

騒音の基礎知識

音は、音の大きさ（音圧）、音の高さ（周波数）、音色（波形）の三要素の組み合わせにより、その違いが認識されます。

騒音とは、望ましくない音であり、騒音問題は、感覚に係る公害であることから人の感覚を考慮した評価手法がとられています。

音の大きさ

音の大きさは、音の強さ（単位 W/m^2 ）、音圧（単位 Pa）として表すことができます。しかし、私たちは音の強さ・音圧が 2 倍、4 倍、8 倍というように倍増した場合、それが等間隔で大きくなったと感じています。これは、ウェーバー・フェヒナーの法則と言われ、「感覚量は刺激量の対数に比例する」からです。

よって、私たちが感じる音の大きさの尺度は、一定の基準値に対して何倍であるかを求めその常用対数を取り表します。また、この値 B（ベル）では尺度が粗過ぎるため、さらに 10 倍した値（音圧の場合は 20 倍）を使用することとし、dB（デシベル）と表示しています。

$$\text{音（騒音）の大きさ（dB）} = 10 \times \text{Log}_{10} (\text{測りたい音の大きさ} / \text{基準値}) \quad (20)$$

基準値：音の強さの場合 $1 \times 10^{-12} W/m^2$

音圧の場合 $2 \times 10^{-5} Pa$

（周波数 1000Hz の最小可聴音）

音の高さ

音は一般に空気中を 340m/s、水中を 1500m/s、鉄では 5000m/s の速度による振動が音波として伝わります。1 秒間の振動数を周波数 Hz（ヘルツ）と呼び、人は周波数の大きい音を高い音、小さい音を低い音として感じています。人が聴くことができる周波数の範囲は、20Hz～20000Hz（20kHz）ですが、音の大きさが小さいほど、周波数が小さいほど、耳の感覚が鈍くなっています（等ラウドネス曲線）。例えば、1000Hz で 50dB の音と同じ大きさに聞こえる音は、80Hz で 63dB、20Hz で 96dB となります。

よって、音（騒音）の大きさを表す場合、周波数ごとの人の感覚を考慮する必要があり、1000Hz の音の大きさを基準にして、周波数ごとに補正した値を騒音の大きさとして主に使用されています（A 特性補正）。

中心周波数（Hz）と A 特性補正值（dB）

周波数	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
補正值	39	26	16	9	3	0	+1	+1	1

音色

音はいろいろな大きさが混じりあい、複雑な波形をしています。その波形の違いにより人は音の違いを認識し、その組み合わせにより心地よい音色が騒音に変わることがあります。

私たちの周りの騒音の大きさ

騒音の 大きさ	事 例
1 2 0 <small>デシ ベル</small>	・飛行機のエンジンの近く
1 1 0 <small>デシ ベル</small>	・自動車のクラクション(2m)
1 0 0 <small>デシ ベル</small>	・電車が通るときのガード下・ブレーカー(5m)・液圧プレス(1m)
9 0 <small>デシ ベル</small>	・犬の鳴き声(5m)・騒々しい工場の中・カラオケ(店内中央) ・ブルドーザー(5m)・バックホウ(5m)・アースドリル(5m) ・コンプレッサー(1m)・織機(1m)
8 0 <small>デシ ベル</small>	・地下鉄の車内・電車の車内・ピアノ(1m)・布団たたき(1.5m) ・アースオーガ(5m)・麻雀牌をかき混ぜる音(1m)
7 0 <small>デシ ベル</small>	・騒々しい事務所の中・騒々しい街頭・セミの鳴き声(2m) ・やかんの沸騰音(1m)
6 0 <small>デシ ベル</small>	・静かな乗用車・普通の会話・洗濯機(1m)・掃除機(1m)・テレビ(1m) ・トイレ(洗浄音)・アイドリング(2m)
5 0 <small>デシ ベル</small>	・静かな事務所・家庭用クーラー(室外機)・換気扇(1m)
4 0 <small>デシ ベル</small>	・市内の深夜・図書館・静かな住宅地の昼
3 0 <small>デシ ベル</small>	・郊外の深夜・ささやき声

平均的な音の大きさの目安です。

音の伝わり

音の大きさは、遠くへ伝わっていく間にだんだん小さくなっていきます。これを「距離減衰」と呼びます。また、障害物、空気、地面、気象などの状況により音の大きさは影響を受けています。

