

# カーボンニュートラル・ウェルネス 建築推進のためのエビデンス



- 0 脱炭素・ウェルネス建築推進の背景
- 1 ウェルネス建築推進の科学的根拠
- 2 子供の疾病予防から見た室内環境
- 3 女性の疾病予防から見た室内環境
- 4 在宅ワークが渉る室内環境
- 5 空調・換気方式の影響
- 6 脳の健康維持から見た室内環境

## 伊香賀 俊治

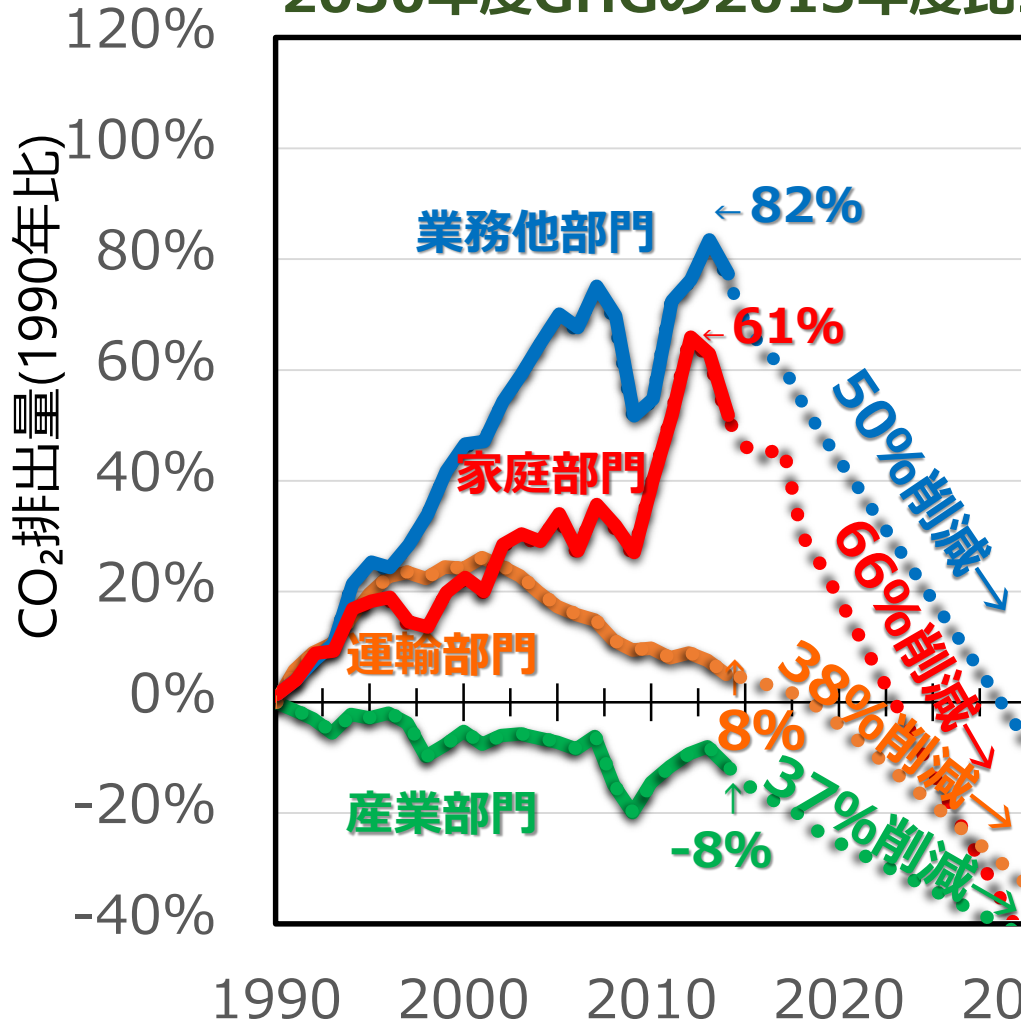
慶應義塾大学 理工学部 教授

日本建築学会 前副会長 (SDGs、脱炭素担当)

国交省補助 スマートウェルネス住宅推進調査委員会 調査解析小委員会 委員長

# 脱炭素・ウェルネス建築推進の背景

## 2030年度GHGの2013年度比26%削減→46%削減へ



文1 国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス：日本の温室効果ガス排出量データ(1990-2014)  
文2 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)WG 3第5次報告書 (2014.4) 第9章 建物

2020年10月「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」とした菅首相所信表明演説に続き、11月には衆参両院で「気候非常事態宣言」決議案可決、2021年5月「地球温暖化対策推進法」改正（2030年のGHG 46%削減）

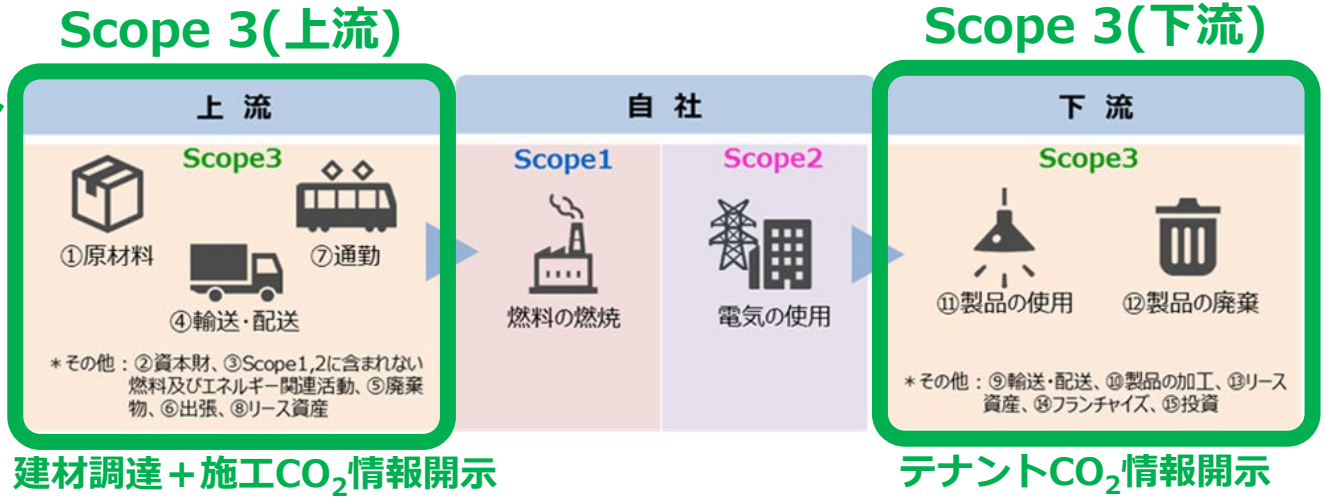
# 建設段階CO<sub>2</sub>排出量開示を迫るESG投資

プライム市場上場会社のTCFD提言に沿った開示の実質義務化（2021.06）



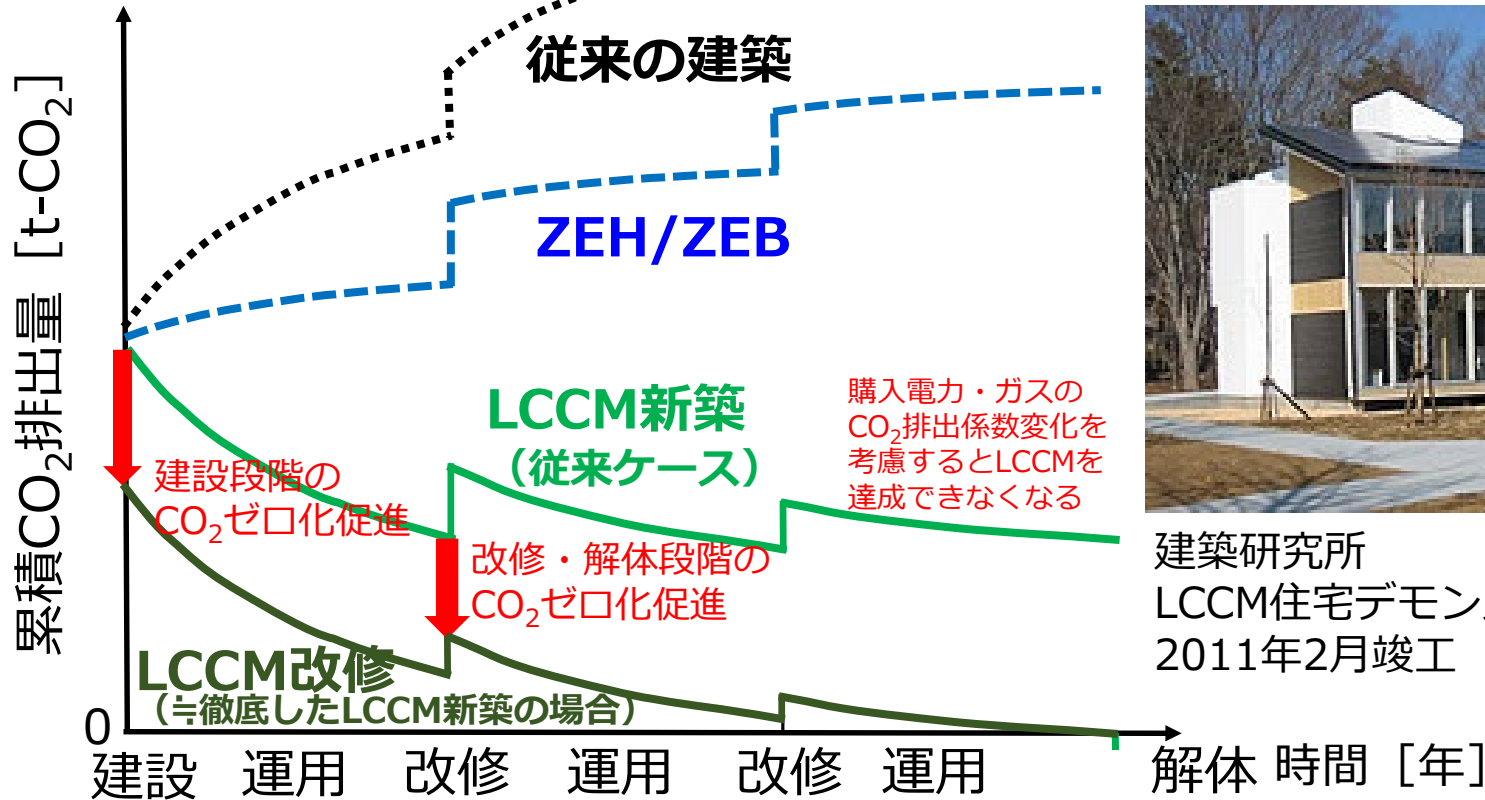
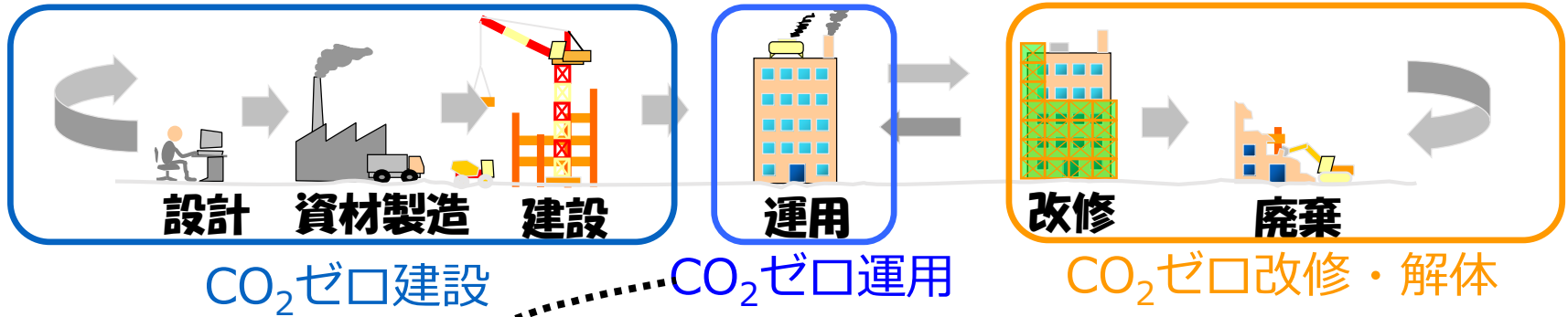
TCFDとはG20の要請を受け、金融安定理事会（FSB）により設立された気候関連財務情報開示タスクフォース

サプライチェーン  
CO<sub>2</sub>排出量  
Scope1+2+3



**ゼロカーボンビル（LCCO<sub>2</sub>ネットゼロ）推進会議**  
（委員長：村上周三 住宅・建築SDGs推進センター理事長）  
（委員長代理：伊香賀俊治 慶應義塾大学教授）  
第1回 2022.12.5  
産官学の連携（国土交通省・経済産業省・環境省）

# 脱炭素建築の推進 (LCCM住宅・建築物)



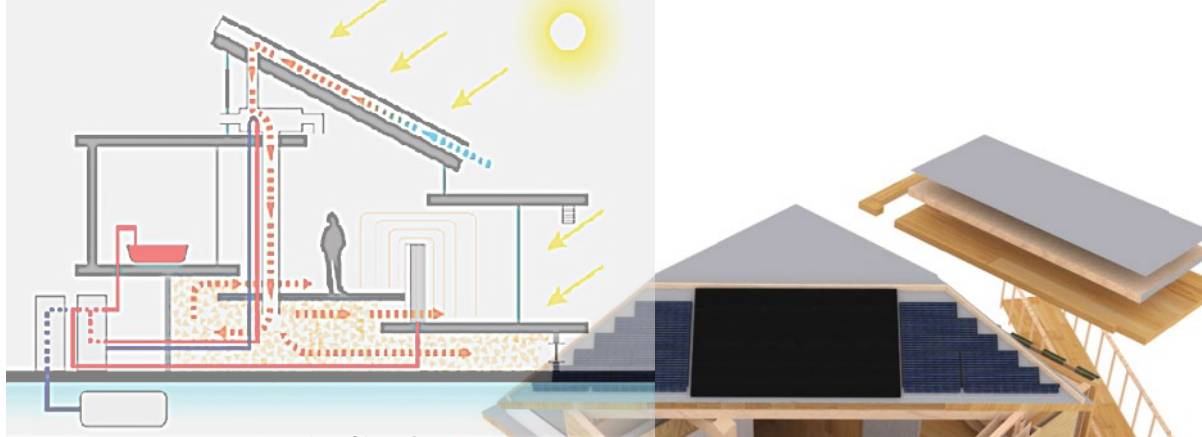
建築研究所  
LCCM住宅デモンストレーション棟  
2011年2月竣工

購入電力、ガスのCO<sub>2</sub>排出係数変化ありの場合の累積CO<sub>2</sub>排出量

# 脱炭素建築例 慶應型共進化住宅

## 究極のカーボンニュートラル住宅（LCCM住宅）

住み手の暮らし方を学び適応する住宅



太陽光発電 + 空気集熱



### 慶應型共進化住宅2014

設計：慶應義塾大学（池田靖史教授、伊香賀教授ほか）  
 東京ビックサイトに展示→  
 慶應大湘南藤沢キャンパスに移築



木製サッシ



壁面緑化



自然塗料



セルロースファイバー断熱材



国産杉材CLTをそのまま内装に  
Cross Laminated Timber



# 木材製品LCAデータベースの充実

2009年から木材製品データベース開発のための国内外22箇所を現地調査



現地調査書



事務所でのヒアリング（高知県）



製材所でのヒアリング  
（高知県）



森林施業現場でのレクチャー  
（フィンランド）



大規模な製造機械  
（フィンランド）

LCCM住宅研究開発委員会（村上周三委員長）傘下の LCCO<sub>2</sub>部会（伊香賀俊治部会長）が国内外の森林・製材所現地調査、統計資料調査に基づき開発

# LCCM住宅・建築物のDBの充実

## INPUT①: 対象製品

INPUT 1 対象製品

環境負荷を推計する製品を選択

集成材

製材 合板 集成材

## INPUT②: 素材産地

INPUT 3 素材産地

素材(原木)の産地を選択

北米 北洋 日本 南洋 チリ

## INPUT③: 木質バイオマス燃料利用率

INPUT 4 バイオマス燃料利用率

乾燥時のバイオマス燃料利用率

バイオマス燃料利用率とは、乾燥時のバイオマス燃料利用量と、乾燥時のバイオマス燃料利用量と、乾燥時のバイオマス燃料利用量が占める割合

100% デフォルト

50%

0%

参考

100%: 化石燃料を一切利用していない

50%: 昼間はバイオマス燃料、夜間は化石燃料を利用している

0%: バイオマス燃料を一切利用していない

デフォルト: 素材産出国の代表値

## INPUT④: 断面積

INPUT 2 断面積

製材の断面積を選択

中 大 小

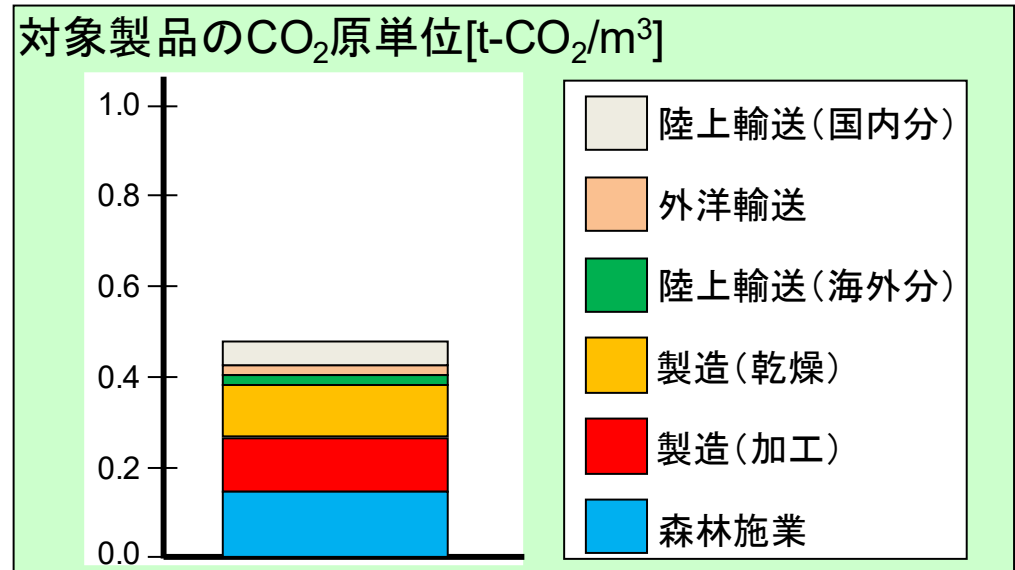
参考

断面積 大: ひき角類

断面積 中: ひき割類

断面積 小: 板類

## OUTPUT: 環境負荷原単位(木材1m<sup>3</sup>あたり)



## INPUT⑤: 輸入港、最終利用地の所在地

INPUT 5 輸入港の所在地

輸入港のある都道府県を選択

東京

栃群 埼玉 千葉 茨城 神奈川 新潟 山梨 長野 岐阜 愛知 三重 滋賀 京都 大阪 和歌山 奈良 徳島 香川 高松 岡山 広島 山口 福岡 佐賀 熊本 大分 宮崎 鹿児島 沖縄

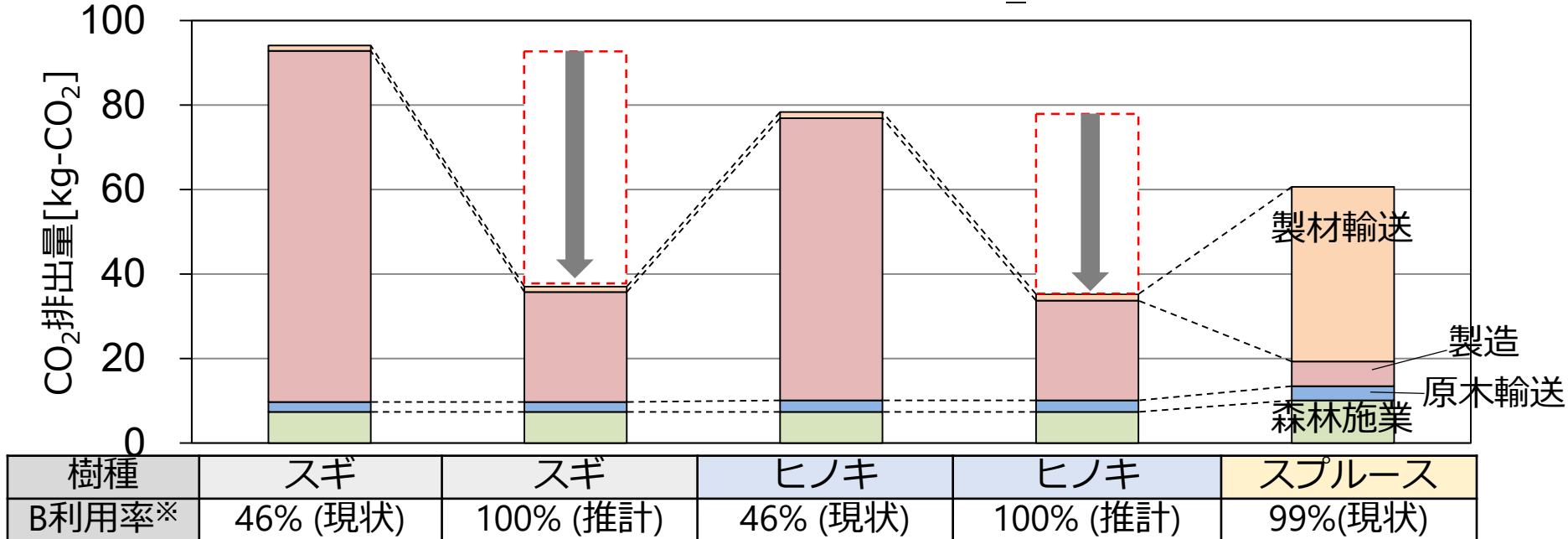
LCCM住宅研究開発委員会（村上周三委員長）傘下の LCCO<sub>2</sub>部会（伊香賀俊治部会長）が国内外の森林・製材所現地調査、統計資料調査に基づき開発

# 木材生産に伴うCO<sub>2</sub>排出量

## 木材生産に伴うCO<sub>2</sub>排出量

- ・ **対象材積**：段階毎に歩留まりを考慮して推計
- ・ **輸送先**：高知県内を想定

## 各樹種の木材生産に伴うCO<sub>2</sub>排出量



⇒ 地場産材はB利用率\*を向上させることで化石燃料起因のCO<sub>2</sub>排出量が削減

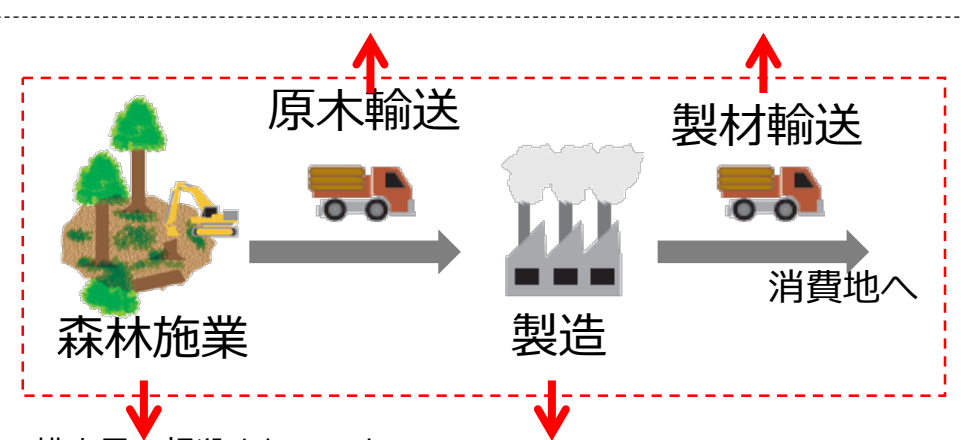
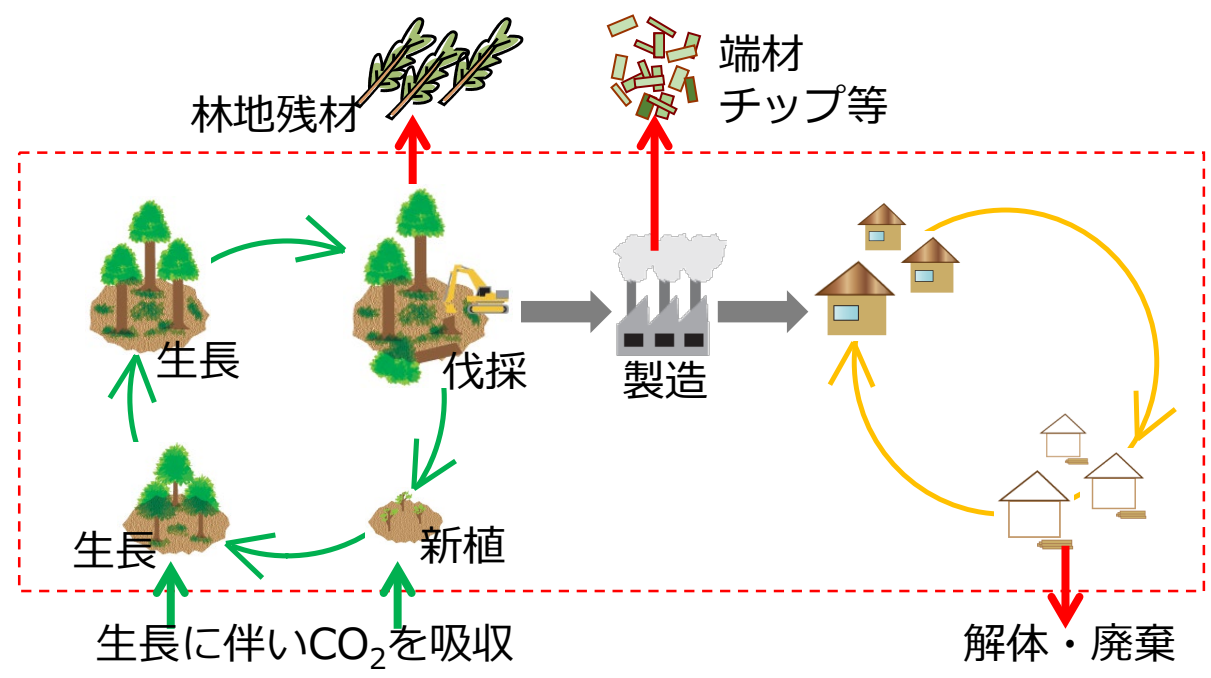
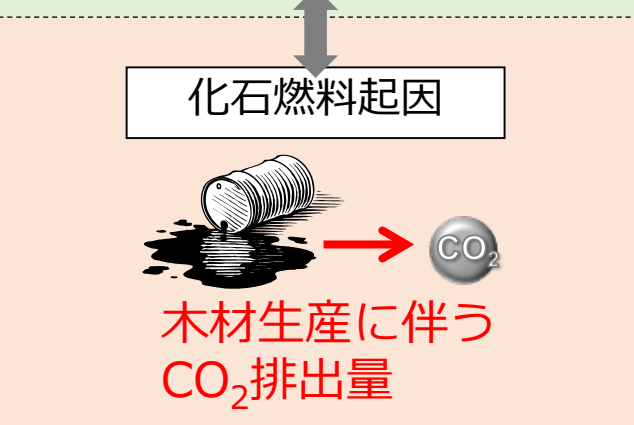
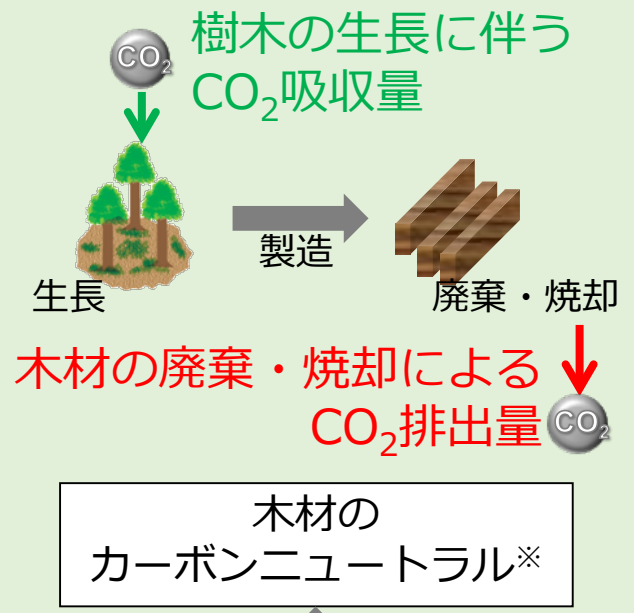
\*バイオマス燃料利用率：木材の乾燥に要する熱量のうち、木質バイオマス燃料の発熱量が占める割合。



