

風車からの低周波音とセットバック距離*

Low-frequency noise and infrasound from wind turbines and determining appropriate set back distances

河野 仁^a、岩本 智之^b、喜多善史^c、久志本俊弘^d

Hitoshi KONO, Satoshi IWAMOTO, Yoshifumi KITA, Toshihiro KUSHIMOTO

1. はじめに

日本の風力エネルギーは洋上を含めると現在の発電設備容量の約9倍の潜在量があると環境省によって予想されており、地球温暖化対策にとって最も重要な自然エネルギー源である。しかし、既設の風車の周辺において、騒音被害の苦情が少なからず寄せられている。その中で多いのは、睡眠障害であるが、身体に対する苦痛を訴える例もあり、注意が必要である^{1), 2)}。このような現状で、風力発電が地域住民から受け入れられ、広く普及する為には十分な騒音対策が必要とされる。

風車騒音対策の基本は、距離が離れるほど騒音レベルが減衰することを利用し、民家から苦情が出ない十分な距離を確保することである。著者は兵庫県淡路島において風車騒音の測定を行い（ケーススタディ）、風車からの騒音の距離減衰について理論との比較を行った。また、環境省は騒音苦情の有無と風車の出力規模、風車から民家までの距離についてデータをまとめている。その結果と我々の調査結果について対比を行う。これまでにに行われている風車騒音についての文献レビューを基に、風車騒音の基準とセットバック距離について考察を行った。

2. 淡路島の風車騒音測定

2.1 測定場所、方法

南あわじ市にあるウインドファーム（表1）周辺12地点で風車からの騒音測定を行った。測定点は人工的な音源が少ない山間、田、海岸である（図1）。測定期間は2014/11/12（Run-1）と2015/3/14-15（Run-2）である。風車の基本情報を表1に示す。

風車は山の稜線上、標高130～230mに設置されている。稜線上に風速計は無いので、大阪湾上にある関西国際空港の風速測定値で代用した。調査時の風速は5～12m/sの範囲であった。測定点は山の麓と谷間である。直近の風車からの測定点までの距離は330～2000mの範囲である。騒音計はリオンNL21(run 1)とNL-06(run 2)を使用した。周波数範囲は20～8000Hz、測定はA特性で、sampling interval 125msに設定した。1回の測定で測定時間は3分～10分とした。この間の最小値を風車騒音の値とした。高さは地上1.2m、騒音計を手で持ち測定したので、体での反射音を2dBと仮定し、補正した。測定時に試験者の耳で風車音を聞き、日常生活において許容できるレベルか否かの評価を行った。試験者は60歳代から70歳代の男性で、run 1

表1 南あわじ CEF ウインドファーム風車

| |
|----------------|
| 2.5 MW × 15 基 |
| メーカー型式 GE 2.5 |
| ハブ高さ 85m |
| ロータ直径 85.4m |
| アップウインド式 |
| 可変ピッチ制御による出力制御 |

