

## 内容

(3) 経済波及効果 .....	2
(4) 漁業への影響 .....	2
・天罰（金属疲労） .....	4
・超低周波音の解析と発生の仕組み .....	9
(1) 生態系への影響 .....	23
5. 各地の被害状況 .....	23
5. 1 被害情報 1 .....	24
5. 2 被害情報 2 .....	37
5. 3 被害情報 3 .....	38
5. 4 被害情報 4 .....	44
5. 5 石竹氏の調査 .....	49
5. 6 国、環境省の被害調査 .....	53
(2) 景観への影響 .....	61
(2) 石狩湾（北海道）で国内最大級の洋上風力発電所が商用運転開始 .....	63
・石狩湾での計測結果 .....	63
(3) 洋上風力発電の促進区域 .....	74
・遊佐町沖、酒田市沖の風車と協議会 .....	74
・遊佐沖協議会 .....	78
・酒田沖協議会 .....	79

東邦大学理学部生命圏環境科学科准教授／竹内彩乃氏の問題意識について、次の4点から考察します。

- (3) 経済波及効果
- (4) 漁業への影響
- (2) 石狩湾（北海道）で国内最大級の洋上風力発電所が商用運転開始
- (3) 洋上風力発電の促進区域

### (3) 経済波及効果

洋上風力発電設備には数万点にもおよぶ数の部品が使用されています。これらの部品を国内で製造できれば、産業の振興につながります。また、洋上風力発電を効率的かつ安全に稼働させるためには、日々のメンテナンスが欠かせません。このような関連産業によって、設置エリアでは直接的・間接的にさまざまな経済効果が生まれます。洋上風力発電は、日本の技術力を生かせる産業の一つになることが期待されています。

鎖国時代が終わったことは知らないのでしょうか？

部品を作っても、コストが問題になります。

日本風力エネルギー学会論文集（2024。Vol.48 の p 301, p 302）

を見れば、

世界最大の検査場もブレードも全て中国に

「低コスト」売りに輸出。EUは警戒強める

風力発電の特許競争力、中国が初の首位に

とある。

部品にも当然特許がある。

製造するには、特許料の支払いが必要になる。製造には人件費もかかる。

期待するのは構わないが、現状の技術力、国際競争力、などの観点から現実的な可能性の議論が必要である。

ちょっと大変なことは、見ない事にする。のが竹内氏の特技の様に見えてします。

### (4) 漁業への影響

洋上風力発電の基礎部分は、人工魚礁としての役割を果たし、さまざまな魚類が集まってくることが報告されています。発電所内での漁業については、実証事業などをふまえたうえで各国でルールが決められていますが、日本では船が発電所内に入ることも可能となっています。このため、漁法によっては魚礁効果によるメリットが想定されます（参照：[洋上風力の魚類等への影響について | 海洋生物環境研究所](#)）。

一方、洋上風力発電所があることで制限される漁法もあるため、デメリットも生じます。地域によって用いられている漁法が異なるため、地域の漁業と共生できる発電所を検討していくことが求められます。

とありますが、

漁業関係者は、風車の下が危険であることを理解しています。その危険性は金属疲労が原因であり、それは水平軸型の風車の持つ根本的な欠陥であることも理解しています。これを理解することは、風車から超低周波音が発

生する仕組みを理解する事と同じなのです。竹内氏が、ほんの少しでも金属疲労の原因や風車の危険性について関心を持ってくれたら良いのですが、無理かもしれません。

## 令和5年度 山形県地域協調型洋上風力発電研究・検討会議 第1回 遊佐沿岸域検討部会

五十嵐委員（山形県北部小型船漁業組合）

先ほど経済産業省から安全に対してはそれなりの基準でやっているという説明があったが、調べたところ過去8年間で38件の事故が起きており、年間にすれば4～5件、何らかの事故が起きているようだ。内容としてはブレードの破損等が22件、火災が7件、ナセルの落下等が5件、タワーの倒壊等が4件。我々はこういうものの下で操業しなければならない立場の人間であり、非常に危惧している。

今まででは台風などの強風や雷によるものがほとんどだったと思う。ただ、2023年3月17日に青森県の六ヶ所村で発生したタワーの倒壊は、風速が8～10m前後であり、そうしたレベルでも倒壊するということを考えると、我々はそこで商売するということは考えられない。命を懸けてまで、そこまでやる価値があるのかと思う。溶接面の金属疲労が原因とのことであったが、こういう状態でも事故が発生するとなると、本当に我々はそこで漁業を営んでいけるのか、逆に言えば安全を誰が担保してくれるのか、その辺も考えていただきたい。1年前にこういう事故が発生しているわけで、これに関する議論がこの会議で何もなされていないということはどうなのか、提言しておきたい。

資源エネルギー庁 西尾補佐（オブザーバー）

そうした不安を与えてしまうような事故があったということは大変申し訳なく思っている。

先ほども説明した通り、洋上風力発電設備は電気事業法に基づき、計画、設計がしっかりとなされているか、経済産業省において確認しており、適切な施工等、維持管理がなされているのかも確認しているところであるが、どうしても溶接の不具合や施行の不備が発生してしまっている事例があるので、監督省庁としても適切に対処していきたい。

## ・天罰（金属疲労）

人間に多くの恵みを与えてくれる大自然も、濡れ衣を着せられれば怒ります。そして、天罰が下ります。

風車からの超低周波音を“風雜音”と言ってはなりません。

この原因は、マイクに風が当たる事ではないのです。もし、マイクに風が当たることが原因ならば、風車が無い場所でも、同じようは周波数スペクトルが現れなくてはなりません。

“風雜音”とは、考えることを止めました。研究者の資格はありませんと自ら宣言していることになるのです。

これを、風車からの超低周波音だと考えれば、この音は金属疲労による風車の倒壊の予測に役立つのです。

金属疲労は毎日の繰り返しですが、近年は台風が大型化しています。水平軸型の風車の最上部にあるナセルは、トラックのような形状です。横風を受けると、大きな被害が出ます。

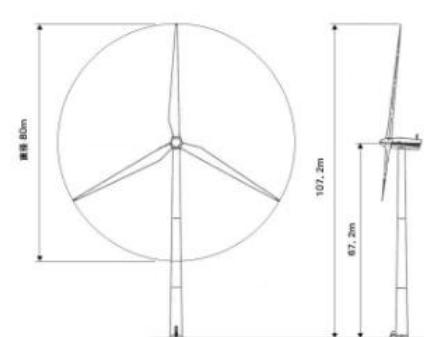
被害を避けるためには、風に対して正面を向けて、風の影響を小さくするのです。これが出来なくなると、次のような事故が起こります。

台風は今後も大型化します。この事故はこれから起こるのです。

的山大島風力発電所：台風9号・10号によるブレード折損事故に関する報告（第4報）

## 風力発電所の概要

事業者名	株式会社的山大島（あづちおおしま）風力発電所
出資比率	ミヅウロコグリーンエネルギー：75% 平戸市：25%
発電所名	的山大島風力発電所
所在地	長崎県平戸市大島村前平
定格出力	32,000kW (2,000kW×16基)
運転開始	2007年3月
風車メーカー	Vestas Wind Systems A/S
機種	V80-2.0 定格出力:2,000kW
風車クラス	IECクラス:1A 設計風速50m/s(10min.ave)
ローター直径	80m ナセル本体:地上より67.2m
カットイン:4m/s 定格風速:15m/s カットアウト:25m/s	



ブレード長さ:39m  
重量:6,500kg / 1枚



## 事故の概要

### 台風9号時

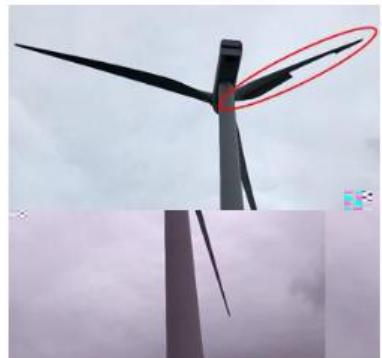
2020年9月2日夕方から9月3日早朝にかけ、台風9号が的山大島の西側を通過した。このとき、発電所の風車全16機のうち8号風車、13号風車、16号風車の3機のブレードが破損した。

風車は台風通過前に風速25m/sのカットアウト風速を超えたため、保安停止中の7号風車を除き、全機自動でPause状態に移行していた。

Pause状態：風車は発電停止し、ブレードピッチはフェザリング状態で、ヨーは自動追従となります



8号風車：ブレード3枚破損



13号風車：ブレード1枚破損

### 台風10号時

台風9号通過から中2日、2020年9月6日夕方から9月7日早朝にかけ、台風10号が的山大島の西側を通過した。このとき、7号風車のブレードが破損した。

台風9号通過時に発生した故障により、事故機である4機については、ヨーイングに異常が生じており、風向の変化に追従できない状態となっていた。



16号風車：ブレード2枚破損



7号風車：ブレード1枚破損

ヨーイングとは、ナセルの向きを風の方向に向けることです。これが故障すれば、当然事故は起こります。

しかし、故障しなくとも、事故が起こる可能性はあるのです。

風が、大きさと方向を激しく変化させることは、気象庁のデータから明らかです。

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

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

(前10秒間風程は、10秒間に風が進む行程を意味します。132は秒速13.2mの風速です。)

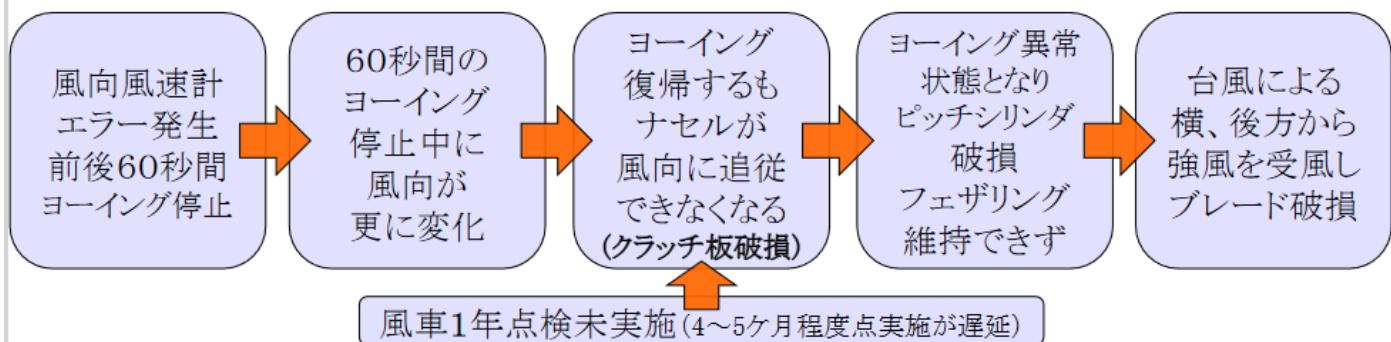
風速も風向も不安定なのです。

風の急激な変化についてゆくには、風車の向きを高速で変化させなくてはなりません。発電機の部分はとても重いので、激しく向きを変えればそれだけで壊れます。

構造から考えて、水平軸型の風車は、根本的な欠陥品なのです。

## 事故原因の推定（8号機、13号機）

【変更後】



### 8号機、13号機の事故原因について

この2機について、ヨーイング機能に異常を生じさせた原因として、計測範囲を超えた風速による、風向風速計のエラー発生が挙げられる。

風向風速計のエラーにより、風向とナセル方向の差異が拡大し、その状態で瞬間的に強い力が加わったことでクラッチ板が破損したものと推測する。クラッチ板については、前年度の1年点検実施から1年以上点検が行われておらず、メーカーが指定する1年毎の定期点検が適切に実施されていない状態であった。

ヨーイングに異常を生じさせた原因は、計測範囲を超えた風速によるエラーの発生、点検が適切に行われていないために生じたクラッチ板の破損であったと推測する。

世の中には、音も静かで、風に合わせて向きを変える必要のない風車もあります。パリのエッフェル塔に登ってみてください。

### 金属疲労

風車は壊れます。風車の事故の記事ですが、

金属疲労についても考慮する必要があります。飛行機の事故では金属疲労の話をよく聞きます。風車でも起こります。

**金属疲労で1メートルの亀裂 京都・伊根町の風力発電所事故で専門家会議**

広告 エンジニア諸君

スキル 偏差値 70 重要

挑戦せよ

<GitHub>でスキル偏差値を見る  
サクッと50秒でエンジニアスキル偏差値がわかる！

Findy

もっと見る

同会議によると、外観調査や金属組織の分析から、3枚の羽根（長さ25メートル）と発電機など計45トンが溶接された鉄製タワー（高さ50メートル）の上端部付近で、金属疲労による亀裂ができていたことを確認した。

ナセル落下を写真1-1にタワーの破断状況を写真1-2に示す。  
また、タワートップ及びナセルの断面図を図1-3に示す。



写真1-1 ナセル落下

今年3月、太鼓山風力発電所（伊根町）で、風力発電機の鉄製タワーが折れ風車部分が落下した事故をめぐり、事故原因について検証している府の専門家会議が4日、京都市内で開かれ、金属疲労によって長さ約1メートルの亀裂ができ、それが広がったことで破断につながった、とする検証結果をまとめた。

同会議によると、外観調査や金属組織の分析から、3枚の羽根（長さ25メートル）と発電機など計45トンが溶接された鉄製タワー（高さ50メートル）の上端部付近で、金属疲労による亀裂ができていたことを確認した。

原因は、特別に大きな力が働いたというわけではなくて、金属疲労とことです。  
金属疲労は、比較的小さい応力でも繰返し受けることで、材料に小さな割れが発生し、それが少しづつ進行して、最終的には破壊にいたる現象です。

金属疲労がなぜ問題になるのか？  
金属が破壊するのにはいくつかのパターンがあります。  
最も単純なケースとして引張試験のように応力をかけ続け破壊するものです。この場合、破壊の前に変形が起こるため、確認は容易です。  
しかし、金属疲労の場合、大きな変形は起きずに小さな割れが起こるだけです。そのため、疲労の発生確認と破

壊までの予想時間が困難です。

金属材料は自動車や航空機、建築物などに使用されています。これらはほとんど常に応力がかかる状態であるため、金属疲労が起こります。実際の金属材料の不具合や事故の多くはこの金属疲労が原因です。

さて、

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

には、ナセルと塔の側面が大きく揺れることができます。

塔が揺れれば、塔が曲がります。塔の振動の周波数は、1.6Hzです。(比較的小さな風車なので回転数が大きいのでしょうか。) この周波数 1.6Hz は、ブレードの回転数から計算した風車音の超低周波音のうちで、最も音圧が高くなる周波数と一致しています。

従って、風車からの超低周波音の周波数を正確に測ることは、風車に起きる金属疲労の状態を予測する方法の一つと言えるのです。

風車音の超低周波音の部分を解析しない、論文が、熊谷組の名前がついた形で公開されていることは、風車に関して、建設後の金属疲労に関心が無いのが熊谷組なのかと思われてしまいます。

2) 菊島義弘,長島久敏,橋本晶太,鯨岡政斗,濱田幸雄,川端浩和,小垣哲也,風速が風車騒音指向性に及ぼす影響について,風力エネルギー利用シンポジウム Vol.38 p. 69-72, 2016

には、風車音が指向性を持つことが書かれています。

計測結果では、1.6Hzの成分が目立ちます。

3) Dai-Heng CHEN,増田健一,尾崎伸吾,円筒の弾塑性 純曲げ崩壊に関する研究, 日本機械学会論文集 A 編, Vol.74, No.740, p. 520-527, 2008

には、円筒が曲がる場合の曲面の変形について書かれています。この変形が大きな方向と風車音の持つ指向性とは一致しています。

5) 石田幸雄,風車の振動解析,Journal of JWEA Vol.34 No.4, 2010

を見れば、定常運転の時の、ブレードに掛かる揚力ベクトルの方向が、塔の振動方向であることが分ります。

もしも、金属疲労に関心があるならば、塔の振動を周波数が一致していて、しかも運動方向と指向性が一致している風車音を調べるべきだと考えます。

風雑音を風車からの超低周波音だと理解して、それが発生する仕組みを考えることが大切なのです。

- ・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。

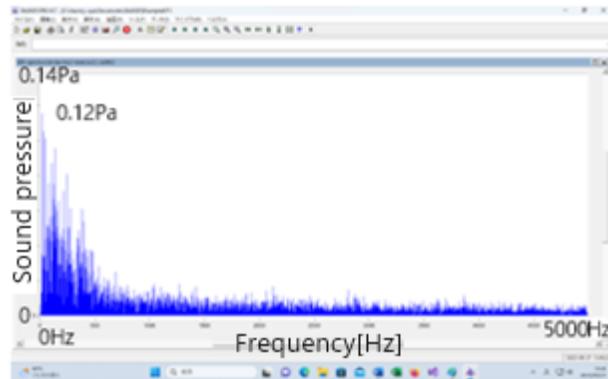


Fig.1 JFE iron mill ; Max 0.12[Pa] (12Hz)

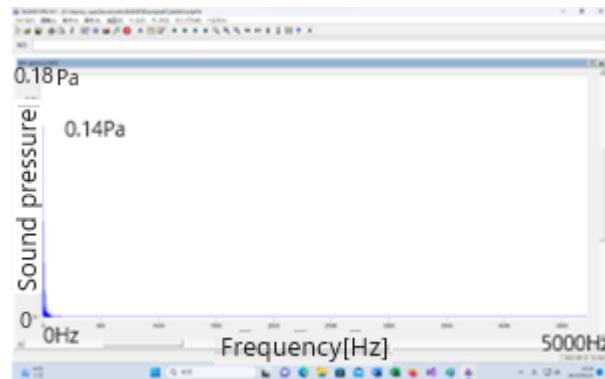


Fig.2 Wind turbine noise ; Max 0.14[Pa] (0.8Hz)

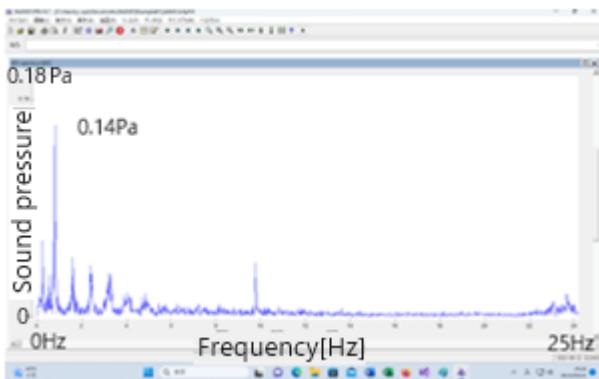


Fig.3 Wind turbine noise (0~25Hz)

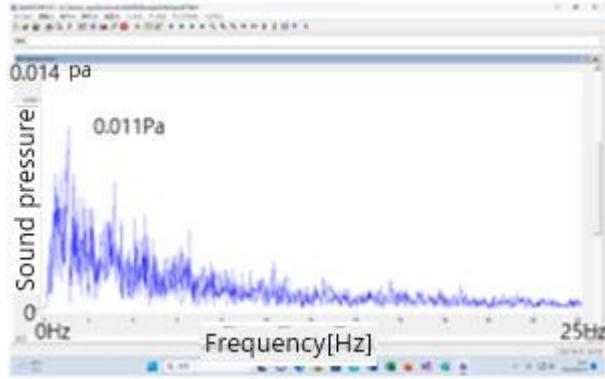


Fig.4 Nagao shrine (0~25Hz) ; 0.011[Pa] (1. 1Hz)

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つた。

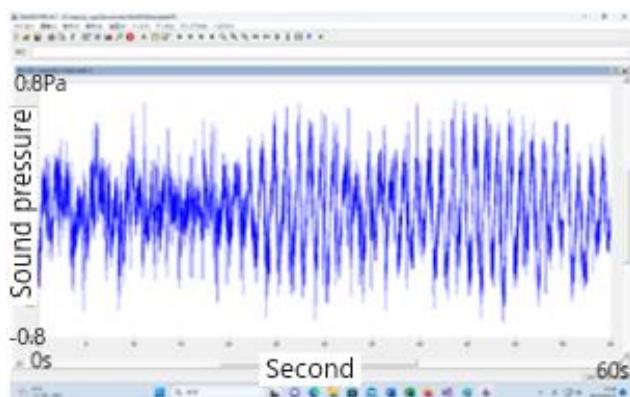


Fig. 5 Wind turbine noise

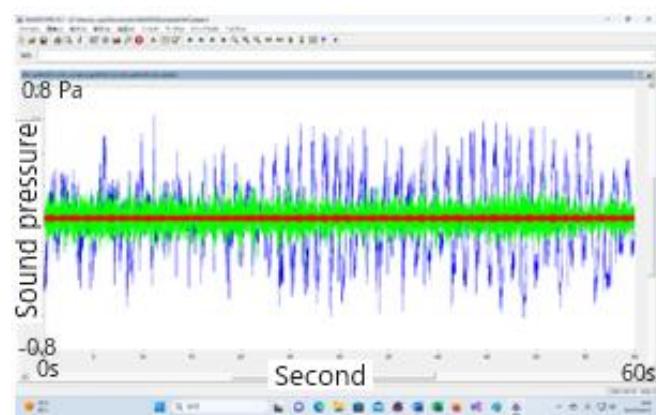


Fig. 6 Separated Wind turbine noise

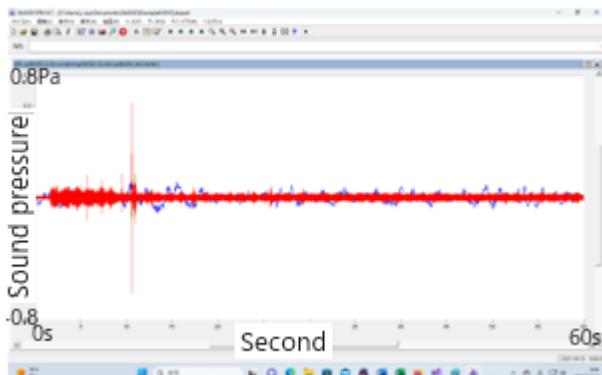


Fig. 7 Separated sound from speaker

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つて風車の近くに行くしかない。

## 5. 風車音の細かな特徴

表3は、図3に於ける音圧のピーク値とその時の周波数を対応させたものである。

Frequency at peak[Hz]	Rate(1)	Rate(2)	Sound pressure[Pa]
0.2667	1.0000		0.0560
0.5333	2.0000		0.0309
0.8167	3.0625	1.0000	0.1405
1.5833	5.9375	1.9388	0.0436
2.4167	9.0625	2.9592	0.0242
3.2167	12.0625	3.9388	0.0317
4.0000	15.0000	4.8980	0.0177
4.8667	18.2500	5.9592	0.0173
5.4667	20.5000	6.6939	0.0101
6.2667	23.5000	7.6735	0.0098

