

# 木由来の香りと木を用いた住空間 ～成分分析と人の生理・心理応答～

九州大学農学研究院  
環境農学部門  
森林圏環境科学研究分野  
清水 邦義

いかに評価するか？

# 本日のトピック

## 天然のスギ

A棟



## フローリング

B棟



# 本日のトピック



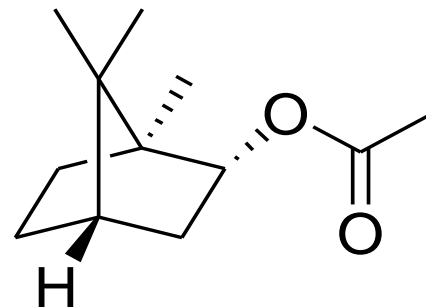
月桂樹 (*Laurus nobilis*) 葉



モミ (*Abies sibirica*) 葉精油



(-)-酢酸ボルニル





# 本日のトピック

## 天然のスギ

A棟

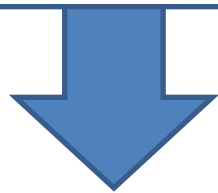


## フローリング

B棟



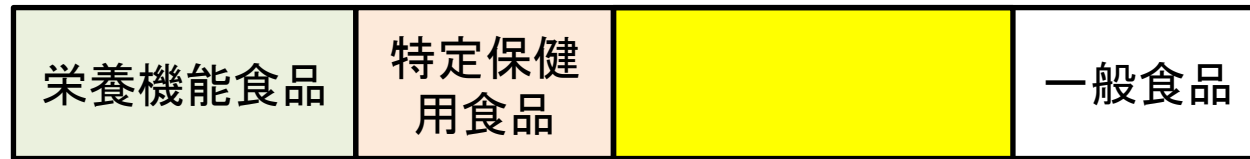
木を用いた香りの住  
空間研究をどのように  
行うか？  
エビデンスをどのよう  
にとるか？



機能性表示食品開発のアプローチ



# 機能性表示制度と特定保健用食品「トクホ」と栄養機能食品



← 機能性表示が可能

企業の責任で機能性表示を可能に  
平成27年4月～

	機能性表示制度	特定保健用食品 「トクホ」	栄養機能食品
対象とする成分	制度の範囲で選択可能	制度の範囲で選択可能	指定成分のみ (ビタミン・ミネラルなど)
表示できる内容	制度の範囲で作成可能	制度の範囲で作成可能	成分ごとに固定
ヒト試験 (臨床試験)	成分により回避可能*	必須	不要
国への申請	届け出制(受理)	認可制(認可)	不要 (自己認証制度)



\*研究レビュー(文献検索)でも申請が可能

## えんきんA7



本品にはルテイン・アスタキサンチン・シアニジン-3-グルコシド・DHA が含まれるので、手元のピント調節機能を助けると共に、目の使用による肩・首筋への負担を和らげます。

## 三ヶ日みかん(みっかびみかん)A79



本品には、 $\beta$ -クリプトキサンチンが含まれています。 $\beta$ -クリプトキサンチンは骨代謝のはたらきを助けることにより、骨の健康に役立つことが報告されています。

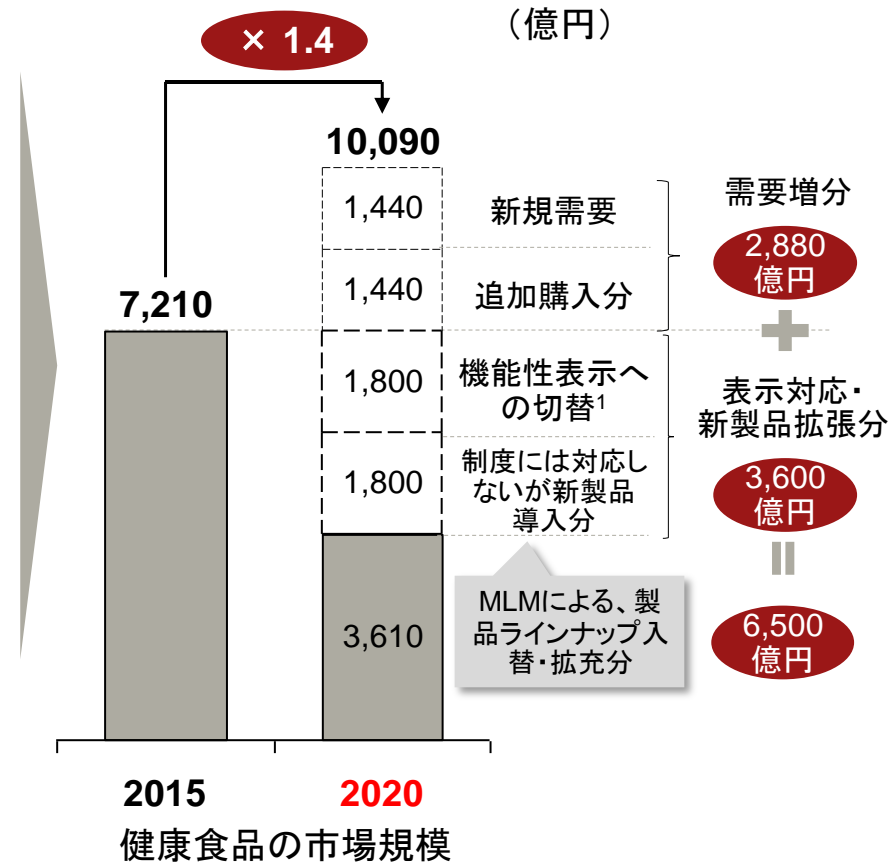
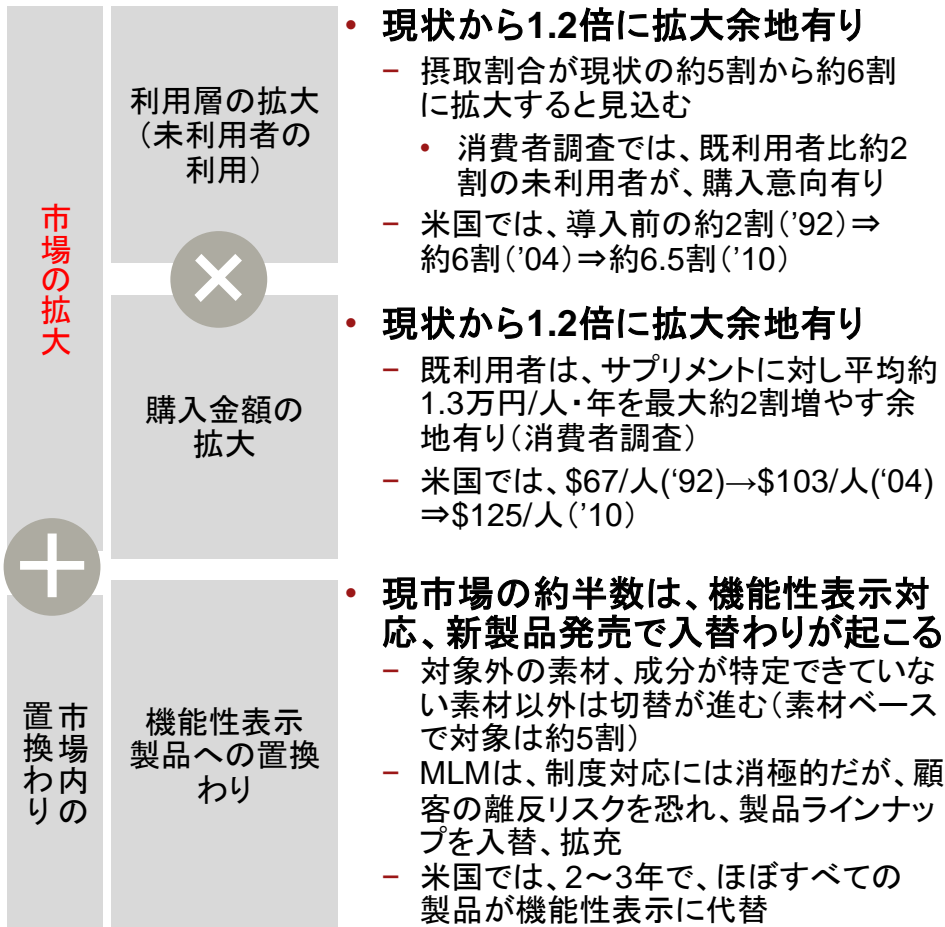


生鮮食品でも機能性表示が可能に！



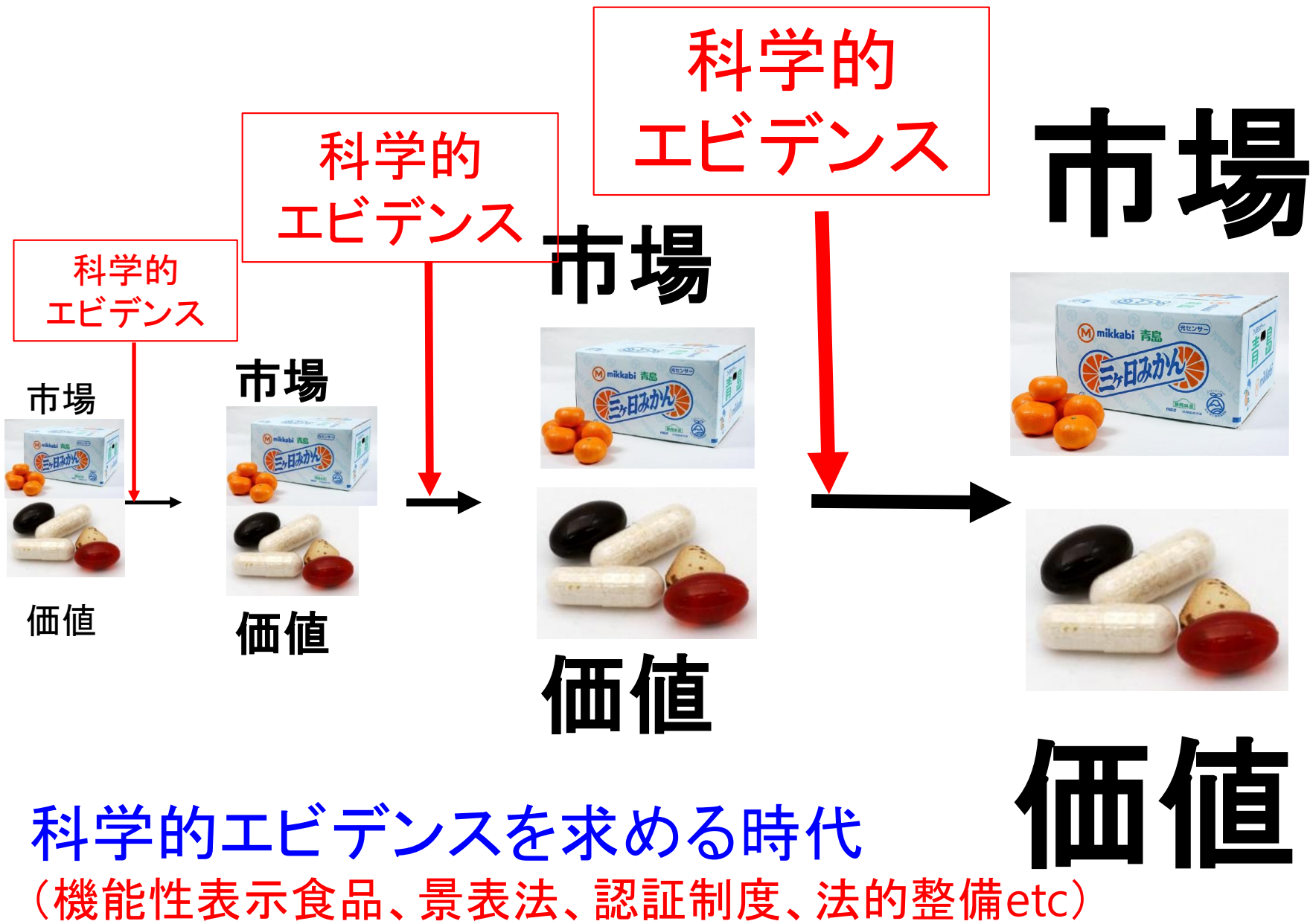
# 市場の拡大分と既存市場の機能性表示への切替・新製品投入によって、現在の市場規模にほぼ匹敵する約6,500億円分に新たに動きが起こる

## 機能性表示による市場規模拡大と置換わり・製品ラインナップ拡充



出所: インテージ「健康食品・サプリメント市場 実態把握調査2014」、A.T. Kearneyによる消費者調査(N=10,000)、総合企画センター「サプリメントの市場分析調査」

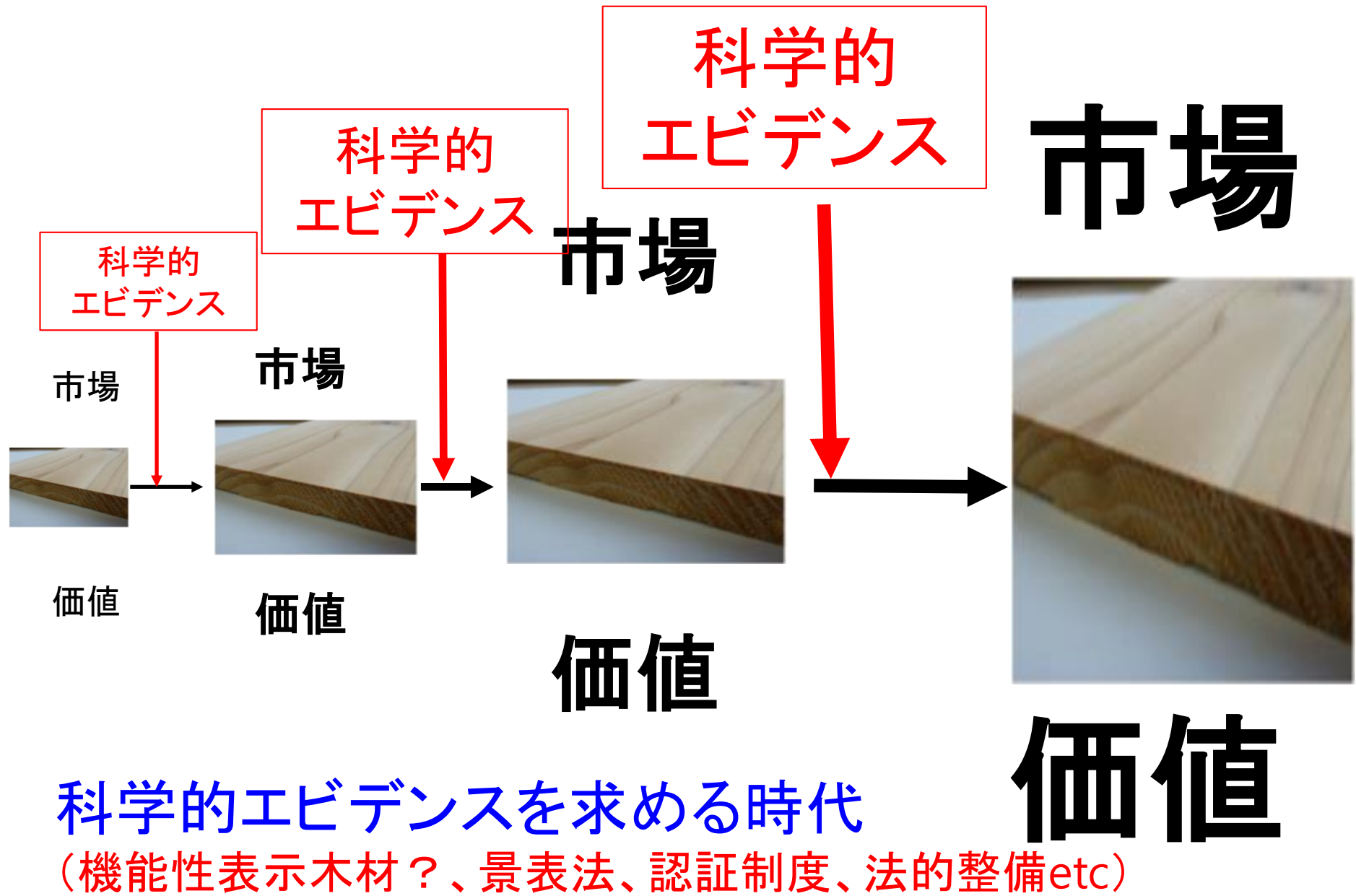
# 科学のエビデンスが市場を創出する！



科学のエビデンスを求める時代

(機能性表示食品、景表法、認証制度、法的整備etc)

# 科学のエビデンスが市場を創出する！



食品の場合

作用機序

関与成分

健常者での  
ヒト試験

査読付き論文

特許戦略

企業の責任で機能性表示を可能に

産官学連携による科学的エビデンスが  
市場を創出する！

# 木材の場合

## 作用機序

## 健常者での ヒト試験

### 関与成分

- 揮発成分 ⇔ 乾燥方法  
品種・産地  
季節変動
- 色
- 物理的強度
- その他

- 調湿作用
- 嗅覚を介した作用
- 視覚を介した作用
- 触覚を介した作用
- その他

- 心理応答
- 生理応答
- 作業効率
- 睡眠
- その他

どのように立証するか？

査読付き論文

特許戦略

(将来的に) 企業の責任で機能性表示を可能に？

産官学連携による科学的エビデンスが  
木材新市場を創出する！？



# 機能性食品(サプリメント)の場合のヒト試験

機能性食品 (サプリメント) ↔ プラセボ  
(偽のサプリメント: 見た目  
等が類似)

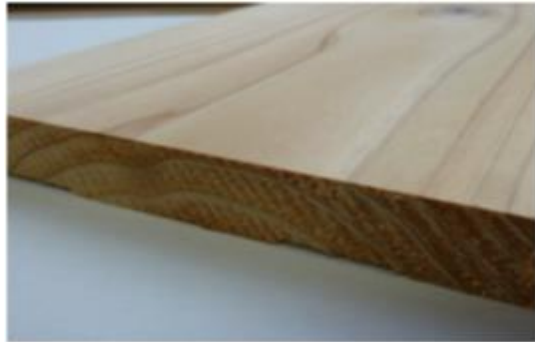


木材の場合は？

# 無垢木材のプラセボ

## 無垢材

裁断と乾燥のみ



例.) 津江杉のような木材  
(Japanese cedar,  
*Cryptomeria japonica*)

## 非無垢材(プラセボ)

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



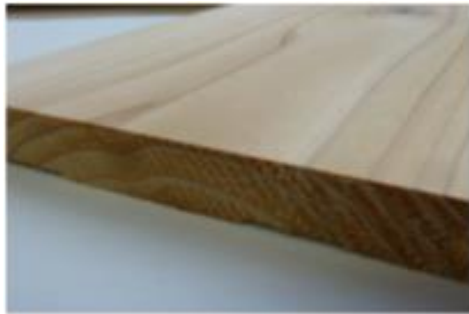
- ・製造に手間がかかり、費用が高価
- ・マイルドな乾燥には多くの利点  
(自然の香りや調湿作用が残る、など)

- ・比較的安価で丈夫
- ・自然の香りと調湿作用は  
高温乾燥の過程で損失

# 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**から説明を検討



無垢材



非無垢材



脳機能

生理効果

心理効果

# スギの家

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

天然のスギ

A棟



天然乾燥  
↓  
香り成分  
が多い

フローリング

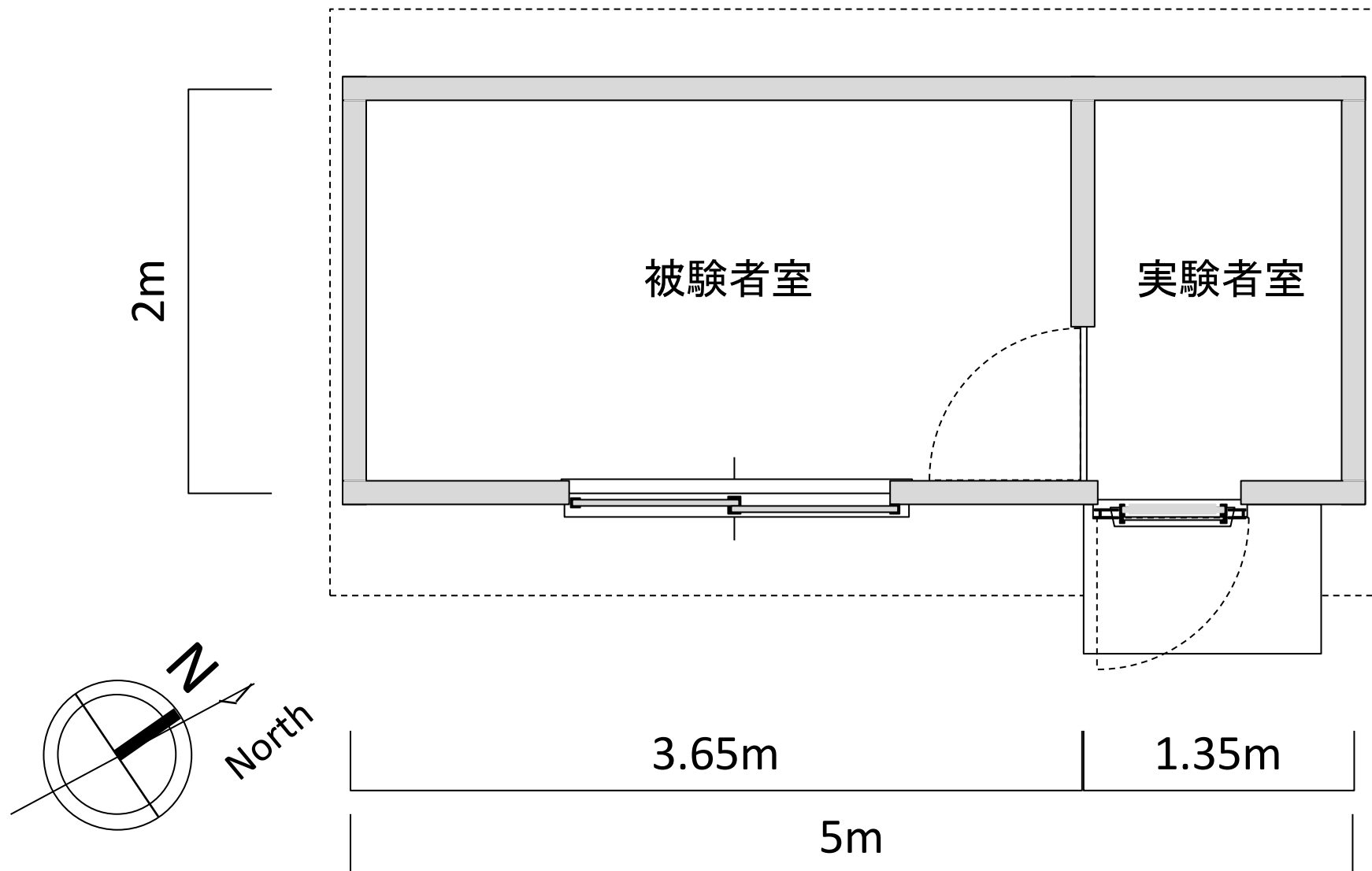
B棟



中・高温  
乾燥  
↓  
香り成分  
が消失

- 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（新建材）

# 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/cm<sup>3</sup>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。

# 木材の場合

## 作用機序

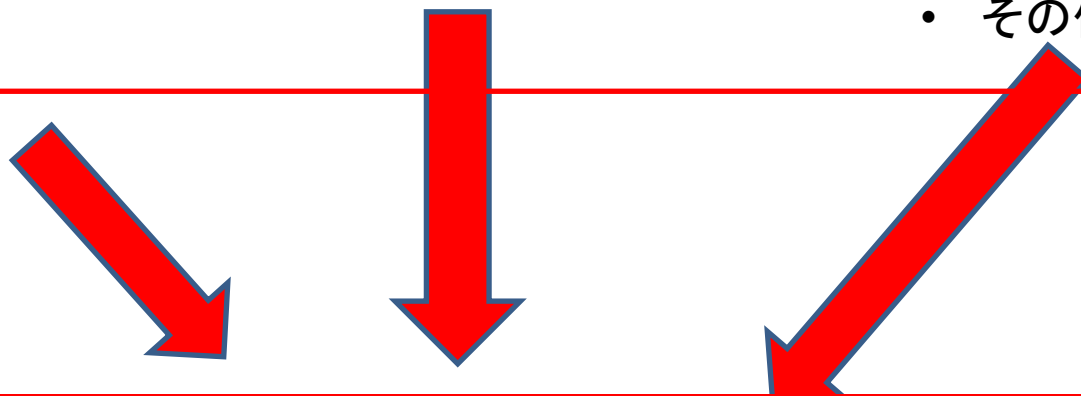
## 健常者での ヒト試験

### 関与成分

- 揮発成分 ⇔ 乾燥方法  
品種・産地  
季節変動
- 色
- 物理的強度
- その他

- 調湿作用
- 嗅覚を介した作用
- 視覚を介した作用
- 触覚を介した作用
- その他

- 心理応答
- 生理応答
- 作業効率
- 睡眠
- その他



無垢材と非無垢材（プラセボ）で比較

## 三ヶ日みかん(みっかびみかん)A79



本品には、 **$\beta$ -クリプトキサンチン**が含まれています。 **$\beta$ -クリプトキサンチン**は**骨代謝のはたらきを助ける**ことにより、**骨の健康に役立つ**ことが報告されています。



