

平成 29 年度林野庁委託事業

『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

(木材の健康効果・環境貢献等の評価・普及事業)』

成果報告書

一般社団法人

健康・省エネ住宅を推進する国民会議



## 目次

1. 事業概要.....	6
1-1 研究背景・目的 .....	6
1-2 研究実施内容.....	7
1-3 事業計画.....	8
2. フィールド調査.....	9
2.1 調査の概要.....	9
2.1.1 調査の目的 .....	9
2.1.2 調査期間・対象者の概要 .....	9
2.1.3 調査・測定項目 .....	11
2.2 アンケート集計結果.....	12
2.2.1 有効サンプル数 .....	12
2.2.2 対象者の属性.....	12
2.2.3 対象住宅の属性 .....	14
2.2.4 アンケート調査結果 .....	17
2.3 実測調査の集計結果.....	20
2.3.1 有効サンプル数 .....	20
2.3.2 対象者の属性.....	20
2.3.3 対象住宅の属性 .....	21
2.4 住宅内装の無垢材利用が睡眠状態に与える影響.....	23
2.5 まとめ .....	29
3. 木質内装被験者実験 .....	30
3.1 実験概要 .....	30
3.1.1 実験目的.....	30

3.1.2	実験場所・ケース設定.....	30
3.1.3	実験日程・スケジュール.....	32
3.1.4	測定項目.....	33
3.2	室内環境の測定結果.....	38
3.3	サンプルスクリーニングと分析方法.....	41
3. I	木目調の内装材と無垢材が睡眠と翌日の知的生産性に及ぼす影響.....	42
3. I.1	木目調の内装材と無垢材が室内空間の印象に及ぼす影響.....	42
3. I.2	木目調の内装材と無垢材が自律神経状態に及ぼす影響.....	47
3. I.3	木目調の内装材と無垢材が睡眠に及ぼす影響.....	50
3. I.4	木目調の内装材と無垢材が翌日の知的生産性に及ぼす影響.....	53
3. I.5	木目調の内装材と無垢材の比較結果まとめ.....	58
3. II	スギスリット材と無垢材が睡眠と翌日の知的生産性に及ぼす影響.....	59
3. II.1	スギスリット材とスギ無垢材が室内空間の印象に及ぼす影響.....	59
3. II.2	スギスリット材とスギ無垢材が自律神経状態に及ぼす影響.....	62
3. II.3	スギスリット材とスギ無垢材が睡眠に及ぼす影響.....	64
3. II.4	スギスリット材とスギ無垢材が翌日の知的生産性に及ぼす影響.....	66
3. II.5	スギスリット材とスギ無垢材の比較結果まとめ.....	68
4.	幼稚園調査.....	69
4.1.....	調査概要	69
4.1.1	調査の背景・目的.....	69
4.1.2	調査対象園の概要.....	69
4.1.3	実測調査の概要.....	71
4.1.4	職員アンケート調査の概要.....	73
4.2.....	基礎集計結果	73
4.2.1	温湿度測定結果（秋季）.....	73
4.2.2	調査対象者概要.....	76
4.2.3	身体活動量測定結果（秋季）.....	78

4.2.4	開眼片足立ちテスト結果 .....	80
4.3	第4章のまとめ.....	80
5.	床への無垢材利用と居住者の健康状態に関する被験者実験.....	81
5.1	調査の概要.....	81
5.1.1	調査の目的.....	81
5.1.2	調査期間・場所.....	81
5.1.3	調査対象者.....	84
5.1.4	実験ケース・スケジュール.....	84
5.1.5	調査・測定項目.....	85
5.2	動脈硬化進行度合い別の血流量と血圧の関係.....	89
5.3	第5章のまとめ.....	91

## 1. 事業概要

### 1.1 研究背景・目的

我が国における成熟化した森林資源を活かし、新たな木材需要を喚起するため、中高層建築物での木材の利用促進が期待されている。利用促進のためには、省エネという直接的な便益（EB: Energy Benefits）に加え、居住者の健康を維持増進させるという間接的便益（NEB: Non-Energy Benefits）を提示していくことが必要とされている。近年、間接的便益として、適切な木質内装化が居住者の健康状態に好影響を与えることが明らかとなりつつある。

これらの背景を鑑みて平成27年度、28年度においては、林野庁「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・省エネ性データ整備のうち木造建築物等の健康・省エネ性等データ収集・分析」の助成を得て、木質化住宅に在住の居住者を対象とした「フィールド調査」及び「木質内装被験者実験」「保育園・幼稚園調査」を実施した。「フィールド調査」では2014年11月～1月の対象者75世帯121名と2015年2月の調査対象者に加え、対象者のうち新築住宅に転居した者を対象とし、アンケート調査及び温湿度と睡眠状態の実測調査を実施した。分析の結果、室内環境や個人要因の差異を制御した場合、男性・女性ともに無垢材の使用率（無垢材化率）0%,100%と比較し0%<無垢材化率<100%において睡眠効率が最大となることを確認した。「木質内装被験者実験」では2015年10月及び11月と2016年8月男子大学生を対象に実験住宅・作業空間にて、睡眠や日中の知的生産性を測定し、木材によって期待されるリラックス効果が、居住者の健康状態へ与える影響の検証を行った。2015年の実験では、木質化率0%ケースと比較し45%,100%ケースでは深睡眠時間の増加、起床時疲労感の減少、日中の知的生産性の向上が確認された。2016年の実験では、内装木質化した空間では創造性を要する作業の成績が向上する可能性を示した。

「幼稚園調査」では分析の結果、秋季において床材に無垢材を使用した園舎の方が複合フローリングを使用した園舎よりも園児の活動強度が高く、無垢材利用による足への負担軽減効果の可能性が示された。また、秋季と冬季の温熱環境を比較すると、木質内装の幼稚園では相対湿度に有意差は確認されなかったが、非木質内装の幼稚園では冬季の相対湿度が有意に低い結果となった。このことから木質内装の幼稚園は年間を通じて湿度が安定して保たれていると考えられる。

上記の成果については対象を限定した結果であり、さらなる対象者の拡大が必要である。従って、本研究では、木質化住宅に在住の居住者および、子どもを含む木質化施設の利用者を対象にサンプルを拡大し、温熱環境データや睡眠データの収集を行うとともに、健康状態のデータ収集を実施し、室内環境が健康に及ぼす影響及びそのメカニズムの解明を行う。

## 1.2 研究実施内容

背景を鑑みて、本研究では、木質化住宅に在住の居住者を対象とした「フィールド調査」、木質内装実験住宅・実験室における「被験者実験」、RC造園舎・木造園舎に通う園児を対象とした「幼稚園調査」を実施した。

「フィールド調査」では統計的な価値を高めることを目的として、前年度に実施した調査データにサンプルを追加し、分析を行う。主観データとして「住環境（温熱環境の満足度、木室内装の見た目、木質化率、健康チェックリストなど）」「住民の健康状態（自己申告データ、睡眠の質）」を調査する。さらに、客観データとして「温熱環境」や「睡眠状態」を調査し、相互関係について検証する。

「被験者実験」ではエビデンスの習得を目的として、木目調の内装材や無垢材といった、内装材の異なる空間を対象とした比較実験を行い、内装木質化が居住者の健康や知的生産性に及ぼす影響を検証する。主観データとして「室内の印象」を調査し、客観データとして「睡眠状態、知的生産性（模擬作業の成績）」を測定することで、住環境と生理指標の関係について検証する。

「幼稚園調査」では対象年齢・対象場所の拡大を目的として、幼稚園を対象とし、木造高断熱園舎とRC造園舎の比較調査、及び園舎の建て替え前後比較調査実施により、園舎の内装木質化が園児の健康に及ぼす影響について検証する。主観データとして「園舎の環境（温熱環境の満足度、木室内装の見た目など）」を調査し、客観データとして「園舎内の温湿度」や「園児の身体活動量・運動能力」の測定、また年間の出席状況のデータを収集し、相互関係について検証する。

これにより、住宅・施設への木材利用がもたらす効果を提示し、この成果をシンポジウム等で建築関係者らに公表することで、木材利用の拡大に向けた一助となるものと期待される。

### 1.3 事業計画

調査研究の遂行に向けて、検討委員会の実施、および調査関係者との協議を重ねた。協議の中で、調査及びデータ分析の方針の検討を実施した。

主な委員会および打合せの日時を下記に示す。

#### 【検討委員会】

- ・ 第一回：2017年12月7日 @ナイス株式会社 本社会議室

#### <委員>

- 委員長 有馬 孝禮（東京大学名誉教授、農学博士、(一社)木と住まい研究協会 代表理事）
- 委員 落合 正浩（トータルヘルス研究所 所長）
- 委員 星 旦二（首都大学東京大学 名誉教授） ※欠席
- 委員 恒次 祐子（東京大学大学院 農学生命科学研究科 准教授） ※欠席

#### 【被験者実験・調査打ち合わせ】

- ・ 2017年7月20日 @ナイス株式会社スマートウェルネスパビリオン
- ・ 2017年8月7日 @ナイス株式会社スマートウェルネスパビリオン
- ・ 2017年8月28日 @ナイス株式会社スマートウェルネスパビリオン

#### 【幼稚園調査打ち合わせ】

- ・ 2017年6月15日 @広島県広島市
- ・ 2017年7月11日 @東京都内
- ・ 2017年8月29日 @広島県広島市
- ・ 2017年9月5日 @三重県伊勢市
- ・ 2017年9月14日 @高知県高知市
- ・ 2017年12月16日 @三重県津市
- ・ 2017年12月21日 @広島県広島市

## 2. フィールド調査

これまで平成 25 年度の林野庁『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』や、平成 26 年度の林野庁『CLT 等新製品・新技術利用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）』、平成 27,28 年度の林野庁『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等の健康・省エネ性等データ収集・分析』の助成を得てフィールド調査を実施し、内装木質化による睡眠効率への効果について定量的に評価するため、サンプルを蓄積してきた。

昨年度までは木質化率と睡眠指標との関係について人数×日数のデータを用いて分析していたが、各対象者の日数分の重複が排除できないため、本年度では代表値化した値を用いて分析を行った。また、結果の信頼性を向上させるため、新たにサンプルを追加して分析を行った。

### 2.1 調査の概要

#### 2.1.1 調査の目的

内装木質化によって期待されるリラックス効果が居住者の睡眠状態に与える影響を検証するため、フィールド調査を実施した。木質化率や個人属性に関するアンケート調査と温湿度と睡眠状態の実測調査を実施し、木質内装住宅が居住者の睡眠状態に与える影響を検証する。

#### 2.1.2 調査期間・対象者の概要

##### 【調査期間】

平成 25 年度～29 年度の各時期

##### 【対象者の概要】

対象者は各地域に所在する工務店の協力の下で募集した。工務店の顧客、及び工務店の社員とその親族を分析対象とした。

詳細な調査概要を表 2-1 に示す。

表 2-1 アンケート調査項目の概要

年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 29 年度
調査時期	2013 年 10 月中旬～11 月下旬	2014 年 11 月中旬～12 月上旬 2014 年 12 月上旬～12 月下旬 2015 年 1 月中旬～2 月上旬 2015 年 2 月中旬～3 月上旬	2016 年 1 月中旬～2 月中旬	2017 年 12 月中旬～ 2017 年 12 月下旬
調査期間	2 週間			
対象地	日本全国 (群馬、埼玉、東京、愛知、大阪、広島、山口、愛媛、福岡、熊本、鹿児島)	首都圏 (茨城県、栃木県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県)	首都圏 (茨城県、栃木県、千葉県、山梨県)	三重県
対象者条件	戸建住宅居住者 (20 歳以上の男女)	戸建住宅居住者 (40 歳以上の男女)	戸建住宅居住者 (40 歳以上の男女)	戸建住宅居住者 (20 歳以上の男女)
	① 断熱性能がH11年基準を満たす住宅 (高断熱住宅) ② 断熱地域区分が 4 地域であること ③ 居住年数が1年以上4年未満であること	① 関東地方及びその近辺に在住	① 断熱性能がH11年基準を満たす住宅 (高断熱住宅) ② 関東地方及びその近辺に在住 ③ 居住年数が1年未満であること (平成26年度調査後に新築住宅に転居した者)	① 高断熱仕様の住宅居住者 ② 築年数が4年未満程度であること
有効サンプル数	119 世帯 232 名 (122 世帯 244 名中)	96 世帯 161 名 (100 世帯 169 名中)	7 世帯 13 名 (7 世帯 13 名中)	19 世帯 38 名 (20 世帯 40 名中)
有効サンプル数 (実測)	23 世帯 30 名 (26 世帯 33 名中)	82 世帯 148 名 (100 世帯 167 名中)	7 世帯 13 名 (7 世帯 13 名中)	15 世帯 30 名 (20 世帯 40 名中)

### 2.1.3 調査・測定項目

フィールド調査におけるアンケート調査項目を表 2-2 に示す。対象者に対して、住宅や生活習慣、健康状態について問うた。住宅に関する項目には、寝室の床・壁・天井の内装材への木材の使用状況、無垢材の使用状況、寝室の床・壁・天井で使用している内装材の種類や、寝室の見た目・香り・さわり心地と木の香りの有無といった問を設けて、木質化が日常生活に与える諸効果について把握した。今年度の調査で使用したアンケート調査票を付録 1 に添付する。尚、住宅については、対象者だけでなく専門家からの観点の情報収集も必要と考え、工務店関係者に各住宅について調査票への記録を依頼した。

実測項目を表 2-3 に示す。自宅にて温湿度と睡眠状態の測定を行った。本調査で用いた睡眠計は非接触型であり、枕元に設置し、簡単なボタン操作を行うことで睡眠効率を測定可能である。睡眠計を用いて「睡眠効率」「深睡眠時間」「入眠潜時」「中途覚醒回数/時間」といった指標を測定することが可能である。

表 2-2 アンケート調査項目の概要

調査の回答者	大項目	小項目
居住者	住まい	<ul style="list-style-type: none"> <li>延床面積, 築年数, 構造, 断熱材の有無</li> <li>仕上げ材の種類 (無垢材の使用の有無)</li> <li>住宅に対する見た目, 香り 等</li> </ul>
	健康状態	<ul style="list-style-type: none"> <li>主観的健康感 ・ストレス ・睡眠状態</li> <li>症状 (だるさ, 頭痛) ・既往歴 等</li> </ul>
工務店	住まい	<ul style="list-style-type: none"> <li>延床面積, 築年数, 構造, 断熱材の種類</li> <li>内装の木材の使用状況</li> <li>仕上げ材の種類 (木材の使用の有無) 等</li> </ul>

表 2-3 実測項目の概要

	温湿度	睡眠状態
測定場所	自宅の寝室	
測定機器	おんどとり TR-74Ui, TR-72wf, TR-72U (T&D 社) または おんどとり Jr. RTR-503 (T&D 社) <div style="text-align: center;">  </div>	睡眠計 HSL-102-M (OMRON 社) <div style="text-align: center;">  </div>
測定項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度</li> <li>湿度</li> <li>照度 (TR-74Ui のみ, 平成 26・27 年度調査)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>睡眠効率<sup>注1</sup></li> <li>入眠潜時</li> <li>深睡眠時間<sup>注2</sup></li> <li>中途覚醒時間/回数</li> </ul>

注1 総睡眠時間中の睡眠時間の割合

注2 10 分以上体動のない深い睡眠状態

## 2.2 アンケート集計結果

### 2.2.1 有効サンプル数

96.8% (241 世帯/250 世帯)、95.3% (444 名/466 名)

フィールド調査を実施した 250 世帯 466 名の内、アンケート調査に無回答、或いはアンケート調査票が未回収の対象者 9 世帯 22 名を無効サンプルとした。

#### 【有効サンプルの基準】

- ・アンケート調査に参加
- ・寝室の内装木質化率に関する設問 3 問に全て回答

### 2.2.2 対象者の属性

対象者の男女別のサンプル数、年齢、BMI を図 2-1～図 2-3 に示す。BMI は対象者向けアンケート調査での身長と体重の回答から算出したが、平成 26 年度に実施した調査では初回睡眠測定時に体重体組成計 HBF-252F(OMRON 社)により BMI を測定したためこの値を用いた。サンプル数に男女の偏りはなく、30 代以上がほとんどを占めた。また、BMI が 18.5 以上 25.0 未満の標準体重の対象者が全体の約 76%であった。

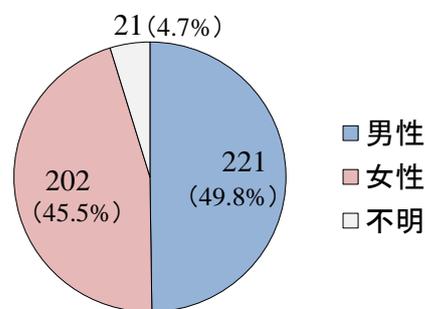


図 2-1 対象者のサンプル数 (男女別)

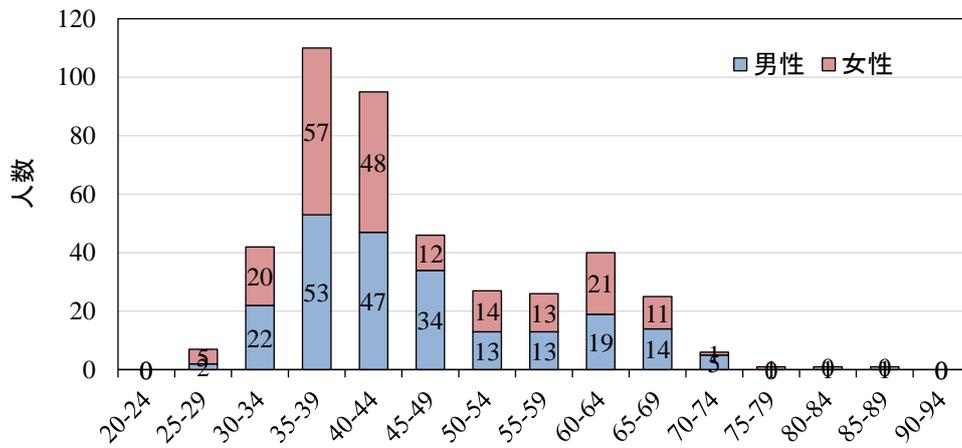


図 2-2 対象者の年齢分布 (男女別)

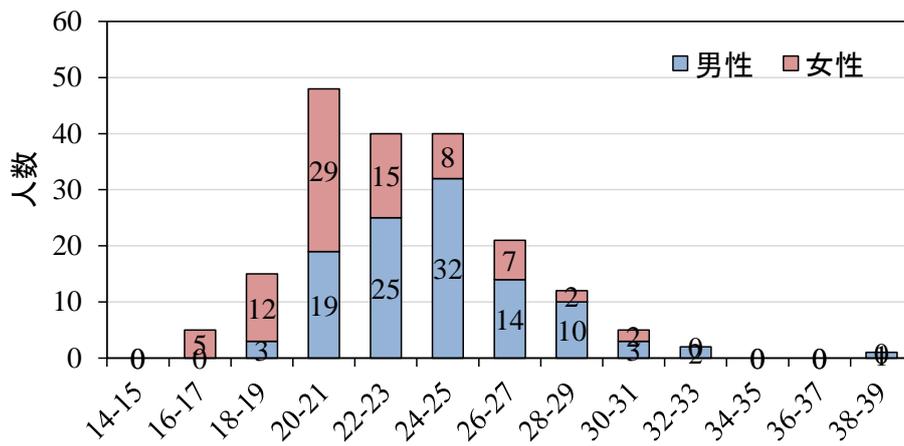


図 2-3 対象者の BMI 分布 (男女別)

### 2.2.3 対象住宅の属性

対象者向けアンケート調査より把握した対象住宅の築年数を図 2-4 に示す。平成 26 年度調査を除いて、対象者の募集時に築年数の条件を設けたため、築年数が 4 年以下の住宅が全体の約 60%を占めた。

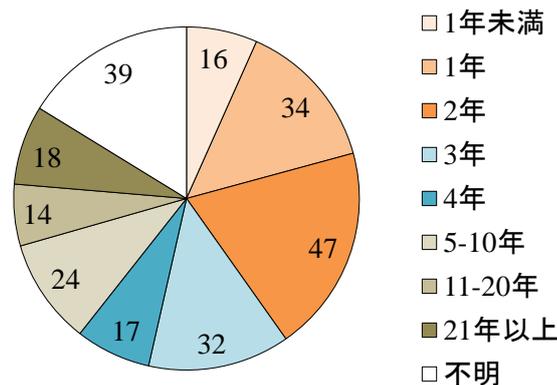


図 2-4 対象住宅の築年数

既往の研究等では内装材の木材利用量の評価指標として、木質化率や木材化率という指標があるが、「延べ面積に対する木質化施工面積の割合」としているものや、「新築等又は模様替えが行われた施設に占める内装等の木質化が行われた施設の割合」等を指標として内装の木質化の度合を定義しているものがある。

本研究では、図 2-5 に設問を示す対象者へのアンケート調査より把握した寝室の床・壁・天井への木材の使用状況をもとに、「床・壁・天井のうち木材を使用している面積の割合＝各面（床・壁・天井）の内装表面積（窓面積を除く）に木質化の割合を乗じ、合計内装表面面積で除したものの百分率」（表 2-4 参照）を木質化率として定義する。また本調査では床面積や階高を調査していないため、住宅用標準問題（図 2-6）と同じであると仮定して各面積を算出した。

例えば、床のみに木材を使用した場合は木質化率 24%、床と天井に木材を使用した場合は木質化率 48%、加えて壁の半分には木材を使用した場合は木質化率 74%と計算できる（図 2-7）。

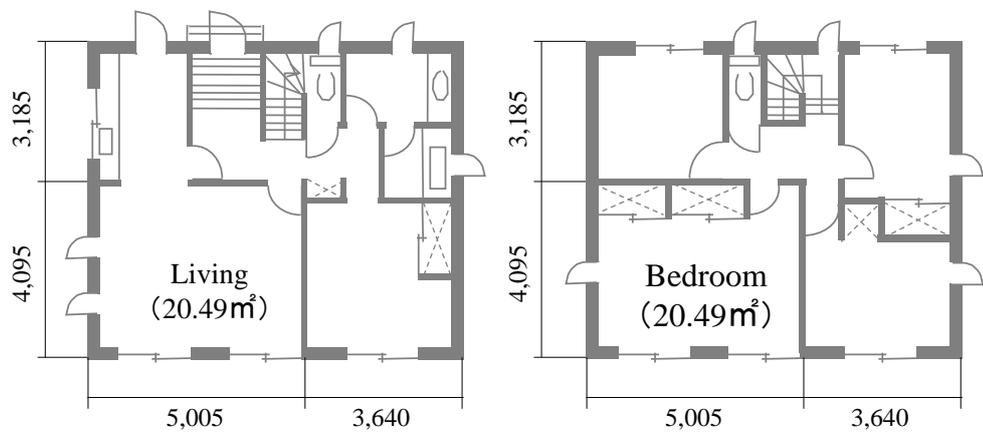
**問8** 寝室の床・壁・天井の内装材に、どの程度木材を使用していますか。

	まったく使用していない	半分くらい使用している	全体に使用している
(1) 床	1	2	3
(2) 壁	1	2	3
(3) 天井	1	2	3

図 2-5 木質化率の算出のために用いた対象者向けアンケート調査項目（抜粋）

表 2-4 各面の内装表面積と木質化の割合

各面の内装表面 面積		×	木質化の割合
床	20.5 m <sup>2</sup>		0 (なし)
壁 (窓面積を除く)	43.7 m <sup>2</sup>	0.5 (半面)	
天井	20.5 m <sup>2</sup>	1 (全面)	
合計	84.7 m <sup>2</sup>		



※階高は 2,400mm として計算

図 2-6 住宅用標準問題

$$\text{木質化率} = \frac{\text{床・壁・天井に木材を使用している面積}}{\text{室内表面 総面積}} \times 100$$

○:全面 △:半面

	木質化率				
	0%	24%	48%	76%	100%
床		○	○	○	○
壁				△	○
天井			○	○	○
イメージ図					

図 2-7 木質化率の定義と例

上記のように寝室の木質化率を算出した結果、木質化率別のサンプル数は図 2-8 のようになった。また、香りの濃度や感触は使用している木材が無垢材か否かによって異なると考えられる。そこで、無垢材使用の有無の設問を基に、内装における無垢材の使用割合（無垢材化率と呼称）も算出した（図 2-9）。

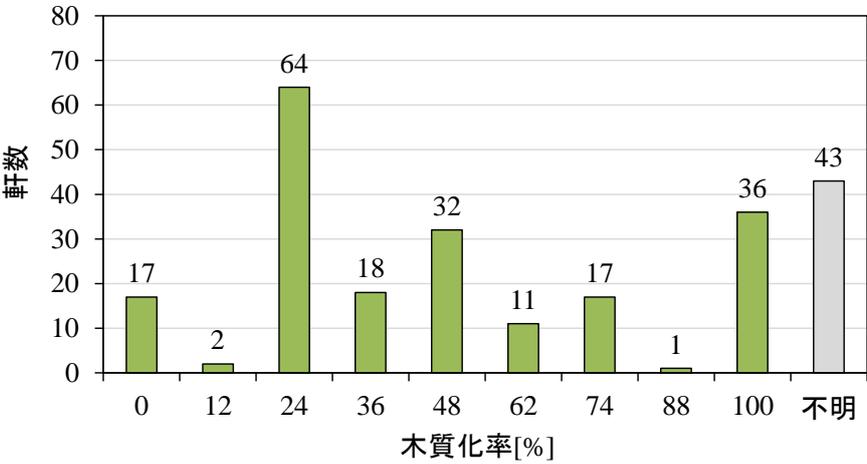


図 2-8 対象住宅の木質化率

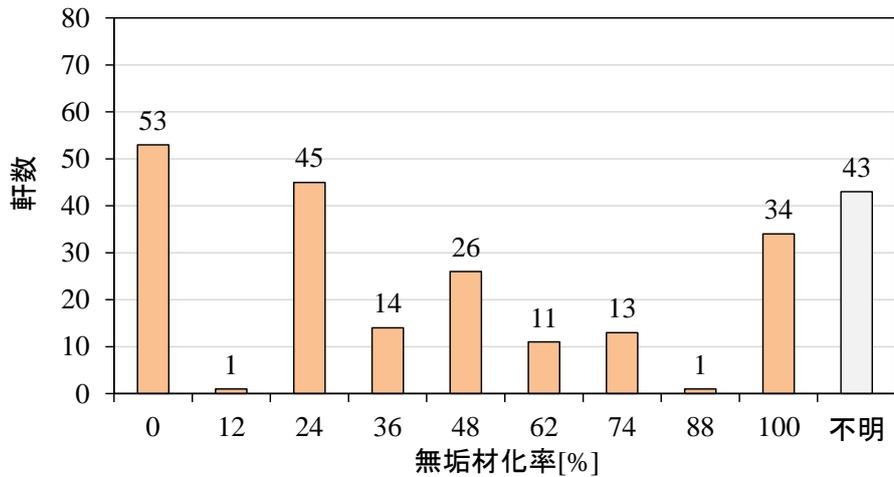


図 2-9 対象住宅の無垢材化率

#### 2.2.4 アンケート調査結果

本節では木質化と居住者の主観評価に関する分析結果を示す。尚、木質化は一般的にリラックス効果をもたらすが、木質化率 100%では圧迫感といった悪影響をもたらすように、木質化率によって居住者に及ぼす影響が異なると考えられる。そこで以降の分析では、木質化率を 0%, 0%<木質化率<100%, 100%に分類して比較を行った。

