

2013年合格目標
 **TAC** 建築士講座

一級建築士

2時間で試験の急所をマスターする！

環境・設備編



温熱感覚

● 温熱要素

人間が感じる暑さ・寒さの感覚を**温熱感覚**（温冷感）といい、温熱感覚に影響を与える要因を**温熱要素**という。

温熱要素は、周囲の物理的な条件による**環境側の要素**と、人の行動や衣服に係わる条件による**人体側の要素**とに分けられる。

1 環境側の要素

環境側の要素には、気温、湿度、気流（風速）、放射（周壁面温度）の4つがあり、これを**温熱4要素**とよぶ。

① 気温

気温は、空気温度であり、単位は**絶対温度** [K: ケルビン] と **摂氏温度** [°C] が多く用いられる。温度差 1 [K] は温度差 1 [°C] と等しい。

② 湿度

気温が高いと体表面温度が上昇して発汗し、その蒸発により気化熱が奪われて体温を一定に保つことができるが、湿度が高いと蒸発が遅くなって不快感が増す。

湿度を表す単位には、**相対湿度**と**絶対湿度**とがある。

$$\text{相対湿度}[\%] = \frac{\text{空気中の水蒸気分圧}[\text{kPa}]}{\text{飽和水蒸気分圧}[\text{kPa}]} \times 100$$

$$\text{絶対湿度}[\text{kg/kg(DA)}] = \frac{\text{空気中の水蒸気質量}[\text{kg}]}{\text{乾燥空気質量}[\text{kg}]}$$

湿度の測定には、気流や放射の影響を小さくし、気温と湿度を同時に測ることのできる**アスマン通風乾湿計**などが用いられる。

③ 気流（風速）

気流の速度が大きいと汗の蒸発を促進し、体表面温度を低下させる効果がある。

夏期において、**冷房時**の気流速度は **0.3m/s 以下**、**通風時**の気流速度は **0.5～1.0m/s 程度**が望ましいとされている。

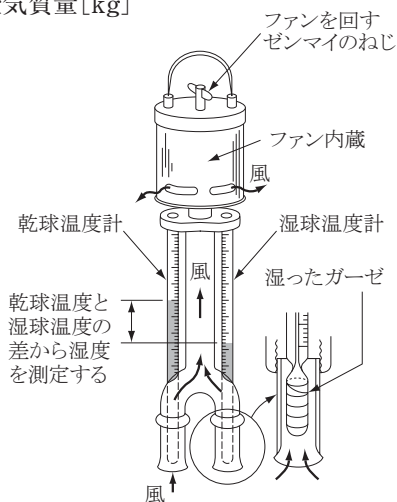
【用語】絶対温度

熱力学により理論的に定義された温度で、ケルビン温度ともいう。絶対温度 0 [K] では物質構成粒子の運動がすべて止まると考えられる。絶対温度 T [K]、摂氏温度 t [°C] とすれば、次式で示される。

$$T = t + 273.16$$

【用語】アスマン通風乾湿計

放射の影響を除くため、乾球と湿球を2重の筒で囲み、ファンによる一定の気流状態のもとで、湿球と乾球の示度の差から湿度を測定する機器。

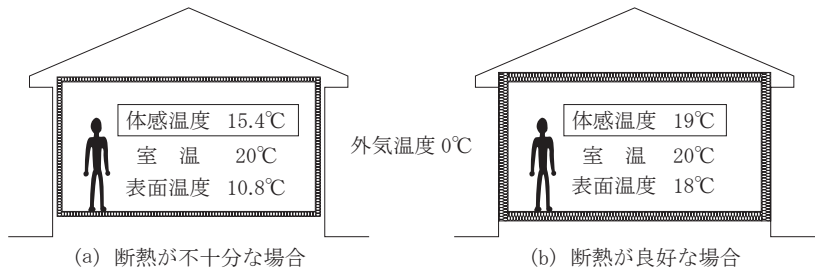


アスマン通風乾湿計

④放射しやうへきめん（周壁面温度）

室内では、人体と周囲の壁面などとの間で放射による熱の授受が行われており、周壁面の温度が高いほど人体への伝熱量は大きくなる。

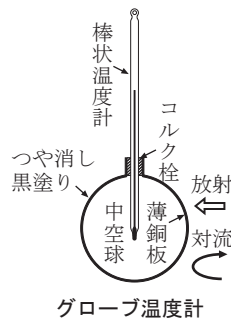
また、冬期の暖房室などで室内の気温が同じでも、断熱が不十分な場合には、熱貫流によって外壁の室内側の表面温度が低下し、放射による人体からの熱損失が大きくなる。



断熱性と体感温度（作用温度）の関係

放射の測定にはグローブ温度計が用いられ、気温、周壁面からの放射、気流による熱損失の3つが平衡した状態での温度（グローブ温度）が示される。

グローブ温度、気温、風速から、平均放射温度（MRT）が求められる。



【用語】グローブ温度計
直径15cmのつや消し黒塗りの銅球内部に棒状温度計を挿入した機器。

【用語】平均放射温度（MRT: Mean Radiant Temperature）
人体への放射の影響を表す値で、次式により求められる。

$$MRT = t_g + 2.37\sqrt{v}(t_g - t_a)$$

t_g : グローブ温度 [°C]
 t_a : 気温 [°C]
 v : 風速 [m/s]

2 人体側の要素

人体側の要素には、代謝量（作業量）と着衣量とがあり、環境側の4要素と合わせて温熱6要素ということもある。

①代謝量（作業量）

人は体内で熱を産出し、それを適度に外部環境に放出して熱平衡を保ち、深部体温を一定に保っている。

人体の発熱量を代謝量といい、顕熱だけでなく、汗や呼気中の水蒸気による潜熱せんねつも含まれる。

代謝量は、椅座安静時（椅子に座って静止した姿勢）には体表面積1m²当たり約58Wとなり、この値を基本単位1met（メット）とする。

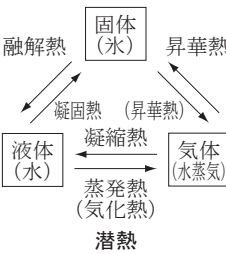
標準的な体格の成人の体表面積は1.6～1.8m²程度であるため、1人当たりの代謝量は約100Wとなる。

代謝量は、活動状態によって異なり、軽作業時よりも重作業時のほうが大きくなり、また、重作業時には発汗や呼吸が活発になるため、顕熱発熱量よりも潜熱発熱量の比率が高くなる。

②着衣量

温熱感覚は着衣量によっても異なり、着衣量は衣服の断熱性能で表される。気温21℃、相対湿度50%、風速1.0m/sのときに、暑くも寒くもないと感じる衣服（成人男子が着ている標準的な背広）の熱抵抗は約0.155m²・K/Wで

【用語】顕熱・潜熱
物体の状態（固体⇄液体⇄気体）を変えずに温度変化だけに使われる熱を顕熱という。反対に、温度を変えずに状態変化だけに使われる熱を潜熱といい、水（液体）が水蒸気（気体）に変わるときに吸収される蒸発熱、その反対の過程で放出される凝縮熱などを指す。



あり、この値を基本単位 1clo (クロ) とする。

Check Point

- ① 温熱快適性を決定する6要素は、環境側の要素として、気温、放射温度、湿度、気流速度の4要素と、人体側の要素として、代謝量、着衣量の2要素を合わせたものである。
- ② 平均放射温度は、グローブ温度、空気温度及び気流速度から求められる。
- ③ 椅座安静状態における成人の単位体表面積当たりの代謝量は、約 $100\text{W}/\text{m}^2$ である。

解答

①正 ②正 ③誤

● 温熱指標

温熱感覚は、環境側と人体側の合計6つの温熱要素によって複雑に変わるため、容易に把握できない。そこで6つの温熱要素のうちのいくつかを総合して1つの数値で表し、温熱感覚を表す目安にしたものが**温熱指標**である。

身近な温熱指標の例として、気象情報などで採り上げられる**不快指数**が挙げられ、精度の高い指標としては、従来から**有効温度**が多く用いられてきた。

現在では、より高度な理論にもとづく**標準新有効温度**および**PMV**と、簡略化されているが実用性の高い**作用温度**の3つが主流となっている。

【用語】 不快指数

気温と湿度の2つの温熱要素を総合して1つの数値で表し、夏期の不快感を簡便に表すのに用いられる。

1 有効温度 (ET)

気温・湿度・気流の3要素を総合した温熱指標。

被験者の感覚による実験にもとづいている。

ある気温・湿度・気流の条件に対して、湿度を100%、風速を0m/sに固定して気温だけを変え、同じ温熱感覚が得られるときの気温の値を、その気温・湿度・気流の条件下での温熱感覚を表す有効温度とする。



ET: Effective Temperature

2 標準新有効温度 (SET*)

気温・湿度・気流・放射・着衣量・代謝量の6要素を総合した温熱指標。

ある状態の**新有効温度** ET* は、この状態と放熱量、平均皮膚温、発汗状態が等しくなる相対湿度50%における気温で示される。新有効温度のうち、いすに座った状態で、着衣量0.6clo、静穏な気流、周壁の温度が気温に等しいという標準状態の場合のものを**標準新有効温度** SET* という。

ASHRAE (米国暖房冷凍空調学会) は、標準新有効温度が $22.2\sim 25.6^{\circ}\text{C}$ の状態を、80%以上の人間が環境に満足感を覚える**快適範囲**としている。



SET*: Standard New Effective Temperature

3 PMV (予想平均温冷感申告)

PMV (予想平均温冷感申告) は、SET* と同様に、**気温・湿度・気流・放射・着衣量・代謝量**の6要素を総合した温熱指標である。



PMV: Predicted Mean Vote

人が普通に活動できる、極端な暑さ寒さでない状態（**熱的中立状態**）を対象とし、**快適方程式**という計算式に、そのときの温熱要素の値を代入して求めた数値で表す。

温冷感（温熱感覚）を多くの人に質問したときに、その**平均的な申告**（回答）を計算式から理論的に**予想**できるという意味から**予想平均温冷感申告**とよぶ。

一般には「+3：暑い、+2：暖かい、+1：やや暖かい、0：どちらでもない（中立で暑くも寒くもない）、-1：やや涼しい、-2：涼しい、-3：寒い」の**7段階**で示される。ただし、ISO（国際標準化機構）では、 $-0.5 < PMV < +0.5$ を快適範囲として推奨している。

PMVに関連する指標として、温熱環境に不満足と感じる人の割合を示す**予想不満足者率（PPD）**がある。



PPD：Predicted
Percentage of Dissatisfied

4 作用温度（OT）

気温・気流・放射という3つの要素を総合した温熱指標。

効果温度ともいい、**放射暖房**を行うときの目安などに用いられる。

静穏気流（風速0.2m/s以下）のとき、**気温と平均放射温度（MRT）**との**平均値**（〔気温+平均放射温度〕/2）で求められる。



OT：Operative
Temperature

Check Point

- ① SET*（標準新有効温度）が20℃の場合、温冷感は「快適、許容できる」の範囲内とされている。
- ② PMVは、室内の温熱感覚に関係する気温、放射温度、相対湿度、気流速度、人体の代謝量及び着衣量を考慮した温熱環境指標である。
- ③ 作用温度は、空気温度、放射温度、湿度から求められる。

解答

①誤 ②正 ③誤

●局所不快感

からだ全体は寒くなくても、手足が冷たいと感ずるときがある。このときの体全体の温熱感覚を**全身温冷感**、手足の冷たさを**局所不快感**（局所温冷感）という。

全身温冷感が中立状態（暑くも寒くもない）に保たれていても、**不均一放射**、**ドラフト**、**室内上下温度分布**、**床温度**などの局所不快感を生じる要因があると快適な状態とはならない。

1 不均一放射

窓面とその周囲の壁面との温度差が大きい場合などに、放射の影響が局所的に異なることによって不快に感じることがある。

ASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）やISO（国際標準化機構）では、不快感を生じる限界となる局所的な表面温度の差を次のように定めている。

●暖かい天井：5℃以内

【用語】有効ドラフト温度
(EDT：Effective
Draft Temperature)
気温差と風速によりドラフトを評価する指標であり、次式で示される。
$$\theta(^{\circ}\text{C}) = (t_x - t_c) - 8(V_x - 0.15)$$
$$t_x$$
：局所気温 [℃]
$$t_c$$
：平均気温 [℃]
$$V_x$$
：局所風速 [m/s]

●冷たい壁面：10℃以内

なお、暖かい壁面や冷たい天井での不均一放射による不快感は比較的少なく、不均一放射による不快感を防ぐには、特に開口部の断熱計画が重要である。

2 ドラフト

冷暖房の風量が大きい場合などに、吹出口の近くでは温度や速度が周囲と異なる気流によって不快感が生じる。この「**望まれない局部気流**」をドラフトという。

室内の気温や平均風速のみでなく、**気流の乱れ**がドラフトによる不快感に影響を与えており、ドラフト感を表す指標として、**有効ドラフト温度（EDT）**や**空気拡散性能指標（ADPI）**がある。

