

厚生労働省科学研究費補助金

健康安全・危機管理対策総合研究事業

中規模建築物所有者等による自主的な
維持管理手法の検証のための研究

令和4年度～6年度 総合研究報告書

研究代表者 本間 義規

令和7（2025）年 5月

目 次

I. 総合研究報告	
中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究 本間義規	… 1
II. 分担研究報告	
1. 国内外の室内環境・知的生産性の評価・レーティングシステムの調査及び検討 東 賢一	…15
2. 給水に関する海外のレーティングシステムに関する調査 島崎大・本間義規	…37
3. 空気環境の連続測定による室内環境評価と居住者の主観評価による 空気温湿度の維持管理手法の検討 下ノ菌慧・西原直枝・島崎大・本間義規	…44
4. 室内環境質（IEQ）に係る光環境、音環境、空気環境の評価とその複合影響 本間義規・下ノ菌慧・島崎大	…87
5. 長期測定に基づく温湿度環境形成の要因分析 本間義規	…112
6. オフィスワーカーの着衣量と主観評価に関する調査研究 西原直枝・下ノ菌慧・本間義規	…127
7. 給水環境の実態ならびに利用者の主観に関する調査 島崎大・本間義規	…138
8. 階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討 本間義規	…146
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	…158

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究

研究代表者 本間義規 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

建築物衛生法に基づく特定建築物の衛生環境確保は、建築物全体の約 11%にしか及んでいない。残り約 89%を占める中小規模建築物等の衛生環境は、建築物衛生法第 4 条第 3 項の努力義務が課せられてはいるものの、あくまで自主的な管理となっている。本研究の目的は、オフィスビルを対象に、面積規模や高さ等によってどのような建築的或いは建築設備的な特徴と差異を有しているのか、またそうした差異によって建築物衛生管理にどのような問題が生じるのかを明確にすることである。

以上に示した目的を達成するため、以下の項目①～③について研究を実施した。すなわち①国内外の室内環境・知的生産性、給水に関する評価システムを調査検討すること、②ローコストかつ効果的な維持管理を可能にする手段として主観評価を活用したチェック方法を取り入れること、③中小規模建築物の特徴を明確にした維持管理上での確認箇所を明示すること、の 3 点である。

上記①に関して、EU ALDREN プロジェクトにおいて開発された IEQ(室内環境質)レーティングシステムである TAIL スキームの内容を詳細に調査分析し、本邦への応用について検討した。

上記②に関して、長期測定結果を詳細に分析し、そこから得られる建物の特徴と建築物衛生法の改善課題を明確にした。さらに主観評価に関しては、外部環境、自宅の温熱環境のほか、各環境要素相互のバイアスや個人特性の影響に関しても検討を行った。

上記③に関して、令和 4～6 年度に実施した全国 6 件のオフィスビルの詳細測定により、中小規模建築物の特徴として、建築物(階数、開口部)、空調設備(個別分散空調が多いこと、加湿設備がないこと、換気量設定)、給排水設備に関連した 10 の要素を抽出した。室内環境調整は空調設備及び換気設備に依存する要素が大きい。そのほか、地域性の考慮についてもいくつかの知見を得た。こうした中小規模建築物の特徴を勘案しつつ、かつ建築物を取り巻く法規制(建築物省エネ法、環境配慮契約法、不動産資料と ESG 投資等)を踏まえ、中小規模向けのガイドライン・マニュアル案を検討した。

研究分担者

東 賢一・近畿大学 教授
小林健一・国立保健医療科学院 上席主任研究官
島崎 大・国立保健医療科学院 上席主任研究官
阪東美智子・国立保健医療科学院 上席主任研究官
下ノ蘭 慧・国立保健医療科学院 研究員
西原直枝・日本女子大学 准教授

研究協力者

鎌倉良太・公財日本建築衛生管理教育センター
杉山順一・公財日本建築衛生管理教育センター
谷川力・公社日本ペストコントロール協会
黒田洋平・ダイキン工業株式会社
笹井雄太・ダイキン工業株式会社
森 太郎・北海道大学大学院工学研究院教授
尾崎貴之、下平智子、関内健治
・公社全国ビルメンテナンス協会

A. 研究目的

建築物衛生法に基づく特定建築物の衛生環境確保の範囲は、事務所を対象とする場合、用途全体の約 11%にしかすぎない（法人土地・建物基本調査に基づく推計）。残り約 89%を占める中小建築物規模の事務所の衛生環境は、建築物衛生法第 4 条第 3 項の規定により衛生的な環境の確保の努力義務を負っているものの、建築物所有者等の自主的な取り組みに依存している。

利用者の快適性や健康性・知的生産性向上など、いわゆるウェルネスの向上が世界的にも注目されている。また、感染症に対する建築的配慮や災害時対応・BCP の視点においても、建築物の環境衛生管理の重要性は益々高まっている状況にある。

国立保健医療科学院では、これまで特定建築物の管理基準の検証や空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究を進めてきた。

建築物衛生法による維持管理義務が適用されない建築物の衛生環境を向上させるためには、中規模建築物の特質を踏まえた維持管理手法の検討が不可欠であると同時に、衛生管理に所有者等の行動変容を促すような実効性・汎用性の高い自主的な維持管理手法の構築が求められる。

建築物衛生法は温湿度、CO、CO₂、浮遊粉塵、風速計がセットになった測定装置を持ち込んで、2 か月以内に 1 回、午前と午後に執務室の中央付近で測定するというアナログな方法で行われているが、中小規模建築物はこれと同様なビル管理を求めることはコスト的に難しいだろう（第 1～8 号事業者等とビル管理契約をしているのであればその限りではない）。法制定された 55 年前と比較するとローコストなセンサーが増えてきており、ロガー機能の付いたものや Wi-Fi 経由でクラウド上にデータを保存できるものも増えてきた。こうした IoT と親和性の高いセンサーを組み合わせ、簡易に評価・把握できるシステムを構築することは重要である。低層・中層建築物は直結直圧式給水が殆どであり受水槽が不要である。排水について

もグリース阻集器等がなければ日常的にメンテナンスが必要な部分は殆どない。衛生害虫は特定建築物と同様の IPM 管理が求められるが、規模や外部開放頻度の観点で注意すべき点異なる可能性がある。これらのほか建築物環境衛生管理基準に基づく検査項目全般について簡易評価が困難なものがあればそれを明確にする必要がある。

中小規模建築物に特有な衛生管理上の注意点の明確化、具体的な衛生管理方法を示すこと、また、中小規模建築物に特有な設備の一般的なメンテナンス方法を示すこと等、中小規模建築物所有者等が自ら測定評価・維持改善対策が可能なガイドライン・マニュアルを作成することが本研究の目的である。

健康障害に関連する建築物環境の物理要因には、温湿度、空気、光、音・振動があり、化学的要因には化学物質及び浮遊粒子状物質等の空気質汚染が、生物学的要因にはウイルスを含む浮遊微生物やレジオネラ属菌の細菌等がある。こうした要素は適切な測定により定量的に評価する必要があるが、一般の建築物所有者或いは維持管理権原者が専用の機器を利用して環境評価を行うことは一般に困難である。一方、その空間を利用する執務者の知覚要素（視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚、温熱感覚等）をセンサー替わりにすること（利用者簡易環境診断）が可能であれば、建築物衛生管理のバリエーションは飛躍的に拡大する。IoT を活用すれば個々人の簡易環境診断の情報収集は容易であり、クラウドに集めたデータから個々の建築物の衛生状態をわかりやすくレーティングすることにより、建築物環境衛生管理技術者はもとより、ビルメンテナンス業者もしくは自治体保健所の環境衛生監視員等の人的資源を増員せずとも、よりきめ細やかな建築物衛生環境の維持管理が可能となる（図 1）。

個々人の簡易環境診断は、①スマートフォン等を用いて 10 項目以内の簡単な質問を定期的（数日～1 か月の範囲）にプッシュ送信、②人間の感覚で知り得る要素（温熱感覚、臭い、衛生害虫等の発見記憶等）を収集、③主観評価と

は別にローコストセンサーを用いて連続的に温湿度、二酸化炭素、等価騒音レベル、照度、浮遊微粒子等のデータを収集、④これらを総合的に分析して健康影響を及ぼし得る環境要素をレーティングする、という要素・流れで構成される。

このようなシステム：B-HERS（Building Hygiene Environment Rating System）を構築することが本研究の究極的な目標であるが、アプリケーションの開発やメンテナンス等のインフラ整備、情報セキュリティ等、さらには保健所等の監視指導業務や運用体制など解決すべき課題が多岐に渡ることから、本研究ではプロトタイプの検討に留め、実用化の検討までは行わない。各年度の実施内容を以下に示す。

令和 4 年度

- 1) 温湿度・光・音・空気環境の実測調査結果および執務者の主観評価手法に関する検討
- 2) 給水環境の実態ならびに利用者の主観に関する調査
- 3) 国内外の室内環境・知的生産性の評価・レーティングシステムの調査
- 4) 建築物環境性能レーティングシステムの室内環境要素及び労働生産性評価ツールの調査
- 5) 健康・水質に関わる海外のレーティングシステムに関する調査
- 6) 健康と室内環境にまつわる行動変容に関する検討

令和 5 年度

- 1) 室内熱環境・空気質・音環境・光環境に関する夏期詳細測定と主観評価調査結果
- 2) 夏季のオフィスワーカーの着衣量と主観評価に関する調査研究
- 3) 給水環境の実態並びに利用者の主観に関する調査
- 4) 長期測定に基づく温湿度環境形成要因の分析と空気管理規準不適合割合
- 5) 室内環境・知的生産性の評価システムの検討

- 6) 建築物利用者の建築環境と健康評価の再分析

令和 6 年度

- 1) 室内環境・知的生産性の評価システムの検討
- 2) 居住者の主観評価による空気温湿度の維持管理手法の検討
- 3) オフィスワーカーの着衣量と主観評価に関する調査研究
- 4) 階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討
- 5) 衛生管理に関するガイドライン・マニュアルに関するレビュー

B. 研究方法

B1. 国内外の室内環境・知的生産性の評価・レーティングシステムの調査及び検討

国内外の室内環境・知的生産性評価及びレーティングシステムについて、関係諸機関の評価文書や報告書、関連論文等をインターネット検索および文献データベース検索で調査した。また、オフィスの室内環境に関するアンケートを調査会社に委託し、調査を実施した（回答数 621）。

B2. 給水に関する海外のレーティングシステムに関する調査

海外の室内環境・知的生産に係るレーティングシステムとして LEED O+M、GBAC STAR、fitwel を選定し、各システムのウェブサイトから評価項目ならびに運用状況等の情報を抽出し整理した。本研究に関わる項目の設定状況、とりわけ、水道水や給水・給湯に関連する項目の設定状況について考察を行っている。

B3. 空気環境の連続測定による室内環境評価と居住者の主観評価による空気温湿度の維持管理手法の検討

日本各地の 6 件の建築物を対象として室内環境測定（連続測定と詳細測定）と主観評価調査を実施した。連続測定では空気温湿度と CO2 濃度に関して冬期（2022 年 12 月～2023 年 3 月）と夏期（2023 年 7 月～2023 年 9 月）ごと

に時別・曜日別・基準値内時間率（平日 9～18 時の全時間数に対して建築物環境衛生管理基準値内である時間数の比）で評価した。詳細測定と主観評価調査は 2023 年冬期（2023 年 3 月）、2023 年夏期（2023 年 8～9 月）、2025 年冬期（2025 年 1～2 月）の 3 回にわたり代表 1 日を選定して実施した。詳細測定は CO₂ 濃度、空気温湿度、黒球温度、気流速度、上下温度分布（床面から 0.1m、0.6m、1.1m、1.7m）、浮遊微粒子個数濃度を測定した。主観評価調査は各回 100 名程度から温度環境と湿度環境の主観評価、個人特性のデータを取得し、室内環境測定結果と合わせて分析した。

B4. 室内環境質（IEQ）に係る光環境、音環境、空気環境の評価とその複合影響

光環境は照度計（ONSET HOBO MX1104）を用いて、長期測定を実施した。相関色温度、色度偏差、演色性評価数はスペクトロメーター（SEKONIC SPECTROMETER C700）を用いて、オフィスの床面積に応じて執務者デスク上 6～10 点の測定を行った。音環境に関しては、等価騒音レベル測定（RION NL-42）を実施した。空気環境については、総合指標としての CO₂ 濃度のほか、詳細測定時にはパーティクルカウンターで粒子状浮遊物質及びバイオサンプラーで真菌、細菌を採取した。なお、現地訪問しての詳細測定時に、光環境、音環境、空気環境に関する主観評価質問を実施し、実測値との比較を行った。

B5. 長期測定に基づく温湿度環境形成の要因分析

6 件の事務所（特定建築物 3 件、非特定建築物 3 件）における温湿度及び CO₂ 濃度の連続測定結果について、曜日ごと、時間帯ごと（午前、午後、勤務時間外）に分類した。建築物衛生法・建築物管理衛生基準に則り、不適時間の割合を明らかにするとともに、温度と相対湿度から算出される絶対湿度をベースとして、地域性、加湿の有無、夜間の換気設備停止の有無などをパラメータとして分析を行っている。執務室内の温湿度環境形成にどのように影響を及ぼすのかを考察した。

B6. オフィスワーカーの着衣量と主観評価に関する調査研究

オフィスにおける温熱環境評価には、着衣量を精確に把握することが必要であるが、多様な衣服が市販されているため、正確な衣服熱抵抗或いは着衣量に基づく推定は難しい。画像による着衣量の推定や外気温度から一律に着衣量を指定する方法など、室内環境レーティングの際の入力方法にはいくつかのアイデアがあるが、今回は ISO9920 に則ったかたちで学術的に正確なデータをとることを心掛けた。対象は他の実測と同様、6 件の建物（うち 3 件は特定建築物、3 件は中小規模建築物）を対象とし、夏季（2023 年 8 月から 9 月）および冬季（2025 年 1 月から 2 月）に Web 回答システムを用いて実施した。

B7. 給水環境の実態ならびに利用者の主観に関する調査

全国の 7 事業所（冬期：2023 年 2-3 月）、および 6 事業所（夏期：2023 年 8-9 月）において、室内環境に係る各項目の測定ならびに執務者に対する主観評価調査を実施した。調査時と同時に給水の臭い、濁り、浄水器の設置等に関する主観評価調査を実施した。

B8. 階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討

温湿度及び CO₂ 濃度を連続測定している 6 件の建築物において、階層分析法（AHP）を用いた主観評価に影響するバイアスについて追加検討を行った。AHP は一対比較法を用いて温熱感、湿度感、空気質の 3 種類についてその重要度の評価をしてもらい、各々の重み係数について考察を行う。温熱感、湿度感、空気質は室内環境コントロールによって連動する要素であり、物理的な影響度合いについて数値実験を行った。

C. 研究結果

C1. 国内外の室内環境・知的生産性の評価・レーティングシステムの調査及び検討

EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームは、EU 加盟国各国の研究者が参加するプロジ

ェクトであり、国や地域レベルで活用可能な包括的な評価スキームとして提案されたものである。欧州空調・換気設備協会（REHVA: Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations）は、「2024年EPBD改正の新しい規定に沿ったモデルIEQ規制」を2025年1月に公表し、その中でTAILスキームを利用可能なスキームとして紹介している。TAILスキームの目的は、既存の建築物におけるエネルギー性能と室内環境の質（indoor environmental quality, IEQ）を評価し、最も費用対効果の高い改修方法を特定、大幅な改修を支援することにある。最終結果を色で表示するのが特徴であり、グリーンが基準をクリアしていることを意味し、イエロー、オレンジ、レッドと色が濃くなるごとに評価が低くなる。

本研究班が測定を行った6件の建物の測定データを用いて、TAILスキームによる評価を実施したところ、温度（T：温熱）、相対湿度（I：室内空気質）、音圧レベル（A：音環境）、二酸化炭素濃度（I：室内空気質）。冬期（暖房期）、夏期（冷房期）ともに、いずれの建物においても総合評価でグリーンと評価された建物はなかった。冬期では日平均の総合評価で6件中4件がイエロー、2件がオレンジであった。夏期では、6件中全てがオレンジとなり、夏期のケースにおいて特に評価が低い結果となった。

C2. 給水に関する海外のレーティングシステムに関する調査

LEED（Leadership in Energy and Environmental Design）は、非営利団体 U.S. Green Building Council が開発、運用し、Green Business Certification Inc.が認証の審査を行っている。各評価項目の合計ポイントに応じて4段階の認証レベル（プラチナ・ゴールド・シルバー・標準）が設けられている。本研究の目的に合致するものは、LEED O+M（バージョン4.1）が水の効率的利用が該当する（全7つの評価カテゴリ、計22項目）。

GBAC STAR は非営利団体 International Sanitary Supply Association の一部門 Global

Biorisk Advisory Council (GBAC) が開発、運用しており、建築物の清掃、消毒、感染症予防に関する、施設認証またはサービス認証（清掃業者向け）である。同部門が公開する建築物衛生の評価・監査に関する資料集には、環境衛生の監視に係る技術として以下が挙げられており、GBAC 登録制度に登録されている製品・製造業者が示されていた。

Fitwel は、米国疾病対策センター（CDC）および米国一般調達局（GSA）が共同提案、非営利団体 The Center for Active Design (CfAD)が運用している、居住用・商用建築物に関する Building Health 認証である。バージョン2.1における評価項目（商用・複数テナント向け – Multi-Tenant Whole Building）は以下の12カテゴリ・65項目である。飲料水は水へのユニバーサルアクセス、ボトル給水設備、水質に関する評価が示されている。

C3. 空気環境の連続測定による室内環境評価と居住者の主観評価による空気温湿度の維持管理手法の検討

連続測定による空気環境評価では、主に基準値内時間率により空気温湿度とCO₂濃度を評価し、冬期の低湿環境が観察されたほか、一部の建物ではある時期を境に何らかの影響で換気量が減少した傾向を把握することができた。詳細測定による空気環境評価では、PMV やSET*による評価は特定建築物と中小規模建築物で一貫した結果が得られなかったものの、一部の中小規模建築物ではF.L.+1100mmとF.L.+100mmの空気温度差が3.3Kとなる場合があり、熱環境が悪化している可能性が見受けられた。また、中小規模建築物の浮遊微粒子個数濃度のI/O比は特定建築物と比較して高い傾向が見られ、空調機に付属するフィルタや清掃頻度による影響の差が出たと考えられる。主観評価調査では、個人属性や温湿度環境に対する主観評価をまとめ、詳細測定の結果との分析により寒冷側申告率、乾燥側申告率、湿潤側申告率といった指標で空気温湿度の維持管理ができる可能性を示した。

C4. 室内環境質（IEQ）に係る光環境、音環

境、空気環境の評価とその複合影響

今回測定した物件の光環境はLED光源で相関色温度も白色(4000～5000K)の範囲が多かった。クルイトフ曲線(相関色温度と照度とから光環境の快適性を判断する曲線)上では、すべての測定物件で快適範囲に入っていた。一方、一部で平均演色性評価数が80を下回る物件があった。

音環境に関しては、等価騒音レベルで50～60dB(A)となっており、小声会話が存在するレベルの騒音状態であった。空調機器騒音やプリンター等のモーター機器に対する不満率は18～26%程度で高くなく、音環境全体の不満率は19%とそれほど高くなかった。また、室内換気量の評価方法として、等価騒音レベルと会話時間とから換気量を推定する方法について検討した。

空気環境に関しては、CO₂濃度、浮遊微粒子濃度、浮遊微生物濃度と執務者の空気質に対する主観評価を用いて分析を行った。執務者のCO₂呼出量から換気量を推定し、すべての測定建物で30m³/h/personを満たしていることを確認した。浮遊微粒子濃度は粒径1.0～3.0μmの範囲で換気量と有意に相関があることを確認した。また中性能フィルタが利用されていない換気設備を使っている建築物では、窓開放併用により個数濃度が高めであることがわかった。浮遊微生物に関しては日本建築学会規準の基準値以下であった。空気質に関しては空気の汚れ感と換気量は有意に相関があり、満足度とも関連することがわかった。さらに等価騒音レベルと空気の汚れ感に関する主観評価を用いた換気量推定の検討を行った。

C5. 長期測定に基づく温湿度環境形成の要因分析

長期測定したデータを分析した結果、温度に関しては、空調停止時の不適率が高いほど執務時間の不適率が高いこと、PACでは空調開始時の設定室温に至るまでの時間を短くするために、大きな温度むらが形成されることがわかった。湿度に関して、冬期相対湿度は夜間の換気装置の稼働状態及び外気湿度状態に依存し、寒

冷地ほど不適状態の時間が多くなることを示した。夏期は微生物汚染を抑制するため、適切な除湿と送風運転が必要である。加湿・除湿の判断指標として、設備の運転制御とも相性の良い絶対湿度基準で不適状態を確認した。外気絶対湿度基準で判断できるため、地域によらず加湿量自体(加湿行為自体)を適切に評価できることが明らかとなった。逆に夏期は除湿が不十分な状態を明確にすることができた。またCO₂濃度に関しては、性能の低い建物ほどエネルギー消費抑制のために間引き運転或いは風量低減等が行われがちであり、結果としてCO₂濃度が高く維持されることが示された。

C6. オフィスワーカーの着衣量と主観評価に関する調査研究

ISO 9920 に示される着衣単品の着衣量を基にして、各執務者の基礎着衣熱抵抗値を加算し算出したところ、夏季は男性で0.58clo、女性で0.64cloであった。冬季の分析では、男性1.07clo、女性1.11cloであった。着用者率の分布をみると、夏季は、男性の73.5%が、0.5clo以上0.6clo未満の着衣量であり、分布が集中していたが、女性は0.5clo以上0.6clo未満のカテゴリで36.8%であり、男性よりも比較的広範囲に分布していた。冬季については、男女ともに広く分布しており、着衣量に個人差が大きいたことが示された。建物規模別の分析では、3,000 m²以上の特定建築物では夏季は、0.56clo、中小規模建築物では0.62cloであり、中小規模建築物において有意に高い着衣量であった。冬季は、特定建築物では1.02clo、中小規模建築物では1.11cloであったが、建物規模の違いによる着衣量の平均値に有意な差は認められなかった。着席位置から、インテリアゾーン(IZ)とペリメーターゾーン(PZ)との間の比較をしたところ、夏季はIZで0.59clo、PZで0.61cloであり、平均着衣量に有意な差は認められなかったが、冬季は、IZで0.95clo、PZで1.20cloであり、有意にPZがIZより高い傾向があり、着衣を多く着ることによって、調整を行っている様子が示された。

C7. 給水環境の実態ならびに利用者の主観

に関する調査

調査の結果、一部の建築物から採取した試料の遊離残留塩素は、水道法の下限值0.1mg/Lを下回っていた。濁度はいずれもほぼゼロに近く目視でも異常は確認されてなかった。従属栄養細菌数は、一部の特定建築物およびすべての中規模建築物について1.0×10²CFU/mL以上で存在し、微生物学的な衛生状況が芳しくないことが示唆された。

執務者に対する主観評価調査では、各年とも、水道水の直接的な飲用には事業所によって大差がみられた。水質に関しては、「塩素臭・カルキ臭」による異臭味が指摘されており、塩素消毒による臭味と考えられた。一方、「金気臭」の指摘は給水装置等の腐食に由来する可能性が考えられた。

C8. 階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討

建築物特性に基づく温熱感、湿度感、空気質各々の感度について、簡単な単室換気モデルで検討した結果、1°Cの変化幅は相対湿度1.5～2.0%RH、CO₂濃度150～200ppm、換気回数0.5ACH程度の変化幅と同等であると推定でき、特に外気相対湿度の地域性は室内要素のチューニング幅より大きいことが明らかとなった。また、環境暴露する人の温熱感、湿度感、空気汚染度の重要性に関する意識が及ぼす影響について、階層分析法（一対比較法）により検討を行った結果、相対湿度の重要性比率が高くなるA、D、E、F、空気質の重要性比率が高くなるCが抽出された。相対湿度に関しては、全体的に乾燥側の申告が多いが、加湿を十分に行っているAではやや乾燥しているとする回答者が多く、一方で非特定建築物のD、E、Fは「非常に乾燥している」、「乾燥している」、「やや乾燥している」に広く分布し、この状況は相対湿度40%を超えていても同様であることを確認した。湿度に関しては、冬期は乾燥しているという一般的な意識がバイアスになっている可能性を示した。

D. 考察

D1. 国内外の室内環境・知的生産性の評価・

レーティングシステムの調査及び検討

建物内の温熱環境、音環境、室内空気環境、光環境の4項目の評価とともに、これらの4項目を統合した総合的なIEQの評価格付けシステムの提案が世界的なトレンドと言える。これらのなかで、EUが推進するTAILスキームは、健康リスクと快適性を指標としつつ、エネルギー性能と室内環境質の両面から大幅な改修を支援することが目的となっている。衛生管理のみの単一目的ではなく、省エネルギー性や知的生産性、ウェルネスなどの付加価値にも重点が置かれていることが特徴的である。TAILスキームの適用事例では、2件のパイロット研究の結果が研究論文として報告されており、改善すべき項目や改善効果が明確に評価されていた。EUでは、EPBDが2024年5月に改正され、IEQの評価と改善が導入された。TAILスキームは改正EPBDの一環として開発されたものであり、REHVAが改正EPBDのモデル規制の中でTAILスキームを利用可能なスキームとして紹介していた。今後、EU各国の国内法での適用結果を注視する必要がある。

また、オフィスの室内環境に関するアンケート調査に関して、温熱や湿度に関する不満の割合が高く、次いで音環境に対する不満の割合が高いことが明らかとなった。延べ床面積による建物の規模との関係性を評価した結果、音環境の満足度では、建物の規模が小さくなるほど満足度が有意に低下した。特に建物外の騒音において気になる度合いが有意に増加した。但し、その他の項目では建物の規模との有意な関係はみられなかった。なお、室内環境簡易評価システムを導入するにあたっては、デバイスの保有率の結果より、スマホ用のアプリだけでなく、パソコン用のアプリも同時に開発する必要があると考えられ、本研究の方向性自体には問題がないことを確認した。

D2. 給水に関する海外のレーティングシステムに関する調査

今回調査したレーティングシステムのうち、飲料水についてはfitwelが唯一、水質検査に関する評価項目を示していた。詳細は以下のと

おり。①定期的に年2回以上、ならびに、給水システム関連の施工や修理等の後に実施、②各階ごとに水源（貯水槽等）から最遠となる給水栓を1箇所以上対象に含める、③公共水道等から給水を受ける場合には、以下項目の最大汚染濃度を満たすこと、（ヒ素: 0.010 mg/L、銅: 1.3mg/L、大腸菌群: 陽性率 5.0%、鉛: 0.015 mg/L、レジオネラ: 0.000 mg/L、硝酸イオン: 50mg/L、塩化ビニル: 0.002 mg/L）、④公共水道等から給水を受けない場合には、米国環境保護庁、世界保健機関、あるいは地方自治体が定める飲料水水質基準や水質ガイドラインを満たすこと、⑤水管理計画（Water Management Program）を策定すること、⑥冷却塔など給水システムと切り離された設備について飲用水の供給を確認すること、とある。このように人の健康に関連する水質項目の遵守が考慮されており、水道の資機材等を由来とする金属類（銅・鉛）、有機化合物（塩化ビニル）、日和見感染菌（レジオネラ）、糞便汚染指標（大腸菌群）が含まれていた。特にレジオネラについては、さらに水管理計画の策定が求められている点は特筆すべき点である。一方、水道水の衛生状態を反映する残留消毒剤に関連する項目は、いずれも含まれていなかった。

D3. 空気環境の連続測定による室内環境評価と居住者の主観評価による空気温湿度の維持管理手法の検討

空気温湿度の維持管理手法については平均空気温度と寒冷側申告率（冬期）、平均相対湿度と乾燥側申告率（冬期）には負の相関、平均空気温度と湿潤側申告率（夏期）には正の相関が見られたことから、この相関を評価に利用できる可能性がある。しかし、現時点では6件の建築物に限定されていること、夏期の空気温度に対する不満は「寒冷側」の理由もあること、温湿度環境に対する主観評価は年齢、性別、暑がり・寒がりといった個人属性に影響される等の課題であり、今後もデータを蓄積することにより精度の高い維持管理手法の提案につながると考えられる。

D4. 室内環境質（IEQ）に係る光環境、音環

境、空気環境の評価とその複合影響

7つのオフィス空間の光環境を測定した結果、中小規模建築物は開口部からの採光も取り入れているため、全体的に照度が高めであることがわかった。暗いとの申告のあるオフィスは色度偏差が大きめで平均演色性評価数が低い傾向にあった。音環境に関しては、今回測定した7つのオフィスの等価騒音レベルは平均値で55dB(A)を下回った。音環境に関する主観者評価では、オフィス毎に他人の会話・電話・オンライン会議や交通騒音を気にする人が見られたが、コピー機等のOA機器や空調騒音は気にならない執務者が多かった。また、これらの騒音要素と音環境の満足度については、会話・電話等が影響しているものの有意差は得られなかった。空気清浄度の評価項目である微粒子個数濃度と等価騒音レベルの関連は、粒径0.5～3.0μmの微粒子個数と相関が高いこと、また等価騒音レベルと平均会話時間とで一人当たり換気量を推定できる可能性があることがわかった。

D5. 長期測定に基づく温湿度環境形成の要因分析

A～Cは3000m²を超える特定建築物である。空気管理基準を満たす設計が行われ、かつ保健所長通知（建築基準法第93条第5・6項）を経て竣工しているはずであり、適切な運転を行えば、建築物衛生法の空気管理項目で不適と判定される確率は本来低いはずである。非特定建築物であるD～Eは、建築基準法及び建築物省エネルギー法上は適法となる反面、例えば換気量に関しては、0.5回換気の確保ではCO₂濃度基準を守られない可能性があることが示された。冬期低湿度に関しては、加湿装置を新たに追加しない限り相対湿度40%を確保することは困難である。

D6. オフィスワーカーの着衣量と主観評価に関する調査研究

ISO 9920 に示される着衣単品の着衣量を基にして、各執務者の基礎着衣熱抵抗値を加算し算出したところ、夏季は男性で0.58clo、女性で0.64cloであった。冬季の分析では、男性

1.07clo、女性 1.11clo であった。着用者率の分布をみると、夏季は、男性の 73.5% が 0.5clo 以上 0.6clo 未満の着衣量であり、分布が集中していたが、女性は 0.5clo 以上 0.6clo 未満のカテゴリで 36.8% であり、男性よりも比較的広範囲に分布していた。冬季については男女ともに広く分布しており、着衣量に個人差が大きいことが示された。

建物規模別の分析では、3,000 m²以上の特定建築物では夏季は、0.56clo、中小規模建築物では 0.62clo であり、中小規模建築物において有意に高い着衣量であった。冬季は、特定建築物では 1.02clo、中小規模建築物では 1.11clo であったが、建物規模の違いによる着衣量の平均値に有意な差は認められなかった。また、着席位置の比較をしたところ、夏季はインテリアゾーン (IZ) で 0.59clo、ペリメータゾーン (PZ) で 0.61clo であり、平均着衣量に有意な差は認められなかった。一方、冬季は、IZ で 0.95clo、PZ で 1.20clo であり、有意に PZ が IZ より高い傾向がみられた。

D7. 給水環境の実態ならびに利用者の主観に関する調査

給排水は共用部のみでテナント部分には水回りが設置されていないケースが多く、通常の飲用水はウォーターサーバー等が多く利用されている。直結直圧方式にあるにも関わらず日常的な給水量、使用頻度が少ないため、吐水口付近で真菌・細菌が増殖しやすい環境にあることが示された。主観評価においては異臭味、濁り、色が重要であるものの、塩素消毒由来の異臭味は、給水・給湯システムの衛生状態が良好であることを反映する点に留意する必要がある。また、浄水器の設置の有無が主観に大きく影響を与える可能性がある。濁りや色は、給水装置や給水用具の腐食や劣化、細菌の再増殖等に由来する可能性が想定されることから、主観評価においてチェックすべき重要な項目といえる。

D8. 階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討

階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討を行った。主観評価に先立

ち、物理環境要素 (TC、HS、IAQ) に関する建築物特性の感度に関して単室換気モデルで検討したところ、温度、相対湿度及び CO₂ 濃度の変化量の関係より、1℃の変化幅は相対湿度 1.5～2.0%RH、CO₂ 濃度 150～200ppm、換気回数 0.5ACH 程度の変化幅と同等であると推定することができた。

階層分析法を用いて算出した TC、HS、IAQ の重み係数は、平均値で見ると HS の重要性比率が高くなる A、D、E、F、IAQ の重要性比率が高くなる C などが抽出された。HS に関しては、今回調査した建築物は全体的に乾燥側の申告が多く、かつ中立的な回答がないという結果になった。こうした乾燥感は相対湿度 40% を超えている状況であっても同様であった。湿度に関しては、冬期は乾燥しているという一般常識がバイアスになっている可能性があり、主観評価の限界といえそうである。温度、空間湿度、換気量は物理的に連動するパラメータであり、主観評価でコントロールされることを考慮すると、相対湿度の優先度は低いと言わざるを得ないだろう。

E. 結論

E1. ガイドライン・マニュアルの位置づけ

令和 4～6 年度の 3 年間、中小規模建築物所有者の自主的な維持管理手法について検討してきた。過去の厚労科研の知見を確認・検証しつつ、さらに本研究で得られた知見・成果を積み上げた結果としてガイドライン・マニュアルを策定・提供することが本研究の目的である。建築物衛生に関しては、建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (昭和 45 年法律第 20 号)、建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令 (昭和 45 年政令第 304 号)、建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則 (省令) が定められており、この法律に該当しない中小規模建築物についても、建築物衛生法第 4 条第 3 項の規定により特定建築物と同等の努力義務を負っている。すなわち、特定建築物に準じた取り扱いをすればよいのであるから、具体的にはこれら法律、政令、省

令で実施されている内容をトレースすればよいだけである（図 2）。ただ大きな違いは建築物環境衛生管理技術者（以下、管理技術者とする）の選任や維持管理権原者を定める必要がないという点であろう。特定建築物所有者等は管理技術者を選任する義務があり、管理技術者は専門的見地から維持管理権原者に助言を行うこととされている。努力義務を履行するには建築設備に関する専門家の介入を必要とするが、こうした人材の確保は義務ではない。特定建築物と同等の管理を求めることは、中小規模建築物所有者等に、ビル管理の専門的知識を理解してもらうことが必要となる。

従って、本研究に求められるガイドライン或いはマニュアルの役割は、いわば管理技術者の代替を意味する。管理技術者になるには、建築物衛生行政、建築物の構造、室内環境管理、給排水の管理、清掃、ねずみ・昆虫等の防除等 100 時間を超える学習が求められる。特に建築設備に関する意見具申には、建築環境工学或いは機械設備工学（熱力学や流体力学）、微生物学や水道工学の知識が求められるが、こうした専門知識を求めるのは現実的ではない。必要となるのは、エッセンスの伝達と IoT・AI 技術を活用した行為代替或いは情報提供である。また、環境衛生監視員等による履行確認ができないことから、自ら維持管理手法として取り組んでもらう工夫が求められる。結果の可視化や他社との比較は、コスト的なメリットがなくても取り組む意欲につながる可能性がある。IoT を活用した温湿度、CO₂ 濃度などのリアルタイムセンシングや主観評価収集、そしてそれを即座に分析し簡易・容易な評価結果としてダッシュボードに表示する仕組みは重要である。

E1. 本研究の成果

本研究は、次の項目を念頭におき実施している。①国内外の室内環境・知的生産性、給水に関する評価システムを調査検討し特に有効な取り組みを参考にすること、②可能な限りローコストでありながら効果的な維持管理を可能にする手段として主観評価を活用したチェック方法を取り入れること、③3000m²以上の大

規模建築物と中小規模建築物の違いを明確にした維持管理上での確認箇所を明示すること、の 3 点である。これらの点を踏まえながら本研究の概要について簡潔に紹介する。

上記①に関して、海外の取り組みでは EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームにフォーカスしてその内容を詳細に分析し、本邦への応用について検討した。また、オーストラリア連邦政府が開発し国家基準として運用している NABERS（レーティングシステム）とそのデータ収集システム（BOSSA）についても調査を行っている。世界規模で発信されているが、オーストラリア国内でどのように受け止められているか等は今後も引き続き情報収集が必要である。TAIL スキームや NABERS のような取り組みは、不動産市場のグローバル化、世界的なカーボンニュートラルに向けた ESG 投資と GRESB に基づく格付け等が背景にある。これらの点も引き続き注目していく必要がある。

上記②に関して、測定項目を最小限にしつつローコスト化を図りながらも一定の水準で維持管理手法を確認する手段として、主観評価により対応可能な範囲を探った。また長期測定結果を詳細に分析することにより、そこから得られる建物の特徴と建築物衛生法の改善課題を明確にした。さらに主観評価に関しては、外部環境、自宅の温熱環境のほか、評価項目間に対するバイアス等に関しても検討を行っている。

上記③に関して、令和 4～6 年度に実施した全国 6 件のオフィスビルの詳細測定により、中小規模建築物の特徴として以下の要素を抽出した。すなわち、A. 個別分散型空調設備（マルチパッケージ型空調機と換気システムの組み合わせ）が多いこと。B. 建築基準法準拠（0.5ACH 連続換気）が多いこと。C. 窓開け対応が多いこと。D. 加湿設備が設置されないケースが多いこと。E. 給水設備は直結直圧方式が多いこと。F. 鉄骨造、木造で建築しやすく、木造であれば住宅用サッシが使われることもあること。G. 従って隙間性状や気密性能が異なること。H. 断熱性能が異

なること。I. 基準モジュールはスプリンクラーヘッド1か所のカバーエリアに対応していること。J. 空調系統・換気系統が規模によって個別分散或いは中央管理式（各階方式）であること。、などである。こうした中小規模建築物の特徴を勘案しつつ、かつ建築物を取り巻く法規制（建築物省エネ法、環境配慮契約法、不動産資料と ESG 投資等）を踏まえ、ガイドライン・マニュアル案を検討した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Hoon K, Osawa H. A longitudinal study on the effects of hygro-thermal conditions and indoor air pollutants on building-related symptoms in office buildings. *Indoor Air* 32(11): e13164. doi: 10.1111/ina.13164.
- 2) 東 賢一. シックビルディング症候群に関連するオフィスビルの室内環境要因. *クリーンテクノロジー* 32(11), 1-4, 2022.

2. 学会発表

- 1) Azuma K. Indoor air quality and health effects in modern office buildings. 16th international conference on indoor air quality and climate, Workshop Kuopio, Finland, 12-16 June, 2022.
- 2) 東 賢一. 室内空気環境対策総論－室内環境における健康リスク要因とその対策について－. 第 32 回日本産業衛生学会全国協議会シンポジウム:新型コロナウイルス感染症と室内空気環境対策, 札幌, 2022 年 9 月 30 日.
- 3) 東 賢一. 室内環境における健康影響問題の経緯と近年の動向. 大気環境総合センター令和 5 年度特別セミナー. 東京, 2023 年 11 月 17 日.
- 4) 東 賢一. 空気成分の指針動向. 2023 年室内環境学会学術大会車室内環境分科会

セミナー. 沖縄, 2023 年 11 月 30 日.

- 5) Azuma K. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: associations with suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms. The 34th International Congress on Occupational Health, Marrakesh, Morocco, April 28-May 3, 2024.
- 6) Azuma K. The latest information on the scientific evidences and political activity in Japan. 2024 Asia Conference on Innovative Approaches to Enhance Healthy Indoor Environment (TSIEQ 2024). Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan, November 1, 2024.
- 7) Azuma K. Risk assessment concepts for indoor air pollutants: past approach and future issues in Japan. 20th Anniversary Event of Korean Society for Indoor Environment. EL Tower, Seoul, Republic of Korea, May 23, 2024.
- 8) Azuma K, et al. Health risk assessment of indoor air pollutants in modern large office buildings in Japan. 18th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Honolulu, Hawaii, USA. July 7-11, 2024.
- 9) 東 賢一、本間義規、下ノ薗 慧、島崎 大、阪東美智子、小林健一、西原直枝. 中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法（第 4 報）室内環境評価システムの検討. 第 83 回日本公衆衛生学会総会（於 北海道大学、札幌）, 2024 年 10 月 29-31 日.
- 10) 東 賢一. 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響に関する近年の知見. 自動車技術会、車室内環境技術部門委員会セミナー. 東京, 2024 年

- 10月11日.
- 11) 下ノ菌慧, 本間義規, 東賢一, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子, 西原直枝. 中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築 (第1報) 室内温湿度の維持管理手法に関する検討. 令和5年度空気調和・衛生工学会大会 (福井); 2023.9.6-8; 福井. 同学術講演論文集. p.177-180.
 - 12) 下ノ菌慧, 本間義規, 島崎大, 阪東美智子, 東賢一, 小林健一. 中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価 その2 等価騒音レベルを用いた室内環境評価. 第82回日本公衆衛生学会総会; 2023.10.31-11.2; つくば. 日本公衆衛生雑誌. 2023;70(9 特別付録):671
 - 13) 下ノ菌慧, 本間義規, 東賢一, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子, 西原直枝. 中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築 (第3報) 夏期の室内空気温湿度の維持管理手法に関する検討. 令和6年度空気調和・衛生工学会大会; 2024.9.11-13; 佐賀. 同学術講演論文集. E-39. p.109-112.
 - 14) 下ノ菌慧, 本間義規, 東賢一, 島崎大, 西原直枝, 阪東美智子, 小林健一. 中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法 (第7報) 室内空気質の維持管理手法の検討. 第83回日本公衆衛生学会総会; 2024.10.29-31; 札幌. 同抄録集. P21-11(31AM006). p.606.
 - 15) 本間義規・下ノ菌慧・東賢一・島崎大・小林健一・阪東美智子・西原直枝: 中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築 (第2報) 空気環境の実態と利用者の主観評価, 空気調和衛生工学会学術講演論文集 (福井), 2023.9, 177-180
 - 16) 本間義規・下ノ菌慧・島崎大・阪東美智子・東賢一・小林健一: 中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価その1 オフィスの光環境と明るさ感, 日本公衆衛生学会総会第20分科会産業保健, P-2001-1, 2023.10
 - 17) 本間義規, 下ノ菌慧, 東賢一, 島崎大, 西原直枝, 阪東美智子, 小林健一. 中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法 (第6報) 建物規模・性能と浮遊微生物. 第83回日本公衆衛生学会総会; 2024.10.29-31; 札幌. 同抄録集. P21-10(31AM005). p.606.
 - 18) 本間義規, 下ノ菌慧, 東賢一, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子, 西原直枝. 中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築. (第4報) 連続測定に基づく規模・設備別の室内温湿度環境形成要因の考察, 空気調和衛生工学会大会学術講演論文集, E-40. p.113-116, 2024
 - 19) 本間義規, 下ノ菌慧, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子. 事務所ビルの室内湿度と執務者の湿度感に関する主観評価. 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, 967-698, 2024.8
 - 20) 本間義規. 人と湿度, 日本建築学会環境工学委員会熱環境運営委員会第53回熱シンポジウム, 87-92, 2024.10
 - 21) Yoshinori Honma, Kei Shimonosono, Kenichi Azuma, Dai Shimazaki, Kenichi Kobayashi, Michiko Bando and Naoe Nishihara. Temperature, Relative Humidity and Indoor Air Quality in office buildings and their subjective evaluation. 44th AIVC Conference Proceedings, Croke Park, Dublin, Ireland, 2024.10.9-10, 541-550
 - 22) 西原直枝, 本間義規, 下ノ菌慧, 東賢一, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子「中小規模建築物の維持管理を目的とした夏季オフィスワーカーの着衣量調査」, 第48回人間-生活環境系シンポジウム報告集, pp. 59-60, 2024
 - 23) 島崎大, 下ノ菌慧, 小林健一, 阪東美智子, 東賢一, 本間義規. 中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価 その3 給水に係る衛生状況と水道水質. 第82回日本公衆衛生学会総会; 2023.10.31-11.2; つくば. 同

講演集. P-2001-3.

- 24) 島崎大, 下ノ菌慧, 本間義規, 東賢一, 西原直枝, 阪東美智子, 小林健一. 中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法 (第 5 報) 給水に係る衛生状況と水質. 第 83 回 日本公衆衛生学会総会 ; 2024.10.29-31 ; 札幌. 同講演集. P-21-9.
- 25) 本間義規, 下ノ菌慧, 西原直枝, 東賢一, 島崎大, 阪東美智子, 小林健一. 階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討、日本公衆衛生学会総会、2025 (投稿中)

3. 書籍

- 1) 東 賢一他. 室内環境の事典. 朝倉書店, 東京, 2023.
- 2) 東 賢一他. テキスト健康科学改訂第 3 版 : 第 6 章住宅と健康. 南江堂, 東京, 2024.

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

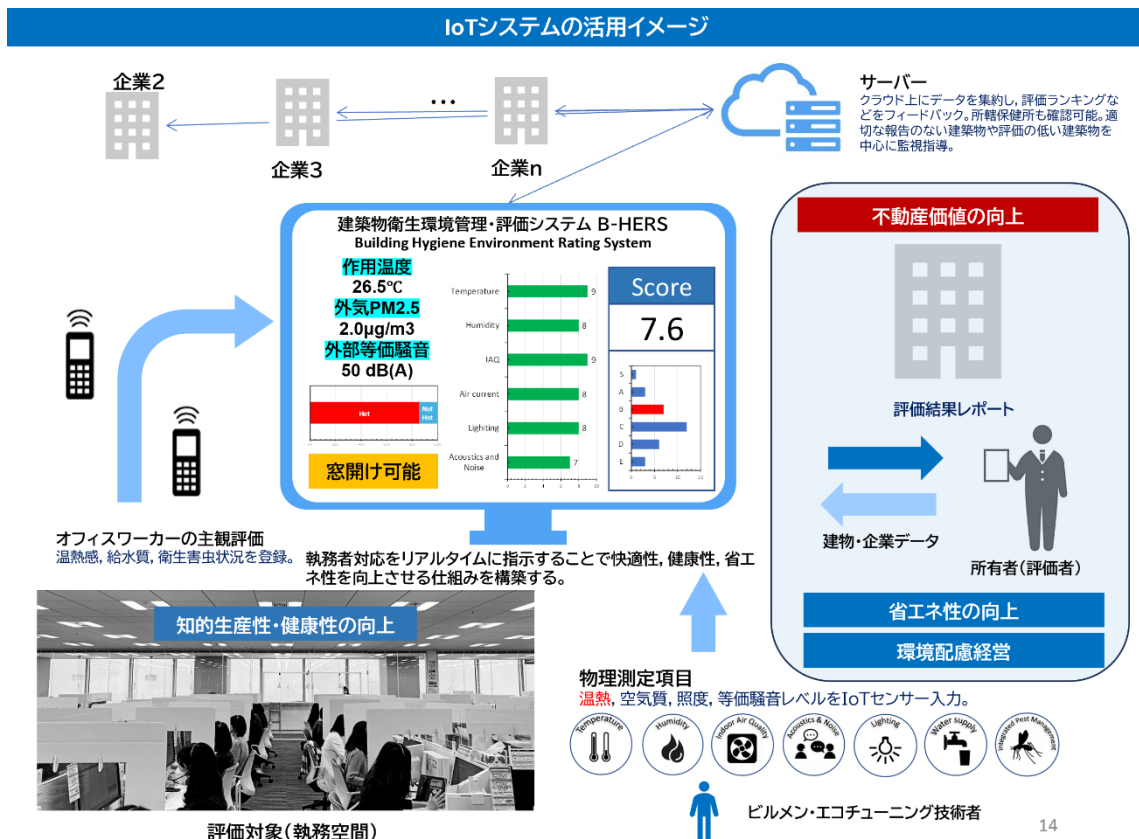


図1 中規模建築物所有者等による自主的な維持管理に資するIoT活用のイメージ

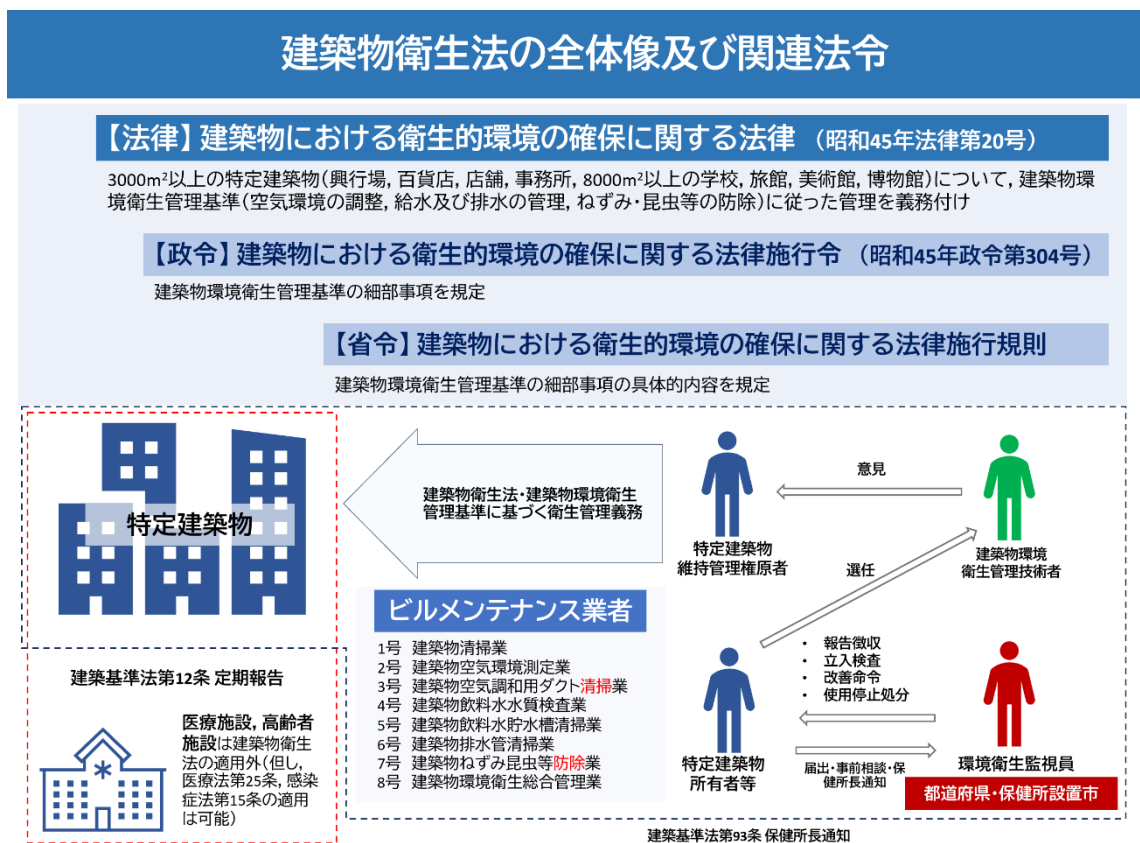


図2 建築物衛生法の全体像及び関連法令

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
国内外の室内環境・知的生産性の評価・レーティングシステムの調査及び検討

研究分担者 東 賢一 近畿大学医学部 教授

研究要旨

中規模建築物所有者等が自ら管理可能かつ IoT とも親和性の高い簡易評価システムの検討と、そのシステムで想定される簡易評価困難な維持管理項目の把握が求められている。本分担研究は、簡易評価システムを検討するにあたり、国内外の室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステム（格付けシステム）についてその算出根拠の詳細調査を実施することを目的とする。また国内事例としてオフィスの室内環境に関するアンケート調査を実施した。

まず国内外の室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステムについて、関係諸機関の評価文書や報告書、関連論文等をインターネット検索および文献データベース検索で調査を行った結果、EU ALDREN プロジェクトが TAIL スキームを提案していることが明らかとなった。建物内の温熱環境、音環境、室内空気環境、光環境の 4 項目の評価とともに、これらの 4 項目を統合した総合的な IEQ の評価格付けシステムの提案である。TAIL スキームは、評価対象とする建物をオフィス事務所とホテルとし、健康リスクと快適性を評価するスキームであり、エネルギー性能と室内環境の質の面から大幅な改修を支援することを目的としている。建築物衛生法は、健康リスクに主眼をおき快・不快を考慮しておらず、環境衛生上良好な状態を維持することを目的としている。このような違いがあることから、日本の環境衛生管理基準にあわせた基準の調整等が必要ではあるが、室内環境の簡易評価システムを構築するうえで、TAIL スキームはかなり参考になる有用なスキームであると考えられた。

TAIL スキームの適用事例では、2件のパイロット研究の結果が研究論文として報告されており、改善すべき項目や改善効果が明確に評価されていた。EU では、EPBD が 2024 年 5 月に改正され、IEQ の評価と改善が導入された。TAIL スキームは改正 EPBD の一環として開発されたものであり、REHVA が改正 EPBD のモデル規制の中で TAIL スキームを利用可能なスキームとして紹介していた。今後、EU 各国の国内法での適用結果を注視する必要がある。

オフィスの室内環境に関するアンケート調査の結果、温熱や湿度に関する不満の割合が高く、次いで音環境に対する不満の割合が高かった。延べ床面積による建物の規模との関係性を評価した結果、音環境の満足度では、建物の規模が小さくなるほど満足度が有意に低下した。特に建物外の騒音において気になる度合いが有意に増加した。但し、その他の項目では建物の規模との有意な関係はみられなかった。なお、室内環境簡易評価システムを導入するにあたっては、デバイスの保有率の結果より、スマホ用のアプリだけでなく、パソコン用のアプリも同時に開発する必要があると考えられた。

A. 研究目的

建築物衛生法が適用される特定建築物（店舗、事務所等の特定用途で延床面積 3000 m²以上の建築物、同 8000 m²以上の学校）には、建築物環境衛生管理基準の遵守、その管理実態の報告、建築物環境衛生管理技術者の選任等が義務づけられている。同法が適用されない中小規模の建築物（以下、中小建築物）においても衛生管理

に努めるように記されているが、現在は監視や報告の義務がないことから衛生管理状況の実態が不明瞭となっている。また近年、省エネに対する建築物所有者や使用者の意識向上が要求される状況下において、中小建築物は運営や管理形態の多様さなどから十分な技術的支援を得られず、適切な対応がとられていない可能性が懸念される。

このような状況を鑑みると、中規模建築物の特質を踏まえた維持管理手法の検討が不可欠であり、建築物所有者等の行動変容を促すような実効性及び汎用性の高い自主的な維持管理手法の構築が必要と考えられる。そこで本研究全体の目的としては、中規模建築物所有者等が自ら管理可能かつIoTとも親和性の高い簡易評価システムの検討と、そのシステムで想定される簡易評価困難な維持管理項目の把握があげられている。本分担研究としては、今年度、簡易評価システムを検討するにあたり、国内外の室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステム（格付けシステム）の調査を実施することを目的とする。

本研究で得られた成果は、建築物衛生法の適用範囲の検討に資するものであり、今後の建築物衛生行政における施策の立案に寄与するものである。

B. 研究方法

B1. 国内外の室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステムの調査

国内外の室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステムについて、関係諸機関の評価文書や報告書、関連論文等をインターネット検索および文献データベース検索で調査した。

B2. オフィスの室内環境に関するアンケート調査

本分担研究者が作成したアンケートを用いて既存のインターネット調査会社（株式会社マクロミル）に調査を委託した。アンケートは本研究者からの指示により、調査会社から電子メールで研究対象者（20～69歳でオフィスで働いている成人、男女は問わない）（北海道 50、東北 50、関東 200、中部 80、近畿 120、中四国 50、九州 50 の割合）に配信した（回答は無記名）。アンケート調査は、2024 年 1 月 17 日から同年 1 月 19 日の 3 日間実施した。

最初にスクリーニング調査として、働いている場所を質問し、オフィスで働いている回答者のみを対象として、オフィスの室内環境に関するアンケートに回答していただいた。アンケートから得られた回答は、性別や年齢、

建物の規模や用途、室内環境の各項目等についての集計を行い、建物の規模等と室内環境各項目との関係を把握した。

（倫理面での配慮）

本研究は、公表されている既存資料を中心とした情報収集を行った後、それらの整理を客観的にこなうものであり、特定の個人のプライバシーに係わるような情報を取り扱うものではない。資料の収集・整理にあたっては、公平な立場をとり、事実のみにもとづいて行う。本研究は、動物実験および個人情報を扱うものではなく、研究倫理委員会などに諮る必要のある案件ではないと判断している。

アンケート調査に関しては、関西福祉科学研究倫理審査委員会（当時の分担研究者の所属機関）で承認（承認番号 23-45）を得て実施した。

C. 研究結果および考察

C1. 室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステム

調査の結果、室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステムは 20 年程度前から提案されていた。本調査から得られた代表的な建物における室内環境質（IEQ）の評価システムとしては、1）EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキーム、2）EU iBRoad プロジェクトのロードマップ、3）UNEP グローバル・アライアンスのビルディングパスポートがある。ただし、EU iBRoad プロジェクトと UNEP グローバル・アライアンスには、詳細なスキームや評価方法、室内環境質の測定方法が明記されておらず、情報が不足していた。

一方、EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームは、評価対象とする建物をオフィス事務所とホテルとし、健康リスクと快適性を評価するスキームが具体的に詳細に提案されていた。TAIL スキームでは、① Thermal (T) environment（温熱環境）、② Acoustic (A) environment（音環境）、③ Indoor air (I) environment（室内空気環境）、④ Luminous (L) environment（光環境）の 4 つの環境を評価する。測定、モデリング、観察によってそれぞれ

の環境をレーティング（格付け）するために、室温、音圧レベル、換気回数、二酸化炭素濃度、ホルムアルデヒド濃度、ベンゼン濃度、PM2.5濃度、ラドン濃度、相対湿度、カビの発生状況（visible）、照度、昼光率の12のパラメータが使用されている。評価レベルの判断には、EN-16798-1と世界保健機関（WHO）の空気質ガイドラインが使用され、グリーン（緑）、イエロー（黄）、オレンジ（橙）、レッド（赤）のレーティングがなされる。測定結果の評価には、主としてEN-16798-1とWHO空気質ガイドラインが使用されている。

EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームは、本研究で開発を計画している中規模建築物の評価スキームにおいて、大いに参考になると思われる。

また、研究レベルでこれまで報告された建物の IEQ 評価モデルのレビューを行った論文もみられた。著者らが独自に開発し、提案しているモデルである。EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキーム同様に、温熱、室内空気質、騒音、光環境などの項目について、評価結果をレーティングし、さらにそれぞれのレーティングの評価結果に重みづけを行って総合的な IEQ の評価を行っている。おそらく逆に、EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームは、既往の研究のレビューを踏まえて、国や地域レベルで評価するための包括的な評価スキームとして提案されたものと思われる。

C2. EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームの各基準の根拠と適用状況と建築物衛生法との比較

測定結果の評価には、主として EN-16798-1とWHO空気質ガイドラインが使用されている。WHOの空気質ガイドラインはWHOによって明確に示されている。温熱環境、相対湿度、二酸化炭素濃度、換気量、音環境の評価において、EN-16798-1が用いられている。

室温の上昇は温熱不快感を引き起こし、シックビルディング症候群（SBS）の症状として知られる急性の非特異的症状を悪化させる可能性がある。また、室温の上昇とともに居住者が感じる空気の質を低下させる可能性もある。さら

に気温が高すぎたり低すぎたりすると仕事のパフォーマンスが低下することが報告されている。また、睡眠の質の低下にも関与していることが報告されている。

温熱の基準においては、温熱環境によって引き起こされる不快感のレベルに応じて設定されている。但し、根拠となる実験結果の詳細を把握することはできなかった。

相対湿度については、設定根拠が把握できなかった。二酸化炭素に関しては、居住者の空気質に対する不満足度の調査結果に基づいて各カテゴリーが設定されていた。

音圧レベルについては、音圧レベルと主観的に報告された騒音不快感との関係が確立されており、作業パフォーマンスの低下にも関与する。室内ではほとんど発生しない高レベルの音圧レベル（> 55 dB(A)）のみがパフォーマンスに悪影響を及ぼすことが示されており、職場環境の最大許容レベルとして 85 dB(A)が使用されている。また、屋内の騒音レベルを低く保つことは、特に良い睡眠の質を確保するために重要とされている。但し、根拠となる実験結果の詳細を把握することはできなかった。

光環境（視覚環境）の質を表すために照度と昼光係数が使用されている。適切な照明は作業を行うために不可欠であり、光へのアクセスに関しては、多くの研究が全体的な幸福度と認知能力の両方に影響を与えることを示している。また、起床時に日光にさらされることは睡眠の質に良い影響を与えることが報告されている。光環境の基準は、EN 16798-1、EN 17037、ISO 15469規格の基準に基づいているが、根拠となる実験結果の詳細を把握することはできなかった。

TAIL スキームの適用事例として、2件のパイロット研究の結果が研究論文として報告されていた（詳細は令和7年度分担研究報告書参照）。

1件目は、南ヨーロッパ、中央ヨーロッパ、北ヨーロッパのさまざまな気候帯と国にある11の建物（6つのオフィス用と建物、5つのホテル用途の建物）に対して実用性試験が実施された結果であった。11棟の建物は改修が計画されており、TAIL スキームは建物がエネルギー改修を受ける前の評価に使用された。

温熱環境、音環境、室内空気環境、光環境の4つの項目の評価の結果、改修すべき項目を明確に示すことができていた。

2件目は、イタリアのミラノ工科大学におけるTAIL評価に基づくキャンパス内のオフィスビルの改修事例の研究であった。

2014年に建物の大規模な改修工事が実施された。主要な構造は維持されたが、外壁の性能が向上し、内部空間において新しい機能を満たすようにアップグレードされ、再生可能エネルギー源が統合されてエネルギー消費が削減されている。さらに改善するために、シミュレーションとロードマップの作成が実施された。改修計画をシミュレーションに基づき作成したところ、改修前後におけるTAILの評価結果が得られ、省エネルギーについては、最大で30.49 kWh/m²・yearの削減効果が得られ、回収に関わる費用は685,000 € (151.08 €/m²)と試算された。

TAILスキームによる評価によって、室内環境質に関する改善点が明確になり、室内環境質の向上とエネルギー削減効果に対して良好な費用対効果が得られていると考えられた。

TAILスキームは、もともと欧州連合(EU)の建物エネルギー性能指令(EPBD)の一環として開発された。EPBDは2024年4月に改正され、第13条に「加盟国は、健康的な室内環境を維持するために、建物に適切な室内環境質基準を実施するための要件を設定すること。」「新しい非住宅用ZEB(Zero emission building)にはIAQ監視および調整デバイスを装備する必要があること」、第19条では「エネルギー性能証明書にIEQの改善に関する推奨事項を含めること」が規定された。

改正されたEPBD(EU/2024/1275)では、2030年までにすべての新築の建物を、2050年までにEU内の建物すべてをゼロエミッション(zero emission building)とすることを加盟国に求めている。同指令は2024年5月28日にすべてのEU諸国で発効した。加盟国は2026年5月29日までの2年以内に国内法化する必要がある。

欧州の空調・換気設備に関する学協会(REHVA: Federation of European Heating,

Ventilation and Air Conditioning Associations)は、「2024年EPBD改正の新しい規定に沿ったモデルIEQ規制」を2025年1月に公表し、その中でTAILスキームを利用可能なスキームとして紹介している。今後、EU各国の国内法での適用結果を注視する必要がある。

日本の建築物衛生法とTAILスキームの違いなどについて比較検討を行った。TAILスキームの目的は、既存の建築物におけるエネルギー性能と室内環境の質(indoor environmental quality, IEQ)を評価し、技術面と経費の面から最も関連性の高い長期的な改修方法を特定して優先付けし、大幅な改修を支援することにある。IEQの評価にあたっては、健康リスクと快不快を指標としており、オフィス事務所とホテルが対象となっている。

一方、建築物衛生法における建築物環境衛生管理基準は、環境衛生上良好な状態を維持することを目的として、実現可能な望ましい基準というべきものを示し、特定建築物の所有者、占有者、その他の者で当該特定建築物の維持管理について権原を有する者に遵守するよう要求しているものであり、推奨値的性格の強いものとなっている。また、建築物衛生法で定義された特定建築物に適用される。特定建築物では、特定用途として興行場、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校、旅館が規定されており、特定用途に使用される延べ床面積が、3,000平方メートル以上(学校については、8,000平方メートル以上)と定められている。

TAILスキームでは健康リスクとともに快不快が指標となっており、健康リスクに主眼をおき、快不快を考慮していない建築物衛生法の環境衛生管理基準よりもより狭い範囲の基準値が設定されている。また、上述のように適用される建物の用途に違いがあり、建築物衛生法の方がより広い用途に適用される。但し、TAILスキームには、建築物衛生法で規定される延べ床面積に関する制限はない。なお、TAILスキームはエネルギー性能と室内環境の質の面から大幅な改修を支援することを目的としているが、建築物衛生法は、環境衛生上良好な状態を維持することを目的としている。

C3. EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームの有効性と課題の検討

本研究班が測定を行った 6 件の建物の測定データのうち、測定方法や測定条件等から、TAIL スキームで評価が可能であったのは、温度 (T: 温熱)、相対湿度 (I: 室内空気質)、音圧レベル (A: 音環境)、二酸化炭素濃度 (I: 室内空気質) であった。

TAIL スキームでの評価の結果、冬期 (暖房期)、夏期 (冷房期) とともに、いずれの建物においても総合評価でグリーン (緑) と評価された建物はなかった。冬期では日平均の総合評価で 6 件中 4 件がイエロー (黄)、2 件がオレンジ (橙) であった。夏期では、6 件中全てがオレンジ (橙) となり、夏期の方が評価結果が低かった。

各項目の評価結果をみると、温度 (T: 温熱) では、冬期で 6 件中 3 件がグリーン (緑) であったが、夏期では 6 件中、イエロー (黄) が 1 件、オレンジ (橙) が 2 件、レッド (赤) が 3 件であり、温度の評価結果の差が総合評価に影響していた。日本の建築物衛生法では、温度の環境衛生管理基準が 18~28℃であるが、TAIL スキームの基準は $24.5 \pm 1^\circ\text{C}$ がグリーン (緑) の基準となっており、日本の基準の方が高いことが影響していると考えられる。

相対湿度 (I: 室内空気質) では、冬期で 6 件中 2 件がグリーン (緑)、3 件がイエロー (黄)、1 件がレッド (赤) であり、夏期では 6 件中 1 件がグリーン (緑)、4 件がイエロー (黄)、1 件がオレンジ (橙) であり、総じて冬期と夏期でほとんど差はみられなかった。

二酸化炭素濃度 (I: 室内空気質) では、冬期で 6 件中 1 件がグリーン (緑)、5 件がイエロー (黄) であり、夏期では 6 件中 2 件がグリーン (緑)、4 件がイエロー (黄) であった。

音圧レベル (A: 音環境) では、冬期で 6 件中 1 件がオレンジ (橙)、5 件がレッド (赤) であり、夏期では 6 件全てでレッド (赤) であった。音圧レベルに関しては、TAIL スキームの基準 (小規模オフィス: 0.1 人/m²) が 30 dB(A) 以下がグリーン (緑) の基準、35 dB(A) 以下がイエロー (色) となっており、日本の実態に比べて基準がかなり厳しいと考えられる。

TAIL スキームで評価を行った結果、建物の室内環境を評価するうえで、温度 (T: 温熱)、相対湿度 (I: 室内空気質)、音圧レベル (A: 音環境)、二酸化炭素濃度 (I: 室内空気質) の各項目の評価結果および総合評価結果が一目瞭然であり、とてもわかりやすい評価スキームであった。

C4. オフィスの室内環境に関するアンケート調査

アンケート調査の結果、621 名 (男性 63.3%、女性 36.7%) から回答を得た。

本調査は冬期の調査であったが、オフィスの室内環境に対する回答を集計した結果、温熱環境が寒いと感じている回答者は 17.7%であり、温熱環境に不満を感じている回答者も 17.1%であった。湿気や乾燥感に不満を感じている回答者も 11.6%であった。空気のおいに関しては、気になると回答したものは 6.8%であり、温熱環境よりも良好な結果であった。但し、換気レベルの不足は 14.8%の回答者が感じており、空気質の不満も 14.0%が感じていることから、寒さや湿気や乾燥感などの温熱環境の要素の方がにおいよりも空気質の満足度に影響を与えていると考えられた。

オフィスの明るさについては、暗いと感じている回答者が 4.4%であり、やや暗いも含めると 14.9%であった。明るさの満足度で不満と感じている回答者は 4.9%であった。

オフィスの音で気になる音は、他人の会話や会話の音で最も高く 20.2%であり、次いで建物外の騒音で 8.5%、空調機やエアコンの音で 6.1%、プリンターやコピー機の音で 4.6%であった。音環境全体で不満を感じている回答者は 7.9%であった。

延べ床面積による建物の規模 (2000m² 未満を小規模、2000~3000m² 未満を中規模、3000m² 以上を大規模) との関係性を評価した結果、温熱環境、湿気や乾燥感、におい、換気、空気質、明るさのいずれにおいても建物の規模との有意な関係はみられなかった。但し、音環境の満足度では、建物の規模が小さくなるほど満足度が有意に低下した。特に建物外の騒音において気になる度合いが有意に増加した。

仕事でのパソコンの使用状況やスマートフォンの保有状況を質問したところ、パソコンの使用割合は92.9%と多くの回答者が仕事でパソコンを使用していた。スマートフォンでは、個人用の保有率は86.9%と高かったが、業務用の保有率は28.1%と4人に1人程度の割合であった。室内環境簡易評価システムを導入するにあたっては、スマホ用のアプリだけでなく、パソコン用のアプリも同時に開発する必要があると考えられた。

D. 総括

国内外の室内環境や知的生産性の評価及びレーティングシステムについて、関係諸機関の評価文書や報告書、関連論文等をインターネット検索および文献データベース検索で調査を行った結果、近年、EU ALDREN プロジェクトがTAIL スキームを提案しており、建物内の温熱環境、音環境、室内空気環境、光環境の4項目の評価とともに、これらの4項目を統合した総合的なIEQ の評価格付けシステムを提案していた。TAIL スキームは、評価対象とする建物をオフィス事務所とホテルとし、健康リスクと快適性を評価するスキームであり、エネルギー性能と室内環境の質の面から大幅な改修を支援することを目的としている。建築物衛生法は、健康リスクに主眼をおき快不快を考慮しておらず、環境衛生上良好な状態を維持することを目的としている。このような違いがあることから、日本の環境衛生管理基準にあわせた基準の調整等が必要ではあるが、室内環境の簡易評価システムを構築するうえで、TAIL スキームはかなり参考になる有用なスキームであると考えられた。

TAIL スキームの適用事例では、2件のパイロット研究の結果が研究論文として報告されており、改善すべき項目や改善効果が明確に評価されていた。EU では、EPBD が2024年5月に改正され、IEQ の評価と改善が導入された。TAIL スキームは改正EPBDの一環として開発されたものであり、REHVA が改正EPBD のモデル規制の中でTAIL スキームを利用可能なスキームとして紹介していた。今後、EU 各国の国内法での適用結果を注視する必要がある。

オフィスの室内環境に関するアンケート調

査の結果、温熱や湿度に関する不満の割合が高く、次いで音環境に対する不満の割合が高かった。延べ床面積による建物の規模との関係性を評価した結果、音環境の満足度では、建物の規模が小さくなるほど満足度が有意に低下した。特に建物外の騒音において気になる度合いが有意に増加した。但し、その他の項目では建物の規模との有意な関係はみられなかった。なお、室内環境簡易評価システムを導入するにあたっては、デバイスの保有率の結果より、スマホ用のアプリだけでなく、パソコン用のアプリも同時に開発する必要があると考えられた。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Hoon K, Osawa H. A longitudinal study on the effects of hygro-thermal conditions and indoor air pollutants on building-related symptoms in office buildings. *Indoor Air* 32(11): e13164. doi: 10.1111/ina.13164.
- 2) 東 賢一. シックビルディング症候群に関連するオフィスの室内環境要因. *クリーンテクノロジー* 32(11), 1-4, 2022.

2. 学会発表

- 1) Azuma K. Indoor air quality and health effects in modern office buildings. 16th international conference on indoor air quality and climate, Workshop Kuopio, Finland, 12-16 June, 2022.
- 2) 東 賢一. 室内空気環境対策総論－室内環境における健康リスク要因とその対策について－. 第32回日本産業衛生学会全国協議会シンポジウム:新型コロナウイルス感染症と室内空気環境対策, 札幌, 2022年9月30日.
- 3) 東 賢一. 室内環境における健康影響問題の経緯と近年の動向. 大気環境総合センター令和5年度特別セミナー. 東京, 2023年11月17日.
- 4) 東 賢一. 空気成分の指針動向. 2023年室内環境学会学術大会車室内環境分科会セミナー. 沖縄, 2023年11月30日.
- 5) Azuma K. Effects of the total floor area of an

air-conditioned office building on building-related symptoms: associations with suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms. The 34nd International Congress on Occupational Health, Marrakesh, Morocco, April 28-May 3, 2024.

