

スギ材の空気浄化機能の解明と 木質住環境のヒトへの視覚・生理・心理効果^{*1}

川井 秀一^{*2}、宮越 順二^{*3}、仲村 匡司^{*4}、東 賢一^{*5}、萬羽 郁子^{*5}、
木村 彰孝^{*2}、中川 美幸^{*2}、辻野 喜夫^{*6}、上堀 美知子^{*6}、大山 正幸^{*7}、
三宅 英隆^{*8}、藤田 佐枝子^{*9}、中山 雅文^{*10}

Characterization of Air Purification Function of Japanese Cedar Wood and its Effects on the Visual, Psychological and Physiological Factors in an Indoor Environment^{*1}

Shuichi KAWAI^{*2}, Juniji MIYAKOSHI^{*3}, Masashi NAKAMURA^{*4},
Ken-ichi AZUMA^{*5}, Ikuko BAMBA^{*5}, Akitaka KIMURA^{*2}, Miyuki NAKAGAWA^{*2},
Yoshio TSUJINO^{*6}, Michiko UEBORI^{*6}, Masayuki OHYAMA^{*7}, Hidetaka MIYAKE^{*8},
Saeko FUJITA^{*9}, and Masafumi NAKAYAMA^{*10}

概要

近年、スギ材に優れた空気浄化機能があること、その抽出成分にはストレス緩和効果や睡眠内容の改善効果などのあることが見出されている。本研究の目的は、木材、特にスギ材の作用によるヒトへの心理的・生理的な効果を実証し、居住者の健康改善や健康増進に寄与できる新たな居住空間を提案することにある。本報では、スギ材の空気質に関わる特性解明と木質住環境の空気質の分析、さらに、ヒトへの視覚・生理・心理効果の統合的な研究の成果を報告する。

1. はじめに

近年、スギ材は他の樹種に比べ優れた空気浄化機能を有すること、特に、木口面は板目面に比べその機能が高いことが明らかとなっている¹⁾。その要因として、抽出成分、仮道管有効内表面、含有水分の寄与が考えられているものの、各因子の詳細な機構は解明されていない現状にある。また、スギ材の木口面は板目面に比べ調湿能にも優れていることが知られており¹⁾、空気浄化機能と調湿能を活

*2012年11月9日受理

*1 2012年3月31日作成 本稿は第198回生存圏シンポジウム生存圏科学の新領域開拓—ロングライフイノベーション共同研究—(2012年3月2日)講演要旨に加筆・修正を行ったものである。

*2 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所循環材料創成分野

E-mail: skawai@rish.kyoto-u.ac.jp

*3 京都大学生存圏研究所生存圏電波応用分野、*4 京都大学農学研究科、*5 近畿大学医学部、*6 大阪府環境農林水産総合研究所、*7 大阪府立公衆衛生研究所、*8 大阪府木材連合会、*9 有限会社ホーム・アイ、*10 中山倉庫株式会社

かす材料として、繊維方向に対し直交方向にスリット加工を施すことで表面に木口面を露出させた材料（以下「スギスリット材」）が実用化段階にある。しかし、スギスリット材を実大空間へ使用した場合における空気浄化機能と調湿能やヒトに与える作用を検証した例はない。

また、木材の抽出成分である精油にはストレス症状緩和の効果があること^{2,3)}や、木材に含まれるセドロールの吸入による睡眠内容の改善などの効果⁴⁾も確認されているが、木材を居住空間に用いてその効果を確認した既往の研究報告は見当たらない⁵⁾。

シックハウス症候群や化学物質過敏症などの問題に対処する方法の1つとして、これらの疾病に関連する症状や抑うつ、不安、不眠等を呈する居住者の家屋において、無垢の木材（特にスギ材）による内装仕上げを行ったところ、症状の改善が施工者により観察されている。今後、このような木質住環境のヒトへの効果を科学的に検証することは、現在、人工林面積の43%を占めるスギ材の利用拡大と有効活用を図る上で重要と考える。

本研究の目的は、木材、特にスギ材の作用によるヒトへの心理的・生理的な効果を実証し、居住者の健康改善や健康増進に寄与できる新たな材料の開発や居住空間を提案することにある。本報では、スギ材の空気質に関わる特性解明と木質住環境の空気質の分析、さらに、ヒトへの視覚・生理・心理効果の統合的な実験と解析として、以下に示す5つの課題について報告する。

課題1. 木材の空気汚染物質浄化吸収機能の解明とその強化技術の開発研究

課題2. 木材から放出されるVOCの分析とヒトの生理・心理に及ぼす影響の解析

課題3. 木質住環境の空気質とヒトの生理応答

課題4. 木質住環境の見えと心理評価

課題5. 木材の抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響についての細胞レベルでの検証

なお、木材抽出成分は処理する温度や方法によって量や質が変化することが確認されている⁶⁾。そこで、課題2から4の実験では60℃以下の低温で乾燥したスギ材を用いることで、課題間での条件の統一を図った。

2. 木材の空気汚染物質浄化吸収機能の解明とその強化技術の開発研究^{7,8)}

2.1 本研究の目的

本研究では、形状および乾燥処理方法の異なる試料を用いて二酸化窒素（NO₂）通気実験を行うことで、スギ材のNO₂収着における仮道管内表面と抽出成分の影響を検討した。加えて、屋内に設置した保管庫内の天井と壁面にスギスリット材を設置し、実大保存空間としての性能評価を行った。

2.2 実験方法

2.2.1 NO₂収着能の評価

大阪府および熊本県産の約40年生のスギ心材から、形状および乾燥処理方法（天然乾燥、人工乾燥：45℃、45℃遠赤パネル併用、60℃、60℃遠赤パネル併用、105℃）の異なる種々の試料を作成し、含水率約10%に調製した後、実験に用いた。通気実験に用いた試料形状を図1に示す。20℃恒温のインキュベータ内で試料に一定濃度（1,000ppb）のNO₂を流し（流速560ml/min、56%RH）、試料通過前後のNO₂濃度の差からNO₂収着量や収着率等を算出した。

2.2.2 保存空間の評価

供試保管庫の仕様を図2に示す。実験には床面に合板を使用した亜鉛メッキ鋼板製の保管庫（幅1,560×奥行1,840×天井高1,975mm、壁面4ヶ所に通気口あり）を用いた。スギスリット材は天然乾燥した和歌山県産スギ板目材にスリット加工（凹部幅6、凸部幅7、深さ6mm）を施したものを、その使用量は未使用、天井のみ使用、天井と壁3面に使用の3条件とした。また、床材による影響を検証するため、表面にビニルシートを施工した条件を設けた。計5種類の保管庫内における温湿度とアルデヒド類の測定、金属暴露試験を1年間（2011年1月7日から2012年1月6日）行い、保存空