3 室内上下温度分布

断熱の不十分な建築物では、室内の上下温度差が大きくなり、特に暖房時には床付近の温度が低く、上方ほど温度が高くなる。

ISO（国際標準化機構）では、椅座位において、**くるぶしの高さ（床上 0.1m）と頭の高さ（床上 1.1m）**との上下温度差を**3℃以内**にすることを推奨している。

実際の環境下では、上下温度分布が生じる際には、足元の気流速度が増加していることが多く、この許容範囲を満たしていても不快感を感じることもある。

4 床温度

ISO（国際標準化機構）では、通常の**室内**の床温度として**19～26℃**、**床暖房**では、表面温度を体温より高くすると低温やけどの危険性があるため、最高温度を**29℃以下（一般に 30℃以下）**とすることを推奨している。

これらの推奨値は靴をはき、いすに座った状態でのものであり、わが国のように床に座る生活様式では、温冷感が上昇する傾向がある。

Check Point

- ①冷たい壁面による温熱の局所不快を防ぐためには、放射の不均一性（放射温度の差）の限界を 10℃ 以内にすることが望ましい。
- ②気流の乱れの強さが大きいと、平均風速が低くても不快に感じることもある。
- ③床暖房時の床表面温度が体温より高くなると、低温やけどの原因となるので、一般に、床表面温度の上限は 30℃ 程度が望ましい。

【用語】空気拡散性能指標
(ADPI : Air Diffusion
Performance Index)

気流分布性能指標ともいい、室内居住域を立体的な格子点で分割し、全格子点のうち快適域にある点の割合を示す。空調設備の吹出口の性能を表す指標などに用いられる。

解答

①正 ②正 ③正

自然換気

●自然換気の原理

窓を開けると、室内と屋外の空気が自然に入れ換わる。このような自然換気の現象は、気圧の高い側から低い側へと向かう気流によって生じる。

開放された開口部を通じて室内を通り抜ける気流を**通風**とよび、体感温度を下げるができるため夏期の防暑対策として利用される。

1 風力による換気

①風力換気の原理

風力換気は、**風圧力**が駆動力となる。

屋外で吹く風が、建築物などの障害物に遮られたときに働く力を速度圧という。**風速が大きいほど速度圧は大きい。**

また、風速が同じであっても、それを受ける壁面との角度などの条件が異なれば、速度圧の大きさは異なる。各部が受ける**風圧力の大きさ**と**作用方向**を表す係数が**風圧係数**で、**風向き**とそれを受ける各部の**形状**とに関係し、風洞実験等により求められる。

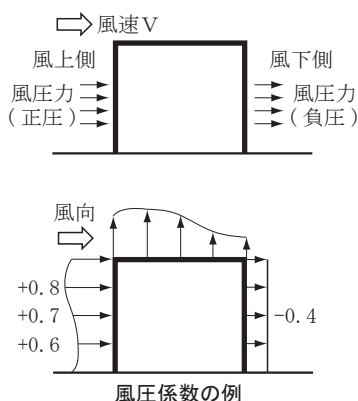
建築物の各部に作用する**風圧力** P_w [Pa] の大きさは、その部分での速度圧 ($\rho V^2/2$) と風圧係数 C の積になり、次式で示される。

$$P_w = C \frac{\rho}{2} V^2$$

C : 各部の風圧係数 ρ : 空気密度 [kg/m³] V : 風速 [m/s]

風圧力は、「**風圧係数**」、「**風速の2乗**」の各々に比例する。

建築物に風が当たると、**風上側壁面**には**圧縮力（正圧）**が、**風下側壁面**には**引張力（負圧）**が作用する。風圧力の異なる2つの壁面に開口部を設けると、**風圧力の大きい壁面の開口部**から屋外の空気が**流入**し、**風圧力の小さい壁面の開口部**から室内の空気が**流出**する。このとき、**風圧係数の大きい側が流入口**、**小さい側が流出口**となる。



速度圧は、空気調和設備の熱搬送設備で学ぶ、ダクトの動圧と同じ意味。



ここでいう風圧係数は、建築基準法（H12 告示第1454号）でいう外圧係数に該当する。外圧係数と内圧係数の差が風力係数である。

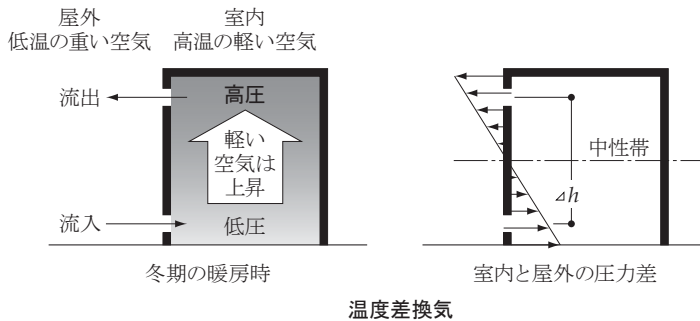


建築基準法施行令 87 条では、空気密度 ρ を 1.2kg/m³ として、速度圧 $q = \rho V_0^2/2 = 0.6V_0^2$ とし、これに速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E を乗じている。

2 温度差による換気

① 温度差換気の原理

冬期の暖房時は、室温が高く、室内の空気は屋外の空気よりも密度が小さく軽い。軽い空気は上昇し、室の上部では空気が圧縮されて屋外よりも高压になり、室の下部では空気が希薄となり屋外よりも低压になる。このとき室の上部と下部に各々開口部を設けると、上部では、気圧の高い室内から**屋外へ流出**し、下部では、気圧の高い屋外から**室内へ流入**する。



また、夏期の冷房時には圧力の関係が逆転し、冬期とは反対に空気は上部の開口部から流入し、下部の開口部から流出する。

機械換気

● 機械換気的方式

機械換気は強制換気ともいい、送風機（ファン）と自然換気口との組合せにより、第1種から第3種までの3種類の方式に分けられる。

また、自然換気と機械換気を併用し、自然換気の省エネルギー性と機械換気の安定性の両方の長所を活かす方式を**ハイブリッド換気**という。

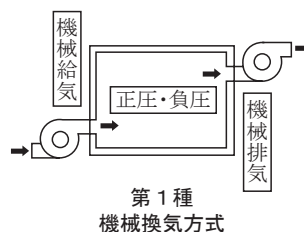
① 第1種機械換気方式（機械給気＋機械排気）

給気、排気ともに**送風機**を用いる方式。

換気量が大きく、安定した換気を行えるため、劇場・映画館などの**大空間居室**や**地下空間**などに適している。

送風機の給・排気量を任意に変えられるため、室内の気圧を周囲よりも高い**正圧**にすることも、周囲より低い**負圧**にすることもできる。

レストラン等の**業務用厨房**にも用いられ、臭気等が他室へ流出しないように、給気量よりも排気量を多くし、厨房内を負圧とする。



② 第2種機械換気方式（機械給気＋自然排気）

給気に**送風機**、排気に**自然換気口**を用いる方式。

排気量よりも給気量のほうが大きく、室内は周囲よりも気圧の高い**正圧**になる。

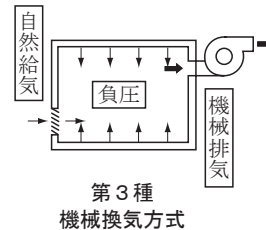
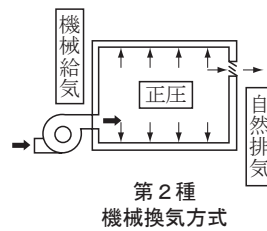
外部の汚染空気が室内に流入するのを避ける**清浄室**（半導体工場のクリーンルーム、病院の手術室）に適している。

③第3種機械換気方式（自然給気＋機械排気）

給気に自然換気口、排気に送風機を用いる方式。

給気量よりも排気量のほうが大きく、室内は周囲よりも気圧の低い**負圧**になる。

室内の汚染空気（臭気、熱、水蒸気を含む）が、隣接する他室に流出するのを避ける**汚染室**（便所、浴室、厨房）に適している。



●全般換気・局所換気

室内での汚染質の種類、発生量、発生源の分布などを考慮して、全般換気と局所換気を適切に選択するのが望ましい。

1 全般換気

全般換気は、外部から導入した新鮮空気で室内の汚染空気を希釈（きしやく）（薄めること）・拡散させ、汚染質の濃度を低下させながら屋外に排出する方式で、**希釈換気**ともいう。

住宅では、一般居室を中心に給気し、便所・浴室などから排気するため、換気経路を確保できるように、扉には**アンダーカット**や**ガラリ**を設ける必要がある。なお、各室ごとに第1種換気方式によって換気を行う場合には、各室に給気口と排気口とが確保されるため、アンダーカット等は不要になる。

2 局所換気

局所換気は、局所的に発生する汚染質を、室全体に拡散させないように直接排出する方式で、全般換気よりも換気量を小さくできる。

汚染質の拡散を防止するための装置として、厨房のレンジフードや、実験室に設置される**ドラフトチャンバー**などがある。



●換気設計

1 計画換気

計画換気とは、新鮮空気の入入れから、汚染空気を外部へ排出するまでの**換気経路を明確**にし、各室ごとに**必要換気量を確保**することをいう。

効果的な計画換気を行うためには、建築物の**気密化**を図り、**漏気**（すき間風）などの把握しにくい自然換気を減らすことが必要になる。

2 換気効率

換気の理論では簡略化のため、汚染質が発生すると瞬時に室内全体に広がって同じ濃度になると仮定することが多く、これを**瞬時一様拡散**とよぶ。しかし実際には、発生した汚染質は、気流によって徐々に拡散し、場所ごとに濃度の差が生じる。

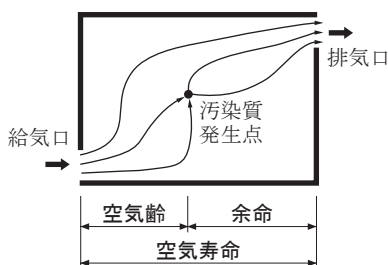
室内では、すべて一様に換気が行われるわけではなく、発生した汚染質が速やかに排出される場所と、長時間滞留する場所とができる。換気効率とは、室内各部の空気が、いかに速やかに新鮮空気と入れ換わるかを示す指標である。室の形状や換気方式によって気流分布や換気効率が異なり、汚染質の濃度は異なる。

3 空気齢

室内に供給された新鮮空気は、室内に長くとどまるほど、汚染度が高くなる。空気齢とは、給気口から入った**新鮮空気**が、室内の各地点に**到達**するまでに要する**時間**で、換気効率を表す指標の1つである。

また、室内の各地点の空気が排気口から排出されるまでの時間を余命といい、空気齢と**余命**を合計した時間を**空気寿命**という。

空気齢が短いほど、その地点の空気の汚染度が低いと考えられ、余命が短いほど、発生した汚染質を速やかに排出できることを表す。



必要換気量

●室内汚染質濃度

1 定常状態の汚染質濃度

室内空気中の汚染質濃度は、汚染質の発生から徐々に上昇し、十分に時間が経過すると、発生量と換気量とが平衡して安定した状態に達する。これを**定常状態**（ていじょうじょう）という。

定常状態での室内空気中の**汚染質濃度** C は、次式により求められる。

$$C = C_o + \frac{M}{Q}$$

C_o : 大気中の汚染質濃度 M : 室内の汚染質発生量 [m³/h] Q : 換気量 [m³/h]

この計算式は、**二酸化炭素**や**水蒸気**などの気体だけでなく、**浮遊粉じん**の場合にも適用される。

2 必要換気量の基準

室内の汚染質濃度を**許容濃度**以下に保つために必要な、最小の換気量を**必要換気量**という。

必要換気量は、**二酸化炭素**を基準とする場合が多く、一般に、1人当たり**30m³/h**程度とされる。ただし、**喫煙**によって生じる空気汚染に対する必要換気量は、**浮遊粉じん**の発生量によってきまる。

必要換気量 Q [m³/h] は、前述の汚染質濃度の計算式から得られる次式によって求められる。

$$Q = \frac{M}{C_a - C_o}$$

C_a : 室内の汚染質許容濃度 C_o : 大気中の汚染質濃度 M : 汚染質発生量 [m³/h]

3 換気回数

換気回数とは、単位時間当たりの換気量を室容積で割った値であり、室容積の大小に係らず、換気の程度を表すのに用いられる。

$$\text{換気回数[回/h]} = \frac{\text{換気量 [m}^3\text{/h]}}{\text{室容積 [m}^3\text{]}}$$

必要換気量から算定される換気回数を必要換気回数といい、室の用途ごとに基準値が設けられている。一例として、事務所ビルの便所では、5～15回/h程度である。

●必要換気量・換気回数の計算

例題-1

気体の汚染物質が発生する室において、イ～ニの条件における汚染物質濃度からみた必要換気回数に、**最も近いものは、次のうちどれか。**ただし、発生した汚染物質は、すぐに室全体に一様に拡散するものとする。

