

解説

諸外国における風車騒音に関する ガイドライン*

橘 秀 樹 (東京大学名誉教授)**

43.50.Sr

1. ま え が き

1900 年代末から今世紀にかけて、デンマークなどで風力発電施設の建設が本格化した。これは再生可能エネルギーの利用、脱炭素化、脱原子力発電などのエネルギー・環境政策とも結びつき、現在では欧米諸国、中国、インドなどで大きな建設の伸びを示し、風車も大型化してきている。これに伴い、風車施設の周辺では、景観の変化、鳥類などに対する危険性、落雷や強風による風車の損壊などの問題と並んで、風車が発生する騒音が周辺住民に与える影響が大きな環境問題となり、世界各国でそれを防止するための施策が行われている。

日本でも 2000 年ごろから商用の風力発電が本格化し、それに伴って風車周辺の住民から騒音に対する苦情が訴えられるようになった。しかし、これまで我が国ではこのような新たな騒音問題に対する科学的知見に乏しく、環境アセスメントなどの際の行政的対応が遅れているのが現状である。今後も風力発電施設の建設を進めていくためには、この騒音問題の本質を明らかにするための研究 [1] と同時に、基準やガイドラインなど指針の策定も重要な課題である。本稿では、そのための基礎資料として世界の主要国における風車騒音に対する基準・ガイドラインを調べた結果を述べる。この問題に関しては、文献 [2-4] に最近の情報がまとめられているので、これらの報告をもとに若干の補足を加えて述べる。

2. 各国の騒音規制基準・ガイドラインの概要

2.1 基準・ガイドラインの比較

まず、文献 [2] に示されている各国・各州における風車騒音に関する基準 (noise limit) やガイド

ラインを比較した表をもとにして、純音成分の可聴性に対する考慮 (TA: Tonal Audibility)、衝撃性成分に対する考慮 (IM: Impulsiveness)、セットバック距離 (SB: set-back distance) の設定などの情報を表-1 にまとめた。各国 (州) の基準・ガイドラインの内容に関する補足は次項に述べる。

2.2 各国・各州の基準・ガイドラインの内容

(1) デンマーク

風車に特化した法律を制定しており、2012 年 1 月から改正された法令が施行された。その中で、屋外の値は地域類型別にまた 2 段階の平均風速の別に等価騒音レベル (L_{Aeq}) に純音性及び衝撃性に対する補正を加えた評価騒音レベル (L_r) で決められている。評価騒音レベルを求める場合、純音性成分の可聴性が明らかな場合には 5 dB のペナルティを加えるとしている。

それとは別に、屋内の A 特性低周波音レベル (L_{pALF}) の限度値も設定されている。この限度値は、室内における風車騒音の中心周波数 10~160 Hz の 1/3 オクターブバンド成分に A 特性の周波数重み付けをした値で、その限度値を 20 dB としている。屋外における風車騒音から室内における L_{pALF} を計算する場合、内外の音圧レベル差として表-2 の値が示されている。デンマークにおけるこれらの規定は、実測値に対してというより、Nord200 などの騒音伝搬の計算モデルによる予測値に対して適用することを前提としている。

(2) ノルウェー

騒音に対する考慮がガイドラインとして土地利用計画の中に含まれており、風車騒音については住居地域など静穏を要する地域に対する限度値として昼夕夜時間帯補正等価騒音レベル (L_{den}) で 45 dB が示されている。この値は、風車騒音のレベルを終日一定と仮定すると等価騒音レベル (L_{Aeq}) で 39 dB 程度に相当する。純音性、衝撃性などに対するペナルティやセットバック距離は規定されていない。

* Guidelines for wind turbine noise in foreign countries.

