

この章は、空気の温度と湿度の関係を理解することがポイントになる。**空気線図を必ず読めるように**しておこう。また、単位として**着衣量の [clo]**、用語として**温熱指標の PMV**、許容量として**一酸化炭素の 10ppm 以下**、が頻出。

第 1 節 温熱感覚

1. 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、環境側の4つの要素と、人体側の2つの要素に分けられる。**

1 環境側の要素

環境側の物理的要素には、**温度、湿度、気流、放射**の4つがあり、これを**温熱4要素**とよぶ。

①気温

気温は、空気の温度である。気温の高低は人体からの熱放散に影響を与える。

②湿度

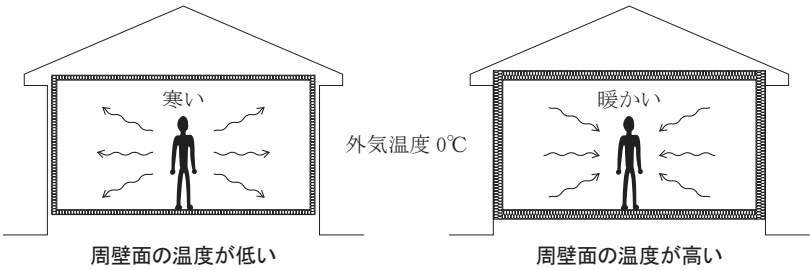
気温が高いと体表面温度が上昇して発汗し、その蒸発により気化熱が奪われて体温を一定に保つことができるが、湿度が高いと蒸発が遅くなって不快感が増す。

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。

④放射（しほ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いる。冬期の暖房室で、断熱が不十分などで、外壁の**表面温度が低い**と、人体から壁面への伝熱量が大きくなり**寒く感じる**。逆に暖炉などで周壁面の温度が高いと、壁面から人体への伝熱量が大きくなり暖かく感じる。



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

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°C、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 であり、この値を基本単位 1clo（クロ）とする。

2. 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。

身近な例として、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用いられてきた。現在では、より高度な理論にもとづく PMV および標準新有効温度と、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。

1 PMV（予想(測)平均温冷感申告）

温度・湿度・気流・放射の環境側の 4 要素に加え、着衣量・代謝量の人体側の 2 要素を加味して、6 要素を総合した温熱指標である。

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）

2403 2903

2503 2603 2803 R0103

2103 2219 2419 2703
2819 3003 R0403



PMV : Predicted Mean
申告
Vote

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。

2103



SET*: Standard New
Effective Temperature

2 標準新有効温度 (SET*)

PMVと同様に6要素を総合した温熱指標である。相対湿度50%、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条件を標準状態とし、任意の環境にいる人間が、それと同じ温熱感覚となる温度をSET* [°C] という。

3 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。



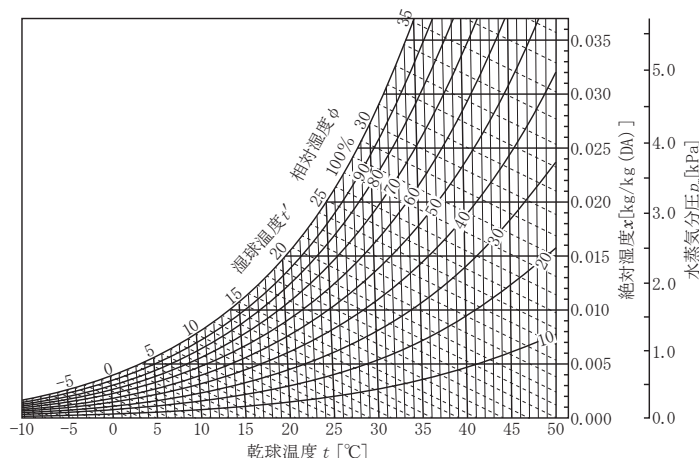
OT: Operative
Temperature

MRT: Mean Radiation
Temperature
室内壁の平均表面温度を示す。

3. 空気線図(湿り空気線図)

空気線図は、湿り空気(水蒸気を含む空気)の物理的な状態を多角的に表したグラフである。乾球温度、湿球温度、相対湿度、絶対湿度(水蒸気分圧)など複数の要素相互の関係を1つの図にまとめたもので、2つの要素の値から残りの要素の値をすべて読み取ることができる。

