

原 著

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に与える影響

福島 一生¹⁾, 二里 洋輔²⁾, 西村 貴孝¹⁾
本井 碧²⁾, 綿貫 茂喜³⁾

¹⁾九州大学大学院芸術工学府

²⁾九州大学大学院統合新領域学府

³⁾九州大学大学院芸術工学研究院

(平成 24 年 11 月 26 日受付)

要旨：【目的】 防災用テントにおける居住性の向上・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、それらと環境要因との関連性を検討した。

【方法】 構造・環境の異なる 5 タイプの防災用テント毎に各々 5 名・合計 25 名の被験者を居住させた。10 日間の宿泊の初日と最終日の朝、唾液を採集し、ELISA キット (No : EA65, Oxford Biomedical Research, USA) により Cortisol 濃度、s-IgA 濃度を各々分析した。手首式自動血圧計により拡張期血圧・収縮期血圧を測定した。その際、気温・湿度・CO₂濃度も各テント毎に計測した。各生理値と環境要因との関連性を二元配置分散分析を行うと共に、交互作用のある生理値は重回帰分析により検討した。

【結果・結論】 テントの構造特性が各生理値へ及ぼす影響を検討するために、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結果、時間要因に主効果があった。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、前報⁸⁾の『くつろぎ感』・『全般快適感』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。

(日職災医誌, 61 : 243—250, 2013)

—キーワード—

防災用テント, 居住性, Cortisol 濃度

1. はじめに

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^{1)~3)}。

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⁴⁾⁵⁾や温度・湿度による評価⁶⁾⁷⁾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。

著者ら⁸⁾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 CO₂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ばかりでなく生理反応からの検討が重要である。すなわ

表1 各テントの被験者の状況及び各テントの環境要因（構造的要因，物理化学的要因）

表 1-a 使用した各テントの被験者の状況

条件	項目	A タイプ	B タイプ	C タイプ	D タイプ	E タイプ	平均
被験者の性別		男	男	男	男	男	
被験者の年齢		27.4±3.0	24.0±4.1	31.6±1.8	32.0±2.6	33.0±5.4	29.6±1.6
被験者の BMI		23.1±1.8	22.7±0.8	25.8±2.9	23.9±0.6	21.5±0.8	23.4±0.7
職業		給食業務（軽作業）					

表 1-b 使用した各テントの構造的要因

条件	項目	A タイプ	B タイプ	C タイプ	D タイプ	E タイプ
幅（m）		5.0	5.0	5.0	4.3	4.5
長さ（m）		15.0	15.0	5.0	4.3	4.5
高さ（m）		2.7	2.7	2.7	3.1	3.1
アスペクト比（-）		0.18	0.18	0.54	0.72	0.69
居住した人数（人）		30	20	6	6	6
人単面積（m ² /人）		2.5	3.8	4.2	3.1	3.2
人単容積（m ³ /人）		5.3	7.9	8.8	9.5	10.0
各テントの特性		C タイプを縦3連結		一重構造	E タイプを内幕二重構造	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 1-c 各テント内の物理化学的要因（測定結果）

条件	項目	A タイプ	B タイプ	C タイプ	D タイプ	E タイプ	外気
初日温度（℃）		23.8	22.5	20.6	20.2	11.4	8.5
最終日温度（℃）		22.5	17.5	18.3	19.4	12.2	4.4
初日湿度（%）		71.2	44.4	48.0	47.6	65.6	65.0
最終日湿度（%）		52.5	23.4	46.0	32.1	42.8	63.0
初日 CO ₂ 濃度（%）		0.32	0.17	0.07	0.10	0.15	0.03
最終日 CO ₂ 濃度（%）		0.35	0.19	0.09	0.13	0.17	0.03

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⁹⁾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¹⁰⁾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¹¹⁾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，相対湿度，CO₂濃度』とした。

2. 実験方法

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。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±1.6 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 は表 1-a 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。