** Hideki Tachibana (Professor Emeritus, The University of Tokyo) e-mail: pon-t@iis.u-tokyo.ac.jp

表-1 世界各国における風車騒音の基準・ガイドラインの比較

国/地方	騒音指標	地域の類型				備考
		田園地域	住宅地域	工業地域に近い住宅地域	その他の地域	
Denmark	L_r (6 m/s) L_r (8 m/s)	42 dB (6 m/s) 44 dB (8 m/s)	37 dB (6 m/s) 39 dB (8 m/s)	—	—	TA, IM L_{pALF}
Norway	L_{den}	45 dB				—
Sweden	$L_{Aeq}@3\text{ m/s}$	35 dB	40 dB			TA
Belgium-Flanders	L_{Aeq}	昼: 48 dB 夕/夜: 43 dB	昼: 44 dB 夕/夜: 39 dB	昼: 48 dB 夕/夜: 43 dB	昼: 45-60 dB 夕/夜: 39-55 dB	SB
Belgium-Wallonia	L_{Aeq}	45 dB				SB
France	L_{Aeq}	昼 (07:00-22:00): 暗騒音レベル+5 dB 夜 (22:00-07:00): 暗騒音レベル+3 dB				SB
Germany	L_r	昼: 60 dB 夜: 45 dB	昼: 50-55 dB 夜: 35-40 dB	昼: 60 dB 夜: 45 dB	昼: 45-70 dB 夜: 35-70 dB	TA, IM SB
The Netherlands	L_{den}, L_{night}	$L_{den}: 47\text{ dB}, L_{night}: 41\text{ dB}$				—
United Kingdom	$L_{A90,10\text{min}}$	昼: 暗騒音レベル+5 dB (最低 35 dB 又は 40 dB) 夜: 暗騒音レベル+5 dB (最低 43 dB)				TA
New Zealand	$L_{A90,10\text{min}}$	35 dB 又は 暗騒音 +5 dB の高い方の値	40 dB 又は 暗騒音+5 dB の高い方の値			AM TA
South Australia	風車騒音: $L_{Aeq,10\text{min}}$ 暗騒音: $L_{A90,10\text{min}}$	35 dB 又は 暗騒音 +5 dB の高い方の値	40 dB 又は 暗騒音+5 dB の高い方の値			TA
Canada-Alberta	L_{Aeq}	夜 (22:00-07:00): 40-56 dB (住戸密度及び道路/鉄道の近接度・航空機の頻度の別に 9 段階に設定)				—
Canada-Ontario	L_{Aeq}	地域類型ごとに、高さ 10 m における風速ごとに限度値を設定				—
USA	騒音一般 EPA: L_{dn}	屋外: L_{dn} 55 dB 屋内: L_{dn} 45 dB		—	—	—
Colorado-Arapahoe county	L_{Aeq}	—	昼: <55 dB 夜: <50 dB	—	昼: <65, 80 dB 夜: <60, 75 dB	SB
Georgia	L_{Aeq}	55 dB				SB
Illinois	一般環境騒音について、オクターブバンドごとに限度値を設定。					—
Indiana-Tipton County	オクターブバンドごとに限度値を設定					—
Michigan	L_{Aeq}	55 dB 又は 暗騒音+5 dB の高い方の値				—
Michigan-Huron County	L_{A90}	50 dB 又は 暗騒音+5 dB の高い方の値				TA
Minnesota	L_{Aeq}	50 dB				—
Minnesota-Lincoln county	L_{Aeq}	50 dB				SB
Nevada-Lyon County	L_{Aeq}	55 dB				SB
New Mexico-San Miguel County	L_{Aeq}	暗騒音以下				SB
New York-Town of Jefferson	L_{A10}	—	50 dB 又は 暗 騒音+5 dB	—	—	TA SB
North Carolina	L_{Aeq}	55 dB				SB
Oregon	L_{A50}	昼: 55 dB, 夜: 50 dB				—
Pennsylvania-Potter County	L_{Aeq}	暗騒音+5 dB				SB
Wisconsin	L_{Aeq}	昼: 50 dB, 夜: 45 dB				TA, SB
Wisconsin-Shawano County	L_{Aeq}	暗騒音+5 dB 1/3 オクターブバンド限度値				TA, IM SB
Wyoming	風車騒音に関する州としての法律はないが、セットバック距離を規定。					SB
Wyoming-Larimaie County	L_{Aeq}	50 dB				SB

注 (表中の量記号、略号は以下のとおり)

L_{Aeq} : 等価騒音レベル (時間平均 A 特性音圧レベル)

L_r : 評価騒音レベル (等価騒音レベルに純音性及び衝撃性に対する補正を加えた値)

L_{den} : 昼夕夜時間帯補正等価騒音レベル

L_{night} : 夜間等価騒音レベル

L_{dn} : 昼夜時間帯補正等価騒音レベル

L_{A90} : 90%時間率騒音レベル

L_{A50} : 50%時間率騒音レベル

L_{A10} : 10%時間率騒音レベル

L_{pALF} : 室内における低周波騒音の評価指標 (Denmark)

