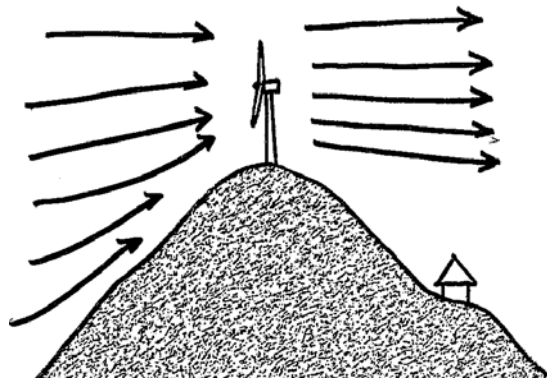


i) 風車音の周波数特性

a. 愛媛県伊方町

伊方町における冬季の測定では、発生源近傍、住宅側測定点とも尾根で風が遮られたため、各測定点における風による影響は小さかった（右図参照）。



① 風車音の卓越周波数

図 2.2.1.1～図 2.2.1.5 は平成 22 年 1 月 6 日の 12 時 30 分から 19 時までを得られた周波数毎の測定データを、風車ナセル近傍で観測された風速データを用いて風速別に発生音の音圧レベルを整理したものである。具体的には、同一風速内（例えば、風速 12.5m/s から 13.4m/s までを風速 13m/s とした）に観測された音圧レベルを周波数別にエネルギー平均して得られた値をプロットした。

図 2.2.1.1 より発生源近傍で観測された風車音の周波数特性に着目すると、2Hz,3.15Hz,31.5Hz,200Hz に卓越成分がみられる。2Hz は約 7 dB,3.15Hz は約 3 dB,31.5Hz は約 5 dB,200Hz は約 7 dB 卓越している。

図 2.2.1.2 及び図 2.2.1.4 に示す I 宅外、O 宅外では 2Hz,3.15Hz,31.5Hz の卓越の程度は風車近傍と比べてあまり変わらないが、200Hz はその前後の周波数成分に比べて約 12 dB 卓越している。

図 2.2.1.3 に示す I 宅内では 2Hz,3.15Hz, 31.5Hz,160-200Hz が、図 2.2.1.5 に示す O 宅内では 2Hz,3.15Hz,200Hz が卓越している。このうち O 宅内では 200Hz が、その前後の周波数に比べて約 10dB 卓越している。

これらの卓越成分のうち、2Hz,3.15Hz は風車の回転に起因する低周波音、200Hz はナセルから発生する機械音と考えられる。31.5Hz 成分の発生原因については現時点では明らかでない。

② 風速と音圧レベルの関係

図 2.2.1.1～図 2.2.1.5 より、風速による音圧レベルの違いは小さい。これは、対象とする風車の定格風速が 12.5m/s であり、測定時には風車のナセル高さにおいて観測された測定時の風速は 13～16m/s であったことから、風車は定格で回転していたと考えられる。

### ③ 家屋の内外音圧レベル差

図 2.2.1.6～図 2.2.1.7 は風車稼動時に得られたデータの平均値と平均値±標準偏差を示したものである。図 2.2.1.7 より、O 宅で観測された風車音の家屋内外音圧レベル差は、5Hz 以下はほぼ 0dB で、6.3Hz 以上で増加し、500Hz 以上で減少している。1～80Hz の傾向は、「5-20Hz 以下では家屋内外レベル差がほとんどなく、その周波数以上から 80Hz まではオクターブあたり 3-5dB 増加する」という既存の測定結果（「低周波音対応の手引書」p.36、図 1-3）と概ね類似している。500Hz 以上は住宅付近では風車音の音圧レベルが小さいことから、周波数が高くなるにつれて家屋内外音圧レベル差が減少しているようにみえる。

一方、図 2.2.1.6 に示した I 宅における風車音の家屋内外音圧レベル差は O 宅よりかなり小さい。測定者によると、測定時、習慣的に玄関のドアが開いていることが多かったとのことであり、開口部があったことで内外レベル差が低下した可能性も考えられる。

### ④ 風車稼動時と停止時の音圧レベルの比較

風車稼動時と停止時の音圧レベル差を比較すると、図 2.2.1.11 及び図 2.2.1.12 に示す O 宅の住宅内・外における測定結果で、特徴的な周波数成分が確認できる。このうち、O 宅内では風車が稼動すると 200Hz の音圧レベルが約 15-20dB 近く増加する様子が特徴的であり、住宅外よりも顕著に現れている。

図 2.2.1.9 及び図 2.2.1.10 に示す I 宅の住宅内・外における測定結果では、500Hz 以下では O 宅ほどの特徴的な周波数成分はみられない。これは、測定点周辺の背景的な騒音等による影響と推測される。しかし詳細にみると、図 2.2.1.9 の住宅外では 200Hz に卓越成分があり、風車稼動時と停止時に 15dB 近い差が確認できる。

なお、図 2.2.1.10 の住宅内では風速 14m/s のときに 3.15Hz と 4kHz の音圧レベル差が大きくなっている。このうち 4kHz は発生源近傍には現れていない成分なので I 宅内特有の音と考えられるが、音の発生源は不明である。

