

# 騒音・低周波音の知覚と ヒトの反応について (低周波音を中心に)

高橋幸雄

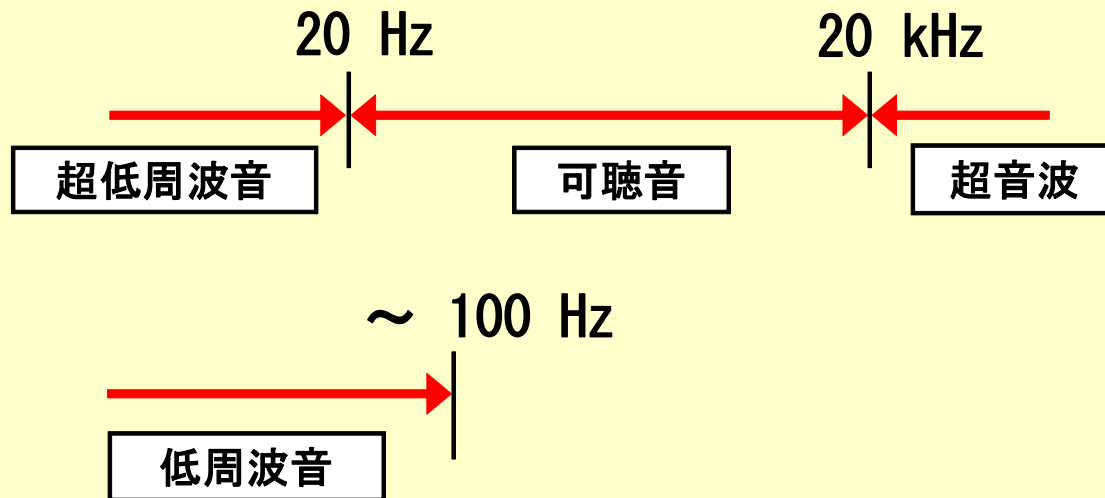
(労働安全衛生総合研究所)

第3回「風力発電施設に係る環境影響評価  
の基本的考え方に関する検討会」  
(2010/12/09)

# 周波数と音の分類

- 一般に、20 Hz～20 kHzの周波数範囲を可聴域と呼び、その範囲の音を **可聴音** と呼ぶことが多い。  
但し、可聴域以外の音が全く聞こえないわけではない
- 20 Hz以下の音を **超低周波音**、20 kHz以上の音を **超音波** と呼ぶ
- **低周波音**の周波数範囲については、明確な定義はない。  
環境省では、「およそ100 Hz以下の低周波数の可聴音と超低周波音を含む音波」と定義している(1/3オクターブ・バンドの中心周波数では、1～80 Hz)

[環境庁：低周波音の測定方法に関するマニュアル (2000)]



# 音の大きさ

- 音の大きさは、音圧レベルで表す。
- 一般的な騒音の大きさは、**A特性荷重曲線** (40 phonの等ラウドネス・レベル曲線に基づく)を利用して**A特性音圧レベル**で表す。

聴感上の音の大きさに対応。

単位: dB、または、dB(A)

→ この資料では、単位はdB(A)

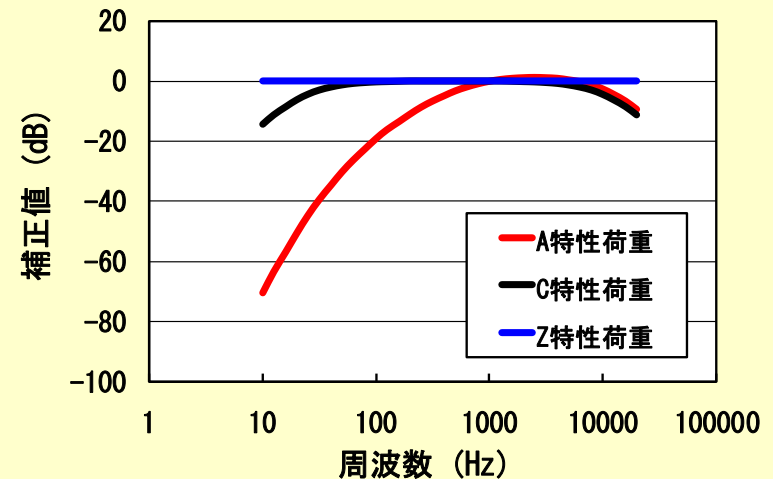
- 低周波音の大きさ、あるいは周波数分析での各周波数成分の大きさは、**Z特性荷重曲線** (平坦特性)を利用して**Z特性音圧レベル** (または、単に音圧レベル)で表す。