間におけるスグスリット材の及ぼす影響を検討した。

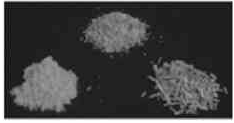



	木粉	小片	板状木口試験片	円盤状木口試験片
試料				
形状	粒径:0.151~0.25、 0.251~0.5、 0.51~1.0mm	直方体状 L方向:1.5、3.0、5.0mm	R方向:50mm T方向:100mm L方向:1.5、3.0、5.0mm	L方向:1.5mm 直径:10mm
産地	大阪府	大阪府	熊本県	熊本県

図1：試料形状






					
	C1	C2	W1	W2	W3
天井	鋼板	鋼板	スグスリット材	スグスリット材	スグスリット材
壁	鋼板	鋼板	鋼板	鋼板	スグスリット材
床	合板	ビニルシート	合板	ビニルシート	ビニルシート

図2：供試保管庫の仕様

2.3 結果および考察

2.3.1 NO₂ 収着能の評価

NO₂ ガスを仮道管内に通過させた試料(円盤状木口試験片)と仮道管横断面上を通過させた試料(板状木口試験片)の単位時間・重量当りのNO₂ 収着量を図3に示す。円盤状木口試験の収着量は板状木口試験片よりも6倍以上多いことから、仮道管内表面における寄与が高いことが明らかになった。さらに、収着量はガスと接触可能な仮道管内表面積に依存すること、収着は木口面からL方向約3mmの範囲で生じ、木口面表面に近いほど効果が大きいこと等が示唆される結果を得た。

各乾燥処理方法における脱抽出処理前後のNO₂ 収着率を図4に示す。処理前は、低温処理した試料ほど収着率は高くなる傾向を示したが、処理後では各収着率に有意な差が認められなかったことから、収着量は抽出成分量に依存することが考えられた。

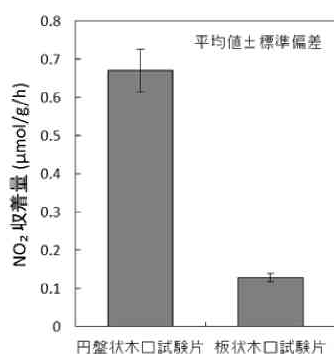


図3：ガス接触環境の異なる試料のNO₂ 収着量

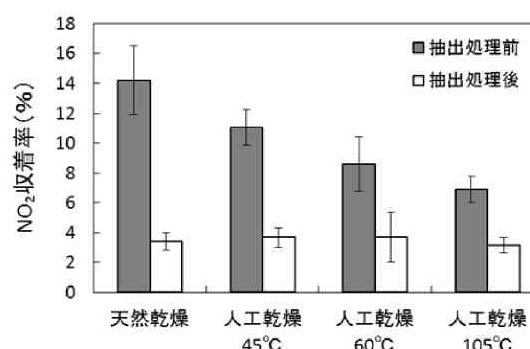


図4：各乾燥処理方法における脱抽出処理前後のNO₂ 収着率 (遠赤パネル使用は除く)

2.3.2 保存空間の評価

代表例として、梅雨（2011年5月22日から7月8日）における保管庫の気積（5.67m³）に対するスギスリット材の使用面積比と湿度変化率（保管庫内日較差/倉庫内日較差×100）の関係を図5に示す。スギスリット材使用量の増加とともに調湿能は高くなる傾向を示し、高い相関を得たことから、スギスリット材による調湿機能を実大保存空間においても確認することができた。また、本実験期間内において、アルデヒド類濃度は時間経過に従って濃度の低下、金属保存状態は保管庫間で大差が認められなかったことから、今後継続して観察を続ける予定である。

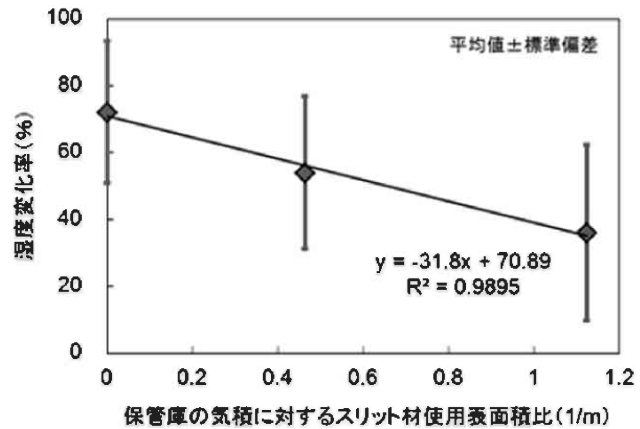


図5：梅雨における保管庫内へのスギスリット材使用量と湿度変化率の関係

注) 湿度変化率：各保管庫内における日較差/倉庫内日較差×100、梅雨：2011年5月22日から7月8日

3. 木材から放出される VOC の分析と人の生理・心理に及ぼす影響の解析^{9,10)}

3.1 本研究の目的

木材から放出される VOC の分析と人の生理・心理に及ぼす影響の解析に関する一連の研究のうち、本報では、スギ材を居住空間に用いた場合の居住者の心理的・生理的な影響について検討することを目的とし、被験者実験を実施した。

3.2 実験方法

3.2.1 供試空間と被験者

各室の内装を図6に示す。実験は2011年2月に、スギ材による内装を施したスギ環境室と隣接する対照室（5,075×3,630×2,555mm）で行った。スギ環境室には奈良県黒滝産スギ材（55℃人工乾燥）を用い、内装木材量は等しく配置場所や使用部位が異なる3条件とした。被験者は健康な成人男性6名と女性7名（年齢：22.8±1.6歳）とした。なお、本実験は京都大学大学院農学研究科実験倫理小委員会の承認により実施した。

3.2.2 実験の手順

実験手順を図7に示す。対照室、スギ環境室（15分）、対照室の順に移動し、各室の臭気および温熱環境に対する主観評価とスギ環境室への介入前後に対照室において唾液アミラーゼ活性による生理指標と POMS（Profile of Mood States）による心理指標を測定した。