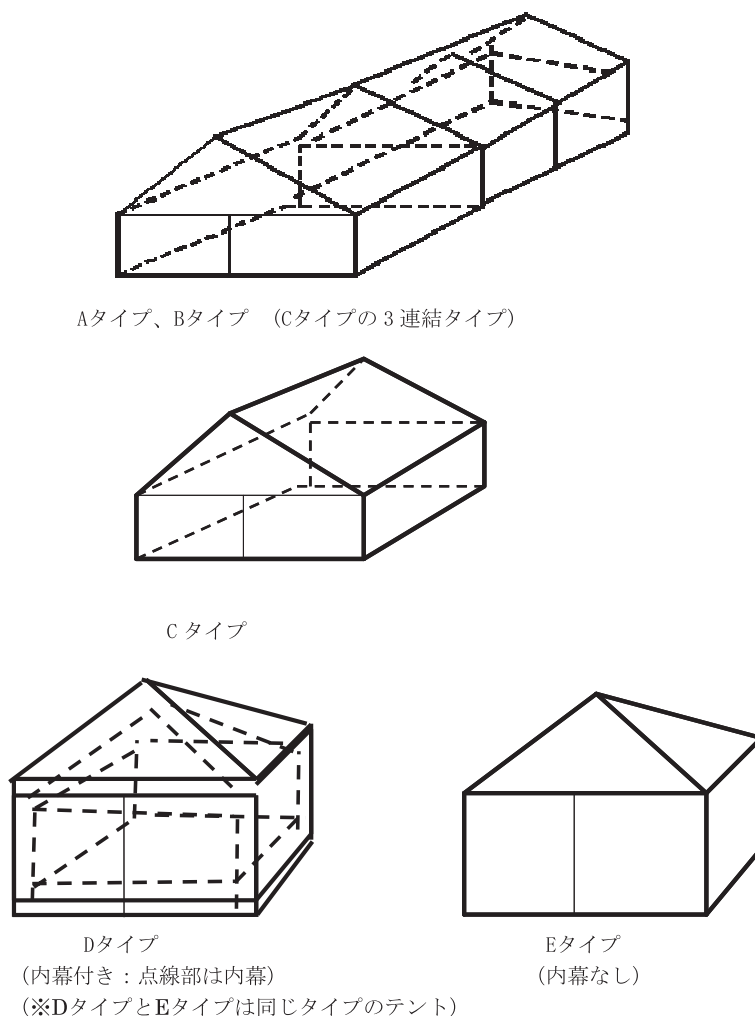


図1 実験に使用した4種類のテント

2.2. 実験条件

使用した防災用テント(図1)は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(表1-b, 図1)。そのため表1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。

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、NO₂、CO、CO₂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CO₂濃度はストーブの燃焼によるCO₂放出と人の呼気のCO₂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。

2.3. 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

mean±S.D. (各条件においてn=5)

*: p<0.05, **: p<0.01

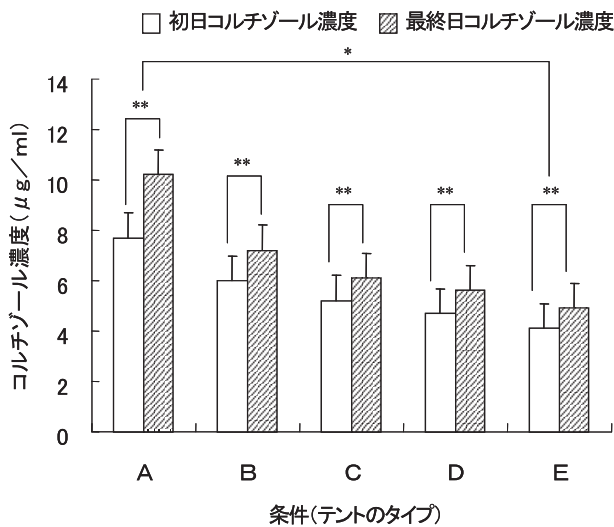


図2 各条件におけるコルチゾール濃度の変化

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。

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（アスペクト比、人単面積、人単容積）と物理化学的要因（温度、湿度、CO₂濃度）がある。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）により計測した。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。CO₂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・CO₂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、この計測は次の『2.5 唾液の採取』と同時間に実施した。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・CO₂濃度の計測は3回実施し、その平均値を代表値とした。

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、軽く嚙んだり、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℃の冷凍庫に保管した。

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）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1,000倍に希釈して分析した。

