です。

振動の影響は、国より公害の１つと定義されています。その種類には、産業機械作業振動、工事・建設作業振動、道路交通振動、鉄道振動等があり、法により基準が定められています。

しかし、その基準に該当するものが特定の機械設備であることや、該当しないものが振動源とされる場合がある等様々な事例があり、この問題をより難しくさせています。

2	65～75	屋内にいる人の多くが、揺れを感じる。 眠っている人の一部が、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物が、わずかに揺れる。
1	55～65	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。	コップ等の水がわずかに揺れる。
0	55 以下	人は揺れを感じない。	

記述は、振動に関しての上記のような情報を基にしているのだろうが、“住宅屋外地面で測定した振動レベルは計測器下限界値 30ｄＢ以下でした。”との事記述は、不良品の計測器を使ったとしか思えない。

【振 動 の単 位 】

振動量を表す単位には以下の単位がありますが、「振動レベル」以外は物理量です。

名　称	記号	単位	解　説
変　位	δ	μ mm	物体が振動した時、図-1 のおもりが変位した量です。単に「振幅」と標記される場合は、変位量を示します。
速　度	v	cm/sec kine	物体が振動して変位する時の速度。振動による構造物の被害は加速度よりも速度との相関が強いとも言われ、速度で管理する場合もあります。単位を見て分かる通り速度は変位を時間で 1 回微分したものです。kine は発破振動で良く用いられる単位で kine= cm/sec です。
加 速 度	a	cm /sec^2 gal G	物体が振動する時の速度の変化量。地震動など多くの振動はこの加速度で管理される場合が多いです。変位を時間で 2 回微分したものが加速度です。cm /sec^2＝gal、重力加速度 1G=980 gal 変位と速度とは(1)式の関係となります。
加速度実効値	a_{rms}	cm /sec^2 gal	振動の多くは異なる周波数成分を含む複合振動ですので、波形のピーク値のみでは、その振動の仕事量は計れません。(2)式により求められる“振動の仕事量”(力積)に相当する値です。
振動加速度レベル	LVA	dB	人の感覚が対数尺度に近いため、(3)式により加速度実効値を対数尺度で表す値。帯域の広い振動量を示すのに都合が良いです。
振動レベル	LV	dB	振動加速度レベルに感覚補正(周波数重付補正)された値で、この振動レベルのみ物理的な量でなく“感覚量”です。

震度階級	地震加速度(gal)参考	振動加速度レベル(dB)	振動レベル(dB)	人間	屋内の状況	屋外の状況
0	0.8 以下	55 以下	49 以下	人は揺れを感じない.		
1	0.8～2.5	55～65	49～58	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる.		
2	2.5～8	65～75	58～67	屋内にいる人の多くが、揺れを感じる. 眠っている人の一部が目を覚ます(睡眠への影響レベル).	電灯などのつり下げ物がわずかに揺れる.戸，障子が僅かに動く(苦情の発生レベル).	
3	8～25	75～85	67～77	屋内にいる人の殆どが揺れを感じる.	棚にある食器類が音を立てることがある.	電線が少し揺れる.

加速度（m/s^2）・振動加速度レベル(dB)の相互変換

$AdB=10\log(a1/a0)^2=20\log(a1/a0)$, $a0=10^{-5m/s2}$ で換算してます。

$1G=9.807m/s^2$　$1gal=1cm/s^2$ で換算してます。

参 考 資 料―低周波音の基礎知識―

の-参考２-のページには、

. 低周波音の苦情と実態

c.1 低周波音苦情の分類

低周波音の苦情は人に関する苦情（心理的苦情、生理的苦情）と建物等に対する苦情（物的苦情）に大きく分けられる。それぞれの苦情内容は以下に示すとおりである。

（1）心理的苦情 気分のいらいら、胸や腹の圧迫感

（2）生理的苦情 頭痛、耳なり、吐き気、

（3）睡眠影響

（4）物的苦情 家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動

このうち、人体に関する苦情は、低周波音との因果関係がはっきりしない場合も少なくない。物的苦情では、振動が原因であると思われていたものが、実は低周波音が原因であったという場合もある。

住民が風車建設に反対する理由や、風車による不快感、わずらわしさ（アノイアンス）、うるさい、健康影響、健康被害　の内容ですが、

住民と風車の距離にあまり影響されないグループ。
業者の説明や事業の進め方に対する不快感、風車建設時の騒音や振動、建設後の道路、山の斜面の崩落、
河川にたまる土砂の撤去（農業用水の確保に手間がかかる）、建設後の緑化の為に蒔いた外来種の種で在来種が消えてしまう、植相の変化による影響、動物の行動変化による被害の増加（食物となる植物が減る）、外来種によって増えてしまう草刈りの回数（人件費やガソリン代などの増加）、希少種のバードストライクによる、食物連鎖の崩壊と害獣（ネズミ）の増加

住民と風車の距離に影響されるグループ。
風車が見えるという景観上の問題、家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動、瓦のずれ、風車による振動の問題（地中伝搬、共振、強制振動）、風車からの強い光“航空障害灯”の問題、風車の回転でのフリッカーの問題、近づくと気分が悪くなる、低周波音を感知、風車の騒音がうるさい、風車からの音による不快感、不眠、睡眠障害、なかなか寝付けない、よく眠れない、何度も目が覚める、うるさい、胸や腹の圧迫感、頭痛がする、吐き気がする、耳鳴り、めまいがする、鼻血、血圧、リンパ腺の腫れ、
胸腹歯耳鼻痛、肩こり、平衡感覚、頭の中で太鼓がなっているようだ、憂鬱になる、怒る、集中できない、神経質になる、緊張する、不安になる、気分のいらいら、コルチゾール検査の数値

住民の社会活動や経済活動に影響を与えるグループ。
眠くて仕事でミスをする、眠くて授業中に寝て、学力が落ちる、居眠り運転で交通事故を起こす、体力が落ちて潜水時間が減る（収入の減少）、安眠妨害での体調不良や体力低下、体調不良者の増加による医療費の増加、転出者が増えて税収が減る、人が減り、地域の行事に支障がでる、漁場が狭くなり収入が減る、魚種の変化で収入が減る、風力発電に対する賛否、業者からの保証金や地域への金銭の支払い

などが考えられます。

このうちで、
安眠妨害を引き起こしそうな不快感を集めてみると、

ラウドネス（うるささ）関連の刺激や状態
風車の騒音がうるさい

アノイアンス（不快感）関連の刺激や状態（ラウドネス以外のもの）
風車が見えるという景観上の問題、家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動、風車による振動の問題（地中伝搬、共振、強制振動）、風車からの強い光“航空障害灯”の問題、風車の回転でのフリッカーの問題、近づくと気分が悪くなる、低周波音を感知、風車からの音による不快感、不眠、なかなか寝付けない、よく眠れない、何度も目が覚める、うるさい、胸や腹の圧迫感、頭痛がする、吐き気がする、耳鳴り、めまいがする、鼻血、血圧、リンパ腺の腫れ、胸腹歯耳鼻痛、肩こり、平衡感覚、頭の中で太鼓がなっているようだ、憂鬱にな

る、怒る、集中できない、神経質になる、緊張する、不安になる、気分のいらいら、

評価の指標となる数値
コルチゾール検査の数値、A 特性音圧レベル（騒音レベル）、G 特性音圧レベル、1/3 オクターブ解析での数値、最大音圧と周波数、振動レベル計での計測値

不快感が継続すれば、ストレスが溜まります。その程度を評価するものとして、コルチゾール検査があります。

10．1．1 唾液コルチゾール検査

唾液コルチゾール検査 「副腎疲労（アドレナル・ファティーグ)」という言葉をご存じでしょうか？
近年、体調不良で検査をしても原因がわからないという不安を訴える患者様が増えています。現代人は、日 常的にさまざまなストレスを受けています。副腎から分泌されるコルチゾールは、このストレスから私たち の心身を守ってくれています。 しかし、強いストレスが慢性的に続くと、副腎も疲れ、コルチゾールの分泌が追い付かなくなり、身体にさまざまな症状が現れます。
以下の症状に覚えはありませんか？ 朝、起きるのがつらい ぐっすり眠っても、まだ疲労感がある 塩辛い食べ物が無性に欲しくなる 以前楽しんでいたこともすべて億劫に感じる 日常的なことがとても疲れる 性欲の低下 ストレスに対処出来ない、イライラしやすい 病気や怪我、外傷から回復するのに時間がかかる ベッドや椅子から立ち上がるとき、クラクラする 軽度のうつ（人生に何の意味も感じられない） 人生の全てがむなしい PMS（月経前症候群）の悪化（手足のむくみ、頭痛、乳房の張り、下腹部の痛み、ふさぎ、不安、怒り、イ ライラがひどくなる） カフェインがないと仕事ができない 思考がまとまらず、ボーっとする 記憶があやふや 午前１０時まで目覚めない 午後３時から４時の間はぼんやりしている 夕食後、やっと元気になる 仕事がはかどらない（医者も知らないアドレナル・ファティーグ ジェームズ・L・ウィルソン著 中央アート出版社より引用） 146 146 上記の症状に １つでも当てはまれば、副腎疲労の可能性が考えられます。もし、4 つ以上当てはまる場合には、「唾液コルチゾール検査」で十分に副腎が働いているかどうか調べてみることをお勧めします。副腎疲労 の治療は、原因となるストレスの同定・除去や、生活習慣の改善、サプリメントを用いた栄養療法などが中 心となります。 唾液コルチゾール検査の方法 一日 4 回（8 時、12 時、16 時、24 時）唾液の採取をします。唾液中に含まれるコルチゾールの日内変動を 調べます。 正常な場合：朝の値が最も高く、時間が経つにつれて下がります。 副腎機能が低下している場合：朝の値が低くなるなど、分泌パターンに変化が見られます。 こういった値の変化によって副腎疲労の度合いが分かります。（唾液の接種だけの検査ですので、身体への負 担はほとんどありません。） 検査費用：15,000 円（税別）※自費診療 この検査を含めた場合、診断書の発行費用は、１回あたり２万円程度です。

10．1．2 カナダ政府の風車騒音と健康に関する調査

Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results
“風車騒音と健康に関する調査:結果の概要”には、

“コルチゾールはストレスのバイオマーカーとして確立されており、伝統的に血液や唾液から測定されます。しかし、血液や唾液からの測定値は、コルチゾールの短期的な変動を反映しており、時間帯、食物摂取量、体位、短時間のストレスなど、疫学研究で制御することが非常に困難な多くの変数の影響を受けます。コルチゾールは成長するにつれて髪に取り込まれるため、毛髪サンプル中のコルチゾールを測定することで、このような懸念は大幅に解消されます。1 ヶ月あたり 1cm の予測可能な平均成長率で、髪のコルチゾールを測定することで、ストレッサーへの曝露の月を遡及的に調べることができます。したがって、コルチゾールは、WTN への長期曝露がストレスに関連する主要なバイオマーカーの 1 つに及ぼす潜在的な影響を評価するのに特に有用です。”

“重回帰分析の結果から、毛髪コルチゾール濃度と知覚ストレス尺度のスコアとの間に一貫性が見られた(すなわち、この尺度のスコアが高いほど毛髪コルチゾールの濃度が高い)が、どちらの指標も WTN への曝露によって有意な影響を受けないことがわかった。同様に、自己申告による高血圧(高血圧)は測定された血圧の上昇と関連していたが､測定された血圧または安静時心拍数と WTN 曝露との間に統計的に有意な関連は観察されなかった。
“

“多くの変数が測定された睡眠に有意な影響を与えたことがわかりますが、参加者の自宅の近くで計算された屋外の WTN レベルは、睡眠効率、覚醒速度、覚醒時間、総睡眠時間、または眠りにつくのにかかった時間と関連していることがわかりました。”

“ストレス対策
毛髪コルチゾール、血圧、安静時心拍数の測定値を知覚ストレス尺度に加えて適用し、WTN への曝露がストレスに関連していることが知られている生理学的変化と関連している可能性をより完全に評価しました。
コルチゾールはストレスのバイオマーカーとして確立されており、伝統的に血液や唾液から測定されます。しかし、血液や唾液からの測定値は、コルチゾールの短期的な変動を反映しており、時間帯、食物摂取量、体位、短時間のストレスなど、疫学研究で制御することが非常に困難な多くの変数の影響を受けます。コルチゾールは成長するにつれて髪に取り込まれるため、毛髪サンプル中のコルチゾールを測定することで、このような懸念は大幅に解消されます。1 ヶ月あたり 1cm の予測可能な平均成長率で、髪のコルチゾールを測定することで、ストレッサーへの曝露の月を遡及的に調べることができます。したがって、コルチゾールは、WTN への長期曝露がストレスに関連する主要なバイオマーカーの 1 つに及ぼす潜在的な影響を評価するのに特に有用です。
重回帰分析の結果から、毛髪コルチゾール濃度と知覚ストレス尺度のスコアとの間に一貫性が見られた(すなわち、この尺度のスコアが高いほど毛髪コルチゾールの濃度が高い)が、どちらの指標も WTN への曝露によって有意な影響を受けないことがわかった。同様に、自己申告による高血圧(高血圧)は測定された血圧の上昇と関連していたが、測定された血圧または安静時心拍数と WTN 曝露との間に統計的に有意な関連は観察されなかった。
“

“5.3 煩わしさと健康
WTN の不快感は、血圧、片頭痛、耳鳴り、めまい、PSQI のスコア、知覚ストレスなど、いくつかの自己申告による健康への影響と統計的に関連していることがわかった。
WTN の不快感は、測定された毛髪コルチゾール、収縮期血圧、拡張期血圧と統計的に関連していることがわかりました。
自己報告および測定された健康エンドポイントに関する上記の関連は、特定の騒音レベルまたはタービンからの特定の距離に依存せず、多くの場合、道路交通騒音の不快感についても観察されました。
カナダ保健省は、これらの症状が風力タービンへの曝露よりも前からあったのか、あるいは風力タービンへの曝露によって悪化した可能性があるのかを知る方法がないが、この調査結果は、長期にわたる高い不快感と健康との潜在的な関連性を裏付けている。
調査結果は、健康と福祉への影響が、風力タービンへの曝露以上に、コミュニティの不快感に影響を与える活動に部分的に関連している可能性があることを示唆しています。
ウ. 客観的に測定された結果
客観的に測定された健康アウトカムは一貫しており、対応する自己申告の結果と統計的に関連していることがわかった。WTN は、多重回帰モデルの適用後、毛髪コルチゾール濃度、血圧、安静時心拍数、または測定された睡眠(睡眠潜時、覚醒、睡眠効率など)に関連していることは観察されませんでした脚注 6。“

とありますが、

不快感の原因を 20Hz 以上の成分に限定してはなりません。
ですから、
WTN（Wind Turbine Noise）ではなく WTS（Wind Turbine sound）とする必要があるのです。

とある内容を表にすれば次の様になります。

特徴は、コルチゾール検査の結果と、被害者の訴えには相関性があるが、WTN の数値との相関性は薄いという事です。関連性を表にすれば、次の様になります。

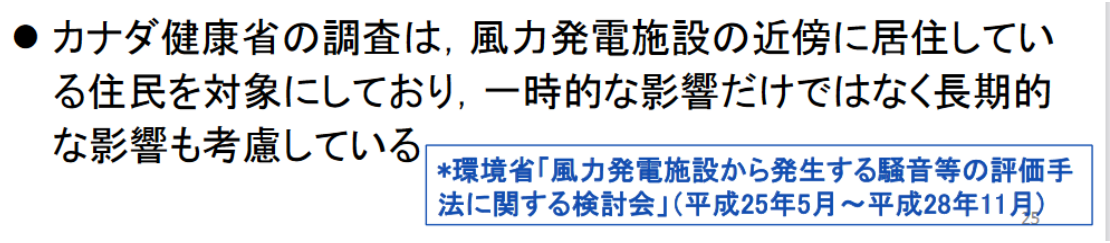
（×は関連性無し、〇は関連性あり、△は三段論法で関連性ありと判断できるものを表します。）

	WTN	睡眠障	心拍数	血圧	コルチ	不快感	知覚ス	片頭痛	耳鳴り	めまい
WTN		○	×	×						
睡眠障害	○									
心拍数	×									
血圧	×				△	○	△	△	△	△
コルチゾール				△		○	○	△	△	△
不快感				○	○		○	○	○	○
知覚ストレス				△	○	○		△	△	△
片頭痛				△	△	○	△		△	△
耳鳴り				△	△	○	△	△		△
めまい				△	△	○	△	△	△	

被害者の知覚ストレス、高血圧などの訴えが、体調の具体的は変化を伴っていることが、コルチゾール検査で証明されていることを示しています。被害者は、正直であり嘘ではないのです。

　追加すべき項目は、最大音圧と、その周波数です。
音響キャビテーションでの、気泡発生の条件、周波数が低くて音圧が高い。に関連するからです。

カナダ健康省の調査



について確認しました。
カナダ政府の HP にある、
Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results
には、
となっています。
“風車騒音と健康に関する調査:結果概要”（ Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results）の問題点は、WTN（Wind Turbine Noise）と健康の関連を調査する。との方針にあります。
　本来ならば、超低周波音での最大音圧との関連を調べるべきなのに、20Hz 以上を対象とする WTN との関連を調べても、上手くは行かないのです。
　調査結果は、次の様になりました。

	WTNレベル	睡眠障害	心拍数	WTN不快感	血圧	コルチゾール	知覚ストレス	片頭痛	耳鳴り	めまい
WTNレベル		○	×		×					
睡眠障害	○									
心拍数	×									
WTN不快感					○	○	○	○	○	○
血圧	×			○		△	△	△	△	△
コルチゾール				○	△		○	△	△	△
知覚ストレス				○	△	○		△	△	△
片頭痛				○	△	△	△		△	△
耳鳴り				○	△	△	△	△		△
めまい				○	△	△	△	△	△	

低周波音被害に関する日本の研究結果の項目は相互に関連しているが、ＷＴＮとの関連は薄いのです。

表-3　低周波音苦情の分類

心理的苦情	睡眠妨害、気分のいらいら
生理的苦情	頭痛、耳なり、吐き気、胸や腹の圧迫感
物的苦情	家具、建具（戸、障子、窓ガラス等）の振動、置物の移動、瓦のずれ

● 聴力影響，頭痛，耳鳴り，糖尿病，高血圧，循環器疾病等の健康影響については，統計的に有意な知見は認められていない

従って、ここでの“統計的に有意な知見”とは、WTN（Ａ特性音圧レベル、騒音レベル）と“低周波音苦情”の項目との統計的に、深い関連性は認められなかったという意味です。
風車音の特徴をＷＴＮで表現できると考えてことが間違いの原因です。ＷＴＮは 20Ｈｚ以上の周波数から計算されます。風車音では、20Hz 以上の周波数を持っている成分のエネルギーは全体の 7%です。
WTN の数値は、可聴域での被害“うるさい”との関係は深いのですが、圧迫感や頭痛などの不快感との関連は薄いのです。このような低周波音による被害との関連を求めるには、圧迫感に注目すれば、圧迫の原因そのものである最大音圧を多変量解析での項目にしなくてはならないのです。

安眠妨害に関係が深いのは、ラウドネス（うるささ）ではなく、アノイアンス（不快感）なのです。
風車音による被害としての安眠妨害を評価する数値は、圧迫感に注目して考えれば、最大音圧をパスカル値で表現した数値なのです。
アノイアンス（不快感）は、風車音の大きな特徴であり、1 日中続く風車音は、長期間にわたり継続的に安眠妨害を引き起こす。
その結果、風車音→安眠妨害→健康被害の形で、風車音は間接的に健康被害を引き起こす。

風車から出る超低周波音は、離散的な周波数構造を持っていて、強風時の波形を見れば、音響キャビテーションにおける気泡発生の条件を満たす。体内に発生する微小な気泡によって、潜水病の状態と同じ状態になるので、頭痛が起きる。これは風車音による直接的な健康被害である。

10．1．3　風車音の影響

風車騒音の人への影響

- これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に**直接的**に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる．ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、**わずらわしさ**（アノイアンス）を増加させる傾向がある．静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、**睡眠**への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている．
- 風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は**確認できない**．
- 景観のような視覚的な要素や**経済的利益**に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する．

周辺環境に対する影響の懸念が国内外で顕在化

騒音・低周波音については、**騒音についての環境基準を満たしている場所においても、健康被害に係る苦情等の発生事例**あり

注釈．風力発電施設から発生する音は、通常、著しく大きいものではないが、もともと静穏な地域に建設されることが多いため、比較的小さな騒音レベル（A特性音圧レベル）であっても苦情等の発生事例がある．

直接的影響と間接的影響

“風力発電施設から発生する騒音が 人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”
との主張について確認すべき事項があります。
“騒音”とは、20Hz 以上の周波数成分であり、20Hz 以上の成分は風車音にはあまり含まれていないのです。ですから、騒音の部分を A 特性音圧レベルとして数値化したものと、被害の関連を調べれば、その関連性は低いのです。これは被害の中身を見ればはっきりします。音が聞こえてうるさいという（ラウドネスに関連する）訴

えは少ないのです。

うるさくて眠れない場合もあるでしょう。鉄道も夜は走りません。車の交通量も夜は減ります。風車音は夜も止まりません。このことによる影響については、

“風車騒音が人の健康に間接的に影響を及ぼす可能性は高い”と言うべきです。

なぜなら、風車騒音は、“睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている”からです。

風車音による被害の形は、“うるささ”だけではありません。

睡眠障害、頭痛、耳鳴り、めまい、吐き気、頻脈、集中力低下、記憶障害、倦怠感、パニック症状等が訴えの内容の訴えがあります。

これらの被害は不快感となり（アノイアンスによる）睡眠妨害を引き起こします。

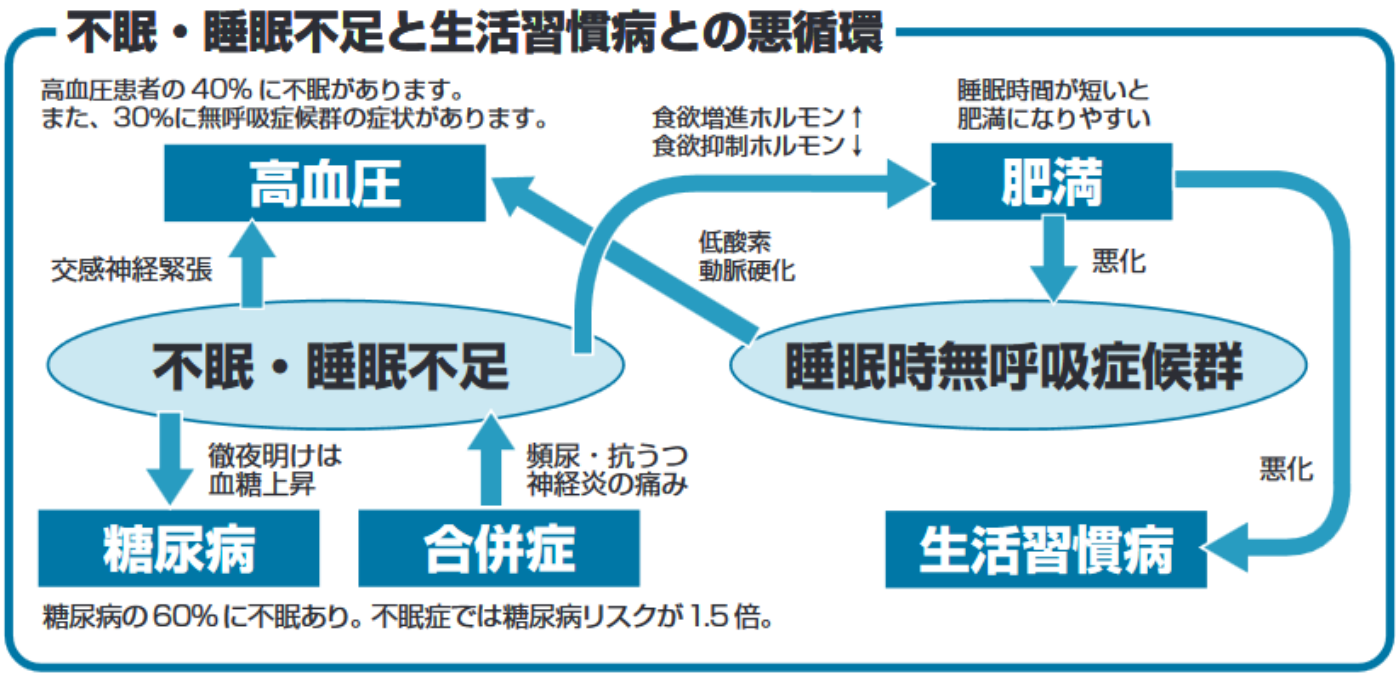
これが可聴域の音が原因で起きるならば、交通騒音でもこのような訴えが多発するはずですが、そうではありません。

風車音が、うるさい（ラウドネス）から眠れない、不快感（アノイアンス）で眠れないのかは別にしても、

風車被害の調査結果では最も多いのが、風車音による睡眠妨害の訴えです。

この調査結果を踏まえれば、風車騒音は睡眠を妨げることによって、健康に大きな影響を与えるのです。長期にわたる睡眠不足は、糖尿病や心筋梗塞の要因となります。更に、子供の健やかな成長を妨げるのです。

子どもの夜型化には大人の生活習慣が影響を与えています。大人の生活習慣を見直すことが大切です。大人にとっても睡眠は重要です。睡眠不足は糖尿病や心筋梗塞などの生活習慣病や認知症のリスクを高めます。



さらに、

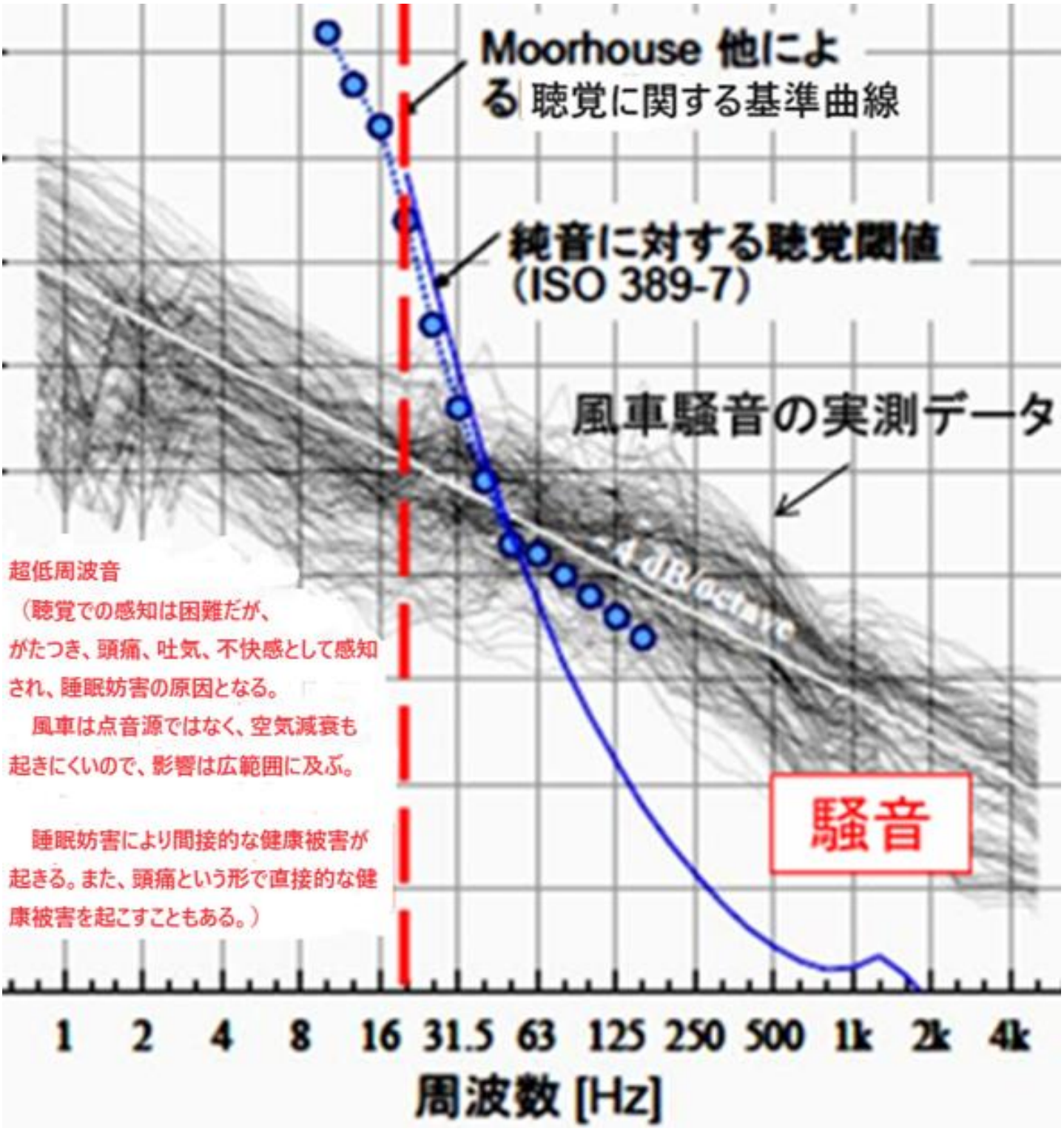
“風力発電施設から発生する騒音が 人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”かもしれないが、

“風力発電施設から発生する超低周波音が 人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は高い”

のです。

健康被害のうちで“頭痛”は、風車の超低周波音との密接な関係を持っているのです。“頭痛は、風車の超低周波音が原因で起きる直接的な健康被害である。”と言えます。風車音の性質、音響キャビテーション、潜水病の検討の後で詳しく述べます。

ですから、図は次の様に修正されるべきです。



質問：“明らかな関連”ですが、何がどのように示されたときに、貴社は“明らかな関連”があると認めますか？
（答え）

明らかな関連に関して
“明らか”の意味は色々である。数学の命題で、証明を省いて“明らか”と書いてある事も多いが、初学者にとっては決して明らかではない。
　例えば、“2+3”を計算せよと言われたら、“2+3＝5”と答える人がほとんどだと思います。
では、
“2+3＝5　を証明せよ。”と言われたら、どうしますか？“明らか”でしょうか？
“√2　が無理数であることを証明せよ。”と言われたら、どうしますか？“明らか”でしょうか？
“π　が超越数であることを証明せよ。”と言われたら、どうしますか？“明らか”でしょうか？

　“超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない”ですが、
“風車の運転を止めれば不眠や体調不良が無くなり、運転すれば不眠や体調不良が起きる。”から、関連は明らかである。
と主張したら、関連を認めるのでしょうか？たぶん、企業は認めないのだと思います。
　では、風車音が原因で、体内に小さな気泡が発生することを、物理的、数学的に、解明して、コンピュータシミュレーションで示したら、関連が“明らか”なったと認めるのでしょうか？
9) 石井俶夫編集,泡のエンジニアリング,テクノシステム，初版, 2005
この本の、音響キャビテーションに関する内容をさらに研究すれば、現在の物理と数学から見て、関連が明らかになったと言える。と考えます。

　実際に被害を受けて苦しんでいる人がいても、その原因を究明し、問題を解決することが出来ないならば、科学の価値は無い。
1/3 オクターブ解析を使い周波数の特定さえもしようとしない。家の中で振動レベル計を使う提案もしない。これでは、問題は決して解決しない。

もちろん調査は必要だが、調査の前に、“健常者の人体に感知される超低周波音は存在せず、建具をがたつかせる超低周波音も存在しない”と言うような考えを流布し、被害を訴えさせなくする風潮を改める必要がある。
また、被害を苦情と言い換え、単なる主観や経済的利益の問題に摩り替えてはいけない。

風車建設前の広域的な健康調査とその数値化、風車建設後の広域的な健康調査とその結果の比較。
風車を中心に３ｋｍ圏内の広域的な健康調査と、１０Km 以内に風車が無くて住民構成が似ている地域でのある点を中心とした半径３ｋｍの地域の健康調査との統計的な比較など、できることは沢山ある。

用語の確認：
検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には

（注）「超低周波音」についての補足

我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範 囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC（国際電気標準会議） 規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」（infrasound）、20～100Hz を「低周波音」（low frequency noise）と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005（風車発電システム-第 0 部：風力発電用語）で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として 定められた主務省令では、「騒音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）」とした上で、「超低周波音（周波数が 20Hz 以下の音）」と規定しており、「低周波音」という 用語を用いないこととされた。 これらの状況を踏まえ、本報告書では、20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、 それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」と表記する

と書いてある。

“騒音”と付けば、“（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」”になってしまう事を考えれば、

騒音レベル（20Hz 以上の成分から計算する数値である、A 特性音圧レベル）について、交通騒音と風車音の計測結果が同じ値だったときには、風車音の 99%のエネルギーから求められた数値と、風車音のエネルギーの 7%から求められた数値が同じであることを意味しています。

風車音で最大音圧となるのは 0.8Hz 辺りであり、超低周波音の領域です。圧迫による不快感はこの最大音圧と深い関連を持つので、聴覚で聞こえない音ではあるが、圧迫による不快感、わずらわしさ、アノイアンスとして、影響を及ぼすのだから、交通騒音と風車音では、A 特性音圧レベルが同一でも、アノイアンスに関しては差が出るのです。

風車騒音が

■ 風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（＝聞こえる音）の問題。

可聴域範囲の騒音の問題ならば、アノイアンスに差が出てはいけないのです。なぜなら、可聴域の音の強さ（A 特性音圧レベル）が同一なのですから、同一の結果が生じなくてはならないのです。

景観に原因があるのならば、トレーラーに実験室を載せて、風車に近づきながらの目隠し実験をして、因果関係を明確にする必要があるのです。この目隠し実験をすれば、風車に対する賛否との関連も明確になります。

”検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」“には、

報告書（ｐ14）に、

“風車騒音とわずらわしさ（アノイアンス）との量-反応関係についても多くの研究がなされている。複数の報告により、同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音は他の交通騒音よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすいことが示唆されている。

表 1 の Kuwano らの研究により得られた、日本を対象とした、風車騒音と道路交通騒音を非常に不快であると感じた者の割合（%HA）を図 7 に示す。この図によれば、非常に不快であるとの回答確率が 30%程度となる騒音レベルは昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn）で 60dB 程度、20%程度は 53dB 程度、10%程度は 43dB 程度となる。

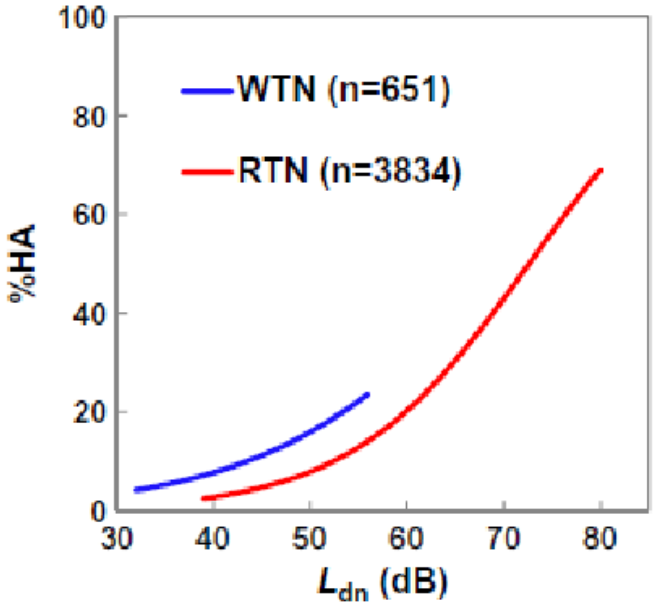


図 7　風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（L_{dn}）※と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

※ 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、LAeq に 6dB を加算して Ldn を推計している。

なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。”と書かれている。

下の表は、風車音のうちで、“風車騒音（20Hz 以上）”として扱われるものは、７％であることを示す。

エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

風車音のアノイアンスへの寄与を考えるとき、“風車騒音（20Hz 以上）”の寄与は７％、超低周波音の寄与が 93%と考えることもできる。これに関しては、多変量解析を使えばより明確となる。

A 特性音圧レベルでの数値は低いのだが、交通騒音の場合に比べて、同一の A 特性音圧レベルであっても、より大きな被害が出ています。レベルがそれほどではなくても被害が出る原因を見つける必要があります。

風車騒音を日本で実測した結果、周辺の住宅等音の影響を受け得る場所では、時間平均A特性音圧レベルで26～50dB（書店や美術館の中程度）であり、それほど高いレベルではなかった

