

スギの無垢材を内装に用いた室内空間が 人の睡眠に及ぼす影響

孫 旻愷^{*1}, 本傳晃義^{*2}, 羽賀栄理子^{*2}, 中島大輔^{*2}, 吉村友里^{*2}, 西條裕美^{*3},
鷲岡ゆき^{*2}, 松本 清^{*2}, 井隼経子^{*2}, 渡邊雄一郎^{*4}, 安心院剛^{*4}, 安成信次^{*5},
山田祐樹^{*6}, 永野 純^{*6}, 岡本 剛^{*6}, 石川洋哉^{*7}, 大貫宏一郎^{*8}, 藤本登留^{*2}, 清水邦義^{*2}

Influence of Dwelling Spaces with Sugi (*Cryptomeria japonica*) Wood Boards as Interior on Human Sleep

Minkai SUN^{*1}, Akiyoshi HONDEN^{*2}, Eriko HAGA^{*2}, Taisuke NAKASHIMA^{*2}, Yuri YOSHIMURA^{*2},
Hiromi SAIJO^{*3}, Yuki WASHIOKA^{*2}, Sayaka MATSUMOTO^{*2}, Keiko IHAYA^{*2}, Yuichiro WATANABE^{*4},
Tsuyoshi AJIMI^{*4}, Shinji YASUNARI^{*5}, Yuki YAMADA^{*6}, Jun NAGANO^{*6}, Tsuyoshi OKAMOTO^{*6},
Hiroya ISHIKAWA^{*7}, Koichiro ONUKI^{*8}, Noboru FUJIMOTO^{*2}, Kuniyoshi SHIMIZU^{*2}

^{*1} School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology ;
^{*2} Faculty of Agriculture, Kyushu University ; ^{*3} Institute of Wood Technology, Akita Prefectural
University ; ^{*4} Try Wood Corporation ; ^{*5} YASUNARI Builder ; ^{*6} Faculty of Arts and Science,
Kyushu University ; ^{*7} International College of Arts and Sciences, Fukuoka Women's University ;
^{*8} Faculty of Humanity-Oriented Science and Engineering, Kindai University

As a construction material, Sugi (*Cryptomeria japonica*) is widely used in Japan. Present study focused on how wooden dwelling spaces with Sugi wood material influence quality of human sleep. To clarify this, Room A where naturally processed Sugi wood boards were used for the interiors and the Room B where chemically processed wood materials comprised of bonded or coated woods were used for the interiors were investigated for comparison. Volatile organic compounds (mainly *sesqui-terpenes*) emitted from both rooms were analyzed by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Ten participants were asked to take a sleep in the two rooms, respectively. Salivary stress markers, sleep time, blood pressure, questionnaires were measured. Humidity and temperature of the both rooms were recorded. The participants' lifestyles were also investigated. Compared to several characters of Room B, humidity of Room A was lower, and concentration of *sesqui-terpenes* emitted from Room A were higher. Participants felt more "natural" in Room A. Participant with poor daily sleep quality showed higher morning diastolic pressure only when participants slept in Room B. These results indicate that, high emitting of *sesqui-terpenes*, high moisture-absorption performance or the combination of them of naturally processed Sugi wood can help people prevent diastolic pressure increasing in the morning caused by low sleep quality.

^{*1} 蘇州科技大学建築と城市規格学院
^{*2} 九州大学農学研究院
^{*3} 秋田県立大学木材高度加工研究所
^{*4} 株式会社トライ・ウッド
^{*5} 株式会社安成工務店

^{*6} 九州大学基幹教育院
^{*7} 福岡女子大学国際文理学部
^{*8} 近畿大学産業理工学部
Corresponding author : K. SHIMIZU

1. はじめに

木材由来の揮発性成分が人の交感神経活動を抑制し、主観的に自然な印象を与えていると言われている^{1),2)}。さらに、木材由来の揮発性成分に対する人の生理・心理反応はその濃度によって変化するとされている¹⁾。恒次らはスギ材のチップ由来成分の嗅刺激によって、血圧、脳内の総ヘモグロビン濃度が低下したことを明らかにした³⁾。谷田貝らは、スギの匂いは爽やかかつ自然で、安らぎ感があるものと評価され、さらに吸入によって脈拍が低下し、リラクセス効果が得られると報告した^{4),5)}。また、松原らはスギ材のある部屋とスギ材のない部屋で被験者に計算作業させ、スギ材の揮発性成分が被験者の交感神経活動を抑制する効果を見出した⁶⁾。