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。

2.8. データ処理及び統計処理

統計解析にはSPSS ver17.0J（<http://www.spss.com/spss> Japan Inc 東京都渋谷区）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。この際、二元配置分散分析は対応のない因子（A、B、C、D、Eの各群）と対応のある因子（初日、最終日）の分析とした。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。

3. 結 果

各テントの環境要因（構造的要因、物理化学的要因）の結果は表1-b・表1-c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・CO₂濃度は異なった。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、Eタイプは最も低く11.4℃～12.2℃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52.5%～71.2%、次にEタイプが42.8%～65.6%、B・C・Dタイプは23.4%～48.0%であった。CO₂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。

まず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]があった。要因間には交互作用[F(4,20) = 3.017, p<0.05]があった。下位検定の結果、すべての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2)。AタイプのCortisol濃度の変化量はEタイプのそれよ

mean±S. D. (初日及び最終日の各々において n =25)

** : p<0. 01

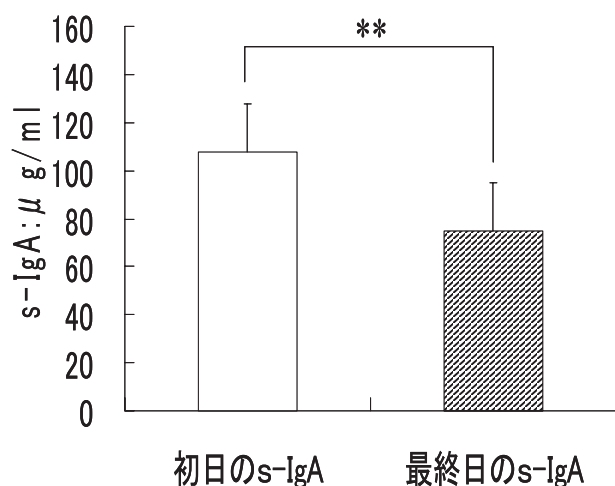


図3 各水準（初日，最終日）における s-IgA の変化

り有意 ($p < 0.05$) に大きかった。

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主効果 [$F(1,23) = 54.062$, $p < 0.01$] があった。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)。

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主効果 [$F(1,23) = 4.906$, $p < 0.05$] があった。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 4-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 4-b)。

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，CO₂ 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 (表 2)，Cortisol 濃度は『人単容積』と有意な負の偏相関 ($pr = -0.83$, $p < 0.01$)，『湿度』とも有意な負の偏相関 ($pr = -0.39$, $p < 0.01$) を示した。

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 2)。

mean±S. D. (初日及び最終日の各々において n =25)

** : p<0. 05

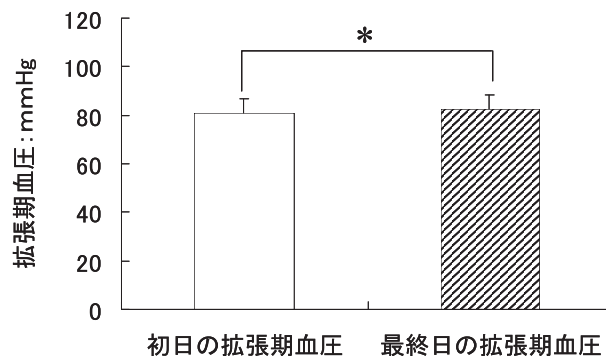


図 4-a 各水準（初日，最終日）における拡張期血圧の変化

mean±S. D. (初日及び最終日の各々において n =25)

** : p<0. 01

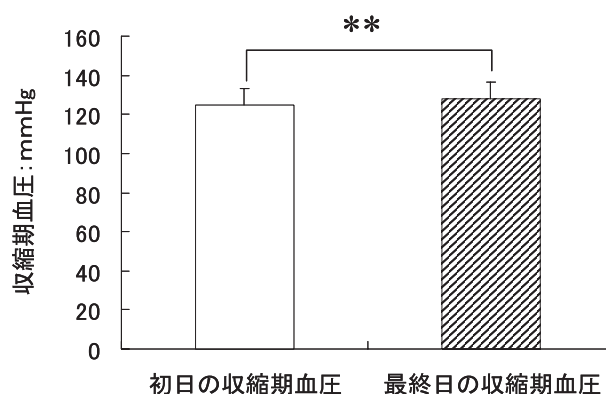


図 4-b 各水準（初日，最終日）における収縮期血圧の変化

図 4 各水準（初日，最終日）における血圧の変化

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¹²⁾¹³⁾。例えば米海軍健康研究センターの Taylor ら¹⁴⁾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)。Sebatian ら¹³⁾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 4-a，図 4-b)。上村ら¹⁵⁾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

