

### 予習確認プリント

学年：\_\_\_\_\_ 学籍番号：\_\_\_\_\_ 名前：\_\_\_\_\_

・熱移動の 3 つの基本形態の名称を教えてください。

①

②

③

・熱移動の 3 つの基本形態の内容をそれぞれできるだけ詳しく説明してください (図示も可)。

①

②

③

※予習の段階に比べて、授業を聞き終わった段階では、何がわかりましたか？

第 2 回 熱の移動/熱が伝わるしくみ/熱伝達/熱伝導 (教科書 pp. 36～41)

※おおよそ板書の 1 面が, 配付資料の半ページに相当

◎ 前期の学修内容 : そのほかには光, 空気, 音

◎ 前期の前半の学修内容

・ 2 回目

・ 3 回目

・ 4 回目

◎ 学修の視点 (建築環境工学の講義全体を通して気をつけたい点)

①

②

③

④ 目標 :

0 今日の内容：熱の動きを知ろう

1

2

→特に、熱伝導率について詳しく学ぶ

※

1 熱の動きの基本を知る

(1) ストローとジュースの関係を例に考えてみよう

どれが楽に沢山のジュースを吸い上がることができるか？

○ジュースの通り道の太さ：

○ジュースを吸う力（ジュースを動かす力）：

○ジュースの動きを邪魔するもの：

⇒一般化してみると（式の形に書き表してみると）

(2) 熱 (エネルギー) が移動するときについても同じように考えることができる

例えば,

・氷を溶かすとき

水をかけると溶ける

熱湯をかけるともっと溶ける

→熱 (エネルギー) の移動量に差が出る→オームの法則と同じ

(3) 熱 (エネルギー) の移動の仕方にはどんな種類があるか?

・固体から熱を奪う場合 を考えると

└ 固体に固体が接する場合

|

└ 固体に液体が接する場合

└ 固体に気体が接する場合

|

└ 固体に接するものが何もない場合

(4) 熱 (エネルギー) の移動の仕方は 3 種類 【→補足：配付資料 18 頁を参照】

**重要** パターンは 3 つ!! 身のまわりのことをイメージする!!

→身の回りの現象と結びつける!! 思い出す!!

①

②

③

(5) これらを式の形で表すと

**熱伝導**

熱伝導率：単位は

→温度差が 1 K あれば, 1 m あたり何 W 移動するか?

**対流 (熱伝達)**

自然対流の時：

強制対流の時：

**放射 (熱伝達)** 【→補足：配付資料 19 頁を参照】

注) 放射の場合のみ：

(補足)

熱量の単位：

温度の単位：

**2** 熱（エネルギー）の移動を邪魔する要因をより詳しく考えてみよう

→特に、熱伝導率について考えてみよう

(1) 全体的な傾向（教科書 p. 40 を参照）

(2) 特例その 1：空気（教科書 p. 40 を参照）

空気が止まっているとき：

空気が動くとき：

(3) 特例その 2：グラスウールなどの断熱材【→補足：配付資料 20 頁を参照】

→詳細な図は配付資料 20 頁を参照（20 頁の図に書き込んでもよいかもしれない）

→理由は、教科書 p. 41 を参照

【【補足】】

1 温度と熱移動 (教科書 pp. 36~43)

2 熱が伝わるしくみ (教科書 p. 36)

