

# 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

風力発電施設から発生する騒音等測定マニュアル 目次

1	本マニュアルの目的	1
2	用語の意味	1
2.1	風力発電に係る用語	1
2.2	風況に係る用語	2
2.3	騒音に係る用語	2
2.3.1	環境騒音の分類	2
2.3.2	風車騒音	3
2.3.3	振幅変調音	3
2.3.4	純音性騒音	3
2.3.5	風雑音	3
2.4	時間帯に係る用語	3
2.5	騒音の評価量に係る用語	4
3	測定機器	6
3.1	風況の測定機器	6
3.2	騒音の測定機器	6
4	風況および騒音の測定に必要な事項	8
4.1	風況の測定に必要な事項	8
4.2	残留騒音および風車騒音の測定に必要な事項	8
5	風況の測定	9
5.1	対象地域の選定	9
5.2	測定地点の選定	9
5.3	測定時期の選定	9
5.4	測定期間・時間帯の選定	9
5.5	測定時の記録項目	9
5.6	測定	9
6	残留騒音および風車騒音の測定	12
6.1	対象地域の選定	12
6.2	測定地点の選定	12
6.3	測定時期の選定	12
6.4	測定期間の選定	13
6.5	測定時間帯の選定	13
6.6	測定時の記録項目	13
6.7	残留騒音の測定および得られたデータの処理	14
6.7.1	残留騒音の測定	14

6.7.2	測定データの処理 .....	16
6.8	風車騒音の測定および得られたデータの処理 .....	17
6.8.1	風車騒音の測定 .....	17
6.8.2	測定データの処理 .....	19
7	測定結果のとりまとめ .....	20
【附録】:	関連する事項の説明 .....	21
A	分析データの選定 .....	21
A.1	平均風速による判断 .....	21
A.2	暗騒音の影響を受けたときの判断 .....	23
B	風車騒音等測定結果記入用紙の例 .....	24
B.1	測定位置図 .....	24
B.1.1	対象地域の範囲 .....	24
B.1.2	風況の測定地点の配置図と測定写真 .....	25
B.1.3	騒音の測定地点の配置図と測定写真 .....	26
B.2	測定結果一覧表 .....	27
B.2.1	風況（測定結果個表） .....	27
B.2.2	騒音レベル（測定結果個表） .....	28
B.2.3	風況（集計結果） .....	29
B.2.4	騒音レベル（集計結果） .....	30
B.3	実測時間の騒音レベル変動記録 .....	31
B.3.1	残留騒音 .....	31
B.3.2	風車騒音 .....	32
B.4	周波数特性 .....	33
B.5	純音性可聴度 .....	33
参考文献	.....	33

## 1. 本マニュアルの目的

風力発電施設は山間部等の静穏な地域に設置されることが多く、これらの地域では、まれに通過する自動車等の一過性の騒音により、地域の騒音のレベルが大きく変化する。また、風力発電施設から発生する騒音は、風力発電施設の規模や設置される場所の風況等で異なり、さらに騒音の聞こえ方は、風力発電施設からの距離や、その地域の地形、土地利用の状況等により影響される。また、通常的环境騒音の測定においては、雑音等を避けるため強い風を避けることとされているが、風力発電施設から発生する騒音等については、当該施設が稼働する風が吹く際に測定することが必要である。

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

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

風力発電施設から発生する騒音への対応全般については「風力発電施設から発生する騒音に関する指針」のみならず、「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」（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報告書[1]、平成 28 年 11 月、以下「検討会報告書」という）も参照されたい。

なお、本マニュアルについては、作成に際しての基礎資料を適宜再評価することにより、必要に応じて改定することとする。

## 2. 用語の意味

本マニュアルにおける用語の意味は、以下による。

### 2.1 風力発電に係る用語

本マニュアルで使用する風力発電に係る用語の意味は以下のとおりである。なお、JIS C 1400-0「風力発電システム ー 第 0 部 風力発電用語」に風力発電に係る各種用語が定義されており、ここに無い用語については、JIS C 1400-0 を参照のこと。

- ① 風車 : 風力を利用して発電するための装置。各種の機構・形式が考案されているが、大型の風力発電に用いられているのは水平軸 3 枚翼プロペラ型発電機がほとんどである。
- ② 風力発電施設 : ひとつ又は複数の風車を有する発電施設
- ③ ナセル : 水平軸風車のタワー上部に設置される各種装置を格納する部分
- ④ ロータ : 風車において、風力エネルギーを主軸の動力に変換する部分。ハブ、ブレード（翼）等で構成される。
- ⑤ ハブ : ブレードをロータ軸に固定する部分
- ⑥ ブレード : 回転翼
- ⑦ 定格出力 : 風車の定格の運転状態における出力の値。この出力に達するハブ高さにおける風速を定格風速 [m/s]、ロータの回転速度を定格回転数 [r/min] という。
- ⑧ 出力曲線（パワーカーブ） : ハブ高さにおける風速と発電出力の関係を示した曲線。本マニュアルでは、風車騒音の測定においてハブ高さの平均風速を推定する際に

用いる。

## 2.2 風況に係る用語

- ① 平均風速 : 瞬時風速の規定期間内での算術平均値 [m/s]。本マニュアルで示す騒音測定においては通常は 10 分間平均風速を使用する。

(注) 風速の測定では、測定終了時刻で実測時間を代表させることが多い。一方、騒音の測定では、一般には測定開始時刻で実測時間を代表させる。そのため、風速と騒音レベルの実測時間に 10 分間の表示上のずれがあることもあるので注意すること

- ② カットイン風速 : 風車が発電を開始するハブ高さにおける風速 [m/s]  
③ カットアウト風速 : 風車が発電を停止するハブ高さにおける風速 [m/s]  
④ 定格風速 : 風車が定格出力に達するときの風速[m/s]  
⑤ 有効風速範囲 : 10 分間平均風速がカットイン風速以上で定格風速未満の範囲  
⑥ 風配図 : ある地点のある期間における各方位別の風向の出現頻度を放射状のグラフで表したもの。風車騒音に関しては、風向とともに風速が重要であるため、風速の状況に応じて整理された風配図が有効である。

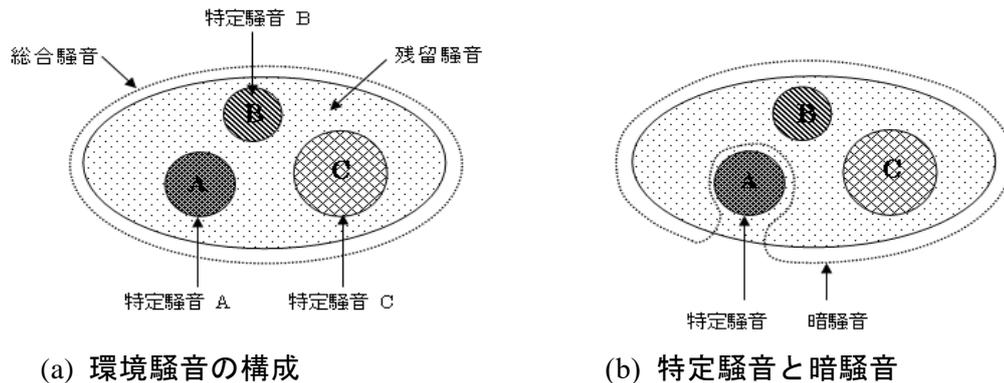
## 2.3 騒音に係る用語

### 2.3.1 環境騒音の分類

一般環境における騒音の分類（構成）については、以下のとおり定義する。

- ① 総合騒音 (total noise) : ある場所におけるある時刻の総合的な騒音  
② 特定騒音 (specific noise) : 総合騒音の中で音響的に明確に識別できる騒音。本マニュアルでは、一時的に発生する騒音のうち時間軸上で分離（除外）可能な騒音を特に特定騒音とする。  
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常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。  
④ 暗騒音 (background noise) : ある特定の騒音に着目したとき、それ以外のすべての騒音

(注) 下図は、一般的な環境騒音の分類（構成）を図示したものである。特定騒音 A に着目した場合、それを除くすべての騒音が暗騒音である。また、一般には、すべての特定騒音を除いて残った騒音が残留騒音であるが、本マニュアルにおいては、上記のとおり、準定常的な暗騒音は残留騒音に含めることとする。



(a) 環境騒音の構成 (b) 特定騒音と暗騒音  
 図 2.1 騒音の構成に着目した環境騒音の分類

### 2.3.2 風車騒音

風力発電施設が稼働しているときの騒音を風車騒音と呼ぶ。本マニュアルにおける風車騒音は、地域の残留騒音に風力発電施設から発生する騒音が加わったものである。なお、周辺地域における風車騒音の騒音レベルはそれほど大きくないため、測定に際しては、間欠的な騒音や衝撃的な騒音等の一過性の騒音を除外する必要がある。

### 2.3.3 振幅変調音

音の大きさが周期性をもって時間的に変動する騒音。風車騒音では、風車のブレードが回転面内の1点を通過する周期に応じた振幅変調音（スイッチュ音）が生じる。

### 2.3.4 純音性騒音

風車によっては、騒音に純音またはそれに近い狭帯域の周波数成分（純音性成分）が含まれていることがあり、これを純音性騒音と呼ぶ。

### 2.3.5 風雑音

風がマイクロホンにあたることにより発生する雑音。測定においてはウインドスクリーン（防風スクリーン）を装着することにより風雑音を低減する必要がある（3.1(2)参照）。風により発生する葉擦れ音や風音は自然音であり風雑音ではない。

## 2.4 時間帯に係る用語

本マニュアルで用いる測定の時間に係る用語の意味は以下のとおりである。

- ① 基準時間帯：ひとつの等価騒音レベルの値を代表値として適用する時間帯をいう。本マニュアルでは、昼間（午前6時から午後10時まで）と夜間（午後10時から翌日の午前6時まで）を基準時間帯としている。
- ② 観測時間：騒音レベルを測定する際の対象とする時間であり、騒音の状態がほぼ一定とみなせる時間をいう。本マニュアルでは1時間とする。
- ③ 実測時間：観測時間のうち実際に騒音を測定する時間をいう。本マニュアルでは実測時間は10分間とする。実測時間の開始時刻は原則として毎正時とするが、長時間にわたり暗騒音の影響を受けたり、風が弱く風車が停まっているようなときは10分単位で開始時刻をずらす。

(注) 基準時間帯の等価騒音レベルの代表値を算出するための基本量が観測時間の等価騒音レベルの測定値である。実測時間 10 分間の測定は、観測時間 60 分間の騒音のうち 10 分間をサンプルとする考え方による。

