

- V 音環境 5 室内音響学の基礎（教科書 pp.180～181）
- V 音環境 6 吸音と吸音材料（教科書 pp.182～184）
- V 音環境 7 遮音と遮音材料（教科書 pp.185～187）

1. 今日目標

- 1) 音の反射，吸収，透過について知ろう。
- 2) 残響時間について知ろう。

2. 音のエネルギーの反射，吸収，透過（教科書 pp.180～181）

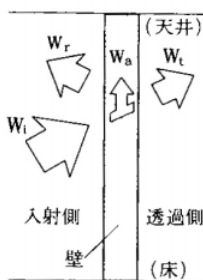


図 壁面による音の反射，吸収，透過（出典：教科書 p.180）

(1) 吸音特性

壁の吸音特性を表す指標としては，_____があり，以下のように計算される。

$$\left[\frac{W_i - W_r}{W_i} \right]$$

$$= \left\{ \left[\frac{W_a + W_t}{W_i} \right] \right\}$$

$$a = \frac{W_i - W_r}{W_i} = \frac{W_a + W_t}{W_i} \quad (1) \text{ (教科書 p.180 の (5.1) 式)}$$

ここで，

a : 吸音率 [N.D.]

Wi : 入射音の音響パワー [W]

W_r : 反射音の音響パワー [W]

W_a : 壁面の内部で吸収される音響パワー [W]

W_t : 壁面の反対側に透過する音響パワー [W]

注) 音響パワー : 音源が 1 秒間に放射する音のエネルギーのこと。単位は [W]。配付資料 p.81 (第 12 回目で配布) も参照。

(2) 遮音特性

壁の遮音特性を表す指標としては、_____と_____があり、以下のように計算される。

・透過率 [N.D.]

{ _____ } = { _____ } / { _____ }

$$t = \frac{W_t}{W_i} \quad (2) (\text{教科書 p.180 の (5.2) 式})$$

ここで、

t : 透過率 [N.D.]

W_i : 入射音の音響パワー [W]

W_t : 壁面の反対側に透過する音響パワー [W]

・透過損失 [dB]

透過率の逆数をレベル表示したもの。通常の建築材料では、 t は非常に小さくなるから。

$$R = 10 \log_{10} \frac{1}{t} \quad (3) (\text{教科書 p.180 の (5.3) 式})$$

ここで、

R : 透過率 [dB]

透過損失の数値が_____ほど、遮音性能が_____なる。

注 1) レベル表示については、配付資料 p.81 (第 12 回目で配布) を参照。

注 2) 吸音材料 : _____に注目。吸音率が高い材料。

遮音材料 : _____に注目。透過損失が大きい材料。

3. 吸音（教科書 pp.182～184）

室の残響時間（後述）の調整や騒音の低減のために、内装材として種々の吸音材料や吸音構造が用いられる。

教科書 p.183 の図 6-2 を参照。

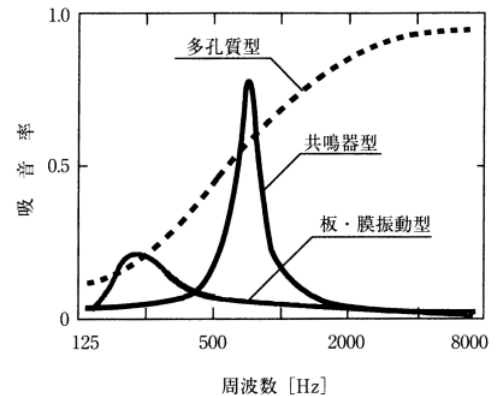


図 吸音特性の概要

（出典：参考文献 [4], p.129）

1) _____ 吸音

空気分子と繊維との摩擦や粘性抵抗，材料の小繊維の振動によって，音のエネルギーの一部が熱エネルギーの一部として消費されることを利用。_____音域の吸音に非常に優れるが，_____音域ではそれよりも劣る。ロックウール，グラスウール，軟質繊維板など。