一方で、図 2.2.1.8 の発生源近傍の測定点では 200Hz にはっきりとした卓越成分はみられない。測定時に停止した風車は住宅付近の 4 基のみであり、見通しのよい風車近傍点（写真参照）では、他の稼動している風車音の影響を受けている可能性も考えられる。住宅側の測定点では、山の斜面に遮られて広い範囲の風車までは見通せないため、直近の風車の稼動・停止がはっきりとした音

圧レベルの違いとして現れたものと推測される。

発生源近傍の測定点では苦情者宅側ではみられない 31.5Hz に卓越成分がみられる。31.5Hz の成分は、風車の稼動・停止で 5-10dB 近い差がある。なお、この成分の発生原因は現在のところ明確でない。

#### ⑤ 測定点による比較

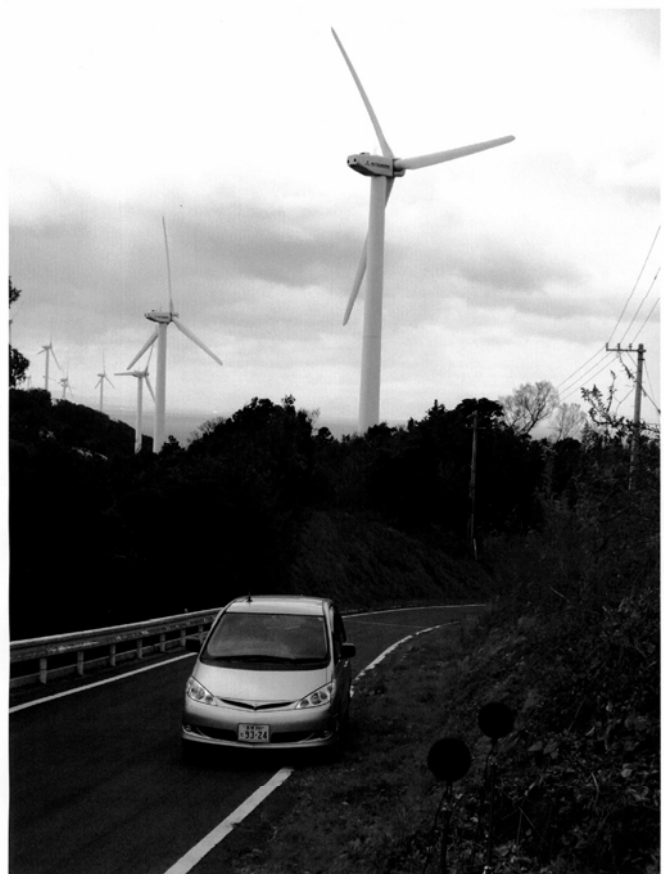
図 2.2.1.13 及び図 2.2.1.14 は、測定中に風速別で最も多くのデータが得られた風速 14m/s の条件について、同一風速条件における各測定点の周波数特性を比較したものである。

両図より、I 宅及び O 宅では発生源近傍で観測された 31.5Hz 及び 200Hz の卓越成分が観測されており、風車音が住宅内まで伝搬してきていることがわかる。

図中、風車近傍の測定結果が苦情者宅住宅外で観測された音圧レベルと同等あるいは、160 Hz のように周波数によっては逆に小さくなっていることについて、以下の理由が考えられる。

伊方地区では馬の背のような地形の頂上部に風車が建っている。風車と住宅の間は山の斜面

になっており、測定点を設置することが難しかったことから、I 宅に最も近い 13 号風車と O 宅に最も近い 12 号風車のほぼ中間点の道沿いに発生源近傍測定点を設置している。測定時、風車風下側に苦情者宅が位置し、発生源近傍測定点は両風車の側方に位置していた。既存の研究\* によれば、風車からの発生音は風下側と風上側に指向性があることから、風車近傍測定点における測定結果



は音圧レベルが小さめに現れ、その結果音圧レベルの逆転が生じたと推測される。

\* 参考文献：井上他；大型風力発電装置から放射される騒音・超低周波音の特性、（社）日本騒音制御工学会技術発表会講演論文集、1994.10、pp.261-264.

#### ⑥ 閾値との比較

測定結果を低周波音の感覚閾値（「平成15年度低周波音対策検討調査」参照）、最小可聴値（ISO 226-2003）と比較した。

図 2.2.1.1 より、測定点のうち風車音の音圧レベルが最も大きい発生源近傍測定点における 20Hz 以下の成分に着目した。この周波数域では、周波数が低くなるにつれて感覚閾値と測定値の差が大きくなっている。そこで両者の差の最も小さい 20Hz で両者を比較したところ、20Hz 以下の超低周波音成分は感覚閾値より約 20dB 以上小さいことがわかる。感覚閾値の実験で試験音以外の暗騒音が極めて小さい実験室で行われていること、この周波数域における感覚閾値の被験者による標準偏差が 4~7dB であること\*\*を考慮しても、発生源の近傍でさえも 20Hz 以下の超低周波音は感じられることはないと考えられる。

図 2.2.1.3 及び図 2.2.1.5 によると、住宅内で風車稼働時に観測された騒音・低周波音は I 宅内では 40Hz 以上で、O 宅内では 80Hz 以上で測定値が最小可聴値を上回った。これより、苦情者が聞いているのは閾値を上回ったこの周波数域の音ではないかと考えられる。40Hz 以上の周波数域では、両住宅内で観測された風車音は 160-200Hz が卓越しており、風車音の問題を検討していくに当たって、この周波数域が特に注目される。

なお、図 2.2.1.2 及び図 2.2.1.4 より、苦情者宅住宅外で観測された風車音は 5-50Hz で 70dB 以下であり、物的苦情参照値を下回った。

\*\* 参考文献：K.Kurakata and T.Mizunami; The statistical distribution of normal hearing thresholds for low-frequency tones. Journal of Low frequency noise, vibration and active control, Vol.27, No.2, pp.97-104, 2008.