**ロット間(収穫時期の違い)の変動を明確にする必要がある。**

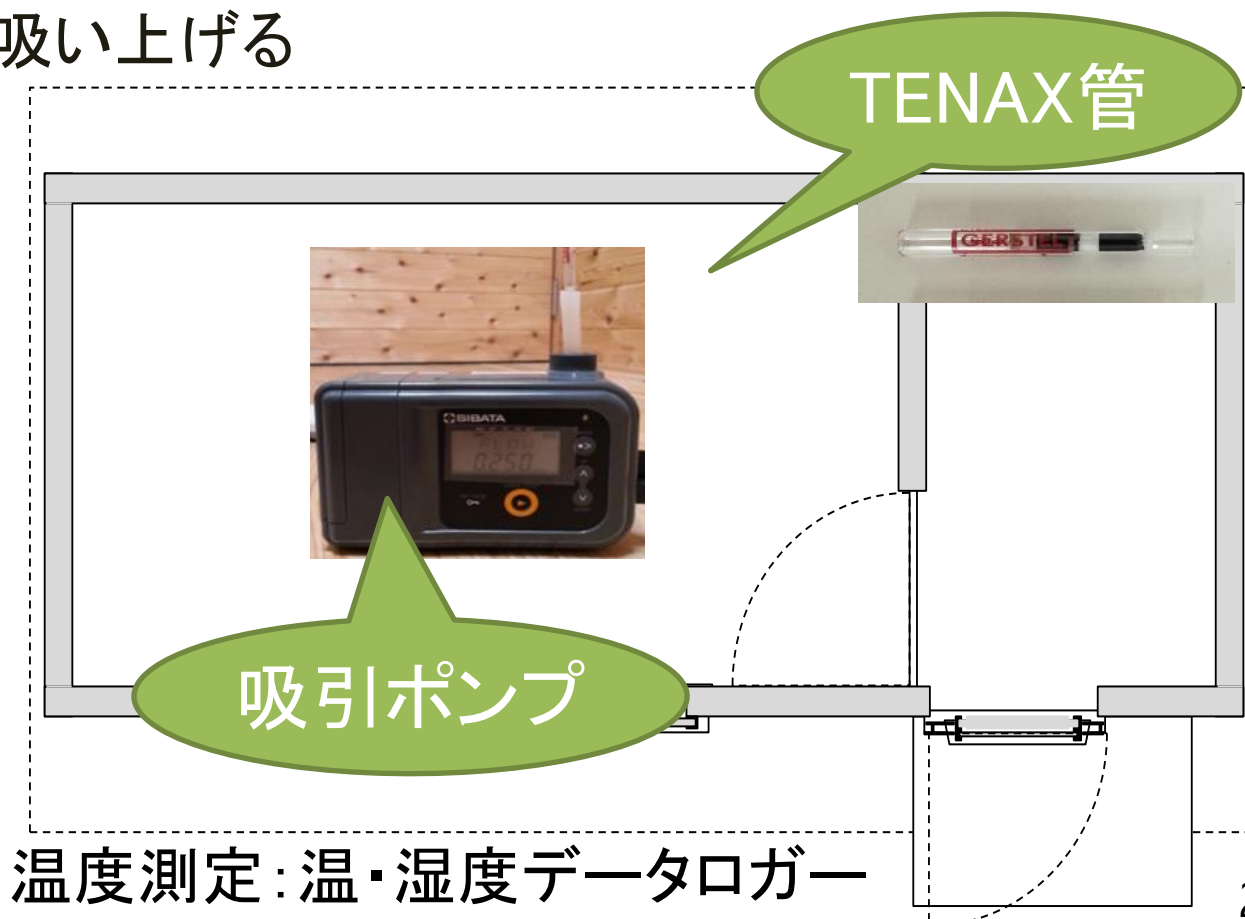
# 揮発性成分分析

## TDU (Thermal Desorption Unit)法～手順～

A棟(無垢材)とB棟(非無垢材)それぞれの被験者室の中央に置かれたTENAX管と吸引ポンプを用いて室内の空気を吸い上げる

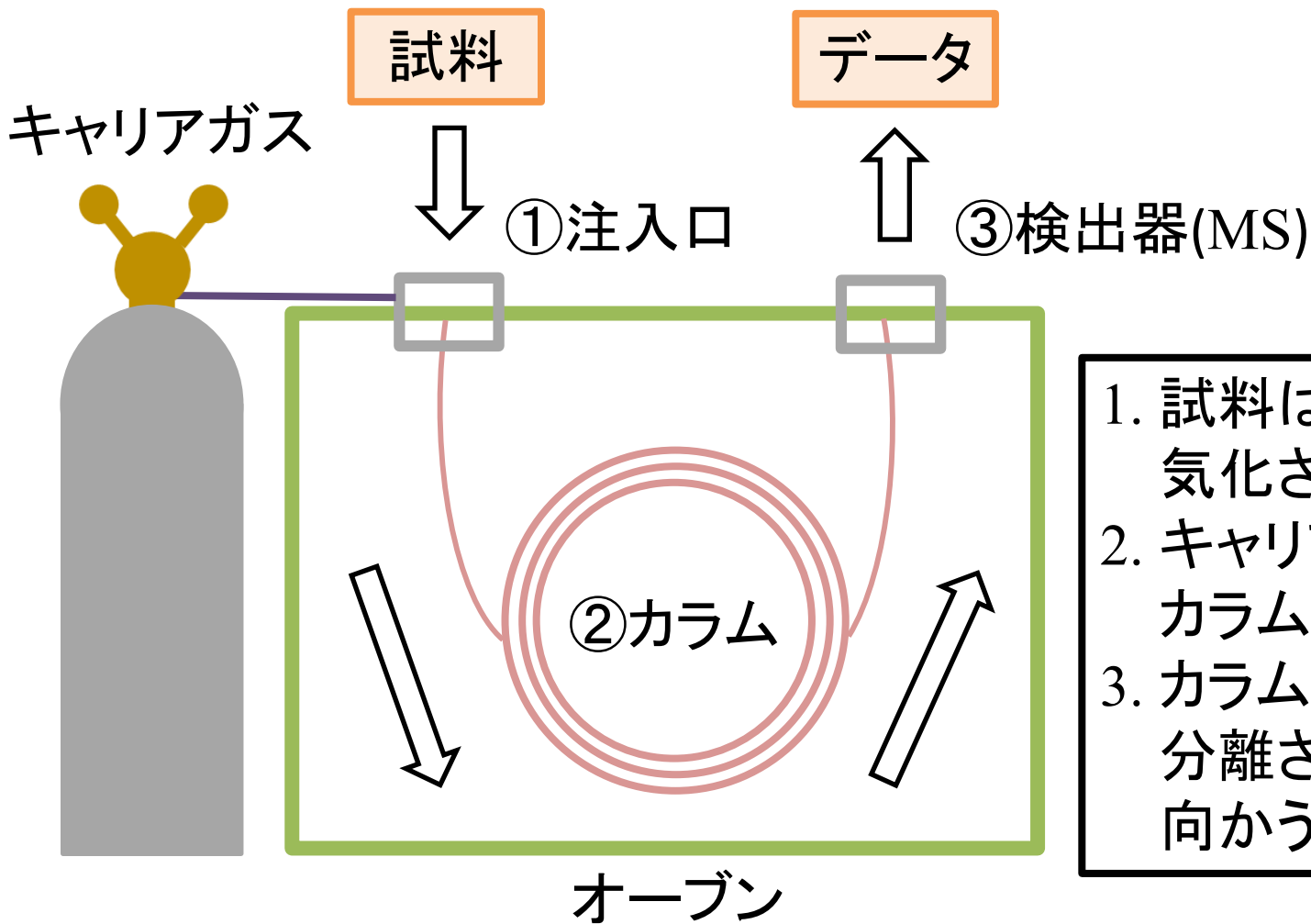


ガスクロマトグラフ  
質量分析計(GC-MS)  
による成分分析



# 実験1. 揮発性成分分析

## ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS)

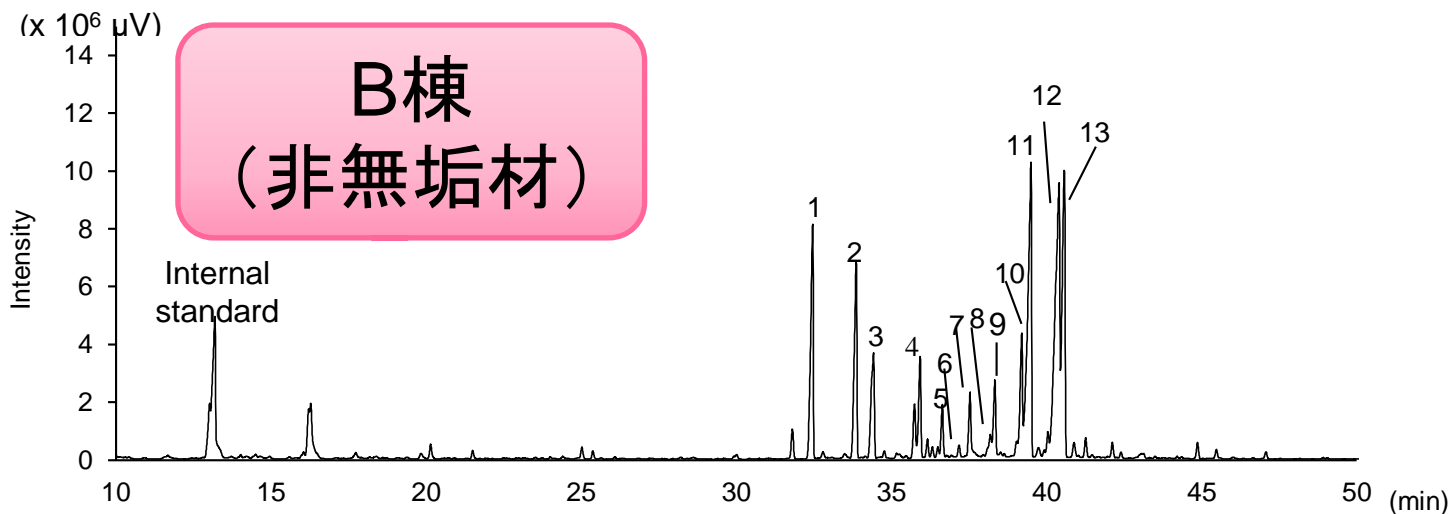
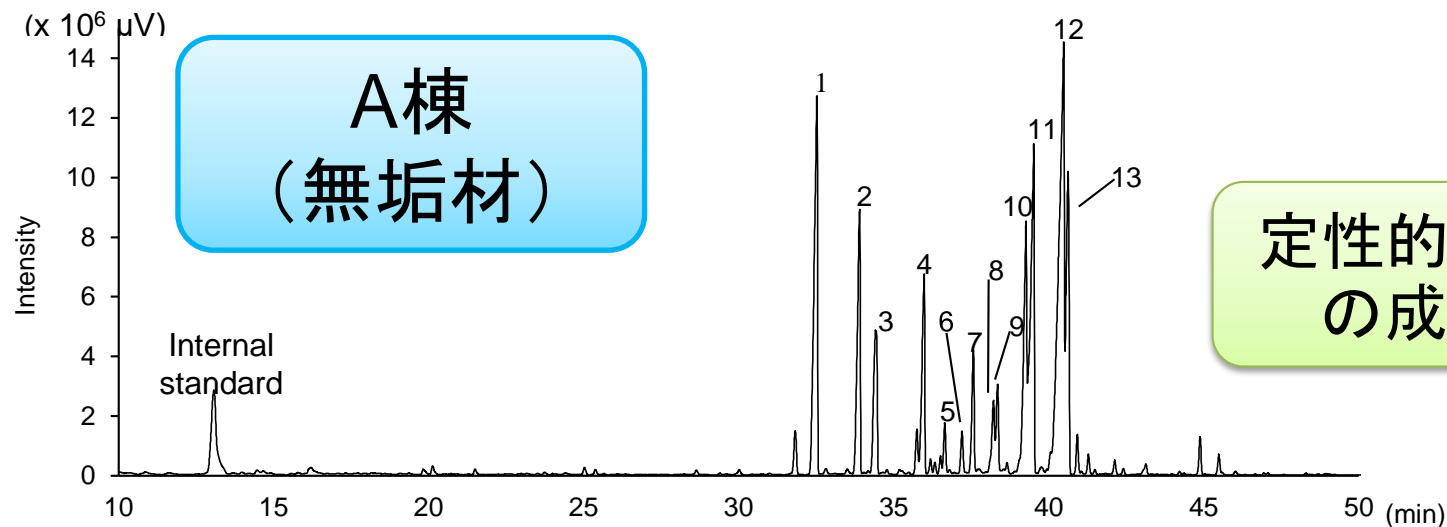


1. 試料は注入口で気化される。
2. キャリアガスによりカラム内に運ばれる。
3. カラム内で成分が分離され、検出器に向かう。



# 実験1. 揮発性成分分析 - TDU 法

## GC-MSクロマトグラム



各棟揮発性成分のGC-MS分析クロマトグラム

# 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/cm<sup>3</sup>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。

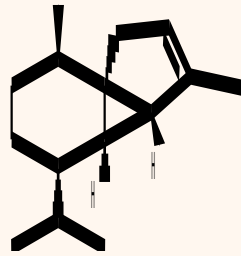
\*3 木材の小片を合成樹脂と混合し高温・高圧で成型した木質ボード。

# 実験1. 揮発性成分分析 – TDU 法

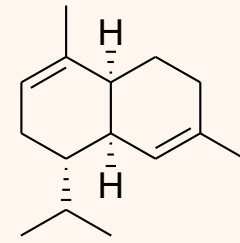
## GC-MS検出成分

### 実験棟の匂い主要成分

- 1:  $\alpha$ -Cubebene
- 2:  $\alpha$ -Copaene
- 3:  $\beta$ -Elemene
- 4:  $\beta$ -Caryophyllene
- 5: *cis*-Thujopsene
- 6: *cis*-Muurolo-3,5-diene
- 7:  $\alpha$ -Humulene
- 8:  $\gamma$ -Cadinene
- 9:  $\gamma$ -Muuroloene
- 10: *trans*-Muurolo-4(14),5-diene
- 11:  $\alpha$ -Muuroloene
- 12:  $\delta$ -Cadinene
- 13: Calamenene



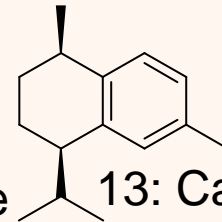
1:  $\alpha$ -Cubebene



11:  $\alpha$ -Muuroloene



12:  $\delta$ -Cadinene



13: Calamenene

セスキテルペンが主要成分

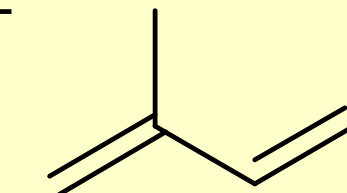
テルペン・・・**イソプレン**が構成単位

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

⋮



イソプレン  
(isoprene)

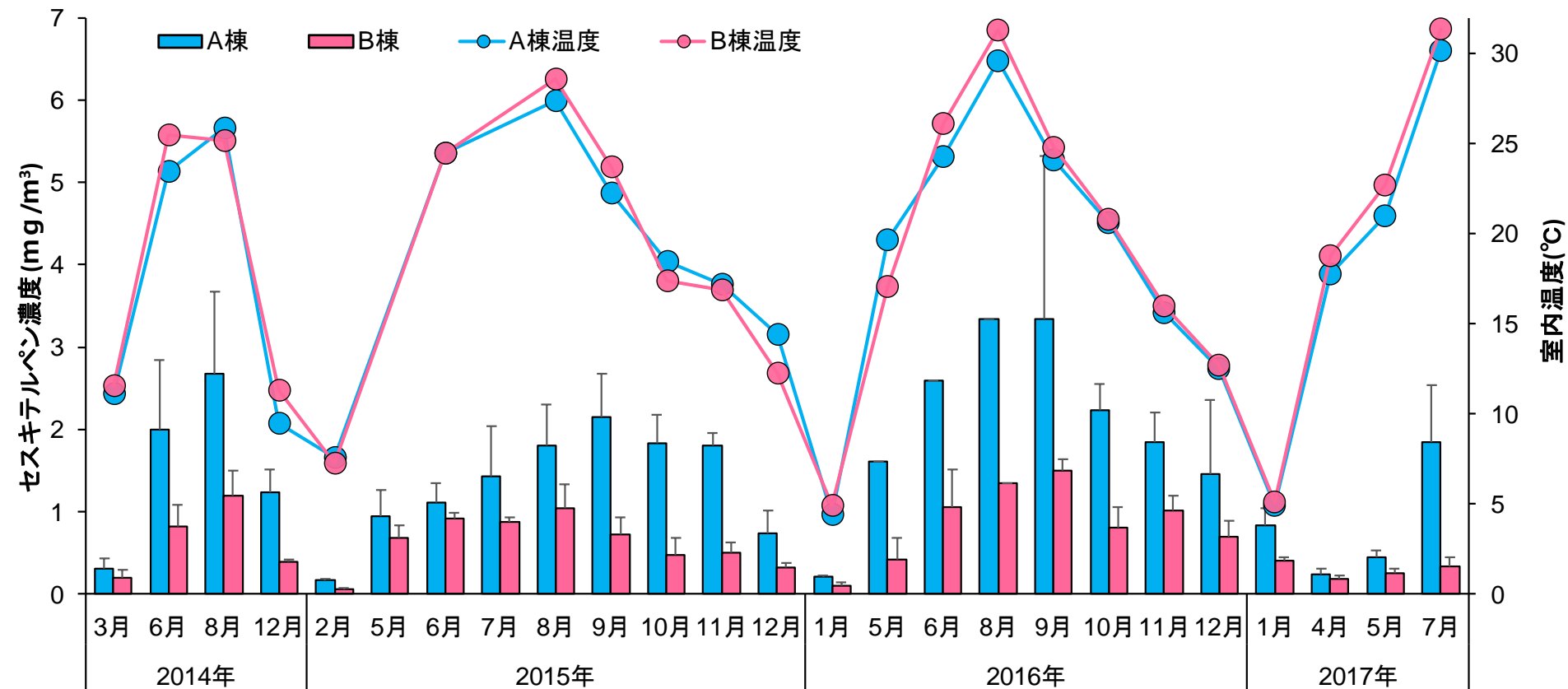


モノテルペン  
セスキテルペン  
は精油の主成分

# スギの家：香り成分の変化



## 室内の空気を直接分析



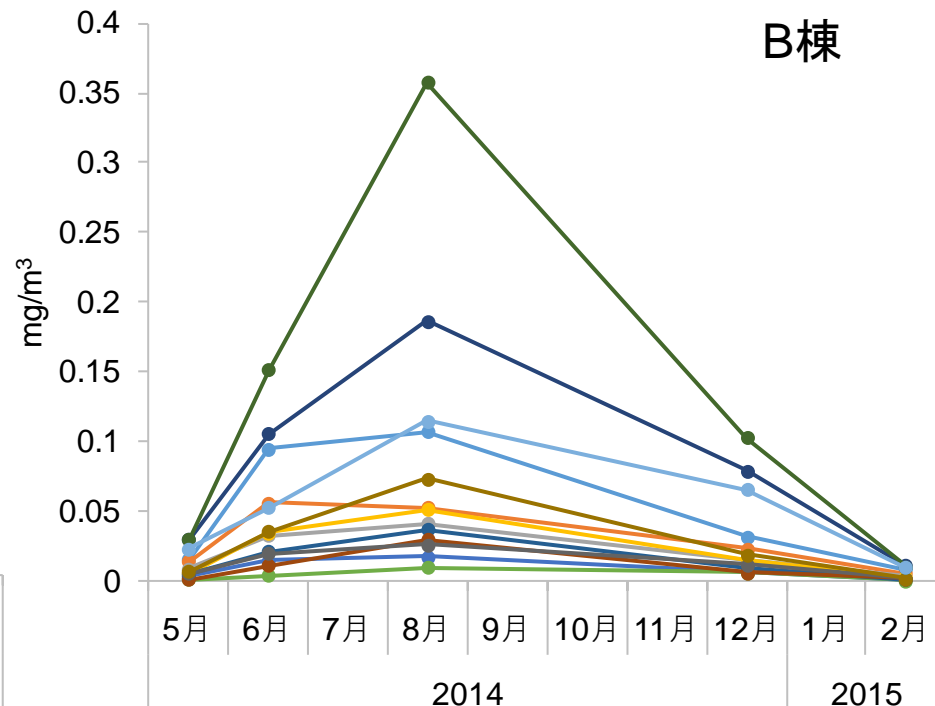
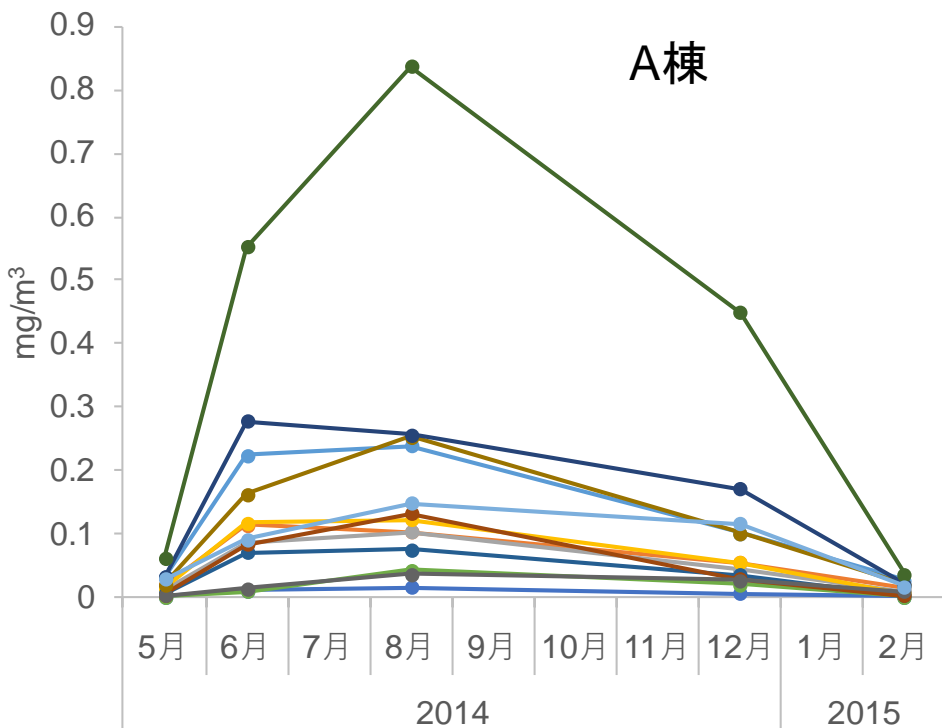
- ・A棟(無垢材) > B棟(非無垢材)
- ・夏季に多く、冬季は少ない

n = 3, 平均値 ± 標準偏差

より長期間の継続調査が必要

# スギの家：各香り成分について～

n = 3, 平均値 ± 標準偏差



- α-Cubebene
- α-Copaene
- β-Elemene
- Caryophyllene
- cis-Thujopsene
- cis-Muurola-3,5-diene
- α-Humulene
- γ-Cadinene
- γ-Muurolene
- trans-Muurola-4(14),5-diene
- α-Muurolene
- δ-Cadinene
- Calamenene