距離減衰

音の発生源（音源）の状況により減衰に違いがあります。減衰量の概算は次のとおりです。

- ・点音源の場合（音源が点である場合や音源からある程度離れている場合）

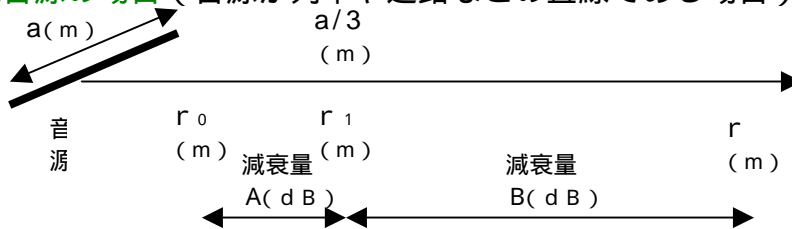


$$\text{減衰量 } A \text{ (dB)} = 20 \times \text{Log}_{10} (r / r_0)$$

例えば $r_0 = 1 \text{ m}$ の場合

r (m)	2	4	8	16	32	50
減衰量 (dB)	6	12	18	24	30	34

- ・線音源の場合（音源が列車や道路などの直線である場合）



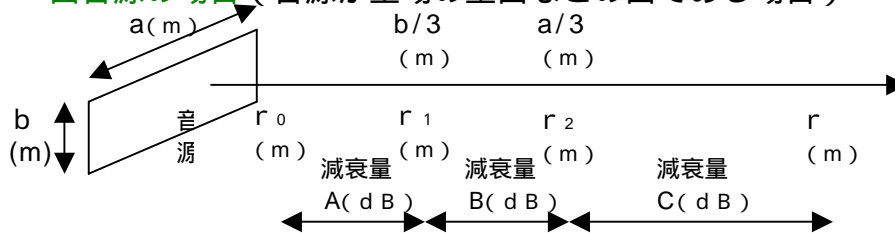
$$\text{減衰量 } A \text{ (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10} (r / r_0) \cdots r \text{ a/3 の場合}$$

$$\text{減衰量 } B \text{ (dB)} = 20 \times \text{Log}_{10} (r / r_1) \cdots r \text{ a/3 の場合}$$

例えば $r_0 = 1 \text{ m}$ 、 $a = 16 \text{ m}$ の場合

r (m)	2	4	8	16	32	50
減衰量 (dB)	3	6	11	17	23	27

- ・面音源の場合（音源が工場の壁面などの面である場合）



$$\text{減衰量 } A \text{ (dB)} = 0 \cdots r \text{ b/3 の場合}$$

$$\text{減衰量 } B \text{ (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10} (r / r_1) \cdots r \text{ a/3 の場合}$$

$$\text{減衰量 } C \text{ (dB)} = 20 \times \text{Log}_{10} (r / r_2) \cdots r \text{ a/3 の場合}$$

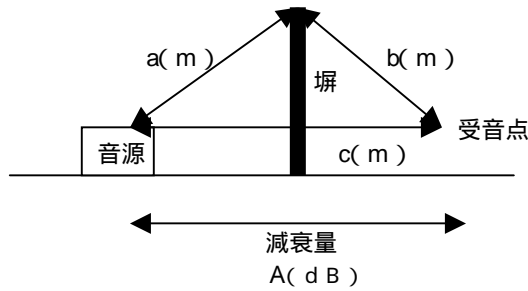
例えば $r_0 = 1 \text{ m}$ 、 $a = 16 \text{ m}$ 、 $b = 4$ の場合

r (m)	2	4	8	16	32	50
減衰量 (dB)	2	5	10	16	22	26

概算式ですので r_1 、 r_2 の近くでは約 2 dB の誤差が生じます。

障害物による減衰

塀や建物のような障害物があると音は小さくなります。特に周波数の高い音の場合の減衰量は大きくなります。点音源の減衰の概算は次のとおりです。



$$d = ((a + b) - c)$$

$$N = d \times \text{周波数} / 170$$

$$x = |N|^{0.485}$$

$$\begin{aligned} \text{減衰量 } A(\text{dB}) &= 10 \times \text{Log}_{10} N + 13 \dots \dots \dots N \geq 1 \text{ の場合} \\ &= 5 + 9.1 \times \text{Ln} (x + (x^2 + 1)^{1/2}) \dots \dots \dots 0 \leq N < 1 \text{ の場合} \\ &= 5 - 9.1 \times \text{Ln} (x + (x^2 + 1)^{1/2}) \dots \dots \dots -0.322 \leq N < 0 \text{ の場合} \\ &= 0 \dots \dots \dots N < -0.322 \text{ の場合} \end{aligned}$$