## 2.5 騒音の評価量に係る用語

本マニュアルで用いる騒音の評価量に係る用語の意味は以下のとおりである。

- ① 音圧 (sound pressure)  $p$  : 媒質の中の音波によって生じる媒質内圧力の静圧からの変化分。通常、実効値で表す。記号は  $p$  (実効値は  $p_e$ )。単位はパスカル [Pa] (日本音響学会編「音響用語事典」より)
- ② A 特性音圧 (A-weighted sound pressure)  $p_A$  : 周波数重み付け特性 A (JIS C 1509-1 参照) をかけて測定される音圧実効値。単位はパスカル [Pa]
- ③ 音圧レベル (sound pressure level)  $L_p$  : 音圧実効値の 2 乗を基準の音圧の 2 乗で除した値の常用対数の 10 倍で、次式で与えられる。単位はデシベル [dB]

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} \quad (2-1)$$

ここに、 $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  (基準の音圧)

- ④ 騒音レベル (A-weighted sound pressure level)  $L_{pA}$  : A 特性音圧の 2 乗を基準の音圧の 2 乗で除した値の常用対数の 10 倍で、次式で与えられる。単位はデシベル [dB]。A 特性音圧レベルともいう。本マニュアルでは騒音レベルの記号を  $L_A$  で表す。

$$L_A = 10 \log_{10} \frac{p_A^2}{p_0^2} \quad (2-2)$$

ここに、 $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  (基準の音圧)

一般の騒音測定では、式(2-3)に示すように A 特性音圧の 2 乗値に指数関数を重み付けして時間積分し、レベル化した値を騒音レベルとすることが多い。

$$L_{A\tau}(t) = 10 \log_{10} \frac{\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) \cdot e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} d\xi}{p_0^2}, \quad \xi \geq t \quad (2-3)$$

ここに、 $\tau$  は時間重み付け特性の時定数[s]で、時間重み付け特性 F のとき 0.125 s であり、そのときの  $L_{A\tau}(t)$  を  $L_{A,F}(t)$  と表す (JIS C 1509 参照)。

(注) 風車騒音や残留騒音の測定では時間重み付け特性は F とする。

- ⑤ 時間率騒音レベル (percentile level)  $L_{AN,T}$  : 測定した騒音レベルが、対象とする時間  $T$  の  $N\%$  の時間にわたってあるレベル値を超えている場合、そのレベルを  $N\%$  時間率騒音レベルという。単位はデシベル [dB]

(注) 風車騒音、残留騒音、総合騒音を区別する必要がある場合、時間率騒音レベルの評価量を表す記号にそれぞれ 'WTN (wind turbine noise)', 'resid (residual noise)', 'total (total noise)' の添え字を付して、 $L_{AN,WTN}$ 、 $L_{AN,resid}$ 、 $L_{AN,total}$  と表す。

- ⑥ 等価騒音レベル (equivalent continuous A-weighted sound pressure level)  $L_{Aeq,T}$  : ある時間  $T$  について、変動する騒音の騒音レベルをエネルギー的な平均値として表した量で、次式で与えられる。単位はデシベル [dB]。時間平均騒音レベルともいう。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[ \frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] \quad (2-4)$$

ここに、 $t_1$  および  $t_2$  は開始時刻および終了時刻で  $T = t_2 - t_1$  [s]、 $p_A(t)$  は対象とする騒音の時間  $t$  の瞬時 A 特性音圧 [Pa]、 $p_0$  は基準の音圧 (20 $\mu$ Pa)

- (注 1) 時間間隔  $T$  ( $t_1 \sim t_2$ ) [s] の騒音レベルのサンプル値  $L_{A,i}$  (サンプル数  $N$ ) から、等価騒音レベル  $L_{Aeq,T}$  を求める場合には、次式による。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left( \frac{\Delta t}{T} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{A,i}}{10}} \right) = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{A,i}}{10}} \right) \quad (2-5)$$

ここに、 $i$  は騒音レベルの  $i$  番目の瞬時値を表す添え字、 $\Delta t$  はサンプリング間隔 [s]、 $N$  はサンプル数。

- (注 2) 風車騒音 (wind turbine noise)、残留騒音 (residual noise)、総合騒音 (total noise) を区別する必要がある場合は、等価騒音レベルの評価量を表す記号にそれぞれ WTN, resid, total の添え字を付して、 $L_{Aeq,WTN}$ 、 $L_{Aeq,resid}$ 、 $L_{Aeq,total}$  のように表す。

### 3. 測定機器

#### 3.1 風況の測定機器

##### (1) 風向・風速計

瞬時風速、平均風速及び風向を把握できるものを使用する。JIS C 1400-11「風力発電システム-第 11 部：騒音測定方法」又は IEC 61400-11:2002「Wind turbine generator systems – Part 11 : Acoustic noise measurement techniques」に定める精度を満たす機器や、「気象業務法第 9 条の検定の対象となる気象測器の検定の合格基準を定める告示（平成 14 年気象庁告示第 7 号）」に定める気象測器の検定の合格基準を満足した機器等の、精度が保証されているものを使用することが望ましい。

##### (2) LIDAR (Light Detection And Ranging)

「ライダー」と呼ばれ、上空に向けてパルス状のレーザー光を照射したときの散乱光を測定し、上空の風況を観測するもの。風車のハブ高さ付近の風況を直接測定する際に用いる。

##### (3) SODAR (SONic Detection And Ranging)

「ソーダー」と呼ばれ、上空に向けて音波を放射したときの、大気ゆらぎによる反射波を測定し、上空の風況を観測するもの。風車のハブ高さ付近の風況を直接測定する際に用いる。なお、「ソーダー」は使用時に大きな音を発生するので、騒音の測定に影響を及ぼさないよう留意すること。

#### 3.2 騒音の測定機器

##### (1) 騒音計 (サウンドレベルメータ)

本マニュアルにおける風車騒音の測定には、計量法第 71 条の条件を満たし、JIS C 1509-1 の仕様に適合する騒音計 (サウンドレベルメータ) で、以下の機能を備えているものを使用する。

- ◆ 時間重み付け特性 F の騒音レベルを時間間隔 0.1 s 以下でサンプリングして連続記録する機能を有するもの
- ◆ 原則として騒音計の測定下限が、対象とする地域の残留騒音の騒音レベル以下のもの

(注 1) 静穏な地域では、残留騒音の騒音レベルが騒音計の測定下限値未満となることがある。その場合には測定結果一覧表に測定下限値未満であることを明記する。また静穏な地域で測定する場合には測定下限値がより小さい JIS C 1509-1 のクラス 1 に適合する騒音計を使用することが望ましい。

(注 2) 測定においては、風雑音を低減するために「(2) ウィンドスクリーン (防風スクリーン)」に記載する全天候型のウィンドスクリーンを使用する。

(注 3) 通常、周波数特性の分析のために、測定現場で音圧信号を一旦録音するが、その際使用する録音装置は JIS C 1509-1 の騒音計の仕様に適合する周波数範囲とダイナミックレンジの性能を備えている必要がある。一般には、1/3 オク

ターブバンドの周波数特性を求めるときには騒音計の周波数重み付けを Z 特性とした AC 出力を録音する必要があるが、本マニュアルでの測定に限り周波数重み付けを A 特性としてよい。なお、信号圧縮処理を用いた録音装置は使用できない。

## (2) ウィンドスクリーン（防風スクリーン）

風車の有効風速範囲の風況下で騒音を測定する際には、一般的に用いられる直径 10 cm 以下のウィンドスクリーンでは、風雑音を十分に低減することはできない。風雑音の影響を低減するためには、より大型の、全天候型のウィンドスクリーンを使用する必要がある。風の影響が大きい場合には二重のウィンドスクリーン等の、より性能の良いウィンドスクリーンを使用する。

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

## (3) 音響校正器

マイクロホンも含めて騒音計が正常に動作することを音響的に確認するために、JIS C 1515 のクラス 1 に適合する音響校正器を使用する。

## (4) 周波数分析器

騒音の周波数分析には、JIS C 1513 に規定する 1/3 オクターブバンド分析器を用いる。また、純音性騒音の分析には FFT 分析器を用いる。1/3 オクターブバンド分析器は、使用する騒音計の仕様に適合する周波数範囲と時間重み付け特性、サンプリング機能を備えているものを使用する。

（注） 純音性騒音の分析における FFT 分析器の設定は JIS C 1400-11（対応国際規格 IEC 61400-11）参照。

## (5) レベルレコーダ

測定中の騒音レベルの変動の監視、暗騒音レベルの確認等の目的でレベルレコーダを使用する場合には、JIS C 1512 に適合するものを使用する。なお、レベルレコーダを表示装置とした騒音測定システムは JIS C 1509-1 に適合しないため、レベルレコーダの記録用紙から騒音レベルを読み取ってはならない。