熱の伝わり方の概念と原理のまとめ

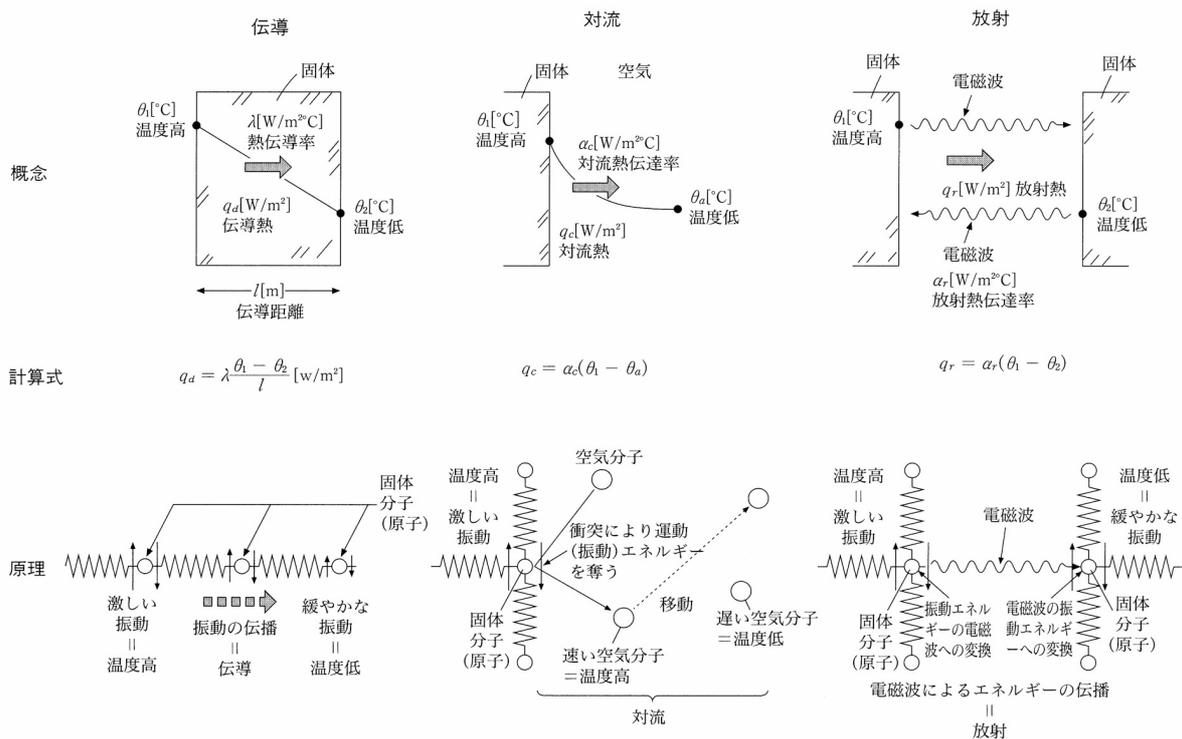


図 熱の伝わり方の概念と原理のまとめ (出典: 参考文献 [1], p. 70)

注) 教科書などによって、用語に若干の違いがある。できれば自分で、幾つか他の教科書を調べて理解を深めて欲しい。

→自分なりに、「熱の伝わり方」のイメージを捉えておこう。

### 3 熱伝達 (教科書 pp. 37~38)

#### 「3-2 放射熱伝達」(教科書 p. 38) の補足 (出典: 参考文献 [2])

射入した放射を完全に吸収する理想的な物体を完全黒体と言う。完全黒体の単位面積から発散する放射量  $E_b$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] は,

$$E_b = \sigma \cdot T^4 \quad \langle 1 \rangle$$

である。これを, シュテファン-ボルツマン (Stefan-Boltzmann) の法則と呼び,  $\sigma$  を完全黒体の放射定数またはシュテファン-ボルツマンの定数という。  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$  [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}^4$ ] である。

この時, 2面 (面 1, 2 とする) 間の放射熱伝達は,

$$\sigma \cdot (T_2^4 - T_1^4) \quad \langle 2 \rangle$$

の形で表される。

これは,

$$\sigma \cdot (T_2^4 - T_1^4) = x \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot \left\{ 1 + \left( \frac{\theta_2 - \theta_1}{2T_m} \right)^2 \right\} \quad \langle 3 \rangle$$

$$x = 0.2 \times 10^{-6} \cdot T_m^3$$

と書ける。

ただし,

$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad \langle 4 \rangle$$

$$\theta_1, \theta_2 : \text{面 1, 2 の温度 } [^\circ\text{C}] \quad (T = 273.15 + \theta)$$

この時,  $\left( \frac{\theta_2 - \theta_1}{2T_m} \right)^2$  が, 1 に対して十分小さいと,

$$\sigma \cdot (T_2^4 - T_1^4) \cong x \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad \langle 5 \rangle$$

