

**建築物環境衛生
管理技術者
テキスト②**

目次

第3章 空気環境の調整

1. 熱、音、照明に関する単位	6
2. 用語	11
3. 放射率・吸収率	13
4. 壁内定常温度分布の図示問題	14
5. 伝熱計算	16
6. 熱移動	18
7. 結露	18
8. 浮遊粒子の動力学的性質	20
9. エアロゾル粒子と粒径	23
10. 流体力学	25
11. 空気力学	27
12. 空気の流動・ドラフト	30
13. 換気	31
14. 空気汚染物質	34
15. 空気汚染物質と発生源	37
16. アレルゲンと微生物	39
17. 空気環境測定結果の推移	41
18. 換気に関する計算	42
19. 濃度に関する計算	44
20. 湿り空気	45
21. 湿り空気線図	48
22. 湿り空気線図上の変化(加湿・減湿と混合)	49
23. 空調システムと湿り空気線図	51
24. 熱負荷	53
25. 空気調和に関する用語	56
26. 空調方式	61
27. 個別空調方式	64
28. ダクト併用ファンコイルユニット方式	67
29. 空気調和設備の構成	68
30. 冷凍機	69
31. 冷却塔	72
32. 地域冷暖房システム	74

33. 温熱源	75
34. その他の熱源システム	78
35. 熱交換器	80
36. 空気調和機	84
37. 湿度調整	86
38. 送風機	88
39. ダクト	90
40. 制気機器、制気口	92
41. 空気浄化装置	94
42. ポンプ	96
43. 空調配管	99
44. 温熱環境の測定	101
45. 室内空気環境の測定	106
46. 揮発性有機化合物(VOCs)の測定	108
47. 浮遊粉じんの測定	110
48. 浮遊粉じん濃度の計算	111
49. 汚染物質の濃度・強さの単位	112
50. 空気調和設備の維持管理	113
51. 音と騒音の基本事項	116
52. 遮音と透過損失、減衰	118
53. 伝搬音・衝撃音・振動	120
54. 騒音レベルの計算問題	122
55. 遮音等級の図示問題	124
56. 光度・輝度・照度と昼光	124
57. 照明器具	127
58. 照明計算	131
59. 自動制御	133

第3章

空気環境の 調整

45問出題されます。熱工学、流体力学、空気線図、エアロゾル、空調方式、空調機器、換気量の計算、粉じん測定、有害物質の測定法、照度計算、省エネ、自動制御など、温熱、有害物質、光環境等の空気環境について出題されます。

1 熱、音、照明に関する単位

1

熱量・圧力

熱量、圧力を表すために用いられる主な用語と単位は次のとおりです。

① 熱量

熱量とは、熱エネルギーの大きさを、単位 [J] で表します。

② 比エンタルピー

比エンタルピーとは、単位質量の物質の保有するエネルギーで、単位 [kJ/kg] で表します。

③ 比容積

比容積とは、比体積ともいい、物質の単位容積(体積)当たりの質量で、単位 [m^3/kg] で表します。

④ 圧力

圧力とは、単位面積当たりにかかる力、すなわち 1m^2 あたりにかかる力 [N] で、単位 [Pa] で表します。

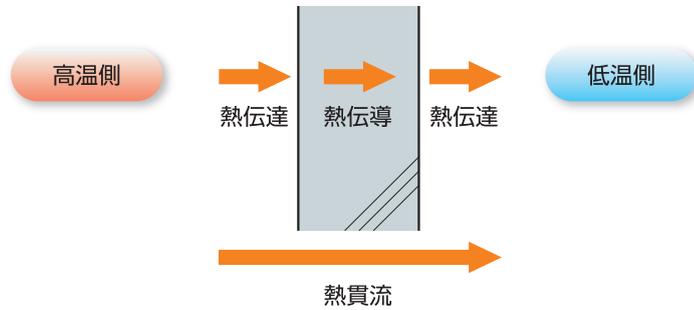
⑤ 日射量

日射量とは、単位面積、単位時間当たりに太陽から受ける放射エネルギーの量で、すなわち、 1m^2 、1秒あたりに受けるエネルギー [J] であり、単位 [W/m^2] で表します。

