温熱環境人間工学の現状と将来展望

○前田享史・倉前正志・横山真太郎（北海道大学）

Present state and future perspective for ergonomics of thermal environment in Japan

Takafumi Maeda, Masashi Kuramae, Shintaro Yokoyama (Hokkaido University)

1. はじめに

温熱環境要因には、気温、気湿、気流、輻射熱があるが、これらが統合し人体に影響を及ぼす。温熱環境人間工学では、温熱環境の人体への影響について、様々な方法で評価を行っている。単なる温熱環境要因の物理量測定や温熱評価指数の開発、様々な指数や予測式による温熱環境評価や人間への影響評価、これらの算出に用いられる着衣の断熱性や作業量の測定、主観尺度による温熱環境評価、生理的測定に基づく人間の暑熱寒冷負荷の評価などが挙げられる。これらの評価指標のなかで、生理的測定に基づく評価は、人間の反応を実測しているため最も有用であるといえる。

1981年以降に人間工学会あるいは雑誌において過去に発表された温熱環境人間工学関連の研究は、徐々に増加している。その内容は、1980年代には、おもに、作業者の負担軽減に寄与する研究¹⁻³⁾や体温調節モデルに関する研究⁴⁻⁶⁾などが見られた。1980年代後半から1990年代にかけて快適性に関する研究^{7,8)}や高齢者身障者⁹⁻¹⁶⁾を対象とした研究などが見られるようになった。前後して、子供を対象とした研究¹⁷⁾もみられるようになる。室内温熱環境に関する研究として、快適性に関する研究^{18,19)}に加え、実際の居室空間を想定した研究が見られるようになる。床暖房に関連する局所加温の研究²⁰⁻²²⁾や1990年代後半には浴室内の温熱環境や生体負担に関する研究²³⁻²⁹⁾が多くみられる。2000年に入ると、温熱環境要因に対する反応の個人差に関する研究^{30,31)}、部位別特性を考慮した体温調節モデルの開発³²⁻³⁴⁾、夏季の寝室の温熱環境(微気流、天井放射冷房)に関する研究^{35,36)}などが見られるようになる。なお、これらの研究は人間工学会で発表されたもののみである。温熱環境が人体へ及ぼす生理的影響については、環境生理学、生理人類学、生気象学、被服学、衛生学など人間工学以外の分野で多く発表されているのが現状である。

2. 温熱環境人間工学の現状

人間工学領域において温熱環境と人間との間の関係を考える場合、最終的な目標は、人間のため

の快適な室内温熱環境を構築することにあるだろう。ここでいう快適とはいわゆる至適温度閾のことを言う。特に、重大な疾患の既往歴のある者やアルコールや薬物乱用者、一見健康そうに見えても熱中症の既往歴のある者、肥満者、高齢者にとって、暑熱環境は不快であるばかりか危険なものにさえなる。また、心臓病、高血圧、末梢血管疾患、呼吸器疾患などの疾患を有するものにとつての寒冷環境も同様である。肥満者、高齢者、女性、体力の劣るものにとつても過度の暑熱や寒冷は熱中症や低体温症を誘発する要因となる。このような人たちにはなるべく生体への負担を軽減するような温熱環境が望まれるだろう。そのため至適温度内の制御は必要であり、様々な人に安心を与え、安全な環境を提供し、活動の場を広げる要因となる。

一方で、成人や成長過程にある子どもにとつてはどうであろうか？一日中、一年中冷暖房で調温された生理的負担の小さな居室内での生活は、はたしてよいのであろうか？答えは否であろう。成長過程や日常生活において発揮されない生理機能は間違いなく低下すると考えられる。

温熱環境人間工学は、作業安全性の観点から危険や不快な温熱要因を取り除くことにはじまり、快適な温熱環境の構築、さらには高齢者や疾病既往者など弱者のための温熱環境の基準を示すための研究がなされている段階であろう。この基準作りのための基礎研究として身体の部位特性や個人差を評価することは非常に重要である。

3. 温熱環境人間工学の将来展望

従来の温熱環境人間工学は、生命の危険や不快を取り除く、あるいは減らす方向でのいわゆる消極的な快適の環境を構築するのが目標であった。しかし、このような環境は、快適な室温であるが故にさまざまな体温調節機能を発揮することなく体温調節が可能となる環境であり、熱放散機能の低下、発汗機能の低下、熱産生機能の低下につながることも容易に予想できる。このことを念頭ににおいて温熱環境人間工学研究の今後の展開を考えると、生活者である人間主体の積極的な快適を目指す方向で研

究が進むと考えられる。具体的には、サーカディアンリズムを考慮した室温制御、人間の体温調節能力を損なわないための室温制御に始まり、熱放散や熱産生などの能力いわゆる体温調節能力にかかわる効果器の反応性を高めるような生活環境や生活習慣(特に運動習慣や食習慣)の提案にいたるまで、人間の生活を総合的にデザインすることが今後の温熱環境人間工学に求められるようになるだろう。このことは温熱環境人間工学の領域にとどまらず、基礎的学問としての生理人類学や疾病予防と関連する衛生学・予防医学的領域にまで広がっており、今後はこれらの周辺学問領域との提携が必要かつ密接となっていくと考えられる。

また、近年、職場環境では、クールビズやウォームビズで代表されるように省エネルギーによるCO₂排出削減も実施されている。過剰な冷暖房から必要最低限度の室温調節に移行し、人間本来の体温調節機能や衣服によって体温を調節する方向で進んできている。このことから上述のような人間の反応性を高める方策が、今後ますます求められていくことだろう。