Table 3 Frequencies of the peak values

最大音圧となるときの周波数 0.8Hz, は、翼の回転数を  $R(\text{rpm})$ 、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。

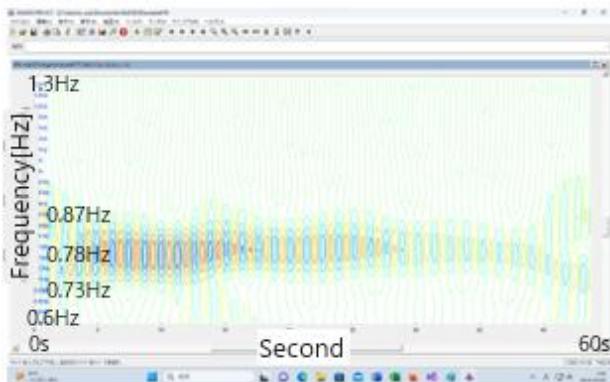


Fig. 8 Fine fluctuation nearby 0.8Hz

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の一部である。周波数は風速の変化に対応して細かく変化し、図8の変化と一致する。

図8で色の濃い部分は音圧が高いことを示し、図8は60秒間の計測結果なので、音圧が高い状態が20秒程度継続することが分る。10分間の計測結果から、0.8Hzに近い周波数成分の音圧は、風が弱いときは0.10[Pa]、風が強いときは0.37[Pa]、平均で0.18[Pa]程度であることが分る。

## 7. 塔の振動方向と風車音の指向性

ナセルや、塔の地上 40m の側面の振動の方向や大きさ、音の指向性を揚力ベクトルの方向に注目しながら考える。(1.6Hz は小型風車で回転数が高いため。)

### “風車ナセル・タワーの振動解析”1)

では、ナセル部分について、“図 3 のローリング方向では 0.8Hz、1.6Hz、2.7Hz にゲインの増大が確認でき、ロータの偏芯が顕著には現れておらず、代わりに 1.6Hz に羽根数 × 回転数の振動が表れている。これは、上下左右の風速さと羽根数によるブレード変形振動が起因している”図 4,5 はナセル振動の 210 度方向、300 度方向スペクトルを示す。”“210 度方向ではロータ回転周波数 0.5Hz が若干表れ、羽枚数 × 回転数 1.6Hz が顕著に表れている”、さらに、1)の図 6, 7 からタワー内 40m の振動にも、210 度方向、300 度方向に 1.6Hz の成分が表れていることが分る。

### “風速が風車騒音指向性に及ぼす影響について” 2)

では、“200 度の位置のレベルが高くなっている。この位置はキャンセレーションメカニズムが働きレベルが低下する位置であり指向性の予測とは逆の現象が現れている。”とあり、20 度、110 度、200 度、290 度の方向で音圧が高いことが、2)の図 6 から分る。

“円筒の弾塑性純曲げ崩壊に関する研究”3)を参考にすれば、塔の側面の変動は図 9 図 10 となる。

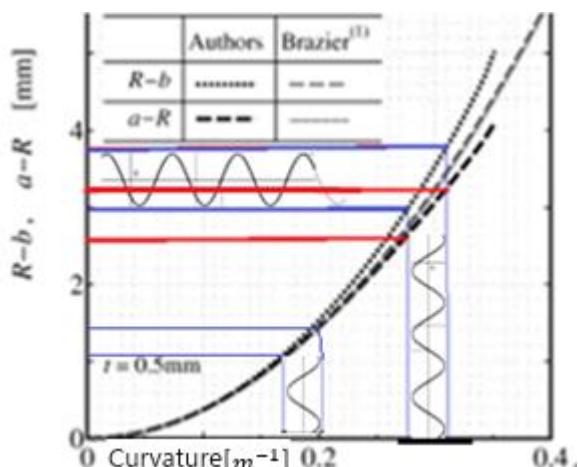


Fig. 9 Force fluctuation and side vibration

図 9 は塔の側面が塔に掛かる力の変化に応じて振動することを示す。右の方が側面の振動幅が大きい。

塔の断面は、図 10 の右側の様に円筒が曲がるときに橢円になる。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。

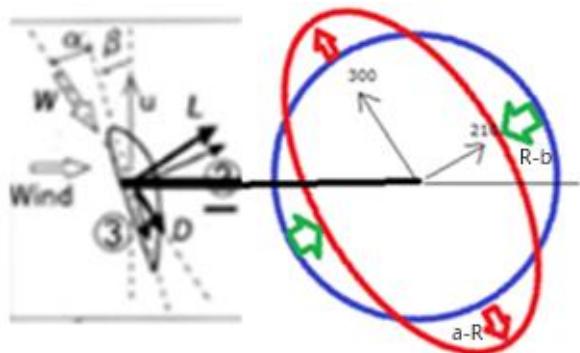


Fig. 10 Lifting vector and modification

## 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。

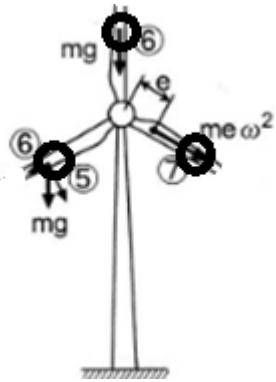


Fig. 11 Wind turbine in balance

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、

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

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。

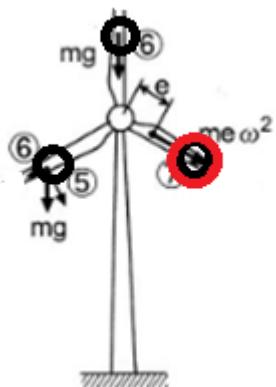


Fig. 12 Wind turbine imbalance

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

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

について調べればよいことになる。

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

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、 $3*R/60[Hz]$  のほかに、 $2*3*R/60[Hz]$ ,  $3*3*R/60[Hz]$ ,  $4*3*R/60[Hz]$ , …の揺れが発生する。

さらに、1枚のブレードが少しだけ大きい場合や、風に対する角度が他の2枚と少しだけ異なる場合には、風車の変動に、 $R/60[Hz]$  のほかに、 $2*R/60[Hz]$ ,  $3*R/60[Hz]$  の揺れも含まれる。

この力が塔に作用すれば、塔の切り口は橿円となり、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) 石井値夫編集,泡のエンジニアリング,テクノシステム, 初版, 2005

### (1) 生態系への影響

洋上風力発電の設置において懸念されるのは、生態系への影響です。建設時には、杭を打設する際の騒音や海底ケーブル埋設工事における水質悪化、運転時には水中音による魚類や海洋哺乳類への影響が考えられます。また、渡り鳥の飛行ルートへの影響も挙げられます。

洋上に建造物を設置した際に、海底地盤や海洋生態系にどのような影響がもたらされるのかについては、事前の環境影響評価が不可欠です。しかし、欧州と比較して日本では洋上におけるデータの集約・公開が進んでいません。データの公開が進められていないと、地域に参入する発電事業者が早期に影響を評価する材料がないため、調査に時間を要してしまい、非効率です。

また、環境影響評価のなかで、**実際に影響が出たときの解決策を先に話し合っておく「順応的管理」**の方法も、生態系への影響を最小限にとどめるために有効と考えられます（参照：[順応的管理の考え方 | 国土交通省](#)）。

生態系の中に、海岸近くに住む人間は含まれないのでしょうか？

海岸から 2 km～4 km離れているから、風車音の影響は無いのでしょうか？

被害を訴えている住民の声は聞こえないのでしょうか？

陸上の風車では、2 km以上の範囲で被害が出ています。洋上風力はさらに大きく、沢山並びます。

累積的な影響が心配です。

被害の訴え

## 5. 各地の被害状況

日本各地に、風車の被害を訴える方が沢山います。

石狩風車の低周波音測定結果と健康被害 元札幌医科大学講師・山田大邦氏の論文より

2018年2月8日 では、

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

表1 東伊豆での風車停止中の被害改善調査（%）

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

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

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

となっています。

風車を止めれば被害が7割減るのならば、風車音が健康被害の原因であることは明白だと考えるが、そうではない人もいるようです。

## 5. 1 被害情報 1

三重県に住んでいる友人は、

2023/2/23 付けのメール

宇山様

お世話になります

音について できる限り情報整理が出来てからお送りします

今 音で気になっているのは

現在稼働中の 株シーテック社のウィンドファーム笠取です 年中聞こえますが（離隔が2kmです）

特に10月から4月ごろまでが大きいです 音は耳で聴きとるのは異なる状況で難しいです

集落でよく聞こえる日の状況は 曇天 集落では風が弱い（その時は山では吹いているのでしょうか）

2023/1/22 付けのメール

宇山様

お世話になり有難うございます

文中の株シーテックの稼働中の19基の事業所名は「ウィンドファーム笠取」です

騒音は現在大きなスイング音が平木集落に届いています

よく聞こえるときは ジェット機音のように聞こえます

シーテックを基準にすると、GPIの計画は離隔が近い 4200KWとシーテックの2.1倍大きいですので建設は危険と考えます

シーテック 28基の事業名は 「ウインドパーク布引北」 さるびの温泉から名阪道の加太町にかけて評価書に進んでいるようです

私は準備書に自分の地域の事業のようにウインドパーク布引北の関係地区と共に参加しました

行政と一緒に出向きました

まずはお礼まで

と言っています。

近くの山は、風車でいっぱいです。



図3 「青山高原風力発電所」の全景。出典：青山高原ウインドファーム

金属疲労での事故もきました。

平成 25 年 5 月 2 日  
株式会社シーテック

#### ウインドパーク笠取発電所 CK-19 号機風車 ナセル脱落事故について（ご報告）

##### 1. ウインドパーク笠取発電所の設備概要と今回の事故概要

###### (1) ウインドパーク笠取の概要(図 1)

- ・所 在 地：三重県津市美里町および伊賀市上阿波地内  
(CK-19 号機風車は津市美里町)
- ・定 格 出 力：38MW(2,000kW×19 基)
- ・運 転 開 始：第 1 期平成 22 年 2 月 22 日  
第 2 期平成 22 年 12 月 15 日 (19 号機風車は第 2 期分)



###### (2) 風力発電設備の概要(図 2)

- ・風 車：株日本製鋼所社製
- ・定 格 出 力：2,000kW
- ・定格回転数：19rpm (毎分回転数)
- ・ロ ー タ：直径 83.3m、ハブ取付高さ 地上 65m

図 1 発電所位置図

### (3) 事故の概要（写真 1）

- ・推定発生日時：平成 25 年 4 月 7 日 16 時 37 分～16 時 55 分の間
- ・事故の状況：発電機・ナセル・ブレードが脱落



写真 1 タワー座屈・ブレード・ナセル脱落状況

風車建設で作った道路が崩壊しています。



さらに大規模な崩落もきました。

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



写真はウインドパーク笠取の伊賀市上阿波地区からです。  
崩落現場の上では風車が稼働しています。発電所内には崩落している所、形跡があります。小委員会でも在りましたが地層は花こう岩、  
崩落は風車の振動も一要因の説があります。



元の管理道路

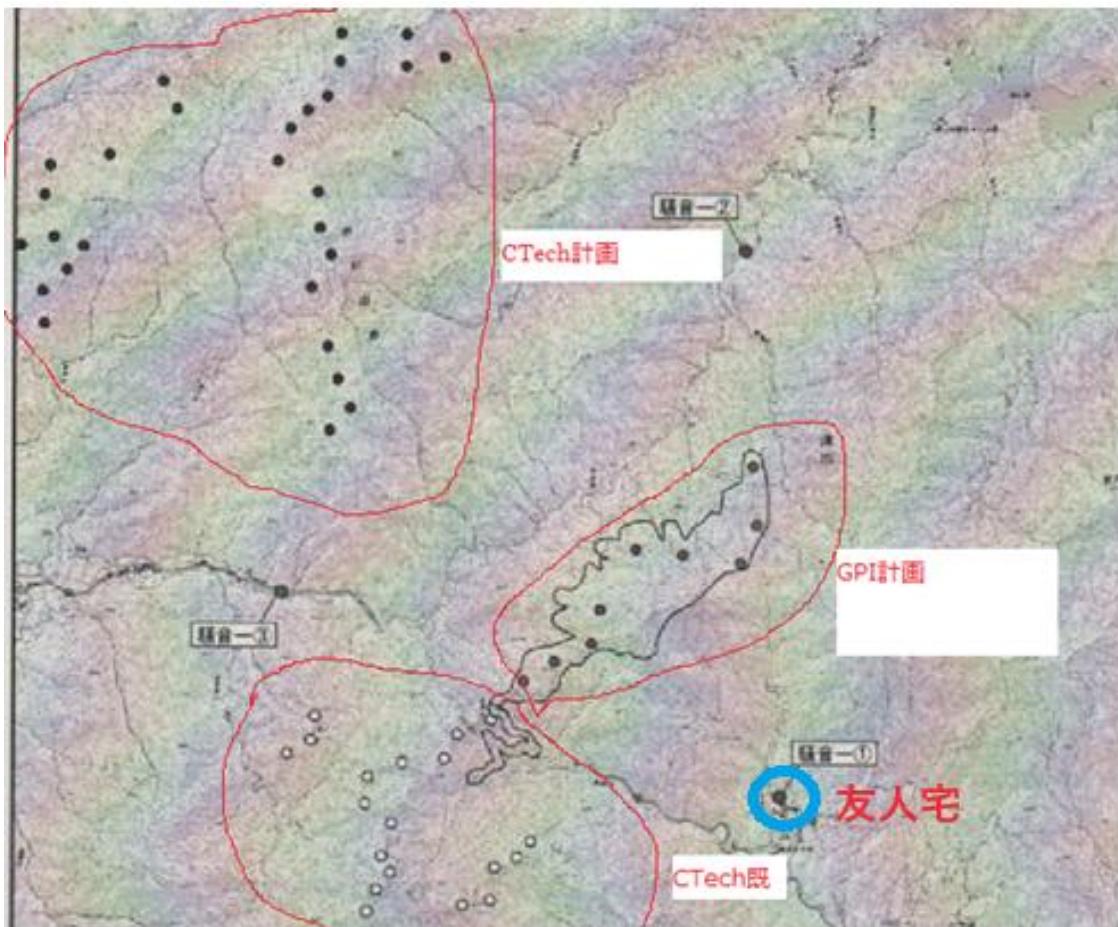
崩落場所

脇部川

(株)シーテック社(笠取)管理道路

(株)シーテック社が自費で建設をした橋梁(1億円~ 以上)

友人が住んでいるのは、水色の丸印の平木地区です。とても静かな場所です。



騒音は、33～36dBの場所でした。

### 【騒音（施設稼働）】予測及び評価結果



#### 施設の稼働による騒音の影響

▶ いずれの地点においても指針値を下回っておりません。

【春季】

(単位: デシベル) 【冬季】

(単位: デシベル)

予測地点		現況値	将来予測結果	環境省指針値	予測地点		現況値	将来予測結果	環境省指針値
騒音-① 平木地区	昼間	34	35	40	騒音-① 平木地区	昼間	33	34	40
	夜間	36	37	41		夜間	35	36	40
騒音-② 河内中地区	昼間	43	43	48	騒音-② 河内中地区	昼間	40	40	45
	夜間	43	43	48		夜間	40	40	45
騒音-③ 上阿波地区	昼間	40	41	45	騒音-③ 上阿波地区	昼間	38	39	43
	夜間	39	40	44		夜間	37	38	42

※空気吸収による騒音減衰が最小の場合の予測。

※時間区分は、「騒音に係る環境基準について」(平成10年環境庁告示第64号)に基づく区分(昼間6~22時、夜間22~6時)のとおりです。

現況値が春季34 dB、冬季33 dBでした。(冬季の33 dBの場合について考えます。)

下限値は35 dBまたは40 dBですが、この地域に対しても、40 dBが下限値となります。

残留騒音は33 dBですから、 $33+5=38$  dBが(残留騒音+5 dB)の値が、この地域の下限値である40 dBより低いので、規定により、少し増やして、40 dBがこの地区の指針値となります。

## 【騒音(施設稼働)】評価について

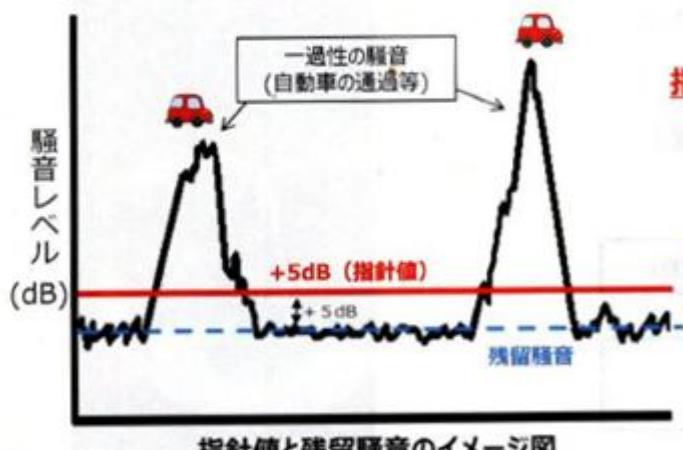


### 現況値(残留騒音)

自動車の通過等の一過性の音を除外した地域の音環境を表す値です。

### 指針値

評価の目安となる値です。  
現況値(残留騒音)に応じて  
下記のとおり、設定されております。



現況値 (残留騒音)	環境省の指針値
30dB未満	35 dB
30dB以上 35dB未満	40 dB
35dB以上	現況値(残留騒音) + 5dB

出典：風力発電施設から発生する騒音に関する指針について（環境省）

Green Power Investment Corporation 2022 © All Rights Reserved

41

現況値(残留騒音)は、自動車の通過等の一過性の音を除外した地域の音環境を表す値です。

GPIは指針値を決定するために、残留騒音を求めました。残留騒音の求め方は色々あり、ここでは注2の方法で求めています。風車稼働後の騒音の予測値は残留騒音の大きさにも影響されます。

p816

表 10.1.3-21(2) 施設の稼働に伴う騒音の予測結果(指針値との比較)  
(累積的影響：調査期間中の空気吸収による減衰量が最小时)

予測地点	時間区分	騒音レベル						指針値	
		現況値 a	風力発電施設寄与値			将来予測値 累積 e=a+b+c+d	増加分 e-a		
			本事業 b	既存 c	計画中 d				
騒音-①	昼間	34	29	28	18	36	2	40	
	夜間	36				37	1	41	
騒音-②	昼間	43	30	17	18	43	0	48	
	夜間	43				43	0	48	
騒音-③	昼間	40	31	34	27	42	2	45	
	夜間	39				41	2	44	

予測地点	時間区分	騒音レベル						指針値	
		現況値 a	風力発電施設寄与値			将来予測値 累積 e=a+b+c+d	増加分 e-a		
			本事業 b	既存 c	計画中 d				
騒音-①	昼間	33	29	28	18	35	2	40	
	夜間	35				37	2	40	
騒音-②	昼間	40	30	17	18	40	0	45	
	夜間	40				40	0	45	
騒音-③	昼間	38	31	34	27	40	2	43	
	夜間	37				40	3	42	

注1: 時間区分は、「騒音に係る環境基準について」(平成10年環境庁告示第64号)に基づく区分  
(昼間: 6~22時、夜間: 22時~6時)

注2: 現況値は、現地調査における測定値より算出した残留騒音 ( $L_{A90} + 2\text{dB}$ )とした。

注3: 指針値は、残留騒音 + 5dB とした。なお、「残留騒音 + 5dB」が 40dB 未満の場合は 40dB とした。

冬場の平木地区の昼間は、33,29,28,18 の合計で 35 となっています。

33,29,28,18 での計算は

$$10 * \log_{10} \left( 10^{\frac{33}{10}} + 10^{\frac{29}{10}} + 10^{\frac{28}{10}} + 10^{\frac{18}{10}} \right) = 35.4 = 35$$

今度は、騒音の現況値(注2. 実際に計測された値)を用いて将来の騒音の予測値を出しました。

p814

表 10.1.3-20(2) 施設の稼働に伴う騒音の予測結果 (環境基準との比較)  
(累積的影響: 空気吸収による減衰量が最小时)

予測地点	時間区分	騒音レベル ( $L_{A90}$ )						環境基準 (参考)	
		現況値 a	風力発電施設寄与値			将来予測値 累積 e=a+b+c+d	増加分 e-a		
			本事業 b	既存 c	計画中 d				
騒音-①	昼間	39	29	28	18	40	1	(55)	
	夜間	37				38	1	(45)	
騒音-②	昼間	42	30	17	18	42	0	(55)	
	夜間	42				42	0	(45)	
騒音-③	昼間	45	31	34	27	46	1	(55)	
	夜間	40				42	2	(45)	

