

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月10日現在

機関番号：27103

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21570249

研究課題名（和文） 生理的多型性の観点からみた人工環境への環境適応能に関する実験的研究

研究課題名（英文） An experimental study on the adaptability to artificial environments from a viewpoint of physiological polymorphism

## 研究代表者

大中 忠勝（OHNAKA TADAKATSU）

福岡女子大学・人間環境学研究科・教授

研究者番号：20112716

研究成果の概要（和文）：人工環境への非適応者としての「暑がり」の特徴を調査するために、実験室実験とフィールド調査を行った。

## 1) 実験室実験

20名の青年女子（ $21.3 \pm 0.6$ 歳）を被験者とし、自己申告に基づき暑がり（HS群：12名）と非暑がり（NS群：8名）の2群に分けた。被験者は $26^{\circ}\text{C}$ （60%RH）の前室で20分間安静を保った後、 $28^{\circ}\text{C}$ 、 $30^{\circ}\text{C}$ 、 $32^{\circ}\text{C}$ （50%RH）のいずれかの温度に設定された曝露室で60分間過ごした。実験中、身体7か所の皮膚温、舌下温、衣内湿度が測定され、同時に温冷感、快適感の申告が記録された。 $28^{\circ}\text{C}$ への曝露60分目の平均皮膚温は、HS群 $33.6^{\circ}\text{C}$ 、NS群 $33.2^{\circ}\text{C}$ であり、群間に有意差（ $P < 0.01$ ）が認められた。HS群は発汗量が多く、発汗開始時期も早い傾向にあったが、群間に有意差は見られなかった。両群とも、平均皮膚温と快適感の間に有意な相関関係が認められ、HS群の回帰直線の傾きはNS群より大きかった。HS群は平均皮膚温の上昇に伴い、温熱的不快感を生じさせやすい傾向にあることが示された。

## 2) フィールド調査

本研究の目的は「暑がり」が生活する住居の温熱環境とその状況での生理・心理反応をあきらかにすることであった。被験者は暑がり10名（以下HS群）、非暑がり10名（NS群）の青年女子であり、彼女らの自宅（もっとも長い時間を過ごす部屋）において調査が行われた。調査は7月から8月にかけて行った。気温、気湿は2分間間隔で1週間にわたり記録した。自宅に滞在時には、約1時間間隔で身体7か所（前額、胸、前腕、手背、大腿、下腿、足背）の皮膚温が放射温度計により測定された。同時に温冷感、快適感、着衣量が記録された。温熱的中立（暑くも寒くもない）を申告したときの室温はHS群 $27.2^{\circ}\text{C}$ 、NS群 $28.3^{\circ}\text{C}$ であった。平均皮膚温と室温の間には両群とも有意な直線関係が認められたが、中立温感が得られると考えられる平均皮膚温 $34^{\circ}\text{C}$ が得られた室温はHS群 $31.2^{\circ}\text{C}$ 、NS群 $28.7^{\circ}\text{C}$ であった。被験者が発汗を感じたときの室温はHS群 $30.2^{\circ}\text{C}$ 、NS群 $30.7^{\circ}\text{C}$ であり、両群間に有意差が認められた。室内での着衣量はHS群0.27clo、NS群0.25cloであり、群間に有意差は認められなかった。HS群の被験者は暑さに敏感であり、涼しい環境を好む傾向にあることが示された。また、エアコンを使用して快適環境を構築する傾向にあることも示唆された。

研究成果の概要（英文）：An experimental study and a field survey was conducted to clarify the physiological and subjective responses to the heat of people who made a self-judgment of being sensitive to the heat.