予定なし

- 6) Azuma K. The latest information on the scientific evidences and political activity in Japan. 2024 Asia Conference on Innovative Approaches to Enhance Healthy Indoor Environment (TSIEQ 2024). Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan, November 1, 2024.
- 7) Azuma K. Risk assessment concepts for indoor air pollutants: past approach and future issues in Japan. 20th Anniversary Event of Korean Society for Indoor Environment. EL Tower, Seoul, Republic of Korea, May 23, 2024.
- 8) Azuma K, et al. Health risk assessment of indoor air pollutants in modern large office buildings in Japan. 18th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Honolulu, Hawaii, USA. July 7-11, 2024.
- 9) 東 賢一、本間義規、下ノ菌 慧、島崎 大、阪東美智子、小林健一、西原直枝. 中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法（第4報）室内環境評価システムの検討. 第83回日本公衆衛生学会総会（於 北海道大学、札幌）, 2024年10月29-31日.
- 10) 東 賢一. 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響に関する近年の知見. 自動車技術会、車室内環境技術部門委員会セミナー. 東京, 2024年10月11日.

3. 書籍

- 1) 東 賢一、他. 室内環境の事典. 朝倉書店, 東京, 2023.
- 2) 東 賢一、他. テキスト健康科学改訂第3版：第6章住宅と健康. 南江堂, 東京, 2024..

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

1. EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキーム

欧州連合では、ALDREN (Alliance for Deep RENovation in Buildings, <https://aldren.eu/>) というプロジェクトが 2017 年 11 月に発足し、建築物の室内環境質を評価するための TAIL スキーム (オフィス事務所とホテルの IEQ (健康リスクと快不快を指標) のレベルを包括的に評価する新スキーム) を公表している。

TAIL スキームでは、①Thermal (T) environment (温熱環境)、②Acoustic (A) environment (音環境)、③Indoor air (I) environment (室内空気環境)、④Luminous (L) environment (光環境) の 4 つの環境を評価する。測定、モデリング、観察によってそれぞれの環境をレーティング (格付け) するために、12 のパラメーターが使用されている。評価レベルの判断には、EN-16798-1 と世界保健機関 (WHO) の空気質ガイドラインが使用され、グリーン (緑)、イエロー (黄)、オレンジ (橙)、レッド (赤) のレーティングがなされる。測定結果の評価には、主として EN-16798-1 と WHO 空気質ガイドラインが使用されている。

表 1-1 各環境に対する 12 の評価項目

TAIL	評価項目
T (温熱)	室温
A (音環境)	音圧レベル
I (室内空気質)	換気回数
	二酸化炭素濃度
	ホルムアルデヒド濃度
	ベンゼン濃度
	PM2.5 濃度
	ラドン濃度
	相対湿度
	カビの発生状況 (visible)
L (光環境)	照度
	昼光率



表 1-2 T (温熱) の基準

Table 2
Ranges of the indoor air temperature (EN 16798-1 [17]).

Quality of the thermal environment (T)	Buildings with mechanical cooling		Buildings without mechanical cooling	
	Heating season ¹	Non-heating ² (cooling) season	Heating season ¹	Non-heating ^{3,4} (+cooling season)
Green	22 ± 1 °C	24.5 ± 1 °C	22 ± 1 °C	upper limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 + 2 °C lower limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 - 3 °C
Yellow	22 ± 2 °C	24.5 ± 1.5 °C	22 ± 2 °C	upper limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 + 3 °C lower limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 - 4 °C
Orange	22 ± 3 °C	24.5 ± 2.5 °C	22 ± 3 °C	upper limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 + 4 °C lower limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 - 5 °C
Red	If other quality levels cannot be achieved		If other quality levels cannot be achieved	

$$\Theta_{rm} = (1-\alpha) \{ \Theta_{ed-1} + \alpha \Theta_{ed-2} + \alpha^2 \Theta_{ed-3} \},$$

where:

Θ_{rm} = outdoor running mean temperature for that day (°C).

Θ_{ed-1} = daily mean outdoor air temperature for the previous day.

α = constant between 0 and 1 (recommended value is 0.8).

Θ_{ed-i} = daily mean outdoor air temperature for the i-th previous day.

Alternatively, using the following approximate formula (when records of daily running mean outdoor temperature are not available: $Q_m = (Q_{ed-1} + 0.8 Q_{ed-2} + 0.6 Q_{ed-3} + 0.5 Q_{ed-4} + 0.4 Q_{ed-5} + 0.3 Q_{ed-6} + 0.2 Q_{ed-7}) / 3.8$).

¹ Assuming clo = 1.0, office work and RH = 50%.

² Assuming clo = 0.5, office work, and RH = 50%.

³ Summer and shoulder seasons; Θ_{rm} is the running mean outdoor temperature that can be calculated as follows:

⁴ Daily mean outdoor air temperature for the previous day obtained from measurements or from the nearest meteorological station.

EN-16798-1 に基づいている。室温の上昇は温熱不快感を引き起こし、シックビルディング症候群（SBS）の症状として知られる急性の非特異的症狀を悪化させる可能性がある。また、室温の上昇とともに居住者が感じる空気の質を低下させる可能性もある。さらに気温が高すぎたり低すぎたりすると仕事のパフォーマンスが低下することが報告されている。また、睡眠の質の低下にも関与していることが報告されている。

温熱の基準においては、温熱環境によって引き起こされる不快感のレベルに応じて設定されている。但し、根拠となる実験結果の詳細を把握することはできなかった。

表 1－3 I（室内空気質）の基準

Table 4
Ranges of the indoor air quality indicators.

Quality of indoor air quality (I)	Green	Yellow	Orange	Red
Carbon dioxide (concentration above outdoors) ^{1,2}	≤550 ppm	≤800 ppm	≤1350 ppm	If other quality levels cannot be achieved
Ventilation rate ^{3,7}	≥(10 L/s/p + 2.0 L/s/m ² floor)	≥(7 L/s/p + 1.4 L/s/m ² floor) and <(10 L/s/p + 2.0 L/s/m ² floor)	≥(4 L/s/p + 0.8 L/s/m ² floor) and <(7 L/s/p + 1.4 L/s/m ² floor)	If other quality levels cannot be achieved
Relative humidity offices ^{2,4} hotel rooms ^{2,4,5}	≥30%≤50% 30% and ≤50%	≥25%≤60%≥25% and ≤60%	≥20%≤70%≥20% and ≤60%	If other quality levels cannot be achieved
Visible mold ^{6,7}	No visible mould	Minor moisture damage, minor areas with visible mould (<400 cm ²)	Damaged interior structural component, larger areas with visible mould (<2500 cm ²)	Large areas with visible mould (≥2500 cm ²)
Benzene ⁷	<2 µg/m ³	≥2 µg/m ³	no criteria	≥5 µg/m ³
Formaldehyde ⁷	<30 µg/m ³	≥30 µg/m ³	no criteria	≥100 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (gravimetric) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (optical) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³
Radon ^{7,8}	<100 Bq/m ³	≥100 Bq/m ³	no criteria	≥300 Bq/m ³

¹ Outdoor CO₂ should be measured or assumed using <https://www.co2.earth/>; indoor CO₂ according to EN 16798-1 [17].

² To be classified in each quality level, the measurements shall not exceed the range defined by the indicated quality level and the lower quality level for more than 5% of the time, and the range defined by the next lowest quality level for more than 1% of the time.

³ For non-low polluting buildings according to EN 16798-1 [17], because no information on pollution load; the measured ventilation rates (average values of the two measurements) shall be compared with the nominal ventilation rate for that area according to design.

⁴ The levels match EN 16798-1 in terms of the humidification requirements [17].

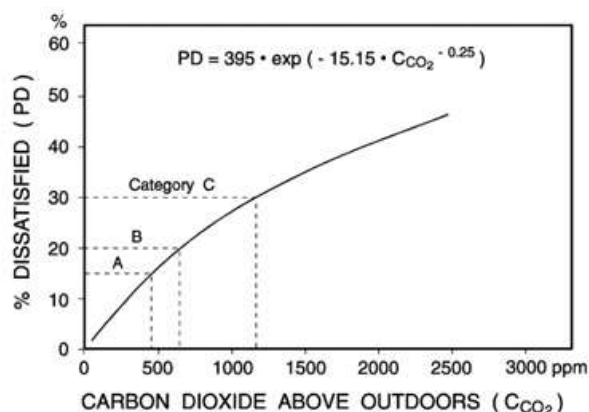
⁵ The higher levels selected to avoid house dust mite infestation (survival and reproduction).

⁶ According to the Nordic classification system and Level(s); observations in the instrumented rooms should be supplemented by observations in locations where the risk of mould is likely (e.g., those identified by using simulations of surface relative humidity).

⁷ The permissible levels that cannot be exceeded: benzene ([45]; [12]), formaldehyde [29]; [45]) and PM_{2.5} [47].

⁸ Two-month average value measured in winter [45;11]).

基準値は、EN 16798-1 規格または世界保健機関（WHO）のガイドラインに基づいている。但し各レベルにカテゴリー化した詳細な根拠は把握できなかった。なお、二酸化炭素に関しては、下図のように居住者の空気質に対する不満足度に応じて設定されている。



Category	Corresponding CO ₂ concentration above outdoors in PPM for non-adapted persons
I	550 (10)
II	800 (7)
III	1 350 (4)
IV	1 350 (4)

表 1－4 A（音環境）の基準

Table 3
Ranges of the sound pressure level.

Quality of the acoustic environment (A)	Offices ¹		Hotel rooms ¹
	Small office	Landscape office	
Green	≤30 dB(A)	≤35 dB(A)	≤25 dB(A)
Yellow	≤35 dB(A)	≤40 dB(A)	≤30 dB(A)
Orange	≤40 dB(A)	≤45 dB(A)	≤35 dB(A)
Red	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved

¹ According to EN16798-1 [17]; in a small office, i.e., individual office, the nominal occupation density is 0.1 person per m² floor, and in the landscape office, it is 0.07 person per m² floor.

EN-16798-1 に基づいている。音圧レベルについては、音圧レベルと主観的に報告された騒音不快感との関係が確立されており、作業パフォーマンスの低下にも関与する。室内ではほとんど発生しない高レベルの音圧レベル (> 55 dB(A)) のみがパフォーマンスに悪影響を及ぼすことが示されており、職場環境の最大許容レベルとして 85 dB(A) が使用されている。また、屋内の騒音レベルを低く保つことは、特に良い睡眠の質を確保するために重要とされている。但し、根拠となる実験結果の詳細を把握することはできなかった。なお、平均音圧レベルは、居住者がいない状態で測定する必要があるが、人がいない状態での測定値が利用できない場合は、人がいる空間で連続的に測定された音圧レベルの 5 パーセンタイル値を使用する。

表 1－5 L（光環境）の基準

Table 5
Ranges of the visual environmental indicators.

Quality of the luminous environment (L)	Offices		Hotel rooms
	Daylight factor ¹	% of the time with measured illuminance between 300 and 500 Lux ²	% of the time with measured illuminance ≥100 Lux ³
Green	≥5.0%	≥60% and ≤100%	0%
Yellow	≥3.3%	≥40% and <60%	>0% to ≤50%
Orange	≥2.0%	≥10% and <40%	>50% to ≤90%
Red	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved

¹ The lowest daylight factor to reach respectively ≥750 Lux, ≥500 Lux, ≥300 Lux and ≥100 Lux; the daylight factor values are taken according to Standard EN 17037 [18] for Brussels.

² Following the requirements of the HQE green building certification scheme [23].

³ Following the requirements of CASBEE [3]; CASBEE requirement is only for the illuminance level and not for the frequency of occurrence.

光環境（視覚環境）の質を表すために照度と昼光係数が使用されている。適切な照明は作業を行うために不可欠であり、光へのアクセスに関しては、多くの研究が全体的な幸福度と認知能力の両方に影響を与えることを示している。また、起床時に日光にさらされることは睡眠の質に良い影響を与えることが報告されている。光環境の基準は、EN 16798-1、EN 17037、ISO 15469 規格の基準に基づいているが、根拠となる実験結果の詳細を把握することはできなかった。

TAIL スキームでは、温熱、室内空気質、音環境、光環境の 4 つの評価項目を総じた室内環境質 (IEQ) の総合評価を以下の式で行っている。この総合評価の結果は、4 つの評価項目の中心部分に提示されるシステムとなっている。

EN-16798-1 は、「Energy performance of buildings. Ventilation for buildings - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Module M1-6: 建物のエネルギー性能—建物の換気 - 室内空気質、熱環境、照明および音響に対処する建物の設計およびエネルギー性能評価のための室内環境入力パラメーターモジュールM1-6」という欧州連合(EU)域内における統一規格である。EN 規格は European Standards と呼ばれる。

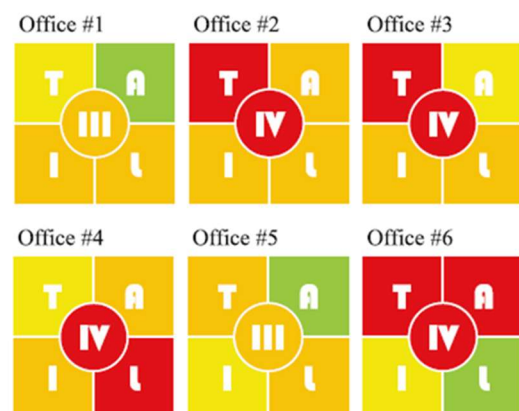
温熱、室内空気質、音環境、光環境の 4 つの評価項目を総じた室内環境質 (IEQ) の総合評価を以下の式で行っている。この総合評価の結果は、4 つの評価項目の中心部分に提示されるシステムとなっている。

IEQ の総合評価

$$\text{Interim rating} = \frac{\sum_1^k R_k * O_k}{n}$$

where k is the number of quality levels; R is the rank for the specific quality level k (R = 1 for green level, R = 2 for yellow level, R = 3 for orange level, and R = 4 for red level); O is the number of observations (measurements) for the specific quality level k; n is the total number of observations (measurements) where the quality of the parameter was determined.

Green: 1~1.4
Yellow: 1.5~2.4
Orange: 2.5~3.4
Red: 3.5~4



ここで、 k は品質レベルの数、 R は特定の品質レベル k のランク（緑レベルでは $R=1$ 、黄色レベルでは $R=2$ 、オレンジレベルでは $R=3$ 、赤レベルでは $R=4$ ）、 O は特定の品質レベル k の観測値（測定値）の数、 n はパラメータの品質が判定された観測値（測定値）の合計数である。

総合評価は、計算結果が 1～1.4 の場合は緑、1.5～2.4 の場合は黄色、2.5～3.4 の場合はオレンジ、3.5～4 の場合は赤となる。これはの範囲は、実際の品質レベルが建物で決定された品質レベルの大部分と一致することを保証するために任意に決定されたものである。

次に、各パラメータの品質レベルが決定されたら、TAIL の各コンポーネントを定義するパラメータの中で最も低い品質レベルを採用し、スキームに含まれる 4 つの主要コンポーネントの品質レベルを推定する。TAIL を定義するパラメータの品質レベルが年間の複数の異なる季節に決定された場合、最も低い評価結果で TAIL コンポーネントの品質レベルを決定する。

4 つの TAIL コンポーネントすべての品質レベルが個別に決定されたら、4 つの TAIL コンポーネントの中で最も低い品質レベルを選択し、建物の全体的な品質レベルを決定する。最も低い品質レベルを選択すると、IEQ を向上させるインセンティブを生じることができる。

TAIL スキームでは、評価プロトコルが作成されている。12 の評価項目のうち、昼光率についてはシミュレーション、カビの発生状況については専門家による目視観察で評価が実施される。他の 10 項目については測定で評価される。測定は建物の室内と屋外の両方で実施される。

評価項目の測定は、季節の違いを避けるために、同じ季節の同じ月（可能であれば同じ天候）の改修前後に実施される。また、季節の違いを把握するために、暖房期（冬期）と冷房期（夏期）の両方の季節で実施するのが理想的ですが、1 つの季節でも構わない。春期と秋期での評価は必須とはされていない。ラドンの測定は、冬期のみラドンが発生しやすい地域でのみ実施される。現場での測定は、建物を通常通りに使用している時間帯に実施される。

本スキームは、建物に対するエネルギー改修の効果や影響を把握するために用いられるため、改修前ではエネルギー回収の数か月前に実施され、建物の改修後は改修後 3 か月以上遅くとも 1 年以内に通常の運用を行った後に実施されることが望ましいとされている。全体的なプロセスを図 1-1 に示す。

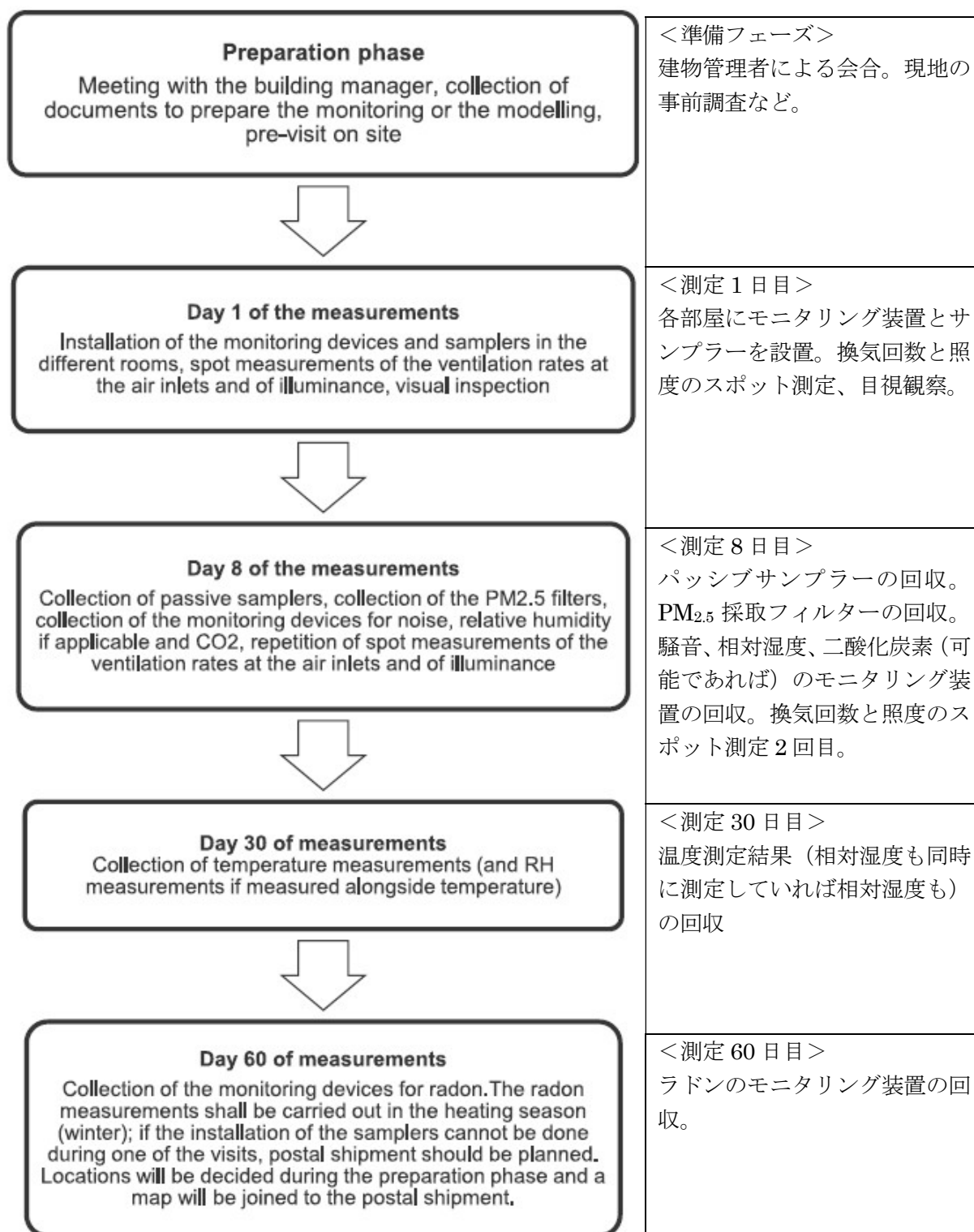


図 1-1 TAIL のレベルを評価するための各評価項目の評価プロセス

各建物においては、各評価項目をいくつかの場所で行う必要があるが、場所の数は、評価結果が建物全体を表していると考えられることや、技術的及び費用的な面を考慮して場所の数が決定される。なお、場所の選定に関しては、以下の基準がある。

- ① 居住者の密度が最も小さい部屋と最も大きい部屋を選定する
- ② 地理的な方向が異なる部屋を選択する
- ③ 街路、道路、庭に面した部屋を選択する
- ④ 種類の異なる部屋を選択する、例えば：
 - ・ 今回の改装前において、同時期に、新たに建築されていた、あるいは改装されていた部屋
 - ・ 同じ空調ユニットと換気または空調ゾーンを共有する部屋
 - ・ 建材や家具等が類似している部屋
 - ・ 同様のタイプの日射遮断装置が設置された部屋
- ⑤ オフィスビルではシングルオフィス、あるいはオープンプランのオフィス、ホテルでは異なるサイズの部屋
- ⑥ 居住者がいる部屋

評価は、オフィスビルではオフィスルーム、ホテルでは客室でのみ実施される。ロビー、サービスルーム、会議室、廊下は対象外となる。測定箇所の面積の合計は、オフィスビルでは延床面積、ホテルでは客室の延床面積の約 10%とする。建物のサイズに応じて最低 2つの場所を選択するが、少なくともフロアーに 1 か所など、評価結果の質的な向上のためには場所を多くとる。

部屋の中央で、壁から 1m 以上離れた場所、床から約 0.8～1m の高さ、テーブル／机またはベッドサイドテーブルの上などで評価は実施される。温熱の測定では、0.6m の高さが座位の高さと考えられている。温熱の測定機器は、通気口や直射日光の近くを避けて設置する。

季節ごとに、オフィスビルでは少なくとも 1 週間のうち労働時間帯（月～金の勤務時間帯のみ）、ホテルでは全時間帯（月曜から月曜、火曜から火曜など、但し就寝時間帯のみ）に評価を実施する。但し、温度は 1 か月間、ラドンは 2 か月間測定する必要がある。

2. TAIL スキームを日本の実態調査結果に適用した際の有効性と課題

表 1－6 に本研究班の評価に使用した項目と評価基準を示す。表 1－6 には冬期における本研究班の測定データの TAIL スキームでの評価結果、表 1－8 には夏期における本研究班の測定データの TAIL スキームでの評価結果を示す。

表 1－6 本研究班の評価に使用した項目と評価基準

評価項目	参考規格	単位	評価分類				備考
			緑(1 点)	黄(2 点)	橙(3 点)	赤(4 点)	
室温 (月平均値)	EN 16798-1	℃	22±1	22±2	22±3	左記以外	暖房期(機械換気あり)
		℃	24.5±1	24.5±1.5	24.5±2.5	左記以外	非暖房(冷房)期 (機械換気あり)
音圧レベル(5 パーセンタイル値)	EN 16798-1	dB(A)	30 以下	35 以下	40 以下	左記以外	小規模オフィス (0.1 人/m ²)
		dB(A)	35 以下	40 以下	45 以下	左記以外	ランドスケープ オフィス (0.07 人/m ²)
二酸化炭素濃度	EN 16798-1	ppm	550 以下	800 以下	1350 以下	左記以外	

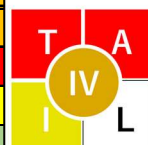
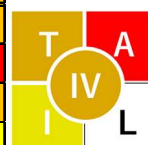
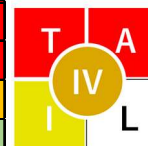
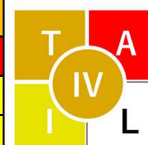
相対湿度 (月平均値)	EN 16798-1	%	30～50	25～60	20～70	左記以外	
評価項目全体の平均値			1～1.4	1.5～2.4	2.5～3.4	3.5～4	

表１－７ 本研究班の測定データの TAIL スキームでの評価結果（冬期）

建物 ID	TAIL	評価項目	単位	測定日：2023年2月						
				時間帯	24h平均	時間帯	9-12平均	時間帯	13-17平均	
				測定結果	評価点	測定結果	評価点	測定結果	評価点	
001(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	22.5	1	23.9	3	24.2	2	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	45.1	4	45.1	4	44.6	4	
	I(室内空気 質)	二酸化炭素濃度	ppm	596	2	677	2	667	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	40	1	40.5	1	38.6	1	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.0		2.5		2.3	
002(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	23.4	3	25.6	2	25.7	2	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	44.2	4	45.2	4	45.2	4	
	I(室内空気 質)	二酸化炭素濃度	ppm	599	2	724	2	753	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	15.4	4	14.7	4	15.8	4	
	総合評価	評価項目全体の平均値			3.3		3.0		3.0	
003(東北)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	21.4	1	23.2	3	23.1	3	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	39.1	3	44.1	4	39.7	3	
	I(室内空気 質)	二酸化炭素濃度	ppm	707	2	787	2	807	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	26.8	2	25.1	2	25.3	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.0		2.8		2.8	
004(東京)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	22	1	23.4	3	23.8	3	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	46.9	4	47	4	46.8	4	
	I(室内空気 質)	二酸化炭素濃度	ppm	707	2	787	2	807	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	26.8	2	25.1	2	25.3	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.3		2.8		3.0	
005(熊本)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	24.1	2	25	2	26.4	4	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	42.2	4	42	4	42.4	4	
	I(室内空気 質)	二酸化炭素濃度	ppm	707	2	787	2	807	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	26.8	2	25.1	2	25.3	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.5		2.5		3.3	
006(金沢)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	19.2	3	20.9	3	22.9	1	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	47	4	46.9	4	50.1	4	
	I(室内空気 質)	二酸化炭素濃度	ppm	500	1	580	2	558	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	30.5	1	30.5	1	28.5	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.3		2.5		2.3	

表 1－8 本研究班の測定データの TAIL スキームでの評価結果（夏期）

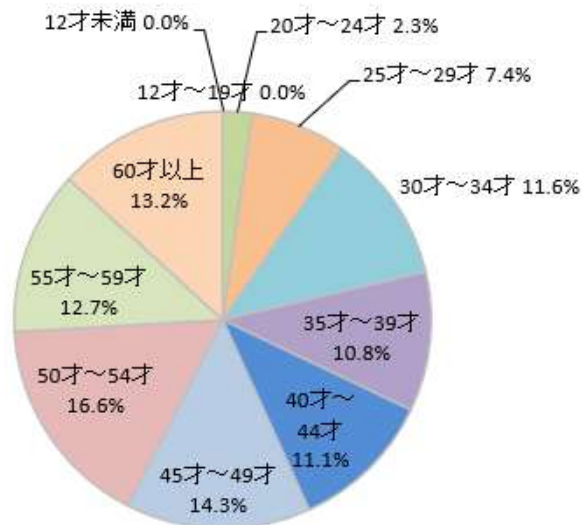
建物 ID	TAIL	評価項目	単位	測定日：2023年8月					
				時間帯	24h平均	時間帯	9-12平均	時間帯	13-17平均
				測定結果	評価点	測定結果	評価点	測定結果	評価点
001(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	25.9	2	25.3	1	25.6	2
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	43.8	4	44.7	4	43.5	4
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	551	2	622	2	644	2
		相対湿度(月平均)	RH%	58.3	2	58.7	2	57.7	2
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.5		2.3		2.5
002(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	26.8	3	26.4	3	26.5	3
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	44.6	4	45.6	4	43.7	4
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	582	2	695	2	743	2
		相対湿度(月平均)	RH%	57.5	2	53.1	2	51.7	2
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		2.8		2.8
003(東北)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	28.3	4	26.9	3	27.3	4
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	43.7	4	44.1	4	46.3	4
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	774	2	764	2	954	3
		相対湿度(月平均)	RH%	48.7	1	49.9	1	48.4	1
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		2.5		3.0
004(東京)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	26.6	3	26.1	3	26.2	3
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	47.3	4	47.2	4	47.2	4
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	705	2	817	3	823	3
		相対湿度(月平均)	RH%	59.2	2	60	2	60	2
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		3.0		3.0
005(熊本)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	27.3	4	26.4	3	26.3	3
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	45.8	4	45.8	4	45.8	4
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	519	1	567	2	606	2
		相対湿度(月平均)	RH%	54.7	2	49.8	1	49.4	1
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		2.5		2.5
006(金沢)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	27.6	4	26.9	3	27.6	4
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	50.1	4	49.8	4	51	4
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	492	1	557	2	556	2
		相対湿度(月平均)	RH%	68.9	3	68	3	64.4	3
	総合評価	評価項目全体の平均値			3.0		3.0		3.3



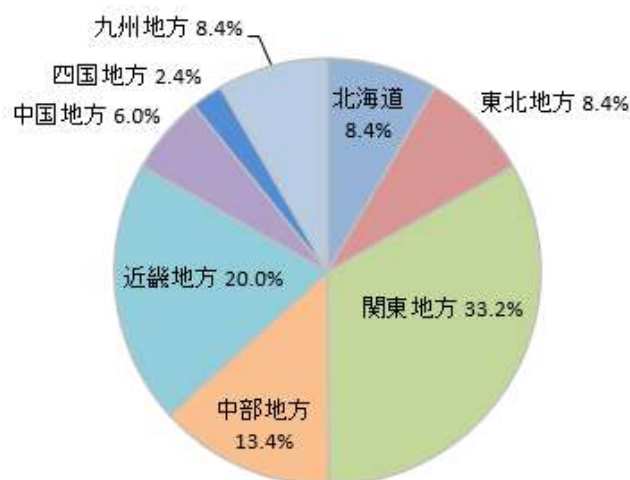
3. オフィスの室内環境に関するアンケート調査

アンケート調査の結果、621名（男性 63.3%、女性 36.7%）から回答を得た。

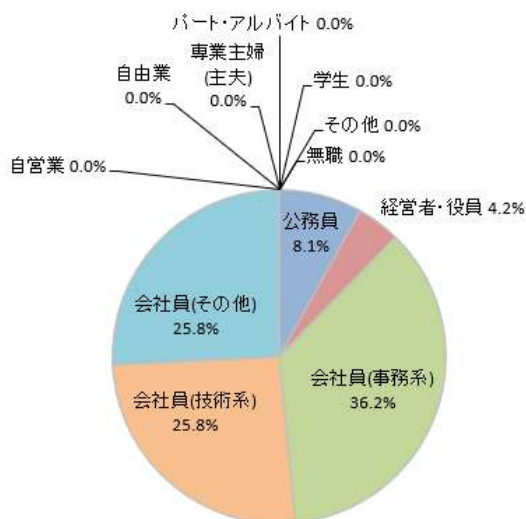
1) 単純集計結果



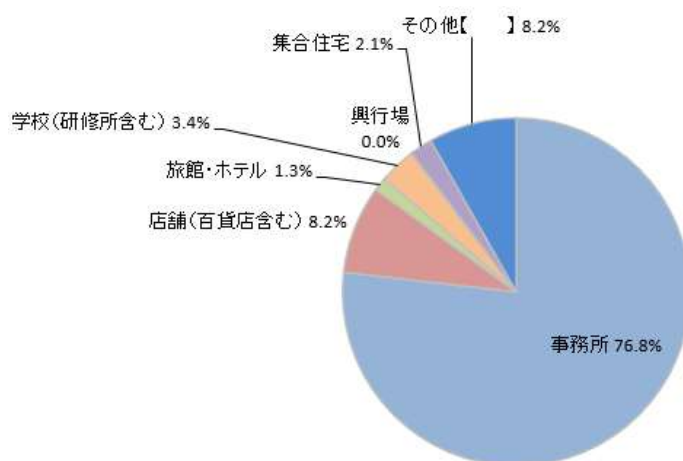
年齢構成



所在地域



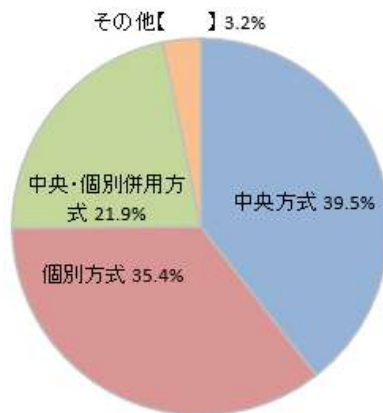
職業



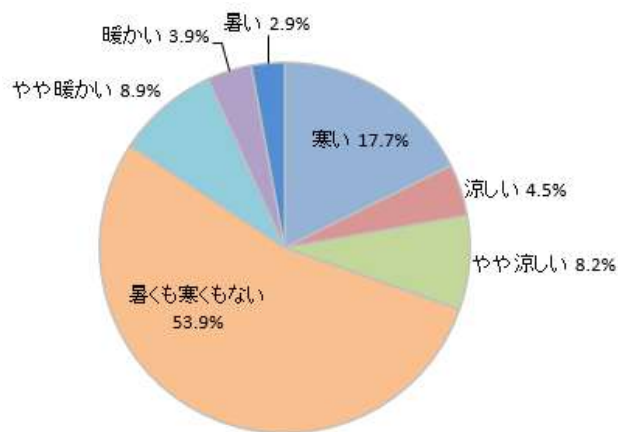
建物の主な用途



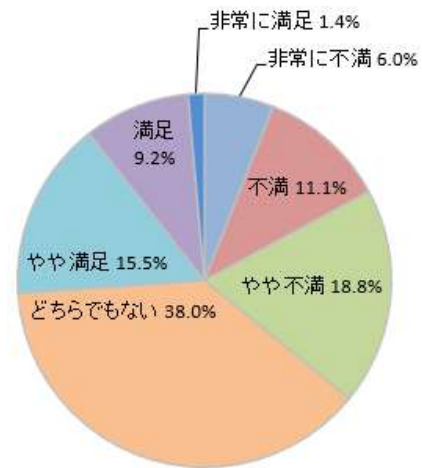
建物の延床面積



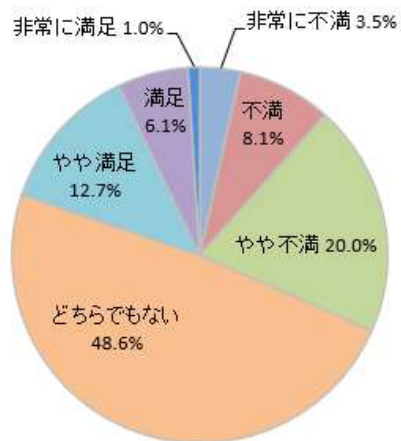
建物内の空調方式



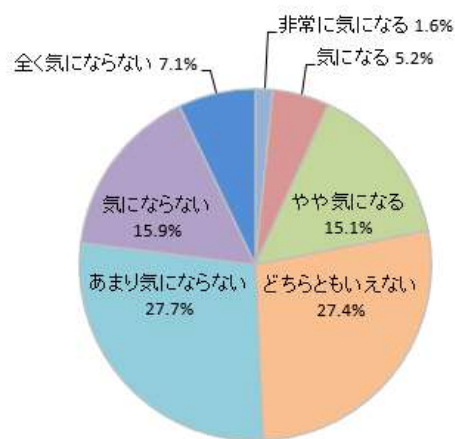
温熱環境の評価



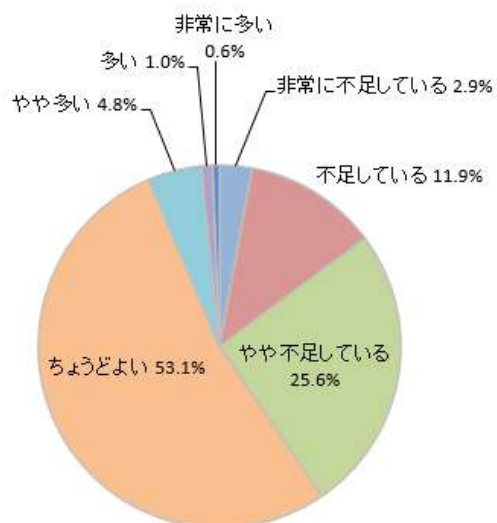
温熱環境の満足度



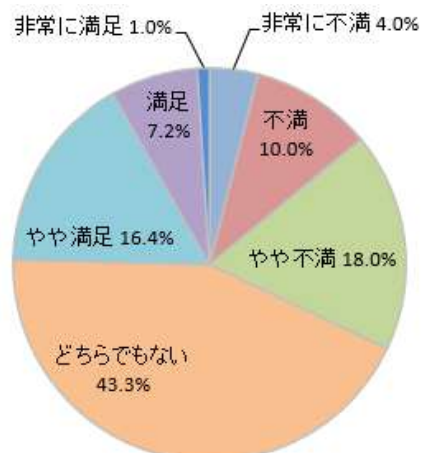
湿気や乾燥感の満足度



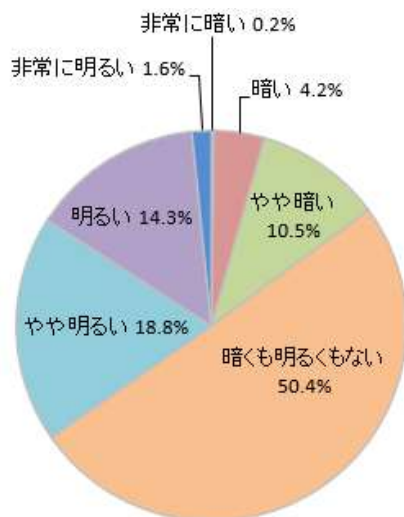
空気の臭いの評価



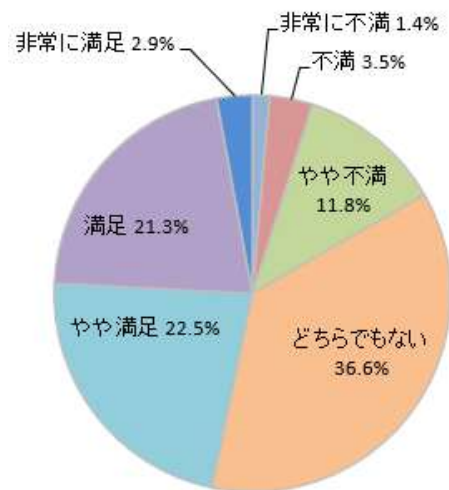
換気のレベル



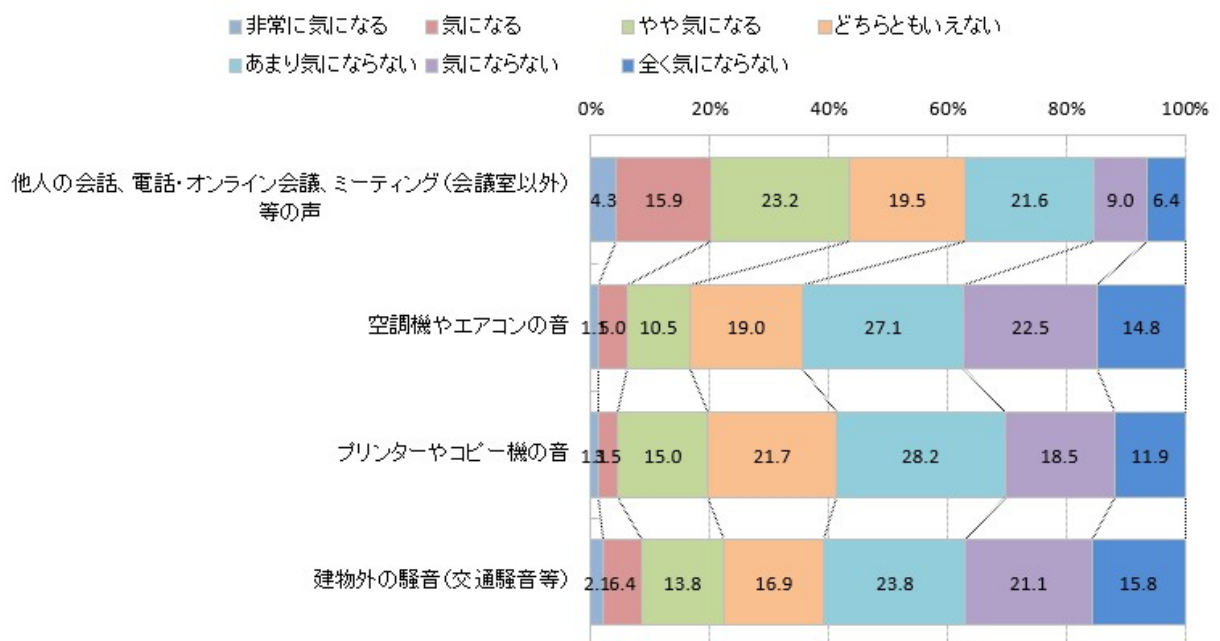
空気質の満足度



明るさの評価



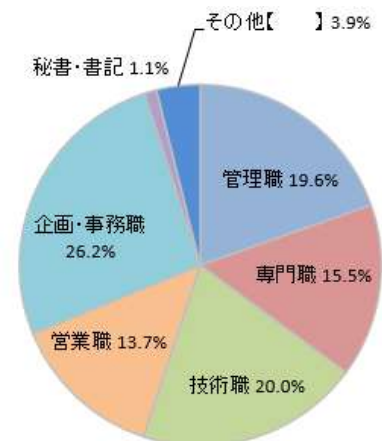
明るさの満足度



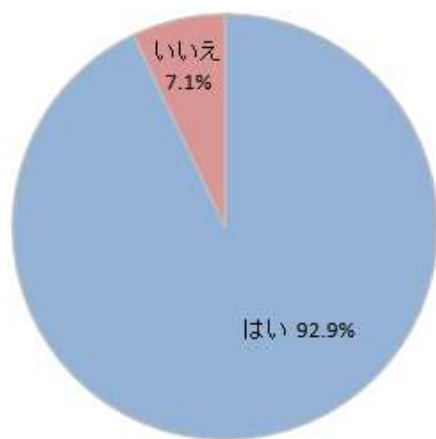
オフィスの音で気になる度合い



音環境の満足度



職種

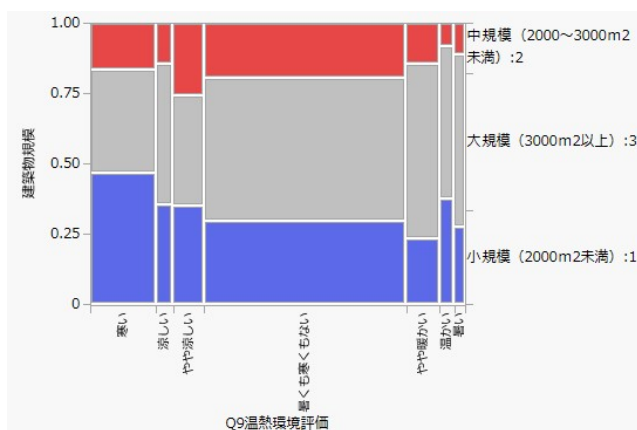


仕事でのパソコンの使用の有無

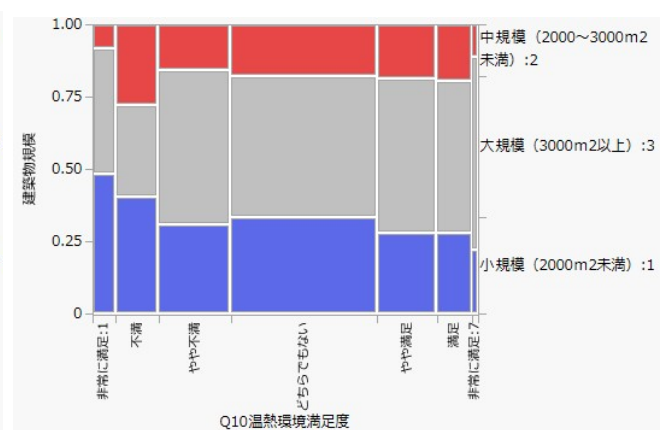


スマートフォンの保有状況

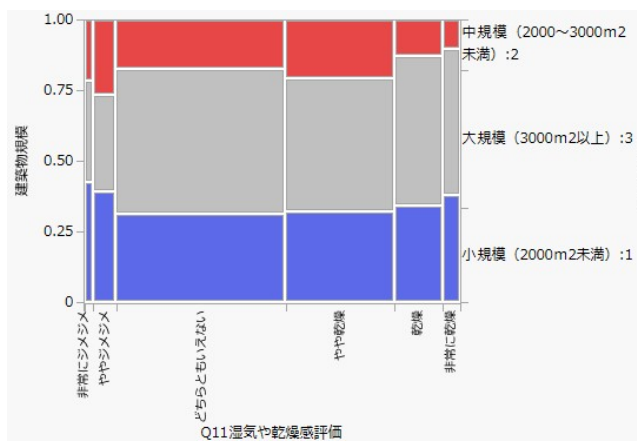
2) 延床面積とのクロス集計のカイ二乗検定の結果



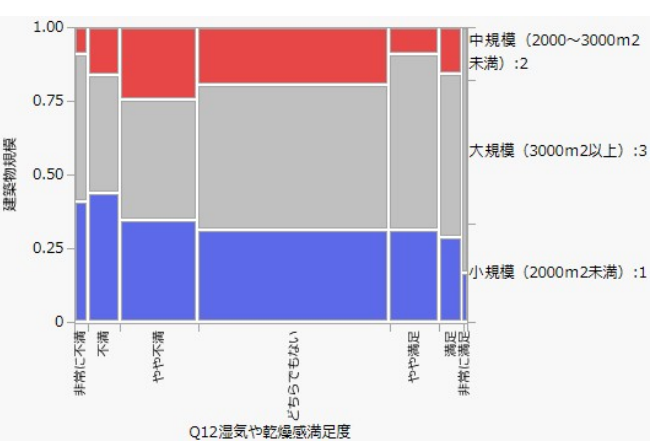
温熱環境評価 ($p=0.0564$)



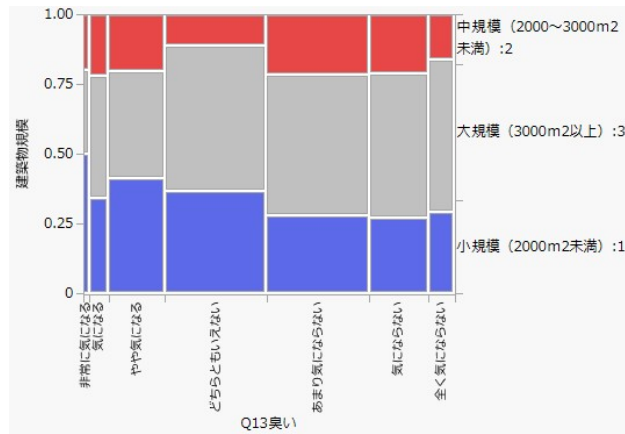
温熱環境満足度 ($p=0.1281$)



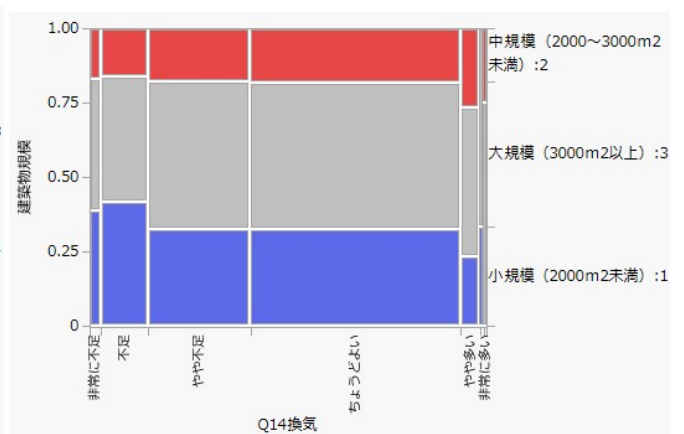
湿気や乾燥感の評価 ($p=0.5178$)



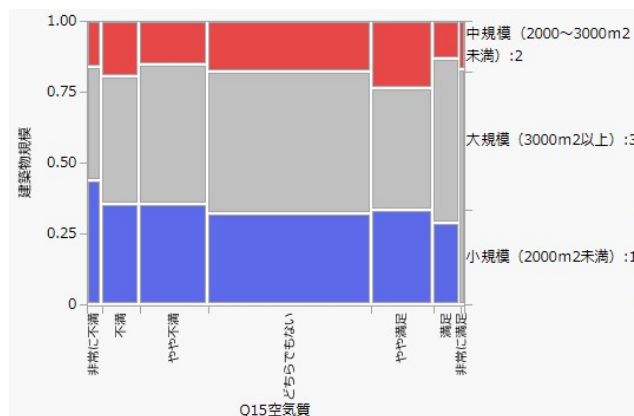
湿気や乾燥感の満足度 ($p=0.1011$)



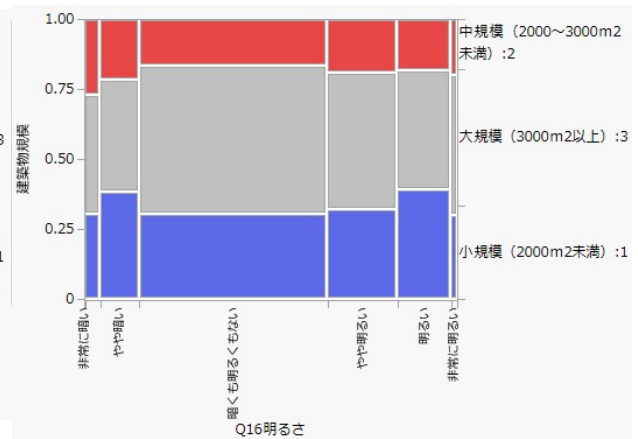
臭いの評価 ($p=0.1554$)



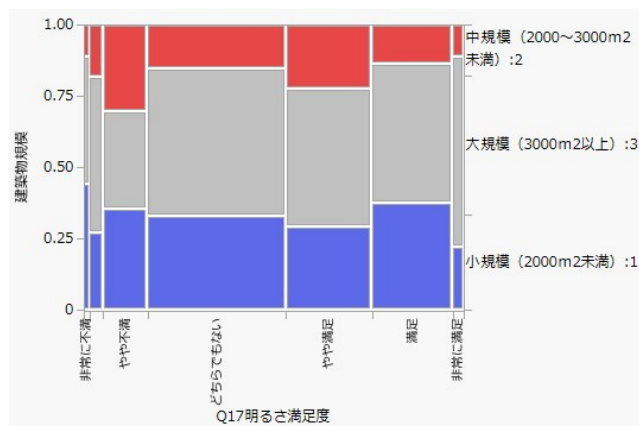
換気の評価 ($p=0.7431$)



空気質の評価 ($p=0.6205$)

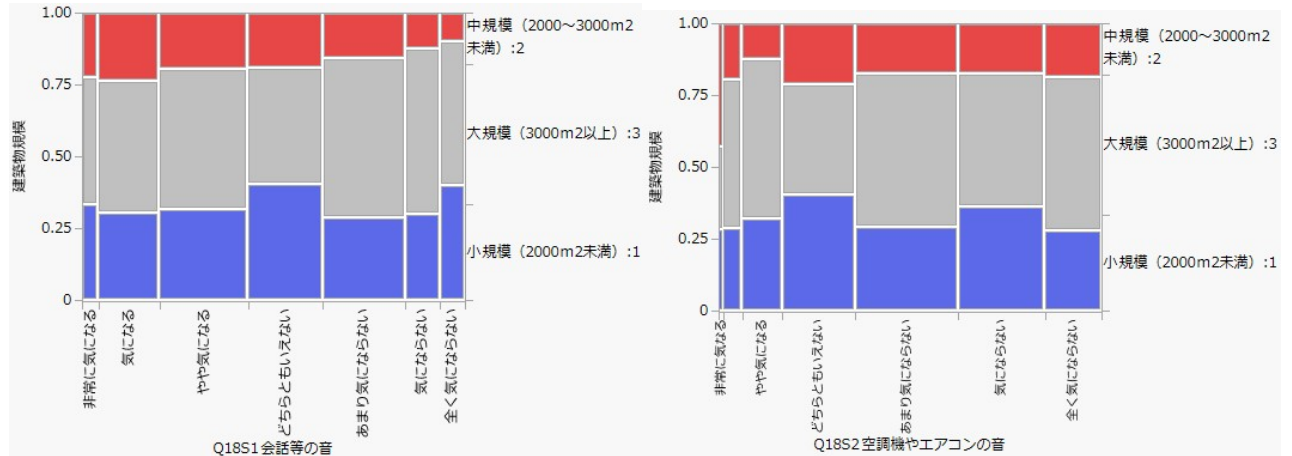


明るさの評価 ($p=0.6728$)



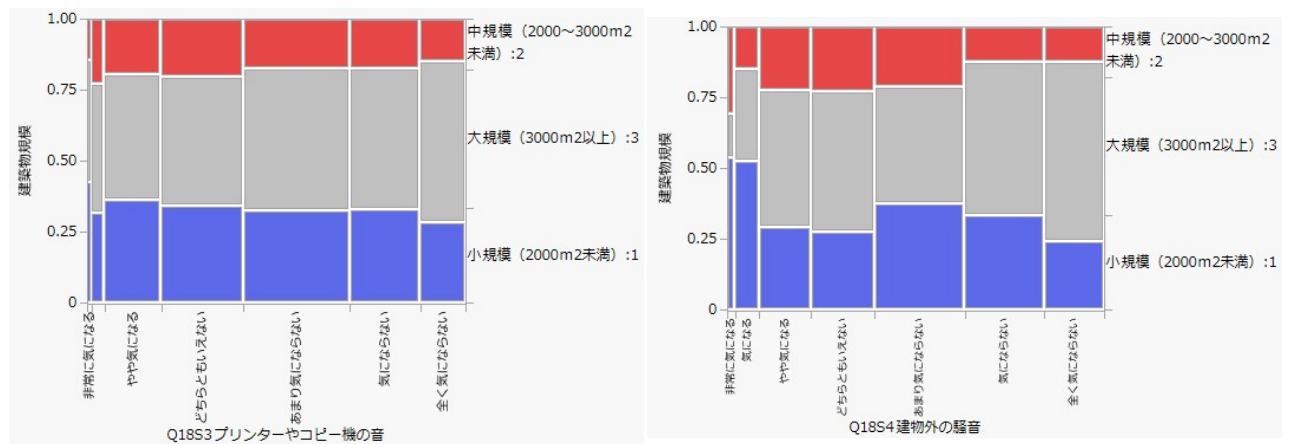
明るさの満足度 ($p=0.1070$)

オフィスの音で気になる度合いの評価（4項目）



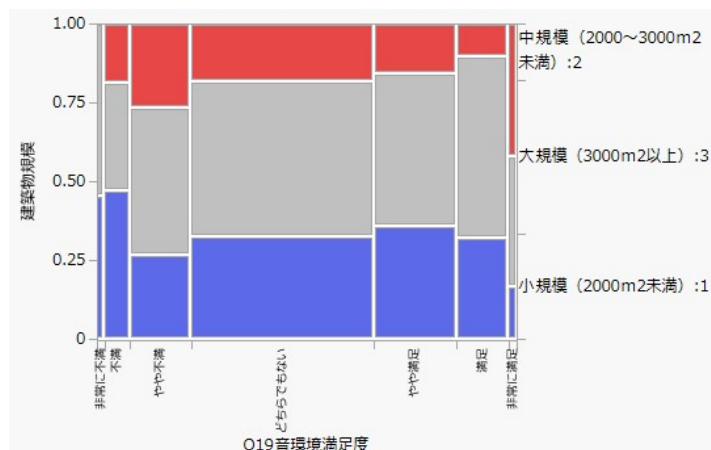
①会話等の音 ($p=0.4152$)

②空調機やエアコンの音 ($p=0.3248$)



③プリンターやコピー機の音 ($p=0.9785$)

④建物外の音 ($p=0.0018^*$)



音環境満足度 ($p=0.0058$)

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
(総合)分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
給水に関する海外のレーティングシステムに関する調査

研究分担者 国立保健医療科学院

島崎 大

研究代表者 国立保健医療科学院

本間 義規

研究要旨

海外における室内環境・知的生産に係るレーティングシステムの評価項目ならびに運用状況を調査し明らかにすることで、当研究における建築物衛生環境管理評価システム（B-HERS）に用いる主観評価アンケート項目設定の参考とすることを目的とした。

海外の室内環境・知的生産に係るレーティングシステムとして、LEED O+M, GBAC STAR, fitwel を対象に、評価項目ならびに運用状況等の情報を抽出し整理したところ、勤務者の健康に関連する項目として、LEED O+M では①最低限の室内空気質、②たばこコントロール、③室内環境質の効率、④統合的ペストコントロールの4項目が、GBAC STAR では①施設における感染症対策および②監査・検査が、fitwel では室内空気質の管理・測定、結果の共有、統合的ペストコントロール、遮光、室温、水質等の多数の項目が含まれていた。特に fitwel では、人の健康に関連する水質項目の遵守が考慮されていた。一方、水道水の衛生状態を反映する残留消毒剤に関連する項目は、いずれも含まれていなかった。

A. 研究目的

海外における室内環境・知的生産に係るレーティングシステムの評価項目ならびに運用状況を調査し明らかにすることで、当研究における建築物衛生環境管理評価システム（B-HERS）に用いる主観評価アンケート項目設定の参考とする。

水道水や給水・給湯に関連する項目の設定状況について考察を行った。

- ・ LEED O+M
- ・ GBAC STAR
- ・ fitwel

B. 研究方法

海外の室内環境・知的生産に係るレーティングシステムとして以下3つを選定し、各システムのウェブサイトから評価項目ならびに運用状況等の情報を抽出し整理した。当研究に関わる項目の設定状況、とりわけ、

C. 調査結果

(1) LEED O+M

i) 概要

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) は、非営利団体 U.S. Green Building Council が開発、運用し、Green Business Certification Inc.が認証の審査を行っている。各評価項目の合計ポイントに依

じて4段階の認証レベル(プラチナ・ゴールド・シルバー・標準)が設けられている。

多種多様な建設プロジェクトに対応できるよう、以下の認証に分類されている。

・BD+C - Building Design and Construction (新築または大規模改修・テナントビル工事・教育施設・小売業・データセンター・物流センター・宿泊施設・医療施設)

・ID+C - Interior Design and Construction (内装工事)

・O+M - Building Operations and Maintenance (大きな改修工事を伴わない、運用や保守向上のための改善)

・ND - Neighborhood Development (新規の土地開発及び再開発)

・HOMES - (戸建・低層住宅、中高層住宅)

・Cities and Communities (人々のQoL向上を目的とする認証プログラム、自然生態系、エネルギー、水、廃棄物、交通等を網羅)

ii) LEED O+M の趣旨と評価項目

当研究では建築物の日常的な運用管理に注目していることから、各認証のうちO+Mを対象とした。最新バージョンは4.1であり、評価は以下の7カテゴリ・22項目であった。

○立地と交通 (1項目)

○持続可能な敷地 (4項目)

- ・雨水管理
- ・ヒートアイランド低減
- ・光公害低減
- ・敷地管理

○水の効率的利用 (1項目)

○エネルギーと大気 (5項目)

- ・エネルギー効率に係る最良管理
- ・冷蔵冷凍設備管理 (基本)
- ・エネルギー性能

- ・冷蔵冷凍設備管理 (強化)
- ・エネルギーグリッド網の調和

○材料と資源 (4項目)

- ・購買計画
- ・施設管理、補修計画
- ・廃棄物処理の効率
- ・購買

○室内環境質 (6項目)

- ・最低限の室内空気質
- ・たばこコントロール
- ・グリーン清掃
- ・室内環境質の効率
- ・統合的ペストコントロール

○革新性 (1項目)

(2) GBAC STAR

i) 概要

非営利団体 International Sanitary Supply Association の一部門 Global Biorisk Advisory Council (GBAC) が開発、運用しており、建築物の清掃、消毒、感染症予防に関する、施設認証またはサービス認証(清掃業者向け)である。

ii) 評価項目

施設認証の評価については、以下の20項目が挙げられていた。

- ・組織・体制
- ・宣言書
- ・継続性と改善活動
- ・法令・規則の順守
- ・短期/中期/長期目標の設定
- ・プログラムコントロールとモニター
- ・リスクアセスメントとリスク緩和
- ・標準作業書(SOP)の策定
- ・用具と装備
- ・清掃と消毒に使用する薬品
- ・在庫管理

- ・ 個人用保護具 (PPE)
- ・ 廃棄物管理
- ・ 教育プログラムと能力開発
- ・ 緊急事態に対する準備と対応
- ・ 施設における感染症対策
- ・ 従業員の健康管理
- ・ 監査・検査
- ・ 協力会社の管理
- ・ 文書管理

また、これに関連して同部門が公開する建築物衛生の評価・監査に関する資料集には、環境衛生の監視に係る技術として以下が挙げられており、GBAC 登録制度に登録されている製品・製造業者が示されていた。

○ 表面監視技術 (Surface Monitoring Technology)

- ・ ATP 測定器
- ・ 定量 PCR 検査
- ・ 拭き取り検査
- ・ 蛍光マーキング
- ・ 表面イメージング
- ・ 消毒範囲指示剤
- ・ UVC 線量計

○ 空気監視技術 (Air Monitoring Technologies)

- ・ 浮遊微粒子カウンタ
- ・ 浮遊病原体センサー

○ 水監視技術 (Water Monitoring Technologies)

- ・ ATP 測定器
- ・ 定量 PCR 検査

(3) fitwel

i) 概要

米国疾病対策センター (CDC) および米国一般調達局 (GSA) が共同提案、非営利団体 The Center for Active Design (CfAD) が運用

している、居住用・商用建築物に関する Building Health 認証である。

ii) 評価項目

バージョン 2.1 における評価項目 (商用・複数テナント向け – Multi-Tenant Whole Building) は以下の 12 カテゴリ・65 項目であり、各項目に応じて配点の重み付けがなされていた。

○ 立地 (4 項目)

- ・ 歩きやすい立地(3)
- ・ 交通機関への隣接

○ 建築物へのアクセス (6 項目)

- ・ 交通機関からの歩行ルート
- ・ 従業員への調査
- ・ 駐輪場
- ・ シャワーとロッカー設備
- ・ 公共交通利用者へのインセンティブ
- ・ 駐車場の効率

○ 屋外の空間 (8 項目)

- ・ 屋外空間のアメニティ
- ・ 散歩道
- ・ 屋外運動設備
- ・ 健康増進となる庭園
- ・ 農産物の売店
- ・ 果物または野菜農園
- ・ 歩道や駐車場の照明
- ・ 全面禁煙

○ 出入り口および 1 階 (8 項目)

- ・ 全面禁煙の表示
- ・ 歩行者用出入り口の表示
- ・ 出入り口のアメニティ
- ・ 出入り口の安全用照明
- ・ 1 階エリアの公共的利用
- ・ 屋外歩行路への誘導
- ・ 地域アメニティの表示
- ・ 風除室等の設置

○階段（6 項目）

- ・ 階段の設置
- ・ 階段の配置
- ・ 階段のデザイン
- ・ 階段の表示
- ・ 階段の視認性
- ・ 階段の安全性

○室内環境（8 項目）

- ・ 全面禁煙
- ・ アスベスト対策
- ・ 室内空気質の管理計画
- ・ 室内空気質の測定
- ・ 室内空気質の測定結果の共有
- ・ グリーン購入計画
- ・ 化学物質使用、貯蔵箇所の換気
- ・ 統合的ペストコントロール

○職場（5 項目）

- ・ 自然光へのアクセス
- ・ 自然の景観
- ・ 遮光の調整
- ・ 活動的な仕事場所の提供（スタンディング
グデスク等）
- ・ 室温の調整

○共有スペース（13 項目）

- ・ トイレの清掃手順
- ・ 手洗いの表示
- ・ 共用休憩所
- ・ 共用休憩所の清掃手順
- ・ 静音室
- ・ 搾乳室
- ・ 多目的室
- ・ 運動室
- ・ フィットネス施設
- ・ 農作物のデリバリー販売
- ・ 健康増進プログラム
- ・ 従業員の満足度調査

- ・ 利害関係者の協働

○飲料水（3 項目）

- ・ 水へのユニバーサルアクセス
- ・ ボトル給水設備
- ・ 水質

○食事（4 項目）

- ・ 健康に配慮した飲食物の提供
- ・ 健康に配慮した飲食物を選択できる仕組み
- ・ 健康に配慮した飲食物へのインセンティブ

- ・ 飲料水へのアクセス

○自動販売機（4 項目）

- ・ 健康配慮した飲食物の提供
- ・ 健康に配慮した飲食物を選択できる仕組み
- ・ 健康に配慮した飲食物へのインセンティブ

- ・ 飲料水へのアクセス

○緊急時対策（4 項目）

- ・ 緊急時対策計画
- ・ AED 装置
- ・ 認定初期対応者
- ・ 緊急時連絡先の表示

そのうち、飲料水については調査対象としたレーティングシステムのうち唯一、水質検査に関する評価項目が存在していた。詳細は以下のようであった。

- ・ 定期的に年 2 回以上、ならびに、給水システム関連の施工や修理等の後に実施
- ・ 各階ごとに水源（貯水槽等）から最遠となる給水栓を 1 箇所以上対象に含める
- ・ 公共水道等から給水を受ける場合には、以下項目の最大汚染濃度を満たす
 - ヒ素: 0.010 mg/L
 - 銅: 1.3mg/L

- 大腸菌群: 陽性率 5.0%
- 鉛: 0.015 mg/L
- レジオネラ: 0.000 mg/L
- 硝酸イオン: 50mg/L
- 塩化ビニル: 0.002 mg/L
- ・ 公共水道等から給水を受けない場合には、米国環境保護庁、世界保健機関、あるいは地方自治体が定める飲料水水質基準や水質ガイドラインを満たす
- ・ 水管理計画 (Water Management Program) を策定する
- ・ 冷却塔など給水システムと切り離された設備について飲用水の供給を確認する

各レーティングシステムの概要、評価対象、評価表示ならびに評価項目等を表 1 にまとめた。

D. 考察

(1) LEED O+M

当レーティングシステムにおける評価項目のうち、室内環境質に関する項目が 6 項目含まれた。特に勤務者の健康や知的生産性に関わる項目として、①最低限の室内空気質、②たばこコントロール、③室内環境質の効率、④統合的ペストコントロールの 4 項目が挙げられていた。

一方、給水や飲料水については雨水貯留と利用ならびに節水に関する各事項やメータ計量による使用量の把握が挙げられているものの、水質に関する評価項目は見受けられなかった。

(2) GBAC STAR

当該レーティングシステムの施設認証については、清掃・消毒作業の標準作業手順書

や感染症対策に関する項目が主であり、直接的に室内環境・知的生産に関わる項目は見受けられなかった。

一方、①施設における感染症対策および②監査・検査において、表面・空気・水を媒体とした病原体への対処が意識されており、勤務者の健康に関連すると考えられた。ただし、水に関しては ATP 検査および定量 PCR 検査のみが挙げられており、病原体や各種細菌の現存指標となる項目としては不十分であるように考えられた。

(3) fitwel

当レーティングシステムは、勤務者ならびに利用者の健康や知的生産性に関わる多様な項目が網羅されていた。室内環境については室内空気質の管理・測定、結果の共有、統合的ペストコントロールが含まれており、職場環境には室温および遮光調整・自然光が含まれていた。

とりわけ、飲料水については人の健康に関連する水質項目の遵守が考慮されており、水道の資機材等を由来とする金属類（銅・鉛）、有機化合物（塩化ビニル）、日和見感染菌（レジオネラ）、糞便汚染指標（大腸菌群）が含まれていた。特にレジオネラについては、さらに水管理計画の策定が求められている点は特筆すべきである。水管理計画とは、CDC が立案する建築物内の給水・給湯系を対象とした包括的レジオネラ対策であり、その方法論は WHO が提唱する水安全計画を基本としている。欧米諸国で建築物内の給水・給湯システム等を通じた日和見感染菌による感染事例の増加が報告されていることから、レジオネラ対策が重視された可能性がある。

一方、水道事業者から供給される水道水の衛生状態に係る重要な指標である、残留消毒剤（遊離残留塩素等）は含まれていなかった。

また、身体運動の促進（階段の利用、フィットネス施設等）、飲食物における健康配慮（食堂、自販機、農産物売店等）、メンタルヘルス関連、母子保健など多岐にわたっており、包括的な Building Health 認証を指向していると考えられた。

E. 結論

海外の室内環境・知的生産に係るレーティングシステムとして、LEED O+M, GBAC STAR, fitwel を対象に、評価項目ならびに運用状況等の情報を抽出し整理した。勤務者の健康に関連する項目として、LEED O+M では①最低限の室内空気質、②たばこコントロール、③室内環境質の効率、④統合的ペストコントロールの4項目が、GBAC STAR では①施設における感染症対策および②監査・検査が、fitwel では室内空気質の管理・測定、結果の共有、統合的ペストコントロール、遮光、室温、水質等の多数の項目が含まれていた。fitwel では人の健康に関連の水質項目の遵守が考慮されており、水道の資機材等を由来とする金属類や、日和見感染の原因となるレジオネラへの対処が盛り込まれていた。一方、水道水の衛生状態を反映する残留消毒剤に関連する項目は、いずれも含まれていなかった。

F. 研究発表

1. 論文発表

（該当なし）

2. 学会発表

（該当なし）

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

（該当なし）

2. 実用新案登録

（該当なし）

3. その他

（該当なし）

表 1 各レーティングシステムにおける概要および評価項目等

名称	LEED O&M V4.1	fitwel	GBAC STAR		
開発国	USA	USA	USA		
開発者/組織	U.S. Green Building Council	U.S. CDC, U.S. General Services Administration The Center for Active Design (CfAD)	Global Biorisk Advisory Council, under Int'l Sanitary Supply Assoc.		
概要	運用や管理の取組を含めた建築物の環境性能認証	居住用・商用建築物に関するBuilding Health認証	建築物の清掃、消毒、感染症予防に関する、施設認証または清掃サービス認証		
評価対象	建築物全体、インテリア	居住用建築物（集合住宅・高齢者施設）、商用建築物（複数テナント・単一テナント・複合施設）、小売業、コミュニティ、他	施設または清掃業者		
評価表示	4段階（プラチナ・ゴールド・シルバー・標準）	3段階（★・★★・★★★）	なし		
評価項目数	22項目	65項目（商用・複数テナント向け）	20項目		
評価項目	立地と交通（1項目）	立地（4項目） ・歩きやすい立地(3) ・交通機関への隣接	室内環境（8項目） ・全面禁煙 ・アスベスト対策 ・室内空気質の管理計画 ・室内空気質の測定 ・室内空気質の測定結果の共有 ・グリーン購入計画 ・化学物質使用、貯蔵箇所の換気 ・統合的ベストコントロール	飲料水（3項目） ・水へのユニバーサルアクセス ・ボトル給水設備 ・水質	組織・体制 宣言書 継続性と改善活動 法令・規則の順守 短期/中期/長期目標の設定 プログラムコントロールとモニター リスクアセスメントとリスク緩和 標準作業書（SOP）の策定 用具と装備 清掃と消毒に使用する薬品 在庫管理 個人用保護具（PPE） 廃棄物管理 教育プログラムと能力開発 緊急事態に対する準備と対応 施設における感染症対策 従業員の健康管理 監査・検査 協力会社の管理 文書管理
	持続可能な敷地（4項目） ・雨水管理 ・ヒートアイランド低減 ・光公害低減 ・敷地管理 水の効率的利用（1項目） エネルギーと大気（5項目） ・エネルギー効率に係る最良管理 ・冷蔵冷凍設備管理（基本） ・エネルギー性能 ・冷蔵冷凍設備管理（強化） ・エネルギーグリッド網の調和 材料と資源（4項目） ・購買計画 ・施設管理、補修計画 ・廃棄物処理の効率 ・購買 室内環境質（6項目） ・最低限の室内空気質 ・たばこコントロール ・グリーン清掃 ・室内環境質の効率 ・統合的ベストコントロール 革新性（1項目）	建築物へのアクセス（6項目） ・交通機関からの歩行ルート ・従業員への調査 ・駐輪場 ・シャワーとロッカー設備 ・公共交通利用者へのインセンティブ ・駐車場の効率 屋外の空間（8項目） ・屋外空間のアメニティ ・散歩道 ・屋外運動設備 ・健康増進となる庭園 ・農産物の売店 ・果物または野菜農園 ・歩道や駐車場の照明 ・全面禁煙 出入口および1階（8項目） ・全面禁煙の表示 ・歩行者用出入口の表示 ・出入口のアメニティ ・出入口の安全用照明 ・1階エリアの公共的利用 ・屋外歩行路への誘導 ・地域アメニティの表示 ・風除室等の設置 階段（6項目） ・階段の設置 ・階段の配置 ・階段のデザイン ・階段の表示 ・階段の視認性 ・階段の安全性	職場（5項目） ・自然光へのアクセス ・自然の景観 ・遮光の調整 ・活動的な仕事場所の提供（スタンディングデスク等） ・室温の調整 共有スペース（13項目） ・トイレの清掃手順 ・手洗いの表示 ・共用休憩所 ・共用休憩所の清掃手順 ・静音室 ・搾乳室 ・多目的室 ・運動室 ・フィットネス施設 ・農作物のデリバリー販売 ・健康増進プログラム ・従業員の満足度調査 ・利害関係者の協働	食事（4項目） ・健康に配慮した飲食物の提供 ・健康に配慮した飲食物を選択できる仕組み ・健康に配慮した飲食物へのインセンティブ ・飲料水へのアクセス 自動販売機（4項目） ・健康に配慮した飲食物の提供 ・健康に配慮した飲食物を選択できる仕組み ・健康に配慮した飲食物へのインセンティブ ・飲料水へのアクセス 緊急時対策（4項目） ・緊急時対策計画 ・AED装置 ・認定初期対応者 ・緊急時連絡先の表示	

