



スギ材需要拡大を目指した スギ無垢材内装住宅の 健康機能の検証

事業主体：
(株)トライ・ウッド

共同研究グループ：
安成工務店、九州大学、福岡女子大学、近畿大学

発表者：
九州大学農学研究院/准教授 清水邦義

本プロジェクトの概要

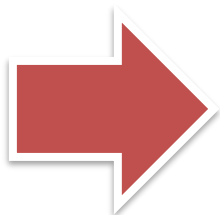
木の家って気持ちがいい



—でもそれってどうして??

人が感覚で捉えている『木の良さ』を科学してみよう！

無垢材と非無垢材の居住空間を様々な観点で比較



国産木材を使用した居住空間が
人に及ぼす影響を科学的に検証

問題 ～近年における日本林業の衰退～

1960年代から続く日本林業の不振

山間部の人口減少・高齢化

山間部の荒廃

森林環境の危機

林野庁による
森林再生計画

(2009)

林業を守るために今、私たちがすべきこととは・・？

- * 木材市場における競争力を高め、国産木材をまもる
 - * 国産木材の優れた点を明らかにし、新たな需要を生み出す
- これらの点に基づく研究が求められている



国内の木材消費の多くを占める住宅に着目

住宅に対する消費者ニーズ

消費
ニーズ

耐震性や品質・性能

健康への配慮

企業
対応

乾燥技術の向上
大規模国産材製材工場の増加

対応済！

「木は良い」と言うけど
何が良いの・・・？

不十分…

耐震性が◎

身体に優しい

アレルギー
も安心！

品質・
性能！



「木材」と「人」の相性の良さを示す情報の充実

→ 消費者ニーズに応える

→ 国産木材消費を増やす

研究目的

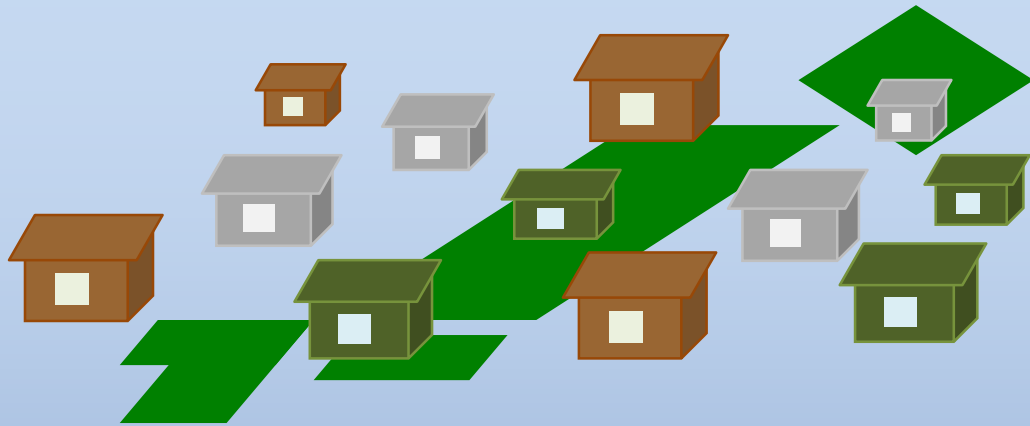


- ✓ 国産木材の機能性に着目し
日本林業の活性化に寄与すること
- ✓ 科学的な検証により, さまざまな木材が
ヒトにもたらす効果を消費者に示すこと



実験内容

日本林業の現状

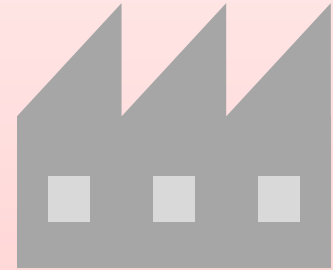


中小規模の製材所
自然または低温乾燥



木材が本来持つ**自然の香り**と
調湿作用の維持が可能

無垢材



大規模工場
高温乾燥等
や加工木材



非無垢材

大量生産により
利用率がUP

無垢材と非無垢材の違い

無垢材

裁断と乾燥のみ



例.) 津江杉のような自然の木材
(Japanese cedar,
Cryptomeria japonica)

非無垢材

化学物質による接着、補強、着色など



例) ビニールクロスが張られた
フローリング材のような
化学加工されたもの



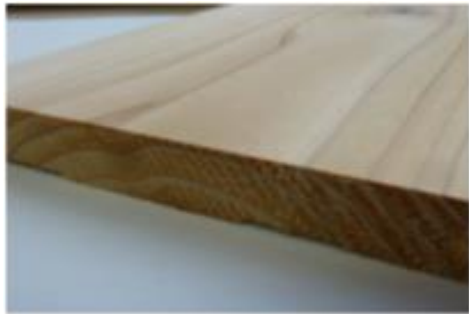
- ・製造に手間がかかり、費用が高価
- ・比較的安価で丈夫
- ・自然乾燥には多くの利点
- ・自然の香りや調湿作用は
- (自然の香りや調湿作用が残るなど)
- 高温乾燥などで損失の可能性

⇒林業の再活性化のためには、消費者に無垢材の利点を提示し、杉やヒノキといった日本特有の木材の需要を増やすことも重要

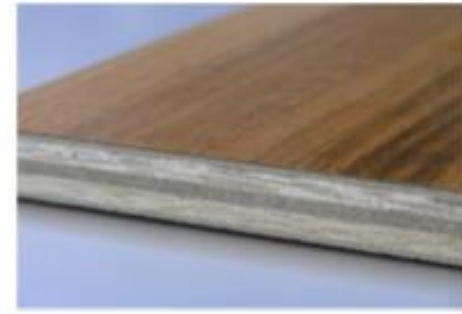
実験方針

そこで…

無垢材と非無垢材の**物理化学的性質の比較**のみならず、
ヒトに与える影響に差があるのか
生理学および心理学的観点から解明を検討



無垢材



非無垢材



脳機能

生理効果

心理効果

実験設備

実験棟について

本実験のために九州大学構内に建てられた2つの実験棟：
視覚的先入観をなくすため、
外観は同じだが、内装に使用されている木材が異なる

A棟

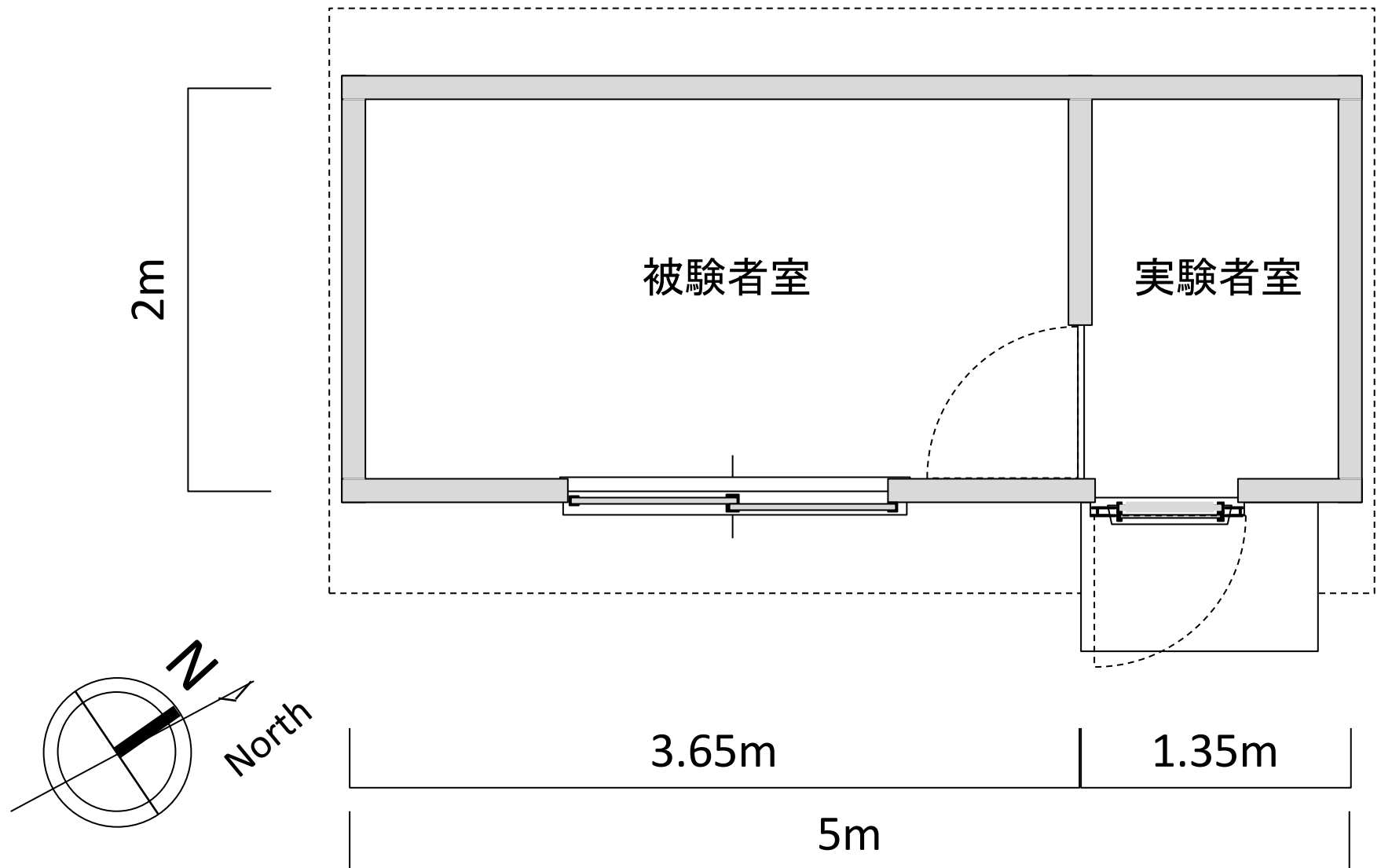


B棟



- A棟の内装：大分県日田市上津江町“津江杉”（無垢材）
- B棟の内装：無垢材を模した木目調のビニルクロス（非無垢材）

実験棟見取図



内装材と構造

内装材および主要構造等

	A棟	B棟
床	無垢の杉板(床材) (厚さ:15 mm)	表面:UV塗装した床材料 基材:特殊MDF(中密度繊維板)* ¹ } (厚さ: 6 mm) ホルムアルデヒド放散量性能区分:F☆☆☆☆* ²
壁	無垢の杉板(壁天井化粧材) (厚さ:12 mm)	表面:ビニルクロス 下地:パーティクルボード* ³ (厚さ:12.5 mm) ホルムアルデヒド放散量性能区分:F☆☆☆☆* ²
天井	無垢の杉板(壁天井化粧材) (厚さ:12 mm)	表面:ビニルクロス 下地:パーティクルボード* ³ (厚さ:9.5 mm) ホルムアルデヒド放散量性能区分:F☆☆☆☆* ²
土台 等	杉 (天然または中低温域乾燥)	杉(高温乾燥材)
柱		
梁・桁		

*1 木材を繊維化し合成樹脂を加えて成形した繊維板(ファイバーボード)のうち、密度が0.35-0.80g/cm³のもの。

*2 ホルムアルデヒド放散量平均値0.3mg/L、最大値0.4mg/L以下(上位等級)であることを示す。

*3 木材の小片を合成樹脂と混合し高温・高圧で成型した木質ボード。

目次



1. 調湿作用

2. 揮発性成分分析

3. 内装材の抗菌試験

4. ヒトの生理・心理に与える影響～日中試験～

5. ヒトの生理・心理に与える影響～睡眠試験～

夜間睡眠実験 - 温湿度測定

～実験方法～

使用機器:

温・湿度データロガー
「おんどとり」((株)ティアンドデイ)



測定時間:

23時～翌朝7時までの約8時間(1分間隔)

温度: 18～20°C
湿度: 60～70%に設定



湿度の上昇が抑制
→ 調湿作用

実施期間:

梅雨(5～6月、6～7月)、冬季(1～2月、2～3月)