## 1) An experimental study

The subjects were 20 young women ( $21.3 \pm 0.6$  year old) and divided into two groups, an HS group (being sensitive to the heat,  $n=12$ ) and an NS group (being non-sensitive to the heat,  $n=8$ ) due to self-judged. Skin temperatures at 7 sites, oral temperature, humidity between skin and clothes, thermal sensation and thermal comfort were measured during the experiments. The three test sessions were conducted for each subject: 60-min exposure at  $28^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $32^{\circ}\text{C}$  (50±10%RH) after 20-min baseline at  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  (60±10%RH). The mean

skin temperatures after 60-min exposure at 28°C were 33.6°C for the HS group and 33.2°C for the NS group, which differed significantly between the groups ( $P < 0.01$ ). The HS group tended to produce more sweat and sweat earlier than the NS group, but showing no significant differences. There were significant correlations between mean skin temperatures and comfort sensation in both groups. The regression coefficient of the HS group's regression line was bigger than that of the NS group's. The HS group tended to complain of thermal discomfort with increase in skin temperatures compared with the NS group.

## 2) A field survey

A field survey of the thermal environment of subjects was performed at their homes in the summer, July and August. The subjects of this survey were divided into two groups of 10 young females (21 to 23 years), an HS group (sensitive to the heat) and an NS group (non-sensitive to the heat). The thermal conditions of each subject's house were measured every two minutes for a week, and skin temperatures of the subjects at 7 sites (forehead, chest, forearm, hand, thigh, calf, foot) were also measured using a radiation thermometer every one hour while they were at home. Thermal sensation and clothes worn were recorded at times of skin temperature measurements.

The mean room temperatures for a neutral thermal sensation were 27.2°C for the HS group and 28.3°C for the NS group, showing a significant difference at  $P < 0.05$ . There were significant relationships between mean skin temperatures and ambient temperatures in both groups. However, the mean skin temperature of 34°C, which is usually observed in neutral thermal conditions, was obtained at 31.2°C and 28.7°C of room temperature (RT) in the HS group and the NS group, respectively. Subjects in the HS group reported being "slightly sweaty" at 30.2°C of RT, which was 0.5°C significantly lower than that in the NS group ( $P < 0.05$ ). The clothes worn in houses were 0.27 clo in the HS group and 0.25 clo in the NS group, although this difference was not statistically significant.

Subjects in the HS group were sensitive to the heat and obtained thermal comfort in cooler thermal conditions. They had a tendency to produce comfortable thermal conditions using air-conditioning even under the conditions of wearing light clothes in summer.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：環境適応能、生理的多型性

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトはその生活の多くの部分を住居などの建築物の中で過ごす。その時間は1日の90%以上にもものぼることは珍しくない。現在の建築物は少ないエネルギーで内部環境を維持するために、外界（自然）と隔離された状況にある。自然と隔離されたシェルターの中で1日の大半を過ごす現代人は、環境への適応能が低下していることが想像されるが、影響を受ける機能の種類や程度についてのデータは非常に少ない。さらに、影響の程度

は個体差が大きいことが報告されている。本研究では現代人の環境適応能を日常の身体活動量や体質から調査し、人工環境が環境適応能に及ぼす影響を明らかにし、その際の生理的多型性に及ぼす要因について検討する。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、高度な科学技術の発達により作り出された人工環境が、人類の健康や環境適応能に及ぼす影響を生理人類学的に明らかにし、さらに、人類の環境適応能を残しつつ、快適に生活しうる人工環境の条件を

明らかにすることである。実際には、「暑がり」を暑熱環境への非適応ととらえ、彼らの暑熱環境での生理・心理的特徴を明らかにすることを目的とした。さらに、「暑がり」の生活温熱環境と生活実態を調査し、住まい方へも影響を及ぼしている可能性について検証する。

### 3. 研究の方法

3-1 実験的研究（やや暑い環境での青年女子における暑がりの生理・心理反応）

#### 1) 被験者

被験者は福岡県に在住の青年女子 20 名（ $21.3 \pm 0.6$  歳）であった。138 名に対する暑がりについてのアンケート調査の回答者から、12 名を暑がり群（HS）、8 名を非暑がり群（NS）として選出した。被験者の身体的特徴（年齢、身長、体重、BMI）は群間に有意差は認められなかった。