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
空気環境の連続測定による室内環境評価と居住者の主観評価による空気温湿度の維持管理手法の検討

研究分担者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員
研究分担者	西原 直枝	日本女子大学	准教授
研究分担者	島崎 大	国立保健医療科学院	上席主任研究官
研究代表者	本間 義規	国立保健医療科学院	統括研究官

研究要旨

【背景・目的】建物運用中の建築物内の室内環境の評価として POE（Post-Occupant Evaluation）がある。国外の POE では室内熱環境の測定と満足度・温熱感調査が多く行われており、その有効性が示されてきた。本研究では空気環境の連続測定による室内環境評価ならびに中小規模建築物の衛生管理手法として居住者の主観評価に着目し、空気温湿度の維持管理手法について検討した結果を報告する。

【方法】日本各地の 6 件の建築物を対象として室内環境測定（連続測定と詳細測定）と主観評価調査を実施した。連続測定では空気温湿度と CO₂ 濃度に関して冬期（2022 年 12 月～2023 年 3 月）と夏期（2023 年 7 月～2023 年 9 月）ごとに特別・曜日別・基準値内時間率（平日 9～18 時の全時間数に対して建築物環境衛生管理基準値内である時間数の比）で評価した。詳細測定と主観評価調査は 2023 年冬期（2023 年 3 月）、2023 年夏期（2023 年 8～9 月）、2025 年冬期（2025 年 1～2 月）の 3 回にわたり代表 1 日を選定して実施した。詳細測定は CO₂ 濃度、空気温湿度、黒球温度、気流速、上下温度分布（床面から 0.1m、0.6m、1.1m、1.7m）、浮遊微粒子個数濃度を測定した。主観評価調査は各回 100 名程度から温度環境と湿度環境の主観評価、個人特性のデータを取得し、室内環境測定結果と合わせて分析した。

【結果】連続測定による空気環境評価では、主に基準値内時間率により空気温湿度と CO₂ 濃度を評価し、冬期の低湿環境が観察されたほか、一部の建物ではある時期を境に何らかの影響で換気量が減少した傾向を把握することができた。詳細測定による空気環境評価では、PMV や SET* による評価は特定建築物と中小規模建築物で一貫した結果が得られなかったものの、一部の中小規模建築物では F.L.+1100mm と F.L.+100mm の空気温度差が 3.3K となる場合があり、熱環境が悪化している可能性が見受けられた。また、中小規模建築物の浮遊微粒子個数濃度の I/O 比は特定建築物と比較して高い傾向が見られ、空調機に付属するフィルターや清掃頻度による影響の差が出たと考えられる。主観評価調査では、個人属性や温湿度環境に対する主観評価をまとめ、詳細測定の結果との分析により寒冷側申告率、乾燥側申告率、湿潤側申告率といった指標で空気温湿度の維持管理ができる可能性を示した。

【結論】空気温湿度の維持管理手法については平均空気温度と寒冷側申告率（冬期）、平均相対湿度と乾燥側申告率（冬期）には負の相関、平均空気温度と湿潤側申告率（夏期）には正の相関が見られたことから、この相関が利用できる可能性がある。しかし、現時点では 6 件の建築物に限定されていること、夏期の空気温度に対する不満は「寒冷側」の理由もあること、温湿度環境に対する主観評価は年齢、性別、暑がり・寒がりといった個人属性に影響される等の課題であり、今後もデータを蓄積することでより精度の高い維持管理手法の提案につながると考えられる。

A. 研究目的

建築物における衛生的環境の確保に関する法律（以降、建築物衛生法）では特定用途に供される部分の延床面積が3,000m²以上の建築物（以降、特定建築物）に対して、空気環境の調整、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除に関して維持管理をすることが義務付けられている¹⁾。一方、延床面積が3,000m²未満の建築物（以降、中小規模建築物）についても多数の者が使用、利用するものについては努力義務が課せられているが、中小規模建築物では室内空気中の真菌濃度・化学物質濃度・CO₂濃度が基準を超過する事例が多いことが報告されている²⁾。

建物運用中の建築物内の室内環境の評価としてPOE (Post-Occupancy Evaluation) がある。POEは「建物が建設され、一定期間使用された後に、体系的かつ厳格な方法で評価するプロセス」と定義されている³⁾。POEはエネルギーや水の消費量の分析のほか、IEQ（室内環境品質：Indoor Environment Quality）の物理測定や居住者へのアンケートも含まれており、多岐にわたる手法が提案されている。Liらの146件のPOEに関するレビューによると、81.51%がOccupant Survey（標準化された満足度調査や温熱感調査等）を実施し、42.47%がThermal Conditions（空気温湿度や気流速度等）を測定しており⁴⁾、POEの重要なファクターと考えられる。例えば、米国ではカリフォルニア大学バークレー校のCBE（Center of Built Environment）はオフィスレイアウト、オフィス家具、熱環境、空気質、照明、音響、建物清掃に関して居住者の満足度をWeb上で集計し、回答者のデスクに設置されたウェザーステーション（乾球温度、気流速度、放射温度）の結果と合わせて室内環境を評価するツールを開発している。本ツールは対象とする建物の満足度を他の建築物と比較することで運用改善を促進するツールとしても機能している⁵⁾。このツールはASHRAE（米国暖房冷凍空調学会：American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers）のPMP（Performance Measurement Protocol）の基にもなっており、商業施設の性能測定のためのプロトコルとして3段階のレベルで性能測定（ス

ポット測定又はデータロガー測定と居住者のアンケート調査）の方法が示されている⁶⁾。CBPD（Center for Building Performance and Diagnostics at Carnegie Mellon University）もNEAT（National Environmental Assessment Toolkit）を開発しており、熱環境（3つの高さでの空気温度、放射表面温度、相対湿度、気流速度）、空気質（CO₂濃度、CO濃度、揮発性有機化合物、粒子状物質）、視覚（3つの位置での照度）、音響と主観的アンケート調査に関して18の連邦施設におけるサイト間比較が可能となっている⁷⁾。オーストラリアでは、シドニー大学とシドニー工科大学がオフィス向けのIEQ評価システムであるBOSSA（Building Occupants Survey System Australia）を開発している⁸⁾。当該システムはNABERS（National Australian Built Environment Rating System）のIE（Indoor Environment）、GBCA（Green Building Council of Australia）、NZGBC（New Zealand Green Building Council）において使用が推奨されており、システムの一部であるBOSSA Snap-shotは例えば作業エリアの暖かさについて現在の評価を建物利用者のサンプルに対して繰り返し実施する縦断的調査が行われ、熱環境測定装置であるBOSSA NOVAと建物情報のデータベースであるBOSSA Building Metricsを合わせて分析することで建物が想定通りの性能を発揮しない場合の原因を特定できる点が特徴である。

このように、物理環境の測定ならびに居住者の主観評価による建築物評価は数多く登場しており、その有効性は高いと考えられる。建築物衛生法の適用外である中小規模建築物の衛生管理手法としても居住者の主観評価を利用できる可能性があるが、居住者の主観評価は様々な要因に影響を受けることが知られており⁹⁾、衛生管理への適用に向けて更なる検討が求められている。

そこで本研究では、日本各地の6件の建築物を対象とした室内環境測定と主観評価調査から、夏期・冬期の室内熱環境評価ならびに居住者の主観評価による室内環境の維持管理手法について検討した結果を報告する。

B. 研究方法

B.1. 建物概要

対象建物の概要を表 1 に示す。全国各地に建つ 6 件の建築物を対象に室内環境測定ならびに執務者に対する主観評価調査を実施した。A ビル、B ビル、C ビルは特定建築物、D ビル、E ビル、F ビルは中小規模建築物である。いずれも用途は事務所であり、A ビルと C ビルは中央管理空調方式、その他は個別管理空調方式であった。換気方式は A ビルと C ビルが AHU (Air Handling Unit)、B ビルが OHU (Outdoor air Handling Unit)、D ビルが第 1

種熱交換換気、E ビルと F ビルが第 3 種換気であった。

B.2. 室内環境測定の概要と熱・空気環境評価

室内環境測定の概要を表 2、各建物の平面概要図を図 1 に示す。室内環境測定は連続測定と詳細測定を実施した。

(1) 連続測定

連続測定では T&D 社の TR-76Ui を室の代表 1 か所に設置し、10 分間隔で測定した。測定器の設置時期は A ビルが 2022 年 7 月、B ビルと C ビルが 2022 年 9 月、D ビルが 2022 年 10 月、E ビルと F ビルが 2022 年 11 月である。測

表 1 調査建物の概要

建物	所在地	延床面積(m ²)	竣工年	階数	測定階数	空調※1	換気※2
A	北海道札幌市	25 289.2	1995	B1-16F	10F	AHU (CAV)	AHU
B	宮城県仙台市	6 799.6	1991	B1-8F	7F	PAC	OHU
C	東京都新宿区	93 996.5	2011	B2-35F	22F	AHU (VAV)	AHU
D	北海道札幌市	1 372.7	2018	3F	2F	PAC	HEX
E	熊本県熊本市	973.4	不明	3F	3F	PAC	第 3 種
F	石川県金沢市	805.5	不明	1F	1F	PAC	第 3 種
※1 AHU: 空気調和機, CAV: 定風量単一ダクト方式, PAC: パッケージエアコン, VAV: 変風量単一ダクト方式							
※2 HEX: 第 1 種換気 (全熱交換器), OHU: 外調機							

表 2 室内環境測定の概要 (熱環境・空気質に係る項目のみ)

1. 連続測定

- 1) 空気温湿度・CO₂濃度: T&D TR-76Ui, 10 分間隔, 1 点設置

2. 詳細測定

[2023 年冬期]

- 1) 空気温湿度・CO₂濃度: T&D TR-76Ui, 1 分間隔, 最大 7 点設置
- 2) 上下温度分布: ESPEC RSW-21S, F.L.+100, F.L.+600, F.L.+1 100, F.L.+1 700, 1 分間隔,
ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 3) 黒球温度: 柴田科学 グローブサーモメーター75mm・T&D TR-71Ui, F.L.+1 100, 1 分間隔,
ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 4) 空気環境 6 項目: 柴田科学 IES-5000, 1 分間隔, 1 点設置
- 5) 浮遊微粒子濃度: KANOMAX Model3889, 28.3L/min.吸引, 最大 30 分, 室内・室外測定, 午前・午後各 1 回

[2023 年夏期]

- 1) 空気温湿度・CO₂濃度: T&D TR-76Ui, 1 分間隔, 最大 7 点設置 + 外気 1 点
- 2) 上下温度分布: T&D RTR503B, F.L.+100, F.L.+600, F.L.+1 100, F.L.+1 700, 1 分間隔,
ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 3) 黒球温度: 柴田科学 グローブサーモメーター75mm・T&D TR-71Ui, F.L.+1 100, 1 分間隔,
ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 4) 風速: KANOMAX Model 6501 (プローブ: 6533-21), F.L.+1 100, 1 分間隔, インテリアのみ
- 5) 浮遊微粒子濃度: KANOMAX Model3889, 28.3L/min.吸引, 最大 30 分, 室内・室外測定, 午前・午後各 1 回

[2025 年冬期]

- 1) 空気温湿度・CO₂濃度: T&D TR-76Ui, 1 分間隔, 室内最大 5 点 + 外気 (C ビル除く) 1 点
- 2) 上下温度分布: T&D RTR503B, F.L.+100, F.L.+600, F.L.+1 100, F.L.+1 700, 1 分間隔,
ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 3) 黒球温度: 柴田科学 グローブサーモメーター75mm・T&D TR-71Ui, F.L.+1 100, 1 分間隔,
ペリメータ・インテリア各 1 点設置
- 4) 気流速度: KANOMAX Model 6501 (プローブ: 6533-21), F.L.+1 100, 1 分間隔,
ペリメータ・インテリア各 1 点設置

定は約1年間実施したが、近接した位置に建つ A ビルと D ビルは 2025 年 3 月まで実施した。

熱環境評価は冬期(2022 年 12 月～2023 年 3 月)と夏期(2023 年 7 月～2023 年 9 月)を対象に営業日^{注1}の 9～18 時の空気温湿度と CO₂ 濃度の時別集計値、曜日別集計値ならびに t-x 線図により室内環境(冬期は 1～3 月のみ)を評価するとともに、平日 9～18 時の総時間数に対する建築物環境衛生管理基準値内である時間数の比(以降、基準値内時間率)により評価した。

(2)詳細測定

詳細測定は 2023 年冬期(2023 年 3 月)、2023 年夏期(2023 年 8～9 月)、2025 年冬期(2025 年 1～2 月)の期間の内、代表 1 日を選定して実施した。実施時間帯は 2025 年冬期の A ビル、B ビル、C ビルのみ 13～16 時であるが、その他は 10～16 時に実施した。空気温湿度と CO₂ 濃度は平面分布を把握するため、複数点に機器を設置し 1 分間隔で測定した。上下温度分布と黒球温度はペリメータゾーン(以降、PZ)とインテリアゾーン(以降、IZ)に各 1 点設置し 1 分間隔で測定した。気流速度については 2023 年冬期は柴田科学社の IES-5000 を IZ に設置、2023 年夏期は日本カノマックス社の Model 6501(プローブ:6533-21)を IZ に設置、2025 年冬期は日本カノマックス社の同製品を PZ と IZ の両方に設置した。浮遊微粒子濃度個数は 2023 年冬期と 2023 年夏期に午前と午後に 1 回ずつ室内を測定し、外気も測定した。この他、30 分間隔に在室人数を目視にてカウントした。

室内熱環境は PMV(平均温冷感申告: Predicted Mean Vote)¹⁰⁾、SET*(新標準有効温度: Standard Effective Temperature)、上下温度分布、平均放射温度により評価した。PMV と SET*は PZ と IZ の F.L.+1100mm の位置で測定している空気温湿度、黒玉温度、気流速度(いずれも測定時間中の算術平均値)と代謝量を 1.2Met と仮定し、着衣量は 2023 年冬期と 2023 年夏期は建物ごとの算出した着衣量の平均値、2025 年冬期は PZ と IZ の別に算出した着衣量の平均値を用いて算出した(着座位置を「窓の近く」と「入口近く」と申告した方を PZ、「室中央」と申告した方を IZ として平均着衣量を算出した)。PMV と SET*は快適域である

-0.5～+0.5 と 22.2℃～25.6℃ の範囲内であるか評価した。上下温度分布は ASHRAE の規格¹¹⁾や ISO(国際標準化機構: International Organization for Standardization)の規格¹²⁾で定められているように、F.L.+1100mm と F.L.+100mm の位置の空気温度差(3K 以内で快適)で評価した。また、平均放射温度(\bar{t}_r)は JIS(日本産業規格: Japanese Industrial Standards)の規格¹³⁾を基に下記式から算出した。

$$\bar{t}_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 \times v_a^{0.6}}{\varepsilon_g \times d^{0.4}} (t_g - t_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273$$

ここに、d: 黒球の直径

ε_g : 平均放射率

t_a : 空気温度(℃)

t_g : 黒球温度(℃)

v_a : 気流速度(m/s)

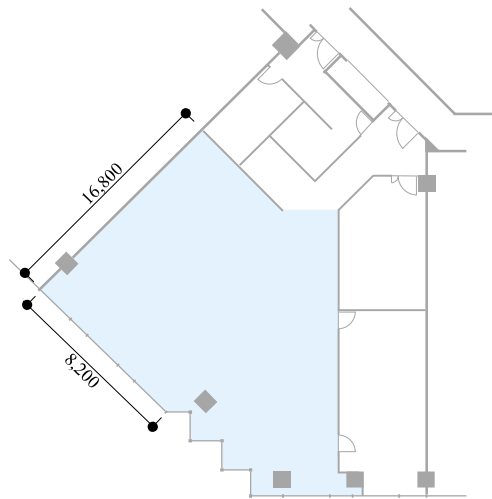
※空気温度、黒玉温度、気流速度は測定時間中の算術平均値とした。

室内空気環境評価は浮遊微粒子個数濃度の I/O 比(外気浮遊微粒子個数濃度に対する室内浮遊微粒子個数濃度の比)で評価した。また、2023 年夏期と 2025 年冬期の CO₂ 濃度データを利用して換気量を推定した。室内 CO₂ 濃度の変動が小さい 30 分間の平均値で集計し、同時刻の外気 CO₂ 濃度の平均値と 1 人あたりの CO₂ 吐出し量を用いてザイデルの式により換気量(CMH/m²)を推定した。なお、1 人あたりの CO₂ 吐出し量は 22L/h(極軽作業)¹⁴⁾と仮定した。

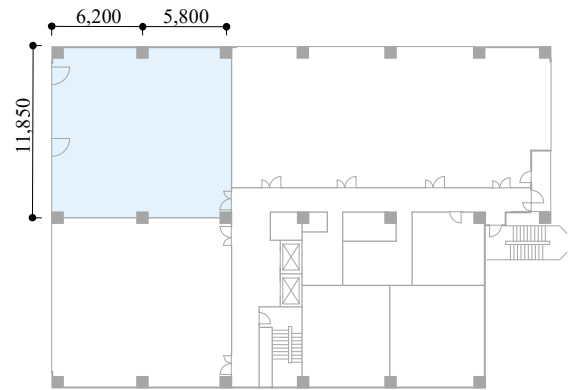
B.3. 主観評価調査の概要

主観評価調査の概要を表 3 に示す。温度環境については回答時の空気温度を予想いただくほか、足元又は空間の温度感覚、手の温度感覚、気流感の有無、満足度を調査した。湿度環境については回答時の相対湿度を予想いただくほか、乾燥感の有無、発汗の有無、空間の湿り程度、満足度を調査した。また、温湿度環境の主観評価に影響を及ぼす可能性がある個人属性については年齢層、性別、着座位置、暑がり・寒がり等を調査した。調査日に出勤していた執務者に対して 2023 年冬期は紙媒体、2023 年夏期と 2025 年冬期は Web 上で回答いただき、それぞれ 109 名、101 名、91 名から回答を得た。

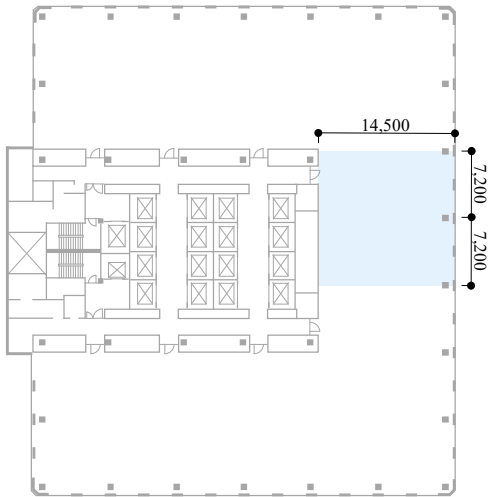
■測定対象エリア



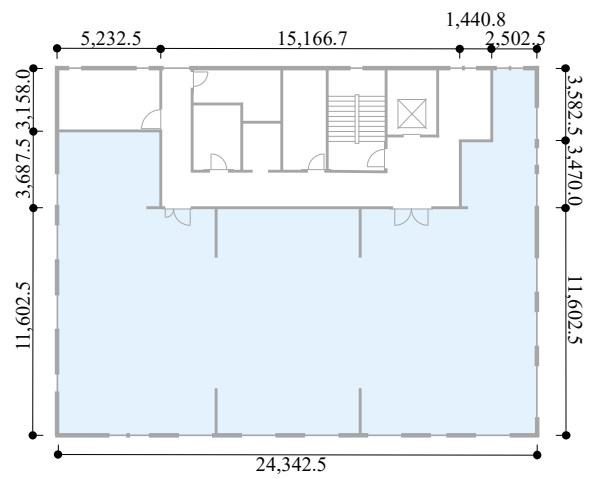
(1) A ビル



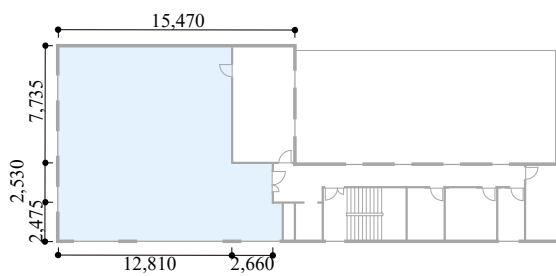
(2) B ビル



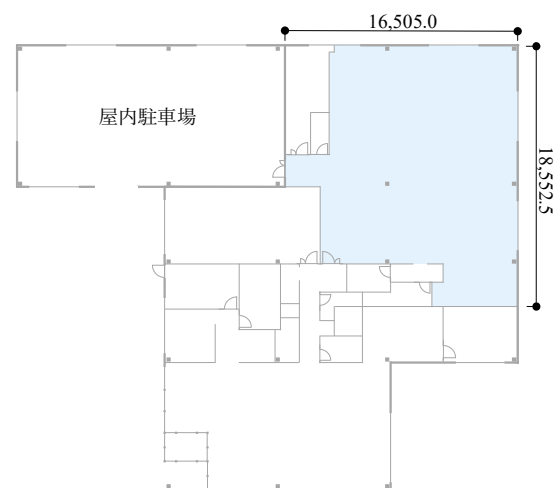
(3) C ビル



(4) D ビル



(5) E ビル



(6) F ビル

図1 平面概要図と測定機器設置位置

表 3 主観評価調査の概要（温度環境・湿度環境・個人特性のみ）

[2023 年冬期]

Q-1: 温度環境

- 1) 現在居る空間の予想温度：記述回答
- 2) 足元の温度環境：7 件法（「非常に寒い」、「寒い」、「やや寒い」、「暑くも寒くもない」、「やや暖かい」、「暖かい」、「非常に暖かい」）・単一回答
- 3) 手の温度感覚：7 件法（「非常に冷たい」、「冷たい」、「やや冷たい」、「どちらでもない」、「やや温かい」、「暖かい」、「非常に温かい」）・単一回答
- 4) 気流の有無：4 件法（「非常に感じる」、「感じる」、「やや感じる」、「感じない」）・単一回答
- 5) 温度環境の満足度：7 件法（「非常に不満」、「不満」、「やや不満」、「どちらでもない」、「やや満足」、「満足」、「非常に満足」）・単一回答→「不満側」の場合、理由：5 件法・単一回答

Q-2: 湿度環境

- 1) 現在居る空間の予想温度：記述回答
- 2) 乾燥感の有無：2 件法（「はい」、「いいえ」）→「はい」の場合、乾燥している身体部位：10 件法・単一回答
- 3) 空間の湿り程度：7 件法（「非常にジメジメしている」、「ジメジメしている」、「ややジメジメしている」、「どちらともいえない」、「やや乾燥している」、「乾燥している」、「非常に乾燥している」）・単一回答
- 4) 静電気の放出の有無：4 件法（「非常にある」、「ある」、「ややある」、「ない」）・単一回答
- 5) 湿度環境の満足度：7 件法（「非常に不満」、「不満」、「やや不満」、「どちらでもない」、「やや満足」、「満足」、「非常に満足」）・単一回答→「不満側」の場合、理由：5 件法・単一回答

Q-3: 個人特性

- 1) 年齢層 2) 性別 3) 勤務年数 4) 勤務地以前の居住地 5) 主観評価調査当日の体調
- 6) 主観評価調査直前の行動 7) 暑がり・寒がり 8) 着衣状態 9) 回答者本人の喫煙の有無
- 10) 回答者の同居人の喫煙の有無 11) 既往症歴 12) 業務の集中度 13) 終業時の疲労の有無 14) 住居形態
- 15) 自宅の築年数 16) 自宅居間の暖房装置 17) 自宅居間の設定温度 18) 自宅居間の暖房利用時間
- 19) 自宅の温熱環境の満足度 20) 通勤時間 21) 主観評価調査当日の出勤時刻
- 22) 主観評価調査当日の退勤予定時刻 23) 着座位置

[2023 年夏期]

Q-1: 温度環境

- 1) 現在居る空間の予想温度：記述回答
- 2) 空間の温度環境：7 件法（「非常に寒い」、「寒い」、「やや寒い」、「暑くも寒くもない」、「やや暖かい」、「暖かい」、「暑い」）・単一回答
- 3) 気流の有無：4 件法（「非常に感じる」、「感じる」、「やや感じる」、「感じない」）・単一回答
- 4) 温度環境の満足度：7 件法（「非常に不満」、「不満」、「やや不満」、「どちらでもない」、「やや満足」、「満足」、「非常に満足」）・単一回答→「不満側」の場合、理由：4 件法・単一回答

Q-2: 湿度環境

- 1) 現在居る空間の予想温度：記述回答
- 2) 発汗の有無：2 件法（「かいている」、「かいていない」）→「かいている」の場合、発汗部位：10 件法・単一回答
- 3) 空間の湿り程度：7 件法（「非常にジメジメしている」、「ジメジメしている」、「ややジメジメしている」、「どちらともいえない」、「やや乾燥している」、「乾燥している」、「非常に乾燥している」）・単一回答
- 4) 湿度環境の満足度：7 件法（「非常に不満」、「不満」、「やや不満」、「どちらでもない」、「やや満足」、「満足」、「非常に満足」）・単一回答→「不満側」の場合、理由：4 件法・単一回答

Q-3: 個人特性

- 1) 年齢層 2) 性別 3) 身長・体重 4) 勤務年数 5) 勤務地以前の居住地 6) 主観評価調査当日の体調
- 7) 主観評価調査直前の行動 8) 暑さ対策として実施していること 9) 暑がり・寒がり 10) 着衣状態
- 11) 回答者本人の喫煙の有無 12) 回答者の同居人の喫煙の有無 13) 既往症歴 14) ストレスチェック
- 15) 終業時の疲労の有無 16) 住居形態 17) 自宅の築年数 18) 自宅居間の冷房設定温度
- 19) 主観評価調査前日の睡眠状況 20) 睡眠による回復度 21) 自宅の温熱環境の満足度 22) 通勤時間
- 23) 着座位置 24) 直上の吹出口の有無

[2025 年冬期]

Q-1: 温度環境

- 1) 現在居る空間の予想温度：単一回答（20℃以下、20℃、21℃、・・・、28℃、28℃以上）
- 2) 空間の温度環境：7 件法（「寒い」、「涼しい」、「やや涼しい」、「暑くも寒くもない」、「やや暖かい」、「暖かい」、「暑い」）・単一回答
- 3) 気流の有無：4 件法（「非常に感じる」、「感じる」、「やや感じる」、「感じない」）・単一回答
- 4) 温度環境の満足度：7 件法（「非常に不満」、「不満」、「やや不満」、「どちらでもない」、「やや満足」、「満足」、「非常に満足」）・単一回答→「不満側」の場合、理由：4 件法・単一回答

Q-2: 湿度環境

- 1) 現在居る空間の予想湿度：単一回答（10%、15%、・・・、60%、60%以上、わからない）
- 2) 発汗の有無：2 件法（「かいている」、「かいていない」）→「かいている」の場合、発汗部位：9 件法・複数回答
- 3) 空間の湿り程度：7 件法（「非常にジメジメしている」、「ジメジメしている」、「ややジメジメしている」、「どちらともいえない」、「やや乾燥している」、「乾燥している」、「非常に乾燥している」）・単一回答
- 4) 湿度環境の満足度：7 件法（「非常に不満」、「不満」、「やや不満」、「どちらでもない」、「やや満足」、「満足」、「非常に満足」）・単一回答→「不満側」の場合、理由：4 件法・単一回答

Q-3: 個人特性

- 1) 年齢層 2) 性別 3) 着座位置 4) 直上の吹出口の有無

B.4. 空気温湿度の維持管理手法の検討

詳細測定ならびに主観評価調査の結果を利用して空気温湿度の維持管理手法の検討を行う。回答者の予想温湿度について分析を行うほか、1)寒冷側申告率、2)暑熱側申告率、3)温度に対する不満側申告率、4)乾燥側申告率、5)湿潤側申告率、6)湿度に対する不満側申告率に着目して分析した。各定義は下記のとおりである。

- 1) 寒冷側申告率：「足元の温度環境」又は「空間の温度環境」に回答した全回答者のうち、「寒い」、「涼しい」、「やや涼しい」の申告であった回答者数の比（冬期の検討）
- 2) 暑熱側申告率：「空間の温度環境」に回答した全回答者のうち、「やや暖かい」、「暖かい」、「暑い」の申告であった回答者数の比（夏期の検討）
- 3) 温度に対する不満側申告率：「温度環境の満足度」に回答した全回答者のうち、「非常に不満」、「不満」、「やや不満」の申告であった回答者数の比（冬期・夏期の検討）
- 4) 乾燥側申告率：「空間の湿り程度」に回答した全回答者のうち、「やや乾燥している」、「乾燥している」、「非常に乾燥している」の申告であった回答者数の比（冬期の検討）
- 5) 湿潤側申告率：「空間の湿り程度」に回答した全回答者のうち、「非常にジメジメしている」、「ジメジメしている」、「ややジメジメしている」の申告であった回答者数の比（夏期の検討）
- 6) 湿度に対する不満側申告率：「湿度環境の満足度」に回答した全回答者のうち、「非常に不満」、「不満」、「やや不満」の申告であった回答者数の比（冬期・夏期の検討）

上記の1)～6)と前述の室内環境の測定結果の相関から空気温湿度の維持管理手法について検討した。また、温湿度の主観評価に影響を及ぼす個人特性については χ^2 検定(独立性の検定)と残差分析により考察した。

C. 研究結果

C.1. 空気環境の連続測定による室内環境評価

連続測定による冬期の室内環境評価を図 2～図 25、夏期の室内環境評価を図 26～図 49 に示す。冬期の室内環境の概要は下記のとおりであ

る。

(1) A ビル

特別集計値によると、空気温度の平均値は 9 時台が最も低く、24.3°C であった。午前中は空気温度が上昇するが、午後は経時的に低下し、17 時台の平均値は 25.0°C であった。相対湿度は空気温度に応じて変動していた。CO₂ 濃度は 12～13 時は減少する傾向であったが、時間的な変動は小さく、9 時台の平均値は 678ppm、17 時台の平均値は 685ppm であった。

曜日別集計値によると、各項目とも大きな差は見られなかった。

基準値内時間率によると、空気温度と CO₂ 濃度はいずれの月も 100% であったが、相対湿度は 12 月と 1 月は 68% であるが、2 月と 3 月は半分以上の時間で基準値外(低湿度)であった。

(2) B ビル

特別集計値によると、空気温度の平均値は午前中に上昇するが、午後は 24.5～24.8°C を推移していた。CO₂ 濃度は 12～13 時は減少する傾向であったが、経時的に増加しており、17 時台の平均値は 878ppm であった。

曜日別集計値によると、空気温度と相対湿度には差が見られなかったが、800ppm 以下となる時間率は月曜日・火曜日と木曜日・金曜日で約 20% の差があった。

基準値内時間率によると、空気温度はいずれの月も 100%、12 月の CO₂ 濃度はほとんどすべての時間帯で基準値内であったが、1 月～3 月の CO₂ 濃度の基準値内時間率は約 90% であった。相対湿度の基準値内時間率はいずれの月も 50% 以下であるが、特に 2 月は 0% であった。

(3) C ビル

特別集計値によると、いずれの項目も大きな変動は見られなかったが、CO₂ 濃度はいずれの時間帯も最高値は 1000ppm を超過していた。

曜日別集計値によると、空気温度は月曜日が最も低く、休日の空調停止時間帯における躯体への冷熱蓄熱の影響と考えられる。CO₂ 濃度は在室人数による影響と考えられるが、木曜日は 800ppm を下回る時間帯がほとんどない。

基準値内時間率によると、空気温度はいずれの月も 100%、2 月の CO₂ 濃度はほとんどすべての時間帯で基準値以内であったが、その他の

月の CO₂ 濃度の基準値内時間率は約 90%であった。相対湿度の基準値内時間率はいずれの月も 20%以下であるが、特に 12 月は 1%、2 月は 0%であった。

(4) D ビル

時別集計値によると、空気温度の平均値は 9 時台が最も低く、26.1°C であった。午前中は空気温度が上昇するが、午後は経時的に低下し、9 時台と 17 時台の平均値は概ね同程度であった。9 時台の相対湿度の平均値は 17.1%RH、17 時台の平均値は 19.7%であり、経時的に単調増加であった。CO₂ 濃度は 12~14 時は減少する傾向であったが、経時的に増加しており、9 時台の平均値は 768ppm、17 時台の平均値は 912ppm であった。

曜日別集計値によると、特に CO₂ 濃度が曜日による差が大きく、火曜日と土曜日は CO₂ 濃度が低く、月曜日と金曜日は CO₂ 濃度が高い傾向があった。

基準値内時間率によると、1 月の空気温度は 28°C を超過する時間帯が 21.0%であったが、その他の月は 90%以上の時間帯で基準値内であった。CO₂ 濃度の基準値内時間率はいずれの月も約 90%であったが、相対湿度の基準値内時間率はいずれの月も 0%であった。

(5) E ビル

時別集計値によると、空調稼働直後と考えられる 9 時の空気温度が低く、平均値は 24.3°C であった。その後経時的に空気温度は上昇し、午後の平均値は約 26°C を推移していた。また、CO₂ 濃度は 12~14 時に減少する傾向であったが、経時的に増加しており、9 時台の平均値は 567ppm、17 時台の平均値は 716ppm であった。

曜日別集計値によると、特に CO₂ 濃度が曜日による差が大きく、火曜日と土曜日は CO₂ 濃度が低く、月曜日は CO₂ 濃度が高い傾向があった。

基準値内時間率によると、CO₂ 濃度はいずれの月も約 100%であるが、空気温度は 3 月に高温環境が発生しており、85%となった。相対湿度の基準値内時間率はいずれの月も 20%以下であるが、特に 12 月は 0%であった。

(6) F ビル

時別集計値によると、空調稼働直後と考えられる 9 時の空気温度が低く、平均値は 21.5°C で

あった。その後経時的に空気温度は上昇し、午後の平均値は約 24°C を推移していた。CO₂ 濃度の変動は小さいが、相対湿度は空気温度に応じて変動した。

曜日別集計値によると、特に CO₂ 濃度が曜日による差が大きく、火曜日と土曜日は CO₂ 濃度が低く、月曜日と金曜日は CO₂ 濃度が高い傾向があった。

基準値内時間率によると、空気温度と CO₂ 濃度はいずれの月も約 100%であるが、相対湿度の基準値内時間率はいずれの月も 10%以下であるが、特に 2 月は 0%であった。

夏期の室内環境の概要は下記のとおりである。

(1) A ビル

時別集計値によると、空気温度の平均値が最も低いのは 9 時台であり、24.9°C であった。午後の空気温度の平均値は変動が小さく 25.2°C を推移していた。相対湿度の平均値は 55~57%RH であり、時間的な変動は小さい。CO₂ 濃度は 12~13 時は減少する傾向であったが、時間的な変動は小さく、9 時台の平均値は 628ppm、17 時台の平均値は 670ppm であった。

曜日別集計値によると、すべての項目で大きな差は見られなかった。

基準値内時間率によると、すべての項目でいずれの月も約 100%であった。

(2) B ビル

時別集計値によると、空気温度と相対湿度は変動が小さいが、CO₂ 濃度の平均値は 12~13 時を含めても単調増加であった。9 時台の平均値が 720ppm であるのに対して、17 時台の平均値は 1038ppm であり、15 時以降は平均値が 1000ppm を超過していた。

曜日別集計値によると、空気温度と相対湿度には差が見られなかったものの、CO₂ 濃度は月曜日に高い傾向があり、約半分の時間帯で 1000ppm を超過していた。

基準値内時間率によると、空気温度と相対湿度はいずれの月も約 100%であったが、CO₂ 濃度は 7 月に 84%、8 月に 56%、9 月に 62%であった。

(3) C ビル

時別集計値によると、すべての項目で変動は

見られないが、CO₂濃度の平均値はいずれの時間帯も 800ppm 程度であり、最高値は 1000ppm 程度まで上昇していた。

曜日別集計値によると、すべての項目で大きな差は見られなかった。

基準値内時間率によると、すべての項目でいずれの月も 100%であった。

(4) D ビル

時別集計値によると、空気温度の平均値が最も低いのは 9 時台であり、26.0℃であった。午後の空気温度の平均値の変動は小さく 26.4℃を推移していた。CO₂濃度は 12～14 時は減少する傾向であったが、経時的に増加しており、9 時台の平均値は 715ppm、17 時台の平均値が 832ppm であった。

曜日別集計値によると、特に CO₂濃度が曜日による差が大きく、火曜日と土曜日は CO₂濃度が低く、月曜日は CO₂濃度が高い傾向があった。

基準値内時間率によると、空気温度はすべての月で 100%、CO₂濃度はすべての月で 90%以上であったが、9 月の相対湿度は低湿環境により 84%となった。

(5) E ビル

時別集計値によると、空気温度の平均値が経時的に低下し、9 時台の平均値は 26.4℃であったが、17 時台の平均値は 25.6℃であった。CO₂濃度は 12～13 時は減少する傾向であったが、経時的に増加しており、9 時台の平均値は 592ppm、17 時台の平均値が 758ppm であった。

曜日別集計値によると、特に CO₂濃度が曜日による差が大きく、火曜日は CO₂濃度が低く、月曜日は CO₂濃度が高い傾向があった。

基準値内時間率によると、すべての項目でいずれの月も約 100%であった。

(6) F ビル

時別集計値によると、空気温度の平均値は 9 時が低く、平均値は 25.6℃であった。経時的に空気温度は上昇し、平均値が最も高いのは 13:10 - 14:00 の 26.3℃であった。また、午前中の CO₂濃度の平均値は 570～590ppm で推移していたが、午後は経時的に CO₂濃度が上昇し、17 時台の平均値は 636ppm であった。

曜日別集計値によると、土曜日は CO₂濃度が低く、月曜日と金曜日は CO₂濃度が高い傾向が

あった。

基準値内時間率によると、空気温度と CO₂濃度はいずれの月も約 100%であるが、相対湿度は 7 月が 67%、8 月が 94%、9 月が 34%であった。

測定機器を設置した全期間の空気温湿度と CO₂濃度基準値内時間率を図 50～図 52 に示す。空気温度は D ビルの冬期に 80%まで低下する月があるが、高温環境によるものであった。当該建物は PAC の室内機が密度高く配置されていることから、空調吹出し空気が当たっていた可能性がある。相対湿度はいずれの建築物においても冬期の低湿環境により基準値内時間率が大幅に低下している。CO₂濃度は A ビル、C ビル、E ビル、F ビルは多くの月で 100%となっている。一方、D ビルでは 2023 年 11 月以降に低下しており、何らかの影響で換気量が減少したと考えられる。

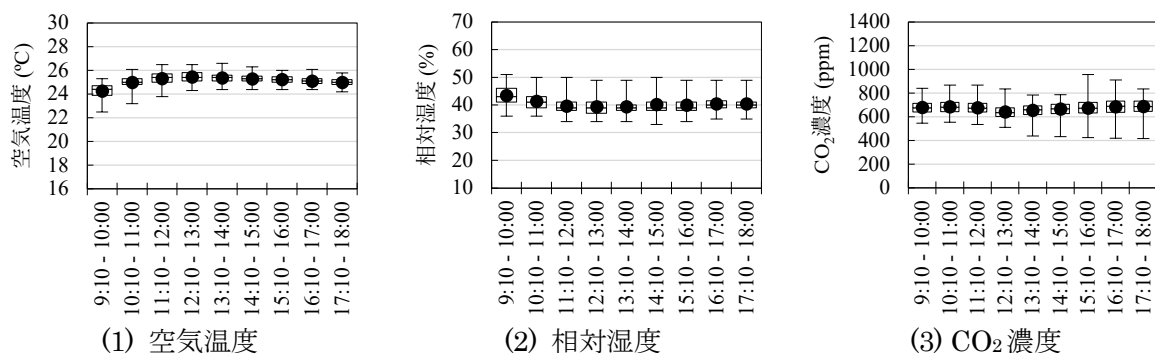


図2 室内環境の特別結果 (Aビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

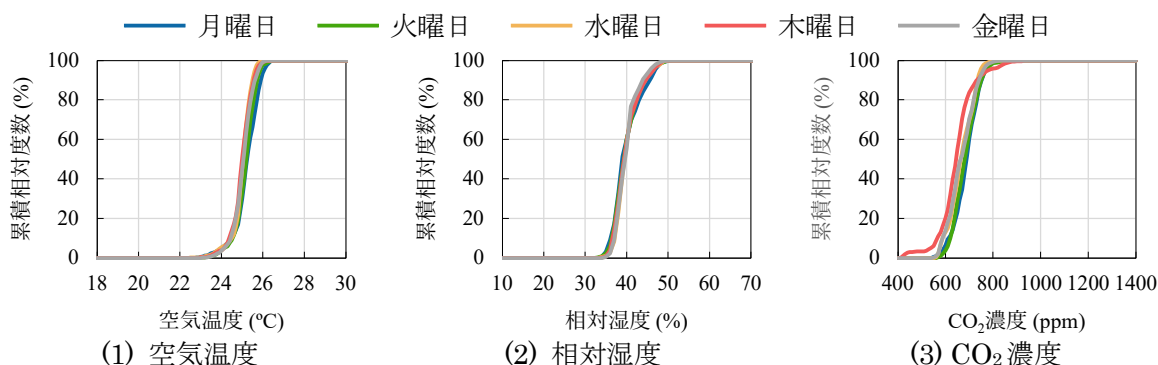


図3 室内環境の曜日別結果 (Aビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

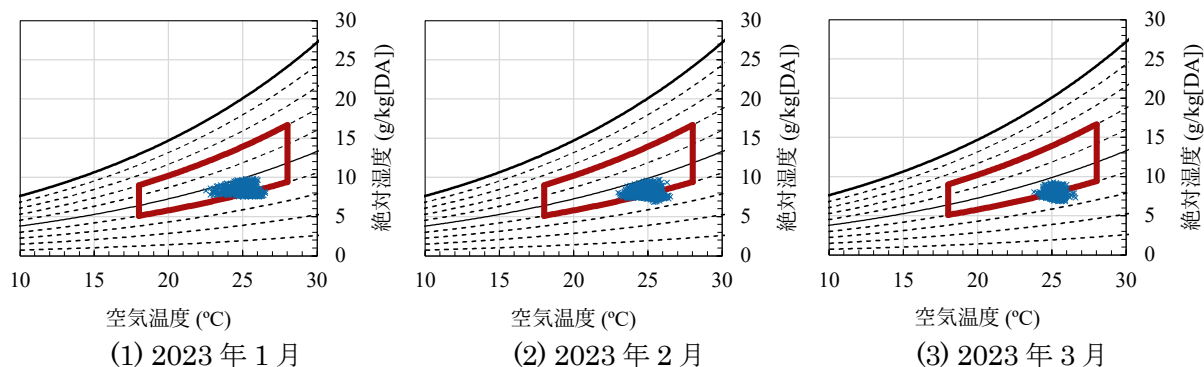


図4 室内空気温湿度 (Aビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

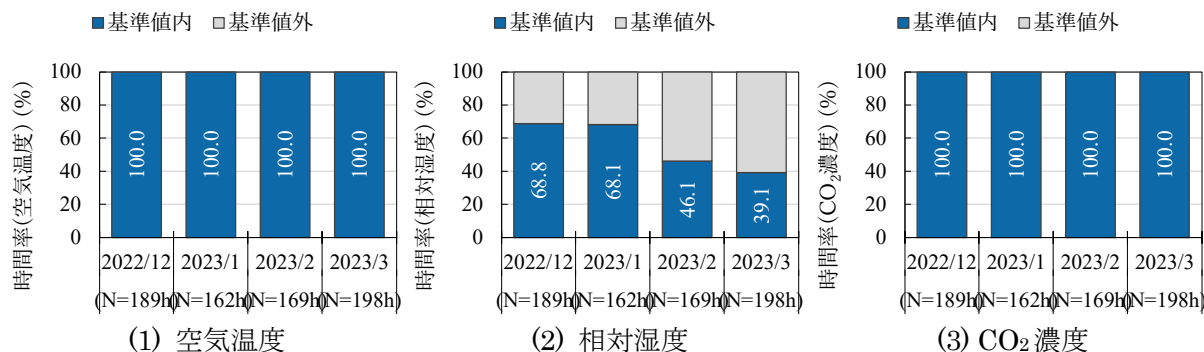


図5 基準値内時間率 (Aビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

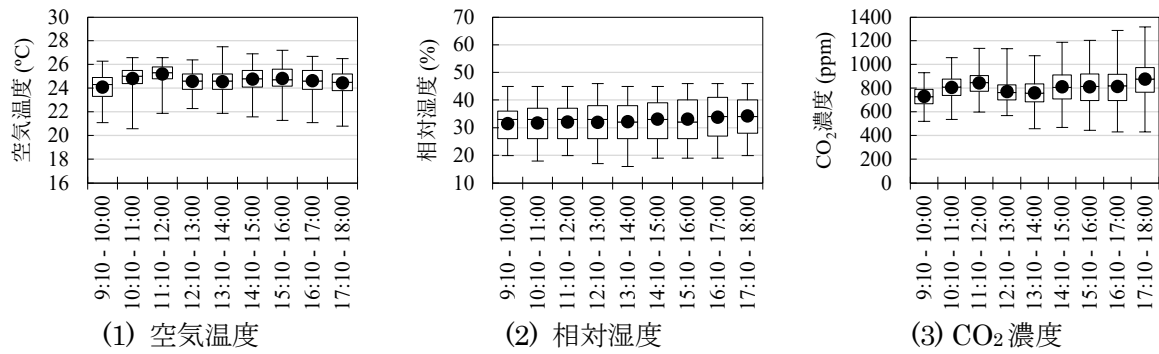


図 6 室内環境の特別結果 (B ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

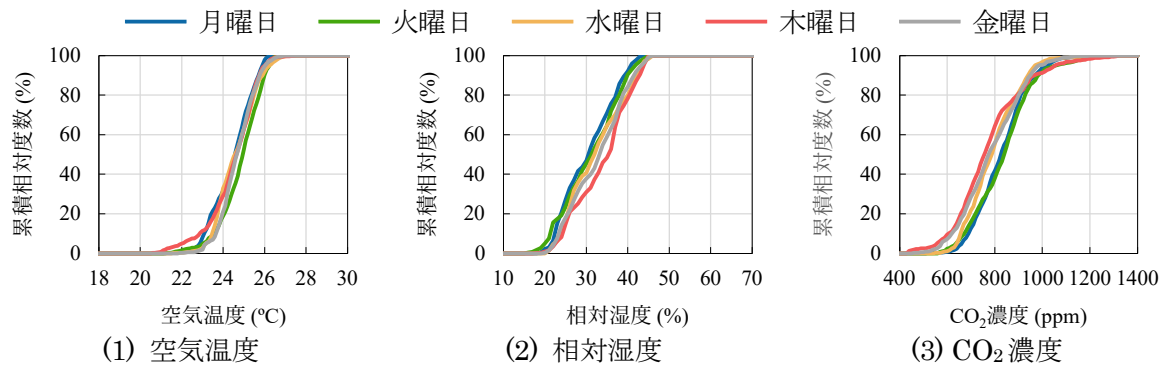


図 7 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

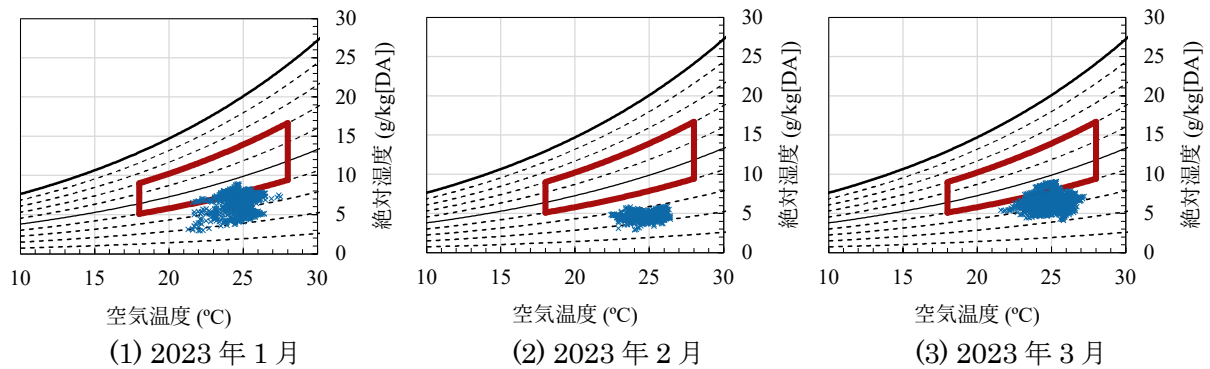


図 8 室内空気温湿度 (B ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

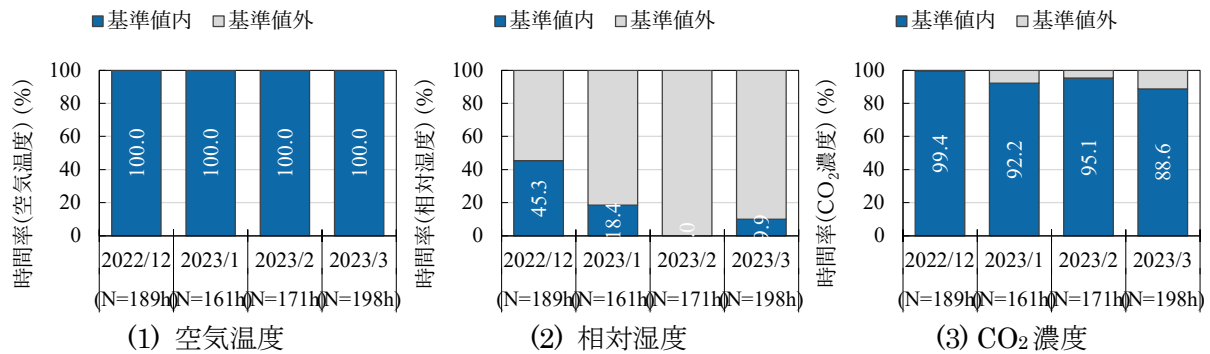


図 9 基準値内時間率 (B ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

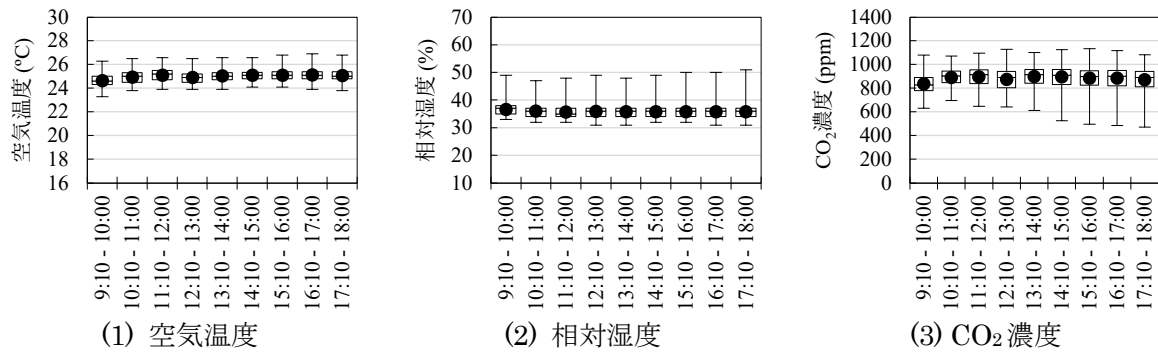


図 10 室内環境の特別結果 (C ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

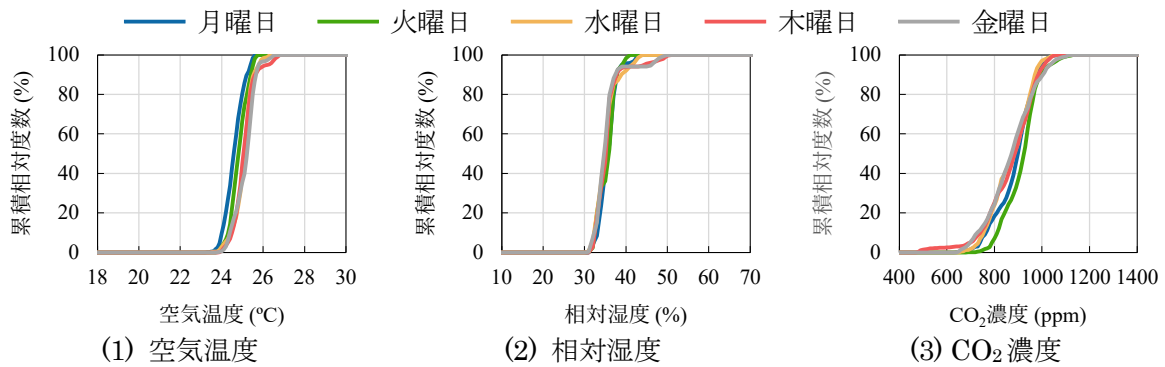


図 11 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

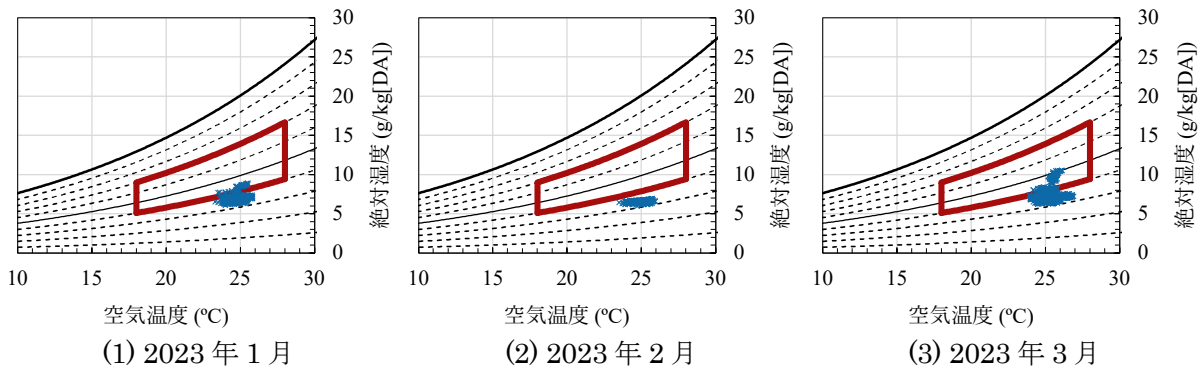


図 12 室内空気温湿度 (C ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

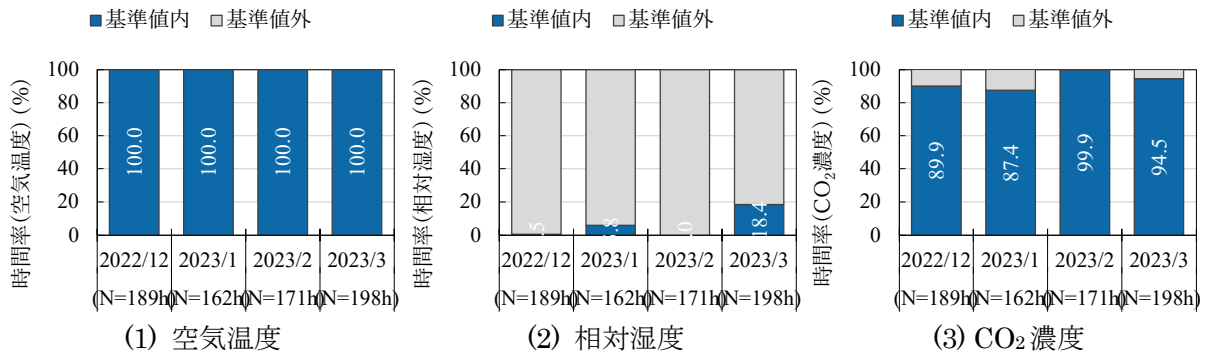


図 13 基準値内時間率 (C ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

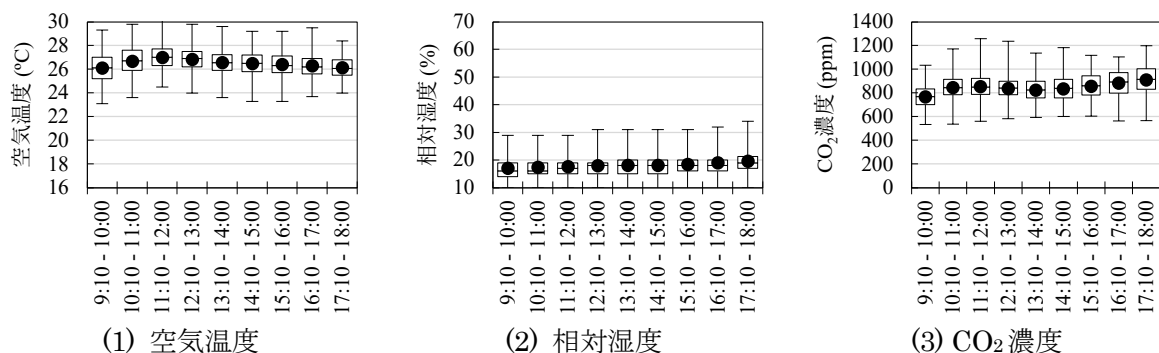


図 14 室内環境の特別結果 (D ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

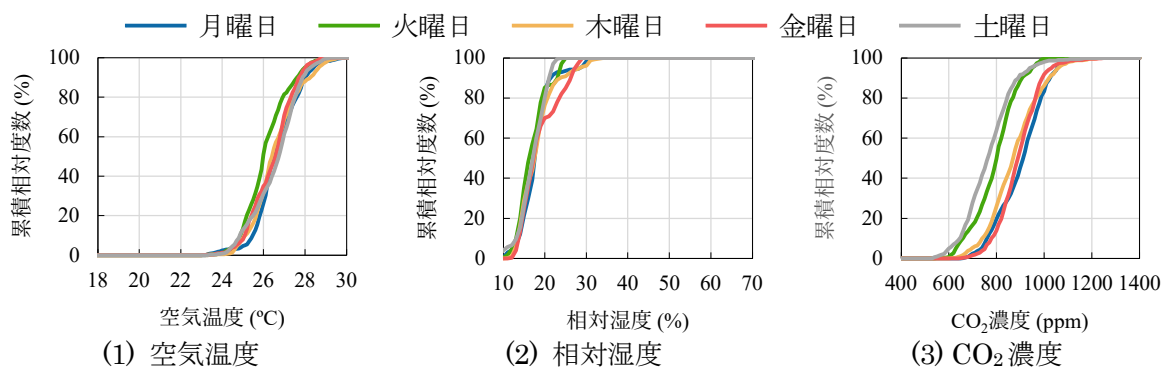


図 15 室内環境の曜日別結果 (D ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

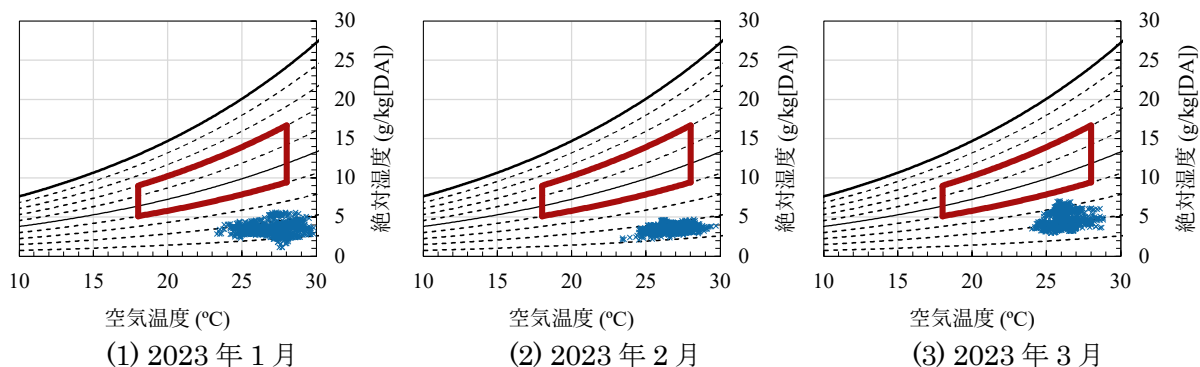


図 16 室内空気温湿度 (D ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

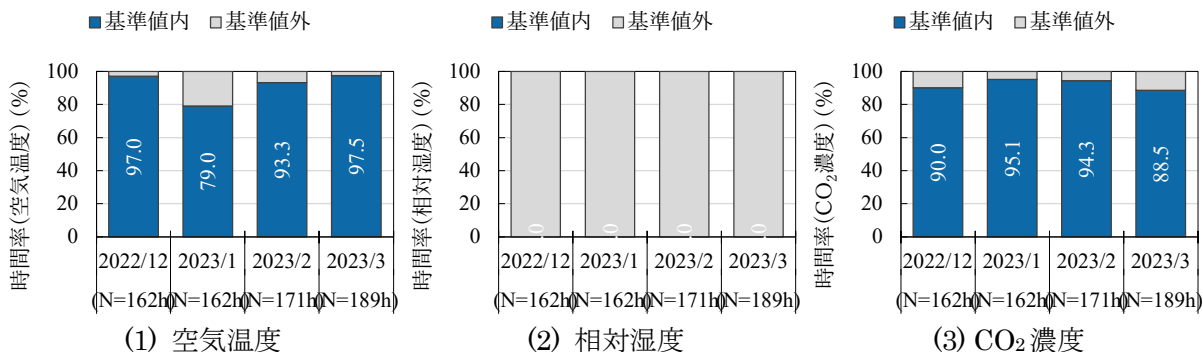


図 17 基準値内時間率 (D ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

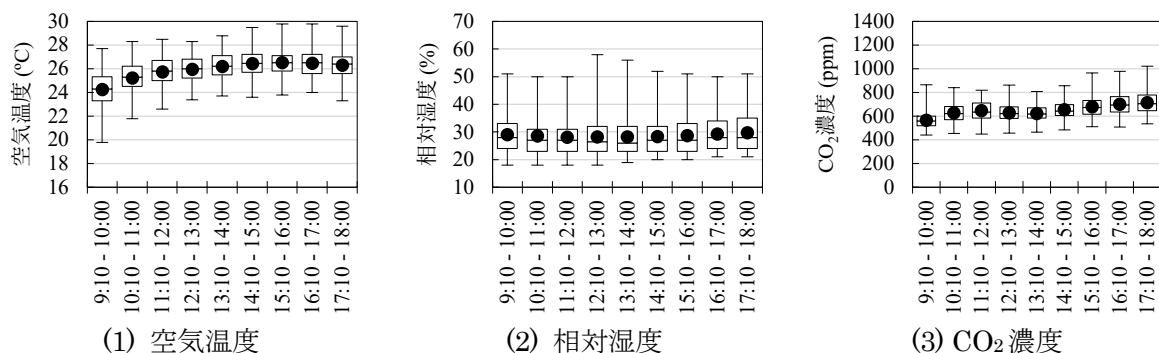


図 18 室内環境の特別結果 (E ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

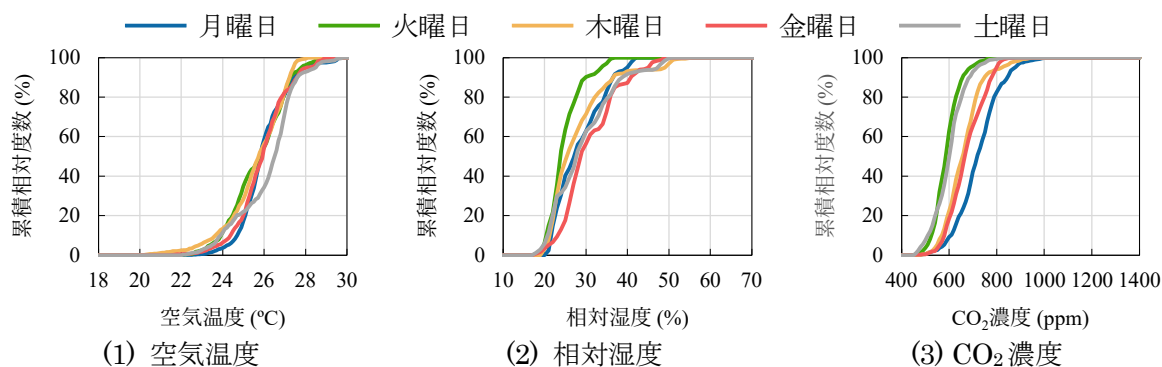


図 19 室内環境の曜日別結果 (E ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

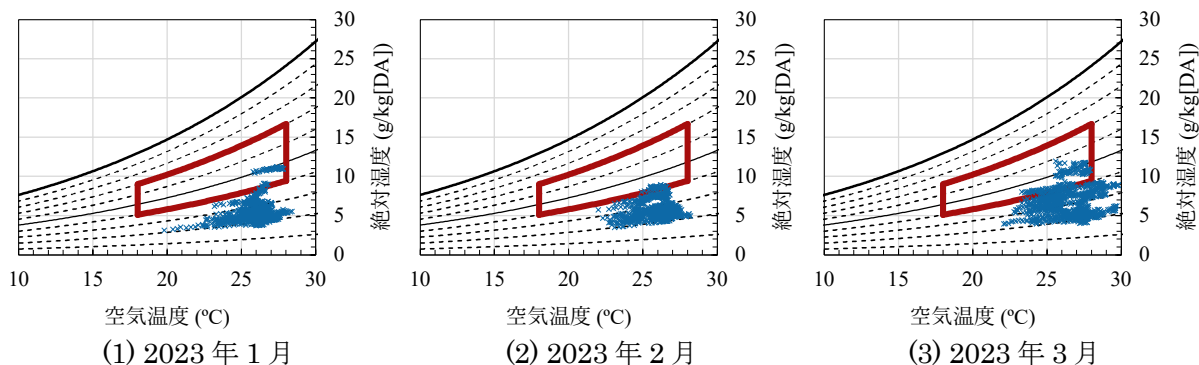


図 20 室内空気温湿度 (E ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

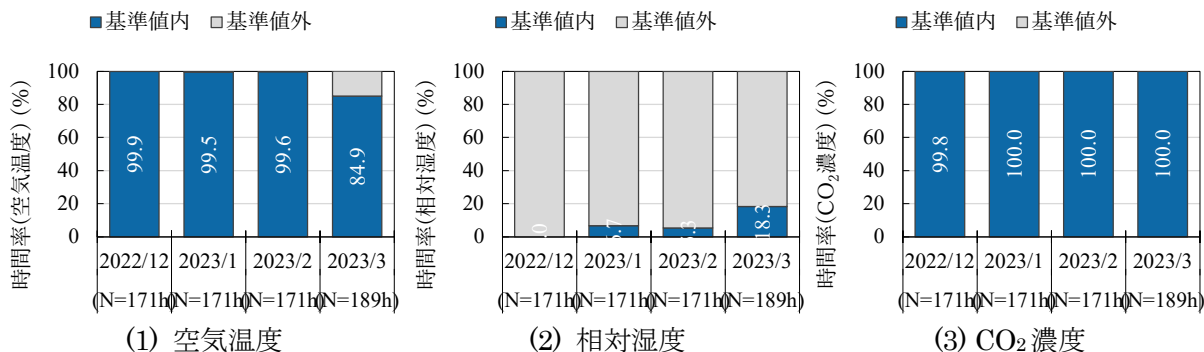


図 21 基準値内時間率 (E ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

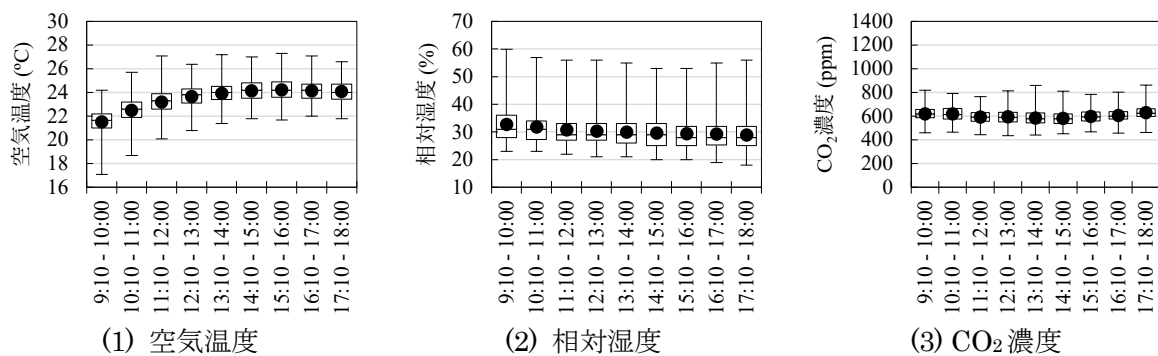


図 22 室内環境の特別結果 (F ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

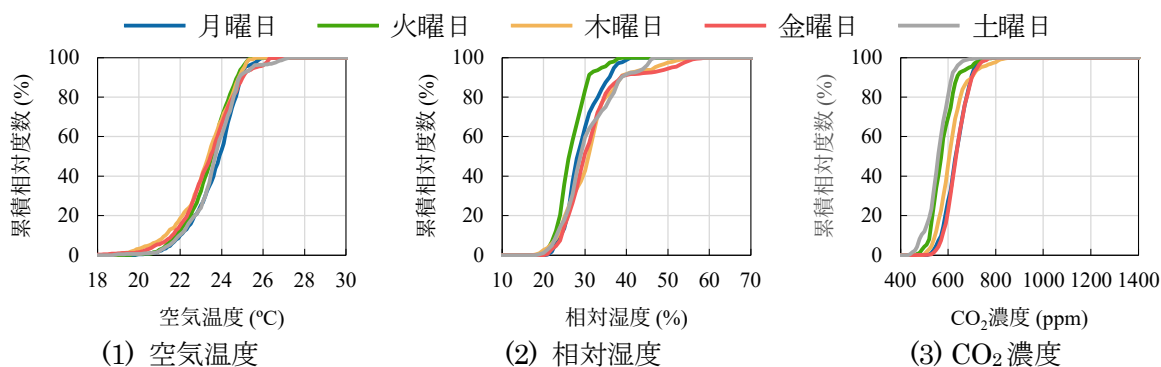


図 23 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

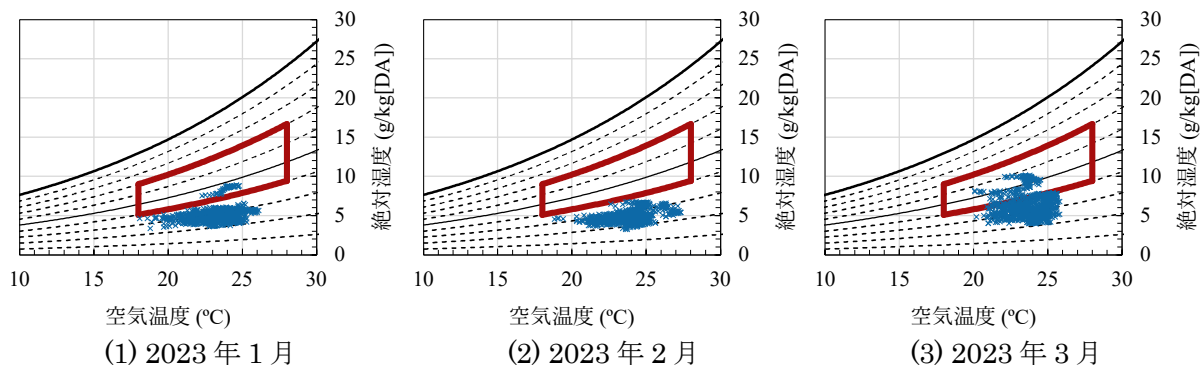


図 24 室内空気温湿度 (F ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

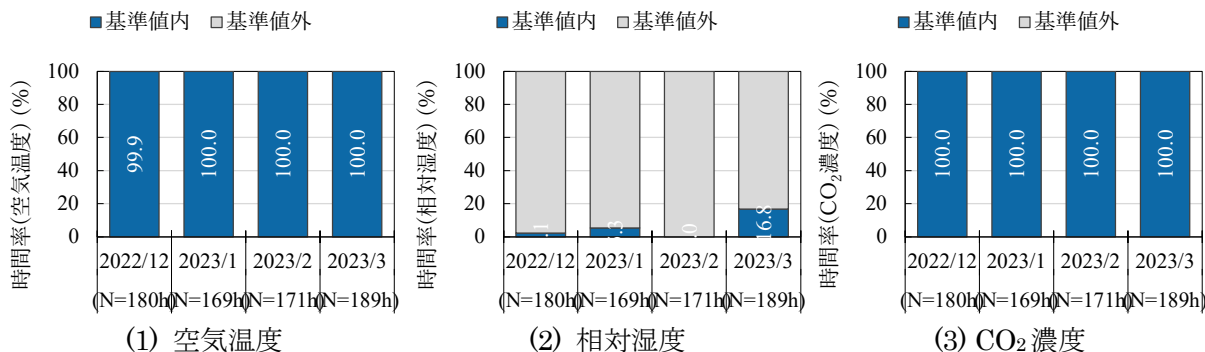


図 25 基準値内時間率 (F ビル, 2022/12/1 - 2023/3/31, 営業日 9 - 18 時)