##### (1) 木質化率と見た目の好ましさ

木質化率と寝室の見た目の好ましさの結果を図 2-10 に示す。内装に木材を使用している方が、見た目を好ましいと感じている割合が多かった。

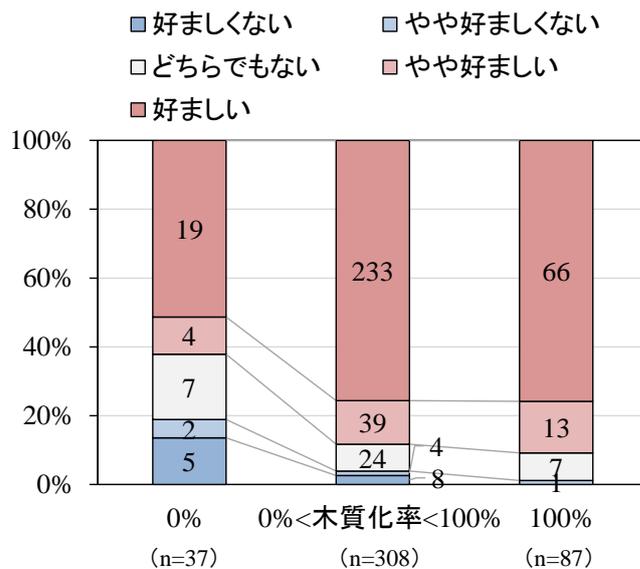


図 2-10 木質化率と見た目の好ましさ

(2) 無垢材化率と木の香り強度

内装に無垢材を使用することで木の香りが放出されるため、無垢材化率を指標とする。木の香りは年月と共に薄れていくと考えられるため、まず築年数と木の香りの感じ方を分析した(図 2-11)。築年数 7 年以下の住宅では 7~8 割が「感じる」側の回答となっていた。また、築年数 16-20 年、21-25 年でも「感じる」側の回答となっていたがサンプル数が少ないため、香りを感じる年数については今後もサンプルを追加して分析を行う必要がある。

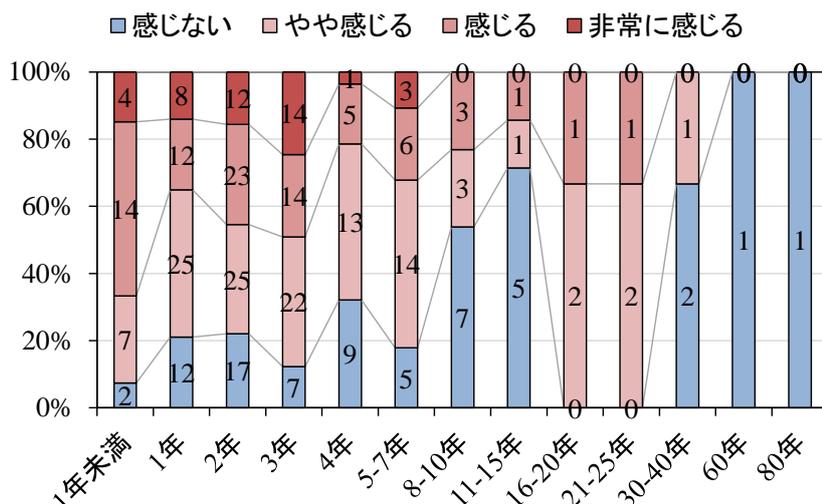


図 2-11 築年数と木の香りの感じ方

上記の結果を受けて、築年数 7 年以下の住宅に限定し無垢材化率と木の香りの感じ方を比較した(図 2-12)。どの無垢材化率でも 7 割以上が木の香りを感じている側の回答となっており、無垢材化率が高いほど木の香りを強く感じているという結果にはならなかった。

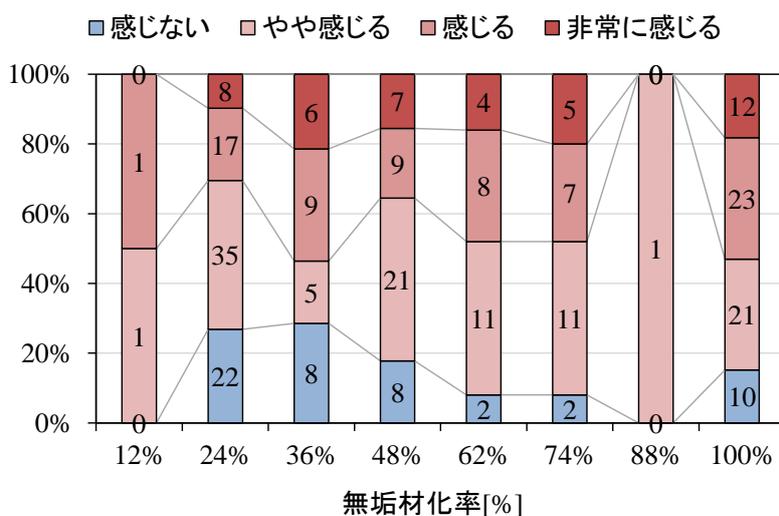


図 2-12 無垢材化率と木の香りの感じ方

### (3) 無垢材化率と感触の好ましき

無垢材を使用することで触り心地が向上すると考えられるため、感触の好ましきでも無垢材化率を用いた。図 2-13 より無垢材化率が高いほど好ましき側の回答割合が多くなること示された。

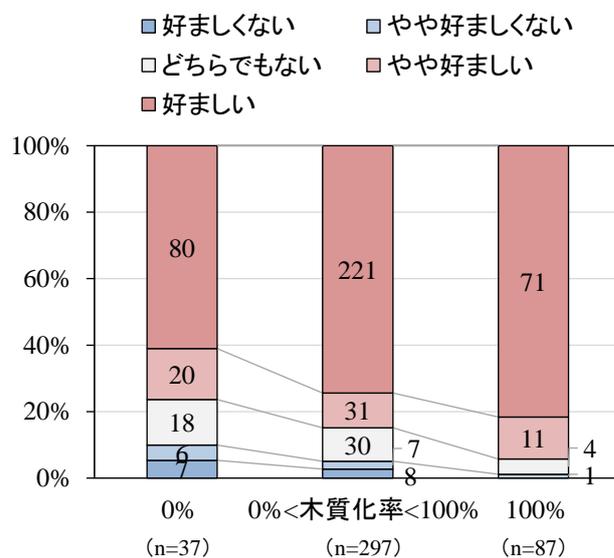


図 2-13 感触の好ましき

## 2.3 実測調査の集計結果

本節では睡眠状態の実測調査の集計結果を示す。

### 2.3.1 有効サンプル数

83.0% (127 世帯/153 世帯)、87.4% (221 名/253 名)

2 週間のフィールド調査を実施した 153 世帯 253 名の内、温湿度データと睡眠データに欠損がない 127 世帯 221 名を分析対象とした。

### 2.3.2 対象者の属性

対象者の男女別のサンプル数、年齢、BMI を図 2-14～図 2-16 に示す。サンプル数に男女の偏りはなく、30 代以上がほとんどを占めた。また、BMI が 18.5 以上 25.0 未満の標準体重の対象者が全体の約 74%であった。

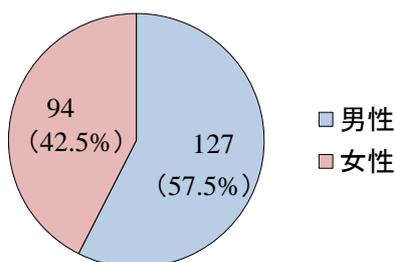


図 2-14 男女別のサンプル数

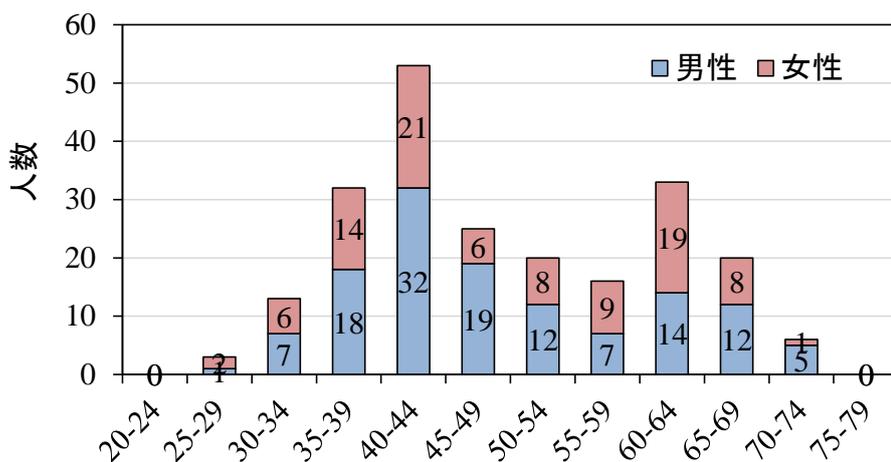


図 2-15 対象者の年齢分布

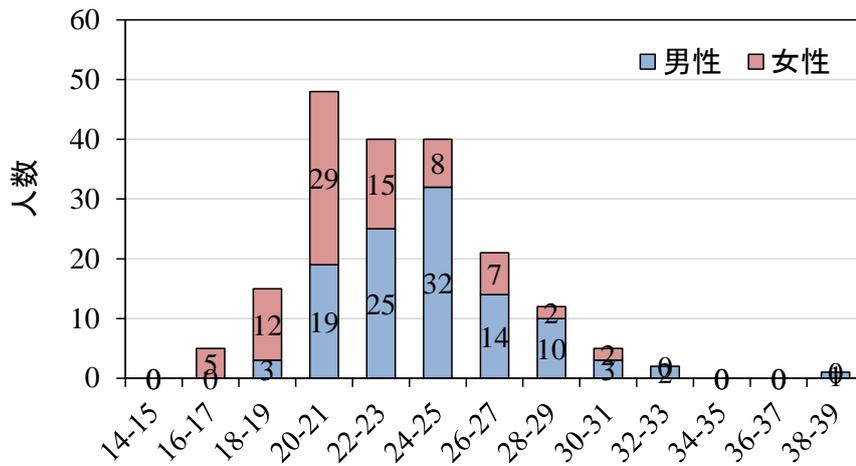


図 2-16 対象者の BMI 分布

### 2.3.3 対象住宅の属性

対象住宅の築年数を図 2-17、アンケート集計結果と同様の方法で算出した対象住宅の寝室の木質化率を図 2-18、無垢材化率を図 2-19 に示す。

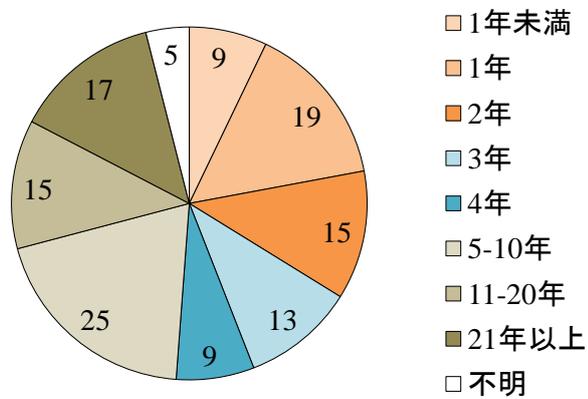


図 2-17 対象住宅の築年数

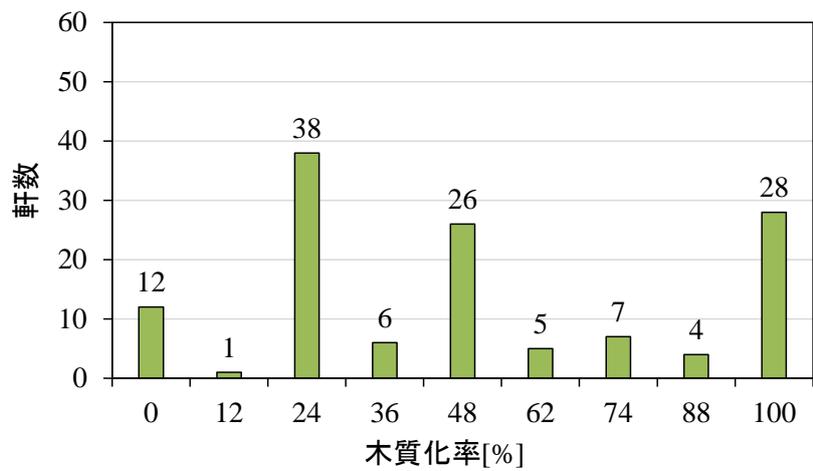


図 2-18 対象住宅の木質化率

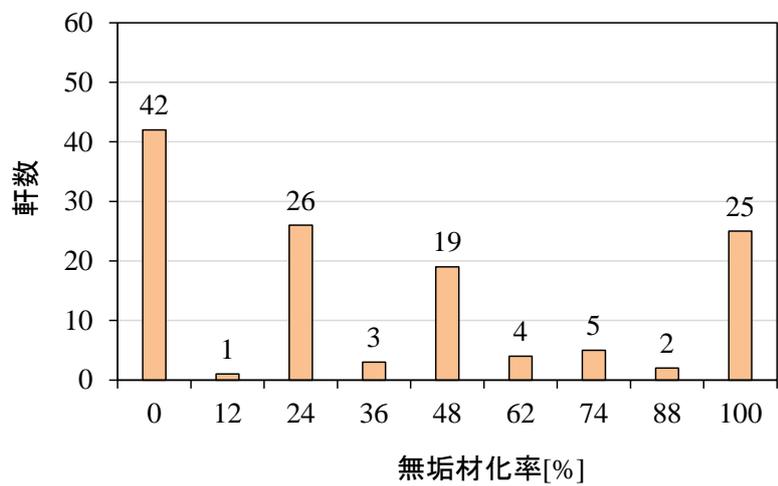


図 2-19 対象住宅の無垢材化率

## 2.4 住宅内装への無垢材利用が睡眠状態に与える影響

年齢や体型といった個人属性により睡眠状態が異なることが考えられる。そこで、高齢者（65歳以上）の定義と標準体型（BMI18.5以上25未満）の定義に則り、年齢が65歳未満、65歳以上の2群とBMIが25未満、25以上に分けて睡眠効率を比較した（図2-20,21）。尚、BMIについては情報が得られた187sを対象とした。図2-20より年齢別では睡眠効率に有意な傾向は確認されなかったが、図2-21よりBMI25以上の群は25未満の群と比較して睡眠効率が低い傾向となった（ $p=0.11$ ）。そこで、以降の分析ではBMI25未満のサンプルを用いる。

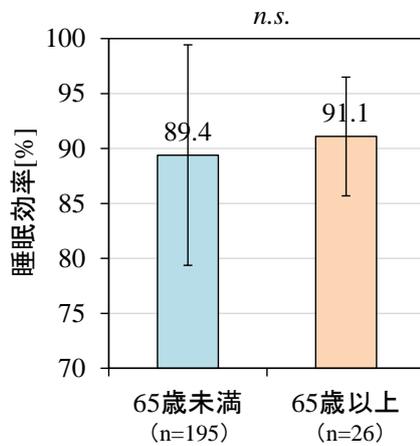


図 2-20 年齢別の睡眠効率

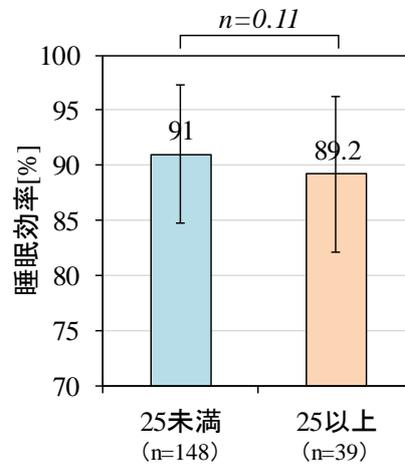


図 2-21 BMI別の睡眠効率

以上を踏まえ、下記の条件でサンプルを精査し分析を行った。尚、以降の分析では n=対象者とする。

【SET*】 17.0～25.0℃の寝室室温	【睡眠薬の使用】 なし（または無回答）
【築年数】 7年以下	【BMI】 25未満

(1) 睡眠効率

無垢材化率と睡眠効率の関係を図 2-22 に示す。各群間に有意な差は確認されなかった。

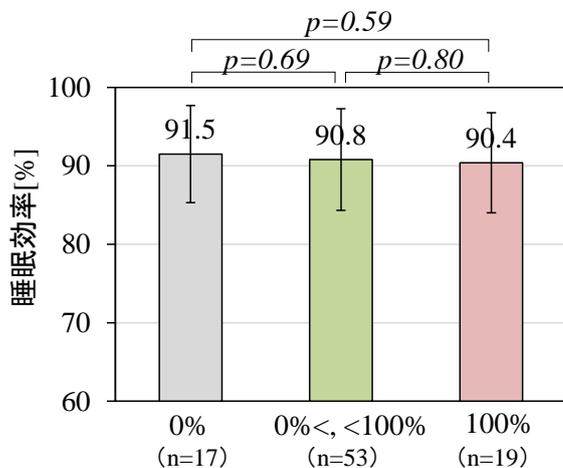


図 2-22 無垢材化率と睡眠効率 (性別・男女)

ここで、睡眠状態には性差があると考えられるため、男女別の睡眠効率を比較した。男性の比較を図 2-23、女性の比較を図 2-24 に示す。どちらも有意な傾向は確認されなかったが、女性においては無垢材化率 100% で最も睡眠効率が低かった。

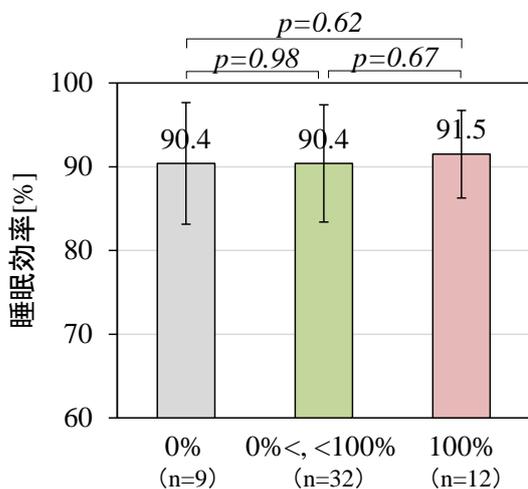


図 2-23 無垢材化率と睡眠効率 (性別・男)

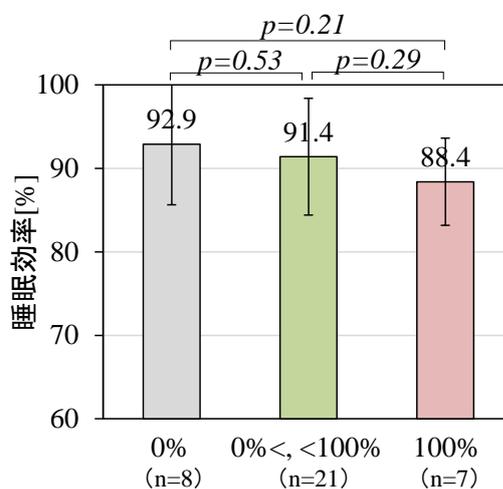


図 2-24 無垢材化率と睡眠効率 (性別・女)

(2) 深睡眠割合

次に、深睡眠時間を比較する。ここで総睡眠時間が対象者・日によって異なるため、総睡眠時間における深睡眠時間の割合（深睡眠割合と呼称）を比較する。また、総睡眠時間の長さによって深睡眠割合も異なると考えられるため、総睡眠時間が6時間以上10時間以下の日を対象とした。まず男女を混ぜて深睡眠割合を比較した結果を図2-25に示す。各群間で有意な差は確認されなかった。

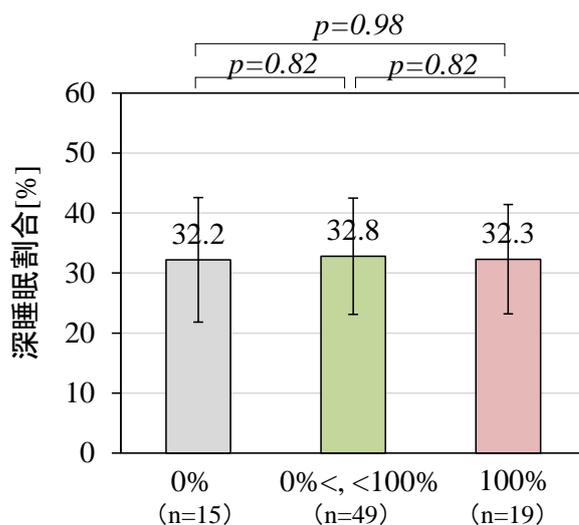


図 2-25 無垢材化率と深睡眠割合（性別・男女）

次に、男性の深睡眠割合の結果を図2-26に、女性の深睡眠割合の結果を図2-27に示す。有意な傾向は確認されなかったが、女性では無垢材化率0%で深睡眠割合の平均が最も高く、男性とは異なる可能性を示した。

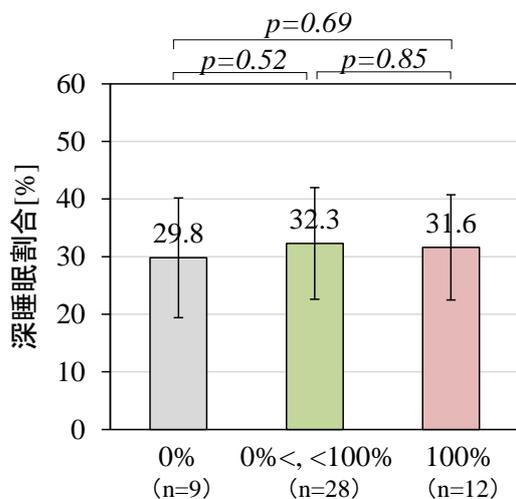


図 2-26 無垢材化率と深睡眠割合（男）

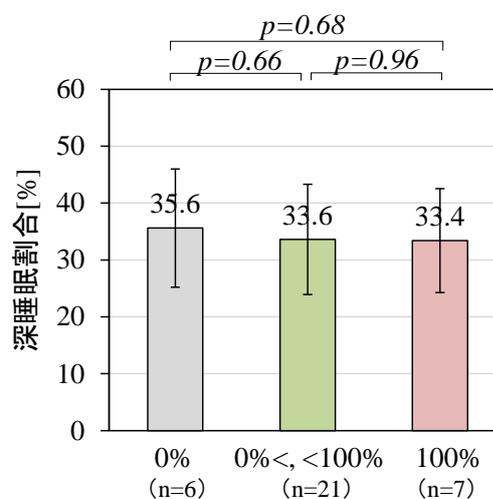


図 2-27 無垢材化率と深睡眠割合（女）

(3) 入眠潜時

無垢材化率と入眠潜時の比較結果を図 2-28 に示す。無垢材化率 0%が 0%<, <100%と 100%と比較して入眠潜時が高い傾向となった。

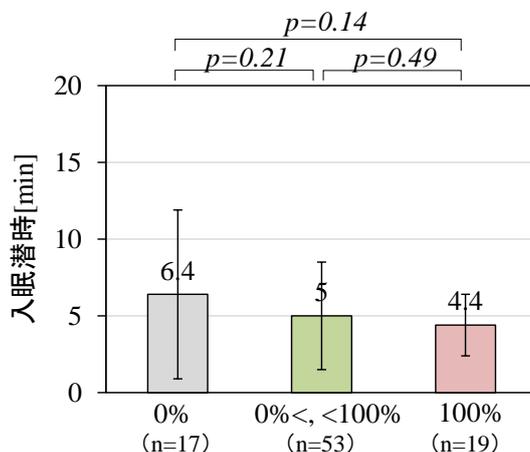


図 2-28 無垢材化率と入眠潜時 (性別・男女)

次に、男性の入眠潜時の比較結果を図 2-29、女性の入眠潜時の比較結果を図 2-30 に示す。男性においては無垢材化率 0%と比較して 0%<無垢材化率<100%、無垢材化率 100%の群で入眠潜時が有意に低く、無垢材使用によるリラックス効果が素早い入眠をもたらす可能性が示された。一方で女性では有意な差は確認されなかった。女性は男性より家にいる時間が長く、無垢材仕様によるリラックス効果が大きく作用しなかったと考えられる。

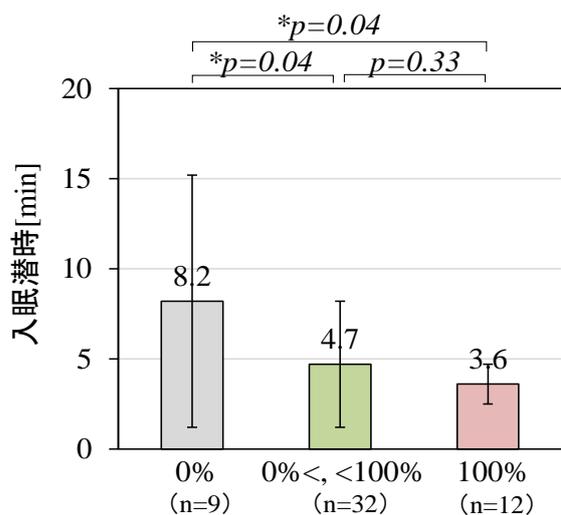


図 2-29 無垢材化率と入眠潜時 (男)

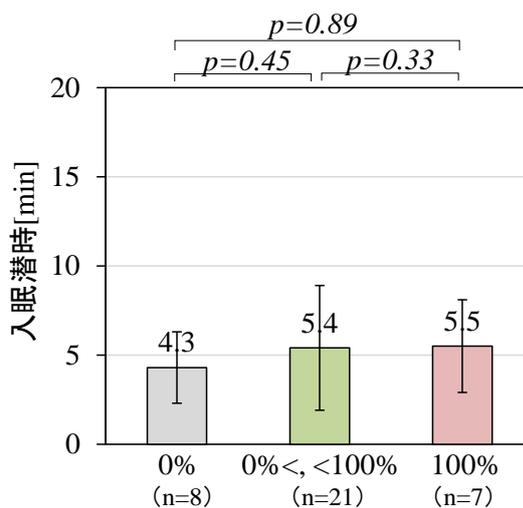


図 2-30 無垢材化率と入眠潜時 (女)

