

### 予習確認プリント

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

- ・熱エネルギーの移動の 3 つの基本形態の名称を答え、それら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

- ・熱伝導率とはどのようなものですか？どのような意味をもちますか？さらに、どのような特徴がありますか？

※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？よくわからなかったところは、どこですか？質問はありませんか？

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 :

建築環境工学分野では, そのほかに「光」環境, 「空気」環境, 「音」環境分野を学修→後期

◎ 前期の前半の学修内容

・ 2 回目

・ 3 回目

・ 4 回目・5 回目

◎ 学修の際の視点 (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：熱エネルギーの動きを知ろう

1

2

→特に、熱伝導率について詳しく学ぶ

※

1 熱エネルギー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

どのパターンが「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力（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→オームの法則とよく似ている

(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

プラスして、「相の変化」  
でも熱エネルギーが移動

(4) 熱エネルギーの移動の仕方は 3 種類【→補足：配付資料 20 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) (4) の 3 つを式の形で表すと

**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 21 頁を参照】

注) 放射 (熱伝達) の場合のみ：

(補足)

単位時間あたりの「熱エネルギーの移動量」の単位：

参考) 熱エネルギーの単位：[J] (ジュール)

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

⇒ によって、特性が大きく変わる（幅がある）

(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 :

関連事例 1)

関連事例 2)

(3) 特例その 2 : グラスウールなどの断熱材【→補足 : 配付資料 22 頁を参照】

→詳細な図は配付資料 22 頁を参照 (22 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) → 「熱エネルギーが移動する仕組み」

熱エネルギーの移動の仕方の概念と原理のまとめ

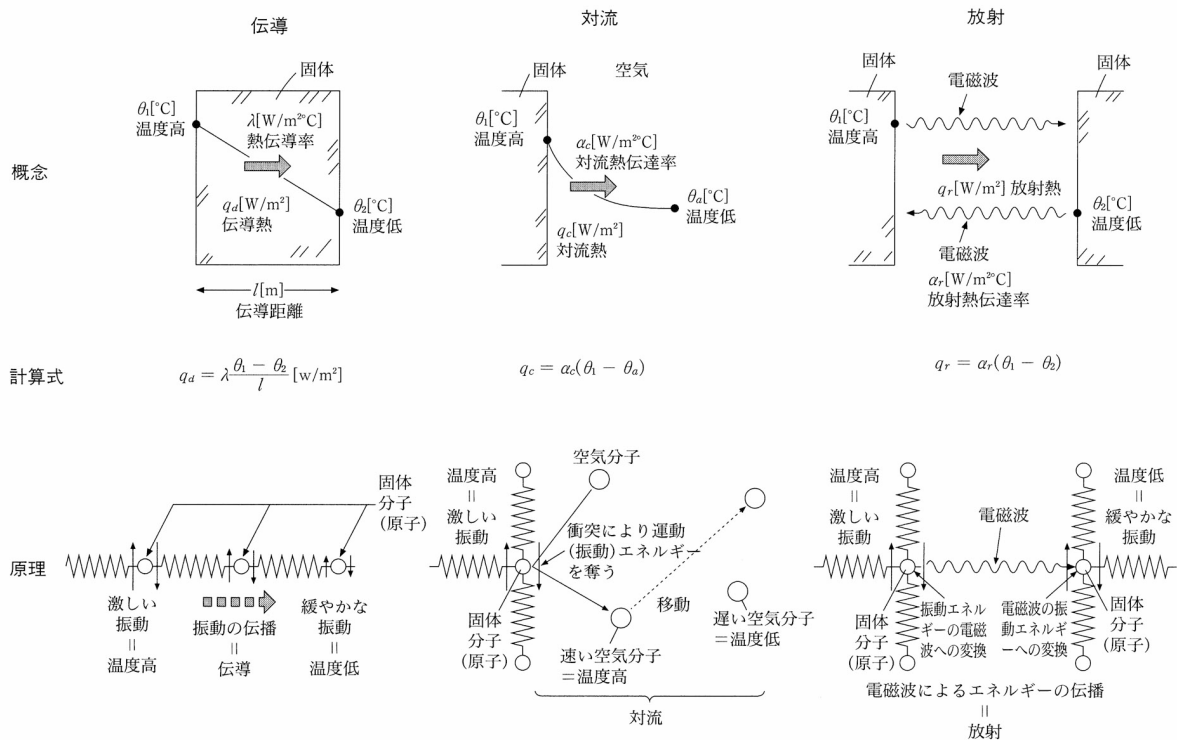


図 熱エネルギーの移動の仕方の概念と原理のまとめ (出典：参考文献 [1], p. 70)