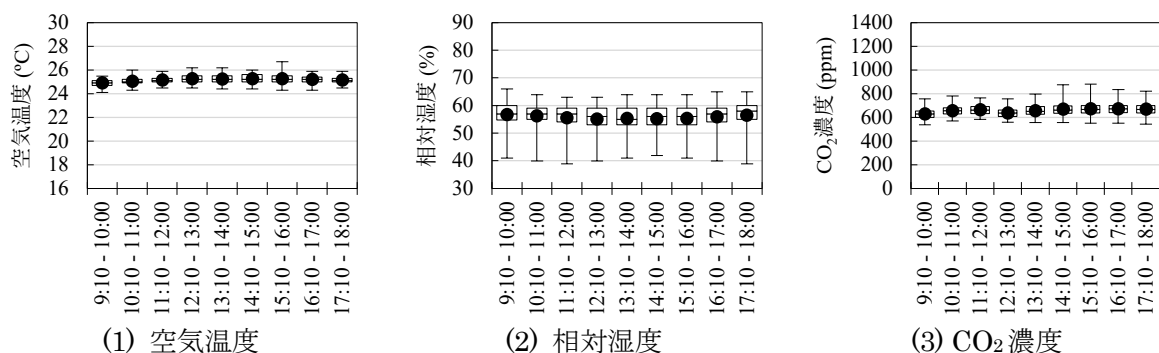


図 26 室内環境の特別結果 (A ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

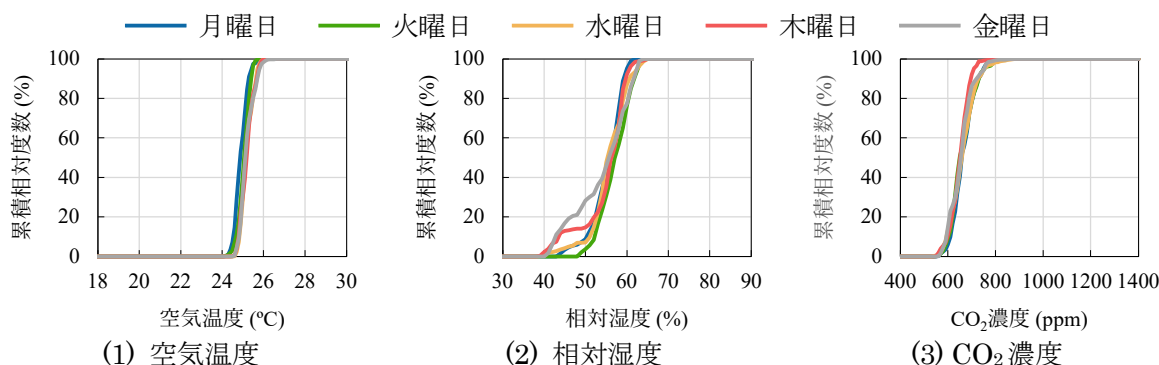


図 27 室内環境の曜日別結果 (A ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

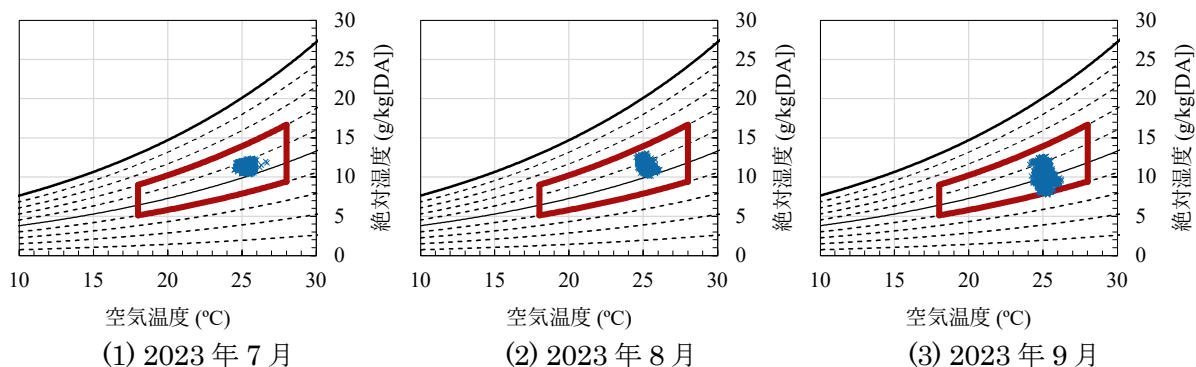


図 28 室内空気温湿度 (A ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

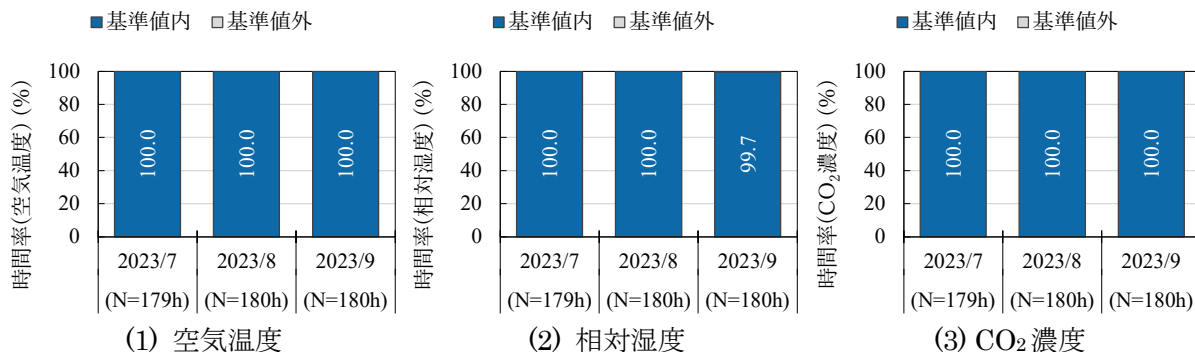


図 29 基準値内時間率 (A ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

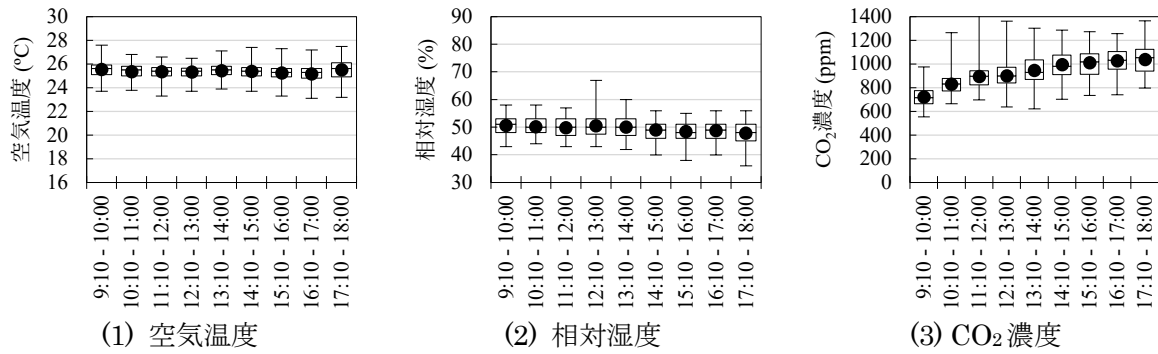


図 30 室内環境の特別結果 (B ビル, 2023/7/1 - 2023/9/21, 営業日 9 - 18 時)

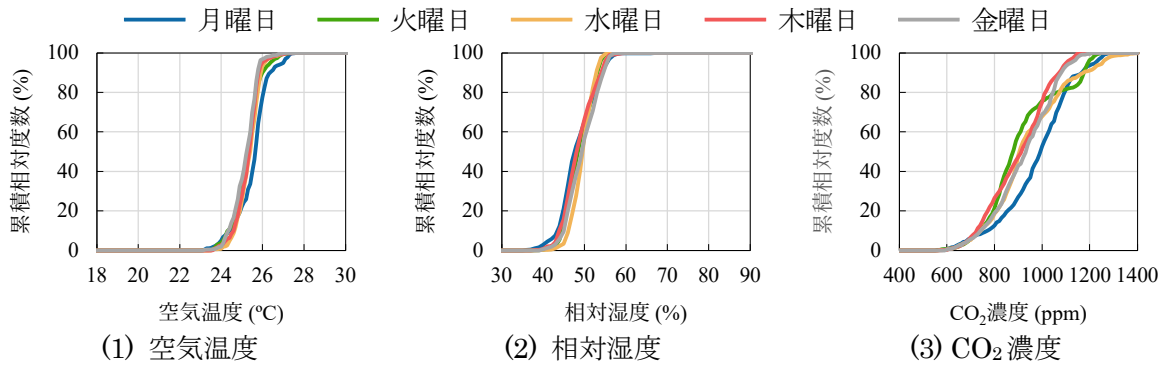


図 31 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2023/7/1 - 2023/9/21, 営業日 9 - 18 時)

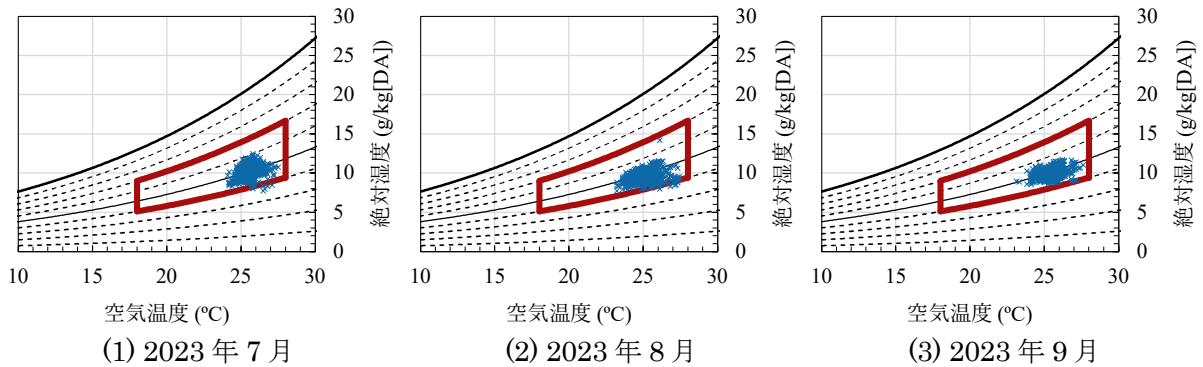


図 32 室内空気温湿度 (B ビル, 2023/7/1 - 2023/9/21, 営業日 9 - 18 時)

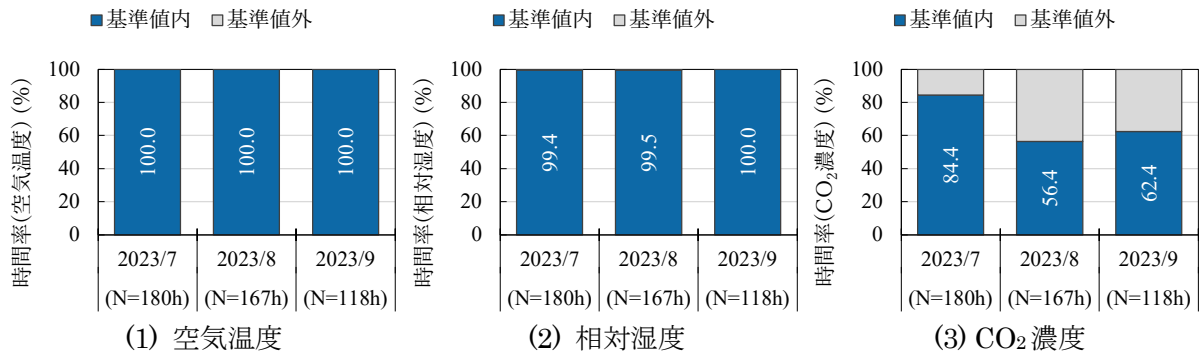


図 33 基準値内時間率 (B ビル, 2023/7/1 - 2023/9/21, 営業日 9 - 18 時)

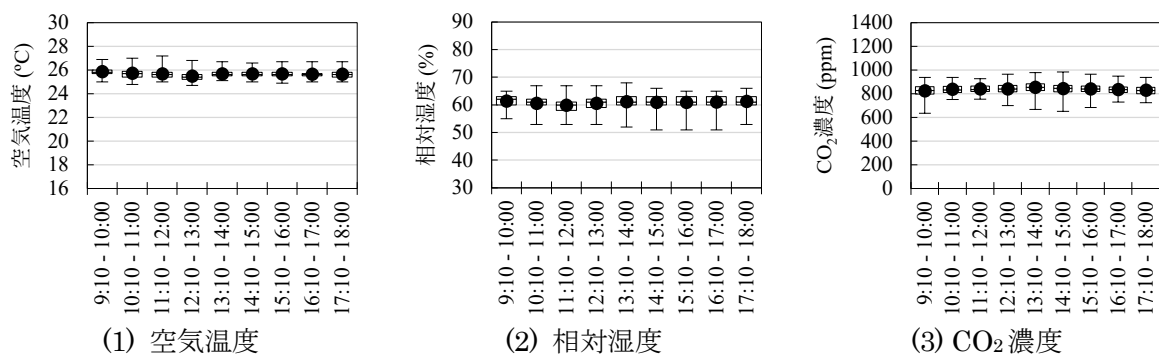


図 34 室内環境の特別結果 (C ビル, 2023/7/1 - 2023/9/27, 営業日 9 - 18 時)

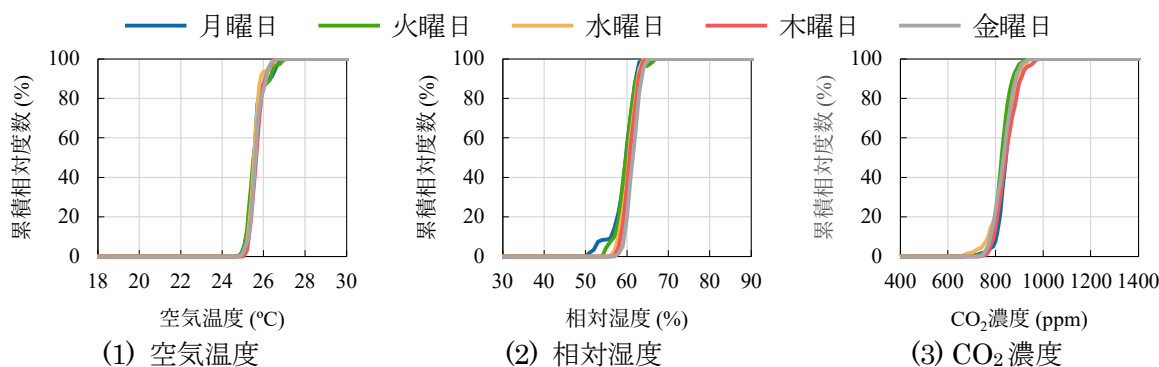


図 35 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2023/7/1 - 2023/9/27, 営業日 9 - 18 時)

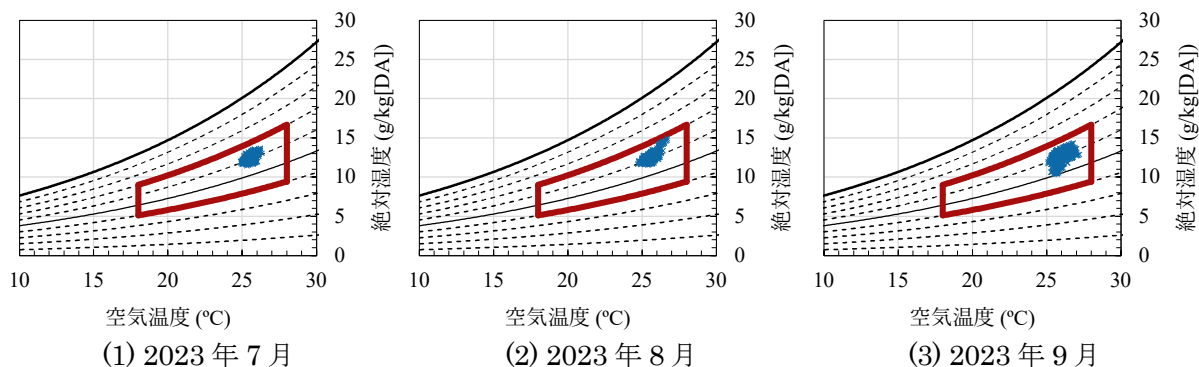


図 36 室内空気温湿度 (C ビル, 2023/7/1 - 2023/9/27, 営業日 9 - 18 時)

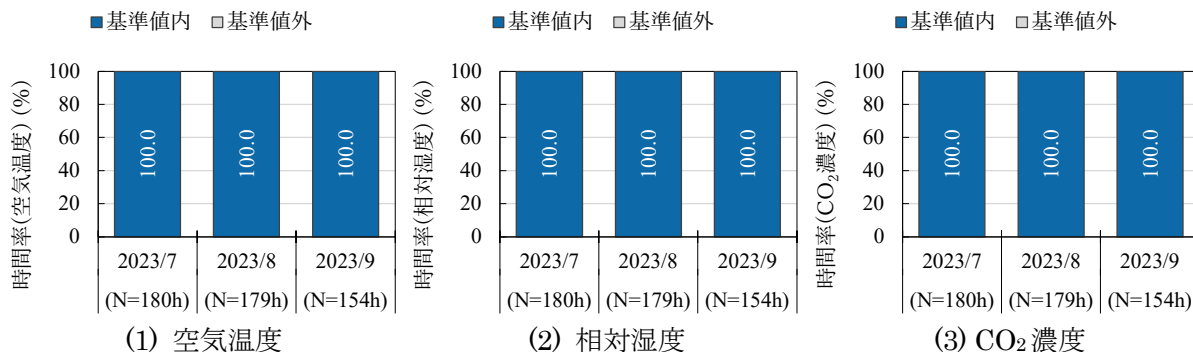


図 37 基準値内時間率 (C ビル, 2023/7/1 - 2023/9/27, 営業日 9 - 18 時)

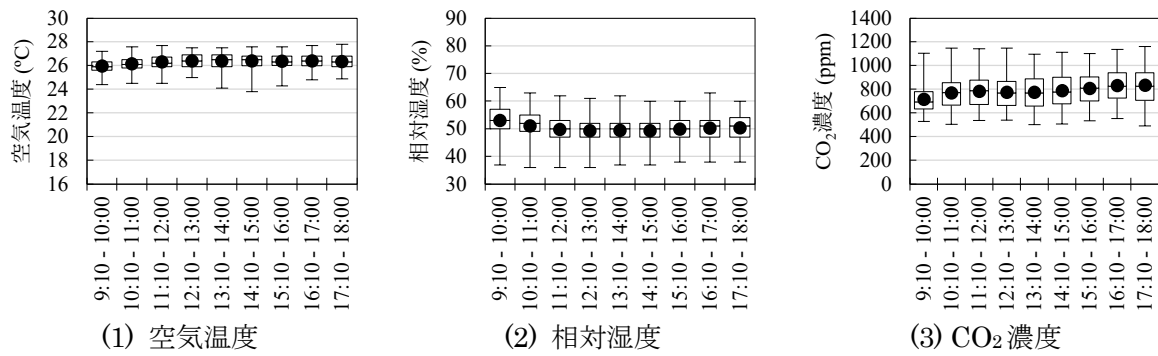


図 38 室内環境の特別結果 (D ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

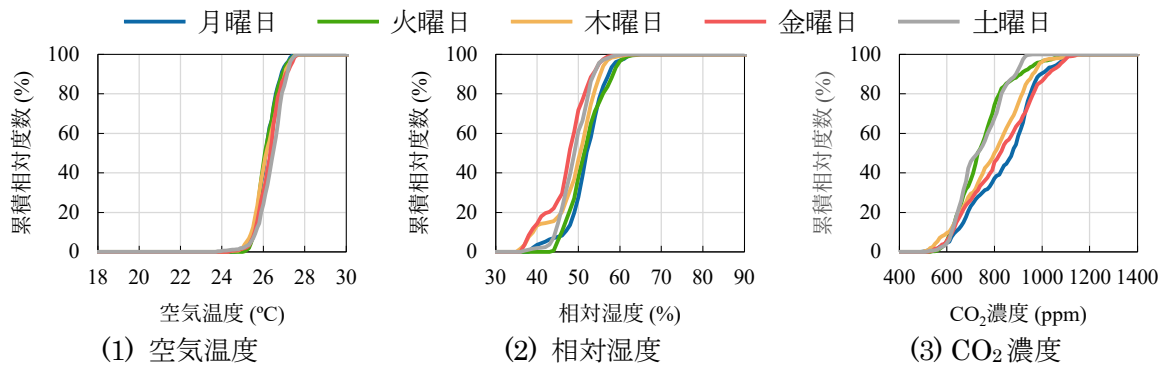


図 39 室内環境の曜日別結果 (D ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

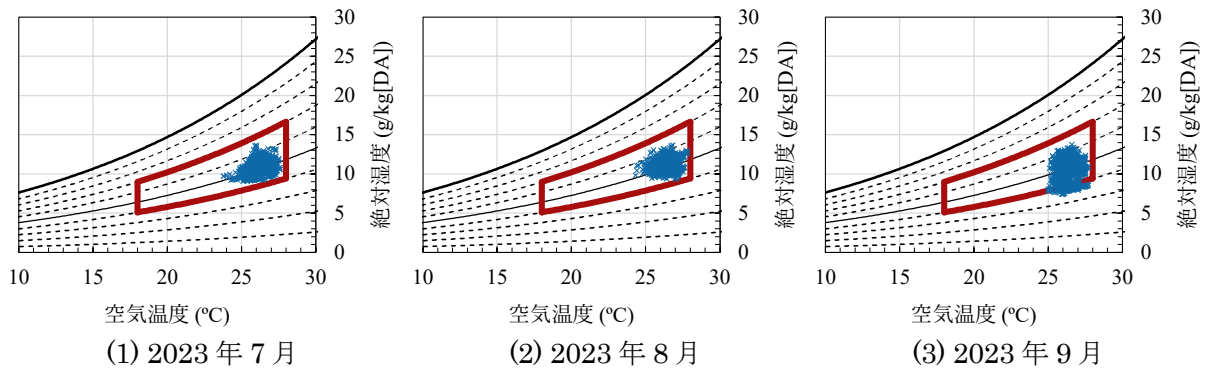


図 40 室内空気温湿度 (D ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

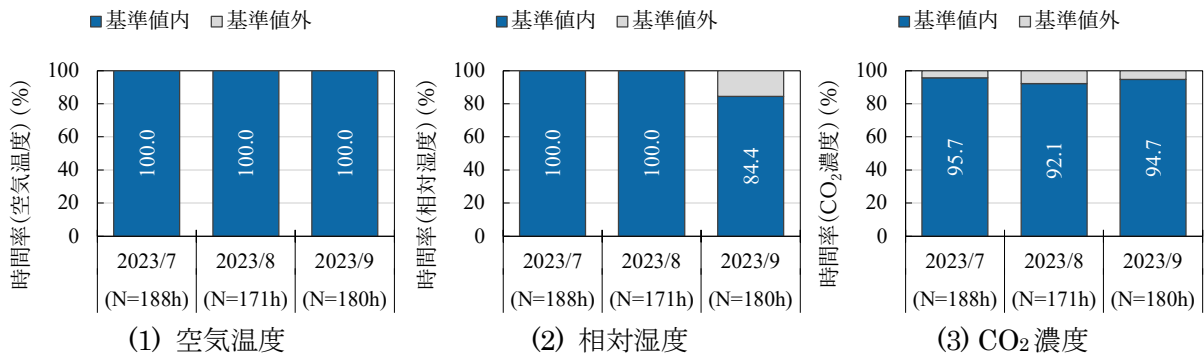


図 41 基準値内時間率 (D ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

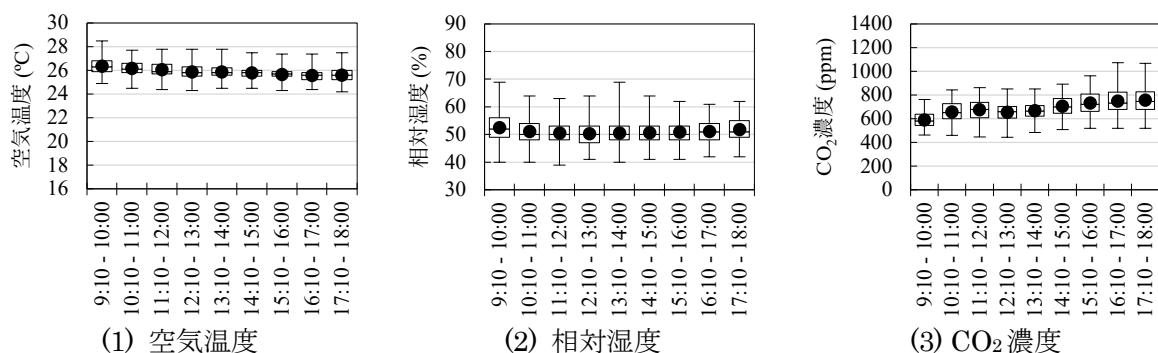


図 42 室内環境の特別結果 (E ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

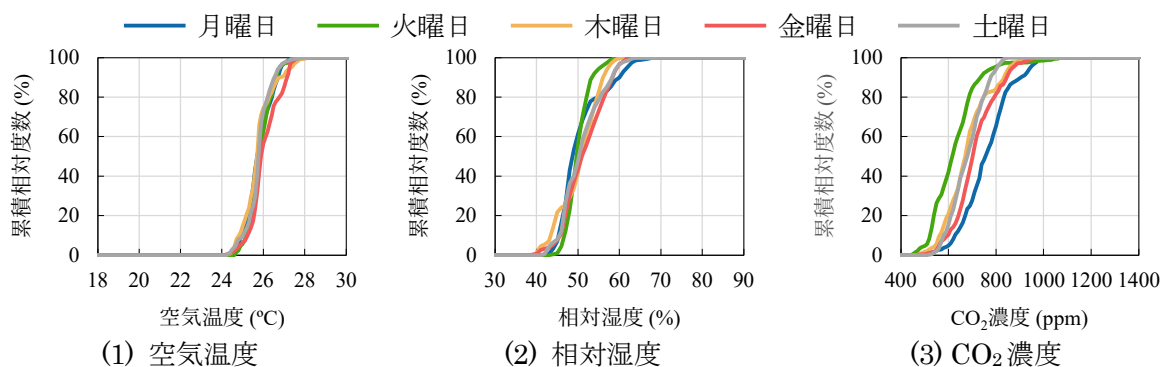


図 43 室内環境の曜日別結果 (E ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

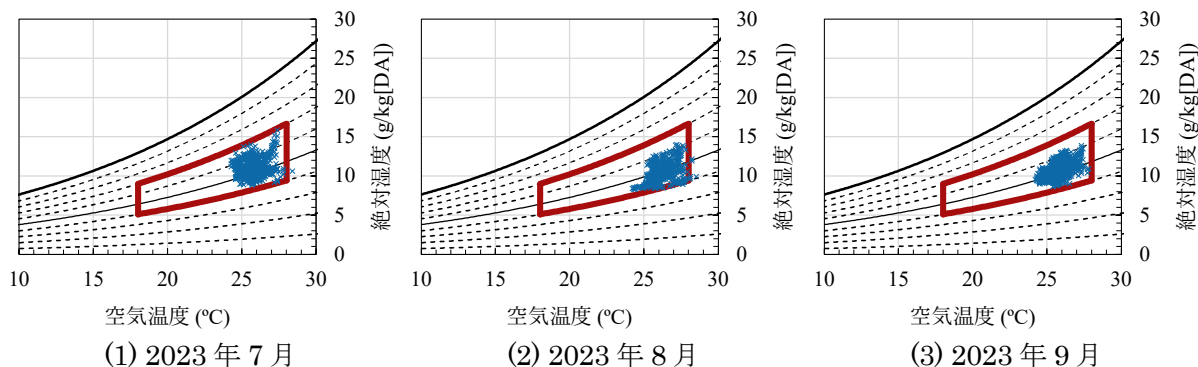


図 44 室内空気温湿度 (E ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

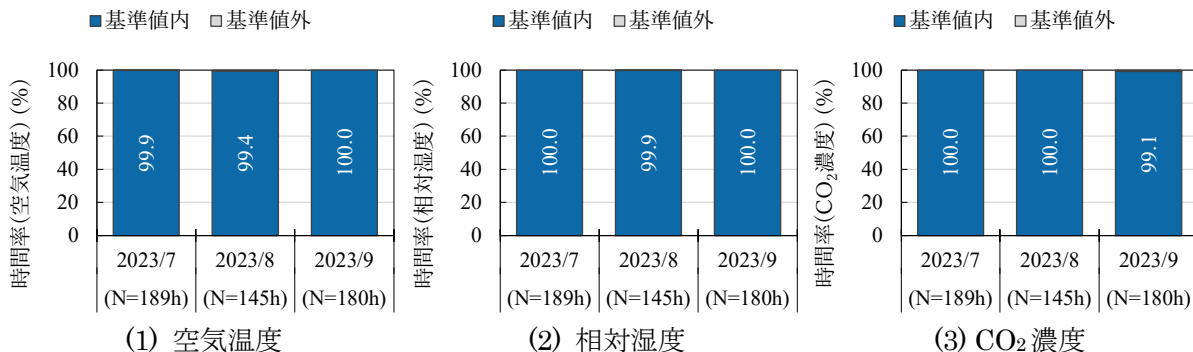


図 45 基準値内時間率 (E ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

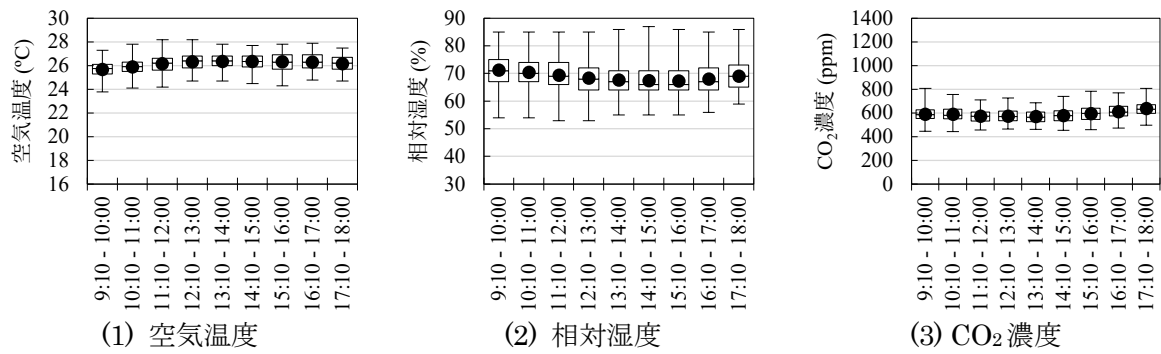


図 46 室内環境の特別結果 (F ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

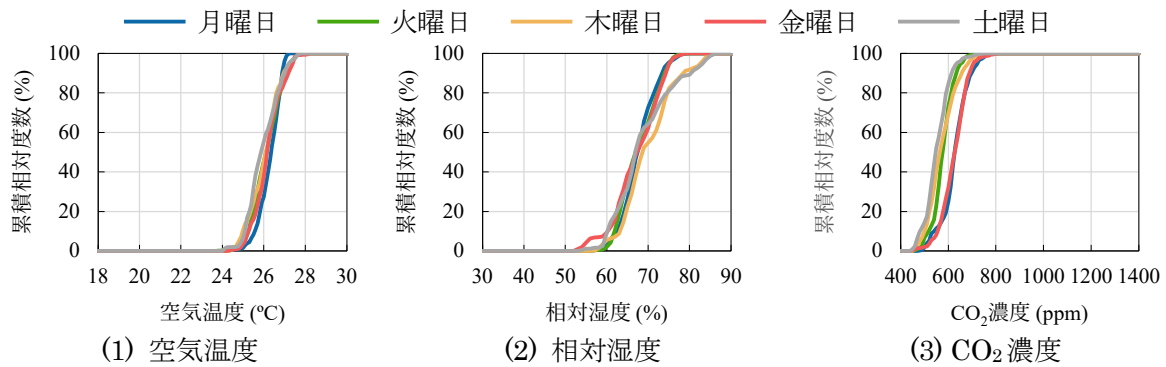


図 47 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

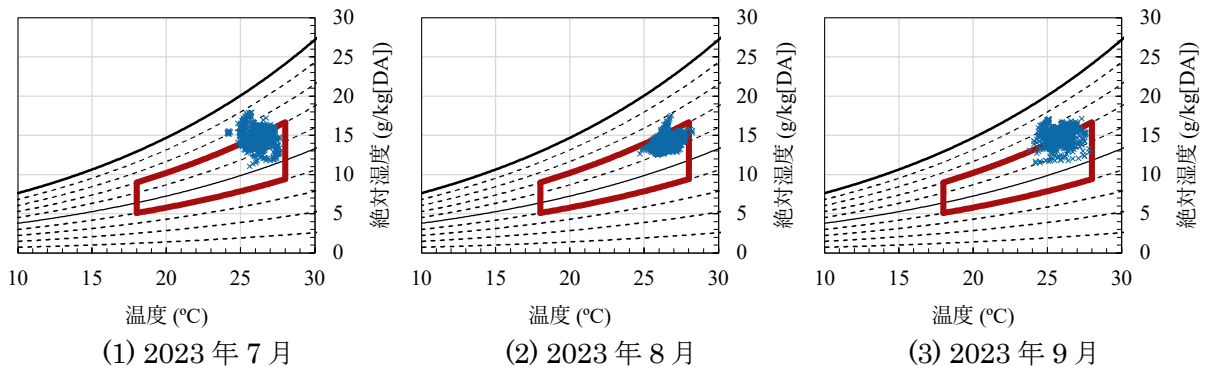


図 48 室内空気温湿度 (F ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

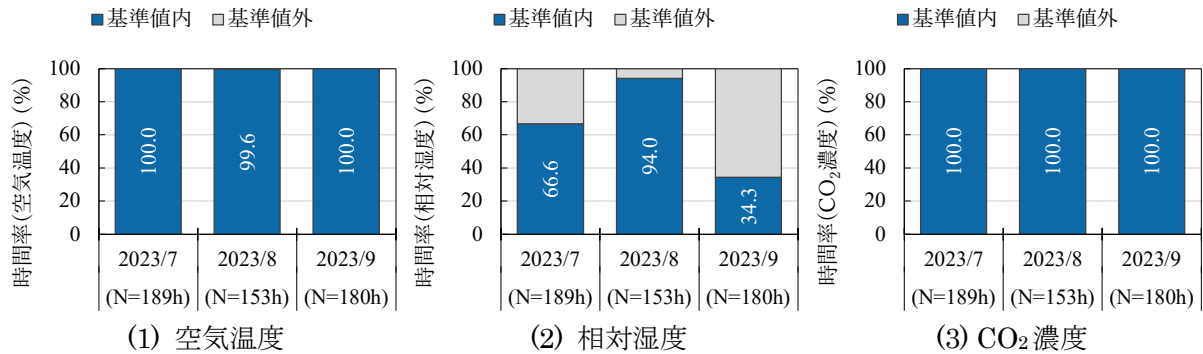


図 49 基準値内時間率 (F ビル, 2023/7/1 - 2023/9/30, 営業日 9 - 18 時)

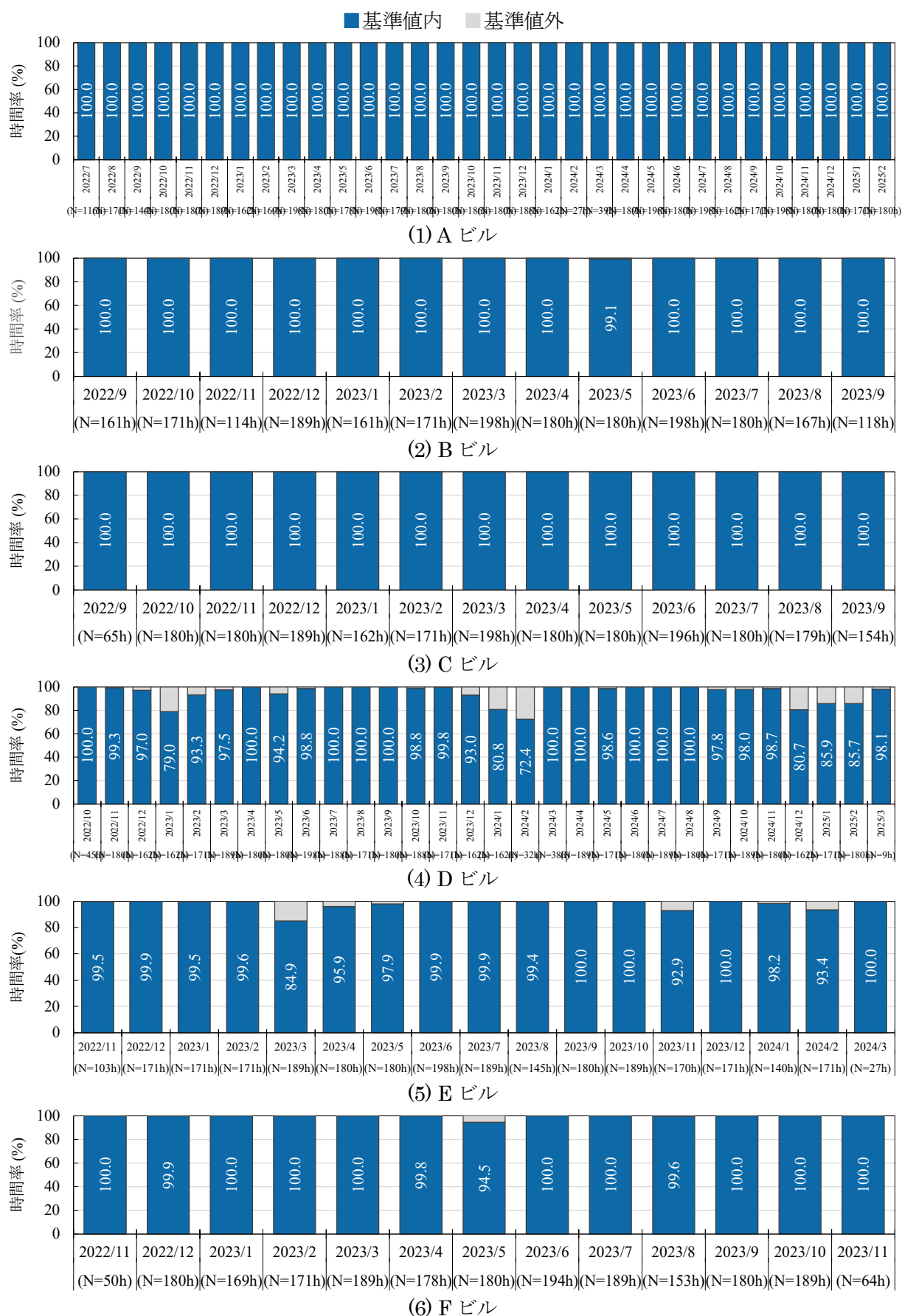


図 50 空気温度の基準値内時間率（全期間，営業日 9－18 時）

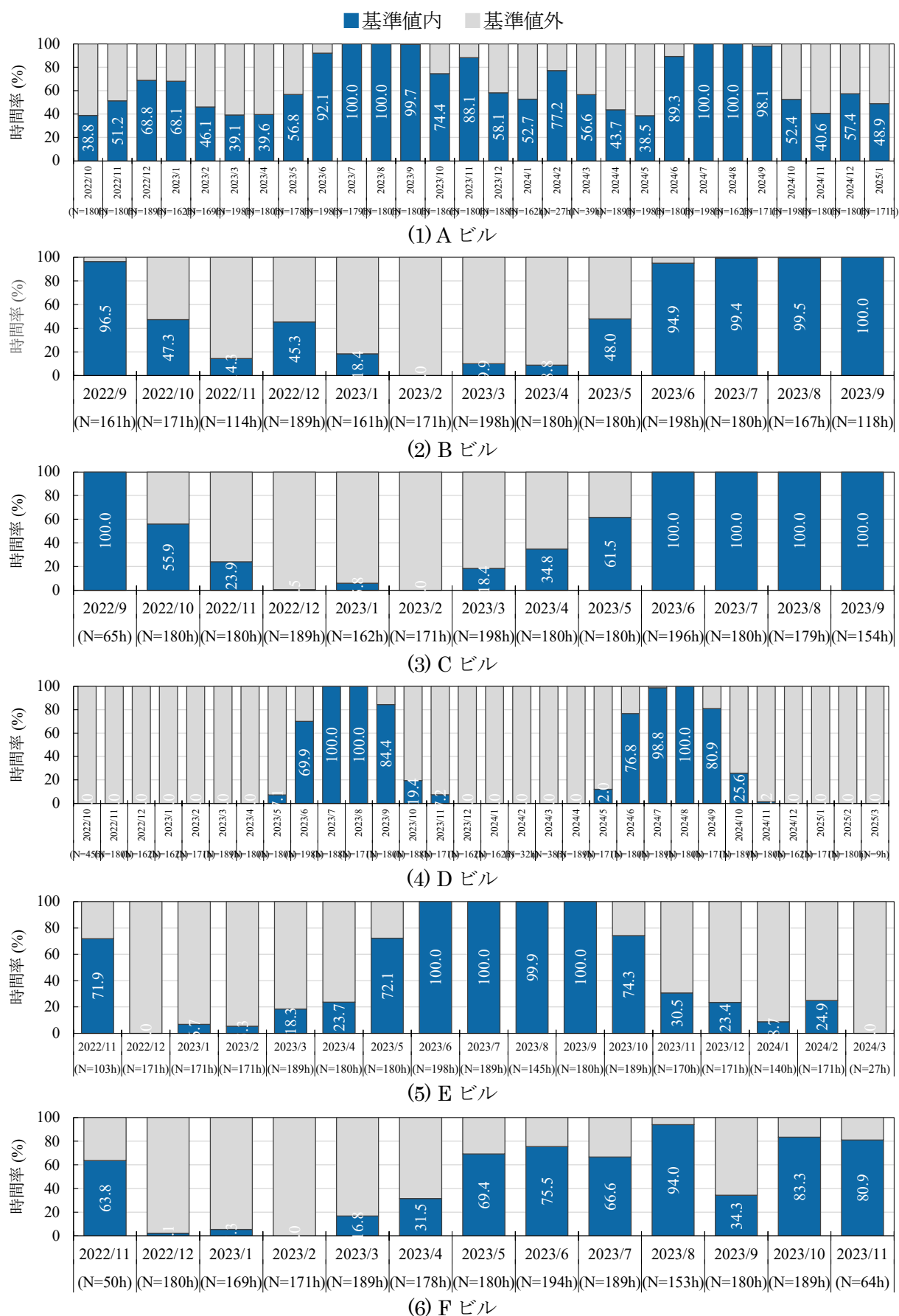


図 51 相対湿度の基準値内時間率（全期間，営業日 9－18 時）



図 52 CO₂ 濃度の基準値内時間率（全期間，営業日 9－18 時）

C.2. 空気環境の詳細測定による室内環境評価

空気温湿度と CO₂ 濃度に関して 3 回の詳細測定結果を図 53～図 55 に示す。2023 年冬期測定では空気温度は F ビルが低く、E ビルが高い。相対湿度は A ビルを除いて 40%RH を下回る結果であった。CO₂ 濃度は B ビルでは 950ppm 程度となっているものの、その他の建築物ではおよそ 600～750ppm 程度であった。2023 年夏期測定では空気温度は E ビルが最も高いが、建物による差は大きくなかった。相対湿度は F ビルにおいて 70%RH を超過していた。CO₂ 濃度は B ビルが最も高く 1200ppm 程度であった。2025 年冬期測定では A ビルの空気温度が 26°C を超過していたが、その他の建築物ではおよそ 24～25°C であった。相対湿度

はいずれの建築物も 40%RH を下回っていた。CO₂ 濃度は A ビル、E ビル、F ビルは約 700ppm であったが、B ビル、C ビル、D ビルは 1000ppm を超過しており、特に B ビルでは 1100ppm を超過していた。

平均放射温度に関して 3 回の詳細測定結果を図 56 に示す。2023 年冬期測定では E ビルを除いて外気の影響を受けて PZ の方が低くなっている。E ビルは九州地方に所在し、測定日は比較的外気温度が高い 3 月であったことから PZ の方が高くなったと考えられる。また、2023 年夏期測定でも B ビルを除いて外気の影響を受けて PZ の方が高くなっている。B ビルは測定日に降雨があったことから PZ の方が低くなったと考えられる。2025 年冬期測定では A ビル、

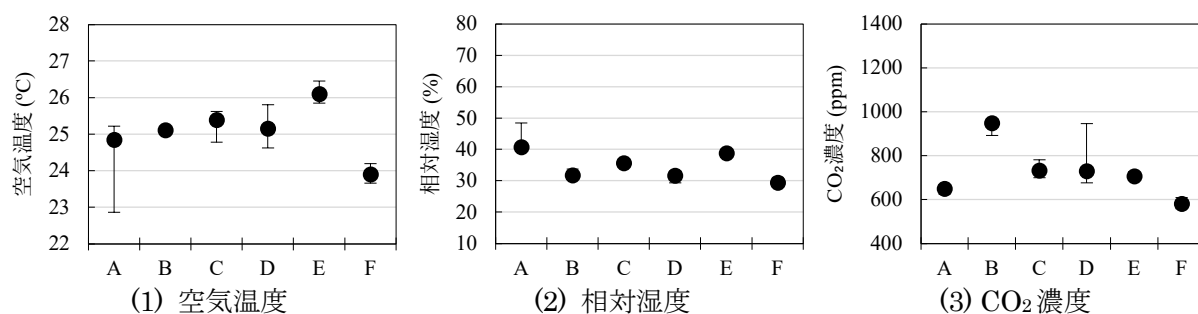


図 53 空気温湿度と CO₂ 濃度の詳細測定 (2023 年冬期)

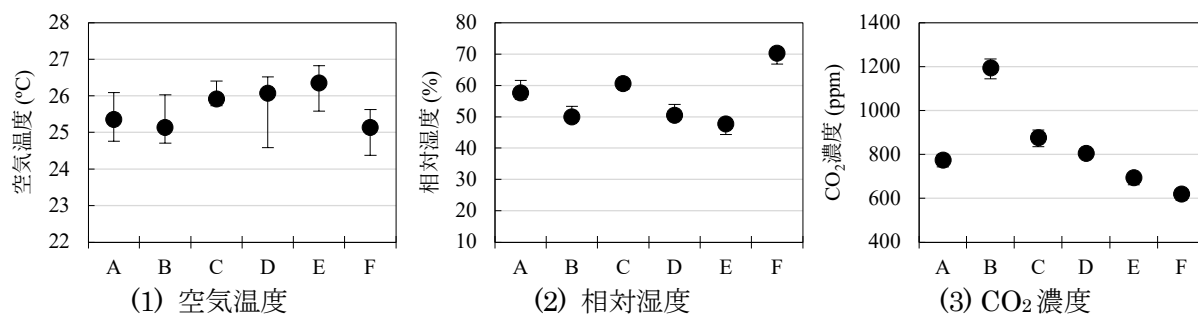


図 54 空気温湿度と CO₂ 濃度の詳細測定 (2023 年夏期)

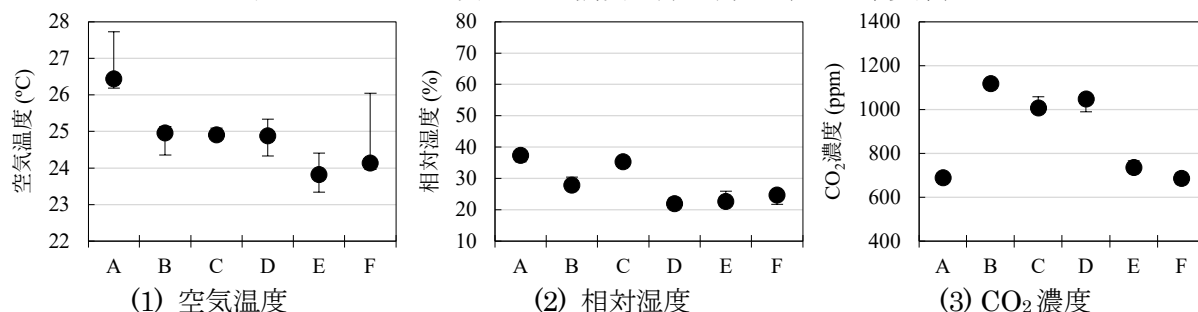


図 55 空気温湿度と CO₂ 濃度の詳細測定 (2025 年冬期)

【図 53～図 55 注記】

- 1) 複数点に設置した空気温湿度・CO₂濃度計 (TR-76Ui) の測定値に対して 10～16 時 (2025 年冬期の A ビル、B ビル、C ビルは 10～13 時) の平均値で集計し、図中の●プロットは中央値、エラーバーは最高値と最低値を示している。

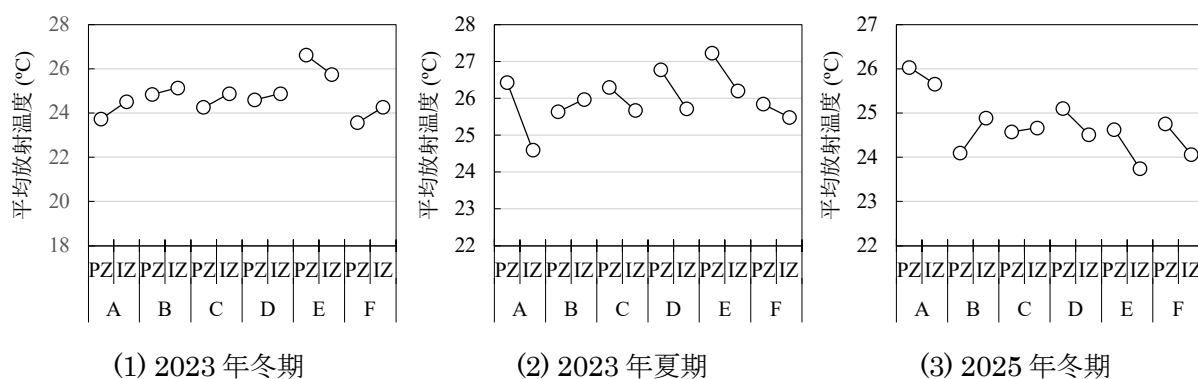


図 56 平均放射温度

D ビル、E ビル、F ビルでは PZ の方が高い結果であった。A ビル、D ビル、E ビルでは PZ を南方位に設置していたことから日射の影響により、PZ の方が高くなった可能性がある。

上下温度分布に関して 3 回の詳細測定結果を図 57 に示す。F.L.+1100mm と F.L.+100mm の空気温度差は 2023 年冬期測定と 2023 年夏期測定では 3.0K を超えることはなく、良好な熱環境が形成できていると考えられる。一方、2025 年冬期測定では F.L.+1100mm と F.L.+100mm の位置の空気温度差が最も大きいのは F ビルの IZ で 3.3K であり、ASHRAE や ISO の快適域から逸脱する結果となった。その他の建築物では 3K を超える空気温度差は生じていなかったが、B ビルの PZ で 1.5K、B ビルの IZ で 1.6K、E ビルの IZ で 1.4K と比較的大きな差が生じていた。

PMV と SET* の算出結果を表 4～表 6 に示す。2023 年冬期測定では PMV において最も中立に近いのは A ビルの PZ で +0.19、最も中立から離れているのは E ビルの PZ で +0.81 であった。SET* が最も高いのは E ビルの PZ で 28.2°C、最も低いのは A ビルの PZ で 26.1°C であった。PMV による評価では A ビル、B ビル、C ビルの PZ、D ビル、F ビルの PZ が快適域であり、SET* による評価ではいずれの建物も快適範囲外であった。2023 年夏期測定では PMV において最も中立に近いのは A ビルの IZ で +0.10、最も中立から離れているのは E ビルの PZ で +0.76 であった。SET* が最も高いのは E ビルの PZ で 27.7°C、最も低いのは A ビルの IZ で 25.6°C であった。PMV による評価では A ビル、B ビルの PZ、C ビルの IZ、D ビルの IZ、F ビルの IZ が快適域であり、SET* による評価では A ビルの IZ のみ快適範囲内であった。2025 年冬期測定では PMV において最も中立に近いのは E ビルの IZ で +0.21、最も中立から離れているのは A ビルの PZ で +1.01 であった。SET* が最も高いのは A ビルの PZ で 30.0°C、最も低いのは E ビルの IZ で 26.3°C であった。PMV による評価では B ビルの IZ、D ビル、E ビルの IZ、F ビルの IZ が快適域であり、SET* による評価ではいずれの建物も快適範囲外であった。

浮遊微粒子個数濃度と I/O 比に関して 2 回の詳細測定結果を図 58～図 61 に示す。I/O 比に着目すると、特定建築物である A ビル、B ビル、C ビルの方が低い傾向にあり、特に 2023 年夏期測定においてその差が顕著に出た。A ビルでは外調機に ASHRAE 質量法 81% のフィルターと空調に比色法 90% のフィルターが設置されており毎月清掃されている、B ビルでは空調に比色法 90% のフィルターが設置されていることから粒径の小さい浮遊微粒子まで除去できていたと考えられる。一方、建物によらず、粒径の大きい浮遊微粒子の I/O 比は高く、2023 年夏期において D ビルの $5\mu\text{m}$ 以上、E ビルの $10\mu\text{m}$ 以上、F ビルの $0.5\sim 3.0\mu\text{m} \cdot 5\mu\text{m}$ 以上の粒径では I/O 比は 1.0 を超えていた。即ち、室内濃度が外気濃度と比較して高くなっているが、これは人体由来による増加と人体活動に伴う再懸濁現象による増加が要因と考えられる。

換気量の推定結果を表 7～表 8 に示す。2023 年夏期と 2025 年冬期の結果を比較すると A ビル、C ビル、D ビルにおいて比較的大きな差が生じて

いるものの、B ビル、E ビル、F ビルは概ね同等の換気量であることが推定された。また、いずれの推定においても B ビルが最も少なく約 1.5CMH/m^2 、F ビルが最も多く約 7.5CMH/m^2 であった。F ビルでは廊下に通ずるドアが常時開放されており、廊下はエントランスにも通じていたことから、推定換気量が大きくなったと考えられる。

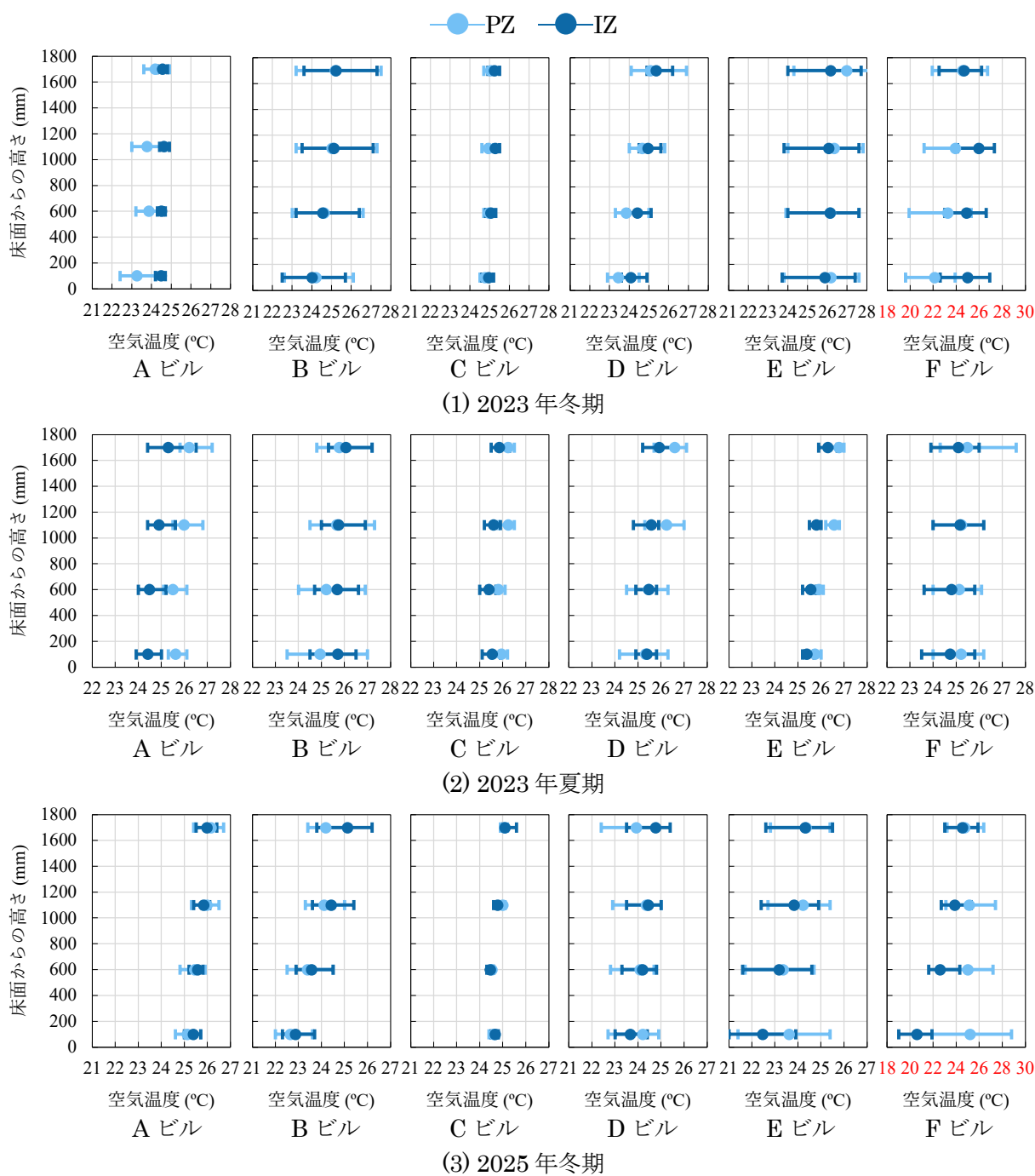


図 57 上下温度分布

【図 57 注記】

- 1) 図中の●プロットは 10～16 時（2025 年冬期の A ビル、B ビル、C ビルは 10～13 時）の平均値を示しており、エラーバーは最高値・最低値を示している。

表 4 PMV と SET*の算出結果 (2023 年冬期)

	A ビル		B ビル		C ビル		D ビル		E ビル		F ビル	
	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ
空気温度(°C)	23.8	24.6	25.0	25.1	24.9	25.3	24.7	25.0	26.4	26.1	23.9	26.0
相対湿度(%RH)	45.2	41.6	33.4	30.5	37.2	35.2	31.7	31.2	38.0	39.9	29.2	25.5
黒玉温度(°C)	23.8	24.6	24.9	25.1	24.6	25.1	24.6	24.9	26.5	25.9	23.7	24.9
気流速度(m/s)†	0.05	0.05	0.05	0.05	0.12	0.12	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
代謝量(Met)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
着衣量(clo)	0.76	0.76	0.73	0.73	0.86	0.86	0.75	0.75	0.75	0.75	0.91	0.91
PMV(-)	+0.19	+0.37	+0.36	+0.38	+0.42	+0.51	+0.30	+0.37	+0.81	+0.71	+0.29	+0.65
SET*(°C)	26.1	26.7	26.6	26.6	27.4	27.8	26.4	26.6	28.2	27.9	26.7	27.9

† IZ で測定したデータを PZ も同値とした。

表 5 PMV と SET*の算出結果 (2023 年夏期)

	A ビル		B ビル		C ビル		D ビル		E ビル		F ビル	
	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ
空気温度(°C)	26.0	24.9	25.7	25.7	26.2	25.6	26.2	25.6	26.6	25.8	25.2	25.2
相対湿度(%RH)	53.3	59.8	46.8	48.9	55.9	60.7	48.3	52.4	44.4	49.5	70.0	66.1
黒玉温度(°C)	26.2	24.7	25.6	25.8	26.3	25.6	26.5	25.6	27.0	26.0	25.5	25.3
気流速度(m/s)†	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13	0.13	0.08	0.08	0.18	0.18
代謝量(Met)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
着衣量(clo)	0.52	0.52	0.63	0.63	0.52	0.52	0.58	0.58	0.60	0.60	0.63	0.63
PMV(-)	+0.44	+0.10	+0.46	+0.51	+0.53	+0.37	+0.51	+0.33	+0.76	+0.56	+0.36	+0.31
SET*(°C)	26.8	25.6	26.9	27.1	27.1	26.6	27.3	26.7	27.7	27.0	26.9	26.6

† IZ で測定したデータを PZ も同値とした。

表 6 PMV と SET*の算出結果 (2025 年冬期)

	A ビル		B ビル		C ビル		D ビル		E ビル		F ビル	
	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ	PZ	IZ
空気温度(°C)	26.0	25.8	24.1	24.4	25.0	24.8	24.4	24.4	24.2	23.8	25.1	23.9
相対湿度(%RH)	35.7	37.3	27.4	27.7	32.9	35.0	18.9	22.0	20.8	22.9	21.1	23.8
黒玉温度(°C)	26.0	25.7	24.1	24.7	24.7	24.7	24.6	24.5	24.5	23.8	24.9	24.0
気流速度(m/s)	0.03	0.05	0.05*	0.05*	0.06†	0.06	0.31	0.09	0.04	0.05	0.17	0.09
代謝量(Met)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
着衣量(clo)	1.11	0.94	1.47	0.81	0.87	1.15	1.24	1.00	1.48	0.88	1.27	0.89
PMV(-)	+1.01	+0.82	+0.84	+0.33	+0.51	+0.78	+0.47	+0.46	+0.85	+0.21	+0.71	+0.24
SET*(°C)	30.8	29.2	30.3	26.6	27.4	29.2	26.9	27.2	30.2	26.3	29.2	26.6

* 欠測のため、仮定値である。† 欠測のため、IZ と同値とした。

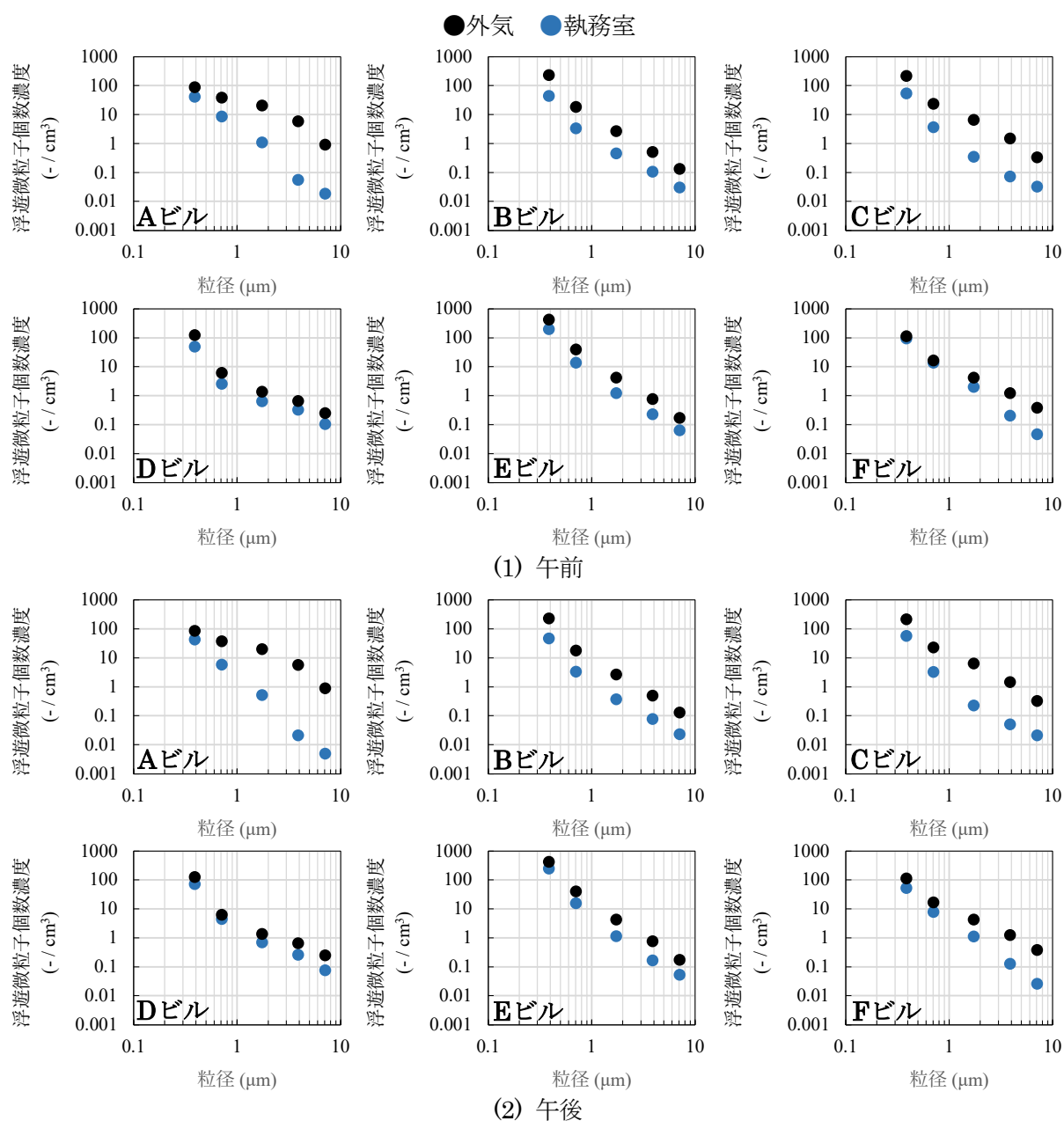


図 58 浮遊微粒子個数濃度 (2023 年冬期)

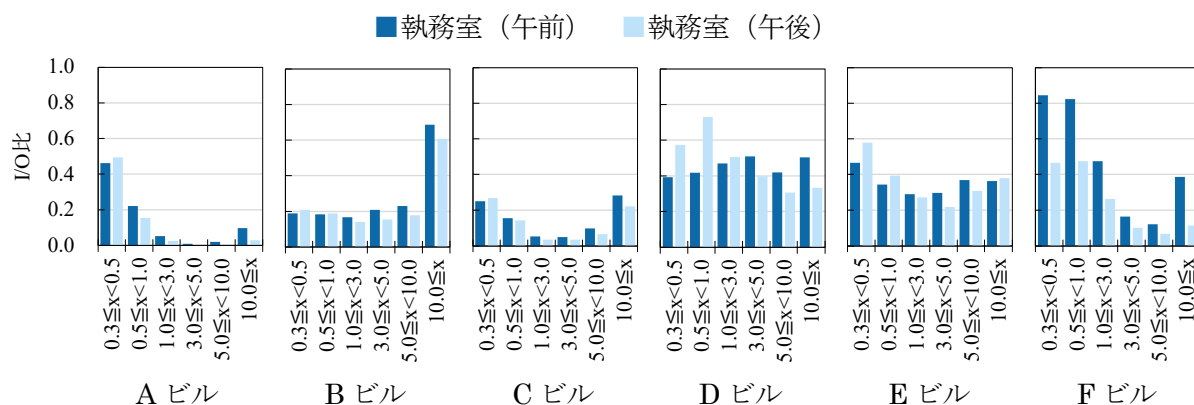


図 59 浮遊微粒子個数濃度の I/O 比 (2023 年冬期)

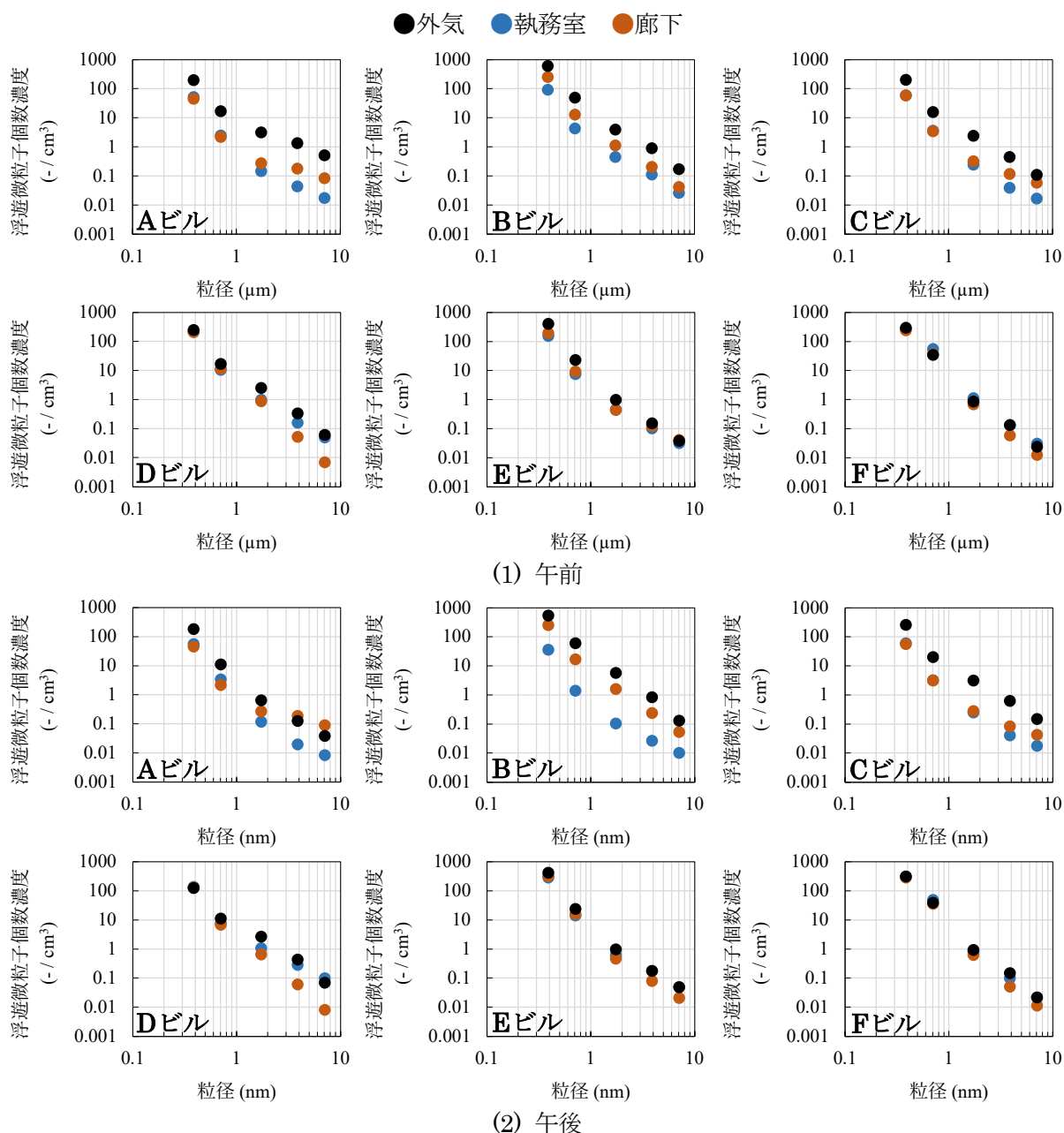


図 60 浮遊微粒子個数濃度 (2023 年夏期)

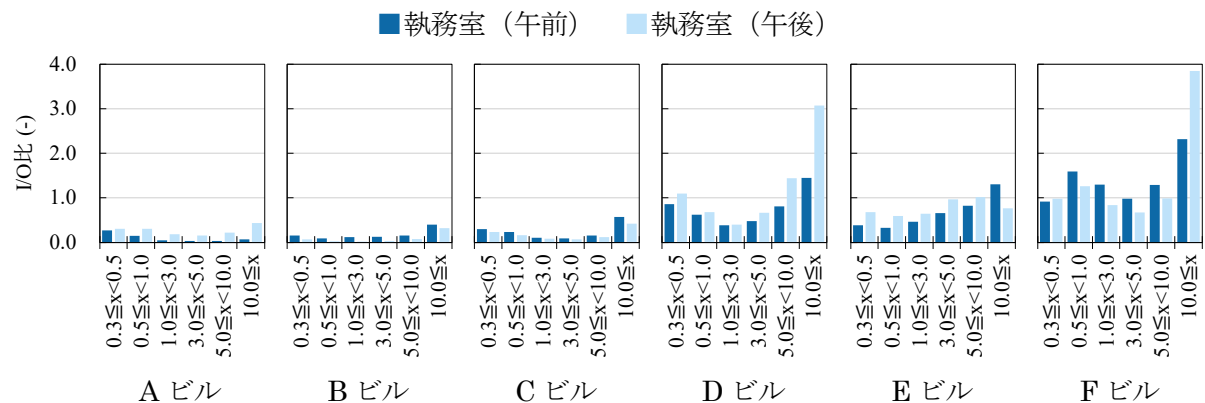


図 61 浮遊微粒子個数濃度の I/O 比 (2023 年夏期)

表 7 換気量の推定結果 (2023 年夏期)

	A ビル	B ビル	C ビル	D ビル	E ビル	F ビル
推定対象時刻	14:11-14:40	15:31-16:00	11:01-11:30	13:01-13:30	10:31-11:00	14:21-14:50
推定対象時刻の人数	7	9	13	20	6	16
平均室内 CO ₂ 濃度 (ppm)	779.8	1407.0	853.7	785.7	649.9	629.0
平均外気 CO ₂ 濃度(ppm)	444.8	452.9	509.2	431.8	437.5	425.2
1 人あたりの推定換気量 (CMH/人)	65.7	23.1	63.9	62.2	103.6	108.0
床面積あたりの推定換気量 (CMH/m ²)	1.9	1.5	3.9	3.8	4.0	7.4

* 欠測のため、仮定値である。

表 8 換気量の推定結果 (2025 年冬期)

