

低体温・基礎代謝が温冷感に与える影響

会員外 ○富田 麻未^{*1}
正会員 斉藤 雅也^{*2}

4. 環境工学 - 10. 温熱感 低体温、基礎代謝、温冷感

1. はじめに

ヒトの核心温は本来ならば 37.0 前後であるが、近年、起床時の核心温が 36.0 未満となる「低体温」の増加が、特に小学生に顕著にみられるとの報告がある¹⁾。低体温は、一般的に低代謝、つまり、体内で生産される熱(産熱)が少なく、また放熱しやすい特徴がある²⁾。

ヒトの温冷感は温熱環境の物理要素と代謝量・着衣量によって決まるが、実際は個人差が相当ある³⁾。また最近では、温冷感の個人差は、ヒトが生まれて以来、体験してきた建築・都市・地域の温熱環境において「後得的」に培ってきた記憶によるとする論考も出てきた⁴⁾。仮に低体温や低代謝が後得的に獲得された温熱生理の状態とするならば、それらがヒトの温冷感に与える影響をいまこそ明らかにしておく必要がある。

本研究では、低体温と代謝、特に簡易計測が可能な基礎代謝に着目し、それらが任意の温熱環境下でヒトの温冷感に与える影響を明らかにする被験者実験を行なった。本報では、その結果と考察を報告する。

2. 研究方法

2-1. 一次調査

低体温者を探すために、2010年8月に自己申告による事前調査を実施した。次にその候補者から無作為に選んだ被験者18人(男6・女12)に対して一次調査を行なった^{註)}。表1にその概要を示す。

一次調査は、2010年10月4日~10月9日に被験者全員に舌下体温計・自記温湿度計・記録手帳を配布し、朝(7時)・昼(14時)・夜(23時)の舌下温の測定を依頼した。自記温湿度計は常に携帯してもらい、被験者周囲の空気温湿度を5分間隔で自動計測・記録した。同時に30分以上滞在し

表1 一次調査の概要

[調査期間]	2010年10月4日~9日
[被験者数]	大学生18人(男6・女12)
[調査方法]	舌下温の測定 朝(7時)、昼(14時)、夜(23時)の1日3回。 空気温湿度の測定(任意の場所) 自記温湿度計の携帯(5分間隔) 30分以上の滞在空間の温冷感申告 1日5回程度を目安
[配布物・測定機器(常時携帯)]	舌下体温計(テルモ電子体温計 C502) 自記温湿度計(T&D TR-53A) 記録手帳

表2 二次調査の概要

[調査期間]	: 2010年10月18日~22日(暖房なし時) : 2010年10月25日~29日(暖房あり時)
[被験者数]	一次調査と同じ18人(男6・女12)
[実験場所]	札幌市立大学芸術の森キャンパス 専門教育B棟の一室(札幌市南区)
[実験方法]	実験室前廊下にて実験説明、質問回答後、実験室へ入室。 実験室にて質問回答後、5分間ソファでくつろぐ。 実験室にて赤外線放射カメラによる体表面温度撮影(3回撮影)後、温冷感申告。 終了後、舌下体温計・体組成計の測定。
[実験機器]	自記温湿度計(T&D TR-53A) 照度計(T&D TR-74Ui) グローブ温度計(黒球150mm・灰色ピンポン球38mm: T&D TR-51A+自作) 赤外線放射カメラ(NEC Avio TVS-200EX) 体組成計(TANITA インナースキャン 50 BC-306)

ている空間では、被験者にそのときの温冷感（7段階）を記録手帳に記入してもらった。なお、被験者の1日の記入回数は大よそ5回程度であった。
2 - 2 . 二次調査

表2に二次調査の概要を示す。二次調査は、実験室を用いた温熱環境下での低体温、基礎代謝と温冷感の関係を明らかにする目的で行なった。

札幌市立大学芸術の森キャンパスの専門教育 B 棟の一室と実験室前の廊下（図1）にて、一次調査と同じ被験者に対し、期間 2010年10月18日～10月22日、期間 2010年10月25日～10月29日の2回行なった。期間 中は暖房を運転せずに自然室温で20以下に、 中は暖房を運転して室温を22～23付近に保った。周壁平均温度は室温になるべく等しい環境にした。

