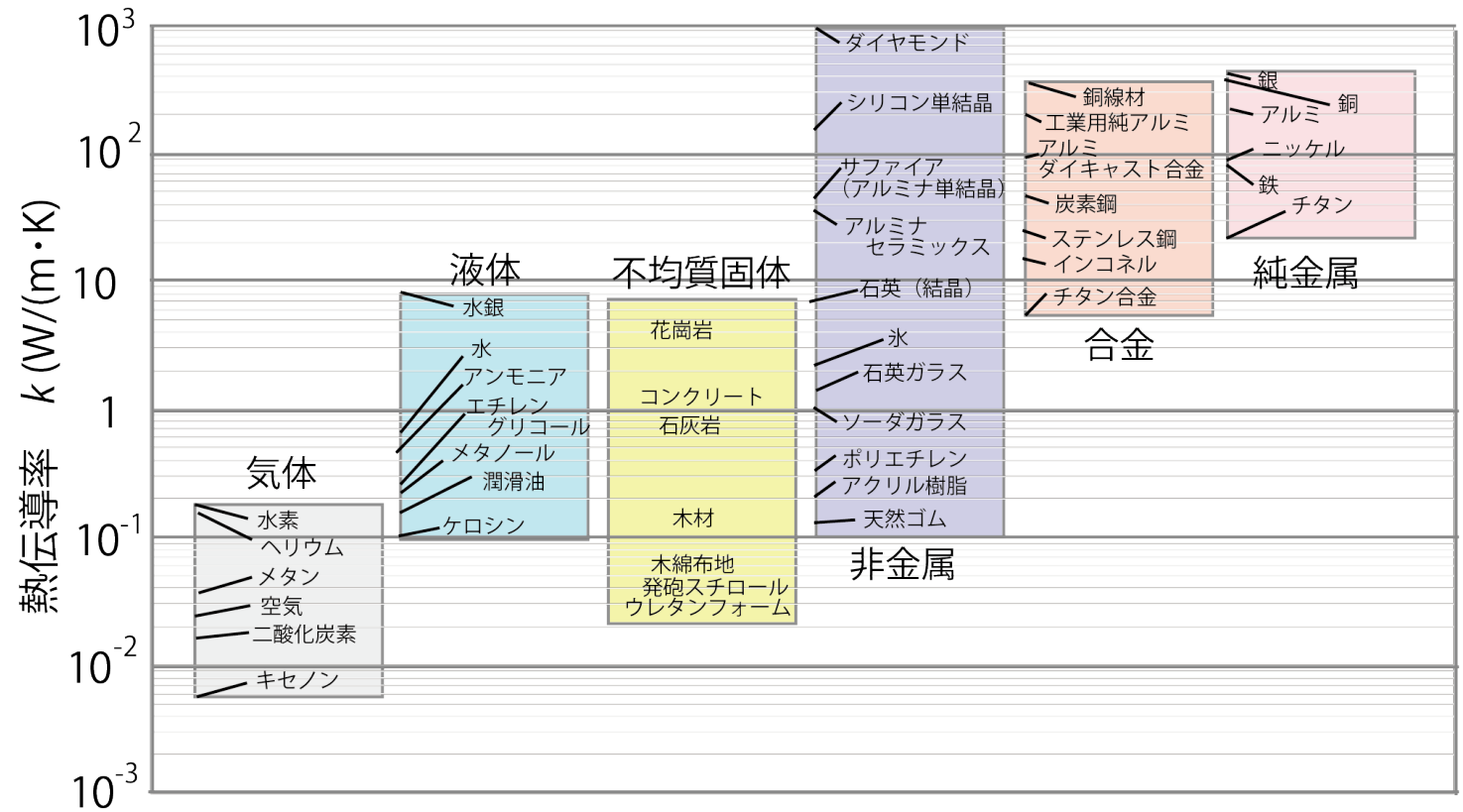
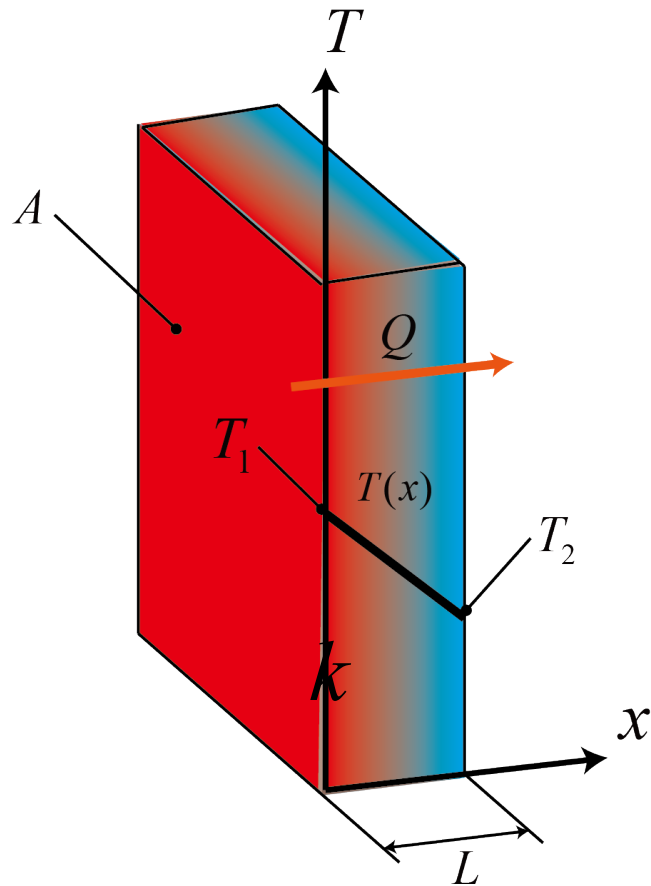




