

## ■ 建築伝熱

室内の気温は外気温の影響を受けて変化する。

- ・夏季： 外部 → 室内 （流入）
- ・冬季： 外部 ← 室内 （流出）

※ 移動する熱量が多い場合、室内の温度は外気温の影響を受けやすくなる。



壁に断熱材を入れるなどして、  
移動する熱量を少なくする。

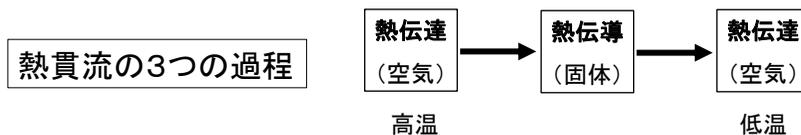
1

## ■ 建築伝熱（用語）

**熱貫流**：壁、天井、床などを通して、室内外の一方の空気から反対側の空気へ熱が伝わること。  
これには **熱伝導** と **熱伝達** がある。

**熱伝導**：壁体などの材料の内部で、一方の表面から他方の表面へ熱が移動すること。

**熱伝達**：空気から壁などの材料の表面へ、または壁などの材料の表面から空気へ熱が伝わること。  
**対流熱伝達(熱対流)** と **放射熱伝達(熱放射)** がある。



2

## ■ フーリエの式

### 固体中の熱伝導の基礎式

「通過熱量(伝熱量)は温度勾配に比例する」

$$q = -\lambda \frac{\Delta\theta}{\Delta n}$$

$q$  : 単位面積, 単位時間当たりの伝熱量 [W/m<sup>2</sup>]

$\lambda$  : 熱伝導率 [W/m・K]

$\theta$  : 温度 [K],  $\Delta\theta$  : 温度差 [K]

$n$  : 熱流方向の長さ[m],  $\Delta n$  : 伝熱距離 [m]

3

## ■ 熱伝導

物質内部に温度差があるときに、高温部から低温部へ隣り合う分子を通じて熱が移動する現象  
(分子の運動エネルギーの拡散)

単位面積当たりの熱伝導による熱移動量 = 熱伝導率 × 温度差 / 材料の厚さ

[ W/m<sup>2</sup> ]

熱伝導率 [ W/(m・K) ]

- ・ 材料内の **熱の伝わりやすさ** を示す値
- ・ 熱伝導率の値が大きいくほど、熱を伝えやすい。
- ・ 材料によって値が異なる (材料固有の値)

4

## 「対流熱伝達」

壁の表面とそれに触れる空気の間温度差があるときに、高温部から低温部へ熱が移動する現象

$$\text{単位面積当たりの対流による熱移動量} = \text{対流熱伝達率} \times \text{温度差}$$

### 対流熱伝達率

4 W/(m<sup>2</sup>·K) (自然対流の場合)

18 W/(m<sup>2</sup>·K) (強制対流の場合)

5

## 「放射熱伝達」

高温の物体から低温の物体へと熱線（電磁波）の形で熱が移動する現象

$$\text{単位面積当たりの放射による熱移動量} = \text{放射熱伝達率} \times \text{温度差}$$

### 放射熱伝達率

5 W/(m<sup>2</sup>·K) (室内外とも同じ値)

6

## 「総合熱伝達」

対流と放射による熱の移動を合計したもの

$$\text{総合熱伝達率} = \text{対流熱伝達率} + \text{放射熱伝達率}$$

	熱伝達率	
	屋外用	屋内用
対流熱伝達率	18 (強制対流)	4 (自然対流)
放射熱伝達率	5	5
設計用総合熱伝達率	23	9

7

## ■ 定常伝熱と熱貫流量

壁を隔てて単位面積当たりを単位時間に通過する熱量 Q

熱貫流量

$$Q = K (\theta_i - \theta_o) = \frac{1}{R} (\theta_i - \theta_o) \quad [\text{W/m}^2]$$

( $\theta_i > \theta_o$  の場合)

$\theta_i$  : 室内温度       $\theta_o$  : 屋外温度

K : 熱貫流率      R : 熱貫流抵抗

$$K = \frac{1}{R}$$

8

① **熱貫流率**  $K$  [  $W/(m^2 \cdot K)$  ]