睡眠に関する研究では、スギに含まれる揮発性成分セドロールは覚醒から睡眠への移行を円滑に進め、睡眠量を増大させる効果があると報告されている⁷⁾。睡眠の質は、寝室の環境に大きく左右される^{8),9)}。また、睡眠は自律神経系の活動と深く関わっており、深い睡眠の時には交感神経全般の筋緊張が下がり、反対に副交感神経全般の筋緊張は高まる¹⁰⁾。さらに、正常血圧者が睡眠不足の状態になると起床後の血圧が上がる^{11),12)}と報告されている。以上のことから、スギ材は交感神経活動抑制効果を有すると考えられ、スギ材を用いた空間における睡眠の質がどのように影響されるのかを究明する価値があると思われるが、スギ材が使用された寝室空間での睡眠の質を睡眠状態と就寝前後を含めて生理・心理学的に検討された研究は筆者らの知る限りまだなされていない。

そこで、本研究では、①スギの無垢材もしくは②塗装やビニールクロスを内装として使用した建物内における揮発性成分および温度・相対湿度と、それぞれの室内における人の睡眠前後のさまざまな生理・心理反応を測定し、木質空間が人の睡眠にどのような影響を及ぼすかを網羅的に検討した。

2. 実験方法

清水 (2017)¹³⁾らは、内装材の違いによって、室内に存在するセスキテルペンの量が異なることを明らかにした。匂いの強さの違いによって、人の生理・心理に影響を与える程度が異なることから、一般的に知られていることから、睡眠の質にも影響すると考えられる。本実験は九州大学箱崎キャン

パス内に建設された実験棟で実施した。構造材、内装材、寸法、空間構成は前報^{13),14)}と同様である。寝具には、綿製の枕、掛布団、敷布団、毛布を使用した。

実験は、九州大学農学部倫理審査委員会の承認(34号)を得て実施された。女子大学生10名(以下参加者)が参加した。平均年齢は 21 ± 0.9 歳であった。

室内の温度および相対湿度はデータロガー(TR-72 Ui:ティアンドデイ)を用いて、参加者の就寝時から起床時にかけて、1分毎に計8時間記録した。

ヒト実験期間中の2015年7月15日に両棟の室内に捕集管(Tenax TA)をとりつけたポンプを3台設置し、これらを同時に稼働させ、捕集管の中に室内空気を通して揮発性成分を吸着させた(流速0.15 L/min, 捕集量9 L, 捕集時間60分)。分析前に、アセトンで200 $\mu\text{L/L}$ に希釈したbenzaldehydeを吸着管に1 μL 添加し、加熱脱着装置付GC/MS(Gerstel TDU+Agilent 7890 GC/5975C MS)で分析を行った。加熱脱着温度、GC/MS分析条件は、清水ら¹³⁾と同様にして行った。また検量線の作成には、セスキテルペンである β -caryophylleneおよび内部標準としてbenzaldehydeを用いた。本実験では、検出された各揮発性成分の濃度について、 β -caryophyllene当量として空気中の濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)を算出した。各成分の同定は、データベース(Wiley 9thおよびNIST08)とのマススペクトルの比較、ならびにリテンションインデックスのデータベース(AromaOffice ver. 3.0:西川計測)の比較により行った。定量下限値はセスキテルペン類が溶出する30~40分の間で代表的なピークの面積値及びシグナル/ノイズ比(S/N比)を算出し、S/N=10に相当する面積値を算出し、その面積値の内部標準換算濃度である0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とした。

参加者の日常の生活リズムを把握するため、ピッツバーク睡眠質問票、朝型夜型質問紙を実験実施前に記入させた。ピッツバーク睡眠質問票は睡眠の量を考慮した睡眠の質の評価として使用されており、睡眠の質、入眠時間、睡眠時間、睡眠効率、睡眠困難、睡眠薬の使用、日中覚醒困難の7要素の合計点が高いほど睡眠の質が低いとされ、5点以上であれば睡眠の質が低いとされる¹⁵⁾。朝型夜型質問紙は生活リズムの評価に汎用されており、「0~30:明らかな夜型」、「31~41:適度の

