

## 防災用テント内の環境要因が居住者の心理・生理反応に及ぼす影響

福島, 一生

<https://doi.org/10.15017/1441240>

---

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

防災用テント内の環境要因が居住者の  
心理・生理反応に及ぼす影響

福 島 一 生

防災用テント内の環境要因が居住者の  
心理・生理反応に及ぼす影響

*Influence of environmental factors inside disaster  
prevention tents on human psychological and  
physiological responses*

福島 一生

Fukushima Kazuo

2014年3月

# 目 次

|   |      |
|---|------|
| 第1章 序論 .....                                    | 1 頁  |
| 1.1. 防災用テントとストレス .....                          | 1 頁  |
| 1.1.1. 防災用テントの一般的特性とストレス負荷 .....                | 1 頁  |
| 1.1.2. 一般住宅におけるストレスと評価指標 .....                  | 2 頁  |
| 1.1.3. 防災用テントにおける客観的指標の欠落と必要性 .....             | 3 頁  |
| 1.2. ストレスを評価する心理・生理指標 .....                     | 4 頁  |
| 1.2.1. ストレスの一般的特性 .....                         | 4 頁  |
| 1.2.2. ストレスを評価するための心理指標 .....                   | 5 頁  |
| 1.2.3. ストレスを評価するための生理指標 .....                   | 6 頁  |
| 1.3. 防災用テント空間の要因及びその要因を<br>評価するための心理・生理指標 ..... | 7 頁  |
| 1.3.1. 防災用テント空間の要因 .....                        | 7 頁  |
| 1.3.2. 防災用テント空間の要因を評価する<br>ための心理・生理指標 .....     | 7 頁  |
| 1.4. 研究の目的 .....                                | 8 頁  |
| 1.5. 本論文の構成 .....                               | 9 頁  |
| 第2章 防災用テント内の環境要因が居住者の心理反応に及ぼす影響 ..              | 11 頁 |
| 2.1. 背景と目的 .....                                | 11 頁 |
| 2.2. 方法 .....                                   | 12 頁 |
| 2.2.1. 被験者 .....                                | 12 頁 |
| 2.2.2. 実験条件 .....                               | 13 頁 |
| 2.2.3. 実験手順 .....                               | 15 頁 |
| 2.2.4. テント内の環境要因の計測 .....                       | 15 頁 |
| 2.2.5. 主観評価 .....                               | 16 頁 |
| 2.2.6. データ処理及び統計処理 .....                        | 17 頁 |
| 2.3. 結果 .....                                   | 17 頁 |
| 2.4. 考察 .....                                   | 24 頁 |
| 2.5. まとめ .....                                  | 26 頁 |

|        |   |      |
|--------|---|------|
| 第3章    | 防災用テント内の環境要因が居住者の生理反応に及ぼす影響                                       | 28 頁 |
| 3.1.   | 背景と目的   | 28 頁 |
| 3.2.   | 方法  | 29 頁 |
| 3.2.1. | 被験者   | 29 頁 |
| 3.2.2. | 実験条件  | 29 頁 |
| 3.2.3. | 実験手順  | 29 頁 |
| 3.2.4. | テント内の環境要因の計測  | 30 頁 |
| 3.2.5. | 唾液の採取   | 30 頁 |
| 3.2.6. | 唾液中 Cortisol 濃度(以後、Cortisol 濃度) 及び<br>唾液中グロブリン A(以後、s-IgA 濃度) の分析 | 30 頁 |
| 3.2.7. | 血圧測定  | 30 頁 |
| 3.2.8. | データ処理及び統計処理   | 31 頁 |
| 3.3.   | 結果  | 31 頁 |
| 3.3.1. | 環境要因  | 31 頁 |
| 3.3.2. | Cortisol 濃度   | 32 頁 |
| 3.3.3. | s-IgA 濃度  | 33 頁 |
| 3.3.4. | 血圧  | 33 頁 |
| 3.3.5. | Cortisol 濃度と環境要因との関連性   | 35 頁 |
| 3.3.6. | Cortisol 濃度と主観評価との関連性   | 35 頁 |
| 3.4.   | 考察  | 36 頁 |
| 3.5.   | まとめ   | 40 頁 |
| 第4章    | 総括  | 42 頁 |
| 4.1.   | 各章の概要   | 42 頁 |
| 4.2.   | 本研究のオリジナリティ   | 44 頁 |
| 4.3.   | 結論  | 45 頁 |
| 4.4.   | 今後の展望   | 45 頁 |
|        | 引用文献  | 47 頁 |
|        | 付 録   | 55 頁 |
|        | 謝 辞   | 64 頁 |

## 第1章 序論

### 1.1. 防災用テントとストレス

#### 1.1.1. 防災用テントの一般的特性とストレス負荷

防災用テントは災害等時に応急的な仮設の生活空間を構築・提供し、ヒトの生命維持活動を継続するために必要不可欠な防災用装備品である。その機能は野外において風・雪・直射日光から人体を防護し、生活可能な環境を確保することである。

防災用テントの一般的な構造を区分すると、金属フレームタイプとエアースタイル（エアースタイル）タイプの2つに大別される。金属フレームタイプの構造は、アルミニウム合金等製の家型骨組フレームの表面をポリエステル系化学繊維等製のテント帆布を幕体として覆うことによりテントが構築され、数ヶ月以上の長期使用が可能である。

一方、エアースタイル（エアースタイル）タイプは、加圧空気を封入した円柱の中空・半ドーナツ形に成型した側柱兼支柱を数個水平方向に半月板蒲鉾状に並べその側柱兼支柱の間隔を強化化学繊維製の幕体で覆い接続したものや、加圧空気を密閉した多数の中空・大型チューブを接続した強化化学繊維製の半球型エアードームがある。このタイプは耐久性に乏しく支柱等内の加圧空気が漏れる可能性があるため、長期間の使用には適さない。

防災用テントの使用は数ヶ月の長期間に及ぶ場合が多い。例えば平成23年3月中旬の東日本大地震津波災害や平成7年1月中旬の阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）、平成19年7月中旬の新潟県中越沖地震などの大規模災害では防災用テントが生活空間として長期間使用された。その際、防災用テントは生命維持活動を保つ機能を果たしたが、テント内の構造的環境、温熱的環境、空気の汚染（高いCO<sub>2</sub>濃度等）[1]や長期生活の時間的要因などにより居住者の複合的なストレスが生じていた[2], [3]。例えば阪神淡路大震災では避難所・公園のテント生活は仮設住宅ができるまでの間（2週間～4ヶ月間）は用いられたが、狭隘な空間であり、プライバシーの保護が困難な状態であるとともに適切な居

住温度の維持が困難なため寒さ・暑さによる不快感やストレスの発生が報告された[3], [4]。また Budd[5]は、低温時の快・不快と皮膚の検討においてテント内の温度が $-5^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ に変化した場合、低い温度では皮膚温も低くなり寒さによるストレスが増したと報告している。

防災用テントは緊急時に使用するものであるが、長期にわたって使用する場合もあり、使用者にとってストレスの少ないテントが必要となる。

### 1.1.2. 一般住宅におけるストレスと評価指標

一般住宅では快適性・健康な生活を維持し居住空間内のストレスや不快感を防止するために、床面積・容積・高さ等が設計基準・建築基準[6], [7]により規定されている。また室内の温熱環境では温度・湿度・ $\text{CO}_2$ 濃度等の空気質の状態を適切に維持するための管理基準[8]が定められている。

例えば建物内や室内の『温冷感』や『快・不快の不満足率』を評価する指標には、ISO7730・国際温熱指標（PMV：予測平均温冷感、PPD：予測不満足率）[9]がある。居室内の快・不快や温熱環境の状態を評価指標値とする『PMV(予測平均温冷感：7段階評価)、PPD(予測不満足率：%)』は6個の温熱環境要因からなる従属変数の値として算出される。この際の独立変数となる温熱環境要因は『気温、湿度、着衣量、平均放射温度、代謝量、着衣量』から構成されている。

その他の一般住宅の温熱指標では、気温・平均放射温度・湿度・風速・代謝量・着衣量等の要因を組合わせたASHRAEの標準有効温度（SET\*：エス・イー・ティー・スター）や新有効温度（ET\*：イー・ティー・スター）が報告されている[9]。一般住宅の居住性については先行研究において快適性や温冷感を用いた主観評価による検討[10], [11]や温度・湿度による評価が検討[12], [13]されている。

特に建築物や生活空間の居住性を適切に構築するために居室の規模・大きさは設計基準等〔建築基準法、住生活基本計画（平成23年3月15日：国土交通省）等〕により規定されている。居住空間の維持管理については湿度・二酸化炭素濃度・一酸化炭素濃度等の空気質の状態の管理基準〔建築基準法施行令第

129 条等] が定められている。このため一般住宅では居住性に関する構造的基準や、居室の空間的大きさ・広さを含めたストレスや不快感についての評価尺度があり、検討もなされている。

また室内の温度・湿度・換気及び温冷感や快適感は居住者の占有面積や占有容積に左右される。そこで一般住宅の設計基準[14], [15]では、必要最小限の人単面積（住宅の床面積を居住人数で除した 1 人当たりの占有面積）は  $8 \text{ m}^2/\text{人}$ 、人単容積（住宅の建物空間の容積を居住人数で除した 1 人当たりの占有容積）は  $17 \text{ m}^3/\text{人}$ （建築基準法施行令第 21 条の天井高さから算定）と規定されている。また住民生活基本法[16]に基づく「豊かな住生活及び多様なライフスタイルに対応する住宅面積」の基準では人単面積  $55 \text{ m}^2/\text{人}$ 、人単容積  $116 \text{ m}^3/\text{人}$ （建築基準法施行令第 21 条の天井高さから算定）と定められており、同法[16]の「最低居住面積」の基準からは人単面積  $25 \text{ m}^2/\text{人}$ 、人単容積  $53 \text{ m}^3/\text{人}$ （建築基準法施行令第 21 条の天井高さから算定）と規定されている。

しかし防災用テントは一般住宅とは異なり、良好な居住性を構築するための構造・設計基準や適切な室内環境を維持するための管理基準が定められていない。

### 1.1.3. 防災用テントにおける客観的指標の欠落と必要性

防災用テント内空間の規模（大きさ・広さ）及びどのような温熱環境因子が心理生理的ストレスを与えているか、そのようなストレスを軽減させる方法等の先行研究や具体的な検討はなされていない。

一般的に防災用テントは仮設の生活空間であるが断熱効果・保温効果があり冬季の野外でも応急的な居住空間としては有効である。更に、短期間（3～4 日間）の使用を想定しており、必要最小限の防災テントとしての機能を有するが、狭くて不快であるのは当然であるかのように思われている。

しかし災害時には仮設住宅等の建設完了まで数ヶ月を要するため、防災用テント内の狭隘な長期生活空間は、温熱環境や空気汚染による不快感やストレスを生じる場合が多い。それにもかかわらず、居住性の改善や居住者のストレス軽減対策の検討が放置されている。



換言すれば、防災用テントの居住性を改善し QOL を向上させ、ストレスを軽減するためにテントの環境要因（構造的要因、物理化学的要因）に関する居住者の心理・生理反応に基づいた客観的な検討が必要である。

## 1.2. ストレスを評価する心理・生理指標

### 1.2.1. ストレスの一般的特性

『ストレス』とは、もとはラテン語で「アクセントを高める、強調する」という意味であったが、17 世紀になって物理学や工学の分野で「外部から加えられた力によって生じる物体内部のねじれ、歪み（不均衡）」を表す言葉として使われた[17]。

ここで『ストレス』は、「ストレス反応」と「ストレッサー」から構成されており両方の言葉を意味するものとし、生体の中に起こる生理的・心理的な歪みによる生体反応を「ストレス反応」、ストレス反応の発生源となる外から加えられた要因を「ストレッサー」と定義する。

ヒトがストレッサーに曝された場合の心身に現れるストレス反応に関し、Hans Selye (Selye.H.) の全身適応症候群と米国の Walter Bradford Cannon (Cannon W.B.) の緊急反応の各々の学説が一般的に知られている[18], [19]。

ストレスを医学や生理学の領域に導入したのはカナダ国の Selye.H. であり、1936 年にストレス学説を発表した[18]。Selye.H. は、ストレッサーが加えられた際に生体がどのように反応するかを全身適応症候群として 2 つの観点から検討した[18]。第 1 は、急性ストレス反応において共通に見られる「胃・十二指腸潰瘍の発生、胸腺・リンパ節の萎縮、副腎皮質の肥大」の症状である[18]。第 2 は、生体が継続的なストレッサーに曝されたときの慢性的なストレス反応において抵抗性ある経時変化を「警告反応期、抵抗期、疲はい期」の 3 期間に区分して報告した[18]。

一方、米国の Cannon W.B. の学説では生体の外部環境が変化しても内部環境は一定に保たれている状態をホメオスターシス（恒常性）とされている。ホメオスターシスがストレッサーにより乱される時の生体反応を緊急反応と報告し

た[19]。緊急反応では、心理状態と自律神経反応は様々な特性が現れる。例えば「恐怖・警戒心の表出では交感神経の興奮。比較的長時間持続する不安・緊張・怒りの際は交感神経・副交感神経の両神経機能の同時亢進。感情の平静な休息時では副交感神経系の相対的機能亢進。失望・憂鬱・悲哀に伴う交感・副交感両神経の低下。」の症状が現れる[19]。

ストレス反応を招来する外的な刺激はすべてストレッサーとなることから、日常の生活環境の大部分がこれに含まれる。ストレッサーは物理的要因（寒冷、高温、騒音等）、化学的要因（酸素、薬物、CO 等）、生物的要因（細菌、花粉等）、心理的要因（恐怖な出来事、災害等）に大別される[17]。

またストレス反応には、長く持続する慢性ストレス反応と、一過性に生じる急性ストレス反応がある。例えば慢性ストレス反応においては、長期間の大学の定期試験を受ける学生の生理反応について検討した結果、クロモグラニン A を生理指標として計測したところ通常の授業期間より試験期間中のほうが濃度が有意に低下しストレス状態であったことが報告されている[20]。また急性ストレス反応では、約1時間のパソコンモニターを使用した記憶タスクと監視タスクによる入力を伴う精神作業の際、作業期間中のほうが作業前及び休憩のときよりも唾液アミラーゼ活性は低下し生理的にストレスの程度が増し、精神的作業負荷測定結果も不安感・作業圧迫感が増した症状が現れたことが報告されている[21]。ストレッサーは、仕事、家庭、社会のいたるところで存在し、慢性にせよ急性にせよストレッサーがある限度を超えて出現すると、ヒトはなんらかのストレス反応が現われる[17]。

### 1.2.2. ストレスを評価するための心理指標

ストレス反応を評価する一般的な心理指標には、段階的評価による主観評価法がある。例えば GHQ (General Health Questionnaire: 精神健康調査票) [22]、STAI (State Trait Anxiety Inventory: 状態・特性不安検査票) [23]、SCI (Stress Coping Inventory) [24]、POMS (Profile of Mood States) [25] などがある。

一般建物内の室内の温熱環境を評価する心理指標として、前述した実際の物

理環境の計測値（温度、湿度、平均輻射温度等）に基づいた室内環境の快・不快の主観評価結果を尺度指標とする PMV (ISO7730：国際温熱環境指標、Predicted Mean Vote：予測平均温冷感) は建物の温熱環境に対するストレス反応の程度を表す[9], [26]。PMV は 7 段階尺度であり最高値「+3」と最低値「-3」が最も不快な状態であり、中心の「0」が最も快適な状態を表す主観尺度である。しかし、テントと一般建物とは構造や機能が異なることから、一般建物の居住性の評価基準を防災用テントへ適用することは困難である。このため防災用テント独自の特性に応じた主観評価に関する検討が必要である。

### 1.2.3. ストレスを評価するための生理指標

ヒトが外部からのストレスに曝されると、その情報はまず中枢神経系に入り大脳皮質・辺縁系の視床下部で処理され、その後 Hypothalamic Pituitary Adrenal Medullary Axis (HPA 系) である「視床下部～下垂体前葉～副腎皮質系」と Sympathetic Adrenal Medullary system (SAM 系) である「視床下部～交感神経～副腎髄質系」の 2 のシステムが賦活化されて各々生体反応が現れる[27]。また HPA 系と SAM 系は各々免疫系へ影響を及ぼし、内分泌系・免疫系・自律神経系の生体反応が相互に関連していることが報告されている[27]。

慢性ストレス反応では HPA 系（内分泌系）が賦活化され、視床下部室傍核から Corticotropin Releasing Hormone (CRH 系:副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン) や数種の神経ペプチドが分泌される。更に、下垂体前葉から Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH:副腎皮質刺激ホルモン) の分泌が促進され副腎髄質からの糖質コルチコイド (Cortisol) の分泌が高まることにより、血圧上昇や心収縮力の上昇、血糖上昇等が現れるが免疫系は抑制される[27]。

緊急ストレス反応では SAM 系が賦活化され、副腎髄質や交感神経末端からアドレナリン及びノルアドレナリンが分泌され、血圧上昇、発汗等が現れる[27]。

免疫系を担当するリンパ球表面には ACTH、コルチゾール (Cortisol)、アドレナリン等に対する受容体が存在し、その影響を受けることで HPA 系と SAM 系により複雑に免疫系の機能が調整されている[27]。

従って、ストレスに対するヒトの生体防御システムの働きの結果として、HPA系（内分泌系）のCortisolの分泌、免疫系の例えばs-IgAの増減、SAM系（自律神経系）の血圧（拡張期血圧、収縮期血圧）の上昇等が考えられる。例えば田中と鳴石[28]は、学生の論文発表会での緊張状態を検討した結果、口頭発表の直後のCortisol濃度は発表終了2時間経過後より有意に高い値を示したことを報告した。坂本ら[29]は、医療系学生の介護実習に伴うストレス反応を検討した結果、介護実習中のs-IgA濃度より介護実習後の方が有意に上昇しストレスの程度が軽減したことを報告した。血圧もストレスにより平常値より上昇することが報告されている[30]。

### 1.3. 防災用テント空間の要因及びその要因を評価するための心理・生理指標

#### 1.3.1. 防災用テント空間の要因

防災用テントは1張のテント内に数人の居住者による集団生活が強いられることから、1人当たりの占有面積である『人単面積 ( $m^2/人$ )』、1人当たりの占有容積である『人単容積 ( $m^3/人$ )』、テントの鉛直方向の高さを水平方向の長さで除した数値によりテントの形状を表す『アスペクト比』が、テントの形状・広さ・大きさ・居住人数の異なる各種の防災用テントを評価する構造的要因として考えられる。またテント内の『温度・湿度』と、空気質の汚染を評価するために『CO<sub>2</sub>濃度』とが、物理化学的要因として重要と考えられる。

#### 1.3.2. 防災用テント空間の要因を評価するための心理・生理指標

防災用テントの居住性に関する心理指標及び生理指標は、野外において計測するため室内の実験室とは異なり、簡便であることが重要である。

心理指標は、各テント内の環境要因の特性を踏まえた居住性の評価基準としての適切な主観評価語が必要である。すなわち主観評価項目は、各テント内の環境要因を効果的・簡潔・容易に表現できる評価用語を選定することが重要である。