#### ⑦ 住環境における低周波音の測定結果との比較

苦情者宅の住宅内・外で観測された風車音の測定結果を、一般住環境におけ

る低周波音の測定結果（「低周波音問題対応の手引書」,p.90 参照）と比較した。

図 2.2.1.15～図 2.2.1.16 より、苦情者宅の住宅外で観測された風車音の音圧レベルは、風もなく発生源となるものもない森林と I 宅外は同程度、O 宅外は森林よりは音圧レベルは大きい。市街地の公園における音圧レベルは 10Hz 以上の周波数域では風車音より大きかった。

図 2.2.1.17～図 2.2.1.18 より、苦情者宅の住宅内で観測された風車音の音圧レベルは、I 宅では 6.3Hz 以下程度で一般住宅内より大きかったが、O 宅では 10Hz 以上については、一般住宅内で観測された低周波音の音圧レベルの方が大きかった。

## b. 愛知県田原市

### ① 風車音の卓越周波数

発生源近傍と住宅の内・外で測定された風車音の周波数特性の一例を図 2.2.1.19～図 2.2.1.21 に示す。図は周波数毎の測定データを、風車ナセル近傍で観測された風速データを用いて風速別に発生音の音圧レベルを整理したものである。結果は同一風速内に観測された音圧レベルを周波数別にエネルギー平均して得られた値をプロットした。

周波数特性に着目すると、発生源近傍の測定点においては低い周波数ほど音圧レベルが大きくなる傾向がみられ、20Hz 以下では風車稼動時に 55～90dB 程度の音圧レベルが、風車停止時でも 55～85dB 程度の音圧レベルが観測されている（図 2.2.1.19）。測定点の選定や測定時の風雑音低減には注意を払っているが、発生源近傍の測定点は周囲に風を遮るものがなかったため、風雑音の影響が大きかったものと考えられる。

風車音の卓越周波数に着目すると、25-31.5Hz,50-63Hz,160-200Hz,400Hz に卓越成分がみられる。周囲の周波数と比べて 25-31.5Hz は 5-10 dB, 50-63Hz は約 5 dB, 160-200Hz は約 10 dB,400Hz は約 3 dB 卓越している（図 2.2.1.19）。このうち、160-200Hz,400Hz はナセルから発生する機械音と考えられる。25-31.5Hz,50-63Hz 成分の発生原因については現時点では明らかではない。

一方、図 2.2.1.20、図 2.2.1.21 より、苦情者宅内・外では 160-200Hz の成分が卓越している。160-200Hz は周囲の周波数と比べて住宅外では 7-15 dB、住

宅内では 5-12 dB 程度卓越している。

## ② 風速と音圧レベルの関係

図 2.2.1.19 より発生源近傍の測定点では、風速 9m/s 以下と 10m/s 以上で風速による音圧レベルの違いがみられる。測定時、風車が停止する以前は風車ナセル位置で風速 10~13m/s 程度の風が吹いていたが、再稼働後は 7~10m/s 程度に風速が減少した。対象風車の定格風速は 12.0m/s であるが、風車停止前は概ね定格の回転数で稼働しており、再稼働後は風速が定格に達しなかったことから風速に応じて回転数が変動していた。この違いが風速による音圧レベルの違いとして現れたものと推測される。

図 2.2.1.20 及び図 2.2.1.21 より、苦情者宅住宅内・外における測定結果をみると、測定点周辺の風雑音や背景騒音の影響により、風速による違いは発生源近傍ほど明確に現れていない。

## ③ 家屋の内外音圧レベル差

図 2.2.1.22 は風車稼働時に得られたデータの平均値と平均値±標準偏差を示したものである。苦情者宅で観測された風車音の家屋内外音圧レベル差は、8Hz 以下は住宅外の風雑音の影響により、低周波数側が上昇している。12.5Hz 以上で音圧レベル差が増加し、500Hz 以上で減少している。1~80Hz のうち 10Hz 以上については、「5-20Hz 以上から 80Hz まではオクターブあたり 3-5dB 増加する」という既存の測定結果（「低周波音対応の手引書」p.36、図 1-3）と傾向が類似している。

なお、500Hz 以上の周波数域で周波数が高くなるにつれて家屋内外音圧レベル差が減少するように見えるが、住宅付近においてはこの周波数域の風車音の音圧レベルが小さいために十分な音圧レベル差が得られなかったと考えられる。

## ④ 風車稼働時と停止時の音圧レベルの比較

風車稼働時と停止時による違いは、発生源近傍、住宅の内・外とも特徴的な周波数成分が認められる。図 2.2.1.23 より、発生源近傍では 25Hz, 50Hz, 160Hz が卓越しており、風車の稼働・停止により周囲の周波数に比べて各々およそ 8dB, 10dB, 17dB の音圧レベル差がある。

図 2.2.1.24 に示す住宅外の結果では、風車の稼動により 160Hz が停止時よりも約 20dB、図 2.2.1.25 に示す住宅内の結果では、160Hz～250Hz で音圧レベルが 13-15dB 程度増加していることがわかった。

