（C）宇山靖政

内容

風車をめぐる状況 3
学者の新常識 3
環境省の新しい方針 3
地方自治体 4
企業の地域協賛金 4
市民の常識 7
市民の常識１（聞こえなくても見えなくても影響が有る） 7
市民の常識２（風雑音と二重防風スクリーン） 9
市民の常識３（振幅変調） 18
市民の常識４（FFT） 20
市民の常識５（風車音の指向性） 26
市民の常識６（発生の仕組み） 28
市民の常識７（水平軸と垂直軸） 42
弁護士会意見書の特徴 45
人が良すぎます 45
周波数スペクトルと計測 50
調査と因果関係 54
G 特性と ISO7196 56
学者、環境省の見解の変遷 60
準備不足 66
勝てない戦い 67
日本国憲法第 25 条 69
０．準備 72
０．１　温故知新 72
０．１．１　f=RZ/60 と f/3、2f/3、f、2f、3f 72
０．１．２　WTN（風車騒音）の補正 77
０．１．３　カオス理論の応用 86
０．２　風車音の特徴 87
０．２．１　風車音の成分と原因 87
０．２．２　全国 164 か所の風車からの超低周波音 88
０．２．３　グラフの密度 92
０．２．４　周波数スペクトル 92
０．２．５　エネルギーの分布 93
０．２．６　風車音による圧縮と膨張 94
１．指針値の問題点 104
１．１　法的な観点 104

１．２　被害の予測と指針値、環境基準値.....108
２．低周波音問題の変遷.....119
２．１　中野氏の理論.....119
２．２　昔の環境省.....126
２．２．１　低周波音の被害.....126
２．２．２　低周波音の測定方法に関するマニュアル（平成 12 年 10 月）.....128
２．２．３　聴覚閾値・感覚閾値と参照値.....134
２．３　風車音の感知における３つの観点.....144
２．４　検討会報告書と環境省.....145
２．５　環境省の新方針との関連.....148
２．６　増大する指針値.....154
２．７　A 特性音圧レベルを使う根拠.....174
２．７．１　高校生の数学.....174
２．７．２　中学生の国語.....180
２．７．３　小学生の英語.....186
２．８　指針の見直し.....193
２．９　風雑音.....198
２．１０　G 特性音圧レベルと低周波音問題対応の手引書（H16.6）.....199
２．１１　二重防風スクリーン.....228
２．１２　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.....229
２．１３　風の影響評価について.....244
２．１４　風雑音の除外音処理（A 特性）の例.....246
２．１５　行政の対応.....250
２．１６　市民と専門家の到着地点.....258
２．１７　天罰.....266
３．弁護士会意見書の問題点.....271
前川氏論文.....291
ガタツキ閾値.....294
被害の報告（ペレイラ博士）.....297
圧迫感.....306
振幅変調.....312
静かな環境と風車.....332
A 特性音圧レベル.....365
G 特性音圧レベル.....375
A 特性、G 特性での重みづけとアノイアンス曲線.....388
地震の揺れと家屋の固有振動数.....392
石竹氏の論文.....398

風車をめぐる状況

洋上風力という事で、1ｋｍから 2ｋｍに大型風車を並べる計画が進行している。

学者の新常識

“・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。

（風力発電についての意見聴取会（三重県松坂市、平成 21 年）

学識者意見：落合博明氏　の発言“

　素晴らしい見解です。もう一歩進めば、“見えなければ影響は無い”と言って、目を閉じて赤信号の横断歩道を歩きだしそうです。

環境省の新しい方針

環境アセスメントから、超低周波音を外す。

発電所アセス省令の改正（環境影響評価の参考項目の見直し）

環境省

- **超低周波音：参考項目から削除。**事業者には、超低周波音に対する理解促進等のための取組の継続を要請する。
- **工事の実施に伴う大気環境：**工事中の大気環境（窒素酸化物、粉じん等、騒音、振動）のうち、近傍の住居への影響が懸念される**工事用資材の搬出入に係る騒音・振動**と、**建設機械の稼働に伴う騒音以外**は、**参考項目から削除**。

＜新エネWGでの検討結果を踏まえた、発電所アセス省令における風力発電所の参考項目（案）＞
※発電所アセス省令（別表６）から抜粋

影響要因の区分 ＼ 環境要素の区分		工事の実施		土地又は工作物の存在及び供用
		工事用資材等の搬出入	建設機械の稼働	施設の稼働
大気環境	窒素酸化物	○	○	
	粉じん等	○	○	
	騒音及び超低周波音	○	○	○
	振動	○	○	

→

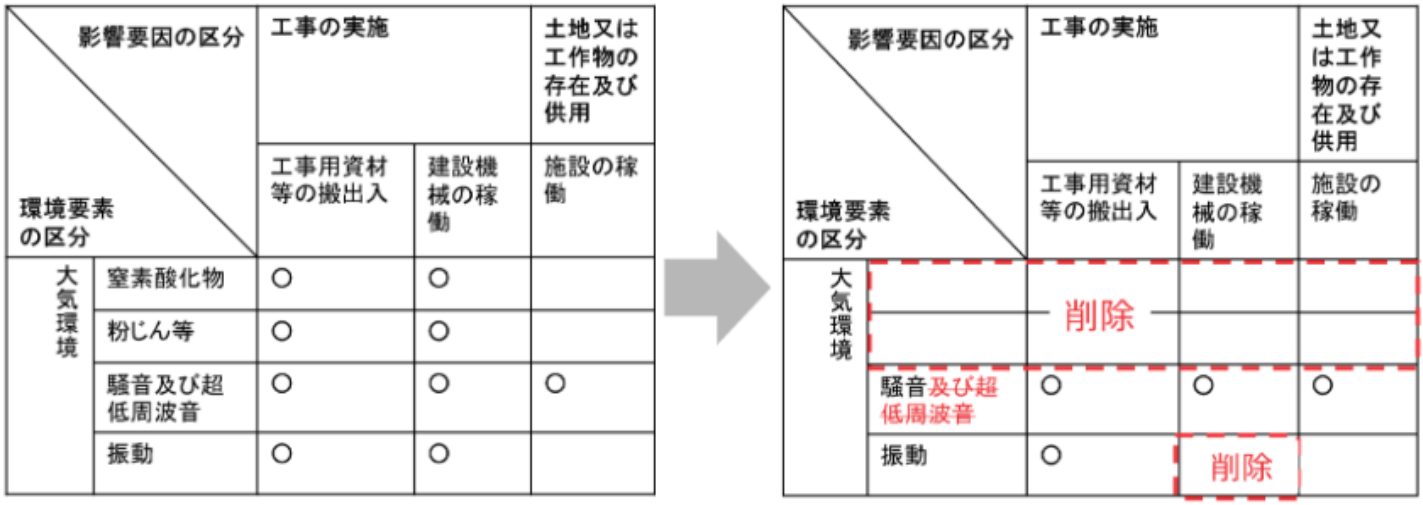
影響要因の区分 ＼ 環境要素の区分		工事の実施		土地又は工作物の存在及び供用
		工事用資材等の搬出入	建設機械の稼働	施設の稼働
大気環境		削除		
	騒音及び超低周波音	○	○	○
	振動	○	削除	

参考項目・・・・環境影響評価法の技術指針（技術指針等を定める主務省令）において示されている、対象事業ごとの影響要因と環境要素からなる、環境影響評価の一般的な選定項目

出典：第22回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会　資料７（一部改訂）

電所アセス省令の改正（環境影響評価の参考項目の見直し）

- **超低周波音：参考項目から削除。**事業者には、超低周波音に対する理解促進等のための取組の継続を要請する。



地方自治体

川崎市に聴いてみました。返事は以下の通りでした。

宇山様

メールを拝見いたしました。

御質問について次の通り回答いたします。

当課では低周波音の測定については、リオン株式会社の NL-62 を使用しています。

録音結果については、当課で苦情相談に基づき低周波音を測定するときに、除外すべき音の精査のため録音をすることがありますが、**録音データは公にすることにより個人の権利利益を害するおそれがある、又は当該法人等の権利、競争上の地位その他正当な利益を害するおそれがある情報である**ため、川崎市情報公開条例第８条に従い開示しておりません。

以上、よろしくお願いします。

川崎市環境局環境対策部環境保全課

騒音振動担当　****

“録音データは公にすることにより個人の権利利益を害するおそれがある、又は当該法人等の権利、競争上の地位その他正当な利益を害するおそれがある情報である”

　とあります。その通りです。

正確なデータは、企業にとって不利なのです。

企業の地域協賛金

日本風力エネルギー株式会社

ご挨拶

私たち、日本風力エネルギー株式会社は、アジア太平洋地域最大級の独立系再生可能エネルギー発電事業者であるヴィーナ・エナジー グループ（本社シンガポール）の一員として、日本における風力発電事業を行っています。

（仮）鳥取風力発電事業は、地域の資源である「風」を活用させていただき、クリーンなエネルギーを次世

代に繋げていく事業です。私たちの発電事業が今後の地域経済発展の基盤の一部となるだけではなく、地域貢献活動を通じて、企業として社会的責任を果たせるよう精進して参ります。
（仮）鳥取風力発電事業の開発そして運営においては、地域の皆様との対話を図り、地域パートナーとして信頼していただけるよう努めて参ります。

2022.11.16

鳥取県伯耆町父原地区の公民館へエアコンを寄贈

鳥取県伯耆町父原地区の公民館へのエアコン寄贈に関し、感謝状を拝受いたしました。公民館で快適に過ごすことが可能になることで、公民館の利活用の促進が期待できます。 今後も地域の皆様のため環境整備を続けて参ります。

022.11.6

佐賀県大川町で 3 年ぶりに開催された「やってみゅ～だ花火大会」を協賛

佐賀県大川町のやってみゅ～だ花火大会を協賛しました。地域の多くの方が楽しみにしていた花火大会が、11 月 6 日に 3 年ぶりに開催されました。これからも地域を盛り上げるイベントへの支援を続けて参ります。

2022.5.16

佐賀県唐津市稗田地区・駒鳴地区・佐里上地区への公民館へ空気清浄機を寄贈

佐賀県唐津市稗田地区、駒鳴地区、佐里上地区の公民館へ空気清浄機を寄贈いたしました。空気清浄機の設置により、公民館の快適性の向上、感染症予防対策の強化を図ります。今後も地域の環境整備への貢献を続けてまいります。

2022.5.16

佐賀県唐津市志気地区公民館へセキュリティーカメラを寄贈

佐賀県唐津市志気地区の公民館へセキュリティーカメラを寄贈しました。セキュリティーカメラの設置により公民館の安全性が向上し、地域住民が安心して利用できるようになりました。今後も地域の環境整備への貢献を続けてまいります。

2021.10.17

福岡神社（鳥取県伯耆町）で行われた日本三大奇祭「蛸舞式神事」へ奉納

地元では「たこさん」の愛称で親しまれている奇祭「蛸舞式神事」が行われた福岡神社（鳥取県伯耆町）へお神酒等の奉納をいたしました。また、さきに福岡神社へ寄贈した織旗一対もご活用頂きました。「蛸舞式神事」は鳥取県無形民俗文化財となっております。今後も地域の伝統文化の伝承の支援を続けて参ります。

2023.5.25

常陸大宮市役所の駐車場へソーラーLED 街灯を寄贈

茨城県常陸大宮市役所の駐車場へソーラーLED 街灯を 4 基寄贈いたしました。街灯設置による防犯対策、停電時でも点灯するため、災害時の備えとしても活用頂けます。今後とも、地域の防災対策や環境改善の支援を続けて参ります。

場合によっては、道路補修をしてくれたり、共同アンテナの設置、二重窓の設置、クーラーを設置してくれる企業もあります。

“風車が立つとテレビが映らなくなり共同アンテナ立ててくれて、また窓は二重ににしクーラーもつけてくれた。集落の道路も広げきれいにしてくれたなで私らは何も言えないのだ。”

と思ってしまう住民もいるようです。

騙した方が悪いのです。気が付いた時点で、どんどん文句を言いましょう。

付けてもらった二重窓は役には立たないのです。これが役に立つのは、普通騒音計で 20Hz 以上の部分だけを測って、数値が小さくなったから問題ないと言って住民を騙すときにだけです。

低周波音・超低周波音による圧迫感や不快感は全く軽減されていないのです。

道路を直すのは自治体の責任です。それを業者に肩代わりさせてはいけないのです。そのようなことをすれば、結果として、住民が苦しむのです。

市民の常識1（聞こえなくても見えなくても影響が有る）

音は聞こえなくても影響が有る。ことは市民の常識です。美顔器は、周波数が高すぎて聞こえない音である超音波を使っています。強すぎれば、顔に火傷ができます。

大型風車の音では、0.5Hz 辺りの音の音圧が極めて高くなります。この音圧がさらに高くなれば、体内での音響キャビテーションが起きます。結果として体内に微小な気泡が発生します。この状態は潜水病とおなじです。頭痛が起きます。もちろん、音が消えて時間が経てば、気泡は体液に溶け込んでしまい痛みは消えます。

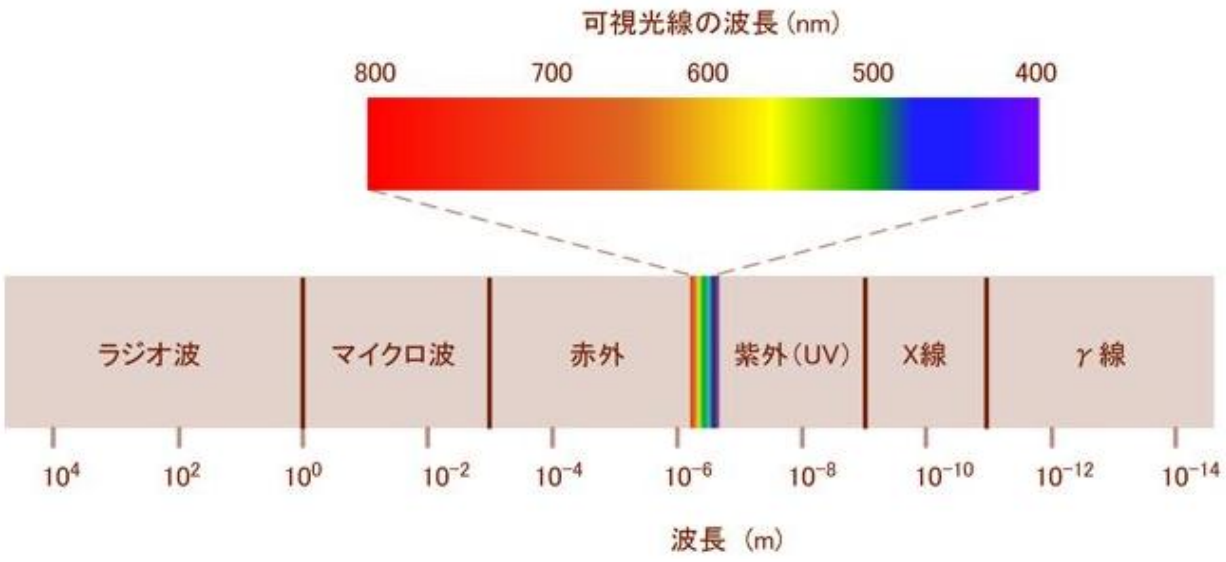
聞こえないことが、安全の理由にはならないのは、市民の常識です。もちろん、目に見えないことが安全の基準ではない事も市民の常識です。電磁波の場合を考えてみれば、

可視光線　（visible light）

人間の目に光として感じる波長範囲の電磁波。波長範囲の下限は360－400 nm、上限は760-830 nmである。可視光線の波長は、nm（ナノメートル）単位で表されることが多い。1 nm = 1×10^{-9} (0.000000001) m。波長によって異なる色感覚を与え、紫（380-430 nm）、青（430-490 nm）、緑（490-550 nm）、黄（550-590 nm）、橙（590-640 nm）、赤（640-770 nm）として認識される。

人間の視覚が色を認識するのは、網膜の視細胞である錐体にある、ヨドプシンと呼ばれるタンパク質の働きによる。人間の錐体には3種類あり、それぞれ青、緑、赤色の光を認識する。これらの3種類の錐体によって、すべての色を表現することができる。「光の3原色」とは、人間が3種類の色を認識することに基づいた考え方である。夜行性哺乳類には2種類の錐体しかなく、また、ムクドリは4種類の錐体を持っている。これらの生き物には、人間とは違う色の世界が見えていることになる。

植物の光合成のうち明反応過程は、葉緑体に含まれるクロロフィルなどの色素が、太陽光に含まれる可視光領域の光を吸収して起こる。その他にも、多くの化学反応が、可視光線の照射によって引き起こされる。



私たちの周りにはたくさんの電磁波が飛び交っています。FM 放送の周波数は 70～100MHz、地デジ放送が 400～700MHz、衛星放送はほぼ 12GHz です。携帯電話は 700MHz～3.5GHz で、電子レンジの周波数 2.45GHz とほぼ同様の周波数帯です。 しかも、電子レンジ内の電磁波は金属の壁に反射しますが、電子レンジの外に強い電磁波が漏れることはありません。ガラスがはめ込まれたドア部分にも金属のシールドが施されています。さらに、電子レンジは電波法令で管理されています。 電子レンジから漏れてしまう電磁波の強さに対する日本及び米国の安全基準は、電子レンジから 5 ㎝の位置で 5mW/cm2(電力密度)以下と定められており、実際に測定してもそれを越えることはありません。さらに電子レンジから 50cm も離れれば、電力密度は 1/100 以下になる実験結果もあります。

電子レンジの周波数 2.45GHz は、
2.45GHz＝2.45*1,000,000,000Hz　、３０万ｋｍ＝300,000ｋｍ＝300,000,000ｍ　なので。
波長は、300,000,000/2.45*1,000,000,000＝3/（2.45*10）＝3/24.5＝0.12m
となり、マイクロ波と言われるものにあたります。
この波長は、可視光線の範囲には入りません。目では見えません。耳で電磁波を聞ける人はいません。匂いも感じません。普通の感覚では捕らえられないと思います。
でも、人間の体は、この電磁波に対して直接的に反応します。人間が電子レンジに入れば、体液が高温となり、死亡します。感覚閾値以下でも、非常に強い影響があります。
紫外線も、可視光線ではありません。でも、私たちの体は、直接反応します。日焼けして水ぶくれが出来ます。見えない物にも、人間の体は反応するのです。

光の場合は、かなり調べられているが、音は、難しい。最大の理由は、１Hz、２Hz の音を出すのが難しいからです。
当然のことですが、聴覚だけが感覚ではない。
人間は振動も感じる。低周波で障子ががたつく事例（共鳴）の報告もある。風車の振動が地中伝搬によって被害者の住宅まで届く例もある・
家やマンションが共振することも十分考えられる。精密騒音計を振動レベル計があれば、計測可能である。家やマンションが共振で振動すれば、私たちはその揺れを感じることが出来る。地震のときに揺れを感じるのだから。
障子や家具はもちろん、建物全体（家やマンション）としての共振については、風車周辺で超低周波音を周波数成分ごとに調べ、各成分の影響を考えなくてはならない。
さらに、電子レンジ、紫外線の場合のような、直接的な反応に関連して、音響キャビテーションについても十分研究しておく必要がある。これについては、動物実験も可能だと考える。

有識者が、聴覚閾値のみを理由に挙げるのは、自らの役割を放棄しているとしかいえない。
聴覚閾値の設定された背景と、その根拠となる実験結果や統計的な根拠はなにか、についても明確にすべき。

市民の常識2（風雑音と二重防風スクリーン）

風雑音に関して次の様に教えていただいたことがあります。

“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。”

同意出来ません。正直に言えば、悪い冗談かと思いましたが、そのようなことをいう人ではないので、本当にそう思っているようです。

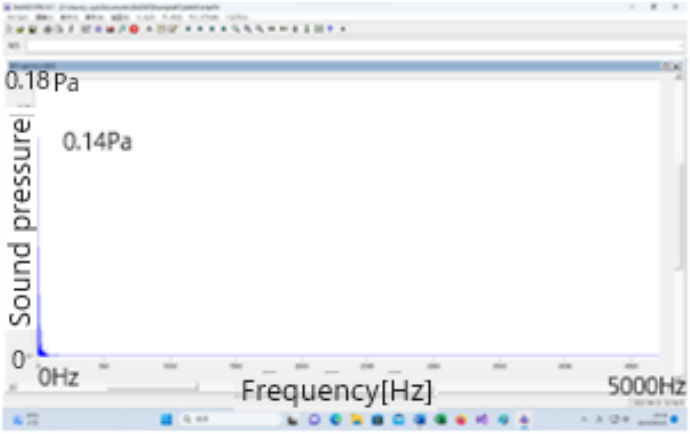
環境省は、

平 成 29 年 5 月 26 日
風力発電施設から発生する騒音に関する指針について
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。通常の環境騒音の測定においては雑音を抑制するため強い風を避けることとされているが、本指針における残留騒音及び風車騒音は風力発電施設が稼働する風のある条件で測定する必要があることから、原則として、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」に定める方法により、地域の風況等の実態を踏まえ適切に行うこととする。
残留騒音及び風車騒音は、人の生活環境を保全すべき地域において、屋内の生活環境が保全されるように、

屋外において風車が稼働する代表的な風況下において、昼間（午前６時から午後 10 時まで）と夜間（午後 10 時から翌日の午前６時）の値をそれぞれ求める。
得られた残留騒音の値に５dB を加えた値を指針値とする。ただし、残留騒音が 30dB を下回る場合等（前述の「３.風車騒音に関する指針値」を参照）は、下限値（地域によって 35dB 又は 40dB）を指針値とする。
その上で、得られた風車騒音を指針値と比較するものとする

さて、**“騒音の評価尺度はいずれも A 特性音圧レベルを用いる”**とのことだが、

風車騒音（０～5000Hz)（風が弱い日）



エネルギーの分布は次の様になっています。

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%

さて、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。風車音のエネルギー分布は１点集中型である、と言えます。

Ａ特性音圧レベルの計算は、20Ｈｚ以上の周波数成分を対象としていて、それ以外の超低周波成分は無視して計算します。

従って、計算対象となるのは、風車音のエネルギーの７％程度なのです。この数値と風車による被害との関係性が薄いことは、明らかです。それは、カナダ保健省のＨＰからも分ります。

平成２９年５月　環 境 省
風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル
3.2 騒音の測定機器
(1) 騒音計（サウンドレベルメータ）
本マニュアルにおける風車騒音の測定には、計量法第 71 条の条件を満たし、**JIS C 1509-1** の仕様に適合する騒音計（サウンドレベルメータ）で、以下の機能を備えているものを使用する。
(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。**

としています。

JIS C 1509-1 の仕様　を確認します。
（注意）
騒音計の新規格であるサウンドレベルメータ（騒音計）JIS C 1509-1:2005 では、性能の等級をクラス 1 とクラス 2 とに分けており、性能的にはクラス 1 は旧 JIS C 1505（精密騒音計）に、クラス 2 は旧 JIS C 1502（普通騒音計）にほぼ相当しています。また現行の計量法における特定計量器検定検査規則（第 814 条）には、騒音計の種類として、「精密騒音計」と「普通騒音計」が明記されています。これ以降は、クラス 1 は精密級、クラス 2 は普通級とほぼ同機能として話を進めていきます。
7-2 普通騒音計（クラス 2）と精密騒音計（クラス 1）の違いについて
普通騒音計は、屋外、工場、事務所などの環境騒音測定を目的とした騒音計で、現場での計測を低価格で簡単に行なうことを目的としています。それに対して、精密騒音計は、様々な分野の騒音研究、あるいは機械装置の騒音評価を行うユーザのあらゆる計測条件にも対応できることを目的としています。両騒音計とも、その基本仕様は計量法、JIS に基づいており、その主な違いは下表のようになります。
○ JIS 規格
表 7-2　クラスによる性能の違い（JIS 規格）

	クラス 2（普通級）	クラス 1（精密級）
レベル直線性誤差（dB） （入力レベルの 10 dB 以内の変化に対して）	±0.5（±0.8）	±0.3（±0.6）
レベル直線性誤差（dB） （上記以外）	±1.1（±1.4）	±0.8（±1.1）
周波数範囲（Hz）	20 ～ 8 kHz	16 ～ 16 kHz

となっています。　クラス１でも計測できる周波数の範囲が、16～16ｋHz です。そもそも風車の超低周波音を測るつもりはない。との態度表明です。

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）に於いて、
“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。“
としているが、

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る。

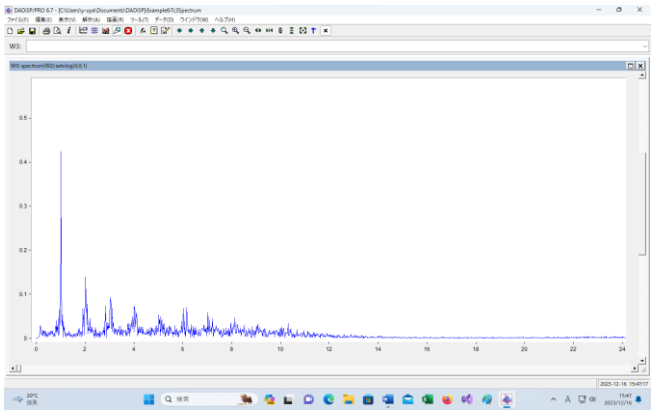
風車の近くでの計測で、
騒音計をビニール袋に入れて、それを段ボール箱に入れて、ビニールをかぶせて、



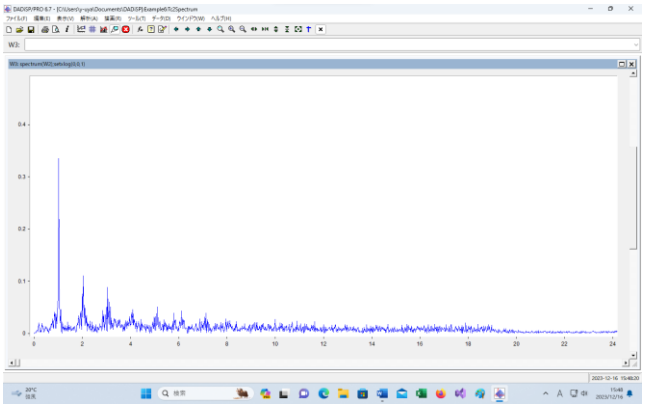




袋と箱に入れ、ドアを閉めた場合は、Max. 0.42Pa

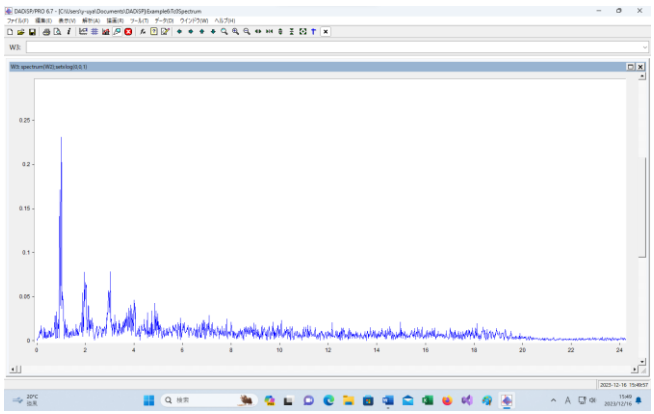


袋と箱に入れ、ドアを開けた場合は Max. 0.33Pa



袋から出して、箱の上においた結果は　Max. 0.23Pa





マイクに、風が当たらないので、これは風雑音ではありません。
風車による、超低周波音が計測されたのです。
風車が近くにあれば、マイクに風が当たらないときの結果と、マイクに風を当てたときの結果を比べると、音圧が高く、規則的な周波数を持った超低周波音は、どちらでも観測されます。
音圧が高くて規則的な周波数を持っている部分は、風が当たっても当たらなくてもよく似ています。
これは、風がマイクに当たる事による、雑音部分の音圧が小さいことを意味しています。

風車が無ければ、マイクに風を当てても、音圧が高く規則的な周波数を持つ超低周波音は計測されない。

風車が無い場所で、マイクに風を当てて計測すれば、音圧が低くて、周波数に規則性が無い、超低周波音が計測されます。風車が有る場所では、音圧が高くて、規則的な周波数を持っている超低周波音が計測されます。

左が風車の近くの音、右は風車がない場所でマイクに風を当てて収録した音の超低周波音の部分です。

図５．風車音（館山風の丘）０～25Hz

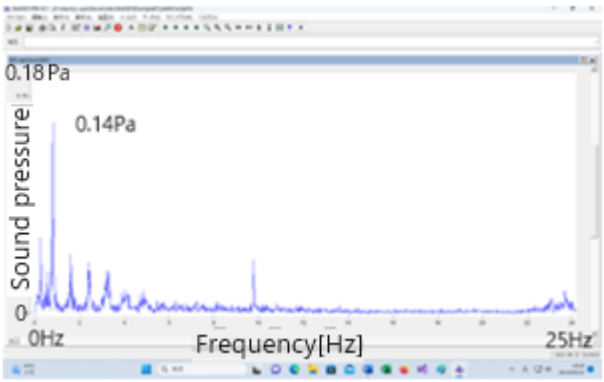
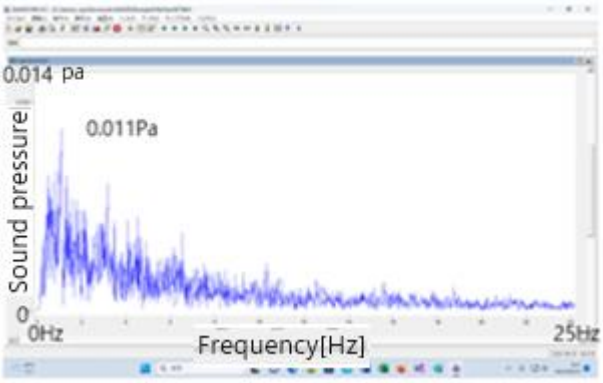


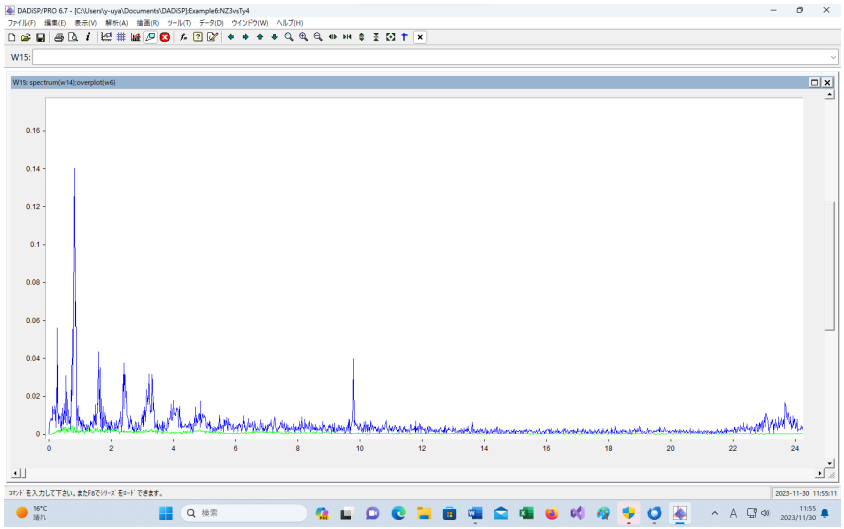
図６．長尾神社の音　０～25Hz



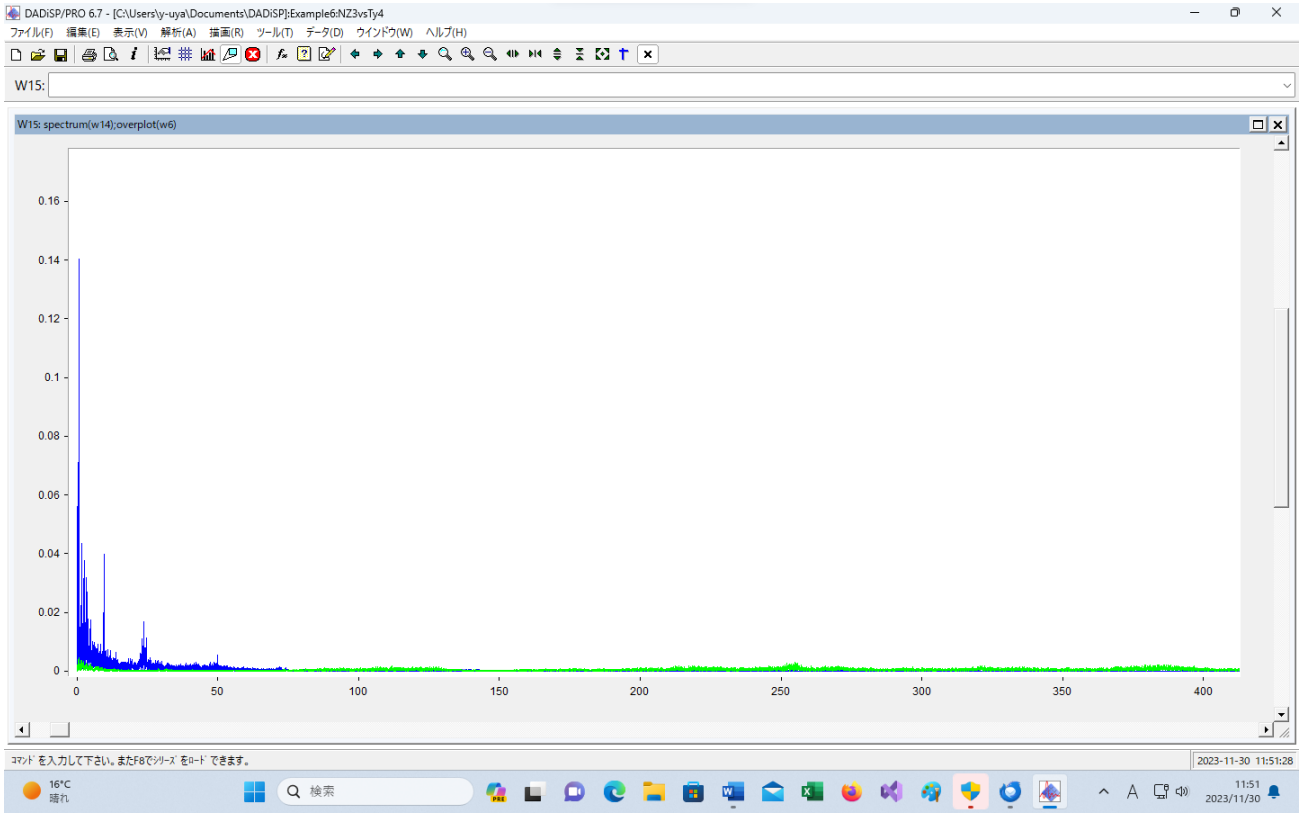
風車の近くでは 0.14Pa、風車が無い場所では 0.01Pa の音圧を持っている超低周波音が存在します。だから、風車の近くでは音圧が 10 倍です。音圧は、風速で変化します。風車の近くで 0.37Pa、風車が無い所で 0.003Pa の時もあります。これだと音圧は 100 倍です。

次のグラフは、青い線が風車の近くの超低周波音、緑の線が風車が無い場所での超低周波音です。

0～24Hz までの拡大図、風車音（青）と神社の音（緑）の周波数スペクトル



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



緑の線が、風をマイクに当てて、風車の無い所で計測した風雑音です。風がマイクに当たって計測される音は周波数に関係なくほぼ一定で、音圧も低いのです。

特に、超低周波音の領域では、風車の超低周波音に比べてみれば、無視しても問題ない大きさです。

風車の近くの超低周波音の周波数には、明らかな規則性がありますが、緑のグラフには、規則性は見られない。

風車音の音圧がピーク値となるのは、風車の回転数を毎分 R 回、羽の枚数を Z として、f=RZ/60[Hz]と置いたとき、f/3、2f/3、f、2f、3f、4f、…Hz の所で音圧がピークとなることが分ります。

この原因が、風がマイクに当たったことによる“風雑音”だとすれば、風雑音には、風車の近くでの音圧が高く規則的な周波数を持つものと、風車の無い場所での音圧が低く周波数に規則性が無いものがあるという事になります。この２種類の“風雑音”の区別することが必要になります。

もちろん、この周波数でピーク値となる理由を考えて、風車音が発生する仕組みを理解すれば、これは“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。

“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。“として超低周波音を除外する方法は。下手すぎる嘘でした。

“伊方町の２世帯（風車から２１０～２４０m離れている。）で３１．５ヘルツ（60ｄB）の低周波音が突出しており,”

ではなく、

1Hz や２Hz（70ｄB）の超低周波音が突出している。と書くべきです。これは風雑音ではなく、風車からの超低周波音なのです。

同様の嘘は、MIT の論文にもあります。

Journal of Occupational and Environmental Medicine（産業環境医学ジャーナル）の論文

Wind Turbines and Health

A Critical Review of the Scientific Literature

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.

では、

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 pseu-dosound 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。

これが、間違いなのか、意識的な嘘なのかは不明だが、どんなに優れた人でも間違えます。

だからこそ、実際に計測した結果に基づいての議論が必要なのです。計測結果の公開が必要なのです。

二重防風スクリーンの効果は、

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。

とあり、

９ｃｍの防風スクリーンに比べての減衰が書いてないが、20ｃｍのものに比べて 10ｄＢの減衰とある。９ｃｍに比べれば、さらに減衰量は大きいと考えられる。

10ｄＢの減衰という事は、実際の音圧の 1/3 程度のものとして観測値が出るという事になります。９ｃｍのもので計測したものと比べれば、さらに小さな数値になっているという事です。

これでは被害の原因が分らないのも当然です。原因が分らなくなるように、数値を計算しているのです。業者が計測している隣で、第三者や、住民や、県や市が、独自の機材で計測することが必要です。そのうち１台は、車の中に置いて、風が当たらないようにして計測する必要があります。

もちろん、業者が使っている計測機材も確認して、その機能が因果関係を明確に出来るものか、出来ないものかを確認する事も必要です。

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

の付録には、次の様に書いてあります。

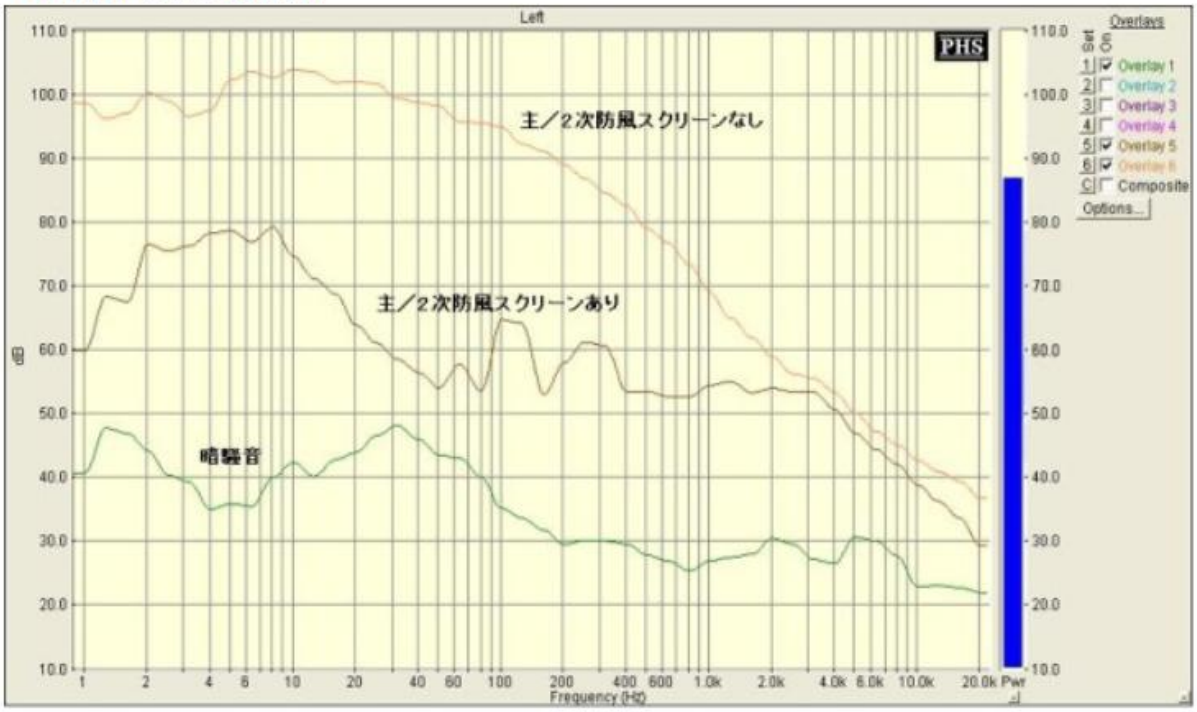
『風切音低減・防水性・音響透過性』の３拍子揃った
風力発電用の専用ウインドスクリーン
【新開発】
風力発電用全天候ウインドスクリーン NA-0380
定価
240,000円

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 の辺りで、38ｄB 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、実際の音圧の 1/3～1/100 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。

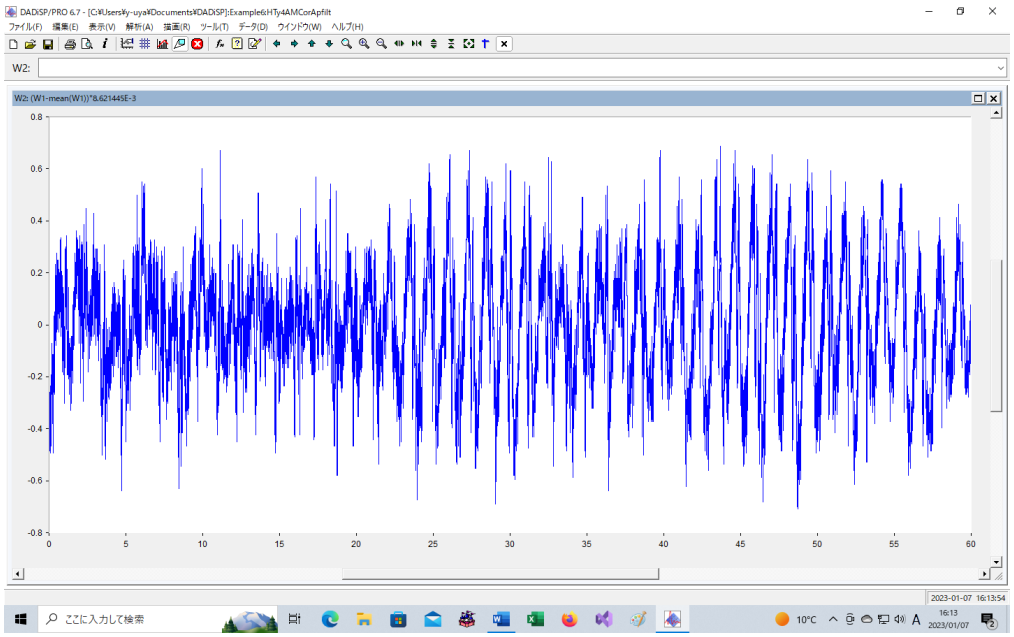
市民の常識3（振幅変調）

振幅変調音という話もありますが、学者の方は証拠となるデジタルデータを公開しません。

デジタル信号処理に関しては、市民の常識は学者の知識をはるかに超えています。データが公開されれば、嘘を直ちに見破ります。

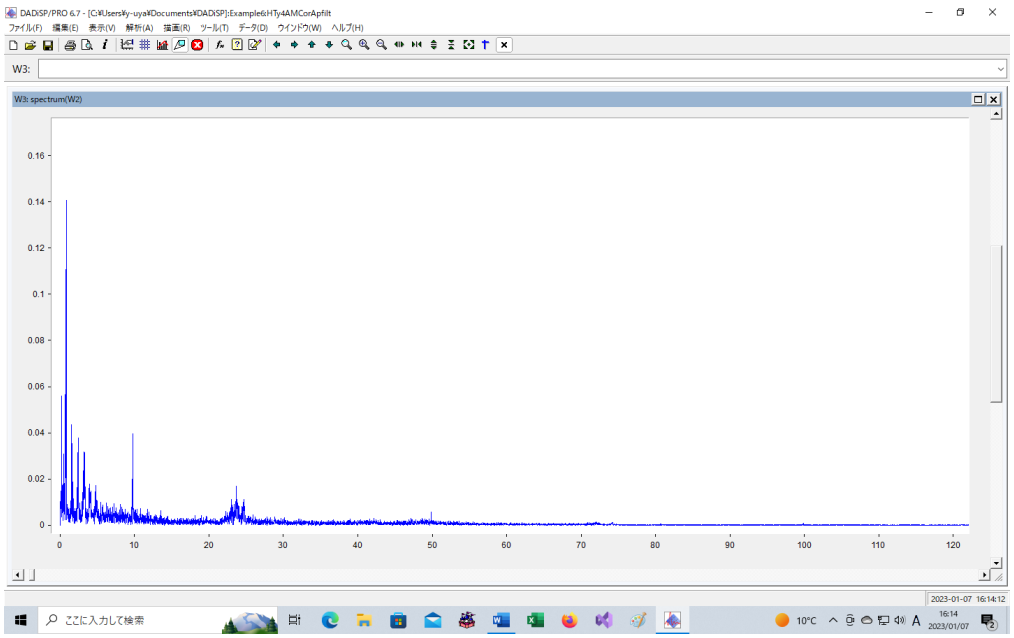
学者は、住民を胡麻化すために努力します。いくら物珍しいといっても、“振幅変調説に乗ってはいけません。”風車音を分解してみればすぐに分かります。

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。）



上のグラフは、スカスカです。これは、高周波成分が極めて弱いことを意味しています。

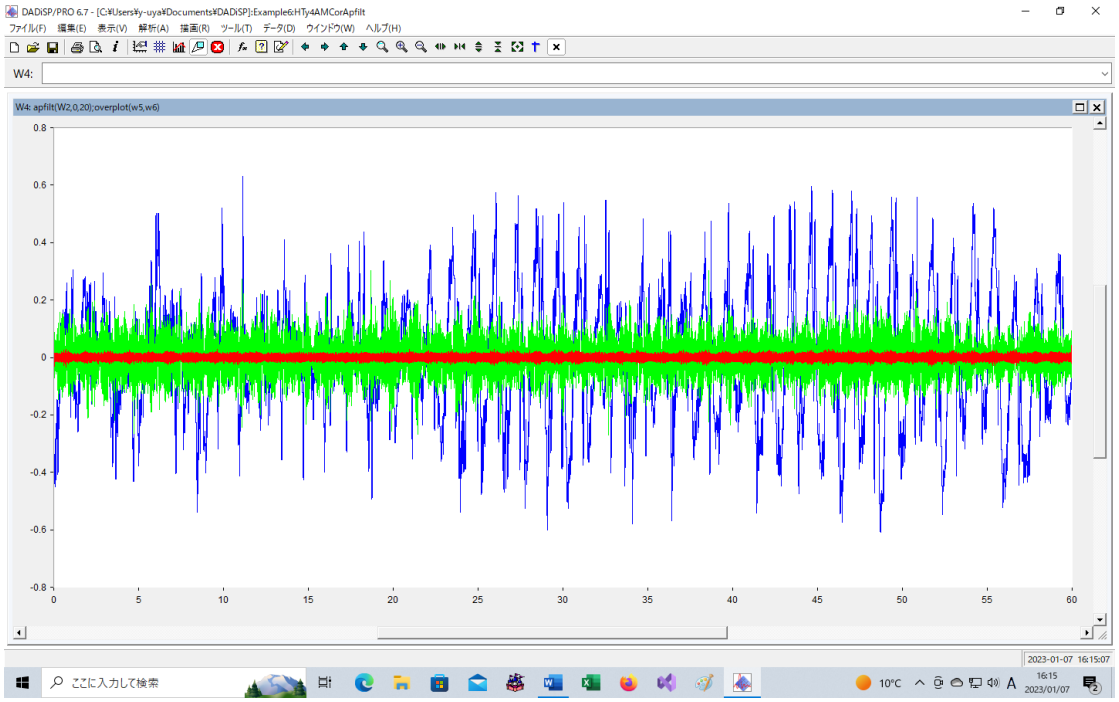
低周波部分を拡大した、周波数スペクトルは次のグラフです。50Hz 以下の成分が大半を占めています。このグラフからも、200Hz 以上の成分は、微弱なものであることが分かります。



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。

0Hz～20Hz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。

1/3 オクターブ解析の結果として振幅変調があると主張する人はいます。その時は計測データそのものを公開してもらって再確認することが必要です。場合によっては現地での再計測も必要です。

市民の常識4（FFT）

なお、周波数成分と FFT に関する市民の認識内容は、次のようなごく普通のものです。

FFT について

FFT と言う用語がてくるので、FFT の前提となる基本的な概念につい確認しておきます。

Functional Analysis （Kosaku Yosida） p 86 には

4. The Orthogonal Base, Bessel's Inequality and Parseval's Relation

Definition 1. A set S of vectors in a pre-Hilbert space X is called an orthogonal set, if $x \perp y$ for each pair of distinct vectors x, y of S. If, in addition, $|x|=1$ for each $x \in S$, then the set S is called an ortho-normal set. An orthogonal set S of a Hilbert space X is called complete orthogonal system or an orthogonal base of X, if no orthogonal set of X contains S as proper subset.

Theorem 1. A Hilbert space X (having a non -zero vector) has at least one complete orthonormal system. Moreover, if S is any orthonormal set in X, there is a complete orthonormal system containing S as a subset.

Theorem 2. Let $S = \{x_\alpha; \alpha \in A\}$ be a complete orthogonal system of a Hilbert space X. For any $f \in X$, we define its Fourier coefficients (with respect to S)

$$f_\alpha = (f, x_\alpha)$$

Then we have Parseval's relation

$$|f|^2 = \sum_{\alpha \in A} |f_\alpha|^2$$

Corollary 1. We have the Fourier expansion

$$f = \sum_{j=1}^{\infty} f_{\alpha j} x_{\alpha j} = s\text{-}\lim_{n\to\infty} \sum_{j=1}^{n} f_{\alpha j} x_{\alpha j}$$

Corollary 2. Let $l^2(A)$ be the space $L^2(A, B, m)$ where $m(\{\alpha\})=1$ for every point α of A. Then the Hilbert space X is isometrically isometric to the Hilbert space $l^2(A)$ by the correspondence

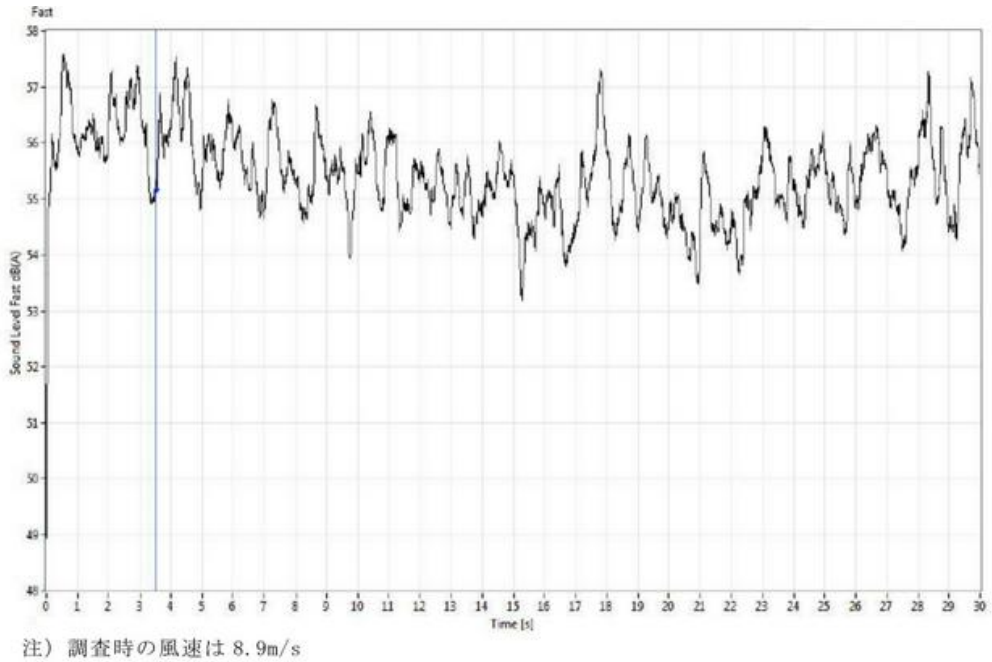
$$X \ni f \leftrightarrow \{f_\alpha\} \in l^2(A)$$

In the sense that
$(f+g) \leftrightarrow \{f_\alpha + g_\alpha\}$, $\beta f \leftrightarrow \{\beta f_\alpha\}$, and $|f|^2 = |\{f_\alpha\}|^2 = \sum_{\alpha \in A} |f_\alpha|^2$

Example. $\left\{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{int}; n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\right\}$ is a complete orthogonal system in the Hilbert space $L^2(0,2\pi)$

とあり、$e^{i\theta} = cos\theta + i\, sin\theta$ となるので、$L^2(0,2\pi)$ に少し条件を付ければ、関数を三角関数の無限級数で表現できることになる。
コンピュータの計算では、無限級数を扱うのは無理なので、離散化したデータを使って近似計算することになる。その計算を高速で行う技術が FFT である。

心配なので、関数空間についても簡単に説明しておきます。
スウィッシュ音とやらのグラフを見ながら説明します。



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

上のグラフの横軸は時間です。
時間が連続であり、実数と同じような性質を持つかどうかは不明ですが、ここでは実数と同様の性質を持つとしておきます。

実数は、有理数（分数）の列｛1/1、14/10、141/100，1414/1000、。。。　｝を作り、沢山の有理数列を収束の観点から上手くグループに分けて、そのグループに実数と名前を付ければ、完備、可分な性質を持つ実数の全体が作れます。（実数は、完備可分なアルキメデス型の順序体とした方が良いかもしれません。）

時間を実数で表現できたとすれば関数が作れます。変量ｙが時刻ｔによって決まるなら、ｙ＝ｆ（ｔ）と書いて、時刻ｔを独立変数とする関数が得られます。ｙ＝３ｔとか、ｙ＝ｔ^2+2t+1 です。
横軸をｔの値、縦軸をｙの値として、対応する点を取り、それらを滑らかに結べば、グラフが出来ます。
計測を必要とする場合は、ｔの値は、計測した時間によって決まり、滑らかな曲線ではなくてグラフは点線になります。
本来、滑らかなグラフがあるのだが、その滑らかなグラフ上の点をいくつか選んだものだと考えます。

上のスウィッシュ音のグラフが、y＝ｆ（ｔ）と書けたとしましょう。上のグラフを見ると、かなり複雑です。
ｆ（ｔ）をｔの式として、具体的に書けと言われたら、かなり困ります。
どうしてもやれと言われたら、グラフ上に沢山点を取って、多項式で近似するかもしれません。
でも、よく考えてみると、とっても複雑な多項式が得られても、何も良いことはありません。

関数には沢山の種類があります。多項式のように形は単純だが、扱いにくいやつ。
Y=e^(iωt)のように見た目は変だが、とっても役に立つやつ。
これよりは、扱いやすい y=sin t 、 y=cos t のようなもの。
積分でしか書けないようなものなどなど、、、

こんな関数がたくさん集まっている全体を、関数空間と呼びます。
一定の基準で関数をグループ分けしたとき、かなり扱いやすくて役に立ちそうな関数のグループが

$$L^2(0,2\pi)$$

です。この中で周期２πのものを集めると、良いことが起こります。
y=sin t 、 y=cos t のような基本的な波を意味する関数を使えば、そのグループの他の関数が表現できるのです。Y=e^(i ω t) も y=sin t 、 y=cos t の親戚です。

このような三角関数の和として、関数を書き直せば、元の関数が、ゆっくり動く波と、激しく動く波の和として表現できたことになります。
これが、フーリエ級数による関数の表現です。この中の、ゆっくり動く波の部分が低周波成分です。
激しく動く波の成分が、高周波成分です。

この技術は、今のＰＣを使えば、簡単に出来ます。スウィッシュ音なんて言わないで、常識的なＦＦＴの技術を使えば良いのです。
この簡単なことをやらないで、スウィッシュ音などと言いうのは、ＦＦＴを計算したとたんに、超低周波音の成分が、非常に高い音圧で存在していることが、一目瞭然となるからです。

アルキメデス から、2000 年以上続く数学の研究の成果を無駄にしてはいけません。これを無視してしまえば、日本の学術研究の力が、世界で一番低くなってしまいます。
スウィッシュ音の概念を提唱することは、日本の学問のレベルを破壊することになります。

２．３　フーリエ変換とＦＦＴ
２．３．１　離散フーリエ変換
離散信号 x (n)に対して、ω の関数

$X(\omega)=\sum_{-\infty}^{\infty} x(n)e^{-in\omega}$

を、 x (n)のフーリエ変換とよびます。これは、 z 変換の z に$e^{i\omega}$ を代入したものです。
原点を中心とする半径１の円（単位円）が先の環状領域に含まれるならば、積分路を単位円上にとって、$z=e^{i\omega}$ とするとき、$dz=ie^{i\omega}d\omega=izd\omega$となるので、

x (n)＝(1/(2 π i))　X(z)zn－1 dz　（環状領域内の閉曲線上の線積分）
$x(n)=\frac{1}{2\pi i}\oint X(z)z^{n-1}dz$　（環状領域内の閉曲線上の線積分）
$=\frac{1}{2\pi i}\int_{-\pi}^{\pi}X(\omega)e^{in\omega-i\omega}izd\omega$　$=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}X(\omega)e^{in\omega}d\omega$
が成立します。
フーリエ級数についての理論によれば、

$$\sum_{-\infty}^{\infty}|x(n)|^2<\infty$$

が成立するときには、パーセバルの等式

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}|X(\omega)|^2d\omega=\sum_{-\infty}^{\infty}|x(n)|^2$$

が成立します。

このフーリエ変換に対して次の条件を付けて考えてみましょう。最初に、x (n) は n＝0,1,2,...,N-1　以外は全て０だとすれば、級数は

$$X(\omega)=\sum_{n=0}^{N-1}x(n)e^{-in\omega}$$

となります。

本来この式のωは連続的の変化するのですが、つぎのような有限個のωの値についてのみ考えることにします。

$\omega_k=\frac{2\pi k}{N}$　　（k=0,1,2,...,N-1）

すると、

$$X(\omega_k)=\sum_{n=0}^{N-1}x(n)e^{-in\omega_k}=\sum_{n=0}^{N-1}x(n)e^{-\frac{in2\pi k}{N}}$$

となります。

さらに

$$W_N=e^{-\frac{i2\pi}{N}}$$

とおけば、

$$X(\omega_k)=\sum_{n=0}^{N-1}x(n){W_N}^{nk}$$

とかけます。式を対称的に表現するために、 $X(k)=X(\omega_k)$とします。すると

$X(k)=\sum_{n=0}^{N-1}x(n){W_N}^{nk}$　　(k=0,1,2,...,N-1)

となります。この変換を離散フーリエ変換(ＤＦＴ)と呼びます。

この離散フーリエ変換の逆変換が可能であり、

$x(n)=\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1}X(k){W_N}^{-nk}$　(n=0,1,2,...,N-1)

が成立します。これを、離散フーリエ逆変換(ＩＤＦＴ)と呼びます。

この逆変換の式が成立することは、

$(W_N)^k=e^{-\frac{i2\pi k}{N}}=1$

となるのは、k が N の整数倍となるときに限ることに注意すればすぐ分ります。

これから、

X (k)＝X (k＋Nt), x (n)＝ x (n＋Nt)　　t=..,-2,-1,0,1,2,..

が成立すること、すなわち、周期が N　であることもすぐ分ります。

ＦＦＴ

最初にＤＦＴの内容について考えましょう。記号を少し変えてＤＦＴを表現すれば、

Ｎ個の複素データ　f(0),f(1),f(2),…,f(N-1)

に対して、

Ｎ個の複素データ　F(0),F(1),F(2),…,F(N-1)

を次の様にして対応させるものです。

$F(n)=\sum_{k=0}^{N-1}f(k)e^{-\frac{i2\pi nk}{N}}$　(n=0,1,2,…,N-1)

この計算を実行するにはかなり時間がかかります。もし、Ｎが２の巾乗の形ならば、特別な工夫によって効率的に計算できます。この特別な場合のＤＦＴを、ＦＦＴとよびます。

ＤＦＴの意味について考えるには、連続的なデータに近い場合を考えると分りやすいでしょう。

1024 個の数値

sin(2πk/1024)　　（k=0,1,2,…,1023）

に対するＦＦＴの結果を調べてみましょう。

N=1024 として計算すれば、

$$F(n)=\sum_{k=0}^{N-1} sin(2\pi k/N)e^{-\frac{i2\pi nk}{N}}=\frac{N}{2\pi}\sum_{k=0}^{N-1}\frac{2\pi}{N}sin(2\pi k/N)\{\cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)-i*sin(\frac{2\pi kn}{N})\}$$

となり、n＜＜N の場合には積分で近似できて、

$$F(n)=\frac{N}{2\pi}\{\int_0^{2\pi}\sin(x)\cos(nx)dx-i\int_0^{2\pi}\sin(x)\sin(nx)dx\}$$

となり、三角関数の直交性に注意して F(1) を計算すれば、

$$F(1)=\frac{N}{2\pi}\{\int_0^{2\pi}\sin(x)\cos(x)dx-i\int_0^{2\pi}\sin(x)\sin(x)dx\}$$

$=\frac{1024}{2\pi}\{-i\int_0^{2\pi}\sin(x)\sin(x)dx\}=\frac{1024}{2\pi}\left\{-i\int_0^{2\pi}\frac{1}{2}(1-\cos(2x))dx\right\}=\frac{1024}{2\pi}\{-i\frac{2\pi}{2}\}$=-512i

となります。

最初の数列が関数ｆ(x)のサンプリングされたＮ個の値からなるとしましょう。

この ｆ(x)が周期関数で有限和のフーリエ級数で表現できて、

$$f(x)=\frac{1}{2}a_0+\sum_{m=1}^{t}\{a_m\cos\left(\frac{x2\pi m}{N}\right)+b_m\sin(\frac{x2\pi m}{N})\}$$

だとします。

n＜t＜＜N の場合には、

$$f(x)=\frac{1}{2}a_0+\sum_{m=1}^{t}\{a_m\cos\left(\frac{x2\pi m}{N}\right)+b_m\sin(\frac{x2\pi m}{N})\}$$

に対する FFT の結果については、積分になおして、三角関数の直交性を使えば、

$F(n)=\sum_{k=0}^{N-1}f(k)e^{-\frac{i2\pi nk}{N}}$　　(n=0,1,2,…,N-1)

$$F(n)=\sum_{k=0}^{N-1}\{\frac{1}{2}a_0+\sum_{m=1}^{t}\{a_m\cos\left(\frac{k2\pi m}{N}\right)+b_m\sin(\frac{k2\pi m}{N})\}e^{-\frac{i2\pi nk}{N}}$$

$$=\frac{N}{2}(a_n-ib_n)$$

となるので、実部が cos 波、虚部が sin 波の存在を示し、しかもその係数の(N/2)倍になっていることが分ります。

n が N/2 に近い場合は高周波成分の存在を意味しますが、それを積分によって直接解釈することは出来ません。

しかし、n が N に近い場合には、次のように考えることが出来ます。

exp(i2πNk/N)＝1 なので、

F(n)＝Σf(xk)exp(-i2πnk/N)

＝Σf(xk)exp(-i2πnk/N) exp(i2πNk/N)

＝Σf(xk)exp(i2π(N-n)k/N)

＝{Σf(xk)cos(2π(N-n)k/N)} + i{Σf(xk)sin(2π(N-n)k/N)}

F(N-n)＝Σf(xk)exp(-i2π(N-n)k/N)

＝{Σf(xk)cos(2π(N-n)k/N)} - i{Σf(xk)sin(2π(N-n)k/N)}

となるから、F(N-n) については

F(n)＝a＋bi　ならば、F(N-n)＝a－bi

となりますので、F(N-n)は F(n)の共役複素数（鏡像）になっています。

各周波数成分の存在についてはグラフの左半分に注目して考えることが必要です。

$$F(n)=\sum_{k=0}^{N-1}\{\frac{1}{2}a_0+\sum_{m=1}^{t}\{a_m\cos\left(\frac{k2\pi m}{N}\right)+b_m\sin(\frac{k2\pi m}{N})\}e^{-\frac{i2\pi nk}{N}}$$

$$=\frac{N}{2}(a_n-ib_n)$$

となるので、実部が cos 波、虚部が sin 波の存在を示し、しかもその係数の(N/2)倍になっていることが分ります。そこで、

$\frac{N}{2}F(n)=(a_n-ib_n)$ として、さらに絶対値を求める。(絶対値は$\sqrt{(a_n^2+b_n^2}$となり、三角関数を合成した時の振幅となる。)

そして、この絶対値のグラフの左半分だけを表示するのが、spectrum()　です。

これによって、各周波数成分の強さが分かります。

市民の常識5（風車音の指向性）

環境省や企業は風車を点音源として騒音予測を行いますが、風車音が強い指向性を持っている事は、市民の常識です。また、風速によって音圧も激しく変化する事も市民の常識です。点音源として扱ったのでは、風車音による被害の予測は出来ないのです。

風車の近くでは、超低周波音は指向性を持ちます。

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

によれば、

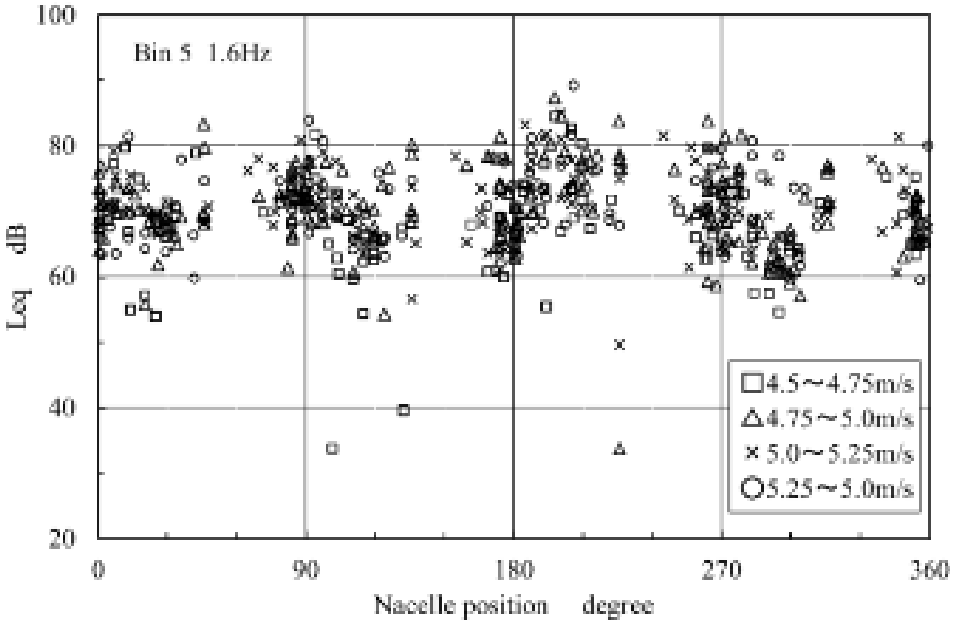
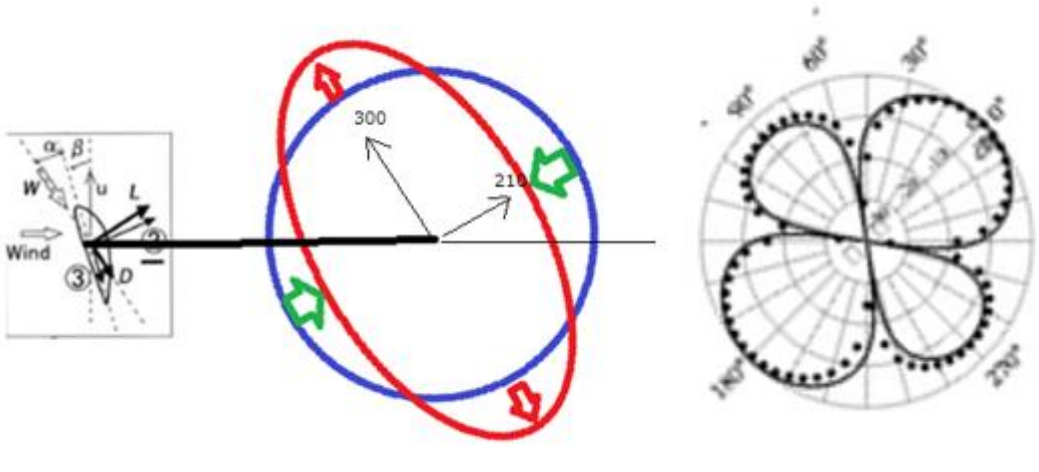


図 6　Bin 5 中心周波数 1.6Hz の指向性分布

となっていて、風車の回転軸との関係を図示すれば、次の様になります。



風車を点音源として扱うのは間違いなのです。
ましてや、陸から２ｋｍの辺りに立ち並ぶ風車の場合は、大きな問題になります。

市民の常識6（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。

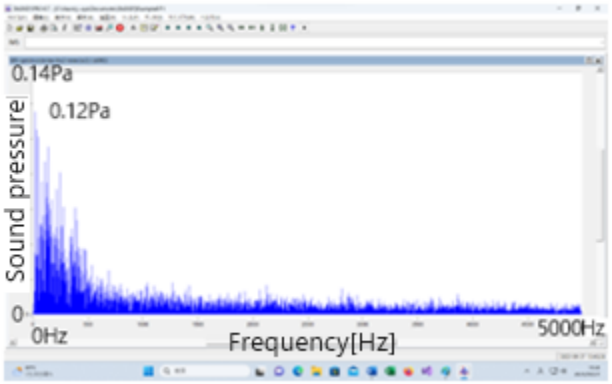


Fig.1 JFE iron mill ； Max 0.12[Pa](12Hz)

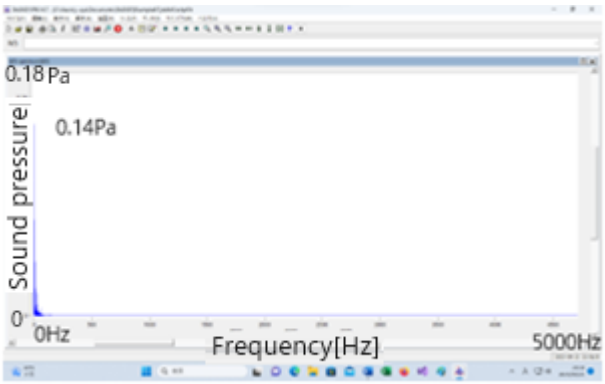


Fig.2 Wind turbine noise ； Max 0.14[Pa](0.8Hz)

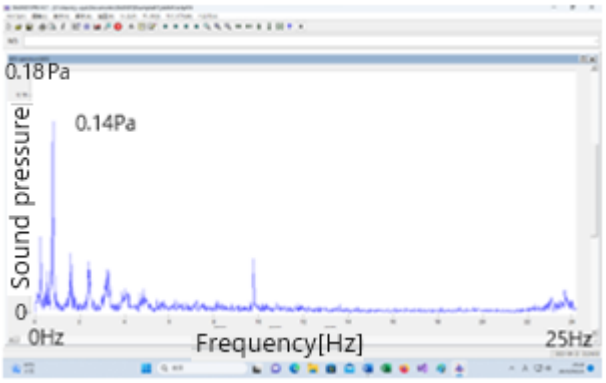


Fig.3 Wind turbine noise (0～25Hz)

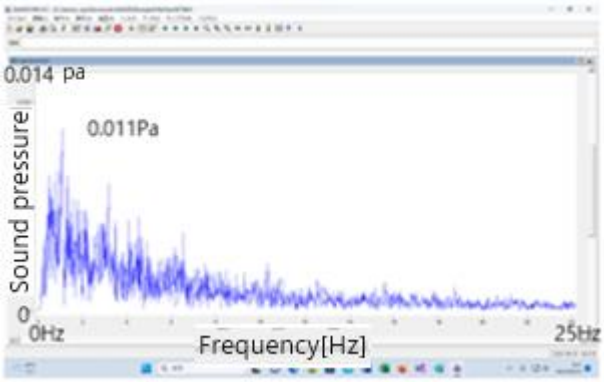


Fig.4 Nagao shrine (0～25Hz)；0.011[Pa](1.1Hz)

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%

Table 1 Energy distribution (0～5000Hz)

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 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。

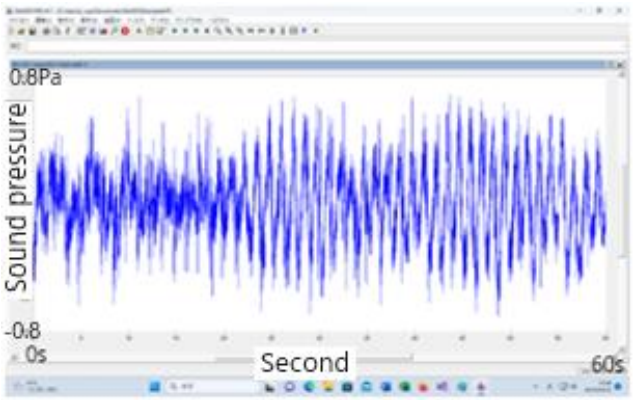


Fig.5 Wind turbine noise

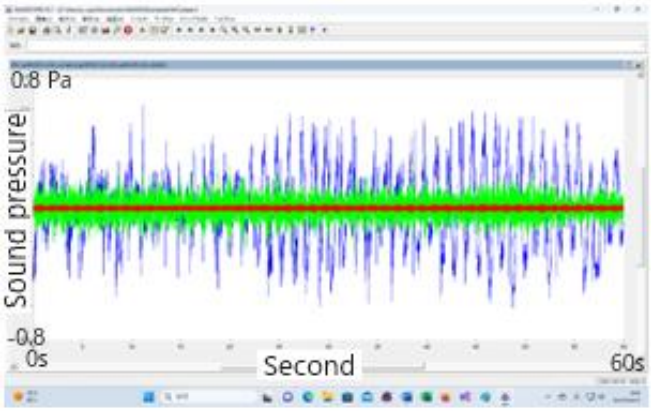


Fig.6 Separated Wind turbine noise

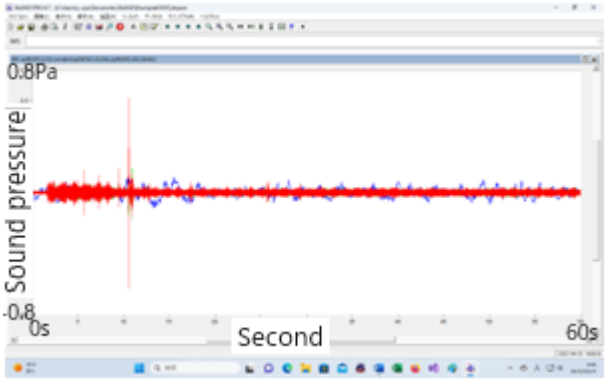


Fig.7 Separated sound from speaker

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。

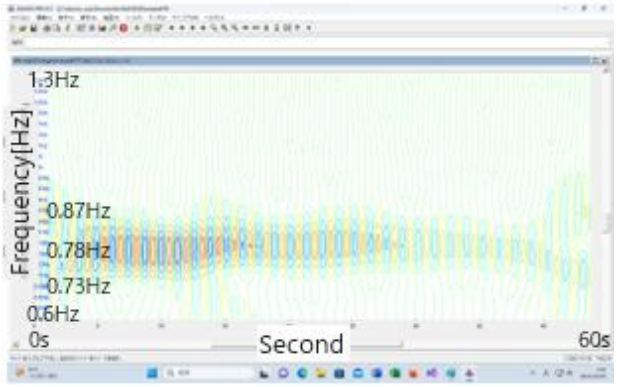


Fig.8 Fine fluctuation nearby 0.8Hz

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 1.6Ｈｚ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。

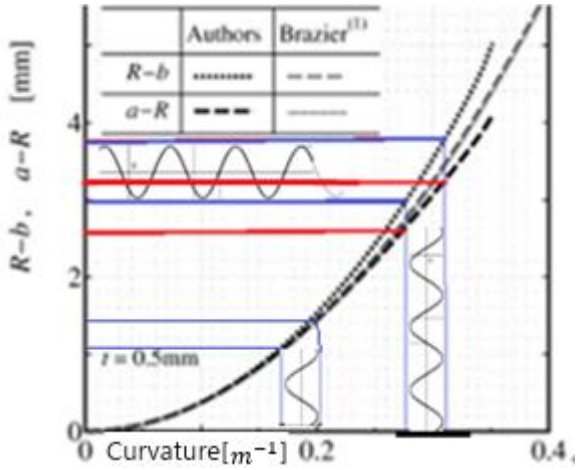


Fig.9 Force fluctuation and side vibration

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。

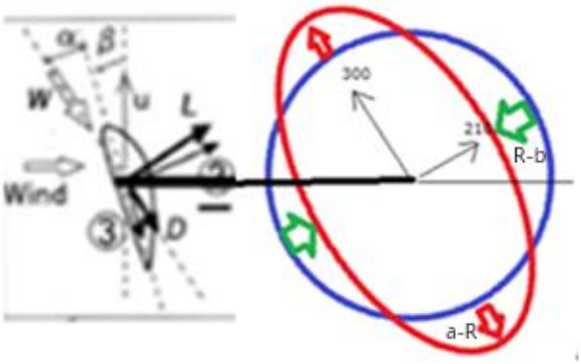


Fig.10　Lifting vector and modification

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。

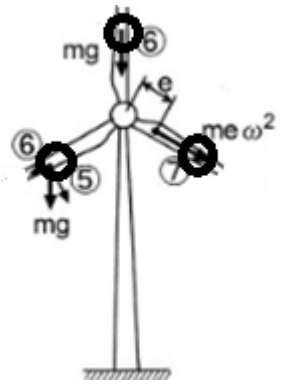


Fig.11 Wind turbine in balance

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

$$\text{P} = (\text{V}\text{^}2 / 2) \times 1.23 \times 1.2 \qquad [\text{N/㎡}] \quad (4)$$

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

$$(100+50*\sin(\omega t+\theta))\text{^}1.3 \quad (7)$$

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、

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

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。）

（１） 電卓での近似計算（0.8Hz の根拠）

$$(100+50*\sin(\omega t))^{1.3}=(100^{1.3})(1+(1/2)*\sin(\omega t))^{1.3} \quad (11)$$

に注意して展開式に(1/2)sin(ωt)を代入すれば、

$$(100+50*\sin(\omega t))^{1.3}=398.11*\{1+0.65\sin(\omega t)+0.05sin^2(\omega t)-0.006sin^3(\omega t)+\cdots\} \quad (12)$$

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

$$\sin(3x) + \sin\left(3\left(x + \frac{2\pi}{3}\right)\right) + \sin\left(3\left(x + \frac{4\pi}{3}\right)\right) = 3\sin(3x) \qquad (16)$$

となるから

$$sin^3(x) + sin^3\left(x + \frac{2\pi}{3}\right) + sin^3\left(x + \frac{4\pi}{3}\right) = -(3/4)\sin(3x) \qquad (17)$$

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

$$M = k * f(t) \approx 221734.19 + 307.78\sin(3\omega t) \qquad (19)$$

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。

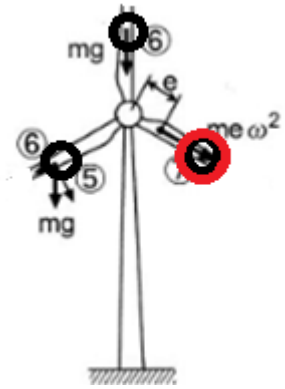


Fig.12 Wind turbine imbalance

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、

$$\sin(mx) * sinx = -(\cos(mx + x) - \cos(mx - x))/2 \quad (26)$$

$$\cos(mx) * sinx = (\sin(x + mx) + sin(x - mx))/2 \quad (27)$$

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。

$$f_n(x) = c_n + \sum_{m=1}^{n} a_m \sin(mx) + \sum_{m=1}^{n} b_m \cos(mx) \quad (28)$$

そこで

$$(sinx)^n + (\sin\left(x + \frac{2\pi}{3}\right))^n + (\sin(x + \frac{4\pi}{3}))^n \quad (29)$$

を考えるには、1 次式の和

$$\sin(mx) + \sin\left(m(x + \frac{2\pi}{3})\right) + \sin(m\left(x + \frac{4\pi}{3}\right)) \quad (30)$$

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、

$$\sin(3kx) + \sin\left(3kx + \frac{6\pi k}{3}\right) + \sin\left(3kx + \frac{12\pi k}{3}\right) = 3 * \sin(3kx) \quad (31)$$

m=3k+1 の場合は、

$$\sin((3k+1)\,x) + \sin\left((3k+1)x + \frac{6\pi k + 2\pi}{3}\right) + \sin\left((3k+1)x + \frac{12\pi k + 4\pi}{3}\right) = 0 \quad (32)$$

となる（m=3k+2 の場合も同様)。よって、

$$f_n(x) + f_n(x + 2\pi/3) + f_n(x + 4\pi/3) \quad (33)$$

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

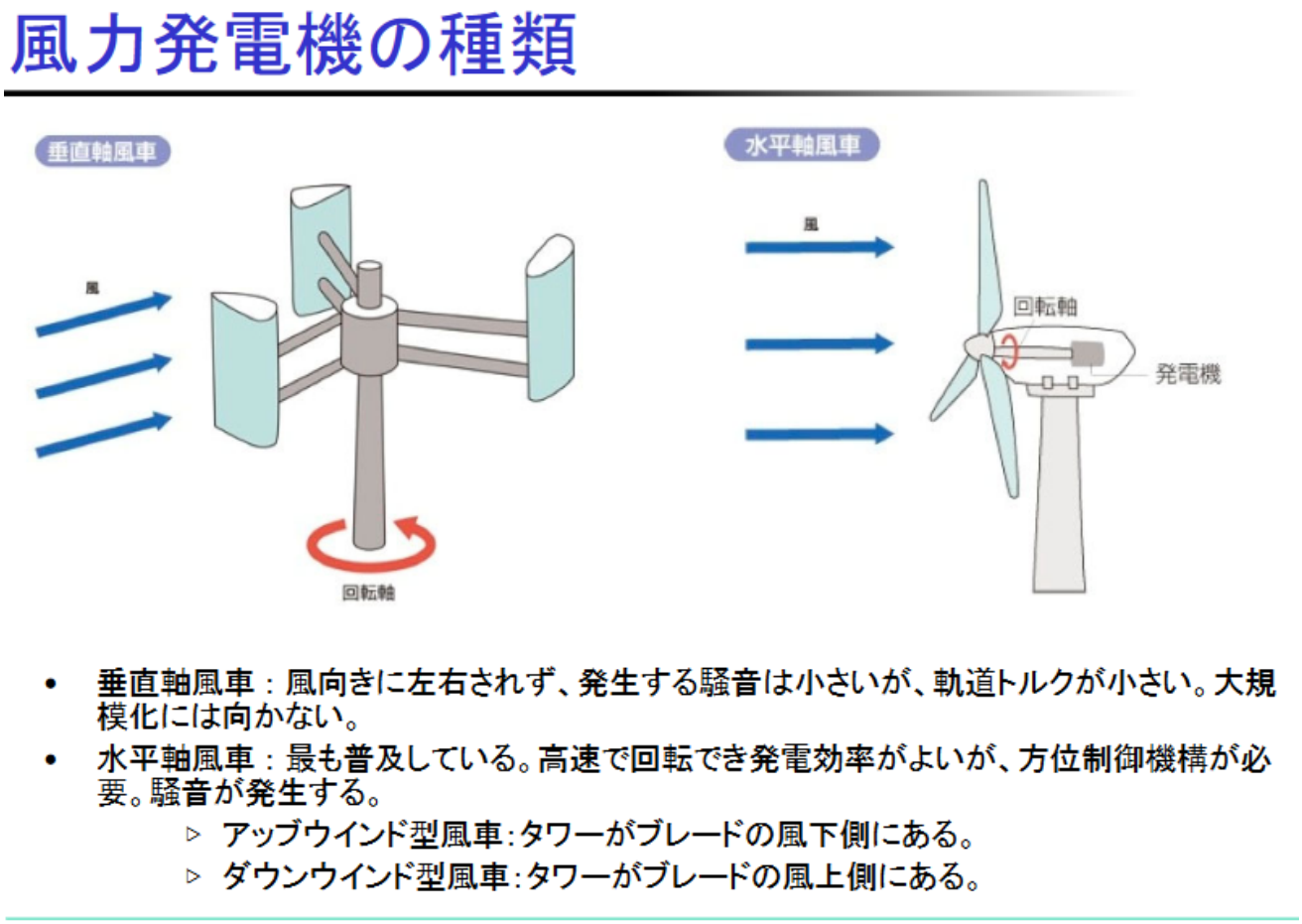
詳細は、“風車超低周波音 2023”をご覧ください。

市民の常識7（水平軸と垂直軸）

風車音の詳細な特徴を市民は知っています。その特徴と音響キャビテーションの関連も理解しています。もちろん、回転軸が水平の風車が、物理的に考えて、超低周波音の発生装置そのものである事も理解しています。

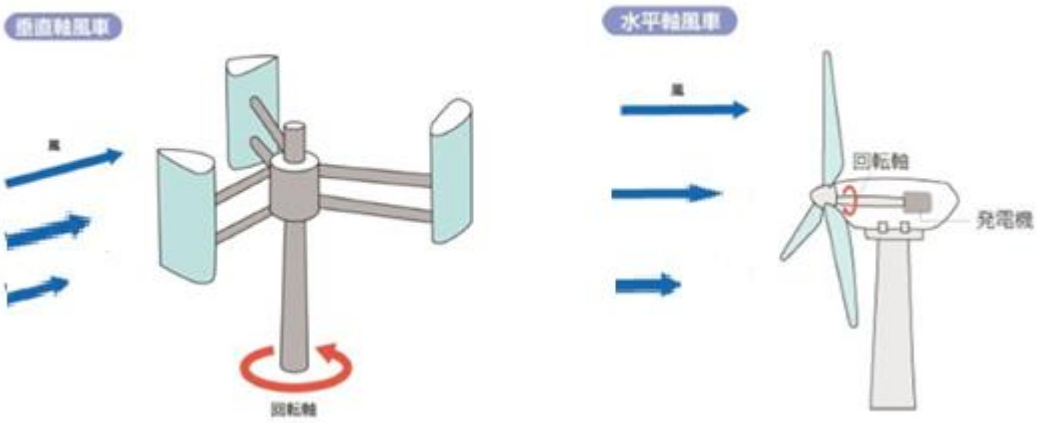
垂直軸と水平軸の違いについても理解しています。

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）には、下の説明がある。



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

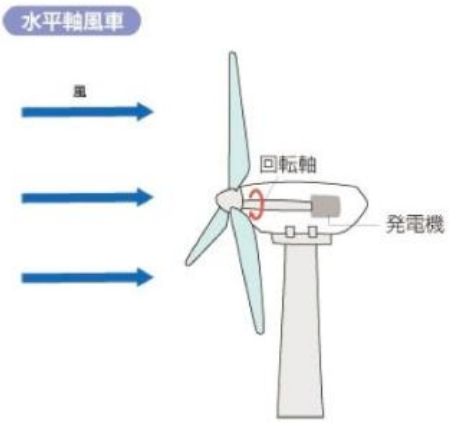


上空の風の速度が速いので、ブレードに掛かる揚力ベクトルが、水平軸型の場合には、ブレードの回転に従って周期的に変化します。これよって、塔が曲がり、塔の側面の振動が起きて、強い指向性を持った超低周波音が発生することになります。風速の特徴を詳しく調べると、マクローリン展開の係数に従って、超低周波音の周波数スペクトルが離散的となることや、音圧の特徴についても、計算結果と計測結果が一致することが分ります。

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。

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回答には、

①

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。

②
洋上風力発電について、酒田市の特性からバードストライクを予防するという観点からも垂直軸型マグナム式風力発電を導入するのはいかがでしょうか。騒音低減、強風耐性の向上にも繋がり、また日本の技術／製造という意味でも市民の納得や信頼も得られやすいのではと考えます。供給の安定という意味で自然エネルギーは発展途上なのだとは思いますが、海側の土地だからこそ得られる半永久的なエネルギーをうまく活用し、環境負荷や資源消費を軽減していけるよう、今後の発展を期待しております。

などがあります。
酒田市の市長や職員は、市民の見識の高さを見習うべきです。

住民の常識は退化しません。
住民は、環境省や学者の誤魔化しを暴く力を身につけました。精密な計測機材も手にしています。デジタル信号処理の技術に関しては、学者や環境省の職員のレベルをはるかに凌駕しています。
風車から超低周波音が発生する理由に関しても理解しています。
もはや住民は騙されません。

さて、

電所アセス省令の改正（環境影響評価の参考項目の見直し）

- **超低周波音**：**参考項目から削除。**事業者には、超低周波音に対する理解促進等のための取組の継続を要請する。

超低周波音に対する理解促進と言うが、
理解の促進が必要なのは、学者、環境省、企業の方だと考えています。
市民に不足する知識について、文書と、具体的な計測データで説明して欲しいものです。
データがあれば、１ビット単位での議論をする準備も出来ています。

弁護士会意見書の特徴

人が良すぎます

意見書の特徴は次の記述に現れている。

意見書（ｐ4）
② 最近の低周波音問題
ア 風力発電施設（風車）
２００６年頃より，風力発電施設（風車）の付近に住む住民から，不眠，肩こり，耳鳴りなど，自律神経失調症を思わせる被害が報告されるようになった5。風力発電施設がある愛媛県伊方町，愛知県田原市，静岡県賀茂郡東伊豆町，同郡南伊豆町，三重県青山高原，和歌山県海南市，兵庫県南あわじ市など多くの地域で，低周波音被害が問題化した。**伊方町の２世帯（風車から２１０～２４０m離れている。）で３１．５ヘルツの低周波音が突出しており，**田原市では低周波ではないが１６０～２００ヘルツの突出が確認された（いずれもＦ特性）6。
当連合会公害対策・環境保全委員会低周波騒音被害問題に関する**プロジェクトチームは，低周波音による被害の実態を調査するため，２０１１年１２月１０日に愛媛県西宇和郡伊方町（旧・三崎町），２０１２年４月５日に和歌山県日高郡由良町を訪れ，風力発電用風車による低周波音の被害を訴える住民から直接聞き取り調査を行った。**被害者はほぼ一様に風力発電所の運転開始とともに健康被害が生じたと語り，運転が停止している時は比較的症状が軽減されると説明した。被害の内容として，不眠，だるさ，脳が揺すられる感じ，圧迫感，耳鳴り，体のだるさ，集中力不足，首や頭が重いなどの症状がある。異口同音に，風車が止まると体が楽になるという。風車直近の被害者は，音ばかりではなく，風車の影によっても気分が悪くなるという。被害者宅はいずれも風力発電施設から２００～５００m程度の近距離にあり，自宅では１～３ヘルツの超低周波音に６０～７０デシベル（Ｆ特性）のピークが認められたということだった。
和歌山県由良町においても，２０１１年の終わり頃，風力発電施設の運転開始と同時に健康被害が生じたと語っている。遠方に外出する時には症状が軽減すること，不眠を訴えていることも各被害者に概ね共通する。不眠やだるさ，圧迫感，耳鳴り，イライラ，肩こり等の症状もほぼ共通に見られた。

とありますが、

欠点は、他人の言う事を信じすぎることです。相手は嘘をつくのです。例えば、伊方町の件では、可聴域の問題だとする主張に、引っ張られすぎです。

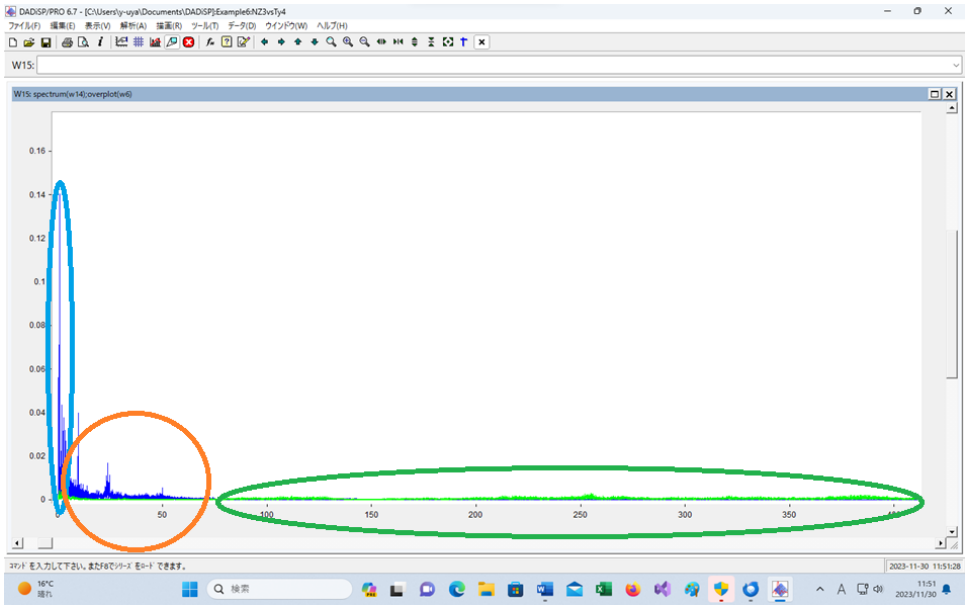
相手は、風車音での被害の原因が不明となる様に様々な工夫をしているのです。相手の手のひらの上で踊ってはいけないのです。

少なくとも、風車音の周波数スペクトルを計算してから、相手の示すデータを批判的に検証すべきなのです。

風車音の周波数スペクトルの一つを示せば、次のようなグラフになります。留意すべきは、1Hz 付近での音圧が極めて高い事です。

グラフ自体が特殊な形をしています。これが多くの問題を生む原因であり、回転軸が水平の風車の宿命なのです。1/3（1/1）オクターブ解析のグラフでは、このような特殊性は消えてしまうのです。

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



上の図で、濃い緑色の楕円は 100Hz～400Hz 辺りの音をします。

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 0～8Hz　は、塔の側面の振動を主な要因とする超低周波音。

② 10Hz～100Hz　は、発電機などの機械音。

③ 200Hz～20ｋHz　は、ブレード先端近くでの乱流による高周波音。

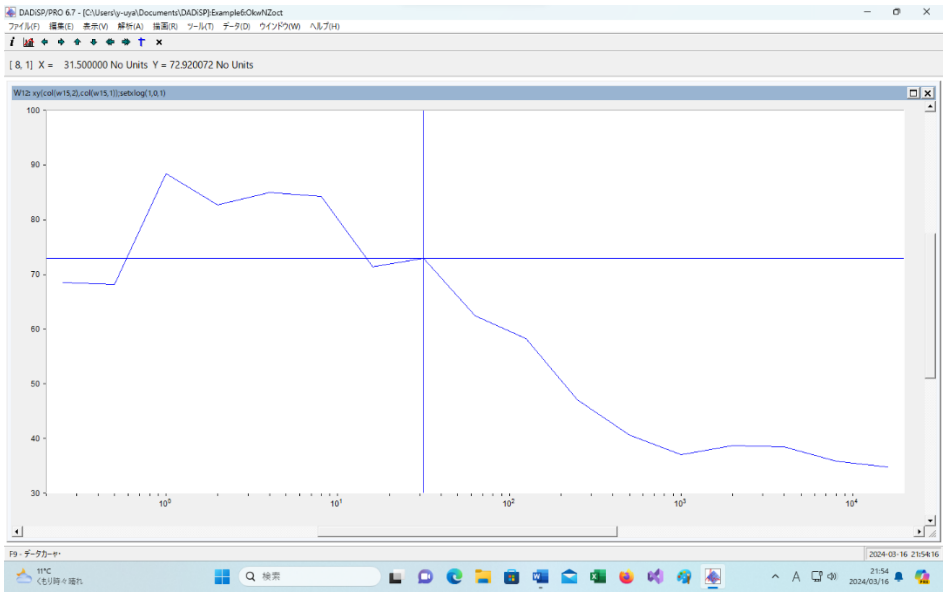
となります。

0～8Hz での特徴は、マクローリン展開の係数の大小関係に対応した形での、音圧のピーク値が表れていることです。

10Hz～100Hz 辺りは、機械音で、機械の大きさや動き方の特徴に従った音が観測されています。

200Hz～20ｋHz では、極めて低い音圧で、周波数が高い音が観測されています。

上のグラフから、1/1 オクターブ解析のグラフに直せば、次の様になり、31.5Hz の所にピーク値が見かけられますが、上のグラフを見れば、そのピーク値は少し大きな機械音であることが分ります。



少なくとも、音圧変動を記録したデータそのものを確認すべきなのです。さらに、防風スクリーンの大き

さも確認すべきです。

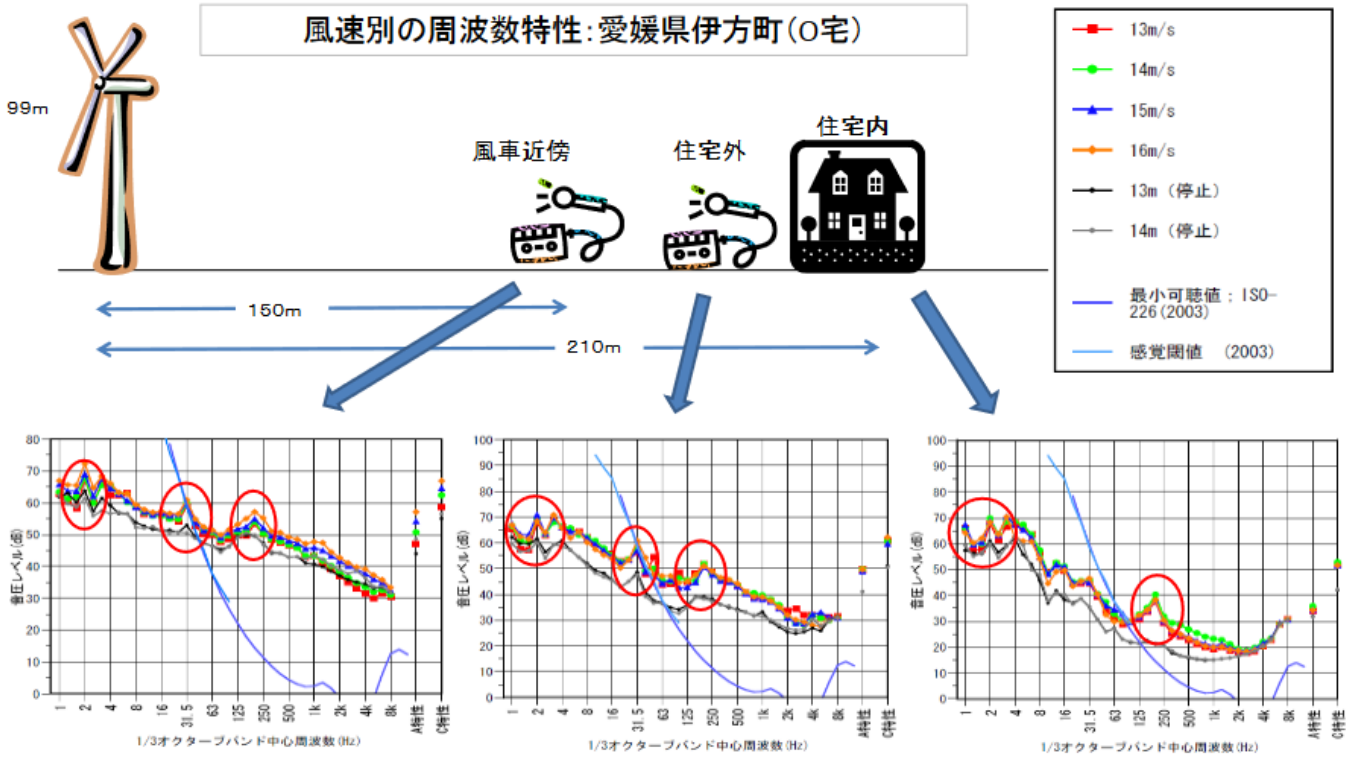
騒音計を置いた場所を確認して、屋外なら、室内で防風スクリーン無しで、あるいは９ｃｍの防風スクリーンを付けての計測結果と、振動レベル計での計測結果も要求すべきなのです。

風車振動の地中伝搬もあるので、室内での新小津レベル計での計測が必要なのです。また、二重防風スクリーンの場合は、超低周波音の領域での大きな減衰があるのです。室内での録音が無理なら、車の中に二重防風スクリーンを外した騒音計を入れて、風が当たらないようにして計測すれば、室内での影響を推定できます。

風車音の指向性を考えれば、風の方向と、風車の向き、計測地点からの風車の方角も大きな問題になるのです。

環境省の指導があるので、業者は二重防風スクリーンを付けて、屋外で計測します。しかし、被害は室内で起きます。屋外で計測された数値は、被害の状況とはかけ離れた数値となり、被害と風車音の関連は薄いという結論になってしまうのです。

図5



“伊方町の２世帯（風車から２１０～２４０m離れている。）で３１．５ヘルツ（60ｄB）の低周波音が突出しており,”

“自宅では１～３ヘルツの超低周波音に６０～７０デシベル（Ｆ特性）のピークが認められたということだった。”

とあるが、

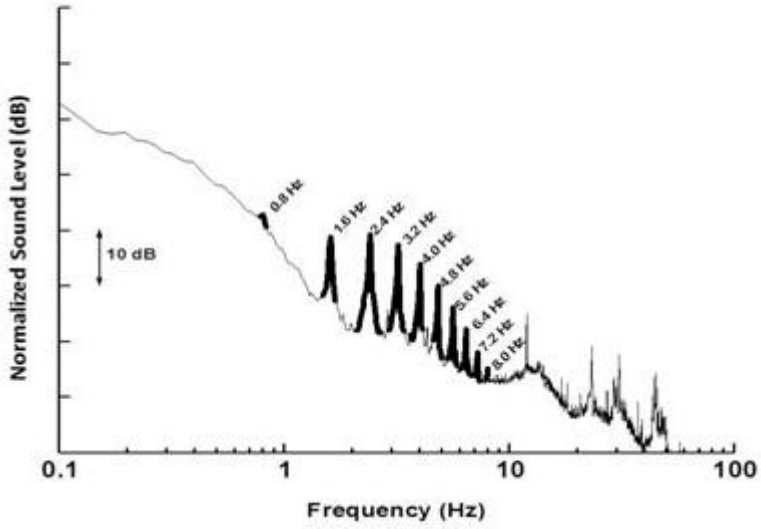
このグラフがオクターブ解析のグラフであり、値は各帯域のエネルギーの総和を使って計算されることを考えれば、同じ 60ｄB でも、音圧には大きな違いがあるのです。横軸を線形座標、縦軸をパスカル単位にして書き直せば良く分かります。（後述）

グラフを書き直せば、風車からの超低周波音か否かの判断基準を適用できます。

被害の原因を明らかにする手掛かりの一つは、次のものです。風車音には特定の周波数が現れるのです。

カナダ政府の HP にある、 A Primer on Noise では、
“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



とあり、むかし、環境省が風車からの超低周波音の周波数を、f=RZ/60[Hz]とその倍音としていた頃の記述と似ています。

1/1（1/3）オクターブ解析は、この判断が出来ないようにする方法なのです。

グラフを見る限り、1Hz や 2 Hz（70 d B）の方が突出している。これを無視する原因は、5Hz 以下（あるいは 10Hz 以下）を風雑音と考えているからでしょうが、これは風雑音ではなく、風車からの超低周波音なのです。

これには、周波数分解能を高めた、周波数スペクトルのグラフが必要なのです。精密騒音計の示す結果では、この部分は解明できないのです。

精密騒音計を音圧変動の記録装置として使って、結果の WAV ファイルをコンピュータで解析する必要があるのです。

また、被害状況を解明するには、風雑音測定における、防風スクリーンの問題を明らかにすることが必要です。さらに、風車音が発生する仕組みを解明して、この超低周波音が必然的に発生することを示さなくてはなりません。この手掛かりを与えてくれるのが、風車音の精密な周波数スペクトルなのです。

残念なことに、風車音の精密な周波数スペクトルはネット上では、私のもの以外には見つかりません。

具体的な計測データはこちらでも公開されています。もちろん、データの収録方法を解析方法について詳しく書かれて物も、私のもの以外は見つかりません。

もとになるデータの収録方法に関しても大きな問題があります。

低周波音の測定方法に関するマニュアル

平成12年10月　環境庁大気保全局　（p28）

には、

“(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。**“

とあります。

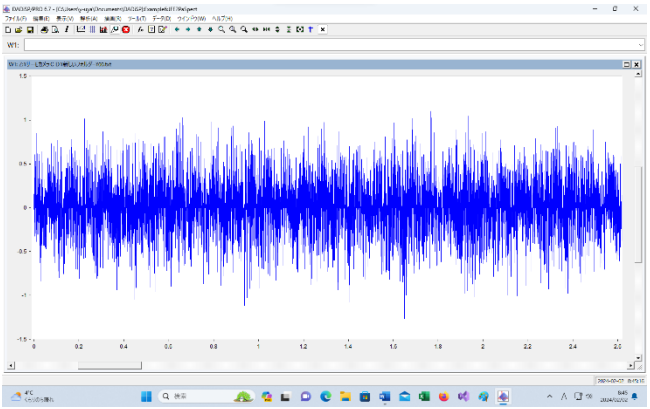
被害は、風が強い時に起きるのです。風雑音が心配ならば、室内で計測すれば良いのです。被害は室内で起きるのですから、本来は、二重防風スクリーンを外して、９ｃｍの防風スクリーンにして室内で測るべきなのです。プライバシーの問題があるならば、車の中に精密騒音計をおいて、風を当てないようにして計測すればよいのです。

風車音は、指向性が強いので、風の向きやブレードの向きが問題になります。さらに、風車の近くでの計測では、風が弱い時は0.15Ｐａ（0.8Ｈｚ）だったものが、風が強い時は0.42Ｐａ（1Ｈｚ）になります。

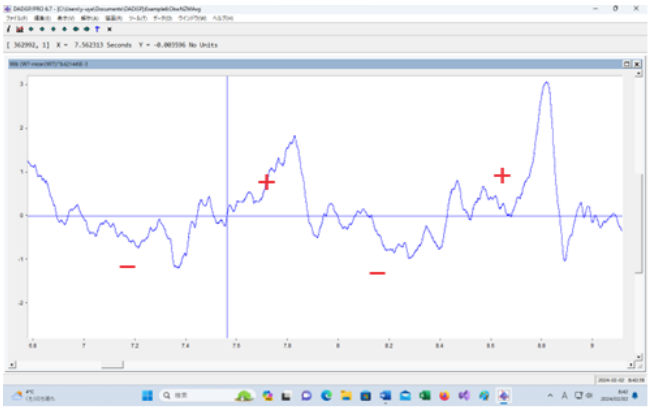
音圧が３倍程度に変化するのです。また、波形の特徴が変わります。

波形は次様な特徴をもっています。

工場騒音の、2.6秒間の波形

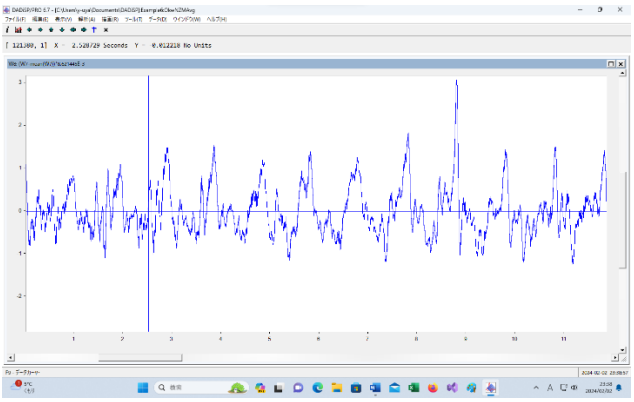


風車音の2.2秒間の波形

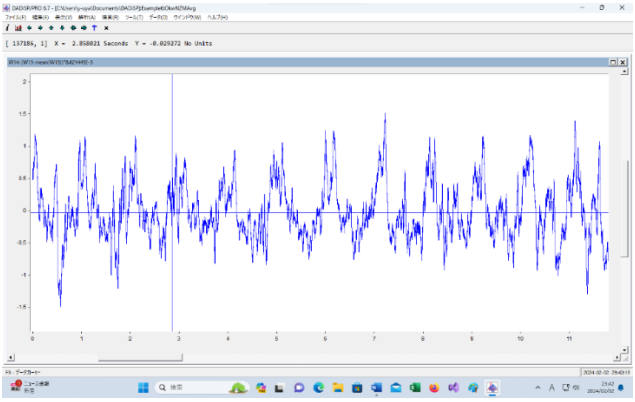


これが、圧縮と膨張が、ゆっくり繰り返される原因です。

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。

風車音の超低周波音の領域での周波数が離散的であり、f=RZ/60Hz の周波数成分の音圧が特に高いことが、波形全体の符号を決定する要因なのです。これが音響キャビテーションの原因であり、頭痛の原因になります。これは直接的な健康被害であり、回転軸が水平の風車の宿命なのです。

この事は、1/3（1/1）オクターブ解析のグラフを眺めても分からない事なのです。相手は、原因を隠すのです。

そもそも、計測データが風が弱い時のものなのか、強い時のものなのか、被害が多発する季節、その時の風速、風向との関連はどうなっているのかを確認することが必要なのです。

裁判での因果関係では、風車の近くでの計測結果と被害者宅での計測結果の関係性が問題になります。細かな周波数特性が因果関係の証拠になるのですが、これには、ビデオカメラによる撮影と、Wavelet 解析での周波数変動まで含めて調べることが必要です。オクターブ解析では、この点に関する証拠にはならないのです。

大切なのは、自分で計測してみる、自分で解析してみる、自分で理由を考えることです。そして、全てを公開することです。

周波数スペクトルと計測

風車音の解析では、1/3（1/1）オクターブ解析が良く使われます。
以前、環境省は
“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。

1/3 オクターブ解析では、風車からの超低周波音に関する上記の特徴を見ることは出来ません。

大型化した風車では、ｆ＝0.5Ｈｚとなります。

騒音計のカタログを見ると、計測範囲は、

UC-59L と SA-A1（120 万円程度）では、

周波数範囲	DC~20 kHzまたは0.25 Hz~20 kHz

他は、

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

測定範囲ですが、一番低いものは SA-A1 で 0.25Hz からです。

次の組み合わせもあるが、この組み合わせでは、風車の超低周波音の離散的な構造は把握できません。少なくとも、風車音であることの特徴を把握できるようにしなければ、被害原因の究明には繋がらないのです。

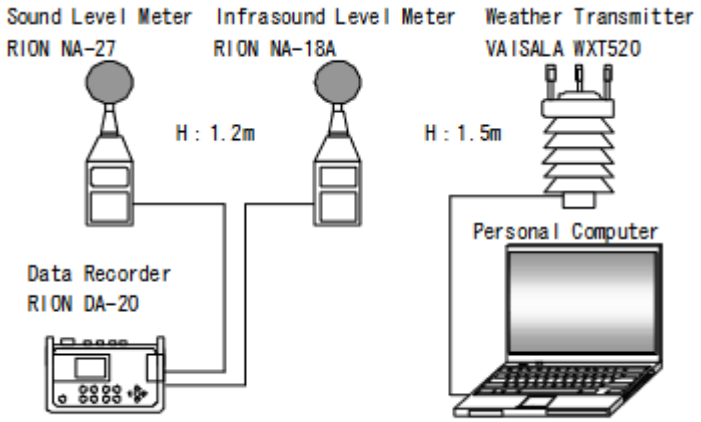


図 1　測定システム

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）

適合規格	JIS C 1514:2002 クラス1、ISO7196：1995
測定機能	低周波音圧レベルの測定 1）低周波音圧レベル：平坦特性（DR：周波数範囲1～500Hz） 2）低周波音圧レベル：平坦特性（FLAT：周波数範囲1～100Hz） 3）G特性音圧レベル：LG 4）1／3オクターブバンド実時間分析（分析私有は数範囲1～80Hz）
演算機能	1）瞬時値：Lp 2）等価騒音レベル：Leq 3）最大音圧レベル：Lmax
演算時間設定	10秒、1分、5分、10分、15分、30分、60分、Free （Free＝手動で演算が停止されるか、最大8時間まで）
マイクロホン	UC-24（プリアンプ一体形セラミックマイクロホン）

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。

風車音の Wavelet 解析をしてみたいと考えていて、上記の測定範囲を見たので、無理かとは思いながら、“FFT や 1/3 オクターブ解析にかける前の、音圧変動そのもののデータは取り出せないのか？”
と聞いてみました。答えは YES でした。
波形収録ソフトを追加して、音圧変動の様子を、サンプリングレート 48ｋHz で、16 ビットの符号付整数として表したものを、WAV ファイルとして取り出せるので、それを解析すれば良い。
とのことでした。
ファイルの数値とパスカル値での気圧変動の関係について、リオン社は HP での公開はしていなかったのですが、丁寧に説明してくれました。また、WAV ファイルの数値は、NL-62 でも SA-A1 でも同じ値だと教えてもらいました。
この数値があれば自由に解析で来ます。ただし、騒音計にある機能を、プログラムとして実装しなくてはなりませんでした。（実装には２年近くかかりました。）

SA-A1 では、0.25Hz から計測できるならば、大型風車の f=RZ/60＝0.5Hz を計測できそうですが、そうではありあせん。これは 1/3 オクターブ解析での中心周波数です。
0.5Hz の周辺を詳しく調べるには、周波数分解能を高くしなくてはなりません。
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。

0.5/0.01667＝29.99 ですから、0～0.5Hz の間で、30 個の音圧を計測できることになります。

これを実装した精密騒音計では、スイッチを入れてから 60 秒間は表示されない事になります。
６０秒間の音圧変動が分れば、A 特性音圧レベルや G 特性音圧レベルが計算できます。この手順での計算は多くのメモリーと CPU の計算力が要求されます。画面表示も、精密騒音計の小さな画面では出来ません。
NL-62 では、測定範囲が 1～20000Hz になっています。もっと少ないデータで計算しているのです。結果として数値は荒くなるので、0.5Hz は極めて高い音圧ですが、計算からは除外されてしまいます。

解決方法は２つあります。
10Hz（5Hz）以下は風雑音だとして、無視する方法
精密騒音計を音圧変動の記録装置として使い、音圧変動を記録したデータをコンピュータで解析する方法のどちらかになります。

オクターブ解析のグラフは、風車における超低周波音の問題を隠蔽してしまいます。精密な周波数スペクトルと、エネルギーの分布を確認しながら議論する必要があるのです。

調査と因果関係

“プロジェクトチームは，低周波音による被害の実態を調査するため，２０１１年１２月１０日に愛媛県西宇和郡伊方町（旧・三崎町），２０１２年４
月５日に和歌山県日高郡由良町を訪れ，風力発電用風車による低周波音の被害を訴える住民から直接聞き取り調査を行った“
とありますが、環境省は、健康被害との直接的な因果関係が見つからないと主張するのですから、被害状況の聞き取りだけでは役に立ちません。その原因を追究することが必要です。
聞き取り調査のときに、室内で、ML-62 を使っての波形収録と振動レベル計での計測が必要だったのです。被害と関連の深い数値は、徹底的に隠されます。被害者が自らの力で計測する必要があるのです。

一つの方法としては、統計的な方法があります。

カナダ政府の HP では、
“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。“
とありました。

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		○	×	×						
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、口先だけの嘘を言っているのではないのです。

この項目は、日本での研究結果とも一致しています。

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

この事は、風車音が被害と関連が無いという意味にはなりません。

WTN（騒音レベル）は超低周波音の部分を無視して、風車音のエネルギーの７％から計算した数値ですから、関連薄いのは当然です。圧迫感に注目して、圧迫の原因そのものである、最大音圧を測れば良いのです。

被害の聞き取りだけでは、原因の把握が出来ないのです。アンケートと同時に計測することが必要だったのです。解析する設備が無くても、WAV ファイルを ZIP ファイルにしてネットに公開する事は可能なのです。

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

の時に計測したデータは、沢山あったのだが、全て廃棄したと、橘秀樹先生から教えていただきました。

少しずつデータを集めるしかありません。多変量解析での項目として、最大音圧を追加すれば、圧迫感との関連が明白になります。（アンケートの形式も多変量解析に適した形に変更する必要があります。）

f=RZ/60Ｈｚの成分の音圧を計測する必要があるのです。ＮＬ－６２で、音圧変動を記録してＷＡＶファイルを公開することが必要だったのです。

また、風車振動の地中伝搬の研究もあります。振動レベル計での計測も必要だったのです。どちらも 10 分間のデータがあれば十分役立ちます。アンケートを取りながら、室内で計測することが必要だったのです。

風車の被害で目立つのは、不眠です。不眠の原因は色々です。

うるさくても、不快感でも、ガタツキでも、安眠を妨害されます。これが毎日続く地区からは人が逃げ出します。眠ければ交通事故の可能性が増します。生徒が授業中に居眠りして学力が落ちます。