	A ビル	B ビル	C ビル	D ビル	E ビル	F ビル
推定対象時刻	14:30-15:00	15:30-16:00	14:10-14:40	13:30-14:00	11:30-12:00	11:00-11:30
推定対象時刻の在室人数	11	8	12	21	10	21
平均室内 CO ₂ 濃度(ppm)	688.8	1184.4	1004.2	1019.0	785.8	730.6
平均外気 CO ₂ 濃度(ppm)	437.8	433.0	420.0*	437.5	444.2	469.3
1 人あたりの推定換気量(CMH/人)	87.6	29.2	37.7	37.8	64.4	84.2
床面積あたりの推定換気量(CMH/m ²)	3.9	1.6	2.2	2.4	4.1	7.5

* 欠測のため、仮定値である。

C.3. 主観評価結果

2023 年冬期における回答者の個人属性を図 62～図 65 に示す。年齢層 (図 62) は A ビルでは 90%程度が 40 代以上であったが、その他の建築物では概ね 20 代～60 代以上まで幅広く回答があった。性別 (図 63) は約 60%が男性であった。着座位置 (図 64) は建物によって多少の差があるものの、全建築物の集計では 41%が PZ (外皮から 3m 以内) であった。暑がり・寒がり (図 65) は寒がりと申告した方が D ビルでは 50%、B ビルが 25%と差が大きいが、全建築物の集計では 35%が寒がり、33%が暑がりと回答していた。温度環境に関する主観評価結果を図 66～図 69 に示す。足元の温度環境は全体で 35%の回答者が寒冷側の回答であった。特に B ビルと F ビルでは寒冷側申告率が 50%以上であった。気流の有無は全体で 33%の回答者が気流を感じると回答した。全体の温度に対する不満側申告率は 35%であった。満足側の回答率

が最も高いのは E ビルで 82%、最も低いのは B ビルで 13%であった。なお、不満側の回答であった 50 名の理由については図 69 に示すとおりであり、F ビルでは「暖かくしたい」という回答が最多であった一方で、C ビルと E ビルは「涼しくしたい」・「やや涼しくしたい」という回答が最多であった。湿度環境に関する主観評価結果を図 70～図 72 に示す。乾燥感の有無は全体で 47%の回答者が乾燥感有の回答であった。特に B ビルでは 75%の回答者が乾燥感有の回答であった。空間の湿り程度は全体の乾燥側申告率は 55%であった。また、B ビルで乾燥側の回答が多いことから乾燥感の有無と概ね同等の結果であると考えられる。全体の湿度に対する不満側申告率は 34%であった。満足側の回答率が最も高いのは E ビルで 82%、最も低いのは B ビルで 13%であった。なお、不満側の回答であった 45 名の理由については図 72 に示すとおりであり、ほとんどの回答者が「加湿したい」・

「やや加湿したい」という回答であった一方で、「除湿したい」と回答した回答者は4名であった。

2023 年夏期における回答者の個人属性を図 73～図 79 に示す。年齢層（図 73）は 20～60 代以上と幅広く回答があった。性別（図 74）は全体で男性が約 66%とやや多く、C ビルは約 80%が男性であった。回答直前の行動（図 76）は PC・事務作業が約 70%と最多であったが、D ビル、E ビル、F ビルは外勤・出張後の申告も約 20～30%あった。暑がり・寒がり（図 77）は全体の約 27%が暑がり側であったが、B ビルでは暑がりの回答者はなかった。着座位置（図 78）は「窓の近く」と「室中央」が全体の約 4 割ずつであった。直上の空調吹出口・換気口の有無（図 79）はおよそ半数の回答者が「ある」と回答した。温度環境に関する主観評価結果を図 80～図 83 に示す。空間の温度感覚では寒冷側申告率が全体の 24%、暑熱側申告率が 20%であったが、D ビルは寒冷側申告率が 38%であり他の建物よりも高い。気流感は全体の約 60%が感じる側の申告であった。温度に対する不満側申告率が最も高いのは B ビルで 50%であり、全体では 23%であった。不満側の回答であった 21 名の理由については図 83 に示すとおりであり、「涼しくしたい」よりも「暖かくしたい」という理由の方が多かった。これは空調の冷気流が当たったことが一要因と考えられる。湿度環境に関する主観評価結果を図 84～図 88 に示す。発汗は全体の 10%が有の申告であった。空間の湿り程度では湿潤側申告率が 28%であり、B ビルと F ビルでは 50%であった。湿度に対する不満側申告率が最も高いのは B ビルと C ビルで 33%であり、全体では 21%であった。不満側の回答であった 20 名の理由については図 87 に示すとおりであり、「除湿したい」という回答が多くあるものの、「加湿したい」という回答も一定数あった。

2025 年冬期における回答者の個人属性を図 88～図 91 に示す。年齢層（図 88）は A ビルでは 90%以上が 50 代以上であったが、その他の建築物では概ね 20 代～60 代以上まで幅広く回答があった。性別（図 89）は約 60%が男性であった。着座位置（図 90）は建物によって多少

の差があるものの、全建築物の集計では 47%が室中央、33%が窓の近く（窓から 5m 以内）であった。直上の吹出口の有無（図 91）は A ビルが 58%、B ビルが 17%と差が大きい。全建築物の集計では 44%が「ある」と回答していた。空気温湿度に対する主観評価結果を図 92～図 99 に示す。温度感覚の申告（図 92）は F ビルの寒冷側申告率が 50%と最も高く、28%が「寒い」という申告であった。その他の建築物では寒冷側申告率がおよそ 20%以下であり、全建築物の寒冷側申告率は 25%であった。気流感の有無（図 93）は B ビルにおいて「非常に感じる」と 1 人が申告していた。F ビルでは 67%が「感じる」と「やや感じる」と申告しているが、廊下に通ずるドアが常時開放されており、廊下はエントランスにも通じていたことから、外気が居室に流入した可能性がある。温度環境の満足度（図 94）の結果によると、温度に対する不満側申告率が高いのは B ビル（67%）と F ビル（56%）であるが、温度環境の不満理由（図 95）によると B ビルは「今よりやや涼しくしたい」という理由が多数、F ビルは「今よりやや暖かくしたい」、「今より暖かくしたい」という理由が多数となっており、不満理由が異なる結果であった。発汗の有無（図 96）は D ビルと F ビルで各 1 人が「かいている」と申告していた。湿度感覚の申告（図 97）は F ビルで 1 人が「ジメジメしている」と申告しているものの、乾燥側申告率はすべての建築物で約 80%であった。湿度環境の満足度（図 98）は A ビル、B ビル、C ビル、D ビルにおいて湿度に対する不満側申告率が約 40～50%であり、湿度環境の不満理由（図 99）によると、そのほとんどが「加湿したい」、「やや加湿したい」という理由であった。

2023 年冬期の結果

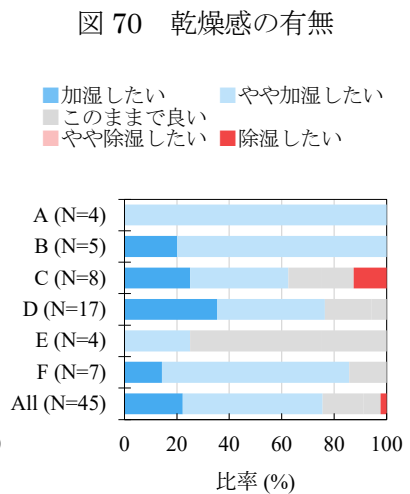
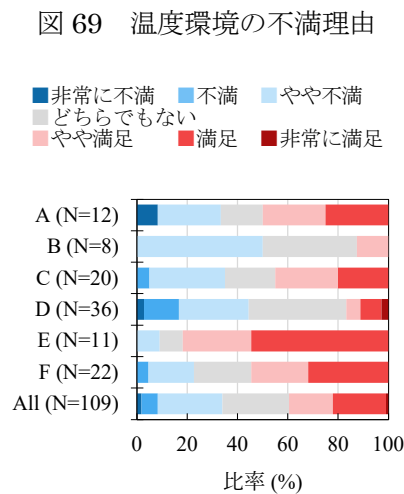
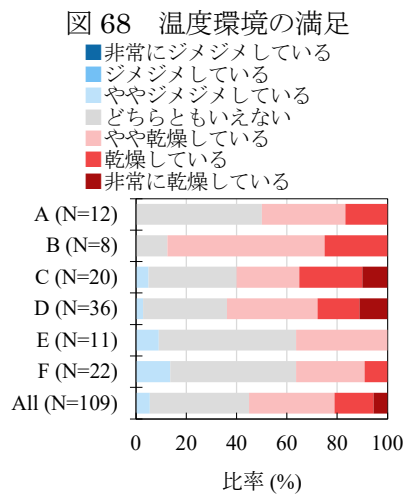
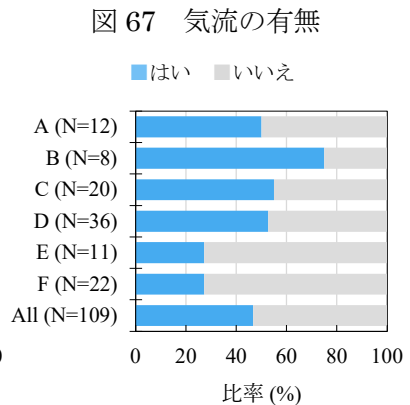
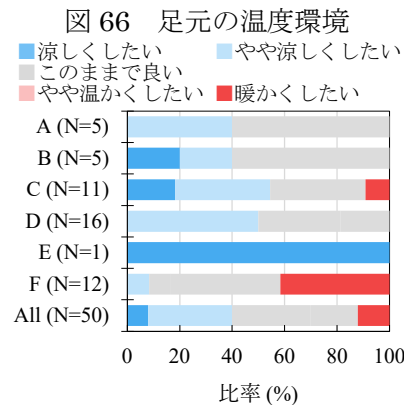
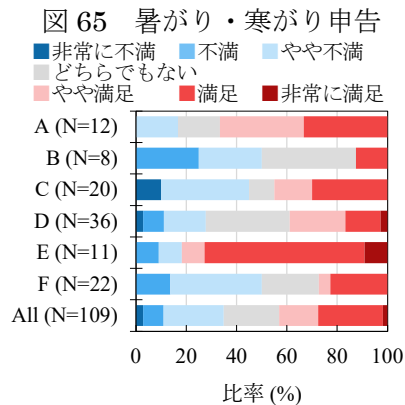
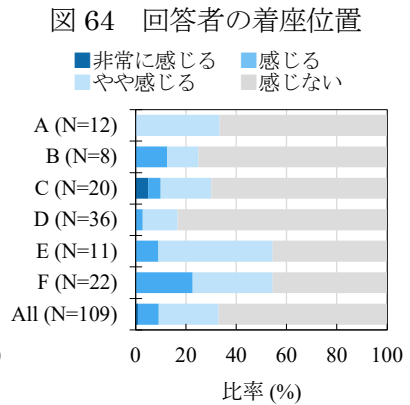
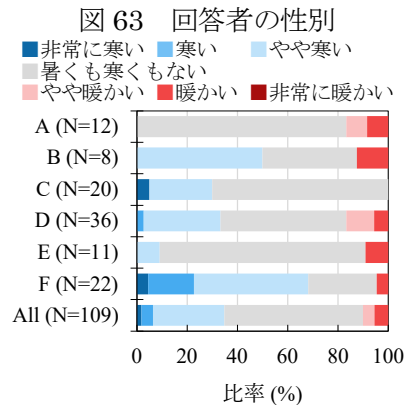
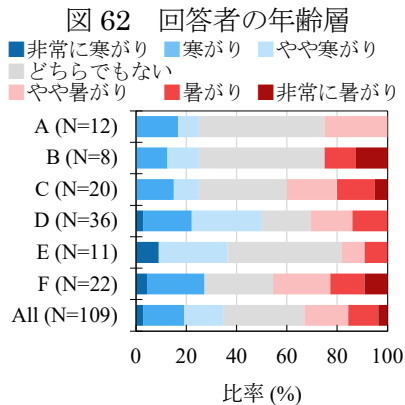
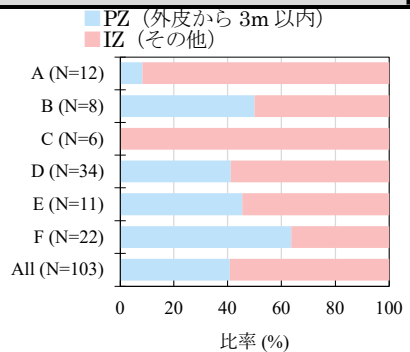
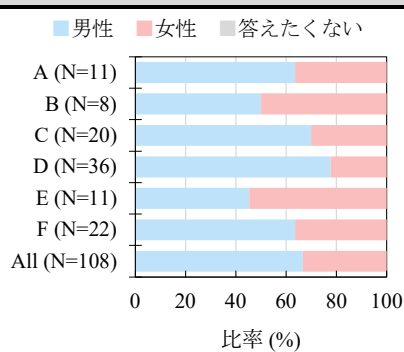
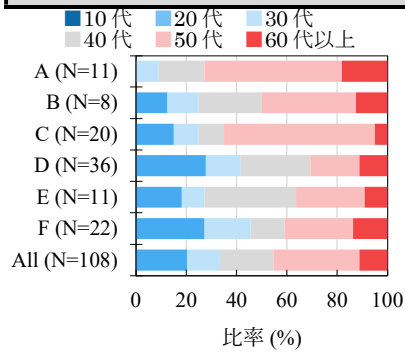


図 70 空間の湿り程度

図 71 湿度環境の満足度

図 72 湿度環境の不満理由

2023 年夏期の結果

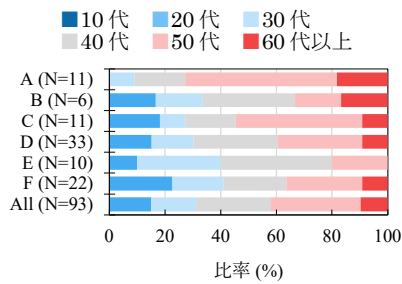


図 73 回答者の年齢層

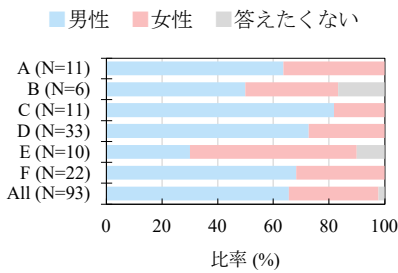


図 74 回答者の性別

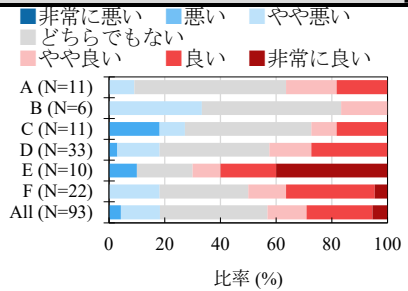


図 75 回答当日の体調

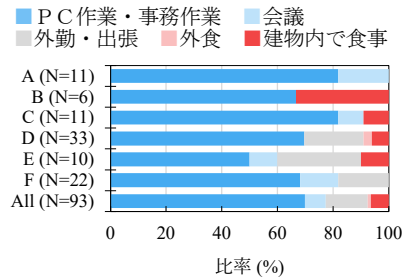


図 76 回答直前の行動

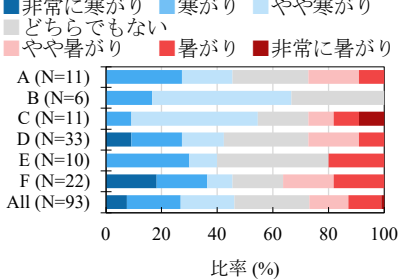


図 77 暑がり・寒がり申告

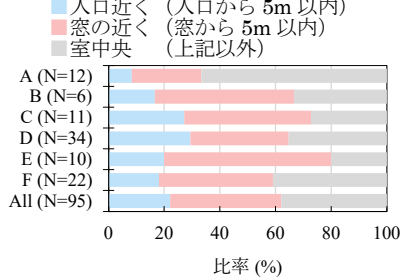


図 78 回答者の着座位置

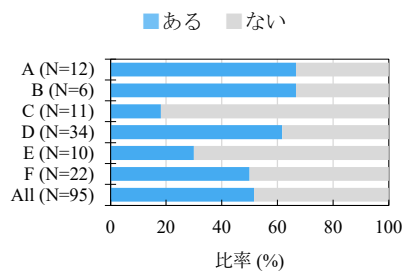


図 79 直上吹出口の有無

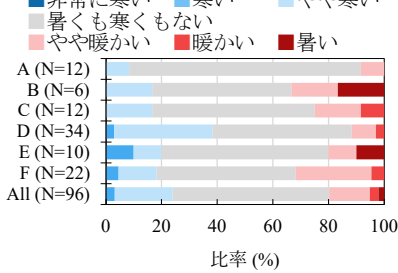


図 80 空間の温度感覚

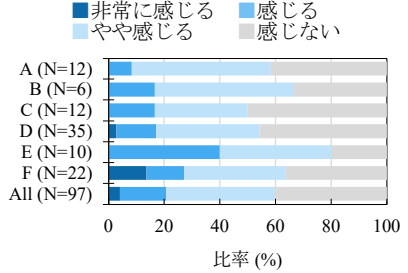


図 81 気流の有無

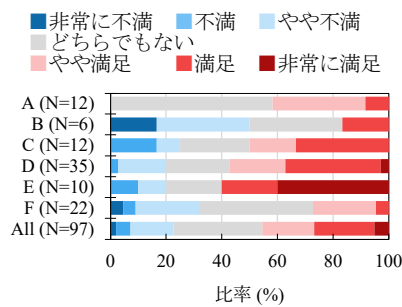


図 82 温度環境の満足度

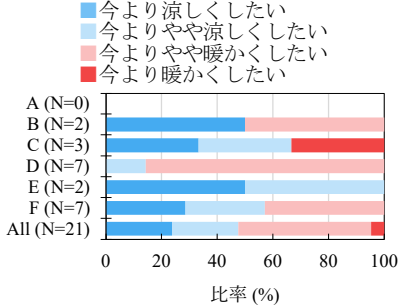


図 83 温度環境の不満理由

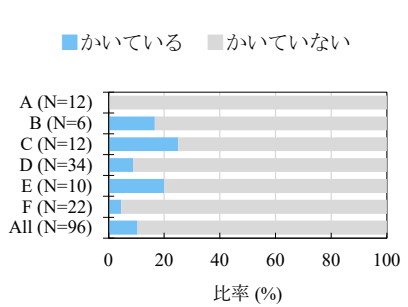


図 84 発汗の有無

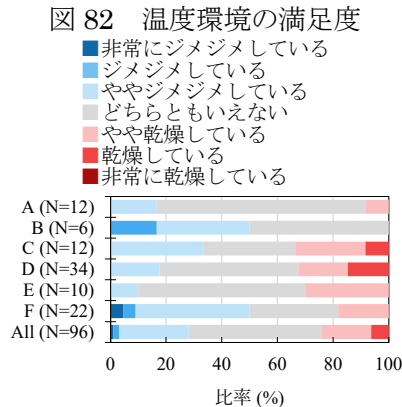


図 85 空間の湿り程度

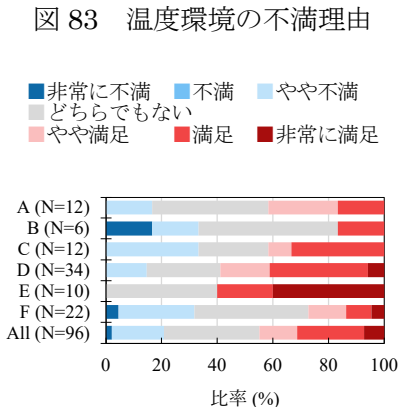


図 86 湿度環境の満足度

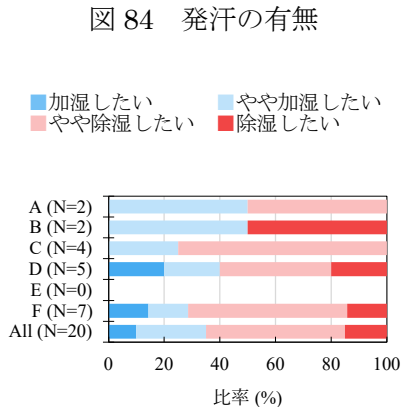


図 87 湿度環境の不満理由

2025 年冬期の結果

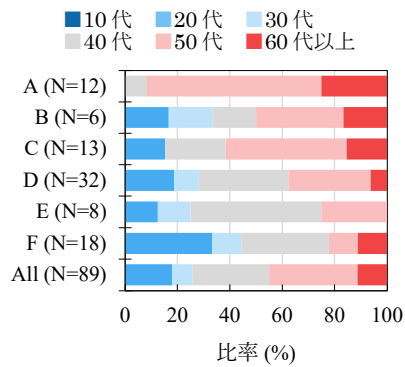


図 88 回答者の年齢層

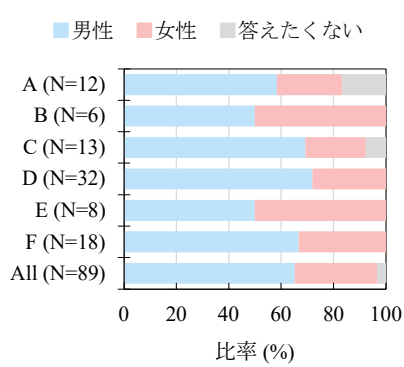


図 89 回答者の性別

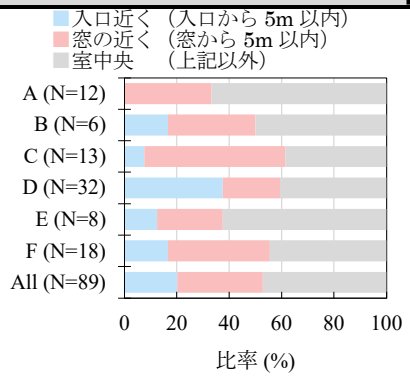


図 90 回答者の着座位置

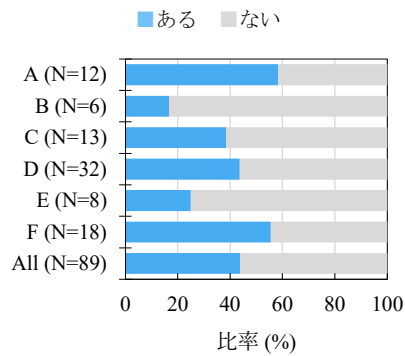


図 91 直上吹出口の有無

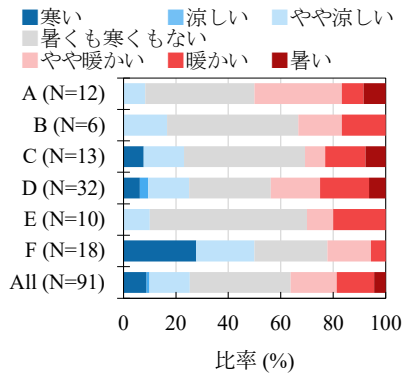


図 92 温度感覚の申告

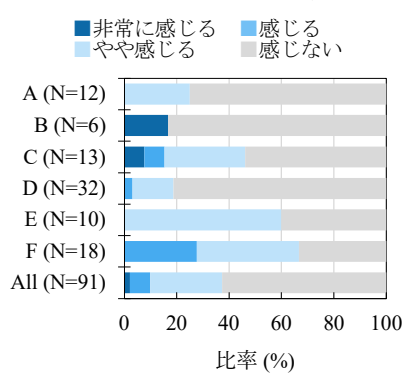


図 93 気流感の有無

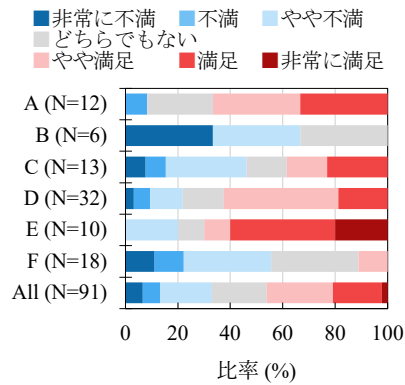


図 94 温度環境の満足度

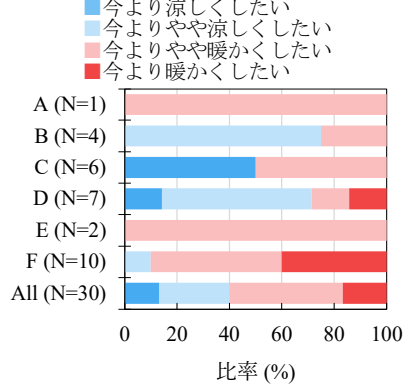


図 95 温度環境の不満理由

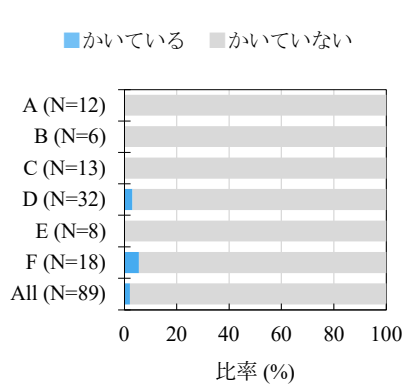


図 96 発汗の有無

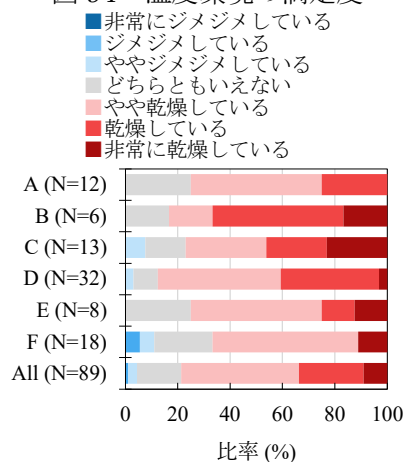


図 97 湿度感覚の申告

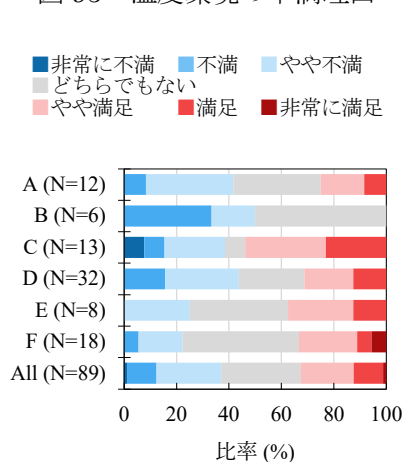


図 98 湿度環境の満足度

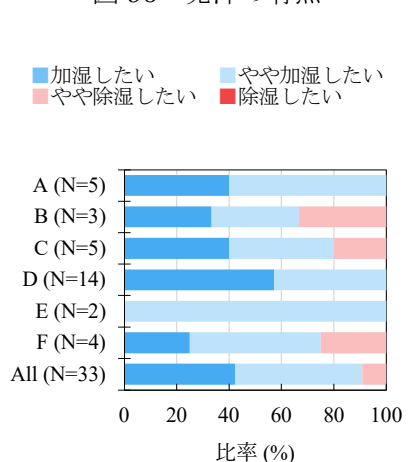


図 99 湿度環境の不満理由

C.4. 空気温湿度の維持管理手法の検討

はじめに、室内空気温湿度の測定値と回答者の予想温湿度に関して 2 回実施した結果を図 100～図 101 に示す。2023 年冬期測定では有効な回答が得られた 112 名で分析したが、D ビルにおいて室内温度が 26.5°C であるのに対して 18°C と回答がある場合や F において室内相対湿度が 27%であるのに対して 70%と回答がある場合など個人差が大きい結果となった。また、空気温度は約 81%の回答者が室内温度よりも低く回答している一方で、相対湿度は約 81%の回答者が室内相対湿度よりも高い回答であり、冬期の湿度環境を管理する上では危険側の回答であった。2024 年夏期測定では有効な回答が得られた 95 名の中で分析したが、D ビルでは 25.7°C の環境に対して 20°C と回答している場合もあり、個人差が大きい結果となった。また、相対湿度については 65%の回答者が測定相対湿度よりも低く回答しており、特に、F ビルでは全員が測定相対湿度よりも低く予想しているため、夏期の湿度環境を評価する観点からは危険側の評価となる可能性がある。

次に、空気温湿度と寒冷側・暑熱側申告率、不満側申告率の相関を図 102～図 106 に示す。2023 年冬期は平均空気温度に関して寒冷側申告率と相関係数 (R) が 0.65、温度に対する不満側申告率と R が 0.49 の負の相関があり、平均相対湿度に関して乾燥側申告率と R が 0.29、湿度に対する不満側申告率と R が 0.38 の負の相関傾向が見られた。2024 年夏期は平均空気温度と暑熱側申告率・温度に対する不満側申告率には明確な相関は見られなかった。これは、温度に対する不満側の申告は暑熱側・寒冷側の 2 つの要因があることが要因として挙げられる。平均相対湿度と湿潤側申告率には正の相関傾向がみられた。B ビルは主観評価調査日に降雨があったことから湿潤側申告率が高くなった可能性があり、B ビルを除けば平均相対湿度と湿潤側申告率には正の相関 ($R=0.945$, $p=0.015$) がみられた。最も平均相対湿度が高い F ビルでは湿潤側申告率が 50%のときに平均相対湿度は約 70% (建築物環境衛生管理基準値の上限値) であることから、「湿潤側申告率が 50%を超過した際に対策を講じる」などの管理に利用でき

る可能性がある。2025 年冬期は平均空気温度に関して寒冷側申告率との相関係数 (R) は 0.43 であったが、E ビルを除くと相関係数は 0.86 となった。E ビルの寒冷側申告率が低くなった要因までは言及できないが、平均空気温度と寒冷側申告率には負の相関があった。温度に対する不満側申告率との R は 0.36 であった。最も温度に対する不満側申告率が高い B ビルでは、前述のように「今よりもやや涼しくしたい」という申告もあったことから、温度に対する不満側申告率を空気温度の維持管理に利用することは困難である可能性がある。乾燥側申告率との R は全建築物では 0.16 と小さいが、平均相対湿度と乾燥側申告率には負の相関傾向がみられる。湿度に対する不満側申告率との R は 0.35 であり、正の相関となっていることから湿度に対する不満側申告率を相対湿度の維持管理に利用することは困難である可能性がある。

最後に、空気温湿度の感覚や満足度に影響を及ぼす因子を明らかにするために、 χ^2 検定 (独立性の検定) と残差分析の結果を表 9～表 45 に示す。2023 年冬期の結果では、「温度環境の満足度と足元の温度感覚」、「気流感と足元の温度感覚」、「年齢層と温度感覚」、「性別と温度感覚」、「暑がり・寒がり」と温度感覚」「湿度環境の満足度と空間の湿り程度」に有意な結果が得られた。2024 年夏期は「温度環境の満足度と空間の温度感覚」、「性別と温度感覚」、「暑がり・寒がり」と温度感覚、「湿度環境の満足度と空間の湿り程度」、に有意な結果が得られた。2025 年冬期は「温度環境の満足度と温度感覚」、「湿度環境の満足度と湿度感覚」、「湿度感覚と年齢層」に有意な結果が得られた。

以上より、温湿度環境に対する主観評価は年齢、性別、暑がり・寒がり等の個人属性の影響は排除できないものの、平均空気温度と寒冷側申告率 (冬期)、平均相対湿度と乾燥側申告率 (冬期) には負の相関、平均相対湿度と湿潤側申告率 (夏期) には正の相関があり、特に夏期の相対湿度の維持管理手法としては、最も平均相対湿度が高い F ビルでは湿潤側申告率が 50%のときに平均相対湿度は約 70% (建築物環境衛生管理基準値の上限値) であることから、「湿潤側申告率が 50%を超過した際に対策を講じる」な

どの管理に利用できる可能性がある。しかし、理手法の提案につながると考えられる。
現時点では6件の建築物に限定されていることや夏期の空気温度に対する不満は「寒冷側」の理由もあるといった点が課題であり、今後もデータを蓄積することでより精度の高い維持管

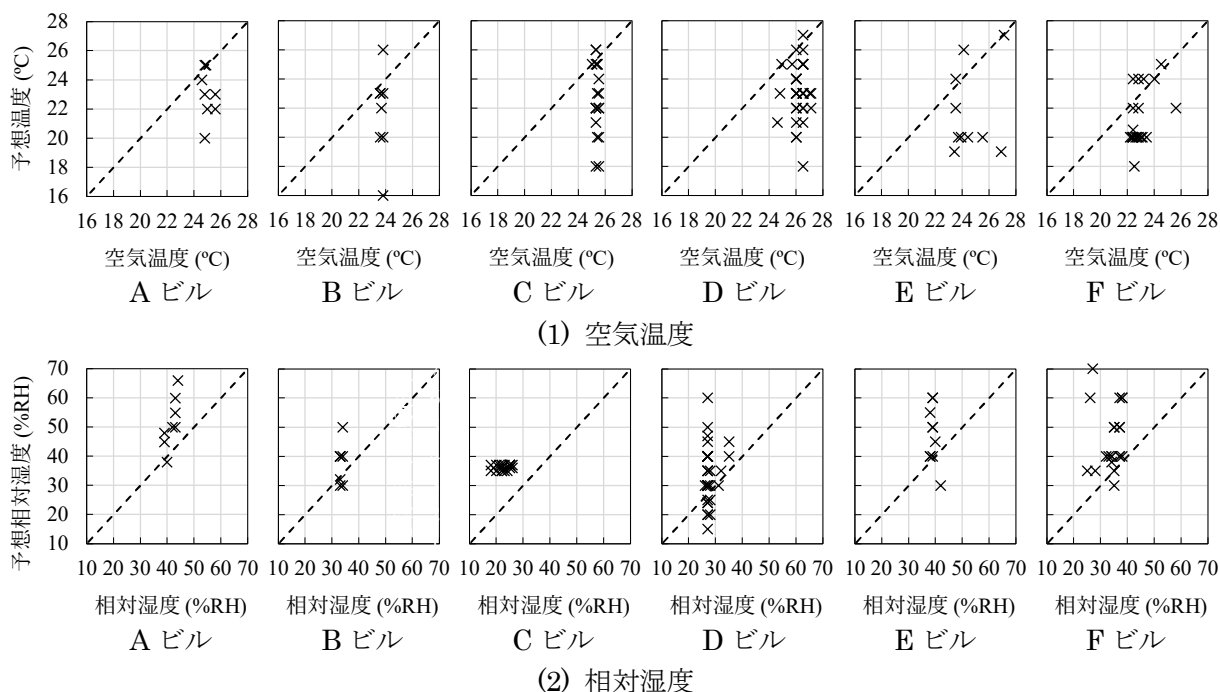


図 100 室内空気温湿度の測定値と回答者の予想温湿度（2023 年冬期）

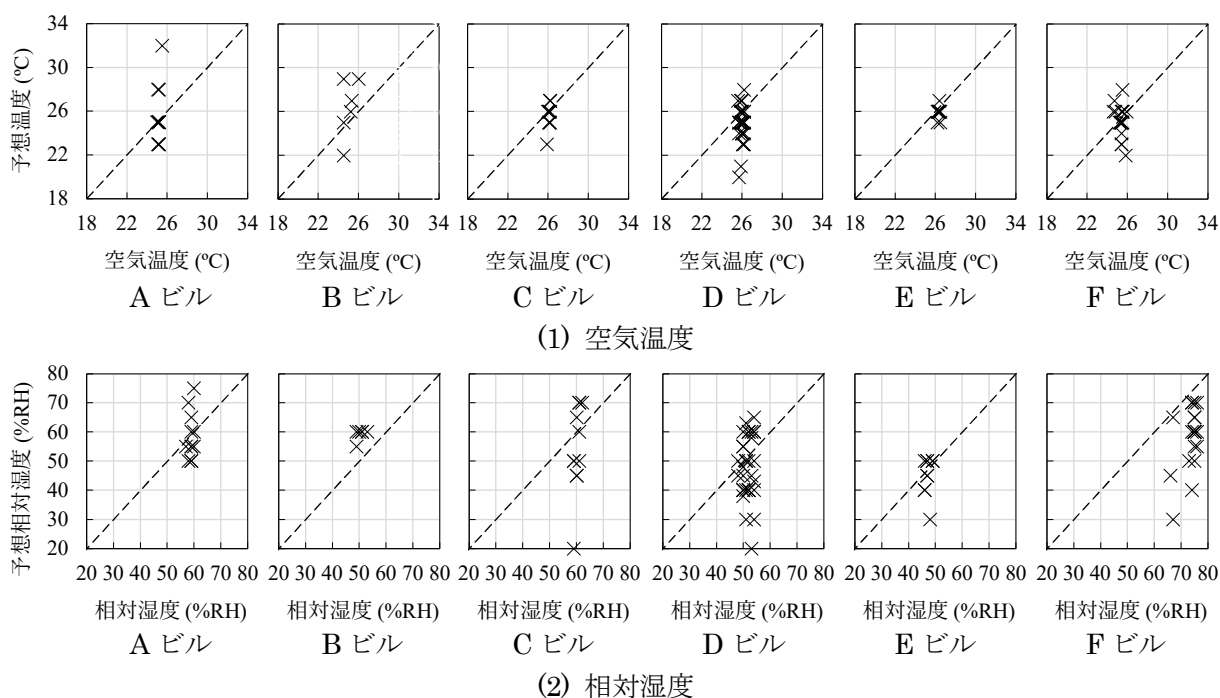
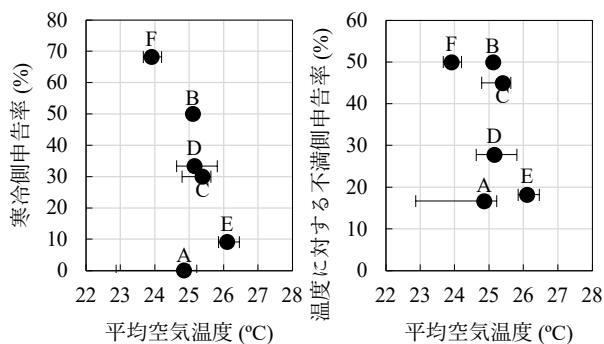


図 101 室内空気温湿度の測定値と回答者の予想温湿度（2023 年夏期）

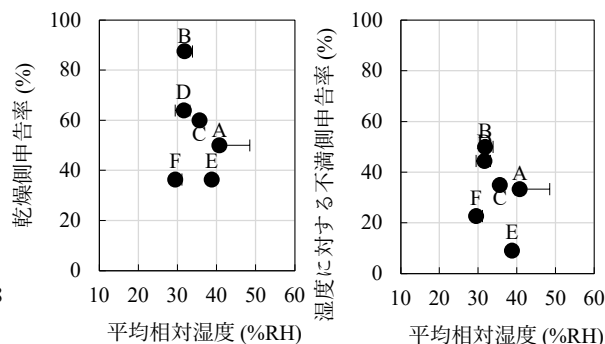
【図 100～図 101 注記】

- 1) 2023 年冬期は回答開始時刻を記入いただき、2023 年夏期は Web 上に回答開始時刻が記録される。調査票の第 1 問に予想温湿度を回答いただいたことで、当該時刻の空気温湿度と予想温湿度の相関図を描画した。



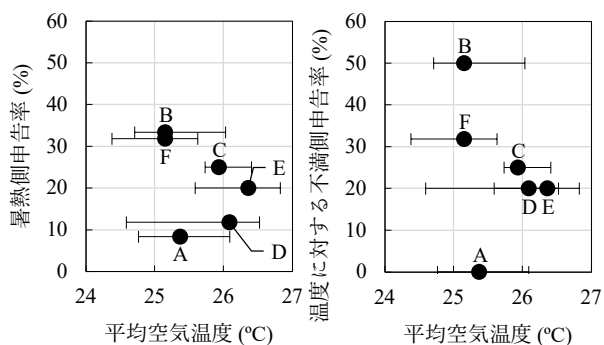
(1) 寒冷側申告率 (2) 不満側申告率

図 102 空気温度と寒冷側申告率・温度に対する不満側申告率 (2023 年冬期)



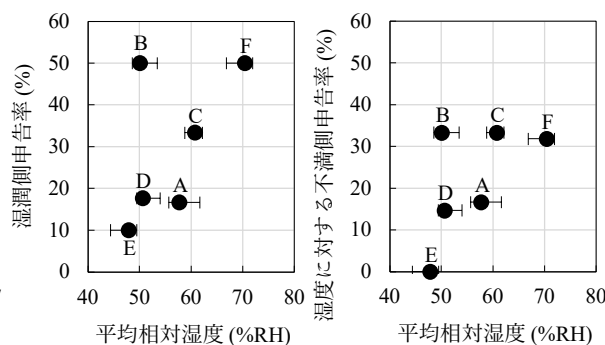
(1) 乾燥側申告率 (2) 不満側申告率

図 103 相対湿度と乾燥側申告率・湿度に対する不満側申告率 (2023 年冬期)



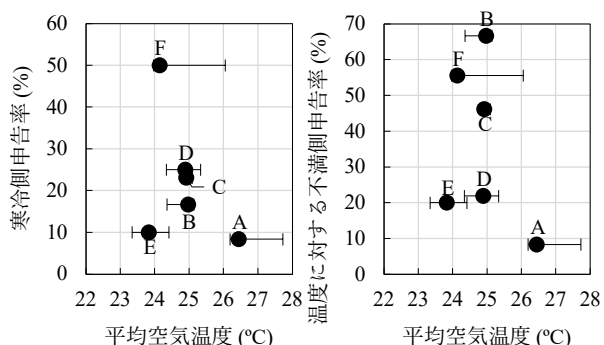
(1) 暑熱側申告率 (2) 不満側申告率

図 104 空気温度と暑熱側申告率・温度に対する不満側申告率 (2023 年夏期)



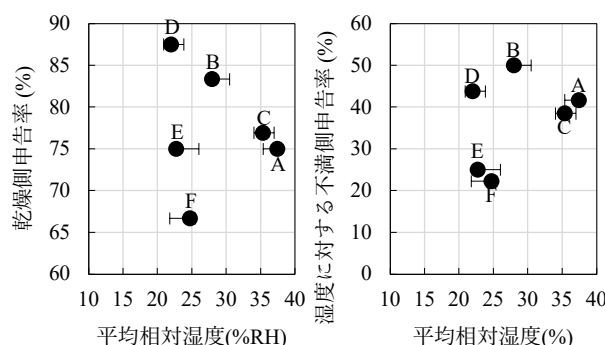
(1) 湿潤側申告率 (2) 不満側申告率

図 105 相対湿度と湿潤側申告率・湿度に対する不満側申告率 (2023 年夏期)



(1) 寒冷側申告率 (2) 不満側申告率

図 105 空気温度と寒冷側申告率・温度に対する不満側申告率 (2025 年冬期)



(1) 乾燥側申告率 (2) 不満側申告率

図 106 相対湿度と乾燥側申告率・湿度に対する不満側申告率 (2025 年冬期)

【図 102～図 106 注記】

1) 各図の平均空気温湿度は図 53～図 55 に対応している。

2023 年冬期の結果

表 9 温度環境の満足度と温度感覚

		温度環境の満足度(Q1-5)		
		不満側	中立	満足側
温度感覚 (Q1-2)	寒冷側	23(+)	9	6(-)
	中立	12(-)	10	38(+)
	暑熱側	3	5(+)	3
χ^2 検定(独立性の検定) : $p < 0.001$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 10 気流感と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
気流感 (Q1-4)	有	19(+)	5	12
	無	19(-)	19	35
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.021$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 11 着座位置と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
着座 位置 (Q3-23)	PZ	18	17	3
	IZ	16	33	6
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.519$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 12 年齢層と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
年齢層 (Q3-1)	-30 代	15	14(-)	8(+)
	40-50 代	19	39(+)	2(-)
	60 代-	4	7	1
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.024$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 13 性別と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
性別 (Q3-2)	男性	19(-)	44	9
	女性	19(+)	15	2
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.023$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 14 暑がり・寒がり温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
暑がり 寒がり (Q3-7)	暑がり	11	20	7(+)
	中立	9	24	2
	寒がり	18(+)	16	2
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.049$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 15 湿度環境の満足度と湿り程度

		湿度環境の満足度(Q2-4)		
		寒冷側	中立	暑熱側
空間の 湿り程度 (Q2-2)	湿潤側	4	0	2
	中立	6(-)	10	27(+)
	乾燥側	27(+)	19	14(-)
χ^2 検定(独立性の検定) : $p < 0.001$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 16 着座位置と空間の湿り程度

		空間の湿り程度(Q2-2)		
		湿潤側	中立	乾燥側
着座 位置 (Q3-23)	PZ	2	18	18
	IZ	2	20	33
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.834$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 17 年齢層と空間の湿り程度

		空間の湿り程度(Q2-2)		
		湿潤側	中立	乾燥側
年齢層 (Q3-1)	-30 代	15	11	11
	40-50 代	18	15	27
	60 代-	4	3	5
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.676$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

表 18 直上の吹出口と湿り程度

		空間の湿り程度(Q2-2)		
		湿潤側	中立	乾燥側
性別 (Q3-2)	男性	19(-)	21	32
	女性	18(+)	8	10
χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.049$				
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い				

2023 年夏期の結果

表 19 温度環境の満足度と温度感覚

		温度環境の満足度(Q1-4)		
		不満側	中立	満足側
温度感覚 (Q1-2)	寒冷側	10(+)	5	8
	中立	2(-)	20	32(+)
	暑熱側	10(+)	5	4(-)
χ^2 検定(独立性の検定): $p < 0.001$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 20 気流感と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
気流感 (Q1-3)	有	15	35	8
	無	8	19	11
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.190$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 21 着座位置と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
着座 位置 (Q3-23)	入口付近	6	10	5
	窓付近	7	25	6
	室中央	10	18	8
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.626$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 22 直上の吹出口と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
直上の 吹出口 (Q3-24)	あり	11	30	8
	なし	12	23	11
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.510$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 23 年齢層と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
年齢層 (Q3-1)	-30代	4	21	4
	40-50代	18	26	11
	60代-	1	5	3
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.134$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 24 性別と温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
性別 (Q3-2)	男性	9(-)	37	15(+)
	女性	14(+)	14	2(-)
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.002$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 25 暑がり・寒がり温度感覚

		温度感覚(Q1-2)		
		寒冷側	中立	暑熱側
暑がり 寒がり (Q3-9)	暑がり	7	24	12
	中立	4	18	3
	寒がり	12(+)	10	3
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.012$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 26 湿度環境の満足度と湿り程度

		湿度環境の満足度(Q2-3)		
		不満側	中立	満足側
空間の 湿り程度 (Q2-2)	湿潤側	13(+)	8	6(-)
	中立	4(-)	17	25
	乾燥側	3	8	12
χ^2 検定(独立性の検定): $p < 0.001$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 27 着座位置と空間の湿り程度

		空間の湿り程度(Q2-2)		
		湿潤側	中立	乾燥側
着座 位置 (Q3-23)	入口付近	5	12	4
	窓付近	12	18	8
	室中央	10	16	10
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.860$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 28 直上の吹出口と湿り程度

		空間の湿り程度(Q2-2)		
		湿潤側	中立	乾燥側
直上の 吹出口 (Q3-24)	あり	16	22	11
	なし	11	24	11
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.826$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 29 年齢層と空間の湿り程度

		空間の湿り程度(Q2-2)		
		不満側	中立	満足側
年齢層 (Q3-1)	-30代	12	11	6
	40-50代	14	29	12
	60代-	1	5	3
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.374$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

表 30 性別と空間の湿り程度

		空間の湿り程度(Q2-2)		
		湿潤側	中立	乾燥側
性別 (Q3-2)	男性	18	30	13
	女性	8	15	7
χ^2 検定(独立性の検定): $p = 0.953$				
残差分析 (+): 有意に高い (-): 有意に低い				

2025 年冬期の結果

表 31 温度環境の満足度と温度感覚

	温度環境の満足度(Q1-4)		
	不満側	中立	満足側
温度感覚 (Q1-2)			
寒冷側	13(+)	4	6(-)
中立	6(-)	10	19
暑熱側	11	5	17

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.028$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 32 温度感覚と気流感

	温度感覚(Q1-2)		
	寒冷側	中立	暑熱側
気流感 (Q1-3)			
有	7	14	13
無	16	21	20

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.728$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 33 湿度環境の満足度と湿度感覚

	湿度環境の満足度(Q2-5)		
	不満側	中立	満足側
湿度感覚 (Q2-4)			
湿潤側	2	1	1
中立	1(-)	6	8
乾燥側	30(+)	20	20

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.111$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 34 温度感覚と年齢層

	温度感覚(Q1-2)		
	寒冷側	中立	暑熱側
年齢層 (Q3-1)			
-30代	7	6	10
40-50代	14	23	19
60代-	2	4	4

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.777$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 35 温度環境の満足度と年齢層

	温度環境の満足度(Q1-4)		
	不満側	中立	満足側
年齢層 (Q3-1)			
-30代	10	6	7
40-50代	18	9	29
60代-	2	4	4

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.234$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 36 湿度感覚と年齢層

	湿度感覚(Q2-4)		
	湿潤側	中立	乾燥側
年齢層 (Q3-1)			
-30代	4(+)	5	14(-)
40-50代	0(-)	8	48(+)
60代-	0	2	8

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.010$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 37 湿度環境の満足度と年齢層

	湿度環境の満足度(Q2-5)		
	不満側	中立	満足側
年齢層 (Q3-1)			
-30代	9	8	6
40-50代	21	15	20
60代-	3	4	3

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.854$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 38 温度感覚と性別

	温度感覚(Q1-2)		
	寒冷側	中立	暑熱側
性別 (Q3-2)			
男性	15	21	22
女性	7	12	9

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.983$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 39 湿度環境の満足度と性別

	湿度環境の満足度(Q1-4)		
	不満側	中立	満足側
性別 (Q3-2)			
男性	15	14	29
女性	13	5	10

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.457$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 40 湿度感覚と性別

	湿度感覚(Q2-4)		
	湿潤側	中立	乾燥側
性別 (Q3-2)			
男性	3	12	43
女性	1	3	24

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.826$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 41 湿度環境の満足度と性別

	湿度環境の満足度(Q2-5)		
	不満側	中立	満足側
性別 (Q3-2)			
男性	18	20	20
女性	12	7	9

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.857$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 42 温度感覚と着座位置

	温度感覚(Q1-2)		
	寒冷側	中立	暑熱側
着座位置 (Q3-3)			
入口付近	7	5	6
窓付近	9	8	12
室中央	7	20	15

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.242$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 43 温度環境の満足度と着座位置

	温度環境の満足度(Q1-4)		
	不満側	中立	満足側
着座位置 (Q3-3)			
入口付近	6	2	10
窓付近	14(+)	3	12
室中央	10	14(+)	18

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.062$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 44 湿度感覚と着座位置

	湿度感覚(Q2-4)		
	湿潤側	中立	乾燥側
着座位置 (Q3-3)			
入口付近	1	1	16
窓付近	3	3	23
室中央	0	11(+)	31

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.067$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

表 45 湿度環境の満足度と着座位置

	湿度環境の満足度(Q2-5)		
	不満側	中立	満足側
着座位置 (Q3-3)			
入口付近	4	7	7
窓付近	12	6	11
室中央	17	14	11

χ^2 検定(独立性の検定) : $p = 0.242$
残差分析 (+) : 有意に高い (-) : 有意に低い

D. まとめ

本研究では、日本各地の6件の建築物を対象とした室内環境測定（連続測定と詳細測定）と主観評価調査から、室内環境評価と空気温湿度に着目して維持管理手法について検討した。

空気環境の連続測定では、主に基準値内時間率という指標により空気温湿度とCO₂濃度を評価し、冬期の低湿環境が観察されたほか、一部の建物ではある時期を境に何らかの影響で換気量が減少した傾向を把握することができた。

空気環境の詳細測定では、空気温湿度は建築物環境衛生管理基準値内となる建物が多いが、CO₂濃度は1000ppmを超過する建物が複数見受けられた。F.L.+1100mmとF.L.+100mmの空気温度差については特定建築物では3.0Kを超える差は生じていなかったが、中小規模建築物において3.0Kを超過する場合があります、熱環境が悪化している可能性が見受けられた。PMVとSET*による評価では3回の詳細測定を全体的に考察すると特定建築物であるAビル、Bビル、Cビルの方が熱的中立に近い値となっているが、2025年冬期測定では中小規模建築物の方が熱的中立に近い場合もあり一貫した評価には至らなかった。なお、中小規模建築物の浮遊微粒子個数濃度のI/O比は特定建築物と比較して高い傾向が見られ、空調機に付属するフィルターや清掃頻度による影響の差が出たと考えられる。

空気温湿度の維持管理手法については平均空気温度と寒冷側申告率（冬期）、平均相対湿度と乾燥側申告率（冬期）には負の相関、平均空気温度と湿潤側申告率（夏期）には正の相関が見られたことから、この相関が利用できる可能性がある。しかし、現時点では6件の建築物に限定されていること、夏期の空気温度に対する不満は「寒冷側」の理由もあること、温湿度環境に対する主観評価は年齢、性別、暑がり・寒がりといった個人属性に影響される等の課題であり、今後もデータを蓄積することでより精度の高い維持管理手法の提案につながると考えられる。

E. 参考文献

- 1) 厚生労働省．建築物衛生のページ．
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsui>

te/bunya/0000132645.html（アクセス日2025-4-22）

- 2) 小林健一ほか．中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の運用に関する研究．厚生労働科学研究成果データベース．201927004A．2020．
- 3) Preiser W. F. E. 2 The Evolution of Post-Occupancy Evaluation: Toward Building Performance and Universal Design Evaluation. In: FEDERAL FACILITIES COUNCIL. A State-of-the-Practice Summary of Post-Occupancy Evaluation; 2001. p. 9.
- 4) Li P., Froese T. M., and Brager G. Post-occupancy evaluation: State-of-the-art analysis and state-of-the-practice review. Building and Environment. 2018;133:187–202. doi: 10.1016/j.buildenv.2018.02.024
- 5) Zagreus L., Huizenga C., Arens E., and Lehrer D. Listening to the occupants: a Web-based indoor environmental quality survey. Indoor Air. 2004;14(8):65–74. doi: 10.1111/j.1600-0668.2004.00301.x
- 6) Haberl J. S., Davies H., Owens B., and Hunn B. ASHRAE's New Performance Measurement Protocols for Commercial Buildings. Proceedings of the Eighth International Conference for Enhanced Building Operations. 2008.10.20–22; Berlin. p. 1–8.
- 7) Aziz A., Srivastava V., and Loftness V. Post Occupancy Evaluation Indoor Environment Quality Toolkit: EnviroBot: Conference on Sustainable Building South East Asia. 2007.11.5–7; Malaysia. p. 182–190.
- 8) Candido C., de Dear R., Thomas L., Kim J., and Parkinson T. Introducing BOSSA: The Building Occupants Survey System Australia. ECOLIBRIUM. p. 42–46. 2013.
- 9) Frontczak M., Schiavon S., Goins J., Arens E., Zhang H., and Wargocki P. Quantitative relationships between

- occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design. *Indoor Air*. 2012;22(2):119–131. doi: 10.1111/j.1600-0668.2011.00745.x
- 10) ISO. Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. ISO 7730:2005. 2005
- 11) ANSI/ASHRAE. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI/ASHRAE Standard 55-2023. 2023.
- 12) ISO. Energy performance of buildings — Indoor environmental quality — Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings. ISO 1772-1:2017. 2017.
- 13) JIS. 熱環境の人間工学—WBGT（湿球黒玉温度）指数を用いた熱ストレス環境. JIS Z8504:2021. 2021.
- 14) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧，第 13 版，第 5 編. p. 256.
- 3) 下ノ菌慧，本間義規，東賢一，島崎大，小林健一，阪東美智子，西原直枝. 中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築（第 3 報）夏期の室内空気温湿度の維持管理手法に関する検討. 令和 6 年度空気調和・衛生工学会大会；2024.9.11-13；佐賀. 同学術講演論文集. E-39. p.109-112.
- 4) 下ノ菌慧，本間義規，東賢一，島崎大，西原直枝，阪東美智子，小林健一. 中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法（第 7 報）室内空気質の維持管理手法の検討. 第 83 回日本公衆衛生学会総会；2024.10.29-31；札幌. 同抄録集. P21-11(31AM006). p.606.
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）
予定なし

注

- 1) A ビル、B ビル、C ビルは土曜日と日曜日、D ビル、E ビル、F ビルは水曜日と日曜日が休業日である。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 下ノ菌慧，本間義規，東賢一，島崎大，小林健一，阪東美智子，西原直枝. 中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築（第 1 報）室内温湿度の維持管理手法に関する検討. 令和 5 年度空気調和・衛生工学会大会（福井）；2023.9.6-8；福井. 同学術講演論文集. p.177-180.
- 2) 下ノ菌慧，本間義規，島崎大，阪東美智子，東賢一，小林健一. 中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価 その 2 等価騒音レベルを用いた室内環境評価. 第 82 回日本公衆衛生学会総会；2023.10.31-11.2；つくば. 日本公衆衛生雑誌. 2023;70(9 特別付録):671

厚生労働省科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
室内環境質（IEQ）に係る光環境、音環境、空気環境の評価とその複合影響

代表研究者	本間 義規	国立保健医療科学院	統括研究官
分担研究者	下ノ薗 慧	国立保健医療科学院	研究員
分担研究者	島崎 大	国立保健医療科学院	上席主任研究官

研究要旨

欧米では、温熱環境、空気環境、光環境、音環境を含めて総合的に評価することがスタンダードとなっており、この総合評価を室内環境質（IEQ）という。IEQ（Indoor Environmental Quality）は、1990年代後半から快適性や環境調整行動の研究分野で取り組まれ、WELL 認証や BREEAM など建築物環境レーティングでは標準的に採用されている。我が国の建築物環境衛生管理基準においても、温度、相対湿度は基本要素として評価しており、シックハウスやダンプネス、PM2.5 など空気環境も重要な項目として認識されている。光環境、音環境については労働安全衛生法・事務所基準規則で最低限度満たすべき基準が示されている。これら 4 要素は人間の環境評価に対し複合的に影響するため、その性状を把握する必要がある。

今回測定した物件の光環境は LED 光源で相関色温度も白色（4000～5000K）の範囲が多かった。クルイトフ曲線（相関色温度と照度とから光環境の快適性を判断する曲線）上では、すべての測定物件で快適範囲に入っていた。一方、一部で平均演色性評価数が 80 を下回る物件があった。

音環境に関しては、等価騒音レベルで 50～60dB(A)となっており、小声会話が存在するレベルの騒音状態であった。空調機器騒音やプリンター等のモーター機器に対する不満率は 18～26%程度で高くなく、音環境全体の不満率は 19%とそれほど高くなかった。また、室内換気量の評価方法として、等価騒音レベルと会話時間とから換気量を推定する方法について検討した。

空気環境に関しては、CO₂ 濃度、浮遊微粒子濃度、浮遊微生物濃度と執務者の空気質に対する主観評価を用いて分析を行った。執務者の CO₂ 呼出量から換気量を推定し、すべての測定建物で 30m³/h/person を満たしていることを確認した。浮遊微粒子濃度は粒径 1.0～3.0 μm の範囲で換気量と有意に相関があることを確認した。また中性能フィルタが利用されていない換気設備を使っている建築物では、窓開放併用により個数濃度が高めであることがわかった。浮遊微生物に関しては日本建築学会規準の基準値以下であった。空気質に関しては空気の汚れ感と換気量は有意に相関があり、満足度とも関連することがわかった。さらに等価騒音レベルと空気の汚れ感に関する主観評価を用いた換気量推定の検討を行った。

A. 研究目的

温熱環境、空気環境、光環境、音環境を総合的に評価することが欧米ではスタンダードとなっており、これら複合的な評価を室内環境質（IEQ）という。IEQ（Indoor Environmental Quality）は、1990年代後半から快適性や環境調整行動分野で研究されてきた。例えば WELL 認証や BREEAM などの建築物環境レーティン

グでは既に評価要素として取り上げられている。我が国の建築物環境衛生管理基準においても温度及び相対湿度、ガス要素として CO、CO₂、浮遊粉塵量を取り上げられており、2003 年以降はホルムアルデヒド初期測定も追加されている。欧米では、ダンプネス、PM2.5 など重要な項目として認識されているがこれら要素は建築物環境衛生管理基準ではみえていない。そこで本研

究では、建築物環境衛生管理基準で評価していない光環境、音環境及び空気環境（特に浮遊粒子状物質）について実測及び主観評価を行った。

A.1 光環境

全国7か所のオープンプランオフィス（OPO）の照明環境について、照度、相関色温度、色度偏差、演色性評価数を測定するとともに、合計121名の執務者に対して光環境に対する5つの主観評価調査を行い、オフィススペースの光環境の状況と執務者の明るさ感を把握することを目的とする。

光環境については建築物衛生法上の制約はないが、労働安全衛生法（昭和47年法律第57号）に基づく事務所衛生基準規則（昭和47年労働省令第43号）では、事務所作業を前提とした空気環境、照度、騒音及び振動、清潔、休養、救急用具等に関する規定が定められている¹⁾。

令和4年3月1日厚生労働省令第29号では、照度の基準について、『室の作業面の照度を一般的な事務作業300ルクス以上、付随的な事務作業150ルクス以上に適合させること』に改正された。事務所則で定める照度の基準は、明るさ不足に伴う眼精疲労や視環境の悪さに伴う悪姿勢による上肢障害等の健康障害を防止する観点から、面積要件等に関わらず全ての事務所に対して適用される。

平成4年には、事業者が講ずべき快適な職場環境の形成ための措置に関する指針（平成4年労働省告示第59号）が示され、視環境を快適な状態に維持管理するための措置が取り上げられている。ただし、照度、輝度対比、不快グレアに言及しているものの具体的な数値基準は示されていない。

デスクワークにおける光環境すなわち視環境の良否は、心理的ストレス或いは知的生産性低下に影響する。オフィス空間は常に人工光源を利用することから光源選択が重要であるが、建築的要件である昼光利用の有無、内装反射・グレアなどの適切な設計のほか、情報機器作業の衛生管理も重要である。

A.2 音環境

執務環境のレイアウトはスペースの有効活用や部署間の連携の促進などから、OPOが一般化している。最近では、ペーパーレス化やクラ

ウド活用等、場所に依存しない業務も増加し、またモバイルPCレベルでの業務が比較的容易になったことからABW（Activity Based Working）に伴うフリーアドレス化なども行われるようになってきた。

一方で、音声による作業妨害や打合せ等の会話、電話による会話等による情報漏洩が問題として増えてきている。W. J. Cavanaugh (1962)の行ったオフィス空間の不満度調査では、侵入してくる会話の明瞭性と関連があると指摘されている²⁾。アメリカでは、スピーチプライバシーという用語は、特に他人との会話が邪魔にならない執務空間の音環境評価を指し、スピーチセキュリティは会話の内容の秘匿性の確保等に係る音環境評価で使われている³⁾。

事務所衛生基準規則第11条では「事業者は、室内の労働者に有害な影響を及ぼすおそれのある騒音または振動について、隔壁を設ける等その伝ばを防止するため必要な措置を講ずるようにならなければならない。」とあり、また第12条では「事業者は、タイプライターその他の事務用機器で騒音を発生するものを、5台以上集中して同時に使用するときは、騒音の伝播を防止するため、遮音及び吸音の機能を持つ天井及び壁で区画された専用の作業室を設けなければならない」とある¹⁾。令和2年8月には事務所衛生基準の見直しに関する検討会が開かれているが、タイプライター等の用語の古さについて指摘はあったものの、第11条、第12条はおもな論点として取り上げられなかった⁴⁾。日本音響学会や日本建築学会等ではスピーチプライバシー研究がすすめられ、日本建築学会環境規準も作成されており、労働生産性という観点で注目されはじめ対策を検討している企業もあるようである。

A.3 空気環境

本研究では、冬期・春期のオフィス内空気環境、特に粒子状浮遊微粒子や浮遊微生物の状態を把握するとともに、建物利用者（執務者）による空気環境の主観評価について検討する。また等価騒音レベルを用いた空気清浄度管理の可能性を探ることを目的とする。

CO₂自体は無害であるが、燃焼ガス等の有害物質発生や呼気放出がCO₂濃度と比例するこ

とから、換気量推定に利用される。CO₂のセンシングは、NDIR 法（非分散型赤外線吸収法）が一般に用いられる。サーモパイル（赤外線熱放射 - 電圧変換センサ）に光学フィルタを付けて 4.28 μ m の透過率を検知するが、透過率は湿度等で変化してしまうため、一定期間内の最低濃度を外気濃度 (400ppm) と仮定しソフトウェア的に補正（キャリブレーション）する単波長方式が主流である。従って、常に人間が滞在するような空間では、CO₂ 濃度測定値は徐々に低下する。オフィスは 24 時間滞在型ではないが、常時設置してセンシングする場合はローコストかつノーメンテナンスが望ましい。

執務者の会話は、執務者の CO₂ 呼出や呼気エアロゾル放出量を伴う。会話のある空間は騒々しいので、空間内の等価騒音レベルを把握することにより CO₂ 呼出量を間接的に推定できるはずである。CO₂ 濃度を推定できれば、Seidel 式により換気量を算出することができる。CO₂ センサーのみに依存しない空気環境測定システムの構築は一定の価値があり、ソフトセンサーとしての等価騒音レベルと主観評価の利用について検討を行う。

B. 研究方法

B.1 光環境

長期測定は照度計 (ONSET HOB0 MX1104 0~167,731 lux, 精度 $\pm 10\%$)を用いて、オフィス内の代表点 1 点に設置、1 分間隔で照度 (Lux) のサンプリングを行った。詳細測定では、さらにオフィス内の執務者デスク上の照度をオフィス床面積に応じて 2~3 点の追加測定を行った。また、相関色温度、色度偏差、演色性評価数はスペクトロメーター (SEKONIC SPECTROMETER C700, 定常光照度 1~200,000lux、相関色温度 1,600~40,000K、確度、照度指示値の $\pm 5\%$ 、相関色温度 $\pm 4MK-1$)を用いて、オフィスの床面積に応じて執務者デスク上 6~10 点の測定を行った。

光環境に関する主観評価質問項目を表 1 に示す光環境に関して、明るさ感や満足度等、5 項目について質問した (表 1)。

このうち Q4-2 (光環境に対する違和感)、Q4-4 (パソコン画面のまぶしさ)、Q4-5 (光環境の

満足度) は、マイナス評価をした回答者に違和感やまぶしさの原因を質問、不満に思っている回答者にはどのように改善したいかについても回答を求めた。

デスクワークでは、対象がクリアに見えることが第一条件である。これが確保されなければストレスや心理的不安を引き起こし知的生産性低下につながることも懸念される。空間の明るさ評価は作業面照度のみからは推定できないため、輝度やグレアで評価する必要がある。また、人工光源下では、ランプ光色 of 心理的効果も重要であり、その意味で相関色温度や演色性評価数も照明設計で扱う要素となっている。照明環境基準・同解説 (日本建築学会環境基準) で推奨されている事務作業設計規準の抜粋を表 1 に示す⁵⁾。同文献では、好ましい色温度と照度の関係としてクルイトフ曲線が用いられており、今回測定したオフィス空間がクルイトフ曲線の好ましい範囲に入っているかどうか確認する。また、色度偏差 duv の許容幅は、相関色温度に応じた色度偏差の設定値 ± 0.006 となっており⁶⁾、この点についても確認する。

B.2 音環境

等価騒音レベル測定は、RION NL-42 (計量法普通騒音計、JIS C1509-1 クラス 2, A 特性: 25~138dB、サンプリング周波数 48kHz) を用いて、各オフィスの室中央 1 点で 10:00~15:00 の間測定を行った。1 分毎の時間平均サウンドレベル L_{Aeq} を考察に用いる。

音環境に関する主観評価質問項目は、オフィスの音環境に関して、会話やオンライン会議、機器騒音、外部騒音等と音環境の満足度にかかる主観評価について 7 項目の質問を行った (表 6)。

B.3 空気環境

表 9 に空気環境測定の概要を、表 10 に主観評価調査の質問内容 (空気環境) を示す。空気環境の詳細測定は 2023 年 2 月から 3 月の特定の 1 日を選定して、執務時間中の 10~16 時に測定を実施した。

B3.1 換気量の推定方法

CO₂ 濃度測定結果と在室者の CO₂ 呼出量とから換気量を推定する。CO₂ 呼出量は田島 (2016)らの提案している 1 式⁷⁾を用いた。また

活動量は METs=1.3 と仮定した⁸⁾。

換気量推定にあたっては、CO₂濃度の勤務時間中の濃度変動の少ない時間帯の濃度平均値および在室者人数を用いて、Seidel 式で算出した(式2)。このうち、Cはフロア全体の一部のみを測定対象としたため、フロア全体人数は推計値であること、また G に関しては 2F と 3F の両方を対象として別々に算出している。

特定建築物規模に該当する A、B、C は窓開け換気ができないが、D、E、F、G は窓(或いは開口部)開け換気が可能であり、特に F、G は詳細実測中に窓開け換気を行っている時間帯があった。

$$P_{CO_2} = 1.601 \times 10^{-4} (60.63 \times A_D \times Met \times C_a \times C_g) \quad (1)$$

$$Q = P_{CO_2} / (p_{ave} - p_{out}) \quad (2)$$

但し、PCO₂ : CO₂ 呼出量(m³/h)、AD : 体表面積(m²)、Ca : 年齢係数(年代別基礎代謝量と基礎代謝量の比)、Cg : 性別係数(男性 1.00、女性 0.73) p_{ave} : 空間平均室内 CO₂ 濃度(-)、p_{out} : 外気 CO₂ 濃度(-)

B3.2 浮遊微生物(真菌・細菌)測定

浮遊微生物量は、オフィス内 2 箇所、廊下、外気の 4 か所について、バイオサンプラー MBS-1000(N)を用いて 100L 吸引採取した。その後、インキュベーターにて培養した。真菌に関しては 25℃5 日間、細菌に関しては 32℃48 時間培養し、その後コロニー数をカウントした。1m³あたりのコロニー数は、目視観測されたコロニー数に Feller による統計学補正を行ったものに対して 10 倍した。なお、浮遊真菌は DG18 培地を、浮遊細菌は SCD 培地を用いた。

C. 研究結果

C.1 光環境

C.1.1 相関色温度・照度・色度偏差

今回測定した 7 件の建築物のオフィス空間の相関色温度および照度の測定結果をクルイトフ曲線(図1)にプロットした。7 件とも望ましい範囲に含まれていることがわかる。E 及び G は空間平均的に暖かみを帯びた雰囲気に近い一方、

A、B、F は相関色温度の変化が少ないかわりに照度の幅が大きいため、一部に冷たい雰囲気に近い場所が存在することがわかる。

図2に測定した 7 件のオフィスの色度偏差の状況を示す。色度偏差の許容値は JIS Z9112-2019 に規定されており、(3) 式で計算できる。

$$duv = 57700 \times \left(\frac{1}{T}\right)^2 - 44.6 \times \left(\frac{1}{T}\right) + 0.0085 \pm 0.006 \quad (3)$$

duv が黒体放射軌跡より上側すなわちプラス側の場合、光色は緑味を帯び、マイナス側の場合赤紫味を帯びるため、同じ色温度でも印象が変化する。

測定した duv を見てみると、ほぼプラス側すなわち緑味側になっていることがわかる。このうち、B および G は比較的緑味を帯びる側にあり、E は黒体放射軌跡に近いことがわかる。

C1.2.光環境主観評価 明るさ感

現在居るスペースの明るさ感 7 地点 121 名全体の結果を図3に示す。「4 暗くも明るくもない」が全体の 57%を占めており、「6 明るい」21%、「3 やや暗い」11%と続くが、明るい側(選択肢 5 以上)が 32%で「暗い側」(選択肢 3 以下)の 12%より多い。

図4に 7 つのオフィス空間の明るさ感申告を示す。多重比較(Steel-Dwass 法)では、オフィス間に有意差は認められなかった。また Q10-1 回答者の年代とのクロス集計結果について χ^2 乗検定(独立性検定)を実施したところ、 $p=0.905$ (互いに独立)という結果になった。図5に各オフィスの照度分布、図6に相関色温度、図7に色度偏差、図8に平均演色評価数を示す。各々多重比較(Tukey-Kramer 法)を行っている。

非常に明るいという申告のある D、E についてみてみると、D については、照度は平均的である一方、色温度 4900K でむらが極めて小さく、色度偏差が小さめという特徴がある。E については照度が高く(平均値 1387Lx)、色度偏差が小さく、平均演色性評価数が高い(平均 87.4Ra)。逆に「2. 暗い」という申告のある B は平均 1130Lx で低くないものの、色度偏差が大きめで平均演色性評価数が低い(平均

81.2Ra)。Q4-2-1で光環境の違和感の要因を聞いているが、窓から光の入り具合(40%)、天井の照明器具の配置(47%)となった。視野角内の輝度分布、天井面輝度は重要な設計項目であり、32%の執務者にとっては(ここでは中小規模建築物D、Eが対象)照明器具配置あるいは開口部からの採光方法を工夫することが必要と考えられる。

C.2 音環境

騒音評価はアメリカで用いられているSpeech Interference Level (SIL;500, 1000, 2000, 4000Hzの4つのオクターブバンドレベルの算術平均値)やNCおよびNCB曲線(NC曲線1957年、NCB曲線はNC曲線を修正したもの、1988年)が知られている。周波数特性による評価が行われているが、SILと同等の表現とすれば、小事務室は38~48dB(A)、大事務室は43~53dB(A)となる¹⁰⁾。

