

あたたかさ に関する実験とその解析

採温 と 採暖 の比較

(その2. 被験者の温冷感と人体エクセルギー消費)

暖房 採温 採暖 あたたかさ
人体エクセルギー消費

正会員 江頭 寛基^{*1} 同 直井 隆行^{*2}
同 伊澤 康一^{*3} 同 宿谷 昌則^{*4}
同 生島 充^{*5} 同 石川 雅規^{*5}

本報その1. では、外断熱室と従来仕様室が異なる温熱環境を形成することを確認した。

本報その2. では、外断熱室(採温)と従来仕様室(採暖)によって調整された異なる温熱環境の<あたたかさ>の違いを、被験者の温冷感と人体エクセルギー消費¹⁾に着目して考察した結果を述べる。

5. 被験者の温冷感 図7に室全体に対する被験者の「温冷感」申告の経時変化を示す。 中の数字は申告人数である。採温(外断熱室)では入室直後は「暖かい」の申告が多いが、時間経過とともに「やや寒い」の申告が多くなる。これから、設定温度20 のエアコンは採温手法としては、あまりふさわしくなかったと思われる。一方、採暖(従来仕様室)では、ほとんどの人が在室中ずっと「やや寒い」・「寒い」と申告している。

温冷感とともに申告してもらった自由コメントを見たところ、採温の場合には入室直後に『すごく安心感のある温もりを感じる。』・『部屋全体に温かさを感じる。』、入室30分後に『室全体が均一な温度を感じる。』、入室60分後に『少しほっぺがあたたかくなり、赤くなるかなといった感じがする。』などと答えていた。採暖の場合には、以上のような答えは得られず、入室15分後には『入室する時にあった体温がだんだん奪われてきた感じがする。』、入室30分後には『空気は冷たくないけど、寒い。』などと答えていた。これらは、採温の あたたかさ と採暖の あたたかさ に違いが現われている事例だと考えられる。

図8は、被験者18人の身体部位別の「温冷感」申告の経時変化を採温と採暖のそれぞれについて示したものである。被験者18人の身体は頭・顔、首・肩、腹・背中、腰・お尻、手・腕、足の6つの部位に分けた。図中の は「あたたかい」、 は「冷たい」の申告で、数字は申告人数である。採温では、身体全体にわたって あたたかさ を感じている人が多く、採暖に比べて足元に冷たさを感じている人が少ない。これは、図4に示したように採温のMRTが採暖に比べて高かったことが原因していると考えられる。採暖では、はじめ頭部に あたたかさ を感じている被験者がいるが、時間が経つにつれていなくなり、多くの被験者が足元に冷たさを感じるようになる。入室60分後には、15人の被験者が足元に冷たさを感じている。