眠れなければ健康は維持できません。毎日続く睡眠妨害は、間接的な健康影響を及ぼします。

健康被害の面から考えれば間接的な原因かもしれませんが、地域社会を崩壊させる原因になります。一度この地域から出た人は、戻っては来ないからです。

では、直接的な健康影響は有るのかと言われれば、答えはＹＥＳです。

風車の超低周波音は離散的な周波数構造を持っていて、風が強い時は、最大音圧成分が波形の符号を決定します。

この条件は、音響キャビテーションでの気泡発生の条件と同じです。

体内に微小な気泡が発生すれば、潜水病と同じ状態になり、頭痛が起きます。

これは、風車音による、直接的な健康被害なのです。統計的には、PT=最大音圧*周期を項目に加えて頭痛との関連を調べれば良いのです。

もちろん、気泡発生に関しては、コンピュータでのシミュレーションや実験も可能です。

これが分っているから、超低周波音の部分の解明を防ぐために、風雑音、知覚閾値、などの嘘を並べてきたのです。

直接的に健康に影響を及ぼすとする根拠は明らかだったのです。文献調査では見なかったのか、調べなかったのかは不明ですが、簡単な物理学の話なのです。

調査では、被害の裏付けとなる、数値の把握と計測データの公開が必要なのです。

G 特性と ISO7196

意見書（ｐ8）

(2) 低周波音の生理的な影響に関する調査

低周波音による生理的影響の有無について，環境省（２００１年１月まで環境庁）は昭和５１年度から調査を始めたが，昭和５０年代には低周波音の生理的・心理的影響について明確な結論を得ることができなかった。

その後，低周波音を評価するためのＧ特性が**ＩＳＯ７１９６**で定められたこと，低周波音を測定する機器が開発されたこと，新幹線のぞみの低周波音問題などで社会的な関心が高まったことなどから，平成１２年度には自治体向けの低周波音の測定マニュアルを配布し，地方自治体を通じて新しい知識や技術に基づいて再調査を行っている（「低周波音防止対策事例集」環境省・２００２年３月）。

こうした**成果**を踏まえ，平成１４年度には，

とあるが、

これを“成果”とは言えません。騙されてはいけないのです。

ISO7196 の内容を確認したのでしょうか？そこでの中心周波数や重みづけを確認したのでしょうか？確認して、少し計算すれば、安全安心と言って住民を騙す手段であることが明確になります。

ISO7196 での中心周波数は 0.25～315Hz です。ほとんどの資料が、ISO7196 と言いながら、1Hz からになっています。大型風車では、0.5Hz 辺りで最大音圧になります。ISO7196 と言って、この範囲まで扱っているようなふりをして、実際は 1Hz からでは、0.5Hz の問題を胡麻化している事になります。これは詐欺です。

G 特性音圧レベルの計算にも大きな問題があります。

ある企業が、住民説明会で次の資料を配りました。
G 特性音圧レベルの予測値です。

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

モデルを作ってみました。

				一般①	一般②	一般③	一般④
	0.5Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.4	0.5		0.015	0.006	0.0048	0.003
フィルタ前騒音レベル d B	86.02059991	87.9588		57.50122527	49.54242509	47.60422483	43.52182518
フィルタ後音圧Pa				0.015	0.006	0.0048	0.003
フィルタ後騒音レベル d B	86.02059991	87.9588		57.50122527	49.54242509	47.60422483	43.52182518
G特性重み付け	-64.3	-43		10	10	10	10
G特性重み付け後	21.72059991	44.9588	44.97935605	67.50122527	59.54242509	57.60422483	53.52182518
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			67.52545704	59.69170185	57.83526848	54.09041341

四捨五入して現況値になる様にしてあります。

20Hz の音圧を変化させて、予測値になる様にしました。

	0.5Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.4	0.5		0.0168	0.0074	0.0105	0.0093
フィルタ前騒音レベルｄＢ	86.02059991	87.9588		58.48558572	51.36403448	54.40318607	53.34905906
フィルタ後音圧Pa				0.0168	0.0074	0.0105	0.0093
フィルタ後騒音レベルｄＢ	86.02059991	87.9588		58.48558572	51.36403448	54.40318607	53.34905906
G特性重み付け	-64.3	-43		10	10	10	10
G特性重み付け後	21.72059991	44.9588	44.97935605	68.48558572	61.36403448	64.40318607	63.34905906
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.50491406	61.46274683	64.4524959	63.41181752

20Hz の成分は、ほんの少し増加すると、予測値になってしまます。

1Hz の成分を変化させてみます。

	0.5Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.4	3.4		0.015	0.006	0.0048	0.003
フィルタ前騒音レベルｄＢ	86.02059991	104.609		57.50122527	49.54242509	47.60422483	43.52182518
フィルタ後音圧Pa				0.015	0.006	0.0048	0.003
フィルタ後騒音レベルｄＢ	86.02059991	104.609		57.50122527	49.54242509	47.60422483	43.52182518
G特性重み付け	-64.3	-43		10	10	10	10
G特性重み付け後	21.72059991	61.60898	61.60942401	67.50122527	59.54242509	57.60422483	53.52182518
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.49639252	63.70805306	63.06334882	62.23646404

0.5Pa から 3.4Pa に変化させると、ほぼ予測値の中に納まります。

0.5Hz 成分を変化させます。

	0.5Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	39	0.5		0.015	0.006	0.0048	0.003
フィルタ前騒音レベルｄＢ	125.8006922	87.9588		57.50122527	49.54242509	47.60422483	43.52182518
フィルタ後音圧Pa				0.015	0.006	0.0048	0.003
フィルタ後騒音レベルｄＢ	125.8006922	87.9588		57.50122527	49.54242509	47.60422483	43.52182518
G特性重み付け	-64.3	-43		10	10	10	10
G特性重み付け後	61.50069223	44.9588	61.59593332	67.50122527	59.54242509	57.60422483	53.52182518
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.49363321	63.6997371	63.05370055	62.22478951

0.4Pa から 39Pa まで変化させても、予測の範囲内です。

これは、G 特性での重みづけが、0.5Hz では-64.3ｄＢ、1Hz では-43ｄＢ、20Hz では+10ｄＢとなっているからです。

1Hz 以下の成分がかなり大きくなっても予測値に納まります。G 特性音圧レベルの数値からは、頭痛や圧迫感の原因となる、最大音圧の部分は把握できないのです。計算の途中で、ほぼ 0 として扱われるのです。

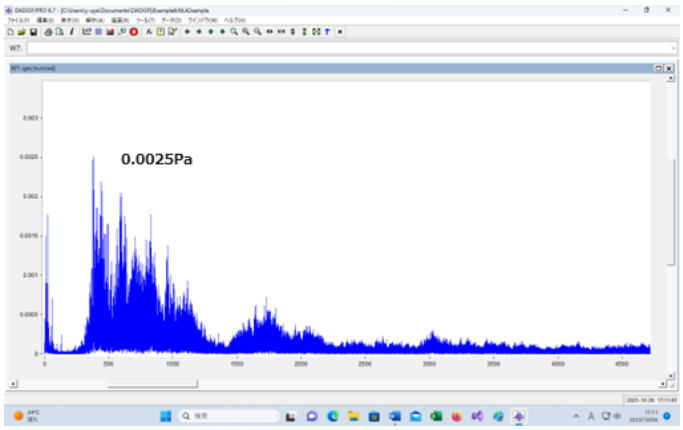
頭痛や圧迫感との関連性は認められなくなるのです。それを、“こうした**成果を踏まえ**”と言ってしまえば、勝負には勝てないのです。

大型化する風車では、0.5Hz での音圧が特に高くなるのですが、計算上は、音圧が 39/0.4＝97.5 倍になっても、G 特性音圧レベルの値は変化しないのです。被害の原因を隠蔽してしまうのです。

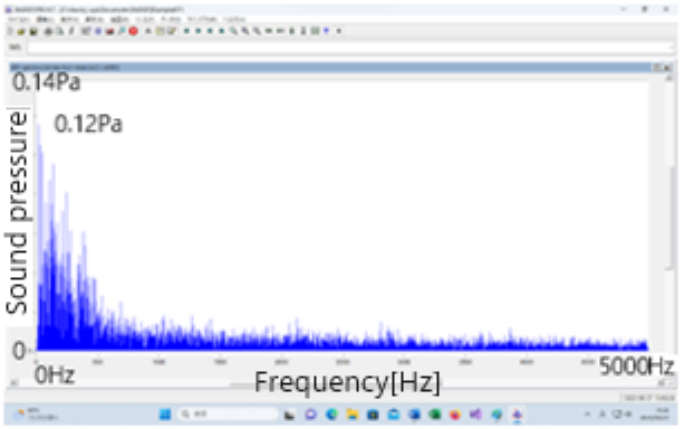
館山で計測した風車の場合、風が弱い時には 0.8Hz で 0.15Pa、風が強い時では 1Hz で 0.42Pa でした。少し圧迫感を覚えました。

なお、周波数スペクトルを確認すれば、

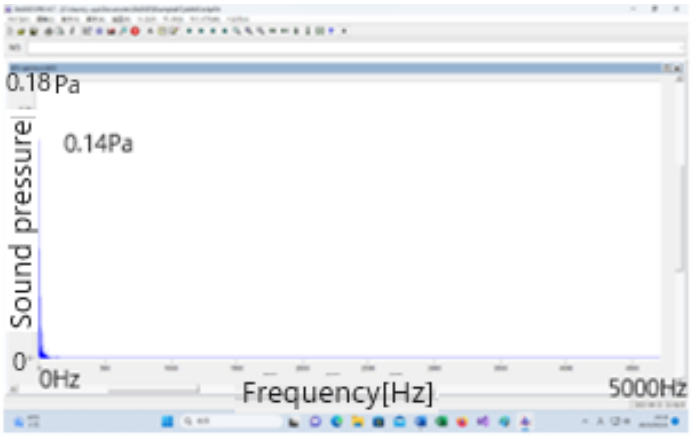
交通騒音（0～5000Hz）



工場騒音（0～5000Hz）



風車騒音（0～5000Hz）（風が弱い日）



エネルギーの分布は次の様になっています。

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%

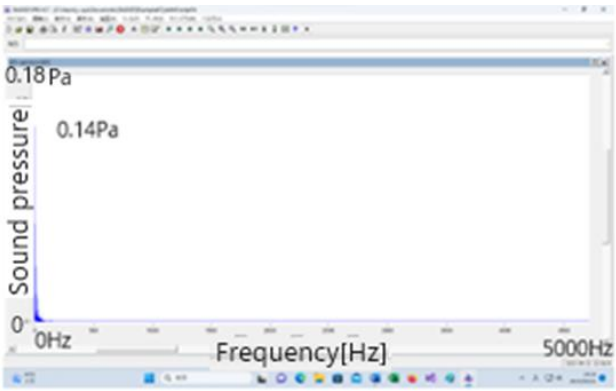
さて、93*0.613＝57%ですから、風車音全体のエネルギーの 57%は 1Hz よりも周波数が低い部分に含まれています。風車音のエネルギー分布は１点集中型である、と言えます。

1Hz 以下を計算から実質的に除外すれば、風車音のエネルギーの 61.3%以上を無視して評価することになるのです。

圧迫感、頭痛の原因となる部分か計算から除外されるので、被害の根拠が消えてしまいます。原因不目という事になるのですが、この計算を見れば、原因が分っているから、しれが不明になる様に計算方法を決めたのが、G 特性音圧レベルの計算方法だと言えます。

G 特性に関して、**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**の資料には、

1～20 Hz 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。



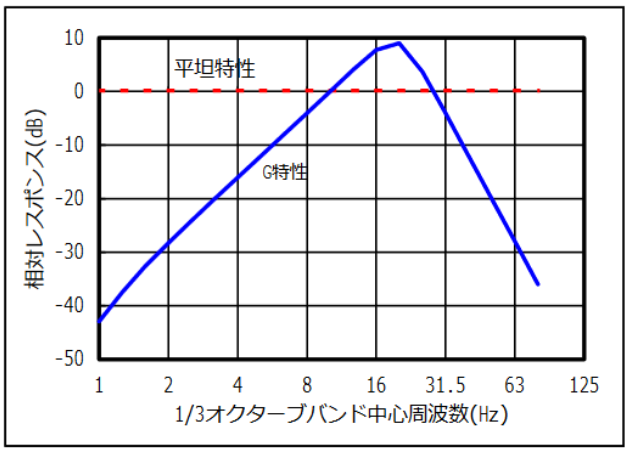


図-1.1　低周波音の周波数補正特性

ここには、1Hz 以上の重みづけしかありません。ISO7196 では、中心周波数 0.25Hz からの重みづけがのっています。

0.5Hz での重みは、-64.3ｄB です。0.5Hz の音圧は、普通は 0.4Pa 程度ですが、大型化する風車では、0.5Hz での音圧が特に高くなるのですが、計算上は、音圧が 39/0.4＝97.5 倍になっても、G 特性音圧レベルの値は変化しないのです。G 特性音圧レベルの数値は被害の原因を隠蔽してしまうのです。

ですから、G 特性を“成果”とは言えないのです。“先手を取られた”と判断すべきだったのです。

学者、環境省の見解の変遷

意見書（ｐ11）

(7) 風力発電施設の騒音・低周波音に関する環境省の見解

① 平成２３年度報告書とその問題点

環境省に提出された平成２３年度報告書は，米国オレゴン州健康局環境公衆衛生事務所や米国マサチューセッツ環境保護省，カナダ・アメリカ風力エネルギー協会などの外国の見解を紹介し，環境省によるアンケート結果を踏まえ，カナダ・アメリカ風力エネルギー協会報告書，オーストリア国立保健医療研究評議会報告書，オレゴン州における風力エネルギー開発に係る戦略的健康影響評価書などの最新の文献の結論をとりまとめている。

平成２３年度報告書で紹介されたカナダ・アメリカ風力エネルギー協会報告書では，「風力発電設備からの可聴以下の低周波音や超低周波音は，人の健康リスクではない」「一部の人は風力発電設備からの音をうるさく

感じるかもしれないが，アノイアンスは病理学的なものではない」と結論付けている。
しかし，米国オレゴン州健康局環境公衆衛生事務所の報告（同書４～５頁）では，「①暗騒音より１０デシベル以上，あるいは屋外で３５～４０デシベル以上になると住民の健康と福祉に影響を与える，②風力発電施設からの音によって深刻なアノイアンス，睡眠妨害，生活の質の低下が考えられ，慢性的なストレスや睡眠妨害は，心臓血管系疾患などの危険性を高めることがある。長期にわたる健康影響の多くは，夜間の風力施設からの音による睡眠妨害による，又は悪化させられる」との記載がある。
② 平成２４年度報告書とその問題点
環境省に提出された平成２４年度報告書は，平成２２年度の「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」の成果から「一般的な風車騒音では可聴性に対する低周波数成分の寄与は小さいこと，風車騒音では**振幅変調音**がアノイアンスを高めていること，風車騒音の評価量としては，一般環境騒音の評価として一般的に用いられているＡ特性音圧レベル（騒音レベル）が適用できることなど」を指摘して，「基準又は目標となり得る『値』について，…風力発電施設を設置する場合に適当と考える騒音・低周波音の目標値について，Ａ特性音圧レベルで３５ｄＢを提案している。
しかし，風力発電施設（風車）の低周波音のピークは１０ヘルツ以下であること，したがってＡ特性であっても３５デシベルを超えるような騒音は存在せず十分に規制できない，これは問題の争点ずらしではないのかとの批判がある。

学者の意見はいろいろ変わります。
カナダ保健省の HP にある、 A Primer on Noise や、
昔の環境省の、“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。“
では、風車からの超低周波音を研究していた。

MIT の風雑音
Wind Turbines and Health
A Critical Review of the Scientific Literature
McCunney, Robert J. MD, MPH; Mundt, Kenneth A. PhD; Colby, W. David MD; Dobie, Robert MD; Kaliski, Kenneth BE, PE; Blais, Mark PsyD
環境省の風雑音
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）に於いて、
“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）。

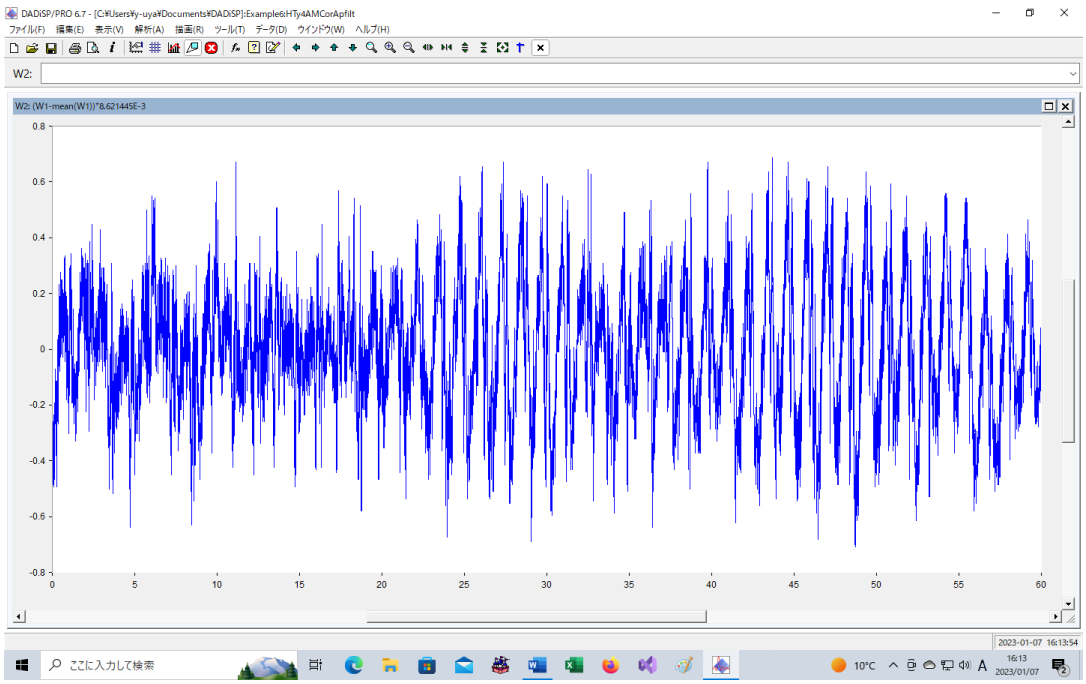
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。“
として、
5Hz 以下の超低周波音を否定する方針とした。

今の学者の常識
・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。
（風力発電についての意見聴取会（三重県松坂市、平成 21 年）
学識者意見：落合博明氏　の発言（落合氏がそう考えているか否かは不明です。））
　ですが、
　学問は退化するのです。聞こえない超音波で人間の皮膚は火傷になるのです。目に当てれば失明します。聞こえるか聞こえないかの違いが、被害の有無の判定基準では無いのです。

環境省の新しい方針
環境アセスから、超低周波音の項目を除外する方針にしたようです。

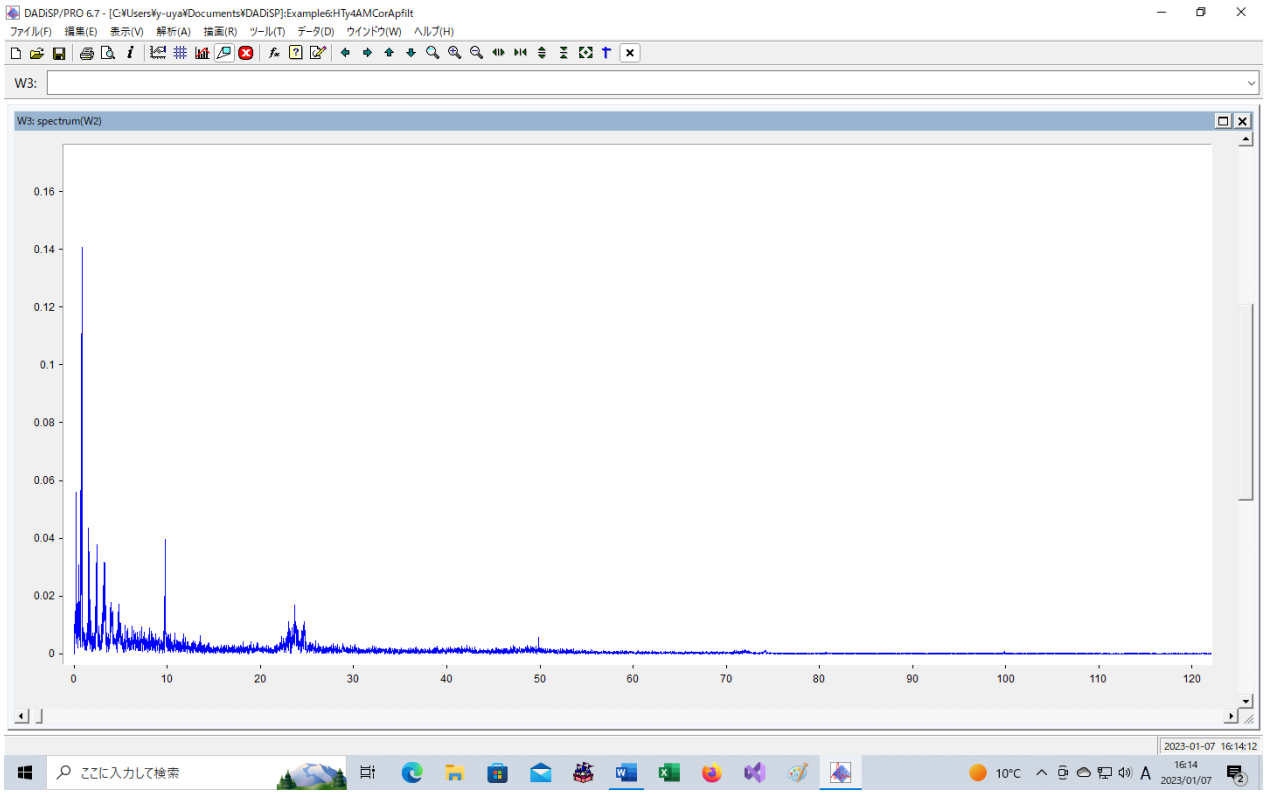
　学者は、住民を胡麻化すために努力します。いくら物珍しいといっても、“振幅変調説に乗ってはいけません。”風車音を分解してみればすぐに分かります。

　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。）

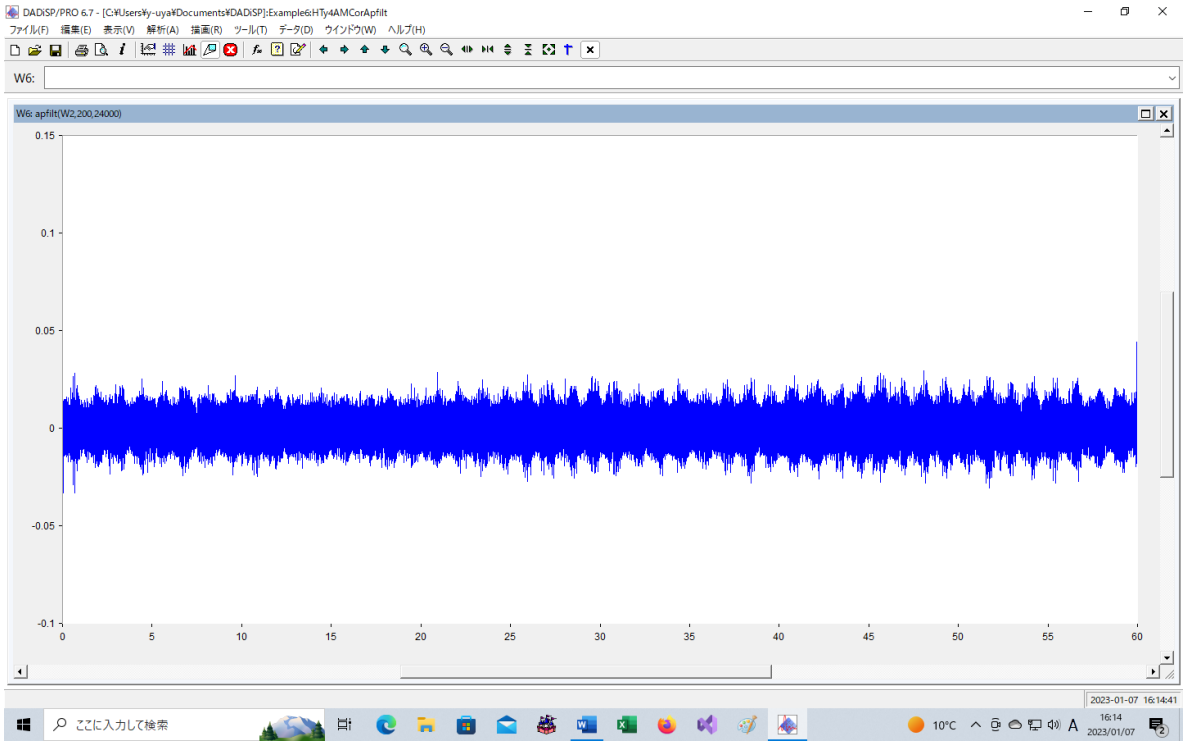


上のグラフは、スカスカです。これは、高周波成分が極めて弱いことを意味しています。

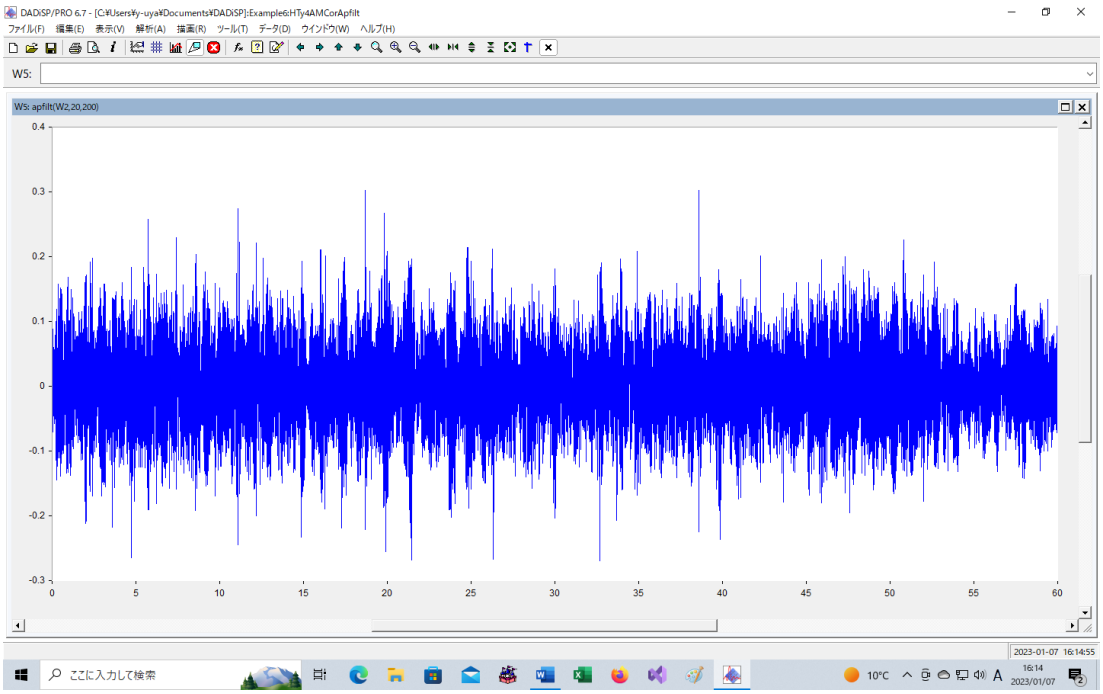
　低周波部分を拡大した、周波数スペクトルは次のグラフです。50Hz 以下の成分が大半を占めています。
このグラフからも、200Hz 以上の成分は、微弱なものであることが分かります。



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。

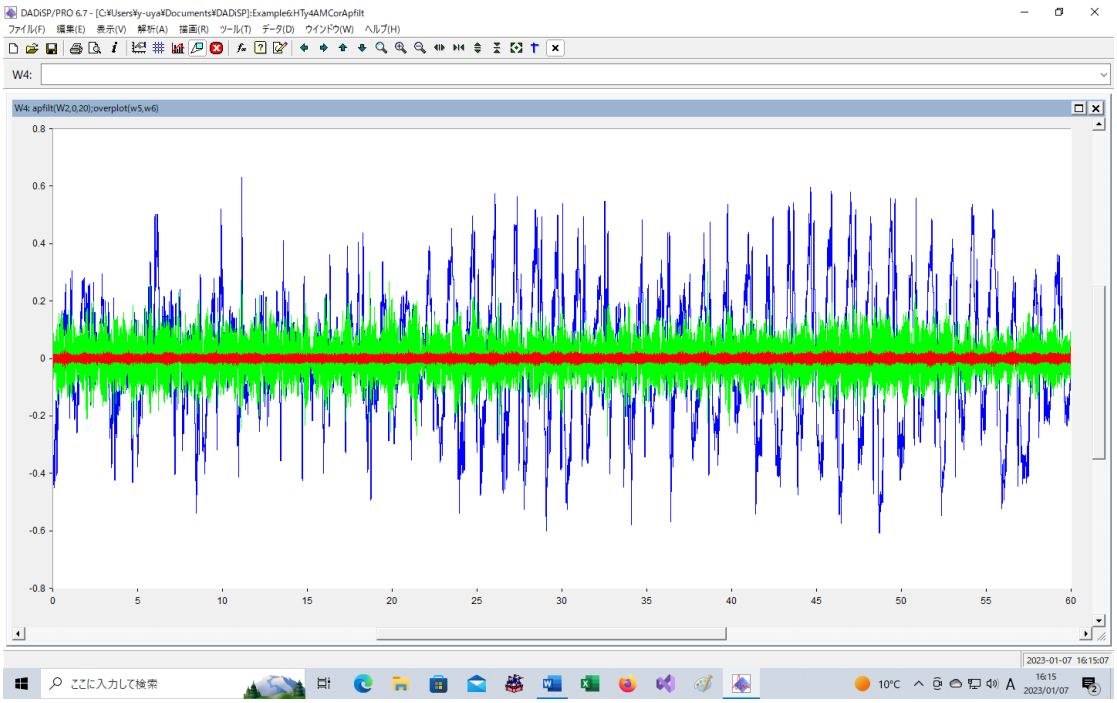


同様に、20Hz～200Hzの成分を取り出しました。



同様に取り出した、0Hz～20Hz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。

確かに、1/3 オクターブ解析の結果として振幅変調があると主張する人はいます。その時は計測データそ

のものを公開してもらって再確認することが必要です。場合によっては現地での再計測も必要です。

平 成 29 年 5 月 26 日
風力発電施設から発生する騒音に関する指針について
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。通常の環境騒音の測定においては雑音を抑制するため強い風を避けることとされているが、本指針における残留騒音及び風車騒音は風力発電施設が稼働する風のある条件で測定する必要があることから、原則として、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」に定める方法により、地域の風況等の実態を踏まえ適切に行うこととする**。
残留騒音及び風車騒音は、人の生活環境を保全すべき地域において、屋内の生活環境が保全されるように、屋外において風車が稼働する代表的な風況下において、昼間（午前６時から午後 10 時まで）と夜間（午後 10 時から翌日の午前６時）の値をそれぞれ求める。
得られた残留騒音の値に５dB を加えた値を指針値とする。ただし、残留騒音が 30dB を下回る場合等（前述の「３.風車騒音に関する指針値」を参照）は、下限値（地域によって 35dB 又は 40dB）を指針値とする。
その上で、得られた風車騒音を指針値と比較するものとする

平成２９年５月　環 境 省
風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル
3.2 騒音の測定機器
(1) 騒音計（サウンドレベルメータ）
本マニュアルにおける風車騒音の測定には、計量法第 71 条の条件を満たし、JIS C 1509-1 の仕様に適合する騒音計（サウンドレベルメータ）で、以下の機能を備えているものを使用する。
(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。**

残念ながら、マニュアル通りに計測すると、その音が風車から出た音である証拠を掴むことも出来ないのです。環境省は、正確な測定自体を妨害しているのです。

2021 年 12 月
環境省

発電所アセス省令の改正（環境影響評価の参考項目の見直し）

- **超低周波音**：**参考項目から削除。**事業者には、超低周波音に対する理解促進等のための取組の継続を要請する。
- **工事の実施に伴う大気環境：**工事中の大気環境（窒素酸化物、粉じん等、騒音、振動）のうち、近傍の住居への影響が懸念される**工事用資材の搬出入に係る騒音・振動**と、**建設機械の稼働に伴う騒音以外**は、**参考項目から削除**。

＜新エネWGでの検討結果を踏まえた、発電所アセス省令における風力発電所の参考項目（案）＞
※発電所アセス省令（別表６）から抜粋

影響要因の区分 / 環境要素の区分		工事の実施		土地又は工作物の存在及び供用
		工事用資材等の搬出入	建設機械の稼働	施設の稼働
大気環境	窒素酸化物	○	○	
	粉じん等	○	○	
	騒音及び超低周波音	○	○	○
	振動	○	○	



影響要因の区分 / 環境要素の区分		工事の実施		土地又は工作物の存在及び供用
		工事用資材等の搬出入	建設機械の稼働	施設の稼働
大気環境		削除		
	騒音及び超低周波音	○	○	○
	振動	○	削除	

参考項目・・・・環境影響評価法の技術指針（技術指針等を定める主務省令）において示されている、対象事業ごとの影響要因と環境要素からなる、環境影響評価の一般的な選定項目

出典：第22回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 資料７（一部改訂）

評価項目から、超低周波音を削除するようです。

超低周波音を本当に嫌がっていることが分ります。将棋で勝つには、相手が最も嫌がる手を指す。ことが大切です。超低周波音の研究は、風車被害の根本原因の追究であり、被害予測の方法なのです。

相手が嫌がっているのですから、さらに追及をするべきなのです。それが勝利への道なのです。

準備不足

基本的な事項に関する理解と調査研究が足りません。

確認すべき文献

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

詳細は、“風車超低周波音 2024”をご覧ください。

風車からは、どのような音が出るのか、その音が発生する仕組みな何か、音の特徴と物理的な影響は何か。について具体的な提案が必要なのです。

勝てない戦い

“５.５. 事後調査の実施と結果の報告
○風力発電の環境影響の予測の不確実性の高さ等に鑑み、**事業者に対して評価書に記載の環境の保全のための措置（その効果が不確実性のあるもの、将来判明すべき環境の状況に応じて講ずるものに限る。）を講じたものに係る報告書**について、経済産業大臣への送付を義務付ける。“
ですが、

1/3 オクターブ解析、G 特性音圧レベル、A 特性音圧レベル（20Hz～）、点音源と考えての騒音予測など、住民を騙す手段は沢山あります。例えば、騒音予測ですが、風車音が指向性を持つことは無視した計算です。これでは被害の予測は出来ません。
さらに、環境省さえもが、二重防風スクリーンを推奨し、屋外での計測を推奨しています。風車の超低周波音で最大音圧の部分を除外音処理で消しなさいと言っています。屋外で、二重防風スクリーンを付けて計測した最大音圧は、室内で９ｃｍの防風スクリーンを付けて計測した最大音圧の 1/3～1/100 程度になっていると推測できます。（10ｄＢ～40ｄＢ程度低い数値）

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。

業者は、営利を目的に活動します。補助金を出して、学者の論文を買います。地域支援金で住民の口を塞ぎます。

環境アセスメントとは

- 環境アセスメントとは、開発事業の内容を決めるに当たって、それが環境に及ぼす影響について、事業者自らが調査・予測・評価を行い、その結果を地域への説明やアセス図書の縦覧により公表して広く意見を聞き、それらを踏まえて環境の保全の観点からよりよい事業計画を作り上げていく制度。



そもそも、環境アセスの建前が、業者を信頼しすぎです。自分の利益に反する数値を出してくる業者はいないのです。これは世の中の常識です。

本来、地方自治体は、住民の生活を守る観点から、風車音の計測をすべきであり、超低周波音に関しても計測結果を、音圧変動を記録した WAV ファイルの形で公開すべきなのですが、除外音処理と風雑音で、これを禁止しているのが環境省なのです。

回転軸が水平の風車は、物理的に考えて、超低周波音の発生装置そのものであり。強い指向性を持った音は、点音源での予測式のような減衰はしないのです。

この事は、近い将来、国民の常識となります。環境省の主張の裏付けとなる学者の見解が、学者というにはあまりにも低学力な考え方の結果である事もまた、国民の常識になります。

今の学者の常識

・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。

（風力発電についての意見聴取会（三重県松坂市、平成 21 年）

学識者意見：落合博明氏　の発言（落合氏がそう考えているか否かは不明です。））

ですが、

国民の常識、英語力、国語力、数学の学力、風車音の発生の仕組み、風車音の指向性、などから見て、もはや学者の意見ではありえないのです。単なる妄想なのです。

他にも問題点は限りなくあるのですが、一旦中断して、風車音について確認します。

日本国憲法第 25 条

風車からは音が出ます。この音は、聴覚によって感知される事もあるが、周波数によっては、圧迫感として感知される事もあります。また、頭痛として感知される事もあります。建具や床のガタツキも起きます。ガタつけば目が覚めます。風車音はいろいろな形で安眠を妨害します。

また、風車の振動は地中伝搬として周辺の住宅まで届きます。そして振動や皮膚への圧力の変化として感知される事もあります。（大型風車による地盤振動伝播）

住民が被害として訴えている中では、安眠妨害が目立ちます。風車は夜も回転していて指向性の強い超低周波音を放出します。

“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。“

安眠できなければ体力は回復しません。仕事のミスが起きます。居眠り運転も起きます。眠れなかった子供は授業中に居眠りします。注意する先生とのトラブルも起きます。学力も落ちます。そんな土地から離れた人は、戻っては来ません。地域社会が崩壊してしまいます。

日本国憲法第 25 条には、

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、

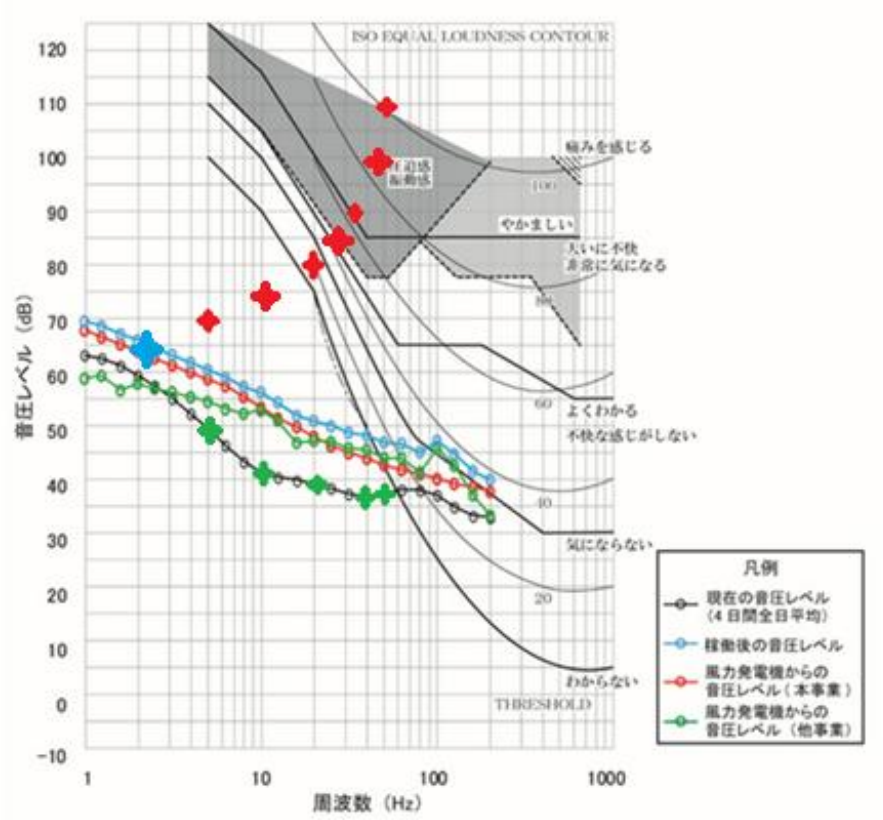
安眠妨害指数＝Min{　聴覚閾値、ガタツキ閾値、圧迫感閾値、地中伝搬振動閾値、頭痛閾値、など　}

この数値が、風車の被害に関する知覚閾値なのです。

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。
風車被害の知覚閾値は、５Hz に関しては、70ｄB 以下の数値になるはずです。



出典：「文部省科学研究費『環境科学』特別研究：超低周波音の生理・心理的影響と評価に関する研究班
『昭和 55 年度報告書 1 低周波音に対する感覚と評価に関する基礎研究』」より作成

図 10.1.4-8(1) 圧迫感・振動感を感じる音圧レベルとの比較結果
（環境－①：春季全日平均）

ガタツキによる安眠妨害の見地から言えば、
２Hz では、65ｄB 以下の音圧が、風車被害の知覚閾値になると考えるべきです。
風車振動の地中伝搬もあるので、室内での計測を行って、共鳴や共振に関して精密に解析する必要があるのです。精密騒音計と振動レベル計を使えば、簡単です。

英語を誤訳して騙せる時代は終わったのです。聴覚閾値を勝手に知覚閾値にしてはいけないことは市民の常識です。高校１年で習うグラフに関する基礎知識が無いのに、学者のふりをしてはいけないのです。

安眠妨害は直接的な健康被害とは、言い難いのですが、頭痛は違います。これは風車音による直接的な健康被害なのです。

風車音の超低周波音は、周波数特性が離散的であり、f=RZ/60Hz の時に極めて高い音圧を持ちます。風速が増せばｆも変化します。音圧も変化します。

風が弱い時は、ｆ＝0.8Hz で音圧が 0.14Ｐａですが、風が強い時は、ｆ＝1Ｈｚで音圧は 0.42Ｐａです。

風が強い時の波形は、その符号が 1Ｈｚの成分によって決定されます。結果として、人間は 0.5 秒間は圧縮され、0.5 秒間は膨張する事になります。

大型風車では、ｆ＝0.5Ｈｚとなるので、人間は１秒間圧縮され、１秒間は膨張する事になります。

ゆっくりとした膨張と圧縮の繰り返しは、音響キャビテーションでの気泡発生の条件なのです。

体内に気泡が発生する現象は、潜水病の症状と同じです。

音圧の高い状態は、風が強い時に起きます。強い風が継続するのは２０秒程度です。この状態は１時間に１回くらいの割合で起きます。

音が弱くなれば、気泡は発生しません、時間が経てば、気泡は体液に吸収されてしまいます。夜に頭痛がしても、朝起きて病院につく声鬼は、気泡は消滅します。医者が見ても現認は見つかりません。

この、音響キャビテーションは、物理学、数学の問題として客観的に評価できます。

低周波音被害に関しては、次のことが知られていました。

聴覚と聴覚以外も含めての判断

c.1 低周波音苦情の分類

（1）心理的影響 気分のいらいら、胸や腹の圧迫感

（2）生理的影響 頭痛、耳なり、吐き気

（3）睡眠影響

（4）物的影響 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ある。音源の稼動状況と苦情の状況の対応に注意する。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。

風車の場合には、風車音の粗密波としての影響だけでなく、風車の振動が地中を伝搬して住宅まで振動が伝わる事による被害もでる。

退化した学者の常識は、

・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。

の様ですが、学問を退化させてはいけないのです。

では、風車音に関する基本的な事項の確認から始めましょう。

０．準備

０．１　温故知新

０．１．１　f=RZ/60 と f/3、2f/3、f、2f、3f

風車の１分間の回転数を R、翼（ブレード）の枚数を Z とすると、風車から出る、超低周波音の周波数は、f=RZ/60（Hz）と、その倍音と言われていた。

風速が変化すると、回転数 R が変化して、ｆも変化するはずです。これを確かめてみました。

ビデオで風車の回転を撮影し、精密騒音計ＮＬ－６２で録音した音の Wavelet 解析の結果と比較すると、次の結果になります。

ビデオを見ながら、ブレードが塔の前を 21 回通過する時間を測り、周波数を計算すると、１行目では、28 秒間に７回転するから、60 秒間では、7*60/28＝15＝R、Z＝３より、

15*3/60＝(7*60/28)*3/60=7*3/28=21/28=0.75Hz となります。

7回転		
21回通過	秒	周波数
21	28	0.75
21	22	0.95
21	23	0.91
21	23	0.91
21	24	0.88
21	27	0.78
21	30	0.70
21	24	0.88
21	26	0.81
21	25	0.84
21	26	0.81
21	26	0.81
21	26	0.81
21	26	0.81
21	27	0.78
21	31	0.68
21	31	0.68
21	27	0.78
21	26	0.81
21	25	0.84
21	26	0.81
21	28	0.75
21	28	0.75
	平均	0.80

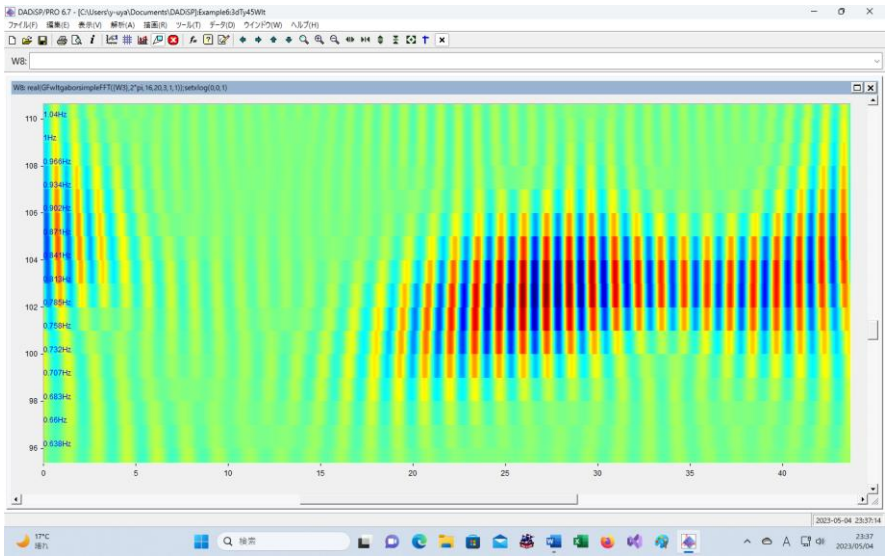
全体の平均は、0.8Hz です。

次のグラフは、濃い色の中心が上下に動きます。上にあれば周波数が高いことを示し、下の方にあれば周波数が低いことを意味しています。

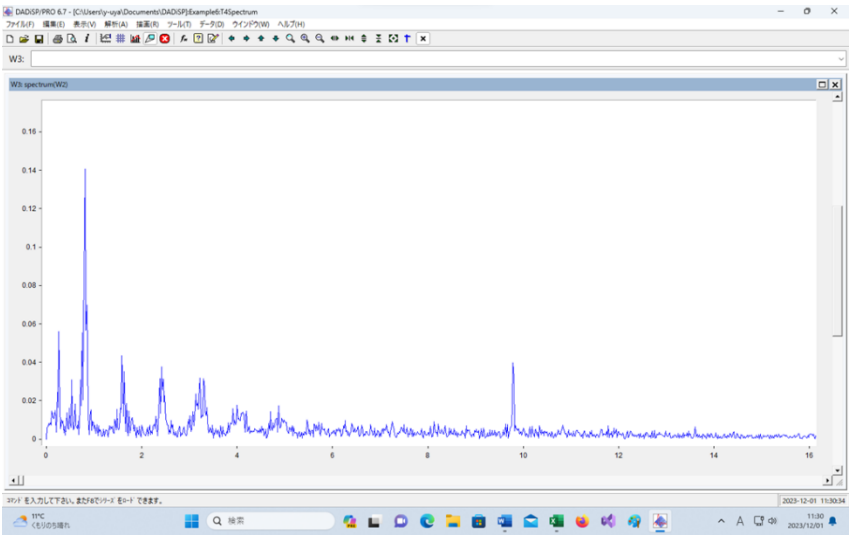
色の濃い帯の中心の上下動を調べると、0.71Hz～0.94Hz の間で周波数が変動することが分かります。

この変動の様子と、ビデオの映像から調べた周波数の変動は一致しています。

従って、f=RZ/60（Hz）の式は、間違っているとは言えません。



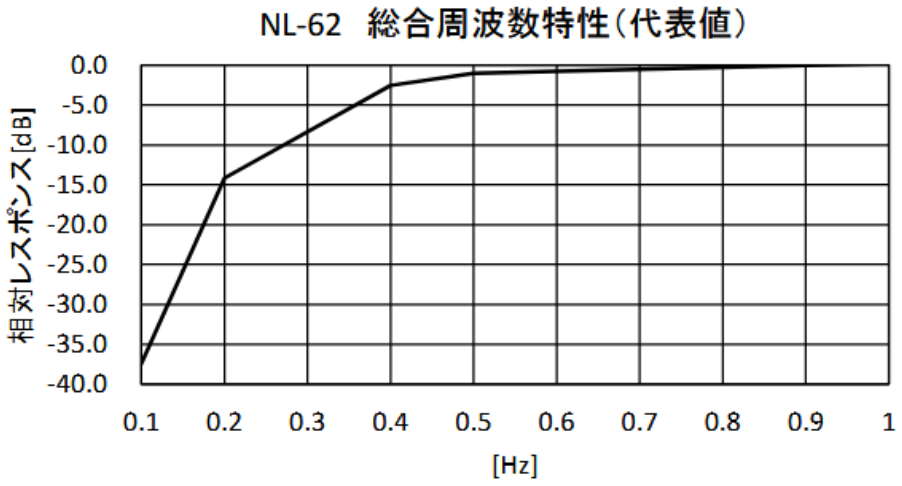
しかし、もっとよく調べてみると、次グラフと、音圧がピーク値となる周波数が得られます。



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

ピーク値となる周波数で音圧が最大になるのは、f=RZ/60（Hz）ですが、他の周波数として
f/3、2f/3、f、2f、3f、4f、5f、…でも音圧がピーク値を取ることが分ります。
古い知識、f=RZ/60（Hz）、2f、3f、…と新しい知識、f/3、2f/3、f、2f、3f、4f、5f、…
の違いを調べれば、風車から、このような特別な周波数の音が出る理由が解明できます。手掛かりとなる文献は揃っています。（詳しい説明は“風車超低周波音 2023”に書いてあります。）

0.26667Hz はとても低い周波数です。普通に考えれば、NL-62 では計測できないと思われる値です。
NL-62 の説明書では、1Hz～20ｋHz の計測が可能ですと書いてあった。無理かと思ったのですが、リオン社に電話してみたら、1Hz～20ｋHz は 1/3 オクターブ解析を考えたときの周波数です。音圧そのものの変化を、16 ビットの符号付整数として記録する機能があるから、それを自分で解析すれば、0.4Hz くらいまでは分かります。とのことでした。
１Hz～20ｋHz の意味は、1/3 オクターブ解析での中心周波数の意味だと考えられます。1/3 オクターブ解析での中心周波数は、計算対象となる計測値の個数に大きく関係します。個数が大きくなれば計算時間がかかります。また、計測と計算が終わるまでは、画面に結果を表示できません。細かく計算するには、最低でも 120 秒間のデータが必要です。これだと、スイッチを入れてから 120 秒の間は、画面への結果表示が出来ないので故障と間違われます。また、データが大きいと、大量のメモリーと高速の CPU が必要になりますが、ML-62 や NL-63 には、実装されていないと思われます。
計測された音圧の信頼度に関しては、様々な角度から検討が必要ですが、とりあえず 0.4Hz までは大丈夫だと判断しました。

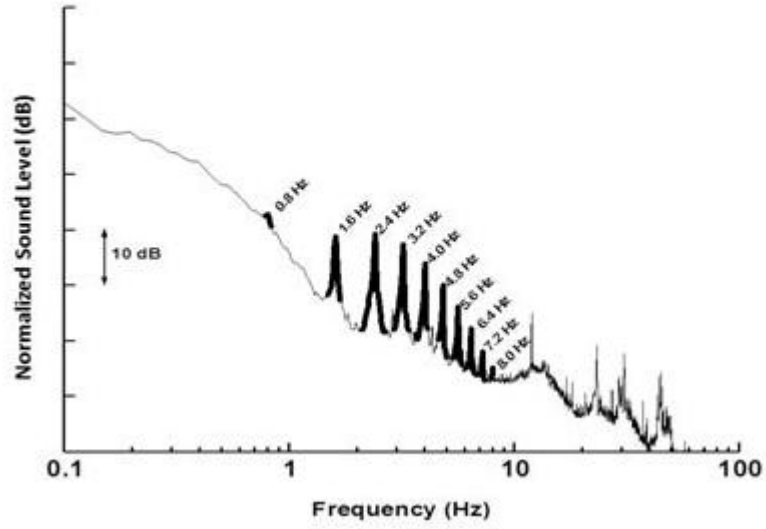


最新の SA-A1 は 0.25Hz からの解析が可能だとのことでした。さらに、16 ビットの符号付整数として記録したときの数値は、SA-A1 と NL-62 では、同じ数値が記録される。との返事もありましたので、コンピュータでの解析では、0.25Hz までは大丈夫と判断しています。

カナダ政府の HP にある、　A Primer on Noise では、

“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



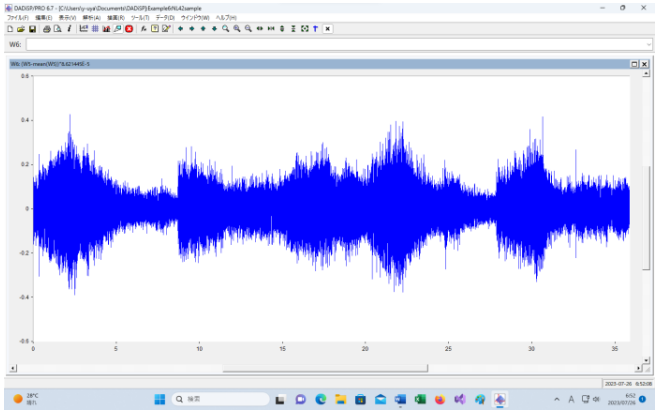
とあり、むかし、環境省が風車からの超低周波音の周波数を、f=RZ/60[Hz]としていた頃の記述と似ています。

このグラフの問題点は、計測範囲が狭い事と、平均化処理ですが、ここでは、より広い範囲での計測の必要性を確認します。

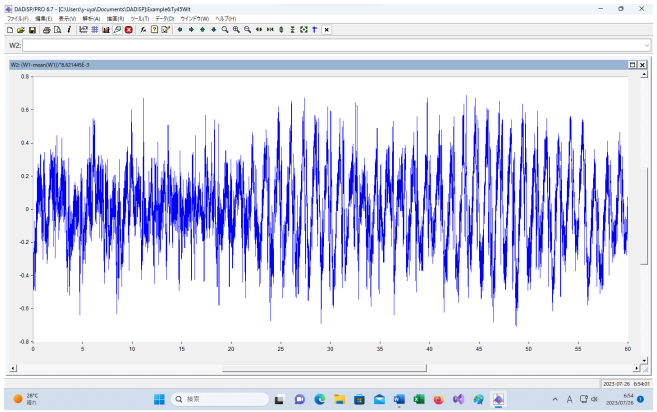
NL-62 で、サンプリングレートを 48ｋHz として、60 秒あるいは 120 秒の計測データを作り、これを使って、FFT の計算をすれば、周波数分解能は 60 秒だと 0.01667Ｈｚ、120 秒だと 0.00833Ｈｚとなり、最大周波数は 24ｋＨｚとなります。

これを使って、交通騒音と風車音を比べてみると、

リオン社前の交通騒音

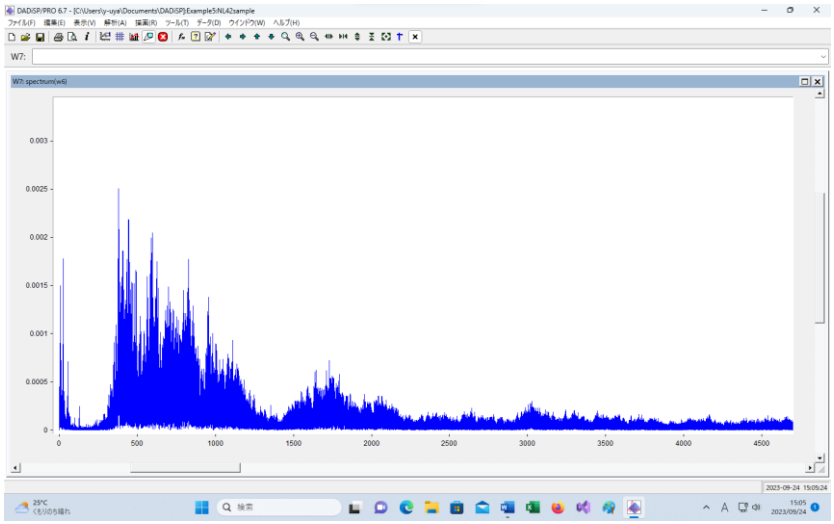


館山の風車音

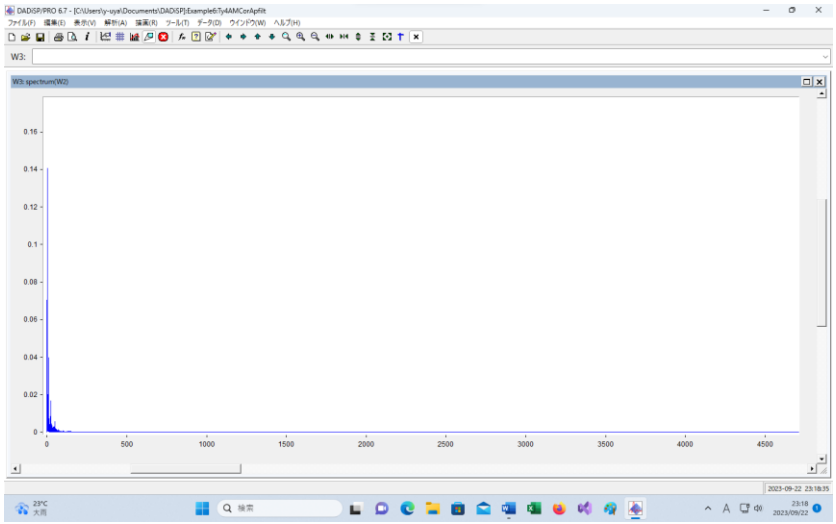


周波数スペクトルは、

交通騒音(0～5000Hz) ：最大音圧 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）



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。

エネルギーの分布は次の様になっています。

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%

さて、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。風車音のエネルギー分布は１点集中型である、と言えます。

風車は、大型化しました。f=RZ/60 の式で計算すると、0.5Hz 程度になります。1Hz～20Hz として超低周波音を扱ったのでは、風車音の最大音圧となる部分が抜け落ちます。

風車音の周波数スペクトルを見れば、その 0.8H の部分にエネルギーが集中していて、音圧は 0.14Pa（風が強いときは、0.42Pa を超えます。）です。交通騒音での最大音圧は 0.0025Pa です。0.14/0.0025＝56 となり、音圧は 56 倍です。（風が強い時は 165 倍です）

この結果から、WTN（A 特性音圧レベル）は、風車音の主要部分を無視して得られる数値であることが分ります。

０．１．２　WTN（風車騒音）の補正

エネルギーの観点から、風車音と交通騒音の違いを考えることも有効であり、風車音の超低周波音の部分を活用することの効果が、次の例からも分ります。

風車騒音（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

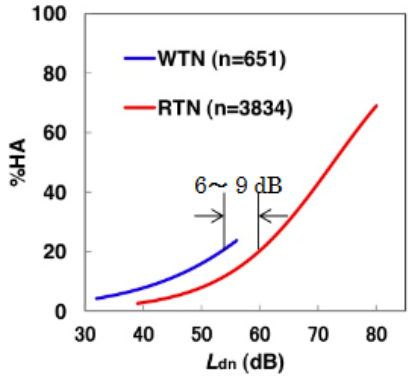


Fig.7　Relationship between *L*dn and percentage of highly annoyed response of wind turbine noise (WTN) and road traffic noise (RTN)

- 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－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　－アンケート調査手法と調査結果－、日本音響学会秋季研究発表会講演論文集、pp.1067-1070、2014.9

これは、

日本の環境省が取りまとめた、”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」（以下、報告書　と書く。）、の（ｐ14）にあるグラフです。

そこでの説明は、

“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（20Hz 以上）（WTN）と道路交通騒音（20Hz 以上）（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（20Hz 以上）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（20Hz 以上）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（20Hz 以上）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。“

となっています。

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%

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、下の表の様になりました。

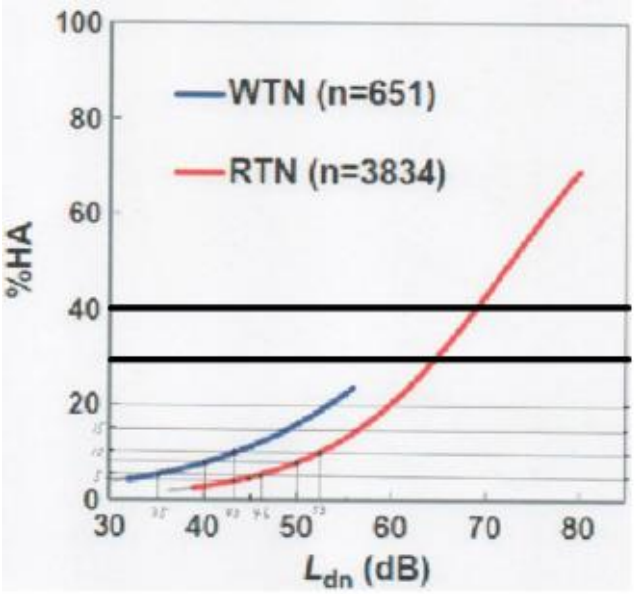
ズレの理由を次の様に考えました。Ａ特性音圧レベルで計算される騒音レベルは、風車音のエネルギーの7%を占める。この部分が、風車音全体のエネルギーの 99%まで増加したとすれば、

$$DB7 = 10 * log10(\frac{p_1^2}{p_0^2})$$

$$DB99 = 10 * log10\left(\frac{99}{7} * \frac{p_1^2}{p_0^2}\right) = DB7 + 11.5$$

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

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

となり、被害率が 10%以下の部分では、ほぼ一致しています。

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。

被害者の主観の問題ではありません。また、風車音の被害を訴えている人を洗脳しても被害は収まりません。被害の原因を好きにはなれません。

カナダ保健省の 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。”

“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。**“

“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。“

となっています。

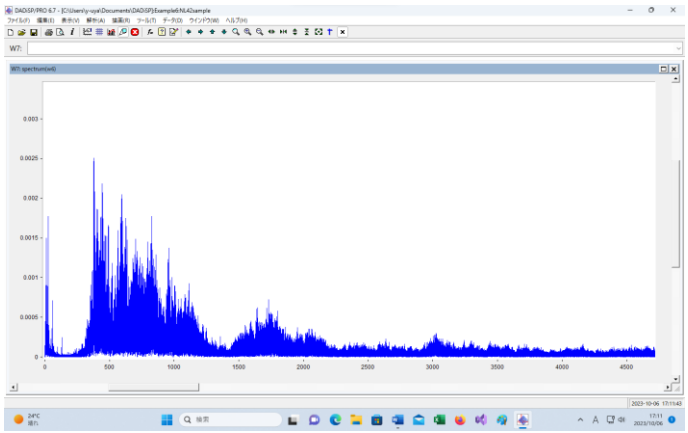
問題点はいくつかあります。

“屋外の WTN レベル”ですが、本当に WTN レベル（風車騒音レベル）でしょうか？

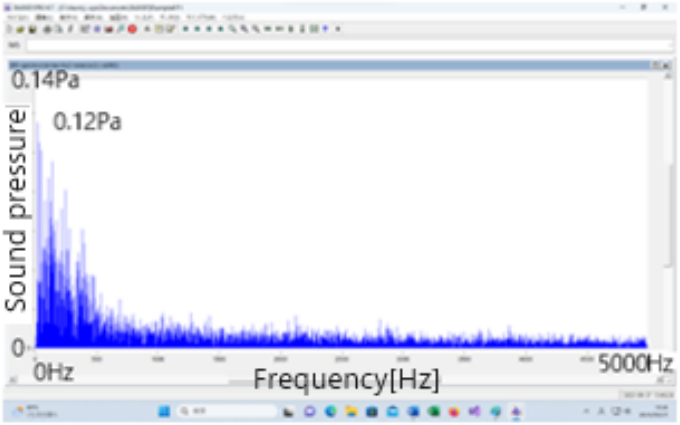
この数値は、A 特性音圧レベルなのです。20Hz 以上の周波数の成分を対象にして計算します。

家と風車の間や、家の周辺には、様々な環境騒音の発生源があります。

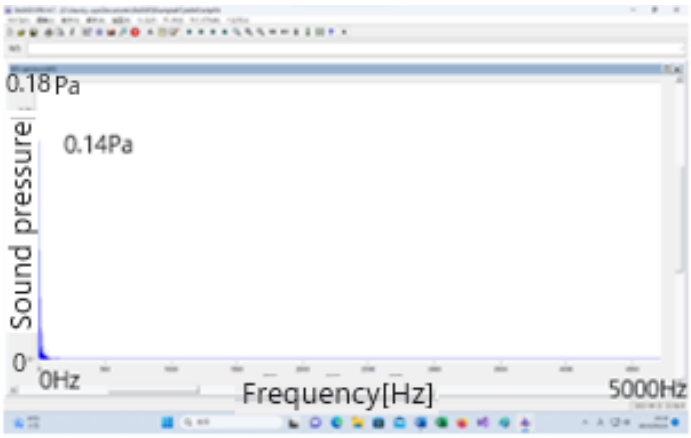
交通騒音（0～5000Hz）



工場騒音（0～5000Hz）



風車騒音（０～5000Hz）



これを見れば、家の前で計測した WTN の値の信頼性の確保が難しいことが直ぐに分かります。

被害との関連を調べるには、被害者の家の前で WTN を計測します。風車と計測地点の間には、様々な音源が存在します。



しかも、A 特性音圧レベルに関しては、風車音の値は低く、他の環境騒音の方が高いのです。

例えば、風車から１ｋｍ離れた家の前で、1000Hz の音が観測されたときに、その音圧のうちの何％が風車音からのものなのでしょうか？

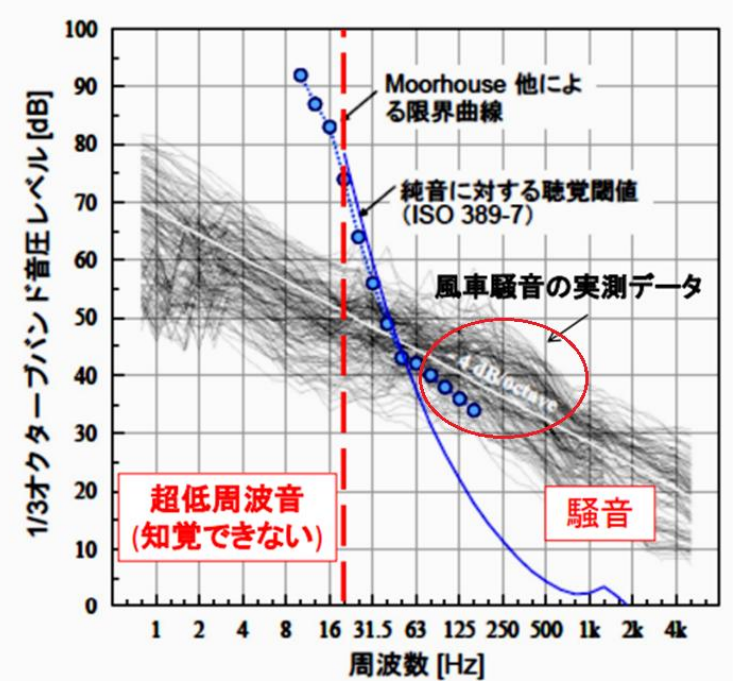
それを決定する方法としては、風車建設前に、計測しておいた値と、風車稼働後に計測した数値を比較する。あるいは、計測前に、風車を停止させて、停止時の騒音レベルを測り、その後風車を回転させて、稼働

時の騒音レベルを測る。そしてこの２つを比較する。

などが考えられますが、風速の変化を考えると、数回繰り返しても、WTN の影響と他の環境騒音の影響を分離するのは困難です。

次のような推定方法も考えられます。

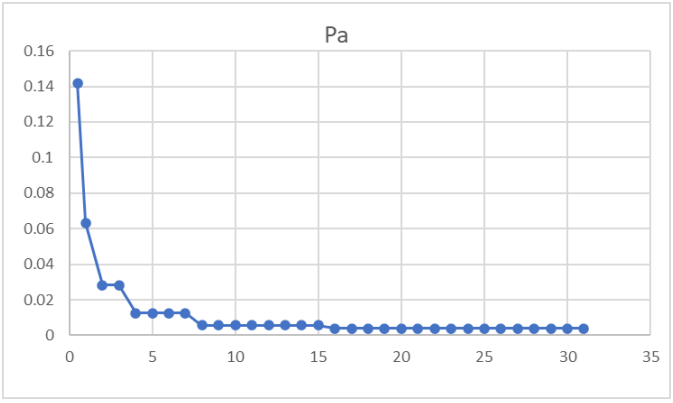
全国 164 か所の風車で、1Hz 辺りで、50～80ｄＢの超低周波音が例外なく観測されています。



図をよく見ると、白抜きで、-4dB/octave と書いてある。「**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。

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



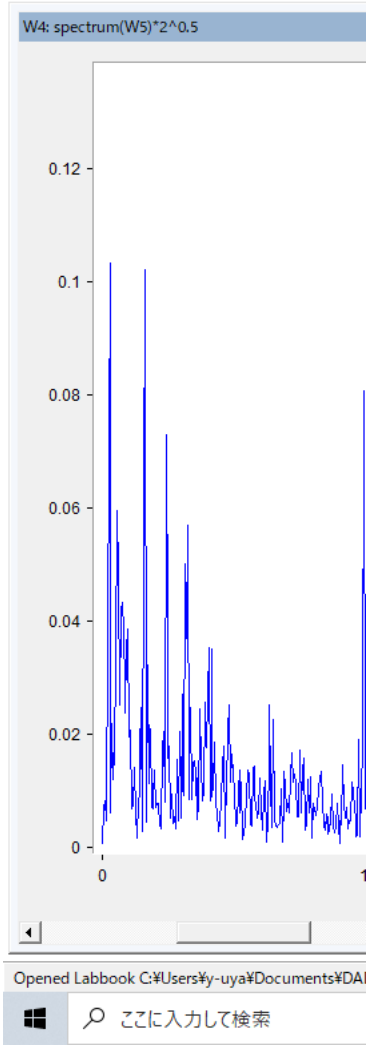
-4dB/octave の関係を使えば、風車音の f=RZ/60Hz での最大音圧が分れば、各周波数の音圧が推測できます。この音圧の音が、空気中を伝搬すると考えて、距離減衰、空気減衰、回折による減衰などを考えれば、家の外で観測される環境騒音のうちの何％が WTN の影響なのかを推定できます。ただし、指向性による影響や風速の変化による音圧の変動幅が大きいことを考えれば、推定の幅はかなり大きくなる。

幸いなことに、0.5Hz とか 1Hz の音をさせる環境騒音の音源は、風車以外には存在しません。0.5Hz の超低周波音は、外の環境騒音と混ざり合わないので、分離する必要がありません。FFT の結果をそのまま使えるのです。

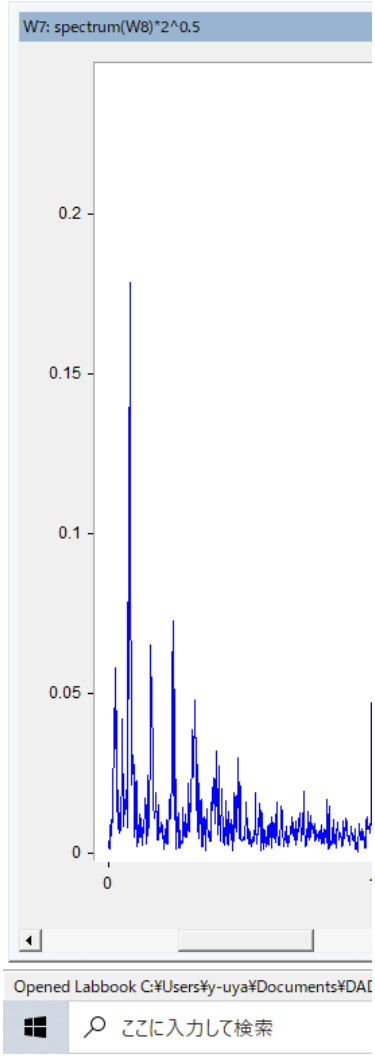
これは、0.5Hz の超低周波音を計測すれば、家へ届いている風車音の推測が出来るのです。ただし、風車を製造している企業が公開する音響パワーレベルの表には、0.5Hz の値は無いので、実際に計測して調整する必要があります。

風速が変化すると、回転数 R の他に、音圧も変化します。風速の変化で、風車騒音の周波数や音圧が変化します。風向が変化すれば、風車の向きが変わります。風車音の指向性による音圧変化もあるので、基礎的な調査が必要です。

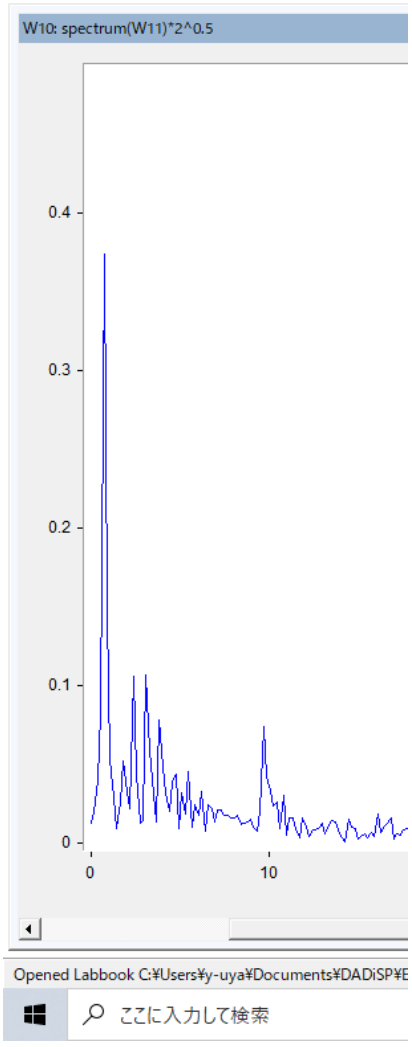
風速の変化で音圧が平均の 2 倍以上になるが、周波数の方はそれほど変化しません。



0.104Pa



0.175Pa



0.37Pa

この例では、20 秒程度は、音圧が 0.37Pa になっていると言う場合が起きています。0.37/0.0025＝148 です。(少し風が強い荷の計測では、0.42Pa でした。)

極めて高い音圧です。専門家の意見は、

・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。

(風力発電についての意見聴取会（三重県松坂市、平成 21 年）

学識者意見：落合博明氏　の発言（落合氏がそう考えているか否かは不明です。))

ですが、

聞こえない音である超音波に対して、皮膚が直接反応して火傷になる例もありますので、聞こえなくても安心は出来ません。

高い音圧を持つ超低周波音です、家具や床がガタガタしたり、圧迫感によって不快になる場合もあるのですから、安心はできません。

室内では、音の反射によって、音圧がさらに高まる事もあります。超低周波音の音圧を極端に高くできれば、潜水病と同じ症状になります。

カナダ政府の HP では、

“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。“

関連性を表にします。×は関連性無し、○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	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、口先だけの嘘を言っているのではないのです。この結

果は、日本での研究結果とも一致しています。

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

この事は、風車音（WTS）が被害と関連が無いという意味にはなりません。

WTN は超低周波音の部分を無視して、風車音のエネルギーの７％から計算した数値です。また、計測地点の周辺と、風車から計測地点までの間には、20Hz 以上の周波数の音を出す環境騒音の音源は沢山あります。風車以外の環境騒音による A 特性音圧レベルへの寄与と風車音による A 特性音圧レベルへの寄与を区別しなくてはなりませんが、この周波数帯の音を完全に分離することは出来ません。

しかし、超低周波音は違います。風車からは、0.5＝ｆ＝RZ/60　Hz を最大音圧とする、f/3、2f/3、f、2f、3f、…Ｈｚの周波数の音が出ます。

他の環境騒音で、このような超低周波音を出すものは存在しません。超低周波音を家の前で計測すれば、風車から届いた超低周波音が計測できるのです。

これが、風雑音でも疑似音でもないことは、マイクに風を当てないようにした計測結果と、超低周波音の発生の仕組みから明らかです。

超低周波音は、距離減衰（幾何減衰）はしますが、空気減衰はしません。しかもエネルギー透過率が高くて、防音窓でも遮蔽は出来ません。

当然被害が出ます。計測では、室内で、二重スクリーンを使わない計測と、振動レベル計での計測が必要です。

計測された最大音圧をパスカル値で表示したものと、アンケート結果、コルチゾール検査の結果の関連性を調べれば良いのです。

最大音圧の部分は、風車のエネルギーの 50%以上を持っているのだから、WTN の７％とは比べ物になりません。圧迫感は耳で聞くものではないので、WTN が関連を持っていなくても、最大音圧は深い関連を持っているのです。

最大音圧は圧迫の原因そのものですから、圧迫感との関連性が認められると考えます。個別アンケートの時に、アンケートを書いた人の家の屋外と室内での 11 分間の計測値が必要です。

0．1．3　カオス理論の応用

室内で計測された音の解析は、少し難しいのですが、カオス理論を使えば、特徴が理解できます。

下の、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す。 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。



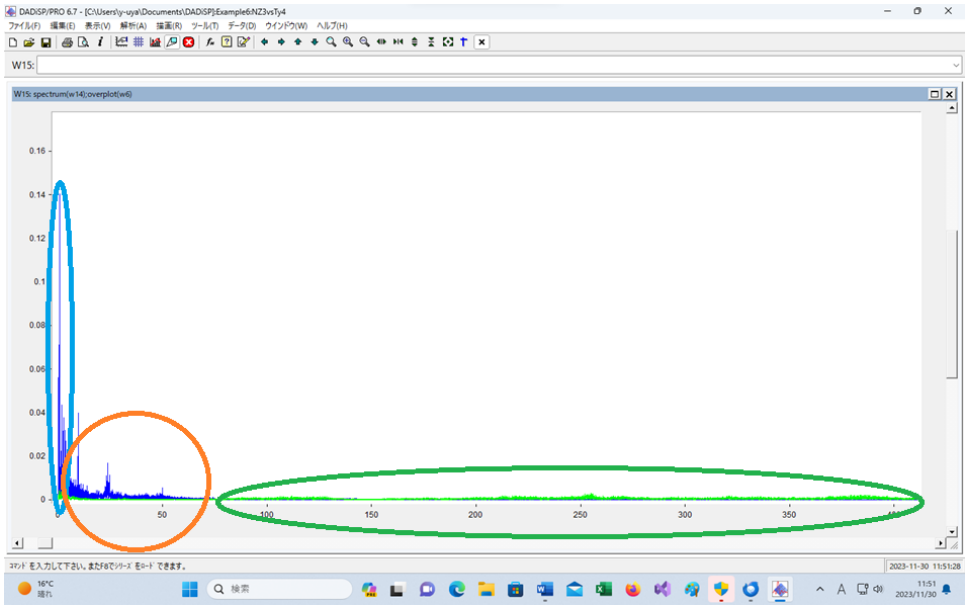
Fig. 14 Effect of Chaos theory

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。

０．２．１　風車音の成分と原因

風車音の特徴は、下のグラフの楕円に注目すれば分かります。

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



上の図で、濃い緑色の楕円は 100Hz～400Hz 辺りの音をします。

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　0～8Hz　は、塔の側面の振動を主な要因とする超低周波音。
⑤　10Hz～100Hz　は、発電機などの機械音。
⑥　200Hz～20ｋHz　は、ブレード先端近くでの乱流による高周波音。
となります。
0～8Hz での特徴は、マクローリン展開の係数の大小関係に対応した形での、音圧のピーク値が表れていることです。
10Hz～100Hz 辺りは、機械音で、機械の大きさや動き方の特徴に従った音が観測されています。
200Hz～20ｋHz では、極めて低い音圧で、周波数が高い音が観測されています。

風車音、とりわけ 20Hz 以下の超低周波音に関しては、その原因をめぐって様々な説があるので、それらについては、風車音の性質と比べながら、妥当性を確認してゆきます。

０．２．２　全国 164 か所の風車からの超低周波音

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。

次のグラフは、「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」にあるものです。

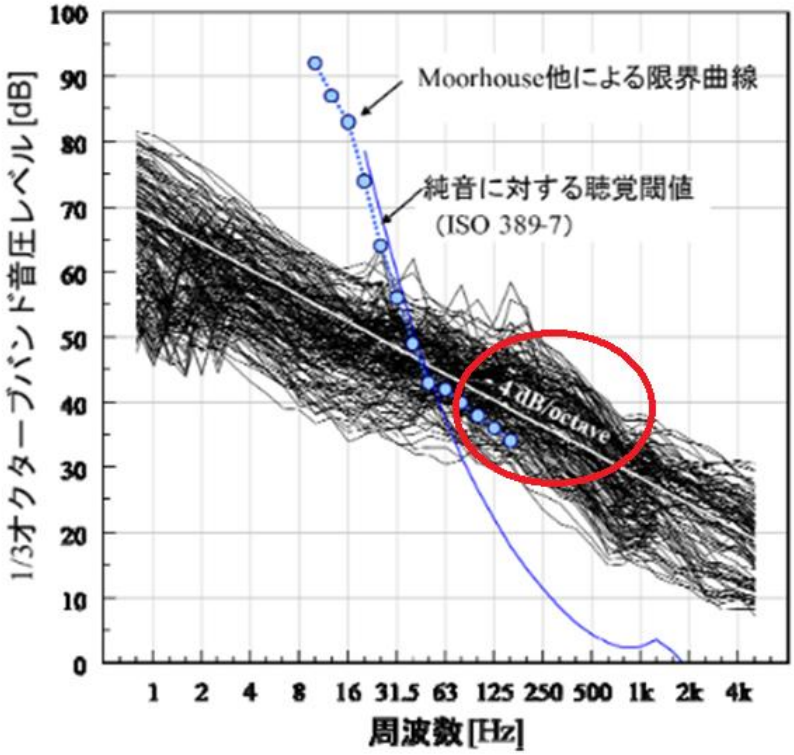


図 3　全国 29 の風力発電施設周辺 164 地点における風車騒音の周波数特性の分析結果

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。

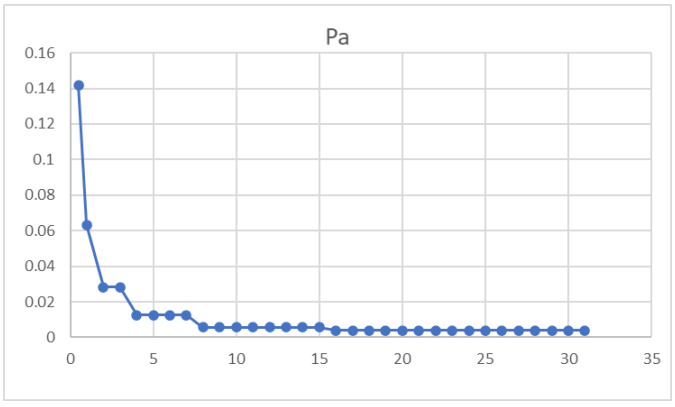
Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
dB	74	70	66		62				58
Σ(Pa*Pa)	0.010048	0.004	0.001592		0.000634				0.000252
Pa*Pa/Hz	0.020095	0.004	0.000796	0.000796	0.000158	0.000158	0.000158	0.000158	3.15E-05
Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
Pa	0.141757	0.063246	0.028217	0.028217	0.012589	0.012589	0.012589	0.012589	0.005617

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、表の一番下の数値になります。

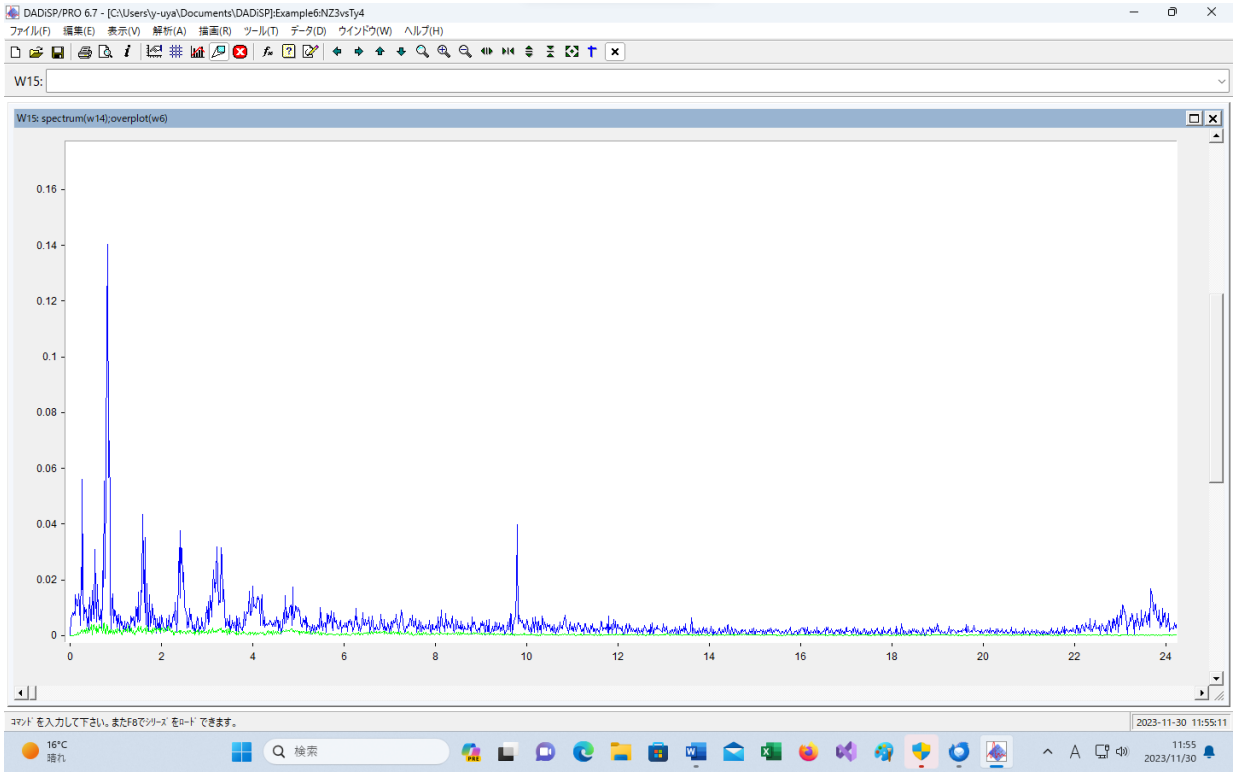
図３のグラフを表にして、値をパスカル値に変換すればグラフは次の様になります。

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、計算上の最大音圧は0.5Ｈｚで0.14Ｐａとなっています。

この最大音圧（0.14Pa）は、私の計測した風車の場合とほぼ一致しています。



また、100Hz から 4ｋHz の間では、

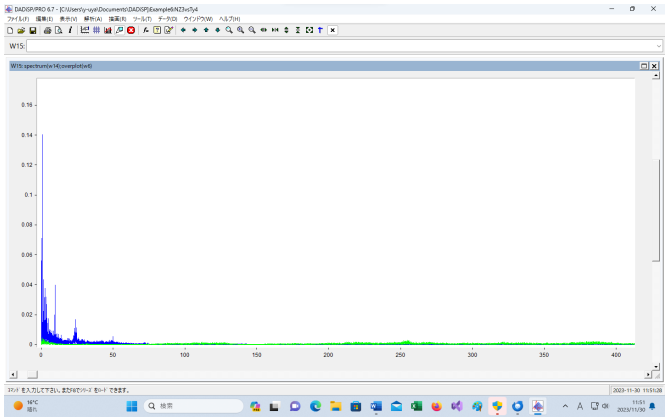
Hz	dB	Σ(Pa*Pa)	Pa*Pa/Hz	Hz	Pa
128	46	1.592E-05	1.24408E-07	128	0.000353
256	42	6.34E-06	2.4764E-08	256	0.000157
512	38	2.524E-06	4.92935E-09	512	7.02E-05
1024	34	1.005E-06	9.81206E-10	1024	3.13E-05
2048	30	0.0000004	1.95313E-10	2048	1.4E-05
4096	26	1.592E-07	3.88777E-11	4096	6.24E-06

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

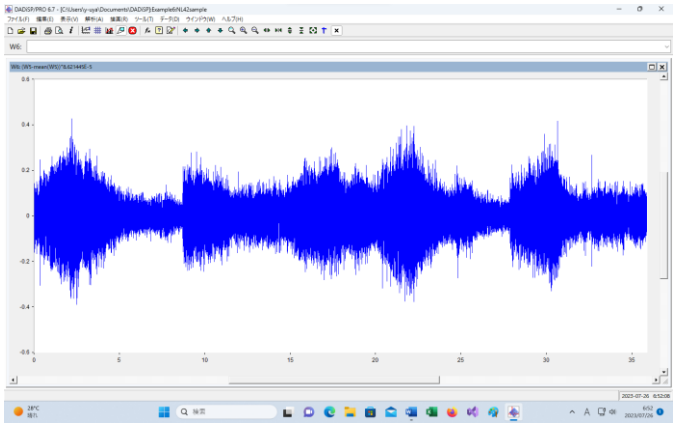
0～400Hz までの拡大図、風車音（青）と神社での音（緑）の周波数スペクトル



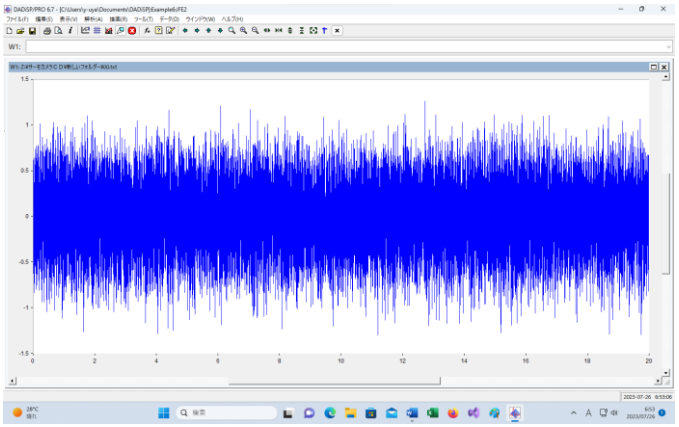
上の図をよく見れば、100Hz～300Hz 辺りでは、神社での音の方が音圧が高くなっています。
200Hz 以上ならば、窓を閉めれば、遮音効果が効きますので、それほど問題にはなりません。

0．2．3　グラフの密度

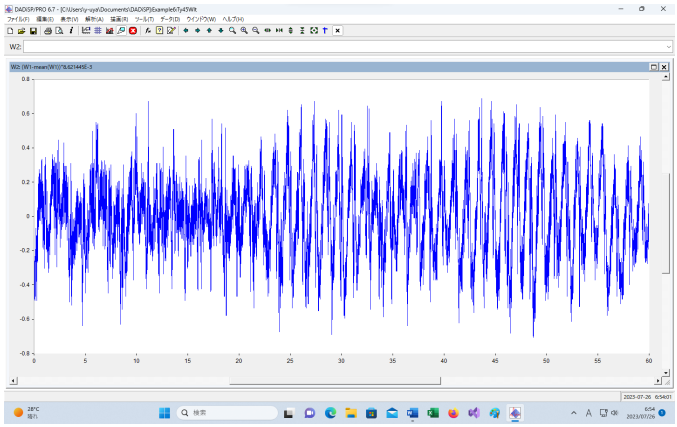
リオン社前の交通騒音



JFE の工場内の音



館山の風車音



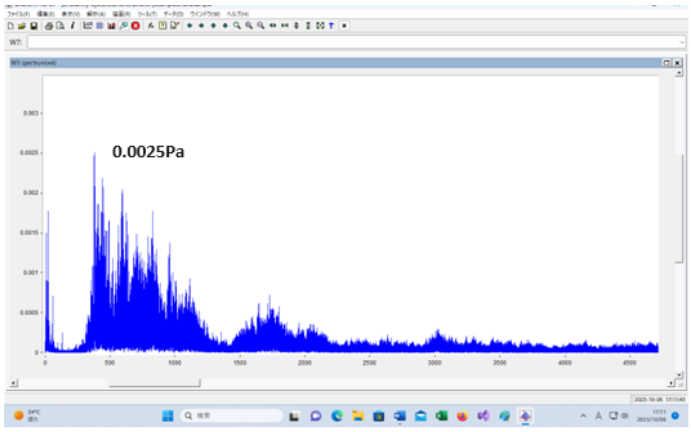
交通騒音では、車が通ると大きな振幅になります。

工場騒音は、音の大きさが安定しています。

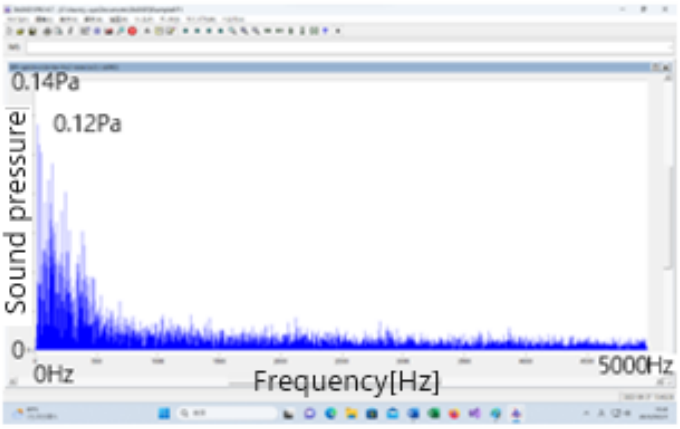
風車音では、振幅の変化が大きく、線の密度が変化も大きい。

0．2．4　周波数スペクトル

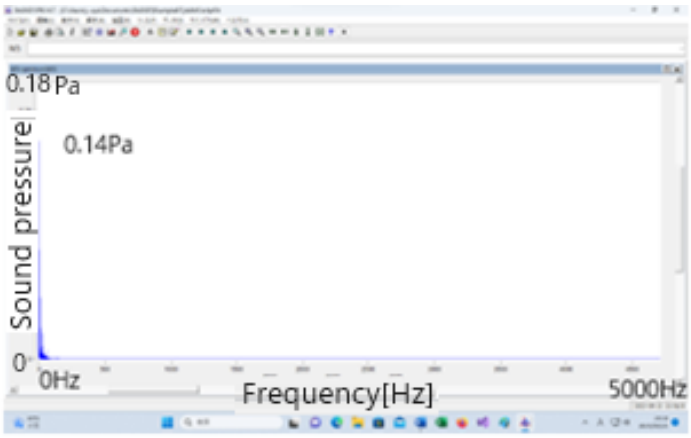
交通騒音　（0 ～5000Hz）



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。

０．２．５　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%

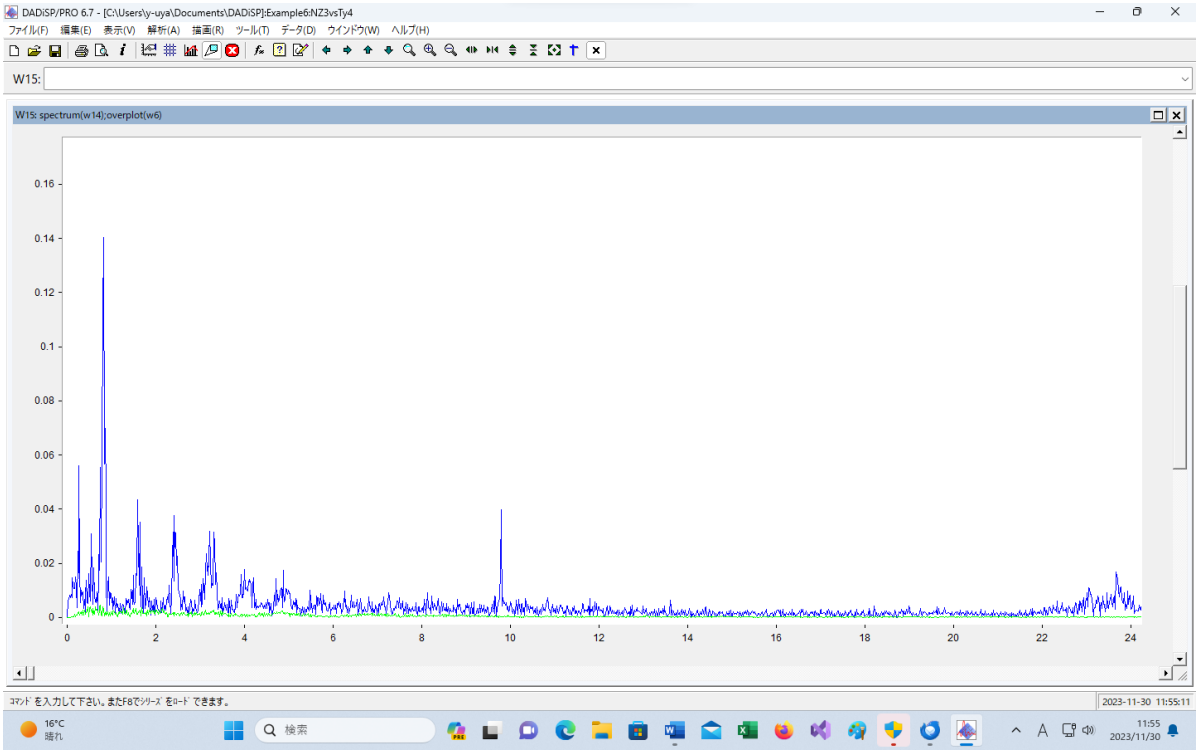
0～20Hz でのエネルギーの分布

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

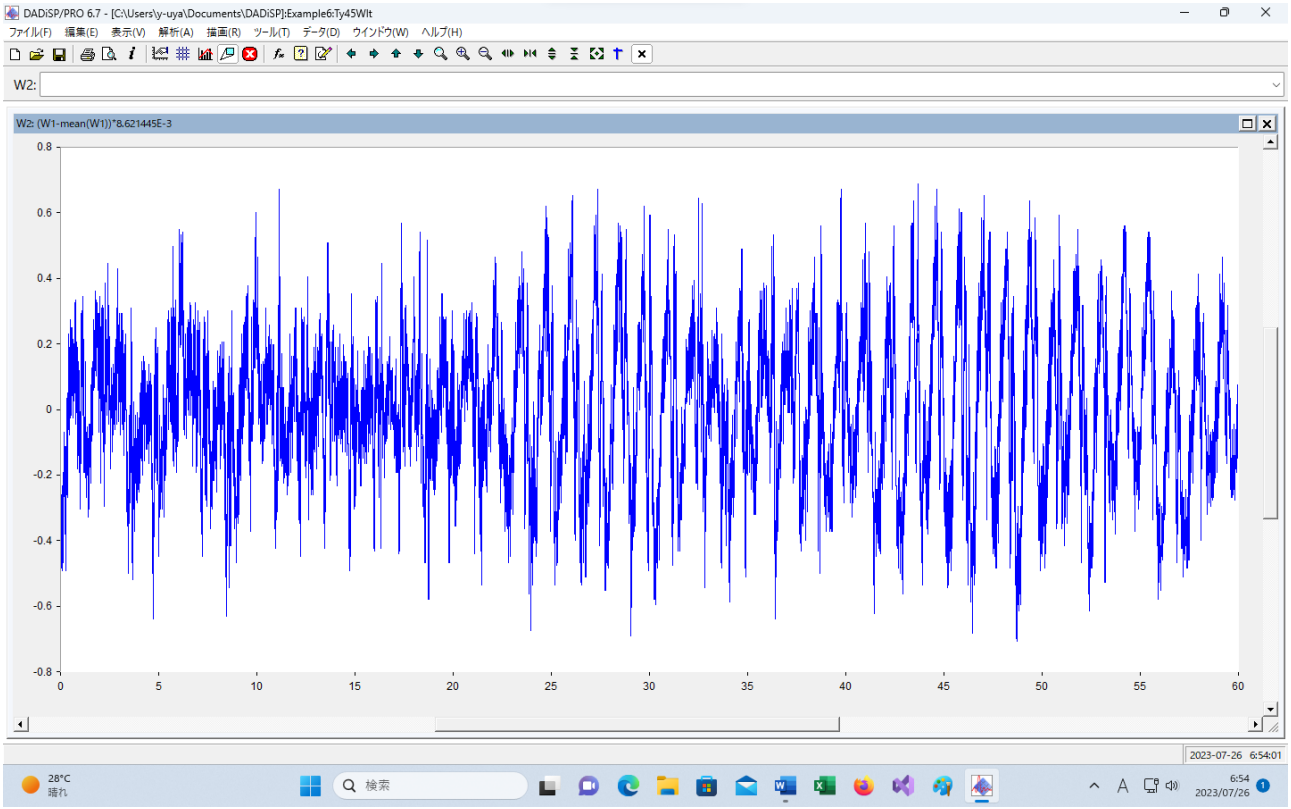
さて、93*0.613＝57％ですから、風車音全体のエネルギーの 57％は 1Hz よりも周波数が低い部分に含まれています。

０．２．６　風車音による圧縮と膨張

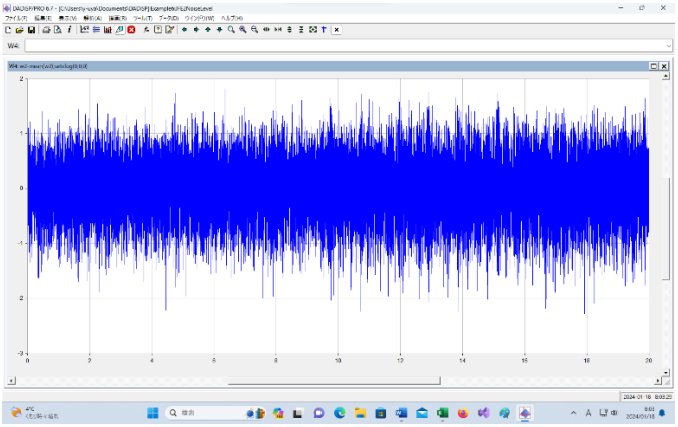
風車音の周波数スペクトルから、風車からの超低周波音は離散的であり、f=RZ/60＝１Ｈｚの成分が卓越した音圧を持っていることが分ります。

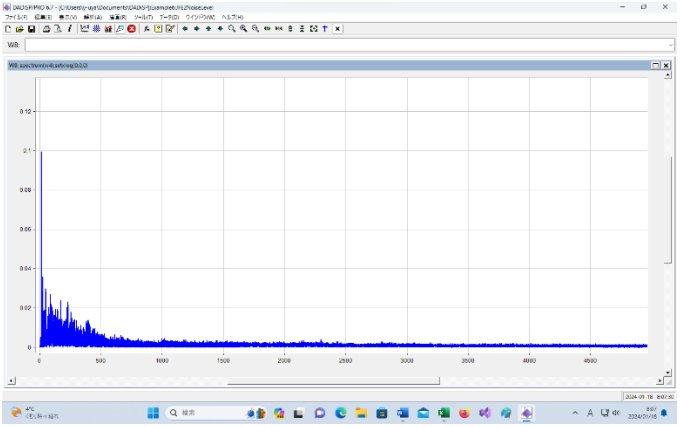


グラフは、1Hz の成分が卓越した音圧を持っているので、グラフの基本的な形を決定します。他の成分は、基本的なグラフに部分的な変動を与えるだけです。



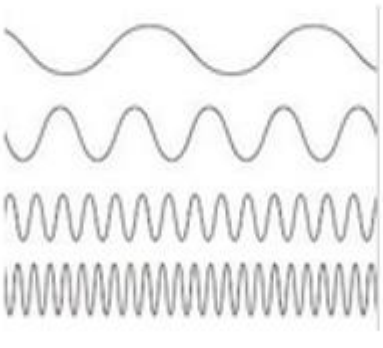
JFE の工場での音の全体のグラフと周波数スペクトルは次のグラフです。





この性格の違は、人体に対する圧迫に仕方に影響します。

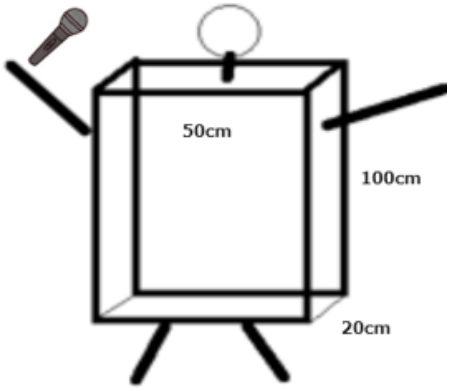


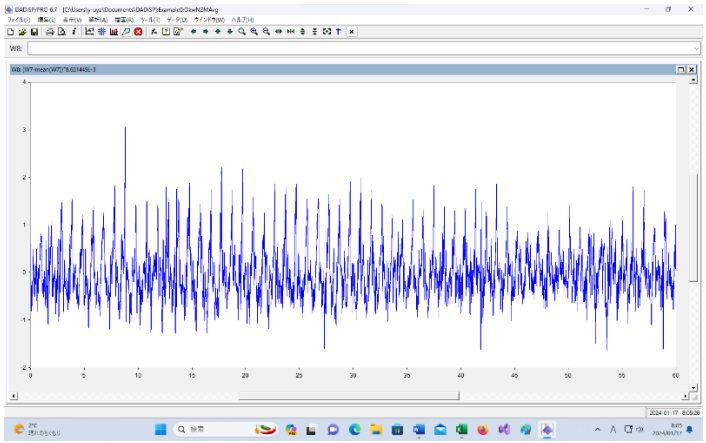




いろいろな波長の音が、秒速 340ｍで風車から人間まで届くとします。人間の横幅 50ｃｍ、胴長 100ｃｍ、厚み 20ｃｍとして、音は平面波とします。

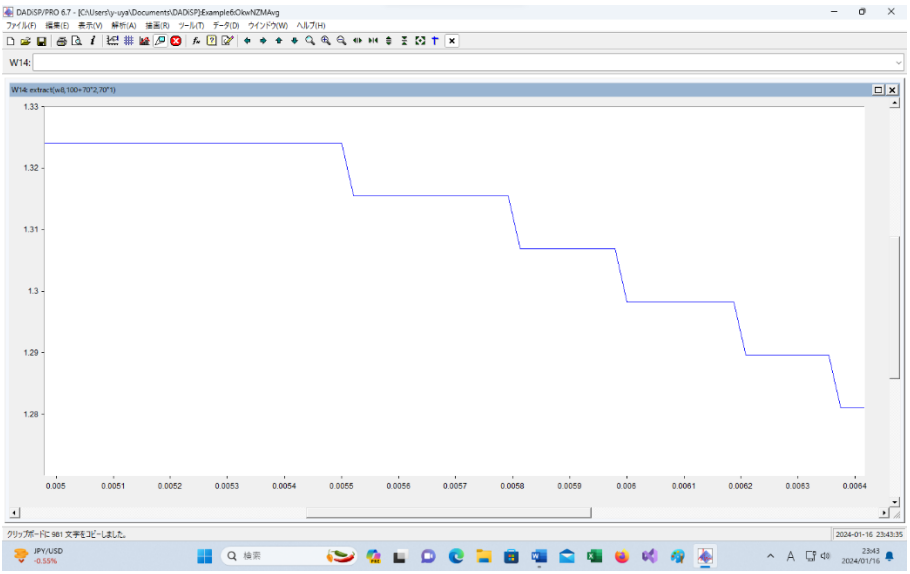
音速が 340ｍですから、体の右側から、マイクのある体の左側までは、0.5/340 秒です。マイクが音圧を計測する回数が 1 秒間に 48000 回だとすれば、0.5/340 秒では、48000*0.5/340＝70.6＝70 回です。





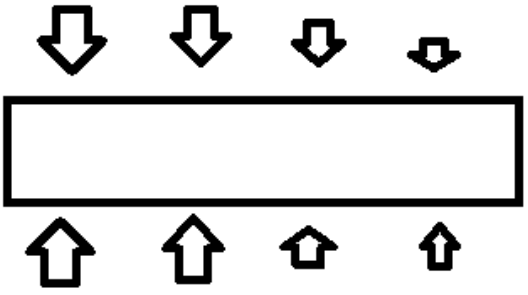
右側は、計測した風車音のデータです。これから 70 個分を取り出します。

音圧の、70 個の連続した数値のグラフは、



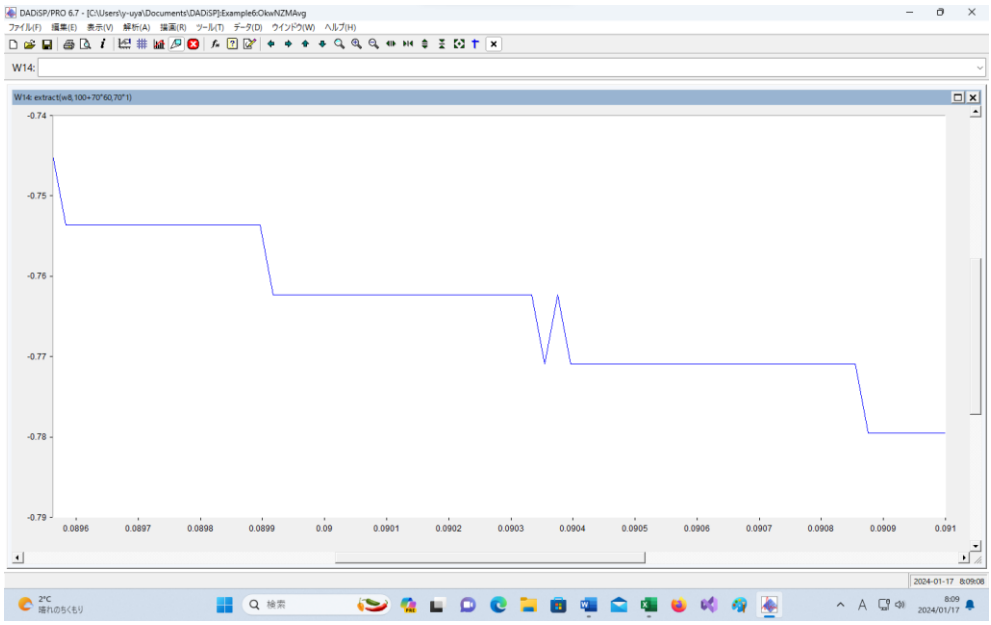
となり、数値は、

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



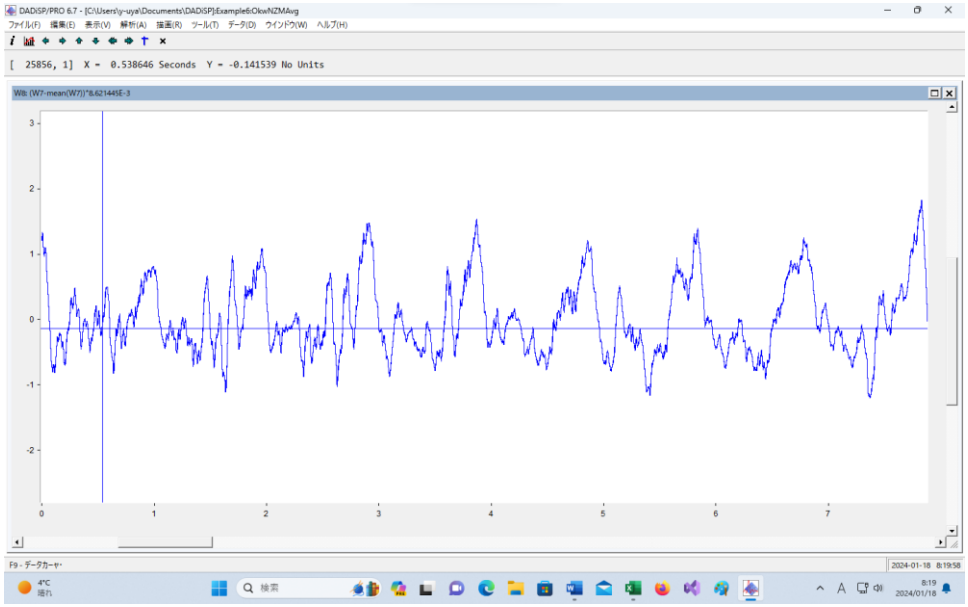
合計：91Pa、平均：1.3Pa です。この時は、体全体が押しつぶされる状態です。

もちろん、



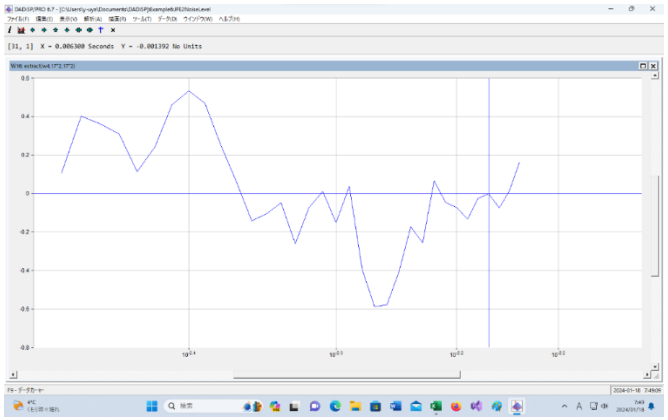
もう少し経つと、引っ張られて膨張する状態になります。
上のグラフの値は、-0.77Pa 程度です。強制的に膨張させられている状態です。

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。

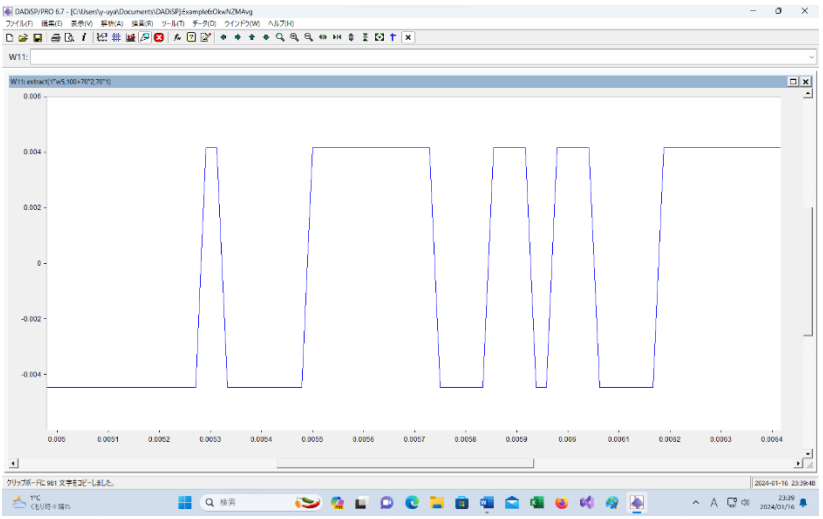
工場音の場合は、秒速 340ｍの音が 50ｃｍを通過するのに必要な時間は、0.001 秒です。0.002 秒間の波形を拡大してみれば、次のグラフになります。



圧縮、膨張の継続時間は 0.0005 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。

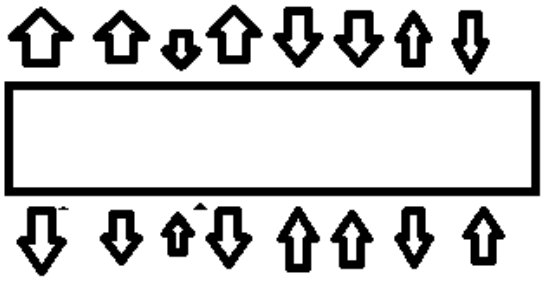
神社での音の音圧の、70 個の連続した数値のグラフは、



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。

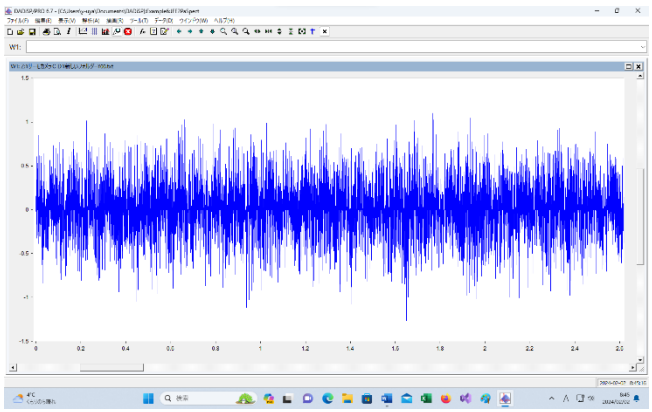
圧縮、膨張についてさらに確認します。

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。

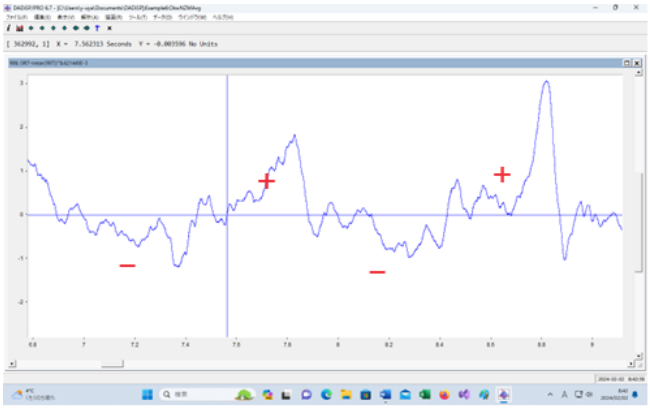
風が弱い時の音圧は 0.15Pa ですが、風が強いと 0.42Pa までは増加します。基本周波数は 0.8Hz から 1.0Hz 程度に増加します。

