

II 熱環境	4 環境と人体の熱平衡 (教科書 pp. 65～68)
II 熱環境	5 温熱環境の計測 (教科書 pp. 69～73)
II 熱環境	6 温熱環境と設計目標 (教科書 pp. 74～77)

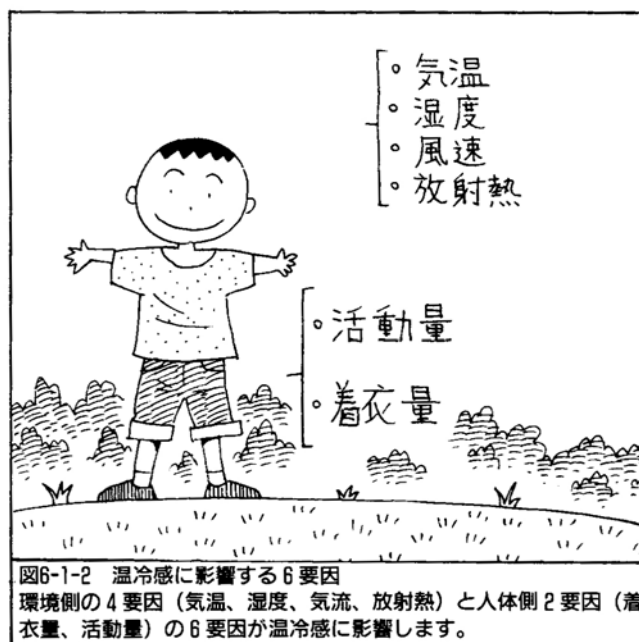
### 1. 今日の目標

- 1) 人体の周りの熱平衡を理解しよう。
- 2) 温熱環境指標について知ろう。

### 2. 環境と人体の熱平衡 (教科書 pp. 65～68)

#### 2. 1 人間の暑さ・寒さの感覚 (温冷感) に影響する要因 (教科書 p. 65)

下の図 (出典: 参考文献 [1], p62) を参照のこと。



- ・ 気温の単位は [°C] (もしくは [K])。 (相対) 湿度の単位は [%]。 風速の単位は [m/s]。 放射の単位は [W/m<sup>2</sup>]。
- ・ 着衣の熱抵抗を示す単位としてクロ値 \_\_\_\_\_ がある (次ページの図を参照)。
- ・ 椅座安静時の単位表面積あたりの人間の活動量 (代謝量) は約 60 [W/m<sup>2</sup>] であり, これを基準にして 1 \_\_\_\_\_ と考える met 数という単位もある。 →教科書 p. 67 の表 4-1 を参照。

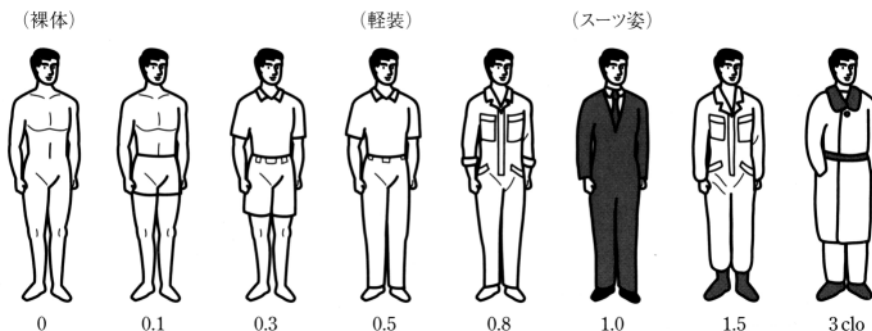
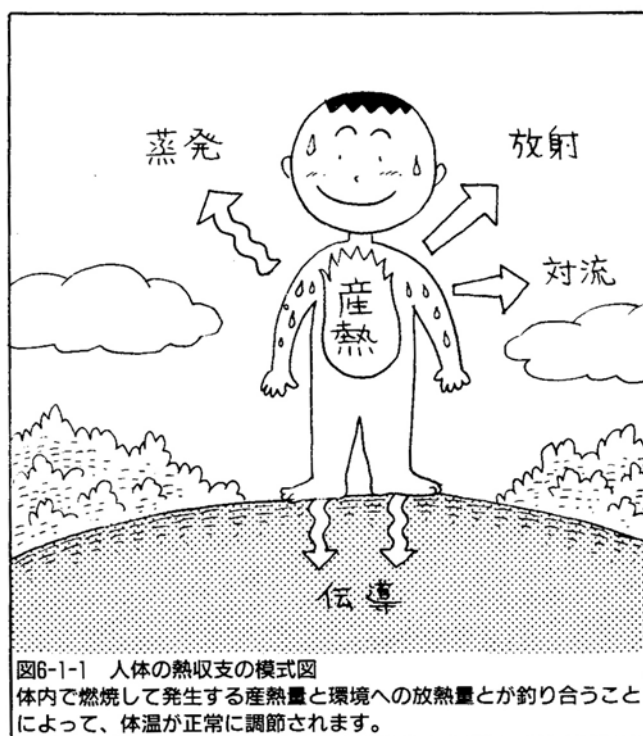