防災用テントの居住性の評価に使用可能な生理指標は、環境要因に起因する

ストレッサーの強度や変化に応じて濃度が変化するものが有用である。これらの生理指標の中で、唾液から分析できる生理指標は非侵襲で、随時性、簡便性に優れ、血液のようにサンプル採取がストレッサーにならないという利点がある。また血圧は簡便性に優れた測定が可能である。

唾液から分析可能な生理指標に関しては、SAM 系はノルアドレナリン、カテコールアミン、クモグラニン A がある[31]。HPA 系は Cortisol があり、免疫系には分泌型免疫グロブリン (s-IgA) がある[32]。

防災用テントは野外で居住性を評価するため被験者に可能な限り測定に負担をかけないで、迅速・効率的に計測できる方法が望ましい。この視点に立てば、唾液により短時間に採取でき簡便性に優れた内分泌系の唾液性 Cortisol、免疫系の唾液性 s-IgA と自律神経系の血圧が有用である。

#### 1.4. 研究の目的

本研究は、防災用テントの居住性の向上、QOL の改善のために、テント内の環境要因(構造的要因、物理化学的要因)が心理値及び生理値にどのように影響を及ぼすかについて検討し、その結果を踏まえてテント生活空間内のストレスの軽減及び快適化の方向性を提案することを目的とする。そのため以下に示す2つの項目に焦点を当てる。

##### ① 心理反応の検討

心理尺度(心理指標)を用いることで、防災用テントの居住性の向上及び QOL の改善のために環境要因が心理特性に及ぼす影響を明らかにし、長期生活の居住性を評価する際どのような主観評価語が有用か、それらの主観評価はどのような環境要因と関連するのかを検討することを目的とする。

##### ② 生理反応の検討

生理指標(Cortisol 濃度、s-IgA 濃度、血圧)を用いることで、防災用テント内の居住性の向上及び QOL の改善のために環境要因が生理値に及ぼす影響を明らかにし、長期生活の居住性を評価する際、どのような生理値が評価指標として有効かを検討することを目的とする。更に、防災用テント内の居住空間の主

観評価結果と生理値の結果との関連性を検討することを目的とする。

本研究は以上の課題を検討するために、防災用テント内の長期生活の際に現れる心理反応と生理反応を検討し、居住性の向上とテント内の生活の質（QOL）を改善するために必要な基礎資料を得る。

### 1.5. 本論文の構成

本論文の題目は「防災用テント内の環境要因が居住者の心理・生理反応に及ぼす影響」とし、全4章により構成する。各章の内容は次の通りである。

第1章では、本研究の目的、防災用テントの長期生活での問題点、環境特性（構造特性、物理化学特性）、検討すべき課題について述べた。

第2章は、防災用テントの生活空間内の環境要因が居住者の心理反応へ及ぼす影響について検討するために、テント内のストレスとなる要因である環境要因（構造的要因・物理化学的要因）が主観評価に及ぼす影響を検討した。

第3章では、防災用テントの生活空間内の環境要因が居住者の生理反応へ及ぼす影響について検討するために、テント内のストレスとなる要因である環境要因（構造的要因・物理化学的要因）がCortisol濃度・s-IgA濃度・血圧（拡張期血圧、収縮期血圧）の生理値に及ぼす影響を検討した。更に、主観評価と生理値との関連性について検討した。

第4章では、テント内の環境要因が長期居住のストレスとして影響を及ぼす心理反応と生理反応に及ぼす影響について本研究で得られた結果を総括した。最後に、テント内の生活の質（QOL）を向上させテントの居住性を向上させるための検討を加えた。

なお、第2章は日本職業・災害医学会会誌「Japanese Journal of Occupational Medicine and Traumatology」61巻第2号（2013）に掲載された「防災用テント内の生活空間における環境要因が居住者の心理特性に与える影響」（福島一生、西村貴孝、本井碧、綿貫茂喜）に基づいている。

第3章は日本職業・災害医学会会誌「Japanese Journal of Occupational Medicine and Traumatology」61巻第4号（2013）に掲載された「防災用テン

トの生活空間内における環境要因が居住者の生理反応に与える影響」(福島一生、二里洋輔、西村貴孝、本井碧、綿貫茂喜)に基づいている。

## 第2章 防災用テント内の環境要因が居住者の 心理反応に及ぼす影響

### 2.1. 背景と目的

防災用テントは通常の住宅のような評価基準や管理基準の規定がないため、居住性に関する独自の評価基準が必要である。第1章で紹介したとおり、防災用テントは災害時に応急的な生活空間を構築するために必要不可欠な防災装備品であるが、狭隘でプライバシー保護の困難な長期居住を強いられる空間である。[33]防災用テント内の構造的要因、温熱的要因、空気の汚染（高いCO<sub>2</sub>濃度等）などの環境要因により複合的なストレスが生じる[34], [35]。そのため構造的要因、温熱要因、空気の汚染による居住者のストレスへの影響を検討し、テントの環境の改善を図る必要がある。ここでいうテントの環境とはテント自体の構造的要因、テント内の気温や温度、暖房や使用者の呼気に基づくCO<sub>2</sub>濃度等の物理化学的要因から構成される。

テント内の環境に関する先行研究で、著者らは若年者および中高年者を対象にテント内の温熱環境について主観評価を行い、中高年者が若年者より温熱的不快感を示すことを報告した[36]。Cenaら[37]は山岳地帯の高度が高くなるほどテント内の温熱的不快感が増加することを示した。しかし、これらの研究はテント内の温熱環境に対しての主観評価であり、テントの構造的要因や物理化学的要因を検討するための主観評価ではない。

ところで、建物内の居住性は“快適性や温冷感”等の主観評価語によって評価されることが多い。例えば橋口ら[38]は、住宅空間内の室内におけるエアコン暖房使用時の居住性についてSD法に基づく温熱環境の快・不快を段階的な心理的尺度で定量的に示した。しかしながら、それらの心理的尺度がテント生活という特殊な環境の主観評価に適しているのかは疑問がある。すなわち、テント内環境を評価するためにはどのような主観評価語が良いかを検討する必要がある。そして、その主観評価語はテントのどのような要因と関連するのかを検討すればテントの改善の方向性が示唆される。

そこで、本研究では防災用テントの居住性の向上及びQOLの改善を図るため



に、主観的評価とテントの環境要因（「テントの構造的要因：アスペクト比、人単面積、人単容積」、「物理化学的要因：温度、湿度、CO<sub>2</sub>濃度」）との関係を探ることにより、テントの居住性を評価する上でどのような主観評価語が有用であるか、また、それらの主観評価はどのような環境要因と関連性を有するのかを検討することを目的とした。

## 2.2. 方法

### 2.2.1. 被験者

5タイプのテントは各々異なる環境要因（A・B・C・D・E）を有した。各テントの宿泊者数はAタイプ30名、Bタイプ20名、C・D・Eの各タイプは各々6名、合計68名であった。その内、被験者は各テントごとランダムに各々5名、合計25名（29.6±10.6歳）の男性を選定した。各テントの被験者の平均年齢及び平均BMI等を表2-1に示す。彼らは通常飲酒・喫煙をしておらず、宿泊テントの近隣の大規模仮設食堂で各々同様な給食業務（調理・配食・食器洗浄・清掃等）の軽作業を午前8時頃から午後6時頃まで行った。昼食も含め午後1時頃から1時間休憩した。これらの実験前に実験内容を説明して実験参加の同意を得た。被験者は、災害時に防災支援に従事する職業である。

表2-1 使用した各テントの被験者の特性

|                       | Aタイプ      | Bタイプ      | Cタイプ      | Dタイプ      | Eタイプ      | 平均        |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 性別                    | 男         | 男         | 男         | 男         | 男         |           |
| 年齢:歳                  | 27.4±3.0  | 24.0±4.1  | 31.6±1.8  | 32.0±2.6  | 33.0±5.4  | 29.6±10.6 |
| 身長:cm                 | 173.2±1.8 | 173.2±1.3 | 166.6±1.9 | 173.6±2.1 | 175.5±1.6 | 172.4±6.2 |
| 体重:Kg                 | 69.6±9.3  | 68.0±0.9  | 71.2±4.5  | 72.2±2.2  | 66.3±1.8  | 69.5±9.6  |
| BMI:Kg/m <sup>2</sup> | 23.1±1.8  | 22.7±0.8  | 25.8±2.9  | 23.9±0.6  | 21.5±0.8  | 23.4±3.6  |
| 業務内容                  | 給食業務(軽作業) |           |           |           |           |           |

### 2.2.2. 実験条件

使用した防災用テントは、アルミニウム合金製の家型フレームを素材としており金属骨組フレームの各支柱及び骨組間の表面をポリエステル系化学繊維製の帆布の幕体で覆ったタイプであり、切妻屋根タイプと寄棟屋根タイプに区分される。サイズおよび立体的構造形状が異なる4種類とし、各テントの使用人数はテントの規模・構造形状によって異なるように設定した。各テントの設置場所は災害等で活用される公園等・避難地域の平坦地に類似した野外地に設置した。

AとBのテントは切妻型のCタイプを縦に3連結し、Aには使用基準収容人数より12名多い(1.7倍)状態、Bには使用基準収容人数より2名多い(1.1倍)状態での宿泊とした。C・D・Eの各タイプは使用基準収容人数(6名)に沿った人数とした。D・Eの各タイプの立体的構造は同じで寄棟型であるが、Dは内幕を付け、Eには内幕を付けなかった。内幕はテントの天井面内側及び横壁内側を二重に覆う布幕であり、装着することにより断熱効果・保温効果が向上する。Dタイプの内幕はEタイプの内側生地から10cm離れた位置に沿って天井部及び側壁部に装着し、水平方向の長さが各々10cm短くなる(図2-1、表2-2)。そのため表2-2に示すように各テントのアスペクト比(テントの鉛直方向の最長点の高さを最長水平方向の長さで除した数値)、人単面積(テント内の床面積を居住人数で除した1人当たりの占有面積)及び人単容積(テント内の容積を居住人数で除した1人当たりの占有容積)が異なる。

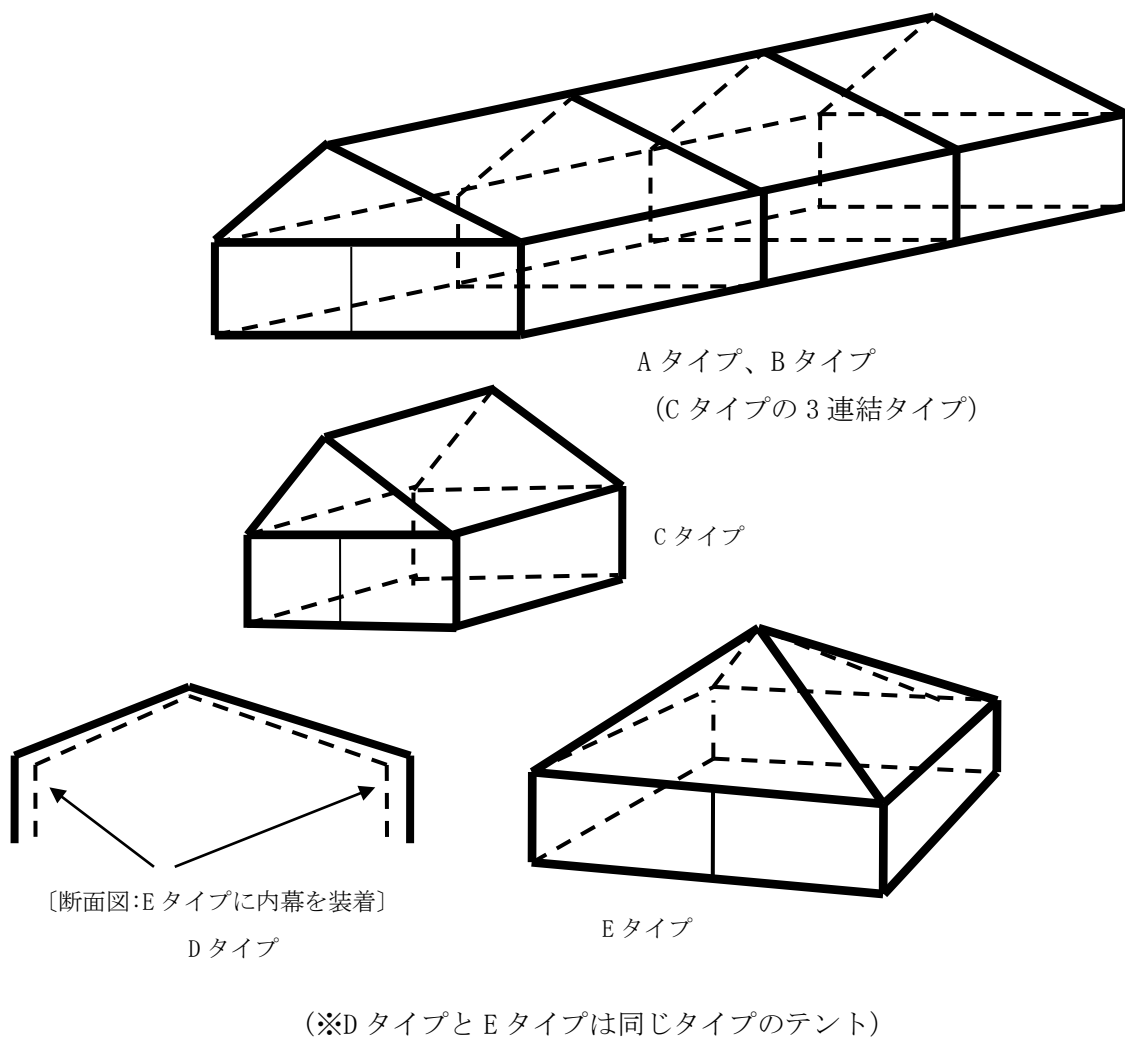


図 2-1 実験に使用した 4 種類のテント

実験は冬季(1月下旬 ~2月上旬)にテントを野外に設置して行っており、外気による温度・湿度の影響を小さくするためにテント側面の出入口用幕カーテンを閉じた。各テントの暖房装置は石油ストーブであり、煙突を装着しておらず燃焼ガスをテント内空間へ放出・拡散し、温度差を利用した自然換気により汚染空気をテント外へ排出する開放型(A・B)と、煙突により燃焼ガスをテント外へ排出する密閉型(C・D・E)を使用した。開放型は燃焼に伴うNO・NO<sub>2</sub>・CO・CO<sub>2</sub>等による空気汚染が発生するが、密閉型はそれが少ない。本研究でのCO<sub>2</sub>濃度はストーブの燃焼によるCO<sub>2</sub>放出と人の呼気のCO<sub>2</sub>排出からの空気汚染

を含んだ値として計測した。テント内の風速は約 0.1m/s 以下のほぼ無風に近い状態で、テントの隙間からの密閉空間内への自然換気があった。

### 2.2.3. 実験手順

実験期間は 1 月下旬から 2 月上旬にかけての 10 日間とした。テント内の環境要因の計測及び質問紙による主観評価調査は、初日(1 日目)と最終日(10 日目)の朝 7 時頃に行った。初日とは前日の夕方初めてテント内に入って次の日の起床後の朝とした。

### 2.2.4. テント内の環境要因の計測

テント内の環境要因には構造的要因と物理化学的要因があり、本研究では構造的要因には『アスペクト比、人単面積、人単容積』を測定することとした。アスペクト比とはテントの鉛直方向の最長点の高さを最長水平方向の長さで除した数値とし、人単面積とはテント内の床面積を居住人数で除した 1 人当たりの占有面積で、人単容積とはテント内の容積を居住人数で除した 1 人当たりの占有容積である。物理化学的要因として『温度、相対湿度、CO<sub>2</sub> 濃度』を計測することとした。

各テント内の温度・湿度は自動温度・湿度測定器(TR-72S T&D 社)により、CO<sub>2</sub> 濃度は二酸化炭素検知管測定器(GASTEC IM04GV100SJ1 ガステック社)により計測した。テント内の温度・湿度・CO<sub>2</sub> 濃度の測定位置はテント内のほぼ中央の位置(高さ地上 1.1m)とし計測を実施した。この際測定前に約 5 分間テント内の空気を団扇で攪拌し可能な限りテント内を均一な環境にした。温度・湿度・CO<sub>2</sub> 濃度の計測は 3 回実施し、その平均値を代表値とした。なお実験中の外気温度は、朝(午前 7 時) 0.9~8.8℃、夜(午後 7 時) 4.2~12.3℃であった。

### 2.2.5. 主観評価

主観評価は、テント内の居住性を調査するためにSD法(7段階)を用いて『全般快適感、温冷感、圧迫感、くつろぎ感、空気清浄感』で行った(図2-2)。尺度は「0~6」とし、「3」が主観評価の程度が『中立の状態』とした。『全般快適感』は数値が大きい程快適であり、『温冷感』は数値が大きいほど温かく、『空気清浄感』は数値が大きい程空気が清浄であり、『くつろぎ感』は数値が大きいほどくつろいだ状態を示す。『圧迫感』は数値が大きい程圧迫感を強く感じることを示す。