#### 2) 衣服

半そで T シャツ、ハーフパンツ、下着上下とした。ISO-9920 を用いて算出した衣服の断熱抵抗値は、 $0.25\text{clo}$  であった（ISO-9920, 1995）。

#### 3) 温熱条件

上記の衣服、椅座軽作業（ $1.2\text{met}$ ）で PMV が 0 になるように設定された前室（気温  $26^\circ\text{C}$ 、相対湿度 60%）、と室内温度  $28^\circ\text{C}$ （省エネ基準）、 $30^\circ\text{C}$ 、 $32^\circ\text{C}$ （いずれも相対湿度 50%）の 3 条件に設定した人工気候室を曝露室として使用した。実験は、室温  $28^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$ 、 $32^\circ\text{C}$  の 3 条件を被験者ごとに日を変えて行い、実験の順序は無作為に行った。

#### 4) 測定項目

測定項目は、主観申告、皮膚温、衣服内湿度、舌下温、体重であった。

主観申告：部位別および全身の温冷感、快適感、全身の希望度、許容度、発汗の程度、気流感、乾湿感を、実験前後と曝露室入室後 5 分間隔で計 14 回記録した。曝露中に発汗を感じたと申告した被験者に対して、発汗を感じた部位を回答してもらった。

皮膚温：測定箇所は Hardy-DuBois の 7 点（前額、胸部、前腕、手背、大腿、下腿、足背）とした。測定箇所に透湿性テープでサーミスタを固定し、データロガー（LT8A, Gram 社製）を用いて 10 秒間隔で測定した。平均皮膚温の算出には Hardy-DuBois の 7 点法を用いた（Hardy and Dubois, 1938）。

衣服内湿度：衣服と背中の間、衣服と胸部の間の 2 箇所に透湿性テープで温湿度センサーを固定し、温湿度計（TERUMO RECORDER RS-12、Especc 社製）を用いて 10 秒間隔で測定した。舌下温：オムロン電子体温計（MC-672L）を用いて実験前後と曝露 30 分目に測定した。体重：1 g 精度の計量台（KCC150、メトラー社製）を用いて実験前後に測定した。

#### 5) 実験手順

被験者は室温  $26^\circ\text{C}$  の前室で 20 分間安静を保った後、室温  $28^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$ 、 $32^\circ\text{C}$  のいずれかの温度に設定された曝露室に入室し、安静椅座で 60 分間過ごした。

3-2 フィールド調査（暑がりを自覚する者が居住する夏季の住宅温熱環境調査）

#### 1) 被験者

調査は 21~23 歳の健康な女子大学生 20 人を対象に行った。事前に行ったアンケート調査により、暑がり群 10 名（年齢  $20.6 \pm 0.8$  歳、身長  $155.1 \pm 5.9\text{cm}$ 、体重  $46.7 \pm 6.1\text{kg}$ ：平均値±標準偏差）、非暑がり群 10 名（年齢  $21.7$  歳、平均身長  $156.1 \pm 3.2\text{cm}$ 、平均体重  $48.1 \pm 5.3\text{kg}$ ）に分けた。群間に年齢、身長、体重に有意差は認められなかった。調査内容を説明し、各被験者から参加同意書を得た。

#### 2) 調査期間・場所

7 月下旬~8 月中旬にかけて被験者の自宅で測定してもらった。自宅の所在地は福岡県 18 名（内福岡市 13 名）、佐賀県 2 名である。建築様式は、木造 7 名、鉄筋コンクリート 13 名である。全ての被験者の住居にはエアコンが設置されており、使用可能であった。

#### 3) 調査項目

##### ①皮膚温

測定部位は、Hardy-DuBois による、前額、胸部、前腕、手背、大腿前、下腿後、足背の計 7 部位とした。放射温度計（PC-8400 II、佐藤計量器製作所社製）を用い、在宅時に約 1 時間間隔で測定した。平均皮膚温は Hardy-DuBois の 7 点法を用いて算出した。