表2 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)

従属変数 : Cortisol 濃度 (μg/ml)	アスペクト比 (-)	人単面積 (m ² /人)	人単容積 (m ³ /人)	温度 (℃)	湿度 (%)	CO ₂ 濃度 (%)
偏相関係数	0.23	-0.18	-0.83**	-0.26	-0.39**	(-)
相対的重要度 (標準偏回帰係数) : β			-0.87		-0.249	
重回帰式等	Y (Cortisol) = 16.47 - 1.03X (人単容積) - 0.04X (湿度) R ² = 0.69					

を報告した。櫻川¹⁶⁾ら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¹⁷⁾ら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¹⁸⁾ら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であったと考えられる。

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濃度を従属変数として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($pr = -0.83, p < 0.01$)、『湿度』とも有意な負の偏相関($pr = -0.39, p < 0.01$)を示した(表2)。Aタイプの人単容積は5.3m³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タイプでの初日のコルチ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。

また、二元配置分散分析は対応のない因子(A, B, C, D, Eの各群)と対応のある因子(初日, 最終日)の分析であり、各群(A, B, C, D, E)のCortisol濃度の分泌誤差を含めた分析結果として各群に有意差のある生理値として確認した。時間的要因の主効果より各水準間(初

日, 最終日)には各々有意差があり、各群間の各要因間(人単容積×Cortisol濃度)においても各々有意差が見られた。故に、初日のCortisol濃度の各群間の有意差は各々環境要因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。

ところでテント内の温度は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¹⁹⁾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、本研究においてCortisol濃度への影響がみられなかったことは、本研究での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。なお前報⁸⁾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。

ところで、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²⁰⁾。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^{21)~23)}。しかしながら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²⁴⁾²⁵⁾。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、他の生理値では Cortisol 濃度の影響が間接的であるためテントのタイプに基づ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。

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、テント内空気濃度拡散・熱拡散の状態、燃焼ガスの CO, NO_x, SO_x 等）についても詳しく測定することが望まれる。

5. 結 論

防災用テントにおける居住性の向上・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あった。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、前報⁸⁾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。

文 献

1) 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): 23—30, 2009.
- 2) 工藤美和, 塩埜賢明, 他: 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. 1995, pp 375—376.
- 3) Fukushima K, Sakai K, Ishihara O: Study of thermal comfort and the psychological amenity for the tent life, the 10th ICEE, thermal comfort outdoor. 2002, pp 765—768.
- 4) 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 75(652): 491—497, 2010.
- 5) 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.
- 6) 菊田 弘, 絵内正道, 羽山広文, 他: 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.
- 7) 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.
- 8) 福島一生, 西村貴孝, 本井 碧, 綿貫茂喜: 防災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に関する研究. 日本職業・災害医学会会誌 61 (2): 2012.
- 9) 伊藤秀高, 古川麻希子, 土屋 聖, 他: 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 α アミラーゼ活性値に及ぼす影響. 歯科医学 72 (1): 1—8, 2009.
- 10) 山内亮平, 清水和弘, 古川拓生, 他: 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.
- 11) 高崎裕治, 大中忠勝, 栃原 裕, 永井由美子: 冬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.
- 12) Ng V, Koh D, et al: Salivary biomarkers associated with academic assessment stress among dental undergraduates. JDE 67 (10): 1091—1094, 2003.
- 13) Sebastian E, Heinrich S, et al: On psychobiology in psychoanalysis. salivary cortisol and secretory IgA as psychoanalytic process parameters. GMS psycho-Social-Med 2: 1—11, 2005.
- 14) Taylor MK, Reis JP, Sausen KP, et al: Trait anxiety and salivary cortisol during free living and military stress. Aviat Space Environ Med 79 (2): 129—135, 2008.
- 15) 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.
- 16) 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): 1—4, 2006.
- 17) 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): 47—52, 2003.
- 18) 平泉武志, 熊野宏昭, 宗像正徳: 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.
- 19) Gerra G, Volpi R, Maninetti L, et al: Sex-related Responses of beta-endorphin, CATH, GH and PRL to Cold exposure in human. Acta Endocrinol 126 (1): 24—28, 1992.
- 20) 宮田 洋: 新生理心理学 第3巻 4章 精神神経免疫学的研究. 初版第3刷. 京都府, 北大路書房, 2004, pp 40.
- 21) 宮田 洋: 新生理心理学 第3巻 4章 精神神経免疫