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

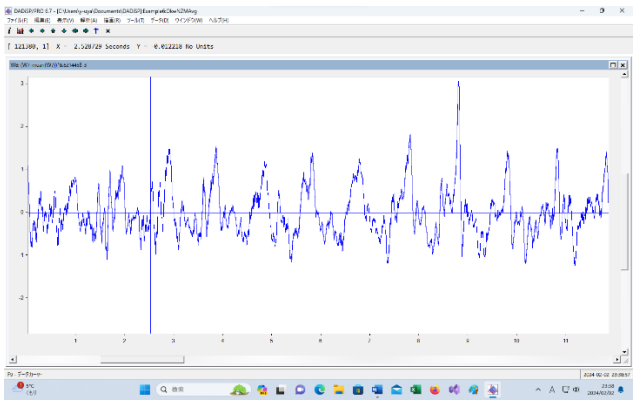


風車音の 2.2 秒間の波形

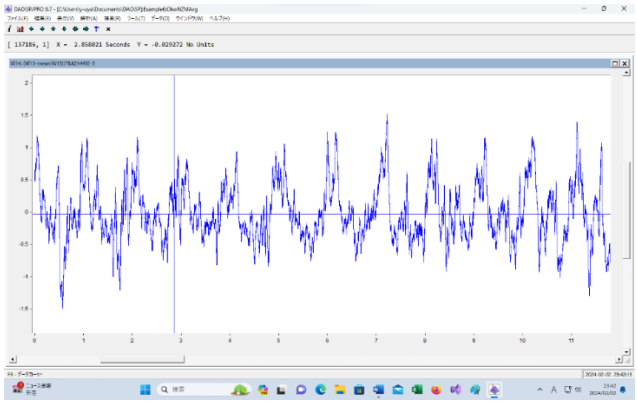


これが、圧縮と膨張が、ゆっくり繰り返される原因です。

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。

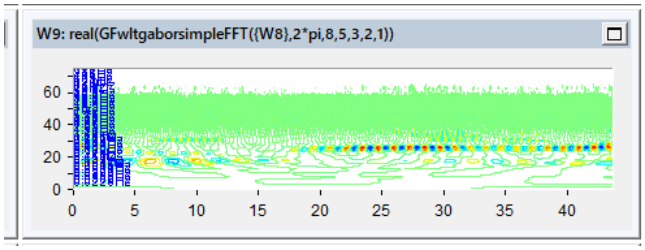
対象	周波数[Ｈｚ]	周期[S]	最大音圧	PT
車（強）	1	1	0.42	0.42
箱（中）	1	1	0.33	0.33
外（弱）	1	1	0.23	0.23
穏かな日	0.8	1.25	0.15	0.1875
JFE	12.5	0.08	0.096	0.00768
神社	1	1	0.01	0.01

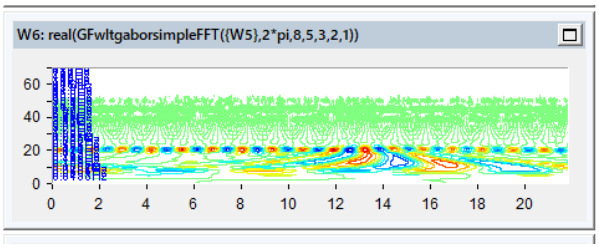
符号決定率＝最大音圧/2番目の音圧
をかけた方がよさそうですが、ここでは保留しておきます。

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。

館山の風車での気圧変動について：

風車の近くでは0.4Pa、風車が無い場所では0.01Paの音圧を持っている超低周波音が存在します。だから、風車の近くでは音圧が40倍です。だから問題が起きるのです。

音圧は、風速で変化します。風車の近くで0.14Paの時もあります。

この部分は、音圧は高いのですが、ゆっくり変化するので、鼓膜を振動させて聴覚を刺激すると考えるよりは、体全体に掛かる圧力を変動させると考えるべきです。

音圧は実効値で0.4Pa、周波数が１Hzですから、0.5秒間に、2*0.4*√2＝1.13Paの変動となり、１秒当たり2.26Paの割合で変化します。

体に対する圧力変動の影響は、聴覚器官に対する影響とは性質が違うものです。

風車音の詳細な解析、超低周波音が発生する仕組み、発生する超低周波音の周波数に関しては、“風車超低周波音 2023”に詳しく書いておきました。

１．指針値の問題点

１．１　法的な観点

“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。
（一部誤解があるので、後ほど修正します。）
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。

１．２　被害の予測と指針値、環境基準値

　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。

　特別な地域は、残留騒音が30ｄＢ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。
　　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]。

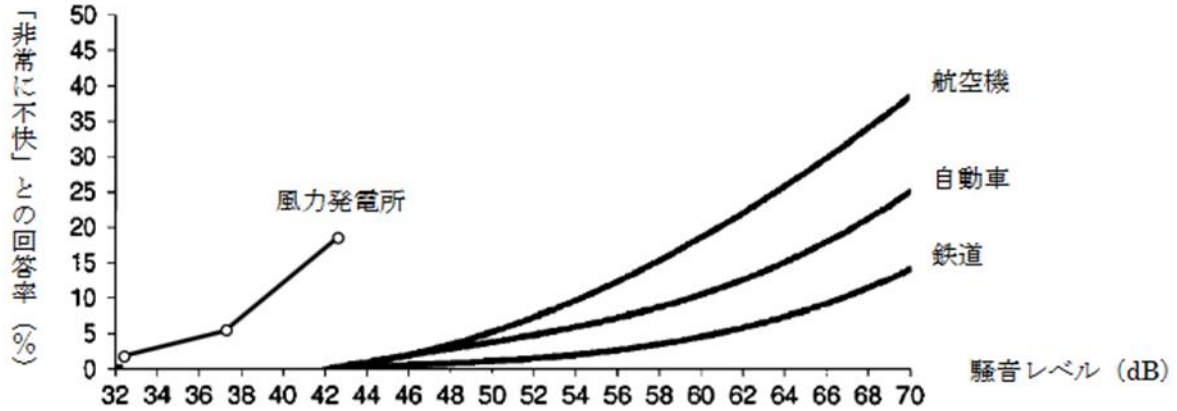


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

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

- 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]。

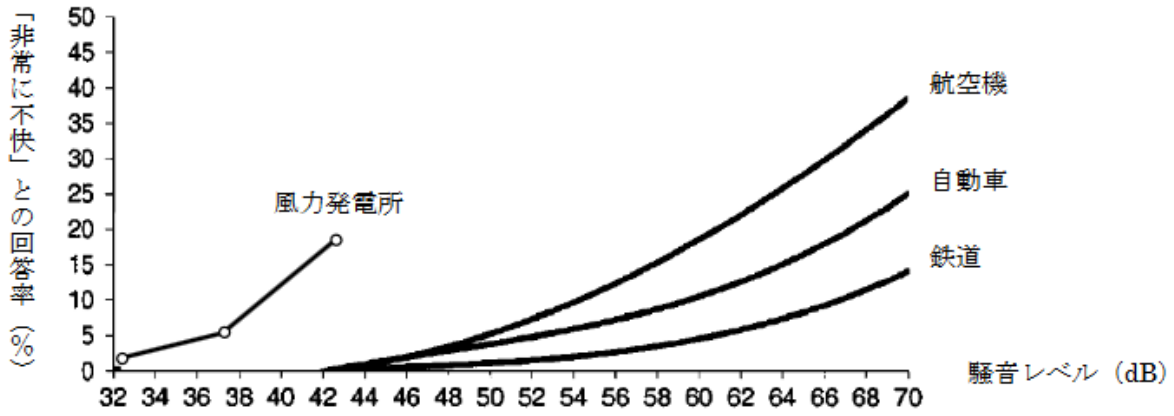


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

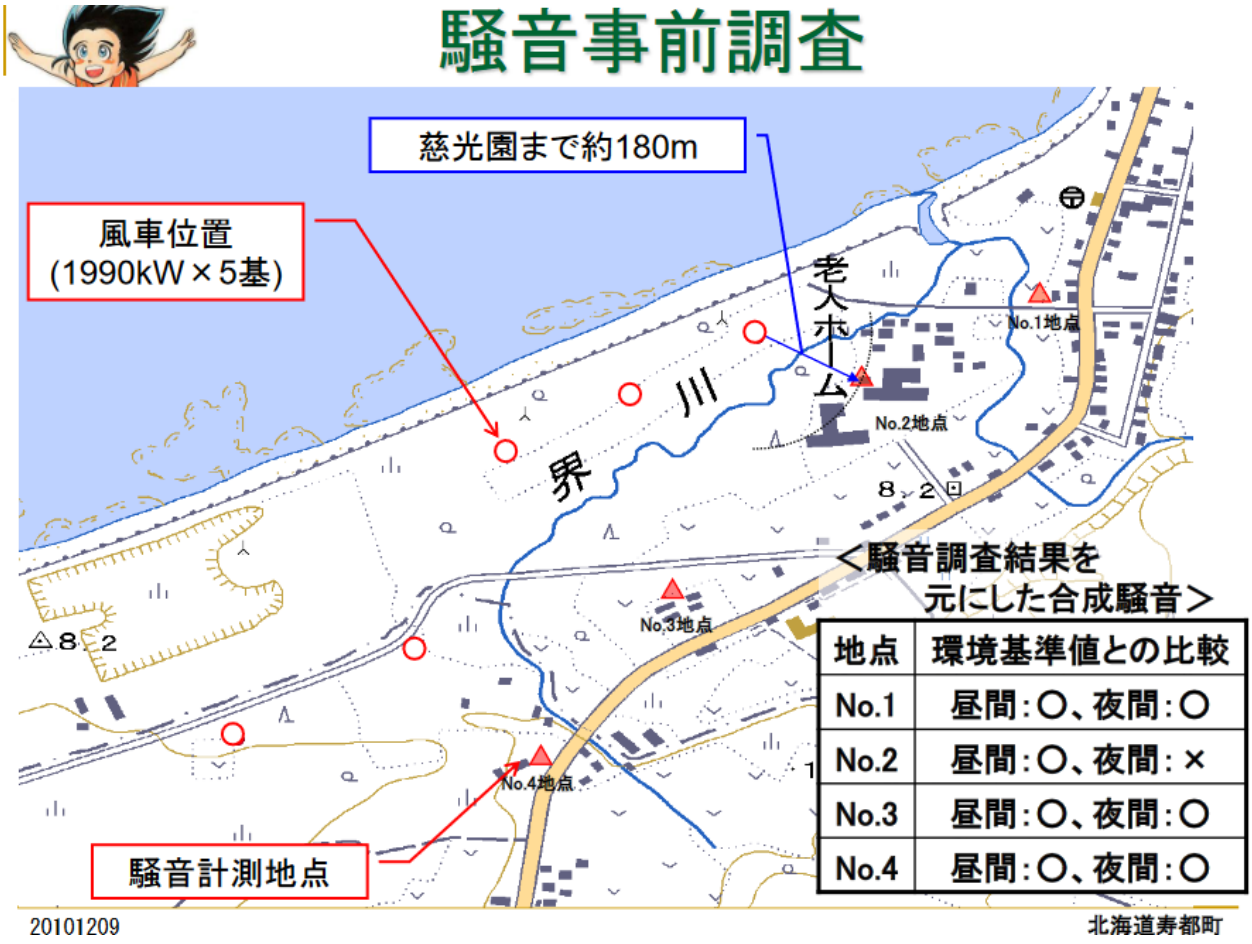
到達風車音から、被害を推定します。

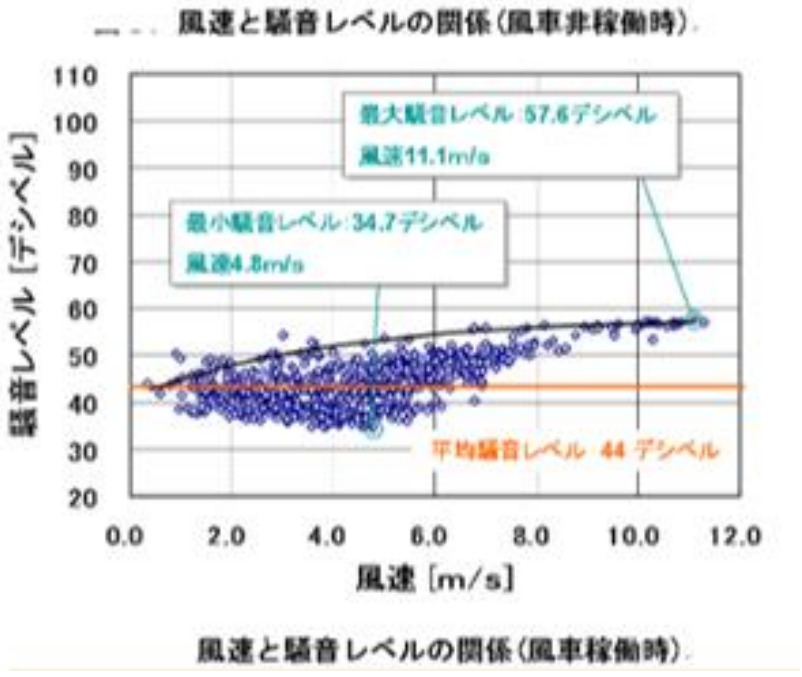
到達風車騒音		前	被害予測（%）			基準値
		通常	1日目	2日目	3日目	B類型
T1	昼間	50	40.0	32.0		55
350m	夜間	42	16.0		5.0	45
H1	昼間	42	35.0	37.0		55
400m	夜間	42	22.0			45
M2	昼間	39	22.0	5.0	14.0	55
470m	夜間	36	25.0		20.0	45
N1	昼間	45		39.0		55
680m	夜間	42	30.0			45

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。

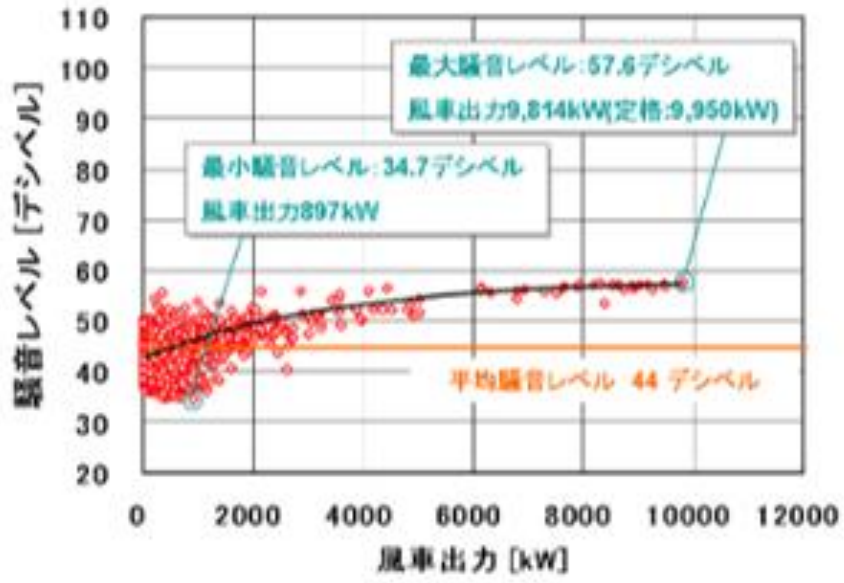
・寿都町における風力発電

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～57ｆＢ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、55～57ｄＢ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

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]。

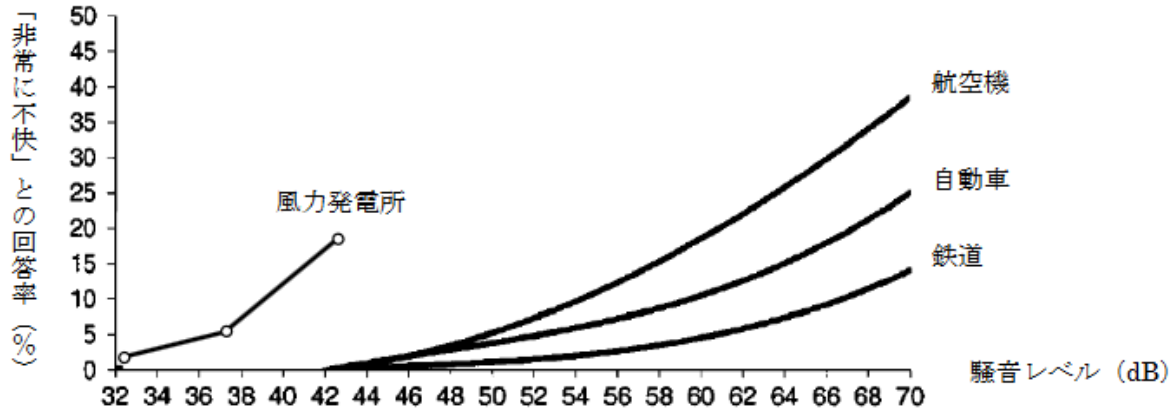


図８．「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
（脚注３及び５の文献より環境省作成）

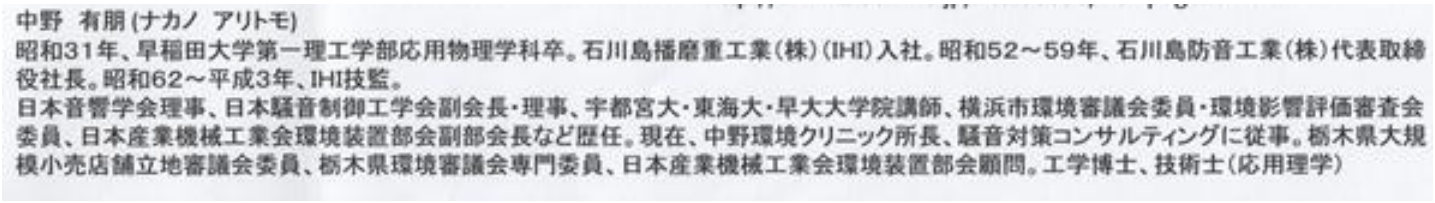
これでは、天国に一番近い老人ホームとしか言えません。

２．低周波音問題の変遷

２．１　中野氏の理論

風車からの超低周波音の訴えが住民から上がり始めた頃、学者は、物理学を捨てた“理論”を作って、住民を騙そうとしました。その後、国の調査でも 20H z 以下の音（超低周波音）が測定されました。

“風力発電機から低周波、超低周波の回転音など発生しない”と言っていた中野有朋氏ですが、


中野 有朋 (ナカノ アリトモ)
昭和31年、早稲田大学第一理工学部応用物理学科卒。石川島播磨重工業(株)(IHI)入社。昭和52～59年、石川島防音工業(株)代表取締役社長。昭和62～平成3年、IHI技監。
日本音響学会理事、日本騒音制御工学会副会長・理事、宇都宮大・東海大・早大大学院講師、横浜市環境審議会委員・環境影響評価審査会委員、日本産業機械工業会環境装置部会副部会長など歴任。現在、中野環境クリニック所長、騒音対策コンサルティングに従事。栃木県大規模小売店舗立地審議会委員、栃木県環境審議会専門委員、日本産業機械工業会環境装置部会顧問。工学博士、技術士(応用理学)

彼は、日本音響学会で要職を務めていたようです。


日本音響学会理事、日本騒音制御工学会副会長・理事

日本音響学会理事の中野氏は、

“風力発電機から低周波、超低周波の回転音など発生しない”

と言うのです。

中野環境クリニック所長 中野 有朋氏は、“低周波音トラブルの多くは誤解トラブル”
のなかで、次のように述べています。

6. **風力発電機から低周波、超低周波の回転音など発生しない**

全国各地に風力発電用の風車が多数設置されている。その中で、風車から低周波音がでる、また超低周波音が出るので人体に悪影響があるなどというトラブルが起こっているところがある。そしてこれがテレビなどでまことしやかに報道されるので、本当であると思われてしまう。
しかしこれは音波の発生に関する最も基本的事項の誤解によるもので、全くの誤りである。
風車からは、問題になるような**超低周波数及び低周波数の回転音は発生しない**。問題になることがあるのは通常の騒音の問題である。
超低周波音も低周波音も、基をただせばいずれも音波である。すなわち空気中を伝わる波動である。従って音波の発生及び性状は波動方程式によって規定される。
音波は空気の直接的圧力変化及び物体の振動によって発生するが、これらの現象のうちで、波動方程式が成り立つ条件を満足する場合にのみ、音波が発生、従って音が存在することになる。
単に空気中に直接的圧力変化が起こり、また物体が振動しても音波が発生するとは限らない。
波動方程式は空気の運動方程式と空気の弾性的性質から導かれる。
運動方程式については、音波の音圧により、空気の微小部分に力が加わり方向に加速度が生じたとするとニュートンの運動法則より空気の微小部分の運動方程式は(1)式となる。

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

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

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

(2)

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

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

しかし空気中に直接的圧力変化が起こっても、その変化が遅く、また物体が振動しても空気が圧縮されず、断熱変化が起こらない場合には、(2)式は成り立たない。従って波動方程式は成り立たたず、音波は存在しないことになる。

以上を風力発電風車等の実例について具体的にみると次のようになる。

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

＊回転音

これは、回転する羽根が空気を圧縮することによって発生する音である。

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

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

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

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

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

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

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

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

＊渦流音

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

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

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

＊発電機からの発生音

風力発電機は風車のほかに、増速機、発電機、変電装置などからなっている。しかしこれらの寸法はいずれも超低周波音の波長17～340mより十分に小さので、これらからも感知される超低周波音を発生することはない。
音源となる振動物体の寸法が波長にくらべて十分小さくなると、物体表面の空気が側方に逃げるので、空気は圧縮されず、音波の発生がほとんどなくなるからである。
風力発電装置の音の問題は低周波音問題でも超低周波音問題でもなく、通常の機械騒音の問題である。
問題を解決するには、低減方法はすでに明らかになっているので、通常の騒音問題と同様に、敷地境界線における騒音レベルを定められた測定器で測定し、また未然に防ぐには予測をして、適切に対処すれば問題になることはない。

中野氏はネット上で展開している主張を少し変えたようです。ネット上には、次のような物もある。

風力発電装置発生音波の感覚的表示
―低周波音などでていないことが一目瞭然―

中野有朋（中野環境クリニック）

超低周波音、低周波音及び騒音の実際問題においては、G特性音圧スペクトル及びG特性音圧レベル並びにA特性音圧スペクトル及びA特性音圧レベル(騒音レベル)などの感覚的表示が一般に用いられ、物理的表示が用いられることはほとんどない。特に対策の実務においては用いられることはないといってよい。それにも拘らず、風車関連の音問題においては、意図的にか、物理表示が多く用いられている。ここでは環境省公表風車騒音の物理測定データ(参考資料1)を感覚表示で表してみた。

1. 愛知県豊橋市の場合

図1、図2は、公表されている、愛知県豊橋市の、風車近傍（100m）及び住宅内(680m)の､最も音圧レベルの大きい風速10m/sの場合の平坦特性による1/3オクターブ分析結果、つまり物理測定結果である。簡単のために、この結果からオクターブ分析結果を求め、これにAおよびG特性補正を加えA、G特性音圧スペクトルを求めた。これが図3である。これが我々の耳に聴こえている音である。なおA及びG特性補正値は表1に示す。

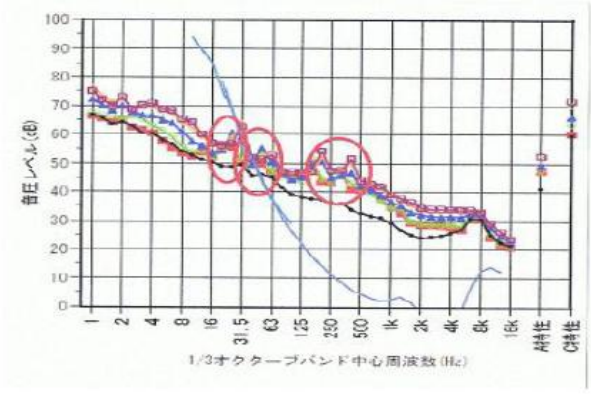


図1

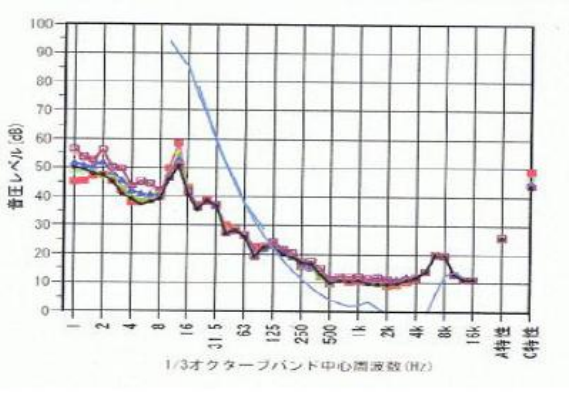


図2

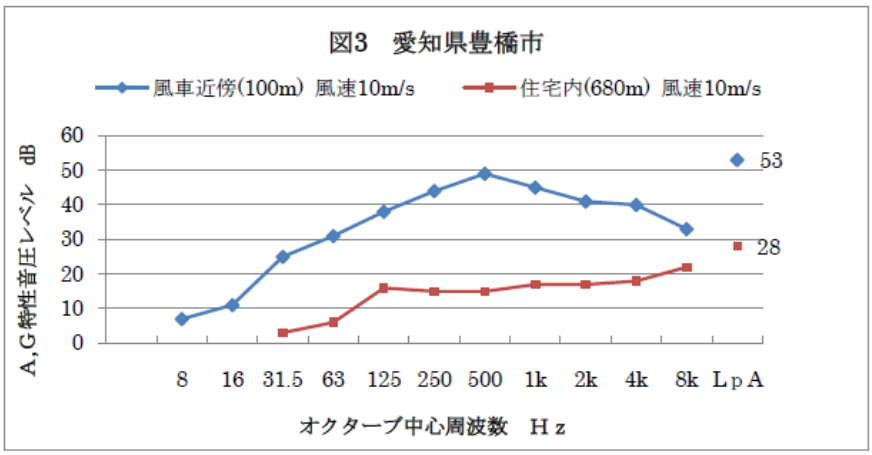


表１　A及びG特性補正値

オクターブ中心周波数 Hz	1	2	4	8	16	31.5	63
補正値　dB	−103 (−43)	−88 (−28)	−76 (−16)	−64 (−4)	−52 (8)	−39	−26
オクターブ中心周波数 Hz	125	250	500	1k	2k	4k	8k
補正値　dB	−12	−9	−3	0	+1	+1	−1

*16Hz のG特性補正値はA特性補正値より 60 dB大きく定められている。資料 2、3 参照

5. 結果の検討

いずれの場合も、風車近傍においては、我々の耳に聞こえる音は、周波数 500Hz 付近を中心とする騒音であり。顕著な低周波数成分は見られない。騒音レベルも 53～58 dB程度である。住宅内の場合は、レベルが低いため、また暗騒音も明らかでないため、必ずしも、風車騒音によるものとはいい難いが、騒音レベルは 28～45 dB程度である。また顕著な低周波成分も見られない。

通常の騒音問題と何ら変わることはない。低周波音、低周波音と騒ぐような騒音ではないことは一目瞭然である。

公表されている物理測定結果、例えば図 1、2 をみて、これが我々には図 3 に示すように聴こえているということを、一般に、直ちに、判断できるであろうか。これが誤解のもととなっている。

図 1、2 等を基に「騒音・低周波音を観測、住民早くガイドラインを」「風車から低周波音確認、環境省住民らの苦情裏付け」「低周波音風車から、伊方・三崎地区で環境省推定」などと新聞数紙で誤報されている状況である。

6. 結言

今後、風力発電装置の発生音波の表示には、平坦特性を用いた物理表示は誤解のもとになるので、一般騒音の場合と同様に、AおよびG特性を用いた感覚表示を用いるべきである。

一部で言われているように、物理表示にすると低周波音が出ているように見えるので‥、などという意図的なことはあってはならい。現状では、物理的表示をしているものは何らかの意図があると考えてよいようである。また平坦特性測定結果を基に基準や測定方法等を定め、将来に禍根を残すことのないようにすべきである。

参考資料 1. http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=12319
2. 中野：騒音・振動環境入門、オー会社、2010/6
3. 同上：超低周波音-基礎・測定・評価・低減対策、技術書院、202/8

http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=12319

中野氏は、平成１６年頃は、“風車から原理的に超低周波音は発生しません”と言う主張をしていたが、平成２１年に環境省は風車騒音に関する調査を行い、その結果、超低周波音が計測されてしまった。

でも、彼は頑張ります。

風力発電装置発生音波の感覚的表示
―低周波音などでていないことが一目瞭然―

中野有朋（中野環境クリニック）

そこで、G 特性を使って、測定された値を小さい値に変換する努力をし、さらに、大きな数値を引いて、その結果がゼロやマイナスになるのを根拠にして、超低周波音の影響は無いはずだといっている。

いくら引き算の結果がマイナスでも、原理的に存在しないはずの、超低周波音が存在するのだから、中野氏の“原理”が間違っている。

G 特性で考えれば、影響が無いはずなのに、苦しんでいる人、不眠を訴える人、息苦しさを訴える人が存在する。

選択は、“G 特性の考えが間違っているのか、現実が間違っているのか？”のどちらかであるが、

G 特性の数値に反して、被害を訴える人が存在するのだから、G 特性の考え方が間違っている。

また、

“低周波音トラブルの多くは誤解トラブル

中野環境クリニック所長 中野 有朋“

では、

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

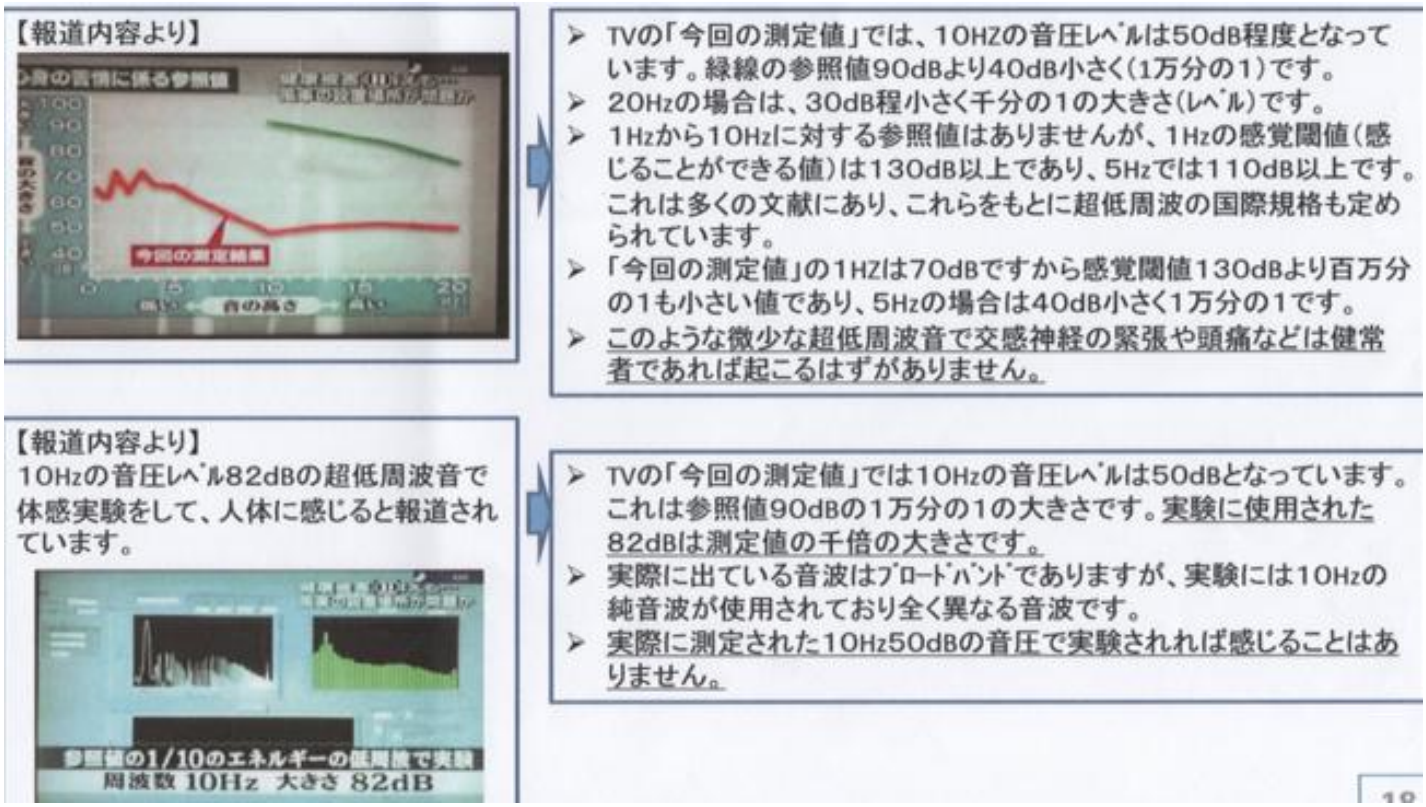
建具ががたつくのは建具の固有振動数が超低周波音の周波数範囲にあり、超低周波音の周波数との共振によるものである。

この直線は異なった15 種類の建具の最低共振レベルを結んだものである。つまり共振を起こすには、最低、この直線程度の音圧レベルが必要であるという直線である。従ってこれを超えても共振

しなければがたつかない。これを超えると必ずがたつくということではない。
　また通常の建具には、5Hz より低い固有振動数を持つものはないことが確認されている。従って伸ばした線の音圧レベルを大幅に超えても共振は起こらず建具はがたつくことはない。”

　と述べている。

　平成１６年（２００４年）に、“クリーンエナジーファクトリー株式会社”が作成し、住民説明会で配布した資料には、中野有朋氏の素晴らしい経歴とともに、中野氏の、テレビ朝日の報道に対する意見が述べられています。

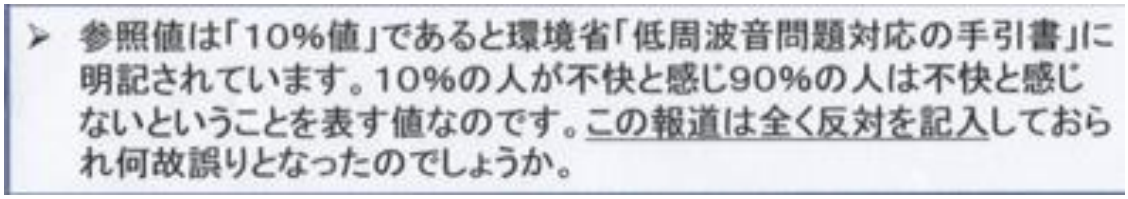


この中の次の部分に、

TVの「今回の測定値」では、10HZの音圧ﾚﾍﾞﾙは50dB程度となっています。緑線の参照値90dBより40dB小さく(1万分の1)です。
20Hzの場合は、30dB程小さく千分の1の大きさ(ﾚﾍﾞﾙ)です。
1Hzから10Hzに対する参照値はありませんが、1Hzの感覚閾値(感じることができる値)は130dB以上であり、5Hzでは110dB以上です。これは多くの文献にあり、これらをもとに超低周波の国際規格も定められています。
「今回の測定値」の1HZは70dBですから感覚閾値130dBより百万分の1も小さい値であり、5Hzの場合は40dB小さく1万分の1です。
このような微少な超低周波音で交感神経の緊張や頭痛などは健常者であれば起こるはずがありません。

　最後の部分"このような微小な超低周波音で交感神経の緊張や頭痛などは健常者であれば起こるはずがありません。“は、被害の訴えそのものを押さえ込む目的でしかない。

参照値については、中野氏自身が



と述べている。参照値よりも小さくても 10%の人が不快と感じるならば、その被害はかなり大きいといえます。理論では、被害が無いはずなのに現実に被害が起きているならば、理論が間違っていると考えるべきです。

２．２．１ 低周波音の被害

昔の環境省は、全身が高い音圧を受ける場合と、耳で聞くだけの場合の違いを認識していた。

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。

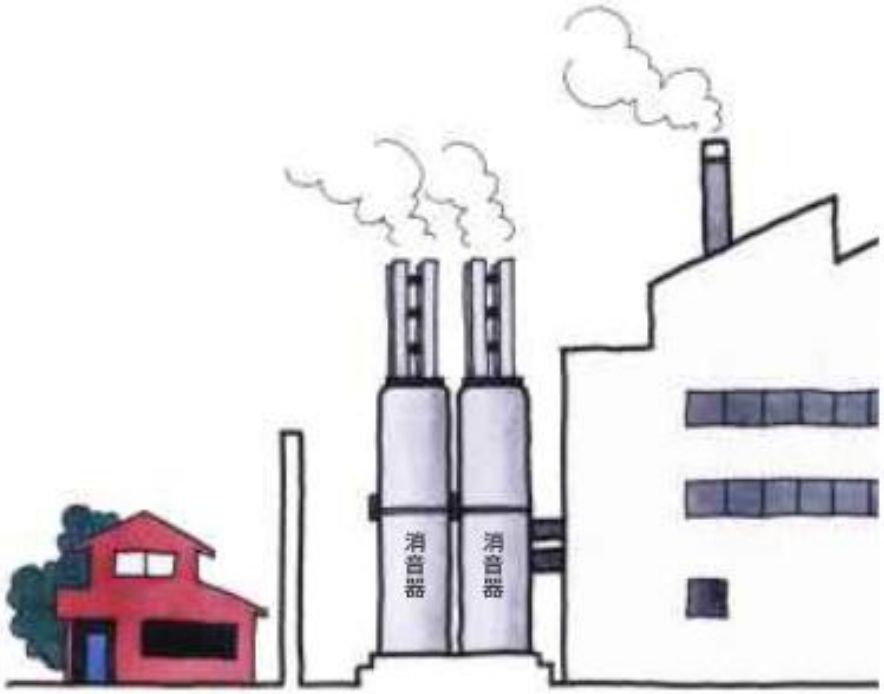
ただし、検討会報告書では、一般的な騒音の問題として、生活環境を保全する観点から騒音の評価の目安を定めるべきとされ、その後環境省により指針が定められています（Q11 を参照ください）。

※　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。**

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。

低周波音の対策は、発生を防ぐことなのです。発生してしまった低周波音を防ぐのは不可能なのです。
回転軸が水平の風車は、超低周波音の発生器そのものなのです。

どうしても、風力発電に拘るのならば、垂直軸型の風車の音についての計測と研究をすべきです。
発生源対策としては、水平軸から垂直軸への転換だけが、残された方法です。

2．2．2　低周波音の測定方法に関するマニュアル（平成 12 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）
の
参　考　資　料―低周波音の基礎知識―の-参考２-のページには、
“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。“
と書いてある。

低周波音による被害につての研究もあった。
“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

以前、環境省は
“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。

“基本周波数は数 Hz 以下になる。”と言っているのだから、超低周波音にも関心を持っていたことは間違いない。

風車音と交通騒音では被害状況に差があることも知っていた。

”**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」“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。

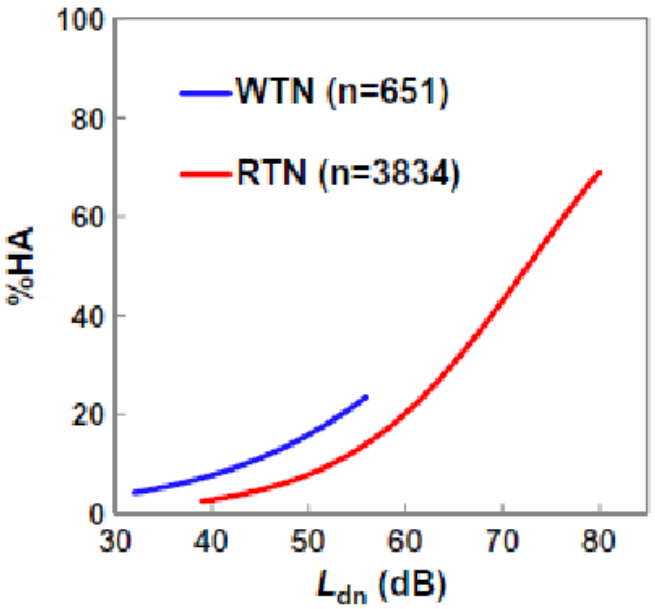


図 7　風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（L_{dn}）※と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

※ 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	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。

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。

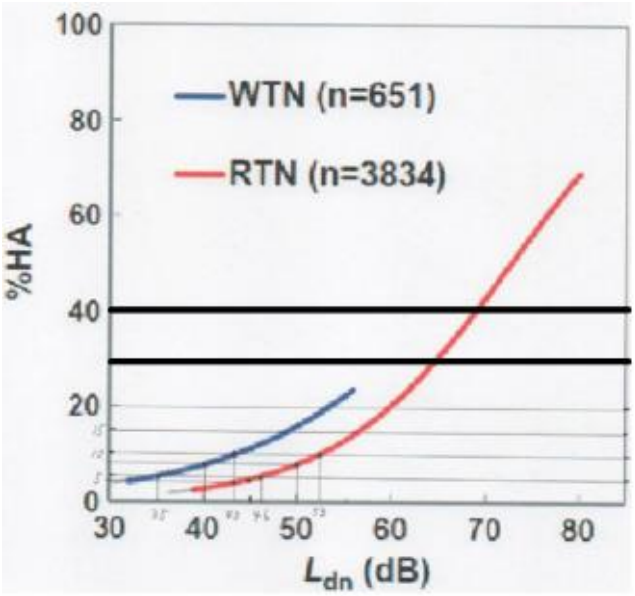
Ａ特性音圧レベルで計算される騒音レベルは、風車音のエネルギーの 7%と占める。この部分が、風車音全体のエネルギーの 99%まで増加したとすれば、

$$DB7 = 10 * log10(\frac{p_1^2}{p_0^2})$$

$$DB99 = 10 * log10\left(\frac{99}{7} * \frac{p_1^2}{p_0^2}\right) = DB7 + 11.5$$

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	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。

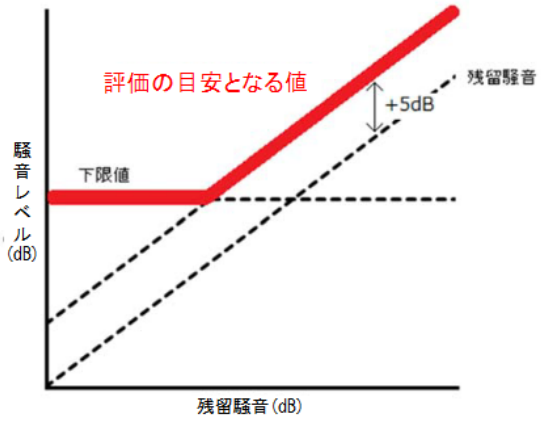
もちろん、健康な人でも安眠できる状態ではありません。

静かで、風車が無ければ 30ｄＢを下回る地域では、それが AA 地区ならば 35ｄＢ、住宅街などの A 地区ならば 40ｄＢを、指針値における下限として設定することになります。

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。



風車音での 40ｄＢをエネルギーの観点から補正値 11.5ｄＢと加算すると、51.5ｄＢの交通騒音に相当します。

下の表を見れば、“大きく聞こえる、通常の会話は可能”との評価になります。

しかし、風車音の指向性と、風速の変化による音圧の増加の影響が考慮されていません。風速の変化や風向の変化で、音圧が２倍になれば、６ｄＢ加算されるので、57.5ｄＢ程度の音が、30 秒間継続する状態が１時間に１回程度起こると考えられれます。

うるさい	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

２．２．３　聴覚閾値･感覚閾値と参照値

以前、環境省は、参照値を示していた。

そこでは、建具の揺れも考えていた。

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

残念ながら、5 Hz[以下が無い。表から読み取れるのは、周波数が小さくなれば、がたつき閾値も小さくなるということです。

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、0.8Hz では、77.287140（ｄB）ですが、参照値がありません。

これでは、大型風車の場合の被害の目安が無いという事になりますが、床や建具の振動に関しては振動レベル計や振動のセンサーがありますので、直接振動を計測できます。

もちろん、企業、国、行政が測ってくれるとは思えません。

聴覚閾値

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。**

ここでは、詐欺のような、と言うにはあまりにも下手すぎる論理のすり替えが行われています。

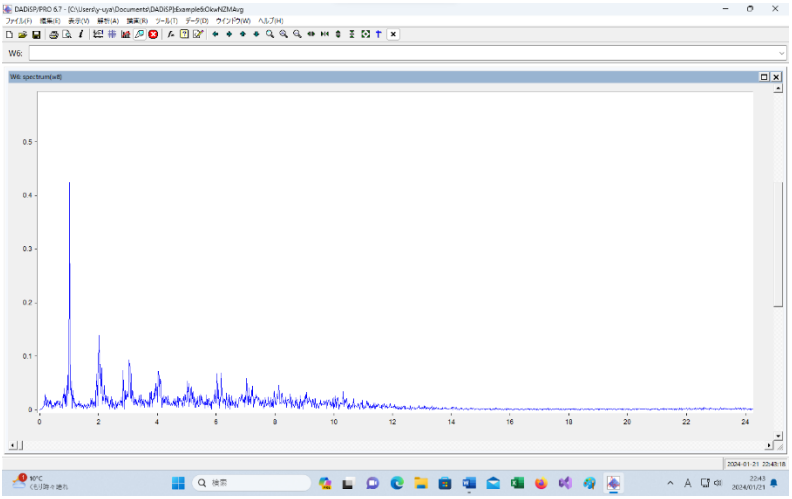
低い周波数の騒音（20～100Hz）と超低周波音（20Hz 以下の音）を使って誤魔化します。

まず、超低周波音に関しては、聴覚閾値を超えることは無いと思いますが、圧迫感に関する閾値を超えていて、さらにガタツキ閾値も超えているものが、風車から放出されています。

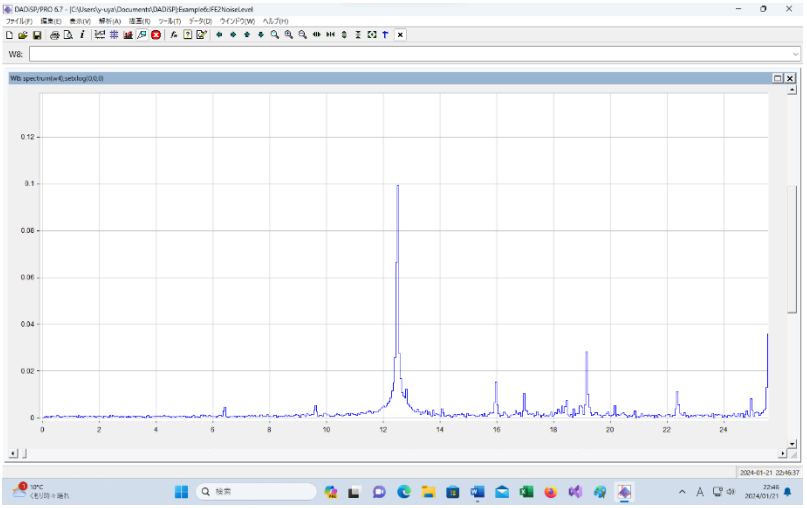
他の施設から発生する超低周波音の音圧と比較すれば、風車からの超低周波音は卓越した音圧を持っていると言えます。

具体例を見てみましょう。

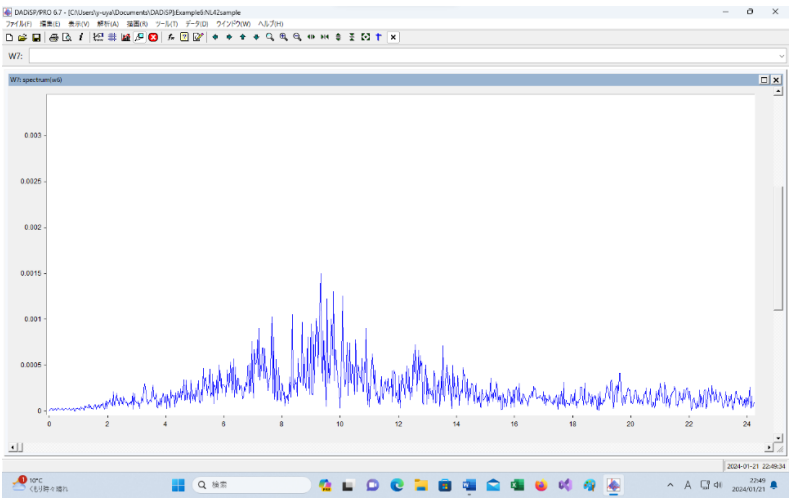
少し風が強い時の風車音の超低周波音の部分です。最大音圧は 0.42Pa（1Hz）です。（86.4ｄB）



製鉄所内の音は、最大音圧は 0.1Pa（12.5Hz）です。（74ｄB）



交通騒音は、最大音圧 0.0015Pa（0.93Hz）（37.5ｄB）



さらに、風車音のエネルギーは 20Hz 以下の超低周波音の領域に 93%が集まっていて、20Hz 以上の成分は弱いのです。ですから、低周波の騒音として、20Hz～100Hz の辺りで比べれば、他の環境騒音よりは音圧が低いことが多いのです。

風車音は、騒音（20Hz 以上の可聴音）として、人体に影響する可能性は低いのですが、極めて音圧が高く、風車音によって、人体への加圧が行われる時間と、減圧が行われる時間が長いのです。

基本周波数が 1Ｈｚならば、0.5 秒ことに加圧と減圧が行われます。大型風車では基本周波数が 0.5Ｈｚなので、1 秒ごとに加圧と減圧が行われます。

この条件は、音響キャビテーションの影響を受けやすい状態である事を意味しています。

風車音の指向性や風速の変化での音圧の増大を考えれば、気泡により頭痛が起きても不思議ではありません。

さて、町田氏は、聴覚閾値と書いていますが、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。

心身の苦情に関しても、参照値を調べている。10Hz だと、92ｄＢで不快感を覚える人が 10%程度はいる。ことを意味している。

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

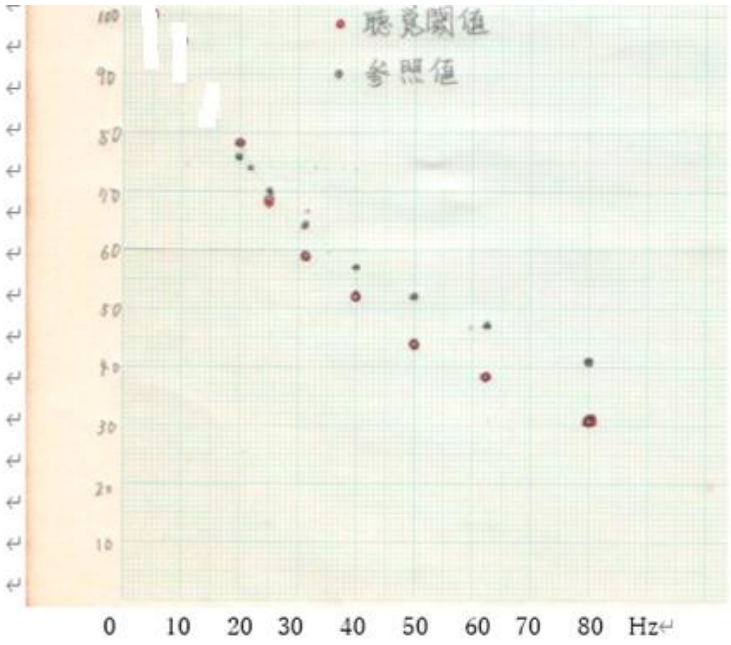
他の数値（ISO389-7）との対応表をつくれば、次のようになります。

バンド（ヘルツ）	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値（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

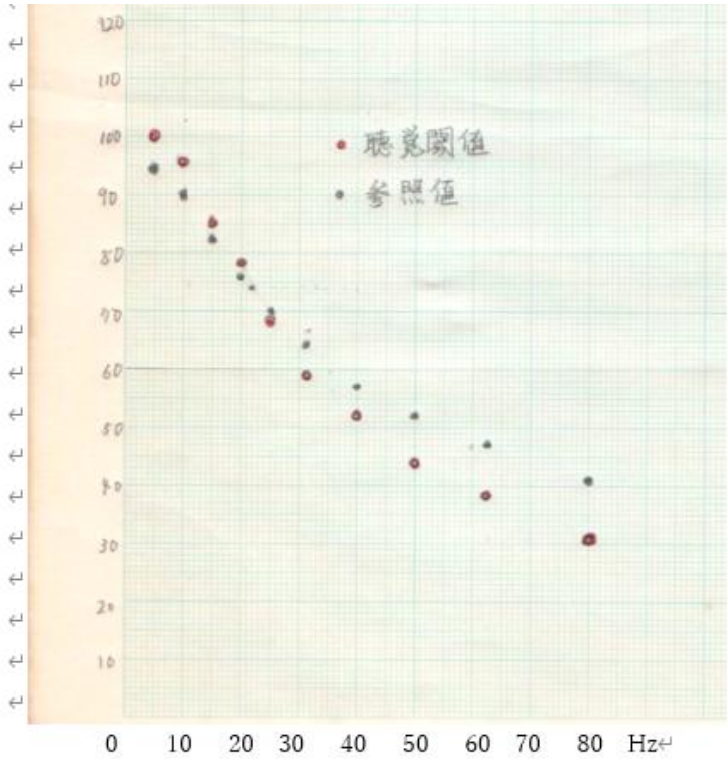
20Hz での数値に関しては、弁護士の村頭氏から、次のような連絡をいただいています。

“お尋ねの件について、書かれているのは ISO389-7 の 2019 でしょうか。私のブログに書いたのは ISO389-7 の 2005（2016 による修正あり）ですので、その違いだと思います。2005（2016）では、20Hz は 78.5 です。”

参照値と聴覚閾値の関係をグラフにしてみました。周波数が下がると、差が小さくなって、20Hz では大きさが逆転します。聴覚閾値を感覚閾値としたのでは、日本語としての矛盾が生じます。



より低い周波数に関して、傾向を踏まえ推定すれば、次のグラフになると予想できます。



風車音の基本周波数の式もあと一歩踏み込みが足りません。級数展開して少し計算の工夫をすれば、回転軸が水平の風車が、超低周波音の発生装置である事が明確になったのに、残念です。ガタツキ閾値の周波数が、5H z までしかないもが残念です。

不評だった参照値が、環境省の嘘を暴くのも不思議なめぐりあわせです。

なお、次の論文

Wind Turbines and Health

A Critical Review of the Scientific Literature

Low-frequency sound near wind farms is typically audible, with levels crossing the threshold of audibility between 25 and 125 Hz depending on the distance between the turbines and measurement location.[12,15,19,20,23] Figure 5 shows the frequency spectrum of a wind farm measured at about 3500 feet compared with a truck at 50 feet, a field of insects and birds, wind moving through vegetation, and the threshold of audibility according to ISO 387-7.

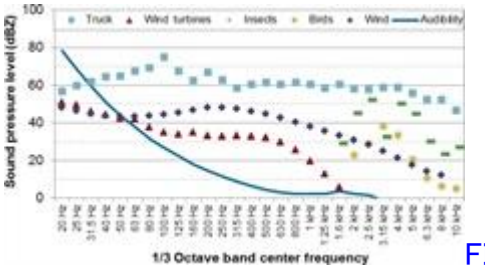


FIGURE 5:

Comparison of frequency spectrum of a truck passby at 50 feet, wind turbines at 3500 feet, insects, birds, wind, and the threshold of audibility according to ISO 387-7.

では、“the threshold of audibility”となっているので、聴覚閾値です。

Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results
でも、

3. Infrasound

Long-term measurements over a period of 1 year were also conducted in relation to infrasound levels.

- Infrasound from wind turbines could sometimes be measured at distances up to 10km from the wind turbines, but was in many cases below background infrasound levels.
- The levels were found to decrease with increasing distance from the wind turbine at a rate of 3dB per doubling of distance beyond 1km, downwind from a wind turbine.
- The levels of infrasound measured near the base of the turbine were around the threshold of audibility that has been reported for about 1% of people that have the most sensitive hearing.

でも、“the threshold of audibility”となっているので、聴覚閾値です。

感覚閾値とも理解できる記述がありますが、

問題の記述は、

“内耳のしくみ

内耳には、蝸牛(聴覚器官)と 5 つの前庭器官(3 つの三半規管と 2 つの耳石器官、頭の位置と動きに関する情報を伝達する)が含まれています。蝸牛と前庭器官には、有毛細胞を使って音や頭の動きを神経インパルスに変換し、脳に伝達するという重要な共通点があります。有毛細胞は、立体繊毛(または感覚毛)が曲がっているときにのみ神経インパルスを誘発できる機械受容器です。

蝸牛の解剖学的構造は、その有毛細胞が空気中の音によく反応し、頭の動きにはあまり反応しないことを保証しますが、前庭器官の解剖学的構造は、頭の動きに対する有毛細胞の反応を最適化し、空気中の音への反応を最小限に抑えます。具体的には、蝸牛有毛細胞は骨の耳嚢に付着しておらず、丸い窓は、空気伝導音によって楕円形の窓内で茎が前後に動くときに、蝸牛液がより自由に動くことを可能にします。逆に、前庭有毛細胞は骨の耳嚢に付着しており、それらを取り巻く液体は 2 つの窓の間に配置されていないため、空気伝導音に反応して自由に動くことができません。最も基本的なレベルでは、これにより、風力タービンからの聞こえない音が前庭系に影響を与える可能性は低くなります。

空気伝搬音への対応

空気伝搬音は鼓膜と耳小骨を前後に動かし、楕円形の窓での耳小骨の動きは内耳液を置換し、有毛細胞の立体繊毛を曲げて蝸牛の膜の動きを引き起こします。それにもかかわらず、この蝸牛有毛細胞の変位は、内耳と中耳を隔てる 2 つの窓があり、その間に蝸牛有毛細胞が配置されているという事実に依存しています–楕円形の窓(細い環状靭帯によって拘束された茎の骨のフットプレート)が内側に押し出されるたびに、丸い窓(粘膜で裏打ちされたコラーゲン膜)が外側に移動します。 その逆も同様です。実験的に丸い窓を密閉すると 85、蝸牛の音に対する感受性は 35dB 低下します。

前庭有毛細胞は 2 つの蝸牛窓の間に位置していないため、空気中の音による内耳液の動きはそれらに効率的に届きません。代わりに、前庭有毛細胞は頭蓋骨の骨に付着し、頭の動きに忠実に反応できるようにします(蝸牛有毛細胞は頭蓋骨に直接付着していません)。ご想像のとおり、前庭有毛細胞は、音叉を乳様突起にかざしたときなど、頭部の振動(骨伝導音)に反応することができます。非常に強烈な空気伝搬音も頭を振動させる可能性があります。重度の伝音難聴の人は、この方法で空気伝搬音を聞くことができますが、音が普通の人に聞こえる音よりも 50～60dB 強くなった場合に限ります。

蝸牛には 2 種類の有毛細胞が含まれています。よく言われることですが、これは音によって誘発されたインパルスを脳に運ぶ「I 型」求心性ニューロンがすべて IHC につながっているためです。外有毛細胞(OHC)は、非常に小さな音を聞くことを可能にする「プリアンプ」として重要です。それらは特定の周波数に絶妙に調整されており、それらが動くと流体電流が発生し、IHC の立体繊毛が変位します。

IHC よりも数が多いが、OHC は、機能が不明な「II 型」ニューロンから、非常に乏しい求心性神経支配しか受けない。Salt と Hullar82 は、OHC が、動物にはおそらく聞き取れないレベルで、非常に低い周波数(例えば、5Hz)に対して蝸牛マイクロフォニックスと呼ばれる測定可能な電気的応答を生成することを指摘し、OHC からの II 型求心性線維がこの情報を脳に運ぶ可能性があるという仮説を立てている。しかし、II 型蝸牛ニューロンの活動電位は記録されておらず、聞き取れない音に対する蝸牛マイクロフォニックス以外の生理学的反応も記録されていないようです。言い換えれば 、Salt and Hullar82 が認めているように、「一部の内耳成分(OHC など)が、風力タービンによって生成される周波数とレベルで[空気中の]超低周波音に反応する可能性があるという事実は、必ずしもそれらが知覚されたり、何らかの形で機能を妨げたりすることを意味するものではありません」。[19 頁]

前庭器官の反応

前述したように、前庭有毛細胞は頭蓋骨に効率的に結合しています。各耳の 3 つの三半規管は、頭の回転(ロール、ピッチ、ヨー、または任意の組み合わせ)に反応するように設計されています。頭を振って「ノー」と言うように頭が回転すると、管内の液体は頭蓋骨の後ろに遅れて有毛細胞を曲げます。耳石器官(卵形嚢と嚢)には、内耳液よりも密度の高い炭酸カルシウム結晶(耳コニア)が含まれているため、静的な頭の位置も検出できます。頭を傾けると、耳錬コニアの引力によって有毛細胞が曲がります。耳石器官は、車が加速するときのように、頭の線形加速度にも反応します。

風力タービンについて訴える多くの人々は、前庭障害の症状である可能性のあるめまいを報告しており、これは風力タービンの音、特に聞こえない超低周波音が前庭器官を刺激する可能性があるという示唆につながっています。[83,84] Pierpont83 は、風力タービンの近くに住んでいることに起因する症状を報告した 10 家族のケースシリーズに基づいて、「風力タービン症候群」という用語を導入しました。著者は、風力タービンの近くに住んでいることから症状があると思われる場合に参加するよう呼びかけました。こ

のアプローチでは、結果とそれに対応する有意性を歪める可能性のある実質的な選択バイアスが発生します。電話インタビューを実施した。ケースシリーズの一部として、健康診断、診断研究またはレビュー、および医療記録の文書化は行われませんでした。ノイズ測定は行われませんでした。それにもかかわらず、著者は「風力タービン症候群」と表現された非特異的な症状の集まりを説明しました。このケースシリーズは、本レビューの準備時点では、査読済みの科学文献には掲載されていない。医学的には認められていませんが、この「障害」の提唱者は、風力タービンが頭痛、記憶喪失、疲労、めまい、頻脈、過敏症、集中力の低下、不安などの症状を引き起こすことを示唆しています。[88 名]

彼女の仮説を裏付けるために、ピアポントは、骨伝導音に対する人間の前庭反応が聞こえるレベルよりも低いレベルで実証された Todd ら 89 の報告を引用しました。しかし、前述したように、前庭系は頭の動き(振動源との直接接触によって引き起こされる頭部の振動を含む)に反応するように設計されているため、この効果は驚くべきことではありません。関連する問題は、前庭系が空気伝搬音にどのように反応するかであり、ここでの証拠は明らかです。空気伝搬音に対する前庭応答には、可聴閾値をはるかに上回るレベルが必要です。[90,91] 実際、空気伝搬音を使用した前庭機能の臨床試験では、120 dB を超えるレベルが使用され、音響外傷の懸念が高まります。[92 名]

Salt と Hullar82 は、正常な前庭系が聞き取れない空気伝搬音に反応する可能性は低いことを認めている—「嚢のような他の感覚構造の有毛細胞は超低周波周波数に同調しているかもしれないが、これらの構造への聴覚刺激の結合は非効率的であるため、空気中の超低周波音の影響を受ける可能性は低い」。[(p.12)] 彼らは、超低周波音が内リンパ水腫(内耳液区画の 1 つが腫れ、正常な有毛細胞機能を妨げる状態)を引き起こす可能性があるという仮説を立てています。しかし、ここでも、彼らは証拠の欠如を認めています。超低周波音域の刺激が内リンパ水腫を引き起こすかどうかは、これまで一度も検証されたことがない」と述べている。[(p.19)] 以前の研究では、Salt93 は空気伝搬音を使って動物に一時的な水腫を作り出すことができたが、風力タービンから住宅地まで存在するレベルよりも何桁も高いレベル(200Hz で 115dB)でしかできなかった。

空気伝搬音に対するヒトの振動触覚感受性

非常に大きな音は、頭や体の振動を引き起こす可能性があります。前述したように、中耳機能がなく、蝸牛が無傷の人は、50～60dBSPL の音が聞こえる場合があります。全聴覚障害者は振動触覚を使って空気中の音を検出できますが、聴覚閾値をはるかに超えるレベル、たとえば 16Hz で 128dB SPL の場合にのみ検出できます。[94] 振動触覚は、皮膚や関節の受容体に依存します。

Pierpont83 は、体性感覚受容体を含む「内臓重力受容器」[95,96] が、肺から横隔膜、そして腹部内臓に伝わる空気中の超低周波音を検出できるという仮説を立てた。これらの受容体は、体の傾きや全身の振動を検出するのに適しているように思われるが、空気中の音が腹部の感覚受容体を刺激する可能性があるという証拠はない。空気伝搬音は、ほぼ完全に身体から反射されます。高橋ら 97 が空中音を用いて、周囲の身体レベルを超える胸部や腹部の振動を発生させる場合、そのレベルは 20～50Hz で 100dB を超えなければならなかった。“

ここでは、WTN として、周波数の高い音に捕らわれ過ぎて、超低周波音（0.5Hz）程度の考察が欠けてい

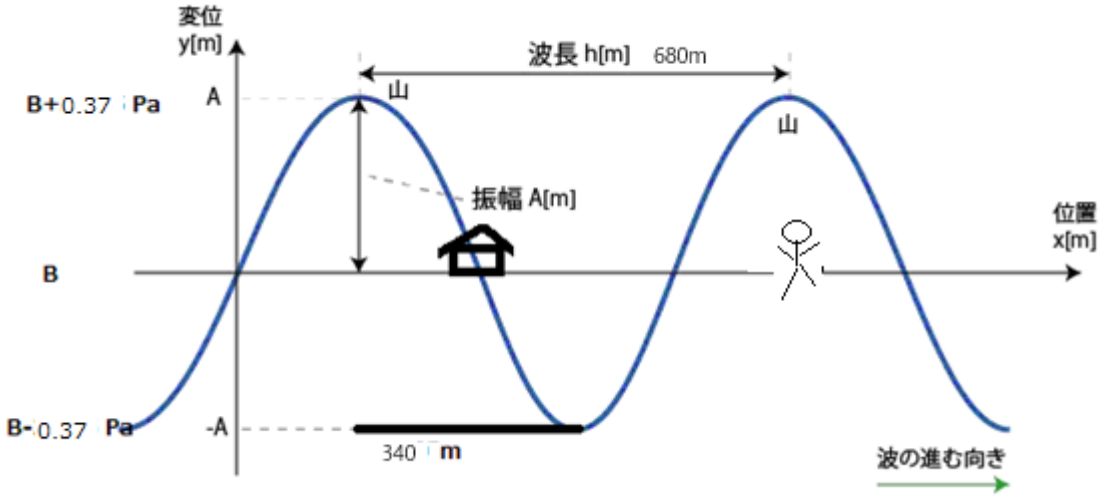
ます。風車音を広い範囲で捉えることが出来ていないからです。

0.5Hz での音圧変動に関しては、
“空気伝搬音は、ほぼ完全に身体から反射されます”
とは言えません。
ゆっくりと押しつぶされるので、反射することは出来ません。もし、人体が完全剛体ならば、影響は受けません。

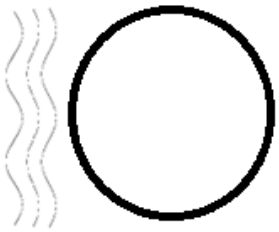
この間違いの原因は、聴覚で空気伝搬音を感知する、との視点に固執しているからです。

圧迫感の感知と音としての感知

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。

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、不快感を覚えてしまいます。知覚できなくても、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。

２．３　風車音の感知における３つの観点

風車の影響（風車音・風車振動）の感知を議論するには、

１．　うるさい。

２．　圧迫感や頭痛がする。

３．　建具がガタツク、床の振動を感じる。

の３つの観点からの評価が必要なのです。

１に関しては、A 特性音圧レベルが役に立ちますが、

２については G 特性音圧レベルと言いたいのですが、そう簡単ではありません。G 特性音圧レベルの計算方法が、圧迫感や頭痛の原因究明には向かない方法になっているのです。

最大音圧を調べることが必要です。

３については室内での精密騒音計と振動レベル計を併用しての計測が必要です。

風車からの振動に関しては、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。

これらは、間接的に健康にも地域社会にも大きな影響を及ぼします。仕事や学習にも影響します。人がどんどん減ってゆけば、地域経済にも影響します。住民税が減ってしまいます。

どれが発生しても、ゆっくり眠ることが出来なくなるからです。この状態が毎日、２４時間しかも２０年間継続するのです。

睡眠を妨げることは､昔からある拷問の技術です｡罪もないのに毎日毎日拷問されたのではたまりません。証拠は掴めます。住民が、精密騒音計と振動レベル計とビデオカメラを購入して、自分達で計測すれば良いのです。そして計測データを、どんどんネットに公開するのです。

裁判では、企業が説明会で用いたパンフレットや準備書が必要です。そこに書いてある嘘を暴けば、住民の勝利が見えてきます。

周波数が極めて高い超音波まで含めて、音の感知を考えるならば、人間は超音波による皮膚のやけどによって、“皮膚の痛み”として感知する。事もあります。これは、直接的な健康被害です。

あくまでも、可能性ではありますが、

超低周波音が、人間の健康に直接的に影響を及ぼす可能性として、音響キャビテーションによる気泡の発生が考えられます。

気泡が発生すれば、潜水病と同じ症状となるので、この場合は、超低周波音による直接的な健康への影響と言えます。

２．４　検討会報告書と環境省

環境省は、立場を 180 度変えます。住民の生活環境を守る立場から、企業が活動しやすい環境を作る立場に変更したのです。

住民に被害を押し付け、我慢を強いる方針にしたのです。住民は故郷を捨てます。これは国土の有効な利用を放棄することです。国力が衰退して、日本が滅びる道を選んだことになります。

環境省は、次のように言い出したのです。

“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。”

これは、20Hz 以下の超低周波音は無視する。という事です。

A 特性音圧レベルは、騒音を人間が耳で感じる煩さの観点から数値化する方法です。

$$L_p = 10 * \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right)$$

上の式での Lp が同じでも、周波数が高い音だと煩く感じても、周波数が低い音ではそれほど煩く感じないので、人間が感じる騒音の煩さを示す数値を得るには、Lp に対する周波数ごとの補正が必要となります。それが、A 特性による重み付けです。

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dB）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。

計算対象となる周波数帯の中心周波数（1/3 オクターブ解析の場合についてのみ考えます）は、A 特性（1/3 オクターブバンド重み付け特性）と言っても、重み付けの規格はいろいろあります。

6.3hzから 20kHzの規格、10Hzから 20kHzの規格、20Hzから 20kHzの規格があります。どれで計算しても結果の数値はほぼ一致します。

小野測器の HP では、（関数 Weight1d3A20Hz(ww,w) と NoiseLevel1d3A20Hz(ww,w)はこの規格）

A

A特性の補正値を列記します。補正値は「JIS C 1509」に記載されています。フラットの値（dB）に下記の値を加算してください。

周波数（Hz）	補正値（dB）
20	-50.5
25	-44.7
...	...
16000	-6.6
20000	-9.3

として、20Hz から 20kHz のものが示されています。

計算は、バンドパスフィルタを使って、各周波数帯に分割して、計算します。計算では、A 特性での重みづけをします。低い音は、小さく評価し、聞こえやすい音は、大きく評価します。

A 特性での重み付けのグラフは、次のものです。

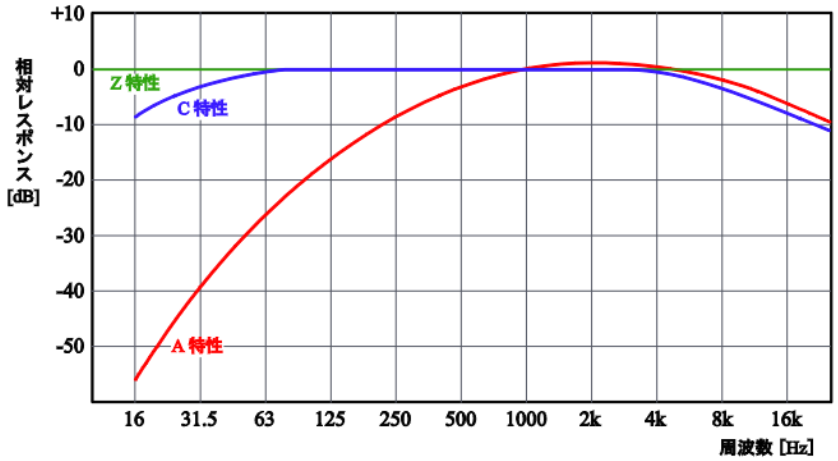


図 2　周波数重み付け特性 A/C/Z

重み付けの意味が良く分かる、計算例は、日本建設連合会　技術研究部会音響専門部会の資料です。

		オクターブバンド中心周波数 (Hz)						
		63	125	250	500	1k	2k	4k
①	● 道路騒音の例	70.8	69.0	68.7	65.8	63.8	59.2	53.3
②	A特性の重み付け	−26.2	−16.1	−8.6	−3.2	0.0	1.2	1.0
③	○ A特性重み付け後(①+②)	44.6	52.9	60.1	62.6	63.8	60.4	54.3
	騒音レベル(下式参考)	68.3						

[dB]

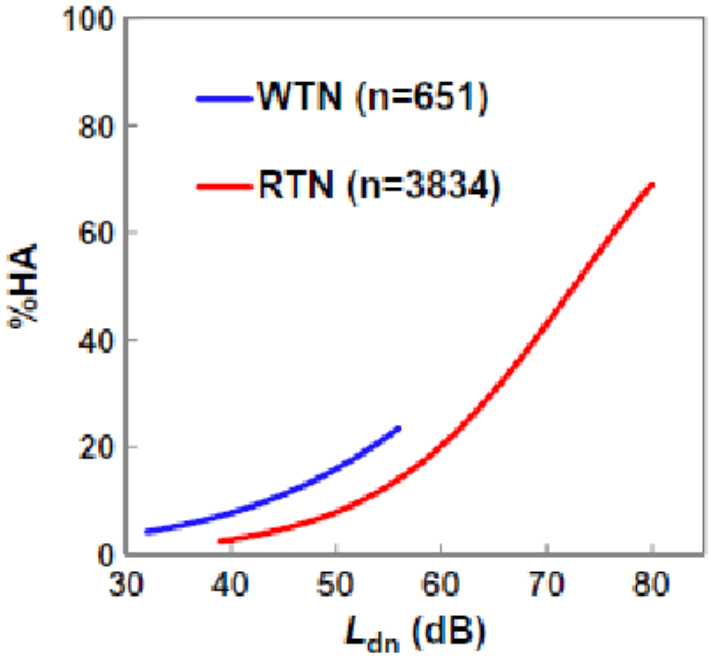
$$L_A = 10\log_{10}(10^{L_{A63}/10} + 10^{L_{A125}/10} + 10^{L_{A250}/10} + 10^{L_{A500}/10} + 10^{L_{A1k}/10} + 10^{L_{A2k}/10} + 10^{L_{A4k}/10})$$

ここで、L_A：騒音レベル(dB)、L_{A63}～L_{A4k}：63 Hz～4 kHz 帯域の A 特性の重み付け後の音圧レベル(dB)

この計算では、可聴域の周波数の音だけを評価対象とすることになるのです。

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%

交通騒音では、そのエネルギーの 99%を評価の対象とするのですが、風車音では 7%だけを評価することになります。とうぜん、被害状況と A 特性音圧レベルの数値の間には、交通騒音では見られなかった誤差が発生するのです。



青い線が風車音での A 特性音圧レベルと不快感を覚える人の割合、赤い線は交通騒音での A 特性音圧レベルと不快感を覚える人の割合を表します。風車音では、小さな音圧でも不快感を覚える人が多いことを示しています。このグラフは、A 特性音圧レベルが被害を予測する数値としては不適当であることを示しています。

この、とんでもない指針を決定づけたものが、
”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」“
https://www.env.go.jp/air/noise/wpg/01_161125_huusyasouon_report.pdf
ですから、この報告書の問題点に関して、詳細に検討します。

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

後で詳細に検討しますが、報告書は英語と数学と国語の常識に欠ける内容です。とても大学の先生が作成した報告書だとは信じられません。

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。

となっているのですが､基礎資料を検討しても問題は解決しません｡基礎資料を正確に理解する力がない方々が集まって作成した文書であるということが問題なのです。指針の見直しでは、参加した学者の基礎学力を再評価しなくてはなりません。
さらに､必要なのは､風車音を精密に測定して､Wavelet 解析やカオス理論を活用して解析することです。風車音の発生原因を突き止めないと、風車音の拡散の様子も分かりません。
基礎資料は、精密に測定した風車音のデータと、関連性を示せるように構成したアンケート調査、健康状態調査の結果なのです。
大切な計測データを捨ててしまうようでは、原因は永久に判明しません。

住民は嘘つきではありません。住民には常識と教養があります。報告書を作成した研究者よりも優れた判断力があります。少し気が弱いのと、大学の先生に遠慮しすぎるのが欠点なのです。全く遠慮する必要はありません。間違いを正してやるのが親切というものです。

２．５　環境省の新方針との関連

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）
https://www.env.go.jp/air/noise/wpg.html
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、
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」、
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、

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。このような知見を踏まえ、風力発電施設の設置又は発電施設の新設を伴う変更に際し、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。

１．対象

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の稼働に伴い発生する騒音を対象とする。

２．用語

本指針における用語の意味は以下のとおりである。

○残留騒音：一過性の特定できる騒音を除いた騒音

○風車騒音：地域の残留騒音に風力発電施設から発生する騒音が加わったもの

３．風車騒音に関する指針値

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、まれに通過する自動車等の一過性の騒音により、その地域の騒音のレベルは大きく変化する。また、風車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、その地域の地形や被覆状況、土地利用の状況等により影響される。

これらの特徴を踏まえ、風車騒音に関する指針値は、全国一律の値ではなく、地域の状況に応じたものとし、残留騒音に 5 dB を加えた値とする（図１及び図２）。ただし、地域によっては、残留騒音が 30dB を下回るような著しく静穏な環境である場合がある。そのような場合、残留騒音からの増加量のみで評価すると、生活環境保全上必要なレベル以上に騒音低減を求めることになり得る。そのため、地域の状況に応じて、生活環境に支障が

生じないレベルを考慮して、指針値における下限値を設定する（図２）。具体的には、残留騒音が 30dB を下回る場合、学校や病院等の施設があり特に静穏を要する場合、又は地域において保存すべき音環境がある場合（生活環境の保全が求められることに加えて、環境省の「残したい日本の音風景 100 選」等の、国や自治体により指定された地域の音環境（サウンドスケープ）を保全するために、特に静穏を要する場合等）においては下限値を 35dB とし、それ以外の地域においては 40dB とする。

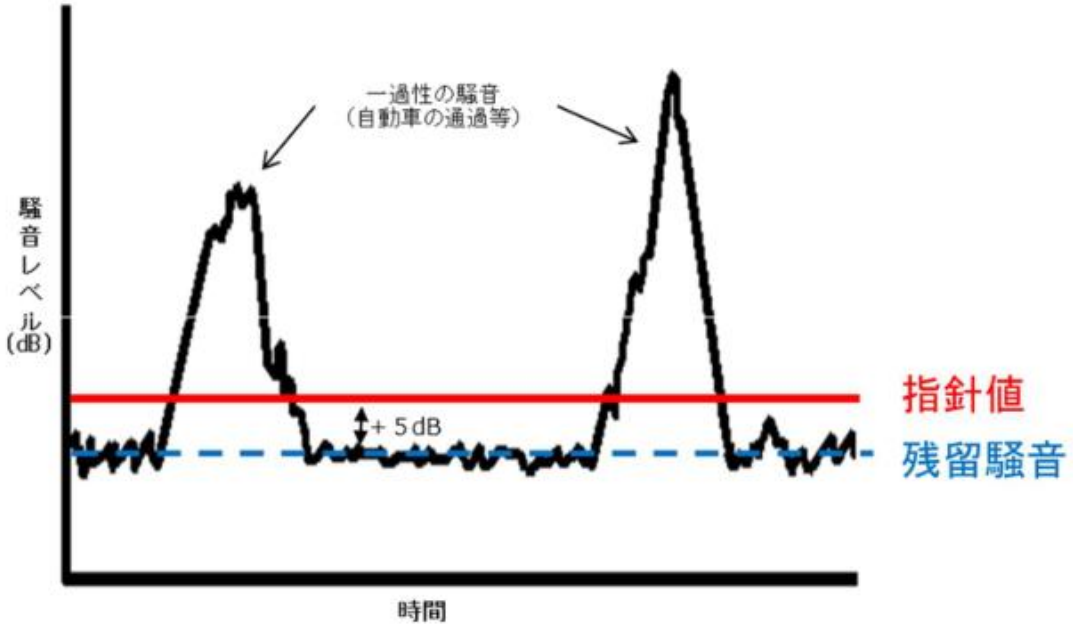


図１　指針値と残留騒音のイメージ

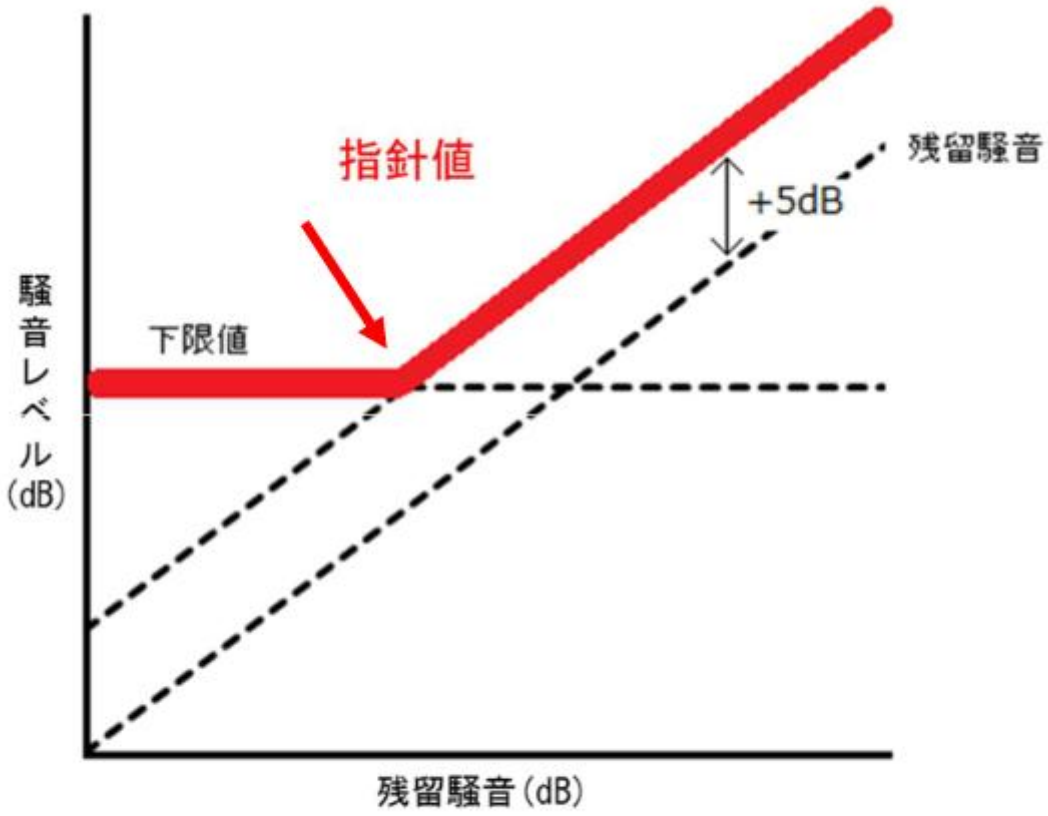


図２　指針値のイメージ

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。通常の環境騒音の測定においては雑音を抑制するため強い風を避けることとされているが、本指針における残留騒音及び風車騒音は風力発電施設が稼働する風のある条件で測

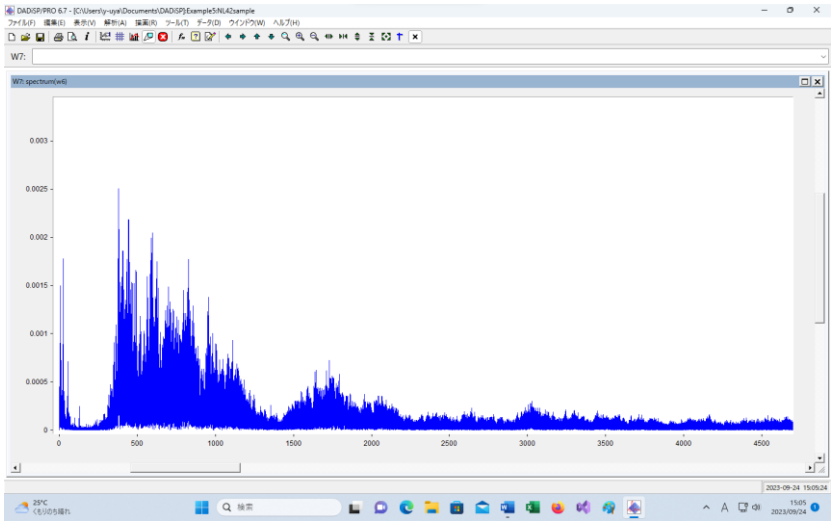
定する必要があることから、原則として、別途通知する「風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル」に定める方法により、地域の風況等の実態を踏まえ適切に行うこととする。
残留騒音及び風車騒音は、人の生活環境を保全すべき地域において、屋内の生活環境が保全されるように、屋外において風車が稼働する代表的な風況下において、昼間（午前６時から午後 10 時まで）と夜間（午後 10 時から翌日の午前６時）の値をそれぞれ求める。
得られた残留騒音の値に５dB を加えた値を指針値とする。ただし、残留騒音が 30dB を下回る場合等（前述の「３.風車騒音に関する指針値」を参照）は、下限値（地域によって 35dB 又は 40dB）を指針値とする。
その上で、得られた風車騒音を指針値と比較するものとする。
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。

さて、
“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。”
の部分は、2 つの嘘からできている。
“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”
では、知覚閾値は、聴覚閾値と訳すべきです。
“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”
とすれば文面としての問題はありません。
しかし、このように書くと、
人間には聴覚以外の感覚器官があるので、他の感覚器官による超低周波音の感知が問題になります。
例えば、圧迫感の感知です。超低周波音の様域では、聴覚で感知する前に、圧迫感を覚える人が多いのです。
ですから、聴覚閾値を下回っても、影響がないとは言えません。

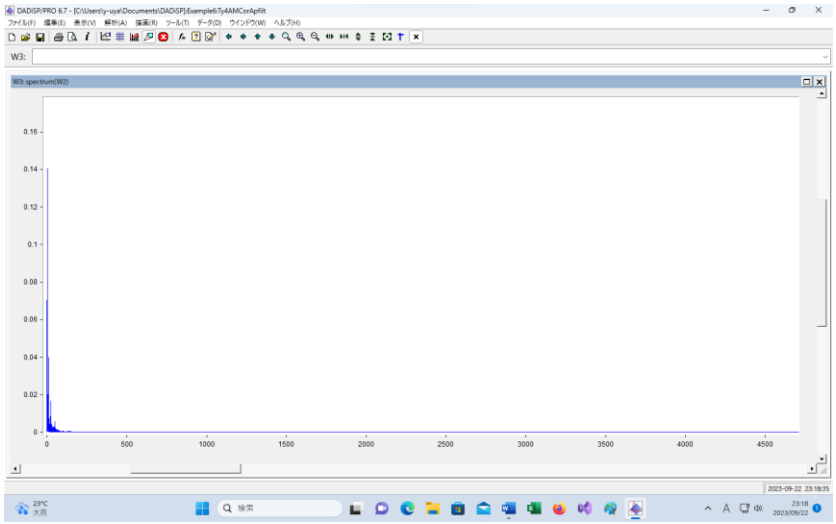
“他の騒音源と比べても低周波数領域の卓越は見られず、”については、低周波数領域が、20Hz～100Hz 辺りを指すので、この定義に従えば、正しいのですが、低周波数領域と聞けば 20Hz 以下の超低周波音の領域まで含めるかのような誤解を生じます。
100Hz 以下の領域で考えれば、風車音は他の環境騒音よりも卓越した音圧を持っているのです。

交通騒音と風車音の**周波数スペクトルを比較すれば、**

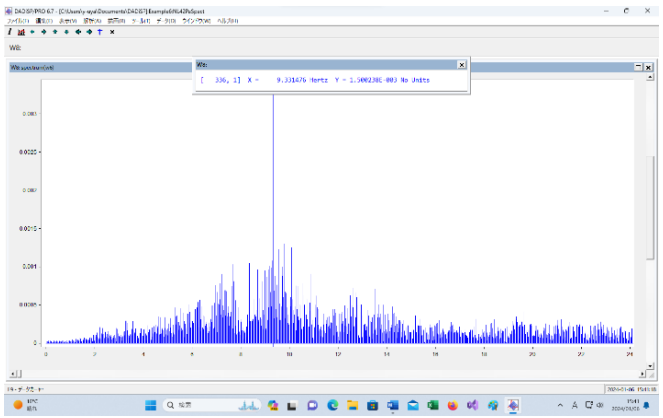
交通騒音（0～5000Hz）：最大音圧 0.0025[Pa]（379.4[Hz]）



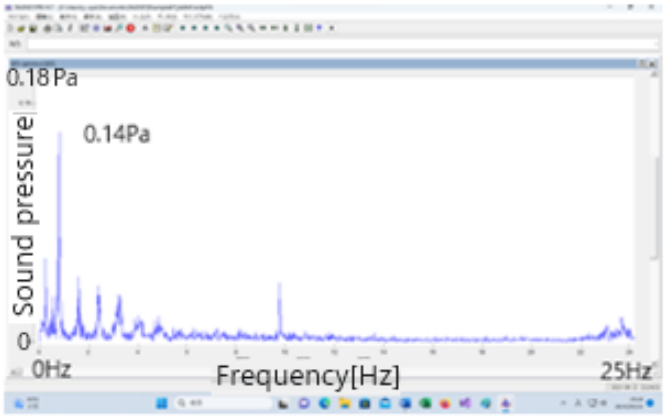
風車音（0～5000Hz）；最大音圧 0.14[Pa]（0.8Hz）



交通騒音（0～25Hz）最大 0.0015[Pa]（9[Hz]）



風車音 0 ～25Hz　最大 0.14Pa　0.8H z



ここでの、風車音の音圧は交通騒音の音圧の 100 倍です。風速によっては 300 倍程度の場合もあります。

風車音では f＝Rz/60Hz での音圧が特に高くて、他の環境騒音の音圧をはるかに超えているのです。

エネルギーの分布は次の様になっています。

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%

さて、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。風車音のエネルギー分布は１点集中型である、と言えます。

さて、

“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。“

ですが、

基本事項の認識が誤りですので、指針として適用してはいけないものなのです。

A 特性音圧レベル（WTN）に限定する立場は、カナダ政府の
Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results
と同じです。

さらに、測定マニュアルでの風雑音の内容は、次の論文の疑似音と同じです。
Wind Turbines and Health
A Critical Review of the Scientific Literature
McCunney, Robert J. MD, MPH; Mundt, Kenneth A. PhD; Colby, W. David MD; Dobie, Robert MD; Kaliski, Kenneth BE, PE; Blais, Mark PsyD
Journal of Occupational and Environmental Medicine

どう書いても、嘘はすぐにバレるのです。

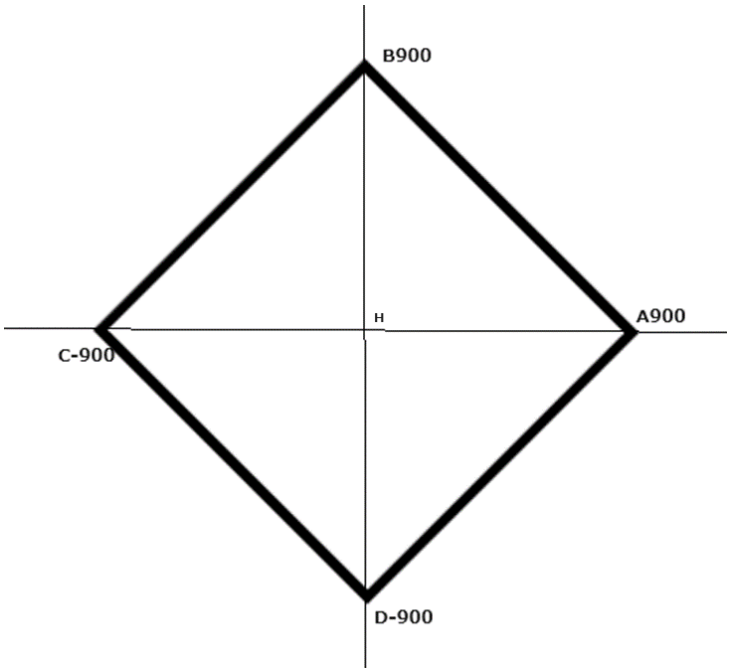
２．６　増大する指針値

この部分は、
風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアルの２ページに
③ 残留騒音（residual noise）　：　ある場所におけるある時刻の総合騒音のうち、すべての特定騒音を除いた残りの騒音。本マニュアルでは、地域の静けさを表わす騒音レベルのベースに含まれる準定常的な暗騒音は残留騒音に含める。したがって、残留騒音でも音源が識別できる場合がある（遠方の、波音、川音、道路交通騒音等)。
なお、**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。**
とあるので、次の様に考えました。
ここでの、**“測定地点周辺に既設の風力発電施設がある”**については、１ｋｍ以内を周辺とします。
“周辺”としては、１ｋｍ、２ｋｍ、３ｋｍ、５ｋｍ、１０ｋｍが考えられますが、下手に、距離を伸ばしてしまうと、
“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、のｐ29に書いてある、
“（注）発電所の設置又は変更の工事の事業に係る計画段階配慮事項の選定並びに当該計画段階配慮事項に係る調査、予測及び評価の手法に関する指針、環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査、予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針並びに環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令（平成 10 年６月 12 日 通商産業省令第 54 号）では、発電所一般において環境影響を受ける範囲であると認められる地域は、事業実施想定区域及びその周囲１km の範囲内としている。”
との関係で、困ることが出てくる。（もちろん省令の趣旨は、検討会の解釈とは異なる。）
１ｋｍ以上での影響を認めてしまうと、影響がないからと言って、風車から１ｋｍ圏内での説明会しかやってこなかった事に矛盾する。

距離減衰については、
距離減衰、点音源、線音源、面音源
・点音源：音源から発生する音は球面上に（あらゆる方向に）広がっていく。距離が 2 倍になると面積が 4 倍となり、エネルギーの密度は 1/4 になるため、音圧レベルは 6 dB 小さくなる。
・ 線音源：音は線音源を軸とした円筒状に広がっていく。このため、距離が 2 倍になると、面積が 2 倍になるため、音圧レベルは 3 dB 小さくなる。実際の線音源は長さに限りがあるので、音源からの距離が線音源の長さのおおよそ 1/3*2 より遠いと点音源と同じように扱い、距離が 2 倍になるごとに 6 dB 小さくなると考えて良い。
・ 面音源：面に近い距離では音は減衰しない。実際の面音源の大きさは限りがあるので、音源からの距離が面音源の短辺長さのおおよそ 1/3*2 より遠くなると線音源と同じように扱い、音圧レベルは距離が 2 倍ごとに 3dB 小さくなると考えて良い。更に音源からの距離が面音源の長辺長さのおおよそ 1/3*2 より遠くなると点音源と同じように扱い、距離が 2 倍ごとに 6 dB 小さくなると考えて良い

を参考にして、点音源として計算します。

下の図の、Hに集落があり、A、B、C、D の順に風車が作られるとします。



HA＝900ｍなので、ＡはＨの近くにある風車となります。ＢＡも同様

	付近は1000m以内とする														
	風車台数					騒音レベル					指針値				
	H	A	B	C	D	H	A	B	C	D	H	A	B	C	D
	0	0	0	0	0	35	38	41	40	38	40	43	46	45	43
A建設後	0	10	0	0	0	37.8	42.1	41.6	40.3	39.0					
		40									42.8	47.1	46.6	45.3	44.0
近隣補正											40	43			
B建設後	0	10	10	0	0	39.5	42.6	43.9	41.0	39.5					
		40	40								44.5	47.6	48.9	46.0	44.5
近隣補正											40		46.6		
C建設後	0	10	10	10	0	40.7	42.8	44.2	43.5	40.2					
		40	40	40							45.7	47.8	49.2	48.5	45.2
近隣補正											40			46.8	
D建設後	0	10	10	10	10	41.7	43.1	44.3	43.9	43.1					
		40	40	40	40						46.7	48.1	49.3	48.9	48.1

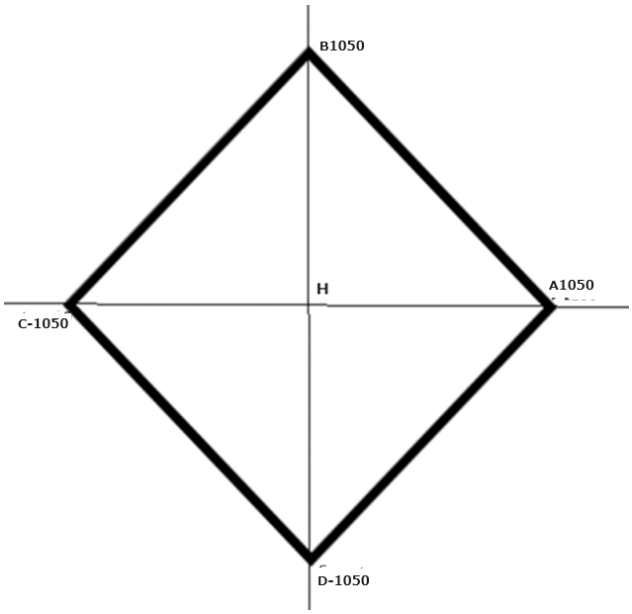
Ａに風車が建った後で、Ｈでの騒音レベルは、37.8ｄＢになります。Ｂの風車を建てるときに、Ｈについての指針値は、42.8ｄＢではなくて、40ｄＢのままです。本来の騒音レベル 35 が近くにある風車Ａの影響を受けて、37.8ｄＢになっているので、近くの風車Ａの影響を除けば、35ｄＢですから、指針値は 40 のままです。さらに、風車Ｃを建てようとすると、騒音レベルが 40.7 になると予想されるので、工事はストップされるかもしれません。限度値ではないので、超えても罰則は有りません。

経済産業省から、風車の数を減らしたらどうですかとの指導がある程度です。

計算は、次の様になっています。

	a	b	c=a*b	
H	35	34.6	37.8	A
A	38	40.0	42.1	
B	41	32.4	41.6	
C	40	29.2	40.3	
D	38	32.4	39.0	
H	37.8	34.6	39.5	AB
A	42.1	32.4	42.6	
B	41.6	40.0	43.9	
C	40.3	32.4	41.0	
D	39.0	29.2	39.5	
H	39.5	34.6	40.7	ABC
A	42.6	29.2	42.8	
B	43.9	32.4	44.2	
C	41.0	40.0	43.5	
D	39.5	32.4	40.2	
H	40.7	34.6	41.7	ABCD
A	42.8	32.4	43.1	
B	44.2	29.2	44.3	
C	43.5	32.4	43.9	
D	40.2	40.0	43.1	

今度は、距離 1050ｍで考えます。



	付近は1000m以内とする														
	風車台数					騒音レベル					指針値				
	H	A	B	C	D	H	A	B	C	D	H	A	B	C	D
	0	0	0	0	0	35	38	41	40	38	40	43	46	45	43
A建設後	0	10	0	0	0	37.4	42.1	41.4	40.2	38.8					
		40									42.4	47.1	46.4	45.2	43.8
近隣補正												43			
B建設後	0	10	10	0	0	38.9	42.5	43.8	40.7	39.1					
		40	40								43.9	47.5	48.8	45.7	44.1
近隣補正													46.4		
C建設後	0	10	10	10	0	40.1	42.6	44.0	43.4	39.7					
		40	40	40							45.1	47.6	49.0	48.4	44.7
近隣補正														45.7	
D建設後	0	10	10	10	10	41.0	42.9	44.1	43.6	42.9					
		40	40	40	40						46.0	47.9	49.1	48.6	47.9

Ａの風車を建てるときに、業者はＨでの騒音レベルを計測しません。理由は、１ｋｍ以上離れているので、風車音の影響は無い。と主張しているからです。数値は住民が調べたとします。

Ａの風車が建ってから、Ｈの騒音レベルは 37.4ｄＢになります。その後、Ｂの風車を建てる場合には、Ｈでの騒音レベルの計測は有りません。理由は１ｋｍ以上離れているからです。

Ｂが建った後で、Ｈの音圧レベルは 38.9ｄＢになります。その後、Ｃの風車が建つとＨでの騒音レベルは 40.1ｄＢになって、いますが、この数値が、ＡＢＣの風車の影響を受けているか否かは、不明となります。理由は、どれもＨから１ｋｍ以上離れているからです。

そして、Ｄの風車が建って、Ｈでの音圧レベルは 41.0ｄＢになりますが、どの業者も責任を負いません。理由は、１ｋｍ以上離れているからです。

責任を取る人はいないのですが、指針値は、着実に増加しています。

計算は次の様にまります。

	a	b	c=a*b	
H	35	33.7	37.4	A
A	38	40.0	42.1	
B	41	31.1	41.4	
C	40	27.4	40.2	
D	38	31.1	38.8	
H	37.4	33.7	38.9	AB
A	42.1	31.1	42.5	
B	41.4	40.0	43.8	
C	40.2	31.1	40.7	
D	38.8	27.4	39.1	
H	38.9	33.7	40.1	ABC
A	42.5	27.4	42.6	
B	43.8	31.1	44.0	
C	40.7	40.0	43.4	
D	39.1	31.1	39.7	
H	40.1	33.7	41.0	ABCD
A	42.6	31.1	42.9	
B	44.0	27.4	44.1	
C	43.4	31.1	43.6	
D	39.7	40.0	42.9	

もし、1ｋｍ以上の地域でも計測する義務を負わせれば。Ｃの建設は中止になったかもしれません。

“（平成 10 年 6 月 12 日 通商産業省令第 54 号）では、発電所一般において環境影響を受ける範囲であると認められる地域は、事業実施想定区域及びその周囲 1 km の範囲内としている。”

の部分の意味は、

音は“事業実施想定区域及びその周囲 1 km の範囲”よりも遠くまで届くが、その範囲以外では環境影響を受けるとは認められない。

と理解できる。

被害があっても、その原因が発電所による環境影響だとの認定をしない。との主張である。こちらは、その意味は理解可能であるが、この解釈が、（平成 10 年 6 月 12 日 通商産業省令第 54 号）の解釈として妥当か否かに関しては疑問がある。省令の文章を確認すれば、曲解と評価するのが妥当である。

本当に通産省は、

“発電所一般において環境影響を受ける範囲であると認められる地域は、事業実施想定区域及びその周囲 1 km の範囲内としている”、のでしょうか？

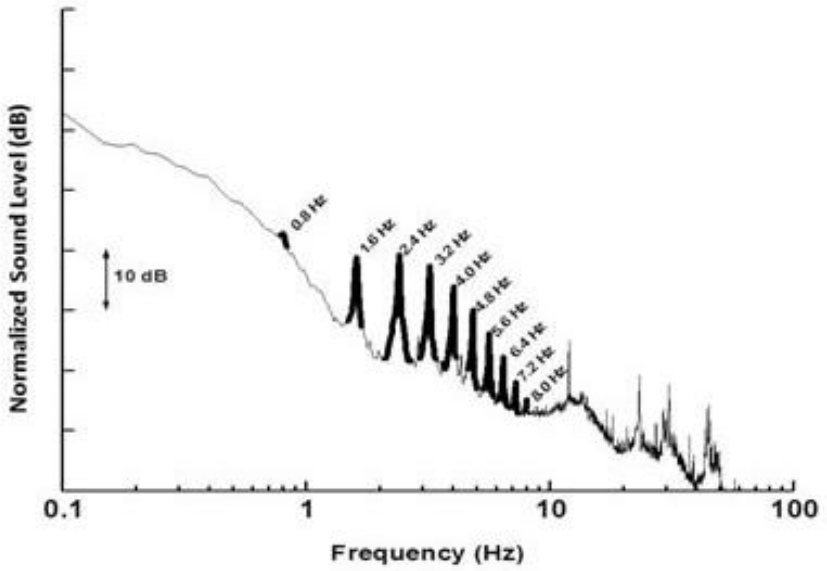
そんなことはありません。省令の文章を再確認してください。

さて、
この部分は、
“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。”
とあるが、これはどのようにしたら出来るのでしょうか？

カナダ政府の HP にある、ノイズ入門には次のグラフがあります。

The X-axis on the graph depicts frequencies from 0.1 Hertz (Hz) to 100 Hz and the Y-axis corresponds to the strength of the measured sound in decibels (dB). The figure is an example of a measurement taken at **2.5KM from four wind turbines** on a clear summer night. The peaks in the figure at 0.8, 1.6, 2.4, 3.2, 4.0, 4.8, 5.6, 6.4, 7.2 and 8.0 Hz confirm that the measured sound is from the wind turbines because these particular wind turbines are known to produce sound in these specific frequencies.