夜型」, 「42~58:中間型」, 「59~69:適度の朝型」, 「70~86:明らかな朝型」と判断される¹⁶⁾。さらに就寝前にはSD法 (Semantic Differential Method)¹⁷⁾による部屋の印象評価を実施した。先行研究^{1), 18)}を参考に17対の形容詞を選定し, 7件法にて評定を記入させた。また, 気分・感情の評価のため, 就寝前と起床後にPOMS短縮版 (Profile Of Mood States-Brief Form) の30項目について5件法で自身の気分に対応する段階をチェックさせた後, 6つの尺度「緊張-不安」「抑うつ-落ち込み」「怒り-敵意」「活気」「疲労」「混乱」別に得点を集計し, 手引に従ってT得点を算出することで, 就寝前と起床後の気分と感情の状態を定量化した¹⁹⁾。

また, 就寝前と起床後に血圧, 脈拍を測定した (テルモ電子血圧計 P2000, TERUMO CORPORATION)。さらに, ストレスの指標として唾液中のコルチゾール含有量を測定した。睡眠状態は, マットレスの下に敷いて体動を捉えることで, 睡眠中の身体活動や睡眠状態を測定できる装置である眠りSCAN²⁰⁾ (眠りSCAN, NN-1110 PARAMOUNT BED CO., LTD.) を使用した (第1図)。解析には専用ソフト (眠りSCAN Viewer, NN-1110 PARAMOUNT BED CO., LTD.) を使用し, 総睡眠時間, 睡眠効率, 中途覚醒回数, 中途覚醒時間, 最大睡眠時間および睡眠時活動量を計測した。

参加者の入室前にエアコンおよび加湿器を用いて, 室内温度を18~20℃程度, 相対湿度は60~70%程度になるように調整した。実験中はエアコン, 調湿器, 換気扇は使用しないこととした。参加者は事前に指定された時間に実験棟に着き, ドアをロックし, 実験者の指示を待った。実験者は参加者の到着および心身状態に問題がないことを確認したあと, 実験棟に入室させ, パジャマに着替えさせた。その後座位で10分間, 安静時間を設けた。安静状態で唾液を採取し, さらに血圧, 脈拍, 部屋の印象評価, POMSの順に測定を実施した後, 参加者に眠りSCANが設置されている布団で睡眠をとるよう指示した (第2図)。睡眠前測定の所要時間は約30分であった。参加者が布団に入ると同時に室内温度・相対湿度を1分ごとに測定を開始した。また, 参加者が途中で覚醒した場合, 実験者が指示するまで布団の中で待機するよう事前に教示した。就寝時刻は一律22時とした。翌朝は6時に実験者が実験棟に入り, 参加者を起床させた後, 椅子に10分間座らせ安静状態を維持した。その後, 再度唾液を採取し,



第1図 非装着型センサ (眠りSCAN)

血圧, 脈拍, POMSの順番に測定を実施した。参加者はいずれかの部屋で一泊し, 1週間後に他方の実験棟で一泊することとした。順序効果を避けるため, 実験を行う部屋の順序はランダムとした。



第2図 睡眠実験時の様子

実験は2015年6月2日から7月29日の間に実施された。

Kolmogorov-Smirnov検定により, 正規分布と見なせた眠りSCAN, 唾液中コルチゾール含有量, 対数変換を施した脈拍, 血圧の変数は, 対応のあるt検定を行った。温度, 相対湿度は対応のないt検定で対比較し, Bonferroni法にてp値を補正した。POMSのT得点, 印象評価の得点は両棟の間にWilcoxonの符号付順位検定で対比較を行った。参加者の睡眠と生活リズム, 日常の睡眠の質の関係について, それぞれピッツバーク睡眠質問表, 朝型夜型質問紙の得点を独立変数とし, 生理・心理指標を従属変数とした単回帰分析を行った。解析はWindows版SPSS ver.19.0 (IBM Corporation)を用いた。