熱貫流率が大きいほど熱が伝わりやすい。  
→ 「**熱の伝わりやすさ**」を示す。

② **熱貫流抵抗**  $R$  [  $m^2 \cdot K/W$  ]

熱貫流率の逆数 → 「**熱の伝わりにくさ**」を示す。

$$\frac{1}{K} = R$$

$$\frac{1}{\text{熱貫流率}} = \text{熱貫流抵抗}$$

= 外側表面の熱伝達抵抗 + 壁体各層の熱伝導抵抗  
+ 室内側表面の熱伝達抵抗

9

③ **熱伝導率**  $\lambda$  [  $W/(m \cdot K)$  ]

材料内における「**熱の伝わりやすさ**」を示す値。  
材料に固有の値をもつ。

熱伝導率の逆数  $1/\lambda$  を **熱伝導比抵抗** という。

④ **熱伝導抵抗**  $R_T$  [  $m^2 \cdot K/W$  ]

熱伝導率の逆数(熱伝導比抵抗)に材料の厚さ[m]  
を乗じたもの。厚さを増せば **熱は伝わりにく**くなる。

$$R_T = 1/\lambda \times \delta = \delta/\lambda \quad \delta : \text{材料の厚さ[m]}$$

10

⑤熱伝達率  $\alpha$  [ W/(m<sup>2</sup>・K) ]

熱の伝達しやすさを示す値。一般に、空気の動きが大きいほど大きな値となる。

→ 壁体の外気側の熱伝達率  $>$  室内側の熱伝達率  
(強制対流) (自然対流)

建築物の熱計算には壁体の位置ごとに実用上定まった値を用いている。

⑥熱伝達抵抗  $\gamma$  [ m<sup>2</sup>・K/W ]

熱伝達率の逆数  $1 / \alpha$

室内側熱伝達抵抗  $\gamma_i = 1 / \alpha_i = 1 / 9 = 0.1111$

外気側熱伝達抵抗  $\gamma_o = 1 / \alpha_o = 1 / 23 = 0.0435$

11

■ 熱貫流率と熱貫流量の求め方

① 熱貫流抵抗(R) を求める

↓

② 熱貫流率(K) を求める

↓

③ 熱貫流量(Q) を求める

$$K = \frac{1}{R}$$

①熱貫流抵抗 (壁全体の熱の伝わりにくさ)

熱貫流抵抗(R) = 壁表面の熱伝達抵抗 ( $\gamma_i + \gamma_o$ )

+ 壁を構成している材料ごとの熱伝導抵抗 ( $RT_i$ )

12

- ※ 熱貫流抵抗  $R_t$
- 熱貫流率  $K$
- 室外側の熱伝達率  $\alpha_o$
- 室内側の熱伝達率  $\alpha_i$
- 壁体各部の厚さ  $\delta$
- 壁体各部の熱伝導率  $\lambda$

壁体各部の熱伝導抵抗  $\frac{\delta}{\lambda}$

$$R_t = \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_o} + \left( \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right) + \frac{1}{\alpha_i}$$