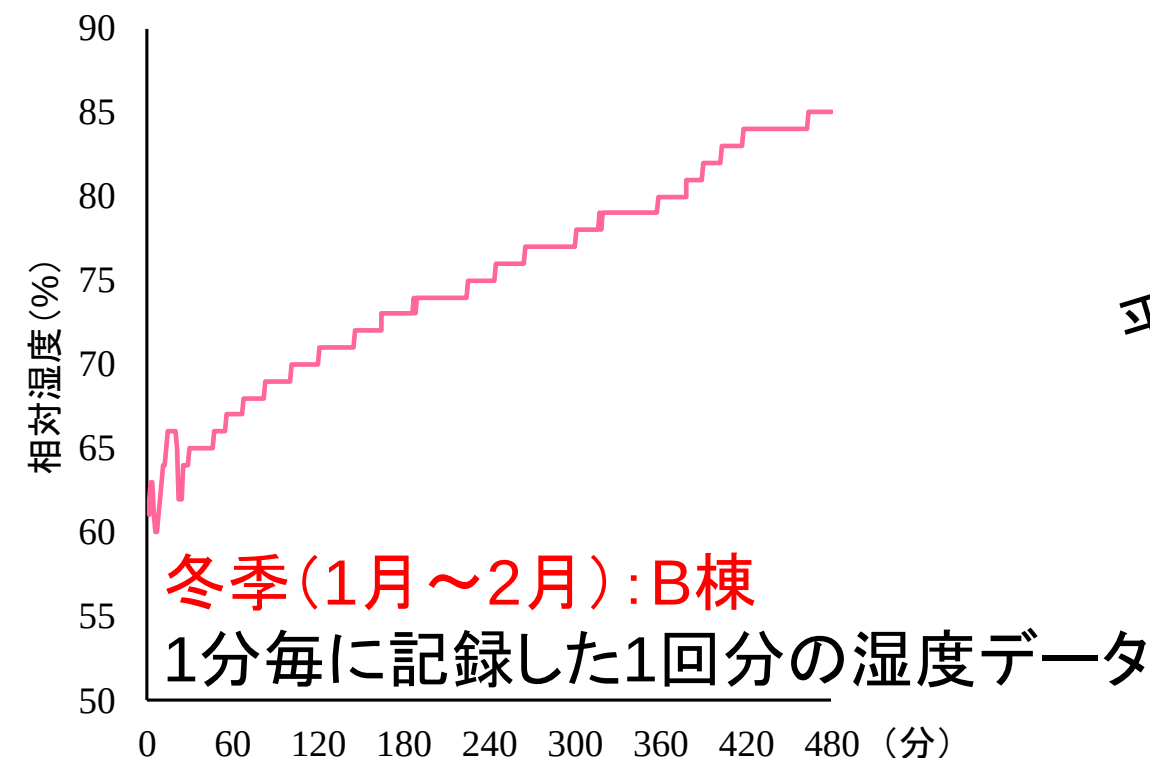
夜間睡眠実験 - 温湿度測定

～データ解析～

8時間の
平均値を算出



算出した平均値より、
同じ期間毎に中央値を算出



冬季(1～2月)

平均値
 $n = 16$

85

⋮

72

70

69

⋮

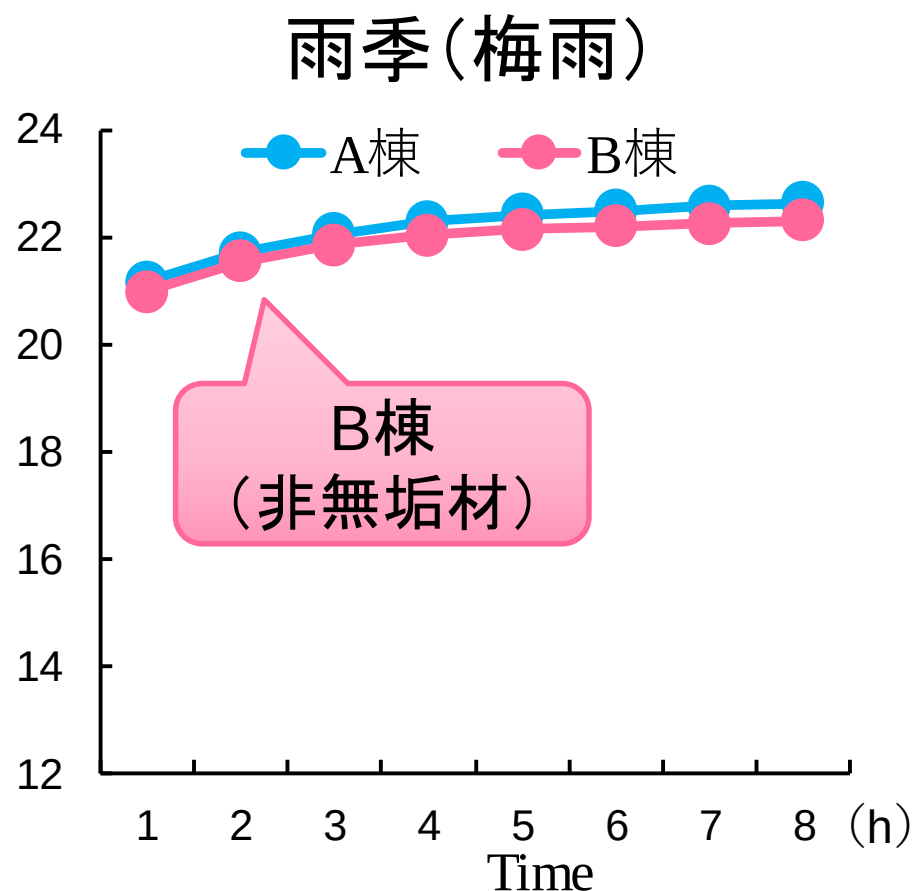
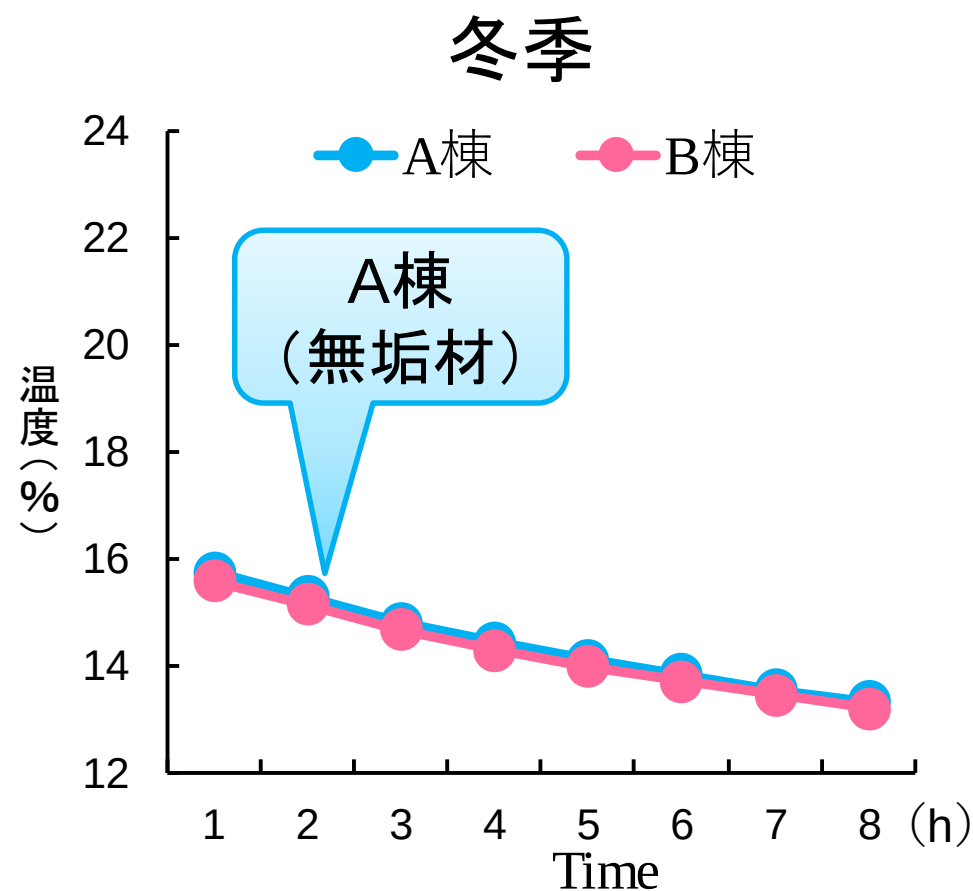
62

...

代表値
とする

実験2. 夜間睡眠実験 - 温湿度測定 ～結果1 睡眠中の温度～

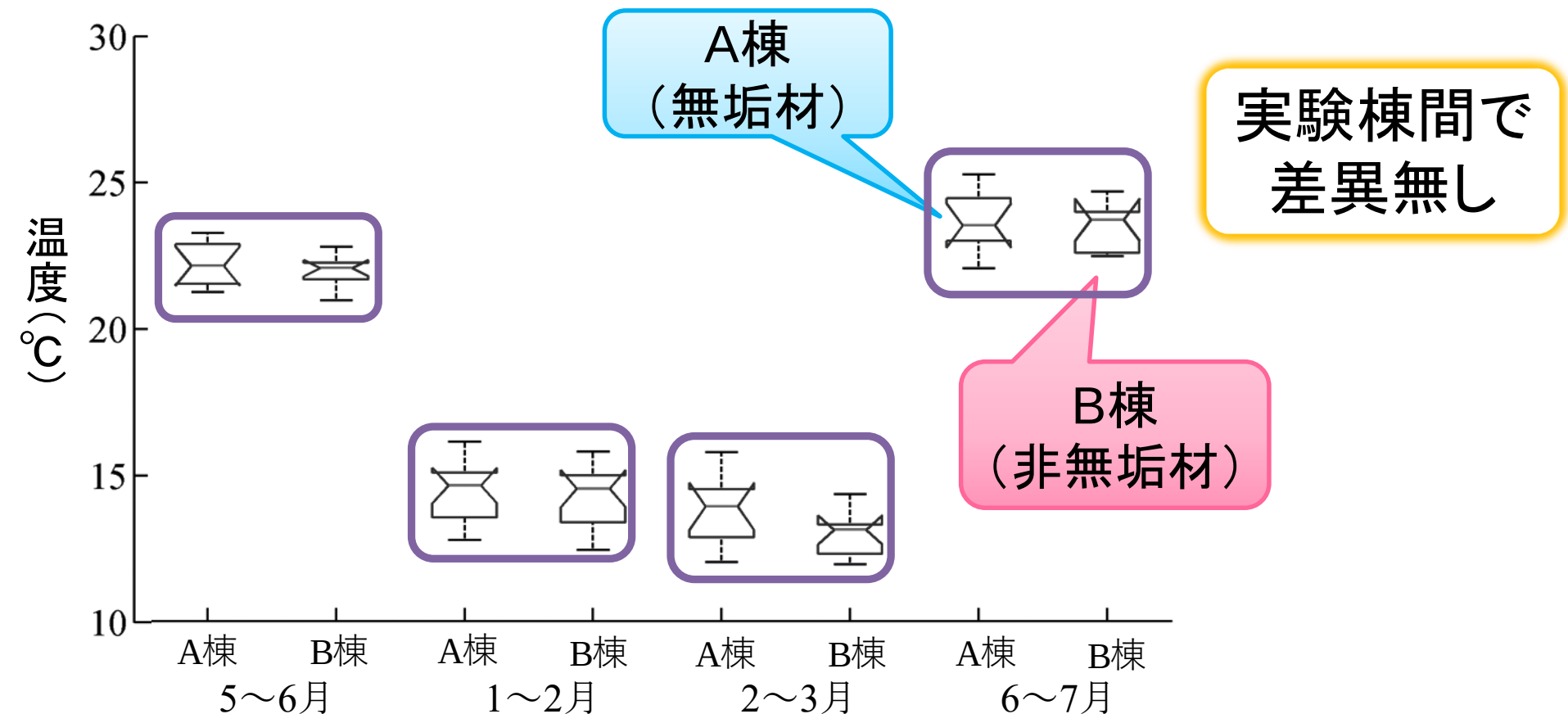
各棟における睡眠時の湿度(1時間毎の経時変化)



