

- 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）

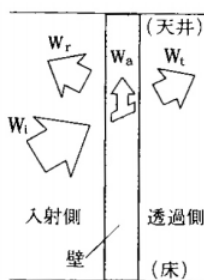


図 壁面による音の反射，吸収，透過（出典：教科書 p.180）

(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。

$$\begin{aligned} & \{ ______ \} \\ & = \{ \{ ______ \} - \{ ______ \} \} / \{ ______ \} \\ & = \{ \{ ______ \} + \{ ______ \} \} \\ & \quad / \{ ______ \} \end{aligned}$$

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

ただし，

a : 吸音率 [N.D.]

W_i : 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]

(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.]

{ _____ } = { _____ } / { _____ }

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

ただし、

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。

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

ただし、

R : 透過率 [dB]

透過損失の数値が_____ほど、遮音性能が_____なる。

注)

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。

1) _____型吸音

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。

2) _____型吸音

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_____層が必ず必要。_____音域の吸音に優れる。

3) _____型吸音

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_____）。これを質量則という。

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）

室の響きを表す指標として、_____がある。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_____方がよい。下図参照。

また一般に、人がたくさんいるほど、残響時間は_____なる。

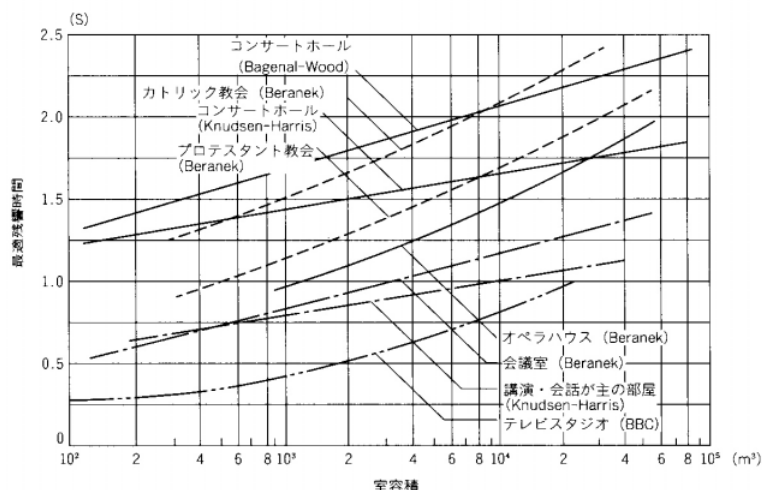


図 500Hz の最適残響時間と室容積（出典：参考文献 [1], P.73）

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。

{ _____ }

= { _____ × { _____ } } / { { _____ } × { _____ } }

= { _____ × { _____ } } / { _____ }

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

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

ただし,

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.]

A : 室の等価吸音面積 [m²]

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。

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

ただし,

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2，527.11Z 6115，000251026，0000251400〕
- [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2，525.111Ke 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2，525.111N 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2，525.111Ma 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2，524.9611Ma 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>