佐藤らによれば、オフィスの音環境はOA機器の変化により1980年代初頭はLAeq,10minで50~59dB(A)程度であったものが携帯電話等の情報通信技術が大幅に向上した1990~2000年代には50~57dB(A)、さらに現代では44~52dB(A)にまで下がってきているという¹¹⁾。情報通信機器が静粛化してきている分、なかなか設備更新しない(できない)空調機騒音が暗騒音として注目されやすくなっている点、また会話等の作業妨害にフォーカスされているように思われる。一方海外事例として、Yadavらが行ったOPO測定をみると、平均53.6dB(A)、カーペット敷の有無で-2.7dB(A)、カーペット敷の有無プラス天井吸音の有無で-4.1dB(A)の効果があることが示されている¹²⁾。以上のように、OPOでは、凡そ45~55dB(A)となると想定される。Well v2 Q4 2022では、9つの評価項目がある(S01サウンドマッピング、S02最大騒音レベル、S03防音、S04残響時間、S05吸音、S06最小暗騒音、S07単発騒音管理、S08会話了解度等へのオーディオデバイスの活用、S09聴覚保護など、細かな評価が規定されている。このうち、一指標としてS02最大騒音レベルの指標を示す(表7)。

図17に各オフィスの平均等価騒音レベルの測定結果を示す。サンプリングレートは48k

Hzでそれを1分間平均したものを5時間(Gに関しては2時間)サンプリングしたデータである。WELLv2(表7)の評価指標と比較すると、AおよびFの平均等価騒音レベルはSPL50dB(A)を超えており、他は超えていない。また最大SPLが60dB(A)を超えているのはA、E、F、Gであり、B、C、Dについては平均50dB(A)以下、最大60dB(A)以下であるので、2ポイントを得られる性能であることがわかる。多重比較検定(Tukey-Kramer法)の結果、AとB、C、D、E、Gとの間に1%有意水準で差があり、AとFの間に5%有意水準で差がある。またFとB、E、Gには1%有意水準で差があることがわかった。

執務者の主観評価に関しては、7地域合計120名からデータが得られた。Q5-1に同僚との会話時間を、Q5-2に電話・オンライン会議時間を5件法で質問した。同僚との会話については、Aオフィスに3時間以上の人がいるため、平均値が高くなる要因となっている(本来、2人以上出てくるべきであるが、従業員全てから回答を得ているわけではないので、異常値とは判断しないことにする)。AオフィスとBオフィスとでは会話量に有意に差がある(図18)。図19に電話・オンライン会議時間の結果を示す。ここでもAオフィスが他と異なる状況であることが伺える。なお、Q6-8でミーティング場所を聞いているが、自席でオンライン会議をする執務者はほとんどいなかった。その時間も含んでいるため、自席での電話による会話時間は推測することができない。

現在居るスペースの音環境の満足度について7段階尺度で質問した(図20)。Eのオフィスは「3.やや不満」と評価した執務者が1名居るが、ほかは「6.満足」と評価している(平均5.73)。一方、最も評価が低いのがG(平均3.42)であった。建築形態でいうと、Eは中規模建築物であるが執務階は3Fにあること、一人当たりの床面積が比較的広いこと(平均15.9m²/人)、業務内容が影響しているのか等価騒音レベルが低いことが要因として考えられる。一方、Gに関しては窓・ドア等の開口部開放による換気を行っており、外部交通騒音を気にする執務者が多いこと、また等価騒音レベルはE、G間では

意な差はないが、文章を集中して読む業種のため、より静寂を求めていることが推測される。

C1. 換気量の推定結果

各建物の換気量の推定結果（空間全体および一人当たり換気量）を表 11 に示す。簡易かつ間接的な推定方法であるが、設計図書的设计風量が判明している建物については約 70% 程度の値になることを確認しており、概ね妥当と考えている。結果として、各建物の一人当たり換気量の推定値は 40.7～141.7m³/h となり、30m³/h/person（COVID19 対策の一人当たり換気量推奨値¹³⁾）は満たしていると推定された。今回の実測では小規模建築物(D, E, F, G)は全体 1 社占有であり、特に G のように窓開け換気をしながら複数階で執務する場合、煙突効果による空気流れが想定されるため、特に 3 階の CO₂ 濃度は高くなる可能性がある。

C2. 浮遊微生物（真菌・細菌）の測定結果

真菌のカウント結果を図 23 に、細菌のカウント結果を図 24 に示す。オフィス内の浮遊真菌量の維持管理規準¹⁴⁾は 50CFU/m³であるが、今回測定した全ての物件の浮遊真菌量は 0～35CFU/m³ の範囲にあり、全ての測定物件で規準値を下回っていた。I/O に関しては、A、B、C、D は外気の方が高いにも関わらず室内の方が低く維持されている。一方、D、F は外気よりも室内が高い。冬期から初春にかけて外気浮遊真菌は少ないながら徐々に増加する時期でもあり、夏期測定では注視が必要である。

一方、オフィスにおける浮遊細菌量の維持管理規準¹⁴⁾は 500CFU/m³であり、こちらもすべての測定物件で規準値以下であった。一方、D、E は外気濃度よりも室内濃度が高くなっていることが特徴といえる。

C3. 浮遊微粒子個数濃度の測定結果

浮遊微粒子測定は Kanomax Model3889 (6 粒径)を用いた。図 25 に粒径別の粒子個数濃度（片対数表示）を示す。全体的な傾向としてオフィス内の浮遊微粒子は廊下や外気よりも低く、かつ午前から午後にかけて低下していく傾向にある。また全ての粒径で、フィルタを有する空調機を利用している特定建築物 A, B, C の粒子個数濃度が中小規模建築物より低い傾向にある。中小規模建築物は、換気システムで差異が

みられ、D(熱交換換気システム)、E, F(3 種)、G(3 種+窓開け)の順で個数濃度が大きくなった。表 12 は一人当たり換気量と粒径毎の粒子個数濃度との相関分析結果である。統計的有意性はないが、粒径が 3μm 以下は一人当たり換気量が増えると粒子個数濃度が大きくなる傾向にあり、逆に 3μm 以上の粒子個数濃度は一人当たり換気量が増えると減少する傾向にある。

C4. 空気環境に関する主観評価結果

対象とした 7 件の建物は、札幌市から熊本市まで全国に点在しているため、環境要素によっては気候的・住文化等の影響を受ける可能性がある。しかし、室内空気環境（空気清浄度や健康性）の観点では、空気管理基準も基準値以下に制御するという考え方は、基本的にその個体差はあっても地域差があってはならない。表 10 に示した質問項目に対し、全体で 121 名の回答を得ており、室内空気環境の主観評価、すなわち臭いや空気の汚れ、感覚的な換気量の大小、空気質の満足度についてクロス集計し独立性の検定（χ² 乗検定）を行った。

Q3-1 常に気になる臭いは全体の 7%が「ある」と回答し、Q3-2 出勤時に気になる臭いは 7%が「ある」、16%が「ときどきある」と回答している。ただし、Q3-1（気になる臭い）と Q3-4（換気量の大小に関する感覚）は、換気量が不足している側に寄ってはいるものの統計的有意差が見られなかった。一方、Q3-1(気になる臭い)と Q3-5（空気質の満足度）には統計的有意差 (p<0.001) が見られた。臭いは換気量と関連付けられていない可能性を意味する。しかし、Q3-3（空気の汚れ）と Q3-4（換気量の大小に関する感覚）、Q3-4 と Q3-5 は各々統計的有意であり (p<0.001)、空気の汚れや換気量の不足感は空気質の満足度と関連性があることが分析結果から読み取ることができる。

図 28 に Q3-3 空気汚れの建物別スコアを、図 29 に Q3-3 の結果と一人当たり換気量の推定値の散布図を示す。

多重比較（Steel-Dwass 法）の結果、F と G の間で統計的に有意な差が認められた。中小規模建築物は業務用といえども住宅設備に近いものが使われることが多く、そうしたことが影響した可能性はある。また、F は平屋に対し G は 3

階建て（執務階が2F及び3F）にあり、接地型でありながら煙突効果の影響を受けているという特徴がある。また、当初よりGは古いというイメージを持っている回答者が多く、そうした築年数の影響も影響した可能性がある。

D. 考察

D.1 光環境

表3にスペースの明るさ感と光環境の違和感のクロス集計結果を示す。 χ^2 乗検定の結果、両者は独立ではなく有意に関連性があることがわかる。図9にパソコン画面のまぶしさについて聞いているが、85%はまぶしくないと申告している。また光環境の違和感とパソコン画面のまぶしさのクロス集計結果から、両者は関連性がみられない（独立である）。従って、違和感の原因はパソコン画面ではないと推測できる。

表4にスペースの明るさ感と光環境の満足感のクロス集計結果を示す。 χ^2 乗検定の結果、両者は独立ではない（有意に相関がある）ことが示された。

D.2.1 粒子個数濃度と平均等価騒音レベルの関係

会話が增多するという事は、それだけ口腔からの飛沫がオフィス空間内に排出されるということである。空気感染に係る感染症予防の観点からすると、エアロゾル量（微粒子個数濃度）は低く維持できることが望ましい。適切な換気方法で換気量を確保することによって粒子個数濃度は低下するが、在室人数或いは在室密度が大きくなると一人当たり換気量が減少するため濃度は上昇する。今回測定したオフィス空間の換気量は別に推定を行っているが、その換気量（ m^3/h ）と粒径毎の微粒子個数濃度（ $\#/\text{m}^3$ ）を乗じることで、1時間当たりの除去粒子個数（人体からの供給粒子個数）が算出できる。平均等価騒音レベルと粒径毎の1時間あたり除去粒子個数の関係を図21に示す。

この結果にも示されている通り、粒径で $0.5\ \mu\text{m} \sim 3\ \mu\text{m}$ の相関が比較的高く（ $0.5 \sim 1.0\ \mu\text{m}$: $R=0.658$, $p=0.054$, $1.0 \sim 3.0\ \mu\text{m}$: $R=0.680$, $p=0.046$ ）、呼気により排出される微粒子と呼応していることが確認できた。

D.2.2 平均等価騒音レベル及び会話時間を用い

た換気量の推定

Q5-1の各選択肢の時間中央値を用いてオフィス毎の平均会話時間を推定する（選択肢5, 3時間以上は3時間としそれ以外は中央値とする）。換気量の推定は、平均 CO_2 発生量（ m^3/h ）と室内および外気 CO_2 濃度（平均値）からザイデル式を用いて容易に算出することができる。しかし CO_2 自体無臭であるため、執務者はその発生量もしくは濃度を感知することができない。

一方、うるささは人間の聴覚を利用することができ、それが空気汚染レベルと相関するのであれば、補助手段として空気清浄度の推定に利用することも可能である。等価騒音レベル（ dB(A) ）と会話時間（ h ）、及び内外 CO_2 濃度差を説明変数として、重回帰分析により推定換気量（ m^3/h ）を予測した結果が図22である。

Gのオフィスでの予測誤差が大きいものの、補正決定係数0.7713、分散分析による有意確率は $p=0.0634$ となり、一定程度の予測をすることができそうである。Gのオフィスに関しては、等価騒音レベルの測定箇所が2、3Fで機械換気プラス自然換気が加味されているため、換気経路自体単純ではないこと、執務者の多い3Fのデータを利用していることから、2Fの空気も合流するような複雑な流れになっているとすると煙突効果を考慮した換気回路網による換気量推定が必要となる。

また変数選択は、多重共線性に一定の配慮が必要であることを承知で、敢えて等価騒音レベルと会話時間を説明変数として加えている。会話時間は CO_2 発生量と相関すること、騒音計位置によって会話の音圧レベルは異なること、会話のボリューム等の要素を考慮すると、明確な相関関係にないものと判断している。オフィス空間の音環境も空気環境もそれぞれシミュレーションが可能（すなわち物理モデル或いは数理モデルが存在している）なので、今後、単純な線形回帰で良いかどうかも含め、引き続き検討する。

D.2.3 浮遊微生物・浮遊粒子状物質測定結果

浮遊微生物の測定結果は、日本建築学会環境規準の数値を超えることがなく、清浄な状態であることが確認できた。

パーティクルカウンターによる浮遊微粒子個

数濃度については、特定建築物である A、B、C と非特定建築物である中小規模建築物の D、E、F、G とで粒径毎の性状が異なることが明らかとなった。この違いは中央式空調によるプレフィルタおよび中性能フィルタが粒径の大きな微粒子を除去しているからである。外気の浮遊微粒子濃度が高い場合（交通量の多い幹線道路に隣接する建築物など）は、窓開け換気よりも安全な空気環境になっているものと考えられる。

主観評価で確認しなかったポイントは、臭いによる空気環境評価が可能かどうかである。換気量が不足している建築物は臭いがするため、執務者が換気不足を判断するセンサー替わりになり得る。嗅覚の順応を確認するため出勤時の臭いを確認したが、今回は殆ど匂いを感じないという結果になった。

E. 結論

7つのオフィス空間の光環境を測定した結果、暗くも明るくもないと評価した執務者が57%、やや明るい以上が32%となり、その要因はパソコン画面ではなく開口部あるいは天井照明器具の配置であることがわかった。物理測定の結果、中小規模建築物は開口部からの採光も取り入れているため、全体的に照度が高めであることも要因であること、明るさ感から評価すればもう少し暗くても問題ない様子が伺えた。暗いとの申告のあるオフィスは色度偏差が大きめで平均演色性評価数が低い傾向にある。これはランプ光源の問題である。さらに光環境の満足感スペースの明るさ感と関連があることがわかった。省エネルギーの観点から昼光照明も推奨されているものの、適正範囲に照度をコントロールすること、また輝度分布への配慮が必要であることがわかった。

オフィス空間の音環境の満足度からオフィス空間の衛生環境を含めた質を把握・推定するため、騒音計を用いて実測調査するとともに主観者評価を行った。

その結果、今回測定した7つのオフィスの等価騒音レベルは平均値で55dB(A)を下回った。

主観者評価では、オフィス毎に他人の会話・電話・オンライン会議や交通騒音を気にする人

が見られたが、コピー機等のOA機器や空調騒音は気にならない執務者が多かった。また、これらの騒音要素と音環境の満足度については、会話・電話等が影響しているものの有意差は得られなかった。

一方で、空気清浄度の評価項目である微粒子個数濃度と等価騒音レベルの関連については、粒径0.5~3.0 μ mの微粒子個数と相関が高いこと、また等価騒音レベルと平均会話時間とで一人当たり換気量を推定できる可能性があることを示した。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 本間義規・下ノ菌慧・東賢一・島崎大・小林健一・阪東美智子・西原直枝：中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築（第2報）空気環境の実態と利用者の主観評価，空気調和衛生工学会学術講演論文集（福井），2023.9，177-180
- 2) 本間義規・下ノ菌慧・島崎大・阪東美智子・東賢一・小林健一：中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価その1オフィスの光環境と明るさ感，日本公衆衛生学会総会第20分科会産業保健，P-2001-1，2023.10
- 3) 下ノ菌慧・本間義規・島崎大・阪東美智子・東賢一・小林健一：中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価その2等価騒音レベルを用いた室内環境評価，日本公衆衛生学会総会第20分科会産業保健，P-2001-2，2023.10
- 4) 本間義規，下ノ菌慧，東賢一，島崎大，西原直枝，阪東美智子，小林健一．中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法（第6報）建物規模・性能と浮遊微生物．第83回日本公衆衛生学会総会；2024.10.29-31；札幌．同抄録集．P21-10(31AM005)．p.606.

3. 著書

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

参考文献

- 1) 事務所衛生基準規則（昭和 47 年労働省令第 43 号）令和 4 年 4 月 1 日施行
- 2) W. J. Cavanaugh, W. R. Farrell, P. W. Hirtle and B. G. Watters, “Speech privacy in buildings”, Journal Acoustical Society of America, vol.34, 475-492,1962
- 3) 佐藤洋, 清水寧：スピーチプライバシー研究の歴史と近年の動向, 日本音響学会誌 64 巻 8 号,475-480,2008
- 4) 事務所衛生基準のあり方に関する検討会報告書（令和 7 年 3 月 10 日閲覧）
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_17543.html
- 5) 照明環境規準・同解説, 日本建築学会環境基準, AIJES-L0002-2016, 日本建築学会, 2016 年
- 6) 日本産業規格, JIS Z9125-2007 屋内作業場の照明基準, 2007 年
- 7) 田島昌樹・井上貴之・大西裕治：換気測定のための在室者の二酸化炭素呼出量の推定, 日本建築学会環境系論文集, 第 81 巻, 第 728 号, 885-892, 2016 年 10 月
- 8) 国立健康・栄養研究所：改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』, 2012 年 4 月 11 日改訂
- 9) スピーチプライバシーの評価規準と設計指針－音声による情報漏洩防止－, 日本建築学会環境基準, AIJES-S0003-2021, 日本建築学会, 2021 年
- 10) 前川純一・森本政之・坂上公博：建築・環境音響学第 3 版, 共立出版, 2011
- 11) 佐藤考浩・辻村壮平・小林真人・三浦太郎・科部元浩：ワーカーのオフィス環境の評価構造と音環境評価における判断要因に関する検討, 日本建築学会環境系論文集, 第 85 巻, 第 772 号, 445-453, 2020 年 6 月
- 12) Manuj Yadav, Dencil Cabera, Jungsoo Kim, Janina Fels, Richard de Dear: Sound in occupied open-plan offices: Objective metrics with a review of historical perspectives, Applied Acoustics, 177,107493, 2021
- 13) 厚生労働省, 換気の悪い密閉空間を改善するための換気の方法, 令和 4 年 6 月 30 日改訂,
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>（令和 5 年 5 月 9 日閲覧）
- 14) 日本建築学会環境基準 AIJES-A0002-2013, 微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説, 日本建築学会, 2013
- 15) 照明学会, JIEG-008 オフィス照明設計技術指針, 2002 年
- 16) 日本産業規格, JISZ9112-2019 蛍光ランプ・LED の光源色及び演色性による区分, 2019 年
- 17) 勝浦哲夫：光の室で人間の生理反応は影響されるのか, 照明学会誌 第 84 巻第 6 号, 350-353,2012 年
- 18) 鍵直樹・並木則和：建築物の空調機及びエアフィルタの超微粒子捕集特性, 日本建築学会環境系論文集 第 84 巻 第 755 号, 65-71, 2019 年 1 月
- 19) WELL v2 Q4 2022, Sound, <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/sound> (令和 5 年 5 月 20 日閲覧)

表 1 光環境に関する主観評価質問項目

Q4	現在の光環境についてお伺いします。
Q4-1	現在居るスペースの明るさ感をどのように感じますか。(該当するもの1つに○) 1. 非常に暗い 2. 暗い 3. やや暗い 4. 暗くも明るくもない 5. やや明るい 6. 明るい 7. 非常に明るい
Q4-2	現在居るスペースの光環境に違和感がありますか。(該当するもの1つに○) 1. 非常に違和感がある 2. 違和感がある 3. やや違和感がある 4. あまり違和感はない 5. 違和感はない
上記質問 (Q4-2) で「1. 非常に違和感がある」、「2. 違和感がある」、「3. やや違和感がある」を選択した方に質問します。	
Q4-2-1	違和感の原因を全て選んでください。(該当するもの全てに○) 1. 窓からの光の入り具合 2. 天井の照明器具の配置 3. 天井照明の色 4. タスクライティング (デスクのライトスタンド) の位置 5. タスクライティングの色 6. その他 ()
Q4-3	デスクで行う作業でパソコンに向かう時間は1日の執務時間の何%を占めますか。(該当するもの1つに○) 1. 20%未満 2. 20~39% 3. 40~59% 4. 60~79% 5. 80%以上
Q4-4	パソコン画面のまぶしさを教えてください。(該当するもの1つに○) 1. 非常にまぶしい 2. まぶしい 3. ややまぶしい 4. まぶしくない
上記質問 (Q4-4) で「1. 非常にまぶしい」、「2. まぶしい」、「3. ややまぶしい」を選択した方に質問します。	
Q4-4-1	まぶしさの原因を全て選んでください。(該当するもの全てに○) 1. モニター自体 2. 窓からの光の映り込み 3. 天井照明の映り込み 4. タスクライティング (デスクのライトスタンド) の映り込み 5. その他 ()
Q4-5	現在居るスペースの光環境に満足していますか。(該当するもの1つに○) 1. 非常に不満 2. 不満 3. やや不満 4. どちらでもない 5. やや満足 6. 満足 7. 非常に満足
上記質問 (Q4-5) で「1. 非常に不満」、「2. 不満」、「3. やや不満」を選択した方に質問します。	
Q4-5-1	現在居るスペースの光環境をどうしたいですか。(該当するもの1つに○) 1. 今より暗くしたい 2. 今よりやや暗くしたい 3. そのままでよい 4. 今よりやや明るくしたい 5. 今より明るくしたい

表 2 照明環境の設計規準- 事務 2)

作業、活動または用途	対応する室又は空間の例	Lwm 壁面平均輝度(cd/m ²)	Lcm 天井面平均輝度(cd/m ²)	UGR グレア	ターゲット面	Et ターゲット面照度(lx)	Ra 平均演色評価数	備考
設計・製図	設計室、製図室	30	20	16	机上面	750	80	ターゲット面の照度均斉度 0.7
事務	事務室	20	15	19	机上面	500	80	キーボード面 500lx、ディスプレイ面は低照度が望ましい。

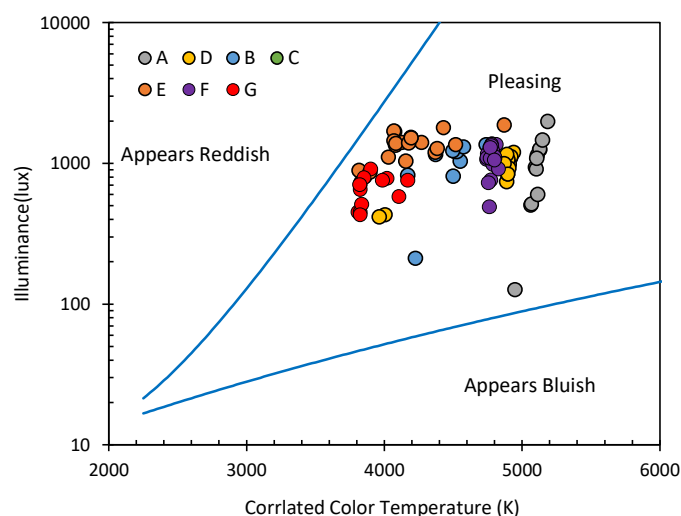


図 1 オフィス空間の相関色温度と照度

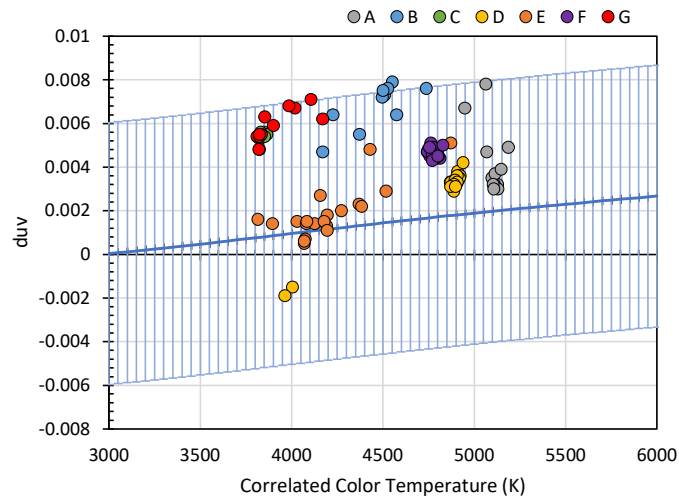


図 2 測定したオフィス空間の色度偏差の状態

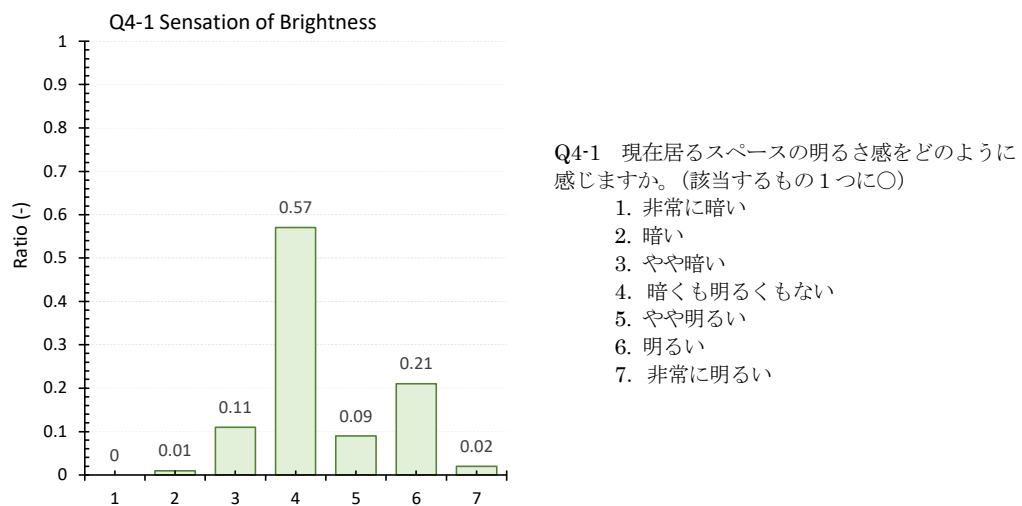


図 3 現在居るスペースの明るさ感 (n=121)

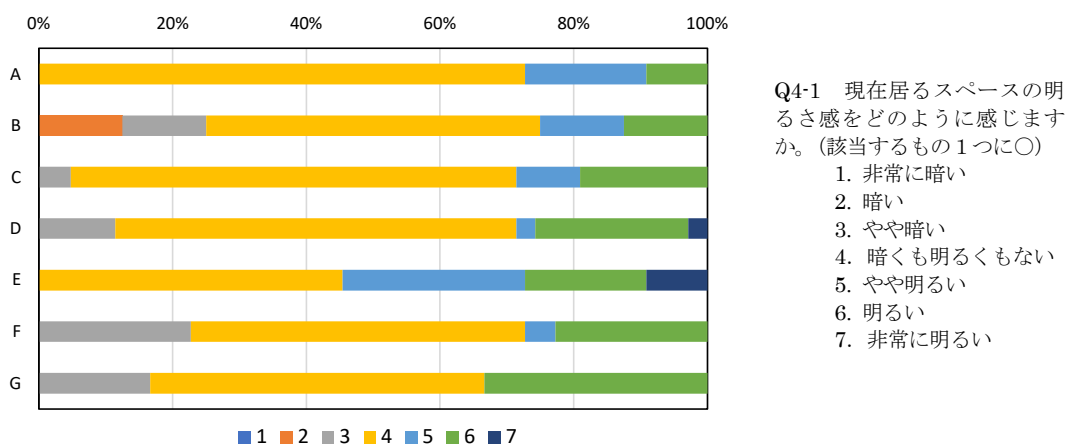


図 4 7つのオフィス空間の明るさ感申告

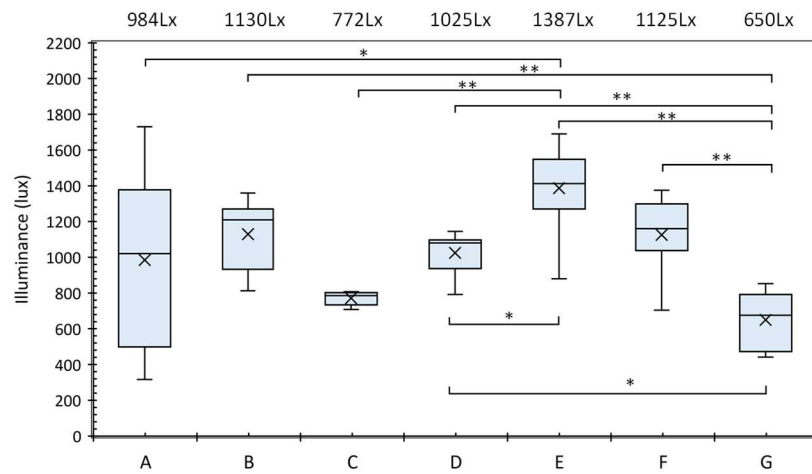


図 5 照度測定値のオフィス間比較

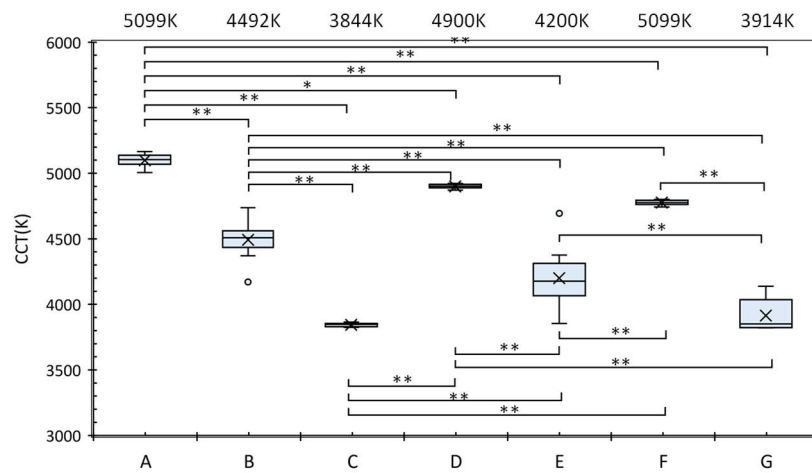


図 6 相関色温度のオフィス間比較

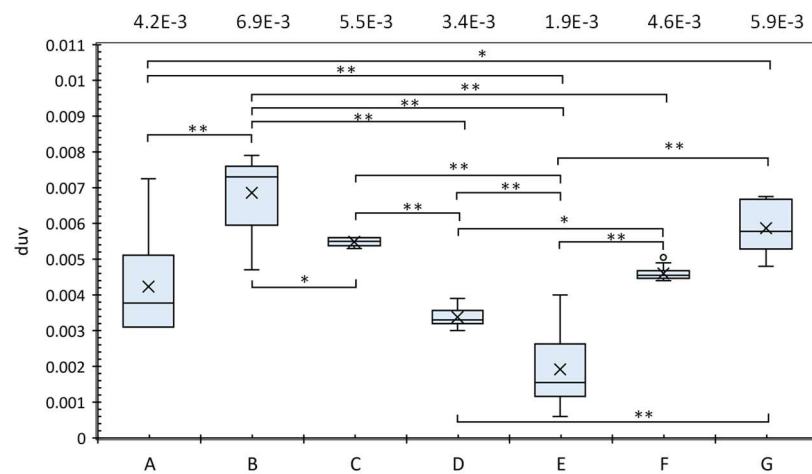


図 7 色度偏差のオフィス間比較

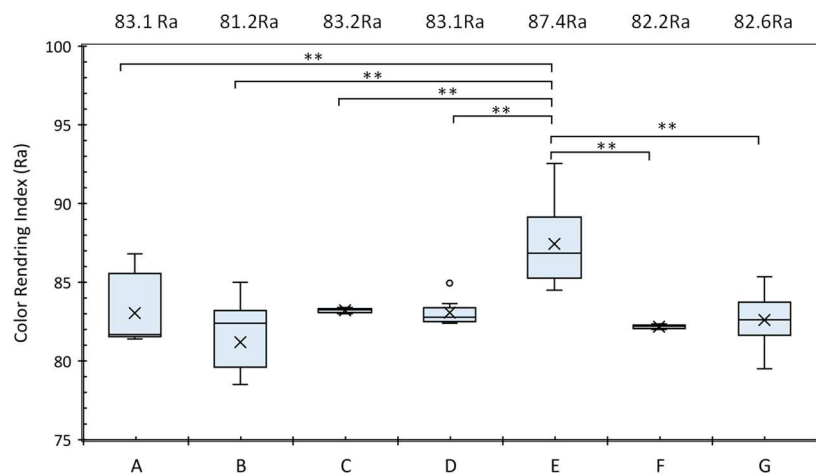


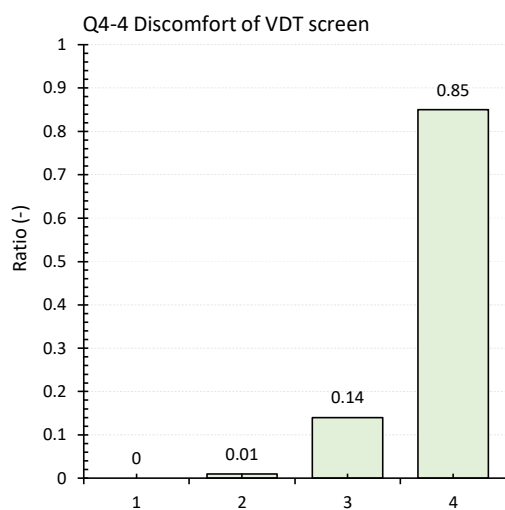
図 8 平均演色性評価数のオフィス間比較

表 3 光環境の違和感とスペースの明るさ感のクロス集計結果

		スペースの明るさ感						
		非常に不満	不満	やや不満	どちらでもない	やや満足	満足	非常に満足
光環境の違和感	非常に違和感がある	0	0	0	0	0	0	0
	違和感がある	0	0	0	0	0	0	0
	やや違和感がある	0	1 [*]	8 [***]	2 [//]	0	2	0
	あまり違和感はない	0	0	5	23	8 [*]	6	0
	違和感はない	0	0	0 [///]	44 [*]	3	17	2

χ^2 乗検定(独立性の検定): $p < 0.001$

残差分析 有意に高い: $p < 0.05$ [*], $p < 0.01$ [**], $p < 0.001$ [***], 有意に低い: $p < 0.05$ [/], $p < 0.01$ [/], $p < 0.001$ [///]



Q4-4 パソコン画面のまぶしさを教えてください。(該当するもの1つに○)

1. 非常にまぶしい
2. まぶしい
3. ややまぶしい
4. まぶしくない

図 9 パソコン画面のまぶしさ (n=121)

表 4 光環境の違和感とスペースの明るさ感のクロス集計結果

		光環境の違和感				
		非常に違和感がある	違和感がある	やや違和感がある	あまり違和感はない	違和感はない
パソコン画面のまぶしさ	非常にまぶしい	0	0	0	0	0
	まぶしい	0	0	0	1	0
	ややまぶしい	0	0	5	7	5
	まぶしくない	0	0	8	34	61

χ^2 乗検定(独立性の検定): $p=0.536$

表 5 スペースの明るさ感と光環境の満足感のクロス集計結果

		スペースの明るさ感						
		非常に不満	不満	やや不満	どちらでもない	やや満足	満足	非常に満足
光環境の満足感	非常に不満	0	0	0	1	0	0	0
	不満	0	0	0	0	0	0	0
	やや不満	0	1 [*]	8 [***]	1 [///]	1	1	0
	どちらでもない	0	0	5	23	3	9	0
	やや満足	0	0	0	12 [*]	4	2	0
	満足	0	0	0	31	3	13	1
	非常に満足	0	0	0	1	0	0	1

χ^2 乗検定(独立性の検定): $p<0.001$

残差分析 有意に高い: $p<0.05$ [*], $p<0.01$ [**], $p<0.001$ [***], 有意に低い: $p<0.05$ [/], $p<0.01$ [//], $p<0.001$ [///]

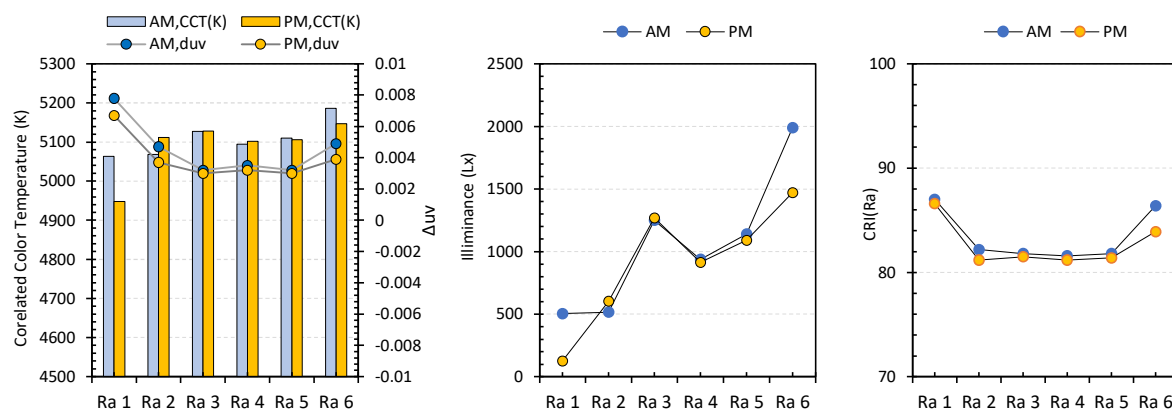


図 10 A の測定点毎の相関色温度, Δuv , 照度, 平均演色性評価数

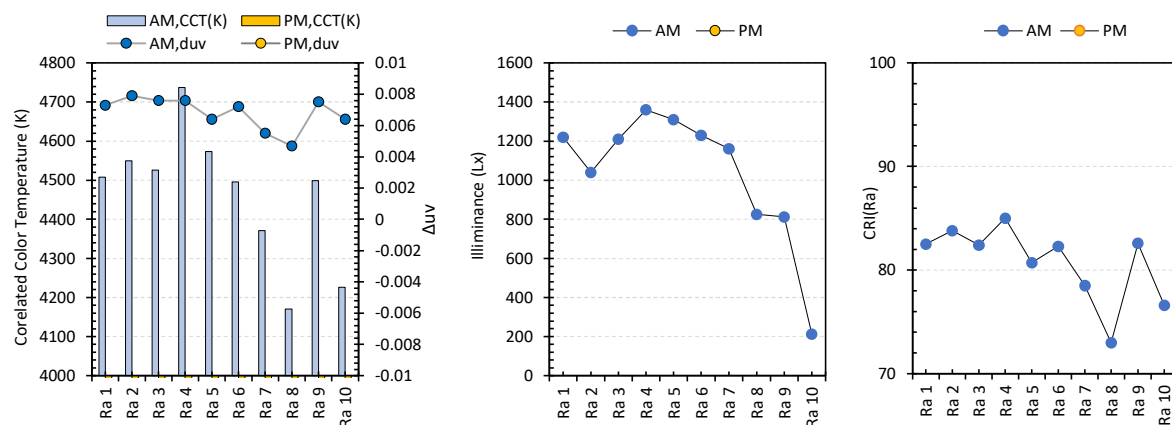


図 11 B の測定点毎の相関色温度, Δuv , 照度, 平均演色性評価数

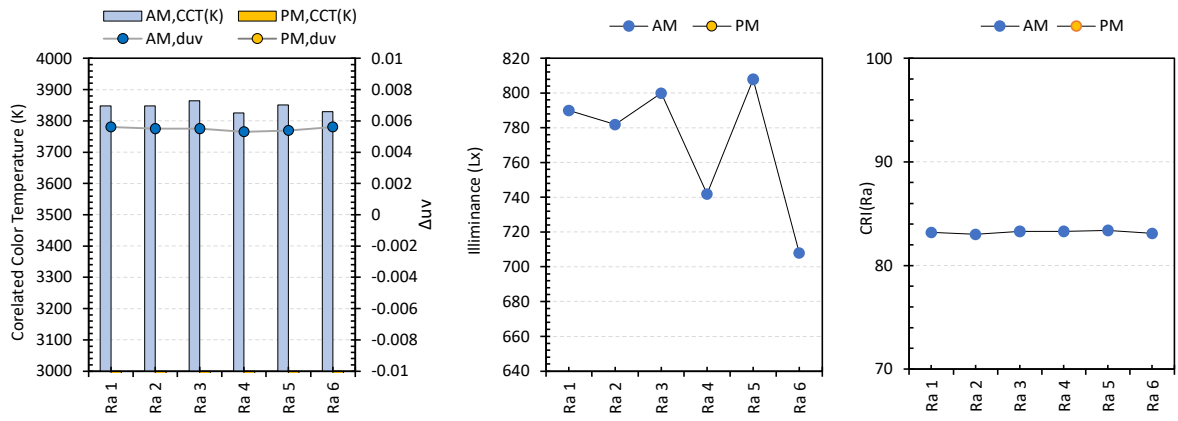


図 12 C の測定点毎の相関色温度, Δuv , 照度, 平均演色性評価数

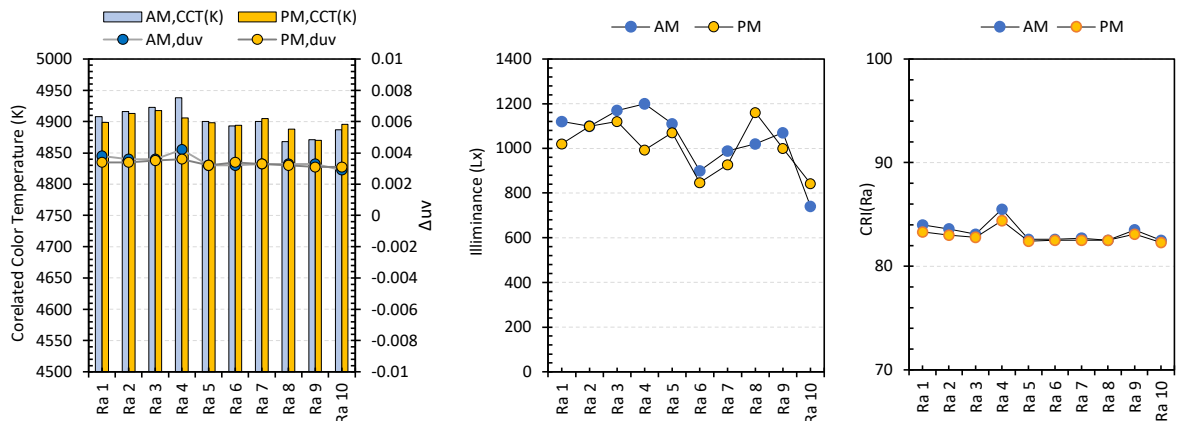


図 13 D の測定点毎の相関色温度, Δuv , 照度, 平均演色性評価数

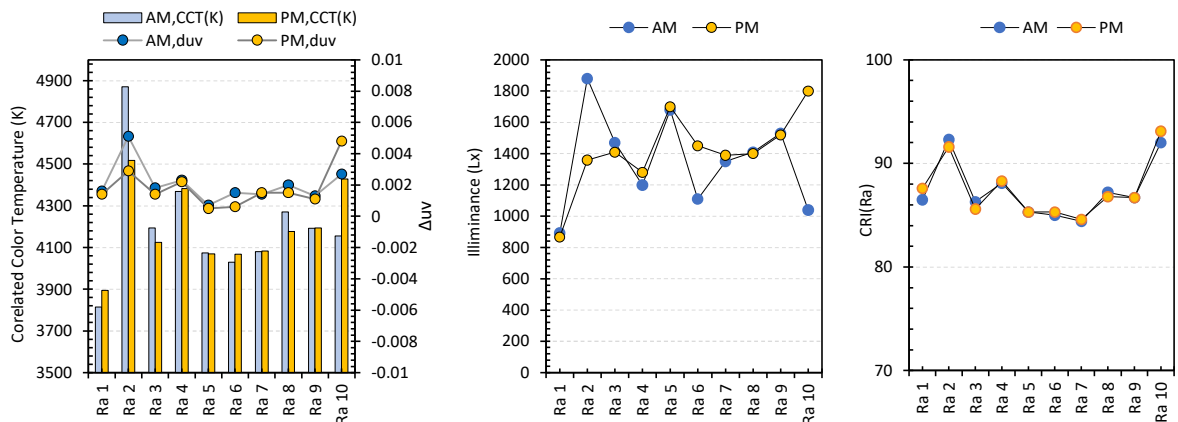


図 14 E の測定点毎の相関色温度, Δuv , 照度, 平均演色性評価数

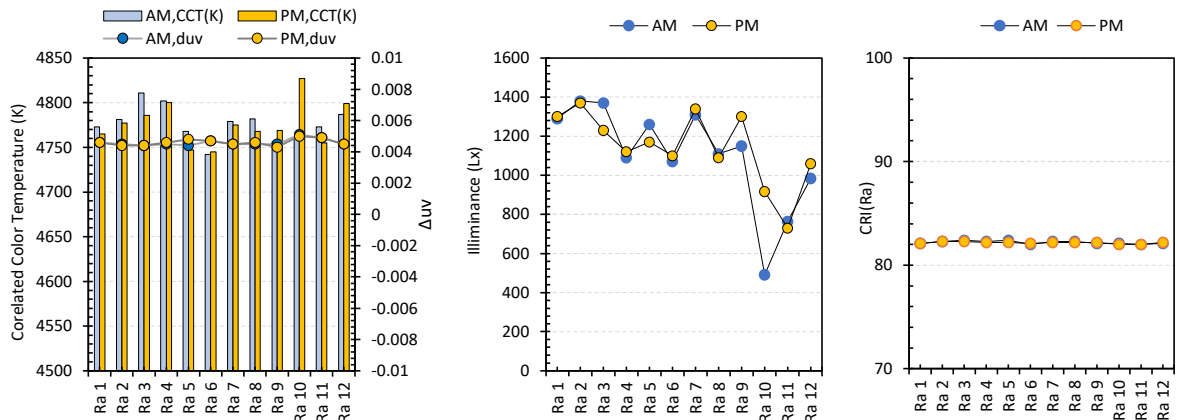


図 15 F の測定点毎の相関色温度, Δuv , 照度, 平均演色性評価数

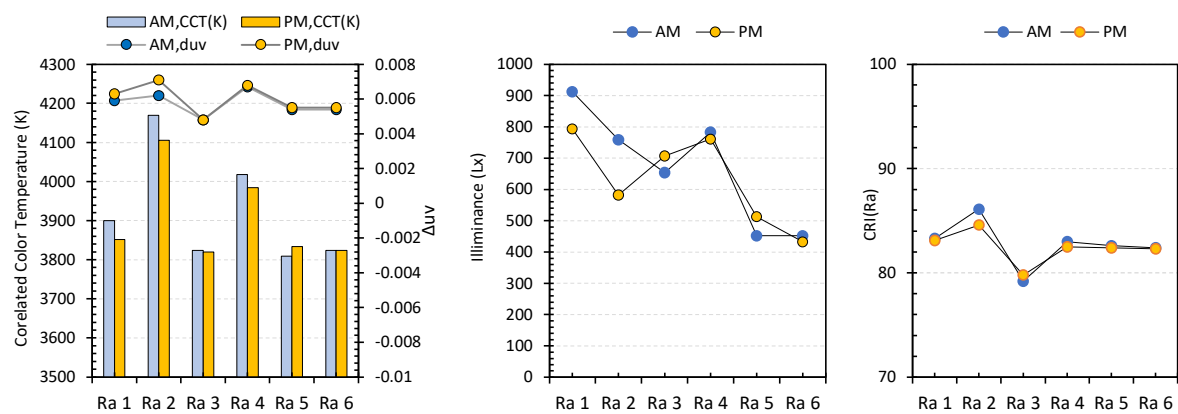


図 16 G の測定点毎の相関色温度, Δuv , 照度, 平均演色性評価数

表 6 音環境に関する主観評価質問項目

Q5 現在の音環境についてお伺いします。

Q5-1 普段、同僚と会話している時間は1日合計どのくらいですか（会議、電話を除く）。（該当するもの1つに○）

1. 30分未満 2. 30分以上1時間未満 3. 1時間以上2時間未満
4. 2～3時間未満 5. 3時間以上

Q5-2 普段、電話やオンライン会議をしている時間は1日合計どのくらいですか。（該当するもの1つに○）

1. 30分未満 2. 30分以上1時間未満 3. 1時間以上2時間未満
4. 2～3時間未満 5. 3時間以上

Q5-3 他人の会話、電話・オンライン会議、ミーティング（会議室以外）等の声が気になりますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に気になる 2. 気になる 3. やや気になる 4. 気にならない

Q5-4 現在居るスペースにおいて、空調機やエアコンの音が気になりますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に気になる 2. 気になる 3. やや気になる 4. 気にならない

Q5-5 現在居るスペースにおいて、プリンターやコピー機の音は気になりますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に気になる 2. 気になる 3. やや気になる 4. 気にならない

Q5-6 現在居るスペースにおいて、建物外の騒音（交通騒音等）は気になりますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に気になる 2. 気になる 3. やや気になる 4. 気にならない

Q5-7 現在居るスペースの音環境に満足していますか。（該当するもの1つに○）

1. 非常に不満 2. 不満 3. やや不満 4. どちらでもない
5. やや満足 6. 満足 7. 非常に満足

上記質問（Q5-7）で「1. 非常に不満」、「2. 不満」、「3. やや不満」を選択した方に質問します。

Q5-7-1 現在居るスペースの音環境の不満の原因は何ですか。不満なものを全て選択してください。（該当するもの全てに○）

1. 他人の会話 2. 電話・オンライン会議等の話声 3. 空調機やエアコンの音
4. プリンターやコピー機の音 5. 外部の騒音 6. その他（ ）

表 7 WELL v2 オープンワークスペースの平均最大等価騒音レベル

	Point 3	Point 2	Point 1
平均 SPL (dB(A))	45	50	55
最大 SPL (dB(A))	55	60	-

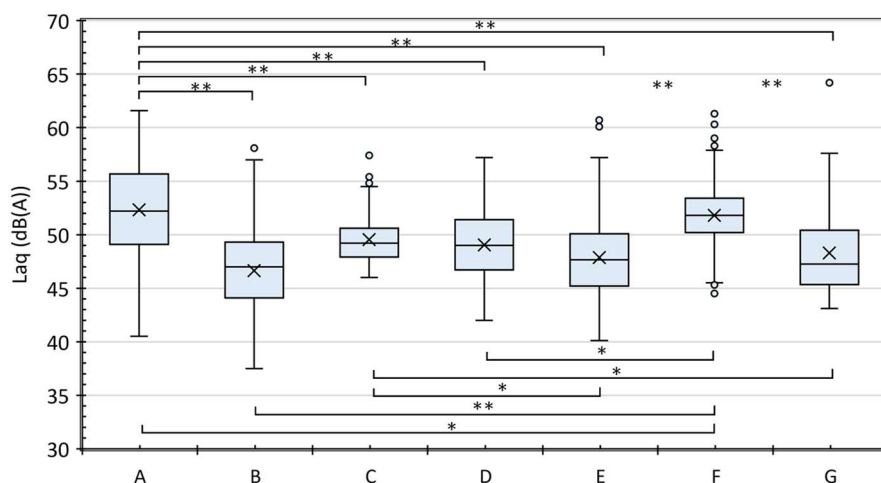
図 17 オフィス毎の平均等価騒音レベル (L_{Aeq,5h})

表 8 オフィス毎の平均等価騒音レベル(dB(A))の平均値・最大値・最小値・標準偏差

	A	B	C	D	E	F	G
Average	52.3	46.6	49.5	49	47.9	51.8	48.3
Max	61.6	58.1	57.4	57.2	60.7	61.3	64.2
Min	40.5	37.5	46	42	40.1	44.5	43.1
S.D.	4.4	4.1	2.1	3.1	3.7	2.8	4

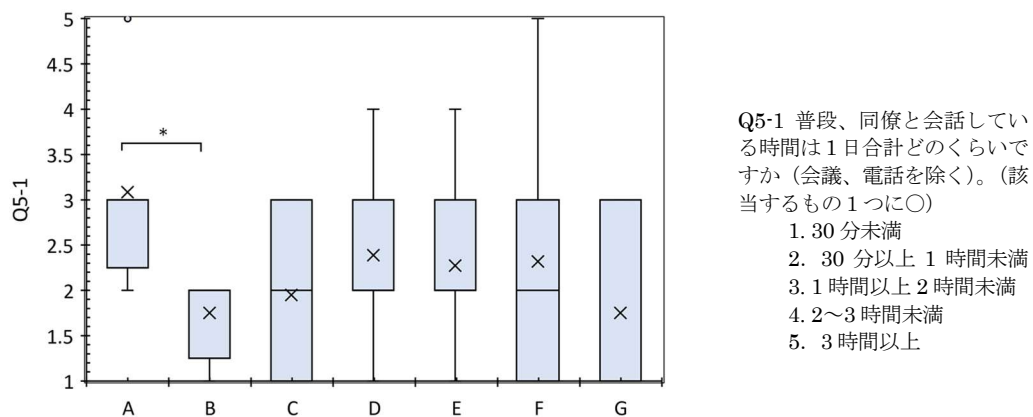


図 18 オフィス毎の同僚と会話している時間

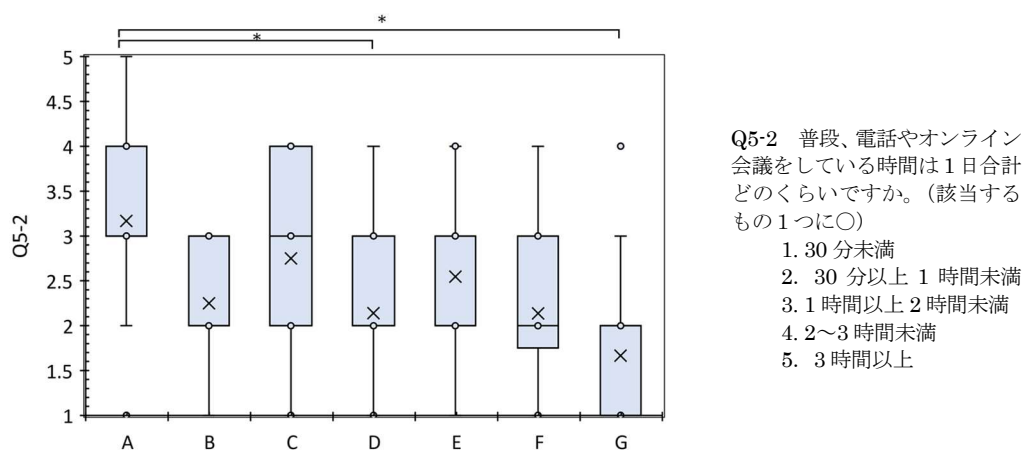


図 19 オフィス毎の電話及びオンライン会議時間

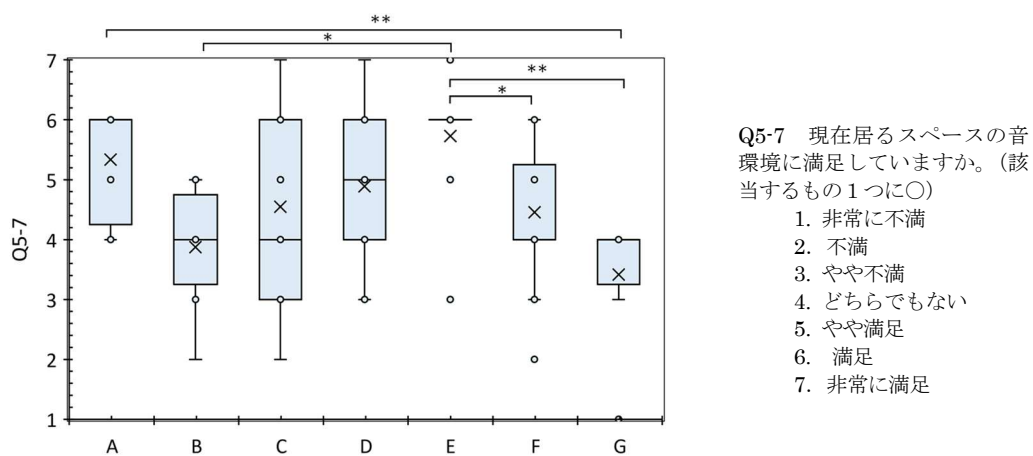


図 20 オフィス空間の音環境の満足度

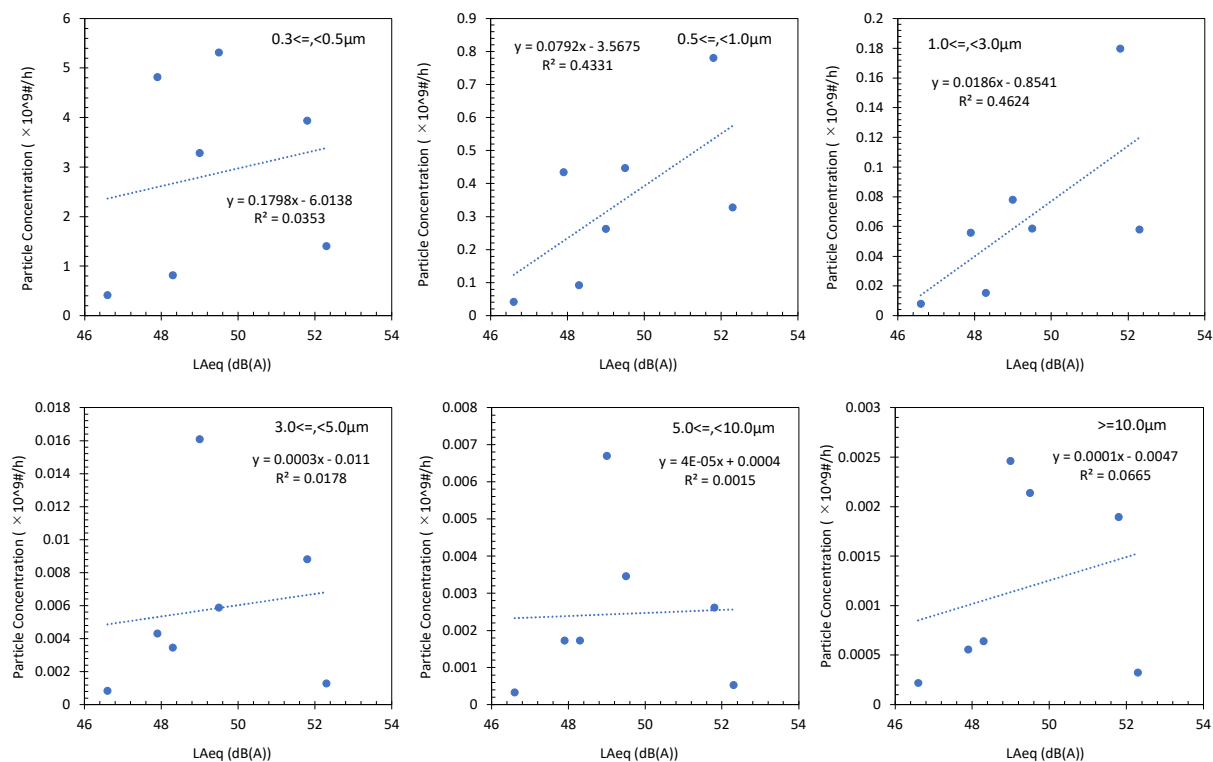


図 21 平均等価騒音レベルと粒径毎の 1 時間あたり除去粒子個数

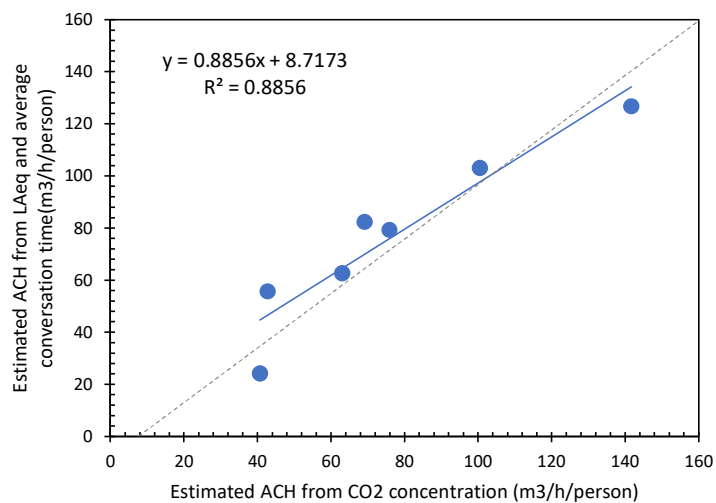


図 22 等価騒音レベル及び会話時間を説明変数とした換気量推定

表 9 空気環境測定の概要

CO ₂ 濃度	T&D TR-76Ui, 1 分間隔 室内面積に応じ, 3～7 点設置
浮遊微粒子濃度	KANOMAX Model3889, 28.3L/min.吸引, オフィス空間内(午前, 午後 30 分サンプリング), 廊下, 外気 15 分サンプリング
浮遊微生物濃度	ミドリ安全 MBS-1000(N), 100L 吸引, 室内・室外測定, 午前・午後各 1 回

表 10 空気環境に関する主観評価質問項目

Q3 空気質についてお伺いします。
Q3-1 現在居るスペースで、常に気になる臭いがありますか。(該当するもの 1 つに○)
1. ある 2. ない
上記質問 (Q3-1) で「1. ある」を選択した方に質問します。
Q3-1-1 気になる臭いの原因は特定できていますか。(該当するもの 1 つに○)
1. 特定できている 2. わからない
Q3-1-2 特定できている場合、どのような臭いをお書きください。
特定の臭い
Q3-2 出勤時、執務室内で独特の“臭い” (出勤時には気になるが、時間が経過するにつれて気にならなくなる臭い) を感じることはありますか。(該当するもの 1 つに○)
1. ある 2. ときどきある 3. ない
上記質問 (Q3-2) で「1. ある」「2. ときどきある」を選択した方に質問します。
Q3-2-1 執務室内の独特の臭いの原因は特定できていますか。(該当するもの 1 つに○)
1. 特定できている 2. わからない
Q3-2-2 特定できている場合、どのような臭いをお書きください。
特定の臭い
Q3-3 現在居るスペースの空気の汚れが気になりますか。(該当するもの 1 つに○)
1. 非常に気になる 2. 気になる 3. やや気になる
4. あまり気にならない 5. 気にならない
Q3-4 現在居るスペースの換気量についてどのように感じますか。(該当するもの 1 つに○)
1. 非常に不足している 2. 不足している 3. やや不足している
4. ちょうどよい 5. やや多い 6. 多い 7. 非常に多い
Q3-5 現在居るスペースの空気質に満足していますか。(該当するもの 1 つに○)
1. 非常に不満 2. 不満 3. やや不満 4. どちらでもない
5. やや満足 6. 満足 7. 非常に満足
上記質問 (Q3-5) で「1. 非常に不満」「2. 不満」「3. やや不満」を選択した方に質問します。
Q3-5-1 この部屋の空気質をどの程度受け入れられますか。(該当するもの 1 つに○)
1. 明らかに受け入れられる 2. どちらかといえば受け入れられる
3. どちらかといえば受け入れられない 4. 明らかに受け入れられない

表 11 各建物の推定換気量 (全体・一人当たり)

	換気方式	測定階 /最高階	室内平均 濃度(ppm)	外気平均濃 度(ppm)	CO ₂ 発生量 (全体)(m ³ /h)	推定換気量 (m ³ /h)	一人当たり 換気量(m ³ /h)
A	AHU+CAV	10F/16F	647.3	433.7	0.322	1507.7	100.5
B	OHU+CAV	7F/8F	939.7	441.4	0.203	407.4	40.7
C	AHU+VAV	21F/35F	745.5	437.6	1.318	4281.5	69.1
D	1 種熱交換	2F/3F	782.1	433	0.858	2458.7	63
E	3 種	3F/3F	691.2	430.7	0.257	986.2	75.9
F	3 種+ドア開	1F/1F	580.1	430.3	0.361	2409.2	141.7
G 2F	3 種+窓開け	2F/3F	677.2	437	0.0627	260.8	86.9
G 3F	3 種+窓開け	3F/3F	836.8	437	0.222	554.9	42.7

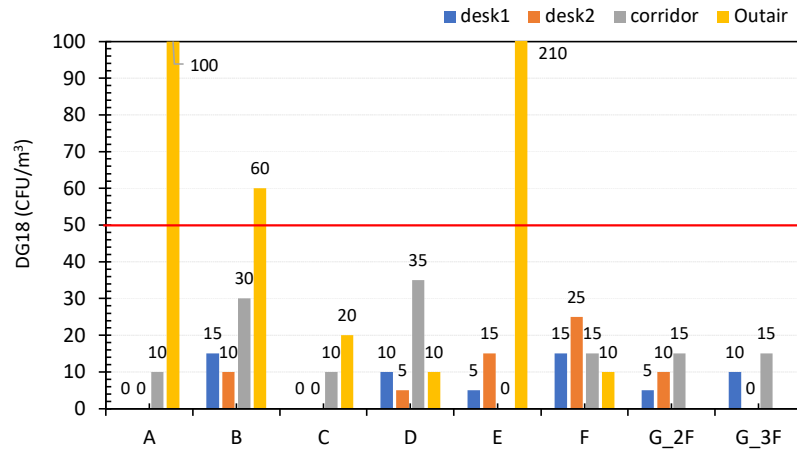


図 23 各オフィスの浮遊真菌量 (総数)

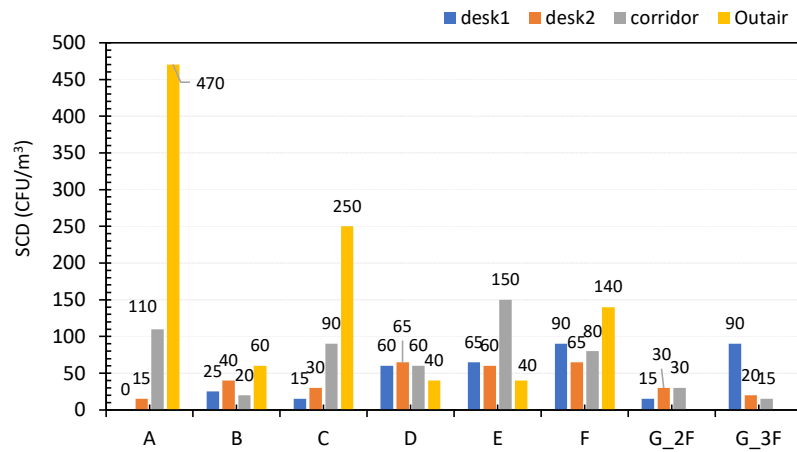


図 24 各オフィスの浮遊細菌量 (総数)

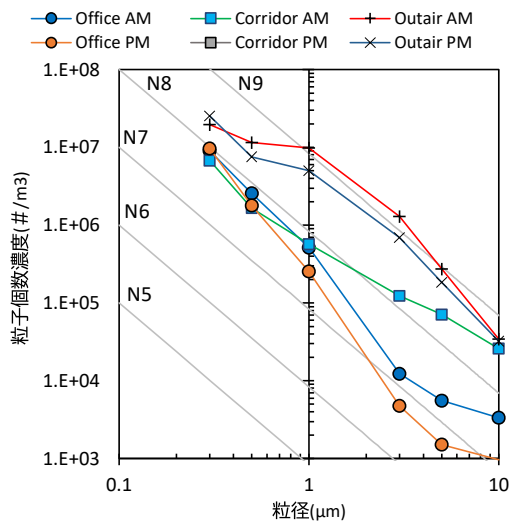


図 25 (1) A の浮遊微粒子個数濃度

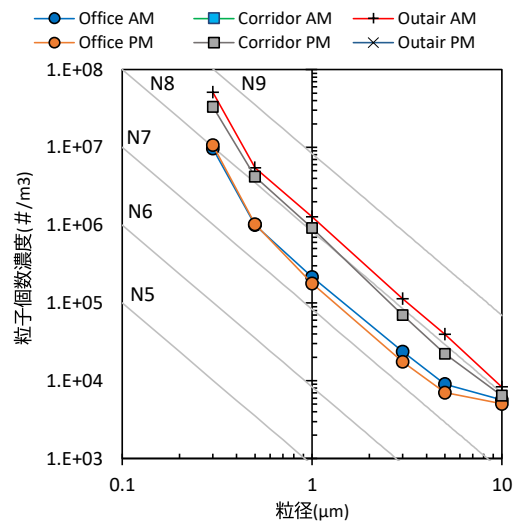


図 25 (2) B の浮遊微粒子個数濃度

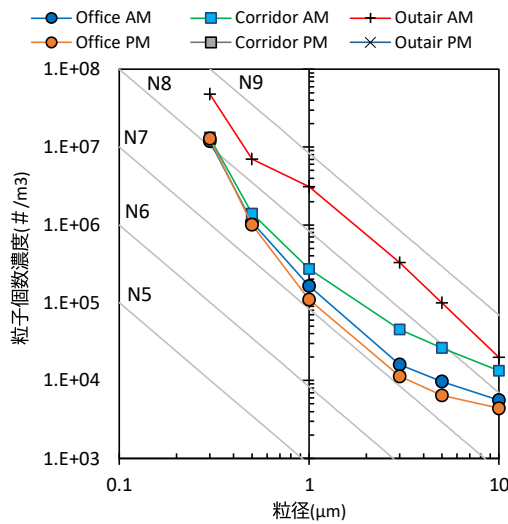


図 25 (3) C の浮遊微粒子個数濃度

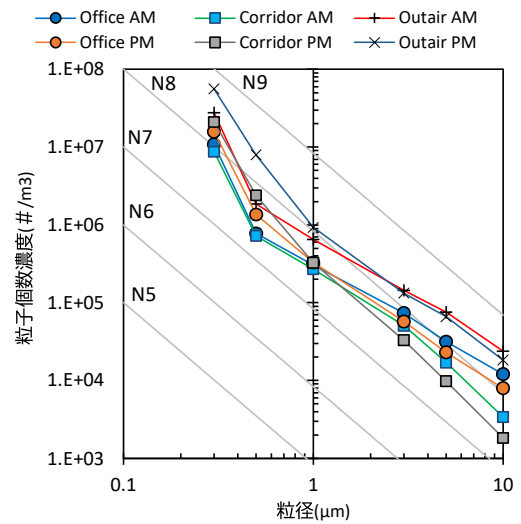


図 25 (4) D の浮遊微粒子個数濃度

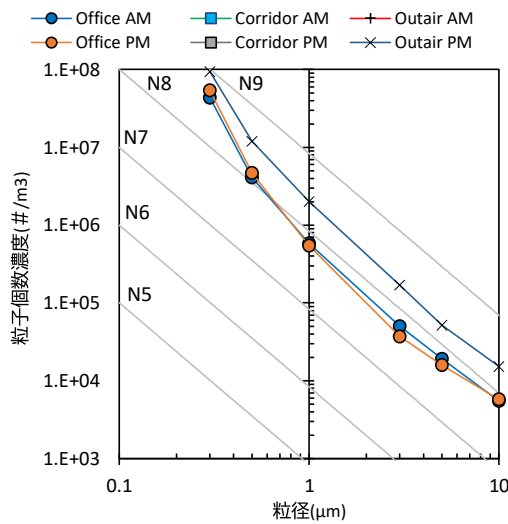


図 25 (5) E の浮遊微粒子個数濃度

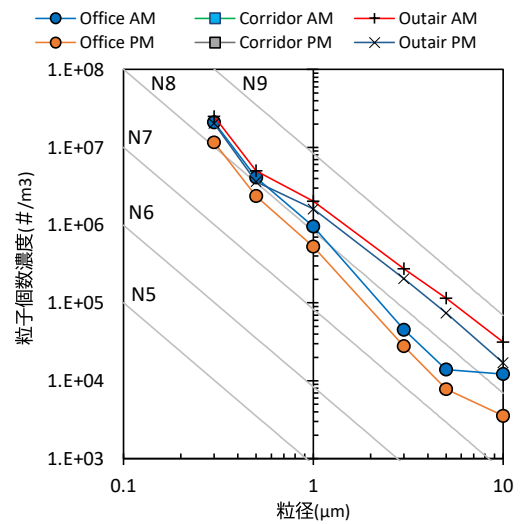


図 25 (6) F の浮遊微粒子個数濃度

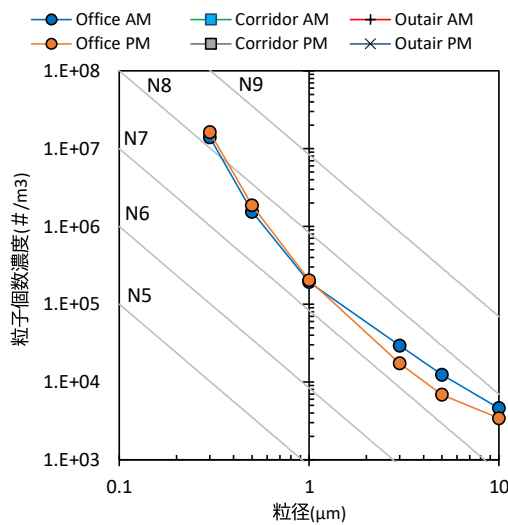


図 25 (7) G_2F の浮遊微粒子個数濃度

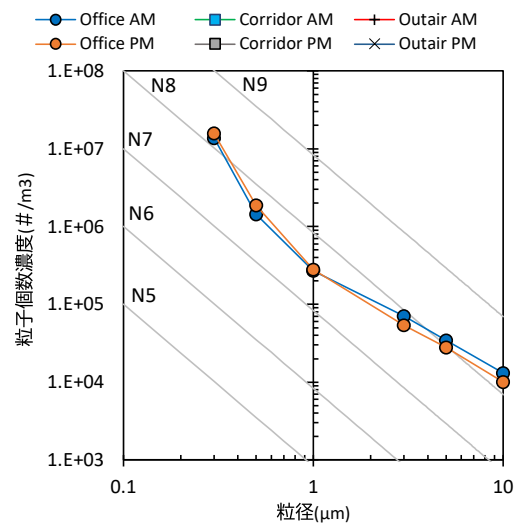


図 25 (8) G_3F の浮遊微粒子個数濃度

表 12 一人当たりの換気量と浮遊微粒子個数濃度の相関分析結果

	Particle diameter (μm)					
	0.3-0.5	0.5-1.0	1.0-3.0*	3.0-5.0	5.0-10	>10
Correlation Coefficient	0.0453	0.5243	0.7288	-0.265	-0.442	-0.287
t-value	0.1111	1.5081	2.6071	0.6733	1.207	0.7338
p-value	0.9151	0.1823	0.0403	0.5258	0.2729	0.4907