##### ②部屋の気温・湿度

温湿度計は THERMO RECORDER RS-11（ESPECC 社製）を用い、被験者が居る部屋の直射日光の当たらない場所において、2 分間隔で記録した。

##### ③外気温

アメダスを利用し、調査期間中の一週間の温度を 1 時間間隔で収集した。各被験者の自宅から最も近いアメダスの観測点（福岡、博多、宗像、飯塚、太宰府、久留米、佐賀）を使用した。

##### ④家での生活についてのアンケート

各被験者について家庭における冷房の使用状況、生活状況、生育環境について記入させた。

##### ⑤家での生活時間調査

着替え、食事、入浴、睡眠（起床、就寝）、外出、帰宅の時刻について記入してもらった。また、在宅時の冷房の使用状況、設定温度、窓の開閉、扇風機の使用状況と、外出着、部屋着、睡眠時の服装、寝具も記入してもらった。

##### ⑥心理評価

皮膚温を測定した際に、温冷感、温熱的快

適感、希望度、発汗の有無、気流感について記入してもらった。

#### 4) 調査手順等

調査は一週間にわたって行った。被験者は温湿度計を自分がいる部屋に置き、普段通りの生活を送るように指示された。部屋を移動する時は温湿度計を持ち運び、入浴やトイレなどの時は部屋に置いたままにしてもらった。

皮膚温は在宅時のみ約一時間ごとに測定し、起床時、帰宅時、入浴前後、就寝前、部屋でのくつろぎ時を含め計6回以上測定してもらった。同時に、心理評価もしてもらった。

部屋の気温、湿度、外気温が被験者に与える影響を調べるために、部屋の気温、湿度、外気温は皮膚温測定時に一番近い時刻を使用した。

### 4. 研究成果

#### 4-1 実験的研究

図1に曝露60分時の舌下温、皮膚温を示した。28℃曝露時の前腕部皮膚温はHS群  $33.8 \pm 0.62^\circ\text{C}$  (平均値±標準偏差)、NS群  $33.0 \pm 0.60^\circ\text{C}$  であり、HS群が有意 ( $P < 0.05$ ) に高い値を示した。また、平均皮膚温もHS群  $33.6 \pm 0.29^\circ\text{C}$ 、NS群  $33.2 \pm 0.30^\circ\text{C}$  であり、HS群がNS群より有意 ( $P < 0.05$ ) に高い値を示した。30℃、32℃曝露でもHS群がやや高い値を示したが、群間に有意差は認められなかった。一方、舌下温は曝露条件および群間に有意差は認められなかった。

図2に実験前後で測定した体重より求めた体重減少量を示した。体重減少量はHS群でやや高い値を示すが、群間に有意差は認められなかった。

一方、曝露条件間には有意差 ( $P < 0.05$ ) が認められ、多重比較検定により、HS群の30℃曝露による体重減少量と32℃曝露による体重減少量の間のみ有意 ( $P < 0.01$ ) な差が認められた。

図3に32℃曝露時の衣服内湿度の変化を示した。衣服内湿度の上昇はHS群のみに認められ、曝露35分、45分には群間に有意差 ( $P < 0.05$ ) が認められた。28℃および30℃曝露時には、両群とも衣服内湿度の上昇は認められず、群間に有意差も認められなかった。図4に時間経過に伴う快適感の変動を示した。28℃曝露ではHS群とNS群の差異は小さい。30℃、32℃曝露ではHS群がより不快を示す傾向にあったが、両群間に有意差は認められなかった。温冷感も快適感と同様な変動を示したが、群間の差異はさらに小さかった。

図5に平均皮膚温と快適感の関係を示した。平均皮膚温と快適感との間には、両群とも有意な相関関係が認められた。HS群の回帰直線の傾きは、NS群に比較して大きく、HS群は