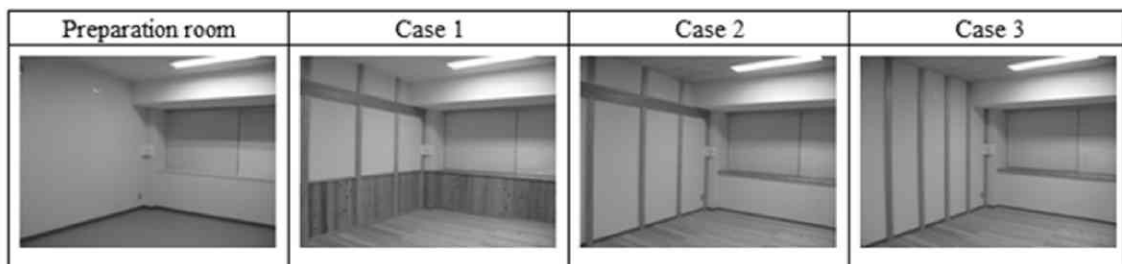


図6：実験室内の内装

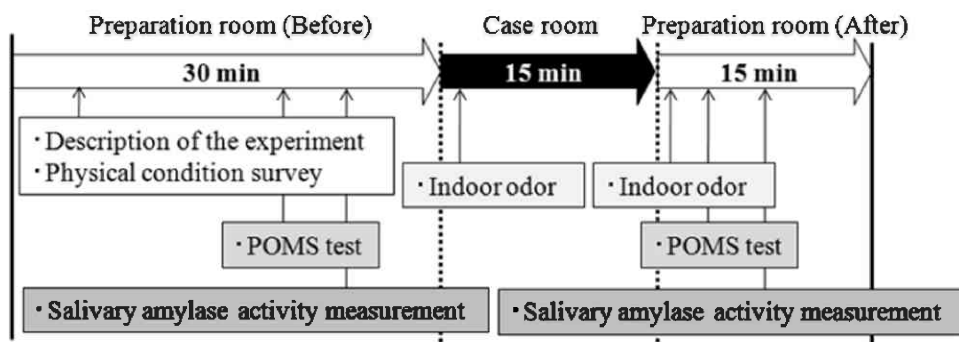


図7：実験手順

3.3 結果および考察

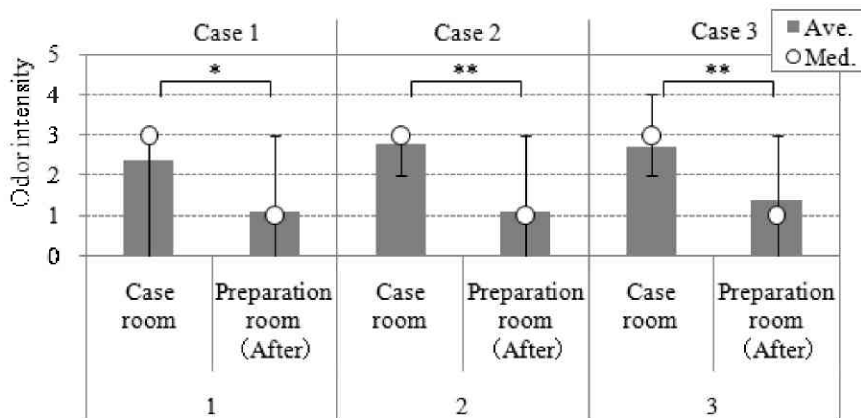
室内の臭気強度を図8、室内臭気快不快度を図9に示す。臭気強度（「0：無臭」～「5：強烈なおおい」6段階尺度）はスギ環境室が「3.楽に感知できるにおい」程度と対照室に比べて有意に高く、臭気快不快度（「-4：極端に不快」～「+4：極端に快」9段階尺度）も有意に快適側だった。実験条件による違いはみられず、いずれの条件においてもスギ環境室のにおいは対照室に比べてスギ材のにおいによって被験者には快適に感じられていたと考えられる。

POMSによる感情プロファイル検査結果を図10に示す。「活気（V）」を除く5項目が条件1および2で有意に減少しており、「疲労（F）」は全ての条件で減少していた。本実験と同条件下で行なった見目の印象評価実験より、条件3は条件1や2に比べて快適感が低く、「気が散る」などと評価されていたこと³⁾が影響したと考えられるが、変化率（入室後/入室前）については実験条件による有意差はみられなかった。

唾液アミラーゼ活性の結果を図11に示す。スギ環境室への入室前後や条件による有意差はなく、本実験条件ではスギ材設置による生理反応への影響は確認できなかった。

各条件下における空気質分析の結果を表1に示す。条件による違いはみられなかったが、スギ環境室からはβ-オイデスマール（2.6～3.8μg/m³）が特異的に検出されたことが分かった。なお、セドロールは検出限界以下であった。また、条件2のスギ環境室においてトルエン濃度が厚生労働省の指針値（260μg/m³）を超えており、対象室も条件1や3に比べて高かったことから、外気および実験室周辺の環境からの影響等考えられるが、本研究においては被験者の実験室への入室時間は短時間であり被験者の健康に及ぼす影響はなかったと考えられる。

以上の結果から、スギ環境室と対照室では、臭気強度や臭気の快・不快度に違いがみられ、スギ環境室への入室前後では、POMSによる心理的指標に違いがみられた。心理的指標には見目の印象の違いが影響することも示唆された。本実験では、生理的指標との関連性はみられなかったが、実験条件や統制方法を見直し引き続き検討を行なう予定である。