【冬季】		騒音レベル ( $L_{A_{eq}}$ )						単位 : dB
予測地点	時間区分	現況値 a	風力発電施設寄与値			将来予測値 累積 e=a+b+c+d	増加分 e-a	環境基準 (参考)
			本事業 b	既存 c	計画中 d			
騒音-①	昼間	39	29	28	18	40	1	(55)
	夜間	37				38	1	(45)
騒音-②	昼間	40	30	17	18	40	0	(55)
	夜間	39				40	1	(45)
騒音-③	昼間	45	31	34	27	46	1	(55)
	夜間	39				41	2	(45)

注 1: 時間区分は、「騒音に係る環境基準について」(平成 10 年環境庁告示第 64 号) に基づく区分  
(昼間: 6~22 時、夜間: 22 時~6 時)

注 2: 現況値は、現地調査における測定値 ( $L_{A_{eq}}$ ) とした。

注 3: 環境基準は、地域の類型指定が定められていないことから、参考として「騒音に係る環境基準について」(平成 10 年環境庁告示第 64 号) における「A 類型」の基準値を( )で示した。

冬場の平木地区の昼間は、39,29,28,18 の合計で 35 となっています。

39,29,28,18 での計算は

$$10 * \log_{10} \left( 10^{\frac{39}{10}} + 10^{\frac{29}{10}} + 10^{\frac{28}{10}} + 10^{\frac{18}{10}} \right) = 39.7 = 40$$

さらに、将来予測値として、40dB を示しています。この値は、この地域において、昼も夜も 40dB の音が鳴り響くことを意味しています。

この音の中身は、昔からの風の音や川の音に、3群の風車の音が合わさったものです。では、新たに第4群の風車建設計画が持ち上がった時の、“残留騒音”は何デシベルかと言えば、この 40dB の音の中には、“自動車の通過等の一過性の音”は含まれていないので、40dB が残留騒音となります。

指針値の増加に関しては、

[“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”](#) で、

③ 残留騒音 (residual noise) : ある場所におけるある時刻の総合騒音のうち、すべての特定騒音を除いた残りの騒音。本マニュアルでは、地域の静けさを表わす騒音レベルのベースに含まれる準定的な暗騒音は残留騒音に含める。したがって、残留騒音でも音源が識別できる場合がある（遠方の、波音、川音、道路交通騒音等）。なお、測定地点周辺に既設の風力発電施設がある場合は、これらの施設から発生する騒音を除いた騒音を残留騒音とする。

となっていたので、後ほど修正します。

この土地に、さらに風車が建設されるときの指針値は、40+5=45dB となります。いつの間にか、指針値が 40dB から 45 dB に増加しました。第 5 群、第 6 群の風車が出来るときにも、指針値は増えてゆきます。

指針値の変化を示すために、単純化したモデルを作ると、次の様になります。

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

指針値は、どんどん大きくなります。風車は、2年おきに建設すれば、いくらでも作れるのです。

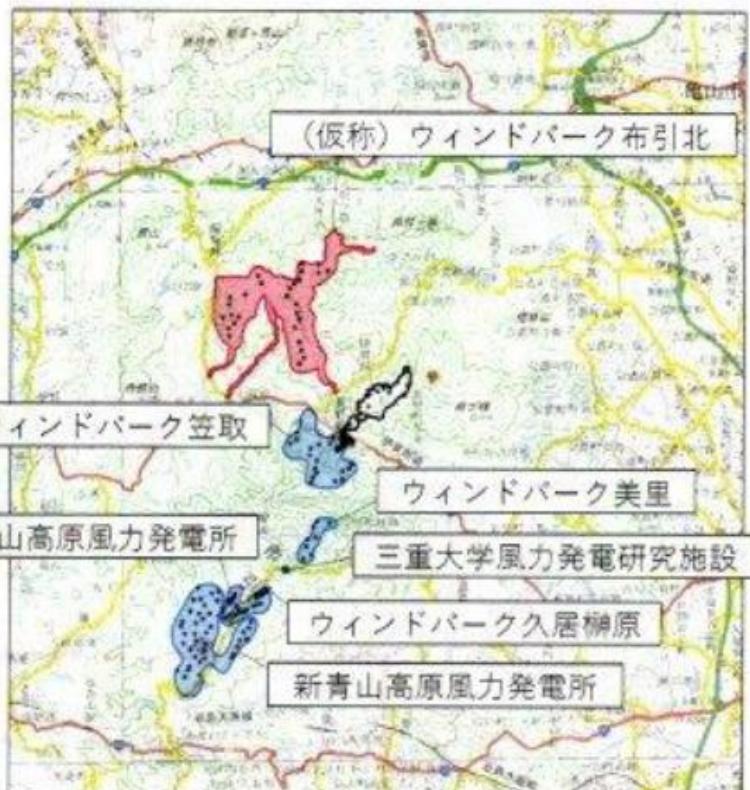
気が付けば、周りは風車だらけです。指針値の効果としか言えません。制限なく建設可能なのです。

## 対象事業実施区域及びその周囲の風力発電事業



近隣に既設及び計画中の風力発電所がありますが、計画している場所は重複しておりません。

- 対象事業実施区域
- 他事業による風力発電機(稼働中)
- 他事業による風力発電機(計画中)
- 風力発電設備(風車位置)



質問：指針値は、規定通りに適用すれば、いくらでも風車を建設できるような数値として作られていると考え

るが、貴社はどのように考えるか？具体的な数値を用いた例を作つて指針値に関する貴社の認識を述べてください。

(答え)

さらに、困ったことに、風車騒音を予測するには、下の表にある、音響パワーレベルの表を使います。表にある周波数は、63Hz～8000Hzだけです。(これが国際的な基準のようです。)

#### 4) 予測条件

##### 7. 風力発電機の配置及び種類、基数

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

なお、予測に当たっては、全ての風力発電機が同時に稼働しているものとした。

表 10.1.3-14 風力発電機の種類及び基数

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

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

##### 4. 風力発電機のパワーレベルと周波数特性

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

表 10.1.3-15 風力発電機のパワーレベル及び周波数特性

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

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

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

単位 : dB

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

騒音は20Hz以上だったと思うですが、20Hzから63Hzの部分が計算から除外されています。

千葉県館山市の風車音の周波数スペクトル (0~5000Hz)

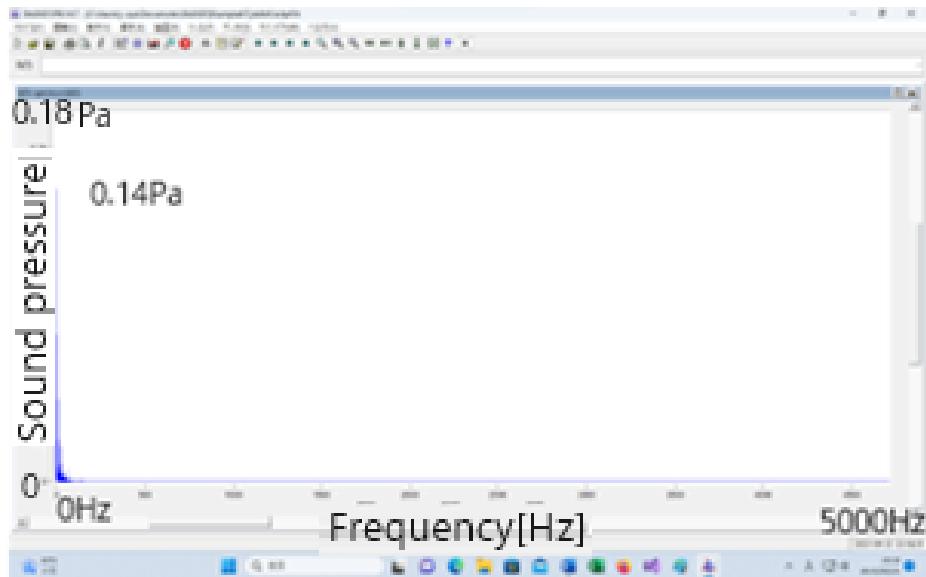
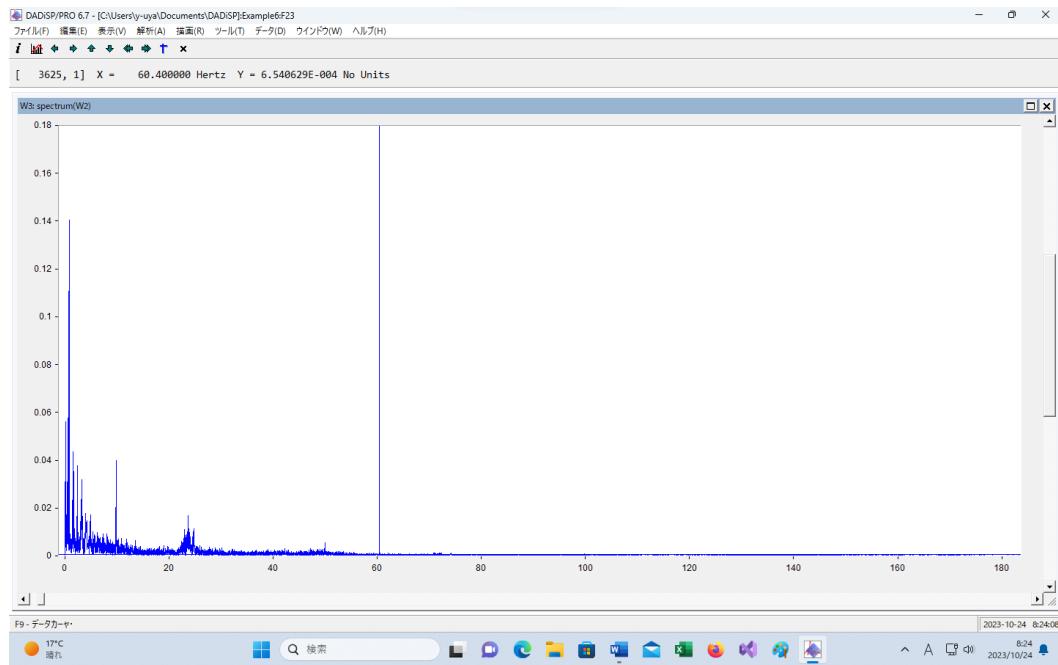


Fig. 2 Wind turbine noise ; Max 0.14[Pa] (0.8Hz)

0~190Hzの範囲のグラフ、縦の線は60Hz。



63Hzからの計算では、風車音のエネルギーの大半を無視して計算することになります。

これでは、風車騒音の予測とは言えません。

超低周波音に関する表もあります。

1Hz～200Hzの表です。

表 10.1.4-4 風力発電機のパワーレベル及び周波数特性

単位 : dB

項目	1/3オクターブバンド中心周波数(Hz) : 平坦特性音響パワーレベル											
	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5
本事業	133.1	131.8	130.5	129.2	127.9	126.6	125.3	124.0	122.7	120.7	118.7	116.7
既存施設	121.0	121.9	118.2	118.1	117.4	116.1	113.4	112.1	110.6	109.1	107.8	106.6
計画中施設	119.2	117.5	118.9	122.4	121.2	121.2	121.4	120.7	119.4	118.8	119.8	117.8
項目	1/3オクターブバンド中心周波数(Hz) : 平坦特性音響パワーレベル											
	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
本事業	115.1	113.3	111.5	110.2	109.2	108.0	107.1	106.3	105.4	104.5	103.9	103.0
既存施設	103.9	102.1	101.1	101.3	101.7	97.4	102.6	99.8	108.0	100.5	96.8	93.8
計画中施設	113.3	114.2	114.1	112.7	112.3	111.2	109.8	107.2	105.6	108.7	102.1	97.5

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

大型風車で、強力な音圧を持っている 0.5Hz の部分は無視されているのです。この部分を無視して計算すると、その値は現実の状況を表現できないのです。

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。1/3オクターブ解析は、各帯域のあるエネルギー量と関連しています。

1Hz～20Hz として、1/3オクターブ解析をすれば、風車音のエネルギーの半分以上を計算対象から除外することになります。

その結果、被害状況とは対応しない数値になってしまいます。多くの場合は、住民が受けている被害を表現できない数値になっているのです。被害を訴える住民に対して、根拠の無い言いがかりをつけてくるクレーマーとの評価を下すことになります。重要な要因を無視して計算した数値を出して、それと被害状況を比べようとするほうが間違っているのです。

質問：風車騒音の予測で、計算対象を63Hz～8000Hzとしたのでは、20～40Hz辺りのある程度強い音を計算対象から外すことになると考えます。

可聴域が20Hzからなので、計算対象を20Hz～20000Hzにして計算すべきです。

これについての、貴社の考えを述べてください。

(答え)

## 5. 2 被害情報 2

風力発電の被害 新書 – 2016/1/1

由良守生(著)

巨大な風力発電は必ず有害な低周波音(低周波空気振動)を発生させて、周辺の人々に悪影響を与えます。ヨーロッパやアメリカでは、既にたくさんの被害報告や研究論文が公開されています。

日本では水俣病方式で被害が隠ぺいされてきました。日本騒音制御工学会など、環境省の異常な報告書を比較してみると明らかです。被害が明らかであるのに、行政主導で全国に風力発電の建設が進められています。被害を隠蔽するためのいろんなトリックが仕掛けられています。

国策として、地域対策、被害者の弾圧があります。まるで全体主義、ファシズムです。低周波音の被害者となると、耳鳴り、目まい、頭痛などにより生活が一変します。性格の変化、人格の崩壊があります。家族の者でさえ理解できない苦しみに狂います。

被害確率は、重傷者で 100 人に一人か二人です。しかし本人ですら気がつかない脳溢血や心筋梗塞といったリスクを含めると、30 パーセントに及ぶと汐見文隆医師など識者や海外の文献では報告されています。由良町では被害範囲は 2 km ほどです。

体調のよくない人はすぐに亡くなりました。水俣病でもそうですが、被害調査をしないのです。アンケートもしません。

被害者や被害地域は厳重に管理されています。いったん管理されるようになると、囚人のようになります。被害の本質が分からぬようになるようです。人として考えることができなくなり、受け売りの言葉だけで話すようになり、薄っぺらな人になります。ロボットのようになる、と支援者の人たちは言います。

これに対する行政や議会の悪辣さには驚きます。これほどまでに議員の劣化、悪化が見られることもないでしょう。社会がなおざりにしてきたツケが、このありさまなのだと思います。風力発電の被害とは何か、由良町からの報告です。

### 5. 3 被害情報3

南伊豆風車（被害）紀行（2）～承前  
によれば、



風車を眼前に、「子供たちのことをなぜ考えないのか」と嘆く住民

この集落に住むひとりは、かつて産廃処分場問題で苦労されたそうで、ここに引っ越してきたとき「これだけ道が細ければトラックも通れない。ここなら産廃もゴルフ場も来ないだろう」と考えたそうです。  
ところが、山の反対側から風車が……。なんとも悲しい話です。

集落の一番奥に住むかたとお話をできました。

この家からいちばん近い風車までは540m。その風車も含め、家の背後に風車群が迫っています。

ところが、このかたのお話は驚くべきものでした。

試験運転が始まるなり、奥様がたちまち胸の圧迫感や頭痛、吐き気など、典型的な風車病（超低周波振動によると思われる健康被害）の症状に襲われたのですが、それがひどいのは、目の前の近い風車ではなく、北東方向にある1km離れた風車が回っているときだということです。

試験運転中は、すべての風車を稼働させているわけではなく、何基かは止めて、何基かを動かすということを繰り返しやっています。

止めた風車の羽根（ブレード）は、羽根の付け根を回転させて、風を羽根に受けないようにします。

風が、↓ こう吹いてくるとすると……、

羽根を風に向かって（つまり風車の正面に対して）／ではなく、| のように傾けて、風をそのまま素通りさせるわけです。

分かりますかね。風車を真上から見たとして、

↓↓ .....風がこう吹いているとき、  
／ .....ブレードの角度がこうなっていると回るわけですが、

↓↓ .....風に対して、  
| .....このように羽根をまっすぐにしまえば、

風は通り抜けてしまい、ブレードはほとんど回らない、というわけです。

ですから、止まっている風車は、回転していないだけではなく、正面から見たとき、羽根が細くなっているので分かります。

いちばん近い風車（家から 540m）がぶんぶん回っているときは、音はすごいものの、身体が受けるダメージはそれほどでもなく、それが止まっていて、北東方向の 1 km 離れた風車が回っているときのほうがダメージがはるかに大きいというのです。

これは予想もしていなかった話でした。

風車の低周波被害は、単純に近ければ近いほどひどいだろうと思っていましたが、そう単純なものではないということなのです。

問題の 1 km 離れた風車というのは、そのお宅からはある場所に立つと、山と山の間に姿が半分くらい見えてきます。おそらく、そこから家までのびる谷戸が、バックロードホーンのような働きをして、低周波の通り道になり、あるいは増幅させるような効果を持っているのかもしれません。

似たような証言は他の家でもあり、風車が山陰に隠れて見えない、1.5km くらい離れた家では、その見えない風車からの音は聞こえないのですが、回っているとき、ぴったり連動して住民が吐き気や胸の圧迫感、頭痛、耳鳴りなどに襲われていることが分かったそうです。

そのかたは、当初、見えない風車のことなど気にしていなかったのですが、昨年暮れから急に、そして、あまりに頻繁に気持ちが悪くなるので、体調がおかしくなる時間帯を記録していたところ、それが風車の稼働している時間とぴったり重なったのです。

今、風車の周辺の住民たちの間では、様々な疑心暗鬼が渦巻き始めています。

はつきり聞こえない音で体調がおかしくなることなどあるのだろうか……。しかし、風車が稼働してから、突然、身体がだるくなったり、音もしないのに圧迫感に襲われて眠れなくなったり、吐き気や頭痛に襲われることが多くなった。これはやはり風車のせいではないのか……。しかし、風車が目の前にある××さんの家などと違って、我が家は風車が見えない、少し離れた場所にある。うちでクレームなど言いだしたら、まるで補償目当てのように、変に思われるのではないか。村八分にされるのではないか……。いやいや、△△さんの家は、黙っているけれど、業者とこっそり示談金交渉をしているらしい。うちも黙っていたらバカみたいだ……。

静かに仲よく暮らしていた住民たちの間に、こうした、声にならない声が溜まっているといっています。風車はまだ試験運転の段階で、本格稼働はこれからです。一部をこわごわ（？）動かしている今でさえこれだけの被害が出ているのですから、全機が一斉に動き始めたら一体どういうことになるのでしょうか。想像を絶する地獄になることは間違いないでしょう。

町はすでに、苦情や相談は事業者との個別交渉へと導き、諸手を挙げて誘致した自分たちの責任から逃げることで精一杯のようです。

隣の下田市は、市長が風車を拒否する姿勢を貫いていて、住民説明もろくにしないまま、早い段階で誘致した南伊豆町とは対照的です。行政の責任者がどれだけまともな感性、判断力を持っているかで、住民の運命はこうも違ってくるのだと、痛感させられます。

お話を伺った住民（70代くらい？男性）は、繰り返し繰り返し言っていました。

「建てられてしまったらおしまいです。何を言っても、何をやってもだめ。とにかく、絶対に建てさせないこと。建てられたらもう遅いんです」

このかたは、ご自分は今のところ目立った体調異変はないそうですが、奥様がたちまち体調を崩し、今は半別居状態になってしまいました。

彼はまた、こうもおっしゃっていました。

「ぼくは今のところ元気だし、ひとりでもここに住んでいこうと思っているけれど、小さいお子さんやお孫さんがいらっしゃるかたたちがしっかり声を上げないのが不思議でしょうがない。孫子の時代のことを真剣に考えていないんじゃないですか。子供たちが住めないような土地にして、どうするんですか」

この町はどうなっていくのでしょうか。ゴーストタウンになるのか。それとも、風車病の町として有名になるのを恐れ、残った住民たちが締口令を敷き、どんどん閉鎖的になっていくのか……。

町の中を見ていくうちに、見たくないものを見てしまった、知りたくないことを知ってしまったという、何とも言えない重たい気分に襲われていきました。

そう、まさにこの感じ、このどんよりした空気が、今、全国の風車現場で広がっているのです。わが村でもまったく同じです。



目の前のこれらの風車が回っているときより……



右端の山と山の間に見えている遠くの風車が回ったときのほうがダメージが大きいという山の中に入していく道を進むと、風車の建設現場の爪痕も見ることができます。

この沈砂池は、工事のとき、大量の泥水が海や住宅地に流れ込んだため、対策として作られたものですが、大雨の後はこれがあふれてしまい、さらにもう一つ作ったそうです。

これも全国の風車建設現場で起きている典型的な公害。滝根小白井ウインドファームでも、建設中から降雨後の泥水流出がひどく、下流の夏井川では岩魚や山女が産卵できなくなり、夏井川漁協が事業者に補償を求めました。



沈砂池ひとつではとても間に合わなかった泥水流出公害



「お尻（ナセル）がこっちを向いたときが怖い」と住民は言う。風下になったときという意味だ



風車と風車の間隔が狭すぎて、相互干渉は避けられないだろう

まさに「建ててしまえばなんでもいい」という姿勢が見え見え

間近に風車を見ているうちに、だんだん気持ちが悪くなってしましました。見ているだけで気分が悪くなるのですから、ぶんぶん回っているときはどういうことになるのか……。車で通過する人は、「下田を過ぎたあたりで気分が回復した」という人もいるとか。なるほど、よく分かります。

質問：風車音が指向性を持つことについて、貴社はそれを認めますか？

(答え)

質問：次の論文の内容は正しいと認めますか？間違っていると考える場合はその理由を述べてください。

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

(答え)

質問：指向性を持つ音源からの音の影響を評価する場合、音源を点音源として扱えば、指向性を無視してしまうことになります。

住民の生活にとって大きな影響を及ぼす、指向性に関して、貴社の予測方法の中では、どのように扱っていますか？

(答え)

## 5. 4 被害情報 4

### 鳥取県における発電用風車の騒音に係る調査報告

Surveillance Study Concerning the Noise of Windmills for  
Power Generation in Tottori Prefecture