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、「熱エネルギーの移動の仕方」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

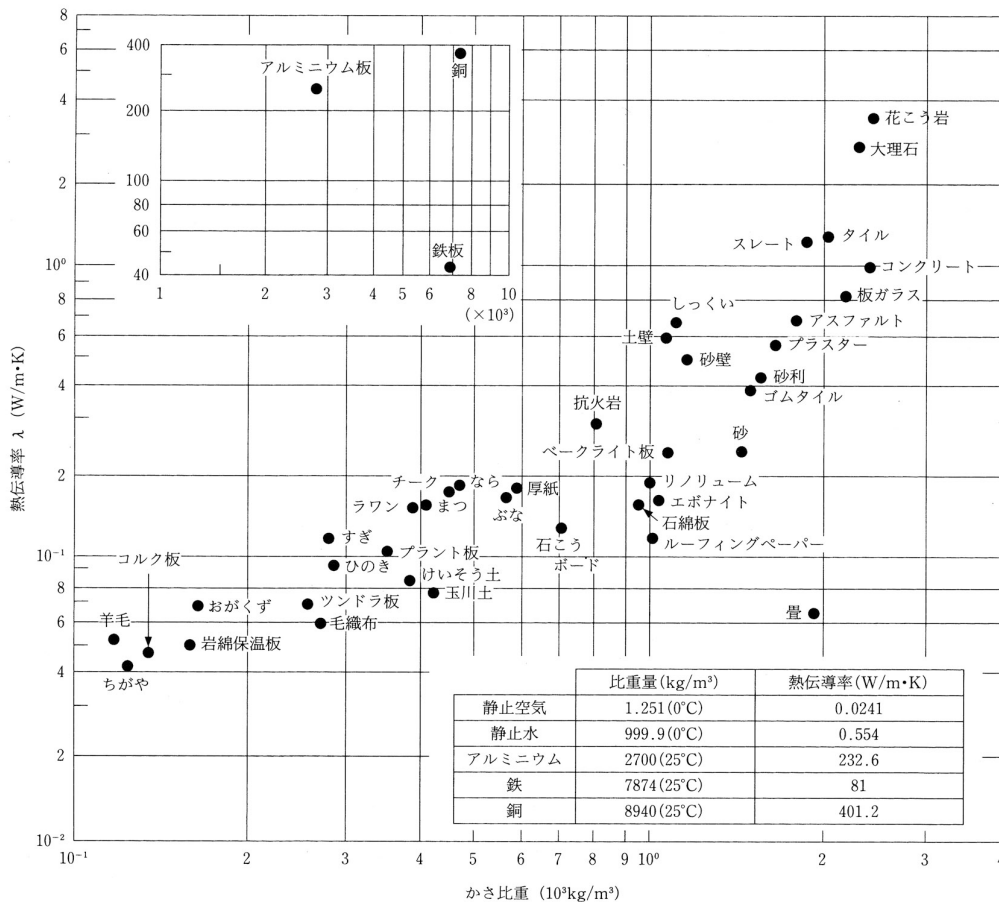


図 代表的建材の熱伝導率 (出典：参考文献 [3], p. 42)

→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。

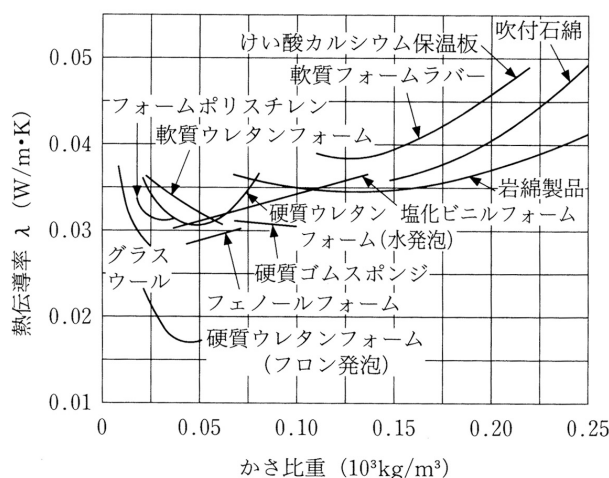


図 代表的建材の熱伝導率 (出典：参考文献 [3], p. 43)

→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。