

超低周波音(風車)と環境省 2025

2025 (C) 宇山靖政

内容

風力発電所の環境影響について	2
評価項目変更とその根拠(?)	5
風車騒音と他の環境騒音の比較	6
低周波領域 (20~100Hz) での比較	6
グラフの比較と定義域	8
騒音レベル (A 特性音圧レベル) での比較	10
超低周波音の領域を含めた比較	14
住民は騙されません	21
酒田市での意見交換会	28
鹿児島県いちき串木野市	31
1 Hz での音圧レベル	33
不眠による被害	35
知覚閾値と聴覚閾値	38
限界曲線と基準曲線	41
超低周波音とブレード破損	43
NEDO の調査	45
カナダ政府と超低周波音	48
言葉の意味	50
超低周波音について	52
聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値	55
超低周波音の解析と発生の仕組み	76
圧縮と膨張	90
風車音による圧縮と膨張	96

風力発電所の環境影響について

環境省が2021年12月に公開した資料“[風力発電所の環境影響について](#)”があります。



風力発電所の環境影響について

第2回青森県沖日本海（南側）における協議会

2021年12月
環境省



ここには、環境アセスメントの説明と、変更点について書かれています。

環境アセスメントとは

- **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。**



環境アセスメントでは、“事業者自らが調査・予測・評価を行い”とあります。

千葉県に風車音の計測を頼んだら、事業者自らがやることなので計測はしない。と言っていた。

アセスから除外されたので、再度計測を頼んだら、アセスに無いから計測はしない。と言ってきた。

事業者が、自分に都合の良いように、調査・予測・評価と行うのは、企業は利益を追求する組織ですから当然の事です。自社の利益に反するような調査・予測・評価は行わないのです。

住民は自らの生活基盤を守るとの観点から調査・予測・評価を行うことが必要です。

県や市は、地域住民の生活環境を良好な状態に保ち、その上で、地域社会の存続と発展を測るとの観点から独自に、調査・予測・評価をおこなうべきです。

現状では、県や市は、計測機材を持っていても、計測してはくれません。計測機材を自前で用意している町内会はほとんどありません。現状は悲惨な状況なのです。

風車音の計測方法に関して環境省が制限しています。目的は風車被害の原因を隠蔽するためだと推測されます。

風力発電施設から発生する騒音に関する指針について
には、

“下記に示した本指針策定の趣旨等及び別紙の指針、並びに風力発電施設から発生する騒音等の測定方法について別途通知する「[風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル](#)」を、騒音問題を未然に防止するために対策を講じ生活環境を保全する上での参考としていただくとともに、関係の事業者等へ周知いただくなど格段の御配意をお願いいたします。

各都道府県におかれましては、この旨、管下町村に対して周知いただきますようお願いいたします。“
とある。

“[風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成29年5月 環境省](#)”

マニュアルは、

“風力発電施設から発生する騒音等の測定は、これらの特性を踏まえた方法により実施する必要がある。

本マニュアルは、風力発電施設の設置事業者・製造事業者、行政（国、地方公共団体）、**地域住民等の関係者等**が、風力発電施設から発生する騒音に関する測定を行う場合の標準的な方法を示すものであり、風車騒音、残留騒音の測定方法の他、測定手順や留意点等も併せて記載したものである。“

との事であるが、

その3ページには、

“2.3.5 風雑音

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

風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。”

とあり、7ページでは、

“(2) ウインドスクリーン（防風スクリーン）

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

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

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

となっていて、

“除外音処理”で消し去ることを要求しています。

報告書（風力発電施設から発生する騒音等への対応について）の22ページには、次の記載がある。

3. 風車騒音の評価の考え方、調査・予測、対応策等

2. で示した知見を踏まえると、風車騒音は、20Hz以下の超低周波音（注）の問題ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題としてとらえるべきものであり、A特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。このようなことを前提とした上で、ここでは、風車騒音の評価の考え方を示すとともに、主に風力発電施設の設置事業者を想定し、風力発電施設の設置前・後に行うべき調査・予測の考え方を整理した。なお、今後本報告書の考え方に基づき、より具体的な測定・評価手法を定めたマニュアル等を策定することが適当である。

纏めれば、

“A特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”

“2.3.5 風雑音

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

“風雑音を十分に除外できない場合には除外音処理を行い、風雑音の影響範囲を除外する等の対応が必要である。”

となる。

交通騒音と風車騒音の質的な違いが無く、双方に対して、“A特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”と言えるためには、評価値としてのA特性音圧レベルが同じ値ならば、同程度の被害が出なくてはなりません。尺度を共通にしたときに、同じ値に対しての被害状況が異なるならば、その尺度は共通の尺度としては使えないのです。

A特性音圧レベルを強要するための工夫をしています。環境省の工夫は、誤解しやすいような言葉を使うことです。英語を出鱈目な日本語に訳す。

風車音の周波数スペクトルを示さない。

誤解しやすい形のグラフで表現する。

です。

ここまでくれば、あとは簡単です。

環境省と逆のことをやれば風車音と健康被害の因果関係が見つかるのです。

環境省が、除外しろと言っている超低周波音を精密に計測する。

ラウドネス（うるささ）に関連するA特性音圧レベルの数値は使わない。

アノイアンス（不快感）に関連の深い、基本周波数での次第音圧を使う。

風車の超低周波音の物理的な影響を考える。

これらの結果を分かりやすく表現する。

計測データや解析方法も公開する。

これで大丈夫です。

評価項目変更とその根拠(?)

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		工事の実施		土地又は工作物の存在及び供用
環境要素の区分	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		工事の実施		土地又は工作物の存在及び供用
環境要素の区分	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	

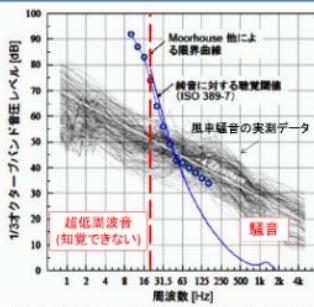
参考項目……環境影響評価法の技術指針（技術指針等を定める主務省令）において示されている、対象事業ごとの影響要因と環境要素からなる、環境影響評価の一般的な選定項目

評価項目から、超低周波音を除外しました。理由は次の様に述べられています。

超低周波音について

- 平成28年、風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会の報告書がとりまとめられた。
- 風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（=聞こえる音）の問題。
- なお、他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波領域の卓越はみられない。

これまでに得られた知見① 風車騒音に含まれる超低周波音

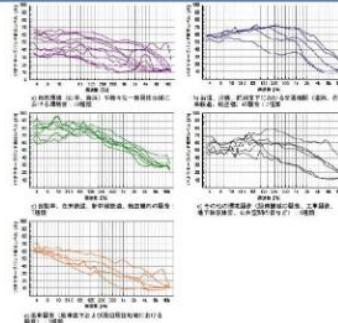


20Hz以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている

風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音の問題

※全国29の風力発電施設の周辺の合計161測定点で騒音を測定

これまでに得られた知見② 風車騒音と他の環境騒音の比較

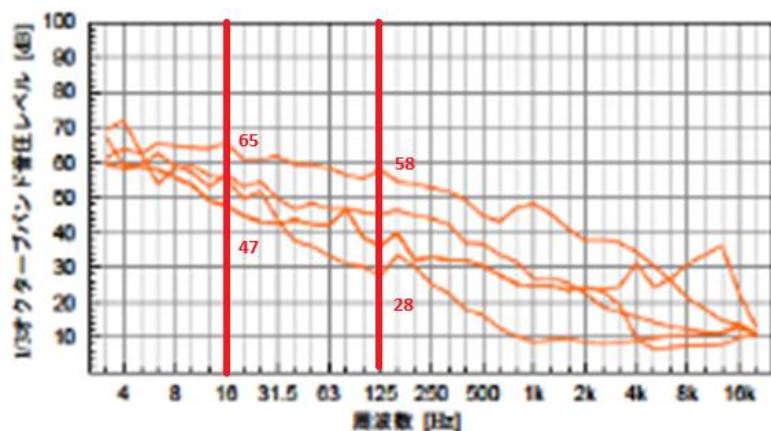


* 他の環境騒音（一般環境騒音、交通騒音等）と風車騒音を比較

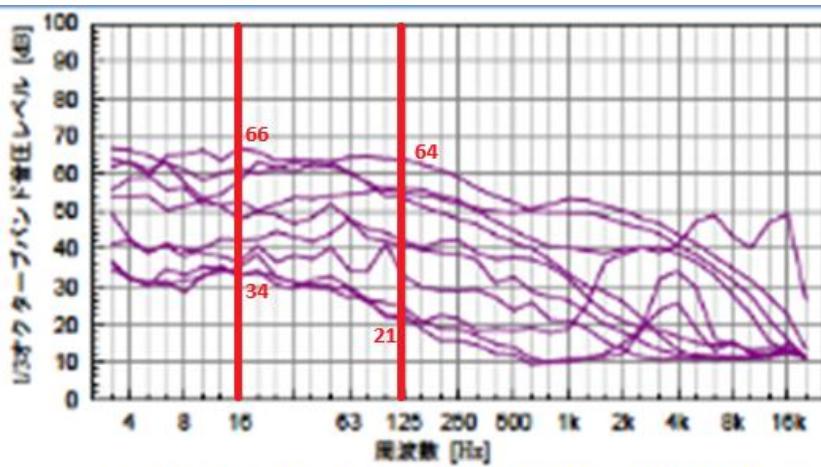
他の環境騒音と比較して、低周波領域の卓越はみられない

風車騒音と他の環境騒音の比較

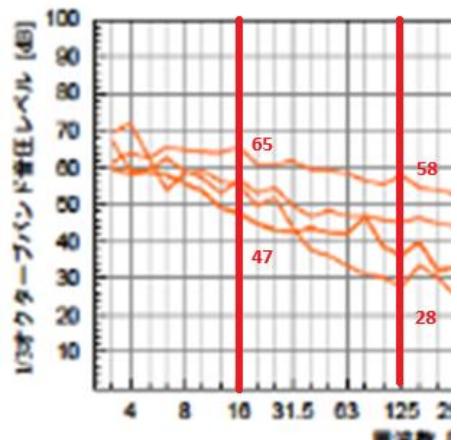
低周波領域 (20~100Hz) での比較



e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

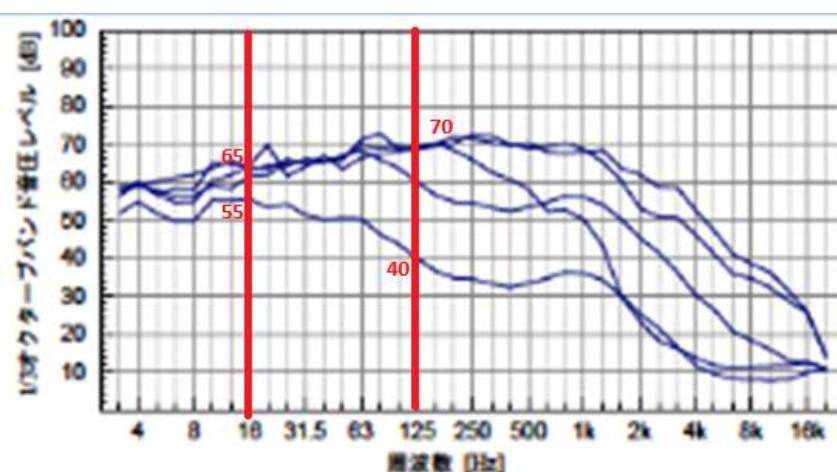


a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

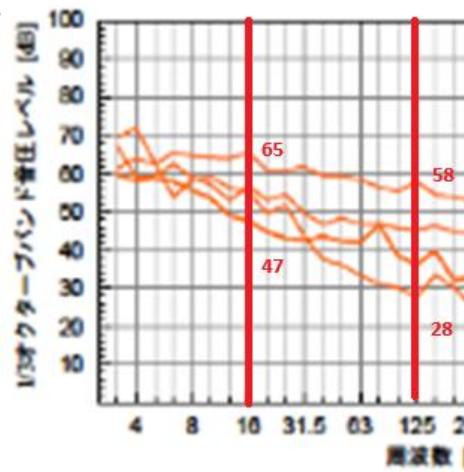


e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

自然環境（山中、海浜）の中では、風車音は中間程度の音圧レベルだと言える。

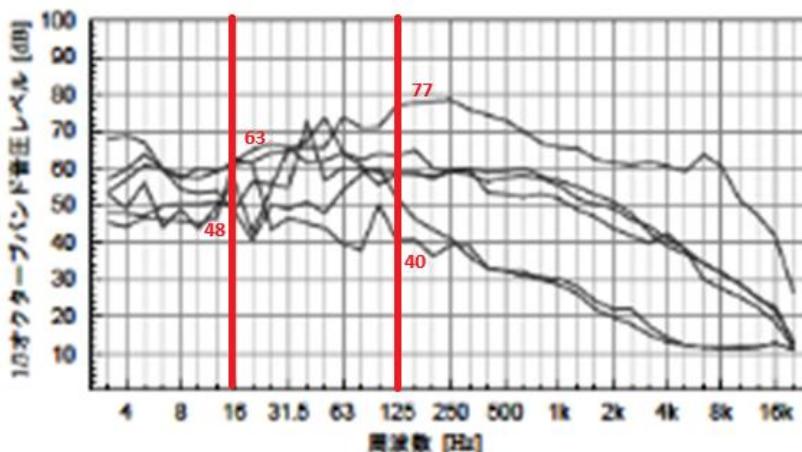


b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類

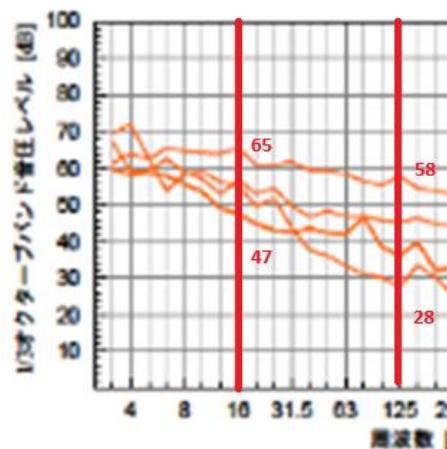


e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

沿道、沿線での音の中では、低い方だと言える。

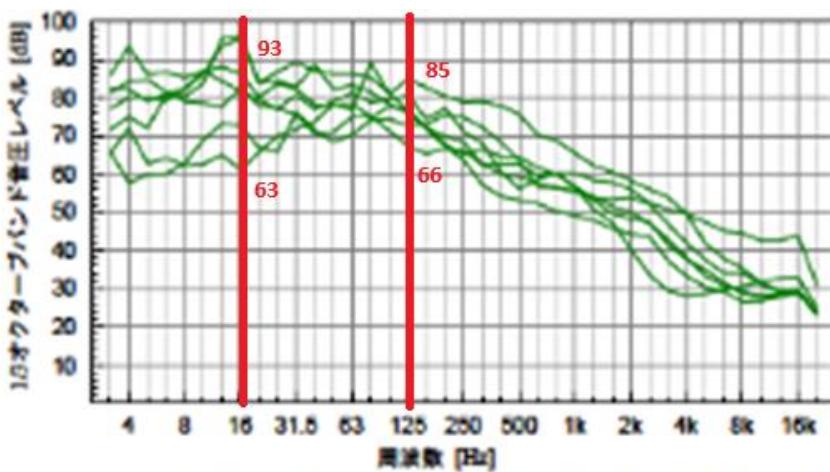


d) その他の環境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、地下鉄固体音、公共空間の音など）：6種類

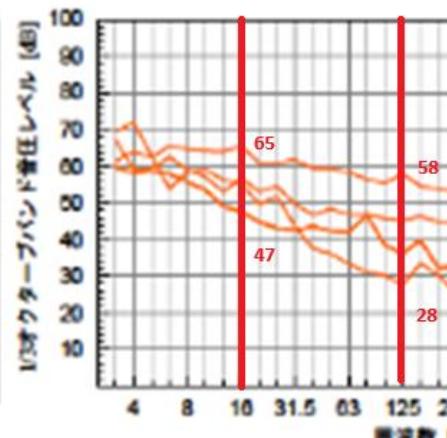


e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

その他補環境騒音（工場音など）の中では低い方だと言える。



c) 自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：7種類



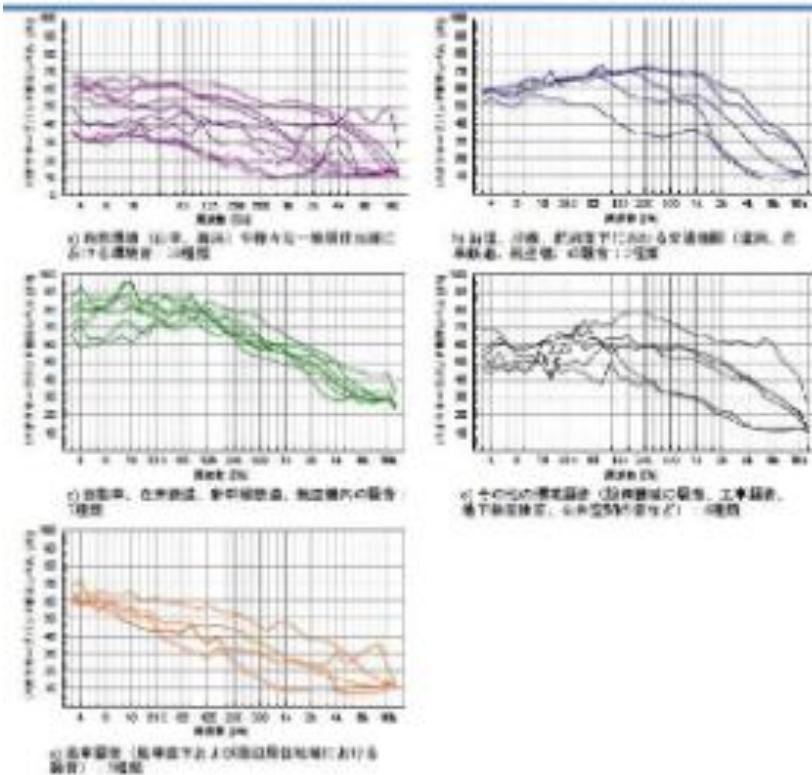
e) 風車騒音（風車直下および騒音）：5種類

自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音よりも低いと言える。

自動車、在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内で、居眠りする人も多いが、うるさくて眠れない、極めて不快、と言う人はほとんどいない。

なぜ、風車音の場合は睡眠を妨害されたと訴える人が多いのかを解明する必要がある。

グラフの比較と定義域



* 他の環境騒音
(一般環境騒音、
交通騒音等) と
風車騒音を比較

他の環境騒音と
比較して、低周
波数領域の卓越
はみられない

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

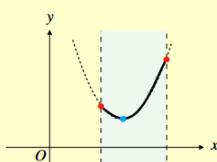
(Step 1) ()をする

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

(Step 2) グラフをかく

(Step 3) ()と()の端を
確認する

【 $y = a(x - p)^2 + q$ の最大・最小】



例題



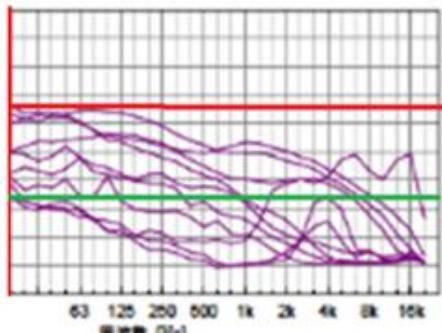
関数 $y = 2x^2 + 4x + c$ ($-2 \leq x \leq 1$) の最大値 7 で
あるとき、定数 c の値を定めなさい。

解

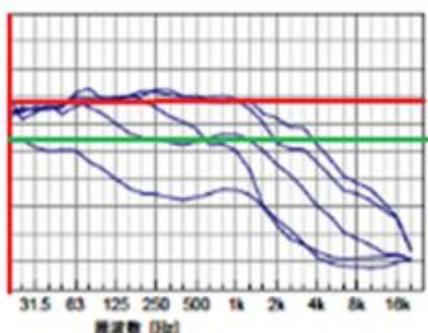
検討会の参加者は、このような高等学校<数学Ⅰ>の知識を持っていて、グラフの形式に関する検討をすれば、良かったのです。騒音（20Hz以上）との言葉による定義域と、提示されたグラフの定義域（4Hz以上）の違いは、グラフの基礎を全く理解していないことを意味しています。

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。

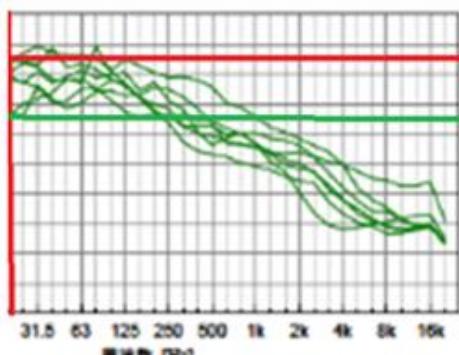
この定義域内で風車騒音（20Hz以上）、環境騒音（20Hz以上）のグラフを比べれば、次のようにになります。



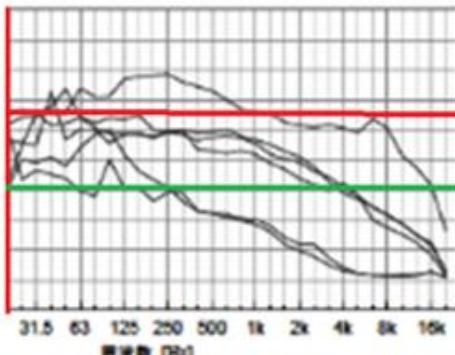
（山中、海浜）や様々な一般居住地域における騒音：10種類



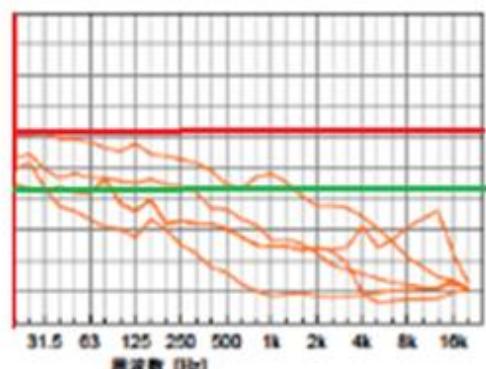
航路直下における交通機関（道路、在り物）の騒音：5種類



在来鉄道、新幹線鉄道、航空機内の騒音：



環境騒音（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騒音：

修正した図 8-4

風車騒音（20Hz以上）と一般騒音（20Hz以上）の大きな違いは見つかりません。

騒音レベル (A 特性音圧レベル) での比較

また、次の表から、A特性音圧レベル (20Hz～) の平均を計算すれば風車の場合が最も小さな値となっています。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 (コンクリート破碎機)	79
(e) 風車騒音	29	風車騒音 (風車近傍)	56
	30	風車騒音 (住宅地域: 屋外)	43
	31	風車騒音 (住宅地域: 室内)	27
	32	風車騒音 (虫の鳴声が混入)	41
	33	風車騒音 (虫の鳴声をカット)	37

※表 2 中の No. は、図 8 中の騒音の種類を示す番号に対応する。

以前、環境省が作った次の調査結果もあります。

風力発電所に係る騒音・低周波音に関する問題の発生状況

【風力発電所の現地調査のうち、騒音・低周波音に関する主な状況】

- ・ 暗騒音は、季節による風向や風速の違いによりその値が異なるが、現況調査は1年のある時期のみ行われている事例があった。
- ・ 建設前に実施した環境影響評価における予測結果よりも、実際の騒音レベルの方が大きい事例があった。
- ・ 風車から離れている住民（1km程度）から、眠れない等の苦情が寄せられている事例があった。
- ・ 騒音の環境基準を満たしている地点からも苦情が生じている事例があった。
- ・ 苦情を受けて、苦情者宅で騒音の測定調査を実施している事例があった。
- ・ 騒音対策として、風車の夜間停止や出力抑制、苦情者宅での騒音対策工事（二重サッシ、エアコンの設置）の実施や、風車に高油膜性ギアオイルを取り付けた事例があった。
- ・ また、風車音と他の騒音源からの同等レベルの騒音を比較した場合、不快に感じる人の割合は風車音の方が高い⁵。

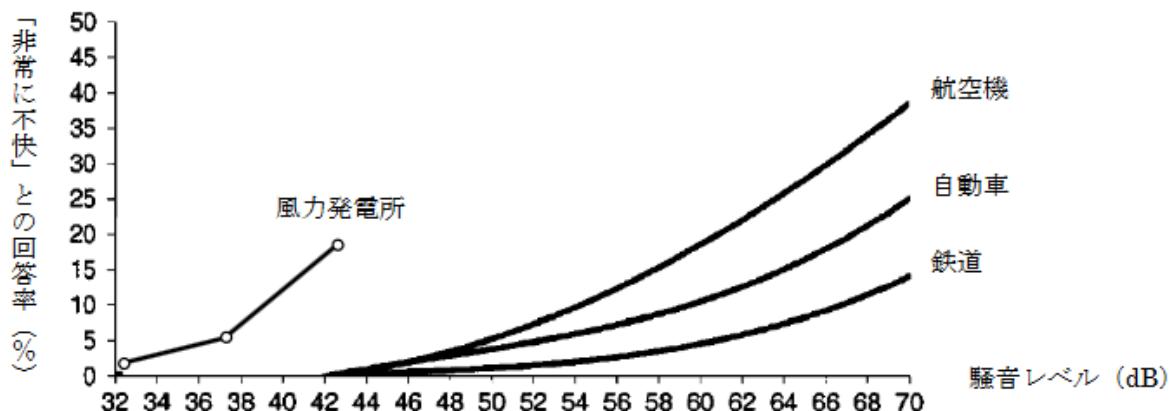


図8. 「非常に不快」との回答率と各種の騒音源からの騒音レベルの関係
(脚注3及び5の文献より環境省作成)

②風力発電所からの騒音・低周波音に関する訴え

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

不思議なのは、騒音レベルが 42 dB の時に、“非常に不快”を感じる人の割合が、交通騒音では 0%なのに、風車音では 20%になってしまう理由です。

また、

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

6

とありますが、風車騒音では、35~40 dBを超えるとアノイアンス(不快感)が増加するのに、交通騒音では不快感を覚える人はいない。

A特性音圧レベル(騒音レベル)の数値は、0~20Hzの超低周波音の成分は完全に除外し、さらに20~100Hzの影響は小さく評価するような計算方法である。

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

この数値は、風車音のエネルギーの7%程度に対応する数値である。交通騒音ではエネルギーの99%に対応する数値になっている。これでは、数値と被害の関連性が見られなくなるのは当然のことである。

環境基準値での影響評価の目安は、

A特性音圧レベルの意味を“騒音値の基準と目安”(日本騒音調査ソーチョー)の資料で確認します。

うるさい	かなりうるさい。かなり大きな声を出さない と会話ができない	70 db	<ul style="list-style-type: none"> 騒々しい事務所の中 騒々しい街頭 セミの鳴き声(2m) やかんの沸騰音(1m)
	大きく聞こえ、うるさい。声を大きくすれば 会話ができる	60 db	<ul style="list-style-type: none"> 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	50 db	・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	40 db	・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	30 db	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	20 db	・ささやき ・木の葉のふれあう音

です。

42 dB では、問題が起きないはずなのに、風車音では 20% 程度の人が“非常に不快”だと感じるので

普通の科学者は、このズレが起きる原因を追究します。もちろん追及した学者もいますが、見える事や経済的な要因が不快感の原因だと言っています。どうしても超低周波音は扱いたくないのでしょう。

目をつむれば、雨戸を閉めれば風車は見えません。でも被害は起きるのです。お金をもらって起きている被害について口外しない人もいるが、我慢しきれなくて話し出す人も出ています。

風車からの、0.5Hz や 1Hz の基本周波数での音は、人体を強制的に圧縮・膨張させます。その結果、循環器系の障害や頭痛が起きます。当然、“非常に不快”と感じるのですが、A 特性音圧レベルの数値はこの影響を無視した数値なので、被害との関連性がないものなのです。

環境省や業者は、環境規準値以内だから問題ないと言い張るので。被害の原因を無視して計算した数値ですから、A 特性音圧レベルの数値が小さくても、超低周波音による被害は起きるので。

超低周波音の領域を含めた比較

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。”

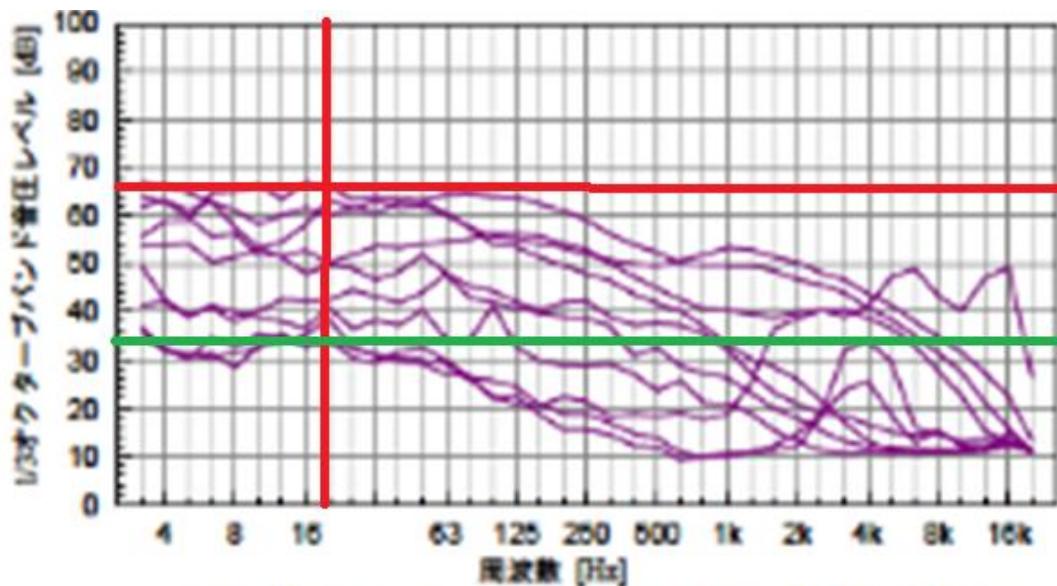
4Hzからのグラフを見ながら、“低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない”との文章をみれば、“低い周波数成分の騒音”が4Hzも含むかのように錯覚します。低周波領域は“20～100Hz”であり、“低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない”が、4Hzを含む“超低周波音”的領域まで含めて考えれば、風車音は他の環境騒音に比べて卓越した音圧を持っていることが分ります。

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。

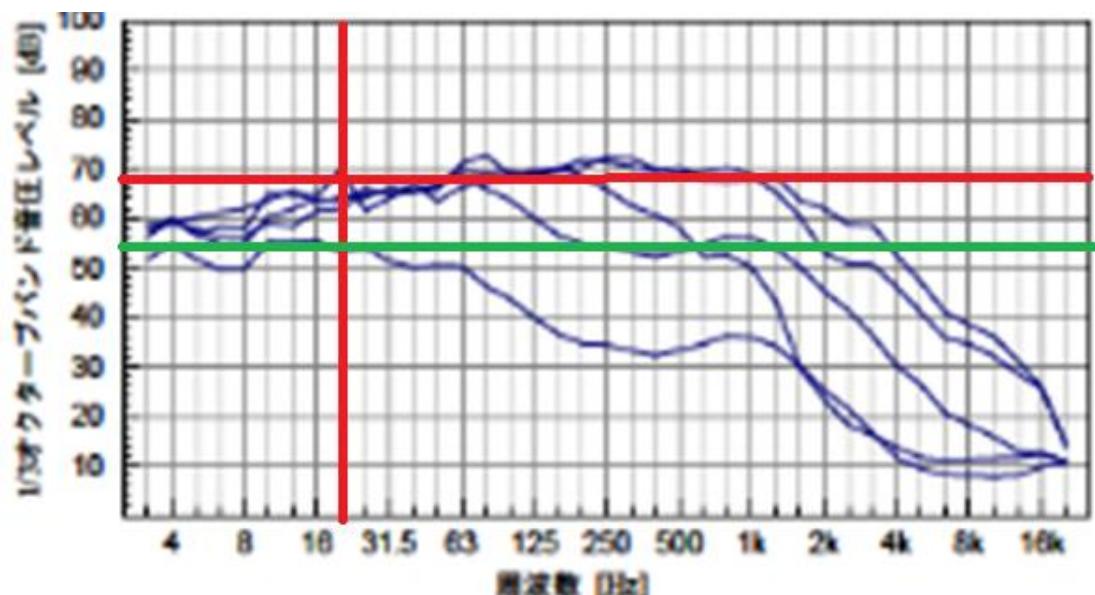
20Hz辺りに縦線、それとグラフとの交点を通る水平線を引けば、低周波領域（4Hz～20Hzを含む）での特徴が分かります。低周波領域（4Hz～20Hzを含む）に着目すれば次の様になります。