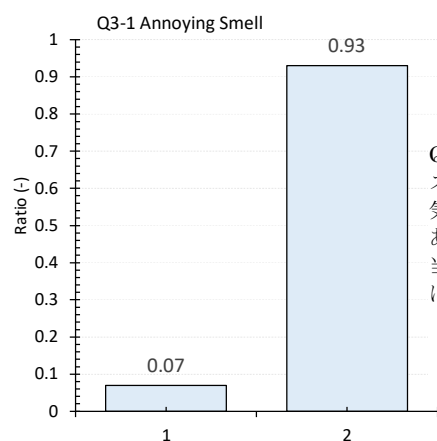


図 26 常に気になる臭い

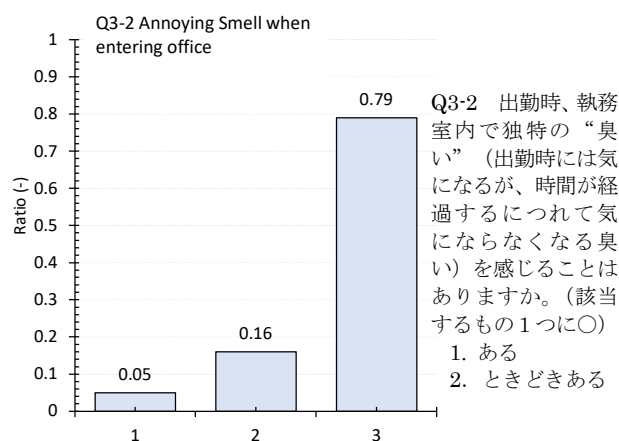


図 26 出勤時の室内の独特な臭い

表 13 Q3-1 常に気になる臭いと Q3-4 換気量の過不足感覚のクロス修正結果

	非常に不足している	不足している	やや不足している	ちょうどよい	やや多い	多い	非常に多い
気になる臭い_ある	0	3	3	2	0	0	0
気になる臭い_ない	5	12	34	59	3	0	0

χ^2 乗検定 (独立性の検定) : $p=0.4063$

残差解析 有意に高い: $p<0.05$ [*], $p<0.01$ [**], 有意に低い: $p<0.05$ [/], $p<0.01$ [/]

Q3-1 現在居るスペースで、常に気になる臭いはありますか。(該当するもの1つに○)

1. ある 2. ない

Q3-4 現在居るスペースの換気量についてどのように感じますか。(該当するもの1つに○)

1. 非常に不足している 2. 不足している 3. やや不足している 4. ちょうどよい 5. やや多い 6. 多い 7. 非常に多い

表 14 Q3-3 空気の汚れと Q3-4 換気量の過不足感覚のクロス修正結果

	非常に不足している	不足している	やや不足している	ちょうどよい	やや多い	多い	非常に多い
非常に気になる	2 [**]	1	0	1	0	0	0
気になる	2 [**]	4 [**]	3	0 [/]	0	0	0
やや気になる	0	4	14 [**]	7 [/]	1	0	0
あまり気にならない	0	4	16	22	2	0	0
気にならない	1	2	4 [/]	31 [**]	0	0	0

χ^2 乗検定 (独立性の検定) : $p<0.001$

残差解析 有意に高い: $p<0.05$ [*], $p<0.01$ [**], 有意に低い: $p<0.05$ [/], $p<0.01$ [/]

Q3-3 現在居るスペースの空気の汚れが気になりますか。(該当するもの1つに○)

1. 非常に気になる 2. 気になる 3. やや気になる 4. あまり気にならない 5. 気にならない

Q3-4 現在居るスペースの換気量についてどのように感じますか。(該当するもの1つに○)

1. 非常に不足している 2. 不足している 3. やや不足している 4. ちょうどよい 5. やや多い 6. 多い 7. 非常に多い

表 15 Q3-1 常に気になる臭いと Q3-5 空気質の満足感のクロス修正結果

	非常に不足している	不足している	やや不足している	ちょうどよい	やや多い	多い	非常に多い
気になる臭い_ある	1 [**]	1	4	2	0	0	0
気になる臭い_ない	0 [/]	5	20	52	11	23	2

χ^2 乗検定 (独立性の検定) : $p < 0.001$

残差解析 有意に高い: $p < 0.05$ [*], $p < 0.01$ [**], 有意に低い: $p < 0.05$ [/]: $p < 0.01$ [/]

Q3-1 現在居るスペースで、常に気になる臭いはありますか。(該当するもの1つに○)

1. ある 2. ない

Q3-5 現在居るスペースの空気質に満足していますか。(該当するもの1つに○)

1. 非常に不満 2. 不満 3. やや不満 4. どちらでもない 5. やや満足 6. 満足 7. 非常に満足

表 16 Q3-4 換気量の過不足感覚と Q3-5 空気質の満足感のクロス修正結果

	非常に不満	不満	やや不満	どちらでもない	やや満足	満足	非常に満足
非常に不足している	0	4 [**]	0	1	0	0	0
不足している	0	0	6 [*]	8	0	1	0
やや不足している	0	1	14 [**]	20	2	0 [/]	0
ちょうどよい	1	1	3 [/]	23	9 [*]	22 [**]	2
やや多い	0	0	1	2	0	0	0
多い	0	0	0	0	0	0	0
非常に多い	0	0	0	0	0	0	0

χ^2 乗検定 (独立性の検定) : $p < 0.001$

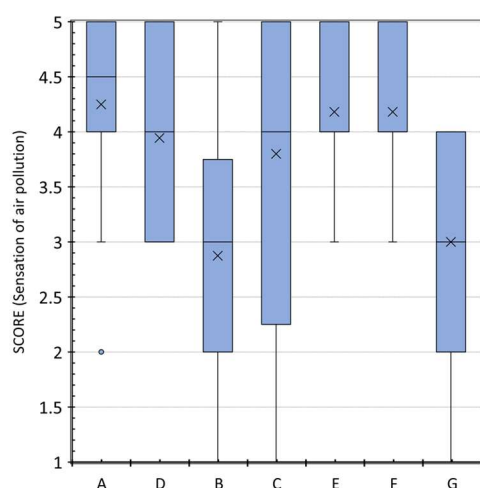
残差解析 有意に高い: $p < 0.05$ [*], $p < 0.01$ [**], 有意に低い: $p < 0.05$ [/]: $p < 0.01$ [/]

Q3-4 現在居るスペースの換気量についてどのように感じますか。(該当するもの1つに○)

1. 非常に不足している 2. 不足している 3. やや不足している 4. ちょうどよい 5. やや多い 6. 多い 7. 非常に多い

Q3-5 現在居るスペースの空気質に満足していますか。(該当するもの1つに○)

1. 非常に不満 2. 不満 3. やや不満 4. どちらでもない 5. やや満足 6. 満足 7. 非常に満足



Q3-3 現在居るスペースの空気の汚れが気になりますか。(該当するもの1つに○)

1. 非常に気になる 2. 気になる 3. やや気になる 4. あまり気にならない 5. 気にならない

図 28 Q3-3 各オフィスの空気の汚れ感覚

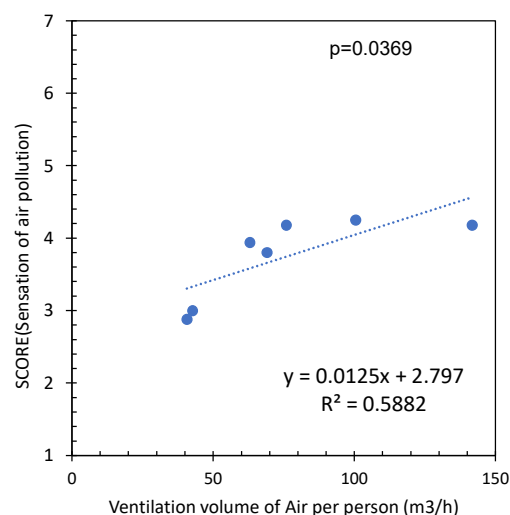


図 29 Q3-3 空気の汚れ感覚一人当たり換気量の関係

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
長期測定に基づく温湿度環境形成の要因分析

研究代表者 本間 義規 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

建築物衛生法は執務時間(8:00-18:00)のみを評価対象とし、空調停止している夜間や休日の状態は問題としていない。しかし、特に温度と相対湿度は、建物の外皮断熱性能、躯体蓄熱性能、壁装吸放湿性能に影響を受ける。こうした非定常性を適切に把握し、設備設計と運転方法にフィードバックさせることが維持管理上及び省エネルギー上重要である。2 か月以内に 1 回、午前・午後に測定される年間最低 12 個のデータのみではその環境形成要因を十分に理解・把握することができない(執務室 1 室のみの測定データ)。熟練したビル管理技術者であれば、こうした建物の“癖”を把握することは可能と思われるが、これが仮に望ましくない温熱・空気環境であった場合、その改善に向けた方法論を、環境衛生監視員が 12 個のデータから判断することは難しい。さらに、空調停止する夜間或いは休日の温湿度性状が執務空間の微生物汚染・匂いに対して影響を与える可能性が高いが、現状、これら環境要素は空気管理基準には明記されておらず、判断指標として確立していない。

個別分散空調(パッケージエアコン、PAC)が主となる中小規模建築物は、暖冷房・加湿ユニット及び換気装置が独立している場合が多く、運転制御の方法含めその特徴は中央式空調と大きく異なる。本研究では、6 件の事務所(特定建築物 3 件、非特定建築物 3 件)における温湿度及び CO₂ 濃度の連続測定結果を分析し、執務室内の温湿度環境形成にどのように影響を及ぼすのかを考察した。

分析の結果、温度に関しては、空調停止時の不適率が高いほど執務時間の不適率が高いこと、PAC では空調開始時の設定室温に至るまでの時間を短くするために、大きな温度むらが発生することがわかった。湿度に関して、冬期相対湿度は夜間の換気装置の稼働状態及び外気湿度状態に依存し、寒冷地ほど不適状態の時間が多くなることを示した。夏期は微生物汚染を抑制するため、適切な除湿と送風運転が必要である。加湿・除湿の判断指標として、設備の運転制御とも相性の良い絶対湿度基準で不適状態を確認した。外気絶対湿度基準で判断できるため、地域によらず加湿量自体(加湿行為自体)を適切に評価できることが明らかとなった。逆に夏期は除湿が不十分な状態を明確にすることができた。また CO₂ 濃度に関しては、性能の低い建物ほどエネルギー消費抑制のために間引き運転或いは風量低減等が行われがちであり、結果として CO₂ 濃度が高く維持されることが示された。

A. 研究目的

3000m² 未満の建築物は、建築物環境衛生管理基準に基づく衛生管理の法的拘束力はなく、ビルオーナー、テナントの自主的な維持管理の考え方に委ねられる。しかし、設計時の計画次第でコントロールできる範囲が限定されるため、特定建築物と同等レベルの衛生状態の維持を要求すること自体、難しい場合が少なくない。

建築物の温湿度・空気環境は、空調・換気設備の種別だけではなく、建築物の熱的性能、気密性能、空間ボリュームに基づく熱湿気容量などのほか、その運転方法に大きく影響を受ける。特に加湿制御の点では、特定建築物と非特定建築物(中小規模建築物)間で大きな違いがある。個別分散空調設備における加湿ユニットはオプション扱いであり、給水配管設置及び漏水リスクの観点か

ら、中小規模建築物で採用されることはない。一方、海外では空調停止する夜間・休日における微生物汚染は古くから議論されてきた^{例えは 1)}。そもそも微生物汚染リスクを回避するため、海外、特にヨーロッパでは、冬期の加湿は不要とするところが殆どである²⁾。

本研究は、中小規模建築物の特徴を踏まえた衛生状態の維持管理手法の検討を念頭におき、3 件の大規模建築物（特定建築物に該当）と 3 件の中小規模建築物の執務室内温湿度・CO₂ 環境の長期連続測定結果から、建築物衛生法に基づく評価をした場合の適・不適状況を把握することにより、冬期及び夏期における中小規模建築物の執務室温湿度状態の特徴を明らかにすることを目的とする。

B. 研究方法

B1. 調査建物の概要

表 1 に調査建物の概要を示す。建物 A、B、C は延面積 3000m² 以上のテナントビルであり、建築物衛生法に定める特定建築物に該当する。ビルメンテナンス会社が空調設備運転、ビルオートメーションによる運転監視、清掃など総合管理を行っている。一方、建物 D、E、F は特定建築物に該当しないこと、また一社占有の建物であるため、暖冷房運転は各居室にスイッチ・操作盤が設置されており、必要に応じて執務者が運転スイッチの ON/OFF を行っている。ただし、多くの執務者がいるフロアの温度設定や維持管理等は、総務担当者が適宜判断をしている。

B2. 温湿度測定概要

今回の連続測定は、本来、建物の熱性能に応じて非定常に変化する設備運転開始・終了時の挙動（主には立ち上がり負荷への対応）や、空調停止時の温湿度環境が微生物増殖等に及ぼす影響を把握することを目的としている。図 1 及び図 2 に今回測定した物件（建築物 B）の温

度及び相対湿度の結果を示す。この図を見てもわかる通り、空調停止時に高温・高湿状態になる可能性があり、細菌であれば休日等の空調停止時に増殖してしまう可能性もある。

温湿度及び CO₂ 測定は、執務室中央付近で行い、T&D TR-76Ui を用いて 10 分間隔で測定している。調査開始時期は昨年度（令和 4 年 10 月）から 6 件全体の連続測定を開始し、令和 6 年 3 月現在も継続中である。なお、中央管理式空調設備の場合、空調停止時は換気も停止するが、個別分散空調方式の場合は換気設備のみ独立運転する場合もある。

AHU 内やダクト内での微生物汚染の状況を把握するため、空調停止時の CO₂ 濃度減衰から換気回数を推定し考察に用いる。

B3. 建築物衛生法が定める空気管理測定方法との比較

建築物衛生法における室内空気環境の測定方法は、建築物衛生法施行規則第 3 条の 2 に基づき、当該特定建築物の通常の使用時間中に、各階ごとに居室の中央部の床上 75cm 以上 150cm 以下の位置において行うこととされている。浮遊粉じん、CO、CO₂ の 3 要素については定常状態と判断される時間帯で 2 回の測定を行いその平均値をもって測定値とすること、また温度、相対湿度、気流の 3 要素は常に基準に適合していることが求められることから、1 日 2 回の測定のいずれもが基準に適合することが求められており、2 か月以内に 1 回の頻度での測定が義務付けられている。平時は空気管理基準範囲内で過ごしていたとしても、測定のタイミングにより、たまたま基準範囲外となることもあるが（これを不適状態という）、その可能性のある時間帯が冬期（1 月）と夏期（8 月、C のみ 7 月）で考察した。

C. 研究結果

C1. 濃度減衰に基づく空調停止時の換気量推定結果

空調停止時（18 時以降）の各建物の換気量を把握するため、CO₂ 濃度減衰データを用いて推定を行った。執務終了後のデータは毎日得られるが、今回は冬期と夏期とに分けて換気量を推定した。結果を図 3 及び図 4 に示す。A～F の冬期換気回数平均値は各々 0.37、0.11、0.28、0.45、0.48、0.55、夏期換気回数平均値は各々 0.25、0.12、0.17、0.4、0.45、0.53 となった。冬期データの方がばらつき（変動幅）は大きい、平均的には冬期と夏期で平均値的には大きく変わらない結果である。すなわち煙突効果はそれほど大きくは出ていないと考えられる。A～C は特定建築物であり空調停止時は隙間換気が主体となるが、外部というよりも 2 次的に共用部側への流出入が影響している可能性がある。一方、D～F は 0.5ACH 近い量の換気回数となっており、エアコン停止時も換気設備は稼働状態（24 時間換気）であることがわかる。

C2. 温度の不適合割合の状況

建築物環境衛生管理基準・空気管理基準（以下、空気管理基準）の温度管理は 18～28℃である。この範囲に含まれていない割合を AM（9～13 時）、PM（13～17 時）、それ以外（17～翌 9 時）に分類して曜日ごとに考察する。表 2 に冬期の、表 3、図 5 に夏期の結果を示す。A～C は土日休日のサイクルである。ただし A は、ビルの施設管理の方針上、土曜日も空調運転している。D～F は水曜休日、さらに職種等に応じて火曜日、土曜日或いは日曜日に休暇を取得する従業員がいるため、在室人数に変動がある。

A 及び C は温度不適合率が低い。この 2 つの建物は規模が大きく、空気を含めた室内の熱湿気容量が大きいこと、また空調停止時の漏気量が少ないために温度低下しにくい。

一方、D～F は換気回数が大きい（約 0.5ACH）温度低下も大きく、翌日午前中のエアコン運転に負荷がかかっている様子が伺える（高温送風に伴う 28℃超過発生）。B は後述するように換気量が低く設定されていること、日射の影響を大きく受けている様子が伺える。

C3. 相対湿度の不適合割合の状況

表 4、表 5 及び図 7、8 は冬期・夏期の相対湿度の範囲外の割合を示す。冬期はすべての建築物で相対湿度 40%を達成できていない割合が存在しているが、加湿装置のない非特定建築物 D、E、F が顕著である。A は設計通りの加湿（22℃40%の給気）が行われているが、室温が超過していることにより相対湿度 40%に達しない時間帯が存在する。

夏期は冷房に伴う除湿が比較的容易であるため、中央式空調による外気処理を行う A、B、C は相対湿度 70%を超えない。D、E はエアコン稼働時に相対湿度 70%をほぼ超えていないが、執務時間外で 70%を超える時間帯が発生する。F は窓開けを併用実施しているため相対湿度 70%以上の割合が増加する。海外の事例では、特に冬期に壁等での真菌被害があり、これを目視で確認する方法がとられることがあるが、夏期の場合、目視できる場所ではなかなか微生物リスクを判断できない。空調機本体やダクト内等において、微生物汚染のリスクは高まっている可能性が高い。

C4. 絶対湿度に基づく考察

絶対湿度は、空気管理基準の項目には示されていない。しかし、空間温湿度は熱収支・水分収支等の保存則で表現できる温度と絶対湿度をベースにしたほうが、制御・管理の面ではとても明快である。温度・相対湿度基準と合わせてみると、絶対湿度の下限（18℃40%）及び上限（28℃70%）の範囲は、建築物衛生法上は適法となるので、この 2 点を基準に適・不適を判

断する。この範囲外となる割合を表 6、表 7 及び図 9、10 に示す。冬期に関して、特定建築物 A～C に関しては範囲外となる割合が減少するが、B だけは外気絶対湿度の低さと加湿量の少なさにより午前中に基準に達成しない場合が発生する。

また、D は寒冷地（札幌市）であるため、特に冬期は外気絶対湿度が低く、それに加え加湿をしていないため、5.1g/kgDA（18℃40%）に達する比率が極めて少ない。夏期は、窓開け通風を実施している F で 16.6g/kgDA を超える割合が多い。特定建築物は窓開放できるタイプが少ないため高湿化を避けられている。今後、自然換気に伴う除湿負荷や微生物増殖リスクマネジメントも視野に入れておくべきであろう。

C5. CO₂濃度の不適割合の状況

表 8、9 及び図 11、12 に CO₂濃度の不適割合を示す。COVID-19 対策として換気が励行されていたことから、1000ppm 以下で制御されている建築物が多い。

しかし、B については 1000ppm を超える割合が比較的多い（特に月～金の午後）。ヒアリングによると、昼休みの運転停止や温度低下を見越した午後の早い時間帯（16 時等）での空調停止が影響している。D に関しては、月、木、金曜日が全員執務となる曜日のうち、連続 2 日目となる金曜日であること等が要因である。

D.考察

A～C は 3000m² を超える特定建築物であり、設計時より空気管理基準を満たす設計が行われている。熱性能については PAL*と BEI(竣工当時は PAL、CEC)によって規制対象となっているが、そもそも気積や躯体熱容量が大きいいため、必ずしも大きな性能向上が行われているわけではな

い。また、気密性能については殆ど把握されていないが(海外ではビルの気密性能測定も一般に実施されている)、ドア開閉等に支障がでないような圧力調整は行われているなど、建物設計時には設備設計に加え、環境形成に影響する躯体性能設計も実施されている。すなわち、適切な運転を行えば、建築物衛生法の空気管理項目で不適となる確率は本来低い。一方、コスト削減のため、間欠運転を行っている B は、A、C と比べ不適となる割合が増えるとともに、執務者からも暑さ、寒さ及びダクト清掃等に関してクレームがあることが確認できている。近年、環境省で進めるエコチューニングは、最適運転を行うことでコスト削減とエネルギー削減を同時に達成できる方法として取組が進んでいる。但し、発停による単純な間引き運転は節電或いは節エネルギーにはなる一方、停止時は室内環境質を低下させる可能性が高い。

非特定建築物である D～E は、建築基準法及び建築物省エネルギー法上は適法となる反面、例えば換気量に関しては、0.5 回換気の確保では CO₂濃度基準を守られない可能性があることが示された(新型コロナウイルス対策で窓開け換気を併用していることから換気量が確保されている。ただ逆にその対応が高温高湿な空気流入を招き、相対湿度の不適状態を引き起こしている)。エアコンの消費電力量等は調査対象としていないため把握していないが、窓開け換気によるエネルギー消費量の増加は生じていたものと考えられる。また冬期低湿度に関しては、加湿装置を新たに追加しない限り相対湿度 40%を確保することは難しいことが明らかとなった(但し、低湿度による健康被害は確認されていない)。ヨーロッパでは真菌被害防止のため基本的に通年加湿をしないが、それでも相対湿度 15%以下は加湿を検討すべきとしている。この意味では、特に寒冷地の湿度調整は課題である。

湿度環境への不満度等については、A～C、D

～Fとの間で統計的には差がない(図 13)。長期的な健康影響については評価できていないが、建物規模や用途に応じた許容できる室内環境レベルを再検討することの必要性が垣間見られたといえよう。

E. 結論

建築物衛生法の現行空気管理基準に照らして、この基準を満たせていない割合を建物毎、曜日毎に示した。空調設備の違いや運転方法、また履歴が室内温湿度環境形成に大きく影響することを改めて確認することができた。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 本間義規、下ノ菌慧、東賢一、島崎大、小林 健一、阪東美智子、西原直枝. 中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築. (第 4 報) 連続測定に基づく規模・設備別の室内温湿度環境形成要因の考察、空気調和衛生工学会大会学術講演論文集、E-40. p.113-116、2024
- 2) 本間義規、下ノ菌慧、島崎大、小林健一、阪東美智子. 事務所ビルの室内湿度と執務者の湿度感に関する主観評価. 日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、967-698、2024.8
- 3) 本間義規. 人と湿度、日本建築学会環境工学委員会熱環境運営委員会第 53 回熱シンポジウム、87-92、2024.10
- 4) Yoshinori Honma, Kei Shimonosono, Kenichi Azuma, Dai Shimazaki, Kenichi Kobayashi, Michiko Bando and

Naoe Nishihara. Temperature, Relative Humidity and Indoor Air Quality in office buildings and their subjective evaluation. 44th AIVC Conference Proceedings, Croke Park, Dublin, Ireland, 2024.10.9-10,541-550

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

参考文献

- 1) Anthony K.Y Law, C.K Chau, Gilbert Y.S Chan. Characteristics of bioaerosol profile in office buildings in Hong Kong. Building and Environment, Volume 36, Issue 4, 527-541, 1 May 2001
- 2) EN 16798-1:2019 Energy performance of buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting, and acoustics CEN (2019).
- 3) Amar Aganovic, Yang Bi, Guangyu Cao, Finn Drangsholt, Jarek Kurnitski, Pawel Wargocki. Estimating the impact of indoor relative humidity on SARS CoV-2 airborne transmission risk using a new modification of the Wells-Riley model, Building and Environment, 205 (2021), 108278
- 4) Schuit M. et. al. Airborne SARS-CoV-2 Is Rapidly Inactivated by Simulated Sunlight, The Journal of Infectious Diseases, Volume 222, Issue 4, 15 August 2020, Pages 564–571
- 5) Wolkoff, Peder. Indoor air humidity, air quality, and health. International Journal of Hygiene and Environmental Health, vol. 221, issue3, 376-390, 2018
- 6) 令和 4 年度衛生行政報告例、e-stat 政府統計の総合窓口,
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450027&tstat=000001031469>, 2025/04/15 閲覧.

表 1 調査建物の概要

記号	所在地		測定階/最高階	延べ面積(m ²)	空調設備	換気設備
A	北海道札幌市	建築物衛生法 特定建築物	10F/16F	25289.2	AHU (CAV)	第1種熱交換
B	宮城県仙台市		7F/8F	6799.6	PAC+OHU	OHU
C	東京都新宿区		21F/35F	93996.5	AHU (VAV)	AHU
D	北海道札幌市	非特定建築物	2F/3F	1372.7	PAC	第1種熱交換
E	熊本県熊本市		3F/3F	973.4	PAC	第3種
F	石川県金沢市		1F/1F	805.5	PAC	第3種+ドア開閉

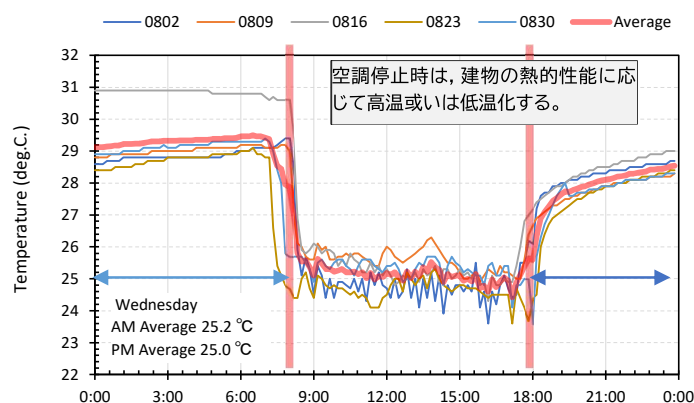


図 1 温度変動の終日実測結果(建築物 B の 8 月水曜日の結果)

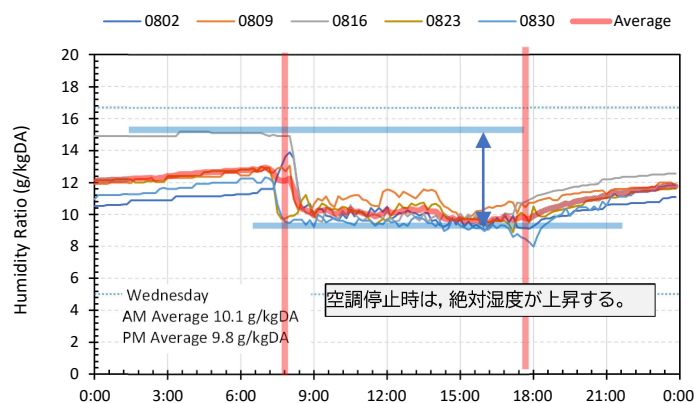


図 2 1 日の絶対湿度変動の終日実測結果(建築物 B の 8 月水曜日の結果)

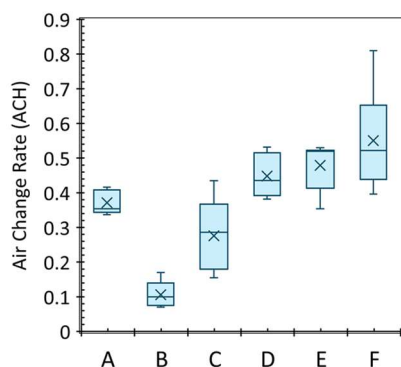


図3 CO₂ 濃度減衰に基づく空調
停止時の換気量推定(1 月)

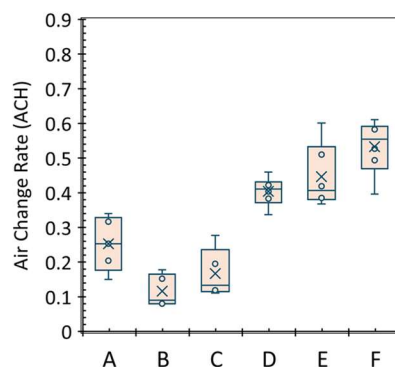


図4 CO₂ 濃度減衰に基づく空調
停止時の換気量推定(8 月,C7 月)

表 2 温度基準(18~28℃)を外れる割合(冬期)

		Monday		Tuesday		Wednesday		Thursday		Friday		Saturday		Sunday	
		18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=
A	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	10.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	AM(9-13)	0	0	0	0	20	0	0	7.5	0	0	0	60.8	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Other	32.9	0	20.1	0	26.3	0	0	9.6	0	9.8	0	58	0	0
C	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Other	20.5	0	1.6	0	2.1	0	0	0	0	0	0	15.6	0	0
D	AM(9-13)	0	40.4	0	9.4	36.6	0	9.2	20.8	0	13.3	0	27.5	0	2.5
	PM(13-17)	0	16.7	0	23	30	0	0	30	0	7.5	0	6.7	0	6.7
	Other	0	0	0	0.3	35.1	0	36.4	0.4	15.3	0	2.5	4.4	1	0
E	AM(9-13)	0	0	0	0	0	14.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	5.2	0	17.6	0	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	3.6	0	11.2	0	13.7	0	0	0	0	0	0.2	0
F	AM(9-13)	20.8	0	0	0	82.5	0	0.8	0	0	0	0	0	4.2	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	56.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Other	50	0	49.9	0	86	0	50.1	0	49.1	0	42.7	0	58.2	0

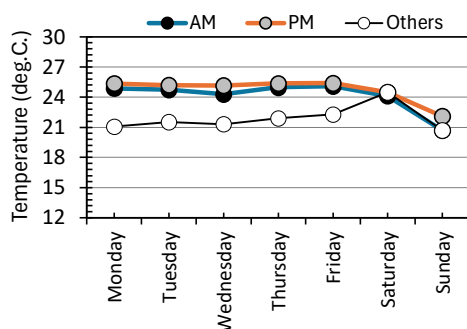


図 5A 建物 A の冬期平均温度

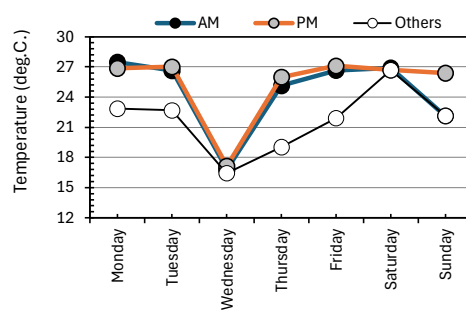


図 5D 建物 D の冬期平均温度

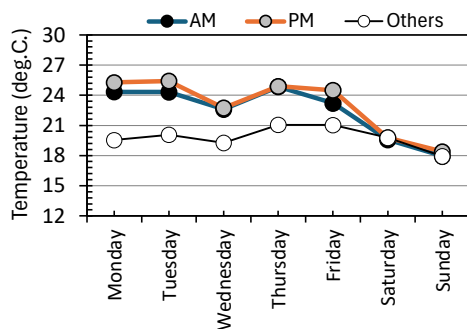


図 5B 建物 B の冬期平均温度

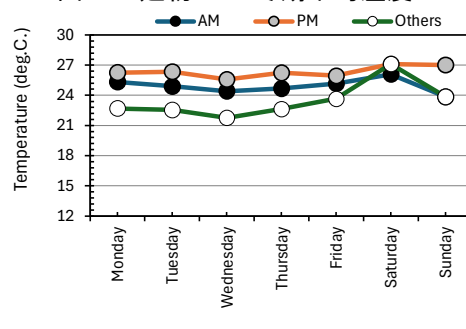


図 5E 建物 E の冬期平均温度

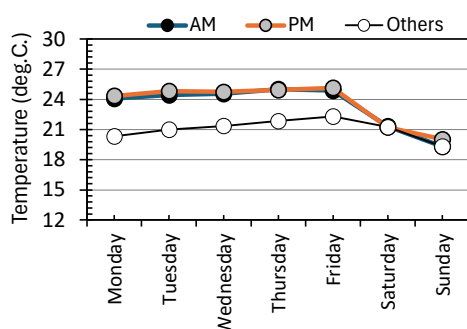


図 5C 建物 C の冬期平均温度

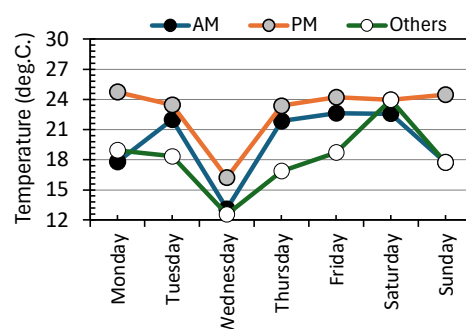


図 5F 建物 F の冬期平均温度

表 3 温度基準(18~28℃)を外れる割合(夏期)

		Monday		Tuesday		Wednesday		Thursday		Friday		Saturday		Sunday	
		18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=	18℃<	28℃<=
A	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.7	0	0	0	14.1
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.3	0	0	0	45.8
	Other	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	7.7
B	AM(9-13)	0	25	0	20.8	0	0	0	0	0	25	0	100	0	100
	PM(13-17)	0	25	0	20	0	0	0	0	0	25	0	100	0	100
	Other	0	86.7	0	77.8	0	68.8	1.3	64.6	0	72.9	0	100	0	100.1
C	AM(9-13)	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.3
	PM(13-17)	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
	Other	0	20	0	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.4
D	AM(9-13)	0	0	0	0	0	23.4	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	1.7	0	0	0	23.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	8.3	0	1	0	20.6	0	15.8	0	7.5	0	1	0	1.7
E	AM(9-13)	0	0	0	0	0	12.5	0	3.9	0	0	0	2.5	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	48.4	0	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	53.7	0	59.6	0	59.4	0	38.1	0	33.3	0	37.2	0	38.8
F	AM(9-13)	0	0	0	0	0	95	0	0	0	9.1	0	9.2	0	1.6
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	99.3	0	19.9	0	20	0	7.5	0	0
	Other	0	17.7	0	17.9	0	53.6	0	54.6	0	17.1	0	15.8	0	18.8

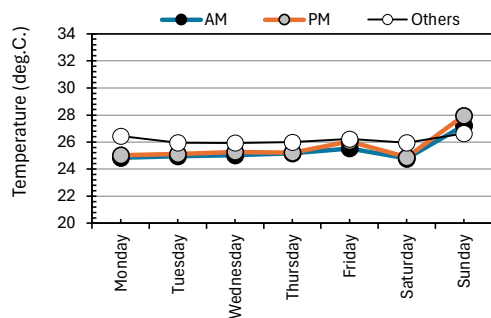


図 6A 建物 A の夏期平均温度

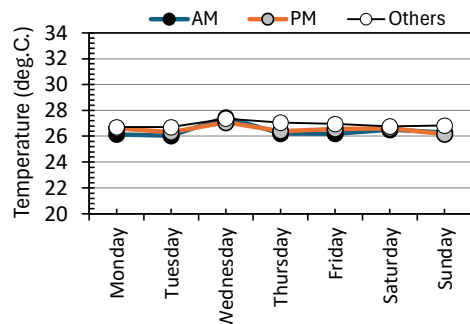


図 6D 建物 D の夏期平均温度

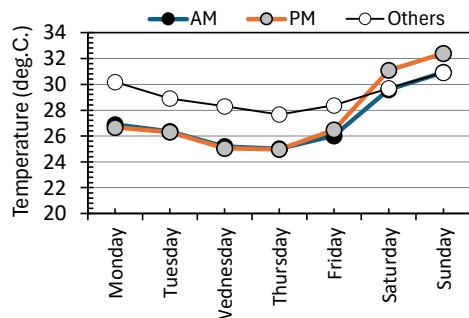


図 6B 建物 B の夏期平均温度

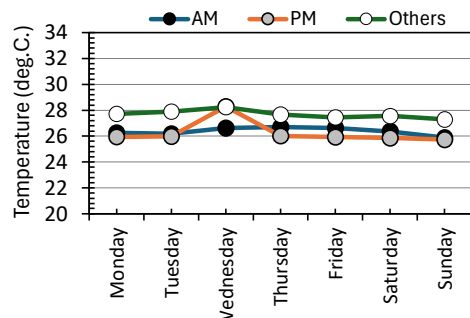


図 6E 建物 E の夏期平均温度

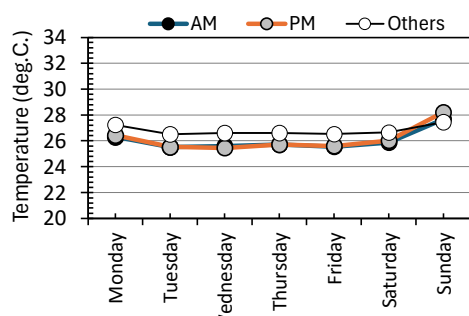


図 6C 建物 C の夏期平均温度

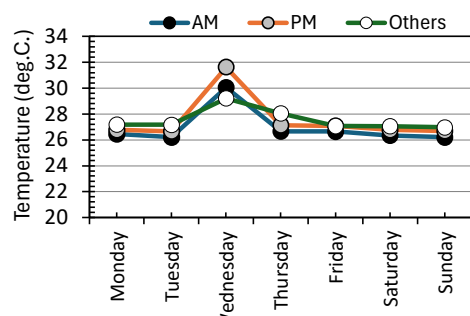


図 6F 建物 F の夏期平均温度

表 4 相対湿度(40%以下)の割合(冬期)

		Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		<=40%	<=40%	<=40%	<=40%	<=40%	<=40%	<=40%
A	AM(9-13)	27.7	21.8	34.2	50	48.4	16.7	100
	PM(13-17)	47.2	49	49.2	57.5	50.9	20	100
	Other	61.1	19.2	22.9	7.5	10	0.6	47.7
B	AM(9-13)	100	100	90	99.2	87.4	71.7	99.2
	PM(13-17)	100	97.9	60	76.7	70.8	80	100
	Other	100	100	76.6	72.9	78.4	80	89.8
C	AM(9-13)	100	100	78.3	100	100	100	100
	PM(13-17)	100	100	80	100	100	100	100
	Other	99	89.8	98.1	91.5	100	100	100
D	AM(9-13)	100	100	100	100	100	100	100
	PM(13-17)	100	100	100	100	100	100	100
	Other	100	100	100	100	100	100	100
E	AM(9-13)	100	100	100	100	100	80	100
	PM(13-17)	100	100	100	100	97.5	80	100
	Other	100	100	100	100	91.2	80	93.7
F	AM(9-13)	100	100	60.8	100	100	80	95.8
	PM(13-17)	100	100	76.7	100	100	80	100
	Other	84	97.9	65.4	77.6	92.1	81.7	76.5

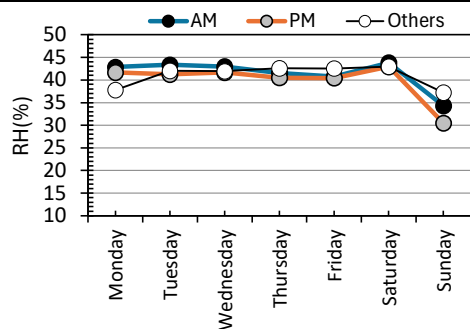


図 7A 建物 A の冬期平均相対湿度

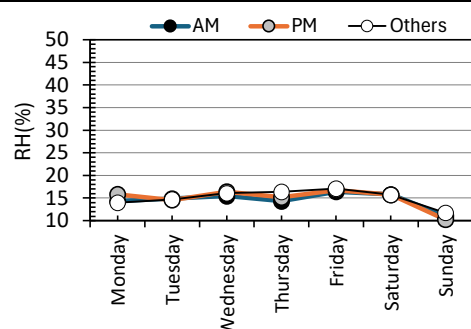


図 7D 建物 D の冬期平均相対湿度

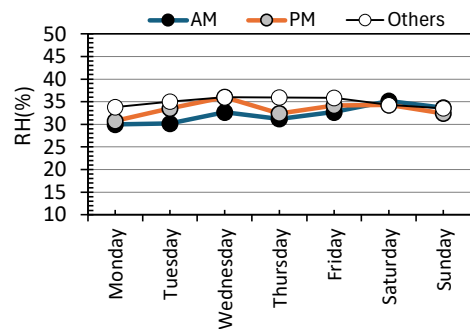


図 7B 建物 B の冬期平均相対湿度

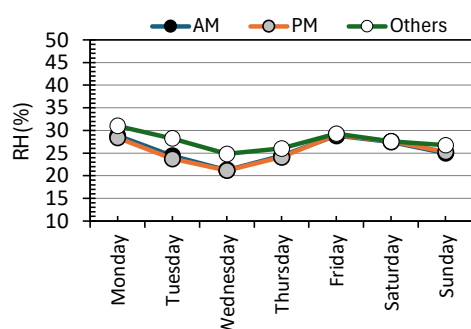


図 7E 建物 E の冬期平均相対湿度

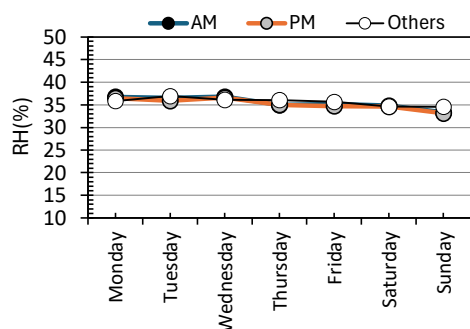


図 7C 建物 C の冬期平均相対湿度

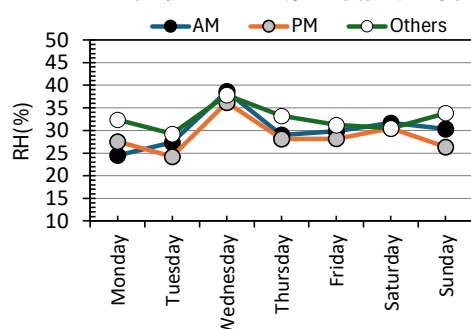


図 7F 建物 F の冬期平均相対湿度

表 5 相対湿度(70%以上)の割合(夏期)

		Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		>=70%	>=70%	>=70%	>=70%	>=70%	>=70%	>=70%
A	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
B	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
C	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
D	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	1	0	2.9	7.9	3	0.5	0.4
E	AM(9-13)	0	0	0	6.9	0.9	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	2.5	0	0
	Other	0	0	0	0	0	6.8	0
F	AM(9-13)	35	23.3	41.7	3.8	0	10.8	24.1
	PM(13-17)	20.8	19.9	4.2	18.4	0	0	0.8
	Other	82.1	61.7	33.3	31	36.7	46.7	77.5

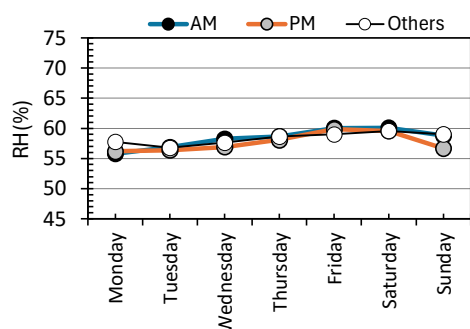


図 8A 建物 A の夏期平均相対湿度

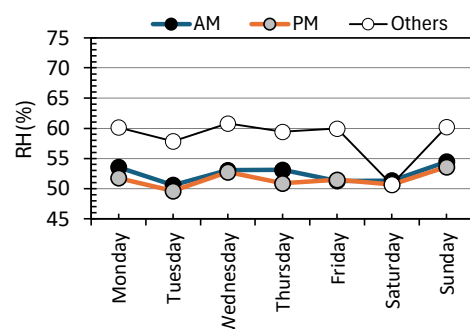


図 8D 建物 D の夏期平均相対湿度

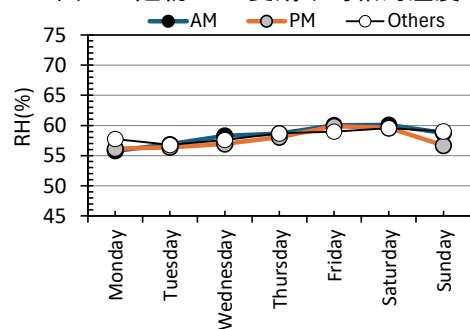


図 8B 建物 B の夏期平均相対湿度

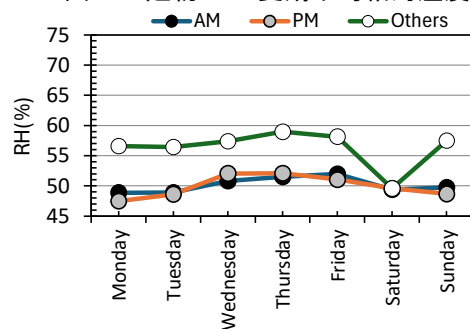


図 8E 建物 E の夏期平均相対湿度

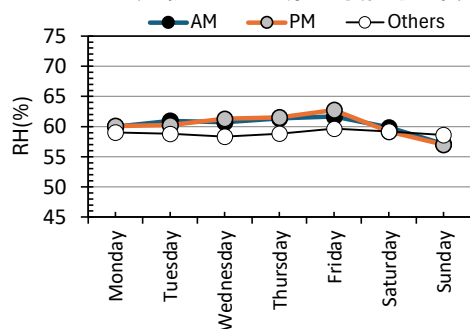


図 8C 建物 C の夏期平均相対湿度

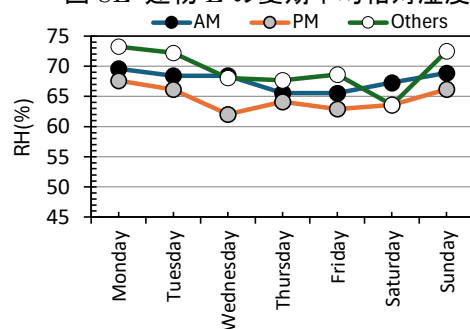


図 8F 建物 F の夏期平均相対湿度

表 6 絶対湿度(18℃40%未満)の割合(冬期)

		Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		<=5.1g/kgDA	<=5.1g/kgDA	<=5.1g/kgDA	<=5.1g/kgDA	<=5.1g/kgDA	<=5.1g/kgDA	<=5.1g/kgDA
A	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
B	AM(9-13)	8.4	14.5	10	0	0	40	40
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	40	40
	Other	23.6	26.5	18.6	0	0	19.4	40.9
C	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	17	0	0	0	0	0	2
D	AM(9-13)	84.7	90.6	100	90	78.3	76.7	100
	PM(13-17)	86.1	84.4	100	80	80	91.7	100
	Other	89.9	95.6	100	95.4	88.9	93.5	100
E	AM(9-13)	0	16.7	42.5	19.2	0	13.3	10
	PM(13-17)	0	0	40	0	0	0	0
	Other	20.2	18.4	54.6	22.6	11.9	22.5	40.8
F	AM(9-13)	0	12.5	65.8	9.2	0	0	24.9
	PM(13-17)	1.4	17.7	24.2	0	0	0	13.3
	Other	39.9	67.2	78.3	61.9	51	50.4	48.4

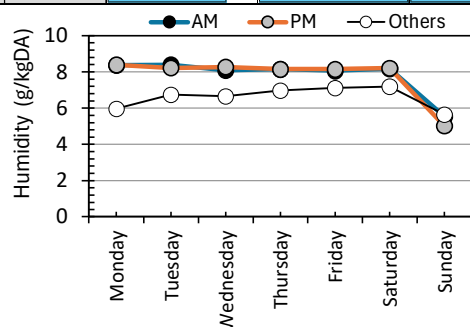


図 9A 建物 A の冬期平均絶対湿度

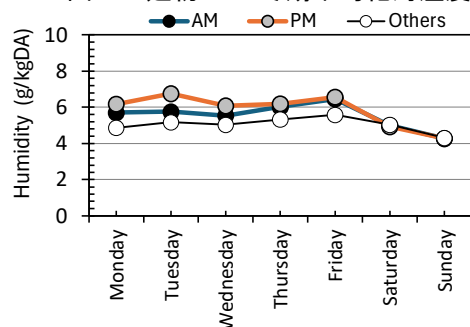


図 9B 建物 B の冬期平均絶対湿度

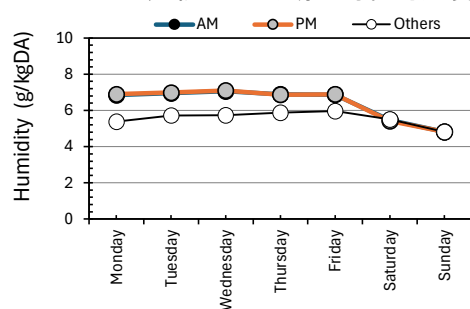


図 9C 建物 C の冬期平均絶対湿度

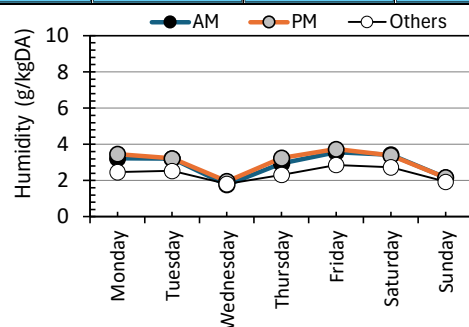


図 9D 建物 D の冬期平均絶対湿度

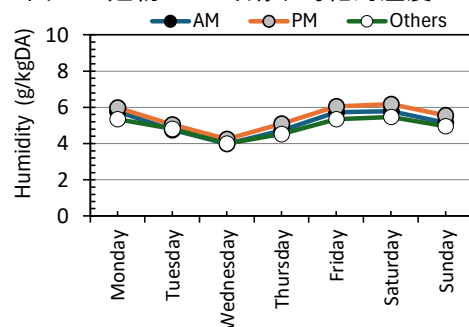


図 9E 建物 E の冬期平均絶対湿度

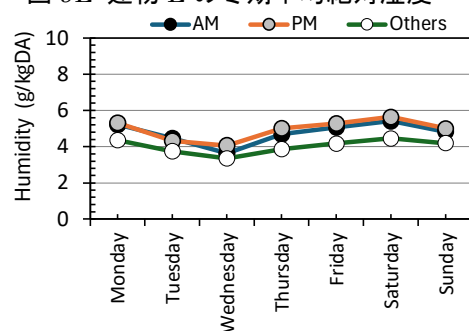


図 9F 建物 F の冬期平均絶対湿度

表 7 絶対湿度(28℃70%以上)の割合(夏期)

		Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		16.6g/kgDA<	16.6 g/kgDA<	16.6g/kgDA<	16.6g/kgDA<	16.6g/kgDA<	16.6g/kgDA<	16.6 g/kgDA<
A	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
B	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	1.4	0	0	0
C	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
D	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	2.6	2.9	18.6	21.7	8.6	5	5.4
E	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	11.7	0	0	0	0
	Other	18.4	12.1	18.1	29.4	12.4	25.6	10.4
F	AM(9-13)	20.8	0	93.3	10.9	0	20	3.3
	PM(13-17)	18.3	13.3	85.9	15.7	1.7	6.7	0
	Other	70.8	52	73.8	51.8	37.8	55.5	59.2

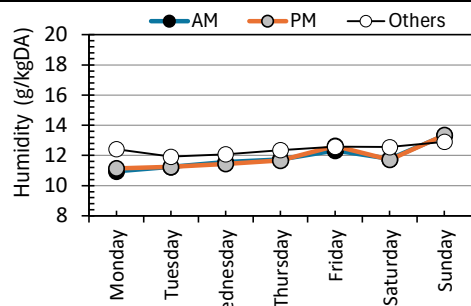


図 10A 建物 A の夏期平均絶対湿度

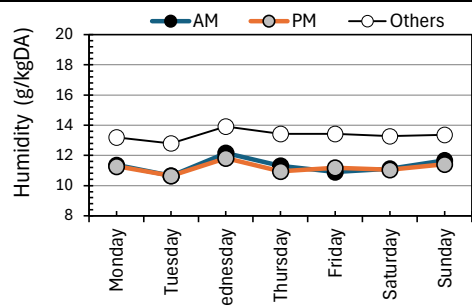


図 10D 建物 D の夏期平均絶対湿度

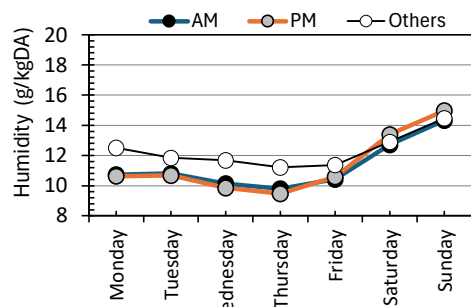


図 10B 建物 B の夏期平均絶対湿度

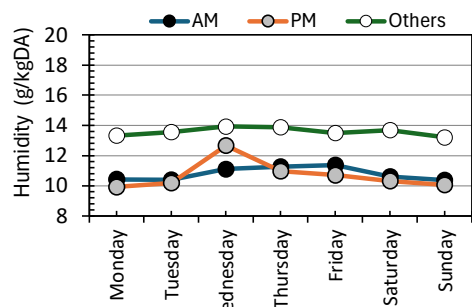


図 10E 建物 E の夏期平均絶対湿度

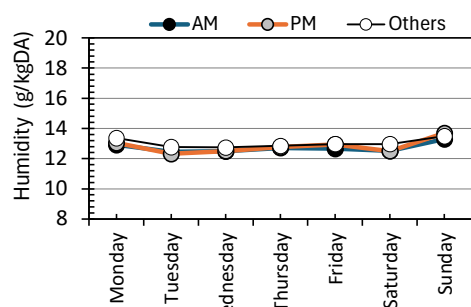


図 10C 建物 C の夏期平均絶対湿度

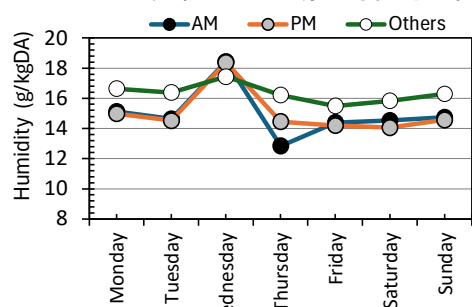


図 10F 建物 F の夏期平均絶対湿度

表 8 CO₂ 濃度(1000ppm 以下)の割合(冬期)

		Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm
A	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
B	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	12.6	38.4	7.4	0	1.7	0	0
	Other	5.6	8.8	1.3	1.4	7.2	0	0
C	AM(9-13)	5.5	19.9	10.9	2.6	6.7	0	0
	PM(13-17)	1.4	28.2	4.2	0	19.2	0	0
	Other	0	1	1.5	0	1.8	0	0
D	AM(9-13)	0	1.1	0	6	6	0	0
	PM(13-17)	2.8	0	0	13.4	1.7	0	0
	Other	7.2	2	0	0	2.2	0	0
E	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
F	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0

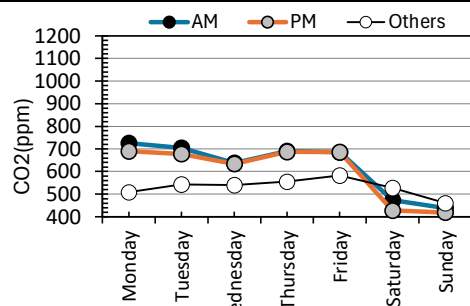


図 11A 建物 A の冬期平均 CO₂ 濃度

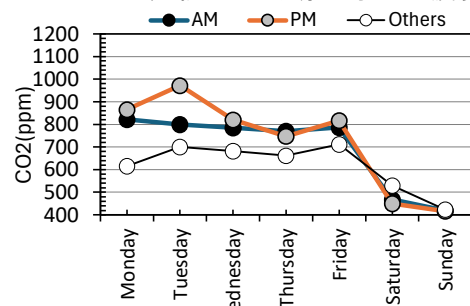


図 11B 建物 B の冬期平均 CO₂ 濃度

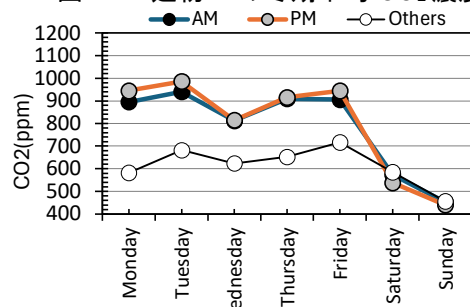


図 11C 建物 C の冬期平均 CO₂ 濃度

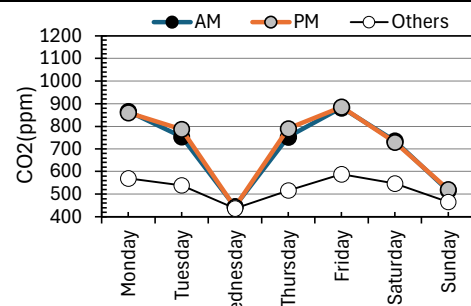


図 11D 建物 D の冬期平均 CO₂ 濃度

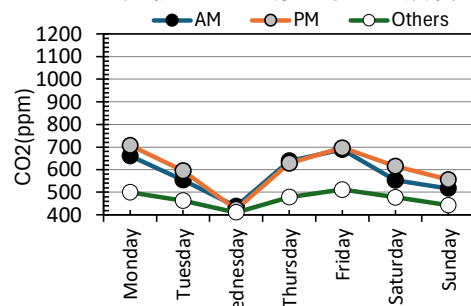


図 11E 建物 E の冬期平均 CO₂ 濃度

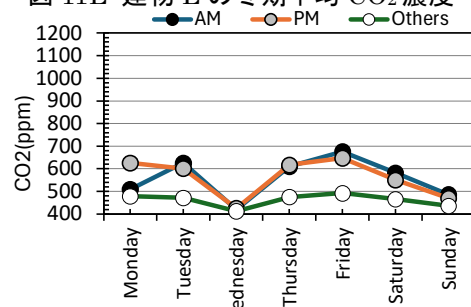


図 11F 建物 F の冬期平均 CO₂ 濃度

表 9 CO₂ 濃度(1000ppm 以下)の割合(夏期)

		Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm	>1000ppm
A	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0.3	0	0	0	0
B	AM(9-13)	2	8.4	21.8	6.8	0	0	0
	PM(13-17)	66.6	56.7	70	52.5	30.1	0	0
	Other	11.7	13.9	15	7.6	6.5	0	0
C	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
D	AM(9-13)	0	0	0	0	28.4	0	0
	PM(13-17)	0	8.5	0	12.5	31.7	0	0
	Other	2.6	2	0	4.3	4.2	0	0
E	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0
F	AM(9-13)	0	0	0	0	0	0	0
	PM(13-17)	0	0	0	0	0	0	0
	Other	0	0	0	0	0	0	0

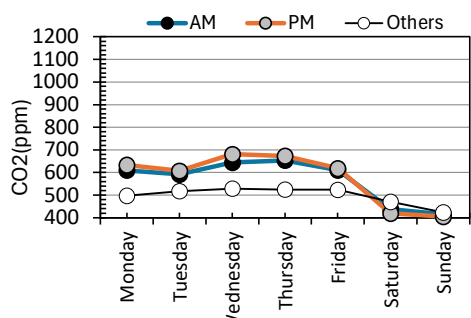


図 12A 建物 A の夏期平均 CO₂ 濃度

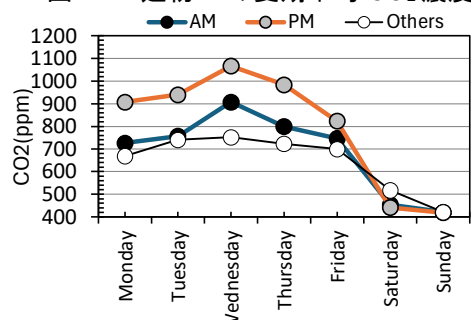


図 12B 建物 B の夏期平均 CO₂ 濃度

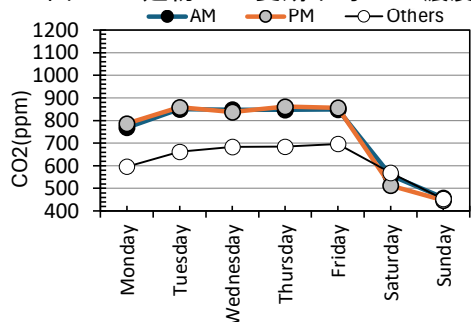


図 12C 建物 C の夏期平均 CO₂ 濃度

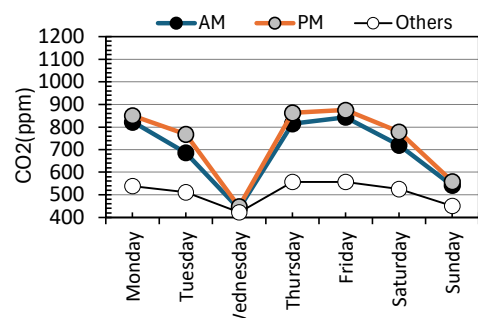


図 12D 建物 D の夏期平均 CO₂ 濃度

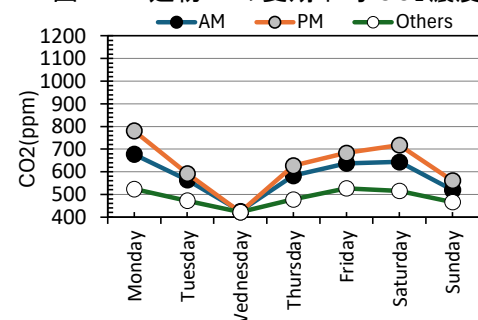


図 12E 建物 E の夏期平均 CO₂ 濃度

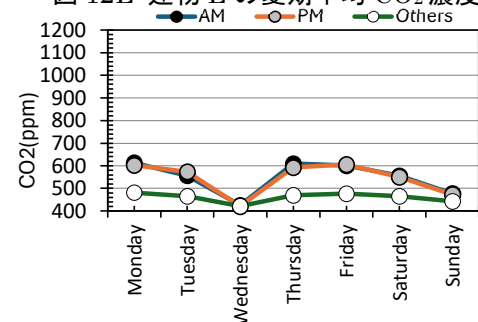
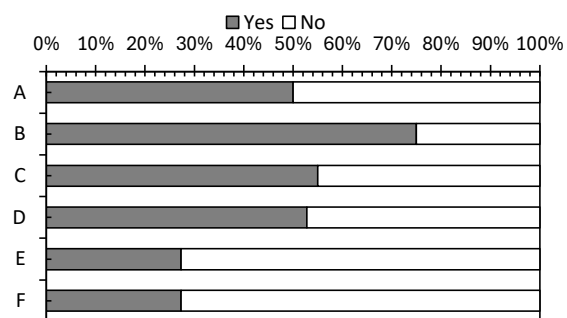
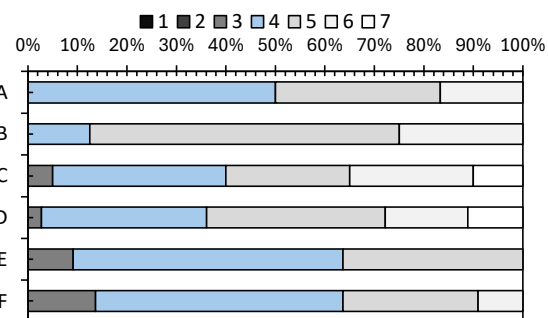


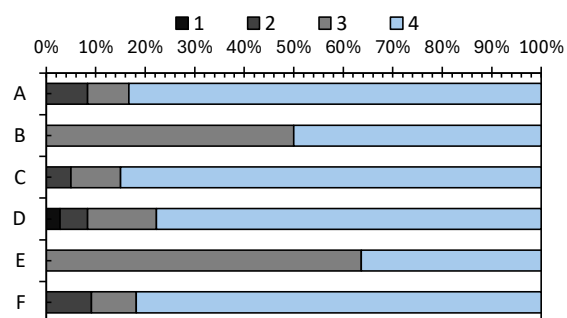
図 12F 建物 F の夏期平均 CO₂ 濃度



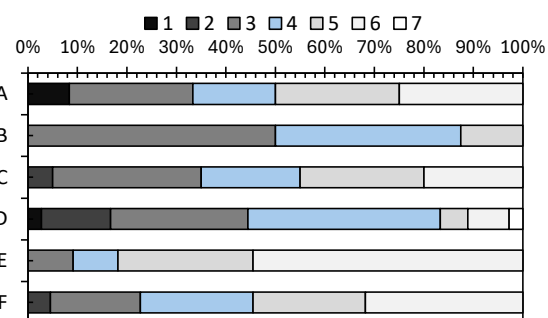
(a) Q2-1 乾燥感の有無



(b) Q2-2 空間湿り具合



(c) Q2-3 静電気ショック



(d) Q2-4 湿度環境満足度

図 13 湿度感に関するアンケート結果 (合計 n=109)

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
オフィスワーカーの着衣量と主観評価に関する調査研究

研究分担者 西原 直枝 日本女子大学 准教授
研究分担者 下ノ薗 慧 国立保健医療科学院 研究員
研究代表者 本間 義規 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

本分担研究では、オフィスにおいて、センシングが難しい着衣量に関するデータを収集し検討した。建築物衛生法の適用とならない3,000㎡未満の中小規模建築物の衛生環境向上を目指し、建築物所有者等の自主的管理をサポートするシステムを構築する上で、把握が比較的難しい着衣量について、調査を行った。6件の建物（うち3件は特定建築物、3件は中小規模建築物）を対象としWeb回答システムを用いて、夏季（2023年8月から9月）および冬季（2025年1月から2月）に着衣量調査を行った。

ISO 9920 に示される着衣単品の着衣量を基にして、各執務者の基礎着衣熱抵抗値を加算し算出したところ、夏季は男性で0.58clo、女性で0.64cloであった。冬季の分析では、男性1.07clo、女性1.11cloであった。着用者率の分布をみると、夏季は、男性の73.5%が、0.5clo以上0.6clo未満の着衣量であり、分布が集中していたが、女性は0.5clo以上0.6clo未満のカテゴリーで36.8%であり、男性よりも比較的広範囲に分布していた。冬季については、男女ともに広く分布しており、着衣量に個人差が大きいことが示された。建物規模別の分析では、3,000㎡以上の特定建築物では夏季は、0.56clo、中小規模建築物では0.62cloであり、中小規模建築物において有意に高い着衣量であった。冬季は、特定建築物では1.02clo、中小規模建築物では1.11cloであったが、建物規模の違いによる着衣量の平均値に有意な差は認められなかった。着席位置から、インテリアゾーン（IZ）とペリメーターゾーン（PZ）との間の比較をしたところ、夏季はIZで0.59clo、PZで0.61cloであり、平均着衣量に有意な差は認められなかったが、冬季は、IZで0.95clo、PZで1.20cloであり、有意にPZがIZより高い傾向があり、着衣を多く着ることによって、調整を行っている様子が示された。

A. 研究目的

建築物における衛生的環境の確保に関する法律（建築物衛生法）の適用を受けない3,000㎡未満の中小規模建築物においては、維持管理権限者が不明なことも多く、衛生環境の向上においては未だ課題が多い。本研究では、建築物衛生法の適用とならない中規模以下の建築物の衛生環境向上のため、建築物所有者等の自主的管理をサポートするIoT活用のシステムを構築することである。

本研究では、室内環境の物理測定とともに、主観評価を行い、中小規模建築物における衛生

環境の実態把握を行い、IoTを活用したシステム構築を目指している。

室内環境質の一つである温熱環境評価において、人体と環境との間の熱平衡にかかわる、温熱環境6要素のうち、環境側の、空気温度、放射温度、気流、湿度については、センシング技術の精査を行っていくことで実現可能であるが、人体側の要素である、着衣量および代謝量に関しては、センシングが難しいのが現状である。代謝量に関しては、オフィス作業において典型的な作業を想定し、その作業に相当する代謝量を見積り（たとえばタイピング作業1.1metな

ど)、評価に生かす方法が考えられる。

着衣量についても、典型的な衣服組み合わせを想定し一括してデータとして与える方法が考えられるが、実際のオフィスにおいては、空調設備の状況や室内温度分布、個人によるばらつきなども大きいことが想定される。

本分担研究では、中小規模建築物を含んだ6件の建築物における主観評価を行う際に着衣量に関する詳細な設問を用意し、特に着衣量に関する分析を行うことで、オフィス環境においてセンシングが難しい、着衣量に関するデータを収集し知見を得ることを目的とした。夏季のデータの再分析を行うとともに、冬季にも同じ建築物において着衣量の調査を行った。

B. 研究方法

B1. 夏季オフィスにおける着衣量の実態に関する情報収集

夏季オフィスにおける着衣量調査については、西原ら¹⁾が、2006年にクールビズが導入された夏季の冷房設定温度を28℃として積極的に取り組んでいるオフィスにおいて着衣量を調査している。平均着衣量は男性で0.54clo、女性で0.52cloであり、1974-1975年に実施された成瀬の調査²⁾に比べ、特に男性においてノージャケット、ノーネクタイをはじめとした軽装化が進んでいた。一方でこのオフィスでは机上上面高さで測定した執務者周辺の室内温度は28.3℃±0.4℃、相対湿度51±3%であり、多くの執務者が改善したい環境要素として温熱環境を挙げている。扇風機等を利用して暑さ対策を行っている状況であり、72%の執務者が、この執務環境の質は作業性を「低下させている」と回答していた。

近年では熱中症のリスクも考慮され、当初クールビズで掲げられていた「設定温度28℃」ではなく「適切な温度での空調使用と各自の判断による快適で働きやすい軽装」と改められ、「冷房時の外気温や湿度、建物の状況、体調等を考慮しながら、無理のない範囲で、冷やしすぎない室温管理の取り組みをお願いします」との表現でクールビズが取り組まれている³⁾。2024年度時点では、このような形でのクールビズも定着し、オフィスにおける軽装化も定着し

てきていると考えられるが、オフィスにおける着衣量の実態を、中小規模建物を含んだ複数のオフィスビルにおいて分析した調査はない。また、本研究では、あわせて実態把握が難しかった冬季の着衣量の測定も行い、分析を行うこととした。

B1. 実測方法概要（夏季および冬季）

調査対象の6件、Aビル、Bビル、Cビルは特定建築物、Dビル、Eビル、Fビルは中小規模建築物である。いずれも用途は事務所であり、AビルとCビルは中央管理空調方式、その他は個別管理空調方式であった。対象とした建築物の概要や、室内環境測定および主観評価結果については割愛する。

Web 回答システムを用いて着衣量の調査を実施した。夏季実測は2023年8月から9月に、冬季実測は2025年1月から2月に測定を実施した。夏季調査では、回答者の性別の内訳は、男性49名、女性19名、答えたくない方が2名の計70名であった。冬季調査では、回答者の性別の内訳は、男性60名、女性29名、答えたくない方が3名の計92名であった。

着衣量の評価においては表1に示す項目について回答を求めた。着衣量の評価においては、令和5年度調査と同様に、上衣や下衣の布地の厚さは「薄い、厚い」の2種類、上衣では袖丈を「長袖、半袖、袖なし」の3種類、下衣ではズボン・パンツおよびスカートの丈を「膝上、膝丈、膝下」の3種類に大別した。また、小物類やマスクの着用などについても質問した。なお、着衣量に関する設問については、無回答、一部回答が不完全であり着衣量の推定が難しいもの、夏季において上衣や下衣の全種類を重複して回答を行うなど回答方法が明らかに誤っているものなどがあり、これらはデータから除外して分析を行った。

なお、主観評価調査の実施にあたり、国立保健医療科学院の倫理審査委員会の承認を得ている（承認番号NIPH-IBRA#12425）。

B2. 着衣量の解析方法

ISO 9920⁴⁾に示される着衣単品の着衣量を基にして、各執務者の基礎着衣熱抵抗値を加算

し、算出した。 $1\text{clo}=0.155\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ である。小物類のうち、ISO9920に推定値が掲載されていた靴下、ストッキング、タイツについてはISO9920にしたがって算入した。ISO 9920に示されていないが、ネクタイについては 0.01clo 、ストールについては長袖カーディガンに相当するとし 0.23clo として計算した。

なお、夏季のデータにおいては、「半袖襟付きシャツ」の回答者のうち、薄手か厚手かを未記入のデータが多く見受けられたが、この場合については「薄手」と想定してデータ解析を行うこととした。また、「ズボン、パンツ」の項目について、丈の長さについて未記入のデータが見受けられたが、この場合は基本的に「膝下」の通常丈を着用していたものとして算出した。

冬季については、対応する衣服が掲載されていないものも多かったが（近年よくオフィスで使われている、薄手の中綿の入ったダウン風のベストなど）、最も近いと推定される衣服の着衣量データを採用した。

また、卓上ファンやうちわ、冷却グッズ、ひざ掛けなどの、基礎着衣熱抵抗値に相当する効果の推定が難しいものについては、使用者率を算出した。

平均値の比較には等分散を仮定しない、対応のないt検定（両側検定）を用いた。

C. 研究結果

C1. オフィスにおける基礎着衣熱抵抗値

夏季および冬季の基礎着衣熱抵抗値を男女別に表2に示す。夏季は、男性 $0.58\pm 0.11\text{clo}$ 、女性 $0.64\pm 0.13\text{clo}$ であった（ $p=0.11$, Cohen's $d=0.48$ ）。冬季は、男性 $1.07\pm 0.57\text{clo}$ 、女性 $1.11\pm 0.51\text{clo}$ であり有意な差は認められなかった（ $p=0.77$, Cohen's $d=0.07$ ）。

着用者率分布を図1に示す。夏季は、男性の73.5%が、 0.5clo 以上 0.6clo 未満の着衣量であった。女性で最も多い着用者率だったのは、 0.5clo 以上 0.6clo 未満のカテゴリーが36.8%であり、男性よりも比較的広範囲に分布していた。冬季については、男女ともに広く分布しており、表2に示したとおり、夏季に比べ冬季の方が、基礎着衣熱抵抗値の標準偏差も大きく、着衣量に個人差が大きいことが示された。

夏季および冬季の基礎着衣熱抵抗値を建物別に表3に示す。

建物規模別の分析（図2）では、 $3,000\text{ m}^2$ 以上の特定建築物では夏季は、 $0.56\pm 0.09\text{clo}$ 、中小規模建築物では $0.62\pm 0.13\text{clo}$ であり、特定建築物以外の中小規模建築物において有意に高い着衣量であった（ $p=0.04$, Cohen's $d=0.50$ ）。冬季は、特定建築物では $1.02\pm 0.37\text{clo}$ 、中小規模建築物では $1.11\pm 0.62\text{clo}$ であったが、建物規模の違いによる着衣量の平均値に有意な差は認められなかった（ $p=0.36$, Cohen's $d=0.17$ ）。なお、中小規模建築物では特定建築物よりも標準偏差が大きく、ばらつきが大きかった。

居住者の座席位置について、「窓から5m以内」および「入口から5m以内」の座席の回答を「ペリメーターゾーン（PZ）」、それ以外を「インテリアゾーン（IZ）」とし、分析を行った。ゾーン別の分析（図3）では、夏季は、IZで $0.59\pm 0.11\text{clo}$ 、PZで $0.61\pm 0.13\text{clo}$ であり、ゾーン間に有意な差は認められなかったが（ $p=0.46$, Cohen's $d=0.18$ ）、冬季は、IZが $0.95\pm 0.28\text{clo}$ 、PZで $1.20\pm 0.69\text{clo}$ であり、有意にPZがIZより高かった（ $p=0.03$, Cohen's $d=0.47$ ）。冬季のオフィスでは、ペリメーターゾーンの座席の回答者は、着衣を多く着ることによって、調整を行っている様子が示された。

C2. 温冷感申告値と着衣量

図4に夏季および冬季の温冷感申告値の回答割合、図5に温冷感申告値と基礎着衣熱抵抗値の関係を示す。夏季において、女性は「-1: やや涼しい」が40%、「0: 暑くも寒くもない」が44%であり、その着衣量は前者で $0.43\text{-}0.88\text{clo}$ 、後者で $0.51\text{-}0.75\text{clo}$ の範囲に分布した。男性は、「0: 暑くも寒くもない」が57%であり、その着衣量は $0.49\text{-}0.83\text{clo}$ の範囲に分布した。

冬季は、女性は「0: 暑くも寒くもない」が45%であり、その着衣量は $0.68\text{-}2.12\text{clo}$ の範囲に分布した。男性は、「0: 暑くも寒くもない」が35%であり、その着衣量は $0.57\text{-}2.35\text{clo}$ の範囲に分布した。女性は、「-3: 寒い」に14%の申告が認められた。

C3. 個別体温調節用の小物類の使用率

卓上ファンやうちわ、冷却グッズ、ひざ掛けなどの個別体温調節のための小物類の使用者率は、夏季は男性では、「卓上ファン・携帯ファン」は14.3%、「うちわ・扇子」は4.1%の使用者率であった。女性では、「ひざかけ（厚手）」は、10.5%であり、次いで「卓上ファン・携帯ファン」の5.3%であった。冬季は男性では、「卓上ファン・携帯ファン」が3.3%であり、そのほかの小物は使用していなかった。女性では、「卓上ファン・携帯ファン」が6.9%、「ひざかけ（厚手）」は10.3%、「腹巻き」が3.4%であった。

D.考察

本研究では、アンケート調査を通して着衣量を詳細に回答いただくことで、なかなか把握が難しいオフィス内の着衣量を測定した。夏季は男性で0.58clo、女性で0.64cloであった。冬季の分析では、男性1.07clo、女性1.11cloであった。

オーストラリアの認証システム NABERS⁵⁾ (National Australian Built Environment Rating System) で推奨されている主観申告システム BOSSA⁶⁾や、物理計測システム SAMBA⁷⁾を用いた評価を行う際には、着衣量については、典型的なオフィスでの着衣量や、屋外温度の関数を用いた推定によるデータを用いている。本研究では、夏季においては、男性では0.5clo以上0.6clo未満の基礎着衣熱抵抗値のカテゴリーに回答者の73.5%が属しており、平均値である0.58cloを代表値としてとらえることが、ある程度は可能であるといえる。一方で、女性については、0.5clo以上0.6clo未満のカテゴリーで36.8%であり、男性よりも比較的広範囲に分布している。冬季については、男女ともに広く分布しており、着衣量に個人差が大きい。

詳細な着衣量調査のアンケートでは無回答や回答ミスが多くなり、回答者の負担も大きいことが課題である。簡単かつ適切に基礎着衣熱抵抗値を把握する手法について、さらに検討を進めたい。

環境に適応しようとする行動や生理・心理反応が、私たちの快適な温度範囲を広げていることが指摘されており、アダプティブモデルとよばれている^{8),9)}。これまでの研究で、居住者が

オフィス環境にどれだけ適応できるかの度合によって、許容できる室内温度範囲が広くなることがわかっている。

温熱環境への適応行動としては、たとえば、窓を開ける、衣服を調節する、自分の好みに空調をカスタマイズできるなどの行動が挙げられる。また、それまでの温熱環境の履歴や、その空間でどのような行動をして、どのくらいの快適性を期待しているのかによっても、オフィスの室内環境に求めるものが異なり、許容できる温度範囲が異なってくる。

米国暖房冷凍空調学会の室内温熱環境に関する規準であるASHRAE standard 55¹⁰⁾では、機械空調がない空間を対象としたアダプティブモデルが提案され、平均外気温に対し、許容できる室内温度の範囲を示している。日本のオフィスでは、ほとんどの建物に空調が設置されており、今回の研究で対象としたオフィスもすべて機械空調による制御を行っており、直接的にこのアダプティブモデルを適用することはないが、省エネルギー性の高い建築が求められるなか、人間の環境への心理的、生理的、あるいは行動による適応特性を把握し、設計上の工夫を行うことは興味深い。

ASHRAE standard 55でも、個別ファンや温度コントローラーへのアクセスの有無などにより、温熱環境制御の区分が5段階で示されており、居住者が環境制御に容易にアクセスできる状態であることが期待されている。特定建築物以外の建築物であっても、多くの人が使用・利用する場合は、特定建築物と同様の維持管理をするように努めることとされており、中小規模オフィスでも快適な室内環境の実現に努力することがまず重要である。同時に、現状の中小規模オフィスにおいて熱的快適性の許容範囲を広げるためには、適応行動に着目して、着衣の調整、窓開け換気や空調温度コントローラーへのアクセスのしやすさ、デスクファンや足元ヒーターなどの個別対応など、居住者が温度環境制御のしやすい環境づくりの工夫を加えていくことが有効であると考えられる。

本研究により、中小規模のオフィスにて着衣の調査を行ったところ、特定建築物よりも中小規模オフィスで夏季においては着衣量が多く、

また、冬季ではペリメーターゾーンが、インテリアゾーンよりも、中小規模オフィスにおいて有意に着衣量が多いという結果が得られ、居住者が個別に衣服調整していることが示された。特に冬季においては、夏季よりも着衣量の個人差が大きく、女性は「0: 暑くも寒くもない」が45%であり、その着衣量は0.68-2.12cloの範囲、男性は、「0: 暑くも寒くもない」が35%であり、その着衣量は0.57-2.35cloの範囲に分布しており、個別に着衣量により調整している実態を把握した。

E. 結論

本研究では、オフィスにおいて、センシングが難しい着衣量に関するデータを収集し検討した。建築物衛生法の適用とならない3,000㎡未満の中小規模建築物の衛生環境向上を目指し、建築物所有者等の自主的管理をサポートするシステムを構築する上で、把握が比較的難しい着衣量について、調査を行った。6件の建物（うち3件は特定建築物、3件は中小規模建築物）を対象としWeb回答システムを用いて着衣量調査を実施した。

ISO 9920 に示される着衣単品の着衣量を基にして、各執務者の基礎着衣熱抵抗値を加算し算出したところ、夏季は男性で0.58clo、女性で0.64cloであった。冬季の分析では、男性1.07clo、女性1.11cloであった。着用者率の分布をみると、夏季は、男性の73.5%が、0.5clo以上0.6clo未満の着衣量であり、分布が集中していたが、女性は0.5clo以上0.6clo未満のカテゴリーで36.8%であり、男性よりも比較的広範囲に分布していた。冬季については、男女ともに広く分布しており、着衣量に個人差が大きいことが示された。

建物規模別の分析では、3,000㎡以上の特定建築物では夏季は、0.56clo、中小規模建築物では0.62cloであり、中小規模建築物において有意に高い着衣量であった。冬季は、特定建築物では1.02clo、中小規模建築物では1.11cloであったが、建物規模の違いによる着衣量の平均値に有意な差は認められなかった。

着席位置から、ゾーン間の比較をしたところ、夏季はIZで0.59clo、PZで0.61cloであ

り、平均着衣量に有意な差は認められなかったが、冬季は、IZで0.95clo、PZで1.20cloであり、有意にPZがIZより高い傾向があり、着衣を多く着ることによって、調整を行っている様子が示された。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし

2. 学会発表

西原直枝, 本間義規, 下ノ菌慧, 東賢一, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子「中小規模建築物の維持管理を目的とした夏季オフィスワーカーの着衣量調査」, 第48回人間・生活環境系シンポジウム報告集, pp. 59-60, 2024

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

参考文献

- 1) 西原直枝, 羽田正沖, 田辺新一, 夏季冷房28℃設定オフィスにおける執務者の着衣量および主観申告調査, 日本家政学会誌, 2010, 61(3), pp. 169-175, <https://doi.org/10.11428/jhej.61.169>
- 2) 成瀬哲生, 室内の温熱環境, 空気調和・衛生工学, 1980, 54(1), pp.43-50
- 3) 環境省, 令和5年度クールビズについて, https://www.env.go.jp/press/press_01503.html, (2023年11月22日参照)
- 4) ISO9920. Ergonomics of the thermal environment -Estimation of thermal insulation and water vapor resistance of a clothing ensemble, 2007
- 5) NABERS, <https://www.nabers.gov.au/> (2023年11月22日参照)
- 6) Candido C, Kim J, de Dear R & Thomas L (2016) BOSSA: a multidimensional post-occupancy evaluation tool, Building Research & Information,

44:2, 214-228, DOI:

10.1080/09613218.2015.1072298

7) Parkinson T, Parkinson A, de Dear R, Continuous IEQ monitoring system: Context and development, Building and Environment, Volume 149, 2019, pp.15-25,

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.010>.

