低温サウナ室内の伝熱と熱流動

Heat transfer in a low temperature sauna

○学 松本 欣和(日本工大) 正 原 利次(日本工大) 佐藤 貴浩(日本工大・学)

Yoshikazu MATSUMOTO, Toshitsugu HARA, Takahiho SATO

Dept. of Systems Engineering, Nippon Institute of Technology, Gakuenndai, Miyasiro, Saitama

Experimental and calculated investigation on heat transfer in a low temperature sauna was made. Low temperature sauna was usually heated up by a radiation panel heater at the ceiling to 50 degree C. In order to examine how heat transfers from the radiation heater to a human body in a sauna room, temperature and velocity distribution air were examined by the experiment and calculation of indoor air flow. It was found that heat flowed from the radiation heater to the human body mainly through air convection and wall radiation, not direct radiation from the heater.

Key Words: heat transfer, radiation, sauna, human body, sonic wave

1. はじめに

遠赤外線は、食品加熱や健康医療器具などの分野で利用され、我々の生活に深く浸透してきているが、生体への影響についてはまだ解明されていない部分が多く、今後さらに明らかにすることが必要である。

本研究は、遠赤外線放射パネルで加熱するいわゆる低温サウナ室内で、本当に低温の直接放射で人体が充分に加熱されるのか、を明らかにするために行ったもので、サウナ室内での熱流動を実験と熱流動シミュレーションで検討し、さらに人体各部の温度変化を測定して、より効果的な利用方法を検討したものである。

2. 実験装置と方法

図1のような縦、横各1.8m、高さ2.2mのサウナ室を作り、壁には厚さ15mmの断熱材(発泡スチロール)を使用した。加熱装置として、床面から2.0mの位置に0.8m×0.9mの遠赤外線放射パネル(入力200V, max14A, 温度制御器付)を下向きに設置した。サウナ室周囲の空気温度は20°Cであった。

サウナ室内の温度分布の測定のため、素線径0.3mmのCC熱電対を鉛直方向4箇所、水平方向3箇所の計12箇所と、貫流ファン吹出し口に計5箇所と、計19箇所で測定した。また、壁からの熱漏洩の計算のためサウナ室断熱壁の内外の表面温度を測定した。人体への暖房効果を調べるために、被験者の上半身裸体の表面温度を、入室前と入室後10分まで2分毎、サーモカメラを用いて測定した。

3. 実験結果と検討

熱電対で測定したサウナ室内の各部の温度変化を図2に示す。放射パネル温度の変化でわかるように、制御方法が加熱後断続運転になるため、放射パネル表面の温度はスイッチ入れた後に上昇して約80°CでOFFし、約60°CでONするようにON-OFFを繰り返して大きく変化している。しかし室内中央(床から1.0m)での空気温度は50°C前後で比較的安定し、壁(中央)内側の表面温度も室内空気温度と同じように変化している。また、壁(中央)外側の表面温度は周囲温度から少しずつ上昇し、約24°Cで一定になっている。

Fig. 1 Experimental apparatus

Fig.2 Temperature change

図3は市販の熱流動解析ソフト(PHOENICS)により、実際の吹き出し風速と空気温度を用いてサウナ室内の流動状況をシミュレーションしたものである。吹き出し口での下向き流速が大きいため空気が床面まで到達していることがわかる。これと比較するためにサウナ室中央断面での鉛直方向の速度分布と温度分布を測定した。結果を図4に示す。

図4は室内中央での風速と温度の実験値と計算値を示している。両者の値はやや異なっているが、傾向は似ており、空気温度は実験値と計算値とも吹き出し口直後で高く、下降にしたがって低下している。また風速は上部では両者は異なっているが、床面付近では両者とも4m/s前後の強い風が吹いている。以上から、熱量の大部分は空気による対流伝熱の可能性が考えられた。

図5に、実験により得られた温度分布と放射伝熱¹⁾の計算により求めた、低温サウナ室での熱の流れの結果を示す。入室10分後を例に示したが、遠赤外線サウナとはいえ放射パネルから直接人体に放射される熱量は10%前後と小さく、熱のパネル熱の殆どは空気を介して壁に、一部は人体に入る。壁に入った熱は再度放射により人体に入り、この量はパネルから直接入る量に匹敵する。この熱系統を知ることにより効果的にサウナを利用することが考えられる。

図6にサウナ室内の人体の表面温度分布を示す。図中(a)はサウナ室内で立居ていた場合で、顔や肩は温度が上がっているが腹部は温度が上がっていない。もともと熱容量の大きな腹部は温まり難いようである。図6(b)は改善後の横座したときの温度分布を示す。図6(a)と比較すると、他の部分はあまり変化がないが、腹部の温度が約2°C(35.0°C→37.0°C)上昇し、胸部の温度と同等になっていることがわかる。被験者へのアンケートによると感覚的にも充分暖かくなったという評価を得た。遠赤外線加熱といっても主な熱担体である温風を直接腹部にあてることにより暖房効果を改善することが出来る。

4. まとめ

遠赤外線を加熱減とする低温サウナの熱流動を実験と熱流動シミュレーションで検討し、遠赤外線の放射熱だけでは人体は温まり難く、吹き出し温風を直接人体にあてることにより、暖房効果を改善することが出来た。

最後に、実験装置の製作に際し放射パネルを提供して頂いたミサト㈱に感謝いたします。

5. 参考文献

- 1) 伝熱ハンドブック-ソフト付き-, 機械学会 (1993)
- 2) 川口, 遠赤外放射のサウナへの応用, 電熱社 (1986) p.52-56.

Fig. 5 Heat Transfer in a sauna room (after 10 min.)

Fig. 3 Velocity distribution

Fig. 4 Temperature and velocity distribution (Calculated and measured)

Fig. 6 Comparison of skin temperature (after 10 minutes)