2

建築物の壁体などにおける伝熱

建築分野では、建築物の壁体などでの伝熱を、**熱伝達**、**熱伝導**、**熱貫流**の過程で考え、次ページに示す用語と単位で表現されています。



① 熱伝達

熱伝達とは、壁などの固体表面と空気などの流体間の伝熱をいいます。

● 熱伝達率

単位面積 [m^2]、単位温度差 [K] あたりに熱伝達する、単位時間あたりの熱量 [W] を**熱伝達率**という。

単位は、 $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となる。

● 熱伝達抵抗

熱伝達率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] の逆数を**熱伝達抵抗**という。

単位は、 $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} = \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ となる。

② 熱伝導

熱伝導とは、壁などの固体内部の伝熱をいいます。

● 熱伝導率

単位面積 [m^2]、単位温度勾配 [K/m] あたりに熱伝導する、単位時間あたりの熱量 [W] を**熱伝導率**という。

単位は、 $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \frac{\text{K}}{\text{m}}} = \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ となる。

※熱伝導率の逆数は**熱抵抗率**という。単位は [$\text{m} \cdot \text{K}/\text{W}$] となる。

● 熱伝導抵抗

熱伝導率 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] の逆数に物体の厚さ [m] を乗じたものを**熱伝導抵抗**という。

単位は、 $\frac{\text{m} \cdot \text{K}}{\text{W}} \times \text{m} = \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ となる。

※熱伝導抵抗の単位は、熱伝達抵抗の単位と同じである。

③ 熱貫流

熱貫流とは、壁などの固体を貫いて、高温側流体から低温側流体へ伝熱することをいいます。

● 熱貫流率

単位面積 [m^2]、単位温度差 [K] あたりに熱貫流する、単位時間あたりの熱量 [W] を**熱貫流率**という。

単位は、 $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} = \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ となる。

熱貫流率の単位は、熱伝達率の単位と同じである。

● 熱貫流抵抗

熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] の逆数を**熱貫流抵抗**という。

単位は、 $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} = \text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ となる。

熱貫流抵抗の単位は、熱伝導抵抗や熱伝達抵抗の単位と同じである。

● 貫流熱流量

貫流熱流量とは、熱貫流による、単位面積 [m^2]、単位時間当たりの熱量 [W] であり、単位 [W/m^2] で表す。

3

音・振動

音、振動を表すために用いられる主な用語と単位は次のとおりです。

① 音の強さ

音の強さとは、単位面積、単位時間当たりに物質が音から受けるエネルギーの量で、すなわち、 1m^2 、 1 秒あたりに受けるエネルギー [J] であり、単位 [W/m^2] で表します。