図2に被験者実験の流れを示す。被験者には実験室前の廊下で表3の[質問項目]1)～5)に回答してもらった。実験室へ入室し、ソファで表3の[質問項目]1)～9)に回答後、ソファに座って5分間くつろぎ、実験室の温熱環境に順応してもらった。入室5分後に、着衣のまま被験者の体表面温度を赤外線放射カメラで撮影し、その後ソファで表1の[質問項目]1)～14)と、女性のみ15)に回答してもらった。また、表3の[測定項目]は、舌下体温計と体組成計で測定・記録してもらった。

3 . 結果と考察

3 - 1 . 低体温が温冷感に与える影響

被験者18人を「低体温群」（朝7時の平均舌下温が36.0未満）と「対照群」（朝7時の平均舌下温が36.0以上）に分類した。その結果、低体温群4人（男4）、対照群14人（男2・女12）となった。低体温群の朝の平均舌下温は35.83±0.21で、対照群の36.43±0.22に比べ0.60低かった。

図3に、一次調査で得られた各温冷感に対応する空気温度を示す。低体温群、対照群とも「どちらでもない」、「やや暑い」、「暑い」に対応する室温に有意差（ $p < 0.05$ ）がある。低体温群は対照群よりも温熱的中立の状態から「暑い」と感じるときの室温がそれぞれ「どちらでもない」で約1、「やや暑い」で約1.5、「暑い」で約2.5低い。

一方、両群の「やや寒い」、「寒い」に対応する室温に有意差がないことから、両群の任意の室温に対する温冷感の差は、室温20以上の温熱環境の下で表れると考えられる。

温冷感に対応する室温の差は、低体温の原因の

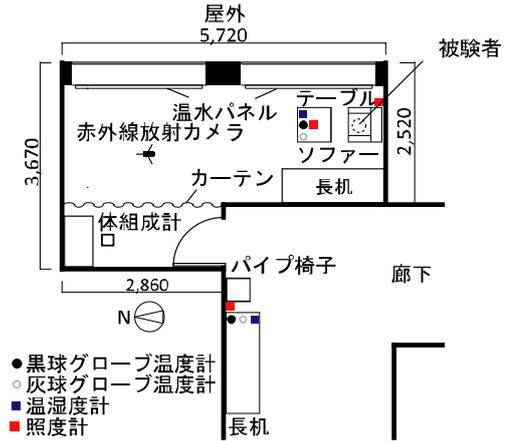


図1 実験室の平面図・実験器具配置

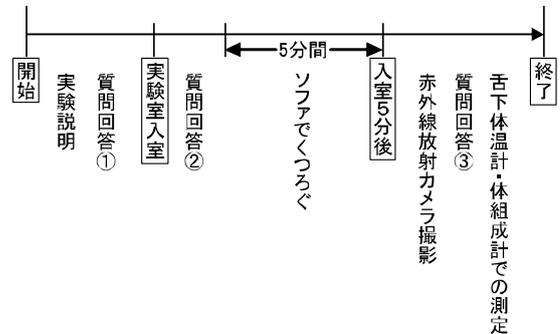


図2 被験者実験の流れ（二次調査）

表3 二次調査の質問項目と測定項目

[質問項目]		
1) 明るさ感	2) 想像温度	3) 温冷感
4) 乾湿感	5) 手・足の温冷感	6) 温熱快適性
7) 着衣の増減欲求	8) 飲み物の欲求	9) 温度調節の欲求
10) 自宅暖房の設定温度	11) 服装	12) 就寝時刻
13) 睡眠時間	14) 朝食の習慣	15) 月経周期
[測定項目]		
1) 舌下温	2) 体重	3) 基礎代謝量
4) 筋肉量	5) 体脂肪率	6) BMI