AM: 振幅変調 (Amplitude Modulation) 音に対する考慮 (ペナルティ)

TA: 純音成分の可聴性 (tonal audibility) に対する考慮 (ペナルティ)

IM: 衝撃性 (Impulsiveness) 成分に対する考慮 (ペナルティ)

SB: セットバック距離 (set-back distance) の設定

表-2 内外音圧レベル差 ΔL_o (デンマーク)

1/3 オクターブバンド 中心周波数 (Hz)	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
ΔL_o (dB)	4.9	5.9	4.6	6.6	8.4	10.8	11.4	13.0	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2

表-3 風車騒音の目標限度値 (フランダース)

地域 (土地利用)	目標値 (屋外における L_{Aeq})	
	昼間	夕方・夜間
住居地域, 保養施設 地方部, 産業地域から 500 m 以内の住居地域, レクリエーション地域	44 dB	39 dB
産業地域 その他の地域	60 dB 45-55 dB	55 dB 39-50 dB

(3) スウェーデン

風速 8 m/s における風車騒音の推奨限度値が L_{Aeq} で 40 dB (一般の住居地域), 35 dB (地方部の暗騒音が低い地域) に定められている。また, 可聴性が明らかな純音成分が含まれている場合には, 5 dB のペナルティを課すこととなっている。

(4) ベルギー

ベルギーは Flemish Region (Flanders), Walloon Region, Brussels-Capital Region の三つの地域に分けられ, そのうち Brussels-Capital Region は都市部で, 風力発電には適していない。他の二つの地域ではそれぞれ以下の法律が定められている。

Flanders: 2012 年 1 月から現行の法律が施行されており, 表-3 に示すように土地利用に応じて騒音の目標限度値が時間帯別に L_{Aeq} で定められている。暗騒音のレベルが表に示す値よりも高い場合には, その値を限度値とする。セットバック距離としては, 風車のロータの直径の 3 倍としている。

Wallonia: すべての風速について, 住居の外部における L_{Aeq} を 45 dB とする。暗騒音のレベルがこれよりも高い場合, 建物の遮音性能が十分な場合, あるいは施設の開発者・所有者と住民の間で合意が得られる場合には, 45 dB を上回ってもよいとしている。セットバック距離としては, 大型風車については風車の全高の 3 倍, 中程度の大型風車については 350 m としている。

(5) フランス

風車騒音に特化した規則があり, 静穏を要する地域に対して暗騒音のレベルに応じた風車騒音の

限度値を昼間・夜間の別に L_{Aeq} によって定めている (表-1)。風車騒音が 35 dB 以下の場合には常に許容される。住居などの建物までのセットバック距離として 500 m が示されている。

(6) ドイツ

現在のところ風車に限定した基準等は設定されておらず, 産業騒音の規制のために設定された TA-Lärm 1998 (Technical Guidance for Protection against Noise) が風車騒音にも適用されている。その概要は表-4 のとおりで, 地域 (土地利用状況) の別に昼間, 夜間の評価騒音レベル L_T が目標値として設定されている。

更に, 純音性成分が含まれている場合には 3~6 dB のペナルティ (K_T), 衝撃性成分が含まれている場合には 3~6 dB のペナルティ (K_I) が設定されている。

ドイツの多くの州では, 風力エネルギーに関する法令として風力発電施設の計画や認可に関してガイドラインを制定しているが, その中で地域計画としてセットバック距離を示しているものが多い。その値は州によって異なるが, 離散的あるいは少数の住戸に対しては 300~1,000 m, 住居地域に対しては 500~1,000 m としている。

(7) オランダ

風車騒音に対する現行の規則が 2011 年 1 月から施行されている。風車騒音の限度値としては, 静穏を要する地域全体について L_{den} で 47 dB, 夜間等価騒音レベル (L_{night}) で 41 dB が定められている。(風車騒音のレベルが終日一定と仮定すると L_{den} と L_{night} との差は約 6 dB である。) 純音性, 衝撃性などに対するペナルティやセットバック距離は規定されていない。

(8) イギリス

イギリスにおける風車騒音の評価には, “The Assessment and Rating of Noise from Wind Farms” (ETSU-R-97) の報告が用いられている。騒音評価指標としては 10 分間の 90% 時間率レベル ($L_{A90,10min}$) が用いられているが, この指標による評価値は $L_{Aeq,10min}$ による評価値に比べて