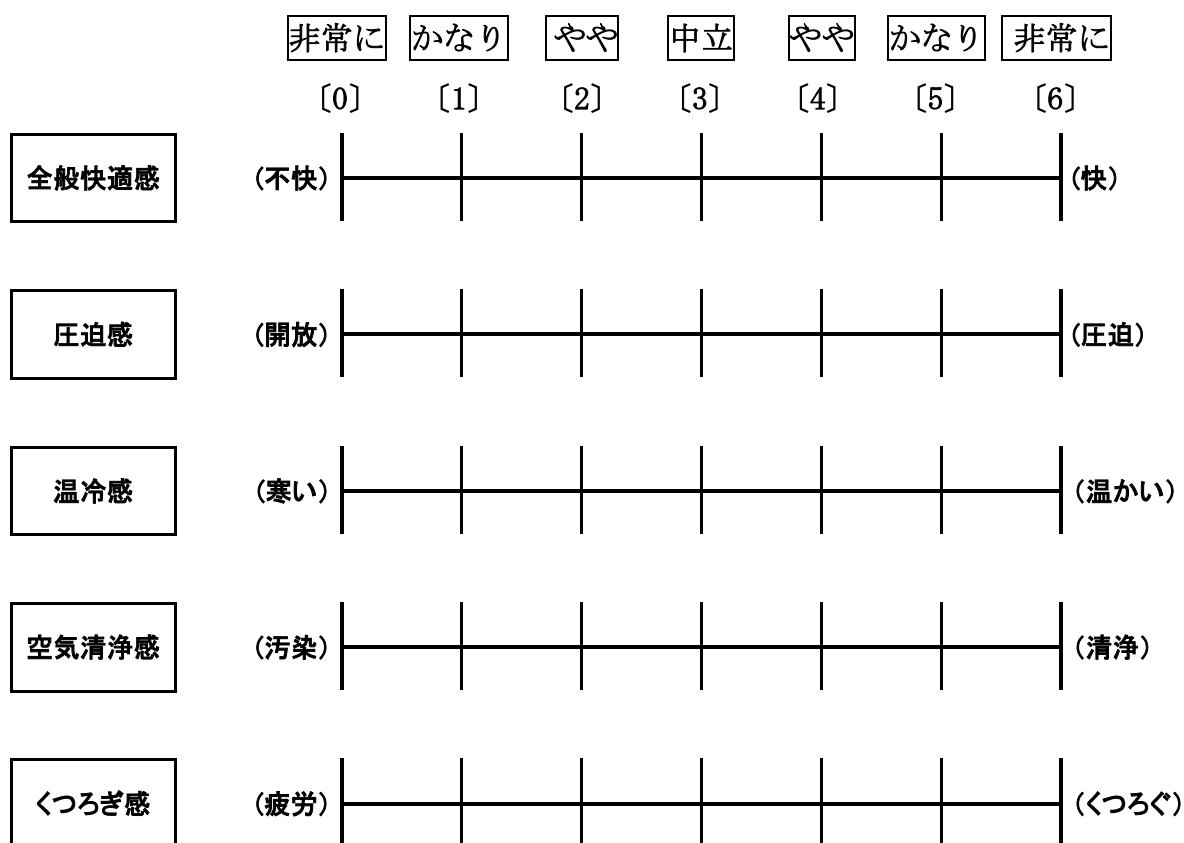


図2-2 主観評価の項目

## 2.2.6. データ処理及び統計処理

統計解析には、SPSSver17.0J を用いた。得られた主観評価に対して、条件(5種類のテント)×時間(テント使用の初日・最終日)を要因とした二元配置分散分析を行った。下位検定にはボンフェローニ検定を用いた。次いで、主観評価の〔『圧迫感、温冷感、空気清浄感、くつろぎ感』を独立変数とし『全般快適感』を従属変数とする重回帰分析(ステップワイズ法)を行い偏相関係数を求めた。同様に、『アスペクト比、人単面積、人単容積、温度、湿度、CO<sub>2</sub>濃度』を独立変数、『圧迫感、くつろぎ感』の各主観評価を各々従属変数として重回帰分析(ステップワイズ法)により偏相関係数を求めた。

## 2.3. 結果

表 2-2 に各テントの環境要因(アスペクト比、人単面積、人単容積)の状況を示す。

表 2-2 使用した各テントの環境要因 (構造的要因)

|                          | A<br>タイプ  | B<br>タイプ | C<br>タイプ | D<br>タイプ            | E<br>タイプ | 平均等<br>(1張平均) |
|--------------------------|-----------|----------|----------|---------------------|----------|---------------|
| 幅 (m)                    | 5.0       | 5.0      | 5.0      | 4.3                 | 4.5      | 4.8           |
| 長さ (m)                   | 15.0      | 15.0     | 5.0      | 4.3                 | 4.5      | 4.9           |
| 高さ (m)                   | 2.7       | 2.7      | 2.7      | 3.1                 | 3.1      | 2.9           |
| 居住した人数 (人)               | 30        | 20       | 6        | 6                   | 6        | 8             |
| アスペクト比 (-)               | 0.18      | 0.18     | 0.54     | 0.72                | 0.69     | 0.46          |
| 人単面積 (m <sup>2</sup> /人) | 2.5       | 3.8      | 4.2      | 3.1                 | 3.2      | 3.4           |
| 人単容積 (m <sup>3</sup> /人) | 5.3       | 7.9      | 8.8      | 9.5                 | 10.0     | 8.8           |
| 各テントの特性                  | Cタイプを縦3連結 |          | 一重構造     | Eタイプを<br>内幕二重<br>構造 | 一重構造     |               |
| 暖房の型式 (ストーブ)             | 開放型       | 開放型      | 密閉型      | 密閉型                 | 密閉型      |               |

表 2-3 は各テント内の物理化学的要因(温度、湿度、CO<sub>2</sub>濃度)の測定結果である。各テントによって初日と最終日の温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度は異った。Aタイプの温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度は各々最も高い値を示した。

表 2-3 各テント内の物理化学的要因の測定結果

|                           |     | Aタイプ | Bタイプ | Cタイプ | Dタイプ | Eタイプ | 外気   |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 温 度<br>(°C)               | 初 日 | 23.8 | 22.5 | 20.6 | 20.2 | 11.4 | 8.5  |
|                           | 最終日 | 22.5 | 17.5 | 18.3 | 19.4 | 12.2 | 4.4  |
| 湿 度<br>(%)                | 初 日 | 71.2 | 44.4 | 48.0 | 47.6 | 65.6 | 65.0 |
|                           | 最終日 | 52.5 | 23.4 | 46.0 | 32.1 | 42.8 | 63.0 |
| CO <sub>2</sub> 濃度<br>(%) | 初 日 | 0.32 | 0.17 | 0.07 | 0.10 | 0.15 | 0.03 |
|                           | 最終日 | 0.35 | 0.19 | 0.09 | 0.13 | 0.17 | 0.03 |

主観評価語に対して条件（5種類のテント）と時間（テント使用の初日・最終日）を要因とする2元配置分散分析を行った。その結果、『全般快適感、圧迫感、温冷感、空気清浄感、くつろぎ感』の全ての主観評価語は時間的要因（初日、最終日）に関して主効果があった（図 2-3-a、図 2-3-b）。下位検定の結果、『全般快適感（ $p < 0.01$ ）、温冷感（ $p < 0.05$ ）、空気清浄感（ $p < 0.05$ ）、くつろぎ感（ $p < 0.01$ ）』において初日より最終日の主観評価の各々の値が有意に減少した。『圧迫感』のみ初日より最終日の主観評価の値が有意（ $p < 0.01$ ）に増加した。

mean+S. D. (初日及び最終日の各々において n=25)、\* : p<0.05、 \*\* : p<0.01

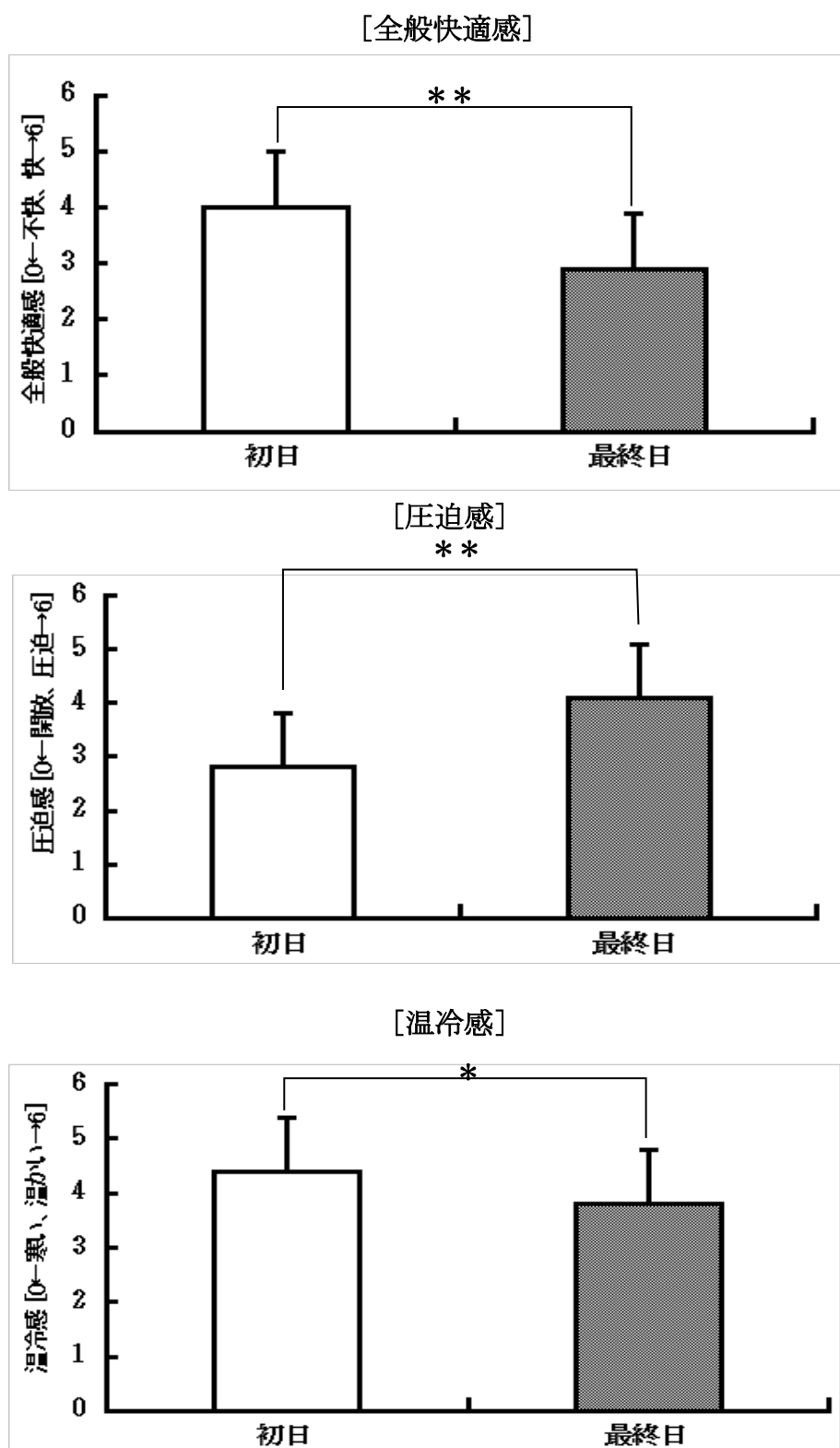
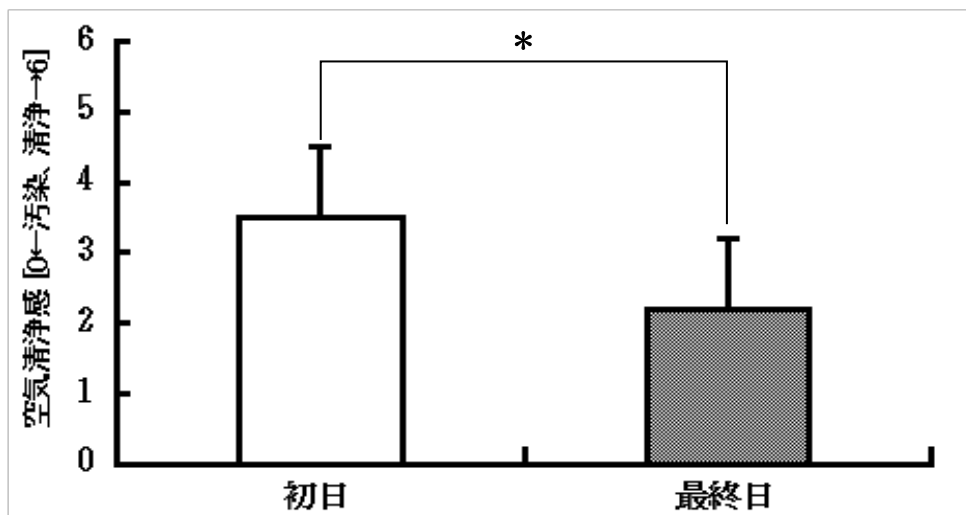


図 2-3-a. 初日及び最終日のストレスに対する主観評価の総合平均



mean±S.D. (初日及び最終日の各々において n=25)、 \* : p<0.05、 \*\* : p<0.01

[空気清浄感]



[くつろぎ感]

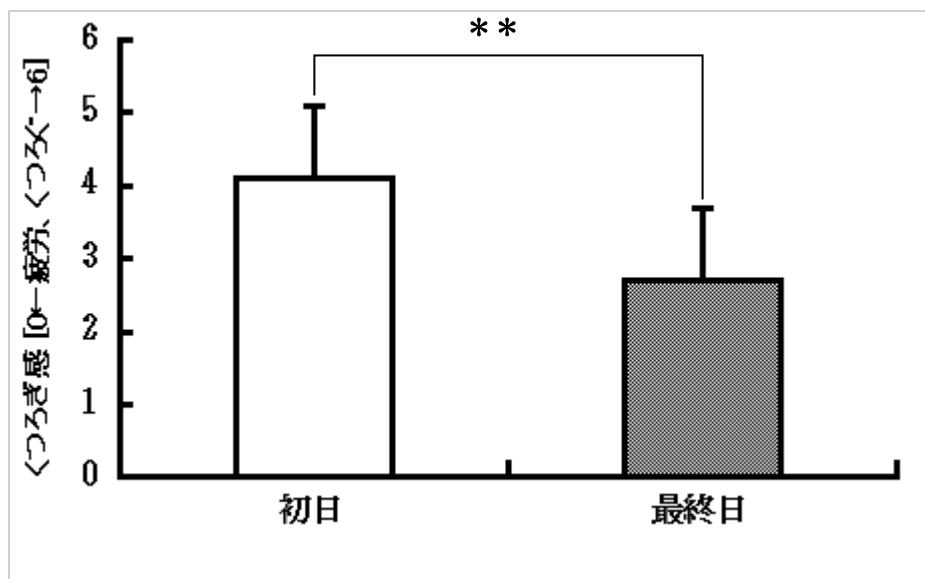


図 2-3-b. 初日及び最終日のストレスに対する主観評価の総合平均

次に、『全般快適感』を従属変数とし、他の主観評価語を独立変数として重回帰分析（ステップワイズ法）を行い偏相関係数（表 2-4）を求めた。その結果、『全般快適感』は『圧迫感』と有意な負の偏相関（ $-0.418, p<0.01$ ）を示し、『くつろぎ感』とは有意な正の偏相関（ $0.754, p<0.01$ ）を示した。

更に、『圧迫感』を従属変数とし環境要因の各要因を独立変数として重回帰分析を行った（表 2-4）。その結果、『圧迫感』は人単容積と有意な負の偏相関（ $-0.820, p<0.01$ ）を示した。同様に、『くつろぎ感』を従属変数とし環境要因の各要因を独立変数として重回帰分析を行った。その結果、『くつろぎ感』は  $\text{CO}_2$  濃度と有意な負の偏相関（ $-0.916, p<0.01$ ）を示し、湿度とは有意な正の偏相関（ $0.790, p<0.01$ ）を示した。

表 2-4 主観評価と環境要因等との重回帰分析結果

全般快適性とその他の主観評価項目との偏相関係数 (n=50、\*\* : p < 0.01)

| 独立変数<br>従属変数 | 偏 相 関 係 数   |       |       |         |
|--------------|---|-------|-------|---------|
|              | 圧迫感   | 温冷感   | 空気清浄感 | くつろぎ感   |
| 全般快適感        | -0.418**  | 0.029 | 0.325 | 0.754** |
| 重回帰式等        | $Y_{(全般快適感)} = 1.886 + 0.771 X_{(くつろぎ感)} - 0.313 X_{(圧迫感)}$ $R^2 = 0.838$ |       |       |         |

圧迫感と環境要因の各項目との偏相関係数 (n=50、\*\* : p < 0.01)

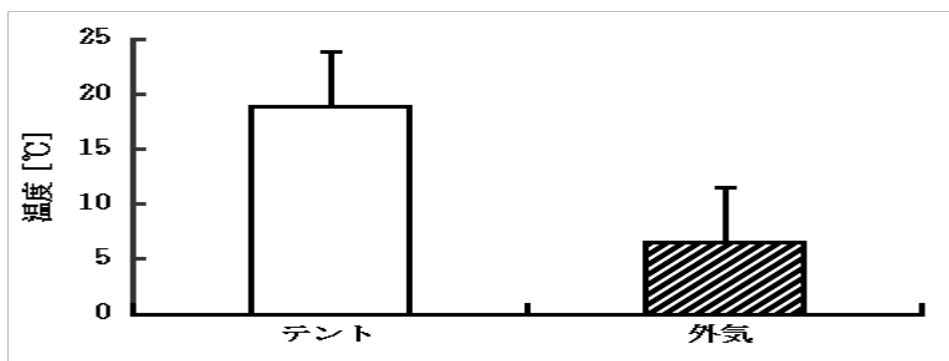
| 独立変数<br>従属変数 | 偏 相 関 係 数  |                             |                             |            |           |                           |
|--------------|--|-----------------------------|-----------------------------|------------|-----------|---------------------------|
|              | アスペクト比   | 人単面積<br>(m <sup>2</sup> /人) | 人単容積<br>(m <sup>3</sup> /人) | 温度<br>(°C) | 湿度<br>(%) | CO <sub>2</sub> 濃度<br>(%) |
| 圧迫感          | 0.009  | 0.249                       | -0.820**                    | -0.124     | -0.708    | [-]                       |
| 重回帰式等        | $Y_{(圧迫感)} = 9.320 - 0.713 X_{(人単容積)}$ $R^2 = 0.665$ |                             |                             |            |           |                           |

くつろぎ感と環境要因の各項目との偏相関係数 (n=50、\*\* : p < 0.01)

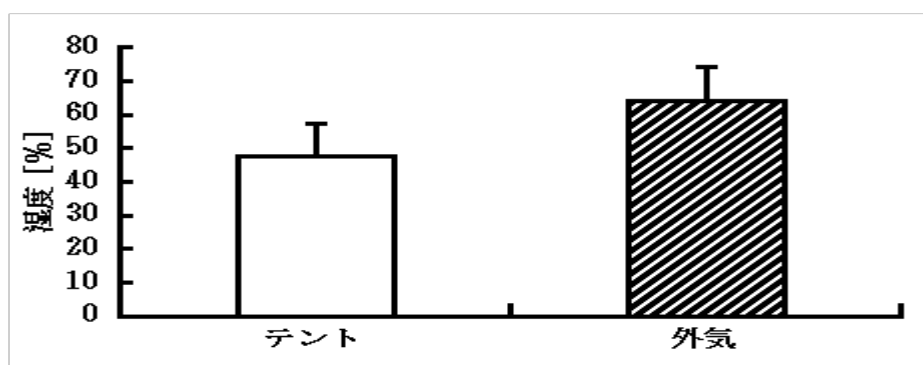
| 独立変数<br>従属変数 | 偏 相 関 係 数  |                             |                             |            |           |                           |
|--------------|--|-----------------------------|-----------------------------|------------|-----------|---------------------------|
|              | アスペクト比   | 人単面積<br>(m <sup>2</sup> /人) | 人単容積<br>(m <sup>3</sup> /人) | 温度<br>(°C) | 湿度<br>(%) | CO <sub>2</sub> 濃度<br>(%) |
| くつろぎ感        | -0.002   | 0.076                       | -0.135                      | -0.166     | 0.790**   | -0.916**                  |
| 重回帰式等        | $Y_{(くつろぎ感)} = 3.359 - 15.854 X_{(CO_2濃度)} + 0.601 X_{(湿度)}$ $R^2 = 0.839$ |                             |                             |            |           |                           |

環境要因の測定結果、温度は外気よりテント内が 12.3℃高かった（図 2-4）。湿度は外気よりテント内が 16.7%低かった（図 2-4）。CO<sub>2</sub> 濃度は外気よりテント内が 0.14%高かった（図 2-4）。