3. 結果

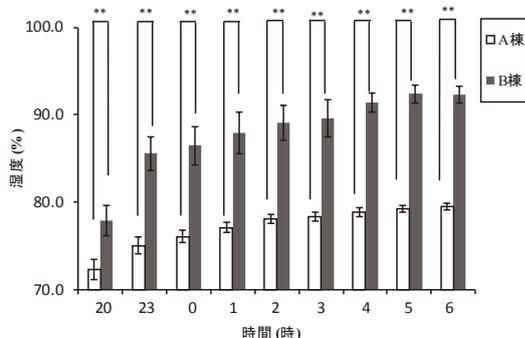
両棟で検出された主要な揮発性成分はすべてセスキテルペン類であった。その濃度は, A棟の方がB棟に比べて高い値を示した (第1表)。

温度では両棟の間に有意差はなく (A棟: 23.60 ± 0.30 °C vs B棟: 23.10 ± 0.20 °C, $t(18) = 1.285$, $p = 0.215$), 相対湿度はA棟がB棟に比べて有意に低かった (A棟: 77.20 ± 0.50 % vs B棟: 88.10 ± 1.40 %, $t(11.208) = 7.099$, $p < 0.001$) (第3図)。

第2表に, 各指標におけるA棟とB棟の違いを示す。SD法の結果, 「においがつよい-においがよわい」において, A棟はB棟に比べて有意に「においがつよい」と評価された ($Z = -2.40$, $p =$

第1表 A棟とB棟におけるセスキテルペン類の平均濃度と標準偏差 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $n=3$)

セスキテルペン類	保持時間 (min)	A棟 (mean \pm sd)		B棟 (mean \pm sd)	
α -Cubebene	32.22	117.7 \pm 11.35	45.8 \pm 0.64		
α -Copaene	33.57	61.8 \pm 4.99	28.5 \pm 0.44		
β -Elemene	34.13	50.9 \pm 3.09	20.4 \pm 0.21		
β -Caryophyllene	35.65	60.3 \pm 3.78	20.9 \pm 0.18		
cis-Thujopsene	36.29	11.8 \pm 2.59	10.8 \pm 0.04		
cis-Muurolo-3,5-diene	36.85	14.5 \pm 1.61	1.9 \pm 0.61		
α -Humulene	37.24	38.6 \pm 2.61	16.8 \pm 1.35		
γ -Cadinene	37.83	46.5 \pm 2.96	2.6 \pm 0.81		
γ -Muurolene	38.05	21.9 \pm 2.46	19.9 \pm 0.57		
trans-Muurolo-4(14), 5-diene	38.96	125.0 \pm 9.76	33.4 \pm 0.74		
α -Muurolene	39.34	147.1 \pm 21.14	115.0 \pm 1.13		
δ -Cadinene + Calamenene	40.45	475.4 \pm 58.86	238.3 \pm 3.89		



第3図 実験期間中の実験室内における相対湿度の経時変化
*: $p < 0.10$, **: $p < 0.05$

第2表 各指標におけるA棟とB棟の違い

項目	A棟	B棟
SD法	においがつよい (-0.10 \pm 0.30) 自然的 (2.0 \pm 0.30)	においがよい (-1.1 \pm 0.38) 人工的 (0.6 \pm 0.37)
POMS	就寝前: 緊張-不安 (38.86 \pm 1.06) 起床後: 緊張-不安 (35.91 \pm 0.72) 混乱 (45.59 \pm 0.92)	なし なし 混乱 (48.53 \pm 1.48)
唾液コルチゾール濃度 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	就寝前: 0.10 \pm 0.02 起床後: 0.30 \pm 0.10	就寝前: 0.11 \pm 0.01 起床後: 0.27 \pm 0.08
収縮期血圧 (mmHg)	就寝前: 101.70 \pm 2.49 起床後: 97.7 \pm 2.95	就寝前: 101.70 \pm 2.76 起床後: 96.3 \pm 2.21

0.016)。「自然的-人工的」においては、A棟はB棟に比べて有意に「自然的」と評価された ($Z = -2.558$, $p = 0.004$)。

POMSにおいては、A棟で起床後の「緊張-不安」の得点が就寝前に比べて有意に低かった ($Z = -2.81$, $p = 0.002$) が、B棟では全下位尺度に