※ Bonferroni-adjusted Wilcoxon matched-pairs signed-rank test *p<0.05 **p<0.01

図8：室内臭気強度

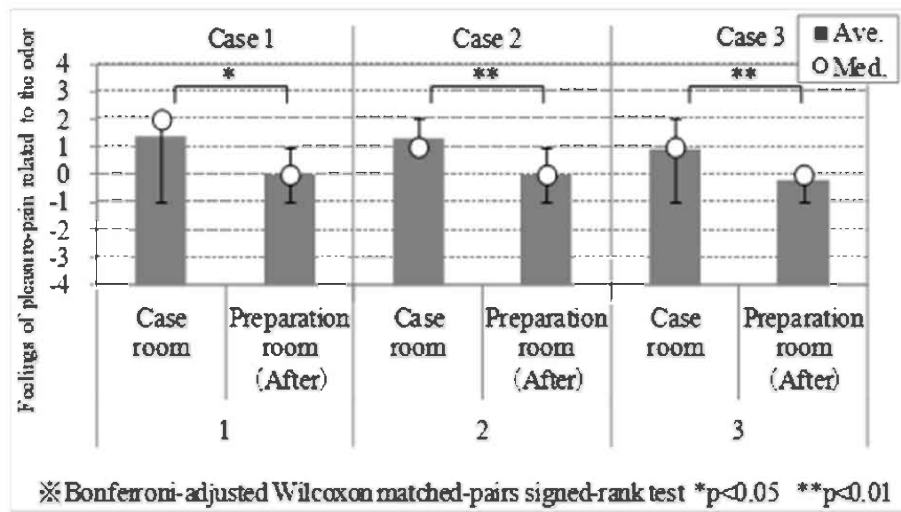


図9：室内臭気快不快度

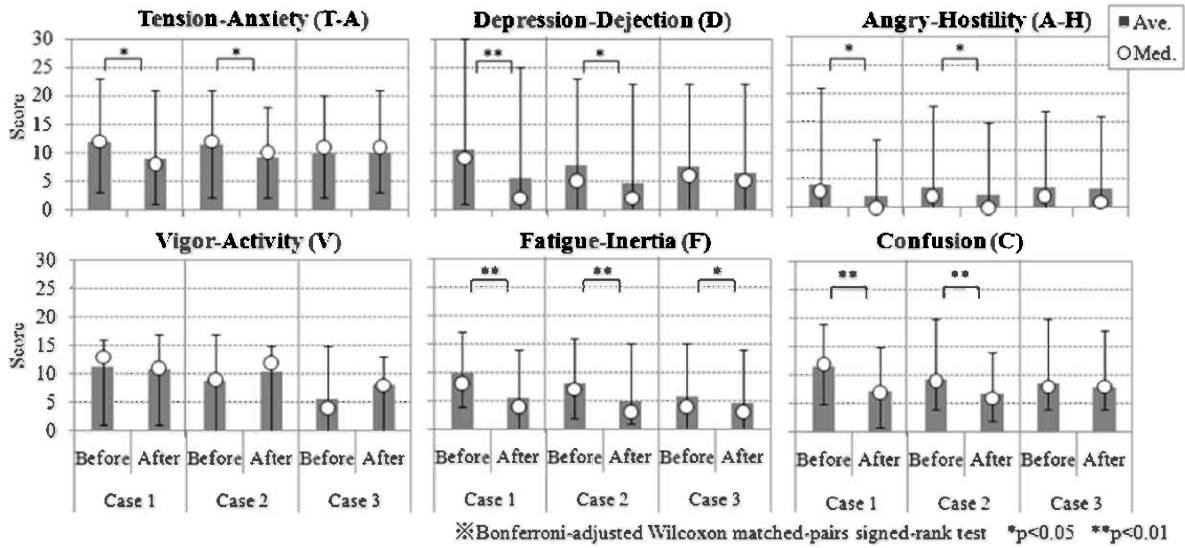


図10：POMSの結果



図11：唾液アミラーゼ活性値測定の結果

表 1 : 実験室空気質分析の結果

	Case 1		Case 2		Case 3		
	Preparation room	Case room	Preparation room	Case room	Preparation room	Case room	
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
Formaldehyde	6.3	4.9	10.4	13	8.6	11.3	
Acetaldehyde	3.9	5.5	8.8	13.2	5.3	16.5	
VOCs	Aromatic hydrocarbons (Toluene)	47.5 (39.1)	81.5 (75.5)	103.6 (69.5)	332.1 (291.0)	83.1 (35.8)	108 (32.3)
	Aliphatic hydrocarbons	12.6	6.9	25.7	31.8	29.5	39.7
	Terpenes (α -pinene)	1.8 (< 0.5)	2.1 (1.5)	2.5 (0.5)	4.4 (2.8)	2 (< 0.5)	4.7 (3.3)
	Alcohols	15.4	14	14.6	20.9	21.6	25.3
	Ketones	13.9	13.8	28.2	38	25.5	32.2
	Halogens	2.4	1.9	8.4	8.6	9.9	6.9
	Esters	2.9	2.6	20.4	16.7	6.8	7.2
	Aldehydes ^{※1}	12.7	6.5	7.9	12.2	8.6	10
	TVOC ^{※2}	230	1400	338	2170	266	1870
β -eudesmol ^{※3}	N.D.	3.4	N.D.	2.6	N.D.	3.8	
Cedrol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

※1 Aldehydes include nonanal and decanal, except formaldehyde and acetaldehyde.

※2 TVOC was calculated as the sum total of each quantitative value of 43 components detected within the range from hexane to hexadecane and total of reduced value to the toluene of unknown components.

※3 β -eudesmol and cedrol were measured three times in each condition, and the average value was shown in the table.

4. 木質住環境の空気質とヒトの生理応答¹¹⁾

4.1 本研究の目的

スギスリット材を用いた室内空間の居住性、特に空気質とヒトの生理応答に与える影響について明らかにすることを目的としている。一連の研究の中で、ここではスギスリット材の観察による視覚刺激がヒトの生理面に及ぼす影響を明らかにするための基礎的検討のうち、板目材とスリット材を壁面内装に用い、それらの違いがヒトの自律神経活動に与える影響について、心理面との対応を含めて報告する。

4.2 実験方法

4.2.1 供試内装

実験室内の配置を図 12、壁面内装のデザインを図 13 に示す。熊本県小国産スギ (45°C人工乾燥) の板目材とスリット材 (凹部幅 6・凸部幅 7・深さ 6mm) を用いたパネルを各 3 種類作成した。これらのパネルによりデザインの異なる 3 種類 (Type1~3) の壁面内装を実験室 (幅 3,630×奥行 5,075×天井高 2,555mm) 内に作成し、比較対照として未施工の壁面の実験室を加えた計 7 種類の壁面内装を実験に用いた。なお、実験室内の温湿度は 24°C・50%、照度は 800lx に調整した。

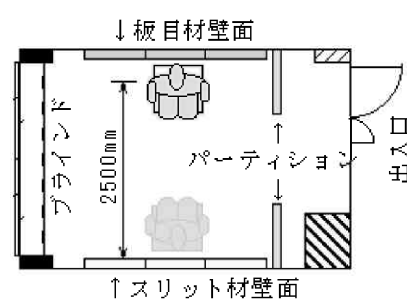


図 12 : 実験室内の配置

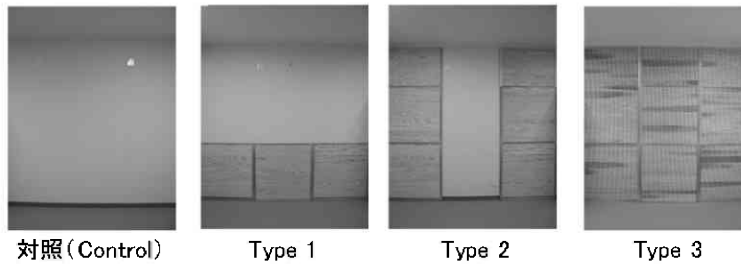


図 13：壁面内装のデザイン

4.2.2 被験者

健康かつ裸眼もしくはソフトコンタクトレンズ装用で正常な視力（視力：1.2±0.4）を有する男性 11 名（年齢：22.6±1.7 歳）とした。なお、本実験は京都大学大学院農学研究科実験倫理小委員会の承認により実施した。