表-4 環境騒音の目標値（ドイツ）

地域（土地利用）	目標値（屋外における評価騒音レベル）	
	昼間（06:00-22:00）	夜間（22:00-06:00）
保養施設，病院・看護施設	45 dB	35 dB
住居専用地域	50 dB	35 dB
一般住居地域，小規模住宅団地	55 dB	40 dB
村落，混用区域，中心市街地	60 dB	45 dB
商業地域	65 dB	50 dB
工業地域	70 dB	70 dB

1.5~2.5 dB 低めとなる。

騒音限度値としては，昼間（07:00-23:00）は暗騒音レベル+5 dB で最低 35 又は 40 dB，夜間（23:00-07:00）は暗騒音レベル+5 dB で最低 43 dB としている。これらの限度値で夜間の方が高くなっているのは，夜間は屋外における生活の重要度が減り，睡眠など屋内における生活が重視されるためとしている。住人が何等かの形で風力発電施設に関与している場合には，最低値は 45 dB に，また暗騒音に加える値も大きくしてもよいとしている。純音成分が認められる場合には，5 dB のペナルティが設定されている。

(9) ニュージーランド

風車騒音に関する基準（NZS 6808:2010）が制定されている。この基準では，イギリスと同様に $L_{A90,10min}$ が風車騒音と暗騒音の評価量として用いられており，地域類型の別に定めたある一定の値（35 又は 40 dB）と暗騒音のレベルに 5 dB 加えた値のうち，大きい方の値を風車騒音の限度値とする方法が定められている（図-1 参照）。また，純音成分あるいは振幅変調音が含まれている場合には 1~6 dB のペナルティを加えることになっている。

(10) 南オーストラリア

南オーストラリア環境保護庁から風車騒音に関するガイドラインが出されており，風車騒音の評価には $L_{Aeq,10min}$ ，暗騒音の評価には $L_{A90,10min}$ が用いられている。騒音限度値としては，35 dB（田園地帯の住居地域）又は 40 dB（その他の地域）と暗騒音のレベルに 5 dB を加えた値のうち，大きい方の値とする。風力発電施設の開発が段階的に行われる場合も，暗騒音は開発当初のレベルを用いて判断する。純音成分に対しては 5 dB のペナルティが設定されている。セットバックの規定はない。

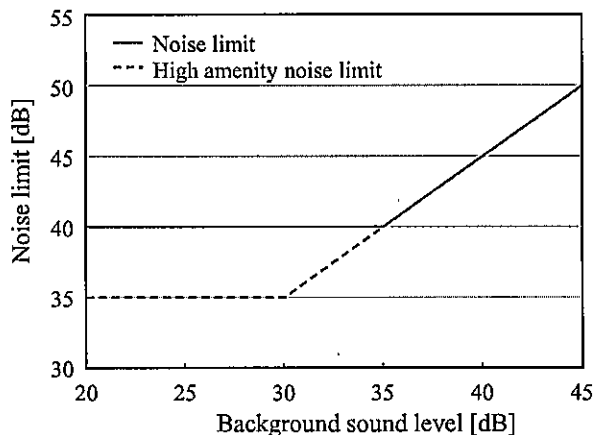


図-1 暗騒音と騒音限度値の関係（ニュージーランド）

(11) カナダ・アルバータ州

カナダでは風力発電施設に対する国としての法律はなく，各州に任されている。そのうち，アルバータ州では州の公益事業委員会（ACU）によって夜間（22:00-07:00）の風車騒音の許容限度が L_{Aeq} によって定められている。その値は 40 dB を基本とし，住戸密度及び道路/鉄道の近接度・航空機の頻度の別に 56 dB まで 9 段階に設定されている。

(12) カナダ・オンタリオ州

2MW 以上の風力発電施設の建設にあたって，必要な環境影響評価の条件として，地域をクラス 1（都市域），クラス 2（クラス 1 と 3 の中間），クラス 3（農業，リクリエーション）に分類し，それぞれに対して高さ 10 m における風速ごとに表-5 に示す規制値（ L_{Aeq} ）を定めている [5]。この規制値の設定にあたり，図-2 に示すように暗騒音のレベル（ L_{A90} で評価）も風速によって変化するという前提に立っている。

(13) アメリカ合衆国

アメリカ合衆国でも風力発電施設に対する国としての法律はなく，各州や郡に任されている。その規定がない州や郡では，合衆国環境保護庁（EPA）

表-5 風力発電設備に関する騒音規制値 (オンタリオ州)