夜間睡眠実験 - 温湿度測定

～結果1 睡眠中の温度～

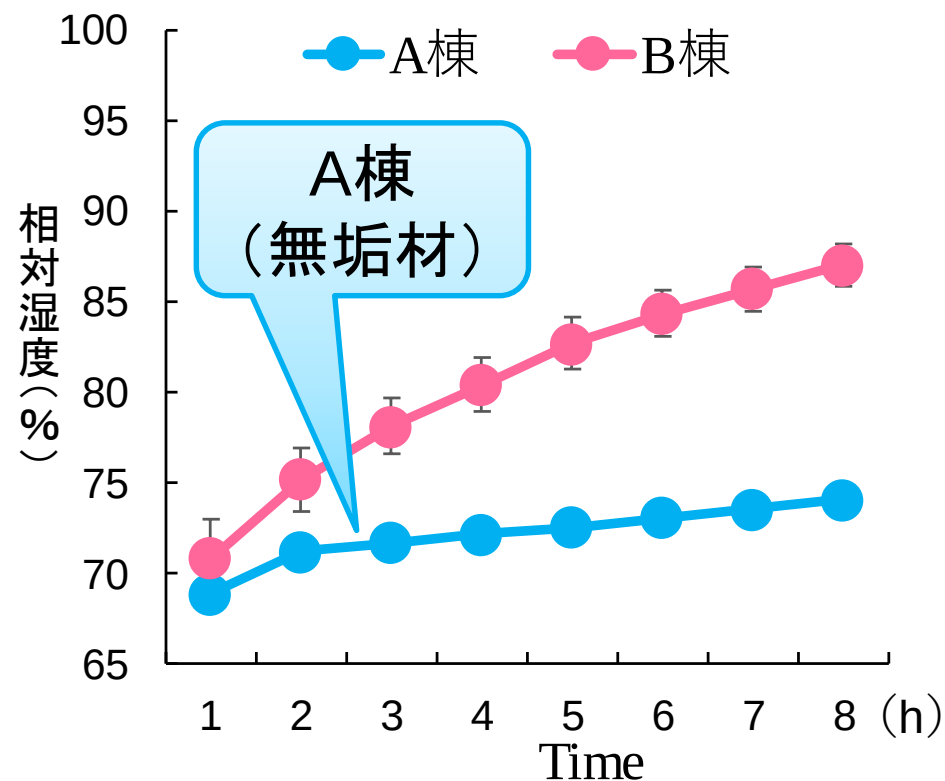
各棟における睡眠時の室温（8時間の代表値）



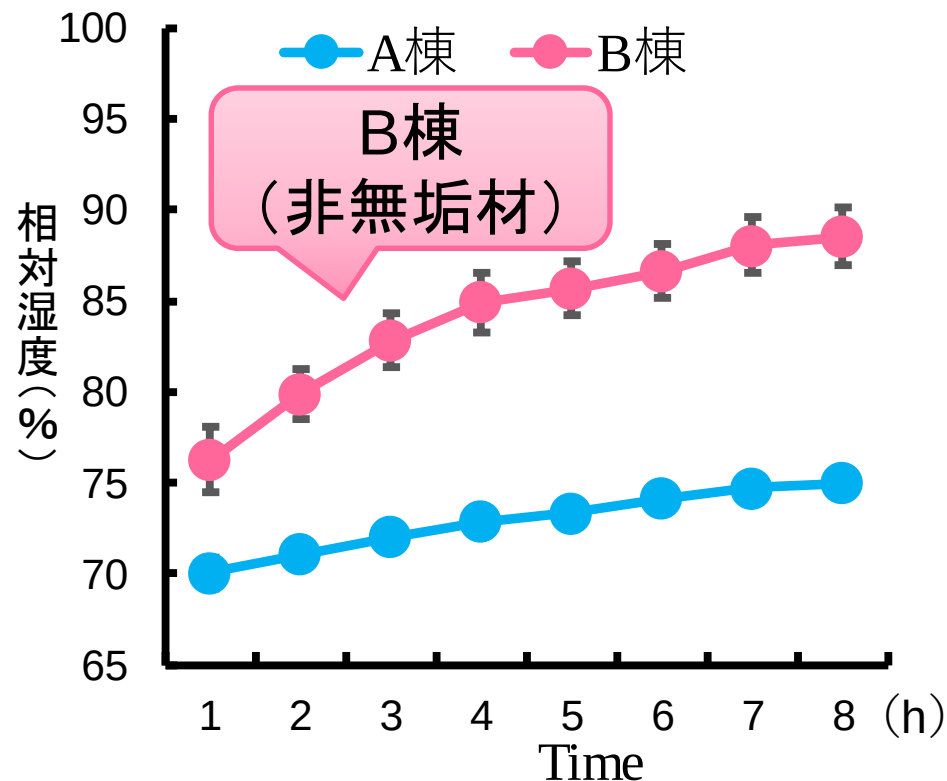
実験2. 夜間睡眠実験 - 温湿度測定 ～結果1 睡眠中の湿度～

各棟における睡眠時の湿度(1時間毎の経時変化)

冬季



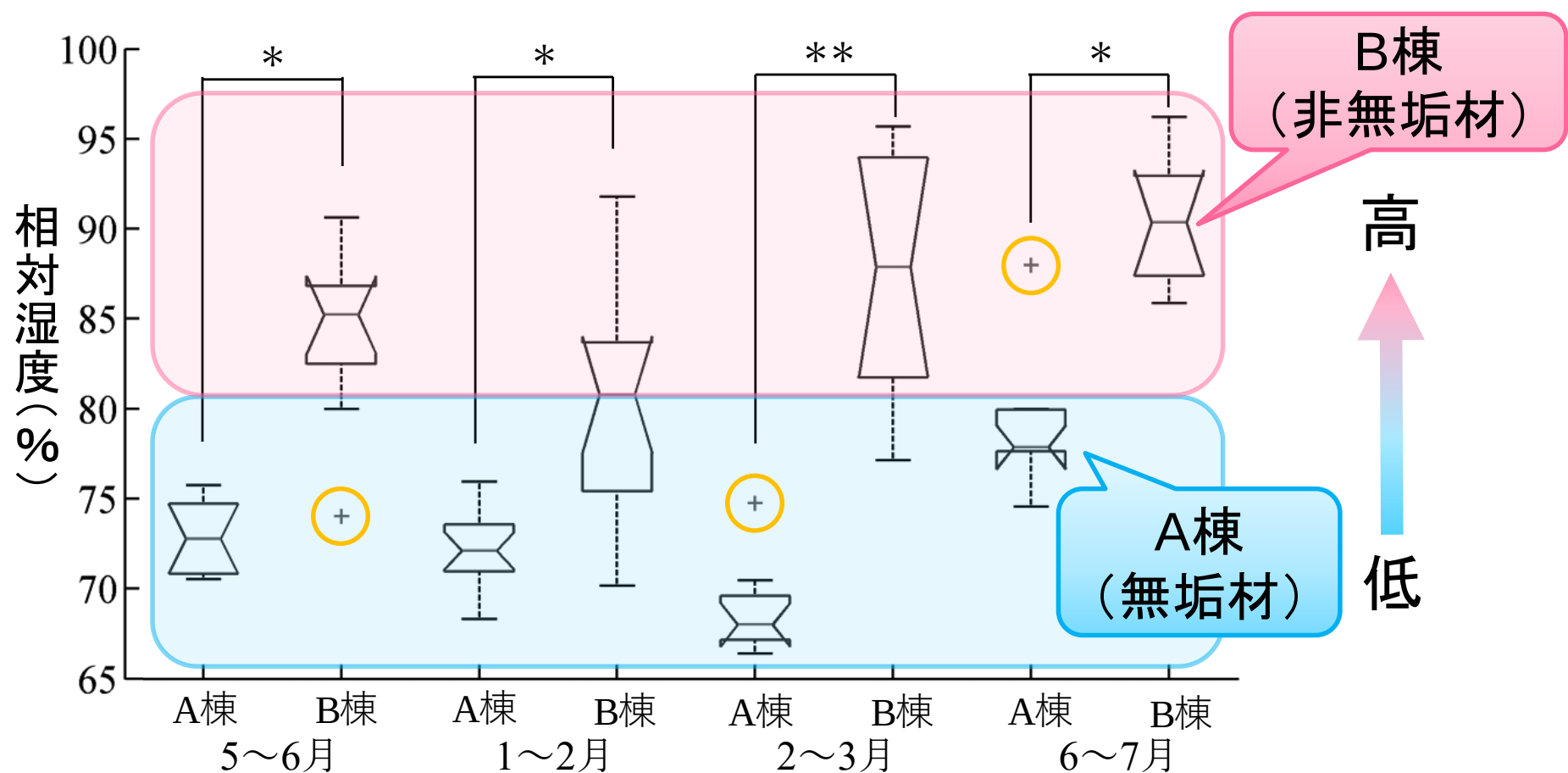
雨季(梅雨)



夜間睡眠実験 - 温湿度測定

～結果1 睡眠中の湿度～

各棟における睡眠時の湿度（8時間の代表値）



Wilcoxon signed rank test : * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

夜間睡眠実験 - 温湿度測定

～結論～

【温度】

A棟
(無垢材)

÷

B棟
(非無垢材)

【湿度】

季節に
関わらず...

A棟
(無垢材)

<

B棟
(非無垢材)

※ヒトの影響による湿度の上昇を抑制

結論

無垢材を内装に用いた建物は
ヒト滞在時においても高い調湿作用を有する

目次



1. 調湿作用

2. 揮発性成分分析

3. 内装材の抗菌試験

4. ヒトの生理・心理に与える影響～日中試験～

5. ヒトの生理・心理に与える影響～睡眠試験～

揮発性成分分析

方法: TDU (Thermal Desorption Unit)法

各実験棟にて平成26年度より室内の揮発性成分について吸着管を用いた捕集と測定を定期的実施

捕集管 (Tenax TA)



- ・低沸点成分から高沸点成分まで、
広範囲の成分を捕集することができる
- ・定性分析に加え定量分析ができる



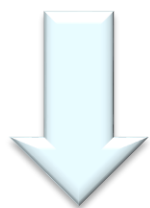
【内部標準物質: 定量分析に使用】

ベンズアルデヒド (benzaldehyde) 200 ppm (アセトン) を
測定直前の捕集管に1 μ l添加

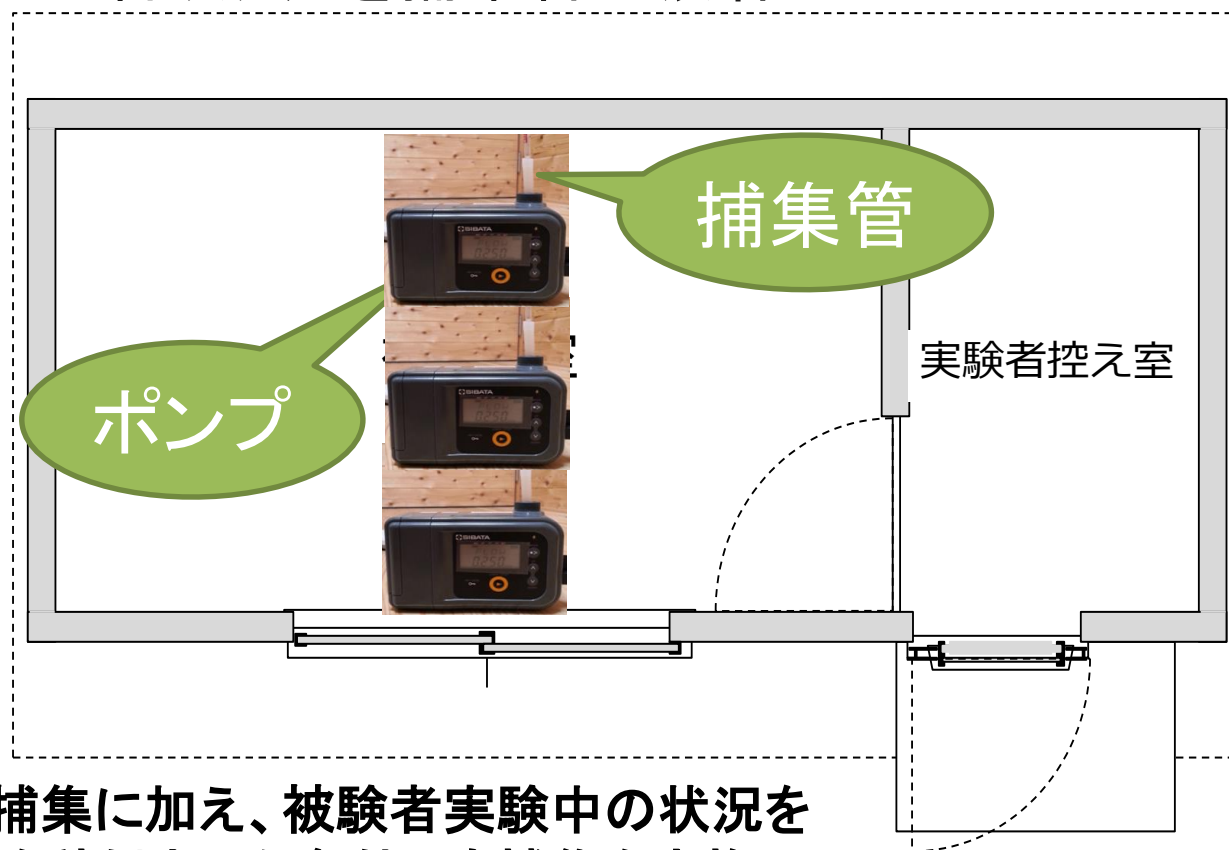
揮発性成分分析

方法: TDU (Thermal Desorption Unit) 法

A棟(無垢材)とB棟(非無垢材)それぞれの実験室内に、捕集管
をとりつけたポンプを3台並べ、同時に稼働し(0.15L/min, 1h)、
室内の空気に含まれる香り成分を捕集管に吸着させる