② 音圧

音圧とは、音により物質が受ける圧力であり、単位 [Pa] で表します。

③ 音圧レベル

音圧レベルとは、音圧を基準値との比の常用対数によって表現したもので、単位 [dB] で表します。

④ 吸音力

吸音力とは、物質の音を吸収する能力で、音が反射されない割合を示す吸音率と吸音材の表面積の積であり、単位 [m^2] で表します。

⑤ 透過損失

透過損失とは、壁などの物質の入射音と透過音の音圧レベルの差で、単位 [dB] で表します。

⑥ 振動加速度

振動加速度とは、振動による単位時間当たりの速度変化量で、単位 [m/s²] で表します。

⑦ 振動加速度レベル

振動加速度レベルとは、振動加速度を基準値との比の常用対数によって表現したもので、単位 [dB] で表します。

4

照明

照明に関する主な用語と単位は次のとおりです。

① 光束

光束とは、単位面積を単位時間内に通過する光のエネルギーを、標準的観測者の目に感ずる明るさによって測った量で、単位 [lm] で表します。

② 光度

光度とは、光源の単位立体角当たりの光束で、単位 [cd] で表します。

③ 立体角

立体角とは空間的広がりをもった角度のことで、単位 [sr] で表します。

④ 輝度

輝度とは、光源の単位投影面積当たりの光度で、単位 [cd/m²] で表します。

⑤ 照度

照度とは、被照射面の単位面積あたりに入射する光束で、単位 [lx] で表します。

⑥ 色温度

色温度とは、光の色を完全放射体(黒体という)がそれと等しい色を出すときの絶対温度で表したもので、単位 [K] で表します。

⑦ 演色性

演色性とは、**基準光で照らした場合の色**を、どの程度忠実に**再現しているかを判定する指標**をいいます。演色性を示す演色評価数は、**0に近いほど基準光源とのずれが大**

1

BRI

BRI(Building-Related Illnesses)とは、**ビル関連病**と訳され、建物環境に関連する疾病のことです。

2

CFC

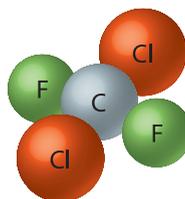
CFC(Chlorofluorocarbon)とは、クロロフルオロカーボンのことで、分子中の塩素によりオゾン層を破壊するので、**特定フロン**として規制されています。

CFC

Chlorofluorocarbon

クロロ・フルオロ・カーボン

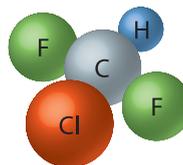
塩素 フッ素 炭素

**HCFC**

Hydrochlorofluorocarbon

ハイドロ・クロロ・フルオロ・カーボン

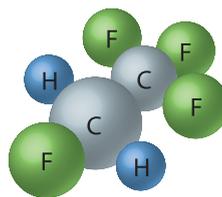
水素 塩素 フッ素 炭素

**HFC**

Hydrofluorocarbon

ハイドロ・フルオロ・カーボン

水素 フッ素 炭素



3

CFU

CFU(Colony Forming Unit)とは、**集落形成単位**(コロニー形成単位ともいう)と訳され、細菌を培養してできた集落(コロニー)数を表す細菌検査で用いられる単位です。

4

COP

COP(Coefficient Of Performance)とは、**成績係数**と訳され、冷暖房機器などのエネルギー消費効率の指標で、消費電力あたりの冷却能力または加熱能力で表します。

5

HID

HID (high-Intensity discharge) とは、**高輝度放電**と訳され、高輝度放電ランプである水銀灯、メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプの総称を、HIDランプといいます。

6

LED

LED (Light Emitting Diode) とは、**発光ダイオード**と訳され、順方向に電圧を加えた際に発光する半導体素子 (ダイオード) です。

7

LCC

LCC (Life Cycle Cost) とは、**ライフサイクルコスト**のことで、建物などの設計・建設段階～運用段階～廃棄段階に生じる総費用のことをいいます。

8

MRT

MRT (Mean Radiant Temperature) とは、**平均放射温度**と訳され、周囲の全方向から受ける熱放射を平均化した温度表示のことです。

9

ODP

ODP (Ozone Depletion Potential) とは、**オゾン層破壊係数**と訳され、大気中に放出された単位重量の物質がオゾン層に与える破壊効果を表します。