(4) 中途覚醒時間／回数

中途覚醒時間の男女合わせた比較を図 2-31、男性のみの比較結果を図 2-32、女性のみの比較結果を図 2-33 に示す。尚、中途覚醒時間や中途覚醒回数も総睡眠時間によって異なるため、総睡眠時間 6 時間以上 10 時間以下のサンプルに限定して分析を行った。男女で分けなくても有意な傾向は確認されなかったが、男性では無垢材利用の群の方が中途覚醒時間が短いのに対し女性では無垢材化率 0%の方が中途覚醒時間が短かった。

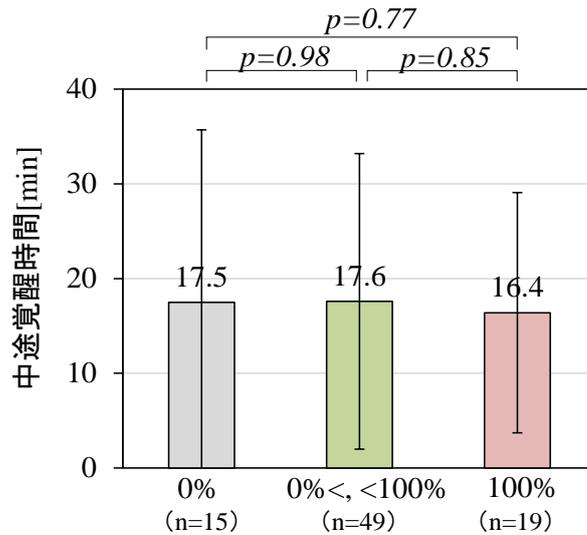


図 2-31 無垢材化率と中途覚醒時間 (性別・男女)

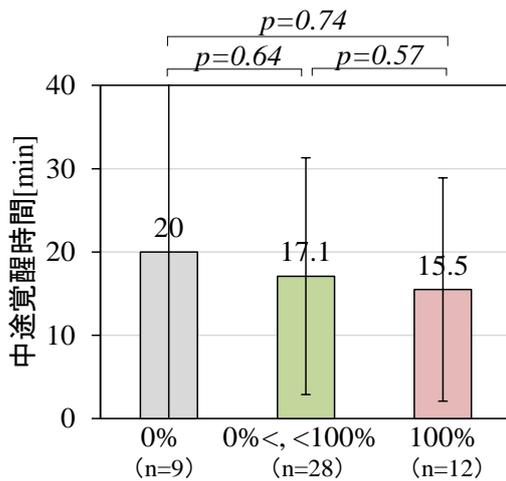


図 2-32 無垢材化率と中途覚醒時間 (男)

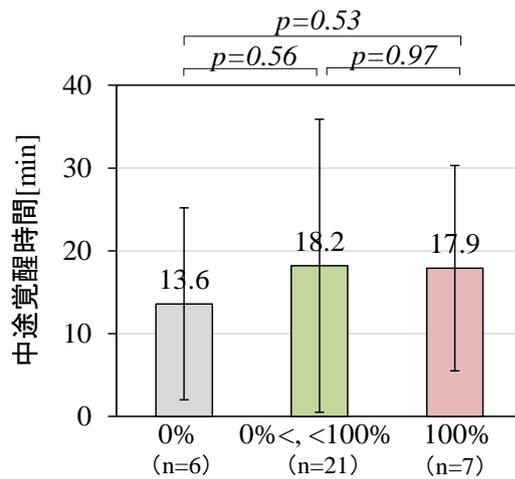


図 2-33 無垢材化率と中途覚醒時間 (女)

次に、中途覚醒回数の男女合わせた比較を図 2-34、男性のみの比較結果を図 2-35、女性のための比較結果を図 2-36 に示す。男女で分けても有意な傾向は確認されなかったが、男性では無垢材利用の群の方が中途覚醒回数が少ないのに対し、女性では無垢材化率 0%の方が中途覚醒回数が少なかった。

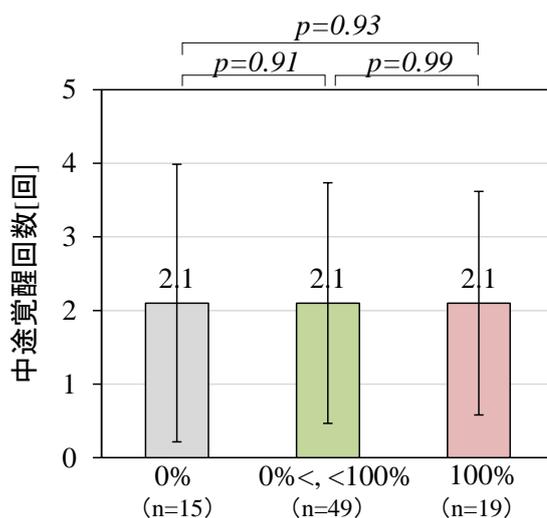


図 2-34 無垢材化率と中途覚醒回数 (性別・男女)

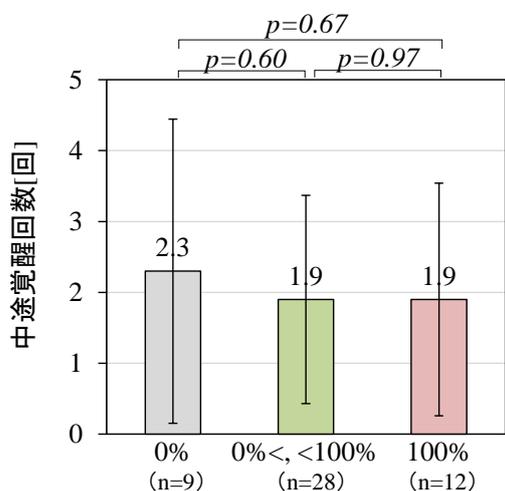


図 2-35 無垢材化率と中途覚醒回数 (男)

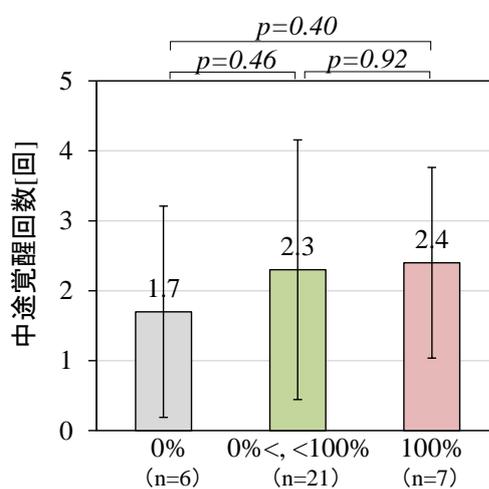


図 2-36 無垢材化率と中途覚醒回数 (女)

## 2.5 まとめ

フィールド調査で得られた分析結果を下記にまとめる。

- ・木材使用の割合が大きい方が、室内の見た目・感触を好ましいと回答する割合が多かった。
- ・築年数が長い方が木の香りを感じると回答した割合が減少した。また、築年数7年以下に限定した場合、無垢材使用の割合に関わらず無垢材を使用している住宅では木の香りを感じている割合が7割以上を占めた。
- ・睡眠効率、深睡眠割合、中途覚醒時間／回数において、木質化率／無垢材化率と有意な関係は示されず、男女を分けても有意な関係は示されなかった。
- ・入眠潜時においては、男性は無垢材化率0%と比較して0%<無垢材化率<100%の群、無垢材化率100%の群で入眠潜時が有意に短く ( $n=0.04$ )、無垢材利用によるリラックス効果が素早い入眠をもたらす可能性が示された。一方で女性では有意な差は確認されず、家にいる時間が長い女性においては無垢材のリラックス効果が大きく作用しなかった可能性が示された。

いずれにおいても、木材利用と睡眠状態について定量的な結果を得るにはサンプル数の拡充が必要である。今後はサンプルを追加し、多変量解析などを行うことでより信頼性の高い知見を得られると考えられる。

### 3. 木質内装被験者実験

#### 3.1 実験概要

##### 3.1.1 実験目的

前年度までには住宅内装における無垢材使用率が異なる空間で被験者実験を行い、無垢材使用率と自律神経、睡眠、翌日の知的生産性の関係を検証した。内装への無垢材利用は視覚・嗅覚・触覚刺激による鎮静効果が考えられるが、木目調の内装材でも木材の視覚刺激による鎮静効果が期待される。また、より木の香りが放出されるスリットの入った無垢材材はスリットなしの無垢材と比較してより大きなリラックス効果を有する可能性がある。そこで、内装木質化が自律神経を介して睡眠や翌日の知的生産性に及ぼす影響をより詳細に検証するため、木目調の内装材や無垢材、スリットの入った無垢材を用いた空間で被験者実験を行った。

##### 3.1.2 実験場所・ケース設定

###### ①実験場所

実験場所は、神奈川県横浜市に所在する N 社のモデル住宅および Y 社の会議室とした。モデル住宅では主に 2 階の実験室 A,B を使用した。実験室 A,B は内装以外の方角、間取り、天井高が等しく、実験室 A は木質化率可変の空間であった。図 3-1 にモデル住宅 2 階と会議室の平面図を示す。

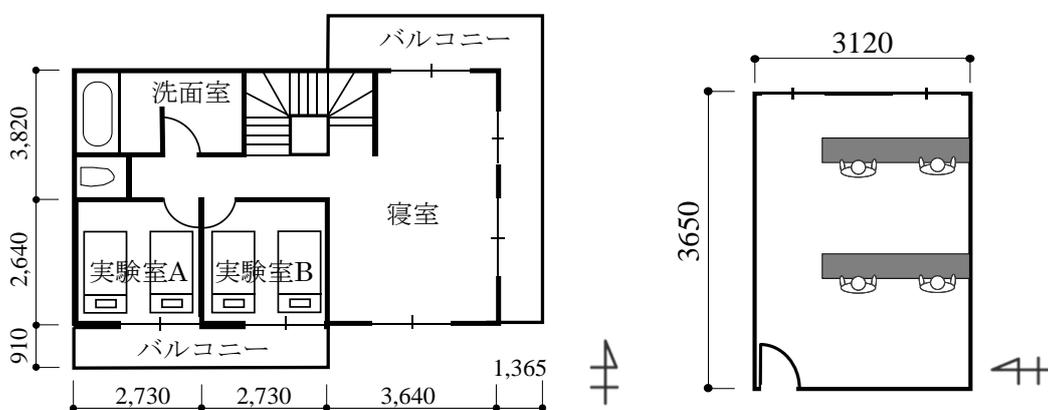


図 3-1 実験場所の平面図 (左：モデル住宅 2 階 右：会議室)

## ②ケース設定

実験ケースは、内装に木材を使用していない空間として Case.1 と Case.2 を設定した。内装に木材を使用した空間として、Case.3,Case.4 を設定した。尚、Case.2,3,4 では平成 27 年度の被験者実験の木質化率 50% ケースと合わせ、床と天井を木質化した空間を想定した。各ケースの詳細を表 3-1 に示す。

表 3-1 実験ケース

	Case.1 白クロス	Case.2 木目柄クロス	Case.3 スギ無垢材	Case.4 スギスリット材
内観 写真				
天井	ビニルクロス (白)	ビニルクロス (木目柄)	スギの無垢材	スギスリット材
壁	ビニルクロス (白)	ビニルクロス (白)	ビニルクロス (白)	ビニルクロス (白)
床	木目柄 CF (クッションフロア)	木目柄 CF (クッションフロア)	スギの 無垢フローリング	スギの 無垢フローリング

Case.1 と Case.2 は実験室 B を使用し、Case.3,4 は実験室 A を使用した。Case.1 は床が木目柄のクッションフロア、壁・天井が白のビニルクロスの空間とした。Case.2 は天井に木目柄のビニルクロスを張り、内装木質化されている空間の見た目を模した。Case.3 では床・天井にスギの無垢材を使用した。尚、Case.2 と Case.3 の空間の見た目が近くなるよう、Case.2 の木目柄ビニルクロスは色を極力 Case.3 のスギ無垢材に似たものとした。Case.4 は飢肥杉の木口方向にスリットを入れ、より大きい香気放出や調湿効果を期待したものである。

### 3.1.3 実験日程・スケジュール

実験は A~D 日程の 4 回に分けて実施し、被験者は各日程 2 名ずつの計 8 名とした。

A,B 日程: 9 月 24 日 (日) ~ 9 月 27 日 (水)、10 月 1 日 (日) ~ 10 月 4 日 (水)

10 月 14 日 (土) ~ 10 月 17 日 (火)、10 月 20 日 (金) ~ 10 月 23 日 (月)

C,D 日程 9 月 27 日 (水) ~ 9 月 30 日 (土)、10 月 4 日 (水) ~ 10 月 7 日 (土)

10 月 17 日 (火) ~ 10 月 20 日 (金)、10 月 23 日 (月) ~ 10 月 26 日 (木)

各日程とケースの組み合わせを表 3. I-2 に示す。被験者は 1 ケース 3 泊 4 日実験に参加した。尚、Case.1,2 はともに実験室 B を使用したため、10/7 までに 0%,100% ケースを終えた後に内装を転換し、10/14 から Case.2 の実験を開始した。

表 3-2 実験日程とケース設定

	9/24	25	26	27	10/1	2	3	4
A 日程		Case.1				Case.3		
B 日程		Case.3				Case.1		

	10/14	15	16	17	20	21	22	23
A 日程		Case.2				Case.4		
B 日程		Case.4				Case.2		

	9/27	28	29	30	10/4	5	6	7
C 日程		Case.1				Case.3		
D 日程		Case.3				Case.1		

	10/17	18	19	20	23	24	25	26
C 日程		Case.2				Case.4		
D 日程		Case.4				Case.2		

③スケジュール

1日の実験スケジュールを図3-2に示す。被験者は18時30分にモデル住宅に集合し、被験者間で統一した夕食を済ませた後、19時30分から20時30分まで1人15分間を上限として全日同じ順で入浴した。その後、就寝までは実験室で過ごし、23時から7時まで8時間の睡眠をとった。就寝前の21時30分、22時45分、起床時に生理量・心理量の測定を行った。青色光はリラックス状態や入眠に影響を及ぼすことから、就寝前1時間半はPC操作および長時間の携帯操作は禁止とした。翌日は統一した朝食をとった後に会議室に移動し、60分間の模擬作業を行った。作業前後と作業中には生理量・心理量の測定を行った。実験期間中は夜に500mlの水を2本、翌日の朝に500mlの水を1本支給した。日中（10時～18時30分）は自由時間としたが、激しい運動や飲酒、昼寝、カフェインの摂取は禁止とし、実験期間中は極力同程度の活動量となるように指示した。

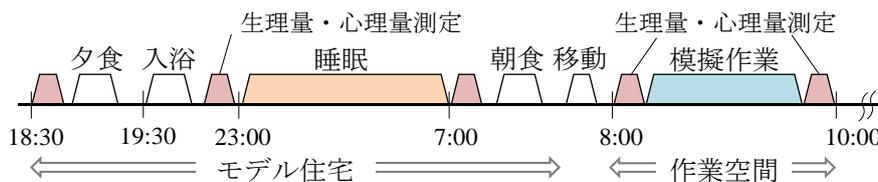


図 3-2 実験スケジュール

### 3.1.4 測定項目

#### ①室内環境測定項目・測定機器

室内環境の測定項目・測定機器を表 3-3 に示す。室内環境として温熱環境、光環境、音環境、空気質環境を測定した。温度・相対湿度は床上 0.1m,0.6m,1.1m の高さ、グローブ温度・風速・CO<sub>2</sub> 濃度は 1.1m の高さで 5 分間の連続測定を行った。照度、色温度は自由時間中の 21 時、就寝前の 22 時 45 分、起床時の 7 時に 1.1m の高さで測定を行った。会議室では作業前の 8 時 30 分、作業中の 9 時に各被験者の机上面照度・色温度を測定した。色温度は水平面の色温度とともに壁面反射光の色温度を測定した。騒音は就寝前の 22 時 45 分、起床時の 7 時、作業前の 8 時 30 分、作業中の 9 時に測定を行い、更に睡眠時間中は 5 分間隔の連続測定を行った。また、木材由来の香気濃度は捕集管、ポンプを用いて 1.2m の高さで室内空気の捕集を行い、セスキテルペン類 の濃度を GC/MS 法で委託分析した。Case.1 (白クロス) と Case.3 (スギ無垢材) は 9 月 19 日、Case.2 (木目柄クロス) は 10 月 13 日に測定した。環境測定の様子を図 3-3 に示す。

表 3-3 室内環境の測定項目・測定機器

測定項目	測定機器	測定方法
温度・相対湿度	おんどとり Jr (RTR-503)	5 分間隔の 連続測定
グローブ温度	グローブ球 (080340-150) おんどとり (TR-71U)	
風速	クリモマスター風速計 (Model6533)	
CO <sub>2</sub> 濃度	おんどとり (TR-76Ui)	
照度	照度計 (T-10)	睡眠前後・ 作業前・作業中に測定
色温度・分光分布	色彩照度計 (CL-70F)	
騒音	普通騒音計 (NL-21)	睡眠前後・作業前・作業中 睡眠中は 5 分間隔の連続測定
木材由来の 香気濃度	捕集管・ポンプ	30 分換気・5 時間以上の密閉の 後 2.0L 以上の空気を捕集

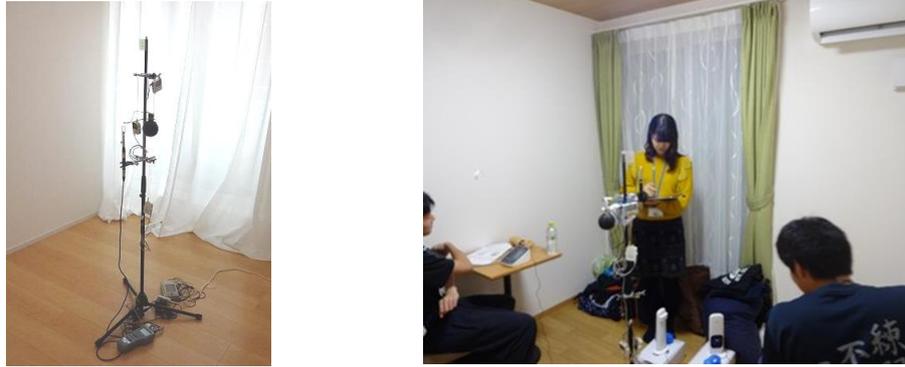


図 3-3 環境測定の様子

### ②室内環境の測定位置

モデル住宅 2 階の環境測定点を図 3-4、会議室の内観と環境測定点を図 3-5 に示す。モデル住宅では被験者 2 人が 1 部屋で過ごし、中央に環境測定点を設けた。会議室では被験者 2 人の代表点となるように設置し、環境測定点は 2 箇所とした。

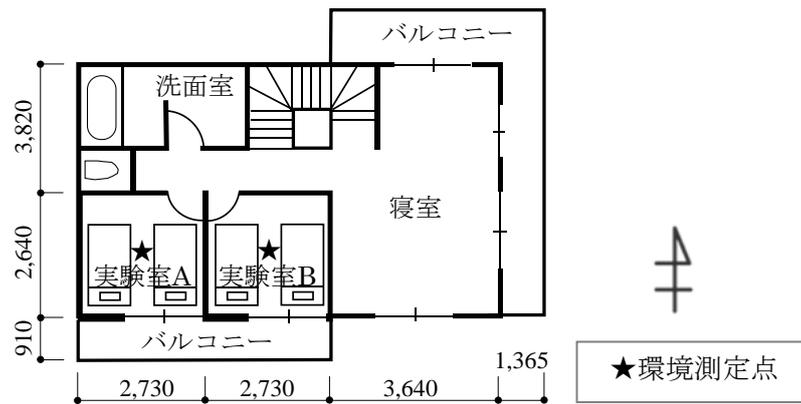


図 3-4 モデル住宅の環境測定点

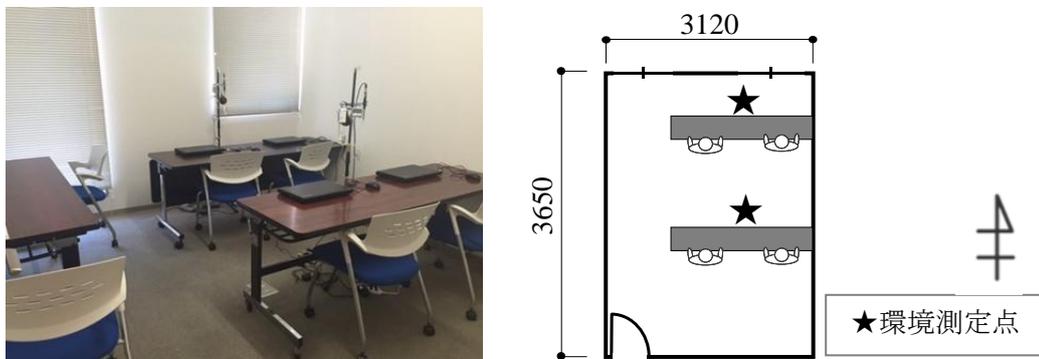


図 3-5 会議室の内観 (左) 会議室の環境測定点 (右)

### ③生理量の測定項目

生理量の測定項目を表 3-4 に示す。生理量として、心拍、鼓膜温、睡眠状態、活動量を測定した。被験者の就寝前や睡眠時の自律神経状態の変化を時系列的に把握するため、心拍を連続測定し、自律神経活動を把握した。また、体調を把握するために鼓膜温を睡眠前後に測定した。睡眠状態は、枕元に非接触型の睡眠計を設置することで測定した。被験者の行動を把握するため、活動量を連続測定した。活動量は、実験時間以外の自由時間においても測定を継続した。

表 3-4 生理量の測定項目

測定項目	測定機器	測定方法	タイミング
自律神経活動	多機能ワイヤレスホルタ記録器 (MEDILINK 社 CarPod)	心拍を連続測定	実験時間中
鼓膜温	耳式体温計けんおんくん (MC-500)	赤外線センサにより 鼓膜温を測定	睡眠前後
睡眠状態	睡眠計 (OMRON 社 HSL-102-M)	微弱な電波で体動を捉え、 睡眠状態を判定	就寝中
活動量	活動量計 (Active Style Pro HJA-350IT)	3 軸加速度センサで 歩数・活動強度を計測	実験期間・ 自由時間中

#### ④心理量の測定項目

##### (1) 事前アンケート調査

事前説明会において自宅やコミュニティの健康性や性能に関するアンケート調査を実施した。実施したアンケートは下記の 2 つである。

##### ■ CASBEE すまいの健康チェックリスト

…自宅の部屋毎に暑さ・寒さ、安心・安全といった項目の質問に回答し、住まいの健康性を調査するもの

##### ■ コミュニティの健康チェックリスト

…地域活動への参加や施設サービスの利用といった項目の質問に回答し、コミュニティの健康性を評価するもの

##### (2) 実験期間中のアンケート調査

実験期間中のアンケート調査項目を表 3-5 に示す。室内環境満足度や体調、疲労感、眠気、室内空間の印象、睡眠の質、作業意欲・集中力・作業効率に関してアンケート調査を実施した。室内環境満足度は、就寝前・起床時・作業前後に温熱、光、音、空気質環境について 4 件法で評価を行った。体調・疲労感・眠気は、就寝前・起床時・作業前後に調査した。作業時における疲労感の調査は 4 件法の評価に加え、自覚症調べも使用した。室内空間の印象は、就寝前に室内の見た目、香り、感触等に関する評価を行った。睡眠の質は、起床

時に OSA 睡眠調査票 MA 版<sup>1</sup>を用いて調査した。また、会議室において作業前後・作業中に作業意欲、集中力を調査し、作業中・作業後には主観作業効率の評価を行った。

表 3-5 アンケート調査項目

評価項目	指標や質問形式	調査のタイミング				
		モデル住宅		会議室		
		就寝前	起床時	作業前	作業中	作業後
室内環境満足度	温熱・光・音・空気質に関して4件法で評価	○	○	○		○
体調	4件法で申告	○	○	○	○	○
疲労感	(モデル住宅)4件法で評価 (会議室)自覚症しらべ	○	○	○	○	○
眠気	カロリンスカ眠気尺度	○	○	○	○	○
室内空間の印象	見た目・香り・感触の印象評価	○				
睡眠の質	OSA 睡眠調査票 (MA 版)		○			
作業意欲	自由評価 (0-100%)			○	○	○
集中力				○	○	○
作業効率					○	○

### ⑤ 模擬作業の詳細

模擬作業として採用したのは、単純作業であるタイピング、知識創造作業であるマインドマップの2種類である。それぞれの内容を下記に示す。

#### (1) 単純作業：タイピング

専用ソフトを使用し、大統領の演説等の英文タイピングを行う。制限時間内の誤打率、正答数、1文字当たりの時間等が測定される。タイピングソフトの画面を図3-6に示す。

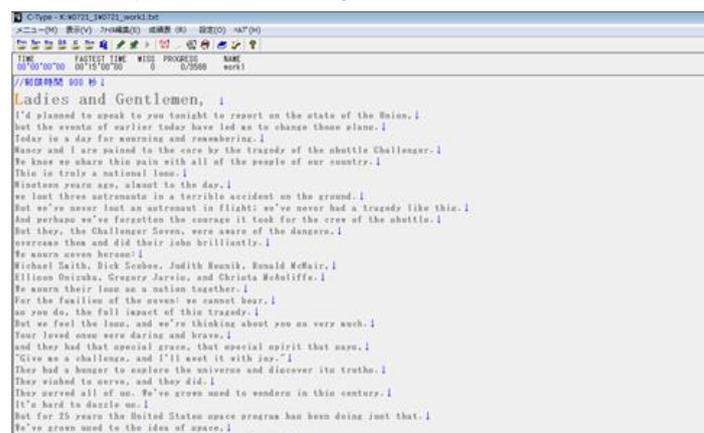


図 3-6 タイピングの画面

<sup>1</sup> 山本由華吏, 田中秀樹, 高瀬美紀, 山崎勝男, 阿住一雄, 白川修一郎: 中高年・高齢者を対象とした OSA 睡眠感調査票 (MA 版) の開発と標準化. 脳と精神の医学 10: 401-409, 1999.