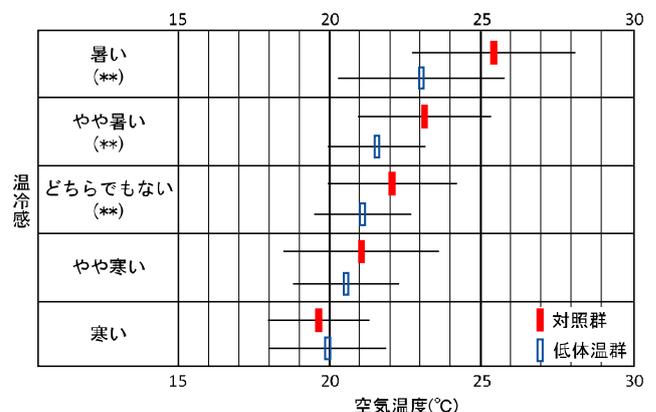


図3 低体温群と対照群の温冷感に対応する室温 (低体温群 N=4、対照群 N=14)

一つである「自律神経のバランスの崩れ」が影響し、自律神経による発汗などの体温調節が上手く行なわれていないためとも考えられる。このことは既往研究の成果と併せると、夏、低体温群は冷房機器に頼らなければ体温調節を行なえずに、温熱快適性を得ることが難しいと予想される。

図4に、二次調査での入室5分後の室温と手甲の表面温度の関係を示す。手甲の表面温度は、両群ともに室温とほぼ比例の関係にある。低体温群の手甲の表面温度は対照群よりやや高め（有意差はない）であった。

3 - 2 . 低体温者の手甲表面温度

低体温群4人の入室5分後の手甲の熱画像によると、暖房なし室（室温平均：17.5℃）での手甲の表面温度の差が顕著に大きかった。図4中の被験者・は低め（以降、「低 手甲温群」）、同様に被験者・は高め（以降、「高 手甲温群」）を示すが、前者と後者には約4℃の差がある。特に、室温が20℃以下の温熱環境（期間の暖房なし時）では低体温群で手甲の表面温度に差が表れる。

図5に、低 手甲温群・高 手甲温群の各温冷感に対応する室温を示す。「やや寒い」に対応する室温のみに、低 手甲温群と高 手甲温群の有意差がある。つまり、高 手甲温群が低 手甲温群よりも「やや寒い」に対応する室温が2℃ほど低いので、高 手甲温群は寒冷環境に対する耐性があると考えられる。この差は、体外への放熱量や代謝量の大小が影響している可能性がある。冬季にヒトが「やや寒い」と感じるかどうかの個人差は、室内での暖房の運転方法を決定する重要な点と考えられるが、本研究では未だ十分なデータがないので、今後の検証が待たれる。

3 - 3 . 基礎代謝が温冷感に与える影響

二次調査で得られた基礎代謝量に基づいて、被験者18人を新たに分類した。基礎代謝量は男女で異なるので、男女別の基礎代謝量の平均値を算出し、基礎代謝量が平均値から標準偏差を減じた値より低値を「低代謝群」、平均値に標準偏差を加えた値より高値を「高代謝群」、それ以外を「中代謝群」とした。その結果、低代謝群3人（男1・女2）、中代謝群12人（男3・女9）、高代謝群3人（男2・女1）となった。3 - 1 . の低体温群の4人は、低代謝群1人、中代謝群1人、高代謝群2人に分類された。

図6は、被験者全員の入室5分後の室温と手甲表面温度の関係である。高代謝群の手甲の表面温度は室温の影響をあまり受けておらず、暖房なし時

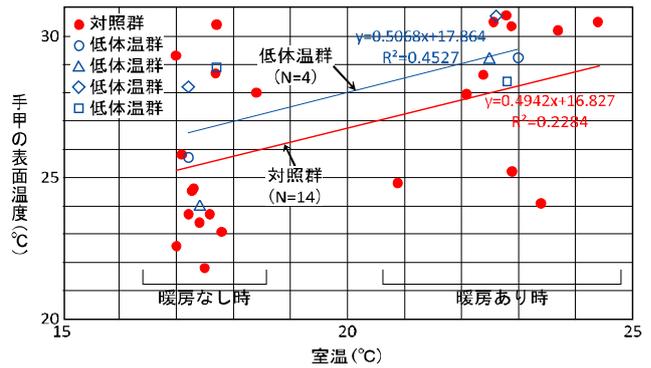


図4 入室5分後の室温と手甲表面温度(N=18)