10

PAL

PAL (Perimeter Annual Load) とは、**年間熱負荷係数**と訳され、建築物の外壁、窓等を通じての熱損失に関する指標です。

問題集 例題3-3へ >>>

memo

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3

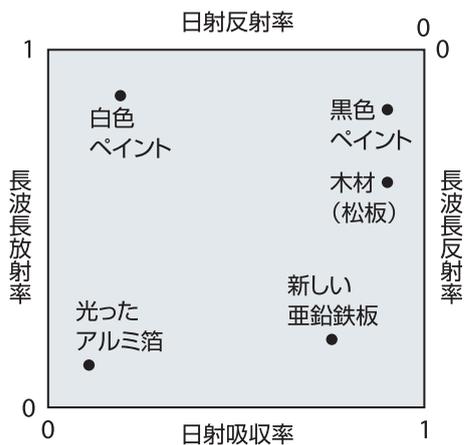
放射率・吸収率

1 放射

すべての物体は温度に応じた大きさの電磁波を放射し、シュテファン・ボルツマンの法則によれば、物体表面から放射される単位面積当たりの放射熱流は、**絶対温度の4乗に比例**します。したがって、温度が**0℃**（絶対温度273K）の固体表面からも、**熱放射**を放出しています。また、常温物体から放射される電磁波は、波長が10μm付近の**赤外線**が主体であり、**長波長放射**と呼ばれます。一方、太陽放射は、**可視光**である0.38μm～0.78μm付近の電磁波の比率が大きいです。

2 放射率と吸収率

キルヒホッフの法則によれば、**同一温度の物体間**での放射に関し、物体の**放射率と吸収率は等しく**なりますが、物体表面の**太陽放射の吸収率（日射吸収率）**は、必ずしも**長波長放射率**と等しくなりません。代表的な建材の長波長放射率と日射吸収率の関係を次に示します。



建材	日射吸収率	長波長放射率
光ったアルミ箔	0.1程度	0.1程度
新しい垂鉛鉄板	0.6～0.7	0.2程度
白色ペイント	0.2程度	0.9程度
木材(松板)	0.9程度	0.6程度
黒色ペイント・アスファルト	0.9程度	0.9程度

4

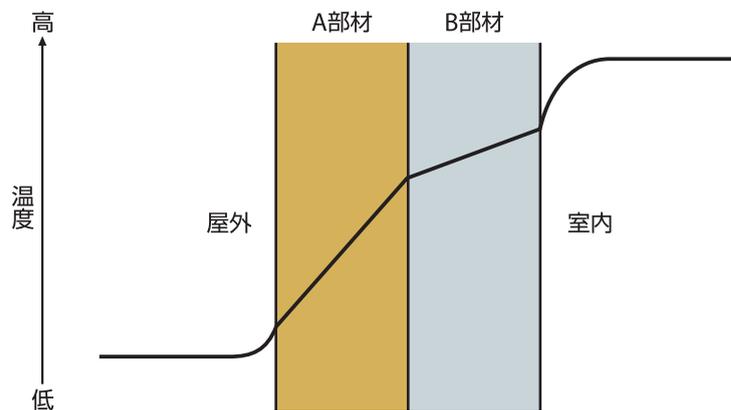
壁内定常温度分布の 図示問題

建築物の壁内の温度分布を示した図に対して、熱流、熱伝導率、断熱方式、防湿層などに関する事項を問う問題が出題されます。

1

熱流、熱伝導率、断熱方式

下の図は、同じ厚さのA部材とB部材で構成された建築物外壁の定常状態における温度分布を示しています。温度を示す線の傾斜を温度勾配といいます。**温度勾配が大きい部材ほど熱を通しにくく、温度勾配が小さい部材ほど熱を通しやすくなります。**



上の図に関する事項は、次のとおりです。

- ① **温度勾配** A部材 > B部材
- ② **熱伝導率** A部材 < B部材
- ③ **熱伝達抵抗** A部材 > B部材
- ④ **熱流**(単位面積当たりの熱流量) A部材=B部材
- ⑤ **熱伝達率** 屋外側 > 室内側
- ⑥ B部材が主体構造体であるとすれば、A部材が断熱材となり、この図は外断熱構造を示している。**断熱材のほうが、温度勾配が大きい。**
- ⑦ 壁表面近傍で温度が急激に変化する部分を**境界層**という。