### [温度]



### [湿度]



### [CO<sub>2</sub> 濃度]

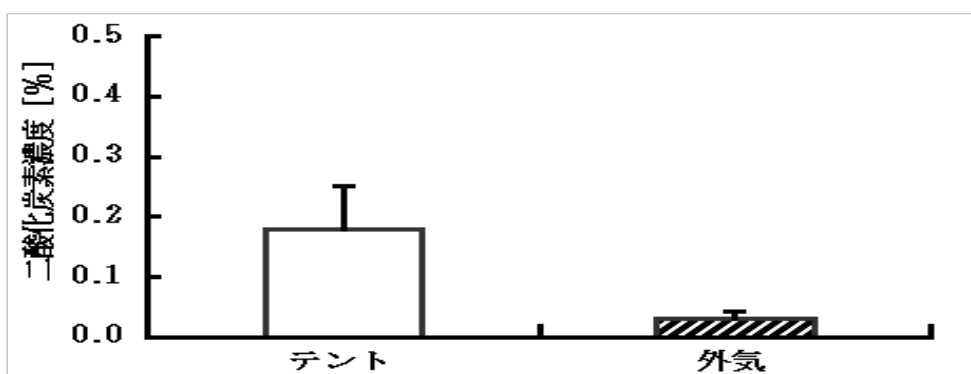


図 2-4 テントと外気の物理化学要因（温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度）の総合平均値の比較

## 2.4. 考察

本研究では、防災用テントの居住性の向上及び QOL の改善を図るために、これを評価するうえでどのような主観評価語が有用か、その主観評価語はどのような環境要因と関連性を有するのかを、10 日間のテント内の居住性を SD 法を用いて主観評価により検討した。その結果、『全般快適感』を始め、全ての主観評価の値において心理的に不快な状態(図 2-3)となった。

次に、『全般快適感』と他の主観評価語（『全般快適感、圧迫感、温冷感、空気清浄感、くつろぎ感』）との関係を検討すると（表 2-4）、『全般快適感』は『圧迫感』と有意な負の偏相関（ $-0.418, p<0.01$ ）を示し、『くつろぎ感』とは有意な正の偏相関（ $0.754, p<0.01$ ）を示し、『温冷感』とは有意な偏相関は得られなかった。温度は『全般快適感』に影響を与えなかった。これは、本研究が住居を対象とした研究でなく、テントを対象としたためであり、通常の居住環境を評価する主観評価法はテントによる居住環境の評価には使えないことを示唆する。つまり、防災テントの居住性に主観評価を用いて検討する場合、『圧迫感』と『くつろぎ感』が重要な評価項目となることを示唆する。

そこで、『圧迫感』と環境要因との関連性を検討したところ(表 2-3)、『圧迫感』は人単容積と有意な負の偏相関（ $-0.820, p<0.01$ ）を示した。本研究では、A タイプは、通常の使用基準人数（18 人）より多い 1.7 倍の 30 人を収容し、B タイプはやや多い 1.1 倍の 20 人を収容、C・D・E は各使用基準とおりの各々6人を収容した。

Hall[39]は、ヒトと相手との相互間の空間距離について、密接距離（他人と身体的に密接な影響を受ける感覚の距離）が 0.15m~0.46m 以下、個体距離（小さな防御領域を確保でき、自分と他人との境界を保てる距離）が 0.46m~1.22m、社会距離（支配の限界で相手の顔の詳細部分が見えなくなり、相手に触れることが困難な距離）が 1.22m~3.66m、公衆距離(相手と係わり合いにならずに済み、逃げたり防いだりできる距離)が 3.66m~7.62m 以上の 4 段階に区分した。本研究では、各テントの折畳ベット（0.8m×1.8m）の最小間隔は、A タイプは約 0.2m、B タイプは約 0.4m、C タイプは約 0.8m、D タイプは約 0.6m、E タイプは約 0.7m であった。Hall の空間距離区分では A と B が密接距離に相

当し、他のテント（C・D・E）は個体距離の範囲となる。Hall は、ネズミを飼育容器に基準収容数の 2 倍入れたところ、他のネズミに対して攻撃的な行動が出始め、解剖すると副腎が肥大し始めており、ストレスの兆しが表れたと報告している。また Zethof ら[40]は飼育容器にネズミを 5 匹入れたときと、別の飼育容器に 10 匹入れて 2 倍の密集状態にしたときでは、10 匹入れたときの方が密集状態でのストレスによりネズミは高体温となったと報告した。

遊間[41]は、国内刑務所内の囚人の収容率と暴力行為や規律違反との関連性を検討した結果、居住密度が収容定員の 80%を超えると過密人数によるストレスのため暴力行為や規律違反が現れ始め、収容率と暴力行為は関連性があると報告した。また高橋ら[42]は応急仮設住宅の生活空間での長期避難生活で 29.16 m<sup>2</sup>の床面積を 6 人で使用した場合 1 人当たり 4.9m<sup>2</sup> となり狭隘感によるストレスが発生したことを報告した。この場合の人単容積は約 10.3m<sup>3</sup>/人[建築基準（建築基準法施行令第 21 条）により推定]となり、狭隘な空間と考えられる。これは本研究で使用したテントの E タイプと同等の人単容積に相当する。

この際、プライバシーの保護対策も必要であることも示唆した。従って、人単容積が小さい場合には過密状態になり心理的ストレスが増大し、その結果として『圧迫感』が増加したことが示唆される。『圧迫感』を減らすその他の方法としてテント内に、間仕切りカーテンを設置する等の工夫は可能であると思われる。人単面積と『圧迫感』とに有意な偏相関がなかったのは、各テントのアスペクト比・高さが人単容積の大きさと比例関係がなく交絡した値であったためと考えられる。

次に、『くつろぎ感』と環境要因との関連性を検討したところ、『くつろぎ感』は CO<sub>2</sub> 濃度と有意な負の偏相関（-0.916, p<0.01）を示すとともに湿度とは有意な正の偏相関（0.790, p<0.01）を示した（表 2-4）。つまり、テント内の CO<sub>2</sub> 濃度が増し湿度が減ると『くつろぎ感』は減ることになる。建築基準法施行令の基準（20 条第 2 項第 1 号）によると、CO<sub>2</sub> の汚染許容基準は 0.1%と規定されており、0.2~0.5%未満では相当不良であり換気が必要な状況とされている。また、空調システムを有さない場合のビル管理法等に規定する CO<sub>2</sub> 許容濃度は 0.5%以下である。これらの基準に従うと、各テント内の空気環境は比

較的良好な状態 (C タイプ) からやや不良 (B, D, E タイプ)、相当不良な状態 (A タイプ) であったと言える。これらのテント内の CO<sub>2</sub>濃度の空気汚染の原因は、人の呼気及び暖房機の燃焼等の複合的な理由によるものであると思われる。一般的に室内環境において CO<sub>2</sub>濃度は空気汚染の指標として用いられ、CO<sub>2</sub>濃度が増えると他の有害な汚染ガスも増えると考えられ、テント生活の快適性を向上させるためには換気方法や暖房方法の検討が重要である。また、湿度は建築基準法施行令の基準(129 条第 2 項 6 号)により許容基準は 40%~70%とされている。最終日の各テントの湿度を見ると (表 2-3)、外気が 63%であった状態で A タイプを除くと他のタイプでは 23.4%から 46%の間であり、許容基準の下限を下回る場合もあった。初日の A タイプは 71.2%で基準値よりわずかに湿度が多く、最終日の B, D タイプは基準値 40%より 7.9%から 16.6%湿度が低く空気が乾燥した状態であったと思われる。その結果、乾燥による不快感が『くつろぎ感』に現れたと考えられる。

本研究では防災テントの主観評価による結果から、テントの居住性を向上させテントの QOL を改善するためには、『圧迫感』を減らすために人単容積を適度に増やし、『くつろぎ感』を得れるような CO<sub>2</sub>濃度の制御及び適切な湿度の管理が重要であることが示唆された。

今後、本研究の成果をもとにヒトの生理反応と環境要因との関連性を探ることにより、防災用テントの居住性について更に詳細な検討が期待できる。

## 2.5. まとめ

本章では防災テントの居住性の最適化を重視して、テントの居住性を評価するうえでどのような主観評価語が有用か、その主観評価と環境要因との関連性はどうかについて、10 日間のテント生活の居住性を SD 法を用いて主観評価により検討した。その結果、『全般快適感、圧迫感、温冷感、空気清浄感、くつろぎ感』の全ての主観評価値において心理的に不快な状態となった。

次に『全般快適感』と他の主観評価との関係を検討したところ『圧迫感』と有意な負の偏相関を示し、『くつろぎ感』とは有意な正の偏相関を示した。従って、テントの居住性の主観評価では、『圧迫感』と『くつろぎ感』が重要な

評価項目であると考えられる。

『圧迫感』は人単容積と有意な負の偏相関を示した。『くつろぎ感』は CO<sub>2</sub> 濃度と有意な負の相関を示し、湿度と有意な正の偏相関を示した。テントの居住性を向上させテントの QOL を改善するためには、人単容積を適度に増やし、CO<sub>2</sub> 濃度の制御及び適切な湿度の管理が重要である。

また、生理要因と環境要因からの居住性の検討も必要と思われる。



## 第3章 防災用テント内の環境要因が居住者の生理反応に及ぼす影響

### 3.1. 背景と目的

防災用テントは地震や災害等が発生した場合、被災者等の応急的な生活空間として必要不可欠である。一般的に長期のテント生活は自宅の生活と異なるため不便であり、ストレスが発生することが報告されている[35], [36], [43]。

一般住宅の居住性は快適性や温冷感を用いた主観評価による検討[10], [11]や温度・湿度による評価[12], [13]がなされているが、防災用テントは一般住宅と機能・構造が違う。従って一般住宅の主観評価語をテントの居住性評価にそのまま適用することは困難である。

第2章では、防災用テントの居住性の向上・改善のために居住性を評価する上でどのような主観評価語が有用か、それらの主観評価語はどのような環境要因と関連するのかを検討した。その結果、居住性の主観評価語として『圧迫感、くつろぎ感』が重要であり、『圧迫感』は人単容積から、『くつろぎ感』はCO<sub>2</sub>濃度と湿度から各々影響を受けることを報告した。

防災用テントの居住性を向上させるためには心理反応のほかに生理反応からの検討も重要である。すなわち、どのような環境要因が居住者の生理値に影響を与えているのかを検討することがテント生活を少しでも快適の方向へ向けるために重要である。

ヒトがストレスに曝されると一般的に Cortisol 濃度が増加し、免疫グロブリン（例えば s-IgA）が減少し、血圧が上昇することが報告されている。例えば伊藤ら[44]は、歯科治療での実験的口蓋床への局部加圧による患者への影響を検討した結果、Cortisol 濃度は加圧前より増加し患者の不快感・不安感が増したことを報告した。山内ら[45]は大学ラグビー選手の高強度合宿の前・中期と後期の体調や精神的疲労の違いを検討した結果、合宿前・中期の方が s-IgA 濃度が減少し、ストレスがあったことを報告した。高崎ら[46]は冬季の浴室での寒冷暴露の不快感を検討した結果、入浴者の血圧が上昇し不快感が増したことを報告した。

そこで、本研究は長期に使用する防災用テントの居住性の向上及び QOL の改善のために、Cortisol 濃度、s-IgA 濃度、血圧（拡張期血圧、収縮期血圧）を測定し、これらと環境要因との関係を検討することを目的とした。テント内の環境要因とは『アスペクト比、人単面積、人単容積、気温、湿度、CO<sub>2</sub>濃度』とした。また第 2 章で検討した主観評価と生理指標との関連性を検討することを目的とした。

### 3.2. 方法

#### 3.2.1. 被験者

被験者は第 2 章の「2.2.1. 被験者」（表 2-1）と同様であり、5 タイプのテントは各々異なる環境要因（A,B,C,D,E）を有し、被験者は各テントごとランダムに各々5名・合計 25 名（29.6±1.6 歳）の男性を選定した。

#### 3.2.2. 実験条件

用いたテントは第 2 章の「2.2.2. 実験条件」（図 2-1、表 2-2）と同様であった。

#### 3.2.3. 実験手順

実験期間は、第 2 章「2.2.3. 実験手順」と同様の 10 日間とした。テント内の環境要因の計測及び唾液の採集は初日（1 日目）と最終日（10 日目）の朝の起床後の食事前（朝 7 時）に行った。初日とは前日の夕方初めてテント内に入って次の日の起床後の朝とした。被験者は朝 6 時半に起床し、うがいおよび洗面後に簡易ベットに腰掛け、座位の体勢で 20 分安静にした。この間、被験者らに対し体調・睡眠時間等の健康状態に異常の無いことを確認した後、各テント毎同時に唾液の採集を行った。

#### 3.2.4. テント内の環境要因の計測

テント内の環境要因は、第 2 章「2.2.4. テント内の環境要因の計測」と同様であった。

#### 3.2.5. 唾液の採取

唾液の採集はサリベット (Salivette®: No. 51.1534 ; Sarstedt, Numbrecht, Germany) を用いて 2 分間行った。被験者にはサリベットを舌の上に乗せ、軽く噛んだり、転がせたりするようにした。採集後には口内の微生物や細胞を排除するため、遠心分離 (3,500rpm×15min) をした。そして唾液の重さを測り、唾液量 (ml/min) を求めた。なお Cortisol (唾液中コルチゾール) および s-IgA (唾液中分泌型免疫グロブリン A) を分析するまで -30°C の冷凍庫に保管した。

#### 3.2.6. 唾液中 Cortisol 濃度 (以後、Cortisol 濃度) 及び唾液中分泌型免疫グロブリン A 濃度 (以後、s-IgA 濃度) の分析

Cortisol 濃度 (µg/ml) は、ELISA キット (Enzyme Immunoassay for Cortisol®, Product No. EA65, Oxford Biomedical Research, USA) を用いて行った。唾液のサンプルは 100 倍に希釈して分析した。その後 s-IgA 濃度 (µg/ml) は ELISA 法に従って分析した。唾液のサンプルは 1000 倍に希釈して分析した。

#### 3.2.7. 血圧測定

血圧は初日及び最終日の朝、唾液採集前に手首式自動血圧計 (UB-401 型、0 ~ 280mmHg、株式会社エー・アンド・デー) の測定器具を各被験者の手首部に当て、拡張期血圧及び収縮期血圧を計測した。

### 3.2.8. データ処理及び統計処理

統計解析には SPSS ver17.0J を用いた。得られた Cortisol 濃度、s-IgA 濃度、血圧（拡張期血圧、収縮期血圧）の各々に対して、条件（5 タイプのテント）×時間（テント使用の初日・最終日）を要因とした二元配置分散分析を行った。下位検定にはボンフェローニ検定を用いた。次いで主効果・交互作用のある Cortisol 濃度を従属変数としテントの環境要因の各々を独立変数とする重回帰分析（ステップワイズ法）を行い偏相関係数を求めた。同様に、主観評価結果（第 2 章の検討結果）と生理値の関連性については、各主観評価を独立変数、有効な生理値を従属変数とする重回帰分析（ステップワイズ法）を用いて検討した。

## 3.3. 結果

### 3.3.1. 環境要因

各テントの環境要因（構造的要因、物理化学的要因）の結果は第 2 章「表 2-2、表 2-3」のとおりであった。各テントによって初日と最終日の温度・湿度・CO<sub>2</sub>濃度は異った。温度は A・B・C・D タイプは 17.0℃～24.0℃の範囲にあり A タイプが最も高く 23.8℃、E タイプは最も低く 11.4℃であった。湿度は 23.0～72.0%の範囲にあり A タイプが最も高く 71.2%、次に E タイプが高く 65.6%、B・C・D タイプは 23.4%～48.0%であった。CO<sub>2</sub>濃度に関しては、A タイプは 0.32%～0.35%、B・D・E タイプは 0.10%～0.19%、C タイプは 0.07%～0.09%であった。

### 3.3.2. Cortisol 濃度

先ず Cortisol 濃度に対して条件(5 タイプのテント)と時間(テント使用の初日・最終日)を要因とする二元配置分散分析を行った。Cortisol 濃度は時間要因において主効果 [F(1, 23) = 45.072, p<0.01] を確認した。要因間には有意な交互作用 [F(4, 20) = 3.017, p<0.05] があつた。下位検定の結果、すべてのテント条件において最終日の Cortisol 濃度は初日のそれより有意(p<0.01)に増加した(図 3-1)。初日に対する最終日の A タイプの Cortisol 濃度の変化量は E タイプのそれより有意(p<0.05)に大きかつた。

mean+S. D. (各テントにおいて n=5、\*:p<0.05、\*\*:p<0.01)