4.2.3 測定項目

自律神経活動の指標として、脈拍数と収縮・拡張期血圧、心拍 R-R 間隔、唾液アミラーゼ活性を測定した。また、心理面の状態を POMS 短縮版（Profile of Mood States-Brief Form）により調べた。

4.2.4 実験の流れ

実験の流れを図 14 に示す。まず、前室にて車椅子に座った状態で各種センサを取り付け、質問紙への回答と唾液の採取を行った。次に、臭気遮断用の活性炭マスクを装着し、閉眼状態で車椅子にて実験室へ移動した。実験室内では、閉眼・安静をとらせた後、観察姿勢により開眼を促すことで刺激の提示を開始した。刺激の提示は、観察と質問紙への回答・安静を 3 回繰り返すことで行った。刺激提示終了後、閉眼状態で前室へ移動し、質問紙への回答と唾液の採取を行った。



①：脈拍数、血圧、心拍変動性、②：唾液アミラーゼ活性、③：視線追跡、④：POMS短縮版、⑤：その他質問紙

図 14：実験の流れ（5. の測定項目を含む）

4.3 結果および考察

刺激提示前後における収縮期血圧の変化を図 15 に示す。自律神経活動の測定結果のうち、代表例として刺激提示前後における収縮期血圧の変化をみると、Control の壁面では刺激提示後に上昇する傾向がみられたのに対し、スギ材を用いた壁面では低下する傾向がみられた。壁面デザイン毎にみると、Type 1 では刺激提示前に比べ有意に低下したのに対し、Type 2・3 では板目材を用いた壁面において全体として有意な低下は認められず、スリット材を用いた壁面では有意に低下した。

POMS 短縮版において測定される 6 つの指標のうち、入室前後における「活気 (V)」 T 得点の変化量を図 16 に示す。壁面デザイン毎にみると、Type 1 では同等の得点を示したのに対し、Type 2・3 ではスリット材は板目材に比べ低い得点となる傾向を示した。

本実験の結果から、板目材とスリット材を用いた壁面では異なる自律神経活動および気分・感情の変化を示すこと、スギ材使用量やデザインの条件により、スリット材壁面は板目材壁面に比べ生体を鎮静状態とすること、つまり視覚ストレスを緩和する可能性が示唆された。

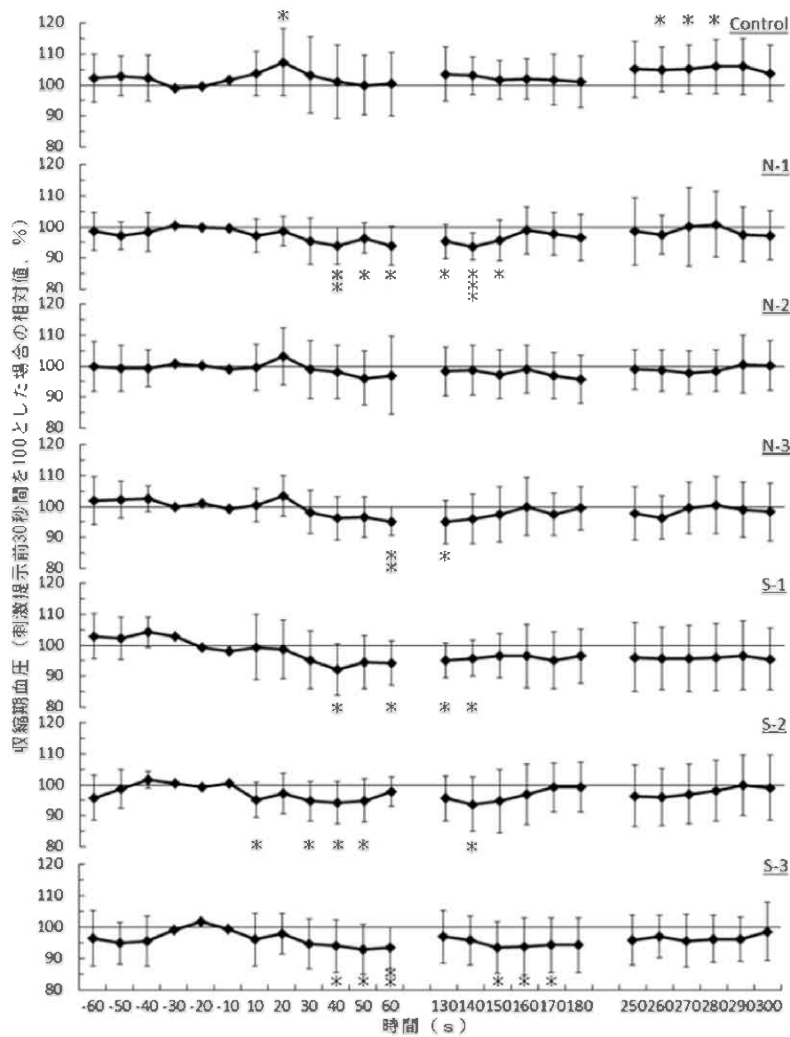


図 15：刺激提示前後における収縮期血圧の変化

注) N：スギ板目材、S：スギスリット材、1-3：Type1-3、n=10-11、平均値±標準偏差、*：p<0.05、**：p<0.01、***：p<0.001（対応のある t 検定：刺激提示前 30 秒間の平均値と刺激提示後の測定値との間）

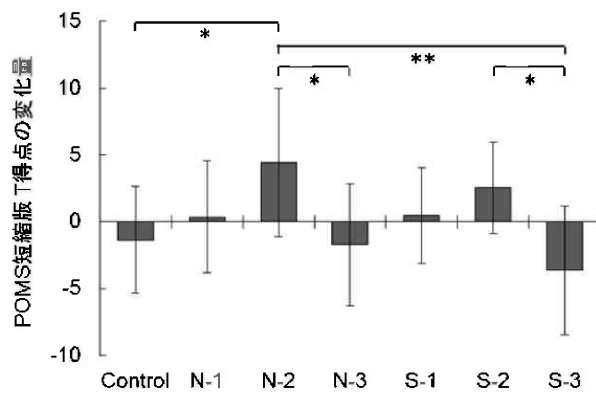


図 16：入室前後における POMS 短縮版「活気 (V)」T 得点の変化量

注) N：スギ板目材、S：スギスリット材、1-3：Type1-3、n=11、平均値±標準偏差、n=11、*：p<0.05、**：p<0.01（Tukey HSD の方法）