(2) 知識創造作業：マインドマップ

図 3-7 のように、紙面の中央にあるお題から連想される単語を制限時間内に可能な限り多く回答する作業。ルールとして、固有名詞を書かないこと、1つの枝から1つの単語を書くこと、あまりにも関係性の低い単語は書かないことが挙げられる。

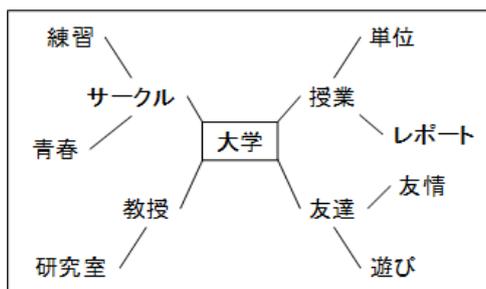


図 3-7 マインドマップの例

作業のスケジュールを図 3-8 に示す。7 時 45 分に会議室に到着した後、15 分間の安静時間を取り生理量・心理量の測定を行った。模擬作業は 8 時 30 分に開始し、タイピング 15 分、マインドマップ 15 分を 1 つのセットとして 2 セット（計 60 分間）の作業を行った。作業中に心理量、作業後に生理量・心理量の測定を行い、10 時に終了した。



図 3-8 模擬作業のスケジュール

⑥ 自宅における測定項目

普段の睡眠習慣を把握するため、実験開始前の約 1 週間と実験期間中の自宅宿泊日に、自宅における睡眠状態を測定した。また、自宅の寝室環境を把握するため、同期間で寝室の温湿度を測定した。自宅測定の概要を以下に示す。

(1) 睡眠計による睡眠状態の測定

睡眠計 (HSL-102-M) を枕元の高さに設置し、測定を行った。

(2) 寝室の温湿度測定

寝室の枕元の高さに温湿度計 (RTR-503) を設置し、温湿度の 5 分間隔連続測定を実施した。

### 3.2 室内環境の測定結果

#### ①外気条件

各日程の外気条件を表 3-6 に示す。Case.2（木目柄クロス）の日程で雨が多く、外気温も前半の日程より低い日が多かった。

表 3-6 各日程の外気条件

実施日	9/24	9/25	9/26	9/27	9/28	9/29	9/30
ケース	A 日程：Case.1（白クロス）			C 日程：Case.1（白クロス）			
	B 日程：Case.3（スギ無垢材）			D 日程：Case.3（スギ無垢材）			
天候	曇	晴	晴	曇時々雨	雨時々曇	晴	曇後晴
気温[°C]	26.0	28.7	28.2	26.4	24.2	24.4	23.8
	19.3	20.7	20.5	21.1	17.9	17.7	18.5
湿度[%]	74	74	75	74	87	68	75

実施日	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7
ケース	A 日程：Case.3（スギ無垢材）			C 日程：Case.3（スギ無垢材）			
	B 日程：Case.1（白クロス）			D 日程：Case.1（白クロス）			
天候	晴後曇	曇	曇後晴	曇後晴	曇後晴	曇後雨	曇後雨
気温[°C]	25.0	25.2	26.5	20.8	20.2	18.6	22.5
	16.7	20.8	19.4	16.6	15.5	14.1	15.1
湿度[%]	66	73	85	63	52	75	89

実施日	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20
ケース	A 日程：Case.2（木目柄クロス）			C 日程：Case.2（木目柄クロス）			
	B 日程：Case.4（スギスリット）			D 日程（スギスリット）			
天候	雨時々曇	雨	雨	雨後曇	晴後曇	大雨	曇一時雨
気温[°C]	16.1	16.2	14.5	15.9	19.5	13.9	16.8
	14.3	14.3	12.2	12.0	12.0	10.4	11.6
湿度[%]	94	93	97	92	71	96	94

実施日	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26
ケース	B 日程：Case.2（木目柄クロス）			D 日程：Case.2（木目柄クロス）			
	A 日程：Case.4（スギスリット）			日程（スギスリット）			
天候	曇一時雨	雨	大雨	晴時々雨	曇	雨	快晴
気温[°C]	16.8	17.2	18.1	23.7	18.2	14.4	19.8
	11.6	15.8	16.8	15.9	14.4	12.0	12.3
湿度[%]	94	99	99	64	59	84	69

②温熱・光・音・空気質環境の測定結果

就寝前（20:30～22:30）、就寝中（23:00～7:00）、作業時（8:00～9:00）の環境測定結果をそれぞれ表 3-7、表 3-8、表 3-9 に示す。室温、相対湿度、風速、グローブ温度、CO<sub>2</sub> 濃度に関しては、就寝前および作業中は床上 1.1m の高さにおける測定値を示した。就寝中は室温、相対湿度は床上 0.1m の高さにおける測定値を示し、それ以外は床上 1.1m の高さにおける測定値を示した。各ケースに有意な差がないことを確認した。

表 3-7 就寝前の室内環境測定結果

ケース	Case.1 (白クロス)	Case.2 (木目柄クロス)	Case.3 (スギ無垢材)	Case.4 (スギスリット材)
室温[°C]	25.3±0.5	25.0±0.5	25.5±0.4	25.1±0.4
相対湿度[%]	61.7±7.1	59.7±6.1	60.1±7.5	59.8±6.5
風速[m/s]	0.04±0.03	0.03±0.06	0.02±0.05	0.02±0.05
グローブ温度 [°C]	25.1±0.3	24.8±0.4	25.4±0.5	24.6±0.6
CO <sub>2</sub> 濃度[ppm]	929±327	1078±132	972±435	981±205
騒音[dB]	37.1±3.8	36.2±1.5	35.9±2.4	36.1±1.0
照度[lx]	527.9±58.4	554.6±48.5	504.6±56.1	511±51.2

表 3-8 就寝中の室内環境測定結果

ケース	Case.1 (白クロス)	Case.2 (木目柄クロス)	Case.3 (スギ無垢材)	Case.4 (スギスリット材)
室温[°C]	24.6±0.9	24.3±0.6	24.9±0.9	24.2±0.8
相対湿度[%]	63.1±8.4	59.6±6.5	60.1±7.2	58.9±6.9
風速[m/s]	0.05±0.04	0.03±0.03	0.04±0.05	0.02±0.09
グローブ温度 [°C]	24.2±0.5	24.1±0.6	24.5±0.6	24.2±0.4
CO <sub>2</sub> 濃度[ppm]	1024±178	1061±170	1016±159	998±169
騒音[dB]	35.3±1.2	35.6±0.9	34.5±2.7	35.4±1.2

表 3-9 作業中の室内環境測定結果

室温[°C]	25.0±0.7	CO <sub>2</sub> 濃度[ppm]	638±105
相対湿度[%]	60.4±6.8	騒音[dB]	49.6±6.7
風速[m/s]	0.06±0.09	机上面照度[lx]	513.6±137.7
グローブ温度[°C]	24.6±0.5	机上面色温度[K]	4445±182.6

内装木質化による室内環境の変化として、光環境の低色温度化と木材由来の香気成分の放出が挙げられる。そこで次に光環境（色温度）と木材由来の香気濃度について確認する。

### ③光環境（色温度）

まず、光環境の低色温度化について検証するため、水平面の色温度の測定結果を図 3-9、壁面反射光の色温度を図 3-10 に示す。Case.1 と比較して Case.2,3,4 では水平面色温度が低かった。また、反射光の色温度も Case.1 と比較して Case.2,3,4 では低かった。僅かな差ではあるが、主に天井に木目柄のクロスや無垢材を使用したことで光の短波長成分が吸収された結果であると考えられる。

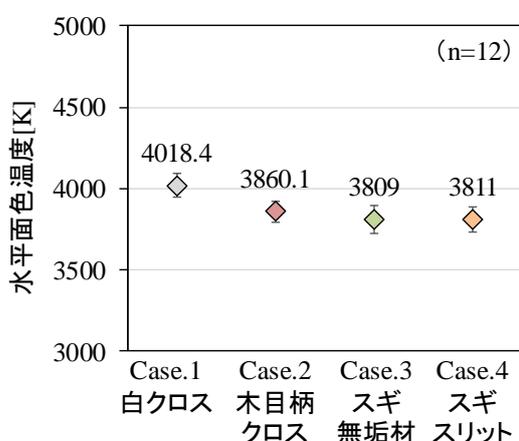


図 3-9 水平面色温度

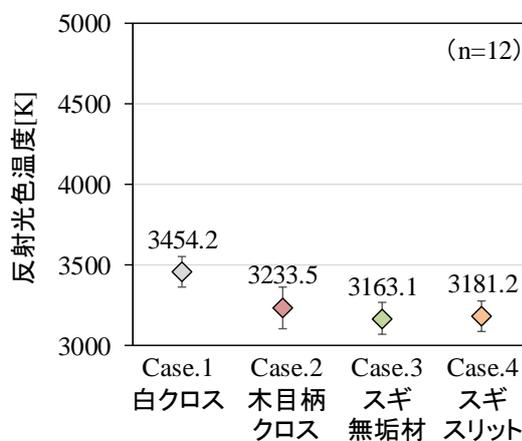


図 3-10 壁面反射光の色温度

### ④木材由来の香気濃度

実験室における木材由来の代表的な香気成分であるセスキテルペン類濃度（トルエン換算）の測定結果を図 3-11 に示す。無垢材を使用していない Case.1,2 と比較して Case.3 では香気濃度が約  $350\mu\text{g}/\text{m}^3$  高く、Case.4 では約  $2300\mu\text{g}/\text{m}^3$  高かった。尚、Case.1,2 でも約  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  の香気濃度が測定されているのは、実験に使用したモデル住宅が廊下の床にクリの無垢材を使用していたことや、実験時（測定時も）は部屋のドアを 10cm 程度開けていたため、スギ無垢材の部屋の香気成分が少なからず入ったためであると考えられる。

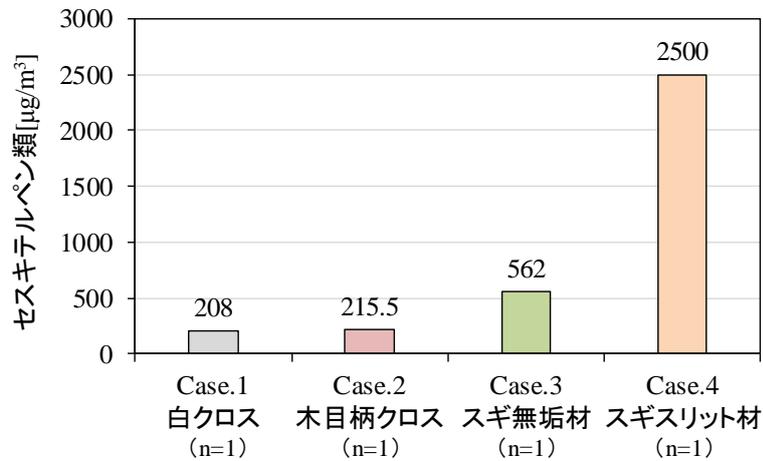


図 3-11 木材由来の香気成分の濃度

### 3.3 サンプルスクリーニングと分析方法

#### ① サンプルスクリーニング

以下のサンプルは木質内装による人体への影響を検証する上で問題があると考え、被検者毎に分析から除外した。

- ・ 台風の直撃により睡眠が阻害されたと考えられる日 (n=4)
- ・ 就寝前に体調不良を申告した日 (n=5)
- ・ 歯痛・腹痛により就寝前に薬を服用していた日 (n=5)

上記のスクリーニングにより、全 80s (Case.1 : 21s、Case.2 : 22s、Case.3 : 19s、Case.4 : 18s) が有効サンプルとなった。

#### ② 分析方法

スクリーニングにより、被験者によって各ケースに含まれる日が異なるため、被検者毎に各ケース 1 サンプルとなるように平均値化して分析に投入した。そのため、検定に使用したサンプルは各ケース 8 サンプルであった。

尚、比較ケースが 3 つであるため、t 検定に Bonferroni の補正を行って有意確率を算出した。分析ソフトには IBM SPSS Statistics 24 を使用した。

以降は、木目調の内装材と無垢材の比較・スギスリット材とスギ無垢材の比較を行う。そこで、次のように分けて分析を行う。

3. I 木目調の内装材と無垢材が睡眠と翌日の知的生産性に及ぼす影響 (Case.1,2,3)
3. II スギスリット材とスギ無垢材が睡眠と翌日の知的生産性に及ぼす影響 (Case.1,3,4)

### 3. I 木目調の内装材と無垢材が睡眠と翌日の知的生産性に及ぼす影響

#### 3. I .1 木目調の内装材と無垢材が室内空間の印象に及ぼす影響

##### ①色彩に関する印象評価

見た目の好ましさの回答結果を図 3. I -1 に示す。また、Case.1,2,3 の主な回答理由とその数をそれぞれ表 3. I -1,2,3 に示す<sup>1</sup>。Case.3 では好ましい側の回答が多く、回答理由でも木の存在を上げる意見が見られた。

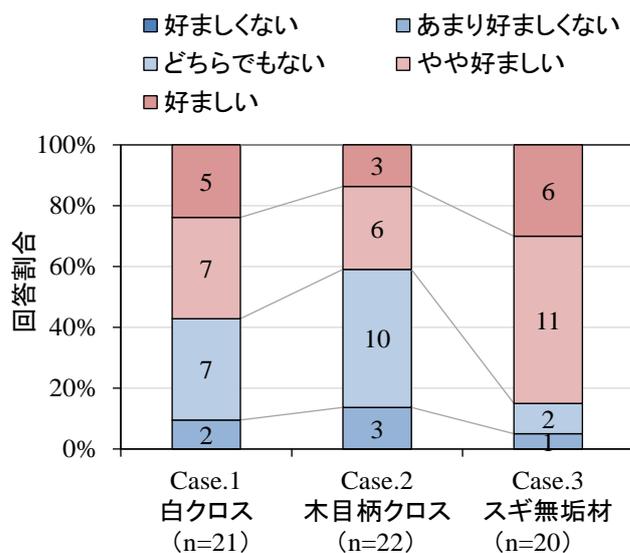


図 3. I -1 見た目の好ましさ

表 3. I -1 【Case.1 白クロス】見た目の好ましさの理由

どちらでもない	
特徴がない	1
一般的な見た目であるため	2
やや好ましい	
清潔感を感じる	4
シンプルで良い	3
好ましい	
自宅と似ているため	1
適度に無機質であるため	2
不満要素がない	1
明るいため	1

<sup>1</sup> 理由の記載があったもののみを示した

表 3. I -2 【Case.2 木目柄クロス】見た目の好ましさの理由

どちらでもない	
普通であるため	5
殺風景であるため	2
やや好ましい	
無機質で快適であるため	2
清潔感があるため	1
落ち着く	2
灯りの色が良い	1

表 3. I -3 【Case.3 スギ無垢材】見た目の好ましさの理由

あまり好ましくない	
明るすぎるため	1
どちらでもない	
快適でも深いでもない	1
やや好ましい	
木の色が良いため	4
明るく感じるため	1
色合いが落ち着くため	3
色味が暖かいため	4
過ごしやすいため	1
広く感じるため	1
好ましい	
特に不快な要素がない	1
シンプルで良い	2
天井を見上げると木があるため飽きなくて良い	2
木に暖かみを感じるため	1
自然を感じるため	1

## ②香りの印象評価

「木の香りを感じるか」という問いの回答結果を図 3. I -2 に示す。Case.1,2 では7割以上が「感じない」と答えたのに対し、Case.3 では7割以上が「感じる」側の回答であった。

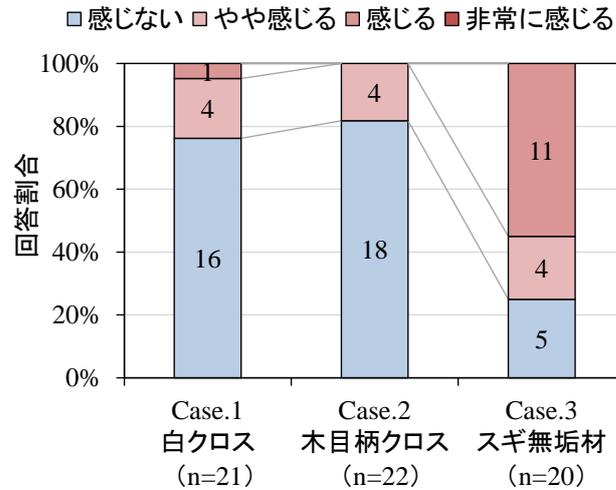


図 3. I -2 「木の香りを感じるか」の回答結果

また、木の香りの好ましさの回答結果を図 3. I -3 に示す。全体の 75% (4 分の 3) が好ましい側の回答であり、好ましくないという回答はなかった。このことから、木の香りを好まないことによる悪影響は抑えられたと考えられる。

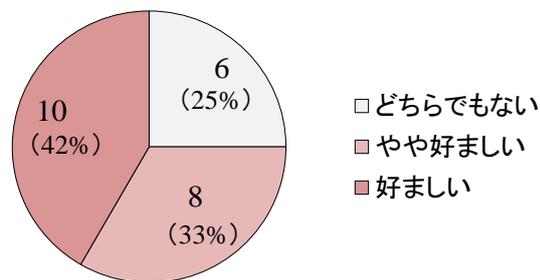


図 3. I -3 木の香りの好ましさ

### ③ 感触の印象評価

感触の好ましさの回答結果を図 3. I -4 に示す。また、Case.1,2,3 における感触の好ましさの回答理由をそれぞれ表 3. I -4,5,6 に示す。Case.3 のスギ無垢材のフローリングは「埃っぽい」といった回答も見られ、評価が分かれる結果となった。

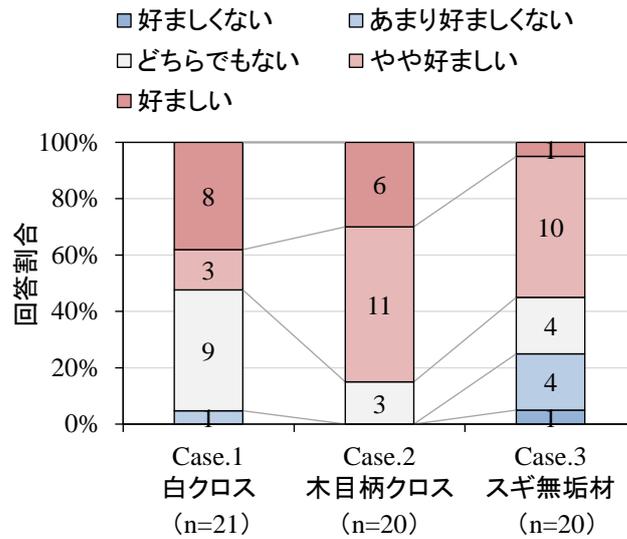


図 3. I -4 感触の好ましき

表 3. I -4 【Case.1 白クロス】 感触の好ましきの理由

どちらでもない	
反発も沈みもしないため	3
よくあるフローリングであるため	2
特に気にならないため	1
やや好ましい	
弾力を感じてなじみやすいため	1
やわらかく感じてなじみやすいため	2
好ましい	
不満要素がないため	1
冷たくないため	2
感触が良いため	1
安定しているため	1

表 3. I -5 【Case.2 木目柄クロス】 感触の好ましさの理由

やや好ましい	
適度に弾力があるため	3
厚みがあるため	3
優しい肌触りであるため	1
やわらかく暖かみを感じる	1
なじむため	1
安心感があるため	1
好ましい	
適度に弾力があるため	3
肌触りが良いため	1
なじむ	2

表 3. I -6 【Case.3 スギ無垢材】 感触の好ましさの理由

好ましくない	
かたいため	3
あまり好ましくない	
かたいため	2
つるつるしすぎている	4
どちらでもない	
かたいため	1
かたいが、不満はない	2
やや好ましい	
特に不都合がないため	2
木が良い（が、段差を感じる）	1
温度が調度よい	1
木を感じられて落ち着く	2
つるつるしているため	1
心地良いが、少し埃っぽい	2
自然に触れている感じがするため	1
さわり心地がよいため	1
好ましい	
なじむため	1
つるつるしているのが良い	1

#### ④室内空間全体の印象

室内空間の好ましさを図 3. I -5 に示す。どのケースでも半数以上が好ましい側の回答であり、Case.3 では好ましくない側の回答が確認されなかった。室内空間全体の印象に大きな偏りはなかったと考えられる。

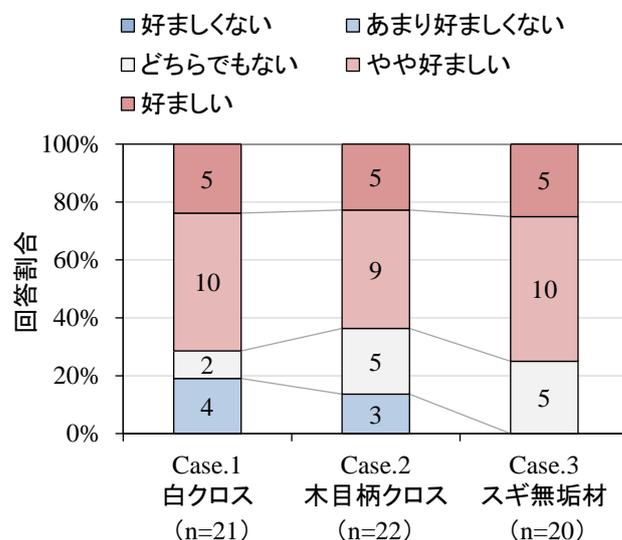


図 3. I -5 室内空間の好ましさ

### 3. I .2 木目調の内装材と無垢材が自律神経状態に及ぼす影響

本稿では交感神経活動の指標である LF/HF を用いてリラックス状態の分析を行う。尚、LF/HF は個人差を小さくするため会議室における安静時の値との差を算出して分析に用いた。また、活動によって瞬間的に値が大きくなることが予想されるため、覚醒時の平均+2 $\sigma$  ( $\sigma$ : 標準偏差) より大きい値は外れ値として分析から除外した。

#### ①木目調の内装材と無垢材が就寝前の自律神経に及ぼす影響

就寝前の実験室滞在時(21:30-23:00)における LF/HF のケース間比較を図 3. I -6 に示す。ケース間に有意な差は確認されなかった。

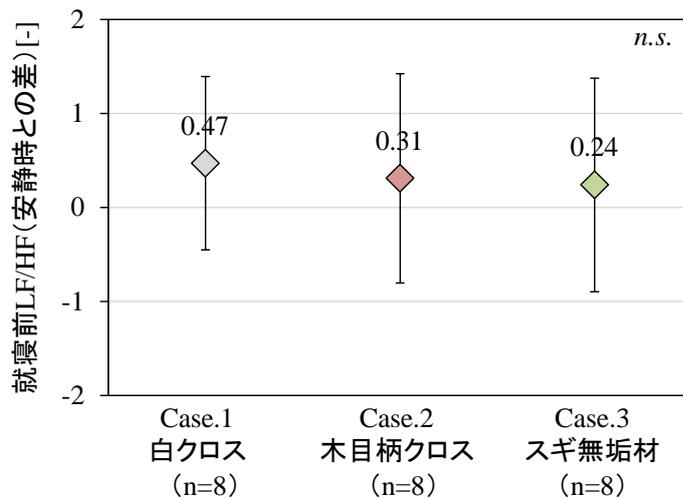


図 3. I -6 就寝前 LF/HF (21:30-23:00)

実験室滞在時は、就寝前 1 時間半の PC 操作や長時間の携帯操作、支給した水以外の飲食等の規制を除き基本的には自由時間である。そのため、被験者同士で会話していたり読書、勉強をしたりと被験者毎・日毎に行動は様々であった。図 3. I -6 に示した結果はそういった行動の違いによる影響も含まれていると考えられるため、実験室滞在時における安静時間 (21:30-22:00 アンケート回答や開眼安静など全被験者が同じ行動をとっていた時間) における LF/HF を比較した (図 3. I -7)。

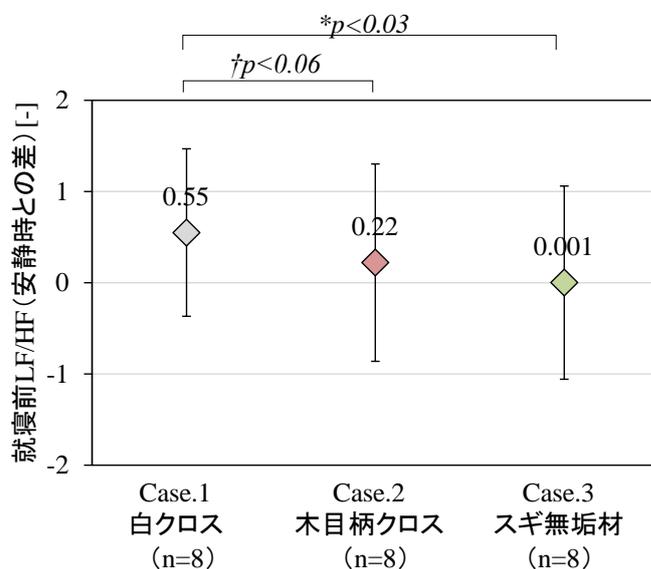


図 3. I -7 就寝前 LF/HF (21:30-22:00)

Case.1 と比較して Case.2 では LF/HF が低い傾向であり、木材の視覚的なリラックス効果が示唆された。また、Case.1 と比較して Case.3 では有意に LF/HF が低かった。Case.3 は木

材の視覚刺激だけでなく嗅覚・触覚刺激によるリラックス効果も含まれると考えられるが、Case.2 と Case.3 に有意な差がなかったことから、視覚的なリラックス効果の影響が大きく現れた可能性が考えられる。以上より、就寝前においては木材の視覚的なリラックス効果が働いたことが示唆された。

②木目調の内装材と無垢材が深睡眠時の自律神経状態に及ぼす影響

次に木質内装によるリラックス効果が好影響を与えると考えられる深睡眠に着目する。全就床時間内における深睡眠時の LF/HF を図 3. I -8 に示す。Case.1,2 と比較して Case.3 では深睡眠時の LF/HF が有意に低かった。このことから、Case.3 では他の 2 ケースよりも深睡眠時に深いリラックス状態にある可能性が示された。