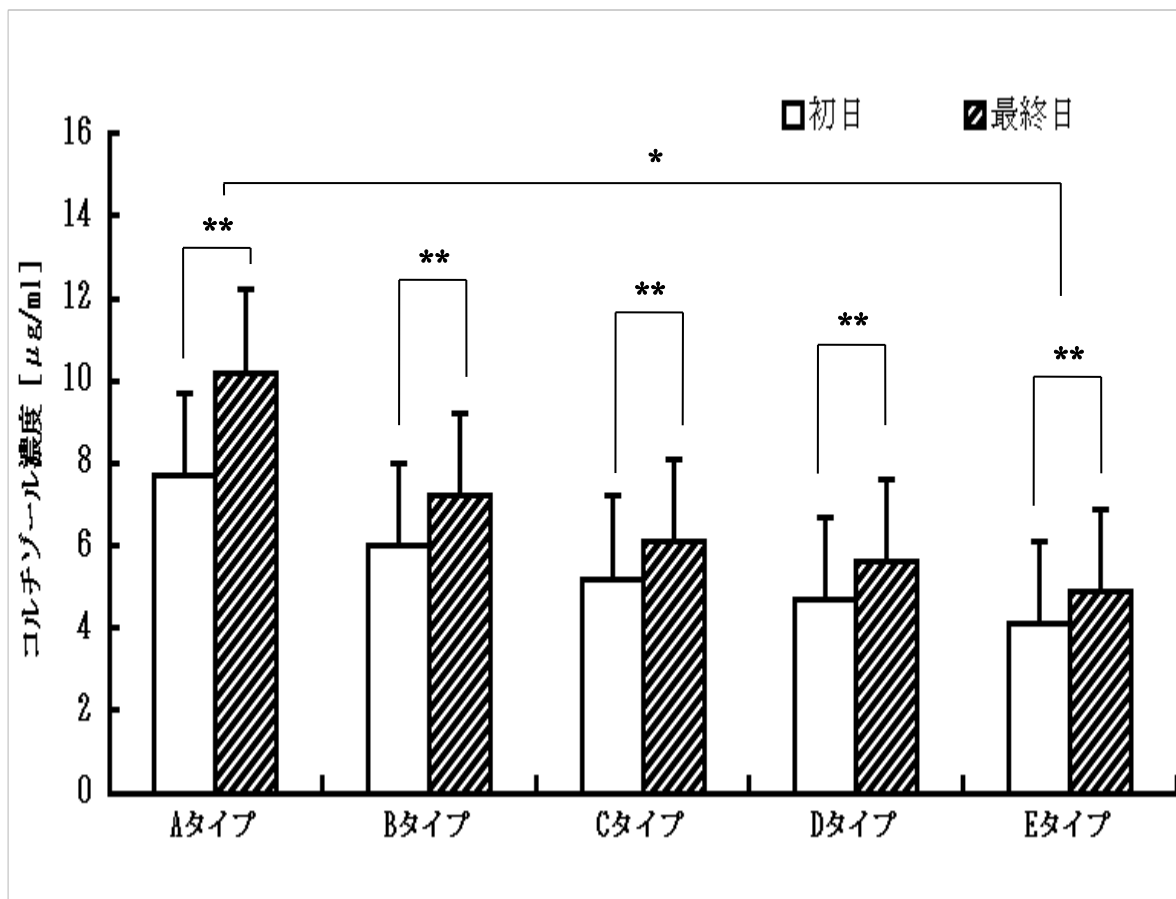


図 3-1 各テントにおけるコルチゾール濃度の変化

### 3.3.3. s-IgA 濃度

次に s-IgA 濃度に対して同様な二元配置分散分析を行った結果、時間要因においてのみ有意な主効果 [F(1, 23) = 54.062, p<0.01] が見られた。最終日の s-IgA 濃度は初日のそれより有意 (p<0.01) に減少した (図 3-2)。

mean+S.D. (初日及び最終日の各々において n=25) 、\*\* : p<0.01

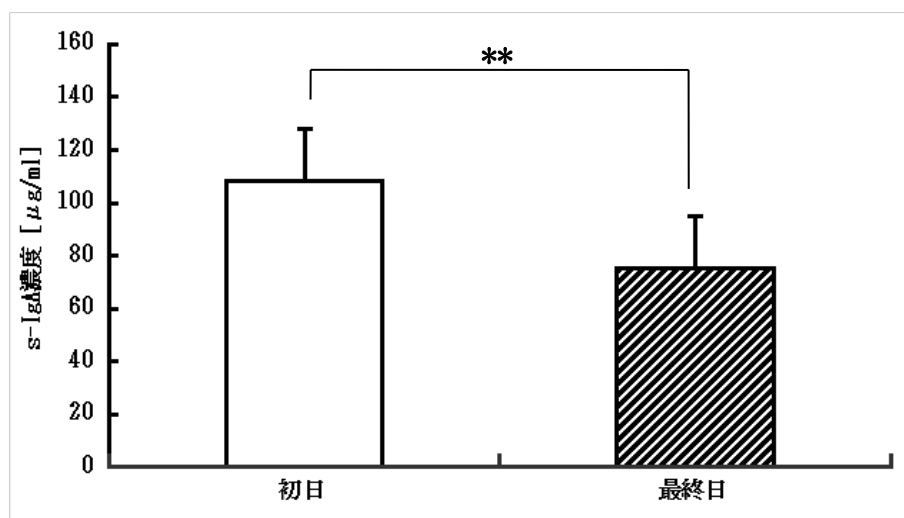


図 3-2 各水準 (初日、最終日) における s-IgA の変化

### 3.3.4. 血圧 (拡張期血圧、収縮期血圧)

拡張期血圧に対しても同様な二元配置分散分析を行った結果、時間要因においてのみ有意な主効果 [F(1, 23) = 4.906, p<0.05] を確認した。最終日の拡張期血圧は初日のそれより有意 (p<0.05) に増加した (図 3-3-a)。同様に収縮期血圧に対する検討の結果、時間要因においてのみ主効果 [F(1, 23) = 13.383, p<0.01] があり、収縮期血圧は初日より最終日の方が有意 (p<0.01) に増加した (図 3-3-b)。

mean+S. D. (初日及び最終日の各々において n=25) 、\*:p<0.05

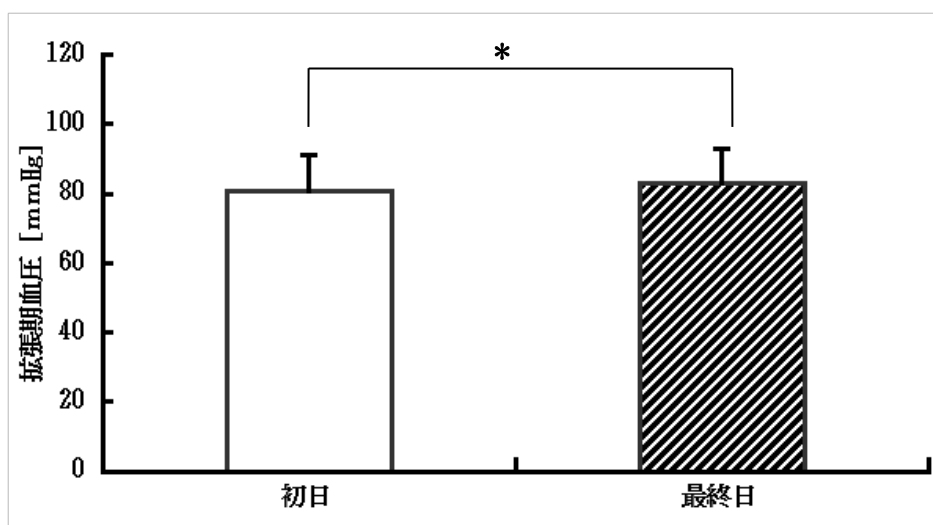


図 3-3-a 各水準 (初日、最終日) における拡張期血圧の変化

mean+S. D. (初日及び最終日の各々において n=25) 、\*\*:p<0.01

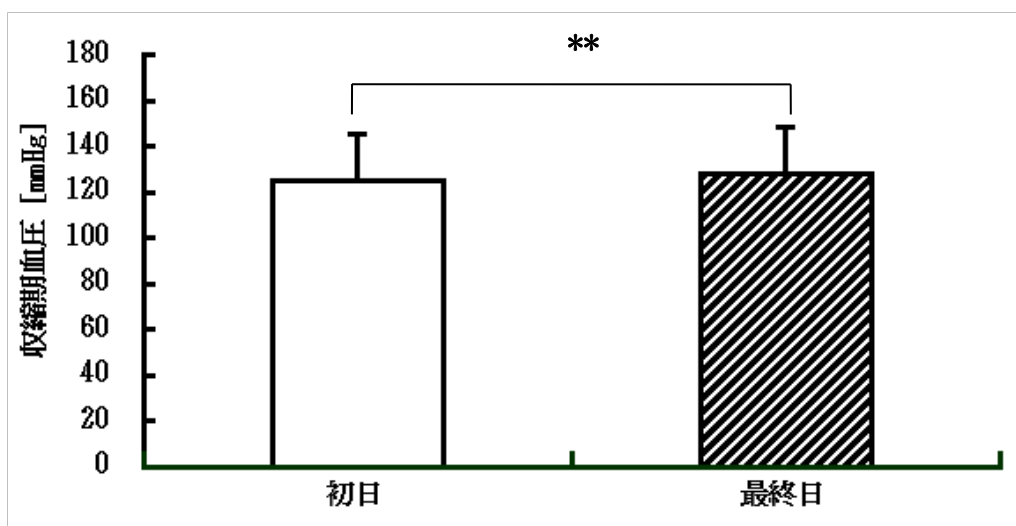


図 3-3-b 各水準 (初日、最終日) における収縮期血圧の変化

### 3.3.5. Cortisol 濃度と環境要因との関連性

二元配置分散分析の結果、構造的要因に主効果および交互作用が見られた Cortisol 濃度と、テントの環境要因(人単面積、人単容積、アスペクト比、温度、湿度、CO<sub>2</sub>濃度)との関連性を検討するために、Cortisol 濃度を従属変数、環境要因を独立変数とする重回帰分析(ステップワイズ法)を行った。その結果、Cortisol 濃度は『人単容積』と有意な負の偏相関 (-0.828, p<0.01)、『湿度』とも有意な負の偏相関(-0.388, p<0.01)を示した(表 3-1)。

表 3-1 Cortisol 濃度とテントの環境要因との重回帰分析結果

(n=50、\*\* : p<0.01)

| 独立変数<br>従属変数           | 偏 相 関 係 数   |                             |                             |           |           |                           |
|------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|---------------------------|
|                        | アスペクト比<br>(-)   | 人単面積<br>(m <sup>2</sup> /人) | 人単容積<br>(m <sup>3</sup> /人) | 温度<br>(℃) | 湿度<br>(%) | CO <sub>2</sub> 濃度<br>(%) |
| Cortisol 濃度<br>(μg/ml) | 0.234   | -0.177                      | -0.828**                    | -0.255    | -0.388**  | [-]                       |
| 相対的重要度<br>(標準偏回帰係数: β) | /   | /                           | -0.871                      | /         | -0.249    | /                         |
| 重回帰式等                  | $Y_{(\text{Cortisol 濃度})} = 16.465 - 1.031X_{(\text{人単容積})} - 0.037X_{(\text{湿度})}$ $R^2 = 0.687$ |                             |                             |           |           |                           |

### 3.3.6. Cortisol 濃度と主観評価との関連性

環境要因と有意な偏相関関係のあった生理値は Cortisol 濃度であったため、主観評価(第 2 章の検討結果)と Cortisol 濃度の関連性の検討を行った。各主観評価を独立変数、Cortisol 濃度を従属変数として重回帰分析(ステップワイズ法)を行った結果(表 3-2)、Cortisol 濃度は『圧迫感』と有意な正の偏相関(0.808, p<0.01)を示した。



表 3-2 Cortisol 濃度と主観評価（心理反応）との重回帰分析結果

(n=50、\*\*：p<0.01)

| 独立変数<br>従属変数                               | 偏 相 関 係 数   |         |        |        |        |
|--|---|---------|--------|--------|--------|
|  | 全般快適感   | 圧迫感     | 温冷感    | 空気清浄感  | くつろぎ感  |
| Cortisol 濃度<br>( $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) | -0.159  | 0.808** | -0.223 | -0.231 | -0.252 |
| 標準回帰係数<br>(相対重要度)： $\beta$                 | /   | 0.808   | /      | /      | /      |
| 重回帰式等                                      | $Y_{(\text{Cortisol 濃度})} = 2.453 + 1.096 X_{(\text{圧迫感})}$ $R^2 = 0.653$ |         |        |        |        |

### 3.4. 考察

本研究は防災用テントの居住性の向上・改善のために、10日間のテント生活の初日と最終日のCortisol濃度、s-IgA濃度、拡張期血圧、収縮期血圧を測定し、それらに対してテントのタイプと時間を要因とする二元配置分散分析を行った。更に交互作用が有意にあったCortisol濃度と環境要因との関係を重回帰分析により検討した。その結果、Cortisol濃度は時間に主効果があった。下位検定の結果、各条件においてCortisol濃度は初日より最終日に有意に増加した(図3-1)。

Cortisolはストレスホルモンとも呼ばれ、種々の研究でストレス時に濃度が増加することが知られている[47],[48]。例えば米海軍健康研究センターのTaylorら[49]はストレスによるCortisol濃度の変化に関して、時間的な要因としてどのような作業であってもCortisol濃度は上昇するが、ストレスの大きい状態での上昇度の度合いがストレスの低い状態でのそれに比べて大きかったことを示した。

s-IgA濃度では時間においてのみ主効果があり、初日より最終日のほうが有意に濃度が減少した(図3-2)。Eulerら[48]は病院の病室空間内の入院患者の時間的経過と病室生活に起因するストレスについて5週間のs-IgA濃度の

変化を検討した結果、初日より最終日のほうが有意な濃度の減少があったことを報告した。

また拡張期血圧及び収縮期血圧についても各々時間においてのみ主効果があり、初日より最終日のほうが有意に各々高い血圧となった（図 3-3-a、図 3-3-b）。上村ら[50]は高齢者の身体活動の維持・回復のために集団運動療法を行った際、対象者の各々の特性に応じた運動が制限されるため、血圧を測定したところ運動前より運動後のほうが拡張期血圧及び収縮期血圧が共に上昇しストレス状態であったことを報告した。櫻川ら[51]は悪臭による臭い刺激が有意な血圧上昇をもたらすことを報告した。林ら[52]は音楽や騒音が血圧に及ぼす影響への検討において、トランペット音源の曲とその変動騒音とを組合わせて聞かせた場合に拡張期血圧が有意に上昇したことを報告した。平泉ら[53]は治療患者の白衣現象について自宅などの非医療環境下よりも医師や看護師の白衣を見た場合の医療環境下に遭遇した場合、収縮期血圧および拡張期血圧が視覚刺激により上昇し血圧較差が発生することを報告した。

以上のように 10 日間の屋外の作業およびテント生活で被験者の Cortisol 濃度は上昇、s-IgA 濃度は減少、拡張期血圧および収縮期血圧は上昇したことから、被験者は慢性的なストレス状態に変わると考えられる。

ところで、Cortisol 濃度では分散分析の結果、交互作用が有意であった。下位検定の結果、テント A と E との間で Cortisol 濃度に差があった（図 3-2）。これは、テントの構造特性や温熱環境および収容人員等、使い方の違いによって Cortisol 濃度が異なったことを示唆する。

そこで Cortisol 濃度の変化とテントの環境要因との関連性を検討するために、Cortisol 濃度を従属変数、テントの環境要因を独立変数とする重回帰分析を行った。その結果、Cortisol 濃度は『人単容積』と有意な負の偏相関（ $-0.828, p<0.01$ ）、『湿度』とも有意な負の偏相関（ $-0.388, p<0.01$ ）を示した（表 3-2）。A タイプの人単容積は  $5.3\text{m}^3$  であり、E タイプの約半分であった。テントに入る前の時点で両タイプでの被験者間に心理的ストレスの違いが大きかったとは考え難い。初日の測定は前日の午前 10 時にテントに入り軽作業及び睡眠を含めて約 21 時間後の値であるため、この時点で A タイプでは Cortisol 濃度

を増加させる要因が発生していたことになる。Aタイプでの初日の Cortisol 濃度が高いのは人単容積の小ささによるものであろう。従って、各タイプのテントにおいて Cortisol 濃度の各群の有意差は各テントの人単容積（環境要因）の違いによるものと考えられる。

上述の重回帰分析によれば『人単容積』が小さいほど、また『湿度』が低いほど、Cortisol 濃度は高くなることになる。逆に言えば、慢性ストレスの指標である Cortisol 濃度を減らすためには人単容積を増やし、湿度を上げると良いことになる。人単容積が増えれば人は密集しないので呼吸や発汗等の人体からの水分蒸発に伴う湿度は減少することとなる。従って、独立変数の人単容積と湿度は交絡していない。つまり、湿度は人単容積とは切り離された Cortisol 濃度に影響する物理的環境要因と考えられる。

一方、テント内の温度は Cortisol 濃度に影響を与えなかった。一般に Cortisol 濃度は寒冷暴露時に増加することが報告されている。例えば、Gerraら[54]は温暖環境（25℃）と寒冷環境（4℃）の2室を設定し、寒冷ストレスの程度を2室のCortisol濃度差により検討した結果、寒冷暴露時にCortisol濃度が増加したことを報告した。このように温度が寒冷環境においてCortisol濃度に影響を与えるにもかかわらず、本研究ではCortisol濃度への影響がみられなかったことは、本研究においてCortisol濃度の増加は寒冷刺激によるものよりも慢性ストレスに基づくものであることを示唆すると共に、湿度という環境要因がテント生活においては極めて重要な要因であることを示唆する。

なお第2章において、全般的な快適性を示す『全般快適感』を上げるためには『圧迫感』を減らし、『くつろぎ感』を上げることが重要であると報告すると共に、『くつろぎ感』は湿度が上昇すると高まることを示した。

以上により冬期において湿度を上げることはCortisol濃度を減らすと共に『全般快適感』も増すことにもつながる重要な環境因子と思われる。

更に、s-IgA濃度や収縮期および拡張期血圧には時間の主効果はあったが、タイプの主効果および交互作用は無かった。これは以下のような理由が考えられる。

ストレス反応としてコルチゾールの増加は免疫活動の抑制、血圧上昇、血糖値上昇、心収縮力や心拍出量の増加を引き起こす[55]。また急性ストレス反応時ではカテコールアミンによって引き起こされる上記の生理反応をコルチゾールは強化するとともに、コルチゾールは間接的に交感神経活動を抑える作用も有する[56]。このようにコルチゾールは間接的に諸生理値をポジティブあるいはネガティブに変化させる。従って、Cortisol 濃度の変化にはテントのタイプが直接的に反映されたが Cortisol 濃度の影響が他の生理値へは間接的であるためテントのタイプに基く違いは希釈されたのであろう。防災テント内の湿度を適切に高め維持するためには、常時、湿度を継続的に管理可能な自動湿度・温度管理システムの開発・導入、太陽光や自然の蓄熱システムを利用した湿度管理装置の開発・導入、自動換気システムの導入、適切な換気等が必要である。

次に、主観評価（第 2 章の検討結果）と「環境要因と有意な偏相関関係のあった Cortisol 濃度」との関連性を検討するために、各主観評価を独立変数とし、Cortisol 濃度を従属変数として重回帰分析（ステップワイズ法）を行った結果（表 3-2）、Cortisol 濃度は『圧迫感』と有意な正の偏相関（0.808,  $p < 0.01$ ）を示した。つまり、『圧迫感』が増せば Cortisol 濃度は高くなる。従って、人単容積が小さくなれば Cortisol 濃度及び『圧迫感』は各々増し、人単容積と『圧迫感』と Cortisol 濃度は相互に関連性があることが示唆される。

防災用テントの使用に当たっては、『圧迫感』が無い程度の収容人数の設定が重要であることが示された。

防災用テントの慢性的ストレス反応を評価する際に Cortisol 濃度は有用であるが、野外においては計測管理・労作・計測担当者人数・時間・経費等を多く要するので、頻繁な Cortisol 濃度による計測は困難である。しかしながら、『圧迫感』は主観的な判断であるため居住性は容易に評価できる。

ここで Reini[57]は、潜水艦内の狭隘な空間（約  $10\text{m}^3$ /人）での居住・勤務において乗艦前より乗艦後長期経過時のほうが、乗組員の Cortisol 濃度は高くなり慢性ストレス反応が増したと報告した。また Duplessis ら[58]は、潜水艦内では、空間の人密度が過密で圧迫感を強られる状態であるので、Cortisol

濃度を生理指標としてストレスの程度を検討した。その結果、乗組員達は地上で生活しているときよりも潜水艦内のほうが Cortisol 濃度は高い値を示し、ストレス反応が増したことを報告した。過去の研究においても、狭隘空間での圧迫感のある状態では Cortisol 濃度は増加しており、本研究の結果と一致する。

テント内の圧迫感はベット間の距離によって左右される。最も人単容積が小さかったテント A タイプのベット間距離は 20cm、最も人単容積が大きかったテント C・E タイプでは約 75cm であった。Hall[39]は、密接距離(個人と身体的に密接な影響を受ける感覚の距離)を 46cm 未満、個体距離(小さな防御領域を確保でき、自分と他人との境を保てる距離)を 46cm~122cm であると報告している。つまり本研究のベット間距離は A タイプ・B タイプが密接距離、他のタイプが個体距離であることから、ベット間距離が小さい程、圧迫感を増し心理的不快感が Cortisol 濃度を増したと考えられる。