十倉 豊・山本 和季・矢野 大地

TOKURA Tsuyoshi, YAMAMOTO Kazuki, YANO Daichi

和文要旨：2002年11月、湯梨浜町に本県初の風力発電所（発電量600kw）が建設された。そして、現在までに合計41基（東部3基、中部23基、西部15基）を数えるが、地域によっては住民から「頭痛がする、窓・障子が震える」など、超低周波音・低周波音によると思われる苦情を生じている。また、苦情の中には、回転するブレードのちらつきもある。本調査研究では、このような苦情をアンケート調査によって把握するとともに、それぞれの発電機からの発生騒音の音響測定をおこない、その実態を明らかにする。

表2 アンケートの設問内容

<p>Q1：あなたの年齢はいくつですか？</p> <p><input type="checkbox"/>10代 <input type="checkbox"/>20代 <input type="checkbox"/>30代 <input type="checkbox"/>40代 <input type="checkbox"/>50代 <input type="checkbox"/>60代以上</p>
<p>Q2：現在のお住まいを下から選んでください。</p> <p><input type="checkbox"/>鳥取市 <input type="checkbox"/>大山町 <input type="checkbox"/>旧名和町 <input type="checkbox"/>北栄町 <input type="checkbox"/>旧中山町 <input type="checkbox"/>琴浦町 湯梨浜町<input type="checkbox"/></p>
<p>Q3：風力発電について、下の中から選んでください。</p> <p><input type="checkbox"/>よく思っている <input type="checkbox"/>あまり関心がない <input type="checkbox"/>あまり良く思っていない</p>
<p>Q4：風力発電による騒音被害を受けている。</p> <p><input type="checkbox"/>はい <input type="checkbox"/>いいえ</p>
<p>Q5：Q4で「はい」と答えた方のみ、症状であてはまるものに記入してください。（複数回答可）</p> <p><input type="checkbox"/>よく眠れない <input type="checkbox"/>気分がいらいらする <input type="checkbox"/>振動間がある <input type="checkbox"/>頭痛 <input type="checkbox"/>胃のむかつき・吐き気など <input type="checkbox"/>耳の痛み・不快感 <input type="checkbox"/>肩のこりが激しい <input type="checkbox"/>耳鳴りがやまない <input type="checkbox"/>血圧上昇 <input type="checkbox"/>頭の上に違和感がある <input type="checkbox"/>集中力の低下 <input type="checkbox"/>音、振動が止まっていても続いている感じがする <input type="checkbox"/>ガラス、壁、床が振動していて寝ることができない <input type="checkbox"/>風車をみるとストレスや不安を感じる <input type="checkbox"/>その他( )</p>
<p>Q6：風力発電に対するご意見、ご提案等がありましたらお書きください。</p> <p>( ) (ご協力有難うございました)</p>

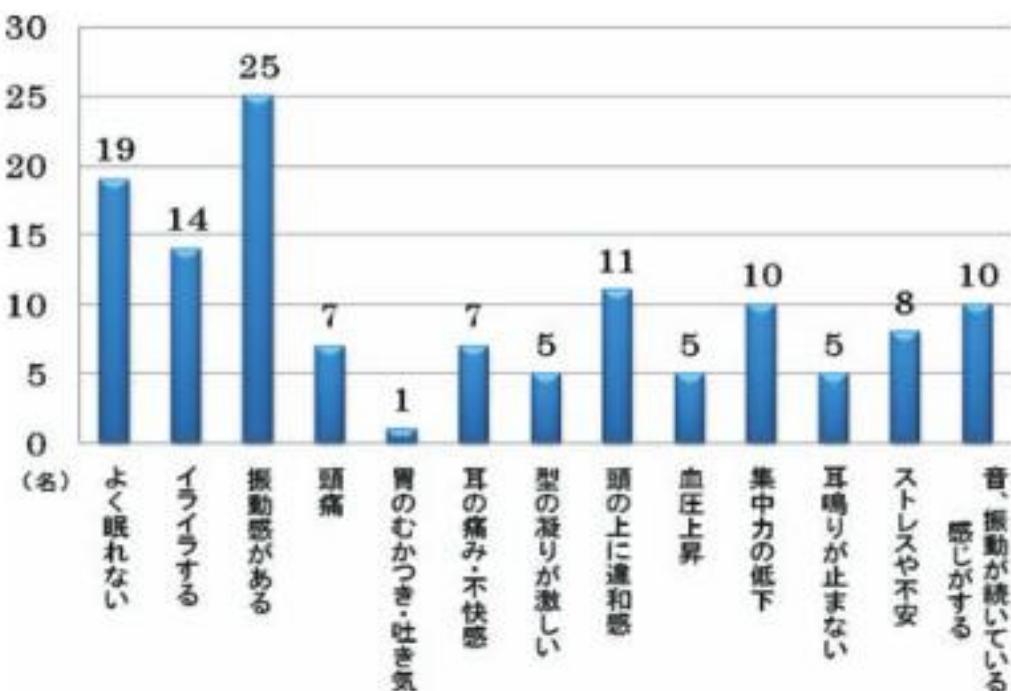


図2 苦情の訴え (「Q5」、複数回答を含む)

表3 アンケート集計結果 (2011.12.15現在)

調査項目 調査地域	配布数 (件)	回答数 (件)	回収率 (%)	苦情数 (件)	苦情率 (%)
大山発電所	70	59	84	16	27
名和発電所	46	34	74	9	26
高田工業団地発電所	60	31	52	1	3
中山発電所	94	58	62	8	14
東伯発電所	46	27	59	12	44
北条砂丘発電所	59	44	75	10	23
湯梨浜町発電所	269	184	68	22	12
鳥取放牧場発電所	1	1	100	0	0
合 計	645	445	69	78	18

大山風力発電所 (No. 1 ~ 6)、名和風力発電所 (No. 7 ~ 9)  
(所在地西伯郡大山町国信・福尾・大塚)

本地区は、近接する風車群の中央を国道9号線が貫通し、騒音環境としては最も不利な状況にあると考えられる。とくに風車6基（No.3、4、5、6、7、8）の円に囲まれた地区、あるいは風車3基（No.7、8、9）に囲まれた地区では、騒音が重畠すると考えられる。

たとえば、ある地点から等距離に位置する3基の風車が同時に回ったとすれば、その地点における音響エネルギーは3倍になる。したがって、その音圧レベル  $L$  (dB) は、1台の場合の音響エネルギーを  $E$  (W/m<sup>2</sup>)、最小可聴音のそれを  $E_0$  (W/m<sup>2</sup>) として、 $L = 10\log_{10} (3E/E_0)$

$= 10\log_{10} (E/E_0) + 10\log_{10} 3$  すなわち、1台の場合の音圧レベル  $10\log_{10} (E/E_0)$  に比べて、 $10\log_{10} 3 = 4.8\text{dB} \approx 5\text{dB}$  上昇する。

また、6基の場合には、 $10\log_{10} 6 = 7.8\text{dB}$  音圧レベルが上昇することになる。なお、上記の計算は、音源を無指向性と仮定している。したがって、風向による指向性の変化、また上空ほどブレードの風切り音が増すこと、などの条件を考慮していないが、複数の風車による音圧レベル上昇については、このような考え方で良いと考えられる。

### 東伯風力発電所（No.16～28）

（所在地：東伯郡琴浦町法万・森藤・杉下・金屋・楓下）

東西3km、南北5kmの範囲に13基の発電機が散在する。

アンケート調査の対象家屋は46戸であるが、回答数27件のうち、苦情率44%で今回の調査では最も高い値を示した。その理由として、大山・名和風力発電所（No.1～9）、中山風力発電所と同様に、半径500mの円内に重複する住戸の存在も挙げられるが、当風力発電所の場合には、隣接する北栄町の一部が500m圏内に入っている、風車建設時に事前の説明が無かったことを苦情に挙げる回答者もあった。

## 3. 風車音の音響調査

### 3-1 調査対象と測定方法

風車騒音の距離減衰を把握するため、県内41基の各風力発電機について、受音点距離が異なる場合の騒音測定を2011年8月中旬から開始した。受音点は、それぞれの風車から15m、30m、60m、120mおよび240m離れた風下の高さ1.5mの位置である。

風車騒音の測定方法については、すでにIEC61400-11およびこれを邦訳したJIS C1400-11「風力発電システム 第11部：騒音測定方法」が存在する。しかし、これらの測定法では、風の影響を避けるため、平板上平面内あるいは地表面にマイクロホンを設置するなど、風車音の厳密な測定に重きが置かれ、実生活の環境測定を目的とした測定方法とは言い難い。また、わが国では現在、測定法に関するさまざまな取組みが環境庁、NEDOの支援のもとに実施されている6)～15)のが実情である。

そこで今回の測定は、わが国の交通騒音測定などで一般的になっているJIS Z8731「騒音レベル測定方法」によることとし、防風スクリーンを装着した低周波精密騒音計NA-18、およびリアルタイム分析器SA-30（いずれもリオン社製）を用い、A特性音圧レベル（騒音レベル）、P特性音圧レベル（平坦特性）、C特性音圧レベルを順次測定した。また、同時にそれらの音を周波数分析（1/3オクターブバンド、1.6Hz～2,500Hz）した。

各受音点から風車までの距離測定には、距離計LA-SER 550AS（オリンパス社製）を用いた。

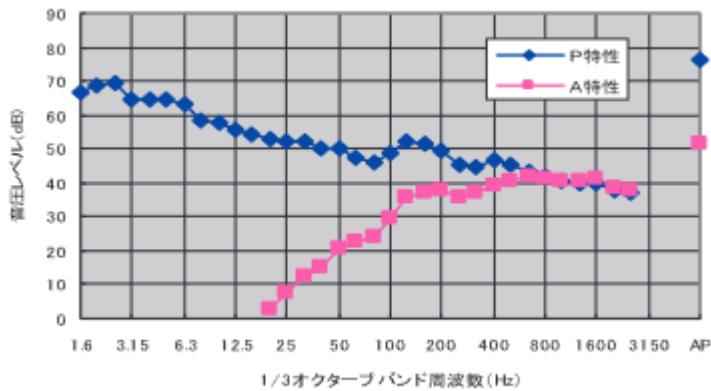


図4 風車騒音の周波数分析結果（A、P特性値）

### 3-3 考察

① 「騒音に係わる環境基準（平成10年環境庁告示）」では、最寄りの住宅等において、基準値（昼間50～60デシベル、夜間40～50デシベル）を満足することと規定している。単位「デシベル」はdB・A、すなわち騒音計のA特性で測定された値である。しかしながら、図4からも明らかなように、dB・A表示では、風車特有の超・低周波音を最初からカットして評価することになる。

超・低周波音による人体への影響については、「超低周波音12.5Hz、16Hz や可聴音31.5Hz、40Hz 成分が卓越すると、腹・胃部等の振動・圧迫感を感じる」の記述<sup>16)</sup>に見るごとく、聴覚だけではなく、人間の体腔共鳴も関係するようである。近年の論文にも、「心身への生理的影響については、いまだ生理学的にも工学的にも解明されていないので、今後この分野の研究は、聴覚から体性感覺系に着目点を移すことが必要である」<sup>17)</sup>、との見解がある。

② 図5および図6から、風車騒音の距離減衰の傾向を知ることが出来るが、減衰の勾配はゆるやかで、規則性に乏しいことが判る。今回の測定は風下側で実施したものである。したがって、風車騒音が風に乗って遠くまで伝播する可能性を示すとともに、受音点が遠くなるほど草木のそよぎ、交通騒音、潮騒などの暗騒音が影響すると考えられる。

③ 風車騒音は、主としてブレード先端の風切り音であるが、上空では風速とともに、風切り音も増す。「風速のべき法則」によれば、風車の設置されるような野原、畠地における風速Vは、 $z$  (m) を鉛直高さとして、

$$V \propto z^{0.28}$$

で表現される。

たとえば、中山、東伯両発電所に設置された発電機のブレードの上端高さは100m、下端は30mであるから、上端、下端におけるVの比率は、 $(3.63/2.59) = 1.40$  となり、上端の速度は下端より40%増すことになる。したがって、風車騒音の距離減衰は、音を増減しながら回転する3音源をモデルにすればよい、と考えられるが、その予測方法は今後の課題である。

④ 風車騒音の音圧レベルについては、これまで風速との関係に重きが置かれてきたと思われる。しかし、ブレードは風速に応じてピッチ（角度）が変わるため、風速と回転数とは比例しない。したがって、今後はブレードの先端速度と音圧レベルとの関係について着目すべきと考える。

### 4. まとめ

1) 今回の調査研究は、県内全域の風力発電所を対象にした点で、わが国でも初めての試みである。

- 2) 風車から 500m 圏内でも「苦情」を生じる今回のアンケート調査から考えて、鳥取県風車建設ガイドラインに示された発電機・民家間の最低距離「300m」は、今後、再検討されなければならない課題である。
- 3) 風車の設置に当たっては、民家までの距離だけではなく、風車群によって囲まれることによる音圧レベルの上昇を考慮しなければならない。

#### 謝辞

本調査研究は、平成 23 年度鳥取県環境学術研究振興事業の補助を受けたものであり、その開始にあたっては、鳥取県生活環境部景観まちづくり課、および環境立県推進課各位のご指導を得た。また、アンケート調査にご協力頂いた各位に心よりお礼を申し上げたい。

#### 肯定的意見

- ・まちのシンボルになっている。
- ・風車増設を希望する
- ・自然エネルギーとして期待している
- ・漁に出る時、風向きが分かって良い
- ・陸上も良いが、今後は洋上発電に期待する
- ・原発より安全で、環境に優しい、など。

#### 否定的意見

- ・風車への落雷が不安
- ・回転時の影、光が気なる
- ・回転音がうるさい
- ・結氷が恐ろしい
- ・風車の撤去を希望する
- ・修理ばかりで電力供給が出来ているのか不明である
- ・隣町住民への事前説明がなかった、など。

## 5. 5 石竹氏の調査

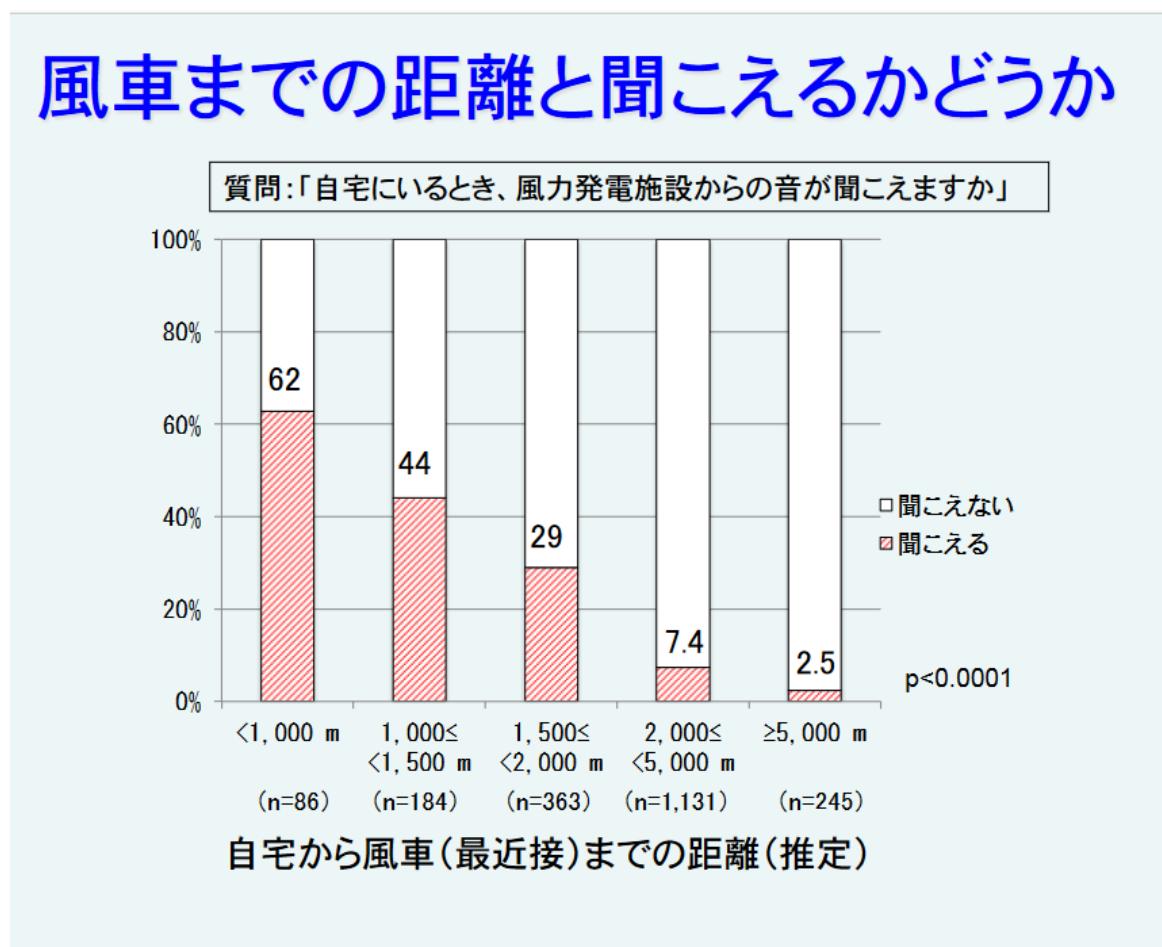
環境研究総合推進費 課題成果報告会（2016.3.11）◆

### 風力発電等による低周波音・騒音の長期健康影響に関する疫学研究

研究代表者：石竹達也（久留米大学医学部）

研究実施期間：平成25～27年度

石竹達也氏（久留米大学医学部）の調査結果は

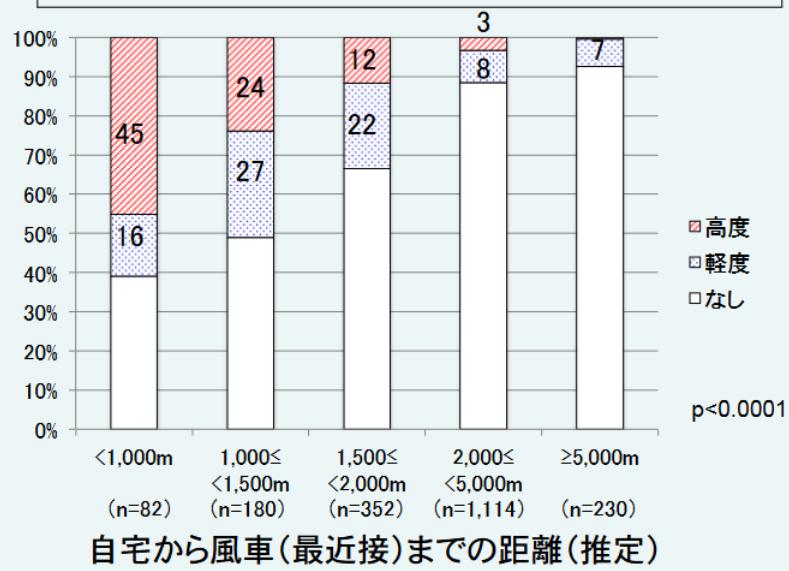


2000mから5000mの距離でも7.4%の人には音が聞こえる。

2000m圏内では、29%の人が騒音を認識する。

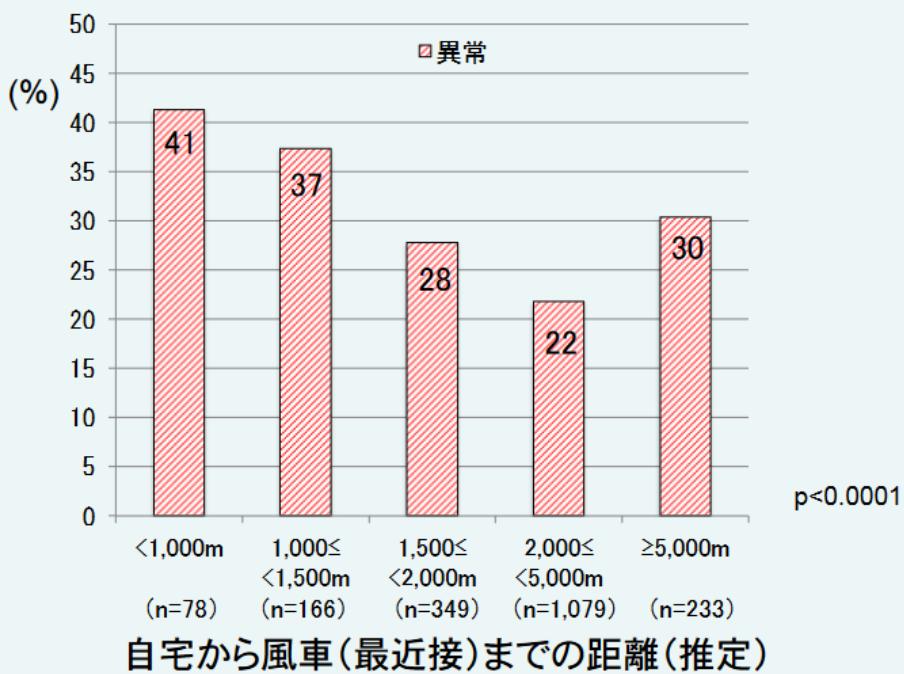
## 風車までの距離とアノイアンス(風車)