2

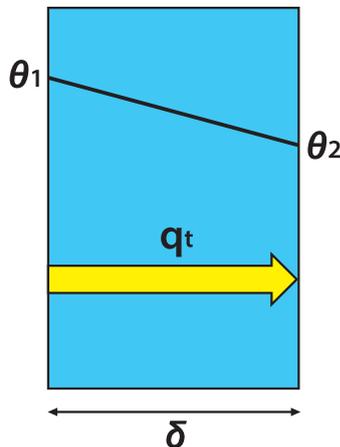
内部結露

壁体内部など部材の内部で発生する結露を内部結露といいます。壁体の内部結露は、冬期に室内側の湿気が断熱材に侵入し、屋外の冷気に冷やされて発生します。したがって、内

1

熱伝導による熱流

熱伝導とは、壁など固体内部の伝熱現象です。熱伝導による熱流は、熱伝導率と温度差に比例して、厚さに反比例します。温度差を厚さで除したものを温度勾配といいます。温度勾配で表現すると、熱伝導による熱流は、熱伝導率と温度勾配に比例します。



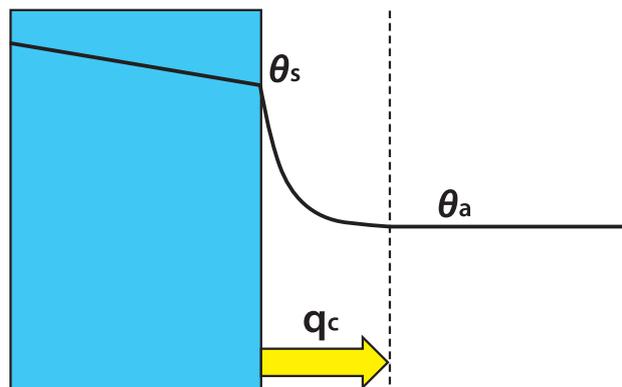
$$q_t = \lambda \frac{\theta_1 - \theta_2}{\delta}$$

q_t : 熱流 [W/m^2]、 λ : 熱伝導率 [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]、 $\theta_1 \cdot \theta_2$: 温度 [K]、 δ : 厚さ [m]

2

熱伝達による熱流

熱伝達とは、壁などの固体と空気などの流体の間の伝熱現象です。熱伝達による熱流は、熱伝達率と温度差に比例します。ここでいう温度差とは、固体の表面温度と流体の温度の差になります。



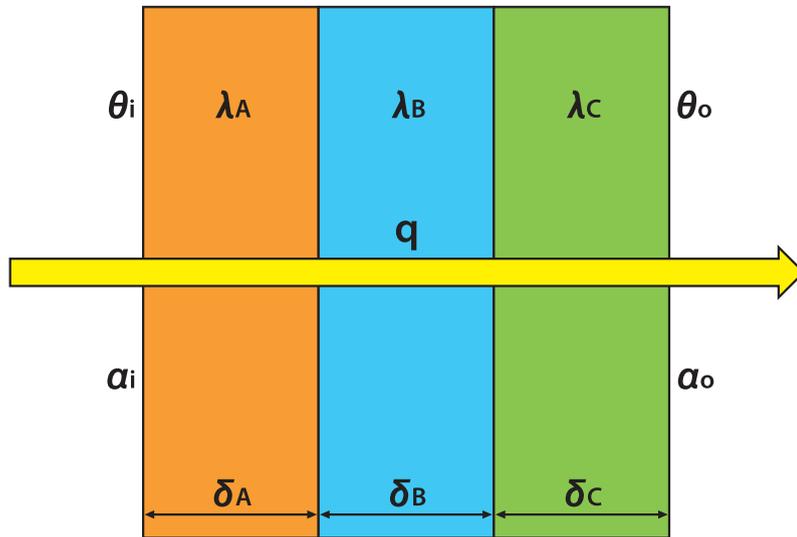
$$q_c = a(\theta_s - \theta_a)$$

q_c : 熱流 [W/m^2]、 a : 熱伝達率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]、 θ_s ・ θ_a : 温度 [K]

