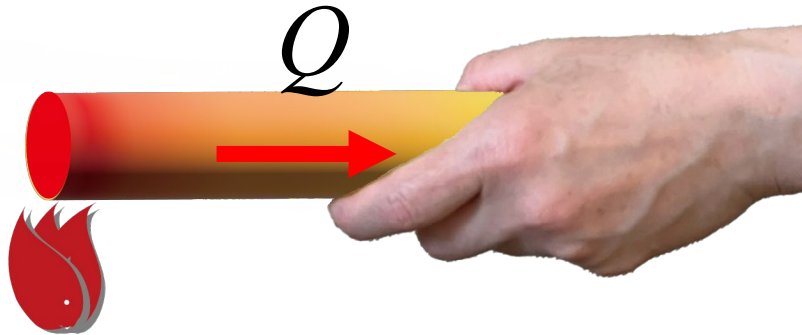


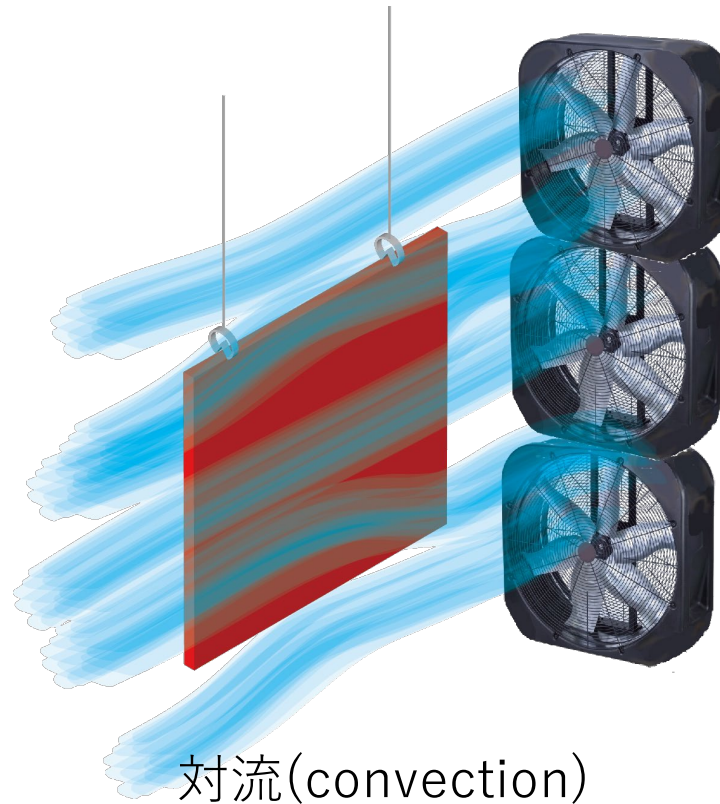


第1章 伝熱工学の概要 ⑦

1-7. 熱輸送の様式



伝熱現象：熱伝導(heat conduction)



対流(convection)



熱ふく射 (thermal radiation)

熱輸送様式：

伝導伝熱(conductive heat transfer)

対流熱伝達(convective heat transfer)

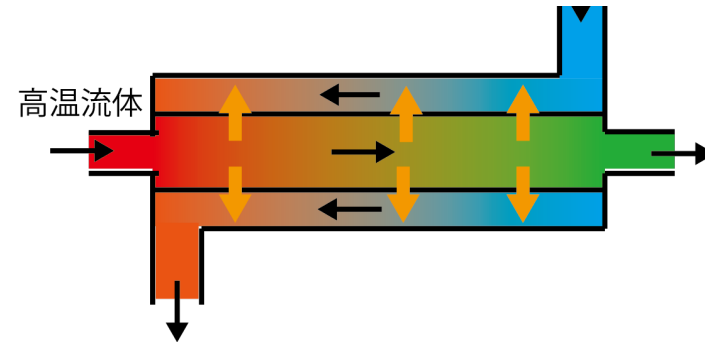
ふく射伝熱
(radiative heat transfer)