5. 木質住環境の見えと心理評価¹²⁾

5.1 本研究の目的

スギスリット材の空気浄化機能や調湿性能を住空間において存分に発揮させるには、スリット加工された面を内装側にあらわしにする必要がある。この場合、スリットによる陰影が観察者の視覚に周期的な図地反転を引き起こす可能性があり、せつかくの木材による意匠が阻害されるだけでなく、居住者に視覚的な不快感やストレスを与えてしまう恐れがある。本研究では、スギスリット材を実空間の壁面意匠として設置し、これを観察する被験者の視線の動きを追跡するとともに壁面の見た目の印象を申告させ、スリットの無い場合との比較を行った。

5.2 実験方法

5.2.1 供試内装と被験者

供試内装は 4. と同様とした (図 13 参照)。また、被験者は裸眼もしくはソフトコンタクトレンズ装用で正常な視力 (視力: 1.2 ± 0.4) を有する男性 11 名 (年齢: 22.6 ± 1.7 歳) とした。なお、本実験は京都大学大学院農学研究科実験倫理小委員会の承認を得て行われた。

5.2.2 内装観察

臭気遮断のためのマスクを着用した被験者は、閉眼状態で車椅子にさせられ、各内装室に誘導された。開眼指示後、被験者は 2500 mm の距離から 1 分間眼前の壁面を自由に観察した。その間の被験者の視線の動きが被験者の頭部に装着されたアイマークレコーダ (ナック、EMR-8) で記録された。続いて被験者は、現在の目の疲労感や心理状態に関する自己評価を行った。1 分間の自由観察と自己評価を 3 回繰り返し、最後に内装の見た目の印象に関する主観評価 (両極尺度、7 段階評価) を行った被験者は、閉眼状態で内装室を退室した。これら実験プロトコルの詳細は、図 14 の通りである。

5.2.3 停留点解析

アイマークレコーダが記録した被験者の視線の位置情報に基づき、自由観察中に視線が 0.1 秒以上留まった点を被験者の注意が向けられた停留点とし、その位置 (座標) と停留時間を抽出した。ここでは、各内装における平均停留回数、停留点分布の面積および細長比、停留点移動長を算出し、木内装におけるスリットの有無の影響を比較した。

5.3 結果および考察

各供試内装における停留点の分布範囲を図 17、停留点分布の面積を図 18、停留点の移動量を図 19 に示す。Type 1~3 の木内装は対照内装に比べて停留回数が多く、停留点分布が扁平で、停留点の移動量が大きかった。しかし、壁面デザインが同じ場合、スリットの有無が停留回数や停留点分布に及ぼす影響は小さかった。

また、木材を壁面全体に貼った Type 3 の場合、スリットがある方が無い場合よりも停留点の分布面積および移動量が増加する傾向にあった。

各内装の印象プロフィールを図 20 に示す。印象評価に及ぼすスリットの有無の影響は全体的に

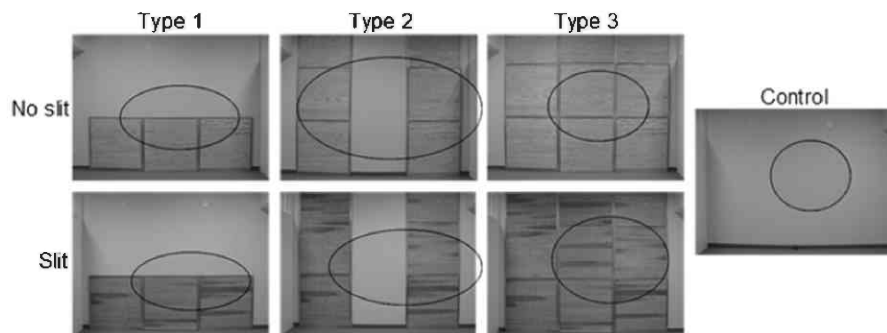


図 17: 停留点の分布範囲

注) 楕円の中心: 停留点分布の重心、楕円の長径: 横座標の標準偏差の 2 倍、楕円の短径: 長径に縦横比の平均値を乗じたもの

小さかった。Type 3 においては、スリットの無い方が有意に「感じのよい」「好き」「快適」などの好評価を受けたが、スリットのある壁面がマイナス評価を受けたわけではない。

今回の観察条件の場合、あらわしになったスギスリット材は視覚ストレスになりにくい、言い換えると、被験者はスリットの有無にさほど頓着しなかったことが停留点解析および主観評価から示唆された。ただし、スリットによる単純縞パターンは観察距離次第で過剰な視覚刺激となりうるので、今後、観察距離を変えた場合の被験者の反応を調べる必要があると考えている。