グラフの X 軸は 0.1 ヘルツ(Hz)から 100Hz までの周波数を表し、Y 軸は測定された音の強さをデシベル(dB)で表します。この図は、夏の晴れた夜に 4 基の風力タービンから **2.5km 離れた場所**で測定した例です。図の **0.8、1.6、2.4、3.2、4.0、4.8、5.6、6.4、7.2、8.0Hz のピークは、これらの特定の風力タービンがこれらの特定の周波数の音を生成することが知られているため、測定された音が風力タービンからのものであることを裏付けています。**



ここでは、2.5ｋｍ離れた風車音が計測されています。

基本周波数に関しては、昔の環境省と同じ見解です。

“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。

風車と被害者の家の間には、他の音源がいろいろあります。これらの音源は、A 特性音圧レベルに関しては、風車よりも音圧が高い場合が多いのです。



では、
“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。”
ですが、
既設の風力発電所から発生した騒音の到達距離は、何ｋｍとして考えるのでしょうか？カナダ政府のＨＰを参考にすれば、2.5ｋｍ以内は対象とすべきです。少し余裕をもって３ｋｍを対象と考えてみます。
計測するのは、騒音ですから、20Ｈｚ以上の周波数の音を対象として計測した数値になります。
例えば、３ｋｍ離れた風車との間には、様々な音源があります。近くの風車に関しても同様です。
計測された騒音のうちで、３ｋｍ離れた風車の寄与分と、近くの風車の寄与分はどのようにして計算するのでしょうか？

一つの方法は、風車を作った企業が発表する音響パワーレベルの表を使った推定です。これに、地形の影響などを加味して推定する方法です。

残念なことに、風車音の指向性に関しては記載されていません。また、周波数範囲も風車音の実態からかけ離れたものになっています。

指向性付いては、

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

をご覧ください。被害を受けている人の話では、風車が特定の方向を向いているときに、特に被害が大きくなるとのことです。指向性を無視しては被害予測にはなりません。

音響パワーレベルの表での周波数範囲は、63Hz から 8000Hz になっています。

ｲ) 予測条件

7. 風力発電機の配置及び種類、基数

風力発電機の配置を図 10.1.3-10 に、種類及び基数を表 10.1.3-14 に示す。

なお、予測に当たっては、全ての風力発電機が同時に稼働しているものとした。

表 10.1.3-14 風力発電機の種類及び基数

項目		施設規模	風力発電機の仕様	
			ハブ高さ	ローター直径
本事業	(仮称) 平木阿波ウィンドファーム事業	出力：25,200kW (4,200kW×6 基)	112m	117m
	(仮称) 平木阿波第二ウィンドファーム事業	出力：12,600kW (4,200kW×3 基)	112m	117m
既存施設 ウインドパーク笠取風力発電所		出力：38,000kW (2,000kW×19 基)	65m	83.3m
計画中施設 (仮称) ウインドパーク布引北風力発電事業		出力：64,000kW (2,300kW×28 基)	78m	82m

注 1：既存事業については環境影響評価書を、計画中施設については環境影響評価準備書を参考とした。

ｲ. 風力発電機のパワーレベルと周波数特性

本事業及び既存施設、計画中施設の既設風力発電機のパワーレベル及び周波数特性を表 10.1.3-15 に、本事業の風力発電機の風速別パワーレベル及び周波数特性を表 10.1.3-16 に示す。

表 10.1.3-15 風力発電機のパワーレベル及び周波数特性

単位：dB

項目	1/1オクターブバンド中心周波数(Hz)：A特性パワーレベル								A特性 (dB)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
本事業	86.3	93.5	98.2	100.5	100.4	97.7	92.7	85.1	106.0
既存施設	89.2	91.0	88.5	97.2	102.5	98.3	97.8	87.3	105.9
計画中施設	87.2	94.8	93.9	96.7	98.5	94.2	82.7	75.4	103.1

注 1：既存事業及び計画中施設の施設規模及び風力発電機の仕様は、計画中施設の「(仮称) ウインドパーク布引北風力発電事業環境影響評価準備書」(2020 年 4 月　株式会社シーテック) を参考とした。

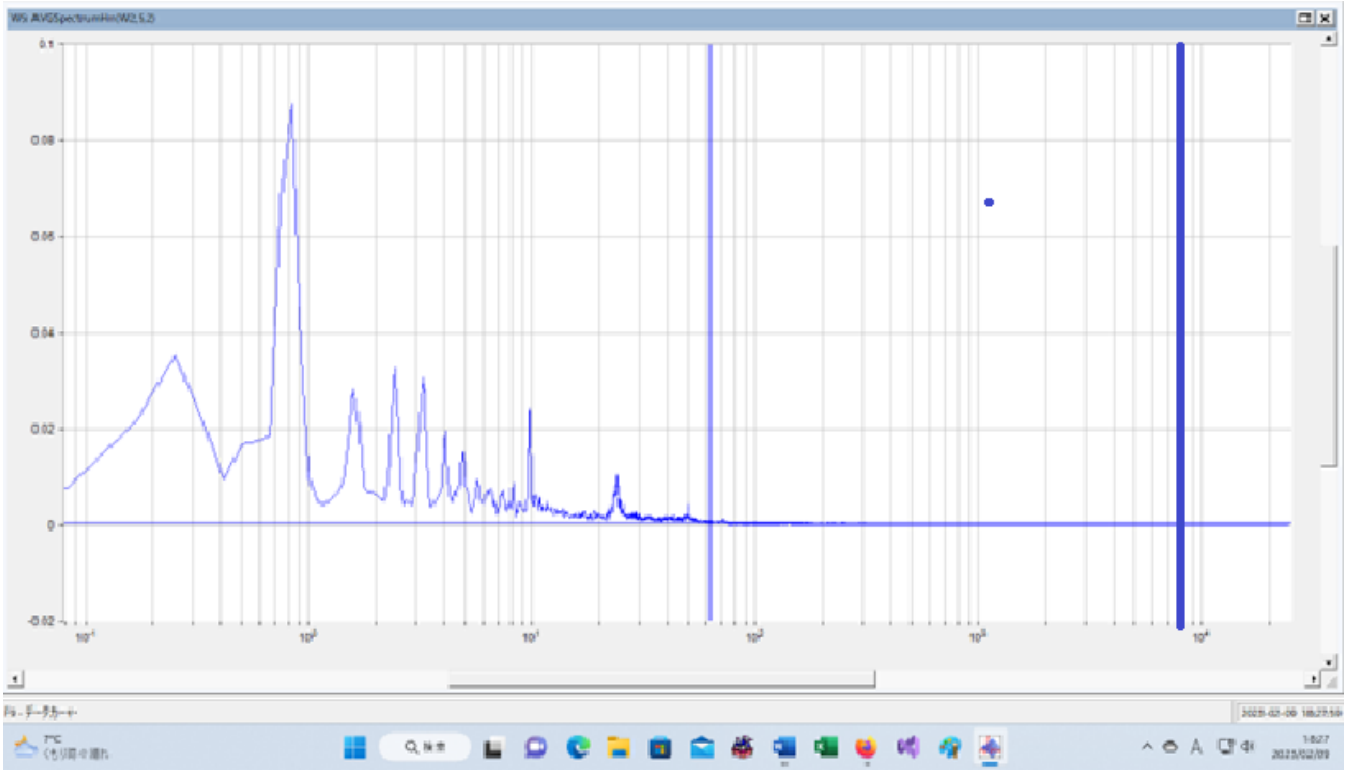
表 10.1.3-16 本事業の風力発電機の風速別パワーレベル及び周波数特性

単位：dB

ハブ高さ風速 (m)	1/1オクターブバンド中心周波数(Hz)								A特性
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
3	70.3	78.8	84.3	87.1	86.9	83.8	77.9	69.0	92.2
4	70.8	79.4	85.0	87.7	87.5	84.3	78.2	69.1	92.8
6	75.7	83.9	89.3	91.9	91.6	88.5	82.5	73.7	97.0
8	82.7	90.1	95.1	97.5	97.3	94.5	89.2	81.2	102.8
9	85.3	92.6	97.4	99.7	99.5	96.8	91.7	84.0	105.1
10	86.3	93.5	98.3	100.6	100.4	97.7	92.5	84.8	106.0
12	86.3	93.5	98.2	100.5	100.4	97.7	92.7	85.1	106.0

私が計測した千葉県館山市の風車は小さなものでした。音の主な成分は 50Hz 以下の低周波領域に集中していて、音圧のピーク値は 0.8Hz の時でした。

下の図の左の縦線は 63Hz、右の縦線は 8kHz の位置を表します。計算範囲を 63Hz～8ｋHz にすると後で問題が起きるのです。風車音の重要部分は、この範囲には入っていないのです。



大型の風車では、回転数が低くなり、音のエネルギーはさらに周波数の低い領域に集中します。
周波数が 0.5Hz くらいの時に、音圧がピーク値を取ることになります。

遠くの風車の影響を計算する方法としては、指向性と 20Hz から 63Hz の部分の影響や超低周波音の影響や、中間にある音源の影響などを考慮した方法が必要になるのです。

音源ごとの騒音レベル（A 特性音圧レベル）の違いの表は後ほど示します。

周りに、同じ周波数の音を出す音源が幾つかあると、それらの寄与分を計算するのは困難ですが、超低周波音で、1Hz 以下のものは、風車以外の環境騒音の音源からは出ませんので、これを手掛かりに、WTN の分を推定出来ますが信頼性はそれほどありません。

残留騒音は、“一過性の特定できる騒音を除いた騒音”となっているが

● 「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

指針値の変化を示すために、単純化したモデルを作ると、次の様になります。

年		残留騒音	残留騒音+5ｄＢ	指針値
2020	風車無し	33	38	40
2021	A群建設開始時	33		40
2022	風車A群19基稼働後	39	44	44
2023	B群建設開始時	39		44
2024	風車A群19基+B群9基稼働後	43	48	48
2025	C群建設開始時	43		48
2026	風車A群19基+B群9基+C群30基稼働	47	52	52
2027	D群建設開始時	47		52
2028	風車A群19基+B群9基+C群30基+D群20基稼働後	50	55	55

指針値は、どんどん大きくなります。風車を、問題となる集落を中心とする、半径（1+α）ｋｍの円周上に建設すれば、いくらでも作れるのです。

すでに稼働している風車の音は一過性の音ではありません。この既存の風車音は除去すべき対象なのか、それとも一過性ではないので残留騒音に含めるのか？定義通りならば、当然残留騒音に含めることになります。

極端な話、毎年１基ずつ風車を増やせば、残留騒音がどんどん増えてしまいます。これに+５ｄＢとして計算した値（指針値）は無限に大きくなります。

従って、毎年風車を増やしてゆくことが出来るのです。残留騒音の値が上昇し、指針値も増加するので、風車はいくらでも増やせるのです。

残留騒音は、“一過性の特定できる騒音を除いた騒音”となっているが、風車が無い場所に最初に風車を建てるという設定ならば、上の図も理解できるが、実際には、すでにいくつかの会社が風車を建設している場合も多い。既存の風車音は、“一過性ではなく、特定が困難な人工音”なのです。しかも風車音は、昼も夜も継続している音なのです。

三重県での事例ですが、C社の風車が20基稼働している状態で、さらにC社が30基、G社が9基建設する計画を立てている。

イ）予測条件

7. 風力発電機の配置及び種類、基数

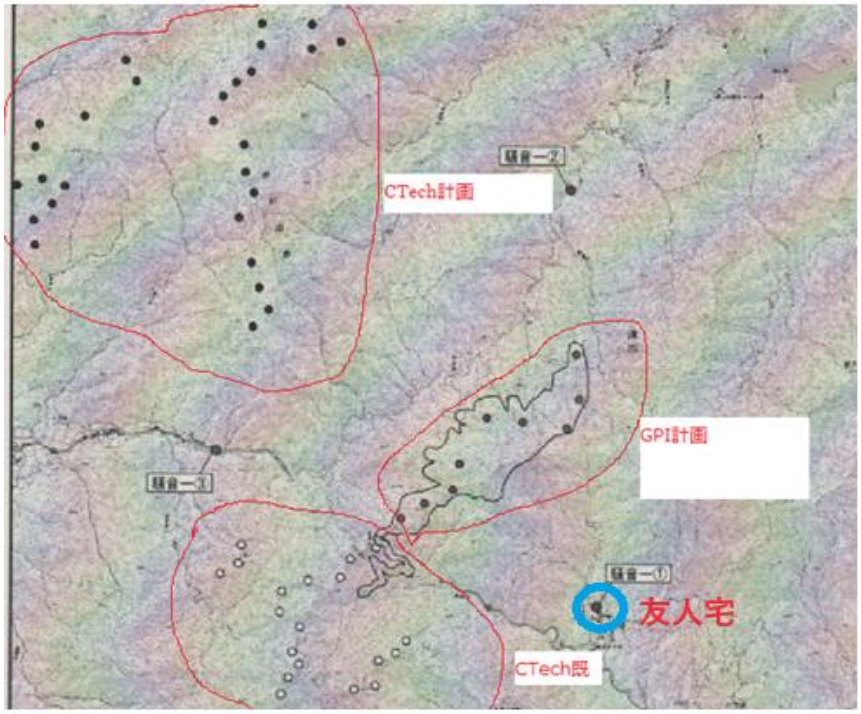
風力発電機の配置を図 10.1.3-10 に、種類及び基数を表 10.1.3-14 に示す。

なお、予測に当たっては、全ての風力発電機が同時に稼働しているものとした。

表 10.1.3-14　風力発電機の種類及び基数

項目		施設規模	風力発電機の仕様	
			ハブ高さ	ローター直径
本事業	（仮称）平木阿波ウィンドファーム事業	出力：25,200kW（4,200kW×6基）	112m	117m
本事業	（仮称）平木阿波第二ウィンドファーム事業	出力：12,600kW（4,200kW×3基）	112m	117m
既存施設 ウインドパーク笠取風力発電所		出力：38,000kW（2,000kW×19基）	65m	83.3m
計画中施設 （仮称）ウインドパーク布引北風力発電事業		出力：64,000kW（2,300kW×28基）	78m	82m

注1：既存事業については環境影響評価書を、計画中施設については環境影響評価準備書を参考とした。



さらに、風車を増やす場合には、残留騒音は、“一過性の特定できる騒音を除いた騒音”は、どのような数値になるのでしょうか？

すでに稼働している風車の音は一過性の音ではありません。この既存の風車音は除去すべき対象なのか、それとも一過性ではないので、残留騒音に含めるのか？定義通りならば、当然残留騒音に含めることになります。

表 5.1-17　調査結果の概要（騒音）

施設の稼働

【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（L_{Aeq}）とした。
注 3：環境基準は、地域の類型指定が定められていないことから、参考として「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）における「A 類型」の基準値を（　）で示した。
注 4：指針値との比較の現況値は、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 5：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。

② 国又は地方公共団体による基準又は目標との整合性の検討

環境基準値及びの比較において、予測値が最も大きくなる調査期間中の空気吸収が最も小さくなる場合の昼間が 39～45dB、夜間が 38～42dB であり、参考として設定した環境基準である「A 類型」の基準値（昼間：55dB、夜間：45dB）を下回っている。

また、指針値との比較において、予測値が最も大きくなる調査期間中の空気吸収が最も小さくなる場合の昼間が 34～43dB、夜間が 36～43dB であり、現況調査結果に基づき設定した指針値（昼間：40～48dB、夜間：40～48dB）を下回っている。

以上のことから、環境保全の基準等との整合が図られているものと評価する。

なお、周辺の既存施設及び計画中施設との累積影響についても、予測値が最も大きくなる調査期間中の空気吸収が最も小さくなる場合の昼間が 35～43dB、夜間が 37～43dB であり、累積影響についても現況調査結果に基づき設定した指針値（昼間：40～48dB、夜間：40～48dB）を下回っている。

上の表の左下の現況値37ｄBの所に関しては、将来予測値が、40ｄBになっています。全てが完成した状態では、残留騒音は“一過性の特定できる騒音を除いた騒音”ですから、すでに稼働している３群の風車からの音は、一過性ではなくて、昼も夜も継続する音ですから、この部分が残留騒音に含まれます。すると、次に建設する会社は、残留騒音+5ｄB＝45ｄBまでは可能となります。

第４群が完成した段階では、残留騒音は45ｄBになります。

これが、４回、５回と繰り返されれば、残留騒音がどんどん大きくなります。極端な話、毎年１基ずつ1100ｍ離した場所に風車を増やせば、残留騒音がどんどん増えてしまいます。

これに+５ ｄBとして計算した指針値は、無限に大きくなります。

従って、

“指針値”は
“この指針は、風力発電施設の設置又は発電施設の新設を伴う変更に際し、風力発電施設から発生する音による生活環境への影響を未然に防止するために定めたものです。”ではなく。
“企業が何の制限もなく風車を増やせるように設定した値です。”と理解すべきです。
指針値における残留騒音定義の仕方によって、日本では風車騒音の上限を取り払い、いくらでも住民を苦しめることが出来るようになりました。

指針値に関する留意点

- 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
- 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

当然、“指針値を超えない場合であっても”被害が起きます。被害が起きる状況は、風車音が鳴り響いている状況です。この時の指針値は、さらに大きな数値となり、新たな風車群の建設が可能になるのです。一度、風車群が出来れば、指針値がどんどん上昇するので、限りなく風車群を増やせるようになります。
このような指針値を作っておいて、責任を業者に押し付け、“業者は対策を講ずるよう努めることが必要”と言われても、業者は何を目安に対策を取れば良いのでしょうか？

特別な地域は、残留騒音が30ｄＢ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。
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
65	0.0012649	0.035566	68.3	70	0.004	0.063246	0.00273509	0.027680
70	0.004	0.063246	73.3	75	0.01264911	0.112468	0.00864911	0.049223

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

34ｄＢ～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。

- 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

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起きることが分ります。

以上の観点からすれば、指針値は住民に限りない苦痛を押し付けるための数値としか見えない。



図3　「青山高原風力発電所」の全景。出典：青山高原ウインドファーム

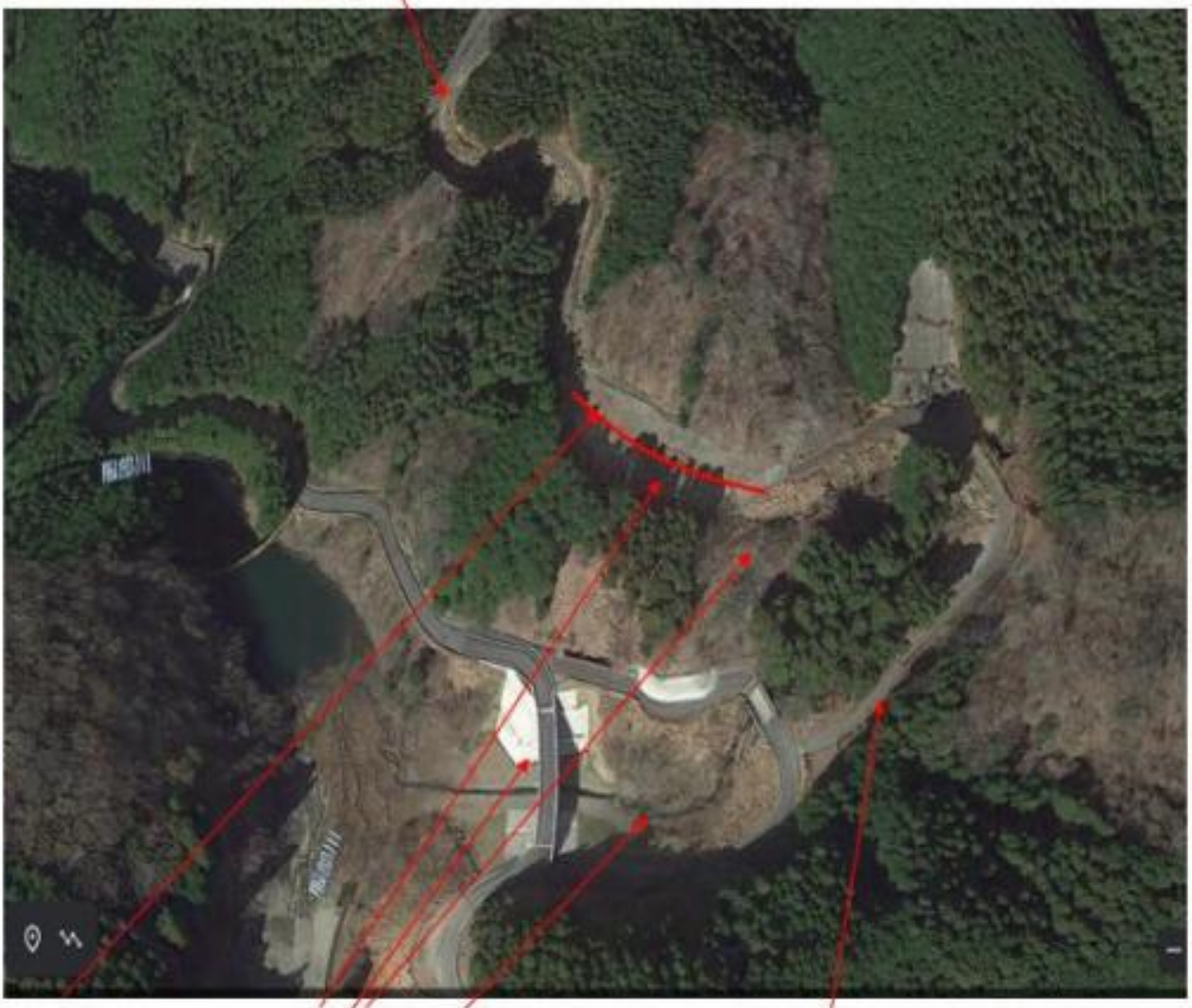
１０月２３日伊賀市市道笠取線の㈱シーテック社ウィンドパーク笠取の崩落現場を見てきました、崩落は５年程前です、崩落が進むので㈱シーテック社が橋梁架け替え工事する、伊賀市に確認しました



写真はウィンドパーク笠取の伊賀市上阿波地区からです。

崩落現場の上では風車が稼働しています。発電所内には崩落している所、形跡があります。小委員会でも在りましたが地層は花こう岩、

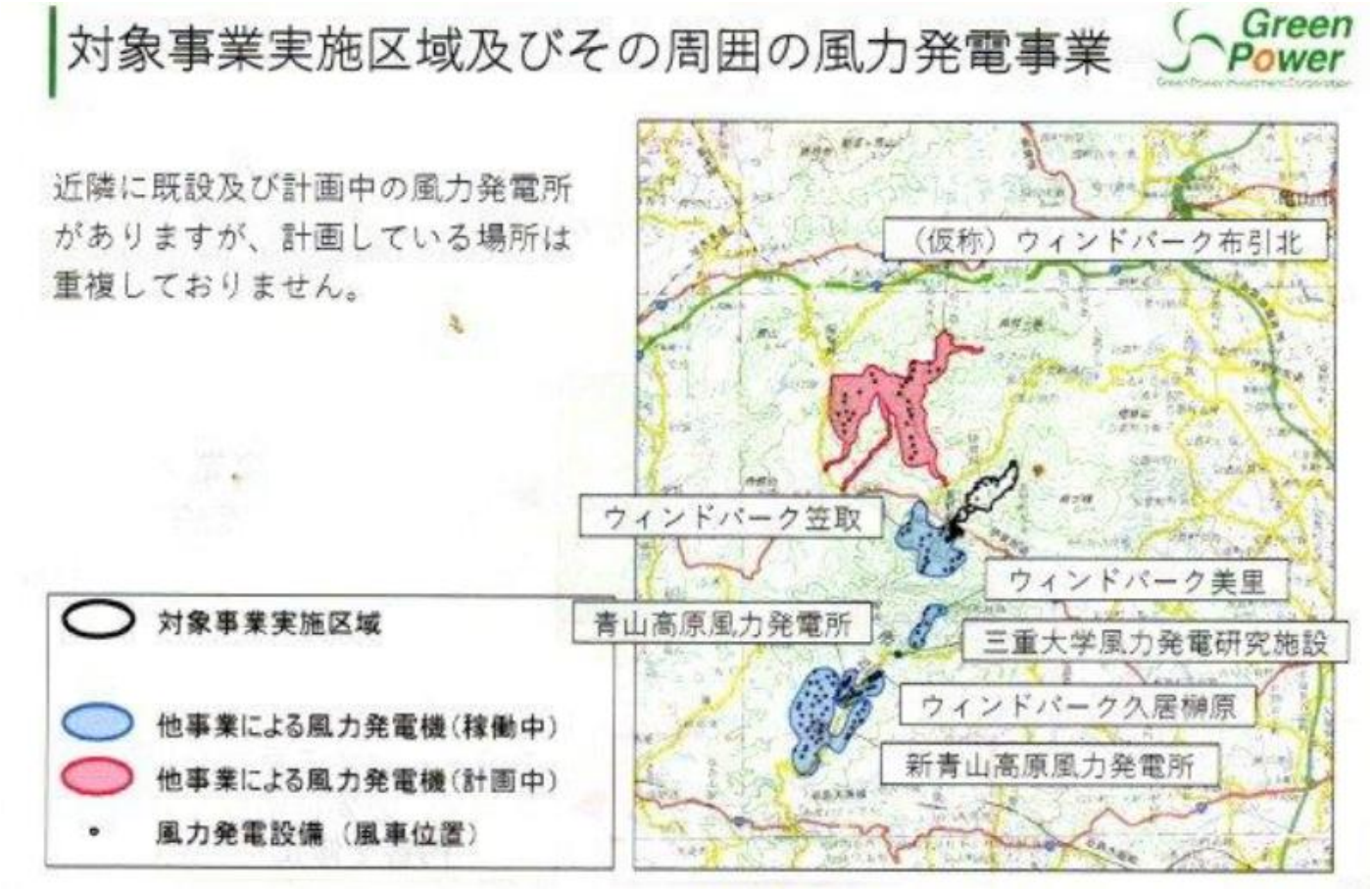
崩落は風車の振動も一要因の説があります。



元の管理道路　　崩落場所　服部川　　㈱シーテック社（笠取）管理道路

㈱シーテック社が自費で建設をした橋梁（１億円～　以上）

風車は、沢山建設されました。そして、次の図の様になりました。



この風車群の近くに住んでいる友人は、

2023/2/23 付けのメール
宇山様
お世話になります
音について　できる限り情報整理が出来てからお送りします
今　音で気になっているのは
現在稼働中の　㈱シーテック社のウィンドファーム笠取です　年中聞こえますが（離隔が２ｋｍです）
特に１０月から４月ごろまでが大きいです　音は耳で聴きとるのは異なる状況で難しいです
集落でよく聞こえる日の状況は　曇天　集落では風が弱い（その時は山では吹いているのでしょう）

2023/1/22 付けのメール
宇山様
お世話になり有難うございます
文中の㈱シーテックの稼働中の１９基の事業所名は「ウィンドファーム笠取」です
騒音は現在大きなスイング音が平木集落に届いています
よく聞こえるときは　ジェット機音のように聞こえます
シーテックを基準にすると、ＧＰＩの計画は離隔が近い　４２００ＫＷとシーテックの２．１倍大きいですので建設は危険と考えます
シーテック 28 基の事業名は　「ウィンドパーク布引北」　さるびの温泉から名阪道の加太町にかけて

評価書に進んでいるようです
私は準備書に自分の地域の事業のようにウィンドパーク布引北の関係地区と共に参加しました
行政に一緒に出向きました
まずはお礼まで

と言っています。

たしか、昔の憲法では、
日本国憲法第 25 条
2　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
となっていたはずですが、いつから、
日本国憲法第 25 条
1　すべて国民は，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る義務はない。
と変わってしまったのでしょうか？

新しい指針の内容を決定づけたものが、
”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」“
https://www.env.go.jp/air/noise/wpg/01_161125_huusyasouon_report.pdf
ですから、この報告書の問題点に関して、詳細に検討します。

環境省の HP，低周波音問題に関する Q&A
https://www.env.go.jp/air/teishuha/qa/
には、

Q11　風車に関する騒音や低周波音に適用できる基準はありますか？
A11　環境省では、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」を発出いたしました。この指針は、風力発電施設の設置又は発電施設の新設を伴う変更に際し、風力発電施設から発生する音による生活環境への影響を未然に防止するために定めたものです。

との記述がある。

平成 29 年 5 月 26 日の知事あての文書である
「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」
https://www.env.go.jp/content/900400663.pdf
には、

再生可能エネルギーの導入加速化は我が国の環境政策において極めて重要であり、風力による発電は、大気汚染物質や温室効果ガスを排出せず、国内で生産できることからエネルギー安全保障にも寄与できる重要なエネルギー源の一つです。風力発電施設は国内外を問わず設置数が大きく増加していますが、一方で、そこから発生する騒音等については、不快感の原因となることや健康影響の懸念等が指摘されています。このため、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。

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。

と書かれている。

この内容を検討するには、“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 22 ページに書かれている、次の事項に注意しなくてはならない。

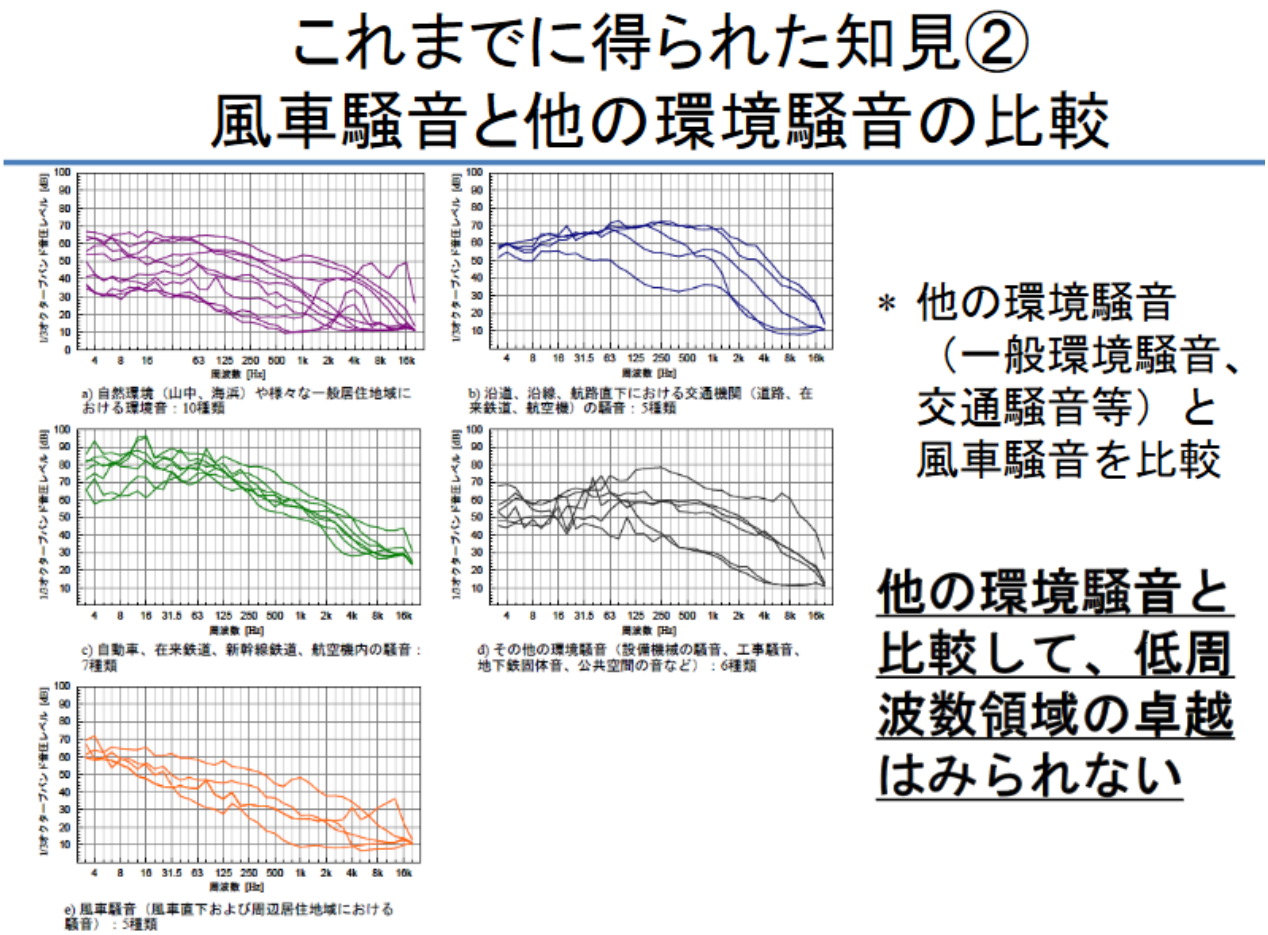
（注）「超低周波音」についての補足

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

２．７．１　高校生の数学

“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。“

と言う判断の大きな根拠の一つが、次のグラフです。



この右側の結論である、“**他の環境騒音と比較して、低周波領域の卓越は見られない**”となった原因は、委員の方に高校生程度の数学の知識が無かったことです。

“20Hz 以下を「超低周波音」(infrasound)、20～100Hz を「低周波音」(low frequency noise)”
“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」”という言葉の使い方に注意しながら、確認しましょう。

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

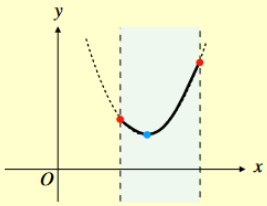
（Step１）（　　）をする

$y=ax^2+bx+c \Rightarrow y=a(x-p)^2+q$

（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

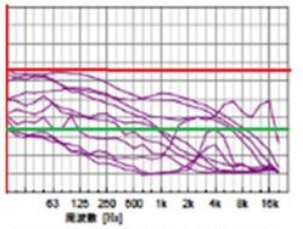
関数 $y=2x^2+4x+c$ （$-2 \leqq x \leqq 1$）の最大値 7 であるとき，定数 c の値を定めなさい。

解

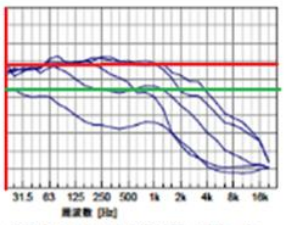
検討会の参加者は、このような高等学校＜数学Ⅰ＞の知識を持っていて、グラフの形式に関する検討をすれば、良かったのです。騒音（20Hz 以上）との言葉による定義域と、提示されたグラフの定義域（4Hｚ以上）の違いは、グラフの基礎を全く理解していないことを意味しています。

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。

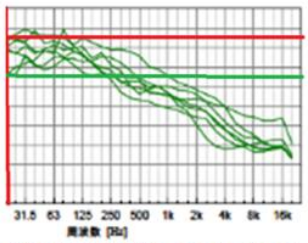
この定義域内で風車騒音（20Hz 以上）、環境騒音（20Hz 以上）グラフを比べれば、次のようになります。



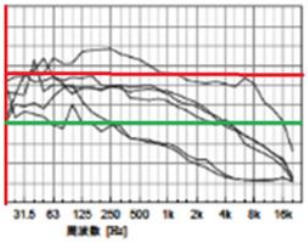
（山中、海浜）や様々な一般居住地域に
音：10種類



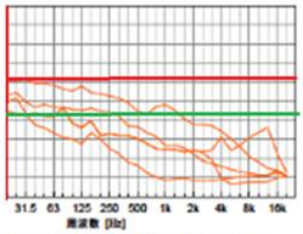
航路直下における交通機関（道路、在
I）の騒音：5種類



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



風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。

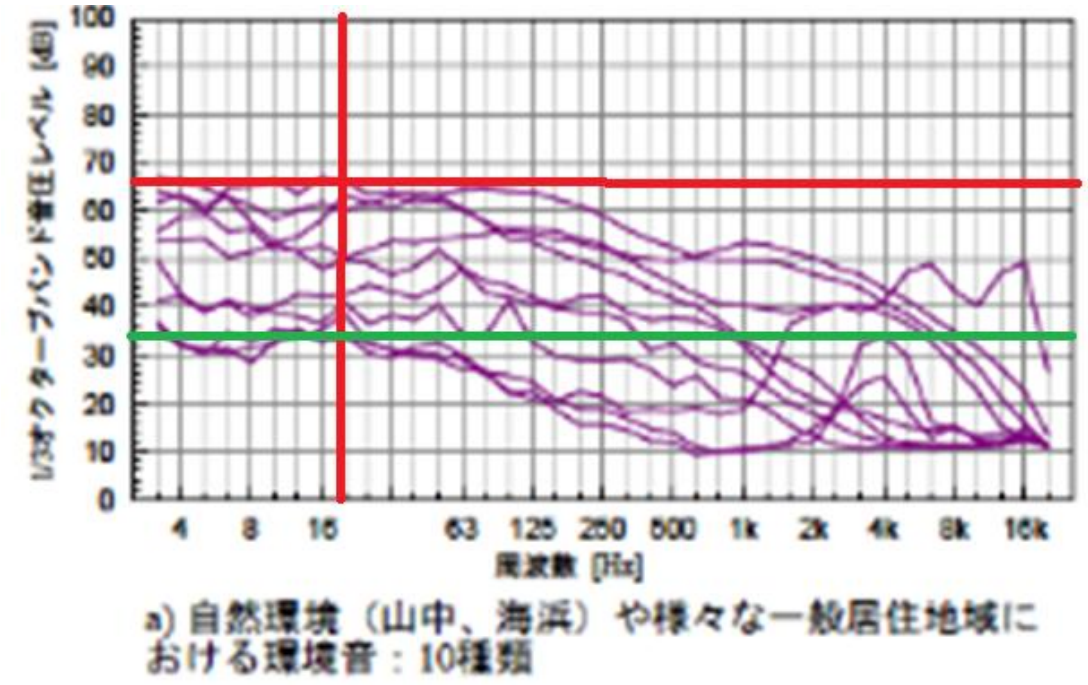
“他の様々な騒音の実測値と比較しても、風車騒音で特に低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない。”

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。

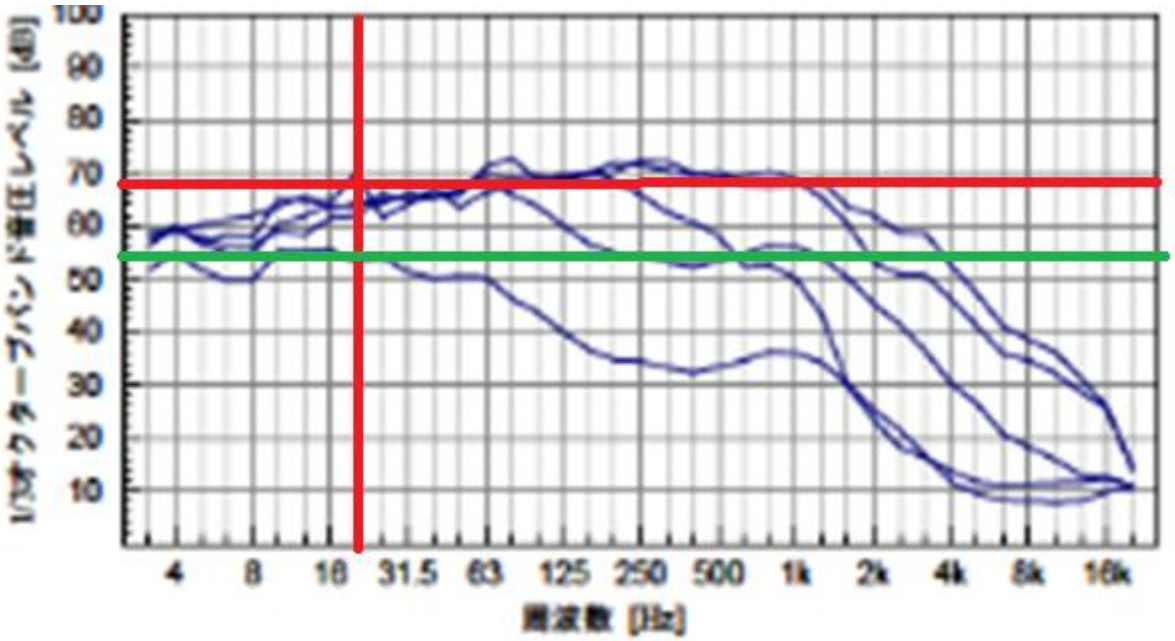
定義域を 4Hz からにして議論すれば次の様になります。
20Hz 辺りに縦線、それとグラフとの交点を通る水平線を引けば、低周波領域（4Hz～20Hz を含む）での特徴が分かります。低周波領域（4Hz～20Hz を含む）に着目すれば次の様になります。

4Hz から 20Hz ではグラフは水平。



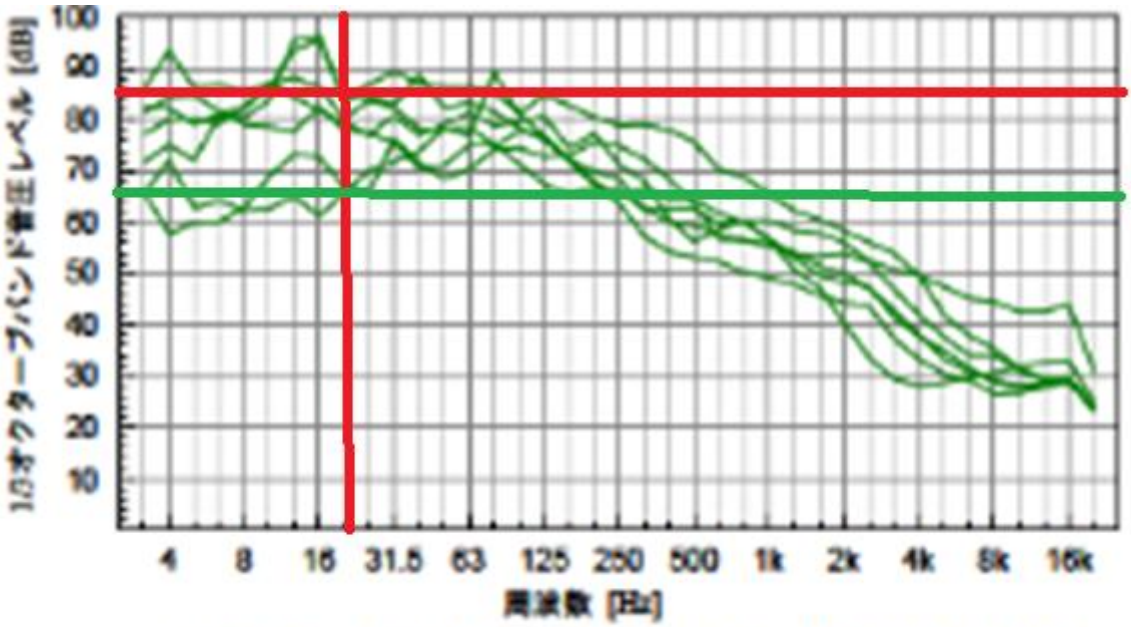
a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

周波数が低くなるとグラフは下がる。



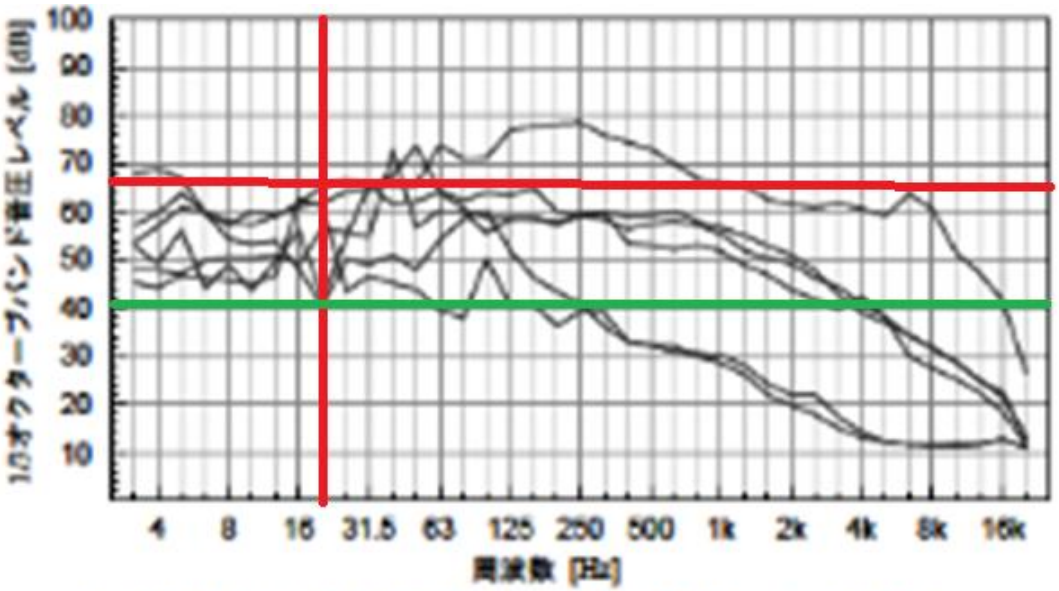
b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類

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

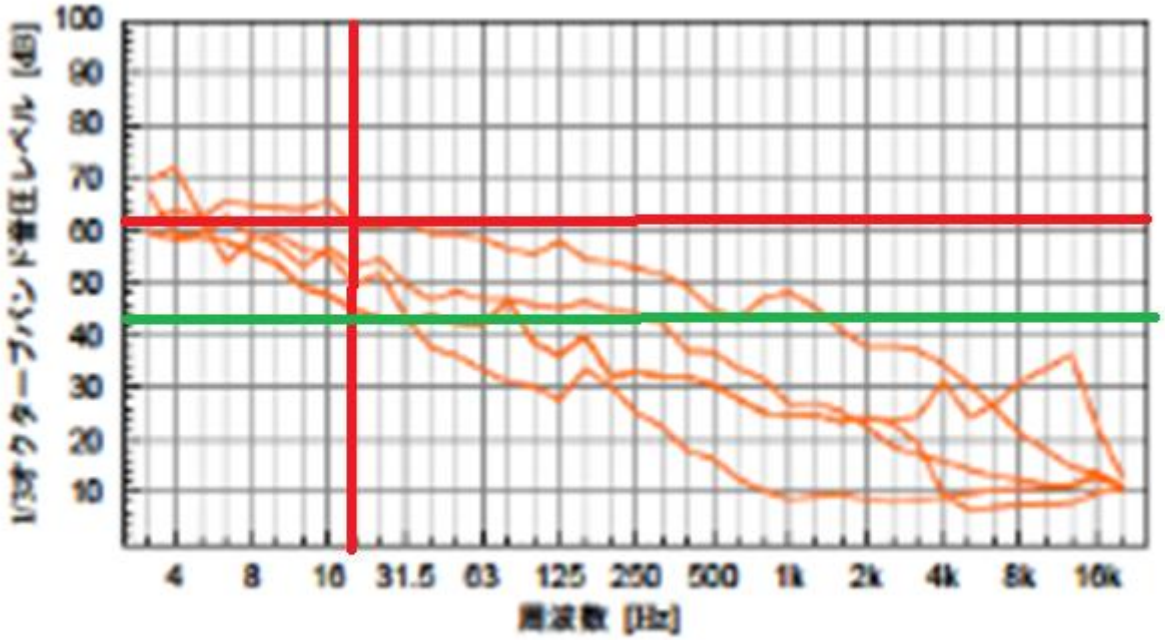
4Hz から 20Hz ではほぼ水平。



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。

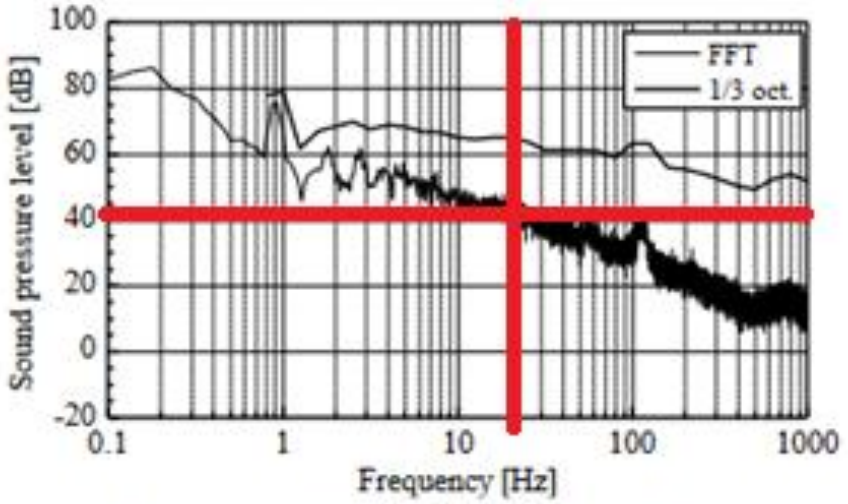


e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

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、10Ｈｚ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、10Ｈｚ以下も風車音だと考えるべきです。

前に示したグラフでも、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。

２．７．２　中学生の国語

聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値の意味は何でしょう。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。中学生ならば、辞書を引いたり、ネットで調べたりして、意味の違いを理解できる。

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。

勝手に、聴覚閾値を感覚閾値に昇格させる人もいます。最少可聴値を使う手品です。
（最少可聴値は聴覚閾値と同じ意味ですが、感覚閾値とは意味が違います。）
具体的な方法は、
電力中央研究所からの電力中央研究所報告に書いてあります。

風車音の特性とその心身に係る影響に関する文献調査
－低周波音に着目した検討－

村上　貴裕[*1]　服部　康男[*1]　江口　譲[*2]
西原　崇[*1]　松宮　央登[*3]

（平成 23 年 3 月 16 日　承認）

[*1] 地球工学研究所　流体科学領域　主任研究員
[*2] 地球工学研究所　流体科学領域　上席研究員・領域リーダー
[*3] 地球工学研究所　流体科学領域　研究員

この 14 ページに次のグラフがあり、“感覚閾値”と書いてあります。下の方に、“感覚閾値[2-13]の値”と書いてあります。

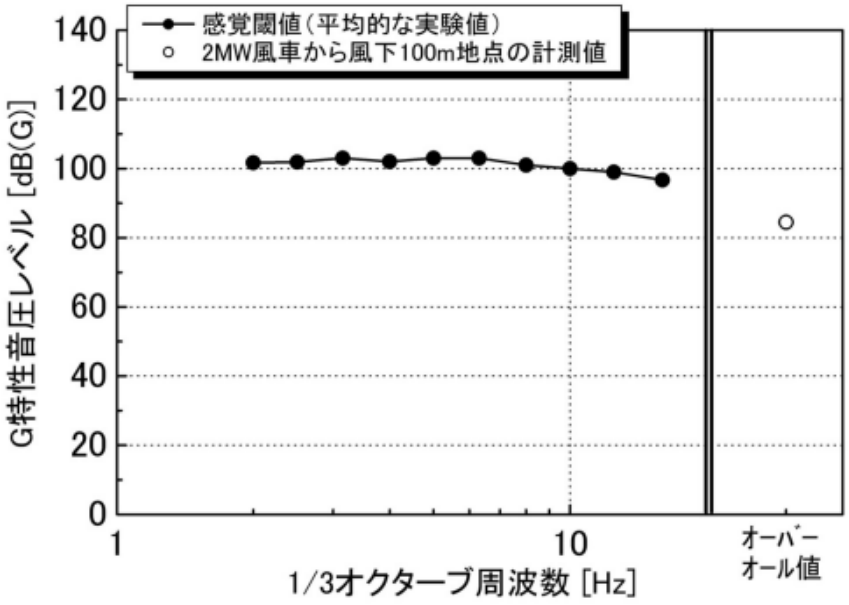


図 3-7　風車からの超低周波音の音圧レベルと感覚閾値との比較
感覚閾値[2-13]の値を元に G 特性音圧レベルに換算.
風車音（超低周波音）の計測値は[4-2]の値を示す.

感覚閾値[2-13]

[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。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、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10dB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、

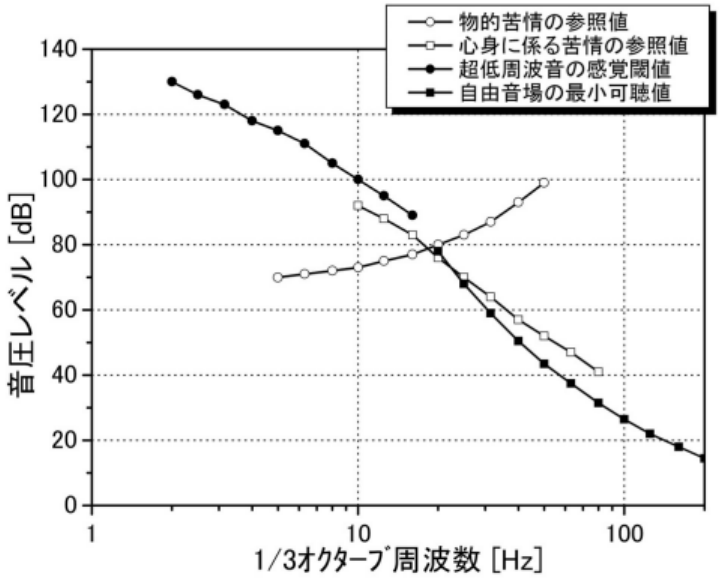


図 2-2　低周波音による苦情の参照値

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〕

次の表にある、G 特性での重み付けをした結果です。

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
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)

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。

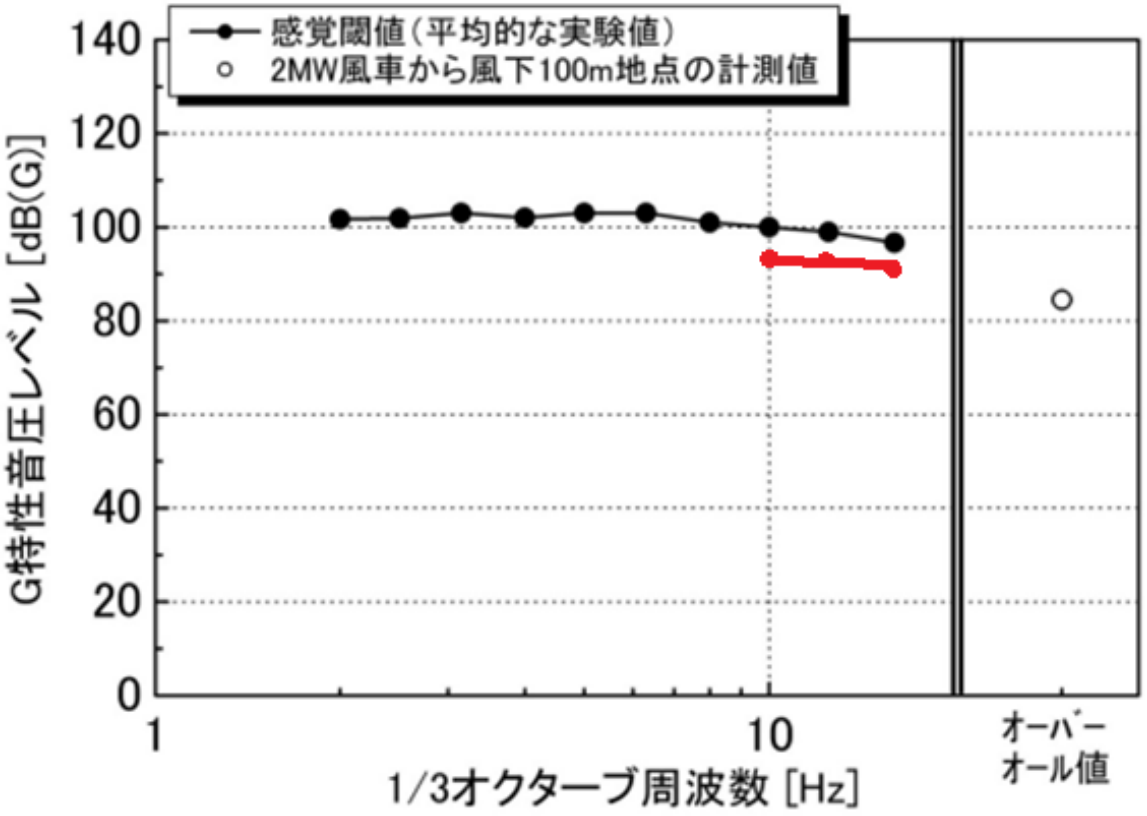


図 3-7　風車からの超低周波音の音圧レベルと感覚閾値との比較

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

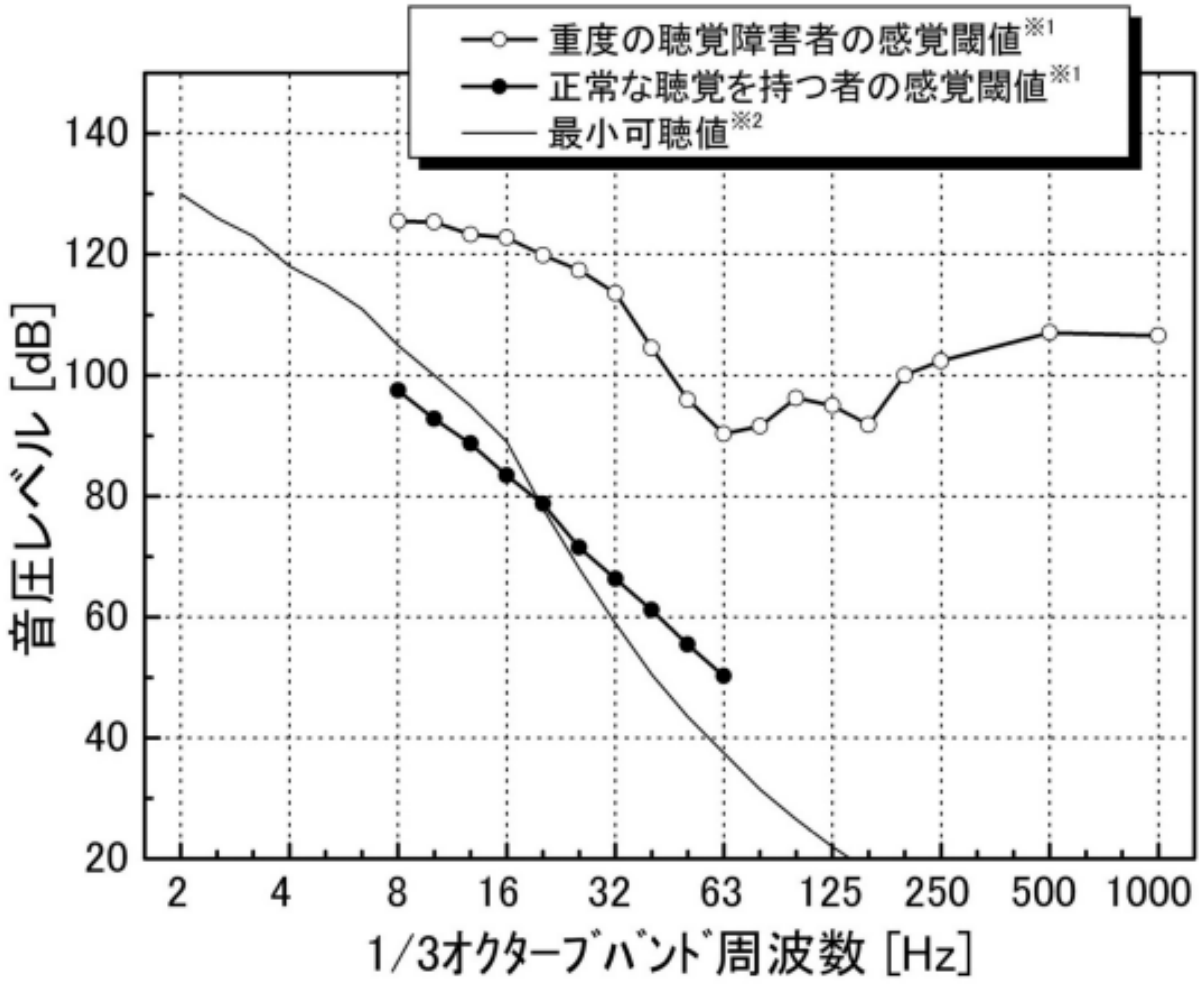


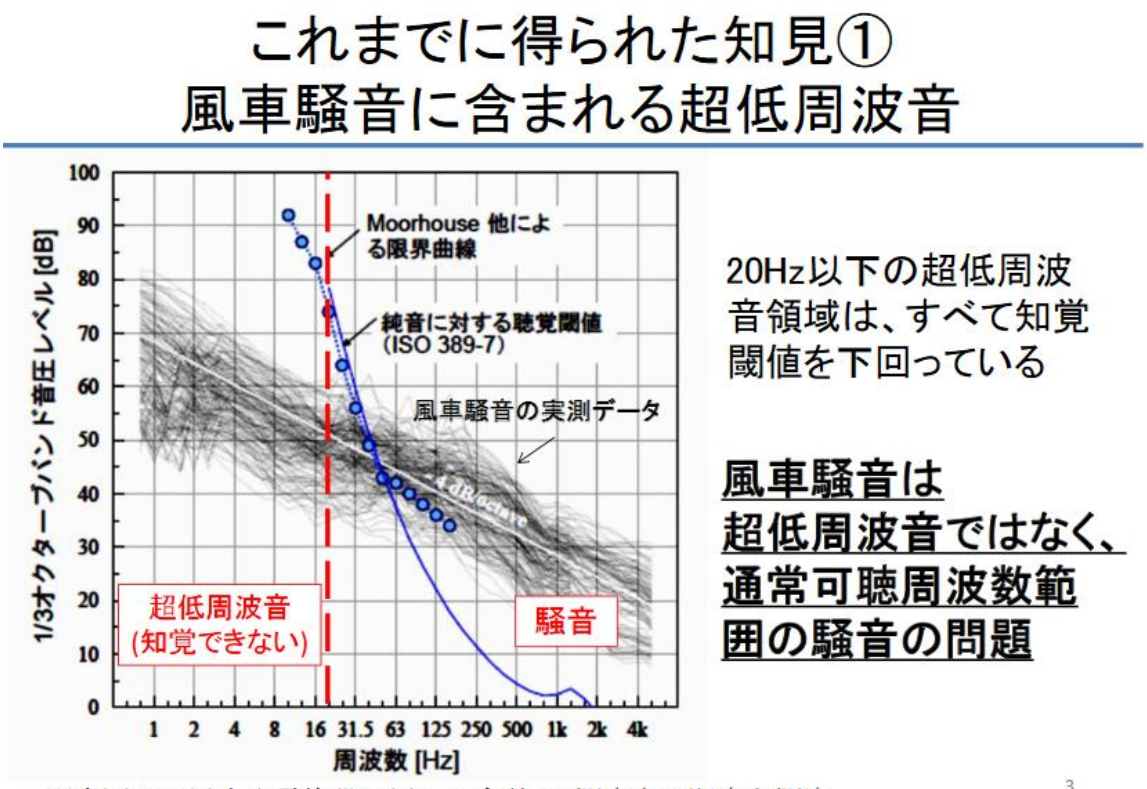
図 2-4　低周波音の聴覚閾値と聴覚以外の感覚閾値

（※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。

２．７．３　小学生の英語



このグラフに関連して、

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、3 ページに次の記述がある。

“２．これまでに得られた知見

２－１．風車騒音の実態と環境影響に関するこれまでの研究等の知見

風車騒音に関しては、環境影響に関する様々な研究がなされている。これらの知見について、以下に整理する。

（１） 風車騒音に関する物理的な実態の研究等

＜騒音の実測調査＞ 平成 22 年度から平成 24 年度にかけて、環境研究総合推進費の公募型研究「風 力発電等による低周波音の人への影響評価に関する研究」（研究代表者：橘秀 樹。以下、「推進費研究」とする。）において、我が国の風車騒音の実測調査が全国規模で行われた。この研究で得られた知見(5)を以下に示す。

・ 全国 29 の風力発電施設の周辺の合計 164 の測定点で得られた 1/3 オクターブバンド音圧レベルから、一般に風車騒音はオクターブ当り-4dB の傾きのスペクトル特性を持っていることが分かった。そのうち、**すべての超低周波音領域における 1/3 オクターブバンド音圧レベルは、ISO の純音に関する聴覚閾値や Moorhouse 他が提案している低周波音の評価のための限界曲線を下回っており（図 3）**、風車騒音の超低周波音領域の成分は、知覚できないレベルであることがわかった。本研究プロジェクトの一部として、**暴露側における風車騒音に含まれている低周波数成分の可聴性が実験室実験で調べられている**が、その結果でも超低周波数領域の成分は聞こえない／感じな

いということが確かめられている。これらの結果は、風車騒音は 超低周波音による問題ではないということを示している。

・ 20Hz 以上の可聴周波数領域では、およそ 40Hz 以上の周波数域で 1/3 オクターブバンド音圧レベルは上記の限界曲線並びに ISO 389-7 で規定されている聴覚閾値を超えている。これは、風車騒音は通常可聴周波数範囲の騒音として議論すべきであることを意味している“

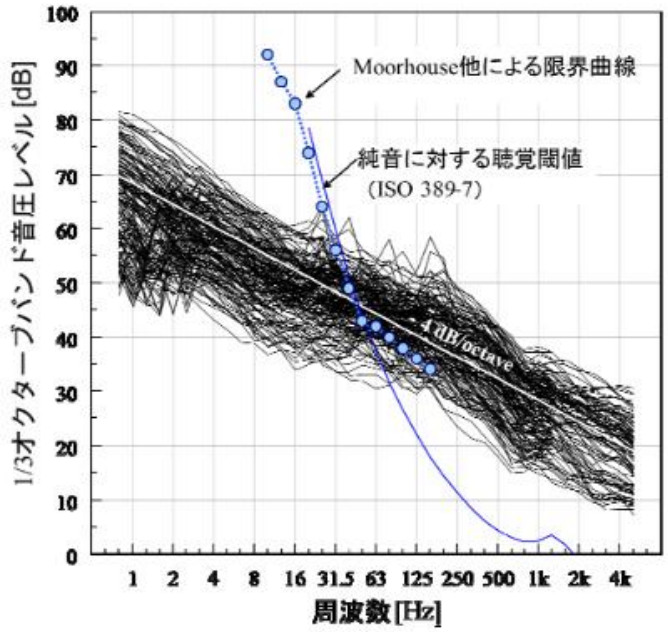


図 3　全国 29 の風力発電施設周辺 164 地点における風車騒音の周波数特性の分析結果

とあるが、

“すべての超低周波音領域における 1/3 オクターブバンド音圧レベルは、ISO の純音に関する聴覚閾値や Moorhouse 他が提案している低周波音の評価のための限界曲線を下回っており（図 3)”との記述は、明らかな誤りである。

定義域が異なるので、すべての低周波領域が、２つの曲線を下回ると言えるためには、それらの共通する定義域を取る必要がある。

これは、比較する為には２つ以上のものが必要だと言う常識に反している。

小学生でも英語を学習しています。英語が分からない人は小学生に教えてもらうべきです。



グラフの中に、“Moorhouse他による限界曲線”との記述があります。

ネットで探して見つけました。

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

A procedure for the assessment of low frequency noise complaints

（Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD）

ここには、

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。

私は英語が嫌いです。英語が分からないときは近所の小学生に教えてもらいます。最近は小学生での英語を勉強しています。私は、この“限界曲線”と“基準曲線”の違いについて、近所の小学生に教えてもらいました。

さて、数値ですが、次の表とグラフを見れば、10Hz から 160Hz の間で定められている数値です。0.2Hz や 0.8H z の時の値はありません。従って 0.2Hz、0.8H z に関しては比較できません。

さらに、英語を誤訳した“限界曲線”の意味を更に拡大解釈します。そして聴覚閾値を知覚閾値を同じものとして扱って、

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

と書きます。

聴覚以外にも人間の感覚はあり、聴覚閾値は感覚閾値でもないし、知覚閾値でもないのです。

聴覚閾値

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。**

聴覚閾値と訳したまでは良かったのですが、

“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。”

はごまかし方としては下手すぎます。

“風車騒音”、“低い周波数成分の騒音” として“騒音”と付けて、議論を 20Hz 以上に限定しておきながら、あたかも超低周波音の領域まで含めて、卓越が無いかのように印象付けようとします。

20Hz 以上の限定すれは、卓越とまでは言い難いのですが、超低周波音の領域まで含めれば、風車音には卓越した音圧の周波数成分が含まれている。ことが分ります。

超低周波音の領域まで含めて、交通騒音と風車音の音圧を比べた結果はすでに示しました。

交通騒音での最大音圧は、0.0025Pa、風車音での最大音圧は 0.37Pa でした。0.37/0.0025＝148 でした。

もちろん、計測場所でこの値は変化しますが、風車音と交通騒音では、エネルギーが集中している帯域が全く異なります。“騒音”として、超低周波音の部分を無視してはいけません。

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。

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

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。

つぎは、100ｄＢの問題について詳しく考えます。。

> 全て ISO-7196：1995 に示される超低周波音を感じる最小音圧レベルである 100dB を下回っている。

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.

Perception の日本語訳ですが。

１（五感・知性による）知覚（作用）認知（力）理解；（道徳的・美的特質の）直覚、直観、鑑識力、眼力

２近くによる認識結果、感知されたもの

知覚

１（仏）知り覚ること、分別すること
２（心）(perception)感覚器官への刺激を通じてもたらされた情報をもとに、対称の性質・形態・関係などを把握するはたらき。

感覚
１光・音や、機械的な刺激などを、それぞれに対応する受容器が受けたときに経験する心的現象。視覚・聴覚・味覚・臭覚・皮膚感覚・平衡感覚・内臓感覚などがある。
２物事を感じとらえること。また、その具合

感知
気配や様子から感じ取って知ること。

さて、ISO 7196:1995　のⅲページの記述で 100ｄB の話が出てくる段落は、
The perception of infrasound, although apparently achieved through the auditory mechanism, differs in some respects from that usuary understood by hearing.
（超低周波音の感知については、一見すると音を認識する仕組みを通してなされるように思えるにもかかわらず、幾つかの観点で、聴覚として通常理解されているものとは異なっている。）
から始まっている。
100dB については、
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.
（１Hz から 20Hz の周波数帯について、平均的な聞き手がちょうど感知できる音は、この国際規格に従って計測した時の、重み付き音圧レベルで 100ｄB に近い値となるであろう。）
となっている。
この段落の最後は、
“Weighted sound pressure levels which fall below about 90 dB will not normally be significant for human perception.”
「(周波数) 重み付け音圧レベルで約 90ｄB 未満は、人間の認知機能にとって一般的に有意にはならない（または、認識されない)。」
と書かれている。

100ｄB を聴覚閾値、参照値 92ｄB を全身で音圧を受けるような状態での不快感の感知についての実験なので感覚閾値と考えると、論理的にもはっきりして、混乱を防ぐことができます。

聴覚閾値と感覚閾値を混同すると、参照値との関係で混乱が生じます。

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、

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 78.1 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。

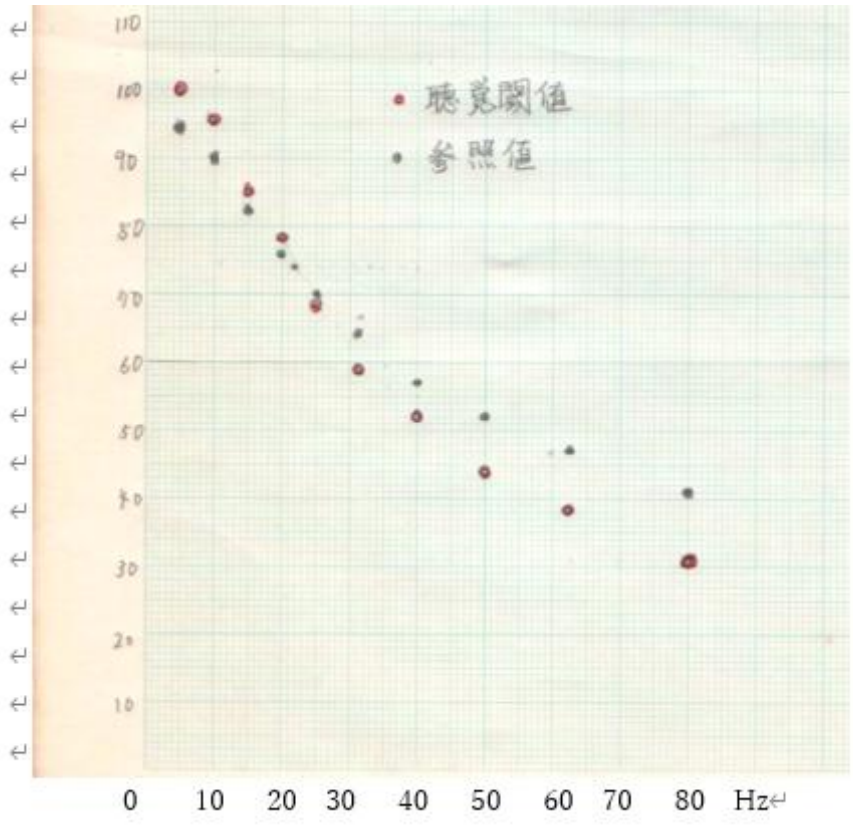
これは、偶然ではありません。

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。

２．８　指針の見直し

この右側の結論である、**“他の環境騒音と比較して、低周波領域の卓越は見られない”**に関しての詳細な検討には、騒音を計測したデジタルデータが必要でしたので、
判断の根拠となったグラフのデジタルデータを探して、検討会のメンバーの方々にメールをしてみたが、**“デジタルデータは持っていません。”**との返事でした。環境省も持っていないと言っていました。
橘先生からは、データは破棄したとの連絡をいただきました。

非常に重要なデータなので、破棄してしまったのは非常に困ったことです。証拠隠滅の犯罪ではないかと思います。

①他人の刑事事件に関する証拠

証拠には、犯罪の認定に関するものだけでなく犯人の情状に関するものも含まれます。

証拠というと物的証拠をイメージしますが、被害者や第三者という「証人」の供述は犯罪の認定資料となるので、証人それ自体も「人証」と呼ばれる証拠なのです（ただし、後述しますが、「供述」それ自体は証拠隠滅等罪の対象ではありません)。

したがって、証人を監禁などした場合も証拠隠滅等罪は成立します。

なお、対象となる証拠は「他人の」刑事事件に関する証拠に限られ、「自己の」刑事事件に関する証拠は含まれません。

これは、犯罪を犯した者が自分の犯罪の証拠隠滅をするのは心情的にやむをえず、証拠隠滅をしないことを期待することができないからです。

したがって、犯罪を犯した者が、その自分の犯罪の証拠となるもの（奪った被害品、犯行に使った凶器等）を隠滅等しても、証拠隠滅等罪は成立しません。

もっとも、他人を教唆して（そそのかして)、自己の刑事事件に関する証拠を隠滅等させた場合には、証拠を実際に隠滅等した者だけでなく、そそのかした者にも証拠隠滅等教唆罪が成立する可能性があります。

たとえ隠滅等の対象が自己の刑事事件に関する証拠であっても、他人を犯罪に巻き込む行為は、もはや心情的にやむを得ない行為とは言えないからです。

参考資料１

（参考）国家公務員法

信用失墜行為の禁止（国公法第 99 条）

○ 職員は、官職の信用を傷つけ、又は官職全体の不名誉となるような行為をしてはならない。

○ 国民全体の奉仕者として公共の利益のために勤務する公務員が非行を行うことは、公務に対する信頼を損ね、公務全体への信用をも失うことになることから、公務員が官職の信用を損ね、公務員全体が批判を受けるような行為を行うことは公私を問わず禁止されている。

※ 職務専念義務、**信用失墜行為禁止の違反行為は、懲戒処分の対象**となる

参照値の事で、環境省に電話したことがあります。

環境省の HP には、参照値は聴覚機器（環境省は感覚閾値という。）よりも大きいと書いてあるが、20Hz では、逆転しているので、低周波領域では参照値が聴覚閾値よりも小さくなる。事が分かるように書き直してくれ。と言いました。

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。）
環境省は、“書いてある通りです。”との返事でした。
この HP の内容では、
日本国民は、76 と 78.1 の大小関係が分からない国民だと。思われてしまいます。
日本の技術レベルに対する信用を失墜させます。

これは、国家公務員による、信用失墜行為禁止に違反した行為です。

さて、

環 水 大 大 発 第 1705261 号
平 成 29 年 5 月 26 日

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
https://www.env.go.jp/air/noise/wpg/shishin_H2905.pdf
の【別紙】に
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

困りました。
風車騒音の環境省指針ですが、
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。
となっているのです。指針の見直しには、設定に際しての基礎資料が必要です。
でも、
基礎資料となる騒音のデジタルデータは、環境省には無いとの事です。
資料を作成した橘先生は、古い資料なので破棄した。と言っています。

今は、
設定に際しての基礎資料が無いのです。これでは、再評価が出来ません。
従って、必要があっても改訂できません。

現状からすれば、
６．指針の見直し
本指針については、基礎資料の再評価を妨害するために、基礎資料を廃棄して証拠を隠しましたので、決して見直しは出来ません。
と書きなおす必要があります。
そうでなければ、国が嘘をついて誤魔化すことを国民に奨励していることになってしまいます。
国が先頭に立って、嘘や誤魔化しをやって見せるのでは、諸外国からの信頼は失われてしまいます。
汗水流して働いて収めた税金が、嘘を広め、国民を苦しめるために使われるのでは、国家としての名誉にかかわります。

しかし、諦めないで、環境省に文書開示請求をして、再評価の対象となる基礎資料の全てのコピーを入手しました。環境省が示した再評価の対象となる基礎資料は

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）
https://www.env.go.jp/content/900400606.pdf
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、
の中の次の部分だと言いう事でした。
/**********/
報告書（ｐ7）
（２） 風車騒音の人への健康影響に関する研究
国際的にも風車騒音の健康等への影響は注目されており、数多くの研究が進められてきている(8)。風車騒音の人への健康影響に関する研究については、過去の研究について広く整理し、個別の研究を吟味してまとめ、専門家による審査を経て医学会誌等に掲載された査読を経たレビュー（総説）論文が数編出されている。また、2014 年にはカナダ健康省が風車騒音と健康影響に関する大規模な調査を行いその結果を、さらに 2015 年にはオーストラリア国立保健医療研究委員会が風力発電施設と人の健康に関する報告書と声明を公表している。そのため、この報告書においては、風車騒音の人への健康影響について、上記のレビュー論文や各国政府機関による報告書等を中心に整理することとした(5),(9)～(18)。上記のレビュー論文と、個別の研究論文等のうち主なもの、各国政府機関による報告書等の要点を表１に記載した。

一般的に騒音による影響には、聴力損失への影響（聴力影響）、会話を妨害される影響（会話影響）、睡眠を妨げられる影響（睡眠影響）、不快感/わずらわしさ（アノイアンス）等がある。風車騒音による影響については、風車騒音のレベルとわずらわしさ（アノイアンス）を感じる程度の間には統計的に有意な関連が複数の論文で報告されている。また、睡眠影響については、風車騒音のレベルとの直接的な関係性、またはわずらわしさ（アノイアンス）の程度が上がる結果としての間接的な関係性がある可能性を示唆する知見が報告されている。ただし、睡眠影響との関連の科学的根拠は現段階ではわずらわしさ（アノイアンス）に関するものよりも限定的である。一方、聴力影響、頭痛、耳鳴り、糖尿病、高血圧、循環器疾患等の健康影響につ

いては、統計的に有意な根拠は認められていない。以上の知見により、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。
20Hz 以下の超低周波音については、諸外国においても、我が国での実測結果と同様に風力発電施設周辺地域の住宅でのレベルは一般的に感覚閾値を大きく下回るとされていた。また、風力発電施設から発生する超低周波音及び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。

なお、風車騒音については、風力発電施設を主観的にどのようにとらえているかにより、わずらわしさ（アノイアンス）が変化することが多くの研究により報告されている。例えば、風力発電施設により景観が損なわれたと感じる場合にわずらわしさ（アノイアンス）の度合いが大きくなるとの知見や、風力発電施設により経済的利益が得られる場合にはわずらわしさ（アノイアンス）の度合いが小さくなるとする知見、さらに風車騒音には悪影響があるのではないかという思い込みによって、わずらわしさ（アノイアンス）や他の健康影響を訴える可能性があるとする知見等が報告されており、このようなバイアスや交絡要因をどのように評価するかは今後の課題である。

報告書（(p 18)
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 5 dB 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。

なお、この表における「暗騒音」とは “background noise”を翻訳したものだが、内容を詳細に見るとほぼすべての資料において、近隣を通過する自動車の騒音や航空機騒音、動物類の鳴き声などの一過性の特定できる騒音を除外した騒音レベルを評価しており、(参考４）で示す「残留騒音」に相当することに注意が必要である。
/**/

この部分が基礎資料だとする主張から、この部分に関連する外国の学者との確認をすれば良いことが確定しました。

２．９　風雑音

超低周波音で５Hz（10Hz）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。

“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が、同意出来ません。
正直に言えば、悪い冗談かと思いましたが、そのようなことをいう人ではないので、本当にそう思っているようです。

“風雑音”について他の研究者の方は、

ご存知のように　超低周波音の測定は風の影響を受けやすくその影響を除去することが難しいのが現状です。
環境省の
・低周波音問題対応の手引書（H16.6）
・低周波音の測定方法に関するマニュアル（H12.10）
にもその旨記載があります。
また、当時計測に使用した低周波音レベル計（リオン NA-18A）の測定周波数範囲は 1Hz 以上となっております。

これらを踏まえて、ご指摘いただいた論文では 1/3 オクターブバンド 1Hz 以上を対象周波数として発表いたしました。
以上のことからデータの信頼性等を考慮して周波数範囲は 1Hz 以上としております。

と言っていました。

２．１０　G 特性音圧レベルと低周波音問題対応の手引書（H16.6）

低周波音問題対応の手引書（H16.6）では、
3. 測定
3.1 測定方法
「低周波音の測定方法に関するマニュアル（平成 12 年 10 月）」及び低周波音問題対応のための「手引」が定められており、低周波音の測定は、原則的にはこの方法を用いることとした。
3.2 測定場所
(1) 物的苦情に関する測定場所
低周波音による建具のがたつきに関する実験結果が建具へ入射する音圧レベルにより整理されていることから、測定場所は屋外とした。屋外の測定点は、一般環境中の低周波音を測定する場合には周囲の建物による反射等の影響を考慮して建物より 3.5m以上離れた場所に定めるのが望ましいが、物的苦情が発生している場合には、低周波音の測定場所は問題となる住居等の建物から 1～2m 程度離れた位置とした。
(2) 心身に係る苦情に関する測定場所
苦情者が低周波音や不快感などを最も感じる部屋の最も感じる位置で測定を行い、苦情者が訴える低周波音の特徴を把握する。最も感じる位置としたのは、部屋の中で特定の周波数で定在波が発生し、場所によって音の大きいところや小さいところが生じる場合があることを考慮したためである。
また、苦情者が低周波音や不快感などを感じない部屋の感じない位置でも測定を行い、両者の違いを比較することが有効な場合もある。
3.3 測定量
低周波音の測定量は、参照値の基礎となる実験結果が周波数別に示されていることから、1/3 オクターブバンド音圧レベルを測定する。なお、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。**
3.4 測定周波数範囲
測定を行う周波数範囲は、原則として、「低周波音の測定方法に関するマニュアル」で規定された 1/3 オクターブバンド**中心周波数 1Hz～80Hz** とした。
3.5 測定結果の算出方法
本指針で適用対象とする低周波音は発生源近傍では音圧レベルの変動幅が小さいものであるが、発生源では音圧レベルの変動は少なくても、伝搬の過程の種々の要因により変動幅が大きくなることも予想されることから、低周波音の音圧レベルが変動する場合についても結果の算出方法を示した。
また、風により低周波音の音圧レベルが変動する場合については、風による影響の少ない個所、すなわち音圧レベルの変動の少ない個所を測定し、それらのパワー平均を算出する。
なお、音圧レベルの変動幅は低周波音レベル計のメーター又はレベルレコーダの指示値により判定する。その際、低周波音レベル計の聴感補正特性は周波数分析の場合は平坦特性に、G 特性音圧レベルを求める場合

は G 特性（G 特性の付いていない低周波音レベル計では平坦特性も可）とする。

とある。

困ることが沢山あります。
まず、
“測定を行う周波数範囲は、原則として、「低周波音の測定方法に関するマニュアル」で規定された 1/3 オクターブバンド**中心周波数 1Hz～80Hz** とした。”
ですが、
最近の大型風車は、最大音圧となる部分が、0.5Ｈｚ程度であり、中心周波数を **1Hz～80Hz としたのでは、**0.5Ｈｚの部分が計算対象外となってしまいます。これでは、風車音のエネルギーの半分以上が計算対象外になってしまうのです。
風車音でのエネルギー分布は、表１、表２のようになっています。

Energy distribution	0～20Hz	20～5kHz
Wind turbine	93%	7%
Iron mill	12%	88%

Table 1 Energy distribution (0～5000Hz)

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 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。
また、1Hz～80Hz としたのでは、93*0.613＝57%となるので、風車音のエネルギーの 57%を無視した計算になってしまいます。

さらに、

“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。”
の部分も問題です。

“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						

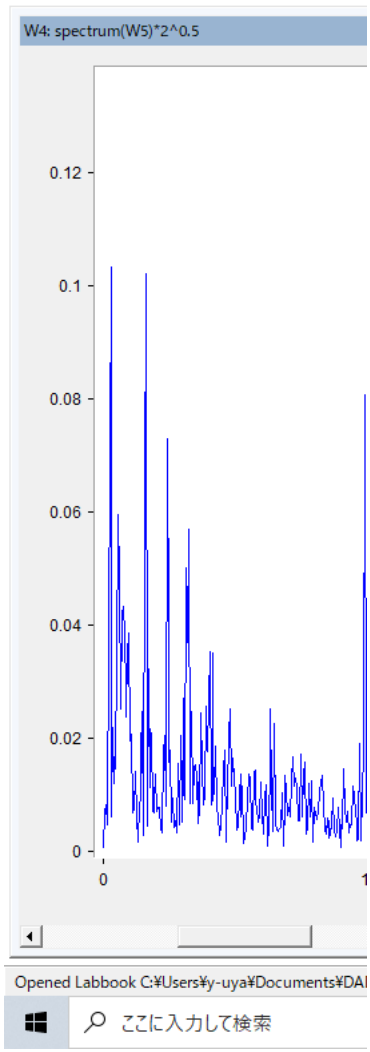
周波数成分は、0.25、0.5、1、2、10，20、50Hz の成分が上の表の音圧の時は、G 特性音圧レベルは 56.5ｄB 程度です。
各成分の音圧を 1 つだけ変化させて、全体の G 特性音圧レベルが 61ｄB になる様にしてみました。
20Hz の成分が、0.0041Pa から 0.008Pa になれば、61ｄB になります。
2H z の成分が、0.0005Ｐ a から 0.5Ｐ a になれば、61ｄ B になります。

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。

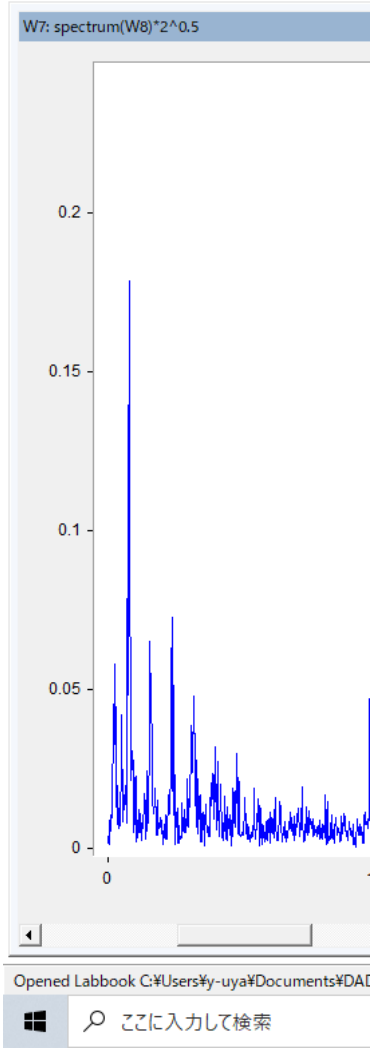
	周波数（Hz）	0.25	0.5	1	2	10	20	50
	音圧（Pa）	0.00024	0.0002	0.0001	0.0005	0.0066	0.008	0.0000007
①	騒音レベル（ｄB）（平坦特性）	21.5836249	20	13.9794001	27.9588002	50.3702788	52.0411998	-29.118639
②	G特性の重み付け	-88	-64.3	-43	-28.3	0	9	-20
①+②	G特性重み付け後	-66.416375	-44.3	-29.0206	-0.3411998	50.3702788	61.0411998	-49.118639
	G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。

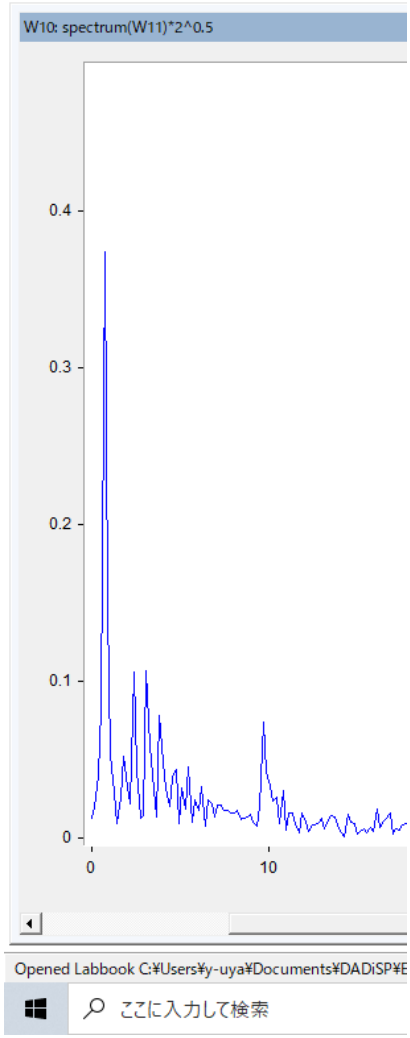
風速の変化に伴う音圧の変化は、次のグラフです。



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、315PPa 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。
この計算では、ＩＳＯ7196 に従って、0.25Ｈｚからの計算にしてあるが、1Ｈｚ以上の成分だけで計算する場合が多いです。計測する場合も、ＳＡ－Ａ１以外は、普通に測れば 1Ｈｚ以上が計測範囲になります。その場合は、G特性音圧レベルの計算に、0.5Ｈｚの成分は含まれませんので、この音圧がどれだけ高くなってもG特性音圧レベルの数値は変わりません。

大型風車は、0.5Ｈｚ辺りの音圧が極端に高いのですが、他はそれほどでもありません。したがって、人が受ける圧迫感の原因が 0.5Ｈｚ成分にあるのですが、これを除外して計算したG特性音圧レベルの数値を、圧迫感などの不快感と比較しても関連性は見つからないのです。

圧迫感と関連させるべき数値は、風車音の超低周波成分の中にある最大音圧の値（パスカル値）なのです。この計算は周波数分解能を上げないと出来ません。最も重要なのは超低周波音を計測できるマイクです。

また、交通騒音との違いを判断するには、周波数帯でのエネルギー分布を考慮する必要があります。

精密騒音計は 0.25Ｈｚ～20ｋＨｚの間で平坦な音響特性を持っていなくてはなりません。20ｋＨｚまで扱うにはサンプリングレートを 48ｋＨｚまで上げておく必要があります。

ＳＡ－Ａ１とＮＬ－６２，ＮＬ－６３のマイクは同じであり、平坦特性で計測してＷＡＶファイルに収録した数値は、ＳＡ－Ａ１、ＮＬ－６２，ＮＬ－６３を使えば同じ値になるので、ＰＣと解析ソフトがあればＮＬ－６２，ＮＬ－６３での計測も可能です。

エネルギーが等質空間に拡散すると考えれば、距離による減衰は当然の結果である。重要なのは、回転軸の方向からの角度によって決まる、音圧の変化です。風車からの超低周波音は指向性を持っているのです。この、指向性による影響も重要な考慮事項です。

これらのことから、
A 特性音圧レベルでは、風車音のエネルギーの 93%を無視した数値が得られる。
G 特性音圧レベルでは、風車音のエネルギーの 80%程度を無視した数値が得られる。
のです。
どちらも、最大音圧の部分を除外した数値になっているのです

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。

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）に於いて、
“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。“
“3.2 騒音の測定機器
(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。“

と言っています。

ここで、

“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。“

とありますが、

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る。

風車の近くでの計測で、

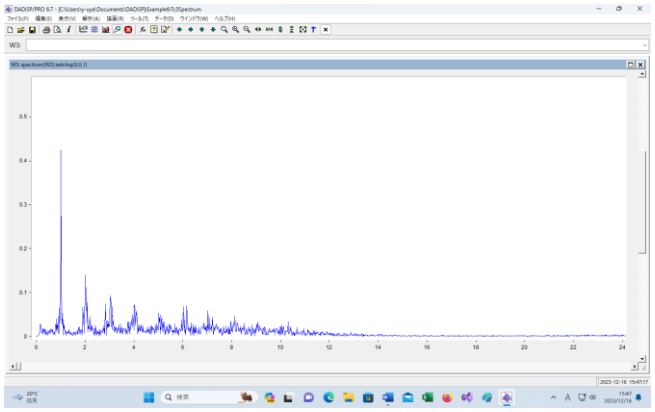
騒音計をビニール袋に入れて、それを段ボール箱に入れて、ビニールをかぶせて、



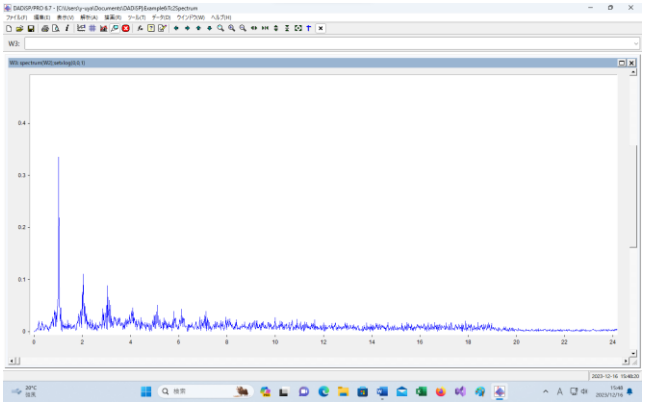




袋と箱に入れ、ドアを閉めた場合は、Max. 0.42Pa

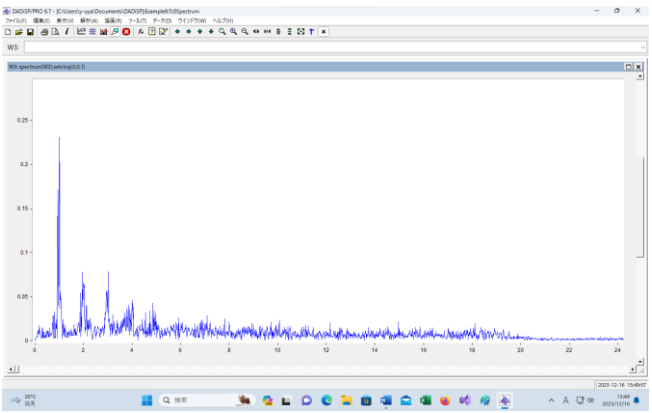


袋と箱に入れ、ドアを開けた場合は Max. 0.33Pa



袋から出して、箱の上においた結果は　Max. 0.23Pa





マイクに、風が当たらないので、これは風雑音ではありません。
風車による、超低周波音が計測されたのです。
風車が近くにあれば､マイクに風が当たらないときの結果と､マイクに風を当てたときの結果を比べると、音圧が高く、規則的な周波数を持った超低周波音は、どちらでも観測されます。
音圧が高くて規則的な周波数を持っている部分は、風が当たっても当たらなくてもよく似ています。
これは、風がマイクに当たる事による、雑音部分の音圧が小さいことを意味しています。

風車が無ければ、マイクに風を当てても、音圧が高く規則的な周波数を持つ超低周波音は計測されない。
風車が無い場所で、マイクに風を当てて計測すれば、音圧が低くて、周波数に規則性が無い、超低周波音が計測されます。風車が有る場所では、音圧が高くて、規則的な周波数を持っている超低周波音が計測されます。
左が風車の近くの音、右は風車がない場所でマイクに風を当てて収録した音の超低周波音の部分です。

図５．風車音（館山風の丘）０～25Hz

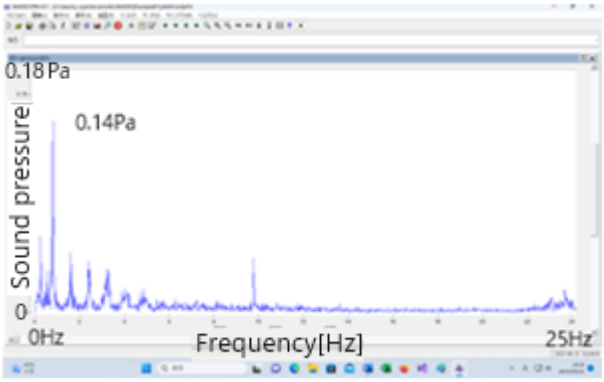
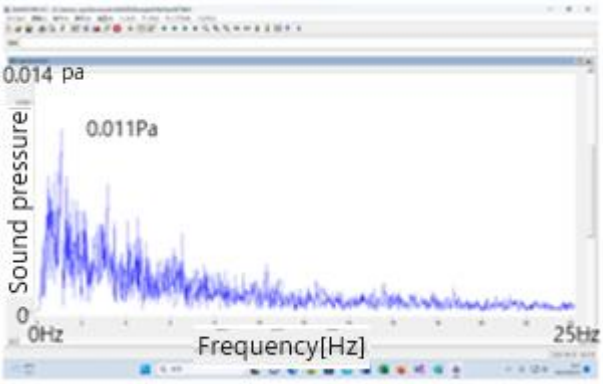
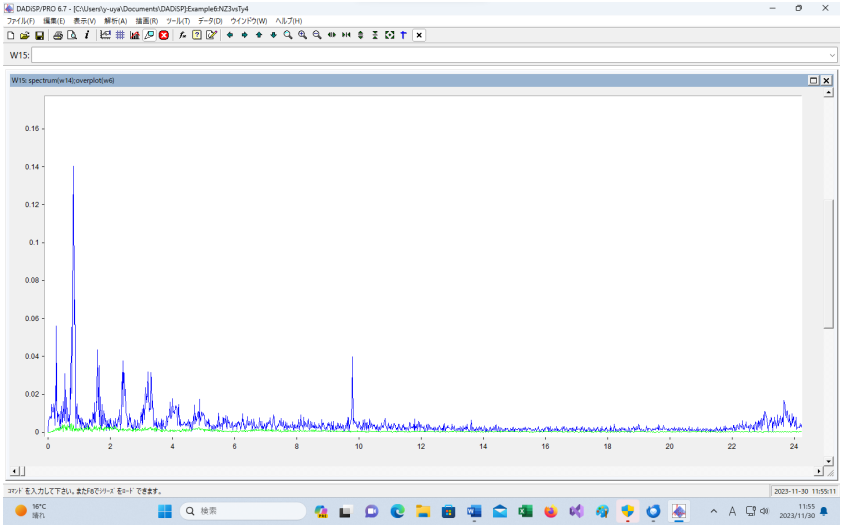


図６．長尾神社の音　０～25Hz

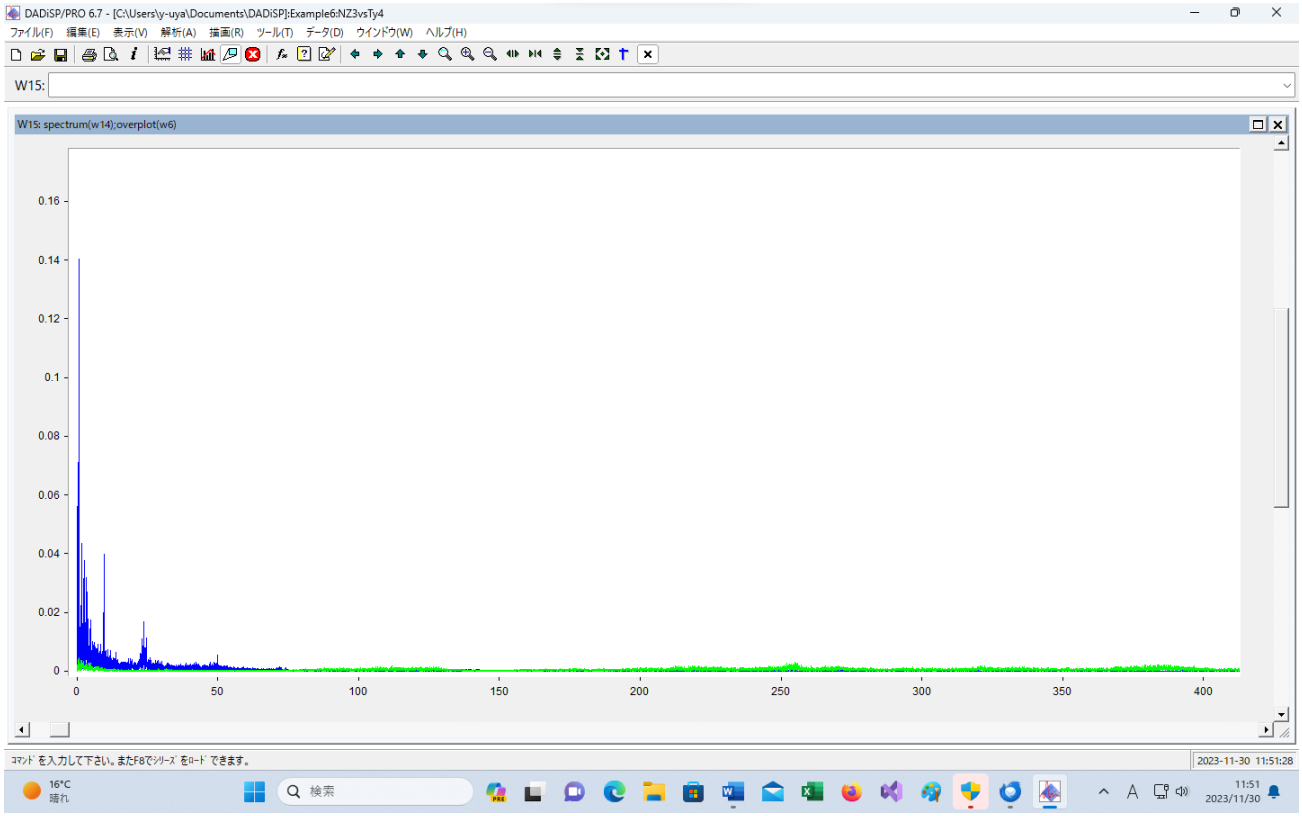


風車の近くでは 0.14Pa､風車が無い場所では 0.01Pa の音圧を持っている超低周波音が存在します｡だから、風車の近くでは音圧が 10 倍です｡音圧は､風速で変化します｡風車の近くで 0.37Pa､風車が無い所で 0.003Pa の時もあります。これだと音圧は 100 倍です。
次のグラフは、青い線が風車の近くの超低周波音、緑の線が風車が無い場所での超低周波音です。

0～24Hz までの拡大図、風車音（青）と神社の音（緑）の周波数スペクトル



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



緑の線が、風をマイクに当てて、風車の無い所で計測した風雑音です。風がマイクに当たって計測される音は周波数に関係なくほぼ一定で、音圧も低いのです。

特に、超低周波音の領域では、風車の超低周波音に比べてみれば、無視しても問題ない大きさです。

風車の近くの超低周波音の周波数には、明らかな規則性がありますが、緑のグラフには、規則性は見られない。

風車音の音圧がピーク値となるのは、風車の回転数を毎分 R 回、羽の枚数を Z として、f=RZ/60[Hz]と置いたとき、f/3、2f/3、f、2f、3f、4f、…Hz の所で音圧がピークとなることが分ります。

この原因が、風がマイクに当たったことによる“風雑音”だとすれば、風雑音には、風車の近くでの音圧が高く規則的な周波数を持つものと、風車の無い場所での音圧が低く周波数に規則性が無いものがあるという事になります。この２種類の“風雑音”の区別することが必要になります。

もちろん、この周波数でピーク値となる理由を考えて、風車音が発生する仕組みを理解すれば、これは“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。

“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。“として超低周波音を除外する方法は。下手すぎる嘘でした。

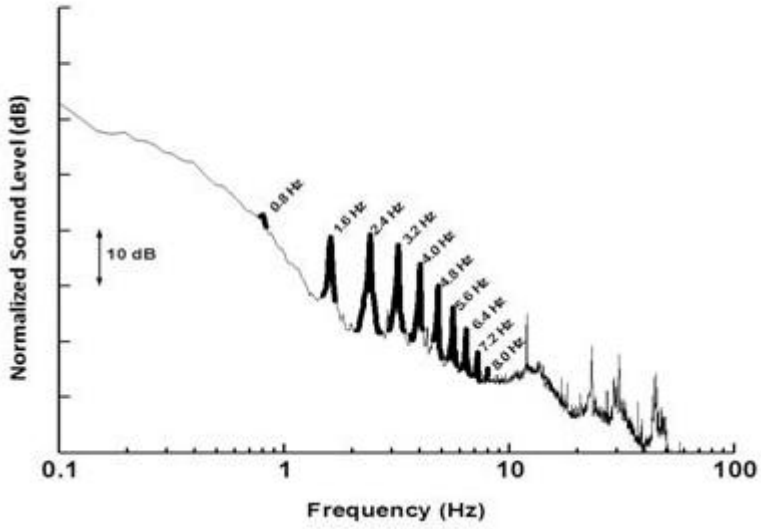
疑似音

カナダ政府はもう少し賢い嘘をつきます。

カナダの文献　A Primer on Noise では、

“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



とあり、むかし、環境省が風車からの超低周波音の周波数を、f=RZ/60[Hz]としていた頃の記述と似ています。

上のグラフでの測定は、計測範囲が極端に狭く、風車音の特徴を把握できません。SA-A1、NL-62、NL-63 のどれかで計測される値が必要です。

その後、次の論文の影響を受けて、カナダ政府は方針を変えたようです。

Journal of Occupational and Environmental Medicine（産業環境医学ジャーナル）の論文

Wind Turbines and Health

A Critical Review of the Scientific Literature

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.

では、

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。

精密騒音計を使って普通に測定すれば、A Primer on Noise にある様に、低周波音や超低周波音は記録されます。

この結果について、日本の環境省は、風がマイクロホンに当たったことが原因の風雑音だと言っているの

ですが、風をマイクに当てなくても、超低周波音が計測されるので、風雑音以外の超低周波音が、すべての風車の周辺では計測されることが分ってしまいます。

この結果は、風がマイクに当たっていないので、風雑音ではないのです。したがって、低減する必要も無いし、除去する必要も無ことになります。

もちろん、風のない室内で、測定すれば、より強烈な超低周波音が計測されます。音の反射が影響していて、高い音圧が計測されます。津波で反射波が合成されて大きな波が来るのと同じです。

被害の原因が明確になるので、室内での防風スクリーンを外しての計測が禁止されるのです。環境省は、屋外で、防風スクリーンを付けて計測しなさいと言うのです。

Wind Turbines and Health
A Critical Review of the Scientific Literature
では

風がマイクに当たって発生する風雑音とは違って、上空で発生した気圧変動が原因で、その影響が騒音計に記録された。と主張しているとも理解できます。

Over を“表面”と訳せば、疑似音は、日本の風雑音に近い意味になるが、これについては、風がマイクの表面を流れなくても、超低周波音が計測されることは示したので、

“多くの騒音計は超低周波周波数を測定していません。”

は誤りで、

“多くの騒音計は超低周波周波数を正しく測定しています。”

と書き直さなくてはなりません。

Over を“上空”と訳せば、風がマイクに当たらない状態で超低周波音が計測されたとしても、特に困りません。超低周波音として記録される、疑似音が上空で発生しているのだと言い張れます。

これで、超低周波音の責任から風車を開放し、矛盾や追及を回避できたように見えますが、それほど簡単ではありません。

上空を流れる空気による気圧変動が疑似音を発生させる原因ならば、風車のある所と、風車の無い所での疑似音に大きな違いがあるのは何故か。

日本の調査結果では、調査した 164 か所すべてで、超低周波音が記録されている、カナダ流にいえば、風車が存在する 164 か所全てで、疑似音がマイクの上空で発生している。そして、風車が有る場所での疑似音は、音圧が高く、規則的な周波数を持っている。

風が時々刻々変化するが､風車の近くで計測される疑似音の周波数は音圧に比べてかなり安定しているが、風車の無い所で計測される疑似音の音圧はとても低くて、周波数に規則性が無い。これから考えると、疑似音は風車が存在する場所でのみ観測される。と言える。

観測されるのだから、マイクの周辺での周期的な気圧変動が起きているのです。

風車音の指向性を考えれば、風車の周辺では、風車を中心とした指向性を持った音場が形成されている。と考えられる。

物理的な振動をいったん置いておくことにしても、風車が有って、稼働すれば、その周辺には、音圧が高くて、規則的な周波数を持った、超低周波音の音場が出来ます。これは、風車を中心として、超低周波音が

放出されていることを意味しています。

さらに、考えてみましょう。
では、疑似音の元になる気圧変動が発生する場所は上空のどの位置なのでしょうか？
また、記録された疑似音は規則的な周波数を持っています。これは、気圧変動が規則的な周期性を持っているのが原因です。
気圧変動が発生した元の場所から、騒音計までは、周期的な変動は、何を使って、どのように伝達されたのでしょうか？２つの間には空気が存在します。気体は横波を伝達しません。気体は縦波を伝達します。その縦波は普通は粗密波として、空気中を伝わります。大気の状態は、場所による密度の差はそれほどないので、等質空間と考えられます。
振動源が小さければ、同心球上の粗密波として、周囲の空間に伝わってゆきます。
疑似音の元になる、気圧の変動の領域はどこにあるのでしょうか？

私は、次の理由で、疑似音の発生場所は風車の場所だと考えます。
① 風車が無ければ、音圧が高くて、規則的な周波数を持つ疑似音が計測されることは無い。
② 風車が有れば、音圧が高い疑似音が計測される。（計測した 164 か所の全てで計測されている。）
③ 計測された疑似音は、風車を中心とした十字架型の指向性を持っている。

まず、③の性質から、気圧変動の最初の場所は、風車を含む直線の上にあることが分ります。
風車から離れた上空での風の様子は、風車が無い場所での風の様子と同じです。この場所では、騒音計に記録される、音圧が高くて規則的な周波数を持つ変動の原因となるような気体の運動は起きりません。
もし、起きるならば、風車の無い場所ででも同様の現象が起きるはずですが、そのような現象は起きません。したがって、気圧変動の最初の発生場所は、ブレードや塔のある位置に限定されるのです。

塔やブレードがあれば、空気の流れは妨げられて、気流に変化が起こります。もちろん、ブレードは回転し、塔も揺れます。
あとは、特別な振動数になる理由を、気流の変化で説明するか、塔の揺れから説明するかのどちらかです。気流の変化から説明できれば、疑似音とも言えますが、風車が無ければ気流の変化が起こらないのですから、この疑似音は、風車の存在が根本原因だと言えます。
塔の運動が原因ならば、風車から発生する超低周波音だと言えます。

では、風車が無い場所での、空気の流れによる気圧変動と、風車が有る場所での気圧変動には、どのような違いがあるのでしょうか？

風車が存在しない場所（風車から 5ｋｍ以上離れた場所）でも風は吹いています。地上付近にマイク置けば、マイクの上空を空気が流れます。気圧の変動も起きるとは思います。
結果として騒音計にデータが記録されます。超低周波音の領域（20Ｈｚ以下の領域）に属する成分も計測されますが、音圧が低くて、周波数に規則性がありません。

風車が有る場所では、空気が流れて、気圧変動が生じるのですが、気圧変動が騒音計に規則されたときに

は、音圧が高くて、規則的な周波数を持つ気圧変動として記録されます。しかも、指向性を持っている気圧変動なのです。

空気が流れるのは、風車が有っても無くても同じです。違いは風車の存在です。

問題点を確認してゆきます。

記録された気圧変動は特別な周期を持っているのだが、なぜ風車の近くでは規則的な周期を持っているのでしょうか？この周期は、風の速度や方向によって決まるのでしょうか？
風の速度が同じでも、風車の回転数が違えば、気圧変動の周期が変化します。ｆ＝ＲＺ／６０の周波数になる様に、音圧変動の周期が決まります。これは、風の音圧変動が風車の回転によって支配されることになります。

上空で発生した気圧変動の場所と、騒音計は離れています。気圧変動は空気によって伝えられます。
この伝わり方は、粗密波として伝わるのでしょうか？それとも別の形式で伝わるのでしょうか？
もし、粗密波として伝わるならば、音の性質と同じです。

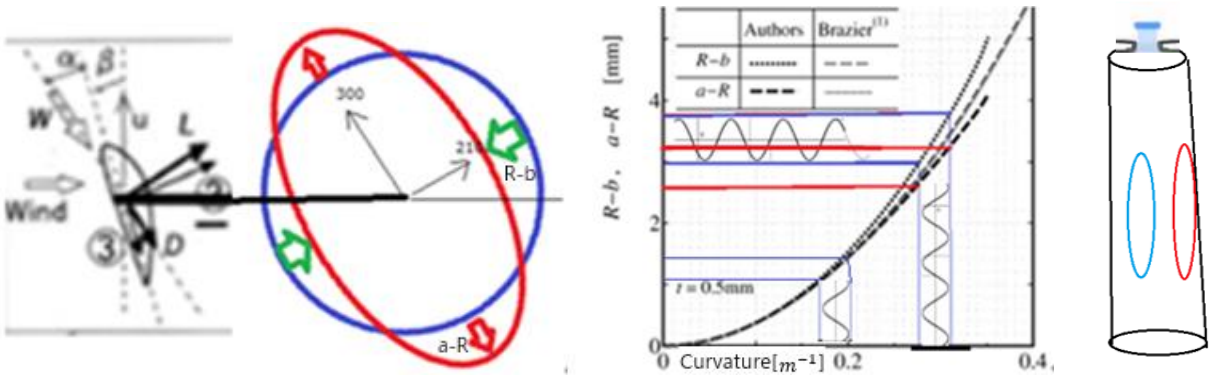
上空の風による気圧変動は、風車が無くても発生するのか、風車が無ければ発生しないのか。の答えは出ています。
なぜ、風車が有れば、必ず、音圧の高い超低周波音が計測されるのに、上空で風が吹いていても、風車が無い場所では、音圧の高い超低周波音が計測されないのでしょうか？
“疑似音”は、風車が存在する 164 か所すべてで音圧が高く、規則的な周波数と指向性を持つ超低周波音として計測されています。風車が無ければ、音圧が低くて、乱雑な周波数の超低周波音が記録されます。
これまでの調査結果から、“音圧が高く、規則的な周波数と指向性を持つ超低周波音”は、回転軸が水平の風車が有れば、必ず計測され、無ければ計測されないのです。上空を吹く風は同じですから、風車の存在と風車の運動がこの超低周音の発生原因だと考えるべきです。

６．超低周波音の解析と発生の仕組み
で解明している通り、回転軸が水平の風車は、物理的に見て、超低周波音の発生装置そのものなのです。
地表から離れて、高く上がると風速が大きくなります。風が吹くとブレードに揚力が発生して、風車が回転します。この時、高さによる風速の差で、揚力が原因である、風車の塔に掛かる回転モーメントが回転によって変化します。
振動の周波数と振幅は、マクローリン展開に係数に従ったものになります。
そして、風車全体が振動するときに、風車の地上４０ｍから５０ｍの高さの辺りでは、風車音の指向性に合致した、側面の振動が起こります。そして、高い音圧で、規則的な周波数と指向性を持った超低周波音が発生することになります。

まさに、A Primer on Noise
How is sound created?
When an object vibrates back and forth it causes small increases and decreases in air pressure that

travel, or propagate, through the air as sound waves.
にある通り、
“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。“
と書かれている通りなのです。

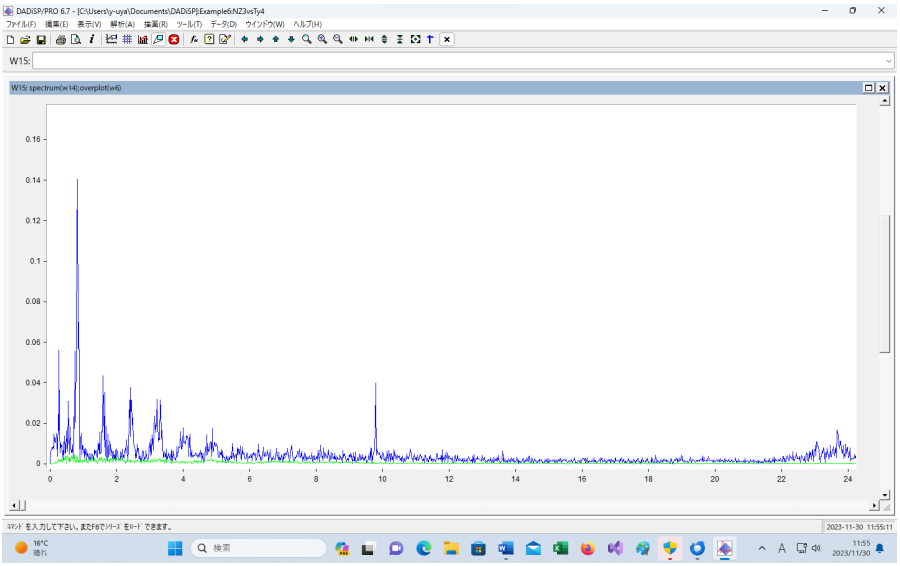
指向性と規則的な周波数と高い音圧を持った超低周波音を、塔の中央の大きな面積を持った部分が前後に動くことによって、発生させているのです。



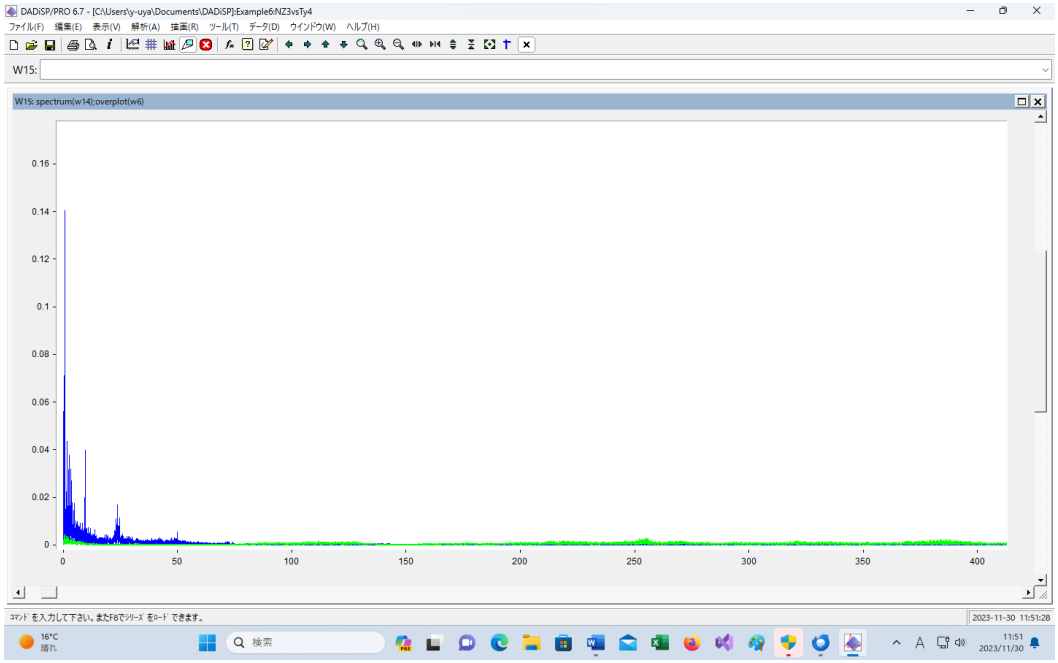
上空の風だけでは、このような超低周波音は発生しません。
そこに、
風車が有れば、音圧が高くて、規則的な周波数で、指向性を持った超低周波音が計測されるのです。
風車がなければ、音圧が低くて、乱雑な周波数の超低周波音が計測されるのです。

次のグラフは、青い線が風車の近くの超低周波音、緑の線が風車が無い場所での超低周波音です。

0～24Hz までの拡大図、風車音（青）と、神社（風車が無い場所）での音（緑）の周波数スペクトル



0～400Hz までの拡大図、風車音（青）と神社（風車が無い場所）での音（緑）の周波数スペクトル


DADiSP/PRO 6.7 - [C:\Users\y-uya\Documents\DADiSP]:Example6:NZ3vsTy4
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 解析(A) 描画(R) ツール(T) データ(D) ウインドウ(W) ヘルプ(H)
W15:
W15: spectrum(w14);overplot(w6)
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
2023-11-30 11:51:28
16°C
晴れ
検索
11:51
2023/11/30

次のグラフは、「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」にあるものです。

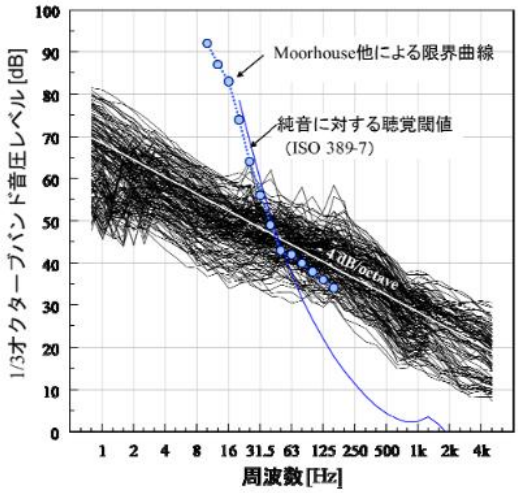


図 3　全国 29 の風力発電施設周辺 164 地点における風車騒音の周波数特性の分析結果

164 地点での周波数分析結果は、どの地点でも、1Hz の超低周波音成分が、50～80ｄＢの範囲の強さで存在することを示している。風車の近くでは、必ず超低周波音が計測される。もちろん、風車が存在しない場所でも超低周波音は計測されるが、音圧は極めて低いのです。

上のグラフを見れば、20Hz 以下の部分の音圧が極めて高いことが見て取れます。これは、超低周波音が高い音圧で存在することを意味しています。

グラフを、よく見ると、-4dB/octave と書いてある。これは、

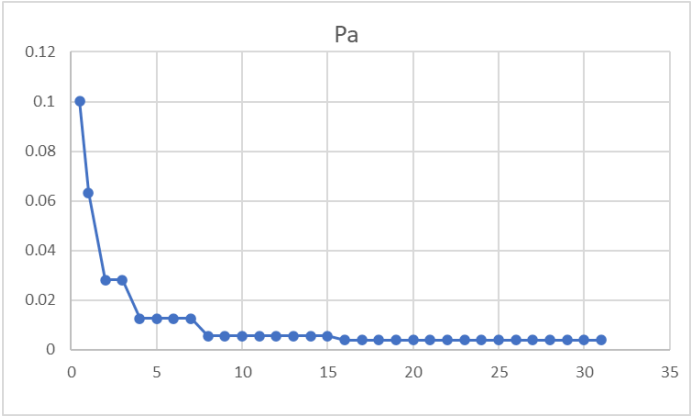
「ある音を基準として、周波数比が 2 倍になる音」を「1 オクターブ上の音」と呼んでいます。

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。

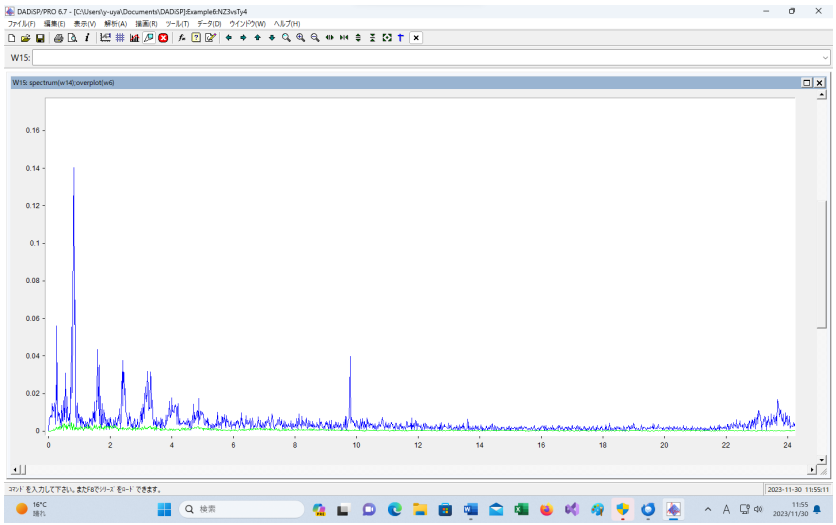
という事ですので、

図 3 のグラフの横軸を線形座標、縦軸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	Pa*Pa	Pa*Pa	Hz	Pa
0.5	74	0.010048	0.010047546	0.5	0.100237
1	70	0.004	0.004	1	0.063246
2	66	0.001592	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	0.000252	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	0.000252	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。



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、

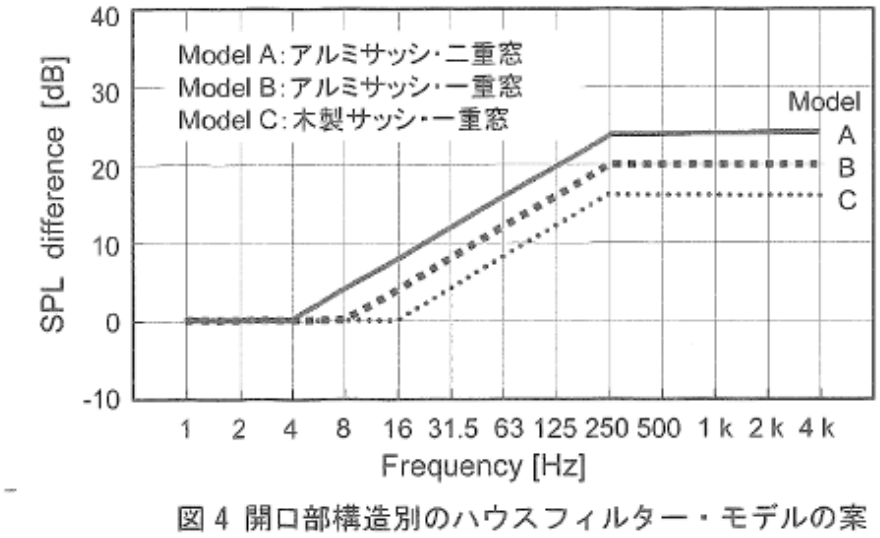
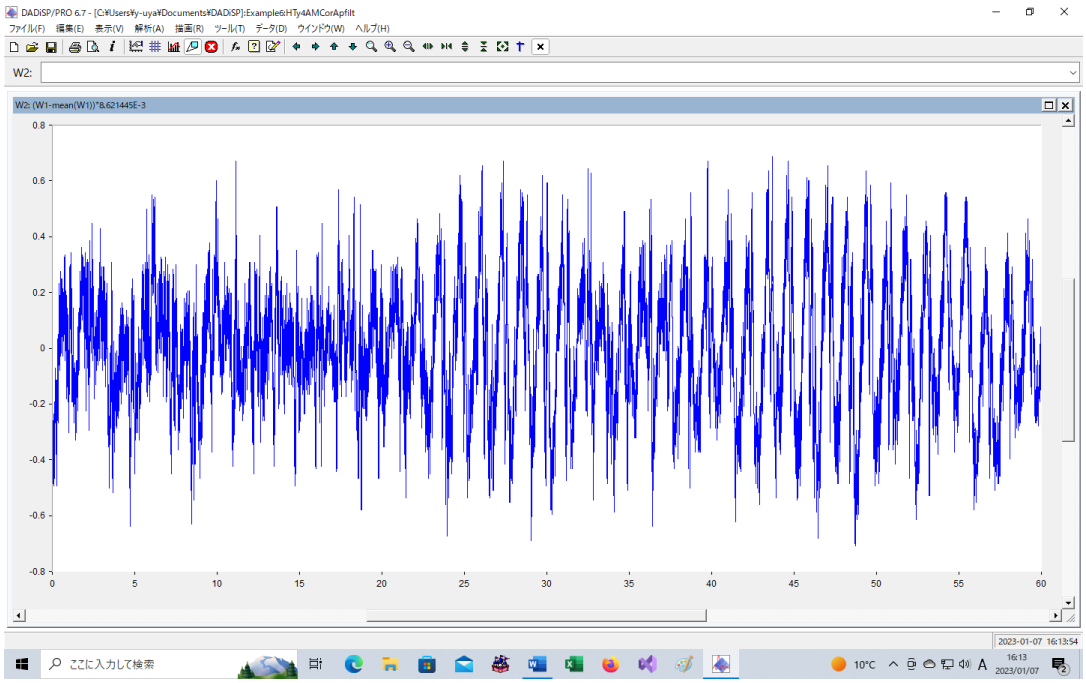