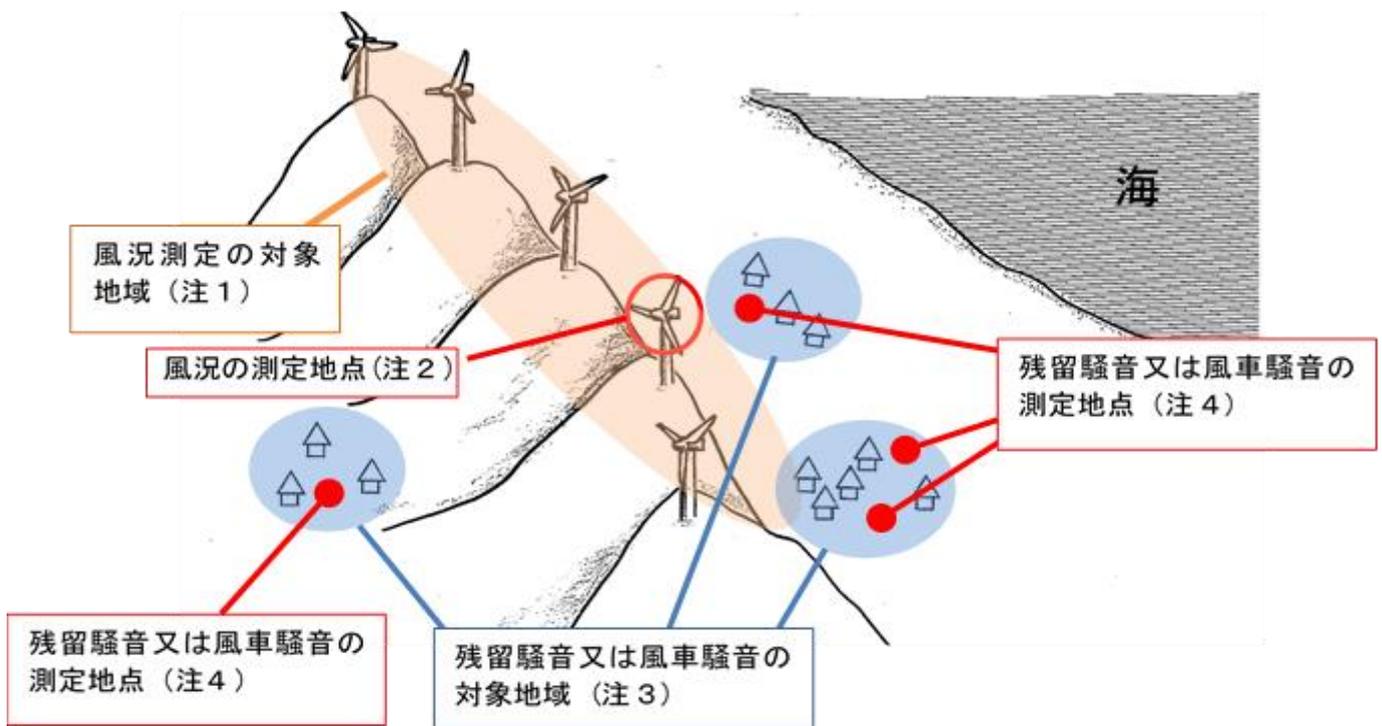
#### 4. 風況および騒音の測定に必要な事項

本マニュアルにおける残留騒音及び風車騒音の測定にあたっては、風車の有効風速範囲の風況下で測定する必要がある。そのため、騒音の測定と同時期に、風車のハブ高さにおける風況を把握する必要がある。

(注) 風車設置前のハブ高さにおける風況は、原則として測定により把握することが望ましいが、近傍に既設風車があり、そこでの風況データが代用できると判断できる場合等は、そのデータを代用することも考えられる。

##### 4.1 風況の測定に必要な事項

本マニュアルにより測定する残留騒音及び風車騒音は、風車のハブ高さの風速が有効風速範囲にある場合を対象とするため、風車のハブ高さ付近での風況を把握する必要がある。詳細な測定方法については、「5. 風況の測定」で詳述する。



(注1) 風力発電施設が設置予定、あるいは設置されている地域

(注2) 風況の対象地域で、ハブ高さ付近の風況を把握することができる地点

(注3) 風車騒音が人の生活環境に影響を及ぼすおそれのある地域

(注4) 残留騒音又は風車騒音の対象地域（複数の対象地域を設定する場合は対象地域毎）における残留騒音又は風車騒音を把握することのできる地点

図 4.1 測定地点の配置

##### 4.2 残留騒音および風車騒音の測定に必要な事項

本マニュアルにおいて測定する騒音は、風車の有効風速範囲の風速下での「残留騒音」と「風車騒音」である。詳細な測定方法については、「6. 残留騒音および風車騒音の測定」で詳述する。

## 5. 風況の測定

本章では、風力発電施設周辺の風況を測定する具体的な方法について述べる。

### 5.1 対象地域の選定

測定の対象とする地域は、これから風力発電施設の設置が予定されている、あるいは風力発電施設が設置されている地域とする。

### 5.2 測定地点の選定

風力発電施設の設置が予定されている地域で測定する際には、測定地点は、設置が予定されている風車のハブ高さ付近における、対象地域を代表する風況が把握できる地点を選定する。

また、風力発電施設が設置されている地域で測定をする際には、設置された風車のハブ高さの風況を測定する。風力発電施設に複数基の風車が設置されている場合には、対象地域を代表する風車のハブ高さ付近の風況を把握することとする。

### 5.3 測定時期の選定

測定時期は、騒音の測定と同時期とする。騒音の測定は、風配図等により地域の年間の風況を把握したうえで、風車の有効風速範囲における風速下の代表的な風況毎に測定時期を選定することとしているため、風況の測定もこの時期に合わせて行う。

### 5.4 測定期間・時間帯の選定

測定期間は、残留騒音及び風車騒音の測定結果との対応関係が把握できるように騒音の測定期間と同じ期間とする。騒音の測定では、10分間の実測時間毎に騒音レベルを算出するため、風況の実測時間はそれに対応する10分間とし、実測時間毎の10分間平均風速と最多風向を測定する。

### 5.5 測定時の記録項目

測定の際には、測定地点及び測定自体に関して現地の状況等を具体的に記録する必要がある。具体的な記録項目は、以下のとおりとする（**附録 B 参照**）。

- ① 測定場所 : 風況を測定した地点の位置情報（町丁字番地や緯度経度等）
- ② 測定期間 : 風況を測定した日付及び時間
- ③ 実測開始時刻  $T$  : 実測の始まりの時刻。単位は時[h]、分[m]。実測時間は、通常は毎正時から10分間
- ④ 10分間平均風速 : 10分間の瞬時風速の算術平均[m/s]。
- ⑤ 最多風向 : 10分間の間に最も頻度の高かった風向（16方位）

### 5.6 測定

風況の代表的な測定手法として、以下に示す2種類の方法を記載する。

なお、この他の手法として、風車の発電出力の記録から当該風力発電施設の出力曲線を用いてハブ高さにおける風速を求める方法、事前に地域の風速の高さ勾配に関する情報を

収集したうえで、地表の影響を受けない高さの1点の測定結果からハブ高さの風速を予測する方法等も挙げられる。

### (1) 高さが異なる2点での風速の測定値から推定する方法

ハブ高さよりも低い気象観測用マストに、高さが異なる2点に風向・風速計を設置し、それらの高さにおける10分間平均風速の測定値から指数プロファイルを仮定してハブ高さにおける風速を計算する。その場合、風向・風速計は周辺の樹木等の影響を受けない高さに設置することとし、また高い側の風向・風速計は低い側よりも10～15 m高い位置に設置する(図5.1(a) 間接測定法参照)。

高さの異なる2点で同時測定した風速  $U_1$  および  $U_2$  [m/s] から次式によりハブ高さの風速を算出する。

$$U_H = U_1 \left[ \frac{H_H}{H_1} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (5-1)$$

$$n = \frac{\log_{10} \frac{H_2}{H_1}}{\log_{10} \frac{U_2}{U_1}} \quad (5-2)$$

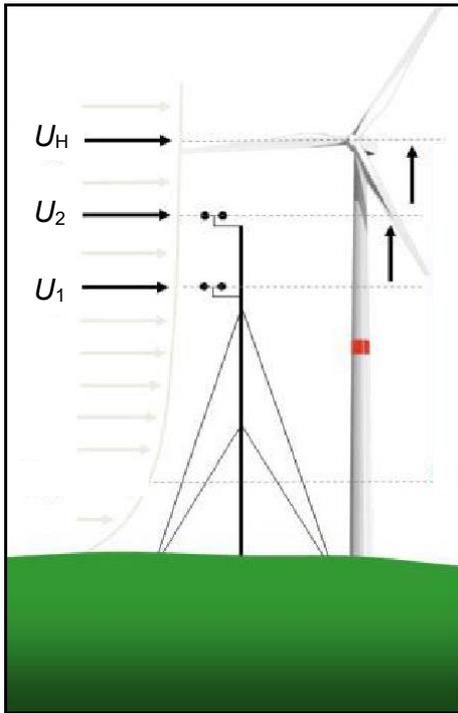
ここに、 $H_1$  および  $H_2$  は風速を測定した2点の高さ[m]で  $H_1 < H_2$ 、 $U_1$  および  $U_2$  は高さ  $H_1$  および  $H_2$  における10分間平均風速[m/s]、 $H_H$  はハブ高さ[m]、 $U_H$  はハブ高さにおける10分間平均風速[m/s]、 $n$  はべき指数とよばれる風速の高さ勾配を表わす係数。一般には測定点が高いほど風速は大きい、下側の測定点の風速の方が上側よりも大きい場合は  $1/n = 0$  とし、 $U_H = U_1$  とする。また、原則として風速は実測時間の10分間毎の平均値を算出する。

(注) ある時刻の10分間平均風速は、通常はその時刻から10分前までの瞬時風速の算術平均値である。一方、騒音の測定値  $L_{Aeq,10 \text{ min}}$  や  $L_{AN,10 \text{ min}}$  は、実測時間の開始時刻から10分間のエネルギー平均値や統計量であり、風速とは10分間の表示上のずれがあることがあるので注意する。

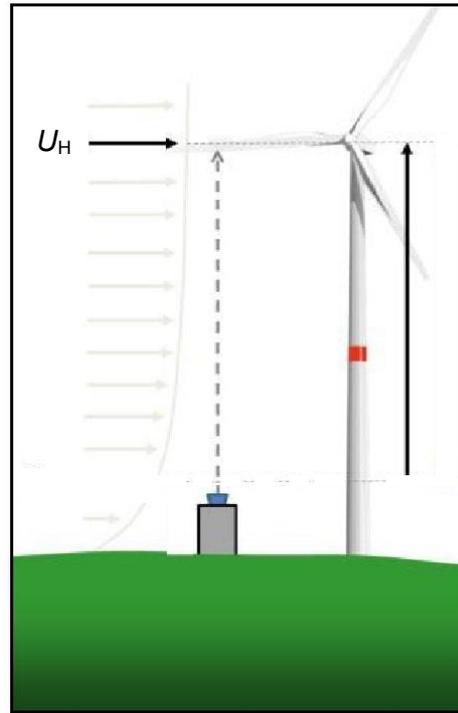
風向は、 $H_2$  における風向を使用する。原則として風向は実測時間の10分間毎に最も頻度の大きかった風向(16方位)を算出する。

### (2) 直接測定する方法

風車に設置された風向・風速計、あるいは適切な場所に設置したSODARまたはLIDARシステム等を用いて、ハブ高さにおける風況を直接測定する(図5.1(b) 直接測定法参照)。



(a). 間接測定法



(b). 直接測定法

図 5.1 残留騒音の測定時におけるハブ高さ相当位置での風速の測定

(注) Institute of Acoustics, A GOOD PRACTICE GUIDE TO THE APPLICATION OF ETSU-R-97 FOR THE ASSESSMENT AND RATING OF WIND TURBINE NOISE (2013. 5) に記載されている図を改変