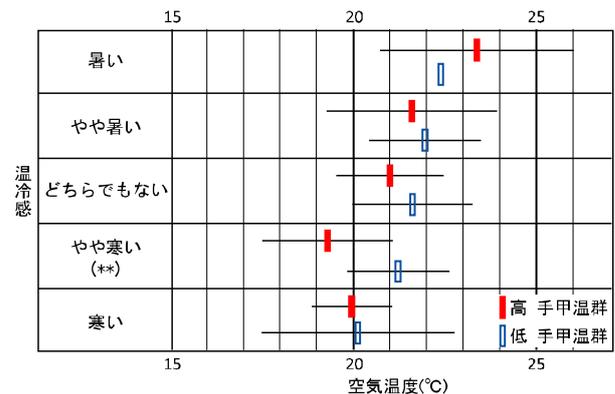


図5 各温冷感に対応する室温(低体温群:N=4)

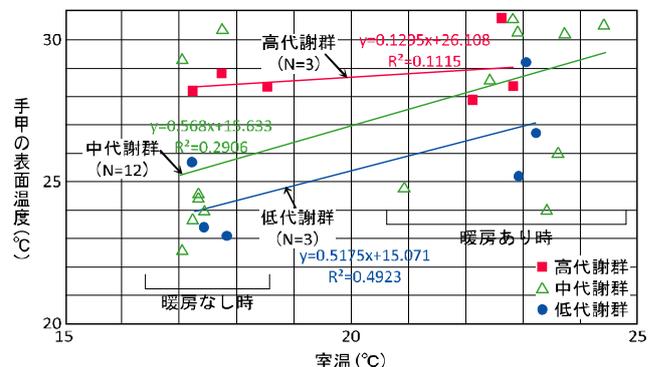


図6 入室5分後の室温と手甲表面温度(N=18)

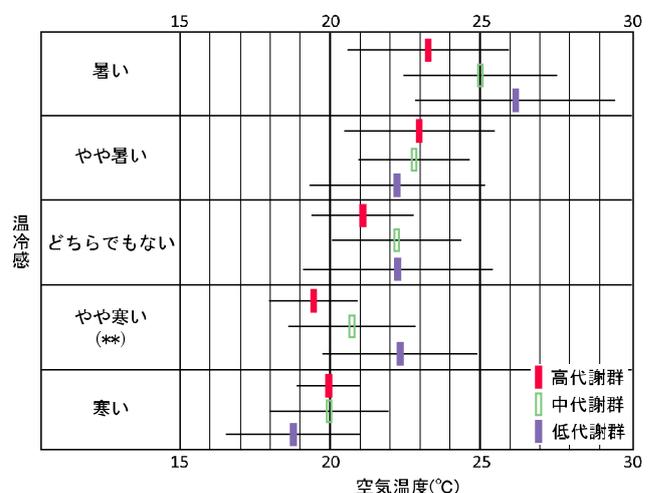


図7 基礎代謝でみた各温冷感に対応する室温(N=18)

は他群と比べてその傾向が有意に強かった。低・中代謝群の手甲の表面温度は室温の影響を受けていて、低代謝群は中代謝群よりやや低い。以上のことから、20 以下の温熱環境下では、低代謝群は中代謝群・高代謝群に比べて代謝が少ないため人体末端の血管収縮が強く働き、結果として手甲の表面温度が低くなっていることがわかった。その一方で、高代謝群は皮膚血管の収縮が起こらず放熱が続いているために手甲表面温度が高い状態をあったと考えられる。

図7に、基礎代謝でみた各温冷感に対応する室温を示す。「やや寒い」に対応する室温に有意差がある。基礎代謝が大きいヒトは、小さいヒトよりも「寒い」と感じる室温が平均で2.5~3.0 低い。すなわち、20 以下の温熱環境では、基礎代謝が大きいヒト(高代謝群)は小さいヒト(低代謝群)よりも「寒さ」への耐性があると考えられる。この結果は、寒冷環境下での温冷感に代謝量(基礎代謝+運動による熱代謝)が強く影響することを示唆している³⁾。