条件

- イ. 室の容積：25m³
 - ロ. 室内の汚染物質発生量：1,500μg/h
 - ハ. 大気中の汚染物質濃度：0μg/m³
 - ニ. 室内空気中の汚染物質許容濃度：100μg/m³
1. 0.4 回/h
 2. 0.6 回/h
 3. 0.8 回/h
 4. 1.0 回/h
 5. 1.2 回/h

〈解答のポイント〉

- はじめに必要換気量を計算し、次に換気回数を計算する。
- 室内空気中の汚染質（汚染物質）を許容濃度 C_a 以下に保つための必要換気量 Q [m³/h] は、次式により求められる。

$$Q = \frac{M}{C_a - C_o}$$

C_o ：大気中の汚染質濃度 M ：室内の汚染質発生量 [m³/h]

- 必要換気回数は、必要換気量を室容積で割って求める。
- 設問で与えられる条件には、次のような場合がある。

(1) CO₂ などの気体の濃度

A. 濃度の単位が空気 1m³ 当たりの質量 [kg/m³、mg/m³、μg/m³]、発生量の単位が質量 [kg/h、mg/h、μg/h] で与えられる。

⇒計算式に数値を直接代入でき、換気量は体積 [m³/h] で算出される。

B. 濃度の単位が比率 [%、ppm]、発生量の単位が体積 [m³/h] で与えられる。

⇒比率を小数または分数に換算してから計算式に代入する。

※ 1% = 0.01 (1/100)、1ppm = 0.000 001 (1/1,000,000)

換気量は体積 [m³/h] で算出される。

(2) 重量絶対湿度（水蒸気量）

濃度の単位が乾燥空気 1kg 当たりの質量 [kg/kg (DA)]、発生量の単位が質量 [kg/h] で与えられる。

⇒計算式に数値を直接代入できるが、換気量は質量 [kg/h] で算出されるため、換気量を求めるには、空気の密度 [kg/m³] で割って体積 [m³/h]

に換算する。

※この場合には通常、空気の密度が与条件に含まれている。

換気量計算の出題パターン（パラメータの単位と注意点）

出題 パターン	汚染質 の種類	$(C - C_0) \times Q = M$			注意点
		C, C_0	Q	M	
パターン ①	気体	汚染質濃度 [mg/m ³]	換気量 [m ³ /h]	汚染質発生量 [mg/h]	
パターン ②	気体	汚染質濃度 [ppm]	換気量 [m ³ /h]	汚染質発生量 [m ³ /h]	・ [ppm] = 1/1,000,000(無次元)
パターン ③	水蒸気	重量絶対湿度 [kg/kg(DA)]	換気量 [m ³ /h]	水蒸気発生量 [kg/h]	・ 換気量 Q を求める際、質量基準 [kg/h] を空気の密度 [kg/m ³] で割って、体積基準 [m ³ /h] に換算する。 ・ [kg/kg(DA)] は無次元。

※パターン①では、 C, C_0 は [μ g/m³]、 M は [μ g/h] など与えられることもある。

※パターン②では、 C, C_0 は [%] で与えられることも考えられる。[%] = 1/100 で換算する。

※換気量 Q の条件は、室容積 [m³] × 換気回数 [回/h] で与えられることもある。

※換気量 Q を求めたあと、換気回数を求める場合もある。

解答

①濃度の単位が空気 1m³ 当たりの重量 [kg/m³、mg/m³、 μ g/m³]、発生量の単位が重量 [kg/h、mg/h、 μ g/h] で与えられているため、計算式に数値を直接代入して必要換気量 Q を求める。

$$Q = \frac{M}{C - C_0} = \frac{1,500 \text{ [mg/h]}}{(100 - 0) \text{ [mg/m}^3\text{]}} = 15 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

②必要換気量を室容積で割って必要換気回数 N を求める。

$$N = \frac{15 \text{ [m}^3\text{/h]}}{25 \text{ [m}^3\text{]}} = 0.6 \text{ [回/h]} \quad \cdots \cdots \text{解答 2}$$



計算式に単位を明記することが計算を間違えないための秘訣である。

伝 熱

●熱の移動

水が高い所から低い所に流れるように、熱は常に**高温側から低温側に移動し**、逆方向に流れることはない。

熱移動の基本形態（プロセス）には、**伝導**（熱伝導）、**対流**（熱対流）、**放射**（熱放射）の3つがある。



1 伝導（熱伝導）

熱が**物質**を伝わって、高温側から低温側へ移動する現象。

固体だけでなく液体や気体にも見られるが、密度の高い物質ほど熱を伝えやすいため、伝熱は固体が最も大きく、液体、気体の順に小さくなる。

2 対流（熱対流）

熱が気体や液体など、**流体の循環**によって移動する現象。

伝熱の大きさは、水や空気など、流体の種類によって異なる。

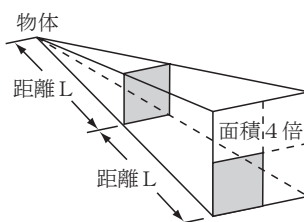
各部に温度差があると、浮力によって流体は移動する。この浮力だけによる流れを**自然対流**、風や送風機・ポンプなど、外部からの力による流れを**強制対流**という。

3 放射（熱放射）

熱が物体から他の物体へ直接、**電磁波**の形で移動する現象。

太陽の発する熱（日射）が、空気のない大気圏外を通過して地球に届くように、**真空中**でも熱は伝わる。

放射による伝熱は、熱を発する物体の**温度が高いほど大きく**、伝熱量は**絶対温度の4乗に比例**する。



【用語】ステファン・ボルツマンの法則

物体から放射される熱 E は、表面の絶対温度の4乗に比例する。

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

ε : 放射率

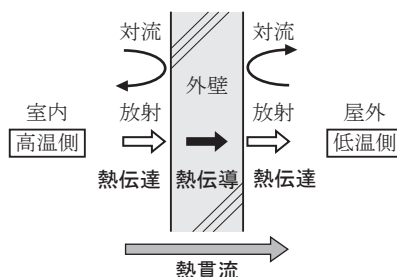
σ : ステファンボルツマン定数

T : 物体表面の絶対温度 [K]

放射による伝熱量は、物体からの距離の2乗に反比例して減衰する。たとえば、熱を放射している物体からの距離が2倍になると、同じ量の熱が4倍の面積に拡散するため、単位面積当たりの受熱量は1/4になる。

●壁体の伝熱

環境工学では、建築物の壁体などでの熱移動を、**熱伝達**、**熱伝導**、**熱貫流**^{かんりゅう}という3つの過程として考える。



1 熱伝達

熱伝達は、空気から壁面、または、壁面から空気という、気体と固体の間の熱移動である。

主に空気の**対流**と、他の物体からの**放射**という2つの要因があり、対流による伝熱を**対流熱伝達**、放射による伝熱を**放射熱伝達**という。

2 熱伝導

材料の**高温側表面**から内部を通過し、**低温側表面**へと熱が移動する現象であり、基本的な熱移動の「伝導（熱伝導）」と同じ過程である。

壁体が種類の異なる**複数の材料**で構成されている場合にも、複合した壁体の高温側表面から順に熱が受け渡され、低温側表面へと熱が移動する。

3 熱貫流^{ねつかんりゅう}

高温側の空気から壁面への**熱伝達**、壁面から反対側の壁面への**熱伝導**、そして壁面から低温側の空気への**熱伝達**という連続した熱移動を、すべて**総合**した過程が熱貫流である。

●伝熱の指標

1 熱伝達率（ α ）

壁表面と空気との間での「熱の**伝わりやすさ**」を示し、値が**大きい**ほど熱が**伝わりやすい**ことを表す。

熱伝達は、対流熱伝達と放射熱伝達の2つに分けられるため、各々を**対流熱伝達率**、**放射熱伝達率**とよび、全体の熱伝達率（**総合熱伝達率**）は2つを合計した値になる。

①単位

熱伝達率は、気温と壁表面温度との差 1K （ケルビン）当たり、壁の表面積 1m^2 当たり、**1秒間**当たりの熱量（ W ：ワット）で、単位は $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ 。

②熱伝達抵抗 ($1/\alpha$)

熱伝達率 (α) の逆数で、値が大きいほど熱が伝わりにくいことを表す。

単位は、熱伝達率の単位の分母と分子を入れ換えた [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]。

③熱伝達率の値

熱伝達率は各種の条件により異なるが、設計段階で一般的に用いられる値を右の表に示す。

	熱伝達率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	
	屋外側	室内側
総合熱伝達率	23.3	9.3

④熱伝達率の特性

熱伝達率の値が大きくなる要因には、次の2つがある。

(1) 壁の表面に当たる**風速が大きいほど、大きい**。

風速が大きいと、強制対流による伝熱が大きくなる。一般に、風速の大きい屋外のほうが室内よりも熱伝達率の値は大きい。

(2) 壁の表面の**凹凸が大きいほど、大きい**。

壁表面が粗面で、空気と接する面積が大きいと、熱伝達率の値は大きくなる。

Check Point

- ①壁体表面の対流熱伝達率は、風速が大きいほど大きくなる傾向がある。
- ②壁体表面の熱伝達率は、一般に、平滑面よりも粗面のほうが大きい。
- ③物体の表面から射出される放射量は、物体の表面の絶対温度を2倍にすると16倍になる。

解答

①正 ②正

③正 物体表面の絶対温度の4乗に比例する。

2 熱伝導率 (λ)

壁を構成する各材料の内部での「熱の伝わりやすさ」を示し、値が大きいほど熱が伝わりやすいことを表す。ただし、材料の種類ごとに熱伝導率の値は異なる。

①単位

熱伝導率は、壁を構成する各材料の両側の表面温度の差 1K 当たり、表面積 1m^2 当たり、1 秒間あたりに伝わる熱量 (W) である。ただし、材料の厚さが増すほど熱は伝わりにくくなることから、材料の厚さ 1m 当たりの値で表す。そのため、単位は熱伝達率とは異なり、 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ である。

②熱伝導抵抗 (d/λ)

熱伝導率 (λ) の逆数に材料の厚さ (d) を掛けた値で、この値が大きいほど熱が伝わりにくいことを表す。

材料の厚さを含むため、単位は熱伝達抵抗と同じ [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$] になる。

	材料名	熱伝導率 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
金 属	アルミニウム	210
	鋼材	45
セメント ガラス	コンクリート	1.4
	れんが	0.80
	板ガラス	0.78
	ALC	0.17
木 材	軽量材(杉)※	0.14
断熱材	グラスウール	0.05
その他	水	0.55
	空気	0.02

※気乾状態 (含水率 80%)。

熱伝導率の単位の分母と分子を入れ換えるのではないことに注意する。なお、熱伝導率の逆数 ($1/\lambda$) は**熱伝導比抵抗** (単位: $\text{m} \cdot \text{K}/\text{W}$) という別の名称になる。

③熱伝導率の値

代表的な建築材料の熱伝導率を表に示す。

④熱伝導率の特性

材料の熱伝導率が**大きくなる** (伝熱が大きくなる) 要因には、次の3つがある。

(1) 材料内部に含まれる**空気量が少ないと、大きい**。

前述のように、気体のような密度の低い物質は伝導による伝熱が小さい。身近な生活環境で最も密度の低い物質は空気であり、内部に含まれる空気量が少ないほど、材料全体の熱伝導率は大きくなる。

(2) 材料内部の**空気が流動すると、大きい**。

空気中では、伝導よりも対流による伝熱のほうが大きいため、空気が流動して対流が大きくなると、熱伝導率は大きくなる。

(3) 材料の**温度が高いほど、一般に大きい**。

熱伝導率は温度によって変化し、大部分の材料は温度が高くなると、それに比例して大きくなる。ただし、シリコンゴムなどのように、温度上昇に比例して熱伝導率が小さくなる材料もある。

熱伝導に関する重要事項

●材料が**水や湿気**を吸収すると、熱伝導率が**大きくなる**。

これは、材料内部の熱伝導率の小さい**空気**が、それよりも熱伝導率のはるかに大きな**水** (約 25 倍) と入れ替わるためである。**グラスウール**などの水湿分を吸収しやすい材料は特に影響を受けやすく、**断熱性能**が大きく**低下**する。

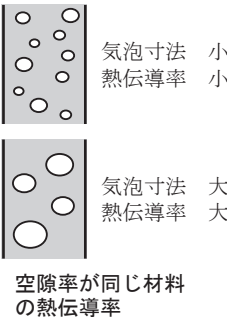
●材料の**かさ比重**が**大きい**ほど、一般に熱伝導率が**大きくなる**。