図 着衣状態と clo 値 (出典：参考文献 [2], p.126)

2.2 人体と環境との間の熱平衡 (教科書 pp.65～68)

\_\_\_\_\_ : 体内で作られた熱と体外に放散される熱量とがほぼバランスを取れるようにして、体温をほぼ一定に保とうとする働き。

下の図 (出典：参考文献 [1], p62) を参照のこと。教科書 p.66 の図 4-2 も参照のこと。



人体の熱平衡式：

$$\begin{aligned}
 & \left[ \text{ } \right] - \left[ \text{ } * \right] - \left[ \text{ } \right] \\
 & \qquad \qquad \qquad - \left[ \text{ } \right] \\
 = & \left[ \text{ } \right] + \left[ \text{ } \right] + \left[ \text{ } \right] \\
 & \qquad \qquad \qquad + \left[ \text{ } \right] + \left[ \text{ } \right]
 \end{aligned}$$

〔人体の熱収支のバランス量〕は、通常は0。0より大きくなると人体への蓄熱が起こり、0より小さくなると身体冷却の現象が起こる。

注) \* : ものを動かしたり、持ち上げたりすることなどにより、熱以外のかたちで人体の外部にエネルギーを伝える。

\*\*\*\*\* メモ \*\*\*\*\*

### 3. 温熱環境の計測（教科書 pp. 69～73）

教科書 pp. 69～73 の写真や図を参照のこと。また、参考文献 [3] も参照のこと。

→ 2年生後期配当の『居住環境調整工学実験』で使う測定器が多いので、詳細はその時に説明。

→ <http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/jikkenn.html/kyojikkenn.html>

#### 3. 1 気温（教科書 p. 69）

\_\_\_\_\_，自記温度計，白金抵抗測温体，サーミスター測温体，熱電対などを使用。

→ 最も基本的な測定機器が\_\_\_\_\_。

#### 3. 2 湿度（教科書 pp. 69～70）

\_\_\_\_\_，電気式湿度計などを使用。

→ \_\_\_\_\_では，乾球温度（気温）と湿球温度から相対湿度を計算できる。

→ ドイツの気象学者 R. Assmann が 1887 年に考案した。湿球温度計の示度は，感温部が水の蒸発により冷やされて乾球温度計の示度よりも低くなる。これら差を用いて相対湿度を計算する（JIS の表，もしくは Sprung（スプリング）の公式を用いる）。

#### 3. 3 風速（教科書 pp. 70～71）

熱式風速計，超音波式風速計などを使用。

#### 3. 4 熱放射（教科書 p. 71）

##### 1) 表面温度の計測

接触型と非接触型がある。

##### 2) 放射温度の計測

最も代表的な測定機器として，グローブ温度計がある。

※ \_\_\_\_\_: つや消し黒塗り無発熱の中空銅球の放射と対流による平衡温度を測定する。気温と風速を測定しておけば，平均放射温度を計算できる。

→ 教科書 p. 72 の図 5-11 を参照。

#### 3. 5 各種温感計器（教科書 pp. 71～73）

グローブ温度計，カタ寒暖計，WBGT 計，コンフォートメーター，ET\*測定器，2球・2円筒式環境測定装置，体感制御センサーなどがある。

4. 温熱環境と設計目標（教科書 pp. 74～77）

4. 1 建築基準法とビル管理法（教科書 p. 74）→参考 URL [2] も参照のこと。

ビル管理法（建築物における衛生的環境の確保に関する法律）に示された基準（一部抜粋）

- ・温度：17～28℃（ただし，居室における温度を外気の温度より低くする場合は，その差を著しくしないこと。）
- ・相対湿度：40～70%
- ・気流：0.5m/s 以下

4. 2 温熱環境指標（教科書 pp. 74～75）

(1) \_\_\_\_\_ (OT)

$$\left[ \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \right] = \left( \left[ \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \right] \times \left[ \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \right] + \left[ \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \right] \times \left[ \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \right] \right) / \left( \left[ \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \right] + \left[ \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \right] \right)$$

$$\rightarrow t_o = \frac{h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r}{h_c + h_r} \quad (1)$$

ここで，

$t_o$ ：作用温度 [°C] →教科書 p. 75 の図 6-4 を用いて温熱環境を評価できる。

$t_a$ ：気温 [°C]

$t_r$ ：平均放射温度 [°C] ←人体が周囲から受ける放射熱量の平均値

$h_c$ ：対流熱伝達率 [W/(m<sup>2</sup>·K)] →対流での熱の伝わりやすさを示す

$h_r$ ：放射熱伝達率 [W/(m<sup>2</sup>·K)] →放射での熱の伝わりやすさを示す

(2) \_\_\_\_\_ (Predicted Mean Vote)

Fanger が 1970 年に発表。温熱環境の 6 要素から計算を行い，「+ 3」～「- 3」までの 7 段階の \_\_\_\_\_ で，温冷感を表現する。ISO-7730 として国際規格化されている。ISO-7730 では，快適域として，

$$\text{_____} < \text{PMV} < \text{_____} \quad (\text{PPD} < 10\%)$$

を推奨している。なお，PPD は，予想不満足者率 (Predicted Percentage of Dissatisfied, 教科書 p. 75 の図 6-2 を参照。) である。