**成分により、  
変動の仕方が  
異なる**

# スギの家：香り成分の結果まとめ

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）

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

# 木材の場合

## 作用機序

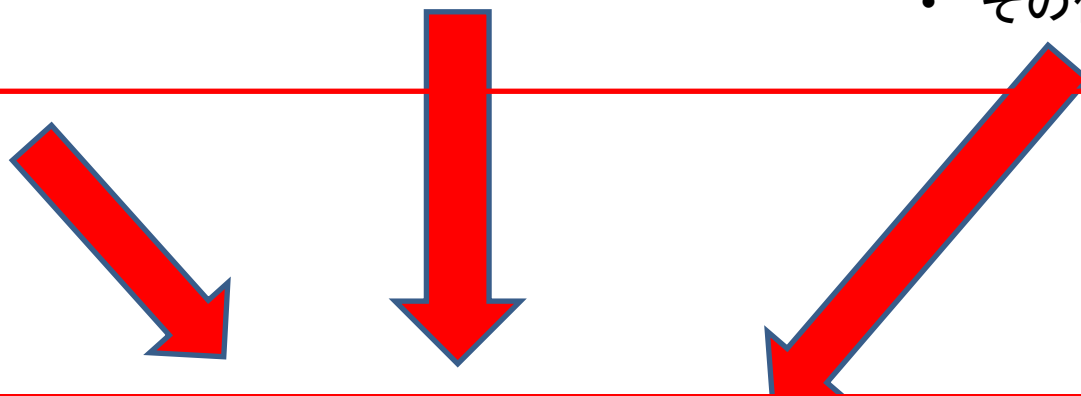
## 健常者での ヒト試験

### 関与成分

- 揮発成分 ⇔ 乾燥方法  
品種・産地  
季節変動
- 色
- 物理的強度
- その他

- 調湿作用
- 嗅覚を介した作用
- 視覚を介した作用
- 触覚を介した作用
- その他

- 心理応答
- 生理応答
- 作業効率
- 睡眠
- その他



無垢材と非無垢材（プラセボ）で比較



# 夜間睡眠実験

木の家には調湿作用がある？

室内の湿度を一定に保つ作用

- ※ 睡眠時、ヒトの発汗や呼吸により、湿度が上昇  
→ 調湿作用が発揮されれば、  
湿度の過度な上昇を抑制することが可能

# 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)テイアンドデイ



### 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

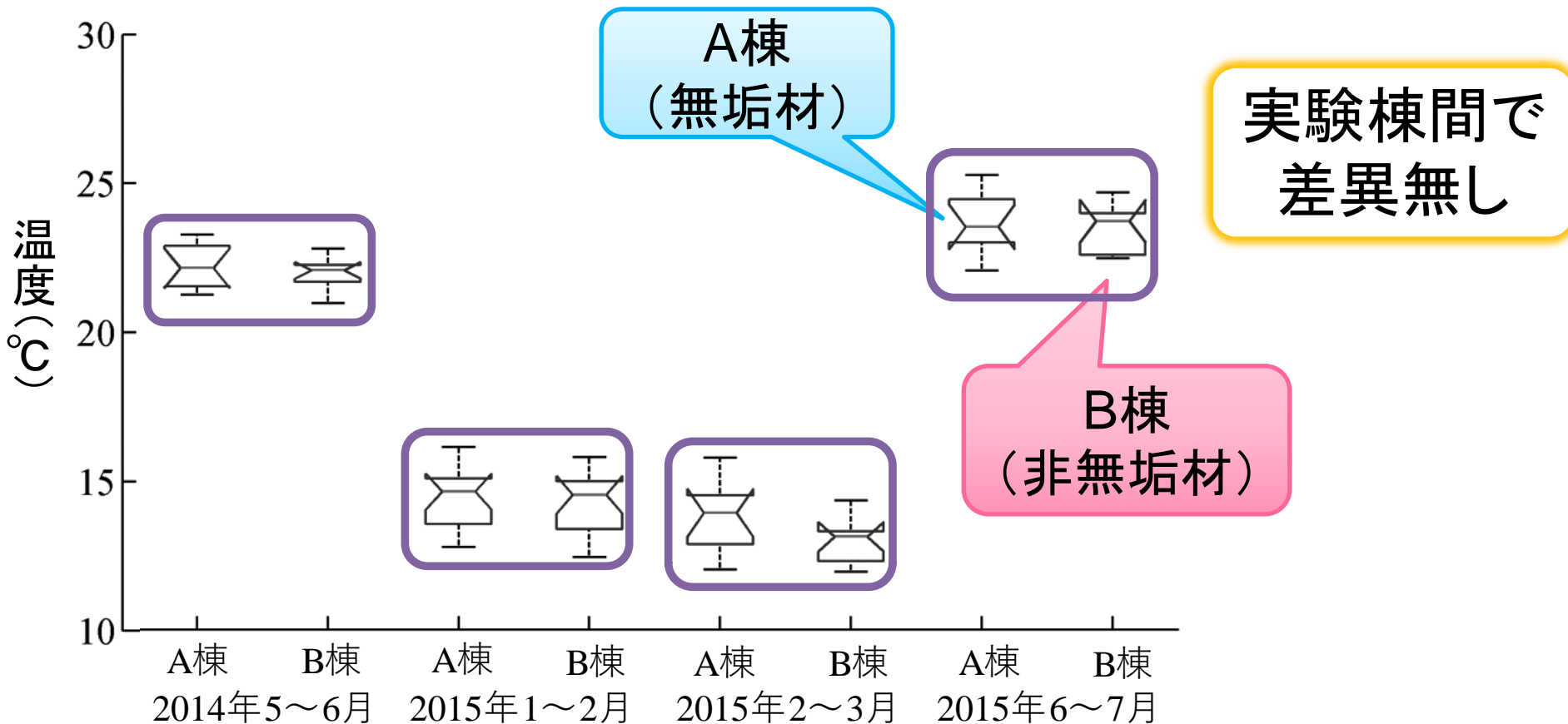
### 実施期間:

2014年5～6月、2015年1～2月・2～3月・6～7月

# 夜間睡眠実験 - 温湿度測定

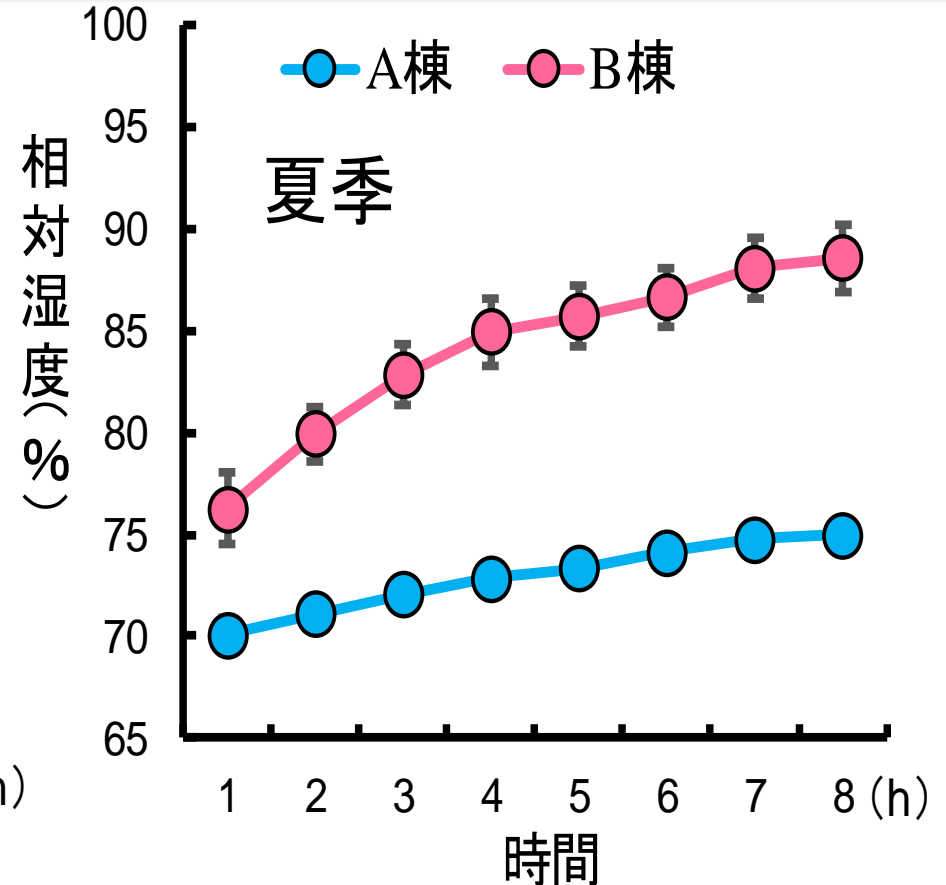
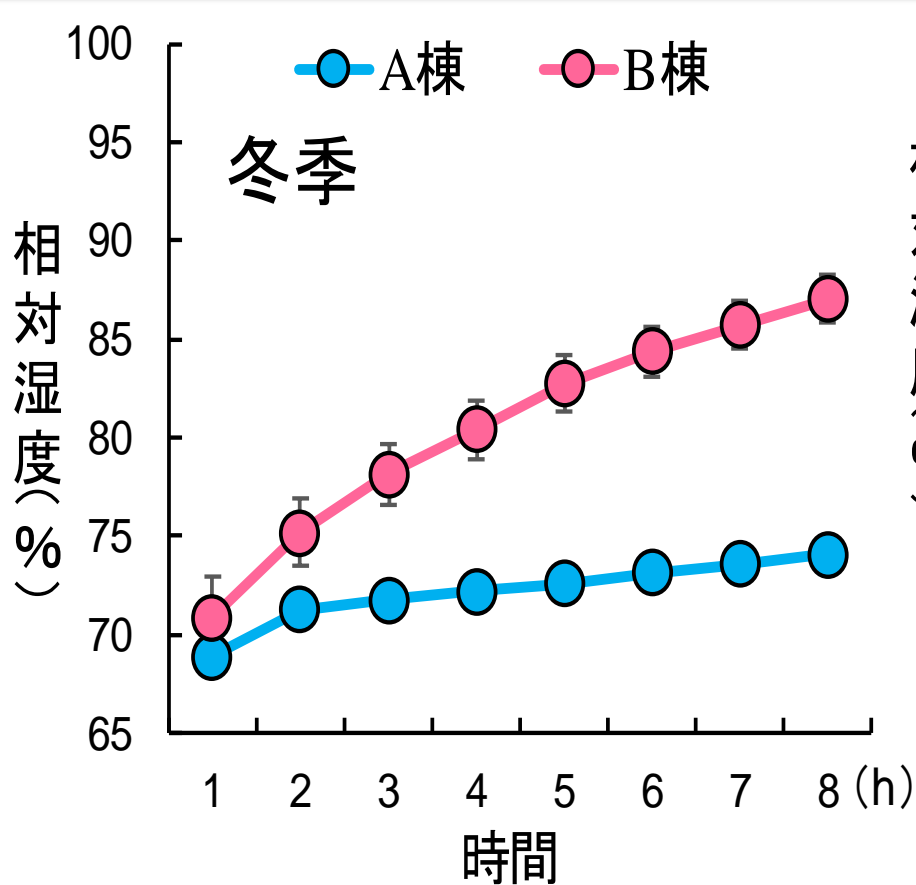
## ～結果1 睡眠中の温度～

各棟における睡眠時の室温（8時間の代表値）



# 夜間睡眠実験 - 温湿度測定

## ～結果1 睡眠中の湿度～



無垢材内装の家では、発汗や呼吸による湿度上昇を抑制 = 吸湿作用あり

# 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高い調湿作用を有する

# 木材の場合

## 作用機序

## 健常者での ヒト試験

### 関与成分

- 揮発成分 ⇔ 乾燥方法  
品種・産地  
季節変動
- 色
- 物理的強度
- その他

- 調湿作用
- 嗅覚を介した作用
- 視覚を介した作用
- 触覚を介した作用
- その他

- 心理応答
- 生理応答
- 作業効率
- 睡眠
- その他

無垢材と非無垢材（プラセボ）で比較



# 夜間睡眠実験

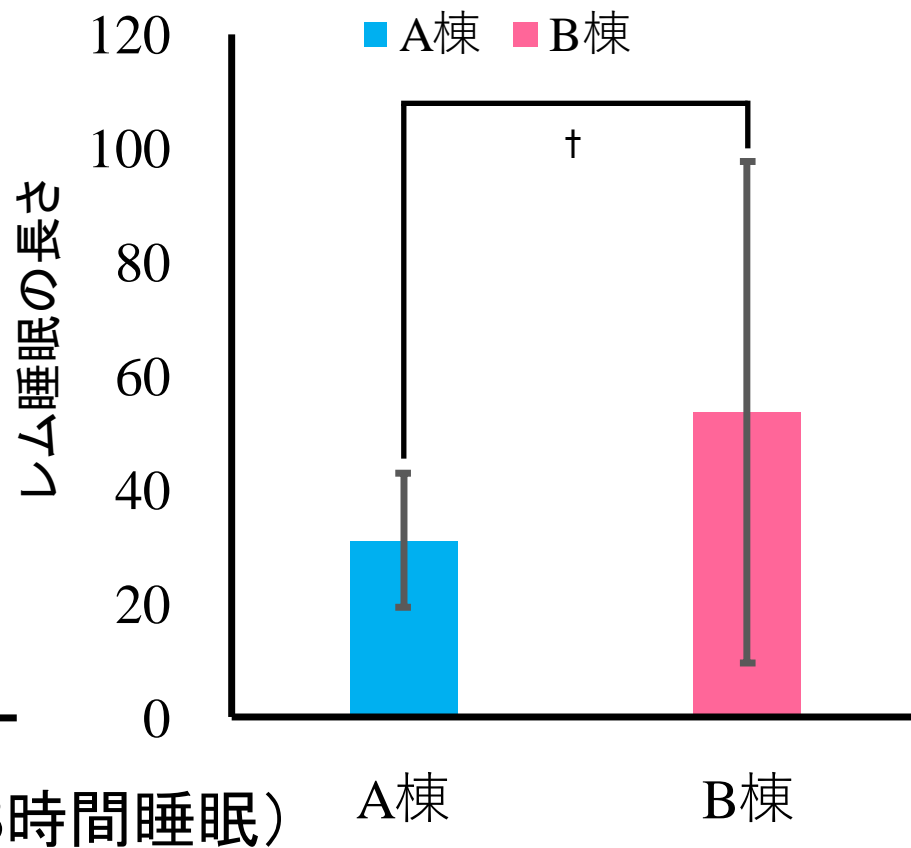
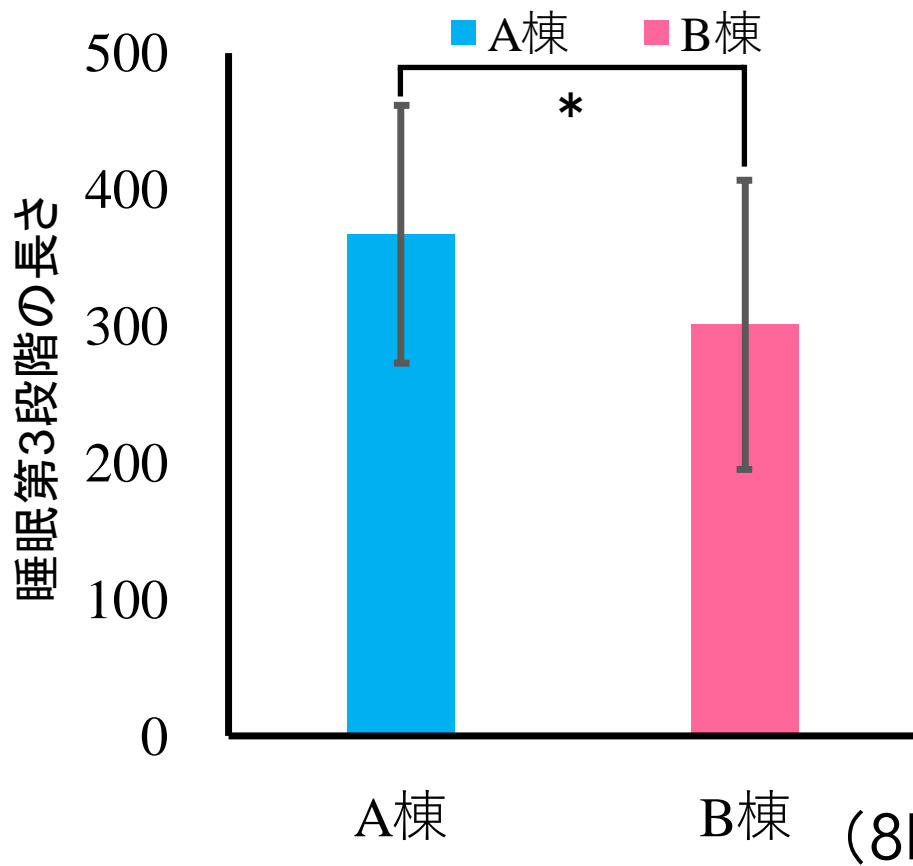
木の家ではよく眠れる  
という話は本当？

# 夜間睡眠実験 - 睡眠の質 結果

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	<p>睡眠段階3 (分)</p> <table border="1"> <caption>睡眠第3段階の合計時間 (分)</caption> <thead> <tr> <th>棟</th> <th>個人1</th> <th>個人2</th> <th>個人3</th> <th>個人4</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B棟</td> <td>180</td> <td>155</td> <td>128</td> <td>110</td> <td>146</td> </tr> <tr> <td>A棟</td> <td>220</td> <td>165</td> <td>140</td> <td>115</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table>	棟	個人1	個人2	個人3	個人4	平均	B棟	180	155	128	110	146	A棟	220	165	140	115	160	<p>REM睡眠 (分)</p> <table border="1"> <caption>レム睡眠の合計時間 (分)</caption> <thead> <tr> <th>棟</th> <th>個人1</th> <th>個人2</th> <th>個人3</th> <th>個人4</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B棟</td> <td>82</td> <td>30</td> <td>23</td> <td>23</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>A棟</td> <td>27</td> <td>20</td> <td>13</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	棟	個人1	個人2	個人3	個人4	平均	B棟	82	30	23	23	37	A棟	27	20	13	20	20
棟	個人1	個人2	個人3	個人4	平均																																	
B棟	180	155	128	110	146																																	
A棟	220	165	140	115	160																																	
棟	個人1	個人2	個人3	個人4	平均																																	
B棟	82	30	23	23	37																																	
A棟	27	20	13	20	20																																	
結果	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">A棟 (無垢材)</div> <div style="font-size: 2em;">➤</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;">B棟 (非無垢材)</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">A棟 (無垢材)</div> <div style="font-size: 2em;">➤</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;">B棟 (非無垢材)</div> </div>																																				

# 夜間睡眠実験 - 睡眠の質 結果



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

# 夜間睡眠実験 - 睡眠の質

～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では、  
深い眠りが長く、浅い眠りが短い  
＝ 睡眠の質が高い

# 木材の場合

## 作用機序

## 健常者での ヒト試験

### 関与成分

- 揮発成分 ⇔ 乾燥方法  
品種・産地  
季節変動
- 色
- 物理的強度
- その他

- 調湿作用
- 嗅覚を介した作用
- 視覚を介した作用
- 触覚を介した作用
- その他

- 心理応答
- 生理応答
- 作業効率
- 睡眠
- その他

無垢材と非無垢材（プラセボ）で比較

# 日中課題実験

木の家は作業課題に  
向いているのだろうか？





# 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 Pre		Oddball課題 後述		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		● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●			

・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)

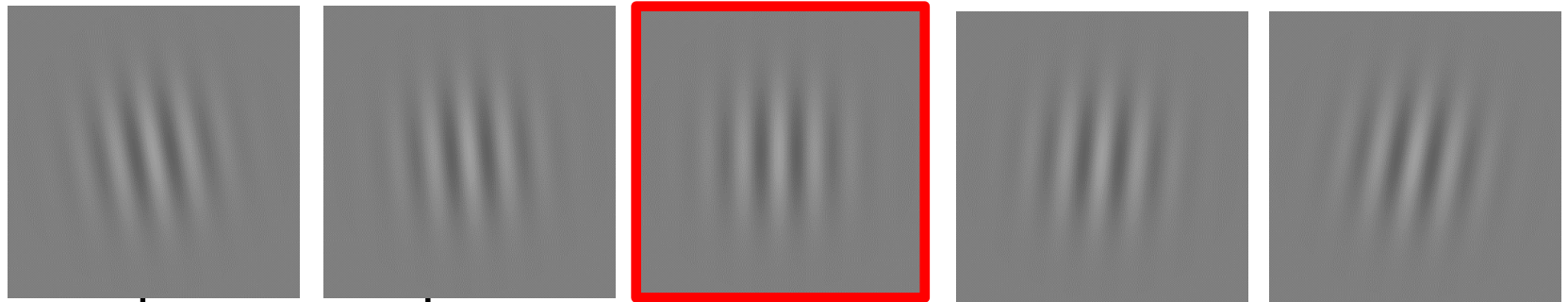
【課題】(2分×12セット)

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)



標的刺激  
出現頻度 20%

偏奇刺激  
出現頻度 20%

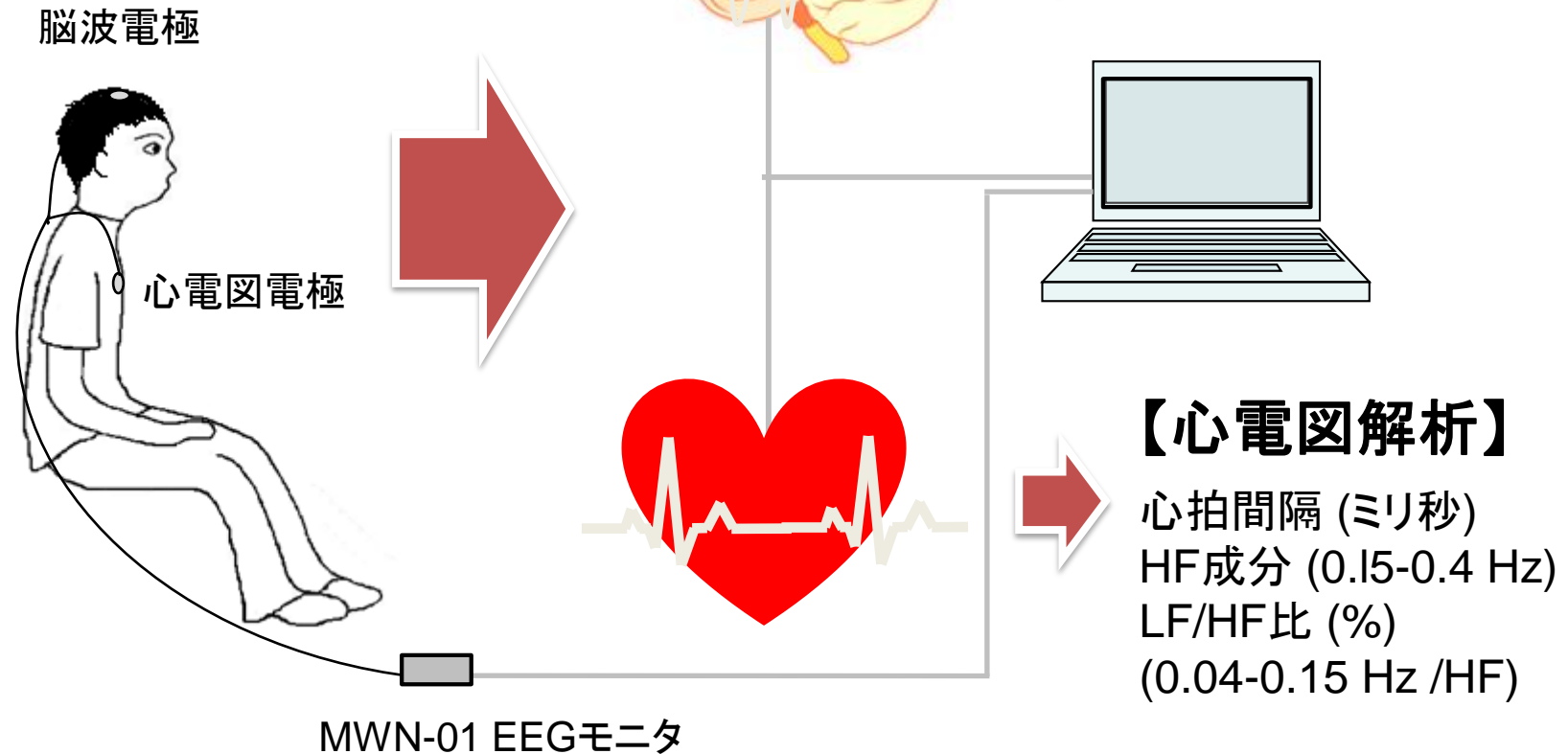
標準刺激, 出現頻度 60%

# 実験方法：脳波と心拍変動



## 【脳波解析】

アルファ波 (8-12 Hz)  
ベータ波 (12-30 Hz)  
シータ波 (4-8 Hz)



## 【心電図解析】

心拍間隔 (ミリ秒)  
HF成分 (0.15-0.4 Hz)  
LF/HF比 (%)  
(0.04-0.15 Hz /HF)

# 脳波変動

脳の神経は絶えず活動して情報を伝達している。それらの背景脳波は周波数帯ごとに以下のような名前が付けられており、異なる生理学的な意義を持つ。



脳波電極を取り付けている様子

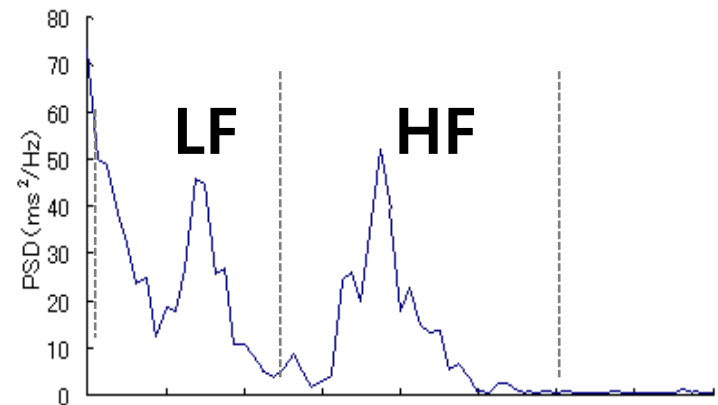
	アルファ波	ベータ波	シータ波	デルタ波
周波数 (Hz)	8-13	13-30	4-8	1-4
緊張度	リラックス	緊張	リラックス	—
集中度	集中	注意・認識	—	—
	リラックス状態	覚醒状態	まどろみ(睡眠と覚醒の間)	熟睡