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

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。

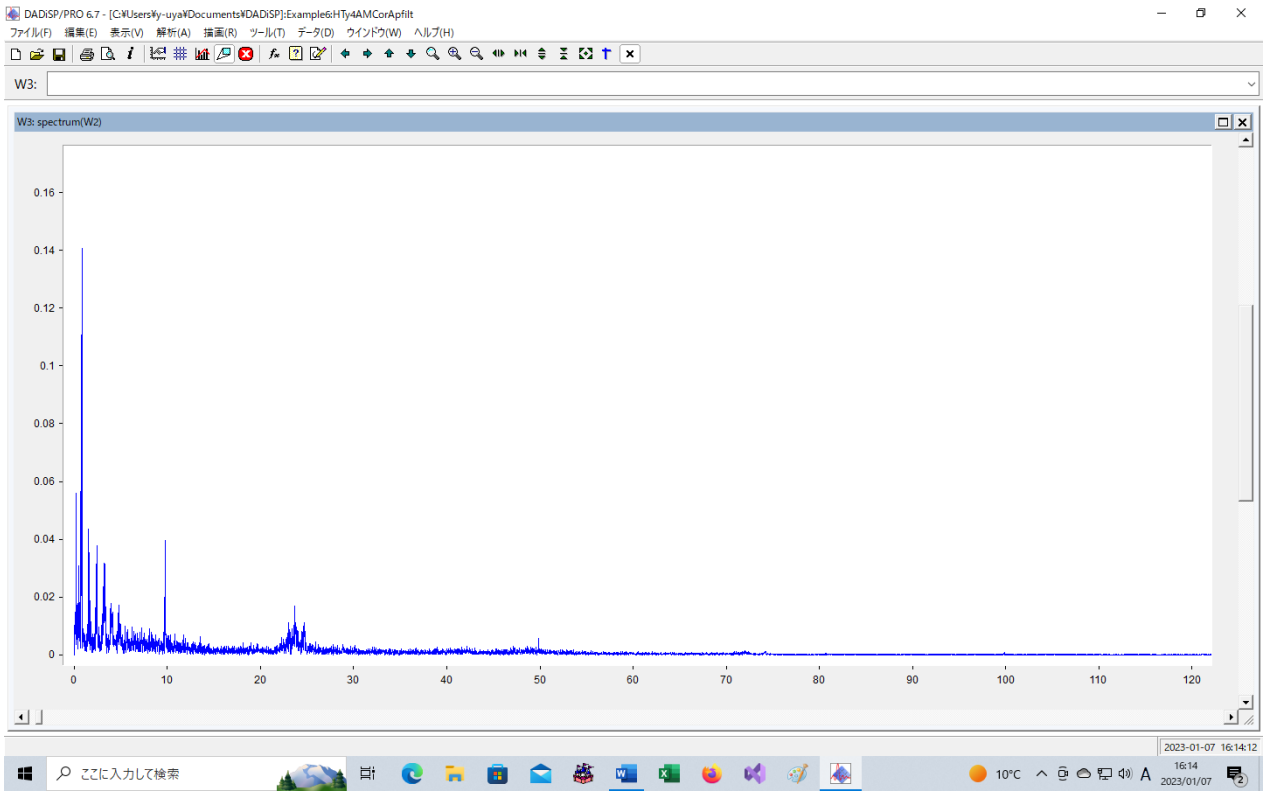
風車音を60秒計測したデータを表すグラフは次のものです。(これが風車音そのものです。)



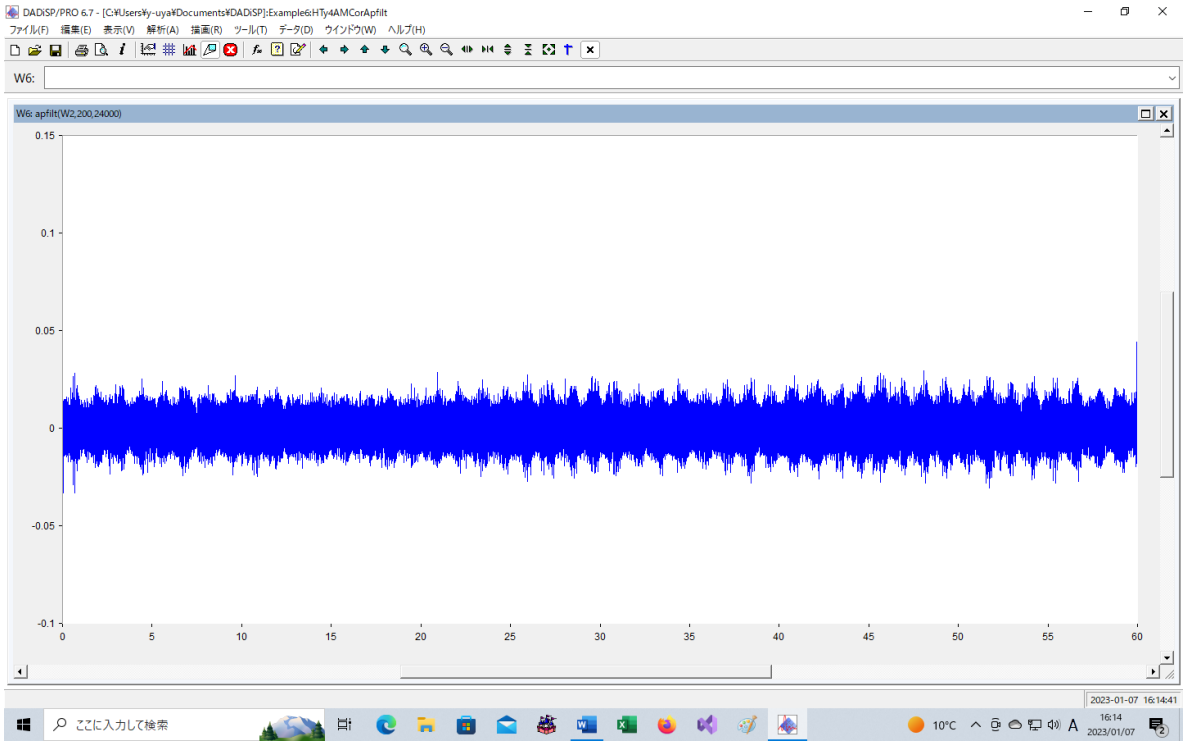
上のグラフは、スカスカです。これは、高周波成分が極めて弱いことを意味しています。

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。

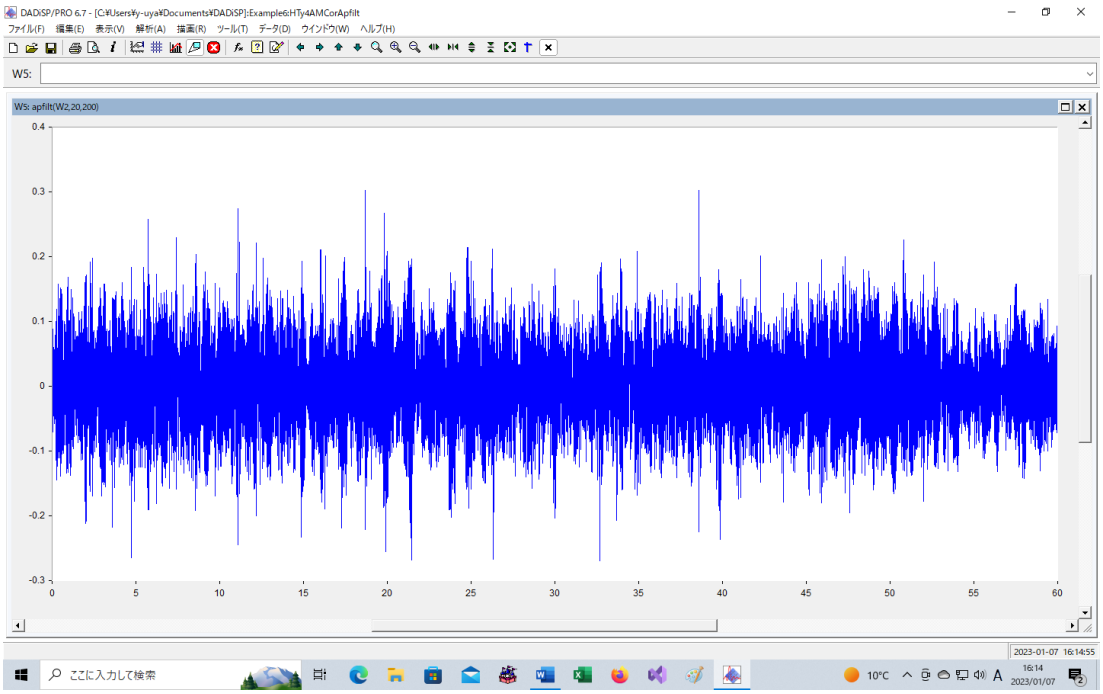
このグラフからも、200Hz 以上の成分は、微弱なものであることが分かります。



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。

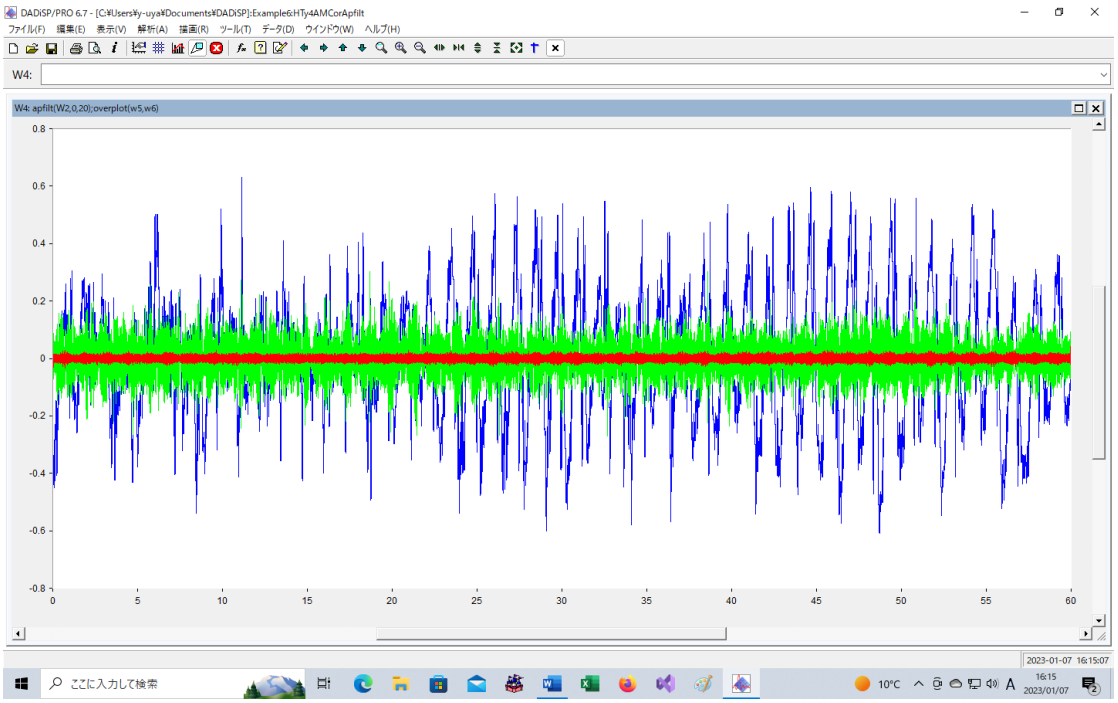


同様に、20Hz～200Hzの成分を取り出しました。



同様に取り出した、0Hz～20Hz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。

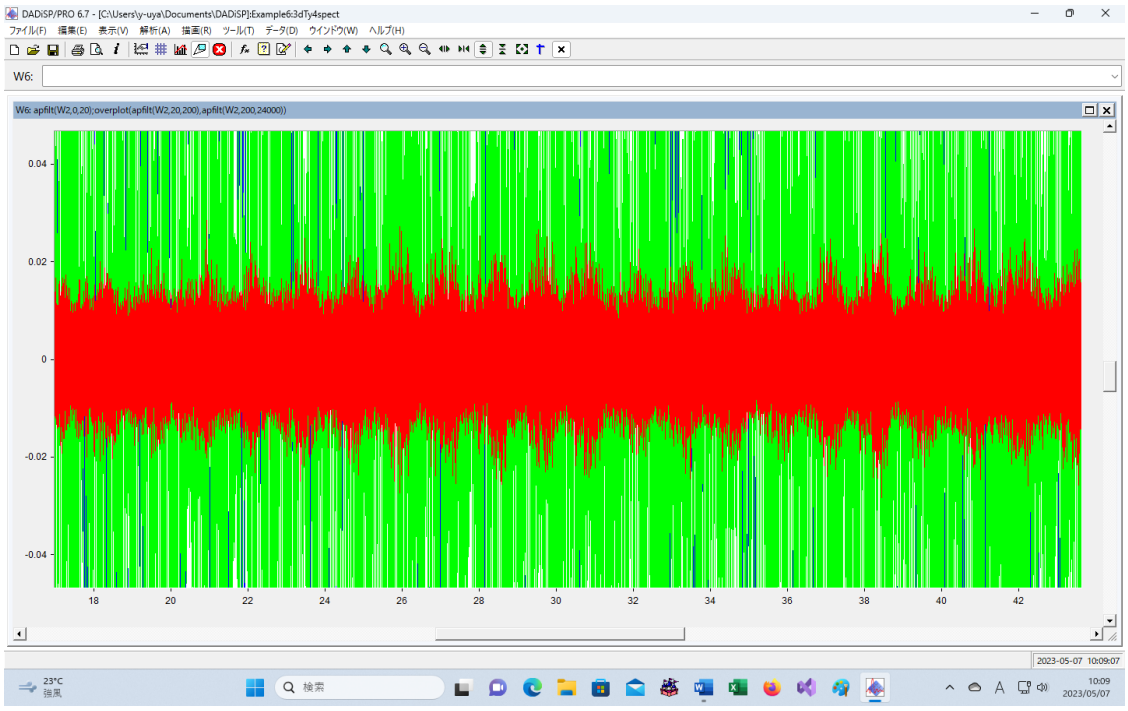
赤い部分の 200Hz 以上の成分は、他の成分に比べて、極めて弱い音であることが見て取れます。



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。

“風雑音”には、風車の近くでの音圧が高く規則的な周波数を持つものと、風車の無い場所での音圧が低く周波数に規則性が無いものがあり、この２種類の“風雑音”の区別することが必要になります。

周波数に明確な規則性がある音を“風雑音”の一言で片づけてはいけません。規則性を持つ理由を明確にしなくてはなりません。風車から、このような規則性を持つ音が発生する理由を調べれば、“風雑音”という用語が不適切であることが明確になります。発生する仕組みが明確になれば、この音は“風車からの超低周波音”というべきであることが分ります。

“風車の近くでの風雑音”は、その周波数が特別な構造を持っていて、風車の回転と深くかかわっています。

もし、風雑音というならば、風車の近くと風車の無い場所での風雑音の性質が違う理由を説明しなくてはなりません。10Ｈｚ以下を風雑音だとするのには無理があります。

風車の近くで計測される超低周波音は、決して除去できないのです。風の影響ではなくて、それが風車からの超低周波音なのです。

風の影響を避けるだけならば、計測機材を車の中に置いて、風下の窓を開けて測れば、風の影響は除去できます。もちろん、“風雑音”と言う名の超低周波音は、きちんと記録されます。

“除外音処理”をしなさいと言っています。
計算から除外する方法は沢山あります。でも超低周波音を除外する方法は無いのです。

不思議な“風雑音”の性質についてさらに考えます。

風車音の被害者は、自分の家から見て、風車が特定の方向を向いているときに大きな被害が出ると訴えています。これは、風車音に指向性があるからです。

風車音の指向性については、風速が風車騒音指向性に及ぼす影響について、に書かれています。
これは、風車を中心にして、“風雑音”が特定の方向で強くなるという事です。すなわち、マイクに当たる風は、特定の方向に関して同時に強くなったり弱くなったりしなくてはならないのです。

次の表は、気象庁が計測したデータを、気象業務支援センターから入手したものです。

年	月	日	時	分	秒	前10秒間最大瞬間風速	前10秒間最小瞬間風速	前10秒間風程
						0.1m/s	0.1m/s	
2019	2	2	0	12	40	147	124	132
2019	2	2	0	12	50	146	107	131
2019	2	2	0	13	0	122	82	102
2019	2	2	0	13	10	105	65	83
2019	2	2	0	13	20	112	71	82

（前 10 秒間風程は、10 秒間に風が進む行程を意味します。132 は秒速 13.2ｍの風速です。）
風速も風向も不安定なのです。

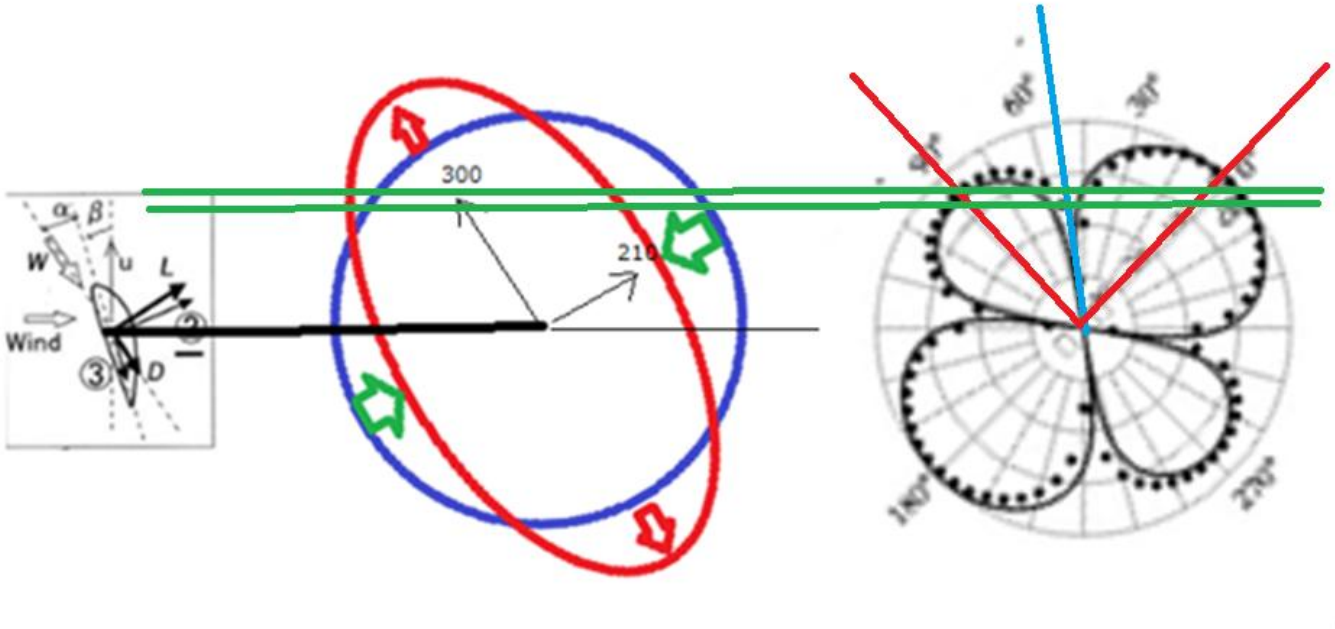
風の強さの変動：



（上のグラフは、2019 年1月１日の24時間分の記録です。）

W1（上段左）は、前 10 秒間最大瞬間風速の値（10 秒ごと）、
w2（上段中央）は、前 10 秒間最小瞬間風速の値（10 秒ごと）、
w4（2段目左）は、最大瞬間風速（3秒間移動平均）の値（1分ごと）、
w5（2段目中央）は、最小瞬間風速(3 秒間移動平均) の値（1分ごと）、
です。

このように、不安定な風が、マイクに当たるときには、



上の図のような指向性を実現するように動く必要があるのです。

風が強ければ、風雑音が大きいと仮定すると、水平に引いた緑の線が風の向きです。風が緑の線に沿って左から右に流れるとします。

最初に赤い線に当たるときは、音圧が高いので風速も大きい。次に青い線に当たるときは、音圧が低いので風速は

小さい。再度赤い線に当たるときは、音圧が高いので風速が大きい。となります。
風速は、赤い線の所では早く、青い線の所では遅いのです。風が、赤い線と青い線を認識して自ら風速を調整してくれなければ、このようなことは起きません。これが起きなければ風車音は指向性を持てないのです。
離れた場所の風が、同じような動きをしなくてはなりません。 空気の粒子は、これほど統制された動きをするのでしょうか？
さらに、風がどのようにマイクに当たれば、1Hz で 70ｄB となるような数値が、精密騒音計に記録されるのでしょうか？
マイクの振動版の運動を考えると、風ではなく、空気密度の変動が必要なことが分ります。風は、どのようにして、空気密度の変動を引き起こすのでしょうか？

風車音が、指向性を持っていることは、次の論文に書かれています。
風速が風車騒音指向性に及ぼす影響について
（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）
によれば、

RION 製 NL62 を風力発電システム周りに 4 台、JIS4)音響パワー計測用として 1 台使用している。風力発電システム周りを計測する騒音計マイクロホンは、卓越風向(北を 0 度とした 300 度方向)から 90 度ごととし、配置場所は図 1 に示すように 300 度、30 度、120 度および 210 度、タワー中心から 22m の位置に配置している。4 台の騒音計マイクロホンは固定とし、他の角度はナセルが回転することで角度が変化することを利用している。

オーバーオール値は客観的に約 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。

予測と反する結果を調べるため 1/3 オクターブバンド分析結果を調査した。図 6 にはブレード数×回転数 (Bin 5 の場合 1.6Hz) の分布図を示す。図中の凡例は風速差を表している。ブレードの回転騒音が主音源である 1.6Hz では、オーバーオール値と同じような傾向を示しており、約 200 度の位置で Leq が最大となっている。回転騒音はブレードが振り下ろされる位置が最大値となっており、マイクロホンに対し旋回流からの騒音、回転方向に流れる騒音が重畳され、Leq が増大しているものと考える。逆に降り上る方向の Leq は最小となっている。

5. 結 言
風速の影響による指向性特性調査を行い、1/3 オクターブバンド分析することで以下の知見を得た。
1) 低周波数では旋回流の影響と思われる騒音によりブレード振り下ろし面の騒音が増大することを示した。
2) 中型風力発電システムではブレードのキャンセレーションメカニズムは 1kHz 周辺にだけに発生していることが確認でき、正面、側面のレベル差は約 20dB、音響パワーとして 1/100 まで減少していることを示した。
3) 指向性特性は、風速の影響を受け、ブレード前方の Leq よりもブレード後方の Leq レベルが下がることを示した。上述の結果から風力発電システムの音響放射特性は全方向に対して一様ではないことが分

かった。

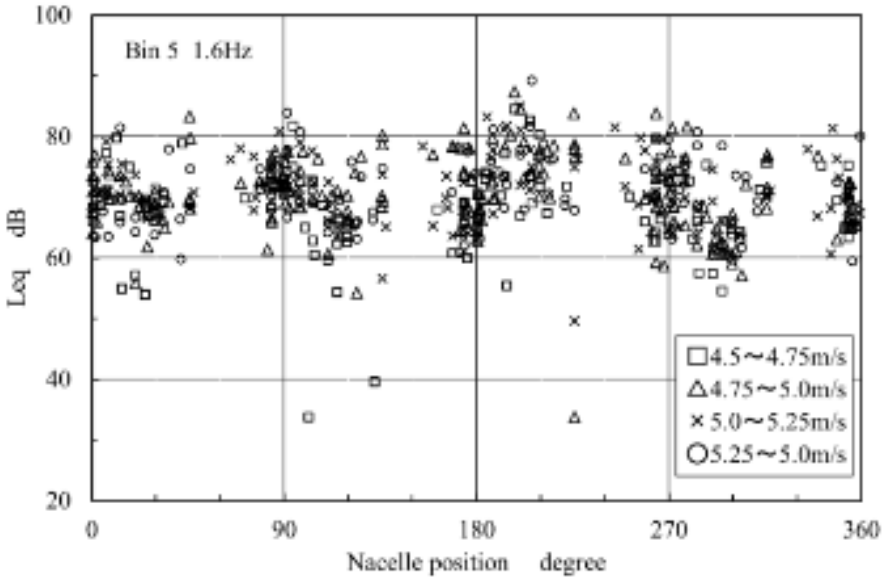


図 6　Bin 5 中心周波数 1.6Hz の指向性分布

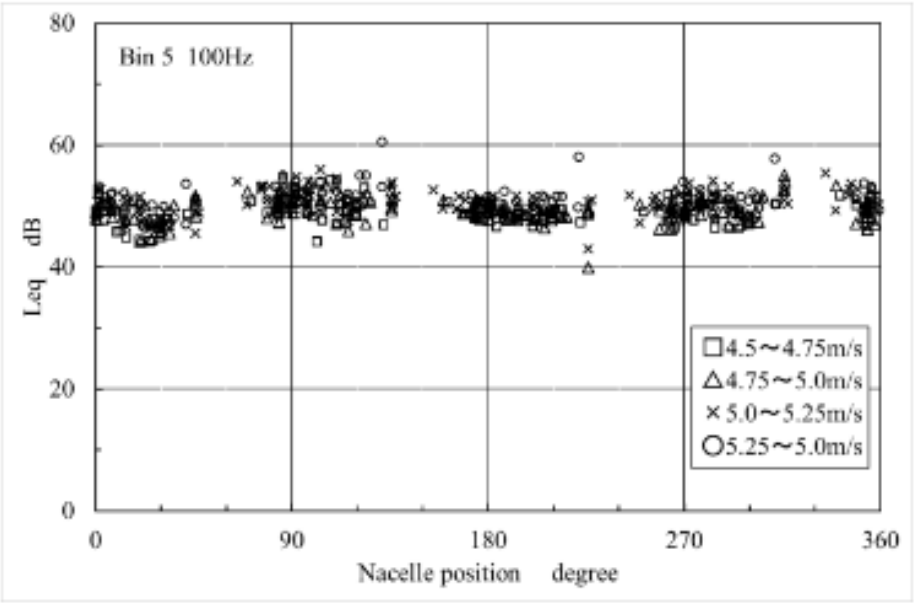


図 7　Bin 5 中心周波数 100Hz の指向性分布

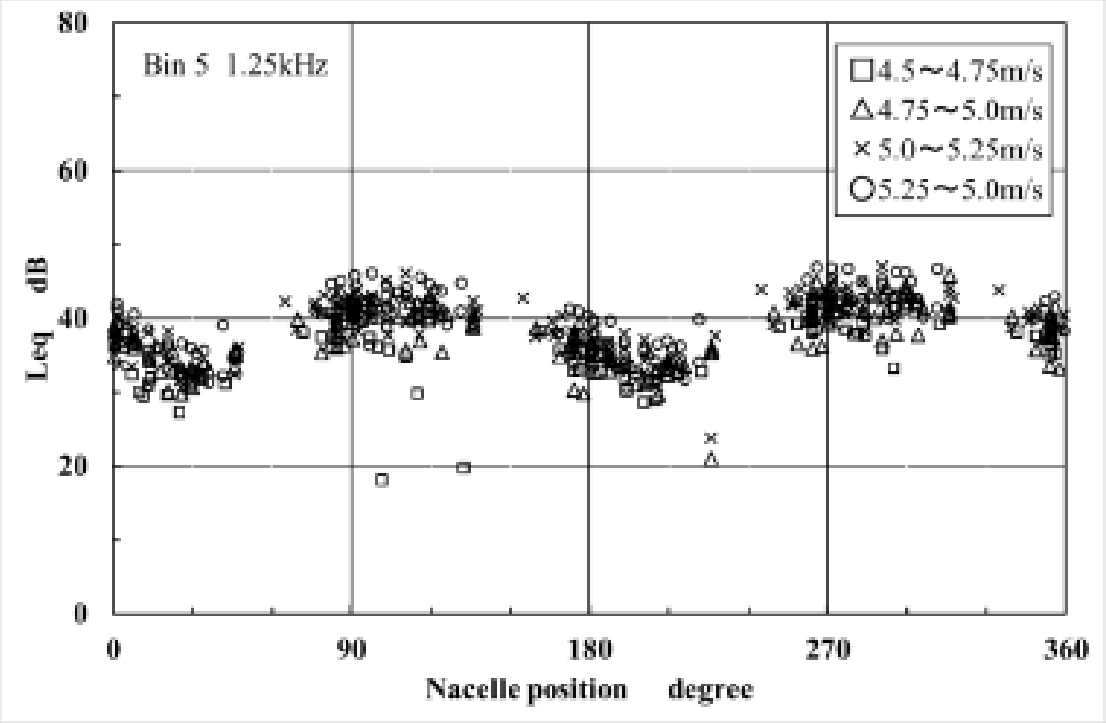


図 8　Bin 5 中心周波数 1.25kHz の指向性分布

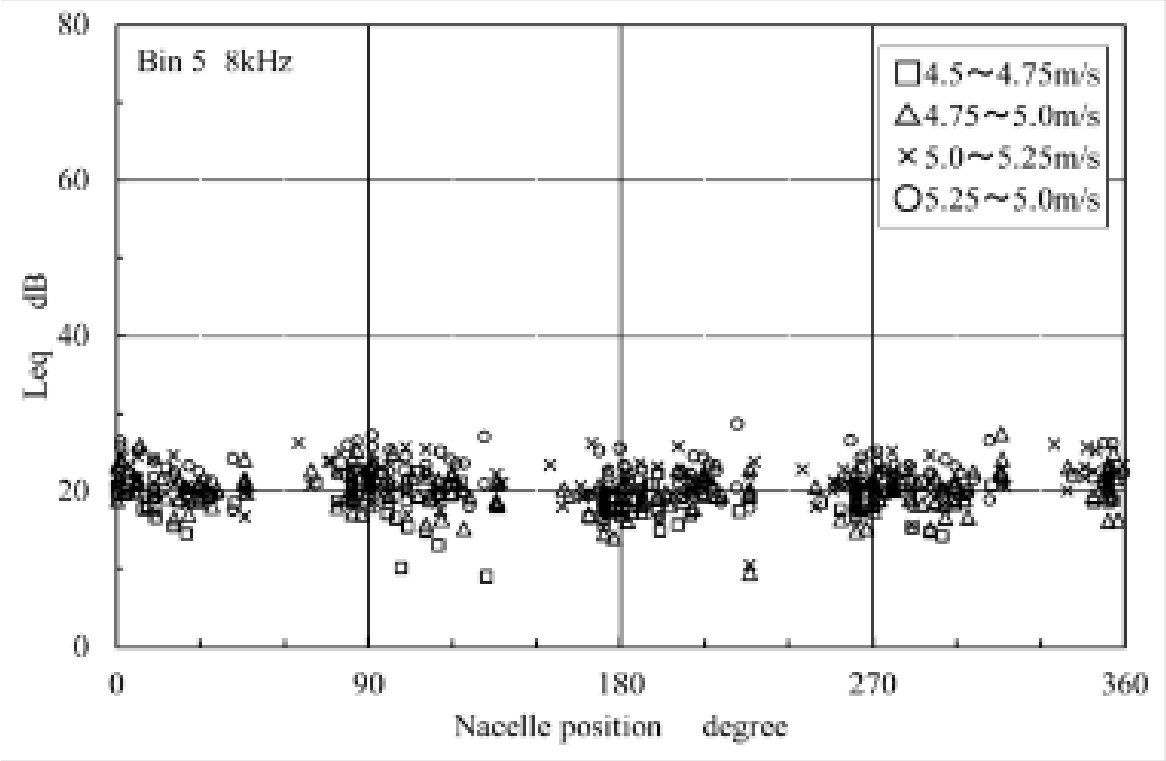


図 9　Bin 5 中心周波数 8kHz の指向性分布

図 3 のグラフを見れば、20Hz 以下の部分の音圧が極めて高いことが見て取れます。これは、超低周波音が高い音圧で存在することを意味しています。

そこで、考え出されたのが、“風雑音”です。グラフの 5Hz 以下、あるいは 10Hz 以下の部分を、風車音から分離して、“マイクに風が当たったことによる風雑音”だと主張するのです。

上のグラフをよく見れば、10Hz 以下の“風雑音”は、10Hz 以上の“風車音”の性質をしっかりと継承しています。

それぞれの線は、ほぼ直線状に繋がっています。これは、“風雑音”は建っている風車の音の性質と引き継ぐと言うことになります。

風雑音は、マイクに風が当たることによって発生すると言うのですから、マイクにどのような風がどのように当たるかは、建っている風車によって決まることになります。

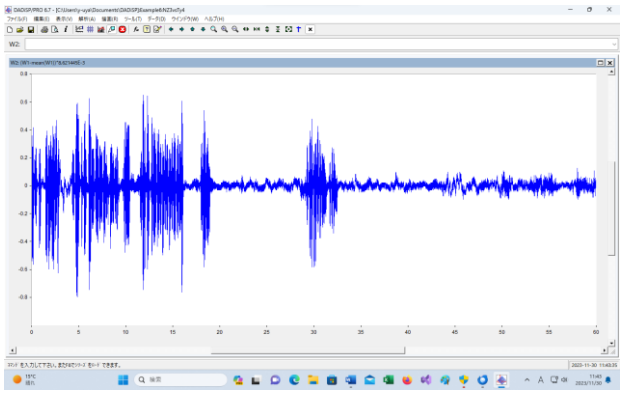
風車が無い場所では、風はこのような制限は受けないで、風速も風向も激しく変化します。風車は、風の風速や風向を制御する力があると考えるべきなのでしょうか？

164 か所の全ての地点で、風車が建ったことによって、極端に高い音圧を持っている“風雑音”で、周波数が 20Hz 以下のものが発生するのです。しかも“風雑音”の周波数成分のうちで最大音圧となるときの周波数は f=RZ/60（Hz）になるのです。しかも、この周波数は、風車の回転速度によって変化するのです。

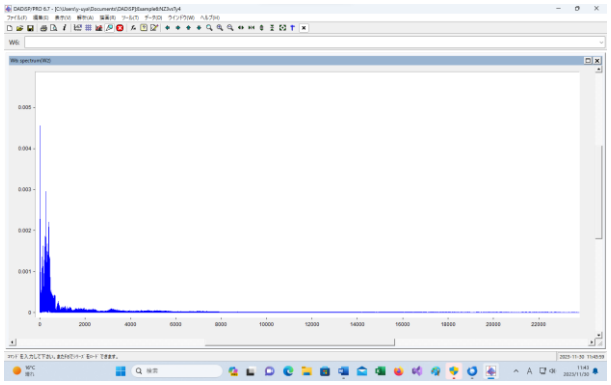
“風雑音”が“風がマイクに当たることで発生する”ならば、このような周波数になる理由の説明が困難です。さらに、風車の無い場所でマイクに風を当てて測った風雑音は、音圧が低くて、周波数がランダムです。

風車音の超低周波音成分は、風がマイクに当たって発生する雑音ではありません。マイクは、風車からの超低周波音を捉えているのです。

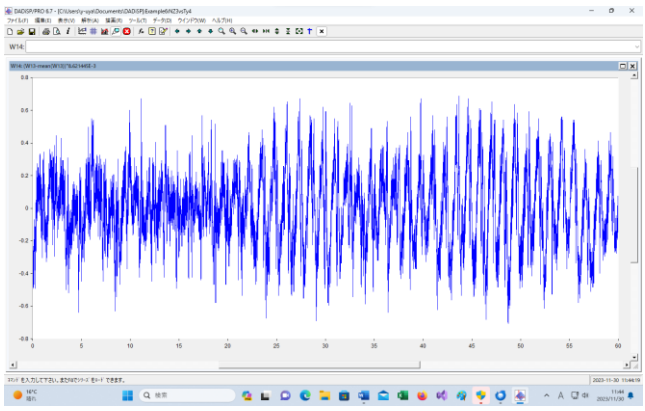
左は、神社での音



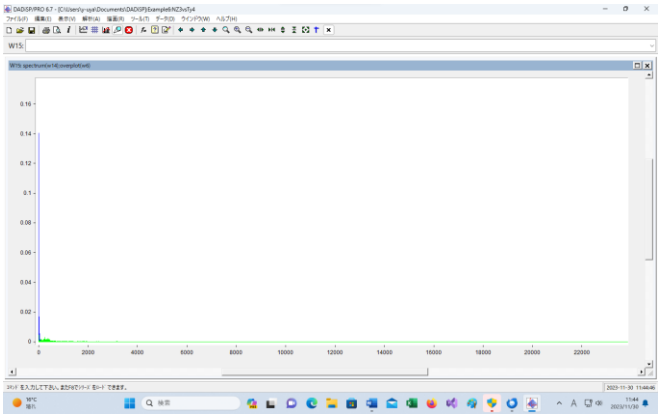
右は神社での音の周波数スペクトル



左は、風車音

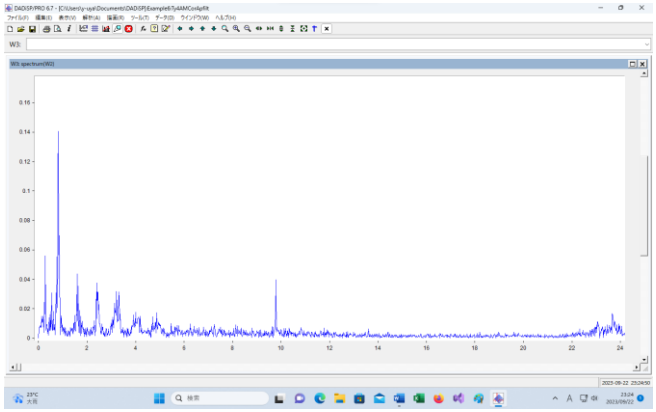


右は風車音（青）と神社で音（緑）の周波数スペクトル

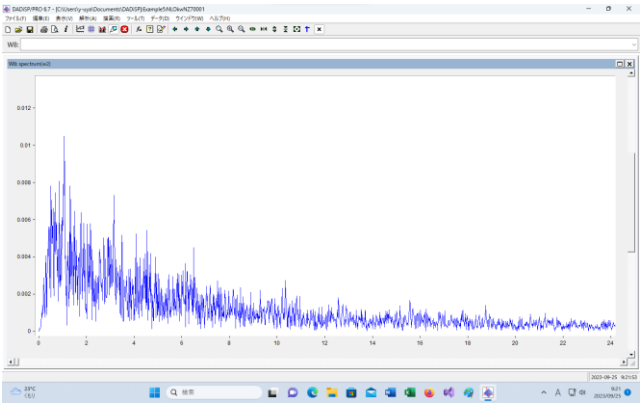


次のグラフで、0～25Hz の範囲で、風車音と近所の長尾神社の境内での音を比較します。

風車の近くの音(0～25Hz) 最大 0.14[Pa](0.8Hz)



長尾神社(0～25Hz) 最大 0.0105[Pa](1.1Hz)



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、マイクを神社の階段に置き、風が当たる状態で計測した音、最大音圧 0.0105[Pa] (1.1Hz)との比較です。

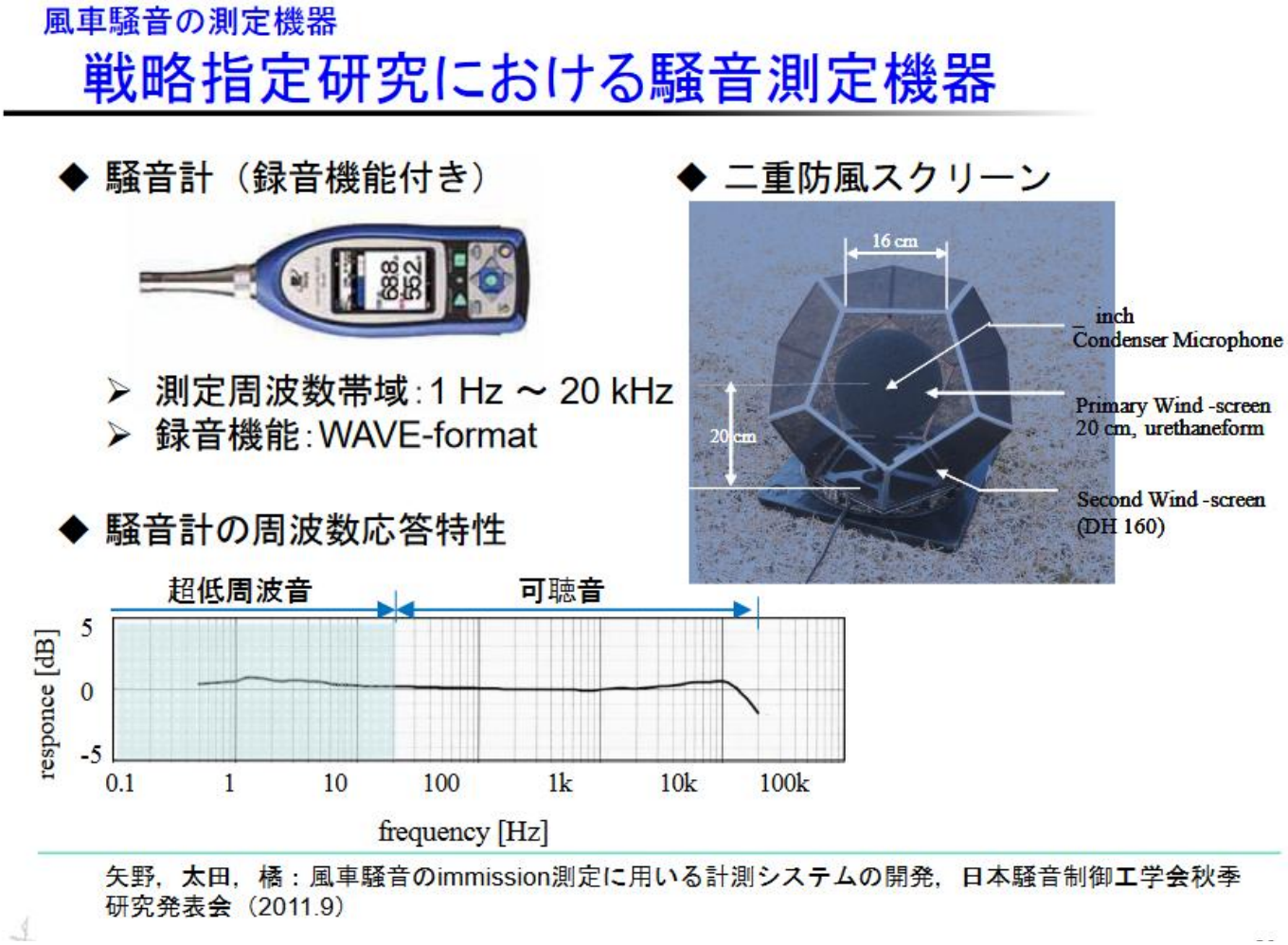
環境省は、風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル、(３ページの説明)に於いて、
“風雑音
風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照)。
風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。“
“3.2 騒音の測定機器
(７ページの説明)
(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン)
風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウインドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、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。“
と言っています。

“除外音処理”をしなさいと言っています。
計算から除外する方法は沢山あります。でも風車から放出される超低周波音を除外する方法は無いのです。

２．１１　二重防風スクリーン

“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。

それが、二重防風スクリーンです。



リオン社の防風スクリーンは、次のものです。



マニュアルの説明は、(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。

これに関連して、次のものを確認しておきます。

２．１２　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

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

（ｐ1）

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。

（ｐ4）

（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）

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

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
ｐ6
2.4 風力発電所からの騒音等
近年、地球温暖化による地球環境への影響を低減する方策として、自然エネ 6
ルギーあるいは再生可能エネルギーへの転換が進められ始める中で、最も環境
に優しいと言われてきた「自然エネルギー」の一つとして風力発電所の建設が
行われている。風力発電所に関連する騒音等に係る苦情に関しては、昭和 50
年代後半にダウンウィンド型風車から発生する低周波音によって苦情が発生し
ていた。その後アップウィンド型が主流となり改良が重ねられてきたが、風車
の大型化や住宅地に近接した設置、複数基の風車の設置（ウィンドファーム）
などによって再び問題化した 4)。
例えば、北欧諸国等で風力発電技術を導入した施設が樹林の茂った山岳地帯
から海岸線に沿って林立している状況の中で、風力発電所から 300～1000m 前後
の範囲に居住する地域住民からの苦情が出始め、現在に至っている。その苦情
内容は、心理的、身体的、精神的な妨害、あるいは生活妨害、物的被害と多岐
にわたっている。風力発電所からの風車騒音の性状等について、未だ未解明な
部分について下記に示した。
・物理特性　：　変動特性、時間特性、周波数特性、純音性
・心理的影響　：　疲労感、気分の悪化
・生理的影響　：　自律神経系、内分泌系
・社会反応　：　アノイアンス
・身体的影響　：　圧迫感、振動感
・精神的妨害　：　気分の不安定さ
・生活妨害　：　睡眠、不快感（アノイアンス）
・物的被害　：　がたつき、ひび割れ
2.5 風車騒音の特殊性
風力発電所は、騒音源となる駆動系の「原動機類と翼部」及び電力系となる
「装置類と運転監視施設」によって構成される発電システムである。これらを
整理すると下記のようになる。
（１）駆動系
ア）原動機類　：　発電機、動力伝達軸、ブレーキ装置、ヨー駆動装置、
増速機、減速機
イ）ナセル部　：　原動機類全体を囲んでいる

ウ）翼部 ： ブレード、ハブ、ロータ軸
エ）その他 ： 換気ファン
（２）電力系 7
ア）タワー内部 ： 電力変換装置、制御装置
イ）タワー外部 ： 変圧器、電力系統保護装置
ウ）運転監視施設： コンピュタシステム
エ）その他 ： 通信回線
（３）その他
ア）タワー
イ）タワーの基礎
風力発電所は 1 基あたりの発電規模が kW、MW、GW と大規模になってきているが、わが国では大体、100kW～2,000kW 前後が主流となっている。このような発電システムの騒音源は、タイプによって異なるが、地表面からの高さが 100m 前後にあり、ナセル部内の原動機類と翼の回転により発生する。前者は、いわゆる機械音、後者は、いわゆる空力音といわれている。翼は風力が無いと回転しないので音は発生しないが、風力によって翼が回転することによって機械音と空力音が発生する。機械音は、風力発電施設近傍で、ある程度離れると機械音と空力音が、かなり離れると空力音が、主体に伝搬している。風力発電施設は、一般に、風の道といわれる尾根伝いにおける樹林の茂った山岳地帯から障害物もない効率の良い海風を受ける海岸線に沿って設置されている場合が多い。
しかしながら、風の現象は一様ではなく、強弱を伴っている。樹林の茂った山岳地帯では、住宅が点在しているが、ある程度離れると里山地区となり密集した住宅が現われる。樹林の茂った山岳地帯のいわゆる環境騒音は 30dB を下回るような値となっている。また、海岸線でも、ほぼ打ち返す波音が聞こえる程度の音環境になっている場合が多い。すなわち、ほとんど人工的な音源が無いため、静穏地域となっている。このような地域の環境騒音の周波数特性は、低周波数成分の領域を含んだ特性となっている。
ア）タワー内部 ： 電力変換装置、制御装置
イ）タワー外部 ： 変圧器、電力系統保護装置
ウ）運転監視施設： コンピュタシステム
エ）その他 ： 通信回線
（３）その他
ア）タワー
イ）タワーの基礎
風力発電所は 1 基あたりの発電規模が kW、MW、GW と大規模になってきているが、わが国では大体、100kW～2,000kW 前後が主流となっている。このような発電システムの騒音源は、タイプによって異なるが、地表面からの高さが 100m 前後にあり、ナセル部内の原動機類と翼の回転により発生する。前者は、いわゆる機械音、後者は、いわゆる空力音といわれている。翼は風力が無いと回転しないので音は発生しないが、風力によって翼が回転することによって機械音と空力音が発生する。機械音は、風力発電施設近傍で、ある程度離れると機械音と空力音が、かなり離れると空力音が、主体に伝搬している。風力発電施設は、一般に、風の道といわれる尾根伝いにおける樹林の茂った山岳地帯から障害物もない効率の良い海風を受ける海岸線に沿って設置されている場合が多い。
しかしながら、風の現象は一様ではなく、強弱を伴っている。樹林の茂った山岳地帯では、住宅が点在しているが、ある程度離れると里山地区となり密集した住宅が現われる。樹林の茂った山岳地帯のいわゆる環境騒音は 30dB を下回るような値となっている。また、海岸線でも、ほぼ打ち返す波音が聞こえる程度の音環

境になっている場合が多い。すなわち、ほとんど人工的な音源が無いため、静穏地域となっている。このような地域の環境騒音の周波数特性は、低周波数成分の領域を含んだ特性となっている。
一方、従来の騒音は高騒音地域を如何に静穏地域化していくかが課題であったことから、工学的な手法の開発が急激に発達していった。現在では、高騒音地域における音源対策は充分に充実している状況である。しかしながら、静穏地帯における騒音防止対策は、環境騒音と同等かそれ以下でなければ、住民の納得が得られない状況になっている。これらの現象が多く顕在化してきたのはこの 6～7 年である。しかし、低周波数成分の領域における心理的影響、生理的影響、社会反応、身体的影響、精神的妨害及び生活妨害による多くの反応等に関して、学術的かつ客観的な裏付けや検証がなされている状況ではない。このことから、本節では、現状において学術的かつ客観的な裏付けや検証がなされている項目について明確に示すこととする。

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

（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。

p 11

2.6 本報告書において使用する用語

（１）騒音、低周波音、超低周波音

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

表 2.2　規格、文献等に見る騒音、低周波音、超低周波音の周波数範囲

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

* オクターブバンド中心周波数では 2～16Hz。
** オクターブバンド中心周波数では 2～63Hz。

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

“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。

p 68

3.2.5 風雑音の低減方法に関する現状把握

低周波音の測定では、風により雑音（風雑音）が発生することによって正確な測定値を得られない場合がある。風車音の測定では、風が強いときに測定をしなければならないことから、低周波音の測定にあたっては通常の低周波音測定以上の風雑音低減対策が必要である。本項では、はじめに既往の研究について整理を行った。

（１）風雑音の低減方法に関する既往の研究

一般的に、風がマイクロホンに当たることによって発生する雑音は周波数が低いほど大きな成分を持っており、風速の増加とともにこの傾向が顕著になる。測定対象とする低周波音の主要周波数成分が低いほど、また音圧レベルが小さいほど、風による影響が大きくなる。これまで、騒音測定用の防風スクリーンについてウレタン製の球形防風スクリーンが製品化されている反面、低周波音測定用に特化した製品は見当たらない。

3.2.5 風雑音の低減方法に関する現状把握

（１）風雑音の低減方法に関する既往の研究

p 69

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。

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。

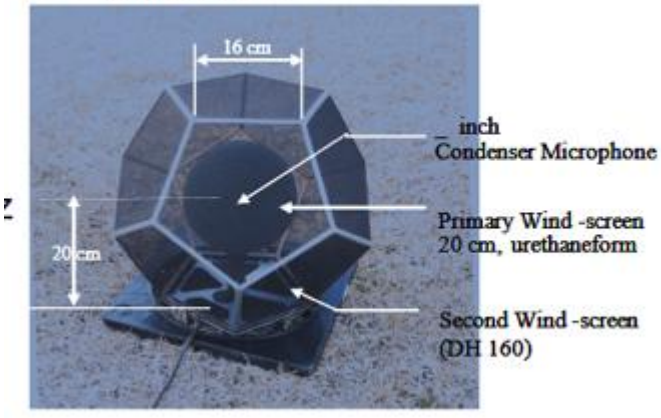
オ）風車騒音測定用の小型防風スクリーンの開発
環境省戦略指定研究（風力発電等による低周波音の人への影響評価による研究）における風車騒音測定のために、20cmφのウレタンフォーム製球形防風スクリーンと 12 面体の金属製枠にネットを貼った二重防風スクリーンが開発されている。太田ら 19)は、屋外で実験を行った結果、直径 20cm 防風スクリーンのみに比べて、12 面体防風スクリーンのみで約 10dB、その外側に同じネットを貼った立方体 防風スクリーンを付加した場合には 13dB（いずれも 8Hz）の低減効果が得られたと報告している。

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。



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。

風雑音は、風がマイクに当たることによって計測される騒音計のデータを指すことが多い。

風雑音については、ある方から、次の様に教えていただきました。

“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。”
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。

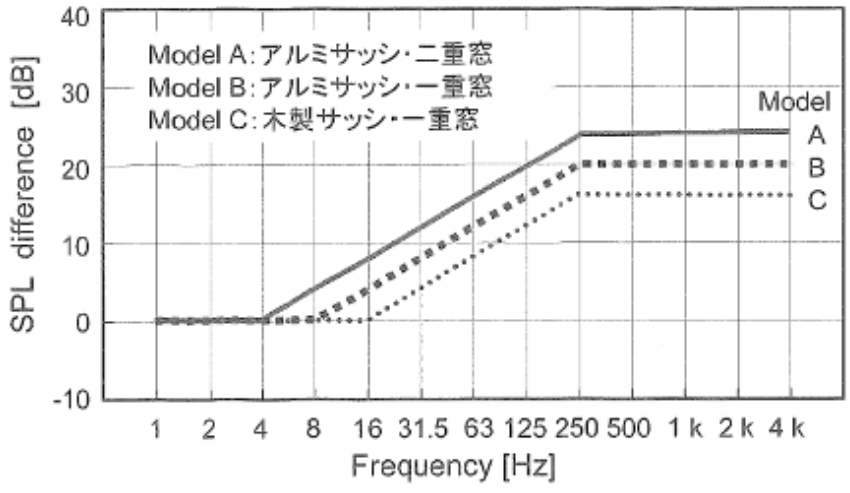


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

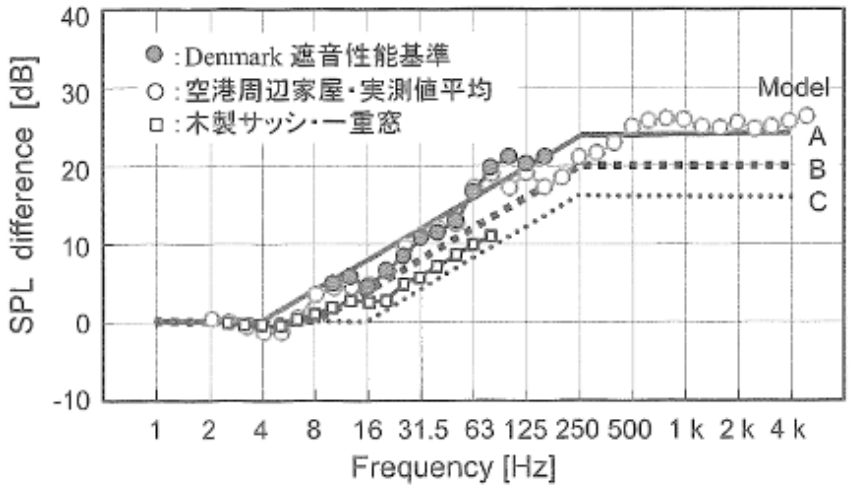


図 5　ハウスフィルター・モデルと 3 種類の参照データの比較

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、風が吹いていないので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。13ｄ

B 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が、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。
　このような室内でのデータがあれば被害と計測した数値の関係性が明確になります。

いずれの商品も通常の測定で用いられる 9cmφのウレタン製球形防風スクリーンとの違いは示されていない。カタログに記載された測定データから、マイクロホンのみの場合と防風スクリーンを装着した場合の音圧レベルを比較することにより、おおよその風雑音低減効果を類推した。両者は、「防風スクリーンなし」の条件と比べて、10Hz 以下の周波数範囲で 20dB 以上の音圧レベル差を示しており、周波数が高くなるほどその音圧レベル差は大きくなっている。
ただし、一方が一定風速下における測定結果であるのに対して、他方は複数の風速条件で測定された結果の平均値であること、測定方法についても一方が扇風機の風によるものであるのに対して、他方は風洞実験によるものであることから、個々の結果を単純に比較することはできない。また、実際の屋外環境下で同等の結果が得られるか否かは明らかでない。
なお、最新の研究では、川上ら 20)が一方の防風スクリーンについて、扇風機の風を用いた実験を行い 100Hz 以下で、「防風スクリーンなし」の条件と比べて約 30dB の風雑音低減効果を確認したとしている。
また、丸山ら 21)は、風洞実験ではいずれの製品も 2 次防風スクリーンによる風雑音低減効果がみられたと報告している。
今後、実際の屋外環境下で同一の条件において、風雑音低減効果の比較測定を実施する必要がある。また、低周波音の測定で通常使用される直径 9cmφのウレタン製球形防風スクリーン、直径 20cmφのウレタン製球形防風スクリーン 71 との性能の違いも明らかにする必要があると考えられる。

問題点：
　これらを考える前に、風車から出ている超低周波音の精密な周波数測定と、それが発生する物理的な仕組みを解明する必要があるのです。
　パスカル単位で表示された、精密な周波数スペクトルを調べる必要があるのです。そのためには、超低周波音を把握できるマイクが必要です。
　そのようなマイクを使った精密騒音計としては、NL-62、NL-63、SA-A1 があります。周波数分解能を上げるためには、少なくとも 120 秒以上の連続した計測データを対象とした計算が必要です。

問題点：
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。

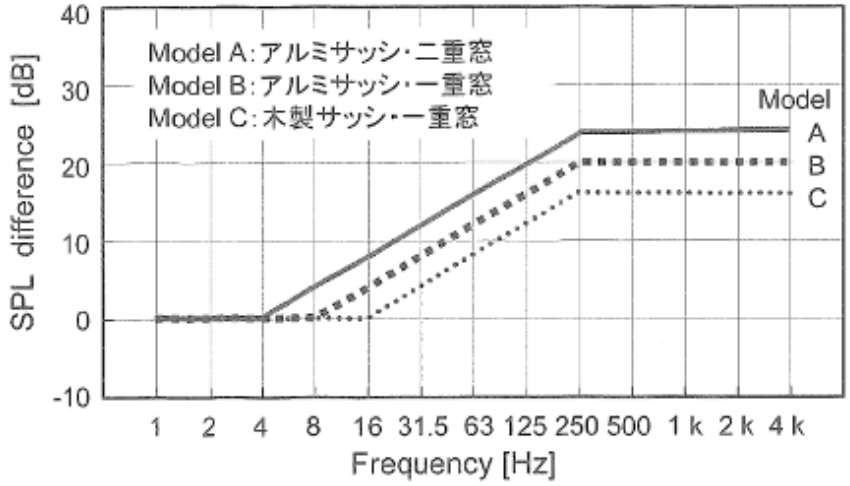


図 4 開口部構造別のハウスフィルター・モデルの案

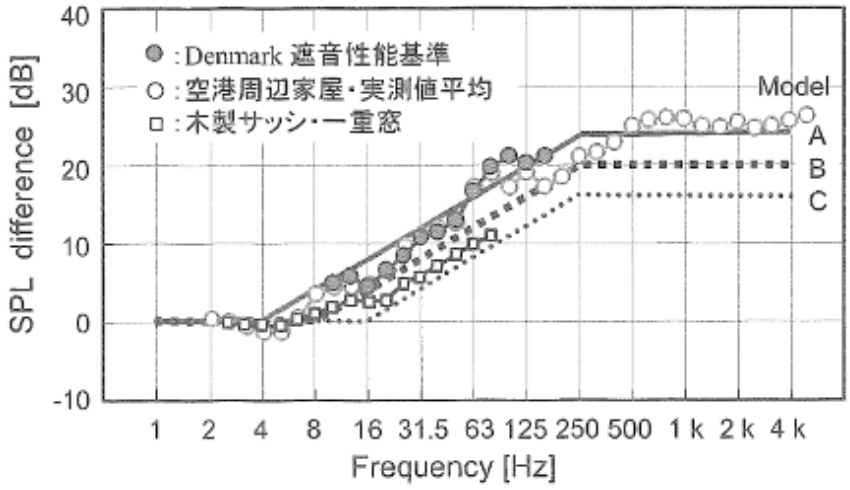


図 5　ハウスフィルター・モデルと 3 種類の参照データの比較

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、風が吹いていないので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が、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。

　このような室内でのデータがあれば被害と計測した数値の関係性が明確になります。

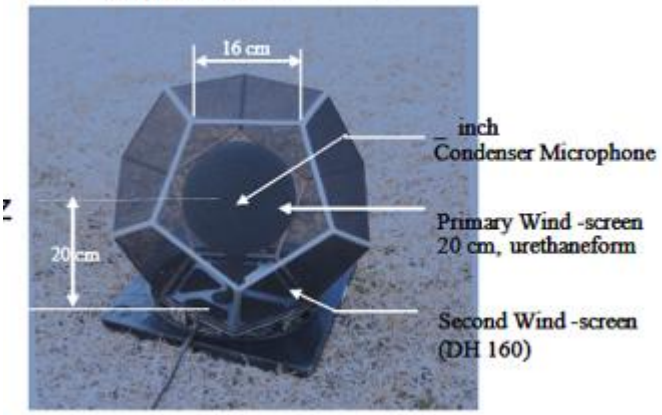
２．１３　風の影響評価について

環境省は、必ず防風スクリーンを付けなさいと言っている。これは、防風スクリーン無しで測った音圧を、正確な音圧と認めないための方法です。

風がマイクに当たった場合の影響を正しく評価する方法はあります。３台の、NL-62 を用意します。
最初に、風車の近くの屋外での計測をします。（風車の回転の様子をビデオカメラで撮影します。）

１台目には、二重防風スクリーンを付けます。

◆ 二重防風スクリーン



2 台目は、直径９ｃｍのリオン社の標準的な防風スクリーンを付けます。



3 台目は、直径９ｃｍのリオン社の標準的な防風スクリーンを付けます。

風車から 100m地点と 200m地点で 2 回の計測を行います。

最初は、3 台ともビニール袋に入れて、同じ段ボールの箱に入れて、車に積んでドアと窓を閉めて、１０分間の計測を行います。
これで、風が当たらない場合の違いが分かります。

2 回目は、

1 台目と 2 台目は風が当たる状態で外に置きます。地上 120mとします。

3 台目は、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、車に積んでドアを閉めます。





風の影響は、周波数帯によって異なるので、計測に使うマイクは、1Hz 程度の領域から 20ｋHz の辺りまでの計測が可能なものを使うことが必要です。リオン社の製品でこれが可能なものは、NL-62、NL-63、SA-A1 の 3 機種のみです。

他社精密騒音計も、同機種を 3 台用意して、同時に計測すれば、計測結果の正確性も検証できます。計測では、音圧レベルの変化自体を記録しなくてはなりません。

サンプリング周波数は 48ｋHz 以上、データの記録では 16 ビット以上の符号付整数を使う必要があります。計測結果は、1 分ごとに分割された WAV ファイルにして、合計で 10 分以上のデータが必要です。

住宅での計測

1 回目は、3 台とも家の中に置いて、10 分間の計測を行います。

2 回目は、
1 台目と 2 台目は、家の外で、家から少し離して外での計測を行います。
3 台目は、直径９ｃｍのリオン社の標準的な防風スクリーンを付けて、室内での計測を行います。

他社製品の 3 台セットに関しても同様です。

性能比較の意味で、他の機種についても同様な計測を同時に同じ場所で行えば、役に立つデータが得られます。

そして、最も大事なのは、これらの計測結果を WAV 形式のデジタルデータのまま公開することです。

これらの結果が公開されれば、風雑音、疑似音、の意味が明確になります。

私の計測結果では、

風車が近くにあれば､マイクに風が当たらないときの結果と､マイクに風を当てたときの結果を比べると、音圧が高く、規則的な周波数を持った超低周波音は、どちらでも観測されます。

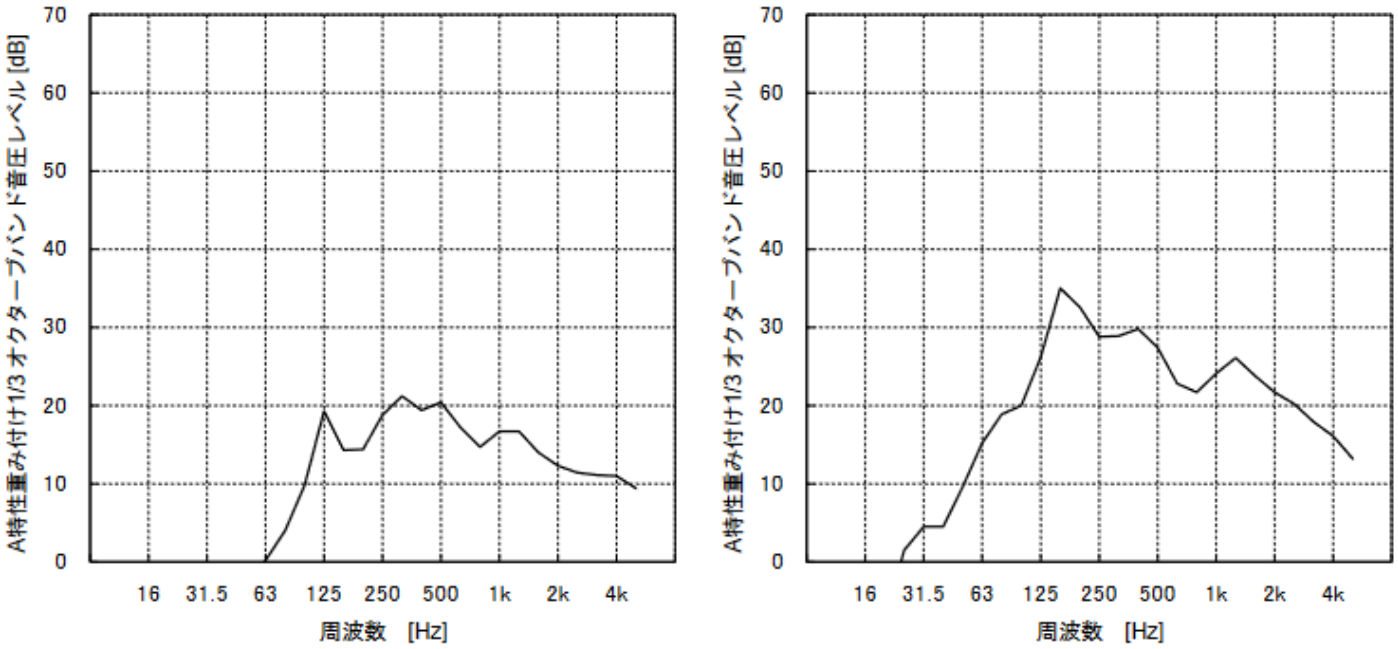
音圧が高くて規則的な周波数を持っている部分は、風が当たっても当たらなくてもよく似ています。
これは、風がマイクに当たる事による、雑音部分の音圧が小さいことを意味しています。

２．１４　風雑音の除外音処理（A 特性）の例

“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

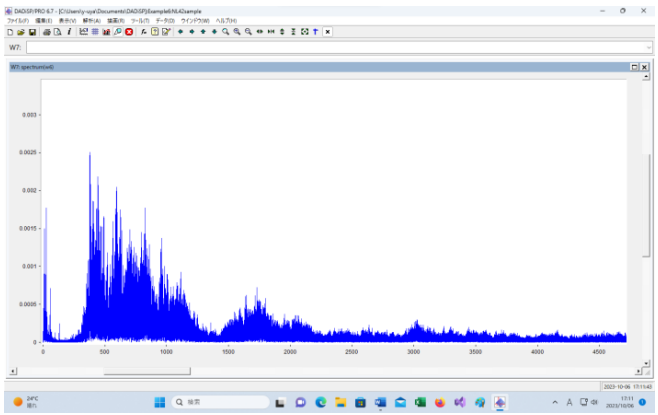
図 B.1 周波数特性の表示例

右側のグラフを見れば、20Hz 以下は 0 として扱われます。

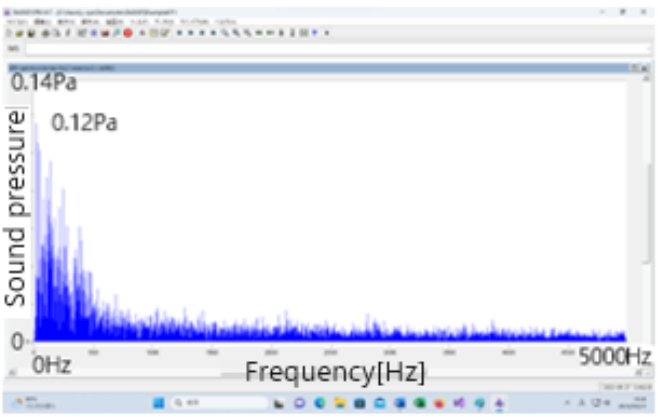
大型風車では、f=RZ/60＝0.5（Hz）程度ですから、騒音を計算する場合には、完全に無視されます。

周波数スペクトルは、

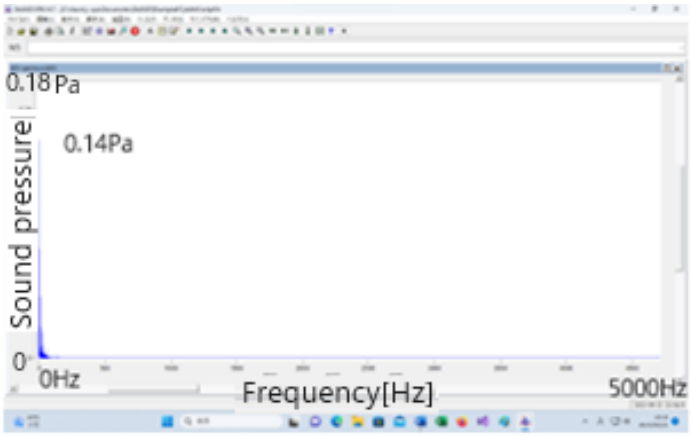
交通騒音（０～5000Hz）



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。

“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。

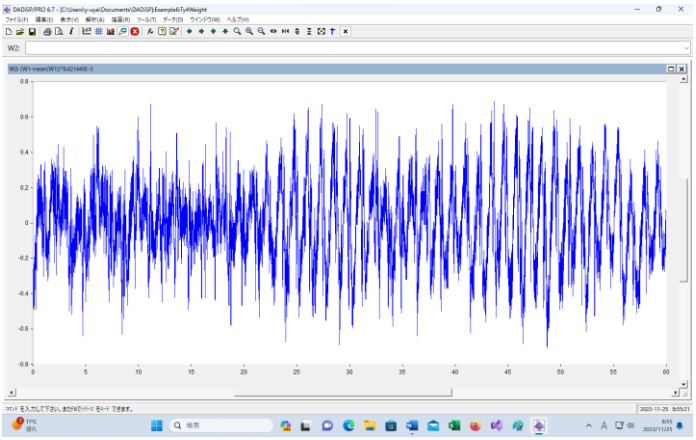
風の影響が大きい場合には二重のウインドスクリーン等の、より性能の良いウインドスクリーンを使用する。

（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。“

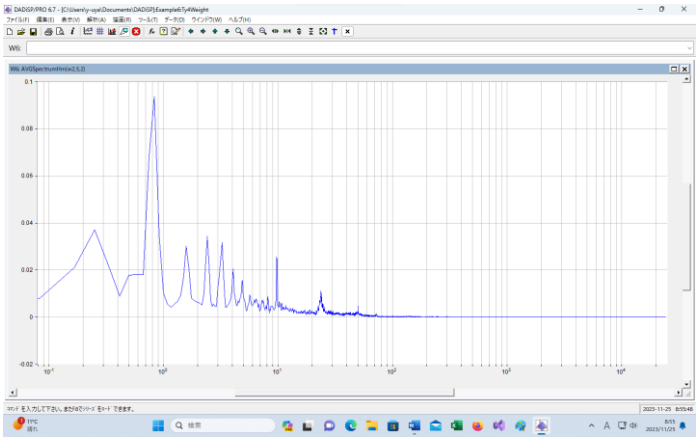
となっている。“除外音処理”で消し去ることを要求しています。

　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。

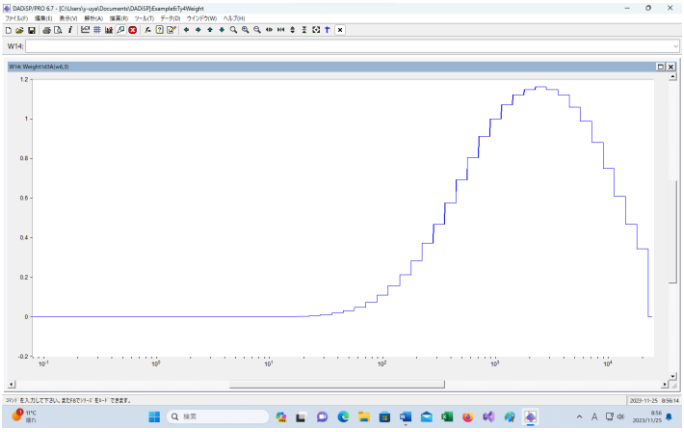
これは、計測された風車音のグラフ



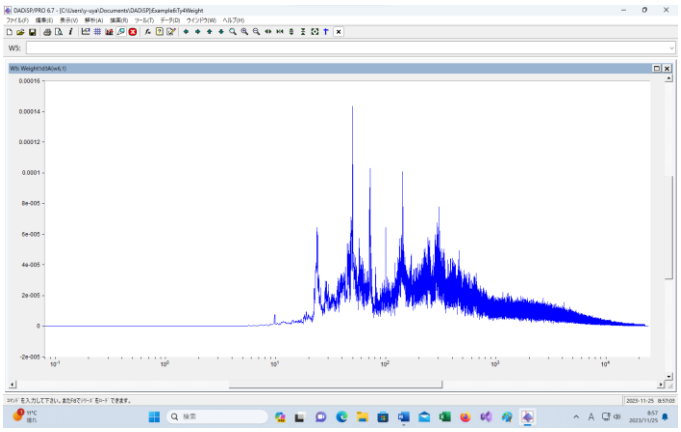
ハミング窓を使った周波数特性（Pa 表示）



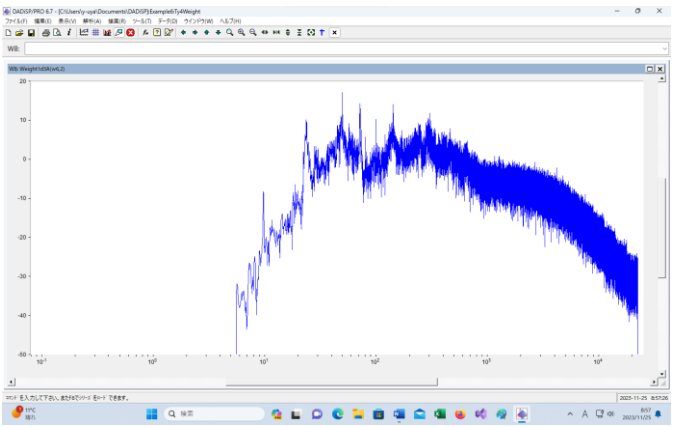
A 特性による窓関数



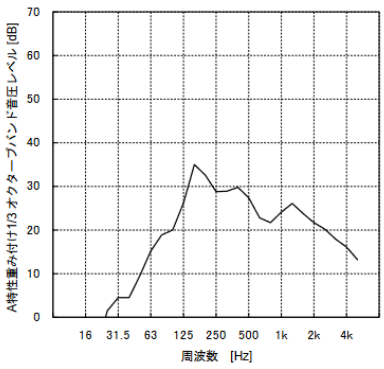
A 特性の窓関数を使った周波数特性（Pa 表示）



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

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。

２．１５　行政の対応

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。

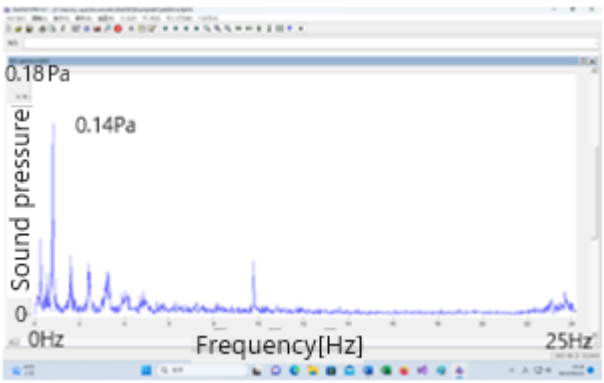
（注）　二重ウインドスクリーン等を使用しても風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。“

とある。

風雑音を調べて、これは“風車からの超低周波音であり、除外できないものです。”と言ったら、環境省に怒られて、地方交付税を減らされそうです。

防風スクリーンで 10ｄB～13ｄB くらい減らして測りなさいと言っています。室内では風が吹かないので、防風スクリーンは要りません。もし、屋外で防風スクリーンを付けて測った結果と、室内で防風スクリーンを付けないで測った結果比較すれば、8Hｚ以下の超低周波音に関しては、室内での計測結果の方が大きな値となります。室内に於いて、風車の超低周波音による被害が判明してしまいます。

1/3 オクターブ解析ではなく、普通のデジタル信号処理の教科書にある方法で、周波数スペクトルを計算すれば、風車音と特徴が判明して、“風雑音”ではないことが明確になります。



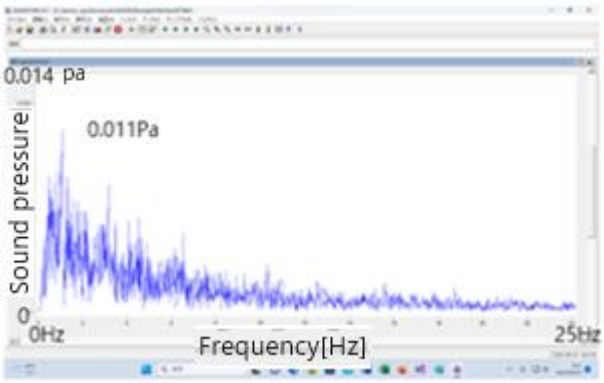


Fig.3 Wind turbine noise (0～25Hz)　　Fig.4 Nagao shrine (0～25Hz); 0.011[Pa](1.1Hz)

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。

千葉県には、NL-62 があります。録音データもありました。情報公開で入手して調べてみたら、入っていたのは電車の音でした。

もし、風車音を録音したデータを公開すると、NL-62 は録音時には平坦特性で記録するので、除外音処理としてないデータを公開することになります。

このデータがあれば、除外音処理の中身が明らかになります。例えば、県や市のデータが防風スクリーンによる処理だけで記録されていれば、同じ場所で防風スクリーン無しで計測したデータと比較すれば、防風スクリーン無しで計測すれば、どのような値になるのかを推定して、解析することは簡単なことです。

風車音の計測データを行政が公開すれば、せっかく除外音処理で、被害を隠蔽しようとしたことが明らかになってしまいます。行政は環境省に逆らえないのです。

精密騒音計を持っていない県や市が多いです。精密騒音計を持っていても、十分な機能を持った解析ソフトが販売されていません。もし、県が持っていたとしても、計測はしてくれません。計測の立ち合いもしてくれません。

業者と住民と行政の３者が、それぞれの計測機材を持ち寄って、同じ場所で同時に計測して、その結果をネットに公開することが必要なのです。

建前として、業者が自分で計測して結果を発表することが原則になっているからです。

性善説に基づく法律も悪くはないが、機材費の負担を住民に負わせることや、解析のための技術、機材、学力が必要なのですから、もう少し行政が積極的に動いても悪くはないと思います。

そう思ったところで、現実には行政は動きません。

時代は自己責任の時代なのです。行政はその地域で生活する人の環境を守る立場から、その地域での風車の建設をする企業が活動しやすい環境を作るような立場に移行しつつあります。

もちろん、県知事によって違いがあります。

山形県の HP には、以下のような記述があります。もちろん知事の意見そのものではないが、これを掲載している限り、県知事に最終的な責任が生じます。

HP では、

回答・対応の方向性
風力発電施設の稼働に伴う騒音の到達範囲は 1km 程度と規定されており、影響は小さい。

と書かれています。これは山形県での検討会の資料の一部です。

2. 遊佐部会で出された意見と対応の方向性

ア 部会で一定の整理を行った事項

	意見・質問	回答・対応の方向性
騒音	騒音の発生による地域住民への影響が懸念される。	風力発電施設の稼働に伴う騒音の到達範囲は 1km 程度と規定されており、影響は小さい。
	低周波の影響はあるか。	超低周波及び低周波の健康影響について明らかな関連を示す知見は確認されていない。
地域	風車の耐用年数はどの程度か。財政面のメリットはどうか。	風車の耐用年数は 20 年程度であり、償却資産として町に固定資産税収がもたらされる。

どんな法律に、こんな規定があるのでしょうか？もしあるとすれば、山形県の条例くらいのものです。

条例を改定して、風力発電施設の稼働に伴う騒音の到達範囲は 100ｍである。とすれば、すべての問題が解決するかもしれません。山形県の“騒音”は賢いので、規定を示す看板をみれば、もと来た方へ引き返してくれるのでしょう。

三重県に住む友人が、風車建設前と、風車建設後に行えば、風車建設の影響が明確になるとの観点で、県と市に“計測のお願い”を出しました。

計測のお願い

計測場所は、
建設前については、建設計画で風車がほぼ１列になっている場合は、風車の列の中央部分。
さらに、風車の列に対して直角方向で民家が存在する方向に向かって、５００ｍおきに２ｋｍまで５か所での測定をする。測定は、昼間と夜間の２回とし、これを春夏秋冬の季節ごとに行う。（季節ごとの風向の影響も考える。）計測を希望する家があれば、さらに数か所を追加する。家の中での騒音、振動の計測も行う。
風車建設後にも、建設前に測定した場所と同じ場所で計測を行う。建設前と同様に、測定は昼間と夜間の２回とし、これを春夏秋冬の季節ごとに行う。これによって、風車建設前と風車建設後での騒音、振動のデータを比較することが可能になる。

計測結果の解析、
騒音の原因が何かを考えるには、音の周波数を計算する必要があります。上記のＷＡＶファイルがあ

れば、ＦＦＴによる解析が可能となります。
風速の変化によって風車の回転数が変化すると、音の周波数は微妙に変化します。この微妙な変化をとらえるには、ＦＦＴ解析ではなくて、Ｗａｖｅｌｅｔ解析が必要となります。また低周波の解析では、カオス理論の活用が有効となる場合もあります。
測定結果の解析には、このような機能を持ったソフトウエアを確保する必要があります。

データの交換、
計測は県（または市）、風力発電の事業者、第三者（大学等）で複数の機械で同時に行い、測定結果のデータを互いにその場で交換して、お互いの測定結果を全員が共有することが必要があります。
さらに、お互いの測定結果がほぼ同じであることを、その場でお互いに確認する必要があります。

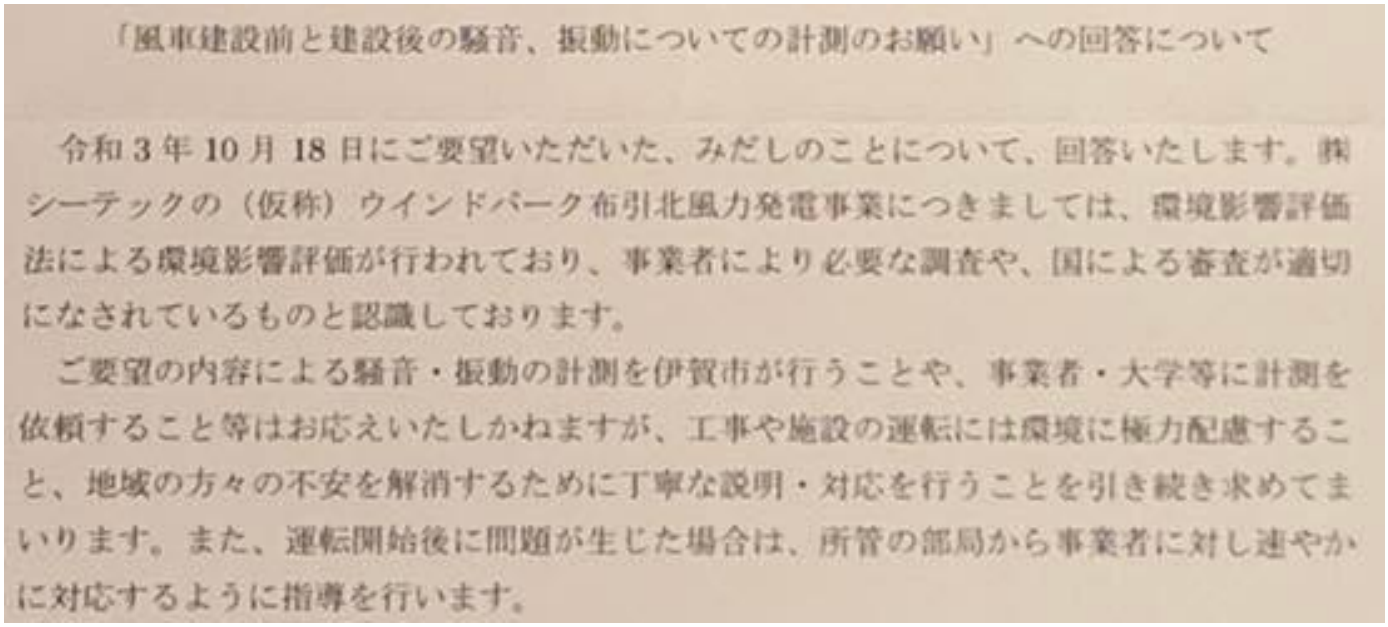
データの公開、
低周波音の解析では、高度の機能を備えているソフトウエアを使う必要が出てきます。県や市、業者、大学に、そのような機能を持ったソフトウエアが無い場合も考えられます。
計測したデータを一般に公開すれば、必要なソフトウエアを持っている人からの援助も受けられます。多くの立場の人が、異なるソフトウエアで解析した結果が一致すれば、原因の究明に向けての大きな力となります。
ソフトウエアを揃えると 100 万円くらいします。公開すれば、お金も節約できて、様々な立場からの検討が可能となるので、データの一般公開は必要なことだと考えます。

計測機器について
上記の計測機器を新たに購入すると１５０万円くらいが必要です。計測機器のレンタルもありますが、マニュアルを読む時間として 2 か月程度は見ておく必要があります。さらに、記録されている符号付整数の意味についてはリオン社に確認する必要もあります。

上のような、Wavelet 解析ソフトの開発者の方の意見を参考にして考えた結論として、この地域の住民として、風車建設前と、建設後の騒音、振動の計測を複数の立場の人で行い、そのデータをＦＦＴやＷａｖｅｌｅｔ解析が可能な形で公開し、その土地に暮らす人々にとっての環境の変化を明らかにしてゆく方向で、県、業者、大学の方々の協力をお願いします。

でも、断られました。機材を住民側で用意すると言っても、立ち合いさえも断られました。

回答は以下のものでした。



「風車建設前と建設後の騒音、振動についての計測のお願い」への回答について

令和３年 10 月 18 日にご要望いただいた、みだしのことについて、回答いたします。㈱シーテックの（仮称）ウインドパーク布引北風力発電事業につきましては、環境影響評価法による環境影響評価が行われており、事業者により必要な調査や、国による審査が適切になされているものと認識しております。

ご要望の内容による騒音・振動の計測を伊賀市が行うことや、事業者・大学等に計測を依頼すること等はお応えいたしかねますが、工事や施設の運転には環境に極力配慮すること、地域の方々の不安を解消するために丁寧な説明・対応を行うことを引き続き求めてまいります。また、運転開始後に問題が生じた場合は、所管の部局から事業者に対し速やかに対応するように指導を行います。

当然の結果です。上記の計測と解析は、現状の様々な問題点を明確にしてしまうからです。国に逆らった

ら地方交付税を減らされてしまいます。

いろいろあって、GPI の件では、
三重県知事は、次のような意見を書いていました。

仮称）平木阿波ウィンドファーム事業及び（仮称）平木阿波第二ウィンド
ファーム事業に係る環境影響評価準備書に対する三重県知事意見
本事業は、株式会社グリーンパワーインベストメントが、津市及び伊賀市の布引山地において、総出力 37,800 キロワット(単機出力 4,200 キロワット×９基)の風力発電所を建設しようとする事業であり、地球温暖化対策に資するものである。
一方で、本事業の対象事業実施区域の周辺においては、絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律（平成４年法律第 75 号）に基づき、国内希少野生動植物種に指定されているクマタカの複数ペアによる繁殖や、ヤイロチョウの繁殖が示唆される等、良好な自然環境と豊かな生態系を有する地域である。
また、対象事業実施区域は広範囲に水源かん養保安林及び砂防指定地が存在する地域であることに加え、風化した花崗閃緑岩類が広く分布しているなど、崩落等のおそれがあることから土地の改変に慎重を要する地域である。さらに、本事業の対象事業実施区域の周辺には、多くの登山客が訪れる経ヶ峰があり、本事業に対する関係市長からの意見では、「経ヶ峰のもつ景観的価値を損なわないよう、影響を回避又は低減すること」が求められている。
加えて、本事業の対象事業実施区域の周辺は、住民の生活の場となっており、本事業に対する住民意見では、騒音及び低周波音による影響、土砂災害の誘発、獣害の増大及び経ヶ峰からの景観への影響等について、事業を不安視する声が寄せられている。
これらのことをふまえ、本事業の実施にあたっては、以下に述べるそれぞれの項目について十分に検討したうえで、最大限の環境保全措置を講じるとともに、その旨を評価書に記載すること。
なお、環境への影響を十分に低減できない場合は、事業の中止又は規模の縮小を含めた検討を行うこと。
（総括的事項）
１ 事業実施区域及びその周辺は、国内希少野生動植物種（以下「国内希少種」という。）であるクマタカ及びヤイロチョウの生息が確認されるなど、豊かな自然環境を有する地域である。本事業に係る環境影響評価方法書（以下「方法書」という。）に対する知事意見において、「自然環境が有する多面的機能を踏まえた上で、本事業の必要性について示すこと」と述べたところであるが、本準備書における環境影響の評価は個別の影響項目に対してそれぞれ記述されているのみで、当該地域の自然環境が有する多面的な機能を踏まえた総合的な評価がなされていない。環境影響評価書（以下「評価書」という。）の作成にあたっては、「対象事業の目的及び内容」や「対象事業に係る環境影響の総合的な評価」などの項に、多面的な視点から環境影響を整理したうえで、それらの影響が生じてもなお、本事業を必要とする理由について、記載すること。
また、事業の実施にあたっては、改変面積を最小限に留めるなど、生態系が有する多面的機能の低下を最小限に留めること。
２ 対象事業実施区域及びその周辺は、風化した花崗閃緑岩類が広く分布し、崩壊地形が複数存在しており、広範囲に森林法（昭和 26 年法律第 249 号）に基づく水源かん養保安林及び砂防法（明治 30 年法律第 29 号）に基づく砂防指定地が存在する地域であるとともに、推定活断層である長野峠断層の存在が示唆されていることから、土地の改変及び工作物の設置に慎重を要する地域である。
このため、今後、詳細な設計を進めるにあたっては、施設の設置場所等について更なる検討を行い、改変区域の縮小又は大幅な変更を含む事業の見直しを行うとともに、土地の安定性等に関する予測及び評価を再度

実施し、必要な環境保全措置を講じること。
３ 本事業は、方法書の段階から対象事業実施区域を縮小した上で風力発電施設設置数を削減するなど、一定の環境配慮がなされている。一方で、騒音及び低周波音による影響、土砂災害の懸念、獣害の増大、生物多様性及び景観への影響などについて、地域住民等から引き続き意見が寄せられるなど、事業への懸念を抱く住民は現在も多く存在する。これらをふまえ、事業実施にあたっては、地域住民や自治体等と十分なコミュニケーションを図り、不安の払しょく及び不満の解消に最大限努めること。なお、関係者とのコミュニケーションにあたっては、「事業計画策定ガイドライン（風力発電）」（2017 年 3 月資源エネルギー庁）を参考とすること。
４ 準備書の環境影響の予測において、知見が不十分で定量的な予測が困難なことなどにより影響の程度が明らかにならなかった項目について、「影響が小さい」と記載されている。評価書の作成にあたっては、既存の風力発電施設の運用で得られた知見、既存の文献、類似事例等を参考にしたうえで、可能な限り定量的な予測に努めるとともに、知見が不十分で影響の程度が明らかにならないものについては、そのように記載したうえで
事後調査を検討すること。
５ 本事業の対象事業実施区域周辺では、既に多くの風力発電施設が稼働中であり、また他事業者においても風力発電事業の環境影響評価手続きが行われていることから、これらの事業者と情報交換に努め、累積的な影響を可能な限り低減できるように計画すること。
また、計画内容や環境保全措置の効果を他事業者に対して積極的に情報発信するなど、他事業者とも共同して地域全体への影響を低減できるよう配慮すること。
６ 事業の実施にあたっては、環境保全対策に関する最新の知見を考慮するとともに、最善の利用可能技術を導入するなど、より一層の環境影響の低減に努めること。
（個別的事項）
１ 騒音等
（１）風力発電施設からの騒音及び低周波音については、予測の結果「影響は小さい」とされているが、複雑な地形を有する地域では、騒音が予測結果よりも増幅して伝搬することもあるため、風力発電稼働後の環境監視及びその結果の公表について検討すること。
また、住民等から風力発電施設の稼働後に苦情等が生じ、騒音等による影響が確認された場合は、状況に応じて稼働を停止する等、適切に環境保全措置を講じること。
（２）工事実施時における資材の運搬等により、工事関係車両の通行が長期間発生することから、運搬経路及びその周辺の生活環境への影響を低減できるよう配慮すること。
また、大型部品の輸送にあっては、夜間に実施されることから、生活環境への影響を十分低減できるよう配慮すること。
２ 水質、水生生物
対象事業実施区域の下流河川には国指定特別天然記念物であるオオサンショウウオや天然記念物であるネコギギ等の重要な水生生物の生息が確認されており、工事の実施に伴う森林の伐採や地形の改変による土壌の涵養力及び表流水の変化に伴う水質及び水生生物への影響が懸念される。
このことから、森林の伐採や地形の改変に伴う周辺の河川や沢等の水量や水質への影響を考慮したうえで、土砂流出防止柵、沈砂池の配置及び構造を十分に検討し、工事中の濁水等による水質及び水生生物への影響を極力低減すること。
また、濁水の予測に当たっては、降雨量次第では沈砂池排水が沢に到達する可能性を考慮し、より安全側での予測及び評価を行うこと。なお、沈砂池については、定期的に浚渫等の維持管理を行い、濁水防止のため

に適正な容量を確保すること。
３ 地形、地質及び生態系
対象事業実施区域内では、推定活断層である長野峠断層の存在が示唆されていることに加え、風化した花崗閃緑岩類が広く分布しており、崩壊地形が複数存在するなど、土砂の崩落及び流出による水環境及び動植物への影響が懸念されることから、土地の改変に慎重を要する地域である。そして、対象事業実施区域及びその周辺は、広範囲に森林法に基づく水源かん養保安林が存在し、その大部分は治山事業の施行地や急峻な地形である等の理由から、原則として指定の解除がされない第１級地に区分され、一定の行為について制限がなされる地域が含まれている。しかしながら、現計画では複数の風車について第１級地に区分される保安林内に配置が計画されており、風力発電設備の配置の検討が十分にされていない。
こうしたことから、保安林内に設置が計画されている風力発電設備については、森林法に基づく保安林の解除要件又は作業許可基準に適合する設置計画とならない限りは、設置を回避した計画とするとともに、土砂の崩落等による土地の安定性及び動植物への影響を回避又は極力低減するために、風力発電設備等の配置等について、事業計画の見直しを行うこと。
なお、変更後の事業計画に係る環境影響について、必要に応じて追加調査を行ったうえで、予測及び評価を再度実施し、必要な環境保全措置を講ずること。
４ 陸生動物、陸生植物、生態系
（１）事業実施区域周辺では、国内希少種に指定されているクマタカの繁殖が複数のペアで確認されている。風力発電施設設置予定場所は、クマタカの行動圏の境界部分の尾根部であり、旋回上昇やディスプレイ飛翔など、バードストライクのリスクが高まる行動が頻繁に確認されているとともに、設置予定９基のうち４基が営巣木の周囲半径１km 以内に含まれていることから、クマタカへの影響が懸念される。
一方、本事業に係る方法書に対する知事意見において、「あらかじめ設定した衝突確率の基準を超えないように配置等を定めること」と述べたことに対し、「確立された評価基準が存在しないため、衝突数の数字のみをもって一概に是非を判断するのは難しい」と述べられているものの、クマタカの風車への年間予測衝突数が 0.16093 個体であることに対し「影響が小さい」と結論付けられており、適切な評価がなされている
とは言えない。
このことから、風力発電施設の配置の見直しや基数の削減も含めた環境保全措置を再検討するとともに、風力発電施設の稼働期間中は継続して繁殖状況及びバードストライクの事後調査を実施することにより状況を把握し、クマタカの繁殖への影響が確認された場合は稼働調整等を含めて検討し、適切な環境保全措置を講じること。
（２）風力発電施設における環境影響評価の事後調査によると、施設の運転開始後に猛禽類の営巣場所の移動等の事例が認められるなど、環境保全措置の検討の際に参考となる知見が集積されている。
このことから、現地調査で確認されているクマタカ、サシバ等の環境保全措置の検討にあっては、これまでの知見を踏まえ、施設稼働後における繁殖場所及び行動圏が変化する可能性も考慮した予測及び評価を実施すること。
（３）事業実施区域内では、国内希少種に指定されているヤイロチョウの生息が確認されており、繁殖の可能性が示唆されている。本種は県内での生息数が極めて少ないとされていることから、特に慎重な環境保全の検討が必要である。しかしながら、準備書における調査結果からはヤイロチョウの繁殖場所等の保全上重要な地域が明らかではなく、環境保全措置検討のための予測及び評価が十分にされていない。
このことから、追加の現地調査等を実施するとともに、その結果に基づいた事業による影響について予測及び評価を行ったうえで、環境保全措置を検討すること。また、事後調査を実施し、影響の程度を把握すること。

（４）対象事業実施区域及びその周辺は、紀伊半島と本州の中心的なエリアとをつなぐコリドーとして、特別天然記念物であるニホンカモシカをはじめとする野生生物にとって、重要な地域である可能性が示唆されている。また、対象事業実施区域の南側の尾根沿いは大径木を含む二次林が分布しており、この地域の生物多様性に寄与していると考えられる。
これらのことから、風力発電設備の設置場所、設計及び工法に関して更なる検討を行い、森林の改変及び分断を可能な限り最小限に抑えること。
（５）事後調査の検討に当たっては、その種の生態を考慮したうえで、「猛禽類保護の進め方」等の指針に基づいた調査期間及び調査頻度をそれぞれ設定するとともに、その内容を評価書に記載することにより、客観性及び透明性の確保に努めること。
（６）事業実施区域周辺の森林においては、現時点で既にシカ食害により下層植生に影響が表れており、風力発電施設の建設に伴う管理用道路の整備により、食害の増加及びシカの生息範囲の拡大が懸念される。
このことから、改変区域においては、シカ食害防止対策を適切に講じたうえで早期に緑化するとともに、地域本来の植生が維持されるよう適切に管理する計画とすること。
また、緑化に当たっては可能な限り郷土種を使用し、外来種による生態系への影響を回避すること。
加えて、対象事業実施後においても、シカ食害等に関する参考情報の収集を行うとともに、事業実施により、シカの生息範囲の拡大に伴い、獣害が増大するおそれが認められた場合は、適切な対応を検討すること。
５ 景観及び人と自然との触れ合い活動の場
対象事業実施区域東側に存在する経ヶ峰からの景観について、地域住民等から事業による影響を懸念する意見が多数寄せられているほか、津市長から「経ヶ峰のもつ景観的価値を求めて訪れる登山客等にとっては、今回の事業実施に伴い少なからず影響となるものと考えられる」との意見が示されている。
加えて、経ヶ峰山頂からの視認状況の予測では、全基が視認されるほか、７号風車から９号風車までの３基については、垂直見込角が３度を超えていることから、経ヶ峰山頂からの眺望に対する影響が懸念される。
このため、風力発電設備等の配置等について、関係機関、地域住民等の意見を踏まえた上で検討し、本事業の実施による景観への影響を回避又は極力低減すること。

この意見を見ると、少しくらいなら計測に協力してもらえるかもしれません。
もちろん、住民が機材を自分で用意することが必要なのは変わりません。

２．１６　市民と専門家の到着地点

風力発電についての意見聴取会（三重県松坂市、平成 21 年）
第 1 回
開催日時 平成 21 年 9 月 5 日（土曜日）
開催場所 松阪市飯南産業文化センター
学 識 者 朴恵淑、矢尾板俊平、鎌田泰成、落合博明
参加人数 200 名
第 2 回
開催日時 平成 21 年 9 月 6 日（日曜日）
開催場所 松阪市産業振興センター
学 識 者 朴恵淑、前 太佳夫、宮岡邦任、 川靖、落合博明
参加人数 150

市民の主な意見：
騒音・低周波音
・5 月に市で騒音と低周波音の測定をされたとのことだが、その結果が示されていないと思います。また、結果は季節、気候や風向といった条件に左右されることがあるのでこれだけのデータでは足りないと思います。
・ナセルからの卓越周波数が 100 から 250 ヘルツであるなら、低周波音の周波数分析だけでなく 20000 ヘルツまでの周波数分析も必要ではないでしょうか？G 特性のデータだけではその周波数帯の評価はできません。
・現実に 10 ヘルツ以下の音で苦しんでいる人はたくさんいると思いますが、これについてはどうお考えですか？
・低周波音の問題についてはよく研究してほしいと思います。

学識者意見：
落合博明氏
・風車から出る音として、羽の先端のシュッシュッという風切音、羽の回転に起因する低周波音、特にダウンウインドの風車になりますが、タワーの周りに渦ができてそれを羽がバサバサッと切る音、それからナセルから出る機械音などがある。
・風車には風上側に羽があるアップウインド、風下側に羽があるダウンウインドの 2 種類があり、特にダウンウインド型の風車は 1980 年代にアメリカで問題になった。ダウンウインド型であることと、羽とタワーの距離が近いこと、回転速度が速いことによってある特定の周波数が卓越した。それを受け、最近ではメーカーもアップウインド型の風車にするように工夫することが多くなり、ダウンウインドであってもタワーと羽の距離を広く取ることによって渦を小さくするような工夫をしている。
・最近の風車で問題になっているのは 100 ヘルツから 250 ヘルツ以下の騒音で特定の周波数が飛び出ていることによって問題になる場合がある。
・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。

・騒音の動植物への影響について研究している専門家はあまりいないのでデータはほとんどない。低周波音については鶏や牛が室内にいる時に低周波音、超低周波音による建具のがたつきでびっくりしてしまったという例がある。室外にいて影響があったという話は知りうる中では聞いていない。

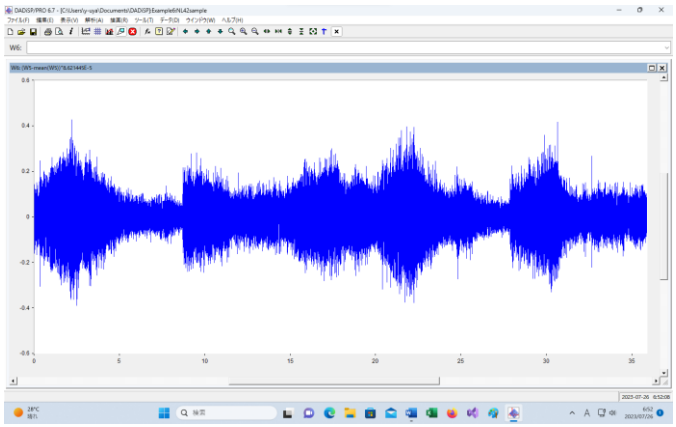
意見の比較：

市民の複数回の計測に関する要求は、
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
を根拠としています。
ここには、風車音が風車の向きと関係する方向に関して、指向性を持つことが書かれています。
風の向きが違えば、影響が違ってくるのですから、風向きや風速ごとに、何回かの計測を行うことが必要になるのです。

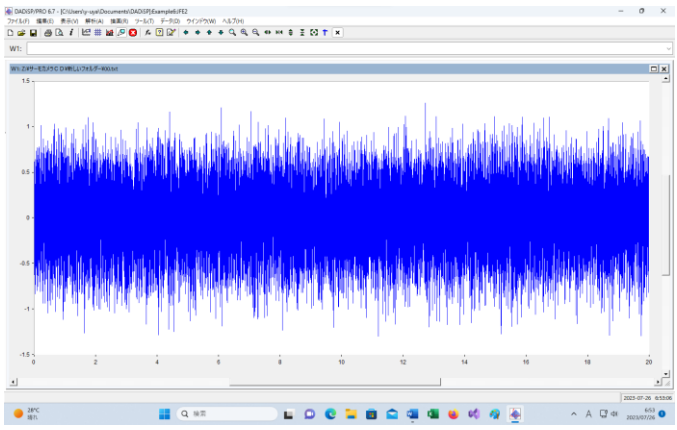
市民が言う、20ｋHz までの計測は、NL-62 か NL-63 を使えば可能です。この結果を使えば、他の環境騒音との比較ができるのです。

波形の違い：

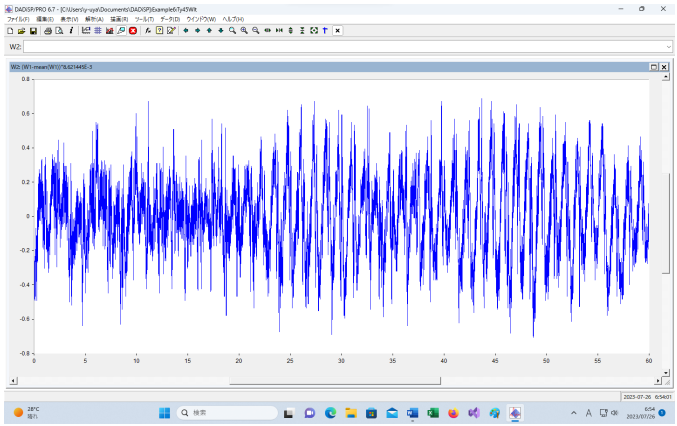
リオン社前の交通騒音



JFE の工場内の音



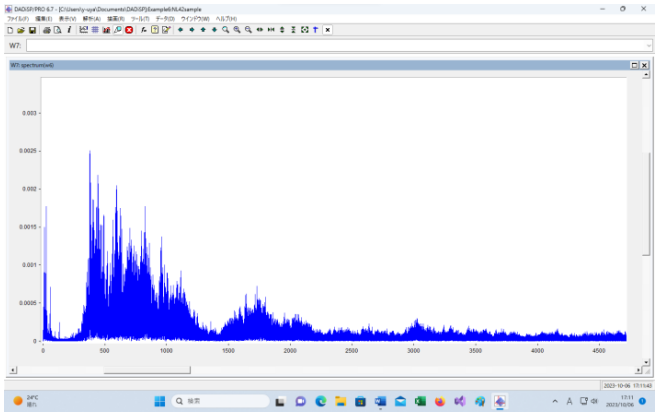
館山の風車音



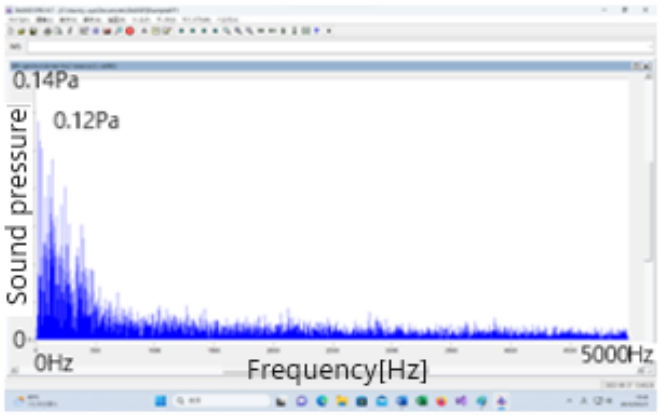
見てすぐわかるのは、風車音のグラフはスカスカです。他のグラフはぎっしり詰まっているという違いがあります。
原因は、風車音では高周波成分が微弱だからです。ほとんどが超低周波音なのです。

周波数スペクトル

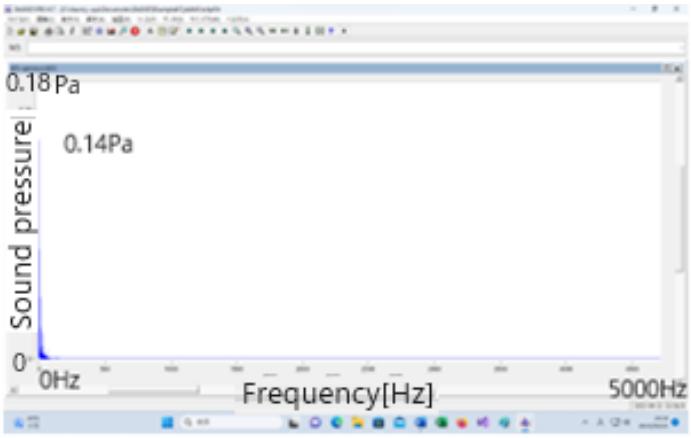
交通騒音（０～5000Hz）



工場騒音（０～5000Hz）



風車騒音（０～5000Hz）



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

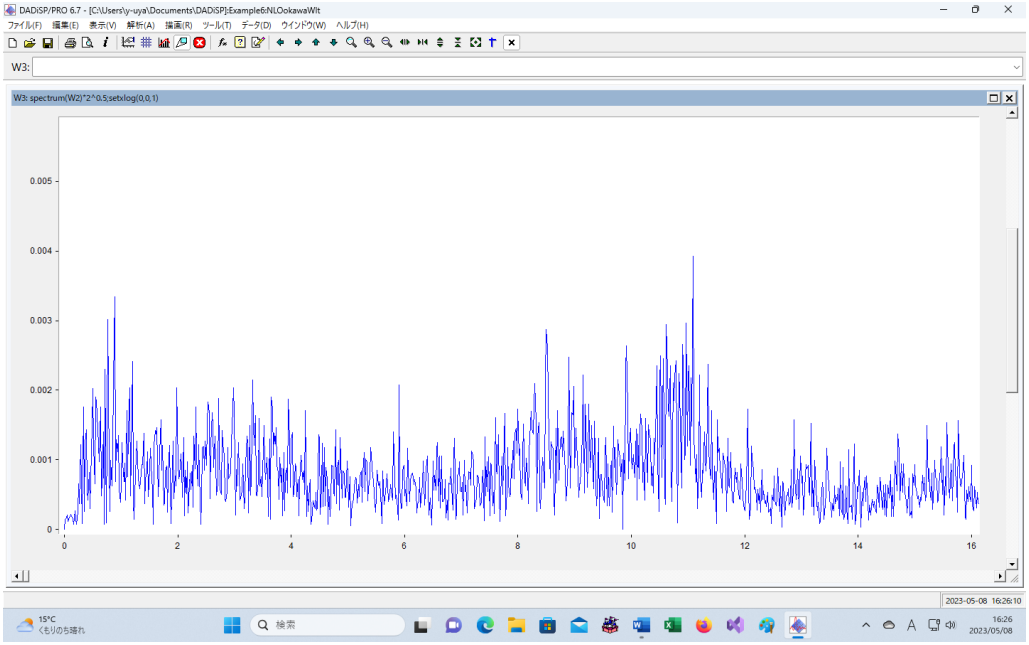
エネルギー分布	０～20Ｈｚ	20Ｈｚ以上
風車音	93%	7%
工場音	12%	88%
交通音	1%	99%

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%

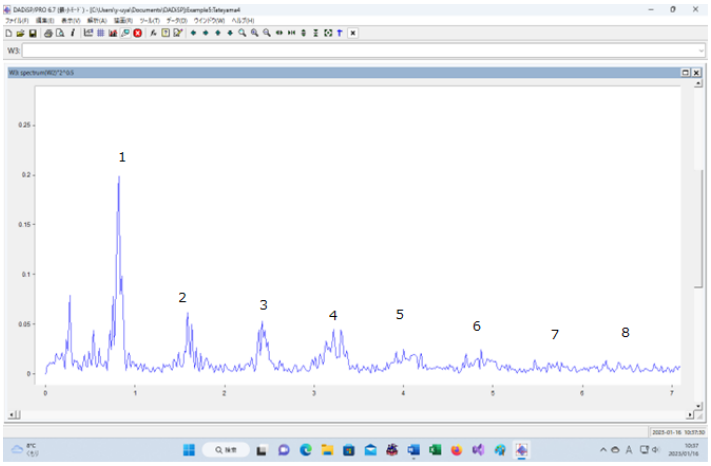
超低周波音の部分に関しても分ります。“風雑音”を比較します。風車が無い場所での“風雑音は”そんなに相応しく、ピーク値となる周波数がランダムです。風車の近くでの“風雑音”は、音圧がピーク値となるときの周波数に規則性があります。

下のグラフは、海に近い神社の境内での計測です。ピーク値の周波数はランダムです。



下のグラフは風車の近くでの計測値です。

音圧は 0.14～0.3 パスカル程度です。さらに、0.8Hz、1.6Hz、と倍音の所に、音圧のピーク値が見られます。



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

右の表は、左のグラフ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。

ｆ＝RZ/60（Ｈｚ）と置くと、ピーク値は

f/3、2f/3、f、2f、3f、4f…と並びます。これは、風車音の発生の仕組みを考えれば当然の結果です。

ｆ＝RZ/60（Ｈｚ）は昔の研究成果であり、むかし、環境省が使っていた式です。

風車音では、超低周波音での音圧が極めて高いのが特徴です。これは、圧迫感の原因となります。

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。**

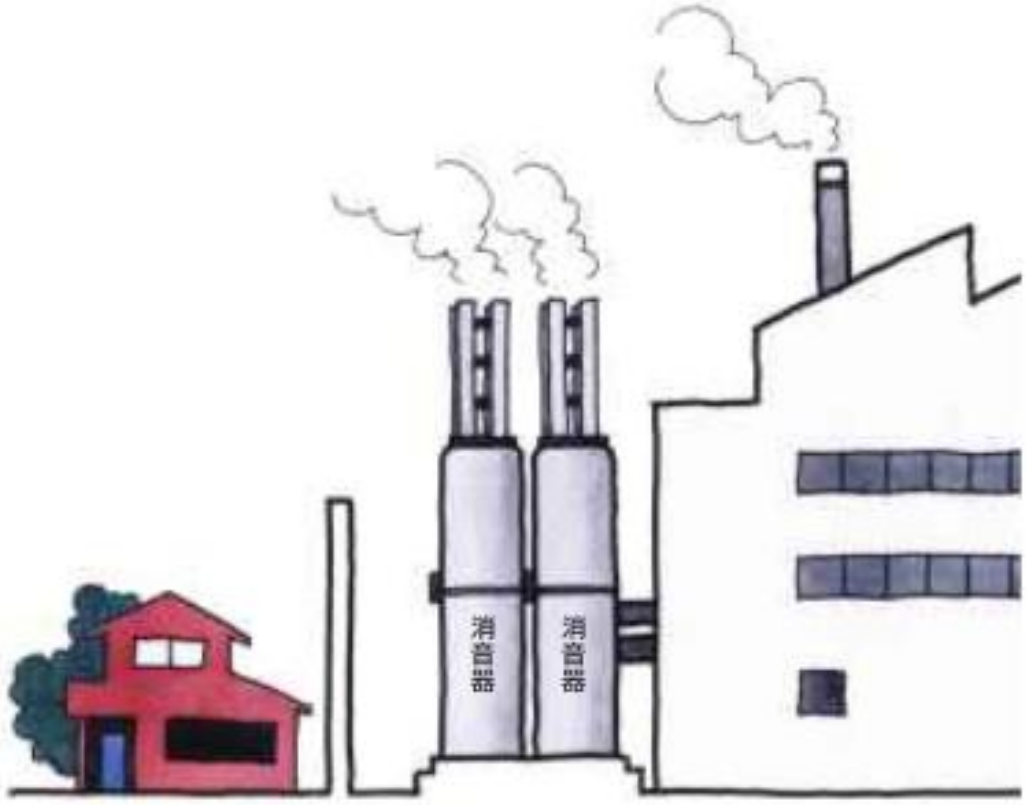
聞こえなくても、圧迫感を与えるので、人間は聴覚以外で、超低周波音を感知しますよ。
と昔の環境省は言っていました。