物理的な音の大きさに対応。

単位: dB、または、dB(Z)

→ この資料では

単に音圧レベルと呼び、単位はdB

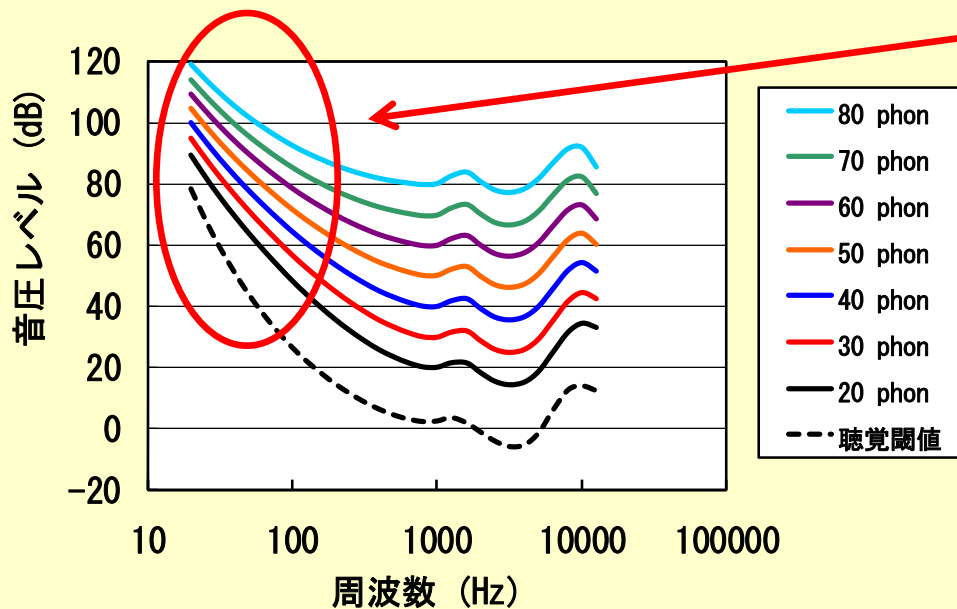


[IEC 61672-1 (2002)に基づく]

# ヒトの聴覚特性

- 周波数が低くなるほど、ヒトの聴覚感度は鈍くなる
- 標準偏差は、概ね4~6 dB程度(25 Hz~10 kHz)

[Kurakata et al.: Acoust Sci Tech, 26(5), 440-446 (2005)]



- 周波数が低くなると、音圧レベルが高くなならないと同じ大きさに感じられない

[注]