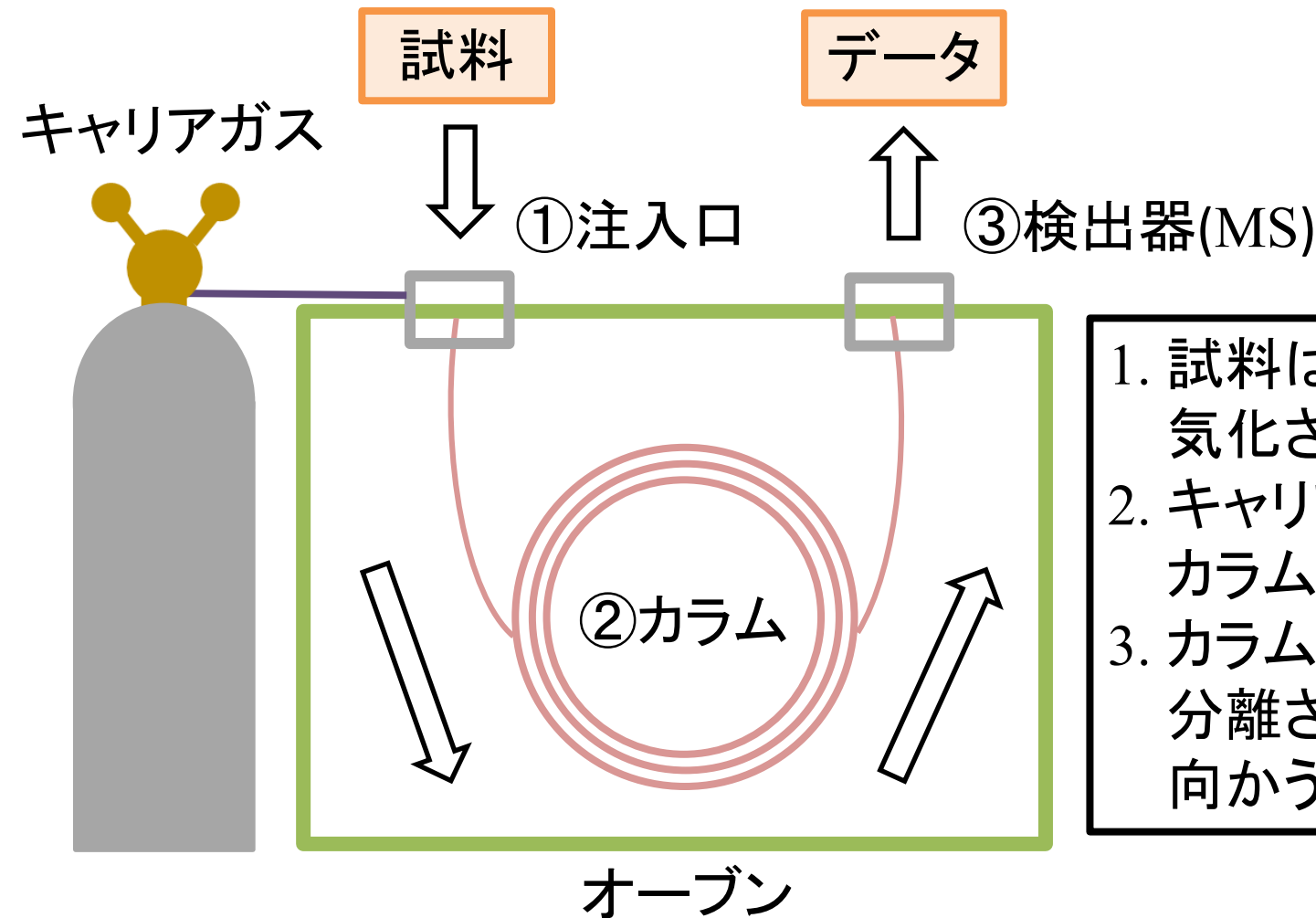
GC-MSによる成分分析
(ベンズアルデヒドを
添加して定量分析)



⇒今年度は定期的な捕集に加え、被験者実験中の状況を
再現するためエアコンを稼働させた条件でも捕集を実施

揮発性成分分析

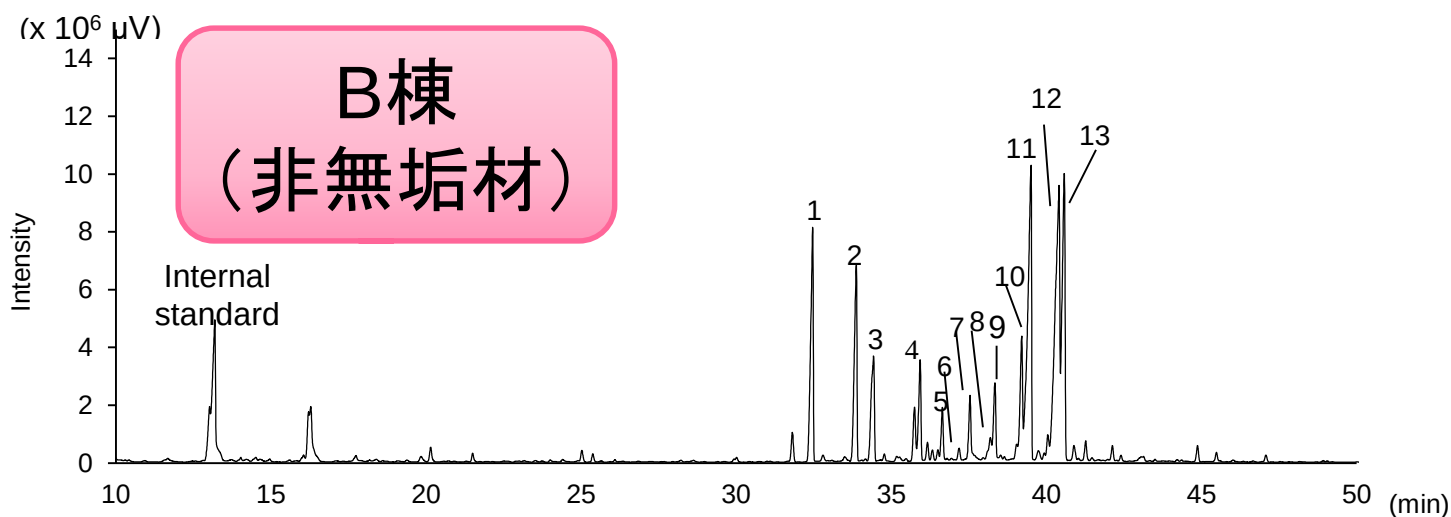
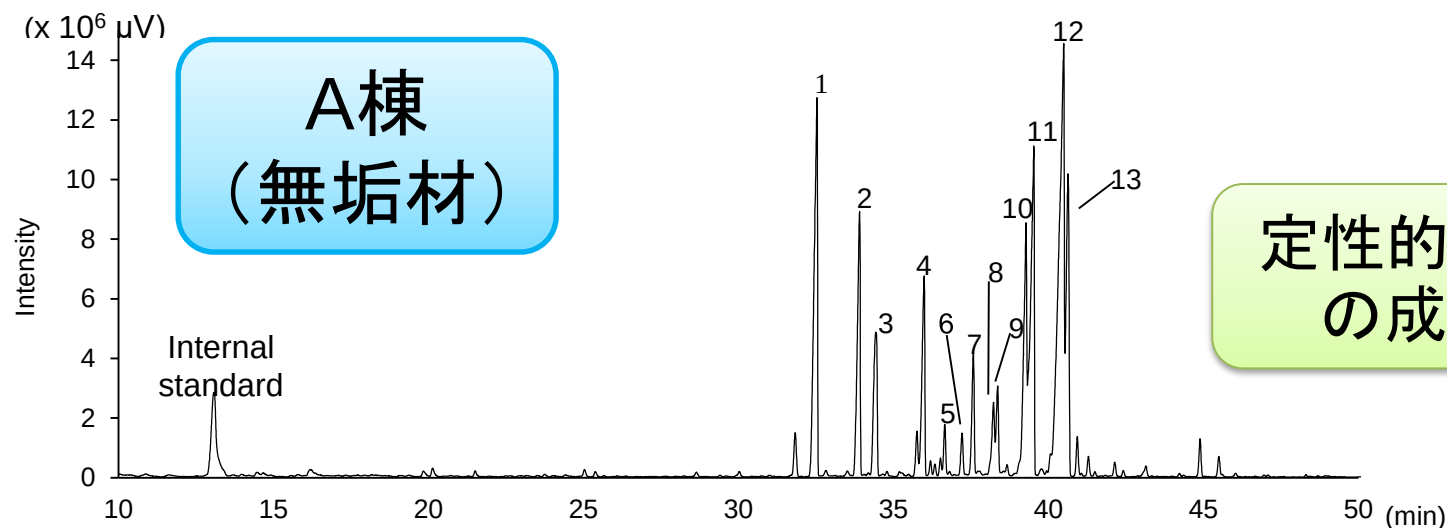
ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)



1. 試料は注入口で気化される。
2. キャリアガスによりカラム内に運ばれる。
3. カラム内で成分が分離され、検出器に向かう。

揮発性成分分析 - TDU 法

GC-MSクロマトグラフ



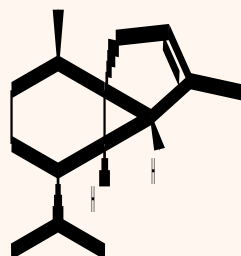
各棟揮発性成分のGC-MS分析クロマトグラム

揮発性成分分析 - TDU 法

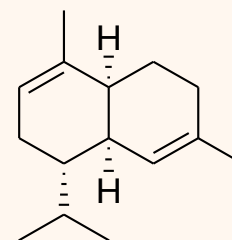
GC-MS検出成分

実験棟の匂い主要成分

- 1: α -Cubebene 2: α -Copaene
- 3: β -Elemene 4: β -Caryophyllene
- 5: *cis*-Thujopsene
- 6: *cis*-Muurolo-3,5-diene
- 7: α -Humulene 8: γ -Cadinene
- 9: γ -Muuroloene
- 10: *trans*-Muurolo-4(14),5-diene
- 11: α -Muuroloene 12: δ -Cadinene
- 13: Calamenene