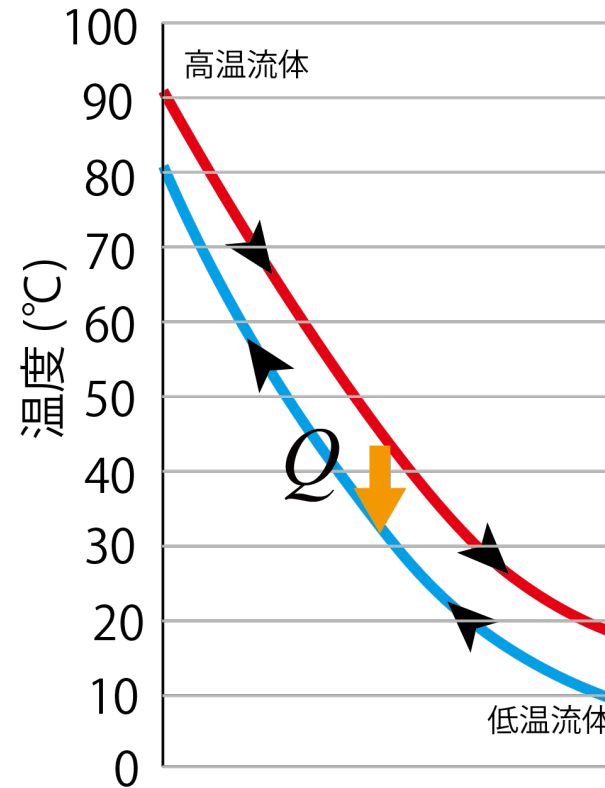
前回の内容

質問

10°Cの牛乳100リットルを低温殺菌するために70°C以上に加熱したい. 90°C100リットルのお湯を使ってこの加熱が可能だろうか



向流型熱交換器



解答

低温殺菌が**可能である**.

向流型熱交換器を使用すると, 牛乳の温度を90°C近傍まで加熱し, お湯を10°C近傍まで冷却することが**可能である**.





第1章 伝熱工学の概要

- 1-1. そもそも伝熱工学とは何だろう？
- 1-2. 伝熱工学の質問A 半熟卵と温泉卵
- 1-3. 伝熱工学の質問B 冷たくなった卵が温くなる
- 1-4. 伝熱工学の質問C サウナでやけどをしないわけ
- 1-5. 伝熱工学の質問D 「ハー」と「フー」はどこが違うか
- 1-6. 伝熱工学の質問E 牛乳の加熱
- 1-7. 熱輸送の様式**





熱輸送の現象(伝熱現象):
熱伝導(heat conduction)
対流(convection)
熱ふく射 (thermal radiation)
に分類される





熱輸送の現象:

熱伝導(heat conduction)