また、自由コメントによると、ほとんどの被験者が足元の冷

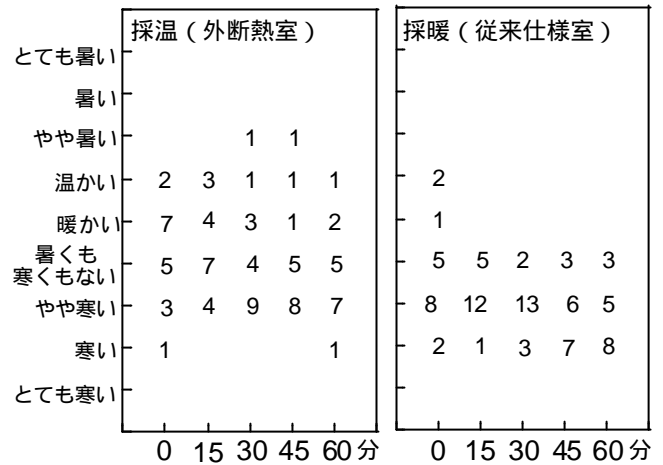


図7 被験者の「温冷感」申告

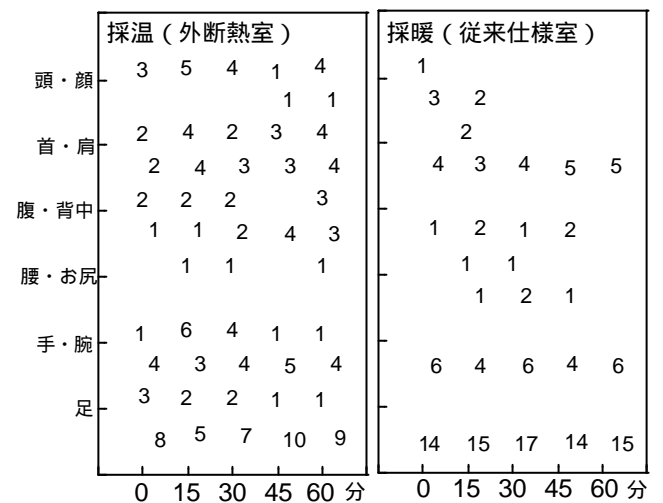


図8 被験者の身体部位別の「温冷感」申告
(はあたたかい、 は冷たいの申告)

たさを『靴下をもう一枚履きたい』などの不快さを表わす言葉で表現していた。これは、図4や図5に示したように、採暖ではエアコンによってほとんど空気だけを暖めて、暖かい空気は室上部に偏り、床の表面と足元付近の空気は冷たいままであったためと考えられる。

A Comparative Experimental Study on the Qualia of Warmth : “SAIDAN” and “SAION”

(Part 2. Thermal Sensations and Human-body Exergy Consumption)

EGASHIRA Hiroki, NAOI Takayuki, ISAWA Koichi, SHUKUYA Masanori, IKUSHIMA Mitsuru, ISHIKAWA Masanori

6. 人体でのエクセルギー消費と温エクセルギーの出入り 図9は、採温と採暖での人体エクセルギー消費速さの経時変化を示したものである。図3に示したように、12/4の平均外気温は12/5に比べて6 低いにもかかわらず、両日ともに採温での人体エクセルギー消費は約3 W/m²である。これは、採温を行なった建物には適切な断熱が施されており、外気の影響をあまり受けないためである。一方、採暖では外気温が低くなるほど、人体でのエクセルギー消費が大きくなる傾向が見られる。このことは、外気温が低い地域ほど、適切な断熱性と蓄熱性を施し、小さな温エクセルギーの消費によって あたたかさ を得る採温がより相応しくなることを示唆している。

図10は、人体を出入りする温エクセルギーを、対流で出る成分、放射で出る成分、放射で受けとる成分に分けて、採温と採暖のそれぞれについて示したものである。なお、これらのエクセルギーは被験者が在室中の時間帯(12/4)について平均したものである。

温エクセルギーの出入りは、全般的に採温の方が採暖よりも大きい。対流で出る温エクセルギーは、採温では0.9W/m²、採暖では1W/m²であり、両者の差は小さい。対流で人体が受けとる温エクセルギーは、この実験条件では現われなかったが、その理由は着衣表面温が室温より高いためである。

採温と採暖ともに、放射で出る温エクセルギーは、対流で出る温エクセルギーの、2～3倍である。採温と採暖を比べると、採温が2W/m²で採暖に比べて25%ほど放射で出る温エクセルギーが大きい。これは、採温の方が採暖よりもMRTが高いため、人体の表面温度も高く保たれていることが影響している。採温の場合の人体は、体内におけるエクセルギー消費の結果生成されるエントロピーの排出が放射によってうまくできている。その一方で、採暖では体温を維持するために、本来、放出されるべきエントロピーが十分には放出できていないと考えられる。

放射で受けとる温エクセルギーは、採温では0.7W/m²で、採暖の1.5倍になっている。

以上のように、放射によって出入りする温エクセルギーの違いは大きく、採温と採暖の あたたかさ の違いに大きく影響していると考えられる。採温では、採暖に比べて人体を出入りする温エクセルギーのうち、放射の占める割合が大きい。これは、本実験の範囲では採温(外断熱室)でも採暖(従来仕様室)でもエアコンを用いたため、壁の外断熱と窓の断熱強化がもたらしたと言える。このような窓と壁体の断熱性向上の効果をより顕著にするためには、採温は対流を主とするのではなく、放射を主とした方がよいと思われる。この点については、更に検討したらよいと考える。