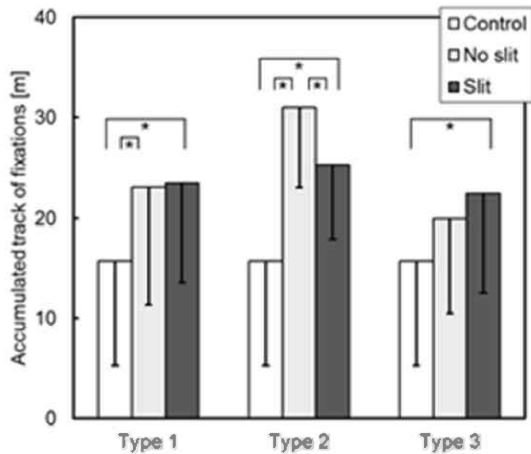


図 18：停留点分布面積の比較

注) *：危険率 10%未満で有意差有り（片側 t 検定）、エラーバー：標準偏差

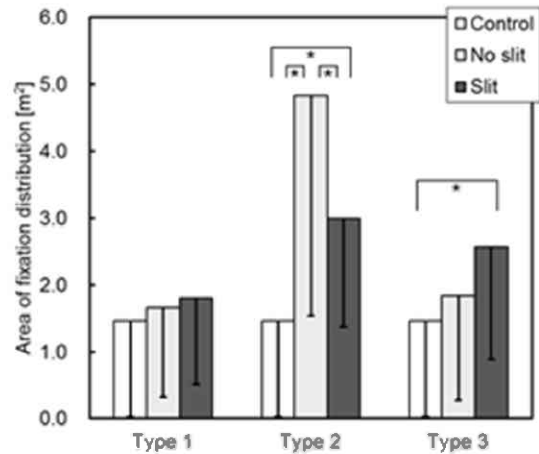


図 19：停留点の移動量の比較

注) *：危険率 10%未満で有意差有り（片側 t 検定）、エラーバー：標準偏差

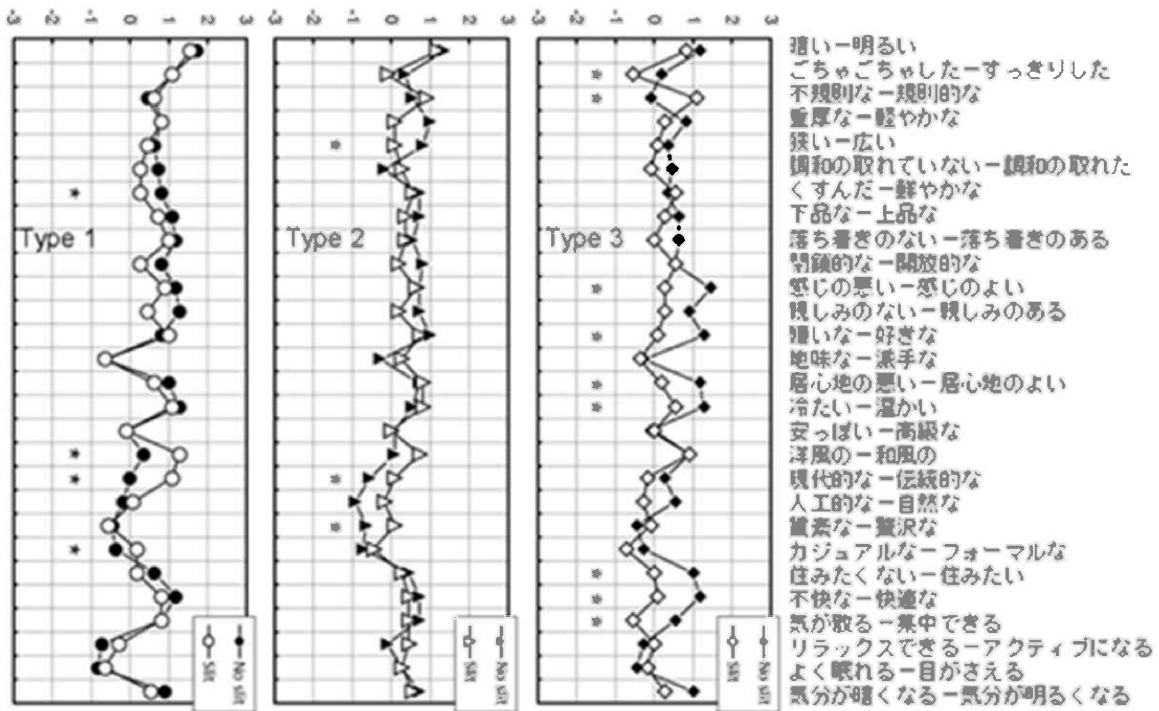


図 20：各内装の印象プロフィール

注) *：危険率 10%未満で有意差有り（対応のある t 検定）

6. 木材の抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響についての細胞レベルでの検証

6.1 本研究の目的

スギ材抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響を評価する一環として、細胞レベルにおける応答を検索するとともに、有意な細胞応答について、そのメカニズムの解明を目指す。

これまでに膵島細胞における電磁場の影響を評価し、糖尿病治療の可能性を検索してきている。糖尿病の発症には、サイトカイン（免疫システムの細胞から分泌されるタンパク質で、特定の細胞に情報伝達をするもの）によるインスリン分泌細胞へのダメージがある。このダメージを薬物で抑制できれば医療応用の可能性がある。サイトカインによるインスリン分泌細胞の機能障害には、酸化による損傷の関与が示唆されているので、この系で効果があれば、他の酸化損傷に起因する病態にも応用が可能と考えられる。

6.2 実験方法

スギ材抽出成分には、有機溶剤抽出物 1 mg を 1 ml DMSO に溶解後フィルター濾過滅菌したもの、熱抽出物 0.5 mg を 500 μ l DMSO に溶解後フィルター濾過滅菌したものをを用いた。細胞は、ラット膵島由来のインシュリン分泌細胞を用いた。

スギ材抽出成分 1 μ g/ml は培地中にスギ材抽出成分ストックを 1/1000 量、スギ材抽出成分 1ng/ml は培地中にスギ材抽出成分ストックを 1/10-6 量入れて作成した。また、DMSO の 2 種類の濃度は DMSO 濃度を合わせたコントロールで行い、培地に DMSO のみ添加した。

サイトカインの選択として、過去の文献により通常使われているもの（IL-1 β (50 units/ml) + IFN- γ (100 units/ml) 72 時間処理) で行った^{13,14)}。WST-1 assay について以下に示す。細胞増殖能力や細胞生存能力を発色測定により定量した。生細胞中のミトコンドリア脱水素酵素によるテトラゾリウム塩のホルマザン色素への変換を利用したものである。生存細胞数が増加すれば、サンプル中のミトコンドリア脱水素酵素の全体の活性が増加する。この酵素活性の増加が、ホルマザン色素の生成増加を導くため、ホルマザン色素と培地中の代謝活性のある細胞の数とは直線的な相関を示すことになる。このホルマザン色素の増加をプレートリーダーで測定した。

6.3 結果および考察

膵島細胞におけるサイトカイン刺激に対するスギ材抽出成分の影響評価の結果を図 21 に示す。少なくとも、スギ材抽出成分 1 μ g/ml、1 ng/ml には細胞増殖に対する毒性はないことが判明した。また、スギ材抽出成分、特に熱抽出成分に酸化損傷の抑制効果傾向が観察されるが、DMSO コントロールも抑制しており、これだけでは結論を導くことはできなかった。

この系の過去の検討によると NO₂-+NO₃-濃度測定による結果の方が安定しているので、今後それに期待して追加データを取り、判断する予定である。また、NO₂-+NO₃-濃度測定の結果次第ではあるが、微量 DMSO の酸化活性抑制の報告もあり、この系の検討続行は明確な結果を導きにくい印象もぬぐえない。従って、他の検討系に移行する方が良いと思われる。

細胞影響の検討系を変えるとするならば、例えば、HUVEC の遊走能への影響研究にシフトする方法がある。HUVEC とは、ヒト由来血管内皮細胞であり、血管内皮細胞の遊走は、血管新生プロセス (angiogenesis) の重要なプロセスの 1 つである。スギ材抽出成分が遊走を抑制するか、あるいは促進するか検討することにより、遊走を阻害するならば血管新生阻害タイプの抗癌剤、遊走を促進するならば虚血性疾患に対する薬剤として、それぞれ医療への応用が期待できるデータと成り得る。また、スギ材抽出成分がストレス緩和に効果的であることを細胞レベルで検証するとしたら、例えば、ストレス誘導蛋白産生への影響を検索することも 1 つであると考えられる。