4Hzから20Hzではグラフは水平。



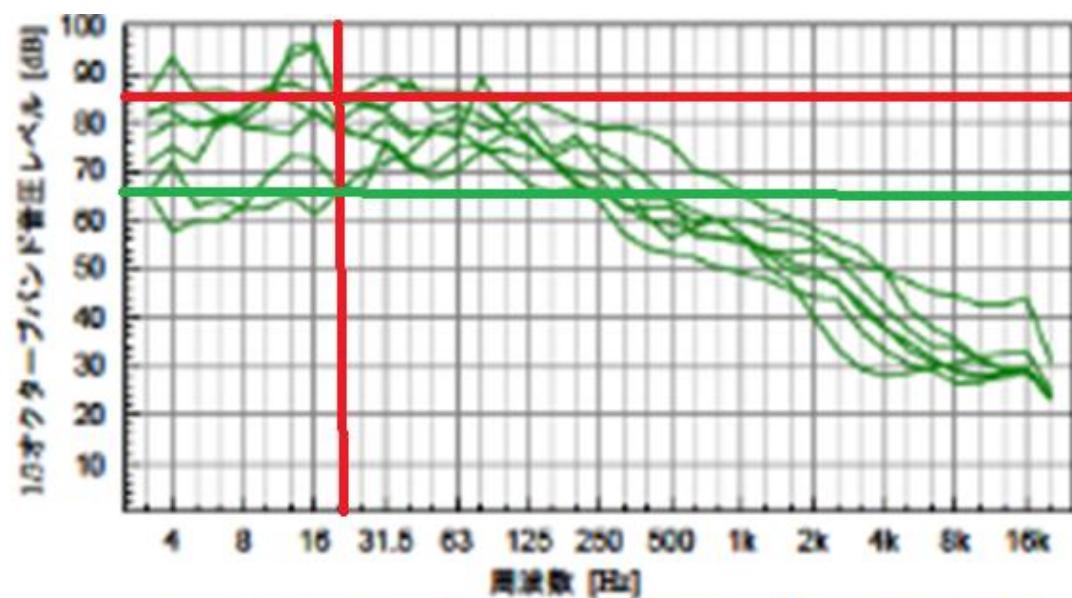
a) 自然環境（山中、海浜）や様々な一般居住地域における環境音：10種類

周波数が低くなるとグラフは下がる。



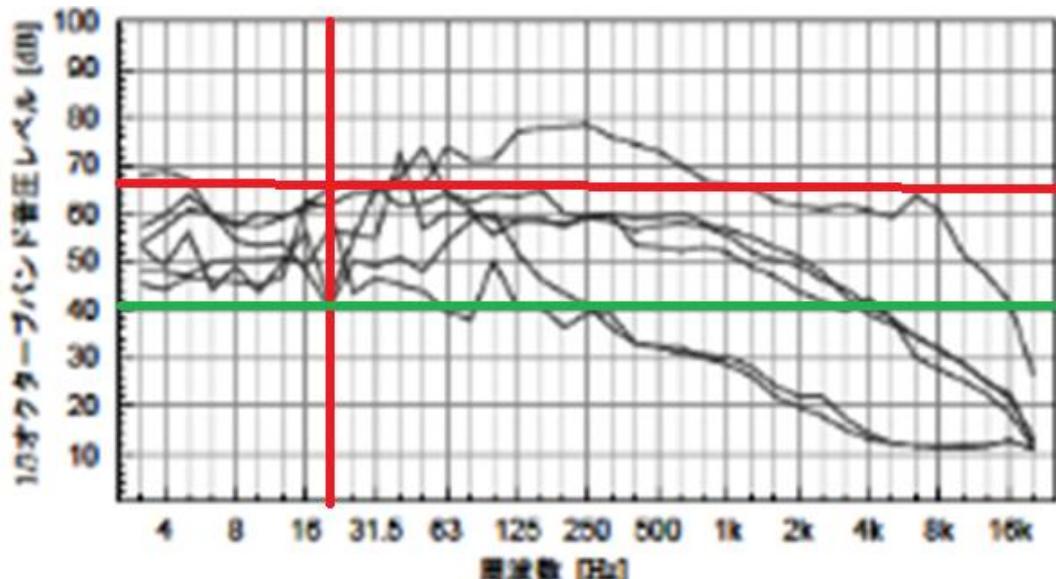
b) 沿道、沿線、航路直下における交通機関（道路、在来鉄道、航空機）の騒音：5種類

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。

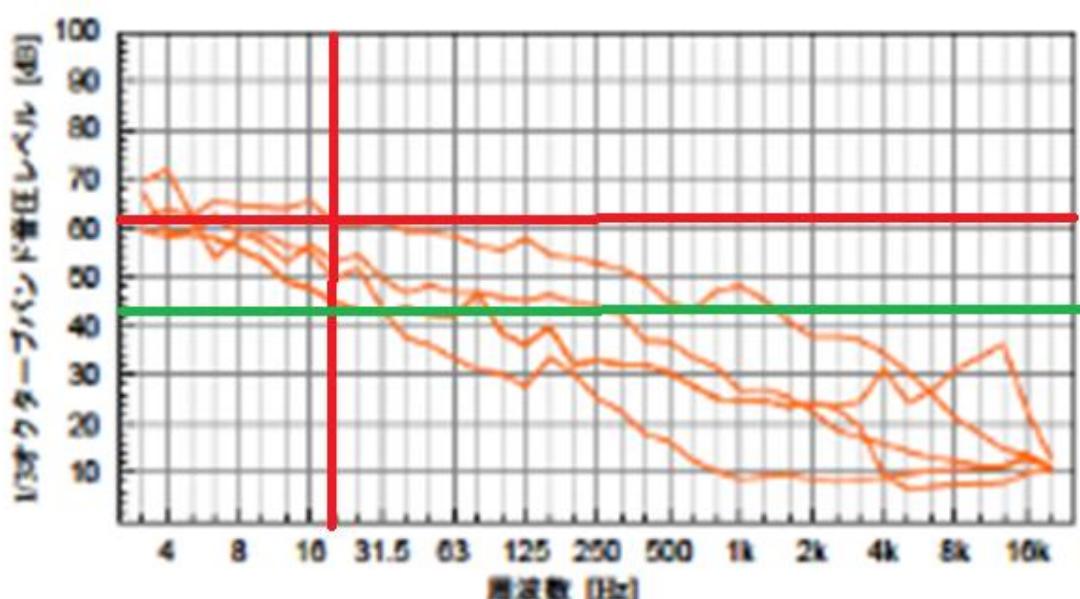


d) その他の環境騒音（設備機械の騒音、工事騒音、地下鉄固体音、公共空間の音など）：6種類

※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

3

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。



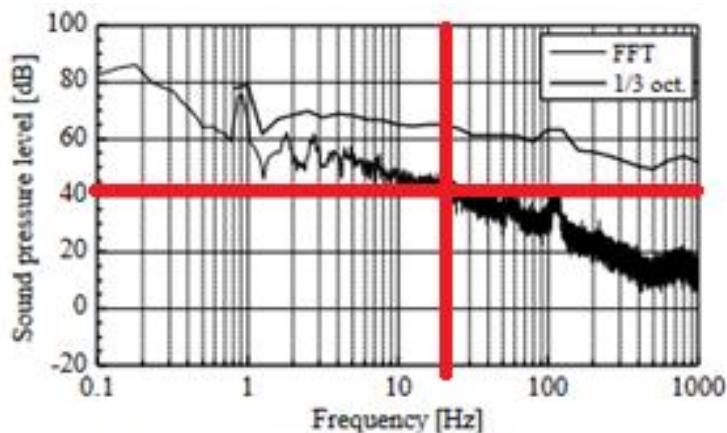
e) 風車騒音（風車直下および周辺居住地域における騒音）：5種類

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。音圧レベルが連続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。

(マイクに風を当てないようにしても、同じ超低周波音が計測できますので、風雑音ではありません。)

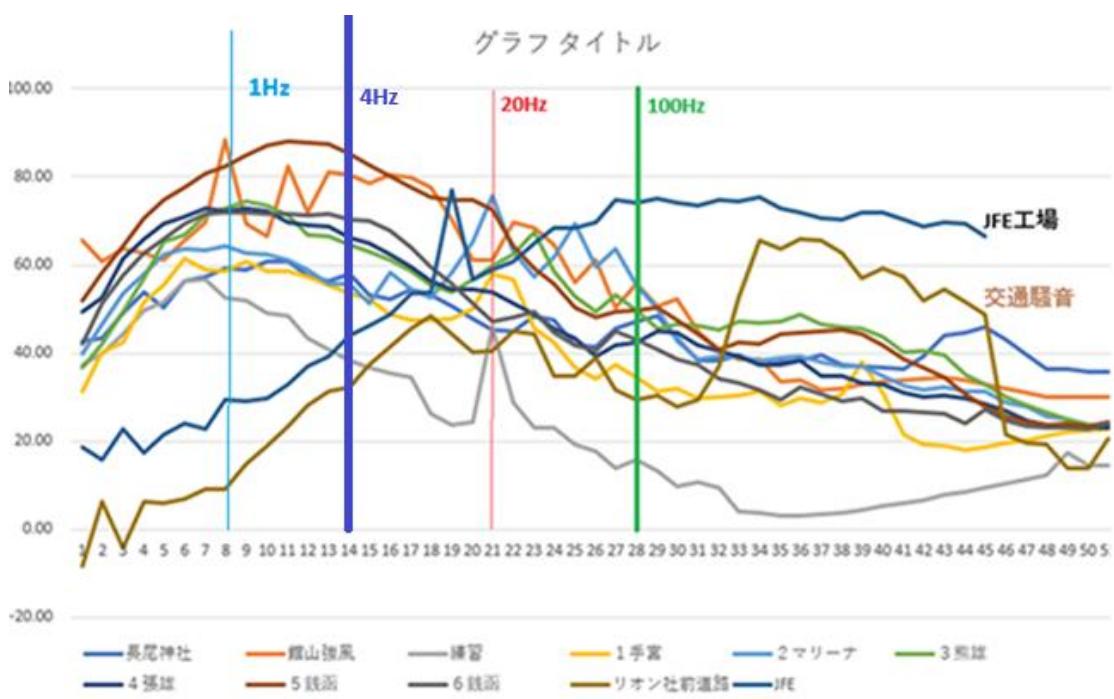
報告書にある、他のグラフでも、全体としての連続性は、風雑音説とは折り合いが付きません。



図(2)-11 図(2)-9の音圧のスペクトル

さらに、環境騒音（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。

石狩湾での計測結果



超低周波音領域と可聴音の領域でのエネルギーの分布や、音圧が最大となる周波数などの点に注目すれば、風車騒音（0Hz以上）が異質のものであり、A特性音圧レベル（20Hz～）で評価すると、エネルギーの93%を見失う事になることが分かります。A特性音圧レベル（20Hz～）では、風車騒音（0Hz以上）の特性は理解できません。

定義域を20Hz以上に制限すれば、間違いとは言えないが、その狙いは、風車音の影響を矮小化して、風車音の特徴を隠蔽するものでしかないので。風車音の特徴が分れば、被害の直接的な原因も判明するのです。

都合が悪くとも、隠してはいけないです。

グラフを比較するには、高校1年で学習する、定義域と値域の概念が必要なのです。普通の高校では、これが理解できない生徒は、2年生に進級出来ません。

誤魔化し方が下手です。ほとんどの住民は高等学校で数学を学び、定義域、値域の内容を理解しているのです。

上で見てきたグラフや表を根拠にして、

2) 発生する音の特徴・性質

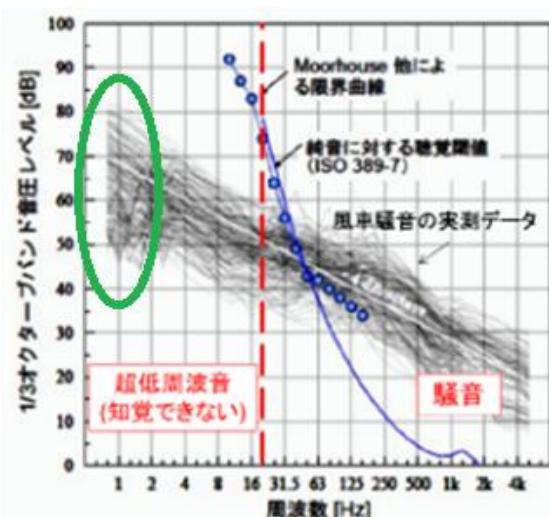
風力発電施設は、他の施設から発生する騒音と比較して、より低い周波数の騒音が発生していると一般に思われている。しかし、2-1. で示したとおり、20Hz以下の音（超低周波音）に関しては、音圧レベルが聴覚閾値を超えるものは確認されていない。また、風車騒音と他の様々な騒音（表2）の1/3オクターブバンド音圧レベルを比較した結果は図8に示すとおりであり、他の様々な騒音の実測値と比較しても、風車騒音で特に低い周波数成分の騒音の卓越が見られるわけではない。

と主張する。

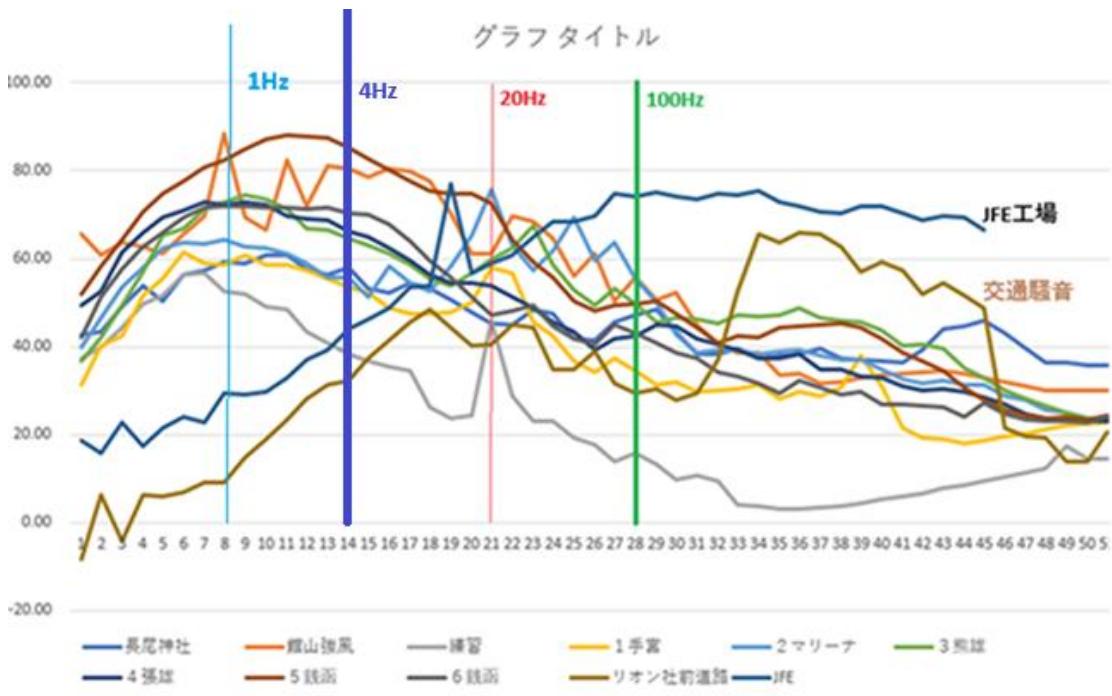
この主張を、騒音（20Hz以上）と超低周波音（0～20Hz）を区別して書き直せば、次の様になります。

2) 発生する音の特徴・性質

風車からは、超低周波音と騒音が出来ます。



次のグラフは、ISO7196に従った0.25Hzからの1/3オクターブ解析の結果を示すものです。



騒音（20Hz以上）に関しては、JFEの製鉄工場の数値の方が大きくなっています。図8や表からも、20Hz以上の成分を比べれば、風車騒音（20Hz以上）が卓越しているわけではないことが分かります。

従って、

風力発電施設から出る音のうちで20Hz以上の成分（騒音）に関しては、他の施設から発生する騒音と比較して、騒音の中の、周波数が低め（20Hz～100Hz）の成分に関しても、風車騒音が卓越しているとは言えません。

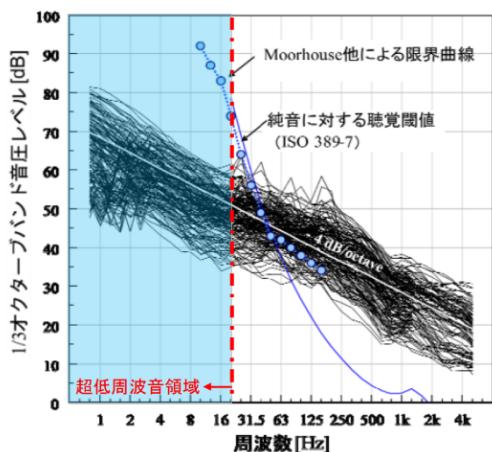
風車音のうちの超低周波音（0～20Hz）の成分に関しては、スピーカを使った実験（10Hz以上）とイヤホンを使った実験（2.5～125Hz）がある。

経済産業省の資料からは、聴覚閾値に関する実験が多かったことが分かる。

（参考）風車騒音に係る実測調査結果①

第21回WG資料

- 「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」（環境省、平成22～24年度）では、風力発電所から発生する超低周波音領域（～20Hz）における音圧レベルは、聴覚閾値を下回っていることが現地調査及び聴覚実験で明らかにされた。



・全国29の風力発電所周辺の計164地点において、風車騒音を測定した。その結果、全ての結果において超低周波音領域（～20Hz）における音圧レベルが、聴覚閾値を下回っていることが明らかになった（左図）。

・また、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を実験室実験で調べたところ、超低周波数領域の成分は聞こえない/感じないことが確認された。

図 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

スピーカを使った実験である参照値の場合は、可聴性よりも不快感を重視した実験になっている。イヤホンを使った実験は可聴性に関する実験である。残念ながら、大型風車の基本周波数となる 0.5Hz や 1Hz での実験結果はない。

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		

風車音の影響は、家屋や建具を媒介として人体に作用する。ガタつけば目が覚める。音がうるさいと言って目が覚めても、圧迫感や不快感で目が覚めても、ガタツキで目が覚めても、航空障害灯の光で目が覚めても、睡眠を妨害されるとの観点ではそれほど違いはない。

どれが起きても、次の日の仕事に差し支えるし、毎日続ければ、子供は授業中に居眠りする。交通事故を起こしやすくなる。成績が下がれば塾の費用も掛かり、さらに生涯賃金が下がる可能性が高くなる。

風車音が人体に影響を及ぼすか否かの閾値であるが、そのうちの聴覚閾値と比べれば、風車音の音圧レベルは低い。ガタツキによる睡眠妨害での閾値は、5Hz で 70 dB であり、日本家屋の固有振動数が 1~2Hz であることを考えれば、2Hz では 65 dB 程度だと思われる。もちろん振動レベル計での継続が必要です。

風車からの超低周波音は、毎日の睡眠妨害を手段として、健康被害を引き起こすことは、厚生省の資料から明らかである。

もちろん、風車の超低周波音は特殊な性質を持っていて、体内の圧力を変動させる。この時のあ圧縮膨張が体の表面の物理的な運動から始まることと、末梢血管が体表面に近いところに多いことを考えれば、血圧上昇が起きて循環器系の障害や頭痛が起きることが、物理的に引き起こされる。これは、超低周波音による直接的な健康被害である。

以上。

住民は騙されません

ここで使っているグラフは、4Hz からのグラフであり、20Hz 以上の範囲に限定して議論を進めている。

“低周波数領域”を 20Hz～100Hz にすることで、住民を胡麻化すための結論を導き出している。

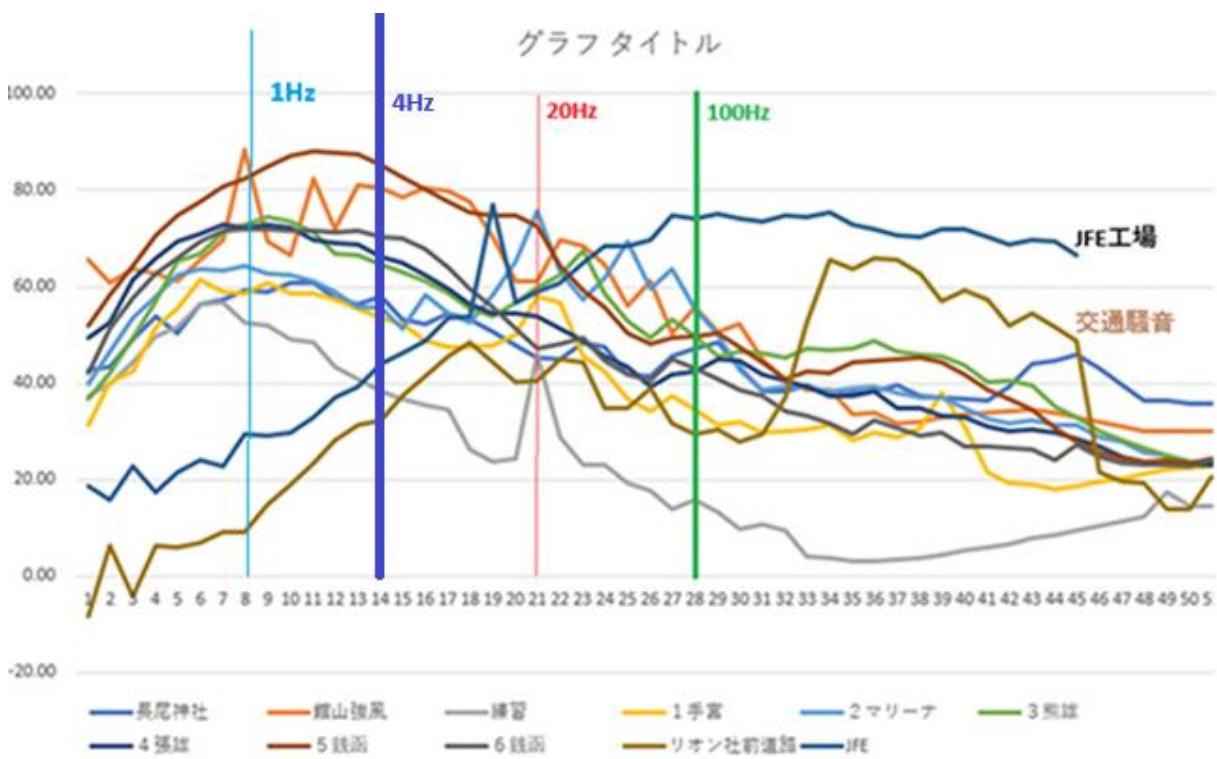
騙し方が下手すぎます。住民は学者ほど無知では無いのです。一人ひとりは、それぞれの仕事の分野の専門家なのです。集まれば嘘を見破るのです。知識も世界に通用する最先端の知識を持っているのです。住民側の計測技術も解析技術も、物理学も数学も最先端なのです。

● 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。

これは、全くの誤りです。住民が、事業者や学者や環境省や経産省の理解促進をの為に、計測方法や解析方法や、物理学や数学を教えてあげるのです。

昔の環境省の職員は、今より少しだけ賢かった。今の職員は、 $76 > 78.1$ は間違いだと説明してあげても、“書いてある通りです。”と主張する。ゆとり境域の犠牲者なのかもしれないが、環境省職員の低学力のおかげで、超低周波音による被害が拡大しているのです。

次のグラフは石狩湾での計測結果であるが、20Hz～100Hz に限定すれば、風車音と他の環境騒音には大きな違いは無い。さらに、A 特性音圧レベルで比較するならば、風車音の方が小さな数値になることが多い。しかし、1 Hz の辺りでは、風車音の方が卓越しているのです。



昔の環境省は、次の様に言っていた。ある程度正しいが正確ではない。

“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)

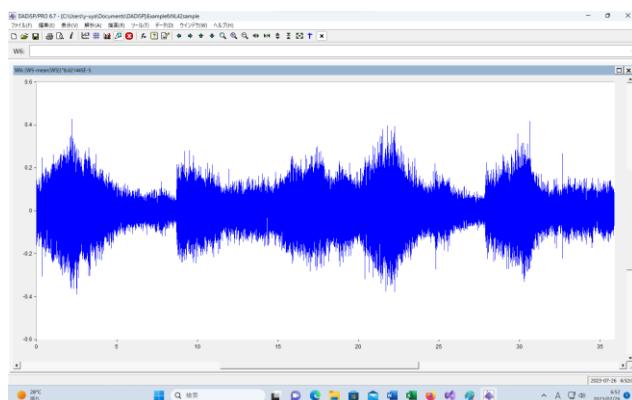
で与えられ、この基本周波数とその高次の周波数が卓越する。

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。“

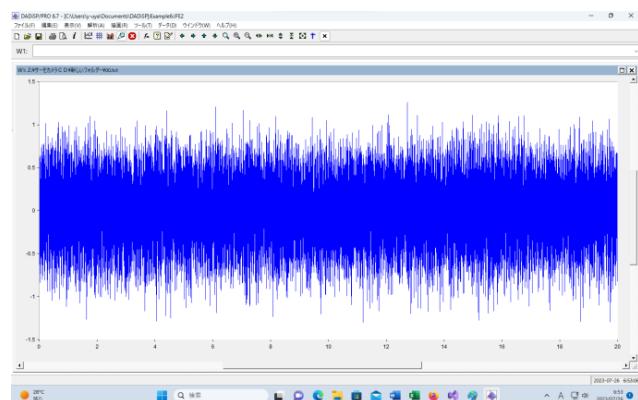
現在の大型風車では、基本周波数が 0.5Hz 程度になります。この部分の音圧が極めて高いことが分っています。4Hz からのグラフでは、最大音圧の部分が除外されてしまいます。

風車音について調べてみました。交通騒音、製鉄所での騒音、風車音には大きな違いがあるのです。

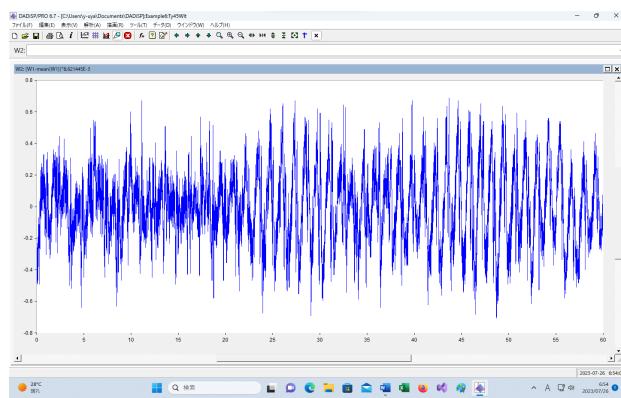
リオン社前の交通騒音



JFE の製鉄所内の音



館山の風車音

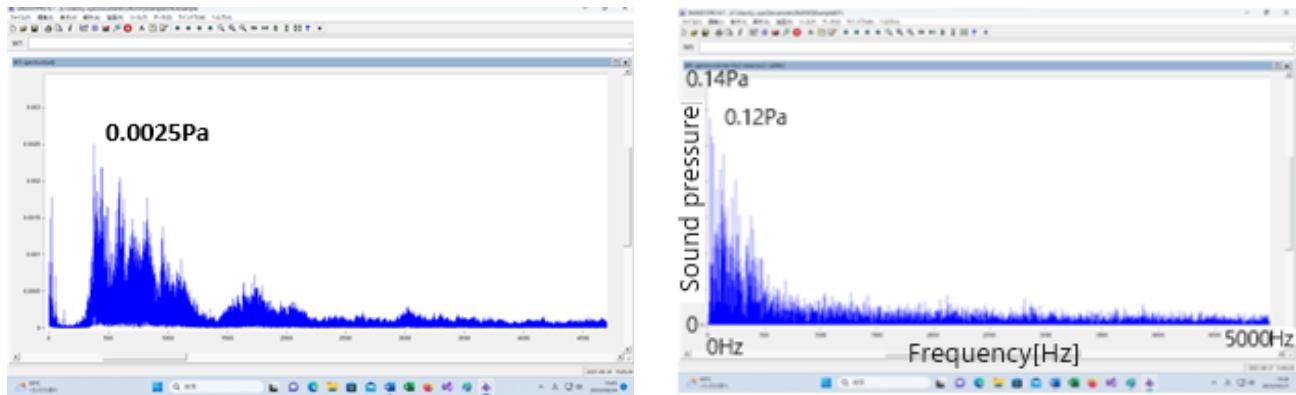


見てすぐわかるのは、風車音のグラフはスカスカです。他のグラフはぎっしり詰まっているという違いがあります。

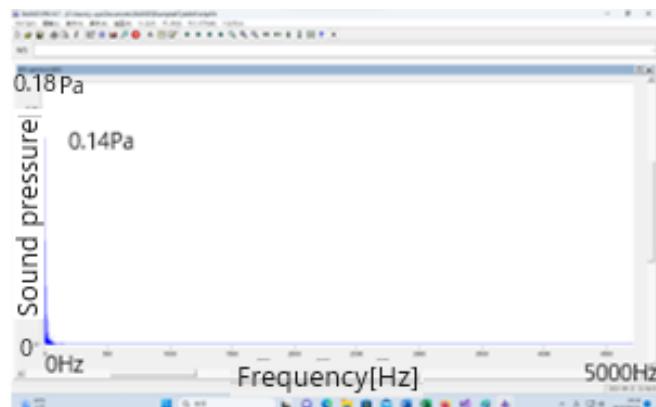
原因是、風車音では高周波成分が微弱だからです。ほとんどが超低周波音なのです。高周波成分が強ければぎっしり詰まつたグラフになります。

タイプ4:周波数スペクトル

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



風車音(0～5000Hz)；最大音圧 0.14[Pa] (0.8Hz)



風車音は、左端の細い線で表されています。

この場合、風車音の最大音圧は、交通騒音の最大音圧の 500 倍になっています。

音のエネルギーを比べて表は次のものです。

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24 kHz	0～24 kHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.80E-05	W/m ²
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m ²
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m ²
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m ²
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m ²

強風時の比較では、超低周波音の領域でのエネルギーは、交通騒音の 10000 倍です。

普通の日本語では、風車音は超低周波音の領域に於いて、他の環境騒音を卓越している。と言うのです。

さて、

“他の交通騒音などの環境騒音と比較して、**低周波領域の卓越は見られない。**”

と書いてあるが、“**低周波数領域**”が 20Hz～100Hz を意味するならば、間違いではないが、ひどすぎる誤魔化し方だと言う事になる。

山形県では住民説明会が行われましたが、最も残念なのは、質問する側も、答える側も風車音の計測や解析が不十分で、風車音の基本的な性質が理解できていないことでした。

令和5年3月11日開催 遊佐町沖における洋上風力発電に関する住民説明会 質疑応答では、

意見・質問

(更問2)

○先ほど因果関係の検証という言葉が非常にたくさん出てきたが、水俣病は会社が流した有機水銀によって起こった病気だということは、疑われてから確実になるまでどれだけかかり、その間にどれだけの人が死んだのか。風車病はまだ無いと言うが、予防原則や人権等からすると、離岸距離を長くして建てるこや時期を遅らせる等の道はないのか。

回答

【環境省】

○風車騒音に関する科学的な知見について紹介させていただきます。まずは超低周波音についてです。風車騒音指針を取りまとめるにあたって調査した結果、風車から発生する聞こえない音の成分（超低周波音）は、自動車や航空機などと比べて小さく、風車だけが特別に超低周波音を発していて風車病が起こるという誤解です。また、2019年に世界中の風車騒音に関わっている学者や関係者が集まった会議が開催され、その際にも風車からの音の問題は、超低周波音の問題ではないということで合意されています。なお、風車騒音指針を策定する際に参考としたデータは、検討当時に国内で稼働していた風車で測定しているため、

今後、当時より大型の風車が稼働した際には、必要に応じて改めて科学的に測定していくことも検討したいと思います。

【資源エネルギー庁】

○学術的な検証は引き続き進めしていくことになると思いますが、影響が無いことを示さなければ進められないという話になると、洋上風力に限らず様々な取組が進められません。地域の漁業者の方々を含め、どういった場所であれば洋上風力の議論ができるのかという話を考えた結果、現在の区域が候補として挙がってきているという状態です。環境や人の健康に対する影響という点について、引き続き様々な声があると思いますので、住民から不安の声が示される場合には、選定事業者はその声を聞いて丁寧な説明を行うことについて、とりまとめの中に入れていくことを検討しています。

とのやり取りがあった。

ここまでくれば、詐欺や誤魔化しではなく、完全な嘘である。

“風車から発生する聞こえない音の成分（超低周波音）は、自動車や航空機などと比べて小さく、風車だけが特別に超低周波音を発していて風車病が起こるという誤解です。”

の根拠は何か？

(電話で確認した。

これは個人の見解か、それとも環境省の統一見解か？

自動車や航空機の音を実際に計測、解析をしたのか？

風車音を自分で計測して解析しているか？

どんな文献を調べたのか？

メールで返事をしてくれますか？

などです。

返事をするかしないかも含めて、相談しないと判断できない。

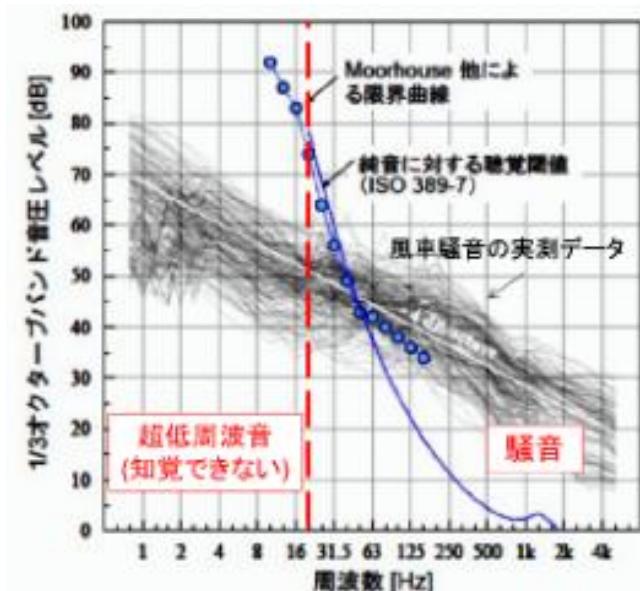
ついでに、

76と78.1は、どちらが大きいかを聞いてみたら、それも相談しないと分からぬ。

と言つた。

自分でも分からぬことを無責任に言い放つ職員が多いようです。）

これまで、**“低周波領域の卓越は見られない”**として、超低周波音を避けるような議論をしていたが、タガが外れて、嘘を言いふらすようになった。これは、音圧とエネルギーの数値を確認すれば、すぐに判明する嘘である。



意見には根拠が必要です。風車音では1Hzの時に50dB～80dBの音圧レベルになっています。

自動車や航空機で1Hzで50～80dBの音を出すものは存在するのでしょうか？

証拠を見せてください。

音は粗密波です。空気が圧縮されれば、密な状態になりますが、団扇を1秒間に1回動かしても1Hzの粗密波はできないのです。空気の粒子が横の方に逃げてしまうからです。

粗密波にするには、巨大な団扇が必要です。小さくとも10m*50m程度の大きさの団扇が必要です。

それを正確に振動させないと1Hzの音は観測できません。

もし、10m*50mくらいの大きさの自動車が有れば、可能だと思いますが、それほど大きな自動車は存在しません。

環境省の職員は

“風車騒音に関する科学的な知見について紹介させていただきます。まずは**超低周波音**についてです。風車騒音指針を取りまとめるにあたって調査した結果、風車から発生する**聞こえない音の成分（超低周波音）**は、自動車や航空機などと**比べて小さく**、風車だけが特別に超低周波音を発していて風車病が起こるというの誤解です。”