7. おわりに 1)外断熱室と従来仕様室における室温とMRTの違いを考察し、前者において行なわれる暖房方式を採温、後者におけるそれを採暖として区別した。 2)採温の方が採暖よりも好ましい あたたかさ を感じ、人体でのエクセルギー消費も採温の場合の方が採暖に比べて小さな値であった。

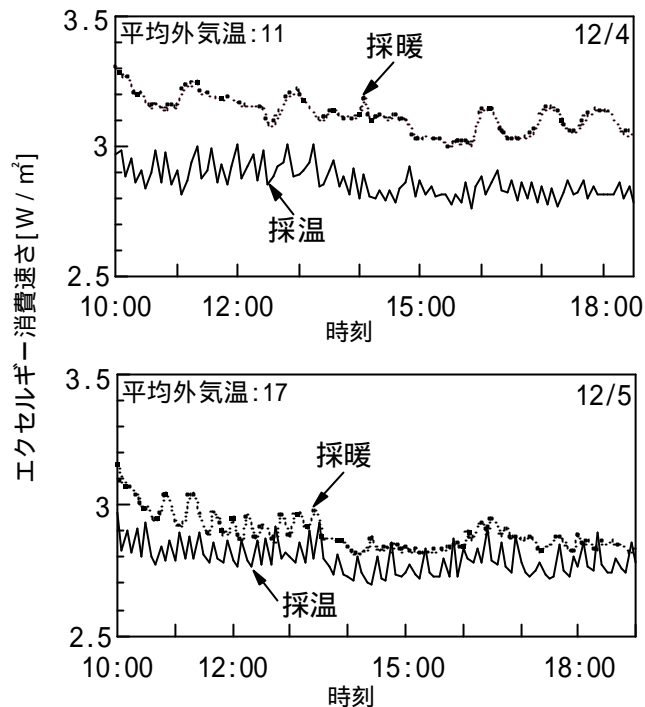


図9 人体エクセルギー消費速さの比較

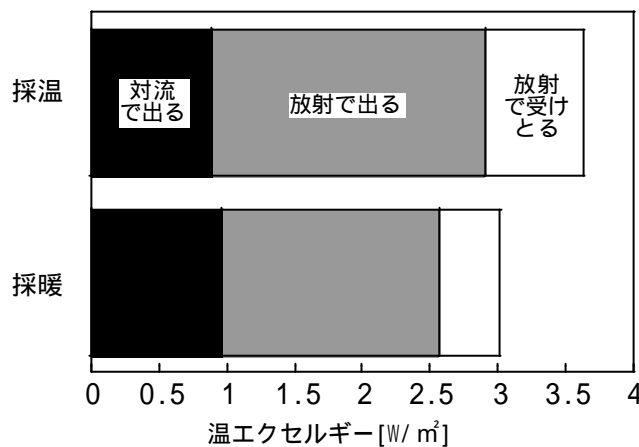


図10 人体を出入りする温エクセルギーの比較

参考文献

- 1)小溝隆裕・伊澤康一・斎藤雅也・宿谷昌則：人体のエクセルギー消費と温冷感、日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)D-2、2002年8月、pp.571-576。

謝辞 実験に際して、武蔵工業大学の当時4年生 津村真理さんと当時3年生 岩松俊哉さんの協力を得ました。ここに記して謝意を表わします。

*1 戸田建設(株) 修士(環境情報学)
 *2 武蔵工業大学 大学院生
 *3 武蔵工業大学 大学院生・修士(工学)
 *4 武蔵工業大学 教授・工学博士
 *5 康和地所(株)

Toda co.Ltd., M.Environmental and Information Studies
 Graduate Student, Musashi Institute of Technology
 Graduate Student, Musashi Institute of Technology, M.Eng.
 Professor, Musashi Institute of Technology, Dr.Eng.
 Kowajisyo co.Ltd.