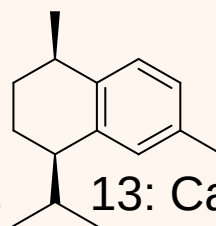
1: α -Cubebene



11: α -Muuroloene



12: δ -Cadinene



13: Calamenene

セスキテルペンが主要成分

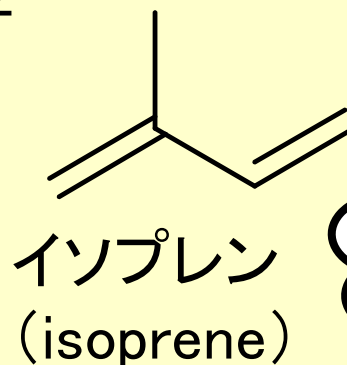
テルペン・・・**イソプレン**が構成単位

モノテルペン・・・ C_{10} 化合物

セスキテルペン・・・ C_{15} 化合物

ジテルペン・・・ C_{20} 化合物

：

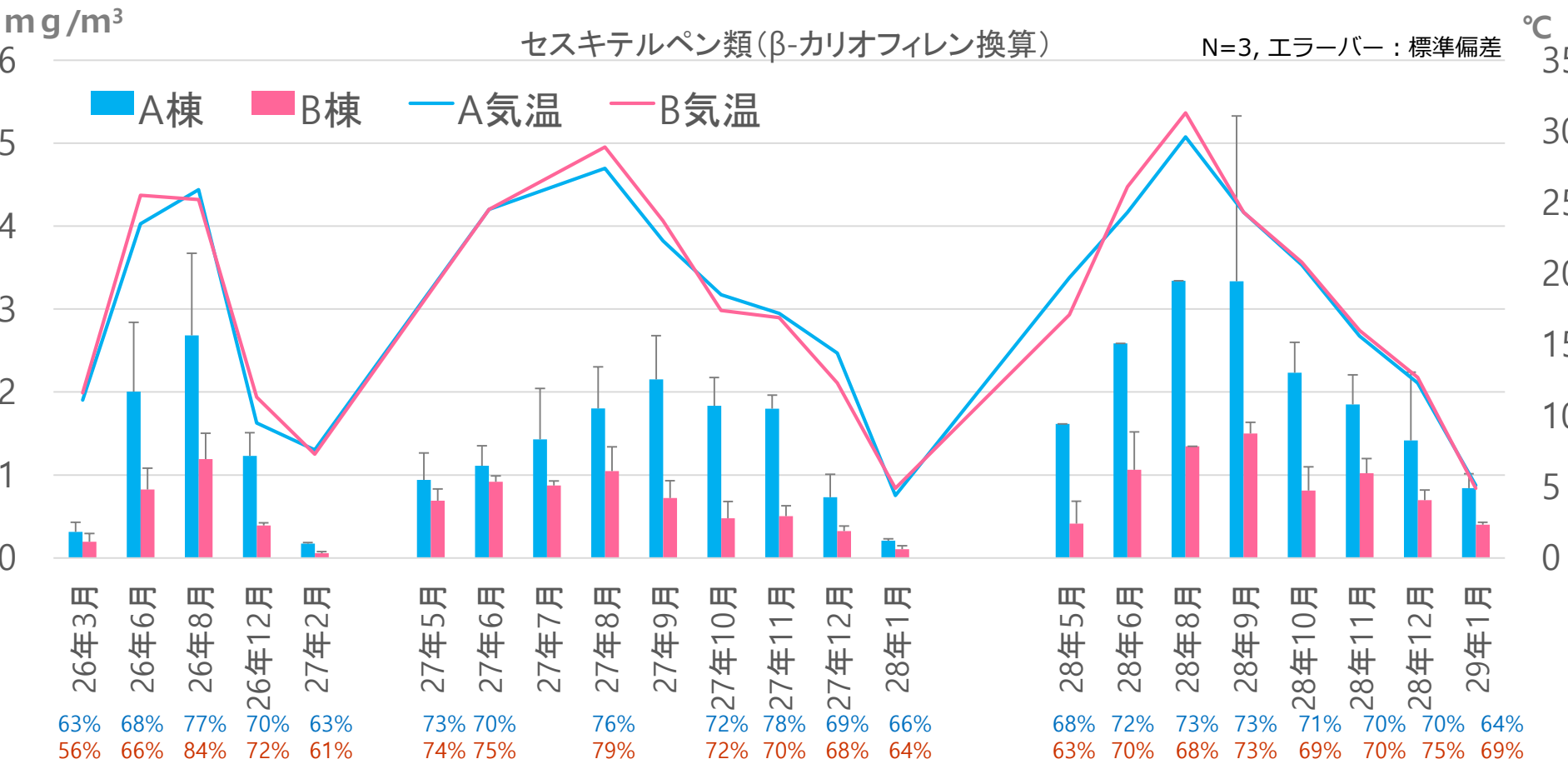


モノテルペン
セスキテルペン
は精油の主成分



揮発性成分分析; 成分量の年間推移

内部標準物質ベンズアルデヒドを添加してセスキテルペン類の含有量を換算
セスキテルペン類(β-カリオフィレン換算)



A棟 > B棟 (ほぼ2倍以上)
夏季に多く、冬季は少ない

より長期間の継続調査が必要

n = 3, 平均値 ± 標準偏差

揮発性成分分析 ～考察～

A棟（無垢材）で、
年間を通して常に多くの香り成分が検出



無垢材を内装に用いた建物は
豊かな香りを有している



木の家に対して、人が好感や快適性を抱きやすい要因の
ひとつとして“香り”成分が関係している可能性

清水ら：日本木材学会誌（2017）、印刷中

スギ材を内装材として使用した室内空間における
揮発性成分の分析およびその季節変動

目次



1. 調湿作用

2. 揮発性成分分析

3. 内装材の抗菌試験

4. ヒトの生理・心理に与える影響～日中試験～

5. ヒトの生理・心理に与える影響～睡眠試験～

抗菌試験 ～目的～

これまで「木の家は健康に良い」などと
広く言われてきたが、科学的な検証は不十分

A棟



B棟



健康維持に良い空間



A棟の内装材である無垢材には抗菌効果はあるか？

抗菌試験～方法～

布の抗菌試験法を応用



供試菌：黄色ブドウ球菌

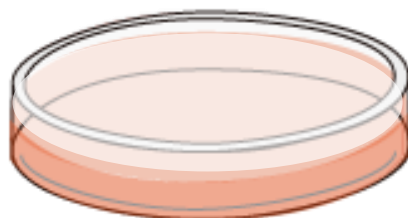
試料：無垢材（A棟）、塩化ビニル素材（B棟内装）、コピー用紙（コントロール）各0.4g

※UV照射で滅菌

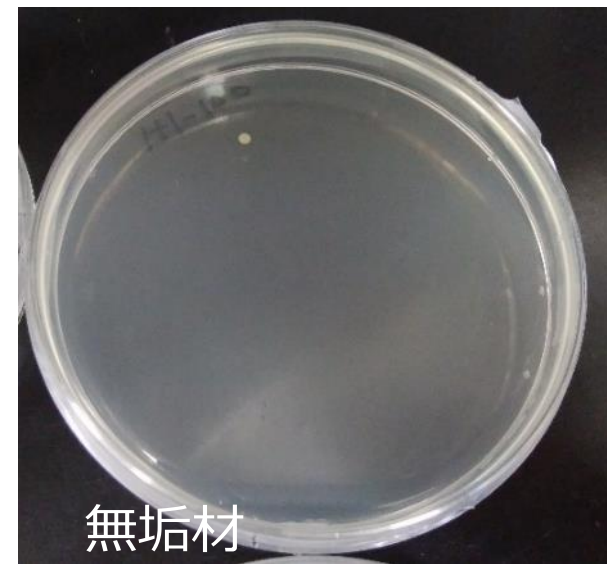
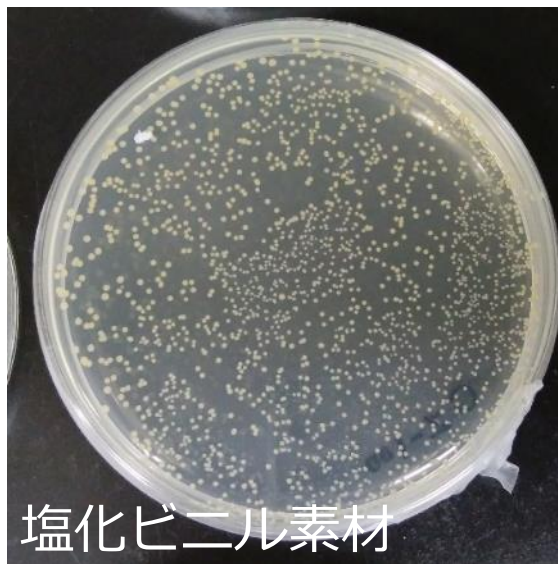
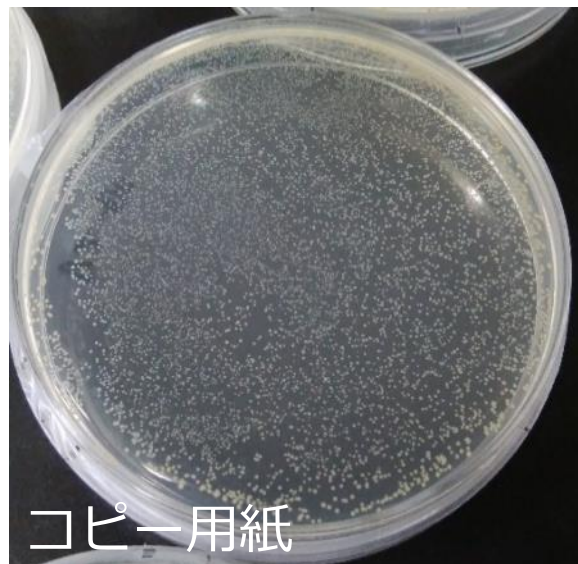
バイアル瓶に試料入れて
菌液0.2ml(10^7 CFU/mL)を添加
37°Cで培養(18h)

生理食塩水を20 ml加えて
菌の洗い出し(振盪)

菌希釈液をNA培地で培養(18h)



抗菌試験 ～結果～



コピー用紙・塩化ビニル素材
コロニー数：高密度



スギ無垢材
コロニー数：0-2個
シャーレ1枚当たり

スギ無垢材の抗菌効果を確認

抗菌試験 ～まとめ～

黄色ブドウ球菌に対する
スギ無垢材の抗菌効果を確認
→ 内装としての素材が持つ抗菌効果

➡ 衛生的な居住環境の創出における
スギ無垢材の優位性



目次



1. 調湿作用

2. 揮発性成分分析

3. 内装材の抗菌試験

4. ヒトの生理・心理に与える影響～日中試験～

5. ヒトの生理・心理に与える影響～睡眠試験～

ヒトの生理・心理に与える影響-概要

実験場所 : 1) A棟:天然・低温乾燥の無垢材
2) B棟:ビニルクロス等を張り付けた内装材

A棟(無垢材)

B棟(非無垢材)



対象者 : 健康な大学生(10~15名)

実験目的 : 各実験棟での滞在時におけるリラックス状態、作業効率や注意力などの差異を調査

測定項目

- 1) 生理指標 : 脳波 → 脳機能の指標
心電図 → 自律神経活動の指標
唾液アミラーゼ濃度 → ストレスの指標
血圧・脈拍 → 自律神経活動の指標
- 2) 心理指標 : POMS短縮版
→ 主観的な気分状態を評価
SD法 → 部屋の印象を評価
評定尺度法 → 香りの印象を評価
- 3) 行動指標 : 課題成績
- 4) 環境測定 : 温度・湿度 → 調湿作用・快適性に影響
揮発性成分 → ヒトに対する影響

実験の流れ

正常な脳波を示すかチェック



脳波・心電図
測定機器

開閉眼試験 開閉眼試験 120 (分)

30分				12セット			
ポリメイト装着		安静		Oddball課題		安静	
		Pre		後述		Post	
測定項目							
脳波・心電図		●		●	●	●	●
唾液アミラーゼ	●						●
血圧・脈拍	●						●
POMS・SD法	●						●
温度・湿度		●	●	●	●	●	

・各実験棟でカウンターバランスを取り、実験を実施(15名 計30回)

視覚Oddball課題(PC課題)

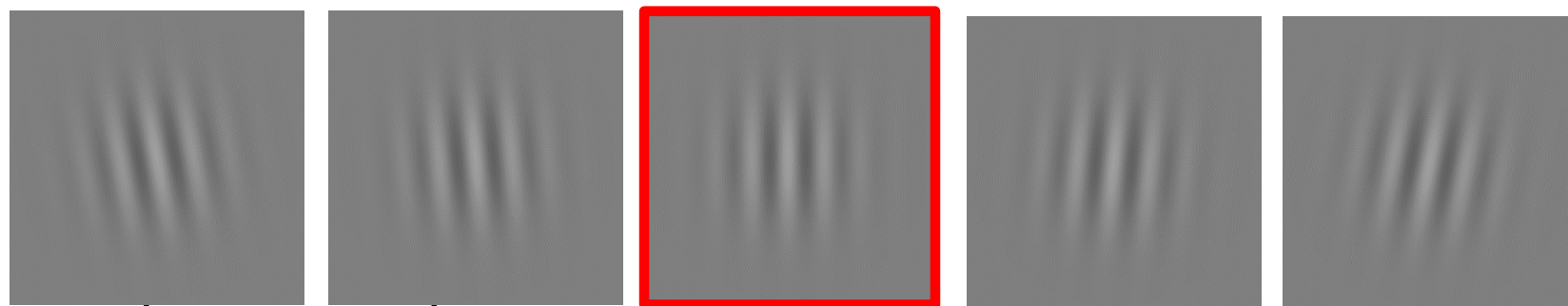


標的刺激がPCモニター上に
表示された時のみボタンを押す

刺激呈示(45 ミリ秒)



提示間隔(1秒前後:ランダム)



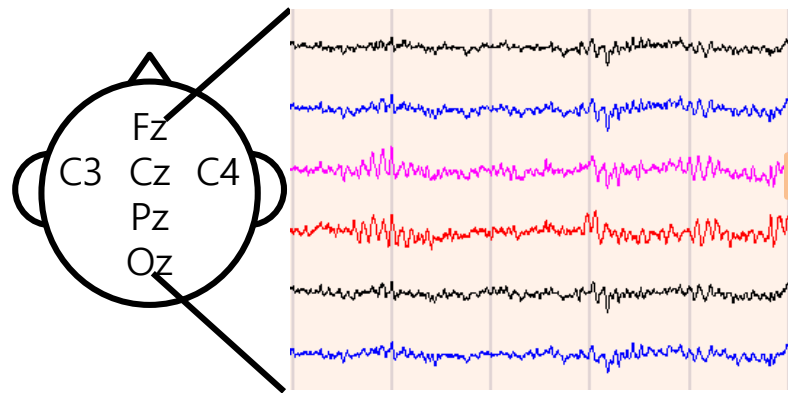
ボタン押し刺激
出現頻度 20%

レア刺激
出現頻度 20%

標準刺激, 出現頻度 60%

脳波とは...