## 6. 残留騒音および風車騒音の測定

本章では、有効風速範囲における残留騒音および風車騒音の測定の際の具体的な方法について述べる。

### 6.1 対象地域の選定

測定の対象とする地域は、風車騒音により人の生活環境に影響を与えるおそれがある地域とする。その際、学校、病院等の特に静穏な環境を保全すべき対象の存在についても考慮する。対象地域の選定にあたっては、特に静穏な環境を保全すべき対象の状況や住宅等の配置、住民の活動の状況、及び地形や地域の音環境の把握に努め、それらを考慮した上で設定する。なお、地形や風況に応じた風力発電施設と住宅の位置関係等によっては、対象地域を複数設定することも考えられる。例えば、海に近い山の尾根に風力発電施設が設置される場合には、設置された場所の海側では波音の影響を受けやすいが、内陸側では波の影響は受けにくいいため、地域の音環境はそれぞれ異なる。そのような場合には音環境の違いを踏まえ、それぞれの地域を対象地域として選定することが適当と考えられる。

### 6.2 測定地点の選定

測定地点は、環境基準の地域類型指定図、地形図、都市計画図等により特に静穏な環境を保全すべき対象や住宅の分布状況等を確認し、対象地域を代表する残留騒音又は風車騒音が把握できる地点を選定する。選定にあたっては、風力発電施設との位置関係も考慮する。対象地域を複数設定した場合には、それぞれの地域について把握することができるように、測定地点を選定する必要がある。測定地点の選定には、交通量が多い主要道路や鉄道沿線、臨海部で波音が大きく聞こえる地点や防風林に近接した松籟や葉擦れ音が大きな地点、河川に近接した水流音が聞こえる地点等の、風力発電施設以外の特定の音源の局所的な影響を大きく受ける地点は原則として避けることとする。なお、これらの音源からの影響は季節により変化する可能性があることを十分に考慮して測定地点を選定する。

(注) 静穏な地域では小さな騒音でも測定値に影響を及ぼすことから、エアコンの室外機や浄化槽のポンプ等の屋外に設置されている騒音発生源の近くには測定地点は設置しない。また、住宅等においては、昼間は留守の場合もあり、そのときにはエアコンの室外機等は稼働していないことが多いため、測定地点の設定にあたっては、聴感上の判断だけでなく、機器の使用状況等について、目視による判断も重要である。

### 6.3 測定時期の選定

測定時期は、風配図等により地域の年間の風況を把握したうえで、風車が稼働する代表的な風況を把握できる時期を選定する。原則として四季毎に測定することが望ましいが、季節による風況の変化が少ない等の理由で、四季毎に測定を行わなくても年間の代表的な風況における残留騒音又は風車騒音が把握できる場合は、測定時期を減じてよい。なお、自然現象や人の活動により暗騒音は季節により変化する可能性があるため、これらの変化にも注意が必要である。

(注) 降雨時、セミやカエル等の生物の鳴き声が顕著な時期等は、原則として避けることが望ましい。

## 6.4 測定期間の選定

測定期間は、各測定時期の風況を踏まえた残留騒音又は風車騒音の把握ができる期間とする。一般的には、有効風速範囲における残留騒音又は風車騒音の測定として有効な日数（注記参照）が昼夜間ともに3日間以上確保できる期間とすることが適当である。週間天気図等で風況や天気を予測し測定日を検討することが望ましい。

（注1）「有効風速範囲における残留騒音又は風車騒音の測定として有効な日」とは、ある日の基準時間帯で、有効風速範囲の残留騒音又は風車騒音が基準時間帯の観測時間数の半数以上で測定できた場合をいう。例えばある測定日の夜間（8時間）について考えると、8つの観測時間のうち4つ以上の観測時間において有効風速範囲となる実測時間（10分間）があり、かつその実測時間のうち5分以上で残留騒音又は風車騒音が測定できている場合、その日の夜間は有効風速範囲における残留騒音又は風車騒音の測定として有効と判断する。昼間（16時間）についても同様である。

（注2）「有効風速範囲における残留騒音又は風車騒音の測定として有効な日」は、測定期間内において合算して3日以上確保できるのであれば、連続した3日間である必要はない。

## 6.5 測定時間帯の選定

測定の対象とする基準時間帯は、昼間（午前6時から午後10時まで）と夜間（午後10時から翌日の午前6時まで）の2区分とし、それらの基準時間帯のうち、1時間毎を観測時間とし、原則として各観測時間帯の毎正時から10分間を実測時間とする。ただし、実測時間の10分間平均風速が有効風速範囲にない場合や、実測時間のほとんどが除外すべき音の影響を受けるような場合には、10分単位で実測開始時間をずらす。

（注1）測定日の区切りは基準時間帯や日付の区切りとする必要はない。すなわち測定を開始した観測時間から24時間を第1日目、次の24時間を第2日目とする

（注2）「実測時間のほとんどを占める除外すべき音」として考えられる騒音には、測定地点近くでの自動車のアイドリング、人の話し声、農作業等の作業音等がある。

## 6.6 測定時の記録項目

測定を行う際には、測定地点及び測定自体に関して現地の状況等を具体的に記録する必要がある。具体的な記録項目は、以下のとおりとする。なお、風力発電施設が設置前である等の理由により、確認できない項目がある場合は、できる限り情報収集に努めるとともに、確認できた時点で記録に追加することが望ましい。

### (1) 測定地点に関する項目

- ① 地点番号 : 測定地点の整理番号
- ② 測定場所 : 測定地点の位置情報（町丁字番地や緯度経度等）
- ③ 設置高さ : 騒音計の地表からの設置高さ

- ④ 地域類型・用途地域等 : 「騒音に係る環境基準」の類型区分、都市計画法に基づく用途地域等
- ⑤ 測定地点付近平面図、測定現場写真 : 平面図は風力発電施設との位置関係や風況の測定地点や風力発電施設との位置関係がわかるもの。測定の対象とする風力発電施設以外に既設の風力発電施設があれば、その施設の位置についても記録する。

## (2) 測定環境等に関する項目

- ① 測定日時 : 測定を行った日付および時間
- ② 気象 : 測定期間内の天気。残留騒音又は風車騒音の測定地点における風向・風速も併せて測定することが望ましいが、測定機器の動作音が騒音測定に影響しないように留意する必要がある。
- ③ 使用する機器のメーカー名・型番
- ④ 風力発電施設 : 施設名称、事業者名、メーカー名、定格出力、基数。測定の対象とする風力発電施設以外に既設の風力発電施設があれば、その施設についても記録する。

## (3) 騒音測定に関する項目

残留騒音又は風車騒音について、以下の項目を測定・記録する（附録 B 参照）。

- ① 実測開始時刻  $T$  : 実測の始まりの時刻。単位は時 [h]、分 [m]。実測時間は、通常は毎正時から 10 分間。
- ② 等価騒音レベル  $L_{Aeq}$  : 実測時間毎に記録を行う。
- ③ 90%時間率騒音レベル  $L_{A90}$  : 実測時間毎に記録を行う。
- ④ 周波数特性 : A 特性重み付け 1/3 オクターブバンド時間平均音圧レベル  $L_{peq}(f)$ 。
- ⑤ レベル記録 : 測定した瞬時騒音レベルを用いて記録したレベル変動記録波形。除外音処理した場合はその範囲を区別して示す。図中に、 $L_{Aeq, resid}$  または  $L_{Aeq, WTN}$  を記載する（附録 B.3 参照）。
- ⑥ 音源の種類 : 準定常的な暗騒音が存在する場合は、その主たる音源を記録する。

## 6.7 残留騒音の測定および得られたデータの処理

### 6.7.1 残留騒音の測定

「3. 測定機器」の測定機器を用いて、残留騒音とハブ高さの風況との対応関係が把握できるよう測定する。

#### (1) 測定機器の設定

騒音計の周波数重み付け特性を A に、時間重み付け特性を F に設定する。騒音計の測定レベルレンジを適切に設定し、アンダーレンジ指示にならないように注意する。

マイクロホンは、必ずウインドスクリーンを装着して使用する。

#### (2) 測定器の動作確認

測定開始前に音響校正器を用いて騒音計が表示した値を点検する。騒音計の取扱説明書に記載されている値との差が  $\pm 0.7$  dB 以上の差であった場合には、その騒音計は測定に使用しない。

- (注 1) 音響校正器を用いて騒音計の指示値を確認する際に、騒音計が示すべき値は騒音計の型式毎に決まっている。騒音計が表示すべき値は必ずしも音響校正器の公称発生音圧レベルに等しいとは限らないため、取扱説明書に記載されている値を確認すること。
- (注 2) 騒音計が表示した値が  $\pm 0.7$  dB 以上異なっている場合、故障している可能性があるため、騒音計の点検調整が必要である。
- (注 3) 本マニュアルによる測定では、操作ミス防止の観点から、あらかじめレベル指示値の調整が適切に行われていることを前提としているため、測定現場において音響校正器を用いて騒音計のレベル指示値の調整は原則として行わない。

### (3) 騒音計の設置

建物等からの反射の影響を回避するために、地面以外の反射物から原則として 3.5 m 以上離れた位置に設置する。設置高さは、JIS Z 8731:1999「環境騒音の表示・測定方法」では、原則として 1.2 m～1.5 m と定められているが、マイクロホンを高い場所に設置すると、風雑音の影響をより受けやすくなる。そのため、測定地点周囲の地形や風雑音の状況等を勘案して、0.2 m～1.2m の範囲で適切に測定高さを設定することとする。

- (注 1) 騒音計のマイクロホンは、降雨による雨水の浸透を避けるために上向きに設置する。
- (注 2) 樹木や河川等の、特定の音源の局所的影響を大きく受ける地点では、原則として測定を行わない。
- (注 3) 夏季における測定では、直射日光により騒音計が過度に熱せられないように注意する。また、冬季における測定では、低温により電池の消耗が早まること、および積雪や凍結に注意する。

### (4) 残留騒音の測定

電池交換やメモリカード交換による中断を除き、原則として、測定期間中の残留騒音の騒音レベルを、騒音計の機能を用いて連続してサンプリングするとともに、実音を連続録音する。

降雨や暗騒音の発生等による影響が長時間におよぶ場合は、その時間のデータは採用しない。測定機器の故障等により測定データが長時間欠測した場合は、再測定する。

- (注 1) 実測時間の 10 分間にわたり継続的に特定騒音が含まれ、実測開始時間をずらすことによりその影響を回避できる場合には、実測開始時間をずらすことができる。測定地点近傍でのアイドリング音、エアコンの室外機や浄化槽のポンプ等の屋外に設置されている騒音発生源からの音、一時的な雨音等が特定騒音に相当する。その場合には実測開始時間を変更した理由を記入用紙（**附録 B** 参照）の備考欄に記録する。
- (注 2) 観測時間にわたってハブ高さの風速が有効風速範囲以外の場合、あるいは観測時間にわたって定常的な暗騒音の影響で残留騒音が測定できない場合は、その観測時間は「有効データ無し」とする。有効データ無しの観測時