と温度差に対して線形化できる (近似できる)。平均温度  $T_m$  が常温の 300K 程度, 温度差  $\theta_2 - \theta_1$  が 50K 以下であれば誤差は 1% 以下である。  $x$  の値は常温で 4.0~5.5 程度の値となる。

→ 建築環境工学で扱う常温付近では, 対流熱伝達や熱伝導の式と同じ形になる。

→→ ただし, もともとは式の形が異なることは理解しておいて欲しい。

→→ 今日の演習問題を参照。

#### 4 熱伝導 (教科書 pp. 39~41)

##### 「熱伝導率」(教科書 pp. 39~40) の補足

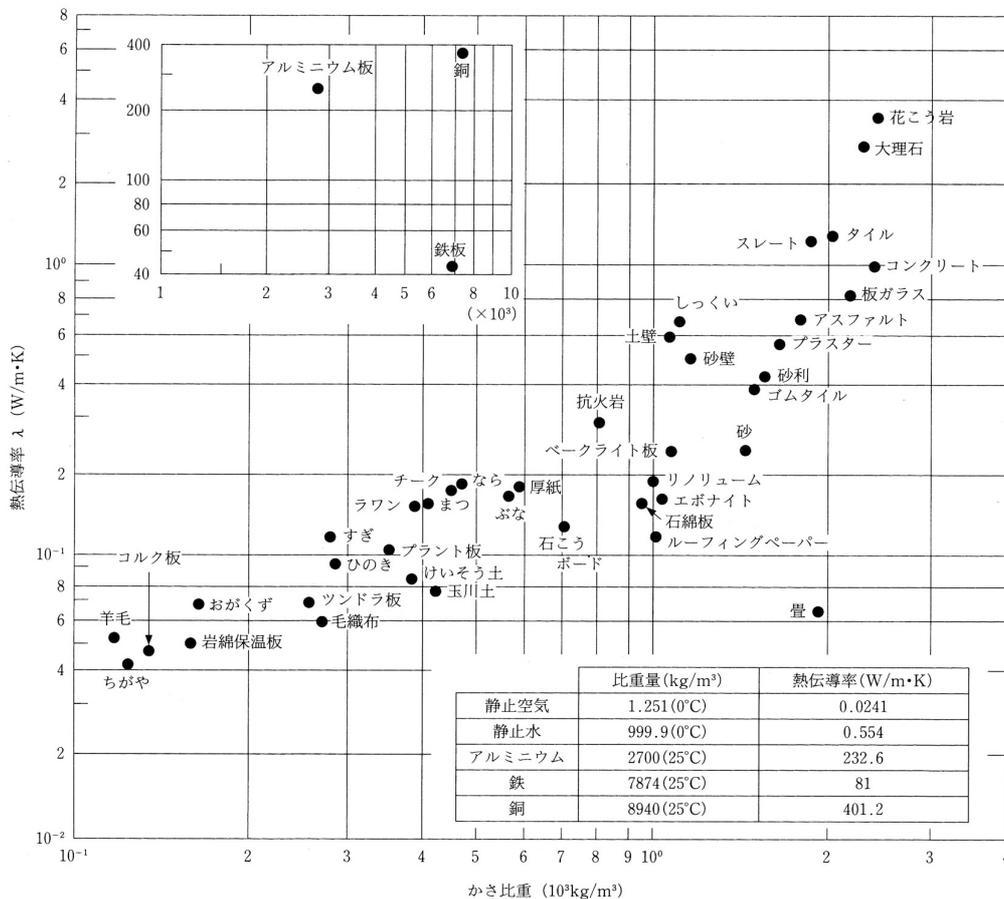


図 代表的建材の熱伝導率 (出典：参考文献 [3], p. 42)