質問:「自宅で、風力発電施設からの音に悩まされたり、うるさく感じることがありますか」



## 風車までの距離と睡眠障害

アテネ不眠尺度で異常(≥6)の割合



## 多重ロジスティック回帰分析

### 風車からの距離(公民館)と睡眠障害(アテネ不眠尺度≥6点)

#### オッズ比(95%信頼区間)

	n	ケース数(%)	モデルa	p値	モデルb	p値	モデルc	p値
1,000 m未満	78	32(41.3)	2.43(1.50-3.89)	0.0004	2.36(1.35-4.04)	0.0028	1.93(1.08-3.38)	0.0280
1,000 m~1,500 m	166	62(37.4)	2.11(1.49-2.98)	<0.0001	2.06(1.41-3.00)	0.0003	1.91(1.29-2.83)	0.0018
1,500 m~2,000 m	349	97(27.8)	1.35(1.02-1.79)	0.0336	1.32(0.97-1.79)	0.0820	1.32(0.96-1.80)	0.0859
2,000 m~5,000 m (基準)	1,079	235(21.8)	1.00		1.00		1.00	
5,000 m~	293	80(27.3)	1.38(1.02-1.85)	0.0377	1.25(0.90-1.74)	0.1827	1.24(0.88-1.73)	0.2134

モデルa:①性、②年齢、③音への感受性で調整  
 モデルb:モデルaに加えて④婚姻、⑤収入のある仕事の有無、⑥交代勤務で調整  
 モデルc:モデルbに加えて⑦風車への態度(現在)、⑧風車の景観で調整  
 モデルaで有意だった因子は性(1.36)、年齢(1.01)、音の感受性(1.79)  
 モデルbで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.02)、音の感受性(1.78)、交代勤務(1.93)  
 モデルcで有意だった因子は性(1.30)、年齢(1.02)、音の感受性(1.79)、交代勤務(1.94)、現在の気持ち(5.46)

風車からの距離が1,500m未満に居住している人は、2,000m以上離れた距離に居住する人に対して、睡眠障害の割合が有意に増大(オッズ比:約2倍)した。

注)・モデルaに港の有無で調整すると、5,000m以上の有意なオッズ比が消失  
 ・対象者よりうつ病除外(n=82)しても傾向は不变

## 多重ロジスティック回帰分析

### 風車騒音の距離減衰式

$$dB(L_{Aeq,WTN}) = -20.9 \cdot \log_{10}(\text{距離:}m) + 96.7$$

### 夜間風車騒音( $L_{Aeq}$ )と睡眠障害(アテネ不眠尺度≥6点)

#### オッズ比(95%信頼区間)

	n	ケース数(%)	モデルa	p値	モデルb	p値	モデルc	p値
① <20 dB(A)	273	76(27.8)	1.24 (0.90-1.70)	0.1880	1.20 (0.85-1.69)	0.2944	1.21 (0.85-1.71)	0.2884
② 20~<25(基準)	712	167(23.5)	1.00		1.00		1.00	
③ 25~<30	517	114(22.1)	0.91 (0.69-1.19)	0.4725	0.84 (0.62-1.13)	0.2422	0.83 (0.61-1.13)	0.2297
④ 30~<35	257	91(35.4)	1.73 (1.26-2.36)	0.0007	1.53 (1.08-2.13)	0.0153	1.43 (1.01-2.03)	0.0462
⑤ 35~<40	146	48(32.9)	1.56 (1.05-2.29)	0.0272	1.56 (1.00-2.38)	0.0489	1.34 (0.85-2.08)	0.2094
⑥ >40	0	-						

モデルa:①性、②年齢、③音への感受性で調整  
 モデルb:モデルaに加えて④婚姻、⑤収入のある仕事の有無、⑥交代勤務で調整  
 モデルc:モデルbに加えて⑦風車への態度(現在)、⑧風車の景観で調整  
 モデルaで有意だった因子は性(1.28)、年齢(1.01)、音への感受性(1.89)  
 モデルbで有意だった因子は年齢(1.02)、音への感受性(1.93)、交代勤務(1.92)、収入(1.34)  
 モデルcで有意だった因子は、年齢(1.01)、音への感受性(1.85)、交代勤務(1.84)、収入(1.36)、現在の気持ち(5.73)

夜間の風車騒音( $L_{Aeq}$ )レベルが30~35dBでは、20~25dBに対して、睡眠障害の割合が有意に増大(オッズ比1.5)した。

質問: 風車音の影響は、少なく見ても、風車から3 km以上の範囲に及ぶと考えます。この範囲で、非常に多くの人(2 km圏内では30%以上)が睡眠障害に悩まされています。これに踏まえて、説明会の開催場所を風車から5 kmくらいの範囲まで拡大すべきだと思いますが、貴社はどのように考えますか?

(答え)

質問：風車音の影響で睡眠を邪魔される人が現れるのは、風車から何キロ程度の範囲だと考えますか？

その根拠は何ですか？

(答え)

質問：風車音の影響で睡眠を邪魔された人が、眠くて事故を起こしたら、貴社などどのような責任を取ってくれますか。

(答え)

質問：風車音の影響で睡眠を邪魔された子供が、学校の授業中に居眠りして学力が落ちたときに、貴社はどのようにして責任を取りますか？

(答え)

## 5. 6 国、環境省の被害調査

環境省も調査をしました。

被害を苦情と表現するなど、極めて問題の多いものですが、その中でも被害があることが把握されています。

調査報告 1.

超低周波音（20 Hz 以下）の存在については、

平成 21 年に環境省は風車騒音に関する調査を行いました。（資料 1, 2）でも明らかになりました。

資料 1

風力発電施設から発生する騒音・低周波音の調査結果(平成 21 年度)について（お知らせ）

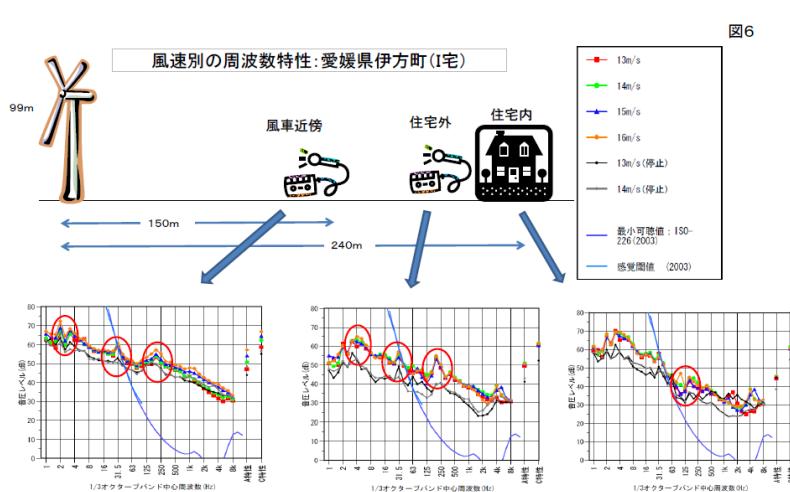
風力発電施設に関して低周波音の苦情が寄せられていることから、環境省は、愛知県豊橋近傍測定点の騒音・低周波音の音圧レベルが低下しました。田原市及び伊方町の苦情者宅内では風力発電設備の稼働・停止により音圧レベルの変化が観測されたが、豊橋市の苦情者宅内では稼働・停止による明確な音圧レベルの変化は確認できませんでした。

（風車音の測定は風の吹いている条件下で行わなければならないため、風雑音の影響を更に除去する方法の検討が必要です。

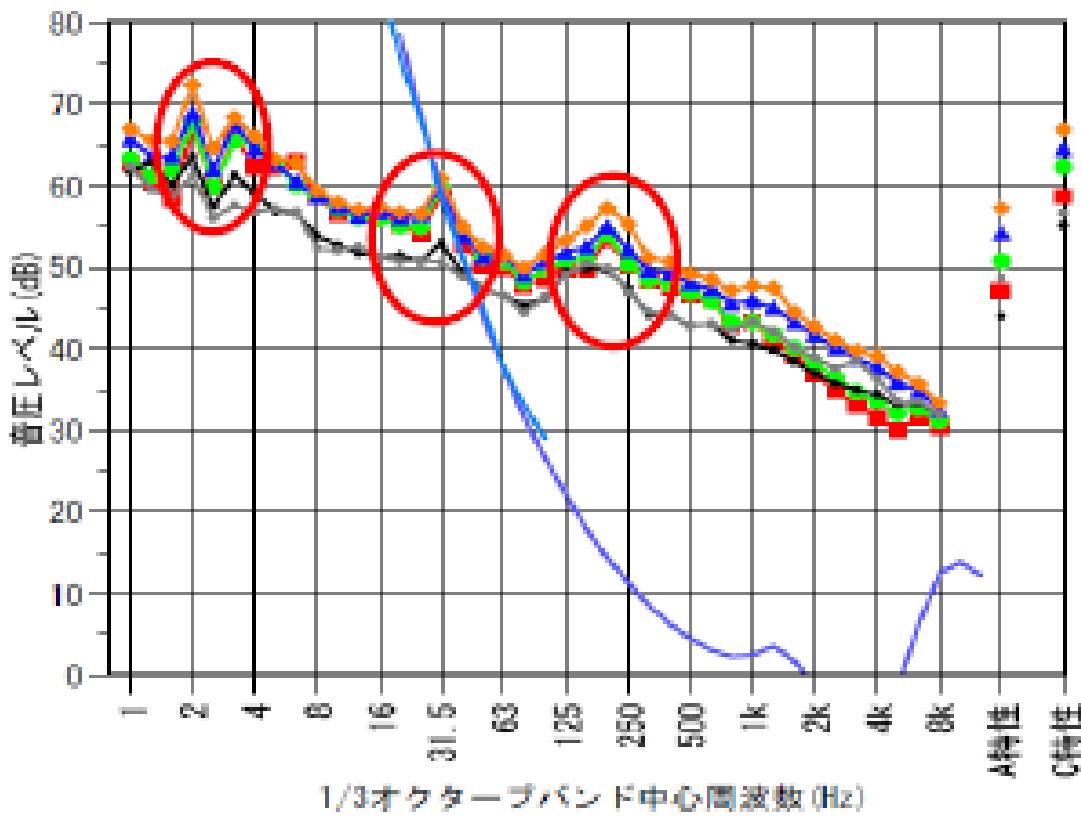
本調査で整理された課題を踏まえ、環境研究総合推進費（旧 環境研究・技術開発推進費）の平成 22 年度戦略指定研究開発領域公募課題「風力発電等による低周波音の人への影響評価に関する研究」により詳細な調査・解析を行い、実態の解明に努めていくこととしています。

さらに、調査結果として

資料 2



があり、



その一部を拡大したものが上の図です。

このグラフでは、1 Hz、2 Hz, 31.5 Hz, 200 Hz 付近に山があります。

## 調査報告 2.

風力発電所に係る環境問題の発生状況「風力発電施設に係る環境影響評価の基本的考え方に関する検討会－報告書（資料編）」より抜粋

（平成 23 年 6 月 環境省総合環境政策局）

に、次のような記述がある。

### 【風力発電所の現地調査のうち、騒音・低周波音に関する主な状況】

- ・建設前に実施した環境影響評価における予測結果よりも、実際の騒音レベルの方が大きい事例があった。
- ・風車から離れている住民（1 km 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。

### 調査報告 3 .

2018 年に環境省の調査結果では

風力発電施設から発生する騒音等に対する取組について環境省水・大気環境局大気環境課大気生活環境室のなかに、次のような記述も含まれています。

#### 2.風力発電と騒音に関する苦情

風力発電に伴い発生する騒音は、交通騒音等と比べ、著しく大きなものではない。ただ、風力発電施設がもともと静穏な地域に作られることが多いため、騒音に関する苦情が発生する場合がある。

### 調査報告 4 .

景観との関連における調査結果では、

平成 24 年度

風力発電施設の騒音・低周波音に関する検討調査業務報告書 (環境省)

報告書の 8 章には

8.2 今後の課題 今年度の検討調査業務を実施して見出された風力発電施設からの風車騒音に関する今後の課題について、以下に整理した。

8.2.1 今後における新たな知見による目標値の見直しの必要性本業務においては、風車騒音の影響について現時点で得られる研究並びに基準等の情報を収集し、当面の行政的取り組みとして環境影響評価における目標値を設定した。しかし、風車騒音の影響はきわめて複雑であり、今後の医学(疫学、病理学)、聴覚、社会心理学的な研究の進展に期待するところが多い。これらの研究の進展に応じて、また環境影響評価の経緯を慎重に見守りながら、本業務で提案した目標値並びに環境影響評価の進め方について、必要に応じて見直していくことが重要である。

8.2.2 情報収集風車騒音の環境影響評価においては、風車騒音の伝搬に係る予測手法の妥当性の検証とともに、それら手法の相互比較による予測精度の検証を今後実施する必要がある。そのためには、測定条件を明確にすることが必要で、風雑音等も十分に配慮された測定データの拡充と蓄積が不可欠である。それと同時に、騒音源である風車の騒音放射特性のデータの公開性が重要である。現状では、風車の音響パワーレベルや周波数スペクトル等のデータは、顧客からの要請に応じて、個別に開示されるのが通常であり、一般には公開されていない。これらの騒音源に係る基礎データは、当該環境影響評価において最も基本となるもので、情報の公開が強く望まれる。

との記載がある。

環境省の公開している資料

風力発電施設から発生する騒音等に対する取組について

環境省水・大気環境局大気環境課大気生活環境室

には、次のようなグラフと解説がある。

風力発電施設から最も近い苦情者宅までの距離は、図2のとおりである。苦情等が発生したことのある 67 施設において、苦情を寄せている者のうち、風力発電施設から最も近い苦情者宅までの距離は、20mから 3,000mの範囲だった。施設数では、「200m未満」が 14 箇所と最も多く、次いで「1,000m以上」が 12 箇所だった。

また、苦情者宅までの距離が「200m未満」では、14 箇所のうち、12 箇所で苦情が継続している。

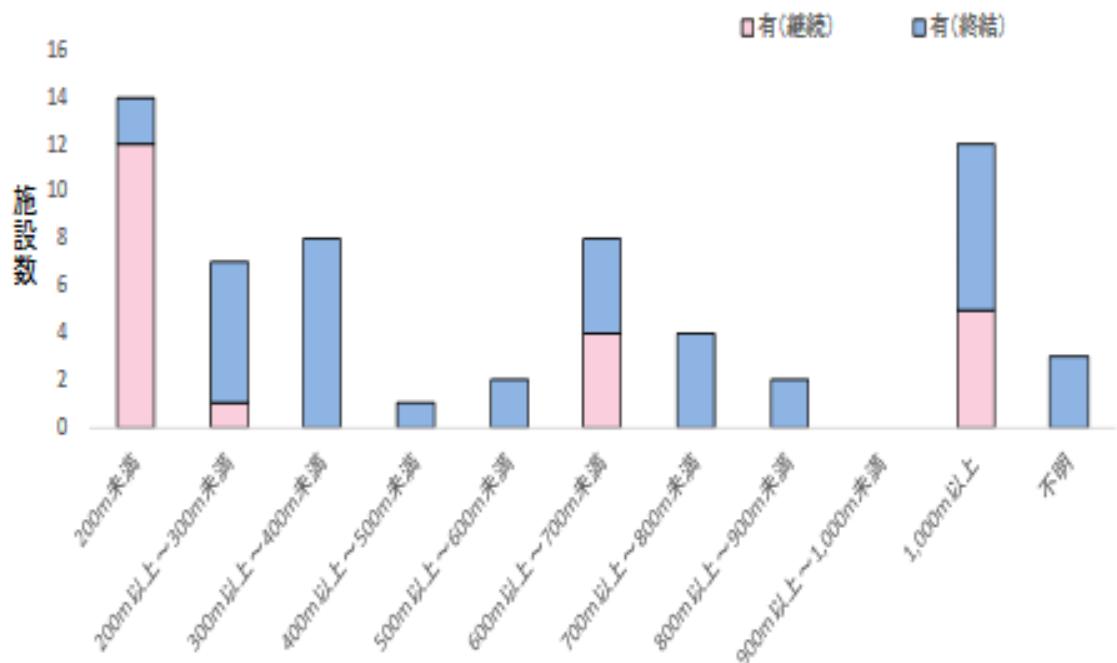


図2 風力発電施設から最も近い苦情者宅までの距離

定格出力と最も近い苦情者宅までの距離を図3に示す。苦情を寄せている者までの最短距離は、定格出力に関係なく1,500m以内(3,000m・2,000kWの苦情原因は景観によるもの)に収まっている。苦情を寄せている数は、20kW未満と2,000kW前後に大別され、20kW未満では200m以内に集中しているが、それ以上大きくなると定格出力の大きさと苦情を寄せている最短距離に比例関係はなく、1,500m以内ではどの距離でも苦情が起こりえる状況という結果になった。

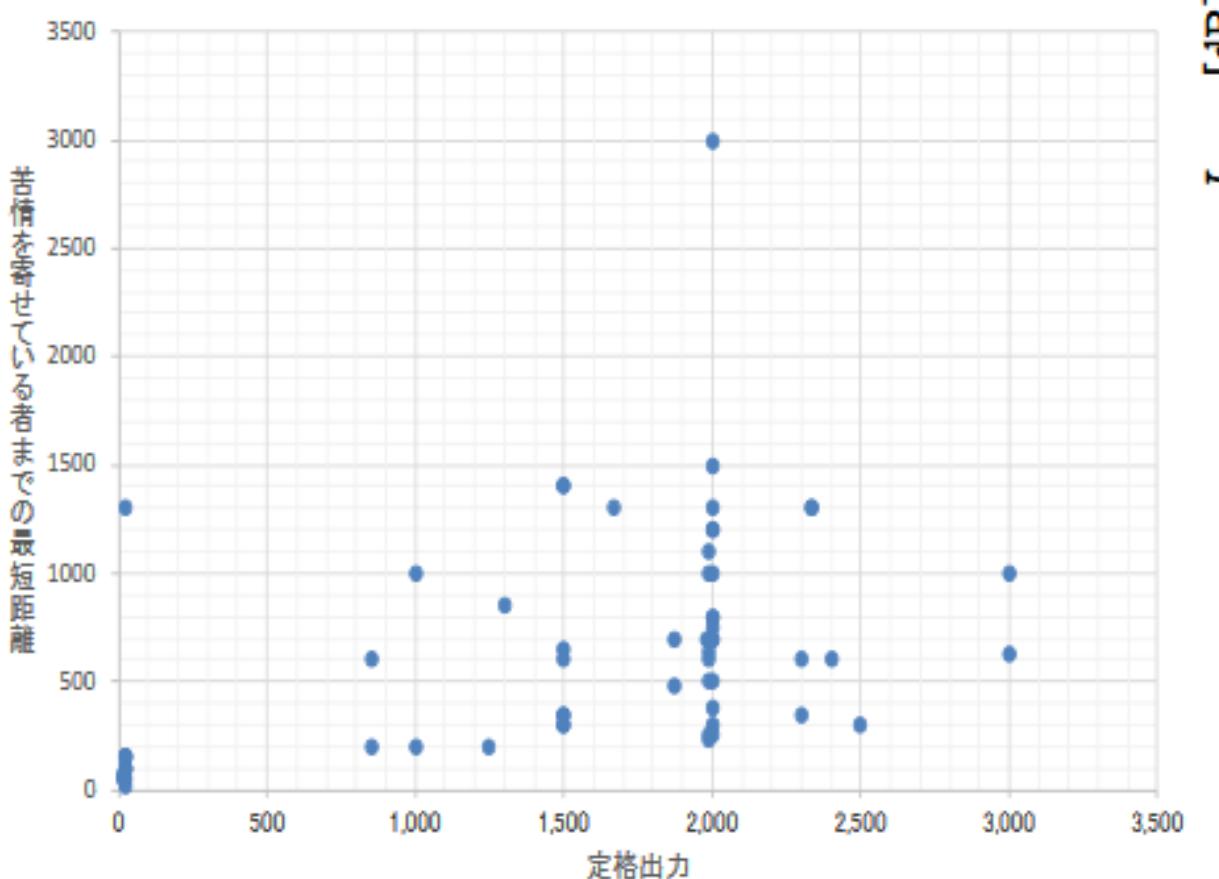


図3 定格出力と最も近い苦情者宅までの距離

ここには、

“苦情者宅までの距離は、20mから3000mの範囲だった”

との記述がある。

これは、少なくとも3000mの範囲までは健康被害が発生する可能性があることを示しています。

## 国の調査結果及び問題点

1：問題がどこで起きるのかを認識しない。

“環境省の、参考資料 一低周波音の基礎知識— の記述では、

(1) 我が国における低周波音苦情の特徴

低周波音の苦情内容が海外では生理的・心理的苦情が大部分であるのに対して、我が国では物的苦情も相当数ある。苦情が発生する最低音圧レベルが海外より小さいことがあるが、その原因として我が国の家屋構造から低周波数域では人が感ずる音圧レベルよりも小さい音圧レベルで建具が振動する場合があること等が考えられる。

“

とあるのだが、建具の共振の記述はあるが、家全体としての共振については記述が無い。家全体としての固有振動数については、熊本地震の被害調査から 0.5Hz から 1Hz であることが判明している。当然、家全体としての共振も考えられる。(私の家では、0.5Hz、0.7Hz、50Hz の振動が計測されました。)

国の記述で、“(風車音の測定は風の吹いている条件下で行わなければならないため、風雑音の影響を更に除去する方法の検討が必要です。”

や、

“環境省、“低周波音の測定方法に関するマニュアル” に、

### 5.1.5 測定場所および測定点の選定

測定点は、原則として問題となる場所の屋外とするが、必要に応じて屋内にも設ける。“

とある。

苦情や被害は、

“【風力発電所の現地調査のうち、騒音・低周波音に関する主な状況】

・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。

とあり、“眠れない” という問題は夜間の室内で起こる。だから、測定は夜間室内で長時間行い、室内での現象を解明する必要がある。室内ならば、風雑音の心配は無い。超低周波音の問題は、騒音の問題でもあり、振動の問題でもある。