→PMV=0 であっても，全ての人が満足するわけではなく，5%の不満足者がいることになる。

注) ISO：国際標準化機構 (International Organization for Standardization)

JIS：日本工業規格 (Japanese Industrial Standards)

(3) 新有効温度 (ET\*)

Gagge が 1970 年代に発表。温熱環境の 6 要素から計算を行い，体感温度で表す。単位は [°C] である。

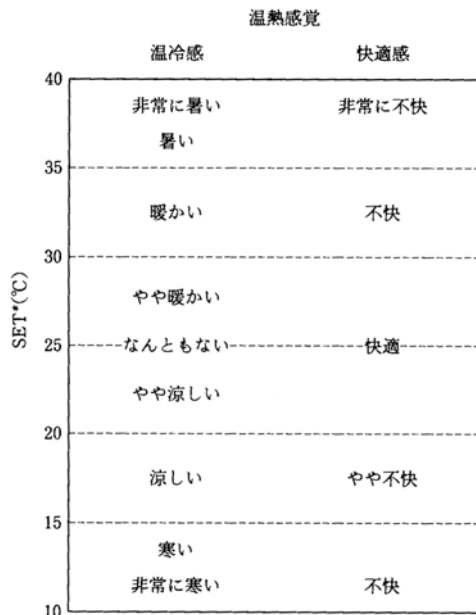


図 SET\*と温熱感覚の対応 (出典：参考文献 [3], p.76)

\_\_\_\_\_ (ET, Effective Temperature) : C. P. Yaglou (ヤグロー) が 1920 年代に発表  
 \_\_\_\_\_ ET\* (「イー・ティー・スター」と読む。), New Effective Temperature)

: A. P. Gagge (ギャグギ) が 1970 年代に発表

\_\_\_\_\_ (SET\*, Standard (New) Effective Temperature)

: 標準状態において定義された新有効温度

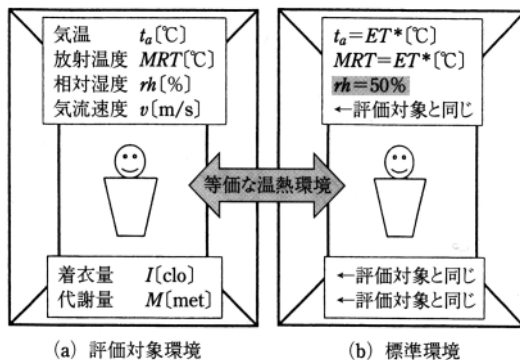


図 新有効温度 ET\*の意味 (出典：参考文献 [2], p.129)

#### 4. 3 局所不快感（教科書 pp.75～76）

全身温冷感が中立状態であっても，局部温冷感による不快が存在すれば，快適な状態とはならない。

##### （1）不均一放射

ISO-7730 の基準

→暖かい天井に対する不均一限界は  $5^{\circ}\text{C}$  以内。冷たい窓・壁面に対する不均一限界は\_\_\_\_\_。

##### （2）ドラフト

ドラフト：望まれない局部気流

→\_\_\_\_\_（ADPI, Air Diffusion Performance Index）を用いて評価する。

##### （3）室内上下温度分布

ISO-7730 の推奨値

→くるぶし（床上 0.1m）と頭（床上 1.1m）との温度差を\_\_\_\_\_に。

##### （4）床温度

ISO-7730 の推奨値

→通常の室内の床温度は\_\_\_\_\_に。ただし，靴を履いている場合。

体温より高い表面温度の伝導による暖房は，低温やけどを起こす危険性あり。

#### 5. 参考文献（〔〕内は，熊本県立大学附属図書館所蔵情報）

[1] 『絵とき 自然と住まいの環境』（堀越哲美・澤地孝男編，彰国者，1997年2月，¥2,400＋税，ISBN：4-395-00466-0）〔開架2，519||H 89，0000193484〕

[2] 『初学者の建築講座 建築環境工学』（倉渕隆，市ヶ谷出版社，2006年10月，¥2,700＋税，ISBN：4-87071-198-2）〔開架2，525.1||Ku 51，0000308131〕

[3] 『快適な温熱環境のメカニズム 豊かな生活空間をめざして』（空気調和・衛生工学会編，空気調和・衛生工学会（丸善），1997年12月，¥4,500＋税，ISBN：4-87418-019-1）〔開架2，528.2||Ku 28，0000225353，0000225354〕

→新版あり（改訂第2版，2006年3月，¥3,624＋税，ISBN：4-87418-037-X）〔開架2，528.2||Ku 28，0000302144〕

## 6. 参考 URL

[1] 講義資料のダウンロード

<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/genron.html/setubigen.html>

[2] 国土交通省所管法令等一覧

<http://www.mlit.go.jp/hourei/all.html>

### ▽次回の講義予定

- |        |   |                     |
|--------|---|---------------------|
| II 熱環境 | 7 | 太陽の動き（教科書 pp.78～81） |
| II 熱環境 | 8 | 影と日照（教科書 pp.82～87）  |