#### ⑤ 測定点による比較

図 2.2.1.26 は測定中に風速別で最も多くのデータが得られた風速 8m/s の条件について、同一風速条件における各測定点の周波数特性を比較したものである。図より、発生源近傍で観測された 160-200Hz の卓越成分が苦情者側の住宅の内・外においても観測されており、風車音が住宅内まで伝搬している様子がみてとれる。25Hz, 50Hz の成分は、住宅外では周りの周波数成分よりわずかに大きい、住宅内でははっきりとは確認できない。

なお、風を遮るものがない発生源近傍における測定結果は、風雑音によって低周波数域の音圧レベルが他の測定点の結果に比べて大きくなっている。低周波音の測定に際して、測定点の配置や防風スクリーン等に十分な注意を払っても、このように風を遮るものがないような測定点では、風雑音の影響を十分に低減させることはなかなか難しいことがわかった。

#### ⑥ 閾値との比較

測定結果を低周波音の感覚閾値(「平成 15 年度低周波音対策検討調査」参照)、最小可聴値 (ISO 226-2003) と比較した。図 2.2.1.19 より、測定点のうち風車音の音圧レベルが最も大きい発生源近傍の測定点における 20Hz 以下の成分に着目した。この周波数域では、周波数が低くなるにつれて感覚閾値と測定値の差が大きくなっている。そこで両者の差の最も小さい 20Hz で両者を比較したところ約 20dB の差があり、20Hz 以下の超低周波音成分では感覚閾値よりも約 20dB 以上小さく、周波数が低くなるほど差が拡大する傾向がある。

図 2.2.1.20 及び図 2.2.1.21 により卓越している 160-200Hz に着目すると、風車稼動時において住宅外では 50-55dB の音圧レベルが、住宅内では暗騒音を約 15dB 上回る 30-35dB の音圧レベルが観測された。

住宅内の測定値は、100Hz 以上で最小可聴値を上回った。これより、苦情者が聞いているのは最小可聴値を上回ったこの周波数域の音ではないかと考えられる。住宅内で観測された風車音は 160-200Hz が顕著に卓越しており、この周波数域が特に注目される。

なお、図 2.2.1.20 より、苦情者宅住宅外で観測された風車音は 5-50Hz で 70dB 以下であり、物的苦情参照値を下回った。

#### ⑦ 住環境における低周波音の測定結果との比較

苦情者宅の住宅内・外で観測された風車音の測定結果を、一般住環境における低周波音の測定結果(「低周波音問題対応の手引書」,p.90 参照)と比較した。

図 2.2.1.27 より、苦情者宅の住宅外で観測された風車音の音圧レベルは、市街地の公園における音圧レベルと 10Hz 以下では同程度、10Hz より高い周波数域では小さかった。

図 2.2.1.28 より、苦情者宅の住宅内で観測された風車音の音圧レベルは、10Hz 以下では一般住宅内と同程度、10Hz より高い周波数域では小さかった。

### c. 愛知県豊橋市

#### ① 風車音の卓越周波数

発生源近傍と住宅の内・外で測定された風車音の周波数特性の一例を図 2.2.1.29～図 2.2.1.31 に示す。図は測定データを、風車ナセル近傍で観測された風速データを用いて風速別に発生音の音圧レベルを整理したものである。結果は同一風速内に観測された音圧レベルを周波数別にエネルギー平均して得られた値をプロットした。

図 2.2.1.29 より発生源近傍で観測された風車音の周波数特性に着目すると、20Hz 以下では風車稼動時に 50～75dB 程度の音圧レベルが、風車が停止している条件でも 50～67dB 程度の音圧レベルが観測されている。測定点の選定や測定時の風雑音低減には注意を払っているが、豊橋市の風車も田原市ほどではないものの、少なからず風雑音の影響を受けていると考えられる。

風車音の卓越周波数に着目すると、25-31.5Hz,50-63Hz,160-200Hz,400Hz に卓越成分がみられる。これらの周波数における音圧レベルは、周囲の周波数と比べて 25-31.5Hz は 7-8 dB, 50-63Hz は 5-7dB, 160-200Hz は約 5 dB,400Hz は 2-5 dB 卓越している。このうち、160-200Hz,400Hz はナセルから発生する機械音と考えられる。25-31.5Hz,50-63Hz 成分の発生原因については現状でははっきりしない。



一方、図 2.2.1.30 より、苦情者宅住宅外では発生源近傍で観測された卓越成分に対応する周波数に明確な卓越成分がみられない。風車音のうち、特に 20Hz 以上の周波数では、距離減衰により音圧レベルが暗騒音と同程度あるいはそれ以下のレベルまで減衰したことにより、はっきりとした卓越成分が見出せなくなったものと推測される。なお、風速の弱い風速 6m/s 時に 80Hz 以下で音圧レベルが最も大きくなっており、1Hz, 1.25Hz が卓越しているが、これは住宅外測定点のマイクロホン近傍で発生した風雑音等によるものと推定される。測定にあたり、風雑音の低減には気を配っているが、低周波数域の測定では風雑音を大きく低減することは非常に難しい。

図 2.2.1.31 より、苦情者宅住宅内では、発生源近傍には見られない 12.5Hz 成分が卓越している。12.5Hz における音圧レベルは、周囲の周波数と比べて 12-20dB 程度卓越している。12.5Hz が卓越した原因については推測の域を出ないが、風等によって建具が揺れること等により二次的に発生した可能性も考えられる。