# 心拍変動と自律神経活動

心臓は血液循環により身体機能を維持する役割を持つ

- 心拍一拍の間隔(心拍間隔) } 延長 → リラックス  
短縮 → 緊張
- 自律神経活動指標
  - 副交感神経活動(HF成分値) → リラックス
  - 交感神経活動(LF/HF(%)) → 緊張

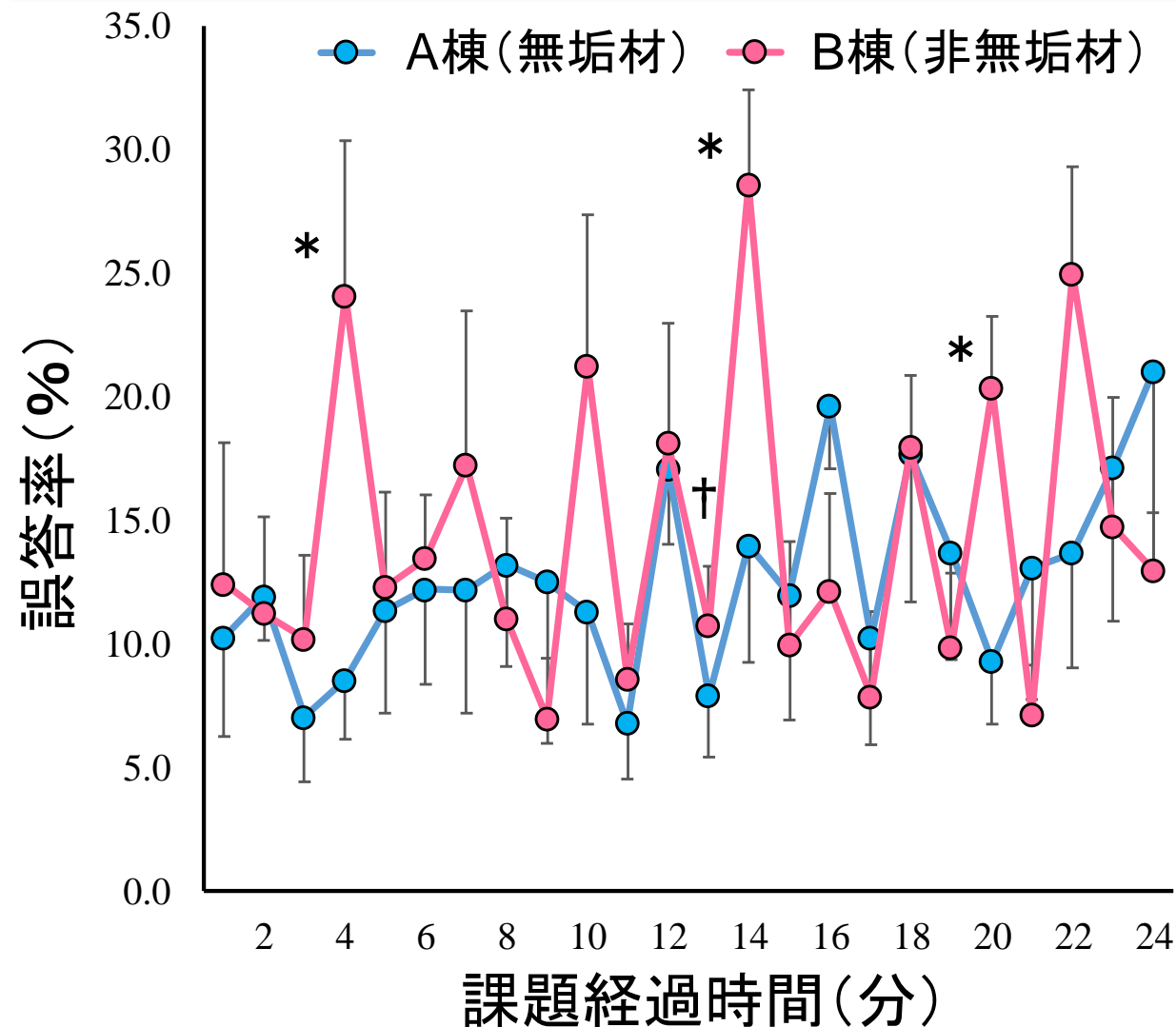
心拍変動は自律神経活動の  
バランスにより影響される



心拍変動の周波数解析

# 日中課題実験

## ～結果 Oddball課題の誤答率～



ボタンを押した回数  
-----  
偏奇・標準刺激  
の出現回数

B棟 > A棟

→ A棟では  
課題へ集中？

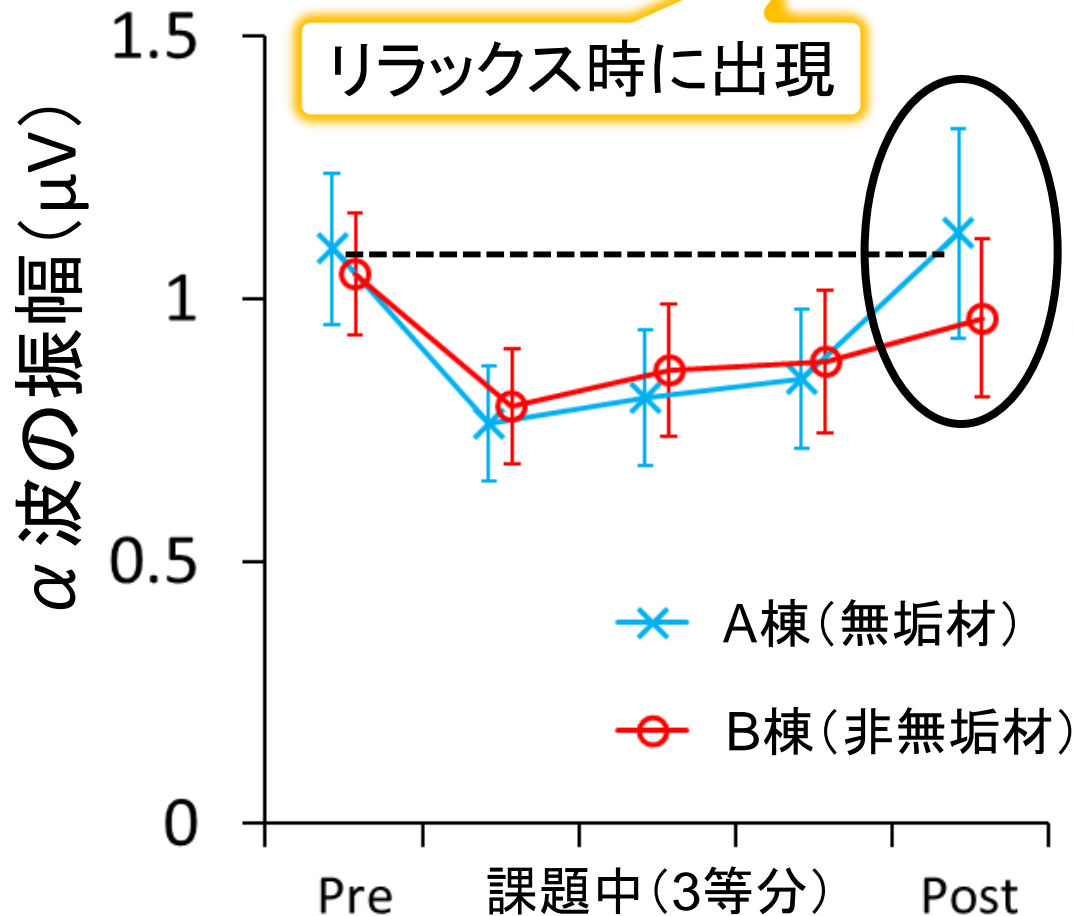
Paired *t*-test : \* $p < 0.05$



# 日中課題実験

## ～結果 $\alpha$ 波の大きさ～

### 後頭部における $\alpha$ 波の振幅の経時変化



# 日中課題実験

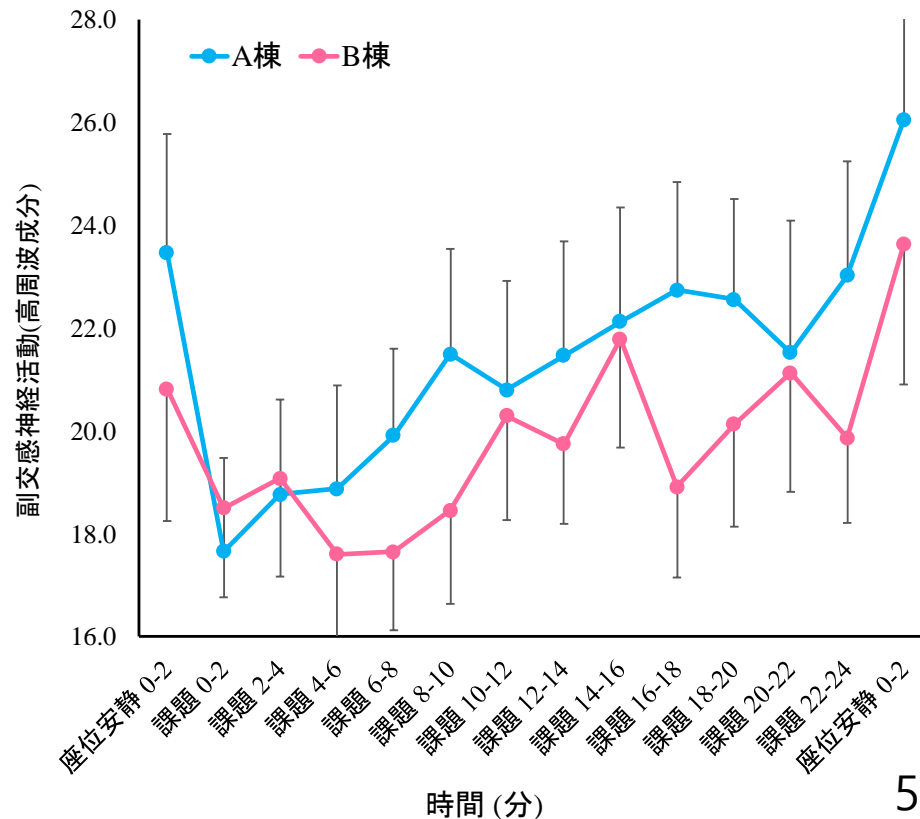
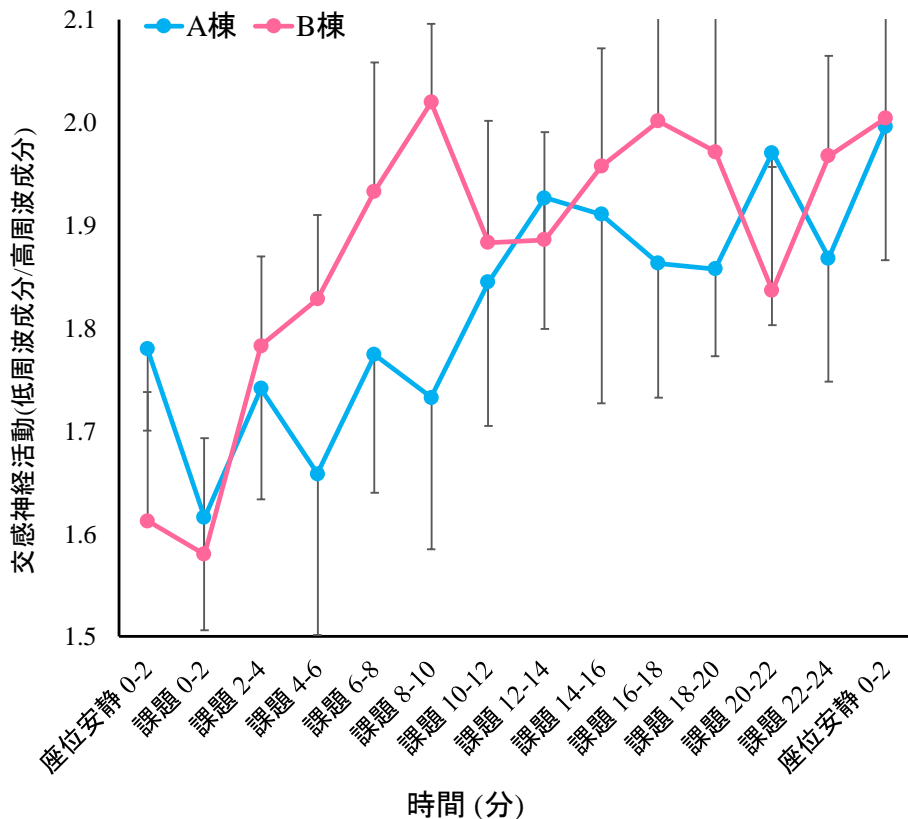
## ～自律神経活動の経時変化～

興奮・活動状態の指標

リラックス状態の指標

### 交感神経活動

### 副交感神経活動



# 日中課題実験 ～結論～

【誤答率】

A棟  
(無垢材)

<

B棟  
(非無垢材)

【課題後α波】

A棟  
(無垢材)

>

B棟  
(非無垢材)

【交感神経】

A棟  
(無垢材)

<

B棟  
(非無垢材)

【副交感神経】

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、作業効率がよく  
リラックス効果を持つ可能性を示唆

# 木材の場合

## 作用機序

## 健常者での ヒト試験

### 関与成分

- 揮発成分 ↔ 乾燥方法
- 品種・産地
- 季節変動
- 色
- 物理的強度
- その他

- 調湿作用
- 嗅覚を介した作用
- 視覚を介した作用
- 触覚を介した作用
- その他

- 心理応答
- 生理応答
- 作業効率
- 睡眠
- その他

無垢材と非無垢材（プラセボ）で比較

## 三ヶ日みかん(みっかびみかん)A79



本品には、 **$\beta$ -クリプトキサンチン**が含まれています。 **$\beta$ -クリプトキサンチン**は**骨代謝のはたらきを助ける**ことにより、**骨の健康に役立つ**ことが報告されています。



**ロット間(収穫時期の違い)の変動を明確にする必要がある。**

# 乾燥木材

乾燥材の品質向上や効率的な乾燥方法の開発を目的として、**木材の乾燥条件に関する様々な検討**がおこなわれている。

こうした状況を背景として、乾燥条件の違いに着目して**木材の性質**を評価する試みが各分野で進められている。

様々な乾燥方法



異なる性質

物理的強度  
香り  
材色  
抗蟻性・抗菌性

# 目的

一方、木材の抽出成分も乾燥処理によって何らかの影響を受けると考えられるが、その評価方法は確立されていない。



目的: 乾燥処理がスギ材の抽出成分に与える影響を明らかにし、その評価方法を確立すること。

異なる4条件の乾燥処理に供したスギ材の抽出成分をガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)により解析した。



# 方法 - 実験の概要

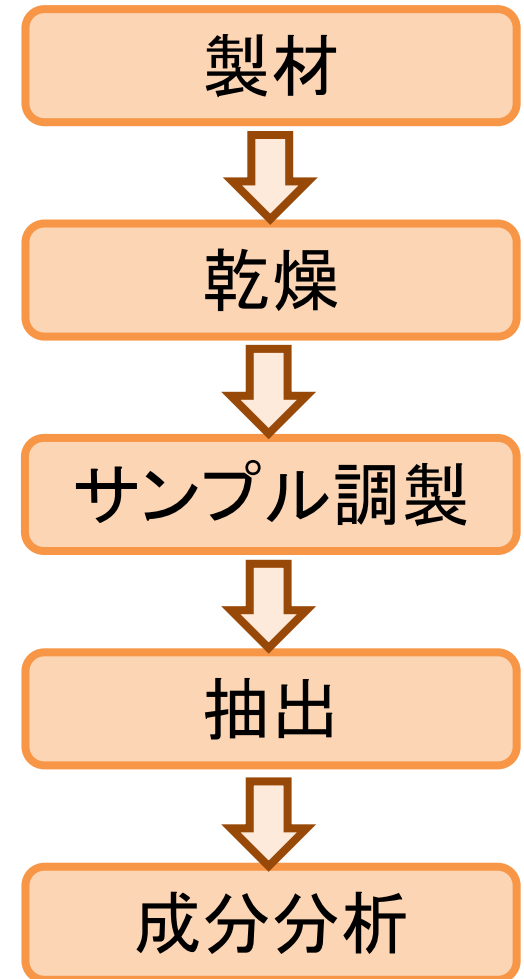
試験体:

スギ(*Cryptomeria japonica*)材

産地: 徳島県那賀郡、樹齢: 約90年

同じ環境かつ樹齢差  
の少ない林分

心材色: 赤色





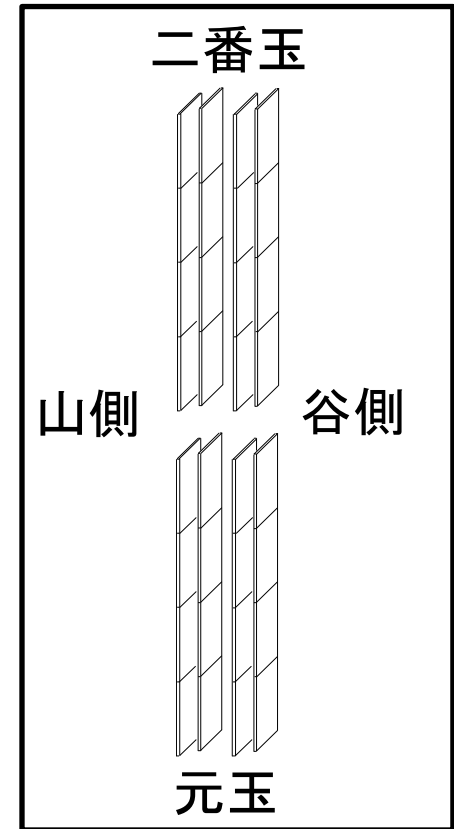
# 方法 - 製材



1試験体



- ①4 mの板材に製材(8枚)
- ②2カ月間の棧積み乾燥
- ③1 mの板材にカット(32枚)



32枚の板材

4試験体から合計128枚の板材を切り出した。

# 方法 - 乾燥

シーリングシールにより木口面からの乾燥を抑制した上で、32枚ずつ4条件の乾燥処理に供した。

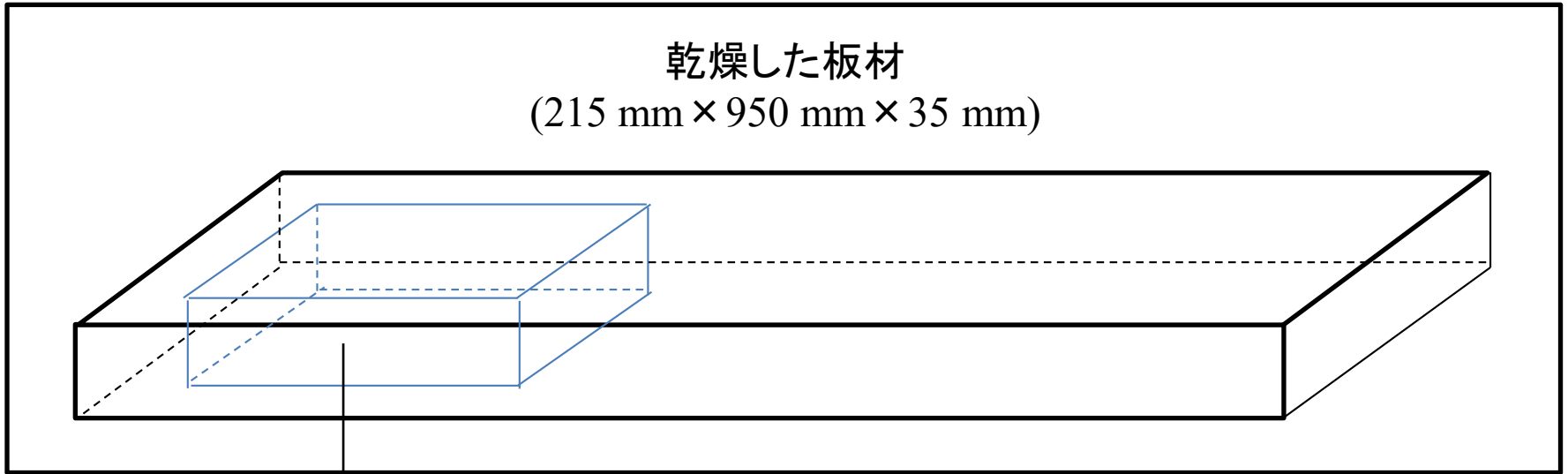
	乾球温度(°C)	湿球温度(°C)	乾燥期間(日)	乾燥終了時の 板材含水率	備考
蒸気加熱式	65~70	42~55	9	約7.1%	
減圧	70	45	7	約8.5%	乾燥室圧力 - 90kPa
電気加熱式	20~40	-	34	約7.9%	
天然	-	-	85	約16.8%	



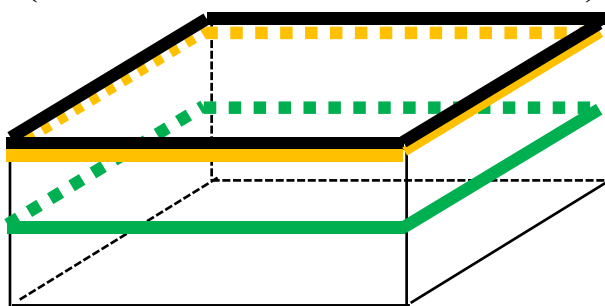
- (上左)蒸気加熱式乾燥
- (上右)減圧乾燥
- (下左)電気加熱式乾燥
- (下右)天然乾燥




# 方法 - サンプル調製(1)

乾燥した板材  
(215 mm × 950 mm × 35 mm)



抽出用板材  
(175 mm × 350 mm × 35 mm)



-  (1)粗材面(木表0-1 mm)
-  (2)仕上面(木表1-2 mm)
-  (3)材中層面(木表17-18 mm)



サンプルサイズ:  
約5 × 5 mm

# 方法 - サンプル調製(2)

各切削面および各乾燥方法におけるサンプル数

乾燥方法	切削面		
	粗材面	仕上面	材中層面
蒸気加熱式	32	32	32
減圧	32	32	32
電気加熱式	32	32	32
天然	32	32	32
合計	128	128	128

切削面毎に異なる4条件の乾燥方法を比較した。

# 方法 - 抽出

- ① サンプル 2 g + 酢酸エチル 50 ml  
+ 内部標準物質 (Terpinen-4-ol)



- ② 30°Cの恒温器内で48時間抽出  
開始から0・24・48hに手動で振とう



- ③ 濾過後、酢酸エチル50 mlでサンプル  
残渣を洗浄(全量を100 mlに定容)



- ④ 内部標準物質 ( $\beta$ -Pinene) を  
加え、GC/MSに導入



# 方法 - 成分分析

## <GC分析条件>

装置	Agilent 7890 GC / 5975C MS
カラム	HP5-MS(30 m×0.25 mm×膜厚0.25 μm) Agilent J&W
キャリアガス	He (1 ml/min)
昇温条件	40°C(5 min)－20°C/min－140°C－5°C/min－210°C－3°C/min－240°C－20°C/min－300°C(3 min)
導入方法	スプリットレス

## <化合物の同定>

データベース(NIST08MassSpectral Library)、  
ソフトウェア(Aroma office Ver. 5.0, 株式会社西川計測)

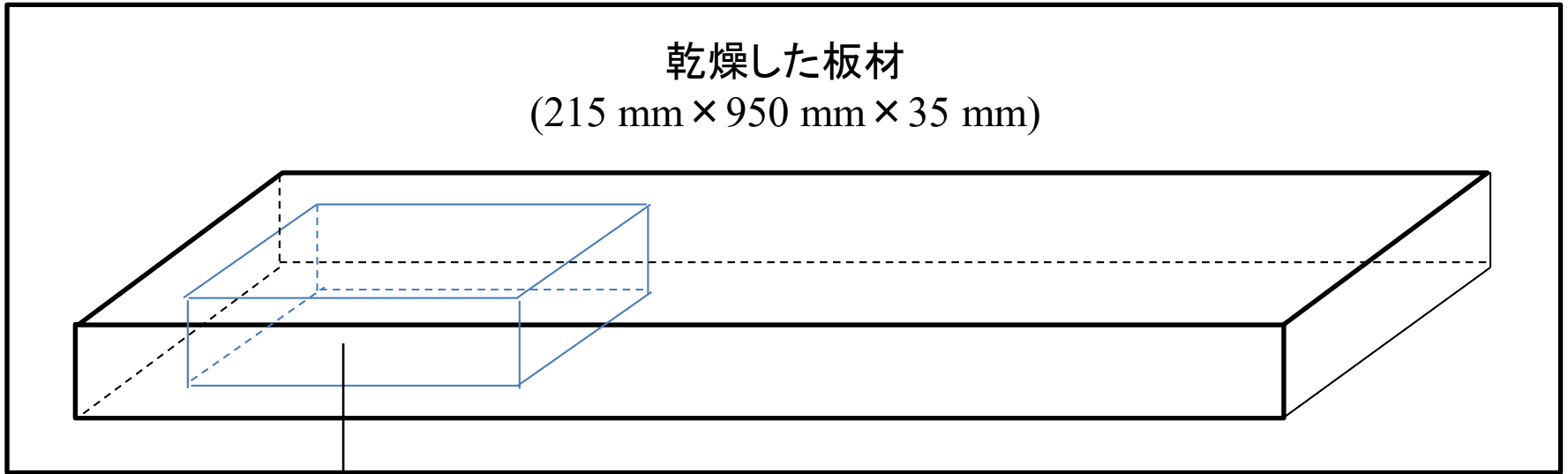
## <有意差の検定>

一元配置分散分析  
多重比較(Scheffe's F test)