3

熱貫流による熱流

熱貫流とは、壁などの固体を通した空気などの流体間の伝熱現象です。流体と固体間は熱伝達、固体内部は熱伝導により、高温流体から低温流体へ固体を貫いて伝熱する現象です。熱貫流による熱流は次のとおりです。



q : 熱流 [W/m^2]、 θ : 温度 [K]、 a : 熱伝達率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]、 λ : 熱伝導率 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]、 δ : 厚さ [m] (添え字は各部の値)

$$R = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_A}{\lambda_A} + \frac{\delta_B}{\lambda_B} + \frac{\delta_C}{\lambda_C} + \frac{1}{\alpha_o}$$

$$q = \frac{\theta_i - \theta_o}{R} = U(\theta_i - \theta_o)$$

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

R : 熱貫流抵抗 [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]、 U : 熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

問題集 例題3-8、3-9、3-10へ >>>

6

熱移動

出題される熱移動に関する一般事項は、次のとおりです。

- **密度が大きい**材料ほど、**熱伝導率は大きく、熱伝導抵抗は小さく**なる。
- 同一材料でも、一般に内部に**湿気を多く含む**ほど、熱伝導率は大きく、**熱伝導抵抗は小さく**なる。
- 同一材料でも、一般に熱伝導抵抗は温度によって異なり、一般に**温度が高いほど熱伝導率は大きく**なる。
- **均質な材料**で作られた**壁内部の温度**は、定常状態であれば厚さ方向へ**直線分布**となる。
- 固体内を流れる**熱流**は、局所的な**温度勾配**に**熱伝導率**を**乗じて**求められる。
- **対流熱伝達率**は、壁表面の**粗度**の影響を受ける。
- **中空層の熱抵抗**は、**一定の厚さ(2~5cm)**までは厚さが増すにつれて増大するが、**それ以上ではほぼ一定**になる。

問題集 例題3-11、3-12へ >>>

7

結露

1

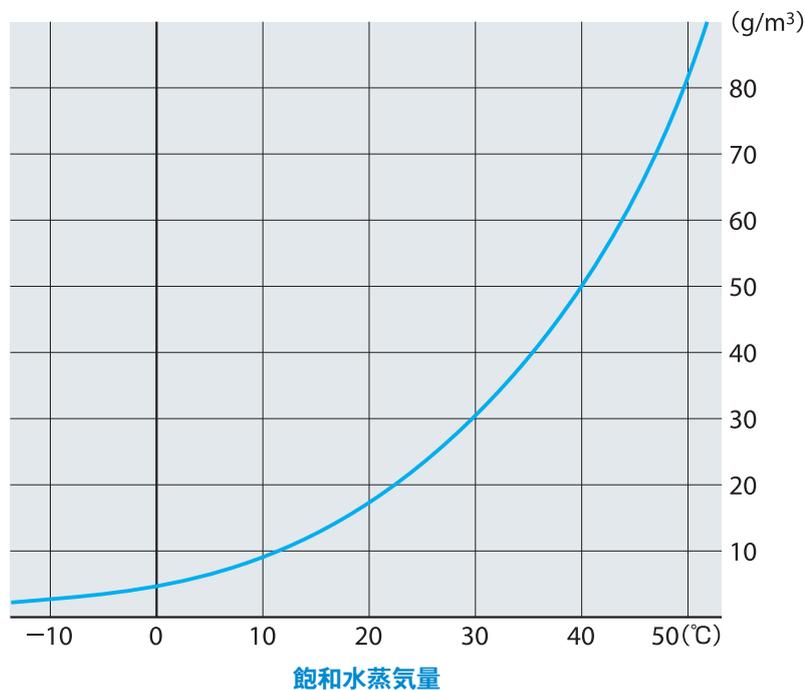
結露とは

結露とは、湿り空気が**露点**以下の温度に冷やされて、湿り空気中の水蒸気が凝縮する現象をいいます。**露点**における湿り空気では、**乾球温度と湿球温度は等しく、相対湿度は100%**となります。