間数が基準時間帯に含まれる観測時間数の半分以上を超える場合は、その基準時間帯の測定結果は無効とする。

## 6.7.2 測定データの処理

### (1) 採用する実測調査データ

原則として毎正時から 10 分間の実測時間において、風況の測定結果の 10 分間平均風速が有効風速範囲の場合の騒音データを採用する。実測時間のハブ高さの 10 分間平均風速が有効風速範囲にない場合は、有効風速範囲となる他の 10 分間のデータを用いる。ある観測時間についてそのような実測時間が複数ある場合には開始時刻が早い実測時間データを採用する（附録 A 参照）。

### (2) 残留騒音の算出

残留騒音の算出に当たっては、一時的に近隣を通過する自動車・航空機の発生騒音や、防災無線、緊急車両等の人工音、雷等の自然現象に伴う音等の一過性の音は除外する。除外音処理では、騒音レベルの変動波形を確認し、現地で録音した実音をモニタして判断する。また、対象とする風力発電施設を含む、既設の風力発電施設からの影響を除外する。除外する方法としては、計算による既設の風力発電施設からの騒音の影響を除外する方法、音環境が類似した既設の風力発電施設の影響を受けない地域の残留騒音により代替する方法等が挙げられる。さらに、セミやカエル等の生物の鳴き声等の混入も極力避ける。なお、除外音処理したデータ数に相当する騒音データを実測時間に続く時間のデータで補充することを行わない。除外音処理した時間が実測時間の半分以上の場合は測定データとして用いず、他の 10 分間のデータを分析する。

一過性の騒音を除外した瞬時騒音レベルのサンプル値から残留騒音の  $L_{Aeq, resid, 10min}$  を小数点以下第 1 位までの値で算出する。

(注) 検討会報告書<sup>[1]</sup>では、除外音処理をする代わりに、総合騒音の 90% 時間率騒音レベルに 2 dB 加算することにより残留騒音の  $L_{Aeq}$  を推定する方法<sup>[2]、[3]</sup>が示されている。

### (3) 基準時間帯の $L_{Aeq}$ の算出

基準時間帯毎に、次式により各観測時間の  $L_{Aeq, resid, 10min}$  をエネルギー平均し、小数点以下第 1 位の値を、その測定地点におけるその測定日の測定値とする。

$$L_{Aeq, resid, day} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{N_{day}} \sum_i 10^{\frac{L_{Aeq, resid, day, i}}{10}} \right) \quad (6-1)$$

$$L_{Aeq, resid, night} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{N_{night}} \sum_i 10^{\frac{L_{Aeq, resid, night, i}}{10}} \right) \quad (6-2)$$

ここに、 $L_{Aeq, resid, day}$  および  $L_{Aeq, resid, night}$  は昼間および夜間の残留騒音の等価騒音レベル[dB]、 $N_{day}$  および  $N_{night}$  は昼間および夜間の有効な観測時間の数（すべての観測時間が有効であれば  $N_{day} = 16$ 、 $N_{night} = 8$ ）、 $L_{Aeq, resid, day, i}$  あるいは  $L_{Aeq, resid, night, i}$  は昼間あるいは夜間の  $i$  番目の実測時間の残留騒音の等価騒音レベル[dB]である。

#### (4) 測定時期の $L_{Aeq}$ の算出

基準時間帯毎に、残留騒音が測定できた測定日の  $L_{Aeq, resid}$  をエネルギー平均し、小数点以下第1位までで表わした値を、その測定地点のその測定時期の測定値とする。

$$\bar{L}_{Aeq, resid, day} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{D_{day}} \sum_j 10^{\frac{L_{Aeq, resid, day, j}}{10}} \right) \quad (6-3)$$

$$\bar{L}_{Aeq, resid, night} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{D_{night}} \sum_j 10^{\frac{L_{Aeq, resid, night, j}}{10}} \right) \quad (6-4)$$

ここに、 $\bar{L}_{Aeq, resid, day}$  および  $\bar{L}_{Aeq, resid, night}$  は、昼間および夜間の測定時期にわたっての残留騒音の  $L_{Aeq}$  [dB]、 $D_{day}$  および  $D_{night}$  は昼間および夜間の残留騒音が測定できた日数 ( $D_{day}$ 、 $D_{night} \geq 3$ )、 $L_{Aeq, resid, day, j}$  および  $L_{Aeq, resid, night, j}$  は残留騒音が測定できた  $j$  番目の測定日の昼間および夜間の  $L_{Aeq}$  である。

#### (5) 対象地域の残留騒音の算出

対象地域内の複数地点で残留騒音の測定を行った場合、対象地域の残留騒音は、次式に示すように対象地域内の測定地点における基準時間帯の  $\bar{L}_{Aeq, resid}$  を算術平均した整数値とする。

$$L_{Aeq, resid, day, area} = \frac{\sum_k \bar{L}_{Aeq, resid, day, k}}{N_{area}} \quad (6-5)$$

$$L_{Aeq, resid, night, area} = \frac{\sum_k \bar{L}_{Aeq, resid, night, k}}{N_{area}} \quad (6-6)$$

ここに、 $L_{Aeq, resid, day, area}$  および  $L_{Aeq, resid, night, area}$  は昼間および夜間における対象地域の残留騒音[dB]、 $\bar{L}_{Aeq, resid, day, k}$  および  $\bar{L}_{Aeq, resid, night, k}$  は昼間および夜間の対象地域の  $k$  番目の測定地点における測定期間の残留騒音の等価騒音レベル[dB]、 $N_{area}$  は対象地域の測定地点数である。

## 6.8 風車騒音の測定および得られたデータの処理

### 6.8.1 風車騒音の測定

「3. 測定機器」の測定機器を用いて、風車騒音とハブ高さ付近の風況との対応関係が把握できるよう測定する。

### (1) 測定機器の設定

騒音計の周波数重み付け特性を A に、時間重み付け特性を F に設定する。騒音計の測定レベルレンジを適切に設定し、アンダーレンジ指示にならないように注意する。

マイクロホンは、必ずウインドスクリーンを装着して使用する。

### (2) 測定器の動作確認

測定開始前に音響校正器を用いて騒音計が表示した値を点検する。騒音計の取扱説明書に記載されている値との差が  $\pm 0.7$  dB 以上の差であった場合には、その騒音計は測定に使用しない。

- (注 1) 音響校正器を用いて騒音計の指示値を確認する際に、騒音計が示すべき値は騒音計の型式毎に決まっている。騒音計が表示すべき値は必ずしも音響校正器の公称発生音圧レベルに等しいとは限らないため、取扱説明書に記載されている値を確認すること。
- (注 2) 騒音計が表示した値が  $\pm 0.7$  dB 以上異なっている場合、故障している可能性があるため、騒音計の点検調整が必要である。
- (注 3) 本マニュアルによる測定では、操作ミス防止の観点から、あらかじめレベル指示値の調整が適切に行われていることを前提としているため、測定現場において音響校正器を用いて騒音計のレベル指示値の調整は原則として行わない。

### (3) 騒音計の設置

建物等からの反射の影響を回避するために、地面以外の反射物から原則として 3.5 m 以上離れた位置に設置する。設置高さは、JIS Z 8731:1999「環境騒音の表示・測定方法」では、原則として 1.2 m～1.5 m と定められているが、マイクロホンを高い場所に設置すると、風雑音の影響をより受けやすくなることから、測定地点周囲の地形や風雑音の状況等を勘案して、0.2 m～1.2m の範囲で適切に測定高さを設定することとする。

- (注 1) 騒音計のマイクロホンは、降雨による雨水の浸透を避けるために上向きに設置する。
- (注 2) 樹木や河川等の、特定の音源の局所的影響を大きく受ける地点では、原則として測定を行わない。
- (注 3) 夏季における測定では、直射日光により騒音計が過度に熱せられないように注意する。また、冬季における測定では、低温により電池の消耗が早まること、および積雪や凍結に注意する。

### (4) 風車騒音の測定

電池交換やメモリカード交換による中断を除き、原則として、測定期間中の風車騒音の騒音レベルを、騒音計の機能を用いて連続してサンプリングするとともに、実音を連続録音する。

降雨や暗騒音の発生等による影響が長時間におよぶ場合は、その時間のデータは採用しない。測定機器の故障等により測定データが長時間欠測した場合は、再測定する。

- (注 1) 実測時間の 10 分間にわたり継続的に特定騒音が含まれ、実測開始時間をずらすことによりその影響を回避できる場合には、実測開始時間をずらすことができる。測定地点近傍でのアイドリング音、エアコンの室外機や浄化槽のポンプ等の屋外に設置されている騒音発生源からの音、一時的な雨音等が特定騒音に相当する。その場合には実測開始時間を変更した理由を記入用紙（附録 B 参照）の備考欄に記録する。
- (注 2) 観測時間にわたってハブ高さの風速が有効風速範囲以外の場合、あるいは観測時間にわたって定常的な暗騒音の影響で風車騒音が測定できない場合は、その観測時間は「有効データ無し」とする。有効データ無しの観測時間数が基準時間帯に含まれる観測時間数の半分以上を超える場合は、その基準時間帯の測定結果は無効とする。

## 6.8.2 測定データの処理

### (1) 採用する実測調査データ

原則として毎正時から 10 分間の実測時間において、風況の測定結果の 10 分間平均風速が有効風速範囲の場合の騒音データを採用する。実測時間のハブ高さの平均風速が有効風速範囲にない場合は、有効風速範囲となる他の 10 分間のデータを用いる。ある観測時間についてそのような実測時間が複数ある場合には開始時刻が早い実測時間データを採用する（附録 A 参照）。

### (2) 風車騒音の算出

風車騒音の算出に当たっては、一時的に近隣を通過する自動車・航空機の発生騒音や、防災無線、緊急車両等の人工音、雷等の自然現象に伴う音等の一過性の音は除外する（除外音処理：附録 B 参照）。除外音処理では、騒音レベルの変動波形を確認し、現地で録音した実音をモニタして判断する。また、対象とする風力発電施設以外の、既設の風力発電施設からの影響を除外する。除外する方法としては、計算による既設の風力発電施設からの騒音の影響を除外する方法等が挙げられる。さらに、セミやカエル等の生物の鳴き声等の混入も極力避ける。なお、除外音処理したデータ数に相当する騒音データを実測時間に続く時間のデータで補充することは行わない。除外音処理した時間が実測時間の半分以上の場合は測定データとして用いず、他の 10 分間のデータを分析する。