2203 2508 2906 R0206



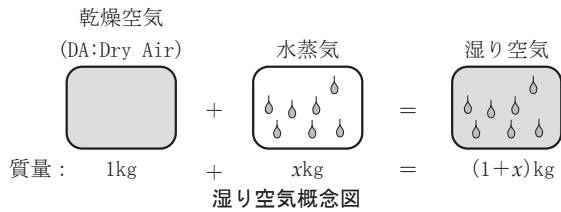
空気線図〔乾球温度、湿球温度、相対湿度、
絶対湿度(水蒸気分圧)を抜粋〕

①湿り空気

一般に空気には水蒸気が含まれており、これを湿り空気という。湿り空気は、乾燥空気と水蒸気の質量の和として表される。また、乾燥空気の圧力と

2302 R0306 R0405

水蒸気の圧力（水蒸気分圧 [KPa]）の和としても表される。



②絶対湿度

乾燥空気 1 kg に対する水蒸気の量を示したもの。単位は kg/kg (DA)。また、湿り空気全圧に対しての水蒸気の圧力（水蒸気分圧 KPa）としても表される。

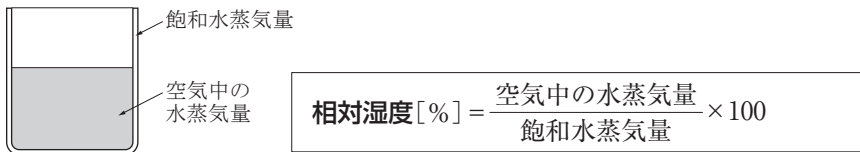


③飽和水蒸気量

ある温度の空気が、最大限含むことのできる水蒸気の量。温度が上がると飽和水蒸気量は大きくなり、温度が下がると飽和水蒸気量は小さくなる。

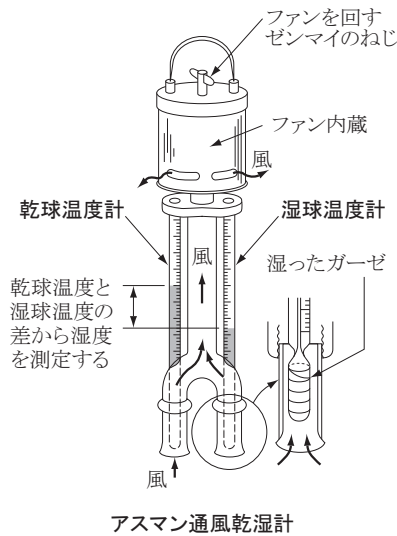
④相対湿度

飽和水蒸気量に対してどれくらいの量の水蒸気が含まれているかの割合を表したもの。単位は%。100%を超えると結露が生じる。



⑤湿度の測定

湿度を測定するには、アスマン通風乾湿計などを用い、乾球温度と湿球温度の差から求めることが出来る。湿球温度は、湿ったガーゼをまいた温度計（湿球計）による温度である。湿度が低ければ、ガーゼの水分の蒸発が多くなり、湿球温度が低くなるため、乾球温度との差が大きくなる。また、湿球温度は、乾球温度よりも高くなることはない。



2403 2603 R0303

R0306

R0405

R0405

R0306

【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。

1 空気線図の使い方

室内の温熱環境を快適に保つには、空気調和設備や換気設備により、室内空気に対して**加熱・冷却、加湿・減湿、混合**などの操作を行い、その状態を変えることが必要になる。