## 第2章 熱伝導（伝導伝熱）①

### 2-1. 定常熱伝導と物質の熱伝導率



各種物質の常温近傍における熱伝導率



## 前回までの内容

### 第1部 伝熱工学の基礎

1. 伝熱工学の概要
2. 熱伝導（伝導伝熱）
3. 対流熱伝達（流れによる熱伝達）
4. 相変化を伴う熱伝達（沸騰・凝縮）
5. ふく射伝熱
6. 拡大伝熱面（フィン）
7. 熱交換器

## レクチャーシリーズの概要

### 第2部 熱流動解析ソフトを用いた実践的応用

8. 多層媒体の定常熱伝導
9. 非定常熱伝導
10. 強制対流熱伝達
11. 自然対流熱伝達
12. 熱伝導と対流複合伝熱
13. 機器開発を目指した伝熱現象のモデル化



## 前回の内容

熱輸送の現象：

熱伝導(heat conduction)

対流(convection)

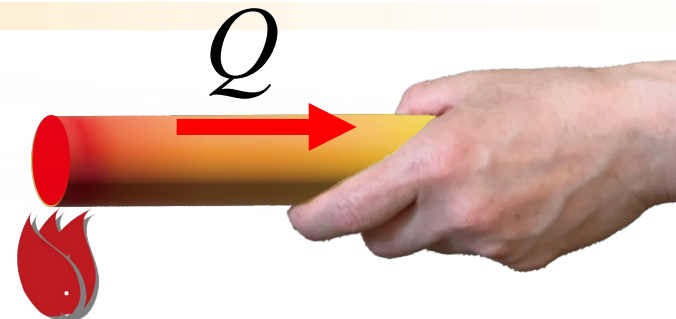
熱ふく射 (thermal radiation)

それらの熱輸送様式

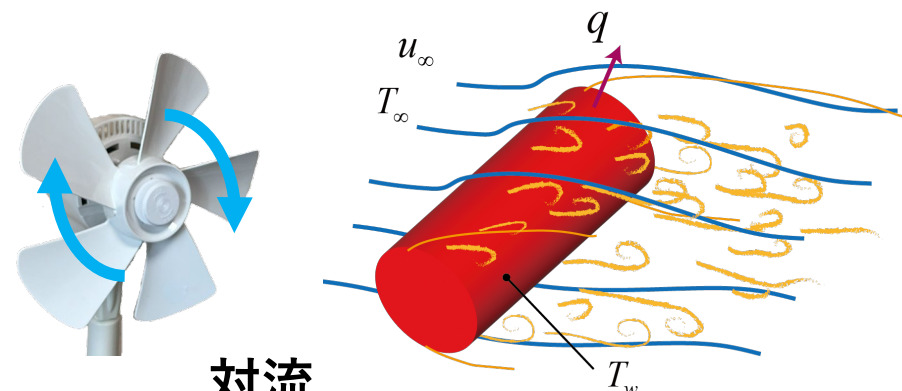
伝導伝熱(conductive heat transfer)