これらの音の影響は、騒音値の基準と目安（日本騒音調査ソーチョー）の資料によれば、

うるさい	かなりうるさい。かなり大きな声を出さないと会話ができない	７０db	・騒々しい事務所の中 ・騒々しい街頭 ・セミの鳴き声（２m） ・やかんの沸騰音（１m）
	大きく聞こえ、うるさい。声を大きくすれば会話ができる	６０db	・洗濯機（１m） ・掃除機（１m） ・テレビ（１m） ・トイレ（洗浄音） ・アイドリング（２m） ・乗用車の車内
普通	大きく聞こえる、通常の会話は可能	５０db	・静かな事務所 ・家庭用クーラー（室外機） ・換気扇（１m）
	聞こえるが、会話には支障なし	４０db	・市内の深夜 ・図書館 ・静かな住宅地の昼
静か	非常に小さく聞こえる	３０db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	２０db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

であることが分かります。

交通騒音での基準値の表と比較してみます。

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
ＡＡ	５０デシベル以下	４０デシベル以下
A及びB	５５デシベル以下	４５デシベル以下
C	６０デシベル以下	５０デシベル以下

（注）

1　時間の区分は、昼間を午前６時から午後１０時までの間とし、夜間を午後１０時から翌日の午前６時までの間とする。

2　ＡＡを当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。

3　Ａを当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。

4　Ｂを当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。

5　Ｃを当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

住宅街での交通騒音での基準値は昼間で 55ｄB、夜間で 45ｄB です。

騒音レベル（WTN）の値が同じでも、不快感を覚える人の比率は、交通騒音と風車音では差があります。

ＷＴＮは不快感の指標にはなりえないのです。指標として役立つためには、同じＷＴＮの値の時に、不快感を覚える人の割合が同じになる必要があります。

ＷＴＮは、交通騒音の場合は、そのエネルギーの 99%以上から計算された数値だが、風車音の場合には、そのエネルギーの 7%以下の部分から計算された数値なのです。したがって、風車音と交通騒音の共通の物差しにはなりえないのです。

グラフのズレについて６～９ｄＢとの解説もありますが、グラフを拡大して、水平線を引いて、交点の間隔を調べてみたら、次の様に 4～13ｄB なりました。

ズレの理由を次の様に考えました。

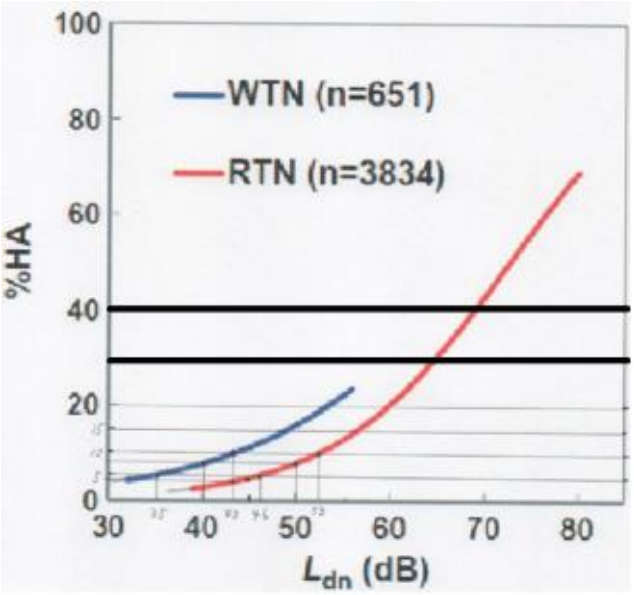
A特性音圧レベルで計算される騒音レベルは、風車音のエネルギーの 7%と占める。この部分が、風車音全体のエネルギーの 99%まで増加したとすれば、

$$DB7 = 10 * log10(\frac{p_1^2}{p_0^2})$$

$$DB99 = 10 * log10\left(\frac{99}{7} * \frac{p_1^2}{p_0^2}\right) = DB7 + 11.5$$

となって、11.5ｄＢ増加します。

報告書（ｐ14）にある、風車騒音と交通騒音の違いを表にすると、



%HA	風車騒音	交通騒音	差
30%	60dB	64dB	4dB
20%	53dB	60dB	7dB
10%	43dB	53dB	10dB
8%	40dB	50dB	10dN
5%	35dB	46dB	11dB
4%	30dB	43dB	13dB

“非常に不快である”と感じる人の割合にかなりの差があることが分かります。

風車音の騒音レベルを 11.5ｄＢだけ補正すれば、数値としては、ほぼ一致します。表を作れば、

%HA	風車騒音	交通騒音	差	補正風車音	交通騒音	差
30%	60ｄB	64ｄB	４ｄB	7１.5dB	64ｄB	-7.5ｄB
20%	53ｄB	60ｄB	7ｄB	64.5dB	60ｄB	-4.5ｄB
10%	43ｄB	53ｄB	10ｄB	54.5dB	53ｄB	-1.5ｄB
8%	40ｄB	50ｄB	10ｄB	51.5dB	50ｄB	-1.5ｄB
5%	35ｄB	46ｄB	11ｄB	46.5dB	46ｄB	-0.5ｄB
4%	30ｄB	43ｄB	13ｄB	41.5dB	43ｄB	1.5ｄB

エネルギーの面から風車騒音の値を補正した数値を使えば、不快感を覚える人の割合が、ほぼ一致すると言えます。超低周波音を無視すれば、この違いの合理的な説明は出来ません。

交通騒音の場合は、53ｄB の場合は、10%の人が非常に不快であると感じ、風車音の場合は、20%の人が非常に不快であると感じます。過去の研究結果から考えれば、不快感の内容に大きな違いがあるのです。

なお、このｐ14 の記述は、“特定の周波数が卓越した音（純音性成分)”についての分析ではなく、
風車騒音の一般的な性質を、交通騒音との比較において述べている事に注意する必要がある。
風車騒音で 35ｄB は、交通騒音で 46ｄB の場合と同じ被害が出ます。5%の人が、“非常に不快である”と思う数値です。単純に“不快である”と思う人をその２倍と仮定すれば、合計で 15%の人が不快感を覚える数値です。普通は、風車は夜間も停止しません。AA 地区で、夜間で 46ｄB の騒音がある場合の被害が想定されます。言葉で言えば、“やや大きく聞こえるが、通常の会話は可能”のレベルです。これでは病人は安眠できません。眠れなければ、体力も落ちます。病気が治るとは思えません。対策が必要です。
　もちろん、健康な人でも安眠できる状態ではありません。

（防音効果を無視して考えれば､）
　風車騒音は屋外で計測したＡ特性音圧レベル（２０Hz～）を使って評価します。
住宅地域での指針値の下限として 40ｄB が示されています。風車騒音での 40ｄB は、被害状況を比べながら交通騒音に対応させると、交通騒音での 50ｄB に相当します。
　風車は夜間も停止しません。もし、風車音で 40ｄB の音が夜間放出されると、被害は、夜間に於いて交通騒音 50ｄB が発生している状況と同程度の被害が出ます。
交通騒音で 50ｄB だと、8%の人が“非常に不快である”と感じます。他の統計結果と比較すれば、“不快である”と感じる人の割合は、その２倍で、16%程度だと推測できます。
合計は、24%になります。上の表では“大きく聞こえる、通常の会話は可能”ですから、24%程度の人が、“睡眠の妨げとなる”と考えるのは当然の結果だと判断できます。
もちろん、眠りが浅くなっても、翌日死亡することはほとんどありません。そんな日が毎日続けば、車を運転中に居眠りします。子供は、学校の授業中に居眠りします。
死亡事故や、生涯賃金の減少が予測できます。もちろん、これは風車騒音（0Hz 以上）による直接の影響ではありません。風車騒音（0Hz 以上）は、毎日毎日ほんの少しだけ、安眠を妨げただけです。風車には責任はありません。眠い時に運転した人が悪いのです。眠いからと言って授業中に居眠りした生徒が悪いのです。
（となりますが、室内での影響を考えると、もう少し複雑になります。）

これだけでも、大きな問題ですが、風車騒音（0Hz 以上）のエネルギーを考えるともっと大きな問題があることが分かります。

これを検討するには、風車騒音でのグラフと、交通騒音でのグラフがずれている理由を考えなくてはなりません。

その理由については、次の事項を手掛かりにして考えてみます。

つぎに「最も悩まされている音 」に関する質問に対して「風力発電施設の音」を挙げた 119 件の回答について、物理量として風車からの距離 と風車の稼働時の騒音レベルとの関係を調べてみた。その結果 、「悩まされたりうるさいと感じたことがある」に対する回答が「非常にある」の反応の割合は、最近接風車からの距 離 が近いほど大きくなっている。また、風車稼働時の等価騒音レベルで整理した結果 、「非常にある」及び「非常にある」＋「だいぶある」の反応の割合は、等価騒音レベルが高くなるほど大きくなる傾向が見られた。これらの傾向は、アンケート調 査の結果を多重 ロジスティック解析の手法を用いて分析した結果でも確認された 。

残念ながら、このアンケートと分析では、10～13ｄＢの差を説明できません。

“わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり”とあり、アノイアンスの他の原因で 91%から 87%の影響力を与えるものとして、“景観への影響”を与えるのは、乱暴すぎます。
わずらわしさ（アノイアンス）に関してのこの差の原因を“景観への影響”としても数値的な誤差の説明とはなりません。影響力が 9%～13%しかないものに責任を負わせてはいけません。“他の要因”について考える必要があります。

音の持つエネルギーの全体量に注目すれば、この差 10～13ｄＢの原因に関する手掛かりが見つかります。

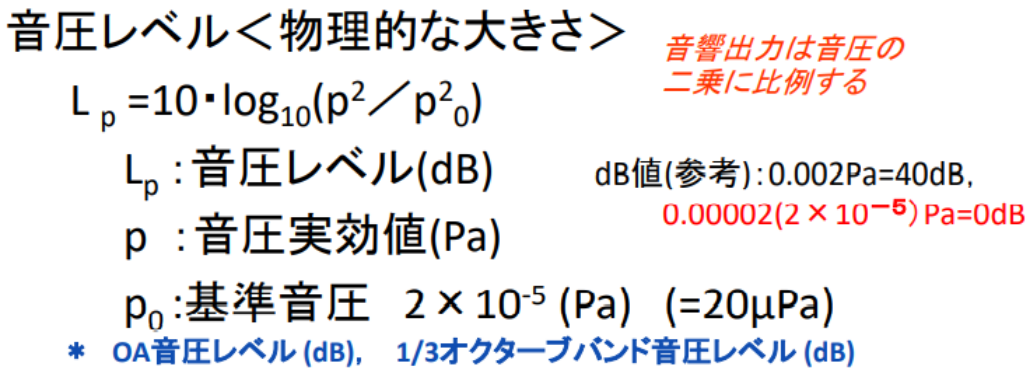
聴覚に対応した周波数重みである A 特性で重み付けした音圧 P_A から騒音レベル L_A（A 特性音圧レベル）(dB)を求める式は次のようになります。

$$L_{\mathrm{A}} = 10\log_{10}\frac{p_{\mathrm{A}}^2}{p_0^2} = 20\log\frac{p_{\mathrm{A}}}{p_0}$$

p_{A}：測定された周波数重み A 付きの（瞬時）音圧の実効値
p_0：基準となる音圧の実効値（20 μ Pa）（Pa はパスカルという圧力単位）

乱暴な考察だが、100/7＝14（全体のエネルギーは、20Ｈｚ以上の成分の持つエネルギーの 14 倍）に注目して、考えると、

騒音（低周波音）・超低周波音の大きさの表し方



を参考にして計算すれば、A 特性音圧レベル（20Hz～）が 40ｄB すなわち、

$$40 = 10 * log_{10}(((P \quad /P_0)^2)$$

のときに、全体のエネルギー（14 倍）を含めた評価は、

$$10 * log_{10}(((P \quad /P_0)^2 * 14)) = 40 + 10 * log_{10}14 = 40 + 10 * 1.1 = 51$$

となる。（1 ｄB の誤差が出るが、近似値としては良い値だと考えます。）

音のエネルギーが 14 倍になった時には、可聴域のエネルギーを評価して 40ｄB の場合に、全体のエネルギーを評価した値が 51ｄB になると考えます。

これは、計測音のエネルギーの全体を横軸にして測れば、青いグラフは、11 デシベル分だけ、右に動くと言う事になる。赤いグラフは、20Ｈｚ以上の音が全体のネルギーの 99%を占めるので動かない。

全体のエネルギーを横軸に取った形で比較すれば、風車音と交通音の差はほとんどないことになる。

これならば、測定と数値化が難しい“アノイアンス”を持ち込まなくても、グラフのズレが説明できる。

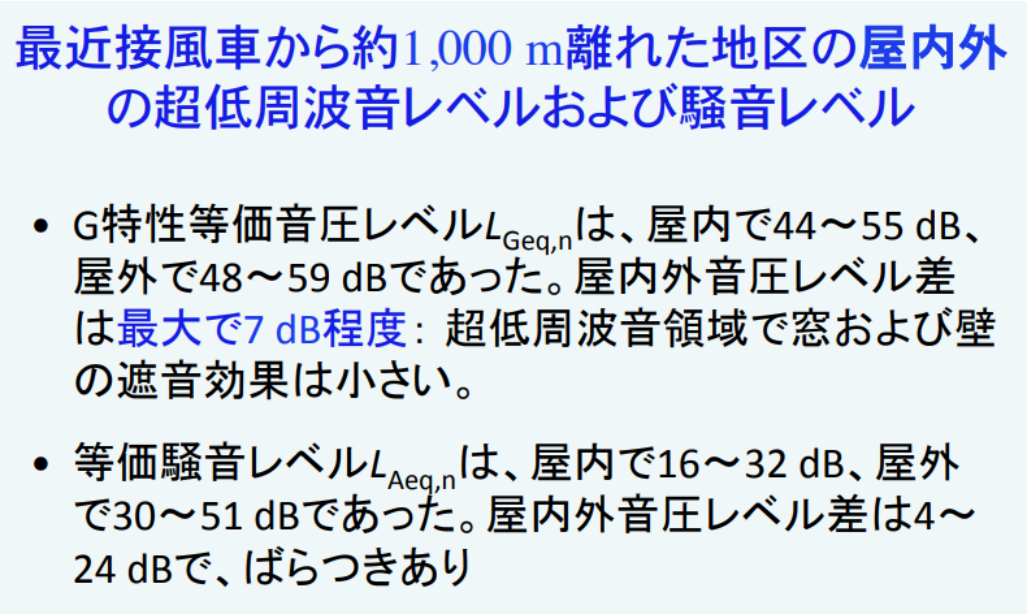
もちろん、より精密な考察が必要となるが、少なくとも手がかりは得られたと考えます。

交通騒音（0Hz 以上）では、高い音圧を持っているのは 400Hz 程度の周波数成分なので、これに対しては防音窓の設置でかなり防げるが、風車騒音（0Hz 以上）では、高い音圧を持っているのは 0.5Hz とか 0.8Ｈｚの周波数成分であり、風車騒音（0Hz 以上）のエネルギーの 93%が超低周波音（0Hz-20Hz）の部分であるので、この周波数の音はエネルギー透過率が高いので防音窓では防げないのです。

これらの数値は、屋外での計測値です。

このエネルギー分布と音の透過率を考えながら、室内の情況を考えます。

石竹達也　氏の研究内容に、



と書かれている。

これを使って考えてみます。
音の全体のエネルギーを 100%とします。93%が超低周波音（0Hz～20Hz）、7%が騒音（20Hz 以上）のエネルギーだとします。
A 特性音圧レベル（20Hz～）で 40ｄB の風車騒音では、エネルギーの 7%に対する評価値が 40ｄB となっています。この部分に対しては、防音窓によって 24ｄB の減衰が得られます。従って、16ｄB となって、次の表から

静か	非常に小さく聞こえる	３０db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	２０db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

ほとんど聞こえないレベルとなる。

超低周波音（0Hz～20Hz）の部分は７ ｄB しか減衰しません。
そこで、次のように考えてみます。
交通騒音（20Hz 以上）で 50ｄB に相当する風車騒音（0Hz 以上）について、
騒音（20Hz 以上）の部分が 40ｄB、超低周波音（0Hz～20Hz）の部分を加えた合計が 50ｄB
だとします。

さて、騒音レベルの計算ですが、次の資料を確認します。

【参考】：1/3 オクターブのデータより 1/1 オクターブのデータへの変換

既知の 1/3 オクターブデータの dB 値より対応する 1/1 オクターブバンドデータの dB 値へ変換するには、求めたい 1/1 オクターブバンドに対応する 1/3 オクターブバンドデータの dB 値の和を計算します。 例えば、1/1 オクターブの中心周波数 1000 Hz のバンドデータ値を求める場合、対応する 1/3 オクターブのバンドデータが次のような dB 値であるとき；

800 Hz	73 dB
1000 Hz	77 dB
1250 Hz	75 dB

；中心周波数 1000Hz の 1/1 オクターブバンド値は次の式から求められます。

$$10\log_{10}\left(10^{\frac{73}{10}}+10^{\frac{77}{10}}+10^{\frac{75}{10}}\right)=80\ (\mathrm{dB}) \qquad \text{式 11-7}$$

この計算では、各周波数帯の音のエネルギーの和に対しての騒音レベルを計算しています。
音圧の２乗が音の強さ（エネルギー）に比例することから、この帯域でのエネルギーの大きさを　$P_{1/1}{}^2$　とすれば、エネルギーの和を考えると、(　J＝（ｐ*ｐ）/（ρ ｃ）を考え、適当な定数を掛けて考える。)

$$(P_{800})^2+(P_{1000})^2+(P_{1250})^2=P_{1/1}{}^2$$

が成立する。

$$L_{800}=10*log_{10}(P_{800}/P_0)^2$$

より$L_{800}/10=log_{10}(P_{800}/P_0)^2$、よって、$(P_{800}/P_0)^2=10^{L800/10}$

となり、

$$L_{1/1}=10*log_{10}(P_{1/1}/P_0)^2$$

$$=10*log_{10}(((P_{800})^2+(P_{1000})^2+(P_{1250})^2)/P_0{}^2)$$

$$=10*log_{10}\left(10^{L800/10}+10^{L1000/10}+10^{L1250/10}\right)$$

となります。

そこで、

$$(P_L)^2+(P_H)^2=P_T{}^2$$

$$40=10*log_{10}(P_H/P_0)^2$$

$$50=10*log_{10}(P_T/P_0)^2$$

とすれば、

$$(P_L/P_0)^2=(P_T/P_0)^2-(P_H/P_0)^2$$

$$=10^5-10^4$$

$$10*log_{10}(P_L/P_0)^2=10*log_{10}(10^5-10^4)=10*(4+log_{10}9)=49.5$$

この部分が、７ｄＢ減衰すれば、42.5ｄＢ

$$10*log_{10}(P_{L425}/P_0)^2=42.5$$

とおくと、

$$(P_{L425}/P_0)^2=10^{4.25}$$

さらに、

$$40 = 10 * log_{10}(P_H/P_0)^2$$

での減衰が 24ｄＢなので、

$$40 - 24 = 16 = 10 * log_{10}(P_{H16}/P_0)^2$$

とおいて、

$$(P_{H16}/P_0)^2 = 10^{1.6}$$

$$(P_{L425}/P_0)^2 + (P_{H16}/P_0)^2 = 10^{4.25} + 10^{1.6}$$

このとき、

$$10 * log_{10}((P_{L425}/P_0)^2 + (P_{H16}/P_0)^2) = 10 * log_{10}(10^{4.25} + 10^{1.6}) = 42.5$$

となります。

エネルギーの全体を考えると、室内での風車騒音（0Hz 以上）は、交通騒音（20Hz 以上）に変換して考えた場合の 42.5ｄＢに相当すると言えます。

交通騒音（20Hz 以上）で 45ｄＢだった場合はどうなるかと考えると、これは、24ｄＢの減衰がそのまま使えて、室内では 21ｄＢになると言えます。
交通騒音（20Hz～100Hz）で 40ｄＢだった場合は、24ｄＢの減衰があれば、16ｄＢになります。
交通騒音に対しては、家は防音窓を付ければ、安眠を保証してくれます。
周波数が高ければ、防音窓は私たちの生活を守ってくれますが、周波数が低い風車超低周波音（ISO7196）の場合には、守ってはくれないのです。

屋外で測った時の、風車騒音（0Hz 以上）での 40ｄＢは、室内での交通騒音（20Hz 以上）の 42.5ｄＢに相当します。防音対策をした後の室内での、16ｄＢと 42.5ｄＢでは、大きな違いがあります。

普通	大きく聞こえる、通常の会話は可能	５０db	・静かな事務所 ・家庭用クーラー（室外機） ・換気扇（１ｍ）
	聞こえるが、会話には支障なし	４０db	・市内の深夜 ・図書館 ・静かな住宅地の昼
静か	非常に小さく聞こえる	３０db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	２０db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

風車が大型化すると、この傾向はさらに顕著になります。従って、
“これらの結果は、風車騒音は超低周波音（ISO7196）による問題であるということを示している。”
“風車騒音（0Hz 以上）は通常可聴周波数範囲の騒音（20Hz 以上）としてではなく、超低周波音（ISO7196）の問題として議論すべきであることを意味している。”
のです。
ここでは、聴覚を中心に考えたが、圧力の感知や、共振による揺れの感知、共振による２次的な騒音の発生も検

討が必要です。A 特性音圧レベル（２０Hz～）はこれを表現できません。

10．2．1　風車による睡眠へ影響

風車音の影響は聴覚に対してだけではありません。風車音の被害を把握するには８つの観点が必要です。
音がうるさい
圧迫感や吐き気などによる不快感
直接的な健康被害としての頭痛
音が原因の建具や床のガタツキを感じる
夜間の光（航空障害灯）による安眠妨害
風車の陰によるイライラ
風車振動の地中伝搬　（大型風車による地盤振動伝播　小野寺 英輝）
音源としての風車の形と距離減衰
です。
どれが起きても、睡眠を妨げられます。

10．2．2　ガタツキ閾値

銭函での G 特性音圧レベルは 67.950932ｄB ですから、100ｄB よりは低い数値です。

ISO7196 の中心周波数での、平坦特性での音圧レベルは、

中心周波数（Hz）	0.25	0.315	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2	2.5
銭函（平坦特性ｄB）	51.39	57.76	62.60	65.99	69.41	71.60	71.82	71.97	71.45	71.53	71.33
中心周波数（Hz）	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5
銭函（平坦特性ｄB）	71.54	70.30	69.88	67.92	63.91	59.42	55.67	51.17	47.02	48.24	49.40
中心周波数（Hz）	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
銭函（平坦特性ｄB）	44.68	41.86	40.38	44.90	42.97	40.98	38.58	37.28	34.08	33.15	

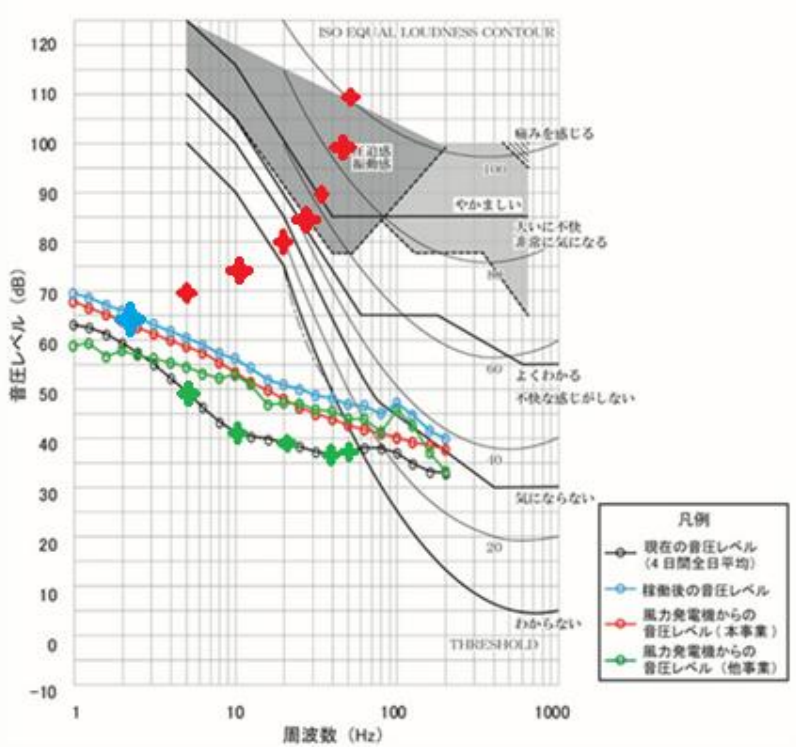
5Hz では 69.88≒70ｄB、1.25Hz では 71.97ｄB　です。ガタツキ閾値の数値、5Hz で 70ｄB になっています。

表１　低周波音による物的苦情に関する参照値

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

ガタツキが起きて、夜中に目が覚めても不思議ではありません。

上の表では、周波数が下がればガタツキ閾値も小さくなります。



上の図から、2Hz で 65ｄB 程度で、ガタツキが起きると考えられます。

10. 2. 3 圧力変動の感知

音は粗密波であり、密になった場合は人体に掛かる大気圧は増加し、疎になった場合には大気圧は減少する。次の研究報告によれば、この気圧の変化を感知できると考えられる。

これは、1 Hz の粗密波を、音として感知するのではなく、大気圧の変動として感知できるという意味です。根拠は、次の論文です。

気圧の変化を感じる場所が内耳にあった —気象病や天気痛の治療法応用に期待— （佐藤純教授らの共同研究グループ)

【2019 年 1 月 29 日】

プレスリリース

鳥類には気圧を感じる器官が耳に存在することが分かっています。彼らはこの能力を使って、自分の飛んでいる高度を知り、雨が降るかどうかなどの気象変化を予見し行動していると考えられています。一方、ほ乳類に気圧を感じる能力があるかどうか明らかになっていませんが、「猫が顔を洗うと雨が降る」などの言い伝えもあり、わたしたち人間においても、「天気が崩れると頭痛がする、ぜん息がでる」、「古傷が痛むので、明日雨が降るのが予知できる」など、臨床家の間ではよく知られた事実があることから、他の動物と同じように気圧の変化を感じている可能性があると言われてきました。この問題を慢性痛の治療の面から長年取り組んできた中部大学・生命健康科学部理学療法学科の佐藤純教授（愛知医科大学医学部客員教授）のグループは、愛知医科大学・医学部と日本獣医生命科学大学・獣医学部との共同研究により、マウスにも内耳の前庭器官に気圧の変化を感じる場所があることを、世界で初めて突き止めました。

研究成果のポイント

マウスの内耳の前庭器官に気圧の変化を感じる場所と能力があることを突き止めました。

このメカニズムを明らかにすることで、気象病や天気痛の有効な治療法の確立に繋がります。

研究の背景、概要と成果

「雨が降ると古傷が痛む」「頭痛がする」「気分が落ち込む」など、天気の崩れが体調に影響したり病気を悪化させたりすることは「気象病や天気痛」と呼ばれ、古くから知られていますが、そのメカニズムははっきりとは分かっていません。佐藤教授らは、以前より、天気の崩れにより気圧が変化すると内耳がその変化を感じとって脳に伝え、その結果、さまざまな疾患が発症したり悪化したりするという仮説（図 1）を提唱してきましたが、今回の研究成果により、本来は平衡感覚を司る前庭器官に、気圧を感じる部位と機能もあることが確かめられました。

実験の内容は次のとおりです。

マウスを人工的に気圧が変えられる装置にいれて、天気の変化に相当する微小な低気圧に一定時間暴露します。その後、脳を取り出し、内耳の前庭器官からの感覚情報を中継する延髄の前庭神経核細胞の活動を観察しました。すると、前庭神経核のうち、おもに半規管（一部、球形嚢）からの情報が集まる上前庭神経核細胞において、神経細胞が興奮すると増える特殊な蛋白質（c-Fos タンパク質）が細胞内に増加していることを発見しました。一方、他の部位からの感覚情報が集まる神経核細胞に変化はなく、気圧の変化を与えていないマウスでも変化はみられませんでした（図 2)。

図 1

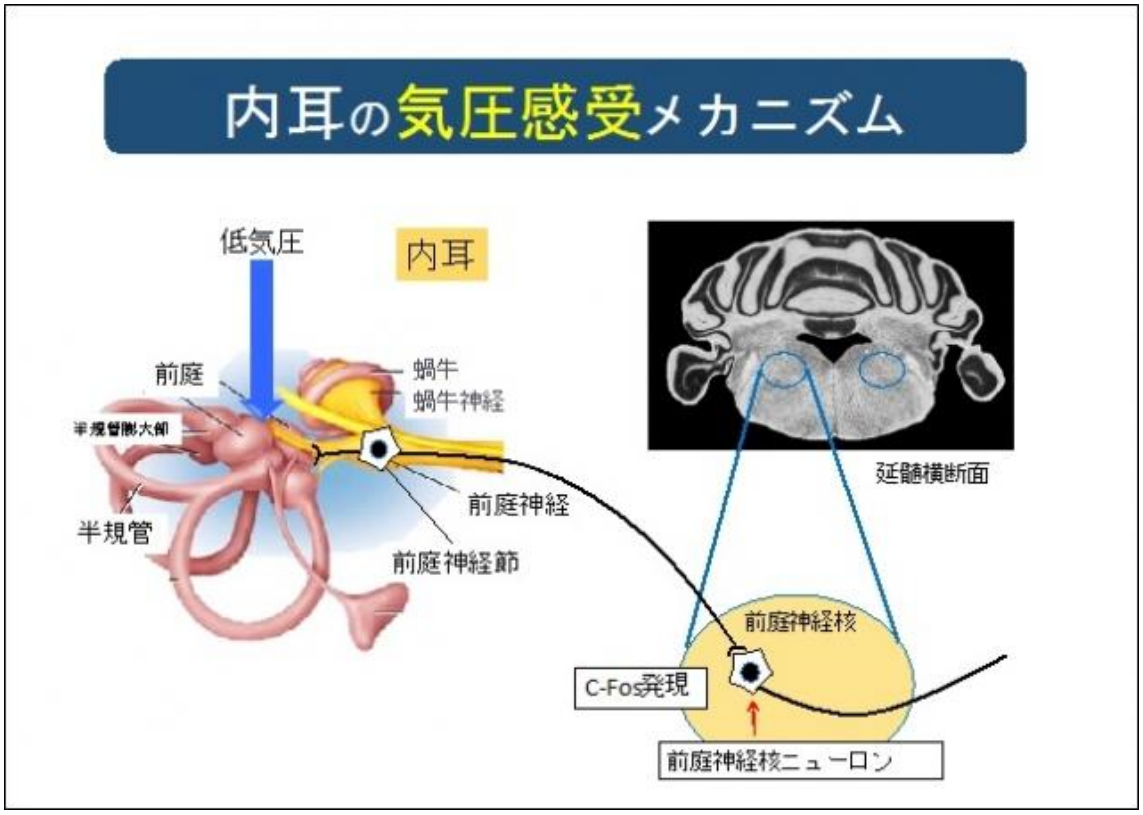
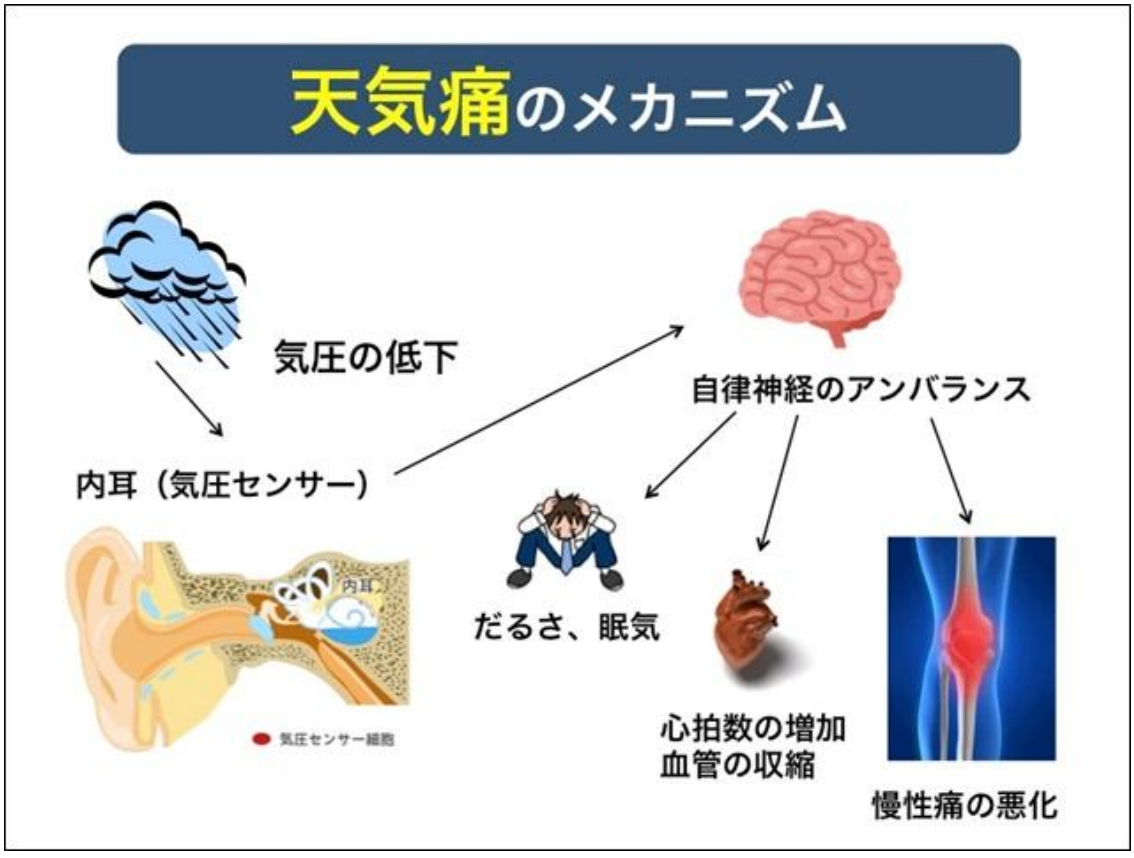

内耳の気圧感受メカニズム
低気圧
内耳
前庭
蝸牛
蝸牛神経
半規管
前庭神経
前庭神経節
延髄横断面
前庭神経核
C-Fos発現
前庭神経核ニューロン

図 2


天気痛のメカニズム
気圧の低下
自律神経のアンバランス
内耳（気圧センサー）
だるさ、眠気
心拍数の増加
血管の収縮
慢性痛の悪化

今後の展開

今回の研究成果から、私たち人間においても天気の崩れによって前庭器官が気圧の微妙な変化を感じとり、脳にその情報が伝わり、結果として古傷や持病の痛みを呼び覚ましたり、めまいや気分の落ち込みといった不調を起こすものと考えられます。これまで、平衡感覚のみを感じていると考えられてきた内耳の半規管に気圧の変化を感じる能力があることが分かりました。今後も研究を続け、どのようなメカニズムで前庭器官が気圧の変化を感じ取るのかを明らかにしていきます。また、このメカニズムを明らかにすることで、気象病や天気痛の有効な治療法の確立に繋げていきます。

研究成果の公表

本研究成果は、2019 年 1 月 25 日午後 2 時（米国東海岸時間）、PLOS ONE 誌オンライン版として掲載されました。

論文題名：

Lowering barometric pressure induces neuronal activation in the superior vestibular nucleus in mice

（低気圧はマウスの上前庭神経核ニューロンを興奮させる）

問い合わせ先

佐藤純　（中部大学　生命健康科学部　理学療法学科教授）

E-mail : jsato[at]isc.chubu.ac.jp　※アドレスの[at]は@に変更してください。

これは、粗密波としての超低周波音を気圧変動として感知できる可能性を意味しています。もちろん、これは聴覚による感知ではありません。

周波数が 0.5 (Hz)の音を考える。

波長は、340/0.5＝680m、波は、１秒間に 0.5 回、したがって、2 秒に 1 回の割合で繰り返す。

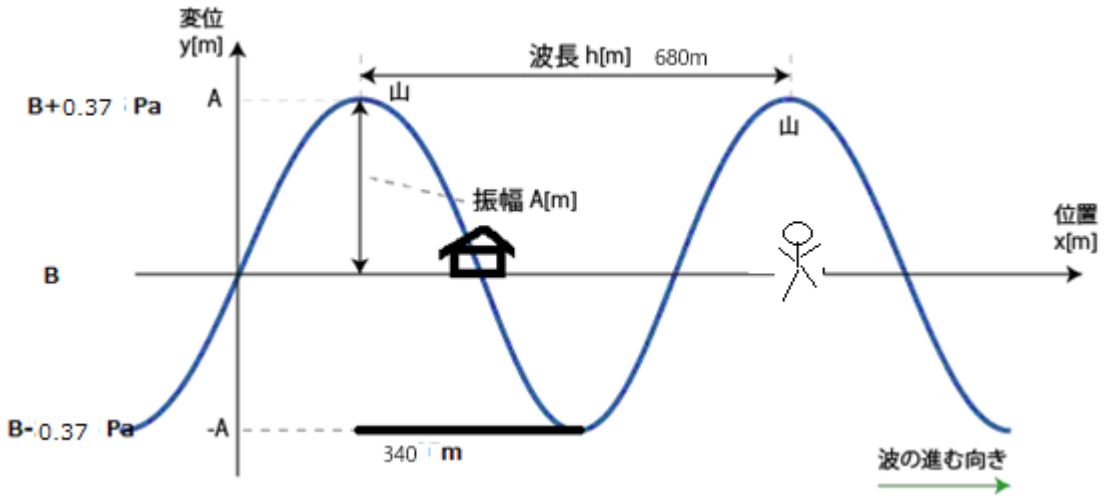
音圧を 0.37（Pa）として、ある時刻 t を固定すれば、下の図のようになる。