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。



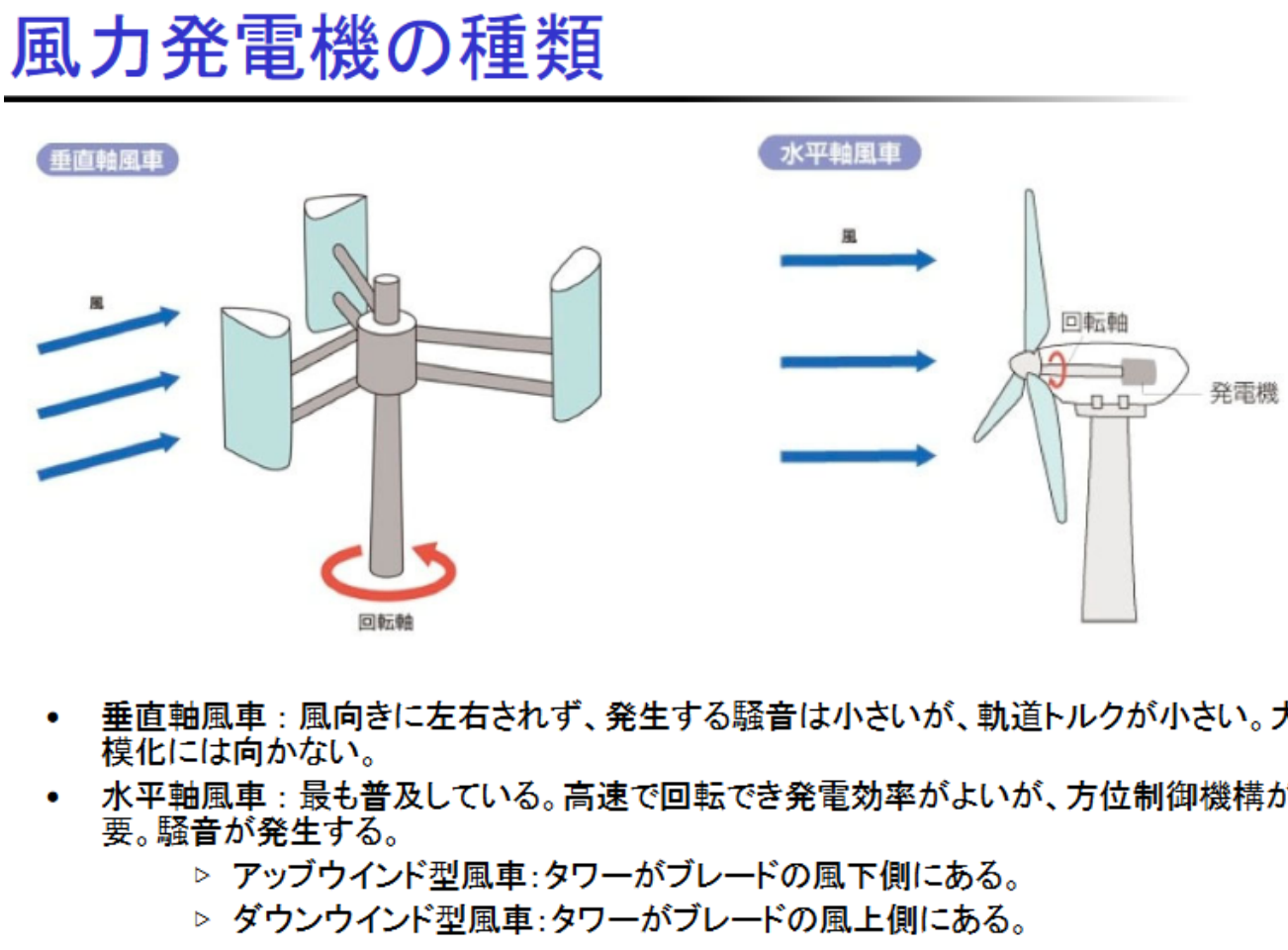
15）低周波音の対策は、発生源の対策が基本ですが、以下のような対策で窓のがたつきや不快感が解消されることがあります。
・窓ががたつく場合：隙間にパッキングを取付ける、ガラスを桟（さん）にパテなどで固定する。
・部屋の場所により不快で眠れない場合：寝る向きや寝る部屋を変えてみる。
なお、対策に関して詳しくお知りになりたい方は「低周波音防止対策事例集」（平成14年、環境省）をご覧下さい。

都合が悪くても、忘れてはいけないことがあるのです。

さて、専門家の意見は、どうでしょうか？

専門家なら専門家らしく、自分で風車音を計測して、周波数スペクトルを示すべきです。
周波数スペクトルを他の環境騒音の周波数スペクトルと比較しながら、風車音の特徴を説明すべきです。
さらに､発生する仕組みを解明し､計測によって得られた周波数成分が発生するメカニズムを示すべきです。
風車には、回転軸が水平のものと、回転軸が垂直のものがあり、垂直軸の風車は、パリのエッフェル塔に設置しても、苦情が出ない事くらいは、述べておくべきです。

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）には、下の説明がある。



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

また、
“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。
騒音の動植物への影響について研究している専門家はあまりいないのでデータはほとんどない。“
ですが、

少し前は、低周波音の影響を、圧迫感として主張していたことを忘れてはいけないのです。

“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

とありました。

f=RZ/60（Hz）を計算すれば、今の大型風車では、0.5Hz 程度になります。これは超低周波音であり、この周波数の音が、大きな音圧を持つことは計測からも、計算からも明らかになります。

落合氏の昔の論文に従えば、“心理的苦情”の項目にある、頭痛、耳なり、吐き気、胸や腹の圧迫感が発生すると考えるべきです。

専門家は、物忘れが得意です。
過去の研究成果はすべて忘れてしまったようです。
英語、数学、国語の常識もほとんど忘れてしまったようです。

私も、今朝の朝食の内容が思い出せません。朝食を食べたかどうかも良く分かりません。
忘れるのは、普通のことです。

２．１７　天罰

“風雑音”といって、風車の超低周波音を風のせいにしてはいけません。

濡れ衣を着せられれば風神も怒ります。そして、天罰が下ります。風車からの超低周波音を“風雑音”と言ってはなりません。

観測される超低周波音の原因はマイクに風が当たる事ではないのです。もし、マイクに風が当たることが原因ならば、風車が無い場所でも同じようは周波数スペクトルが現れなくてはなりません。

さらに、どこでも風が吹いているのですから、どこでも風車のある場所と同程度の被害が出ているはずです。低周波音特有の圧迫感や頭痛の訴えがあるはずですが、そうではありません。

“風雑音”とは、考えることを止めました。計測することを止めました。被害の原因を追究することを止めました。私には研究者の資格はありませんと自ら宣言していることになるのです。

マイナス面だけではありません。風車からの超低周波音だと考えれば、この音は金属疲労による風車の倒壊の予測に役立つのです。

金属疲労

風車は壊れます。風車の事故の記事ですが、

金属疲労についても考慮する必要があります。飛行機の事故では金属疲労の話をよく聞きます。風車でも起こります。

金属疲労で１メートルの亀裂　京都・伊根町の風力発電所事故で専門家会議

2013/8/5 08:53

産経WEST | できごと

反応



今年３月、太鼓山風力発電所（伊根町）で、風力発電機の鉄製タワーが折れ風車部分が落下した事故をめぐり、事故原因について検証している府の専門家会議が４日、京都市内で開かれ、金属疲労によって長さ約１メートルの亀裂ができ、それが広がったことで破断につながった、とする検証結果をまとめた。

同会議によると、外観調査や金属組織の分析から、３枚の羽根（長さ２５メートル）と発電機など計４５トンが溶接された鉄製タワー（高さ５０メートル）の上端部付近で、金属疲労による亀裂ができていたことを確認した。

ナセル落下を写真１－１にタワーの破断状況を写真１－２に示す。
また、タワートップ及びナセルの断面図を図１－３に示す。



写真１－１　ナセル落下

原因は、特別に大きな力が働いたというわけではなくて、金属疲労とことです。

金属疲労は、比較的小さい応力でも繰返し受けることで、材料に小さな割れが発生し、それが少しずつ進行して、最終的には破壊にいたる現象です。

金属疲労がなぜ問題になるのか？

金属が破壊するのにはいくつかのパターンがあります。

最も単純なケースとして引張試験のように応力をかけ続け破壊するものです。この場合、破壊の前に変形が起こるため、確認は容易です。

しかし、**金属疲労の場合、大きな変形は起きずに小さな割れが起こるだけです。そのため、疲労の発生確認と破壊までの予想時間が困難です。**

金属材料は自動車や航空機、建築物などに使用されています。これらはほとんど常に応力がかかる状態であるため、金属疲労が起こります。実際の金属材料の不具合や事故の多くはこの金属疲労が原因です。

さて、

“金属疲労の場合、大きな変形は起きずに小さな割れが起こるだけです。そのため、疲労の発生確認と破壊までの予想時間が困難です。”

については、風車の場合は可能なのです。

金属疲労の原因となり繰り返して起きる小さな変動は、風車の超低周波音の観測から、その詳細を把握できるのです。

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

には、ナセルと塔の側面が大きく揺れることが書かれています。

塔が揺れれば、塔が曲がります。塔の振動の周波数は、1.6Hz です。（比較的小さな風車なので回転数が大きいのでしょう。）この周波数 1.6Hz は、ブレードの回転数から計算した風車音の超低周波音のうちで、最も音圧が高くなる周波数と一致しています。

従って、風車からの超低周波音の周波数を正確に測ることは、風車に起きる金属疲労の状態を予測する方法の一つと言えるのです。

風車音の超低周波音の部分を解析しない、論文が、熊谷組の名前がついた形で公開されていることは、風車に関して、建設後の金属疲労に関心が無いのが熊谷組なのかと思われてしまいます。

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

には、風車音が指向性を持つことが書かれています。

計測結果では、1.6Hz の成分が目立ちます。

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

には、円筒が曲がる場合の曲面の変形について書かれています。この変形が大きな方向と風車音の持つ指向性とは一致しています。

5）石田幸雄,風車の振動解析,Journal of JWEA Vol.34 No.4, 2010

を見れば、定常運転の時の、ブレードに掛かる揚力ベクトルの方向が、塔の振動方向であることが分ります。

もしも、金属疲労に関心があるならば、塔の振動を周波数が一致していて、しかも運動方向と指向性が一致している風車音を調べるべきだと考えます。

これによって、金属疲労の蓄積が把握できます。倒壊事故を予測できるのです。

風雑音を風車からの超低周波音だと理解して、それが発生する仕組みを考えることが大切なのです。風車が上げている悲鳴を聞き取ればよいのです。

“風雑音としたのでは、風車の悲鳴を聞き取れません。”

金属疲労は毎日の繰り返しですが、近年は台風が大型化しています。水平軸型の風車の最上部にあるナセルは、トラックのような形状です。横風を受けると、大きな被害が出ます。

被害を避けるためには、風に対して正面を向けて、風の影響を小さくするのです。これが出来なくなると、次のような事故が起こります。

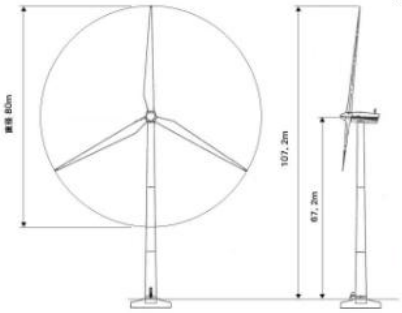
台風は今後も大型化します。この事故はこれからの起こるのです。

的山大島風力発電所：台風 9 号・10 号によるブレード折損事故に関する報告 （第 4 報）

風力発電所の概要

事業者名	株式会社的山大島(あづちおおしま)風力発電所
出資比率	ミツウロコグリーンエネルギー:75%　平戸市:25%
発電所名	的山大島風力発電所
所在地	長崎県平戸市大島村前平
定格出力	32,000kW　(2,000kW×16基)
運転開始	2007年3月
風車メーカー	Vestas Wind Systems A/S
機種	V80-2.0　定格出力:2,000kW
風車クラス	IECクラス:1A　設計風速50m/s(10min.ave)
ローター直径:80m　ナセル本体:地上より67.2m	
カットイン:4m/s　定格風速:15m/s　カットアウト:25m/s	

※Vestas仕様書による



ブレード長さ:39m

重量:6,500kg / 1枚



3

事故の概要

台風9号時

2020年9月2日夕方から9月3日早朝にかけ、台風9号が的山大島の西側を通過した。このとき、発電所の風車全16機のうち8号風車、13号風車、16号風車の3機のブレードが破損した。

風車は台風通過前に風速25m/sのカットアウト風速を超えたため、保安停止中の7号風車を除き、全機自動でPause状態に移行していた。

Pause状態：風車は発電停止し、ブレードピッチはフェザリング状態で、ヨーは自動追従となります



8号風車:ブレード3枚破損

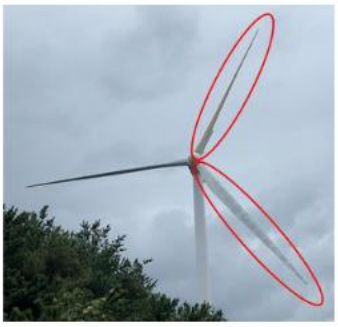


13号風車:ブレード1枚破損

台風10号時

台風9号通過から中2日、2020年9月6日夕方から9月7日早朝にかけ、台風10号が的山大島の西側を通過した。このとき、7号風車のブレードが破損した。

台風9号通過時に発生した故障により、事故機である4機については、ヨーイングに異常が生じており、風向の変化に追従できない状態となっていた。



16号風車:ブレード2枚破損



7号風車:ブレード1枚破損

ヨーイングとは、ナセルの向きを風の方向に向けることです。これが故障すれば、当然事故は起こります。しかし、故障しなくても、事故が起こる可能性はあるのです。

風が、大きさと方向を激しく変化させることは、気象庁のデータから明らかです。

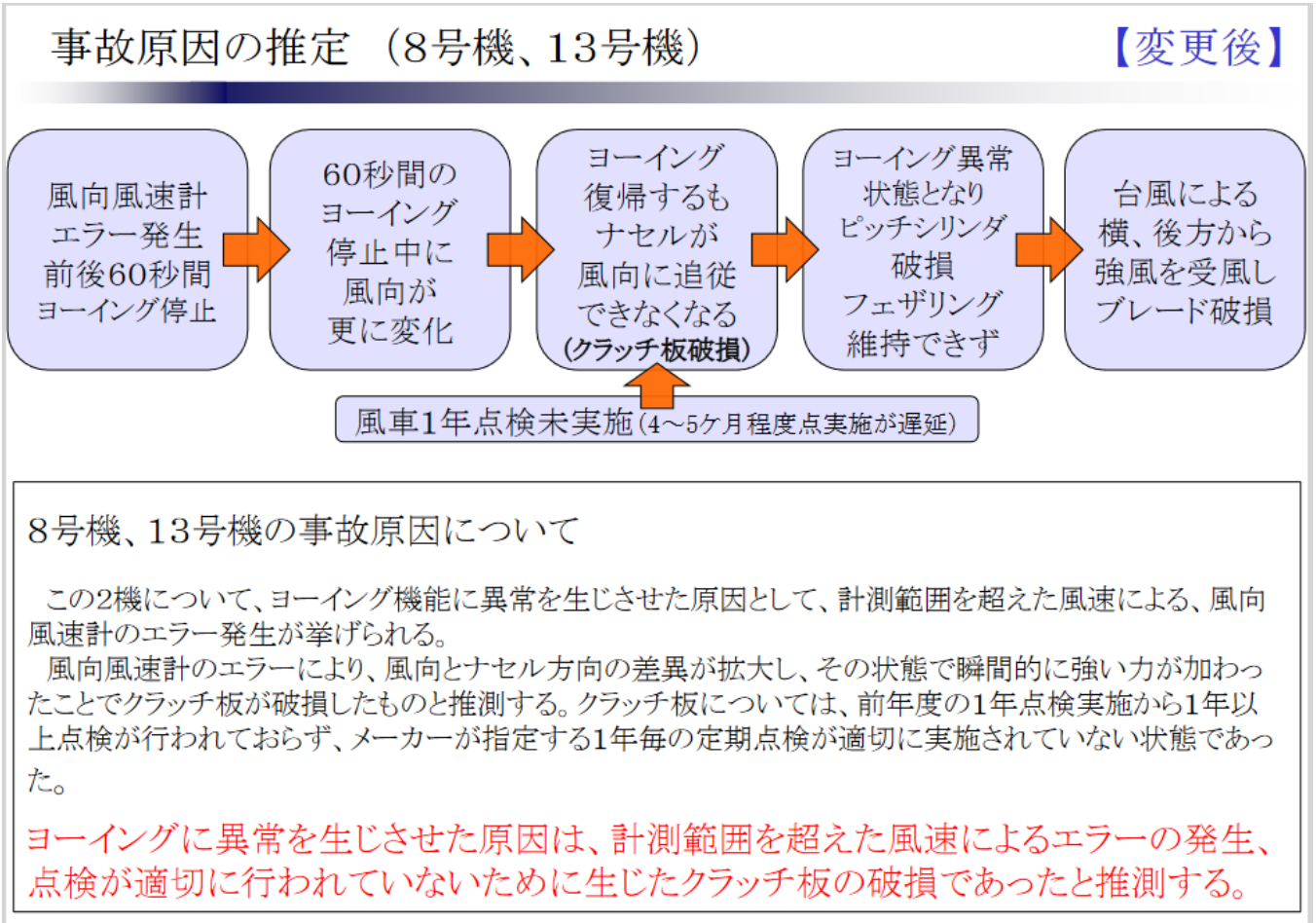
次の表は、気象庁が計測したデータを、気象業務支援センターから入手したものです。

年	月	日	時	分	秒	前10秒間最大瞬間風速	前10秒間最小瞬間風速	前10秒間風程
						0.1m/s	0.1m/s	
2019	2	2	0	12	40	147	124	132
2019	2	2	0	12	50	146	107	131
2019	2	2	0	13	0	122	82	102
2019	2	2	0	13	10	105	65	83
2019	2	2	0	13	20	112	71	82

（前 10 秒間風程は、10 秒間に風が進む行程を意味します。132 は秒速 13.2ｍの風速です。）

風速も風向も不安定なのです。

風の急激な変化についついてゆくには、風車の向きを高速で変化させなくてはなりません。発電機の部分はとても重いので、激しく向きを変えればそれだけで壊れます。構造から考えて、水平軸型の風車は、根本的な欠陥品なのです。



世の中には、音も静かで、風に合わせて向きを変える必要のない風車もあります。パリのエッフェル塔に登ってみてください。

検討し，本意見書を取りまとめた。
２ 低周波音問題
(1) 低周波音
「ヘルツ」は音の高さの単位である。音の高さ・低さは，音の周波数（振動数）の多少で表され，１秒間に１回の周波数（振動数）を１ヘルツといい，ヘルツ数が多くなるほど高い音となる。人の耳は一般に２０ヘルツから2万ヘルツまでの間を聞き取ることができるとされ，これを「可聴域」という。
この可聴域の範囲外で，２０ヘルツ以下の聞こえない音を「超低周波音」，２万ヘルツ以上の聞こえない音を「超音波」という。
なお，「デシベル」は音の強さの単位であり，デシベル数が大きいほど大きな音となる。
１００ヘルツ以下になると急速に人の耳の感度が低下するので，超低周波音を含めて１ヘルツから１００ヘルツまでの音を便宜的に「低周波音」という 1，2。つまり，周波数が低くて人の耳には聞こえない，あるいは聞き取りにくい音を低周波音という 3，4。
(2) 低周波音源
低周波音は，音や振動を発するあらゆる機械や設備から発生しているが，とりわけ工場の送風機，集塵機，冷暖房機，乾燥機，ポンプ，ディーゼルエンジン，コンプレッサー，コンベヤー，破砕機，ボイラー，燃焼炉，発電機

“1 低周波音被害を研究している汐見文隆医師は，「実際に私が経験する低周波音の被害現場は，１０ヘルツから４０ヘルツまでくらいの間に卓越周波数（ピーク）を持っている」「４０ヘルツを超えれば騒音被害ということになり，低周波音被害とは異なるものになる」と主張している。
（汐見文隆「わかったら地獄－低周波音被害者の悲惨」
http://island.geocities.jp/antiforinfrasound/siomi0511/siomi051127.htm）。
2 自然界では１００ヘルツだけの純音は存在せず，前後の音域を伴った複合音として存在する。
音響制御工学会では，１００ヘルツで区切ると１００～１２０ヘルツの「聞こえる音域」が混入するため，２０ヘルツ～８０ヘルツを低周波音としている。
3 １０００ヘルツ以下の音は人間の耳には聞こえにくいので，１０００ヘルツを基準として，１００ヘルツで２０デシベル，２０ヘルツで５０デシベルというように補正をして，周波数の小さい音については，実際の音圧が大きくても，人が感じる音圧は実際より小さいものとして扱っている。これをＡ特性という。
３１．５ヘルツ・８０デシベルの音も，Ａ特性で補正をすると，３１．５ヘルツ・４０デシベルの音として扱われる。通常の測定ではＡ特性で補正された数値が示されている。こうした補正を行わないものをＦ特性という。
4 １０ヘルツ以下の音は人の耳には聞こえない。超低周波音については１０ヘルツを基準として４ヘルツで２０デシベル，１ヘルツで４０デシベルというように，人が感じる音圧は実際の音圧より小さいものとして扱う補正がなされている。これをＧ特性という。通常の測定ではＧ特性で補正された数値が示されている。これに対し，Ａ特性もＧ特性もしない（補正しない）フラットな音圧測定をＦ特性という。”

などの機械類や，ポンプ車，ミキサー車，バックホーなどの建設重機，自動車，電車，船舶，航空機などの輸送機器，新幹線（トンネルの突入音），高速道路（高架のジョイント部分の音），ダム（放出口の音），堰堤（放出口の音），風力発電施設などの大型の産業設備などから高い音圧の低周波音が発生する。
また，工場や店舗の大型の機械や設備からだけでなく，家庭用の機器（エアコン，給湯器など）からも発生する。とりわけ，家庭電化製品は稼働音の弱音化（稼働音を小さくするためヘルツ数を減らす対策）が進み，かえって低周波音の音圧が高まった電化製品が増えている。

(3) 低周波音問題の歴史

① これまでの低周波音問題

ア 1960年代の市中工場機械騒音

1960年代頃から工場から漏れる低周波音が耳鳴りや頭痛，不眠などの健康被害をもたらすことが問題になりはじめた。
従来は，工場の送風機，集塵機，冷暖房機，乾燥機，ポンプ，ディーゼルエンジン，コンプレッサー，コンベヤー，破砕機，ボイラー，燃焼炉などの大型の機器・設備や建設工事現場などが主たる音源であり，低周波音成分や超低周波音を含んだ騒音や振動が問題の主体であった（当時は低周波空気振動と呼ばれていた。）。

イ 高速道路の騒音

高速化した輸送機器による被害についても問題となった。自動車については，西名阪自動車道香芝高架橋の低周波音公害を挙げることができる。これは高架橋の部分に騒音対策として防音壁をつけたところ，防音壁も一緒に振動し低周波音が発生したものである。新幹線については，1993年頃に新幹線に「のぞみ」が導入され，高速化されたことに伴い，高速列車のトンネル突入時に発生する低周波音による苦情が増加した。

ウ 航空機の騒音

航空機による被害については普天間基地の米軍機による被害が挙げられる。沖縄の米軍普天間飛行場（沖縄県宜野湾市）周辺住民約400人が米軍機の騒音で被害を受けているとして，国を相手に夜間・早朝の飛行差止めと損害賠償などを求める訴訟を起こしたものである。
普天間爆音訴訟は2002年，那覇地方裁判所沖縄支部に提起されたが，その後，2010年に控訴審において，ヘリコプターから生じる特有の低周波音も被害として認められた。

② 最近の低周波音問題

ア 風力発電施設（風車）

2006年頃より，風力発電施設（風車）の付近に住む住民から，不眠，肩こり，耳鳴りなど，自律神経失調症を思わせる被害が報告されるようになった[5]。風力発電施設がある愛媛県伊方町，愛知県田原市，静岡県賀茂郡東伊豆町，同郡南伊豆町，三重県青山高原，和歌山県海南市，兵庫県南あわじ市など多くの地域で，低周波音被害が問題化した。伊方町の2世帯（風車から210～240m離れている。）で31．5ヘルツの低周波音が突出しており，田原市では低周波ではないが160～200ヘルツの突出が確認された（いずれもF特性）[6]。
当連合会公害対策・環境保全委員会低周波騒音被害問題に関するプロジェクトチームは，低周波音による被害の実態を調査するため，2011年12月10日に愛媛県西宇和郡伊方町（旧・三崎町），2012年4月5日に和歌山県日高郡由良町を訪れ，風力発電用風車による低周波音の被害を訴える住民から直接聞き取り調査を行った。被害者はほぼ一様に風力発電所の運転開始とともに健康被害が生じたと語り，運転が停止している時は比較的症状が軽減されると説明した。被害の内容として，不眠，だ

るさ，脳が揺すられる感じ，圧迫感，耳鳴り，体のだるさ，集中力不足，首や頭が重いなどの症状がある。異口同音に，風車が止まると体が楽になるという。風車直近の被害者は，音ばかりではなく，風車の影によっても気分が悪くなるという。被害者宅はいずれも風力発電施設から200～500m程度の近距離にあり，自宅では1～3ヘルツの超低周波音に60～70デシベル（F特性）のピークが認められたということだった。
和歌山県由良町においても，2011年の終わり頃，風力発電施設の運転開始と同時に健康被害が生じたと語っている。遠方に外出する時には症状が軽減すること，不眠を訴えていることも各被害者に概ね共通する。不眠やだるさ，圧迫感，耳鳴り，イライラ，肩こり等の症状もほぼ共通に見られた。

（注）残念なことは、風車音の計測をしないことです。家の中の振動を計測しない事です。
環境省が勧める計測では、被害と原因の関連が不明になるのです。0.5Hz や 0.8Hz での音圧のピーク値を見つければ、1/3 オクターブ解析や G 特性音圧レベルの問題も判明したのです。とても残念です。

“「2007年1月に愛知県豊橋市と田原市に…風力発電所が設立され…現在両市には低周波音被害を訴える住民が存在する。…不眠…肩こり，耳鳴りがする，腰が痛い」（東京大学大学院・前田真帆香の修士論文「低周波音被害の社会問題化」より）
6 読売新聞（2010年3月30日）”

イ エコキュート，エコウィル，エネファームなど
2000年頃から民家に設置される給湯機，民家に近接する店舗の小型の冷蔵冷凍機器，集合住宅のポンプ設備，受電分配設備などから出る低周波音が問題となっている。
特に問題となっているものにエコキュートが挙げられる。エコキュートは，割安の深夜電力を利用し，気体（CO2）を圧縮・膨張することで2001年4月に製品化されて以来，主要電気機器メーカーのほとんどが製造販売し，累計出荷台数は増え続け，2011年末には300万台を突破している。しかし，密集した日本の住宅事情では，エコキュートが隣接した住宅から至近距離に設置されることが多いため，エコキュートのヒートポンプの運転音による健康被害を訴える事例が頻発するようになった 7。
エコキュートが発する運転音は10～40ヘルツの周波数域の音で，暗騒音 8 を含んだ50デシベル前後の音圧で隣家屋内に浸透する。この低周波音に深夜から早朝にかけて長期間暴露されることから，隣家の住民に睡眠障害をはじめとした様々な生理的影響を及ぼし，深刻な健康被害を与えている。
一般社団法人日本冷凍空調工業会は2011年4月に「騒音等防止を考えた家庭用ヒートポンプ給湯器の据付けガイドブック」を作成し，隣家に低周波音の被害が及ばないような設置方法を勧めているが 9，低周波
音はもともと貫通性が高い上に日本の住宅事情で十分な距離が取れない場合が多く，十分な対策とはいえない。
被害者救済が遅れているため，2011年7月には低周波音被害者がエコキュートメーカー，施工業者に対して損害賠償を求める訴訟を全国で提起している。2012年12月，消費者庁は，エコキュートが出す低周波音でめまいや不眠などを訴える被害事例があることから，消費者安全調査を始めた 10。
7 朝日新聞（2011年11月17日）

8 対象としている音以外の音。
9 一般社団法人日本冷凍空調工業会は2011年4月に発表した「騒音等防止を考えた家庭用ヒートポンプ給湯器の据付けガイドブック」の冒頭に，「ヒートポンプ給湯器は，主に人々が睡眠している深夜に運転するため，騒音等による苦情が一部で報告されています。」と述べ，隣家ヒートポンプの振動が伝わらないような場所に設置することを勧めている。
10 2012年12月，消費者庁は，エコキュートが出す低周波音でめまいや不眠などを訴える被害事例があることから，消費者安全調査を始めた。100ヘルツ以下の低周波音は規制する
6
ガスエンジンがついているエコウィル 11，水素エンジンがついている
エネファーム 12 についても同種の問題が提起されている。
3 低周波音被害の検討
(1) 低周波音被害の特徴
低周波音も騒音も同じ空気振動であり，周波数が違うだけで低周波音被害と騒音被害は類似していると思われがちであるが，被害者の実態や研究者の指摘などを踏まえると，低周波音被害には以下のように顕著な特徴があると考えられる。
① 被害像
騒音が一般に「やかましい」という訴えに集約されるのに対し，低周波音では不定愁訴といわれる身体異常がみられる。低周波音による被害を訴える人々は，頭痛・不眠・イライラ・肩こり・動悸・胸の圧迫感・めまい・耳鳴り・両手のしびれなど，多様な不定愁訴を訴えることが多い。被害を訴える人々の症状は，「緊張型頭痛」(「ギュー」という擬態語を使うこともある。)，「頭の肩こり」などと説明されることがある 13。重篤な場合は，「脳味噌を掴まれて，その脳味噌を誰かに叩かれているような」感覚を訴える例もある 14。
② 発生時期
騒音の場合は音源があれば直ちに耳で感じることができるが，低周波音被害の場合は長期間暴露の後に感じるようになり症状が出ることが多い
(ただし，風力発電の風車による低周波音のように10ヘルツ以下の超低周波音では，暴露と被害の間に時間的なずれがほとんどない。)。
③ 経過
騒音は時間の経過によりある程度慣れるのに対し，低周波音被害の場合には症状が悪化し，鋭敏化することがある。
環境基準がなく，複数のメーカーが製造するエコキュートへの苦情にも各省庁は十分に対策をとれていない。省庁間のすき間に落ち込む事案に対応する狙いで発足した事故調は，こうした点を重視したとみられる。調査対象は群馬県高崎市の男性(51)夫妻が訴えている健康被害。
2009年2月新築の隣家に設置されたエコキュート室外機で，低周波音や振動が深夜から明け方にかけて連日続き，不眠症や自律神経失調症と診断された。室外機の場所を変えるよう隣家に頼んだが断られ，今も週に数回，外泊避難を余儀なくされているという。
11 都市ガスやLPガスを燃料とするガスエンジンで発電を行い，その際に発生する排熱を給湯などに利用する家庭用コージェネレーションシステム
12 都市ガス・LPガス・灯油などから燃料となる水素を取り出し，空気中の酸素と反応させて発電するシステム

13 汐見文隆著「低周波音症候群を語る」（２００４年７月）１２～１４頁
14 注１３，３４頁
7
④ 個人差
誰でも同じように感じる騒音と異なり，低周波音では，低周波音を感じる人と感じない人がいる。感覚閾値（音を感じる下限の値とされる。）について個人差があることが分かっている 15。この点，１９７８年に作成された環境庁委託業務結果報告書では，特に敏感な被験者は「健常者」（注・同報告書の表記による。）よりも２０％程度も感覚閾値が低かったと報告されている。
⑤ 距離減衰
騒音は距離が長くなるに連れて減衰が顕著であるが，低周波音はかなり遠くまで届く。
⑥ マスキング
低周波音被害者は低周波音を感じると窓を閉めるのではなく，窓を開ける行動をとる。これは低周波音が普通騒音によってマスキングされ緩和されるためだと思われる。
⑦ 隔壁
騒音は吸収・反射が著明であるが，低周波音は貫通性・回折性が高い。そのため，通常の隔壁対策をすると普通，騒音の低下によってマスキング効果の低下を招き，低周波音だけが到達し，逆効果となる。低周波音に対しては耳栓も効果がなく，むしろ，耳栓により騒音が小さくなる結果，低周波音がより顕著となり被害が悪化することもある。
⑧ 外因性
低周波音による症状は，被害者が家を出て他所に出かけるなど暴露環境から出ると症状がなくなり，暴露環境に戻ってくると症状が出る。よって，外因性の疾患であることは明瞭である。
「１ はじめに」で述べたとおり，工場のポンプやコンプレッサーなどの工場機械が発する低周波音や超低周波音を含んだ騒音や振動によって耳鳴り・頭痛・めまい・吐き気・肩こり・イライラ・不眠・動悸・圧迫感などの自律神経失調症様の症状を訴える低周波音被害者が多数存在することは既

“15 永年研究を重ねている汐見文隆医師は，「左脳受容説」を唱えている。これまで騒音として聞き流していた騒音（機械音）をある時から「意味のある音」として左脳で感知し始めることによって低周波音症候群を生ずるという考え方を示している（汐見文隆著「左脳受容説―低周波音被害の謎を追う」）。この説によれば，低周波音を感じるかどうかに個人差があることや一度聞こえ出すと過敏化することなどがよく説明できる。”

知の事実である。特に，被害が振動などの体感に由来することには注意が必要である。
被害者は，低周波音に暴露した時の聞こえ方を「耳に聞こえる」ではなく，「脳で感じる」「脳に響く」などと独特の説明をする 16。重篤な場合は脳などを揺さぶられる感覚を訴え，これを「脳味噌が揺すられる」などと表現する。これらは，低周波音被害が聴覚由来のものではなく，体感由来のものであることを示唆している。
いずれの場合も感じる人はごく一部であり（風車による低周波音被害の場合は被害者が広い範囲に及んでいることがある。），被害を訴えても理解されず，孤立しているのが特徴である。

（注）風車音での予測は、点音源として扱われて、音の指向性や音圧の変動に関しては考慮されない。これでは、被害の原因が不明となるのは当然です。風車音がどのようにして発生するかを解明する必要があるのです。それが無いと、風の向きや、音圧変動の影響が分からないのです。

(2) 低周波音の生理的な影響に関する調査

低周波音による生理的影響の有無について，環境省（２００１年１月まで環境庁）は昭和５１年度から調査を始めたが，昭和５０年代には低周波音の生理的・心理的影響について明確な結論を得ることができなかった。

その後，低周波音を評価するためのG特性がISO７１９６で定められたこと，低周波音を測定する機器が開発されたこと，新幹線のぞみの低周波音問題などで社会的な関心が高まったことなどから，平成１２年度には自治体向けの低周波音の測定マニュアルを配布し，地方自治体を通じて新しい知識や技術に基づいて再調査を行っている（「低周波音防止対策事例集」環境省・２００２年３月）。

こうした成果を踏まえ，平成１４年度には，低周波音対策検討調査報告書で，「低周波音が直接知覚されることによって不快感が発生する場合がある。不快感以外に，短期的な生理反応と長期的な生理影響があるかどうかについては議論があるが，良好な環境を維持するためには，不快感を除去することがまず必要である」（５０頁）と述べているが，他方で，１００ヘルツ以下の音は聞こえにくいか，音は聞こえないからいずれも生理的な悪影響は与えないという「感覚閾値論」を前提として，「閾値測定そのものがあらゆる感覚を網羅した最小値であることを考えると，感覚閾値以下で問題が起きることは非常に考えにくい」と述べている（その後，平成１５年度に行った暴露実験を踏まえて参照値の制定，「手引書」の作成へと繋がる。）。

(3) 環境省の考え方の評価

以来，「感覚閾値以下の音は人の生理に悪影響を与えない」という考え

16 注１３，３３～３４頁

9

方の下に環境省の低周波音対策は成り立っている。

環境省に提出されている平成２３年度風力発電施設の騒音・低周波音に関する検討調査業務報告書（２０１２年３月・公益社団法人日本騒音制御工学会作成。以下「平成２３年度報告書」という。）には，「騒音・低周波音による直接的な生理的影響があるという明確な証拠は認められていないが，アノイアンス（不快感）については，調査・検討の必要性が認められた」とまとめられている 17。平成２４年度の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（２０１３年３月・公益社団法人日本騒音制御工学会作成。以下「平成２４年度報告書」という。）も同様である。低周波音の被害は生理的な影響ではなく，心理的な影響に過ぎないという立場である。環境省は低周波音被害の有無について臨床医学的なアプローチをとらず，音響工学的な手法によってきた。その影響が「感覚閾値以下で問題が起きることは非常に考えにくい」という結論である。

しかし，低周波音被害は低周波音に長期間暴露したために生じる外因性の自律神経失調症候群である。疾病であるからには，その判断基準は，被害者の健康状態に目を向けた，医学的判断であるべきである 18。

低周波音被害の生理的なメカニズムについてはまだ医学的なコンセンサスが得られているとは言い難い状況ではあるが，人が低周波音を知覚していることについてほとんど争いはなく19，聴覚として聞こえ

るか聞こえないかを問わず低周波音をストレスとする自律神経失調であるという説明は十分に説得的である。とりわけ，低周波音被害者が暴露場所を出て他所に出かけると症状がなくなり，暴露環境に戻ってくると症状が出るということは，暴露と被害（症状）の因果関係を強く推認させる。
その上，様々な自律神経失調症様の症状を訴える多数の被害者が存在することは，低周波音被害者の救済の必要性と低周波音の規制の必要性を物語っている。
(4) 環境省の調査結果の中から
この間の環境省の調査報告書の中には重要な報告が含まれている。

“17 平成23年度報告書概要
18「手引書」のもとになった平成14年度低周波音対策検討調査報告書を作成した「平成14年度低周波音対策検討調査委員会」の委員に低周波音被害に詳しい医師は誰も入っていない。
委員長の時田保夫氏を始め，音響工学の専門家で占められ，臨床経験のある医師はおらず，元環境庁大気保全局長が医師資格を持っているだけである。
19 松井利仁（京都大学）著「複合低周波音の評価指標に関する考察」（2010年9月）『日本騒音制御工学会研究発表講演論文集』229頁，岡田健氏「エコキュートや風車からの超低周波音による生理的影響はなぜ起きるのか？」（2009年6月7日『消費者レポート』）など。”

① 1978年環境庁委託業務結果報告書
1978年環境庁委託業務結果報告書では，8～60ヘルツ，120ヘルツの低周波空気振動を生体に与え，様々な生体反応をみる実験が行われた。その結果について，呼吸数や心拍数の上昇，呼吸波形の変化，まばたきの増加，脳波の変化等，様々な生体反応が確認されたと記載されている。
とりわけ，過労を訴える被験者との関係では，眼振及びまばたきの増加がみられ，同時に周囲の揺れを感じる症状が確認され，感冒に罹患していた被験者では悪心，嘔吐を訴え，呼吸波形の不整，まばたきの不整と促進，心拍数の不整と減少がみられたと報告し，「一時的健康障害者では，低周波空気振動は可成り強い影響を及ぼす可能性があり，今後さらに検討していく必要があろう。」と結論付けている。低周波音に長期間暴露した場合には生理的影響がある可能性を否定できない。
② 1984年12月の「低周波空気振動調査報告書」
1984年12月，環境庁大気保全局作成の「低周波空気振動調査報告書」によれば，「一般環境中に存在するレベルの低周波振動では人体に及ぼす影響を証明しうるデータは得られなかった」と記載されている。この結論は，30人程度の被険者に30～90分の短時間低周波音を暴露させた結果から導き出しだしたもので，十分な資料に基づくものと言えるか，疑問視する意見がある。低周波音による心理的，生理的な訴えは建具のがたつきに伴う心理的なものであるという見方を示しているが，説得力に欠ける。
③ 2003年低周波音対策検討調査（中間とりまとめ）
環境省は，2003年3月，低周波音対策検討調査（中間とりまとめ）の中で，「このうち，物的苦情（振動など）は対策方法が解明され，近年減少している一方，心身にかかる苦情が多くを占めるようになっている。」と，頭痛・イライラなど心理的，生理的影響が増えたことを報告している。
(5) 複数の学識経験者による被害の指摘
環境省の低周波音対策検討委員会の副委員長である山梨大学工学部の山田伸志教授は，「筆者の

研究では，一般学生と長年低周波で苦しんだ苦情者とでは根本的に異なっている。学生など低周波音に対して特別な利害経験のない被険者では，特異な反応は見られない。しかし，苦情者は低周波音を知覚すると非常に強い拒否反応をしめす。」「低周波音を発生させると呼吸の時間間隔が短くなり呼吸数が増える苦情者が多い。低周波音あるいは，窓のがたつき音を発生させると，心拍数は毎分８０回以上に上昇し，音を止めると毎分７０回程度に下がる。心臓の鼓動は人間の意志では変えられないと思われているが，これらの苦情者は低周波音を知覚すると緊張が起こり，心拍数が上昇するという条件反射を獲得したものであろう。」と述べ，低周波音による心理的影響の存在を認めている 20。
また成蹊大学理工学部の岡田健氏は，２０ヘルツ以下の超低周波音について「通常は，人体に影響することはありません。しかし，長時間にわたってこれに曝されると，頭痛や頭重，不眠やイライラ，肩こり，胸の圧迫感，息切れ，めまい，吐き気など多種多様の不定愁訴を訴える方が少なからずいます。そして，発生源と見られるものから遠ざけると，こうした症状が軽減したり，消えたりすることから，何らかの因果関係があることは明らかです。」と述べ，人体への影響を指摘している 21。
(6) 風力発電施設のアンケート結果
環境省は平成２２年度の新規課題として風力発電施設に係る騒音・低周波音に関する苦情の有無等の実態をアンケート調査した。回答があった３８９か所の風力発電施設のうち，全体の６分の１の６４か所で低周波音による苦情が寄せられたり，要望書が提出されたりしたことがあるという結果が出た。
稼働開始年度ごとの苦情等の発生状況をみると，２００６年以降発生割合が高くなっている。また，風力発電の定格出力が大きくなるほど，また，１施設当たりの風力発電設備の設置基数が多くなるほど，苦情等の発生割合が高くなっている。
(7) 風力発電施設の騒音・低周波音に関する環境省の見解
① 平成２３年度報告書とその問題点
環境省に提出された平成２３年度報告書は，米国オレゴン州健康局環境公衆衛生事務所や米国マサチューセッツ環境保護省，カナダ・アメリカ風力エネルギー協会などの外国の見解を紹介し，環境省によるアンケート結果を踏まえ，カナダ・アメリカ風力エネルギー協会報告書，オーストリア国立保健医療研究評議会報告書，オレゴン州における風力エネルギー開発に係る戦略的健康影響評価書などの最新の文献の結論をとりまとめている。
平成２３年度報告書で紹介されたカナダ・アメリカ風力エネルギー協会報告書では，「風力発電設備からの可聴以下の低周波音や超低周波音は，人

“20「騒音制御」２３巻Ｎｏ．５（１９９９年），「低周波音問題の現状と諸外国の動向」２９７頁～
21「消費者リポート」２００９年６月７日号４頁”

の健康リスクではない」「一部の人は風力発電設備からの音をうるさく感じるかもしれないが，アノイアンスは病理学的なものではない」と結論付けている。
しかし，米国オレゴン州健康局環境公衆衛生事務所の報告（同書４～５頁）では，「①暗騒音より１０デシベル以上，あるいは屋外で３５～４０デシベル以上になると住民の健康と福祉に影響を与える，②風力発電施設からの音によって深刻なアノイアンス，睡眠妨害，生活の質の低下が考えられ，慢性的なストレスや睡眠妨害は，心臓血管系疾患などの危険性を高めることがある。長期にわたる健康影響の

多くは，夜間の風力施設からの音による睡眠妨害による，又は悪化させられる」との記載がある。
② 平成24年度報告書とその問題点
環境省に提出された平成24年度報告書は，平成22年度の「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」の成果から「一般的な風車騒音では可聴性に対する低周波数成分の寄与は小さいこと，風車騒音では振幅変調音がアノイアンスを高めていること，風車騒音の評価量としては，一般環境騒音の評価として一般的に用いられているA特性音圧レベル（騒音レベル）が適用できることなど」を指摘して，「基準又は目標となり得る『値』について，…風力発電施設を設置する場合に適当と考える騒音・低周波音の目標値について，A特性音圧レベルで35dBを提案し[22]」ている。
しかし，風力発電施設（風車）の低周波音のピークは10ヘルツ以下であること，したがってA特性であっても35デシベルを超えるような騒音は存在せず十分に規制できない，これは問題の争点ずらしではないのかとの批判がある。
(8) 諸外国の規制
環境省に提出された平成24年度報告書によれば，風力発電施設の騒音・低周波音に関する規制に限られているが，デンマーク，ノルウェー，スウェーデン，オランダ，ドイツ，イギリス，チェコ，カナダ，ニュージーランド，オーストラリアの規制例を調査している。
ドイツ，デンマークなどでは我が国の環境基準のように騒音の基準値を定めており，フランス，ニュージーランドなどでも基準値を定めている。いず

“22 35デシベルは，A特性で補正することによって，低周波音について，実際の音圧より低い音圧で評価した値である。したがって，実際の音圧はより高い。注3参照。”

れも多くはガイドラインまたは公的文書（イギリス）による規制である。
(9) 判例
判例では，甲府地裁都留支部昭和63年2月26日判決は，1980年からスーパーマーケット内の大型コンプレッサーなどから昼夜を問わず発生する低周波音によって不眠，圧迫感などの被害を被ったという事案であるが，「低周波音とは100ヘルツ以下の音をいうが，その中でもとくに40ヘルツから50ヘルツの周波数において苦情が多く発生する。元来，苦情の対象となる低周波音はまったく，人間に聞こえない音ではないのであって，日中は他の通常の生活音にまぎれて（これをマスキング効果という）問題にならないが，夜間，附近が静かになるころはじめて聞こえ，苦情の対象となるという性質をもっている。そして，本件被告のコンプレッサーの稼働音が，低周波音として，原告らがその居宅の居間で夜間静かになって就寝しようとするころに聞こえてくること，しかもそれは翌朝まで継続していて，長期間の音の暴露となり，原告らにかなりの心理的影響を与えている。」として低周波音の被害を認めている。京都地裁平成4年11月27日判決[23]，福岡高裁那覇支部平成22年7月29日判決[24]なども低周波音の被害は認められている。
(10) まとめ
以上のとおり，環境省は「騒音・低周波音による直接的な生理的影響があるという明確な証拠は認められていない」としているが，多くの調査結果から判断して低周波音による生理的影響は否定できない。
4 環境省の対応ー「手引書」と参照値
(1) 「手引書」の作成

環境省は，２００４年６月，「固定発生源から発生する低周波音について苦情が発生した場合に，苦情内容の把握・測定を行い，対応の『評価指針』に
23 京都地裁平成４年１１月２７日判決。本件は，繊維加工場に設置した業務用乾燥機から発生する低周波音によって隣家の住民がイライラ，頭痛，不眠，肩から指先の痺れ等の被害を被ったとして，損害賠償と操業の差止めを求めた事案であるが，判決は，被害者宅の室内における音圧レベルが感覚閾値を下回っているものの，①乾燥機から低周波音が発生していること，②被害者の症状の内容の種類並びに乾燥機の開始時期との整合性，③被害者の症状と乾燥機の作動とが連動していること，④被害者は低周波音に長期間暴露したこと，⑤被害者には多岐に渡る症状を裏付ける他の病気がないことなどから，低周波音と症状との因果関係を認めた。
24 福岡高裁那覇支部平成２２年７月２９日判決。普天間米軍基地爆音差止等請求控訴事件判決。判決は，「低周波音の心身に対する影響については，その発生機序や被害の程度が科学的に解明されているとまではいえないものの，少なくとも，上記のような知見が蓄積された現在においては，低周波音を含む騒音に曝露された場合には，低周波音を含まない騒音に曝露された場合に比して，心身に対する騒音被害が一層深刻化するという経験則が見いだされるに至ったものというべきである」と認定し，損害賠償義務を認めた。
14
基づき評価することにより，低周波音問題の解決に至る道筋を示すもの」と
して「手引書」を作成した。
(2) 「手引書」の内容
注目すべき点は，低周波音に関する苦情に対応するために，「参照値」を提案したことである。
参照値とは，建具類のがたつきや室内での不快感などについて苦情申立てがあった場合に，低周波音によるものかどうかを判断する目安となる値である。
周波数ごとに定められたもので，発生源の稼働状況と苦情内容に対応関係がある場合において，測定された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判断する。
「手引書」では，低周波音の測定を行い，まず，①発生源側の測定結果と苦情者宅の測定結果の対応関係の有無を確認し，対応関係がなければ，推定された発生源以外が原因である可能性があると判断し，②対応関係が認められた場合には，苦情者宅の測定結果を参照値などと照らし合わせて，苦情の原因が低周波音である可能性について検討する，としている。
(3) 参照値の値
心身の苦情にかかわる参照値は，参考資料図１のとおりである。
心身の苦情にかかわる参照値は，１０ヘルツで９２デシベル，３１．５ヘ
ルツで６５デシベル，８０ヘルツで４０デシベルを超えないと心身に影響が
あるとは評価しない。
(4) 参照値の根拠
参照値は，２００３年及び２００４年の２年間にわたって公益社団法人日本騒音制御工学会に委託した「低周波音対策検討調査」に基づいて作成されたものである。
これは，低周波音に対する苦情申立者と一般成人の合計２９名の被験者を実験室に閉じ込め，「気になるかどうか」と「寝室において許容できるかどうか」を調べ，そのうち一般成人の実験結果の１０パーセンタイル値（１００人の被験者のうち１０番目の人の値，つまり１０人に１人はこのレベル以下でも許容値を上回るような値）を参照値として定めたのである（参考資料図２，３参照）。

しかし，こうして得られた参照値は「聞こえるか聞こえないか」という感覚閾値論に立脚しており，この点に一番の問題がある。
15
その他にも，参照値については，基準作りに医師が参加していないことや，苦情申立人のデータは何ら生かされていないこと，短期間暴露の実験結果だけであり，長期暴露の実験が人体実験になることを恐れるあまりこのような場合に最低必要な疫学的な調査も行っていないこと，１０パーセントタイル値を採用し1割の人が許容値を超えることが予想されることなど，その手法の正当性に問題がある。
実験の方法についても，①被験者数（２９人）があまりに少なすぎる，②低周波音が「気になる」と感じたところでボタンを押し，「寝室にいると思って許容値を超えると思った時にボタンを押す」という実験を行っているが，こうした実験では被験者の受け止め方に左右され，症状の有無と関係のない感情的な「我慢できる値」しか得られないのではないのか等，問題がある。
５ 参照値の問題点
(1) 感覚閾値論の誤り
心身の苦情にかかわる参照値は，１０ヘルツで92デシベル，３１．５ヘルツで65デシベル，８０ヘルツで４０デシベルを超えないと心身に影響があるとは評価しないというものである。
これは，人が聞こえない超低周波音や低周波音は人の生理に悪影響を与えないという「感覚閾値論」を前提にしたものである。
しかし，低周波音被害の多くが低周波音に暴露した時の感じ方を，「体ごと揺すられている感じ」，「脳味噌を揺すられる」と表現したり，「胸や体を締め付けられる感じ」と表現する。「聞こえる」（気導音）のではなく，「伝わってくる」（骨導音）のである。短期間暴露の時の気導音の感じ方によって，長期暴露の時の骨導音による影響を判断するのは無理がある。
成蹊大学理工学部の岡田健氏は，音として聞こえるか聞こえないかということと，生理的影響による発症の有無の間には因果関係はないと述べ 25，「いま問題になっているのは『聞こえない音』の影響です」「脳には『音』として認識されなくても，その振動は確実に蝸牛（注：内耳を構成する機関）に伝わっているはずですから…蝸牛とつながった三半規管にも何らかの影響を与えていることも十分に考えられます」「頭痛や頭重，不眠やイライラ，肩こり，胸の圧迫感，息切れ，めまい，吐き気など多種多様の不定愁訴を訴える方が少なからずいます」と述べている 26。
25「日本騒音制御工学会研究発表講演論文集」（２０１０年９月）２１３頁
26 日本消費者経済新聞（２００９年６月７日）
16
京都大学工学研究科准教授の松井利仁氏は，岡田健氏の説明に医学的な根拠があることを示しており，２０ヘルツ以下の音が前庭器官を通して知覚されていることを認めている 27。
(2) 基準としての機能
① 被害者を切り捨てる役割
参照値は低周波音被害の訴えに対してどのように対処すべきかの回答として示されたものである。
そのため，目安に過ぎないといっても実際には低周波被害か否かの基準として機能するのはむしろ当然のなりゆきである。
したがって，被害者は苦情受付の窓口で，「あなたは低周波音の所為だと言うけれど，参照値以下なのでそのような扱いはできない」と言われ，いわば「ニセ被害者」扱いを受けている。同じ暴露状態にあっても被害を訴える人とそうでない人とがいるため，「そんなことを言うのはあなただけだ」という行政の冷たい応対に遭っている。

仮に低周波音と被害の対応関係を認めさせることができても，参照値のレベルが高いため，「この程度では許容範囲内です」と被害者としての救済を拒否されている。
参照値そのものが低周波音被害者の救済を切り捨てる役割を果たしていると言わざるを得ない。
実際に，公害等調整委員会において低周波音を原因とするものとして訴えられたもののほとんど全てが，「参照値以下である」ことを理由に，低周波音被害自体を否定されるか，または受忍限度を超えることを否定されている 28。
② 「目安」と強調するだけでは，基準としての機能を止められないこと
参照値が単なる目安ではなく基準と誤解されているとの指摘に対し，環境省は，２００８年４月１７日，環境省水・大気環境局大気生活環境室名義で，「低周波音問題対応の手引書における参照値の取扱について」と題する通知を都道府県や政令指定都市，中核市などに発している。この文書には，「参照値は，固定発生源から発生する低周波音について苦情の申し立てが発生した際に，低周波音によるものかを判断するための目安として示し
27 日本騒音制御工学会研究発表講演論文集（２０１０年９月）２２９頁
28 最近の例として，公調委平成２１年（ゲ）第２号，第５号原因裁定事件（鎌倉市の事件），公調委平成２１年（ゲ）第４号（三原市の事件）原因裁定事件，公調委平成２１年（ゲ）第８号原因裁定事件（神栖市の事件），公調委平成２１年（セ）第８号責任裁定事件。
17
たものである」と説明し，「心身に係る苦情に関する参照値は，低周波音に関する感覚については個人差が大きいことを考慮し，大部分の被験者が許容できる音圧レベルを設定したものである」「低周波音に関する感覚については個人差が大きく，参照値以下であっても，低周波音を許容できないレベルである可能性が１０％程度ではあるが残されているので，個人差があることも考慮し判断することが極めて重要である」と解説がついている。
しかし，いくら「目安」であることを強調しても，当初より被害と低周波音の因果関係判断の基準として提示している以上，環境指標的な基準値として誤解されることは勿論，被害の有無に関する基準として受け止められることを避けられない 29。
(3) 基準の高さ
参照値は諸外国の基準と比べても緩やかである。
ポーランドやスウェーデンなどは厳しい基準やガイドラインを設けている。
これに比較すると参照値はより高く，結果として緩やかな規制である。結果として被害者の切り捨てにつながっている。例えば，参考資料図430 を参照されたい。ポーランド（住宅内）では，１００ヘルツの周波数では，音圧は約３０デシベルまでという基準が設けられており，１０ヘルツという超低周波音においても，参照値が音圧９２デシベルという基準を設けているのに対し，音圧レベル約８０デシベルまでしか許容していない。また，スウェーデン（住宅内）においても，参照値が３１．５ヘルツの周波数で６４デシベルという音圧を許容しているのに対し，同じ周波数で５６デシベルまでしか許容しておらず，低周波音の発生を抑制する姿勢を示している。とりわけスウェーデンのガイドラインは，低周波音による影響として疲労感と可逆的な集中力の低下を指摘しており，人体への影響を重視したものとして注目される。
これら諸外国の低周波音に関する知見もいまだ発展途上の段階にあるが，少なくともＷＨＯが「低い音圧レベルでも休息や睡眠を妨害する可能性があることに注意する必要がある」「低周波音を含む騒音については，騒音より低いガイドライン値が望まれる」と述べていることには十分な留意が必要である。
29 参照値が単なる目安ではなく基準と誤解されているとの指摘に対し，まず答えるべきは目安の基本的な考え方であり，「発生源の稼動状況と苦情との対応関係」をまず目安の基本にすべきことである。と

ころが，手引書では「応答関係」と感覚閾値を組み合わせて「参照値」を説明したために，何が原則なのかはっきりしなくなり，当時の環境省水・大気環境局大気生活環境室は，目安に10%ほどの幅があることの説明に終始した。
30 横軸＝周波数は対数表示となっている。
18
(4) 実例との比較
① 医師の診断
汐見文隆医師は，自ら診断した被害者23名を参照値のグラフに当てはめると，18名が低周波音被害者とは認められなくなると，参照値の不当性を指摘している31（参考資料図5参照）。
② 多くの低周波音の放置
2002年6月，環境省環境管理局大気生活室が作成した「低周波音全国状況調査結果報告書」（79頁）によれば，「生活側（被害者側）における発生源別G波特性音圧レベル」に参照値を当てはめてみると，ヘリコプターと新幹線トンネル出口以外には92デシベルを超える例は一例もない。
産業用振動機・ガスタービン・ガスヒートポンプ室外機・コンプレッサー・曝気用モーター・ボイラー・集塵機・送風機・変圧器・冷凍機室外機などから出る低周波音程度では，生理的な影響は発生しないということになる。
この基準によれば，大体の機械の低周波音は問題がないことになる（参考資料図6参照）。
6 低周波音問題についての，これまでの知見の小括
(1) 公的な調査の不足
現時点では，国において，必ずしも正確に低周波音の被害が把握されているとはいえない。公的な機関による低周波音に関するこれまでの調査研究は，音響工学的な手法を中心に進められ，被害者の被害実態に関する調査が十分になされているとはいえない。また環境省は，風力発電施設（風車）から低周波音被害が出ていることを確認し，2011年度から全国約1500か所の発電用風車を対象に低周波音被害の実態を調査するなど，調査・研究に力を入れているが，これらの調査・研究においても，被害そのものについて医学的な調査が十分に行われているとは言い難い。
とりわけ，低周波音暴露者が長期暴露の結果，低周波音による生理的な影響を受けるようになるか否か，または生理的影響を受けるようになると感受性が鋭敏化するか否かについての疫学的調査に至っては，ごくわずかな民間の医師等が行っているにすぎない。
(2) 感覚閾値論と「手引書」・参照値が被害実態に即さないこと
「100ヘルツ以下の音は聞こえにくい，10ヘルツ以下の音は聞こえな
31 汐見文隆「高気密・高断熱などの防音対策が低周波音被害を助長」『建築ジャーナル』（2009年5月）

いからいずれも生理的な影響は考えられない」という「感覚閾値論」は，低周波音被害が必ずしも聴覚によってもたらされているわけではないので，実態に即さない。また，「感覚閾値論」の技術論であるG特性も，少なくともこれを低周波音被害に当てはめては，低周波音被害を切り捨てる結果になるのは明らかである。
(3) 被害実態
長期暴露して発症した者の許容値は低下する可能性があり，そのことは，低周波音に対し，平均的な人よりも，生理的・心理的に敏感に反応することにつながる。
また，被害者宅の実態としては，例えば，風力発電施設の近隣２００～５００m程度の近距離に被害者宅があること，エコキュートは隣接した住宅から至近距離に設置されることが挙げられる。

さらに，参照値は１０パーセントタイル値（許容値を上回る人が１０％にとどまる値）を用いていることから，１割の人を切り捨てる結果になりかねず，明らかに見直しが必要である。ただ，より厳格な基準値を設けるにしても，その基準値は，これ以上になれば一定割合（例えば，０．１％，あるいは０．０１％など）の人が発症するというものにならざるを得ず，基準値以下なら発症しないというものでは決してない。したがって，仮に基準に達していない場合においても，その一事をもって被害を否定するのは相当でない。

(4) 諸外国の動向

また，ポーランドやスウェーデンなどでは，日本より厳格なガイドラインが設けられ，被害防止に重要な役割を果たしている。

７ 今後国が取るべき対応

(1) はじめに

以上より，国は，正確に低周波音の被害を把握した上で，健康被害を防ぐ
に足りる規制基準を設けるべきである。

(2) 公平な調査・研究機関による被害実態調査の実施

そのためには，まず低周波音による健康被害の実態に関して調査を行うことが不可欠である。そのため，調査・研究機関においては，低周波音による健康被害を扱ってきた医師等の十分な参加が不可欠である。

また，電磁波被害や原子力行政にしばしば見られたように，調査・研究にあたる研究者が関連企業と利益供与その他の関係を有していては，公平な調査がなし得ないおそれがある。

したがって，国は，医師等を十分含むとともに，関連企業からの利益供与の有無及び内容が公開された研究者により，公正に構成された調査・研究機関を組織すべきである。

(3) 疫学的調査の必要性

国は，調査・研究機関において，低周波音暴露者が長期暴露の結果，低周波音による生理的な影響を受けるようになるか否か，または生理的影響を受けるようなると感受性が鋭敏化するか否かについて，被害者の実態を十分に踏まえた疫学的調査を行うべきである 32。

(4) 感覚閾値論の見直しと「手引書」・参照値の撤回

国は，調査結果に基づいて，「１００ヘルツ以下の音は聞こえにくい，１０ヘルツ以下の音は聞こえないからいずれも生理的な影響は考えられない」という「感覚閾値論」や，それを前提として低周波音の音圧を実際より低く評価したＧ特性，とりわけ低周波音被害に関する部分を見直し，感覚閾値論に立つ現行の「手引書」と参照値を直ちに撤回すべきである。

(5) 当面の対策

そして国は，環境省が新しい規制基準を定めるまでの当面の間，被害者を放置することのないように，暫定的なガイドラインを作成する必要がある。

ここで参考になるのが，ポーランドやスウェーデンなどの諸外国の先進的なガイドラインである。これを参考にして暫定的な基準を設けるべきである。

（注）環境省が、精密な計測を妨害し、学力の無い学者による、“風車音はＡ特性音圧レベル（20Hz～）で評価すれば良い”とする主張を拡散してきた行為についての批判が無い。これは誤りではなく、意識的な犯罪だと考える。

(6) 新しい規制基準の導入

その上で，低周波音による健康被害を防止するに足りる，新しい規制基準を早急に策定すべきである。
その際には，長期暴露して発症した者の特性を考慮するとともに，被害者宅の実態を考慮して，被害を防止しうるような立地規制や設置基準の設定が適切になされる必要がある。
このような規制は経済活動に対する直接的な規制であるから，ガイドラインのような行政計画上の基準ではなく，法的な基準として制定する必要があ
32 低周波音被害は何度も暴露すると過敏化しやすい。したがって低周波音が人の生理に与える影響を見るためには，健常者以外に長期暴露によって既に低周波音被害に陥った被害者を検査したいところであるが，長期間暴露した被害者をさらに低周波音に暴露させることはできない。
このような場合には，多くの被害者の発生状況や生活環境を調べて低周波音が人の生理に与える影響を集団的に観察して，その結果を間接的に推認することができる。こうした手法は疫学的証明と呼ばれ，公害事件などでその原因が病気を引き起こすに至る過程の全てを詳細に立証することができない時に採用されてきた（例えば，名古屋高裁金沢支部昭和４７年８月９日イタイイタイ病判決）。
21
る。
また，仮に基準に達していない場合においても，その一事をもって被害を否定するのではなく，症状などを総合的に判断して低周波音被害と認められる場合は，救済の対象とすべきである。
８ まとめ
現代人は便利さを求めて機械を使いこなし，機械の中で生活することに慣れてきた。しかし，低周波音被害者はこの機械の音に潜んでいる低周波音に苦しめられてきた。低周波音の被害者となる人は一部であり，社会的に孤立化している。最近は，家庭電化品の弱音化で高音圧の低周波音を出すエコキュートが増え，「環境にやさしい」という理由で風力発電施設の低周波音を出す風車が人家の近くに設置されている。また，家電製品の静穏化がかえって低周波音被害を出すようになったことにも留意する必要がある。
今こそ，機械の便利さの陰で泣く低周波音被害者の声をよく聞き，低周波音問題の実相を正確に理解し，かつ多くの被害者にとって，低周波音被害が生存権を脅かしかねない状況になっているという事実を直視し，被害実態を的確に把握する調査を行うべきである。その結果を踏まえて，「手引書」と「参照値」を撤回し，被害を十分に防止しうる新しい規制基準の策定，当面の対策をはじめ，必要な施策をとるべきである。
以上

（注）機械にもいろいろある。風車にもいろいろある。一般的な低周波音の問題と風車の超低周波音の問題では、大きな違いがあり、現在、日本の沿岸に作られている風車が、地域社会を根底から破壊する、超低周波音の発生装置そのものであるという認識が欠けている。

【参考資料】

図１：低周波問題対応のための「評価指針」より（環境省：低周波音問題対応の手引書（２００４年６月））

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

図２：２００３年度 低周波音対策検討調査「低周波音問題対応の手引書」作成について【概要】より（環境省）

「寝室の許容値」P10 推定曲線と苦情者のパーセンタイルとの比較

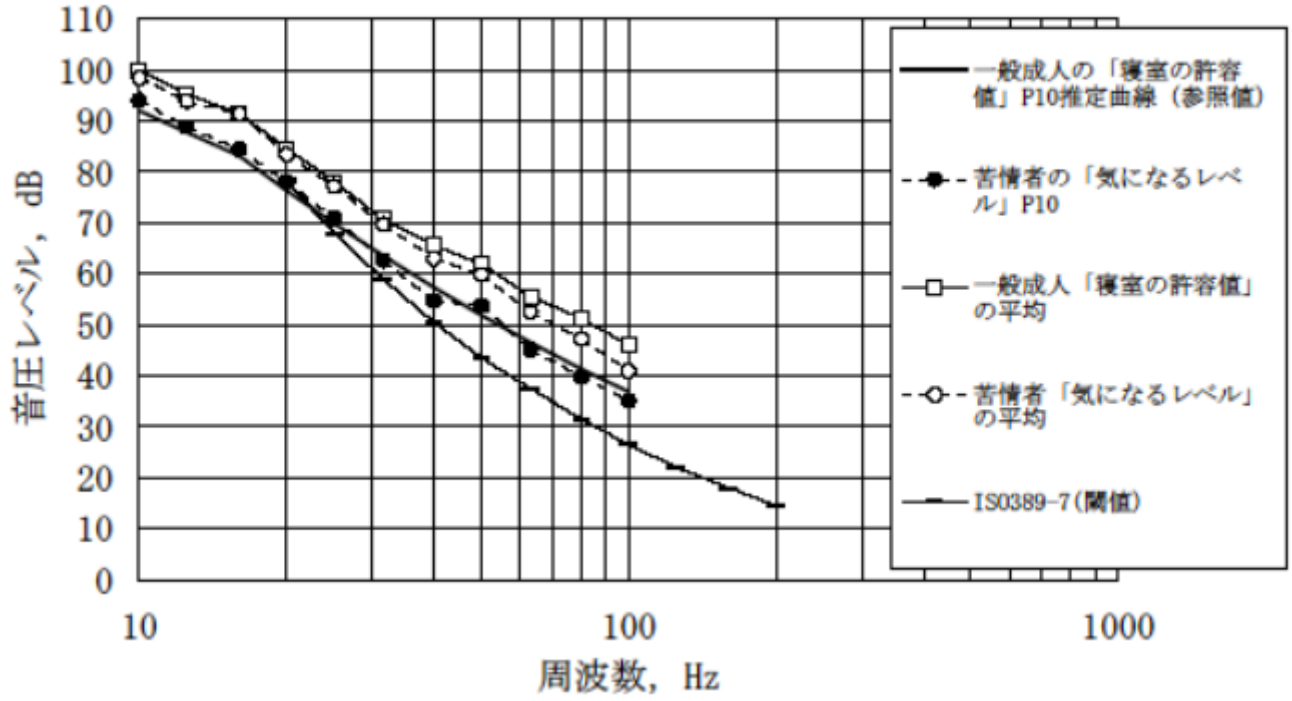


図３：２００３年度 低周波音対策検討調査「低周波音問題対応の手引書」作成について【概要】より（環境省）

一般成人 20 人における「寝室の許容値」P10 推定曲線と諸外国の推奨基準

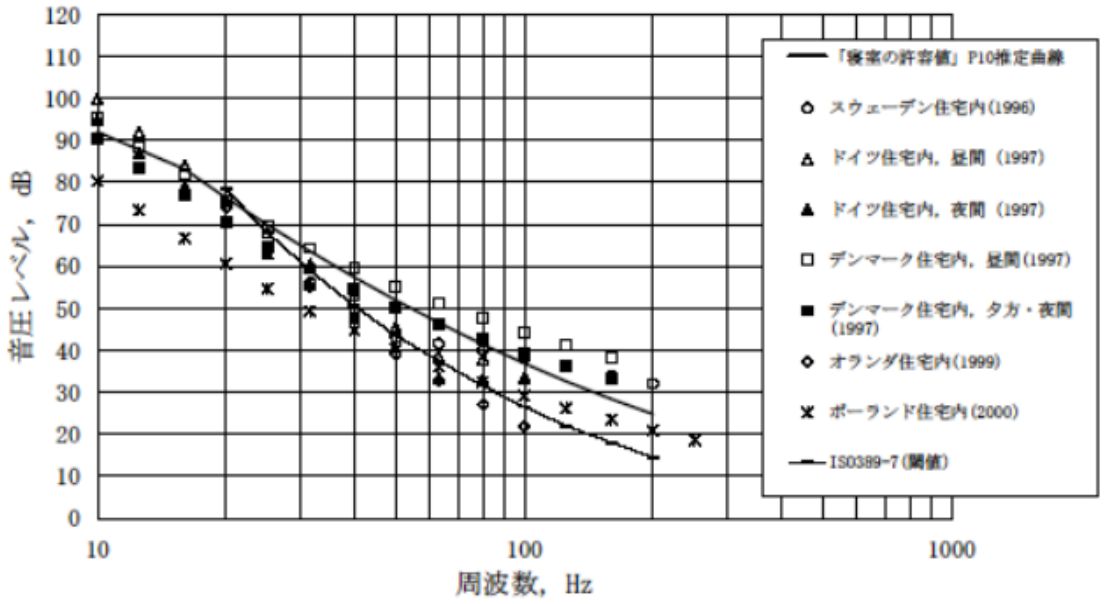


図４：諸外国の低周波音規制基準推奨基準（環境省：低周波音対策検討調査（中間とりまとめ）（２００３年３月））を基に作成

諸外国の低周波音規制基準推奨基準と心身に係る苦情に関する参照値

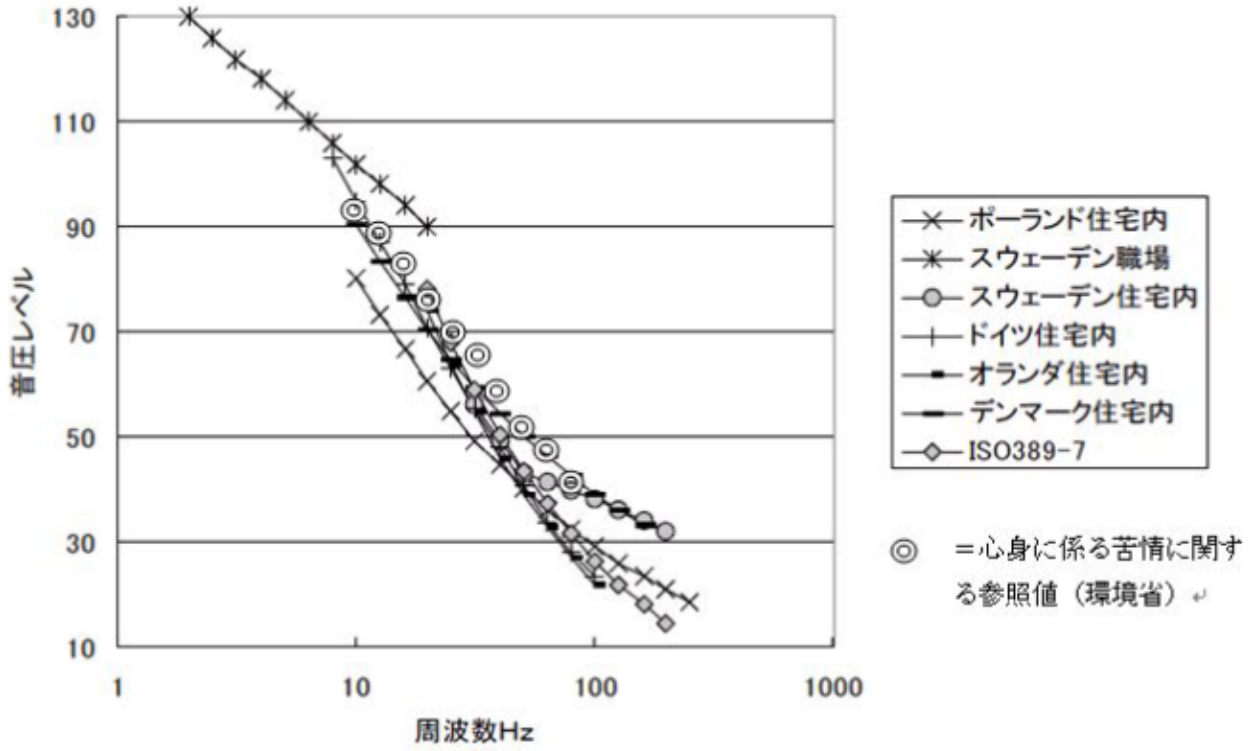


図５：汐見文隆「高気密・高断熱などの防音対策が低周波音被害を助長」『建築ジャーナル』（２００９年５月）より

低周波音被害例のピーク値と「参照値」

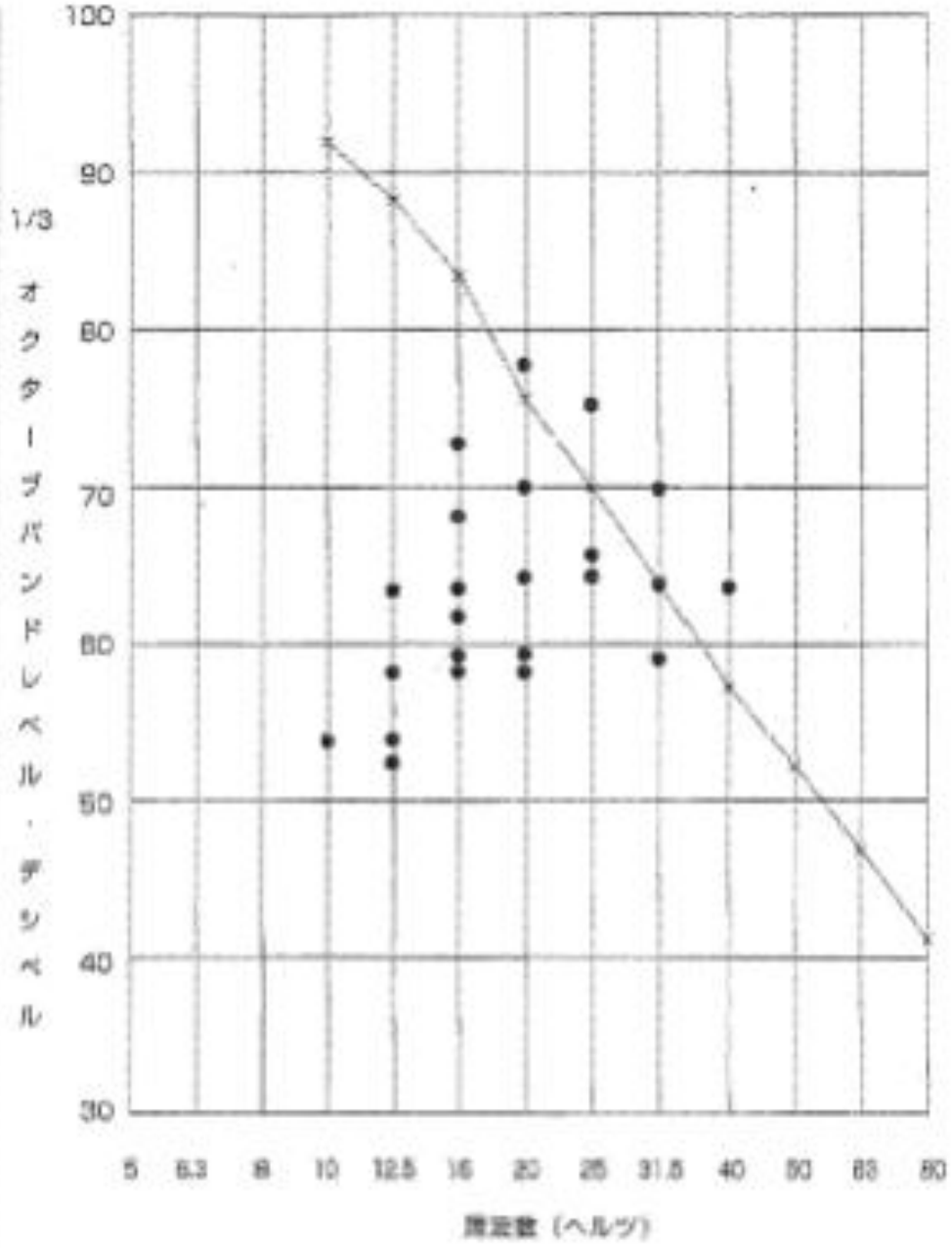
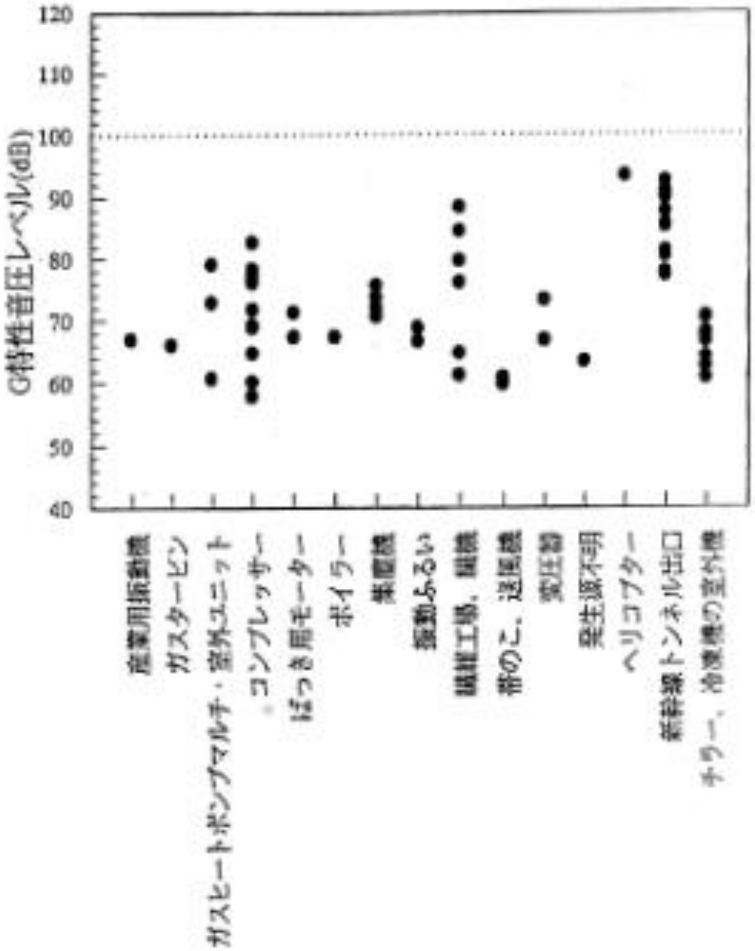


図2｜低周波音被害例のピーク値と「参照値」
低周波音による心身に係る苦情に関する参照値
（低周波音問題対応の手引書　2004年6月）
自験例の被害現場のピーク値
低周波音被害者23例の被害の現場（居間・寝室など）のピーク値
（最大の測定値を呈した周波数についてのデシベル数値）を
当てはめると以下のようになる。
●参照値に達しない被害例　18例
●参照値に一致する被害例1例
●参照値を超えている被害例　4例

図６：「低周波音全国状況調査結果報告書」（２００２年６月環境省環境管理局大気生活室作成）７９頁より



生活側における発生源別のG特性音圧レベル
（屋内、心理的苦情あり）

前川氏論文

以下、前川真帆香　氏の論文“低周波音被害の社会問題化”から抜粋：

4.2 参照値の策定方法

では、参照値はどの様にして決められたのか。

参照値を決めるにあたって、実験が行われた。「物的苦情に関する参照値」と「心身に係る苦情に関する参照値」は異なる実験に基づき策定された。これは、環境省の委託を受け、日本騒音制御工学会が実施した「平成 15 年度低周波音対策検討調査」の一環として、産業総合研究所が実施したものである。

物的苦情の参照値は障子、鉄サッシ、木製引き戸などががたつき始める最低音圧レベルを求めた実験データに基づいている（環境庁 1977）。被害者の訴えは家具のがたつきよりも心身に関するものが増え、かつその影響が明確には感知できにくいため、

心身に関する参照値の策定方法についてより詳しく述べる。心身に係る苦情に関する参照値を得るために以下の実験[5]が行われた。一般成人そして苦情者が許容できる低周波音の異なる生活場面を想定して、「居間における許容値」、「寝室における許容値」、「気になるレベル」の音圧レベルを測定した[6]。これらと共に、聴覚閾値も測定された。そして、実験室にて一般成人と苦情者に低周波音を長時間暴露し続け、「一般成人と同時に苦情者の大多数にも当てはまる」と判断された、寝室の許容レベルの 10%値に基づいている（日本機械学会　2005:55）。

5. 低周波音に関する学術的見解[7]

では、この参照値を策定する実験を行った学者は不眠、頭痛など被害者が訴える生理的被害を及ぼす問題やその原因についてどの様に考えているのか。そして、それに対して批判的な考えを示す人もいるのか。ここでは、参照値の実験を行った音響専門家山田伸治・犬飼幸男と低周波音に関する国際会議、国内の論文にて彼らの見解に反対する工学博士岡田健の見解を紹介する。なお、岡田は低周波音問題が起きている現場調査を行い、被害者の依頼で、メーカーとの交渉を行っている。そして、その活動が被害者にとって功を奏し、解決にも繋がっている。彼の低周波音の取り組みは後述したい。

[5] 聴覚閾値、許容値、気になるレベルの測定方法について述べる。聴覚閾値の測定には、低周波音実験室において、10～100Hz の純音 11 種を刺激音として提示された。許容値そして気になるレベルは、低周波音実験室にて、10～200Hz の純音 14 種の刺激音が使用されたが、被験者が自身でボリュームを調整し、許容値と気になるレベルを設定する。このとき、状況設定は事前に伝えられており、「居間の許容値」は「居間で静かに新聞を読んでいるとき」、

「寝室の許容値」は「寝室で床に就いて寝ようとするとき」、「気になるレベル」は特定の場面は想定しないことが条件としてあった。11

5.1 音響専門家山田伸治・犬飼幸男の見解

参照値は聴覚閾値をベースに、音響専門家山田伸治・犬飼幸男の研究に基づいて発表された。低周波音の感知には個人差があり、低周波音被害者は音に対して鋭敏であるため、被害が生じていると言われている。しかし、彼らは低周波音苦情者と一般人の平均最小可聴値の差は僅かであると述べ、低周波音被害者の症状は、低周波音を感知することで不快感を覚える心理的な過程から発生すると考えている。低周波音被害者は、低周波音に関して鋭敏なのではなく、音に関するアノイアンスに対して鋭敏であると考えている。そして、聴覚閾値以下の範囲では問題にならないとしている。これは、彼らが聾者を用いた実験では、聾者の閾値は健聴者の閾値が約 30dB ほど大きいという結果が得られ、低周波音は聴覚により感知していると考えているからである。

5.2 工学博士岡田健の見解工学専門家の岡田健は、参照値、そして山田、犬飼の見解について批判的な見解を発表している。岡田は、閾値をベースにしたこれらの研究は、心身が生理的症状を発症させるメカニズムとは全く関係ないと（2009:43）指摘するのである。

6 実験に参加した被験者の選出方法について述べる。被験者は一般成人と「苦情者」の許容値が測定されたのだが、一般成人は 20 歳～65 歳が対象者とされ、応募者 166 人の内、各年代から女性を 3 人、男性 1 人、そして 40 歳代の女性 1 人を加え、21 人をランダムに抽出した。苦情者は、NPO 法人「住環境の騒音・振動・低周波音を考える会」の会報を通して募った、女性 7 人、男性 3 人の合計 10 人である。この点、苦情者の被験者は女性が多かったため、一般成人の被験者も女性が多くなるように設定された。

7 海外でも議論がなされており、ポルトガルのアルベスペレイラ、カステロブランコの実験・見解について紹介する。マウスを使った実験では超低周波音・低周波音をマウスに連続暴露したところ、細胞・呼吸器官の繊毛が溶け、短くなり、不揃いになるという結果が出た。また、血管壁、胞膜、胃壁、腎臓においてコラーゲンの増殖が確認され、肺胞・心膜の壁が厚くなっていた。そして暴露していない 3 世代目に催奇性の奇形が見られたことから、妊娠時から低周波音を暴露されることの危険性を示唆するとしている。彼らは、超低周波音と低周波音は細胞の癌化を誘発する遺伝子毒性因子であると仮説的に結論づけている。「振動音響病（VA D）」という病名が定められている。ただ、マウスの実験は高い音圧レベルに暴露されていたことに起因すると反論が出されている（Leventhall 2008:3）。12
参照値はスピーカーから放射される純音を用いて得た聴覚閾値をベースにしている。聴覚閾値は、蝸牛が可聴音の物理的刺激（信号）に対し反応する場合の最低反応準位に示すものである。その聴覚前庭神経は直接脳幹に投射され、蝸牛神経背側核、蝸牛神経腹側核、上オリーブ核、下丘、内側膝状態を通り聴覚皮質へ導かれている。本神経路は音の認識を司る部位を伝搬しており、被害者の心身に発症している自律神経系並びに筋肉、特に顔面神経系や三叉神経系に関連した生理的症状を引き起こす部位には関与していない。すなわち、聴覚閾値と生理的症状の発症の間には直接的関連は認められない。同様に超・低周波数の波動についても可聴音と同様の経路をたどることは推測されるが、この経路を伝搬する超・低周波音は生理的症状を引き起こす原因とならないだろうことが推測される。もし、生理的症状を引き起こすならば、蝸牛内のどの部位でセンシングし、その判断をどの部位で行い、その信号をどの経路で自律神経系に投射するのかを解明しなければならない。しかし、蝸牛以外のその他の神経系へのつながりがあれば、生理的症状の発症につながる因果関係にたどり着けるだろう。その一つが、鼓膜張筋であり、アブミ骨筋の超低周波音に対する挙動が興味深い。この様に、参照値で生理的症状の発生を説明するには無理があると思われる。（岡田 2009: 42）

そして、低周波音・超低周波音を感知するメカニズムについての見解を発表している。前庭神経は、平衡感覚・眼球運動が正常に機能しているかどうか司る器官であるが、これが超低周波音を異物として感知し、警告を発するために健康障害が生じていると述べている（2008 年低周波音国際会議発表より）。なお、岡田は、被害が発生している 6.3～63Hz を超低周波音と定義している。

第 3 節 救済されない低周波音被害者

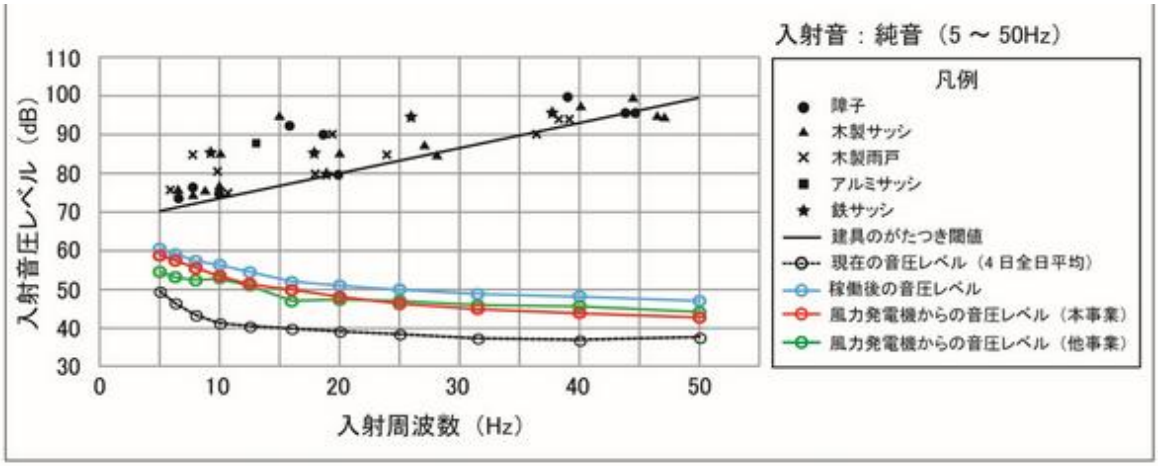
1.はじめに 岡田が述べているように、低周波音問題は参照値近傍もしくはそれ以下の領域にて起こっている。低周波音の手引書には、参照値未満の場合は騒音領域の問題、地盤振動であるかどうかなど、被害者の訴えを生じさせる他の要因を探るとしている。しかし、現実には、参照値が被害者の訴えを切り捨てる基準として使われている。自己の聴覚閾値を**実験室にて経験した被害者は「実験室で使う純音と実際聞く音は全く異なる」**と、実験室に基づくデータにより策定した参照値自体が現実を反映していないと主張する。さらに、彼らはその参照値を使った測定にも問題があると指摘する。では、

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。

ガタツキ閾値

ガタツキ閾値の使われ方ですが、困ったことがあります。

ある風力発電の会社が作った資料には、２つのグラフがありました。



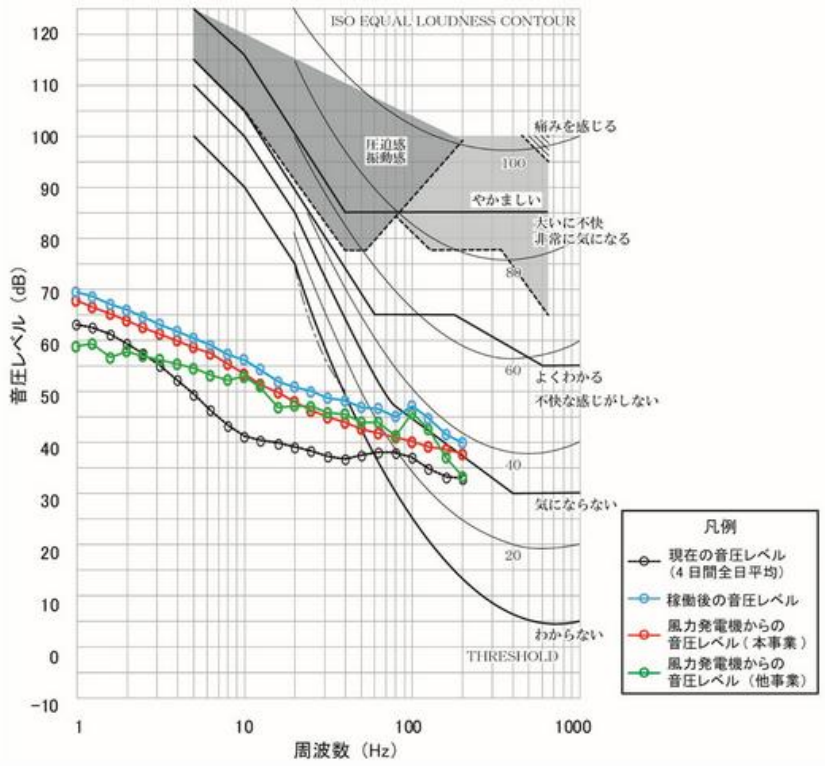
出典：「低周波音の測定方法に関するマニュアル」（環境庁大気保全局、平成 12 年）より作成

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

このグラフを根拠に、がたつきは生じませんと言いました。

そして、次のグラフをもとに、**圧迫感・振動感を感じる音圧レベル**との比較を行いました。

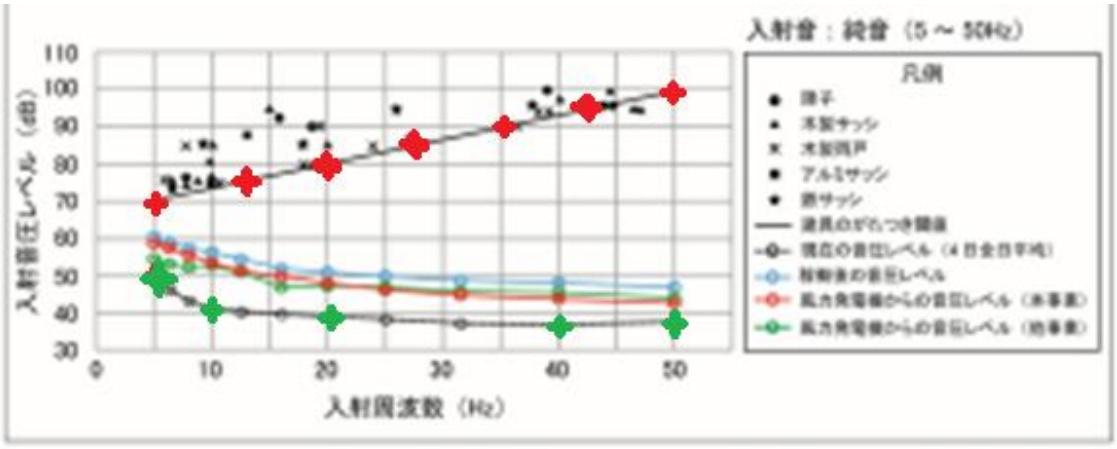
そして、圧迫感や振動を感じることは無い。と説明しました。



出典：「文部省科学研究費『環境科学』特別研究：超低周波音の生理・心理的影響と評価に関する研究班
『昭和 55 年度報告書 1 低周波音に対する感覚と評価に関する基礎研究』」より作成

図 10.1.4-8(1) 圧迫感・振動感を感じる音圧レベルとの比較結果

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。

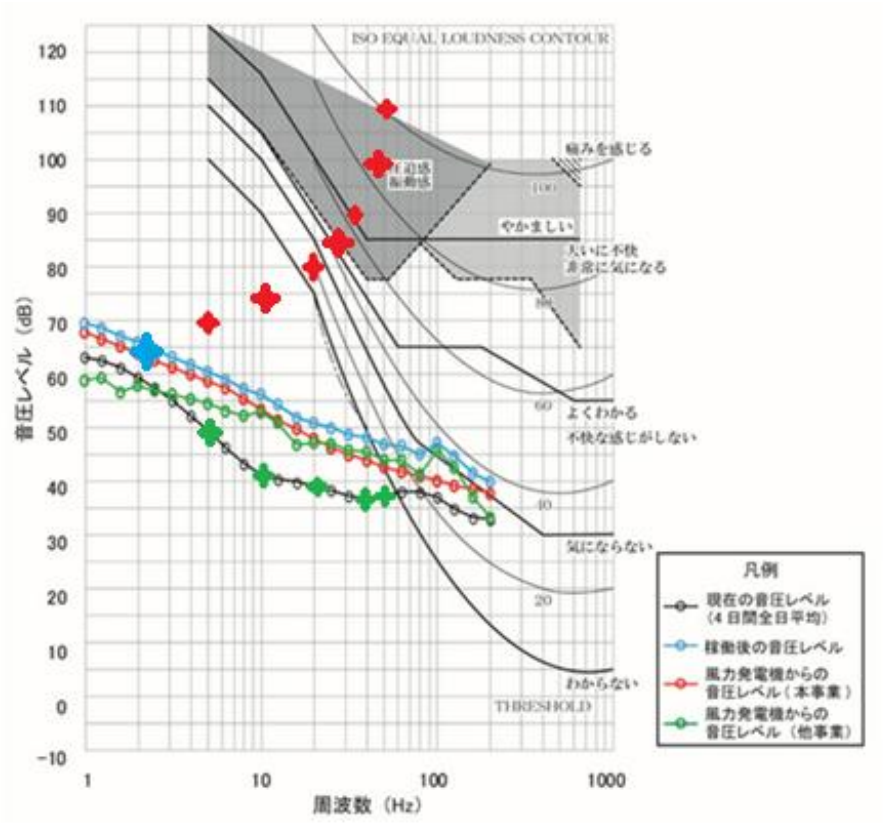


出典：「低周波音の測定方法に関するマニュアル」（環境庁大気保全局、平成12年）より作成

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）

さて、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。

でも、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、がたつき閾値の直線に対応します。



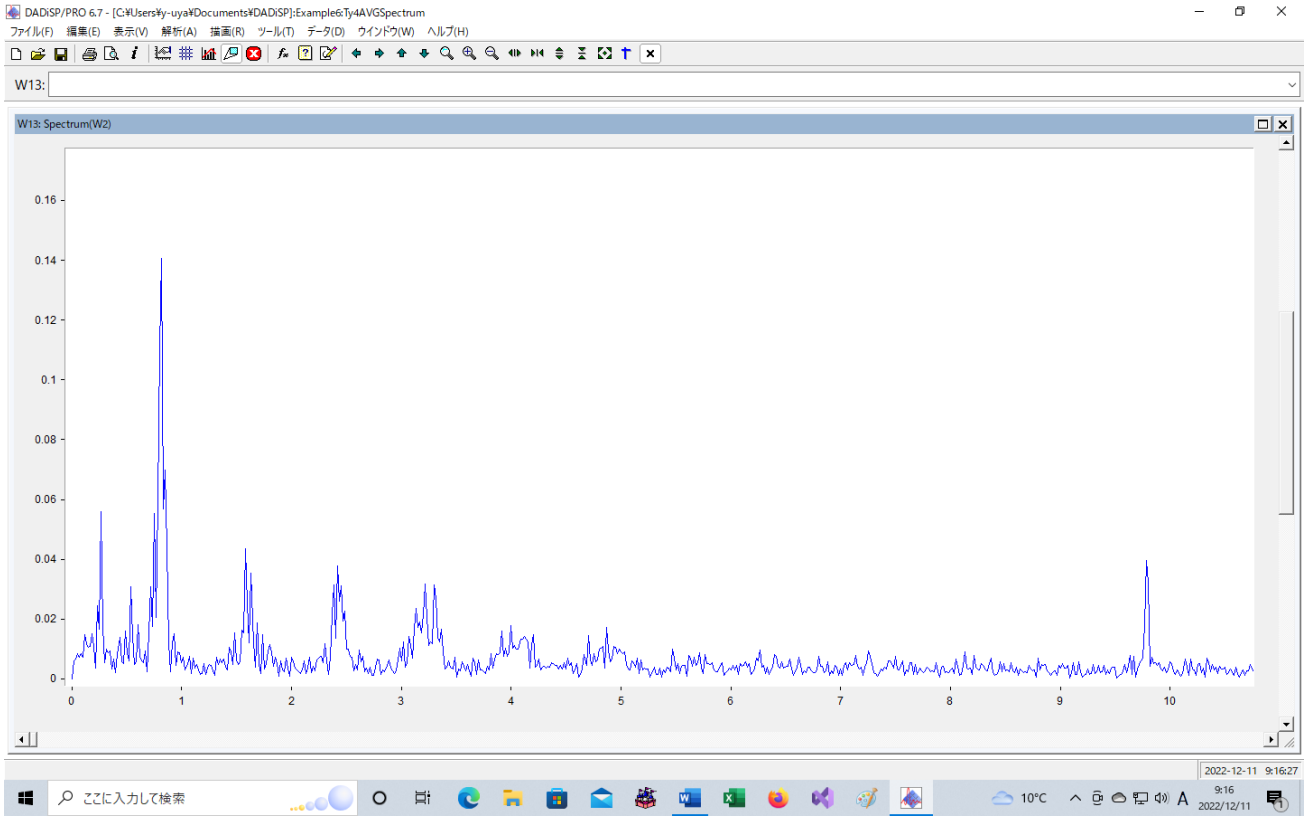
出典：「文部省科学研究費『環境科学』特別研究：超低周波音の生理・心理的影響と評価に関する研究班『昭和55年度報告書１低周波音に対する感覚と評価に関する基礎研究』」より作成

図 10.1.4-8(1)　圧迫感・振動感を感じる音圧レベルとの比較結果
（環境－①：春季全日平均）

2Hz 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含めて、振動そのものを感じます。2Hz は超低周波音（0Hz～20Hz）です。（2Hz で 65ｄB の辺りで線がぶつかります。）

“苦情者宅の測定結果を『参照値』などと照らし合わせて、苦情の原因が低周波音である可能性について検討します。”と言っても、照らし合わせるべき参照値が存在しなければ比較ができません。ですから、室内での計測を行って、共鳴や共振に関して精密に解析する必要があるのです。
精密騒音計と振動レベル計を使えば、簡単です。

さらに、超低周波音（0Hz～20Hz）の部分を詳細に検討できる形でのグラフがが必要です。



このグラフがあれば、建具や家屋の固有振動数に関連した、共鳴や共振の検討が可能になります。

上のグラフは、風車騒音（0Hz 以上）の中で特に高いエネルギーを持っている部分に関しては、ある周波数の音と、その倍音によって構成されていることを意味しています。これがあれば、共鳴、共振についての予測や計算が可能となります。

被害の報告（ペレイラ博士）

また、被害の詳細を調べて、風車音の直接的な被害の可能性を追求した研究もあります。

由利本荘・にかほ市の風力発電を考える会とＡＫＩＴＡあきた風力発電に反対する県民の会は、秋田県沖が再エネ海域利用法の促進区域に指定され、洋 上風力建設のターゲットになっていることから、この間、学習会や署名運動、県や市に対する陳情にとりくむとともに、すでに稼働している風車の健康被害についての聞きとり調査をおこなってきた。

そのなかで開かれた「ふるさとの自然と風車写真展」には、２３、２４の二日間で２００人以上が参加。同じ会場で映像による学習会もおこなわれた。

解説を担当したのはサイエンスライターの山下友宏氏で、ペレイラ博士と連絡をとって講演会の映像を使用することの承諾を得た。講演会はスロベニア で、科学者を対象におこなわれたもの。ユーチューブでも見ることができる。https://youtu.be/txUVdMkVsew 以下、その要旨を紹介する。

講演するペレイラ博士



講演するペレイラ博士

私はニューヨーク州立大学で物理学士、フィラデルフィアのドレクセル大学で医用生体工学修士、そして新リスボン大学で環境科学博士の学位を取得した。騒音から細胞、健康までカバーする学問を学んできた。

まずはじめに、病気の原因となる低周波音・超低周波音（以下、低周波音と略）についてお話しする。低周波音は空気を通して伝わる圧力波だ。その周波数は常に一定のものではなく、時間の経過で変化する。振幅も変化する。

音圧は、単位面積当たりの力であらわされる。ＷＨＯ（世界保健機関）は「生物によらない機械的な力」と呼んでいる。耳に聞こえようが聞こえまいが関係ない。ここが低周波音の難しいところだ。耳に聞こえる騒音と低周波音はどこが違うのだろうか。

基本的には、波のピークとピークの間の長さが違う。低周波音はピークとピークの間がとても長い。一方、耳に聞こえる周波数の音（可聴音）は、それが短い。

たとえば耳によく聞こえる３０００ヘルツの音の場合、ピークとピークの間の長さは数㌢㍍だ。人間の聴覚で聞こえる一番低い２０ヘルツを見てみると、ピーク間の距離は１７㍍だ。

騒音を防ぐために壁を作ろうとすると、その騒音の波長と同じ厚さが必要になる。２０ヘルツの騒音を防

ごうと思ったら、１７㍍の厚さの壁が必要になる。さらに騒音が１ヘルツだった場合、３４３㍍の厚さが必要だ。低周波音の問題はここにある。低周波音は壁を突き抜け、地面も突き抜ける。だから人間の健 康にとって問題となるのだ。

私たちの目に見える光についてはよく知られており、とても細かく分類されている。紫外線、エックス線、ガンマ線といった目に見えないものもある。目に見えなくても、私たちの健康には影響する。

音も同じことだ。音の場合、可聴音、低周波音、超音波がある。私たちの研究チームは、耳によく聞こえない低周波音を研究している。低周波音研究の 難しさは、音の場合、聞こえる音と聞こえない音がいっしょくたにされていることにある。音の場合、可聴音と低周波音があっても、光線のように細かく区別されているわけではない。身体の組織によって、影響を受ける周波数が違う。低周波音の人体への影響を研究するうえで、ここが大きな問題だ。

古代ギリシャの時代から、大きな音が聴覚にダメージを与えることはよく知られている。これまで人類は可聴音から身を守ることに一生懸命になってき た。人間の話し声は、だいたい５００ヘルツから１万ヘルツの間だ。このあたりの周波数の騒音から耳を守ることだけを考えてきたわけだ。

そして騒音から守ろうとしてきたのは、聴覚だけだった。身体そのものを守ろうとはしてこなかった。また、これまでずっと、耳に聞こえない音は身体 に害を与えないと考えられてきた。だが、エックス線は目に見えないが、人体に害をおよぼす。そもそも五感で認識できるものだけが身体に害を与えるという考え方は間違いだ。ウイルスは目に見えない。目に見えなくても人体に有害な物質はたくさんある。騒音に関してだけ、耳に聞こえる音だけが有害というのはおかしな理屈だ。

騒音を測定するときに使うＡ特性は、騒音から聴覚を守るために考え出されたものだ。Ａ特性で測定した場合、１０００ヘルツから１万ヘルツでは、測定値と実際の大きさとの差はゼロだ。目的が騒音から聴覚を守ることなら、Ａ特性になんの問題もない。

しかし１０ヘルツまで下がってみると、測定値は実際の音の大きさより７０デシベル少ない。１００ヘルツ以下（低周波音の領域）では、Ａ特性はまったく不正確だ。こうしたやり方で「聞こえないんだから害はないですよ」といって正当化している。

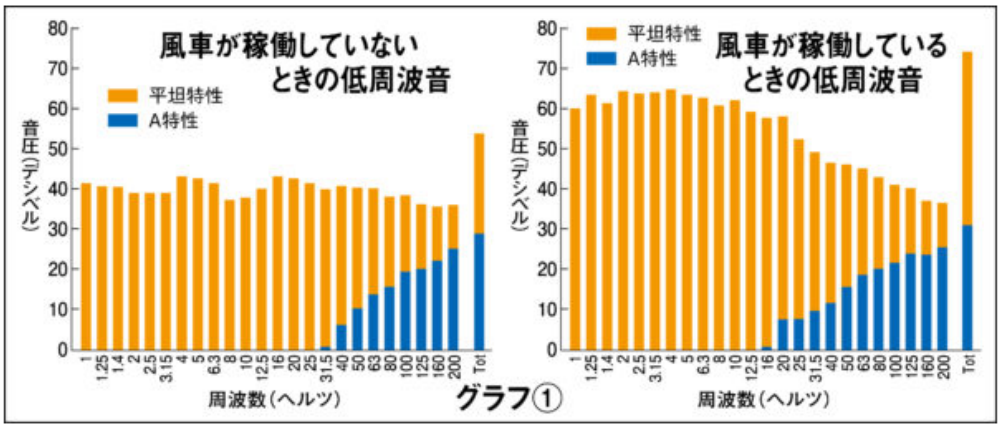
だが、実際には人体に害が出ている。この実際の音の方は世界中、どこの国の法律でも考慮されていない。ただロシアには、都市部に限って超低周波音に関する法律がある。

最近、私たちのチームは新しい測定機器を使い始めた。今はこの機器を使って平坦特性で測定している。これを使うと低周波音領域でも測定値と実際の 音のレベルの差はゼロだ。これが病気の原因を突き止めるための科学的な手法だ。これで測定すると、耳に聞こえる騒音は同じでも、人体はもっと大きな音響エ ネルギーにさらされていることがわかる。

風車によってミンク大量死　デンマークの農家

次にデンマークのミンク農家について話す。高級なコートにする、あのミンクだ。その農家が風車の低周波音にさらされた。もはや住居には誰も住んでいない。所有者はミンクの世話をするためにここに通っている。

私たちは二カ所で騒音測定をおこなった。古いタイプと新しいタイプのミンク小屋の２カ所だ。グラフは、右が風車が回っているときで、左が回っていないときだ【グラフ①参照】。



グラフ①

法律が定めている測定方法（Ａ特性）で計ると、黒い部分だけが測定された。普通、騒音測定といえばこれしか使わない。風車が回っていてもいなくて も、Ａ特性ならたいした違いはない。回っているときの方が大きな音響エネルギーにさらされているわけだが、これではそれはわからない。平坦特性で測定した のが灰色の部分で、これが実際に存在する音響エネルギーを示している。

さらに私たちが使っている新しい測定機器は、０～６００秒まで、つまり１０分間の時間の経過をあらわすことができる。風車が回っているときと回っていないときの１０分間の音響環境の変化をあらわす図を見ると、風車が回っている方の図は黄色から赤になっている（赤になるほど音が大きいことを示す）。

そして、黄色い部分は「フーッフーッフーッ」と断続的な線になっている。私たちは、生物の反応を見るうえで、このパルスが重要だということを発見した。

風車騒音は周期的だ。これは数学でいうとハーモニックシリーズ（調和級数）に当てはまる。そして、自然界にある音がハーモニックシリーズになることはない。

空軍基地で振動音響病多発　ポルトガル

次に振動音響病について話す。私は振動音響病にかかわって３０年になる。この研究はどうやって始まったか。

１９８０年にカステロ･ブランコ博士がポルトガル空軍基地の主席医務官に就任した。博士は基地内の様々な場所に行って、そこで働いている人の健康状態を調べた。

飛行機はメンテナンスが終わると試運転をしなければならない。飛行機が動かないように固定して、エン

ジンのテストをする。その最中、たくさんのスタッフが飛行機の周りでチェックリストを手に観察する。

ある日、博士はこの試運転の様子を見ていた。すると突然、一人のスタッフがフラフラと飛行機のエンジンに向かって歩き出した。その人は他のスタッ フにとり押さえられた。試運転が終わると、博士はスタッフに「さっきはなにが起こったのか？」と尋ねた。するとスタッフは「ああ、よくあることなんです。 なぜかはわかりませんが。１９６０年代にはとり押さえそこねて死んだスタッフがいましたよ」と答えた。博士は驚いていった。「そんな病気を持ったスタッフ が働いているんですか」

ポルトガル空軍基地は１９１８年に作られた。１９５０年以降に勤務したすべての人の病歴は、基地の医療センターに保管されていた。博士はその資料 に目を通し、そこで働く人の１０％が遅発性てんかん（大人になってから発症する）と診断されていたことがわかった。全人口に占めるてんかんの割合は０・ ２％だ。

飛行機のような巨大な機械の仕事をする人が、てんかん発作を起こすようでは困る。そこで１９８０～１９８６年に調査がおこなわれた。ブランコ博士 は病理学者で、解剖して組織を顕微鏡で調べるのが仕事だ。彼は死因を解明するために遺体を解剖したいと考えた。解剖の重要性をよく理解しているスタッフが いて、解剖に同意すると遺書に書いた。１９８７年、そのスタッフが死に、ブランコ博士は解剖をおこなった。

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）

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。

患者がもし女性なら、なにが起こるか？ 「ああ、お子さんが巣立ってヒマなんでしょ。ネットで調べて、病気だと思い込んでいるだけですよ」。

これはアイルランドのダブリンの法廷で、振動音響病を発症していた５２歳の女性が実際にいわれたセリフだ。

呼吸器の病理学について。これまでにのべたのは、航空技術者に起きたことだった。つまり職場での騒音暴露だ。そして喫煙者も非喫煙者も同様に呼吸 器の病気になった。それを解明するためにラットによる実験をおこなった。人と同じ条件にし、１日８時間、週５日間暴露し、週末は暴露しないようにした。

ここでもまた、肥厚が起きていた。今回は肺の壁の肺胞だった。酸素と二酸化炭素を交換するところだ。ラットはタバコを吸わない。これは騒音のせい で起きたことだ。また、気管の空気が通るところには繊毛と刷毛細胞があるが、騒音に暴露したラットは繊毛がなくなっていた。騒音に暴露されると、刷毛細胞 は徐々にくっついて結合し始め、さらに結合してついには死んでしまった。

ラットの耳の中も調べてみた。音が聞こえると、基底膜が動き、それにつれて繊毛が振動して、その上の蓋膜に触れるために、聴覚神経に情報が伝わ る。これは正常な耳の機能だ。人もラットも歳をとると耳が遠くなるが、それは繊毛がなくなるからだ。では、騒音に暴露されるとどうなるか。繊毛と蓋膜が結 合してしまっている【写真②参照】。繊毛同士も結合している。



写真②　騒音・低周波音に暴露したラットの耳の中。繊毛と蓋膜が結合してしまっている

写真②　騒音・低周波音に暴露したラットの耳の中。繊毛と蓋膜が結合してしまっている

この状態で音が聞こえれば、基底膜が動くが、引っ張られて自由に動くことはできない。そこで私たちは、低周波音に暴露した人が騒音に大変敏感になるのはこのためではないかと考えた。心因性のものではなく、器質的基盤がある（器官が損傷して病気になっている）ということだ。

低周波音に暴露した人は聴覚に影響を受ける。この聴覚の異常は、大きな音を聞いて難聴になる異常とはまったく異なる。難聴の人はテレビのボリュームを上げるが、低周波音暴露の人はボリュームを下げる。少しの音も我慢ならないからだ。

正常なラットの場合、「チュッ」という音を嫌がり、キョロキョロと警戒する。ところが低周波音に暴露されたラットは、「チュッ」という音に震え上がり、後ろ足で立ってひっくり返った。低周波音暴露の場合、てんかんの発作とよく似た反応を示す。

低周波音暴露の患者は、「朝、起きたとき疲れている」とか「騒音が我慢できない」とよくいう。音楽もだ。騒音が耐えられない人たちは社会から孤立する。スーパーでは冷蔵庫や冷凍庫の音が耐えられない。

「家の中で体調を崩した」　穀物倉庫の低周波音

さて、住居内の暴露ではなにが起こるだろうか。当初私たちは、低周波音に住居内で暴露したと訴える患者に対し、非常に懐疑的だった。私たちは航空産業について研究していたので、家の中なんてそんなすごい騒音が聞こえるわけないじゃないと思っていた。

ところが２０００年、電話をかけてくる人が何人かいた。「家の中の騒音で体調を崩した。どうしても来てください」。行ってみるとその家に住む人たちは航空技術者と同じ騒音にさらされていた。場所はポルトガルのリスボン、テージョ川の近くだ。家のベランダから見ると、巨大な穀物倉庫が川の向こうに 建っていた。アームが伸びてきて横付けされた船から穀物を吸い上げてサイロに保管したり、反対にアームが穀物を吐き出して船に積んだりしていた。家の中で 測定してみると、騒音レベルはとても低かった。しかし医学的な診

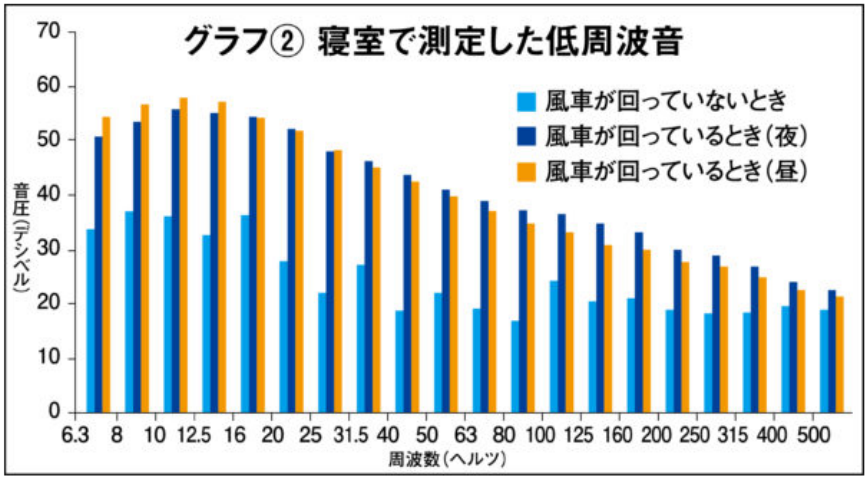
断テストをやってみると、航空技術者と同じ症状だとわかった。

この家に住む女性は妊娠していた。工場や飛行機に対し、夜１０時か１１時以降は稼働を禁止せよというＥＵ指令があるが、この女性が妊娠したのは、 このＥＵ指令ができる前だった。穀物倉庫は１日中稼働していた。調べてみると、仕事中の暴露に比べて家の中での暴露は、振動音響病の臨床ステージの上がり 方が速いことがわかった。時間経過による重症化が速いのだ。家の中では睡眠をとるし、滞在時間も長いので、暴露する時間が長いからだ。家の中では逃げ場が ない。

次は風力発電の低周波音被害の話だ。これは私たちが２００７年にはじめて発表した風車騒音のケースだ。

被害者の自宅から８００㍍のところに風車が４基建っている。４基は２００６年１１月に稼働開始した。２００７年３月、両親は息子の学校の教師から 手紙を受けとった。「お子さんになにかあったのですか？ 優秀だったのに、成績がどんどん落ちています。やる気がなく、体育の時間も元気がありません。 ちゃんと睡眠をとっていますか？」。風車の稼働から６カ月、両親も体調を崩していた。

そこで私たちが呼ばれ、低周波音の測定をした【グラフ②参照】。測定場所は寝室だ。こういう場合、普通は家の外で測定する。でも外で寝る人はいない。食べたり生活したりするのは家の中だ。人体への影響を知ろうと思えば、家の中を測定すべきだ。