## ② 風速と音圧レベルの関係

図 2.2.1.29 より発生源近傍の測定点では、低周波数域で風速による 10dB 程度の音圧レベルの違いがみられる。測定時、風車ナセル位置で 6~10m/s の風が吹いた。対象風車の定格風速は 12.0m/s であるので、風速に応じて回転数が変動しており、回転数の違いが、風速による音圧レベルの違いとして現れたものと推測される。

一方、図 2.2.1.30 及び図 2.2.1.31 より苦情者宅住宅内・外では風速による音圧レベルの違いが明確にみられない。これは、風車音の音圧レベルが距離減衰により暗騒音と同程度まで減衰したこと、受音点周囲の暗騒音等による影響により違いが見出せなくなったものと推測される。

## ③ 家屋の内外音圧レベル差

図 2.2.1.32 は風車稼動時に得られたデータの平均値と平均値±標準偏差を示したものである。苦情者宅で観測された風車音の家屋内外音圧レベル差は、10Hz 以下は住宅外の風雑音の影響により、低周波数側が上昇している。12.5Hz の落ち込みは、住宅内で観測された卓越成分によるものである。家屋内外音圧レベル差は 16Hz 以上で増加し、500Hz 以上で減少している。1~80Hz のうち

16Hz 以上については、「5-20Hz 以上から 80Hz まではオクターブあたり 3-5dB 増加する」という既存の測定結果（「低周波音対応の手引書」 p.36、図 1-3）と類似している。

なお、500Hz 以上の周波数域で周波数が高くなるにつれて家屋内外音圧レベル差が減少するように見えるが、住宅付近においてはこの周波数域の風車音の音圧レベルが小さいために十分な音圧レベル差が得られなかったと考えられる。

#### ④ 風車稼働時と停止時の音圧レベルの比較

風車稼働時と停止時による違いは、発生源近傍、住宅の内・外とも特徴的な周波数成分が認められる。図 2.2.1.33 より、発生源近傍では 20-25Hz,160Hz, 315Hz, 630Hz に特徴的な周波数成分が認められる。これらの周波数成分は、風車の稼働・停止で周囲の周波数に比べて各々およそ 7-8dB,10dB, 7dB,6dB の音圧レベル差がある。

図 2.2.1.34 より住宅外では、風車稼働時の測定の際、風雑音により 1Hz 成分が大きく上昇している。発生源側での音圧レベルよりも大きな値となっていることから、マイクロホン近傍で発生した風雑音等による影響を受けたためと推定される。

図 2.2.1.35 により住宅内では、12.5Hz が風車稼働時の方が停止時よりも約 8dB 大きくなっているが、12.5Hz の音圧レベルの時間変動に着目すると、風車の稼働・停止とは関係がみられない（後述の ii） c. ①を参照）。今後において、風車の稼働との時間的な対応関係を注意深く検証する必要がある。

#### ⑤ 測定点による比較

図 2.2.1.36 は測定中に風速別で最も多くのデータが得られた風速 7m/s の条件について、同一風速条件における各測定点の周波数特性を比較したものである。住宅内・外の測定データをみると、発生源近傍で観測された卓越成分である 25Hz,63Hz,160Hz については、明確な卓越成分は観測されなかった。

#### ⑥ 閾値との比較

測定結果を低周波音の感覚閾値（「平成 15 年度低周波音対策検討調査」参照）、最小可聴値（ISO 226-2003）と比較すると、図 2.2.1.29 より、測定点のうち風車音の音圧レベルが最も大きい発生源近傍の測定点における 20Hz 以下の成分

に着目した。この周波数域では、周波数が低くなるにつれて感覚閾値と測定値の差が大きくなっている。そこで両者の差の最も小さい **20Hz** で両者を比較したところ約 **20dB** の差があり、発生源近傍でも **20Hz** 以下の超低周波音成分では感覚閾値より **20dB** 程度以上小さく、周波数が低くなるほど差が拡大する傾向がある。

図 2.2.1.31 より、住宅内で観測された騒音・低周波音を閾値と比較したところ、風車停止時を含む測定値は **100Hz** 以下では最小可聴値以下であり、最小可聴値を上回ったのは **125Hz** 以上の周波数域であった。これより、苦情者が聞いているのは最小可聴値を上回ったこの周波数域の音響成分の可能性が高い。

なお、図 2.2.1.30 より、苦情者宅住宅外で観測された風車音は **5-50Hz** で **70dB** 以下であり、物的苦情参照値を下回った。

#### ⑦ 住環境における低周波音の測定結果との比較

苦情者宅の住宅内・外で観測された風車音の測定結果を、一般住環境における低周波音の測定結果(「低周波音問題対応の手引書」,p.90 参照)と比較した。

図 2.2.1.37 より、苦情者宅の住宅外で観測された風車音の音圧レベルは、市街地の公園における音圧レベルと **5Hz** 以下では同程度、**6.3Hz** より高い周波数域では小さかった。