右の人物（風船のように反応すると考える）は、

気圧が高くなった中にいるので、押しつぶされている。

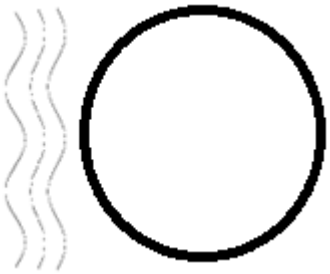
１秒後には波が右に 340m進むので、気圧が低くなり、膨張する。

２秒後には、波は 680m進むので、気圧が高くなり、押しつぶされる。



押しつぶされたり、膨張したりすれば、圧迫感を覚えるのは当然です。これは、聴覚での把握とは言えません。

周波数が高ければ、風船の表面は振動するでしょう。これは、鼓膜が振動するのと同じですから、
この場合は、音を聴覚で感知したと言えます。



ですから、表面が振動する反応と、表面が振動しないで押しつぶされたり膨張したりする反応の２種類があると考えられます。

音に対して、聴覚での“うるささ”としての感知と、体に対する圧力変動を“圧迫感”として感知する場合の２種類があると考えるべきです。こちらは、頭痛などとの関連が考えられます。

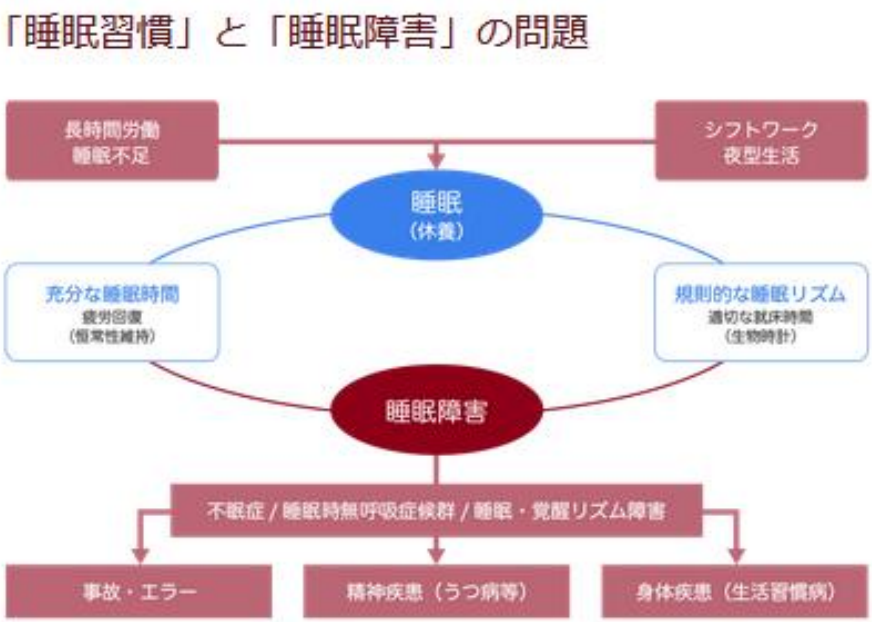
従って、超低周波音の感知には、聴覚メカニズムによらないものがある。と考えるべきです。

人間の体は、人体に加わる圧力の変化に敏感に反応することは、七浦地区に住み海に潜ってアワビを採っている人ならば皆が知っています。深く潜ったり、浮き上がったりする動作を繰り返すと、頭痛がしたり、鼻血が出たり、耳が痛くなったりします。人体に加わる圧力変動の観点からの議論する必要があります。
私も海に潜って漁をします。潜り始めて１週間くらいは頭痛がします。圧力変化に体が直接反応して、鼻血が出たり、耳が痛くなったりします。

10. 2. 4 不眠による被害

安眠が妨害される要因としては、“音がうるさい”、“圧迫感や不快感がする”、“頭痛がする”、“振動を感じる” などがあります。

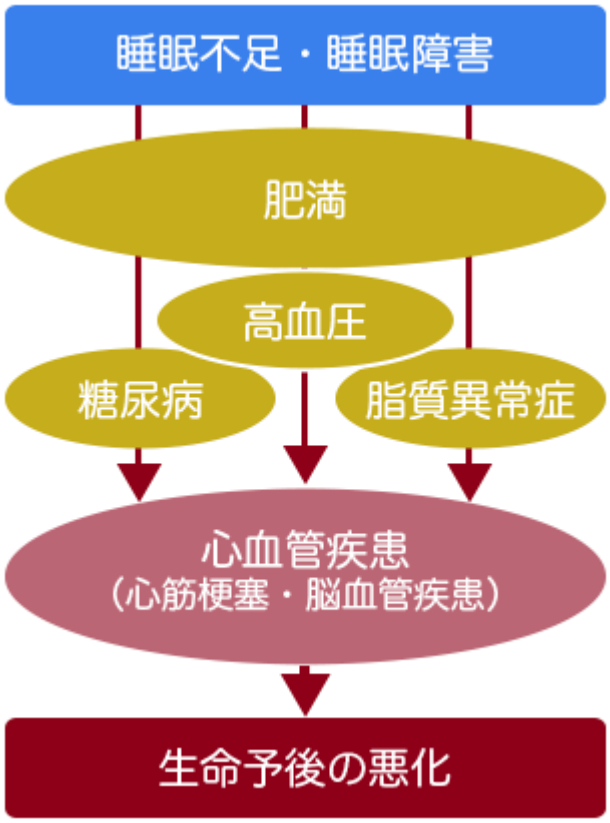
睡眠と生活習慣病との深い関係（厚生労働省）
質の悪い睡眠は生活習慣病の罹患リスクを高め、かつ症状を悪化させることが分かっています。睡眠問題は「睡眠習慣」と「睡眠障害」の問題に分けられます。睡眠習慣については睡眠不足やシフトワークなどによる体内時計の問題、睡眠障害については睡眠時無呼吸と不眠症の問題を取り上げ、それぞれ生活習慣病との関係を明らかにします。



日本人、特に子供たちや就労者の睡眠時間は世界で最も短いと言われています。【図 2】は就労者の男女別の睡眠時間を国際比較した結果です。日本人の睡眠時間が如何に短いかお分かりいただけると思います。とりわけ女性は家事や育児の負担が大きいため男性よりもさらに睡眠時間が短く、平日・週末を問わず慢性的な寝不足状態にあると言えます。
慢性的な睡眠不足は日中の眠気や意欲低下・記憶力減退など精神機能の低下を引き起こすだけではなく、体内のホルモン分泌や自律神経機能にも大きな影響を及ぼすことが知られています。一例を挙げれば、健康な人でも一日 10 時間たっぷりと眠った日に比較して、寝不足（4 時間睡眠）をたった二日間続けただけで食欲を抑えるホルモンであるレプチン分泌は減少し、逆に食欲を高めるホルモンであるグレリン分泌が亢進するため、食欲が増大することが分かっています。ごくわずかの寝不足によって私たちの食行動までも影響を受けるのです。実際に慢性的な寝不足状態にある人は糖尿病や心筋梗塞や狭心症などの冠動脈疾患といった生活習慣病に罹りやすいことが明らかになっています。
また日本人の約 2 割は交代勤務に従事しています。夜勤に入ることによって、体内時計と生活時間との間にずれ

が生じやすくなります。体内時計にとって不適切な時間帯に食事を取ることでも生活習慣病の原因のひとつになると推測されています。夜間には体内時計を調節する時計遺伝子の一つである BMAL1 遺伝子とその蛋白質が活性化しますが、この蛋白質は脂肪を蓄積し分解を抑える作用を持っています。すなわち「夜食べると太る」という我々の経験は科学的にも正しかったわけです。夜勤中についつい間食をしている方にとっては耳の痛い話ではないでしょうか。

睡眠障害と生活習慣病



睡眠障害もまた生活習慣病の発症に関わっています。以前から生活習慣病患者さんでは睡眠時無呼吸症候群や不眠症の方が多いことが知られていました。その後の多くの研究によって、睡眠障害が生活習慣病の罹患リスクを高め症状を悪化させることや、その発症メカニズムが明らかになりつつあります。

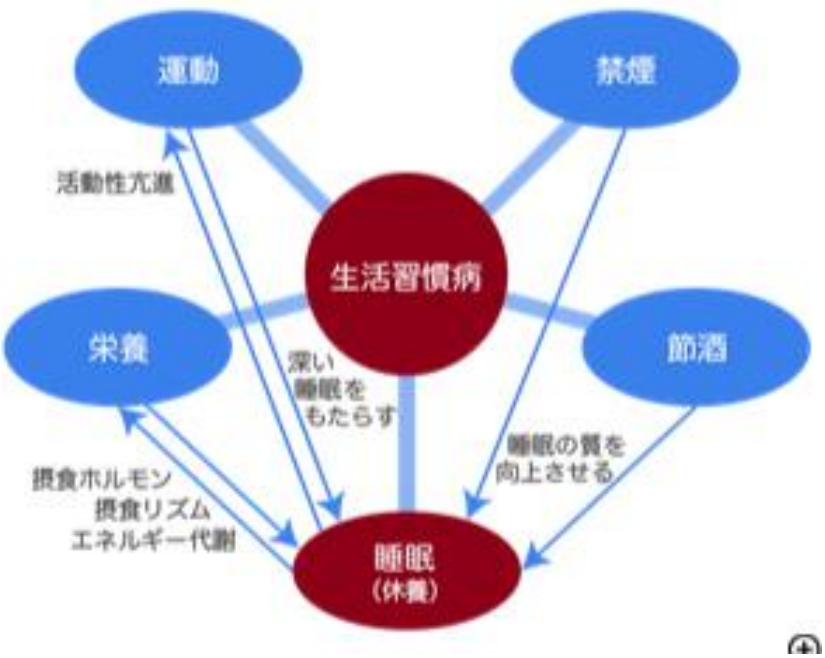
例えば睡眠時無呼吸症候群の患者さんでは、夜間の頻回の呼吸停止によって「低酸素血症と交感神経の緊張（血管収縮）」「酸化ストレスや炎症」「代謝異常（レフチン抵抗性・インスリン抵抗性）」などの生活習慣病の準備状態が進み、その結果として 5～10 年後には高血圧・心不全・虚血性心疾患・脳血管障害などに罹りやすくなります。

また慢性不眠症の患者さんもまた、「交感神経の緊張」「糖質コルチコイド（血糖を上昇させる）の過剰分泌」「睡眠時間の短縮」「うつ状態による活動性の低下」など多くの生活習慣病リスクを抱えています。入眠困難や中途覚醒・早朝覚醒など不眠症状のある人では良眠している人に比較して糖尿病になるリスクが 1.5～2 倍になることが知られています。

睡眠障害もまた生活習慣病のひとつ

21 世紀における国民健康づくり運動（健康日本 21）では「栄養・食生活の管理」「身体活動・運動」「禁煙・節酒」などと並んで「十分な睡眠の確保」に取り組んできました。不規則な食事・運動不足・ニコチン・アルコー

ル過飲によって睡眠状態は悪化しますので、これら生活習慣を改善することは良質な睡眠を保つことにもつながります。逆に言えば睡眠障害もまた生活習慣病のひとつと考えるべきでしょう。



日々の生活の中で睡眠時間はともすれば犠牲になりがちです。ただし今回ご紹介したように長期にわたり睡眠不足を続けたり、睡眠障害を放置したりするとは私たちの健康を大きく害します。睡眠問題は静かにしかし着実に心身の健康を蝕みます。睡眠習慣の問題や睡眠障害を放置せず、ご自分の睡眠状態に疑問を感じたら、かかりつけ医もしくは睡眠専門医に相談をしてみましょう。

安眠妨害は拷問の手法

安眠妨害は、拷問の手段なのです。睡眠妨害が拷問の技法であることは、昔から知られています。

PhantaPorta
パンタポルタ

魔女狩りの常套手段！ 人間性を奪う拷問「睡眠妨害」の恐怖

拷問の歴史 | 西洋史 | 狸穴醍 | 歴史・文化

今回は道具を使わず、眠りを妨げることで犠牲者を従わせる「睡眠妨害」の拷問を紹介します。
嘘の自白、精神異常、果ては死……睡眠妨害の末路
眠りによる休息は、あらゆる生物にとって必要不可欠なものです。それだけに、睡眠の妨害は非常に効果の高い拷問となりえます。

睡眠妨害の拷問は古くから行われていましたが、古代や中世では拷問に残酷さが求められたためあまり目立っていませんでした。しかし、近世以降になると盛んに用いられるようになります。

睡眠妨害のうちもっとも原始的な拷問はなんでしょう？

それは、24 時間体制で見張りをつけて眠らせないようにしておくというものです。犠牲者は監房に閉じ込められ、居眠りをすれば執行人に棒でこづかれます。その状態で歩き続けなければならないこともありました。もち

ろん飲食は最低限だけ、または禁止です。
　こうして長時間眠れずにいると、犠牲者の精神は追い詰められ、誘導尋問に乗りやすくなりますし、無実であっても言われた通りのことを自白してしまいます。
　また限界に達すれば精神に異常をきたすこともあり、方法によっては死んでしまうことすらありました。
こうした睡眠妨害は、犠牲者の身体に傷が残りにくいことから、現代でも密かに行われ続けているといいます。

睡眠は、健康な生活にとって極めて重要なのです。

疲労物質と睡眠
疲労とは？疲労の原因と回復方法
公開日：2016 年 7 月 25 日 12 時 00 分
更新日：2019 年 8 月 5 日 15 時 59 分
疲労とは
　疲労は「疲れ」とも表現され、痛みや発熱と同様に「これ以上、運動や仕事などの作業を続けると体に害が及びますよ」という人間の生体における警報のひとつです。疲労は、人間が生命を維持するために身体の状態や機能を一定に保とうとする恒常性（ホメオスタシス）のひとつとして、痛みや発熱などと並んでそれ以上の活動を制限するサインとして働いています。
疲労の定義
　日本疲労学会では、「疲労とは過度の肉体的および精神的活動、または疾病によって生じた独特の不快感と休養の願望を伴う身体の活動能力の減退状態である」1)と定義されています。疲労は、心身への過負荷により生じた活動能力の低下のことを言い、思考能力の低下や、刺激に対する反応の低下、注意力の低下、注意散漫、動作緩慢、行動量の低下、眼のかすみ、頭痛、肩こり、腰痛などがみられます。
疲労の原因
　自律神経の中枢部では、身体の器官や組織の調節を行い、絶えず生命維持のための身体機能を一定に保っています。運動時には、運動強度や体調に応じて呼吸や心拍、体温などの機能の調節を行っており、身体へかかる負荷に合わせて生体機能のコントロールを行う自律神経の中枢も働き続けます。運動によって体にかかる負荷が大きくなるほど、自律神経の中枢にかかる負荷も大きくなり、自律神経の中枢がある脳がダメージを受けることで疲労が起こるとされています。
　疲労を起こすのは活性酸素による酸化ストレスで、神経細胞が破壊されるからであると考えられています。運動などのエネルギーをたくさん使う活動では、酸素が多く消費されるとともに活性酸素も多量に発生します。活性酸素が発生すると、活性酸素を分解して体内から除去する抗酸化酵素が働くようになっていますが、発生する活性酸素の量が抗酸化酵素の働きを上回ると自律神経の細胞や筋肉が活性酸素によって攻撃されて疲労へとつながります。
　加齢や紫外線を浴びることは活性酸素の影響を受けやすくなるため、疲労が起こりやすくなります。睡眠障害や睡眠時無呼吸症候群も疲労を蓄積させる原因となることが言われています。
乳酸は疲労物質か？
　「乳酸は疲労物質」という考え方がされていましたが、現在では乳酸が疲労を起こす物質であるという考えは間違いであるとされています。疲労した筋肉では乳酸の濃度が高くなり、筋肉のパフォーマンス低下がみられる

けれども、乳酸がパフォーマンスの低下をもたらすのではないとされています 2)3)。

最新の研究では、高負荷の運動時に、糖質がエネルギーとして使われる際に乳酸が産生され、筋肉の細胞のエネルギー源として再利用されることがわかっています。運動中の脳内でも神経細胞のエネルギー源として乳酸が働くことも確認されています 2)。

疲労と病気

疲労によって身体の機能を一定に保つ恒常性が乱れると自律神経失調症の症状がみられるようになります。疲れが蓄積すると防衛反応としてステロイドホルモンが分泌されます。ステロイドホルモンが多量に分泌されると、血管の老化による動脈硬化やインスリン抵抗性による高血糖・肥満などのリスクが高まり、高血圧、糖尿病、脂質異常症などの生活習慣病、メタボリックシンドロームにかかりやすくなって心筋梗塞や脳梗塞などの原因となります。ステロイドホルモンは免疫を下げる作用もあり、さらに疲労が蓄積することで免疫系が働きにくくなり、がんの進行から身体を守る防衛機能も低下します。

疲労の回復方法

良質な睡眠をとることが疲労回復に最も効果的であるとされています。1 日 3 食のバランスのとれた食事を摂り、生活リズムを整えること、食事は眠る時間の 3 時間前に済ませておき、眠る 1～2 時間前に 8 分程度、38～40 度のぬるま湯にみぞおちの辺りまでつかることが質のよい睡眠を招きます。

との記事も公開されています。

南房総市の健康だより

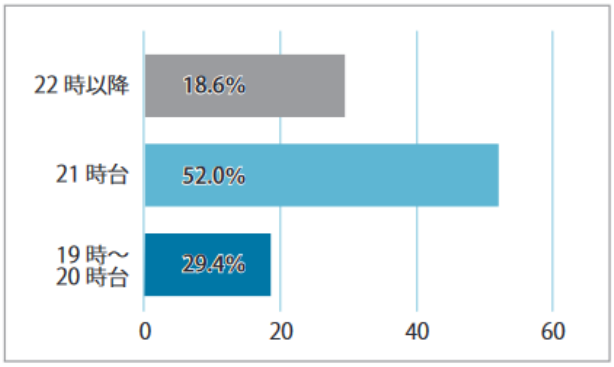
南房総市が 2021 年２月１１日に発行した、広報みなみぼうそう２月号には、次のように書かれている。

子どもの睡眠と成長ホルモン
～夜9時までに眠り、朝7時までに起きる～

健康だより
問 保健予防室 ☎ 36−1154

睡眠は子どもの成長に大きくかかわっています。３歳児健康診査状況からみると、南房総市では夜型の傾向が進んでいることが伺えます。子どもの成長には、食事や運動だけではなく、睡眠を意識した生活リズムを整えることが大切です。夜９時までに眠り、朝7時までに起きることが理想です。

身体の成長や健康の維持には、『成長ホルモン』と呼ばれるホルモンの働きが関与しています。『成長ホルモン』は①免疫力の増強、②筋肉の発達、③骨を伸ばす役割を担っています。睡眠時、とくに入眠直後の深い眠り（ノンレム睡眠）の間に多く分泌されます。



子どもの就寝時間
（令和２年度３歳児健康診査から）

睡眠の質を高めるために

◇朝起きたら太陽の光で体内時計をリセット

朝強い光を浴びることで、体内時計をリセットしてくれ、脳と体を目覚めさせます。まずは、朝早く起きることからはじめ、日中天気の良い日は外でたくさん遊ばせましょう。

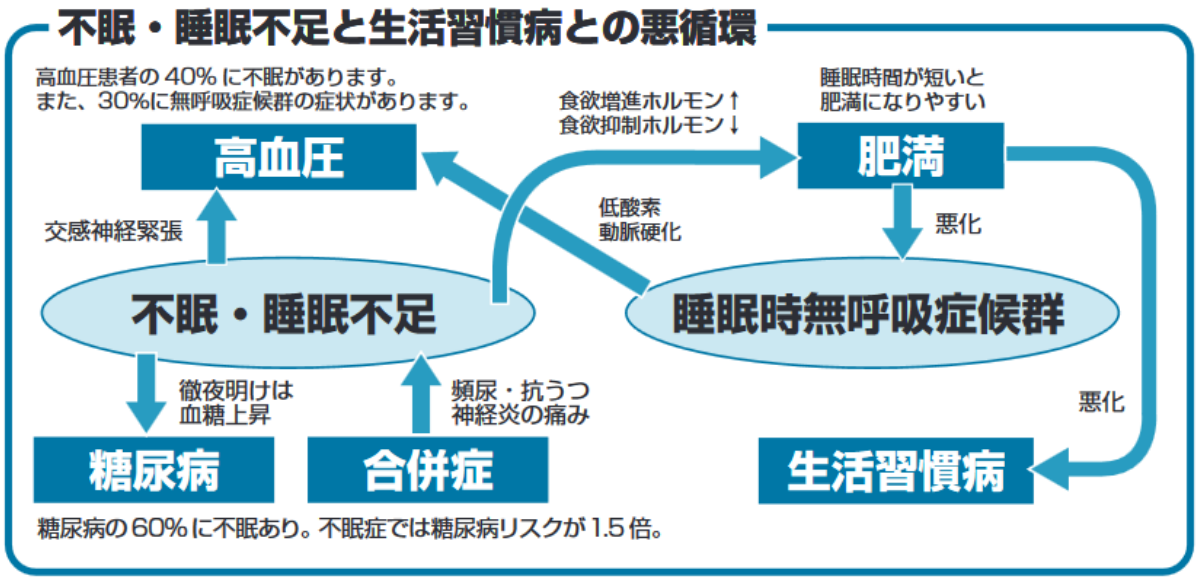
◇ブルーライトを遮断し、灯りは暗く

遅くまで、テレビ、ゲーム、スマホなどをしていると夜はなかなか眠れません。寝る前のテレビやスマホは避け、部屋の明かりを消して静かな環境を整えましょう。

◇休日でもいつもと同じ時間に起床する

休み前の夜更かし、眠れなかった分を補おうと休日に多く睡眠時間を確保すると、より生活リズムが崩れてしまいます。休日も平日と同じ時間に就寝・起床し、眠気がある場合は短時間の午睡を取り入れましょう。

子どもの夜型化には大人の生活習慣が影響を与えています。大人の生活習慣を見直すことが大切です。大人にとっても睡眠は重要です。睡眠不足は糖尿病や心筋梗塞などの生活習慣病や認知症のリスクを高めます。



騒音での不眠は、学生の成績にも大きく影響します。睡眠不足の生徒は授業中に居眠りします。それを教員に注意され、教員とのトラブルとなることも多い。体力低下で体育の授業中の事故も増えると考えられる。この件数についての実態調査をする。
風車の近くに住む生徒の成績の分布､風車から10ｋｍ以上はなれたところに住む生徒の成績の分布を調査する。学校には、風車建設前の生徒の成績データが残っている。各家庭にも成績通知表が残っている。これを持ち寄れば、風車建設前と建設後の成績の変化が数値化できる。これらの値を、風車建設前と建設後で比較する。
　睡眠不足の問題は、生徒の学力が低下となり、生涯賃金にも大きく影響する。先生に居眠りを注意されてトラブルを起こし、不登校になることも考えられます。
これが被害であることは明白です。
　海に潜ってアワビを採る漁師にとっては、睡眠不足は命に関わる大問題です。夏の暑いときに畑で草取りをする人にとっても、体力不足での熱中症は命に関わる事柄です。トラックで荷物を運ぶ人にとっても、睡眠不足は交通事故に直結する重大問題です。
この常識を無視して、
“これらの音によりわずらわしさ（アノイアンス）を増加させ、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。”と言われたら、“お前たちを拷問にかけてやる。”と宣言しているとしか思えません。いくら、環境省のお役人様が偉いといっても、このようなことは受け入れられません。
　朝早くから、車を運転する人にとっては命に係わる重大な事柄です。居眠り運転は運転する人だけではなく、歩行者や、他の車を巻き込む事故の起きる可能性が大きくなります。
　命に係わる事柄です。もちろん、騒音が１日だけとか、夕方６時から朝６時までは風車を止めるとかの配慮があれば、少しは危険性が減少するでしょうが、１年中、２４時間うるさくされたら、住民は困り果てます。

“直接的”と“明らかな”と言う言葉で騙そうとしてはいけません。
“風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”との表現は、“風車騒音が人の健康や労働に対して間接的に影響を及ぼし、地域社会を崩壊させる可能性は極めて高い”と言い換えるべきです。

風車騒音は、
わずらわしさ（アノイアンス）に伴う睡眠影響を生じる可能性はあるものの、
人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。
に関しては、
風車騒音の意味が問題になる。
そして、
人間の健康に直接的に影響を及ぼす
の意味も問題です。

風車音を浴びて、数日後に死亡したと言うような事態は聞いたことが無い。
強烈な放射線を浴びて、数日後に死亡した人はいる。放射線と風車からの音はだいぶ違います。

極めて周波数が高い、超音波では、直接的と言える被害も出ています。もちろん、超音波を聴覚で捉えることは出来ません。聴覚閾値以下の音です。しかし、この聴覚閾値以下の超音波に人間の体は直接反応します。超音波を使った美顔器でも、使い方によっては事故が起きます。
この場合は、超音波を感知したと言うよりは、超音波に直接反応したと言うべきでしょうが、聴覚閾値に至らない音が、人体に直接作用して被害を生む事もあることが分かります。

“超音波使った美容施術” 規制が必要か検討へ 消費者事故調
2022 年 7 月 27 日 7 時 07 分
エステサロンなどで超音波の技術を使った美容施術を受けた結果、やけどやシミができるといった事故が相次いでいるとして、消費者庁の安全調査委員会が調査の中間結果を報告し、機器の使用などに関して法令による規制が必要かを検討していくことを明らかにしました。
事故が相次いでいるのは、エステティックサロンなどで行われている、肌のたるみを取ったり痩身（そうしん）効果を得たりするために「HIFU」と呼ばれる機器で超音波を照射する施術です。
去年から調査を進めている消費者庁の安全調査委員会、いわゆる消費者事故調が 26 日に調査の中間結果を報告しました。
それによりますと、2015 年 11 月からことし 5 月末での間に 110 件の事故の情報が寄せられ、このうち 76 件はエステサロンで起きていて、
内訳は
▽やけどが 45 件、
▽皮膚が赤く腫れる、シミができたなどの「皮膚障害」が 23 件、
▽マヒが残ったといった「神経・感覚の障害」が 13 件などとなっています。
これまでの調査では、施術者が施術の内容や注意事項などを十分に説明しておらず、利用者がリスクを理解していないケースも多いことや、非常に強い照射能力があり、やけどなどを引き起こすおそれがある機器がエステ店で広く使われていることが分かったということです。
事故調は今後、機器の使用などに関して法令による規制が必要かどうかなどをまとめ、今年度内に再発防止への提言を示したいとしています。

超低周波音（ISO7196）のケースは、超音波とは違いますが、可能性に関しては慎重に確認することが必要です。
“音波が、人間の健康に直接的に影響を及ぼす”可能性があるような現象としては、強烈な超低周波音による音響キャビテーションや、強烈な超音波による障害の 2 つが考えられる。
風車音で、音響キャビテーションが起こるかどうかについては、シミュレーションのプログラムが必要です。

確かに、“人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”と言えるでしょうが、
“人の健康に間接的に影響を及ぼす可能性は極めて高い”とも言えます。

一度建設された風車は、約 20 年間、昼も夜も住人に対して、超低周波音（ISO7196）を浴びせます。

不眠を訴える人が多く出ます。不眠が継続すると、問題が起きるのです。

これは、農漁村地区の人にとっては重要な問題です。安眠できなければ、朝早く起きたときに眠気が残ります。良く眠れなければ体力も落ちます。

夏に、朝早く起きて海老網の手伝いをしている方の睡眠時間は極端に短くなってしまいます。眠くてぼんやりした頭で、バイクに乗って港に向かう。とても危険なことです。

車を運転するときに、居眠り運転をする可能性も高くなります。人身事故も十分予想されます。

夏に、草刈や草取りの農作業をする人も多いです。体力が落ちている人が、炎天下で農作業をしたら、熱中症になってしまいます。

熱中症で畑に倒れているところを、他の人に見つけてもらって、病院に行った方もいるとの話も聞いています。

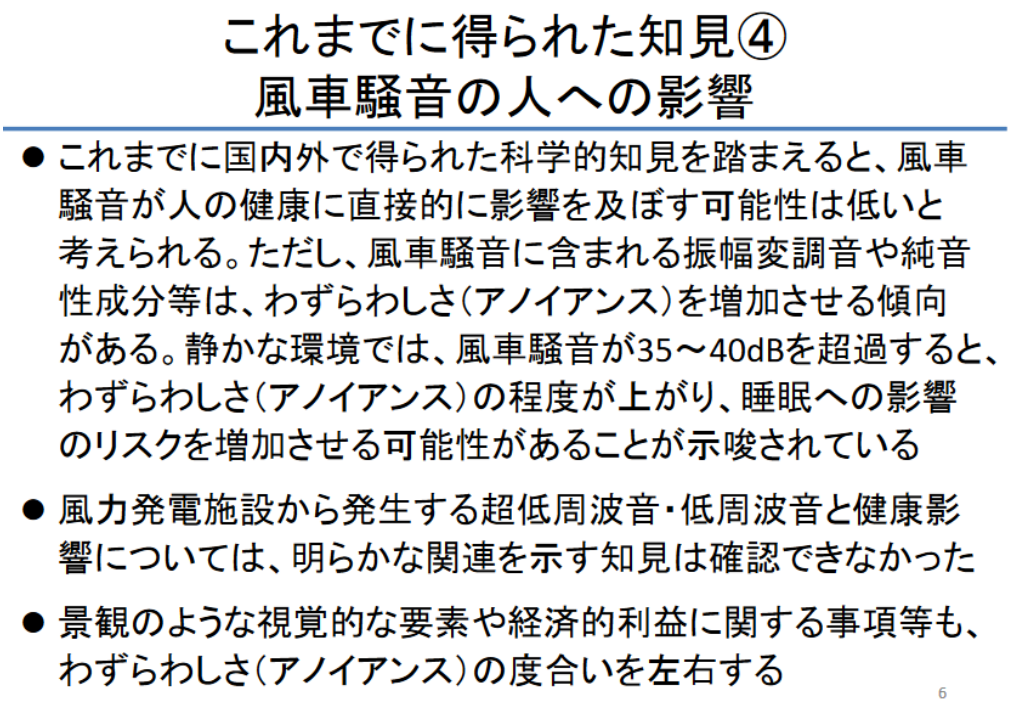
海に潜って、アワビを採る人にとっても、睡眠不足は大変危険です。体調不良で潜っていて気分が悪くなるのは、良くあることです。眠れなくて体力が落ちれば、漁獲高にも影響します。

良く眠れない原因となる風力発電施設を作ることは、私たちの命を縮めることであり、漁業による収入の減少を招くことです。

不眠は被害なのです。苦情ではありません。

環境省の HP の資料には、　“これらの音によりわずらわしさ（アノイアンス）を増加させ、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。”
と書かれている。

この常識を無視して、



“静かな環境では、風車騒音が 35～40ｄB を超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている”

と言われたら、“お前たちを拷問にかけてやる。”と宣言しているとしか思えません。いくら、大学の先生や、環境省のお役人様が偉いといっても、このようなことは受け入れられません。

朝早くから、車を運転する人にとっては命に係わる重大な事柄です。居眠り運転は運転する人だけではなく、歩行者や、他の車を巻き込む事故の起きる可能性が大きくなります。

命に係わる事柄です。もちろん、騒音が１日だけとか、夕方６時から朝６時までは風車を止めるとかの配慮があれば、少しは危険性が減少するでしょうが、１年中、２４時間うるさくされたら、住民は困り果てます。

ある．静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、**睡眠**への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている．

- 景観のような視覚的な要素や**経済的利益**に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する．

が正しいとすれば、

被害を防ぐには、被害者全員が経済的利益を受ければ良いことになります。そうすれば睡眠への影響のリスクを減らせるのです。

正しい見解です。

被害者全員に十分な補償金を支払い、被害が風車の無い地域へ移住できるだけの経済的な補償をすれば良いのです。被害者に対して、風車が無い地域に新しい家と土地と仕事を提供すれば良いのです。

さらに、

- 風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は**確認できない**．

では、A 特性音圧レベルによる基準値と、健康被害との明らかな関連を示す知見は確認できたのであろうか？確認できたのならその根拠を示して欲しい。

明らかな関連が確認できないにも関わらず、A 特性音圧レベルによる、基準値を使うならば、その合理的な理由を示して欲しい。

関連性に関しては、風車音や騒音の影響による諸症状のアンケートと、その地域での環境騒音、風車音の計測を、道路での騒音による被害地域、工場騒音による被害地域、鉄道騒音による被害地域、風車音の被害地域でも、全く同様に行って、結果を比較すれば、関連を示す知見は得られる。

まさか、A 特性音圧レベルによる基準値と、風車被害との明らかな関連性が無いのに、基準値を指標として使う事を提唱しているのでは無いでしょうね。

人間にとって、睡眠は極めて重要である。睡眠を妨害されたら、“健康で文化的な生活”を送ることは出来ない。憲法で保障された、基本的人権を侵害されているのである。

10．3．1 超低周波音の解析と発生の仕組み

超低周波音の解析と発生の仕組み

Analysis of Infrasound and Generation Mechanism

宇山　靖政

Yasumasa UYAMA

Personal member of Japan Wind Energy Association.

Abstract

This document provides the results of analysis of the sound from wind turbine, and the mechanism of infrasound generation.

The part of the infrasound near the wind turbine is described as wind noise and the frequency is not examined in detail. However, when this feature is investigated, it becomes clear that the directivity of the wind turbine sound, the shaking of the top of the tower, and the vibration around 40 m above the ground of the tower are related, and it is found that the wind turbine generates directional infrasound.

For wind noise, "Low-frequency wind noise is caused by wind hitting the microphone. This noise has a louder component as the frequency decreases. In the frequency range of about 5 Hz or less (in some cases about 10 Hz or less), it is difficult to eliminate wind noise." It is said,

Even if the wind is strong, the component of 10 Hz or less in a place where there is no wind turbine has an extremely low sound pressure and no regular wind noise. Even if the wind is not so strong, near the wind turbine, the sound pressure of the component below 10 Hz is high, and wind noise with regularity appears.

This is either to think that there are two types of wind noise: "wind noise in places where there are no wind turbine" and "wind noise in places where there are wind turbines", or to think that infrasound with high sound pressure is generated from wind turbine.