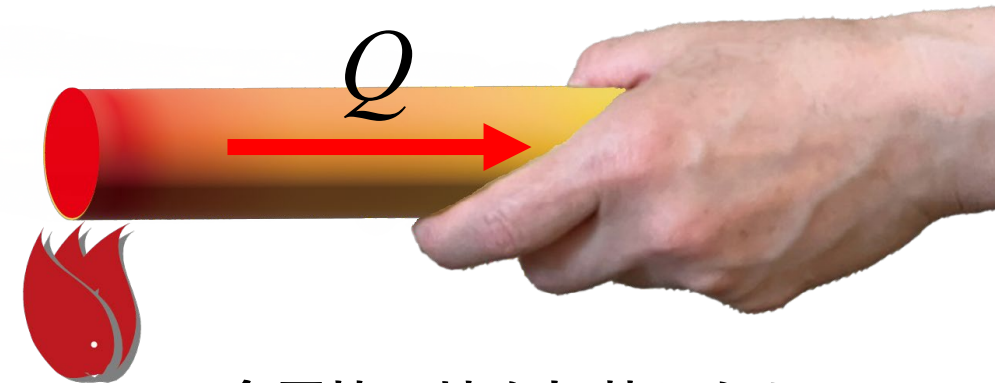
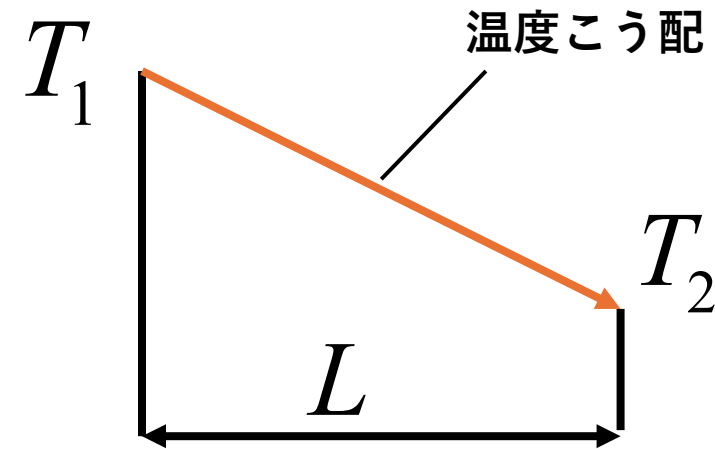
対流(convection)

熱ふく射 (thermal radiation)