たとえば、「**金属**>**コンクリート**>**木材**」という大小関係になる。これは、材料内部に含まれる気泡が少ないほど、熱が伝わりやすくなるためである。

ただし、**グラスウール**などの繊維系の断熱材は、建材として使用される範囲では、かさ比重が大きいほど、反対に熱伝導率が**小さくなる**。これは、内部に生じる**空気の流動**の影響が強く現われるためである。

●材料の内部に含まれる空気量の合計が同じ (**空隙率が同じ**) 場合には、**気泡寸法**が**大きい**ほど、熱伝導率が**大きくなる**。

これは、気泡寸法が大きくなるほど、気泡内部の**対流**による伝熱が**大きくなる**ためである。



【用語】かさ比重

内部に気泡を含んだ状態の体積で、質量を割った値。見かけの密度ともいう。

【用語】空隙率

内部に気泡を含んだ状態の体積のうち、気泡の占める割合。

Check Point

- ① 繊維系の断熱材が結露などによって湿気を含むと、その熱伝導抵抗は小さくなる。
- ② グラスウールは、一般に、かさ比重が大きくなるほど熱伝導率は小さくなる。
- ③ 同種の発泡性の断熱材で、空隙率が同じであれば、材料内部の気泡寸法が大きいものほど、熱伝導率は小さくなる。

解答

①正 ②正 ③誤

3 熱貫流率 (K)

熱貫流率は、高温側の壁表面での熱伝達、壁内部での熱伝導、低温側の壁表面での熱伝達を総合した「壁全体の熱の伝わりやすさ」を示し、値が**大きい**ほど熱が**伝わりやすい**ことを表す。

熱貫流率は、外壁などの断熱性能を示すのに用いられ、値が**大きい**ほど、逆に**断熱性能が低い**ことを表す。

①単位

熱貫流率は、壁の両側の気温差 1K 当たり、壁の表面積 1m² 当たり、1 秒間あたりに壁を通過する熱量 (W) で、単位は熱伝達率と同じ [W/(m²・K)]。

②熱貫流抵抗 (R)

熱貫流抵抗は、熱貫流率の**逆数** (1/K) で、この値が**大きい**ほど熱が**伝わりにくい**ことを表す。単位は、熱伝達抵抗や熱伝導抵抗と同じ [m²・K/W]。

熱貫流抵抗 R は、次式で求められる。

$$\text{熱貫流抵抗 } R = R_{ai} + (R_{\lambda 1} + R_{\lambda 2} + \cdots + R_{\lambda n}) + R_{ao}$$

R_{ai} : 室内側熱伝達抵抗 (1/ α_i) R_{ao} : 屋外側熱伝達抵抗 (1/ α_o)

$R_{\lambda 1} \sim R_{\lambda n}$: 壁体各部の熱伝導抵抗 (d/λ)

※伝熱の抵抗値は、**電気抵抗**を直列に連結したときの、電路全体の抵抗値と同じ考え方をする。

$$\text{全体の電気抵抗値 } R = R_{A1} + R_{B1} + R_{B2} + \cdots + R_{Bn} + R_{A2}$$

③平均熱貫流率

部分的に熱貫流率が異なる壁体の平均熱貫流率は、各部の面積から比例配分で求められる。

$$\text{平均熱貫流率 } K = \frac{K_1 \cdot A_1 + K_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2}$$

窓の熱貫流率: K_2 面積: A_2 壁の熱貫流率: K_1 面積: A_1
--

④熱貫流量 (Q)

1 秒間に**熱貫流**によって壁体を通過する**熱量**。単位は [W (ワット)]。

熱貫流量 Q [W] は、次式で求められる。

$$\text{熱貫流量 } Q = KA(t_i - t_o)$$

K: 熱貫流率 [W/(m²・K)] A: 壁体の面積 [m²]

t_i, t_o : 室内、屋外の気温 [K]

Check Point

- ①断熱材が結露などによって湿気を含むと、その熱貫流抵抗は大きくなる。
- ②単一の材料からなる壁を単位時間に貫流する熱量は、壁体の両側の空気の温度差及び表面積に比例し、必ずしもその厚さには逆比例しない。
- ③単一の材料からなる壁を単位時間に貫流する熱量は、定常状態において、壁体の表面積が2倍になると2倍になり、壁の厚さが2倍になると1/2になる。

解答

- ①誤 ②正
- ③誤 壁の厚さが2倍になっても、熱伝達抵抗が変わらないため熱貫流抵抗は2倍にならず、熱貫流量は1/2にならない。

●伝熱の計算

1 熱貫流率 (K) の計算

熱貫流率を求めるには、はじめに、屋外側熱伝達抵抗、室内側熱伝達抵抗、壁体各部の熱伝導抵抗の総和から熱貫流抵抗 (R_t) を計算し、次にその逆数を計算する。

熱貫流率 $K = \frac{1}{R_t}$

例題

イ～ハの条件により、厚さ15cmのコンクリートの壁体の熱貫流率を求めよ。ただし、定常状態とする。

- 条件
- イ. コンクリートの熱伝導率 $\lambda = 1.4\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
 - ロ. 屋外側の熱伝達率 $\alpha_o = 23\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 - ハ. 室内側の熱伝達率 $\alpha_i = 9\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

解答

はじめに熱貫流抵抗を求め、その逆数を計算する。

熱貫流抵抗 $R_t = \frac{1}{23} + \frac{0.15}{1.4} + \frac{1}{9} \div 0.26\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

熱貫流率 $K = \frac{1}{0.26} \div \boxed{3.8}\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \cdots \cdots \text{解答}$

【用語】定常状態

時間が経過しても、壁体各部の温度や気温が変化せず、熱の流れが常に一定の状態をいう。

2 熱貫流量 (Q) の計算

例題

イ～ハの条件により、窓のある壁体の熱損失の値を求めよ。ただし、定常状態とする。

- 条件
- イ. 外壁（窓を含む）の面積 $A_1 = 20\text{m}^2$
 - ロ. 窓の面積 $A_2 = 10\text{m}^2$
 - ハ. 居室の温度 $t_i = 25^\circ\text{C}$
 - ニ. 外気の温度 $t_o = 5^\circ\text{C}$
 - ホ. 外壁（窓を除く）の熱貫流率 $K_1 = 0.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 - ヘ. 窓の熱貫流率 $K_2 = 2.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

解答

熱損失とは室内から屋外に流出する熱貫流量であり、外壁（窓を除く）部分と窓部分の熱貫流量を各々計算し、それを合計することで全体の熱貫流量が求められる。

$$\text{外壁の熱貫流量 } Q_1 = 0.5 \times (20 - 10) \times (25 - 5) = 100\text{W}$$

$$\text{窓の熱貫流量 } Q_2 = 2.0 \times 10 \times (25 - 5) = 400\text{W}$$

$$\text{全体の熱貫流量 } Q = 100 + 400 = \boxed{500}\text{W} \quad \cdots \cdots \text{解答}$$

※居室の温度 t_i と外気の温度 t_o の単位が $[\text{℃}]$ で与えられているときは、本来は、熱貫流率の単位に合わせて $[\text{K (ケルビン)}]$ に換算する必要がある。

$$t_i = 25\text{℃} \div (273 + 25)\text{K} \quad t_o = 5\text{℃} \div (273 + 5)\text{K}$$

ただし、気温差を求めると単位にかかわらず同じ数値になるため、次のように $[\text{℃}]$ のままで差を求め、単位を $[\text{K}]$ に換えればよい。

$$\text{気温差 } t_i - t_o = 25\text{℃} - 5\text{℃} = 20\text{℃} \Rightarrow 20\text{K}$$

結 露**●結露現象**

結露は、壁体各部の温度が低下したとき、これに触れた空気が冷却されて露点温度以下になり、空気中の水蒸気が凝縮して水滴に変わる現象である。

1 結露の種類

結露は、発生する部位により、外壁や窓ガラスの表面に発生する**表面結露**と、壁体や材料の内部に発生する**内部結露**とに分けられる。

また、温度低下による一般的な**冬型結露**のほかに、高温多湿の空気が低温の空間に流れ込み、相対湿度を上昇させることによって発生する**夏型結露**がある。この現象は比較的熱容量が大きく、断熱性能の高い建築物で生じることが多く、換気を行うと湿度の高い空気の流入が増加して結露がひどくなることがある。

2 結露の発生条件**①表面結露**

次のような、断熱性能が劣り、表面温度が他より低下する部位に発生しやすい。

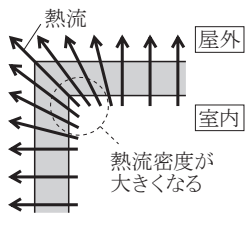
(1) 窓まわり

窓ガラスは断熱材を挿入できないので、他の外壁部分と比べて断熱性能が劣る。また、サッシ枠も熱伝導率が非常に大きいアルミニウムが多く用いられることが多いため、窓まわり全体からの熱損失が大きく、結露が発生しやすい。

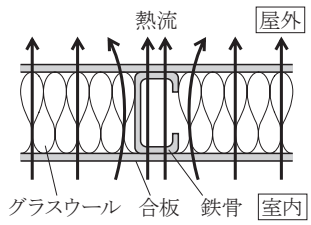
(2) 熱橋（ヒートブリッジ）

外壁の**隅角部**は、室内側よりも屋外側のほうが表面積が大きいため、一般の

壁面より熱が逃げやすい。また、構造体の一部に極端に熱伝導率の大きな部分があると、その部分に熱が集中して流れ、室内側表面に結露が発生しやすい。このような部分を**熱橋（ヒートブリッジ）**といい、**冷橋（コールドブリッジ）**^{れいきょう}ということもある。



隅角部の熱橋

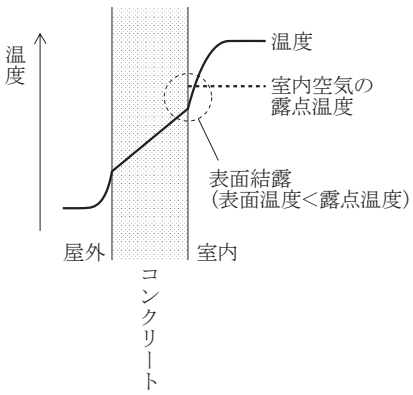


構造体による熱橋

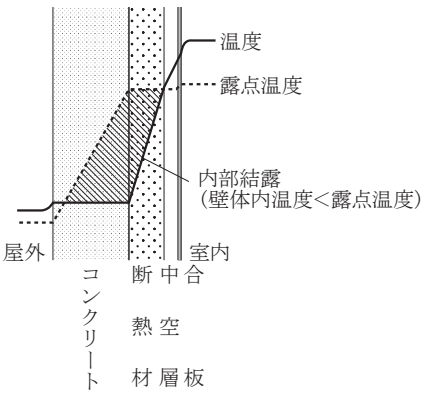
②内部結露

熱と同様に空気中の湿気（水蒸気）も、壁体を通過して、水蒸気分圧の高い側（高湿側）から低い側（低湿側）へと移動する。

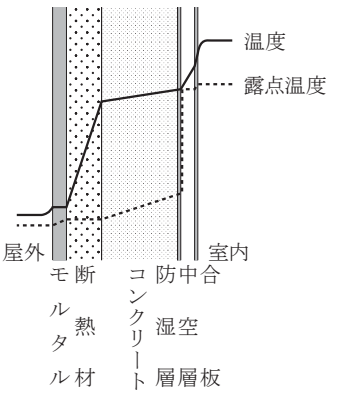
壁体各部の温度変化に伴って水蒸気分圧も変化し、露点温度以下になると飽和水蒸気分圧をこえて結露する。



表面結露



内部結露



外断熱による内部結露の防止

採 光

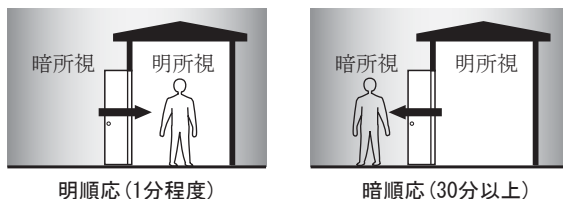
●視覚の特性

人間の目は、カメラと似た構造をしており、光をとらえて様々な情報を得ることができる。

1 明るさと順応

眼球の網膜上には、明るい所で働き、色の識別をする細胞（すい状体）と、暗い所で働き、色を識別できない細胞（かん状体）の2種類が分布している。人間の目は、周囲の明るさに合わせてこの2つを使い分けており、明るい所での視覚を**明所視**、暗い所での視覚を**暗所視**とよぶ。

目は周囲の明るさが急に変わると、働く視細胞を交替させ、明るさに慣れようとする「順応」を行う。暗所視から明所視に変わる場合を**明順応**といい、**数分**程度の時間で終わるが、明所視から暗所視に変わる**暗順応**には、**30分程度**が必要とされる。