# 建築用木材製品のCO<sub>2</sub>収支

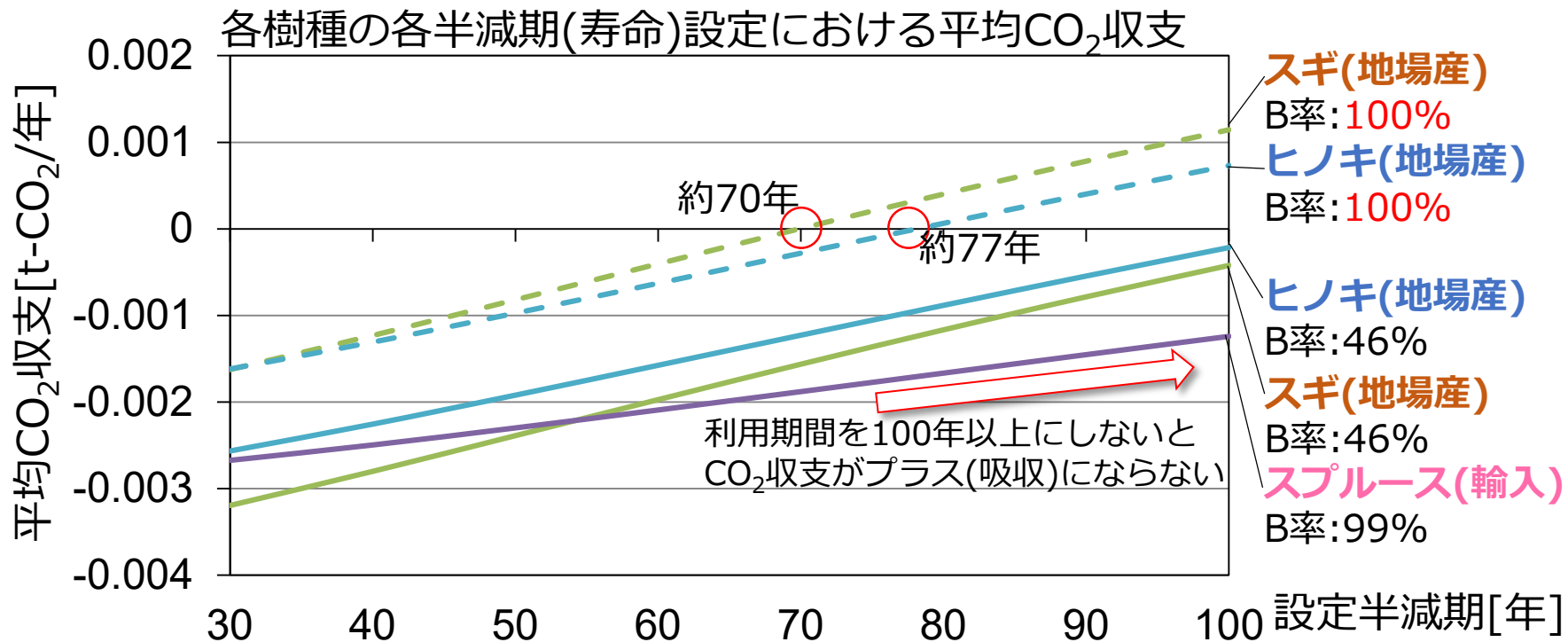
◇推計対象：建築用製材 ◇推計項目：CO<sub>2</sub>

◇推計範囲：



※ 樹木生長過程のCO<sub>2</sub> 吸収量と、焼却したときのCO<sub>2</sub>排出量で相殺されること

# 建築用木材製品のCO<sub>2</sub>収支



## 地場産材(高知県産材)において

**スギ** : 40年で伐採、乾燥工程のB利用率100%

⇒ 利用期間を**約70年**にすることでCO<sub>2</sub>収支が**プラス(吸収)**に

**ヒノキ** : 50年で伐採、乾燥工程のB利用率100%

⇒ 利用期間を**約77年**にすることでCO<sub>2</sub>収支が**プラス(吸収)**に

## 欧州材(フィンランド材)において

⇒ 少なくとも地場産材よりも**利用期間を長く**することが必要

# 脱炭素・ウェルネス建築推進政策の強化

0

2018.11 WHO 住宅と健康ガイドライン

2021.03 住生活基本計画（全国計画）閣議決定

2021.04 建築士による省エネ基準適合説明義務 施行

2022.06 改正建築物省エネルギー法公布



2025年から新築住宅の省エネ基準適合義務化施行

## 住生活基本計画（全国計画）

- 目標1 新たな日常、DXの推進等
- 目標2 安全な住宅・住宅地の形成等
- 目標3 子どもを産み育てやすい住まい
- 目標4 高齢者等が安心して暮らせるコミュニティ等
- 目標5 セーフティネット機能の整備
- 目標6 住宅循環システムの構築等
- 目標7 空き家の管理・除却・利活用
- 目標8 住生活産業の発展

**1. ヒートショック対策等の観点で踏まえた良好な温熱環境を備えた住宅の整備、リフォームの推進**

**2. ZEH、LCCM住宅の推進※**

「省エネ住宅」と「健康」の関係を  
ご存知ですか？

住宅を新築する方  
住宅をリフォームする方



冬暖かく、夏涼しい！ 省エネ住宅は **経済的** + **健康的**

JSBC 一般社団法人 日本サステナブル建築協会  
Japan Sustainable Building Commission



国土交通省



厚生労働省

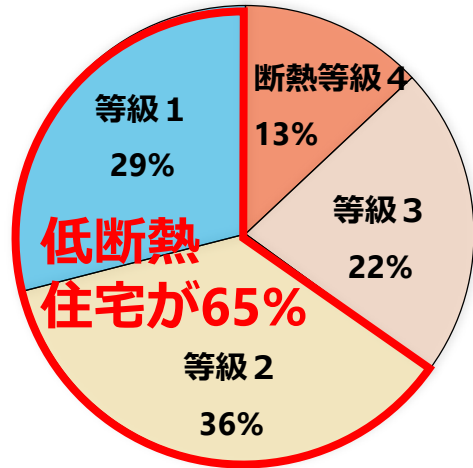
※国土交通グリーンチャレンジ(2021.7) の重点プロジェクトにも [http://www.jsbc.or.jp/document/files/202002\\_house\\_health\\_leaf.pdf](http://www.jsbc.or.jp/document/files/202002_house_health_leaf.pdf)

断熱等級5：2021.12.1告示・2022.4.1施行、断熱等級6及び7（新築戸建住宅）：2022.3月25日告示・2022.10.1施行



# ウェルネス建築推進の科学的根拠

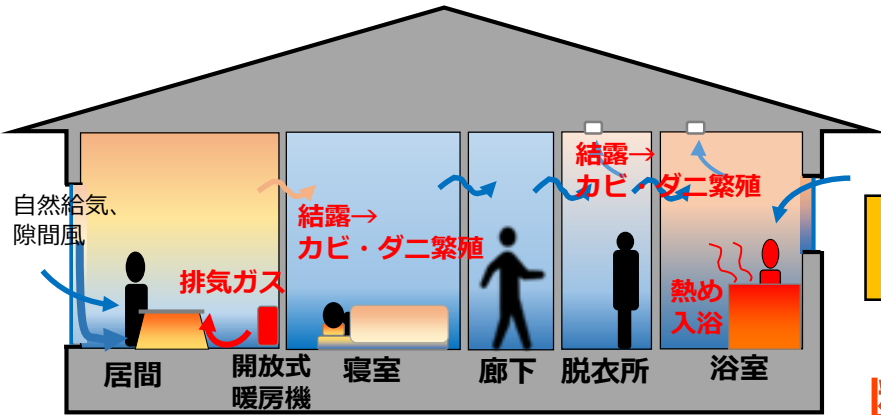
## 国土交通省 スマートウェルネス住宅等推進調査事業 (2014年度～)



委員 長：村上 周三 東京大学名誉教授 (建築学)  
 副委員長：苅尾 七臣 自治医科大学教授 (循環器内科学)  
 吉村 健清 産業医科大学名誉教授 (疫学)  
 吉野 博 東北大学名誉教授 (建築学)  
 幹 事：伊香賀俊治 慶應義塾大学教授 (建築学)  
 委 員：全国の医学・建築学研究者 80名

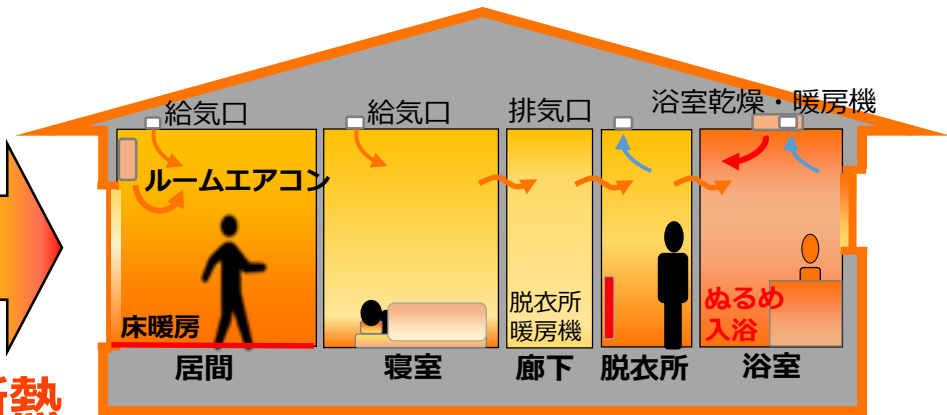
### 日本の約5000万戸の断熱性能

出典：国土交通省調査によるストックの性能別分布を基に、住宅土地統計調査による改修件数及び事業者アンケート等による新築住宅の省エネ基準適合率を反映して国土交通省が推計 (R1年度)。



断熱改修前の住宅調査  
(断熱等級 1～2)

断熱改修



断熱改修後の住宅調査  
(断熱等級 3～4)



# ウェルネス建築推進の科学的根拠

医学論文10編、総説1編、資料1編刊行

## 影響因子

健康への影響

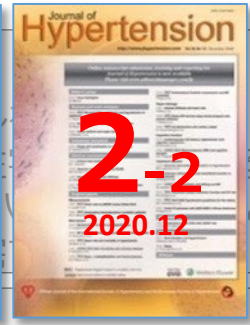
### 1. 室温



得、独居、こたつ使用者は寒い住宅で暮らしている。

### 2. 家庭血圧

- ・年齢、性別、生活習慣、室温から血圧を推定
- ・高齢者ほど女性ほど低室温による血圧上昇
- ・断熱改修によって最高血圧が平均3.1ミリ水銀柱低下
- ・血圧の日内変動および日間変動は、室温が低いほど大きい



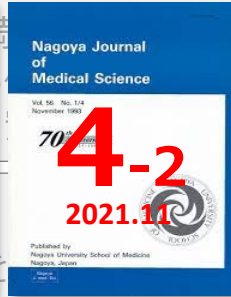
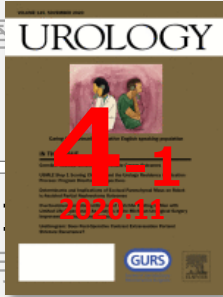
### 3. 健康診断数値

- ・室温18℃未満で、血中脂質が基準値を超える人が有意に多い
- ・室温18℃未満で、心電図異常所見が有意に多い



### 4. 疾病・症状

- ・就寝前居間室温度が低いほど、翌朝の血圧上昇
- ・寝室が寒い、湿度、騒音、室温が低いほど、睡眠障害



### 5. 身体活動

- ・こたつを使用しているほど、身体活動量が多い



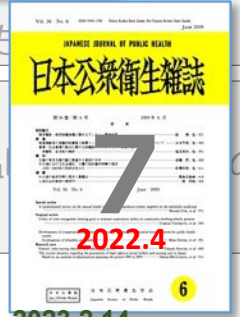
### 6. 総説 (1~3の原著論文のまとめ)

- ・「生活習慣病」である高血圧・循環器疾患の予防に「室温」が重要



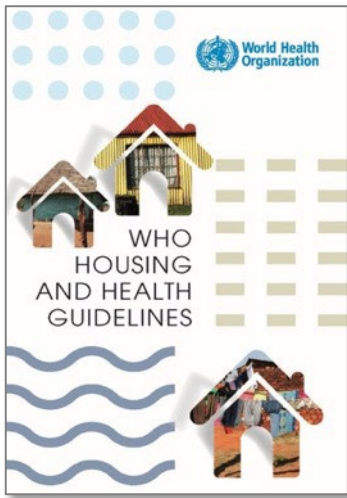
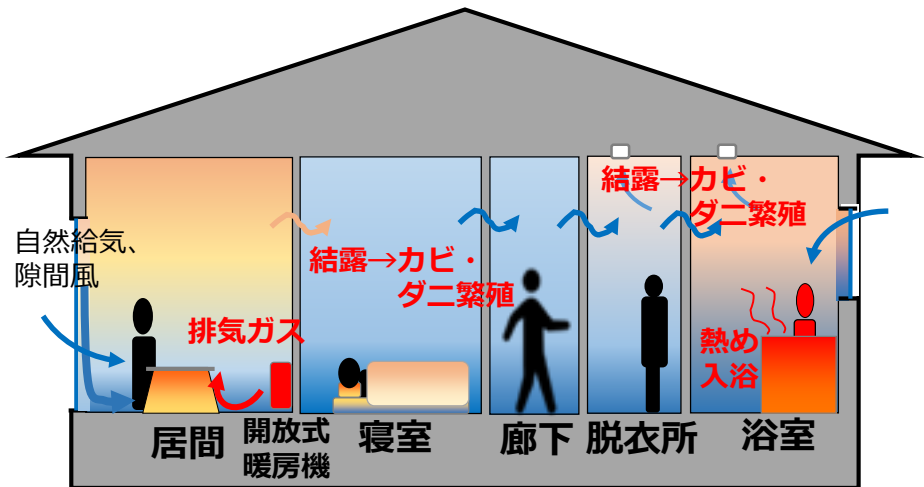
### 7. 資料

- ・外気温は床上1m室温より、床近傍室温に近づくほど影響が弱くなる
- ・断熱性能が低く、外気温の影響を強く受ける住宅は、室温が低い傾向



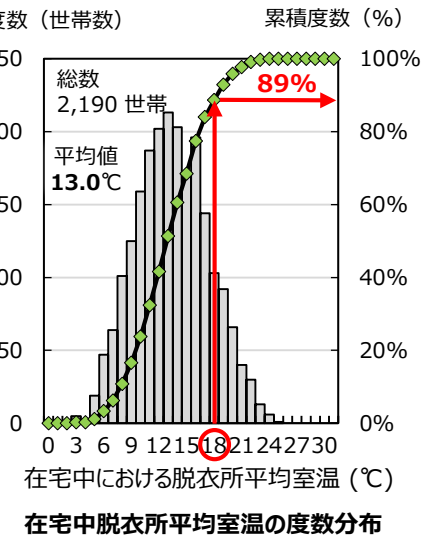
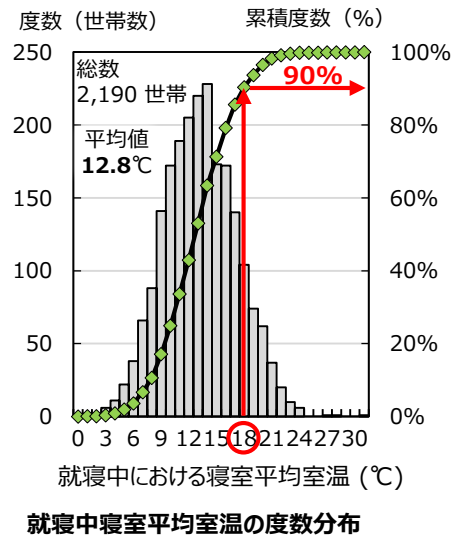
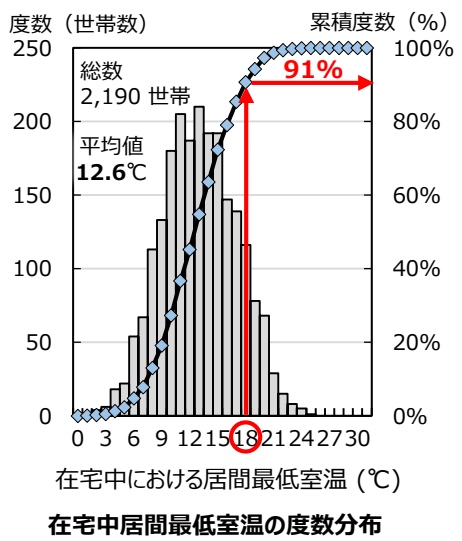
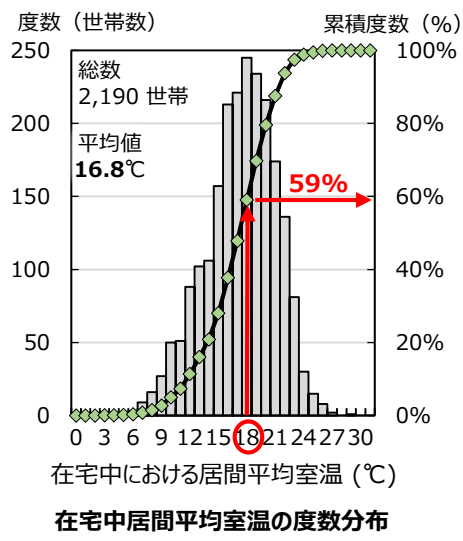
※ 「有意」とは「確率的に偶然とは考えにくく、意味があると考えられる」ことを指す統計用語

# WHO勧告を満たしている住まいは1割



WHO 世界保健機関  
住宅と健康ガイドライン  
2018.11公表  
**WHO勧告**  
**冬季室温18℃以上**  
(小児・高齢者にはもっと暖かく、換気的重要性も指摘)  
**新築・改修時の断熱化**

**低断熱・低気密+換気不足の住まい** <https://www.who.int/sustainable-development/publications/housing-health-guidelines/en/>

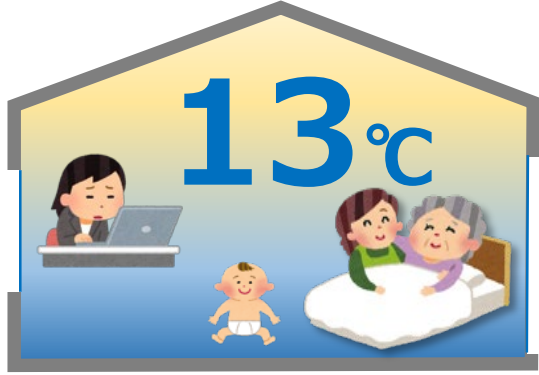


出典：Umishio W., Ikaga T., Fujino Y., Ando S., Kubo T., Nakajima Y., Hoshi T., Suzuki M., Kario K., Yoshimura T., Yoshino H., Murakami S.; Disparities of indoor temperature in winter: A cross-sectional analysis of the Nationwide Smart Wellness Housing Survey in Japan, Indoor Air, 2020, 30(6), p.1317-1328

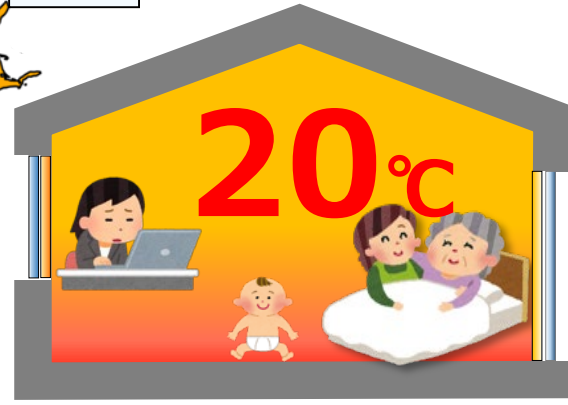


# 温暖地ほど住まいが寒い

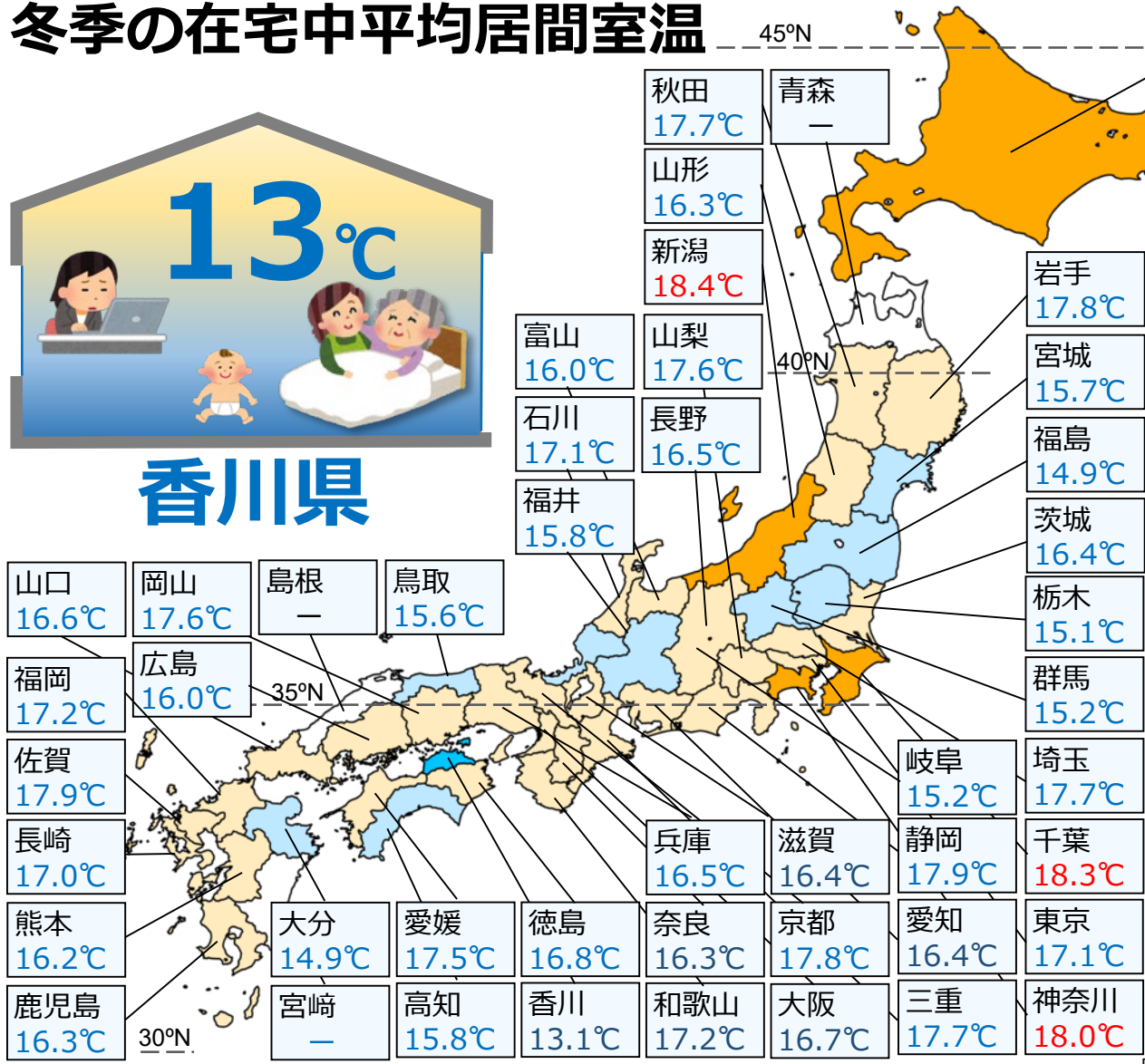
## 冬季の在宅中平均居間室温



### 香川県



### 北海道



**室内空気**  
 2020年11月号掲載  
**冬季の室温格差**  
 ～日本のスマートウェル  
 ネス住宅全国調査～

海塩 渉\*1、伊香賀俊治\*2、藤野善久\*3、安藤真太郎\*4、久保達彦\*5、中島侑江\*6、星旦二\*7、鈴木昌\*8、苅尾七臣\*9、吉村健清\*10、吉野博\*11、村上周三\*12  
 \*1東京工業大学助教、\*2慶應義塾大学教授、\*3産業医科大学教授、\*4北九州市立大学講師 \*5広島大学教授 \*6慶應義塾大学博士課程 \*7首都大学東京名誉教授 \*8東京歯科大学教授 \*9自治医科大学教授 \*10産業医科大学名誉教授 \*11東北大学名誉教授 \*12東京大学名誉教授