等ラウドネス・レベルとは、1 kHzの音を基準として、聴感上でそれと同じ大きさに感じられる音の音圧レベルのこと。

つまり、等ラウドネス・レベル曲線は、聴感上の音の大きさの等高線

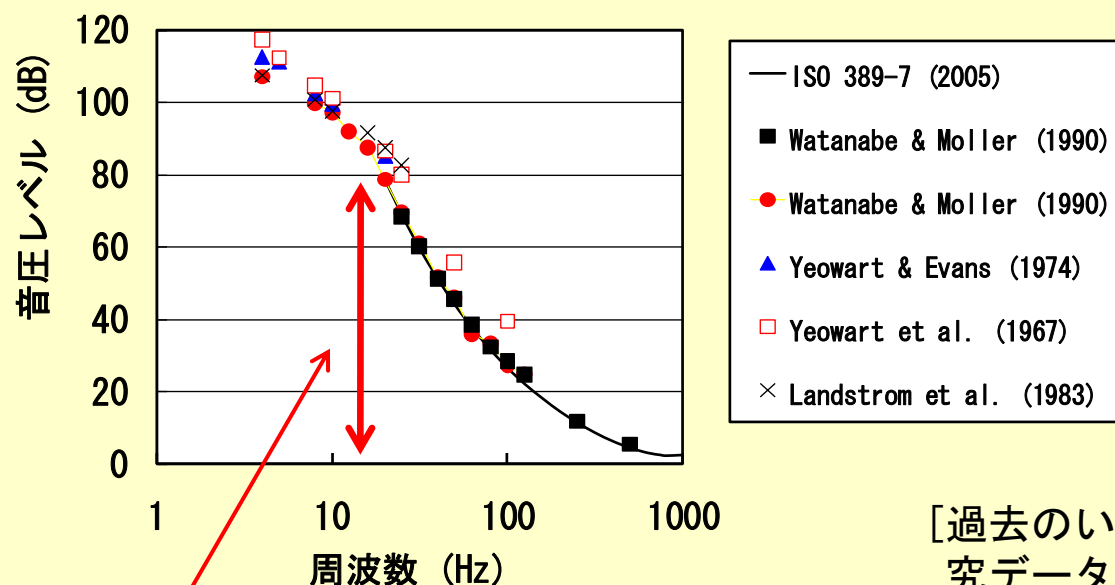
等ラウドネス・レベル曲線と聴覚閾値  
[ISO 226 (2003), ISO 389-7 (2005)に基づく]

# 低周波音に対する聴覚閾値

- 100 Hz以下では、聴覚感度が急激に低下する
- 標準偏差は、5~6 dB程度 (2~50 Hz)

[Kurakata and Mizunami:

J Low Freq Noise Vib Active Control, 27(2), 97-104 (2008)]



- 例えば、1 kHzと20 Hzの閾値の差は約80 dBであるが、これは、圧力変動の大きさでは10000倍の差に相当する

# 振動感・圧迫感の知覚 (低周波音の特徴)

- 40～63 Hz付近を中心として、音圧レベルがおよそ80 dBより高くなると、振動感・圧迫感を感じやすくなる

[中村 他：文部省科研費報告書 (1981)]

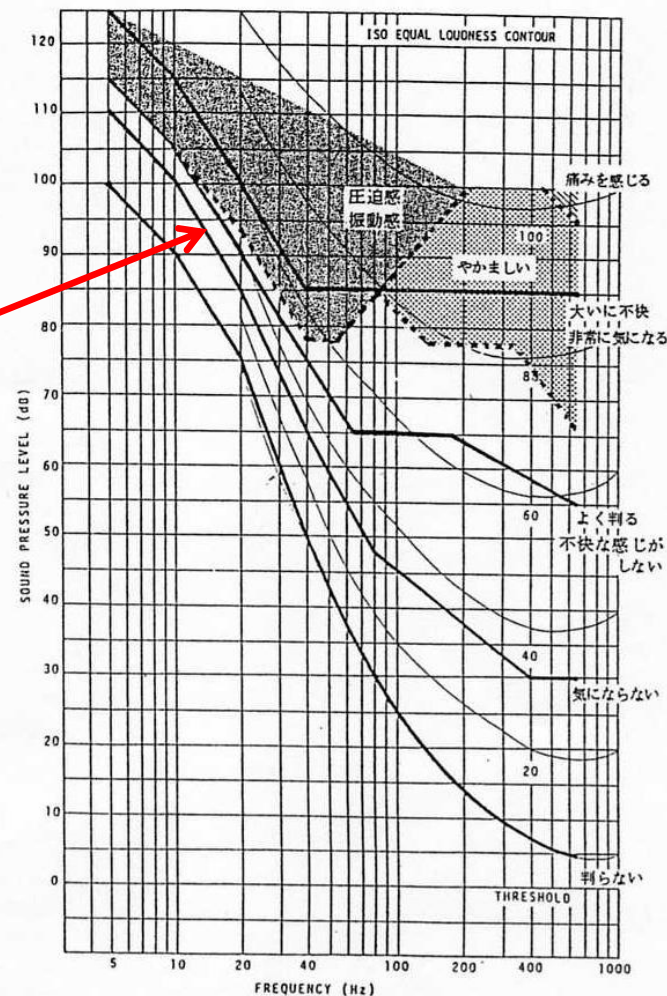
- 聾者は低周波音を胸部などの振動で知覚できるが、その閾値は、健聴者の閾値よりも30～40 dB程度高い(8～63 Hz)