高さ 10 m における風速 [m/s]	4	5	6	7	8	9	10
クラス 3 地域における騒音限度値 [dB]	40	40	40	43	45	49	51
クラス 1 及び 2 地域における騒音限度値 [dB]	45	45	45	45	45	49	51

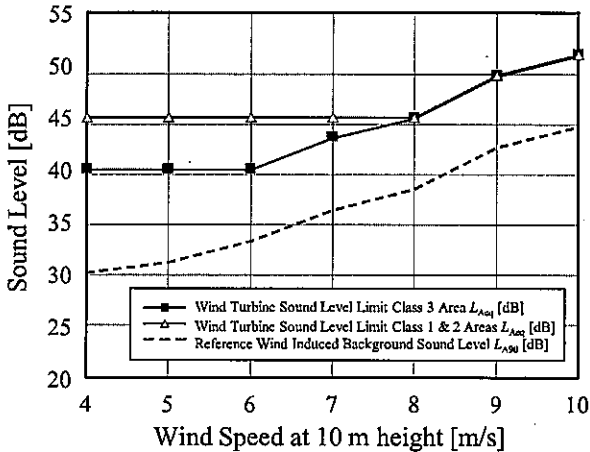


図-2 風車騒音の限度値 (カナダ・オンタリオ州)

表-6 風車騒音の限度値 (コロラド州アラバホ郡)

地域 (土地利用)	昼間 (07:00-19:00)	夜間 (19:00-07:00)
住居地域	<55 dB	<50 dB
商業地域	<65 dB	<60 dB
軽工業地域	<70 dB	<65 dB
工業地域	<80 dB	<75 dB

が定めた環境騒音のガイドラインを適用することになっている。ただし、このガイドラインは一般の環境騒音に対するもので、特に風車騒音を対象としたものではない。従って、純音性の評価やセットバック距離の規定などは含まれていない。

EPA の騒音ガイドラインでは、騒音指標として昼夜時間帯別補正等価騒音レベル (L_{dn}) を用い、郊外の住宅地域で室内 45 dB、屋外 55 dB を最大許容値としている。

(14) コロラド州アラバホ郡

土地利用形態ごとに昼・夜の別に L_{Aeq} によって風車騒音の限度値が表-6 のように決められている。セットバック距離としては風車の全高としている。

(15) ジョージア州

ジョージア州風力ワーキンググループによる風力エネルギー施設に関する法令モデルによれば、風車騒音は常に L_{Aeq} で 55 dB を超過してはならないとしている。純音性成分や振幅変調音に関す

表-7 クラス C 地域からクラス A 地域への騒音放射の限度値 (イリノイ州)

オクターブバンド 中心周波数 [Hz]	時間平均音圧レベル [dB]	
	昼間 (07:00-22:00)	夜間 (22:00-07:00)
31.5	75	69
63	74	67
125	69	62
250	64	54
500	58	47
1,000	52	41
2,000	47	36
4,000	43	32
8,000	40	32

表-8 音圧レベルの限度値 (インディアナ州ティプトン郡)

オクターブバンド 中心周波数 [Hz]	音圧レベル [dB]
63	75
125	70
250	65
500	59
1,000	53
2,000	48
4,000	44
8,000	41

る規定はない。セットバック距離についての規定はあるが、風車の全高だけでなく近隣住戸の所有者の施設に対する関与の有無で異なる。

(16) イリノイ州

イリノイ州では風車騒音に特化した規制はないが、Illinois Pollution Control Board (IPCB) が各種の環境騒音に対する規制値を示している。その内容は、土地利用をクラス A (住宅地)、クラス B (商業・小売商)、クラス C (農業・工業) に分類し、騒音の基準をオクターブバンドごとの音圧レベル (時間平均値) で定めている。風力発電施設はクラス C、農業地域でも住居はクラス A に分類され、その場合の基準値は表-7 に示すとおりである。

(17) インディアナ州ティプトン郡

インディアナ州には風力発電施設に関する法律はないが、ティプトン郡では風車から 200 フィート以内の住居に対してオクターブバンドごとの音圧レベルの限度値を表-8 に示すように規定している。

(18) ミシガン州

風車騒音に関するガイドラインとして、風力発電施設に最も近い敷地境界線上で L_{Aeq} で 55 dB、暗騒音が L_{Aeq} で 55 dB を超える場合には、限度