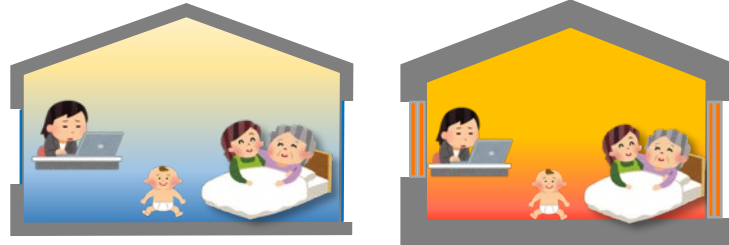
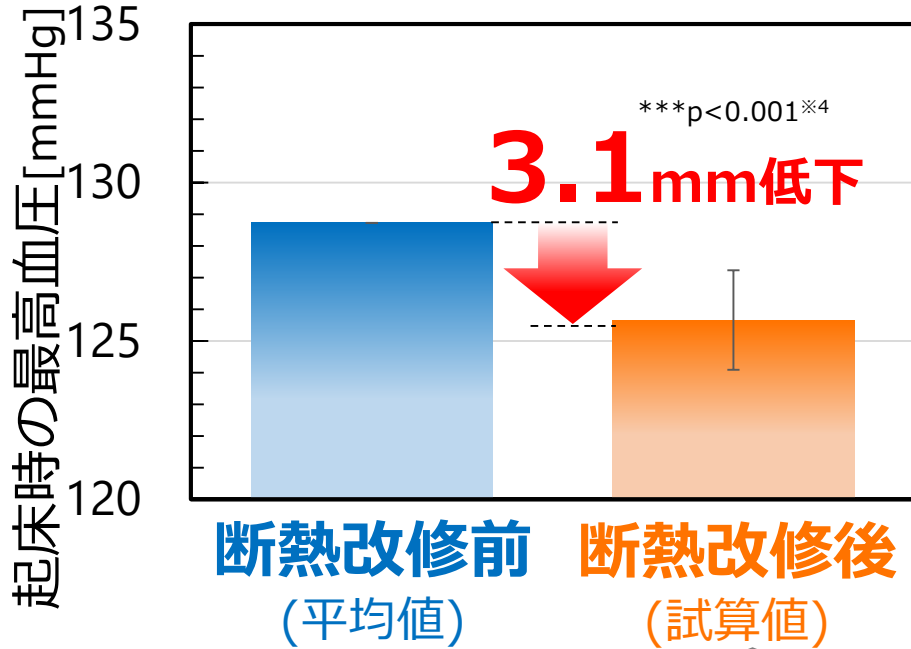
PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32573794/>

国際室内空気環境学会 (ISIAQ) が監修する室内環境の質による公衆衛生の向上を扱う国際医学誌 (IF=6.6)

\*1 データ数が5軒以下の4県を集計から除外



# 断熱改修で血圧が有意に低下

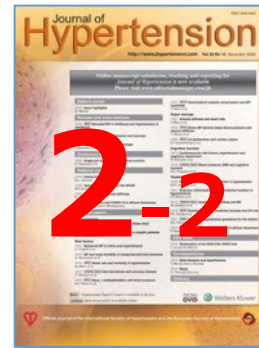


## 断熱改修による起床時の血圧の低下量 (試算) ※2,3

- ※1 日本高血圧学会：高血圧治療ガイドライン2014
- ※2 断熱改修前後の2時点の測定結果が得られた942軒・1,578人（改修あり群）、断熱改修未実施の2時点の測定結果が得られた67軒・107人（改修なし群）の調査データを用いた分析
- ※3 ベースラインの血圧値、年齢、性別、BMI、降圧剤、世帯所得、塩分得点、野菜摂取、運動、喫煙、飲酒、ピッツバーグ得点（睡眠に関する得点）、外気温、居間室温、および外気温変化量で調整
- ※4 有意水準 \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

健康日本21(第二次)  
40～80歳代の国民の最高血圧を  
平均4mm低下させる数値目標

脳卒中死亡数が年間約1万人、  
冠動脈疾患死亡数が年間約5千人  
減少と推計※1



高血圧誌 2020年12月号掲載  
断熱改修による冬季の家庭血圧への影響に関する  
介入研究 ～スマートウェルネス住宅全国調査～

- 海塩 渉<sup>\*1</sup>、伊香賀俊治<sup>\*2</sup>、苅尾七臣<sup>\*3</sup>、藤野善久<sup>\*4</sup>、  
星 旦二<sup>\*5</sup>、安藤真太郎<sup>\*6</sup>、鈴木 昌<sup>\*7</sup>、吉村健清<sup>\*8</sup>、  
吉野 博<sup>\*9</sup>、村上周三<sup>\*10</sup>、  
スマートウェルネス住宅調査グループを代表して  
<sup>\*1</sup>東京工業大学助教 <sup>\*2</sup>慶應義塾大学教授  
<sup>\*3</sup>自治医科大学教授 <sup>\*4</sup>産業医科大学教授  
<sup>\*5</sup>東京都立大学名誉教授 <sup>\*6</sup>北九州市立大学講師  
<sup>\*7</sup>東京歯科大学教授 <sup>\*8</sup>産業医科大学名誉教授  
<sup>\*9</sup>東北大学名誉教授 <sup>\*10</sup>東京大学名誉教授

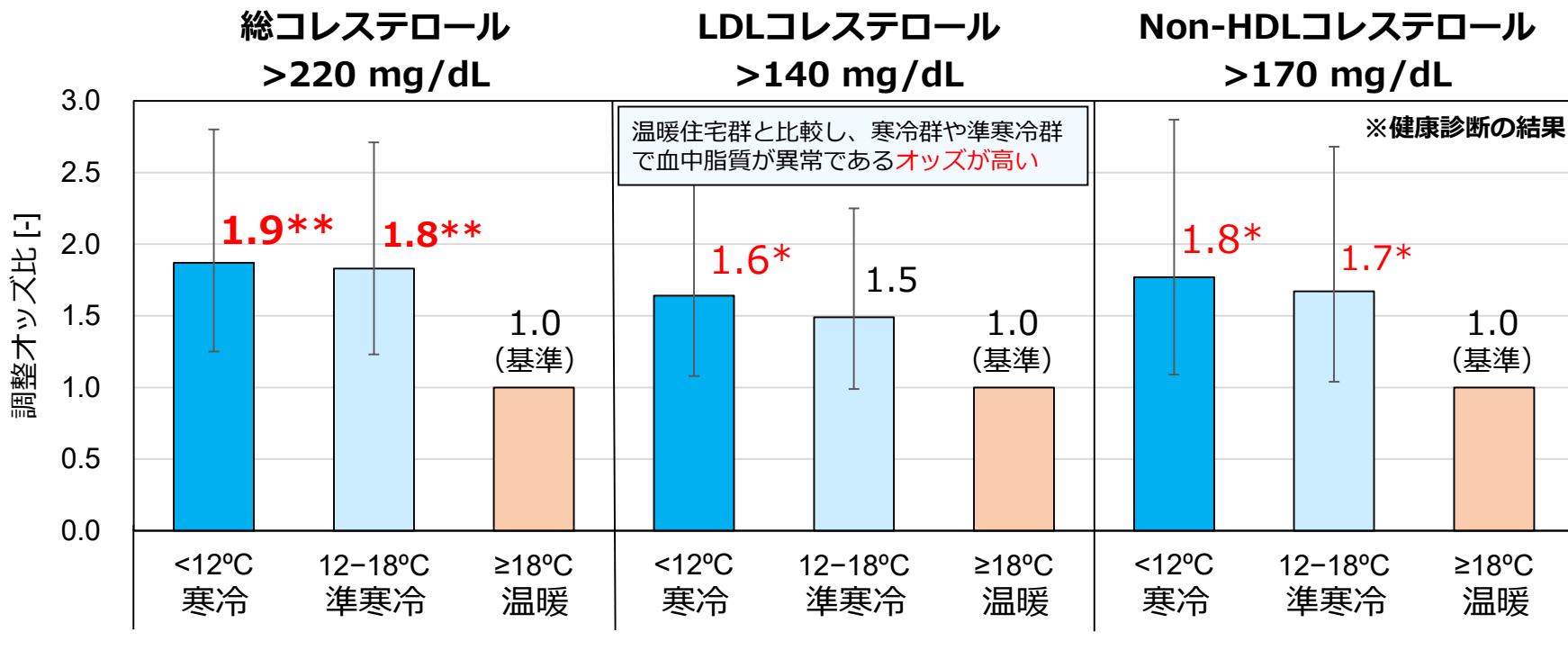
PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32555002/>

国際高血圧学会および欧州高血圧学会が監修する  
高血圧に関する著名な国際医学誌 (IF=4.8)

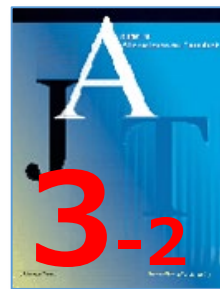
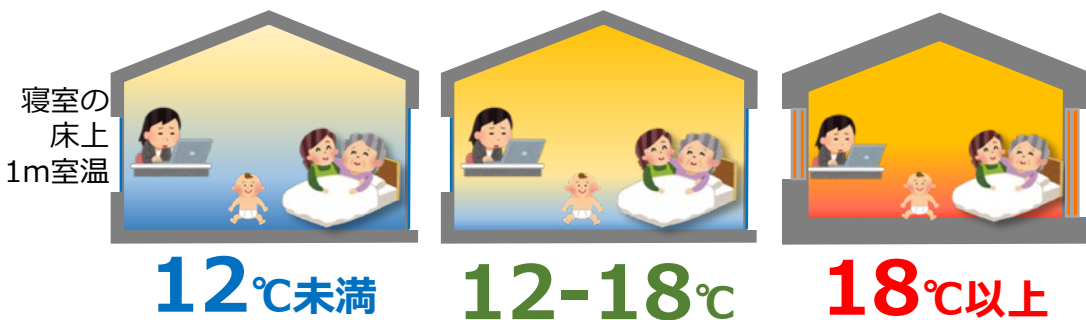




# 血中脂質の異常が少ない暖かい住まい



※ 年齢、性別、BMI、世帯所得、塩分摂取、野菜、運動、喫煙、飲酒、降圧剤、外気温、健診受診季節を調整  
 \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$



## 動脈硬化・血栓症誌

2022年5月早期公開

### 冬期の室温と血中脂質の関連

～スマートウェルネス住宅全国調査～

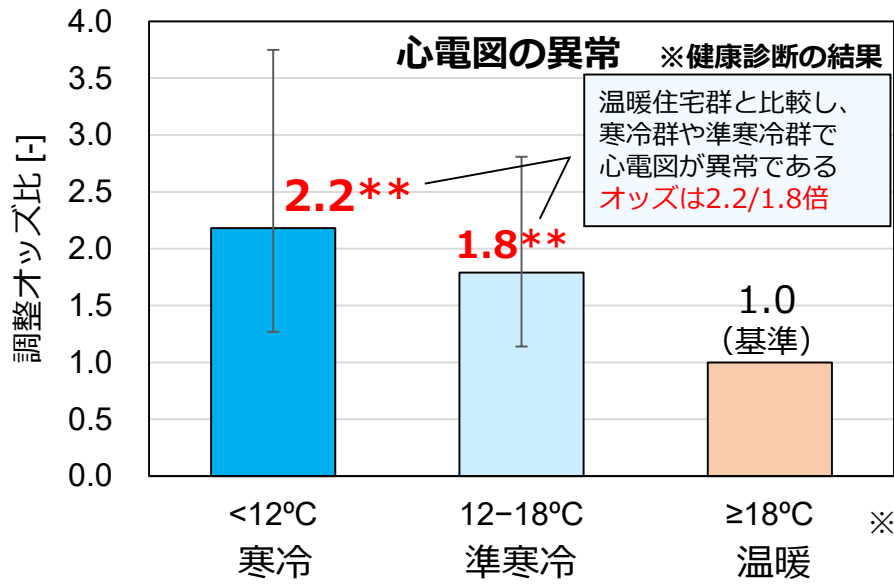
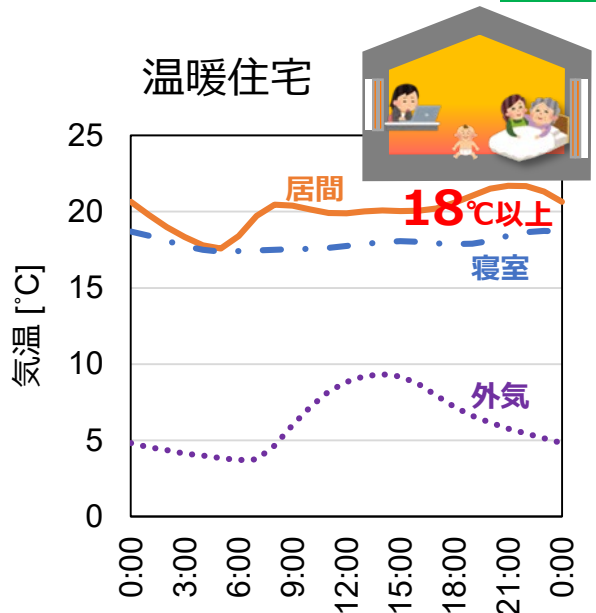
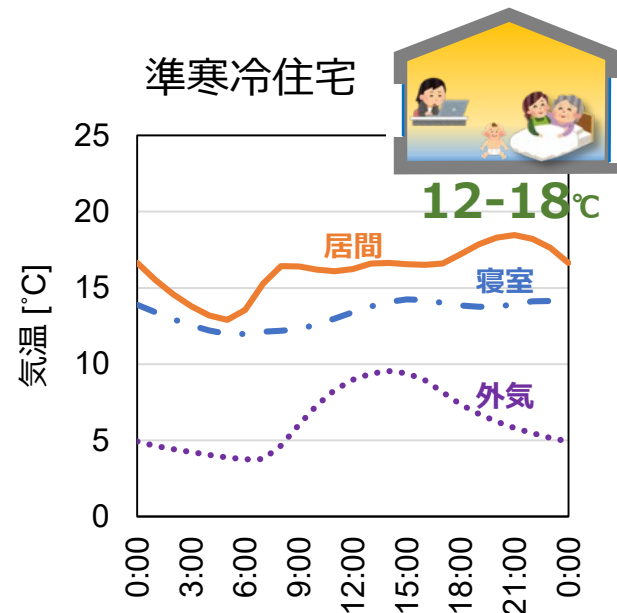
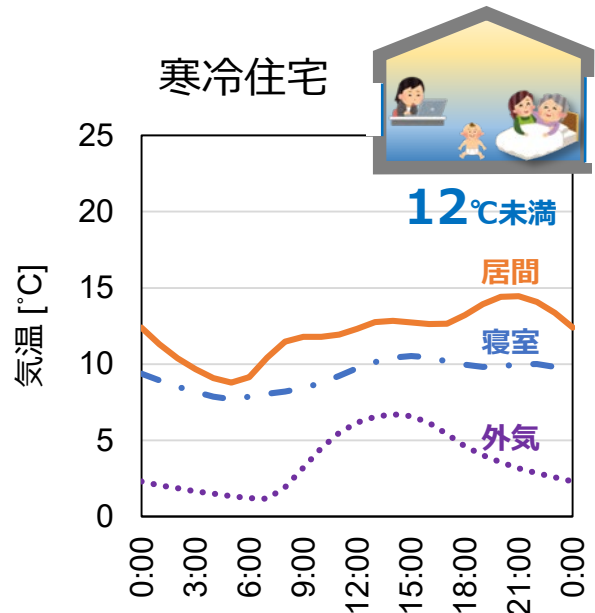
海塩 渉<sup>\*1</sup>、伊香賀俊治<sup>\*2</sup>、刈尾七臣<sup>\*3</sup>、藤野善久<sup>\*4</sup>、鈴木 昌<sup>\*5</sup>、星 旦二<sup>\*6</sup>、安藤真太郎<sup>\*7</sup>、吉村健清<sup>\*8</sup>、吉野 博<sup>\*9</sup>、村上周三<sup>\*10</sup>、スマートウェルネス住宅調査グループを代表して

<sup>\*1</sup>東京工業大学助教 <sup>\*2</sup>慶應義塾大学教授 <sup>\*3</sup>自治医科大学教授  
<sup>\*4</sup>産業医科大学教授 <sup>\*5</sup>東京歯科大学教授 <sup>\*6</sup>首都大学東京名誉教授  
<sup>\*7</sup>北九州市立大学准教授 <sup>\*8</sup>産業医科大学名誉教授 <sup>\*9</sup>東北大学名誉教授  
<sup>\*10</sup>東京大学名誉教授

PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35570002/>  
 日本動脈硬化学会が監修する国際医学誌 (IF=4.4)



# 心電図の異常が少ない暖かい住まい



## 環境健康・予防医学

2021年10月号掲載  
**寒冷住宅の居住者の心電図異常**  
 ～スマートウェルネス住宅全国調査～

海塩 渉<sup>\*1</sup>、伊香賀俊治<sup>\*2</sup>、苅尾七臣<sup>\*3</sup>、藤野善久<sup>\*4</sup>、鈴木 昌<sup>\*5</sup>、安藤真太郎<sup>\*6</sup>、星 旦二<sup>\*7</sup>、吉村健清<sup>\*8</sup>、吉野 博<sup>\*9</sup>、村上周三<sup>\*10</sup>、スマートウェルネス住宅調査グループを代表して

<sup>\*1</sup>東京工業大学助教 <sup>\*2</sup>慶應義塾大学教授 <sup>\*3</sup>自治医科大学教授  
<sup>\*4</sup>産業医科大学教授 <sup>\*5</sup>東京歯科大学教授 <sup>\*6</sup>北九州市立大学准教授  
<sup>\*7</sup>首都大学東京名誉教授 <sup>\*8</sup>産業医科大学名誉教授 <sup>\*9</sup>東北大学名誉教授  
<sup>\*10</sup>東京大学名誉教授

PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34641787/>  
 日本衛生学会が監修する国際医学誌 (IF=4.4)

※ 居住地域、年齢、性別、BMI、世帯所得、塩分摂取、野菜、運動、喫煙、飲酒、降圧剤、外気温、健診受診季節を調整 \*\*p<0.01, \*p<0.05



# 高断熱化と暖房の医療経済評価 (速報)

新築で断熱に投資すると、生涯費用はほぼ変わらず健康寿命が延伸する。  
断熱改修により、生涯費用は増加するが、新築と同様に健康寿命は延伸する。  
▶ 高血圧・循環器疾患以外も考慮することで、更に多くのメリットを享受できる可能性

## 断熱等級 2 の新築に15°Cで暮らす (基準)

生涯費用 : 331 万円  
健康余命 : 55.2 年

新築で断熱に投資すると、  
生涯費用はほぼ変わらず、  
健康寿命が延伸する

断熱改修により、生涯費用  
は増加するが、新築と同様に  
健康寿命は延伸する

## 断熱等級 4 の新築に18°Cで暮らす

生涯費用 : 312 万円 **↓ 19 万円**  
健康余命 : 55.9 年 **↑ 0.7 年**

## 等級 2 → 4 に改修

生涯費用 : 563 万円 **↑ 232 万円**  
健康余命 : 55.9 年 **↑ 0.7 年**

## 断熱等級 6 の新築に21°Cで暮らす

生涯費用 : 369 万円 **↑ 38 万円**  
健康余命 : 56.1 年 **↑ 0.9 年**

## 等級 2 → 6 に改修

生涯費用 : 621 万円 **↑ 290 万円**  
健康余命 : 56.1 年 **↑ 0.9 年**

40歳

55歳

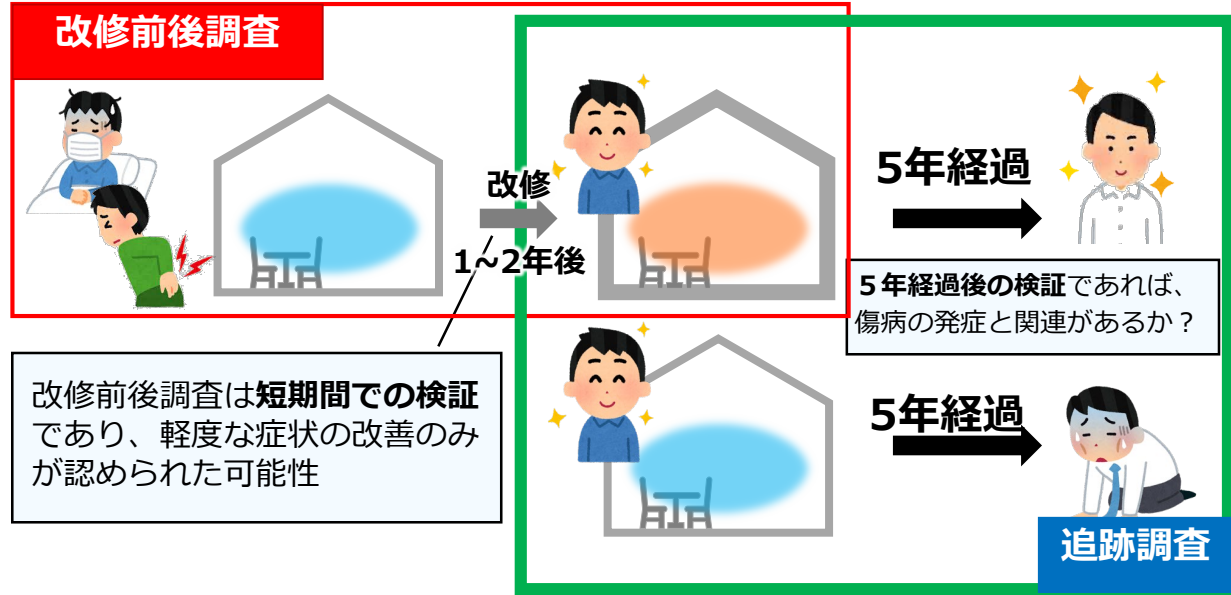
90歳

生涯費用 : 高血圧・循環器関連の医療費、暖房費、断熱化工事費を含む  
健康余命 : 生活の質 (QOL) を考慮した余命で夫婦の合計値



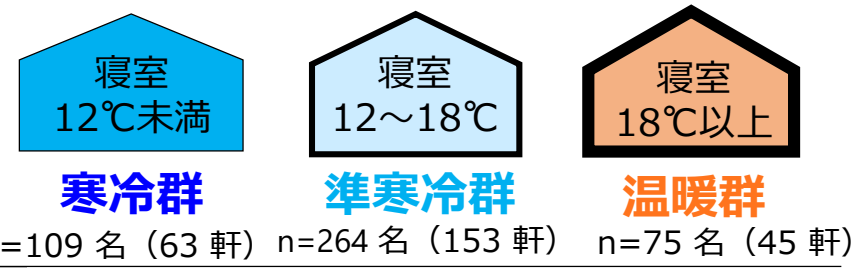
# 寝室18℃以上の住宅で5年後の脂質異常症発症が0.3倍

改修前後調査（1年後調査）では、室温が上昇すると風邪や腰痛等の症状の頻度が少なくなる傾向が見られたものの、傷病の発症の間に有意な関連は認められていない。暖かい住宅に5年間住み続けることによる傷病の発症への影響の検証した。



改修前後調査は短期間での検証であり、軽度な症状の改善のみが認められた可能性

寝室が12℃未満の寒冷な住宅に比べ、5年間で脂質異常症を発症するオッズは、12 - 18℃の群で0.36、18℃以上の群で0.28と半分未満であった。健康診断の客観データに基づく横断分析※でも、寝室が寒冷な住宅でコレステロールが異常値である割合が高く、一貫した成果が得られた。



脂質異常症を5年間で発症するオッズ	寒冷群 n=109名 (63軒)	準寒冷群 n=264名 (153軒)	温暖群 n=75名 (45軒)
	1 (基準)	0.36	0.28

断熱改修5年後調査有効サンプル n = 448 名 (259 軒)