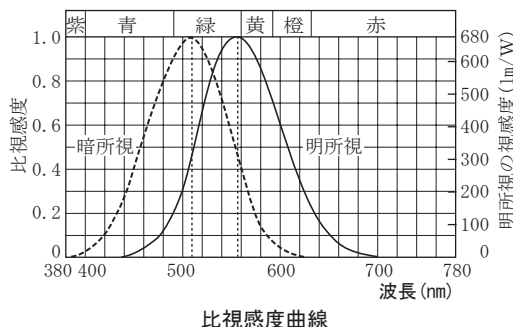
2 視感度

人間の視覚は、可視光線全体を等しい強さで感じるのではなく、光の強さへの感覚は波長によって異なる。

光への感応の鋭敏さを**視感度**とよぶ。最も視感度が高い波長は、可視光線（380～780nm）の中央付近で、太陽光を7色に分けたときの**緑色**に相当する。

最も高い視感度を基準とした比率が**比視感度**で、明所視における標準的な人間の比視感度（標準比視感度）を、光の波長ごとに示したものが**比視感度曲線**である。

明所視での視感度が最も高いのは、**黄緑色**付近（555nm 程度）の光だが、暗所視では、これより波長の短い**青緑色**付近（507nm 程度）に移行する。



【用語】視感度

写真フィルムの感光しやすさを「感度」といい、視覚の場合にも同様の意味で使われる。

3 プルキンエ現象

明るいときには同じ明るさ（明度）に見える「赤」と「緑や青」が、暗くなると赤が暗く（明度が低く）沈んで見え、緑や青が明るく（明度が高く）浮き上がって見えるようになる。暗所視では、明所視の場合よりも波長の短い光で比視感度が最も高くなることからこの現象が生じる。この現象をプルキンエ現象という。

例えば、道路標識や誘導灯に緑や青を背景色に使ったものが多いのは、夜でも識別しやすいようにするためである。

4 明視の四条件

視対象を正確に認識するための条件として次の4つが挙げられる。

- (1) 明るさ : 視対象の輝度が高いこと。
- (2) 対比 : 視対象と背景との輝度対比が大きいこと。
- (3) 大きさ : 視対象の視角が大きい（視野に占める範囲が広い）こと。
- (4) 動き(時間) : 視対象の動きが遅く、長い時間見られること。

Check Point

- ①人の目が光として感じるのは、約 380~780nm の波長の放射である。
- ②ある面からの放射エネルギーが同じ場合、人の目（明所視）には赤色よりも緑色のほうが強く感じられる。
- ③明所視において同じ比視感度である青と赤であっても、暗所視においては、青より赤のほうが明るく見える。

●測光量

明るさを表す尺度には、光束・光度・照度・光束発散度・輝度の5種類があり、目的に応じて使い分けられる。

1 光束

ある面を単位時間（1 秒間）に通過する光の放射エネルギー量であり、測光量の基本になる。

人間の視覚は波長によって光の強さの感覚が異なるため、視覚の特性（感度特性）に合わせ、明所視での比視感度による補正（視感度補正）を行っている。すなわち、人の目が強く感じる波長の放射エネルギー量が大きくなるように補正されている。このため、光束を基本とする他の4つの測光量も純粋な物理量ではなく、視感度補正がなされていることになる。

単位は [lm : ルーメン]。

2 光度

点光源から特定の方向に出射する、単位立体角（1 [sr : ステラジアン]）当た



明視の四条件に、「距離」は含まれない。

解答

①正 ②正 ③誤

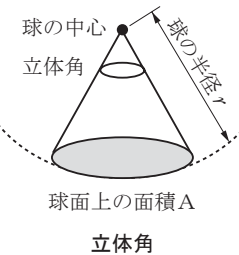
【用語】点光源

光を受ける面（受照面）までの距離と比べ、はるかに小さいため、計算や測定をするときに、その大きさを無視できる光源。

【用語】立体角

3次元空間での角度。単位は[sr:ステラジアン]。半径rの球面上の面積をAとすると、立体角 ω は次の計算式で求められる。

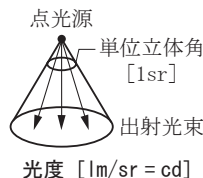
$$\omega = \frac{A}{r^2}$$



りの**光束**を表す。

ランプや照明器具が発する光の量は方向により異なるため、各方向ごとの光度の分布（**配光分布**）で示される。

単位は、 $[\text{cd} : \text{カンデラ}]$ または $[\text{lm}/\text{sr}]$ 。

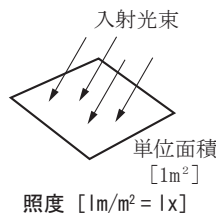


3 照度

受照面（光を受ける面）に**入射**する、単位面積当たりの**光束**を表す。

光の方向と受照面との角度によって変わり、採光や照明による室内の明るさを示す目安として用いられる。

単位は、 $[\text{lx} : \text{ルクス}]$ または $[\text{lm}/\text{m}^2]$ 。

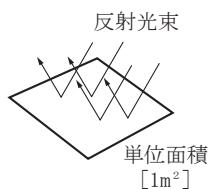


4 光束発散度

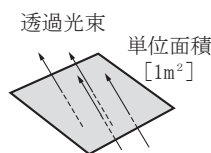
光を発する面（光源、反射面、透過面）から**出射**する、単位面積当たりの**光束**を表す。

不透明な材料の場合の**反射光束発散度**は**反射率**を、透明・半透明な材料の場合の**透過光束発散度**は**透過率**を、各々**照度**に掛けて求められる。

単位は、 $[\text{lm}/\text{m}^2]$ 。



反射光束発散度 $[\text{lm}/\text{m}^2]$



透過光束発散度 $[\text{lm}/\text{m}^2]$

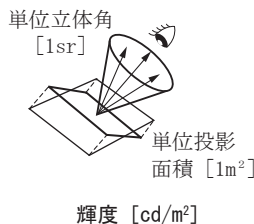
5 輝度

光を発する面（光源、反射面、透過面）から**特定方向**に**出射**する、単位投影面積（光の出射方向に垂直に投影した面積）当たり、単位立体角当たりの**光束**を表す。

光束発散度は、光を発する面から出るすべての方向の光を含むが、輝度は、特定方向の光だけを対象としており、光を発する面を特定方向から見たときの明るさに相当し、人間の感覚に近いので、光環境に関する分野で多く用いられる。

また、すべての方向に対して輝度が等しい面を**均等拡散面（完全拡散面）**といい、このような面の輝度は、**照度**と**反射率**との積に比例する。

単位は、光度の単位 cd を用いた $[\text{cd}/\text{m}^2]$ 。



以前は光束発散度の単位を特に $[\text{rlx} : \text{ラドルクス}]$ と呼んだが、SI 単位系では $[\text{lm}/\text{m}^2]$ を用いる。



「単位立体角当たりの光束」は光度であるから、輝度は「単位投影面積当たりの光度」ということもできる。

Check Point

- ① 光束は、光の物理的なエネルギー量を表すもので、照度と異なり、波長別の視感度補正はされていない。
- ② 輝度は、光源面の他に、反射面及び透過面についても定義することができる。
- ③ どの方向から見ても光度が一樣となる面を、完全拡散面という。

解答

① 誤 ② 正 ③ 誤

● 屋 光

日光ちゅうこうとは太陽による自然光のことで、近年、人工照明に消費するエネルギーを低減するため、その活用が期待されている。

1 昼光照明

採光によって室内の明るさを維持することを昼光照明という。計画に当たっては、次の点に留意しなければならない。

- ①方位や天候により、明るさの変動が大きい。
- ②過剰な明るさやまぶしさをもたらすことがある。
- ③日射熱の侵入により、空調負荷が増加することがある。

2 全天空照度

日光は、大気圏外から直接地上に到達する**直接光**（直射光）と、大気中で散乱した後に地上へ到達する**天空光**とに分けられる。このうち、直接光は変動が大きいことなどから、採光設計では、直接光を除いた天空光のみを対象としている。

周囲に障害物がない屋外での、天空光による**水平面照度**を**全天空照度**といい、うす曇り日が最も高く、快晴日は天空光が少ないため低い値になる。

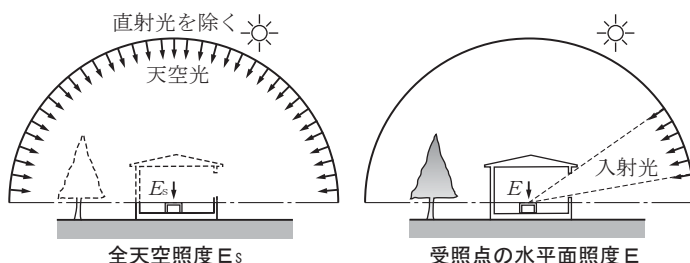
3 昼光率

①昼光率の定義

日光による室内の照度は、天候や時刻による天空の明るさの変動に伴って大幅に変化するため、特定の条件での照度を明るさの目安とすることはできない。そこで、室内のある点（受照点）の**水平面照度**と、**全天空照度**との比率を求め、採光による明るさの指標としたものが**昼光率**である。

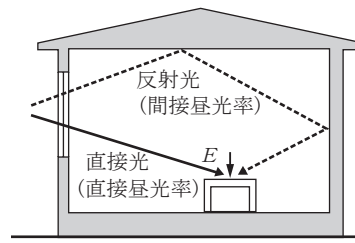
$$\text{昼光率} = \frac{\text{室内のある点の水平面照度 } E}{\text{全天空照度 } E_s} \times 100 [\%]$$

昼光率は、天空全体の発する光束のうち、室内のある点に入射する光束の割合である。そのため、全天空照度の変化（増減）にかかわらず、室内の同じ点での昼光率は常に**一定の値**になる。



②反射光の影響

昼光率には人工光源による照度は含まないが、室内の天井や壁からの反射光の影響は含まれる。窓からの**直接光**によるものを**直接昼光率**、壁や天井などで反射した後に入射する**反射光**によるものを**間接昼光率**といい、昼光率全体は、直接昼光率と間接昼光率とを合計した値になる。

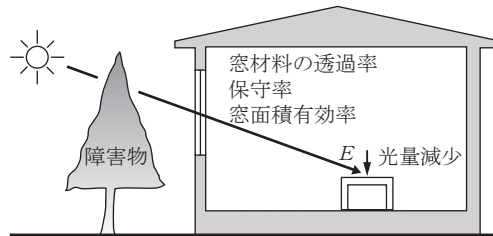


$$\text{昼光率} = \text{直接昼光率} + \text{間接昼光率}$$

間接昼光率は、天井・壁仕上の**反射率**によって値が変わるため、昼光率全体もその影響を受けることになる。

③窓の採光量の影響

室内での受照点の位置が窓から離れるほど、入射光が減少するため、昼光率の値は小さくなる。また、受照点から窓を通して見える屋外の**建築物**や**樹木**の状態によっても左右される。



そのほかに、ガラスなど窓材料の**透過率**、窓面の**保守率**（汚れの程度を表す比率）、**窓面積有効率**（枠やさんなどを除いた実際に光を透過する部分の比率）などが影響する。

照 明

●照明方式

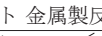
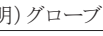
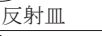
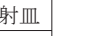
1 配光による分類

光源から出る光束の量は、出射する方向によって異なる。光源の各方向ごとの**光度**の分布を**配光**といい、光源の中心を原点とする**極座標**で図に示したものが**配光曲線**である。

照明方式は、配光により**直接照明**と**間接照明**とに大きく分けられ、さらにその中間の半直接照明、全般拡散照明、半間接照明を加えた5段階で示される。

【用語】極座標

原点を通る基準線からの角度と、原点からの直線距離とで位置を表す座標。

配光	分 類	直接照明		半直接照明		全般拡散照明		半間接照明		間接照明	
	配光曲線										
		上方光束(%) 0 下方光束 100	10 90	40 60	60 40	90 10	100 0				
照明器具	白熱電球	 ダウナイト 金属製反射笠		 アクリル(半透明)グローブ		 半透明反射皿		 金属製反射皿			
	蛍光灯	 下面開放形		 富士形		 カバー付		 キューブ照明			

配光による分類

また、乳白色ガラスや紙障子などの透過性のある材料を通して、光源の光を拡散させる方式を**拡散照明**といい、その例として、照明器具を天井に埋め込んだ**光天井**などが挙げられる。拡散照明や間接照明を用いると、まぶしさ（グレア）が減り、影になる部分は少なくなるが、室内の器物などの立体感が乏しくなることがある。

2 照明の対象範囲による分類

室内のどの部分を照明の対象にするかで、**全般照明**と**局部照明**とに分けられる。全般照明は、室内全体を均一の明るさにするもので、局部照明は、視作業を行う部分を必要に応じた明るさにするものである。

全般照明と局部照明を併用する方式を**タスク・アンビエント照明**という。例えば、事務所ビルでは、全般照明（アンビエント照明）を300～400lx程度、局部照明（タスク照明）を750lx程度とすることが多い。全般照明の照度を低くすることにより、省エネルギー効果が高いことから、普及が進んでいる。このとき、照度の差が大きいと目が疲労しやすいので、全般照明の照度は局部照明の照度の1/10以上とする必要がある。