と言う。

科学では、言葉の意味を明確にする。

“風車騒音”、“風車音”、“風車超低周波音”の意味を区別しているのでしょうか？私なら、“風車騒音（20Hz以上）”、“風車音（0～20k Hz）”、“風車超低周波音（0～20Hz）”の様に区別する。

また、

普通の研究者は、質問や批判にはすぐに答える。自分が間違っていれば、お札をする。相手が間違っていれば根拠を示して反論する。

76と78.1のどちらが大きいかは、小学生でもわかる。答えられないのは、認めれば全体が嘘の塊である事が判明するからです。

その人達が、

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

説明会及び事前周知措置実施ガイドライン

2024年2月 策定 2025年4月 改訂 資源エネルギー庁

には、

“事業者が提出した資料に虚偽が発覚した場合は、再エネ特措法上の要件を満たさないものとして、認定を行わず、又は認定を取り消すなどの厳格な対応を行う。”

とあった。これは、

“省庁が提出した資料に虚偽が発覚した場合は、行政機関の要件を満たさないものとして、認定を行わず、又は認定を取り消すなどの厳格な対応を行う。”

と書き直すべきである。

他人の嘘を追及するくせに、自分は平気で嘘をつく。

信用失墜行為の禁止（国家公務員法第99条）

職員は、その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。

を知らないのであろうか？環境省の政府機関としての認定を取り消して、解体して欲しいと思うのは私だけでしょうか？

腹が立ったので、e-Govを利用して、メールも送っておいた。

●件名

環境省職員の地方での嘘について

●お問合せ内容

環境省職員の発言で、ひどすぎるものがあるので報告しておきます。

令和5年3月11日開催 遊佐町沖における洋上風力発電に関する住民説明会 質疑応答では、

【環境省】

風車騒音に関する科学的な知見について紹介させていただきます。まずは超低周波音についてです。風車騒音指針を取りまとめにあたって調査した結果、風車から発生する聞こえない音の成分（超低周波音）は、自動車や航空機などと比べて小さく、風車だけが特別に超低周波音を発していて風車病が起こるというの誤解です。と言った職員がいます。

風車からは、 $f = RZ/60Hz$ （いまは、0.5～1Hz程度）の音が高い音圧を持った形で放出されます。

音は粗密波であり、空気が圧縮されないと密の状態が作れません。空気は脇へ逃げるので、
1Hzの音を出す自動車は小さくとも、10m*50mくらいの大きさが無いと、
風車からの超低周波音に匹敵する音は出せません。そんな自動車は存在しません。
科学的な知見と言いながら、住民を馬鹿にする意見です。
これでは、日本の環境省には高卒以上の学歴の人間がいないと思われます。
誠に残念です。
しっかり対処して下さい。

宇山靖政

【資源エネルギー庁】

○学術的な検証は引き続き進められていくことになると思いますが、影響が無いことを示さなければ進められないという話になると、洋上風力に限らず様々な取組が進められません。

環境や人の健康に対する影響という点について、引き続き様々な声があると思いますので、**住民から不安の声が示される場合には、選定事業者はその声を聞いて丁寧な説明を行うことについて、とりまとめの中に入れていくことを検討しています。**

あたかも、住民は知識がないから不安に思っていて、業者が丁寧に説明すれば住民の不安が消えるかのように言っている。

住民は、風車の超低周波音と健康被害の物理的な因果関係を理解しているのです。単なる不安の声ではありません。住民は環境省の様に嘘をついたりはしません。住民は環境省の職員よりは賢いのです。

これに関しては、“洋上風力の留意点 2025”に書いてあるので、数学、物理学、流体力学、音響キャビテーションについて、勉強してから読めば、環境省の役人や、資源エネルギー庁の役人でも理解できるかもしれません。

業者、県や市の役人様、環境省の職員は、自分たちは知識がないから丁寧に説明してくださいと、住民にお願いすべきです。

嘘が口から溢れ出すからと言って、知識があるとは言えないのです。住民に対して嘘をついてはいけません。

住民が不安に思っているのは、お役人様の知識や学力の低さなのです。

山形県酒田市の市民は

アンケート名:酒田市広報 11月特集「風のまち酒田の未来を考える一カーボンニュートラルの実現に向けて一」
質問 5 回答で、

“今陸上風車から約2キロのところに住んでいますが、騒音で眠れない、起こされる日が年に何十日もあります。中心市街地から近い場所に建てる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しょうか。苦しんでいる人を切り捨てないよう、切にお願いします。”

と書いています。実際に被害が起きているのです。

酒田市での意見交換会

もっとひどい認識もあります。

酒田市沖洋上風力発電に関する意見交換会 令和6年6月

○日時・場所

中学校区ごとに開催します。開始時間はいずれも午後6時30分です。

開催日 会場

6月14日(金) 西荒瀬コミュニティ防災センター(第一中学校学区)

6月17日(月) 港南コミュニティ防災センター(第三中学校学区)

6月19日(水) 勤労者福祉センター(第二中学校学区)

6月21日(金) 富士見学区コミュニティ防災センター(第六中学校学区)

6月24日(月) 十坂コミュニティセンター(第四中学校学区)

6月26日(水) 八幡タウンセンター(鳥海八幡中学校学区)

6月28日(金) 平田農村環境改善センター(東部中学校学区)

○対象

市内に住所または勤務先がある方

6/21 住民意見交換会(於:富士見コミセン)での主なやりとり概要

○風車の低周波音は、胎児に影響が無いのか。子育て世代が安心できないのであれば、風車を設置すべきではない。

→(県) 貴重な御意見として頂戴する。環境省の通知では、①風力発電施設から発生する騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い、②風力発電施設から発生する低周波音と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認できない、としている。今後議論を深めていき、例えば遊佐町沖のように、環境配慮事項として盛り込んでいきたい

6/28 住民意見交換会(於:平田農改センター)での主なやりとり概要

そもそも構造物として大丈夫なのか、というところが気になっている。また、低周波音、騒音、健康被害が発生しないという担保をどうとるのか。振興策は当たり前の話である。また、2016年には県危機管理課で最大の地震の被害シミュレーションも行っている。これとの関係はどうか。

→(県) 地域の皆様の健康が最優先であり、本日の意見を踏まえて議論をしていかなければならない。国の厳しい基準を経て、最終的に第三者機関の認証を得ないと着工できない。地域の皆様の理解を深めていくため、有識者から説明いただく機会もつくるなど、今後どうしていくか国や酒田市と相談させていただく。

県危機管理課の津波のシミュレーションは承知しており、想定されている内容と安全基準との関係を検討する。

上の概要には無いが、聞いていた市民がびっくりした発言についても書いておきます。

「騒音と低周波、健康とは関係ありません。国では風車から1km離れれば問題ないとしています。」

(酒田市の6月の意見交換会での県職員の発言)を多くの市民が驚きを持って聞きました。

FB では、

富士見学区での説明会で言い切りましたが他でも言い切ったのでしょうか？
最後の平田でも言い切りました。
と話題になっています。

酒田市沖洋上風力発電に関する意見交換会の～留意事項～

令和6年6月 酒田市 商工港湾課 山形県 エネルギー政策推進課

①洋上風力発電に対する意見を聴く場です

- ・本日は、酒田市沖で洋上風力発電事業を進めるかどうかを決める場ではありません。
- ・他の人の意見を否定しないでください。（考えが違うのは当たり前です。お互いに尊重しましょう）

いくら意見が否定されないとしても、嘘をついてはいけません。意見交換会はデマを広めるための場所ではありません。大人は、自分の発言に責任があることを知っています。口から出まかせの発言は許されないのです。

県の職員が県民を騙すための嘘をつければ、公務員の信用失墜行為に当たります。

そのような職員は直ちに懲戒免職とすべきです。（出席させた県知事の責任も重大です。）

意見交換会と言う公の場であり、仕事として参加しての発言です。

「騒音と低周波、健康とは関係ありません。国では風車から 1km 離れれば問題ないとしています。」
と言ったからには、

「騒音と低周波、健康とは関係ありません。」と言う根拠を示し、論証する責任があります。

“騒音と低周波、健康とは関係ない”ことの根拠を明確にしてください。まさか、根拠もない事を公の場所で口にしたのではないでしょうね。

「国では風車から 1km 離れれば問題ないとしています。」については、根拠となる文書を具体的に示す必要があります。根拠となる国の文書を示して下さい。

それが責任と言うことです。

事業者でさえも慎重な発言をしています。

石狩湾での風力発電関係の、“環境影響評価準備書についての意見の概要と事業者の見解”に於いて、
意見：

“北海道自然保護協会などによる一般意見：「方法書 69 頁では、低周波音について「対象事業地域から最寄の住居までの距離が 3 km 以上あり、影響はまったく及ばないと考えられる」と記している。この表現は、国内外における低周波音による健康被害の実態をまったく踏まえていないので、まず、その科学的根拠について、方法書に、明確に具体的に示すべきである。」

“「配慮が特に必要な施設が 4 km 以上離れていることが確認された」としても、巨大化された風力発電機が 4 km 以上離隔したとしても本当に悪影響が生じないのか、科学的な根拠が明示されていない。”

に対して、

事業者は次の様に答えている。

“低周波音については、対象事業実施地区から最寄りの住居までの距離が 3 km 以上ありますが、ご指摘のとおり、周辺への影響を十分把握するため、騒音・低周波音を項目として選定し、予測・評価を行っております。”
“影響はまったく及ばない”と言う考えは隠れてしましました。

「騒音と低周波、健康とは関係ありません。国では風車から 1km 離れれば問題ないとしています。」が正しいならば、次の様になる。

前提として、“国では風車から 1km 離れれば問題ないとしています。”については、国の主張（どこに書いてあるか不明だが）が正しいとして、“風車から 1km 離れれば問題ない”との主張が成り立つとする。

これと、“騒音と低周波、健康とは関係ありません。”を合わせて、山形県の洋上風力を考えてみれば、風車は沿岸から 2 km 程度は離れている。よって 1 km 以上の距離があるので、問題は起きない。

風車群から大きな音が響いてきて、眠れない日や、夜中に起こされる日が毎日続く。

不眠で、病気になる可能性は高くなるが、騒音と低周波、健康とは関係ないので、

風車音による安眠妨害が原因で病気になんでも、“健康には関係ない。”のだから、風車騒音や風車からの低周波による健康被害とは認めない。病気になったのは、風車とは関係が無く単なる個人的な問題である。

他の地域で、風車による健康被害が発生していた。住民が要求して夜間一部の風車を止めて音を減らした結果被害が減った事実があるとしても、健康被害と風車からの騒音と低周波に関連があるとは認めない。

風車音では、交通騒音よりも低い音圧でも“非常に不快である”と感じる人が多い。風車が大型化したことと、風車が沢山並んだことでさらにこの傾向は増すが、沿岸での騒音レベルがいくら大きくなても、健康とは関係ない。

鹿児島県いちき串木野市

発行日：2025年02月20日

自治体名：鹿児島県いちき串木野市

広報紙名：広報いちき串木野 令和7年2月20日号（第232号）

◆[3]洋上風力発電に関するQandA(2)

Q1.風車からの騒音はどれくらいなの？

A1.風車から発生する騒音のレベルは、他の環境騒音と比較して著しく高いものではないことが確認されています(右図)。

※図は本紙をご覧ください。

Q2.「低周波音」は人体への影響はないの？

A2.風車から発生する「低周波音」、「超低周波音」と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認されていません。

(環境省：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)

Q3.生き物や景観への影響にどう対応するの？

A3.風力発電所の設置は、環境影響評価法に基づく環境アセスメントの対象となります。このため、例えば、騒音、鳥類等の動植物、景観などへの影響について、風力発電事業者自らが必要な調査・予測・評価を行い、その結果を公表して一般の方々、地方公共団体などからの意見を聴き、よりよい事業計画を定めて適切な環境配慮をすることになっています。

(経済産業省・国土交通省：洋上風力発電 QandA)

Q1、A1：

正しい。

騒音とは20Hz以上の聞こえる音からなる。

交通騒音では、20Hz以上の成分がエネルギーの99%、0～20Hzの成分のエネルギーが1%以下

風車音では、20Hz以上の成分がエネルギーの7%以下、0～20Hzの成分のエネルギーが93%以上であり、

風車音には騒音(20Hz以上)と呼べるものは少ししか含まれていない。含まれているのは、主に超低周波音(0～20Hz)なのです。

Q2、A2：

これは間違い。

“「超低周波音」と健康影響については、明らかな関連を示す知見は確認されています。”

勉強不足です。“洋上風力の留意点2025”に、風車の超低周波音が循環器系の障害や頭痛を引き起こす物理的な仕組みが書かれています。

しかし、環境省の嘘、

“風車から発生する聞こえない音の成分(超低周波音)は、自動車や航空機などと比べて小さく、風車だけが特別に超低周波音を発していて風車病が起こるというの誤解です。”

に比べればましな方です。

Q3、A3：

“風力発電事業者自らが必要な調査・予測・評価を行い、”

とある。

業者が自分に不利な情報を公開すると思っているのでしょうか？

能天気としか言えませんが、市が風車音の計測をしない口実を探すのは上手なようです。

しっかり計測して、風車音の性質を調べないことには、問題点も、よりよい方向も見つかりません。

NL-63 で収録した波形データをネットに公開すれば、誰かが解析してくれます。

これらの嘘は、精密騒音計での波形収録と周波数解析で簡単に見破れます。

それを防ぐために、

“風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 平成29年5月 環境省”

において、

風雑音の名目で ウィンドスクリーン（防風スクリーン）を強要し、

さらに除外音処理を主張している。

また、

報告書（風力発電施設から発生する騒音等への対応について） では、

A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。

と言っている。

精密騒音計は誰でも買えます。誰でも PC を持っています。

環境省の嘘は、すぐに見破られてしまうのです。

環境省の見方である、学者の嘘も見破られてしまうのです。

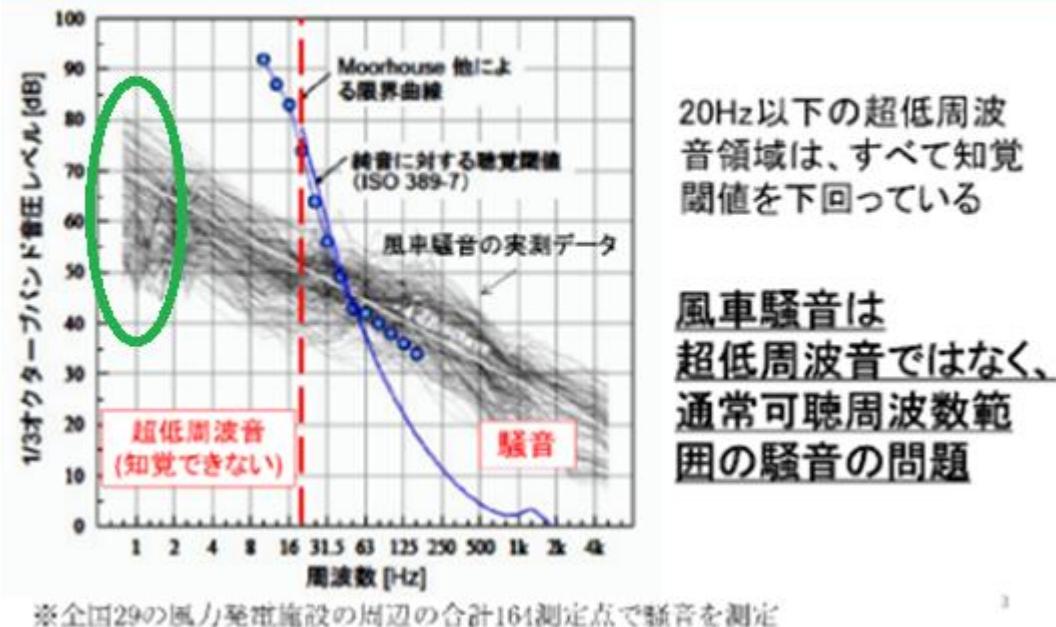
そろそろ年貢の納め時です。

悪あがきは止めなさい。

1 Hz での音圧レベル

また、次のグラフは、誤訳と曲解の集大成であるが、

これまでに得られた知見① 風車騒音に含まれる超低周波音



ここでは、1Hz での計測値について確認します。計測は二重防風スクリーンを付けて行われました。

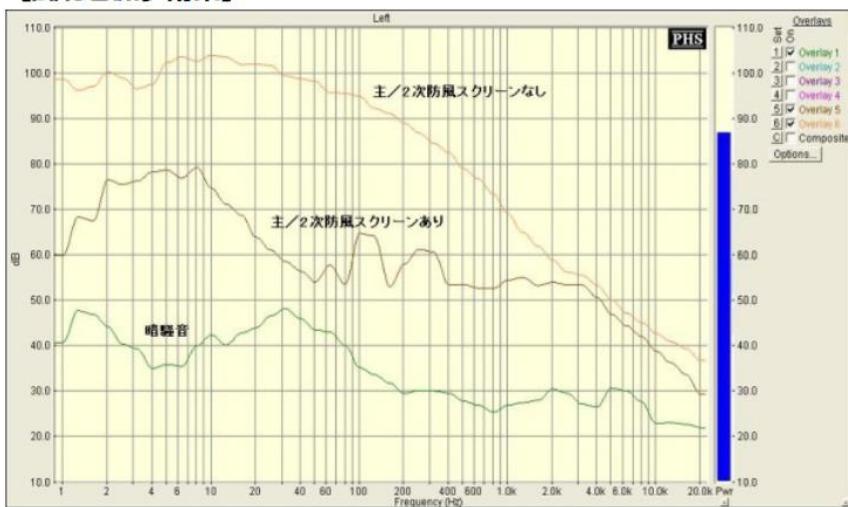
二重防風スクリーンの効果で、1Hz の場合は 38 dB 程度低い数値になるのです。

2次防風スクリーン Φ460×230(H)

主防風スクリーン Φ90半割内蔵

組 立 : 簡易取り付け方式 (約10分)

【風切音減少効果】



計測結果が、50 dB~80 dB ですから、本来の風車音は、88 dB~118 dB となります。

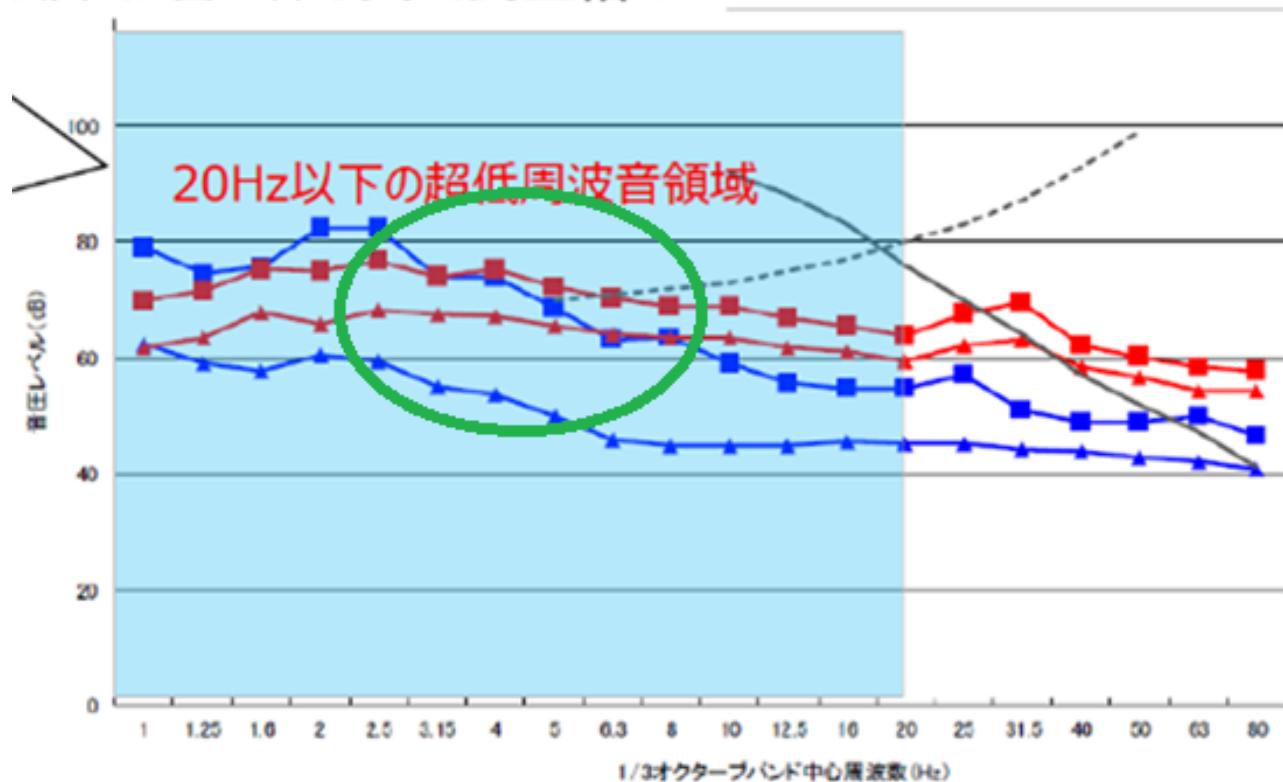
日本の家屋の固有振動数は 1Hz～2Hz 程度です。5Hz でのガタツキ閾値は 70 dB です。しかもガタツキ閾値は周波数が下がると小さくなっています。

表1 低周波音による物的苦情に関する参考値

1/3オクターブバンド	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

次のグラフは経産省の資料のものですが、

風車騒音に係る実測調査結果



下がってくるガタツキ閾値の曲線が、風車音の音圧レベルよりも小さくなるのは予測できます。もちろん振動レベル計で計測する必要があるのですが、“ガタついて眠れない”と言う被害を訴える人が出るのは明らかです。風車音は、“うるさき”以外の形で睡眠を妨害します。音が、耳では聞こえなくても、被害が出るのです。

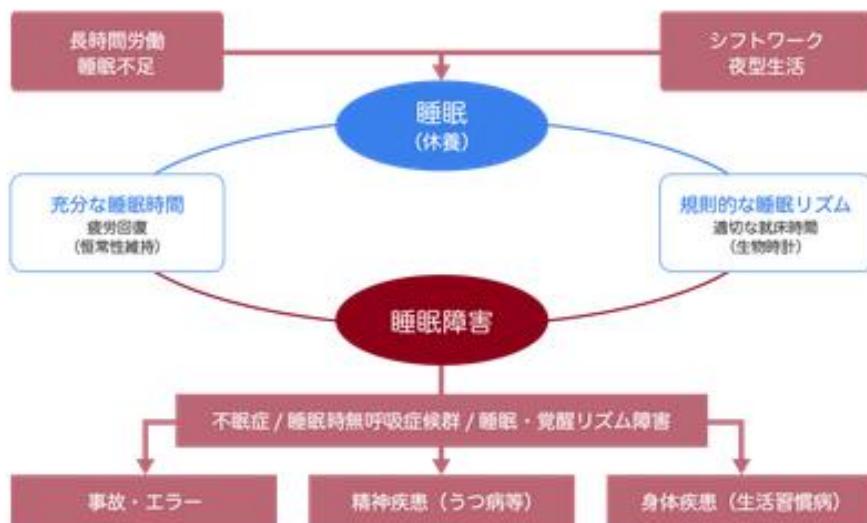
不眠による被害

睡眠が妨害される要因としては、“音がうるさい”、“圧迫感や不快感がする”、“頭痛がする”、“振動を感じる”、“ガタツキを感じる”などがあります。

睡眠と生活習慣病との深い関係（厚生労働省）

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

「睡眠習慣」と「睡眠障害」の問題



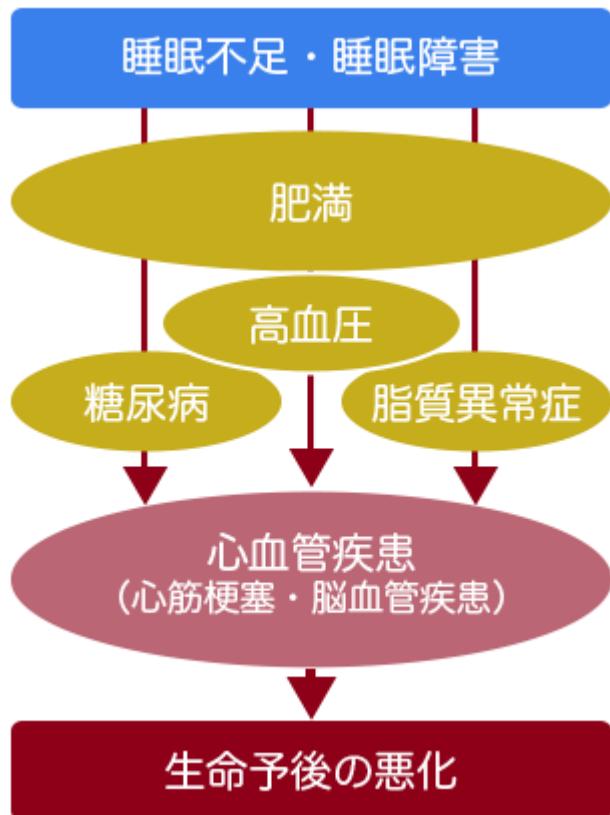
日本人、特に子供たちや就労者の睡眠時間は世界で最も短いと言われています。【図2】は就労者の男女別の睡眠時間を国際比較した結果です。日本人の睡眠時間が如何に短いかお分かりいただけると思います。とりわけ女性は家事や育児の負担が大きいため男性よりもさらに睡眠時間が短く、平日・週末を問わず慢性的な寝不足状態にあると言えます。

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

また日本人の約2割は交代勤務に従事しています。夜勤に入ることによって、体内時計と生活時間との間にずれが生じやすくなります。体内時計にとって不適切な時間帯に食事を取ることでも生活習慣病の原因のひとつにな

ると推測されています。夜間には体内時計を調節する時計遺伝子の一つである BMAL1 遺伝子とその蛋白質が活性化しますが、この蛋白質は脂肪を蓄積し分解を抑える作用を持っています。すなわち「夜食べると太る」という我々の経験は科学的にも正しかったわけです。夜勤中についつい間食をしている方にとっては耳の痛い話ではないでしょうか。

睡眠障害と生活習慣病



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

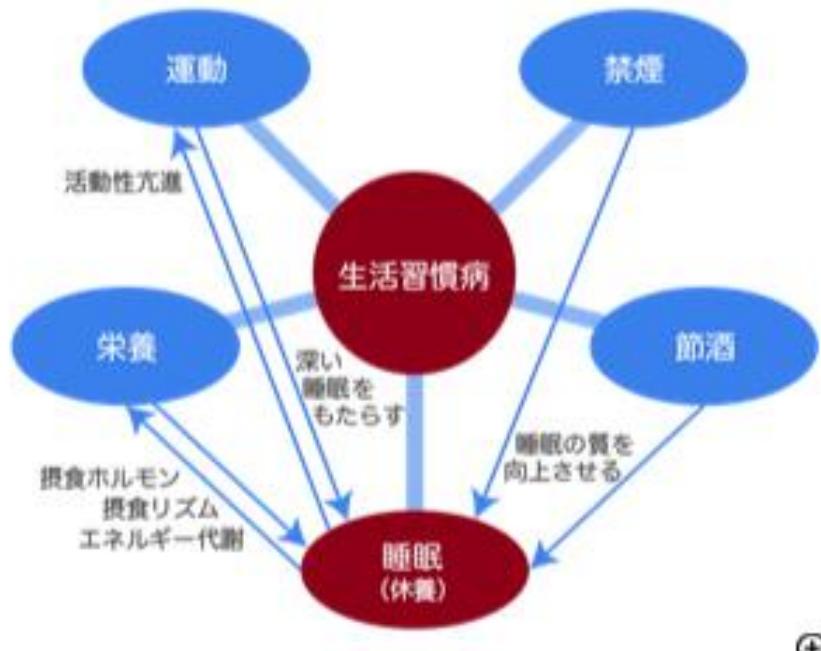
例えば睡眠時無呼吸症候群の患者さんでは、夜間の頻回の呼吸停止によって「低酸素血症と交感神経の緊張（血管収縮）」「酸化ストレスや炎症」「代謝異常（レフチン抵抗性・インスリン抵抗性）」などの生活習慣病の準備状態が進み、その結果として 5~10 年後には高血圧・心不全・虚血性心疾患・脳血管障害などに罹りやすくなります。

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

睡眠障害もまた生活習慣病のひとつ

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

ります。逆に言えば睡眠障害もまた生活習慣病のひとつと考えるべきでしょう。

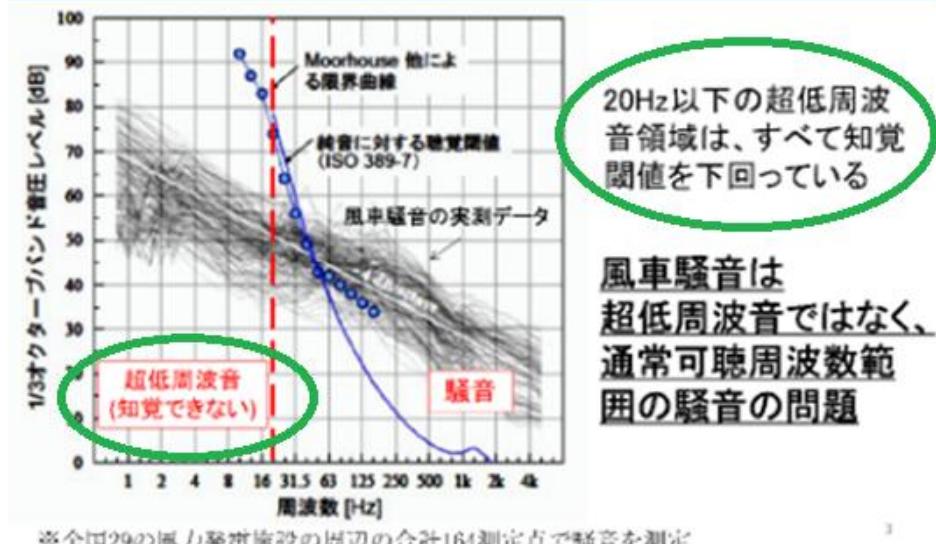


日々の生活の中で睡眠時間はともすれば犠牲になります。ただし今回ご紹介したように長期にわたり睡眠不足を続けたり、睡眠障害を放置したりするとは私たちの健康を大きく害します。睡眠問題は静かにしかしそ実に心身の健康を蝕みます。睡眠習慣の問題や睡眠障害を放置せず、ご自分の睡眠状態に疑問を感じたら、かかりつけ医もしくは睡眠専門医に相談をしてみましょう。

知覚閾値と聴覚閾値

環境省の資料では、

これまでに得られた知見① 風車騒音に含まれる超低周波音



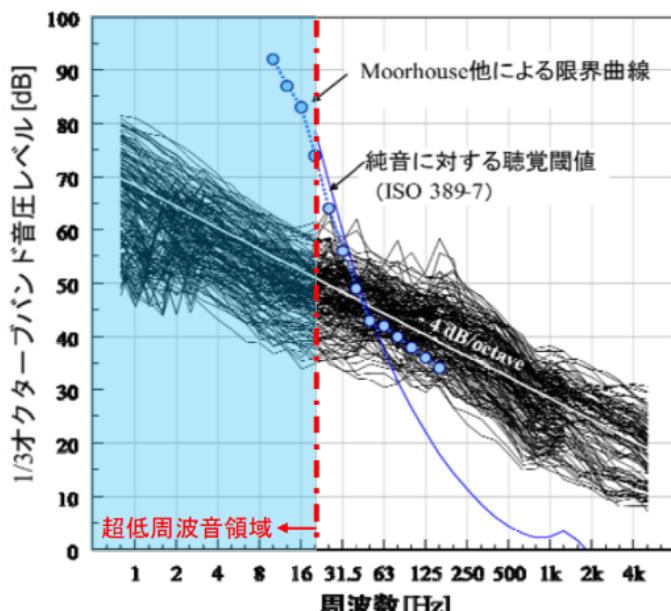
※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

だが、経産省の資料では、次の様になっている。

(参考) 風車騒音に係る実測調査結果①

第21回WG資料

- 「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」(環境省、平成22~24年度)では、風力発電所から発生する超低周波音領域 (~20Hz) における音圧レベルは、聴覚閾値を下回っていることが現地調査及び聴覚実験で明らかにされた。



・全国29の風力発電所周辺の計164地点において、風車騒音を測定した。その結果、全ての結果において超低周波音領域 (~20Hz) における音圧レベルが、聴覚閾値を下回っていることが明らかになった(左図)。

・また、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を実験室実験で調べたところ、超低周波数領域の成分は聞こえない/感じないことが確認された。

図 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

この資料では、**聴覚閾値を下回ること**や、実験では**可聴性を調べた**ことが書かれている。人間には聴覚以外の感覚器官があり、風車による様々な影響を受ける。

聴覚に対する影響だけではなく、ガタツキや圧迫、振動の地中伝搬や、航空障害灯の光や、風車の陰による影響もある。

人間の感覚器官が耳だけならば、聴覚閾値＝感覚閾値＝知覚閾値となって、経産省のWGの学者の主張もある程度納得できるが、風車による被害の内容を理解し、被害者の苦痛を理解し、問題を解決する気があるならば、もう少しましな議論をするだろう。経産省のWGと経産省の主張は、被害者を更に苦しめて、問題の解決を妨げるためのものである。

経産省のWGの参加者は、自分たちの判断が社会に大きな影響を与えるという自覚は無いのでしょうか？少しでも自覚があれば、風車の近くへ行って、風車音を録音して、結果を解析するくらいのことはすべきです。

お金が無いならば、私の計測結果がWAVファイルの形で公開してあるので、企業や大学の友人に、周波数分解能を高くして、周波数スペクトルを調べて、その結果をやさしく説明して下さいと、お願いすることは可能です。

可聴性について調べたので、聴覚閾値を下回ると言う主張は理解できますが、勝手に知覚閾値を追加してはいけません。

他の感覚器官での感知や物理的影響に関してはどのようにして調べたのでしょうか？

CTやMRIで血管の太さを計測しましたか？

＜これまでの知見＞



超低周波音については、
- 人間の聴覚・知覚閾値を下回っていること
- 健康影響との明らかな関係はないことから、
風車騒音の問題は超低周波音によるものではないとしている。

人間には様々な感覚器官があり、どの様な感覚器官でも影響を感知できない、さらに人体への物理的な影響が無い、ならば知覚閾値を下回ると言えるでしょうが、

聴覚以外の感覚器官や物理的影響を無視して、“知覚閾値を下回る”と言うのは、科学的なエビデンスに欠けます。

経産省は、聴覚閾値と知覚閾値を区別しているが、環境省は“聴覚閾値＝知覚閾値”と考えて資料を作っている。これでは、圧迫感などのアノイアンス、血圧上昇、頭痛、ガタツキ、などによる睡眠妨害を無視することになる。

さて、“超低周波音については、人間の聴覚・知覚閾値を下回っている”と言うからには、知覚閾値が判明していることが前提になる。

下回っているか否かを判断するので、次の表の空欄に“閾値”を記入して下さい。

周波数Hz	0.5	1	2	3	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	
聴覚閾値												78.1	
感覚閾値													
知覚閾値													
圧迫感の閾値													
振動感の閾値													
不快感の閾値													
頭痛の閾値													
ガタツキ閾値													
物的参照値 dB	/	/	/	/	/	/	70	71	72	73	75	77	80
心身参照値 dB	/	/	/	/	/	/	/	/	/	92	88	83	76
聴覚閾値	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78.1
聴覚閾値(旧)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78.5
夜間参照曲線	/	/	/	/	/	/	/	/	/	92	87	83	74

参考になりそうな数値は次のものです。

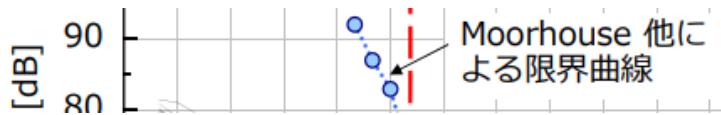
周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参照値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参照値 dB				92	88	83	76	70	64	57	52	47	41				
聴覚閾値							78.1	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
聴覚閾値(旧)							78.5	68.7	59.5	51.5	44	37.5	31.5	26.5	22.1	17.9	14.4
夜間参照曲線				92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

G特性の重み加算		2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
井上聴覚閾値	102	102	103	102	103	103	101	100	99													
物的参照値 dB					58	63	68	73	79	85	89	87	83	81	79							
心身参照値 dB								92	92	91	85	74	60	45	32	19	5					
聴覚閾値											87	72	56	40	24	10	-5	-18	-30	-42	-54	
聴覚閾値(旧)											88	72	56	40	24	10	-5	-18	-30	-42	-54	
夜間参照曲線								92	91	91	83	67	52	37	23	14	4	-6	-16	-26		

限界曲線と基準曲線

この資料の左下には、知覚できない領域として 0Hz～20Hz（超低周波音）の範囲が示されている。

上方をみると、



Moorhouse 他による“限界曲線”が、この領域にはみだしている。

Criterion の意味は、

1. (判断・評価などの) 基準、規範、尺度、よりどころ
2. 特徴

語源は、ギリシャ語の基準（分ける、決めるより）

であり、これは、基準曲線と訳すべきです。基準は聴覚に関連する基準です。



A procedure for the assessment of low frequency noise complaints

Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD

<http://dx.doi.org/10.1121/1.3180695>

Title	A procedure for the assessment of low frequency noise complaints
Authors	Moorhouse, AT, Waddington, DC and Adams, MD
Publication title	The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)
Publisher	Acoustical Society of America
Type	Article
USIR URL	This version is available at: http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/18459/
Published Date	2009

には、次のように書かれています。

The proposed criteria curve is provided as guidance for environmental health officers in their evaluation of an LFN complaint, and **not as an absolute limit**.