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

伝熱量 (W) Q

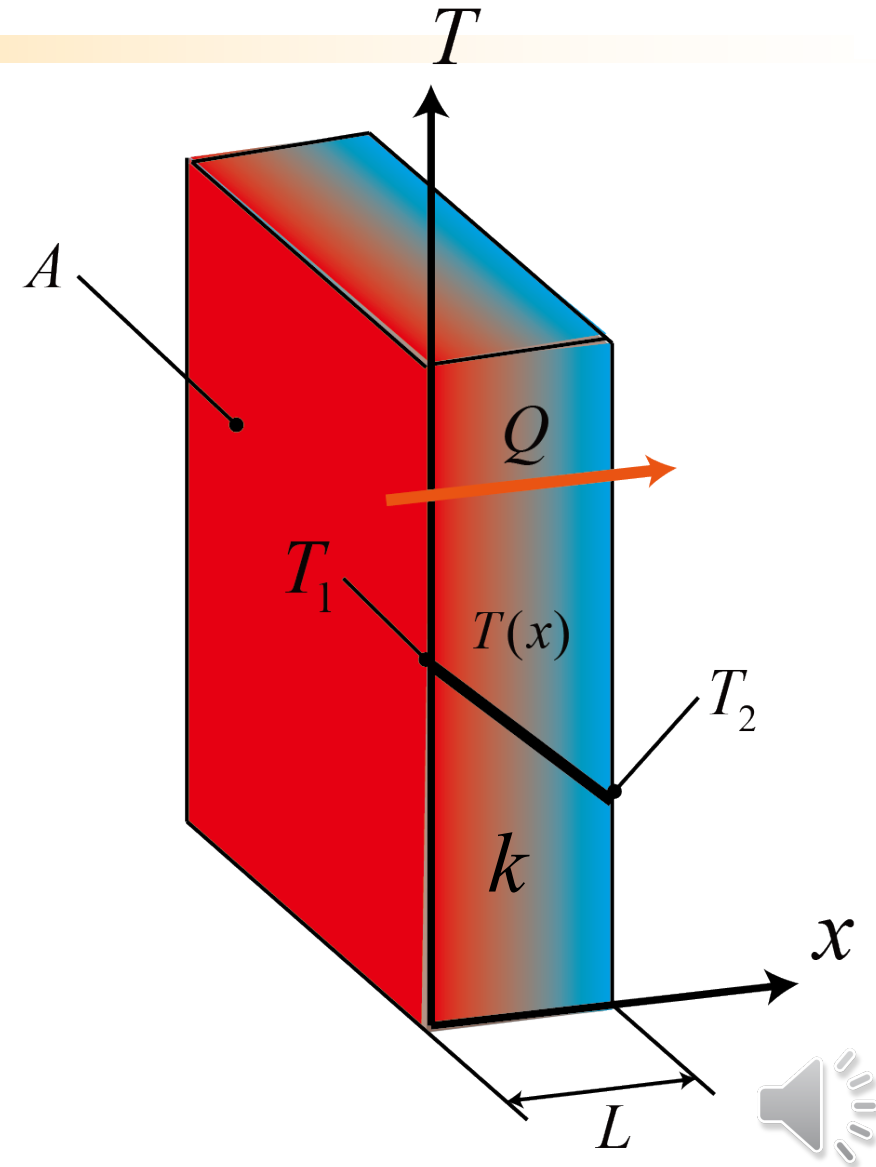
面積 (m²) A

熱伝導率 k (W/(m · K))

温度勾配 (°C/m) $\frac{T_1 - T_2}{L}$

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

熱伝達率 ×



暑さ L (m) の温度勾配のある面積 A (m²) の平板を通過する熱量 Q (W)



対流熱伝達（流れによる熱伝達）

熱輸送の現象：

熱伝導(heat conduction)

対流(convection)

熱ふく射 (thermal radiation)