値は暗騒音のレベルに 5 dB を加えた値とすると規定している。純音性や衝撃性成分に対するペナルティやセットバックに関する規定はない。

(19) ミシガン州ヒューロン郡

ミシガン州のガイドラインに比べて厳しい規制となっており、すべての建物の外部で L_{A90} で 50 dB 又は暗騒音のレベルに 5 dB を加えた値の内の大きい値とし、純音性成分が認められる場合には 5 dB のペナルティを加えるとしている。セットバック距離の規定はない。

(20) ミネソタ州

大規模風力発電施設からの発生騒音の上限値として、近隣の農園の住居の前又は後庭の中心で地上 5 フィートの高さで L_{Aeq} で 50 dB を規定している。純音性や衝撃性成分に対するペナルティやセットバックに関する規定はない。

(21) ミネソタ州リンカーン郡

ミネソタ州における規定に加えて、セットバック距離を規定しており、100 kW 以下の発電施設については 300 フィート、それ以上の施設については 750 フィートとしている。

(22) ネバダ州ライオン郡

すべての敷地境界線上で L_{Aeq} で 55 dB を騒音限度値としている。セットバック距離としては、風車の全高の 2 倍を規定している。純音性や衝撃性成分に対するペナルティに関する規定はない。

(23) ニューメキシコ州サンミゲル郡

静穏を要する施設（住居、学校、病院、礼拝所）に対して、風車騒音の 1 時間ごとの L_{Aeq} を暗騒音のレベル以下にすることとしている。セットバック距離に関して細かい規定があるが、純音性や衝撃性成分に対するペナルティに関する規定はない。

(24) ニューヨーク州ジェファーソン郡区

風車騒音の限度値は、最も近接する住居において 10% 時間率騒音レベル (L_{A10}) で 50 dB とし、暗騒音がこれを超える場合には暗騒音のレベルに 5 dB を加えた値とする。定常的に純音性が認められる場合には 5 dB のペナルティを加える。セットバック距離としては、事業に参画していない土地所有者の敷地内にある住居から風車のハブ高さの 5 倍以上とするなどの規定がある。

(25) ノースカロライナ州

州の条例ですべての地域に対して風車騒音の限度値を L_{Aeq} で 55 dB としている。風車の高さ

表-9 工業・商業施設全般を対象とした騒音規制（オレゴン州）

昼間 (07:00-22:00)	夜間 (22:00-07:00)
L_{A50} : 55 dB	L_{A50} : 50 dB
L_{A10} : 60 dB	L_{A10} : 55 dB
L_{A1} : 75 dB	L_{A1} : 60 dB

隣接地の特性に応じたセットバック距離を規定している。

(26) オレゴン州

オレゴン州では工業・商業施設全般を対象とした騒音規制法を風車騒音にも適用している。規制値は表-9 に示すように 50% 時間率騒音レベル L_{A50} 、10% 時間率騒音レベル L_{A10} 、1% 時間率騒音レベル L_{A1} で昼・夜の別に規定されている。

(27) ペンシルバニア州ポッター郡

事業に参画していない土地所有者の敷地境界線上で、 L_{Aeq} で暗騒音のレベルに 5 dB を加えた値で制限している。セットバック距離としては、事業に参画していない土地所有者の建物から施設の高さの 5 倍又は 1,750 フィートの内の大きい方、敷地境界線から 1,000 フィートとしている。

(28) ウィスコンシン州

州の法律 (The State of Wisconsin Legislation, Chapter PSC 128 Wind Energy Systems states) で、事業に参画していない住民の家屋及び共用建物の外部において L_{Aeq} で昼間 (06:00-22:00) 50 dB、夜間 (22:00-06:00) 45 dB を上限値としている。定常的に純音性成分が聞こえる場合には、事業者によるその対策を義務づけている。セットバック距離について、事業に参画していない住民の家屋及び共用建物については 1,250 フィートとブレード先端の最大高さの 3.1 倍のうちの短い方、また事業に参画している住民の家屋及び事業に参画していない住民の家屋の敷地境界線からブレード先端の最大高さの 1.1 倍と規定している。