今後、どの程度のベット間距離であれば Cortisol 濃度を増加させないかを検討する必要がある。更に、『圧迫感』と Cortisol 濃度の関連性を検討し、どの程度の『圧迫感』が生じれば Cortisol 濃度は増加するかを検討する必要がある。その『圧迫感』の程度が定量化できれば Cortisol 濃度に代わる簡易的な基準値になる可能性がある。

今後、防災用テント内の長期生活のストレスに対して、自律神経系、内分泌系、免疫系と中枢神経等は体内の生体維持機能の維持に関連していることから、脳波、心電図等を測定し精査する必要がある。またテント内の物理化学的要因(例えば、テント内空気の濃度拡散・熱拡散の状態、燃焼ガスの CO・NO<sub>x</sub>・SO<sub>x</sub>等)についても詳しく測定することが望まれる。

### 3.5. まとめ

本章では、防災用テントにおける居住性の向上・改善のために、10 日のテント生活の初日と最終日の Cortisol 濃度、s-IgA 濃度、拡張期血圧・収縮期血圧を測定しそれらと環境要因との関連性を検討した。

テントの構造特性が各生理値へ及ぼす影響を探るために、各生理値に対して条件（5 タイプのテント）×時間（初日・最終日）を要因とした二元配置分散分析を行ったところ、時間要因に主効果が認められた。初日より最終日のほうが、Cortisol 濃度は有意に増加、s-IgA 濃度は有意に減少、拡張期血圧・収縮期血圧は各々有意に増加した。これらの結果より、被験者は時間経過やテント生活の疲労により慢性的なストレス状態に変化したことを確認した。Cortisol 濃度には両要因間で交互作用があった。そこで環境要因を独立変数、Cortisol 濃度を従属変数とする重回帰分析の結果、湿度と人単容積が各々減少するほど Cortisol 濃度が増えることが示された。

従って、冬期における防災用テント内の生活環境を向上させるためには人単容積を大きくし、湿度を上げることが重要であることが示唆された。特に湿度は、人単容積とは独立的に Cortisol 濃度へ影響を与え第 2 章の『くつろぎ感』、『全般快適感』へも影響を及ぼし、居住性・QOL を改善する上で重要な環境要因であることが示唆された。更に Cortisol 濃度の増加を抑えるためには、人単容積を増やすことが重要であることが示唆された。

## 第4章 総括

### 4.1. 各章の概要

本研究は、防災用テントの居住性の向上及び QOL の改善のために、防災用テント内の環境要因が居住者の心理・生理反応に及ぼす影響について以下の検討を行った。

#### ① 心理反応の検討

防災用テント内の環境要因が心理特性に及ぼす影響を明らかにし、長期生活の居住性を評価する際、どのような主観評価語が有用か、それらの主観評価はどのような環境要因と関連するのかを検討した。

#### ② 生理反応の検討

防災用テント内の環境要因が生理値（Cortisol 濃度、s-IgA 濃度、血圧）に及ぼす影響を明らかにし、長期生活の居住性を評価する際、どのような生理値が評価指標として有効かを検討した。更に、防災用テント内の居住空間の主観評価と生理値の結果との関連性を検討した。

第1章では、本研究の目的、防災用テントの長期生活での問題点、環境特性（構造特性、物理化学特性）、検討すべき課題について述べた。防災用テントは一般住宅とは異なり、居住空間を快適に構築するための構造・設計基準や維持管理基準が欠落しており、防災用テントの特性に適合した独自の居住性の評価基準が必要であることを述べた。防災用テントの長期間使用では、複合的な要因によってストレス反応が発生しており、居住性・QOL の改善のためには、環境要因（構造的要因、物理化学的要因）に対する心理特性と生理値の両面からの検討が必要であることを述べた。居住性を評価する心理指標は、環境要因を効果的・簡潔・容易に表現できる主観評価語が重要であることを述べた。生理指標は、迅速・効率的に計測できる方法が望ましく、短時間に採取でき簡便性に優れた内分泌系の唾液性 Cortisol、免疫系の唾液性 s-IgA 及び自律神経系

の血圧によりその有用性を検討することの重要性を述べた。

第 2 章は、防災用テント内の環境要因が居住者の心理反応へ及ぼす影響について検討するために、テント内のストレスとなる要因である環境要因（構造的要因・物理化学的要因）が主観評価に及ぼす影響について述べた。

防災用テントの居住性の改善・向上を図るために、これを評価するうえで、どのような主観評価語が有用か、それらの主観評価語はどのような環境要因と関連性を有するのかについて述べた。

その結果、5 つの全ての主観評価語は初日より最終日の方が有意に不快状態へ変化した。『全般快適感』を従属変数とした重回帰分析では『圧迫感』と有意な負の偏相関、『くつろぎ感』と有意な正の偏相関を示した。『圧迫感』と『くつろぎ感』の各々を従属変数、環境要因の各々を独立変数とした重回帰分析では、『圧迫感』は人単容積と有意な負の偏相関、『くつろぎ感』は CO<sub>2</sub> 濃度と有意な負の偏相関と湿度と有意な正の偏相関を各々示した。

第 3 章では、防災用テントの生活空間内の環境要因が居住者の生理反応へ及ぼす影響について検討するために、テント内のストレスとなる要因である環境要因（構造的要因・物理化学的要因）が Cortisol 濃度・s-IgA 濃度・血圧（拡張期血圧、収縮期血圧）の生理値に及ぼす影響と主観評価と生理値との関連性について検討した。そのために、各生理値に対して条件（5 タイプのテント）×時間（初日・最終日）を要因とした二元配置分散分析を行った。その結果、時間要因に主効果が認められた。初日より最終日のほうが、Cortisol 濃度は有意に増加、s-IgA 濃度は有意に減少、拡張期血圧・収縮期血圧は各々有意に増加した。これらの結果より、被験者はテント生活の疲労による慢性的なストレス状態であったことを確認した。Cortisol 濃度には両要因間で交互作用があった。そこで環境要因を独立変数、Cortisol 濃度を従属変数とする重回帰分析の結果、湿度と人単容積が各々減少するほど Cortisol 濃度が増えることを示した。

環境要因と有意な偏相関関係のあった生理値は Cortisol 濃度であったため、主観評価（第 2 章の検討結果）と Cortisol 濃度の関連性を検討した。各主観評価を独立変数、Cortisol 濃度を従属変数として重回帰分析（ステップワイズ



法) を行った結果、Cortisol 濃度は『圧迫感』と有意な正の偏相関(0.808,  $p < 0.01$ )を示した。

#### 4.2. 本研究のオリジナリティ

防災用テント及び登山用テント等を対象とした快・不快に関する検討やテントの構造・温度・湿度等の温熱環境に関する研究は、国内及び国外において先行研究の報告が見当たらない状況である。テント倉庫や野菜栽培用のハウステントについては、夏期の倉庫テント膜材への散水による倉庫内の冷却効果の検討[59]や膜構造建物の結露防止に効果的な材質の検討[60]等が報告されている。しかしながら、人が宿泊し生活するためのテント内の居住性についての検討はこれまで報告されておらず、防災用テントの居住性を生理指標（Cortisol 濃度、s-IgA 濃度、血圧）と主観評価の両面から検討したのは、世界において本研究が最初であると思われる。

災害で実際使用している現存の防災用装備品としての防災用テントの居住性の改善を目途として検討した本研究は、実益に直接結びつく重要な成果と考えられる。

防災用テント内の生活空間のストレス反応を、平面的な人単面積と立体空間的な人単容積の両方を用いて実際のフィールド実験（災害時の実状に類似した状況）で検討し、防災用テントの今後の改善点を指摘した点が本研究の特色である。

なお、フィールド実験であったために、逆に人工気候室のように環境要因はコントロールできなかつた。従って、本研究で指摘した事項について人工気候室を用いた精緻な実験を行う必要がある。

### 4.3. 結論

以上の第2章と第3章の結果から、防災用テント内の環境要因が居住者の心理・生理反応に及ぼす影響について以下のように考察した。

#### ① 心理反応の検討

防災テント内の長期生活での居住性に関する主観評価は、初日より最終日の方が心理的に不快な状態であり、時間経過と環境要因の影響を受けた。テントの居住性の有用な主観評価語は『圧迫感』と『くつろぎ感』であった。居住性の向上とQOLの改善には、適度な大きさの空間確保と、CO<sub>2</sub>濃度の制御及び適切な湿度の管理が重要であることが示唆された。

#### ② 生理反応の検討

冬期における防災用テント内の生活環境を向上させるためには人単容積を大きくし、湿度を上げることが重要な要因であると考えられた。特に、湿度は、人単容積とは独立的にCortisol濃度へ影響を与え、第2章の『全般快適感』・『くつろぎ感』へも影響を及ぼし、居住性を改善する上で重要な環境要因であることが示唆された。心理反応と生理反応との関連性の検討の結果、『圧迫感』が増せばCortisol濃度は高くなる。従って、第2章の結果より、人単容積が小さくなればCortisol濃度及び『圧迫感』は各々増し、人単容積と『圧迫感』とCortisol濃度は相互に関連性があることが示唆された。防災用テントの使用に当たっては、『圧迫感』が無い程度の収容人数の設定が重要であることが示唆された。

### 4.4. 今後の展望

最後に今後の展望について述べる。

本論文では防災用テントの居住性の評価において、防災用テントの慢性的ストレス反応を評価する際にCortisol濃度は有用であるが、野外においては計測管理・労作・計測担当者人数・時間・経費等を多く要するので、頻繁なCortisol濃度による計測は困難である。しかしながら、Cortisol濃度を増加させる『圧迫感』は評価が容易である。

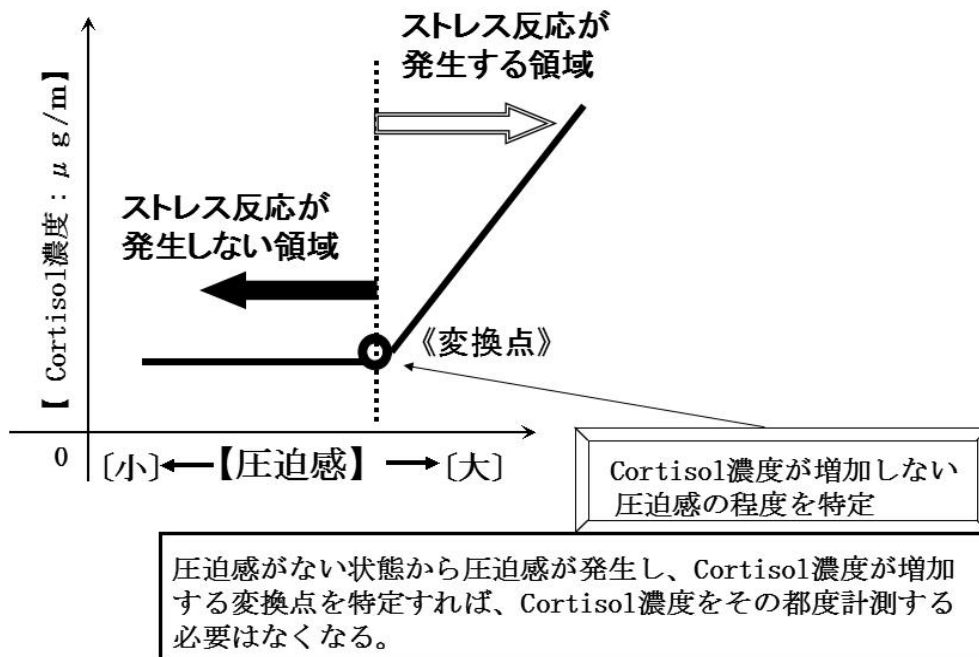


図 4-1 圧迫感が発生する変換点の Cortisol 濃度の状況

今後、ベット間距離を変化させ、『圧迫感』と Cortisol 濃度の関連性を検討し、どの程度の『圧迫感』であれば Cortisol 濃度が増加しないかを検討することが重要である。つまり、テント内において Cortisol 濃度が増加しない基準値（圧迫感、ベッド間距離、人単容積等）を明らかにすることにより、環境要因に起因するストレスを軽減することが可能で簡便に可能である（図 4-1）。

## 引用文献

- [1] 羽田正冲, 西原直枝, 田辺新一 : 温熱環境と換気量が知的生産性に与える影響に関する被験者実験. 日本建築学会環境系論文集. 74(638), 507-515, 2009
- [2] 都築和代, 磯田憲生 : 夏季における日射のある屋外温熱環境が運動時の人体に及ぼす影響. 人間と生活環境. 16(1), 1-9, 2009
- [3] 工藤美和, 塩崎賢明, 寺川政司 : 阪神・淡路大震災における非公式避難所「テント村」の形成過程に関する研究. 日本建築学会大会学術講演梗概集・北海道大会 F-1 都市計画建築経済住宅問題. 375-376, 1995
- [4] 山口広文, 小池拓自, 藤田実花, 古川浩太郎, 寺倉憲一, 井上佐知子, 中川秀空, 泉眞樹子 : 東日本大震災への政策対応と諸課題. 国立国会図書館調査及び立法考査局. 調査資料. 2011(4), 6-10, 2012
- [5] Budd GM : Skin temperature thermal comfort sweating clothing and activity of men sledging in antarctica. The Journal of Physiology. 201-215, 1966
- [6] 国土交通省 : 平成 25 年度基本建築関係法令集. 建築基準法 1 条・2 条. 建築基準法施行令 20 条・22 条. 医療法 1 条・20 条・23 条. 東京都. 第 40 版. 株式会社井上書院. 110・126・190・933-950, 2013
- [7] 日本建築学会・内田祥哉 : コンパクト建築設計資料集成. 第 2 版. 東京都. 丸善株式会社. 26-99, 1994
- [8] 全国歯科衛生士教育協議会 (金子芳洋, 可児徳子) : 衛生公衆衛生 3 章環境と健康. 第 1 版. 東京都. 医歯薬出版株式会社. 23-28, 1991

- [9] 浦野良美, 中村洋 : 建築環境工学. 第 1 版. 東京都. 森北出版株式会社.  
172-195
- [10] 松本泰輔, 松井勇 : 吹抜けを有する冬季実期間における足裏加熱が全身  
温冷感に及ぼす影響に関する実験的研究. 日本建築学会環境系論文集.  
7591-497, 2010
- [11] 新谷肇一, 今津昭 : 精神的ストレスを解消する建築空間デザインに関する  
研究. 人体科学. 6(1), 111-125, 1997
- [12] 菊田弘輝, 絵内正道, 羽山広文, 森太郎, 宮坂敏一 : 外断熱住宅の躯体築熱  
型暖房システムに関する研究. 日本建築学会環境系論文集. 589, 37-  
42, 2005
- [13] 牧福美, 青木務 : 各種住宅空間における湿度の変化. 木材学会誌. 52(1).  
37-43, 2006
- [14] 秋山宏. 社団法人日本建築学会 : コンパクト建築設計資料集成. 第 3 版.  
東京都. 丸善株式会社. 42-50, 2005
- [15] 国土交通省 : 平成 25 年度基本建築関係法令集. 建築基準法施行令 20-21  
条. 40 版. 株式会社井上書院. 122-127, 2013
- [16] 住民生活基本法 (平成 18 年 8 月 6 日. 法律第 61 号第 15 条第 1 項) 「住  
民生活基本計画 (平成 23 年 3 月 15 日)」
- [17] 野村忍・不安抑うつ臨床研究会 : 不安とストレス. 第 1 版. 東京都. 株式  
会社日本評論社. 13-21, 1998

- [18] Selye H : Stress and general adaptation syndrome. *British Medical Journal*. 17, 1383-1392, 1950
- [19] Cannon WB : Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*. 19(3), 399-431, 1929
- [20] 齋藤ゆみ, 笹山哲, 菅佐和子, 池本正生 : 色彩映像の心理的効果・映像選択システムの併用による色彩映像の感情刺激効果の検討. *日本補完代替医療学会誌*. 5(3), 225-232, 2008
- [21] 李スミン, 勝浦哲夫, 岩永光一, 下村義弘, 杉浦康司 : 食事が精神タスク中の生理反応に及ぼす影響. *日本生理人類学会誌*. 14(3), 27-35, 2009
- [22] 黒川淳一, 永井典子, 森本裕己, 木下美雪, 日比野裕文, 末続なつ江, 井上真人, 加藤荘二, 吉田弘道, 井奈波良一, 岩田弘敏 : 精神科医療従事者のライフスタイルとストレス対処行動に関する調査. *日本職業災害医学会*. 60(4), 206-215, 2012
- [23] 本馬周淳 : 周術期ストレス緩和への取り組み・整形外科手術にみる周術期ストレスの検討. *バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌*. 14(2), 1-5, 2012
- [24] 島袋秀子, 新井陽子, 高橋真理 : 妊婦のストレス対処パターンと母親役割への精神的適応状態との関連. *母性衛生*. 49(4), 522-530, 2009
- [25] 池井晴美, 李宙営, 宋チョロン, 小松実紗子, 日諸恵利, 宮崎良文 : ラの視覚刺激がもたらす生理的リラクセス効果. *日本生理人類学会誌*. 18(3), 97-103, 2013

- [26] 田辺新一, 堤仁美, 鈴木孝佳 : オフィス空間における湿度が熱的快適性に与える影響に関する研究. 空気調和・衛生工学会論文集. 109(4), 1-9, 2006
- [27] 上田陽一 : ストレスが変える視床下部の遺伝子. 日本薬学会雑誌. 126, 179-183, 2005
- [28] 田中善秀, 鳴石奈穂子 : マイクロチップ電気泳動技術を用いたオンサイト唾液ストレス計測システムの開発. 薬学雑誌. 128(11), 1595-1604, 2008
- [29] 坂本譲, 植木章三, 吉田弘美, 島貫秀樹, 伊藤尚子 : 介護実習における唾液中分泌型 IgA レベルおよび気分・不安感情の変動. Journal of Health & Social Services. 2, 13-22, 2003
- [30] 福土審, 庄司知隆, 遠藤由香, 鹿野理子, 田村太作, 森下城, 佐藤康弘, 金澤素 : 大災害のストレスと心身医学. 日本心身医学会誌. 52(5), 388-395, 2012
- [31] 田中善秀, 脇田慎一 : 薬学領域におけるストレス研究の最前線. ライフサポート. 22(3), 90-95, 2010
- [32] 宮田洋 : 新生理心理学・1 巻 生理心理学の基礎・17 章 免疫系・内分泌系指標. 第1版. 京都府. 株式会社北大路書房. 280-289, 2002
- [33] 原田哲也, 室崎益輝, 大西一嘉, 小林正美, 牧紀男 : 阪神大震災における避難生活に関する研究. 日本建築学会大会学術講演梗概集・北海道大会 F-1 都市計画建築経済住宅問題. 365-366, 1995