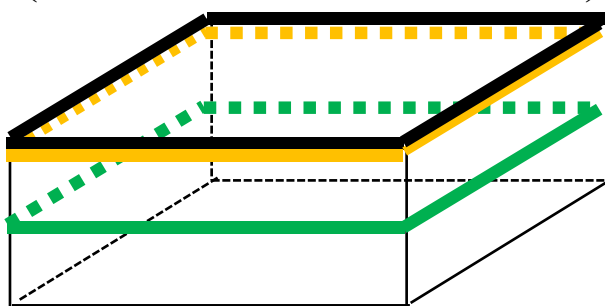





# サンプル調製

乾燥した板材  
(215 mm × 950 mm × 35 mm)



抽出用板材  
(175 mm × 350 mm × 35 mm)

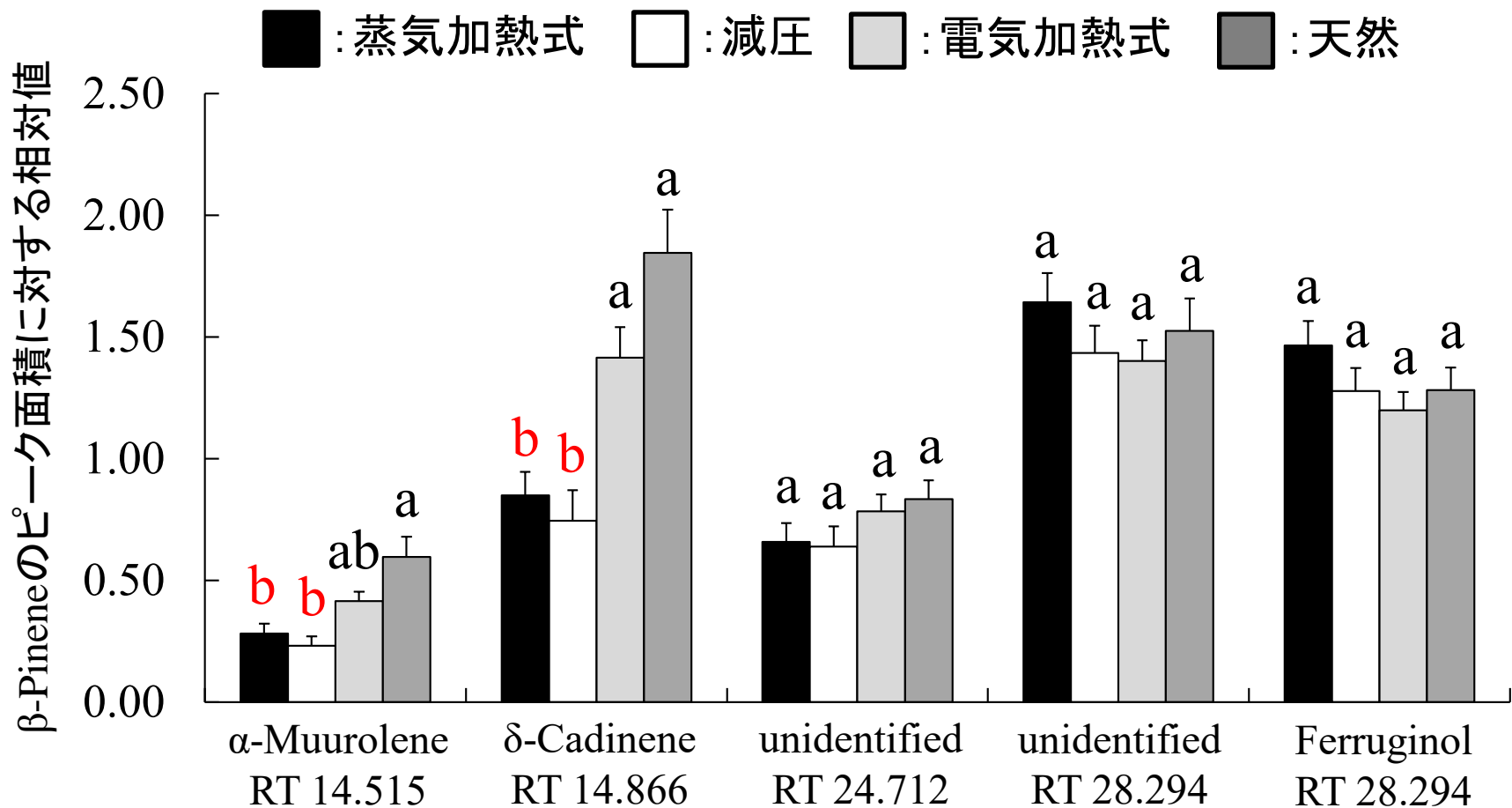


-  (1) 粗材面(木表0-1 mm)
-  (2) 仕上面(木表1-2 mm)
-  (3) 材中層面(木表17-18 mm)



サンプルサイズ:  
約5 × 5 mm

# 結果 - 粗材面

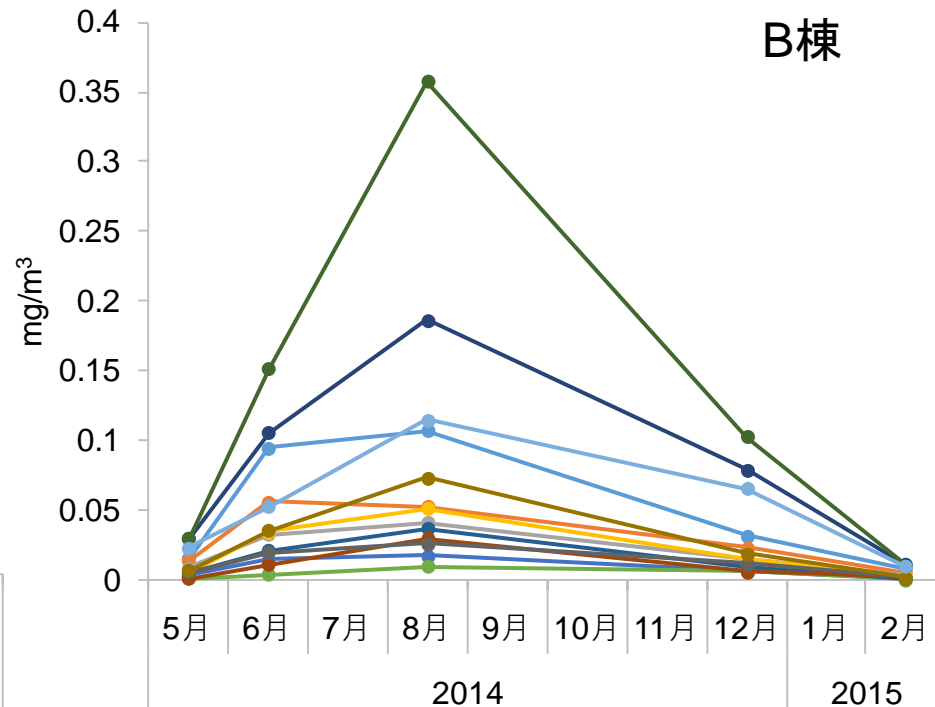
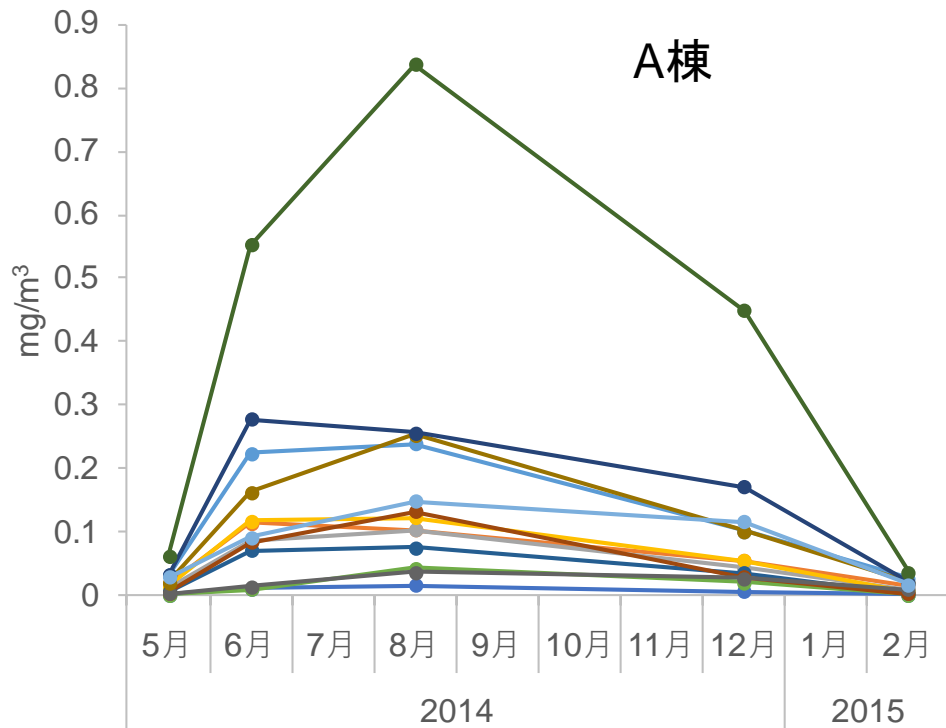


n=32, 平均±標準誤差, Scheffe's F test



# スギの家：各香り成分について～

n = 3, 平均値 ± 標準偏差

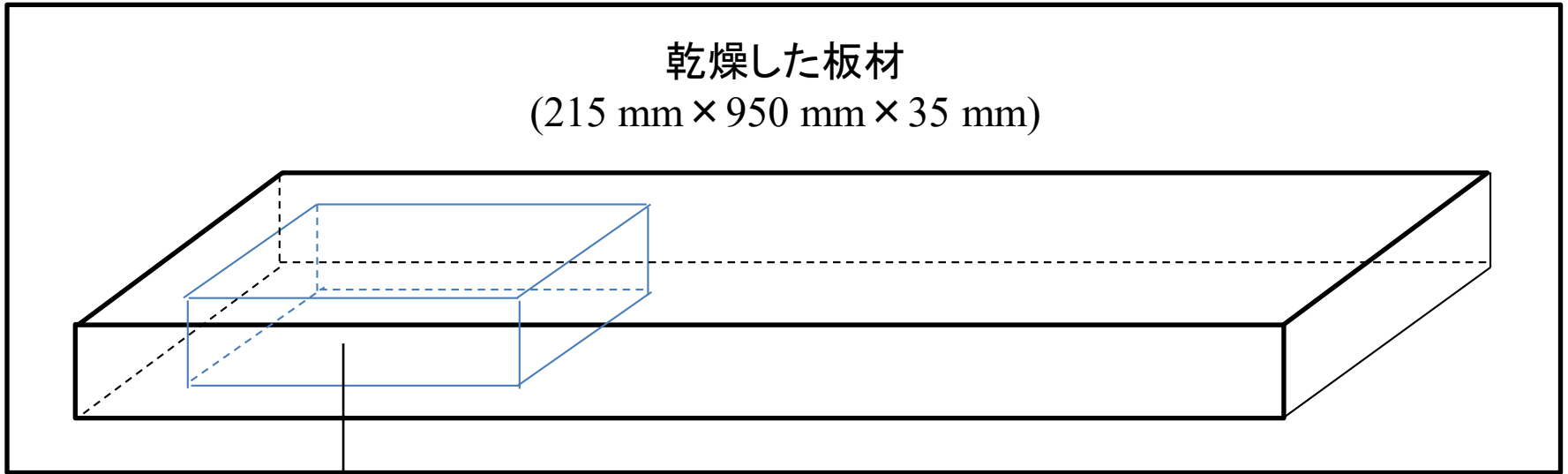


- α-Cubebene
- α-Copaene
- β-Elemene
- Caryophyllene
- cis-Thujopsene
- cis-Muurolo-3,5-diene
- α-Humulene
- γ-Cadinene
- γ-Muurolene
- trans-Muurolo-4(14),5-diene
- α-Muurolene
- δ-Cadinene
- Calamenene

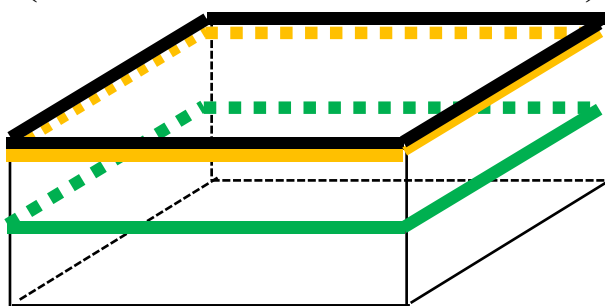
**成分により、  
変動の仕方が  
異なる**

# サンプル調製

乾燥した板材  
(215 mm × 950 mm × 35 mm)



抽出用板材  
(175 mm × 350 mm × 35 mm)

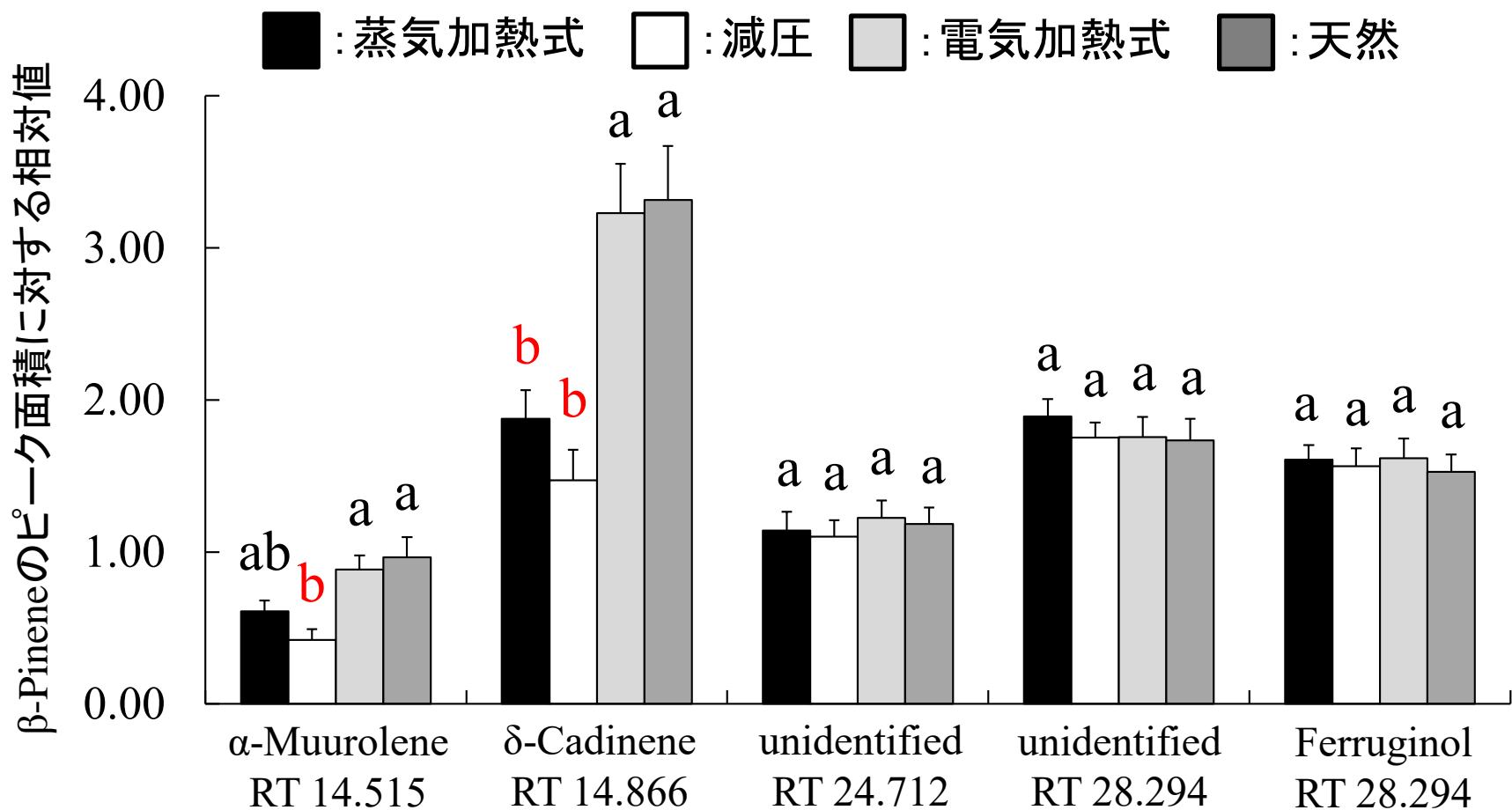


- (1) 粗材面(木表0-1 mm)
- (2) 仕上面(木表1-2 mm)
- (3) 材中層面(木表17-18 mm)



サンプルサイズ:  
約5 × 5 mm

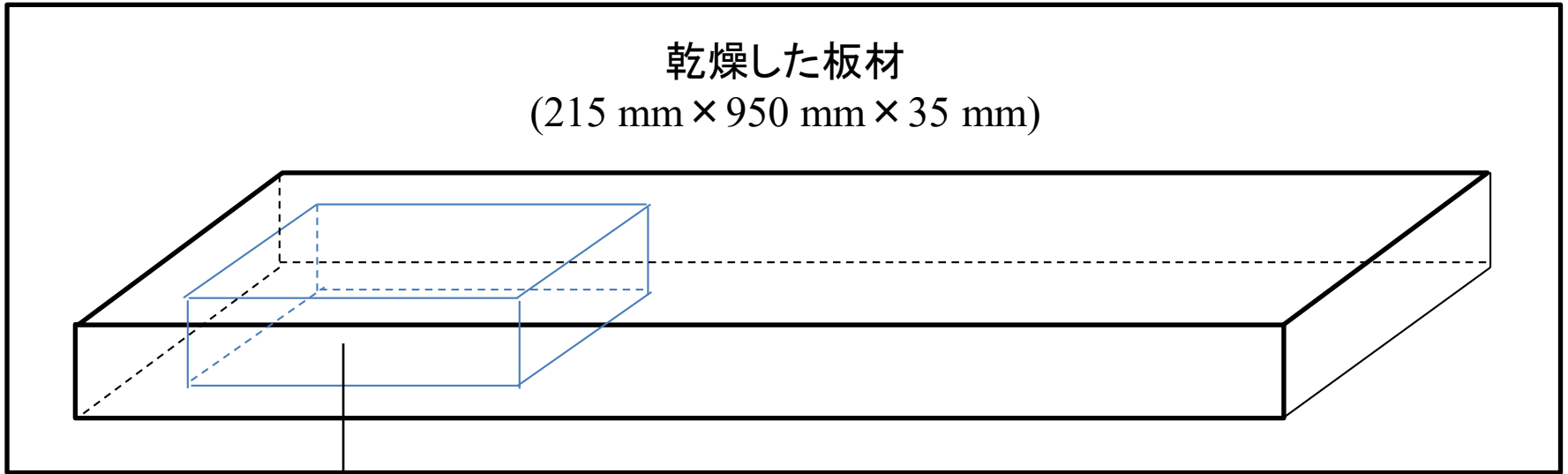
# 結果 - 仕上面



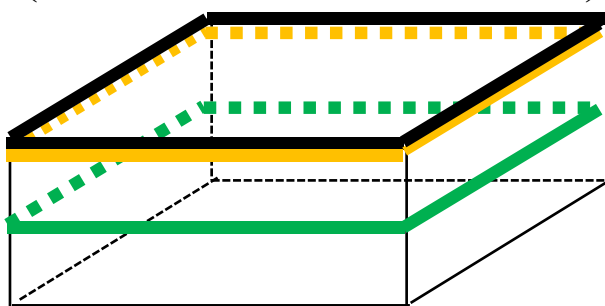
n=32, 平均±標準誤差, Scheffe's F test

# サンプル調製

乾燥した板材  
(215 mm × 950 mm × 35 mm)



抽出用板材  
(175 mm × 350 mm × 35 mm)



(1) 粗材面(木表0-1 mm)



(2) 仕上面(木表1-2 mm)

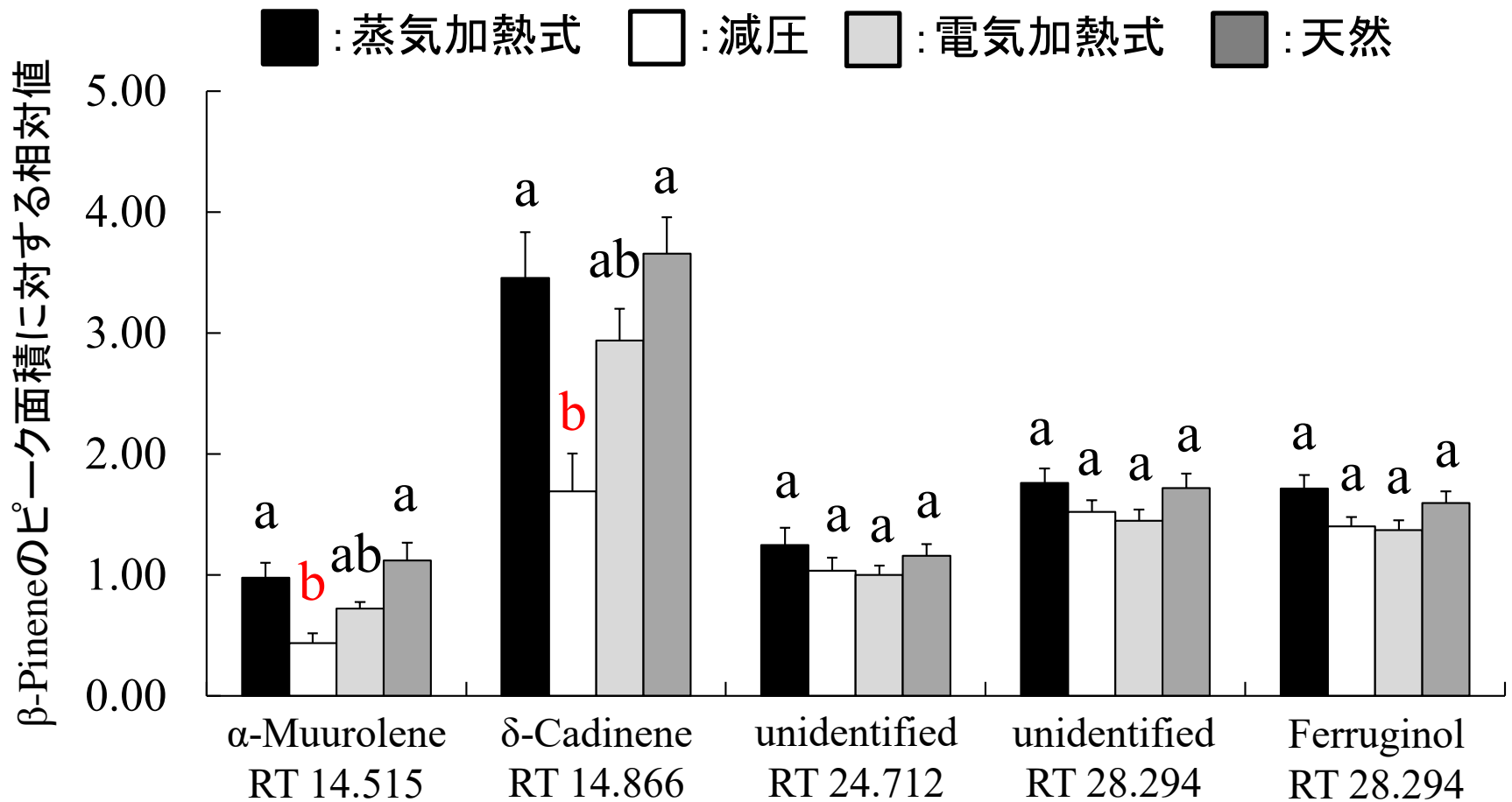


(3) 材中層面(木表17-18 mm)



サンプルサイズ:  
約5 × 5 mm

# 結果 - 材中層面

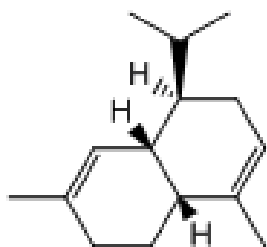


n=32, 平均±標準誤差, Scheffe's F test

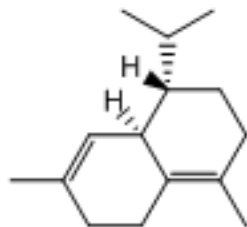
# 結果 - 一覽

	粗材面				仕上面				材中層面			
	蒸加	減圧	電加	天然	蒸加	減圧	電加	天然	蒸加	減圧	電加	天然
$\alpha$ -Muurolene RT 14.515	0.28±0.04 <b>b</b>	0.23±0.04 <b>b</b>	0.41±0.04 <b>ab</b>	0.60±0.08 <b>a</b>	0.61±0.07 <b>ab</b>	0.42±0.07 <b>b</b>	0.88±0.09 <b>a</b>	0.96±0.13 <b>a</b>	0.98±0.12 <b>a</b>	0.44±0.08 <b>b</b>	0.72±0.06 <b>ab</b>	1.12±0.15 <b>a</b>
$\delta$ -Cadinene RT 14.866	0.85±0.10 <b>b</b>	0.74±0.13 <b>b</b>	1.41±0.13 <b>a</b>	1.85±0.18 <b>a</b>	1.88±0.19 <b>b</b>	1.47±0.20 <b>b</b>	3.23±0.32 <b>a</b>	3.32±0.35 <b>a</b>	3.46±0.38 <b>a</b>	1.69±0.31 <b>b</b>	2.94±0.26 <b>ab</b>	3.66±0.30 <b>a</b>
unidentified RT 24.712	0.66±0.08 <b>a</b>	0.64±0.08 <b>a</b>	0.78±0.07 <b>a</b>	0.83±0.08 <b>a</b>	1.14±0.12 <b>a</b>	1.10±0.11 <b>a</b>	1.23±0.11 <b>a</b>	1.18±0.11 <b>a</b>	1.25±0.14 <b>a</b>	1.03±0.11 <b>a</b>	1.00±0.08 <b>a</b>	1.16±0.09 <b>a</b>
unidentified RT 28.294	1.64±0.12 <b>a</b>	1.43±0.11 <b>a</b>	1.40±0.09 <b>a</b>	1.53±0.13 <b>a</b>	1.89±0.11 <b>a</b>	1.75±0.10 <b>a</b>	1.76±0.13 <b>a</b>	1.73±0.14 <b>a</b>	1.76±0.12 <b>a</b>	1.52±0.09 <b>a</b>	1.45±0.09 <b>a</b>	1.72±0.12 <b>a</b>
Ferruginol RT 28.294	1.47±0.10 <b>a</b>	1.28±0.09 <b>a</b>	1.20±0.07 <b>a</b>	1.28±0.09 <b>a</b>	1.61±0.10 <b>a</b>	1.57±0.12 <b>a</b>	1.61±0.13 <b>a</b>	1.53±0.12 <b>a</b>	1.71±0.11 <b>a</b>	1.40±0.07 <b>a</b>	1.37±0.08 <b>a</b>	1.60±0.10 <b>a</b>

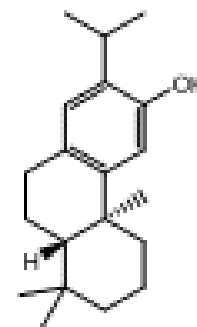
平均±標準誤差, Scheffe's F test



$\alpha$ -Muurolene



$\delta$ -Cadinene



Ferruginol

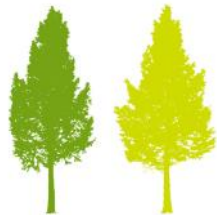
# 結論

異なる4条件の乾燥処理に供したスギ材の抽出成分をGC/MSにより解析し、以下の結果を得た。

- (1)乾燥条件による量的違いが顕著だった成分は、 **$\alpha$ -Muurolene、 $\delta$ -Cadinene**等のセスキテルペン類だった。
- (2)切削面毎に抽出成分の量的挙動は異なった。



異なる乾燥方法によって得られた乾燥材の特徴(匂い成分の定性・定量化)を明確にすることができた→規格化が可能に！！



# 小まとめ



スギの無垢材を使用した空間は...