図8に、基礎代謝の違いによる想像温度と実際室温の関係を示す。想像温度とは「いま何と思うか」を被験者が直感で回答した温度である⁵⁾。低代謝群は、入室前・入室時・入室5分後の全ての申告で、実際室温よりも低い温度を想像している。代謝量の大きさとヒトの想像温度には何らかの対応関係があると考えられる。

なお、本研究ではその他の測定項目として得た、体脂肪率やBMIと温冷感の関係をみたが強い相関は確認できなかった。

4. まとめ

- 1) 舌下温の高低による温冷感の差は、室温20 以上の温熱環境で生じやすいと考えられた。低体温群は対照群よりも「暑い」時の室温が2 低く、暑さを感じやすいと考えられた。
- 2) 低体温群は、室温20 以下の温熱環境で手甲表面温度に最大4 の差があった。手甲表面温度が高い者は「寒い」と感じる室温が2 ほど低く、「寒さ」への耐性があった。基礎代謝の高低が温冷感にもたらす影響と考えられた。
- 3) 室温20 以下の温熱環境では、高代謝群に比べて低代謝群の血管収縮による皮膚温の低下が著しく、

結果として低代謝群は高代謝群に比べて「寒さ」を強く感じると考えられた。

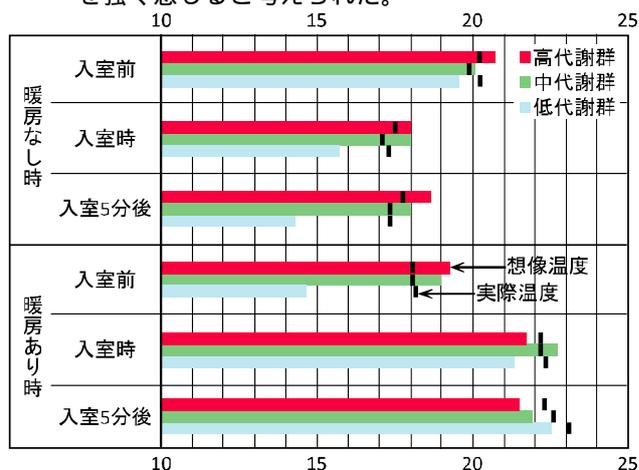


図8 基礎代謝の違いによる想像温度と実際室温 (N=18)

4) 基礎代謝の小さい低代謝群は中・高代謝群よりも低い室温を想像する傾向があった。

註) 本研究は、公立大学法人札幌市立大学倫理委員会に研究実施の倫理申請を行ない、審査・承認された内容について実施したものである。

本研究は、科学研究費補助金による研究課題「人-自然共生建築」系のエクセルギー消費最適化に関する研究(代表:宿谷昌則)の一部を担う研究として助成を受け、その成果をまとめたものである。

参考文献

- 1) 柴田真志・鶴木秀夫・土肥隆・松村浩貴・神吉賢一:起床時体温低値男子児童の身体活動、心臓自律神経活動動態および体温概日リズム特性、2004。
- 2) 石原結實:「体を温める」と病気は必ず治る、pp.24-25、三笠書房、2003.9。
- 3) 佐々尚美・久保博子・磯田憲生・梁瀬度子:温熱生理心理反応の個人差に関する研究 夏期における設定気温条件の場合、日本建築学会計画系論文集、第542号、pp.35-40、2001.4。
- 4) 岩松俊哉・片岡えり・星野佳子・宿谷昌則:開放空間における後得的温熱感に関する実験研究、日本建築学会環境系論文集、第73巻、第628号、pp.727-743、2008.6。
- 5) 斎藤雅也:ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究 夏季の札幌における大学研究室を事例として、日本建築学会環境系論文集 第74巻 第646号、pp.1299-1306、2009.12。

*1 飯田ウッドワークシステム(株)

Iida Woodwork System

*2 札幌市立大学 准教授・博士(工学)

Associate Professor, Sapporo City University, Dr. Eng.