キーワード：超低周波音、風雑音、揚力ベクトル、回転モーメント、塔の振動

Key Words：Infrasound, wind noise, lift vector, moment of rotation, vibration of tower

１．はじめに

風車音の 5Hz 以下の成分を“風雑音”と考え“これを除去すれば本来の風車音が得られる。”との主張もあるが、周波数の分析と風車の振動原因の解明により、この音が“風車による超低周波音”であることを示す。

２．計測機材と解析対象

計測機材：NL-62、NX-42WR、解析対象：千葉県館山市風の丘にある回転軸が水平の風車*1

３．騒音の比較

特徴を示す為に周波数スペクトルを比較する。

(横軸は周波数ヘルツ[Hz]、縦軸は音圧パスカル[Pa])

Fig.1：JFE の製鉄所内の音(0～5000Hz)

Fig.2：風車の近くで計測した音(0～5000Hz)

Fig.3：風車の近くで計測した音(0～25Hz)

Fig.4：長尾神社境内の音(0～25Hz)

図１図２は 0～5000Hz 範囲での比較であり、製鉄所内の音は広帯域だが、風車音は左隅の 0.8Hz の近くに集中しており広帯域の音ではない。

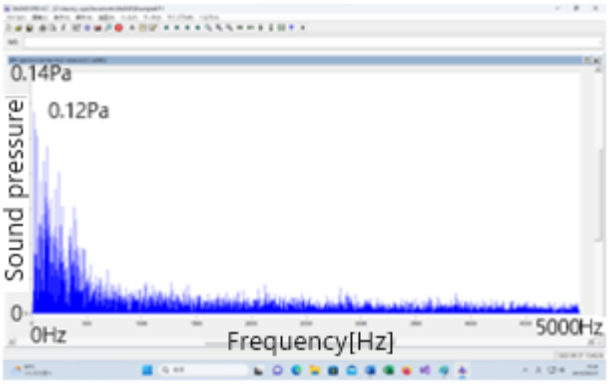


Fig.1 JFE iron mill ; Max 0.12[Pa](12Hz)

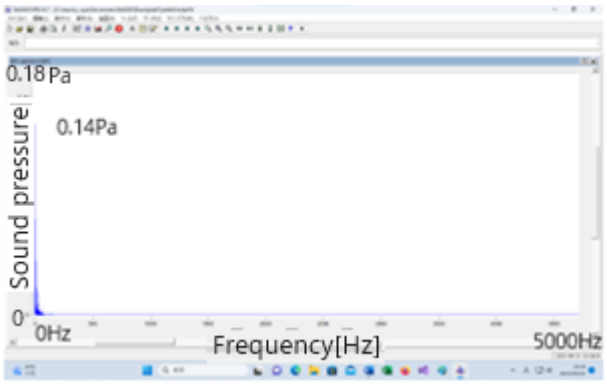


Fig.2 Wind turbine noise ; Max 0.14[Pa](0.8Hz)

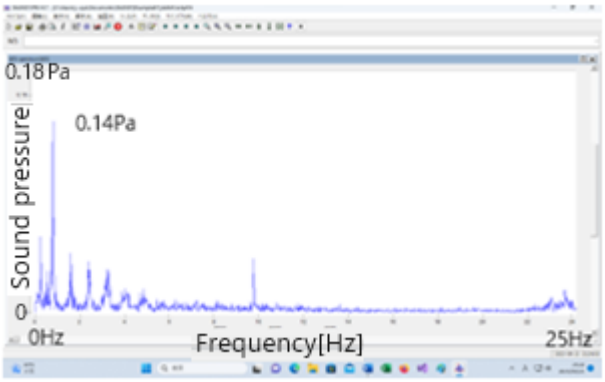


Fig.3 Wind turbine noise (0～25Hz)

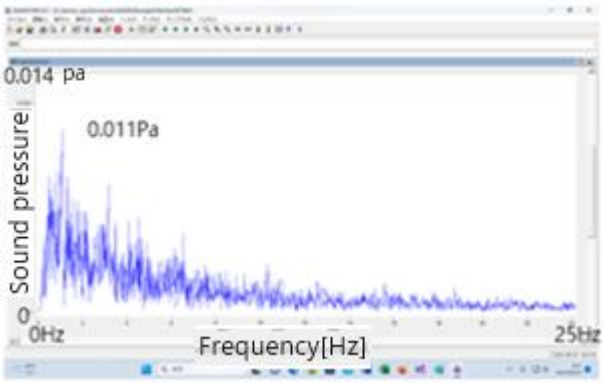


Fig.4 Nagao shrine (0～25Hz); 0.011[Pa](1.1Hz)

図３図４は 0～25Hz 範囲での、風車の近くで車内に機材を置き風下の窓を開けて計測した音（最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)）と、近所の長尾神社の階段にマイクを置き風が当たる状態で計測した音（最大音圧 0.011[Pa](1.1Hz)）との比較である。表３で風車の近くの“風雑音”の持つ規則性を詳しく記す。図４から風車の無い場所では音圧が低く周波数に規則性が無い事が分る。これらの“風雑音”の区別が必要である。

表１表２は周波数帯ごとのエネルギー分布である。

Energy distribution	0～20Hz	20～5kHz
Wind turbine	93%	7%
Iron mill	12%	88%

Energy distribution	0～1Hz	1～20Hz	0～20Hz
Wind turbine	61.3%	38.7%	100.0%
Iron mill	0.04%	99.96%	100.0%

Table 1 Energy distribution (0～5000Hz)　　Table 2 Energy distribution　(0～20Hz)

表１より、風車音を騒音（周波数 20Hz 以上）として考えると、音のエネルギーの 93%を無視することになる。その結果、圧迫感などの不快感の原因となる部分を除外した数値と不快感を訴える人の割合を比較することになり、交通騒音の場合に比べると大きな誤差が出る。
表２より、0.8Hz の部分が、0～20Hz の音のエネルギーの 61%を占めていることが分る。よって、超低周波音を１～20Hz に限定してはならない。

４．風車音と再生音
図５は NL-62 で記録した 60 秒間の風車音。図６は FFT を使って音を分割し、青を 0～20Hz、緑を 20～200Hz、赤を 200～24ｋHz の成分として表したもの。図７は図５の音を PC のスピーカで再生し、再度 NL-62 で収録した音を図６と同様に分割したもの。
図６では 200Hz～24kHz の成分に振幅変調が見られるが、音圧が極めて低く空気減衰やエネルギー透過率を考えれば室内への影響は弱い。逆に、超低周波音のエネルギーは大きく、その影響を慎重に調査すべきである。
なお、圧迫感を除けば、風車の近くで聞いた音とスピーカからの音の違いを聴覚では判別できなかった。

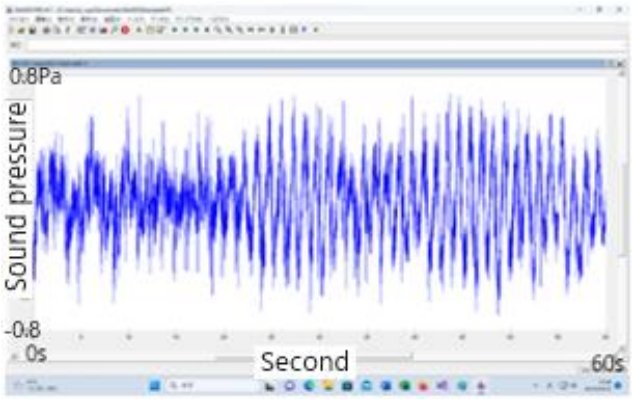


Fig.5 Wind turbine noise

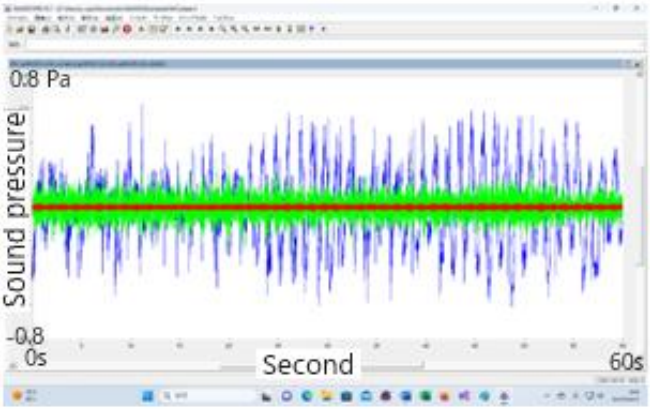


Fig.6 Separated Wind turbine noise

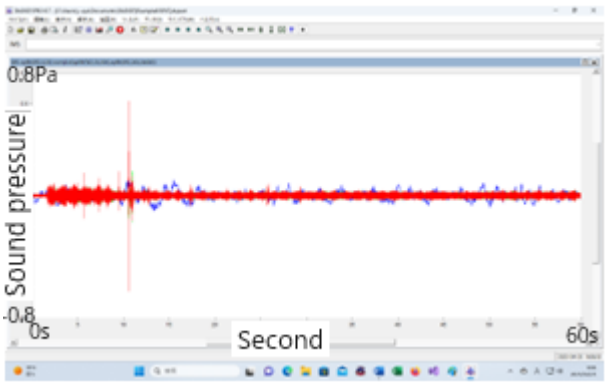


Fig.7 Separated sound from speaker

図７からスピーカ音には超低周波音が含まれない事が分る。大型のスピーカでも 1Hz 以下の音の再生は出来ない。これが風車音と実験室の再生音では圧迫感に差がでる原因である。実験をするならトレーラーの荷台に実験

室を作って風車の近くに行くしかない。

５．風車音の細かな特徴

表３は、図３に於ける音圧のピーク値とその時の周波数を対応させたものである。

Frequency at peak[Hz]	Rate(1)	Rate(2)	Sound pressure[Pa]
0.2667	1.0000		0.0560
0.5333	2.0000		0.0309
0.8167	3.0625	1.0000	0.1405
1.5833	5.9375	1.9388	0.0436
2.4167	9.0625	2.9592	0.0242
3.2167	12.0625	3.9388	0.0317
4.0000	15.0000	4.8980	0.0177
4.8667	18.2500	5.9592	0.0173
5.4667	20.5000	6.6939	0.0101
6.2667	23.5000	7.6735	0.0098

Table 3 Frequencies of the peak values

最大音圧となるときの周波数 0.8Hz,は、翼の回転数を R(rpm)、翼枚数を Z(枚)とするときの f ＝RZ/60[Hz]に合致する。他の周波数も含めて音が出る仕組みを解明すれば超低周波音が発生する理由が分る。

６．周波数の細かな変動

f ＝RZ/60[Hz]より、周波数は回転数によって変化する。図８の Wavelet のグラフから、0.73Hz から 0.87Hz の間で周波数が変化することが分る。

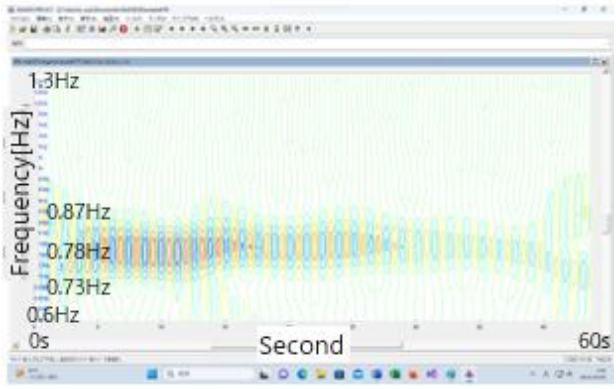


Fig.8 Fine fluctuation nearby 0.8Hz

Rotation (7times), a part of large table		
Brade pass	Time(second)	Frequency[Hz]
21	28[s]	0.75[Hz]
21	22[s]	0.95[Hz]
21	28[s]	0.75[Hz]
21	28[s]	0.75[Hz]
Average		0.8 [Hz]

Table 4 Fine fluctuation from video

表４はビデオ撮影した回転の様子から周波数を計算したものの一部である。周波数は風速の変化に対応して細かく変化し、図８の変化と一致する。

図８で色の濃い部分は音圧が高いことを示し、図８は 60 秒間の計測結果なので、音圧が高い状態が 20 秒程度継続することが分る。10 分間の計測結果から、0.8Hz に近い周波数成分の音圧は、風が弱いときは 0.10[Pa]、風が強いときは 0.37[Pa]、平均で 0.18[Pa]程度であることが分る。

７．塔の振動方向と風車音の指向性

ナセルや、塔の地上 40mの側面の振動の方向や大きさ、音の指向性を揚力ベクトルの方向に注目しながら考える。（1.6Hz は小型風車で回転数が高いため。）

“風車ナセル・タワーの振動解析”1）

では、ナセル部分について、“図 3 のローリング方向では 0.8Hz、1.6Hz、2.7Hz にゲインの増大が確認でき、ロータの偏芯が顕著には現れておらず、代わりに 1.6Hz に羽根数×回転数の振動が表れている。これは、上下左右の風速さと羽根数によるブレード変形振動が起因している”“図 4,5 はナセル振動の 210 度方向、300 度方向スペクトルを示す。”“210 度方向ではロータ回転周波数 0.5Hz が若干表れ、羽枚数×回転数 1.6Hz が顕著に表れている”、さらに、１)の図 6，7 からタワー内 40mの振動にも、210 度方向、300 度方向に 1.6H z の成分が表れていることが分る。

“風速が風車騒音指向性に及ぼす影響について‴2)

では、“200 度の位置のレベルが高くなっている。この位置はキャンセレーションメカニズムが働きレベルが低下する位置であり指向性の予測とは逆の現象が現れている。”とあり、20 度、110 度、200 度、290 度の方向で音圧が高いことが、２)の図６から分る。

“円筒の弾塑性純曲げ崩壊に関する研究”3)を参考にすれば、塔の側面の変動は図９図 10 となる。

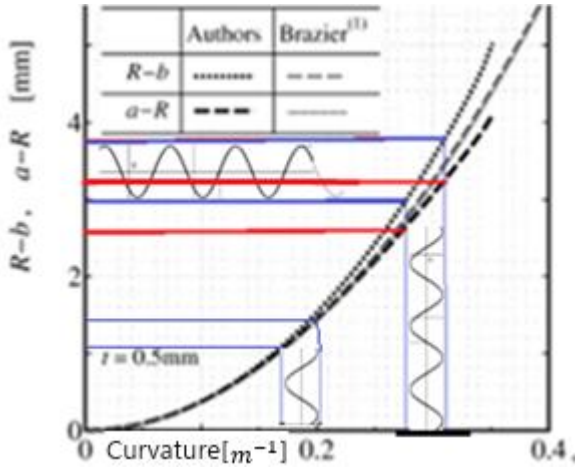


Fig.9 Force fluctuation and side vibration

図９は塔の側面が塔に掛かる力の変化に応じて振動することを示す。右の方が側面の振動幅が大きい。

塔の断面は、図 10 の右側の様に円筒が曲がるときに楕円になる。加えられた力の方向の側面の振動と、それに直交する方向の側面の振動が発生する。その結果、風車音は指向性を持ち、周波数は塔に掛かる力の周波数と一致する。さらに、断面が円から楕円になれば、面積が減少するので塔内の容積が減少する。逆に断面が円に近づけば容積は増加する。塔の変形は塔内の気圧変動も引き起こす。

８．風車にかかる力とその影響

“流体力学(前編)” ４)によれば、

翼に働く揚力Lは、Kutta-Jopukowskiの定理より、

$$L = \rho U \Gamma = 4\pi\rho U^2 \lambda \sin(\alpha - \delta) \qquad (1)$$

で与えられ、揚力は、一様流の速度Uの２乗に比例する。
ブレードと塔の距離が近いことを考え、揚力Lの大きさや塔に対する回転モーメントが周期的に変化することを調べれば、塔の変形の様子と風車音の発生原因が分り、風車音の周波数と音圧の程度も分る。

“風車の振動解析” 5)では、揚力Lについて述べた後で、風車に掛かる力について考察がされている。
“風速は高さにより変化するので、ブレードが回転すると、これらの力は周期的に変化する。その結果、ブレードとタワーに周期的励振力が加わる。”
“ブレードからタワーに加わる力の各振動数成分は、枚数倍となる。以上のように、回転速度のｎ倍の振動数ｎＰをもつ多くの励振力が加わる。”と述べている。
“回転速度のｎ倍の振動数ｎＰをもつ多くの励振力”としたのでは、風車音の指向性の考察が欠けていて、塔がどのように変形して音が出るのかという事に繋がらない。

“空力音響学” 6)には、振動する物体からどのように音が発生するかが書かれている。

風車の側面の振動を考えるには、塔に掛かる力の観点から、塔に掛かる回転モーメントに視点を移して計算する必要がある。塔の変形は、釣り竿が曲がる場合と似ている。釣り竿の変形は、釣り竿に対する回転モーメントで決る。上部の揺れは円形のままでも可能だが、側面の揺れは、切り口の変形を伴う。
風車は揚力によって回転し、ブレードの角度を変えて回転速度を調節する。回転開始時は回転方向の成分が大きくなるようにブレードの向きを調整し、定格出力運転時には揚力ベクトルの方向を200～210度の向きにして、ブレードの回転を抑える。この結果、揚力の回転軸方向の成分が大きくなる。

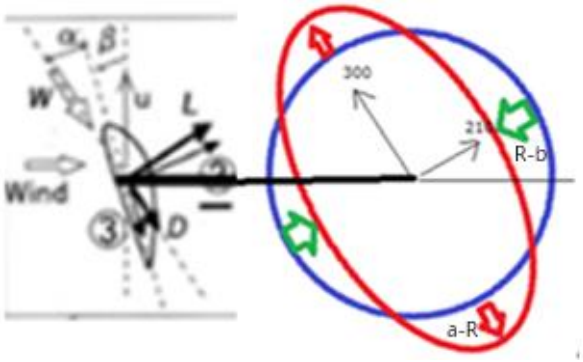


Fig.10　Lifting vector and modification

９．塔に掛かる力と回転モーメント
（９桁の数値で計算し、最後に四捨五入した。）
ナセルや塔の揺れに関してはブレードが真上に来た時の揚力ベクトルの方向を重視すべきだが、ここでは、揚力ベクトルの回転軸方向への成分を考える。
単純化して、塔の高さは100m、ブレードの代りに、丸い標識のような形の板が中心から50mの所に付いている

として、周波数を計算する。

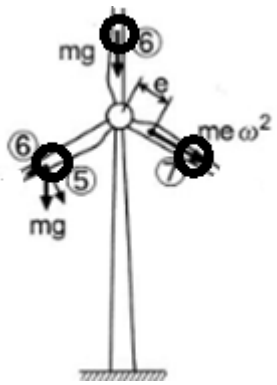


Fig.11 Wind turbine in balance

　円盤の地上からの高さは$100 + 50 * \sin(\omega t + \theta)$ m
となる。
上空では地表近くよりも強い風が吹く。上空での風速の予測式はいくつかあるが、ここでは次の予測式を使う。
高さZ_{h1}での風速V_{Zh1}
高さ$Z_{G(V)}$での風速の予測値$V_{ZG(V)}$
地表面粗度区分Ⅴに応じた冪指数 α(v)
としたときに、次の関係式

$$V_{ZG(V)}/V_{Zh1} = (Z_{G(V)}/Z_{h1})^{\alpha(V)} \qquad (2)$$

が成立し、田園地帯では、$\alpha(V) = 0.15$である。
　田園地域で、地上 10ｍの時の風速が 7[m/s]のときは、
地上 100+50*sin(ω t+ θ) m での風速は

$$7 * ((100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))/10)\text{^}0.15 \quad [\text{m/s}] \quad (3)$$

となる。

　空気密度を 1.23[kg/m^3]、 風力係数Ｃｄ＝1.2、とすると風速 V[m/s]のとき、Ｐ:風荷重[N/㎡]は

Ｐ＝（Ｖ^2／２）×1.23×1.2　　[N/㎡]　(4)

となり、標識の面積が 10[㎡]のとき、地上 10ｍで 7[m/s]の風が吹くときに、風車に取り付けてある丸い板にかかる力は、

$$P = \frac{\left(\left(7 * \left(\frac{(100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))}{10}\right)^{0.15}\right)^2\right)}{2}$$

$$* 1.23 * 1.2 * 10 \qquad [N] \qquad (5)$$

となる。この力は風速の２乗に比例する。
この力によって引き起こされる風車を倒そうとする力は、回転軸を地表とブレードの回転面の共有する直線としたときの回転モーメントであり、

$$P * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta)) = k * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))\text{^}1.3 \quad [\mathrm{Nm}] \quad (6)$$

となる（k=181.24）。ここでは

$$(100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))\text{^}1.3 \qquad (7)$$

の部分に注目して考える。
ブレードのなす角は２π/3 なので回転モーメント M は、
ω=2π・0.8/3　と置いたときに、

$$f(t) = (100 + 50 * \sin(\omega t))^{1.3} + (100 + 50 * \sin(\omega t + 2\pi/3))^{1.3} + (100 + 50 * \sin(\omega t + 4\pi/3))^{1.3} \qquad (8)$$

とすれば、

$$M = k * f(t) = 181.24 * f(t) \qquad [\mathrm{Nm}] \quad (9)$$

となる。マクローリン展開

$$(1 + x)^{\alpha} = 1 + \frac{\alpha}{1!}x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2!}x^2 + \frac{\alpha(\alpha-1)(\alpha-2)}{3!}x^3 + \cdots \qquad (10)$$

を使って計算する。（Sin での計算を示すが、cos でも同様となる。）

電卓での近似計算（0.8Hz の根拠）

$$(100 + 50 * \sin(\omega t))^{1.3} = (100^{1.3})(1 + (1/2) * \sin(\omega t))^{1.3} \qquad (11)$$

に注意して展開式に(1/2)sin(ω t)を代入すれば、

$$(100 + 50 * \sin(\omega t))^{1.3} = 398.11 * \{1 + 0.65\sin(\omega t) + 0.05sin^2(\omega t) - 0.006sin^3(\omega t) + \cdots\} \qquad (12)$$

となる。次の関係式に注意して計算する。

$$\sin(x) + \sin(x + 2\pi/3) + \sin(x + 4\pi/3) = 0 \quad (13)$$

$$sin^2(x) + sin^2\left(x + \frac{2\pi}{3}\right) + sin^2\left(x + \frac{4\pi}{3}\right) = \frac{3}{2} \quad (14)$$

$$sin^3(x) = (3\sin(x) - \sin(3x))/4 \qquad (15)$$

なので、sin の 3 乗の和のうち、sin(x)の和は 0 となり、sin(3x)の和は

$$\sin(3x) + \sin\left(3\left(x + \tfrac{2\pi}{3}\right)\right) + \sin\left(3\left(x + \tfrac{4\pi}{3}\right)\right) = 3\sin(3x) \qquad (16)$$

となるから

$$sin^3(x) + sin^3\left(x + \tfrac{2\pi}{3}\right) + sin^3\left(x + \tfrac{4\pi}{3}\right) = -(3/4)\sin(3x) \qquad (17)$$

よって、

$$f(t) \approx 1223.43 + 1.70\sin(3\omega t) \qquad (18)$$

となる。
3 枚のブレードが、sin(ωt)、sin(ωt+2π/3)、sin(ωt+4π/3)に従って回転している場合には、
塔にかかる回転モーメントは

$$M = k * f(t) \approx 221734.19 + 307.78\sin(3\omega t) \quad (19)$$

となり、ブレードの回転周波数が、0.26666Hz ならば、塔にかかるモーメントは 0.8Hz の周波数で変化する。
ブレードの回転周期の 1/3 の周期で回転モーメントが変化することが分る。

（2）不均等な場合（0.27Hz, 0.53Hz の根拠）
次に、ブレードの 1 枚だけが他の 2 枚よりも少し大きい場合を考える。

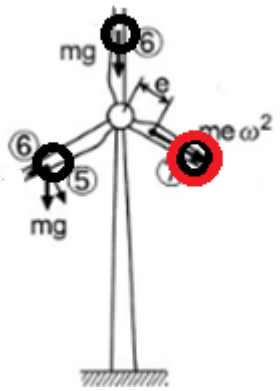


Fig.12 Wind turbine imbalance

大きな部分の面積が、10*1.003＝10.03 ㎡　だとすれば、この時、赤い丸の部分が受ける力は、

$$P = \frac{\left(\left(7 * \left(\frac{(100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))}{10}\right)^{0.15}\right)^{2}\right)}{2} * 1.23 * 1.2 * 10 * 1.003 \quad [N] \qquad (20)$$

より、

$$P * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta)) = k * ((100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))^{1.3} + 0.003 * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))^{1.3}) \qquad (21)$$

となる。θ ＝0 のものが大きいとして、

$$g(t) = f(t) + 0.003 * (100 + 50 * \sin(\omega t))^{1.3} \quad (22)$$

を考える。（（８）式を使った。）

$$0.003 * (100 + 50 * \sin(\omega t))^{1.3} = 0.003 * 398.11\{1 + 0.65\sin(\omega t) + 0.05sin^2(\omega t) - 0.006sin^3(\omega t) + \cdots\} \quad (23)$$

となり、冪乗の項を倍角で表現して計算すれば、

$$M = k * g(t) = 221955.93 + 139.77\sin(\omega t) - 5.28\cos(2\omega t) + 308.08\sin(3\omega t) + \cdots \quad (24)$$

を得る。これが、超低周波音での、0.27Hz、0.53Hz 成分が出現する根拠である。

（３）0.8Hz、1.6Hz、2.4Hz、…が出現する根拠
　次の命題に注目する。

命題；$(sinx)^n$は、定数と$\sin(mx)$、$\cos(mx)$（m＝1～n）の一次式で表現できる。（Cos も同様）

n＝１の場合は、$(sinx)^1 = \sin(1x)$　で正しい。
n＝k の時に成立すると仮定すると、

$$(sinx)^{k+1} = f_k(x) * sinx \quad , \qquad (25)$$

定数*sinx　は条件を満たし、

$$\sin(mx) * sinx = -(\cos(mx + x) - \cos(mx - x))/2 \quad (26)$$

$\cos(mx) * sinx = (\sin(x + mx) + sin(x - mx))/2$（27）

となるので、（25）式は、定数と$\sin(mx)$、$\cos(mx)$（m＝1～k+1）の一次式で表現できる。

よって、$(sinx)^n = f_n(x)$は次の形で書ける。

$$f_n(x) = c_n + \sum_{m=1}^{n} a_m \sin(mx) + \sum_{m=1}^{n} b_m \cos(mx)$$

（28）

そこで

$$(sinx)^n + (\sin\left(x + \frac{2\pi}{3}\right))^n + (\sin(x + \frac{4\pi}{3}))^n$$

（29）

を考えるには、1 次式の和

$$\sin(mx) + \sin\left(m(x + \frac{2\pi}{3})\right) + \sin(m\left(x + \frac{4\pi}{3}\right))$$

（30）

について調べればよいことになる。
m＝3k、m＝3k+1，m＝3k+2　　（k＝0,1,2,…）
の場合に分けて考える。
m=3k の場合は、

$$\sin(3kx) + \sin\left(3kx + \frac{6\pi k}{3}\right) + \sin\left(3kx + \frac{12\pi k}{3}\right) = 3 * \sin(3kx)$$　　（31）

m=3k+1 の場合は、

$$\sin((3k+1)\,x) + \sin\left((3k+1)x + \frac{6\pi k + 2\pi}{3}\right) + \sin\left((3k+1)x + \frac{12\pi k + 4\pi}{3}\right) = 0$$

（32）

となる（m=3k+2 の場合も同様)。よって、

$f_n(x) + f_n(x + 2\pi/3) + f_n(x + 4\pi/3)$　　（33）

には、$\sin(3mx)$, $\cos(3mx)$ のような形の項と定数だけが残る。これが、0.8Hz より大きな周波数、1.6Hz、2.4Hz、3.2Hz、4.0Hz でピーク値となる理由である。
（８）（９）式には、（10）の展開式を長くしても、
定数項と、$\sin(3m\omega t)$, $\cos(3m\omega t)$の項しか残らない。
塔には、ブレードの揚力による力のほかに、塔自体に吹き付ける風の力もあって風下に向かって少し曲がる。高さによって風速が異なるので、ブレードの揚力は塔にかかる力を周期的に変化させる。３枚のブレードが完全に均等で風が安定していても、3*R/60[Hz]のほかに、2*3*R/60[Hz]、 3*3*R/60[Hz]、4*3*R/60[Hz]、…の揺れが発生する。
さらに、１枚のブレードが少しだけ大きい場合や、風に対する角度が他の２枚と少しだけ異なる場合には、
風車の変動に、R/60[Hz]の他に、2*R/60[Hz]、 3*R/60 [Hz]、の揺れも含まれる。
この力が塔に作用すれば、塔の切り口は楕円となり、塔の側面での振動が起きる。この結果、側面が大きく振動する方向への指向性を持った超低周波音が発生する。
規則的な周波数を持ち、ブレードの回転に起因する塔の振動で発生する音を“風雑音”と言ってはならない。“風車から超低周波音が発生する”のである。
図４は“風雑音”を表すが、図３は風車からの超低周波音を表す。音の持つ指向性と周波数の規則性がその特徴である。
　胴の部分に２つの太鼓、上部に笛を付けた楽器のようなイメージを図１３に示す。これは、塔内の気圧変動も含めて、風車音の特徴を考えた上での、風車から音が発生する仕組みを表す模式図である。



Fig.13 Image of Wind turbine noise

１０．室内での計測とカオス理論
“低周波数騒音に対するハウスフィルタのモデル化”7) には、“室内の音場は特に低周波数領域では複雑で、物理的にも難しい問題を多く含んでいる。”と書かれている。
室内の音の解析は難しいが、カオス理論を使えば困難を克服できる。図 14 は、製鉄所内の騒音から故障している機械を見つける為の解析である。
１段目は騒音のグラフ、２段目は周波数スペクトル、３段目は Wavelet 解析。　ここまでの解析では特徴が不明だが、“Average Wavelet Coefficient-Based Detection of Chaos in Oscillatory Circuits”8)を使えば４段目のグラフとなる。

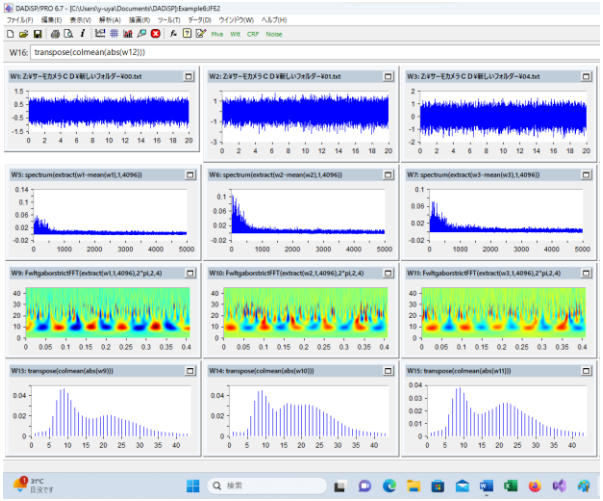


Fig.14 Effect of Chaos theory

４段目はラクダが座っているようなグラフで、コブが１つなら固有振動数が１つ、コブが２つなら固有振動数が２つの物の振動を表す。中央のグラフは固有振動数を２つ持つ四角い篩が原因であることを示している。

１１．風車音で留意すべき事項

音圧と圧迫感の関連を調べるには、最大音圧をパスカル値のままで扱う必要がある。また、音圧の変動に関しては、音響キャビテーションによる気泡発生の可能性も検討する必要がある。体内に小さな気泡が発生すれば、潜水病と同じ状態になり頭痛が起きる。ほんの少しの可能性でも詳細に検討すべきである。(“泡のエンジニアリング” 9))

１２．まとめ

水平軸型の風車が超低周波音の発生装置そのものであることが示されたが、パリのエッフェル塔には、希望の灯が残っている。そこでは音も静かで振動も少ない垂直軸の風車が発電をしている。垂直軸型の風車から超低周波音が発生する要因は見あたらない。

（2015 年 2 月、エッフェル塔に 2 機の風力発電機が地上約 120 メートルの部分に設置された。）

１３．引用文献

1) 高橋厚太,賀川和哉,長嶋久畝,川端浩和,田中元史,小垣哲也,濱田幸雄,風車ナセル・タワーの振動解析,風力エネルギー利用シンポジウム Vol.40,p.251-254,2018

2) 菊島義弘,長島久敏,橋本晶太,鯨岡政斗,濱田幸雄,川端浩和,小垣哲也,風速が風車騒音指向性に及ぼす影響について,風力エネルギー利用シンポジウム Vol.38 p. 69-72, 2016

3) Dai-Heng CHEN,増田健一,尾崎伸吾,円筒の弾塑性 純曲げ崩壊に関する研究, 日本機械学会論文集 A 編, Vol.74, No.740, p. 520-527, 2008

4) 今井巧,流体力学(前編),裳華房,第 17 版,1990

5) 石田幸雄,風車の振動解析,Journal of JWEA Vol.34 No.4, 2010

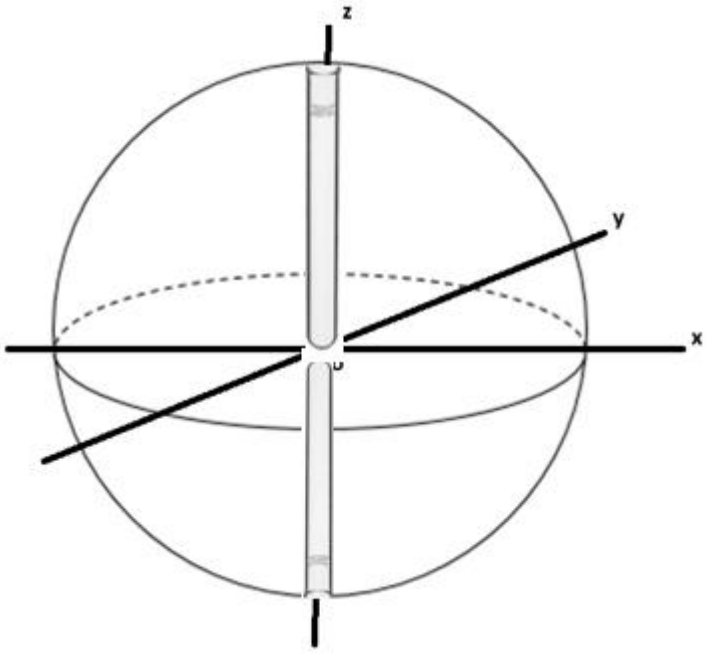
6) M.S.Howe, 空力音響学, 共立出版、初版、2015

7) 橘秀樹, 福島昭則, 落合博明,低周波数騒音に対するハウスフィルタのモデル化,日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集, Vol. 2017:春季 p.13-16, 2017

8) Vesna Rubežić, Igor Djurović, Ervin Sejdić,
Average Wavelet Coefficient-Based Detection of Chaos in Oscillatory Circuits,
COMPEL The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering 36(1):188-201, January 2017
9) 石井俶夫編集,泡のエンジニアリング,テクノシステム, 初版, 2005

10. 3. 2 圧縮と膨張

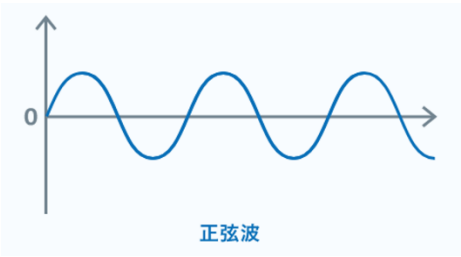
人体を半径 0.5mの球とみる。表面積は 4*3.14*0.5*0.5＝3.14 ㎡
表面の部分は体重（60ｋｇ）に相当する質量を持ち、面密度は 60/3.14＝19kg/m^2
音（平面波）の波面に対して、ｘ軸が垂直になっているとする。
音速は 340m/秒とする。
パスカル値については、1 パスカルは、1 平方メートル（m2）の面積につき 1 ニュートン（N）の力が作用する圧力または応力と定義されている[1]。
ニュートンについては、1 ニュートンは、1 kg の質量を持つ物体に 1 m/s2 の加速度を生じさせる力である。



北極と南極に向けた２本の試験官のような部分を考える。
試験管の半径を r ＝0.005m、断面積を ds＝π*0.000025＝0.0000785 [m^2]、
殻の部分の密度を ρ＝19.1kg/m^2 とする。
試験管の口の部分の質量は M=ρ*ds＝19*π*0.000025＝0.0015 [kg]となる。

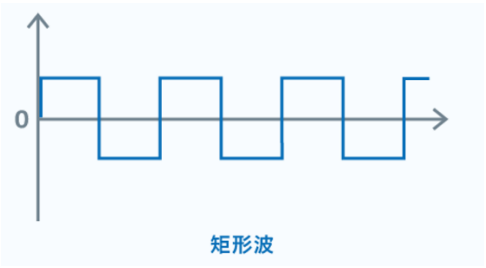
この部分を、ｙ ｚ平面に平行な平面波が通過すると考える。
試験管の口の部分での音圧 P(t)が

$$P(t) = A sin\omega t$$



としたいのだが、

計算を簡単にするために、矩形波で考える。



　音が来る前の大気圧をP_0と置く。試験管の中の圧力も同じだったとする。
試験管の蓋に掛かる圧力は$P_0 + A$と$P_0 - A$の繰り返しとなる。

1000Hz の音波が通過する場合を考える。
音速は 340m/秒なので、波長は、340/1000＝0.34m
$P_0 + A$の部分の長さは、0.17m＝170ｃｍ
この部分が蓋の部分を通過する時間は、0.17/340＝0.0005 秒
よって、0.0005 秒ごとに、蓋に掛かる圧力が変化することになる。