Check Point

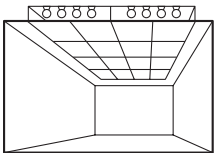
- ①配光曲線は、光源の各方向に対する照度の分布を示すものである。
- ②照度分布を均一にし、影を少なくするためには、照明器具の数を増やしたり、間接照明や光天井などを用いる方法がある。
- ③タスク・アンビエント方式は、グレアの少ない作業環境が得られるので、オフィスランドスケープの手法で計画された事務空間などでよく用いられる。

●光源の特徴

光源の特徴は、**色温度**、**演色性（演色）**、**効率（発光効率）**、**寿命**などで表される。

【用語】光天井

照明器具を建築物の一部として天井に組み込む方式で、**建築化照明**の一種である。



光天井

【用語】タスク・アンビエント照明

タスク（作業）用の局部照明とアンビエント（環境）用の全般照明を併用する方式。

解答

- ①誤 照度ではなく、光度。
- ②正
- ③正 低い間仕切りや家具などの配置によって、変化のある事務空間を形成することをオフィスランドスケープという。

【用語】色温度

すべての波長の放射を吸収する物質を黒体（こくたい）という。黒体を熱したときに放つ光の色を、そのときの絶対温度で表したものが色温度である。

1 色温度

色温度とは、光源が発する光の色を数値で示す方法で、**絶対温度**の単位である K（ケルビン）で表される。

色温度が低→中→高へと変化すると、光の色は赤→黄→白→青へと変化し、光の感じは暖→中→冷へと変化する。

照明光では、色温度が**高い**ほど青白く、冷たく感じ、**低い**ほど赤く、暖かい感じになる。例えば、**白熱電球は低く**、**水銀ランプは高い**。また、屋外の直射光では、**日の出直後**（朝焼け）や**日没直前**（夕焼け）よりも**正午頃**のほうが**高い**。

照度との関係については、一般に、**低照度**では色温度の**低い光**（白熱電球等）が好まれ、**高照度**では色温度の**高い光**（蛍光灯等）が好まれる傾向がある。

色温度

光源		色温度
昼光	青空光	10,000K 以上
	曇天光	6,500K
	直射日光	5,500K
人工光源	昼光色蛍光灯	6,500K
	昼白色蛍光灯	5,000K
	メタルハライドランプ（蛍光形）	5,000K
	白色蛍光灯	4,500K
	蛍光水銀ランプ	4,100K
	温白色蛍光灯	3,500K
	白熱電球	2,850K
	高圧ナトリウムランプ	2,100K
	ろうそくの炎	2,000K

K：絶対温度

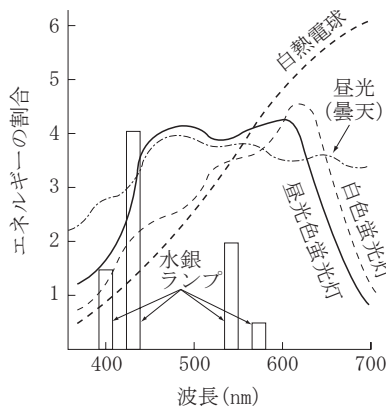
2 演色性（演色）

物の色は、それを照らす光の色によって変化する。**太陽光（昼光）**は、あらゆる波長の光を均等に含んでおり、**白色光（色のない光）**とよばれる。演色性とは、**照明光のもつ色の再現力**であり、太陽光に照らされたときの見え方に近いほどよい。

演色性は光源の**分光分布**に左右され、**視対象の色**とは無関係である。また、光源の**色温度が同じ**であっても、**分光分布が異なる**と演色性は**異なる**。

演色性の良否を表す数値を**平均演色評価数**

といい、太陽光に近い分光分布をもつ**基準光源**で照らしたときの見え方に近いものを**100**とし、演色性が劣るほど**低くなる**。照明の光源では、**白熱電球**や**ハロゲン電球**などが**高く**、**水銀ランプ**や**ナトリウムランプ**などは**低い**。



人工光源の分光分布

【用語】 分光分布

光に含まれる波長ごとのエネルギー量をグラフで示したもので、スペクトルともいう。

3 効率（発光効率）

照明の光源では、**電力 1W** 当たりに放射する**光束（lm：ルーメン）**を効率という。光源が光を発する方式には、白熱電球のような放射（高温放射）による発光と、蛍光灯のような電極間の放電による発光（ルミネセンス）とがある。

一般に、**白熱電球**よりも**蛍光ランプ**のほうが、効率は**高い**。

4 寿命

白熱電球ではフィラメントが切れるまで、他のランプでは全光束の低下が規定値以上になるまでを寿命時間としている。一般に、**白熱電球**よりも**蛍光ランプ**のほうが、寿命は**長い**。

Check Point

- ①照明に用いる光源においては、色温度が低いほど暖かみのある光源となる。
- ②演色性は、照明光の種類によって変化する視対象の色の見え方を表す特性であり、視対象の色そのものによって影響を受ける。
- ③病院の手術室・診察室において使用する照明設備は、事務所において使用する照明設備に比べて、演色性の高い光源とすることが望ましい。

解答

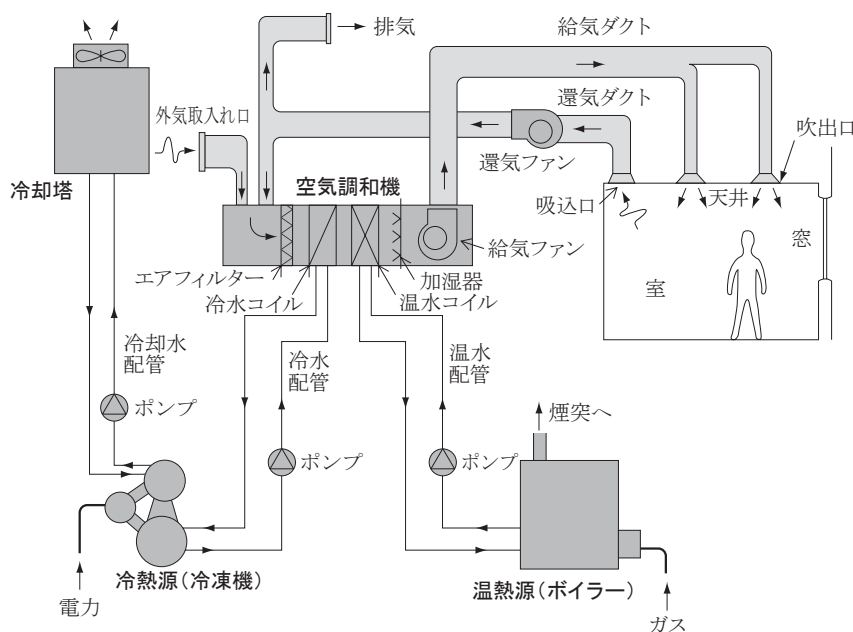
- ①正 ②誤
- ③正 手術室・診察室では、各種の検査で色の比較をする場合、色の再現性の高い照明が必要とされる。

空気調和設備の計画

●空気調和設備の機能と構成

室内の空気質を改善する一般的な方法は、調整した空気を室内に供給し、これに見合う量の汚染空気を排出することであり、それを行うための各種の装置全体が空気調和設備である。

空気調和設備の主要な機能には、**温度調節**（加熱・冷却）、**湿度調節**（加湿・除湿）、**空気清浄化**があり、主な構成要素は、**熱源設備**、**空気調和機**、**熱搬送設備**の3つに分けられる。また近年は、**蓄熱システム**を利用したものや、**自動制御機構**を備えたものが広く普及している。



空気調和設備の構成

①熱源設備

温度や湿度を調節するには、加熱のために熱を発生させる**温熱源**と、冷却のために熱を取り去る**冷熱源**とが必要になる。温熱源には**ボイラー**、冷熱源には**冷凍機**などが用いられ、それに付属する**冷却塔**などが含まれる。

②空気調和機

温度や湿度の調節のために、供給する空気の**加熱・冷却**、**加湿・除湿**、**空気清浄化**を行う装置が空気調和機である。

③熱搬送設備

水や空気など、熱を移動させるための媒体を**熱媒**（ねつばい）といい、熱媒によって熱を

移動することを**熱搬送**という。空調和機に、ボイラーから温水を、冷凍機から冷水を循環させる**配管**や**ポンプ**、そして空調和機から各室へ給気を行い、室内の汚染空気の還気・排気を行う**ダクト**（風道）や**送風機**（ファン）などの装置を総称して熱搬送設備とよぶ。

④自動制御機器

熱源設備、空調和機、熱搬送設備などを、室の熱負荷に応じて、温度や湿度、風量や流量を調整し、室内を快適に維持する。

●空調負荷

空調和設備の計画では、各種の検討作業の第一段階として空調負荷の計算を行う。

①冷房負荷と暖房負荷

室内空気の温度・湿度を適切な状態に維持するために、**除去**しなければならない熱量が**冷房負荷**（冷却負荷及び除湿負荷）、**供給**しなければならない熱量が**暖房負荷**（加熱負荷及び加湿負荷）で、その総称が**空調負荷**である。

②顕熱負荷と潜熱負荷

冷暖房負荷のうち、顕熱による負荷を**顕熱負荷**といい、実質的には空気の温度の変化に伴う熱量であり、空調において温度だけを調整するために必要とする熱量である。主に次のようなものがある。

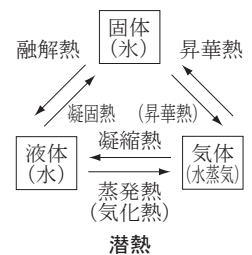
- ・室内外温度差による壁体の貫流熱
- ・日射熱
- ・照明・OA 機器・人体などの内部発熱
- ・取入れ外気、隙間風の温度差による熱負荷

一方、冷暖房負荷のうち、潜熱による負荷を**潜熱負荷**といい、実質的には空気中の絶対湿度（水蒸気量）の変化に伴う熱量であり、空調において絶対湿度だけを調整するために必要とする熱量である。主に次のようなものがある。

- ・人の呼吸に含まれる水分や皮膚からの発汗
- ・調理で発生する水蒸気
- ・取入れ外気、隙間風の湿度差による熱負荷

【用語】顕熱・潜熱

物体の状態（固体⇄液体⇄気体）を変えずに温度変化だけに使われる熱を**顕熱**という。反対に、温度を変えずに状態変化だけに使われる熱を**潜熱**といい、水（液体）が水蒸気（気体）に変わるときに吸収される**蒸発熱**、その反対の過程で放出される**凝縮熱**などを指す。



各部の計画

●熱源設備

1 熱源設備の種類

熱源設備の方式は、**中央熱源**と**個別分散熱源**とに大別される。

中央熱源は、熱源装置を機械室や屋上部分などに集中して設置し、冷水・温水・蒸気などの熱媒を製造・搬送する集約型の方式であり、**個別分散熱源**は、主に各

階または各ゾーンごとに熱源装置を分散設置する方式である。

このほか、主要なエネルギー源が電力によるものと、ガスや油などの燃料によるものとに分けられ、冷房用の冷熱源と暖房用の温熱源の組合せによっても分類される。

中央熱源には、さまざまな熱源機器を組み合わせた方式があり、設備費、運転費、設置スペース、負荷特性、運転時間帯、管理形態などによって適切なものを選定する。代表的な熱源方式には次のようなものがある。

主要エネルギー源	冷熱源	温熱源
電力	電動ヒートポンプ	
	圧縮式冷凍機	
ガス・石油	吸収式冷凍機	ボイラー
	直だき吸収冷温水機	

空調方式の種類

●代表的な空調方式

代表的な空調方式には次のようなものがある。

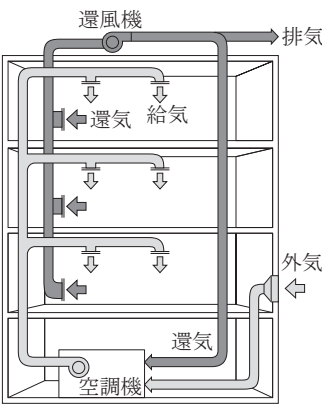
1 単一ダクト方式

単一ダクト方式は空調機で調整した冷風または温風をダクトで各室に供給する方式であり、定風量方式と変風量方式とがある。

①定風量方式（CAV方式：Constant Air Volume）

定風量方式は、吹出し風量を一定とし、系統内の代表とする室の負荷変動に応じて送風温度を変化させて室温を制御する方式であり、熱負荷特性の異なる室におけるそれぞれの負荷変動には対応できない。

送風量が常に一定で、気流分布維持など安定した空気質の確保が必要な劇場・ホールなど単一使用区画の比較的大空間の空調に適している。また、恒温・恒湿・無じん・低騒音などの高度な環境制御が必要なクリーンルーム・手術室・放送スタジオなどにも用いられる。