[Yamada et al.:

J Low Freq Noise Vib, 2(3), 32-36 (1983)]



**低周波音も、基本的に聴覚によって知覚**



# 音に対する心理的反応

- 現在までの調査・研究結果からは、騒音・低周波音に対するヒトの心理的反応は、聴覚閾値を超える音に対して生じると考えられている。
  - ・ アノイアンス、不快感など
  - ・ 集中力の低下、作業能率の低下など変動性の音に対しては、定常的なものよりも大きく反応する可能性あり
- 実験結果の例
  - ・ 10～200 Hzの14種類の音に対する「寝室の許容値」（寝室で寝ようとする状況で許容できる音圧レベル）は、どの周波数でも、聴覚閾値より高かった。
    - 聴覚閾値以下の音は、気にならない  
[犬飼 他：騒音制御, 30(1), 61-70 (2006)]
  - ・ 苦情現場で録音した音に対して周波数の近い2つの純音(40 Hzと41.5 Hz、または60 Hzと61.5 Hz)を変動成分として付加した場合に許容できる音圧レベルは、元の音の許容できる音圧レベルよりも3～5 dB低下した。
    - うなりによって、許容しづらくなる  
[Moorhouse et al. :  
J Low Freq Noise Vib Active Control, 26(2), 81-89 (2007)]

# 音に対する生理的反応

- 現在までの調査・研究結果からは、騒音・低周波音に対するヒトの慢性的な(音が停止しても長期間継続するような)生理的反応は、産業職場で発生するような音圧レベルの高い場合以外には、直接的には生じないと考えられている。
  - ・めまい、耳鳴り、吐き気、頭痛など
  - ・血圧、心拍数、呼吸数などの変化
- 実験結果の例
  - ・空調音に低周波成分(31.5 Hzに約70 dBのピーク)を付加した音と元の音(ともに、45 dB(A))への曝露で、ともに主観的な作業能率は低下したが、唾液中コルチゾールの分泌量に変化は無かった  
[Bengtsson et al.: J Sound Vib, 278(1-2), 83-99 (2004)]
  - ・16、31.5、63、125 Hzの音(各々、60、80、100 dB)への曝露(2分)によって、一般学生の心拍数や呼吸数に変化は無かった  
[Yamada et al.: J Low Freq Noise Vib, 5(1), 14-25 (1986)]
  - ・数種類の超低周波音(1~20 Hz、いずれも120 dB以上)への曝露(8分)によって、心拍数や呼吸数に変化は無かった  
[Slarve and Johnson: Aviat Space Environ Med, 46(4), 428-431 (1975)]



# 睡眠時の音に対する反応

- 睡眠時に騒音・低周波音へ曝露されると、浅い睡眠時に軽度の反応が起きる可能性がある。  
その主要因は聴覚閾値を超える音と考えられる。
- 実験結果の例
  - ・ 10 Hz (100 dB以上)、20 Hz (95 dB以上)、40 Hz (70 dB以上)の音への曝露(30 秒)により、浅い睡眠(睡眠段階 1)時に覚醒する場合あり  
[山崎、時田：昭和57年音講論集(秋)，423-424 (1982)]