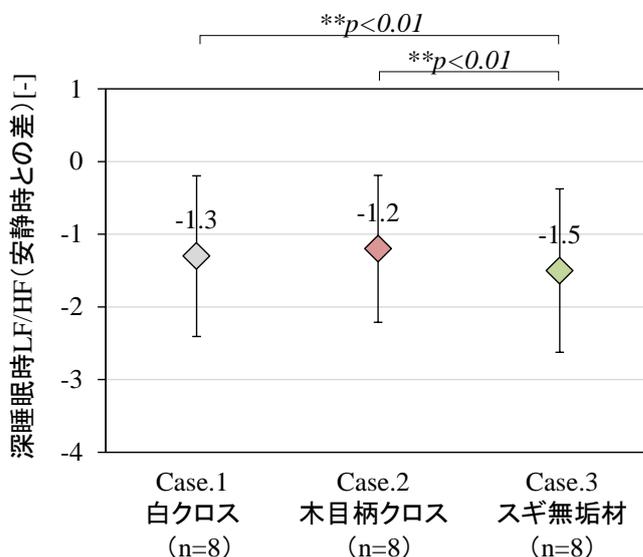


図 3. I -8 深睡眠時の LF/HF

次に、睡眠時の LF/HF の推移を確認するため、入眠後 3 時間、入眠後 3~5 時間、起床前 3 時間の深睡眠時 LF/HF を図 3. I -9 に示す。

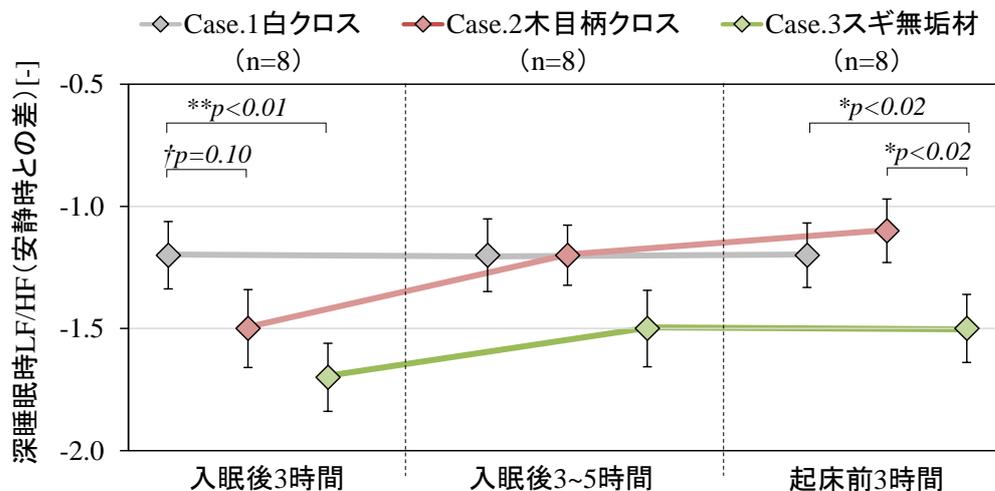


図 3. I -9 深睡眠時 LF/HF の時刻推移

まず入眠後 3 時間に着目すると、Case.1 と比較して Case.2 では深睡眠時の LF/HF が低い傾向であり、深睡眠時にリラックス状態が深まっている可能性が示された。これは就寝前のリラックスによる影響であると考えられる。また、Case.3 は Case.1 と比較して有意に深睡眠時 LF/HF が低く、リラックス状態が深まっている可能性が示された。これも就寝前のリラックスと、木の香気吸入によるリラックス効果が働いた結果であると考えられる。次に起床前 3 時間に着目すると、Case.1,2 と比較して Case.3 では有意に深睡眠時 LF/HF が低く、起床前でも深睡眠時のリラックス状態が深い可能性が示された。入眠後の睡眠の質がその後の睡眠全体の質に影響を及ぼすことから、入眠直後の深睡眠時に深いリラックス状態となっていたことで起床前まで良質な深睡眠が出現した可能性がある。また、就床中にも木の香気吸入によるリラックス効果が働いた可能性も考えられる。

以上より、入眠後は Case.1 と比較し Case.2,3 で深睡眠時に深いリラックス状態となり、Case.3 は起床前まで深睡眠時に深いリラックス状態であった可能性が示された。

### 3. I .3 木目調の内装材と無垢材が睡眠に及ぼす影響

#### ①木目調の内装材と無垢材が深睡眠時間に及ぼす影響

全就床時間内における深睡眠時間のケース間比較を図 3. I -10 に示す。

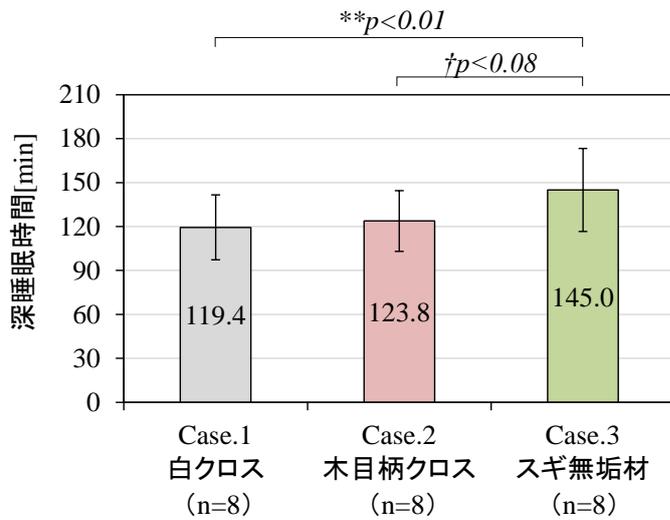


図 3. I -10 深睡眠時間のケース間比較

Case.1 と比較して Case.3 では深睡眠時間が有意に長く、Case.2 と比較しても高い傾向であった。深睡眠の出現状態について詳しく見るため、次に入眠後 3 時間、入眠後 3~5 時間、起床前 3 時間の深睡眠時間を図 3. I -11 に示す。

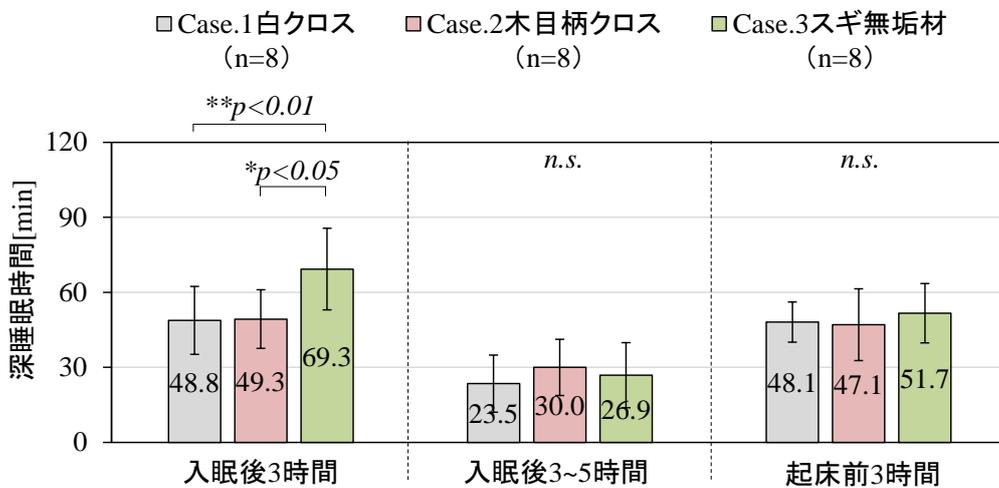


図 3. I -11 深睡眠時間の推移

入眠後 3 時間において、Case.1,2 と比較して Case.3 では有意に深睡眠時間が長かった。次に、1 回の深睡眠の平均時間の推移を図 3. I -12、深睡眠の出現回数の推移を図 3. I -13 に示す。

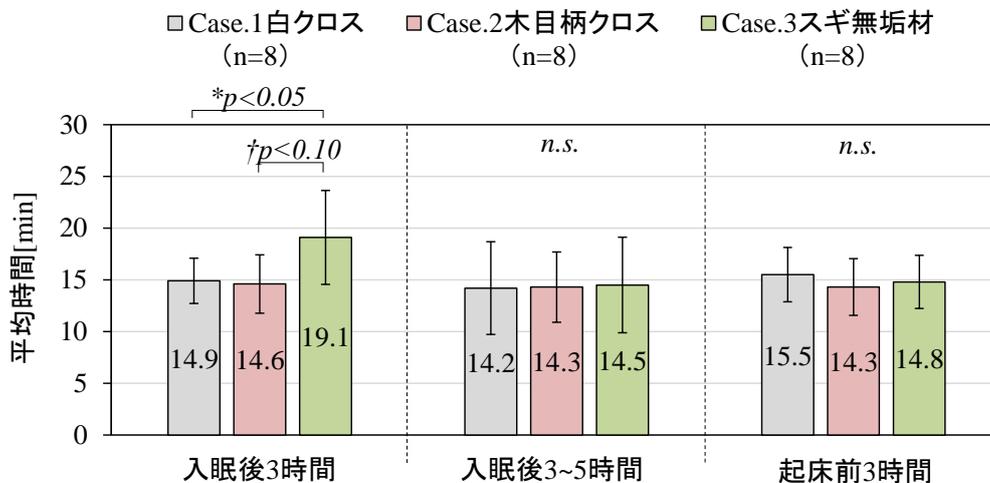


図 3. I -12 1 回の深睡眠の平均時間推移

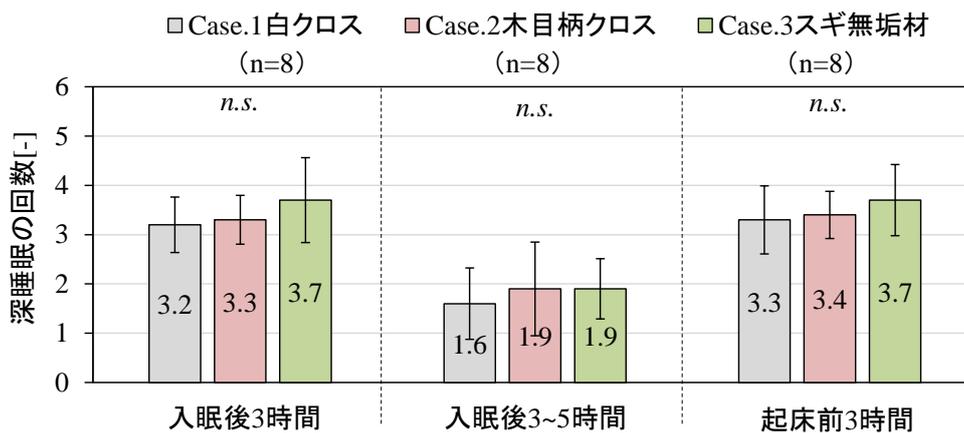


図 3. I -13 深睡眠の回数の推移

図 3. I -12 より、深睡眠時間が長かった入眠後 3 時間においては、Case.1 と比較して Case.3 では有意に 1 回の深睡眠が長く、Case.2 と比較しても長い傾向であった。また、図 3. I -13 より深睡眠の回数はケース間に有意な差が確認されなかったことから、Case.1,2 と比較して Case.3 では 1 回の深睡眠の時間が長くなったため深睡眠が有意に長かったと考えられる。

## ②木目調の内装材と無垢材の空間における睡眠が起床時の睡眠感に及ぼす影響

起床時に行ったアンケートから熟睡感に関する項目について分析した結果を示す。まず、「ぐっすり眠れたか」という問いの回答割合を図 3. I -14 に示す。ここで、「ぐっすり眠れたか」という問いに対して「非常に・ややぐっすり眠れた」と回答した群を「ぐっすり眠れた」、「非常に・ややぐっすり眠れなかった」と回答した群を「ぐっすり眠れなかった」と分類して比較した。

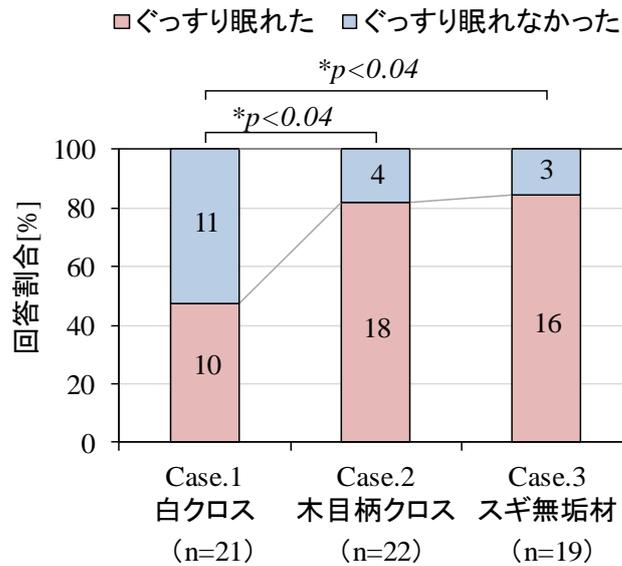


図 3. I -14 「ぐっすり眠れたか」の回答割合

カイ二乗検定を行ったところ、Case.1と比較してCase.2,3では有意に「ぐっすり眠れた」側の回答割合が多かった。Case.2とCase.3では有意な差がなかったことから、入眠前半における深睡眠時のリラックス状態の深さが関係している可能性があると考え、入眠後3時間の深睡眠時のLF/HFを被験者毎に低群・高群に分類し、上記の「ぐっすり眠れたか」の回答を被験者毎に比較した(図3. I -15)。尚、順序尺度同士の比較であるため、検定にはWilcoxonの符号付順位検定を用いた。

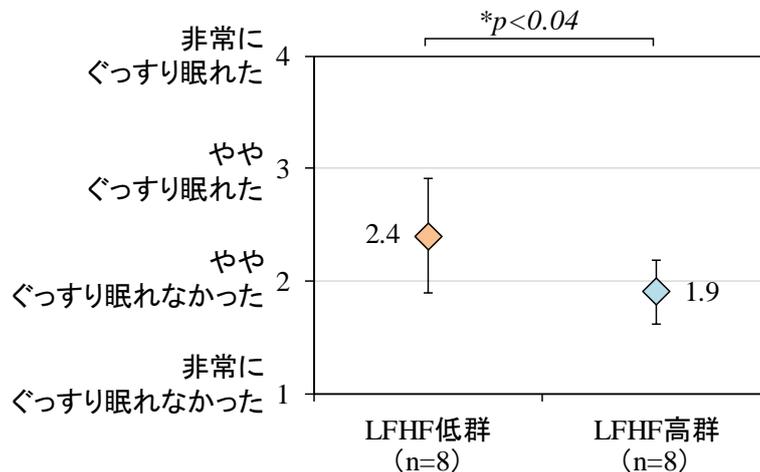


図 3. I -15 深睡眠時 LF/HF と「ぐっすり眠れたか」の回答

LF/HF 高群と比較して低群では回答が有意に「ぐっすり眠れた側」に近かった。このことから、入眠時に深いリラックス状態にある深睡眠が得られることで、起床時の熟睡感が向上する可能性が示された。

### 3. I. 4 木目調の内装材と無垢材が翌日の知的生産性に及ぼす影響

実験室に宿泊した翌日に会議室で測定した知的生産性の分析結果について述べる。尚、タイピング、マインドマップの各々で被験者毎に実験日数と作業成績の推移を確認し、指数近似曲線が  $R^2 \geq 0.50$  であてはまったものは習熟の影響があると判断して補正を行った。

#### ①単純作業：タイピングに関する分析結果

##### (1) 睡眠が翌日の単純作業の成績に及ぼす影響

前夜の睡眠の質が単純作業の生産性に及ぼす影響を分析する。深睡眠時間と作業成績の関係を図 3. I -16、深睡眠時の LF/HF と作業成績の関係を図 3. I -17 に示す。尚、深睡眠時間は被験者毎に平均値を算出し、平均値より短い日の成績の平均を短群、平均値より長い日の成績の平均を長群として算出し、分析に用いた。深睡眠時の LF/HF も同様に低群と高群で成績を比較した。

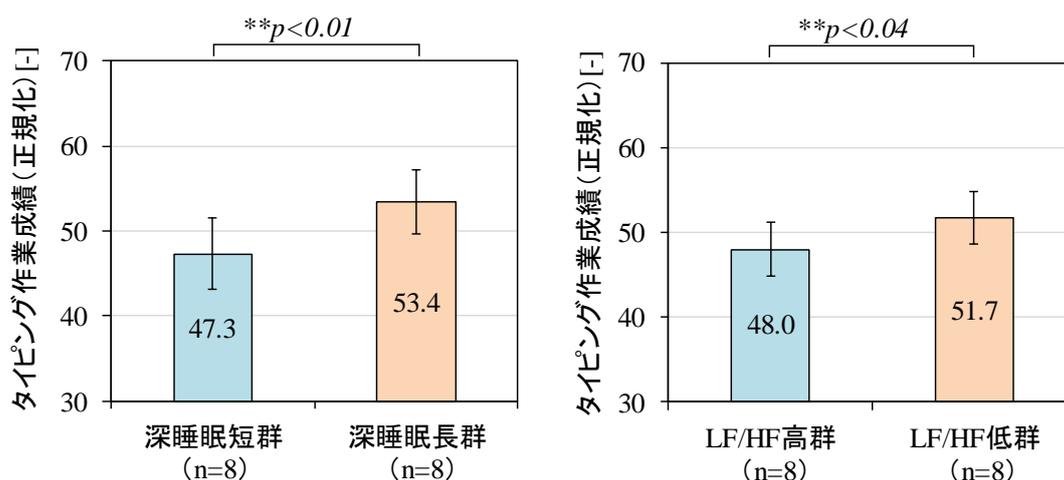


図 3. I -16 深睡眠時間とタイピング成績 図 3. I -17 深睡眠時 LF/HF とタイピング成績

深睡眠短群と比較して長群の方がタイピング作業成績が有意に高く、深睡眠時 LF/HF 高群と比較して低群の方が有意にタイピング作業成績が高かった。

##### (2) 作業成績のケース間比較

タイピングの作業成績のケース間比較を図 3. I -18 に示す。

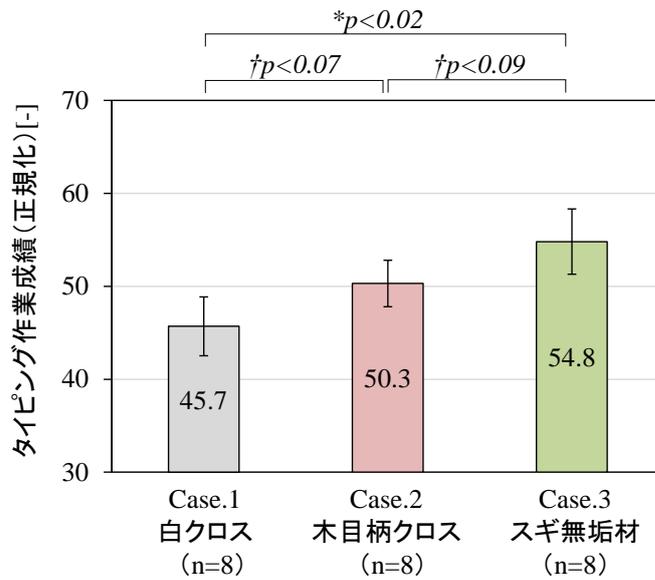


図 3. I -18 タイピング作業成績のケース間比較

Case.1 と比較して Case.2 では作業成績が 4.6pt 高い傾向であった。また、Case.1 と比較して Case.3 では有意に作業成績が 9.1pt 高く、Case.2 と比較しても 4.5pt 高い傾向であった。(1) で述べた結果より、Case.3 では深睡眠時間が長く、深睡眠時のリラックス状態が深かったことが成績の向上に寄与したと考えられる。

ここで、Case.1 と比較して Case.2 で成績が高い傾向であった要因を調べるため、起床時の熟睡感とタイピング作業成績の関係を確認した (図 3. I -19)。

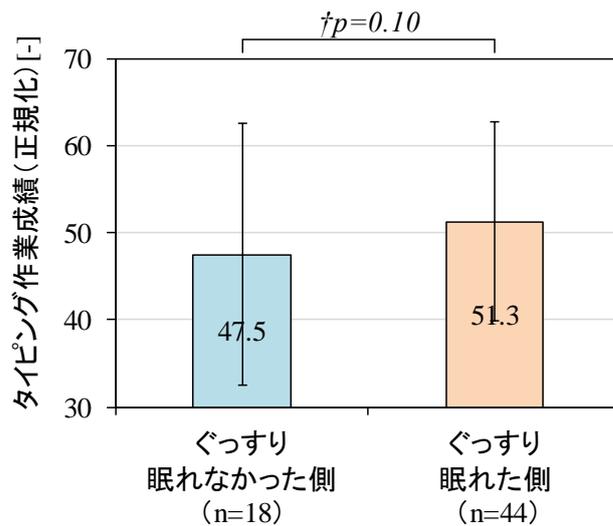


図 3. I -19 「ぐっすり眠れたか」とタイピング作業成績

ぐっすり眠れなかった側と比較して、ぐっすり眠れた側ではタイピングの成績が高い傾

向となった。このことから、起床時に「ぐっすり眠れた」という熟睡感が得られることが単純作業の成績向上に寄与する可能性が示された。Case.2 が Case.1 より成績が高い傾向であったのは、起床時の熟睡感が高かったことが一因であると考えられる。

## ②創造作業：マインドマップに関する分析結果

### (1) 睡眠が翌日の創造作業の成績に及ぼす影響

前夜の睡眠の質が創造作業の生産性に及ぼす影響を分析する。深睡眠時間と作業成績の関係を図 3. I -20、深睡眠時の LF/HF と作業成績の関係を図 3. I -21 に示す。尚、深睡眠時間は被験者毎に平均値を算出し、平均値より短い日の成績の平均を短群、平均値より長い日の成績の平均を長群として算出し、分析に用いた。深睡眠時の LF/HF も同様に低群と高群で成績を比較した。

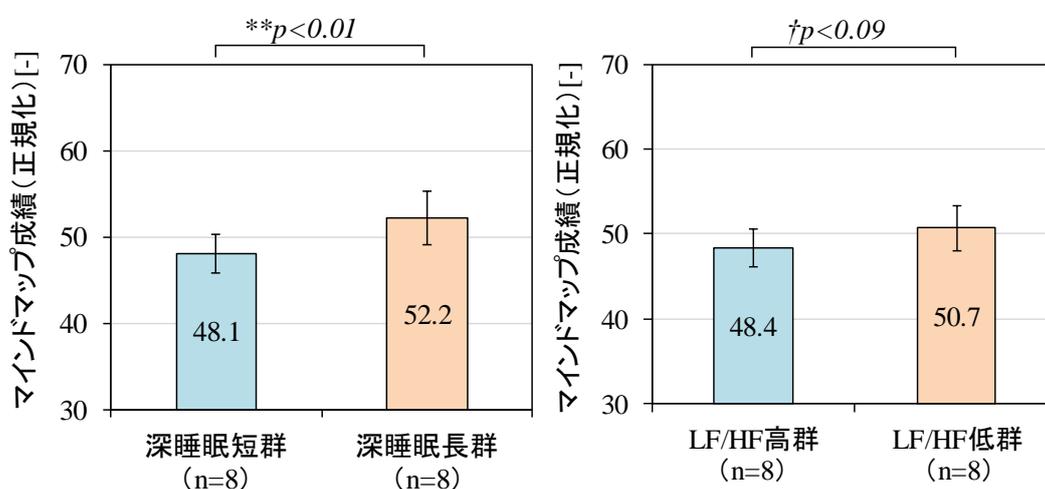


図 3. I -20 深睡眠時間とマインドマップ成績 (左)

図 3. I -21 深睡眠時 LF/HF とマインドマップ成績 (右)

深睡眠短群と比較して長群の方がマインドマップ成績が有意に高く、深睡眠時 LF/HF 高群と比較して低群の方がマインドマップ成績が高い傾向であった。よって深睡眠時間が長いことが創造作業の成績向上に寄与し、また深睡眠時の LF/HF が低いことも創造作業の成績向上に寄与する可能性が示された。

### (2) 作業成績のケース間比較

マインドマップの作業成績のケース間比較を図 3. I -22 に示す。

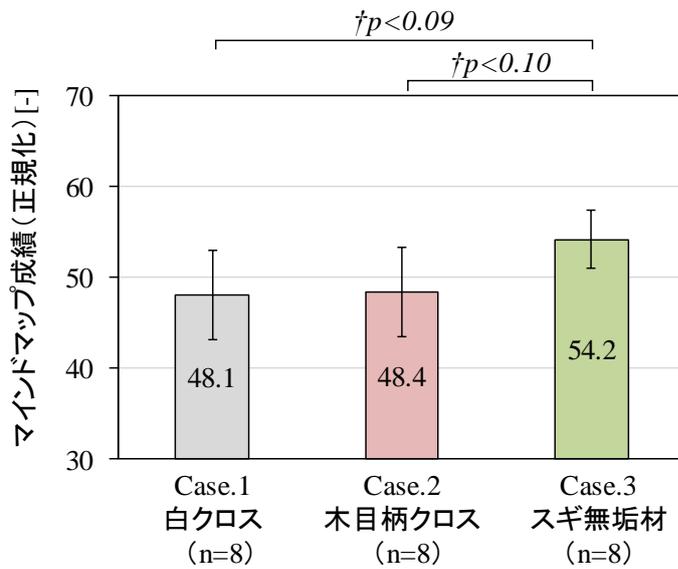


図 3. I -22 マインドマップ成績のケース間比較

Case.1,2 と比較して Case.3 ではマインドマップ成績が高い傾向であった。深睡眠時 LF/HF だけでなく深睡眠時間も成績向上に寄与する可能性があるため、Case.3 では深睡眠時間が長く深睡眠時の LF/HF が低かったことがマインドマップ成績の向上に寄与したと考えられる。

### 3.1.5 木目調の内装材と無垢材の比較結果まとめ

本節では、木目調の内装材と無垢材が自律神経を介して睡眠と日中の知的生産性に及ぼす影響を分析するために行った被験者実験について述べた。本分析から得られた結果を以下にまとめる。