脳内の神経細胞の電氣的活動を巨視的に計測したもの



各波形には複数の周波数成分が
様々な割合(振幅)で含まれている
→ 周波数ごとに分解

※ 事象関連電位も調査

リラックス状態



α 波振幅 増

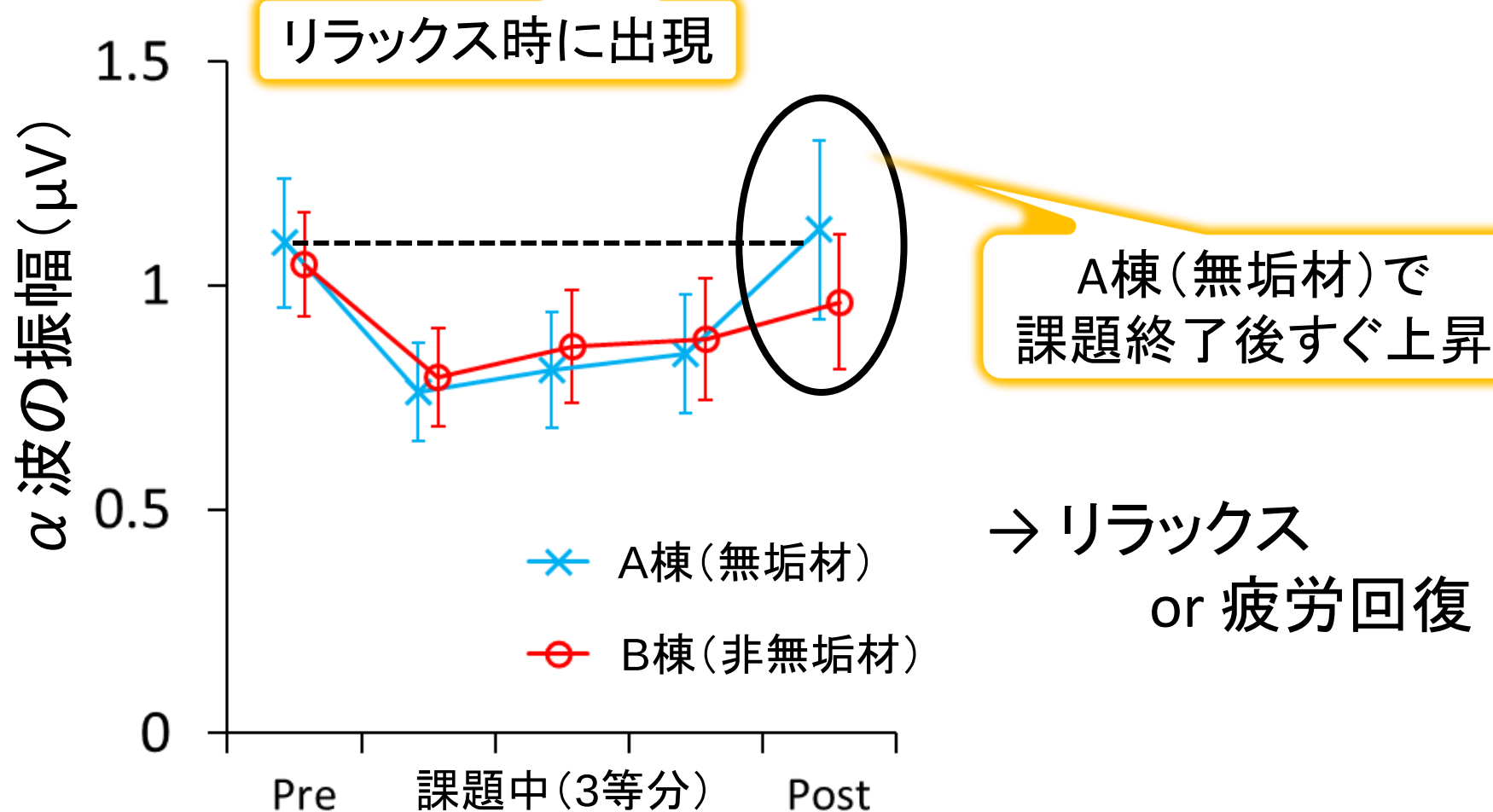
帯域	波形例	周波数
δ (デルタ)波		0.5~3.5Hz
θ (シータ)波		4~7 Hz
α (アルファ)波		8~13Hz
β (ベータ)波		14~30Hz
γ (ガンマ)波		30~55 Hz

遅

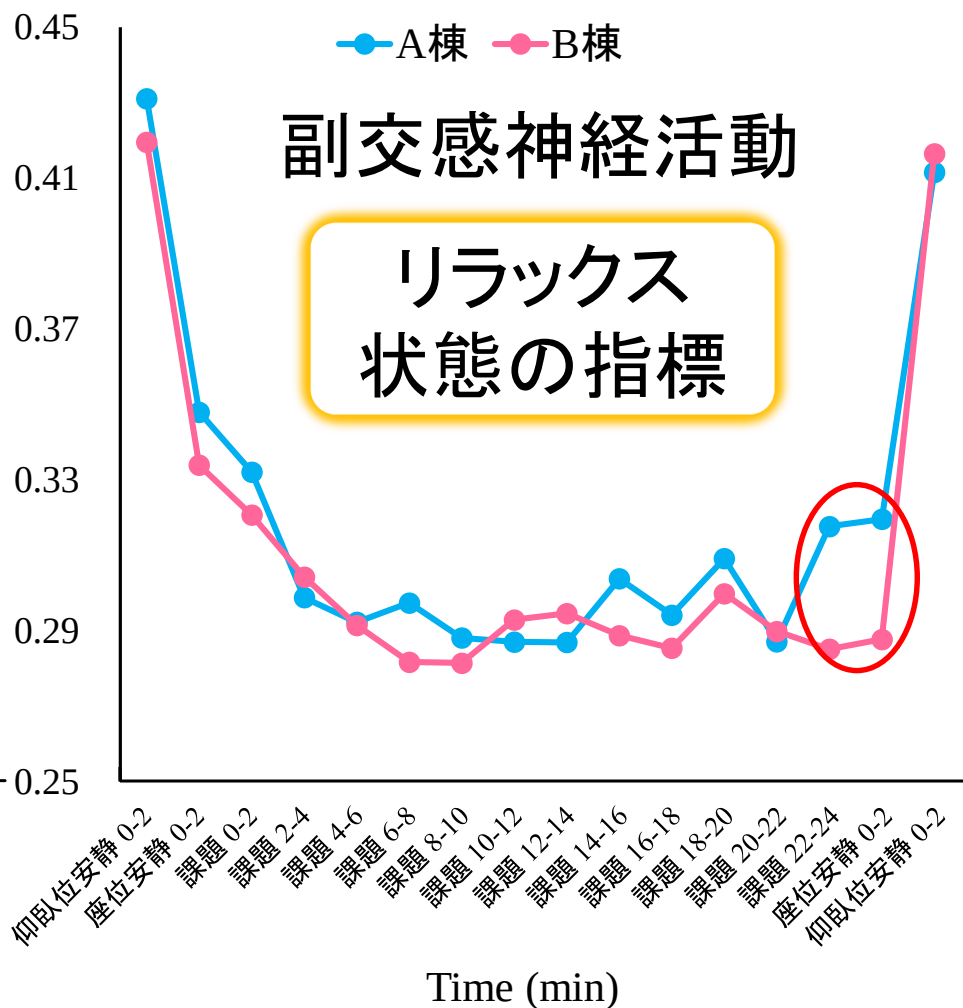
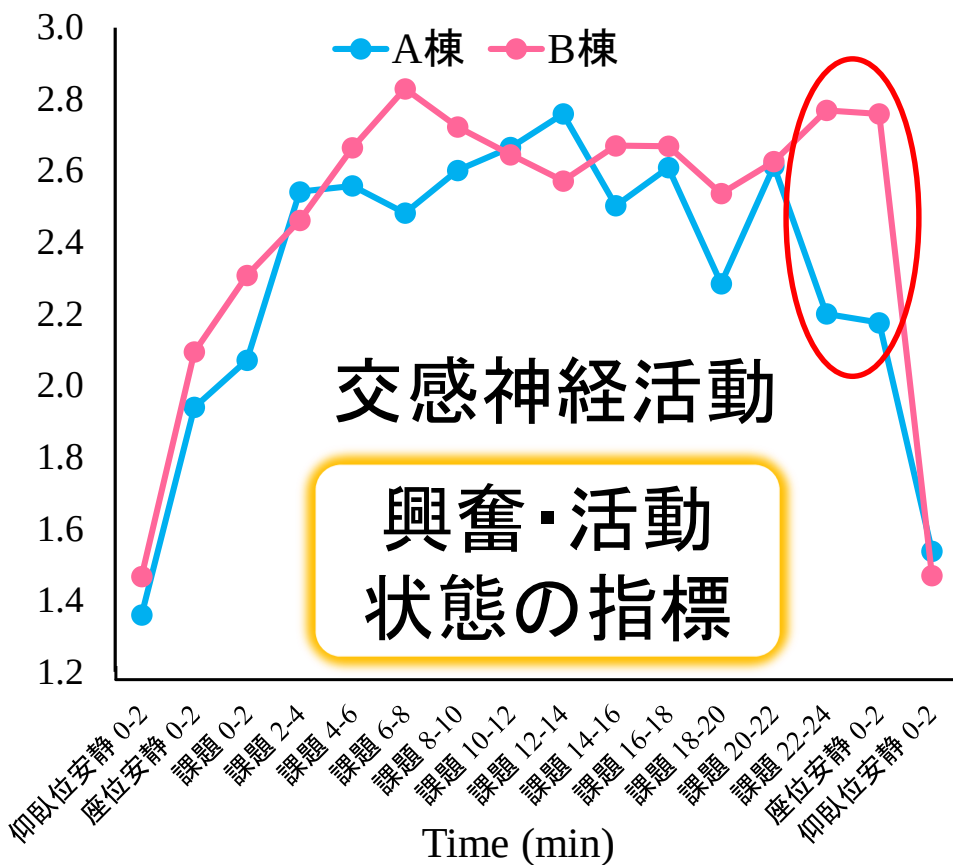
早 40

日中 結果：生理指標【脳波】

後頭部における α 波の振幅の経時変化



日中 結果:生理指標【心電図】



日中 結果：結論1

【課題後α波】

A棟
(無垢材)

>

B棟
(非無垢材)

【交感神経活動】

A棟
(無垢材)

<

B棟
(非無垢材)

【副交感神経活動】

A棟
(無垢材)

>

B棟
(非無垢材)

結論1

無垢材を内装に用いた建物は
リラックスする効果を持つ可能性を示唆

事象関連電位とは...