This means that tonal sounds at, or just below, the threshold of the hearing should be considered as environmental sources potentially responsible for the complaint.

提案された基準曲線は、環境衛生担当者のためのガイド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。と聞こえてしまします。“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です。

また、この論文には、日本での物的苦情に関する参照値の事も書いてあります。

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.

A. 基準曲線

基準曲線を表Vおよび図13に示します。騒音が日中だけ発生する場合は、5dBの緩和は、すべての1/3オクターブバンドに適用することができます。

基準曲線の音圧レベルで、表Vに示されている25Hz以下の音圧レベルについては、窓、壁、さらに床などの振動を引き起こす可能性があります。食器によって、ガタガタという音が伴います。

この誘導された振動と、それに伴う二次騒音は、住民によって気づかれ、不快感を与えるでしょう。振動誘発騒音についての、いくつかの記述は、日本での低周波騒音苦情の評価方法に書かれている。

超低周波音とブレード破損

超低周波音が与えてくれる情報を確認します。

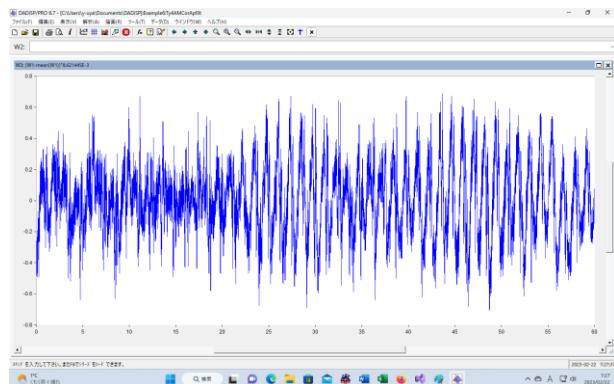
A : 0~2f/3 Hz の成分 (0~0.665Hz) : 3枚のブレードの物理的不均衡に起因する音

B : $f = 0.8\text{Hz}$ 成分 (Max0.37Pa) : 揚力ベクトルの大きさに起因する音

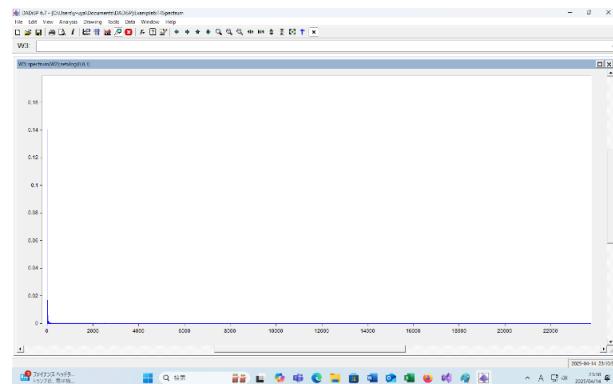
Aは洗濯機の中身の不均衡による振動の大きさに相当する、ブレードの不均衡に起因する振動です。

Bは洗濯機を回転させようとするモーターの力（電気が切れると弱くなる）に相当する。風が弱まって揚力ベクトルが小さくなると振幅が小さくなる。

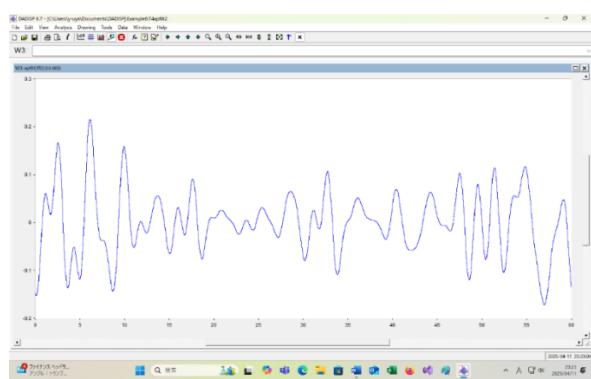
風車音の波形



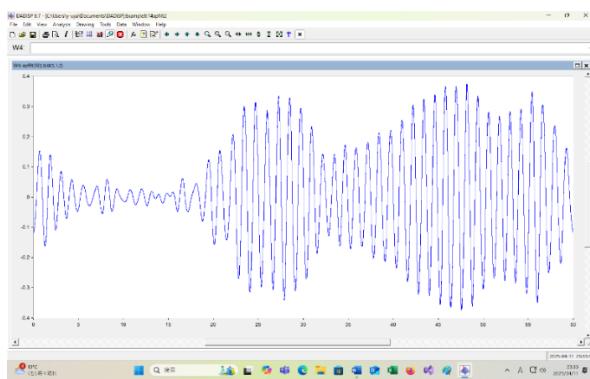
周波数スペクトル (0~24000Hz)



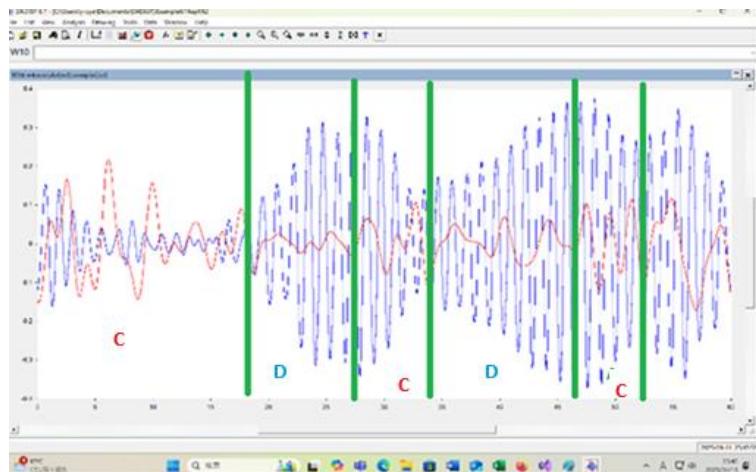
A : 0~2f/3 Hz の成分 (0~0.665Hz)



B : $f = 0.8\text{Hz}$ 成分 (Max0.37Pa)



$f = 0.8\text{Hz}$ 成分と $0\sim 2f/3\text{Hz}$ ($0\sim 0.665\text{Hz}$) 成分の比較



C はモーターの力が弱まった時に、中身の不均衡で、洗濯機がガタガタ揺れる状態を示す。これは、ブレードの不均衡による振動を表します。

D はモーターの力が強まると、ガタガタしなくなる状態を意味する。この部分は、基本周波数での塔の振動に対応し、塔自体の金属疲労が蓄積される過程を表す。

ブレードの1枚に破損が有って空気抵抗が増せば、ガタツキが大きくなる。D の状態でも茶色い線の振幅が小さくならない。（洗濯機の中身が偏り過ぎて、ガタツキが止まらない。）ならば、ブレードのバランスがかなり悪化して、ブレードが折れる可能性が高いことを意味している。

もしも、環境省が“技術的な助言”で風車音の計測に強い制限（JIS C 1509-1、二重防風スクリーン、除外音処理）を掛けて超低周波音の観測を妨害しなければ、秋田県での死亡事故（2025/5/2）は十分防げていたと考えられる。環境省は、健康被害を拡大するだけではなく、人命を奪うような方針を立てた。その責任は極めて重い。

悲惨な状態ですが、市民自身が事実を一つ一つ積み重ねて、環境省や学者の嘘を駆逐する必要があります。

秋田でのブレード破損による死亡事故の責任の大半は、超低周波音の計測や解析の邪魔をしてきた環境省にあります。環境省の邪魔が無ければ死亡事故は防げたと考えます。

風力発電による環境影響の状況（NEDO既設サイト調査 騒音）

- 実態把握の項目：規模別、立地環境別の騒音レベル
調査を実施した18 サイト、84 地点で**規模別、立地環境別に風車稼働時の騒音レベルを把握した。**
- 基本的な調査手法
風車稼働時の騒音レベルの基本的な調査手法は、JIS Z 8731「環境騒音の表示・測定方法」、調査時期は春夏秋冬の4 季で各3 日間実施した。調査地点数は1 サイトあたり4 地点程度とした。内訳は、各サイトで風車近傍1 地点と周辺3 地点程度とし、周辺地点は可能な限りアクセス時調査を実施した地点と同地点とした。出典：NEDO報告書（平成30年2月）、p.249抜粋

- 解析結果（騒音）
「第4章4.2 騒音・超低周波音の実態把握」において、**規模が騒音レベルに影響しているか否かを確認した。その結果、規模はほとんど騒音レベルに寄与しておらず、最寄りの風車までの距離が最も寄与していることが示された。**すなわち、騒音レベルは規模に依存するのではなく、近くの風車が影響していることを示唆していると考えられる。また、本調査結果の範囲においては、騒音レベルの増分の実態を、季節毎に、規模別、立地環境別、距離別に整理した結果は、最寄り風車までの距離が1.6km を超えると、全ての地点で騒音レベルの増分は0dB 程度となっていた。すなわち、最寄り風車までの距離が1.6km を超えると、風車の影響よりも残留騒音の影響が十分大きくなっていると考えられる。しかしながら、「第4章4.2 騒音・超低周波音の実態把握」の参考で示したとおり、騒音の発生側（風車）と受音側（住宅等）との距離関係や受音側から見て一定範囲に存在する風車の基数等により、受音側での風車音の影響の程度が異なることに留意が必要である。出典：NEDO報告書（平成30年2月）、p.465抜粋

○まとめ（騒音）

現在稼働している風力発電施設において、規模別、立地環境別に18 サイト、84 地点で現地調査を実施し、規模別、立地環境別の騒音レベル及び超低周波音の音圧レベルの実態を把握した。**調査結果から、評価地点の騒音レベルの大きさは、風力発電所の規模よりも最寄り風車からの距離、風速、季節等に依存しており、残留騒音は調査地点の特性による違いがあることを確認した。**

出典：NEDO報告書（平成30年2月）、p.507抜粋

NEDO 報告書（平成30年2月）は

基本的な調査手法

風車稼働時の騒音レベルの基本的な調査手法は、JIS Z 8731「環境騒音の表示・測定方法」、調査時期は春夏秋冬の4季で各3日間実施した。調査地点数は1サイトあたり4地点程度とした。内訳は、各サイトで風車近傍1地点と周辺3地点程度とし、周辺地点は可能な限りアクセス時調査を実施した地点と同地点とした。出典：NEDO報告書（平成30年2月）、p.249抜粋

である。

JIS Z 8731 は、“環境騒音の表示・測定方法”であり、

現行の JIS Z 8731:1999 は、「環境騒音の表示・測定方法」と称しており、基本的に

は等価騒音レベル (L_{Aeq})、単発騒音暴露レベル (L_A) の測定方法について記述されています。

しかし、騒音規制法や環境基準が告示されたときの旧 JIS Z 8731 は「騒音レベル測定方法」

と称しており、法律等の文言の修正が行われていないため表現が異なっています。

また、騒音測定時における騒音計の特性は、法律等で次のように定められています。

騒音計の周波数補正特性は A 特性を、時間重み特性は、工場・事業場騒音、建設作業騒音、

環境騒音に対しては速い動特性 (Fast) を、新幹線鉄道騒音、航空機騒音に対しては、遅い動

特性 (Slow) を用いることになっています。

A 特性音圧レベルの計算方法はいくつかあるが、下のグラフは、16Hz 以下は計算から除外するような方法を取った場合です。

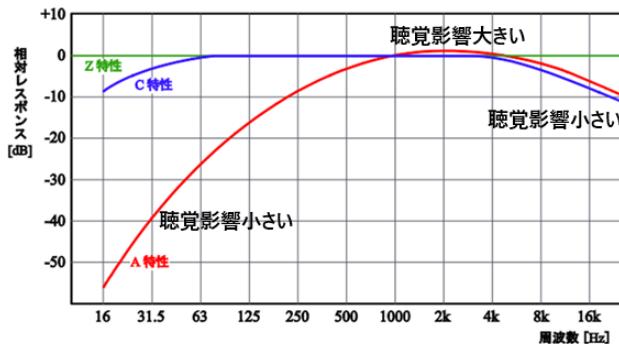


図2 周波数重み付け特性 A/C/Z

この計算では、1000Hz～4000Hzの音を出すものの影響が大きく評価される。もちろん、この方法では、0.5Hzや1Hzの超低周波音は測定できません。

NEDU 報告書、第4章 4.2 騒音・超低周波音の実態把握

解析結果（騒音）

「第4章4.2 騒音・超低周波音の実態把握」において、規模が騒音レベルに影響しているか否かを確認した。その結果、規模はほとんど騒音レベルに寄与しておらず、最寄りの風車までの距離が最も寄与していることが示された。

すなわち、騒音レベルは規模に依存するのではなく、近くの風車が影響していることを示唆していると考えられる。

また、本調査結果の範囲においては、騒音レベルの増分の実態を、季節毎に、規模別、立地環境別、距離別に整理した結果は、最寄り風車までの距離が1.6kmを超えると、全ての地点で騒音レベルの増分は0dB程度となっていた。すなわち、最寄り風車までの距離が1.6kmを超えると、風車の影響よりも残留騒音の影響が十分大きくなっていると考えられる。しかしながら、「第4章4.2 騒音・超低周波音の実態把握」の参考で示したとおり、騒音の発生側（風車）と受音側（住宅等）との距離関係や受音側から見て一定範囲に存在する風車の基数等により、受音側での風車音の影響の程度が異なることに留意が必要である。

出典：NEDO報告書（平成30年2月）、p.465抜粋

の結果として、

「本調査結果の範囲においては、騒音レベルの増分の実態を、季節毎に、規模別、立地環境別、距離別に整理した結果は、最寄り風車までの距離が1.6kmを超えると、全ての地点で騒音レベルの増分は0dB程度となっていた。すなわち、最寄り風車までの距離が1.6kmを超えると、風車の影響よりも残留騒音の影響が十分大きくなっていると考えられる。」

とある。

表題は、超低周波音の実態が把握できたかの様な記述になっているが、よく見るとA特性音圧レベルでの判断であり、超低周波音を計測しての判断ではない。

図1. 交通騒音（リオン社前） 0～5000Hz

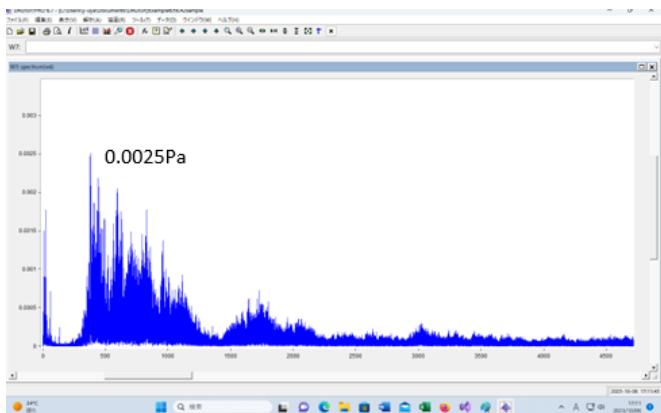


図2. 工場騒音（製鉄所内の音） 0～5000Hz

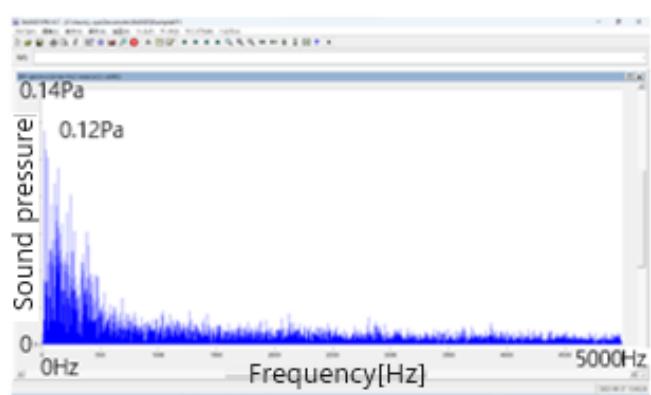


図3. 風車音（館山風の丘） 0～5000Hz

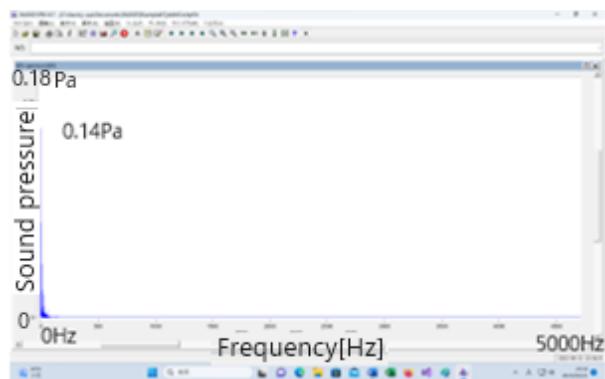
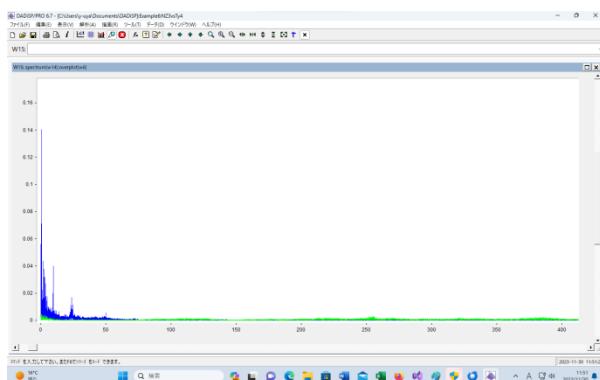


表2. エネルギーの分布

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

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。

20Hz以上の成分で比較すれば、すなわちA特性音圧レベル（騒音レベル）で評価する限り、風車音の影響力は、他の環境騒音よりも低いのです。

もともと風車音では、20Hz以上の成分は小さく、風車と計測地点の間には、様々な音源があり、風車騒音（20Hz以上）の影響は、それほど遠くまでは及ぼません。

それでも、1.6kmは届いているようです。音源となる風車が何基あったのかが明確ではありません。

音は“累積的な影響”を及ぼすので、慎重に計測や予測をする必要があります。



では、風車音のエネルギーの93%を占める超低周波音(0~20Hz)はどの程度届くのでしょうか？

カナダ政府のHPには、風車から2.5km離れた場所で風車音を把握した例が載っています。

カナダ政府と超低周波音

カナダ政府のHPにある、[ノイズ入門](#)には、

“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。”との説明がある。

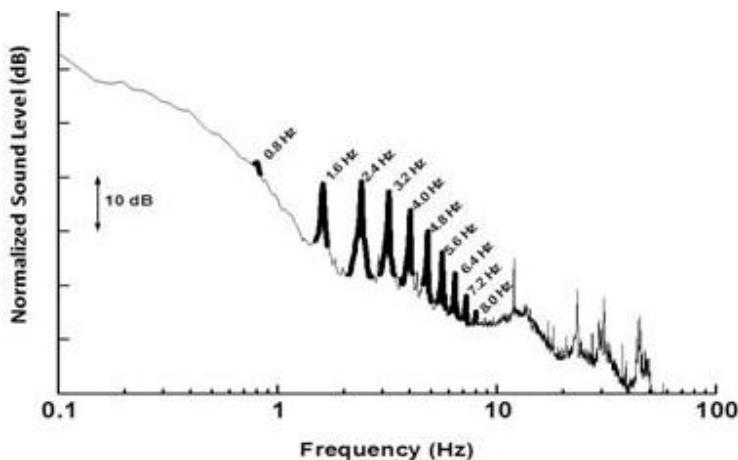


Fig. 1 Noise from Wind turbine

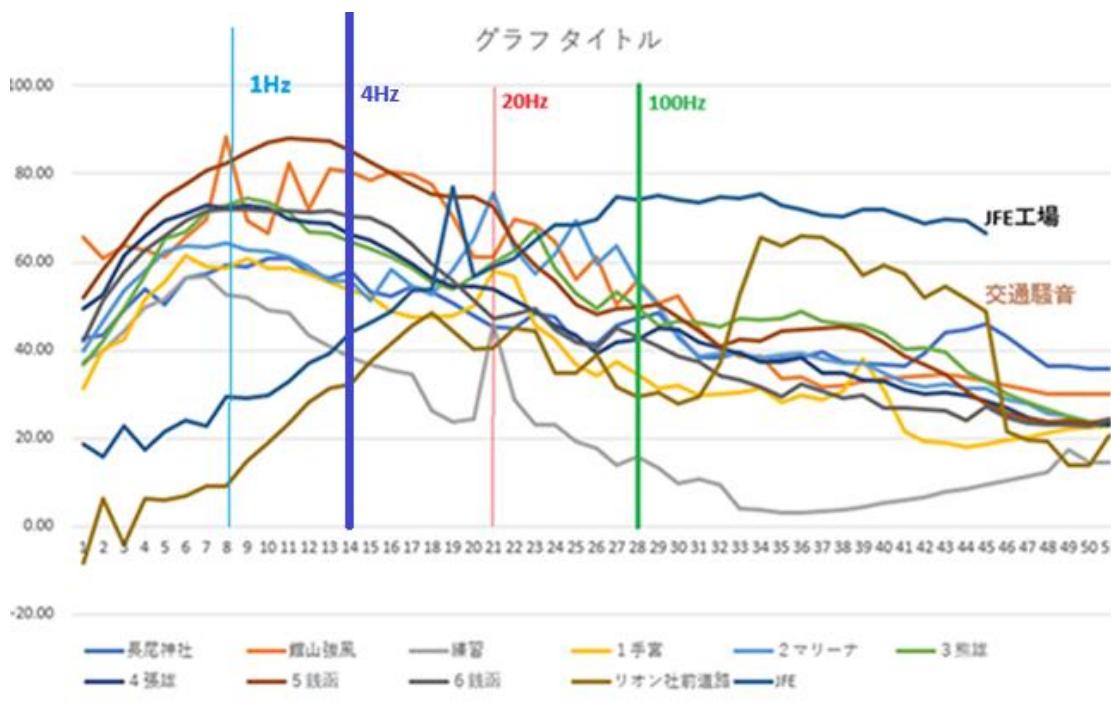
グラフの形から、これは1基の風車の音を計測した結果だと思われる。

超低周波音を含めた風車音は、2.5km以上離れた場所に届きます。基本周波数 $f=RZ/60Hz$ の音を出すようなものは、巨大な風車以外には存在しません。小さな自動車からは、0.5Hzや1Hzの強烈な超低周波音は出ないの

です。

遠方での計測結果が、風車音か環境騒音かの判別には正確な周波数による周波数特性の把握が必要となる。岸から 2 km 離れていて、1 km よりは離れているので問題ないと言うように考えてはならない。さらに、風車群の大きさや、風車音の指向性を含めて議論する必要がある。

石狩湾での計測結果は、風車群の影響が 10 km～20 km に及んでいることが分かります。



石狩湾での計測結果が HP に掲載してあるので、自分で解析してみてください。

聞こえない音でも、火傷もするし、体内の圧力変動で循環器系の障害や頭痛が起きることを忘れてはいけないのです。

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24 kHz	0～24 kHz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.80E-05	W/m ²
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m ²
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m ²
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m ²
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m ²

言葉の意味

検討会報告書「風力発電施設から発生する騒音に関する指針について」には

“(注)「超低周波音」についての補足

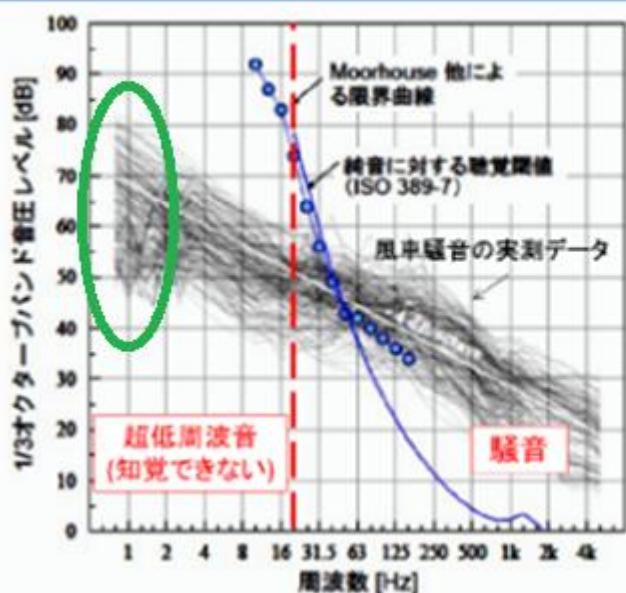
我が国では、苦情の発生状況を踏まえ「低周波音」という用語が「おおむね 100Hz 以下の音」として定義され用いられてきたが、国際的には、「低周波音」の周波数範囲は国によりまちまちで定まったものではない。一方、IEC (国際電気標準会議) 規格 61400 シリーズにより、20Hz 以下を「超低周波音」(infrasound)、20~100Hz を「低周波音」(low frequency noise) と定義しており、国内ではこれを受けた JIS C 1400-0:2005 (風車発電システム-第0部:風力発電用語) で同様に定義されている。これを踏まえ、環境影響評価法において個別事業種ごとの技術的な指針として定められた主務省令では、「騒音 (周波数が 20~100Hz までの音を含む)」とした上で、「超低周波音 (周波数が 20Hz 以下の音)」と規定しており、「低周波音」という用語を用いないこととされた。これらの状況を踏まえ、本報告書では、20Hz 以下の音を「超低周波音」とし、それ以外の音 (周波数が 20~100Hz までの音を含む) を「騒音」と表記する”

とあります。

騒音と付けば、超低周波音 (20Hz 以下の音) 以外の音なので、20Hz 以上の周波数成分を対象とすることになるのです。

さらに、風車騒音 (20Hz 以上) と風車超低周波音 (0~20Hz) を区別すれば、次の図は修正が必要だと分かります。

これまでに得られた知見① 風車騒音に含まれる超低周波音



※全国29の風力発電施設の周辺の合計161測定点で騒音を測定

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

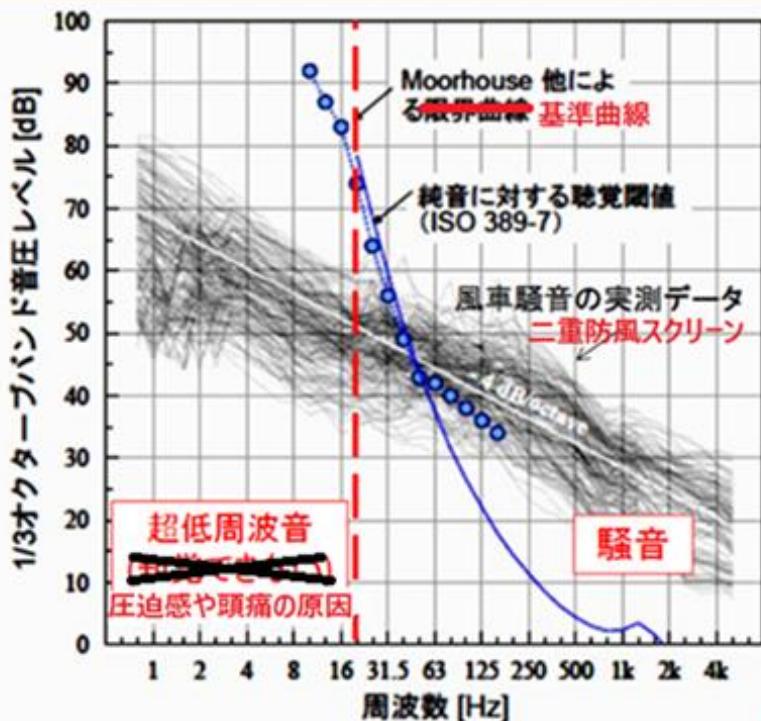
風車騒音は
超低周波音ではなく、
通常可聴周波数範囲の騒音の問題

修正結果は、次のものです。

科学では、言葉の意味を明確にして、混同しないように意識して使う必要があります。

“騒音”の意味は、“騒がしい音、耳にうるさく感じる音”なので、“風車騒音”は風車の音で耳にうるさく感じる部分を指すことになる。耳で聞き取れる音ですから、20Hz～20kHzの周波数範囲の音が対象となる。それに対して、“風車超低周波音”は風車音のうちで周波数が0Hz～20Hzの成分を指し、耳では聞き取れない音を意味することになる。

これまでに得られた知見① 風車騒音に含まれる超低周波音



※全国29の風力発電施設の周辺の合計164測定点で騒音を測定

3

従って、上の様に修正する必要があることが分かります。

何をどのように計測して、被害をどのように予測するか、建設計画の評価をどのような観点で行うべきか？これらの全てが、課題として残っています。

さらに、“自然エネルギーの利用”的大号令の前に、以前は問題にされていた、低周波音・超低周波音の被害は無視されようとしています。

その根拠は、嘘と詐欺のような誤魔化しです。“科学的エビデンス”と言いながら、科学とは全く異なる主張が繰り返されます。何が嘘で、何が詐欺同然の誤魔化しなのかを見てゆきます。

20Hz以下の超低周波音領域は、すべて~~騒音~~聴覚閾値を下回っている

風車騒音~~は~~被害の主な原因是超低周波音ではなく、~~あり~~通常可聴周波数範囲の騒音~~は~~問題~~が原因ではない~~

超低周波音について

平成28年、風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会の報告書がとりまとめられた。風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（＝聞こえる音）の問題。なお、他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波領域の卓越はみられない。

風車騒音の意味が、風車からの音のうちで騒がしいと感じられる“可聴成分”を意味するならば、

“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（＝聞こえる音）の問題”

は、単なる同義反復である。

“風車騒音（20Hz 以上）は超低周波音（0～20Hz）でないのは当然である。従って、風車騒音の問題は通常可聴周波数範囲の騒音（＝聞こえる音）の問題。”

となり、意味がない。

また、

“他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波数領域の卓越は見られない。”

については、

低周波数領域が 20～100Hz を意味するならば、その通りである。しかし、超低周波数の領域（0～20Hz）まで含めて考えれば、風車音は、交通騒音などの環境騒音に対して卓越した大きさを持っているのである。