- ・就寝前は Case.1 (白クロス) と比較して Case.2 (木目柄クロス)、Case.3 (スギ無垢材) では LF/HF が低く、木質内装の視覚刺激によるリラックス効果が働いた可能性が示された。
- ・入眠後 3 時間における自律神経に着目すると、Case.1 (白クロス) と比較して Case.2 (木目柄クロス) では LF/HF が低い傾向であり、Case.3 (スギ無垢材) は Case.1 より有意に低く、Case.2 より低い傾向であった。就寝前のリラックス状態が深い方が睡眠前半の深睡眠時においてリラックス状態が深くなる可能性が示された。
- ・Case.1 (白クロス) ,2 (木目柄クロス) と比較して Case.3 (スギ無垢材) では起床前まで深睡眠時の LF/HF が有意に低かった。睡眠時における木の香気吸入が深睡眠時のリラックス状態を深めた可能性が考えられる。
- ・入眠後 3 時間において Case.1 (白クロス) ,2 (木目柄クロス) と比較して Case.3 (スギ無垢材) で深睡眠時間が長かった。深睡眠時にリラックス状態が深まったことで睡眠前半において 1 回の深睡眠が長くなり、深睡眠の出現時間が長くなったと考えられる。
- ・睡眠前半にリラックス状態が深い深睡眠が出現することが起床時の熟睡感に寄与する可能性が示された。
- ・深睡眠時間が長いこと、深睡眠時のリラックス状態が深いことが翌日の単純作業・創造作業の成績向上に寄与する可能性が示され、Case.3 (スギ無垢材) では他と比較して単純作業の成績が有意に高く、創造作業の成績も高い傾向であった。単純作業に関しては起床時に熟睡感があることで作業成績が向上する可能性があり、Case.1 (白クロス) と比較して Case.2 (木目柄クロス) でも成績が向上する傾向が示された。

以上より、内装にスギ無垢材を使用することで深睡眠の促進や深睡眠時のリラックス状態の深化といった良質な睡眠と翌日の単純作業・創造作業の生産性向上が確認された。また、木目調のクロスのように木材の視覚刺激のみの場合は睡眠前半の深睡眠時のリラックス状態の深化とそれによる熟睡感、翌日の単純作業の生産性向上の可能性が示された。

### 3. II スギスリット材と無垢材が睡眠と翌日の知的生産性に及ぼす影響

#### 3. II.1 スギスリット材とスギ無垢材が室内空間の印象に及ぼす影響

##### ① 色彩に関する印象評価

見た目の好ましさの回答結果を図 3. II-1 に示す。また、Case.4 の主な回答理由とその数を表 3. II-1 に示す<sup>1</sup>。天井のスリット材を好ましくないと感じる被験者もおり、Case.4 は評価が分かれる結果となった。

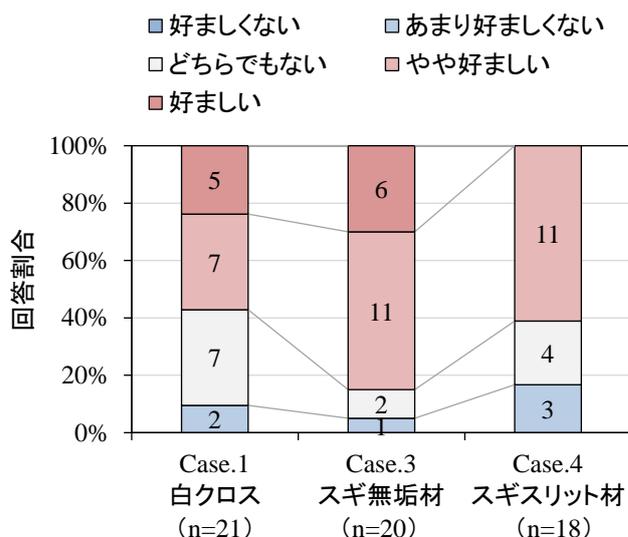


図 3. II-1 見た目の好ましさ

表 3. II-1 【Case.4 スギスリット材】見た目の好ましさの理由

あまり好ましくない	
天井を見ると目が疲れる	1
天井があまり好きではない	2
天井の模様になんか一致が見られるのが気になる	1
どちらでもない	
天井が少し気になったが、見ていないため	2
慣れたため	1
やや好ましい	
木が心地よい	5
色味が暖かい	4
落ち着く	1
好きである	1

<sup>1</sup> 理由の記載があったもののみを示した

## ②香りの印象評価

「木の香りを感じるか」という問いの回答結果を図 3.II-2 に示す。Case.4 は全ケースの中で最も香り濃度が高いが、感じる側の回答割合は Case.3 より少なかった。不快でない範囲であれば、一定以上の濃度となると香りの感じ方は同程度である可能性が考えられる。

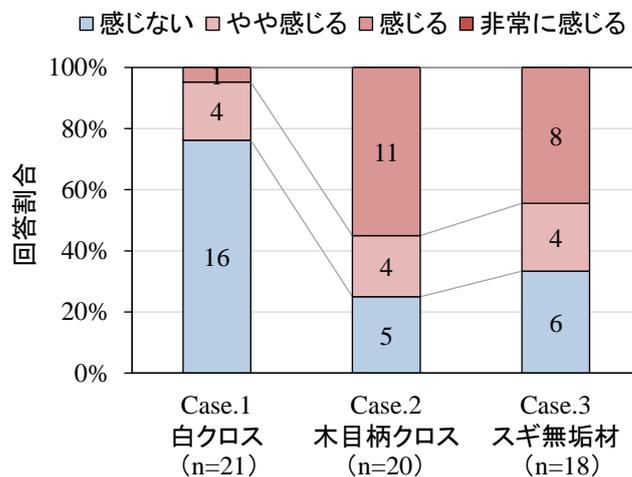


図 3.II-2 「木の香りを感じるか」の回答結果

また、木の香りの好ましさの回答結果を図 3.II-3 に示す。全体の約 81% が好ましい側の回答であり、好ましくないという回答はなかった。このことから、木の香りを好まないことによる悪影響は抑えられたと考えられる。

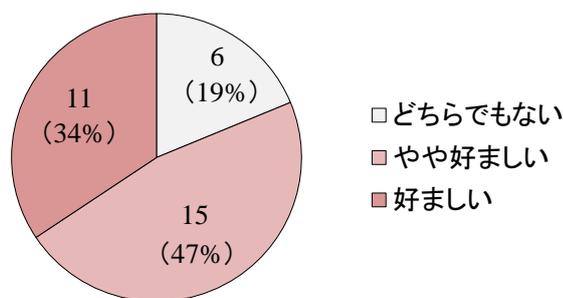


図 3.II-3 木の香りの好ましさ

## ③感触の印象評価

感触の好ましさの回答結果を図 3.II-4 に示す。また、Case.4 における感触の好ましさの回答理由をそれぞれ表 3.II-2 に示す。Case.3,4 のスギ無垢材のフローリングは Case.1 よりも好ましい側の回答割合が大きいですが、好ましくない側の回答も Case.1 と同程度確認された。また、「ギシギシする」といった意見もあったため、施工方法にも十分気を配る必要があると考えられる。

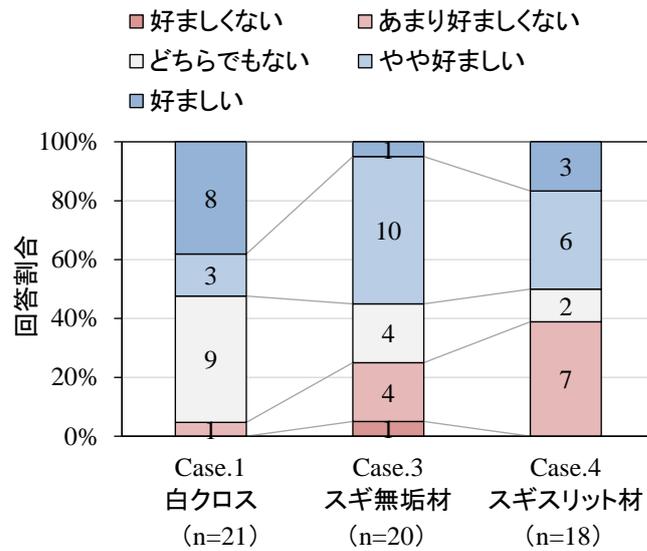


図 3.Ⅱ-4 感触の好ましさ

表 3.Ⅱ-2 【Case.4 スギスリット材】感触の好ましさの理由

あまり好ましくない	
もう少しつやが欲しい	1
かたいため	2
ギンギンする	3
つるつるしすぎているため	3
どちらでもない	
慣れたため	3
やや好ましい	
木を感じるから	1
つるつるしているため	1
落ち着くため	1
良いが、少し埃っぽいため	2
好ましい	
足となじみやすいため	1
心地良いため	1

④室内空間全体の印象

室内空間の好ましさを図 3. II-5 に示す。どのケースでも半数以上が好ましい側の回答であった。室内空間全体の印象に大きな偏りはなかったと考えられる。

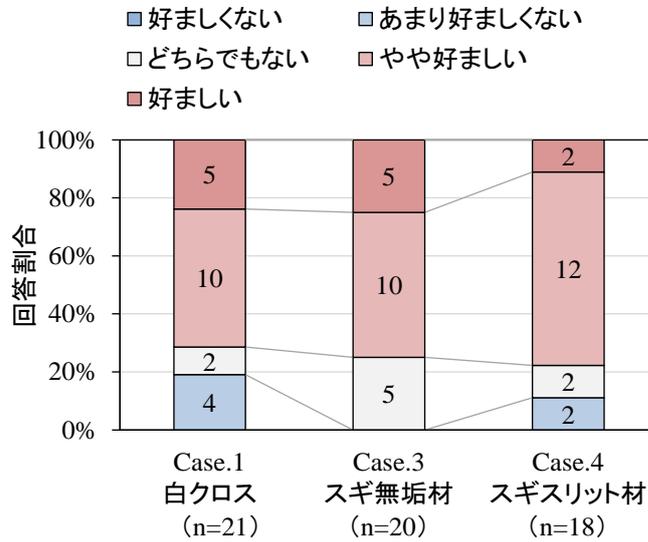


図 3. II-5 室内空間の好ましさ

3. II.2 スギスリット材とスギ無垢材が自律神経状態に及ぼす影響

①スギスリット材とスギ無垢材が就寝前の自律神経に及ぼす影響

就寝前の実験室滞在時の安静時(21:00-21:30)における LF/HF のケース間比較を図 3. II-6 に示す。Case.1 と Case.4 の間に有意な関係は確認されなかった。3. II.1 で示したようにスギスリット材をあまり好まないと答えた被験者もいたため、そのような印象がリラックス状態に影響した可能性が考えられる。

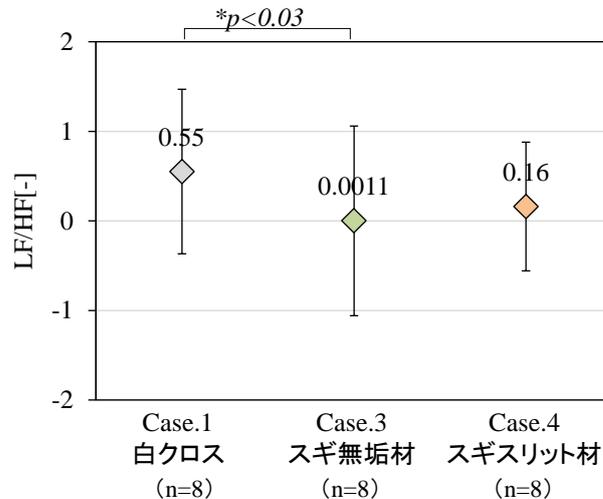


図 3. II-6 就寝前 LF/HF (21:30-23:00)

②スギスリット材とスギ無垢材が深睡眠時の自律神経状態に及ぼす影響

全就床時間内における深睡眠時の LF/HF を図 3. II-7 に示す。Case.1 と比較して Case.3,4 では深睡眠時の LF/HF が有意に低かった。このことから、スギ無垢材を利用した Case.3,4 では他の 2 ケースよりも深睡眠時に深いリラクセス状態にある可能性が示された。また、Case.3,4 間には有意な差がなかったことから、木の香り濃度が高いほどリラクセス効果が大きいという結果とはならなかったことが確認された。

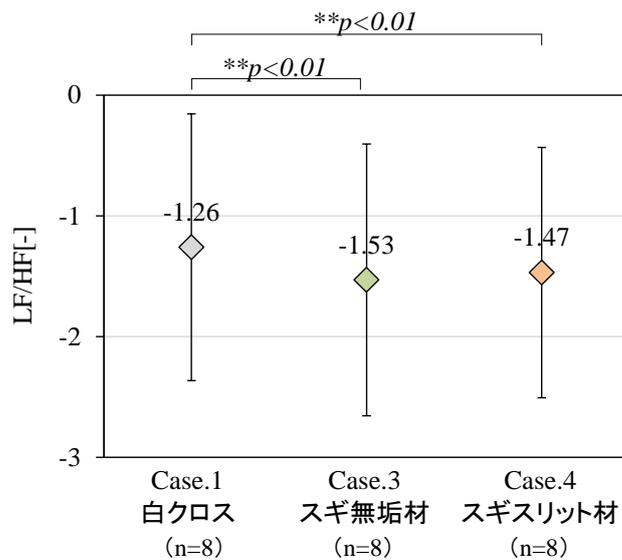


図 3. II-7 深睡眠時の LF/HF

次に、睡眠時の LF/HF の推移を確認するため、入眠後 3 時間、入眠後 3~5 時間、起床前 3 時間の深睡眠時 LF/HF を図 3. II-8 に示す。

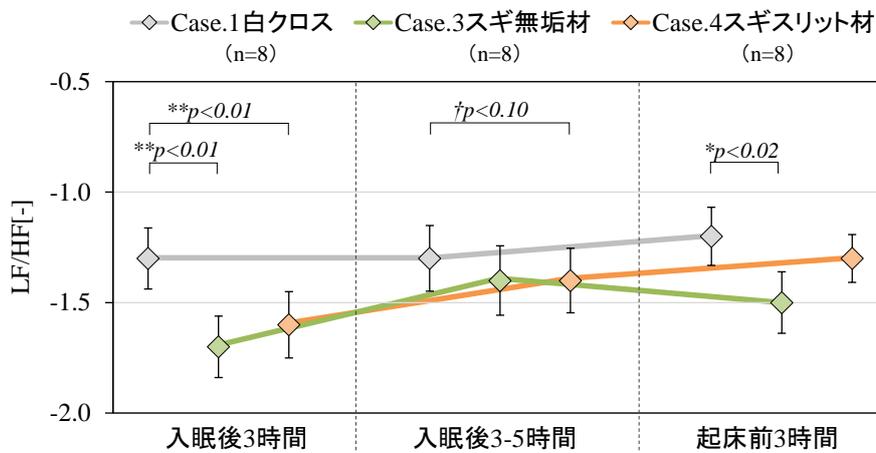


図 3. II-8 深睡眠時 LF/HF の時刻推移

入眠後 3 時間に着目すると、Case.1 と比較して Case.3 では深睡眠時の LF/HF が有意に低く、深睡眠時にリラックス状態が深まっている可能性が示された。これは就寝前のリラックスによる影響であると考えられる。一方で、Case.1 と比較して Case.4 でも深睡眠時の LF/HF が有意に低かったことから就寝前にリラックス状態が深まっていなくても無垢材利用により入眠後に深睡眠時のリラックス状態が深まる可能性が示された。また、Case.4 では入眠後 3~5 時間においても Case.1 と比較して深睡眠時のリラックス状態が深い傾向であった。これは入眠直後に深睡眠時のリラックス状態が深まったことと、木の香り吸入によりリラックス状態が持続したことが原因である可能性が考えられる。

### 3. II.3 スギスリット材とスギ無垢材が睡眠に及ぼす影響

#### ①スギスリット材とスギ無垢材が深睡眠時間に及ぼす影響

全就床時間内における深睡眠時間のケース間比較を図 3. II-9 に示す。Case.1 と比較して Case.4 では深睡眠時間に有意な傾向は確認されなかった。また、深睡眠時間の推移を図 3. II-10 に示す。こちらでも Case.1 と Case.4 の間に有意な差は確認されなかった。Case.3,4 はともに Case.1 と比較して入眠後 3 時間において深睡眠時 LF/HF が低かったが、Case.4 では深睡眠時間の延伸は確認されなかった。このことから、深睡眠時間の延伸には就寝前時点から交感神経系が沈静していることが重要である可能性が考えられる。

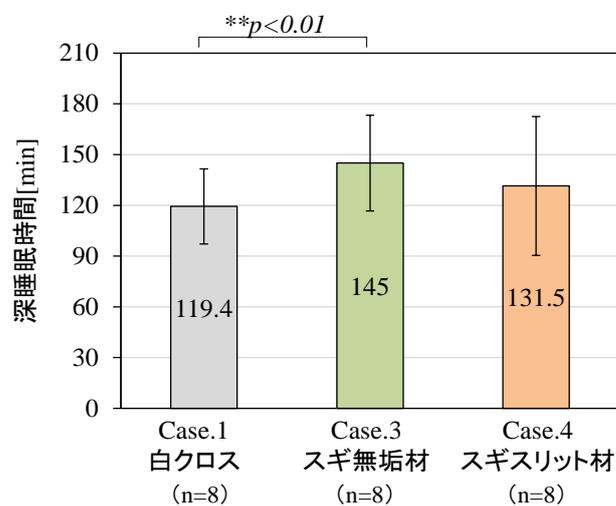


図 3. II-9 深睡眠時間のケース間比較

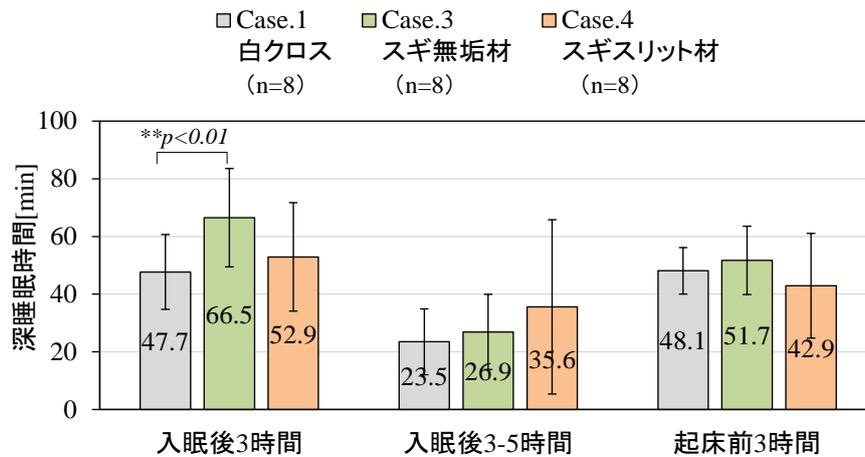


図 3. II-10 深睡眠時間の推移

さらに、1回の深睡眠の平均時間を図 3. II-11 に示す。1回の深睡眠の平均時間についても Case.1 と Case.4 の間に有意な関係は確認されなかった。

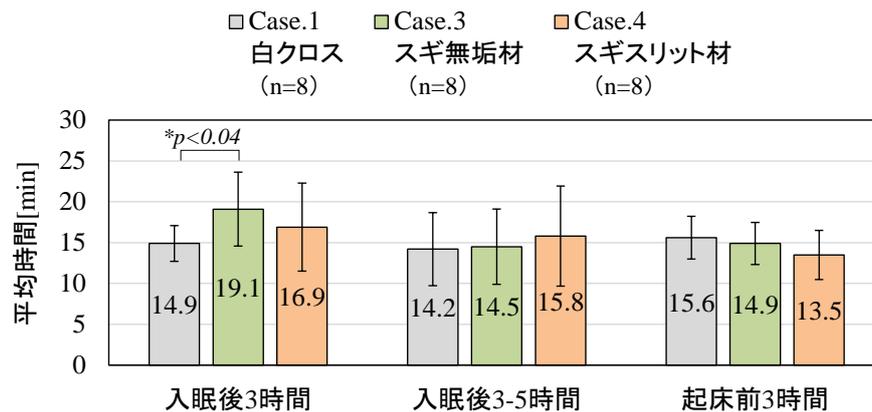


図 3. II-11 1回の深睡眠の平均時間推移

## ②スギスリット材とスギ無垢材の空間における睡眠が起床時の睡眠感に及ぼす影響

起床時に行ったアンケートから熟睡感と疲労に関する項目について分析した結果を示す。まず、「ぐっすり眠れたか」という問いの回答割合を図 3. II-12 に示す。ここで、「ぐっすり眠れたか」という問いに対して「非常に・ややぐっすり眠れた」と回答した群を「ぐっすり眠れた」、「非常に・ややぐっすり眠れなかった」と回答した群を「ぐっすり眠れなかった」と分類して比較した。Case.1 と比較して Case.3 では有意に「ぐっすり眠れた」側の回答割合が高く、Case.4 では高い傾向を示した。Case.1 と比較して Case.4 でも入眠直後において深睡眠時にリラックス状態が深まっていたことが熟睡感に寄与した可能性が考えられる。

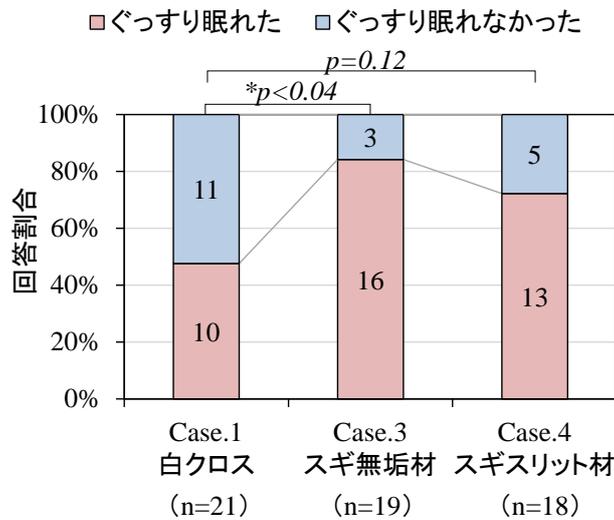


図 3. II -12 「ぐっすり眠れたか」の回答割合

### 3. II.4 スギスリット材とスギ無垢材が翌日の知的生産性に及ぼす影響

実験室に宿泊した翌日に会議室で測定した知的生産性の分析結果について述べる。尚、3. I と同様に習熟の影響があると判断した被験者は補正を行った。

#### ①単純作業：タイピングに関する分析結果

タイピングの作業成績のケース間比較を図 3. II -13 に示す。Case.1 と比較して Case.4 でも作業成績が高い傾向を示した。3. I で示したように起床時の熟睡感が単純作業の生産性向上に寄与する可能性があるため、Case.4 でも起床時に熟睡感が高まる傾向であったことが成績向上に寄与したと考えられる。

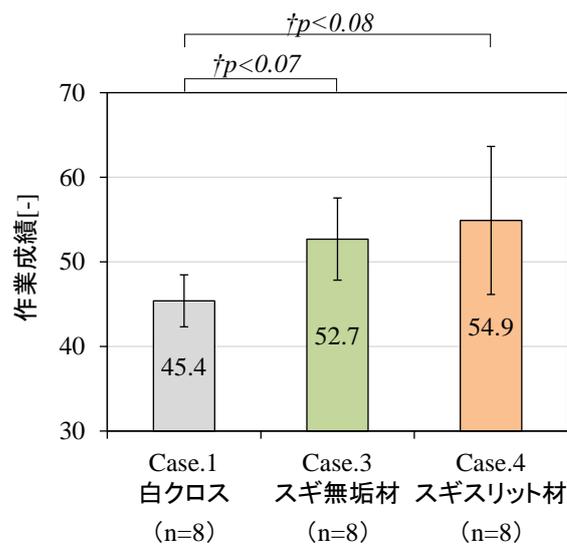


図 3. II -13 タイピング作業成績のケース間比較

②創造作業：マインドマップに関する分析結果

マインドマップの作業成績のケース間比較を図 3. II-14 に示す。Case.1 と比較して Case.3 では成績が高い傾向であったが、Case.4 とは有意な関係は確認されなかった。3. I で述べたように深睡眠時の LF/HF が低いこと、深睡眠時間が長いことが成績向上に寄与する可能性があるため、Case.4 では創造作業の成績向上に至るほどの深睡眠の質が向上しなかったと考えられる。

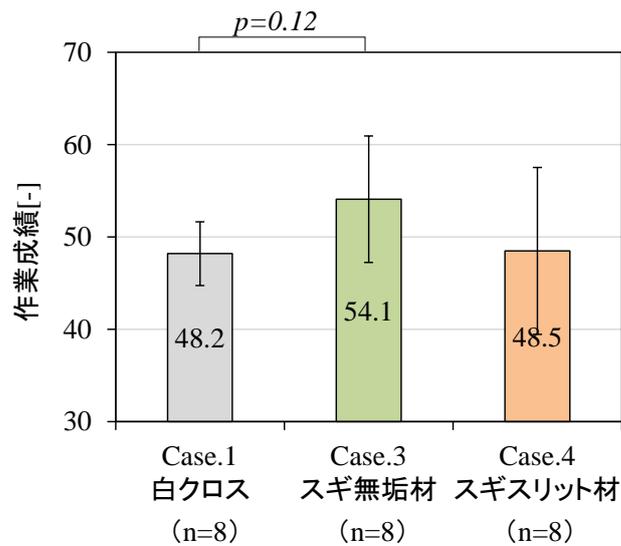


図 3. II-14 マインドマップ成績のケース間比較

### 3. II.5 スギスリット材とスギ無垢材の比較結果まとめ

本節では、スギスリット材とスギ無垢材が自律神経を介して睡眠と翌日の知的生産性に及ぼす影響を分析するために行った被験者実験について述べた。本分析から得られた結果を以下にまとめる。

- ・就寝前は Case.1 (白クロス) と比較して Case.3 (スギ無垢材) では LF/HF が有意に低かったが、Case.4 (スギスリット材) では有意な差が確認されなかった。スギスリット材は好ましくない印象も持たれていたため、主観評価がリラックス状態に影響した可能性が考えられる。

- ・ Case.1 (白クロス) と比較して Case.3 (スギ無垢材) は入眠後 3 時間・起床前 3 時間において深睡眠時の LF/HF が有意に低かった。Case.4 (スギスリット材) は入眠後 3 時間における深睡眠時の LF/HF が有意に低く、入眠後 3-5 時間においても低い傾向であった。Case.3,4 では睡眠前半にリラックス状態が深まったことで起床時の熟睡感が得られた可能性が示された。

- ・ Case.1 (白クロス) と比較して Case.3 (スギ無垢材) では深睡眠時間が有意に長かったのに対し、Case.4 (スギスリット材) では有意な差は確認されなかった。

- ・ Case.1 (白クロス) と比較して Case.4 (スギスリット材) では単純作業の成績が高い傾向であった。創造作業では有意な差は確認されなかった。

3. I でも述べているように、内装にスギ無垢材を用いると就寝前から深睡眠時にかけて交感神経系が沈静し、深睡眠時間が延伸することで翌日の単純作業・創造作業の生産性が向上する可能性が示された。スギスリット材は深睡眠時に深いリラックス状態がもたらされる可能性が示され、起床時の熟睡感を介して翌日の単純作業の生産性が向上する傾向が示された。