*平成28年12月1日第38回風力エネルギー利用シンポジウムにて講演

a 会員 兵庫県立大学名誉教授 〒596-0073 岸和田市岸城町 26-11

b 非会員 元京都大学 〒598-0012 泉佐野市高松東 2-2-29

c 非会員 元大阪大学 〒572-0021 寝屋川市田井町 6-11

d 非会員 大阪から公害をなくす会 〒540-0026 大阪市中央区内本町 2-1-19 内本町松屋ビル 10-370 号

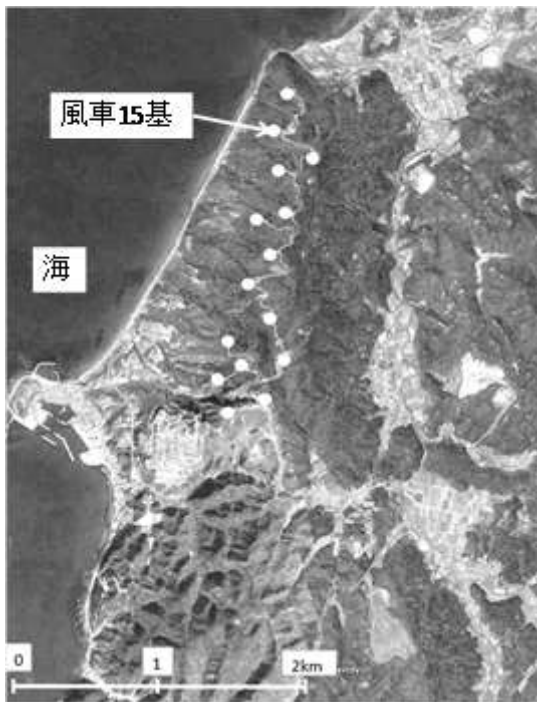


図1 風車騒音測定対象地域（南あわじ市）

は4人、run 2は3人である。試験者の聴力検査を行い、聴力確認を行った。検査結果を表2に示す。風車の聴感（A特性）ピーク周波数が200～300Hzであり、この前後の試験周波数125～500Hzにおいて、全員正常とされる範囲（聴力欠損が20dB以下）にほぼ入っていた。中でも、1名（試験者No.3）は周波数125Hz～8000Hzの全域で聴力欠損が-10～10dBという高い聴力を有していた。よって、試

験者の聴力は一般的正常試験者であると見なした。さらに、南あわじ市において、風車騒音苦情についてヒアリングを行った。

表2 試験者の聴力

| Hz | No.1 | | No.2 | | No.3 | | No.4 | |
|------|------|----|------|----|------|----|------|----|
| | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 |
| 125 | 15 | 20 | 20 | 25 | -10 | 5 | 20 | 15 |
| 250 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | -5 | 20 | 15 |
| 500 | 25 | 20 | 20 | 25 | 0 | -5 | 15 | 15 |
| 1000 | 30 | 25 | 20 | 30 | 10 | 5 | 20 | 25 |
| 2000 | 30 | 30 | 15 | 20 | 10 | 5 | 45 | 45 |
| 4000 | 40 | 35 | 20 | 10 | -5 | 10 | 60 | 65 |
| 8000 | 35 | 35 | 40 | 40 | -10 | 0 | 55 | 55 |

2.2 測定結果と考察

(1) 風車騒音測定値（最小値）範囲は50～37dB(A)であった。直近風車から測定点までの距離xと高い相関があり、点音源からの球面波の距離減衰率（-6dB / 距離2倍）に近い値を示した（図2）。騒音測定値としてLeqを採用した場合には、自動車など風車音以外の音が影響して、距離減衰が明確に出ないが、ここでは測定値の最小値を風車音とすることにより、距離減衰が得られた。なお、橘らの測定¹¹⁾では95%時間率レベルを風車騒音値としているが、我々の方法はこれと同じ意味である。得られたデータから、風車騒音対策の基本はセットバック距離の確保にあることを意味する。なお、測定点から視野に入る風車数は地点により異なる。