では、

風車音（風車超低周波音（0～20Hz）と風車騒音（20Hz 以上）の問題では何を重視すべきでしょうか？

A 特性音圧レベル（騒音レベル）でしょうか？それとも他の数値でしょうか？

アノイアンス（不快感）とラウドネス（うるささ）の観点から見るならば、

●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

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

“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。”

とあります。

アノイアンスは睡眠への影響が大きい。そのアノイアンスへの風車騒音の寄与は9%～13%である。アノイアンスをどの様にして評価すべきなのか？

健康被害での頭痛や頻脈と、風車の超低周波音が体内の圧力変動に大きく寄与することを考えれば、圧力変動の要因である基本周波数での最大音圧を計測して、被害の程度との関連性を見つければ良いことが分る。

残念ながら、

超低周波音について

3



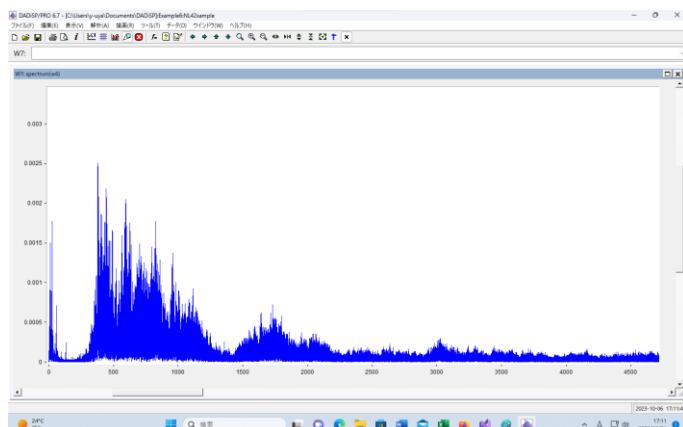
とあるにも関わらず、風車音の周波数スペクトルの1つも示されていないのは、

羊頭狗肉とでもいうべきなのでしょうか？

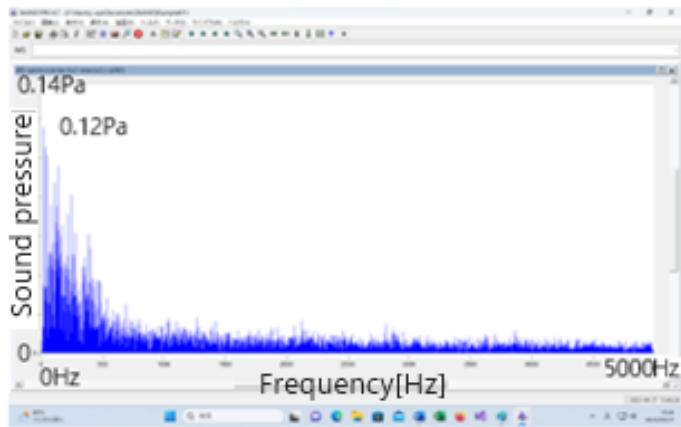
超低周波音は存在しない。騒音計で計測されるのは、風がマイクに当たったことによる風雑音だとでも言いたいのでしょうか？

周波数スペクトル

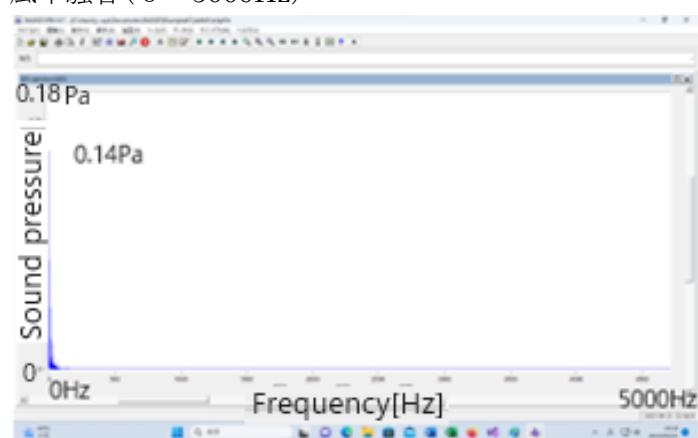
交通騒音 (0～5000Hz)



工場騒音 (0～5000Hz)



風車騒音 (0～5000Hz)



交通騒音は、広帯域の音ですが、20Hz 以上の成分の振幅が大きいことが分ります。

工場音は、広帯域の音ですが、低周波音の成分も強いことが分ります。

風車音は、0.8Hz 辺りに集中していて、左端の細い線で表されています。

上のグラフを見れば、風車音には、20Hz 以上の周波数を持っている成分は非常に弱く、0.8Hz の辺りに集中していることが分ります。交通騒音や工場音では、20Hz 以上の周波数を持っている成分がかなり強いことが分ります。

エネルギーの分布

表2. エネルギーの分布

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

0～20Hz でのエネルギーの分布

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

を見れば、風車音で 20Hz 以上の周波数を持っている音のエネルギーを集めても、風車音全体のエネルギーの 7% 以下です。 $93 \times 0.613 = 57\%$ ですから、風車音全体のエネルギーの 57% は 1Hz よりも周波数が低い部分に含まれています。

交通騒音では、20Hz 以上の周波数を持っている音のエネルギーを集めると、交通騒音全体のエネルギーの 99% 以上となります。

A 特性音圧レベル（騒音レベル、WTN）は 20Hz 以上の成分の持つエネルギーから計算される数値です。ですから、A 特性音圧レベルで風車音を評価してその影響を考えると言いう事は、残りのエネルギー 93% の影響を無視することになるのです。これでは、風車音による被害の原因が判明しないのは当然です。

聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値

日本語の単語を適切に使用する必要があります。いつの間にか摩り替えられる言葉として、聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値の3つがある。

聴覚閾値は、耳で聞いて、聞こえるか聞こえないかの境目と理解できるが、

感覚閾値の感覚は、聴覚による音の感知、指先の皮膚などの触覚、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。

閾値を調べたが、大型風車での0.5Hzや1Hzにおける閾値が見つかりません。

周波数Hz	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
物的参考値 dB	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99						
心身参考値 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
夜間参考曲線				92	87	83	74	63	56	49	43	42	40	38	36	34	

風車音の被害を把握するには、3つの観点が必要です。

音がうるさい

圧迫感や頭痛がする

建具や床の振動を感じる

です。どれが起きても、睡眠を妨げられます。

音がうるさくて眠れない。これは、聴覚で感知した風車音の影響です。

周波数が低くなると、耳で音を感知するのは難しくなります。聴覚で感知できるか出来ないかの境界が聴覚閾値です。

人間には、耳の他にも、いろいろな感覚器官があり、うるさい、圧迫感がある、頭痛がする、暑い、寒いというような感覚を覚えます。耳では感知できない風車音の影響を他の感覚器官で、うるささ以外の形で感知することができます。圧迫感を覚えるのは、耳ではありません。風車音による建具や床の振動を感じるのは、耳ではありません。

風車音はいろいろな形で、感知されます。音がどれかの感覚器官で感知されるか、どの感覚器官を使っても感知されないかの境界が、感覚閾値です。

超低周波音の領域では、聴覚閾値よりも不快感を感知する閾値の方が小さいことが分っています。

聴覚閾値と感覚閾値を混同してはいけません。もちろん、知覚閾値と同じ意味で使ってはいけません。環境省

の HP に見られるような、支離滅裂な論理展開となってしまいます。

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

2.2 心身に係る苦情に関する参考値

低周波音による心身に係る苦情に関する参考値は、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考値

1/3 オクターフバンド ^② 中心周波数(Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
1/3 オクターフバンド ^② 音圧レベル(dB)	92	88	83	76	70	64	57	52	47	41

との対応表をつくれば、(10Hz で 92 dB は、Moorhouse の数値と一致する。)

バンド (ヘルツ) ↗	20 ^③	25 ^③	31.5 ^③	40 ^③	50 ^③	63 ^③	80 ^③
参照値 (デシベル) ↗	76 ^③	70 ^③	64 ^③	57 ^③	52 ^③	47 ^③	41 ^③
聴覚閾値 (デシベル) ↗	78.1 ^③	68.7 ^③	59.5 ^③	51.1 ^③	44 ^③	37.5 ^③	31.5 ^③
感覚閾値 (デシベル) ↗							

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

もう少し正確な表を作れば、

バンド (ヘルツ)	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値 (デシベル)	76	70	64	57	52	47	41
感覚閾値 (デシベル) (2005年)	78.1 (78.5)	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5
聴覚閾値 (デシベル) (2005年)	78.1 (78.5)	68.7	59.5	51.1	44	37.5	31.5
バンド (ヘルツ)	20	25	31.5	40	50	63	80
参照値 - 聴覚閾値	-2.1	1.3	4.5	5.9	8	9.5	9.5

となります。ISO での聴覚閾値の 20Hz での値は 78.5 から 78.1 に改訂されました。

環境省は、[低周波音問題に関する Q&A](#) の中で次のように言っています。

“大小関係で言うと、実際には、「心身に係る苦情の『参考値』」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、参考値が 76、感覚閾値が 78.1 となっていて、参考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 dB にならなくても、それより低い 76 dB 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、20 Hz での参照値と聴覚閾値（感覚閾値）の数値の逆転について、どう考えているのだろう？環境省の職員は、76 と 78.1 のどちらが大きな数値なのか、判断が出来ないのです。電話で聞いたときに、職員は、“書いてある通りです。” と答えました。

25 Hz 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、20 Hz 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。

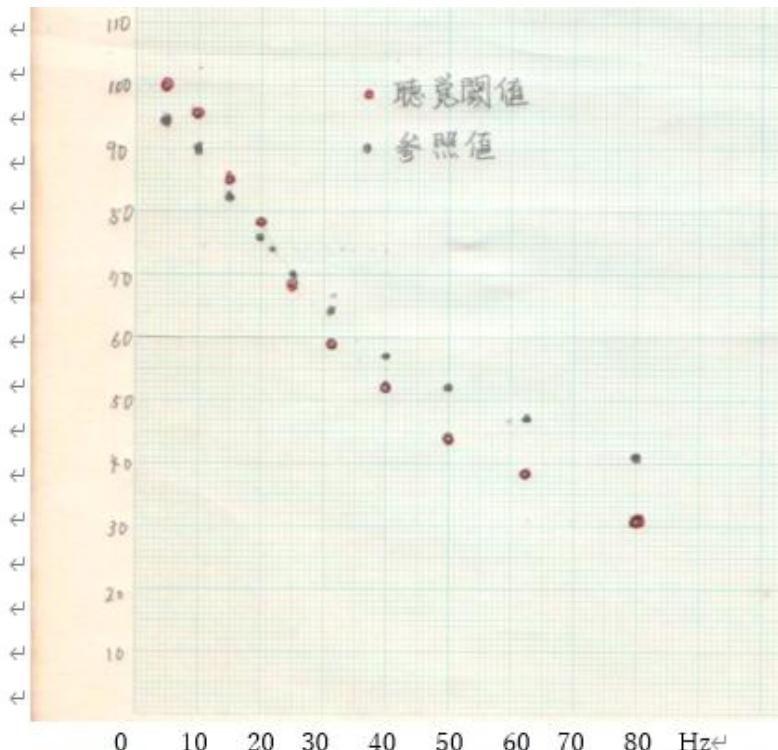
参照値 – 聴覚閾値 の表を作れば次のようにになります。

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います。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 76 dB 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 78.1 dB (78.5 dB) 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 76 dB 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 78.1 dB 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 76 dB 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、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とも、76 デシベルの段階で、圧力や振動を体で感じ取り、不快感を覚える。のですから、全く矛盾は生じません。

環境省：低周波音問題に関する Q&A

Q6 『参照値』に科学的な根拠はありますか？

A6 『参照値』は平成 15 年に独立行政法人産業総合研究所において実施した聴感実験データから、一般被験者の 90% の人が寝室で許容できるレベルとして設定したものです。この聴感実験では、低周波音を発生させた実験室に被験者を部屋に入れて、被験者の反応を調査することで行いました。なお、被験者は、実験室の中で、耳だけでなく全身が低周波音に浴しており、いわゆる骨導音の影響も実験の中で自然に含まれ、総合的に把握されていると考えられます。

の記述を参考にすれば、聴覚以外の感覚器官による刺激を含めて反応を調査したものが参照値だと理解できます。

聴覚だけの聴覚閾値とそれ以外の感覚を含めた参照値が一致しないのは当然です。

このずれを検討しないで、聴覚閾値を単純に感覚閾値と言い換えたり、知覚閾値を言い換えたりしてはいけません。

風車音は、夜になっても止まりません、不眠による被害はとても大きなものです。

風車音による被害は、聴覚を介してのものだけではありません。最近の研究によれば、人間には気圧変動を感じする器官あります。この器官により 0.8Hz の超低周波音による気圧変動を感じすることも考えられます。これは聴覚によるものではありません。

ガタツキに関しては、70 dB 以下で起きる可能性があります。風車音が人体に影響を及ぼす音圧の最小値は、70 dB 以下です。

家の中で眠る人にとっては、床や建具の振動も気になります。これに関連する値は、がたつき閾値と言われます。

もしも、がたつき閾値が、0.1Hz ごとに、0Hz から 20Hz まで測定されていて、各周波数に関して、がたつき閾値を超えるものは存在しないと言う状況ならばもう少し安心できます。

残念ながら、5Hz 未満の周波数についてのがたつき閾値（低周波音による物的苦情に関する参考値）を書いた文献は見つかりません。

館山の風車騒音の解析では、1/3 オクターブ解析を、ISO7196 に従って調べると次の表になります。

	1: No Units	2: No Units	3: No Units	4: No Units	5: No Units	6: No Units	7: No Units
1:	54.727250	62.381626	54.976763	56.733648	58.610999	77.287140	64.371465
2:	0.250000	0.315000	0.400000	0.500000	0.630000	0.800000	1.000000
3:							

でも、

表1 低周波音による物的苦情に関する参考値

1/3オクターブバンド 中心周波数(Hz)	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3オクターブバンド 音圧レベル(dB)	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

0.8Hz では、77.287140 (dB) ですが、参考値がありません。

“ある周波数の低周波音が、その値以上であれば、その周波数の低周波音が苦情の原因である可能性が高い”と書いてあるのだが、5Hz よりも低い周波数についての値が無いのです。参考値以下か否か判断できません。

しかし、日本の家屋の固有振動数が 1Hz 程度であることや、低周波音による物的苦情に関する参考値については、周波数が低くなると参考値も小さくなる傾向ははっきりと認められます。

このことから、0.8Hz で 77.28714 デシベルと言う値は、将来、がたつき閾値が 0.8Hz の周波数に対しても決定されたならば、がたつき閾値をはるかに超えていると結論できる、との推測ができます。表の減少傾向と見れば、0.8Hz でのガタツキ閾値は、60~65 dB 程度だと予想出来ます。

聴覚以外の感覚器官による超低周波音 (0Hz~20Hz) の感知や、風車音の影響を受けた家屋や建具から発生する音による2次的な影響を受けて、睡眠を妨げられることもあります。もちろん、これを確認するには、屋内での振動レベル計による計測や屋内での精密騒音計による計測の裏付けが必要です。

人間は、感覚器官での知覚と、知識を総合的に判断して、風車音の被害を知覚します。

様々な感覚器官による、風車音の影響の感知を調査すれば、知覚閾値は 65 dB 以下になることが予測されます。

聴覚閾値の数値が被害の目安にはならないのです。

グラフの左側を見れば、半数の風車に置いて 65 dB を超えています。

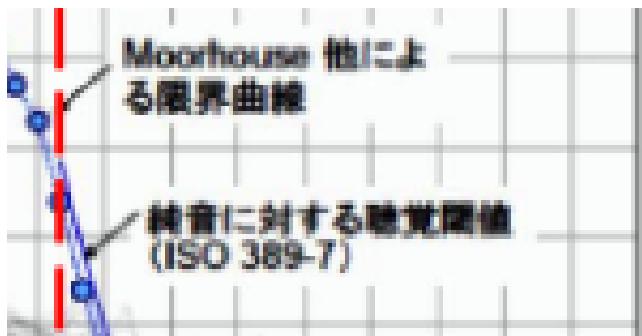
うるさい

圧迫感や頭痛

ガタツキ

による、睡眠妨害が起きていると考えるべきです。聞こえるか否かの境界値は、100 dB 程度でしょうが、風車音の影響による睡眠障害が有るか無いかの境界値は、ずっと低いのです。

知覚閾値の考えが、被害を訴えさせないための仕組みなのです。



20Hz以下の超低周波音領域は、すべて知覚閾値を下回っている

町田氏の書かれた、検討会報告書の 15 ページのように聴覚閾値と訳すべきです。

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

これらの値は平均値であり、例えば中村らの実験結果によれば閾値には ±5~10dB 程度の幅があり、山田らによれば、標準偏差の 2 倍である ±10dB の範囲に大部分の人が入るとされている

この中の、

(最小感覚閾値の部分については 1996 年に ISO389-7 に改訂されている)

についてだが、この規格の名前は、ISO 389-7:2019

Acoustics -- Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions

であり、threshold of hearing なのだから、最小聴覚閾値と訳すべきです。

次は、実測データの中身を調べます・

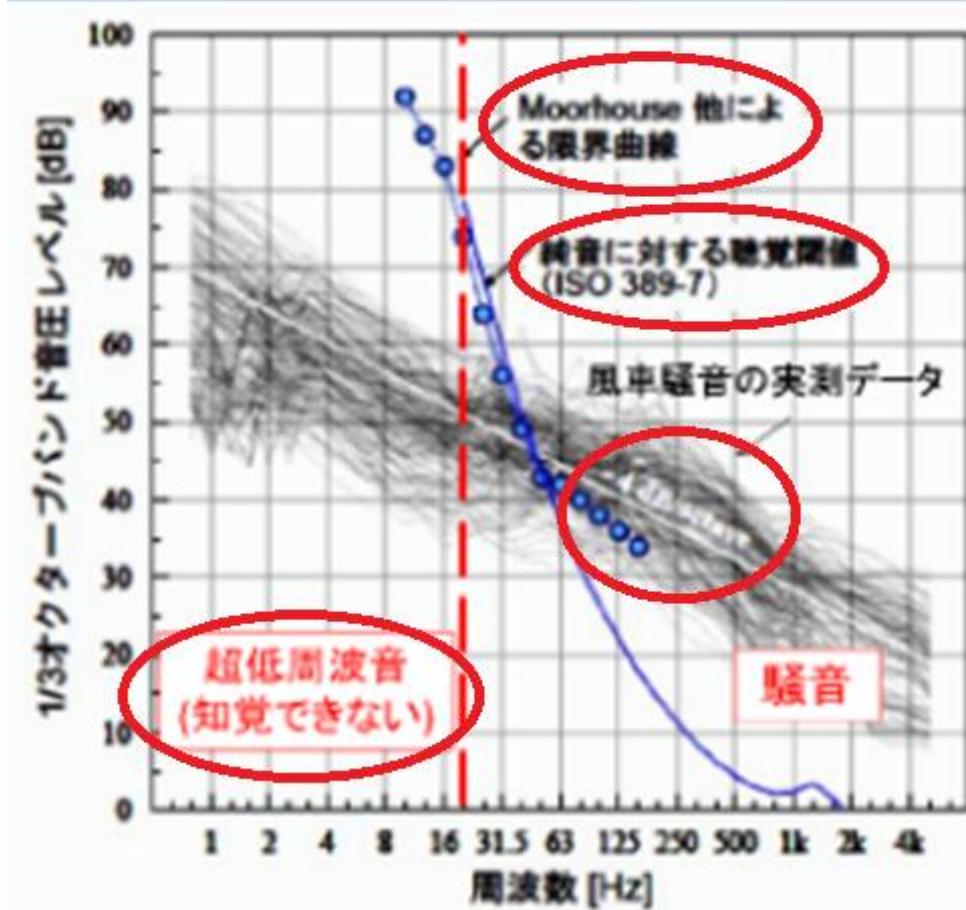


図3をよく見ると、白抜きで、-4dB/octaveと書いてあります。

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

周波数が2倍になると1オクターブ増える。1オクターブ増えると音圧レベルが4dB減る。

周波数が2倍になる系列として、

0.5Hz、1Hz、2Hz、4Hz、8Hz、16Hz、…

上のグラフでは、1/3オクターブバンド音圧レベルの値を使っています。計算を簡単にするために、1/1オクターブバンドに変換して考えます。

音圧レベルは、各周波数帯に属する音のエネルギーの合計で決ります。

0.5~1Hz、1~2Hz、2~4Hz、4~8Hz、8~16Hz、…でのエネルギーをdB表示した値を使って、164本の曲線が描かれています。

それらの中間をとった、白い斜めの線で言えば、下のような表になります。

Hz	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
dB	74	70	66		62				58
$\Sigma (\text{Pa} \cdot \text{Pa})$	0.010048	0.004	0.001592		0.000634				0.000252
$\text{Pa} \cdot \text{Pa}/\text{Hz}$	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、74 dB

1Hz以上、2Hz未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、70 dB

2Hz以上、4Hz未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、66 dB

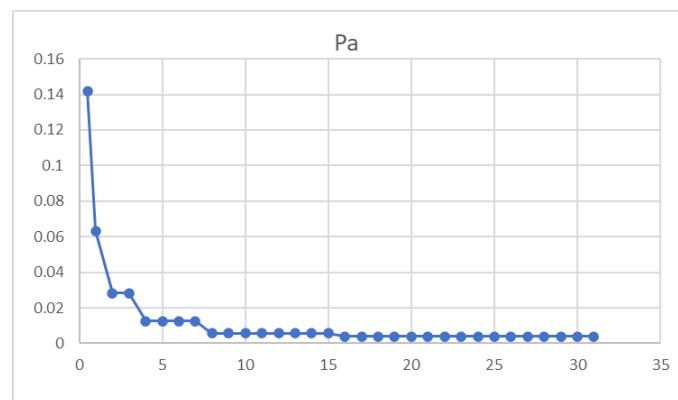
4Hz以上、8Hz未満の周波数帯のエネルギーを変換した値が、62 dB

です。

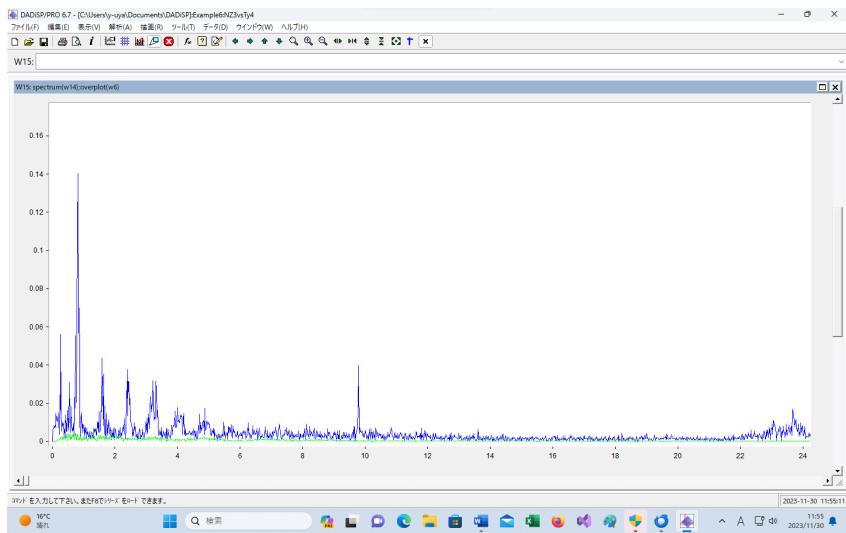
このエネルギーを、線形座標目盛りに従って均等に分配してから、対応するパスカル値に変換すると、上の表の一番下の数値になります。

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

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



右側のグラフは、下のグラフの青い線とよく似た形です。



また、100Hz から 4k Hz の間では、

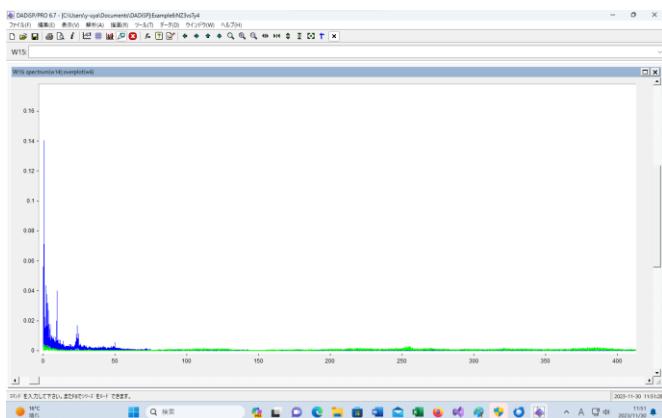
Hz	dB	$\Sigma (\text{Pa}^* \text{Pa})$	$\text{Pa}^* \text{Pa}/\text{Hz}$	Hz	Pa
128	46	1.592E-05	1.24408E-07	128	0.000353
256	42	6.34E-06	2.4764E-08	256	0.000157
512	38	2.524E-06	4.92935E-09	512	7.02E-05
1024	34	1.005E-06	9.81206E-10	1024	3.13E-05
2048	30	0.0000004	1.95313E-10	2048	1.4E-05
4096	26	1.592E-07	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、1k Hz、2k Hz の辺りで調べると、次の表になります。

Hz	dB	$\Sigma (\text{Pa}^* \text{Pa})$	$\text{Pa}^* \text{Pa}/\text{Hz}$	Hz	Pa
1024	38	2.524E-06	2.46468E-09	1024	4.96E-05
1024	34	1.005E-06	9.81206E-10	1024	3.13E-05
1024	15	1.265E-08	1.23526E-11	1024	3.51E-06
2048	35	1.265E-06	6.17632E-10	2048	2.49E-05
2048	30	0.0000004	1.95313E-10	2048	1.4E-05
2048	12	6.34E-09	3.09549E-12	2048	1.76E-06

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



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

さて、風車音の被害は、超低周波音（0Hz-20Hz）を除外して考えることが適切なのでしょうか？風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会の報告書（p 14）には、不快感とA特性音圧レベル（20Hz～）の関連を示す記述がある。

グラフでは、青い曲線と赤い曲線の曲がり方はよく似ている。従って、A特性音圧レベルと不快感の間に関連性がある事は見て取れる。

風車音による被害を考える上では、曲線の曲がり方が似ている事よりも、曲線のズレの方が重要である。

風車音では、交通騒音に比べて、同じA特性音圧レベルでの被害が大きいのです。この原因を考えることが必要なのです。

風車騒音とわずらわしさ（アノイアンス）との量-反応関係について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。

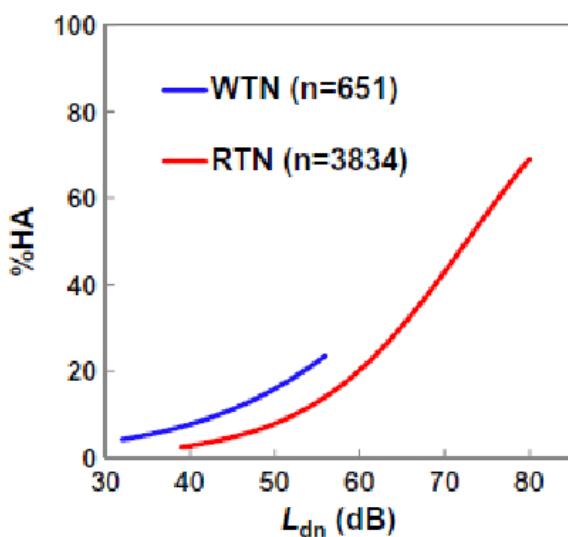


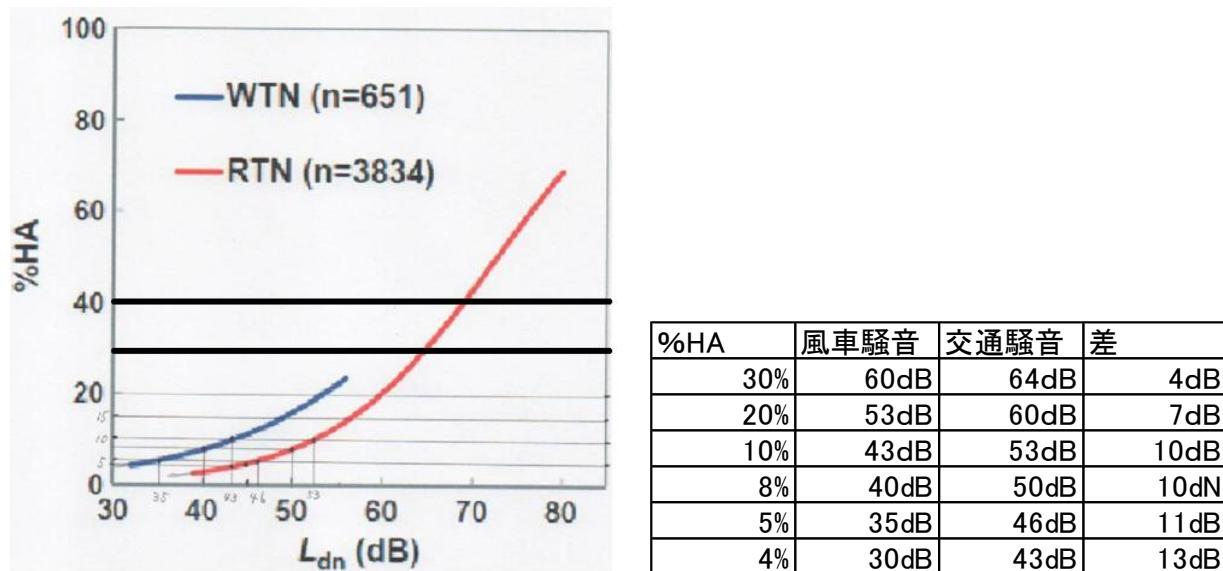
図 7 風車騒音 (WTN) と道路交通騒音 (RTN) の昼夜時間帯補正等価騒音レベル (Ldn) ※ と非常に不快を感じた者のパーセンテージ (%HA)

※ 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、L_{Aeq} 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) に関する要因としては風車騒音は 9% から 13% の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。

“同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音 (20Hz 以上) は他の交通騒音 (20Hz 以上) よりもわずらわしさ (アノイアンス) を引き起こしやすいことが示唆されている。”

とあり、この差を調べると、



“非常に不快である”と感じる人の割合にかなりの差がある。

交通騒音での基準値の表と比較してみます。

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
A A	50 デシベル以下	40 デシベル以下
A 及び B	55 デシベル以下	45 デシベル以下
C	60 デシベル以下	50 デシベル以下

(注)

- 1 時間の区分は、昼間を午前 6 時から午後 10 時までの間とし、夜間を午後 10 時から翌日の午前 6 時までの間とする。
- 2 A A を当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。
- 3 A を当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。
- 4 B を当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。
- 5 C を当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

住宅街での交通騒音での基準値は昼間で 55 dB、夜間で 45 dB です。

この数値の意味は、騒音値の基準と目安（日本騒音調査ソーチョー）の資料によれば、

うるさい	かなりうるさい。かなり大きな声を出さないと会話ができない	70 dB	・騒々しい事務所の中 ・騒々しい街頭 ・セミの鳴き声（2 m） ・やかんの沸騰音（1 m）
	大きく聞こえ、うるさい。声を大きくすれば会話ができる	60 dB	・洗濯機（1 m） ・掃除機（1 m） ・テレビ（1 m） ・トイレ（洗浄音） ・アイドリング（2 m） ・乗用車の車内
普通	大きく聞こえる、通常の会話は可能	50 dB	・静かな事務所 ・家庭用クーラー（室外機） ・換気扇（1 m）
	聞こえるが、会話には支障なし	40 dB	・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	30 dB	・郊外の深夜 ・ささやき声
	ほとんど聞こえない	20 dB	・ささやき ・木の葉のふれあう音

防音効果を無視して考えれば、

風車騒音は屋外で計測した A 特性音圧レベル（20Hz～）を使って評価します。

住宅地域での指針値の下限として 40 dB が示されています。風車騒音での 40 dB は、被害状況を比べながら交通騒音に対応させると、交通騒音での 50 dB に相当します。

風車は夜間も停止しません。もし、風車音で 40 dB の音が夜間放出されると、被害は、夜間に於いて交通騒音 50 dB が発生している状況と同程度の被害が出ます。

交通騒音で 50 dB だと、8%の人が“非常に不快である”と感じます。他の統計結果と比較すれば、“不快である”と感じる人の割合は、その 2 倍で、16%程度だと推測できます。

合計は、24%になります。上の表では“大きく聞こえる、通常の会話は可能”ですから、24%程度の人が、“睡眠の妨げとなる”と考えるのは当然の結果だと判断できます。

もちろん、眠りが浅くなっても、翌日死亡することはほとんどありません。そんな日が毎日続けば、車を運転中に居眠りします。子供は、学校の授業中に居眠りします。

死亡事故や、生涯賃金の減少が予測できます。もちろん、これは風車騒音（0Hz 以上）による直接の影響ではありません。風車騒音（0Hz 以上）は、毎日毎日ほんの少しだけ、安眠を妨げただけです。風車には責任はありません。眠い時に運転した人が悪いのです。眠いからと言って授業中に居眠りした生徒が悪いのです。

となりますが、室内での影響を考えると、もう少し複雑になります。

風車騒音でのグラフと、交通騒音でのグラフがずれている理由を考えなくてはなりません。

その理由については、次の事項を手掛かりにして考えてみます。

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

一つの考え方として、エネルギー分布の数値に着目します。

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

風車音でのエネルギー分布は、20Hz 以上が 7%、0～20Hz が 93% になっています。

風車騒音は 9% から 13% の範囲の寄与の部分に注意して、

不快感に関する風車音の周波数帯ごとの寄与は、20Hz 以上の寄与が 9%、0 から 20Hz の寄与が 91% と考えれば、数値的にはそれなりに整合性があります。

単純な発想ですが、検証する価値はあると考えます。

騒音レベル (WTN) の値が同じでも、不快感を覚える人の比率は、交通騒音と風車音では差があります。

この差について、“風車騒音の特徴と指針・測定マニュアルについて、 落合博明（小林理学研究所）”