被害者は風力発電の会社を相手に裁判を起こした（２００７年）。２０１３年、ポルトガル最高裁判所は４基すべての稼働停止を命じた。四基は停止に なったのだが、事業者はそれまでに新しい風車を建てていた。被害者はそれ以上の裁判をするお金がなくなった。デンマークのミンク農家と同じように、被害者 もこの家を出たが、馬の世話のために通わなければならなくなった。

すると、置き去りになったすべての馬がボクシーフット（屈曲肢変形）になった。風車が稼働するまではなんともなかったのに。子馬のときに連れてこられた馬もなっていた。先天性ではないのだ。

最後にお見せする写真はショッキングなので、あまり講演会ではお見せしないものだ。きょうお越しの皆さんは科学者なので、情報提供のために見せる。

これは妊娠中に低周波音に暴露したラットの、奇形の胎児だ。これはミンク農場で、死亡したミンクの胎児を詰め込んだ冷蔵庫だ。弁護士が、低周波音 被害の証拠として保存するようにいったそうだ。通常、ミンクがこんなに大量に死亡することはない。被害者の男性は、３０年間ミンクの飼育をしてきてはじめてだそうだ。

これは風車が原因ではないが、母親が低周波音に暴露したひよこの胎児だ。生育不能卵だった。低周波音のためにそうなったのだ。

次はドイツの話だが、被害者宅から２㌔㍍の範囲にたくさんの風車が建っている。被害者がここに来たときは、高さ７０㍍の小さい風車が２基だけだった。今稼働しているのは２３００㌔㍗なので、それよりずっと高い。眺めのいい寝室は使っておらず、今は地下の倉庫を寝室にしている。低周波音が耐えられな くて、倉庫を寝室に作り替えたのだ。

最後はアイルランド。この家にはもう誰も住んでいない。風車の低周波音のせいだ。ここで暮らしていた９歳の息子がてんかんと診断された。さらに１ ９歳の息子はＰＴＳＤ（心的外傷後ストレス障害）と診断された。先に紹介したデンマークのミンク農家の主人もＰＴＳＤと診断されている。

以上、気の滅入るような内容だったが、３０年以上の研究の結果得られた科学的事実である。

風車被害の内容との関連を持っている数値が必要です。低周波音での被害の特徴は、
A procedure for the assessment of low frequency noise complaints
（Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD）の表を見ると分かります。
表 II:選択された症状を報告している LFN 苦情申立人の数。

健康問題	回答者数	回答者の割合
睡眠障害	11	92%
ストレス	10	83%
フラストレーション	9	75%
眠りにつくのが難しい	8	67%
不安	8	67%
疲労感	7	58%
耳や体の圧力や痛み	7	58%
頭痛	7	58%
身体の振動や痛み	6	50%
頻繁な刺激	5	42%
不眠症	5	42%
うつ病	4	33%
片頭痛	3	25%
腹部症状	3	25%
慢性疲労	2	17%
自殺	2	17%
耳鳴り	1a	8%

a）回答者は、耳鳴りではなく副鼻腔炎が耳鳴りに起因すると回答した。

うるさくて、睡眠障害になるだろうとの予測は誰でも思いつくでしょう。
でも、“耳や体の圧力は痛み”、“体の振動や痛み”と言う項目は、聴覚で捉えた音の影響と解釈するのは難しいです。
これらをひっくるめて、アノイアンスとか、不快感で済ませてはいけません。細分化すれば、風車騒音（0Hz 以上）の性質との関係性が明確になるのです。

圧迫感

圧迫感についての新しい研究にも注目すべきです。

これを風車音との関連で考えるには、超低周波音によって人体に掛かる気圧の変動と、その特徴を確認することが大切になります。新しい精密騒音計で超低周波音の領域まで正確に測れるものが必要です。他の環境騒音との比較が出来るためには、20ｋHz までの解析が出来なくてはなりません。さらに、周波数分解能を高くするためには、大量のデータを扱える PC も必要です。

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

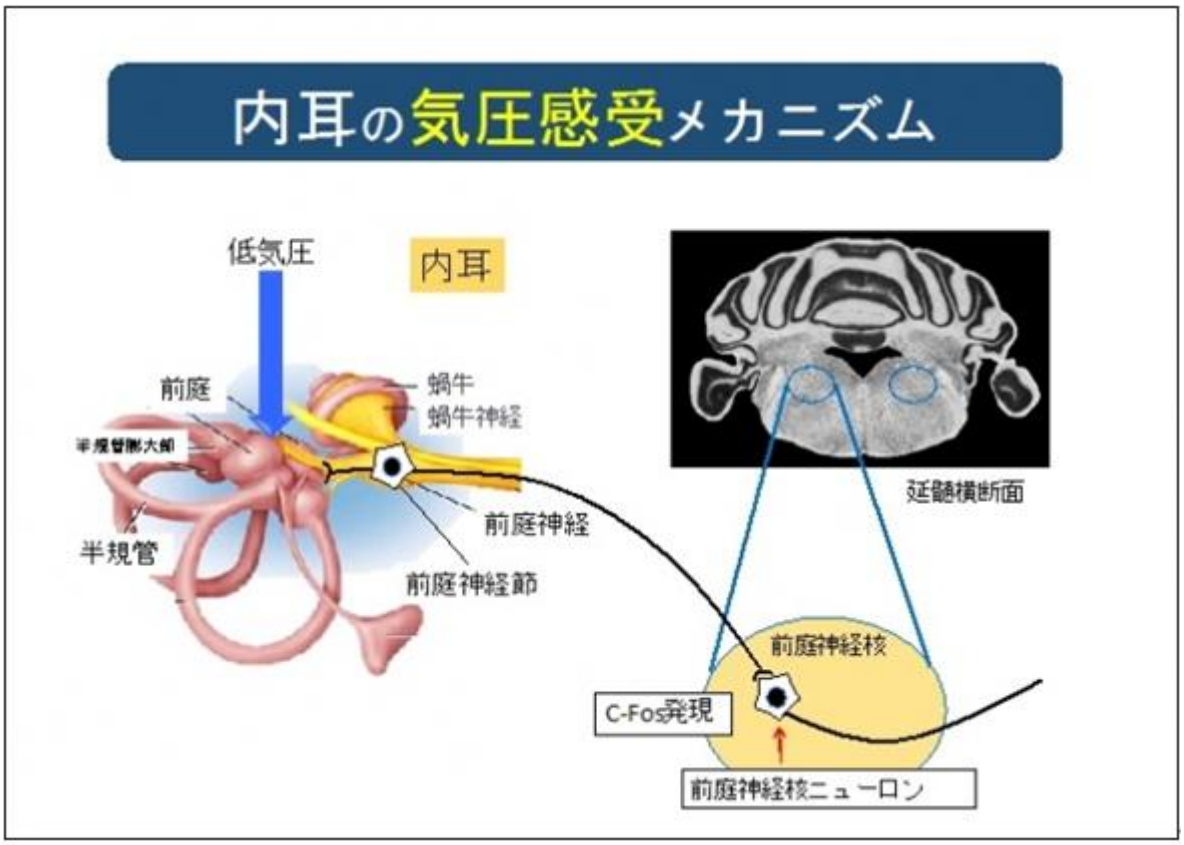
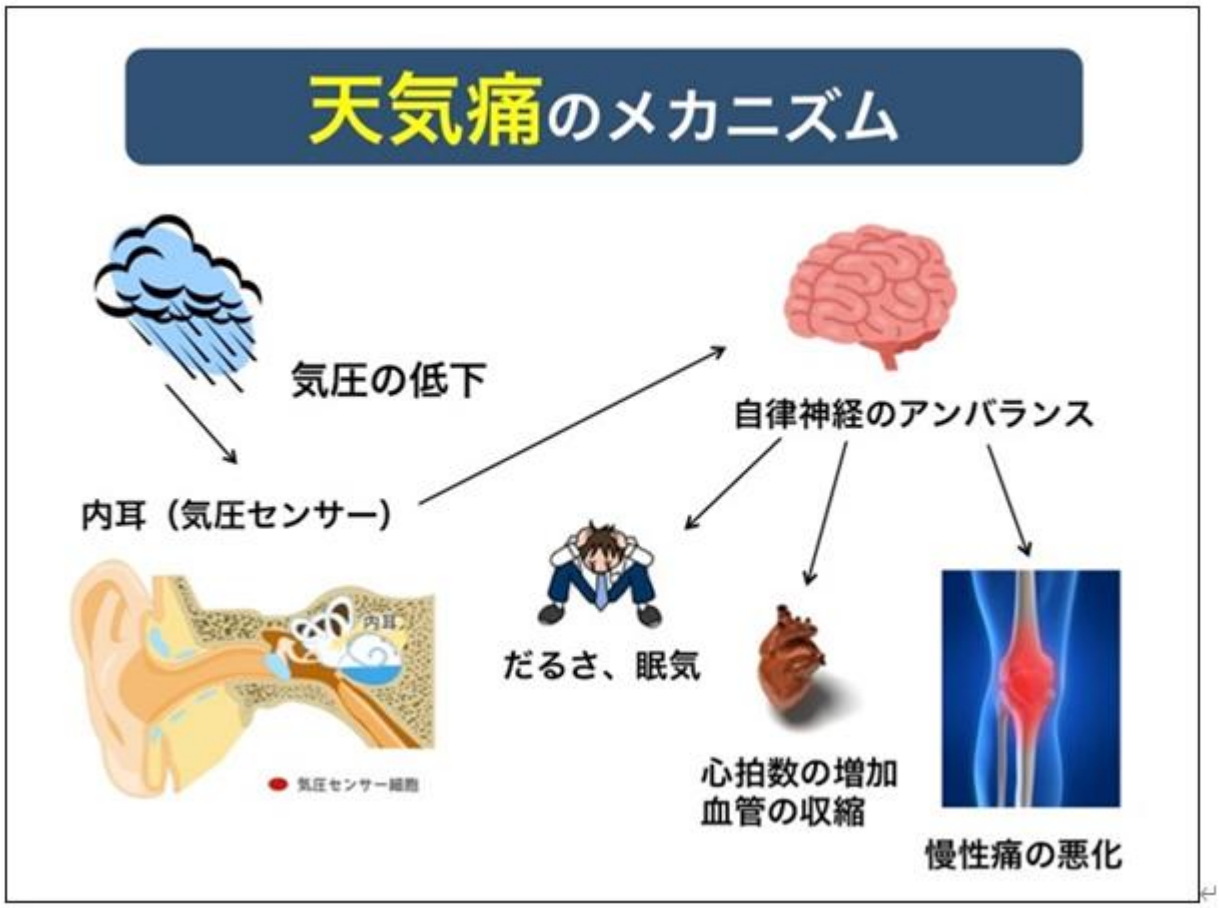

内耳の気圧感受メカニズム
低気圧
内耳
前庭
蝸牛
蝸牛神経
半規管
前庭神経
前庭神経節
延髄横断面
前庭神経核
C-Fos発現
前庭神経核ニューロン

図 2


天気痛のメカニズム
気圧の低下
内耳（気圧センサー）
自律神経のアンバランス
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。

また、心配しすぎのような気もしますが、幅広く調査、研究をする意味で、
参考文献“泡のエンジニアリング”（株式会社テクノシステム　発行）にあるような、音響キャビテーションに関しても、そこで示されている偏微分方程式を使って、コンピュータによるシミュレーションをしたほうが良いと思っています。
“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。体の中に気泡が発生すれば、潜水病と同じ状態となります。とても危険です。

不快感の内容を細分化したアンケートが必要です。
“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”等にも、風車被害に関するアンケート結果がありますが、風車被害を究明するものにはなっていません。
　どこで、どのようなアンケートを行うべきかについては、検討が不十分です。結果として、
この研究の中５つの区分けの中から、それぞれ２地域程度を選んで、同一のアンケートとを行い、その結果を比較することが必要です。

　アンケート項目は、結果を数値化できて、騒音計や振動レベル計の計測結果との相関関係が分かるようにしておくべきです。

健康アンケート（全般）。

健康問題	0	1	2	3
睡眠障害	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
ストレス	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
フラストレーション	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
眠りにつくのが難しい	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
不安	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
疲労感	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
耳や体の圧力や痛み	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
頭痛	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
身体の振動や痛み	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
頻繁な刺激	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
不眠症	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
うつ病	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
片頭痛	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
腹部症状	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
慢性疲労	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
自殺	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
耳鳴り	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である

と、

アテネ不眠尺度(AIS)不眠症の自己評価

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。

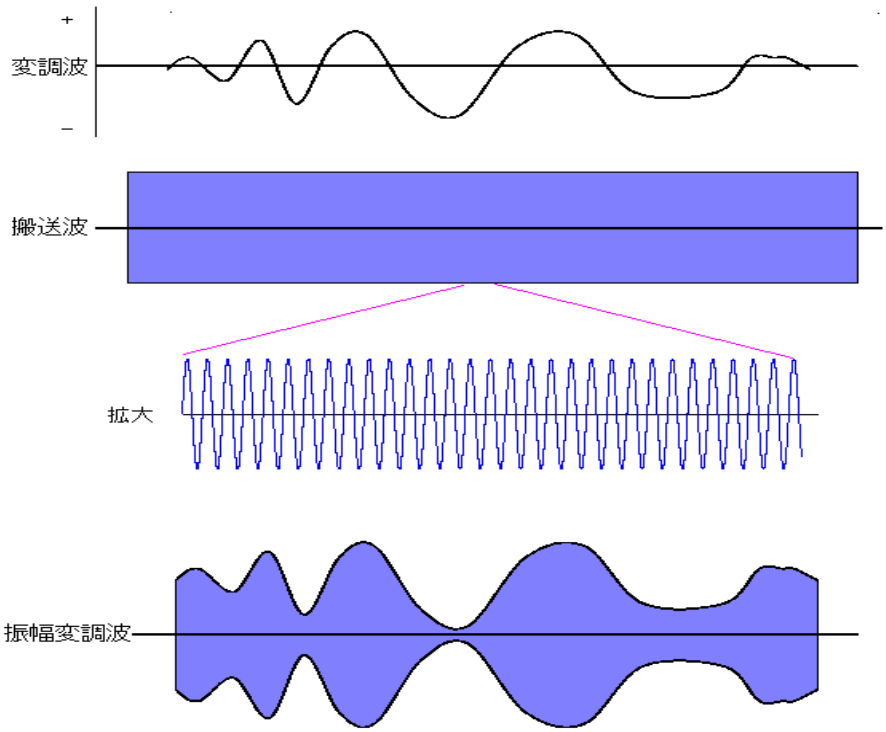
1	寝床についてから実際に寝るまで、時間がかかりましたか？	0	いつもより寝つきは良い
		1	いつもより少し時間がかかった
		2	いつもよりかなり時間がかかった
		3	いつもより非常に時間がかかった、あるいはまったく眠れなかった
2	夜間、睡眠の途中で目が覚めましたか？	0	問題になるほどのことはなかった
		1	少し困ることがある
		2	かなり困っている
		3	深刻な状態、あるいは全く眠れなかった
3	希望する起床時間より早く目覚めて、それ以降、眠れないことはありましたか？	0	そのようなことはなかった
		1	少し早かった
		2	かなり早かった
		3	非常に早かった、あるいは全く眠れなかった
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
9	胸や腹への圧迫感はありましたか？	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
	1から8の合計		[1～3点]・・睡眠がとれています
			[4～5点]・・不眠症の疑いが少しあります
騒音振動の計測希望			[6点以上]・・不眠症の可能性が高いです
	9の点数		ピーク値； Hz Pa
有・無			A特性音圧レベル； dB
			G特性音圧レベル； dB

を組み合わせて使うべきです。希望があれば上記の項目に関する計測を行います。

振幅変調

振幅変調と言う言葉の意味を確認します。昔、ラジオを自作して事があるに人とっては、振幅変調（AM）、周波数変調（FM）と言う言葉は懐かしい言葉です。

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。



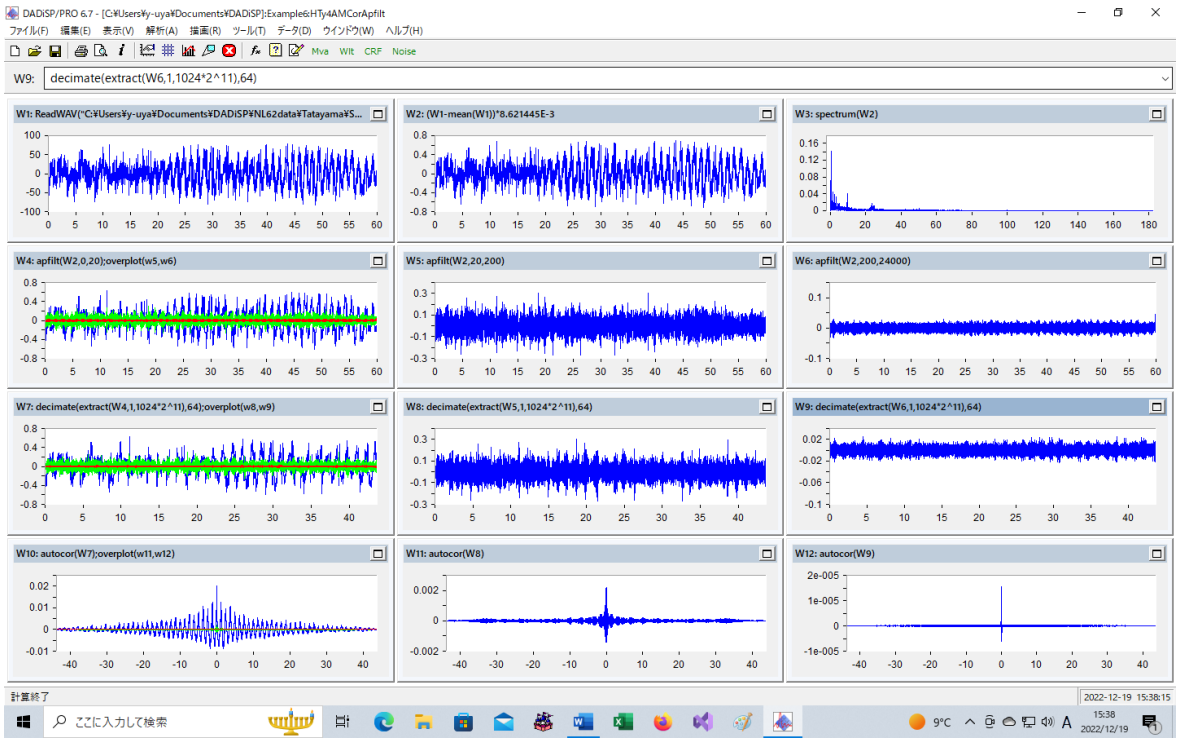
上図では、音声信号等の変調周波数帯に対し、それを伝送するための搬送波（キャリア、英語: carrier wave）の周波数として、変調周波数帯（20Hz～20kHz）より相対的にかなり高い周波数帯（中波放送で 500～1300kHz）を使用するため、搬送波の波形の一部を拡大して表現した。変調波は、電圧振幅値が正の最大値になると振幅変調波の振幅電圧値が最大になり、逆に、同変調波が負の最大値になると振幅電圧値が最小になる。詳細は理論の項を参照。ここでは、変調波を信号波（送信しようとしている原信号（音声や音楽等））と読み替えてよい。

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。

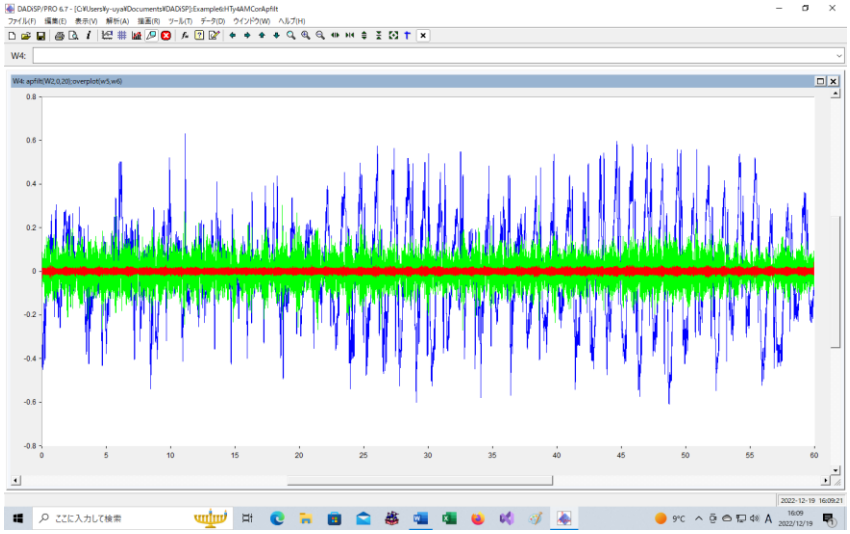
低周波音波を、$Asin(\omega t)$ 、高周波音をと$Bsin(200\omega t)$書いてみたときに、
０,B＞０で A,B はほぼ等しいとしておく。）

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す。

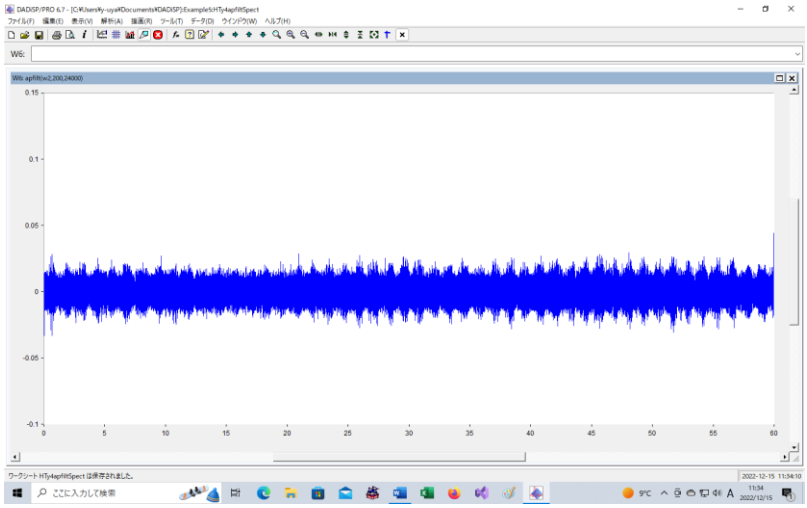
館山の風車騒音のデータを使って考えます。
観測された音の振幅は変動しています。しかし、搬送波に当たるものがあって、その振幅が変化しているとは言えない。
観測された音を、0～20Hz の成分、20～200Hz の成分、200～24000Hz の成分に分解してみた。



0～20Hz を青、20～200Hz を緑、200～24000Hz を赤として重ねたものが次の図です。

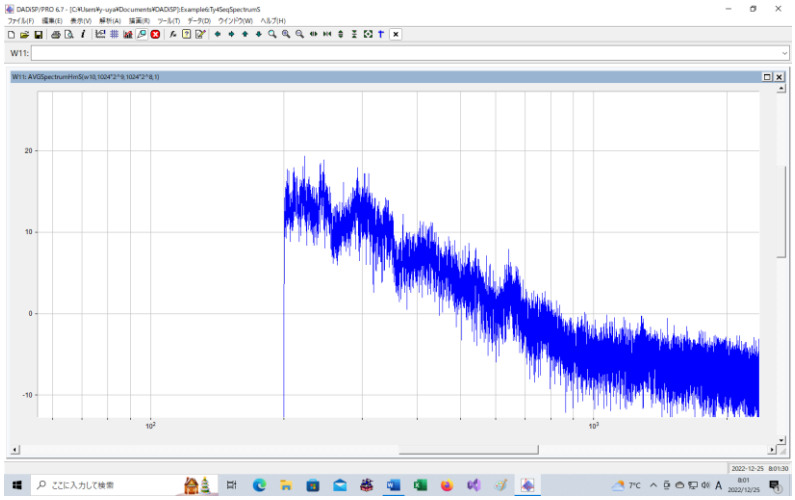


200～24000H z の成分だけならば、次の図になります。



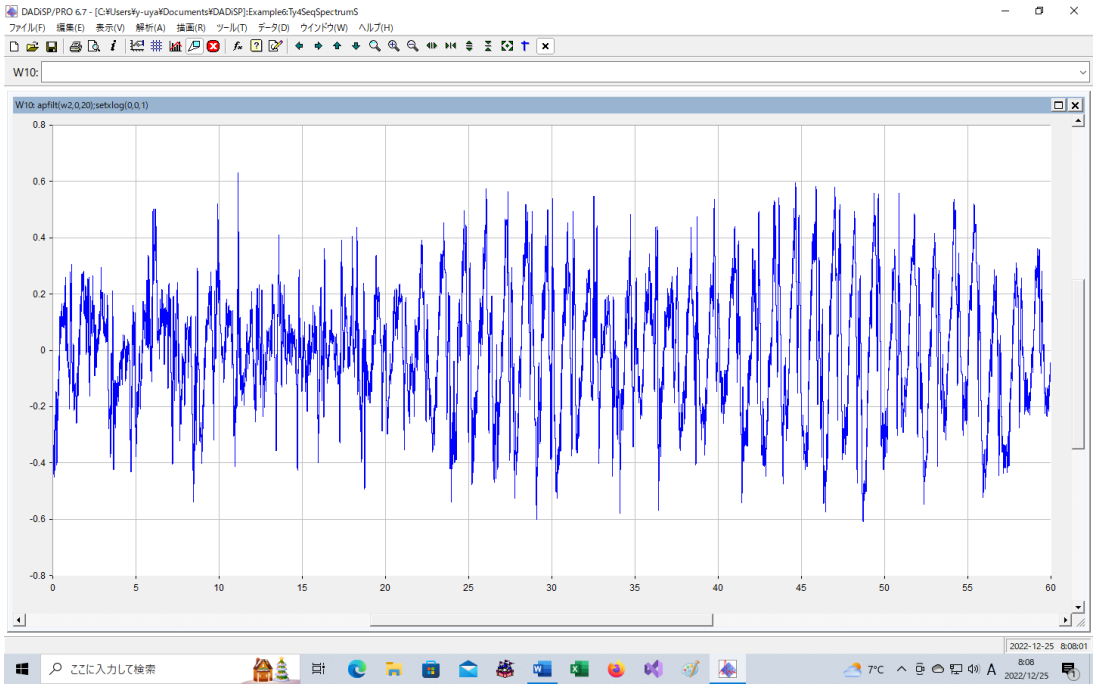
ここでは、振幅変調と言える現象がみられる。

この高周波成分の音圧レベルは、次のグラフのように、15ｄＢから 18ｄＢ程度です。

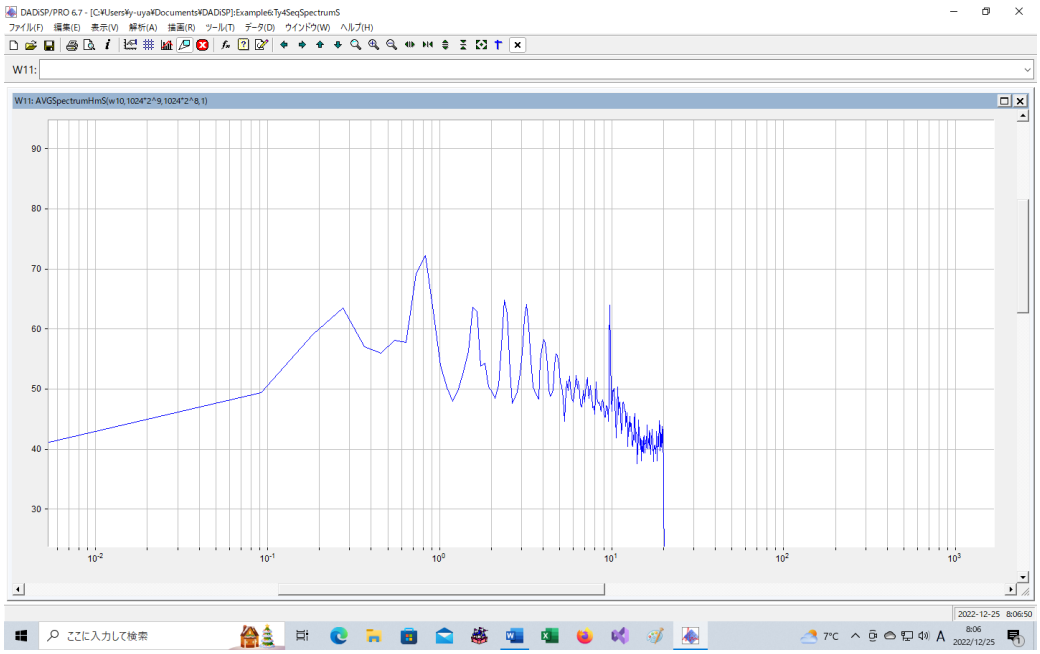


防音窓での減衰を 24ｄＢ とすれば、－11ｄＢ～―6ｄＢ 程度です。この部分の変動を室内で感知するのは困難です。

0Hz～20Hz の周波数成分は、次のようであり、



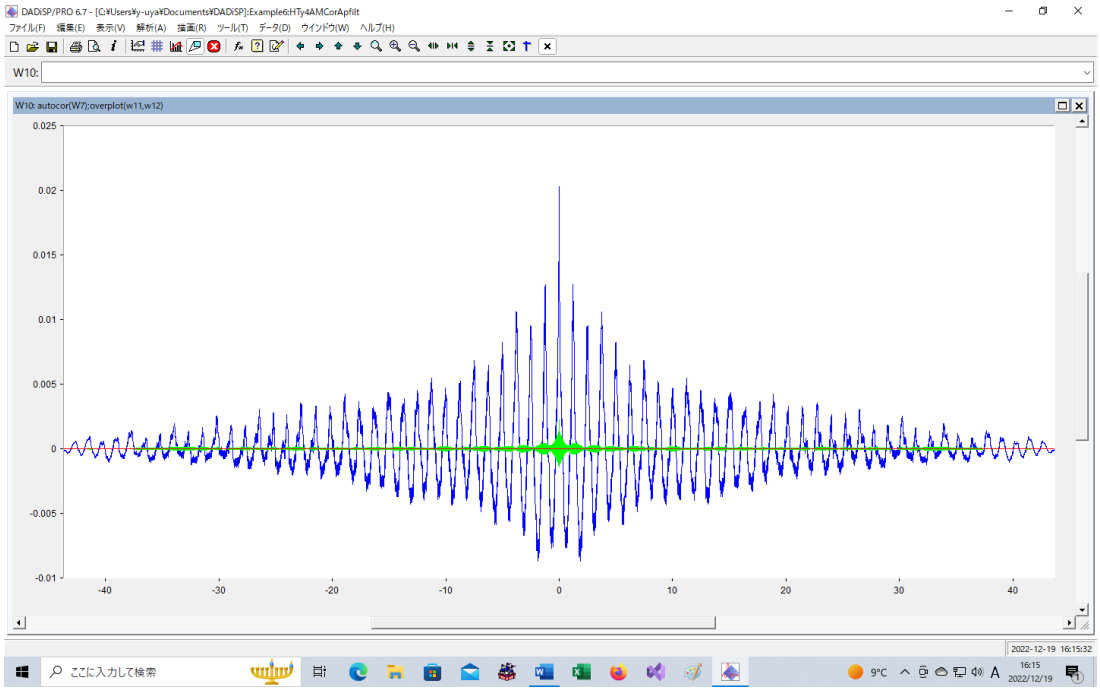
音圧レベルは、50ｄＢ～70ｄＢ程度です。



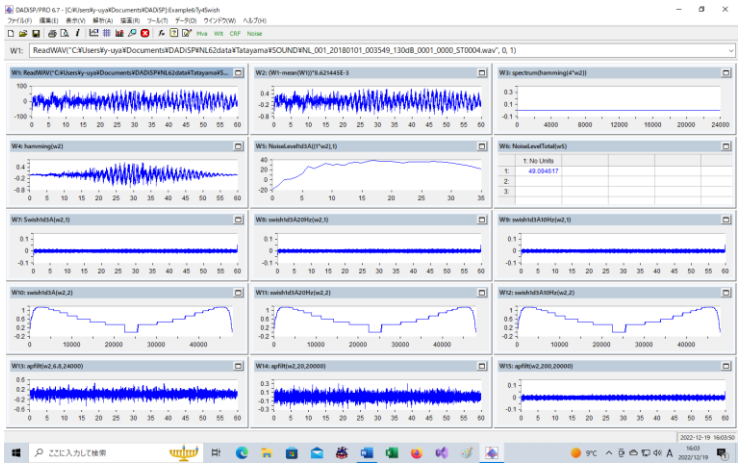
この部分は防音窓での減衰は 7ｄＢ程度しか期待できません。

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。

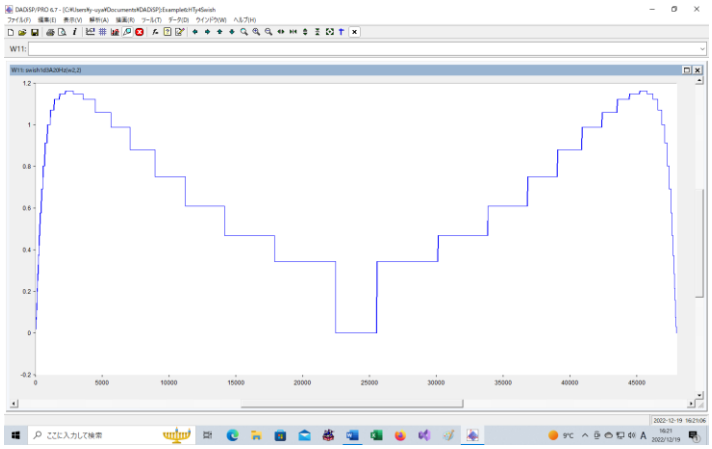
自己相関では、超低周波音成分での周期性が目立ちます。



FFT の結果に、周波数を切り出す窓関数を書けて計算したのですが、窓関数として、A 特性の重み付けを利用すると、次の様になります。

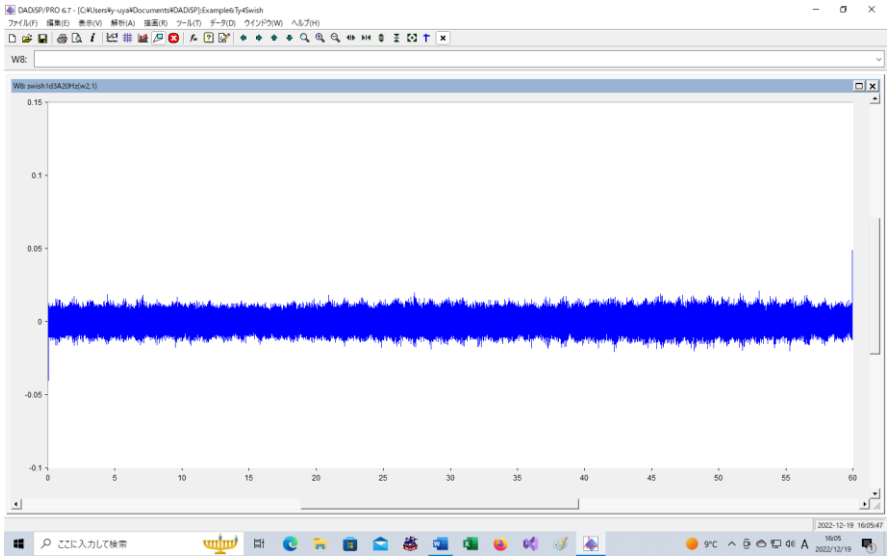


ここで、FFT の結果に、



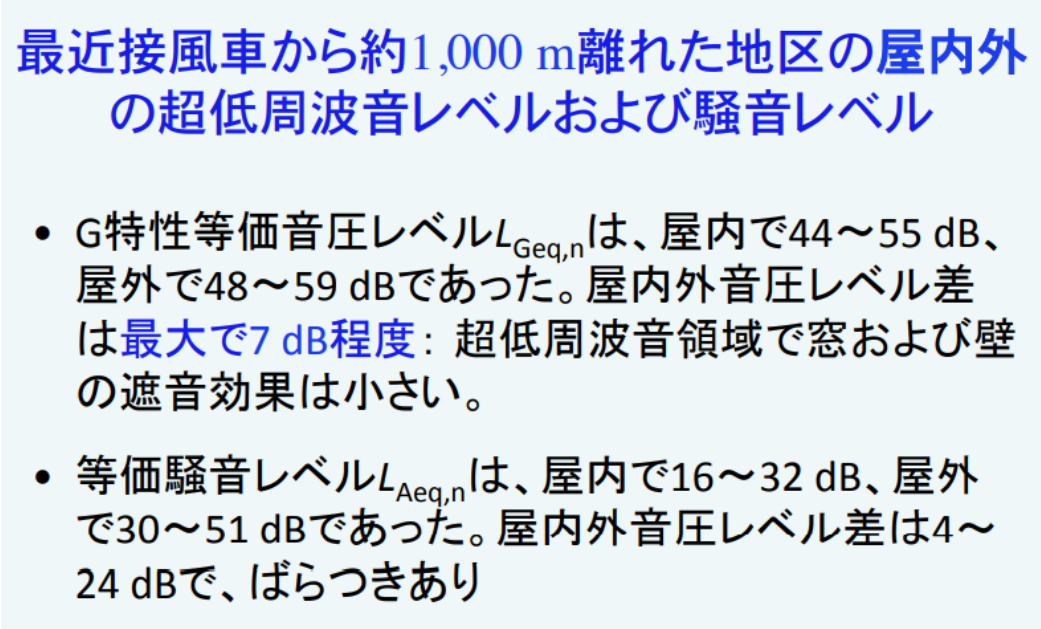
を掛けて、逆変換すれば、A 特性の重みをつけながら、20～2000Ｈｚの周波数成分を集めた波形が得

られます。それが次のグラフです。
A 特性での重みの性質から、200Hz 以上の成分を集めたグラフと同じようなグラフになります。



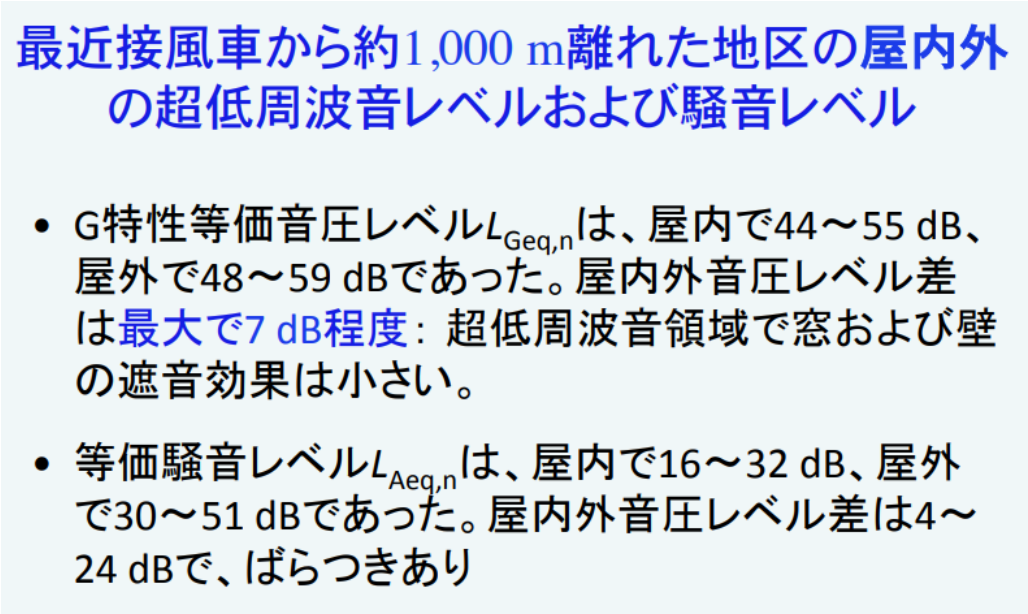
風車騒音のレベルは、通常それほど高いものではないが、振幅変調音（スウィッシュ音）が聞こえ、一部の風力発電施設では純音性成分を含むという特殊性があることから、交通騒音等の他の騒音と比較して、より耳につきやすいことが指摘されており、元々静穏な地域に建設されるような場合には、比較的低い騒音レベルであっても苦情等が発生する事例がある。

に関しては、
被害は、室内で夜間発生することが多いことを考え、防音効果も考えながら議論する必要があります。



騒音による被害では、交通騒音と風車騒音には大きな違いがあります。
騒音して、交通騒音と風車騒音を区別する必要が無くて、A 特性音圧レベル（20Hz～）が被害を予測出来る数値ならば、次の結果は解できない事になります。

騒音の計測は屋外で行うので、室内では、防音窓の遮蔽効果を考慮する必要があります。



数値的な問題に関しては、私の考えは“検討会報告書の問題点”で述べていますので、ここでは、省略します。

検討すべき事項の再確認だけにしておきます。

（１）風車騒音（0Hz 以上）と交通騒音（0Hz 以上）の被害に大きな差がある理由は何か。

（２）アノイアンスの要因として、風車騒音（20Hz 以上）が 9%～13%、景観による影響は何%、他の要因としては何があり、その影響はそれぞれ何%と考えるべきか。

（３）周波数ごとの遮蔽効果の違いをどのように計算すべきか。

（４）アノイアンスの内容を分類した場合、それぞれに作用する要因は何か、これといろいろな感覚器官の関連はどうなっているか。

（５）何をどんな計測機器でどのように計測すべきか。その計測結果をどのような技術で解析すべきか。

（６）それらの関連を調べる統計的な方法として何を使うべきか。

（７）風車騒音（0Hz 以上）の特徴はなにか。風車からこのような性質の音が出る理由はなにか。

少なくとも、風車から出る音は、何によってその周波数が決定されるのかを解明する必要があります。

風車音の性質に関して、広帯域の音だとの先入観を持ってはいけません。

風車に当たる風の様子も、詳細なデータは購入できます。

誰でも英語の文献を入手して、原文を読めるのです。誤解を招くような日本語に翻訳してはいけません。

などなど、問題点は山積みです。

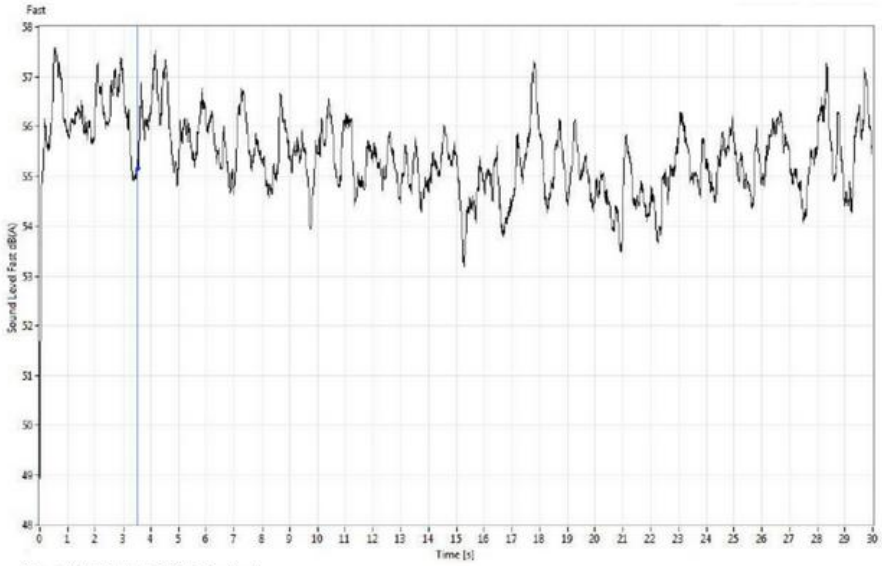
景観の不満や経済的な利益にその根拠を求めるのは、科学とは言えません。もしその方針をとると、要因の 10%程度を無視した時に、単なる主観しか残りません。そうなれば、嫌悪感が被害を決める。との結論になり、主客が逆転します。人間は、被害を及ぼすものに対して、嫌悪感を持つのです。

5.2　A 特性音圧レベルの変動

つぎに、

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。

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。

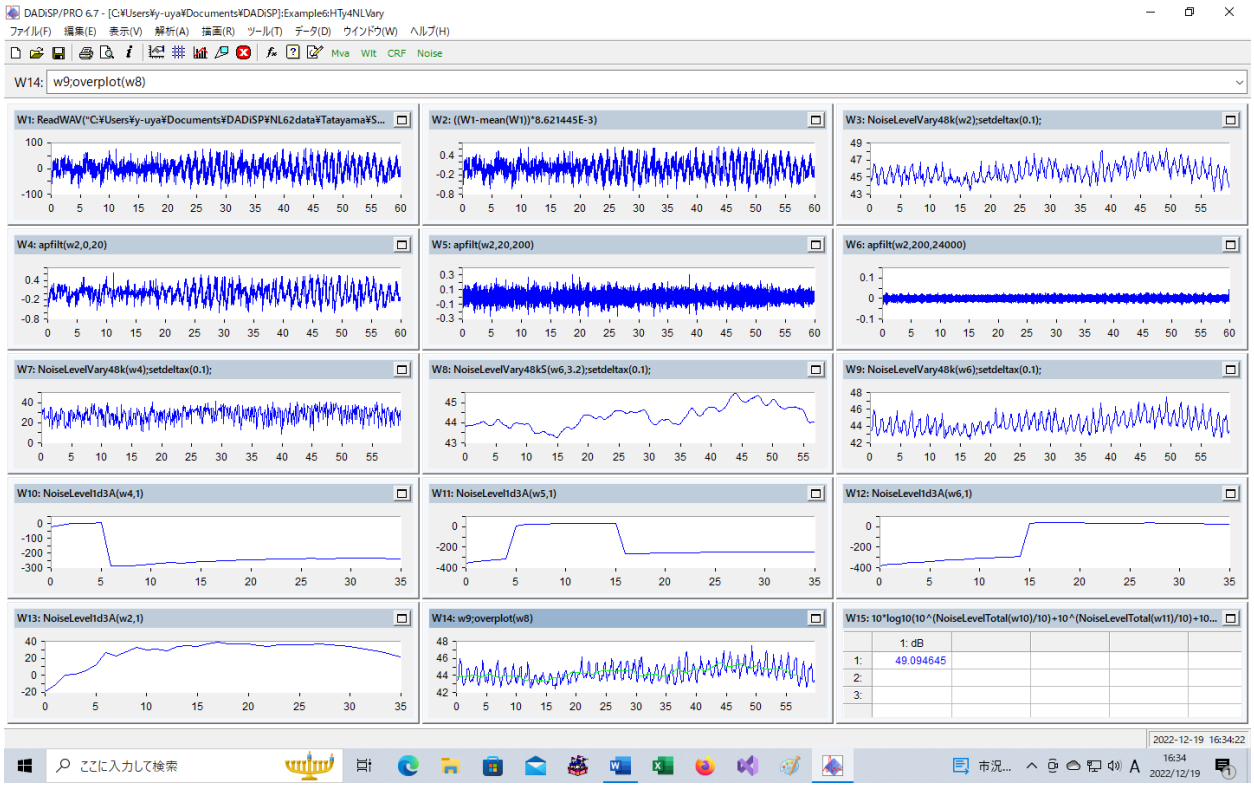


注）調査時の風速は 8.9m/s
　　測定位置はロータ中心から 120m の地点

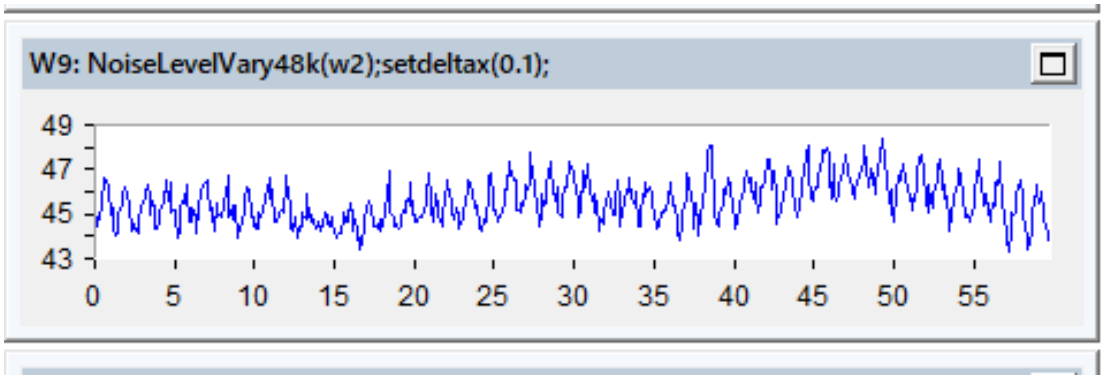
図 2.2-10　風力発電機から発生する騒音レベルの時間変動

について検討します。

Ty4NLVary

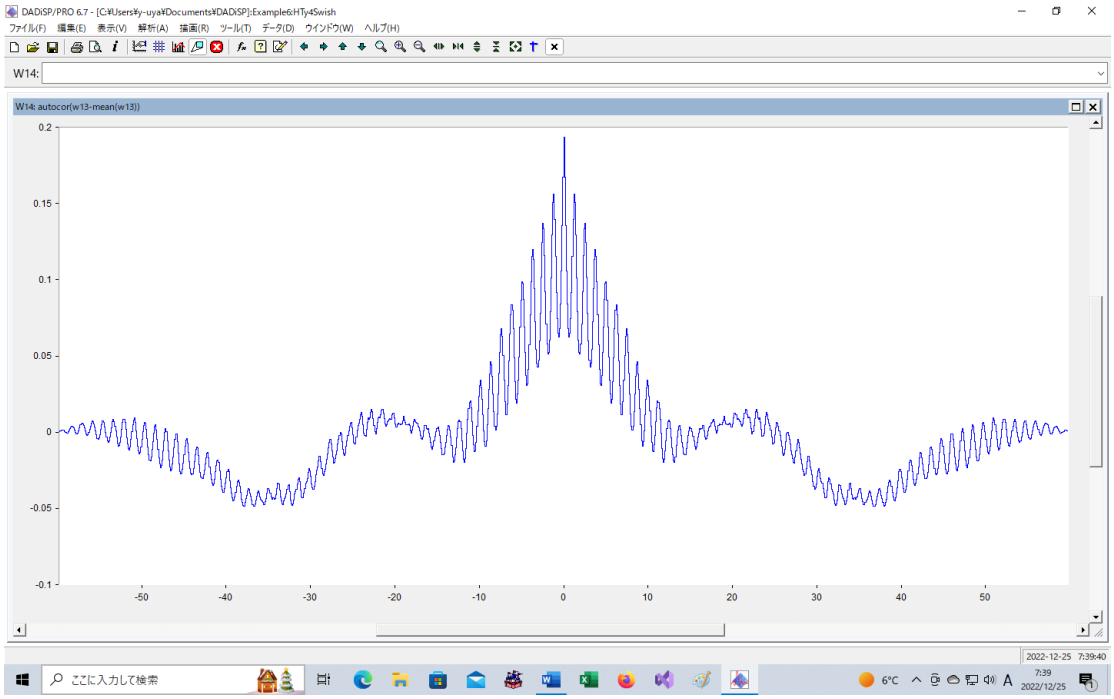


A 特性での音圧レベルの変動は次のグラフとなります。

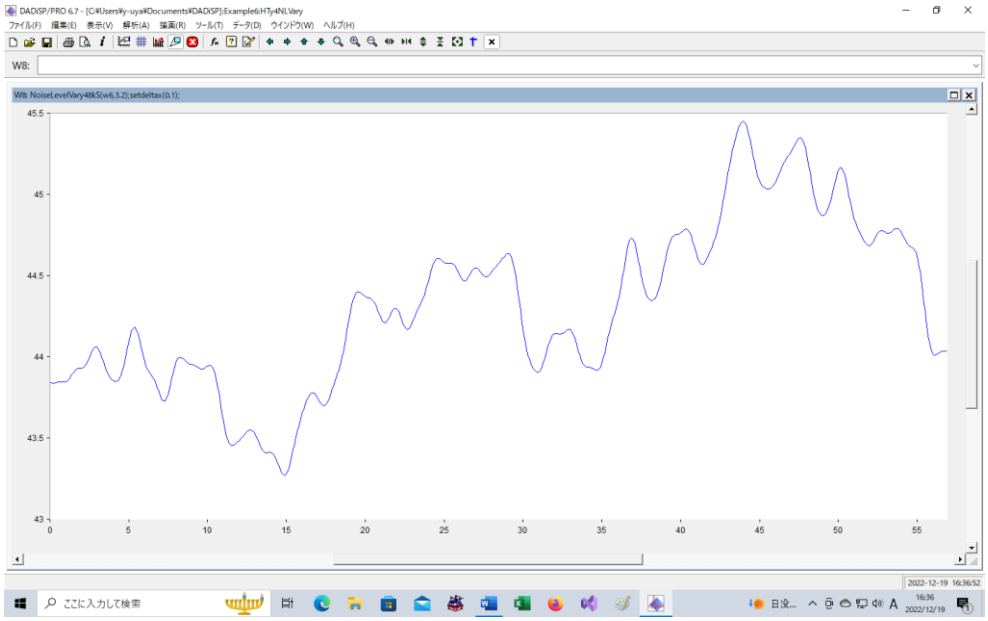


これは、0.1 秒ごとに、0.25 秒間のデータを使って A 特性音圧レベルを計算した結果です。

これについて、平均値を引いてから自己相関を計算したものが次のグラフです。



0.1 秒ごとに、3 秒間のデータを使って A 特性音圧レベルを計算すると次のグラフになります。



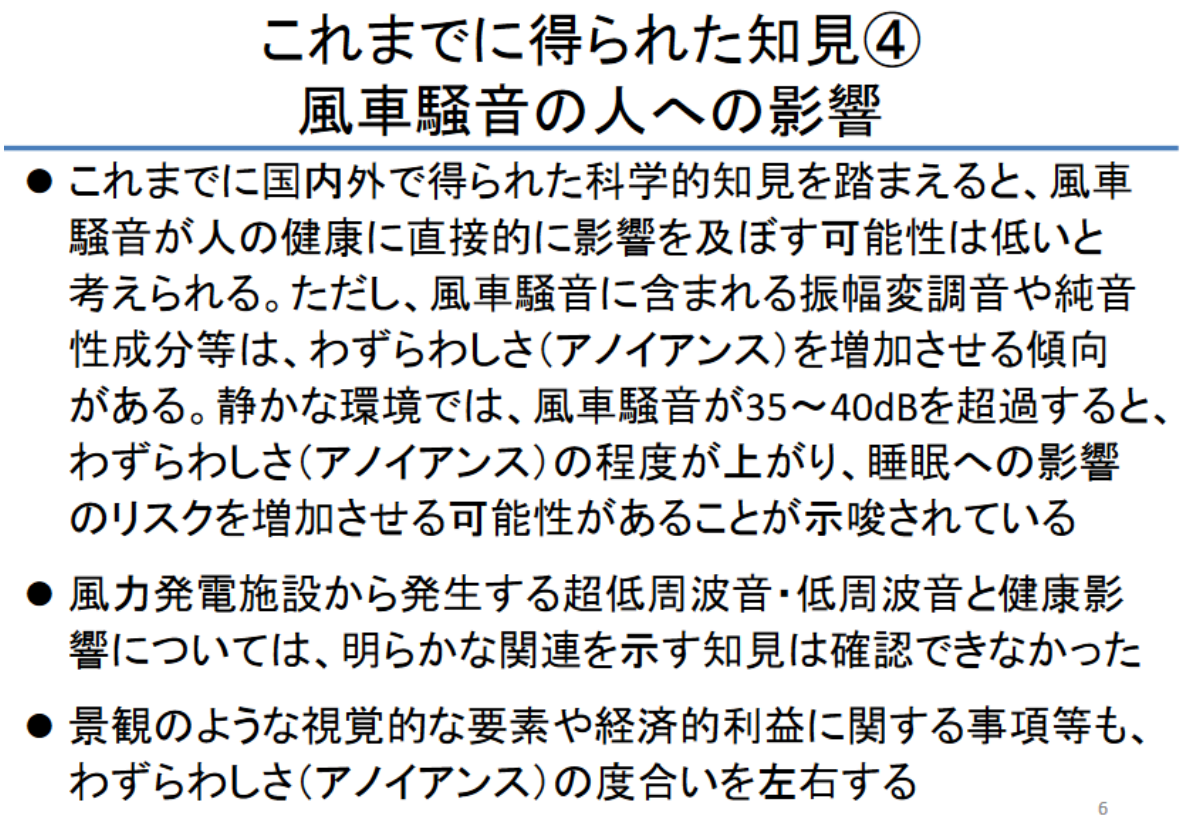
古い文献には、物的苦情に関する参照値（ガタツキ閾値）の話が書いてあった。このことは、

A procedure for the assessment of low frequency noise complaints

Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD

に書かれている。

A. The criterion curve The criterion curve is given in Table V and FIG 13. If the noise occurs only during the day then 5dB relaxation may be applied to all third octave bands. Note that the criterion curve sound levels given in Table V for 25 Hz and below can cause the vibration of windows, walls and even floors in residential housing structures with the accompanying rattling of dishes and bric-a-brac. This induced vibration and the accompanying secondary noises will be noticed by residents, with annoyance the likely result. Some account of vibration-induced noise is made in the Japanese method for the assessment of low-frequency noise complaints17.



問題は、“直接的”と“明らかな”と言う言葉です。

“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”との表現は、“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”と言い換えるべきです。

“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”可能性が示唆されていると言う表現は、

国内での研究結果、“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”にある（S2-11-vii ページ）の結果を無視していることを意味しています。

２）社会反応調査

社会反応調査としては、風力発電施設周辺地域について騒音の実測調査と同時に実施した。また、対照地域を平成 23 年度、平成 24 年度にそれぞれ 9 箇所選び、騒音の実測調査と社会反応調査を実施した。

風力発電施設周辺地域（風車地域 ）では、訪問住戸数 1,539 に対して回答数は 747 で、回収率は 49%であった。

また、対照地域では、訪問住戸数 828 に対して回答数は 373 で、回収率は 45%であった。

調査を実施した地域と回答者の属性 について、風車地域と対照地域を比較した結果 、両地域できわめて類似した特性となっていた。

つぎに、風車地域におけるアンケート調査の結果を分析した結果 、以下のことが分かった。

a. 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。その内訳を見ると、60%（119 件 ）が風力発電施設の音を挙 げている。

b. 上記の回答のうち、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、生活環境の満足度に対する回答を見ると、「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。

c. 「悩まされたりうるさいと感じとことがある音 」に対する回答では、「風車騒音グループ」で風力発電施設の音に対して「非常にある」という強 い反 応 が見 られる。

d. 騒音によって迷惑を受ける時間帯については、「風車騒音以外グループ」では特に指摘が多 い時間帯はないが、「風車騒音グループ」では夜間 、深夜 を指摘する割合が大 きい。

e. 睡眠影響の原因に関する質問に対する回答では、「最も悩まされている音 」として挙 げた騒音によると思うと答えた割合は、「風車騒音以外グループ」では 59%であるが、「風車騒音グループ」では 87%となっている。

f. 「自然エネルギーを利用する風力発電は、よい方法か」という質問に対する回答では、「風車騒音以外グループ」では 85%が「よい方法と思う」と答えているのに対して、「風車騒音グループ」では若干その割合が小さくなっている。それでも、「よい方法と思う」との回答は 66%となっている。

g. 「風力発電施設の音が聞こえるか」という 質問に対する回答を見ると、「風車騒音グループ」では「聞こえる」という回答が 100%となっているが、「風車騒音以外グループ」でも「聞こえる」という回答は 68%になっている。

h. 「風力発電施設が見えるか」という質問 に対する回答では、両グループともに 90%以上 が「見える」と答えている。

i. 「風力発電施設の景観上の問題 」に関する質問に対する回答 を見ると、「風車騒音グループ」では 39%が「景観の邪魔になる」と答えているのに対 して、「風車騒音以外グループ」ではその割合は 8%と小さくなっている。

j. 「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 質問に対する回答では、両グループともに「ない」という回答が圧倒的に多い。

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 。

この中の記述、

e. 睡眠影響の原因に関する質問に対する回答では、「最も悩まされている音 」として挙 げた騒音によると思うと答えた割合は、「風車騒音以外グループ」では 59%であるが、「風車騒音グループ」では 87%となっている。

は、可能性があると言う意味ではない。音によって睡眠に影響が出ていることを意味しているのです。

単なる可能性なのか、実際に被害者が悩み苦しんでいるのか、を日本語の表現から理解できないことを意味しています。科学者や大学の先生にも、普通の国語力が必要なのです。

石竹氏らの研究によれば、

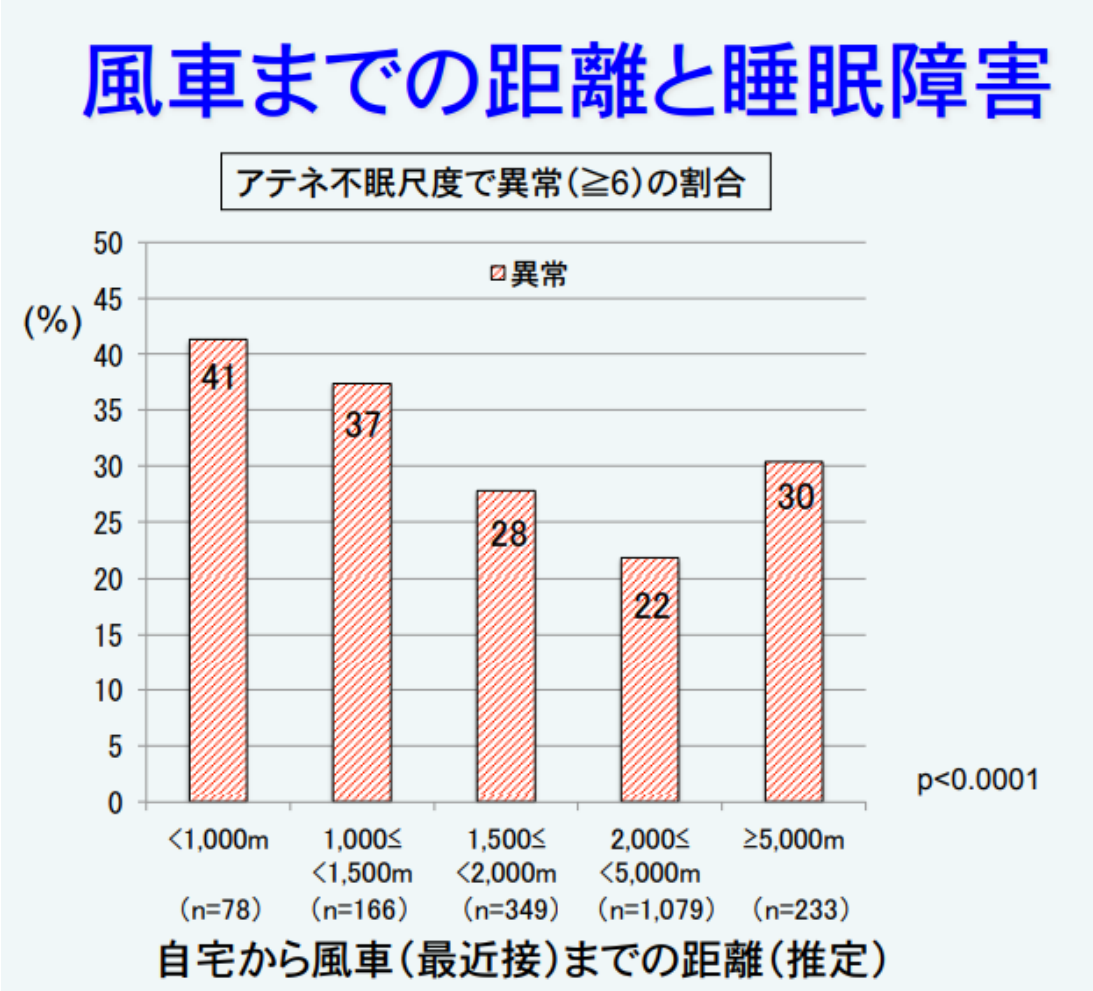
環境研究総合推進費 課題成果報告会(2016.3.11)

課題番号:5-1307

【研究課題名】

風力発電等による低周波音・騒音の長期健康影響に関する疫学研究

研究代表者:石竹達也(久留米大学医学部)
研究実施期間:平成25～27年度
累積予算額:69,496千円



風車から、３ｋｍから５ｋｍくらい離れた場所でも、睡眠障害が起こる可能性があることが分かります。

住宅から１ｋｍ離せば影響は軽微だと言われても、音を聞いたとたんに死亡することは無い。

と言うような意味にしか聞こえません。

半数の住民が、睡眠障害を起こしても、“影響は軽微”だと言う事なのでしょう。

睡眠不足で海に潜ってアワビを採ったら、死亡事故につながる可能性が高くなります。もちろん、その死亡事故が起きても、風車が死亡事故の直接の原因ではないでしょう。責任は、不眠で体力が落ちているのを知っていながら海でアワビを採ろうとした住民の責任でしょう。

居眠り運転で交通事故を起こして死んでも、風車が直接の原因ではありません。眠いのを承知で車を運転した本人の責任です。

学校で居眠りをして、学力が落ちて、生涯賃金が減っても、風車が直接の原因ではありません。眠気に負けない精神力を持っていなかった子供の自己責任です。

お金が無くて、引っ越しが出来ないのは、風車が直接の原因ではありません。お金を稼げない本人の能力が原因なのです。

風車が直接の原因だと言えるものはなかなか見つかりません。例えば、プロペラが折れて飛んできてそれにあたって死んでも、風車が直接の原因ではありません。重力と風が直接の原因です。もちろん、飛んできたプロペラの直撃に耐えられないひ弱な体を持っていた本人の問題です。

いくら探しても、風車や風車音が被害の直接の原因だと言うのは見つかりません。うるさいのは空気があるからです。聴覚を刺激しているのは、風車そのものでは無くて、空気なのです。原因は空気の存在です。以上、何が起こっても、風車には罪はありません。

風車音で共振が起こり、家具や床がガタガタして、目が覚めても、風車音が直接の原因ではありません。揺れて眠りを妨害したのは家具や床です。家の中で眠る人が悪いのです。屋外で眠れば共振は起きません。

もちろん、被害の可能性は、各地の被害状況を見れば、単なる可能性ではなく現実であることは、すぐに確認できます。

直接的な原因ではないが、風車が、根本的な原因であり、それによって誘発された被害であることは明白です。

“この指針は、風力発電施設の設置又は発電施設の新設を伴う変更に際し、風力発電施設から発生**する音による生活環境への影響を未然に防止するために定めたものです。**

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。“

との記述が正しければ、

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問題であり、A 特性音圧レベル（20Hz～）が風車騒音と他の騒音の共通の尺度として機能するはずです。そうでなくては、その数値を生活環境への影響を未然に防止するために役だてる事は出来ません。

A 特性音圧レベル（20Hz～）の値が同じ時に、同程度の騒音被害が発生しなくてはなりません。

しかし、違います。

報告書（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。

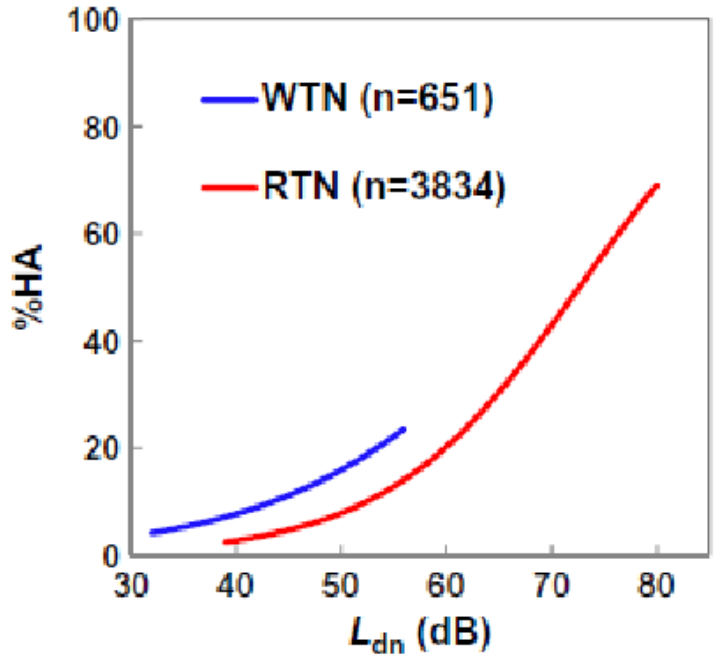


図 7 風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn ）※ と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

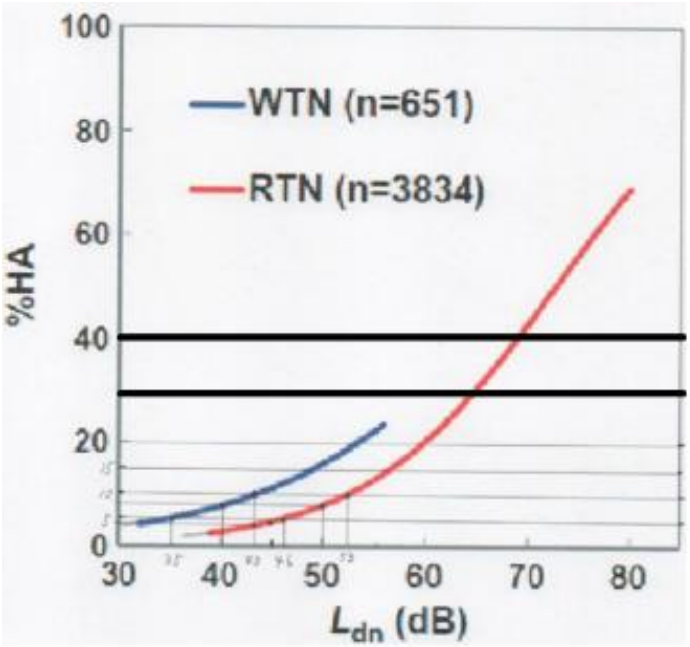
※ 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、LAeq に 6dB を加算して Ldn を推計している。

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。

風車騒音と交通騒音での被害の違いがあります。風車騒音での 35～40ｄＢは交通騒音での、35～40ｄＢの時よりも、“非常に不快である”と感じる人数が多いのです。

交通騒音での 46ｄＢと 50ｄＢに相当する被害が出るのです。

%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



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。

風車騒音で 40ｄＢは、交通騒音で、50ｄＢの場合と同じ被害が出ます。8%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倍とすれば、合計で 24%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。A 地区で、夜間で 50ｄＢの騒音がある場合の被害が想定されます。言葉で言えば、“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、安眠できません。朝起きても寝ぼけ眼です。注意力も落ちます。体力もだんだん落ちてゆきます。子供は学校の授業中に居眠りするでしょう。

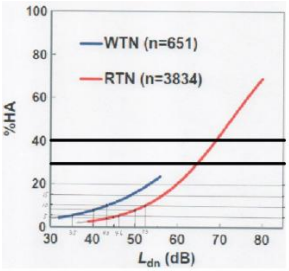
仕事にも影響するし、子供の学力も落ちます。これは、地域社会にとって非常に重要な被害なのです。

上のグラフの赤い線と青い線のズレの原因は、風車が静かな場所に建っているからだ、とでも言うのでしょうか？この仮説が正しいならば、風車から２～３ｋｍ離れた場所で、交通騒音もかなりある場所で調査したら、赤い線と青い線は一致するはずです。

たとえ、この差の原因が、静かな環境にあるとしても、被害が出るのは明らかです。
交通騒音での 46ｄＢと 50ｄＢに相当する被害が出るのです。
これは、被害が出ることは分かっているが、我慢しなさいと言っていることになる。もちろんお金がある人は、引っ越しします。我慢を強いられる地域に住み続ける人がいたとしても、都会に出た人は、その土地へは帰ってきません。この数値は、地域社会を破壊する力を持っている数値なのです。

低周波音（20Hz～100Hz）に限定すれば、風車音のエネルギーの 7%だけを考えて、93%の部分の影響を無視して考える事になります。低周波音（20Hz～100Hz）による影響は“軽微”と言う事なのかもしれませんが、風車からは、低周波音（0 Hz～100 Hz）が出ます。
その中の超低周波音（0Hz～20Hz）の部分が、風車音のエネルギーの 93%を占めています。この部分を計算上無視して、“影響は軽微”と言われても、困ります。計算上は無視できても、実際に出てくる音を無くすことは出来ないのです。

報告書では、
“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。
A 特性音圧レベル（20Hz～）が 53ｄＢの場合、風車騒音（0Hz 以上）では、20%の人が“非常に不快である”と感じますが。交通騒音では 10%の人が、“非常に不快である”と感じます。
この違いの説明はいろいろあるが、これだけ違っていては、共通の基準とは言えません。

被害に大きな差があるので、騒音の種類ごとの被害状況に関する変換表が必要になります。上の表は、風車騒音（0Hz 以上）と交通騒音の被害率変換表ですが、工場騒音に関しても同様の変換表が無いと、被害は予測できません。
このような数値は、“風力発電施設から発生**する音による生活環境への影響を未然に防止するため**“ には、全く役立ちません。被害変換表を作るのが大変だからです。被害状況の変換表が無いと、被害の予測が出来ません。

風車騒音（0Hz 以上）については、指針値が提案されています。
３５デシベルの場合（AA 相当）と４０デシベルの場合（A、B 相当）が提案されています。
これは、風車騒音（0Hz 以上）での値ですから、交通騒音に変換して、被害の程度を確認すれば、

%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

46ｄＢと 50ｄＢとなります。

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

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

交通騒音の夜間の基準値は 45ｄＢです。この数値だけでも、睡眠を妨害されることが分かります。

さて、同一の被害をもたらすＡ特性音圧レベル（20Hz～）には、風車騒音（0Hz 以上）と交通騒音（0Hz 以上）では、10ｄＢ程度の差があります。
この原因をどのように考えるべきでしょうか？
“不快感”、“アノイアンス”の原因を、風車に対する個人の主観、に求めるならば、

“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。”

アノイアンスの要因として、騒音（20Hz 以上）が 9%から 13%だと書いてある。“景観への影響等、他の要因の寄与が大きい”
と書いてある。

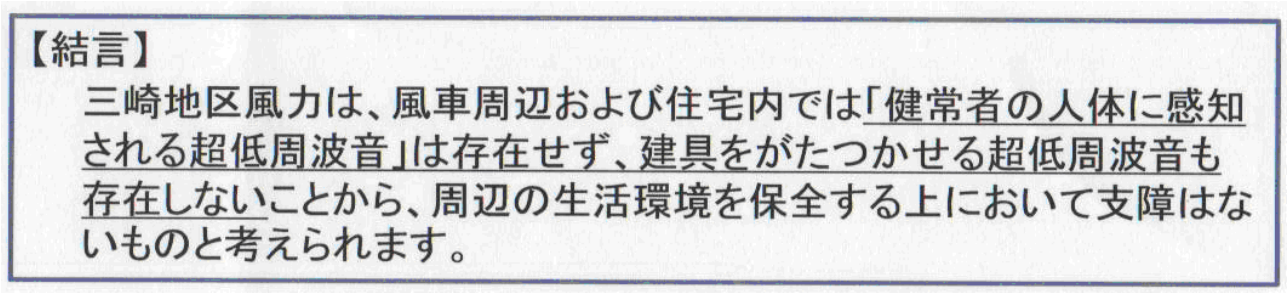
アノイアンスを決定する大きな要因が、“個人の風車に対する否定的な態度”だとする考えもある。
ここまでくれば、要因の 10%程度である、騒音（20Hz 以上）を省略すれば、アノイアンスの原因、すなわち、“不快感”の原因は、“個人の風車に対する否定的な態度”で決まる。と言い切る人が出てきても不思議ではない。何しろ、風車騒音（0Hz 以上）のエネルギーの 93%を切り捨てたのですから今更 10%を切りしても、問題は無いでしょう。

唯心論哲学に従えば（？）、風車騒音（0Hz 以上）問題の原因は、住民の心が、“風車に対して否定的である”からです。解決するには、住民の心を変えればよいのです。それには、小学生の時から洗脳すれば良いのです。
これは、原因と結果を逆に考えたもので、科学ではありません。風車の騒音（0Hz 以上）で悩まされるから風車が嫌いになるのです。そして、被害の実態を知った人は、風車が近くに建設されれば、自分たちにも害が生じると考えます。風車好きにはなれません。

少し前に、風車からは、超低周波音（ISO7196）は原理的に出てこない。と言っていた学者がいました。

中野環境クリニック所長 中野 有朋氏は、“低周波音トラブルの多くは誤解トラブル”のなかで、次のように述べています。

6. **風力発電機から低周波、超低周波の回転音など発生しない**
全国各地に風力発電用の風車が多数設置されている。その中で、風車から低周波音がでる、また超低周波音が出るので人体に悪影響があるなどというトラブルが起こっているところがある。そしてこれがテレビなどでまことしやかに報道されるので、本当であると思われてしまう。
しかしこれは音波の発生に関する最も基本的事項の誤解によるもので、全くの誤りである。
風車からは、問題になるような**超低周波数及び低周波数の回転音は発生しない**。問題になることがあるのは**通常の騒音の問題である**。


【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。

この結言によれば、
この地区で風車騒音（0Hz 以上）を感知して、その被害を受けたと訴える人は、健常者ではない。と言う事になる。地域の住民説明会でこのような説明をされたら、身体的に健康な人で、被害を受けている人は、

その被害を訴えづらくなる。何しろ、被害を受けたと言ったら、健常者ではなくなる。身体的には健康だが、健常者ではないと言う事になってしまう。被害を訴えると、精神の部分が健常ではないことになってしまう。これでは、被害を口に出せない。

企業は、説明会を使って、地域社会に対して強烈な圧力をかけたのです。

中野氏は、超低周波音（0Hz～20Hz）は発生しないと言いました。その後、超低周波音（ISO7196）が計測されたので、世の中の風向きが変わりました。

超低周波音（ISO7196）は、知覚閾値以下であり、感知できないから影響は無い。

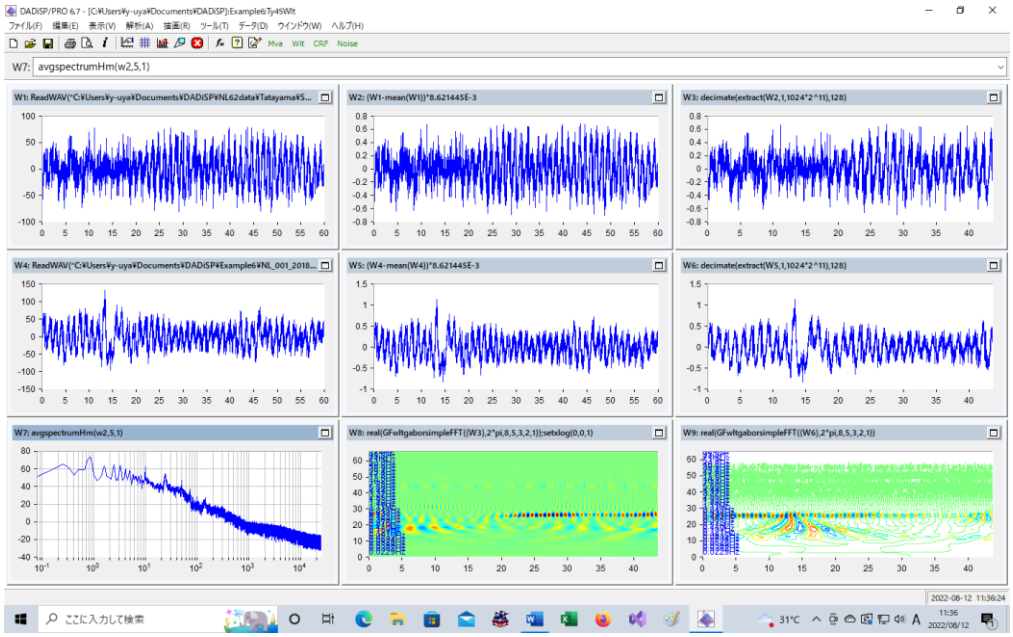
このように言う人は、耳に聞こえない音は人体に影響を及ぼさない。とでも考えているのでしょうか？

静かな環境と風車

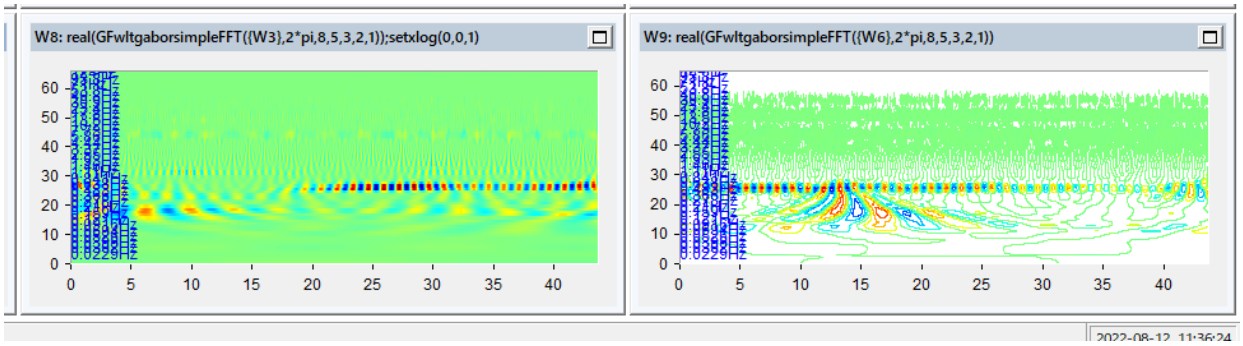
房総かぜの丘」にある、出力　1500KW、タワー高さ　65m、ブレード直径　70．5m、ナセル重量　52トン
の騒音を、リオン社の精密騒音計 NL-62 と波形収録プログラム NX-42WR で収録した wav 形式のデータを調べました。

最初の 1 分間のデータが下段中央ものです。次の 1 分間の計測結果は下段右側のグラフです。

Ty45Wlt

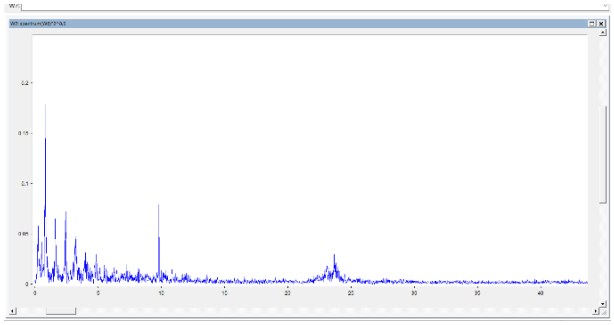


この 2 分間の結果を並べて表示すれば、下のようになります。Wavelet 解析を使えば、周波数の時間的な安定性を見ることが出来ます。



工場騒音のように、一定周波数（0.8Hz）の音が継続しています。

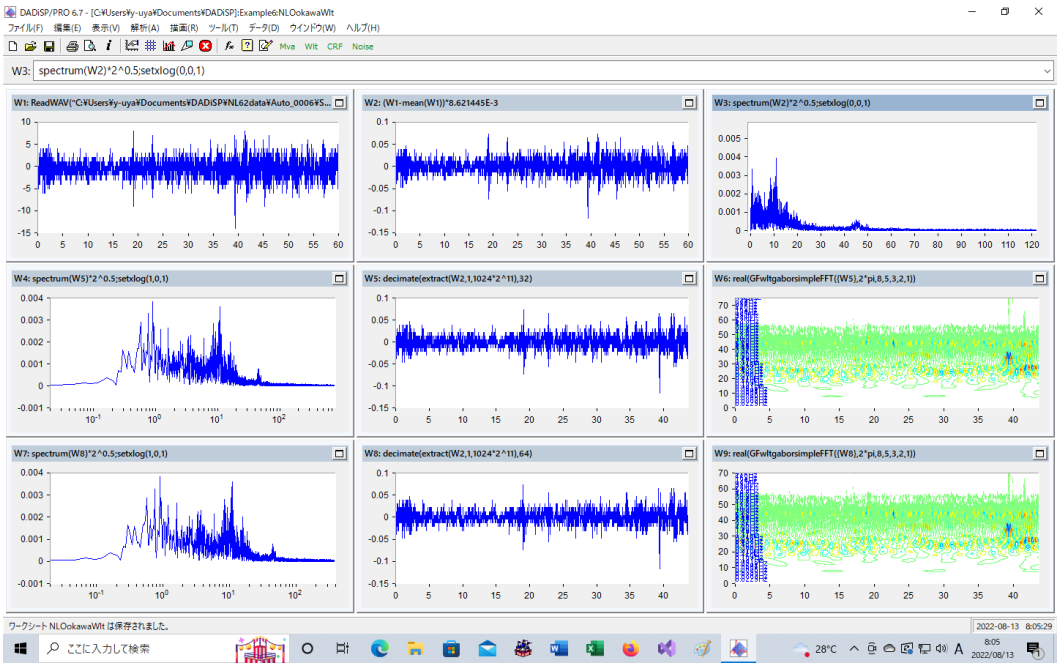
風車の近くでの周波数スペクトルは、次のものです。



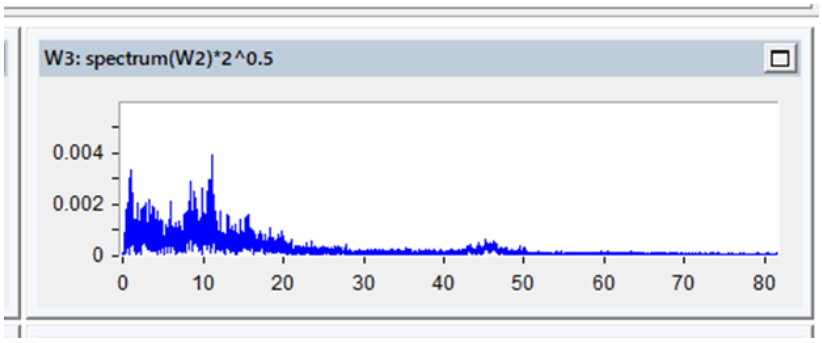
これらのグラフから、0.8Hz の成分が、0.3 パスカル程度の強さで放出される状態が 100 秒以上継続することが分かります。

風車が無い場所での計測データは次のようなものです。

NLOokawaWlt



周波数スペクトルは次のものです。



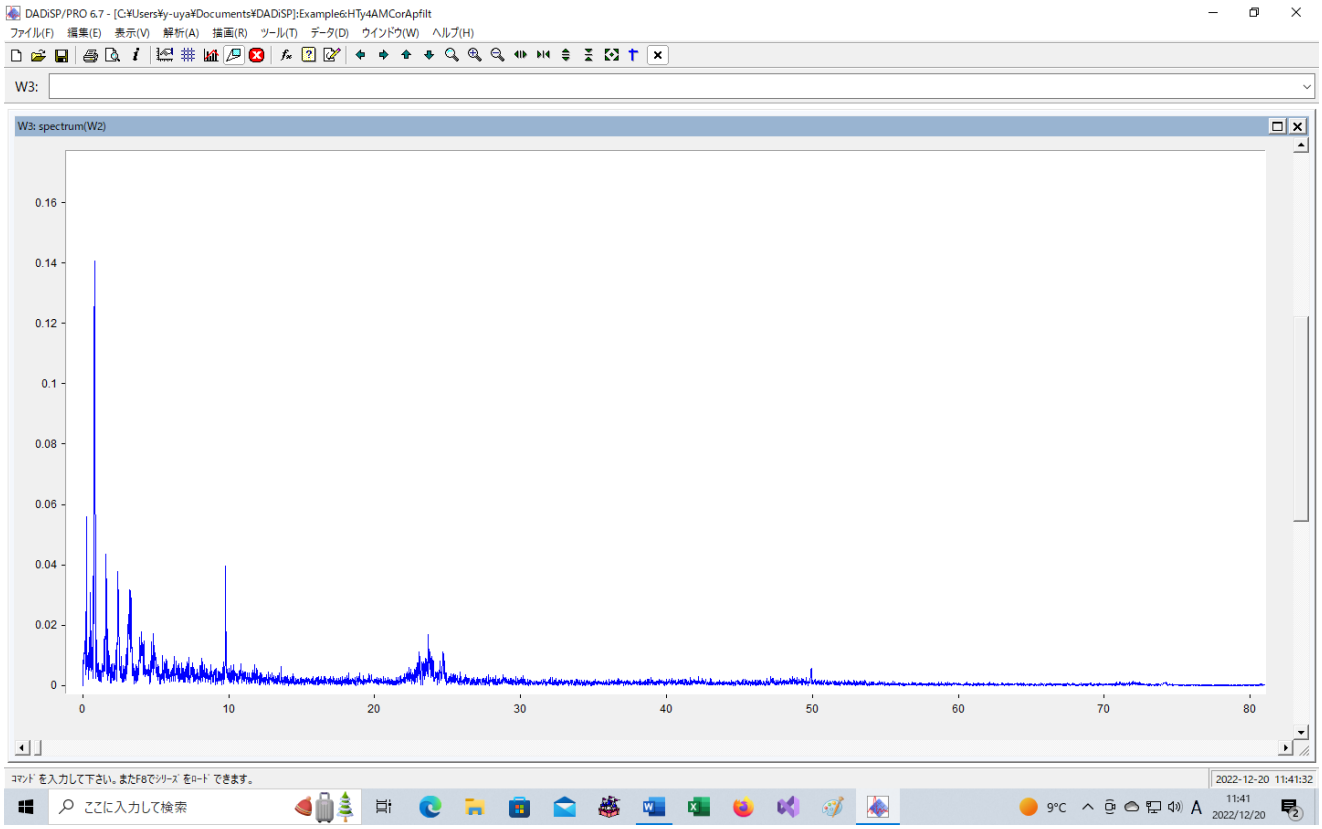
風車の無い場所での 20Hz 以下の音の音圧は、0.003 パスカル程度で、卓越した周波数成分はありません。

0.8Hz の成分は、風車の近くでは、0.3 パスカル程度の強さですから、風車がある場所での音圧は 100 倍、エネルギーでは 10000 倍です。

グラフから、風車では、0.8Hz の周波数の音が非常に強いことと、ピーク値を取る幅が非常に狭いことが特徴です。

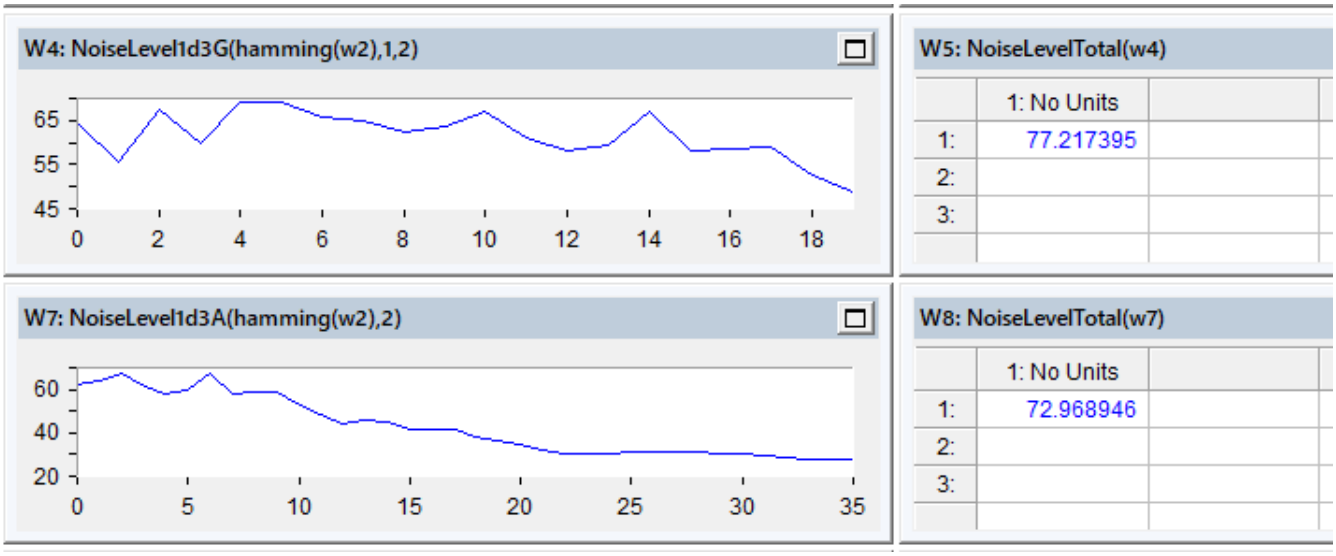
これは、周波数スペクトルの平均を取ったときに、計算誤差によって、ピーク値が極端に下がった形で表示されてしまうと言う問題につながります。計算方法に注意が必要です。

風車騒音（0Hz 以上）は、次のものを参考にします。



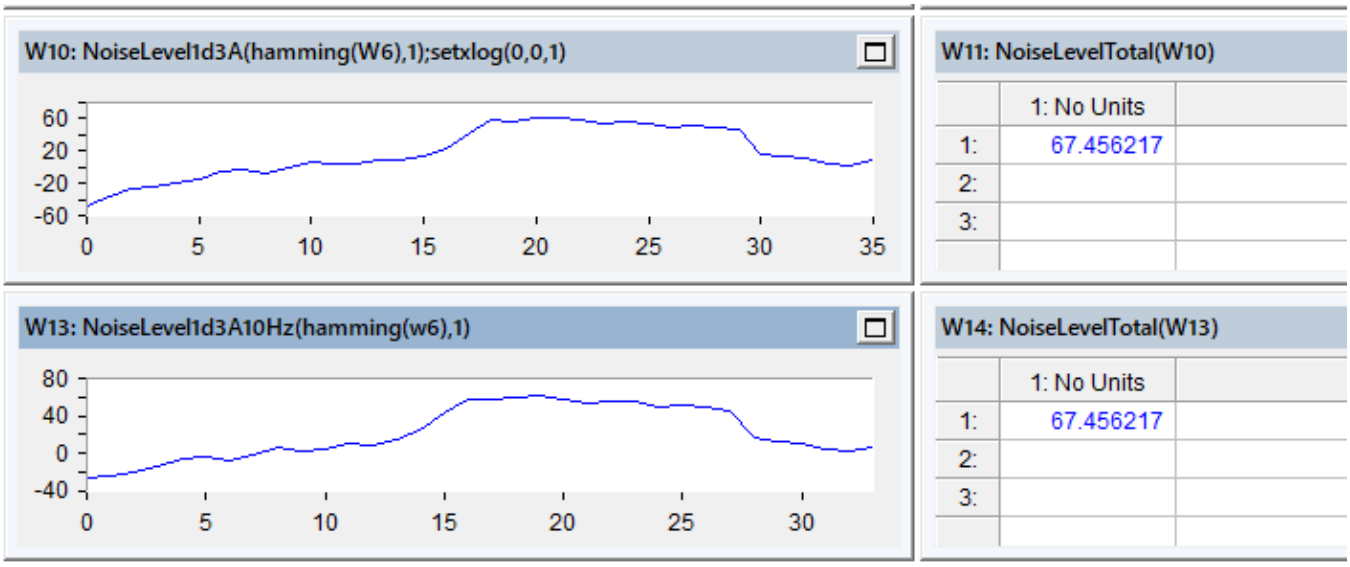
目立つのは、4Hz 以下の部分、10Hz のあたり、23H z の辺りです。

この風車騒音（0Hz 以上）では、G 特性音圧レベルはトータルで 77.2 d B
A 特性音圧レベル（20Hz～）はトータルで 72 d B
です。

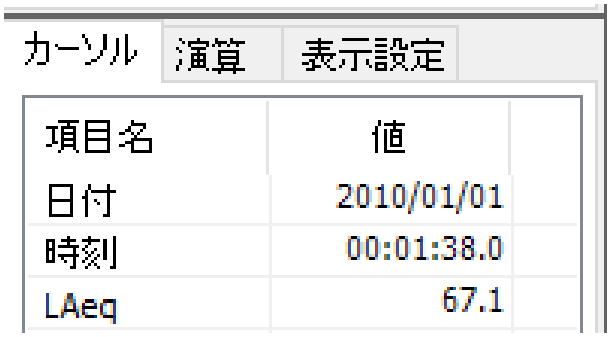


この値は、風車に近い場所での値ですから、住宅街では、小さな音になるでしょう。

リオン社前の道路の騒音は、67ｄＢです。交通量も多くかなり煩いです。



リオン社のソフトでの計算とも一致しています。



道路から少し離れたとして、値を 40ｄＢになるように修正します。

簡単にするために、中心周波数と補正値は次のものを使う事にします。

周波数（Hz）	補正値（dB）
20	-50.5
25	-44.7
31.5	-39.4
40	-34.6
50	-30.2
63	-26.2
80	-22.5
100	-19.1
125	-16.1
160	-13.4
200	-10.9
250	-8.6
315	-6.6
400	-4.8
500	-3.2
630	-1.9
800	-0.8
1000	0.0
1250	0.6
1600	1.0
2000	1.2
2500	1.3
3150	1.2
4000	1.0
5000	0.5
6300	-0.1
8000	-1.1
10000	-2.5
12500	-4.3
16000	-6.6
20000	-9.3

一番低い中心周波数が、20Hz、です。

バンドパスフィルタの特性

上記の中心周波数に対するバンドパスフィルタの特性は次のようになっています。

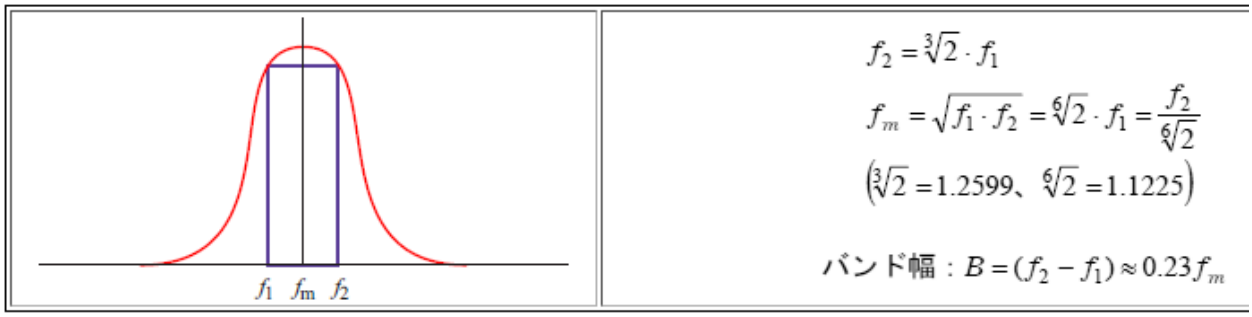


図 11-2　1/3 オクターブバンドにおける中心周波数、上下限周波数とバンド幅

その周辺でのフィルタ特性を確認します。

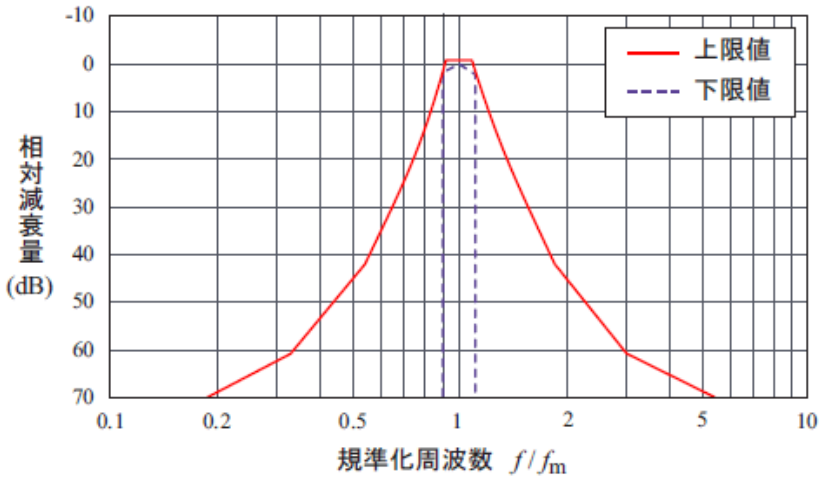


図 11-5　1/3 オクターブバンドフィルタ クラス 1 の相対減衰量の限界値

ｆｍ＝20、ｆ/20＝0.2 より、ｆ＝４となり、4Ｈｚ以下の成分は計算から除外されます。

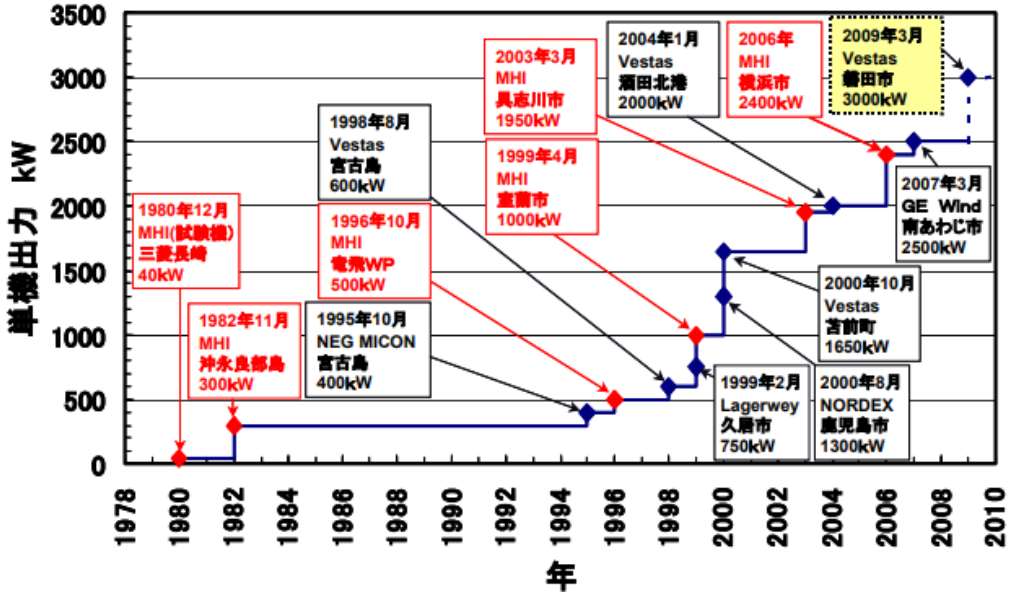
20Ｈｚの成分関しては、-50.2ｄＢの補正がかかりますで、20Ｈｚの成分が大きくなっても A 特性音圧レベル（20Hz～）値は、ほとんど変化しません。

もちろん、4Ｈｚ未満の周波数の音が、どんなに大きくなっても、A 特性音圧レベル（20Hz～）の値は変化しません。

40ｄＢから 45ｄＢへの指針値の変化の内容を確認します。

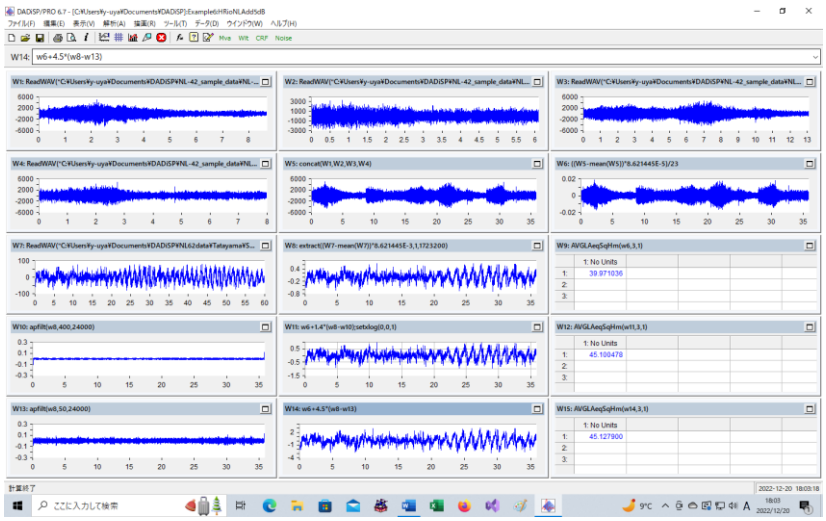
むかし、東京で Wavelet の講演をしたことがあります。その後で風車の開発をしている技術者との懇談の場がありました。

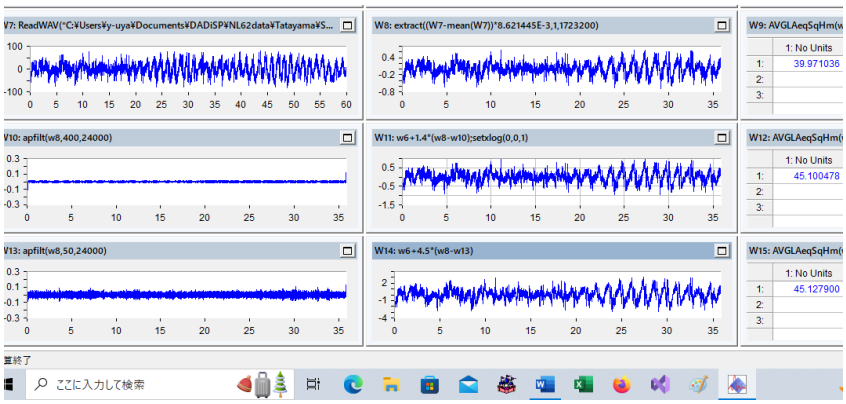
昔は、日本でも風力発電の風車を開発していたのです。その時に、日本の風車はうるさいが、ドイツの風車は静かなのです。との話を伺いました。



風車の特性は、その大型化と技術の進歩によって次の様に変化しました。
可聴域の音は減少した。
超低周波音で音圧が最大となる周波数は低くなった。

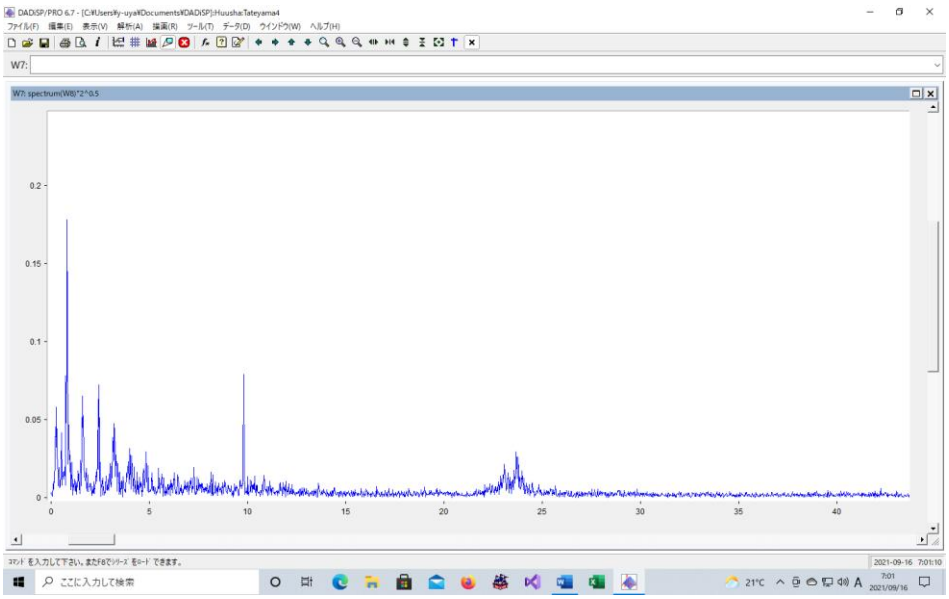
これが、+5ｄＢの評価に影響します。





道路の音を（1/23）倍して、Ａ特性音圧レベル（20Hz～）が 39.9ｄＢになりました。

次のグラフは、風車音の周波数スペクトルです。



調整した交通騒音に、風車音を加えるのですが、
風車音から、400Hz～24000Hz の音を除外したものを、1.4 倍して道路騒音に加えた時の A 特性音圧レベル（20Hz～）は、45.1ｄB となりました。
風車音から、50Ｈｚ～24000Ｈｚの音を除外したものを、4.5 倍して道路騒音に加えた時の A 特性音圧レベル（20Hz～）は、45.1ｄB になりました。
　可聴域成分が、技術改良で小さくなっても、回転軸が水平となっている風車の超低周波音（ISO7196）は小さくなりません。
　45ｄB の指針値であっても、50Hz 以下の成分を比べれば、4.5/1.4＝3.2 倍となっているのです。
ガタツキ閾値や、共鳴、共振に深く関係する部分の音圧がこれだけ違っても、A 特性音圧レベル（20Hz～）で測る限り、どちらも 45ｄB なのです。

　超低周波音（0Hz～20Hz）による、圧迫感などの不快感を考慮すべきですが、それを詳しく議論できるような統計資料が無いので、ここでは、ガタツキ閾値と、共鳴、共振の件だけにしておきます。
　ますます大型化し、超低周波音（ISO7196）の部分のエネルギーが増すのです。日本家屋の固有振動数が 1Hz 前後なので、共振が起こりやすくなります。

　同じ+5ｄB でも、風車が大型化すればガタツキの起こりやすさが増加します。もちろん圧迫感を感じるとの訴えも増えると思います。風車の大きさを無視しての+5ｄB はナンセンスなのです。

　もちろん、大きさの違う風車の騒音（0Hz 以上）の周波数スペクトルを比べながら、より詳しい計算をする必要があります。

　言いたいことは、+5ｄB の考えは、風車が大きくなる状況にそぐわないと言う事です。

● 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

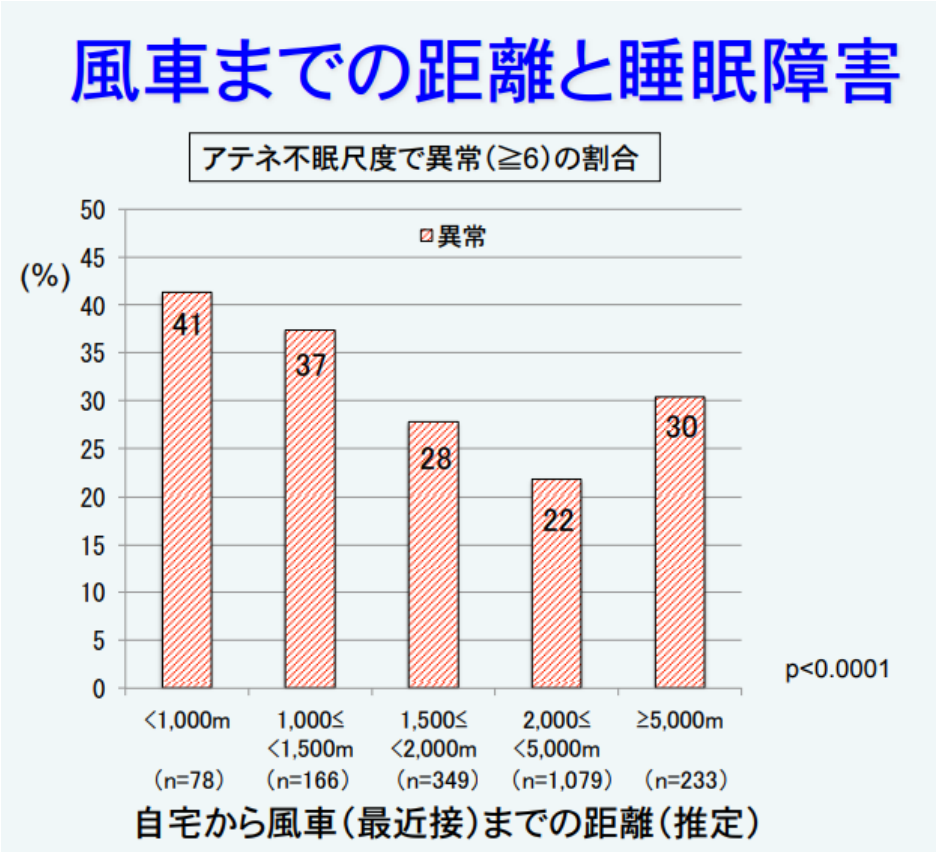
とあるが、これは、“１km 以上離れたら被害を認めない。”との宣言です。

風力発電等による低周波音・騒音の長期健康影響に関する疫学研究

研究代表者：石竹達也（久留米大学医学部）

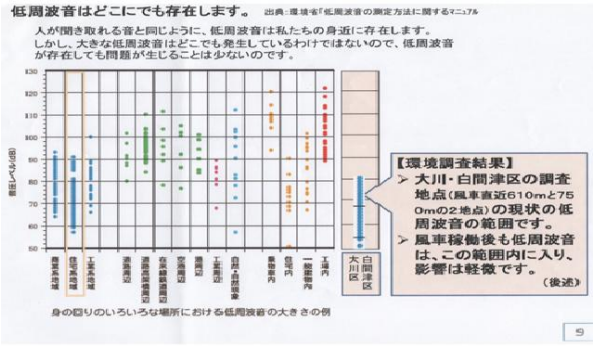
にあるように、被害はかなりの範囲に及びます。

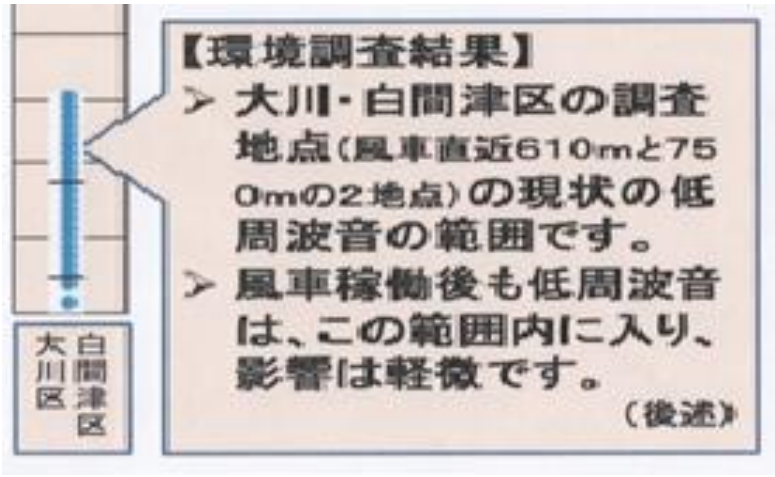
業者は、１ｋｍ以上離れた地区での説明会をしない方針です。生活に影響があるのは、１ｋｍ以内とは限りません。もっと広い範囲で睡眠所外が起きます。



この、１ｋｍの話はさらに悪用されます。住宅から 610m、750m離せば影響は軽微だとする説明がされることもあります。

次の資料は、風車の会社が住民向けに配布した資料です。





これでは、地域社会が崩壊してしまいます。風車音に悩まされる土地から人々は去ります。たとえ故郷でも帰っては来ません。

理由は、安眠出来ない土地に暮らすことによる損害が大きすぎるからです。

このことは、食料確保、国土保全、レーダー網の無力化、などなど大きな影響となり、日本の国力を弱めることになります。

検討会参加した方々、が、高校１年のときに数学Ⅰをしっかり勉強しておかなかったことや、英語の単語が理解できないことや、日本語の意味が分からないことなどが原因で、世の中に大きな影響を与えて、日本の故郷を崩壊させることになってしまうのです。

大学で教えている方もいます。今からでも、高校数学、英語、日本語の勉強をして下さい。学生が可哀そうです。

被害が大きくなるのは、どんな時であり、どんな場所なのでしょうか？

- **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**

稼働する風が不安定な時は、風車にかかる風の力が大きく変化していると考えられます。そんな状況で被害が大きくなる時でも、住民は生活しているのです。その被害状況を見ようとしない理由が知りたい。

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。

不安定な状態での音を調査しておけば、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？

疲れたが、

- **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**

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 9

ですが、マニュアルについても詳細に検討します。

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。
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。
これは、国防の観点から見て当然のことである。国防は単に武器の数で評価できるものでは無い。資源の活用や生産力の多様性が重要な要素です。人口が多いことも重要な要素です。
太平洋戦争でアメリカの生産力に負けたことを忘れたのでしょうか。食料が自給できなければ戦えません。食料を送ってくれる敵はいません。
日本では、洋上風力でも1.5ｋｍ程度です。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。