2

結露の発生しやすい状況

通常、室内においては、空気中の**絶対湿度**の空間的な分布は比較的小さいため、局所的に**温度が低い**場所があると、その場所での湿り空気が含むことができる**飽和水蒸気量が減少**し、結果として結露が発生します。また、窓のアルミサッシや乾式工法の壁の間柱部など、断熱材が切れている場所で**熱橋**を生じ、局所的に結露が発生しやすくなります。



3

表面結露

冬季において戸建住宅では、外気に面した壁の**出隅部分**の室内側で表面結露しやすく、収納**家具の裏面**などでは温度が下がりやすく、結露が発生しやすいです。表面結露の防止対策には、室内で発生する**水蒸気**の量を必要以上に大きくしない、室内で**家具などを外壁から離して設置する**などが挙げられます。

4

内部結露

壁体内などの内部結露を防ぐための方策としては、**断熱層の室内側に防湿層**(膜)を設ける方法が一般的に採用されます。水蒸気圧が高い室内側に、**湿気伝導率が低い**材料からなる防湿層を設けることが、内部結露の防止対策として有効です。

8

浮遊粒子の動力的性質

1

浮遊粒子の抵抗

エアロゾル(気体中に浮遊する固体または液体の微粒子)などの浮遊粒子が流体から受ける**抵抗力**は、浮遊粒子の**投影面積**(見かけの面積)、**流体の密度**及び浮遊粒子の流体に対する**相対速度の2乗に比例**します。流体とは、流動性を有する物体、すなわち液体と気体をいいます。

$$\text{抵抗力} \propto \text{投影面積} \times \text{密度} \times \text{相対速度}^2$$

2

浮遊粒子の抵抗係数

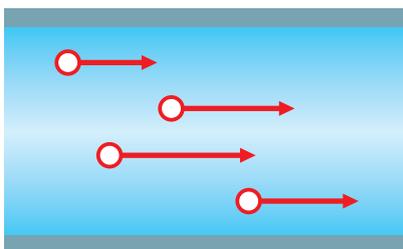
流体の粘性力に対する慣性力の比を、レイノルズ数といいます。浮遊粒子の抵抗係数がレイノルズ数によらず一定の領域をニュートン域、浮遊粒子の抵抗係数がレイノルズ数に反比例する領域をストークス域といいます。すなわち、抵抗係数は、**ニュートン域ではレイノルズ数によらず一定**となり、**ストークス域ではレイノルズ数に反比例**します。その他、浮遊粒子の抵抗係数は、**浮遊粒子が小さくなるほど、気体の分子運動の影響を受けやすくなります**。

$$\text{レイノルズ数} = \frac{\text{流体の慣性力}}{\text{流体の粘性力}}$$

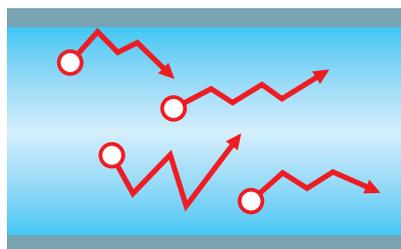
3

浮遊粒子の拡散、飛散

球形粒子の**拡散係数**は、**粒径に反比例**します。また、沈着した粒子が壁面から離れて再び気相に取り込まれる現象を再飛散といいます。**層流**下で**ストークス領域**の粒子の**再飛散**は、**一定室内気流のもとではほとんど生じません**。層流とは、**流体が規則正しく運動している流れ**のことをいいます。流体が不規則に運動している流れを**乱流**といいます。



層流



乱流