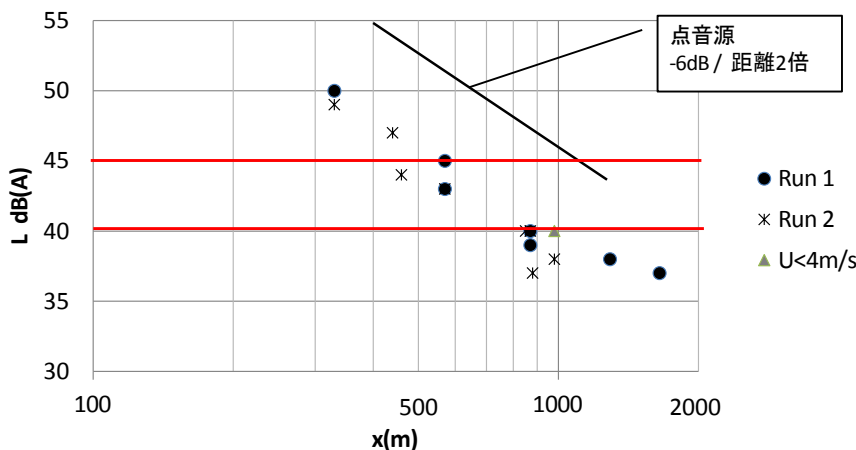


図2 風車騒音測定値の距離減衰

るが、大部分の地点では4基、(最少3、最大12基)である。

(2) 音の聞こえ方は、500m以上の距離では、遠くで飛行機が飛んでいるような低い音である。500mよりも近いところではヒューンという高音が混じっている。いずれも、ブレードの回転に伴って発生する風切音である。

(3) 330～600mの地点では試験者4人の大半がこの場所に自分の家があれば風車建設に対しては否と答えた。風車音は43～50dBである。600m～1300mの範囲では音はするが許容できると答えた。風車音は38～41dBである。1650mの地点で風車音37dBがかすかに聞こえるが、風の音に混じり全く気にならない。2000mの海岸に近い地点で風が木を揺らす音、波の音は聞こえる(46dB)が風車の音(予測値30～35dB)は全く聞こえない。

(4) 海岸の波の音が聞こえる地点は風車からの距離が940mであるが、風車の音(予測値40～45dB)は波の音(58dB)に消されて全く聞こえない。

つまり、風車音がバックグラウンドの定常音より15dB以上低い場所では風車音は聞こえない。

(5) 南あわじ市でヒアリングした住民の風車騒音の苦情範囲は風車から民家までの距離が330m～1000mであった。これは我々が短時間暴露で許容できるとした範囲600m～1300mを含んでおり、長時間暴露の方が条件は厳しいことを示唆する。また、海岸の波の音がある場所では住民からの苦情は出ていないのは、我々の短時間調査結果と一致している。

(6) 風車からの距離が870m、風車音が40dBの場所で、車の後ろのハッチバックドアを開けて、その下で測ると風車音は38dBであり、全く気にならない。また、車の窓を閉めて車中で測定すると22dBであり、風車音が全く聞こえない。これは建物による騒音遮蔽が有効であることを意味する。

まとめとして、今回の短時間暴露に対して許容できる風車音のレベルは40dB未満、43dB以上は否定的である。セットバック距離は風車の基数、規模によるが、今回の測定と住民の苦情範囲を重ねると約1500m～2000m以上では風車音は問題ない。これは、環境省(2010)³⁾が調べた「日本における風車騒音苦情と風車と民家の距離」とも一致している。

3. 騒音評価基準、低周波音考察

現在、環境影響評価では騒音評価に環境基準、住居地域についての夜間45dBが使われているが、この基準を満たしていても騒音苦情が出ている。ここでは、騒音評価基準と低周波音について、文献を基に考察する。

(1) 風車騒音評価基準

現在、環境省の検討会(委員長 橘秀樹)において、「風力発電施設から発生する騒音等の評価手法」について検討が行われており、今年7月に報告書案⁴⁾が出された。そこでは、次のように述べられている。①20Hz以上の可聴音が騒音に対する苦情を発生させている。②評価の目安となる値は、残留騒音が30dBを下回る場合、静穏を要する地域は35dB、それ以外の地域は40dB、残留騒音が30dB以上の地域では、残留騒音+5dBとする。③風車騒音はA特性で評価する。ここでは、従来の環境基準より5～10dB厳しい評価基準が提案されており、風車騒音対策について一定の前進が期待できる。