※：II編 改修前後調査から得られた知見-3-1参照

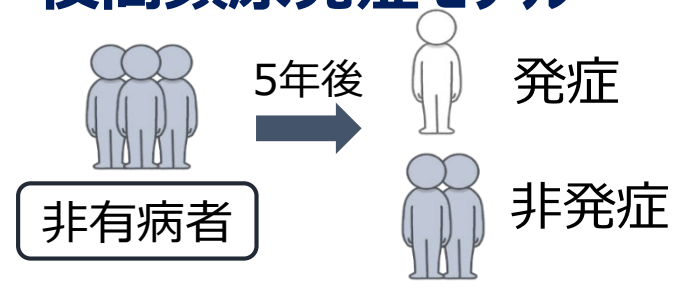
# 就寝前室温18℃以上で夜間頻尿発症が 0.4倍

1



就寝前室温が18℃以上の住宅では5年後の夜間頻尿発症が0.42倍  
断熱改修+暖房使用に伴う効果と寝る前に身体を温めることの重要性が示唆

## 夜間頻尿発症モデル



断熱改修5年後検証 有効サンプル n=559

n=432 強制投入法を使用

目的変数	夜間頻尿	[0]非発症 [1]発症	調整オッズ比(95%信頼区間)	p
説明変数	ベースライン室温	[0]18℃未満 [1]18℃以上	0.42 (0.22-0.81)	.009
調整変数	外気温	[0]5℃未満 [1]5℃以上	1.11 (0.59-2.07)	.753
	年齢	実値	1.06 (1.03-1.08)	<.001
	性別	[0]男性 [1]女性	0.64 (0.30-1.33)	.228
	BMI ※2	[0]25kg/m <sup>2</sup> 未満 [1]25kg/m <sup>2</sup> 以上	1.43 (0.68-3.02)	.352
	教育歴	[0]13年以上 [1]13年未満	0.98 (0.48-1.98)	.955
	飲酒	[0]なし [1]あり	0.73 (0.37-1.45)	.370
	喫煙	[0]なし [1]あり	4.05 (1.72-9.53)	.001
	運動	[0]なし [1]あり	1.46 (0.76-2.82)	.259
	塩分摂取	[0]多め未満 [1]多め以上	1.15 (0.56-2.37)	.698

夜間頻尿：過活動膀胱調査票OABSS※1 により確認した夜間の排尿の為の起床回数で評価 ⇒ 就寝中、排尿のために起きた回数が2回以上で有症

※1 OABSS: Overactive bladder symptom scoreの略。過去2週間の状態を自記式質問紙にて評価。実際の診断にも用いられる。

※2 BMI: Body Mass Indexの略。体重 (kg) を身長 (m) で2回割ったもの。25.0kg/m<sup>2</sup>以上が肥満と判定される。



# 暖かい住宅で5年後のつまずき・転倒が 0.5倍

在宅率が50%を超える夜間（18時～23時）の居間室温を、暖房使用時の代表室温と仮定。



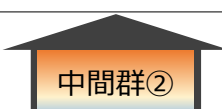

居間が暖かい住宅で、つまずき・転倒の発生が抑えられる可能性が示唆。夜間に居間が温暖な住宅（居間の床上1m室温が19℃以上かつ床近傍16℃以上）は、寒冷な住宅（居間の床上1m室温が19℃未満かつ床近傍16℃未満）に比べて、5年後につまずき・転倒が発生するオッズは0.48（40代以上では0.39）と半分未満であった。



## 目的変数：介入5年後調査時点のつまずき・転倒 [0]なし [1]あり

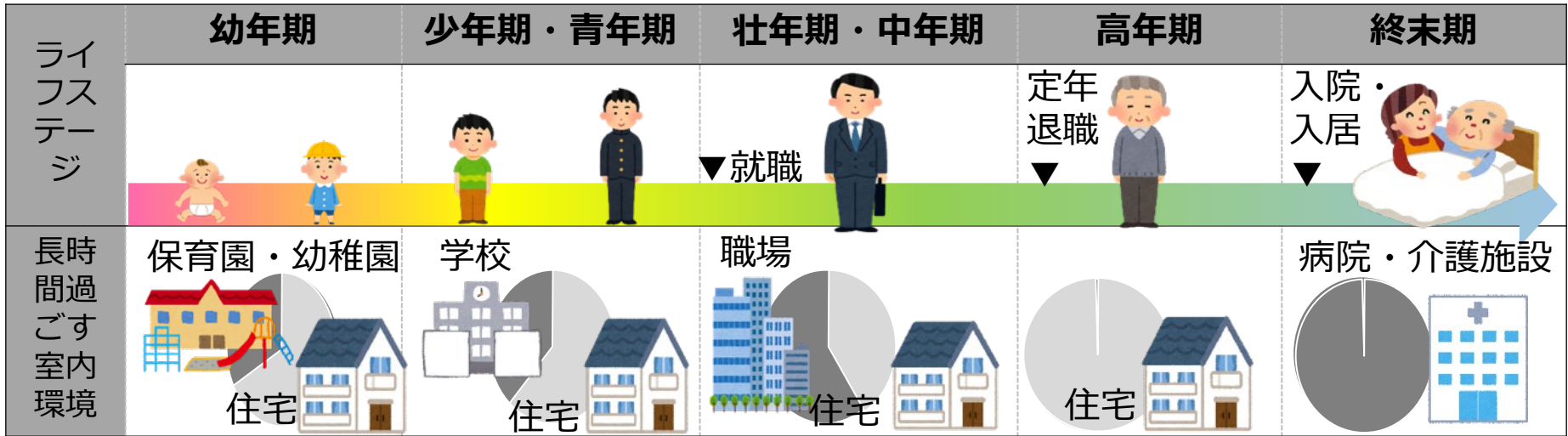
説明変数 (ベースライン調査時点)	全体 (n=349)		40代以上 (n=313)	
	オッズ比 (95%信頼区間)	有意確率	オッズ比 (95%信頼区間)	有意確率

### 居間床上1mと床近傍室温の組合せ (夜間平均室温)

床上1m19℃未満 床近傍16℃未満  寒冷群	1	(基準)	—	1	(基準)	—
床上1m19℃未満 床近傍16℃以上  中間群①	0.96	(0.33 , 2.56)	0.936	1.02	(0.31 , 3.00)	0.979
床上1m19℃以上 床近傍16℃未満  中間群②	0.87	(0.26 , 2.48)	0.799	0.75	(0.19 , 2.42)	0.654
床上1m19℃以上 床近傍16℃以上  温暖群	<b>0.48</b>	<b>(0.22 , 0.99)</b>	<b>0.048</b>	<b>0.39</b>	<b>(0.17 , 0.86)</b>	<b>0.022</b>

※年齢、性別、BMI、平均外気温、運動習慣、歩行習慣、玄関の危険な段差、暗い廊下、平均中高強度活動量、加速度計装着時間で調整

# 多世代の健康を守る住まい



文部科学省 科研費基盤研究(S) 住環境が脳・循環器・呼吸器・運動器に及ぼす影響実測と疾病・介護予防便益評価 (研究代表者：伊香賀俊治) 2017-2021年度

伊香賀研・科研費紹介サイト <https://ikaga-healthy-life.jp/ja/>



# 子供の疾病予防から見た室温

## ◆住まいと健康に関するガイドライン<sup>文1</sup>



- ▶ 健康維持のため、冬季室温として**18°C以上**を強く勧告  
⇒ **子供・高齢者**にはより高い室温の可能性
- ▶ 新築・改修時、断熱材の使用を勧告

## ◆子供の体の特徴

大人と比較して



- ▶ 体重1kgあたりの呼吸量が多い<sup>文2</sup>  
体内に入る化学物質量 = 大人の2倍
- ▶ **熱ストレス**に弱い<sup>文3,4</sup>
- ▶ **ウイルス**が容易に広がる<sup>文5</sup>

## ◆子供の頃の疾病が成人後の健康状態に影響を及ぼす<sup>文6</sup>



## ◆健康状態がQOLに影響を及ぼす<sup>文7</sup>

文1 WHO HOUSING AND HEALTH GUIDELINES, 2018. 文2 東京都福祉保健局, 化学物質の子どもガイドライン-室内空気編-. 文3 深沢太香子ら, サーマルマネキンを用いた乳幼児と成人体表表面からの放射および自然対流熱伝達率の測定, 第33回人間生活環境系シンポジウム, pp.189-192, 2009. 文4 環境省, 小児の環境保健に関する懇談会報告書, 2006. 文5 西村 龍夫, 総説①子どもの風邪, 病児保育研究, vol.9, pp.3-9, 2018. 文6 木村光明, 乳幼児期の環境アレルゲン対策とアレルギーマーチ, 日本小児アレルギー学会誌, 第17巻, 1号, 2003. 文7 弓気田美香, 日本における小児アレルギー性疾患をもつ子どものQOLや精神健康状態に関する文献検討, 東京有明医療大学雑誌, 第13巻, 2021.



# 子供の疾病予防から見た室温調査概要

## ◆調査概要

	調査①	調査②	調査③(転居直後)
対象地	関東~九州	関東~九州	東北~九州
時期 (うち2週間)	2017-2019年度 (12~3月)	2017,2018年度 (12~3月)	2016,2017年度 (11~3月)
分析対象	Step1-1/60世帯	Step1-1/ 102世帯 <sup>注1</sup> Step1-2/ 283世帯	Step1-1/156世帯
断熱性能	等級1~7	等級4~6	等級6,7

⇒調査を統合し分析

## ◆調査方法・実測項目(各実測調査で共通)<sup>注2</sup>

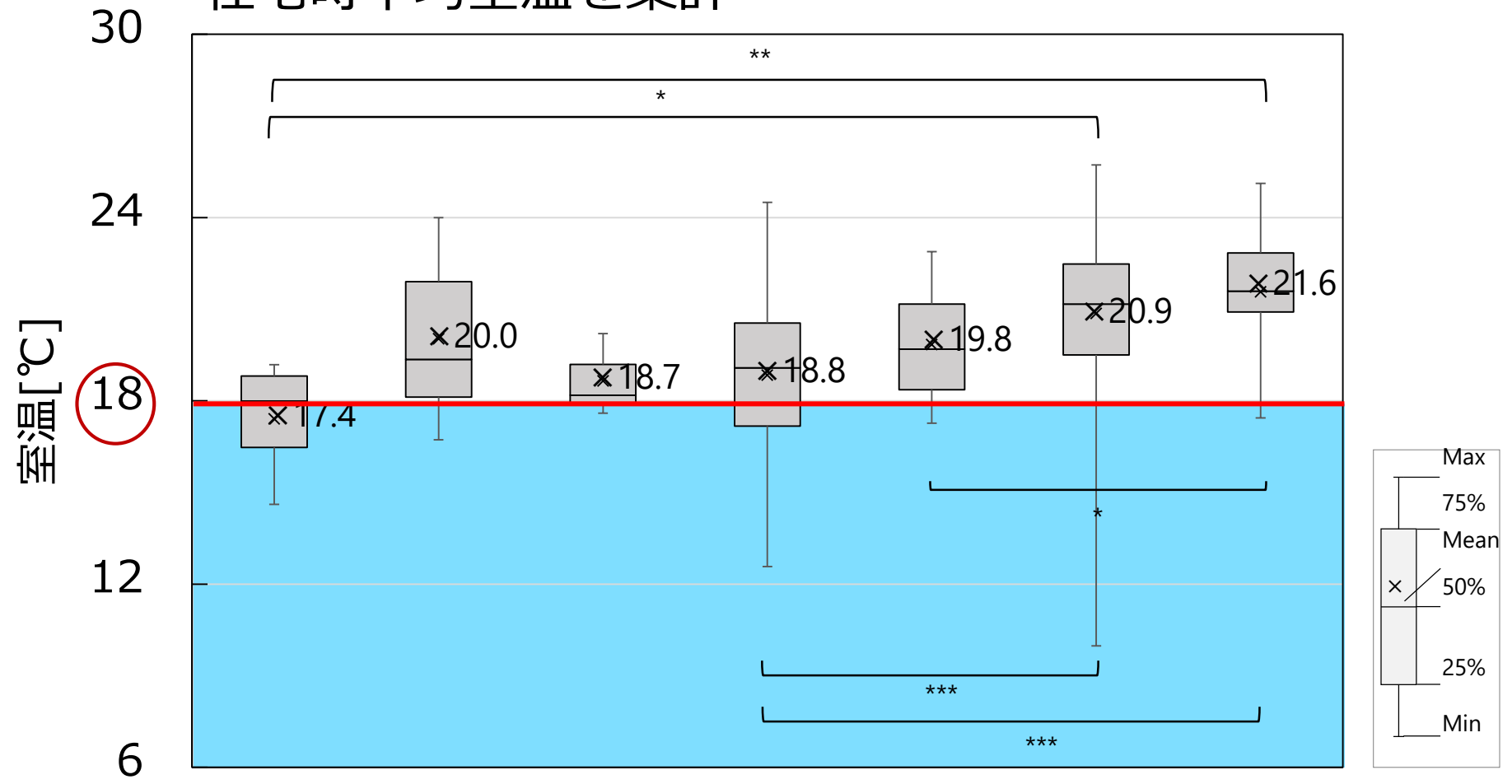
調査方法	温湿度実測・自記式質問紙・測定日誌 <sup>注3</sup>
測定項目	居間、寝室、脱衣所(温度のみ) <sup>注4</sup> (床上1m・床近傍、10分間隔で2週間連続測定)



<sup>注1</sup> 断熱性能の影響を検討するために、主暖房方式を対流式暖房に限定した。<sup>注2</sup> 慶應義塾大学理工学部・理工学研究科の生命倫理委員会の承認を得たプロトコルで実施(承認番号29-79,30-96,31-56)<sup>注3</sup> 就寝/起床時刻、外出/帰宅時刻等在宅時室温の算出に使用した。<sup>注4</sup> 非居室の代表点として測定。

# 断熱等級と冬季の居間の床上1m室温

在宅時平均室温を集計注1

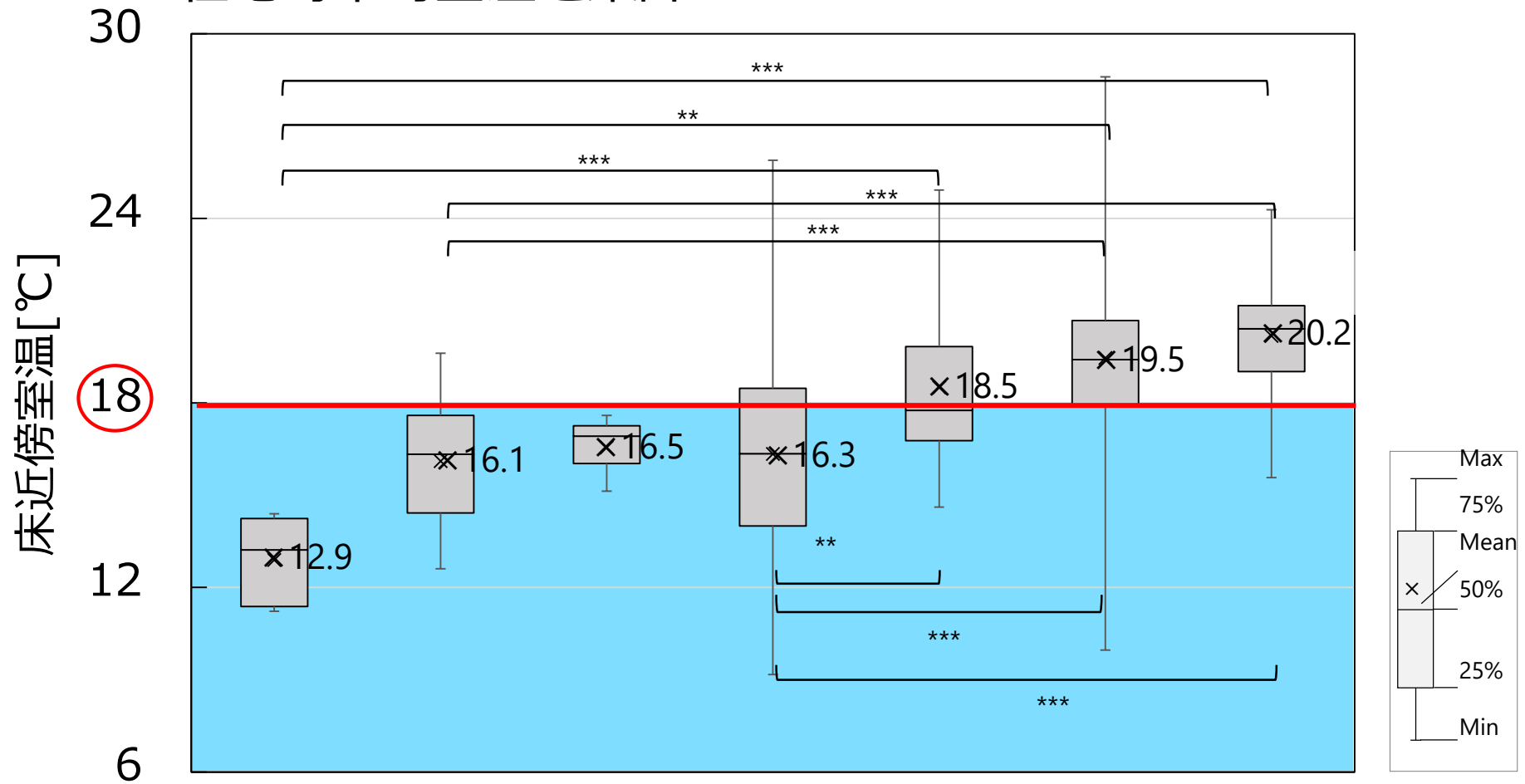


	等級1	等級2	等級3	等級4	等級5	等級6	等級7
基準U <sub>A</sub> 値注2	-	1.67	1.54	0.87	0.60	0.46	0.26
軒数	5	14	3	83	23	144	46

注1 暖房方式は対流式暖房。注2 省エネ地域区分ごとに異なる。代表して省エネ6地域の基準U<sub>A</sub>値[W/m<sup>2</sup>K]を記載 一元配置分散分析 \*\*\*p<0.001 \*\*p<0.010

# 断熱等級と冬季の居間の床近傍室温

在宅時平均室温を集計<sup>注1</sup>

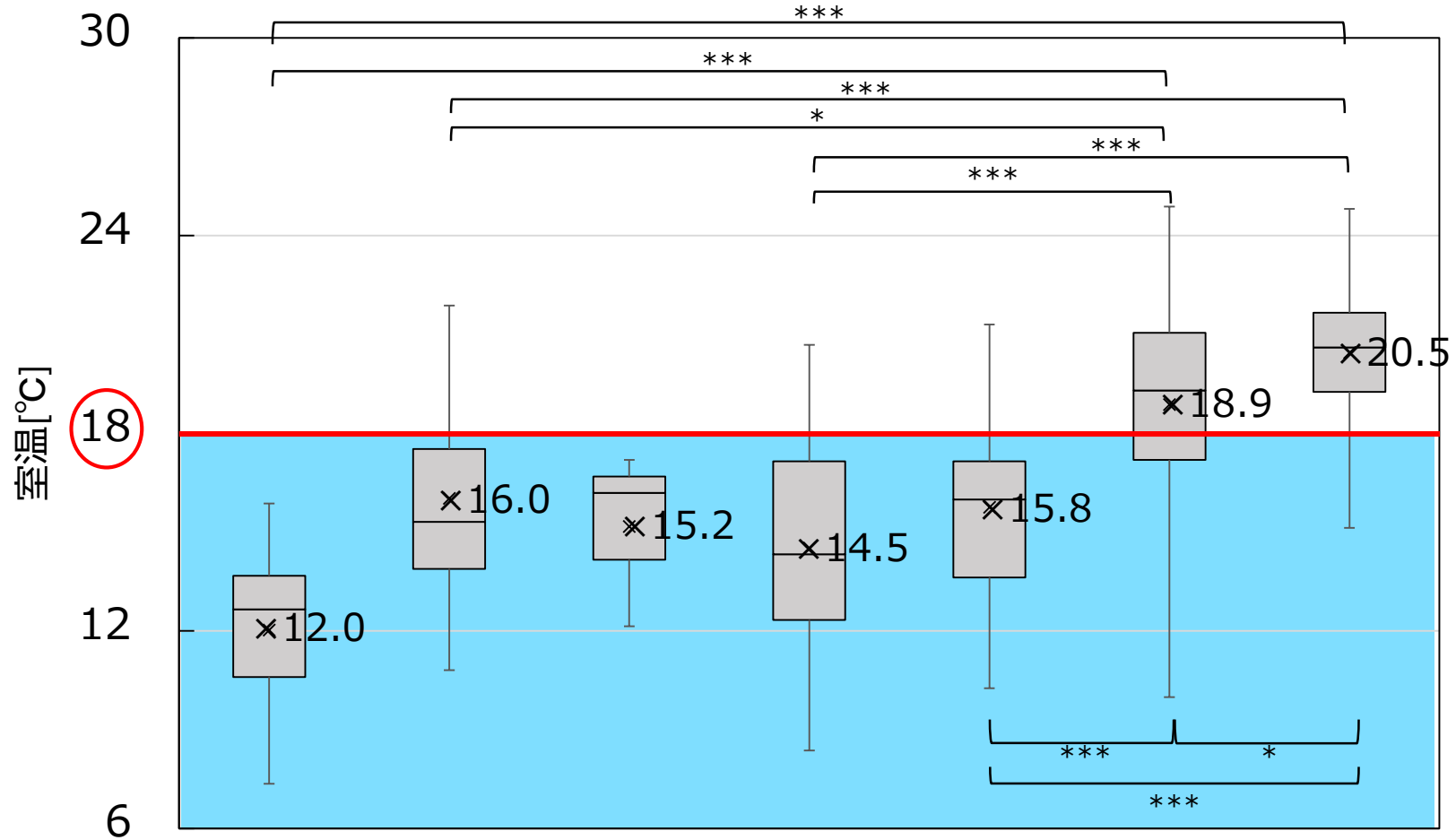


	等級1	等級2	等級3	等級4	等級5	等級6	等級7
基準 $U_A$ 値 <sup>注2</sup>	-	1.67	1.54	0.87	0.60	0.46	0.26
軒数	5	14	3	83	23	144	46

注1 暖房方式は対流式暖房. 注2 省エネ地域区分ごとに異なる. 代表して省エネ6地域の基準 $U_A$ 値[W/m<sup>2</sup>K]を記載 一元配置分散分析 \*\*\* $p < 0.001$  \*\* $p < 0.010$

# 断熱等級と冬季の脱衣所の床上1m室温

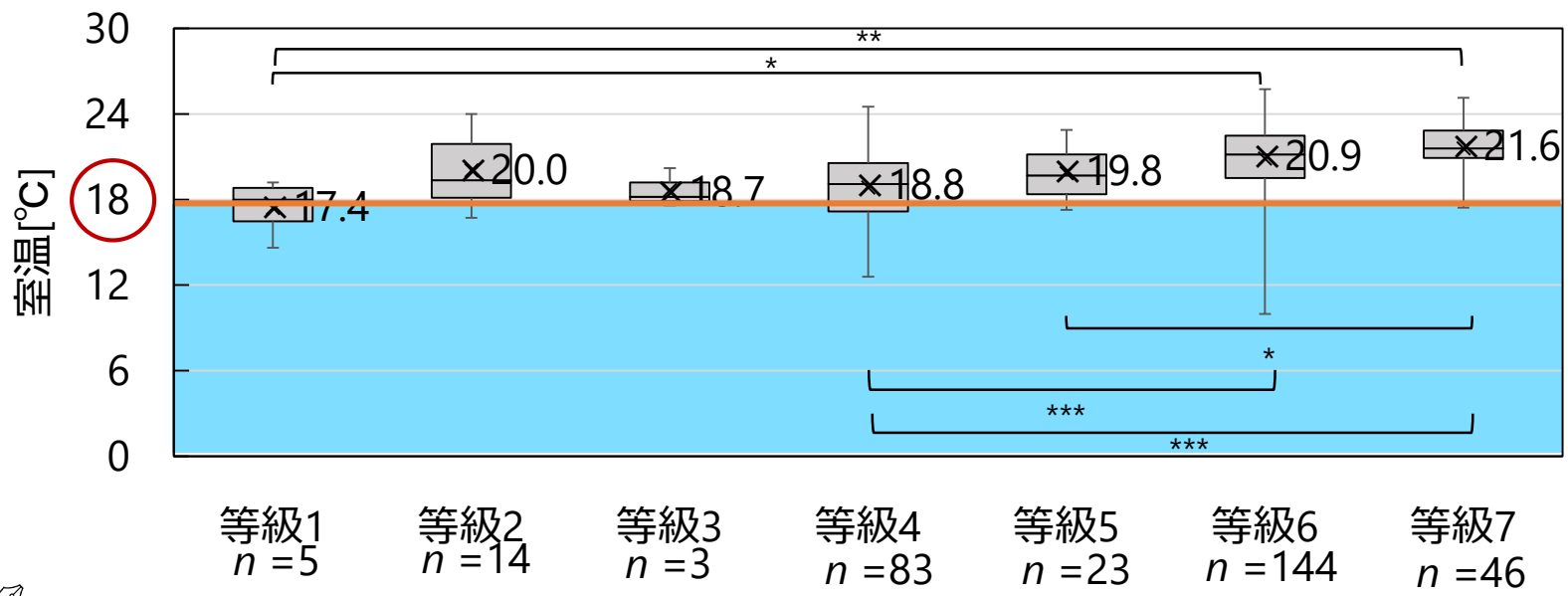
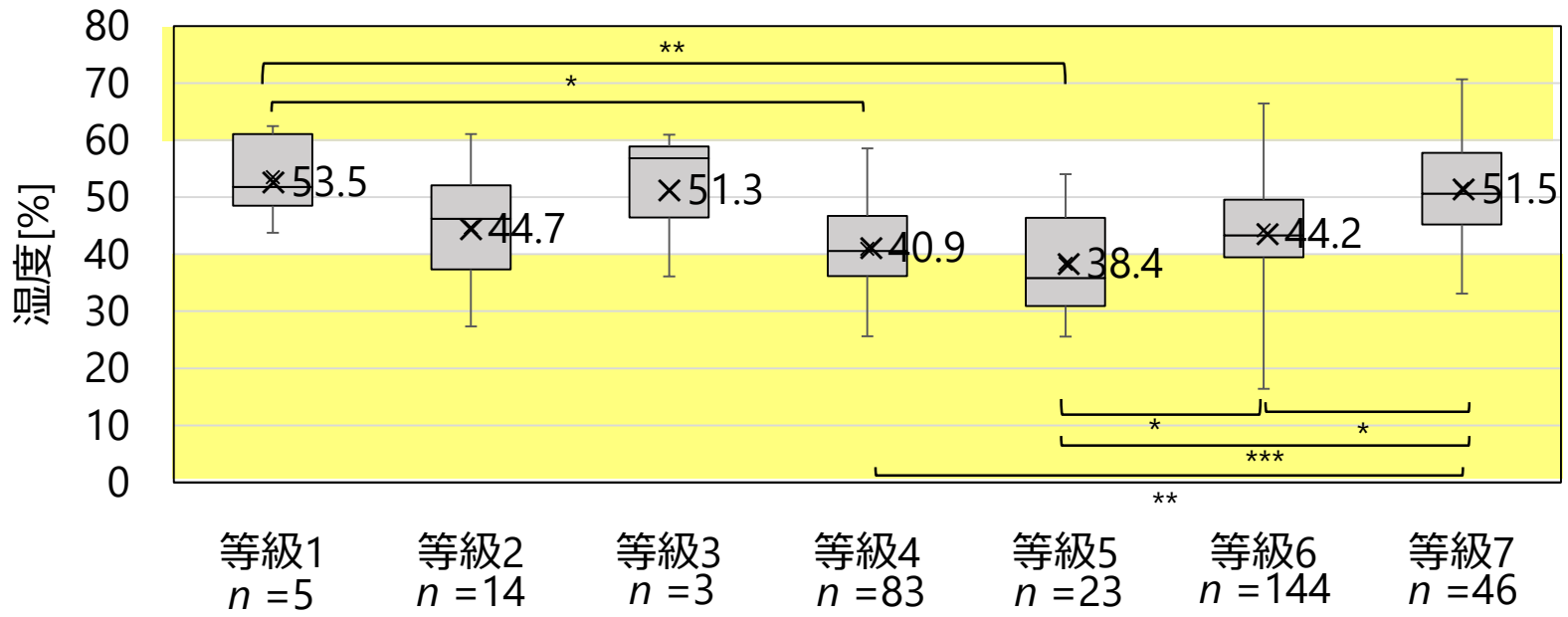
在宅時平均室温を集計注1