- 学の研究. 初版第3刷. 京都府, 北大路書房, 2004, pp 32—39, pp 40—44.
- 22) Berne RM, Levy MN: Principle of Physiology, third edition; 坂東武彦, 小山省三, 訳: パーン・レヴィ 基本生理学, 第1刷, 東京都, 西村書店, 2003, pp 411—419, pp 491—493.
- 23) Berne RM, Levy MN: Principle of Physiology, third edition; 坂東武彦, 小山省三, 訳: パーン・レヴィ 基本生理学, 第1刷, 東京都, 西村書店, 2003, pp 493—496.
- 24) Berne RM, Levy MN: Principle of Physiology, third edition; 坂東武彦, 小山省三, 訳: パーン・レヴィ 基本生理学, 第1刷, 東京都, 西村書店, 2003, pp 479—490.

- 25) 宮田 洋: 新生理心理学 第3巻 4章 精神神経免疫学の研究. 初版第3刷. 京都府, 北大路書房, 2004, pp 40—44.

別刷請求先 〒815-8540 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1
九州大学大学院芸術工学府綿貫研究室
福島 一生

Reprint request:

Kazuo Fukushima
Graduate School of Design, Kyusyu University, 4-9-1, Shio-baru, Minami-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka, 815-8540, Japan

Influence in Physiological Response of Subjects Caused by Environmental Factors from Living in Disaster Prevention Tent

Kazuo Fukushima¹⁾, Yosuke Niri²⁾, Takayuki Nishimura¹⁾, Midori Motoi²⁾ and Shigeki Watanuki³⁾

¹⁾Graduate School of Design, Kyusyu University

²⁾Graduate School of Integrated Frontier Sciences, Kyusyu University

³⁾Study & Research for Graduate School of Design, Kyusyu University

The purpose of the study is to elucidate the concentration of Cortisol, s-IgA, Diastolic blood pressure and Systolic blood pressure during the first day and the last day in the disaster prevention tents with improving the amenity of the people. We analyzed the relation between these physiological response data and environmental factors.

As for the methods, the five different types of the disaster prevention tents accommodated each five subjects with a sum of twenty five persons. On the morning of the first day and the last day during ten days, we collected the saliva of the subjects to research the concentration of Cortisol and s-IgA with ELISA analyzing kits (No: EA65, Oxford Biomedical Research, USA). We gauged the Diastolic blood pressure and Systolic blood pressure of subjects with automatic wrist type blood pressure measuring equipment. We measured the temperature, the humidity and the CO₂ concentration in each of the tents. Continuously we had dealt with two factors analysis of variance and got the data between the physiological response values and environmental factors. In case of interaction data we conducted multiple regression analysis for them.

Results were as follows:

We studied the effect of the physiological response values from structural factors in tents.

We dealt with two factors analysis of variance with the conditions (five types of tents) and time factors (the first day, the last day). The time factors had the main effect. We were confident that the Cortisol concentration significantly increased, s-IgA concentration significantly decreased, Diastolic blood pressure and Systolic blood pressure significantly increased on the last day compared to the first day. In case of detail analysis, the Cortisol concentration had the interaction for structural factors. On the multiple regression analysis between the independent variable of the environmental factors and the dependent variable of the Cortisol concentration, the humidity and the cubic capacity per person (m³/a person) decreased with the Cortisol concentration increasing.

Consequently the cubic capacity per person (m³/a person) and the humidity are important factors to improve the amenity of the disaster prevention tents on the condition of long time lapse and tent life. The humidity had influence to Cortisol concentration independently without the cubic capacity per person (m³/a person). The former report described that the humidity had influence to “general comfort sensation” and “relax sensation” as the important amenity factors for the disaster prevention tents.

(JJOMT, 61: 243—250, 2013)