

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/3)

研究題目	風力発電施設から発生する騒音の伝搬予測に関する研究	報告書作成者	岡田 恭明
研究従事者	岡田 恭明		
研究目的	<p>我が国における風力発電施設は、再生可能エネルギー利用推進の観点から全国各地で建設が推進されている。このようなエネルギー事業は、地球温暖化防止などの面からは一定の評価が得られているものの、その反面、周辺環境に及ぼす騒音などの影響が一部で懸念されている。そのため、我が国においても、平成 24 年 10 月から環境影響評価法の対象事業に追加されるに至っている。風車から発生する騒音に関する研究は、様々な機関で実施されているが残されている課題は少なくない。まず、風車騒音による人への健康影響に関しては、評価にも係わる大きな課題であり、現在、環境省を中心に指標となる評価量や環境保全のための基準値などについて検討が進められているところである。</p> <p>一方、騒音を予測・評価するために最も基本的な情報として、風車から発生する騒音をより正確に把握することが重要である。これまでの研究により、風車騒音の主要な発生源は、ブレードの回転やそれが支柱を通過する際に発生する空力音とナセル内部にある発電機や増速機などからの設備機器音に分類される。その測定方法としては、2012 年に改定された IEC 61400-11 の規格がある。これによると、風車の見かけ上の音響パワーレベルは、ナセルの風下 100m 以上離れた点において、地上高さ 10m での風速が 6～10m/s の時を基準に整理することになっている。しかしながら、現実の気象条件下での風は時々刻々と大きく変動し、当然ながら風向きも一定ではない。そのため、発生源であるブレードの回転や設備機器の発電状況にも着目した音響パワーレベルの検討も必要であると考えられるが、この点について系統的に調査された例は非常に乏しい。さらに、規格に記載されているような測定位置による騒音レベルの差異については、海外を中心に研究が行われており、放射指向特性を有するとの報告例がある一方で、指向特性の有無は確認できないとの例などもあり、結局、無指向性点音源を想定した予測が行われているのが現状である。</p> <p>そこで本研究では、風力発電施設から発生する騒音の伝搬予測に関する研究として、まず、(1)風車の見かけ上の音響パワーレベルの特性を的確に評価できる方法と、(2)風車周囲での放射指向特性のモデル化を試みると共に、(3)それらを組み合わせた伝搬特性に着目した種々の検討を実施し、風車騒音の予測方法の基本的な考え方を構築することを目的とした。</p>		

研究内容

風車から発生する騒音の音響特性と伝搬特性を把握するため、機種異なる 2 つの風力発電施設において実施した同時多点測定の結果を基にして、以下の点に着目した検討を行った。

(1) 風車の稼働状況と騒音の音響特性

現実の気象条件下での風は当然ながら一定ではない。そこで、測定時のナセル方位のデータを基に風車前方で測定した全てのデータを用いて、風車の稼働状況である発電出力とロータ回転速度との対応について整理した結果を図 1 に示す。これらは、風車騒音を A 特性で評価した時の周波数 63Hz～4kHz までの 1 オクターブバンド平均音圧レベルである。風車騒音のレベルは、発電出力およびロータ回転速度と共に単調に増加していること、またロータ回転速度が定格に達する発電出力(当該風車の場合:定格回転 20rpm, 発電出力 900kW)でほぼ最大になっていることがわかる。特に、空力音の主要な成分であると考えられる周波数 500Hz 以上の音圧レベルは、ロータ回転速度と共に直線的に増加している。すなわち、風車から発生する騒音は、発電出力が定格となる時(当該風車:1.5MW)ではなく、ブレードの回転が最大になる時であることが明らかである。一般的に、風車騒音のデータは風速を用いて整理されるが、風車の稼働データを基にした方が、その音響特性を的確に把握できることが示唆された。

(2) 音響放射指向特性を考慮した点音源モデル

風車騒音の指向特性については、いくつかの方法が提案されているが、空力音や様々な機械音で構成される音源をどのように取り扱うのが課題となっている。ここでは、風車周囲で測定した多くの音響データを活用して、空力音を双指向性、設備機械音を無指向性点音源と仮定した実用的な計算式を導出することにした。図 2 は、そのモデル式による計算値と実験結果を比較した結果である。当該風車の場合、ナセル側方での騒音レベル $L_{Aeq,10s}$ は前方および後方に比べて約 5dB 低下し、その程度は周波数に依存している。なお、このような指向特性は、風車の種類によって異なることも考えられ、今後の検討課題の一つとして挙げられる。