(2) 低周波音の人体影響

しかし、低周波音被害の問題は単純ではなく、環境省の検討会で触れられていない事が、従来から医学関係の研究者から指摘されている。汐見(1994)⁵⁾は長期間暴露により低周波音に対して鋭敏化することを述べている。しかし、環境省の調査で行われた聴感実験(横山、2014)⁶⁾は、数秒から100秒程度の短時間暴露に限定されており、長期暴露については言及されていない。また、汐見は内耳性のめまいを起こす、メニエル症候群が被害者の中に多い。低周波音が内耳を刺激することにより、メニエル症候群が増えている可能性があると言及し、これに関連して、佐藤、松井(2016)⁷⁾は、低周波音は個人差が大きい、圧迫感、振動感、低周波音に特異的な感覚であり、蝸牛ではなく、前庭器官で知覚していると推測している。そして、これが、めまい、ふらつき、吐き気、入眠障害につながると述べている。また、武田(1979)⁸⁾は、低周波音の感知は個人差が大きいと

し、高感受性者を含めて、8~16Hzの超低周波音による頭痛等に対する許容レベルとして、60~65dBの値を提案している。これはMoorhouse他による可聴限界曲線より20dB小さく、風力発電施設近傍で観測される騒音レベルに相当する。なお、前述の環境省の調査で行われた聴感実験(横山、2014)の被試験者数は10人であり、50Hz以下の低周波音については聴感の個人差が大きい結果が出ており、より多くの個人差のばらつきデータが求められる。

(3) 大気乱流静圧変動測定研究の必要性

風車のロータの回転に伴い、風車から数Hzの超低周波音が出されており、風車から100m程度の直近では、音の周波数別エネルギースペクトルの1Hz付近に尖ったピークが観測される(山田、2016)⁹⁾。これは1/3オクターブバンドの周波数分析では観測されないが、騒音の記録をFFTにかけると現れる。この数Hzの周波数帯は自然の大気乱流の圧力変動(動圧変動及び静圧変動)と重なるために、風車騒音と大気乱流の圧力変動を分離する解析が必要である。乱流の風速変動に伴う動圧変動は、矢野(2014)¹⁰⁾が専用の風カットフィルターを作って解決し、それを使って橘(2014)¹¹⁾は風車騒音の測定を行った。しかし、乱流による静圧変動はこの風カットフィルターを使っても観測値に含まれる。野外大気乱流の静圧変動の測定は、気象学の分野で、従来から良い測定方法がなく、未だほとんど行われていないため、知見が少ない。これからの研究が必要である。

結論として、低周波音とそれの被害に対する知見が、尚、不十分な中で、風車騒音対策の基本は、距離が離れるほど騒音レベルが減衰することを利用し、民家から被害の苦情が出ない十分なセットバック距離を確保することである。また、低周波音の人体影響研究、大気乱流の静圧測定研究が必要である。

参考文献

(1) 東伊豆熱川自治会、風車騒音被害調査
https://www.env.go.jp/policy/assess/5-2windpower/wind_h22_3/mat_3_6-5.pdf、2016/10/30 参照。

- (2) 津井西本村風車影響調査、2010年1月、南あわじ市にてヒアリング。
- (3) 環境省 添付資料 風力発電施設に係る騒音・低周波音の実態把握調査 <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13011> 2016/10/30 参照。
- (4) 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、風力発電施設から発生する騒音等への対応について、2016。
- (5) 汐見文隆、低周波公害のはなし、晩聲社、1994。
- (6) 横山栄、風車騒音の低周波成分の可聴性に関する聴感実験、騒音制御、38(6)、2014、336-341。
- (7) 佐藤奨、松井利仁、低周波音による健康影響に関する量反応関係の導出、2016年7月、音響学会騒音振動研究会。
- (8) 武田真太郎、超低周波音の人体影響、環境技術、8(1)、1979、48-54。
- (9) 山田大邦、大型風力発電施設からの超低周波音発生と健康被害、日本科学者会議第21回総合学術研究集會予稿集、京都市、2016、205-206。
- (10) 矢野博夫、風車騒音の測定システムの開発、騒音制御、38(6)、2014、328-331。
- (11) 橘秀樹、わが国における風車騒音の実態、騒音制御、38(6)、2014、311-317。