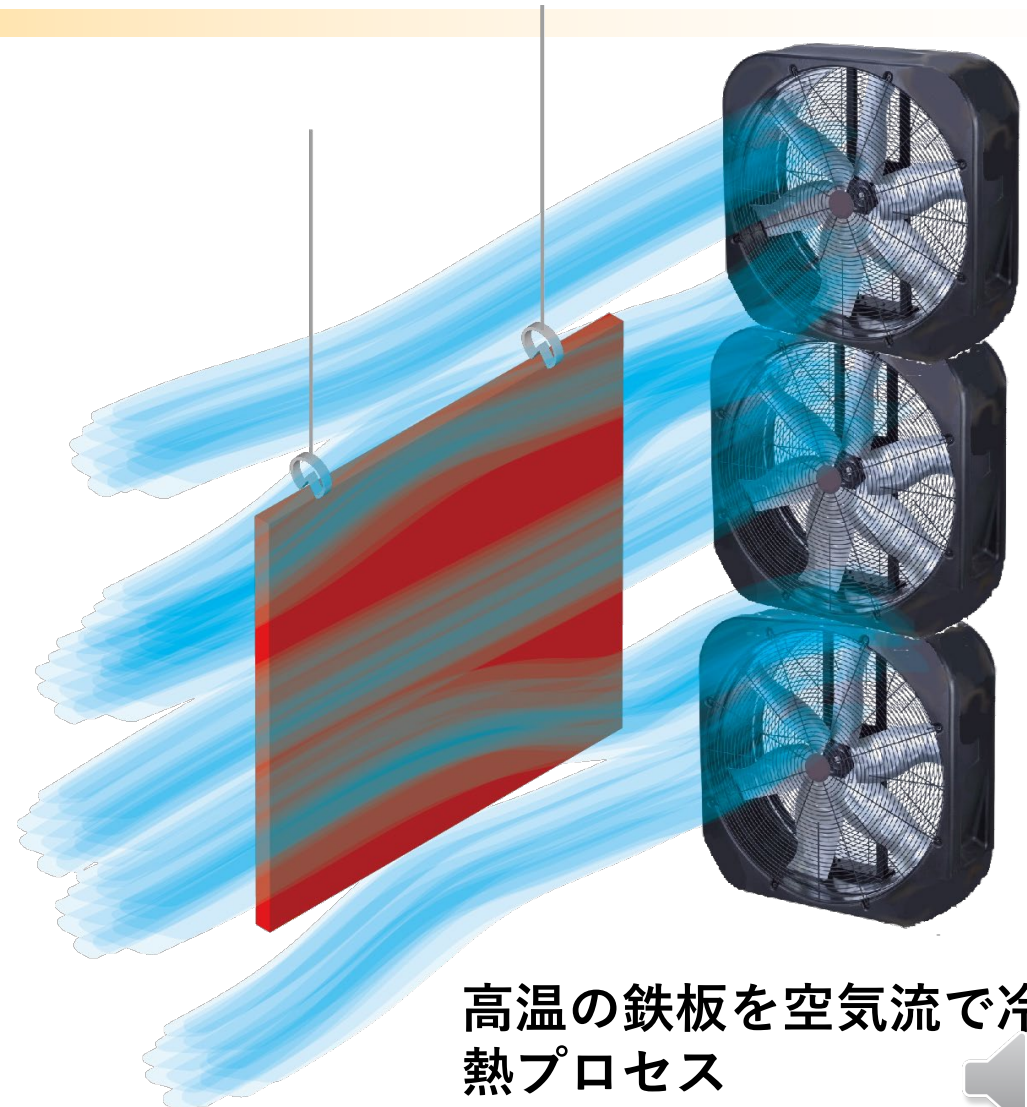
流体が強制的または浮力等の体積力
によって移動する現象

対流熱伝達(convective heat transfer)

流体が移動することによって、物
体から**熱が移動**する伝熱様式

(註)

沸騰・凝縮伝熱など相変化を伴う伝熱も対
流熱伝達である



(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



対流熱伝達

物体が流れている流体中に置かれているとき、物体近傍に温度や流速が変化する**境界層**が存在する。

物体表面上における流体は**速度がゼロ**で、流体の温度は**物体表面温度と同じ**である。一方境界層の外では、流れの速度や温度は主流の値となる。

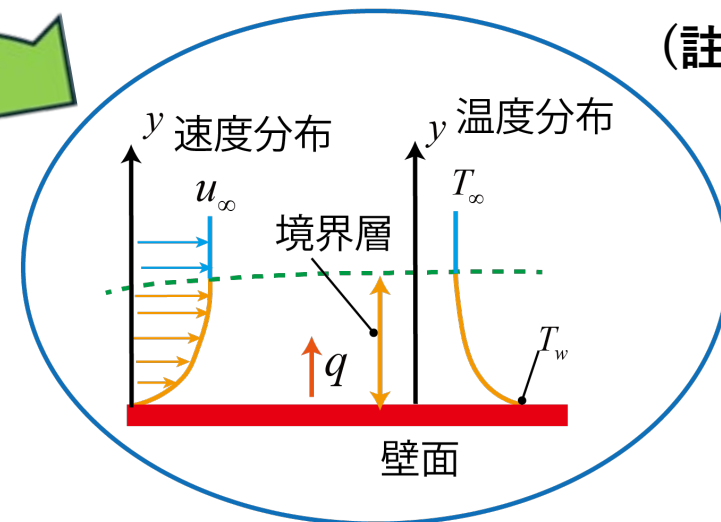
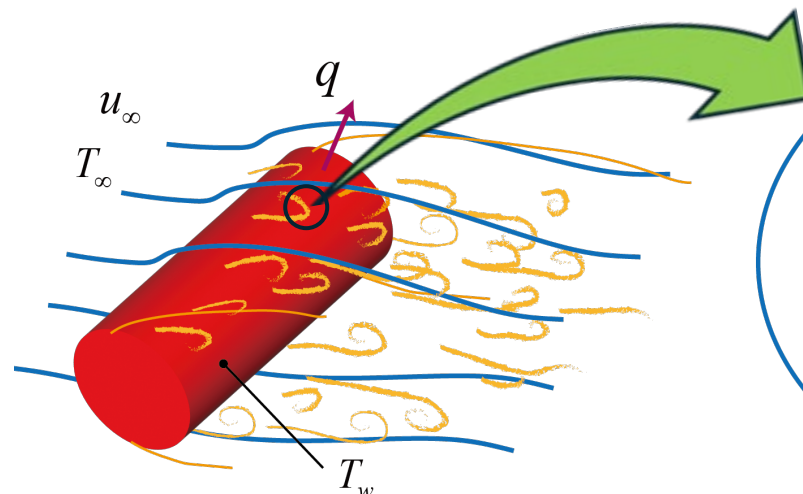
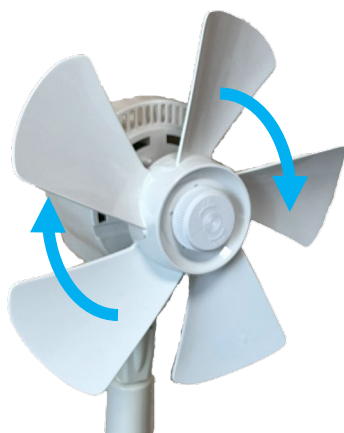
この境界層の性質が、**熱伝達率** h (W/(m²K)) と密接に関係する。