図 2.2.1.38 より、苦情者宅の住宅内で観測された風車音の音圧レベルは、**10-12.5Hz** を除いた周波数では一般住宅内と同程度か、あるいは周波数によっては最大で **30dB** 程度小さかった。

ii) 風車音の音圧レベル変化

a. 愛媛県伊方町

① 周波数別の音圧レベル変化

発生源近傍と蝶螺箸地区の住宅内・外で観測された騒音・低周波音の音圧レベル変動の一例を図 2.2.1.39～図 2.2.1.43 に示す。選定した周波数は、風車音の分析の結果見出された卓越周波数成分を含む主な周波数である。

図より、毎正時付近で風車の停止に伴って音圧レベルが低下する様子が見てとれる。住宅内に比べて住宅外の方が音圧レベルの落ち込みが小さいのは、周囲の暗騒音による影響と考えられる。

② 測定点による比較

次に、発生源近傍における卓越周波数のうち、31.5Hz と 200Hz に着目し、発生源近傍と住宅内・外における音圧レベルの変動を比較した。結果を図 2.2.1.44～図 2.2.1.45 に示す。

図 2.2.1.45 によると、200Hz では発生源近傍で 5-10dB であるのに対して、I 宅外、O 宅内・外の測定点では 15-20dB であり、住宅内・外の方が風車の稼働・停止による音圧レベルの変化が明確に現れている。

風車近傍の測定点において風車の稼働・停止による差が小さい原因として、停止した苦情者宅に近い 4 基以外の、稼働している風車による影響の可能性も考えられる (i) 「風車音の周波数特性」④ 参照)。

また、風車近傍で観測された風車稼働時の音圧レベルと住宅外の音圧レベルとの差がない原因として、発生源近傍の測定点の位置と風車音の指向性の影響が考えられる (i) 「風車音の周波数特性」⑤参照)。

## b. 愛知県田原市

### ① 周波数別の音圧レベル変化

測定中に発生した一過性の対象音以外の騒音や風雑音に関する測定者のコメントがなかったことから、10秒ごとの全測定データをプロットした。発生源近傍と住宅内・外で観測された騒音・低周波音の音圧レベル変動及びロータ回転数の変化の一例を図 2.2.1.46～図 2.2.1.48 に示す。なお、騒音・低周波音の周波数は、風車音の分析の結果見出された卓越周波数成分を含む主な周波数を選定した。

図 2.2.1.46 より、風車近傍では風車の停止（ロータ回転数が 0）に伴い音圧レベルが低下する様子が見てとれる。特に卓越している 160Hz と 200Hz における音圧レベルの変化に着目すると、風車停止前は 200Hz の方が音圧レベルは大きいですが、再稼働後は 200Hz の音圧レベルはしだいに減少し、逆に 160Hz の音圧レベルがしだいに増加して 200Hz の音圧レベルより大きくなっており、200Hz 帯域から 160Hz 帯域へ卓越周波数がしだいに移行していることがわかる。

また、音圧レベルの変動幅に注目すると、停止前の 160Hz,200Hz における音圧レベルの変動幅がおよそ 6dB であるのに対して、再稼働後の音圧レベルの変動幅はおよそ 15dB であり、再稼働後は停止前に比べて変動幅が大きくなっている。風車の回転数の変化をみると、風車が停止する以前は回転数がほぼ一定（定格による回転）であったが、再稼働後は回転数が変動しながら減少している。音圧レベルの変動はロータの回転数の変動と概ね対応しているように見受けられる。

なお、1Hz ではマイクロホン周辺の風雑音の影響により、稼働・停止がはっきりしなかった。

図 2.2.1.47 及び図 2.2.1.48 に示す住宅の内・外における結果でも、160Hz,200Hz については風車の稼働・停止による音圧レベルの変化がみられ、特に住宅内では風車再稼働後の 160Hz における音圧レベルの変動幅がおよそ 12-22dB と大きいことが注目される。

### ② 測定点による比較

次に、発生源近傍における卓越周波数のうち、25Hz と 160Hz に着目し、発生源近傍と住宅内・外における音圧レベルの変動を比較した。結果を図 2.2.1.49～図 2.2.1.50 に示す。

これによると、住宅外では特に 160Hz で風車の稼働・停止による音圧レベルの変化が認められるが、住宅内では変化は小さくなっている。一方、風車再稼働後の 160Hz における音圧レベルの変動幅が住宅内で大きいことが注目される。

### c. 愛知県豊橋市

#### ① 周波数別の音圧レベル変化

田原市における測定データと同様に、10 秒ごとの全測定データをプロットした。発生源近傍と住宅内・外で観測された騒音・低周波音の音圧レベル変動及びロータ回転数の変化の一例を図 2.2.1.51～図 2.2.1.53 に示す。なお、騒音・低周波音の周波数は、風車音の分析の結果見出された卓越周波数成分を含む主な周波数を選定した。

図 2.2.1.51 より、発生源近傍では風車の停止（ロータ回転数が 0）に伴い音圧レベルが低下する様子がみられる。ロータ回転数をみると、定格に近い回転数で稼働していたが、風車停止前に回転数が減少し、再稼働後は緩やかに変動している。

風車稼働時の卓越周波数である 160Hz における音圧レベルの変動幅は 7～8dB で、風車稼働時はほぼ変わらなかった。

図 2.2.1.52 及び図 2.2.1.53 に示す風車から 680m 離れた住宅の内・外では、データでみる限り、風車の稼働・停止がはっきりしなかった。この地点では、風車音のレベルが暗騒音のレベルと同程度かそれ以下であるためと考えられる。