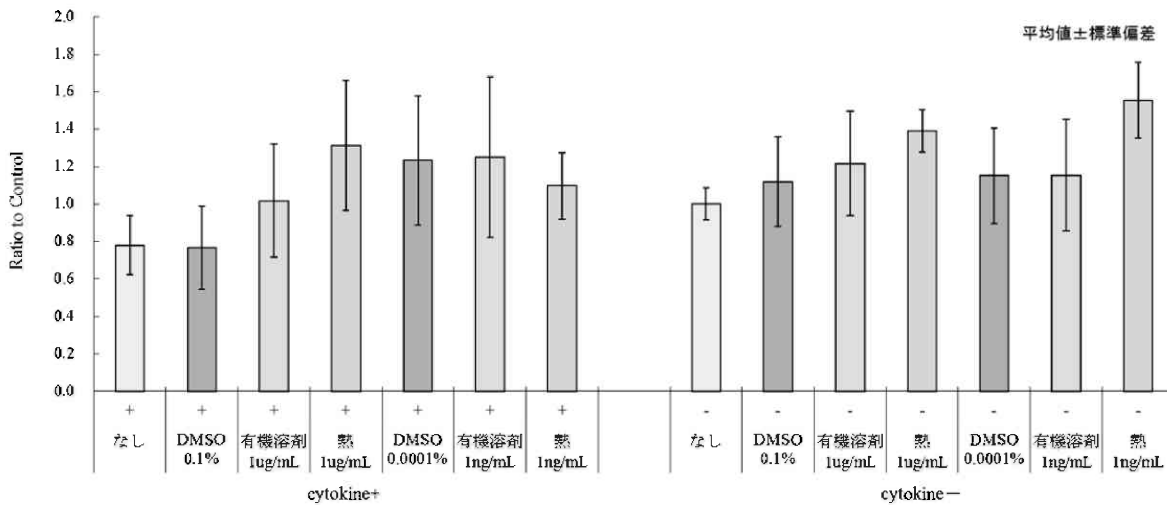


図 21：膝島細胞におけるサイトカイン刺激に対するスギ材抽出成分の影響評価

7. 今後の展開

スギ材の空気汚染物質浄化吸収機能の解明については、これまで検討を進めてきた NO₂ 収着能の更なる解明に加え、他の物質について検討を行う。以上の研究成果を基に、新たな強化技術や材料の開発などの実用化に向けた研究を進める。

木材から放出される VOC の分析とヒトの生理・心理に及ぼす影響の解析については、長時間スギ材の設置している時間に滞在した場合の影響として、スギ材を配置した環境とスギ材のない環境における睡眠時の生理・心理反応を観察し、スギ材が入眠や睡眠内容改善に及ぼす影響について検討する予定を行うことで、木材の居住環境及びそこで生活するヒトに対する効果や影響を明らかにしたいと考える。

木質住環境の見えや空気質とヒトの心理・生理応答については、今年度得られた知見を基に、更なるデータの蓄積を図る。加えて、実空間での検証として、学習空間へのスギ材使用と集中力維持・向上および健康改善・増進（免疫機能の向上など）との関係について、疫学調査によりその解明を試みる。

スギ材の抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響についての細胞レベルでの検証については、今年度得られた知見を基に、スギ材抽出成分の細胞レベルにおける応答の検索を行い、有意な細胞応答についてはそのメカニズムの解明を進める。加えて、スギ材抽出成分がストレス緩和に与える効果について細胞レベルでの検証を試みる。

以上の研究を進めることで、スギ材の機能によるヒトへの心理的・生理的な効果を実証し、ヒトの健康改善・増進に寄与できる新たな居住空間や材料の提案を目指す。

参考文献

- 1) 川井秀一, 辻野喜夫, 藤田佐枝子, 山本堯子, 木材による調湿と空気浄化, Clean Technology, 2010年7月号, 1-4, 2010.
- 2) Yada Y., Sadachi H., Nagashima Y., Suzuki T., Overseas Survey of the Effect of Cedrol on the Autonomic Nervous System in Three Countries, Journal of Physiological Anthropology, 26, 349-354, 2007.
- 3) 花輪尚子, 才木祐司, 山口昌樹, 日本古来の香りが日本人にもたらす交感神経活動の鎮静作用, 日本生理人類学会誌, 13(1), 49-56, 2008.
- 4) 山本由華吏, 白川修一郎, 永嶋義直, 大須弘之, 東條聡, 鈴木めぐみ, 矢田幸博, 鈴木敏幸, 香気成分セ

- ドロールが睡眠に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, 8(2), 69-73, 2003.
- 5) 木村彰孝, スギ材の香りがヒトの生理反応に与える作用, AROMA RESEARCH, 13(3), 24-28, 2012.
 - 6) 澁谷栄, 小幡谷英一, 花田健介, 土居修一, 木材保存, 32(5), 196-202, 2006.
 - 7) 中川美幸, 木村彰孝, 梅村研二, 川井秀一, スギ材の二酸化窒素吸着における仮道管内表面の寄与, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
 - 8) 中川美幸, 木村彰孝, 中山雅文, 藤田佐枝子, 辻野喜夫, 梅村研二, 川井秀一, 保存空間に施工したスギスリット材の調湿効果, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
 - 9) 萬羽郁子, 東賢一, 仲村匡司, 甲田勝康, 藤田佐枝子, 辻野喜夫, 上堀美知子, 川井秀一, 居住空間におけるスギ材の心理的及び生理的効果に関する研究—内装仕様の違いが及ぼす影響に関する検討—, 平成23年度室内環境学会学術大会講演要旨集, 94-95, 2011.
 - 10) Banba I., Azuma K., Nakamura M., Fujita S., Tsujino Y., Uebori M., Kouda K., Kawai S., Effects of Japanese Cedar on Psychological and Physiological Factors in an Indoor Environment: The Influence of Interior Specifications, Proceedings of Healthy Buildings 2012 10th International Conference, Brisbane, 2012.
 - 11) 木村彰孝, 仲村匡司, 藤田佐枝子, 川井秀一, スリット加工が施されたスギ材の観察がヒトに及ぼす影響I 自律神経活動および気分・感情の変化について, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
 - 12) 仲村匡司, 木村彰孝, 藤田佐枝子, 川井秀一, スリット加工が施されたスギ材の観察がヒトに及ぼす影響II 視線移動および主観評価に及ぼす影響, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
 - 13) Sakurai T., Kiyokawa T., Miyakoshi J., K02b.10 extremely low frequency magnetic fields enhance cytokine-mediated beta-cell dysfunction, The XXIX General Assembly of the International Union of Radio Science (Union Radio Scientifique Internationale-URSI), Chicago, 2008.
 - 14) Sakurai T., Terashima S., Miyakoshi J., Effects of strong static magnetic fields used in magnetic resonance imaging on insulin-secreting cells, Bioelectromagnetics, 30, 1-8, 2009.