対流熱伝達(convective heat transfer)

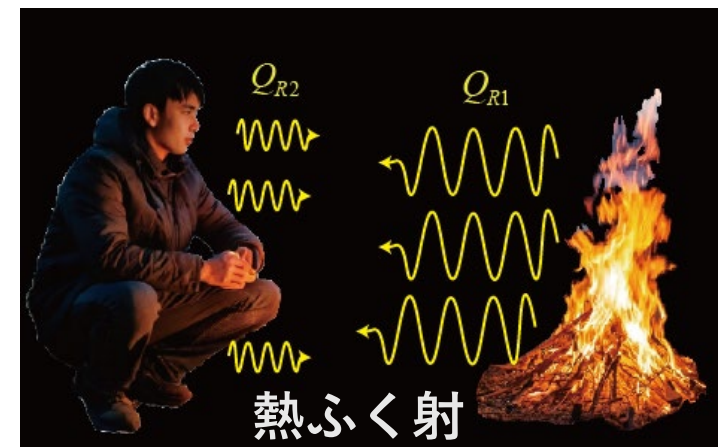
ふく射伝熱 (radiative heat transfer)



熱伝導



対流





## 第2章 熱伝導（伝導伝熱）

- 2-1. 定常熱伝導と物質の熱伝導率
- 2-2. 多層媒体の定常熱伝導
- 2-3. 定常熱伝導の例題と演習問題
- 2-4. 熱伝導方程式と境界条件
- 2-5. 非定常熱伝導
- 2-6. 非定常熱伝導の例題と演習問題
- 2-7. ニュートンの冷却法則



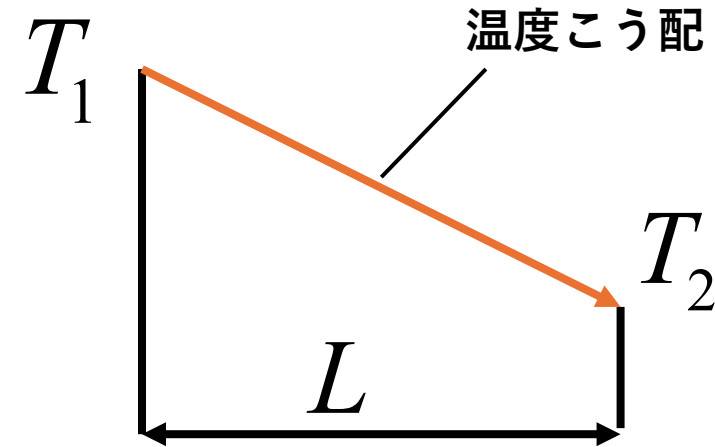
## 第2章 熱伝導（伝導伝熱）

- 2-1. 定常熱伝導と物質の熱伝導率
- 2-2. 多層媒体の定常熱伝導
- 2-3. 定常熱伝導の例題と演習問題
- 2-4. 熱伝導方程式と境界条件
- 2-5. 非定常熱伝導
- 2-6. 非定常熱伝導の例題と演習問題
- 2-7. ニュートンの冷却法則