- [34] 大野太郎：災害後のストレスマネジメント教育・予防教育ガイドラインづくり. 日本生理人類学会. 4(1), 29-34, 1999
- [35] 北本裕之, 宮野道雄：阪神・淡路大震災の応急的仮設住宅における避難生活の諸問題. 日本生理人類学会. 4(1), 7-12, 1999
- [36] Fukushima K, Sakai K, Ishihara O : Study of thermal comfort and the psychological amenity for the tent life. 10th International Conference on Environmental Ergonomics. 765-768. 2002
- [37] Cena K, Davey N, Erlandson T : Thermal comfort and clothing insulation of resting tent occupants at high altitude. Applied Ergonomics. 34, 543- 550, 2003
- [38] 橋口暢子. 大中忠勝. 伊藤宏充. 栃原裕. 永村一雄. 吉竹史郎：実験モデル住宅内における床暖房・エアコン暖房使用時の高齢者の生理・心理反応. 空気調和・衛生工学会論文集. 135, 1-9, 2008
- [39] Hall ET : The hidden dimension. Anchor Books. New York. Random House Inc. 113-129, 1960
- [40] Zethof TJJ, Van Der Heyden JAM, Tolboom JTBM, Olivier B : Stress-induced hyperthermia in mice • A methodological study. Physiology & Behavior. 55(1), 109-115, 1994
- [41] 遊間義一：共和分回帰・誤差修正モデルによる受刑者間暴力に対する収容率の効果の検証. 心理学研究. 81(3), 218-225, 2010



- [42] 高橋和雄, 中村百合, 清水幸徳 : 雲仙普賢岳の火山災害における応急仮設住宅の建設の経過と住環境管理. 土木学会論文集. 604(IV-41), 85-98. 1998
- [43] 志垣智子, 宮野道雄 : 緊急活動記録を活用した兵庫県南部地震発生に伴う大阪市の疾病動向分析に係る基礎的考察. 日本生理人類学会誌. 14(4), 179-186, 2009
- [44] 伊藤秀高, 古川麻希子, 國場幸恒, 土居聖, 加藤尚, 松野彰仁, 奥田恵司, 田中康隆, 紺井拓隆, 前田照太, 岡崎定司 : 実験的口蓋床による局部加圧が唾液中コルチゾール濃度および $\alpha$ アミラーゼ活性値に及ぼす影響. 歯科医学. 72(1), 1-8, 2009
- [45] 山内亮平, 清水和弘, 古川拓生, 渡部厚一, 竹村雅裕, 赤間高雄, 秋本崇之, 河野一郎 : 大学ラグビー選手における合宿期間中の唾液中分泌型免疫グロブリンAの変動. 体力科学. 58, 131-142, 2009
- [46] 高崎裕治. 大中忠勝. 栃原裕. 永井由美子. 伊藤宏充. 吉竹史郎 : 冬期の浴室とトイレにおける寒冷暴露と高齢者の反応. 人間と生活環境. 17(2), 65-71, 2010
- [47] Ng V, Koh D, Mok BYY, Chia SE, Lim LP : Salivary biomarkers associated with academic assessment stress among dental undergraduates. Journal of Dental Education. 1091-1094, 2003
- [48] Euler S, Schimpf H, Hennig J, Brosig B : On psychobiology in psychoanalysis • salivary cortisol and secretory IgA as psychoanalytic process parameters. Journal of German Scientific Societies in Psychosocial Medicine. 2, 1-11, 2005

- [49] Taylor MK, Reis JP, Sausen KP, Padilla GA, Markham AE, Potterat EG, Drummond SPA : Trait anxiety and salivary cortisol during free living and military stress. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 79(2), 129-135, 2008
- [50] 上村さと美, 秋山純和 : 介護老人保健施設における起立運動負荷を用いた心肺機能評価. *理学療法科学*. 23(1), 1-6, 2008
- [51] 櫻川智史 : 悪臭に対する植物精油の消臭効果. *日本生理人類学会誌*. 11(3), 93-96, 2006
- [52] 林文代, 杉浦静子, 坂本弘 : 音楽要素別の血圧影響に関する研究. *日本生理人類学会誌*. 8(2), 91-96, 2003
- [53] 平泉武志, 熊野宏昭, 宗像正徳, 吉永馨, 田口文人, 山内祐一 : 高血圧患者における白衣現象に対する自律神経機能-心理・行動特性の関わり. *心身医学*. 38(6), 397-405, 1998
- [54] Gerra G, Volpi R, Maestri D, Caccavari R, Vourna S, Chiodera P, Ugolotti G, Coiro V : Sex-related Responses of beta-endorphin • ACTH • GH and PRL to cold exposure in humans. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 90, 4224-4231, 1992
- [55] 宮田洋 : 新生理心理学 第3巻 新しい生理心理学の展望・4章 精神神経免疫学的研究. 初版. 京都府. 北大路書房. 32-39・40-44, 2004
- [56] Berne RM, Levy MN: Principle of physiology. third edition : 坂東武彦, 小山省三. 訳 : バーン・レヴィ基本生理学. 第1版. 東京都. 西村書店. 411-419・479-496, 2003

- [57] Reini SA : Hypercortisolism as a potential concern for submariners. Aviation Space and Environmental Medicine. 81(12), 1114-1122, 2010
- [58] Duplessis CA, Miller JC, Crepeau LJ, Osborn CM, Dyche J : Submarine watch schedules • underway evaluation of rotating(contemporary) and compressed(alternative) schedules, Undersea and Hyperbaric Medical Society Inc. 34(1), 21-33, 2007
- [59] 親川昭彦, 吉野達矢, 中田貴之 : 光触媒を塗布したテント倉庫への散水による冷却効果・その 2 グローブ温度と蒸発特性. 日本建築学会大会学術講演梗概集・北陸大会. 119-120, 2010
- [60] 北田拓也, 豊田宏 : 膜構造建築物の結露防止. 日本建築学会大会学術講演梗概集・関東大会. 415-416, 2006

# 付 録

各テントの環境要因・生理値・主観評価の詳細グラフ

## 各テントの環境要因・生理値・主観評価の詳細グラフ

### 1. 各テントの環境要因

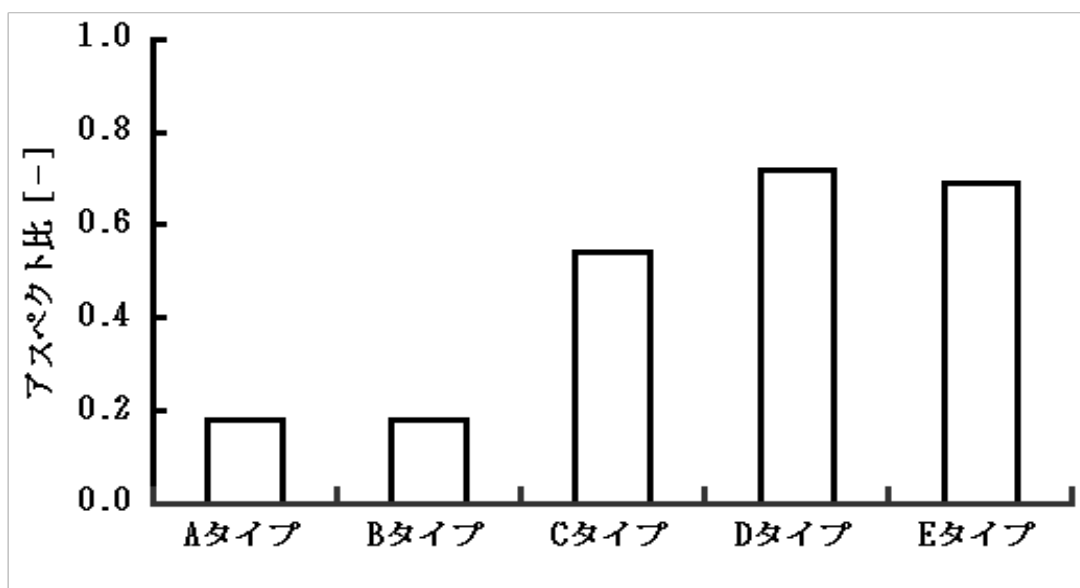
- 付図 1. 構造的要因・アスペクト比の特性
- 付図 2. 構造的要因・人単面積の特性
- 付図 3. 構造的要因・人単容積の特性
- 付図 4. 物理化学的要因・温度の特性
- 付図 5. 物理化学的要因・湿度の特性
- 付図 6. 物理化学的要因・二酸化炭素濃度の特性

### 2. 各テントの生理値

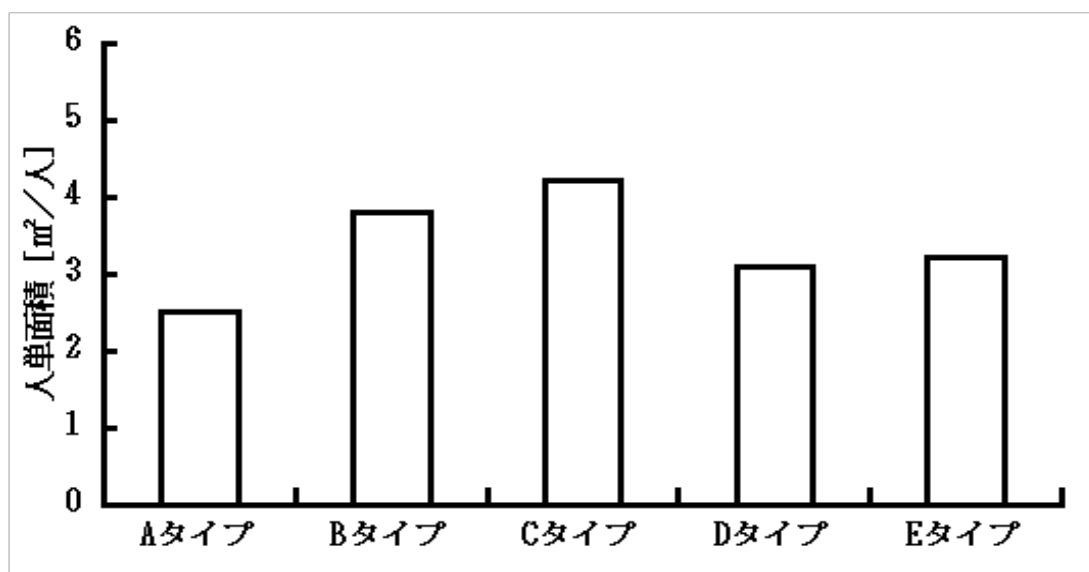
- 付図 7. 免疫系・s-IgA 濃度の変化
- 付図 8. 自律神経系・拡張期血圧の変化
- 付図 9. 自律神経系・収縮期血圧の変化

### 3. 各テントの主観評価

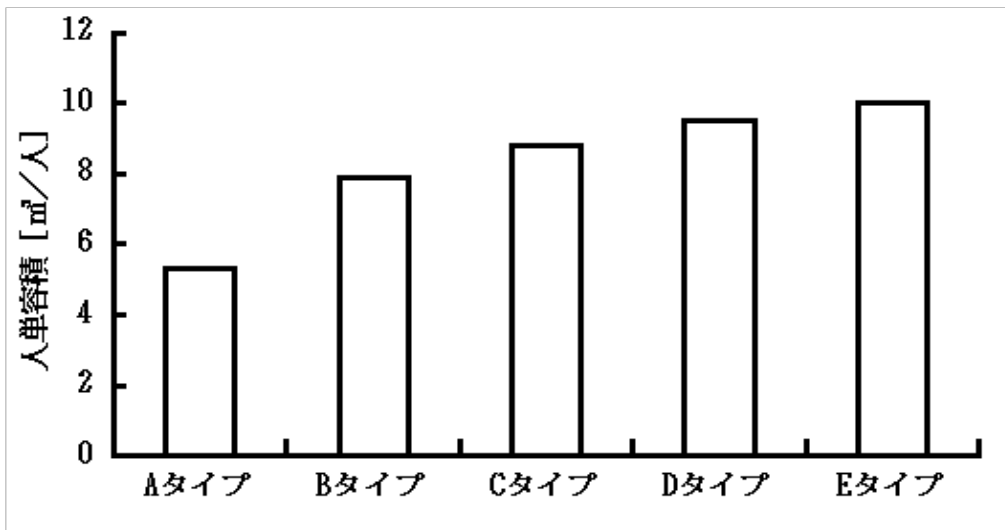
- 付図 10. 主観評価語・全般快適感の変化
- 付図 11. 主観評価語・圧迫感の変化
- 付図 12. 主観評価語・温冷感の変化
- 付図 13. 主観評価語・空気清浄感の変化
- 付図 14. 主観評価語・くつろぎ感の変化