2) _____ 吸音

空気が激しく振動し，摩擦により音エネルギーが熱エネルギーに変わることを利用。背後に_____が必ず必要。_____域の吸音に優れる。単体として使用されることはあまりない。

3) _____ 吸音

板状の材料が激しく振動し，板の内部摩擦や取り付け部の摩擦などにより，音のエネルギーの一部が熱エネルギーに変わることを利用。背後に_____が必ず必要。_____音域より_____音域での吸音性能が良い。

4. 遮音（教科書 pp.185～187）

- ・ 一般に，_____（密度の_____）材料ほど，また同じ材料でも厚さが_____ほど，透過損失は_____なる（= 遮音性能が_____）。これを遮音に関する_____という。
例えば，壁厚を2倍にすると，透過損失は _____dB 大きくなる。
- ・ ただし，特定の周波数で遮音性能が落ちることがあり，これを_____効果という。
- ・ 壁の遮音性能を上げるためには，二重壁や二重窓が有効である。構造的に独立した同じ壁が2重になると，理論上は，透過損失も2倍になる（実際は，なかなかそうはいかないが）。
- ・ 色々な材料でできている建物の壁面壁全体の透過損失を，_____と言う。ドアや窓サッシ周囲の隙間は，遮音上の弱点であり，遮音対策では隙間を作らないようにする。

5. 残響（教科書 p.181）

室内の音源から音を出し、定常状態に達した後、音源を止めても室内の音が_____現象を_____という。

残響を量的に表すには_____を用いる。室の響きを表す指標である。残響時間の定義は、以下の通りである。

室内の音源から一定のパワーの音を放射し、定常状態に達してから音源を停止した場合に、次第に減衰していく室内のエネルギー密度（単位体積に含まれる音のエネルギー）が定常状態の時の_____分の1（_____）になる（_____dB 低下する）までに要する時間、

残響時間が_____ほど、言葉が明瞭に伝わる。逆に、音楽のための室の場合は、豊かな響きを得るために、残響時間がある程度_____方がよい。下の2つの図を参照。

また一般に、人がたくさんいるほど、残響時間は_____なる。

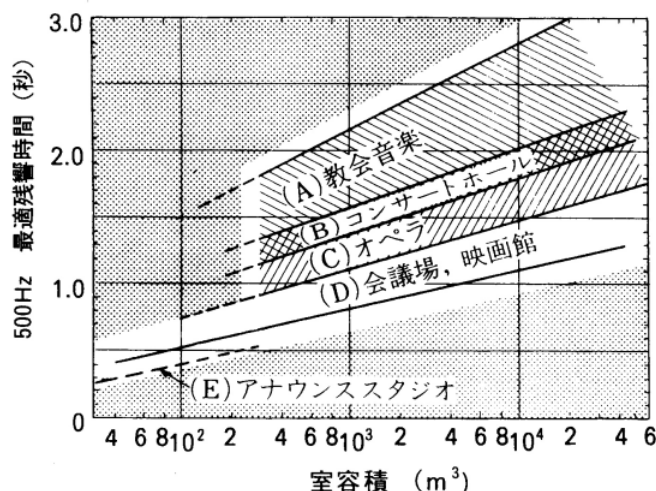


図 各種用途における 500Hz の最適残響時間の範囲（出典：参考文献 [5], P.62）

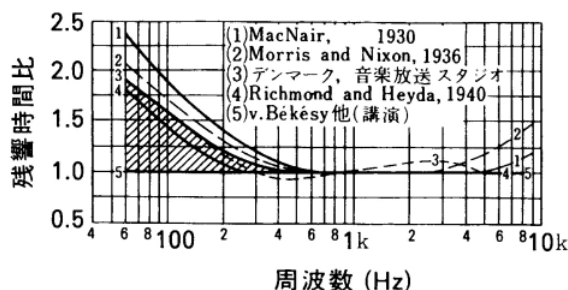


図 周波数全域における残響特性の推奨曲線（出典：参考文献 [5], P.62）
音楽は(4)、講演は(5)の曲線にするのが最も一般的で、斜線部分は多目的の場合の許容範囲