単一ダクトCAV方式

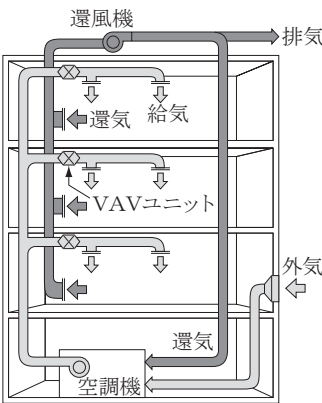
②変風量方式（VAV方式：Variable Air Volume）

変風量方式は、送風温度を一定とし、末端に風量を変化させる変風量ユニツ

ト（VAVユニット）を設けて、部屋やゾーンごとの冷暖房負荷に合わせ、吹出し風量を変化させて室温を制御する方式である。

各室ごとに必要な量の空気を送るため、定風量方式よりも送風量の合計が少なくなり、搬送動力（送風機の消費する電力）を低減することができる。

ただし、室温が設定温度に近いとき（低負荷時）には吹出し風量が少なくなり、新鮮空気の供給が不足するため、清浄度が低下しやすい。



単一ダクトVAV方式

定風量・変風量単一ダクト方式の長所・短所および留意点

	定風量単一ダクト方式	変風量単一ダクト方式
長所	①定風量のため、換気量を定常的に十分確保できる ②風量が安定しているため、空気質（じんあい・ガス・臭気の除去）に関し、高度の処理を行うことができる ③室内の良好な気流分布を確保できる ④設備費は安価で保守管理も容易である	① VAV ユニットの部屋ごとあるいはゾーンごとに配置することにより、個別制御・ゾーン制御が可能である ②すべての部屋あるいはゾーンの熱負荷のピークは同時に発生しないため、定風量方式に比べ空調機風量や主・枝ダクトサイズを小さくできる ③負荷変動に応じて給気温度・送風量の制御をするため、熱源・搬送エネルギーの浪費が生じない ④間仕切り変更やある程度の負荷増に対応しやすい ⑤ VAV ユニットの風量調整機構により、試運転時の風量調整が行いやすい
短所および留意点	①負荷特性の異なる複数のゾーンに対しての負荷変動に対応できない ②部屋ごとあるいはゾーンごとに部分的な空調の運転・停止ができない ③サーモスタット・ヒューミディスタットの設置位置が決めにくい ④将来の用途変更・負荷増などへの対応が困難である ⑤送風量は年間を通して最大負荷を処理する風量であり、搬送動力の消費量が多い	①送風量が減少したとき、室内の気流分布が悪くならないような配慮（最小風量設定など）が必要となる ②送風量の減少時においても必要外気量を確保すること ③湿度条件の厳しいゾーンでは、再熱器を設けるなどの対応も必要となる ④各室・各ゾーンでの給気量と還気量のバランスを維持すること ⑤風量が増えたときでも、VAV ユニットの発生騒音を許容値以内に抑えること

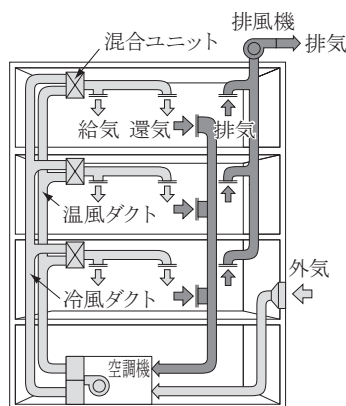
【用語】サーモスタット
温度調節器。

【用語】ヒューミディスタット
湿度調節器。
これらにより、温度又は湿度を検知して操作部へ信号を送り、空調を制御する。

2 二重ダクト方式

空調機で**温風**と**冷風**をつくり、別のダクトで各室・各ゾーンに送り、吹出口付近に設けた**混合ボックス**（ミキシング・ボックス）内で混合して、適度な温度にしてから室内に吹出す方式である。

単一ダクト方式と比べてダクトの設置スペースが大きく、エネルギー消費量が多いため、最近では採用されない。

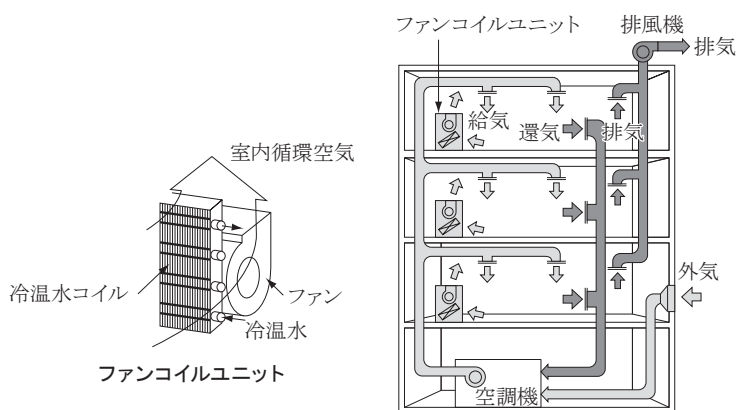


二重ダクト方式

3 ファンコイルユニット方式

送風機、冷温水コイル、フィルターなどを内蔵した**ファンコイルユニット**に、機械室から**冷温水**を供給する方式である。各室ごとに外気の導入を行う方式と、空調機（エアハンドリングユニット）からダクトで供給する**ダクト併用方式**とがある。

ユニットごとに温度設定などの個別制御が容易にできるため、**病室**や**ホテルの客室**などに用いられる。

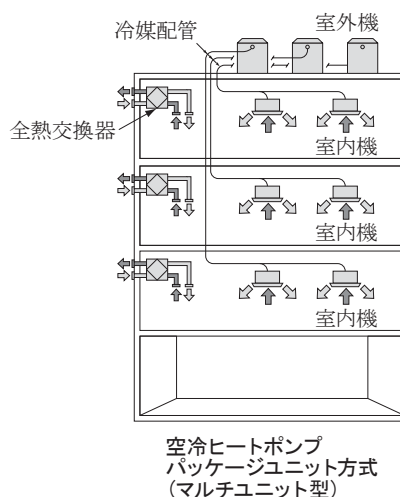


ダクト併用ファンコイルユニット方式

4 パッケージユニット方式

従来は、冷凍機、送風機、エアフィルター、冷却・加熱コイルなどで構成する**パッケージユニット**を室ごとに設置し、冷房時には内蔵の冷凍機と冷却コイルを用い、暖房時には機械室から加熱コイルに**温水**を供給する方式が多く採られていた。

近年は、冷暖房兼用の**ヒートポンプ**を熱源とする方式が主流になっており、家庭用として広く利用されている**ルームエアコン**



空冷ヒートポンプ
パッケージユニット方式
(マルチユニット型)

は、小型のヒートポンプ熱源パッケージユニット方式である。中規模以下の建築物、部分空調、電算機室などの特殊空調と、幅広い用途で採用されている。

ユニットから直接室内に吹出すものと、ダクトを接続して送風するものとに分けられる。また、ヒートポンプ方式では、**空気熱源**が多く採用されており、一体型のものと、室外機・室内機に分離して冷媒配管で結ぶものがある。

ユニットごとに運転・停止や温度調節が可能で、ヒートポンプ方式は機械室が不要であり、温水を供給する場合でも機械室面積は他の方式より小さい。

5 マルチユニット型

ヒートポンプパッケージユニット方式で、**1 台の室外機に複数の室内機**を接続し、各室・各ゾーンごとに温度制御を行う方式をマルチユニット型とよぶ。

冷房と暖房の両方を同時に必要とする施設にも対応が可能で、中小規模の**事務所ビル**などの**個別制御運転**に適している。外気負荷削減のために全熱交換器や全熱交換型換気扇などと組み合わせて用いられることが多い。

Check Point

- ① 空調設備における VAV 方式は、室内の冷暖房負荷に応じて、主として、吹出し空気の温度を変化させる方式である。
- ② ファンコイルユニット方式は、個別制御が容易であるので、病室やホテルの客室の空調に用いられることが多い。
- ③ マルチユニット形エアコンディショナーは、中小規模の事務所ビルにおける空調の個別制御運転に適したシステムである。

解答

①誤 ②正 ③正

●省エネルギー空調方式

近年、省エネルギーに有効な各種の空調方式が提案されている。

主なものには、居住域を中心に空調を行う方式、ペリメータゾーンの熱負荷を処理する方式、外気との温度差を利用する方式、取入れ外気量を低減する方式などがある。

1 居住域を中心に空調を行う方式

居住域（一般に、床上 1.8m までの範囲）を主な空調の対象として省エネルギーを図る方式には、タスク・アンビエント空調、床吹出し空調、ディスプレイメント空調などがある。特に**アトリウム**などの天井の高い空間では大きな上下温度差が生じやすいため、空調の対象範囲を居住域に限定することは、省エネルギーに有効である。

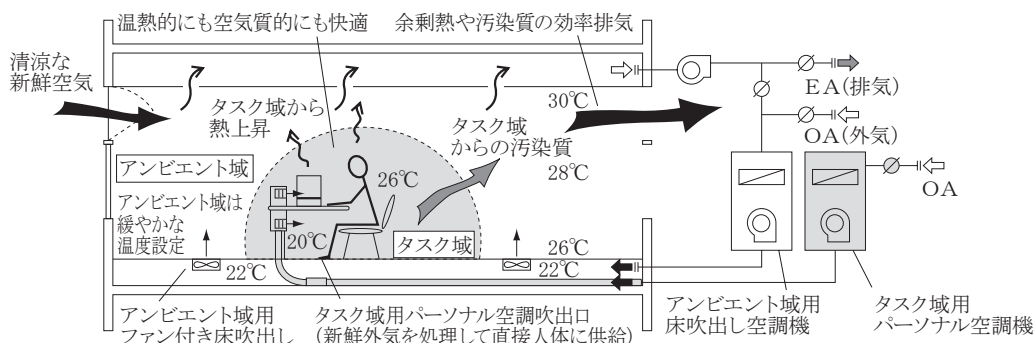
①タスク・アンビエント空調方式（パーソナル空調方式）

タスク・アンビエント空調方式は、在室者が活動する作業域のみを対象にした**タスク（作業）空調**と、室内全体の環境をおおよそ維持できる程度の**アンビエント（環境）空調**とに分け、居住域の空気質を集中的に効率よく改善する方

式である。

個人の要求に応じた制御を行い、不在範囲は停止することもできるため、**パーソナル空調方式**ともよばれており、**中央熱源方式**でも採用することができる。

タスク空調の吹出口は、天井・床のほか、作業を行う机の上や周囲の家具などに設けられる。



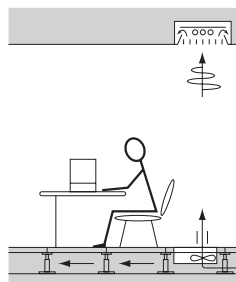
タスク・アンビエント空調方式

②床吹出し空調方式（フリーアクセス空調方式）

OA 機器の配線用に設けられる**二重床（フリーアクセスフロア）**を給気チャンバー（「室」の意味。ダクト系に設けられる箱状の空間。）として利用するもので、床面に吹出口を設け、居住域を中心に空調する方式である。

吹出口の位置を変えられるため、OA 機器の配置の偏りや、間仕切りの変更、負荷の変動による増設・撤去などに対応しやすい。

また、室内の空気が上向きに流れるため、ピストン
フロー（押出し流れ）に近く、換気効率が良く、省エネ効果も高い。



床吹出し空調方式

給水・給湯設備

●給水設備計画

給水設備は、常に衛生的で安全な水質、機能を満たすことのできる水量、かつ適正な水圧の水を機器・装置などに供給するものである。

1 水質

①給水に用いる水の種類

給水は、使用目的から飲料水と雑用水とに分けられる。**飲料水**は、飲用のほか炊事・洗濯・洗面・入浴・水泳プールなどに使われる水であり、**上水**とよばれる。**雑用水**は、主に洗浄・散水などに使われる「上水以外の水」をいう。

水道水は、水道事業者が人の飲用に適する水として供給し、給水設備の水源として一般的に用いられている。このほか、水の有効利用や水道のみでは水量が不足する場合などには、井戸水・排水再利用水・雨水利用水などが雑用水として使われ、**中水**とよばれている。

②水質基準

水道水の水質基準は、水道法関係法令（施行規則、水質基準に関する省令など）により定められており、給水栓における水が、**遊離残留塩素を 0.1mg/l**以上保持するように、塩素消毒することが義務付けられている。また、**大腸菌群**は検出されないこととしている。