原則を

“測定点は、原則として問題が起きている室内とするが、必要に応じて屋外にも設ける。測定は、精密騒音計と振動レベル計を必ず併用し、精密な周波数分析が出来るデータを収録する。”

と変える必要がある。

2：検討範囲を意識的に狭くする。

問題を聴覚で聞き取れる周波数の問題に限定し、共鳴による家全体の振動や、気圧変動の影響、音響キャビテーションの問題などを考察しない。不眠の状況を数値化して調べる方法があるのにその実行を提案しない。

3：交通騒音との明確な違いを無視する。

“2.風力発電と騒音に関する苦情

風力発電に伴い発生する騒音は、交通騒音等と比べ、著しく大きなものではない。ただ、風力発電施設が もともと静穏な地域に作られることが多いため、騒音に関する苦情が発生する場合がある。“

東海道新幹線は東京駅の始発が6時、東京着の最終は23時45分です。新幹線は夜中の走行はしません。閑静な地域では、夜間の交通量はほぼ0である。風車の騒音開始時間と終了時間は無い。24時間連続運転をしているのが風車です。

これは重要な相違点である。

4：聴覚閾値、感覚閾値、知覚閾値の意味を曖昧にしている。

“環境省、‘低周波音の測定方法に関するマニュアル’”には、

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

“環境省の、参考資料 一低周波音の基礎知識一 の記述には、

#### 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2)。“

とある。

さて、聴覚は耳で音として認識すると言う意味だろうが、感覚閾値の感覚とは何を意味するか、聴覚、皮膚での触覚、半規管での感じる揺れの感覚、大気圧変動を内耳の前庭器官で感じるときの感覚、より物理的に音響キャビテーションでの影響。さらに、知覚閾値の知覚とはどんな意味で使っているのだろうか、定義を明確にして欲しいところである。

5：問題の解明に向けた具体的指針を提起する気が無い。

“平成24年度

風力発電施設の騒音・低周波音に関する検討調査業務報告書 (環境省)

報告書の8章には

8.2 今後の課題 今年度の検討調査業務を実施して見出された風力発電施設からの風車騒音に関する今後の課題について、以下に整理した。

8.2.1 今後における新たな知見による目標値の見直しの必要性本業務においては、風車騒音の影響について現時点で得られる研究並びに基準等の情報を収集し、当面の行政的取り組みとして環境影響評価における目標値を設定した。しかし、風車騒音の影響はきわめて複雑であり、今後の医学(疫学、病理学)、聴覚、社会心理学的な

研究の進展に期待するところが多い。これらの研究の進展に応じて、また環境影響評価の経緯を慎重に見守りながら、本業務で提案した目標値並びに環境影響評価の進め方について、必要に応じて見直していくことが重要である。

8.2.2 情報収集風車騒音の環境影響評価においては、風車騒音の伝搬に係る予測手法の妥当性の検証とともに、それら手法の相互比較による予測精度の検証を今後実施する必要がある。そのためには、測定条件を明確にすることが必要で、風雑音等も十分に配慮された測定データの拡充と蓄積が不可欠である。それと同時に、騒音源である風車の騒音放射特性のデータの公開性が重要である。現状では、風車の音響パワーレベルや周波数スペクトル等のデータは、顧客からの要請に応じて、個別に開示されるのが通常であり、一般には公開されていない。これらの騒音源に係る基礎データは、当該環境影響評価において最も基本となるもので、情報の公開が強く望まれる。“

との記載がある。

もし、解決する気があるなら、騒音計測、震動計測を風車建設前と建設後に季節ごとに行いその結果を誰でも分析可能な形態で公開することを義務付けるだろうし、

医学（疫学、病理学）に関しては、風車を中心にして半径3kmの全ての住民に対しての、唾液コルチゾール検査を風車建設会社が費用負担して実施することを義務付けるだろう。「副腎疲労（アドレナル・ファティーグ）」は、近年、体調不良で検査をしても原因がわからないという不安を訴える患者様が増えています。現代人は、日常的にさまざまなストレスを受けています。副腎から分泌されるコルチゾールは、このストレスから私たちの心身を守ってくれています。

しかし、強いストレスが慢性的に続くと、副腎も疲れ、コルチゾールの分泌が追いかかなくなり、身体にさまざまな症状が現れます。このコルチゾールの分泌についての検査は、1回1500円で行えます。

問題があるとの認識があるのならば、原因を究明する具体的な方法があるのだから、それを実施することを提案するべきである。

## (2) 景観への影響

影響は少ないとはいっても、洋上風力発電の設置は景観の変化をもたらす可能性があります。日本は海に囲まれていることから、地域やそこに住む人々の文化として海の景観が重んじられていることがほとんどです。そのため、洋上風力発電によって景観が損なわれたとなれば、トラブルになりかねません。

洋上風力発電を設置する際は、地域において大切にされてきた景観やそれを含む文化について話し合いながら、その地域の将来のイメージを一緒に描くことが求められます。風車のある景観が、導入の過程で起こったできごとや個人の経験と結びつき、さらにはその地域の文化として根付くことが期待されます（参照：[心象風景 p.169](#) | 農村計画学会誌 2003 年 22 卷 2 号）。

”検討会報告書「[風力発電施設から発生する騒音等への対応について](#)」“には、

報告書（p 14）に、

“風車騒音とわずらわしさ（アノイアンス）との量-反応関係についても多くの研究がなされている。複数の報告により、同程度の音圧レベルにおいては、風車騒音は他の交通騒音よりもわずらわしさ（アノイアンス）を引き起こしやすいことが示唆されている。

表 1 の Kuwano らの研究により得られた、日本を対象とした、風車騒音と道路交通騒音を非常に不快であると感じた者の割合（%HA）を図 7 に示す。この図によれば、非常に不快であるとの回答確率が 30% 程度となる騒音レベルは昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn）で 60dB 程度、20% 程度は 53dB 程度、10% 程度は 43dB 程度となる。

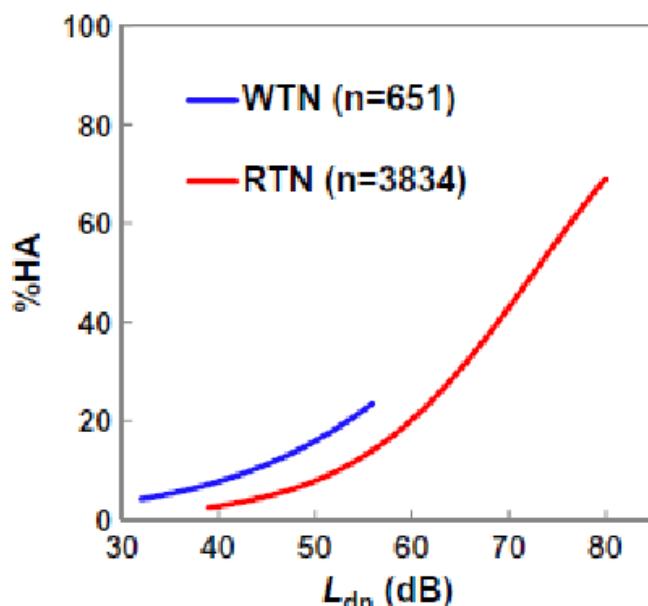


図 7 風車騒音（WTN）と道路交通騒音（RTN）の昼夜時間帯補正等価騒音レベル（Ldn）\*と非常に不快と感じた者のパーセンテージ（%HA）

\* 風車騒音については、終日定常的に運転されていると仮定し、L<sub>Aeq</sub> に 6dB を加算して Ldn を推計している。

なお、McCunney らは、多くの研究成果より、風車騒音と関連付けられるわずらわしさ（アノイアンス）との間

は線形の関係が見られる傾向にあるが、わずらわしさ（アノイアンス）に関連する要因としては風車騒音は 9% から 13% の範囲の寄与にとどまり、景観への影響等、他の要因の寄与が大きいと考えられると報告している。”と書かれている。

もし、McCunney の考えが正しいならば、洋上風車は丸見えです。

従って、“非常に不快”と感じる人が激増することになります。

“地域やそこに住む人々の文化として海の景観”の問題に限らず、

不快感による睡眠妨害が起きます。

毎日毎晩続くのですから、車での居眠り運転や、仕事でのミス、子供が学校の授業中に寝る、引っ越しする人が増えて過疎化に向かう。

新しく、その地域で仕事をする人は、遠くに住んで車で通うでしょう。

“影響が少ない”には定義がありません。

50%の人が“不快感”や“うるささ”で眠れないときは、影響は多いのでしょうか、少ないのでしょうか？

100%でなければ、“影響は小さい”と考える人もいるでしょう。

竹内氏の考える“影響は少ない”の意味を説明してほしいところです。

## (2) 石狩湾（北海道）で国内最大級の洋上風力発電所が商用運転開始

2024年1月、石狩湾で国内最大級の洋上風力発電が稼働しました。同発電施設の事業者は、グリーンパワー石狩（JERA およびグリーンパワーインベストメントが設置した特別目的会社）です。

日本で初めて 8MW の大型風車を採用しており、全部で 14 設置しています。総事業費は、約 800 億円にのぼります。なお、風車の組み立てには、清水建設の「BLUE WIND」という SEP 船（洋上風力発電施設の施工に使う船）が使用されました（参照：[「石狩湾新港洋上風力発電所」の商業運転開始について | 株式会社グリーンパワーインベストメント](#)）。

石狩湾では、洋上と陸上に風車があり、風車群の中心から 20 km まで、途中が海との条件での計測が可能です。普通は、風車を点音源として騒音予測を行いますが、風車が点音源である証拠はありません。逆に、風車音の指向性は、風車が点音源ではないことを示しています。この事は、遠方での被害予測の値が小さすぎるという意味になります。計測では、屋外で二重防風スクリーンを付けて行うので、極端に小さな数値となり、“問題ありません”という事になるが、室内で二重防風スクリーンを付けないで計測すればかなり大きな数値となり、被害が発生する根拠も明確になります。竹内氏は、風車音の計測はなされないようです。賢明な選択です。計測すれば被害が発生することが明白になってしまいのですから。竹内氏に、“風車音を計測してから考えて下さい。”とお願いしてはいけないのでしょうか？

### ・石狩湾での計測結果

さらに、1/3 オクターブ解析で、リオン社前の道路の音、JFE の製鉄所内の音、千葉県館山市の風車音（強風時）、マイクに風を当てて測った神社での音、石狩湾近くの数か所で、風車群の音から計算した平坦特性での音圧レベルを比べてみると次の様になります。

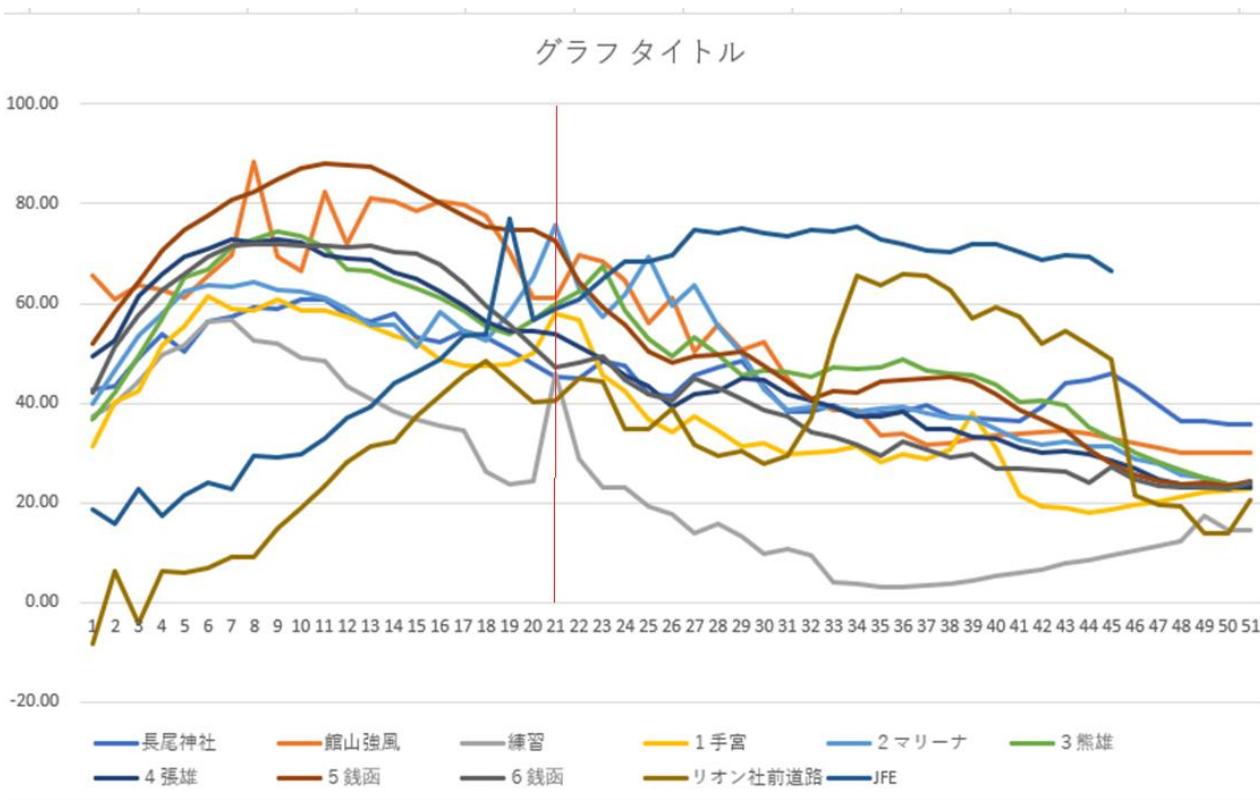
なお、番号と中心周波数 (0.19Hz～20000Hz) の関係は次の表です。

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
中心周波数	0.19	0.25	0.32	0.40	0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00

番号	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
中心周波数	10.00	12.50	16.00	20.00	25.00	31.50	40.00	50.00	63.00	80.00	100.00	125.00	160.00	200.00	250.00	315.00	400.00

番号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
中心周波数	500.00	630.00	800.00	1000.00	1250.00	1600.00	2000.00	2500.00	3150.00	4000.00	5000.00	6300.00	8000.00	10000.00	12500.00	16000.00	20000.00

20Hz は、21 番のところです。（1/3 オクターブ解析での平坦特性音圧レベルのグラフです。）



グラフの中央部分（8番～33番、1Hz～315Hz）の辺りでは、風車音は、全体として周波数が大きくなると音圧レベルが減少するが、交通騒音などは周波数が高くなると音圧レベルが上昇する。

8番（1Hz）から15番（5Hz）辺りでの違いが大きい。これを風車からの超低周波音だと認めたくない人はこの部分を“風雑音”というのですが、風車音が発生する仕組みを考えて、詳細な周波数を確認すれば、離散的な特徴から風車の超低周波音だと分かるのです。

石狩湾の風車群の中心から10km、最も近い風車まで5kmの錢函での数値を検討してみます。

錢函での騒音レベル（A特性音圧レベル）は、40.500459dBです。

20Hz以下では、風車音の音圧が高いのですが、20Hz以上では、神社での音やJFEの工場音の音圧が高いのです。

次の表の騒音の種類ごとに、右端の数値の平均値を取れば、風車騒音が一番低くなっています。

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

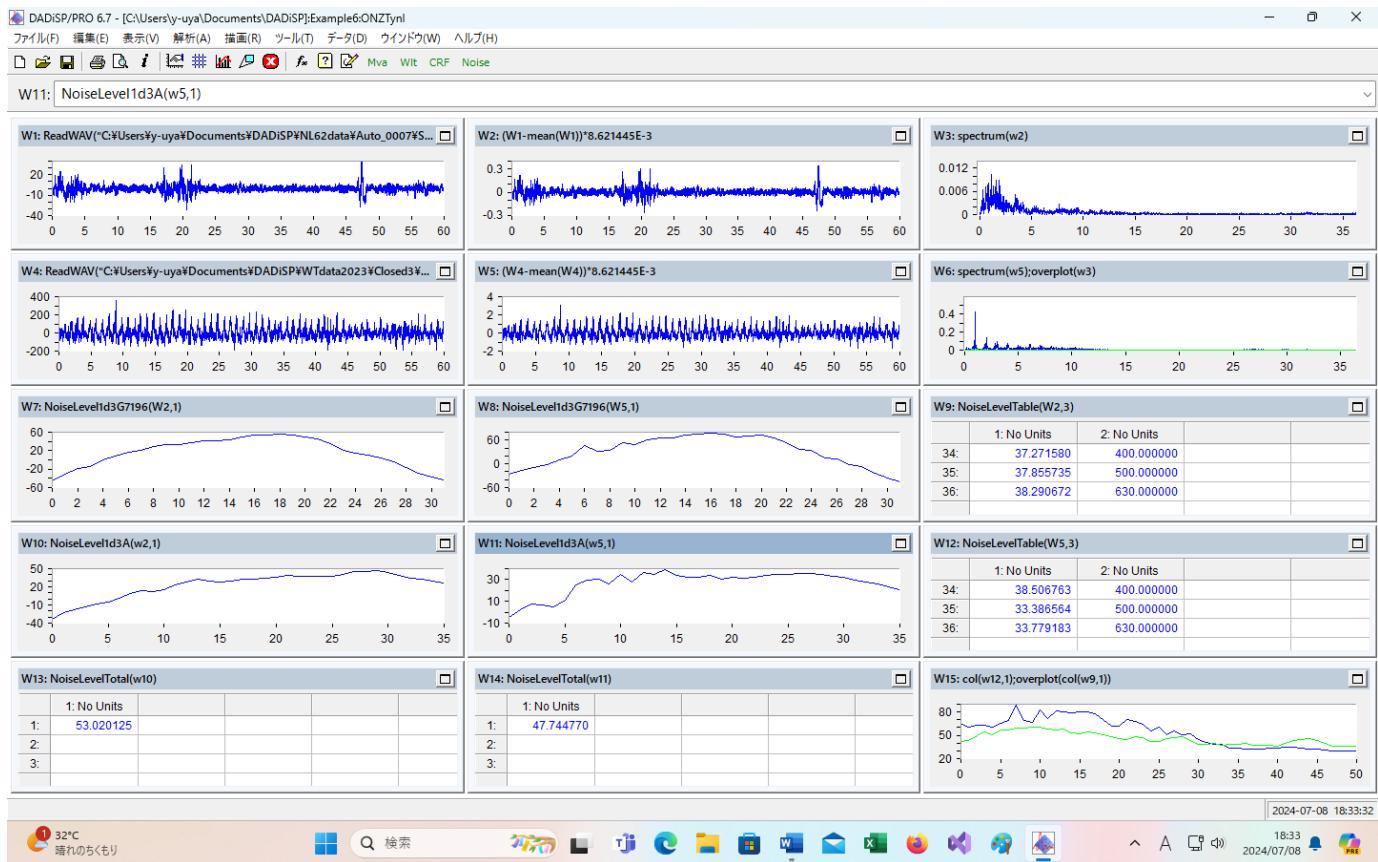
※表 2 中の No. は、図 8 中の騒音の種類を示す番号に対応する。

騒音として、20Hz 以上の成分だけを考えれば、一般騒音の方が A 特性音圧レベル (A) が高いのです。G 特性音圧レベル (G) (0.25~315Hz) を計算すれば、(距離にもよりますが) 風車音の方が大きくなります。

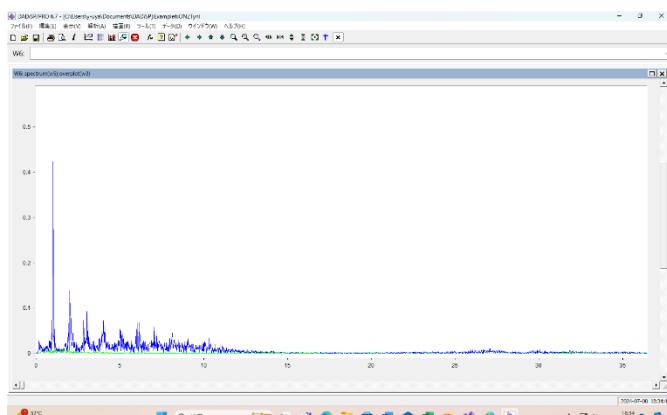
結果として、一般騒音は G が小さく A が大きいので G-A は小さい数値になります。

風車音では、G が大きく A が小さいので、G-A は大きな値になります。

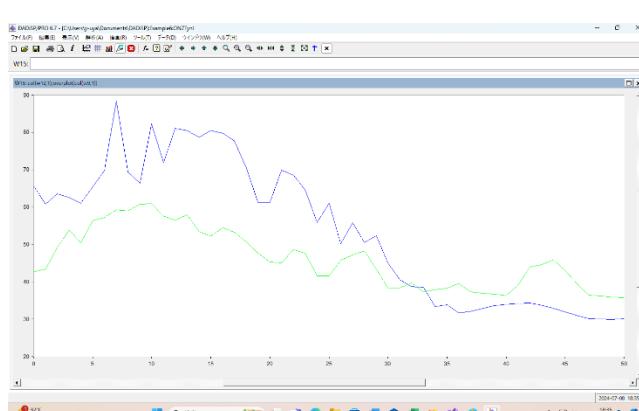
長尾神社と館山の風車の例からも分ります。



## 周波数スペクトル



## 1/3オクターブ解析での音圧レベル、平坦特性



石狩湾では、海上で 14 基の風車が動いています。（さらに陸上に 22 基で合計 36 基）

海の上に立つ、風車！その数 14 基！国内 2 例目の「大規模洋上風力発電所」です。東京の再生可能エネルギー会社と火力発電大手が工事を進め、1 月から運転を始めました。政府は再生可能エネルギーを 2030 年度には総発電量の 4 割近くまで増やす計画で、風力発電所の建設もすすんでいます。