図 2.2.1.53 より、住宅内のみ卓越している 12.5Hz の音圧レベルの時間変動に着目すると、風車の稼働・停止とは関係なく、測定時間区間の後半に音圧レベルが増加しており、風車音とは別の要因によるものと推測される。

#### ② 測定点による比較

発生源近傍における卓越周波数のうち、25Hz と 160Hz に着目し、発生源近傍と住宅内・外における音圧レベルの変動を比較した。図 2.2.1.54～図 2.2.1.55 によると、住宅内・外では周囲の暗騒音による影響からか、風車の稼働・停止による明確な音圧レベルの違いはみられなかった。

### iii) 苦情者の体感との対応

#### a. 愛媛県伊方町

1月の測定では、蠓螺澹地区のI氏は「高齢につきアンケート記入は難しい」ということで体感調査への協力は得られなかった。I氏への聞き取りによれば、「風が弱い時に、風車が廻ったり止まったりしていても、その区別なく辛い。短時間の停止時間があっても楽にはならないが、風車が完全に停止している夜間は、特に症状はない。」とのことであった。なお、調査員はI宅室内で、稼動・停止をはっきりと聴覚で確認できたとのことであった。

一方、灘地区のO氏の調査票は時間の記入はなく票の上から下まで線を引かれているが、O氏によれば「稼動時には、ずっと不快感がある。」とのことであった。なお、検討会委員はO氏とともにO宅室内で風車音を体感したが、その際、O氏は風車の稼動・停止を聞き分けており、立会った検討会委員も稼動・停止を聴覚で確認できた。

#### b. 愛知県田原市

測定データの解析と同様に、暗騒音による影響の少ない夜間のデータに着目した。苦情者の方からは、不快感・胸の圧迫感・頭が重い・うっとうしい・苦しい・体のしびれ・耳のつまりの訴えがあり、それぞれに時々刻々の感覚が記載されている。調査票によれば、風車の稼動・停止と感覚の間には対応関係がみられる。このなかで、風車が再稼動してから数分後に「この1時間の中で最悪」との記載がある。図 2.2.1.48 によると、再稼働後のロータの回転数は変動しながら停止前よりも小さくなっている。また、再稼働後は160Hzの音圧レベルが200Hzよりも大きくなっていること、160Hz,200Hzにおける音圧レベルの変動幅が停止前に比べて10dB近く大きくなっていることが特に注目される。これらの結果と調査票の記述内容を比較すると、「風が強い時よりいくらか弱い時の方が不快である」という氏の発言と対応していると考えられる。

#### c. 愛知県豊橋市

豊橋市についても、暗騒音による影響の少ない夜間のデータに着目した。体感調査に参加した苦情者は3名で、不快感・胸の圧迫感・肩の張り・頭が重い・うっとうしい・苦しい・目の辺りが重い・耳の鳴りの訴えがある。調査票は、それぞれに時々刻々の感覚が記載されている。調査票によれば、被験者3名の

うち 2 名が風車の稼働・停止を聞き分けている。測定時、室内にいた調査員も風車の稼働・停止を聞き分けており、暗騒音が下がったときだけ風車音の有無を判断しているものと考えられる。3名の苦情者のうち1名は稼働・停止に関する記載がないが、この苦情者は体感調査の始めから終わりまで不快感等の訴えの欄に線を引いている。他の 2 名の訴えは、風車が停止したタイミングは概ね合っているが、このうち1名の方は回答では停止後に 10 分程度の幅がある。これは、室内において風車からの発生音と暗騒音のレベル差が非常に小さいためと推測される。



#### iv) 解析結果のまとめ

愛媛県と愛知県において風車音により苦情が発生している地域で測定されたデータを解析し、以下のことがわかった。

#### ○風車音の周波数特性

##### ① 風車音の卓越周波数

伊方町においては、発生源近傍で 2Hz,3.15Hz,31.5Hz,200Hz に卓越成分がみられた。苦情者住宅外では 2Hz,3.15Hz,31.5Hz に比べて 200Hz の卓越の度合いが大きかった。

田原市においては、発生源近傍では 25-31.5Hz,50-63Hz,160-200Hz,400Hz に卓越成分がみられた。苦情者住宅内・外では 160-200Hz の成分が卓越しており、前後の周波数と比べて住宅外では 7-15 dB、住宅内では 5-12 dB 程度大きかった。

豊橋市においては、発生源近傍では 25-31.5Hz,50-63Hz,160-200Hz,400Hz が卓越した。苦情者宅住宅外では対応する周波数に明確な卓越成分がみられなかった。苦情者宅住宅内では、発生源近傍には見られない 12.5Hz 成分が卓越した。

##### ② 風速と音圧レベルの関係

発生源近傍の測定結果に注目すると、伊方町の測定結果では風速による違いがみられなかった。これは風車が定格で回転していたためと考えられる。

田原市の測定結果では、風速 10m/s を境にして音圧レベルの違いが見られた。風車が定格未満で回転している場合には、回転数の変動に伴い風車音の音圧レベルも変動しており、風車が定格で回転している時と定格未満で回転している時の違いが結果に現れたものと考えられる。

豊橋市の測定結果では、風速により音圧レベルが 10dB 程度変化した。豊橋市の測定では回転数が定格に満たなかったため、回転数の違いによる音圧レベルの違いが現れたものと考えられる。