香りの量

部屋の印象

→ これらの点で  
優れている

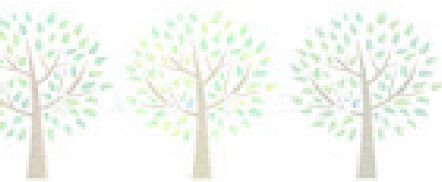
作業効率

睡眠の質

乾燥方法によって、

香り成分や効果に差異

→ 規格化・ブランド化が可能



成分に着目した木材規格化・作用機序明確化・プ  
ラセボ比較ヒト試験による機能性表示の可能性





# 木材の場合

## 作用機序

## 健常者での ヒト試験

### 関与成分

- 揮発成分 ↔ 乾燥方法
- 品種・産地
- 季節変動
- 色
- 物理強度
- その他

- 調湿作用
- 嗅覚を介した作用
- 視覚を介した作用
- 触覚を介した作用
- その他

- 心理応答
- 生理応答
- 作業効率
- 睡眠
- その他

香りのみの機能性評価

# 研究素材

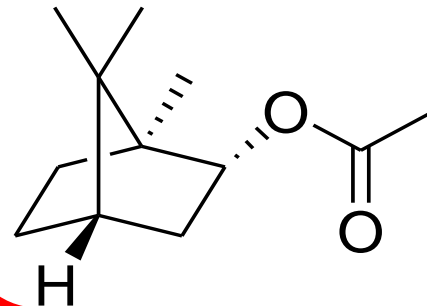
モミ (*Abies sibirica*) 葉精油



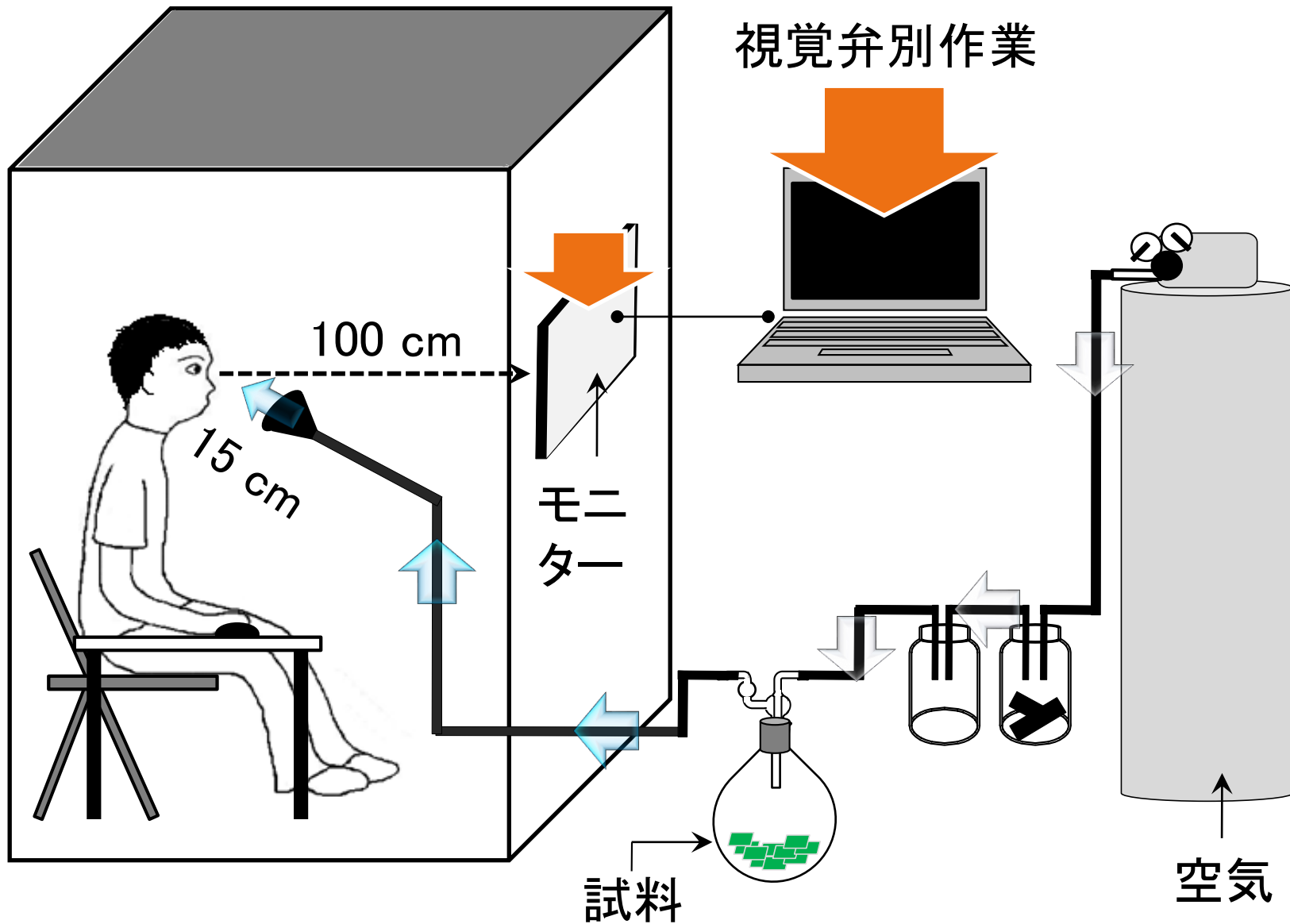
月桂樹 (*Laurus nobilis*) 葉



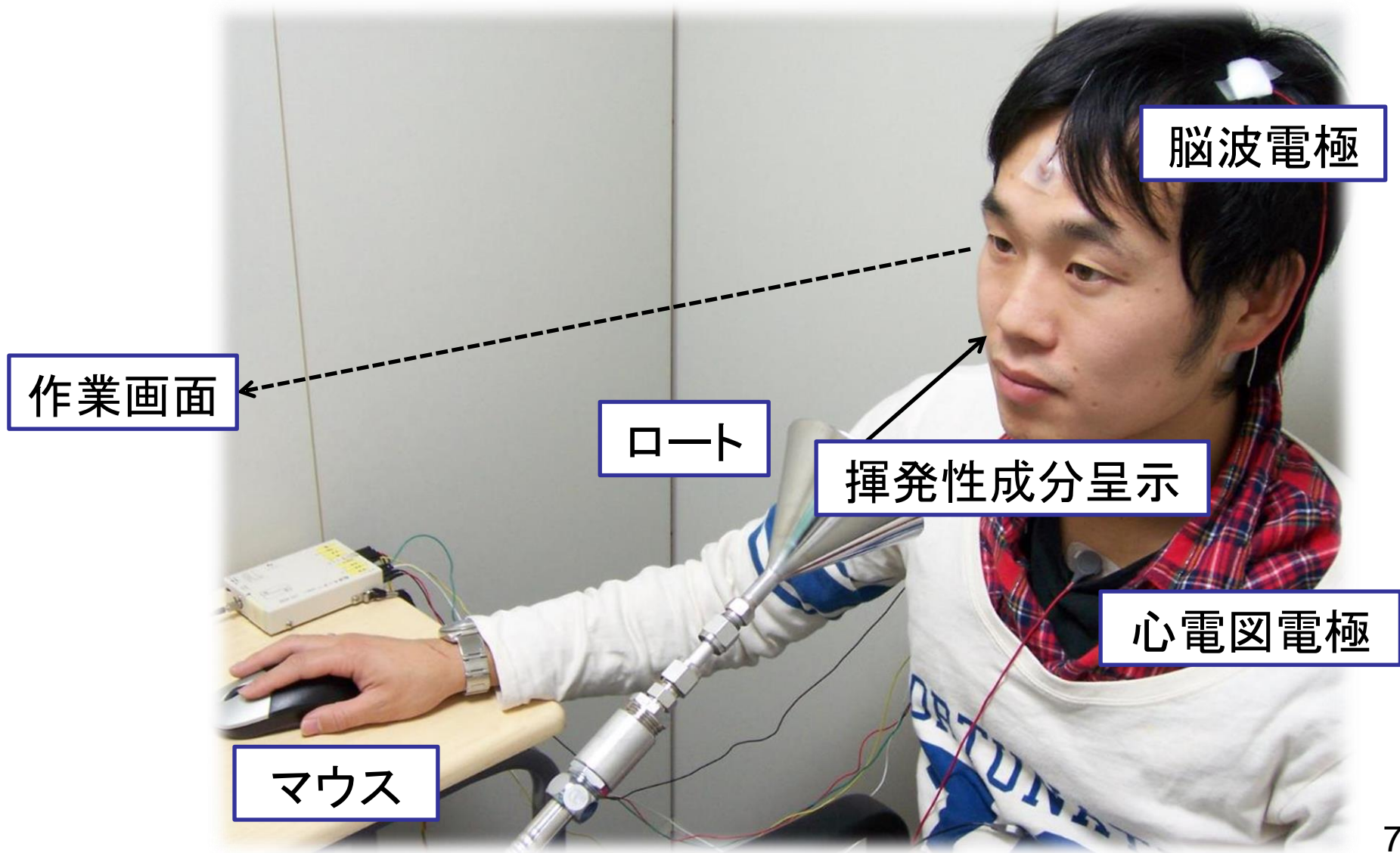
(-)-酢酸ボルニル



# 実験方法：匂い呈示装置



# 実験方法：匂い呈示装置



作業画面

ロート

揮発性成分呈示

脳波電極

心電図電極

マウス

# 実験方法：実験の流れ



5分	5分	30分	5分	3分
調査	安静	作業	安静	調査
アンケート	座位・閉眼	座位・開眼・視覚作業	座位・閉眼	アンケート
<p style="color: blue;">香り成分の呈示 (1.0 L/分, 45分)</p>				
<p style="color: red;">生理応答の計測</p>				

試料量を2段階に調整

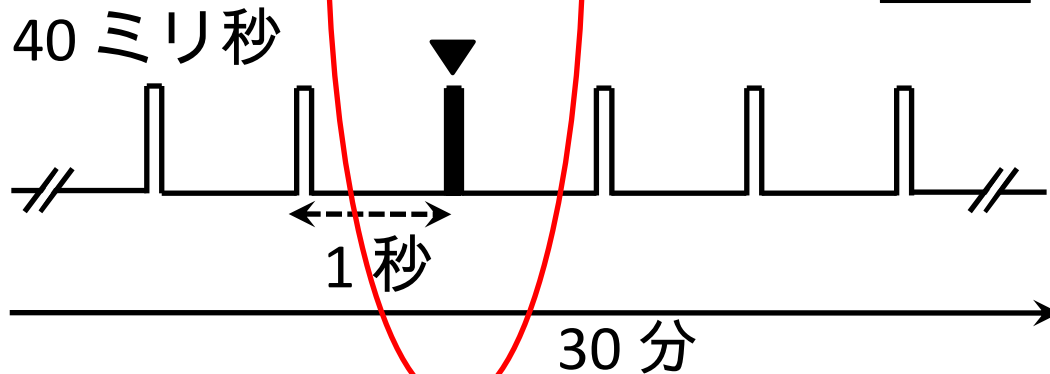
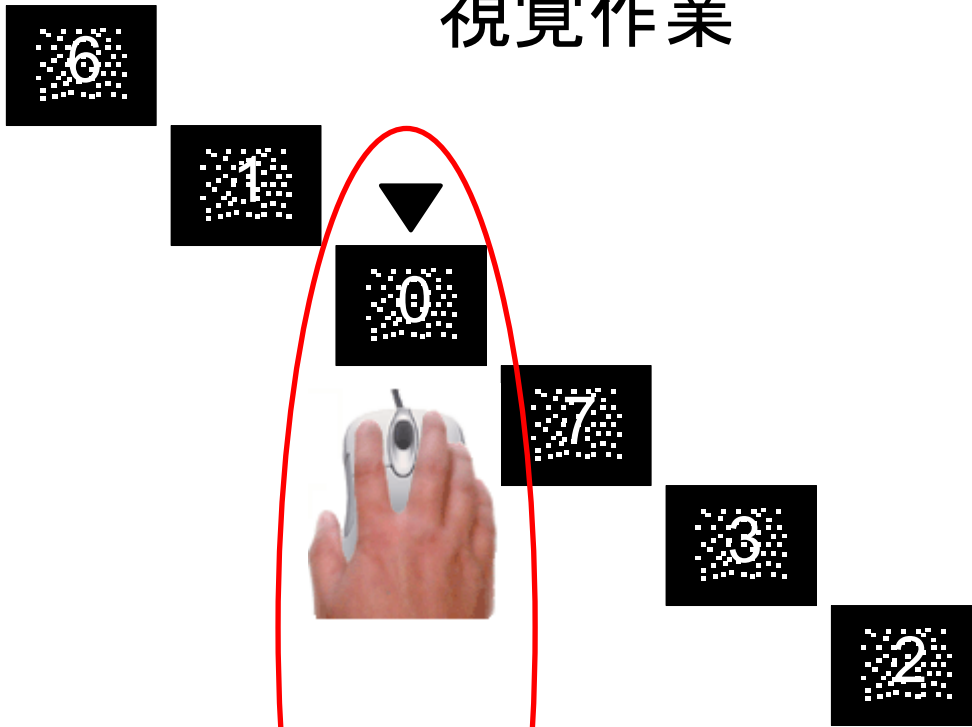


低濃度と高濃度条件  
 対照条件(空気を呈示)  
 生理・心理応答変化を比較

# 実験方法：作業効率



## 視覚作業



**【作業効率】**

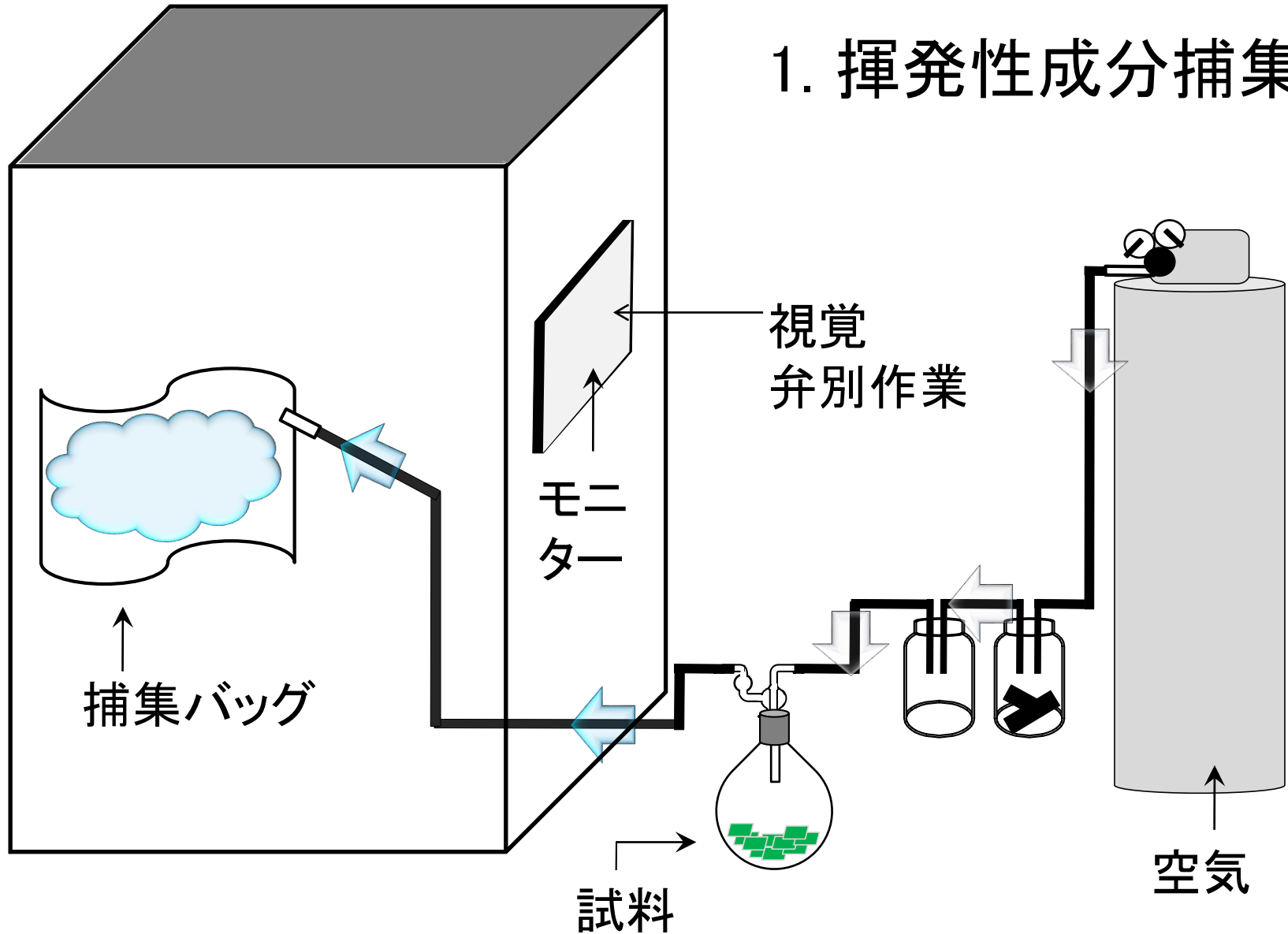
正答率(%)

反応時間(ミリ秒)