風力発電は、風の力で風車を回して発電するクリーンエネルギー・システム。陸に比べて、海の上では安定して風が吹くため、洋上風車が注目されています。

14 基合わせた発電量は、8 万 3 千世帯分。大型の蓄電池に蓄えて、一般家庭や、企業が利用するデータセンターに安定供給しています。

放送日：2024 年 5 月 23 日（木）深夜 0 時 56 分～

下の地図の①～⑥での計測結果です。（鈴木氏の「低周波音を測ってみた」小樽から銭函まで 2024/3/21）



場所	開始時刻	測定時間	備考
① 手宮公園	16:17	10分	車通行1～2台、カラス
② マリーナ	16:50	6分26秒	小型船のエンジンの音、監視船のアナウンス、海猫の鳴声
③ 熊碓	17:09	10分	波の音、海猫の鳴声、交通量の多い道路近い
④ 張碓	17:44	10分	車の通行 3～4台
⑤ 銭函	18:14	10分	強風、マイクに直接風が当たらないように車の向きを調整
⑥ 銭函	18:25	10分	⑤と同じ場所でドアを閉めて測定

#### 銭函での計測



マリーナと熊碓を別とすれば、風車音の影響で、G-A が 20～30 程度になっていることが分ります。神社では、G-A=8.43 となっていて、風車音の影響が無いと判断できます。JFEの製鉄所では-0.46、リオン社前の道路では、-15.20 になっています。熊碓では、交通量が多い関係で 17.27 になっています。

G-A>15 の場合は、風車音の影響が大きい  
G-A<10 の場合は、風車音の影響は小さい  
と判断できます。

	G	A	G-A
手宮1, A=43.69, G=68.92	68.92	43.69	25.23
マリーナ2, A=48.93, G=85.08	85.08	48.93	36.15
熊確3, A=55.07, G=72.34	72.34	55.07	17.27
張確4, A=43.31, G=67.85	67.85	43.31	24.54
銭函5, A=52.62, G=87.06	87.06	52.62	34.44
銭函6, A=40.5, G=67.95	67.95	40.5	27.45
館山弱風、A=49.09, G=79.06	79.06	49.09	29.97
館山強風、A=47.74, G=82.92	82.92	47.74	35.18
神社、A=53.02, G=61.45	61.45	53.02	8.43
JFE製鉄所	81.42	81.88	-0.46
道路(リオン社前)	55.92	71.12	-15.20

石狩湾にある 36 基の風車音の予測計算（点音源と仮定したもの）で、

$$L_n = L_W - 20 * \log R - 8 - \Delta L_{AIR}$$

を使った場合は、

風車36基	2000	3000	5000	7000	10000	15000	20000	25000
A	43.35	41.48	39.12	37.68	36.48	35.7	35.47	35.4
G	70	66.49	62.09	59.23	56.25	53	50.86	49.34

となるが、実測値よりはかなり小さい。

[線音源の場合（日本環境アメニティ株式会社）](#) の式（線音源と仮定したもの）、

$$L_n = L_W - 10 * \log R - 8 - \Delta L_{AIR}$$

を使うと大きすぎる数値となる。

風車音の指向性と振動面の大きさを考えて、



点音源と線音源の中間の式

$$L_n = L_W - 15 * \log R - 8 - \Delta L_{AIR}$$

を使うと実測値に近い数値、

風車36基	2000	3000	5000	7000	10000	15000	20000	25000
A	53.61	50.6	46.59	43.84	40.99	38.25	36.9	36.24
G	86.5	83.86	80.53	78.34	76.01	73.38	71.5	70.05

となる。

式、

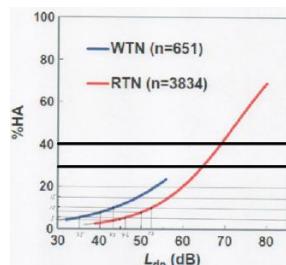
$$L_n = L_W - 20 * \log R - 8 - \Delta L_{AIR}$$

で予測した風車が1基の場合の数値と比較すれば、被害の様子も推測できます。

風車1基	45m	50m	80m	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m	900m	1000m
A特性音圧レベル	55.34	54.43	50.44	48.59	43.26	40.69	39.24	38.35	37.77	37.36	37.07	36.85	36.68
G特性音圧レベル	87.39	86.47	82.39	80.45	74.43	70.91	68.42	66.49	64.92	63.59	62.44	61.43	60.53
G-A	32.05	32.04	31.95	31.86	31.17	30.22	29.18	28.14	27.15	26.23	25.37	24.58	23.85

例えば、手宮は、G=68.92 dB、A=43.69 dBなので、風車から200m～400m程度の場所の被害と同程度だと言えます。

A=43.96 dBの風車騒音は、53 dB程度の交通騒音に相当します。



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

“非常に不快である”と感じる人の割合が10%程度になります。単に“不快である”と感じる人を考えれば、20%～30%程度の人が不快感を覚えます。

風車は夜も音を出します。交通騒音で53 dBの音は、基準値と比べても大きい数値です。

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。

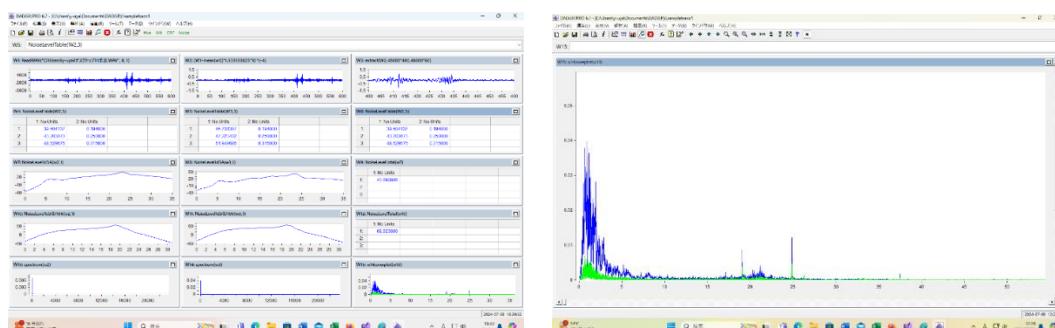
この数値の意味は、騒音値の基準と目安（日本騒音調査ソーチョー）の資料によれば、

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	<ul style="list-style-type: none"> <li>騒々しい事務所の中</li> <li>騒々しい街頭</li> <li>セミの鳴き声（2m）</li> <li>やかんの沸騰音（1m）</li> </ul>
	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"> <li>洗濯機（1m）</li> <li>掃除機（1m）</li> <li>テレビ（1m）</li> <li>トイレ（洗浄音）</li> <li>アイドリング（2m）</li> <li>乗用車の車内</li> </ul>
普通	大きく聞こえる、通常の会話は可能	50 db	<ul style="list-style-type: none"> <li>静かな事務所</li> <li>家庭用クーラー（室外機）</li> <li>換気扇（1m）</li> </ul>
	聞こえるが、会話には支障なし	40 db	<ul style="list-style-type: none"> <li>市内の深夜</li> <li>図書館</li> <li>静かな住宅地の昼</li> </ul>
静か	非常に小さく聞こえる	30 db	<ul style="list-style-type: none"> <li>郊外の深夜</li> <li>ささやき声</li> </ul>
	ほとんど聞こえない	20 db	<ul style="list-style-type: none"> <li>ささやき</li> <li>木の葉のふれあう音</li> </ul>

さらに、問題が残ります。風速の変化で時々音が大きくなります。

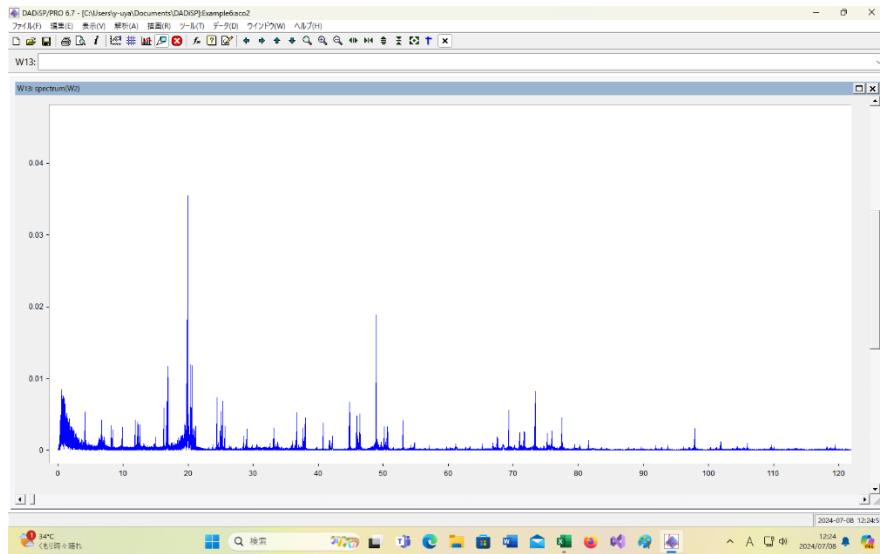
風車群から 20 km 離れた手宮では、強風時に  $G=70.12$ 、 $A=45.80$  となる時間が 60 秒程度続きます。交通騒音に変換して、 $45+10=55$  dB です。時々目覚まし時計が鳴る状態です。これでは、夜中に何度も目が覚めます。

手宮①



緑の線は平均値、青い線は強風時の音圧です。

マリーナ



では、船からの音（15～100Hz）がかなり影響しています。

石狩湾の近く、手稲山口（風車群の中心から10km、一番近い風車から5km）の団地では、ヘリコプターが近くに着陸するかのような音が響いています。



風車からの距離は、銭函とほぼ同じです。

## 睡眠障害 の閾値

### 40dB/航空機夜間の騒音レベルLnight

- 約11%の対象者が反応
- WHOの環境騒音ガイドライン

### 35dB/屋内最大騒音レベル

- 覚醒閾値
- 欧州夜間騒音ガイドライン

### 30dB 睡眠に影響を与えないのされるレベル

銭函での G 特性音圧レベルは 67.950932 dB ですから、100 dB よりは低い数値です。

ISO7196 の中心周波数での、平坦特性での音圧レベルは、

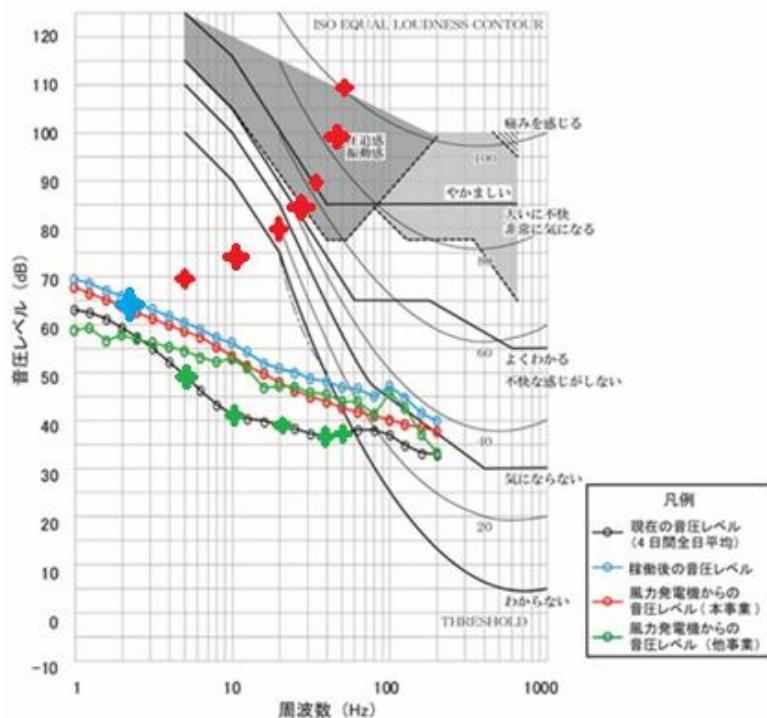
中心周波数 (Hz)	0.25	0.315	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2	2.5
銭函 (平坦特性 dB)	51.39	57.76	62.60	65.99	69.41	71.60	71.82	71.97	71.45	71.53	71.33
中心周波数 (Hz)	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5
銭函 (平坦特性 dB)	71.54	70.30	69.88	67.92	63.91	59.42	55.67	51.17	47.02	48.24	49.40
中心周波数 (Hz)	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	
銭函 (平坦特性 dB)	44.68	41.86	40.38	44.90	42.97	40.98	38.58	37.28	34.08	33.15	

5Hz では 69.88=70 dB、1.25Hz では 71.97 dB です。ガタツキ閾値の数値、5Hz で 70 dB になっています。

表 1 低周波音による物的苦情に関する参考値

1/3 オクターブバンド	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50
1/3 オクターブバンド	70	71	72	73	75	77	80	83	87	93	99

ガタツキが起きて、夜中に目が覚めても不思議ではありません。上の表では、周波数が下がればガタツキ閾値も小さくなります。



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

図 10.1.4-8(1) 圧迫感・振動感を感じる音圧レベルとの比較結果

(環境-①：春季全日平均)

上の図から、2Hz で 65 dB 程度で、ガタツキが起きると考えられます。上のグラフは、ある風力発電の会社が作った 2 つの資料を合成したものです。

錢函では、2Hz の時は、71.53 dB ですので、ガタツキでの安眠妨害も心配になります。。

### (3) 洋上風力発電の促進区域

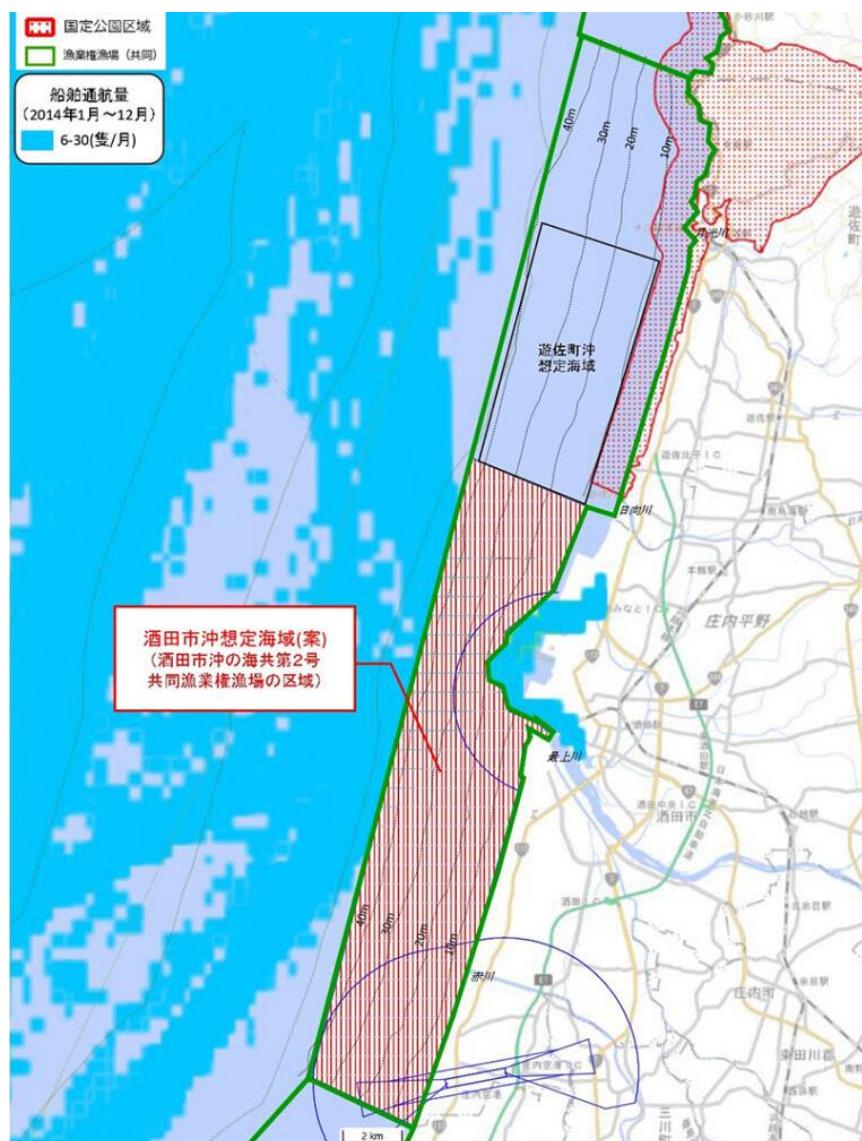
洋上風力発電事業の促進区域は、再エネ海域利用法（海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律）にもとづいて指定されます。

まず、都道府県からの情報をもとに、国が一定の準備段階に進んでいる区域（準備区域）を指定します。その後、洋上風力発電事業によって影響を受けるステークホルダーを特定し、事業について協議する法定協議会への参加の同意を求めます。ステークホルダーから同意が得られると、有望区域に指定されます。法定協議会での調整、そして一般から意見を公募する「パブリックコメント」の実施を経て、最終的に促進区域として指定されます。

影響を受けるステークホルダーをどの様に選んだらよいのでしょうか？業者にとって都合の良い発言をしてくれる人を選んだかのように見えてしまうのは、私だけでしょう。竹内氏に、“公平な代表者の選び方について考えて下さい。”とお願いしたくなってしまいます。

#### ・遊佐町沖、酒田市沖の風車と協議会

山形県では、沿岸に大規模な風力発電施設を建設する計画が進んでいる。下の地図の酒田市沖と遊佐沖である。

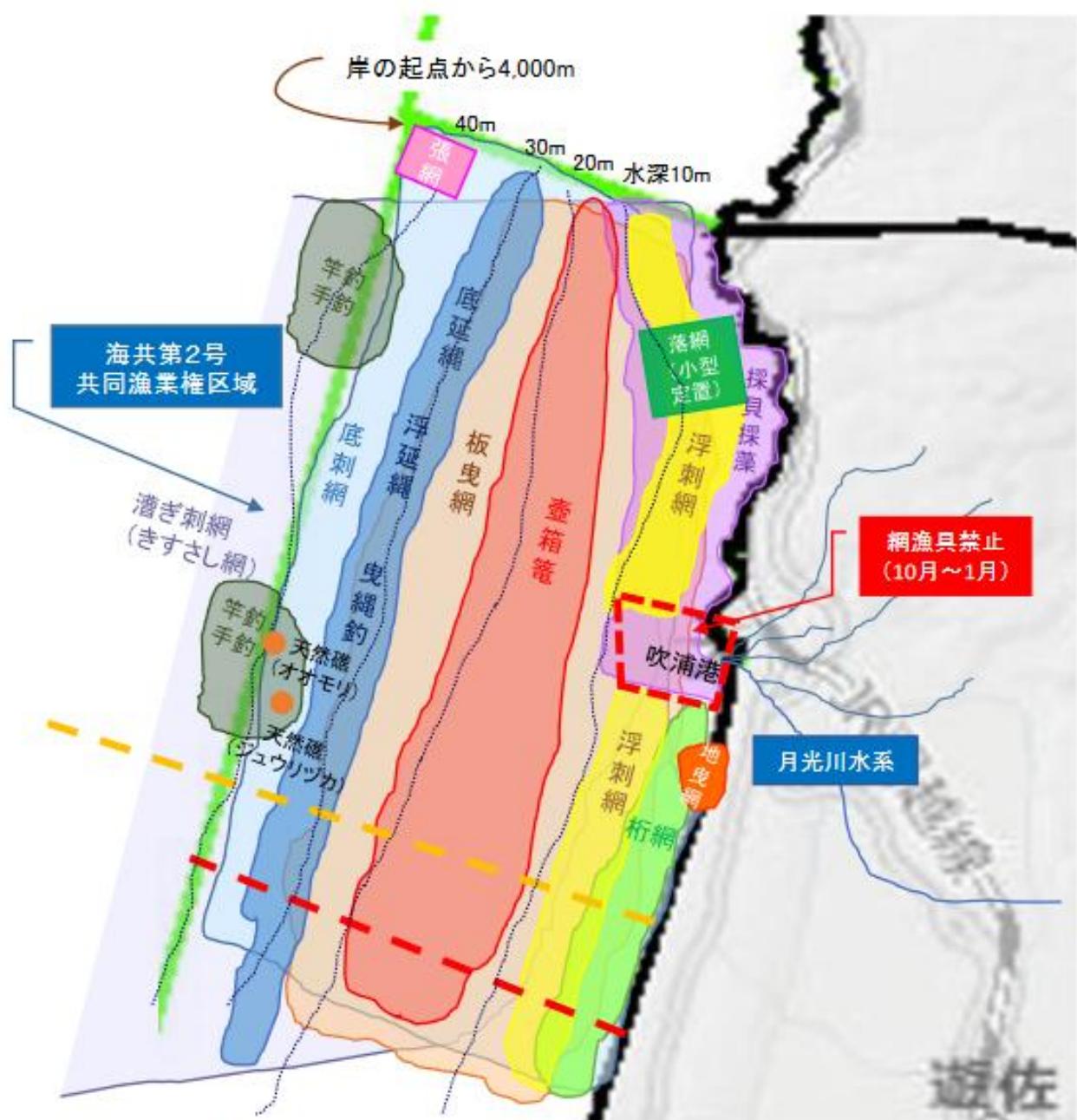


## 遊佐・酒田地区の 共同漁業権区域内の入会概念図



陸地及び共同漁業権ラインの原図は海上保安庁公表の海洋台帳

## 遊佐の漁場利用概念図





#### ・想定した風車の大きさ

定格出力	15.0MW
風車の高さ	261m
ハブ高	143m
タワー長	120m
ブレード長	115.5m
ローター径	236m

#### 仮想条件 (※)

- ・当該事業における発電出力を45万kWと想定し、着床式15MW級風車×30基と設定した。
- ・風車は促進区域内で、離岸距離1マイル（1,852m）を確保したうえで、10基×3列を一律配置