(29) ウィスコンシン州シャワノ郡

風力発電施設に関する条例 (Wind Energy Conversion System Ordinance) の中で、風車騒音のレベルの上限は事業に参画していない住民の敷地境界線上において、1 時間ごとに 5 分以上の L_{Aeq} で評価して暗騒音のレベルを 5 dB 以上上回らないこと、また風車の発生音に含まれる超低周波音及び低周波音の影響を考慮して、事業の敷地境界及びそれから半径 1 マイルの範囲で風車の発生音

表-10 音圧レベルの限度値 (ウィスコンシン州シャワノ郡)

1/3 オクターブバンド 中心周波数 [Hz]	音圧レベル [dB]
1, 1.25, 1.6, 2	70
16	68
20	68
25	67
31.5	65
40	62
50	60
63	57
80	55
100	52
125	50
250	47
500	45
1,000	42
2,000	40
4,000	37
8,000	35

に含まれる 1/3 オクターブバンドごとの音圧レベルは表-10 に示す値以下とすることとしている。

20 Hz 以下の周波数で衝撃性の成分が含まれている場合には直ちに防止する、定常的な純音成分や繰り返し性/衝撃性の音が聞こえる場合には 5 dB のペナルティを加えることとしている。セットバック距離は、すべての静穏を要する地点から施設の高さの 4 倍で 1,000 フィート以上、また土地所有者の敷地境界線から施設の高さの 2 倍で 500 フィート以上としている。

(30) ワイオミング州

州としては風車騒音に関して規制は設けていないが、セットバック距離に関して、施設に隣接する土地の境界線からタワーの最大高さの 1.1 倍以上、分譲地からタワーの最大高さの 5.5 倍以上で最低 1,000 フィート、市や町の境界線から 0.5 マイル以上などの規定を設けている。

(31) ワイオミング州ララミー郡

事業に参画していない住民の土地と参画している住民の土地の境界線上で L_{Aeq} で 50 dB を風車騒音の限度としている。純音性、衝撃性成分に関する規定はない。セットバック距離については州の規定に従っている。

2.3 風車騒音特有の問題に対する対応

風車騒音は低周波音として問題視される傾向が強いが、低周波数から高周波数にかけてスペクトル成分が漸減する広帯域騒音であり、一般的な環

境騒音と比較して特に低周波数成分が卓越しているということはない [1]。しかし、羽の回転によって発生する空力音が各羽の回転周期ごとに脈動して聞こえる振幅変調音 (swish 音) がアノイアンスを高めることが大きな問題とされている。この音は風車では不可避であるが、その程度によって基準値にペナルティを加える (厳しく評価する) ことを規定している国もある (表-1 中, AM の記号)。また、類似の音が衝撃的に聞こえる場合もあり、これについてもペナルティを設定している国 (州) もある (表-1 中, IM の記号)。

更に、風車の機種によっては羽と発電機を結合するギアなどが発生源となる純音成分が聞こえることがある。これも聴感上大きな問題で、これについてもペナルティを規定している国 (州) もある (表-1 中, TA の記号)。

風車の問題では周辺の住居との距離も大きな要素で、騒音の距離減衰の効果だけではなく視覚的な影響も重要である。そこで風車と最近接住居の離間距離 (set-back 距離) を規定している国 (州) も多い (表-1 中, SB の記号)。

3. 考 察

3.1 周波数重みづけ

ほとんどの国 (州) で風車騒音の評価のための周波数重み付け特性として、一般環境騒音と同様に A 特性がア・プリオリに用いられている。この点に関して環境省環境研究総合推進費「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」では、風車騒音を含む一般環境音を多数収集し、騒音評価の基本であるラウドネスについて聴感評価実験を行った [6]。この実験では、超低周波数領域の成分まで含む試験音を対象としたが、結果として A 特性音圧レベルがラウドネスと極めて高い相関を示すことが再確認された。文献 [7] では、風車騒音の録音記録を用いた聴感評価実験の結果、アノイアンスの評価として C 特性よりも A 特性の方が優れているとの結論を報告している。

3.2 評価時間

風車騒音の評価の時間帯に関しては、特に時間の区別をしていない国や州も少なくないが、一般環境騒音と同様に時間帯 (昼・夜) の別に基準値を設定している国が多い。ヨーロッパでは EU 諸国で共通に用いられている L_{den} と L_{night} を用い

ている国もある。風車騒音は交通騒音などと違って発生特性として時間帯の区別はなく、アノイアンスや睡眠影響の面からみると一般に夜間の影響を重視すべきであろう。この点でイギリスの規定はユニークで、夜間は屋内での生活が主となるという理由で騒音限度値は昼間よりも夜間の方を緩く設定している。