## 4. 幼稚園調査

### 4.1. 調査概要

本節では、2017年10月と2018年1月～2月に実施した幼稚園調査の概要を示す。

#### 4.1.1 調査の背景・目的

近年、地場産材の利用等を目的に公共建築、特に学校施設における木材利用が促進されている<sup>[文 4-1,2]</sup>。学校施設の内装木質化は、衝撃吸収力による足への負担軽減等の健康効果<sup>[文 4-3,4]</sup>が期待される。しかしこれらの既往研究は小中学校、高校の児童生徒を対象に行われたものが大半であり、より体が小さく、床で遊ぶことも多い保育園や幼稚園の園児に対する木材利用の健康効果は不明瞭である。また、木材はコンクリートよりも熱伝導率が小さく断熱性能に優れることや、調湿作用があることから、内装木質化によって良好な温熱環境が形成されることが期待される<sup>[文 4-5]</sup>。幼稚園の温熱環境の実態については冬季の温熱環境について報告されているが<sup>[文 4-6]</sup>、園舎の構造や内装材による違い等は考慮されておらず、十分な把握が行われていないのが現状である。また、園児の出席率や疾病等の健康状態と温熱環境との関連について言及した報告は少ない。

そこで本調査では、園舎の木材利用によって期待される調湿効果が冬季の感染症発生率に及ぼす影響および、足への負担軽減効果が身体活動量・運動能力に及ぼす影響を検証するため、実態調査を行った。複数の園舎において①温湿度の実測調査、②身体活動量の実測調査、③運動能力調査、④出席簿のデータ収集を実施し、それらを比較することで園舎における木材利用が園児の身体活動量・運動能力、風邪・感染症の発症率に及ぼす影響を検証する。

#### 4.1.2 調査対象園の概要

調査対象幼稚園は、全て私立で、三重県の幼稚園4園、認定こども園1園、広島県広島市の幼稚園1園、高知県高知市の認定こども園1園の計7園である。各対象園は築年数や断熱性能が異なるように抽出した。各園の概要を表4-1にまとめた。各園の内観を図4-2に示す。また園6は2018年度、園7は2019年度に新園舎への建て替えを予定しているため、建て替え前後で比較を行なう。今年度の調査は、建て替え前の調査を行った。

表 4-1 調査対象園の概要

園 ID	所在地	事業形態	建築年	床材	冬季の暖房方式	全園児数 H29 年度
1	三重県 四日市市	幼稚園	1971	CF	エアコン 空気清浄器	279 名
2	三重県 伊勢市	幼稚園	1985	CF	石油ストーブ	142 名
3	三重県 鈴鹿市	幼稚園	2000	無垢	エアコン 石油ストーブ 石油ファンヒータ 加湿器	137 名
4	三重県 津市	こども園	2002	木質フローリング	【調査中】	【調査中】
5	三重県 松阪市	幼稚園	2015	P タイル	エアコン 加湿器	120 名
6	広島県 広島市	幼稚園	1965	木質フローリング	【調査中】	【調査中】
7	高知県 高知市	こども園	1985	木質フローリング	エアコン 石油ファンヒータ 加湿器 電気カーペット	191 名



図 4-2 対象幼稚園の内観

### 4.1.3 実測調査の概要

#### 1) 調査概要

実測調査により、幼稚園の温熱環境および幼児の身体活動量を測定した。測定は秋季と冬季の二回実施し、秋季は中間期の身体活動を把握すること、冬季は寒冷な環境下における身体活動を把握することを目的としている。表 4-2 に温湿度実測調査の概要、図 4-3 に設置の様子を示す。また表 4-3 に幼児の活動量実測調査の概要を示す。

さらに、幼児の運動能力を把握するため、開眼片足立ちテストを実施した。幼児の開眼片足立ち時間は 25m 走・立ち幅跳び・両足飛び越し・体支持時間と有意な相関が認められている<sup>〔47〕</sup>ことから、文部科学省高齢者用新体力テストに従って測定を行った。表 4-4 に開眼片足立ちの様子を示す。

表 4-2 温湿度実測調査の概要

調査対象地		三重県 (園 1~5)	広島県 (園 6)	高知県 (園 7)
実施 期間	秋季	2017/10/12 - 2017/10/25	2017/10/2 - 2017/10/13	2017/10/12 - 2017/10/25
	冬季	2018/1/15 - 2018/1/26 <sup>※</sup>	2018/2/13 - 2018/2/23	2018/1/19 - 2018/2/1
調査方法		温湿度計・温度計の設置		
測定点		保育室、職員室、ホール (高さ 0.1m、1.1m)、トイレ (高さ 1.1m)		
測定項目		温湿度、温度 (10 分間隔の連続測定)		

※園 4 のみ 2018/2/13 - 2018/2/23 に実施



図 4-3 温湿度計設置の様子

表 4-3 身体活動の実測調査

調査対象地		三重県 (園 1~5)	広島県 (園 6)	高知県 (園 7)
実施 期間	秋季	2017/10/12 - 2017/10/25	2017/10/2 - 2017/10/13	2017/10/12 - 2017/10/25
	冬季	2018/1/15 - 2018/1/26 <sup>※</sup>	2018/2/13 - 2018/2/23	2018/1/19 - 2018/2/1
対象者		年長 (5 歳児)	年中・年長 (4・5 歳児)	
調査方法		活動量計の装着 (登園時~降園時に装着)		
測定機器		OMRON 社製 活動量計 HJA-750C		
測定項目		活動量、歩数、活動強度、消費カロリー等		

※園 4 のみ 2018/2/13 - 2018/2/23 に実施

表 4-4 開眼片足立ちテスト概要

調査対象地	三重県（園 1～5）	広島県（園 6）	高知県（園 7）
実施日	2018/1/10 – 2018/1/12	2018/2/13	2018/1/18
対象者	年長（5 歳児）	年中・年長（4・5 歳児）	
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上限 120 秒とし、左右足 2 回ずつ実施</li> <li>・ 最長時間（秒）を代表値とする</li> </ul>		
調査条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 裸足で行う</li> <li>・ 両上肢は腰につける</li> <li>・ 2m 前方の視線と同じ高さのマーカ―を注視する</li> </ul>		



図 4-4 開眼片足立ちテストの様子

## 2) 実測調査項目：身体活動量について

身体活動量に関しては、活動量計を用いて 1 時間ごとの歩数、10 秒ごとの活動強度などを測定した。本研究で採用した活動量計では、3 軸加速度センサと、独自のアルゴリズムによって体の動きと姿勢の変化を捉え歩行時の活動強度だけでなく、生活活動時の活動強度も計測可能である。歩行活動とは普通歩行に加え、ゆっくりとした歩行や早歩きなど大きな姿勢の変化を伴わない歩行動作を指す。また、生活活動とは、掃除や皿洗いといった歩行動作以外の姿勢の変化を伴う行動を指す。

本研究の対象である幼児は成人と比べ姿勢の変化を伴う動きが多いため、細かな姿勢変化を判別可能であり、また超小型で幼児の負担が少ないと考えられる HJA-750C の使用が妥当であると判断した。測定期間の 2 週間、調査対象者には登園時から降園時まで活動量計を装着させ、連続測定した。また誤飲などの事故を防ぐため、着脱はすべて職員に依頼するとともに、日誌に装着の有無を記録させた。

#### 4.1.4 職員アンケート調査の概要

幼稚園の環境、幼児の健康状態の把握を目的として、各園の職員を対象にアンケート調査を実施した。各園の園長に配布・回収を依頼した。表 4-5 に調査の概要を示す。

表 4-5 職員アンケート調査の概要

調査対象	三重県・広島県・高知県所在の幼稚園・こども園に勤務する職員
実施期間	2018年1月～2月
調査方法	紙面媒体による自記式質問紙調査 郵送回収
調査内容	幼稚園環境、園児の健康、自身の健康・働きやすさ、個人属性

#### 4.2. 基礎集計結果

本論では分析の進捗として、基礎集計の結果を示す。

##### 4.2.1 温湿度測定結果（秋季）

###### ◆調査期間中の外気温

幼児が在室する9時～14時の秋季外気温について、図 4-5 に対象地別に示す。外気温データ収集には、気象庁アメダスデータ<sup>[文4-8]</sup>を用いた。

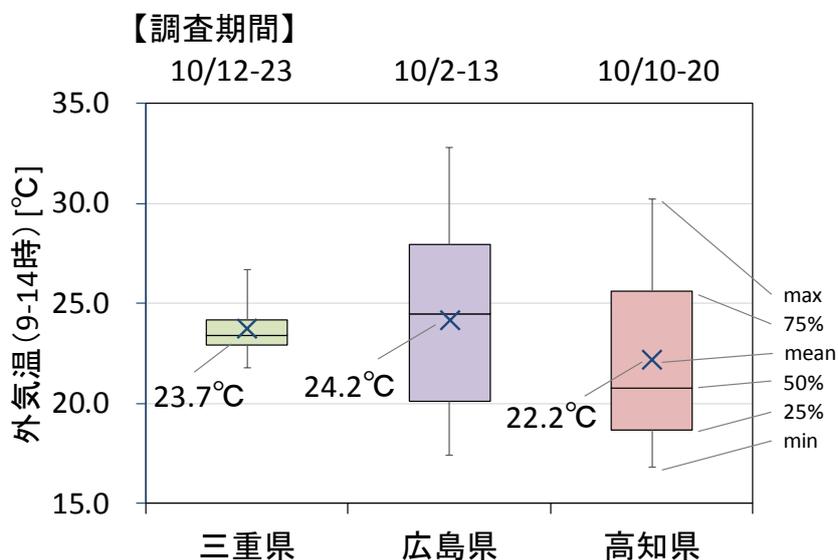


図 4-5 対象地別の調査期間中外気温（9-14時）

三重県は、他県と比較して外気温のバラつきが小さかった。また、高知県の平均外気温が最も低かった。

◆調査期間中の保育室室温

幼児が在室する9時～14時の秋季保育室室温について、図4-6に園別に示す。

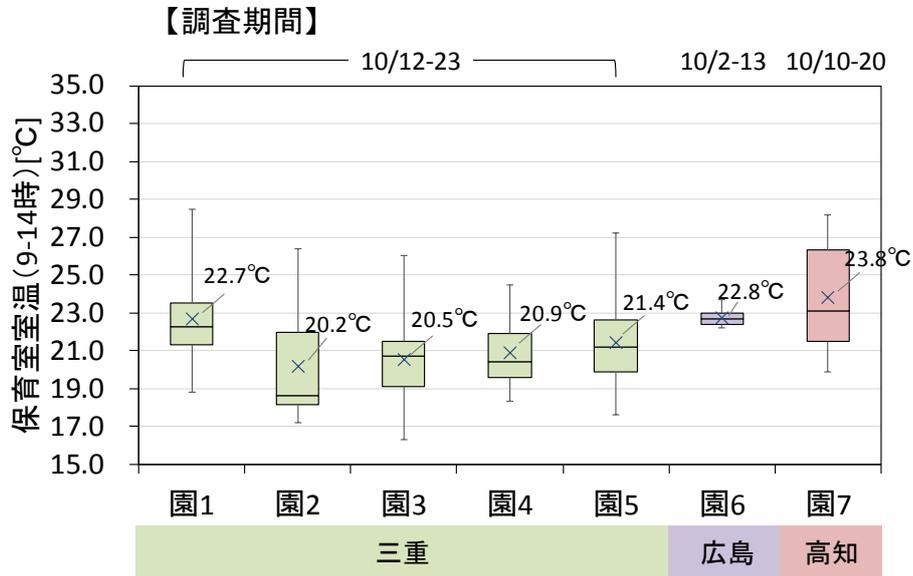


図4-6 園別の調査期間中保育室室温 (9-14時)

秋季の各園の保育室室温について把握することができた。各園の平均保育室室温に大きな差は確認されなかった。園によって断熱性能が異なるため、冬季は秋季よりも保育室室温にバラつきが生じることが予想される。

◆園別の代表日1日の保育室室温推移

園児が在室する9時～14時の秋季保育室室温 (床上 1.1m・0.1m) 及び外気温について、代表日1日 (三重県・広島県・高知県全て合わせた平均外気温の値に最も近い外気温の日) の推移を図4-7～図4-13に示す。

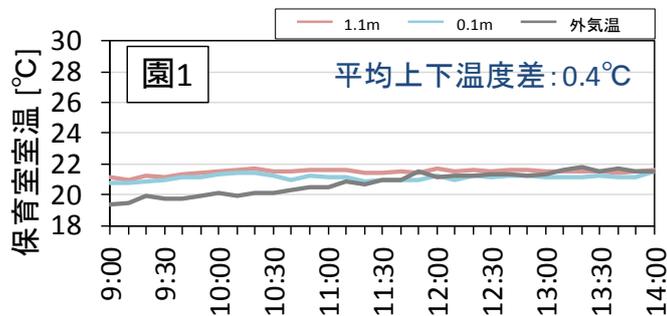


図4-7 園1の1日の室温推移 (代表日: 10/13)

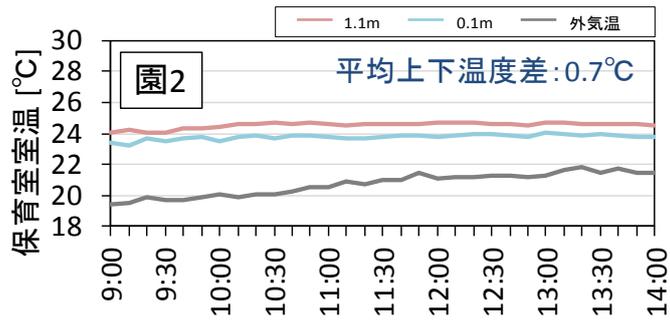


図 4-8 園 2 の 1 日の室温推移 (代表日 : 10/13)

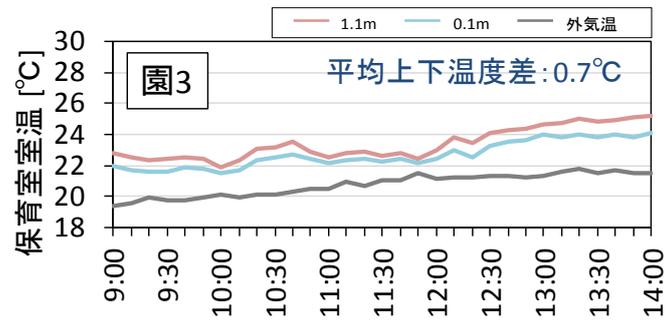


図 4-9 園 3 の 1 日の室温推移 (代表日 : 10/13)

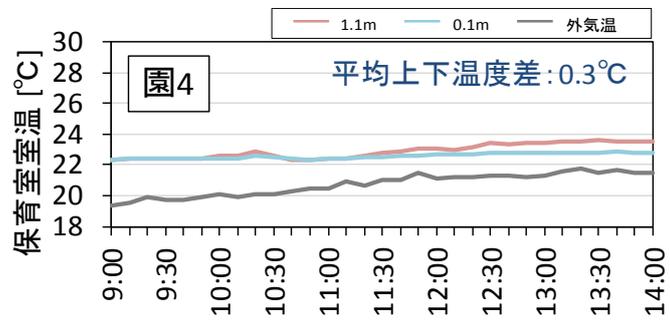


図 4-10 園 4 の 1 日の室温推移 (代表日 : 10/13)

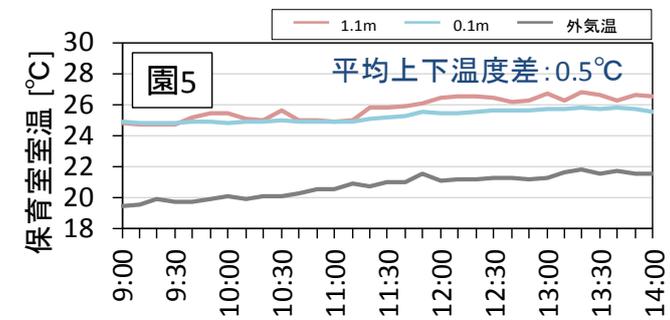


図 4-11 園 5 の 1 日の室温推移 (代表日 : 10/13)

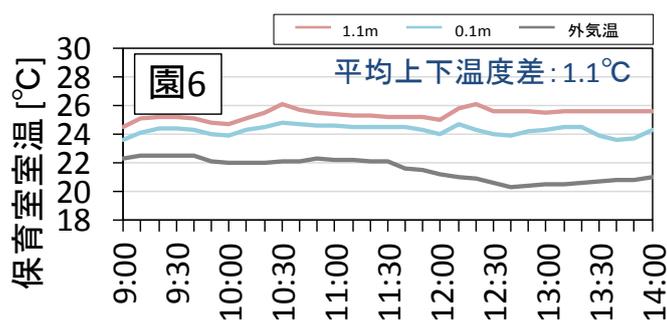


図 4-12 園 6 の 1 日の室温推移 (代表日 : 10/12)

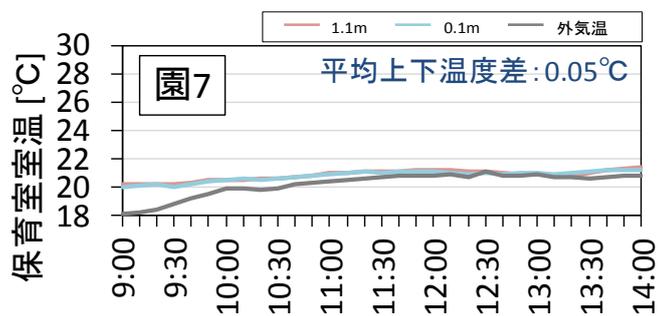


図 4-13 園 7 の 1 日の室温推移 (代表日 : 10/18)

対象幼稚園全て、床上 1.1m と床上 0.1m の室温に温度差が生じていた。園 7 の上下温度差は 0.05°C と最も小さく、園 2,3 の上下温度差は 0.7°C と最も大きかった。一方で、園 1,7 は比較的外気温と同様の温度推移を示し、園 2,5 は外気温よりも約 5°C 近く高い温度推移を示した。園によって断熱性能が異なることから、冬季は秋季よりも上下温度差が生じ、室温推移も園ごとに異なる結果が表れることが予想される。

#### 4.2.2 調査対象者概要

##### ◆調査サンプル

園ごとの調査対象者のサンプル数内訳を表 4-6 に示す。

表 4-6 調査対象園児のサンプル数内訳

園 ID		園 1	園 2	園 3	園 4	園 5	園 6	園 7	合計
サンプル数 (実施/配布)	年長	20/72	23/50	27/53	23/75	32/66	60/70	14/35	199/421
	年中						56/69	20/34	76/103
全サンプル合計									275/524

サンプル数の合計は、年長 199 名、年中 76 名の計 275 名であった。

◆個人属性

調査対象者の個人属性として、性別内訳を図 4-14、カウプ指数内訳を図 4-15 に示す。

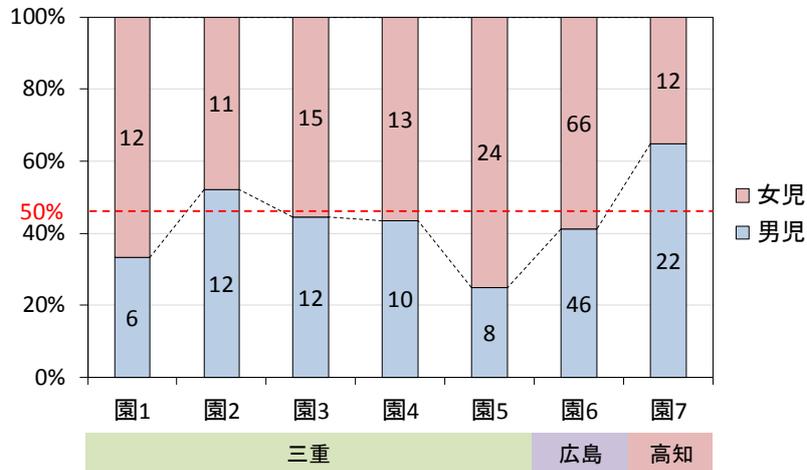


図 4-14 性別内訳

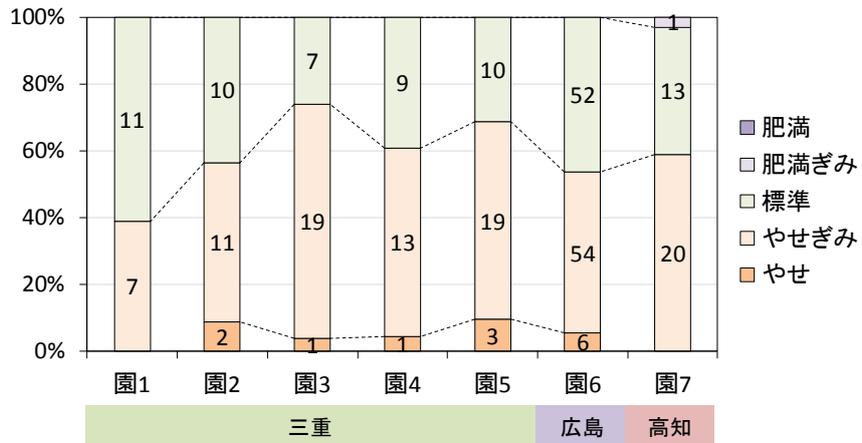


図 4-15 カウプ指数内訳

性別内訳について、園 2,7 以外は男児より女児が多かった。男女どちらもある程度サンプルを確保することができた。また、カウプ指数について、調査サンプル全体を通して肥満は確認されず、標準・やせぎみが大半を占めていた。

### 4.2.3 身体活動量測定結果（秋季）

各園の園内平均歩数について、1プロット1サンプルとして園別に図4-16～図4-22に示す。



図 4-16 園 1 の平均歩数（9-14 時）

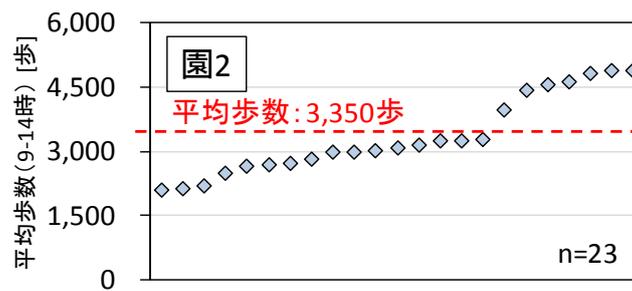


図 4-17 園 2 の平均歩数（9-14 時）



図 4-18 園 3 の平均歩数（9-14 時）

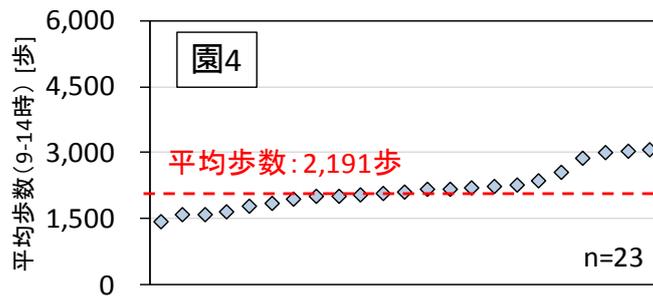


図 4-19 園 4 の平均歩数 (9-14 時)

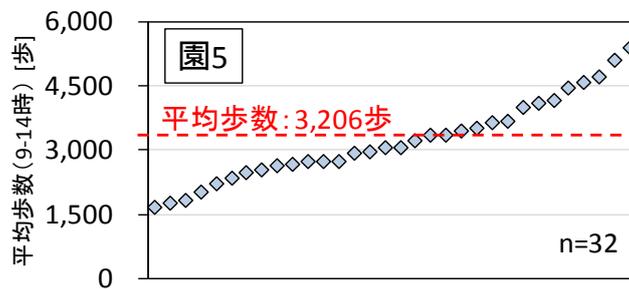


図 4-20 園 5 の平均歩数 (9-14 時)

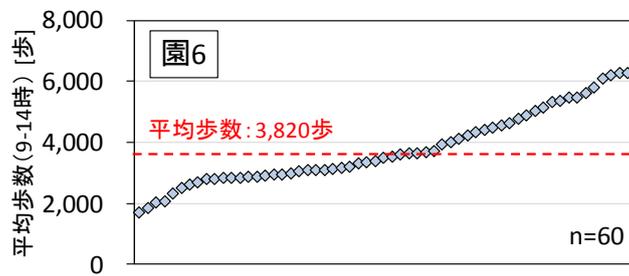


図 4-21 園 6 の平均歩数 (9-14 時)



図 4-22 園 7 の平均歩数 (9-14 時)

園によって平均歩数にバラつきがあることを確認した。幼稚園の室内環境だけでなく、幼稚園での取り組みの違いや個人属性の違いも影響している可能性が考えられる。今後、園内での身体活動に影響を及ぼす様々な因子を考慮した上で、園児の身体活動量の比較を行う必要がある。

#### 4.2.4 開眼片足立ちテスト結果

園児の開眼片足立ちテストの結果を、園別に図 4-23 に示す。

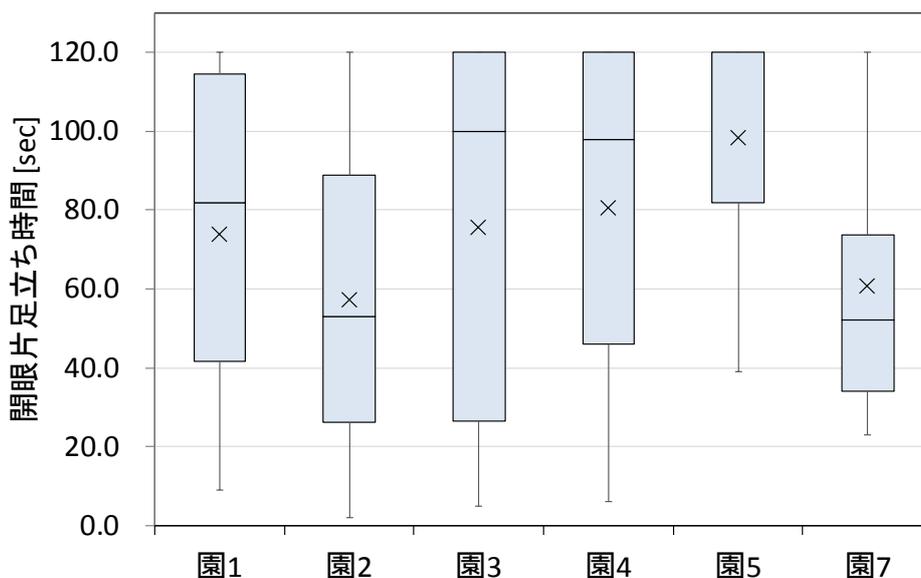


図 4-23 園別の開眼片足立ち時間  
(園 6 は一部未実施のため割愛)