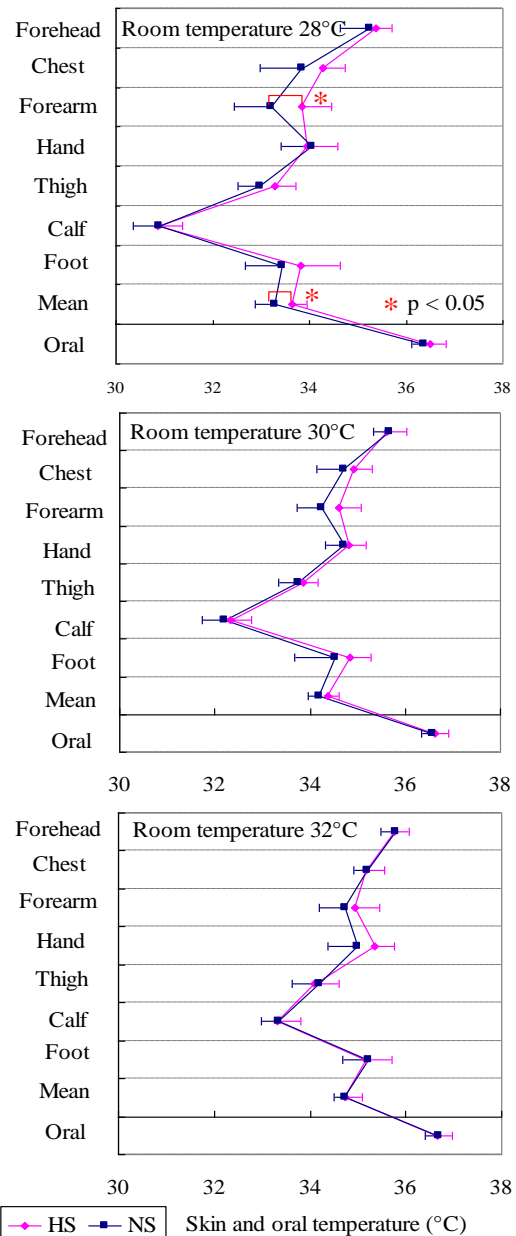


Figure 1. Skin temperatures at 7 sites, mean skin temperatures, and oral temperatures at 60 minutes exposure at 28 °C (upper), 30 °C (middle) and 32°C (lower).

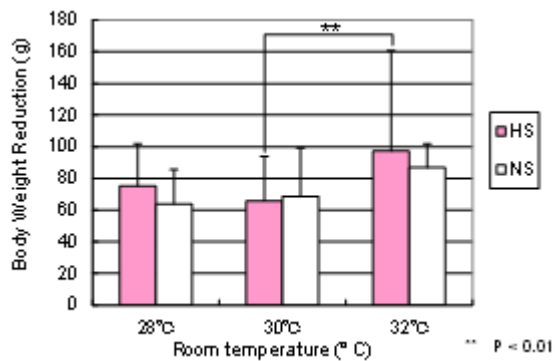


Figure2. The amount of reducing body weights between before and after exposures.

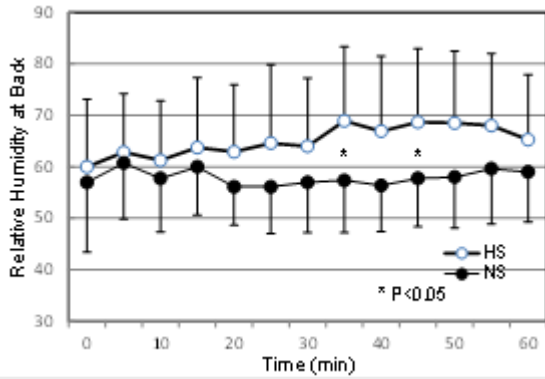


Figure 3. Relative humidity between skin and clothing at back during 60 minutes exposure at 32°C.