【作業効率や注意力の指標】

★ニューロンのミリ秒単位の脳機能計測が可能に

★記憶の無意識および意識的脳機能を区別して評価可能

1. 意識に上らない迅速な注意力の変化

ミスマッチ陰性電位

2. 明確に意識できる比較的ゆっくりとした注意力の変化

P300

事象関連電位の一種である
ミスマッチ陰性電位およびP300について
A棟およびB棟間での差異を調査

視覚Oddball課題 (PC課題)

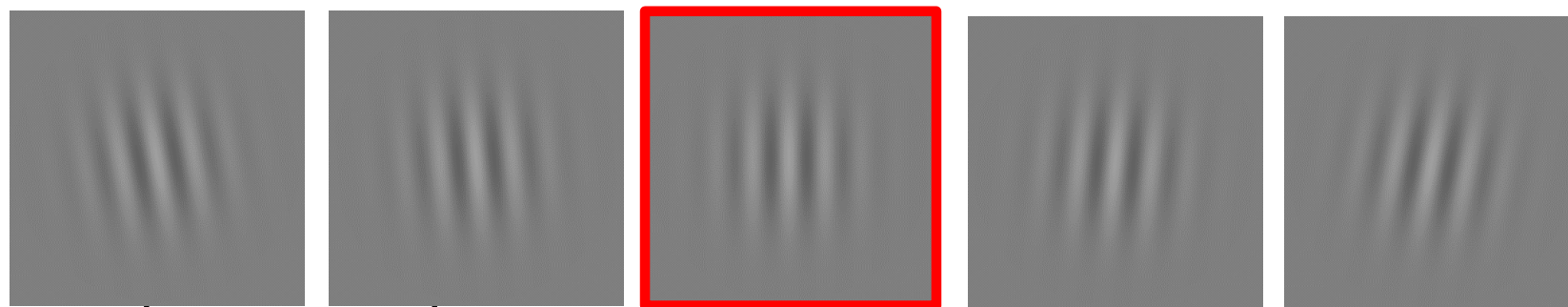


標的刺激がPCモニター上に
表示された時のみボタンを押す

刺激呈示 (45 ミリ秒)



提示間隔 (1秒前後: ランダム)



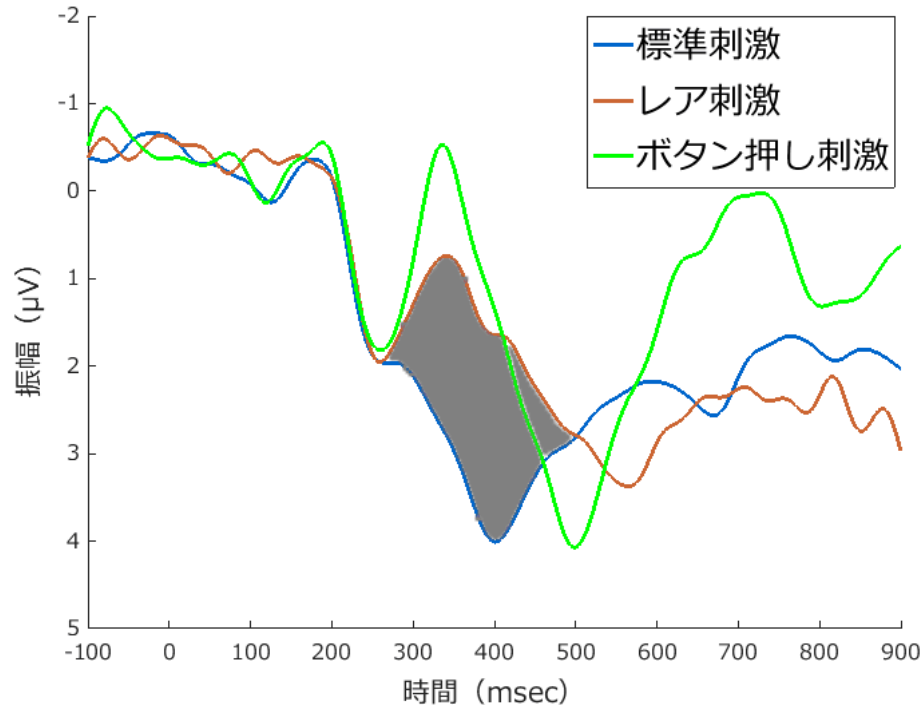
ボタン押し刺激
出現頻度 20%

レア刺激
出現頻度 20%

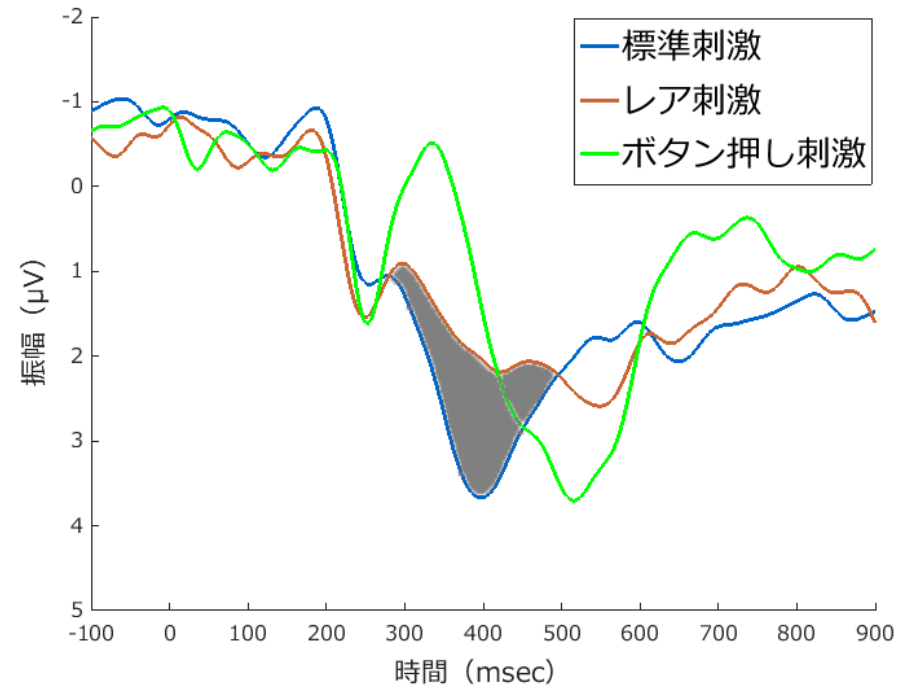
標準刺激, 出現頻度 60%

日中 結果：生理指標【ミスマッチ陰性電位】

A棟（無垢材）

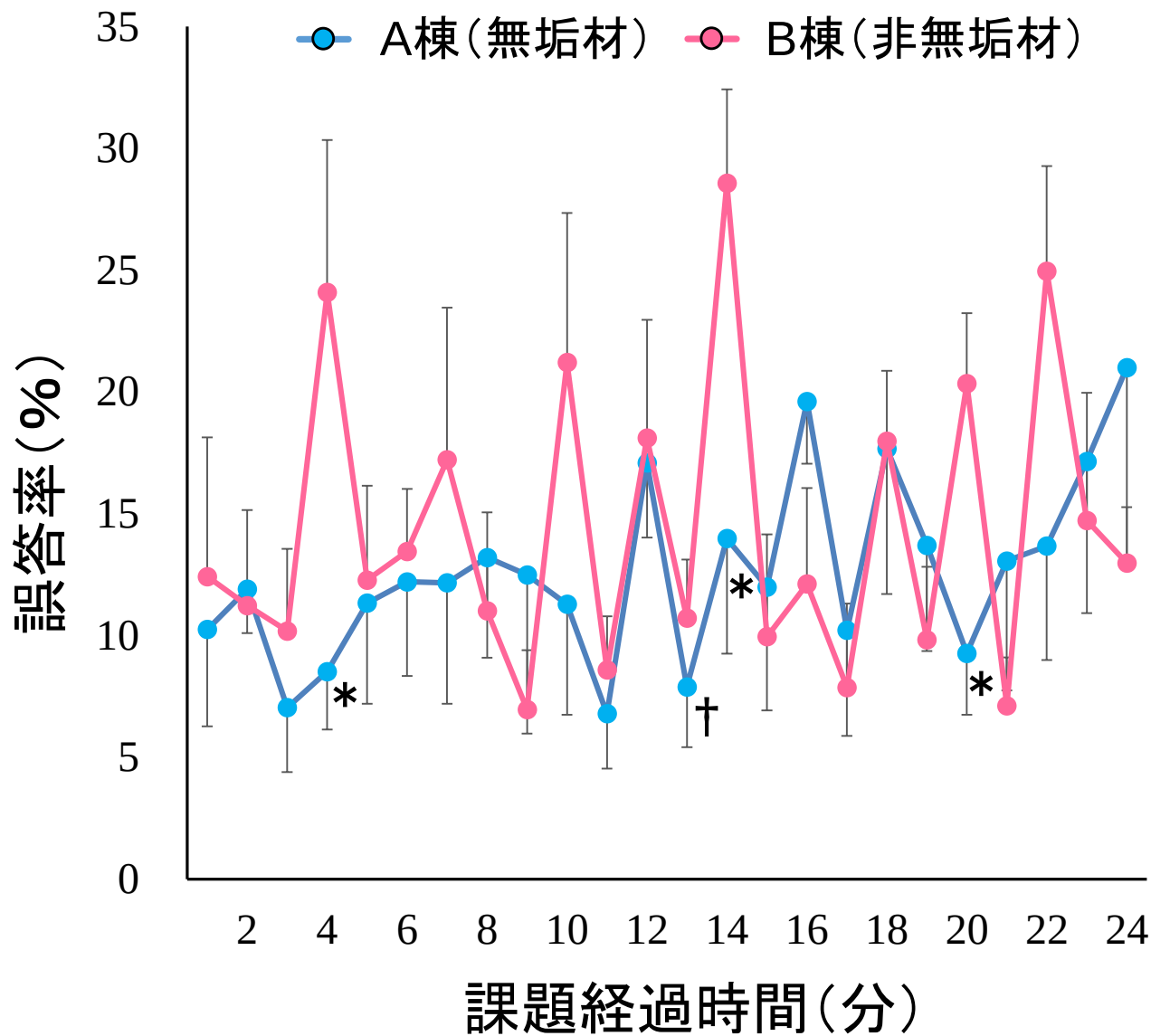


B棟（非無垢材）



A棟でミスマッチ陰性電位が大きい傾向（灰色部面積）
→ 意識に上らない迅速な注意処理が促進する可能性
* P300では棟間で明らかな差異は認められず

日中 結果：行動指標【誤答率】

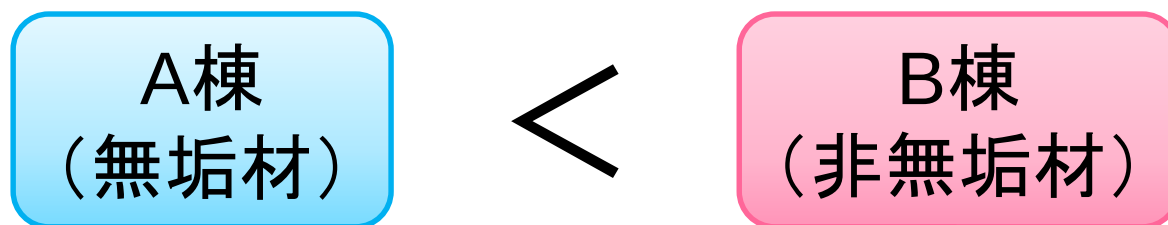


Paired *t*-test :
* $p < 0.05$

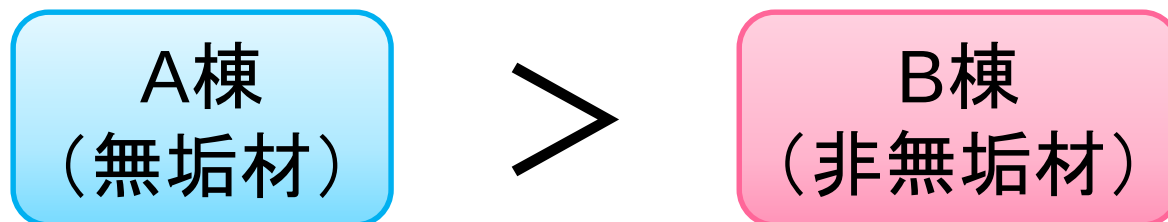
B棟 > A棟
→ A棟では
課題へ集中

日中 結果：結論2

【誤答率】



【ミスマッチ陰性電位】



結論2

無垢材を内装に用いた建物は
作業効率や注意力が高くなる可能性を示唆

日中実験：まとめ

A棟（無垢材内装）の特徴 ～B棟（非無垢材内装）と比較して～

- ・ リラックスできる可能性を示唆（課題後で顕著）
→ 脳波（ α 波）・心電図（交感・副交感神経感動）
- ・ 課題に対する作業効率や注意力の高さを示唆
→ 課題成績（誤答率）・脳波（ミスマッチ陰性電位）