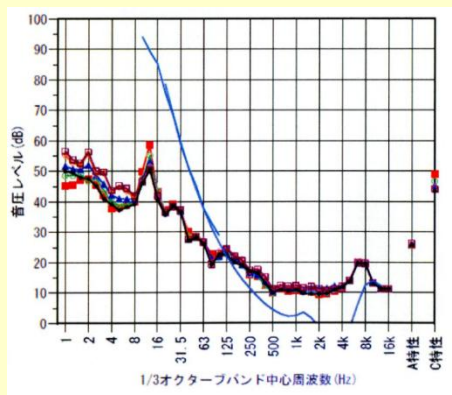
# 音に対する身体的(器質的)反応

- 騒音・低周波音に対するヒトの身体的(器質的)反応は、産業職場で発生するような音圧レベルの高い場合以外には生じないと考えられる。
  - ← 身体的(器質的)反応の代表例は聴力障害であるが、日本産業衛生学会による聴力障害の許容基準は、85 dB(A)  
[日本産業衛生学会：騒音の許容基準 (2010)]

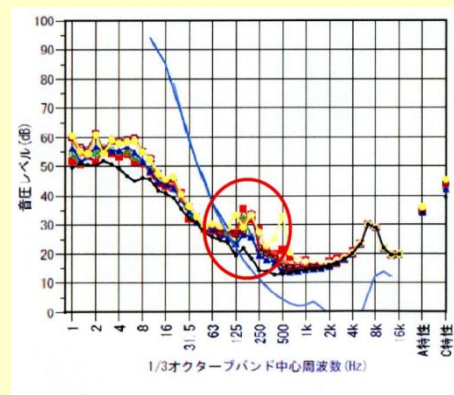
# 風力発電施設からの騒音・低周波音の例（住宅内）

- 全体のレベルは、45 dB(A)程度以下
- 80～100 Hz程度以上の周波数で聴覚閾値を超える場合が多い
- 低周波成分は、高くとも70 dB程度(20 Hz以下)であり、それらを知覚できる可能性は低い

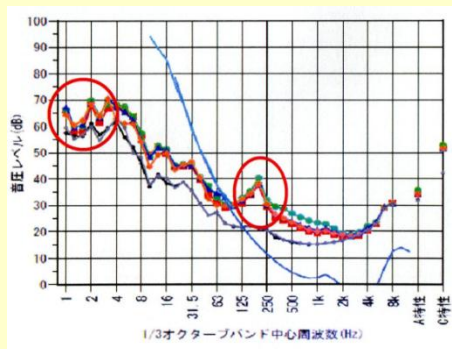
豊橋市  
(風車から680 m)



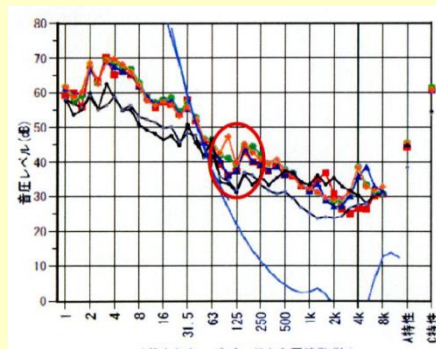
田原市  
(風車から350 m)



伊方町  
(風車から210 m)



伊方町  
(風車から240 m)



# まとめと今後の課題

## 現時点での科学的知見から判断して

- 風力発電施設から発生する騒音・低周波音によって生じる可能性のある反応として**最も重要なのは、聴覚閾値を超える音によるアノイアンス等の心理的反応**
- 慢性的な(音が停止しても長期間継続するような)生理的反応、身体的(器質的)反応が、直接的に生じることは無い

## 今後の主な課題

- **実験データと苦情の差**の原因
  - ← 曝露時間、音以外の因子など
- 音とヒトの反応の間の、より正確な**量・反応関係**
  - ← **複合音**(多くの周波数成分を含む音)に対する知覚や反応など