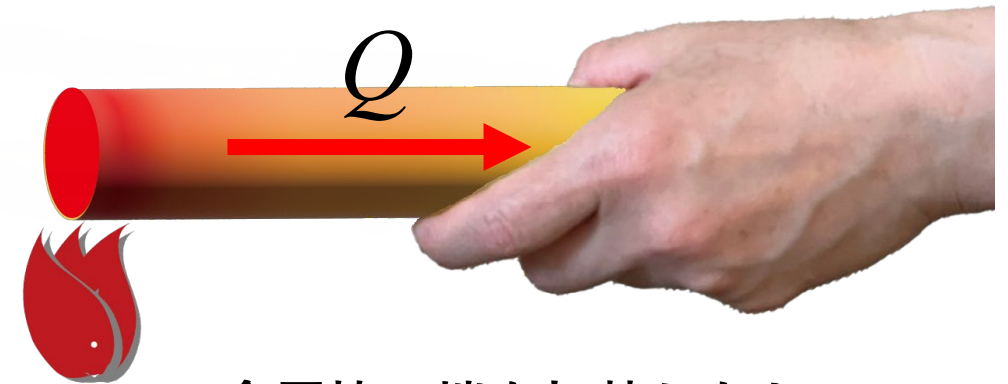
## 熱伝導(heat conduction)

物体内の温度勾配により熱が移動する現象



## 伝導伝熱(conductive heat transfer)

物体内の温度が不均一で**温度こう配**が存在するときに、**熱が移動する**伝熱様式



金属棒の端を加熱したとき、手に熱が伝わる現象

(註)

物体が流体の場合でも流体が動かなければ熱伝導で熱が移動する



## 伝導伝熱 (conductive heat transfer)

熱伝導で通過する伝熱量は次式となる

伝熱量 (W)

温度勾配 ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ )

$$Q = Ak \frac{T_1 - T_2}{L}$$

面積 ( $\text{m}^2$ )

熱伝導率  $k$  ( $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )

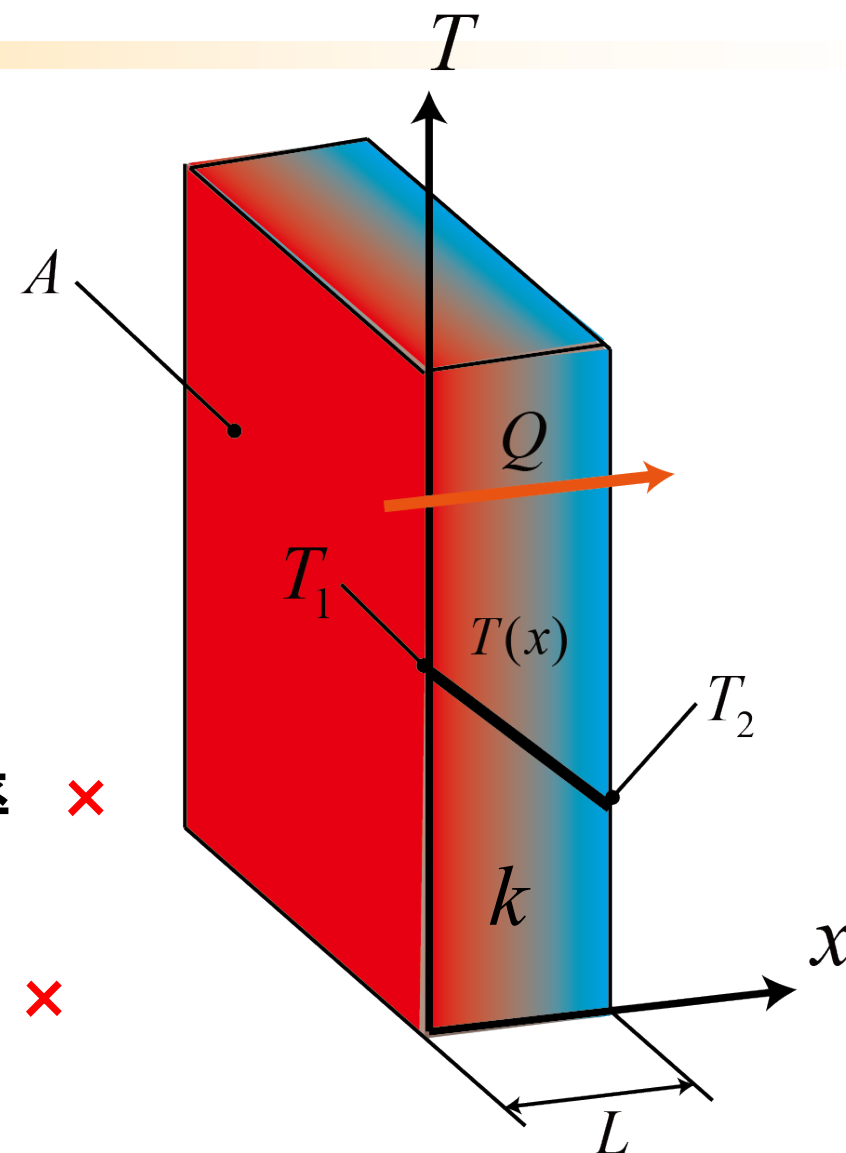
熱伝達率  $\times$

単位面積当たりの伝熱量 熱流束  $q$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

熱流速  $\times$

熱伝導に関するフーリエの法則 (Fourier's law)

$$q = -k \frac{dT}{dx}$$



長さ  $L$  (m) の温度勾配のある面積  $A$  ( $\text{m}^2$ ) の平板を通過する熱量  $Q$  (W)



# 平板の定常熱伝導

物体内の温度分布が時間的に変化しない**定常熱伝導**を考える.

右図に示すように, 厚さ $L$ の平板(plane wall)があり, 高温側および低温側の表面温度が一定に保たれている.

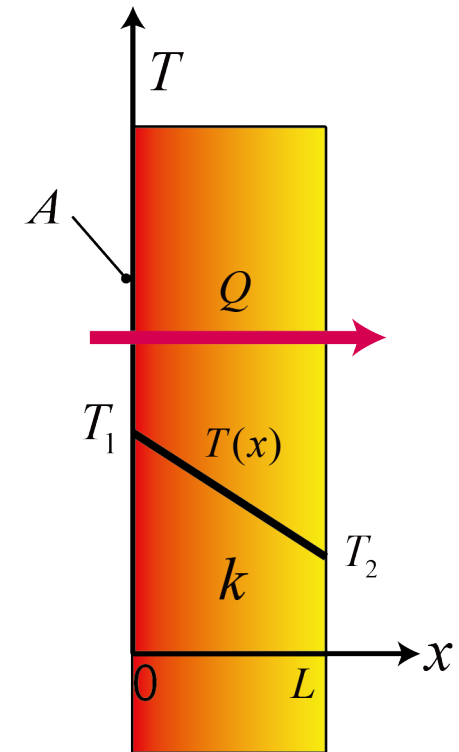
平板の面積が $A(\text{m}^2)$  の場合の伝熱量 $Q(\text{W})$ は次のようになる.

$$Q = qA = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$$

上式は次のように表すこともできる

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_2}{L/(kA)} = \frac{T_1 - T_2}{R}$$

ここで,  $R=L/(kA)$  を**熱抵抗**という.



熱抵抗  $R = L / (kA)$

熱伝導は電気回路におけるオームの法則と類似しており, 電流 $I(\text{A})$ と伝熱量 $Q(\text{W})$ , 電位差 $\Delta V(\text{V})$ と温度差 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ , 電気抵抗 $R(\Omega)$ と熱抵抗 $R(^{\circ}\text{C}/\text{W})$ がそれぞれ対応する. 図中の下部に熱移動を**電気**の**等価回路**で示してある



# 物体の熱伝導率

## 種々の物質の熱伝導率 $k$ [W / (m · K)]

### 気体

|       |                       |
|-------|-----------------------|
| 水素    | $18.1 \times 10^{-2}$ |
| ヘリウム  | $15.3 \times 10^{-2}$ |
| 空気    | $2.61 \times 10^{-2}$ |
| 二酸化炭素 | $1.66 \times 10^{-2}$ |
| キセノン  | $0.56 \times 10^{-2}$ |

### 液体

|       |      |
|-------|------|
| 水銀    | 8.52 |
| 水     | 0.61 |
| アンモニア | 0.52 |
| メタノール | 0.86 |
| ケロシン  | 0.11 |

### 不均一固体

|          |                      |
|----------|----------------------|
| コンクリート   | 1.2                  |
| 木材       | 0.14                 |
| 木綿布地     | $5.5 \times 10^{-2}$ |
| 発砲スチロール  | $3.8 \times 10^{-2}$ |
| ウレタンフォーム | $3.0 \times 10^{-2}$ |