# 実験方法：揮発性成分分析



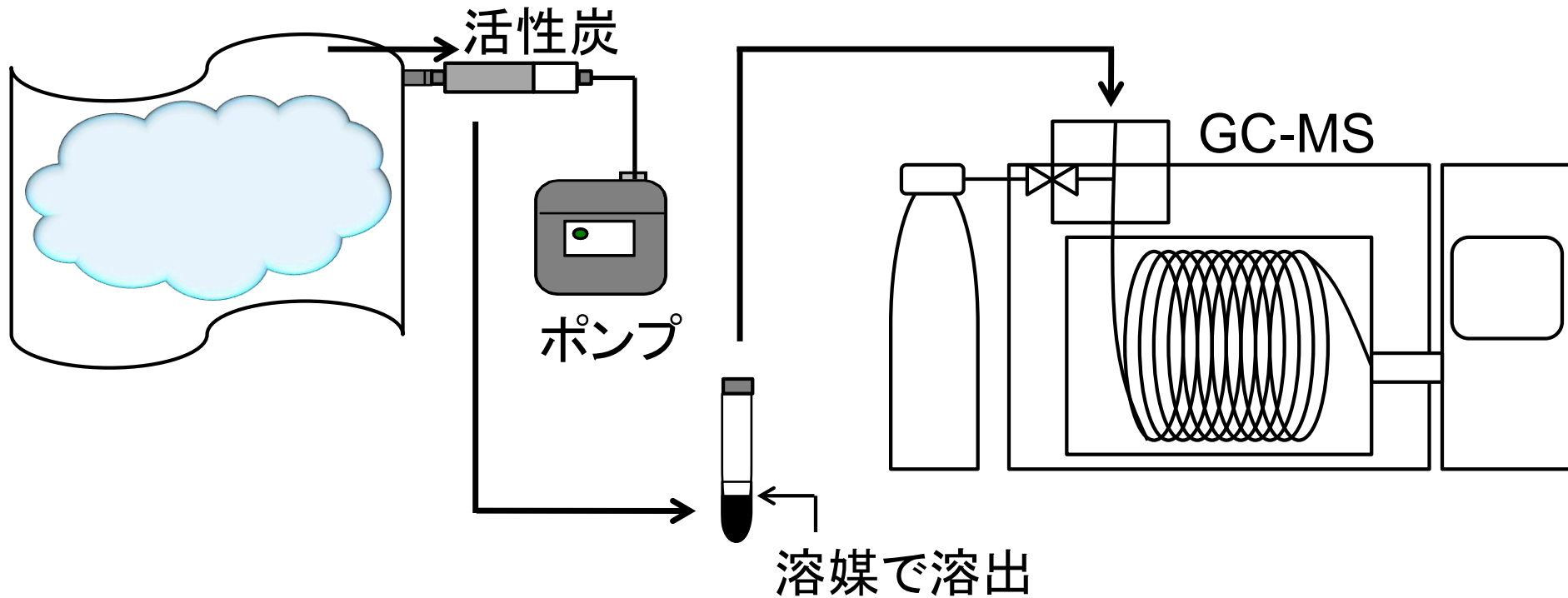
## 1. 揮発性成分捕集



# 実験方法：揮発性成分分析

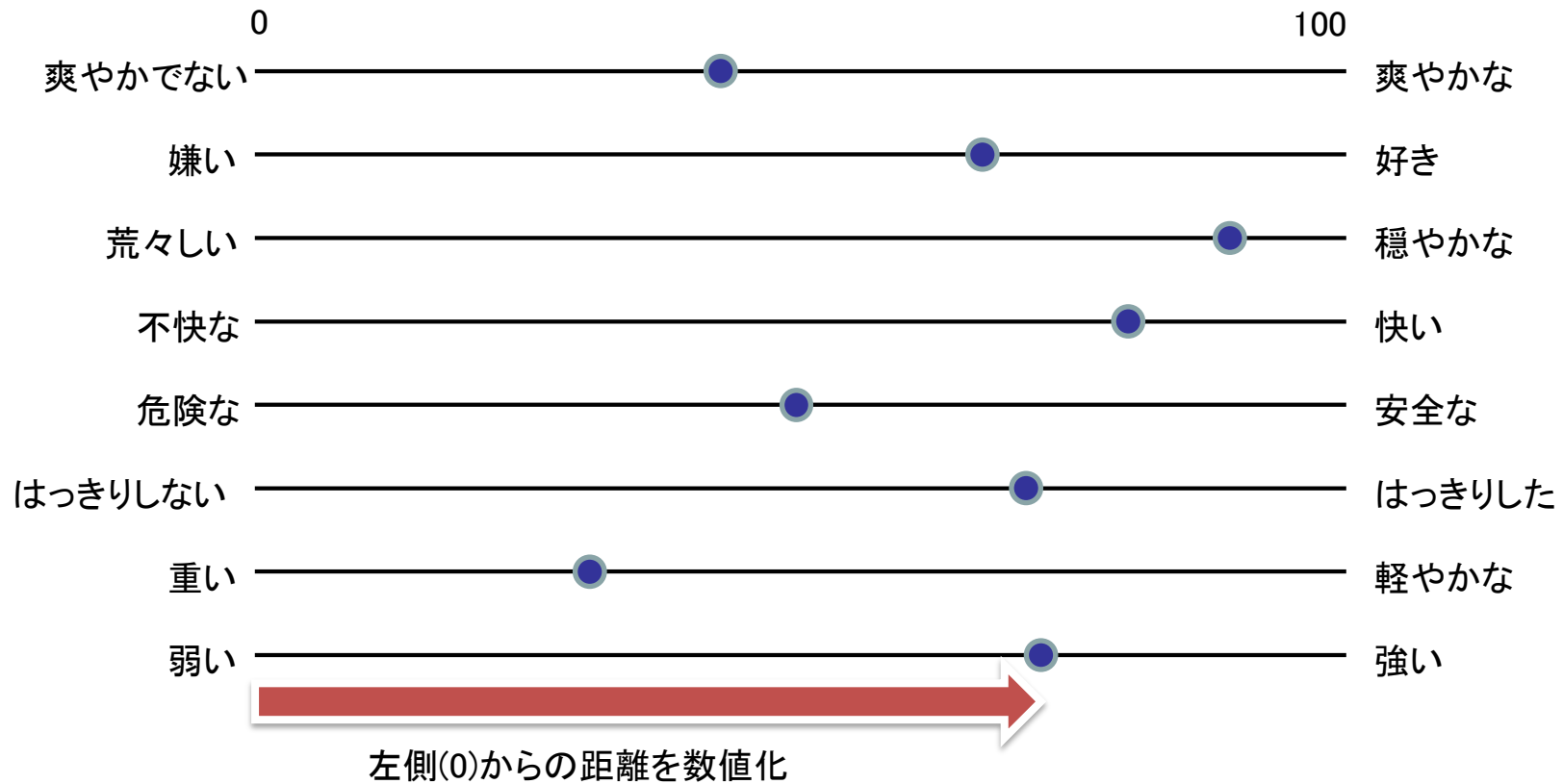


## 2. GC-MS分析

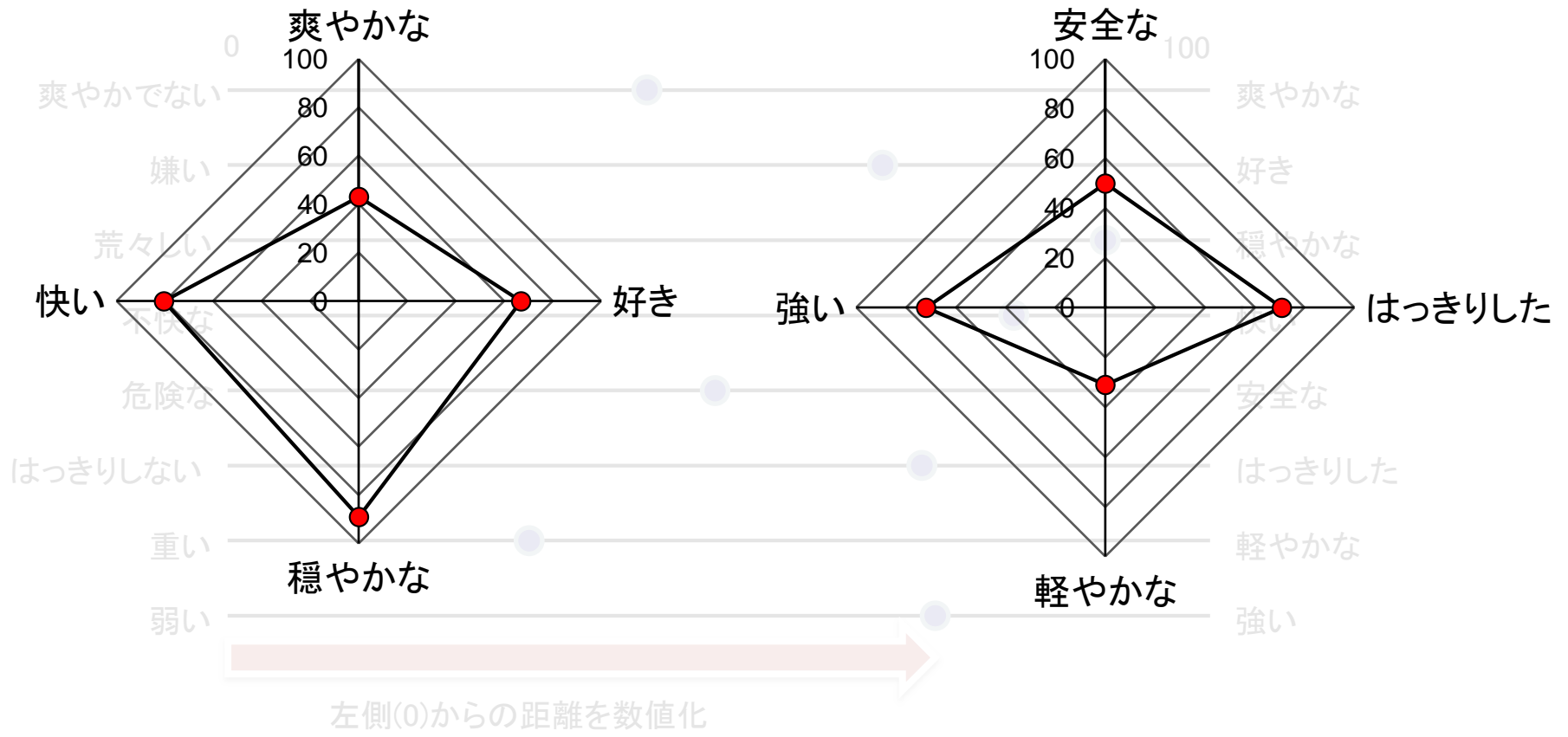




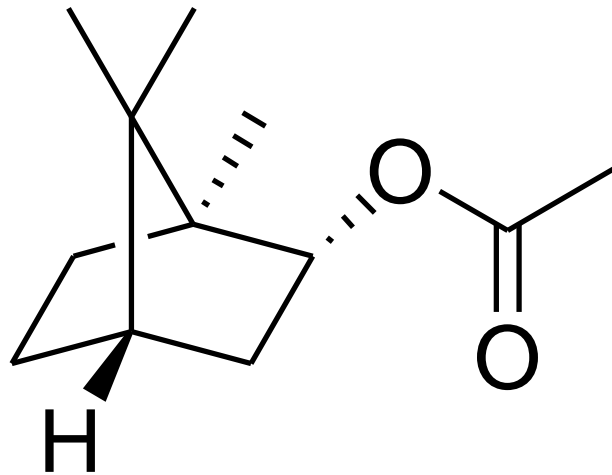
# 実験方法：主観評価



# 実験方法：主観評価



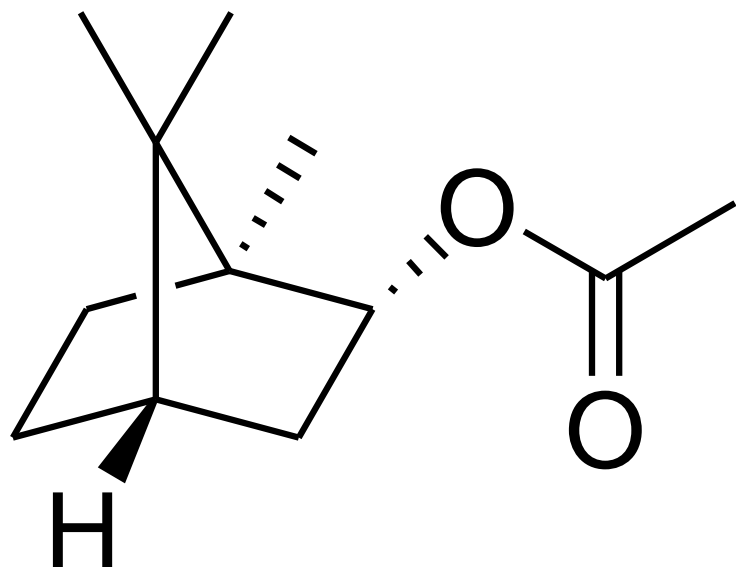
# (-)-酢酸ボルニル



- ・香料としては“森の香り”を演出するときに使われることが多い
- ・抗炎症作用や活動性低下作用などが知られている

# (-)-酢酸ボルニル: 揮発性成分

被験者に呈示した香り成分

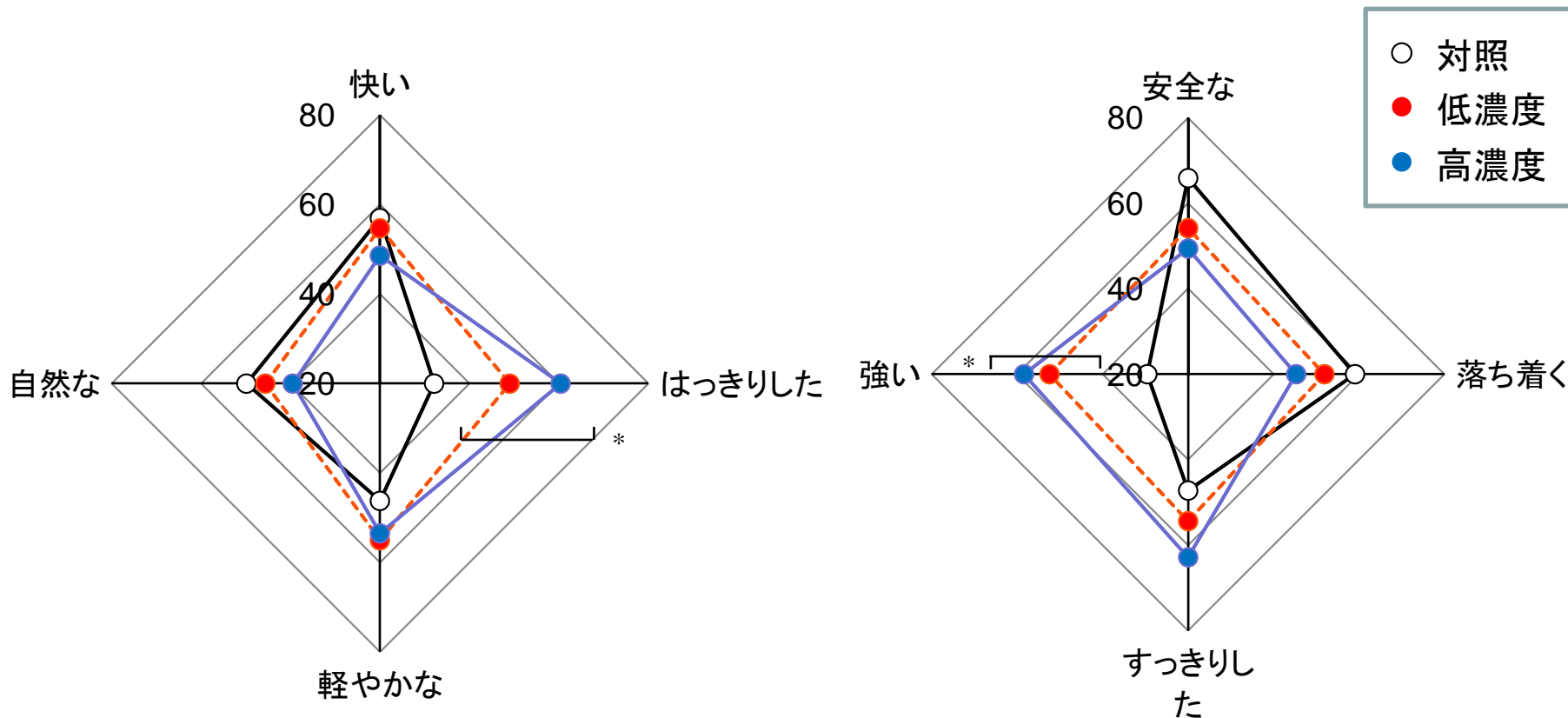


**低濃度**  
279.4 (μg)

**高濃度**  
716.3 (μg)

# (-)-酢酸ボルニル：主観評価

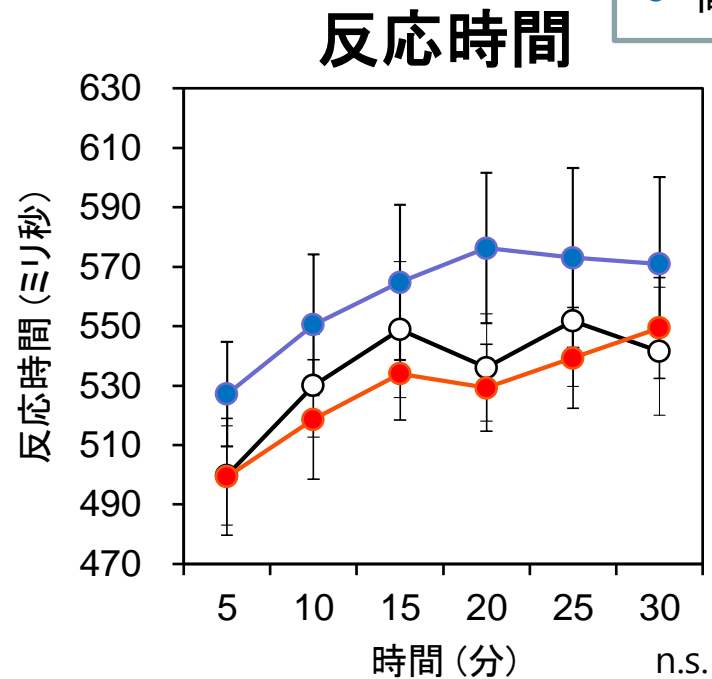
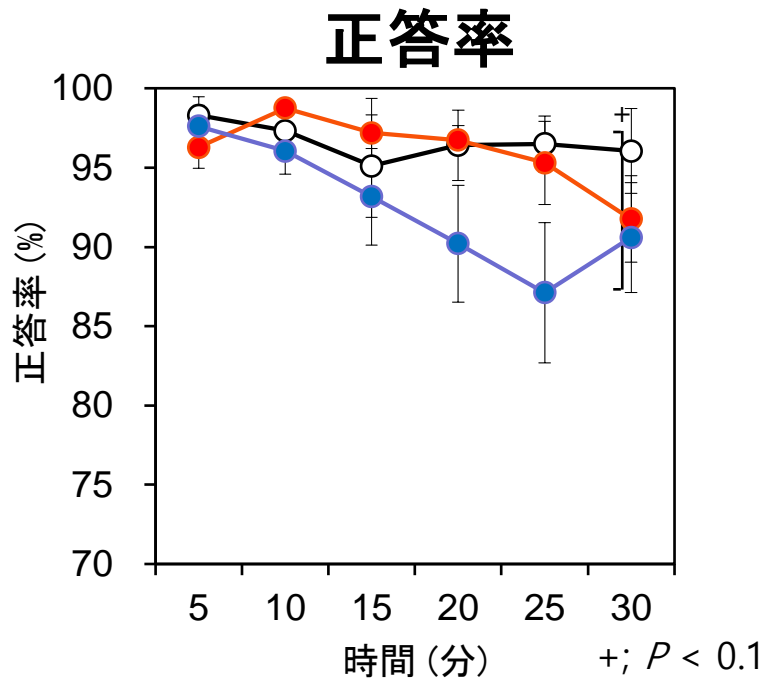
## 香り成分に対する主観評価



- 低濃度では空気(対照)と変わらない
- 高濃度では“はっきりした・強い”が増える

# (-)-酢酸ボルニル：作業効率

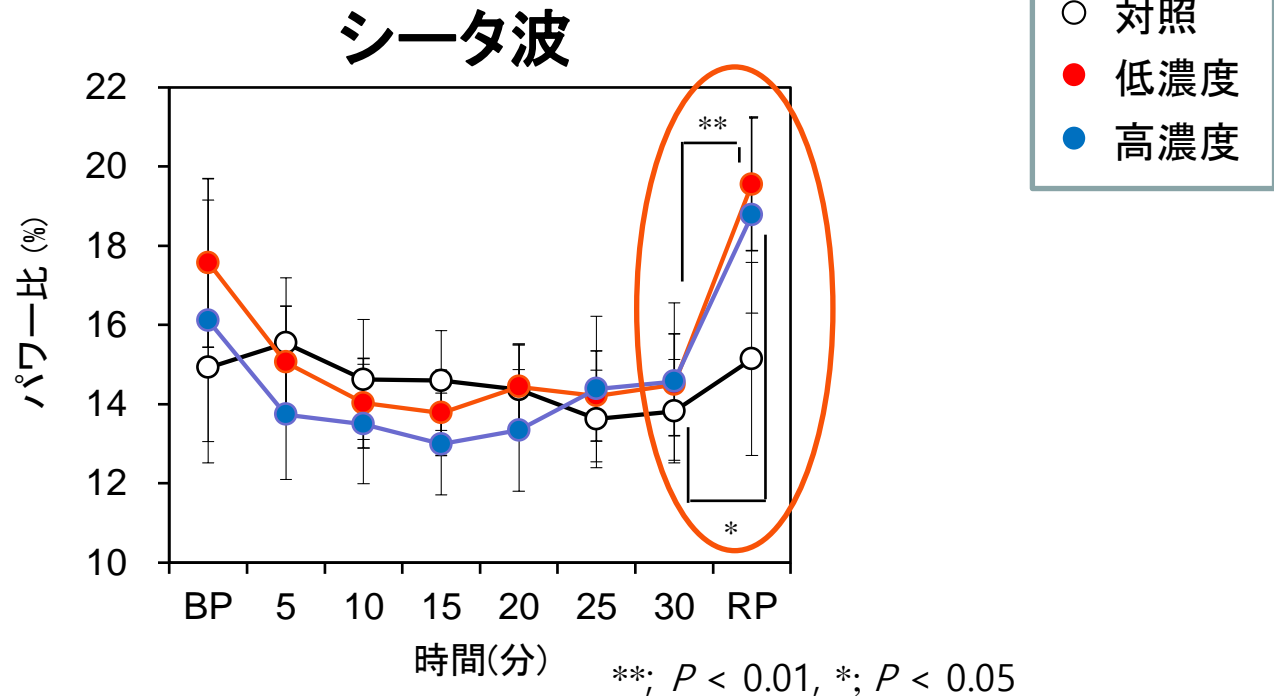
○ 対照  
● 低濃度  
● 高濃度



- 正答率は、高濃度条件で対照よりも低い
- 反応時間は、高濃度条件で対照よりも長い

➡ 高濃度では作業効率を低下させる

# (-)-酢酸ボルニル：脳波



➤ (-)-酢酸ボルニル条件では作業後の安静時のシータ波占有率が対照条件よりも大きい

➡ (-)-酢酸ボルニルは作業後に覚醒状態を低下させる

# 脳波変動

脳の神経は絶えず活動して情報を伝達している。それらの背景脳波は周波数帯ごとに以下のような名前が付けられており、異なる生理学的な意義を持つ。

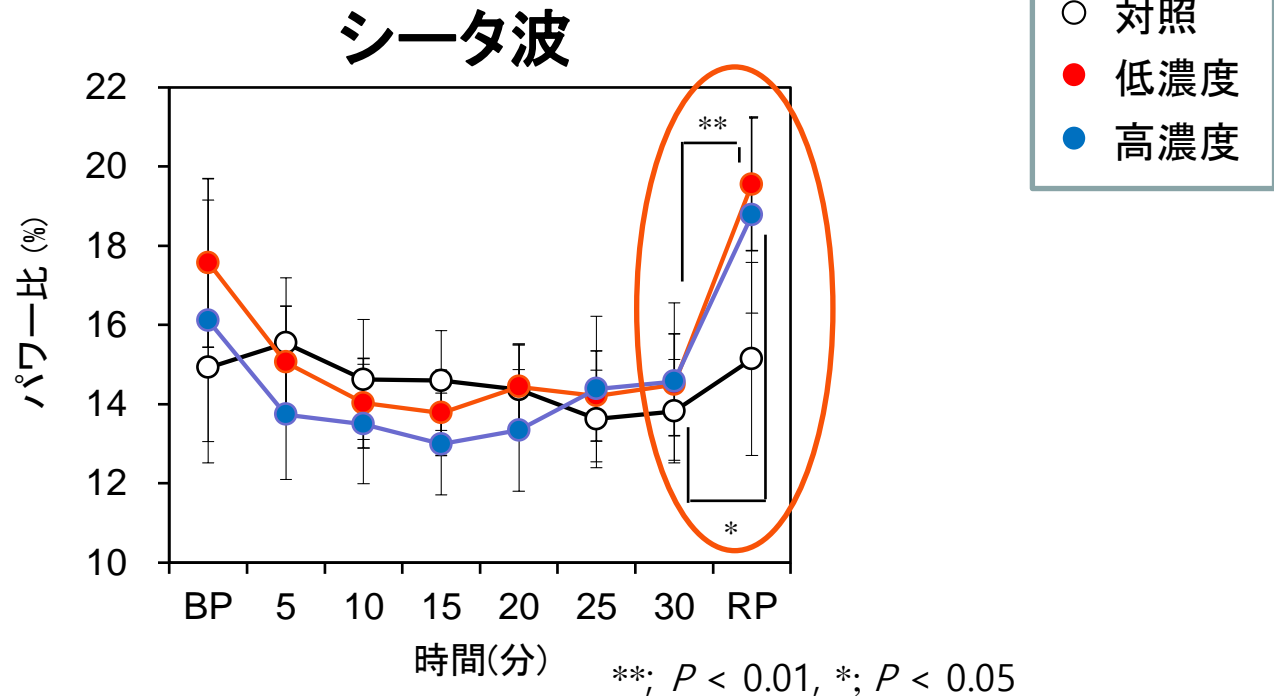


脳波電極を取り付けている様子

	アルファ波	ベータ波	シータ波	デルタ波
周波数 (Hz)	8-13	13-30	4-8	1-4
緊張度	リラックス	緊張	リラックス	—
集中度	集中	注意・認識	—	—
	リラックス状態	覚醒状態	まどろみ(睡眠と覚醒の間)	熟睡



# (-)-酢酸ボルニル：脳波



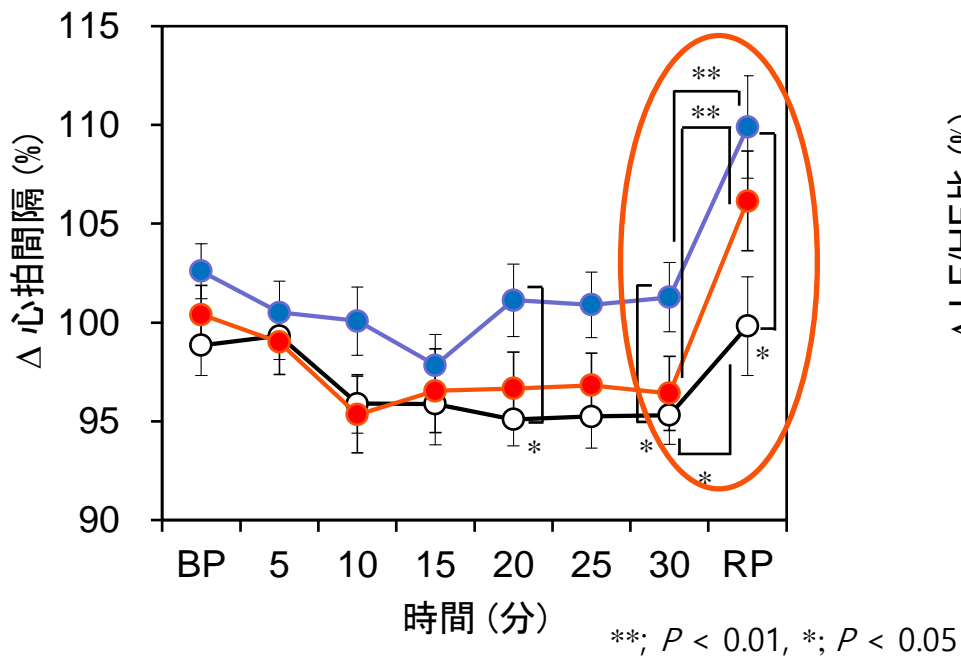
➤ (-)-酢酸ボルニル条件では作業後の安静時のシータ波占有率が対照条件よりも大きい