13

- ②熱貫流率（壁全体の熱の伝わりやすさ）

$$\text{熱貫流率}(K) = 1/\text{熱貫流抵抗}(R)$$

熱貫流率の大きい壁体は、断熱性に劣る。

- ③熱貫流量

$$\text{熱貫流量}Q = \text{熱貫流率}(K) \times \text{温度差}(\theta_i - \theta_o)$$

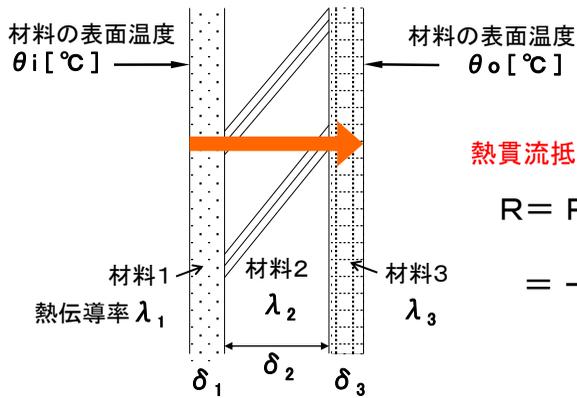
熱貫流率が高いほど、熱を伝えやすい。

温度差が高いほど、熱を伝えやすい。

14

## ■ 熱貫流量計算

### (1) 計測温度が材料の表面の場合



熱貫流抵抗

$$R = RT_1 + RT_2 + RT_3$$

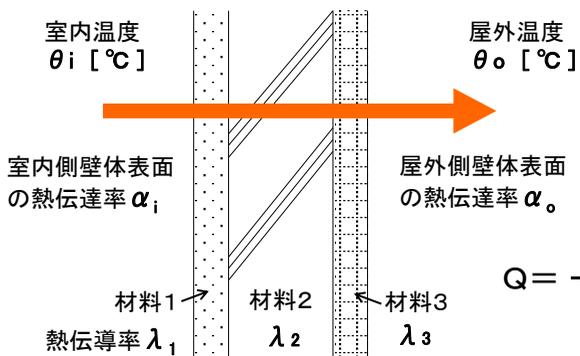
$$= \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}$$

熱貫流量

$$Q = \frac{1}{R} (\theta_i - \theta_o) \quad [\text{W/m}^2]$$

15

### (2) 計測温度が室内外の空気温度の場合



$$Q = \frac{1}{R} (\theta_i - \theta_o) \quad [\text{W/m}^2]$$

$$R = \gamma_i + RT_1 + RT_2 + RT_3 + \gamma_o$$

$$= \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_o}$$

16

## ■ 中空層の熱抵抗について

- ・ 中空層(材料と材料の間にある空気層)の熱抵抗の値は、中空層の密閉度・厚さ・熱流の方向などによって異なる。
- ・ 熱貫流率を求める場合には、式に空気層熱抵抗も加える。  
空気層の伝熱は、放射・伝導・対流によって行われるため複雑。
- ・ 中空層の厚みが 15mm 前後までは厚みが増せば熱抵抗も増大する(比例関係ではない)が、  
それ以上厚くしても熱抵抗はほとんど増加しない。
- ・ 中空層は断熱材の断熱性能よりは劣る。

17

## (4) 熱損失係数 (Q値)

室内と屋外の温度差を1Kとしたときに、建物全体の熱が室内から屋外に移動する割合。小さいほど断熱性が良い。

※建物の断熱性や保温性を評価するのに用いられる

$$\text{熱損失係数 } Q = \frac{\text{総合熱貫流率 } \overline{KS} \text{ [ W/K ]}}{\text{延床面積 } S_o \text{ [ m}^2 \text{ ]}} \text{ [ W/m}^2 \cdot \text{K ]}$$

総合熱貫流率: 「貫流熱損失」と「換気」による熱損失の和

↓  
室内外の単位温度差(1℃)あたりの建物全体の総熱損失量

※延べ床面積で除する理由:

壁などの構造、構成材料が同じ建物でも、規模が大きくなると総合熱貫流率(建物全体の熱損失)は当然大きくなる。建物の大小の影響をできるだけ取り除き、建物の断熱性を評価するため、延床面積で除して、床面積当りの熱損失で比較できるようにした。

18

## (5) 外皮平均熱貫流率 (U<sub>A</sub>値)

外皮(外壁や屋根・床・窓等)の熱性能を評価する指標。

$\overline{KS'}$  : 総合熱貫流率  $\overline{KS}$  から「換気」による熱損失を除いた値 [ W/K ]

S : 外皮の総面積 [ m<sup>2</sup> ]

$$\text{外皮平均熱貫流率 } U_A = \frac{\text{単位温度差あたりの総熱損失量 } \overline{KS'} \text{ (換気・漏気によって失われる熱量を含まない)}}{\text{外皮総面積 } S \text{ [m}^2 \text{]}} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]}$$

※Q値では、小規模住宅や、同じ床面積でも複雑な形状の住宅などの、床面積に対して外皮面積の割合が大きくなる場合に影響を受けるため、住宅の規模や形状の影響をより受けにくい U<sub>A</sub> 値も使われている。