おいて有意差が認められなかった。また、起床後の「混乱」の得点は、A棟がB棟に比べて有意に低い傾向が見られた ($Z = -2.041$, $p = 0.085$)。

唾液コルチゾール濃度は、A棟とB棟のいずれにおいても起床後は就寝前に比べて有意に高かった (それぞれ $p = 0.008$, $p = 0.034$)。両棟間に有意差はなかった。

収縮期血圧では、A棟において、起床後が就寝前に比べて有意に低い傾向がみられた ($p < 0.001$)。同様にB棟において、起床後 (96.3 \pm 2.21 mmHg) が就寝前 (101.70 \pm 2.76 mmHg) に比べて有意に低かった ($p = 0.003$)。就寝前および起床後の拡張期血圧にA棟とB棟間に有意差はなかった。

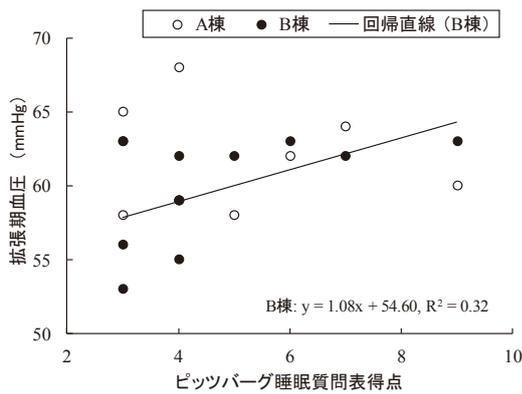
総睡眠時間、睡眠効率、中途覚醒回数、中途覚醒時間、最大睡眠時間、睡眠時活動量においては、両棟の間に有意な差は認められなかった(第2表)。

ピッツバーグ睡眠質問票の平均得点は4.82 \pm 0.62であった。10名中3名が5点以上であり、普段の睡眠の質が低いと判定された。朝型夜型質問紙の平均得点は48.09 \pm 1.81点であり、うち8名が中間型で、1名が適度な朝型、1名が適度な夜型であった。

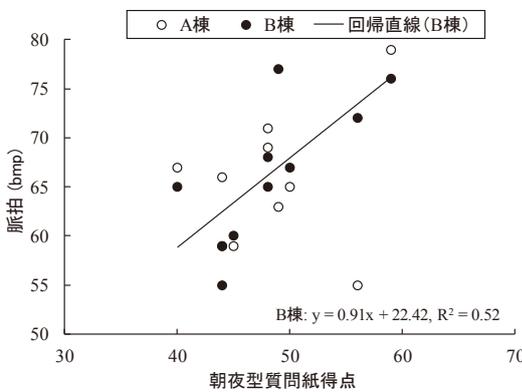
単回帰分析の結果、B棟において、ピッツバーグ睡眠質問票の得点 (x) で起床後拡張期血圧 (y) を32%説明できた ($p = 0.087$)。A棟には有意な回帰直線が得られなかった(第4図)。B棟において、朝型夜型質問紙の得点 (x) で起床後脈拍 (y) を52%説明できた ($p = 0.018$)。A棟では有意な回帰直線が認められなかった(第5図)。

4. 考察

A棟のセスキテルペン類の濃度がB棟に比べて高値を示したことは、自然乾燥のスギ材より、高温乾燥されたスギ材のセスキテルペン類の放散量が少ないことに起因していると考えられた^{21), 22)}。それに加えて、A棟のスギ板のセスキテルペン類が直接室内空気中に放出しているのに対し、B棟の内装材は塗装またはビニールクロスで覆われ、直接室内空気に触れず、セスキテルペン類の室内への放出が阻害された影響と考えられる。両棟の間での温度差はなく、相対湿度はA棟がB棟に比べて低かった(第3図)。これは既報の結果と一致している¹⁴⁾。先行研究では、相対湿度が60%前後の一定制御が睡眠に最適であると指摘されている²³⁾。本研究の2棟の室内相対湿度はとも