	等級1	等級2	等級3	等級4	等級5	等級6	等級7
基準U <sub>A</sub> 値注2	-	1.67	1.54	0.87	0.60	0.46	0.26
軒数	5	14	3	83	23	144	46

注1 暖房方式は対流式暖房. 注2 省エネ地域区分ごとに異なる. 代表して省エネ6地域の基準U<sub>A</sub>値[W/m<sup>2</sup>K]を記載 一元配置分散分析 \*\*\*p<0.001 \*\*p<0.010

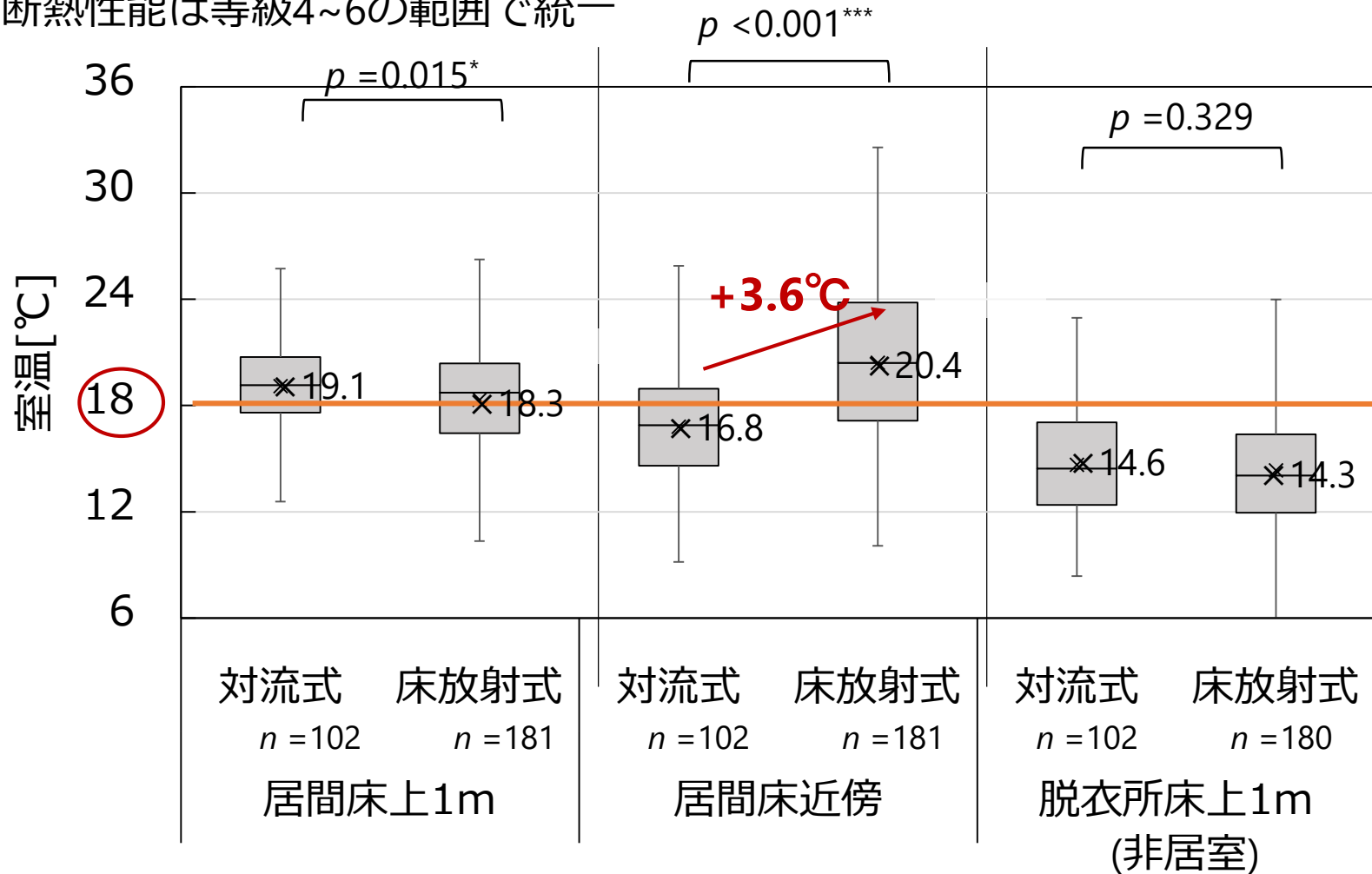
# 断熱等級と冬季の居間の床上1m温湿度



# 暖房方式と冬季の住宅内各所室温

調査②より、主暖房方式ごとに在宅時平均室温を集計

→断熱性能は等級4~6の範囲で統一



独立したサンプルのt検定 \*\*\* $p < 0.001$  \* $p < 0.050$

# 調査概要

## ◆ 自記式質問紙調査概要

子供：小学生以下

調査A	調査⑤ (調査対象:20~40代の母親)		
対象地	関東~九州	分析対象(子供)	4,417名(3,000世帯)
時期	2021年度9月, 2022年度11月	方法	自記式質問紙 (母が回答)
住宅性能	低断熱~高断熱 (正確な断熱等性能等級は把握不可)		

## ◆ 実測調査概要

調査B	調査① <sup>注1</sup>	調査②	調査③(転居直後)	調査④
対象地	関東~九州	関東~九州	東北~九州	全国(沖縄県除く)
時期	2019年度 (1~3月)	2015,2017,2018年度 (12~3月)	2016,2017年度 (11~3月)	2014-2018年度 (11~3月)
分析対象(女性)	54名	154名	177名	458名
住宅性能	等級2~7	等級4~6	等級6,7	等級4未満

調査C	調査① <sup>注2</sup>	調査②	調査③(転居前)	調査④
対象地	関東~九州	関東~九州	東北~九州	全国(沖縄県除く)
時期	2017-2019年度 (12~3月)	2015,2017,2018年度 (12~3月)	2015,2016年度 (12~3月)	2014-2018年度 (11~3月)
分析対象(子供)	71名 (45世帯)	201名 (125世帯)	278名 (178世帯)	491名 (298世帯)
住宅性能	等級2~7	等級4~6	-(概ね低断熱)	等級4未満

注1 調査①のサンプルの中で、住み替え前後で重複してデータがあるサンプルについては住み替え後を採用。

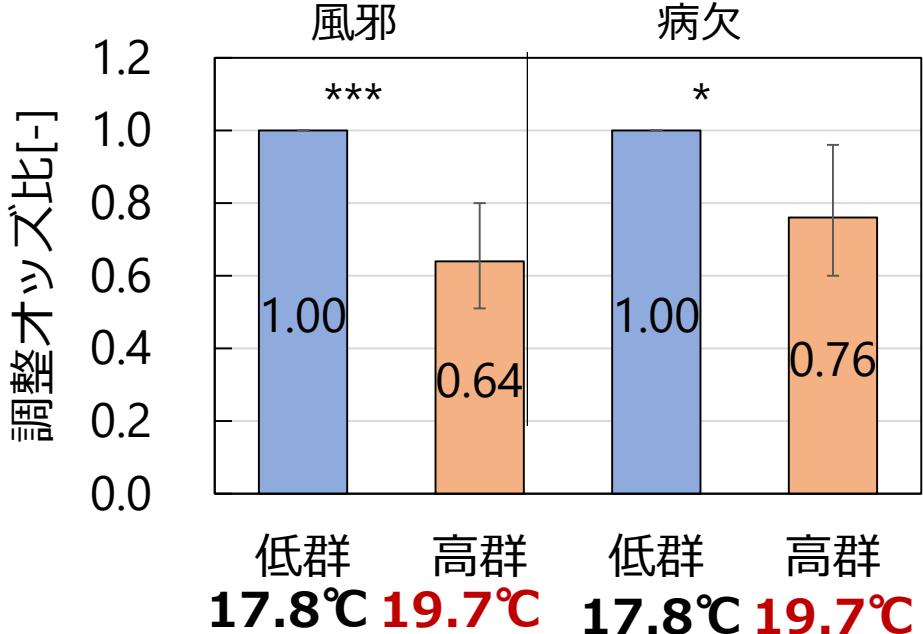
注2 調査①のサンプルの中で、住み替え前後で重複してデータがあるサンプルについては住み替え前を採用(子供の疾病への影響を確認するため)。



# 住宅の暖かさ得点と疾病に関する多重ロジスティック回帰分析

分析対象:小学生 (集団生活の条件を揃えるため)

調査A



- ・ 風邪をひいたオッズが有意に**0.6倍**
- ・ 病欠があったオッズが有意に**0.8倍**

目的変数：冬季の風邪 [0] なし [1] あり

説明変数	調整オッズ比(95%CI)	有意確率
住宅の暖かさ   得点高群(ref.得点低群)	<b>0.64</b> (0.51-0.80)	<0.001***

n = 1,452 Hosmer-Lemeshow検定p = 0.461 正判別率=59.2% \*\*\*p<0.001

目的変数：冬季の病欠 [0] なし [1] あり

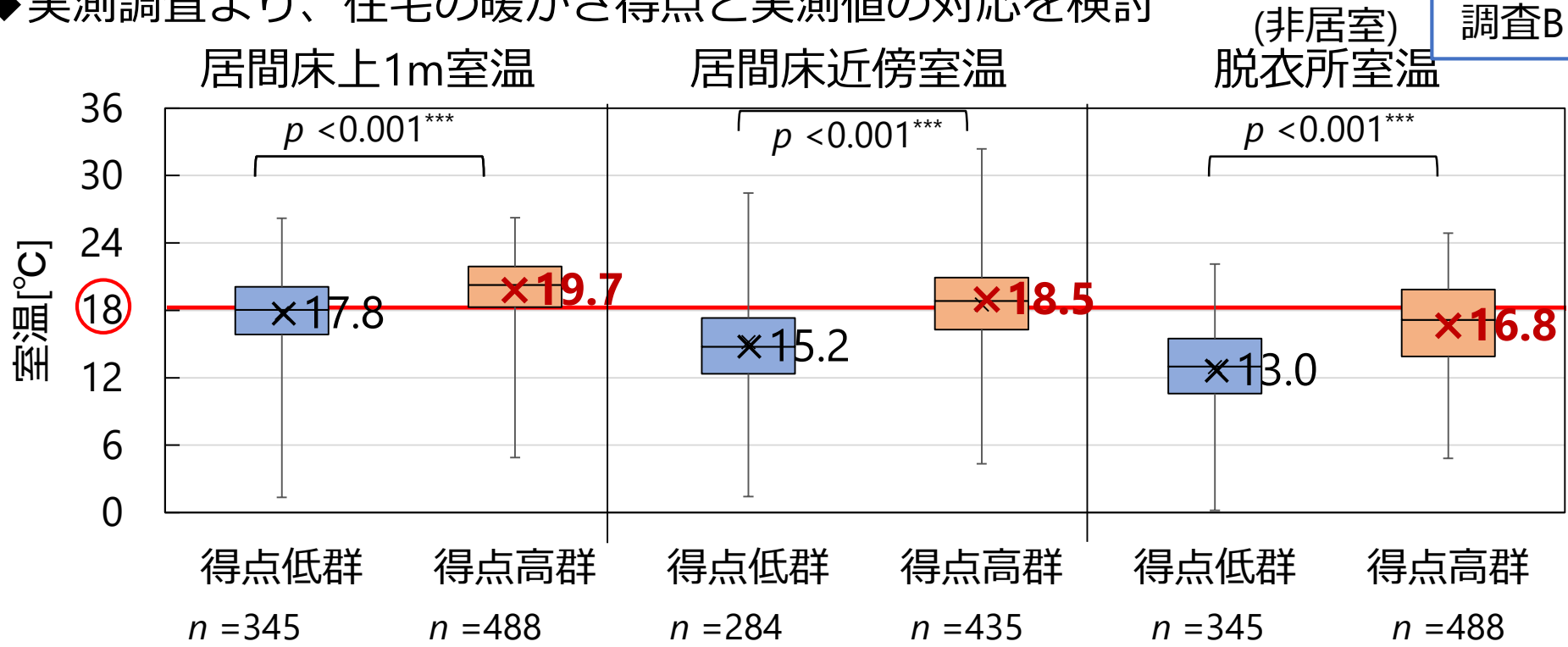
説明変数	調整オッズ比(95%CI)	有意確率
住宅の暖かさ   得点高群(ref.得点低群)	<b>0.76</b> (0.60-0.96)	0.022*

n = 1,452 Hosmer-Lemeshow検定p = 0.901 正判別率=71.2% \*p<0.050



# 住宅の暖かさ得点と実測値の対応

◆実測調査より、住宅の暖かさ得点と実測値の対応を検討



	得点高群の平均室温	相当する断熱等性能等級 <sup>注</sup>
居間床上1m室温	19.7°C	等級5相当以上
居間床近傍室温	18.5°C	等級5相当以上
脱衣所(非居室)室温	16.8°C	等級6相当以上

暖かさ得点高群の環境が断熱等性能等級6以上に値する可能性

注: スライド6の実測値を参照. 独立したサンプルのt検定 \*\*\*p<0.001

# 居間湿度と疾病に関する多重ロジスティック回帰分析

調査C

実測調査より、子供の疾病と湿度の関連を検討

実測調査参加者の子供  
n = 1,041 (646世帯)

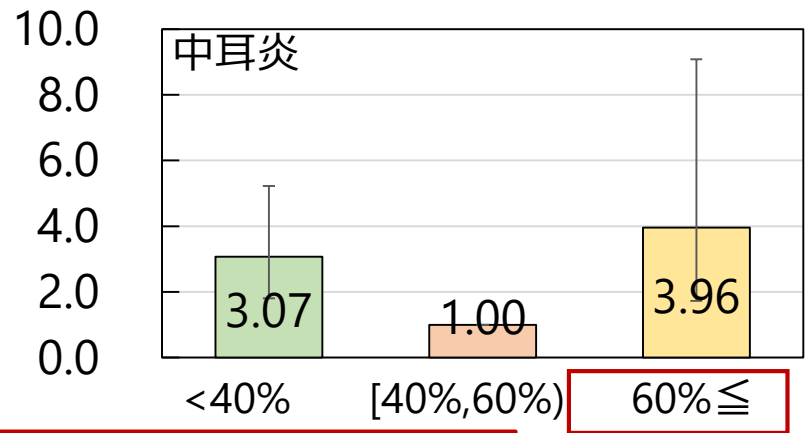
**居間床上1m室温19.7°C以上**  
(暖かさ得点高群の室温平均値)

分析対象の子供  
n = 414 (285世帯)

目的変数：中耳炎 [0] なし [1] あり

説明変数		調整オッズ比(95%CI)	有意確率
居間湿度 (ref.40%以上60%未満 <sup>文</sup> )	40%未満	<b>3.07</b> (1.81-5.22)	<0.001 <sup>***</sup>
	60%以上	<b>3.96</b> (1.73-9.08)	0.001 <sup>**</sup>

n = 433, Hosmer-Lemeshow検定 p = 0.792, 正判別率75.3% \*\*\*p<0.001 \*\*p<0.010



居間湿度40%以上60%未満群と比べ  
**低湿度(40%未満)群は**  
 中耳炎であるオッズが有意に**3.1倍**  
**高湿度(60%以上)群は**  
 中耳炎であるオッズが有意に**4.0倍**  
 乾燥・多湿によるカビが  
 子供の疾病に影響を及ぼす可能性

開放式暖房使用割合63%  
カビの有訴割合50%

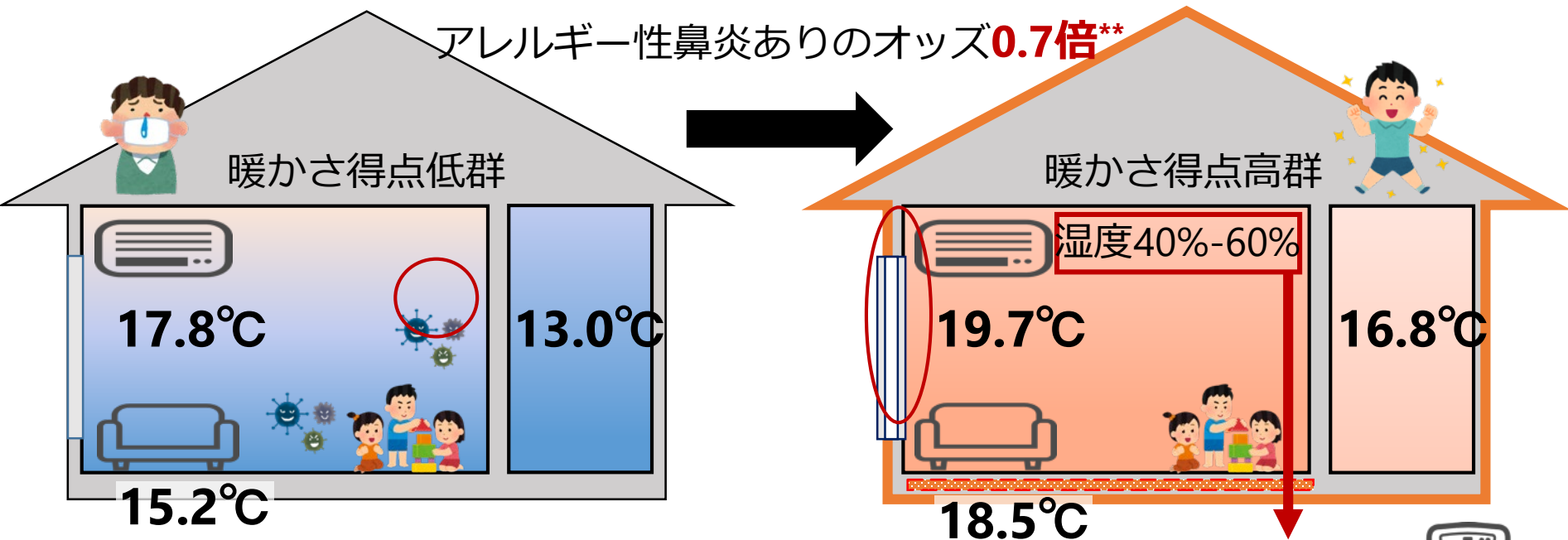
文 A V Arundel et al., Indirect health effects of relative humidity in indoor environments., Environmental Health Perspectives, Vol.65, pp.351-361, 1986.

# 子供の疾病予防を考慮した冬季住宅温熱環境の提案

2

風邪ありのオッズ**0.6倍\*\*\***

アレルギー性鼻炎ありのオッズ**0.7倍\*\***



40%未満だと中耳炎ありのオッズが**3.1倍\*\*\***

60%以上だと中耳炎ありのオッズが**4.0倍\*\***



開放式暖房

① 寒さを感じない環境の実現

⇒床放射式暖房により足元を温暖に保つ

⇒断熱等性能等級6以上の環境に相当

② 温暖な住宅において湿度40%以上60%未満を保つ必要性

カビの発生を防止する必要性

⇒二重以上のサッシの窓、複層ガラスの窓の導入で結露・カビ防止

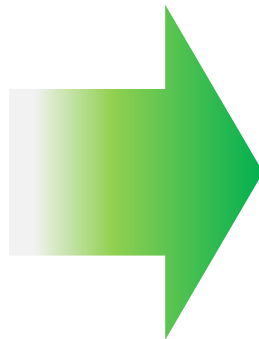


# 小学校エコ改修によるカーボンニュートラル化

改修前



改修後



古紙再生断熱材



木製気密サッシ+複層ガラス



階段室の防寒間仕切り



復活した小屋裏換気口



自然採光用光ダクト



木造校舎耐震改修



ペレットストーブ



太陽光発電・風力発電 エコデッキと太陽熱パネル



発電量・消費量表示

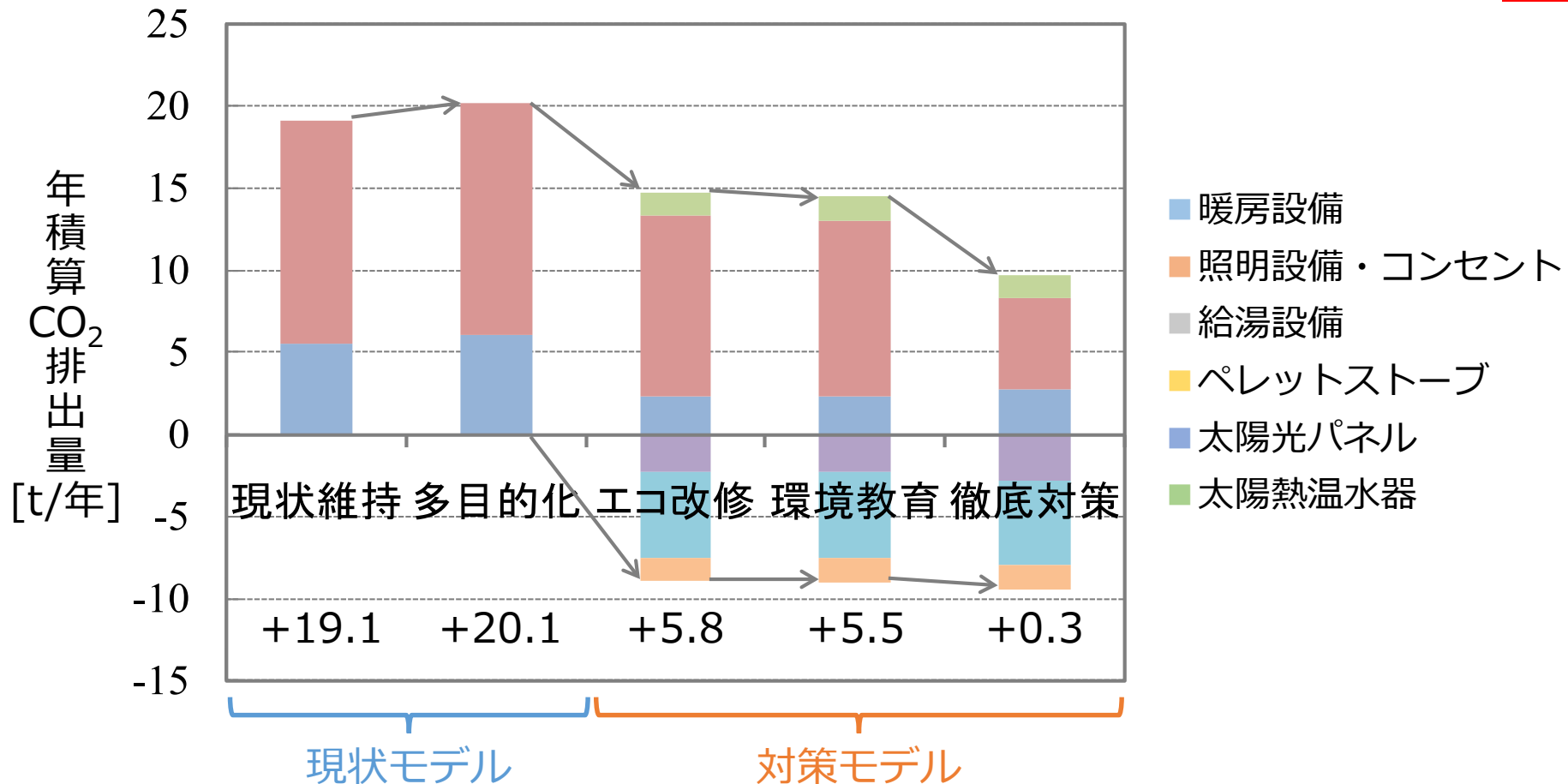


環境省「学校エコ改修と環境教育推進事業」採択、愛媛県内最古の築77年の木造小学校の耐震・エコ改修（2010年2月末改修完了）

床面積2740㎡

資料提供：伊予市立翠小学校エコ改修事務局+上野 貴建築研究所

# 小学校エコ改修によるカーボンニュートラル化

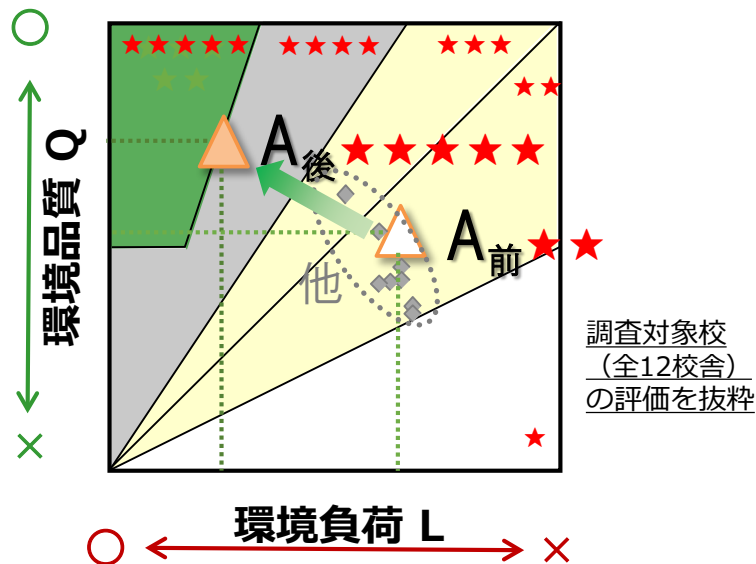


対策前後における年積算CO<sub>2</sub>排出量の解析値の比較  
 2008年の休日及び長期休暇を除く在校時間 (8:00~15:00)