　内圧がP_0で外圧が$P_0 + A$になったとすれば、蓋に掛かる力は（A*蓋の面積）パスカルになる。
この状態が dt 秒間継続したとすれば、Ｆ＝ｍαより、
A*ds=Mα
α＝A*ds/M
となり、dt 秒後には、測度 v1=αdt、移動距離は初速度 v0=0 なので、
dl=(1/2)α(dt)^2+v0*dt
となる。
　試験管の長さを、L とすれば試験管の容積は L*ds となる。dt 秒後の状態は、蓋が移動したので試験管内の容積は、ds*(L-dl)に変わる。
　容積が減ったので、管内の気圧が上がりP_1となる。
　とりあえず、管内の気体の温度は同じと仮定する。（あとで修正する）
　$P_1 * ds * (L - dl) = P_0 * ds * L$
よって、dt 秒後の状態は、
v1＝α*dt
dl=(1/2)α(dt)^2

$$P_1 = P_0 * L/(L - dl)$$

$$L_1 = (L - dl)$$

となる。

　次は、外圧は$P_0 + A$、内圧は　$P_1 = P_0 * L/(L - dl)$として考える。この時の初速度は v1、

蓋に掛かる圧力差は$P_0 + A - P_1$、これが蓋 ds の部分を押す。

加速度α_1として、$(P_0 + A - P_1) * ds = M * \alpha_1$

$$\alpha_1 = \frac{(P_0 + A - P_1) * ds}{M}$$

$$dl_1 = v1 * dt + \left(\frac{1}{2}\right)\alpha_1 * dt^2$$

$$v2 = v1 + \alpha_1 * dt$$

蓋が移動したので試験管内の容積は、$ds * (L - dl - dl_1)$に変わる。

試験管内の圧力P_2は、$P_2 * ds * (L - dl - dl_1) = P_1 * ds * (L - dl) = P_0 * ds * L$より、

$$P_2 = P_1 * (L - dl)/(L - dl - dl_1) = P_0 * L/(L - dl - dl_1)$$

$$L_2 = (L - dl - dl_1)$$

次は、外圧は$P_0 + A$、内圧は　$P_2 = P_0 * L/(L - dl - dl_1)$として考える。

蓋に掛かる圧力差は$P_0 + A - P_2$、これが蓋 ds の部分を押す。

加速度α_2として、$(P_0 + A - P_2) * ds = M * \alpha_2$

初速度は v2

$$\alpha_2 = \frac{(P_0 + A - P_2) * ds}{M}$$

$$dl_2 = v2 * dt + \left(\frac{1}{2}\right)\alpha_2 * dt^2$$

$$v3 = v2 + \alpha_2 * dt$$

蓋が移動したので試験管内の容積は、$ds * (L - dl - dl_1 - dl_2)$に変わる。

試験管内の圧力P_3は、$P_3 * ds * (L - dl - dl_1 - dl_2) = P_0 * ds * L$より、

$$P_3 = P_0 * L/(L - dl - dl_1 - dl_2)$$

$$L_3 = (L - dl - dl_1 - dl_2)$$

次は、外圧は$P_0 + A$、内圧は$P_3 = P_0 * L/(L - dl - dl_1 - dl_2)$として考える。

蓋に掛かる圧力差は$P_0 + A - P_3$、これが蓋 ds の部分を押す。

加速度α_1として、$(P_0 + A - P_3) * ds = M * \alpha_3$

初速度は v3

$$\alpha_3 = \frac{(P_0 + A - P_3) * ds}{M}$$

$$dl_3 = v3 * dt + \left(\frac{1}{2}\right)\alpha_3 * dt^2$$

$$v4 = v3 + \alpha_3 * dt$$

蓋が移動したので試験管内の容積は、$ds * (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$に変わる。

試験管内の圧力P_4は、$P_4 * ds * (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3) = P_0 * ds * L$より、

$$P_4 = P_0 * L/(L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$$
$$L_4 = (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$$

次は、外圧は$P_0 + A$、内圧は$P_4 = P_0 * L/(L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$として考える。

蓋に掛かる圧力差は$P_0 + A - P_4$、これが蓋 ds の部分を押す力になる。

加速度α_1として、$(P_0 + A - P_4) * ds = M * \alpha_4$

初速度は v4

$$\alpha_4 = \frac{(P_0 + A - P_4) * ds}{M}$$

$$dl_4 = v4 * dt + \left(\frac{1}{2}\right)\alpha_4 * dt^2$$

$$v5 = v4 + \alpha_4 * dt$$

以下、同様。

となる。

dt=0.00125 秒、L＝0.5m、M= ρ *ds＝0.0015kg、A＝1、として上記の計算をすれば、

dt* k ＝周期/2　となるまでは内部の圧力が上昇するが、その後は、外の気圧が、外圧は$P_0 - A$となるので、試験管内の空気は膨張を開始する。この膨張は、周期/2 の間だけ継続する。その後、外圧は$P_0 + A$となり、また、圧縮過程に入る。

最初の圧縮過程が終了する時点での試験管内の圧力は次の表のようになる。

周波数	0.5	1	2	10	20	50	100	200
周期/2	1	0.5	0.25	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025
内気圧	102400.9991	102400.9742	102400.861	102400.467	102400.369	102400.303	102400.132	102400.033

回数	外気圧	外力	気柱長さ	気柱体積	内気圧	内力	気圧差	外力－内力	初速度	加速度	終速度	移動距離 dl	開始秒	終了秒
0	102401	8.0384785	0.5000000000	0.00003925	102400	8.0384	1	7.85E-05	0	0.05233333	6.5417E-05	4.08854E-08	0	0.00125
1	102401	8.0384785	0.4999999591	3.925E-05	102400.0084	8.03840066	0.99162667	7.7843E-05	6.5417E-05	0.05189513	0.00013029	1.22314E-07	0.00125	0.0025
2	102401	8.0384785	0.4999998368	3.925E-05	102400.0334	8.03840262	0.96657677	7.5876E-05	0.00013029	0.05058418	0.00019352	2.02376E-07	0.0025	0.00375
3	102401	8.0384785	0.4999996344	3.925E-05	102400.0749	8.03840588	0.92513015	7.2623E-05	0.00019352	0.04841514	0.00025403	2.79719E-07	0.00375	0.005
4	102401	8.0384785	0.4999993547	3.92499E-05	102400.1322	8.03841037	0.86784356	6.8126E-05	0.00025403	0.04541715	0.00031081	3.53026E-07	0.005	0.00625
5	102401	8.0384785	0.4999990017	3.92499E-05	102400.2045	8.03841605	0.79554369	6.245E-05	0.00031081	0.04163345	0.00036285	4.21034E-07	0.00625	0.0075
6	102401	8.0384785	0.4999985806	3.92499E-05	102400.2907	8.03842282	0.70931554	5.5681E-05	0.00036285	0.03712085	0.00040925	2.90007E-08	0.0075	0.00875
7	102401	8.0384785	0.4999985516	3.92499E-05	102400.2966	8.03842328	0.70337617	5.5215E-05	0.00040925	0.03681002	0.00045526	2.87578E-08	0.00875	0.01
8	102401	8.0384785	0.4999985229	3.92499E-05	102400.3025	8.03842375	0.69748653	5.4753E-05	0.00045526	0.0365018	0.00050089	2.8517E-08	0.01	0.01125

気圧変動の振幅が 1 パスカルのときは、

200Hz だと、体内の圧力は 0.033 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

100Hz だと、体内の圧力は 0.132 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

10Hz だと、体内の圧力は 0.467 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

1Hz だと、体内の圧力は 0.974 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

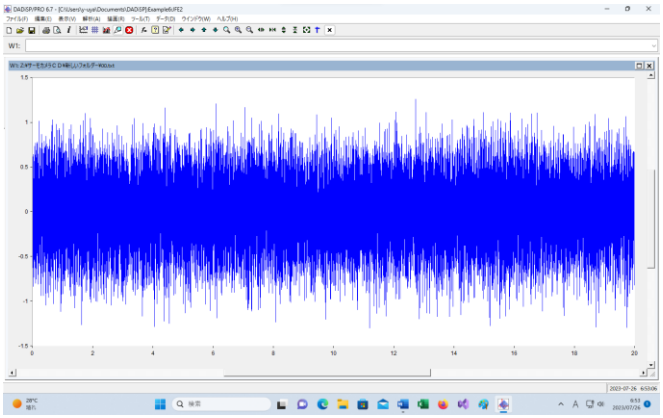
0.5Hz だと、体内の圧力は 0.999 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

周波数が低いほど、体内の圧力変動が大きくなる。

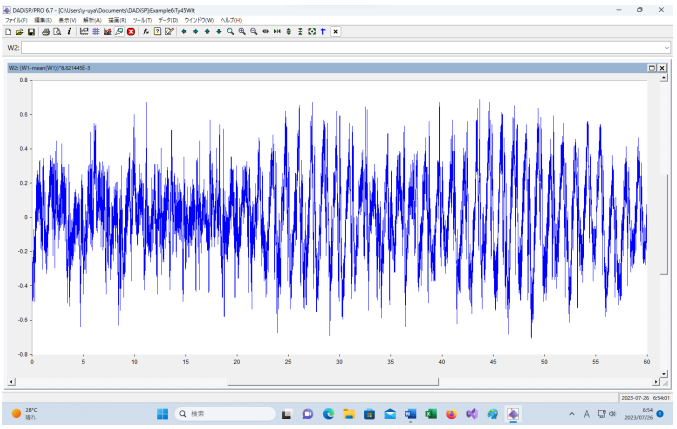
200Hz 以上ならば、体内の圧力はほとんど変化しないが、10Hz 以下では、かなりの圧縮が起きる。
これは、圧迫感ではなく、圧迫そのものです。

この圧力変動は、体内での気泡の溶解と発生の平衡状態を、発生が多い方に傾かせる。
ここでの計算は、波形が矩形波に近い場合でないと適用できない。

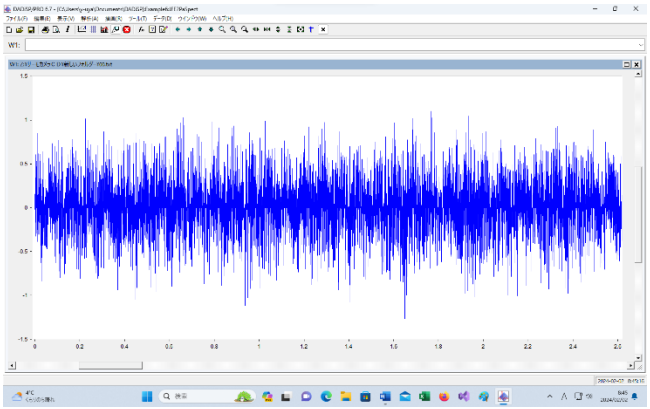
JFE の製鉄所内の音



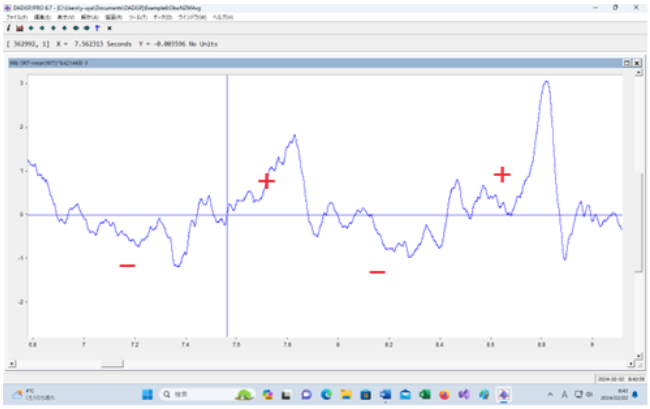
館山の風車音



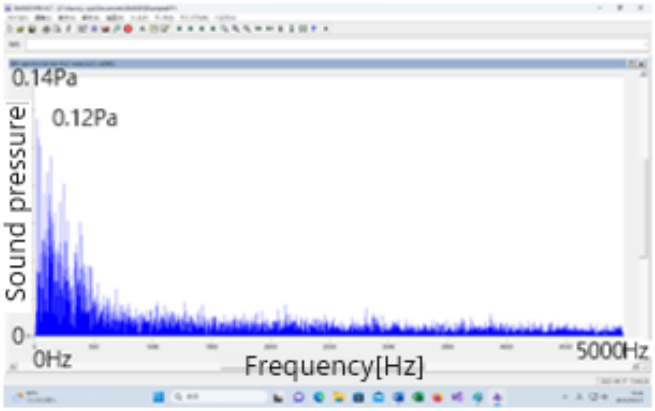
工場騒音の、2.6 秒間の波形



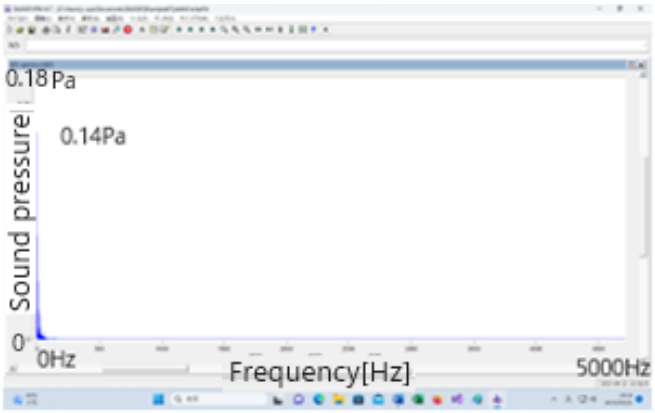
風車音の 2.2 秒間の波形



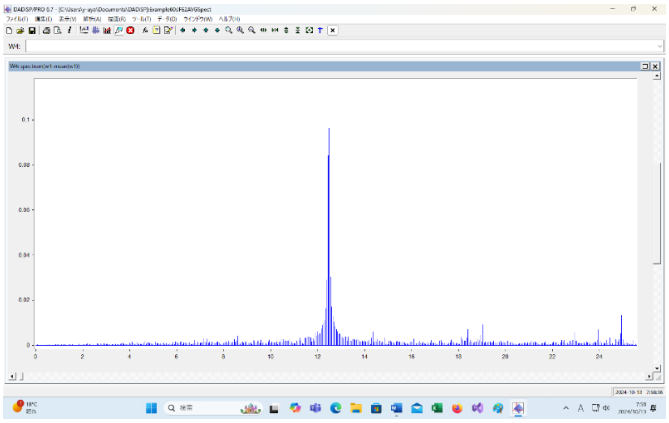
製鉄所(0～5ｋHz)；最大 0.12[Pa](12Hz)



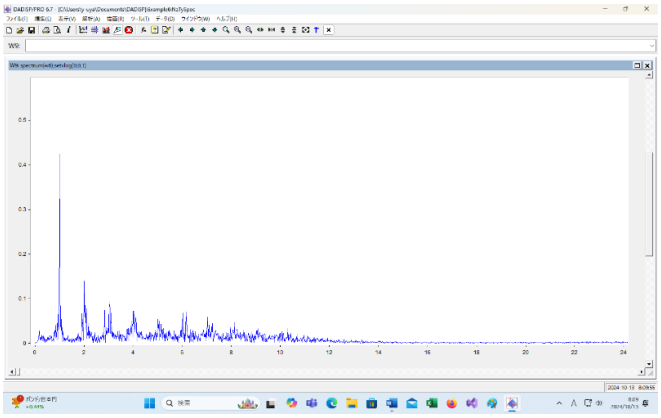
風車音(0～5000Hz)；最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)



工場騒音０～25Hz、最大音圧 0.1[Pa] （12.5Hz）



風車音（強風） ０～24Hz、最大音圧 0.42[Pa]（1Hz）



エネルギーの分布

周波数帯	0 ～20Hz	20～200Hz	200～24 k Hz	0～24 k Hz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.80E-05	W/m2
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m2
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m2
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m2
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m2

工場での音は、12.5Hz での音圧が 0.1 パスカルであるが、波形を決定するのは、エネルギーからみても、収録した波形から見ても 20～24 k Hz の部分であると言える。音圧の変動が激しいので、圧縮過程や膨張過程が継続できないので、体内の圧力を大きく変化させる力はない。

風車音では、エネルギーの分布を見れば、0～20Hz の成分が圧倒的に強く、この部分が波形を決める。
強風時には、f=RZ/60Hz の波による音圧変動に近い形での圧縮と膨張が起こる。

ｆ＝0.5Ｈｚ、ｆ＝1Ｈｚでは、音の音圧変動と体内での音圧変動の大きさは同程度になる。
結果として、工場音では体内での音響キャビテーションは起きないが、風車音では起きると考えられる。

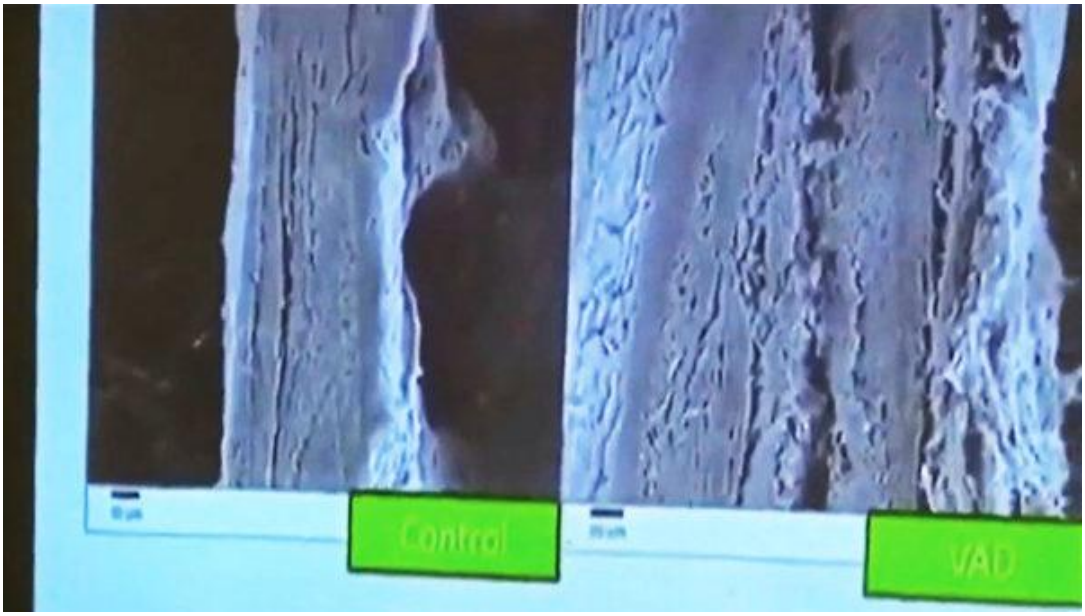
10. 3. 3　長期曝露による循環器障害

長周新聞の記事に次ものがある。
低周波音の人体への影響を解明　　マリアナ・アルヴェス・ペレイラ博士の報告から
博士は、

“その結果、腎臓と脳に腫瘍が見つかった。それまでの検診では見つけることができなかった腫瘍だった。もっとも驚いたのは、梗塞で心臓発作を起こした傷跡が１１もあったことだ。そして１２回目の発作で亡くなった。１２番目の傷跡は２ﾐﾘﾒｰﾄﾙ以下で、通常は梗塞の傷跡と見なさない小さなサイズだった。さらに通常では考えられないことだが、心臓血管構造の異常な肥厚が見つかった。

そして心膜と呼ばれる部分も肥厚していた。心臓の膜である心膜はとても薄く、正常な心膜の厚さは０・５ﾐﾘﾒｰﾄﾙ未満だ。ところが低周波音に暴露した患者は、心膜が２・３ﾐﾘﾒｰﾄﾙにもなる。

これは心臓手術を受けた患者の心膜の写真だ【写真①参照】。２人とも心臓血管に異常があった。左の人は騒音が原因ではなく、右の人は騒音が原因だった。心膜が異常に肥厚していることがわかる。



写真①心臓手術を受けた患者の心膜の写真。右が騒音が原因の患者。肥厚している（倍率は同じ）

心臓血管構造の肥厚は、心膜だけに起こることではない。血管でも起こる。血管の壁で起こる。血液が流れる血管の壁は本来は薄いものだが、それが肥厚する。動脈の壁がどんどん厚くなると、動脈は閉じてしまう。低周波音に暴露した患者は、血管の中にコレステロールがたまったのではなく、壁が肥厚した結果、閉じてしまうのだ。たとえば冠状静脈はとても小さくて、すぐに詰まってしまう。だから、このスタッフの場合、１１もの梗塞の跡があったのだ。そうなるともう血液が流れないから、問題が起こるわけだ。

この肥厚はコラーゲンとエラスチンが異常に増えたために起こると私たちは考えている。専門用語で形態形成という。そこにあるはずのない組織の発達という意味だ。これが低周波音のせいで起きているとは、最初は思いもよらなかった。身体全体が「生物によらない機械的な力」にさらされたために、身体がその力に対抗しようとして起こったのだ。

１９９９年、この病気の進行の仕方について研究することになった。３０６人の航空技術者のグループを基本に、心臓血管病、糖尿病、連鎖球菌感染症がある人、精神安定剤を服用している人は除外し、残った１４０人の男性が研究対象になった。その１４０人が４年間、エンジンテストで低周波音に暴露され続けると、７０人以上（５０％以上）が気管支炎を発症した。１０年の暴露で、７０人以上が血尿を発症した。

もう一つ重要なことは、症状が蓄積していくということだった。気管支炎にかかっている状態で、さらに鼻からの出血やひどい筋肉痛が加わるのだ。血尿も止まらない。“

と述べている。

風車音の影響による体内の圧力変動は、航空機での音よりも大きいと考えられる。理由はその周波数特性にある。周波数が低いほど、体内の圧力変動に大きく影響するからである。

博士がこれに気が付かなかった理由は、

風車音の発生する物理的な仕組みを解明しなかった。

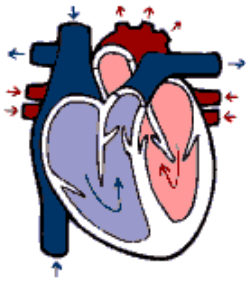
オクターブ解析に拘り過ぎたので、正確な周波数（f=RZ/60Hz）と音圧を把握できなかった。

ことにある。

高血圧症のはなし

高血圧との関連で言えば、体全体が圧縮されている場合は、末梢血管の直径も小さくなり、末梢血管の抵抗が増し、血流が流れづらくなる。この時には血圧が上昇する。

高血圧とは



血液は全身に張り巡らされた血管を流れて、身体の各部分に養分と酸素を供給し老廃物を回収しています。この血液は心臓が収縮することで、動脈に押し出され、心臓が拡張するときに静脈から心臓に戻ります。

心臓が収縮するときに動脈の血管にかかる圧力を収縮期血圧と言い、心臓が拡張してもなお血管内に残っている圧力を拡張期血圧と言います。

この血圧は体内を循環している血液の量と心臓の収縮で送り出される血液量とで決まりますが、どちらの量も増加することで血圧が上昇します。

また、同時に血管壁の弾力性も血圧を決定する要因の一つで、血管がしなやかだと、血液の量が増えても血管壁が膨らんで血圧が急に高くなることを防ぎます。逆に血管に弾力性がないと血管の内圧が高まり血圧が上昇します。これを血管の抵抗と言います。実際には太い血管から枝分かれした抹消血管が硬くなり内空が狭くなって血流が流れづらくなって抹消血管の抵抗が増加した場合に血圧が上昇するようです。

高血圧は痛みやめまいなどの自覚症状に乏しく、そのため軽く見てしまいがちです。しかし、それをほうっておくと動脈硬化が進行し、脳卒中や心臓病などの命にかかわる合併症を引き起こします。

さらに、

4．高血圧で起きる病気

高血圧を放置しておくと体中の血管の壁に強い負担がかかります。すると、その刺激で血管は収縮し、さらに血管の内腔は狭くなります。また、血管壁には強い圧力がかかるため血管壁自体も補強され厚くなり、その結果さらに内腔は狭くなって、動脈硬化が促進されます。

動脈硬化による血管の内腔の狭窄が進めば血液の流れは悪くなり、やがて血流は完全に途絶えてしまいます。 血液は全身に酸素や養分を運んでいるので、その血流が悪くなると全身にさまざまな支障を与える重大な病気を引き起こしてしまいます。

次に、高血圧によって引き起こされる代表的な病気について考えてみましょう。

1）動脈硬化症	血管の壁が厚くなって弾力性が失われるなどして、もろくなり、内腔が狭くなった状態を言います。
2）脳卒中	脳の血管がもろくなって破れ、脳出血が起こります。また動脈硬化で脳の血管が詰まれば脳梗塞が引き起こされます。
3）心臓病	心臓の筋肉を養っている冠状動脈が動脈硬化で狭くなると狭心症を引き起こします。狭くなった血管が血栓で詰まると心筋梗塞となり命にかかわる大事になります。

となるので、
血管壁は厚くなるようです。
動脈硬化、脳卒中、心臓病、が起きる可能性が高まります。

知り合いの医師に教えていただいたのですが、

“大動脈のような、大きな血管壁は、mri や CT などで評価可能です。また、最近の血管の超音波検査（エコー）はかなり進んでいて、最新型のものであれば、かなり評価できます。一方、静脈壁の評価はかなり困難で、静脈内の血栓などの評価のみになります。また、毛細血管が、一番外因を受けやすいと思いますが、現在のところ、画像での評価は困難です。”

とのことでした。
超低周波音の曝露と動脈の血管壁の厚さについては、どちらも客観的に計測できるので、統計的な因果関係の証拠になる。

被験者の体調の把握にはスマートウォッチも使えます。



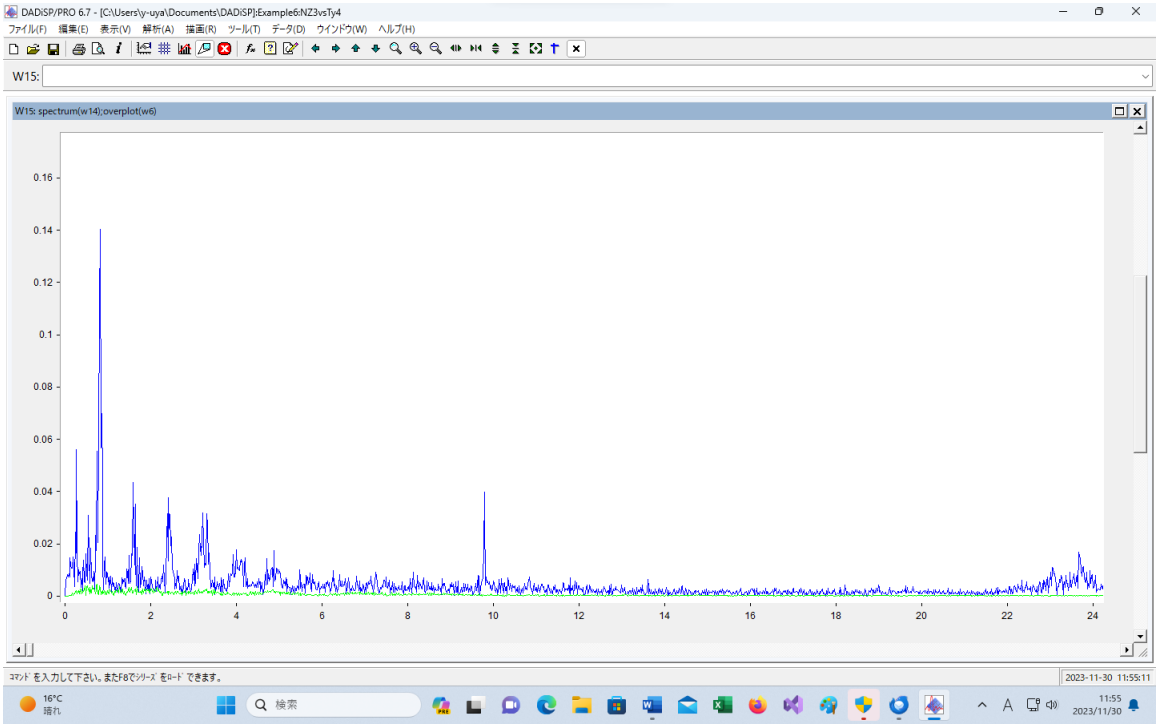
この数値と、眠る人の近くに精密騒音計を置いて 6 時間の連速測定を置きなった結果を Wavelet 解析すれば関連性についての証拠の一つが得られます。

末梢血管での流量の変化と血圧の変化については、次の資料を参考にしてより詳細に記述する予定である。

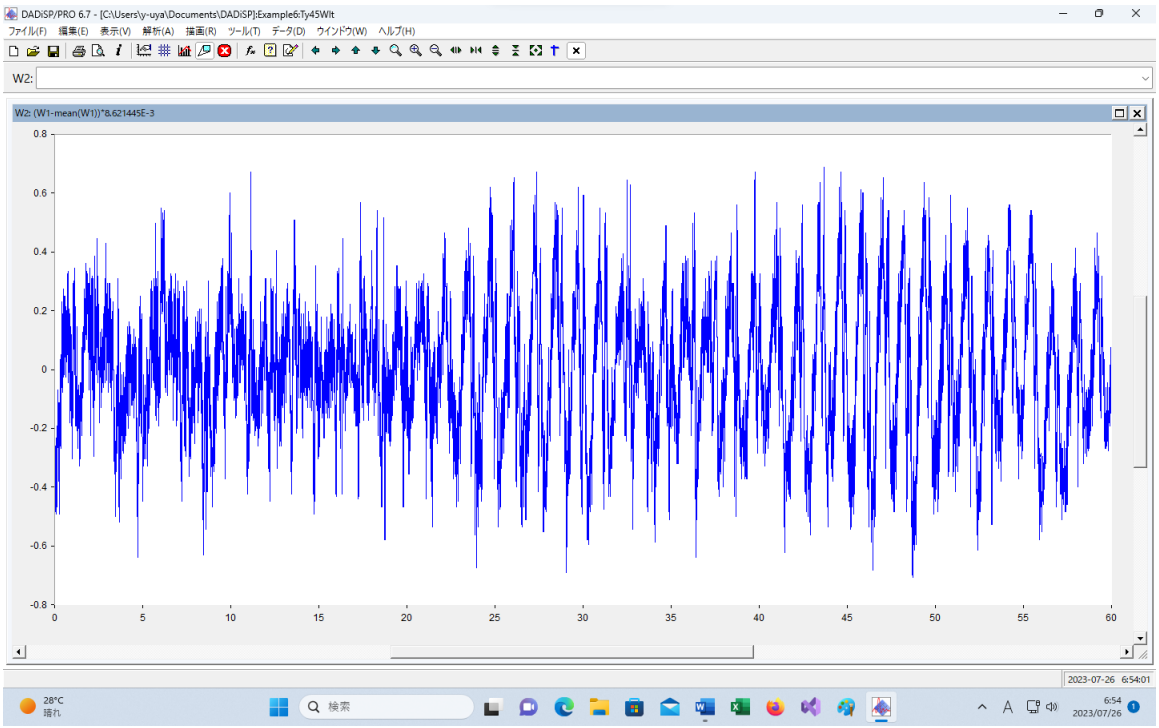
衝撃問題における応力波の伝播と反射・透過について
いろいろな弾性波（その 1）
金 属 中 の 応 力 波 伝 播(高 速 変 形 の 力 学 の 基 礎)

10．3．4　音響キャビテーションと頭痛

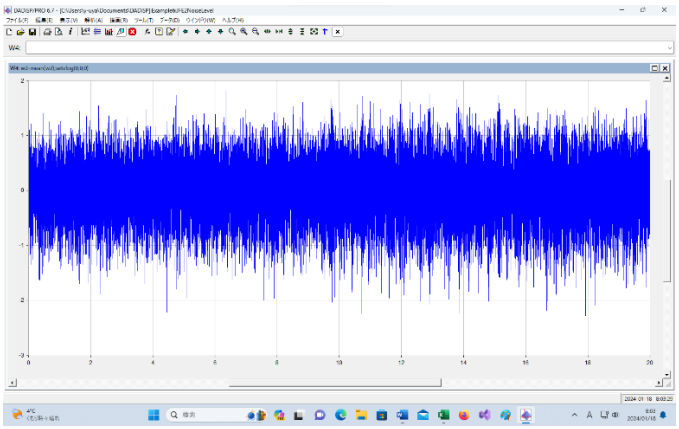
風車音の周波数スペクトルから、風車からの超低周波音は離散的であり、f=RZ/60＝1Ｈｚの成分が卓越した音圧を持っていることが分ります。

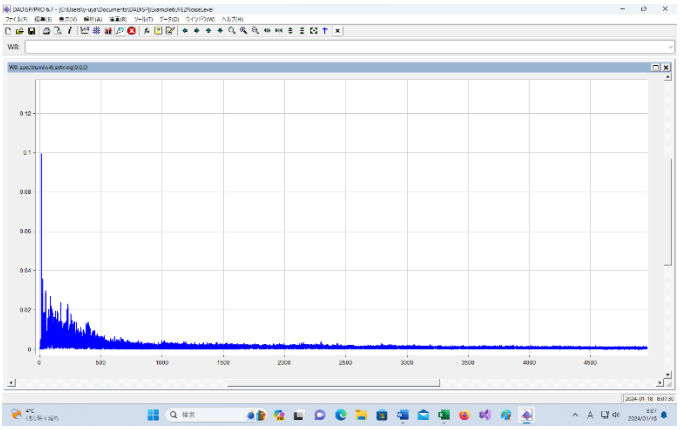


グラフは、1Hz の成分が卓越した音圧を持っているので、グラフの基本的な形を決定します。他の成分は、基本的なグラフに部分的な変動を与えるだけです。



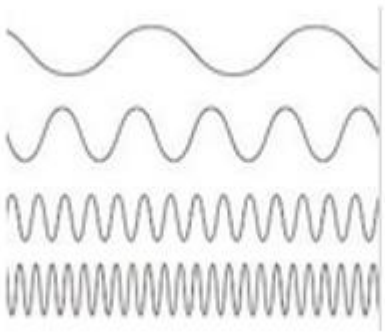
JFE の工場での音の全体のグラフと周波数スペクトルは次のグラフです。





この性格の違は、人体に対する圧迫に仕方に影響します。

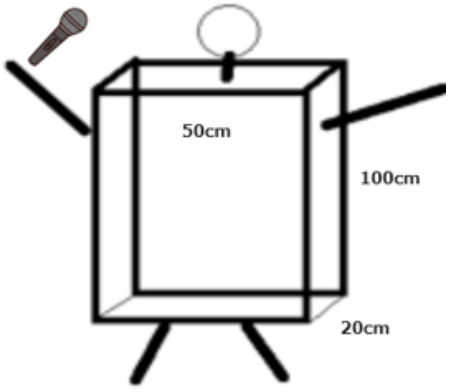


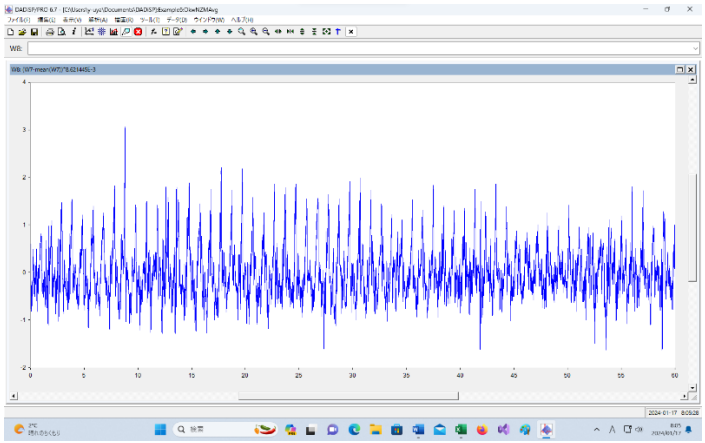




いろいろな波長の音が、秒速 340m で風車から人間まで届くとします。人間の横幅 50ｃｍ、胴長 100ｃｍ、厚み 20ｃｍとして、音は平面波とします。

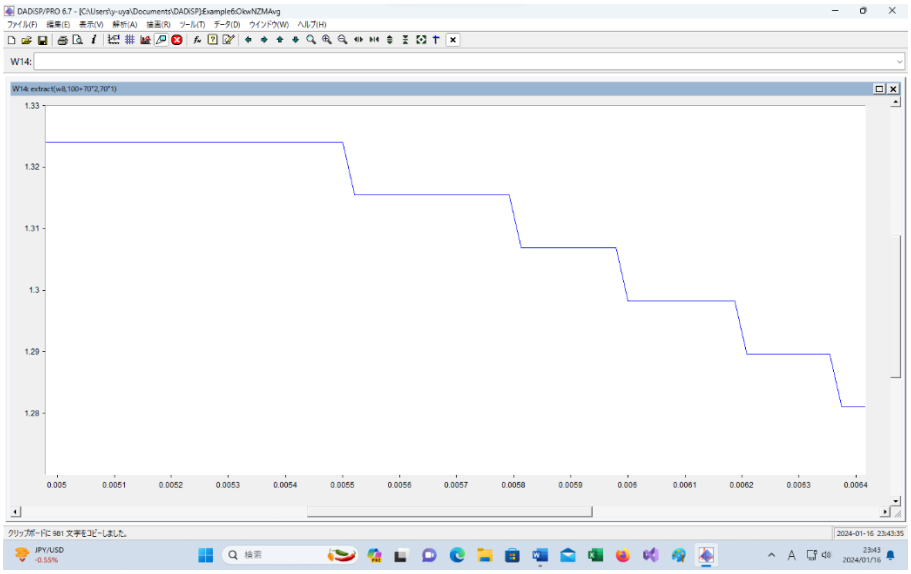
音速が 340m ですから、体の右側から、マイクのある体の左側までは、0.5/340 秒です。マイクが音圧を計測する回数が 1 秒間に 48000 回だとすれば、0.5/340 秒では、48000*0.5/340＝70.6＝70 回です。