### 非金属

|            |      |
|------------|------|
| ダイヤモンド     | 1000 |
| アルミナセラミックス | 36.0 |
| 氷          | 2.2  |
| ガラス        | 1.03 |
| アクリル樹脂     | 0.21 |

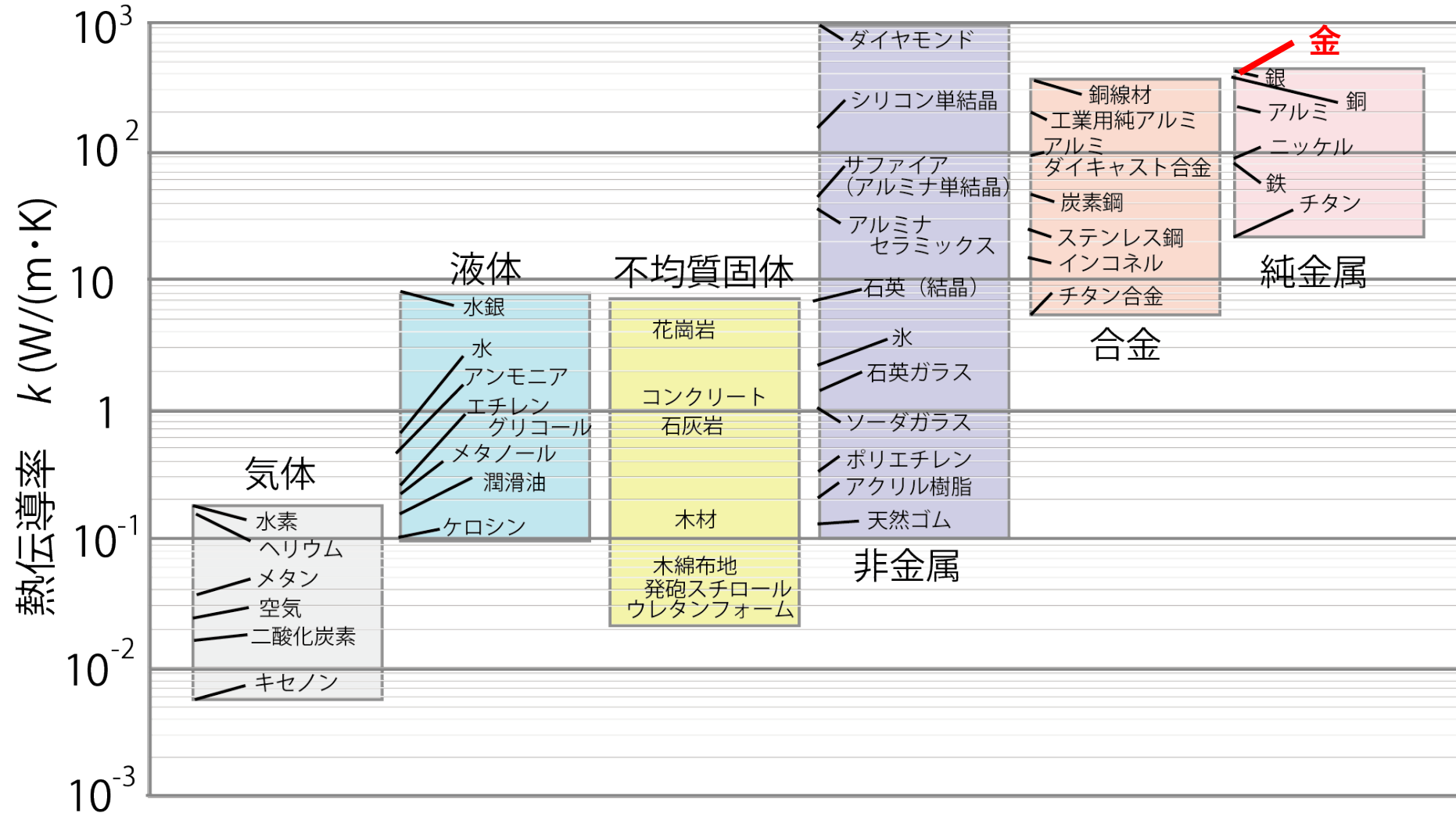
### 金属

|        |      |
|--------|------|
| 銅      | 398  |
| アルミニウム | 237  |
| 鉄      | 80.3 |
| チタン    | 21.9 |
| 炭素鋼    | 43   |
| ステンレス鋼 | 16   |
| インコネル  | 14.8 |