第4図 ピッツバーグ睡眠質問票の得点を独立変数とし、拡張期血圧を従属変数とした単回帰分析



第5図 朝型夜型質問紙の得点を独立変数とし、脈拍を従属変数とした単回帰分析

に最適とされる相対湿度を上回ったが、A棟がB棟に比べて適正值に近い値を示した。

セスキテルペン類の濃度は、A棟の方がB棟より高かったにもかかわらず、B棟の匂いが強いと評価された。したがって、スギ由来のセスキテルペン類の組成の違いはB棟の匂いが強いという主観的評価の一因と考えられる。例えば、A棟の α -Muuroleone および δ -Cadinene+Calamenene, trans-Muurore-4(14), 5-diene の濃度はそれぞれB棟のおよそ1.3倍および2.0倍、3.7倍であり、それぞれの成分の量比は異なっていた。また、B棟からは内装材である塗装やビニールクロス由来の極微量な揮発性成分は今回の分析手法では検出されなかったが、それらの主観評価への影響は否定できない。

POMSにおけるネガティブな気分を示す「緊張不安」の得点で、A棟においてのみ、起床後が就寝前に比べて低下したことは、スギの匂いのリラックス効果^{4),5)}が一因と考えられる。宮崎らによると、木材由来のセスキテルペン類の濃度が相対

的に高いほど、人がリラックスし、集中し、匂いを「強い」、「好き」、「快」と評価することが明らかにされている^{1),2)}。したがって、今回の実験では、両棟のセスキテルペン類種はほぼ同じであり、A棟のセスキテルペン類の濃度がB棟より高かったことから、A棟のみにおいて、人が主観的に「緊張不安」が緩和されるのに必要な濃度に達していた、もしくはA棟とB棟のセスキテルペン類の成分量比の違いが、少なくとも一部寄与しているものと推測された。

本研究では、B棟において、参加者の普段の睡眠の質が低くなる（ピッツバーグ睡眠質問票の得点が高くなる）につれ、起床後拡張期血圧も高くなるという有意に高くなる傾向が得られ（第4図）、正常血圧者が睡眠不足の状態になると起床後の血圧が上がると報告した先行研究^{11),12)}の結果と一致する。一方、A棟ではこの傾向が認められなかった。すなわち、A棟で睡眠をとった場合、睡眠の質が普段低い場合でも、起床後の血圧上昇に明らかな影響を与えなかったと言える。早朝起床後の血圧上昇に起因する過剰な血圧変動の増大は循環器疾患の独立リスクであるモーニングサージとよばれる血圧の日中変動の一種であり^{24),25)}、モーニングサージは特に起床時の発現が最も多く、抑制することで循環器疾患発症の予防につながると言われている²⁶⁾。以上のことから、無垢材で内装された部屋（A棟）で睡眠をすることで、睡眠の質の低さによるモーニングサージが抑制され、循環器疾患の発症リスクを間接的に低減させる可能性がある。

また、B棟においてのみ、参加者の普段の生活リズムが夜型に近づく（朝型夜型質問紙の得点が高くなる）につれ、起床後の脈拍数が上昇する傾向がみられた（第6図）。このことから、A棟で睡眠をとった場合、普段の夜型の生活リズムが起床後の脈拍上昇に対して、B棟でみられるほどの明らかな影響を与えなかった可能性が考えられた。

スギ材の揮発性成分は血圧を低下させ、交感神経活動を抑制する効果があることが指摘されている^{3),6)}ことと、60%の相対湿度が睡眠に最適であることから、A棟とB棟における血圧と脈拍の結果の相違は両棟間のセスキテルペン類の室内濃度と組成、吸湿作用の差、もしくはこれらの相互作用に起因したと考えられる。本研究は限定的な参加者と内装材に対して実施したものであり、結果をより一般化するためには、より大人数での実験、