一過性の騒音を除外した瞬時騒音レベルのサンプル値から風車騒音の  $L_{Aeq,WTN,10min}$  を小数点以下第 1 位までの値で算出する。

- (注 1) 検討会報告書<sup>[1]</sup>では、除外音処理をする代わりに、総合騒音の 90% 時間率騒音レベルに 2 dB 加算することにより風車騒音の  $L_{Aeq}$  を推定する方法<sup>[2]・[3]</sup>が示されている。
- (注 2) 風車のカタログ表示事項の中で純音性可聴度 (tonal audibility) が 5 dB 以上の機種が採用されている場合、および測定者の耳による確認によって純音性成分の可聴性が認められた場合には、JIS C 1400-11 (対応国際規格 IEC 61400-11) に規定する FFT 狭帯域分析に基づく方法を準用して純音性可聴度を把握することが望ましい。

### (3) 基準時間帯の $L_{Aeq}$ の算出

基準時間帯毎に、次式により各観測時間の  $L_{Aeq,WTN,10min}$  をエネルギー平均し、小数点以下第1位の値を、その測定地点におけるその調査日の測定値とする。

$$L_{Aeq,WTN,day} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{N_{day}} \sum_i 10^{\frac{L_{Aeq,WTN,day,i}}{10}} \right) \quad (6-7)$$

$$L_{Aeq,WTN,night} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{N_{night}} \sum_i 10^{\frac{L_{Aeq,WTN,night,i}}{10}} \right) \quad (6-8)$$

ここに、 $L_{Aeq,WTN,day}$  および  $L_{Aeq,WTN,night}$  は昼間および夜間の風車騒音の等価騒音レベル[dB]、 $N_{day}$  および  $N_{night}$  は昼間および夜間の有効な観測時間の数（すべての観測時間が有効であれば  $N_{day} = 16$ 、 $N_{night} = 8$ ）、 $L_{Aeq,WTN,day,i}$  あるいは  $L_{Aeq,WTN,night,i}$  は昼間あるいは夜間の  $i$  番目の実測時間の風車騒音の等価騒音レベル[dB]である。

### (4) 測定時期の $L_{Aeq}$ の算出

基準時間帯毎に、風車騒音が測定できた測定日の  $L_{Aeq,WTN}$  をエネルギー平均し、整数値を、その測定地点のその測定時期の測定値とする。

$$\bar{L}_{Aeq,WTN,day} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{D_{day}} \sum_j 10^{\frac{L_{Aeq,WTN,day,j}}{10}} \right) \quad (6-9)$$

$$\bar{L}_{Aeq,WTN,night} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{D_{night}} \sum_j 10^{\frac{L_{Aeq,WTN,night,j}}{10}} \right) \quad (6-10)$$

ここに、 $\bar{L}_{Aeq,WTN,day}$  および  $\bar{L}_{Aeq,WTN,night}$  は、昼間および夜間の測定時期にわたっての風車騒音の  $L_{Aeq}$  [dB]、 $D_{day}$  および  $D_{night}$  は昼間および夜間の風車騒音が測定できた日数 ( $D_{day}$ 、 $D_{night} \geq 3$ )、 $L_{Aeq,WTN,day,j}$  および  $L_{Aeq,WTN,night,j}$  は風車騒音が測定できた  $j$  番目の測定日の昼間及び夜間の等価騒音レベル[dB]である。

## 7. 測定結果のとりまとめ

残留騒音及び風車騒音の測定結果は、**附録 B** に示す様式に従ってとりまとめる。

【附録】： 関連する事項の説明

A.分析データの選定

A.1 平均風速による判断

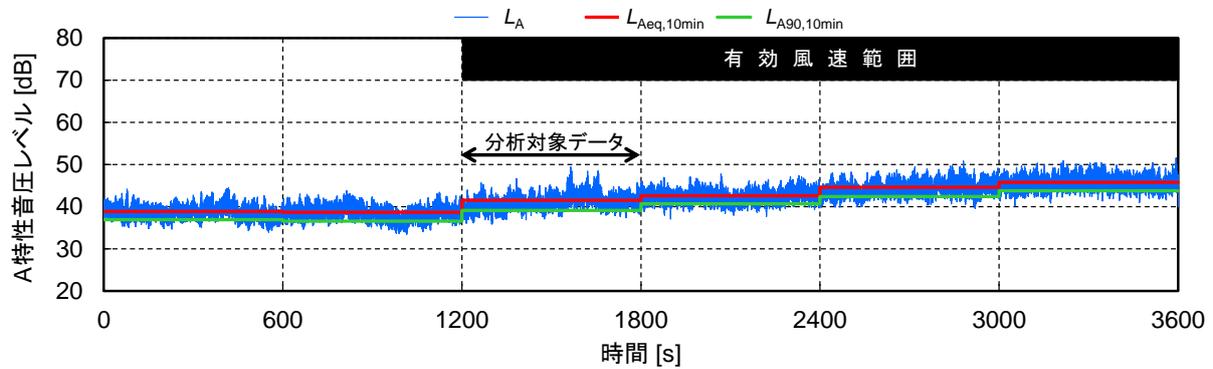
観測時間 1 時間，実測時間 10 分間とし，観測時間毎に分析対象とする実測時間を選定する。各観測時間について，ひとまず毎正時から 10 分間のデータに着目し，その時間の平均風速が有効風速範囲におさまっていれば，その時間の騒音データを分析対象データとする。有効風速範囲になければ，次の 10 分間のデータに着目し，平均風速が有効風速範囲に入っているかどうかで，分析対象とするかどうかを判断する。観測時間 1 時間のいずれの 10 分間も平均風速が有効風速範囲になければ，その観測時間の分析対象データは「無し」とする。夜間を対象とした分析対象データの選定方法のイメージを表 A.1 に示す。

(注) 測定日の区分は連続測定を開始した観測時間を 1 日目の最初の観測時間とし，2 日目以降も同様に設定する。日付や基準時間帯の区切りで測定日を区分する必要はない。

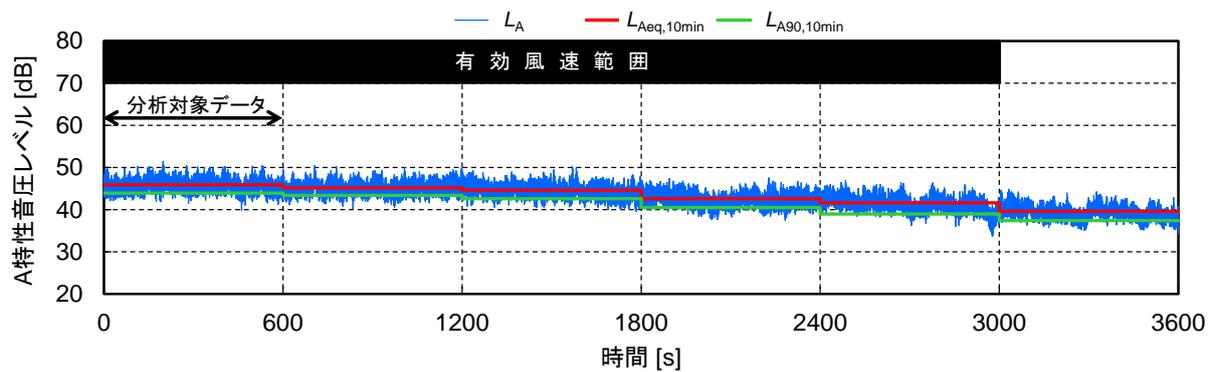
表 A.1 分析対象データの選定のイメージ（夜間を例として表示）

測定開始時刻	基準時間帯にわたり風速が有効風速範囲		基準時間帯の前半のみ有効風速範囲		基準時間帯の後半のみ有効風速範囲		基準時間帯の途中で風が吹いた場合		基準時間帯の途中で風が止んだ場合		基準時間帯で風速が複雑に変化した場合		基準時間帯で風の吹く時間が少なかった場合		
	風速	騒音	風速	騒音	風速	騒音	風速	騒音	風速	騒音	風速	騒音	風速	騒音	
22:	00	有効	分析	有効	分析	無効	--	無効	--	有効	分析	有効	分析	無効	--
	10	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--
	20	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--
	30	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--
	40	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--
	50	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--
23:	00	有効	分析	有効	分析	無効	--	無効	--	有効	分析	無効	--	無効	--
	10	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	分析	有効	分析
	20	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
	30	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
	40	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
	50	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--
0:	00	有効	分析	有効	分析	無効	--	無効	--	有効	分析	無効	--	無効	--
	10	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--
	20	有効	--	有効	--	無効	--	有効	分析	無効	--	有効	分析	無効	--
	30	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--	有効	--	無効	--
	40	有効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--
	50	有効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
1:	00	有効	分析	有効	分析	無効	--	有効	分析	無効	--	無効	--	無効	--
	10	有効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
	20	有効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
	30	有効	--	有効	--	有効	分析	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
	40	有効	--	有効	--	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
	50	有効	--	有効	--	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
2:	00	有効	分析	有効	分析	有効	分析	有効	分析	無効	--	無効	--	無効	--
	10	有効	--	有効	--	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
	20	有効	--	有効	--	有効	--	有効	--	無効	--	有効	分析	有効	分析
	30	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--
	40	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--
	50	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--	無効	--	無効	--
3:	00	有効	分析	無効	--	有効	分析	有効	分析	無効	--	無効	--	無効	--
	10	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	分析	有効	分析	無効	--
	20	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--	有効	--	無効	--
	30	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	無効	--
	40	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--
	50	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	無効	--
4:	00	有効	分析	無効	--	有効	分析	無効	--	有効	分析	無効	--	無効	--
	10	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	分析	有効	分析
	20	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
	30	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
	40	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
	50	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--
5:	00	有効	分析	無効	--	有効	分析	無効	--	有効	分析	無効	--	有効	--
	10	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--
	20	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--
	30	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	分析	有効	分析
	40	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
	50	有効	--	無効	--	有効	--	無効	--	有効	--	有効	--	有効	--
注記	有効風速範囲：10分間平均風速がカットイン風速以上で定格風速未満の範囲 無効：10分間平均風速が有効風速範囲にない場合 分析するデータ数が，基準時間帯の実測時間数（夜間8，昼間16）の半数（夜間4，昼間8）未満の場合は，再測定とする。														