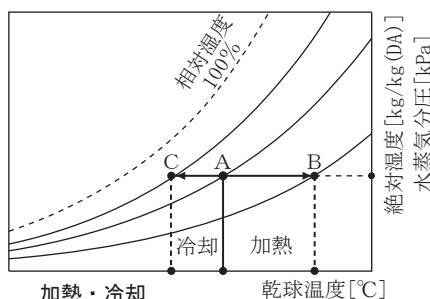
このような操作によって変化する空気の状態を、空気線図上で表すことができる。

①加熱・冷却

乾球温度（気温）を高くすること（ $A \rightarrow B$ ）が加熱、低くすること（ $A \rightarrow C$ ）が冷却。

空気線図上では、**絶対湿度**（水蒸気分圧）を一定とし、**左右方向**へ移動すること。

相対湿度は、加熱すると低下し、冷却すると上昇するが**絶対湿度**は変化しない。



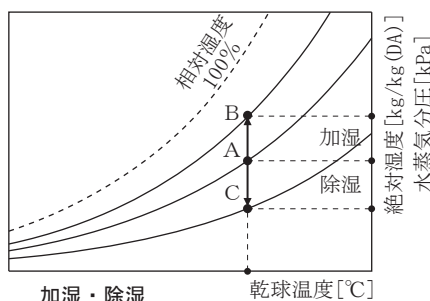
2103 2304 2406 2706
R0106 R0306 R0405

②加湿・減湿

絶対湿度（水蒸気分圧）を高くすること（ $A \rightarrow B$ ）が加湿、低くすること（ $A \rightarrow C$ ）が減湿（除湿）。

空気線図上では、**乾球温度**を一定とし、**上下方向**へ移動すること。

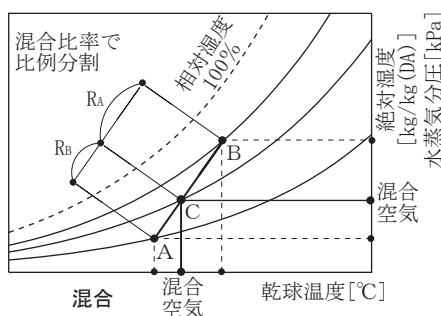
相対湿度は、加湿すると上昇し、減湿すると低下する。



2304 2706

③混合

乾球温度と**絶対湿度**（水蒸気分圧）の異なる空気を一定の比率（重量比 $R_A : R_B$ ）で混合する場合、空気線図上では、2つの空気の乾球温度と絶対湿度（水蒸気分圧）を表す点（A、B）を線で結び、その線分を**混合比率**（ $R_A : R_B$ ）で比例分割した点（C）が、混合



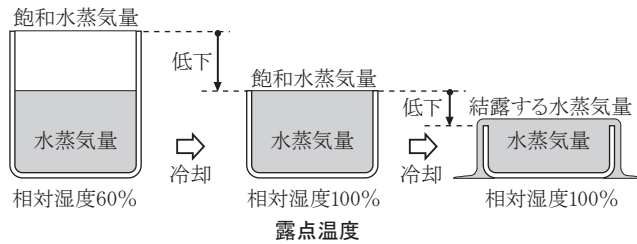
2508 2906 R0206

空気の乾球温度と絶対湿度（水蒸気分圧）を示す。このとき、混合比率の大きいほうの空気の状態に近づくことに注意する。

④結露

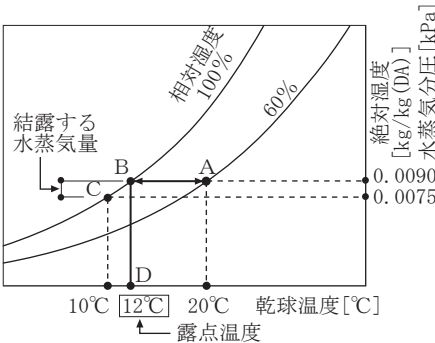
ある温度の空気を徐々に冷却すると、空気中の水蒸気量は変わらないが、最大限度である飽和水蒸気量の値は小さくなる。

飽和状態（相対湿度 100%）に達したときの空気温度を露点温度といい、さらに冷却すると、飽和水蒸気量を超える水蒸気が水滴に変わる。これを結露という。



結露現象を空気線図上で表すと、以下になる。

例) 乾球温度 20℃、絶対湿度 0.009kg/kg(DA)、相対湿度 60%の空気を冷却し、相対湿度 100%になったときの乾球温度 12℃が、この空気の露点温度である。



さらに 10℃まで冷却すると、絶対湿度は 0.0075kg/kg (DA) に低下し、0.0015kg/kg (DA) の水蒸気は水滴に変わり、結露する。

絶対湿度が同じであれば、空気を加熱冷却しても、その空気の露点温度は変化しない。

⑤乾球温度と湿球温度

乾球温度と湿球温度の交点から、相対湿度と絶対湿度を読み取ることができる。乾球温度が同じであれば、乾球温度と湿球温度との差が大きいほうが相対湿度は低くなる。

第2節 室内空気汚染

1. 空気汚染物質

室内空気汚染は、在室者や燃焼器具から排出される物質のほか、建築材料や塗料から放散する各種の化学物質が原因となり、さらに建築物の高気密化に伴う換気不足により助長される。

1 空気汚染物質の種類

室内で発生する主な汚染物質には、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん、化学物質、臭気などがある。

①一酸化炭素（CO）

開放型燃焼器具の不完全燃焼、喫煙、屋外から侵入する自動車の排気ガスなどが発生原因となり、濃度1%を超えると人体に有毒となる。



一酸化炭素濃度1%の場合、2～3分で失神し、10～20分で死亡すると言われている。

②二酸化炭素（CO₂）

無色、無味無臭で空気より重く、高濃度にならないかぎり人体に有害とはならないが、CO₂の増加にともない、酸素の減少やその他の汚染物質の増加が生じるため、一般に空気汚染の指標として用いられる。