残響時間の計算には、次の3つの式が用いられる。

1) Sabine (セイビン) の式

拡散音場を仮定した残響理論から、残響時間は以下のように計算される。

拡散音場の仮定：1) 音響エネルギーが室内全体に均一に分布，2) どの点においても音の進行方向はあらゆる方向に一様。

$$\begin{aligned} & \{ \text{_____} \} \\ & = \{ \text{_____} \times \{ \text{_____} \} \} / \{ \{ \text{_____} \} \times \{ \text{_____} \} \} \\ & = \{ \text{_____} \times \{ \text{_____} \} \} / \{ \text{_____} \} \end{aligned}$$

$$T = \frac{K V}{S \bar{a}} = \frac{K V}{A} \quad (4) \text{ (教科書 p.181 の (5.10) 式)}$$

$$\text{ただし, } K = \frac{6 \cdot 4}{c \log_{10} e} = \frac{55.26}{c} \quad (5) \text{ (教科書 p.181 の (5.11) 式)}$$

ここで、

T : 残響時間 [s]

V : 室の容積 [m^3]

S : 室の表面積 [m^2]

\bar{a} : 室の平均吸音率 [N.D.]

A : 室の等価吸音面積 [m^2]

c : 音速 [m/s]

式中の定数 $K = 0.161$ (常温)

残響時間は、_____に比例し、_____ (教科書 p.180 右側の(2)を参照。)に反比例する。

2) Eyring (アイリング) の式

1) の式は、_____が大きい室では成り立たない。音が段階的に減衰すると考えた。

$$T = \frac{K V}{S \{-\log_e(1 - \bar{a})\}} \quad (6) \text{ (教科書 p.181 の (5.12) 式)}$$

ここで,

T : 残響時間 [s]

V : 室の容積 [m³]

S : 室の表面積 [m²]

\bar{a} : 室の平均吸音率 [N.D.]

なお, \bar{a} が十分小さいときは,

$$-\log_e(1 - \bar{a}) \approx \bar{a} \quad (7) \text{ (教科書 p.181 の (5.13) 式)}$$

であり, 1) の式と一致する。

3) Eyring-Knudsen の式

教科書 p.181 参照。

6. 参考文献 (〔 〕 内は, 熊本県立大学附属図書館所蔵情報)

- [1] 『図解住居学 5 住まいの環境』(図解住居学編集委員会編 彰国社, 1995 年 2 月, ¥2,940, ISBN: 4-395-28035-8) [開架 2 , 527.1::Z 6::5, 000251026, 0000251400]
- [2] 『初めての建築環境』(建築のテキスト 編集委員会編, 学芸出版社, 1996 年 11 月, ¥2,940, ISBN: 4-7615-2162-7) [開架 2 , 525.1::Ke 41, 000216584, 0000216585, 0000216586]
- [3] 『建築環境工学用教材 環境編』(日本建築学会編, 日本建築学会(丸善), 1995 年 2 月, ¥1,937, ISBN: 4-8189-0442-2) [開架 2 , 525.1::N 77, 000236338]
- [4] 『エース建築工学シリーズ エース建築環境工学 I - 日照・光・音 - 』(松浦邦男・高橋大式, 朝倉書店, 2001 年 4 月, ¥3,360, ISBN: 4-254-26862-9) [開架 2 , 525.1::Ma 89, 0000255993]
- [5] 『建築・環境音響学(第 2 版)』(前川純一・森本正之・阪上公博, 共立出版社, 2000 年 9 月, ¥3,675, ISBN: 4-320-07655-9) [開架 2 , 524.96::Ma 27, 000248125]

7. 参考 URL

[1] 講義資料のダウンロード

<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/genron.html/setubigen.html>