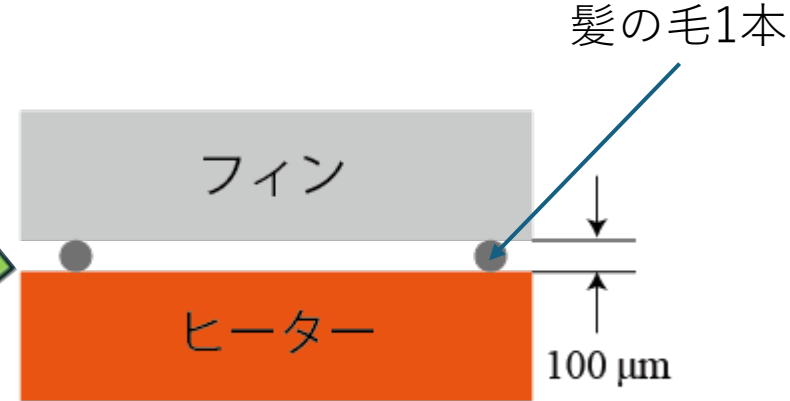
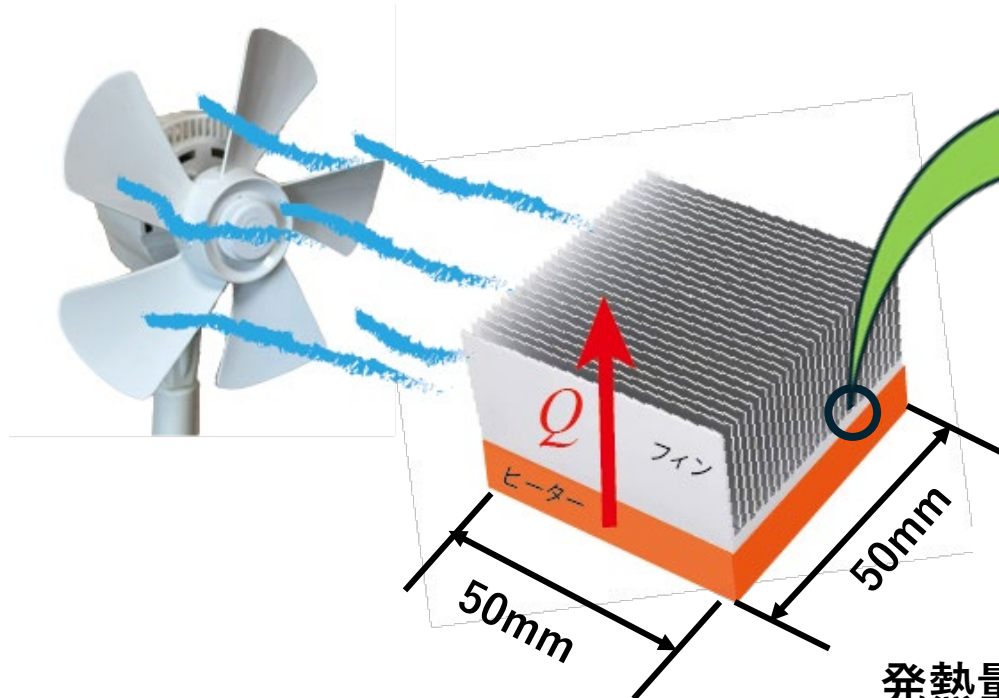
# 物質の熱伝導率