➡ 徹底対策により、運用段階において概ねゼロカーボンの達成が可能

# 小学校エコ改修によるウェルネスの副次効果

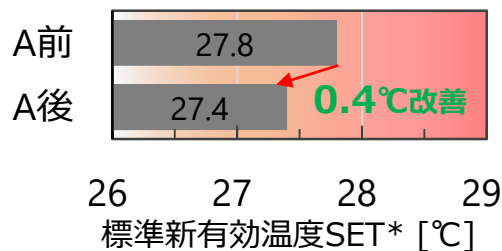
## CASBEE-学校による総合環境評価



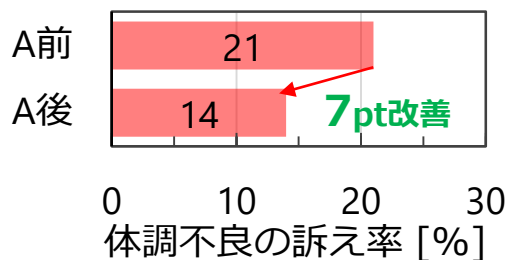
文部科学省：学校施設における総合的な環境性能評価手法 - CASBEE学校評価マニュアル〔2010〕 - , 2010.9

Built Environment Efficiency (環境性能効率) = Q (環境品質) / L (環境負荷)

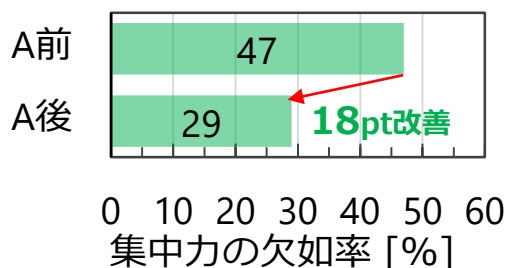
## 温熱環境の改善 夏季



## 体調不良の改善

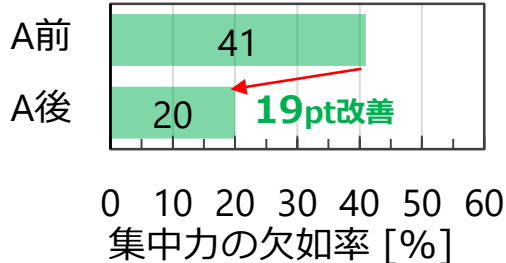
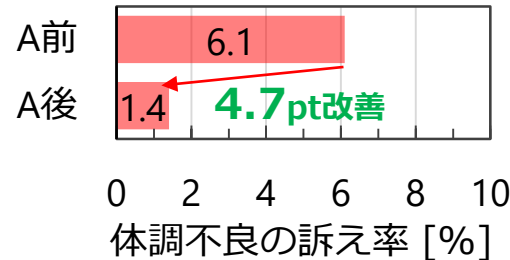
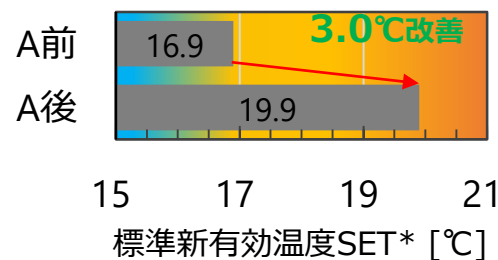


## 授業への集中力の改善



標準新有効温度SET\*は、相対湿度50%、椅子に座った状態、着衣量0.6clo (夏) /1.0clo (冬)、風速0m/sの環境と等価な快適性が得られる温度

## 冬季



# 女性の疾病予防から見た室温の検討

対象地域	関東~九州
調査時期	2021年9月
対象者	20代~40代女性 3,119名

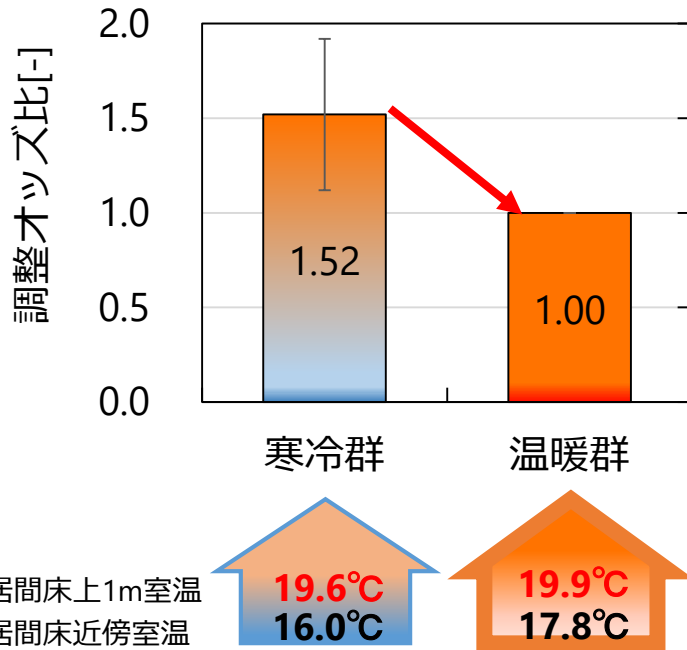
## ◆ 自記式質問紙項目（本分析で用いた項目を赤字に示す）

健康関連QOL	SF-8 <sup>注1</sup>
睡眠・生活習慣	PSQI <sup>注2</sup> 、塩分チェックシート、 <b>飲酒習慣</b> 、 <b>喫煙習慣</b>
身体活動	<b>運動習慣</b> 、地域環境
症状・持病	アレルギー性鼻炎標準QOL、疾病・ <b>自覚症状</b>
住まい	築年数、 <b>窓の断熱</b> 、 <b>補助制度利用</b> 、CASBEEすまいの健康チェックリスト <sup>注3</sup> 、結露・カビ発生状況
住まい方	<b>暖房設置使用状況</b> 、入浴習慣、着衣量、在宅部屋、 <b>在宅時間</b>
個人属性	<b>年齢</b> 、 <b>身長</b> 、 <b>体重</b> 、居住年数、居住地域、 <b>学歴</b> 、雇用、世帯年収
同居家族 (小学生以下)	年齢、性別、アレルギー疾患・かぜ発熱、就寝環境、身体活動

注1 主観的健康度の評価尺度、注2 睡眠障害の評価尺度、注3 健康に悪影響が及ばない居住環境を実現するために開発された、住宅を評価するツール

# PMSが少ない

## 月経前症候群 (PMS : Premenstrual Syndrome) 足元の暖かな住まい



温暖群と比べ寒冷群で症状ありのオッズが高い<sup>注3</sup>

居間・足元・非居室の寒さなし群と比べあり群で症状ありのオッズが高い

PMSの原因として、副交感神経の働きの低下の関与が示唆されている<sup>文</sup>  
⇒長時間曝露される居間の寒さ、居室・非居室の温度差が自律神経機能の乱れに影響を及ぼした可能性



目的変数 : PMS [0]症状なし [1]症状あり

\*\*\* $p < 0.001$  \*\* $p < 0.01$  \* $p < 0.05$  +  $p < 0.1$

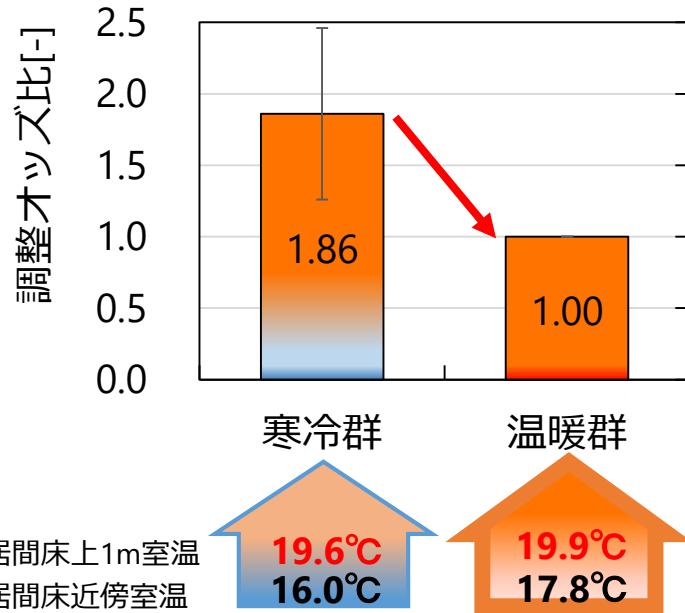
説明変数 <sup>注1</sup>		調整オッズ比(95%CI)			
		Model 0	Model 1	Model 2	Model 3
知覚温冷感 <sup>注2</sup>	[0]温暖群 [1]寒冷群	1.52*** (1.21-1.92)			
居間の寒さ	[0]なし [1]あり	—	1.29* (1.03-1.62)	—	—
居間の足元の冷え	[0]なし [1]あり	—	—	1.44** (1.12-1.86)	—
非居室の寒さ	[0]なし [1]あり	—	—	—	1.45* (1.09-1.92)

Model 0: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.347$ , 正判別率62.0%,  $n = 1,332$  Model 1: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.830$ , 正判別率61.0%,  $n = 1,332$   
Model 2: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.914$ , 正判別率61.8%,  $n = 1,332$  Model 3: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.312$ , 正判別率61.6%,  $n = 1,332$

注1 調整変数 : 年齢、BMI、最終学歴、就労、飲酒習慣、喫煙習慣、運動習慣、塩分チェックシート得点、PSQI得点。注2 調査①の有効サンプル(女性)における知覚温冷感と各室室温平均値の対応は、温暖群 : 居間室温19.9°C、居間床近傍室温17.8°C、脱衣所室温17.1°Cに対し、寒冷群 : 居間室温19.6°C、居間床近傍室温16.0°C、脱衣所室温15.4°Cであった。注3 図中のエラーバーは95%CIを示す。文 福澤素子, 症状・症候に対する漢方治療, 月経困難症・月経前症候群, 診断と治療, 97(8):1616-1619, 2009.



# 月経痛が少ない 足元の暖かな住まい



温暖群と比べ寒冷群で症状ありのオッズが**高い** (傾向)<sup>注3</sup>

居間の足元・非居室の寒さなし群と比べあり群で症状ありのオッズが**高い**

末端の冷えによる血行不良や筋緊張は疼痛を助長<sup>文1-3</sup>

⇒居間の足元の低温環境により、子宮内の血行の悪化と筋緊張が生じ、月経痛に影響を及ぼした可能性



目的変数：月経痛 [0]症状なし [1]症状あり \*\*\* $p < 0.001$  \*\* $p < 0.01$  \* $p < 0.05$  + $p < 0.1$

説明変数 <sup>注1</sup>	調整オッズ比(95%CI)			
	Model 0	Model 1	Model 2	Model 3
知覚温冷感 <sup>注2</sup>				
居間の寒さ				
居間の足元の冷え				
非居室の寒さ				

Model 0: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.090$ , 正判別率74.8%,  $n = 1,332$  Model 1: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.181$ , 正判別率74.8%.  
Model 2: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.814$ , 正判別率74.5%,  $n = 1,332$  Model 3: Hosmer-Lemeshow test  $p = 0.246$ , 正判別率74.5%.  $n = 1,332$

注1 調整変数：年齢、BMI、最終学歴、就労、飲酒習慣、喫煙習慣、運動習慣、塩分チェックシート得点、PSQI得点。注2 調査①の有効サンプル(女性)における知覚温冷感と各室室温平均値の対応は、温暖群：居間室温19.9°C、居間床近傍室温17.8°C、脱衣所室温17.1°Cに対し、寒冷群：居間室温19.6°C、居間床近傍室温16.0°C、脱衣所室温15.4°Cであった。注3 図中のエラーバーは95%CIを示す。文1 黒島農汎, 環境生理学(第2報), 理工学社, 1993。文2 赤澤 純代監修, 冷えない体に冷えと血行, 大正製薬ダイレクトホームページ。(https://onl.la/bPj1cB6 20220127閲覧) 文3 佐藤純, 気象変化と痛み, 脊髄外科Vol.29 No.2, 2015。

# 在宅ワークが捗る断熱性の良い住まい



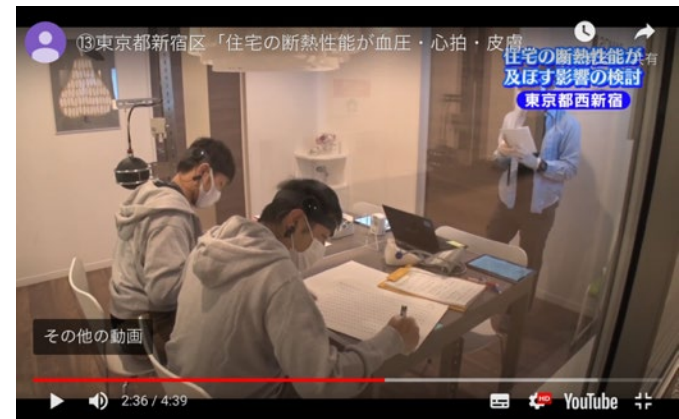
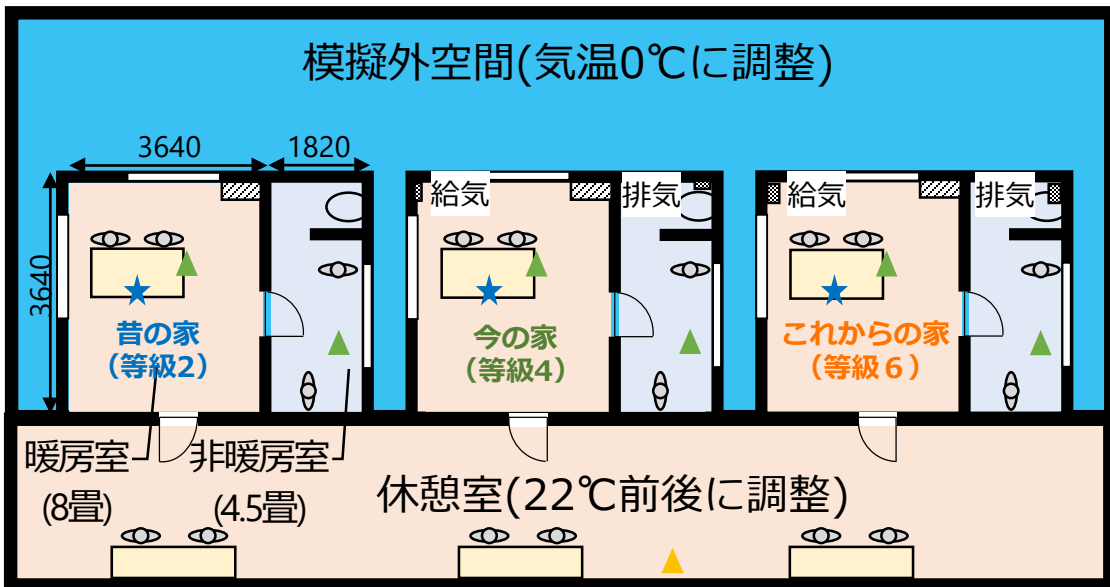
**昔の家：等級2** (S55年基準)  
 UA値= 1.43 W/(m<sup>2</sup>・K)  
 電気代= **2.8万円/冬**



**今の家：等級4** (H28年基準)  
 0.85 W/(m<sup>2</sup>・K)  
**1.3万円/冬**



**これからの家：等級6** (Heat20-G2基準)  
 0.45 W/(m<sup>2</sup>・K)  
**7千円/冬** 脱炭素への貢献

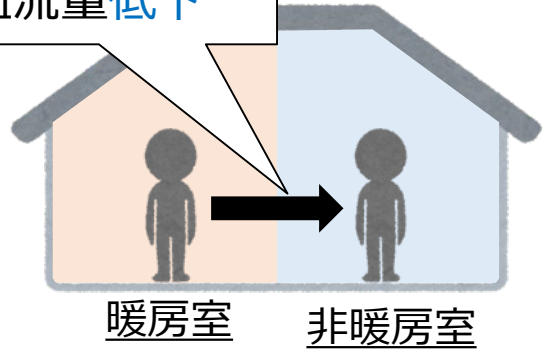


動画：伊香賀研・科研費紹介サイト  
<https://ikaga-healthylife.jp/ja/>  
 40歳代、50歳代、60歳代の男女  
 各2名の合計12名の被験者実験  
 (各住戸2回以上実験)

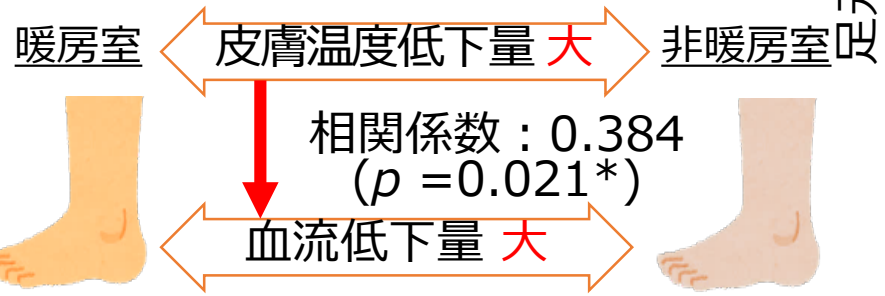
# 足の血行と冷えを改善する断熱性の良い住まい

## 部屋移動による生理学的反応

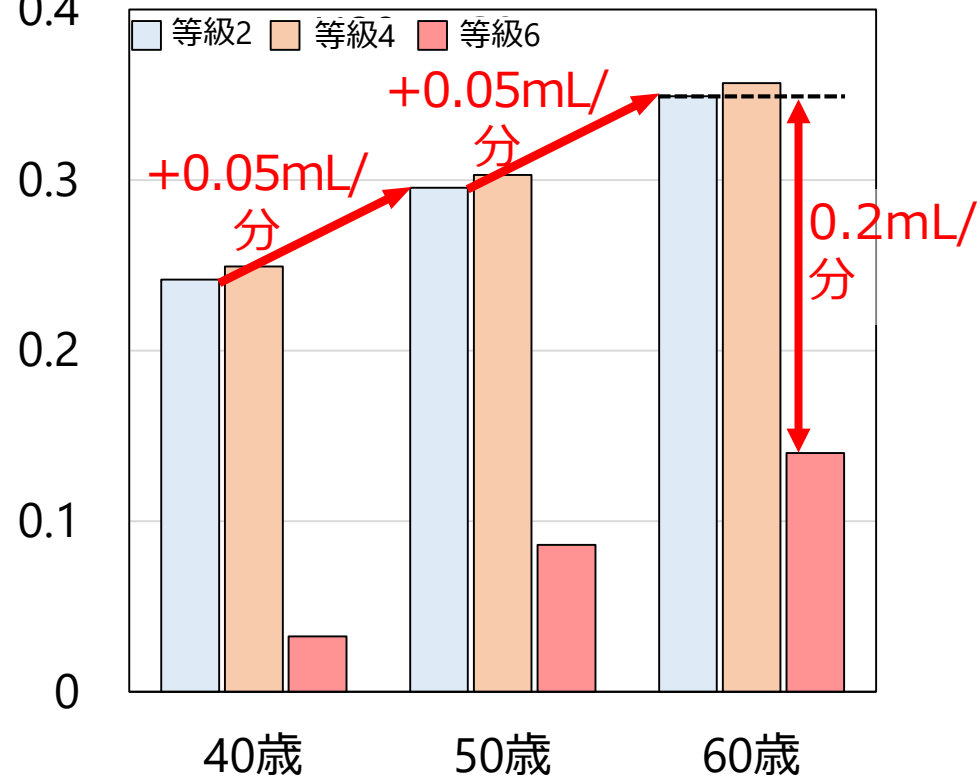
血圧上昇  
 足元皮膚温度低下  
 足元血流量低下



## 血流低下量と足元皮膚温度低下量に関する相関分析※2



## 断熱等級と足元血流低下量の関係※3



断熱等級2に対して等級6では血流低下量が0.2mL/分小さい

※1 足甲 ※2 n = 36 \*\*\*: p < 0.001 \*\*: p < 0.01 \*: p < 0.05 †: p < 0.1  
 ※3 相関分析の結果より算出。血流低下量の平均値が測定値の平均値と一致するように調整

河本紗弥、伊香賀俊治ほか：住宅断熱性能の違いが生理学的反応及び在宅作業成績に及ぼす影響に関する被験者実験、  
 日本建築学会環境系論文集Vol.87, No.798, 2022.8



# 在宅ワークが捗る断熱性の良い住まい

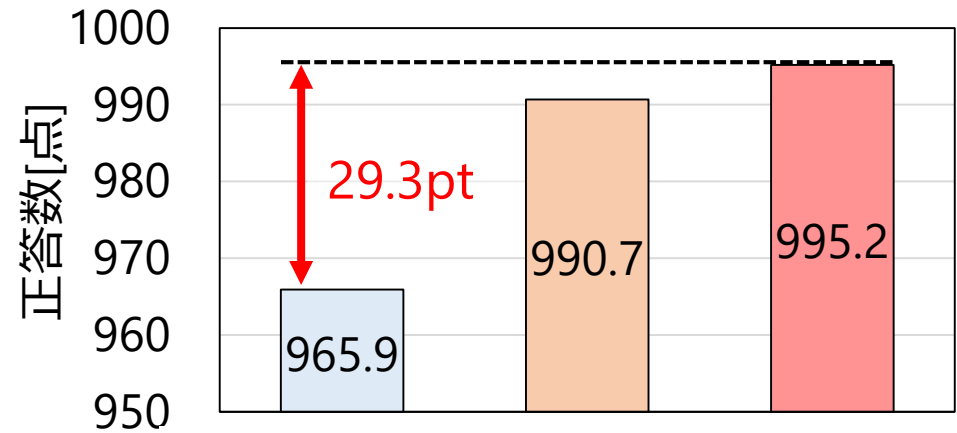


計算作業成績に関する重回帰分析※2

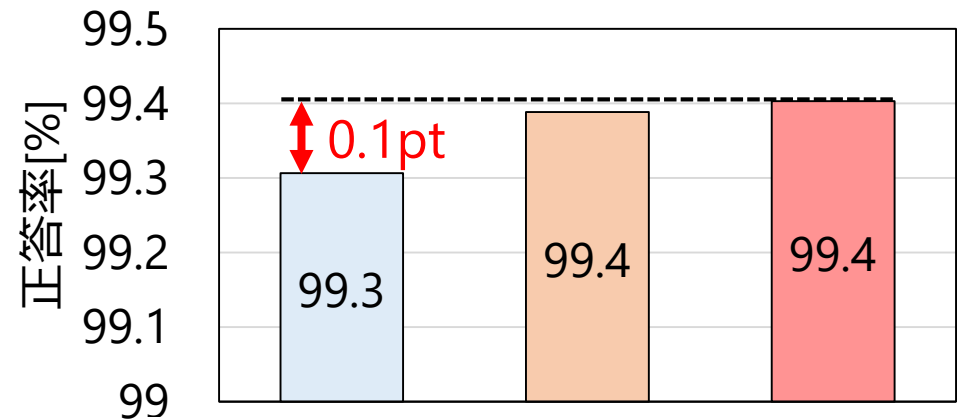
目的変数	正答数[点]		正答率[%]	
	B	p	B	p
定数	-19.519	0.704	-0.514	0.929
上下温度差 [°C]	-9.387	0.058†	-0.031	0.046*

上下温度差が1°C小さいと  
正答数が9.4点、正答率が0.03%高い

断熱等級と計算正答数・正答立※3



断熱等級 2 等級 4 等級 6



断熱等級 2 等級 4 等級 6

※1 ターム1の結果 ※2 個人平均正答数(正答率)、実験経験日数を調整 ( $n=36$ )、 $R^2$ 値=正答数: 0.926、正答率: 0.898、強制投入法

\*\*\*:  $p < 0.001$  \*\*:  $p < 0.01$  \*:  $p < 0.05$  †:  $p < 0.1$

※3 重回帰分析の結果より算出。個人平均正答数(正答率)、実験経験日数、上下温度差は平均値を投入

河本紗弥、伊香賀俊治ほか：住宅断熱性能の違いが生理学的反応及び在宅作業成績に及ぼす影響に関する被験者実験、日本建築学会環境系論文集Vol.87, No.798, 2022.8