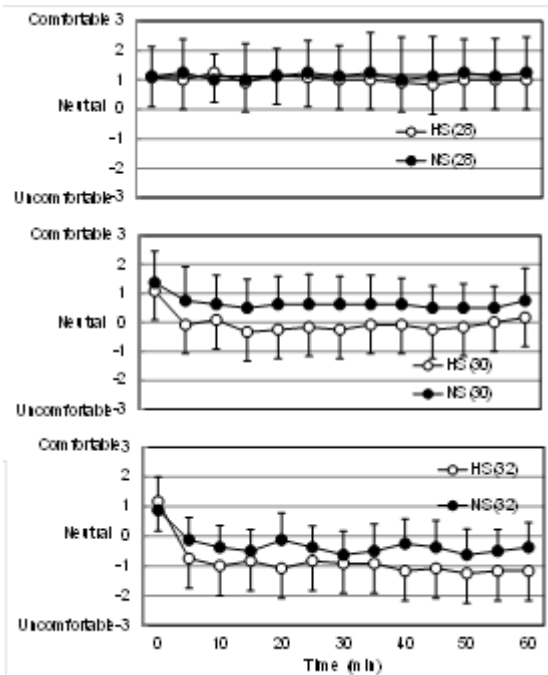


Figure 4. Thermal comfort sensation during 60 minutes exposure at 28 °C (upper), 30 °C (middle) and 32°C (lower). Values are means and SD of subjects.

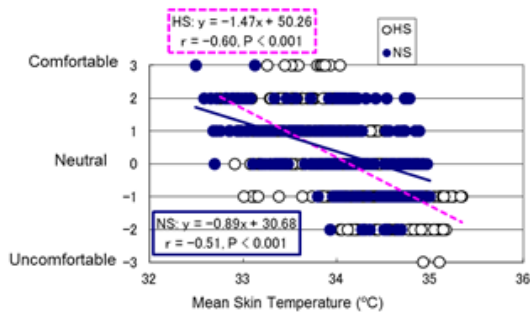


Figure 5. Relations between mean skin temperature and comfort sensation.

平均皮膚温が高くなるに従い、より不快感を示す傾向にあった。また、温冷感と快適感の

関係について検討すると、両群とも温冷感と快適感の間に有意な相関関係が認められた。HS 群では、やや暖かいと申告した場合には不快感を生じる割合が多かった。一方、NS 群では、やや暖かいと申告した場合でも、快適側の申告が得られる例も存在した。HS 群では、温熱的中性(暑くも寒くもない)が得られず、少しでも暑く(暖かく)感じた場合には不快感を生じさせることが示された。

4-2 フィールと貯砂(「暑がり」が生活する住居の温熱環境と生理・心理反応)

被験者が温冷感を申告した際の室温と温冷感の関係について検討した。各被験者とも調査期間(7日間)において、1日6回から10回の温冷感申告を記録した。暑がり群における室温は23.7°Cから35.3°C(29.3±2.4: 平均値±標準偏差)であった。非暑がり群における室温は24.6°Cから36.6°C(29.7±2.2: 平均値±標準偏差)であり、両群間に有意差は認められなかった。両群とも室温と温冷感の間に有意な相関関係が認められた。回帰直線から、温熱的中立(暑くも寒くもない)が得られる室温は、暑がり群27.2°C、非暑がり群28.3°Cであった。

図6に室温の希望度別の室温を示した。希望度は、1:もう少し暖かくしたかった、2:このままでよい、3:もう少し涼しくしたかったに分けて申告させた。このままでよいと申告した場合の室温の平均値(標準偏差)は、暑がり群27.9(2.15)°C、非暑がり群28.5(1.87)°Cであり、両群間に有意差が認められた( $t=2.69$ ,  $df=431$ ,  $P<0.01$ )。もう少し涼しくしたいと申告した場合の室温の平均値は、暑がり群30.4(2.07)°C、非暑がり群30.9(1.77)°Cであり、両群間に有意差が認められた( $t=3.12$ ,  $df=562$ ,  $P<0.01$ )。もう少し暖かくしたいと申告した例は少なく、両群間に有意な差異は認められなかった( $t=1.49$ ,  $df=22$ ,  $P=0.148$ )