③飲料水の汚染防止

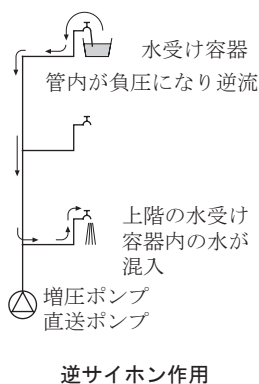
飲料水の汚染には次のような原因がある。

- (1) クロスコネクション及び逆サイホン作用による、一度吐水した水や飲料水以外の水の飲料水配管への**逆流**。
- (2) 受水槽などの開放水槽への**異物の混入**。
- (3) 機器材料の接水部からの**有害物質の溶出**。

④逆流の防止

飲料水の給水・給湯系統と、その他の系統とが配管・装置により直接接続されることを**クロスコネクション**という。

ポンプにより水圧を確保する方式で、ポンプが故障で停止したときや経年劣化によって性能低下が生じた場合、あるいは下層階で大量の水が使用された場合などに、上層階の飲料配管内が**負圧**になることがある。このようなときにクロスコネクションとな

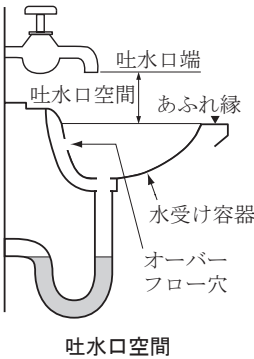


【用語】遊離残留塩素

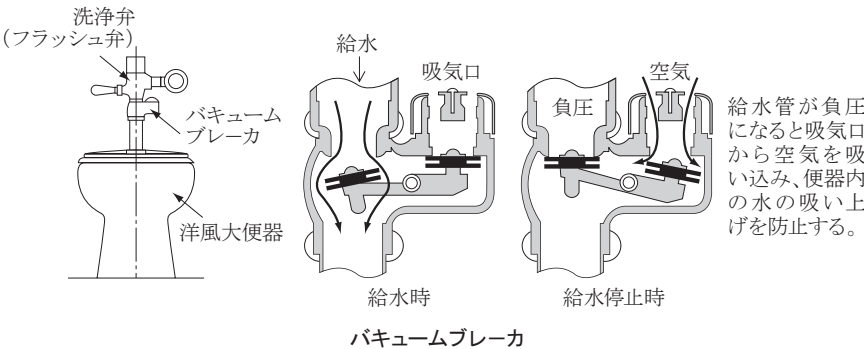
水を塩素剤で消毒したときに、他の成分と結合しないで、次亜塩素酸及び次亜塩素酸イオンの形で残留した塩素。

る箇所があると、逆サイホン作用による逆流の生じるおそれがある。

逆流の防止には、吐水口と器具のあふれ縁との間、十分な高さの吐水口空間^{とすいこう}を設けることが最も確実な方法である。また、大便器洗浄弁^{とすいこう}やホース接続する屋外散水栓のように、吐水口空間を確保できない場合には、飲料水配管の途中にバキュームブレーカを設置する。



【用語】バキュームブレーカ
配管内が大気圧よりも低い負圧になったときに、外部から空気を流入させて管内の圧力を大気圧に戻す装置。

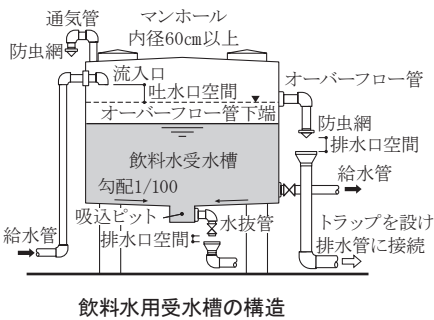


⑤受水槽の構造と設置方法

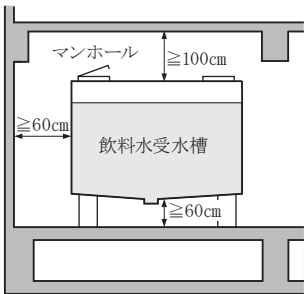
飲料水用の受水槽や高置水槽などは、完全に密閉されていない開放水槽であり、告示などによって汚染防止に関する構造や設置方法が規定されている。

受水槽についての主な留意点には次のようなものがあり、高置水槽についても同様の配慮が必要とされる。

- (1) 水漏れによる汚染の可能性があるため、受水槽の内部には、他の用途の給水管を貫通させない。また、他の用途の水槽と、配管などで連結してはならない。
- (2) 衛生上有害なほこりなどが入らない構造のオーバーフロー管、通気管を有効に設け、末端には防虫網を付ける。
- (3) 給水管の水槽への流入口と、オーバーフロー管の下端との間には、吐水口空間を確保する。
- (4) オーバーフロー管、水抜管は、排水の逆流による汚染防止のため、排水口空間を確保した間接排水とする。
- (5) 保守点検のため、内径 60cm 以



飲料水用受水槽の構造



飲料水用受水槽の点検スペース

上のマンホールを設ける。

- (6) 内部の清掃のため、底部に 1/100 程度の勾配をとり、吸込ピット・水抜管に導く。
- (7) 飲料水用の受水槽の天井・床・周壁は、建築物の躯体を利用してはならない。ただし、雑用水・消防水専用のものは躯体を利用してもよい。
- (8) 飲料水用の受水槽は、清掃・保守点検のため、周囲及び下部には 60cm 以上、点検用のマンホールのある上部には 100cm 以上のスペースを確保する。これを 6 面点検スペースという。
- (9) 給水槽の上部には、排水管など汚染の原因となる配管や機器を設置しない。
- (10) 最下階の床下など、浸水のおそれのある場所では、警報装置を設けるなどの措置を行う。
- (11) 受水槽の材質は、強化プラスチック（FRP）・鋼板・ステンレス鋼板・木などがあり、使用目的に応じて選定する。木製は、断熱性が高く、現場組立が容易であり、エコマテリアルの観点から検討される場合もある。水質も良い。
- (12) 受水槽・高置水槽ともに、保守点検・清掃時の断水を避けるため、2 槽式または中間仕切により分割した構造が望ましい。

⑥有害物質の溶出

飲料水用の機器材料の接水部から有害物質が溶出し、飲料水が汚染されることのないように留意する。また、配管内部の鉄部の腐食により、赤さびが給水に混入する赤水^{あかみず}への対策が求められる。

Check Point

- ① 保守点検スペースとして、飲料用受水槽の上部、下部及び周囲にそれぞれ 60cm のスペースを確保した。
- ② 受水槽は、清掃・保守を考慮して 2 槽式とするか又は中間仕切を設けることが望ましいが、高置タンクにはその必要がない。
- ③ 逆サイホン作用による逆流のおそれがある大便器洗浄弁やホース接続する散水栓には、バキュームブレーカを設ける。

【用語】 FRP

Fiber Reinforced Plastics。
繊維で強化したプラスチック
複合材料の総称。

解答

①誤 ②誤 ③正

2 給水量

①使用水量

建築物内での使用水量は時刻によって変動し、建築物の用途、季節、曜日などによっても大きく異なる。

一般家庭での 1 日・1 人当たりの使用水量の実測値は、おおむね、入浴用 60ℓ、便器洗浄用 40ℓ、洗濯用 40ℓ、厨房・その他が 60ℓ の合計 200ℓ 程度であり、住宅・集合住宅での年間平均 1 日当たりの水使用量は、150～300ℓ/（人・日）程度とされる。

一般的な事務所ビルにおける飲料水と雑用水の使用水量の比率は、一般に、

飲料水30～40%、雑用水70～60%で、雑用水のほうが多い。住宅の場合は、飲料水65～80%、雑用水35～20%と飲料水が多い。

②設計用給水量

給水設備の設計を行う場合に目安とする値が、設計用給水量である。使用水量の実測値は、必ずしも各建築物での最大給水量時の値であるとは限らないため、設計用給水量は、使用水量の実測値に**余裕を見込んだ値**とする必要がある。主な建築物用途の1日・1人当たりの設計用水量は、次の値となる。

戸建住宅	: 200～400// 人 (居住者)
集合住宅	: 200～350// 人 (居住者)
事務所	: 60～100// 人 (在勤者)

3 給水圧力

給水器具が機能を果たし、洗浄などが確実に行われるためには、一定以上の圧力を維持しなければならない。主な器具の**必要圧力**は、次の値となる。

一般水栓	: 30kPa
シャワー、大・小便器洗浄弁	: 70kPa

また、給水圧力が高すぎると、使い勝手に支障をきたすだけでなく、流速が速くなり、騒音や振動などが発生する。住宅やホテル客室などの生活の間では**300～400kPa**以下、その他の一般建築物では**400～500kPa**以下に保ち、給水管内の流速は**2.0m/s**以下とする。

高層建築物では、全体を一つの系統で給水すると、下層階で水圧が高くなりすぎるため、中間階に**中間水槽**を設けて上下階で系統を分けたり、**減圧弁**を設置して圧力調整をするなどの方法が採られる。これを**ゾーニング**という。

4 給水方式

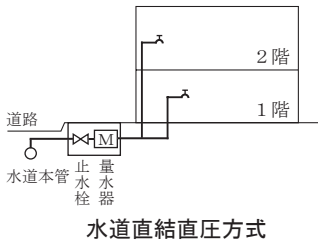
給水方式は、水道本管に直結する水道直結方式と、受水槽を設置する受水槽方式とに大別される。水道直結方式には、直圧方式と増圧方式とがあり、主な受水槽方式には、高置水槽方式、ポンプ直送方式、圧力水槽方式などがある。

①水道直結方式

受水槽に貯留しないため、水質の低下や汚染の可能性が少なく、設備スペースが小さくてすみ、維持管理が容易である。ただし、適用できる建築物の規模が限られ、断水時に給水が完全に停止してしまうという短所がある。

(1) 水道直結直圧方式

水道本管から分岐して給水管を引込み、水道本管の水圧によって建築物内の必要箇所に給水



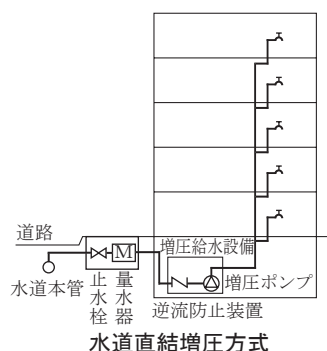
する方式である。一般には、戸建住宅など、2階建程度の小規模な建築物に採用される。

(2) 水道直結増圧方式

水道本管からの引込み管に**増圧ポンプ**を接続し、建築物内の必要箇所に給水する方式である。

水道本管の水圧を利用できることから、省エネルギー効果の高い方式として注目されているが、現在は適用できる区域が限定されている。

水道本管の負圧時に建築物内の水が逆流しないように、増圧ポンプの引込管側に**逆流防止装置**の設置が必要で、一般に、増圧ポンプ・逆流防止装置・制御盤を組み込んだユニットを使用することが多い。



(2) 受水槽方式

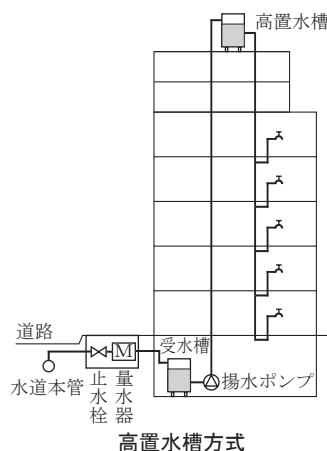
給水圧が安定しており、断水時にも水槽に貯留した分を利用できるが、設備スペースが大きく、水槽の清掃やポンプの点検などの維持管理が必要となる。

(1) 高置水槽方式

水道本管から分岐して給水管を引込み、受水槽へ貯留してから揚水ポンプにより高置水槽へ揚水し、**重力**によって建築物内の必要箇所に給水する方式である。

高置水槽は、建築物内の最高位にある水栓や器具の必要圧力を確保できる高さに設置する。

水圧は、高低差1m当たり10kPaであるため、シャワーや大・小便器洗浄弁の必要圧力70kPaを確保するには、配管の摩擦損失を考慮して**7m以上**の高低差としなければならない。



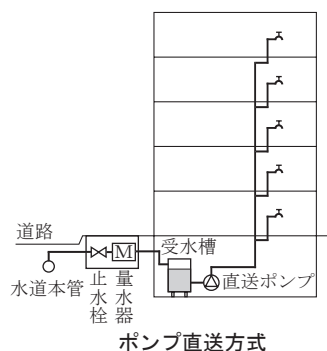
(2) ポンプ直送方式

受水槽から**直送ポンプ**により必要圧力を確保して、建築物内の必要箇所に給水する方式である。

変速可能なポンプを使用して回転数を変える**回転数制御**や、複数の定速ポンプを接続して運転台数を変える**台数制御**により、給水量の変化に応じて給水圧力を一定に保つことができる。

(3) 圧力水槽方式

受水槽内の水を加圧ポンプで圧力水槽へ送り、圧力水槽内の空気を圧縮・加圧して、その



圧力により建築物内の必要箇所に給水する方式であるが、ポンプ直送方式が普及した後、ほとんど採用されていない。

③給水方式の特徴

次表は、各種の給水方式の特徴を比較したものである。