→熱伝導率と(かさ)比重の関係を理解しよう。基本的には、重くなると熱を移動させるのが楽。

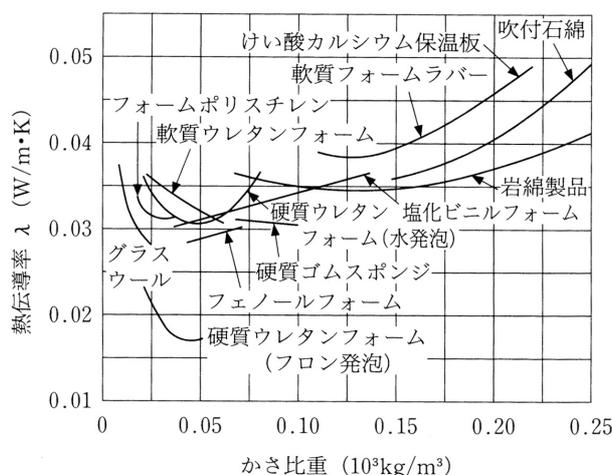


図 代表的建材の熱伝導率 (出典：参考文献 [3], p. 43)

→かさ比重の値が小さい範囲 (0~0.05×10³=50kg/m³程度) に注目して、いわゆる「断熱材」の熱伝導率との関係を理解しよう。この範囲「だけ」は、重くなると熱を移動させるのが「大変」。

【参考文献】(順に, タイトル, 編著者名, 出版社, 発行年月, 価格, ISBN。[] 内は熊本県立大学学術情報メディアセンター図書館所蔵情報)。

- [1] 『図説テキスト 建築環境工学』(加藤信介・土田義郎・大岡龍三, 彰国社, 2002 年 11 月, ¥2,400+税, ISBN: 4-395-22127-0) [和書 (2 F), 525.1||Ka 86, 0000310578]  
→第 2 版あり (2008 年 11 月, ISBN: 978-4-395-22128-8) [和書 (2 F), 525.1||Ka 86, 0000320417]
- [2] 『エース建築工学シリーズ エース建築環境工学 II-熱・湿気・換気-』(鉾井修一・池田徹郎・新田勝通, 朝倉書店, 2002 年 3 月, ¥3,800+税, ISBN: 4-254-26863-7) [和書 (2 F), 525.1||H 82, 0000263289]
- [3] 『環境工学教科書 第二版』(環境工学教科書研究会編著, 彰国社, 2000 年 8 月, ¥3,500+税, ISBN: 4-395-00516-0) [和書 (2 F), 525.1||Ka 56, 0000275620, 0000308034]  
→第 3 版あり (2020 年 2 月, ISBN: 978-4-395-32146-9) [和書 (2 F), 525.1||Ka 56, 0000387929]

学年：\_\_\_\_\_ 学籍番号：\_\_\_\_\_ 名前：\_\_\_\_\_

外気温度を  $\theta_o$  [°C]，建物の屋外側表面温度を  $\theta_{so}$  [°C] とする時，屋外側の放射熱伝達率  $\alpha_{or}$  [W/m<sup>2</sup>·K] は，下記のように表すことができる。

$$\alpha_{or} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot c_b \cdot \left\{ \frac{\left( \frac{\theta_{so} + 273.15}{100} \right)^4 - \left( \frac{\theta_o + 273.15}{100} \right)^4}{\theta_{so} - \theta_o} \right\}$$

ただし， $\varepsilon_0$ ：屋外側の放射率[N. D.] (=1.0)， $\varepsilon_1$ ：建物の屋外側表面の放射率[N. D.] (=0.9)，

$c_b$ ：黒体の放射定数[W/m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>] (=5.67)

また，屋外の風速を  $v$  [m/s] ( $v \leq 5$  m/s) とする時，屋外側の対流熱伝達率  $\alpha_{oc}$  [W/m<sup>2</sup>·K] は，強制対流とみなし，ユルゲスの実験式によると，下記のように表すことができる。

$$\alpha_{oc} = 5.8 + 3.9 \cdot v$$

- 1) 外気温度が 10°C，建物の屋外側表面温度が 20°C の時，屋外側の放射熱伝達率を求めよ。
- 2) 屋外の風速が 3m/s の時，屋外側の対流熱伝達率を求めよ。
- 3) この時の総合熱伝達率を求めよ。