図 A.1(a)は、風車がほとんど稼働していない状態から、徐々に稼働しだしたときの周辺居住地域における騒音のレベル変化であり、(b)は稼働した状態から徐々に風が弱くなったときのレベル変化である。(a)では 10 分間平均風速がはじめて有効風速範囲になるのは 1200~1800 s (20~30 分) で、その時間の騒音データが分析対象となる。(b)でははじめから有効風速範囲にあるので 0~600 s (0~10 分) が分析対象である。



(a). 風車が停止から徐々に稼働したとき



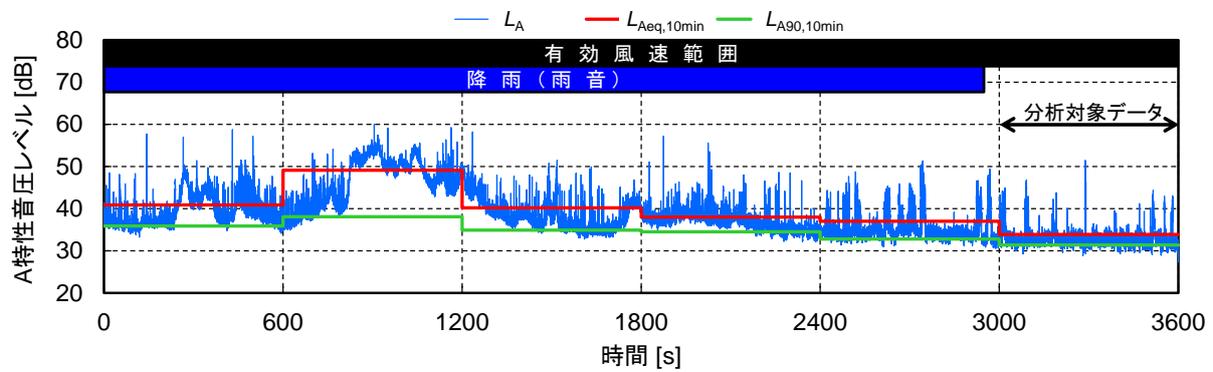
(b). 風車が稼働から徐々に停止したとき

図 A.1 平均風速による分析対象データの選定の例

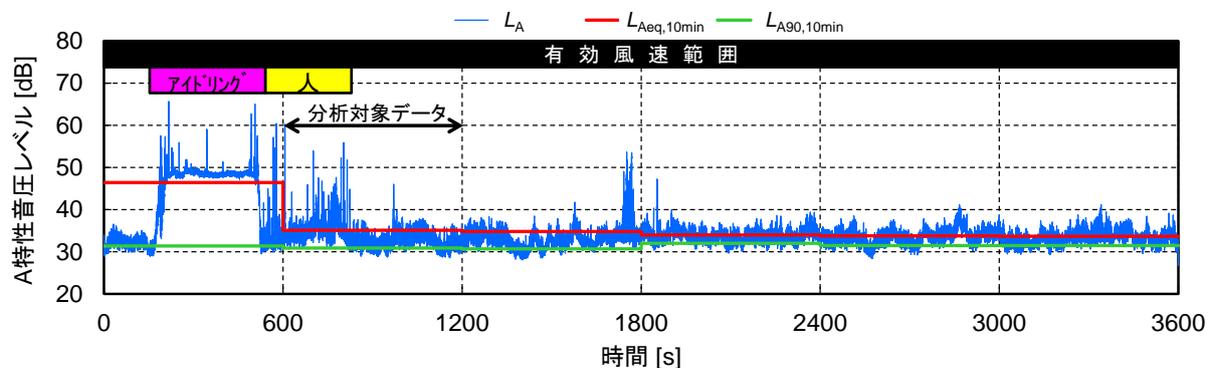
## A.2 暗騒音の影響を受けたときの判断

平均風速が有効風速範囲にあっても、測定対象外の騒音の影響が長時間続く場合がある。実測時間の  $L_{Aeq}$  を算出するためには、除外音処理した時間が実測時間の半分未満である必要がある。実測時間の半分以上に対象外騒音の影響がある場合には、その 10 分間は対象とせず、次の 10 分間を実測時間とする。

図 A.2(a)は降雨による騒音の影響が約 50 分間続いた例である。この例では降雨の影響が無くなった 3000~3600 s の 10 分間を分析対象データとし、この時間について除外音処理を行って評価量を算出する。図 A.2(b)は車のアイドリングや人声が約 10 分間続いた例である。この場合は、0~600 s の 10 分間については半分以上の時間でアイドリングの影響を受けているため、分析対象とはしない。600~1200 s の 10 分間については、人声の影響は実測時間の半分未満であり、除外音処理しても有効な騒音データは実測時間の半分以上は確保できるため、この時間を分析対象とする。



(a). 降雨の影響を受けている例



(b). 車のアイドリングの影響を受けている例

図 A.2 暗騒音の影響による分析対象データの選定の例

B.風車騒音等測定結果記入用紙の例

B.1 測定位置図

B.1.1 対象地域の範囲

表 B.1 対象地域の範囲と測定地点の配置図（記載例）

風力発電施設	●●風力発電所
事業者	
調査場所	〇〇県△△市□□町，◇◇町，※※町
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日～Z2 日
対象地域の範囲と測定地点の配置図	<p>The diagram illustrates the layout of wind turbines and measurement points. A yellow shaded area represents the '風況測定の対象地域' (Wind direction measurement target area). Red circles represent '風況測定の測定地' (Wind direction measurement points). Red circles with '1' and '2' represent '残留騒音又は風車騒音の測定地点' (Residual noise or wind turbine noise measurement points). Blue circles with 'A', 'B', and 'C' represent '残留騒音又は風車騒音の対象地域' (Residual noise or wind turbine noise target areas). A red circle highlights a specific turbine. The sea is labeled '海'.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 風力発電施設と対象地域の位置関係を図示する（対象地域を複数選定した場合は、各対象地域の範囲を図示する）。</li> <li>◆ すべての風車および測定地点の配置が分かるように図示する。</li> <li>◆ 風況観測位置を図示する。</li> <li>◆ 近傍に、対象とする風力発電施設以外の、既設の風力発電施設が存在する場合は、これらの位置関係についても図示する。</li> </ul>

### B.1.2 風況の測定地点の位置図と測定写真

表 B.2 風況の測定地点の位置図（記載例）

発電施設	●●風力発電所
測定場所	〇〇県△△市□□町◇◇ X-Y-Z ○号機（東経◆ ◆'◆”，北緯◇ ◇'◇”）
地域類型	無指定
用途地域	市街化調整区域
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 6 : 00～Z2 日 6 : 00
測定地点位置図	風力発電施設と測定地点の位置関係が分かる図面等 風力発電施設と測定高さの位置関係が分かる図面等
測定地点付近平面図	測定地点とその周辺との位置関係が分かる図面等
測定現場写真	測定の様子等を撮影した写真

### B.1.3 騒音の測定地点の配置図と測定写真

表 B.3 残留騒音／風車騒音の測定地点の配置図（記載例）

測定場所	A-①（〇〇県△△市□□町◇◇ X-Y-Z：A氏宅横の畑）
地域類型	無指定
用途地域	市街化調整区域
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 6：00～Z2 日 6：00
測定地点位置図	風力発電施設と測定地点の位置関係が分かる図面等
測定地点付近平面図	測定地点とその周辺との位置関係が分かる図面等 図中に、最近接風車の方向を矢印で記載
測定現場写真	風力発電施設方向を撮影した写真 近傍に住居等がある場合は、住居等との位置関係が分かる写真

## B.2 測定結果一覧表

### B.2.1 風況（測定結果個表）

表 B.4 測定結果個表（風況）（1/〇）（記載例）

発電施設	●●風力発電所		有効風速範囲	3.0～14.0 m/s	
測定場所	〇〇県△△市□□町◇◇X-Y-Z 〇号機（東経◆◆'◆◆”，北緯◇◇'◇◇”）				
測定方法	直接測定法・間接測定法・その他（ ）				
測定装置	〇〇社製 型番△△		測定高さ	◆.◆m（ハブ高さ）	
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 6：00～Z2 日 6：00（第 1 日目）				
基準 時間帯 <sup>※1</sup>	実測開始時刻 <sup>※1</sup>		風況の測定値		特記事項
	時[h]	分[m]	10 分間平均風速 <sup>※2</sup> [m/s]	最多風向	
昼間	6				
	7	00	〇〇.〇	NNW	
	8	00	〇〇.〇	NNW	
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
夜間	20				
	21				
	22				
	23		2.5	N	有効風速範囲未満
	0		1.5	N	有効風速範囲未満
	1				
	2				
平均風速 <sup>※3</sup>	昼間		〇〇.〇	----	
	夜間		〇〇.〇	----	
注意事項	<p>※1「基準時間帯」及び「実測開始時刻」は騒音の測定に対応することとするが、風況の集計における表示とは時間にずれがある場合があるため注意すること。</p> <p>※2「10 分間平均風速」には、直接測定法以外の測定方法を用いた際には、推定により算出したハブ高さ相当での 10 分間平均風速を記入すること。</p> <p>※3「平均風速」は有効風速範囲の騒音の実測時間の 10 分間平均風速の算術平均値。有効風速範囲未満の観測時間の測定値は平均に用いない。</p>				

## B.2.2 騒音レベル（測定結果個表）

表 B.5 測定結果個表（残留騒音／風車騒音）（1/〇）（記載例）

発電施設	●●風力発電所				
風車のメーカー名	●●●	定格出力	△△kW		
基数	〇基	有効風速範囲	3.0～14.0 m/s		
測定場所	A-①（〇〇県△△市□□町◇◇ X-Y-Z：A氏宅横の畑）				
地域類型	無指定	用途地域等	市街化調整区域		
騒音計	〇〇社製 型番△△	音響校正器	〇〇社製 型番△△		
設置高さ	◇.◇m				
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 6：00～Z2 日 6：00（第 1 日目）				
測定期間中の天気	曇り、一時雨				
測定場所周辺の音環境※1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海が近く、波音が聞こえる</li> <li>・500m 程度離れた既設の風力発電施設からのスイッチ音聞こえる</li> </ul>				
基準時間帯	実測開始時刻		A 特性音圧レベル [dB]		特記事項※2
	時[h]	分[m]	$L_{Aeq, resid} \cdot L_{Aeq, WTN}$	$L_{A90, total}$	
昼間	6				
	7	00	〇〇.〇	〇〇.〇	自動車音の影響あり
	8	00	〇〇.〇	〇〇.〇	自動車音の影響あり
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
夜間	20				
	21				
	22				
	23		----	----	降雨の影響あり
	0	30	〇〇.〇	〇〇.〇	降雨のため開始を遅らせた
	1				
	2				
3					
基準時間帯の 平均値※3	昼間		〇〇.〇	----	
	夜間		〇〇.〇	----	
注意事項	<p>※1「測定場所周辺の音環境」には、準定常的な暗騒音が存在する場合は、その主たる音源を記録する。</p> <p>※2 除外すべき音の種類を特記事項に記載する</p> <p>※3「基準時間帯の平均値」には、各観測時間の <math>L_{Aeq}</math> 値をエネルギー平均し、小数点第 1 位の値までを記載。</p>				