目次



1. 投稿論文

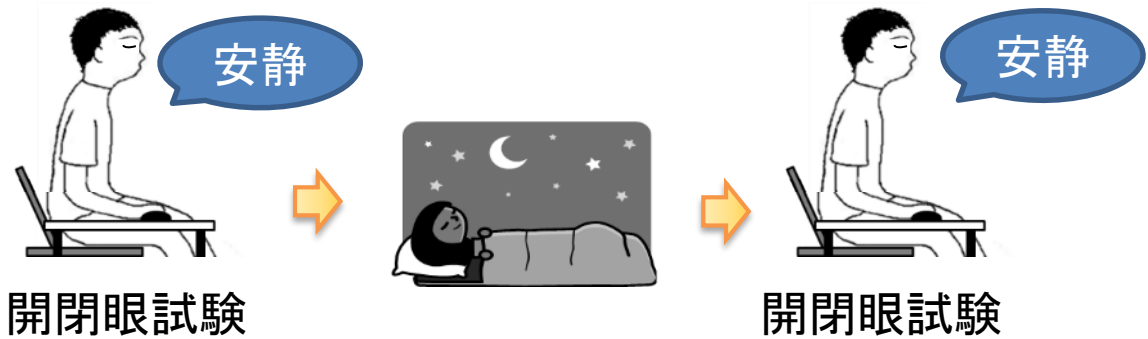
2. 揮発性成分分析

3. 内装材の抗菌試験

4. ヒトの生理・心理に与える影響～日中試験～

5. ヒトの生理・心理に与える影響～睡眠試験～

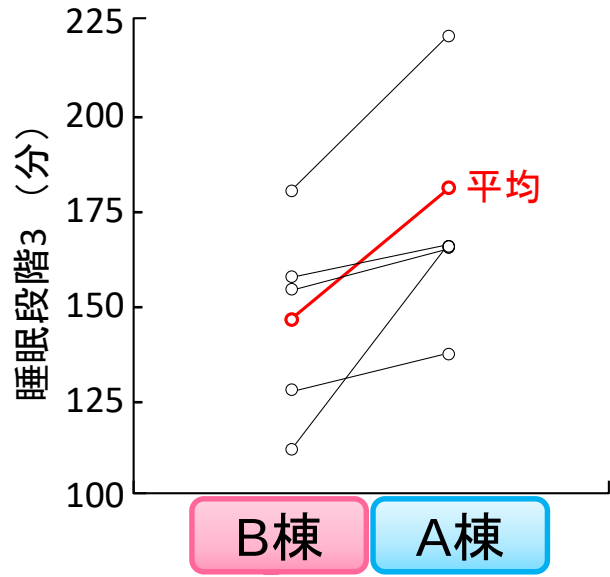
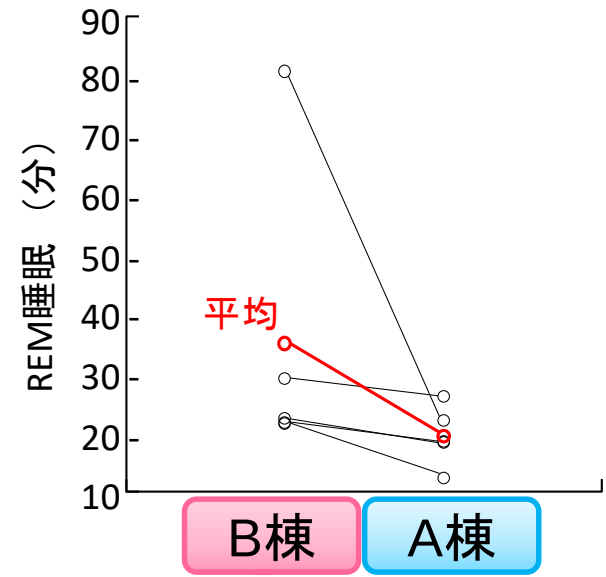
実験の流れ



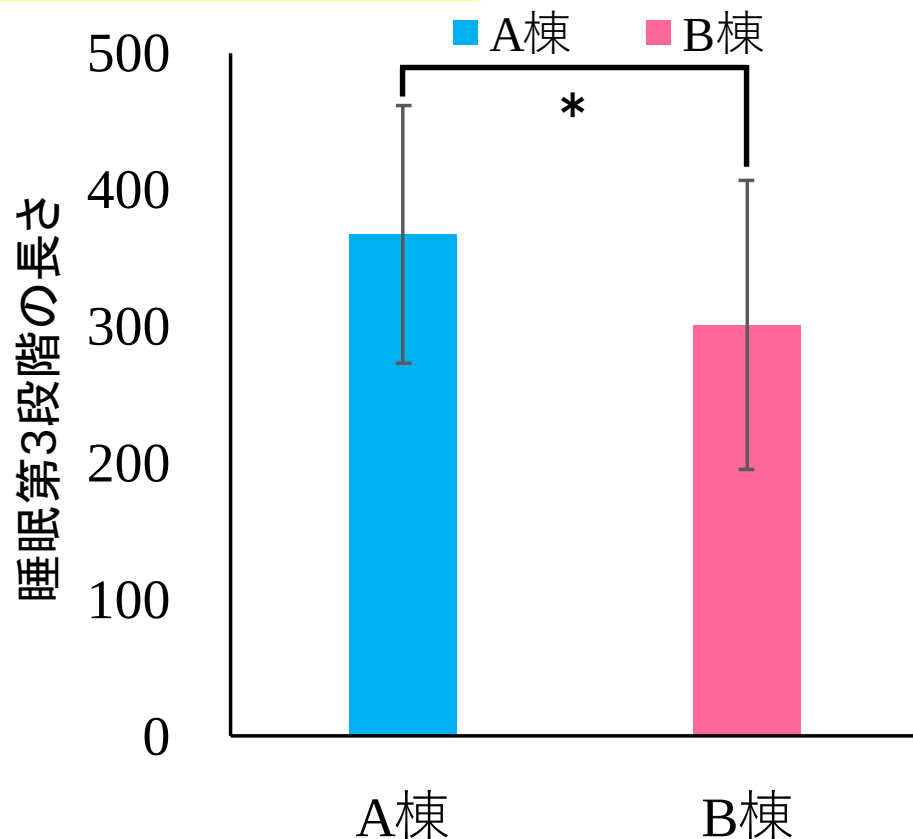
30分				8時間						
ポリメイト装着			安静 Pre		睡眠				安静 Post	
測定項目										
脳波・心電図			●		●	●	●		●	
唾液アミラーゼ	●									●
血圧・脈拍	●									●
POMS・SD法	●									●
温度・湿度			●	●	●	●	●	●	●	

睡眠 結果：睡眠の質

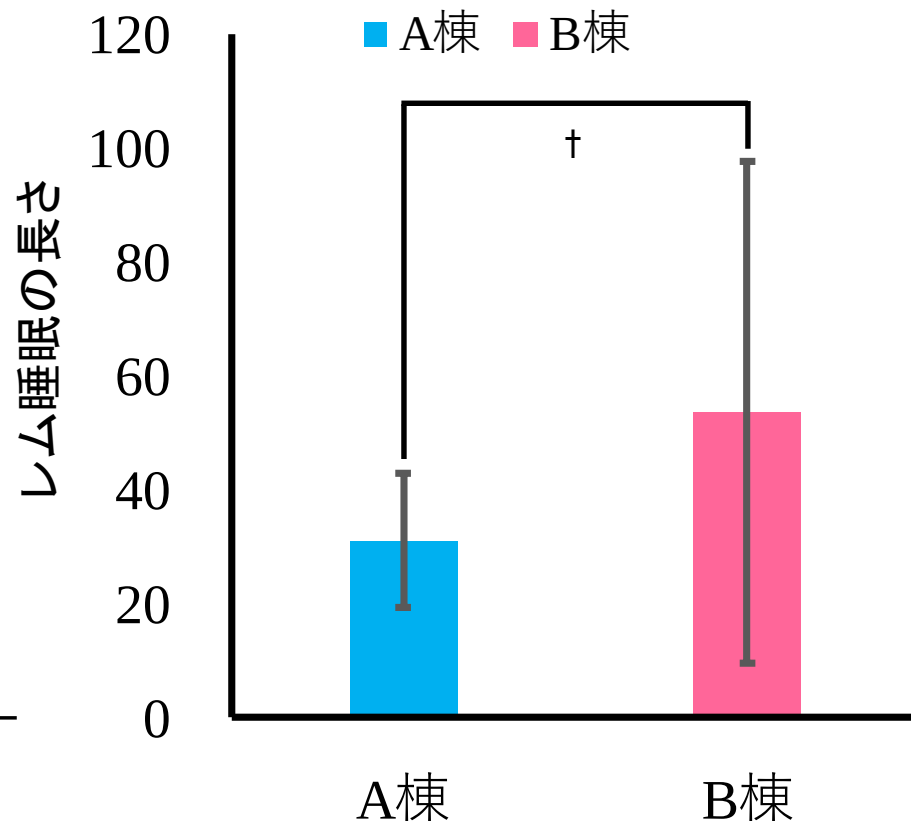
一般的には「中等度睡眠期」とも

睡眠ステージ	睡眠第3段階	レム睡眠																		
特徴	深い睡眠で、 外からの呼びかけにも 反応しにくい状態	身体は眠っているが、 脳は覚醒に近く、 浅い眠りの状態																		
8時間の就床 中における 各睡眠段階 の合計時間	 睡眠段階3 (分) <table border="1"><thead><tr><th>棟</th><th>平均 (分)</th><th>個人データ (分)</th></tr></thead><tbody><tr><td>B棟</td><td>145</td><td>110, 128, 155, 158, 180</td></tr><tr><td>A棟</td><td>180</td><td>135, 160, 162, 165, 220</td></tr></tbody></table>	棟	平均 (分)	個人データ (分)	B棟	145	110, 128, 155, 158, 180	A棟	180	135, 160, 162, 165, 220	 REM睡眠 (分) <table border="1"><thead><tr><th>棟</th><th>平均 (分)</th><th>個人データ (分)</th></tr></thead><tbody><tr><td>B棟</td><td>35</td><td>23, 28, 30, 82</td></tr><tr><td>A棟</td><td>20</td><td>12, 22, 25, 27</td></tr></tbody></table>	棟	平均 (分)	個人データ (分)	B棟	35	23, 28, 30, 82	A棟	20	12, 22, 25, 27
棟	平均 (分)	個人データ (分)																		
B棟	145	110, 128, 155, 158, 180																		
A棟	180	135, 160, 162, 165, 220																		
棟	平均 (分)	個人データ (分)																		
B棟	35	23, 28, 30, 82																		
A棟	20	12, 22, 25, 27																		
結果	A棟 (無垢材) > B棟 (非無垢材)	A棟 (無垢材) < B棟 (非無垢材)																		

睡眠 結果：睡眠の質



深い睡眠で
外からの呼びかけにも
反応しにくい状態



身体は眠っているが
脳は覚醒に近く
浅い眠りの状態

睡眠 結果：結論

【睡眠第3段階】

深い眠り

A棟
(無垢材)

>

B棟
(非無垢材)

【レム睡眠】

浅い眠り

A棟
(無垢材)

<

B棟
(非無垢材)

結論

無垢材を内装に用いた建物は、
深い眠りが長く、浅い眠りが短い
＝ 睡眠の質が高い



まとめ



スギの無垢材を使用した空間は...

調湿作用

香りの量

作業効率

睡眠の質

→ これらの点で
優れている可能性



さらなる「スギ無垢材内装住宅の
健康機能」を科学する

謝辞

九州大学 農学研究院

Akiyoshi Honden, Yuki Washioka, Atsushi Nagaike, Sayaka Matsumoto, Atsushi Yamamoto, Ryudai Fukuda, Hiromi Saijyo, Eriko Haga, Yuko Yamabe, Kayo Terui, Yuri Yoshimura, Toshinori, Nakagawa, Koki Fujita, Akie Kawasaki, Nobuko Sato, Makoto Inagami, Nahoko Fukumoto, Taku Okuda, Yuki Washioka, Keiko Ihaya, Taisuke Nakashima, **Noboru Fujimoto**

九州大学 基幹教育院

Tsuyoshi Okamoto, Yuki Yamada, Jun Nagano

九州大学 システム情報科学研究所

Takako Mitsudo

近畿大学 産業理工学部

Koichiro Ohnuki

福岡女子大学 国際文理学部

Hiroya Ishikawa

株式会社 トライ・ウッド

Shinji Inoue, Yuichiro Watanabe, Hisanori Shimazu, Genichi Okamoto

株式会社 安成工務店 Shinji Yasunari