例えば周波数 = 500Hz の場合

d (m)	-1	0	1	2	4
減衰量 (dB)	0	5	18	21	24

遮音壁の条件

- ・長さが高さの 5 倍以上必要です (音波が回り込むため)。
- ・地面による音波の反射により 3 dB ほど減衰量が少なくなる場合があります。
- ・実用上 25 dB 以上の減衰が限度です。
- ・壁を透過する量を遮音壁の減衰量よりも 10 dB 以上大きくとる必要があります (透過量が大きい場合透過量が加算されます)。

空気による減衰

音の伝わる距離が 100m 以上の遠距離になると空気や地面による減衰があります。特に高い周波数の音の減衰が大きいようです。

周波数 (Hz)	温度 ()	減衰量 (dB/100m)		
		相対湿度 (%)		
		30	50	90
500	0	0.28	0.19	0.16
	20	0.21	0.18	0.14
1000	0	0.96	0.55	0.38
	20	0.51	0.42	0.34
4000	0	7.70	6.34	4.45
	20	4.12	2.65	2.14

地面による減衰

地面が草地、畑などのように吸音性がある場合減衰します。特に高い周波数の音の減衰が大きいようです。杉林での減衰量は、2.8 dB / 10m (1000Hz) 程度です。

気象による減衰

地上の温度が高い場合に音は上方に屈折し、逆に低いときは下方に屈折し、遠くまで伝わります。また、風下では音は下方に屈折し、逆に風上では上方に屈折するので風上ほど減衰量は大きくなります。

その他の減衰

建築材料による減衰として遮音率及び吸音率があります。遮音率とは、壁等による透過音の減衰率です。透過音を小さくするためには、材料の密度を大きくすることが必要です。一般に質量の重い材料が用いられ、これを「透過の質量則」といいます。

吸音率とは、壁等による音の吸収率です。吸音は、音の振動（空気の振動）が材料の中の細かい隙間に入り込むことによって、空気との摩擦が生じ音が熱に変換されることで起こります。

遮音による減衰の概算は次のとおりです。

$$\text{減衰量 (dB)} = 18 \times \text{Log}_{10} (\text{密度} \times \text{厚さ} \times \text{周波数}) - 44$$

材料表面に固有の共鳴現象が発生するため任意の周波数以上になると減衰量が小さくなる場合があります。 (参考：国立天文台「理科年表平成12年」)

材 料	減衰量 (dB)		
	周波数 (Hz)		
	500	1000	4000
ラワン合板 6mm	16	21	22
ガラス 6mm	31	31	37
鉄板 1mm	25	28	38
スレート平板 4mm	23	29	36
石膏ボード 9mm	25	28	23

実用上は隙間が生じるため減衰量は3割ほど小さくなります。

デシベルの計算

A デシベル (dB) の音と B dB の音がある場合、騒音の大きさは次の式で求められます。

$$\text{騒音の大きさ (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10} (10^{A/10} \pm 10^{B/10})$$

例えばデシベルの和の目安 (式中の±の表示を+とする。)

dB 差	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
dB の増加	3		2			1				0			

例えばデシベルの差の目安 (式中の±の表示を-とする。)

dB 差	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
dB の減少				3	2	1				0			

測定値デシベルの平均値を求める場合は、次の式で求められます。

$$\text{騒音の大きさの平均 (dB)} = 10 \times \text{Log}_{10} [(10^{x1/10} + 10^{x2/10} + \dots + 10^{xn/10}) \times 1/n]$$

例えば 60 dB と 40 dB の音の大きさの平均値は、

$$10 \times \text{Log}_{10} [(10^{60/10} + 10^{40/10}) \times 1/2] = 57.0 \text{ dB} \quad \text{となります。}$$