2803

③浮遊粉じん

喫煙によって生じる空気汚染に対する必要換気量は、一酸化炭素や二酸化炭素ではなく浮遊粉じんの発生量により決まる。

従来から建築材料に用いられてきた石綿（アスベスト繊維）の飛散による呼吸器障害が問題となり、現在は建築基準法により原則として使用が禁止されている。

【用語】石綿(アスベスト繊維)
耐熱性、耐摩耗性に優れ、鉄骨の耐火被覆などに多く用いられたが、肺がんや中皮種などの発生原因とされている。

④化学物質

建築仕上材料や家具などに用いられる接着剤、塗料などから発生するホルムアルデヒドや揮発性有機化合物（VOC）、木材保存剤や防蟻材に用いられるクロルピリホスなどが、非常に微量であっても人の健康に影響を与えるおそれがあるため、規制の対象となっている。

【用語】揮発性有機化合物（VOC）

常温常圧で大気中に容易に揮発する有機化学物質の総称。トルエン、キシレン、ベンゼン、フロン類などがある。

⑤臭気

人の体臭のほか喫煙、便所、調理などにより発生するが、特別な測定器がないため、人の嗅覚をもとにした指標が提案されている。

2 空気汚染物質の許容量

空気調和設備（中央管理方式）に要求される性能として、建築基準法および建築物衛生法（建築物における衛生的環境の確保に関する法律）に定められた基準が、一般に室内空気汚染物質の許容量の目安として用いられる。

①一酸化炭素（CO）	10ppm（0.001％）以下
②二酸化炭素（CO ₂ ）	1,000ppm（0.10％）以下
③浮遊粉じん	0.15mg/m ³ 以下〔単位：mg/m ³ 〕
④ホルムアルデヒド	0.10mg/m ³ 以下（建築物衛生法にのみ規定）



令和 4 年建築物衛生法が改正され、一酸化炭素（CO）の許容量は 6 ppm となった。

2204 2404 2604 2904
3004 R0104 R0404



一酸化炭素は 10ppm 二酸化炭素は
「遺産は銃、兄さんはもら
1000ppm
いません。」

2. シックハウス

新築や改修した住宅などでおきる、目やのどの痛み、疲労感、めまい、呼吸器疾患などの体調不良を、症状が多様で、さまざまな複合要因によると考えられることからシックハウス症候群とよぶ。

建築基準法では、ホルムアルデヒドが規制の対象となっており、居室を有する建築物は、以下の 2 つの制限をすべて満たさなければならない。

①内装仕上げ

ホルムアルデヒド発散建築材料は、発散量に応じて、4 種類に分類され、それぞれ下表のように制限を受ける。

区 分	発散量（※ 1）	表示記号（※ 2）	制 限
第 1 種ホルムアルデヒド 発散建築材料	0.12mg/h を超える	表示なし	使用禁止
第 2 種ホルムアルデヒド 発散建築材料	0.02mg/h を超え 0.12mg/h 以下	F ☆☆	使用面積の制限
第 3 種ホルムアルデヒド 発散建築材料	0.005mg/h を超え 0.02mg/h 以下	F ☆☆☆	使用面積の制限
規制対象外	0.005mg/h 以下	F ☆☆☆☆	制限なし

※ 1 夏季において、表面積 1m² につき発散するホルムアルデヒド量。

※ 2 JIS（日本産業規格）、JAS（日本農林規格）により定められている。

上☆（スターマーク）は数が多いほどホルムアルデヒドの発散量が少なく、たとえば「F ☆☆と表示するもの」より「F ☆☆☆と表示するもの」のほうが発散量は少ない。

規制対象となる建築材料には、木質建材（合板、木質フローリング、パーティクルボードなど）、壁紙、断熱材、塗料などがある。

②換気設備の設置

ホルムアルデヒドを発散する建築材料を使用しない場合でも、家具からの発散があるため、原則として全ての建築物の居室に、次のいずれかの換気設備の設置を義務付けている。

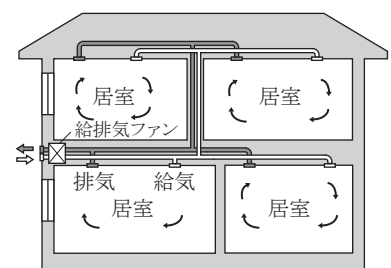
- (1) 所定の有効換気量を確保できる機械換気設備（24時間換気システム等）

シックハウス対策のために、**住宅の居室**において、機械換気設備を設ける場合、換気回数は0.5回/h以上とする。

- (2) 居室内の空気を浄化して供給する方式の機械換気設備

- (3) 中央管理方式の空気調和設備

天井裏などからの汚染物質の流入を抑制するためには、常時、居室内を第2種換気（機械給気＋自然排気）とすることが有効である。



24時間換気システムの例

R0421