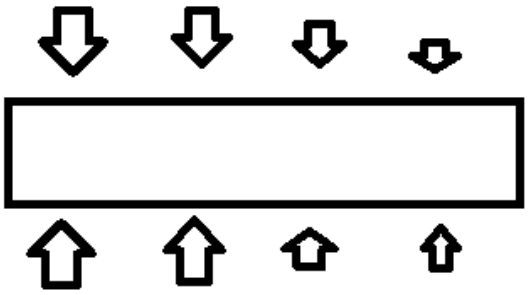
右側は、計測した風車音のデータです。これから 70 個分を取り出します。

音圧の、70 個の連続した数値のグラフは、



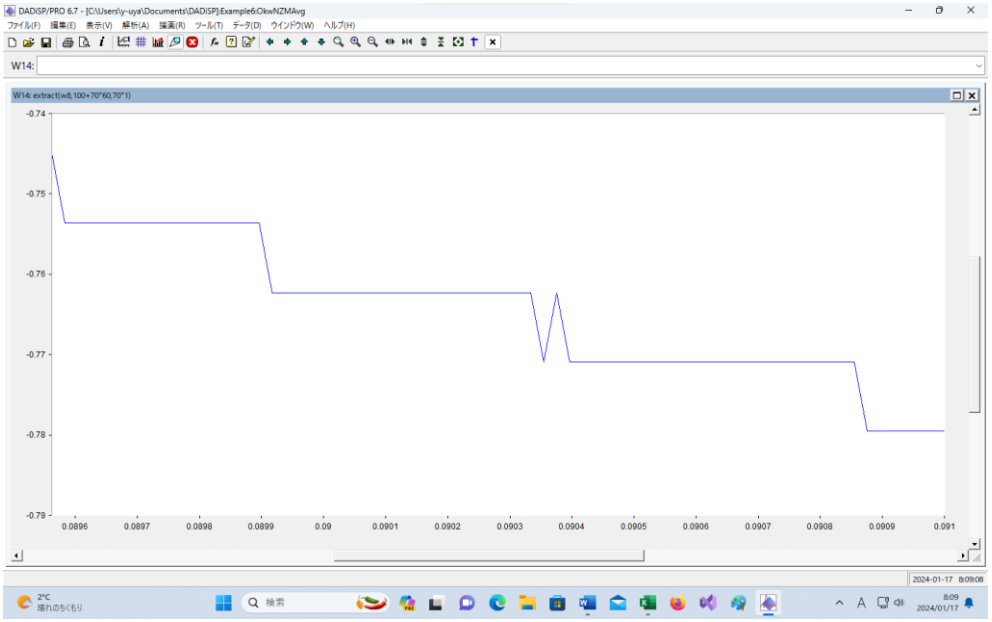
となり、数値は、

1.324106		1.324106		1.306864		1.289621
1.324106		1.324106		1.306864		1.289621
1.324106		1.324106		1.306864		1.289621
1.324106		1.324106		1.306864		1.289621
1.324106		1.324106		1.306864		1.289621
1.324106		1.324106		1.306864		1.289621
1.324106		1.315485		1.306864		1.289621
1.324106		1.315485		1.306864		1.280999
1.324106		1.315485		1.306864		1.280999
1.324106		1.315485		1.298242		1.280999
1.324106		1.315485		1.298242		
1.324106		1.315485		1.298242		
1.324106		1.315485		1.298242		
1.324106		1.315485		1.298242		
1.324106		1.315485		1.298242		
1.324106		1.315485		1.298242		合計
1.324106		1.315485		1.298242		91.74771
1.324106		1.315485		1.298242		
1.324106		1.315485		1.298242		平均
1.324106		1.315485		1.289621		1.310682



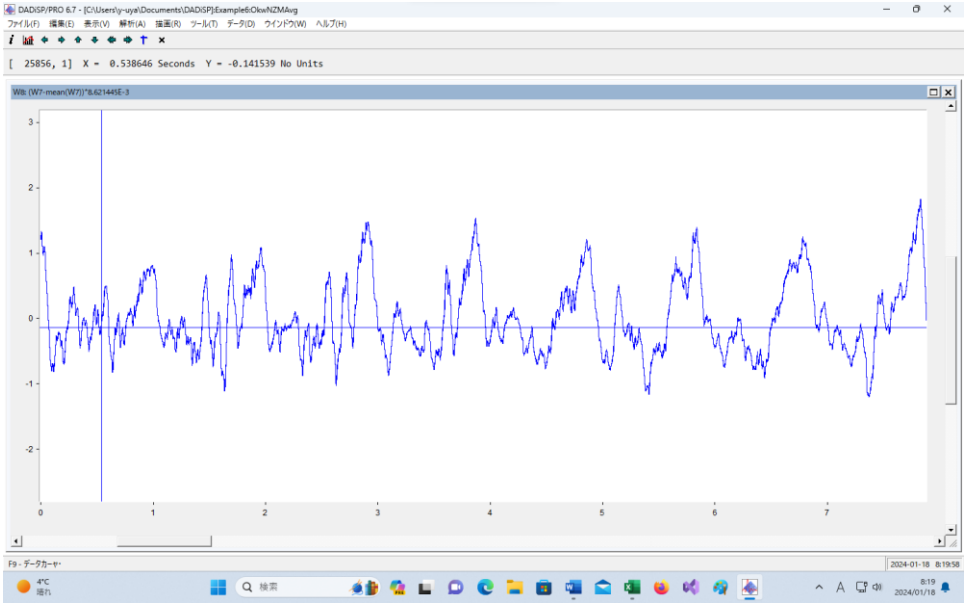
合計：91Pa、平均：1.3Pa です。この時は、体全体が押しつぶされる状態です。

もちろん、



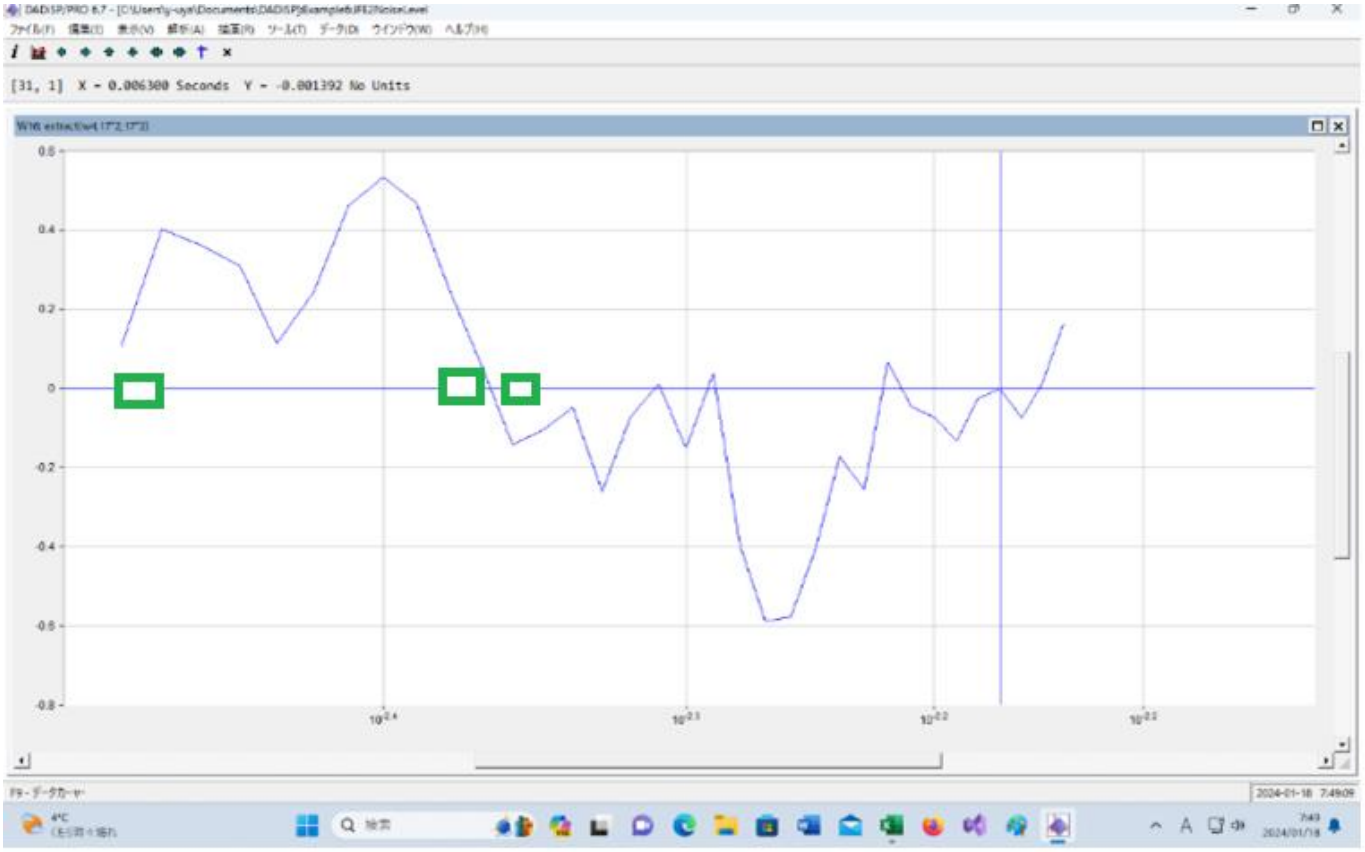
もう少し経つと、引っ張られて膨張する状態になります。
上のグラフの値は、-0.77Pa 程度です。強制的に膨張させられている状態です。

風車音の場合は、50ｃｍの全体が圧縮される時間が 0.5 秒、膨張させられる時間が 0.5 秒であることが次のグラフから分かります。



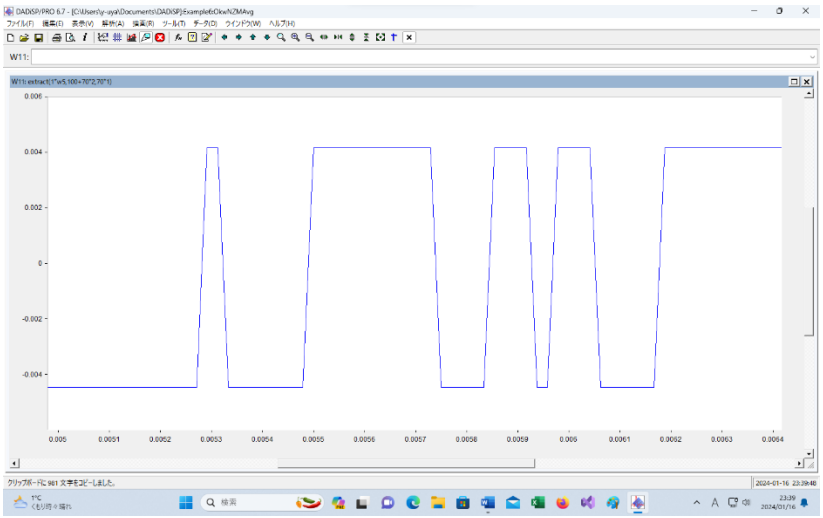
人間の体は、圧迫感を感じるというよりは、0.5 秒ごとに圧縮と膨張を繰り返すのです。
　物理的は圧力が周期的に変化するのです。

工場音の場合は、秒速 340mの音が 50ｃｍを通過するのに必要な時間は、0.001 秒です。0.002 秒間の波形を拡大してみれば、次のグラフになります。



圧縮、膨張の継続時間は 0.04-2*0.001＝0.038 秒程度です。時間が短いので、皮膚が圧縮での運動を開始したとたんに膨張の動きを開始します。他は、50ｃｍの範囲内に圧縮と膨張が混在します。
体内への圧力変動に要る影響は軽微だと考えられます。

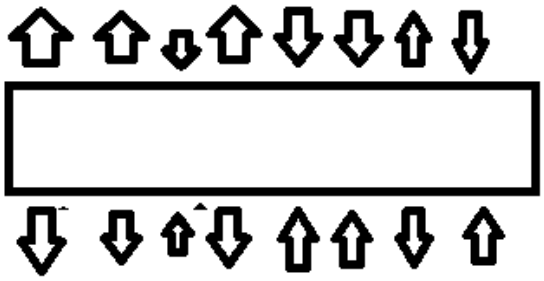
神社での音の音圧の、70 個の連続した数値のグラフは、



であり、

数値は、

-0.00446	-0.00446	-0.00446		0.00416
-0.00446	-0.00446	-0.00446		0.00416
-0.00446	-0.00446	0.00416		0.00416
-0.00446	-0.00446	0.00416		0.00416
-0.00446	-0.00446	0.00416		0.00416
-0.00446	0.00416	0.00416		0.00416
-0.00446	0.00416	-0.00446		0.00416
-0.00446	0.00416	-0.00446		0.00416
-0.00446	0.00416	0.00416		0.00416
-0.00446	0.00416	0.00416		0.00416
-0.00446	0.00416	0.00416		
-0.00446	0.00416	0.00416		
-0.00446	0.00416	-0.00446		
-0.00446	0.00416	-0.00446		
-0.00446	0.00416	-0.00446		
0.00416	0.00416	-0.00446		合計
0.00416	0.00416	-0.00446		-0.01919
-0.00446	-0.00446	-0.00446		
-0.00446	-0.00446	0.00416		平均
-0.00446	-0.00446	0.00416		-0.00027



合計：－0.01919Pa、平均：－0.00027Pa です。

押される場所と、引っ張られる場所が混在しているので、一方的に押しつぶされることはありません。
時間がたっても、プラスマイナスが混在する状況は、あまり変化しません。
風車は、50ｃｍの幅全体が押されるのですが、神社の音では、各部分ごとに押したり引いたりすることになるので、全体としての影響は 1/100 程度になってしまいます。

風車の場合（特別な周波数の音が極端に強い）は圧迫感を感じても、神社の音のような性質を持っている（沢山の周波数成分を持っている）場合には、圧迫感は感じないのです。

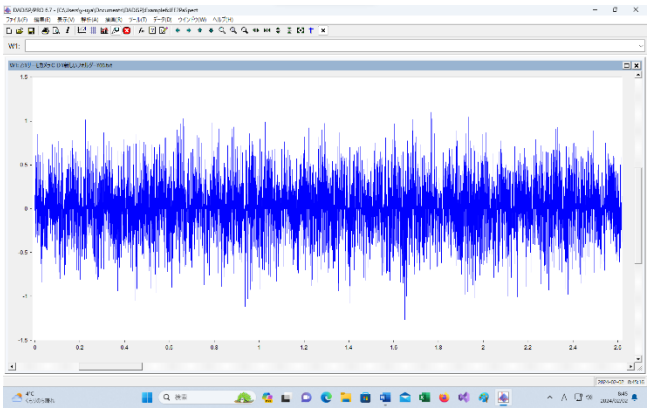
風車音の下では、人間の体は、圧迫感を感じるというよりは、0.5 秒ごとに圧縮と膨張を繰り返すのです。
人体に掛かる、物理的な圧力が周期的に変化するのです。
超低周波音の中でも、1Ｈｚのものが圧倒的に高い圧力を持っているので、その周期によって人体への圧力変動が決まってしまいます。これに近い周波数のものが、同じような音圧で存在すれば、このようにはなりません。この点が、風車音と他の環境騒音の最も大きな違いです。
計測された 164 か所の風車音も、0.5～1Ｈｚあたりの孤立した周波数の音が、他の周波数よりも極端に高い圧力を持つことも分ります。164 か所の計測対象となった全ての風車の近くでは、人体は強制的な、圧縮、膨張にさらされるのです。
圧縮、膨張についてさらに確認します。
風車音は風速に変化によって変わります。速度が増せばブレードに掛かる揚力が増えます。揚力の大きさは風速の２乗に比例します。これによって、塔に掛かる回転モーメントも変化します。結果として塔の側面の振幅も増

加します。音圧も変化します。

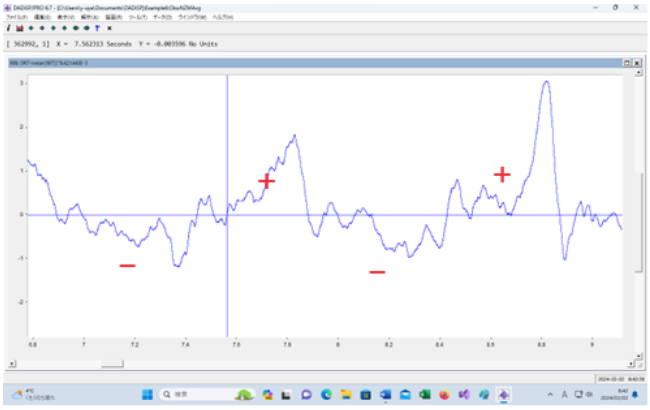
風が弱い時の音圧は 0.15Pa ですが、風が強いと 0.42Pa までは増加します。基本周波数は 0.8Hz から 1.0Hz 程度に増加します。

音圧の変動は大きいが、周波数の変動は小さいです。

工場騒音の、2.6 秒間の波形

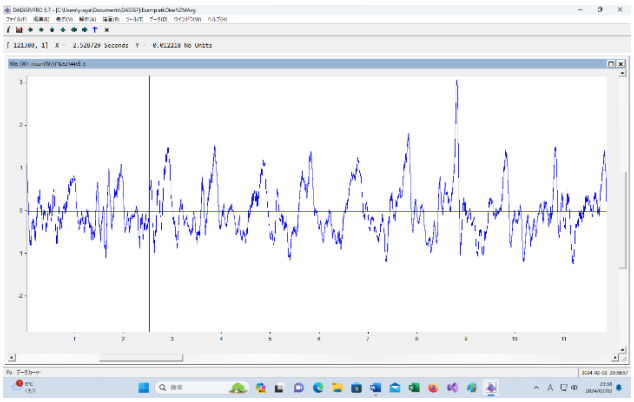


風車音の 2.2 秒間の波形

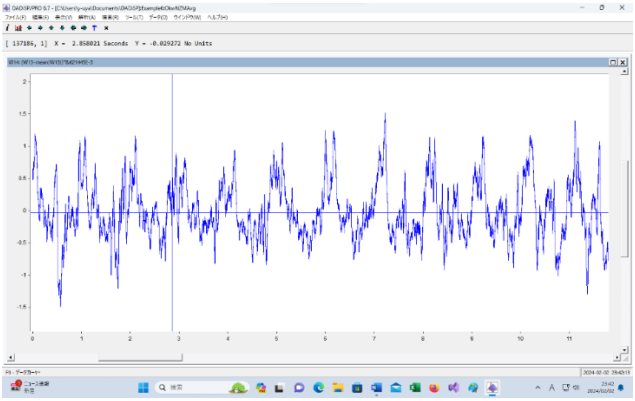


これが、圧縮と膨張が、ゆっくり繰り返される原因です。

音圧が高い（風が強い）ときの 12 秒間



音圧が低い（風が弱い）ときの 12 秒間



風が強い時の方が、音圧のプラス、マイナスがはっきりします。より強い形で、圧縮と膨張の過程が継続することになります。指向性も同様の効果を及ぼすと考えます。

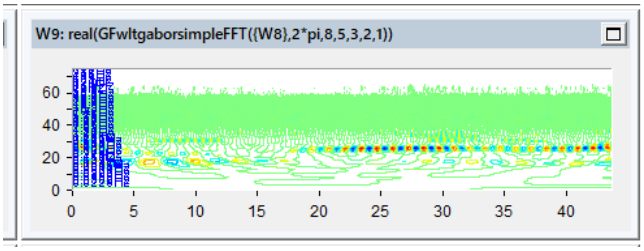
風が強い時は、0.42Pa で 1Hz でした。風が弱い時は 0.15Pa で 0.8Hz でした。周波数の変化は小さいのですが、音圧の変化は大きいです。

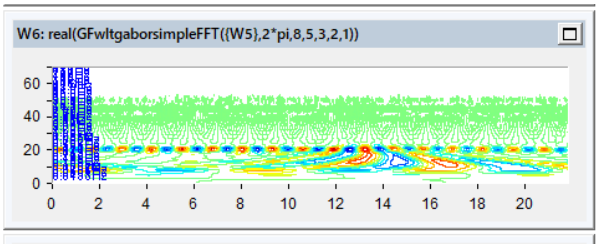
これから、多変量解析では、（PT＝最大音圧*周期）の項目を設ければ良いことが分ります。

対象	周波数[Ｈｚ]	周期[S]	最大音圧	PT
車（強）	1	1	0.42	0.42
箱（中）	1	1	0.33	0.33
外（弱）	1	1	0.23	0.23
穏かな日	0.8	1.25	0.15	0.1875
JFE	12.5	0.08	0.096	0.00768
神社	1	1	0.01	0.01

符号決定率＝最大音圧/２番目の音圧
をかけた方がよさそうですが、ここでは保留しておきます。

さらに音響キャビテーションの影響を考えれば、体内に溶け込んでいる空気が析出して気体となる可能性が高くなるのは、風が強い時だという事になります。体内の気泡は、潜水病を同じですから、頭痛の原因になります。
　風車音の指向性や風速の変化が激しい事から、条件を満たす時間は、普通は 20 秒程度ですが、風速、風向が安定している場合は、被害が大きくなると考えられます。
風車音の２分間の結果を並べて表示すれば、下のようになり、





0.8Hz程度の周波数成分が、0.3パスカル程度の強さで放出される状態が100秒程度継続することが分かります。共鳴や共振現象などを発生させ、寝ている人間を起こすには十分な継続時間です。
さらに、色が特に濃い部分は 20 秒程度継続します。この部分が継続すれば、高い音圧での影響を感知することになります。目が覚めるだけの影響ならば良いのですが、継続時間が長いと気泡発生の可能性が高くなります。

“泡のエンジニアリング”　テクノシステム　を参考にすれば、

１１．音場中の気泡の成長

　圧力一定のもとでは、不凝縮ガスが過飽和でない限り、気泡は消滅する。これに対して、音響場の中に置かれた気泡では不足飽和状態でも、不凝縮ガスの析出による気泡の成長が見られる。この現象が音響キャビテーション発生の原因となり、また、液体中の溶存ガス除去促進にも利用される。
　気泡への不凝縮ガス析出量は式(5.5.55)

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_g\right) = 4\pi R^2 D_{gL} \frac{\partial \rho_{gL}}{\partial r}\Big|_W \qquad (2.5.55)$$

による。

液体中の濃度境界層厚さをδ_Dとすれば、単位時期あたりのガス析出・溶解量は

$$\dot{m}_g \propto R^2 \times (\rho_{gi0} - \rho_{giW}) / \delta_D \qquad (2.5.61)$$

となる。

これに踏まえて、図 2.5.6 に示す現象のメカニズムを説明する。

図　2.5.6



収縮時	平衡時	膨張時
$p_g > p_{g0}$	p_{g0}	$p_g < p_{g0}$
$R < R_0$	R_0	$R > R_0$
$\delta_D > \delta_{D0}$	δ_{D0}	$\delta_D < \delta_{D0}$

まず、気泡表面液体の不凝縮ガス濃度ρ_{gLW}はヘンリーの法則

$$\rho_{gLW} = \alpha p_g \qquad (2.5.58)$$

にしたがって、収縮・膨張する圧力変動とともに、上昇・低下する。濃度が上昇する凝縮時には気泡内の不凝縮ガスが液体に溶解し、濃度が低下する膨張時にはガスは気泡へ析出する。

この際、気泡表面積は膨張時のほうが大きいため、膨張・収縮の 1 サイクルで見るとわずかながら析出量が勝ると考えられる。

音波の振動数が大きな場合には、液体内に溶けているガスの拡散が起こらないので、気泡の成長は鈍る。

振動数が小さい場合は、膨張したときは、液体内のガスが気泡内に析出し、気泡の周囲のガスの濃度が減少する。収縮が始まる前に液体内に溶け込んでいるガスの拡散によって濃度が元に戻る。

収縮によって、気泡内のガスが周囲の溶液に溶け込む。周囲の液体内に溶けているガスの濃度があまり下がっていないので溶け込む量は少なくなる。

この過程を繰り返して、低周波の場合のほうが気泡は成長すると考えられる。

次に、表面近傍液体中の不凝縮ガス濃度境界層は、膨張時には薄く、収縮時には厚くなる。境界層の厚さが薄くなるにつれて、拡散による物質輸送が顕著になることを考えると、やはり、膨張による析出量が収縮による溶解量を上回ることになる。

となっています。

大型風車では、風車の回転数 R が小さくなって。0.5Hz 辺りでの音圧が最大となります。微小な気泡による頭痛や圧迫感などによる体調不良が増加すると予測されます。

超低周波音の中でも、1H z のものが圧倒的に高い圧力を持っているので、その周期によって人体への圧力変動が決まってしまいます。これに近い周波数のものが、同じような音圧で存在すれば、このようにはなりません。この点が、風車音と他の環境騒音との最も大きな違いです。

計測された 164 か所の風車音も、0.5～1H z あたりの孤立した周波数の音が、他の周波数よりも極端に高い圧力を持つことは、すでに確認しました。計測対象となった全ての風車の近くでは、人体は強制的な、圧縮、膨張にさらされるのです。
これは、音響キャビテーションの影響を考えれば、体内に溶け込んでいる空気が析出して気体となる可能性がある事を意味しているのです。体内の気泡は潜水病を同じで頭痛の原因になります。
これは、風車音による直接的な健康への影響なのです。これは、極めて物理的な原因であり、風車音の周波数特性から引き起こされます。そして、回転軸が水平の風車が、上空と地上付近での風速差がある中で、ブレードに掛かる揚力によって回転することからの必然的な帰結です。

風車の物理的な構造が、健康障害を引き起こす根本的な原因なのです。
従って、水平軸型の風車は、最大の欠陥商品なのです。
それを陸地から２ｋｍの距離に並べることは狂気の沙汰です。

10. 3. 5 潜水病についての資料

沖縄南部徳洲会病院総合健診センター
相 馬 康 男

潜 水 業 務 の 特 殊 性
(潜水業務関係者の方々へ)

スキューバダイビングは人気の高いマリンスポーツです。日本では老若男女を問わず誰でも気軽に参加できる安全なスポーツ、と思い込まされています。しかし、「潮流や濁りや有毒生物も存在する自然界の海と高水圧下と言う、陸上とは違う環境での活動」による、陸上生活では理解出来ない多くの問題があります。安全な潜水を行うにはⅠ.水圧の影響についての理解、Ⅱ.水中活動に適応する適切に管理された訓練そして、Ⅲ.潜水適性を確認する定期的な医学検診が不可欠です。

Ⅰ. 水圧による影響

ロシアの原潜クルスクや東シナ海での不審船引き上げの様に、水深 100 ㍍での危険性は誰でも納得します。では、水深何㍍から危険なのでしょうか。潜水業務に関する唯一の法律「高気圧作業安全衛生規則(以下、高圧則と略します)」の第 1 条 1 項 2,3 号の定義は「潜水器を用いて圧縮空気の供給を受ける水中」または「大気圧を越える気圧下(海底トンネル内工事等の潜函工法)」となっていて、大気圧(１気圧)よりも高い空気圧を呼吸する業務が対象になります。第 27 条は「(水中)作業時間の規定は水深 10 ㍍(2 気圧)を越える業務に限る」との但し書きもあります。実際問題として、モズク養殖漁師の最大水深は 8 ㍍を越えませんが重症な潜水障害が発生しています。法律論はさて置き、水圧による影響である「潜水障害(潜水病)」の主な項目を説明しておきましょう。

減圧症 動脈ガス塞栓症 窒素酔い 骨壊死酸素中毒 浅海失神 圧平衡不良 その他

炭酸飲料の泡から理解できる様に、圧力が高いと気体は液体(体内)へ溶け込めます。陸上の１気圧(大気圧)下でも体内には空気中の窒素が約 1 ㍑溶け込んでいます。潜水すると水深 10 ㍍毎に溶け込む空気が倍増します。例えば水深 20 ㍍(大気圧の１気圧 + 水深 20 ㍍での水圧２気圧 = ３気圧)の深さに潜水すると、時間経過と共に体内窒素は陸上の 3 倍の 3 ㍑になります。この様な窒素過剰状態のまま水面へ浮上して圧力が下がりますと、余分な 2 ㍑の窒素ガスが溢れ出し、泡となって血管を塞いだり色々な細胞や組織を圧迫して様々な障害が現れます。これを「減圧症(DCI)」と言い、僅かな気泡または気泡により生じた血栓でも脳脊髄や肺や心臓への血管が塞がれれば即死します。更に、人体の 60%が水分で 20%以上は脂肪です。脂肪組織には水分の５.3 倍の窒素が溶け込みますが、最も脂肪分と血流量が豊富な組織は脳脊髄神経系です。潜水病では血液中の気泡や血栓ばかりを考え勝ちですが、特に脳や脊髄の神経細胞内にできた気泡によって神経細胞が損傷を受ける事も忘れないで下さい。考え方として減圧症と脳梗塞や心筋梗塞は同じ病気です。つまり、その主な原因は① コレステロールや血栓(気泡)により組織に酸素と栄養を送る血管が塞まる。② 不整脈 (潜水徐脈)により血流がヨドんで血液が固まり易くなって血管に塞まる。③ 高脂血症(乾燥空気の呼吸による脱水)により血液がドロドロとなり、血栓(と気泡)が出来易くなって血管に塞まる。④ 高血糖・ストレスで血液がベトベトになり、血栓が出来易くなって血管に塞まる。⑤ 高血圧(浮上と潜降による急激な圧変化)により血管に負担が掛かり脆くなって破れる。⑥ 肥満・喫煙・運動不足等により血管の弾力性がなくなる。等だからです。脳梗塞や心筋梗塞は発作から３時間以内に治療しないとひどい後遺症を残しますが、減圧症も速やかに治療を受けないとめまいや慢性関節痛、半身不随

等の症状が一生続く事になります。また、潜水直後は症状の有無に関係無く、必ず体内に気泡ができていると言う事も常に意識して下さい。気泡が障害を起こすか起こさないかの差は紙一重です。更に、潜水後の飲酒は 2 脱水状態を引き起こします。特に水分補給のつもりでビールを飲む方が多いのですが、アルコールが体内に入ると、アルコールを排出させる為に水分も一緒に過剰に排出されて脱水状態(血液ドロドロ)を引き起こします。ダイビング前後のビールやお酒類は非常に危険です。

常識とは逆に、気体の大きさは水深が浅くなる程大きく膨張します。つまり、水面に近い程、

体内気泡の膨張による危険性が高まります。水深３０㍍から２０㍍へ移動する場合と、水深１０㍍

から水面へ浮上する場合とでは、同じ１０㍍の水深変化なのですが、空気の大きさには 6 倍の差があります。水面に近い程、肺や副鼻腔等の体内空間にある空気容積が大きく変化して身体に影響を及ぼします。水面近くでの急激な潜降や浮上は非常に危険です。例えば、水中で高圧空気を呼吸している時に、パニックや器材操作ミス等により安定した呼吸が出来ないまま急浮上してしまうと、水面近くで肺内の空気が大きく膨張して肺をパンクさせます。肺が破れると破れた肺血管に空気が吸い込まれて、特に脳への血管を塞いで意識を失って溺れます。これを「動脈ガス塞栓症(AGE) 旧称 エアエンボリズム)」と呼びます。考え方として、1 分間で水深 10 ㍍付近から水面へ浮上する圧力差は、地上から上空 1 万 8 千㍍以上へ急上昇する気圧変化に相当します。この上昇能力はジェット戦闘機でも無理なのでミサイルやロケットが必要です。高々度へ急上昇するジェット戦闘機パイロットは、与圧服を着て体への圧力を上げて置かないと脳への血流が不足して失神します。ダイバーは全身で水圧を受けているので失神はしませんが、ジェット戦闘機以上の圧変化を体に受けています。陸上と違い、海水の密度は空気の 800 倍ありますから、少しの動きでも大きな水の抵抗を受けて体力を消耗します。生活習慣病対策としてプールでのエクササイズが有効なのはこの水の抵抗と浮力のお陰ですが、ダイバーにとっては大きな負担です。また、水深 10 ㍍を越えて呼吸する空気は軽自動車のタイヤ圧に匹敵します。空気密度が高いと粘張度が上がって吸い難い吐き難い状態になり、少しでも動き過ぎると酸素不足や炭酸ガス過剰となります。更に、些細な衝撃でも体内の空洞部分(肺や副鼻腔、中耳、胃腸)にある高圧空気によって強烈な衝撃力が加わり損傷させます。しかし、実際に呼吸しているダイバーがこの「硬い空気」を認識する事はできないので、危機意識が持てません。

最近の研究では、潜水病にはなりそうもない軽度の潜水後に減圧治療を必要とした事例が数多く報告されています。これは肺に高圧空気が入っている為に、タバコや汚染空気、感染症等によって弱くなった肺や気管の一部分が破れて動脈ガス塞栓と同じ状況が発生していると考えられています。つまり、浅く短い潜水であっても必ず潜水障害の危険性がある事を忘れないで下さい。

高圧空気を呼吸すると、酒に酔ったのと同じように適切な判断が出来なくなります。これを「窒素酔い」と言います。極端な場合、水中で呼吸装置を口から外して笑い続けて溺れます。厄介なのは窒素酔いになっていると自覚できない点です。潜水慣れしていない方の単独潜水は危険です。水深 30 ㍍を越えると窒素酔いになるとされていますが、酒の強さと同じで窒素圧に敏感な方もいますので、初心者では限界水深を 18 ㍍以内にする必要があります(プロでも空気潜水の限界は 40 ㍍)。珊瑚のサンゴ虫と同じように、骨にも骨の細胞があって常に新しい骨へと置き換えています。潜水を行うと骨細胞に栄養を送っている血管が塞がったり骨細胞自体への圧迫等によって骨の再生が止まってしまい、気付かない内に骨がボロボロになります。これを「減圧症性骨壊死」と言い、痛み等の症状が出た時点では殆ど手遅れで、人工関節埋め込み手術等が必要になります。

これら以外の潜水障害についてもダイビングスクールや潜水士講習で教わっている筈なのですが、忘れてしまったか、インストラクター自身が潜水障害を全く理解していないのが現状です。

Ⅱ.適切な訓練

潜水士テキストは 1998 年に大幅に改定されましたが、基本となる高圧則は 1972 年 9 月 30 日以来殆ど改定されていません。潜水士免許は筆記試験だけで交付されますから、泳げなくて水が怖い方でも一生資格を失う事は

ありません。また、この法律での潜水事業は海底油田や海中トンネル等の大規模工事で、浮上する前に体内の余分な窒素を抜く為の減圧停止を行うヘルメット式減圧潜水を前提としています。ですから、水面からホースを使ってダイバーに空気を送る方法と、減圧停止を無視した場合の緊急再圧の教育(送気員、再圧員)だけを義務付けてはいますが、スキューバ関係の教育規定が一切ありません。更に、保護されるべきダイバーは被雇用者に限られているので、「個人事業主」である孫受け作業ダイバーやガイドダイバーそして漁師はこの法律の適用を全く受けません。沖縄県の水上安全条例ではレジャーダイビング従事者に潜水士免許取得を義務付けていますが、認可制では無く届出制ですので徹底されてはいません。ダイビングショップのインストラクターは潜水士免許が無くても業務に従事しますし、所属営利団体に年会費と保険料さえ払い続ければ、一切の追加教育や更新訓練を受けなくてもインストラクター資格を失う事もありません。この様に潜水業務は法律的にも行政的にも曖昧なまま放置されているので、世間一般に限らず潜水従事者自身も業務に伴う危険性と教育訓練の必要性を再認識する機会がありません。そこで、潜水業務従事者として継続的な教育訓練を受けるべき項目を幾つか挙げておきます。