風車騒音のうるささ

風車騒音の社会調査結果

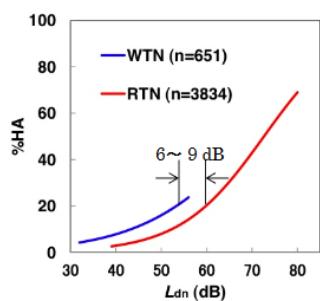


Fig.7 Relationship between L_{dn} and percentage of highly annoyed response of wind turbine noise (WTN) and road traffic noise (RTN)

- 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、橋;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

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6～9 dBとありますが、グラフを拡大して、水平線を引いて、交点の間隔を調べてみたら、次の様になりました。

誤差はあるでしょうが、ズレの理由を次の様に考えました。

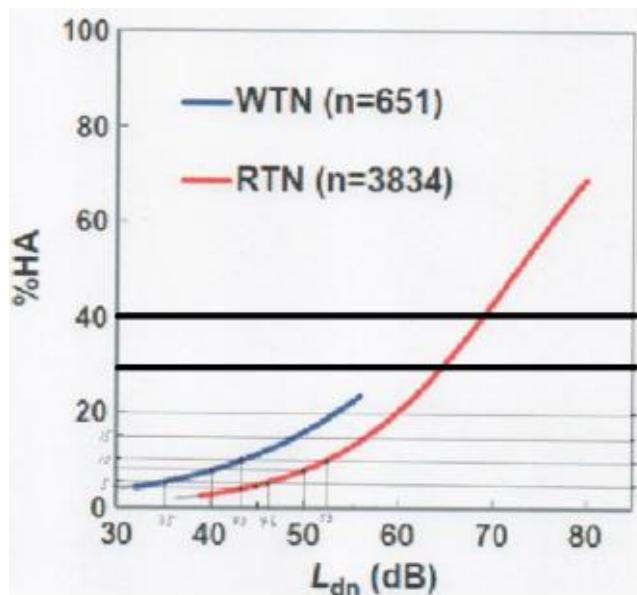
A特性音圧レベルで計算される騒音レベルは、風車音のエネルギーの7%と占める。この部分が、風車音全体のエネルギーの99%まで増加したとすれば、

$$DB7 = 10 * \log_{10} \left(\frac{p_1^2}{p_0^2} \right)$$

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

となって、11.5 dB増加します。

報告書（p 14）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	10dB
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11.5 dB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%	60 dB	64 dB	4 dB	71.5dB	64 dB	-7.5 dB
20%	53 dB	60 dB	7 dB	64.5dB	60 dB	-4.5 dB
10%	43 dB	53 dB	10 dB	54.5dB	53 dB	-1.5 dB
8%	40 dB	50 dB	10 dB	51.5dB	50 dB	-1.5 dB
5%	35 dB	46 dB	11 dB	46.5dB	46 dB	-0.5 dB
4%	30 dB	43 dB	13 dB	41.5dB	43 dB	1.5 dB

エネルギーの面から風車騒音の値を補正した数値を使えば、不快感を覚える人の割合が、ほぼ一致すると言えます。超低周波音を無視すれば、この違いの合理的な説明は出来ません。

交通騒音と風車騒音の質的な違いが無く、双方に対して、“A 特性音圧レベルでの評価を基本とすることが適当である。”と言えるためには、評価値としての A 特性音圧レベルが同じ値ならば、同程度の被害が出なくてはなりません。尺度を共通にしたときに、同じ値に対しての被害状況が異なるならば、その尺度は共通の尺度としては使えないのです。

不快になる割合が 30%になるときの、A 特性音圧レベルが、風車音で 43 dB、交通騒音で 52 dB と考えられるのです。9 dB の差が出ています。この差の原因を考えれば、問題解明の手掛かりが見つかります。

また、エネルギー分布を考えても、風車音の 7%のエネルギーから計算される数値で判断するのは、あまりにも、非科学的と言うしかない。

これまでに得られた知見④ 風車騒音の人への影響

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

6

と書かれている。

この記述を見ると、

健康影響についての明らかな関連が示せた場合のみ、風車音の責任を認める。

睡眠への影響は重要であるが、直接的な健康影響ではないから責任は取らない。

というようにも読める。

風車騒音は、わずらわしさ(アノイアンス)に伴う睡眠影響を生じる可能性はあるものの、人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。

との主張もありますが、これに関しては、

風車騒音の意味が問題になります。

そして、

人間の健康に直接的に影響を及ぼす

の意味も問題なのです。

風車音を浴びて、その日に死亡したと言うような事例は聞いたことが無いが、

極めて周波数が高い、超音波では直接的と言える被害も出ています。もちろん、超音波を聴覚で捉えることは出来ません。聴覚閾値以下の音です。しかし、この聴覚閾値以下の超音波に人間の体は直接反応します。

超音波を使った美顔器でも使い方によっては事故が起きます。

この場合は、超音波を感知したと言うよりは、超音波に直接反応したと言うべきでしょうが、聴覚閾値に至ら

ない音が、人体に直接作用して被害を生む事もあることが分かります。

“超音波使った美容施術” 規制が必要か検討へ 消費者事故調

2022年7月27日 7時07分

エステサロンなどで超音波の技術を使った美容施術を受けた結果、やけどやシミができるといった事故が相次いでいるとして、消費者庁の安全調査委員会が調査の中間結果を報告し、機器の使用などに関して法令による規制が必要かを検討していくことを明らかにしました。

事故が相次いでいるのは、エステティックサロンなどで行われている、肌のたるみを取ったり痩身（そうしん）効果を得たりするために「HIFU」と呼ばれる機器で超音波を照射する施術です。

去年から調査を進めている消費者庁の安全調査委員会、いわゆる消費者事故調が26日に調査の中間結果を報告しました。

それによりますと、2015年11月からことし5月末での間に110件の事故の情報が寄せられ、このうち76件はエステサロンで起きていて、

内訳は

▽やけどが45件、

▽皮膚が赤く腫れる、シミができたなどの「皮膚障害」が23件、

▽マヒが残ったといった「神経・感覚の障害」が13件などとなっています。

これまでの調査では、施術者が施術の内容や注意事項などを十分に説明しておらず、利用者がリスクを理解していないケースも多いことや、非常に強い照射能力があり、やけどなどを引き起こすおそれがある機器がエステ店で広く使われていることが分かったということです。

事故調は今後、機器の使用などに関して法令による規制が必要かどうかなどをまとめ、今年度内に再発防止への提言を示したいとしています。

一度建設された風車は、約20年間、昼も夜も住人に対して、超低周波音（ISO7196）を浴びせます。

不眠を訴える人が多く出ます。不眠が継続すると、問題が起きるのです。

これは、農漁村地区の人にとって重要な問題です。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、アワビを探る人にとっても、睡眠不足は大変危険です。体調不良で潜っていて気分が悪くなるのは、良くあることです。眠れなくて体力が落ちれば、漁獲高にも影響します。

良く眠れない原因となる風力発電施設を作ることは、私たちの命を縮めることであり、漁業による収入の減少を招くことです。

不眠は被害なのです。苦情ではありません。不眠の面からだけ考えても、“人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”と言えますが、“人の健康や活動に間接的な影響を及ぼす可能性は極めて高い”とも言えます。

睡眠妨害が拷問の技法であることは、昔から知られています。



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

獄穴醒

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ぬこともありました。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ます。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。

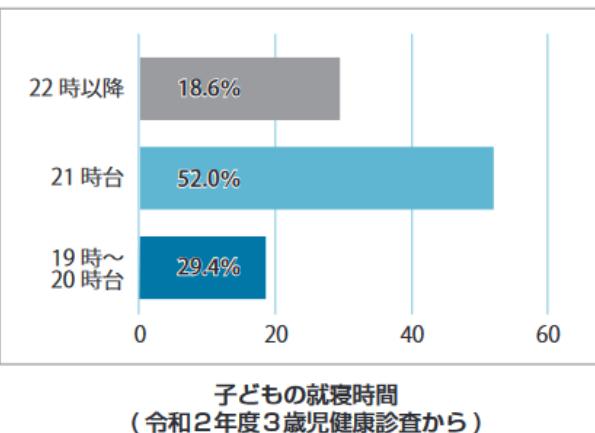
子どもの睡眠と成長ホルモン ～夜9時までに眠り、朝7時までに起きる～

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。



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。

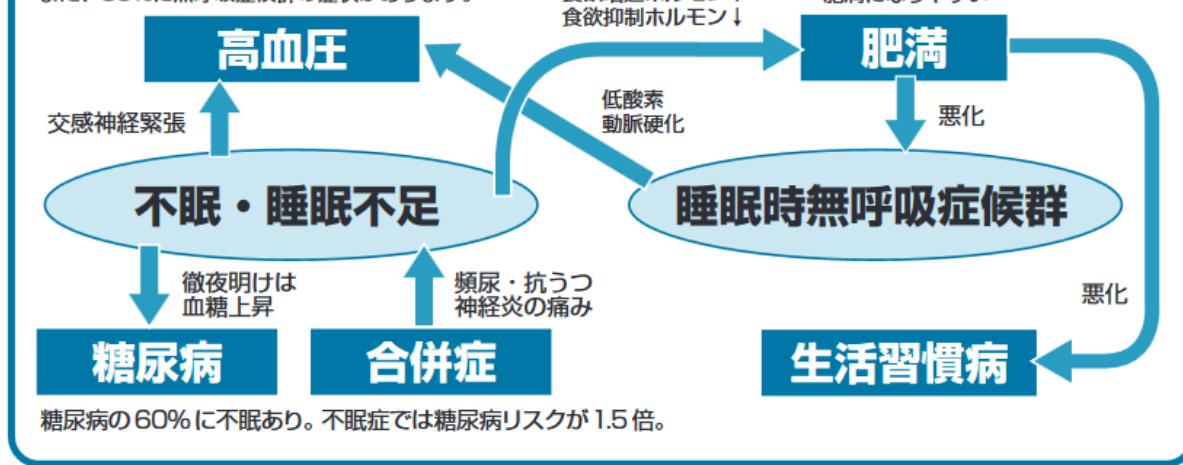
◇休日でもいつもと同じ時間に起床する

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。

不眠・睡眠不足と生活習慣病との悪循環

高血圧患者の40%に不眠があります。
また、30%に無呼吸症候群の症状があります。



睡眠は、健康な生活にとって極めて重要なのです。ネット上では、

疲労物質と睡眠

疲労とは？疲労の原因と回復方法

公開日：2016年7月25日 12時00分

更新日：2019年8月5日 15時59分

疲労とは

疲労は「疲れ」とも表現され、痛みや発熱と同様に「これ以上、運動や仕事などの作業を続けると体に害が及びますよ」という人間の生体における警報のひとつです。疲労は、人間が生命を維持するために身体の状態や機能を一定に保とうとする恒常性（ホメオスタシス）のひとつとして、痛みや発熱などと並んでそれ以上の活動を制限するサインとして働いています。

疲労の定義

日本疲労学会では、「疲労とは過度の肉体的および精神的活動、または疾病によって生じた独特の不快感と休養の願望を伴う身体の活動能力の減退状態である」¹⁾と定義されています。疲労は、心身への過負荷により生じた活動能力の低下のことを言い、思考能力の低下や、刺激に対する反応の低下、注意力の低下、注意散漫、動作緩慢、行動量の低下、眼のかすみ、頭痛、肩こり、腰痛などがみられます。

疲労の原因

自律神経の中枢部では、身体の器官や組織の調節を行い、絶えず生命維持のための身体機能を一定に保っています。運動時には、運動強度や体調に応じて呼吸や心拍、体温などの機能の調節を行っており、身体へかかる負荷に合わせて生体機能のコントロールを行う自律神経の中枢も働き続けます。運動によって体にかかる負荷が大きくなるほど、自律神経の中枢にかかる負荷も大きくなり、自律神経の中枢がある脳がダメージを受けることで疲労が起こるとされています。

疲労を起こすのは活性酸素による酸化ストレスで、神経細胞が破壊されるからであると考えられています。運動などのエネルギーをたくさん使う活動では、酸素が多く消費されるとともに活性酸素も多量に発生します。活性酸素が発生すると、活性酸素を分解して体内から除去する抗酸化酵素が働くようになっていますが、発生する活性酸素の量が抗酸化酵素の働きを上回ると自律神経の細胞や筋肉が活性酸素によって攻撃されて疲労へつながります。

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」という考え方があつたが、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つて心筋梗塞や脳梗塞などの原因となります。ステロイドホルモンは免疫を下げる作用もあり、さらに疲労が蓄積することで免疫系が働きにくくなり、がんの進行から身体を守る防衛機能も低下します。

疲労の回復方法

良質な睡眠をとることが疲労回復に最も効果的であるとされています。1日3食のバランスのとれた食事を摂り、生活リズムを整えること、食事は眠る時間の3時間前に済ませておき、眠る1~2時間前に8分程度、38~40度のぬるま湯にみぞおちの辺りまでつかることが質のよい睡眠を招きます。

との記事も公開されています。

この常識を無視して、

“これらの音によりわずらわしさ（アノイアンス）を増加させ、睡眠への影響のリスクを増加させる可能性があることが示唆されている。”と言われたら、“お前たちを拷問にかけてやる。”と宣言しているとしか思えません。いくら、環境省のお役人様が偉いといっても、このようなことは受け入れられません。

朝早くから、車を運転する人にとっては命に係わる重大な事柄です。居眠り運転は運転する人だけではなく、歩行者や、他の車を巻き込む事故の起きる可能性が大きくなります。

命に係わる事柄です。もちろん、騒音が1日だけとか、夕方6時から朝6時までは風車を止めるとかの配慮があれば、少しは危険性が減少するでしょうが、1年中、24時間うるさくされたら、住民は困り果てます。

超低周波音・低周波音のケースは、超音波とは違いますが、可能性に関しては慎重に確認することが必要です。

“音波が、人間の健康に直接的に影響を及ぼす”可能性があるような現象としては、超低周波音による音響キャビテーションと、超音波による障害の2つが考えられる。

風車音で、音響キャビテーションが起こるかどうかについては詳細な検討が必要ですが、風車音が発生する仕組みを理解して、音響キャビテーションが発生する条件と比較すれば、頭痛の直接的な原因である可能性は極めて高いと言えます。

頭痛が起きるならば、風車音は健康に直接的に影響を及ぼすと言えます。

以下確認します。

超低周波音の解析と発生の仕組み

超低周波音の解析と発生の仕組み

Analysis of Infrasound and Generation Mechanism

宇山 靖政

Yasumasa UYAMA

Personal member of Japan Wind Energy Association.

Abstract

This document provides the results of analysis of the sound from wind turbine, and the mechanism of infrasound generation.

The part of the infrasound near the wind turbine is described as wind noise and the frequency is not examined in detail. However, when this feature is investigated, it becomes clear that the directivity of the wind turbine sound, the shaking of the top of the tower, and the vibration around 40 m above the ground of the tower are related, and it is found that the wind turbine generates directional infrasound.

For wind noise, "Low-frequency wind noise is caused by wind hitting the microphone. This noise has a louder component as the frequency decreases. In the frequency range of about 5 Hz or less (in some cases about 10 Hz or less), it is difficult to eliminate wind noise." It is said,

Even if the wind is strong, the component of 10 Hz or less in a place where there is no wind turbine has an extremely low sound pressure and no regular wind noise. Even if the wind is not so strong, near the wind turbine, the sound pressure of the component below 10 Hz is high, and wind noise with regularity appears. This is either to think that there are two types of wind noise: "wind noise in places where there are no wind turbine" and "wind noise in places where there are wind turbines", or to think that infrasound with high sound pressure is generated from wind turbine.

キーワード：超低周波音、風雜音、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“風雜音”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。

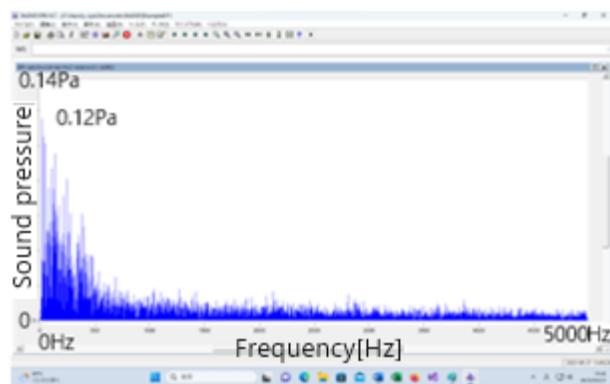


Fig.1 JFE iron mill ; Max 0.12[Pa] (12Hz)

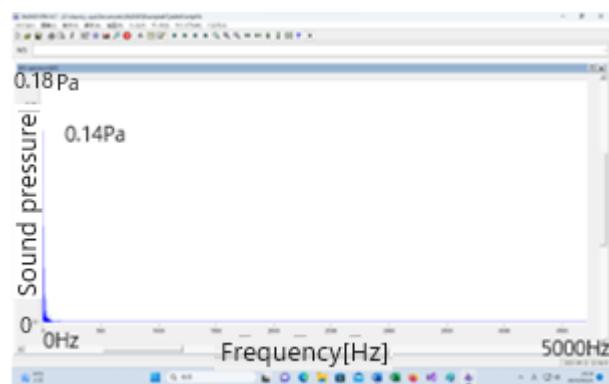


Fig.2 Wind turbine noise ; Max 0.14[Pa] (0.8Hz)

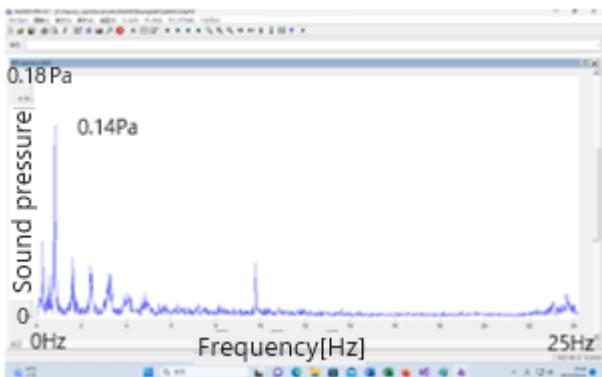


Fig.3 Wind turbine noise (0~25Hz)

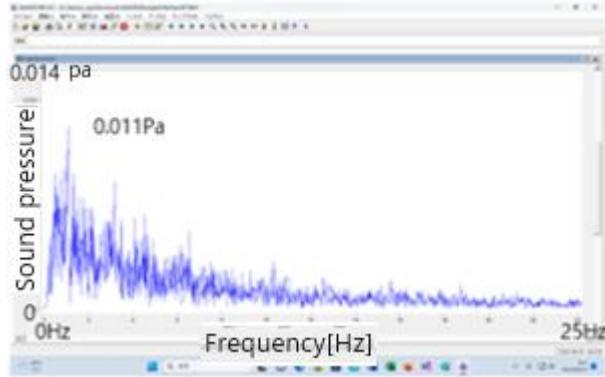


Fig.4 Nagao shrine (0~25Hz) ; 0.011[Pa] (1. 1Hz)

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”的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”的区別が必要である。

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。

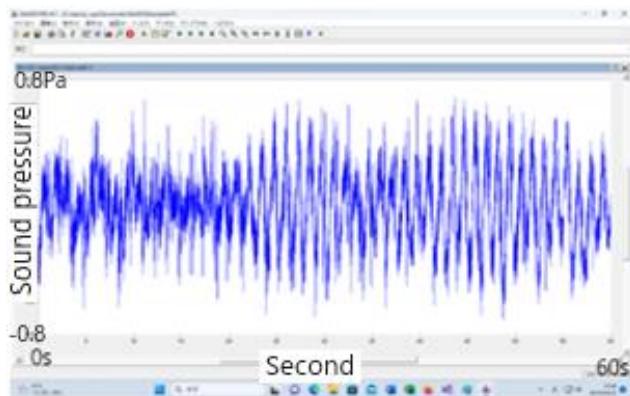


Fig. 5 Wind turbine noise

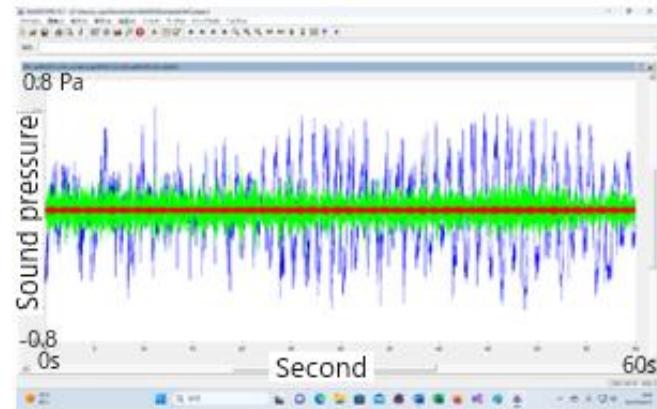


Fig. 6 Separated Wind turbine noise

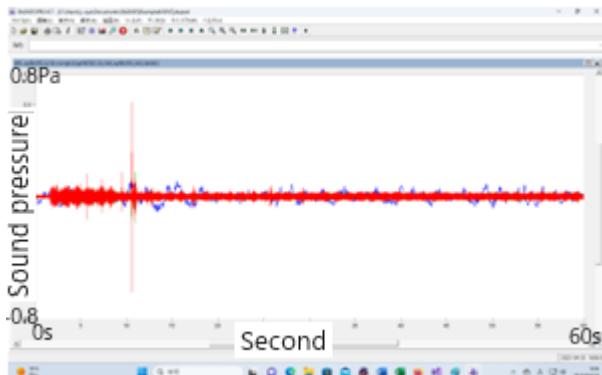


Fig. 7 Separated sound from speaker

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。

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

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 $R(\text{rpm})$ 、翼枚数を $Z(\text{枚})$ とするときの $f = RZ/60[\text{Hz}]$ 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

$f = RZ/60[\text{Hz}]$ 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。

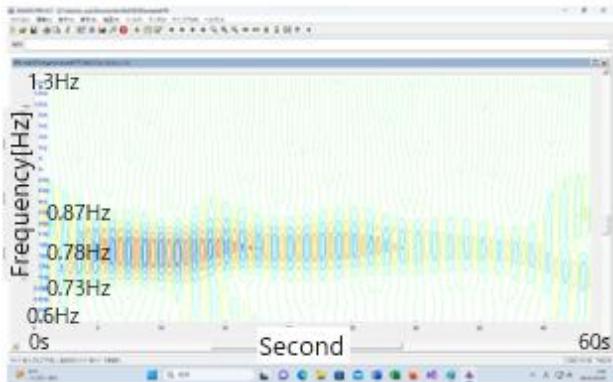


Fig. 8 Fine fluctuation nearby 0.8Hz

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。

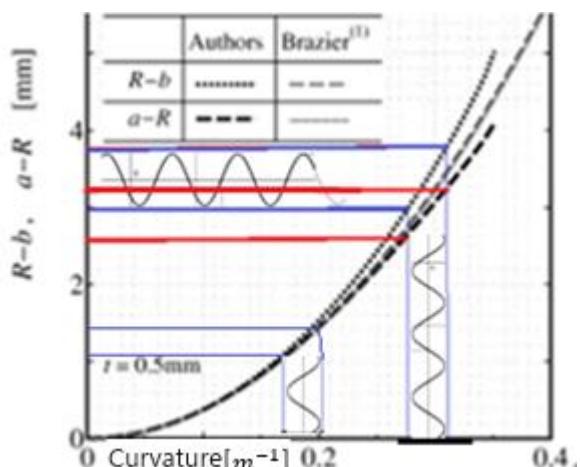


Fig. 9 Force fluctuation and side vibration

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橢円になる。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、断面が円から橢円になれば、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、

$$L = \rho U \Gamma = 4\pi \rho U^2 \lambda \sin(\alpha - \delta) \quad (1)$$

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。

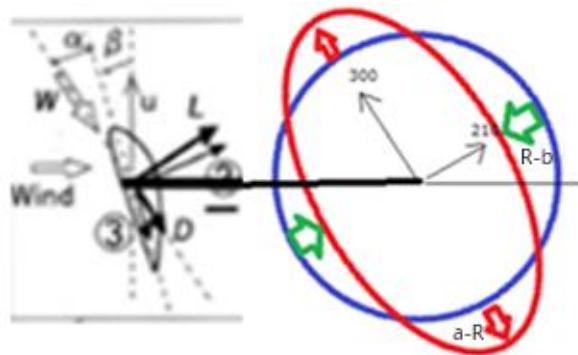


Fig. 10 Lifting vector and modification

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。

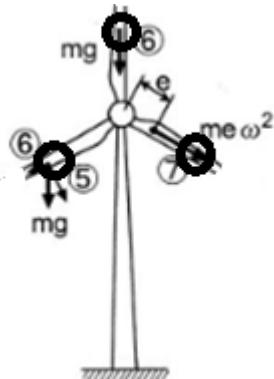


Fig. 11 Wind turbine in balance

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 に応じた幕指数 $\alpha(V)$

としたときに、次の関係式

$$V_{ZG(V)} / V_{Zh1} = (Z_{G(V)} / Z_{h1})^{\alpha(V)} \quad (2)$$

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 $100 + 50 * \sin(\omega t + \theta)$ m での風速は

$$7 * ((100 + 50 * \sin(\omega t + \theta)) / 10)^{0.15} \quad [\text{m/s}] \quad (3)$$

となる。

空気密度を $1.23[\text{kg/m}^3]$ 、風力係数 $C_d = 1.2$ 、とすると風速 $V[\text{m/s}]$ のとき、 P :風荷重 $[\text{N/m}^2]$ は

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

となり、標識の面積が $10[\text{m}^2]$ 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、

$$P = \frac{\left(\left(7 * \left(\frac{(100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))}{10} \right)^{0.15} \right)^2 \right)}{2} * 1.23 * 1.2 * 10 \quad [N] \quad (5)$$

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、

$$P * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta)) = k * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))^{1.3} \quad [\text{Nm}] \quad (6)$$

となる ($k = 181.24$)。ここでは

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

の部分に注目して考える。

ブレードのなす角は $2\pi/3$ なので回転モーメント M は、
 $\omega = 2\pi \cdot 0.8/3$ 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、

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

となる。マクローリン展開

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

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 $(1/2)\sin(\omega t)$ を代入すれば、

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

となる。次の関係式に注意して計算する。

$$\sin(x) + \sin(x + 2\pi/3) + \sin(x + 4\pi/3) = 0 \quad (13)$$

$$\sin^2(x) + \sin^2\left(x + \frac{2\pi}{3}\right) + \sin^2\left(x + \frac{4\pi}{3}\right) = \frac{3}{2} \quad (14)$$

$$\sin^3(x) = (3\sin(x) - \sin(3x))/4 \quad (15)$$

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

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

となるから

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

よって、

$$f(t) \approx 1223.43 + 1.70\sin(3\omega t) \quad (18)$$

となる。

3 枚のブレードが、 $\sin(\omega t)$ 、 $\sin(\omega t + 2\pi/3)$ 、 $\sin(\omega t + 4\pi/3)$ に従って回転している場合には、塔にかかる回転モーメントは

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

となり、ブレードの回転周波数が、0.26666Hz ならば、塔にかかるモーメントは 0.8Hz の周波数で変化する。

ブレードの回転周期の 1/3 の周期で回転モーメントが変化することが分る。

(2) 不均等な場合 (0.27Hz, 0.53Hz の根拠)

次に、ブレードの 1 枚だけが他の 2 枚よりも少し大きい場合を考える。

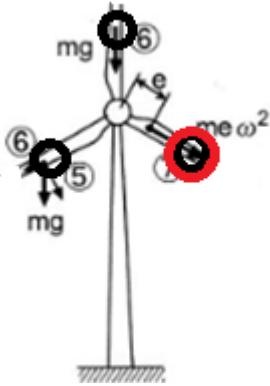


Fig. 12 Wind turbine imbalance

大きな部分の面積が、 $10 * 1.003 = 10.03 \text{ m}^2$ だとすれば、この時、赤い丸の部分が受ける力は、

$$P = \frac{\left(\left(7 * \left(\frac{(100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))}{10} \right)^{0.15} \right)^2 \right)}{2} * 1.23 * 1.2 * 10 * 1.003 \quad [N] \quad (20)$$

より、

$$P * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta)) = k * ((100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))^{1.3} + 0.003 * (100 + 50 * \sin(\omega t + \theta))^{1.3}) \quad (21)$$

となる。 $\theta = 0$ 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。)

$$0.003 * (100 + 50 * \sin(\omega t))^{1.3} = 0.003 * 398.11 \{ 1 + 0.65 \sin(\omega t) + 0.05 \sin^2(\omega t) - 0.006 \sin^3(\omega t) + \dots \} \quad (23)$$

となり、幕乗の項を倍角で表現して計算すれば、

$$M = k * g(t) = 221955.93 + 139.77 \sin(\omega t) - 5.28 \cos(2\omega t) + 308.08 \sin(3\omega t) + \dots \quad (24)$$

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； $(\sin x)^n$ は、定数と $\sin(mx)$ 、 $\cos(mx)$ ($m=1 \sim n$) の一次式で表現できる。(Cos も同様)

$n=1$ の場合は、 $(\sin x)^1 = \sin(1x)$ で正しい。

$n=k$ の時に成立すると仮定すると、

$$(\sin x)^{k+1} = f_k(x) * \sin x \quad , \quad (25)$$

定数* $\sin x$ は条件を満たし、

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

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

となるので、(25) 式は、定数と $\sin(mx)$ 、 $\cos(mx)$ ($m=1 \sim k+1$) の一次式で表現できる。

よって、 $(\sin x)^n = f_n(x)$ 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

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

を考えるには、1次式の和

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

について調べればよいことになる。

$$m=3k, m=3k+1, m=3k+2 \quad (k=0,1,2,\dots)$$

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、 $3*R/60[\text{Hz}]$ のほかに、 $2*3*R/60[\text{Hz}]$, $3*3*R/60[\text{Hz}]$, $4*3*R/60[\text{Hz}]$, …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、 $R/60[\text{Hz}]$ のほかに、 $2*R/60[\text{Hz}]$, $3*R/60[\text{Hz}]$ 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。

1.1. 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⁾）

1.2. 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。）

1.3. 引用文献

- 1) 高橋厚太,賀川和哉,長嶋久敏,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) 石井倅夫編集,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。

マクローリン展開の係数に注意すれば、風車の近くで計測される超低周波音は、離散的な周波数、 $f/3$ 、 $2f/3$ 、 f 、 $2f$ 、 $3f$ 、 $4f$ 、…を持ち、周波数 f Hz の成分の音圧が特に大きくて、波形全体の符号を決定することが分ります。大型風車では、1 秒間はプラス、1 秒間はマイナスの状態を繰り返すことになります。この条件が気泡発生の条件に合っているのです。

除去すべき“風雑音”も“疑似音”も存在しないのです。存在するのは、風車から必然的に発生する超低周波音なのです。

物理的に考えれば、揚力によって回転する風車で、回転軸が水平のものは、超低周波音の発生装置そのものです。

さらに、特別な周波数成分だけが大きな音圧を持つことによって、人体に対する圧縮と膨張が 1 秒ごとに繰り返されることになるのです。圧迫感や頭痛や不快感を覚えるのは当然の帰結です。個人の問題では無いのです。

圧縮と膨張

人体を半径 0.5m の球とみる。表面積は $4*3.14*0.5*0.5=3.14 \text{ m}^2$

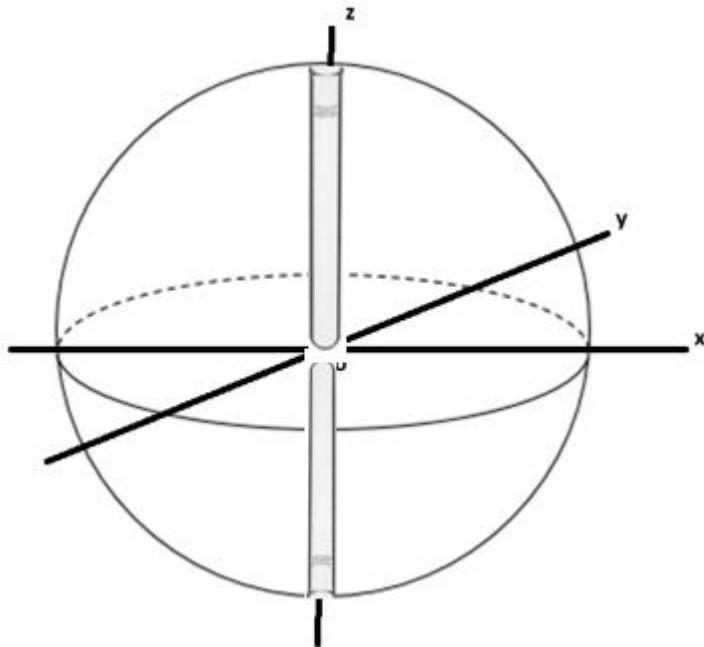
表面の部分は体重 (60 kg) に相当する質量を持ち、面密度は $60/3.14=19\text{kg/m}^2$

音 (平面波) の波面に対して、x 軸が垂直になっているとする。

音速は 340m/秒とする。

パスカル値については、1 パスカルは、1 平方メートル (m^2) の面積につき 1 ニュートン (N) の力が作用する圧力または応力と定義されている[1]。

ニュートンについては、1 ニュートンは、1 kg の質量を持つ物体に 1 m/s^2 の加速度を生じさせる力である。



北極と南極に向けた 2 本の試験管のような部分を考える。

試験管の半径を $r = 0.005\text{m}$ 、断面積を $ds = \pi * 0.000025 = 0.0000785 [\text{m}^2]$ 、

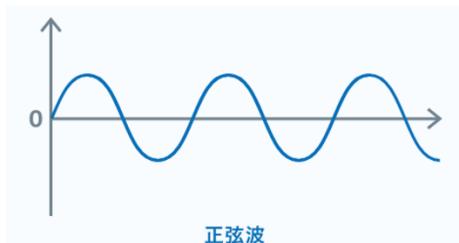
殻の部分の密度を $\rho = 19.1\text{kg/m}^2$ とする。