一定時間の騒音の代表値としては L_{Aeq} に代表される時間積分平均に基づく量を採用している国(州)が多いが、一般に風車騒音のレベルは自動車の通過音などに比べてレベルが低く、機械的に L_{Aeq} を測定すると暗騒音の影響によって大きな誤差が生じ易い。そこでイギリスやニュージーランドなどでは暗騒音の影響を受けにくい90%時間率騒音レベル L_{A90} を採用している。我が国の風力発電施設を対象に筆者らが行った実測調査の結果でも、 L_{A90} と暗騒音の影響を極力除いて求めた L_{Aeq} との相関は極めて高いことが見出されている [8]。

3.3 評価の地点

風車騒音の評価地点に関しては、ほとんどの国(州)で屋外としている。これは環境騒音全般に共通する点で、屋内での生活が重要とは言え、実際に屋内での測定を実施することは物理的にもプライバシーの点からも困難であることによる。デンマークでは例外的に室内のA特性低周波音レベル (L_{pALF}) が規定されているが、これは環境アセスメントにおいて、屋外の音圧レベルに標準的な家屋の遮音性能 (house filter) を考慮して計算によって求めることを想定している。

3.4 暗騒音の測定・評価

フランス、イギリス、ニュージーランド、南オーストラリア、アメリカの幾つかの州(郡)では、暗騒音をベースとしてそれに5dBを加えた値を限度値として設定している。また、一般に風速が大きくなると暗騒音も高くなるということから、カナダ・オンタリオ州では風速に応じて限度値を決めている。しかし、暗騒音のレベルは局所的に極めて大きく変化するので、これをいかに測定・評価するかが大きな問題である。また、風車騒音は夜間などの周囲が静かな時間帯に問題となり易いので、暗騒音の定義を明確にしておく必要がある [9]。風車騒音の場合には、たまに近くを通る自

動車の走行音などを含まない騒音(残留騒音)を評価すべきであろう。具体的には、イギリス、ニュージーランド、南オーストラリア、カナダ・オンタリオ州で採用している L_{A90} によれば、このような音の影響を受けにくい。環境アセスメントなどでも、このような状態における地域の騒音のレベルを評価すべきであろう。

4. む す び

我が国でも風車騒音が大きな環境騒音問題の一つとして取り上げられ、平成24年10月から風力発電施設も環境アセスメントの対象に加えられた。しかし、風車騒音に関する基準やガイドラインはもとより、評価方法・評価量に関して国としての標準的な指針が示されておらず、地方自治体の判断に委ねられているのが現状である。自然エネルギーの利用として今後も風力発電を推進していくとすれば、本稿で述べたような諸外国の基準やガイドラインを参考として、風車騒音の評価方法やアセスメントの手順などについて統一的な指針を明確にする必要がある。

文 献

- [1] 環境省環境研究総合推進費終了研究等成果報告書, “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 (S2-11)” (2013).
- [2] K. Fowler, E. Koppen and K. Matthis, “International legislation and regulations for wind turbine noise,” *Proc. Wind Turbine Noise 2013*, 22 pages (2013).
- [3] G. Licitra and L. Fredianelli, “Which limits for wind turbine noise? A comparison with other types of sources using a common metric,” *Proc. Wind Turbine Noise 2013*, 13 pages (2013).
- [4] 環境省, “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” (2013.5).
- [5] Ministry of the Environment, Ontario, Canada, “Noise guidelines for wind farms” (2008).
- [6] S. Yokoyama, S. Sakamoto, S. Tsujimura, T. Kobayashi and H. Tachibana, “Loudness experiment on general environmental noises considering low-frequency components down to infrasound,” *Acoust. Sci. & Tech.*, 36, 24–30 (2015).
- [7] K. Bolin, G. Bluhm and M.E. Nilsson, “Listening test comparing A-weighted and C-weighted sound pressure level as indicator of wind turbine noise annoyance,” *Acta Acustica united with Acustica*, 100, 842–847 (2014).
- [8] 福島昭則, 橋 秀樹, “風車騒音の測定・評価に関する実測データに基づく検討,” 騒音制御工学会講論集, pp. 149–152 (2014.9).
- [9] 橋 秀樹, 福島昭則, “環境騒音の構成について,” 騒音制御工学会講論集, pp. 19–22 (2014.9).