参考文献

- 岡田明他: 昼夜逆転生活が生体に及ぼす影響について, 人間工学. 17 (Suppl), 58-59, 1981.
- 佐藤陽彦他: 回復期の生理的指標による動的筋作業の生理的負担の評価 環境条件及び作業強度を変えた場合, 人間工学. 17 (Suppl), 74-75, 1981.
- 坂本和義他: ヒトの 50 時間断眠による疲労の発生過程と回復過程, 人間工学. 17 (Suppl), 60-61, 1981.
- 横山真太郎: 部位別特性を考慮した体温調節数値モデル, 人間工学. 22 (Suppl), 220-221, 1986.
- 横山真太郎他: 新しい体温調節モデルのコンピュータシミュレーション, 人間工学. 17 (Suppl), 100-101, 1981.
- 横山真太郎他: 新しい体温調節モデルの開発, 人間工学. 17 (Suppl), 98-99, 1981.
- 勝浦哲夫他: 前室気温が温冷感, 快適感に及ぼす影響, 人間工学. 24 (Suppl), 320-321, 1988.
- 田辺新一他: パーソナルふく射暖房パネルの熱的快適性, 人間工学. 27 (2), 65-72, 1991.
- 多屋秀人: 脊損患者用体温調節器の熱特性, 人間工学. 23 (Suppl), 268-269, 1987.
- 徳田哲男他: 環境温度の変化と高齢者の心身諸機能に関する研究 I 自律神経系の反応態度について, 人間工学. 24 (Suppl), 220-221, 1988.
- 徳田哲男他: 環境温度の変化と高齢者の心身機能に関する研究, 人間工学. 25 (4), 197-206, 1989.
- 徳田哲男他: 環境温度の変化と高齢者の心身諸機能に関する研究 II 皮膚温, 環境機能, 主観的申告などについて, 人間工学. 25 (Suppl), 318-319, 1989.
- 梁瀬度子他: 高齢者の暑熱環境における選択気流速度に関する実験的研究, 人間工学. 26 (Suppl), 364-365, 1990.
- 榎本ヒカル他: 夏期における定速気流が高齢者に及ぼす影響 その 2 高湿度環境の場合, 人間工学. 29 (Suppl), 272-273, 1993.
- 榎本ヒカル他: 夏期における温熱環境の高齢者への影響, 人間工学. 30 (Suppl), 280-281, 1994.
- 吉田燦: 身障者のための住居の温熱環境, 人間工学. 30 (Suppl), 14-15, 1994.
- 都築和代: 母親により選択された温熱環境下での子供の体温調節, 人間工学. 32 (Suppl), 18-19, 1996.
- 川上芳昭: 熱的快適性における地域間の相異について, 人間工学. 31 (Suppl), 542-543, 1995.
- 奥水ヒカル他: 夏期における至適室温に関する実験的研究, 人間工学. 32 (Suppl), 16-17, 1996.
- 村井卓生他: オフィス環境が作業適合性に与える影響 (1) 温熱・音・光個別環境, 人間工学. 31 (Suppl), 530-531, 1995.
- 長迫信也他: 低温環境における局所加温が生理的反応に及ぼす影響, 人間工学. 34 (Suppl), 334-335, 1998.
- 西川向一他: 床暖房が学習能率に与える影響に関する研究, 人間工学. 35 (3), 177-184, 1999.
- 柄原裕他: 入浴時の湯温及び室温が生体心理反応に及ぼす影響, 人間工学. 32 (Suppl), 14-15, 1996.
- 宿口郁子他: 生理機能変動からみた快適浴室温度について, 人間工学. 34 (Suppl), 332-333, 1998.
- 中村誠他: 全身シャワー浴の環境温度に対する至適入浴条件と生理的反応について, 人間工学. 35 (Suppl), 460-461, 1999.
- 西川向一他: ミストを用いた低温サウナが生体に与える影響, 人間工学. 36 (Suppl), 316-317, 2000.
- 中村誠他: 全身シャワー浴の身体部位別給湯に対する心身諸特性について, 人間工学. 36 (Suppl), 314-315, 2000.
- 中村誠他: 環境温度差に対する全身シャワー浴の心身諸反応について, 人間工学. 37 (Suppl), 564-565, 2001.
- 白田梨奈他: 手浴の部位の違いによる生体反応・手関節と肘関節部位浴の脳血流・心拍数・体温の比較, 人間工学. 40 (Suppl), 402-403, 2004.
- 衣笠奈々恵他: 高齢者の個人差を考慮した夏期の至適温熱環境に関する研究, 人間工学. 42 (Suppl), 272-273, 2006.
- 水田祐美子他: 夏期における至適温熱環境の個人差に関する研究・異なる気温下での生理・心理反応について 人間工学. 42 (Suppl), 470-471, 2006.
- 横山真太郎: 生体の部位別特性を考慮した体温調節モデル 制御対象系のデータベースと血液温度の計算アルゴリズムを中心として, 人間工学. 26 (Suppl), 326-327, 1990.
- 横山真太郎他: 部位別特性を考慮した生体内温度予測プログラムに関する研究 (2) 着衣対応の考え方とその応用, 人間工学. 38 (Suppl), 308-309, 2002.
- 横山真太郎他: 部位別特性を考慮した生体内温度予測プログラムに関する研究 (1) プログラムの概要と個体差対応について, 人間工学. 38 (Suppl), 306-307, 2002.
- 北堂真子他: 暑熱環境下の夜間睡眠における微気流の冷却効果, 人間工学. 40 (Suppl), 384-385, 2004.
- 後藤和貴子他: 夏期の寝室における放射冷房の使用が睡眠中の生理・心理反応に及ぼす影響 人間工学. 42 (Suppl), 468-469, 2006.