物体からの伝熱量 Q (W) は次式で表される。

$$Q = Ah(T_w - T_\infty)$$

壁面温度 (°C) 主流温度 (°C)

伝熱量 (W) 面積 (m²) **熱伝達率** (W/(m²K))



(註) **熱伝導率**と
間違いやすい
ので注意する



対流による熱伝達と境界層



熱輸送の現象:

熱伝導(heat conduction)

対流(convection)

熱ふく射 (thermal radiation)

内部エネルギーが物体表面から放射される**赤外線などの電磁波**
(electromagnetic wave)

ふく射伝熱 (radiative heat transfer)

この**電磁波が空間を伝播**し、高温物体から低温物体に熱が移動する伝熱様式

(註) ふく射伝熱は空気などの媒体がなくとも熱が伝播する



高温の炭から放射された熱ふく射で鮎を焼く



温度 $T(K)$ の物体面積 $A(m^2)$ の物体が放射するエネルギーは

$Q_R = A\varepsilon\sigma T^4$ (W) で表される。ただし、温度は、絶対温度Kで表すことに注意する。

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$$

ここで σ は、ステファン・ボルツマン定数
で下記で表される

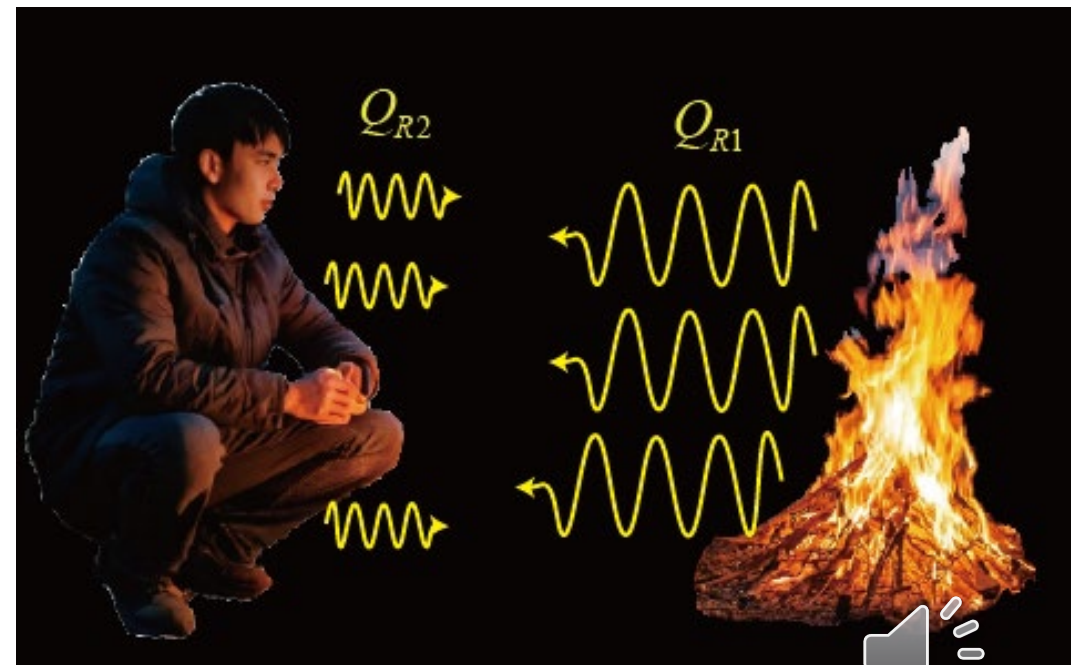
$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