試験管の口の部分の質量は $M = \rho * ds = 19 * \pi * 0.000025 = 0.0015 [\text{kg}]$ となる。

この部分を、y z 平面に平行な平面波が通過すると考える。

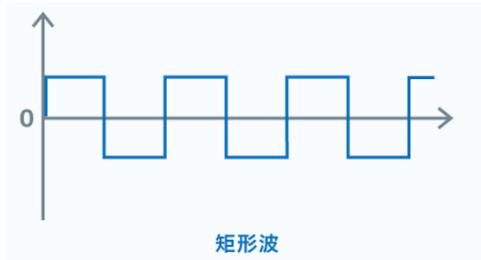
試験管の口の部分での音圧 $P(t)$ が

$$P(t) = A \sin \omega t$$



としたいのだが、

計算を簡単にするために、矩形波で考える。



音が来る前の大気圧を P_0 と置く。試験管の中の圧力も同じだったとする。

試験管の蓋に掛かる圧力は $P_0 + A$ と $P_0 - A$ の繰り返しとなる。

1000Hz の音波が通過する場合を考える。

音速は 340m/秒なので、波長は、 $340/1000=0.34m$

$P_0 + A$ の部分の長さは、 $0.17m=170\text{ cm}$

この部分が蓋の部分を通過する時間は、 $0.17/340=0.0005$ 秒

よって、0.0005 秒ごとに、蓋に掛かる圧力が変化することになる。

内圧が P_0 で外圧が $P_0 + A$ になったとすれば、蓋に掛かる力は ($A * \text{蓋の面積}$) パスカルになる。

この状態が dt 秒間継続したとすれば、 $F = m \alpha$ より、

$$A * ds = M \alpha$$

$$\alpha = A * ds / M$$

となり、 dt 秒後には、測度 $v1 = \alpha dt$ 、移動距離は初速度 $v0=0$ なので、

$$dl = (1/2) \alpha (dt)^2 + v0 * dt$$

となる。

試験管の長さを、 L とすれば試験管の容積は $L * ds$ となる。 dt 秒後の状態は、蓋が移動したので試験管内の容積は、 $ds * (L - dl)$ に変わる。

容積が減ったので、管内の気圧が上がり P_1 となる。

とりあえず、管内の気体の温度は同じと仮定する。(あとで修正する)

$$P_1 * ds * (L - dl) = P_0 * ds * L$$

よって、 dt 秒後の状態は、

$$v1 = \alpha * dt$$

$$dl = (1/2) \alpha (dt)^2$$

$$P_1 = P_0 * L / (L - dl)$$

$$L_1 = (L - dl)$$

となる。

次は、外圧は $P_0 + A$ 、内圧は $P_1 = P_0 * L / (L - dl)$ として考える。この時の初速度は $v1$ 、

蓋に掛かる圧力差は $P_0 + A - P_1$ 、これが蓋 ds の部分を押す。

加速度 α_1 として、 $(P_0 + A - P_1) * ds = M * \alpha_1$

$$\alpha_1 = \frac{(P_0 + A - P_1) * ds}{M}$$

$$dl_1 = v1 * dt + \left(\frac{1}{2}\right) \alpha_1 * dt^2$$

$$v2 = v1 + \alpha_1 * dt$$

蓋が移動したので試験管内の容積は、 $ds * (L - dl - dl_1)$ に変わる。

試験管内の圧力 P_2 は、 $P_2 * ds * (L - dl - dl_1) = P_1 * ds * (L - dl) = P_0 * ds * L$ より、

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 * (L - dl) / (L - dl - dl_1) = P_0 * L / (L - dl - dl_1) \\ L_2 &= (L - dl - dl_1) \end{aligned}$$

次は、外圧は $P_0 + A$ 、内圧は $P_2 = P_0 * L / (L - dl - dl_1)$ として考える。

蓋に掛かる圧力差は $P_0 + A - P_2$ 、これが蓋 ds の部分を押す。

加速度 α_2 として、 $(P_0 + A - P_2) * ds = M * \alpha_2$

初速度は $v2$

$$\alpha_2 = \frac{(P_0 + A - P_2) * ds}{M}$$

$$dl_2 = v2 * dt + \left(\frac{1}{2}\right) \alpha_2 * dt^2$$

$$v3 = v2 + \alpha_2 * dt$$

蓋が移動したので試験管内の容積は、 $ds * (L - dl - dl_1 - dl_2)$ に変わる。

試験管内の圧力 P_3 は、 $P_3 * ds * (L - dl - dl_1 - dl_2) = P_0 * ds * L$ より、

$$\begin{aligned} P_3 &= P_0 * L / (L - dl - dl_1 - dl_2) \\ L_3 &= (L - dl - dl_1 - dl_2) \end{aligned}$$

次は、外圧は $P_0 + A$ 、内圧は $P_3 = P_0 * L / (L - dl - dl_1 - dl_2)$ として考える。

蓋に掛かる圧力差は $P_0 + A - P_3$ 、これが蓋 ds の部分を押す。

加速度 α_3 として、 $(P_0 + A - P_3) * ds = M * \alpha_3$

初速度は $v3$

$$\alpha_3 = \frac{(P_0 + A - P_3) * ds}{M}$$

$$dl_3 = v3 * dt + \left(\frac{1}{2}\right) \alpha_3 * dt^2$$

$$v4 = v3 + \alpha_3 * dt$$

蓋が移動したので試験管内の容積は、 $ds * (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$ に変わる。

試験管内の圧力 P_4 は、 $P_4 * ds * (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3) = P_0 * ds * L$ より、

$$P_4 = P_0 * L / (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$$

$$L_4 = (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$$

次は、外圧は $P_0 + A$ 、内圧は $P_4 = P_0 * L / (L - dl - dl_1 - dl_2 - dl_3)$ として考える。

蓋に掛かる圧力差は $P_0 + A - P_4$ 、これが蓋 ds の部分を押す力になる。

加速度 α_4 として、 $(P_0 + A - P_4) * ds = M * \alpha_4$

初速度は $v4$

$$\alpha_4 = \frac{(P_0 + A - P_4) * ds}{M}$$

$$dl_4 = v4 * dt + \left(\frac{1}{2}\right) \alpha_4 * dt^2$$

$$v5 = v4 + \alpha_4 * dt$$

以下、同様。

となる。

$dt=0.00125$ 秒、 $L=0.5m$ 、 $M=\rho * ds=0.0015kg$ 、 $A=1$ 、として上記の計算をすれば、

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

最初の圧縮過程が終了する時点での試験管内の圧力は次の表のようになる。

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

回数	外気圧	外力	気柱長さ	気柱体積	内気圧	内力	気圧差	外力 - 内力	初速度	加速度	終速度	移動距離 dl	開始秒	終了秒
0	102401	8.0384785	0.5000000000	0.000003925	102400	8.0384	1	7.85E-05	0	0.05233333	6.5417E-05	4.08854E-08	0	0.00125
1	102401	8.0384785	0.4999999591	3.925E-05	102400.0084	8.03840066	0.99162667	7.7843E-05	6.5417E-05	0.05189513	0.00013029	1.22314E-07	0.00125	0.0025
2	102401	8.0384785	0.4999998368	3.925E-05	102400.0334	8.03840262	0.96657677	7.5876E-05	0.00013029	0.05058418	0.00019352	2.02376E-07	0.0025	0.00375
3	102401	8.0384785	0.4999996344	3.925E-05	102400.0749	8.03840588	0.92513015	7.2623E-05	0.00019352	0.04841514	0.00025403	2.79719E-07	0.00375	0.005
4	102401	8.0384785	0.4999993547	3.92499E-05	102400.1322	8.03841037	0.86784356	6.8126E-05	0.00025403	0.04541715	0.00031081	3.53026E-07	0.005	0.00625
5	102401	8.0384785	0.4999990017	3.92499E-05	102400.2045	8.03841605	0.79554369	6.245E-05	0.00031081	0.04163345	0.00036285	4.21034E-07	0.00625	0.0075
6	102401	8.0384785	0.4999985806	3.92499E-05	102400.2907	8.03842282	0.70931554	5.5681E-05	0.00036285	0.03712085	0.00040925	2.90007E-08	0.0075	0.00875
7	102401	8.0384785	0.4999985516	3.92499E-05	102400.2966	8.03842328	0.70337617	5.5215E-05	0.00040925	0.03681002	0.00045526	2.87578E-08	0.00875	0.01
8	102401	8.0384785	0.4999985229	3.92499E-05	102400.3025	8.03842375	0.69748653	5.4753E-05	0.00045526	0.0365018	0.00050089	2.8517E-08	0.01	0.01125

気圧変動の振幅が 1 パスカルのときは、

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

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

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

1Hz だと、体内の圧力は 0.974 パスカル増えた後で減圧過程に入る。

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

周波数が低いほど、体内の圧力変動が大きくなる。

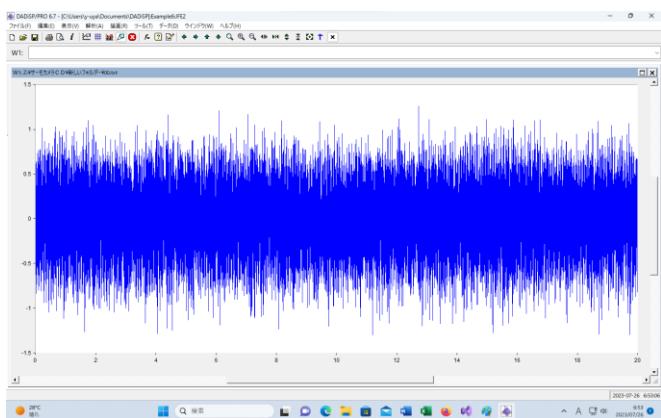
200Hz 以上ならば、体内の圧力はほとんど変化しないが、10Hz 以下では、かなりの圧縮が起きる。

これは、圧迫感ではなく、圧迫そのものです。

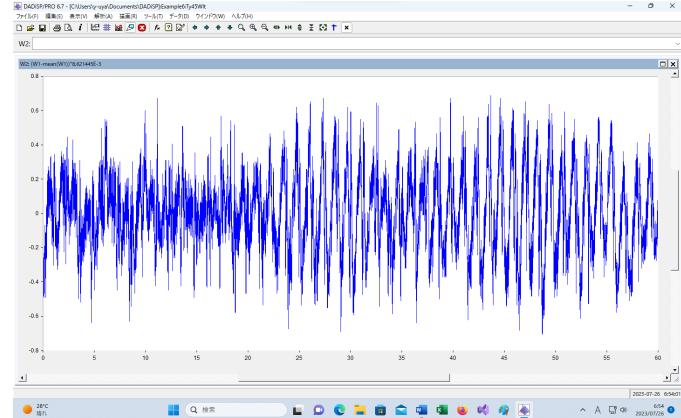
この圧力変動は、体内での気泡の溶解と発生の平衡状態を、発生が多い方に傾かせる。

ここでの計算は、波形が矩形波に近い場合でないと適用できない。

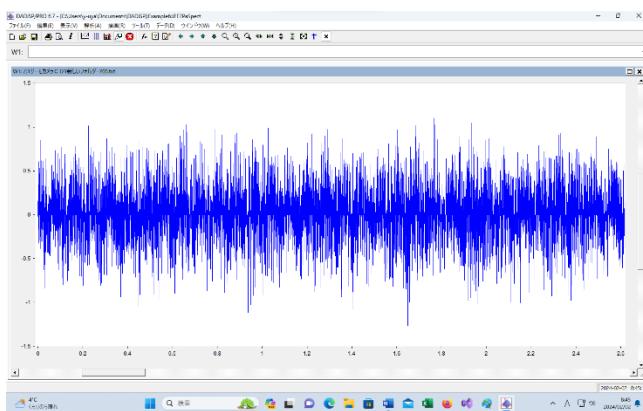
JFE の製鉄所内の音



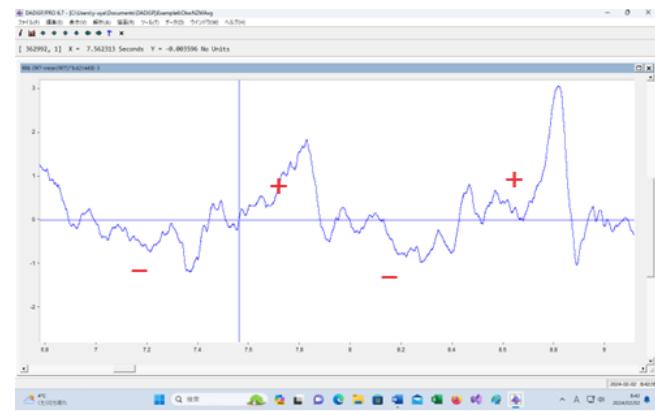
館山の風車音



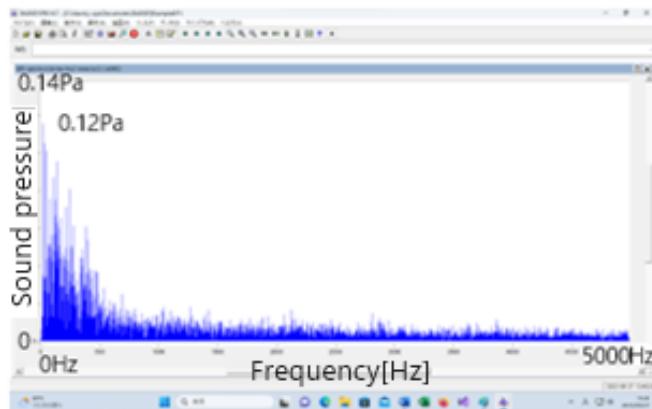
工場騒音の、2.6秒間の波形



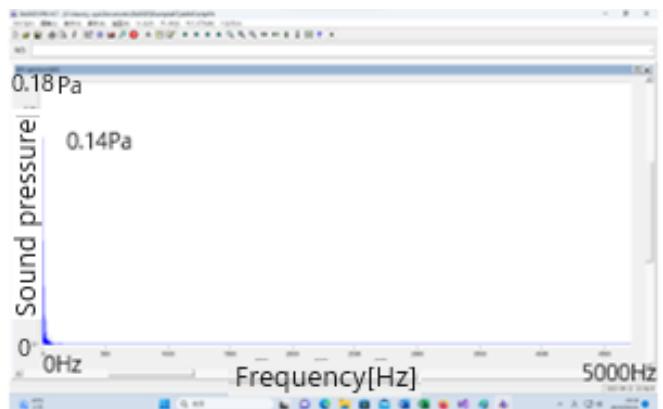
風車音の2.2秒間の波形



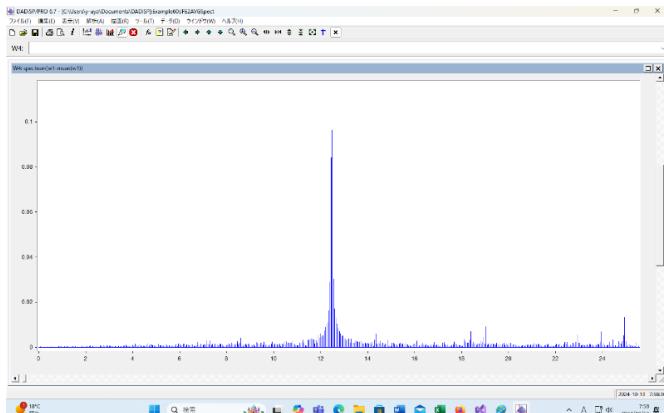
製鉄所(0~5 kHz)；最大 0.12[Pa](12Hz)



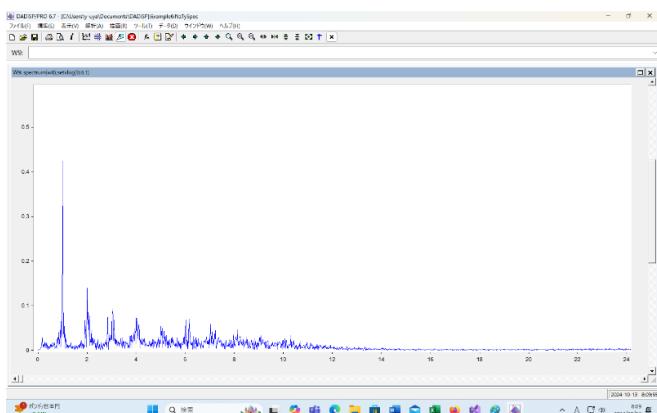
風車音(0~5000Hz); 最大音圧 0.14[Pa](0.8Hz)



工場騒音 0～25Hz、最大音圧 0.1[Pa] (12.5Hz)



風車音 (強風) 0～24Hz、最大音圧 0.42[Pa] (1Hz)



エネルギーの分布

周波数帯	0～20Hz	20～200Hz	200～24 k Hz	0～24 k Hz	単位
交通騒音	1.76E-07	8.08E-08	1.80E-05	1.80E-05	W/m ²
神社風	8.23E-06	3.91E-07	2.12E-07	8.83E-06	W/m ²
JFE工場	4.80E-05	4.01E-04	5.34E-04	9.84E-04	W/m ²
風車弱風	8.19E-04	2.40E-05	3.82E-07	8.43E-04	W/m ²
風車強風	1.49E-03	2.30E-05	6.94E-08	1.52E-03	W/m ²

工場での音は、12.5Hz での音圧が 0.1 パスカルであるが、波形を決定するのは、エネルギーからみても、収録した波形から見ても 20～24 k Hz の部分であると言える。音圧の変動が激しいので、圧縮過程や膨張過程が継続できないので、体内の圧力を大きく変化させる力はない。

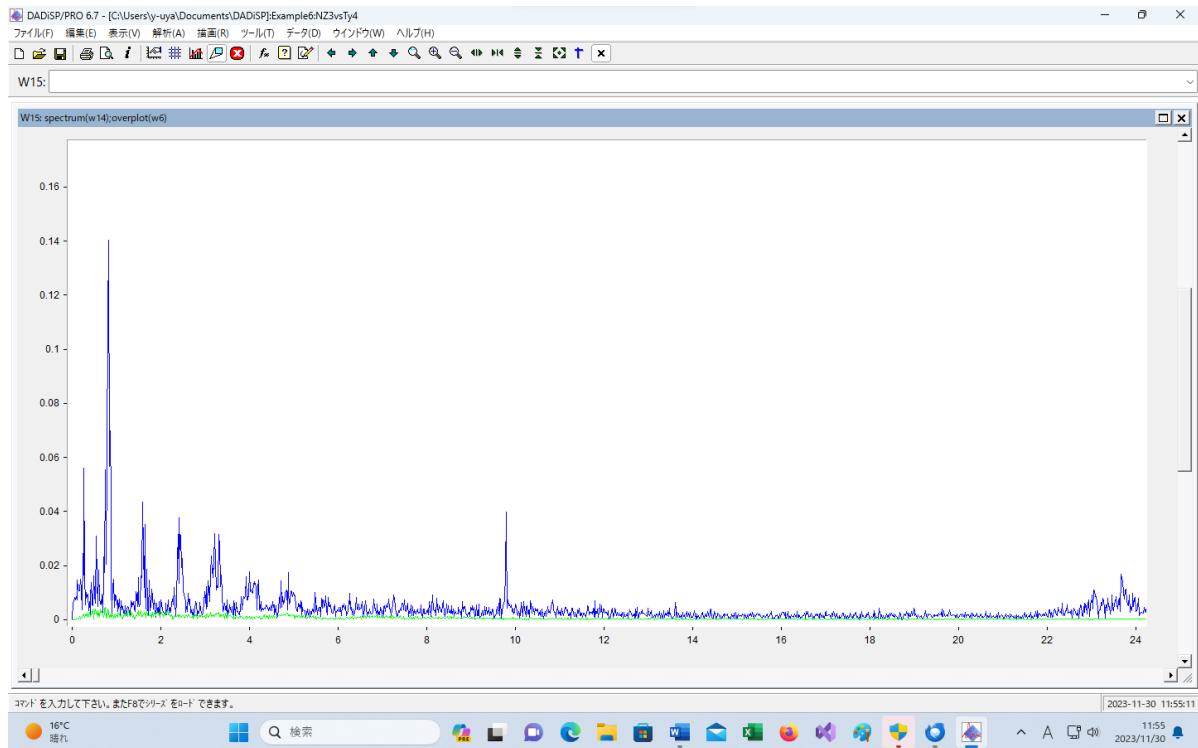
風車音では、エネルギーの分布を見れば、0～20Hz の成分が圧倒的に強く、この部分が波形を決める。強風時には、 $f=RZ/60Hz$ の波による音圧変動に近い形での圧縮と膨張が起こる。

$f = 0.5Hz$ 、 $f = 1Hz$ では、音の音圧変動と体内での音圧変動の大きさは同程度になる。

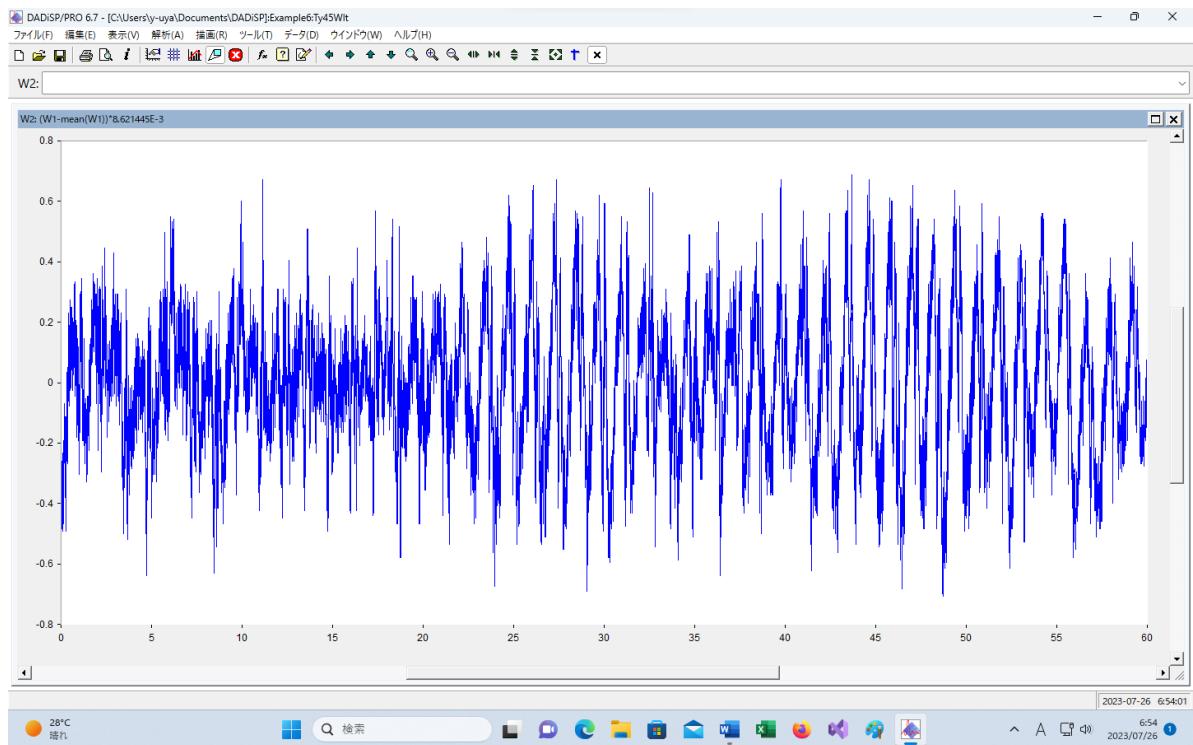
結果として、工場音では体内での音響キャビテーションは起きないが、風車音では起きると考えられる。

風車音による圧縮と膨張

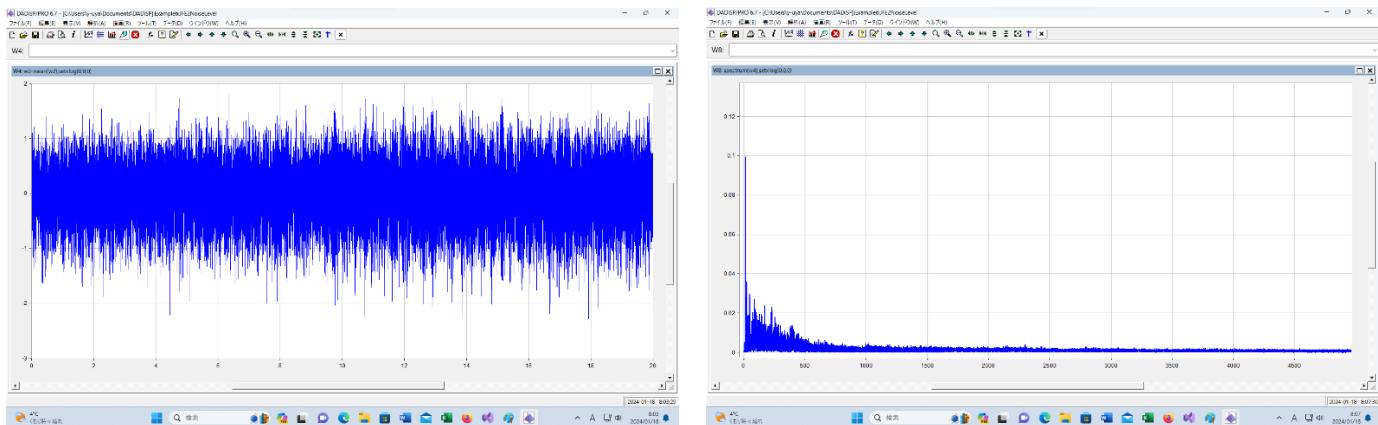
風車音の周波数スペクトルから、風車からの超低周波音は離散的であり、 $f=RZ/60=1\text{ Hz}$ の成分が卓越した音圧を持っていることが分ります。



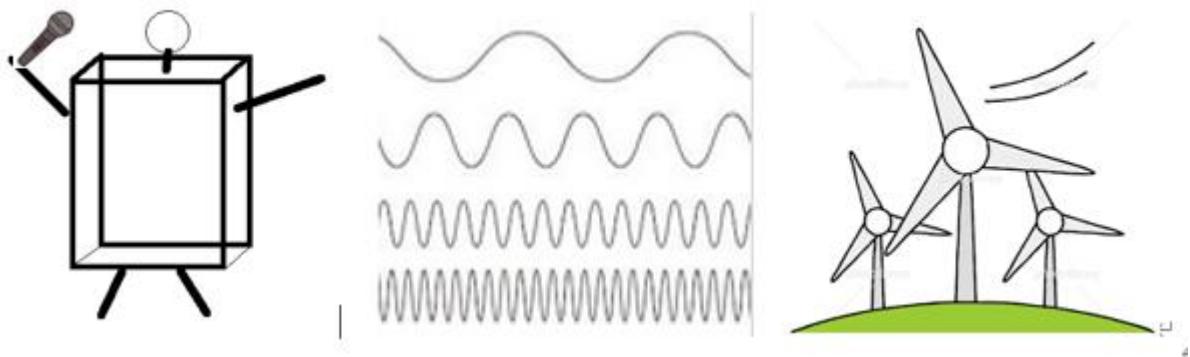
グラフは、1Hz の成分が卓越した音圧を持っているので、グラフの基本的な形を決定します。他の成分は、基本的なグラフに部分的な変動を与えるだけです。



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。

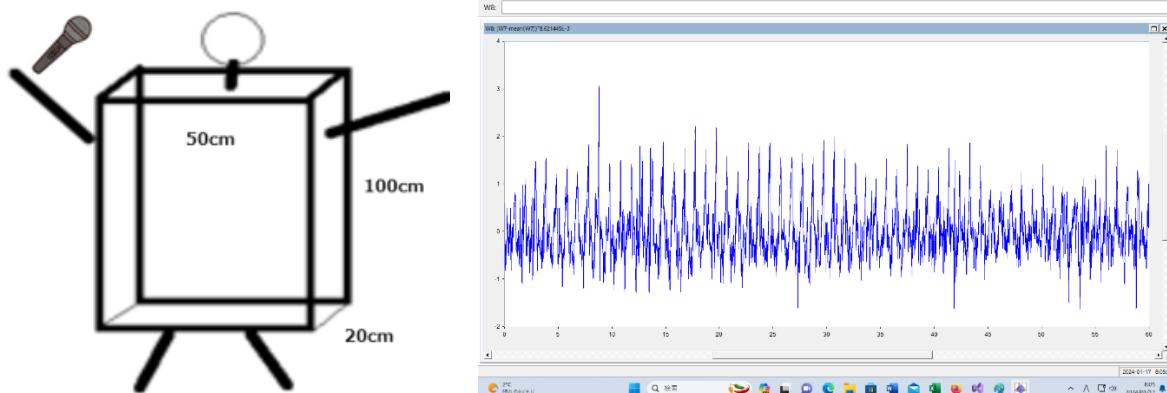


この性格の違は、人体に対する圧迫に仕方に影響します。



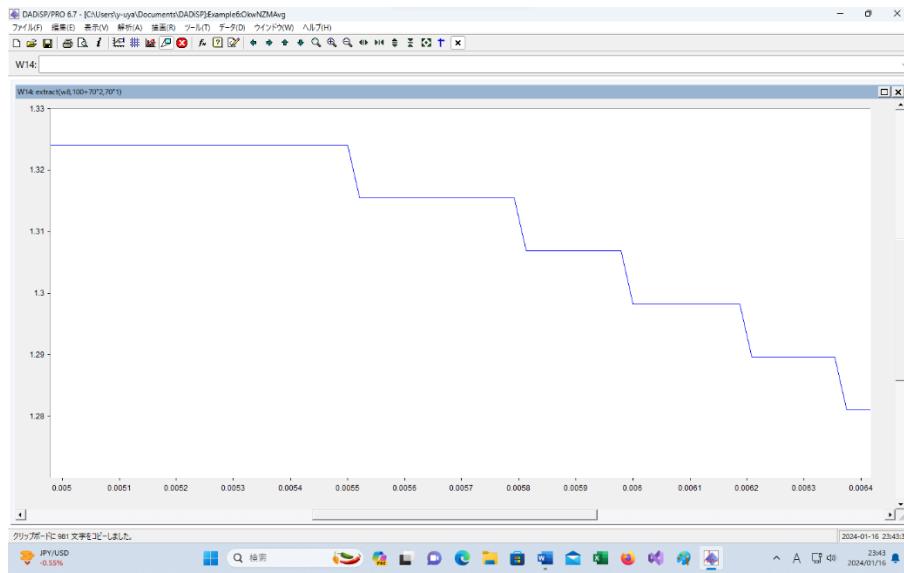
いろいろな波長の音が、秒速 340m で風車から人間まで届くとします。人間の横幅 50 cm、胴長 100 cm、厚み 20 cm として、音は平面波とします。

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、 $48000 \times 0.5/340 = 70.6 = 70$ 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。

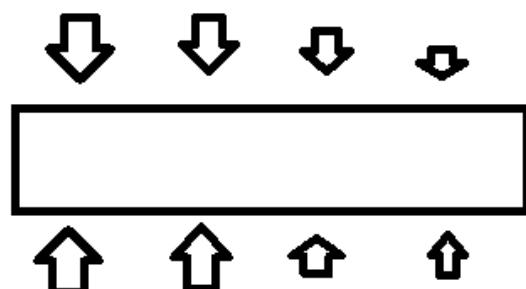
音圧の、70 個の連続した数値のグラフは、



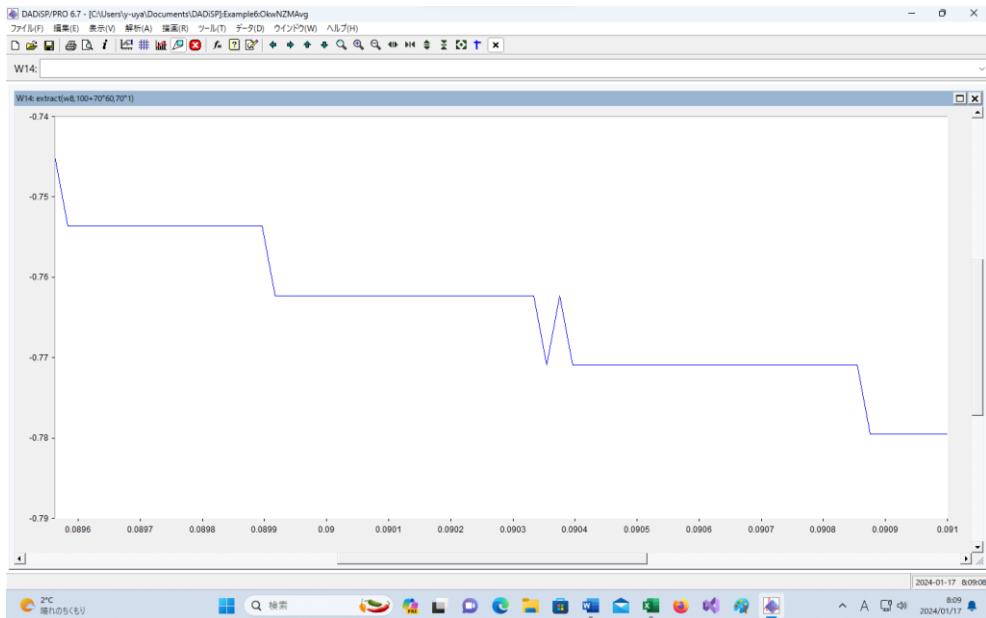
となり、数値は、

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	
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。