(3) 風車騒音の伝搬特性

風車から水平距離 200m まで離れた点で測定したデータを基に、上述した指向性点音源モデルを仮定した場合とそうでない場合との距離減衰を比較してみた。図 3 はその結果で、各点での音圧レベルの分布をロータ中心高さからの直接距離(スラントディスタンス)で整理したものである。放射指向特性に関する補正は、測定時のナセル方位とマイクロホン位置から求めた。各周波数の音圧レベルは、指向性を考慮した場合の方が全体的にばらつきが小さく、点音源の距離減衰との対応も良好であることがわかる。なお、200m 点においては補正前後の音圧レベルに明確な違いがみられない。この理由として、測定時のナセル高さでの風速は 9m/s 以上であり、伝搬過程に及ぼす風の影響によってレベル自体が大きく変動していることなどが考えられる。

研究のポイント	<p>通常、風車から発生する騒音を予測する場合、各メーカーから提供された見かけ上の音響パワーレベルを用いて、NEDO による計算式に基づいて行われている。しかしながら、各メーカーからの音響パワーレベルは、高さ 10m 点でのある風速条件で測定されたデータであり、その緒言には不明確な点が多い。すなわち、本研究でポイントとしてきた風車の稼働状況が最も重要な点であり、これを基にデータを整理することで、信頼性の高い緒言となる。また、導出した放射指向特性に関する補正式は、測定時の風向(ナセル方位)と測定位置の関係を確認しておけば、騒音データの精度検証にも活用できると期待される。その他、2つの風車の測定結果を比較すると、ブレードの回転速度が遅い方(1 分間当たり約 2 回転)が、騒音レベルは 5dB 程度低下する傾向がみられた。すなわち、ブレードの回転速度を抑制することは、周囲の暗騒音が低い夜間での騒音対策の一つになるのではないかと考えている。</p>
研究結果	<p>風車騒音の伝搬予測に関する研究として、異なる発電施設で測定したデータを基に検討を行った結果、以下の点を明らかにした。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 風車騒音は、ロータ回転速度が定格となる風速で上限になる傾向が認められ、それらの関係は直線的で予測にも十分活用できると考える。また、騒音レベルと発電出力との対応も、時々刻々と変化する風速に比べて非常に良好である。 (2) 風車周囲における音響放射指向特性には明確な違いが現れており、ナセル側方での音圧レベルは前方および後方のそれらに比べて低くなる。この指向パターンを双指向性および無指向性を組み合わせた点音源モデルで容易に表わすことが可能である。なお、その様子は、周波数および発電出力(ロータ回転速度)に依存する傾向もみられた (3) 風車から 100m 離れた点での騒音データにも指向性は現れており、測定の際にはその特性を考慮して評価した方が良い。
今後の課題	<p>本課題では風力発電施設から発生する騒音の伝搬予測に関する研究を行った。その結果、風車騒音に関する音響特性を定量的あるいは定性的に把握することができ、これらの知見は測定データの分析時も含めて、予測あるいは評価にも活用できるものと思われる。しかしながら、以下の点は、今後の課題として考えている。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 空力音響学からの検討: 風車騒音はブレードからの空力音以外にナセル内部からの機械音も含まれており、理論的な取扱いだけではその音響特性を把握することは難しいと考えられるが、理論的な解析による精度検証と適用範囲の検討は行う必要がある。 (2) 風車騒音の変動性: 風車騒音を評価する上で、ブレードの回転に伴う音の変動性が注目されている。この特性にも指向性があるとの報告例があることから、本研究で得られた膨大なデータを用いて検討する必要がある。 (3) 伝搬過程に及ぼす気象の影響: 風車騒音の指向特性が、風の影響を受け易い遠方の点でも現れるのかも課題の一つである。