しかし、いずれの場合も苦情者宅住宅の内・外では風速による違いがはっきりしなかった。この原因として、風車音の距離による減衰、風車音の伝搬過程における風等による変動（発生源から住宅まで音が伝搬する際における、風の向きや強弱による音圧レベルの変動）、測定点周りの暗騒音等による影響が考

えられる。

### ③ 家屋の内外音圧レベル差

測定で得られた家屋内外音圧レベル差は、玄関ドアが開いていた可能性のある伊方町の I 宅を除き、低周波数域では既存の測定結果と同じような傾向が得られた。500Hz 以上では住宅付近で観測される風車音自体の成分が小さいこと等により、正確な内外レベル差は得られなかった。

### ④ 風車稼動時と停止時の音圧レベルの比較

伊方町では O 宅の住宅内・外と I 宅外で 200Hz のレベル差が大きかった。発生側近傍で観測された 31.5Hz のレベル差は、住宅内・外では観測されず、風車近傍特有の音の可能性も考えられる。

田原市の発生源近傍では 25Hz, 50Hz, 160Hz が、住宅外では 160Hz が、住宅内では 160Hz~250Hz のレベル差が大きかった。

豊橋市の発生源近傍では 160Hz, 315Hz, 630Hz のレベル差が大きかったが、住宅外では風の影響と考えられる 1Hz が、住宅内では他の要因によると思われる 12.5Hz のレベル差が大きかった。

### ⑤ 測定点による比較

風車音の測定点ごとの周波数特性における対応を比較すると、風車からの距離が 350m までの住宅の内・外で観測された測定結果では、発生源近傍で観測された風車音の卓越周波数成分が住宅の内外でも観測されており、この成分が伝搬している様子がわかる。しかし、風車から 680m 離れた住宅内・外で観測された測定データでは明確な卓越周波数成分はみられなかった。

### ⑥ 閾値との比較

風車からの発生音の測定結果を閾値と比較した結果、発生源近傍であっても、測定された低周波音は、20Hz 以下では感覚閾値より 20dB 以上小さい。

感覚閾値実験におけるばらつきを考慮に入れても、20Hz 以下では風車音を感じられることはないと考えられる。

苦情者宅住宅内で観測された風車音の測定結果を最小可聴値と比較した結果、1 例については 40Hz 以上で、他については 80-125Hz 以上で最小可聴値

を上回っており、苦情者が苦情を訴えている音は最小可聴値を上回ったこの周波数域の音ではないかと推定される。

#### ⑦ 住環境における低周波音の測定結果との比較

苦情者宅の住宅内・外で観測された風車音の測定結果を一般住環境における低周波音の測定結果と比較したところ、住宅外では市街地や公園と、住宅内では一般住宅内で観測された低周波音の音圧レベルと概ね同程度の範囲にあり、一般住環境における低周波音と比べてとりたてて大きいという結果は得られなかった。

#### ○風車音の音圧レベル変化

##### ① 周波数別の音圧レベル変化

伊方町と田原市の測定結果からは、風車音の卓越周波数において、風車の停止に伴って音圧レベルが低下する様子が見てとれる。豊橋市の結果では、苦情者宅の住宅内・外で観測された音圧レベル変化は、風車の稼働・停止によっても音圧レベルに違いはみられなかった。

##### ② 測定点による比較

風車音の測定点ごとの音圧レベル変化の対応を比較すると、風車からの距離が 210m,240m,350m の住宅内・外で観測された卓越周波数の音圧レベル変化は、発生源近傍で観測された風車の稼働・停止に伴う音圧レベル変化と概ね対応関係がみられた。しかし、距離が 680m 離れた点の測定データは明確な対応関係はみられなかった。

#### ○風車の稼働・停止に伴う苦情者の反応との対応関係

風車の稼働・停止による音の変化は、風車からの距離 680m 点の苦情者の中の 1 名を除いて風車音を聞き分けていると考えられる。このうち田原市の苦情者は、はっきりとした対応関係が認められた。

v) 今後注目すべき点について

今回の苦情地域における測定データを解析した結果、今後の調査で注目すべき点を以下に示す。

- ・今回の測定データの範囲では、伊方町の I 宅では 40Hz 以上の周波数域で、その他の苦情者宅内では 80Hz 以上の周波数域で、測定結果が最小可聴値を上回った。

測定値が閾値を上回った周波数域では、豊橋市の苦情者宅内を除き、いずれも 160Hz から 200Hz の周波数が卓越しており、風車音の対策を検討して行くに当たっては、この周波数に注目して、調査検討を行う必要がある。

- ・今回の調査では、発生源近傍で 31.5Hz にも卓越成分が観測されたが、発生原因がはっきりしないことから、今後、31.5Hz の音の発生原因にも注目して調査を行う必要がある。

- ・田原市の測定結果から、風車音の苦情は必ずしも風速が大きい場合だけでなく、風速が幾分小さく、風車の定格回転数より低い稼働条件で発生する場合もあることがわかった。また、発生音の卓越周波数の変化や音圧レベルの変動幅の違いにより訴えの度合いが変化しているような結果もみられるので、引き続きこの点にも注目する必要がある。

- ・豊橋市の苦情のように、音圧レベルが暗騒音と同程度で苦情が発生している場合があるので、今後も苦情発生箇所において測定を行い、苦情者の反応と風車の稼働状況のデータを蓄積する必要がある。

- ・風車音が指向性を有していることから、発生源近傍の測定点を設定する際には配慮する必要がある。