

第1章 一般基礎

我々の身の回りの自然現象や物理現象についての基本的な知識を整理し、理解を深めておくことがポイントです。

(1) 環境工学

- (a) 大気：気候，日射，クリモグラフ，相対湿度，絶対湿度
- (b) 人体と体感：人体の温熱感覚の4要素，有効温度，不快指数，メット，クロ，呼吸商，基礎代謝量

(2) 流体力学

- (a) 法則：ベルヌーイの定理，トリチェリーの定理
- (b) 流体の運動：層流，乱流，レイノルズ数
- (c) 流量の測定：ベンチュリ管，ピトー管
- (d) 管路の圧力損失：ダルシー・ワイスバッハの式

(3) 熱と伝熱

- (a) 熱の伝わり方：伝導，対流，熱放射，伝達および熱貫流
- (b) 熱の種類：顕熱，潜熱
- (c) 比熱：定圧比熱，定容比熱
- (d) 冷凍トン：1日本冷凍トン，1米国冷凍トン
- (e) 空気の状態：乾き空気，湿り空気，乾球温度，湿球温度，相対湿度，絶対湿度，露点温度，エンタルピー，湿り空気線図
- (f) 冷媒の特性：冷凍サイクル

(4) その他

- (a) 水質の汚濁指標：浮遊物質 (SS)，BOD，COD，溶存酸素 (DO)
音に関する事項：音の強さ，音の大きさ，フォン，マスキング



1.1 環境工学

1. 大気

(1) 気象と気候

気象とは、大気の温度、湿度、風、雨、雪などの物理的現象をいい、気候は、その地域における長期間平均した気象現象をいう。

(2) 気温と湿度

気温とは大気の温度のことで、1日の気温は朝夕が低く日中は高い。1日の最高気温と最低気温との差を日較差といい、一般に海岸地方では小さく、内陸地方では大きい。

湿度は大気中に含まれる水蒸気の割合で、相対湿度、絶対湿度などによって表される。

(3) 気候図(クリモグラフ)

その地方の季節による気象の特色をグラフにしたものがクリモグラフで、いろいろな気象要素を月別に平均し、気温と組み合わせたものである。

(4) 湿度

相対湿度(RH)は、ある状態の空気中の水蒸気分圧と、同じ温度の飽和

空気の水蒸気分圧の比を百分率で表したもので、 φ [%]と表される。

絶対湿度(AH)は、湿り空気中に含まれている乾き空気1kgに対する水分の重量で、 x [kg/kg]と表される。

(5) 日射

日射とは、太陽の放射エネルギー作用のうち熱として働くものをいい、直達日射と天空放射に分けられる。直達日射は、太陽から放射される熱エネルギーのうち、大気中で乱反射されたり吸収されたりせず、直接地上に達するもの、天空放射は、大気中のチリ、浮遊物により乱反射し地表に到達したものである。

日射量とは、日照により、単位時間、単位面積に入射する熱量で、 W/m^2 で表される。

太陽光は、第1-1表のような特徴を示す。

日射のエネルギーは、全日射量の約80%が波長380～1100nmの範囲に含まれている。もう少し細かに見ると、可視領域の波長帯に40～45%、赤外線部に50～57%で、紫外線部ではわ

第1-1表

分類	波長	特徴
可視光線	380～760nm	人間の視覚、明るさ
紫外線	20～380nm	日焼け作用、殺菌効果
赤外線	760～4000nm	熱線といわれる、熱作用

注) $nm=10^{-9}m$

ずか1～2%程度と少ない。

2. 人体と代謝

(1) 代謝

基礎代謝は、生命を維持するのに必要な最小限の代謝量で、身体の単位表面積当たりの1時間の必要熱量で表される [W/m^2]。高齢化すると基礎代謝基準値は減少する。安静時の代謝量は、基礎代謝量の20～25%増して、安静時における熱代謝の標準値を58.2 W/m^2 とし、これを1 met (メット)としている。

人体は呼吸により O_2 を取入れ CO_2 を排出するが、この割合を呼吸商という。

$$\text{呼吸商} = \frac{CO_2\text{排出量}}{O_2\text{摂取量}}$$

clo (クロ)とは衣類の熱絶縁性を表す単位である。気温21℃、相対湿度50%、気流10 cm/s以下の室内で、身体表面からの放熱量が1 metの代謝とバランスする着衣の状態を1 clo (クロ)としている。

(2) 体感

人体温熱感覚の4要素は気温、湿度、

気流速度、周壁表面温度からの放射熱である。人間の温熱感覚の表現法として、以下のような用語がある。

(a) 有効温度 (ET; Effective Temperature)

ヤグローにより提案されたもので、人体に感ずる快適さを、温度・湿度・気流の三つの要素の組み合わせによる指標で表す。これにさらに改良を加えた、新有効温度がある。

(b) 修正有効温度 (CET; Corrected Effective Temperature)

乾球温度、湿球温度、気流速度と周壁からの放射熱の要素を取り入れた指標であり、壁や天井からの放射熱の影響が大きい場合に採用される。乾球温度の代わりに、グローブ温度計を用いて放射効果の修正をしたものである。

(c) 効果温度 (OT; Operative Temperature)

乾球温度、気流速度、周壁からの放射熱と体感との関係を示したもので、冬季の窓ガラス面や壁体表面温度と気温の差が大きい暖房時に用いられる。湿度の要素は入っていない。

(d) 新有効温度 (ET*)