限界潜水深度及び時間の算出 ： 高圧則では水深 10 ㍍以上へ潜水する場合、潜水障害を防止する必要上、潜水する前に潜れる限界水深と時間を計算するように義務付けています(第 27 条)。事業主がこの限界時間を超えた業務命令を行うと労働安全衛生法違反です。しかし、この法律での計算表を使う人、更には使える人は皆無と言っても過言ではありません。従来から、スキューバダイビングでは「タンク一本分の空気量」であれば減圧症にはならないとの認識が定着しています。しかし、この考え方には時代変化による錯覚があります。以前のタンクへの空気充填圧は 150 気圧でしたが、現在は 200 気圧と増えています。当然潜水可能時間も延長しますから潜水障害の危険性も高まるのですが、こう言った意識改革が出来ていません。

潜水現場に緊急再圧チャンバーと厳密な減圧停止の設備と人材が完備されていない限り、減圧潜水は極めて危険です。例えば、水深 34 ㍍に 1 時間潜水すると水深 9 ㍍で 10 分停止、6㍍で 27 分停止、3㍍で 34 分停止の合計 1 時間 11 分掛けて水面へ上がってこないと減圧症になります。漠然と 6㍍や 3㍍付近で適当に停止していれば減圧できる訳ではありません。所定の水深から 10 ㌢浅過ぎても深過ぎても正確な減圧は出来ません。浅過ぎれば窒素が抜け切れませんし深過ぎれば窒素が貯まって増えてしまいます。この厳密な減圧手順の認識が日本には完全に欠落していて、「取り敢えず減圧停止しておけば大丈夫」と思い込まされています。40 ㍍_____を越える大深度潜水の場合、母船上の加圧室で呼吸抵抗、酸素中毒、窒素酔いを防止する為のヘリウムを使った特殊ガスと圧力に慣れさせた後に目的の水深へと加圧室ごと潜降し、潜水業務中は加圧室を居住区域とする飽和潜水を繰返し、水中業務が終了したら加圧室内で加圧されたまま母船へと引き上げた後に厳密な減圧手順を行います。ここまでやっても大深度での安全は保障できません。アメリカ海軍の特殊部隊（Navy Seals）ダイバーでさえ基本的に減圧潜水も反復潜水（ ４８時間以内に２回以上潜ること)も禁止されています。スペースシャトルから宇宙服へ着替えて船外へ出る場合には、1 気圧の居住区からエアロックへと移り 0.3 気圧まで(水深換算すると水深 7㍍から水面への浮上に相当)12 時間掛けて減圧しないと宇宙空間へは出られません。宇宙も水中も圧力変化と装備以外には呼吸する空気が無い、と言う意味で同じような安全管理が必要な事を忘れないで下さい。

高圧則での水深 12 ㍍迄の無減圧潜水限界時間(減圧停止をせずに浮上できる限界時間)は 120 分です。これが 18 ㍍迄だと 55 分へと半減し、24 ㍍迄では 37 分しかありません。この値はヘルメット式潜水の様に一定の水深に留まる場合の限界なので、自由に水深を変えるスキューバはもっと長く潜れるとの勝手な解釈があります。理論的には逆で、浮いたり潜ったりの水圧変化が大きいと潜水障害の危険性が高まりますし、限界時間の計算自体が不可能になります。また、浮上速度は毎分 10 ㍍以下
4 と定められています(第 31 条)が、レジャーダイビング業界では毎分 18 ㍍と誤解されたままです。最近の研究では水深 10 ㍍から水面までは毎分 6 ㍍以下が推奨されています。

最後に水中活動への順応性を維持する上で不可欠な継続的訓練です。二足歩行で陸上生活をする人間は、水中で

も無意識に立ち姿勢を取りますから、移動の際には体全体で水の抵抗を受けてしまいます。海中では海底に手足を付いて支える事はありません。つまり、日常使わない筋肉を駆使して海底に対して水平方向に、フィンによりバランスを保たなければなりません。透明度が悪いまたは極端に透明度が良い場合、水底と水面の上下関係が判断できなくなってパニックを起こす危険性はベテランダイバーにもあります。タンクからの乾燥した空気を吸いますし、レギュレーターによる口だけからの呼吸となり、普段の鼻からの呼吸が出来ない違和感を伴います。更に、潜降すると保温スーツの生地が水圧で潰されて沈み気味となり、浮上すると逆に浮き気味になります。それぞれの水深での適正な中性浮力を保つ為には、精神的に安定した意識的な呼吸によって「肺の浮き袋機能」を活用しなければなりません。この様に、潜水業務では陸上とは全く違う状態でのバランス感覚を維持しておく必要があります。陸上の自転車でのバランス感覚等とは異なり、水中のバランス感覚はかなり継続的に訓練しておかなければ維持できません。また、安全索やホースで母船と結ばれているヘルメットダイバーと違い、スキューバダイバーは水面へ浮上した場合の潮流と風向のベクトルを、体感と視覚とコンパスによって浮上前に計算する訓練を積んでいないと、目標水面へ到達できずに漂流してしまいます。更に、人間は呼吸ができない状態になると 1 分程度で意識を失い溺れます。潜水訓練は厳重な安全管理と体系的プログラムに基づいて、教育能力と救難実績が豊富な指導者により実施されなければ効果は上がらず評価も出来ませんし危険です。

器材管理：潜水器材は各メーカーから様々な型式のものが販売され、毎年モデルチェンジが繰り返されます。ここ 10 数年の製品はファッション性に重点が置かれ、信頼性に欠ける器材が殆どです。特に、水面での浮力確保と水中での浮力調節を行う BC(Buoyancy Compensator 浮力調整具)は、タンクからの給気と排気のボタンの位置が機種によりかなり異なり、使い慣れないと押し間違いを起こし、先に述べた急浮上や潜水墜落を招く危険性があります。また、タンクからの呼吸空気量を調整するレギュレーターも管理を怠ると吸い難いとか吐き難い等の呼吸困難、更には浸水する等の事態を招きます。高圧則第 34 条 2 項には潜水器材についての点検修理の規定もありますが、BC やレギュレーターに関する記述は一切有りません。ここでは法律上の勘違いが多い項目を幾つか挙げておきます。高圧則第 37 条 2 項でのボンベによる潜水時の携行物として時計、水深計、刃物そして救命胴衣が義務付けられています。つまり BC ではなくてタンクハーネスだけでの潜水は違法です。

高圧則第 42 条 1 項では、水深 10 ﾒｰﾄﾙ以上での業務には再圧室を設置または利用できるような措置を講じる必要があります。現実的には医療用酸素の準備及び外洋からの航空機搬送体制の整備ですが法律的な問題が解決されていません。

最後に「吹かし」についてお話します。そもそも「吹かし」は減圧停止が必要だったヘルメットダイバーが送気停止等により緊急浮上した際に、何かの理由で再圧室による緊急再圧が出来なくなったので、仕方なく 3 分以内に再度潜降して減圧停止手順を繰り返した事が始まりだと思われます。現場設置型の再圧チャンバーによる緊急再圧であっても何らかの症状が発現した場合は、緊急再圧を中止して、医師による治療へと変更します。しかし、この緊急再圧に関する理解が全く無いままに、ノウハウだけが漁師や作業ダイバーの世界へ間違って伝わって「ベンズ」の治療方法として普及してしまったようです「吹かし」は治療方法では無く、異常が全く無い場合に限った減圧停止の緊急避難方法です。医療機関での高圧酸素を使って、3.8 気圧 6 時間掛けても治療出来るとは限らないのに、長くても 1 時間程度の「吹かし」で治療できる筈がありません。長期的にみても「吹かし」は骨壊死や関節痛、めまい等の慢性減圧症を必ず悪化させます。

Ⅲ. 潜水適性

陸棲動物の人間にとって、空気の無い深く冷たい水中への漠然とした恐怖心を持つのは当然です。

高所恐怖症と同じで、潜って遠い水面を実感しないと「深所恐怖症」なのかどうかは分かりません。

この様に、潜水にも精神的・肉体的な適性があります。今まで述べてきました様に「ダイビングは誰

でも参加できるレジャー」では無いのです。適性を欠いた状況でのダイビングは事故に直結します。
医学的に潜水に適さない身体的疾患には以下の様な項目があります。
脳血管障害（ 一過性脳虚血発作、脳出血、くも膜下出血、脳梗塞
痙攣性疾患（ てんかん、電解質異常による筋肉痙攣
心血管障害（ 心筋梗塞、狭心症、不整脈、先天性心奇形、自律神経障害
呼吸器疾患（ 喘息、自然気胸、肺嚢胞
耳（ 耳管機能異常、中耳炎、内耳炎、平衡感覚機能障害
代謝疾患（ 糖尿病、肝機能障害、腎機能障害
骨障害（ 慢性減圧症としての骨壊死、副鼻腔の炎症
その他（ 妊娠による胎児への影響
陸上生活では何ら問題とならない疾患も潜水業務では絶対禁止となります。例えば、肺嚢胞は全く自覚症状がありませんが、潜水による圧力変化によって破裂する危険性があります。自然気胸を起こす肺嚢胞、喫煙や大気汚染、無症状の結核等の感染症による肺気腫・無気肺については、少なくとも就業前と半年毎の胸部レントゲン検査及び 疑わしい場合の胸部 CT 検査が不可欠です。更に、生活習慣病を発症させる生活様式を続けている場合は脳卒中と心臓発作の危険性を確認する脳 MRI 検査と負荷心電図検査等も必要です。水中での発作は死に直結します。
高圧則では就業前と半年毎の「専門医」による検診を義務付けています(第 38 条)が、日本の医学教育では潜水業務に関する授業が有りません。再圧チャンバーのある病院であっても潜水障害を診断そして治療できる医師は極めて少数です。蛇足になりますが、日本では減圧症の診察で CT や MRI を撮って再圧チャンバー治療を行うと最高で 15 万円程度かかります。しかし、本人支払額は保険が使えますからその三割負担となり、業務の場合は全額労災保険なので個人負担はありません。治療費としてはかなり高額と思われるかもしれませんが、再圧治療には最低でも医師 1 名、心肺停止等の緊急事態に対応できるチャンバー内外の看護婦２名、チャンバーを操作する臨床工学技師１名の４名が、治療時間の６時間プラス診察と検査の時間で 8 時間以上掛かり切りになります。しかも患者到着は殆ど夜ですので徹夜での治療となります。更に、翌日は慢性患者の高気圧治療がありますから休めません。即ち、病院経営の面から考えると、減圧症治療は金額的にも時間的にもメリットは全く無いのでやらない方が得策です。ちなみに、海外で再圧チャンバーによる減圧症治療を受けようとすると、最低でも$4,000-(¥45 万円～¥60 万円)以上請求されますし、日本の健康保険も使えません。この様に、日本の潜水医療は制度的医療技術的に世界基準から大きく遅れているのです。

１１．参照値、指針値、環境基準値

１１．１　参照値

環境省は、“参照値”として、低周波音の被害の目安となる数値も示していた。

表１　低周波音による物的苦情に関する参照値

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

表 2-3　低周波音による心身に係る苦情に関する参照値[1-6]

1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1/3 ｵｸﾀｰﾌﾞﾊﾞﾝﾄﾞ 音圧レベル(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41

ｵｰﾊﾞｰｵｰﾙ値
92dB(G)

上の 2 つの表の数値です。

“参照値以下の低周波音に対しては，90%以上の人にとって許容値範囲内であり，苦情の原因にはならないと予想される．”とあるが、これだと 95%の人が許容する場合も考えられる。

「心身に係る苦情の『参照値』」の説明では、

一般成人の「寝室の許容値」の 10 パーセンタイル値が苦情者の許容値レベルとの対応が良かった。このため、各周波数間の数値のばらつきを平滑化した表 2 の値を心身に係る苦情に関する参照値とした。

「パーセンタイル値」とは、

“全体を 100 として小さい方から数えて何番目になるのかを示す数値”ですから、

100 人の苦情者の許容レベルを小さい方から順に並べる。10 番目の数値は小さい方から数えて 10 番目なので、許容できないと感じる人が、少なくとも 10 人はいることになる。同じ数値で複数いる場合を考えると、10 人以上の人が許容できないと感じることになる。

表現としては、少なくとも 10%以上の人が許容できないレベルのうちでの最小値。という事になる。

これだと、95%の人が許容することはあり得ない。

参照値と関連する数値を纏めると次の表になります。

ISO 389-7:2019 には、threshold of hearing 聴覚（聴力）閾値の値が書かれています。

夜間参照曲線（Moorhouse 他による限界曲線）

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参照値 dB				92	88	83	76	70	64	57	52	47	41				
聴覚閾値							78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
聴覚閾値(旧)							78.5	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
夜間参照曲線				92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34	

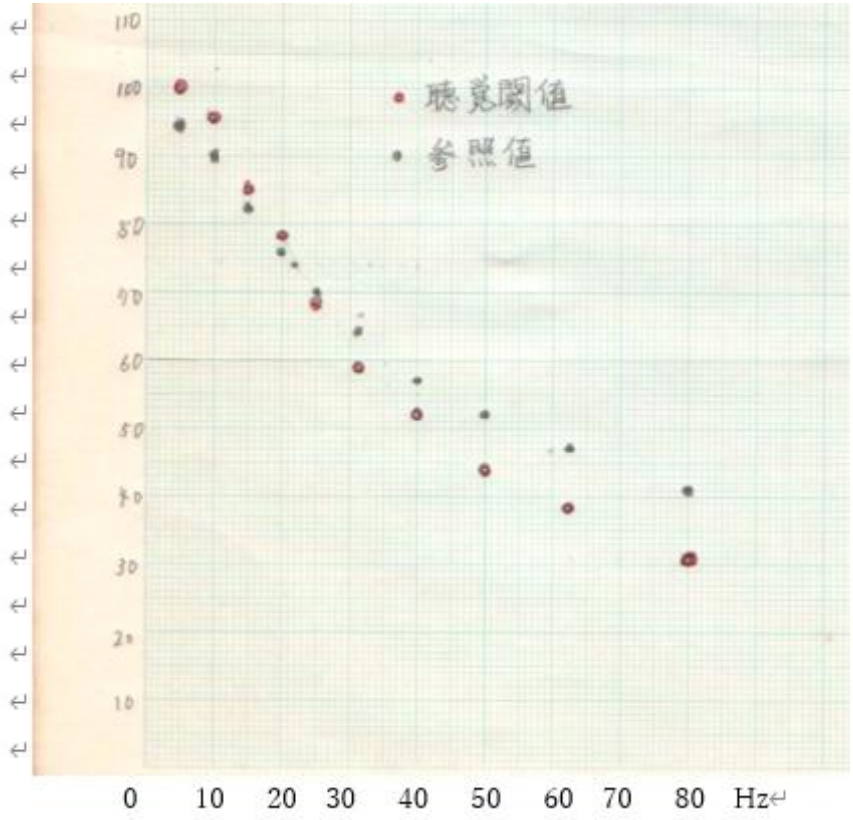
聴覚閾値と参照値の関係

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（デシベル）	76	70	64	57	52	47	41

聴覚閾値（デシベル） （2005年）	78.1 (78.5)	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値－聴覚閾値	**−2.1**	**1.3**	**4.5**	**5.9**	**8**	**9.5**	**9.5**

グラフにすれば（参照値の予測もしてみました。）次のようになります。



これは、20Hz の音が 76ｄB の時に、人間が不快感を覚えたと言いう事です。もし、ISO389-7 の値が感覚閾値ならば、人間は 20Hz の音の音圧が 78.1ｄB（78.5ｄB）になるまで、人間は不快感を覚えないはずなのに、それよりも小さな値 76ｄB で不快感を覚えてしまうという矛盾が生じます。

聴覚閾値と正しく訳しておけば、20Hz の音に対して、人間の聴覚は 78.1ｄB になるまでは認識しないが、それ以外の感覚（圧迫感、頭痛、など）で 76ｄB の段階でも不快感を覚えると理解できるので、矛盾は生じません。

さて、あくまで感覚閾値だと主張すると、次の矛盾に耐えきれなくなります。

感覚閾値ならば、78.1 デシベルよりも低い音圧レベルの音は、人間の感覚では感知できないはずです。

でも、76 デシベルの音圧レベルで、不快感を覚えてしまいます。不快感の内容は人によるかもしれませんが、音、圧力、振動などを感じ取って不快だと思うのです。感覚閾値は、78.1 ではなくて、76 だとしなくてはなりません。

聴覚閾値としておけば、耳では音を感じなくても、76 デシベルの段階で、圧力や振動を体で感じ取り、不快感を覚える。のですから、全く矛盾は生じません。

環境省は、低周波音問題に関する Q&A の中で次のように言っています。

“大小関係で言うと、実際には、「心身に係る苦情の『参照値』」は「感覚閾値」より少し大きな値となっています。”

この表現は、２５Hz 以上の周波数成分については、正しい表現だが、２０Hz の所は、参照値が 76、感覚閾値が 78.1 となっていて、参照値よりも感覚閾値のほうが大きい。

これは、上記の表は、聴覚で音としてとらえる場合の限界、聴覚閾値 78.1ｄB にならなくても、それより低い 76ｄB の値の時に、音としてではなく、例えば圧迫感とかの他の感覚で音圧の変化をとらえて、不快感を覚えるという事を示していると考えます。

環境省は、２０Hz での参照値と聴覚閾値（感覚閾値）の数値の逆転について、どう考えているのだろう？環境省の職員は、76 と 78.1 のどちらが大きな数値なのか、判断が出来ないのです。電話で聞いたときに、職員は、“書いてある通りです。” と答えました。

電力中央研究所報告には、

“音圧レベルとアノイアンス(※12)（不快さ）について調べた Møller の実験[2-18]によると，周波数が低い方が音圧レベルの上昇に対してアノイアンスが増加する割合が大きくなっている．”

さらに

“Subedi らの実験結果[2-19]によると，**低周波音における音圧レベルと不快さの関係**は音の周波数が固定した条件において，ほぼ比例関係を示すが，その比例定数は音の周波数によって変わっており，**周波数が低いほど不快さは音圧レベルに対しても強く現れる**ことが示されている．また，Subedi らは不快さと A 特性音圧レベルとの相関についても調べており，彼らの実験範囲において，不快さと A 特性音圧レベルは周波数に依存せず，ほぼ一定の相関を持つことが示されている．”

との研究結果が報告されている。

この報告は、周波数が低くなると、不快さ（ここでは参照値の値が小さい事に対応する）が強く現れて、音の聴覚による感知（ここでは聴覚閾値が大きい事に対応する）よりも早く認識される。と考えることもできる。

１１．２　法的な側面

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成２９年５月 環境省”
の問題点に関して検討します。

”平成 28 年 11 月 25 日に検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」“
“風力発電施設から発生する騒音等への対応について（概要資料）”
“平成 29 年 5 月 26 日に「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」”
が出された。
「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」、の 3 ページには
４．残留騒音及び風車騒音の測定方法とそれらの騒音と指針値との比較の考え方
騒音の評価尺度はいずれも A 特性音圧レベルを用いるものとする。
と書いてある。
風力発電施設から発生する騒音に関する指針について　の【別紙】に
“風力発電施設から発生する騒音等に関して、**騒音問題を未然に防止するための参考となる指針を次のとおり定める。**”
“５．注意事項
本指針の適用に当たっては、以下の点に注意すること。
○ 本指針は、騒音に関する環境基準、許容限度や受忍限度とは異なる。
○ 測定方法が異なる場合、測定結果を単純に比較することは出来ない。
○ 本指針は、風力発電施設から発生する騒音等に関する検討を踏まえて設定したもので
あるため、その他の騒音の評価指標として使用することはできない。
６．指針の見直し
本指針については、設定に際しての基礎資料を適宜再評価することにより、必要に応じ
て改定する。
７．その他
騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい。“
と書いてある。

しかし、その内実は全く逆である。
“風力発電施設から発生する騒音等に関して、騒音問題を未然に防止するための参考となる指針を次のとおり定める。”
とあるが、この言葉には注意が必要である。“騒音”は 20Hz 以上の周波数の部分を指すのであり、超低周波音（0Hz～20Hz）の部分は除外されている。
そう解釈する根拠は、
検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には
（注）「超低周波音」についての補足

我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範 囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC（国際電気標準会議） 規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」（infrasound）、20～100Hz を「低周波音」（low frequency noise）と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005（風車発電システム-第０部：風力発電用語）で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として 定められた主務省令では、「騒音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）」とした上で、「超低周波音（周波数が 20Hz 以下の音）」と規定しており、「低周波音」という 用語を用いないこととされた。 これらの状況を踏まえ、本報告書では、**20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、 それ以外の音（周波数が 20～100Hz までの音を含む）を「騒音」**と表記する

と書いてある。

よって、環境省の今の文書では、騒音は 20Hz 以上の周波数成分。低周波音は（20Hz～100Hz）の周波数成分を指すことになる。

風車からの音を全体として考える場合は、風車騒音（0Hz 以上）の様に周波数範囲を追加しておくことにします。

さらに、困ることがあります。

○ 本指針は、騒音に関する環境基準、許容限度や受忍限度とは異なる。

とあるが、

環境基準ならば、

１　環境基準は、次に定める達成期間でその達成又は維持を図るものとする。

（１）道路に面する地域以外の地域については、環境基準の施行後直ちに達成され、又は維持されるよう努めるものとする。

（２）既設の道路に面する地域については、関係行政機関及び関係地方公共団体の協力の下に自動車単体対策、道路構造対策、交通流対策、沿道対策等を総合的に実施することにより、環境基準の施行後１０年以内を目途として達成され、又は維持されるよう努めるものとする。

ただし、幹線交通を担う道路に面する地域であって、道路交通量が多くその達成が著しく困難な地域については、対策技術の大幅な進歩、都市構造の変革等とあいまって、１０年を超える期間で可及的速やかに達成されるよう努めるものとする。

その実現の為に、誰がどの様に努力すべきかが示されている。行政機関もその責任の一端を負っている。

許容限度ならば、

自動車騒音の大きさの許容限度　【英】Permissible Limit of Automobile Noise

解説

自動車による騒音を低減するために、環境大臣が騒音規制法（1968）に基づき定める規制値。1971 年に設定された。

車種毎に、定常走行騒音、近接排気騒音及び加速走行騒音について、それぞれ規制値が定められている。自動車騒音の規制は、環境大臣がこの許容限度を定め、国土交通大臣がこの許容限度が確保されるよう考慮して道路運送車両法（1951）に基づく保安基準で必要な事項を定めることにより行われている。

現在定められている許容限度は世界的に見ても最も厳しい数値と言われている。
この数値を超える音を出す車は道路を走行できない。

受忍限度ならば、
騒音に関する代表的な法律には下記のようなものがあります。いずれの法律を適応するにしても、対象の騒音が受忍限度を超えているか（耐え難いものであるかどうか)、また客観的な騒音値としての証拠があるかが争点となります。
軽犯罪法（刑法）
軽犯罪法とは軽微な秩序違反行為に対して刑を定める法律です。軽犯罪法には具体的に３３の行為が罪として定められており、そのうちの一つに以下のように「騒音」に対して定めたものがあります。
十四（静穏妨害の罪）公務員の制止をきかずに、人声、楽器、ラジオなどの音を異常に大きく出して静穏を害し近隣に迷惑をかけた者
区分所有法（民事法：通称マンション法）
マンションなどの集合住宅における共同生活のための権利関係について定めた法律です。同法律は簡単に言えば集合住宅に居住する人は他の居住者（区分所有者全体）の「共同の利益」に反する行為をすることを禁止しています。
（区分所有者の権利義務等）
第６条　区分所有者は、建物の保存に有害な行為その他建物の管理又は使用に関し区分所有者の共同の利益に反する行為をしてはならない。
共同の利益に反する行為とは下記のようなものを言います
（１）建物の不当な毀損行為
（２）建物の不当な使用行為
（３）建物の不当な外観変更行為
（４）居住者のプライバシー侵害やニューサンス（騒音・振動・悪臭など）に該当する行為
各地方自治体による条例
各地方自治体では「生活環境保全に関する条例」を定めています。これらの条例では生活環境に関する規則、指針や基準を定めています。例えば横浜市の「生活環境の保全などに関する条例」の別表１３では下記のように騒音の規制基準が定められています。
これを超えている場合には、きちんと計測して裁判をすれば勝てます。

指針値はどうか、
指針値が、どんどん大きくなることは別としても、次のような問題がある。
指針値を超えても、行政からの指導は無い。
指針値では、風車騒音と交通騒音との被害状況に関しての比較が困難。
業者は、風車騒音をどこまで下げたら、住民に被害が出ないかが分からない。
参照値での物的苦情や不快感に関する議論を抑え込む。
この値を決めた検討会の内容に問題が多い。
この数値が役に立つのは、住民からの被害の訴えを抑え込む時だけです。
“風力発電施設から発生する騒音等に関して、騒音問題を未然に防止するための参考となる指針を次のとおり定める。”と言っても、法的な規制では無いのです。

○ 測定方法が異なる場合、測定結果を単純に比較することは出来ない。
とある。
被害状況とその根拠を解明するには、指針値とは異なる数値が必要となる。測定方法も解析方法も全く異なる。
新しい技術や理論が必要ですが、それを認めたくないとの意思表示である。それが、当然のことを、わざわざ書いた理由です。

○ 本指針は、風力発電施設から発生する騒音等に関する検討を踏まえて設定したものであるため、その他の騒音の評価指標として使用することはできない。
とあるが、
検討会の報告書概要資料では
“20Hz 以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている。”
“風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題”
と書かれている。
もし、風車騒音が 20Hz 以上の可聴周波数範囲の騒音の問題ならば、交通騒音と同じであり、指針値も交通騒音に適用できるはずである。
適用できない理由があるならば、風車騒音と交通騒音は異質のものであり、A 特性音圧レベル（20Hz～）をそれらの共通の指針とは出来ないことになる。この場合は、風車騒音は通常可聴周波数の騒音ではないことになる。
当然のことではあるが、圧迫に起因する不快感や、物的苦情に関する参照値の問題を考えると、20Hz 以上の通常可聴周波数の騒音の問題とは言えない。

指針値がその他の騒音の評価指標として使いえないのならば、なぜ使えないのかの究明が必要となる。
指針値の決め方をよく見ると、ある場所の全ての騒音から、“一過性の騒音”を除外したものを残留騒音と呼び、
残留騒音+5ｄＢ＝指針値、
とする。
ただし、残留騒音＝max｛40,実際の残留騒音｝あるいは　残留騒音＝max｛35,実際の残留騒音｝
風車の第１群が建つと、その風車からの音は、“一過性”の音ではないので、残留騒音が大きくなる。
第２群の風車を追加するときには、この新しい残留騒音に対して、
新しい残留騒音+5ｄＢ＝新しい指針値、
を計算する。これが繰り返されて、指針値は無限に大きくなる。

たしかに、騒音に関する環境基準、許容限度や受忍限度とは異なるのです。どんどん大きくなる基準値は無いのです。

風車音の影響範囲を１ｋｍとしているならば、指針値がかなり上昇することが分ります。
従って、指針値は、評価指標としては不適格です。

６．指針の見直し

本指針については、設定に際しての基礎資料を適宜再評価することにより、必要に応じて改定する。

とあるが、

再検討に必要な、調査結果が廃棄されてしまった。

７．その他

騒音については聞こえ方に個人差があり、また地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式、住居環境等が異なることから、指針値を超えない場合であっても、可能な限り風車騒音の影響を小さくするなど、地域の音環境の保全に配慮することが望ましい。“

とあるが、

出だしの、“個人差があり”の記述は、指針値以下でも被害が出ると言っているのですが、指針値はどんどん大きくなるのですから、指針値を超えなくても被害は出るのです。

もし、数値が役に立つのは、騒音レベルがこの数値以下なら被害は起きません。と言える場合だけです。

指針値を超えなくても被害が出るならば、この数値は業者にとっても役には立ちません。

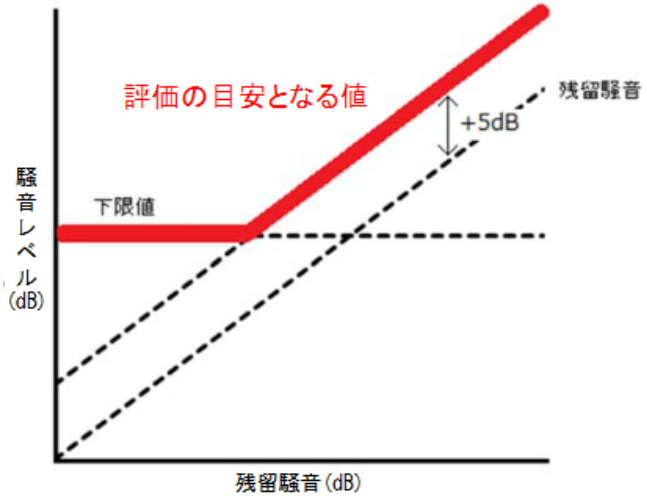
可能な限り風車騒音の影響を小さくする。と言われても、どこまで小さくすれば住民への被害が無くなるのかが不明なので住民からの損害賠償請求についての予算が組めません。

被害が出ない目安となる数値を示すべきである。ただ、小さくしなさいと言われても困るだけです。

風力発電施設騒音の評価の考え方②

評価の目安となる値：残留騒音＋5dB

※ただし、残留騒音が著しく低く（30dBを下回る場合）特に静穏を要する地域や、地域において保存すべき音環境がある場合においては35dB、それ以外の地域においては40dBを下限値として設定する。



指針値は、残留騒音+5ｄＢとなっている。到達する風車音の騒音レベルを計算すれば次の様になる。

残留騒音が30ｄB未満の特別な地域ならば、指針値が35ｄBになるが、
普通の地域では、残留騒音が30ｄBならば、指針値は40ｄBになる。（下限値）
　　残留騒音が35ｄBならば、指針値は35+5＝40ｄBになる。
　　残留騒音が40ｄBならば、指針値は40+5＝45ｄBになる。
残留騒音に対して、どの程度の風車騒音が到達したら指針値になるかを確認したものが次の表です。
表の“風車音”の数値が、到達した風車騒音の騒音レベルです。

残留騒音dB	(Pa*Pa)	Pa→	風車音	指針値dB	(Pa*Pa)	Pa→	Δ(Pa*Pa)	Δ(Pa)
30	0.0000004	0.000632	33.3	35	1.2649E-06	0.001125	0.00000086	0.000492
30	0.0000004	0.000632	39.5	40	0.000004	0.002000	0.00000360	0.001368
35	1.265E-06	0.001125	38.3	40	0.000004	0.002000	0.00000274	0.000875
40	0.000004	0.002000	43.3	45	1.2649E-05	0.003557	0.00000865	0.001557
45	1.265E-05	0.003557	48.3	50	0.00004	0.006325	0.00002735	0.002768
50	0.00004	0.006325	53.3	55	0.00012649	0.011247	0.00008649	0.004922
55	0.0001265	0.011247	58.3	60	0.0004	0.020000	0.00027351	0.008753
60	0.0004	0.020000	63.3	65	0.00126491	0.035566	0.00086491	0.015566

30ｄBと39.5ｄBの合成した音圧レベルの計算は、10*LOG(10^(30/10)+10^(39.5/10))＝39.96（＝40）です。

計測した数値が指針値の大きさだったら、普通の地域での風車騒音の騒音レベルは、38.5ｄB～53.3ｄBです。　残留騒音が大きな地域ほど風車音の影響が大きくても許される事になります。

三重県での残留騒音の具体的な数値は

表 10.1.3-21(2)　施設の稼働に伴う騒音の予測結果（指針値との比較）
（累積的影響：調査期間中の空気吸収による減衰量が最小時）

【春季】　単位：dB

予測地点	時間区分	騒音レベル						指針値
		現況値	風力発電施設寄与値			将来予測値累積	増加分	
			本事業	既存	計画中			
		a	b	c	d	e=a+b+c+d	e－a	
騒音－①	昼間	34	29	28	18	36	2	40
	夜間	36				37	1	41
騒音－②	昼間	43	30	17	18	43	0	48
	夜間	43				43	0	48
騒音－③	昼間	40	31	34	27	42	2	45
	夜間	39				41	2	44

【冬季】　単位：dB

予測地点	時間区分	騒音レベル						指針値
		現況値	風力発電施設寄与値			将来予測値累積	増加分	
			本事業	既存	計画中			
		a	b	c	d	e=a+b+c+d	e－a	
騒音－①	昼間	33	29	28	18	35	2	40
	夜間	35				37	2	40
騒音－②	昼間	40	30	17	18	40	0	45
	夜間	40				40	0	45
騒音－③	昼間	38	31	34	27	40	2	43
	夜間	37				40	3	42

注 1：時間区分は、「騒音に係る環境基準について」（平成 10 年環境庁告示第 64 号）に基づく区分
（昼間：6～22 時、夜間：22 時～6 時）
注 2：現況値は、現地調査における測定値より算出した残留騒音（L_{A90}＋2dB）とした。
注 3：指針値は、残留騒音＋5dB とした。なお、「残留騒音＋5dB」が 40dB 未満の場合は 40dB とした。

33ｄB～43ｄBです。

残留騒音43ｄB、指針値48ｄBの場合では、風車騒音と残留騒音の合成が指針値になっていた場合は、風車騒音の騒音レベルは、46.3ｄBになります。この数値は、“35～40ｄB”の値を大きく越えています。

風車騒音の人への影響

- これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている

従って、“風車騒音が35～40ｄBを超過する”ので、指針値を目安にする限り、“わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる”のです。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

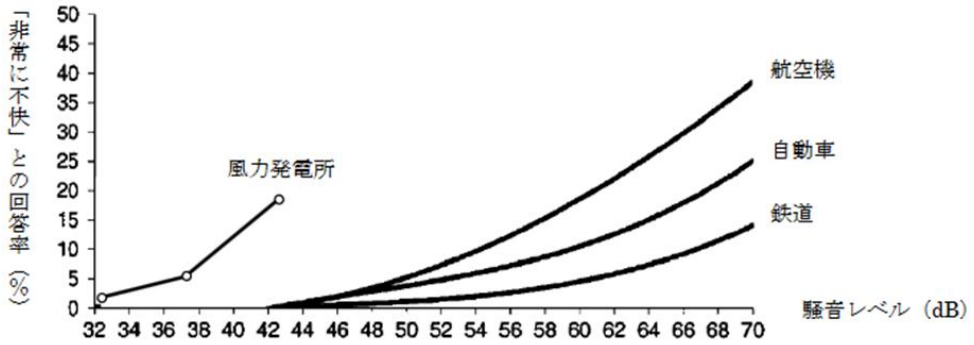


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

グラフを参考にして、

到達風車音	50.0	49.7	49.3	48.0	47.7	46.7	45.5	43.8	43.7	43.3	42.0	40.8	36.7	36.1
非常に不快（%）	40	39	37	35	32	30	25	22	22	20	16	14	5	5

と言う表を作りました。

指針値での被害				
夜間残留騒音dB	到達風車音ｄB	指針値dB	区分	非常に不快（%）
30.0	33.349	35.0	AA	2.5
30.0	39.542	40.0	A又はB	12.0
32.5	39.150	40.0	A又はB	11.0
35.0	38.349	40.0	A又はB	9.0
37.5	40.849	42.5	A又はB	14.0
40.0	43.349	45.0	A又はB	20.0
42.5	45.849	47.5	A又はB	26.0
45.0	48.349	50.0	A又はB	36.0
47.5	50.849	52.5	C	41.0
50.0	53.349	55.0	C	50.0

● 騒音については，感じ方に個人差があること，地域によって風力発電施設の立地環境や生活様式，住居環境等が異なることから，指針値を超えない場合であっても，地域の音環境の保全に配慮し，可能な限り風車騒音の影響が少なくなるように，事業者は対策を講ずるよう努めることが必要

三重県では、残留騒音が 40ｄB 程度の場所が多いので、指針値を超えない場合でも、**20%程度**の人が、夜間“非常に不快”と感じるだろうと推定できます。

到達する風車音の騒音レベルを考えれば、“指針値を超えない場合であっても”風車音の影響で、アノイアンス（不快感）の増加による安眠妨害が、20%程度の人に起きることが分ります。

環境基準値を使う場合では、到達する風車音の騒音レベルは次の値になります。

環境基準値は、次の数値です。A 及び B の所が、普通の住宅街です。

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
ＡＡ	５０デシベル以下	４０デシベル以下
Ａ及びＢ	５５デシベル以下	４５デシベル以下
Ｃ	６０デシベル以下	５０デシベル以下

こちらの場合は、特に残留騒音が小さな地域の於いて、アノイアンス（不快感）による安眠妨害が起きる可能性が高くなります。

基準値での被害				
夜間残留騒音dB	到達風車音ｄＢ	夜間基準値	区分	非常に不快（%）
30.0	39.542	40.00	AA	13.0
30.0	44.860	45.00	A又はB	25.0
32.5	44.749	45.00	A又はB	25.0
35.0	44.542	45.00	A又はB	23.0
37.5	44.150	45.00	A又はB	23.0
40.0	43.349	45.00	A又はB	20.0
42.5	41.411	45.00	A又はB	15.0
44.0	38.132	45.00	A又はB	9.0
47.5	46.411	50.00	C	30.0
49.0	43.132	50.00	C	20.0