➡ (-)-酢酸ボルニルは作業後に覚醒状態を低下させる

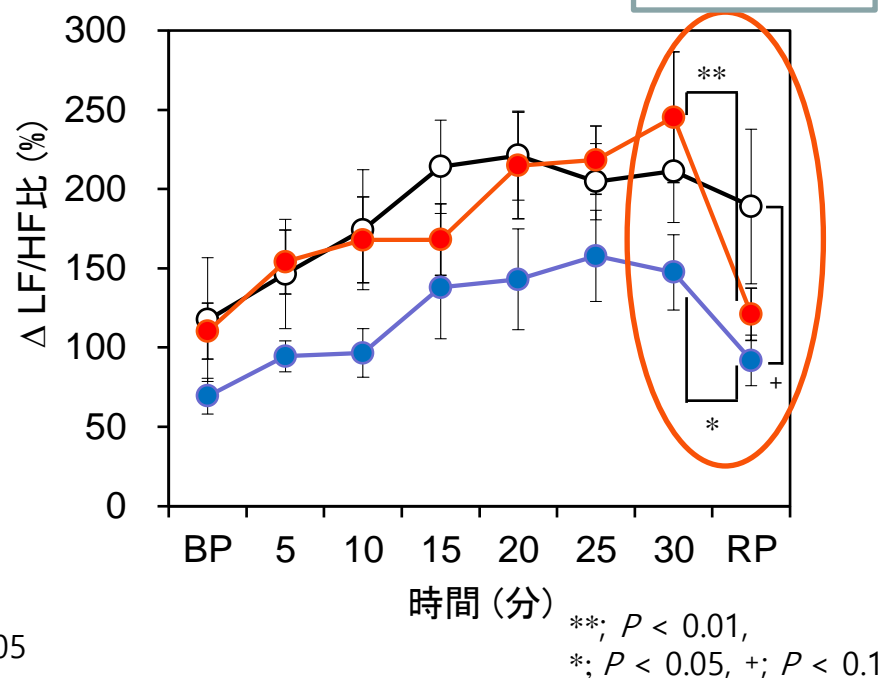
# (-)-酢酸ボルニル：自律神経活動

○ 対照  
● 低濃度  
● 高濃度

## 心拍間隔



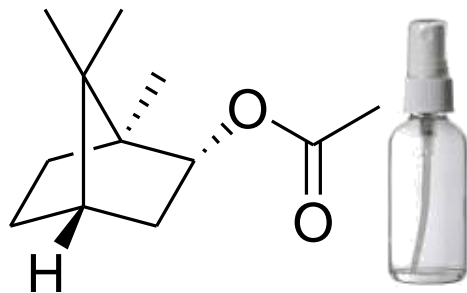
## 交感神経活動



➤ (-)-酢酸ボルニル条件では作業後の心拍間隔の延長と交感神経活動の低下が対照条件よりも大きい

➡ (-)-酢酸ボルニルは作業後の緊張状態を低下させる

# (-)-酢酸ボルニル：まとめ

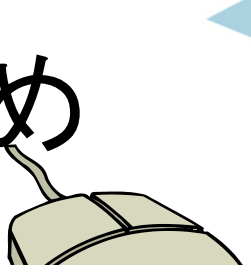


(-)-酢酸ボルニル



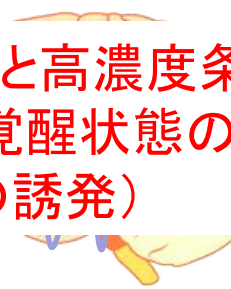
低濃度条件では  
対照との差がないが、  
高濃度では“はっきりし  
た・強い”印象

主観評価



高濃度では作業効率  
の低下がみられた

作業効率



低濃度と高濃度条件  
ともに覚醒状態の低下  
(眠りの誘発)

脳波



低濃度と高濃度ともに  
作業後の緊張状態の低下

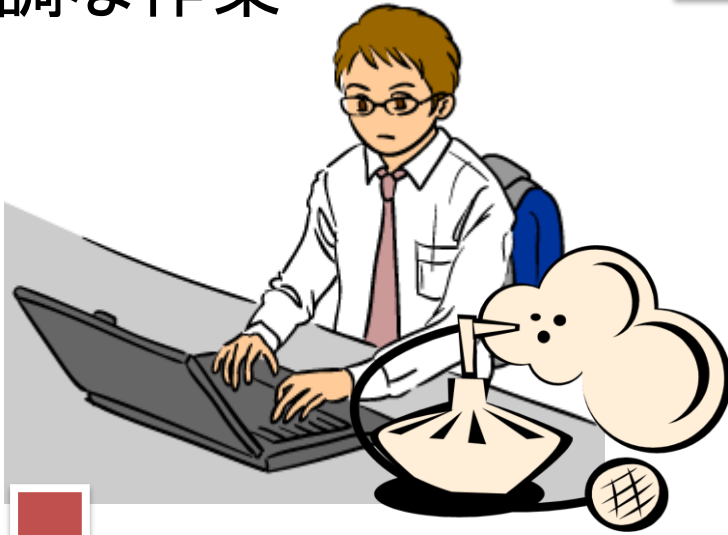
心拍変動・自律神経活動

# 本研究のまとめ

長時間の視覚刺激  
単調な作業



元気になる香り

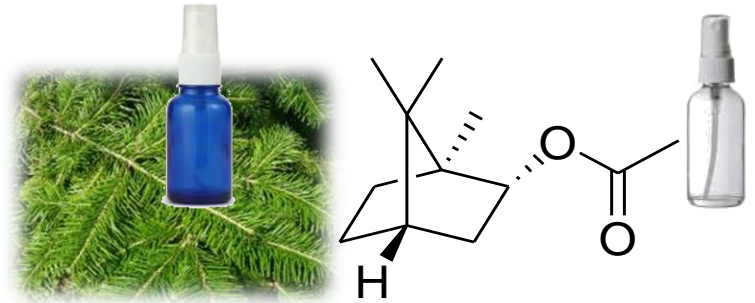


注意力低下抑制効果

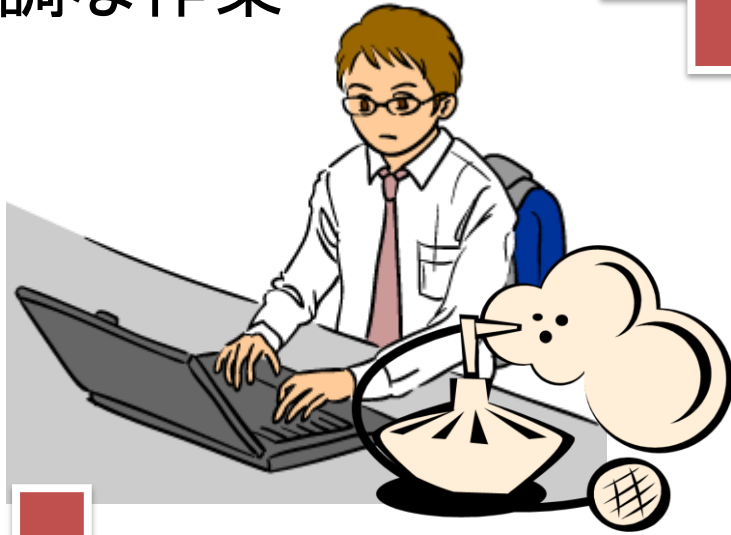
作業効率を高める

# 本研究のまとめ

長時間の視覚刺激  
単調な作業



癒される香り

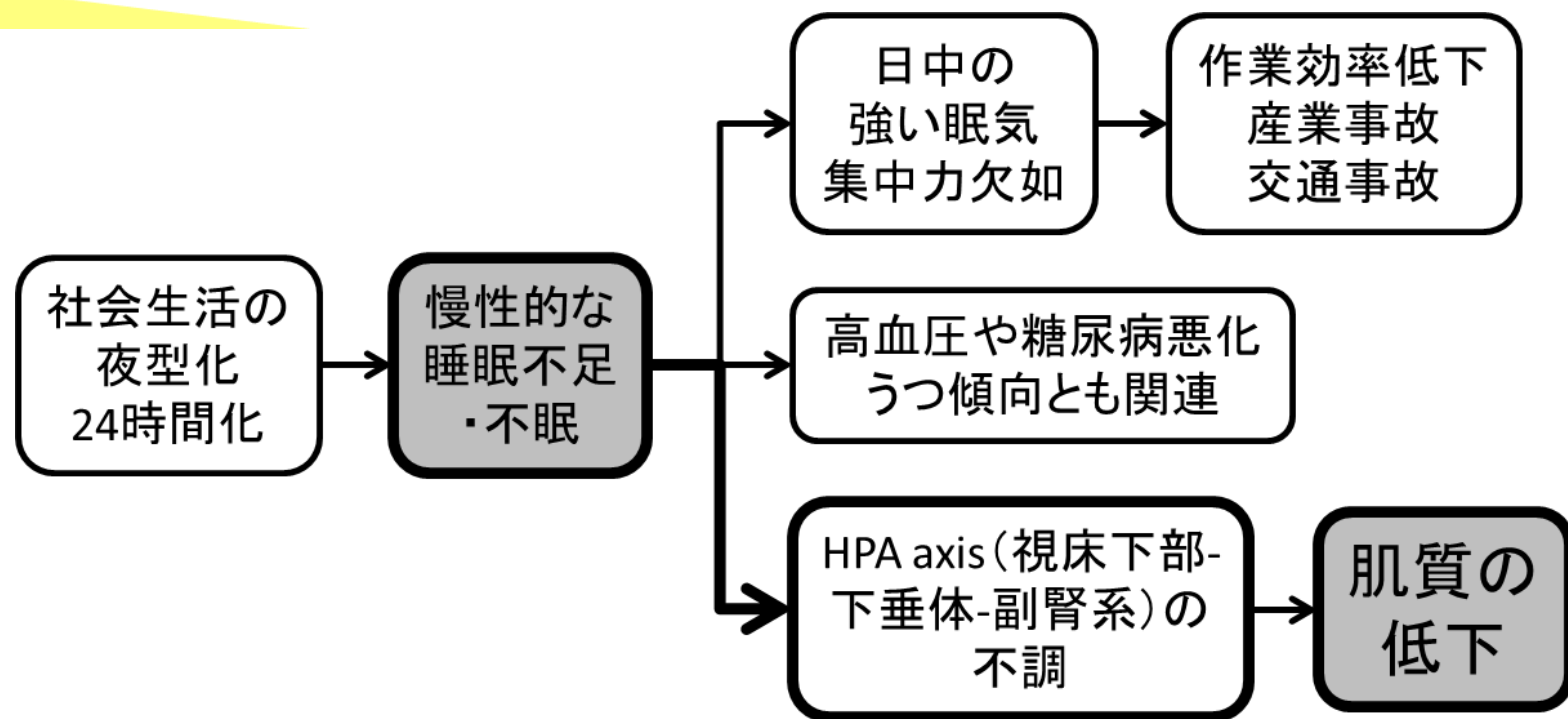


疲労感軽減効果

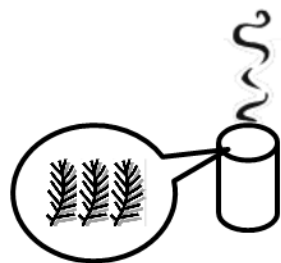
睡眠誘導効果

→ さらに調査

# (-)-酢酸ボルニルの睡眠誘導効果



就床時



(-)-酢酸ボルニル  
を吸引



睡眠誘導効果



肌質改善効果

# 実験方法

アロマディフューザー



就床開始1時間 吸入

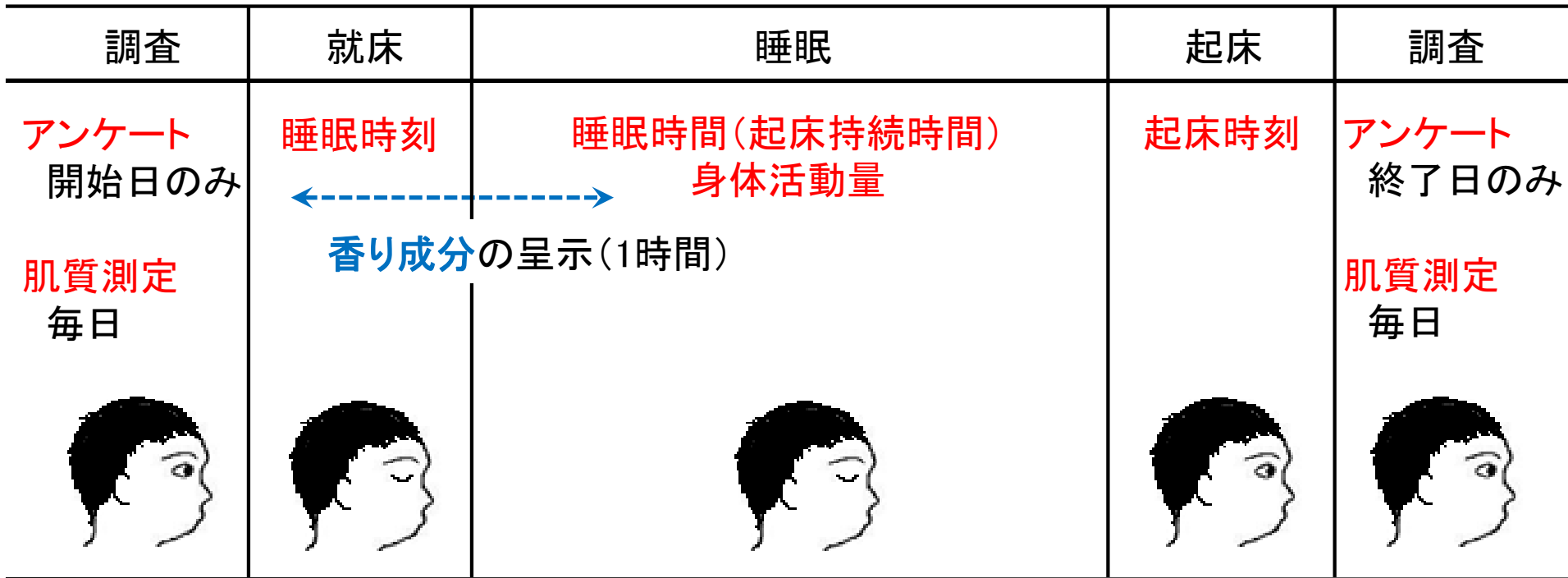
香りあり群：酢酸ボルニル10  $\mu\text{L}$  / 100 mL in 超純水(11名)

香りなし群：超純水100 mLのみ(12名)

「香りのごく薄い濃度に調節しているため、香りを感じない場合もありますが、気にせずにご実験を行ってください」と教示

➡ 14日間連続で実施し、睡眠の質や肌質の変化を調査

# 実験方法：実験の流れ



アンケートは、以下の2種類を実施

× 14日

- 1.主観的な睡眠の質に関するもの(PSQI・OSA-MA)
- 2.肌質(水分・油分・弾力)の主観評価

香りあり群と香りなし群で、各評価項目を比較



# 睡眠誘導効果 – 就床時刻・起床持続時間

【香りあり】

就床時刻



早くなる

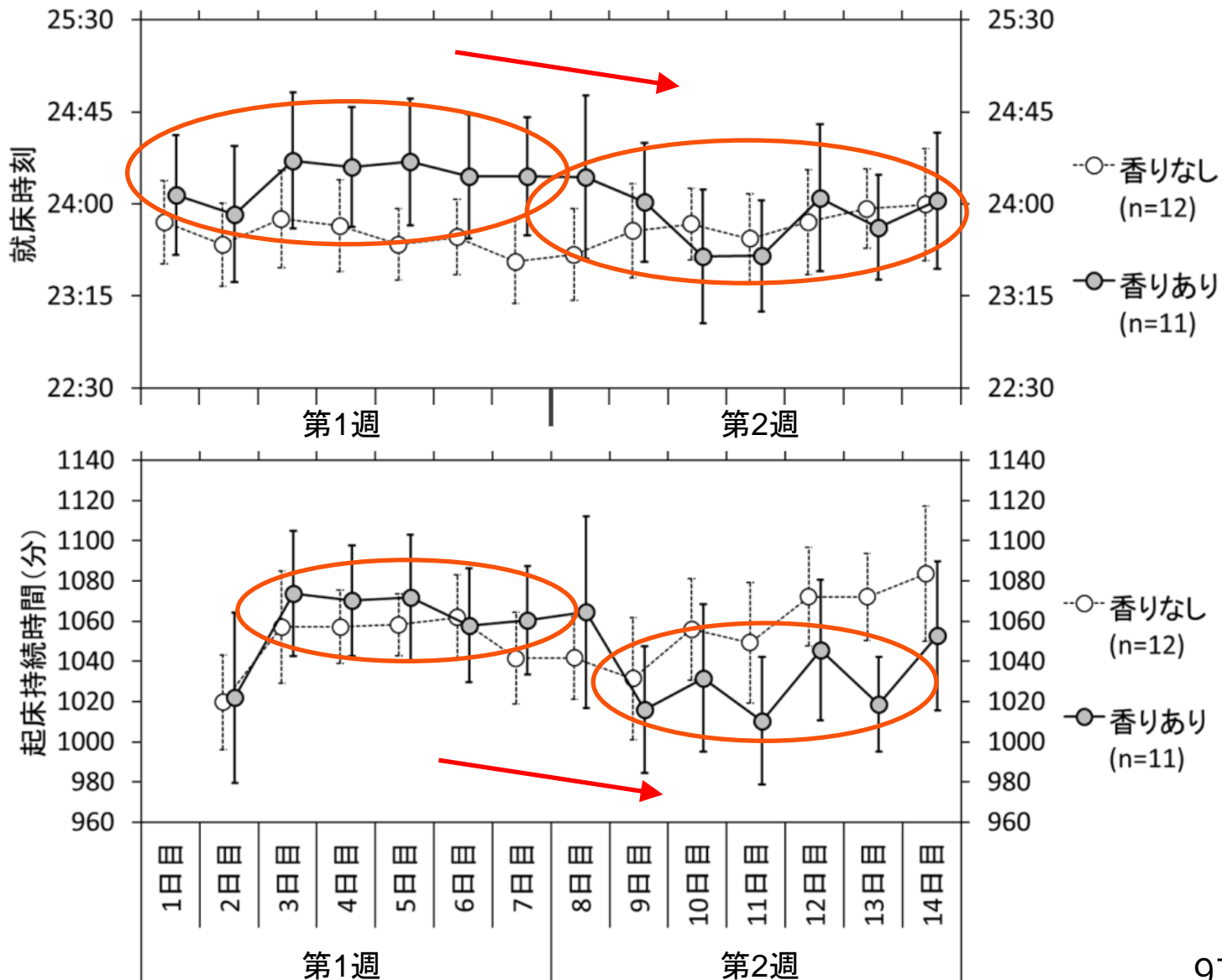
起床持続時間



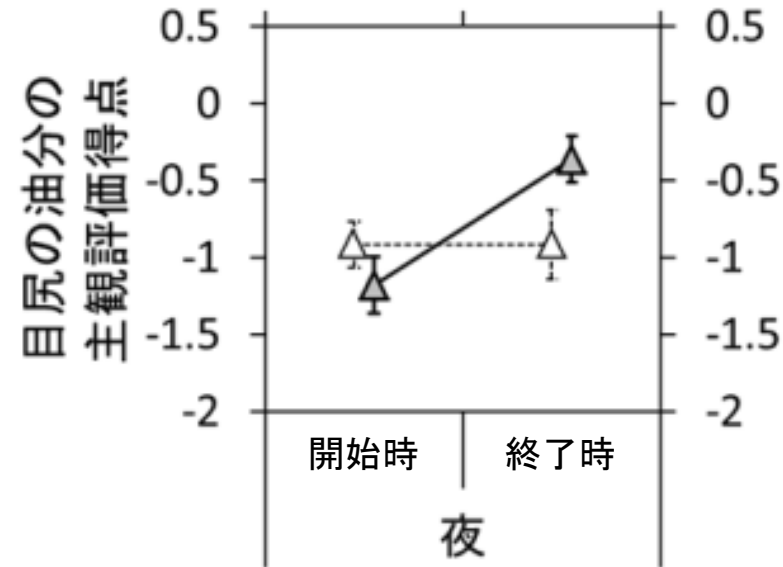
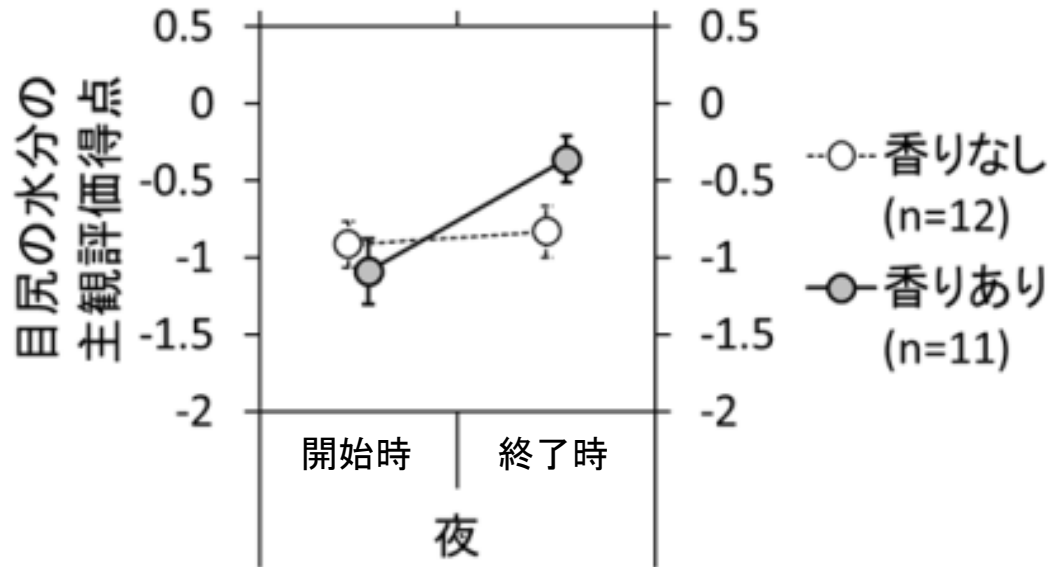
短くなる



睡眠誘導



# (-)-酢酸ボルニルの肌質改善効果



「ない(-2点)」、「やや少ない(-1点)」、「適度(0点)」、  
「やや多い(1点)」、「非常に多い(2点)」

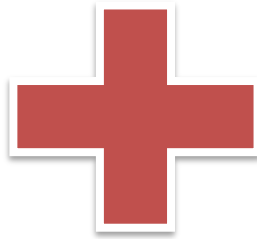
➤ (-)-酢酸ボルニルの香りあり条件では、  
目尻の水分および油分の主観評価が、  
実験終了時で高い値を示した

➡ (-)-酢酸ボルニルの肌質改善効果を示唆

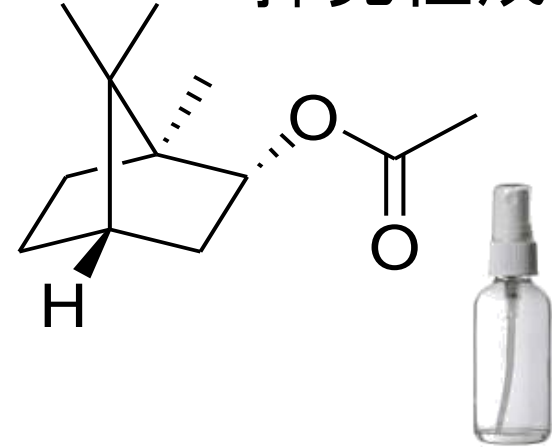
# 実験結果まとめ



日常通りの睡眠



揮発性成分



就床時刻を早める  
起床持続時間を短縮する



主観的な  
水分・油分の増加

# 結論と将来展望



# 結論と将来展望



香りの成分組成、成分濃度によって...

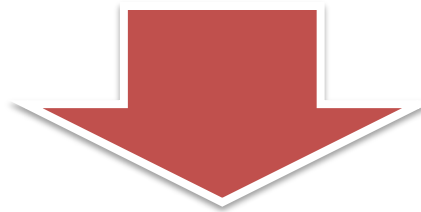
心理応答

生理応答

→ これらの点  
が異なる

作業効率

睡眠の質



香り成分の呈示量とそれぞれの効果は、  
各々相互作用があることが示唆された

# 結論と将来展望

香り空間（木の家や畳など）や香りそのものの有効性について

明らかにするためには、

ヒトと成分の両側面から

多面的に解析することが重要

**科学的エビデンスに基づいた  
機能性香粧品や香り空間の創出へ**



# 謝辞

九州大学 農学研究院

Akiyoshi Honden, Minkai Sun, Atsushi Nagaike, Sayaka Matsumoto, Atsushi Yamamoto, Ryudai Fukuda, Eri Matsubara, Yuko Yamabe, Kayo Terui, Yuri Yoshimura, Toshinori Nakagawa, Koki Fujita, Akie Kawasaki, Nobuko Sato, Noboru Fujimoto, Makoto Inagami, Nahoko Fukumoto, Taku Okuda, Yuki Washioka, Keiko Ihaya

九州大学 基幹教育院

Tsuyoshi Okamoto, Yuki Yamada, Jun Nagano

九州大学 システム生命科学府

Kurniawan Eka Pormane

九州大学 システム情報科学研究所

Takako Mitsudo

産業技術総合研究所

Taisuke Nakashima

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

Tsuyoshi Ajimi, Shinji Inoue, Yuichiro Watanabe, Hisanori Shimazu

株式会社 安成工務店

Shinji Yasunari

林野庁

徳島農技術センター

TSウッドハウス共同組合

那賀川すぎ共販共同組合