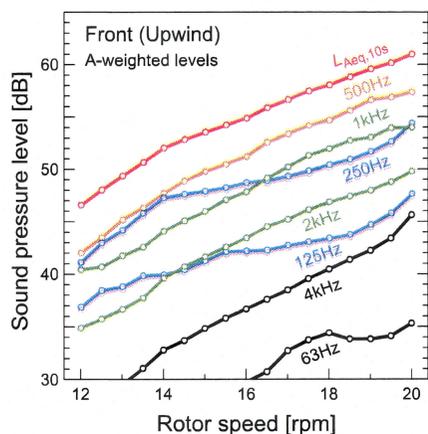
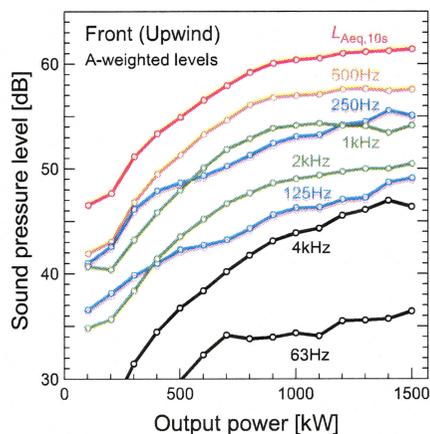
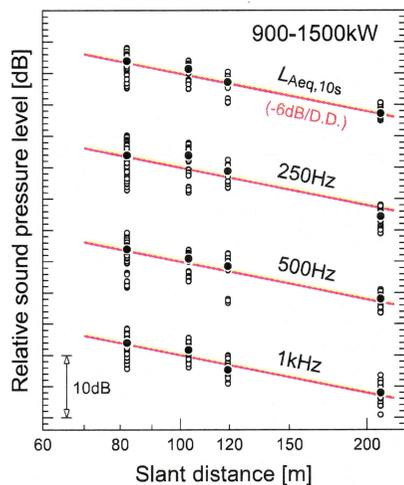
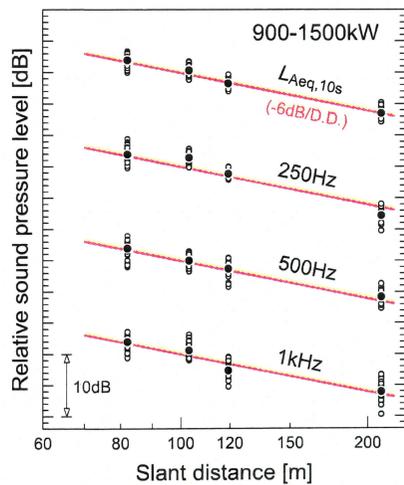


図1 発電出力・ロータ回転速度に対する1オクターブバンド音圧レベルの変化

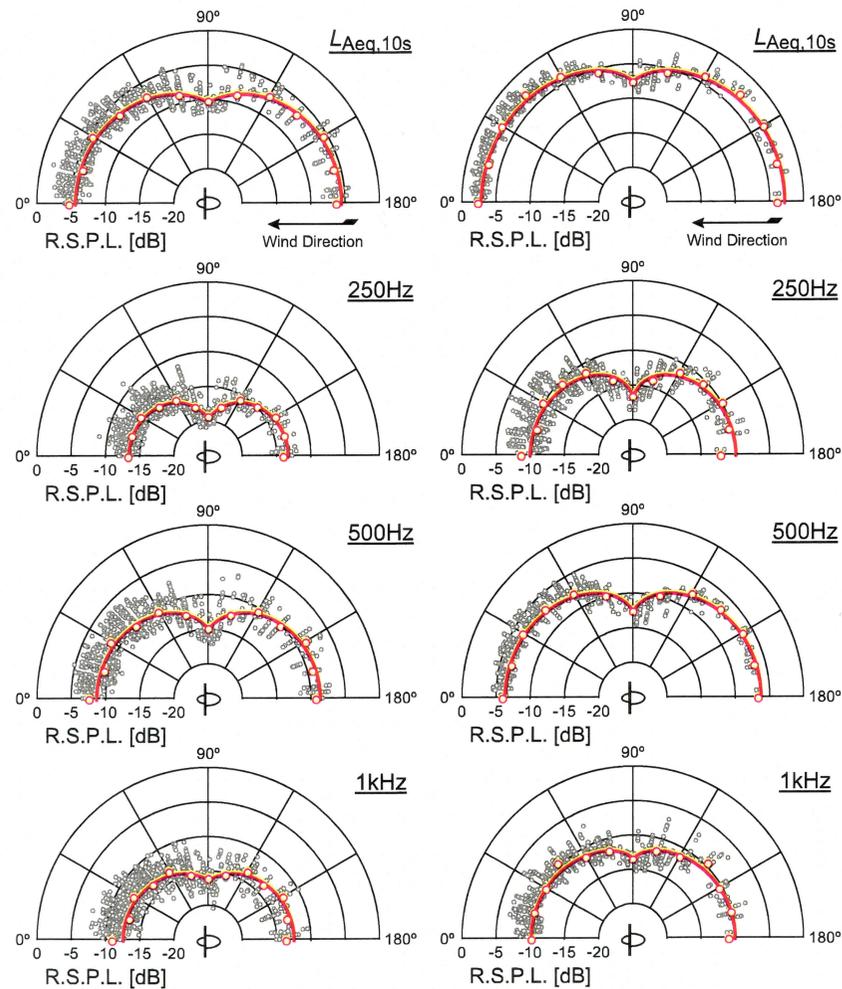


(a) 指向性補正なし



(b) 指向性補正あり

図3 放射指向特性の補正前後の距離減衰(水平距離 50-200m, - : 幾何拡散)



(a) 600-900kW/17-20rpm

(b) 900-1500kW/20rpm

図2 風車周囲の相対音圧レベル分布(○, ○)と指向性点音源モデル(-)

(注:フローチャート図, ブロック図, 構成図, 写真, データ表, グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)