

# 第1章 一般基礎

最近の出題傾向のうち、環境工学の地球環境問題や室内の空気環境について注目する必要があります。

## (1) 環境工学

- (a) 気象：気候，日較差，クリモグラフ，相対湿度，絶対湿度，暖冷房デGREEデー
- (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，室内環境基準，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，遷移流，レイノルズ数
- (c) 流量の測定：ベンチュリ管，ピトー管
- (d) 圧力損失と摩擦係数：ダルシーワイスバッハの式，ムーディー線図

## (3) 熱と伝熱

- (a) 熱の伝わり方：熱伝導，熱伝達，熱放射および熱貫流
- (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，湿り空気，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：モリエ線図，冷凍サイクル

## (4) その他

- (a) 水質の汚濁指標：SS，BOD，COD，DO
- (b) 音に関する事項：音の強さ，NC曲線，マスキング，ホン



# 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。各地における気候を示す図に「気温図」、「気圧図」、「降水量図」などがある。

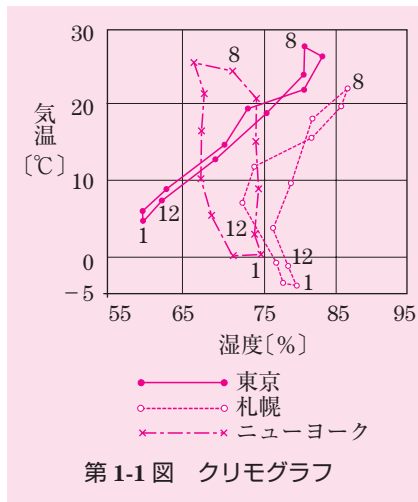
### (2) 気温と湿度

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て、これを気温と組み合わせてグラフにしたものである。これには、気湿図



(気温、湿度)、気風図(気温、風速)、気水図(気温、降雨量)、気照図(気温、日照時間)などがある(第1-1図)。

### (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、 $\varphi$  [%] 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] で表す。

### (5) 日射

日射とは太陽の放射エネルギーの作用のうち熱に関する働きをいい、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、太陽からの熱エネルギーのうち大気中のチリ、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<sup>2</sup>] などで表される。

日照とは、太陽から放射される直射光線が地上に到達することで、日照のある時間を日照時間という。可照時間は日照を妨げる障害物が無い場所での日の出から日没までの時間をいう。

日照率とは、日照時間の可照時間に対する百分率(日照時間/可照時間×100) [%] で表す。太陽光は、第1-1表に示すような特徴を示す。

第1-1表

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

[nm] = 10<sup>-9</sup> [m]

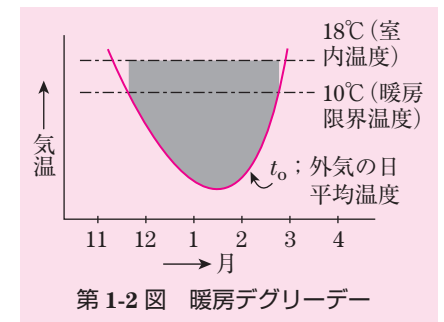
日射のエネルギーは全日射量の約80%が波長380～1100nmの範囲に含まれている。つまり可視領域の波

長帯に40～45%、赤外線部に50～57%で紫外線部ではわずか1～2%程度で少ない。

### (6) 暖冷房デGREEデー

暖冷房デGREEデーは、暖房や冷房に要する年間エネルギーを算出するのに用いられる概略の指数で、デGREEデーは、その土地の暖かさ、寒さの程度がわかる他建築物の熱損失の概算や燃料消費量の概算に役立つ。

例えば暖房の場合、外気の日平均温度が10℃以下になったときに暖房を開始し、室温を18℃に保つとすると、暖房デGREEデーは  $D_{18-10}$  [°C day] と表す。これは  $t_0$  を外気温度とすると、暖房の期間中  $(18-t_0)$  [°C] の値を毎日積算し累計したものである(第1-2図)。



## 2. 人体と代謝

### (1) 代謝

基礎代謝量は、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、かつ1時間当たりの必

要熱量で表される  $[W/m^2]$ 。年齢が高齢化すると、基礎代謝基準値は減少する(第1-2表)。安静時の代謝量は基礎代謝量の20~25%増しで、安静時における熱代謝の標準値を  $58.2 W/m^2$  とし **1 met** (メット) としている。

第1-2表 日本人の基礎代謝基準値  
[kcal/(m<sup>2</sup>・h)]

年齢	男子	女子
1歳	53.6	52.6
5歳	55.1	51.6
10歳	46.2	44.1
20~29歳	37.5	34.3
30~39歳	36.5	33.2
40~49歳	35.6	32.5
50~59歳	34.8	32.0

(空気調和・衛生工学便覧)

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

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

人体の消費熱量は作業の軽重により異なるが、作業強度の単位にエネルギー代謝率(RMR)が用いられる。

clo(クロ)とは衣類の熱絶縁性を表す単位で、気温  $21^\circ C$ 、相対湿度50%、気流  $10 \text{ cm/s}$  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。さらに改良を加えたものに新有効温度がある。

### (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。乾球温度を求める代わりに、グローブ温度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、作業強度などを取り入れた総合的温熱指数で、有効温度では湿度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、夏の蒸し暑さの不快さを指数としたものであり、一例として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、 $\varphi$ : 相対湿度である。

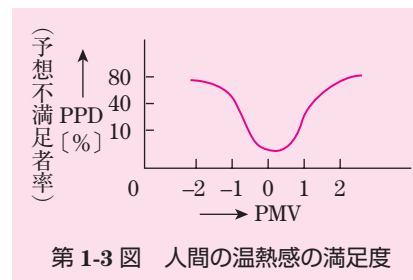
DIが80以上で暑くて汗が出る状態、85以上で全員不快を感じるようになる(第1-3表)。

第1-3表 不快指数と体感

不快指数	米国	日本
70以上	一部不快	
75以上	半数が不快	やや暑い
80以上		暑くて汗が出る
85以上	全員不快	非常に暑い(全員不快)

### (f) 予想平均申告(PMV: Predicted Mean Vote)

気温、湿度、気流、放射熱、作業強度および着衣量の組み合わせにより、熱環境を温冷感で表したもので、+3~-3の数値として予測している。この数値と温冷感との関係は、+3: 暑い、+2: 暖かい、+1: やや暖い、0: どちらともいえない、-1: やや涼しい、-2: 涼しい、-3: 寒い、としている。



第1-3図 人間の温熱感の満足度

## 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( $CO_2$ )、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  $0.15 \text{ mg/m}^3$  以下が推奨される。一般に空気中の粉じんは重力により自然に沈降するが、粒径が小さいものはエアロゾルとして空気中を浮遊している。人体に有害か否かは呼吸により吸入された粉じんが肺胞に付着するかどうかが重要で、 $1 \mu\text{m}$  程度の粉じんがもっとも沈積しやすい。粉じんの吸入により肺に生じる疾病をじん肺といい、けい肺、アスベスト肺等がある。

### (2) CO

一酸化炭素(CO)は不完全燃焼が原因の燃焼器具からの発生が多く、非常に危険なガスであり、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。一酸化炭素の人体への影響を第1-4表に示す。