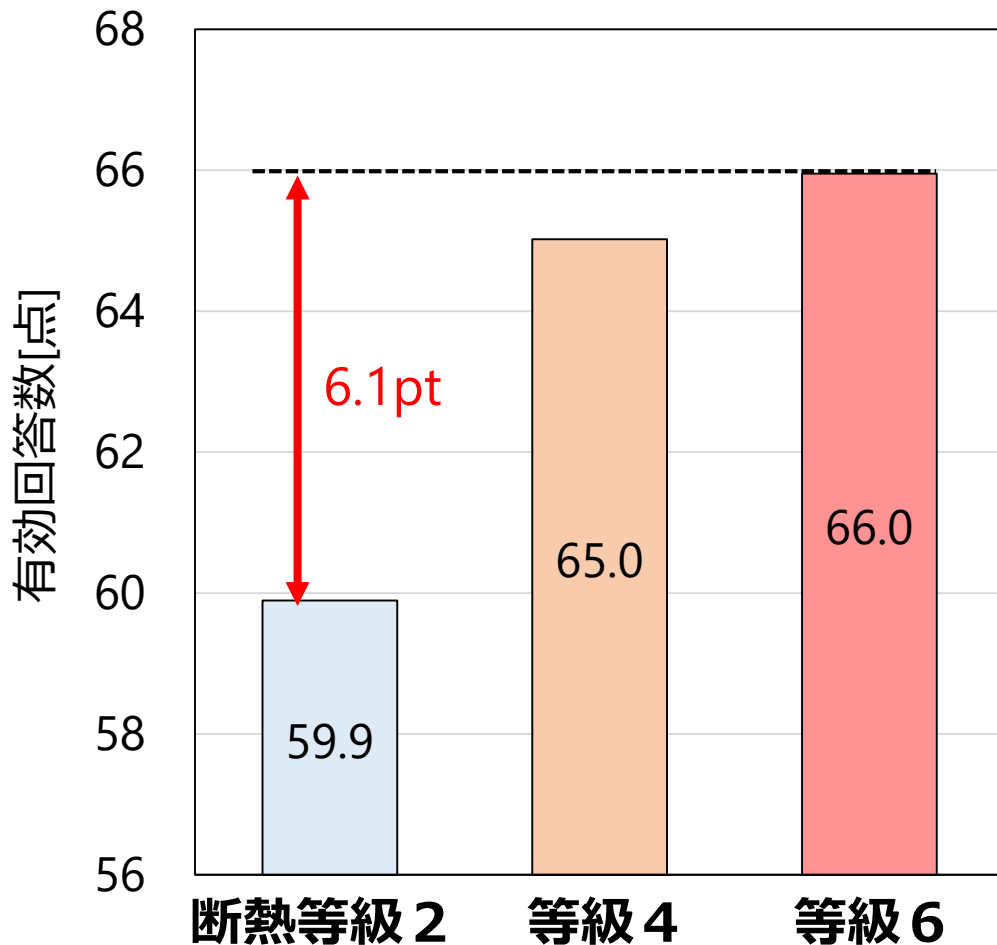
# 在宅ワークが捗る断熱性の良い住まい

4

## 温熱環境による作業成績



## 断熱等級とマインドマップ有効回答数※3



## マインドマップ成績の重回帰分析※2

目的変数	有効回答数[点]	
説明変数	B	p
定数	9.936	0.333
上下温度差[°C]	-1.935	0.014*

上下温度差が1°C小さいと  
有効回答数が1.9点高い

※1 ターム1の結果 ※2 個人平均回答数、実験経験日数を調整 ( $n=36$ )、 $R^2=0.898$ 、強制投入法 \*: $p < 0.05$

※3 重回帰分析の結果より算出。個人平均正答数(正答率)、実験経験日数、上下温度差は平均値を投入

河本紗弥、伊香賀俊治ほか：住宅断熱性能の違いが生理学的反応及び在宅作業成績に及ぼす影響に関する被験者実験、日本建築学会環境系論文集Vol.87, No.798, 2022.8



# 空調・換気方式の検討

## 断熱等級5の住宅で個別空調と全館空調を比較調査

### 対象地域

・東北～九州（省エネ地域区分5・6地域）

### 調査期間

・冬季：2021年1月20日～2021年2月20日

・夏季：2020年7月20日～2020年8月31日

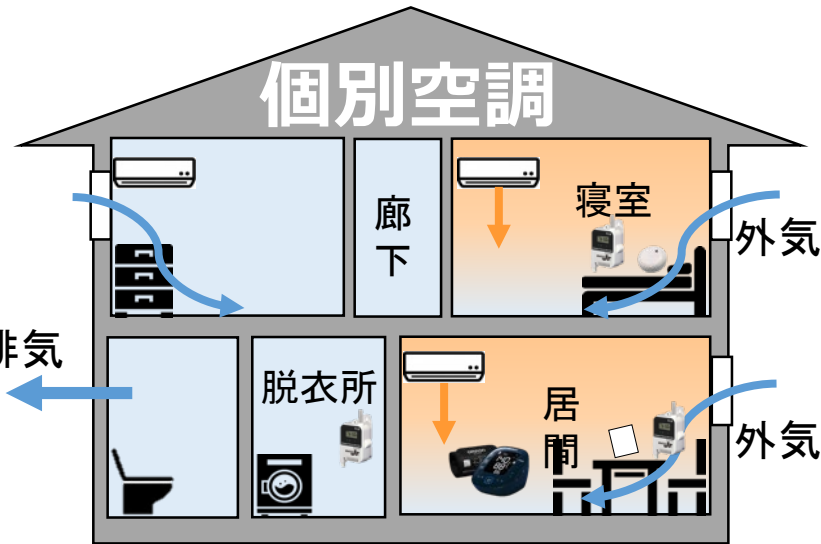
※測定は期間中任意の10日間

### 対象者有効サンプル

・冬季：14世帯27名(全館空調群5世帯9名・個別空調群9世帯18名)

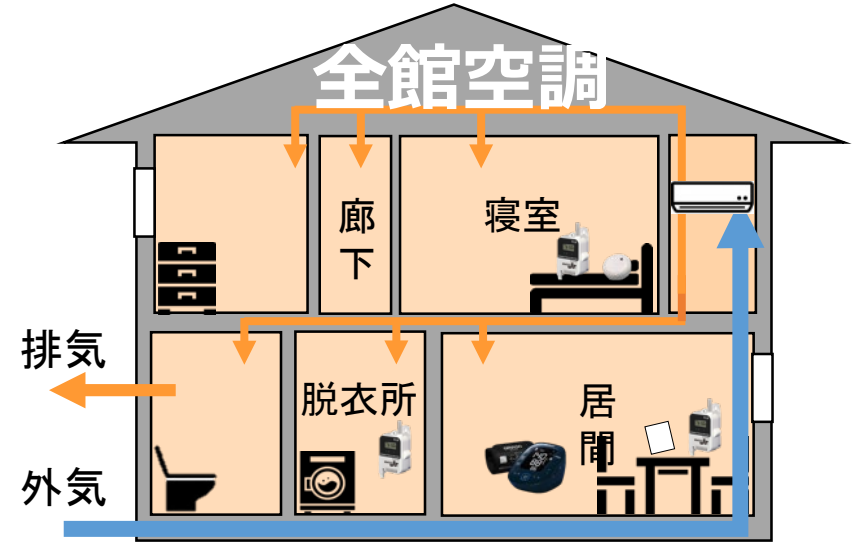
・夏季：12世帯29名(全館空調群5世帯13名・個別空調群7世帯16名)

### 測定内容



断熱等級5 :  $UA=0.6W/m^2 \cdot K$ 以下

VS

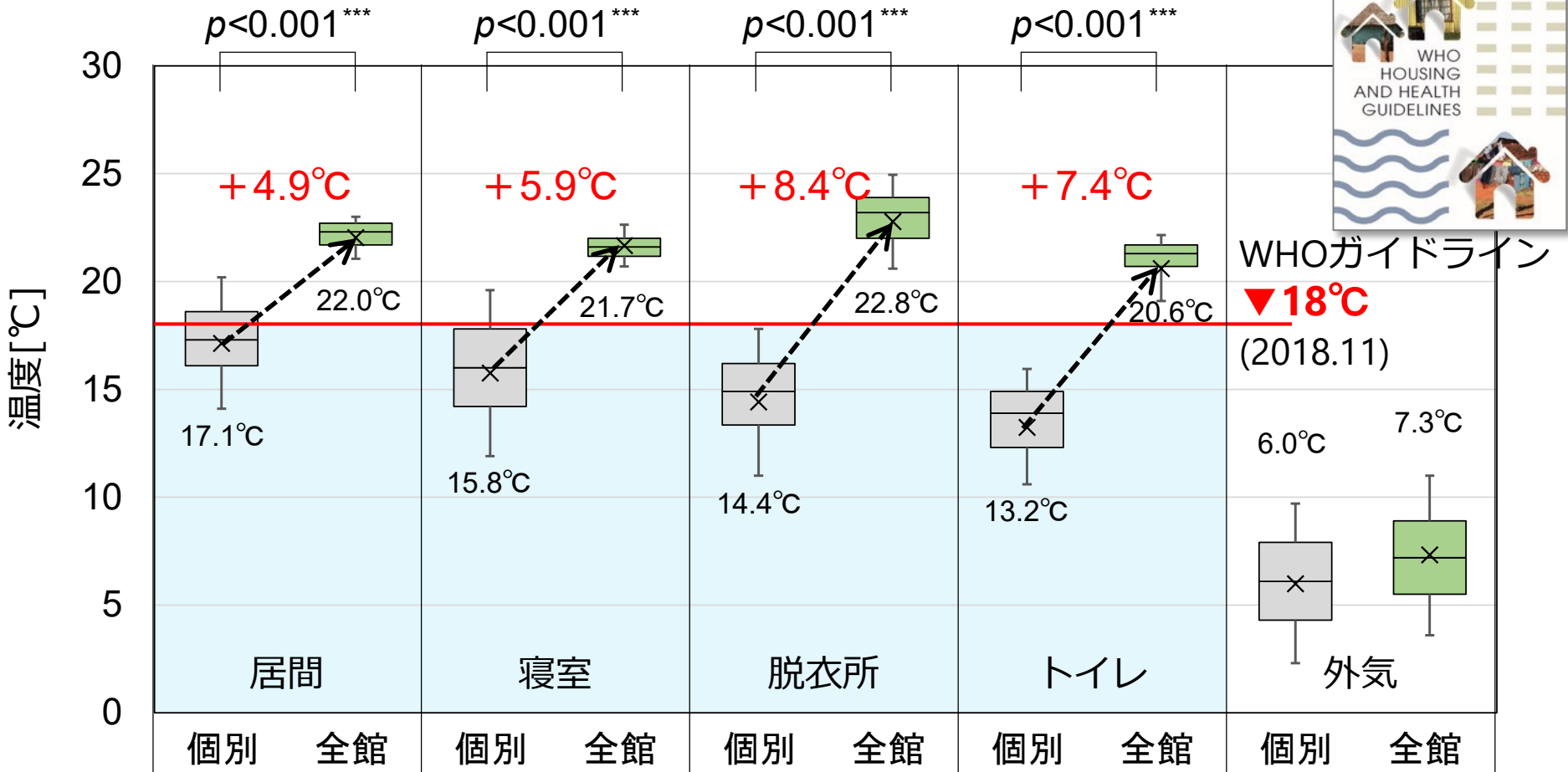


断熱等級5 :  $UA=0.6W/m^2 \cdot K$ 以下

# 空調・換気方式の検討

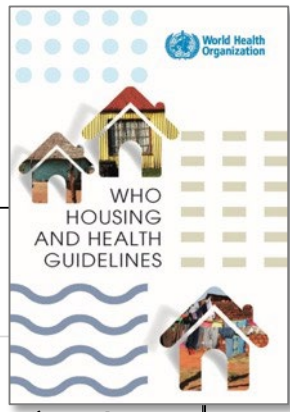
断熱等級5でも空調・換気でWHO勧告（冬季室温18℃以上）の境目に

冬季の期間平均外気・室内温度



有意水準 \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

個別空調群：n = 7 全館空調群：n = 5

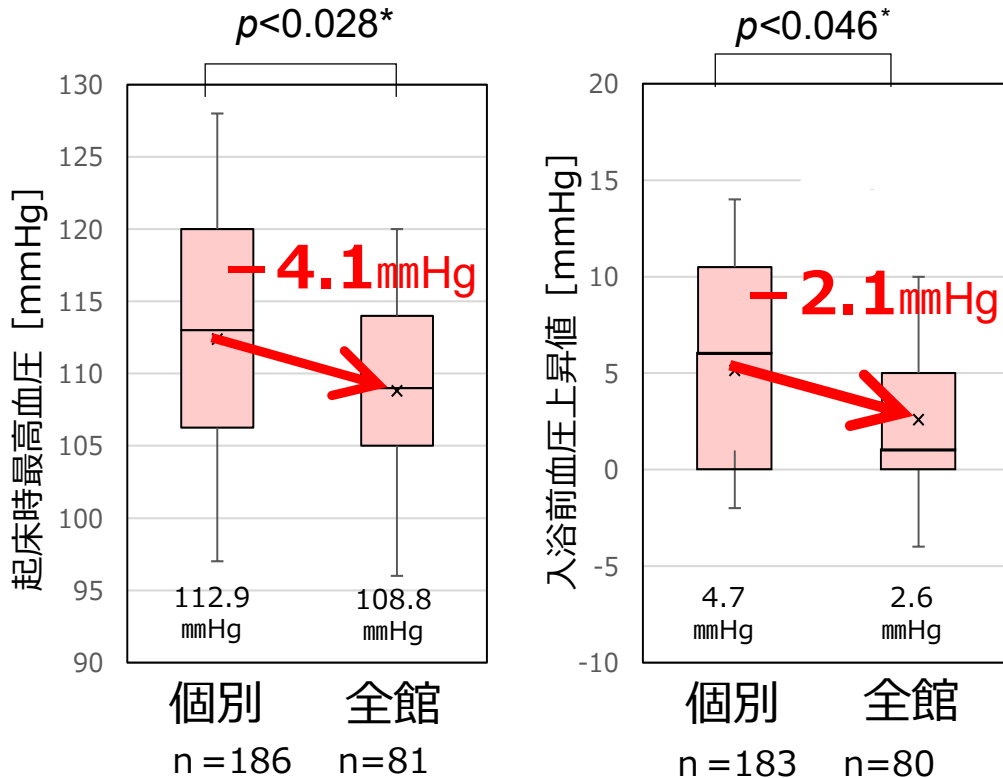


# 空調・換気方式の検討

## 断熱等級5でも空調換気で血压にも有意な違い

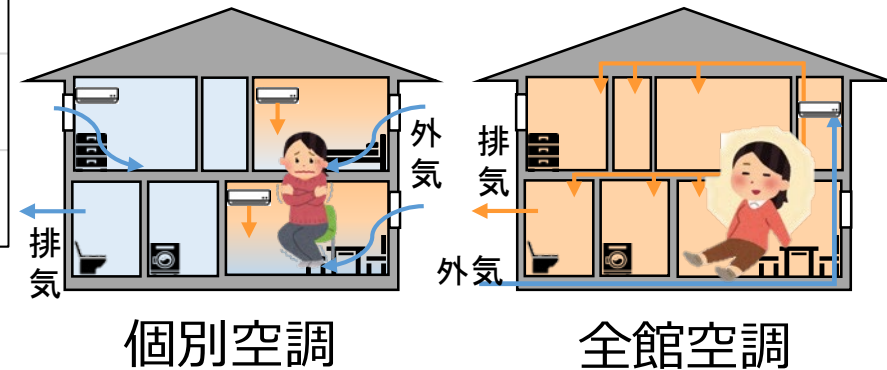
### 冬季の期間平均家庭内血压

起床時最高血压<sup>※1</sup>は全館空調群が4.1mmHg低く、入浴前血压上昇量<sup>※2</sup>は全館空調群が2.1mmHg低い



健康日本21(第二次)  
40~80歳代の国民の最高血压を  
平均4mm低下させる数値目標

脳卒中死亡数が年間約1万人、  
冠動脈疾患死亡数が年間約5千人  
減少と推計<sup>※3</sup>



※1 起床時最高血压：起床後1時間以内の収縮期血压

※2 入浴前血压上昇値：就床時（安静時血压）の収縮期血压に対する入浴直前の収縮期血压の上昇量

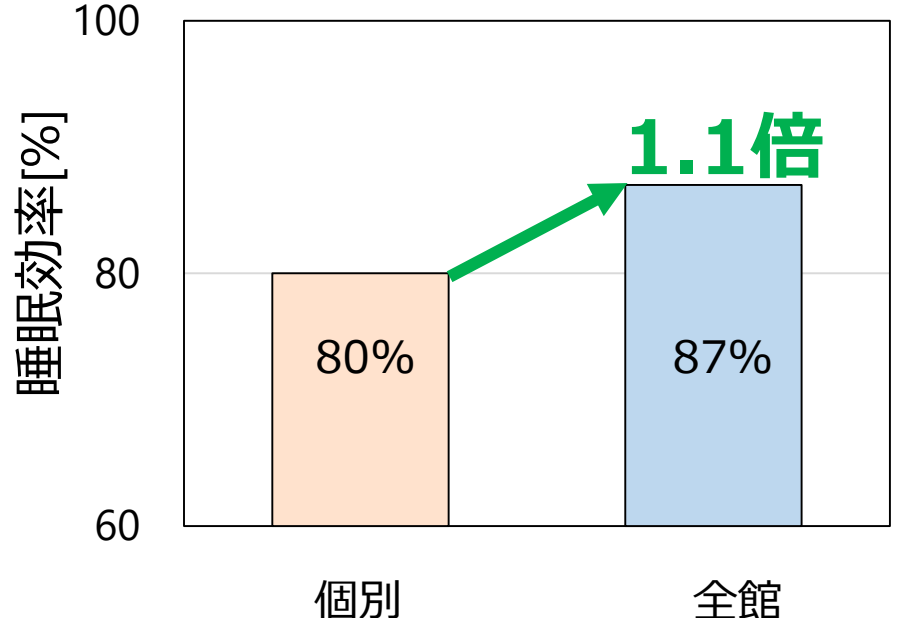
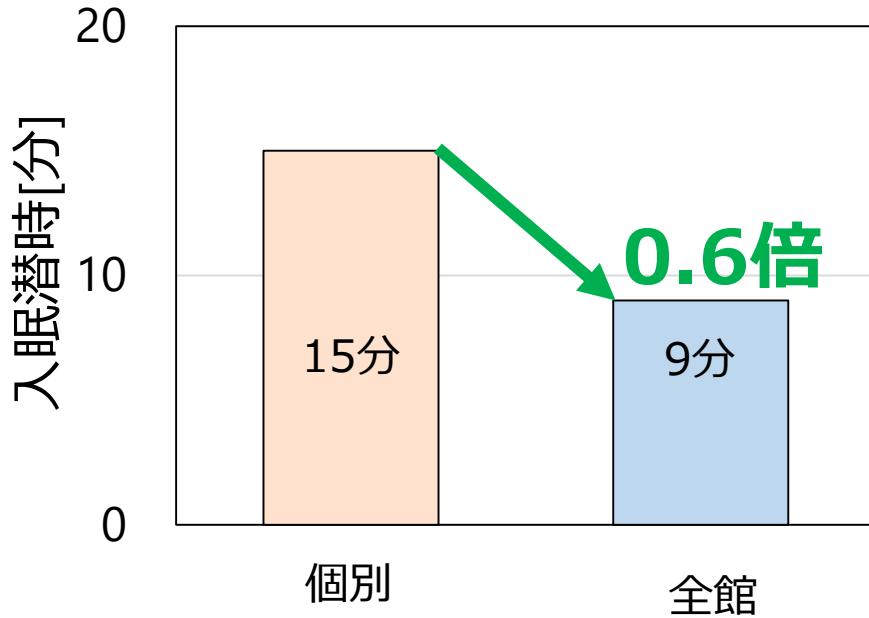
※3 日本高血圧学会：高血圧治療ガイドライン2014

※4 有意水準 \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001



# 空調・換気方式の検討

## 断熱等級5でも空調・換気で睡眠にも有意な違い



### 空調方式の違いによる入眠潜時の低下量・睡眠効率の増加量<sup>※1,2</sup>

夏の室内湿度が65%程度

夏の室内湿度が50%

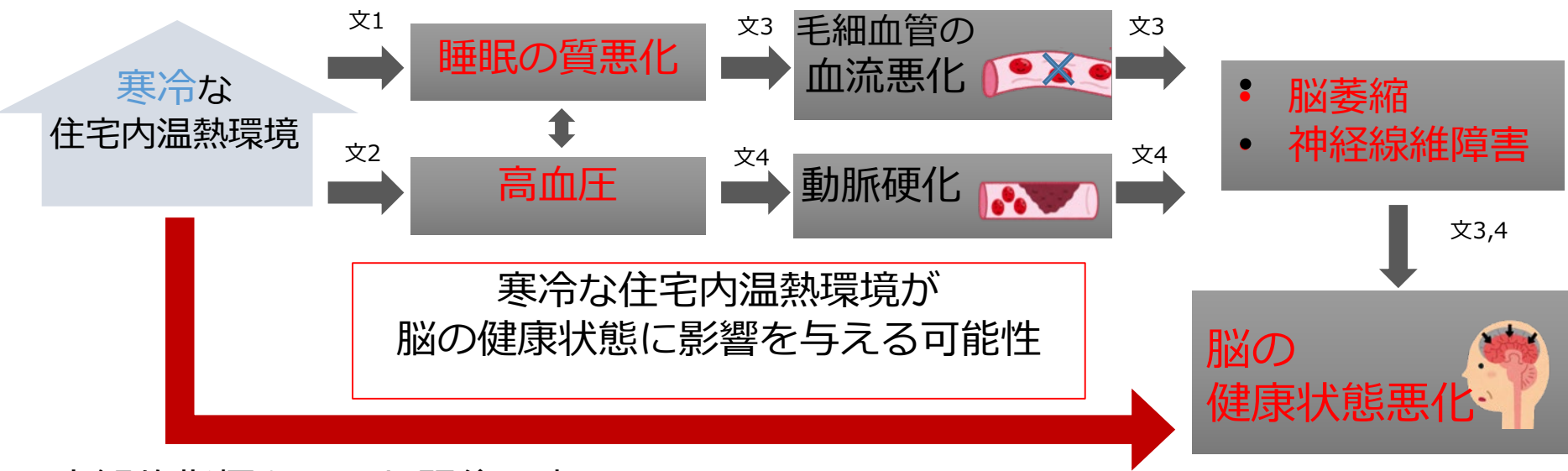


※1 総就床時間のうち、眠っていた時間の割合

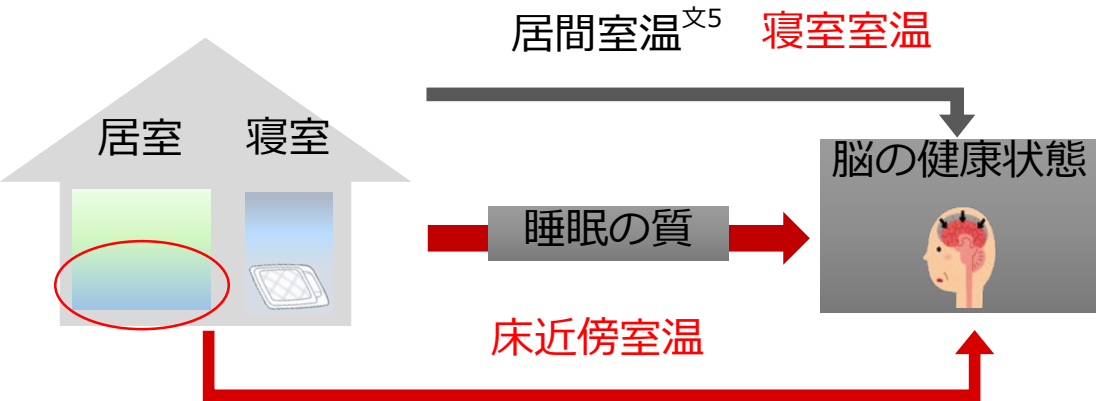
※2 入眠潜時は入眠時寝室SET\*、飲酒の有無、飲酒習慣、年齢、性別、冷え性の変化量で調整

※3 睡眠効率は就寝時寝室SET\*、飲酒の有無、飲酒習慣、年齢、性別、冷え性の変化量で調整


# 脳の健康維持から見た室温



## 客観的指標を用いた既往研究



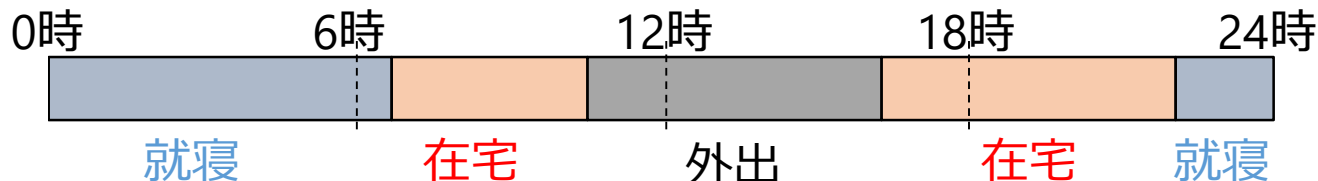
文1 城戸千晶、久保博子、東実千代、佐々尚美、他2名、冬期におけるフレイル高齢者の住まい方と寝室温熱環境の実調査、第42回人間-生活環境系シンポジウム、pp.83-86  
文2 国土交通省補助事業 スマートウェルネス住宅推進調査委員会、住宅の温熱環境と健康の関連、<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001323205.pdf>(2022年9月8日閲覧)  
文3 国立研究開発法人日本医療研究開発機構「睡眠中の脳のリフレッシュ機構を解明」、<https://www.amed.go.jp/news/seika/kenkyu/20210901.html>(2022年9月8日閲覧)  
文4 厚生労働省、脳血管障害・脳卒中、[https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/\(2022年9月8日閲覧\)](https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/(2022年9月8日閲覧)) 文5 松本実紗、伊香賀俊治、山川義徳、内田泰史、他4名、住宅内温熱環境と脳容積値及び脳神経拡散度との関連、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2018年、pp.137-140

		2016年度~2021年度 秋季・冬季	2022年度秋季調査
対象地域		高知県梶原町	
有効 サンプル数 ※1	横断調査	脳疾患のない40代~80代男女82名	50代~80代男女 44名
	縦断調査	脳疾患のない40代~80代男女64名	
調査内容	実測調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>室温測定(居間床上1m、居間床置、寝室、脱衣所)</li> <li>湿度測定(居間)</li> <li>活動量</li> <li>血圧</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>室温測定(居間床上1m、居間床置、寝室、脱衣所)</li> <li>湿度測定(居間)</li> <li>活動量</li> <li>血圧</li> <li>fitbitによる睡眠調査</li> </ul> 
	測定日誌	起床時刻、就寝時刻、外出時刻等	
	自記式 質問紙	CASBEEすまいの健康CL、地域環境、個人属性、生活習慣、ピッツバーグ睡眠質問紙等	
	検査項目	MRI検査、検診 身体測定調査	