非木材寝室環境との比較や性差, スギ材の品種, 乾燥方法による比較が今後の課題になると思われる。

5. 結論

スギの無垢材を内装に用いた部屋は, 室内のセスキテルペン類の量が塗装やビニールクロスの内装とした部屋に比べて高く, さらに相対湿度が低かった。無垢材を内装に用いた場合, 室内の印象は「自然的」と評価され, 参加者の起床後の「不安-緊張」は緩和傾向にあり, 「混乱」の得点が塗装やビニールクロスを内装に用いた部屋より低かった。さらに, 本実験では, 無垢材を内装に用いた部屋において, セスキテルペン類がもつ, 人をリラックス状態に誘導する効果や, 血圧を低下させ, 交感神経活動を抑制する効果が結果に少なくとも一部関与していると考えられた。以上より, 木材由来のセスキテルペン類の放散量が大きく, 吸湿作用が高いスギの無垢材を内装に用いた建物は, この空間で睡眠をとったときの人の起床後の「緊張-不安」および「混乱」などのネガティブな気分を緩和させ, 普段の低い睡眠の質や遅い就寝時間が与える起床後の血圧, 脈拍の上昇傾向を緩和できる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究は, 複数年にわたる研究であり, 年度毎に, 林野庁「平成25年度 地域材供給倍増事業のうち木造建築物等の健康・省エネ等データ収集支援事業」, 「平成26年度 CLT 等新たな製品・技術の開発促進事業のうち住宅等における製品・技術の開発・普及の一層の促進(木造住宅等の健康・省エネ性についての定量化のための調査)事業」, 「平成27年度 CLT 等新たな製品・技術の開発・普及事業(木造建築物等の健康・省エネ性等データ整備のうち木造建築物の健康・省エネ性等データ収集・分析)」, 「平成28年度 都市の木質化等に向けた新たな製品・技術の開発・普及委託事業」の助成を受けて実施された。ここに深く謝意を表す。また, 協力して頂いた奥田 拓氏に深く感謝する。

文 献

- 1) キム ヨンキュ: 日本生理人類学会誌, **5** (特別号2), 20-21 (2000)
- 2) 宮崎良文: 森の香り: フレグランスジャーナル (1996)
- 3) 恒次祐子他: 木材工業, **60** (11), 598-602 (2005)
- 4) 谷田貝光克他: におい・かおり環境学会誌, **38**, 428-434 (2007)
- 5) 谷田貝光克他: 秋田県立大学ウェブジャーナル. A, 地域貢献部門=Akita Prefectural University web journal. 秋田県立大学ウェブジャーナル編集委員会 編, **1**, 151-157 (2014)
- 6) Eri Matsubara 他: *Building and Environment* Volume **72**, 125-130 (2014)
- 7) 山本由華吏他: 日本生理人類学会誌, **8** (2), 69-73 (2003)
- 8) 都築和代他: 日本生気象学会雑誌, **50** (4), 125-134 (2014)
- 9) 西村三香子他: 日本建築学会関東支部研究報告集, **86** (II), 225-228 (2016)
- 10) 鈴木侑子他: やさしい自律神経生理学 命を支える仕組み, 中外医学社, 204 (2015)
- 11) Tochikubo O 他: *Hypertension*, **27**, 1318-1324 (1996)
- 12) Lusardi P 他: *Am J Hypertens*, **9**, 503-505 (1996)
- 13) 清水邦義他: 木材学会誌, **63**, 126-130 (2017)
- 14) 清水邦義他: 木材工業, **73**, 187-192 (2018)
- 15) Buysee DJ 他: *Psychiatry Res.*, **28**, 193-213 (1989)
- 16) Terman M 他: *CNS Spectrums*, **10**, 647-663 (2005)
- 17) 小木曾定彰他: 日本建築学会論文報告集(67), 105-113 (1961)
- 18) 寺内文雄他: デザイン学研究, **41** (1), 11-18 (1994)
- 19) 横山和仁他: POMS 短縮版手引と事例解説, 金子書房, 1-9 (2005)
- 20) Takamasa Kogure 他: *Journal of Physiological Anthropology*, **30**, 103-109 (2011)
- 21) 石川敦子他: 森林総合研究所研究報告, **8** (4), 215-222 (2009)
- 22) 長谷川麻子他: 日本建築学会環境系論文集, **73** (633), 1267-1273 (2008)
- 23) 川島庸他: 人間一生活環境系会議雑誌人間と生活環境, **11** (1), 17-23 (2004)
- 24) Kario K 他: *Circulation*, **107**, 1401-1406 (2003)
- 25) Kario K 他: *Hypertension*, **56**, 765-773 (2010)
- 26) S. Omama 他: *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, **77** (12), 1345-1349 (2006)