園によって開眼片足立ちテスト結果が異なることから、園ごとに園児の運動能力が異なる可能性が考えられる。今後は身体活動と同様に、園児の運動能力に影響を及ぼす様々な因子を考慮した上で、園児の運動能力について検討を行う必要がある。

#### 4.3. 第 4 章のまとめ

本章では、幼稚園において実施した調査概要と集計結果を示した。今後、冬季調査の結果を含めた上で、園舎の木材利用によって期待される調湿効果が冬季の感染症発生率に及ぼす影響および、足への負担軽減効果が身体活動量・運動能力に及ぼす影響について詳細に検討していく所存である。

## 5. 床への無垢材利用と居住者の健康状態に関する被験者実験

### 5.1 調査概要

本節では、2017年10月と2018年1月～2月に実施した幼稚園調査の概要を示す。

#### 5.1.1 実験の目的

本実験は冬季の室内温熱環境が被験者の心理量・生理量に及ぼす影響を調査する。断熱性能・床仕上げ材毎に全4ケースを設けているが、本研究においては室内温熱環境と血圧の関係に着目するため床仕上げ材の比較は行わない。

#### 5.1.2 実験期間・場所

##### 【実験期間】

実験は2016年11月8日（火）～18日（金）の平日8日間かけて実施した。実験開始前に実験概要の説明の他、個人属性や自宅、健康状態に関してアンケート調査を対象者に対して行った。

##### 【実験場所】

実験場所は、神奈川県横浜市に所在するN社展示棟の中の実験室とした（図5-1）。実験室として断熱性能の異なる2室（以下、高断熱室・低断熱室とする）を設け、実験室の外部には、冬季の横浜市の外気温度を模擬した寒冷空間を設けた<sup>注1)</sup>（図5-2, 図5-3）。実験室の床には熱伝導率が小さい床仕上げ材として檜の無垢材（熱伝導率： $0.12\text{W/mK}$ <sup>[文5-1]</sup>）、熱伝導率が大きい床材としてクッションフロア<sup>注2)</sup>（ $0.19\text{W/mK}$ <sup>[文5-2]</sup>）（以下CFシート）と合板との複合材2種を使用した。各床仕上げ材の熱物性値を表5-1に示す。ただし、本研究では床材の違いには着目しないためCFシートの結果のみ示す。高断熱室には次世代省エネ基準を満たすように床・壁・天井全てに断熱材を使用し、低断熱室には断熱材を全く使用していない（表5-2）。実験室入室前の環境条件を統一するため実験室外に安静室（以下前室とする）を設け、実験開始前及びケース間で被験者を安静にさせた。

---

<sup>注1)</sup>気象庁のデータより横浜市の2015年最低平均気温である2月上旬のデータを参考に $5^{\circ}\text{C}$ とした

<sup>注2)</sup>一般的に水回りで使用されている床材

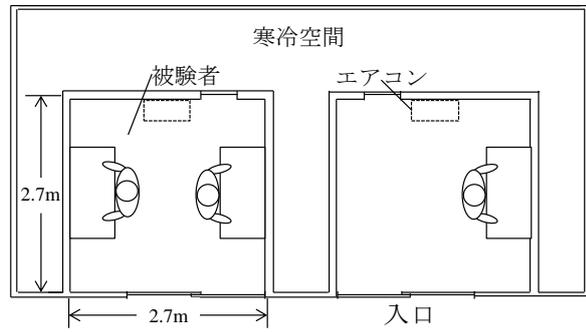


図 5-1 実験室の内観 (左)

図 5-2 実験室平面図 (右)

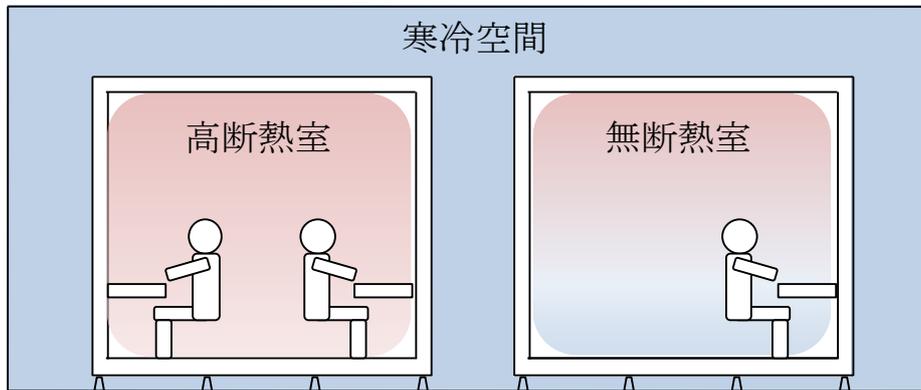


図 5-3 実験室の断面図

表 5-1 床仕上げ材の熱物性値

	無垢材 (t=15mm)	複合材	
		CF (t=1.8mm)	合板 (t=15mm)
熱伝導率 <sup>[文 5-1]</sup>	0.12 W/mK	0.16 W/mK <sup>注3)</sup>	
		0.19 W/mK	0.16 W/mK
容積比熱 <sup>[文 5-2]</sup>	933 KJ/m <sup>3</sup> K	1500 KJ/m <sup>3</sup> K	1113 KJ/m <sup>3</sup> K
単位面積 あたりの比熱	14.0 KJ/m <sup>2</sup> K	19.7 KJ/m <sup>3</sup> K	

表 5-2 実験室に使用されている部材

		部材
高断熱室	天井	高性能グラスウール (105mm) [アクリアネクスト 旭ファイバーグラス製] 化粧石膏ボード (9.5mm)
	壁	高性能グラスウール (105mm) [アクリアネクスト 旭ファイバーグラス製] 化粧石膏ボード (12.5mm)
	床	A 種押出法ポリスチレンフォーム保温板 (100mm) [カネライトインサー カネカ製] 床構造用合板 (24mm)
低断熱室	天井	化粧石膏ボード (9.5mm)
	壁	化粧石膏ボード (12.5mm)
	床	床構造用合板 (24mm)

### 5.1.3 被験者の概要

本実験の被験者は、喫煙習慣・体型を問わず募集した47~76歳のN社社員14名と、一般公募の男女9名とした。実験時の着衣は、下着・ワイシャツ・長ズボン・くるぶし上までの長い靴下に統一した。

### 5.1.4 実験ケース・スケジュール

各被験者は9:00~12:25の間に、高断熱室の床材2種+低断熱室の床材1種（CFシート）の計3ケースの環境に曝露された（表5-3）。また、順序効果を排除するため、ケースの順番は単一にならないように実験を行った。また、実験の際は2室とも入口の反対側に設置した10m<sup>2</sup>用エアコン（ダイキン製）で高さ1.1mの室温を20℃となるように調節した。

表 5-3 被験者実験のケース設定

	ケース 1	ケース 2	ケース 3
断熱性能	低断熱	高断熱	
床材	CFシート	無垢材	CFシート
室温 (床上 1.1m)	エアコンで約 20℃となるように統一		

実験スケジュールを図5-4に示す。被験者は9時より30分前室にて安静とした。前室での安静時は対象者が日常的に行っている読書等の作業のほか、アンケートへの回答と、生理量の測定を依頼した。前室での安静後は実験室に移動し1ケース目を行った。そして再度、前室で30分間にし、実験室で2ケース目を実施した。同様の流れでその後3ケース目まで各対象者1日で完了した。実験室内では椅座位状態で、前室内と同様に被験者に読書等の日常的に行っている作業を30分間継続するよう指示した。実験室内には靴下で入室し、足裏を床につけて着座するように指示した。一方で、実験室外では常にスリッパを履くように指示した。また、実験日の前日には飲酒や、徹夜のように極端に普段と異なる睡眠を取ることを制限した。

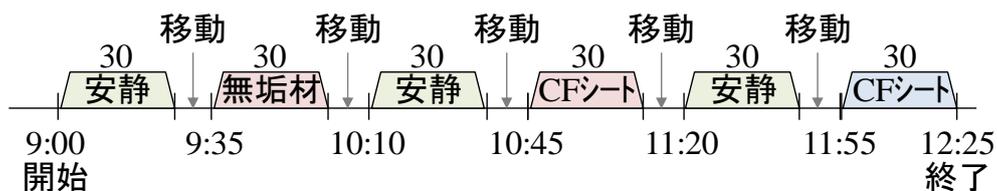


図 5-4 被験者 1 名の実験スケジュール例

### 5.1.5 調査・測定項目

#### 【物理環境の測定項目】

室内の物理環境として温熱環境、音環境、光環境、空気質環境の測定を行った。(表 5-4)。

床表面温度、高さ 0.1m、0.6m、1.1m の温湿度、高さ 1.1m の放射温度、風速は 1 分間隔で連続測定し、照度は机上面、騒音と CO<sub>2</sub> 濃度は 1.1m の高さで実験室に入室後 15 分毎に測定した。

表 5-4 物理環境の測定項目と測定機器

測定項目	温湿度	床表面温度	放射温度	
測定機器名	おんどとり RTR-503 (T&D 社)	温度測定用プローブ MF-O-T (東亜電器)	グローブ球 080340-150 (SIBATA)	おんどとり TR-71U (T&D 社)
測定範囲	温度 0 ~ 55℃ 湿度 10 ~ 95%RH	温度 -200 ~ 200℃	温度 -10 ~ 60℃	
測定精度	温度平均 ±0.3℃ 湿度 ±5%RH		温度平均 ±0.3℃(-20 ~ 80℃) 温度平均 ±0.5℃(上記以外)	
測定分解能	温度 0.1℃ 湿度 1%RH		温度 0.1℃	
測定場所	床上高さ 1.1m, 0.6m, 0.1m		床上 1.1m, 0.1m	
備考	1 分間隔の連続測定			

#### 【物理環境の測定点】

物理環境の測定点を記載した平面図を図 5-5 に示す。環境測定点は高さ 1.1m、0.6m、0.1m の温湿度、1.1m、0.1m の放射温度及び風速は被験者の両脇にて測定し、床表面温度は各被験者の足元 2 点の温度を測定した。

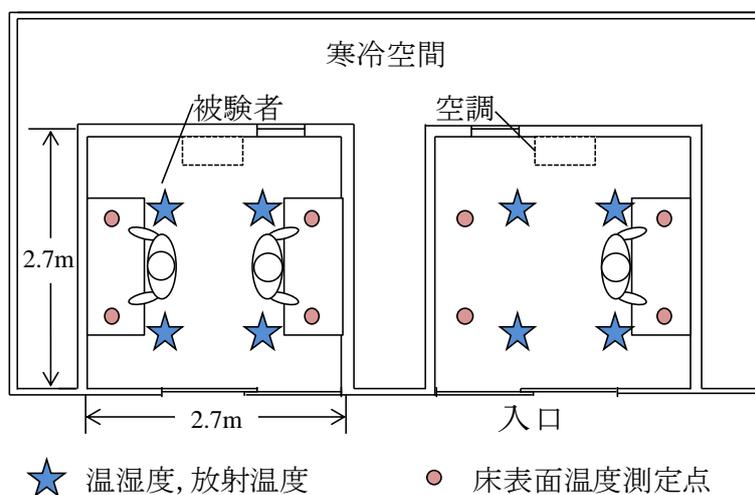


図 5-5 実験室内の環境測定点

① 実験開始前のアンケート調査

被験者実験に参加する被験者がどのような属性又は生活習慣を有しているのか把握する為、実験開始前に前室にて各被験者の個人属性や健康状態に関するアンケート調査を実施した（表 5-5）。特に健康状態や生活習慣については普段の飲酒頻度や温冷感、既往歴の有無について調査設問した。

表 5-5 事前説明会でのアンケート項目（一部抜粋）

大項目	小項目
住まい	CASBEE すまいの健康チェックリスト <sup>注1,[文 5-3]</sup> 居間の床仕上げ材等
健康状態 生活習慣	飲酒の頻度 温冷感受性 罹患・発症の有無等

② 実験中のアンケート調査

実験中の被験者の心理量を把握するためアンケート調査を行った（表 5-6）。実験開始時及び各ケース開始前に前室にて眠気、睡眠時間、体調、温冷感・快適性の項目に関して評価するよう指示した。温熱・音・光・空気質に対する室内環境満足度と気流感に関する申

<sup>注1</sup>部屋・場所ごとの6つの健康要素（温かさ・涼しさ・静かさ・明るさ・清潔さ・安全・安心）に関するチェック項目に答えることで住まいの健康性を評価するツール

告は核実験ケース開始時から終了時まで 10 分毎に回答するよう指示した。

表 5-6 実験中のアンケート項目

評価項目	指標[質問形式]
眠気 <sup>注1</sup>	9 段階で評価 [1]とても眠い～9)非常にはっきり目覚めている]
睡眠時間	就寝時刻、起床時刻をそれぞれ記入
体調	5 段階で評価 [0]悪い～4)良い]
温冷感・ 快適性	7 段階で評価 [-3]非常に不快・寒い～3)非常に快適・暑い]
室内環境 満足度	温熱・光・音・空気質環境に対して 4 段階で評価 [1]不満～4)満足]
気流感	4 段階で評価 [1]非常に感じる～4)感じない]

#### 【生理量の測定】

実験中、血圧と皮膚表面温度、末梢部の血流量（足背部）について前室と実験室内にて測定した（表 5-7）。血圧の測定については、高血圧治療ガイドライン<sup>[5-4]</sup>に記載されている内容を参考に測定方法を統一した。皮膚表面温度は実験開始時から実験終了時まで被験者の額、前腕、手の甲、下腿、足の甲、踵の計 6 点にプローブをサージカルテープで装着し測定した。末梢部の血流量は足背部に皮膚表面温度と同様にサージカルテープにて装着し測定した。

<sup>注1</sup> カロリンスカ眠気尺度を使用

表 5-7 生理量測定項目

測定項目	血圧	皮膚表面温度	血流量
測定機器名	家庭血圧計 HEM-7080IT (OMRON 社)	ハンディタイプ温度計 LT-8 (グラム株式会社)	研究用レーザ血流計 RBF-101 (パイオニア)
測定範囲	血圧 0~299mmHg	温度-70~150℃	0~100mL/min
測定精度	血圧 ±3mmHg 以内	温度 0.01℃	±5% (測定範囲内)

上に記載したアンケート及び生理量測定のスケジュールを図 3-6 に示す。アンケートは実験室内にて 10 分間隔で各ケース計 4 度調査し、血圧は家庭血圧計を用いて安静時に 1 度、そして実験室内で 4 度測定した。血流量と皮膚表面温度は実験開始から実験終了時まで連続測定した。

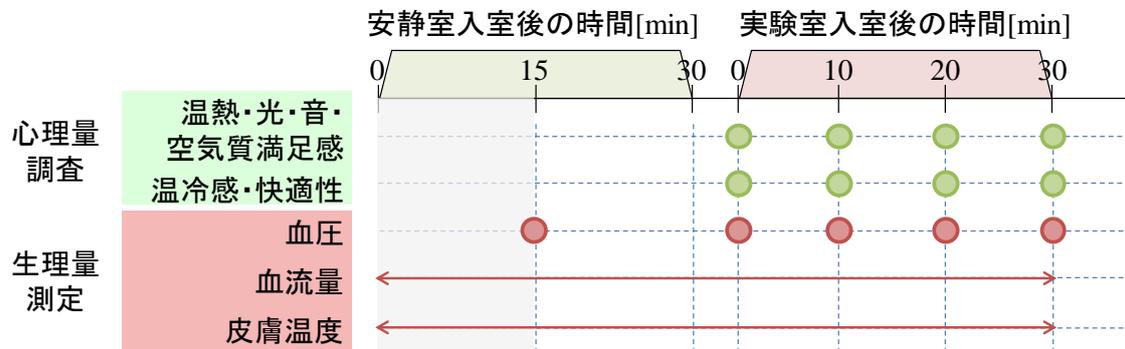


図 5-6 心理量調査・生理量測定のスケジュール

## 5.2 動脈硬化進行度合い別の血流量と血圧の関係

### 【血流と血圧の関係】

実験室入室 30 分後の血流量及び前室での安静時からの変化量をケース毎に t 検定で比較した (図 5-7, 8)。実験中連続測定していた血流量は体動による測定値の変動が大きいため、 $\text{平均値} \pm 2\sigma$  を超える測定値は分析を行う上で除外した。血流量の変化について、実験室入室後の 30 分間で低断熱室では高断熱室と比較して、約  $0.27\text{ml}/\text{min}$  大きく減少した。一方で、同じ高断熱室内において床仕上げ材による差は確認出来ないことから、温熱環境による影響が大きいことが伺える。

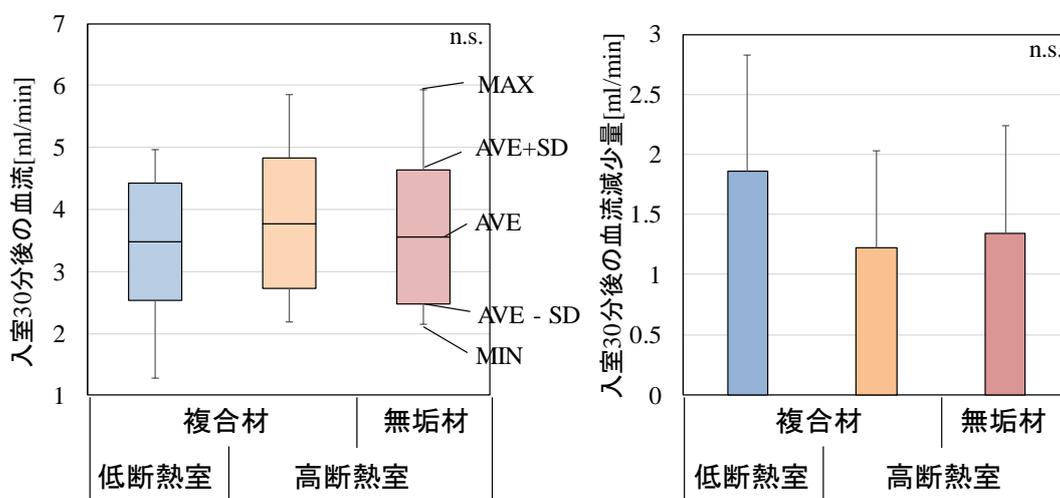


図 5-7 実験室入室 30 分後の血流量 (左)

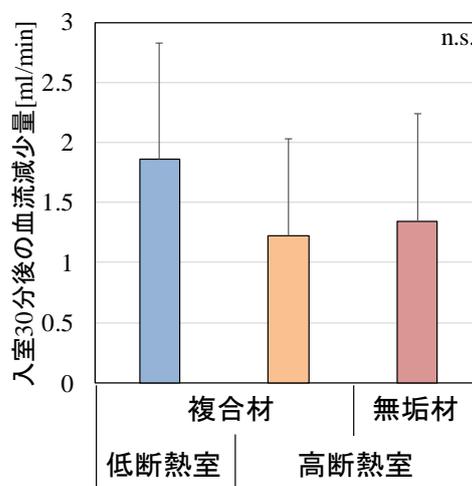


図 5-8 実験室入室 30 分後の血流減少量 (右)

### 【動脈硬化進行度合い別の血流量と血圧の関係】

動脈硬化の指標としても用いられる脈圧<sup>[文 5-5]</sup>について  $50\text{mmHg}$  を閾値に動脈硬化進行群、動脈硬化非進行群として被験者を群分けした。群毎に実験室入室 30 分後の血流・血圧を t 検定で群間比較を行った (図 3-9, 10)。血流に関して、動脈硬化非進行群では 3 群間で有意な差は見られなかった。一方で、動脈硬化進行群の複合材において低断熱室では高断熱室と比較して有意に約  $1.0\text{ml}/\text{min}$  少なかった。動脈硬化が進行すると血管の内径が小さくなることから、寒冷曝露による血管収縮が血流に及ぼす影響が大きくなった為と考えられる。高断熱室において床材の違いでは有意差は確認されなかった。

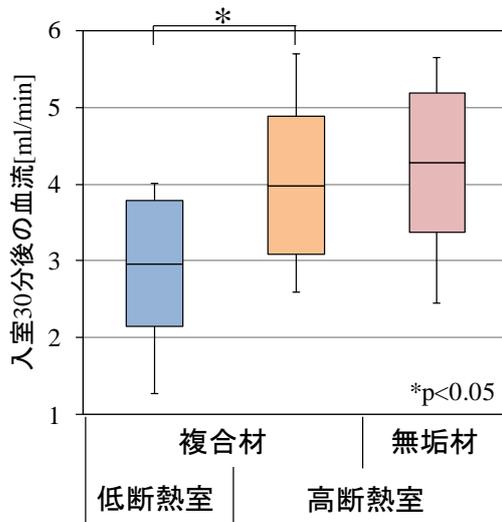


図 5-9 実験室入室 30 分後の血流量（動脈硬化進行群）（左）

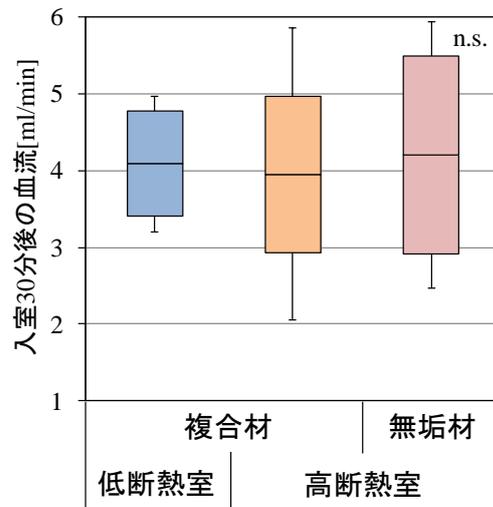


図 5-10 実験室入室 30 分後の血流量（動脈硬化非進行群）（右）

血圧に関しても同様に動脈硬化非進行群では 3 群間で有意な差は見られなかったが、動脈硬化進行群において低断熱室では高断熱室と比較して約 9.2mmHg 有意に低かった（図 11-12）。高断熱室において、無垢材の方が複合材と比較して血圧が約 5.8mmHg 低かったが、有意差は確認されなかった。先に述べた通り、動脈硬化が進行している者は健常者と比較して血管の内径が小さくなることから、血管収縮が起きた際に血圧が上昇する量も大きいことが要因として考えられる。

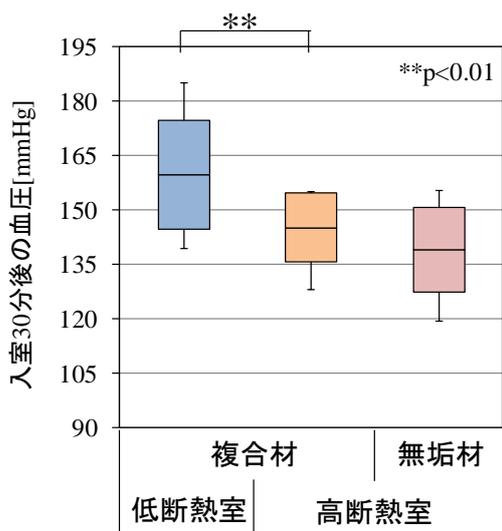


図 5-11 実験室入室 30 分後の収縮期血圧（動脈硬化進行群）（左）

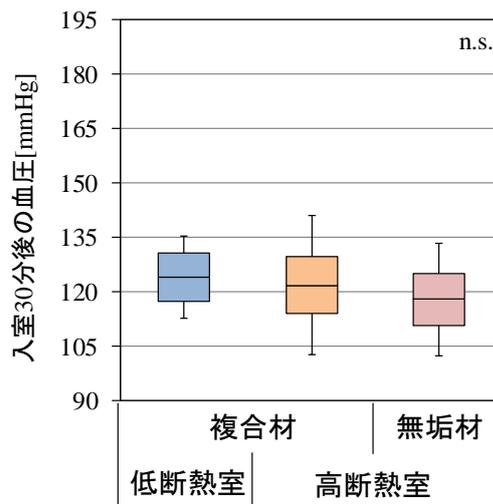


図 5-12 実験室入室 30 分後の収縮期血圧（動脈硬化非進行群）（右）

### 5.3 第 5 章のまとめ

本章では、断熱性能の違いにより生じる室内温熱環境が異なる 2 部屋に被験者を曝露することで、寒冷曝露による血圧を比較した。高断熱室と低断熱室にそれぞれ 30 分間曝露した状態の足裏皮膚温度と末梢部（足背部）血流量、血圧の関係性を検討した。実験の結果として、高断熱室と比較して床表面が大幅に冷える低断熱室では末梢部の皮膚温度の低下に伴い血流量が減少し、血圧が高いことが示された。特に動脈硬化が進行している被験者については温熱環境の影響度が大きく、室内温熱環境の重要性が示された。一方で、床材による差は確認することが出来なかった。

#### 第4章の参考文献

- 文 4-1 林野庁, 公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律, 2011
- 文 4-2 文部科学省, 公立学校施設における木材の利用状況 (平成 25 年度), 2014
- 文 4-3 長岡ら, 学校校舎における木材利用の現状, 埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 2014
- 文 4-4 金井ら, 住宅用木質材料の横圧縮特性 I ~静的横圧縮特性と衝撃吸収能の関係~, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 2006
- 文 4-5 青木ら, 室内気候の実態および居住空間の温熱性能評価, 日生氣誌, 2011
- 文 4-6 青木・水谷, 岐阜西濃地区の保育所における園児の冬季曝露温湿度環境に関する研究, 2012
- 文 4-7 久保温子ら, 幼児期における開眼片足立ち測定の妥当性の検討, Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy, 2014
- 文 4-8 気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>, 最終アクセス日 : 2018/2/22

#### 第5章の参考文献

- 文 5-1 建築環境・省エネルギー機構, 住宅の省エネルギー基準の解説, 2010
- 文 5-2 JFE ロックファイバー株式会社, 高断熱住宅の基礎知識, [http://www.iny.jp/regulation/energy/seinou\\_hikaku/materials.html](http://www.iny.jp/regulation/energy/seinou_hikaku/materials.html), 最終アクセス日 : 2017/12/20
- 文 5-3 一般社団法人日本サステナブル建築協会 (JSBC), CASBEE 健康チェックリスト, 2013
- 文 5-4 日本高血圧学会, 高血圧治療ガイドライン 2014, [https://www.jpnsn.jp/data/jsh2014/jsh2014v1\\_1.pdf](https://www.jpnsn.jp/data/jsh2014/jsh2014v1_1.pdf), 最終アクセス日 : 2018/1/20
- 文 5-5 小澤利男, 脈圧測定の臨床, Arterial Stiffness, No.8, 2005