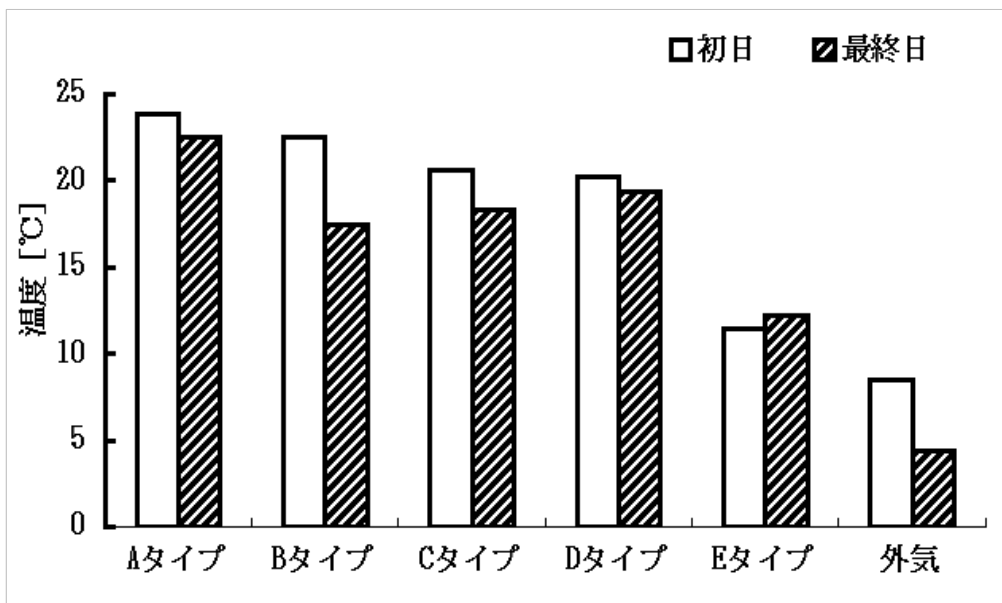
付図 1. 構造的要因・アスペクト比の特性



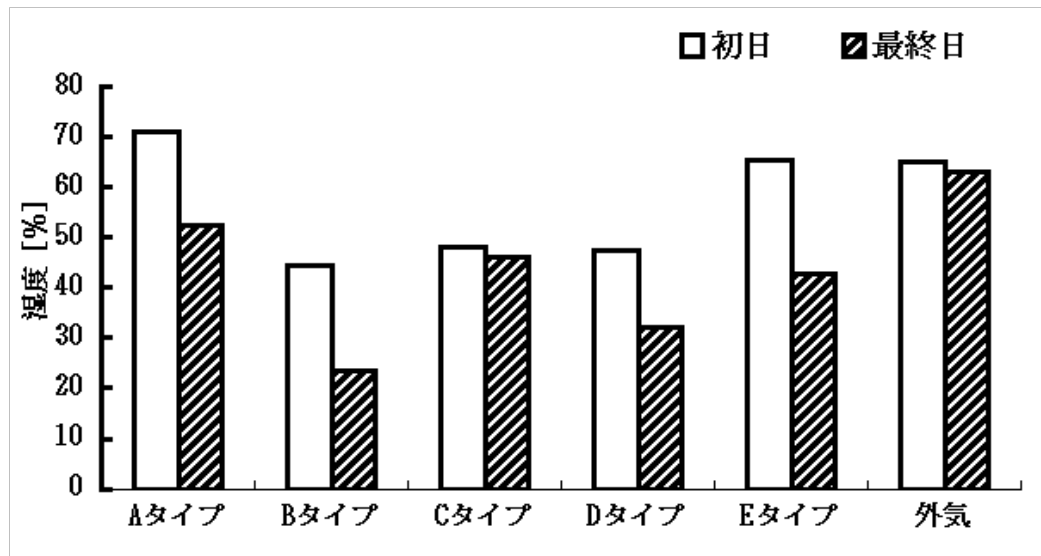
付図 2. 構造的要因・人単面積の特性



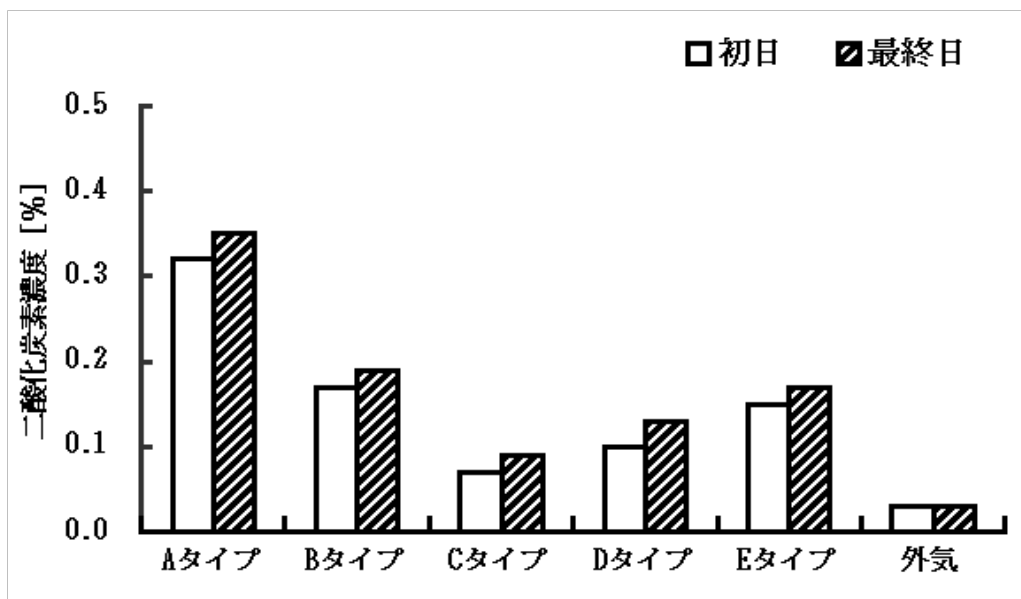
付図 3. 構造的要因・人単容積の特性



付図 4. 物理化学的要因・温度の特性

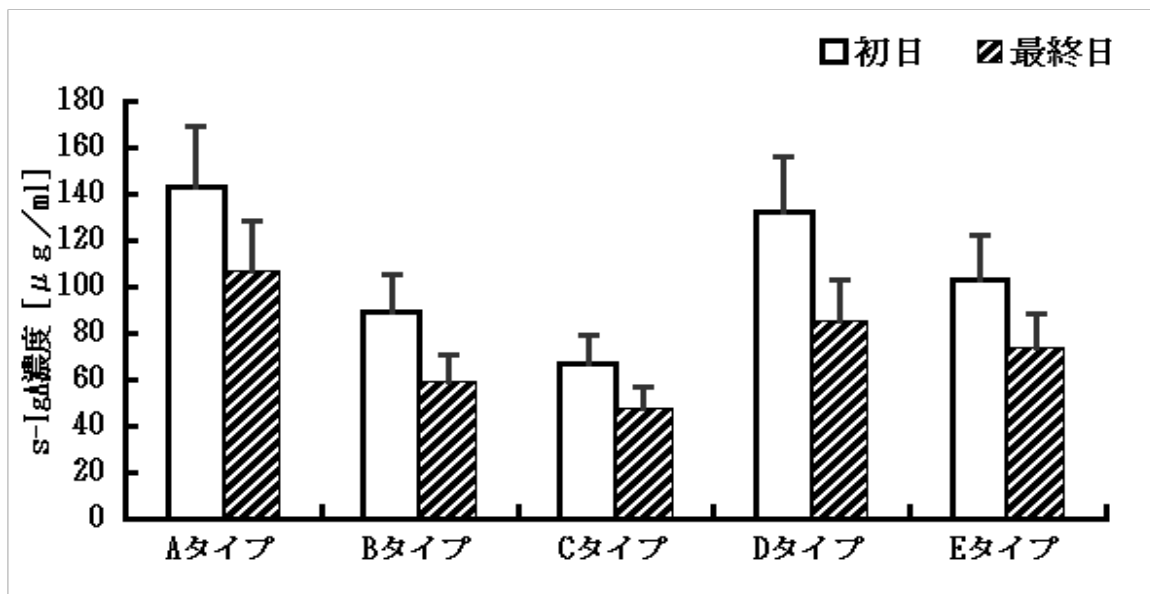


付図 5. 物理化学的要因・湿度の特性

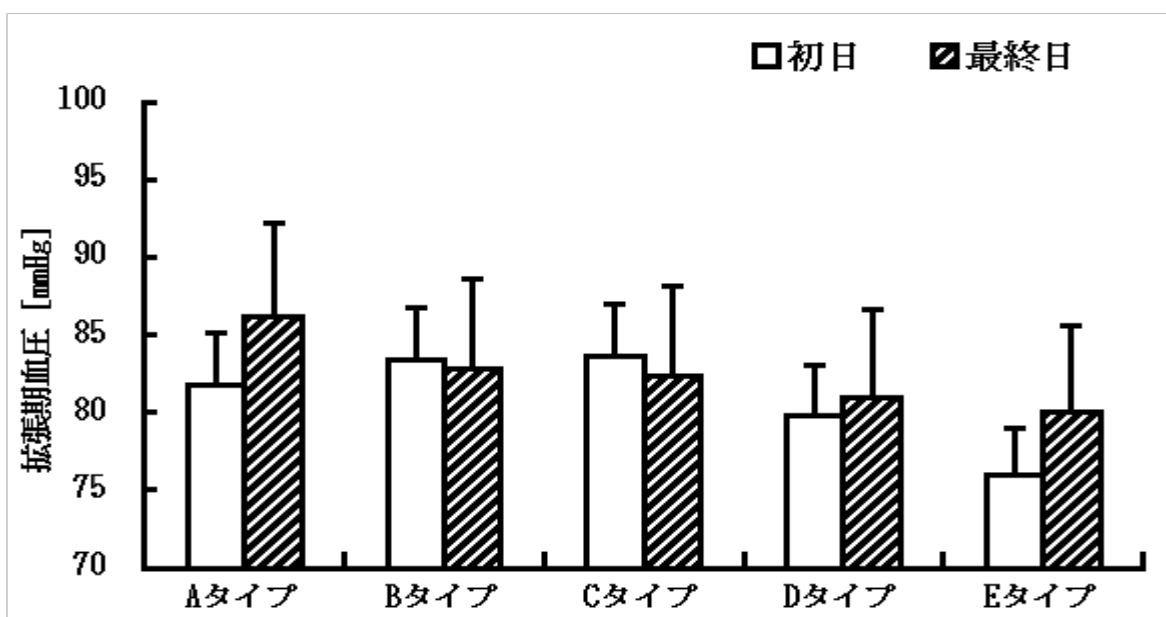


付図 6. 物理化学的要因・二酸化炭素濃度の特性

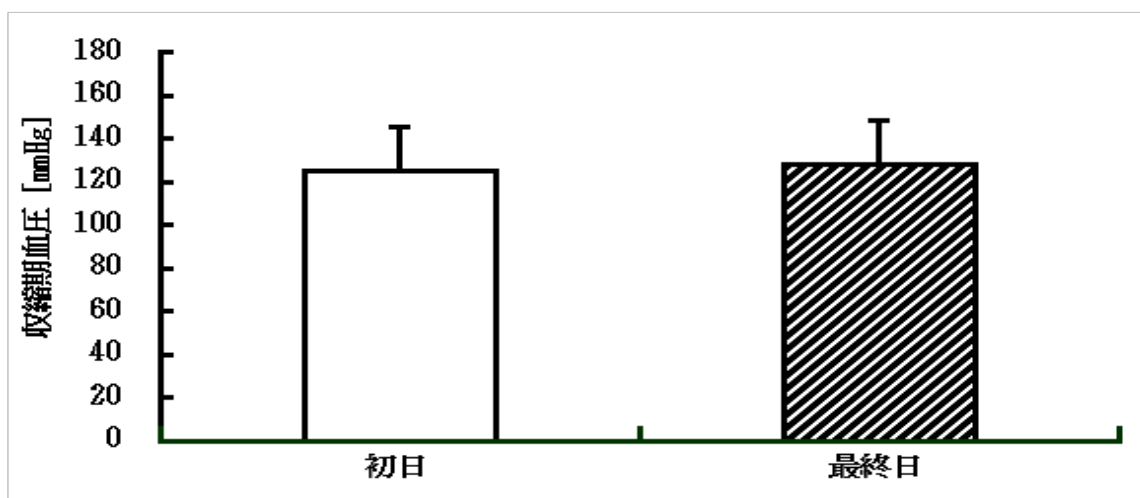




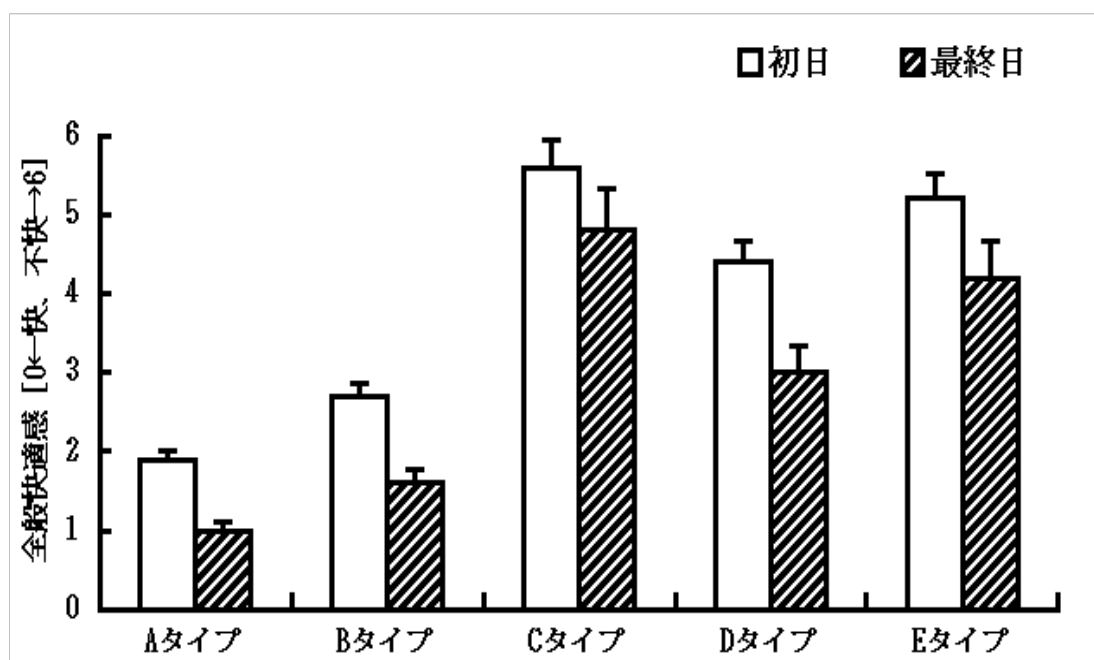
付図 7. 免疫系・s-IgA 濃度の変化



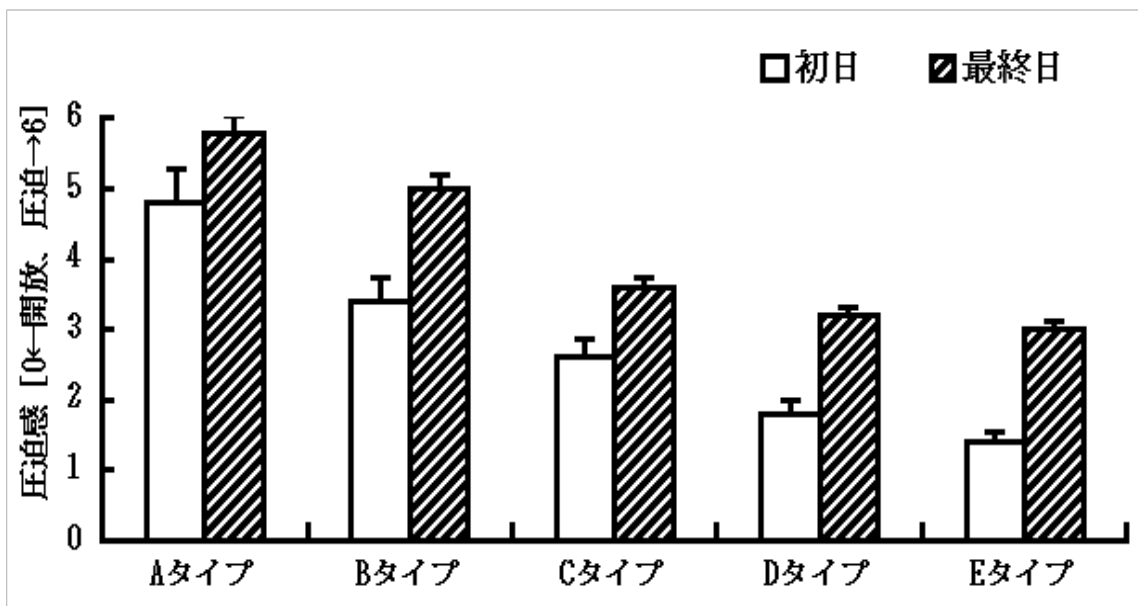
付図 8. 自律神経系・拡張期血圧の変化



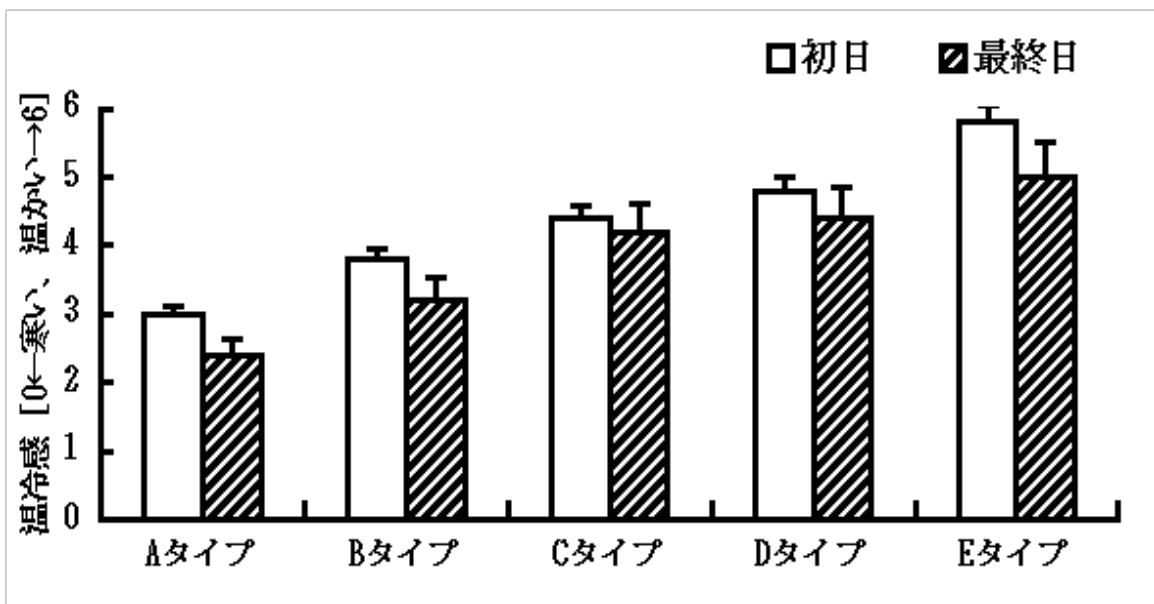
付図 9. 自律神経系・収縮期血圧の変化



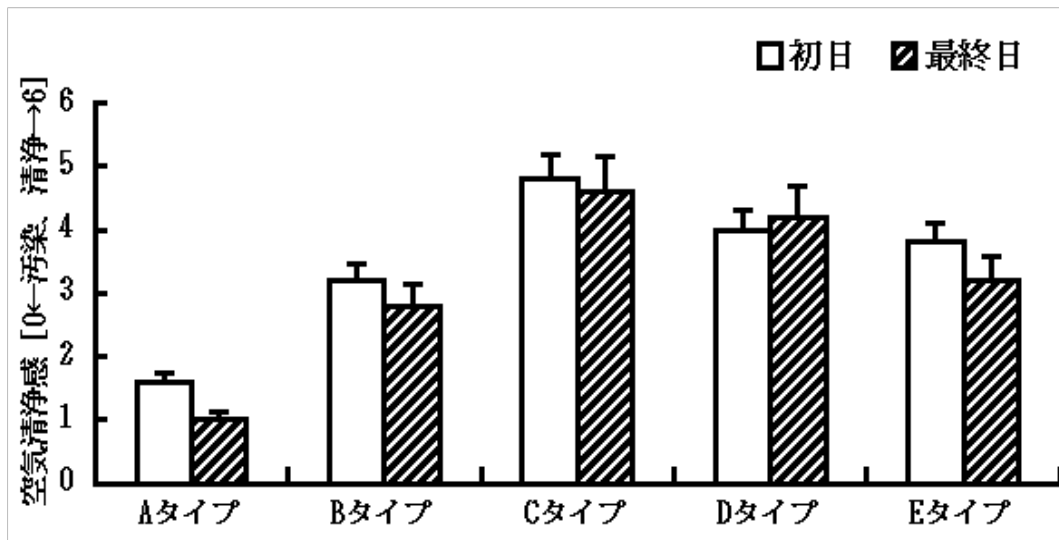
付図 10. 主観評価語・全般快適感の変化



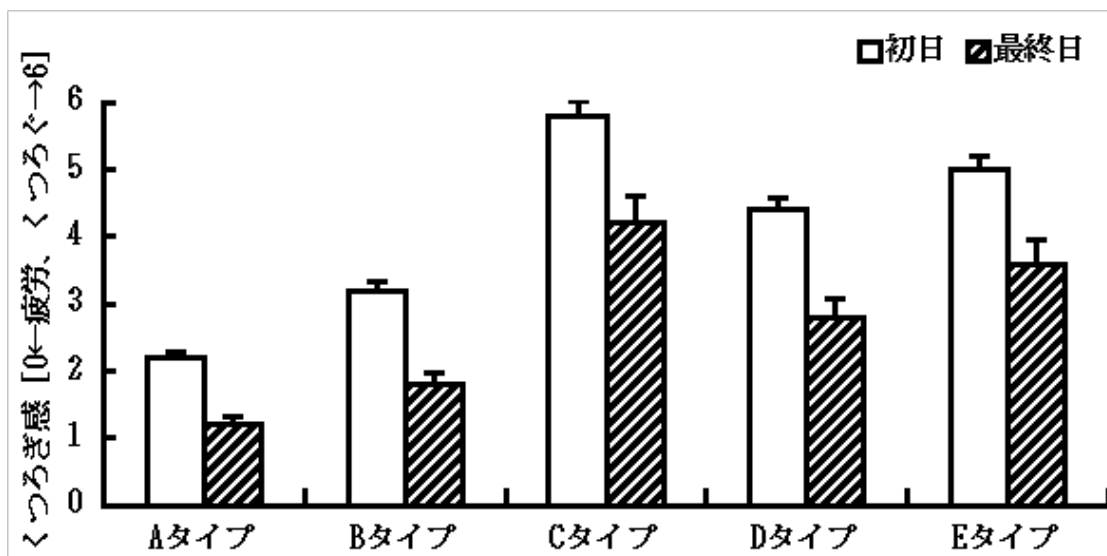
付図 11. 主観評価語・圧迫感の変化



付図 12. 主観評価語・温冷感の変化



付図 13. 主観評価語・空気清浄感の変化



付図 14. 主観評価語・くつろぎ感の変化

# 謝 辞

本研究に遂行にあたり、多くの方々に御指導、御協力を賜りました。

本学芸術工学研究院の綿貫茂喜教授には、社会人として博士後期課程入学以来、研究の面では卓越した御指導と厳しい御鞭撻を賜り、生活の面においても親身の御指導及び御配慮を頂きましたことに心より感謝の気持ちを申しあげます。また、何事にも不肖の私に、日々の努力の継続と勤勉の大切さを一貫して御教示を下さいましたことに重ねて感謝の気持ちを申しあげます。

著者が所属する九州大学・大学院・芸術工学府・人間工学講座の先生方のご支援なくして本論文を完成させることはできませんでした。

人間工学講座の、樋口重和教授、村木里志准教授、前石橋圭太助教(現・千葉大学准教授)、キム・ヨンキュ准教授に深く感謝すると共に心より御礼申しあげます。

実験においては、実験室や実験機材等の面で、いつも快く御協力を賜り、実験が円滑に行えましたことを前助教の石橋圭太先生(現・千葉大学准教授)ならびに環境適応研究実験施設の技術専門職員藤原睦弘さんに深く感謝致します。更に、被験者として協力して頂いた多くの友人に感謝致します。

本学人間工学講座の村木里志准教授から論文作成段階において多くの貴重なご薫陶・ご配慮を頂きましたことに深く感謝致します。また、キム・ヨンキュ准教授には、先輩としていつも懇切丁寧なアドバイスやご指導を賜りましたことに感謝致します。

論文作成及びデータ整理にあたり、本教室の先輩・西村貴孝博士(現・長崎大学助教)、本井碧氏、二里洋輔氏、崔多美氏、江頭優佳、松本吏子氏および元綿貫研究室大学院生の李相逸氏、その他の研究室の皆様の御協力と御支援を頂きましたことに深く感謝いたします。

再度、長年に亘り、幾度と挫折しそうなときに、肝要な励ましと忍耐強い継続的な見守りをご配慮くださった綿貫茂喜教授に心の底から感謝申しあげます。

最後に、長年にわたり私を陰で支えてくださった父母と家族と親友に感謝致します。

2014年3月吉日

福 島 一 生