## 各種物質の常温近傍における熱伝導率





# 物質の熱伝導率と熱抵抗

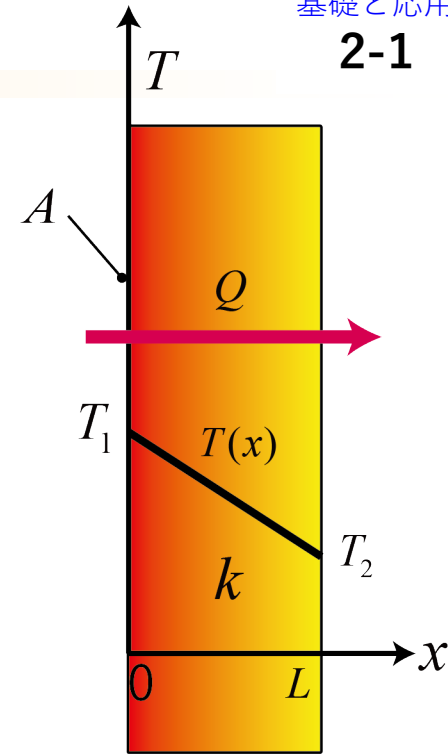


空気層の熱抵抗  $R = \frac{L}{kA}$

フィンの大きさが50×50mmの場合

$R = 1.53 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

発熱量が10Wの場合の温度差は  $\Delta T = 15.3 \text{ } ^\circ\text{C}$



熱抵抗  $R = L / (kA)$

フィンを用いた電子機器の冷却

| 物質     | 熱伝導率 W/(m・K)          |
|--------|-----------------------|
| 空気     | $2.61 \times 10^{-2}$ |
| アルミニウム | $2.37 \times 10^2$    |

厚さ100 μmの空気層の熱抵抗 = 厚さ1mのアルミニウムの熱抵抗



## 次回予告

## 第2章 熱伝導（伝導伝熱）②

- 2-1. 定常熱伝導と物質の熱伝導率
- 2-2. 多層媒体の定常熱伝導**
- 2-3. 定常熱伝導の例題と演習問題
- 2-4. 熱伝導方程式と境界条件
- 2-5. 非定常熱伝導
- 2-6. 非定常熱伝導の例題と演習問題
- 2-7. ニュートンの冷却法則

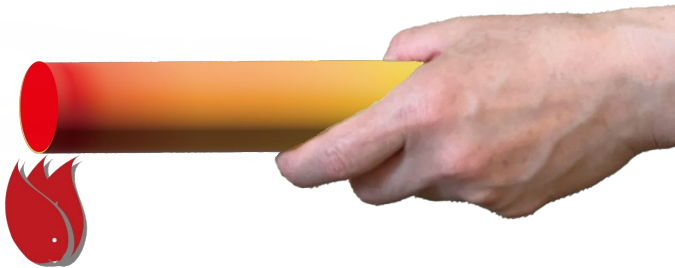




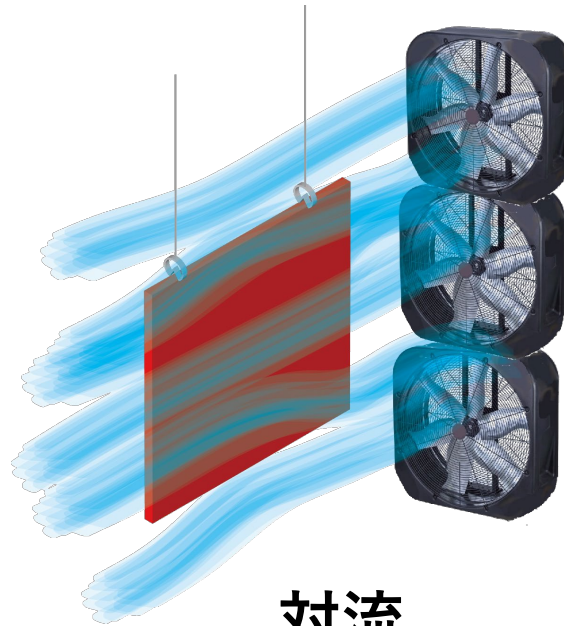
## 東北大学未来科学技術共同研究センター レクチャーシリーズ

— 熱プロセスを習得したい人のための入門と実践的応用 —

### 伝熱現象



熱伝導



対流



熱ふく射

講師 圓山重直

東北大学未来科学技術センター シニアリサーチ・フェロー  
東北大学名誉教授・八戸高専名誉教授