この場合は、残留騒音が低い地域では、**23%～25%程度**の人が、“非常に不快”としてのアノイアンスで、安眠を妨害されることが分ります。

建設後の結果は

風力発電サイトにおける事後調査報告

- 騒音・低周波音・電磁波 -

第 9 回風力エネルギー利用総合セミナー　2009 年 6 月 19 日　クリーンエナジーファクトリー株式会社によれば、

3-4）事前調査結果（騒音）

調査地点（風車までの距離）	時間区分	風車設置前の調査結果（平成17年） 通常時	風車設置前の調査結果（平成17年） 強風時	環境基準（B類型）
T1（350m）	昼間	50dB	55dB	55dB
	夜間	42dB	※59dB	45dB
H1（400m）	昼間	42dB	※56dB	55dB
	夜間	42dB	※55dB	45dB
M2（470m）	昼間	39dB	52dB	55dB
	夜間	36dB	※59dB	45dB
N1（680m）	昼間	45dB	※59dB	55dB
	夜間	42dB	※53dB	45dB

（※）を付した箇所は環境基準を超過。風雑音や波音の影響あり。

3-5）① 事後調査結果（騒音：アセス地点）

調査地点（風車までの距離）	時間区分	調査結果 1日目	2日目	3日目	環境基準（B類型）	直近風車における平均風速 1日目	2日目	3日目
T1（350m）	昼間	53dB	52dB	50dB	55dB	6.4m/s	1.2m/s	3.6m/s
	夜間	45dB	39dB	43dB	45dB	7.4m/s	1.2m/s	7.5m/s
H1（400m）	昼間	49dB	50dB	—	55dB	4.9m/s	3.8m/s	—
	夜間	※46dB	41dB	—	45dB	5.5m/s	5.3m/s	—
M2（470m）	昼間	45dB	41dB	43dB	55dB	6.2m/s	1.2m/s	3.5m/s
	夜間	※46dB	36dB	44dB	45dB	7.7m/s	0.6m/s	5.2m/s
N1（680m）	昼間	43dB	51dB	45dB	55dB	4.0m/s	4.3m/s	3.4m/s
	夜間	※48dB	41dB	34dB	45dB	6.2m/s	7.7m/s	5.3m/s

・調査員を配置して、音源識別を実施
・（※）を付した箇所は環境基準を超過。
　風雑音、波音、犬の鳴き声等の影響あり。

となっています。

建設前の通常値と建設後の観測値を比較すれば、次の様になります。

建設前後の比較		建設前	建設後の観測値			基準値
		通常	1日目	2日目	3日目	B類型
T1	昼間	50	53	52	50	55
350m	夜間	42	45	39	43	45
H1	昼間	42	49	50		55
400m	夜間	42	46	41		45
M2	昼間	39	45	41	43	55
470m	夜間	36	46	36	44	45
N1	昼間	45	43	51	45	55
680m	夜間	42	48	41	34	45

増加分を、到達風車音による騒音と考えて計算します。

到達風車騒音		前	建設後の到達風車音			基準値
		通常	1日目	2日目	3日目	B類型
T1	昼間	50	50.0	47.7		55
350m	夜間	42	42.0		36.1	45
H1	昼間	42	48.0	49.3		55
400m	夜間	42	43.8			45
M2	昼間	39	43.7	36.7	40.8	55
470m	夜間	36	45.5		43.3	45
N1	昼間	45		49.7		55
680m	夜間	42	46.7			45

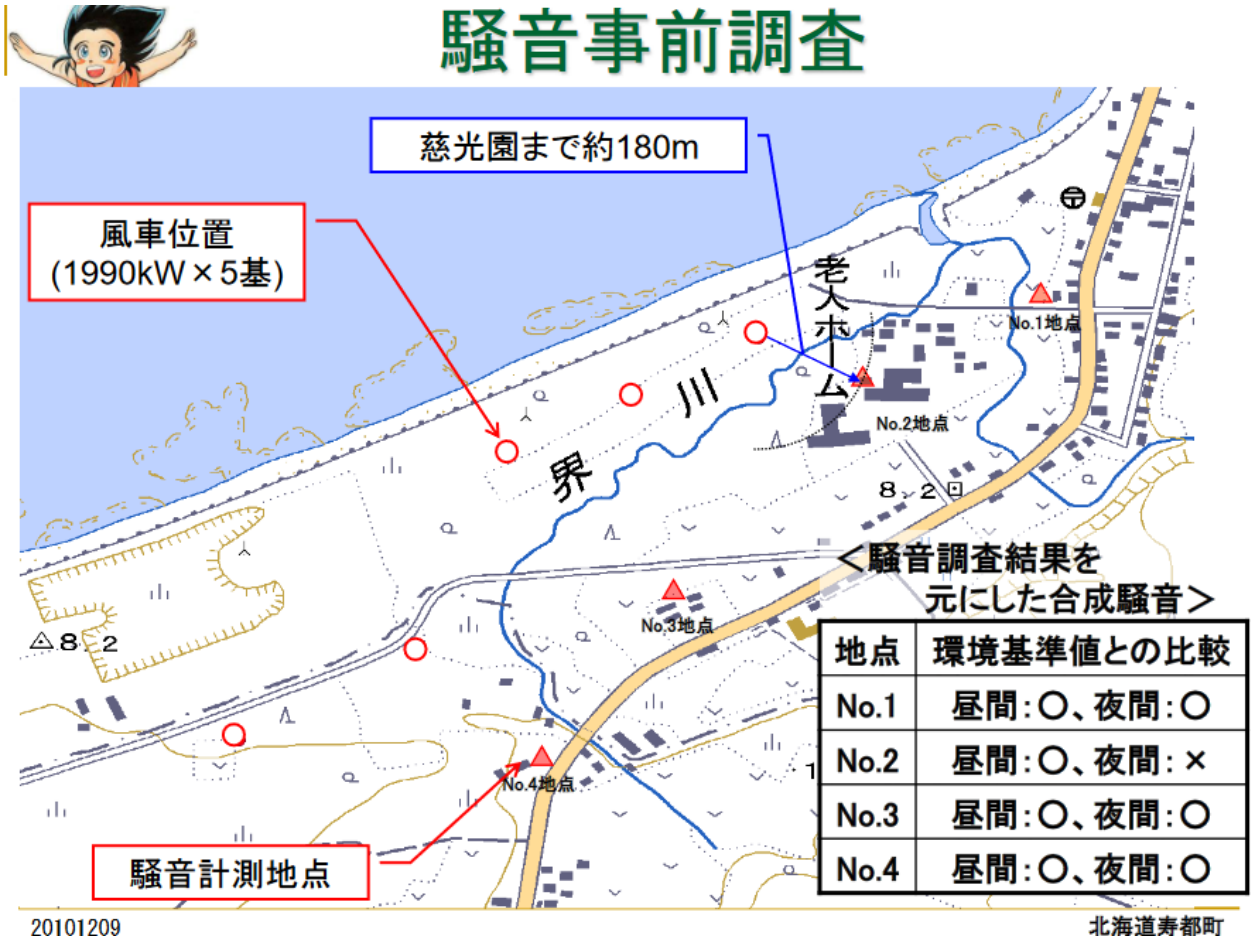
到達風車音から、被害を推定します。

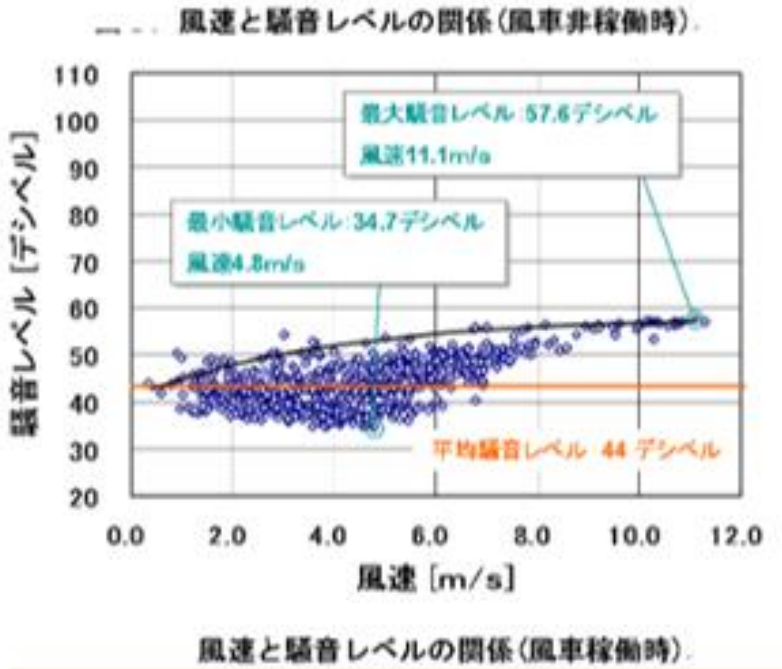
到達風車騒音		前	被害予測（%）			基準値
		通常	1日目	2日目	3日目	B類型
T1	昼間	50	40.0	32.0		55
350m	夜間	42	16.0		5.0	45
H1	昼間	42	35.0	37.0		55
400m	夜間	42	22.0			45
M2	昼間	39	22.0	5.0	14.0	55
470m	夜間	36	25.0		20.0	45
N1	昼間	45		39.0		55
680m	夜間	42	30.0			45

1日目では、**20～30%程度**の人が“非常に不快”と感じていると推定できます。もちろん、強風時の音圧レベルから、風車音の部分を取り出す工夫が必要になりますが、何とかなるでしょう。

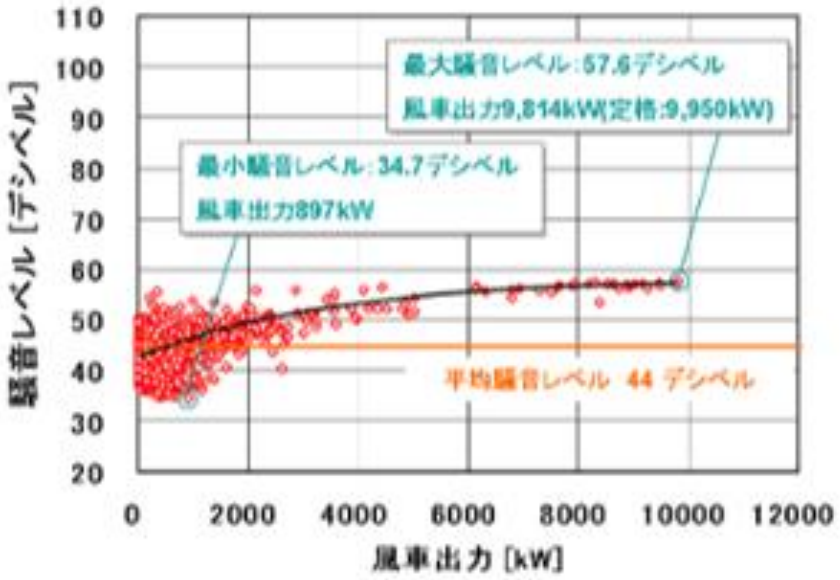
・寿都町における風力発電

寿都町における風力発電への取組み





風速と騒音レベルの関係（風車稼働時）



風車出力と騒音レベルの関係

風速が 8m/ｓ以上で風車が 6000ｋW以上の出力で動いているときは、騒音レベルは 55ｄＢ～57ｆ Ｂ程度になっています。

仮に、残留騒音が 40ｄＢ～45ｄＢだとして、到達風車音との合計が、**55～57**ｄＢだとすると
到達風車音と“非常に不快”と感じる人の割合は、

寿都町				
夜間残留騒音dB	到達風車音ｄＢ	計測騒音	区分	非常に不快（%）
40.0	54.860	55.00	AA	50.0
40.0	55.890	56.00	A又はB	60.0
40.0	56.912	57.00	A又はB	70.0

寿都町				
夜間残留騒音dB	到達風車音ｄＢ	計測騒音	区分	非常に不快（%）
45.0	54.542	55.00	AA	50.0
45.0	55.641	56.00	A又はB	60.0
45.0	56.717	57.00	A又はB	70.0

50%～70%程度となります。

町は次の様に言っています。

風車状態	平均騒音	最大/最小
停止	45dB	40.3−48.6dB
運転	44dB	34.7−57.6dB

騒音レベルは最大でも58dB程度であり、『静かな住宅地の昼』に相当する環境であることが確認された。

ラウドネス（うるささ）の観点からは静かな住宅街の昼だと言えても、アノイアンス（不快感）被害の程度で考えれば全く異なります。

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

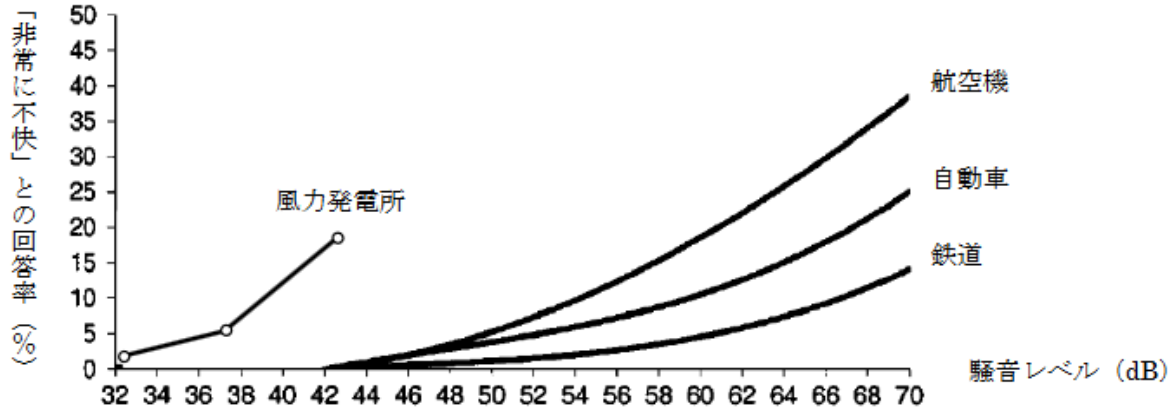


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

これでは、天国に一番近い老人ホームとしか言えません。

１１．４　指針値マジック

東北電力の白石越河風力発電事業について　には、

騒音（秋季）▶環境省の風車騒音の指針値を下回る

（デシベル）

項目 / 予測地点	時間区分	騒音レベル			指針値	評価
		現況の騒音（残留騒音）	予測値	増加分		
騒音1	昼間	38	38	0(0)	43	○
	夜間	38	38	0(0)	43	○
騒音2	昼間	37	38	1(1)	42	○
	夜間	37	38	1(1)	42	○
騒音3	昼間	38	39	1(1)	43	○
	夜間	36	37	1(1)	41	○
騒音4	昼間	41	41	0(0)	46	○
	夜間	40	40	0(0)	45	○
騒音5	昼間	42	43	1(1)	47	○
	夜間	40	41	1(1)	45	○
騒音6	昼間	39	41	2(2)	44	○
	夜間	38	41	3(2)	43	○
騒音7	昼間	39	39	0(0)	44	○
	夜間	38	38	0(0)	43	○

と書いてはある。　確かに、環境省の指針値を下回っている。

残念ながら、“指針値を下回れば安全である”との保障は全くない。

計測方法は、

- **測定は、年間の状況を正確に把握するため、風力発電施設が稼働する代表的な気象条件毎（原則四季毎、ただし気象条件の変動が小さい場合等は、調査回数を減らすことができる）に、稼働する風が安定して吹いている状況で行う**

となっていて、強風時の計測値は除外されます。

風車からの距離ですが、

騒音④と風車の最短距離は 1.2ｋｍ

騒音⑤と風車の最短距離は 1.1ｋｍ

騒音⑥と風車の最短距離は 1.1ｋｍだが、1.3ｋｍの所にもう一つある。

この表だけを見れば、問題が無いようにも見えるが、それほど簡単ではない。

平成 28 年 11 月 25 日に検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には、概要資料が付いている。ここでは概要資料について検討します。

風力発電施設から発生する騒音等への対応について（概要資料）は、次の記述がある。

経緯

- 再生可能エネルギーである風力発電の導入加速化は我が国の重要なエネルギー政策
- 風力発電施設から発生する音は、通常著しく大きいものではないが、もともと静穏な地域に建設されることが多いため、比較的小さな騒音レベル（A特性音圧レベル）であっても苦情等の発生事例あり
- 環境省では、平成25年から、主として商業用に用いられる一定規模以上の風力発電施設を対象とし、現時点までの知見及び風車騒音の評価方法について検討を実施

騒音レベル（A 特性音圧レベル）の数値が小さくても、苦情（被害）が発生することがあるのです。

その目安ですが、

これまでに得られた知見④ 風車騒音の人への影響

- これまでに国内外で得られた科学的知見を踏まえると、風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。ただし、風車騒音に含まれる振幅変調音や純音性成分等は、わずらわしさ（アノイアンス）を増加させる傾向がある。静かな環境では、風車騒音が35～40dBを超過すると、わずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がり、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている
- 風力発電施設から発生する超低周波音・低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できなかった
- 景観のような視覚的な要素や経済的利益に関する事項等も、わずらわしさ（アノイアンス）の度合いを左右する

6

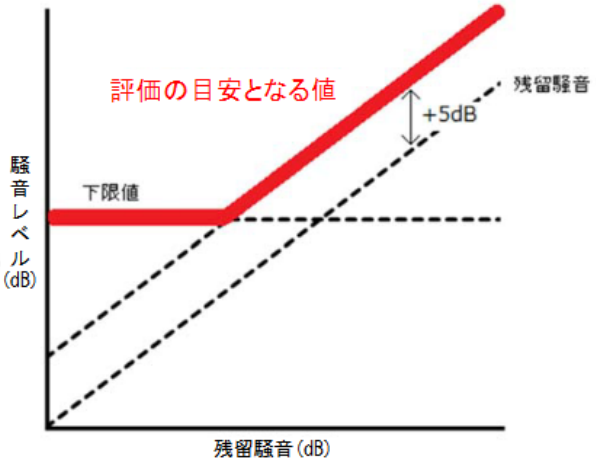
風車騒音の部分が 35～40ｄB を超過すれば、アノイアンス（不快感）の程度が上がり、睡眠を妨害するのです。

“風車騒音が 35～40ｄB を超過”することと、“指針値を超えない”事の関係を調べる必要があります。

風力発電施設騒音の評価の考え方②

評価の目安となる値：残留騒音＋5dB

※ただし、残留騒音が著しく低く（30dBを下回る場合）特に静穏を要する地域や、地域において保存すべき音環境がある場合においては35dB、それ以外の地域においては40dBを下限値として設定する。



残留騒音+５ｄＢとなる場合の風車騒音は何デシベルなのでしょうか？

計算方法については、

環境省の平成２２年度　移動発生源の低周波音等に関する検討調査等業務報告書の付録に、次のように書かれている。

（解説）パワーレベル

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。タワーの高さとローター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。

（解説）予測計算式

すべての風力発電機が同時に稼働するものとし、(3.1)式に示す騒音のエネルギー伝搬予測方法にしたがって計算した（出典：「風力発電導入ガイドブック」，新エネルギー・産業技術総合開発機構，平成 17 年５月）。

$$Ln = Lw - 10\log\left(r^2 + h^2\right) - 8 - \Delta L_{\mathrm{AIR}} \qquad (3.1)$$

ここで、

Ｌｎ：ｎ番目の風力発電機から水平距離ｒ(m)離れた地点での騒音レベル(dB)
Ｌｗ：風力発電機のパワーレベル(dB)
ｒ　：風力発電機から騒音予測地点までの水平距離(m)
ｈ　：風力発電機のブレード中心までの高さ(m)
ΔＬ$_{AIR}$：空気減衰(dB)

$$\Delta L_{AIR} = \alpha\left(r^2 + h^2\right)^{1/2} \qquad (3.2)$$

α　：定数（＝0.005 dB/m)

予測地点における騒音レベルは、それぞれの風力発電機から発生する騒音レベルを(3.1)式によって計算し、これらを(3.3)式によって重合することで求められる。

$$Lp = 10\log\left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \cdots + 10^{L_n/10}\right) \qquad (3.3)$$

ここで、

Ｌｐ：予測地点における騒音レベル(dB)
Ｌｎ：ｎ番目の風力発電機による騒音レベル(dB)

(3.3) 式を使うことにすれば、計算で使用する数値は観測地点での残留騒音と風車から到達した風車騒音の２つです。

予測値 Lp は、常用対数を使って次の様に計算します。

$$L_p(\text{予測値}) = 10\log\left(10^{\frac{\text{残留騒音}}{10}} + 10^{\frac{\text{風車騒音}}{10}}\right)$$

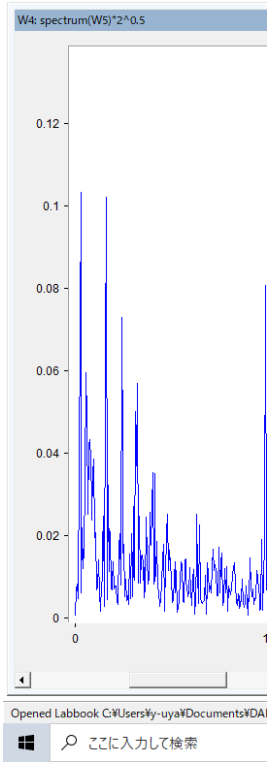
単純に考えれば、下の表の①②③になりますが、これらの数値は四捨五入の結果なのですから。⑥⑦⑧のようにして計算する必要があります。

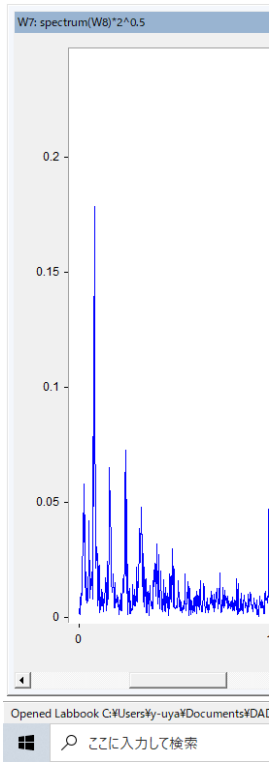
指針値マジック	単位はｄＢ								
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
残留騒音	予測値	増減	到達風車音	指針値dB	残留騒音-0.5	予測値+0.49	増減	到達風車音	到達風車音+6
38	38	0	#NUM!	43	37.50	38.49	0.99	31.6	37.6
37	38	1	31.1	42	36.50	38.49	1.99	34.1	40.1
38	39	1	32.1	43	37.50	39.49	1.99	35.1	41.1
36	37	1	30.1	41	35.50	37.49	1.99	33.1	39.1
41	41	0	#NUM!	46	40.50	41.49	0.99	34.6	40.6
40	40	0	#NUM!	45	39.50	40.49	0.99	33.6	39.6
42	43	1	36.1	47	41.50	43.49	1.99	39.1	45.1
40	41	1	34.1	45	39.50	41.49	1.99	37.1	43.1
39	41	2	36.7	44	38.50	41.49	2.99	38.5	44.5
38	41	3	38.0	43	37.50	41.49	3.99	39.3	45.3
39	39	0	#NUM!	44	38.50	39.49	0.99	32.6	38.6

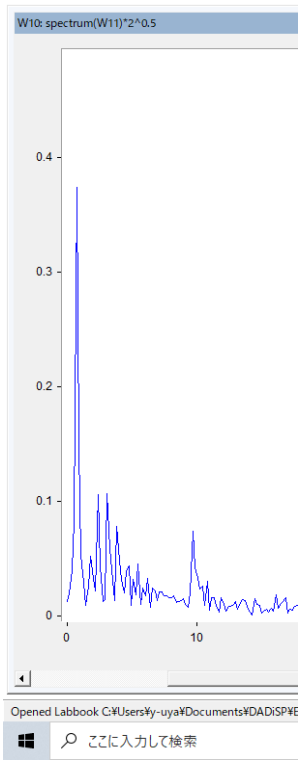
残留騒音と予測値から計算される風車騒音は、③と⑨です。
⑨での数値で、35dB を越えているのは、5つです。40dB を越えているものはありません。

しかし、風車音は風速の変化で音圧レベルが変化します。風速は1時間に1回程度ですが、かなり大きくなるので、1時間に1回程度の割合で、大きな音圧が観測されます。

さて、館山で計測した風車音の、音圧の変化は次の様になっています。







0.104Pa　　0.175Pa　　0.37Pa

周波数スペクトルでの、0.8Hz 成分の音圧は平均すると 0.175Pa、弱いときは 0.104Pa、強いときは 0.37 P a です。強いときは、平均の 2 倍程度の音圧になっています。
　平均して、0.175Pa の音圧で、A 特性音圧レベル（20Hz～）が評価されていて、指針値での限界にかなり近い場合において、1 時間に 1 回くらい、平均値の 2 倍以上の音圧になる状態が起きるのです。

0.104Pa は 74.32 d B、0.175Pa は 78.84 d B、0.37Pa は 85.34 d B
音圧が 2 倍になるとエネルギーは 4 倍になり、音圧レベルは 6 d B 増加します。

⑩の値は、ほとんどが 35～40dB を越えています。
これは、1 時間ごとに目覚まし時計が鳴るような状態に置かれると言う事です。いくら目覚まし時計が鳴っても、起きない人もいますが、普通の人は目が覚めます。

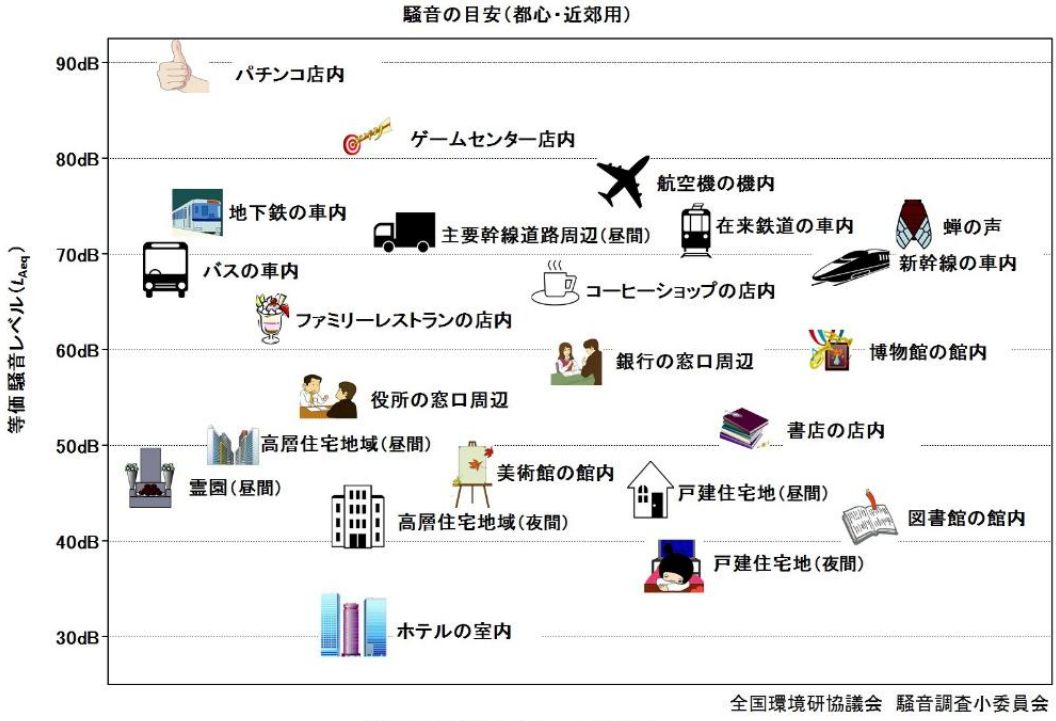
さらに、

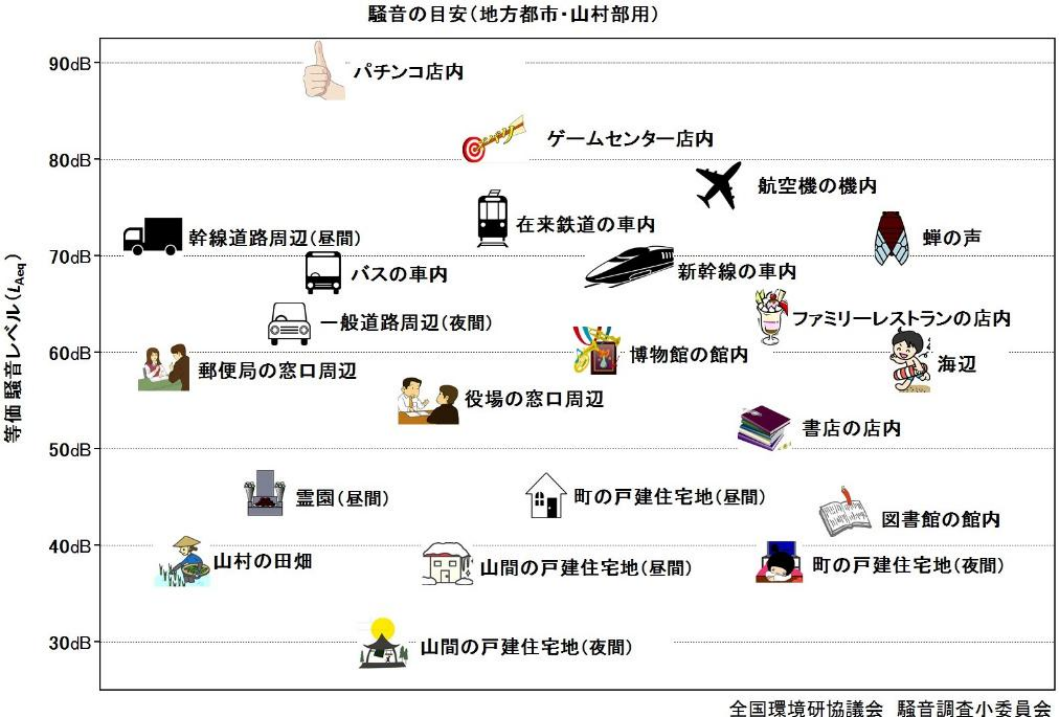
現況調査結果　37～42 デシベル

予測結果　37～43 デシベル

として、

全国環境研究協議会　騒音小委員会





の図を使って、問題が無いと主張します。

環境省が昔作ったグラフですが、

- また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い[5]。

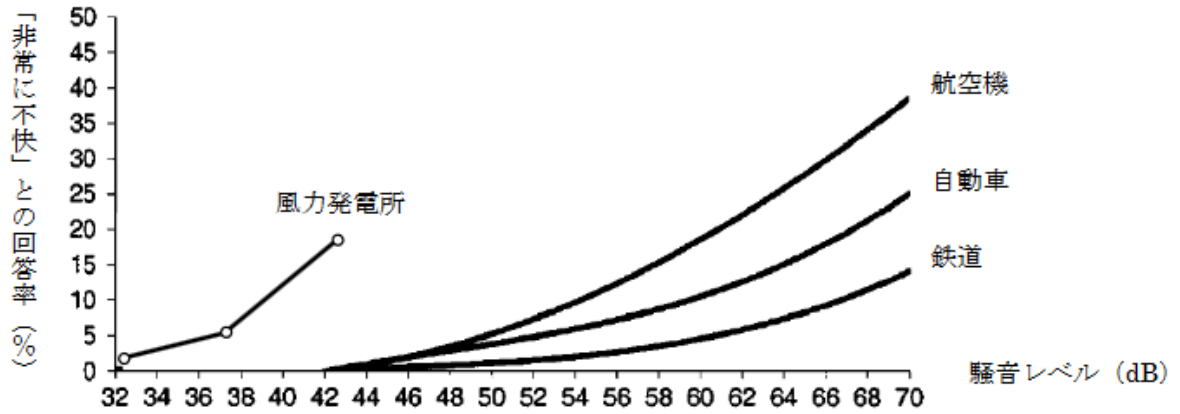


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

交通騒音では、42ｄＢの時に“非常に不快”と訴える人は0%ですが、風車音では騒音レベル（A特性音圧レベル）が42ｄＢの時には、20%程度の人が“非常に不快”と訴えています。

同じ騒音レベルでも、風車音と他の環境騒音では被害状況が全く異なるのです。ですから、全国環境研究協議会　騒音小委員会の資料を、風車音を含む状態の音の評価に使ってはいけないのです。

それを承知して使っているならば、“安心安全詐欺”としか言えません。

⑨	⑩
到達風車音	到達風車音+6
31.6	37.6
34.1	40.1
35.1	41.1
33.1	39.1
34.6	40.6
33.6	39.6
39.1	45.1
37.1	43.1
38.5	44.5
39.3	45.3
32.6	38.6

の数値を使って、被害の程度を確認する必要があります。

次の資料もあります。

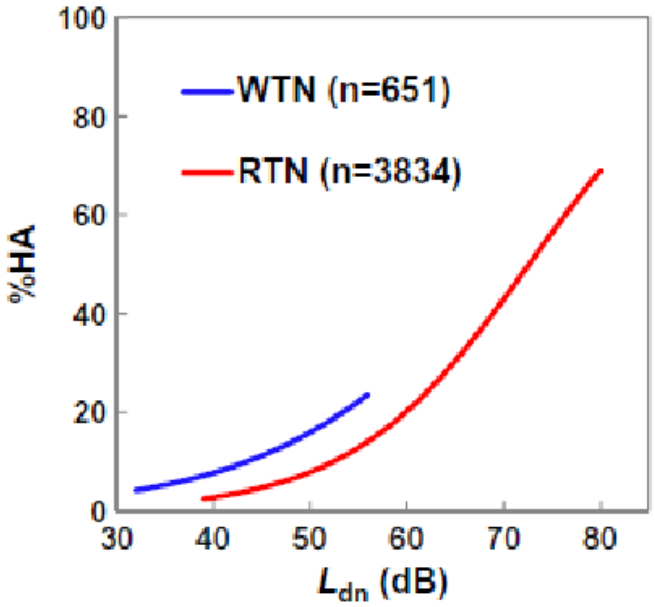


図 7　風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（L_{dn}）※と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

※ 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、LAeq に 6dB を加算して Ldn を推計している。

なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9%から 13%の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。”

被害範囲については、

- **風力発電施設周辺の住宅等、風車騒音が人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域を対象とする**
  ※発電所アセス省令では事業実施区域から1kmを環境影響を受ける範囲としている

と言う立場をとる企業がほとんどである。

発電所アセス省令に書かれていることは、少し違う。（これについてはここでは省略）

この記述が正しいならば、１ｋｍを越えたら、環境影響が生じないことを証明する必要がある。

例えば、１ｋｍの壁があって、風車音は風車から１ｋｍよりも遠方まで到達することが無い。ことを物理的に証明する必要がある。

あるいは 999mの場所と、1001mの場所で、前者で被害が起きても、後者では起きないことを証明する必要がある。書いてあるという事は、正しいと言うことを意味する訳ではない。

先ほどの計算では、風車から１ｋｍ以上離れているにもかかわらず、ある地区では 30%程度の人が“非常に不快”を感じる状態になます。

1.1ｋｍも離れているのに、風車騒音の影響で騒音レベルが３ｄＢも上がるのはなぜなのでしょうか？

騒音レベルの３ｄＢの上昇は、その場所での音のエネルギーが、20Ｈｚ以上の可聴域に限定して計測した場合に、２倍になっていることを意味しています。この数値には、到達する超低周波音エネルギーの部分は入っていません。

風車は、昼も夜も回り続けるのですから、その状態が、昼夜問わず、20 年間継続することになる。経済的に余裕がある人はその地域から逃げ出します。

事業用地としては農協や森林組合や認可地縁団体の所有地の使用を予定しているようです。
企業の主体は、合同会社です。★合同会社白石越河風力

合同会社は、責任が限定的で、被害の責任を追及されても出資金以上の支払いを追及されることは無い。
簡単に言えば、少しの損害はあるがつぶれてしまえばそれで終わりという事です。

農協の幹部や、建設に賛成した人々は、建設後にはどのような思いを抱くのでしょうか？

風車の高さについて、

準備書では 4200ｋW で高さ 142.5ｍを 10 基
だったが、
評価書（最終的なもの）では 4200ｋWで高さ 158.5ｍを８基
に変更している。

地図を見る限り、10 基から８基に減らしたときに、残った８基の位置は同じです。
単純に考えれば予測値が減ると思えるが、増えている理由は風車の高さが変化して、風車に当たる風が強くなっているからでしょう。