ε (-) は、物体の放射率で0～1の値を取る

$\varepsilon=1$ の時、物体1から物体2への伝熱量 Q は、次式となる。

$$Q = F_{1,2} A_1 \sigma T_1^4 - F_{2,1} A_2 \sigma T_2^4 \quad (\text{W})$$

$F_{1,2}$ と $F_{2,1}$ は形状による係数



高温の焚火から人へ熱ふく射の
伝播でふく射伝熱がおこる



熱輸送の現象：

熱伝導(heat conduction)

対流(convection)

熱ふく射 (thermal radiation)

に分類される

それらの熱輸送様式を

伝導伝熱(conductive heat transfer)

対流熱伝達(convective heat transfer)

ふく射伝熱 (radiative heat transfer)

という

実際の伝熱現象は、上記3つの熱輸様式が組み合わさって生じるものが多い





各伝熱形態の熱移動形式のまとめ

伝熱様式	熱移動の形式	支配方程式
伝導伝熱	物体内の温度こう配による熱移動	$Q = \frac{Ak}{L}(T_1 - T_2)$
対流熱伝達	流体の移動による熱移動	$Q = Ah(T_w - T_\infty)$
ふく射伝熱	電磁波による熱移動	$Q = A\varepsilon_1\sigma(T_1^4 - T_2^4)$





次回予告

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. 定常熱伝導の例題と演習問題
- 2-3. 多層媒体の定常熱伝導
- 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



技術者と研究者に向けた伝熱工学の基礎と応用



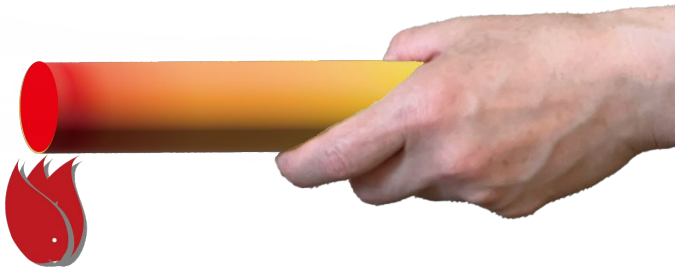
「もっと見る」欄に記載の今回の[要約](#)とホームページの[pdf資料](#)で理解を深めることができる。



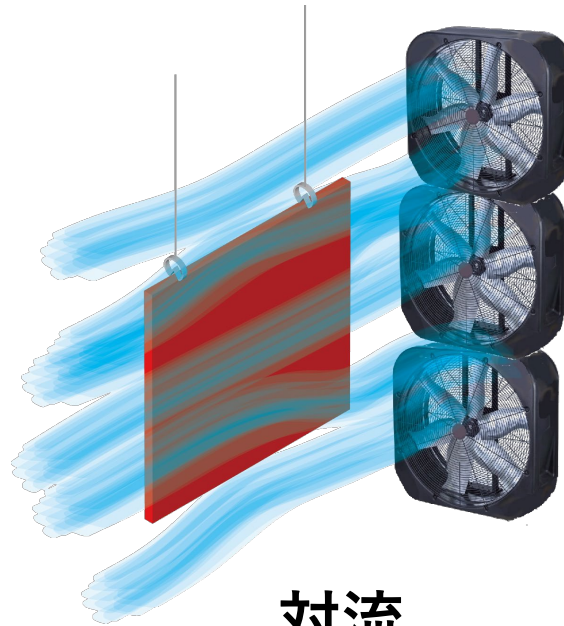
東北大学未来科学技術共同研究センター レクチャーシリーズ

— 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