## • 室温の定義※2,3

居間室温:1日のうち就寝と外出を除いた時間の居間平均室温

寝室室温:就寝時の寝室平均室温



説明会の様子

※1 データ欠損の他、脳卒中や硬膜下血腫、うつ病などの脳に直接関係のある既往歴を持つサンプルや、5年間の内に引っ越しをしたサンプルを除く ※2 測定日誌の内容から、居住者の外出時間と就寝時間を把握 ※3 ベースライン時点の室温を使用

# 脳の健康指標

## BHQ(Brain Healthcare Quotient、 脳の健康管理指標)の国際標準[ITU-T H.861.0]

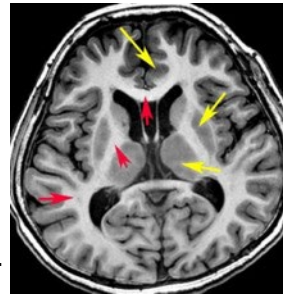
MRI検査の脳画像から、脳の状態をIQのように数値で指標化<sup>※1</sup>

国連に所属する国際標準化機関ITU-Tの勧告文書H.861：健康に関する状態を示す脳の物理的特性を表す数値指標」（2018年3月）



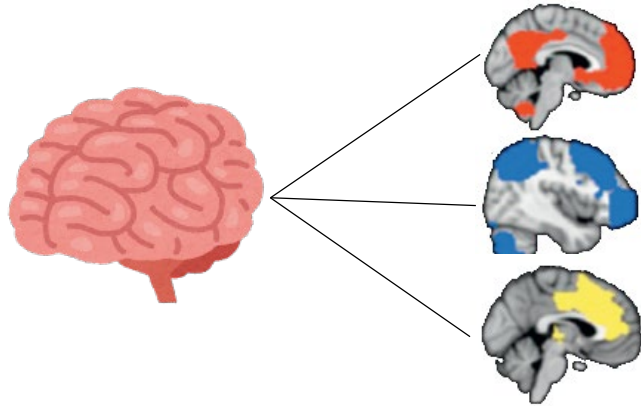
→ GM<sup>※2</sup>(大脳皮質の容積)-BHQ  
脳の**灰白質**の神経細胞の広がり  
(大脳皮質の容積)を指標化

↓  
脳の**可塑性**(学習や記憶等)を示す



→ FA<sup>※3</sup>(神経線維の拡散度)-BHQ  
脳の**白質**の神経線維のまとめり  
大脳白質の神経線維の統合度を指標化

↓  
脳の情報の**伝達効率**を示す



DMN<sup>※7</sup>:社会機能を司る分野

CEN<sup>※8</sup>:認知機能を司る分野

SAN<sup>※9</sup>:知覚機能を司る分野

分野ごとの  
分析結果について示す

※1 点数が高いほど脳の状態が良いことを示す ※2 脳上皮質の脳細胞単位で定量化、統計分析することで脳体積の増減や脳形態の特徴を把握 ※3 大脳皮質(大脳の表面を覆う部分であり、前頭葉・頭頂葉などの総称)の容積 ※4 学習や記憶等 ※5 水の拡散を利用し画像化、定量化 ※6 大脳白質の神経線維の統合度 ※7 デフォルトモードネットワーク:自己記憶や社会機能に関連するネットワークであり、社会機能等を司る部分である後部帯状回や角回等の脳部位 ※8 中央実行ネットワーク認知機能分野:作業記憶や認知機能に強く関連するネットワークであり、認知機能等を司る部分である背外側前頭前野等の脳部位 ※9 顕在性ネットワーク知覚機能分野:脳内外の刺激を識別する機能を持つネットワークであり、感覚処理や知覚機能を司る前島皮質等の脳部位 文 ITU-T Recommendation H. 861. 1 参照

# 居間床近傍室温と脳健康指標

STEP 1

6

- 居間床近傍室温と脳健康指標の関連に関する重回帰分析

目的変数:GM\_DMN※<sup>1</sup>の得点[点]

居間床近傍室温が1°C高いと、GM\_DMNの得点が0.77点高い傾向

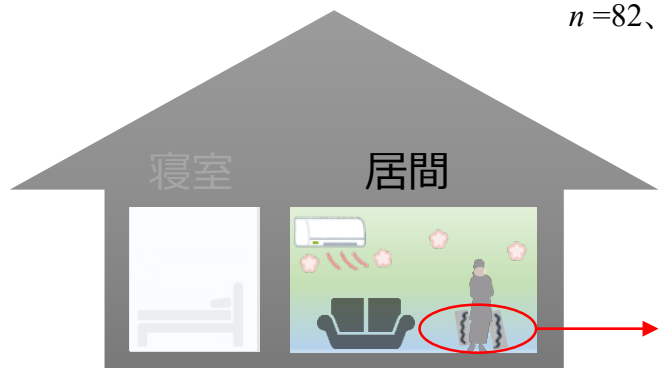
社会機能を司る分野の脳の健康状態が1.6歳分若



年齢が1歳高いと、GM\_DMNの得点が0.49点有意に低い

説明変数※ <sup>2</sup>		偏回帰係数(95%CI)	
居間床近傍室温	[°C]	0.77 <sup>†</sup>	(-0.016-1.559)
居間湿度※ <sup>3</sup> ref.40~60%	[1]40%未満	-5.59 <sup>*</sup>	(-10.910- -0.261)
	[2]60%以上	1.83	(-3.744-7.412)
年齢	[歳]	-0.49 <sup>***</sup>	(-0.708- -0.263)

n=82、R<sup>2</sup>=0.357<sup>\*\*\*</sup>、Durbin-Watson:2.075



寒冷ストレス



文<sup>2</sup>

アミロイド前駆タンパク※<sup>4</sup>の増加

脳の健康状態悪化



室内の物理的環境は社会認知に影響を与える可能性<sup>文<sup>1</sup></sup>

⇒床近傍の低温環境が社会機能を司る分野の脳の健康状態に影響を及ぼす可能性

※<sup>1</sup> 社会機能を司る分野の脳容積 ※<sup>2</sup> その他、性別・BMI・喫煙習慣・飲酒習慣を説明変数に投入 ※<sup>3</sup> 在宅時の平均居間湿度 ※<sup>4</sup> アルツハイマー型認知症の発症に関与する100-140 kDa膜貫通型糖タンパク質 文<sup>1</sup> 石川敦雄ら, 室内の物理的環境から対人認知・行動への潜在的影響過程, 心理学評論, Vol. 58, No.4, pp. 530-554. 文<sup>2</sup> 笠井謙多郎ら, 環境ストレスの脳に与える影響-寒冷ストレスと痴呆症との関係-, 産業医科大学雑誌, Vol. 22, No. 1, 2000, p. 94.

†: p < 0.1, \*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01, \*\*\*: p < 0.001, n.s.: not significant.

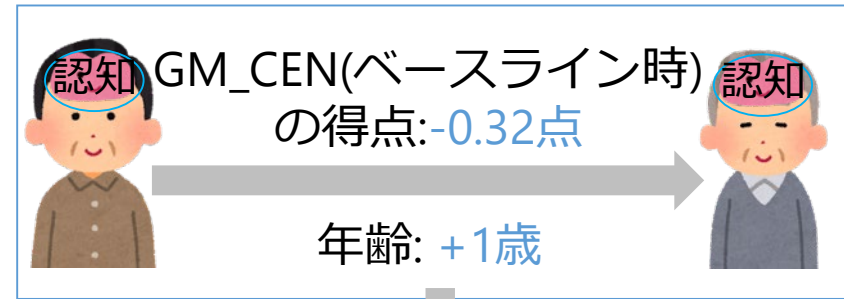


# 居間室温と脳健康指標の経年変化

- 居間床上1m室温と脳健康指標の経年変化※<sup>1</sup>に関する重回帰分析

目的変数:GM\_CEN※<sup>2</sup>の経年変化[点]

説明変数※ <sup>3</sup>		偏回帰係数(95%CI)	
居間室温 ※ <sup>4</sup>	[0]寒冷群 (13.7±2.5°C)	2.29*	(0.359- 4.217)
	[1]温暖群 (19.8±1.8°C)		



$n=64$ 、 $R^2=0.376^{***}$ 、Durbin-Watson:1.830

認知機能を司る分野の脳容積の  
得点低下を2.3点有意に抑制



認知機能

脳の健康状態を  
7.2歳分若く維持できる可能性

寒冷群

寝室 居間

13.7°C

温暖群

寝室 居間

19.8°C

居間室温に関して、温暖群の方が寒冷群と比較して、

4~5年経過後の認知機能を司る分野の脳の健康状態を約7.2歳分若く維持できる可能性

※<sup>1</sup> 2021年度調査で得られた脳神経線維の質得点—2016・2017年度調査で得られた脳神経線維の質得点 ※<sup>2</sup> 認知機能を司る部分の脳容積 ※<sup>3</sup> ベースライン時点の年齢・性別・BMI・喫煙習慣・飲酒習慣及び経過年数・ベースライン時点のGM\_CENの得点を説明変数に投入 ※<sup>4</sup> 中央値(約17.3°C)で温暖群・寒冷群に2群分け、また室温は平均±標準偏差を表す ※<sup>5</sup> 居間室温(連続値)、性別・BMI・喫煙習慣・飲酒習慣を説明変数として投入 †:  $p < 0.1$ , \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ , n.s.: not significant.

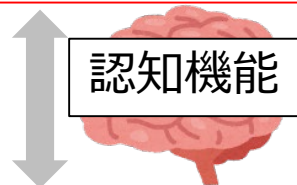
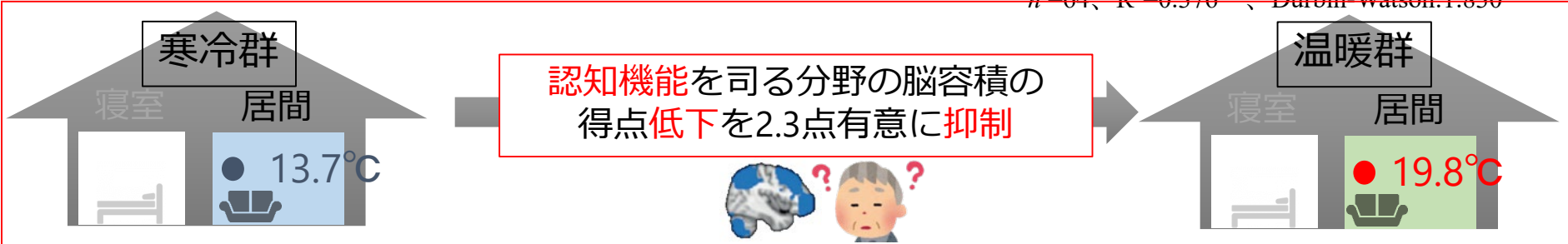
# 居間室温と脳健康指標の経年変化

- 居間床上1m室温と脳健康指標の経年変化<sup>※1</sup>に関連に関する重回帰分析

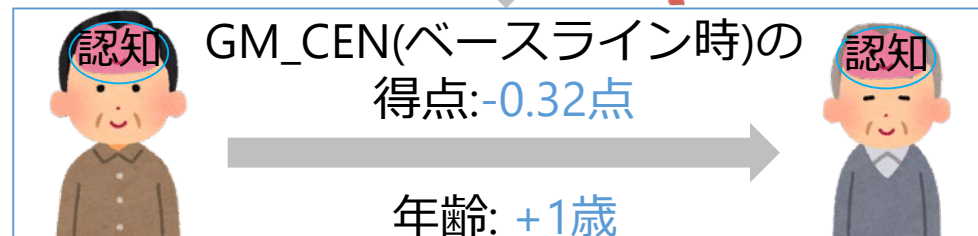
目的変数:GM\_CEN<sup>※2</sup>の経年変化[点]

説明変数 <sup>※3</sup>		偏回帰係数(95%CI)	
居間室温 <sup>※4</sup>	[0]寒冷群(13.7±2.5°C)	2.29*	(0.359-4.217)
	[1]温暖群(19.8±1.8°C)		

$n=64$ 、 $R^2=0.376^{***}$ 、Durbin-Watson:1.830



脳の健康状態を  
7.2歳分若く維持できる可能性



居間室温に関して、温暖群の方が寒冷群と比較して、

4~5年経過後の認知機能を司る分野の脳の健康状態を約7.2歳分若く維持できる可能性

※1 2021年度調査で得られた脳神経線維の質得点-2016・2017年度調査で得られた脳神経線維の質得点 ※2 認知機能を司る部分の脳容積 ※3 ベースライン時点の年齢・性別・BMI・喫煙習慣・飲酒習慣及び経過年数・ベースライン時点のGM\_CENの得点を説明変数に投入 ※4 中央値(約17.3°C)で温暖群・寒冷群に2群分け、また室温は平均±標準偏差を表す ※5 居間室温(連続値)、性別・BMI・喫煙習慣・飲酒習慣を説明変数として投入 †:  $p < 0.1$ , \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ , n.s.: not significant.

# 寝室室温と脳健康指標の経年変化

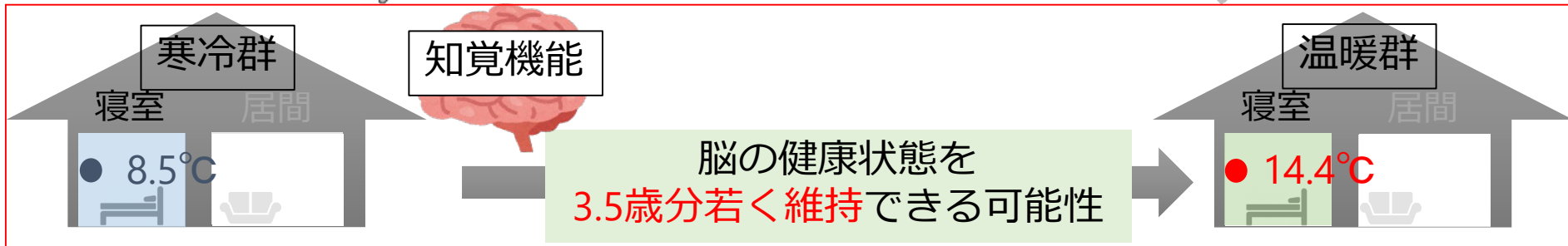
- 寝室床上1m室温と脳健康指標の経年変化※<sup>1</sup>に関する重回帰分析

目的変数:GM\_SAN※<sup>2</sup>の経年変化[点]

説明変数※ <sup>3</sup>	偏回帰係数 (95%CI)
寝室室温※ <sup>4</sup>	2.17 <sup>+</sup> (-0.112-4.326)
[0]寒冷群 (8.5±1.3°C)	
[1]温暖群 (14.4±2.7°C)	

*n* = 64, R<sup>2</sup> = 0.304\*\*, Durbin-Watson: 2.074

知覚機能を司る分野の脳容積の  
得点低下を2.2点抑制する傾向



寝室室温に関して、温暖群の方が寒冷群と比較して、4~5年経過後の知覚機能を司る分野の脳の状態を約3.5歳分若く維持できる可能性

※<sup>1</sup> 2021年度調査で得られた脳神経線維の質得点-2016・2017年度調査で得られた脳神経線維の質得点 ※<sup>2</sup> 知覚機能を司る部分の脳容積 ※<sup>3</sup> ベースライン時点の年齢・性別・BMI・喫煙習慣・飲酒習慣及び経過年数・ベースライン時点のGM\_SANの得点を説明変数に投入 ※<sup>4</sup> 中央値(約11.0°C)で温暖群・寒冷群に2群分け、また室温は平均±標準偏差を表す ※<sup>5</sup> 寝室室温(連続値)、性別・BMI・喫煙習慣・飲酒習慣を説明変数として投入 †:  $p < 0.1$ , \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ , *n.s.*: not significant.

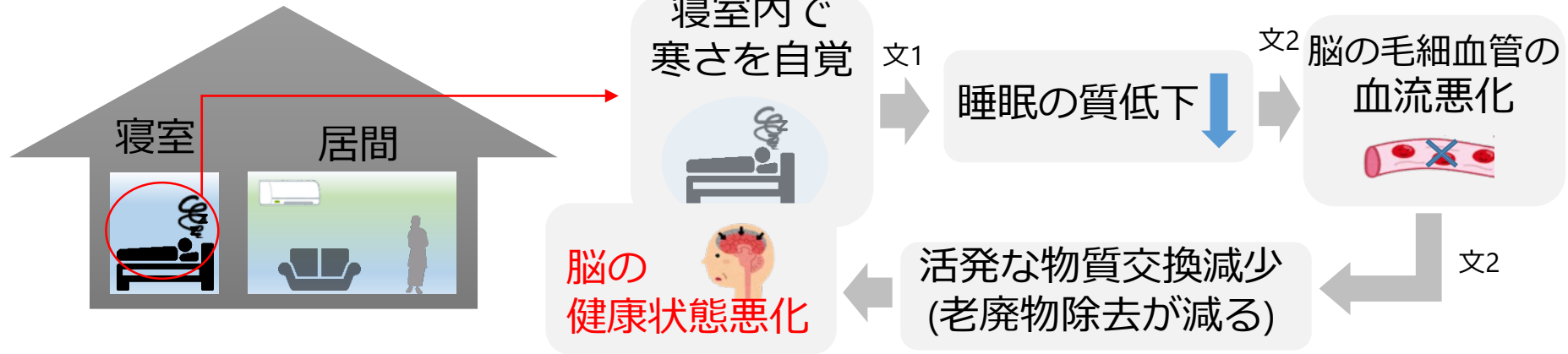


# 睡眠の質と脳健康指標の経年変化

STEP 2

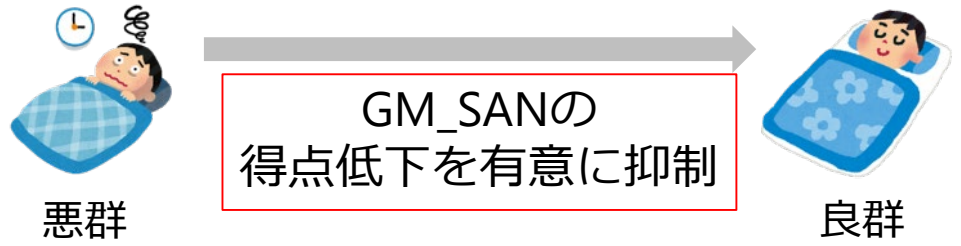
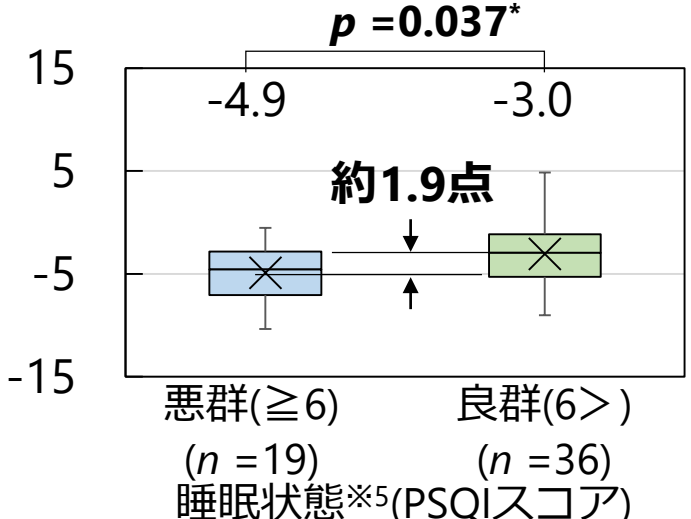
6

- 寝室環境が脳健康指標の経年変化に及ぼす影響に関する考察



- 2021年度の自記式質問紙調査<sup>※1</sup>を基に、睡眠の質と脳の経年変化の関係について分析<sup>※2</sup>

GM\_SAN<sup>※3</sup>の  
得点変化量<sup>※4</sup>[点]



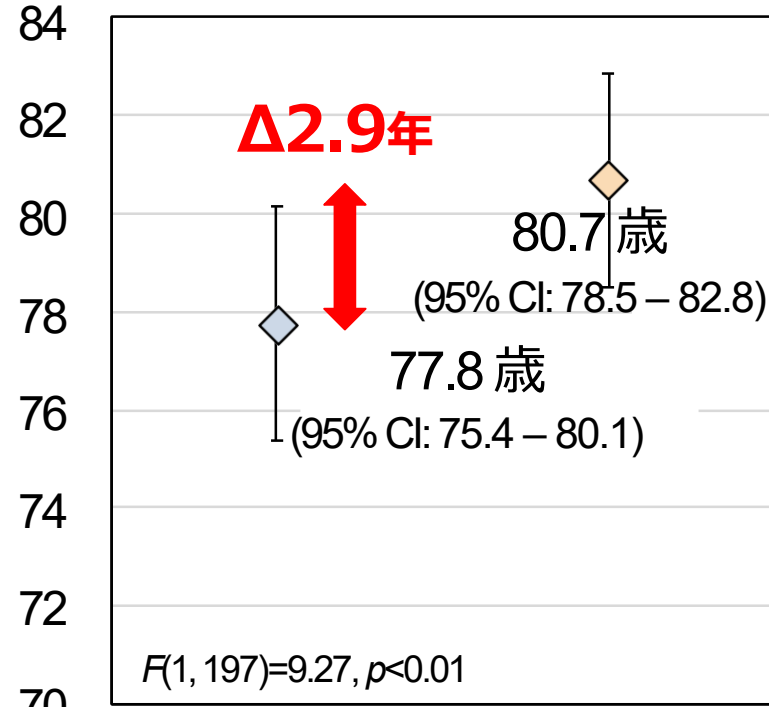
寝室環境が睡眠の質を介して脳容積に影響を及ぼしている可能性

※1 睡眠時間や睡眠の質、入眠潜時などの自記式質問紙より睡眠の質を得点化するPSQI(ヒッツハーク睡眠紙を使用) ※2 独立したサンプルのt検定を実施  
 ※3 知覚機能を司る部分の脳容積 ※4 2021年度調査で得られた脳神経線維の質得点-2016・2017年度調査で得られた脳神経線維の質得点 ※5 PSQIの得点が6点以上を睡眠の質が悪いと定義 文1 Chimed-Ochir, Odgerel, et al, Perception of feeling cold in the bedroom and sleep quality, Nagoya Journal of Medical Science, Vol. 83, No. 4, 2021, pp. 705-714. 文2 Chia-Jung Tsai, et al, Cerebral capillary blood flow upsurge during REM sleep is mediated by A2a receptors, Cell Reports, Vol. 36, No. 7, 2021, pp. 1-9.  
 †: p < 0.1, \*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01, \*\*\*: p < 0.001, n.s.: not significant.

# 健康寿命を延ばす暖かな住まい

要介護期間が3年短い2℃暖かい住まい

要介護認定推定年齢 [歳]



通所者様用

問 11. この一年間に転倒はありましたか。  
 はい  いいえ

問 12. 1km ぐらいの距離を続けて歩くことができますか。  
 自由でなくできる  できるが難しい  できない

問 13. 目は普通に見えますか。注)メガネを使った状態でもよい。  
 普通に見える (本が読める)  あまり見えない (ぼとんと見えない)

問 14. 家の中でよくつまづいたり、滑ったりしますか。  
 はい  いいえ

問 15. 転倒ことが怖くて外出を控えることがありますか。  
 はい  いいえ

問 16. この一年間に入院したことがありますか。  
 はい  いいえ

問 17. 最近食欲はありますか。  
 はい  いいえ

問 18. 現在、どれくらいものが噛めますか。  
 注) 入れ歯を使ってもよい。  
 だいたい噛める  噛める噛めないで噛む物が限られる

問 19. この6ヶ月間に3kg以上の体重減少がありましたか。  
 はい  いいえ

問 20. ...以前に比べて...が落ちてきたと感じますか。  
 はい  いいえ

問 21. ...ことができますか。  
 はい  いいえ

住宅について  
住宅内で寒いと  
感じることはありますか？

健康について  
最近食欲は  
ありますか？

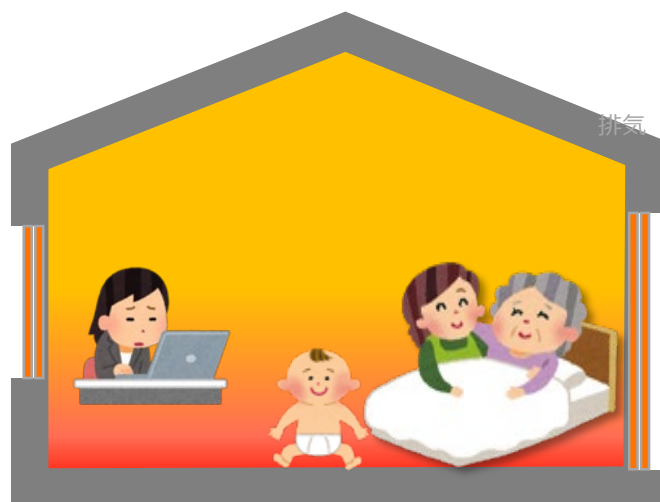
転倒について  
過去1年以内に  
転倒しましたか？

寒冷住まい群  
n=61  
冬季の居間  
平均室温  
**14.7℃**

温暖住まい群  
n=144  
冬季の居間  
平均室温  
**17.0℃**

中島侑江, 伊香賀俊治, ほか; 地域在住高齢者の要介護認定年齢と冬季住宅内温熱環境の多変量解析, 冬季の住宅内温熱環境が要介護状態に及ぼす影響の実態調査 その2. 日本建築学会環境系論文集, 84(763), p.795-803, 2019.

# カーボンニュートラル・ウェルネス 建築推進のためのエビデンス



- 0 脱炭素・ウェルネス建築推進の背景
- 1 ウェルネス建築推進の科学的根拠
- 2 子供の疾病予防から見た室内環境
- 3 女性の疾病予防から見た室内環境
- 4 在宅ワークが渉る室内環境
- 5 空調・換気方式の影響
- 6 脳の健康維持から見た室内環境

ご静聴ありがとうございました