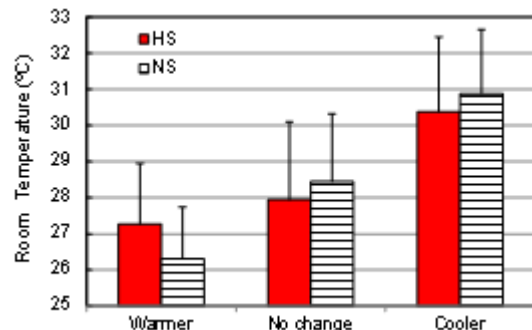


Figure 6 Relations between room temperature and preference sensation.



図 7 に発汗の程度と室温の関係を示した。やや汗をかいていると回答した時の室温は、暑がり群 30.1 (2.39) °C、非暑がり群 30.7 (1.81) °C であり、両群間に有意差が認められた ( $t=3.01$ ,  $df=98$ ,  $P<0.01$ )。汗をかいていると回答した時の室温は、暑がり群 30.2 (2.13) °C、非暑がり群 31.3 (1.60) °C であり、両群間に有意差が認められた ( $t=2.05$ ,  $df=234$ ,  $P<0.05$ )。

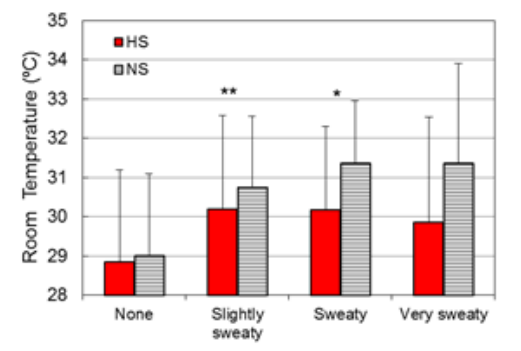


Figure 7 Relations between room temperatures and sweat sensation.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 大中忠勝・野中麻由、やや暑い環境での成年女子における暑がりの生理・心理反応、人間と生活環境、査読有、18 巻、2011、99-106

[学会発表] (計 7 件)

- ① Ohnaka T. Seasonal differences in length of time spent indoors and physical activity in Japanese female students. ICHES2011 (The 4th International Conference on Human-Environment System)、2011 年 10 月 6 日、北海道大学 (札幌市)
- ② 大中忠勝、やや暑い環境における暑熱環境非適応者(暑がり)の生理・心理反応、生理人類学会第 64 回大会、2011 年 6 月 12 日、九州大学 (福岡市)
- ③ 野中麻由、大中忠勝、やや涼しい環境における冷え性者の生理・心理反応、第 34 回人間—生活環境系シンポジウム、2010 年 11 月 27 日、新潟大学 (新潟市)
- ④ 大中忠勝、「暑がり」が居住する夏季の住宅温熱環境と生理・心理反応、第 34 回人間—生活環境系シンポジウム、2010 年 11 月 27 日、新潟大学 (新潟市)
- ⑤ Nonaka M., Ushikata R., Ohnaka T., Physiological and psychological

response during a mild-heat exposure in young Japanese women being sensitive to the heat. ICPA2010 (10th International Congress of Physiological Anthropology), 2010 年 9 月 10 日、Fremantle, Australia

- ⑥ Ohnaka T., Matsumoto E., Seasonal differences in physical activity and length of time spent indoors in Japanese female students. ICPA2010 (10th International Congress of Physiological Anthropology), 2010 年 9 月 10 日、Fremantle, Australia
- ⑦ 野中麻由、戸渡智子、大中忠勝、平均皮膚温と局部皮膚温の差が温熱快適性に及ぼす影響、第 33 回人間—生活環境系シンポジウム、2009 年 11 月 28 日、福岡女子大学 (福岡市)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

#### 6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
大中 忠勝 (OHNAKA TADAKATSU)  
福岡女子大学・人間環境学研究所・教授  
研究者番号：20112716
- (2) 研究分担者  
なし
- (3) 連携研究者  
なし