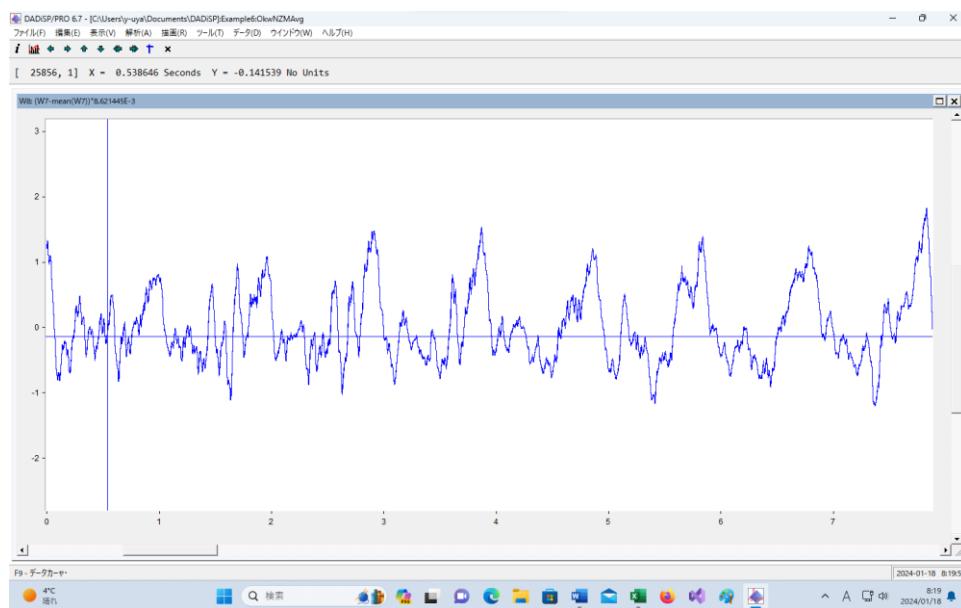
もちろん、



もう少し経つと、引っ張られて膨張する状態になります。

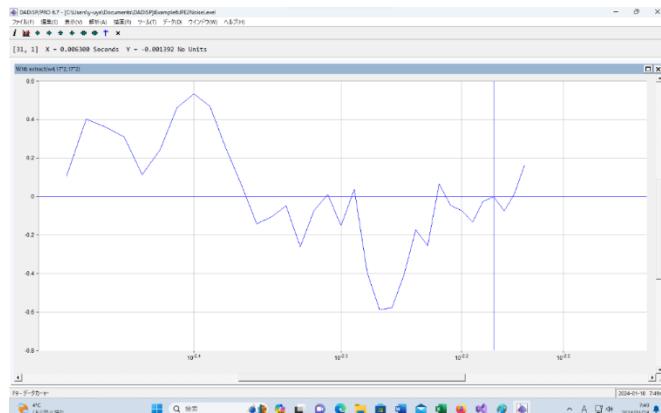
上のグラフの値は、-0.77Pa 程度です。強制的に膨張させられている状態です。

風車音の場合は、50 cm 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。
物理的には圧力が周期的に変化するのです。

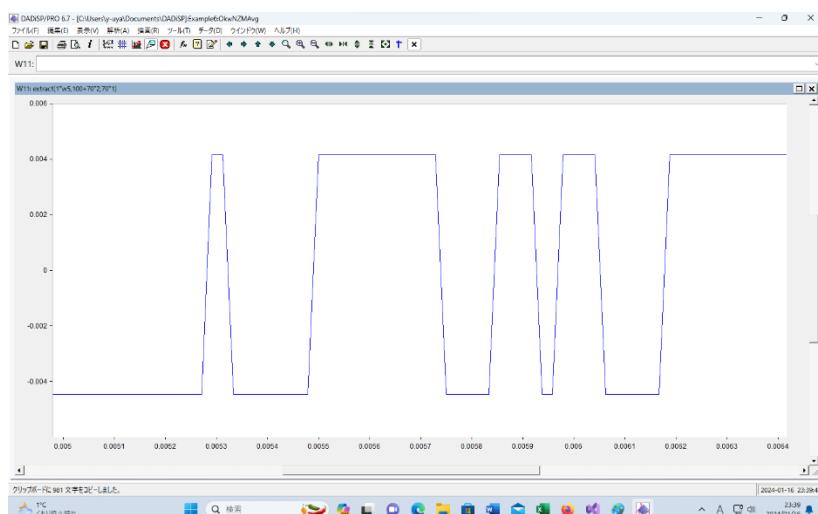
工場音の場合は、秒速 340m の音が 50 cm を通過するのに必要な時間は、0.001 秒です。0.002 秒間の波形を拡大してみれば、次のグラフになります。



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、50 cm 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、

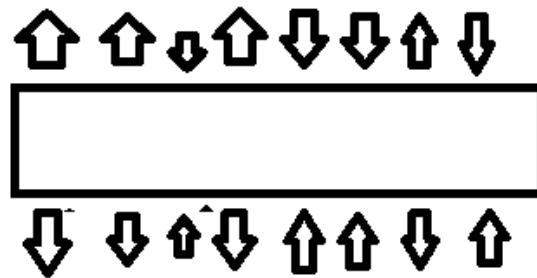


であり、

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	0.00416	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、50 cm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あります。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。

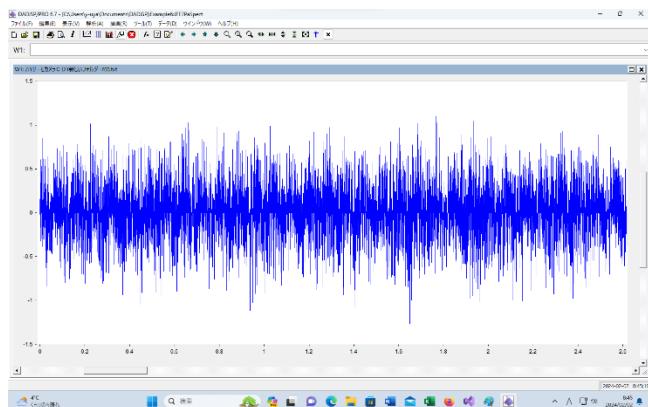
圧縮、膨張についてさらに確認します。

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。

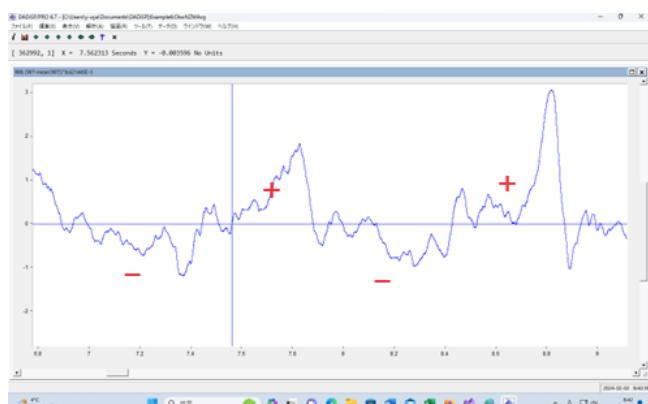
風が弱い時の音圧は0.15Paですが、風が強いと0.42Paまでは増加します。基本周波数は0.8Hzから1.0Hz程度に増加します。

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

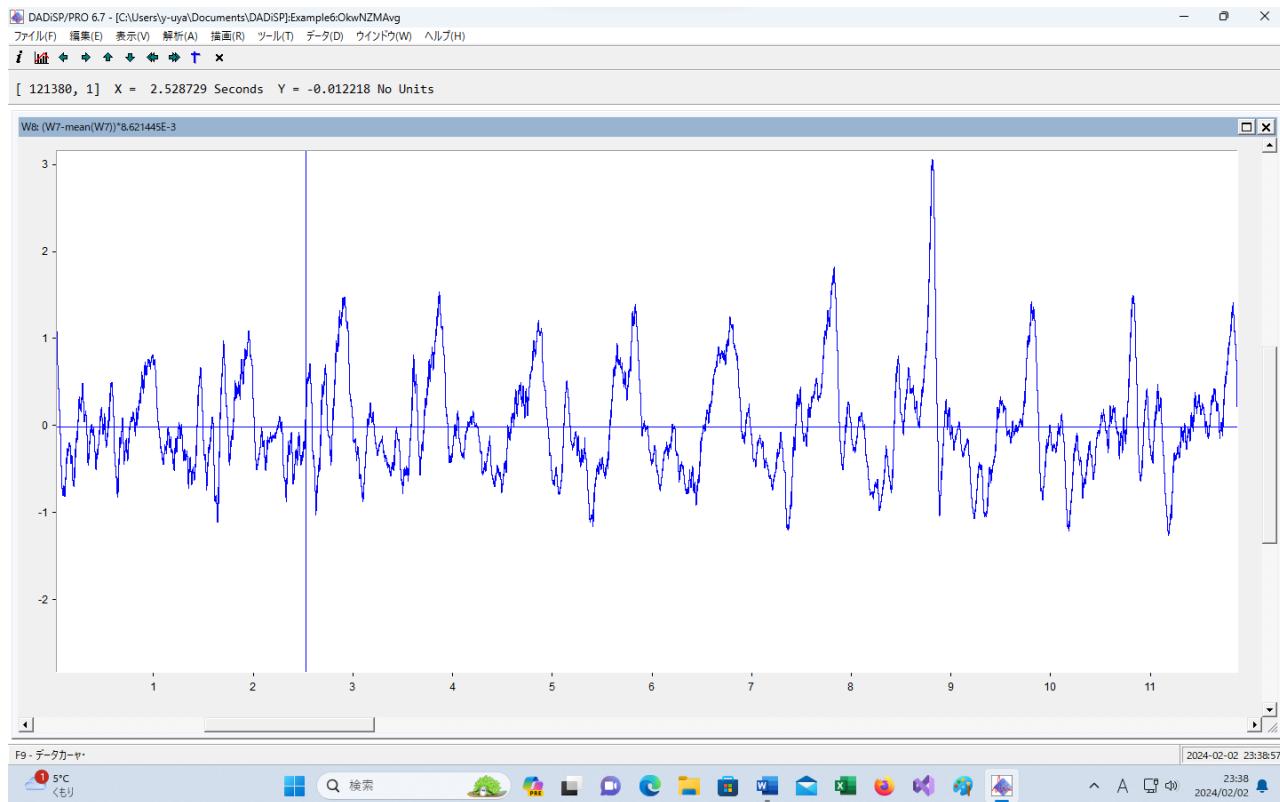


風車音の2.2秒間の波形

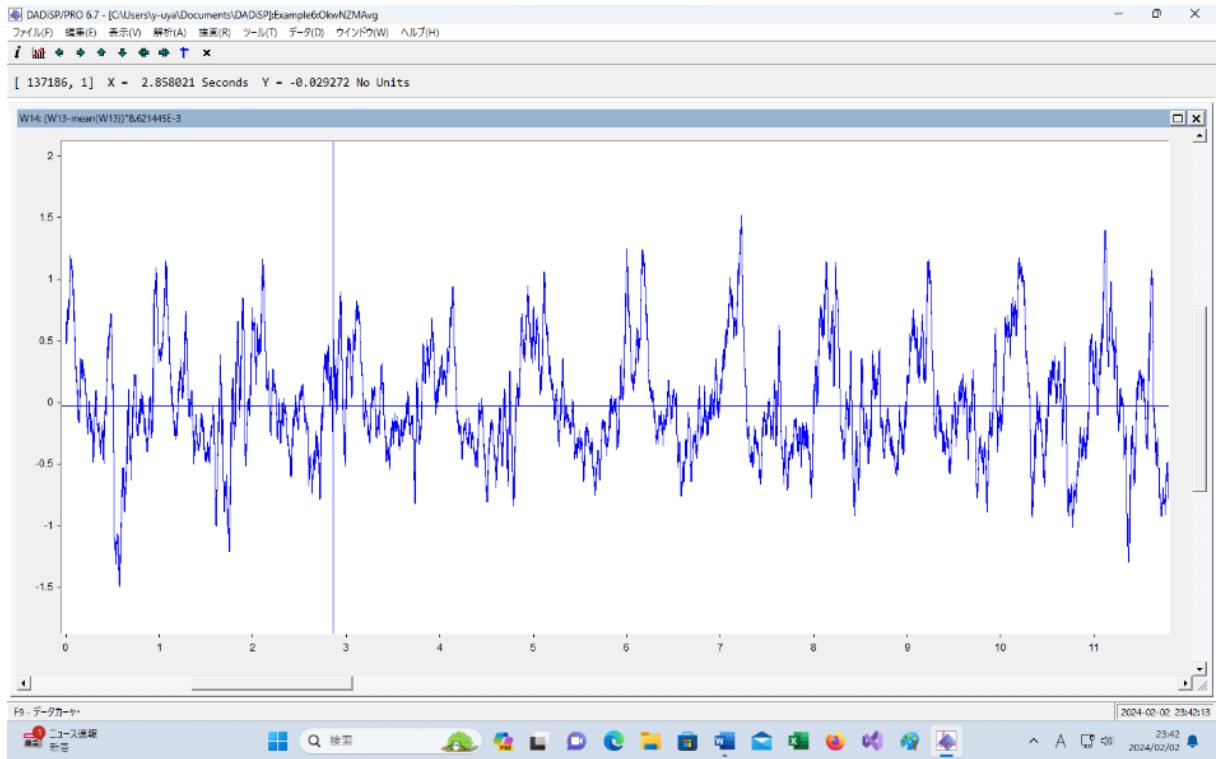


これが、圧縮と膨張が、ゆっくり繰り返される原因です。

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、マイナスがはつきります。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。

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。

“泡のエンジニアリング” テクノシステム を参考にすれば、

1.1. 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)

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \rho_g \right) = 4 \pi R^2 D_{gL} \frac{\partial \rho_{gL}}{\partial r} |_{\pi} \quad (2.5.55)$$

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

$$\dot{m}_g \propto R^2 \times (\rho_{g0} - \rho_{gLW}) / \delta_D \quad (2.5.61)$$

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

$$p_g > p_{g0}$$

$$R < R_0$$

$$\delta_D > \delta_{D0}$$

平衡時

$$p_g = p_{g0}$$

$$R = R_0$$

$$\delta_D = \delta_{D0}$$

膨張時

$$p_g < p_{g0}$$

$$R > R_0$$

$$\delta_D < \delta_{D0}$$

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

$$\rho_{gLW} = \alpha p_g \quad (2.5.58)$$

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とすると、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 が小さくなつて。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、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、潜水病と同じですから、頭痛の原因になります。

音響キャビテーション、潜水病については、要点を引用しておきました。

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、 $2*0.4*\sqrt{2}=1.13\text{Pa}$ 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。

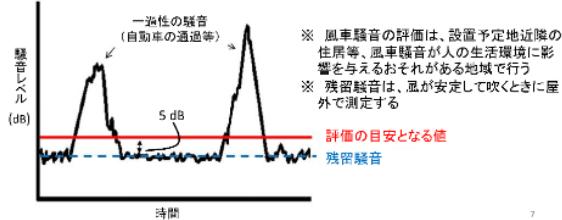
騒音の環境影響の測定について



- 風車騒音が発生するときは、すなわち、風が吹いて風車が動いているとき。
- 風が吹いているときは、ある程度の音がする。
- 風車騒音は、その場所で安定して風が吹いているときの騒音（残留騒音）+ 5 dBに収まるように設定する。

風力発電施設騒音の評価の考え方①

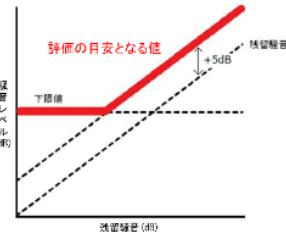
- 風力発電施設の設置又は発電設備の新設を伴う変更が行われる場合が対象
- 屋内の生活環境保全を考慮し、屋外で昼夜毎に評価
- 「残留騒音」（一過性の特定できる騒音を除いた騒音）からの増加量が5dBに収まるように設定する



風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。



風力発電施設から発生する騒音等への影響について（概要資料）（風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会、平成28年）

8

下限値を $35+5=40$ dB ですが、交通騒音の 40 dB とは全く違います。交通騒音は周波数が高いので防音窓の効果があるが、風車音では効果が無い。さらに、

風車騒音のうるささ

風車騒音の社会調査結果

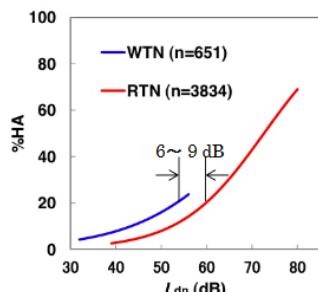


Fig.7 Relationship between L_{dn} and percentage of highly annoyed response of wind turbine noise (WTN) and road traffic noise (RTN)

- 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、橋；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

もある。

被害発生を防ぐ方法も検討しないで、被害を押し付ける。決して我慢できません。

音響キャビテーションは、超低周波音の領域での周波数の離散性とマクローリン展開の係数で決る音圧によって、基本周波数の波形の符号が、全体の音圧の符号を決める。0.5 Hz の時は、1秒ごとに圧縮と膨張を繰り返すことになり、微小な気泡が発生し、潜水病と同じ症状になり頭痛が起きる。

騒音レベルは、これを無視して得られる数値である。従って風車音被害との関連性は薄いのです。

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。“

となっています。

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	心拍数	血圧	コルチゾール	不快感	知覚	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、体調の具体的な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

しかし、WTN（A特性音圧レベル）との関連が薄いのも事実です。

統計を取るならば、圧迫感に最も関連する、最大音圧を項目に入れて計算すれば良いのです。頭痛との関連を見つけたいならば、 $P T = \text{最大音圧} * \text{周期}$ の項目を作れば良いのです。

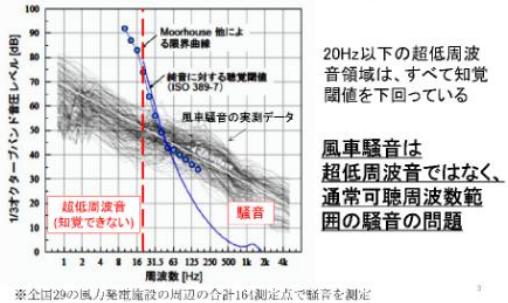
様々な体調不良が、風車の超低周波音が原因であることが明白になります。

超低周波音について

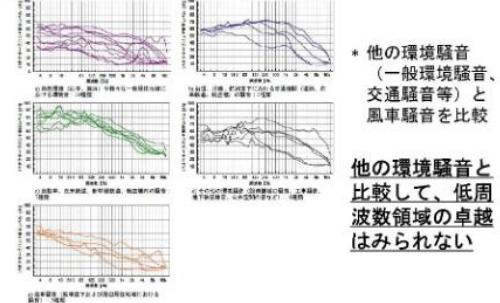


- 平成28年、風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会の報告書がとりまとめられた。
- 風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（=聞こえる音）の問題。
- なお、他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波領域の卓越はみられない。

これまでに得られた知見① 風車騒音に含まれる超低周波音



これまでに得られた知見② 風車騒音と他の環境騒音の比較



風力発電施設から発生する騒音等への影響について（概要資料）（風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会、平成28年）

10

すでに確認しました。

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

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 重力安全小委員会 資料7（一部改訂） 11

超低周波音の項目を削除してはいけないのです。

全体の内容を纏めれば、次のようになります。

風車騒音の目安として、指針値を使う。指針値は、残留騒音+5 dB とする。

風車騒音は、風車の規模との関連性は薄く、距離との関連性が高い。

風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（=聞こえる音）の問題。

他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波数領域の卓越は見られない。

だから、環境アセスの項目から、“超低周波音”を除外する。

多くの国民に対する、悪質な背信行為です。

まず、

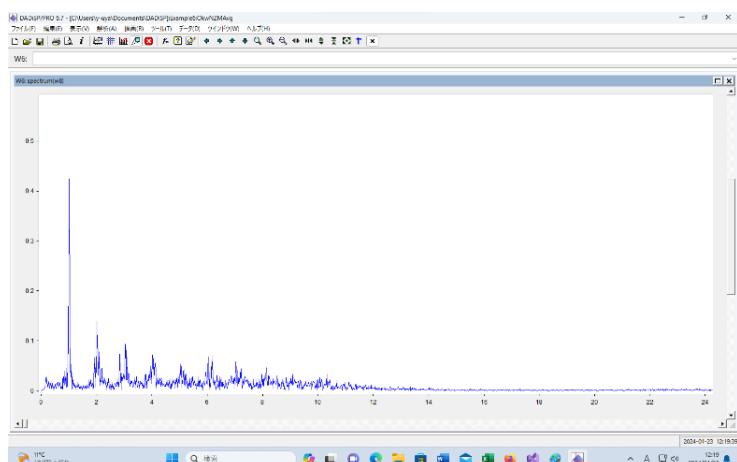
“他の交通騒音などの環境騒音と比較して、低周波数領域の卓越は見られない。”

との言い方ですが、表題で“風車騒音”と書いて“騒音”と限定することで、比較する領域を 20Hz 以上の可聴に限定している。さらに、低周波数領域が 20~100Hz あたりの周波数を指す言葉になっていますので、20Hz 以下の超低周波音の領域で卓越するか否かは論点に含まれないのです。

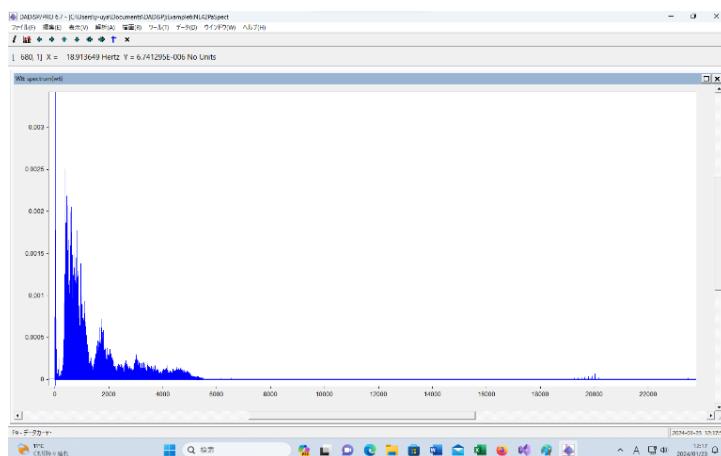
“検討会報告書概要の問題点 2024”に書いておきましたが、超低周波音の領域まで含めて考えれば、風車音の音圧は、交通騒音よりも卓越していることが分ります。

風車音の超低周波領域の最大音圧は、交通騒音の超低周波領域の最大音圧の、77 倍～233 倍です。

風車音での最大音圧は、風が弱い時には 0.14Pa (0.8Hz)、風が強い時は 0.42Pa (1Hz) 程度です。



交通騒音では、0.0025Pa (390Hz)、0.0018Pa (8Hz) です。



音圧に関しては、超低周波音の領域まで含めて考えれば、風車音が卓越しているのです。

次に、

“風車騒音は超低周波音ではなく、通常可聴周波数範囲の騒音（=聞こえる音）の問題。”ですが、可聴域に限定すると、次の様になってしまいます。

交通騒音のエネルギーは、99%以上が、20Hz以上の領域に属するのですが、

風車音では、エネルギーの7%以下が、20Hz以上の領域に属します。

可聴域に限定すると、風車音の影響を正しく評価できないのです。

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、 $93 \times 0.613 = 57\%$ 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。これが、人体を強制的に圧縮、膨張させる原因になっています。

“風車騒音”とすれば、すでに20Hz以上の可聴域に限定したことになるので、書いてあることは、同義反復にすぎません。風車音の全体的なエネルギーを評価する観点から書き直せば、

“風車音問題は、通常可聴域の問題ではなく、エネルギーの93%を占めている超低周波音の問題なのです。”となります。

次に、

“風車騒音は、風車の規模との関連性は薄く、距離との関連性が高い。”

ですが、

風車音では、20Hz以上の成分の音は、元々音圧が低いです。“風車騒音”という言葉は、可聴音（20Hz以上の成分）を指す言葉ですから、大型でも小型でも、“風車騒音”として計測される部分は小さな値なのです。

これについては、“[町田氏講演の問題点 2024](#)”をご覧ください。

風車の静穏化は進んでいます。しかし、超低周波音に関しては、発生する仕組みを考えれば、静音化できないことが分ります。“[超低周波音の解析と発生の仕組み](#)”をご覧ください。

次に、

“風車騒音の目安として、指針値を使う。指針値は、残留騒音+5dBとする。”

ですが、

この計算では、超低周波音の部分が除外され、数値と被害の大きさ間に大きなズレができます。

風車音では、交通騒音での被害と同程度の被害が出る“騒音レベル”が、10dBほど低いです。静穏な地域では、指針値が40dBになる事も多いのですが、被害は、交通騒音での50dB程度に相当する被害ができます。誤差の原因は、計算から除外した超低周波音のエネルギーなのです。これについては、“[検討会報告書の問題点 2024](#)”をご覧ください。

風車音の到達距離や影響範囲に関しては、日本では 1 km として扱う企業が多いのですが、[カナダ政府のHP](#)では、2.5 km 離れて観測された風車音に説明があります。“[A Primer on Noise](#)”をご覧ください。従って、日本の洋上風力では、海岸から 2 km 程度の場所に風車が作られるので、全国的に大きな被害が出ると予測されます。

超低周波音を除外する動きは、日本だけではありません。

Wind Turbines and Health

A Critical Review of the Scientific Literature

November 2014 - Volume 56 - Issue 11

McCunney, Robert J. MD, MPH; Mundt, Kenneth A. PhD; Colby, W. David MD; Dobie, Robert MD; Kaliski, には、

The main problem with measuring low-frequency sound and infrasound in environmental conditions is wind-caused pseudosound due to air pressure fluctuation, because air flows over the microphone.

With conventional sound-level monitoring, this effect is minimized with a wind screen and/or elimination of data measured during windy periods (less than 5 m/s [11 mph] at a 2-m [6.5 feet] height).³⁶ In the case of wind turbines, where maximum sound levels may be coincident with ground wind speeds greater than 5 m/s (11 mph), this is not the best solution. With infrasound in particular, wind-caused pseudosound can influence measurements, even at wind speeds down to 1 m/s.¹² In fact, many sound-level meters do not measure infrasonic frequencies.

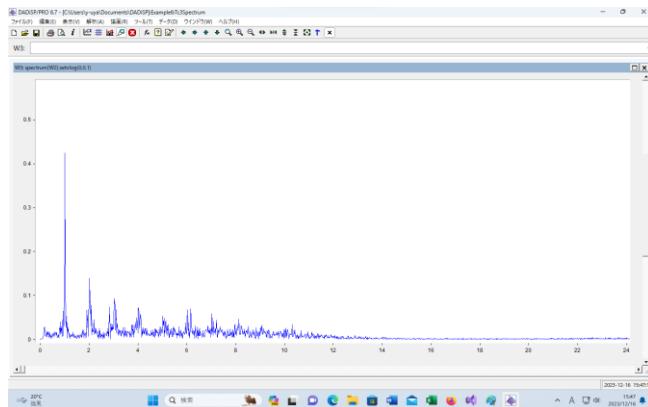
“環境条件下での低周波音と超低周波音の測定における主な問題は、マイクロホンの上を空気が流れるため、気圧の変動による風による疑似音です。従来の騒音レベルモニタリングでは、風の強い期間(2m(6.5 フィート)の高さで 5m/s(11mph)未満)に測定されたデータを排除することで、この影響を最小限に抑えます。³⁶ 風力タービンの場合、最大騒音レベルが 5 m / s(11 mph)を超える地上風速と一致する可能性があるため、これは最善の解決策ではありません。特に超低周波音では、風速が 1m/s 以下の場合でも、風による疑似音が測定に影響を与える可能性があります。¹² 実際、多くの騒音計は超低周波周波数を測定していません。”と書いてあります。

これは、計測された超低周波音が、誤って計測された疑似音だと主張しているのです。日本では、これを風雑音と呼んでいます。しかし、この主張は嘘です。マイクに風を当てなくても、風車の近くでは超低周波音が計測されるのです。風車の近くでは、マイクに風が当たらなくても音圧の高い超低周波音が計測されます。

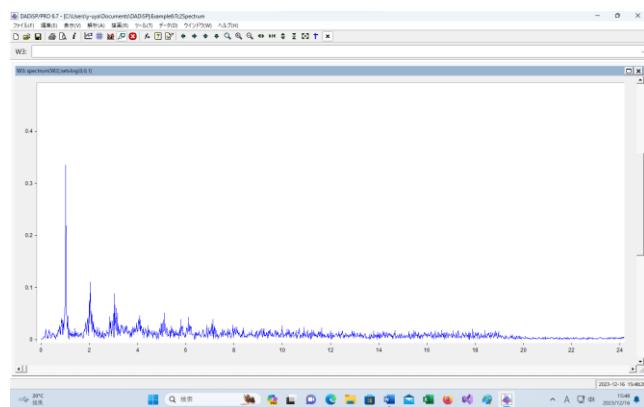
風車の近くでの計測で、騒音計をビニール袋に入れて、それを段ボール箱に入れて、ビニールをかぶせて、



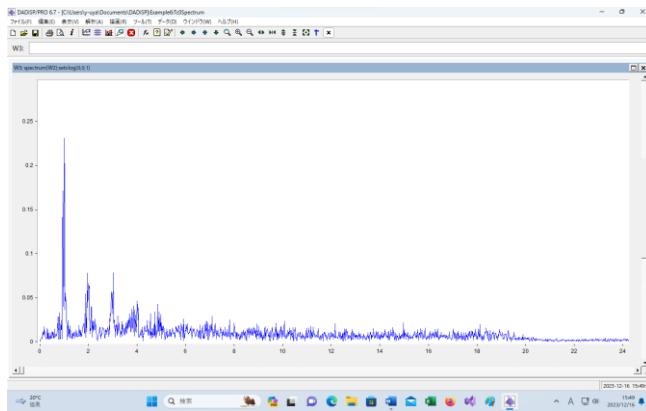
袋と箱に入れ、ドアを閉めた場合は、Max. 0.42Pa



袋と箱に入れ、ドアを開けた場合は Max. 0.33Pa



袋から出して、箱の上においていた結果は Max. 0.23Pa



音圧の違いに関しては、音の反射を考慮する必要がありまが、

風車が近くにあれば、マイクに風が当たらないときと、マイクに風を当てたときを比べると、音圧が高く、規則的な周波数を持った超低周波音は、どちらの場合でも観測されます。

風車が無ければ、マイクに風を当てても音圧の高い超低周波音は発生しない。

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

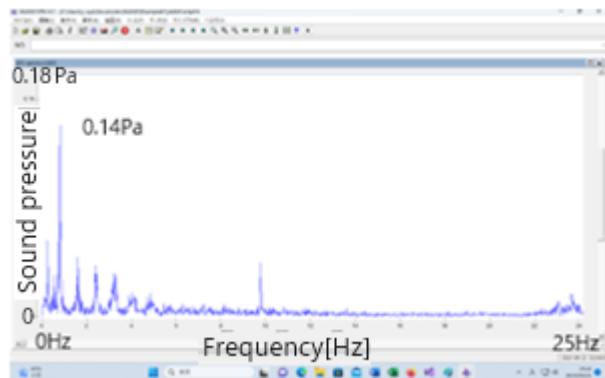
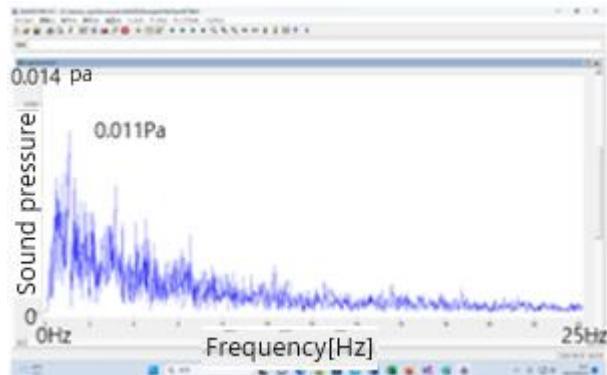


図6. 長尾神社の音 0~25Hz



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。風車の近くでは 0.42Pa、風車が無い所では 0.003Pa の時もあります。これだと音圧は 100 倍以上です。

風車音は、超低周波音の領域での特定の周波数の音の音圧が 1 つだけ高くなります。これは風車音が発生する仕組みを考えれば当然の結果です。大型風車では、0.5Hz 程度になり、この成分が音圧の符号を決定します。

従って、1 秒間は音圧が高くて圧迫され続け、次の 1 秒間は音圧が低くて膨張させられます。この状態は、音の影響で気泡が発生する現象、音響キャビテーションと同じ条件です。

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ます。これは、風車音による直接的な健康被害なのです。

環境省は、風車被害の原因究明を妨害しておきながら、次の様に書いています。

環境影響の回避・低減に向けて



- 風力発電施設は、その立地や規模等により騒音や景観などへの影響をもたらす可能性がある。
- 環境影響評価法により、事業が地域にもたらす環境影響について、事業者自らが調査・予測・評価し、その結果を公表して、一般の方々、地方公共団体などから意見を聴き、それらを踏まえてよりよい事業計画を作り上げることが出来る。
- 事業者は、調査等を通じて、環境影響の回避または低減措置、代償措置の検討・実施を行うとともに、予測の不確実性が大きい分野においては、事後調査による影響の把握とその対策など順応的管理を行うこととなる。
- 環境影響評価実施を支援するため、環境省からは、環境影響に関する情報等をEADASを通じて提供している。

環境省は、風車音の計測方法を制限し、被害の原因となる高い音圧の超低周波音や低周波音の計測結果が小さな数値になる様に“防風スクリーンを付けて屋外で計測しなさい。”もし大きな値になってしまったら、計測結果から除外しなさい。という内容で県や市を指導しています。（“[測定マニュアルの問題点 2024](#)”参照）

さらに、“環境アセスの項目から、“超低周波音”を除外する。“のでは、体調不良の原因である風車の超低周波音を完全に隠してしまうことになるのです。

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。

との事ですが、環境省は、この建前と作って県や市が住民の健康のために調査することを妨害しているのです。事業者自らが調査・予測・評価を行うのですから、事業者にとって都合の悪い計測結果は公表されないのです。さらに、環境省は、事業者にとって都合の悪い超低周波音は計測しなくて良い。と言い切ったのです。

私は、住民として次の様に対応しました。住民説明会の議長を味方にする。説明会の前に長い質問状を書いて文書での回答を要求する。質問状は住民の間で回覧しておく。説明会では業者の回答についての議論をする。（回答が無いと説明会が開けない）。（“[風車質問状](#)”を参照）。

さらに、

計測機材（精密騒音計 NL-62 と振動レベル計）を自分で購入して館山にある風車の音を調べました。
(なぜか、建設は中止となりました。)