### B.2.3 風況（集計結果）

表 B.6 風速・風向の集計結果（記載例）

風力発電施設	●●風力発電所					
有効風速範囲	3.0～14.0 m/s					
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 6 : 00～Z8 日 6 : 00					
測定日	昼間 (06-22)			夜間(22-06)		
	平均風速 <sup>※1</sup> [m/s]	最多 風向 <sup>※2</sup>	特記 事項 <sup>※3</sup>	平均風速 <sup>※1</sup> [m/s]	最多 風向 <sup>※2</sup>	特記 事項 <sup>※3</sup>
Z1~Z2	〇〇.〇	N		〇〇.〇	NW	
Z2~Z3						
Z3~Z4						
Z4~Z5			無効			無効
Z5~Z6						
Z6~Z7						
Z7~Z8						
測定期間	〇〇.〇			〇〇.〇		
注意事項	<p>※1「測定期間の平均風速」は表 B.4 の平均風速を記入。</p> <p>※2「測定期間の最多風向」は表 B.4 の最多風向のうち、最も頻度の高い風向を記入。風速と同様に有効風速範囲未満の観測時間の風向は集計に用いない。</p> <p>※3「特記事項」には、基準時間帯の観測時間数の半数以上で測定できなかった場合に無効と記入</p>					

B.2.4 騒音レベル（集計結果）

表 B.7 測定地点別集計結果（**残留騒音**・風車騒音）（1/O）（記載例）

発電施設	●●風力発電所	有効風速範囲	3.0～14.0 m/s		
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 15:00～Z8 日 15:00				
算出方法	除外音処理により求めた $L_{Aeq}$ ・ $L_{A90}+2$ により求めた $L_{Aeq}$				
対象地域	測定地点	測定日	$L_{Aeq, resid}$		特記事項
			昼間 (06-22)	夜間(22-06)	
A	①	Z1~Z2	○○.○	○○.○	自動車音を除外
		Z2~Z3	○○.○	○○.○	
		Z3~Z4			
		Z4~Z5			1 日中降雨のため無効
		Z5~Z6			観測時間数の半数以上が有効風速未満のため無効
		Z6~Z7			
		Z7~Z8			
		測定時期の $L_{Aeq}$ 平均値 <sup>※1</sup>	○○.○	○○.○	
対象地域の残留騒音 <sup>※2</sup>		○○	○○		
B	①	Z1~Z2	○○.○	○○.○	
		Z2~Z3	○○.○	○○.○	
		Z3~Z4			
		Z4~Z5			観測時間数の半数以上が有効風速未満のため無効
		Z5~Z6			
		Z6~Z7			
		Z7~Z8			
		測定時期の $L_{Aeq}$ 平均値 <sup>※1</sup>	○○.○	○○.○	
	②	Z1~Z2	○○.○	○○.○	
		Z2~Z3	○○.○	○○.○	
		Z3~Z4			
		Z4~Z5			観測時間数の半数以上が有効風速未満のため無効
		Z5~Z6			
		Z6~Z7			
測定時期の $L_{Aeq}$ 平均値 <sup>※1</sup>	○○.○	○○.○			
対象地域の残留騒音 <sup>※2</sup>		○○	○○		
C	①	Z1~Z2	○○.○	○○.○	
		Z2~Z3	○○.○	○○.○	
		Z3~Z4			
		Z4~Z5			観測時間数の半数以上が有効風速未満のため無効
		Z5~Z6			
		Z6~Z7			
		Z7~Z8			
		測定時期の $L_{Aeq}$ 平均値 <sup>※1</sup>	○○.○	○○.○	
		対象地域の残留騒音 <sup>※2</sup>		○○	○○
注意事項	<p>※1 「測定時期の <math>L_{Aeq}</math> 値平均値」には、残留騒音が測定できた測定日の <math>L_{Aeq}</math> 値のエネルギー平均値を小数点以下第 1 位まで記入。</p> <p>※2 「対象地域の騒音」には、複数地点で残留騒音の測定を行った場合、各地点における基準時間帯の <math>L_{Aeq}</math> 値を算術平均し、整数値で記入。</p>				

### B.3 実測時間の騒音レベル変動記録

#### B.3.1 残留騒音

##### (5) 除外音処理を行った場合

表 B.8 実測時間中の騒音レベル変動記録（残留騒音，除外音処理有り）（記載例）

測定地点	1（〇〇県△△市□□町◇◇ X-Y-Z：A氏宅横の畑地）
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 15：00～Z2 日 15：00
実測時間	実測時間のレベル変動記録
5:10 - 5:20	
6:00 - 6:10	
・ ・ ・	

除外音処理を行わなかった場合（ $L_{A90,total} + 2$  dB として残留騒音を推計した場合）

表 B.9 実測時間中の騒音レベル変動記録（残留騒音，除外音処理無し）（記載例）

測定地点	1（〇〇県△△市□□町◇◇ X-Y-Z：A氏宅横の畑地）
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 15：00～Z2 日 15：00
実測時間	実測時間のレベル変動記録
5:10 - 5:20	
6:00 - 6:10	
・ ・ ・	

### B.3.2 風車騒音

#### (1) 除外音処理を行った場合

表 B.10 実測時間中の騒音レベル変動記録（風車騒音，除外音処理有り）（記載例）

測定地点	1（〇〇県△△市□□町◇◇ X-Y-Z：A氏宅横の畑地）
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 15：00～Z2 日 15：00
実測時間	実測時間のレベル変動記録
23:00 - 23:10	
0:00 - 0:10	
・ ・ ・	

除外音処理を行わなかった場合（ $L_{A90,total} + 2$  dB として残留騒音を推計した場合）

表 B.11 実測時間中の騒音レベル変動記録（風車騒音，除外音処理無し）（記載例）

測定地点	1（〇〇県△△市□□町◇◇ X-Y-Z：A氏宅横の畑地）
測定期間	平成 X1 年 Y1 月 Z1 日 15：00～Z2 日 15：00
実測時間	実測時間のレベル変動記録
23:00 - 23:10	
0:00 - 0:10	
・ ・ ・	

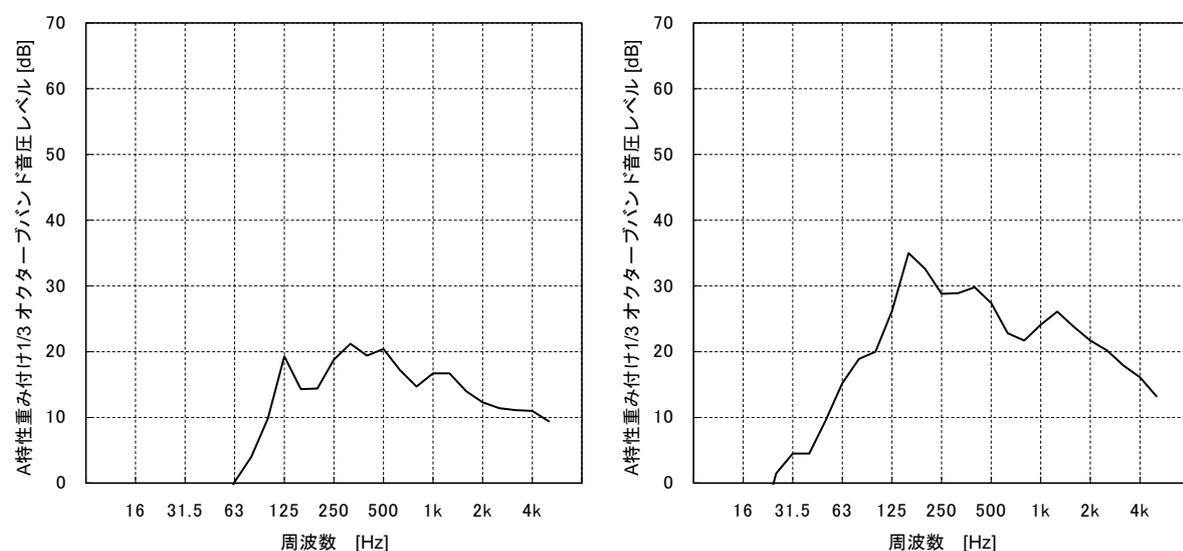
## B.4 周波数特性

残留騒音および風車騒音の周波数特性は、実測時間の 1/3 オクターブバンド音圧レベルの周波数特性として作成する。測定例を図 B.1 に示す。

残留騒音は、除外音処理を行った場合は除外音処理後のサンプルから求めた残留騒音の平均音圧レベル  $L_{peq, resid}(f)$  を、除外音処理を行わなかった場合は総合騒音の  $L_{p90, total}(f)$  を図示し、図の縦軸に明記する。

風車騒音は、除外音処理を行った場合は除外音処理後のサンプルから求めた平均音圧レベル  $L_{peq, WTN}(f)$  を、除外音処理を行わなかった場合は総合騒音の  $L_{p90, total}(f)$  を図示し、図の縦軸に明記する。

なお、周波数特性の図の縦軸と横軸の縮尺比は、4/3 オクターブバンドが 10 dB となるようにとる。



(a). 残留騒音の周波数特性

(b). 風車騒音の周波数特性

図 B.1 周波数特性の表示例

## B.5 純音性可聴度

純音性可聴度を測定した場合は、A 特性狭帯域音圧スペクトルの周波数特性と純音性可聴度を報告する（JIS C 1400-11（対応国際規格 IEC 61400-11）参照）。

## 参考文献

- [1]. 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の対応について、平成 28 年 11 月
- [2]. 環境省、平成 22-24 年度 環境研究総合推進費（戦略指定研究領域）研究課題「S2-11 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」報告書
- [3]. 環境省、平成 27 年度 今後の音環境及び騒音振動規制手法に関する調査検討業務 風車騒音の影響に関する調査報告書、平成 28 年 3 月