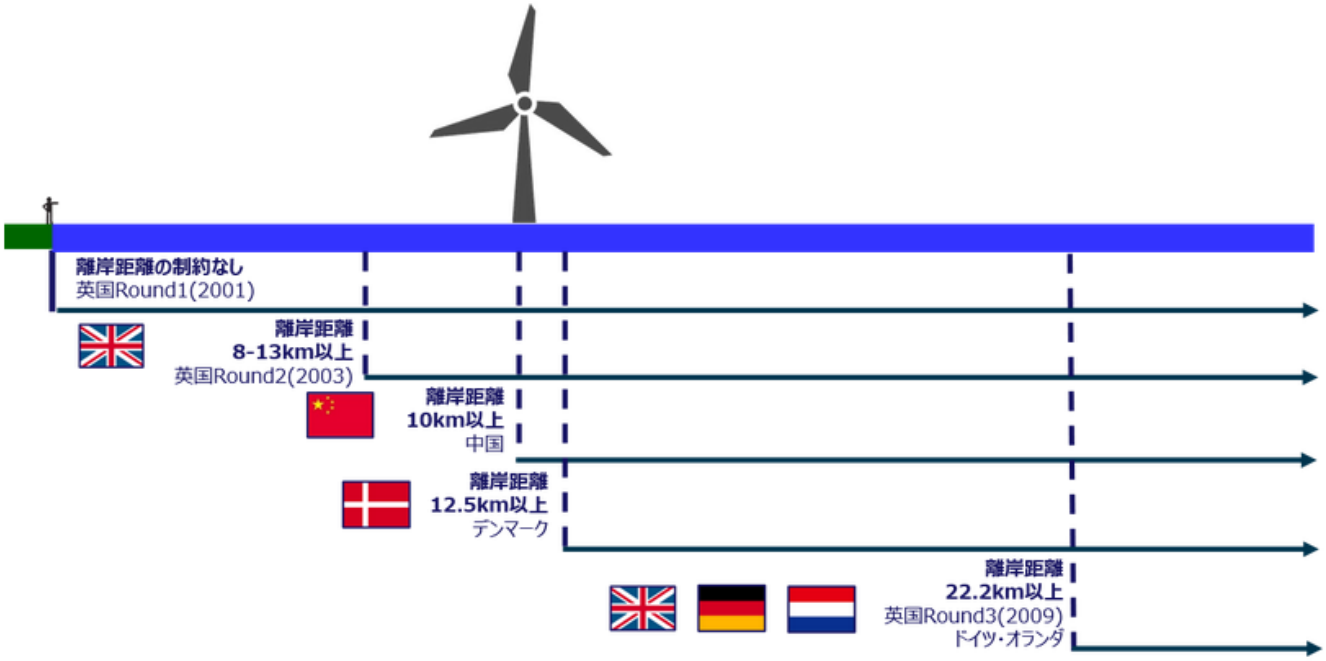
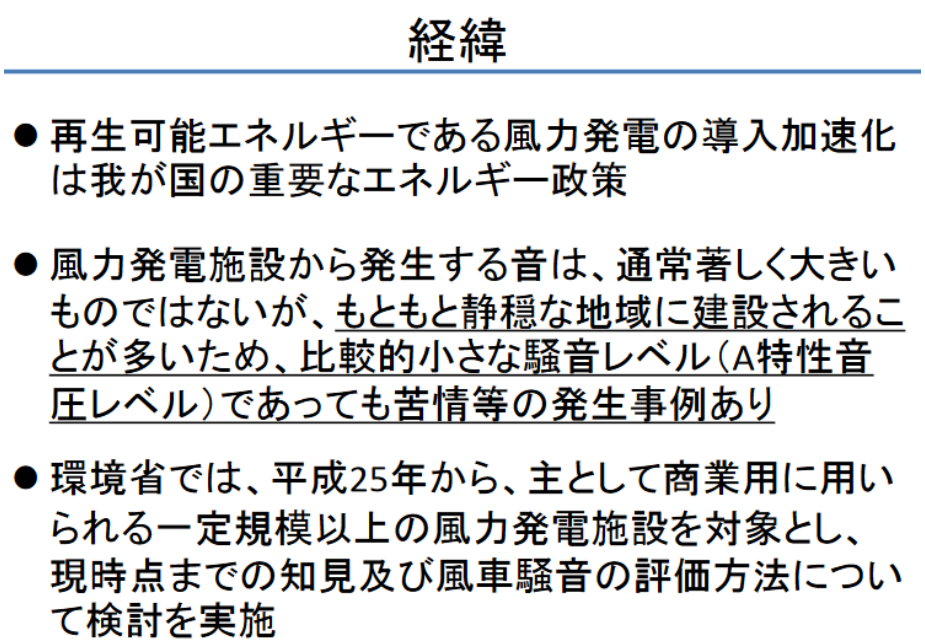


図　諸外国において洋上風力の立地を認める最低離岸距離

参考文献: BMT Cordah Limited, Everington, BSH, 国家能源局, Danish Energy Agency, Gorvernment of the Nethrlands

概要資料は、経緯の説明から始まります。



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

しかし、その選択や検討は慎重に行う必要があります。

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。

また、今年２０２２年の夏、冬の電力供給が不足して停電恐れがあると言われています。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。

風車の大きさは 1995 年以降、急激に大きくなっています。大型化で風車の回転数は下がり、風車からの超低周波音もさらに低い周波数となり、その音圧は高くなっています。
三菱重工業株式会社 勝呂 幸男の論文にある図

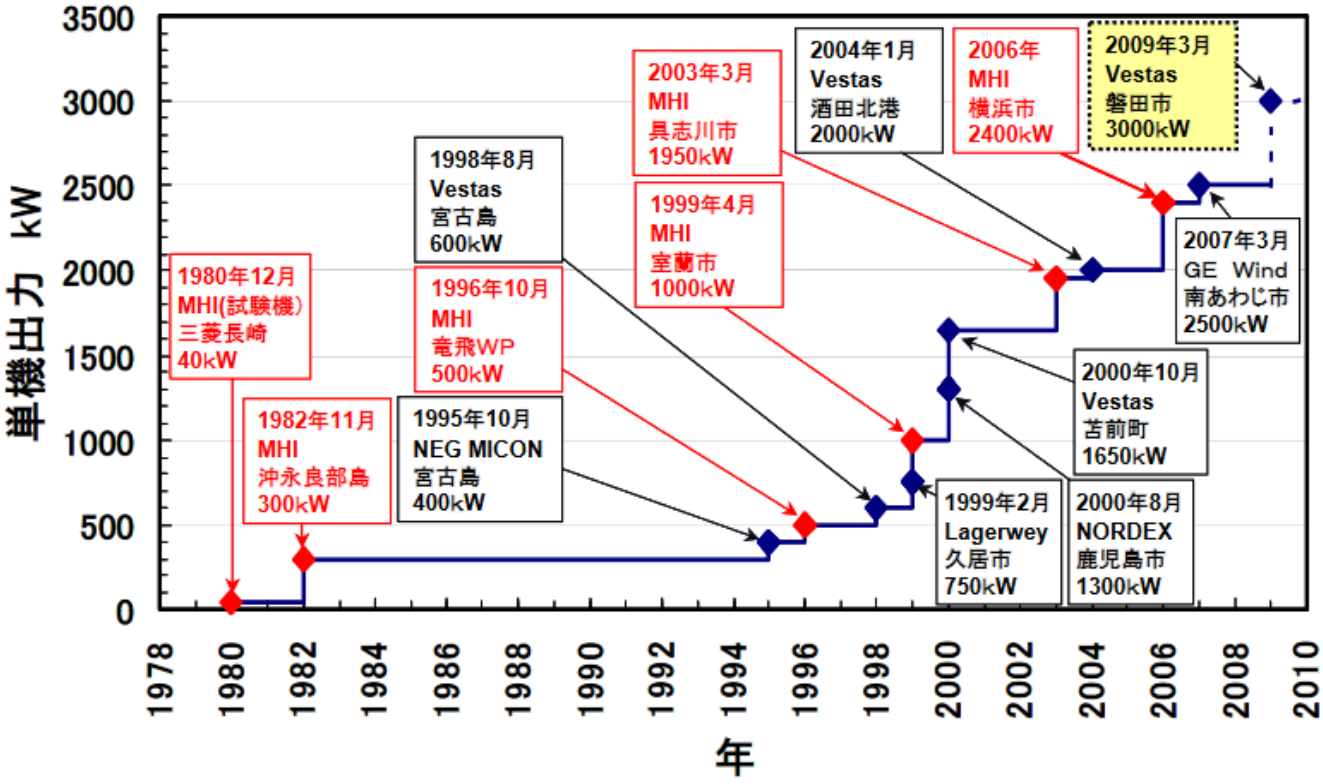


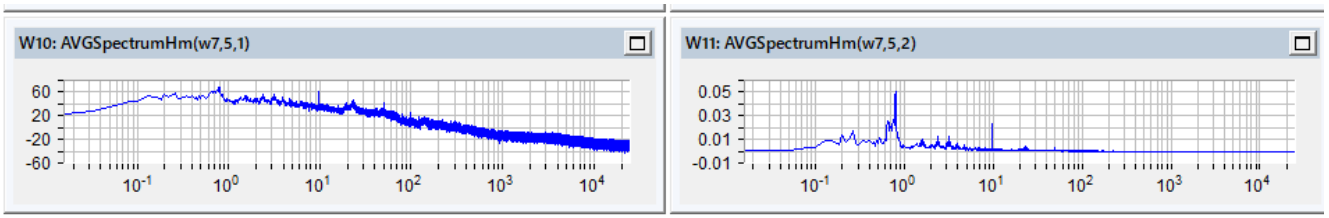
図 1 わが国の風車導入実績

によれば、風車の発電量は 1995 年以降急激に増加しています。
１９９５年１０月宮古島 400ｋＷ
２０００年３月鹿児島市 1300ｋＷ
２０００年１０月苫前町 1650ｋＷ
２００９年３月磐田市 3000ｋＷ
となっています。
千葉県の「館山市環境センター」近くの風車は、**出力　１５００KW、タワー高さ　６５m、ブレード直径　７０．５m、ナセル重量　５２トン**　です。

出力から考えると、２０００年３月鹿児島市 1300ｋW、２０００年１０月苫前町 1650ｋW、に近いものです。１Hz 以下の超低周波音がかなりの強さで出ていることは計測結果からみて取れます。

布引北でのシーテックの計画は、**出力 2300ｋW、タワーの高さ 78.3m、ブレード直径 82m。**
千葉県館山の風車よりも、より低い音が、より強烈に出ることが予想されます。１Hz よりも低い周波数の強さを計測して正しく評価なくてはなりません。風車が大きくなれば、風車から出る１Hz よりも低い超低周波音の影響も強大になります。

千葉県館山市にある風車の騒音です。大きな特捜は、超低周波音の部分が大きなエネルギーを持っていることです。



W13: PaSqsum(w7,0,20)

	1: No Units
1:	0.082813
2:	

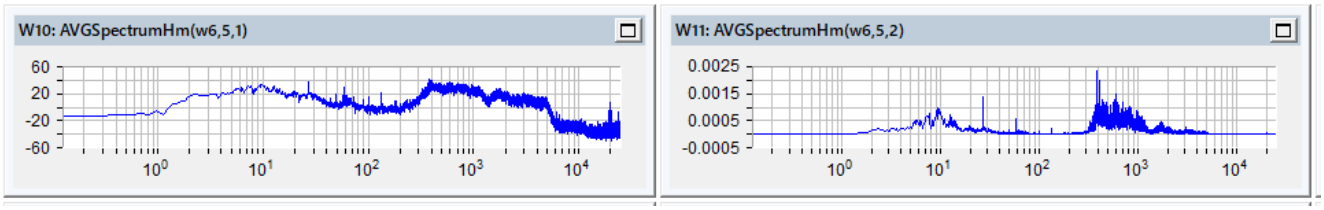
W14: PaSqsum(w7,20,25000)

	1: No Units
1:	0.005817
2:	

下の 2 つの数値は、20Hz以下では、0.082813、20Hz以上では、0.005817 ですから、**超低周波部分のエネルギーは、20Hz以上の成分のエネルギーの 14.2 倍です。**（0.134 倍、14/100 倍とは逆です。）
騒音として捉えることが出来る 20Hz 以上の周波数成分の持つエネルギーは、全体の 6.6%です。A 特性音圧レベルの数値で評価することは、全体のエネルギーの 93.4%の部分を無視して考えることになります。
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

と言うような態度は、住居の近くに風車を建てられた住民の苦しみを無視することであり、問題点の評価方法としても、全体のエネルギーの 6.6%だけを考えて、全体を評価することは、大きな誤りです。
自動車での交通騒音ならば、



W8: PaSqsum(w6,0,20)

	1: No Units
1:	0.000070

W9: PaSqsum(w6,20,24000)

	1: No Units
1:	0.007252

20Hz以下では、0.000070、20Hz以上では、0.007252 ですから、**超低周波部分のエネルギーは、20Hz以上の成分のエネルギーの 1/100 以下**ですから、A 特性音圧レベルで評価できますが、風車の場合は大きな誤りです。

風車被害の経過や被害の内容が極端に軽視されています。被害の様子は日本でも外国でも沢山報告されています。

風車騒音での被害の特徴は、

A procedure for the assessment of low frequency noise complaints

（Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD）の表を見ると分かります。

表 II:選択された症状を報告している LFN 苦情申立人の数。

健康問題	回答者数	回答者の割合
睡眠障害	11	92%
ストレス	10	83%
フラストレーション	9	75%
眠りにつくのが難しい	8	67%
不安	8	67%
疲労感	7	58%
耳や体の圧力や痛み	7	58%
頭痛	7	58%
身体の振動や痛み	6	50%
頻繁な刺激	5	42%
不眠症	5	42%
うつ病	4	33%
片頭痛	3	25%
腹部症状	3	25%
慢性疲労	2	17%
自殺	2	17%
耳鳴り	1a	8%

a）回答者は、耳鳴りではなく副鼻腔炎が耳鳴りに起因すると回答した。

うるさくて、睡眠障害になるだろうとの予測は誰でも思いつくでしょう。

でも、“耳や体の圧力は痛み”、“体の振動や痛み”と言う項目は、聴覚で捉えた音の影響と解釈するのは難しいです。

計測機材と計測：

騒音については、

リオン社の精密騒音計 NL-62 で計測され、波形収録プログラム NX-42WR によって１６ビットの符号付整数を使って収録された WAV ファイルを作る。収録時の周波数重みづけは Z 特性（平坦特性）とする。サンプリングレートは４８ｋHz、連続する収録時間としては 1 分から 10 分程度とする。

振動については、
リオン社の振動レベル計 VM-55 で計測され、波形収録プログラム VX-55WR を使って収録された WAV ファイルを作成する。ストアモードは Auto、測定チャンネルは XYZ、総測定時間は１分から１０分程度とする。
ビデオカメラでの撮影、
風車が存在して回転している場合は、ビデオカメラで回転の様子を撮影する。
計測機材の費用は、精密騒音計、振動レベル計、録音用のソフト、ビデオカメラで 150 万円程度。

データの解析；
PC：Win10 又は Win11 の OS が載っている PC でメモリーは 32GB 程度。
解析ソフト：DADISP、DADISP/WAV、Unit/Wavelet、Unit/WVA、Unit/Noise-Vibration）
解析ソフトと PC の費用は、150 万円程度

参考文献の購入費：（けっこうかかる）
読んで理解する時間：（長い）

を用意すれば、風車騒音の録音と解析が可能となります。

誰も測ってくれないときは、自分で測れば良いのです。と言うわけで、自分で調べてみました。

少し追加しておきます。
A procedure for the assessment of low frequency noise complaints
（Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD）の記述で、次の部分があります。

II. 手順の開発
最高の評価方法を確立するために、相互に補完する、一連の野外研究と実験室研究が実施されました。
フィールド調査では 10 の独立した場合についての、LFN 研究結果が報告された。苦情を受け取っていないケースも 5 例確認された。

これに加えて、苦情申立人の住居内で音を物理的に録音しました。1 対 1 での包括的な半構造化された面接インタビューで、個人に関する大量の個人データを取得することも計画されました。

実験室試験では、 受容性の閾値のセットが確認できました。18 人の被験者に昼と夜の状況様を想像してもらって、ぎりぎり受け入れ可能なレベルに聞こえる、様々な低周波のレベルを得ることが出来ました。
提示された音は、低周波域にわたる一連の音、野外録音で得られた「実際の」低周波騒音、およびさまざまな程度の変動を伴う合成音が使われました。
これらの野外および実験室研究からの結果を以下に要約する。

A. 野外測定
1. 参加者募集
LFN 被害者は、地域の環境保健局の助けを借りて参加してもらいました。現在被害を受けていると訴えているケースです。地方自治体当局への手紙の回覧によって、英国全土で 40 人以上の可能性のある事例が特定され、評価されました。電話で、環境保健の従事者からの質問と議論がなされ、詳細な記述が得られました。
集団内で複数の苦情が発生したケースが、孤立した苦情の場合よりも優先的に選ばれました。
環境保健従事者も、苦しんでいる人も同様に、参加を熱望していました。

ケースは音響計測よりも先に選択されました。測定が行われ、記録が実行された後、ケースは破棄されませんでした。

2. 野外測定の手法
野外測定の主な目的は、野外データのデータベースを作ることでした。そして、提案された基準の進化発展、さらには、研究室での試験で使用する音響データを提供することも含まれていました。
環境騒音基準の大部分は、音の測定を屋外で実施する必要があると規定していますが、住居の内部でのみ、低周波騒音の評価が可能であることが一般的な合意です。
この一連の調査では、申立人が音の存在を示した部屋に 1 つのマイクロホンが 1 つのポイントに配置されました。空いている部屋は希望があれば行われ、録音は、通常 2100h と 0900h の間に行われました。
さらに、経験豊富なインタビュアーによる 1 対 1 のインタビューを実施しました。詳細を B.1 以下に示します。
被験者には、記録用紙に、特定の時間に、どのようにして音に気付いたかを記入してもらいました、

計測機器は無人監視のために 3～5 日間放置されました。

マイクロホンと測定機材を接続したものは、UKAS 標準に見られるように、**最低 1Hz まで測定できる**ように校正されました。試験の直前にサルフォード大学の校正研究所によって認定されました。
1/3 オクターブスペクトルと音の要素が記録されます。データはハードディスクに直接記録されました

3. 野外測定値の分析
大量のデータが収集され、分析の詳細がプロジェクト報告に表示されます。
ほとんどの問題では、限界的なケースのほとんどは、40Hz と 50Hz の帯域にありました。
いずれの場合も、住居のバックグラウンド騒音レベルは著しく低かった。自然のそのような低レベル
マスキングノイズは、LFN の乱れの一因であると考えられています。
オーディオ録音は、音の成分、時間構造、および変調を検出するために分析されました。
1/3 オクターブの音圧レベルだけでは十分に検出できません。

そのような特色、この研究で遭遇した苦情と相関することが判明した。ただし、オーディオ録音は、さまざまなノイズ源を区別するために、より高いレベルで再生されました。
1/3 オクターブと狭帯域スペクトルとの組み合わせ、これは音源の最も可能性の高い同定方法を提供しました。

確認する必要があるのは、野外での録音結果と、再生音の違いです。
DADISP と DADISP/WAV の組み合わせで、野外での風車音とそれを再生した物を再度録音した結果を比較してみます。どちらも、耳で聞く限りでは、同じ音のように聞こえます。私には違いは見つけられません。

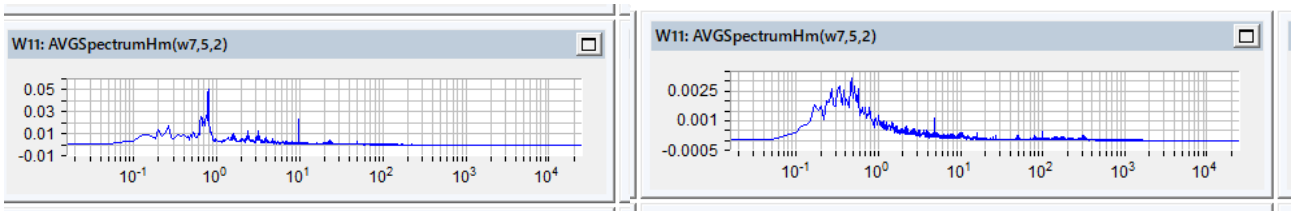
野外での録音結果（LN-62）



PC での再生音を再度録音した結果（LN-62）



超低周波領域の、0.8Hz のピークは消えてしまいました。



でも、同じように聞こえます。再生機材にもよるでしょうが、野外での超低周波音による高い音圧を実験室で再現するのは困難です。もちろん、“最低 1Hz”としたのでは、問題点は見つかりません。

つぎは、

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。

聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値の意味が、書かれていません。

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。

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、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。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ない。

A procedure for the assessment of low frequency noise complaints

（Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD）

では、10Hz～160Hz が定義域。

ISO389-7　では、20Hz～18000Hz が定義域。

超低周波音の定義域は、0Hz から 20Hz です。

３つの定義域は、20Hz の１点でしか重なりません。

すべての超低周波音領域は 0Hz～20Hz なので、その領域で、下回るとの判断は出来ません。

これは、グラフでの値の大小関係を比べるときの基本です。

積分を使って、面積計算をするときには、常に意識する必要のある事柄です。これは、高校２年生か高校３年生で学習する事柄です。

“暴露側における風車騒音に含まれている低周波数成分の可聴性が実験室実験で調べられている”

については、

音の再生方法にもよるが、0.2Ｈｚ～1Ｈｚあたりの強烈な音圧を持っている風車からの超低周波音をどのようにして実験室で再現したのかが全く語られていない。

再現した音と、野外で録音した音とでは、超低周波音の領域における特性は全く別物になります。

でも、耳で聞く限りでは、その差を認識できません。

より正確な計測と比較の上で、議論する必要があります。

“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”等にも、風車被害に関するアンケート結果がありますが、風車被害を究明するものにはなっていません。

どこで、どのようなアンケートを行うべきかについては、検討が不十分です。結果として、この研究の中５つの区分けの中から、それぞれ２地域程度を選んで、同一のアンケートとを行い、その結果を比較することが必要です。

アンケートとしては、次の２つを組み合わせたものが適当だと考えます。

１つ目は、

表 II:選択された症状を報告している LFN 苦情申立人の数。

健康問題	回答者数	回答者の割合
睡眠障害	11	92%
ストレス	10	83%
フラストレーション	9	75%
眠りにつくのが難しい	8	67%
不安	8	67%
疲労感	7	58%
耳や体の圧力や痛み	7	58%
頭痛	7	58%
身体の振動や痛み	6	50%
頻繁な刺激	5	42%
不眠症	5	42%
うつ病	4	33%
片頭痛	3	25%
腹部症状	3	25%
慢性疲労	2	17%
自殺	2	17%
耳鳴り	1a	8%

a）回答者は、耳鳴りではなく副鼻腔炎が耳鳴りに起因すると回答した。

を次のように変形したもの。

健康アンケート（全般）。

健康問題	0	1	2	3
睡眠障害	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
ストレス	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
フラストレーション	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
眠りにつくのが難しい	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
不安	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
疲労感	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
耳や体の圧力や痛み	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
頭痛	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
身体の振動や痛み	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
頻繁な刺激	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
不眠症	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
うつ病	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
片頭痛	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
腹部症状	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
慢性疲労	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
自殺	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である
耳鳴り	0 無い	1 少しある	2 かなりある	3 深刻である

と、

健康アンケート（睡眠）

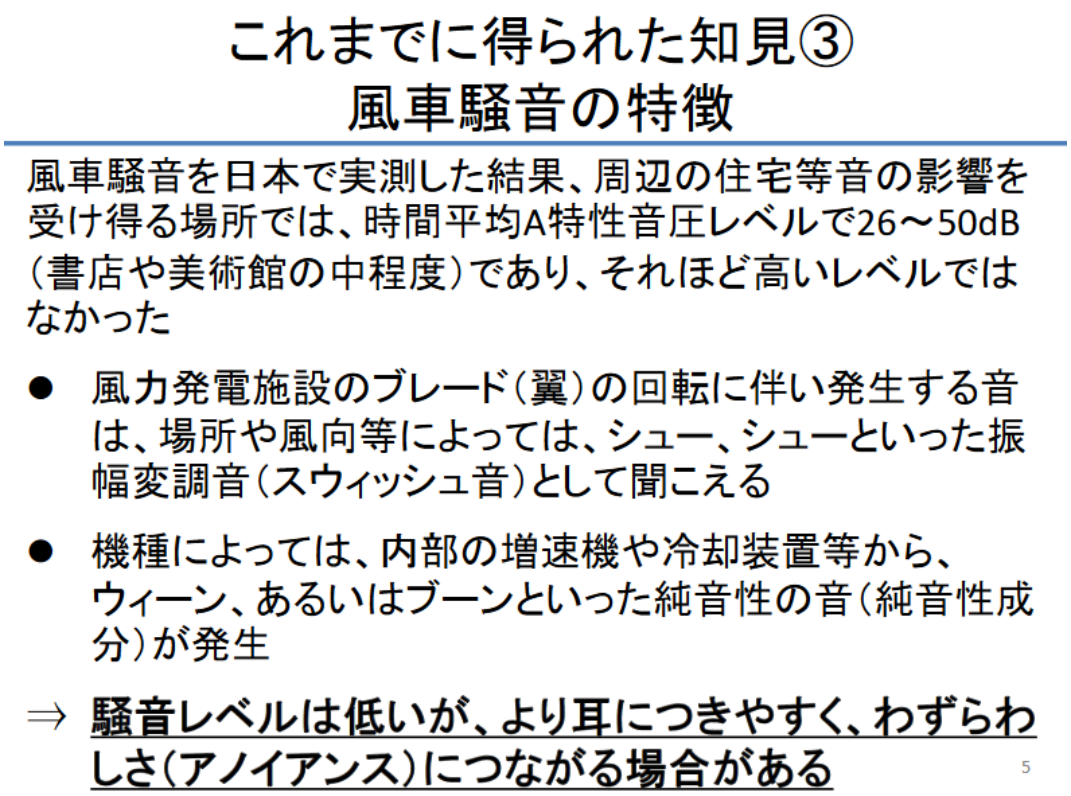
アテネ不眠尺度(AIS)不眠症の自己評価

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	いつもより非常に時間がかかった、あるいはまったく眠れなかった
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
9	胸や腹への圧迫感はありましたか？	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
	1から8の合計		[1～3点]・・睡眠がとれています
			[4～5点]・・不眠症の疑いが少しあります
騒音振動の計測希望			[6点以上]・・不眠症の可能性が高いです
有・無	9の点数		ピーク値；　Hz　Pa
			A特性音圧レベル；　dB
			G特性音圧レベル；　dB

を組み合わせて使うべきです。希望があれば上記の項目に関する計測を行います。

次は、“これまでに得られた知見③”を検証します。



まず、

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

に関しては、

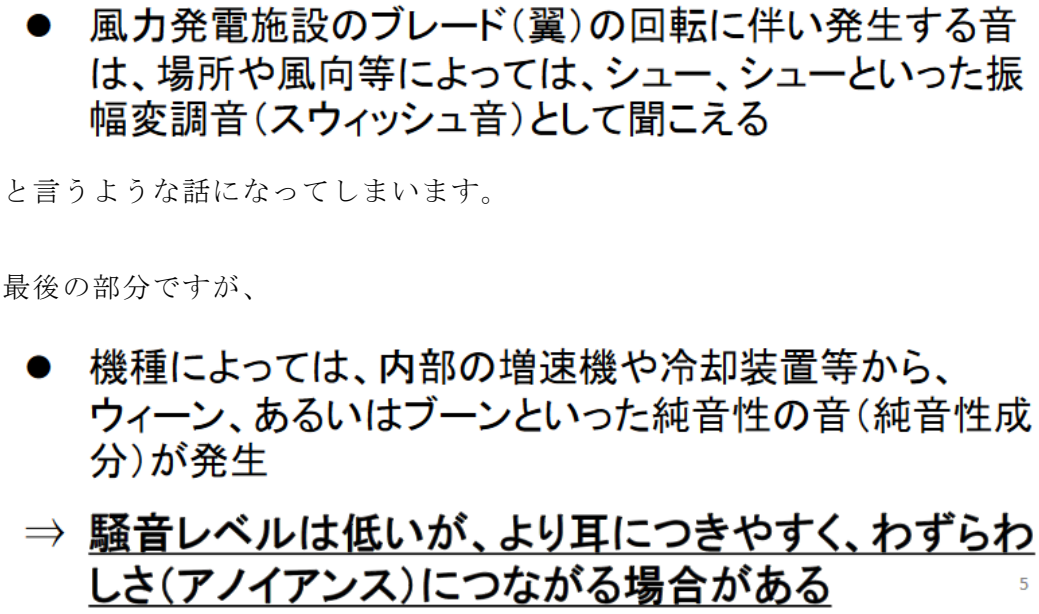
確かに、風車では、20Hz 以上の周波数の音を対象とした A 特性音圧レベルは低いのです。

これは、

風車からの音のエネルギーの 6.6%程度のものを評価するのですから A 特性音圧レベル低くて当然です。交通騒音では、騒音のエネルギーの 99%を評価するのですから、A 特性音圧レベルが高くて当然です。

以前確認した表でも、A 特性音圧レベルの値は、そのようになっています。

だからと言って、超低周波音の部分を見逃してはいけません。それを見逃すと、



と言うような話になってしまいます。

最後の部分ですが、

風車騒音の最大の特徴は、２４時間連続して音が出ることです。新幹線も夜中は止まります。
高速道路も夜間は交通量が減ります。さらに、高速道路には防音壁が付いています。風車も夜間は停止して、昼間の煩さを減らすために、風車の周りに防音壁を設置すべきです。

煩ければ、安眠できません。
これは大きな被害です。子供の成長、学校での居眠り、ストレスの増加、寝不足での交通事故、仕事の効率の低下を招きます。誰が、どのようにしてこの損害を補償するのでしょうか？

私は、間違った結論を提出した、学者の責任が極めて大きいと考えています。

困ったことに、学者の皆様には、十分な睡眠が確保できないことは重大な問題であるとの認識が無い。

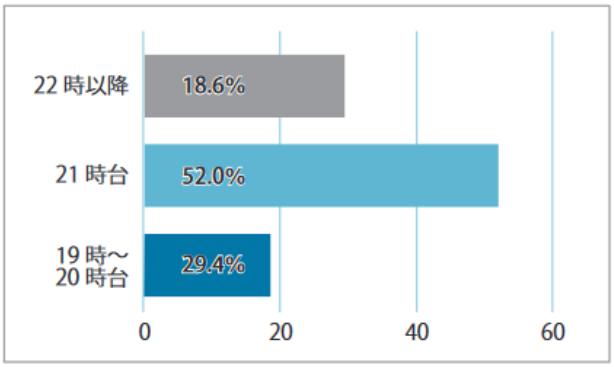
南房総市が 2021 年２月１１日に発行した、広報みなみぼうそう２月号には、次のように書かれている。

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。

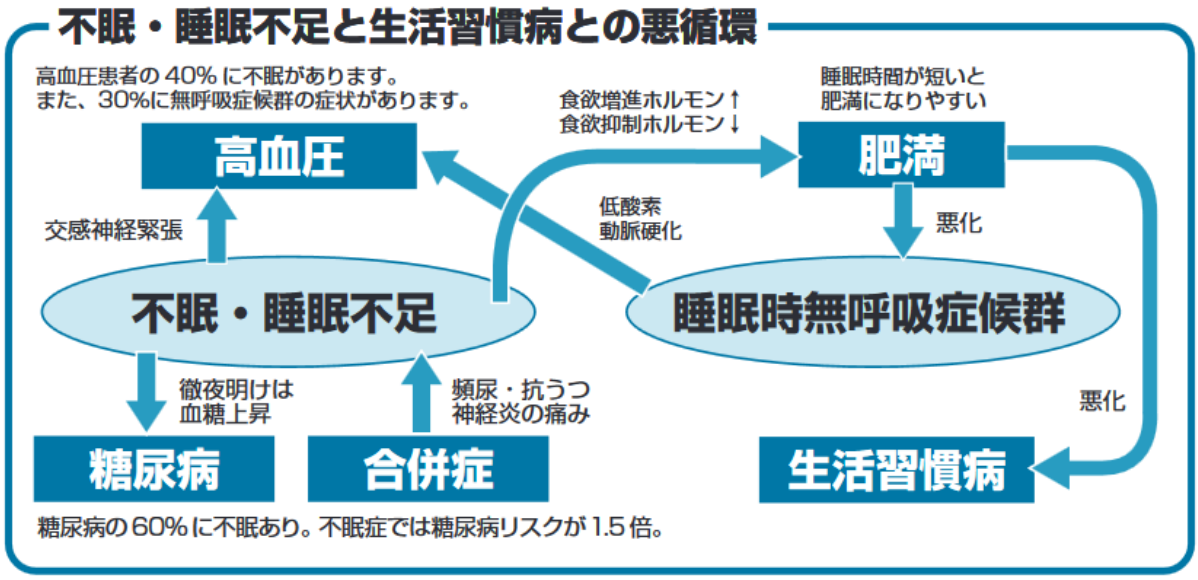
◇ブルーライトを遮断し、灯りは暗く

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。

長州新聞の記事
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
では、

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。

とのことです。

不眠が特に目立ちます。
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。

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。ネット上の記事ですが、

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。

　すでに見たように、学者の方々は、グラフの定義域を 4Hz 以上にしました。これは、意識的に超低周波音の問題を隠蔽したことになります。

● 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

　日本全国で、もちろん世界各国でも、風車音の被害を訴えている人は沢山います。
報告書を作成した学者たちが、明らかな関連が見つからないように努力していることはあきらかです。
　“知見は確認できなかった”と言う表現は、学者としてはあり得ない表現です。
知見を確認することは、すでに公開されている知見を調査することを意味します。
普通の科学者は、自らの調査と研究で関連を明確にすべく努力するものです。
　報告書を作成された学者の中に、自ら調査研究して結論を出した方は見当たりません。
怒りや、あきれると言う感覚は湧いてきません。日本の科学者の現状についての悲しみしかありません。

風車が見えるか見えないかは、被害者が受ける音の大きさに関係します。

● 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

　素晴らしい業績を上げて、音響に関しての世界でも類を見ない学説“風車から低周波音は出ない”と言うような方が属する学会の会員の方には、ぜひ読んでいただきたい本があります。
　Principle of Optics：60th Anniversary Edition 、Max Born、 Emil Wolf　です。
読んでみれば、風車が見える場合と見えない場合の違いが明確になると思います。

環 水 大 大 発 第 1705261 号
平 成 29 年 5 月 26 日
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
の別紙の記載は次のようになっている。

（別紙）
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**。このような知見を踏まえ、風力発電施設の設置又は発電施設の新設を伴う変更に際し、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。
１．対象
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の稼働に伴い発生する騒音を対象とする。
２．用語
本指針における用語の意味は以下のとおりである。
〇残留騒音：一過性の特定できる騒音を除いた騒音
〇風車騒音：地域の残留騒音に風力発電施設から発生する騒音が加わったもの
３．風車騒音に関する指針値
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、まれに通過する自動車等の一過性の騒音により、その地域の騒音のレベルは大きく変化する。また、風車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、その地域の地形や被覆状況、土地利用の状況等により影響される。
これらの特徴を踏まえ、風車騒音に関する指針値は、全国一律の値ではなく、地域の状況に応じたものとし、残留騒音に 5 dB を加えた値とする（図１及び図２）。ただし、地域によっては、残留騒音が 30dB を下回るような著しく静穏な環境である場合がある。そのような場合、残留騒音からの増加量のみで評価すると、生活環境保全上必要なレベル以上に騒音低減を求めることになり得る。そのため、地域の状況に応じて、生活環境に支障が生じないレベルを考慮して、指針値における下限値を設定する（図２）。具体的には、残留騒音が 30dB を下回る場合、学校や病院等の施設があり特に静穏を要する場合、又は地域において保存すべき音環境がある場合（生活環境の保全が求められることに加えて、環境省の「残したい日本の音風景 100 選」等の、国や自治体により指定された地域の音環境（サウンドスケープ）を保全するために、特に静穏を要する場合等）においては下限値を 35dB とし、それ以外の地域においては 40dB とする。

A 特性音圧レベル

騒音は、人間が耳で感じる煩さです。

$$L_p = 10 * \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right)$$

上の式での Lp が同じでも、周波数が高い音だと煩く感じても、周波数が低い音ではそれほど煩く感じないので、人間が感じる騒音の煩さを示す数値を得るには、Lp に対する周波数ごとの補正が必要となります。それが、A 特性による重み付けです。

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dB）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。

計算対象となる周波数帯の中心周波数（1/3 オクターブ解析の場合についてのみ考えます）は、A 特性（1/3 オクターブバンド重み付け特性）と言っても、重み付けの規格はいろいろあります。

6.3hzから 20kHzの規格

（IEC61672:2014 規格）は、（関数 Weight1d3A(ww,w)）と NoiseLevel1d3A(ww,w)はこの規格）

Frequency [Hz]	A-Weighting	C-Weighting	Z-Weighting
6.3	-85.4	-21.3	0.0
8	-77.8	-17.7	0.0
16000	-6.6	-8.5	0.0
20000	-9.3	-11.2	0.0

10Hzから 20kHzの規格

JIS C 1509 では、（関数 Weight1d3A10Hz(ww,w) と NoiseLevel1d3A10Hz(ww,w)はこの規格）

●周波数重み付け特性 A/C/Z の値

JIS C1509 に規定された周波数重み付け特性 A/C/Z の値とそのグラフを表 1、図 2 に示します。

表 1　周波数重み付け特性 A/C/Z　(1/3 オクターブバンド)

No	公称周波数 (Hz)	厳密周波数 (Hz)	A 特性 (dB)	C 特性 (dB)	Z 特性 (dB)
10	10	10.00	-70.4	-14.3	0.0
11	12.5	12.59	-63.4	-11.2	0.0
42	16000	15848.93	-6.6	-8.5	0.0
43	20000	19952.62	-9.3	-11.2	0.0

20Hzから 20kHzの規格

小野測器の HP では、(関数 Weight1d3A20Hz(ww,w) と NoiseLevel1d3A20Hz(ww,w)はこの規格)

A

A特性の補正値を列記します。補正値は「JIS C 1509」に記載されています。フラットの値（dB）に下記の値を加算してください。

周波数（Hz）	補正値（dB）
20	-50.5
25	-44.7
16000	-6.6
20000	-9.3

中心周波数について

公称周波数は各 1/3 オクターブバンドの中心周波数をきりのよい周波数であらわしたものです。

厳密周波数はバンド番号nを 10～33 の整数として式(1)により求めた各バンドの厳密な中心周波数の値です。

$$f = 1000 \times 10^{0.1\times(n-30)} \quad [\mathrm{Hz}] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

(n=10,f=10,　n=13,f= 19.95262315, ,　n=33,f= 1995.262315)

※ このプログラムでは、公称周波数を使っています。

バンドパスフィルタの特性

上記の中心周波数に対するバンドパスフィルタの特性は次のようになっています。

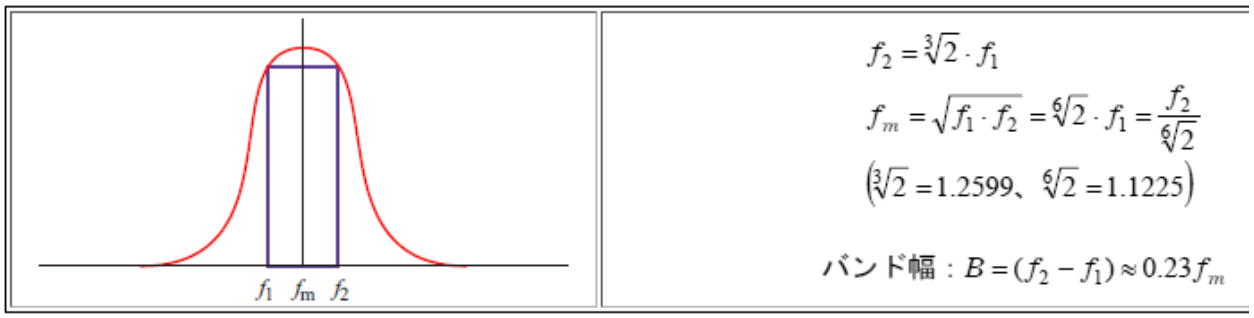


図 11-2　1/3 オクターブバンドにおける中心周波数、上下限周波数とバンド幅

その周辺での減衰は

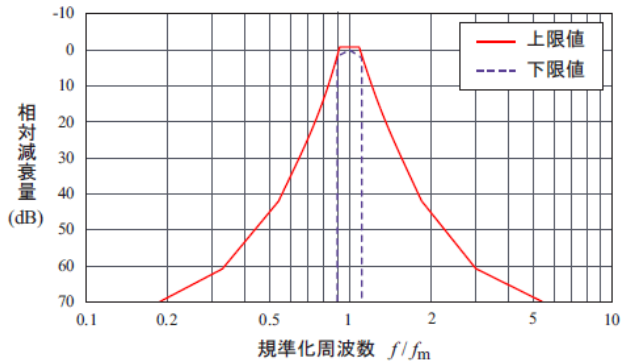


図 11-5　1/3 オクターブバンドフィルタ クラス 1 の相対減衰量の限界値

となっています。

A 特性での重み付けのグラフは、次のものです。

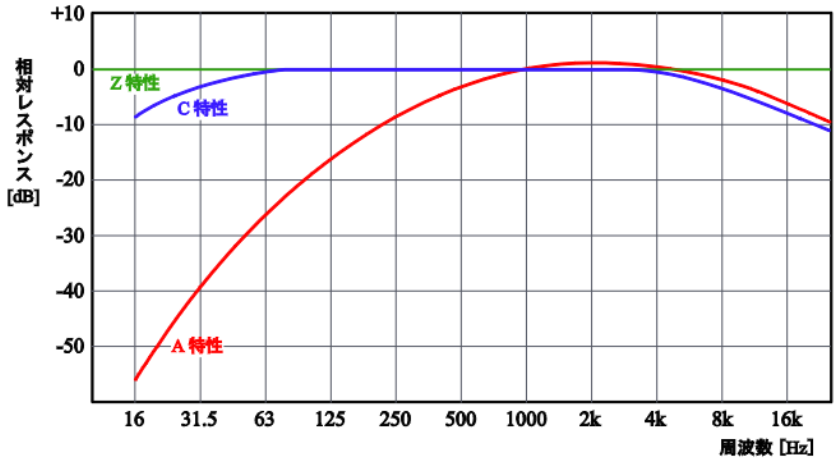


図 2　周波数重み付け特性 A/C/Z

重み付けの意味が良く分かる、計算例は、日本建設連合会　技術研究部会音響専門部会の資料です。

		オクターブバンド中心周波数 (Hz)						
		63	125	250	500	1k	2k	4k
①	● 道路騒音の例	70.8	69.0	68.7	65.8	63.8	59.2	53.3
②	A特性の重み付け	−26.2	−16.1	−8.6	−3.2	0.0	1.2	1.0
③	○ A特性重み付け後(①+②)	44.6	52.9	60.1	62.6	63.8	60.4	54.3
騒音レベル(下式参考)		68.3						

[dB]

$$L_A = 10\log_{10}(10^{L_{A63}/10} + 10^{L_{A125}/10} + 10^{L_{A250}/10} + 10^{L_{A500}/10} + 10^{L_{A1k}/10} + 10^{L_{A2k}/10} + 10^{L_{A4k}/10})$$

ここで、L_A：騒音レベル(dB)、L_{A63}～L_{A4k}：63 Hz～4 kHz 帯域の A 特性の重み付け後の音圧レベル(dB)

上の計算例と、A 特性での重みづけのグラフを比較してみると、

計算例の表では

1kHz での道路騒音の例の値は 63.8（dB）、A 特性重み付けは 0.0 となっています。A 特性での重みづけのグラフにおいて、A 特性を表す曲線が1kHz の所でレスポンス（dB）0の横線と交わっていることに対応します。

63Hz での道路騒音の例の値はL_P =70.8（dB）、A 特性重み付けは -26.2 となっています。A 特性での重みづけの

グラフにおいて、A 特性を表す曲線が 63Hz の所でレスポンス（dB）-26.2 の横線と交わっていることに対応します。

従って、63Hz の音は、音の煩さの評価としてはL_P =70.8（dB）であるにも関わらず、L_A =44.6（dB）の値のものとして扱われることを意味します。

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。

$$L_A = 10\log_{10}\frac{p_A^2}{p_0^2} = 20\log\frac{p_A}{p_0}$$

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）

$$L_p = 10 * log_{10}(P\ \ /P_0)^2$$

で、P_O =2×10^{-5}、L_P =70.8、L_A =44.6

$$L_p = 70.8 = 10 * log_{10}(P_{70.8}/P_0)^2$$

より、63Hz で 70.8（dB）の音の音圧は、10^(70.8/20)=3467.37=$P_{70.8}/P_0$

$P_{70.8} = 3467.37 * (2 * 10^{-5})$＝0.06935

$$L_A = 44.6 = 10 * log_{10}(P_{44.6}/P_0)^2$$

より、63Hz で 44.6（dB）の音の音圧は、10^(44.6/20)=169.8=$P_{70.8}/P_0$

$P_{44.6} = 169.8 * (2 * 10^{-5})$＝0.003396

ここで、

$$-26.2 = 10 * log_{10}(P_{44.6}/P_{70.8})^2$$

が成立する。これは、A 特性による補正値です。

$$\frac{P_{44.6}}{P_{70.8}} = 10^{\left(\frac{-26.2}{20}\right)} = 0.0489$$

となるので、音圧は 0.0489 倍になったものとして扱われます。

さて、全体の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。

（作成した関数では、各中心周波数に対して、帯域幅を決めて、その中の成分に関して、音圧を２乗してから、和をとって、その値を、中心周波数の音圧の２乗として扱って計算してあります。）

従って、

$$L_A = 10\log_{10}(10^{L_{A63}/10} + 10^{L_{A125}/10} + 10^{L_{A250}/10} + 10^{L_{A500}/10} + 10^{L_{A1k}/10} + 10^{L_{A2k}/10} + 10^{L_{A4k}/10})$$

ここで、L_A：騒音レベル(dB)、L_{A63}～L_{A4k}：63 Hz～4 kHz 帯域の A 特性の重み付け後の音圧レベル(dB)

は、A 特性で重みづけをした後の各周波数帯での騒音レベルを使って全体の騒音レベルと計算していることになります。あるいは、エネルギーの和を考えてから騒音レベルを計算しているとも言えます。

数値は、

$$10 * log_{10}\left(10^{L63/10} + 10^{L125/10} + 10^{L250/10} + 10^{L500/10} + 10^{L1000/10} + 10^{L2000/10} + 10^{L4000/10}\right)$$
$$10 * log_{10}\left(10^{44.6/10} + 10^{52.9/10} + 10^{60.1/10} + 10^{62.5} + 10^{63.5/10} + 10^{60.4/10} + 10^{54.3/10}\right)$$

＝68.34502291

となり、これが計算例の騒音レベル 68.3 です。

上の計算例に従えば計算手順は、

1．周波数帯ごとに音圧(パスカル単位)を計算する。

2．基準音圧と比較して、その周波数帯での音圧レベル(dB 単位)を求める。

3．周波数帯域ごとに A 特性での重み付けをする。

4．重み付けした値を基に、全体のエネルギーと計算して、全体としての音圧レベル(dB 単位)を求める。

となりますが、

リオン社の NL-62 のマニュアルには、

$$L_{Aeq} = 20log_{10}\left\{\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} P_A^2(i)\right)^{\frac{1}{2}} / P_0\right\}$$

と言う式が書いてあります。

これは、物理的な回路網で G 特性を近似して$P_A(i)$ (i=1,..,N)が得られることを意味しています。

ISO7196 の記述“備考:G 特性は、誘導子/抵抗器/コンデンサからなる簡単な回路網によって物理的に近似することができる。”に従って、直接的に計測時間ごとの A 特性音圧レベルを求め、その結果を使って全体の A 特性音圧レベルを上の式で求めていることになります。

リオン社に確認したところ、サンプリング周波数 48kHz の場合は、$P_A(i)$の値が、1 秒間に 48000 個得られるとの事でしたが、どのようにして、$P_A(i)$を決定しているかは公開していないとの事でした。

マニュアルから推測すると、0.25 秒間に計測される音圧データか、1 秒間に計測された音圧データをもとにして、$P_A(i)$を計算していると思われます。サンプリング周波数 48kHz の場合は、0.25 秒間の場合では、12000 個のデータから計算するので最低の周波数は 4Hz となり、1 秒間の場合は 48000 個のデータから計算するので最低周波数は 1Hz となります。

A 特性の計算では、1Hz 以上でも、なんとかなりますが、超低周波音を扱う G 特性では困ります。

現在の大型風車から発生する低周波音の周波数は、0.5Hz から 0.8Hz 程度です。

ISO7196 では、中心周波数 0.25Hz から 315Hz までの中心周波数が設定されています。0.25Hz の時の帯域幅が 0.0575Hz なので少なくとも 20 秒間のデータを使って計算する必要があります。

計算量も増えるし、メモリーも多く使いまので、風車の音の特徴を調べるには、PC を使って、平坦特性（Z 特性）で記録したデータを解析する必要があります。この平坦特性で記録された音圧データを基に計算すれば、風車の指紋に当たる周波数スペクトルが得られます。

リオン社の精密騒音計 NL-62 に、波形収録プログラム NX-42WR を追加すると、１６ビットの符号付整数を使って収録された WAV ファイルを作れます。

収録時の周波数重みづけは Z 特性（平坦特性）とし、サンプリングレートは４８ｋHz、連続する収録時間として１分程度記録すれば、0.01667Hz から、24ｋHz まで計測できます。

リオン社の波形収録プログラム NX-42WR では、ファイルに記録するときに１つの整数値に対して使用するビット数には、２４ビットの符号付整数と１６ビットの符号付整数の２種類が可能です。

ここでは、16 ビットの場合を扱います。

まず、符号付の整数については、次のような解説があります。

符号付の整数で表現できる範囲

負の数に 2 の補数を使うとき，8 ビットの符号付きの整数では －128 ～ 127 の範囲の値が使用できる。同様に，16 ビットの符号付きの整数では －2^15 ～ 2^15 -1 の範囲の値が，32 ビットの符号付きの整数では －2^31 ～ 2^31 -1 の範囲の値が使用できる。

いずれも負の数の個数が １つ多くなる。

騒音計で計測できる音圧の範囲については、精密騒音計（低周波音測定機能付）NL-62　取扱説明書に最大で 148dB　だと記載されている。

表示・出力フルスケール　の項に、出力電圧のフルスケールで、設定できる範囲は 70dB～130dB までで、10dB 刻みだと書かれている。

ここで、130dB を選んだときは、WAV ファイルの名前は

NL_001_20220503_111400_130dB_0008_0000_ST0001

となり、名前の中央部分から、出力電圧のフルスケールを 130ｄB に設定したことが分かります。

wav ファイルへ記録するデータは、もう少し大きな音圧にも対応できるようになっていて、表示出力フルスケール値の+13 dBが WAVE ファイルのフルスケール値になります。

そこで、設定で 130ｄB としたとしても、WAVE ファイルでの実際のフルスケール値：143 [dB] であり、これは、 2×10^(-5)×10^(143/20) = 282.5075088 [Pa]に相当する。

理由は

騒音（低周波音）・超低周波音の大きさの表し方

音圧レベル＜物理的な大きさ＞　*音響出力は音圧の二乗に比例する*

$L_p = 10 \cdot \log_{10}(p^2 / p_0^2)$

L_p : 音圧レベル(dB)　　dB値(参考) : 0.002Pa=40dB,

p : 音圧実効値(Pa)　　0.00002(2×10^{-5}) Pa=0dB

p_0 :基準音圧　2×10^{-5} (Pa)　(=20μPa)

＊　OA音圧レベル (dB),　1/3オクターブバンド音圧レベル (dB)

より、$L_p = 10 * \log_{10}(p^2 / p_0^2) = 20 * \log_{10}(p / p_0)$

であり、

$143 = 20 * \log_{10}(p / (2 * 10^{-5}))$

$p / (2 * 10^{-5}) = 10\text{^}(143 / 20)$

$p = (2 * 10^{-5}) * 10\text{^}(143 / 20) = 282.5075088\text{Pa}$　（実効値）

となるからです。

実効値で 282.5075088Pa（143dB）となる値を、wav ファイルにどの様な数値として記載するかについては、

ファイルによって異なる。

16 ビットの符号付整数は　{+2^(15)－1}　～　—2^15 の範囲であり、音圧が　－282.5075088Pa となる場合に対して、整数－2^15=　－32768 を対応させる。

16 ビットの場合は、整数値 1 は 282.5075088Pa/ {2^(15)}　＝8.62144497*10^(-3)　の音圧（実効値）を意味するので、整数値 k は、k *8.62144497*10^(-3)　Pa（実効値）

を意味する

リオン社のサンプルデータファイルは、NL_001_20100101_000146_090dB_0001_0000_SL0001　であり、

16 ビット符号付整数のデータで、表示出力フルスケール値、90dB を選んで計測していることが分かります。また、wav ファイルへ記録するデータは、もう少し大きな音圧にも対応できるように、なっていて、

（表示出力フルスケール値の+13 dBが WAVE ファイルのフルスケール値になります。）

そこで、WAVE ファイルのフルスケール値 : 103 [dB] となり、これのパスカル値は、2×10^(-5)×10^(103/20) = 2. 825075088　[Pa]　となる。

－2. 825075088　[Pa]　を　－2^15＝－32768　に対応させる。

（　－2. 825075088 Pa　/　{－(2^(15))}　）＝8.62144497*10^(-5)

となるので、整数値 k は、k *8.621445056*10^(-5)　Pa（実効値）を意味する

この数値、8.62144497*10^(-5)　は、符号付整数のビット数や表示出力フルスケール値の設定によって決まる。

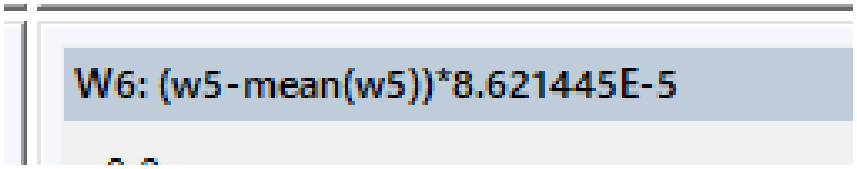
計算が面倒な場合は、AS-70（試用版は無料です。）にデータを読み込ませて、次の操作をすればよい。

表示　―　ファイル情報　　として、Value/Bit　の値（8.621445E-5）を使えばよい。



を表示させて、ここでの Value/Bit　の値を使って変換すればパスカル値（実効値）となる。

なお、入力レンジの項目が 90dB となっていることを確認して下さい。



Wavelet の計算をする都合もあるので、W2 では、平均値を引いておきました。パスカル値に調整するために、*8.621445E-5　としました。この値（8.621445E-5）は、AS-70 を使って確認しました。

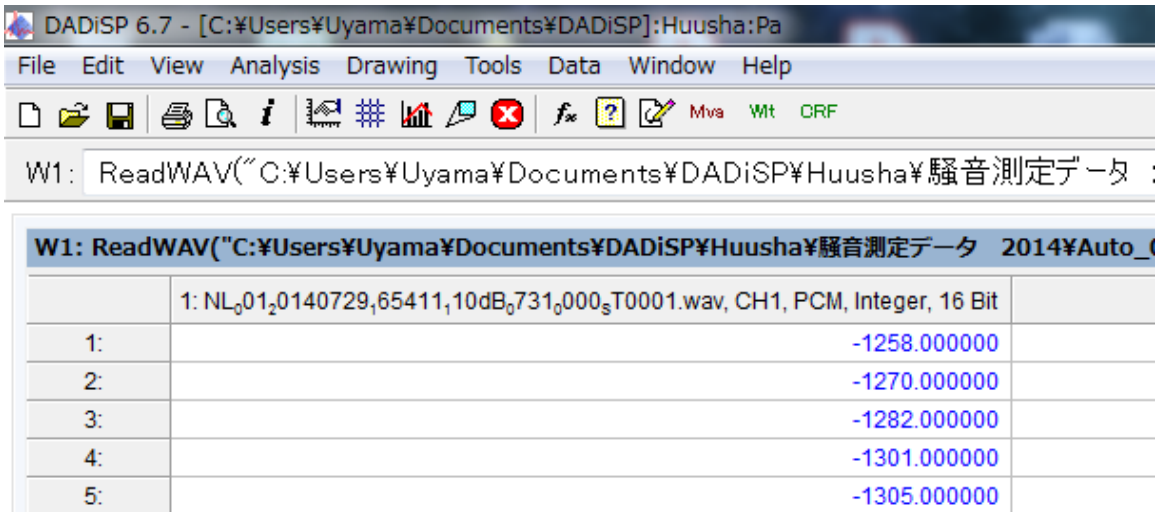
整数値からパスカル値への変換はファイル名をよく見るか、AS-70 を使う必要があります。

注意：

表示出力フルスケール値、110dB を選んだ場合、表示出力フルスケール値の+13 dBが WAVE ファイルのフルスケール値になります。

そこで、WAVE ファイルのフルスケール値：123 [dB] となり、これのパスカル値は、 2×10^(-5)×10^(123/20) = 28.25 [Pa] となる。(28.25Pa / {2^(15)}) ＝8.621445056*10^(-4)

このとき、wav ファイルを DADISP で表示させた場合、16 ビットでの整数値が次のような値だとして、



W1: ReadWAV("C:¥Users¥Uyama¥Documents¥DADiSP¥Huusha¥騒音測定データ 2014¥Auto_(

	1: NL$_0$01$_2$0140729$_1$65411$_1$10dB$_0$731$_0$000$_s$T0001.wav, CH1, PCM, Integer, 16 Bit
1:	-1258.000000
2:	-1270.000000
3:	-1282.000000
4:	-1301.000000
5:	-1305.000000

Value/Bit の値 8.621445E-4 を掛けると、
次の数値が得られます。

W3: w1*8.621445E-4

	1: NL$_0$01$_2$0140729$_1$65411$_1$10dB$_0$731$_0$000$_s$T0001.wav, CH1, PCM, Integer, 16 Bit
1:	-1.084578
2:	-1.094924
3:	-1.105269
4:	-1.121650
5:	-1.125099

この値が、パスカル値（実効値）となります。

この数値と、リオン社のソフト AS-70 でのグラフ表示では、違いが出ます。リオン社に確認したところ、

弊社で WAVE ファイルを確認致しましたところ、一番上から 5 行目まではこちらの数値となり、
単位は Pa（実効値）になります。

-1.084578
-1.094924
-1.105269
-1.12165
-1.125099

ご質問 1「AS-70 でのパスカル値確認」について。
AS-70 にて WAVE 波形をグラフ化してご確認を頂いているかと思いますが、
AS-70 のソフト上では、波形の拡大率によって、特徴的な数値（最大値、最小値）を選択して間引きを行っており、
拡大率によって間引き率が変わるため、何番目の数値か一概に申し上げることが出来ません。
間引きがされていない数値をご確認頂く際は、WAVE ファイルを CSV として出力したデータをご確認頂ければと思います。
となっているので、他の波形解析ソフトのグラフ表示とは一致しない場合がある。

との事でした。

ついでに、G 特性に関しても確認しておきます。

G 特性音圧レベル

G 特性に関して、**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**の資料には、

1～20 Hz 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。

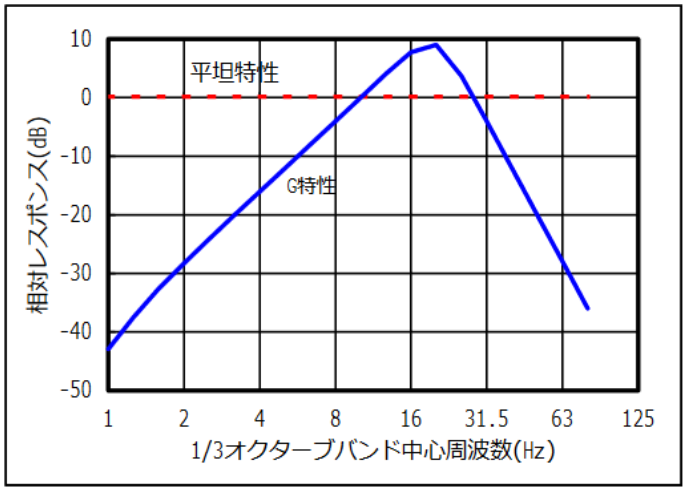


図-1.1　低周波音の周波数補正特性

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

となっていて、

中心周波数が、1Hz から 80Hz となっています。

（関数 Weight1d3G(ww,h,w) と NoiseLevel1d3G(ww,h,w)はこの規格）

ISO7196：1995 では、中心周波数として 0.25 から 315Hz までが採用されています。

（関数 Weight1d3G7196(ww,w) や NoiseLevel1d3G7196(ww,w) のように 7196 となっているのは、この規格です。）

詳細は、ISO 7196:1995

Acoustics — Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements （日本規格協会）

を確認して下さい。

(5) G特性音圧レベル

ISO 7196 に定められた周波数補正特性 G 特性で重み付けられた音圧レベル。基準音圧は 2×10^{-5} Pa，単位は dB。

$$L_G = 10\log_{10}\frac{p_G^2}{p_0^2}$$

L_p：G 特性音圧レベル (dB)

p_G：G 特性音圧の実効値 (Pa)

p_0：基準音圧 2×10^{-5} (Pa)

G 特性の対象となる超低周波音に関しては、バンドパスフィルタ特性は、

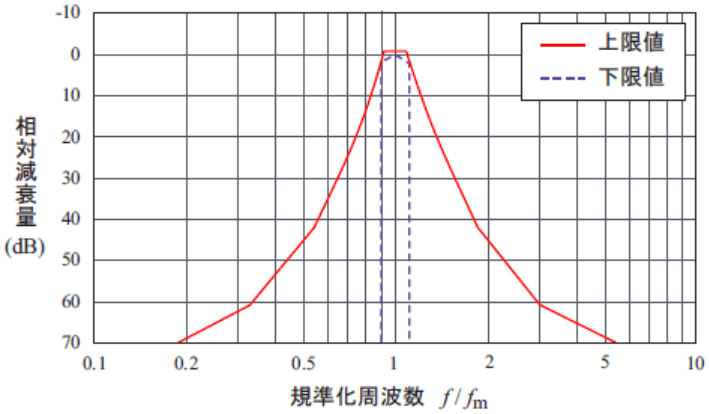


図 11-5 1/3 オクターブバンドフィルタ クラス 1 の相対減衰量の限界値

となっています。

A 特性での計算例に従えば計算手順は、

1 波数帯ごとの音圧（パスカル単位）を計算する。

2 基準音圧と比較して、その周波数帯での音圧レベル（dB 単位）を求める。

3 周波数帯域ごとに G 特性での重み付けをする。

4 重み付けした値を基に、全体のエネルギーと計算して、全体としての音圧レベル（dB 単位）を求める。

となりますが、

実際のデータ(Auto__0007.mhを AS-60 から開きます。)で計算してみます。(データは風車が無い場所のものです。)このデータは、DADISP—NL62data—Auto_007—SOUND　の中にある WAV ファイルです。

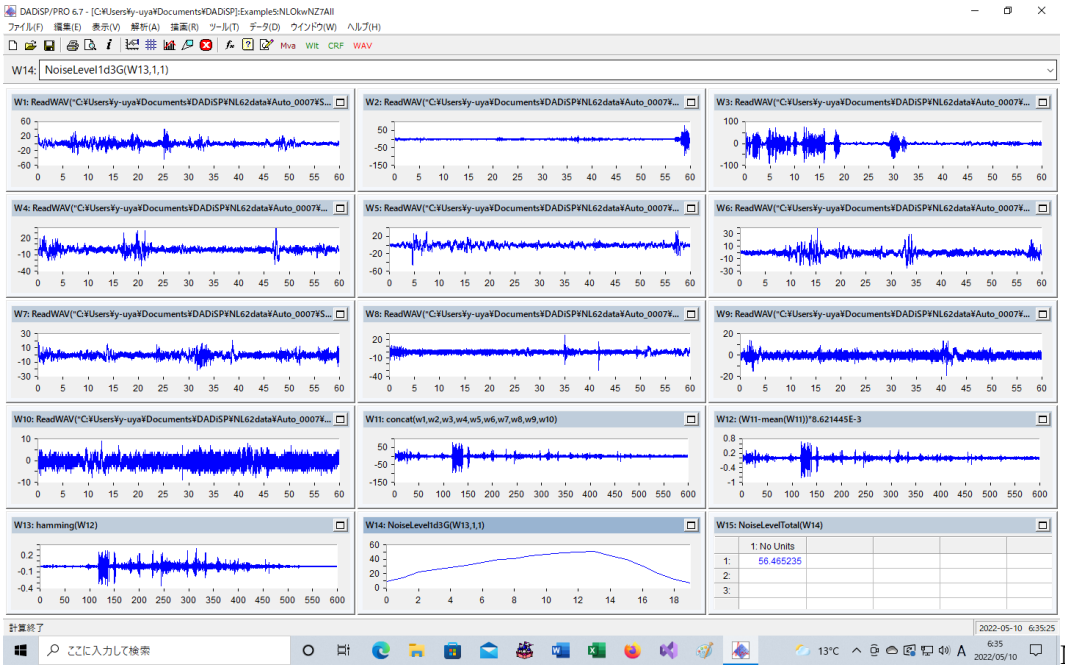
(リオン社のソフトとは2dB 程度の差が出ますが、リオン社のソフトの計算方法が非公開なので原因は不明です。)

AS-60　では、LGeq=58.7



DADISP で同じデータを計算すれば、(ワークシート　NLOkwNZ7All)

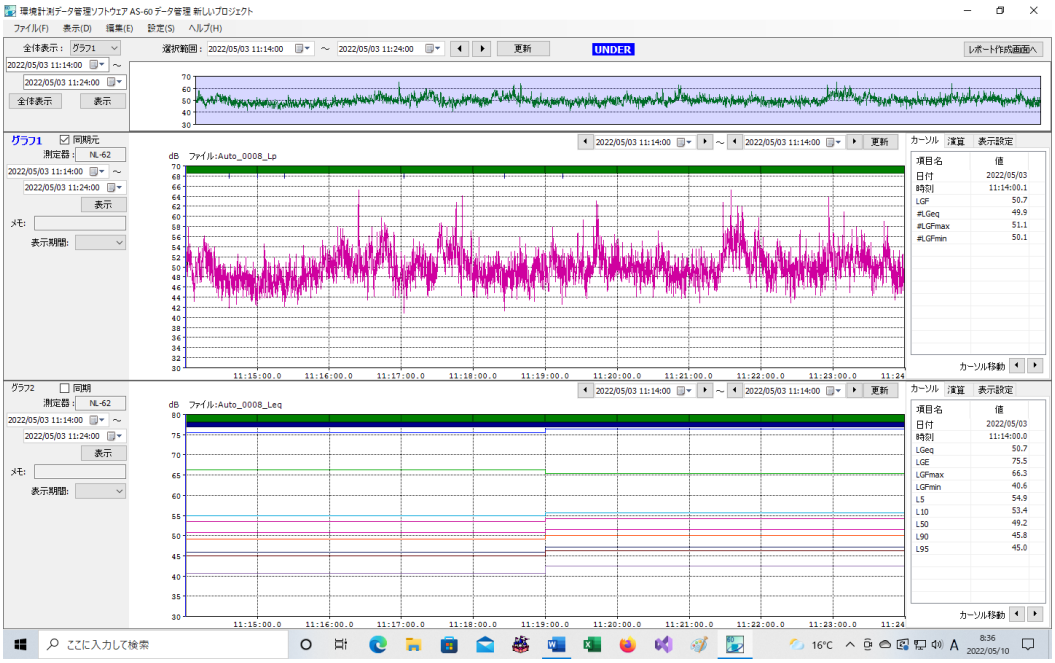
NLOkwNZ7All　　(DADISP—NL62data—Auto_007—SOUND　の中にある WAV ファイルを番号順に読み込んだものです。ファイルサイズが大きすぎるので削除しました。)



NoiseLevel1d3G(W13,1,1)で、 56.465235

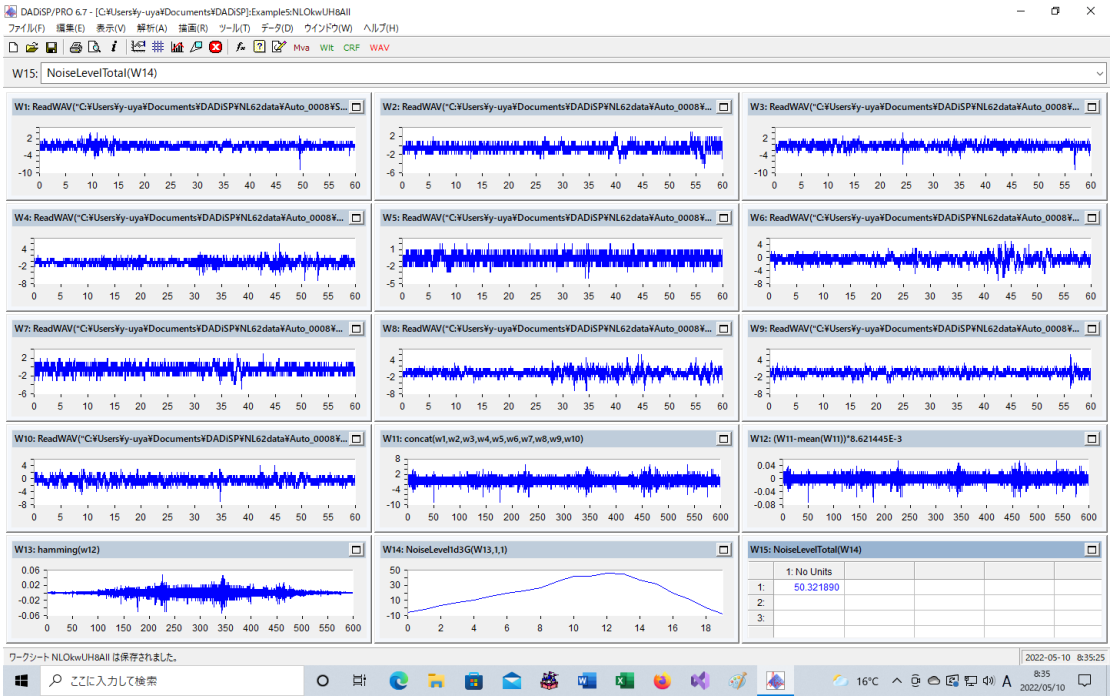
具体例をもう一つ確認します。

Auto_0008.mh　を　AS-60　で開くと、LGeq = 50.7



ワークシート　NLOkwUHAll　　では、50.321890　となります。

　NLOkwUHAll　　（DADISP—NL62data—Auto_008—SOUND　の中にある WAV ファイルを番号順に読み込んだものです。ファイルサイズが大きすぎるので削除しました。）



　この場合は、数値は、ほぼ一致しています。

日本の家屋の固有振動数が 1Hz 程度であることと、風車の大型化によって 0.5Hz 程度の周波数の成分が大きいエネルギーを持つようになったので、物的苦情に関する参照値の範囲を ISO-7196 に従って、0.25Hz から 315Hz の範囲へと拡張することが必要です。

環境省が、“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。“と言っていた時代は終わりました。

最近の風車は、定格出力：42000ｋｗ、定格稼働時の回転数：10.8rpm、となっていて、環境省の計算方法で周波数を求めると、10.8*3/60＝**0.54Hz**　となります。

“測定周波数範囲は、原則として 1/3 オクターブバンド中心周波数 1Hz～80Hz とする。”
としたのでは、現状に合いません。

大型化によって、風車のからの音で、強大なエネルギーを持つものの周波数が急激に下がり、G 特性音圧レベルの計算では、ほぼ 0 として扱われます。計算結果が、風車から放射される音のエネルギーの状態とかけ離れたものになっています。

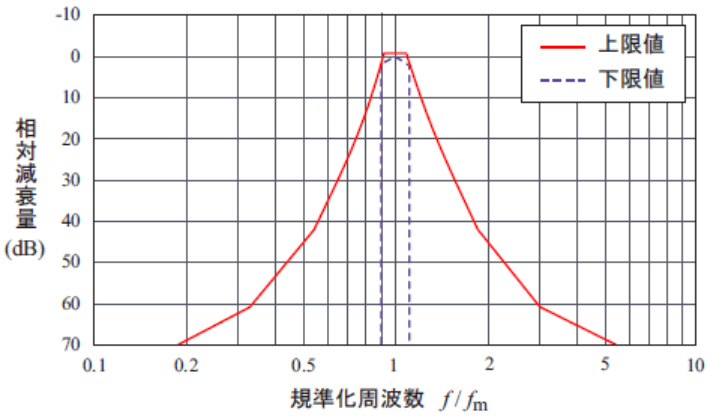


図 11-5　1/3 オクターブバンドフィルタ クラス 1 の相対減衰量の限界値

中心周波数 1 Hz（0.9765625Hz）の場合は、下限周波数 0.870018Hz、上限周波数 1.096154Hz なので、0.54Hz 成分は、バンドパスフィルタのスロープ部分で引っかかるとしても、計算上はほぼ 0 として扱われます。

4200ｋｗの風車からは、0.54Ｈｚの超低周波が高い音圧で拡散されるのだが、この計算では、その影響が完全に隠蔽されてしまいます。

風車の大型化によって、G 特性での数値や A 特性での数値では、風車騒音の特徴を捉えらません。多くの関係者が、風車騒音の観測データをネット上に公開して、誰でも解析できる状態にすることが必要です。

最近の大型風車は、

表 2.2-10　風力発電機の概要

項　　目	諸　　元
定格出力（定格運転時の出力）	4,200kW
設置基数	最大 13 基
ブレード枚数	3 枚
ローター直径（ブレードの回転直径）	約 136m
ハブ高さ（ブレードの中心の高さ）	約 104m
風力発電機の高さ	約 172m
カットイン風速	3m/s
定格稼働となる風速	11m/s
カットアウト風速	32m/s
定格稼働時の回転数	10.8rpm
耐用年数	20 年

定格出力：42000ｋｗ、定格稼働時の回転数：10.8rpm、となっていて、環境省の周波数の計算方法で周波数を求めると、**10.8*3/60＝0.54Hz**　となり、精密騒音計だけを使ったのでは計測不能です。
この周波数の音は、いくら強くなっても、Ａ特性であれ、Ｇ特性であれ、音圧レベルの計算結果の数値には、ほとんど影響を与えません。

モデルで確認します。

上記の方法で要約書 10 ページのケースについてモデルを作って計算してみます。

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

現況値が予測値に変わる可能性を 0.2Hz 成分の強さの変化を中心に考えてみます。

計算式が入ったエクセルファイルもありますので自分でも計算してみてください。

0.2Hz 成分だけを変化させて、現況値が予測値に変化する様子が次の表です。

0.2Hz成分だけ変化させた場合				一般①	一般②	一般③	一般④
	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.003			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	43.52182518	5		58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	9.48767E-07			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	-26.4774121	5	5.003089503	58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			-39.9969105	68.00734257	60.00747429	57.99347443	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.00734257	60.00747429	57.99347443	54.00058533

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	5750			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	169.172757	5		58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	1.818469323			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	99.17351967	5	99.17351967	58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			54.17351967	68.00734257	60.00747429	57.99347443	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.18336626	61.01455071	59.50091104	57.09821317

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	9500			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	173.5338722	5		58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	3.004427577			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	103.5346349	5	103.5346349	58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			58.53463488	68.00734257	60.00747429	57.99347443	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.4719398	62.34349382	61.2827782	59.84453818

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	15500			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	177.7860341	5		58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	4.901960784			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	107.7867967	5	107.7867967	58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			62.78679674	68.00734257	60.00747429	57.99347443	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			69.1486794	64.62607472	64.03066721	63.32620038

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	16500			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	178.329079	5		58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	5.218216319			0.0159	0.00633	0.00502	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	108.3298417	5	108.3298417	58.00734257	50.00747429	47.99347443	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			63.32984166	68.00734257	60.00747429	57.99347443	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			69.2803481	64.98920309	64.44468456	63.80921049

一般①とされる地域での変化の可能性です。

一般①、68dBから68dBに増加

	0.2Hz成分	1Hz成分	1Hz帯域騒音レベルdB	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.003			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ前騒音レベルdB	43.52182518	5		58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
フィルタ後音圧Pa	9.48767E-07			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ後騒音レベルdB	-26.4774121	5	5.003089503	58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			-39.9969105	68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183

	0.2Hz成分	1Hz成分	1Hz帯域騒音レベルdB	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	5000			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ前騒音レベルdB	167.9588002	5		58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
フィルタ後音圧Pa	1.581277672			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ後騒音レベルdB	97.95956286	5	97.95956286	58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			52.95956286	68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.60558217	68.40211333	68.24641672	68.08796643

	0.2Hz成分	1Hz成分	1Hz帯域騒音レベルdB	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	8000			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ前騒音レベルdB	172.0411998	5		58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
フィルタ後音圧Pa	2.530044276			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ後騒音レベルdB	102.0419625	5	102.0419625	58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			57.04196252	68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.78639733	68.59141498	68.44247435	68.2911414

	0.2Hz成分	1Hz成分	1Hz帯域騒音レベルdB	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	10000			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ前騒音レベルdB	173.9794001	5		58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
フィルタ後音圧Pa	3.162555345			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ後騒音レベルdB	103.9801628	5	103.9801628	58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			58.98016278	68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.94687506	68.75912125	68.61591652	68.47060844

一般②とされる地域での変化の可能性です。

一般②、60dBから61dBに増加

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.003			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ前騒音レベルｄＢ	43.52182518	5		51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
フィルタ後音圧Pa	9.48767E-07			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ後騒音レベルｄＢ	-26.4774121	5	5.003089503	51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			-39.9969105	61.00456706	60.50089614	60.23766722	60.03487459
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			61.00456706	60.50089614	60.23766722	60.03487459

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	4500			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ前騒音レベルｄＢ	167.0436504	5		51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
フィルタ後音圧Pa	1.423149905			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ後騒音レベルｄＢ	97.04441305	5	97.04441305	51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			52.04441305	61.00456706	60.50089614	60.23766722	60.03487459
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			61.52401009	61.08012816	60.85065137	60.6751011

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	5100			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ前騒音レベルｄＢ	168.1308036	5		51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
フィルタ後音圧Pa	1.612903226			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ後騒音レベルｄＢ	98.1315663	5	98.1315663	51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			53.1315663	61.00456706	60.50089614	60.23766722	60.03487459
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			61.66108261	61.23169694	61.0102949	60.84120555

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	5800			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ前騒音レベルｄＢ	169.24796	5		51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
フィルタ後音圧Pa	1.8342821			0.0071	0.0067	0.0065	0.00635
フィルタ後騒音レベルｄＢ	99.24872265	5	99.24872265	51.00456706	50.50089614	50.23766722	50.03487459
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			54.24872265	61.00456706	60.50089614	60.23766722	60.03487459
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			61.83624044	61.42465886	61.2131169	61.05188776

一般③とされる地域での変化の可能性です。

一般③、58dBから64dBに増加

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.003			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ前騒音レベルｄＢ	43.52182518	5		53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
フィルタ後音圧Pa	9.48767E-07			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ後騒音レベルｄＢ	-26.4774121	5	5.003089503	53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			-39.9969105	63.97940009	62.04119983	59.54242509	57.95880017
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			63.97940009	62.04119983	59.54242509	57.95880017

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	11000			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ前騒音レベルｄＢ	174.8072538	5		53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
フィルタ後音圧Pa	3.478810879			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ後騒音レベルｄＢ	104.8080165	5	104.8080165	53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			59.80801648	63.97940009	62.04119983	59.54242509	57.95880017
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			65.38668851	64.07689453	62.6875507	61.99139765

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	14500			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ前騒音レベルｄＢ	177.2067601	5		53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
フィルタ後音圧Pa	4.58570525			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ後騒音レベルｄＢ	107.2075228	5	107.2075228	53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			62.20752282	63.97940009	62.04119983	59.54242509	57.95880017
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			66.19350503	65.13545745	64.08657794	63.59354291

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベルｄＢ	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	15500			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ前騒音レベルｄＢ	177.7860341	5		53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
フィルタ後音圧Pa	4.901960784			0.01	0.008	0.006	0.005
フィルタ後騒音レベルｄＢ	107.7867967	5	107.7867967	53.97940009	52.04119983	49.54242509	47.95880017
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			62.78679674	63.97940009	62.04119983	59.54242509	57.95880017
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			66.43420755	65.44027914	64.47107868	64.02205755

一般④とされる地域での変化の可能性です。

一般④、54dBから63dBに増加

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.003			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	43.52182518	5		53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	9.48767E-07			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	-26.4774121	5	5.003089503	53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			-39.9969105	63.06425028	60.88136089	57.95880017	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			63.06425028	60.88136089	57.95880017	54.00058533

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	10000			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	173.9794001	5		53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	3.162555345			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	103.9801628	5	103.9801628	53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			58.98016278	63.06425028	60.88136089	57.95880017	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			64.49587655	63.04427676	61.50973767	60.17838861

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	13200			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	176.3908787	5		53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	4.174573055			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	106.3916414	5	106.3916414	53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			61.3916414	63.06425028	60.88136089	57.95880017	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			65.318275	64.15429131	63.0162242	62.11908441

	0. 2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	15000			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ前騒音レベル d B	177.5012253	5		53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
フィルタ後音圧Pa	4.743833017			0.009	0.007	0.005	0.00317
フィルタ後騒音レベル d B	107.501988	5	107.501988	53.06425028	50.88136089	47.95880017	44.00058533
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			62.50198796	63.06425028	60.88136089	57.95880017	54.00058533
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			65.80251193	64.77713459	63.80951371	63.07563657

簡単のため、音源は 0.2Hz、1Hz、20Hz のみとしました。

計算結果は、G 特性音圧レベルの計算では 1 Hz 以下の超低周波音の影響を正しく評価できない。
という事を意味しています。

特に、一般①の場合については

一般①、68dBから68dBに増加

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	0.003			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ前騒音レベル d B	43.52182518	5		58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
フィルタ後音圧Pa	9.48767E-07			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ後騒音レベル d B	-26.4774121	5	5.003089503	58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			-39.9969105	68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183

と

	0.2 Hz成分	1 Hz成分	1 Hz帯域騒音レベル d B	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa	20Hz音源音圧Pa
フィルタ前音圧Pa	10000			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ前騒音レベル d B	173.9794001	5		58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
フィルタ後音圧Pa	3.162555345			0.0168	0.0164	0.0161	0.0158
フィルタ後騒音レベル d B	103.9801628	5	103.9801628	58.48558572	58.27627705	58.11591761	57.95254183
G特性重み付け			-45	10	10	10	10
G特性重み付け後			58.98016278	68.48558572	68.27627705	68.11591761	67.95254183
全体騒音レベル	LA=10*log10(10^(L1/10)+10^(L20/10))			68.94687506	68.75912125	68.61591652	68.47060844

より、四捨五入して値を求めたとすると、

0.2Hz 成分が 0.003 パスカルで、20Hz 成分が 0.0158 パスカルから 0.0168 パスカルの間であれば、全て６８デシベルとして扱われる。

20Hz 成分が 0.015 パスカルの一定の値であれば、0.2Hz 成分の強さは 0.003 パスカルから 10000 パスカルの間で強さが変化しても、すべて G 特性音圧レベルは 68 パスカルとなるのです。
強さの比は、10000/0.003＝3333333（３３３万倍です。）

１パスカルは１㎡の面積に対して１Ｎ の圧力を加えるような気圧であるので、0.003 パスカルでは、１㎡に対して 0.003N の力が加わる。地球上では質量１ｋｇの物質に対して 9.8Nの力（引力）が働くのだから、0.003/9.8＝0.000306 となり、水平な面の１㎡あたりに 0.3ｇの重しを乗せることに相当する。掌サイズ（10ｃｍ*10ｃｍ）で考えれば、掌に 0.003ｇの重しを乗せることに相当します。

１パスカルは１㎡の面積に対して１Ｎの圧力を加えるような気圧であるので、１㎡に対して 10000N の力が加わる。地球上では質量１ｋｇの物質に対して 9.8Nの力（引力）が働くのだから、10000/9.8＝1020 となり、水平な面の１㎡あたりに 1020ｋｇの重しを追加して乗せることに相当する。掌サイズ（10ｃｍ*10ｃｍ）で考えれば、掌に 10ｋｇの重しを乗せることに相当します。

このような違いは、G 特性による計算ではほとんど無視されてしまいます。
音圧 0.003Pa と 10000Pa では私たちが受ける気圧変動としては桁違いですので物理的な影響は極めて大きいと考えます。にもかかわらず、G 特性で表現した数値の変化は、本当に小さな変化です。この場合は、四捨五入で同じ 68 デシベルになってしまいます。
G 特性で騒音を評価しても超低周波音の影響を正しく評価することはできません。１Hz 以下の超低周波音を G 特性では正しく評価できないことは上記の計算モデルからも明らかです。

もちろん、簡単なモデルでの計算なので、予測値やその影響をより正確に理解するには、実在する風車群についての計測や、風車建設前の騒音状態を１Hz 以下の超低周波音の強さが明確になる方法で計測する必要があります。

私が実際に計測した結果では、風車の近くには風車が無い地域に比べて、100 倍くらいの強さの１Hz 以下の超低周波音が存在しました。

館山の風車騒音を計測した結果では、0.2Hz、0.4Hz，0.8Hz，等の超低周波成分は確かに存在する。
質問状で引用した多くの論文の資料でも、このような周波数の超低周波数成分が存在することは明らかです。

１Hz 以下の超低周波成分は確かに存在するが、それは 0.002 から 0.004 パスカル程度の強さだと分かります。
館山の風車の近くでは、0.1～0.3 パスカル程度になることもありました。１００倍程度の強さです。
館山の風車は１基だけです。風車が沢山並ぶと別の問題も起きます。

さて、

① 、10Hz 以下の周波数成分が、どれほど強くなっても、A 特性で計算した値は全く変化しません。20Hz 以下の主波数成分が、強くなっても、A 特性で計算した数値はほとんど変化しません。
② 、大型化した風車の音のエネルギーは、超低周波音の領域で増加します。近隣の住民が受ける音圧の変化は他の環境騒音に比べて極めて大きなものとなります。

ですから、
風車からの影響を評価できない数値、A 特性音圧レベルを、風車音の指標として使う事は的外れであり、音のエネルギー分布を考えると、物理学についての常識、基礎知識に欠ける判断です。
扱う数値を細工すれば、超低周波音の影響を無視した数値が得られるので、“超低周波音は存在しない”ものとして扱えるのです。
こんな下手な細工をするなら、“超低周波音は存在しない。”と主張するほうが潔い態度だと言えます。

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。

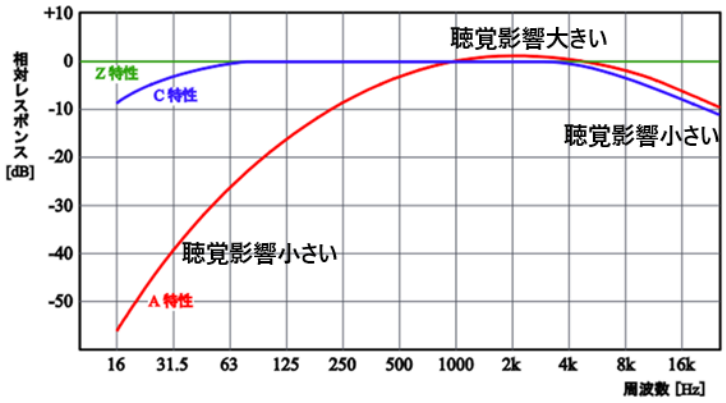


図 2　周波数重み付け特性 A/C/Z

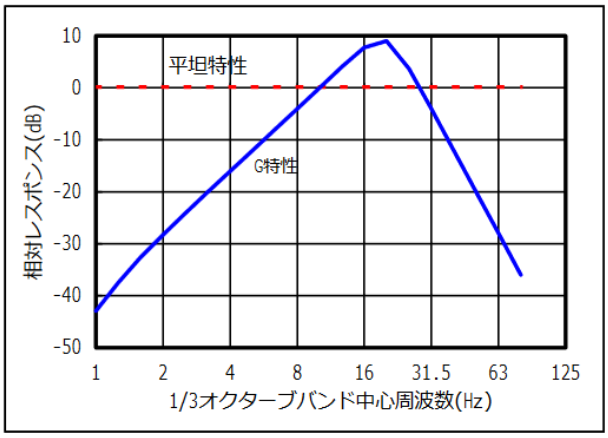
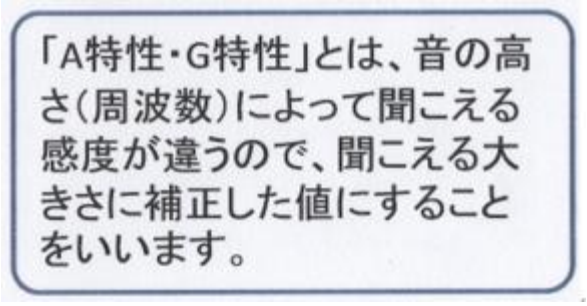


図-1.1　低周波音の周波数補正特性



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（d B）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。

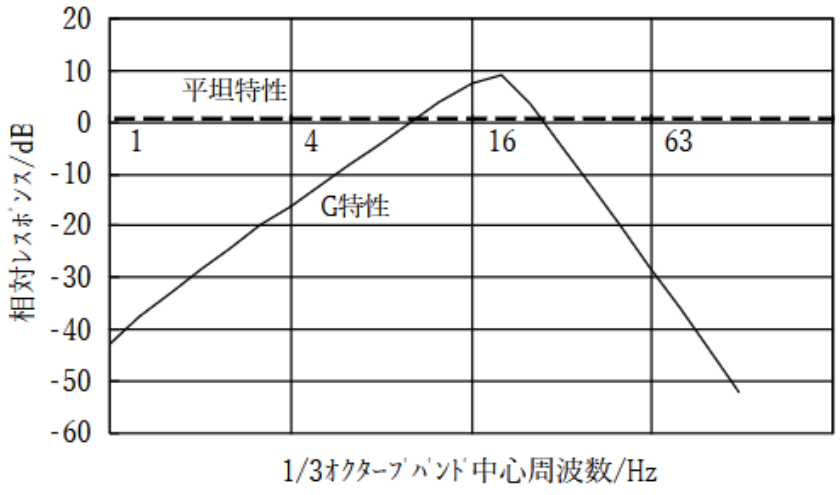


図-1.1　低周波音の周波数補正特性

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、20Hｚ～80Hｚ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。

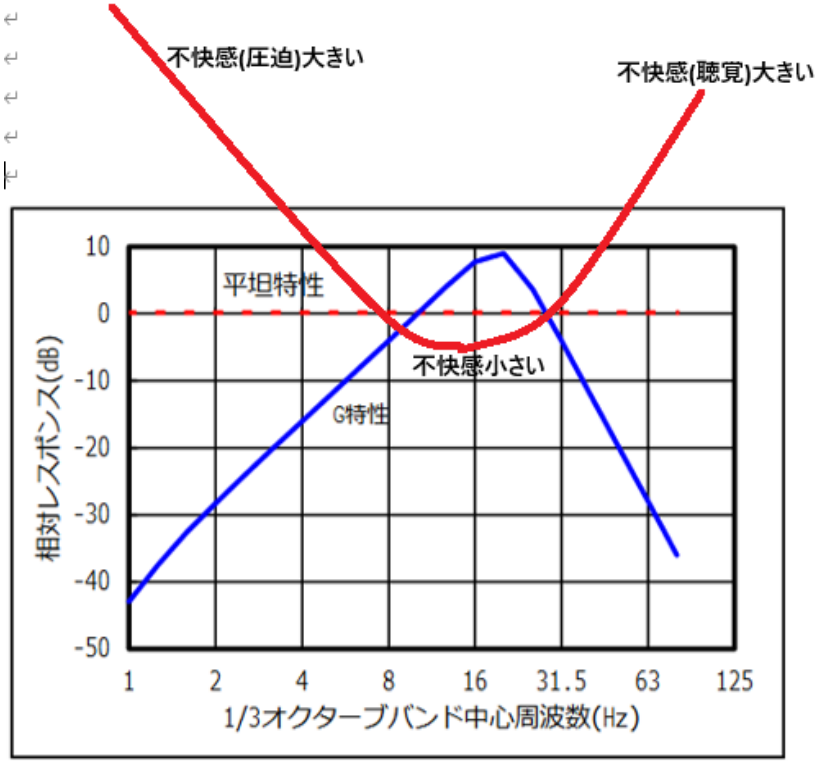


図-1.1　低周波音の周波数補正特性

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。

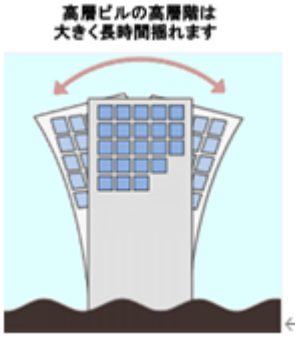
地震の揺れと家屋の固有振動数

地震の揺れを感じるか否かのデータがあるので、これと比較すれば、参考になるデータが得られますが、
それには、振動レベル計が必要となります。
現状では、環境省が 0.25Hz からの参照値表を作ってくれるとは期待できないので、
住民は、精密騒音計の他に、振動レベル計を購入して計測して、地震の時のデータと比較することが必要となります。もしかしたら、県や市が購入して貸し出してくれるかもしれませんので、要望してみましょう。

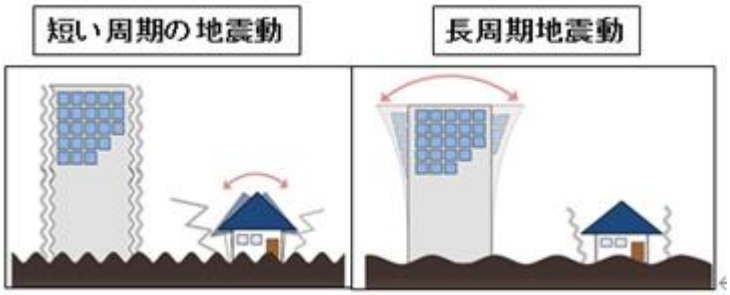
共振については、ビルや建物、家具などの固有振動数が重要なポイントとなります。
地震の時、高層ビルがゆっくり揺れると言うニュースを聞いたことがあると思います。固有振動数が小さいのでゆっくり揺れます。では、日本家屋の固有振動数はどの程度なのでしょうか？

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、

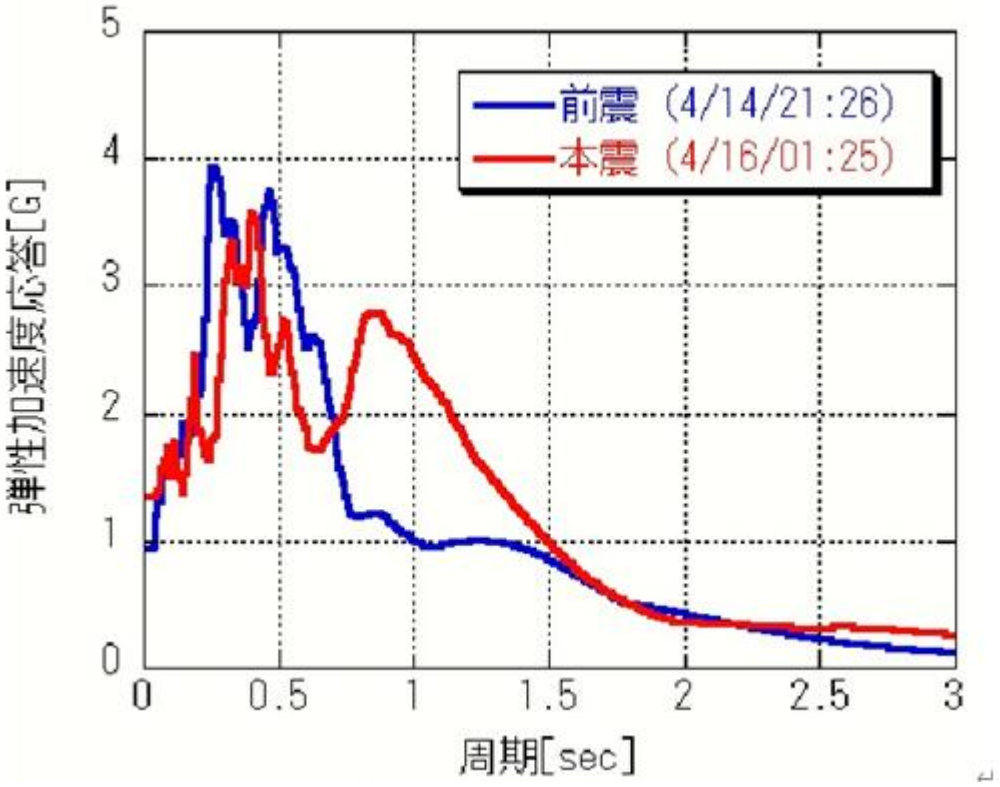
次の、秋山英樹による研究報告があります。

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。

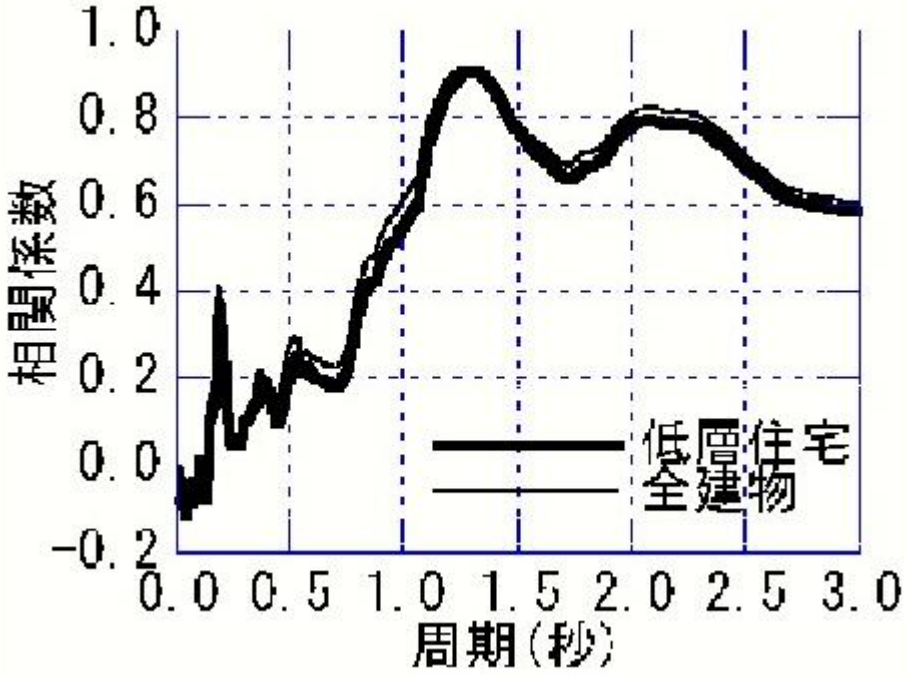


益城における前震と本震の地震の性格をみると下図のようになります。



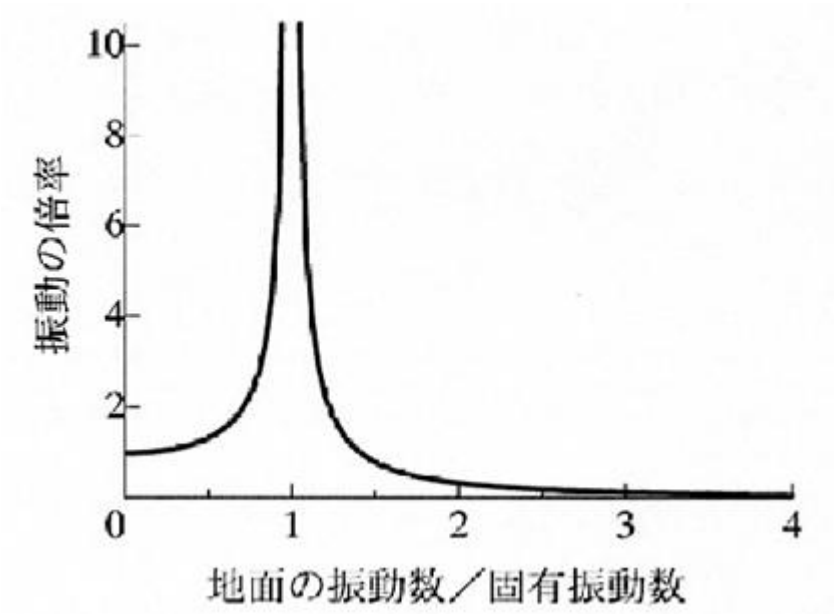
この揺れ方の違いが建物の崩壊率を高めている原因の一つなのです。

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

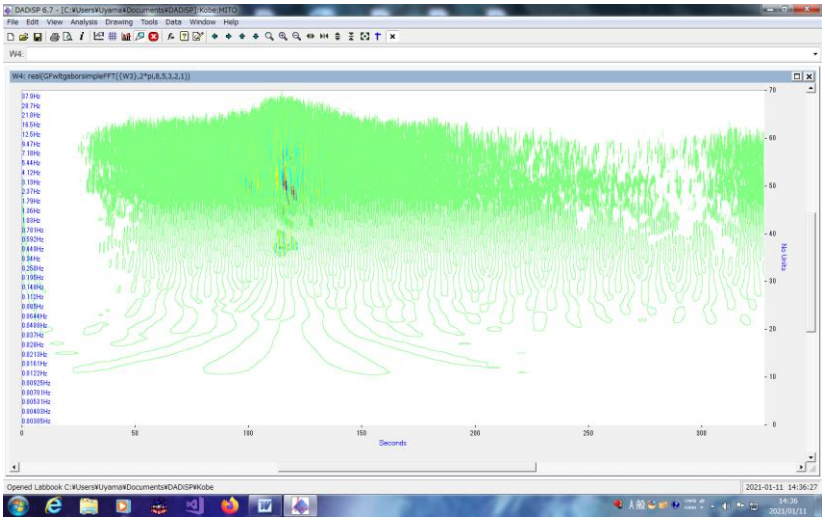
していることがわかります。
熊本地震では揺れの大きな前震で、建物の固有周期が短い低層の木造建物（ユラユラと動かない堅い建物：固有周期が 0.2～0.5 秒）の柱や梁との結合が緩み固有振動が 1 秒ほどに長くなるのです。そこに、1 秒ほどの周期の本震に見舞われ、共振現象により地震エネルギーは倍増し崩壊につながってしまったと考えられます。

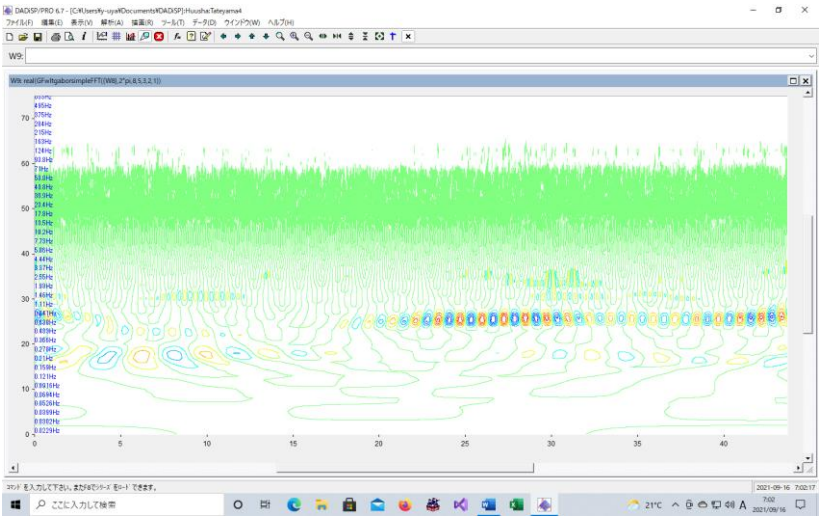


地震は、単に強い弱いだけでなく、ガタガタという揺れ（１秒以下の短周期地震動)、ユサユサという揺れ（１～２秒のやや中周期地震動)、ユラユラという揺れ（２～５秒の長周期地震動）が複雑に混ざり合っているのです。このどの周期の地震動が卓越しているのかにより地震の被害状況が変わるのです。ユサユサという揺れがキラーパルスといわれ建物に大きな被害を及ぼすのです。
地震は日本ではいつ発生するかわかりません。熊本では今月の 4 日に約 8m のザトウクジラ、８日には長崎で約 7m のザトウクジラが定置網にかかり海岸に打ち上げられていたそうです。地元漁業の話によると、クジラが定置網にかかったり、打ち上げられるようなことは、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。

地震の揺れと、風車の音を比較してみます、上が東北大地震の揺れを、茨城県水戸市で計測したデータを表示たもの、下は館山の風車の騒音のデータです。





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。

振動数の安定性からみれば、風車の方が共鳴現象を起こしやすいと言えます。

結論は、

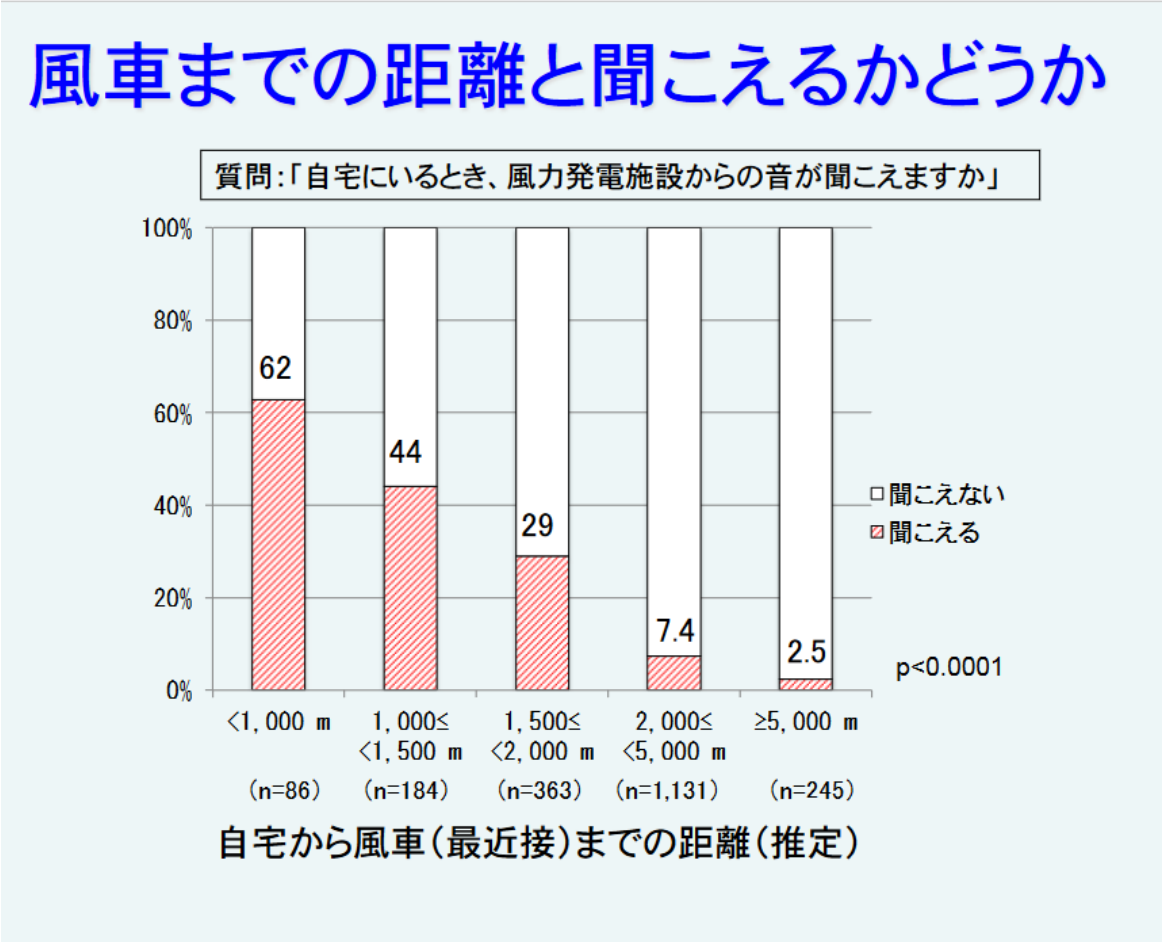
振動レベル計で、振動そのもの計測して、地震の時の振動を感知する場合との比較をするのが早道だと言う事です。

石竹氏の論文

環境研究総合推進費 課題成果報告会（2016.3.11）

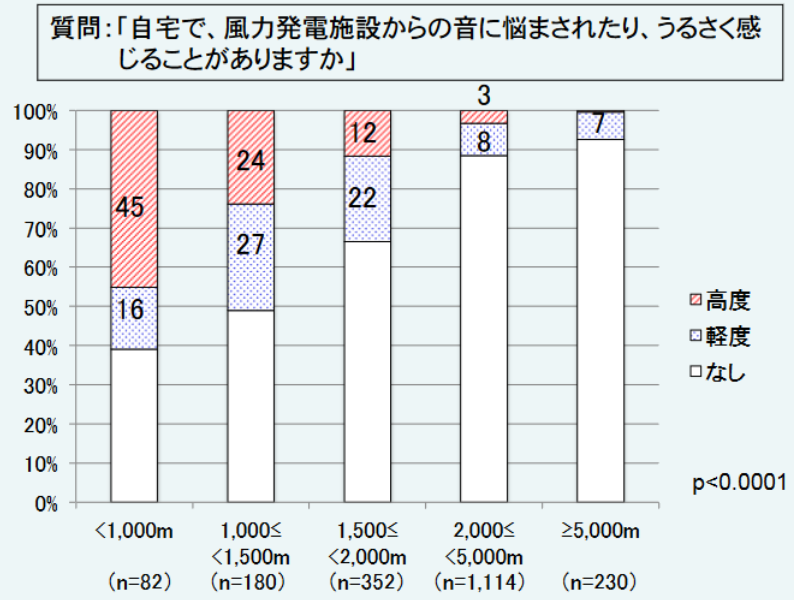
風力発電等による低周波音・騒音の長期健康影響に関する疫学研究
研究代表者：石竹達也（久留米大学医学部）
研究実施期間：平成 25～27 年度

石竹達也氏（久留米大学医学部）の調査結果は

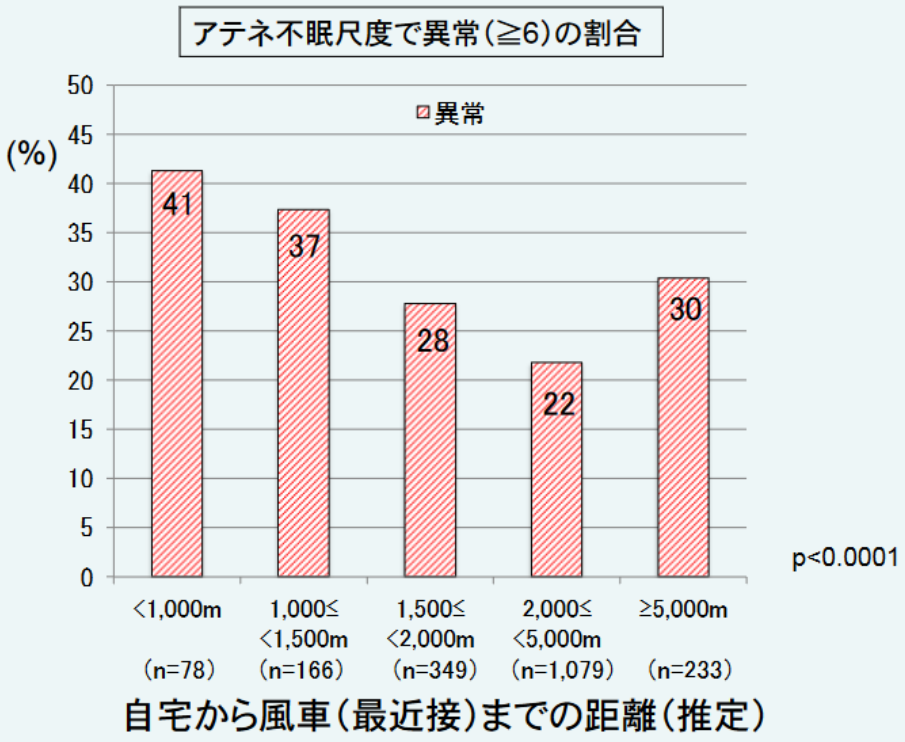


2000ｍから 5000ｍの距離でも 7.4%の人には音が聞こえる。
2000ｍ圏内では、29%の人が騒音を認識する。

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



多重ロジスティック回帰分析

風車からの距離（公民館）と睡眠障害（アテネ不眠尺度≥6点）

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

モデルa：①性、②年齢、③音への感受性で調整
モデルb：モデルaに加えて④婚姻、⑤収入のある仕事の有無、⑥交代勤務で調整
モデルc：モデルbに加えて⑦風車への態度（現在）、⑧風車の景観で調整

モデルaで有意だった因子は性(1.36)、年齢(1.01)、音の感受性(1.79)
モデルbで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.02)、音の感受性(1.78)、交代勤務(1.93)
モデルcで有意だった因子は性(1.30)、年齢(1.02)、音の感受性(1.79)、交代勤務(1.94)、現在の気持ち(5.46)

風車からの距離が1,500m未満に居住している人は、2,000m以上離れた距離に居住する人に対して、睡眠障害の割合が有意に増大（オッズ比：約2倍）した。

注）・モデルaに港の有無で調整すると、5,000m以上の有意なオッズ比が消失
・対象者よりうつ病除外(n=82)しても傾向は不変

多重ロジスティック回帰分析

風車騒音の距離減衰式
$dB(L_{Aeq,WTN}) = -20.9 \cdot \log_{10}(距離:m) + 96.7$

夜間風車騒音（L_{Aeq}）と睡眠障害（アテネ不眠尺度≥6点）

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

モデルa：①性、②年齢、③音への感受性で調整
モデルb：モデルaに加えて④婚姻、⑤収入のある仕事の有無、⑥交代勤務で調整
モデルc：モデルbに加えて⑦風車への態度（現在）、⑧風車の景観で調整
モデルaで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.01)、音への感受性(1.89)
モデルbで有意だった因子は年齢(1.02)、音への感受性(1.93)、交代勤務(1.92)、収入(1.34)
モデルcで有意だった因子は、年齢(1.01)、音への感受性(1.85)、交代勤務(1.84)、収入(1.36)、現在の気持ち(5.73)

夜間の風車騒音（L_{Aeq}）レベルが30～35dBでは、20～25dBに対して、睡眠障害の割合が有意に増大（オッズ比1.5）した。

これから、非常に多くの人（２ｋｍ圏内では３０％以上）が睡眠障害に悩まされていることが分かります。

アテネ不眠尺度の６点は、

６点以上	不眠症の疑いがあります。医師に相談することをお勧めします。

と言うレベルです。

なお、●アテネ不眠尺度とは

アテネ不眠尺度とは、世界保健機関（ＷＨＯ）が中心になって設立した、「睡眠と健康に関する世界プロジェト」が作成した世界共通の不眠症の判定方法です。８つの質問に対する回答を最大２４点で数値化し、不眠度を測定します。

●方法

下記の８つの質問に答えてください。過去１カ月間に、少なくとも週３回以上経験したものにチェックしてください。各質問の４つの選択肢の中から一つを選び、点数の合計で結果が診断されます。

アテネ不眠尺度（AIS）不眠症の自己評価

過去1カ月間に、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	いつもより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
	合計		[1～3点]・・・睡眠がとれています [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

●結果

合計得点	結果
4点未満	睡眠障害の心配はありません。
4～5点	不眠症の疑いが少しあります。できれば医師に相談してください。
6点以上	**不眠症の疑いがあります。医師に相談することをお勧めします。**

※　日中の眠気についても調査項目に入っています。

オッズ比：症例対照研究

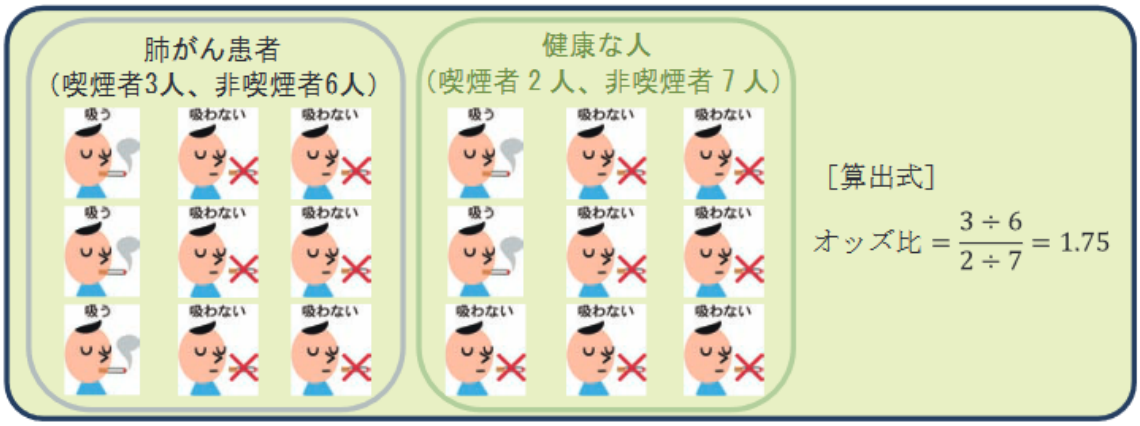
オッズ比（Odds Ratio：ORと略します）とは、相対危険度と同じように、ある要因がある事象に対して関連性があるか否かを示す指標のひとつです。

喫煙と肺がんの症例対照研究で下表のようなデータがえられた場合、オッズ比の算出式は以下のようになります。

	喫煙者	非喫煙者	合計
肺がん患者	A人	B人	(A+B) 人
健康な人	C人	D人	(C+D) 人

$$\text{オッズ比} = \frac{\text{肺がん患者のうち、喫煙者と非喫煙者の比}}{\text{健康な人のうち、喫煙者と非喫煙者の比}} = \frac{\{A \div (A+B)\} \div \{B \div (A+B)\}}{\{C \div (C+D)\} \div \{D \div (C+D)\}} = \frac{A \div B}{C \div D}$$

オッズ比が「1」以上になると、“喫煙”は“肺がん”に正の相関があることを意味しており、値が大きくなるとその統計学的関連は強くなります。



アンケート表の拡張、圧迫感、質問票に次の項目を追加する事が必要です。

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。