上の図は、漁場が半分奪われることを意味しています。

漁業関係者の収入も減ります。

収入減を誰がどのように保障してくれるのでしょうか？

### 「山形県遊佐町沖」の促進区域指定の案に対する意見書の内容と回答

意見：

○ 山形県遊佐町沖が促進区域に決まることには大反対です。あまりにも離岸距離が近すぎる。それにより沿岸住民にただなる健康被害、景観破壊、環境破壊の影響を被る。沿岸住民は協議会利害関係者に選ばれず非常に不公平である。非民主主義的であり人権を無視している。

回答：

○ 離岸距離や風車による健康被害等、ご指摘の観点については、令和4年5月28日及び令和5年3月11日の住民説明会の質疑応答の際に見解を示しています。質疑応答の内容は【別紙1】を参照ください。

○ 協議会の構成員は、海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（以下、「再エネ海域利用法」という。）第9条第2項に掲げる者をもって構成する旨が法定されており、法律上の規定に基づき協議会を組織して議論を行っています。また、協議会の構成員には関係都道府県知事及び関係市町村長が含まれており、地域を代表する立場から必要と考えられる意見を述べ、それらの意見を基に「協議会意見とりまとめ」が作成されています。

通常、地域住民の選挙によって選ばれた地方公共団体の長が、当該地方公共団体の様々な事務を処理していますが、法律に特別の定めがない場合において、地域の中でどのように意見集約や意思決定を行うのかは、地方自治の観点から、その地方公共団体の運営に委ねられるものと考えられます。そのため、協議会や促進区域指定に係る一連の対応も同様に、国としては、協議会構成員である都道府県知事及び市町村長の意思決定に係る判断が尊重されるべきものと考えています。

地域の代表による意思決定は間接民主制に則った民主主義の一形態であり、促進区域の指定は再エネ海域利用法の規定に基づき適法に進めているため、「非民主主義的であり人権を無視している」という指摘は当たらないと考えます。

確かに、住民代表の選び方はいろいろです。代表が議論に参加するには、風車音に関する基礎的な理解が必要です。

ヘルツ、デシベル、超低周波音、風雜音、騒音レベル、A特性音圧レベル、G特性音圧レベル、1/3オクターブ解析、と言われても、理解するのには時間と文献が必要です。さらに、業者や国や県の言っていることが正しいのか否かを判断するには、多くの資料を確認することが必要です。資料の確認には多くの時間がかかります。

専門的な知識を基に議論する必要がある会議です。参加者をどの様に選ぶかは、大きな問題です。会議の内容と問題点が理解できないので、業者や国にとって都合の良いデータだけ見せられて、同意してしまう人もいるでしょう。

間違えて、あるいは不勉強で同意した責任を、被害を受ける住民から後で追及されます。ストレスで病気になってしまう人も出でてきます。単純に、間接民主主義だから、との理由で、安易な人選をしてはいけません。

また、会議資料としては、国や県や企業にとって不都合なものでも提示すべきです。

・酒田沖協議会

山形県地域協調型洋上風力発電研究・検討会議

「第3回酒田沿岸域検討部会（令和5年1月24日）における主な意見・質問と対応の方向性

阿部建治委員（酒田市自治会連合会）

1月16日号の朝日新聞に秋田県で日本初の大規模な洋上風力発電稼働という記事があり、なぜ山形県は1年も2年も遅れるのかと、少しがっかりした。心配しているのは、住民への配慮の部分。新聞記事によると、秋田能代港では、一昨年夏の風車基礎部分を海底へ打設する工事の際に、多くの住民から苦情が出るほど大きな騒音が出たとのこと。以前も話をしたが、酒田と飛島の間に波高計があり、これはチェーンブロックで引っ張っている浮体式である。洋上風力もそのようにすれば、このような騒音問題もなくなるのではないかと思った。

また、田代委員からの漁業は漁業として、子供が大事だという発言はものすごくうれしかった。我々、自治会でも理念としている。今までは我々はおいしいもの食べて幸せいっぱいだったが、20年30年後の子供たちの生活はどうなるのだと思っている。

新聞にも記載があるが、国内の風力発電の普及率はまだ0.9%と書いてある。我々は、カーボンニュートラル、SDGsの観点でも活動しているが、風力発電を日本中どんどん増やしていけば、これらのためにもなるのではないか。我々は、次の代を担う子供たちの幸せのために頑張っていきたいと思っているし、素晴らしい計画だと思うので、ぜひ早く作っていただきたい。

この意見は次の様に短縮された。

・ 1月16日号の朝日新聞に秋田県で日本初の大規模な洋上風力発電稼働という記事があり、なぜ山形県は1年も2年も遅れるのかと、少しがっかりした。新聞にも記載があるが、国内の風力発電の普及率はまだ0.9%と書いてある。我々は、カーボンニュートラル、SDGsの観点でも活動しているが、風力発電を日本中どんどん増やしていけば、これらのためにもなるのではないか。我々は、次の代を担う子供たちの幸せのために頑張っていきたいと思っているし、素晴らしい計画だと思うので、ぜひ早く作っていただきたい。

【自治会連合会・阿部委員】

田代委員（山形県漁業協同組合）

現役の漁業者なので、天気が良ければ毎日海に出る。五島列島に視察に行った人達から聞いた話では、たくさん魚が来る良い魚礁になったと賛成している人もいる。反対に、明日にでも風車が立つかと心配している人、断固反対している人もいる。風車が立つことによって、仕事場をふさがれるので、我々漁業者が一番影響を受ける。私も心配である。今まで何にもないところに、風車が何本も立つわけなので、漁業者としては安心して海に出て、安心して操業してというのが一番の願いである。

しかし、昨日、妻から「子どもに孫が生まれることを思うと、今、地球温暖化となっている現状をもう少し考えてほしい。」と言われた。これまで、自分が海に出て、安全に操業する事だけを考えれば良かったが、妻からの発言を受けて、孫のことも考えたほうがいいのだろうと、自然エネルギーについて考えるようになった。

この想定海域は、山形県漁業協同組合と我々漁業者との検討の上で提示したが、今後、想定海域の議論には、我々、現場の漁業者と十分なやり合わせの上で進めていただきたい。

この意見は、次の様に短縮された。

- ・想定海域は、山形県漁業協同組合と我々漁業者との検討の上で提示したが、今後、想定海域の議論には、我々、現場の漁業者と十分なすり合わせの上で進めていただきたい。

#### 【県漁協・田代委員】

阿部實委員（宮野浦コミュニティ振興会）

宮野浦地域には現在、風力発電が3基あり、風車の回っている音が私の家には常に聞こえてくる。回り方が激しいと、ボンボンという音が聞こえる。

自治会連合会の阿部委員から話があったように、エネルギーを生む方法は様々あるが、カーボンニュートラルを考えると自然エネルギーに特化した発電が非常に良いと思っている。

先程、田代委員から「子供の将来のことも考えたらどうかと奥さんに言われた」という発言があったが、我々も、子供や孫、そういう人たちの代に悪影響のある発電はなくしていきたいと考えている。風力発電は非常に良い案で、酒田沖での事業を実現してほしいと思っている。

今日で3回目の部会となるが、今は地域における案件形成という段階であり、早く有望な区域にしなければならない。有望な区域になっても議論を止めることはできるという話があったので、そちらの場で漁業者や地域住民が、環境や漁業権の問題等、いろんな意見を出し合い、前に進めてほしい。

この意見は、次の様に短縮された。

- ・宮野浦地域には現在、風力発電が3基あり、風車の回っている音が私の家には常に聞こえてくる。回り方が激しいと、ボンボンという音が聞こえる。自治会連合会の阿部委員から話があったように、エネルギーを生む方法は様々あるが、カーボンニュートラルを考えると自然エネルギーに特化した発電が非常に良いと思っている。今日で3回目の部会となるが、今は地域における案件形成という段階であり、早く有望な区域にしなければならない。有望な区域になっても議論を止めることはできるという話があったので、そちらの場で漁業者や地域住民が、環境や漁業権の問題等、いろんな意見を出し合い、前に進めてほしい。

#### 【宮野浦コミュニティ振興会・阿部委員】

佐藤委員（十坂コミュニティ振興会）

今の日本はエネルギー国ではないため、日本にとって自然エネルギーは非常に大切である。約20年前に十里塚に陸上風力発電建設の話があった。ところが、酒田北港の火力発電所の近くに場所が移り、地域住民は少しがっかりしたこともある。しかし、先日、浜中地区と十坂地区に県と市の風力発電が6基建ち、十里塚地区にはそういった形で恩恵もあったと考えている。

また、去年から今年にかけて電気料金が1.5倍くらいにアップし、電気料金が安くならないかと思っている。新しい家だと、オール電化という人も多くなっている。去年の暮れに3万円弱だった電気代が、今、努力しても節電して4万5千円になったという話も聞いた。そうすると、サラリーマンの給料ベースで電気料金に対するウェイトが非常に高く、6月にまた上がるという話もあり、もっと安くならないのかと思っている。

それを解決するためには、原子力、火力だけでは貰いきれない。自然エネルギーとして、太陽光発電もあるが、太陽が出ないと電気が作れない。風力発電も風がないと電気は作れないかもしれないが、風力のほうが太陽光よりもエネルギー効率が良いという話も聞いた。

漁業者が反対している中で、我々が、電気料金が高いから洋上風力を作ってほしいと言うわけにもいかないので心配したが、漁業者は、概ね事務局の提示した想定海域（案）について前向きに検討するようである。エネルギーのない日本としては、非常に電気代が上がっているので、どんどん計画を進めて電気料金が下がるような方

策をとっていただきたい。

この意見は、次の様に短縮された。

・ 去年から今年にかけて電気料金が 1.5 倍くらいにアップし、電気料金が安くならないかと思っている。漁業者が反対している中で、我々が、電気料金が高いから洋上風力をやってほしいと言う訳にもいかないので心配したが、漁業者は、概ね事務局の提示した想定海域（案）について前向きに検討するようである。エネルギーのない日本としては、非常に電気代が上がっているので、どんどん計画を進めて電気料金が下がるような方策をとっていただきたい。

【十坂コミュニティ振興会・佐藤委員】

気になる意見：

阿部實委員（宮野浦コミュニティ振興会）

“宮野浦地域には現在、風力発電が 3 基あり、風車の回っている音が私の家には常に聞こえてくる。回り方が激しいと、ポンポンという音が聞こえる。

自治会連合会の阿部委員から話があったように、エネルギーを生む方法は様々あるが、カーボンニュートラルを考えると自然エネルギーに特化した発電が非常に良いと思っている。

先程、田代委員から「子供の将来のことも考えたらどうかと奥さんに言われた」という発言があったが、我々も、子供や孫、そういう人たちの代に悪影響のある発電はなくしていきたいと考えている。風力発電は非常に良い案で、酒田沖での事業を実現してほしいと思っている。“

ですが、

この方の家がどこにあるかは不明ですが、海の近くにあったとすれば、沖合 2 km の場所に 40 基の水平軸型の風車が建つという事は、1 基の新しい水平軸型の風車が家から 316m の所に建って、その音が今の騒音にプラスされることになります。ポンポンという音がグーン、グーンと言う音に変わります。[FB では被害者が次の様に訴えています。](#)

“こんばんは。

500 メートル近すぎます。更に近い 400 メートル離れた我が家家の今夜の音です。

夜 11 時に一旦眠りに就きましたが、午前 1 時 20 分この音で目が覚めました。

佐々木さん、バードストライクに遭う鳥たちは間違って風車にぶつかったのかな？

わたしは今夜初めて、人間ストライクしたいと発作的に思いましたよ。気が狂いそうなほどの音です😱

鳥たちは気がおかしくなって、自らぶつかって行ったのではないだろうか？？

今夜はもう眠れそうにありません。頭も肩も首も背中も、身体中が自分じゃないみたいで

ヒーリング音楽を流し横になっていますが、ここから逃げ出したい“

“コメントをありがとうございます。わたしは移住三年目で、住民説明会などの資料は持っています。

騒音計測についてのお話しさりますが、まだそれに至ってはおりません。

わたしは引っ越ししか方法がないと考えていますが、わたしの故郷に近い松前町や江差町の人々に、風車の影響を知って欲しいと思い、こちらにコメントを置かせていただきました。

今ある風車については、正直無駄なエネルギーを使い疲弊するだけなので、自分が離れるしか手立てはないと思

います。“

とのことでした。

どうしても、風力発電が必要ならば、垂直軸型の風車についても検討してみて下さい。

パリのエッフェル塔にあります。とても静かに発電しているようです。

騒音や超低周波音の発生機構となっている、水平軸型の風車を建てることは無いのです。

家族で地球の将来を話し合うときには、しっかりとした調査に基づいて話し合うべきです。

びっくりするような意見もありました。

佐藤委員（十坂コミュニティ振興会）

“漁業者が反対している中で、我々が、電気料金が高いから洋上風力をやってほしいと言うわけにもいかないので心配したが、漁業者は、概ね事務局の提示した想定海域（案）について前向きに検討するようである。エネルギーのない日本としては、非常に電気代が上がっているので、どんどん計画を進めて電気料金が下がるような方策をとっていただきたい。”

火力発電	石炭火力発電:12.5 円↓ LNG 火力発電:10.7 円↓ 石油火力発電:26.7 円 ↗
原子力発電	11.5 円～ ↗
太陽光発電	住宅用太陽光発電:17.7 円 産業用太陽光発電:12.9 円
風力発電	陸上風力発電:19.8 円↓ 洋上風力発電:30.0 円 ↗
水力発電	小水力発電:25.3 円↓ 中水力発電:10.9 円 ↗
地熱発電	16.7 円 ↗
バイオマス発電	混焼、5%:13.2 円↓ 専焼:29.8 円 ↗

発電単価 30 円の洋上風力をどんどん増やすと、電気代が上がってしまう気がするが、何をどの様に考えたら、電気代が下がると言う結論になるのでしょうか？

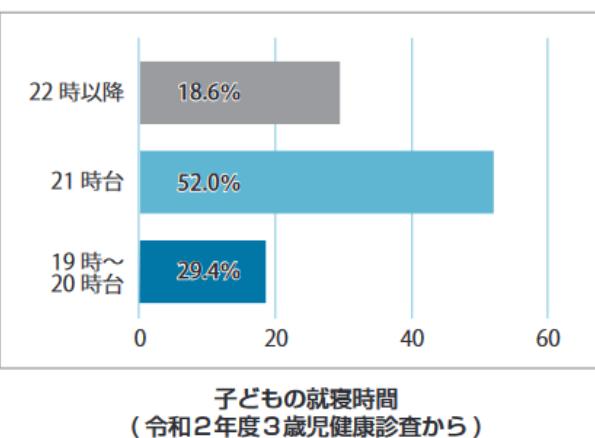
# 子どもの睡眠と成長ホルモン ～夜9時までに眠り、朝7時までに起きる～

## 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。

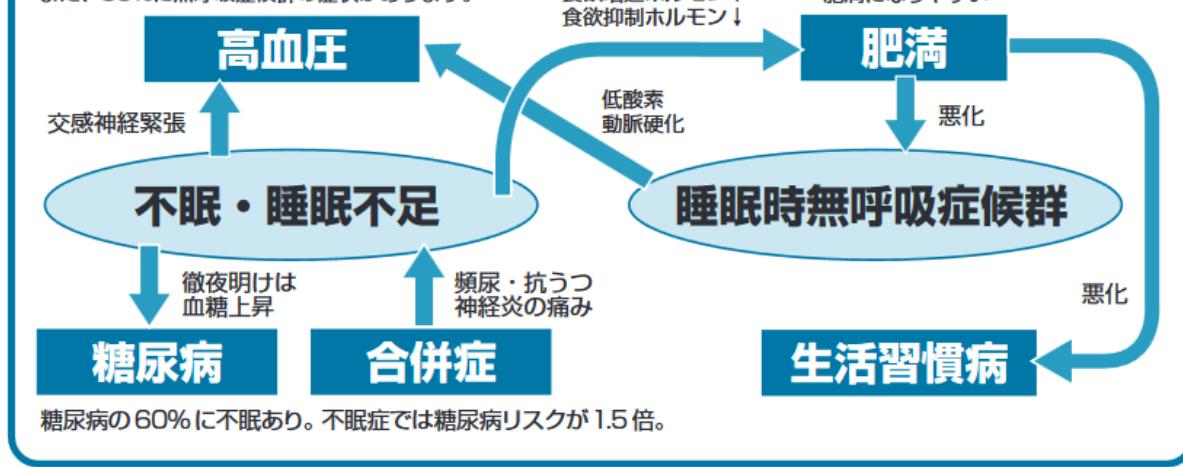
#### ◇休日でもいつもと同じ時間に起床する

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。



騒音での不眠は、学生の成績にも大きく影響します。睡眠不足の生徒は授業中に居眠りします。それを教員に注意され、教員とのトラブルとなることが多い。体力低下で体育の授業中の事故も増えると考えられる。この件数についての実態調査をする。

風車の近くに住む生徒の成績の分布、風車から 10 km 以上はなれたところに住む生徒の成績の分布を調査する。学校には、風車建設前の生徒の成績データが残っている。各家庭にも成績通知表が残っている。これを持ち寄れば、風車建設前と建設後の成績の変化が数値化できる。これらの値を、風車建設前と建設後で比較する。

睡眠不足の問題は、生徒の学力が低下となり、生涯賃金にも大きく影響する。先生に居眠りを注意されてトラブルを起こし、不登校になることもあります。

これが被害であることは明白です。

海に潜ってアワビを採る漁師にとっては、睡眠不足は命に関わる大問題です。夏の暑いときに畑で草取りをする人にとっても、体力不足での熱中症は命に関わる事柄です。トラックで荷物を運ぶ人にとっても、睡眠不足は交通事故に直結する重大問題です。

この常識を無視して、

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

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

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

“直接的”と“明らかな”と言う言葉で騙そうとしてはいけません。

“風車騒音が人の健康に直接的に影響を及ぼす可能性は低い”との表現は、“風車騒音が人の健康や労働に対して間接的に影響を及ぼし、地域社会を崩壊させる可能性は極めて高い”と言い換えるべきです。

回転軸が水平の風車は、物理的に考えれば、超低周波音の発生器そのものであり、風車が大型化すれば被害は大きくなるのです。一度出た低周波音は防げないです。

可能性は一つだけ残っています。フランスのエッフェル塔には、優れた風車があります。(少なくともこの風車に関する研究をする価値はあります。)

パリのエッフェル塔に風力発電設置 地上 120m の風を利用。太陽光設備も併設。年末の COP21 に向けて「再エネのシンボル」に (FGW) 2015-02-26 15:10:23



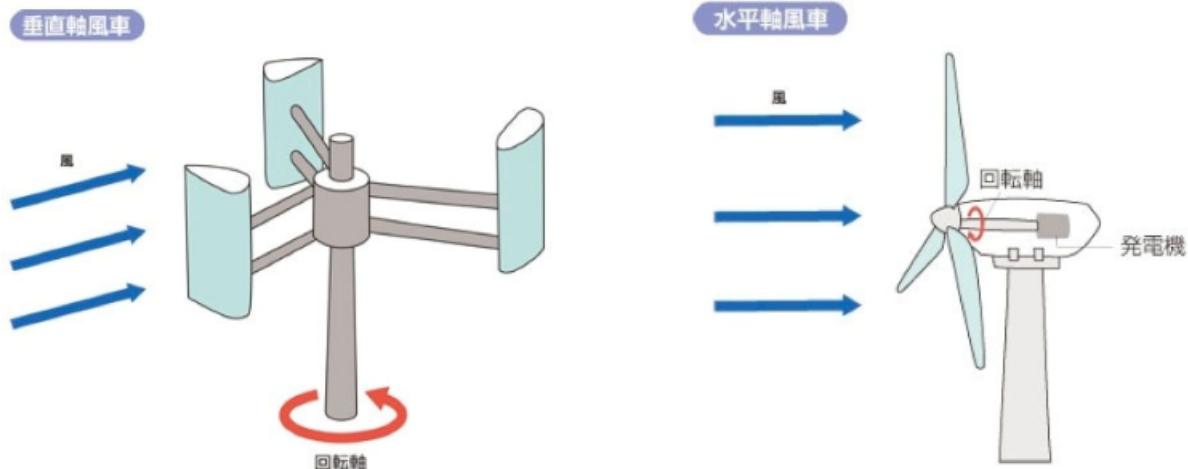
フランスの名所、エッフェル塔が再生可能エネルギー発電のシンボルとして脚光を浴びている。塔の改修工事に伴って、地上 120 メートルのところに風力発電所が、また太陽光発電パネルも設置されたためだ。

設置された風力発電は垂直軸方式のもので、風力発電特有のタービン音がほとんどないという。発電事業を担当する Urban Green Energy International (UGE) によると、発電量は年間 10,000kWh で、エッフェル塔の観光客向け電力をほとんど賄うことができるという。

また風力発電の設備のデザインも、歴史あるエッフェル塔にマッチしたデザインとし、色も塔の色に溶け込むように工夫されている。事業者の UGE は、「塔全体のエネルギー効率化も進める。エッフェル塔はパリの気候変動計画のシンボルとなる」と自賛している。

日本では、被害の原因を計測から除外して、被害を本人の気のせいだ、としているが、フランスでは、静かな風車をパリの中心部に建てているのです。

# 風力発電機の種類



- **垂直軸風車**：風向きに左右されず、発生する騒音は小さいが、軌道トルクが小さい。大規模化には向かない。
- **水平軸風車**：最も普及している。高速で回転でき発電効率がよいが、方位制御機構が必要。騒音が発生する。
  - ▷ アップウインド型風車：タワーがブレードの風下側にある。
  - ▷ ダウンウインド型風車：タワーがブレードの風上側にある。

風力発電－風の力で発電 | エネルギー新時代 | J-Net21[中小企業ビジネス支援サイト] <http://j-net21.smri.go.jp/develop/energy/introduction/2012011602.html>