気温、湿度、気流、熱放射、着衣量、作業強度など取り入れた総合的温熱指数である。有効温度は湿度100%としているため、新有効温度の方が現実に近い。

(e) 不快指数 (DI; Discomfort Index)

乾球温度と湿球温度から求められる

もので、夏の暑さの不快さを数値に表したものである。

不快指数は、次式により示される。

$$DI=0.81t+0.01\varphi(0.99t-14.3)+46.3$$

ここで、 t :気温、 φ :相対湿度である。

DIが80以上で暑くて汗が出る状態、85以上で全員不快を感じるようになる。

3. 室内環境

人間が居住する室内で、快感や保健衛生上障害になるものに粉じん、一酸化炭素(CO)、炭酸ガス(CO₂)、窒素酸化物(NO_x)や揮発性有機化合物(VOC)、臭気などがある。

(1) 粉じん

粉じんには、たばこの煙、綿ぼこり、砂じんや細菌などが付着しており、一般のビル内の環境として粉じん濃度は0.15 mg/m³以下が推奨される。

(2) CO

一酸化炭素は、不完全燃焼を生じた燃焼器具からの発生が多く、非常に危険なガスである。その許容値として、一般のビル内では10 ppm以下が基準となっている。

(3) CO₂

炭酸ガス(CO₂)は、人間の呼吸や燃焼器具からの発生により室内に蓄積される。CO₂濃度は室内の換気の良否を示す目安として用いられ、換気が十分に行われないと、CO₂濃度が増加するだけでなく、粉じんや臭気、湿度なども上昇する。一般には、1000 ppm

(0.1%)以下を基準としている。

(4) NO_x

窒素酸化物(NO_x)は、室内では石油ストーブ、ファンヒータなどの開放式燃焼器具を採用すると高濃度になる恐れがあるため、換気に注意を払わなければならない。

(5) 揮発性有機化合物(VOC)

建材に含まれている揮発性有機物(VOC)が室内に放散されることによる、室内の空気汚染が問題となっている。

室内汚染物質として、ホルムアルデヒド、ベンゼン、テトラクロロエチレンなどは発がん性物質ともいわれている。

ホルムアルデヒドは、建材のうち合成樹脂や接着剤に含まれるもので、合板などは接着剤が多量に使われている。カーペットやクロスを貼る接着剤に含まれているものもある。

ホルムアルデヒドは水に溶けるとホルマリンとなる。殺菌や防腐効果があり、その面では有益であるが、人体にとっては有害なものである。

トルエンやキシレン等は、ペンキの溶剤や壁紙類に用いられる接着剤の溶剤、床に塗るワックス、ビニルクロスの可塑剤などに使用されている。

これらのVOCを総称して総揮発性有機化合物(TVOC)と呼んでいる。

VOCは種類が多く、室内で新物質が存在することも予想されるので、種類ごとの濃度(VOC値)と合計値

(TVOC値)がWHO(世界保健機構)により示されている。

4. 水の性質

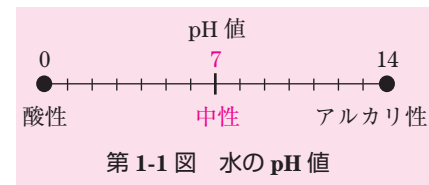
(1) 化学的特性

(a) 酸性とアルカリ性

水は、その中に含まれる水素イオン濃度[H⁺]により酸性を、水酸イオン濃度[OH⁻]によりアルカリ性を示し、それぞれの強さの程度はイオン濃度[mol/L]による。

水の酸性、アルカリ性、中性は、水中の水素イオン濃度[H⁺]により、以下の式から算出される値により区別される(第1-1図)。

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$



水素イオン濃度が $[H^+] > 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

…………… pH < 7 となり酸性

$[H^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

…………… pH = 7 で中性

$[H^+] < 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

…………… pH > 7 でアルカリ性

(b) イオン積

水1L中の水素イオン濃度[H⁺]と水酸イオン濃度[OH⁻]の積は同じ温度では常に等しいが、これを水のイオン積という。

(c) 水の硬度

水中に溶存するカルシウムイオンとマグネシウムイオンの量を炭酸カルシウムの量に換算して、水1L中のmgで表示する。

日本、米国、フランスなどで採用されている硬度は、炭酸カルシウム(CaCO₃)硬度で、ppm硬度とも称される。ppmとはparts per Million(100万分の1)、つまり、1ppmとは1L中に1mgの物質が含まれていることをいう。

(d) 濁度と色度

濁度は濁りの程度を表示する数値で、白陶土1mgを蒸留水1Lに懸濁させたときの濁りの度合いを濁度1度としている。水道水の水質基準では、2度以下であることと定めている。

白金1mgを含む塩化白金カリウム標準液を蒸留水1Lに溶かしたときに生じる色相を1度とし、色度はこの標準液との比較により決められる。水道法では、色度は5度以下と定めている。

5. 汚濁

(1) 汚濁指標

(a) 浮遊物質(SS: Suspended Solid)

水の汚濁度を視覚的にとらえることができる。粒径2mm以下の水に溶けない懸濁性の物質のことをいう。

(b) 生物化学的酸素要求量(BOD: Biochemical Oxygen Demand)

水中の有機物が、溶存酸素の存在の