8) Humphreys, M., and Nicol, J. F. : Understanding the adaptive approach to thermal comfort, ASHRAE Technical Data Bulletin, 14 (1), 1 - 14, 1998

9) de Dear, R. and Brager, G. S. : Developing an adaptive model of thermal comfort and preference, ASHRAE Technical Data Bulletin, 14 (1), 27 - 49, 1998

10) ASHRAE: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ ASHRAE standard 55-2023, 2023

表1 着衣量に関する測定項目

「現在の着衣状態を教えてください（下記に示すものから全て選択してください）」

上半身（下着除く）		
<input type="checkbox"/> 襟付きシャツ（ワイシャツ、ブラウスなど）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖 <input type="checkbox"/> 袖なし <input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖
<input type="checkbox"/> 襟付きカットソー（ポロシャツなど）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 袖なし
<input type="checkbox"/> 襟なしシャツ・カットソー（Tシャツなど）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖 <input type="checkbox"/> 袖なし
<input type="checkbox"/> ワンピース	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖 <input type="checkbox"/> 袖なし
<input type="checkbox"/> シングルジャケット（スーツ）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖
<input type="checkbox"/> ダブルジャケット（スーツ）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖
<input type="checkbox"/> ベスト（ニット素材）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	-
<input type="checkbox"/> ベスト（ニット素材以外）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	-
<input type="checkbox"/> セーター（丸首、V字ネック型など）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖
<input type="checkbox"/> セーター（タートルネックなど）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖
<input type="checkbox"/> トレーナー（パーカー、フリース類含む）	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖 <input type="checkbox"/> 袖なし
<input type="checkbox"/> カーディガン	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 長袖 <input type="checkbox"/> 半袖 <input type="checkbox"/> 袖なし
<input type="checkbox"/> その他（具体的に教えてください）	[]	

下半身（下着除く）		
<input type="checkbox"/> ズボン・パンツ	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 膝上 <input type="checkbox"/> 膝丈 <input type="checkbox"/> 膝下
<input type="checkbox"/> スカート	<input type="checkbox"/> 薄手 <input type="checkbox"/> 厚手	<input type="checkbox"/> 膝上 <input type="checkbox"/> 膝丈 <input type="checkbox"/> 膝下
その他（具体的に教えてください）	[]	

靴類（現在着用しているもの）	小物類（現在着用しているもの）
<input type="checkbox"/> 革靴	<input type="checkbox"/> 靴下
<input type="checkbox"/> パンプス	<input type="checkbox"/> ストッキング・タイツ
<input type="checkbox"/> スニーカー	<input type="checkbox"/> 腹巻き
<input type="checkbox"/> サンダル	<input type="checkbox"/> ネクタイ
<input type="checkbox"/> ショートブーツ	<input type="checkbox"/> ストール
<input type="checkbox"/> ロングブーツ	<input type="checkbox"/> スカーフ
<input type="checkbox"/> スリッパ	<input type="checkbox"/> ひざ掛け（薄手）
<input type="checkbox"/> その他（ ）	<input type="checkbox"/> ひざ掛け（厚手）
	<input type="checkbox"/> カイロ
	<input type="checkbox"/> 卓上ファン・携帯ファン
	<input type="checkbox"/> うちわ・扇子
	<input type="checkbox"/> 冷却グッズ（具体的に： ）
	<input type="checkbox"/> その他（ ）

マスクの着用についてお答えください。
<p>室内の執務時間（食事時間は除く）において、マスクを着用していますか。あなたの典型的な 1 日の執務時間のうちの時間割合でお答えください。</p> <p><input type="checkbox"/>10%未満 <input type="checkbox"/>10%以上 30%未満 <input type="checkbox"/>30%以上 50%未満 <input type="checkbox"/>50%以上 70%未満 <input type="checkbox"/>70%以上 90%未満 <input type="checkbox"/>90%以上</p> <p>どのようなマスクを使用していますか。</p> <p><input type="checkbox"/>不織布マスク <input type="checkbox"/>布マスク <input type="checkbox"/>ウレタンマスク <input type="checkbox"/>その他（具体的に： ）</p>

上記以外で特に何かありましたら記載ください。（例：吸湿速乾素材の肌着を使っているなど）

表2 基礎着衣熱抵抗値（性別）

[夏季]

性別	n 数	基礎着衣 熱抵抗値 (clo) 平均±標準偏差
女性	19	0.64±0.13
男性	49	0.58±0.11
答えたくない	2	0.72±0.18
総計	70	0.60±0.12

[冬季]

性別	n 数	基礎着衣 熱抵抗値 (clo) 平均±標準偏差
女性	29	1.11±0.51
男性	60	1.07±0.57
答えたくない	3	1.01±0.23
総計	92	1.08±0.54

表3 基礎着衣熱抵抗値（建物別）

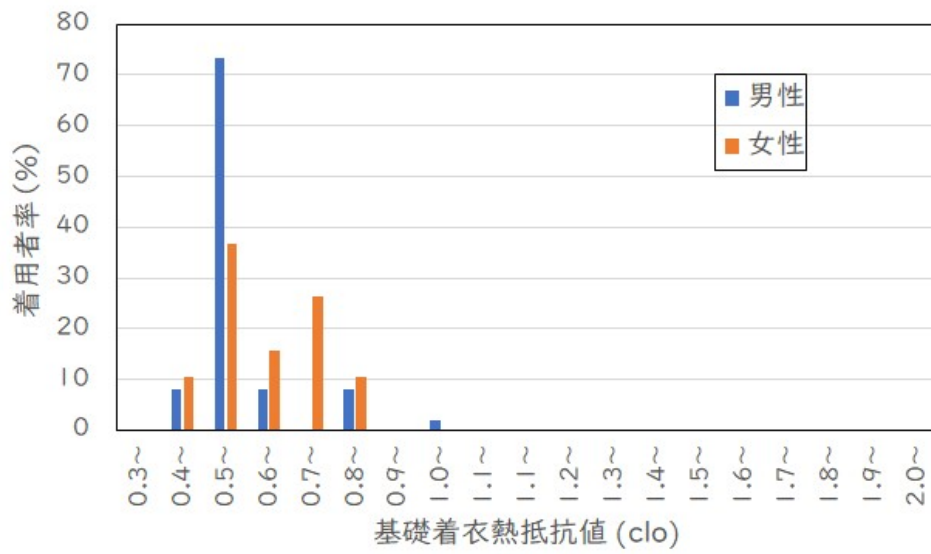
[夏季]

	n 数	基礎着衣熱抵抗値 (clo) 平均±標準偏差
特定建築物	21	0.56±0.09
A ビル	8	0.54±0.08
IZ	5	0.51±0.01
PZ	3	0.59±0.11
B ビル	4	0.56±0.06
IZ	1	0.54±0.00
PZ	3	0.57±0.07
C ビル	9	0.58±0.11
IZ	2	0.57±0.01
PZ	7	0.59±0.12
中小規模	49	0.62±0.13
D ビル	24	0.63±0.14
IZ	10	0.59±0.12
PZ	14	0.65±0.15
E ビル	18	0.61±0.10
IZ	7	0.63±0.11
PZ	11	0.60±0.10
F ビル	7	0.63±0.14
IZ	1	0.78±0.00
PZ	6	0.60±0.13
総計	70	0.60±0.12

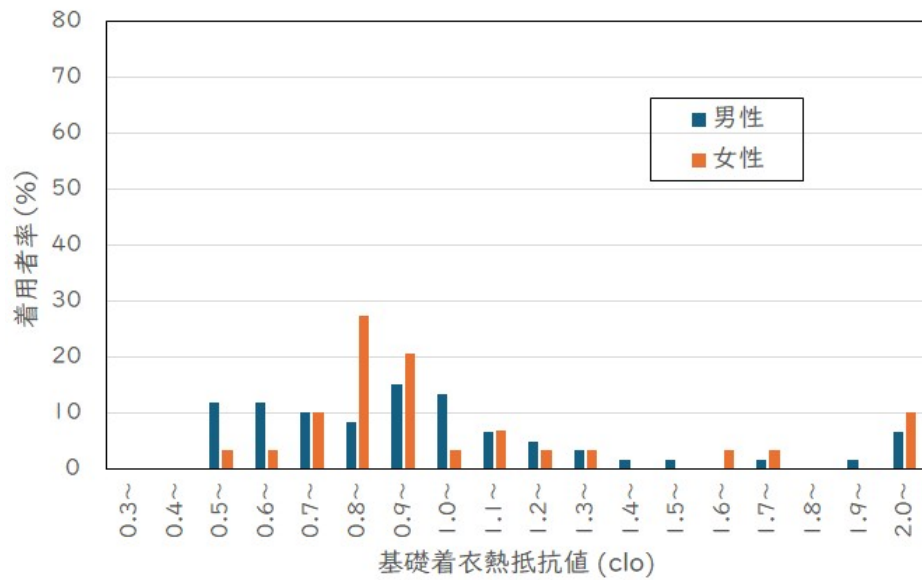
[冬季]

	n 数	基礎着衣熱抵抗値 (clo) 平均±標準偏差
特定建築物	31	1.02±0.37
A ビル	12	0.99±0.36
IZ	8	0.94±0.21
PZ	4	1.11±0.53
B ビル	6	1.14±0.50
IZ	3	0.81±0.18
PZ	3	1.47±0.49
C ビル	12	0.98±0.28
IZ	8	1.15±0.28
PZ	4	0.87±0.23
中小規模	61	1.11±0.61
D ビル	31	1.15±0.65
IZ	12	1.00±0.37
PZ	19	1.24±0.76
E ビル	8	1.10±0.69
IZ	5	0.88±0.17
PZ	3	1.48±1.00
F ビル	22	1.07±0.51
IZ	12	0.89±0.22
PZ	10	1.27±0.66
総計	92	1.08±0.54

注：IZ（インテリアゾーン）、PZ（ペリメーターゾーン）



[夏季]



[冬季]

図1 基礎着衣熱抵抗値の着用者率分布

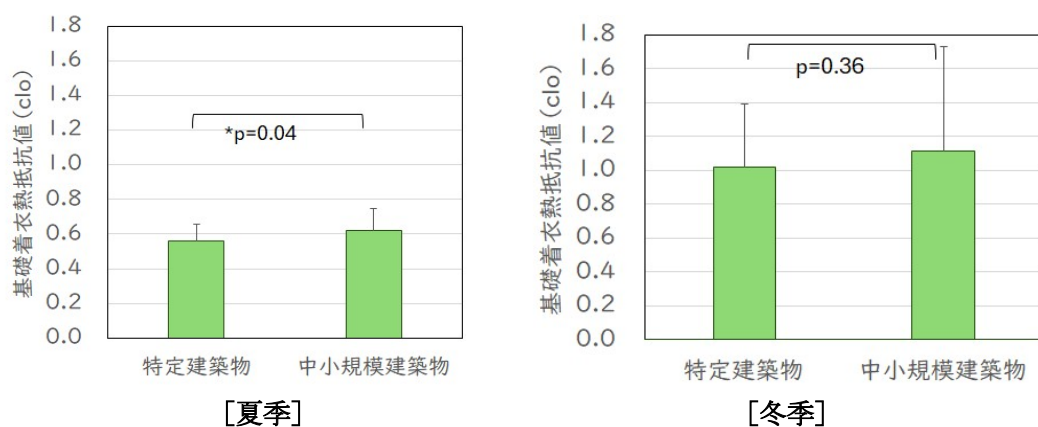


図 2 基礎着衣熱抵抗値の建物規模別比較

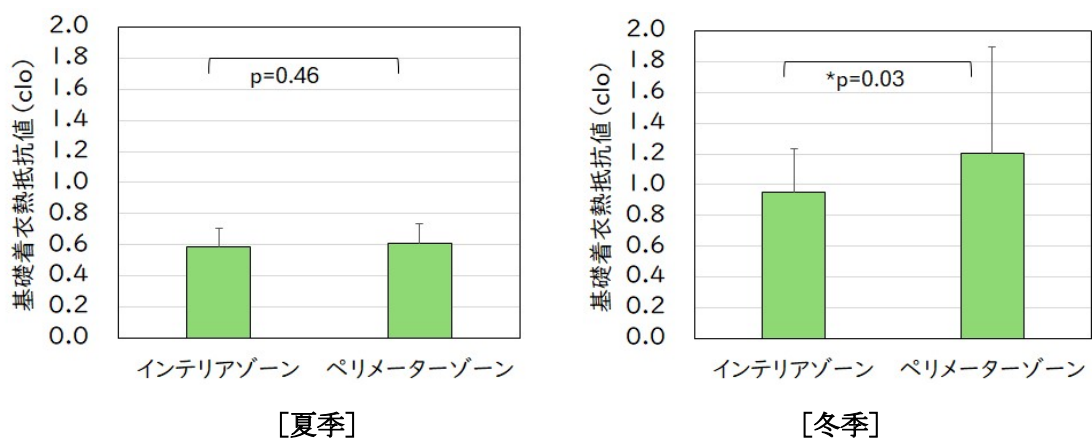


図 3 基礎着衣熱抵抗値のゾーン別比較

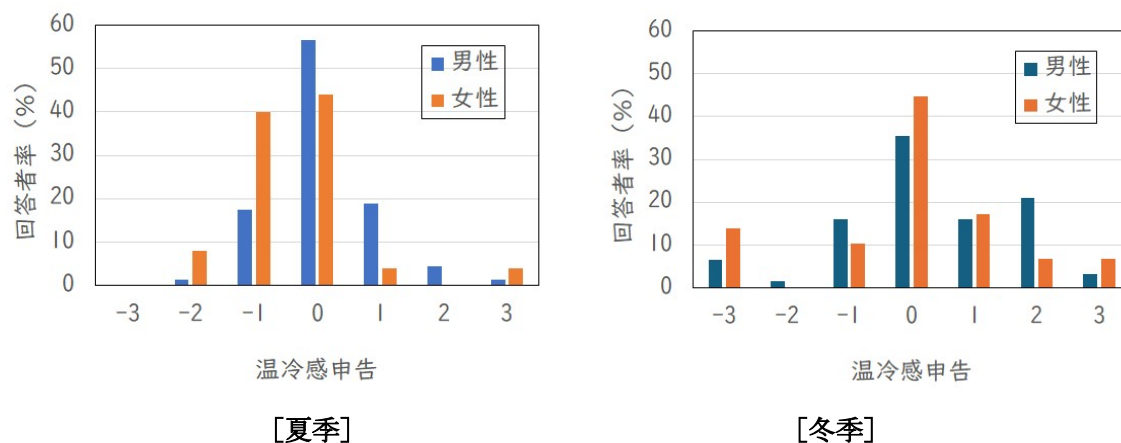
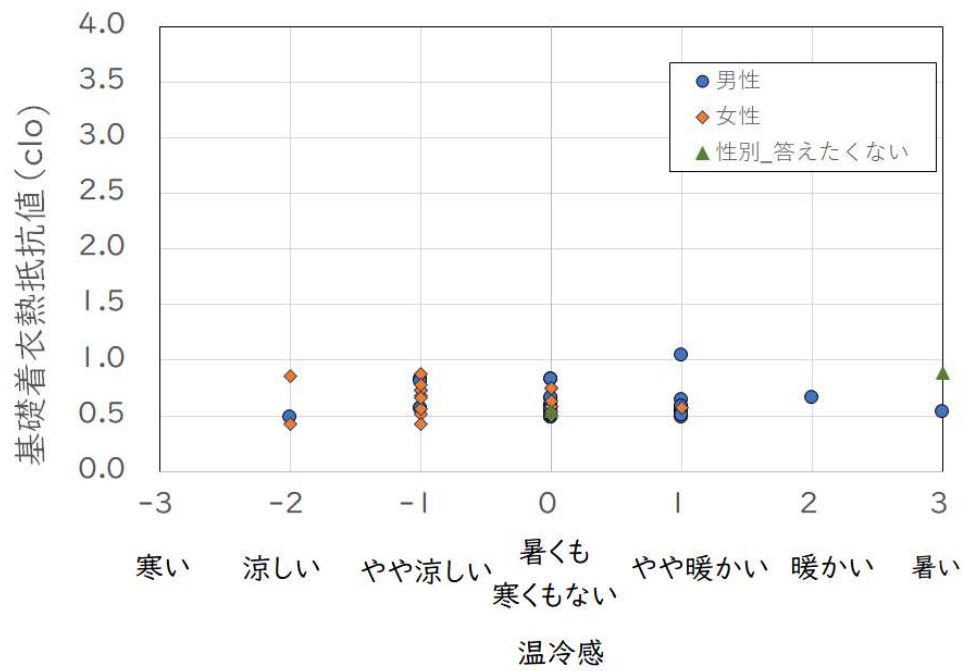
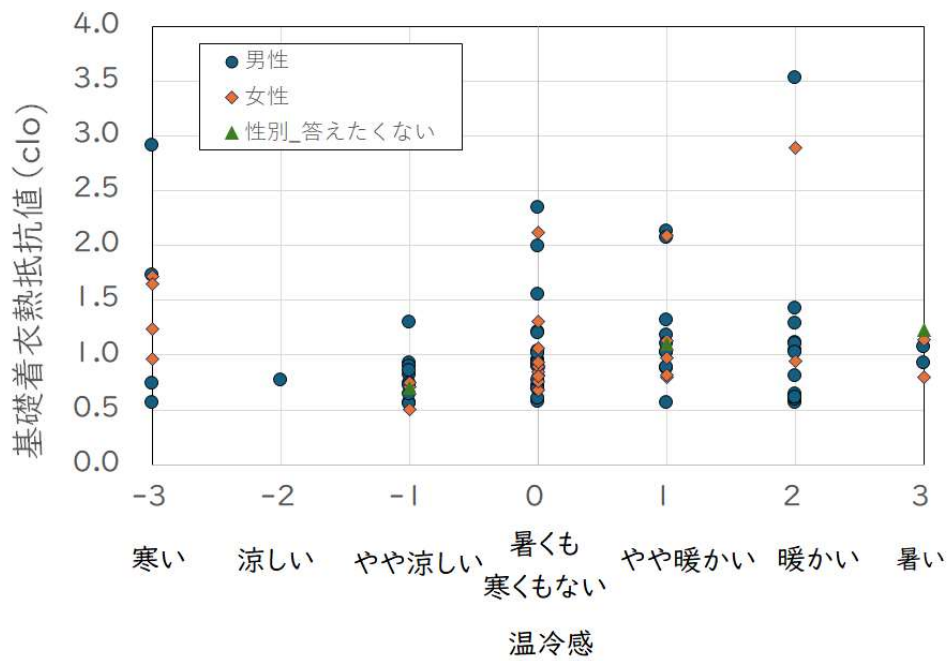


図 4 温冷感申告値の回答者率

(-3: 寒い, -2: 涼しい, -1: やや涼しい, 0: 暑くも寒くもない, 1: やや暖かい, 2: 暖かい, 3: 暑い)



[夏季]



[冬季]

図5 温冷感申告値と基礎着衣熱抵抗値

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
給水環境の実態ならびに利用者の主観に関する調査

研究分担者 島崎 大 国立保健医療科学院 上席主任研究官
研究代表者 本間 義規 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

建築物の執務者の主観評価による室内環境のレーティングシステム構築に際して、給水環境ならびに給水水質に着目し、適切に室内環境を評価可能な項目を検討した。

全国の7事業所(冬期：2023年2-3月)、および6事業所(夏期：2023年8-9月)において、室内環境に係る各項目の測定ならびに執務者に対する主観評価調査を実施したところ、一部の建築物から採取した試料の遊離残留塩素は、水道法の下限值 0.1mg/L を下回っていた。濁度はいずれもほぼゼロに近く目視でも異常は確認されてなかった。従属栄養細菌数は、一部の特定建築物およびすべての中規模建築物について 1.0×10^2 CFU/mL 以上で存在し、微生物学的な衛生状況が芳しくないことが示唆された。

執務者に対する主観評価調査では、各年とも、水道水の直接的な飲用には事業所によって大差がみられた。水質に関しては、「塩素臭・カルキ臭」による異臭味が指摘されており、塩素消毒による臭味と考えられた。一方、「金気臭」の指摘は給水装置等の腐食に由来する可能性が考えられた。

主観評価においては異臭味、濁り、色が重要であるものの、塩素消毒由来の異臭味は、給水・給湯システムの衛生状態が良好であることを反映する点に留意する必要がある。また、浄水器の設置の有無が主観に大きく影響を与える可能性がある。濁りや色は、給水装置や給水用具の腐食や劣化、細菌の再増殖等に由来する可能性が想定されることから、主観評価において重要な項目である。

A. 研究目的

建築物衛生に係る本邦の法規制の範疇外となっている中小規模建築物の衛生環境（温熱環境、湿度環境、空気質、光環境、音環境、水質、衛生害虫の発生等）の管理手法として執務者の主観評価に着目し、各項目執務者の主観評価による室内環境のレーティングシステムを構築、レーティング結果

に基づく適切かつ有用性の高い管理手法を目指す。当研究では、給水環境ならびに給水水質に着目し、執務者の主観評価により適切に室内環境を評価可能な項目を検討した。

B. 研究方法

(1)調査対象の建築物

全国の7事業所(冬期：2023年2-3月)お

よび 6 事業所(夏期：2023 年 8-9 月)を対象に、室内環境に係る各項目の測定ならびに執務者に対する主観評価調査を実施した。表 1 に調査対象との建築物の概要ならびに給水方式等を示す。

(2)給水環境に係る水質調査

各対象建築物の飲用等に供する給水栓、ならびに、給湯栓または男子トイレ内手洗い水から冷水および温水を採取し、以下の水質項目を測定した。

・遊離残留塩素および全残留塩素

DPD 比色法

(HACH DR300 残留塩素用)

・従属栄養細菌数

寒天培地法

(R2A 寒天培地・20℃・7 日間培養)

・全菌数

蛍光顕微鏡計数法

(蛍光顕微鏡：オリンパス BX61

染色剤：TakaraBio SYBR Green I)

・濁度

積分球式光電光度法

(日東精工アナリテック PT-200)

・水温

アルコール温度計

なお、採水は調査開始時となる始業直後ないし始業 1 時間後（午前 9-10 時）に実施し、各残留塩素および水温は採水直後に測定した。従属栄養細菌数および全菌数の測定に用いる採水試料は、高圧蒸気滅菌済みガラス瓶（チオ硫酸ナトリウム試薬入）に直接採取してただちに残留塩素を消去した。濁度の測定試料はエチレンガス滅菌済みポリエチレン瓶に採取した。各試料ともに冷

蔵して国立保健医療科学院の実験室に移送、測定した。

(3)執務者に対する主観評価調査

室内環境の各測定を実施した当日、各事業所の執務者を対象に、Web アンケート票への回答により、室内環境の主観評価についての調査を実施した。給水環境に関する調査項目は以下の通りである。他の評価項目や回答者の属性等の詳細については、当研究の他の研究分担報告書を参照されたい。

Q7 職場での飲用水についてお伺いします

Q7-1 執務中の飲用水（お茶等をつくる水を含む）は何をお使いですか。

- 1.共用部の水道水
- 2.執務室内の水道水
- 3.ウォーターサーバー
- 4.ペットボトル水
5. 自宅で作ったお茶や飲料水等を持参
- その他（ ）

上記の質問(Q7-1)で「1.共用部の水道水」「2.執務室内の水道水」を選択した方に質問します。

Q7-1-1 水道水の味はどうですか。

1. 非常にまずい
2. まずい
3. ややまずい
4. まずくもおいしくもない
5. ややおいしい
6. おいしい
7. 非常においしい

Q7-1-2 水道水に臭いがありますか。（複数

回答)

(2023 年冬期)

1. 化学物質臭を感じる
2. カビ臭さを感じる
3. 何かわからないがニオイがする
4. 特に感じない

生上気になる点がありますか。

- 1.ある
- 2.ない

上記の質問(Q7-3)で「1.ある」を選択した方に質問します。

(2023 年夏期)

1. 塩素・カルキ臭を感じる
2. カビ臭・生ぐさ臭を感じる
3. 樹脂臭・溶剤臭を感じる
4. 金気臭(金属っぽいにおい)を感じる
5. 何かわからないが異臭を感じる
6. 特に感じない

Q7-3-1 以下の項目で気になるものを選択してください。(複数回答)

1. 色
2. 臭い
3. 味
4. 蛇口(吐水口・レバー等)の汚れ
- 5.シンクまわりの汚れ
- その他()

Q7-1-3 浄水器は設置していますか。

(2023 年冬期)

1. 設置している
2. 設置していない

Q7-4 トイレの手洗い水で衛生上気になる点がありますか。

- 1.ある
- 2.ない

(2023 年夏期)

1. 設置している
2. 設置しているが使用していない
3. 設置していない

上記の質問(Q7-4)で「1.ある」を選択した方に質問します。

Q7-2 仕事をしながら、水、お茶、コーヒーや清涼飲料水等を1日あたりどの程度飲みますか(複数の種類をすべて合算)。

1. 全く飲まない
2. 1～2 杯程度(200～400mL 程度)
3. ペットボトル1 本程度(500mL)
4. 3～4 杯程度(600～800mL 程度)
5. 5～6 杯程度(1000～1200mL 程度)
6. 6 杯以上(1200mL 以上)

Q7-4-1 以下の項目で気になるものを選択してください。(複数回答)

1. 色
2. 臭い
3. 蛇口(吐水口・レバー等)の汚れ
4. 洗面器の汚れ
- その他()

C. 調査結果

(1) 給水環境に係る水質調査

各事業所における給水栓・給湯栓・トイレ手洗い水から採取した試料の水質測定結果

Q7-3 共用部または執務室内の水道水で衛

の一覧を表 2 に示す。

i) 残留塩素

大部分の事業所において、遊離残留塩素の濃度は、水道法の衛生上の措置として水道法施行規則に定められる下限値 0.1mg/L 以上であったが、一部の水栓は 0.1mg/L を下回っていた（建築物 C 冷水・トイレ水、D 冷水・温水、E 温水）。濃度範囲は冬期は 0.03～0.44mg/L、夏期は 0.01～0.61mg/L であった。残留塩素の大部分は遊離塩素の形態であった。

ii) 濁度

0.00～0.07 度の範囲となり、目視による濁りは確認されなかった。

iii) 水温

給水栓やトイレ用手洗い水の水温は冬期は 9.0～22.0℃、夏期は 18.0～29.0℃、給湯栓の水温は冬期は 37.0～53.2℃、夏期は 38.1～53.5℃の範囲であった。

iv) 従属栄養細菌数

給水栓やトイレ用手洗い水の従属栄養細菌数は $3.3 \times 10^{-1} \sim 2.6 \times 10^3$ CFU/mL、給湯栓の従属栄養細菌数は $1.0 \times 10^0 \sim 6.3 \times 10^2$ CFU/mL の範囲であった。建物 C（夏期）および建物 E（冬期）のトイレ手洗い水において、水質管理目標設定項目の目標値である 2.0×10^3 CFU/mL を超えていた。

v) 全菌数

給水栓やトイレ用手洗い水の全菌数は $2.0 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^5$ cells/mL、給湯栓の従属栄養細菌数は $2.3 \times 10^4 \sim 6.0 \times 10^4$ cells/mL の範囲であった。

(2) 執務者に対する主観評価調査

i) 飲用水の種別

執務中の飲用水（お茶等をつくる水を含

む）として水道水を使用すると回答した者は、冬期は回答者 120 名中 31 名（25.8%）、夏期は全 101 名中 18 名（17.8%）であった。事業所ごとの差が大きく、0-1 名程度の事業所と、半数前後の事業所に分かれた。

ii) 水道水質の主観評価（異臭味）

夏期調査にて主に水道水を飲用水として使用する者のうち、味が「ややまずい」とした者は 18 名中 2 名であった。また、臭いを感じるとした者は 4 名であり、その内訳（複数回答あり）は「塩素・カルキ臭」2 件、「金気臭（金属っぽいにおい）」1 件、「何か分からないが異臭を感じる」2 件となった。一方、味を「おいしい」とした者も 18 名中 1 名みられた。

iii) 浄水器の設置状況

浄水器を設置している建築物は B,E,G、設置していない建築物は A,C,D,F であった。

iv) 執務時間中の飲量

すべての飲料を合計した 1 日あたりの飲量には個人差が大きく、冬期調査の全 121 名中、「ペットボトル 1 本程度（500mL）」が 35 名（28.9%）、3～4 杯程度（600～800mL 程度）が 46 名（38.0%）と両方で大半を占めた。「全く飲まない」とする者も 2 名みられた。また、夏期調査の全 101 名中、「全く飲まない」2 名、「1～2 杯程度（200～400mL 程度）」9 名、「ペットボトル 1 本程度（500mL）」34 名、「3～4 杯程度（600～800mL 程度）」28 名、「5～6 杯程度（1000～1200mL 程度）」17 名、「6 杯以上（1200mL 以上）」5 名であった。

v) 水道水等で衛生上気になる点

水道水はのべ 222 名中 30 名から、トイレ用手洗い水は 19 名から、衛生上気になる点が指摘された。前者・後者ともに大部分が蛇

口やシンク周り(水道水)、洗面器(トイレ)の汚れであった。一部に水質に関する指摘があり、水道水は色 1 件、臭い 6 件、味 6 件、トイレ用手洗水は臭い 8 件であった。

D. 考察

(1) 給水環境に係る水質調査

本邦の水道では、水道水の衛生性を確保する上で、給水末端での残留塩素の保持が重要視されている。冬期の調査と比較して、多くの事業所において、夏期の給水末端の遊離残留塩素および結合残留塩素は低下していた。とりわけ、事業所 C では混合水栓(冷水)ならびにトイレ水ともに水道法が定める遊離残留塩素濃度の下限値 0.1mg/L を下回っていた。各冷水・トイレ水試料の水温は、冬季よりも上昇していたことから、給水末端における残留塩素の低減が大きかったと推定される。また、同一の混合水栓から冷水および温水を採水した建築物 A,B,C,E について、温水の遊離および全残留塩素濃度はすべて冷水よりも低かった。いずれの温水も、シンク下の電熱式ヒーターにより加温・貯湯された状態であり、滞留中に残留塩素が消失しやすい状態となると考えられた。

濁度については、どの建築物もほぼゼロに近い値であり、目視でも濁りや浮遊物は認められなかった。

従属栄養細菌数は、特定建築物 C および中規模建築物 D,E,F,G すべてについて、 1.0×10^2 CFU/mL 以上で存在することが確認された。とりわけ、建築物 C,E のトイレ用手洗水にて、水質管理目標設定項目としての暫定目標値である 2,000 CFU/mL を超過しており、遊離残留塩素の低減との関連

が示唆された。従属栄養細菌数が高い状況にあるとは、当該の給水・給湯系統において微生物が再増殖しやすい、すなわち、微生物学的な衛生状況が芳しくないことを反映しており、例えばレジオネラや非結核性抗酸菌等といった、日和見感染の原因となる病原細菌の存在が懸念される。このような細菌、ならびに、宿主となる自由生活性アメーバ等の存在状況を確認するなど、微生物学的な衛生状況について精査が必要であると考えられる。

一方、全菌数については、各試料ともに $10^4 \sim 10^5$ cells/mL の範囲と比較的高い濃度であったが、冬期調査よりも夏期調査のほうが低減する試料が多く見られた。全菌数は生菌および死菌の現存量を評価する指標であるため、給水環境の衛生性の面からは注視する必要がある。

(2) 執務者に対する主観評価調査

調査対象とした各執務者のうち、執務中の飲用水(お茶等をつくる水を含む)として水道水を使用すると回答した者は冬期が 25.8%、夏期が 17.8%と少ない割合であった。事業所により傾向が大きく異なるものの、主たる飲用水は「ウォーターサーバー」「ペットボトル水」「自宅からの持参」であった。

水道水を使用する割合が比較的高かった建築物 E,F のうち、建築物 E は冬期・夏期とも同程度の割合であった。浄水器を設置していること、ならびに、水道水の水質が非常に良好であるとの認識により、水道水の積極的な使用に影響している可能性があると考えられた。水道水を使用し、主観評価において水道水の味を「おいしい」とした 3 名は、いずれも建築物 E であった。

水道水の水質に関する主観評価のうち、夏期の調査にて「ややまずい」とした2名は、「塩素臭・カルキ臭」または「金気臭（金属っぽいにおい）」を指摘していた。また、臭いを感じるとした者は4名であり、その内訳（複数回答あり）は「塩素・カルキ臭」2件、「金気臭（金属っぽいにおい）」1件、「何か分からないが異臭を感じる」2件となった。夏期においては、残留塩素の消費量が大きくなるため浄水場において塩素の注入量を増やすことがあり、「塩素・カルキ臭」を生じる場合がある。「金気臭」については、給水装置の腐食に由来する可能性がある。

「塩素・カルキ臭」については、水道水の飲用を忌避する原因となり得るものの、塩素消毒の効果が保持されていることの証左であり、給水環境の衛生性からは望ましい面がある。一方、「金気臭」については、鉛や銅等の金属による健康影響が想定されるため、化学物質の種別について精査する必要がある。

水道水あるいはトイレ用手洗い水にて衛生上気になる点として、異臭味に加えて、蛇口やシンク周り（水道水）、洗面器（トイレ）の汚れが指摘されていた。その他の回答として、水道管や給湯器の老朽化や、歯磨きする人のうがいの飛び散りが指摘されていた。このような衛生上の懸念が、共用の水道栓から水道水を飲用することの忌避感につながる可能性がある。

E. 結論

建築物の執務者の主観評価による室内環境のレーティングシステム構築に際して、給水環境ならびに給水水質に着目し、適切に室内環境を評価可能な項目を検討した。

水道水の衛生性を確保する上で、本邦では給水末端での残留塩素の保持が重要視されている。しかしながら、主観評価において、塩素臭は異臭味の一つとして認識されることから、相反する評価となる可能性がある。

冬期および夏期の各調査では認められなかったものの、水道水の濁りや色は給水装置や給水用具の腐食や劣化、細菌の再増殖等に由来する可能性が想定されることから、主観評価において重要な項目と考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

（該当なし）

2. 学会発表

- 1) 島崎大，下ノ菌慧，小林健一，阪東美智子，東賢一，本間義規．中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価 その3 給水に係る衛生状況と水道水質．第82回日本公衆衛生学会総会；2023.10.31-11.2；つくば．同講演集．P-2001-3.
- 2) 島崎大，下ノ菌慧，本間義規，東賢一，西原直枝，阪東美智子，小林健一．中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法(第5報)給水に係る衛生状況と水質．第83回日本公衆衛生学会総会；2024.10.29-31；札幌．同講演集．P-21-9.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

（該当なし）

2. 実用新案登録

（該当なし）

3. その他

（該当なし）

表1 調査対象の建築物の概要ならびに給水方式

建築物	種別	所在地	延床面積 [m ²]	竣工年	階数	測定階数	給水方式	調査日
A	特定建築物	北海道札幌市	25,289	1,995	B1-16F	10F	貯水槽	2023/3/24・2023/8/25
B	特定建築物	宮城県仙台市	6,800	1,991	B1-8F	7F	貯水槽	2023/3/15・2023/9/21
C	特定建築物	東京都新宿区	93,997	2,011	B2-35F	22F	貯水槽	2023/3/17・2023/9/27
D	中規模建築物	北海道札幌市	1,373	2,018	3F	2F	直結給水	2023/3/23・2023/8/26
E	中規模建築物	熊本県熊本市	973	n.a.	3F	3F	直結給水	2023/3/10・2023/9/12
F	中規模建築物	石川県金沢市	806	n.a.	1F	1F	直結給水	2023/3/13・2023/9/19
G	中規模建築物	東京都中央区	459	n.a.	3F	3F	直結給水	2023/2/15

表2 調査対象の採水箇所および水質測定結果

建築物	採水時期	採水箇所	遊離塩素 [mg/L]	結合塩素 [mg/L]	全塩素 [mg/L]	濁度 [度]	水温 [℃]	従属栄養細菌数 [CFU/mL]	全菌数 [cells/mL]
A	冬期	蛇口（混合栓・冷水）	0.41	0.07	0.48	0.01	13.0	3.3×10 ⁻¹	7.1×10 ⁴
		蛇口（混合栓・温水）	0.29	0.06	0.35	0.00	37.0	2.0×10 ⁰	4.8×10 ⁴
	夏期	蛇口（混合栓・冷水）	0.41	0.09	0.50	0.00	23.0	2.1×10 ¹	5.0×10 ⁴
		蛇口（混合栓・温水）	0.26	0.12	0.38	0.00	43.0	7.3×10 ⁰	5.3×10 ⁴
		蛇口（トイレ）	0.25	0.09	0.34	n.a.	26.7	n.a.	n.a.
B	冬期	蛇口（混合栓・冷水）	0.37	0.05	0.42	0.03	9.0	3.3×10 ⁻¹	6.3×10 ⁴
		蛇口（トイレ）	0.18	0.09	0.27	0.02	22.0	7.0×10 ⁰	6.7×10 ⁴
	夏期	蛇口（混合栓・冷水）	0.24	0.02	0.26	0.07	20.0	6.7×10 ⁻¹	3.6×10 ⁴
		蛇口（混合栓・温水）	0.15	0.01	0.16	0.07	38.1	1.0×10 ⁰	2.3×10 ⁴
		蛇口（トイレ）	0.11	0.06	0.17	n.a.	22.0	8.9×10 ¹	6.0×10 ⁴
C	冬期	蛇口（混合栓・冷水）	0.14	0.07	0.21	0.02	n.a.	5.5×10 ²	1.1×10 ⁵
		蛇口（トイレ）	0.15	0.06	0.21	0.03	n.a.	3.9×10 ¹	1.0×10 ⁵
	夏期	蛇口（混合栓・冷水）	0.07	0.09	0.16	0.02	24.0	3.0×10 ²	1.7×10 ⁵
		蛇口（トイレ）	0.08	0.03	0.11	0.02	23.0	2.6×10 ³	2.0×10 ⁵
D	冬期	蛇口（混合栓・冷水）	0.44	0.10	0.54	0.00	21.0	1.0×10 ²	6.2×10 ⁴
		蛇口（混合栓・温水）	0.03	0.03	0.06	0.02	53.2	3.7×10 ⁰	5.3×10 ⁴
	夏期	蛇口（混合栓・冷水）	0.61	0.03	0.64	0.05	22.8	4.3×10 ²	5.2×10 ⁴
		蛇口（混合栓・温水）	0.04	0.00	0.04	n.a.	53.5	n.a.	n.a.
		蛇口（トイレ）	0.11	0.07	0.18	0.02	29.0	4.2×10 ¹	5.8×10 ⁴
E	冬期	蛇口（混合栓・冷水）	0.07	0.05	0.12	0.02	n.a.	6.2×10 ²	9.9×10 ⁴
		蛇口（トイレ）	0.20	0.04	0.24	0.02	n.a.	2.2×10 ³	9.3×10 ⁴
	夏期	蛇口（混合栓・冷水）	0.15	0.04	0.19	0.01	21.2	1.1×10 ³	4.4×10 ⁴
		蛇口（混合栓・温水）	0.01	0.07	0.08	0.01	52.3	6.3×10 ²	2.5×10 ⁴
		蛇口（トイレ）	0.18	0.02	0.20	n.a.	23	n.a.	n.a.
F	冬期	蛇口（混合栓・冷水）	0.39	0.05	0.44	0.00	11.4	5.7×10 ²	7.2×10 ⁴
		蛇口（混合栓・温水）	0.17	0.05	0.22	0.00	46.5	1.8×10 ²	6.0×10 ⁴
	夏期	蛇口（混合栓・冷水）	0.28	0.26	0.54	0.03	18.0	1.1×10 ²	2.0×10 ⁴
		蛇口（トイレ）	0.39	0.06	0.45	0.07	21.0	1.0×10 ²	3.0×10 ⁴
G	冬期	蛇口（3F）	0.41	0.03	0.44	0.03	n.a.	3.7×10 ⁰	5.8×10 ⁴
		蛇口（2F・混合栓）	0.05	0.05	0.10	0.03	n.a.	5.4×10 ¹	9.5×10 ⁴
			※0.1mg/L以上			※2度以下		※2,000CFU/mL以下(暫定)	

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
（総合）分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究
階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討

研究代表者 本間 義規 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

個人の室内環境評価は、個人特性（年齢、性別、体格、健康状態、活動量、ワークエンゲージメント等）に影響される。温熱感評価要素である空気温度や相対湿度は空調設備によってコントロールされるが、建物性能や空調吹出位置等の影響を受けることから、基本的に暴露環境も同一ではない。さらに着座位置によって放射温度の影響（開口部性能に基づく窓面表面温度、外壁表面温度等の周囲放射温度）も大きく異なる。このように個々人の主観評価にも一定の客観的バイアスがかかっている状況は容易に想像できるものの、通常これを補正することなく主観として満足度等評価を行っている。そこで本研究では、階層分析法(AHP)を用いて主観評価に影響するバイアスについて検討を行った。

また、建築物躯体や建築設備の物理特性も評価に影響を及ぼしているはずである。例えば、夜間・休日は空調設備が停止しているため、運転開始時は通常とは異なる環境であるはずである。空気質は、室内に汚染質発生がない限り、冬期午前中は平日よりも空気清浄度が高い傾向にあり、夏期の休日明け、空調開始時は汚染濃度が高い場合がある。こうした建築物特性の感度について、温度、相対湿度及び CO₂ 濃度の変化量の関係を簡単な単室換気モデルで検討した結果、1℃の変化幅は相対湿度 1.5～2.0%RH、CO₂ 濃度 150～200ppm、換気回数 0.5ACH 程度の変化幅と同等であると推定でき、特に外気相対湿度の地域性は室内要素のチューニング幅より大きいことが明らかとなった。また、環境暴露する人の温熱感、湿度感、空気汚染度の重要性に関する意識が及ぼす影響について、階層分析法（一対比較法）により検討を行った。対象建築物は本研究で実測調査を実施している A～F 建物である。重み係数は、平均値で見ると相対湿度の重要性比率が高くなる A、D、E、F、空気質の重要性比率が高くなる C が特徴的である。相対湿度に関しては、全体的に乾燥側の申告が多いが、加湿を十分に行っている A ではやや乾燥しているとする回答者が多く、一方で非特定建築物の D、E、F は「非常に乾燥している」、「乾燥している」、「やや乾燥している」に広く分布し、この状況は相対湿度 40%を超えていても同様であることを確認した。湿度に関しては、冬期は乾燥しているという一般的な意識がバイアスになっている可能性を示した。

A. 研究目的

個人の室内環境評価は、個人の個別要素（年齢、性別、体格、健康状態、活動量等）に影響される。温熱感評価要素の項目である空気温度や相対湿度は、空調設備によってコントロール

されるが、建物性能や空調吹出位置等の影響を受けるため基本的に暴露環境は同一ではない。さらに、着座位置によって放射温度の影響（開口部性能に紐づく窓面表面温度、外皮断熱性能に基づく外壁表面温度等の周囲放射温度）も大

大きく異なる。

こうした個人要素や暴露される物理環境の違いの他にも、地域気象条件、通勤などの都市環境要素、食事、睡眠時間などの生活習慣要素も影響するだろう。また、特定要素に対する感受性等の室内環境要素項目間の評価にも個人差がある。ワークエンゲージメントの程度によっても環境要素に対するレスポンス差が生じる。このように、室内環境の主観評価は多要素の複合影響と要素間のバイアスが存在していて、定量的なデータの得にくいこうした環境評価の主要因の特定は困難であることは容易に想像できる。そこで本研究では、その把握方法の1つとして、階層分析法(AHP)を用いた個人の環境評価の重み付けによる総合的評価方法に関して検討を行った。また、7段階尺度で得た環境評価の検知力についても検証を行ったのでその内容についても報告する。

B. 研究方法

B1.1 調査建物の概要

表1に調査建物の概要を示す。建物A、B、Cは延面積3000m²以上のテナントビルであり、建築物衛生法に定める特定建築物に該当する。中央管理式空調と個別分散空調の併用を行っており、相対湿度、空気質に関してはコントロールできないものの、温度に関しては調節可能な建物がある(A、Bが該当)。一方、建物D、E、Fは中小規模建築物かつ自社ビルであり、天井埋込式業務用エアコン+換気システムの組み合わせである。設備的な加湿装置はなく、設計換気量は建築基準法(0.5回/h)を満たしているのみである。温度設定と換気量設定は誰でも制御可能であるが、その設定は総務担当者が判断するケースが多い。

B1.2 質問紙調査

温熱感、湿度感、空気質について、回答時の

執務環境下における評価を7段階尺度で申告してもらおうと同時に、温熱感、湿度感、空気質に関して一対比較法にていずれの要素が重要かを質問した。階層分析法では「同じくらい」、「少し」、「かなり」、「うんと」、「圧倒的に」の副詞に各々1、3、5、7、9の数値を割り当てるが、等間隔の保証はどこにもない。本研究では、パーセント表示で近い割合を選択してもらったことにした。なお、質問紙調査にはMicrosoft Formsを使用した。質問内容を表1に示す。

調査は令和7年3月に実施した。休業日が事業所毎に異なるため、回答日も異なる。なお、本アンケート調査は、休日明けの午前中及びそれ以外の日の午前中の原則2回のデータを取得しているが、在室人数の少ない事業所については2週にわたって調査を実施した。延べ回答人数(サンプル数)はA:24、B:16、C:64、D:46、E:12、F:50、計212である。

B2.温熱感・湿度感・空気質の物理的関連性

建築物の室内環境は、建築物の熱的性能、換気量、在室人数(在室密度)、外部境界条件(外部温湿度、CO₂濃度、浮遊微粒子濃度)により決まる。躯体・内装等及び空気の熱容量、湿気容量などを考慮すると、いずれも拡散方程式系で表現される非定常応答となる点、また多数室になると未知数が増えるため方程式の数も多くなる。今回は、それらを一旦簡略化し、図2に示すような熱収支・物質収支として記述する。建物外皮等の熱貫流、開口部日射受熱の影響等を見捨て換気負荷のみに着目、また執務室空気の熱容量、質量容量を見捨てると(1)~(3)に示す単純なバランス式で表現できる。

今回はおもに換気回数を媒介変数として、実測を行った札幌市、仙台市、東京都新宿区、金沢市、熊本市の5地点の3月外気温湿度平年値(気象庁データ)を用いて、室内湿度と室内

CO₂濃度、温度影響について各々の影響度を比較する。実際に測定した事務所ビルのスペースや在籍者人数は異なるが、本検討では居室面積250m²、天井高さ3m、在室者25名（在室密度10m²/人）、人体発熱量100W/人、機器発熱量3W/m²、CO₂呼出量18L/h、人体水分発生量40g/hとした。室内発熱（換気負荷に相当する）は室温を設定して（1）から算出する。加湿器等による加湿は想定していない。外気CO₂濃度は地域に拠らず400ppmとした。これらのパラメータを共通化することで地域気象条件の差を明らかにすることができる。

B3. 階層分析法（AHP）

階層分析法（AHP, Analytic Hierarchy Process）は Thomas. L. Saaty によって考案された意思決定問題にかかる複数の評価基準の重要度（重み）を決定する方法である。一般に意思決定ツールとして利用されるが、人間の主観評価のように個人差を要する問題では、プロセス分析にも活用できる。前述するように、室内環境の基本要素として、温熱感（TC: Thermal Comfort）、湿度感（HS: Humidity Sensation）、空気質（IAQ: Indoor Air Quality）を想定すると、その重要度に関する一対比較表は次の行列（4）式で表し各評価項目の重み算出は幾何平均を用いた（5式）。重みベクトルは（6）式になる。また、整合性の度合い（一貫性係数）C.I.（Consistency Index）を（7）式で算出する。C.I.は一対比較表が完全な整合性を持つ場合に0となる。一般に C.I.<0.1 を判断基準とする。以上のプロセスにより、TC、HS、IAQ の個人ごとの重要度（重み係数）を定めることができる。

C. 研究結果

C1. 室温固定の場合の相対湿度、CO₂濃度、換気負荷増加分への影響

図3にCO₂濃度と換気回数の関係を、図4に相対湿度と換気回数の関係を、図5に換気負荷と換気回数の関係を示す。いずれも執務室温25℃設定で検討した結果である。外気CO₂濃度は400ppm共通であるため、室内CO₂濃度は、基本的に地域差はない（外気温度に基づく質量風量は多少の差がある）。

例えば、換気量を増大させてCO₂濃度を1000ppmから800ppmに濃度低下させる場合、今回の条件で試算すると、換気回数は約1.1ACHから1.6ACHへと約0.5ACH（一人当たり換気量で15m³/h/person）の増が必要となるのに対し、相対湿度は各々約2%低下（図6）、換気負荷は1.62kW（金沢市）～2.95kW（札幌市）の増となる。以上、相対湿度の寄与度は1.0% RH/100ppm程度で大きくはないが、地域差に関しては7%RH/100ppm程度と相対的に影響が大きい。また換気負荷については、+0.81～1.48kW/100ppmの影響が生じる結果となった。地域によって換気負荷増大は2～5倍程度となり（図7）、温暖地ほど差が開く結果となった。因みに室温20℃の場合、相対湿度は-1.5%/100ppmの寄与、換気負荷は+0.58～1.13kW/100ppm程度の影響となる。温度と相対湿度の関係は飽和水蒸気圧曲線から温度帯で類推できる。等絶対湿度を仮定すると、20～30℃の範囲では絶対値で1.5～2.0%/℃の変化率である。以上示した温度、相対湿度及びCO₂濃度の変化量の関係より、1℃の変化幅は相対湿度1.5～2.0%RH、CO₂濃度150～200ppm、換気回数0.5ACH程度の変化幅と同等と推定することができる（図8）。これらの関係は先にみたようにほぼ線形変化であるが、温度（温熱感）に関して中立的温熱感を与える空気温度（冬期実測より24～25℃）から温度差が大きくなるほど不満率が高くなる傾向にあることに注意が必要である。

C2.階層分析法に基づく評価項目の重み係数

階層分析法で算出した A～F の執務者の重み係数の算出結果を図 9～14 に示す。A～C が特定建築物であり、加湿を実施しているオフィス、D～F が中小規模建築物で加湿を行っていないオフィスである。

A：札幌、B：仙台、C：東京の温熱感（TC）、湿度感（HS）は、日本の北に位置する地域ほど重み係数が大きくなる傾向にあり、空気質（IAQ）は日本の北に位置する地域ほど重要度が低い傾向が読み取れる。D：札幌、E：熊本、F：金沢はいずれも湿度感（HS）の重み係数が他よりも大きい。単純に考えると空調・換気設備の違いが影響しているといえそうである。

さて、このような個人差が各自の執務環境の評価にどのように寄与しているのかをみる。6 事業所における TC、HS、IAQ のスコアを図 15～22 にプロットした。なお尺度は整数値であるが、視認性を確保するプロットとしているのでご注意願いたい。

図 15、16 は TC のレーティング結果である。特定建築物、中小規模建築物とも、「3：やや寒い」、「4：どちらでもない」、「5：やや暑い」にプロットが集中している。温度帯に関して、特定建築物は比較的狭い範囲に収まる一方、中小建築物はばらつきが大きい。D は 20～28℃ の範囲の回答が多いにも関わらず温熱感評価は「4：どちらでもない」の評価者が多い。

図 17、18 は相対湿度、図 19、20 は絶対湿度と湿度感との関連を示したものである。HS 評価の大きな特徴は、乾燥側の評価が圧倒的である点、また「4：どちらでもない」という回答が皆無という点にある。個人にとって適切な湿度ポイントがさらに高い位置（例えば相対湿度 60% など）にあるのか、単に執務環境の湿度コントロールが十分でないということなのかは明らかではない。しかし、季節変化に伴い

外気湿度も徐々に高くなるため、「1：非常に乾燥している」とする申告は少なくなるはずである。建築物衛生法が定める相対湿度 40% 以上の執務環境に居る執務者のスコアと、相対湿度 40% 以下の環境に居る執務者のスコアについて、マン・ホイットニ検定を実施したところ、 $p=0.655$ （同順位補正、両側確率）で差があるとはいえない結果となった。絶対湿度に関しては、加湿装置のある特定建築物（A～C）は 6～9g/kgDA の範囲にあり、一方、加湿装置のない中小規模建築物の E（熊本市）、F（金沢市）も外気絶対湿度が相応に高いため（5～8g/kgDA）、室内絶対湿度に関しては特定建築物と遜色がない（D は明らかに差がある）。従って、こうした乾燥感に関する申告は加湿装置の有無が影響しているとは断定できるとは言えない。図 21、22 は IAQ に関するスコアとその時の CO₂ 濃度をプロットしたものである。C と F は「4：どちらでもない」と回答している執務者が多い。CO₂ 濃度変化幅が大きい D は、スコアに関しても幅広く分布している。

C3. 室内環境レーティングスコアの検出力

温熱感や湿度感、空気質に対する個人の感覚に地域差がないと仮定して、今回の調査で得られた各要素のレーティングスコアとそのときの温度、相対湿度（絶対湿度）、CO₂ 濃度の平均値の相関を確認したところ、スコアとスコア毎の温度平均値は相関があることを確認した（ $p=0.0095$ 、図 23）。また、回帰式から計算される中立温度（「4：どちらでもない」）は 24.15℃ となった。CO₂ 濃度に関しては、「1：非常に悪い」で被検者が暴露されている環境の CO₂ 濃度が高く、CO₂ 濃度が低下すると「7：非常に良い」と評価される回帰直線を引くことができる。ただし相関性は強くはなかった（ $p=0.265$ ）（図 26）。一方、相対湿度（図 24）及び絶対湿度（図 25）は評価スコアとの相関は

確認できなかった（相対湿度 $p=0.811$ 、絶対湿度 $p=0.865$ ）。

D.考察

室内環境の主観評価は、個人差（年齢、性別）、着衣量のほか、健康状態、運動習慣、自宅の温熱環境、都市環境、地域気象等の多要素の複合影響とこれら要素間のバイアスの上に成立している。それを7段階程度の順序変数という粗い解像度で把握しているのが現状である。しかし、簡便に室内環境の満足度を評価するためには単純スケールによる評価が現実的であるのも事実である。一方で、例えば寒さ解消のための暖房出力の増加や空気環境の改善のための換気量増加が相対湿度低下につながるなど、パラメータ間の物理的意味は明確である。そこで、これら環境調整パラメータ間の感度について単純モデルで検討し、温度、相対湿度及びCO₂濃度の変化量の関係から、1℃の変化幅は相対湿度1.5～2.0%RH、CO₂濃度150～200ppm、換気回数0.5ACH程度の変化幅と同等であると推定した。

また意味微分的な把握方法として、階層分析法（AHP）を用いて個人の環境評価の重み付けの把握を試みた。その結果、6件の建築物で各々特性に差はあるものの、D～F（中小規模建築物）は湿度感（HS）の重要度が大きく（0.391、0.424、0.393）、温熱感（TC）は比較的小さいこと、特定建築物（A～C）は空気質（IAQ）の重要度とばらつきに地域差がみられることがわかった。階層分析法によるこうした重要度の把握は容易であるが、その結果の妥当性はさらに検証を重ねることが必要である。順序変数に基づく環境評価の検出力についても検証を行った。全データを用いたスコア毎の平均値を用いて回帰分析を行ったところ、TCに関しては順序スケールと温度との間に統計的

有意性を確認した（ $p=0.0095$ ）。IAQに関しては、CO₂濃度と評価に整合性は認められるものの統計的有意性があるとはいえなかった（ $p=0.265$ ）。HSについてはほぼ全ての評価が乾燥側に偏っており、かつ狭い湿度幅のなかで「1:非常に乾燥している」、「2:乾燥している」、「3:やや乾燥している」がばらつく結果となった。人間には湿度を直接知覚する感覚器官がないことから、湿度感評価は間接的評価とならざるを得ない。すなわち、単純に湿度感の主観評価を尋ねるだけでは、空間湿度を評価することは困難である。

E.結論

階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討を行った。主観評価に先立ち、物理環境要素（TC、HS、IAQ）に関する建築物特性の感度に関して単室換気モデルで検討したところ、温度、相対湿度及びCO₂濃度の変化量の関係より、1℃の変化幅は相対湿度1.5～2.0%RH、CO₂濃度150～200ppm、換気回数0.5ACH程度の変化幅と同等であると推定することができた。

階層分析法を用いて算出したTC、HS、IAQの重み係数は、平均値で見るとHSの重要性比率が高くなるA、D、E、F、IAQの重要性比率が高くなるCなどが抽出された。HSに関しては、今回調査した建築物は全体的に乾燥側の申告が多く、かつ中立的な回答がないという結果になった。こうした乾燥感相対湿度40%を超えている状況であっても同様であった。湿度に関しては、冬期は乾燥しているという一般常識がバイアスになっている可能性があり、主観評価の限界といえそうである。温度、空間湿度、換気量は物理的に連動するパラメータであり、主観評価でコントロールされることを考慮すると、相対湿

度の優先度は低いと言わざるを得ない。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 本間義規、下ノ菌慧、西原直枝、東賢一、島崎大、阪東美智子、小林健一．階層分析法を用いた個人・集団の主観評価バイアスに関する検討、日本公衆衛生学会総会、2025（投稿中）

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

参考文献

- 1) 高萩栄一郎・中島信之．Excel で学ぶ AHP 入門 第 2 版、オーム社、平成 30 年 5 月 30 日
- 2) 今野浩、後藤順哉．意思決定のための数理モデル入門、朝倉書店、2018 年 9 月
- 3) Thomas L. Saaty. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research 48 (1990) 9-26
- 4) R. W. Saaty. The Analytic Hierarchy Process – What it is and How it is used, Mathematical Modeling, Vol.9, No.3-5, pp.161-176,1987
- 5) 中西昌武、木下栄蔵．集団意思決定ストレス法の集団 AHP 法の適用、日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌、1998 年 41 巻 4 号、 560 -571、DOI <https://doi.org/10.15807/jorsj.41.560>
- 6) 小野寛也、村上周三、加藤信介、伊香賀俊治．オフィス空調設計における季節別要因の重要度重み付けの階層分析、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、p.485-488、2003.9

表 1 調査建物の概要

記号	所在地		測定階/最高階	延べ面積(m ²)	空調設備	換気設備
A	北海道札幌市	建築物衛生法 特定建築物	10F/16F	25289.2	AHU (CAV)	第1種熱交換
B	宮城県仙台市		7F/8F	6799.6	PAC+OHU	OHU
C	東京都新宿区		21F/35F	93996.5	AHU (VAV)	AHU
D	北海道札幌市	非特定建築物	2F/3F	1372.7	PAC	第1種熱交換
E	熊本県熊本市		3F/3F	973.4	PAC	第3種
F	石川県金沢市		1F/1F	805.5	PAC	第3種+ドア開閉

質問 1 現在いるスペースの暑さ・寒さについてお尋ねします。該当するものを1つ選択してください。

1 非常に寒い, 2 寒い, 3 やや寒い, 4 どちらでもない, 5 やや暑い, 6 暑い, 7 非常に暑い

質問 2 現在いるスペースの湿度感についてお尋ねします。該当するものを1つ選択してください。

1 非常に乾燥している, 2 乾燥している, 3 やや乾燥している, 4 どちらともいえない, 5 ややジメジメしている, 6 ジメジメしている, 7 非常にジメジメしている

質問 3 現在いるスペースの空気質（空気の汚れ感、換気不足感）についてお尋ねします。該当するものを1つ選択してください。

1 非常に悪い, 2 悪い, 3 やや悪い, 4 どちらでもない, 5 やや良い, 6 良い, 7 非常に良い

質問 4 「暑さ・寒さ感」と「湿度感」とでは、あなたにとってどちらがより重要とお考えですか。最も近い割合を選択してください。

1 「暑さ・寒さ感」10%・「湿度感」90%, 2 「暑さ・寒さ感」30%・「湿度感」70%, 3 「暑さ・寒さ感」50%・「湿度感」50%, 4 「暑さ・寒さ感」70%・「湿度感」30%, 5 「暑さ・寒さ感」10%・「湿度感」90%

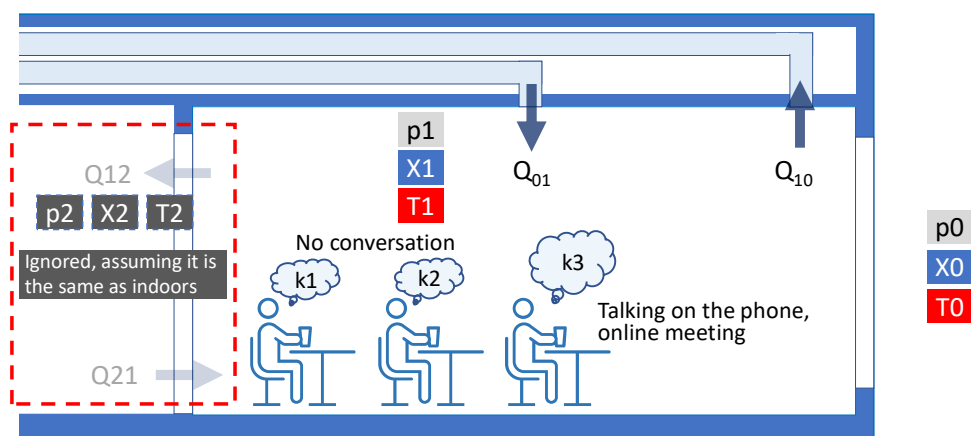
質問 5 「暑さ・寒さ感」と「空気質」とでは、あなたにとってどちらがより重要とお考えですか。最も近い割合を選択してください。

1 「暑さ・寒さ感」10%・「空気質」90%, 2 「暑さ・寒さ感」30%・「空気質」70%, 3 「暑さ・寒さ感」50%・「空気質」50%, 4 「暑さ・寒さ感」70%・「空気質」30%, 5 「暑さ・寒さ感」10%・「空気質」90%

質問 6 「湿度感」と「空気質」とでは、あなたにとってどちらがより重要とお考えですか。最も近い割合を選択してください。

1 「湿度感」10%・「空気質」90%, 2 「湿度感」30%・「空気質」70%, 3 「湿度感」50%・「空気質」50%, 4 「湿度感」70%・「空気質」30%, 5 「湿度感」10%・「空気質」90%

図 1 質問紙調査の内容



Q: ventilation volume (m³/s), pi: CO₂ concentration(-),
ki: CO₂ emission rate (kg/s)

図 2 換気に伴う温度、相対湿度、CO₂濃度の物理的関連性

$$\text{熱収支} \quad c\rho_0Q_{01}T_0 - c\rho_1Q_{10}T_1 + H = 0 \quad (1)$$

$$\text{水分収支} \quad \rho_0Q_{01}X_0 - \rho_1Q_{10}X_1 + W = 0 \quad (2)$$

$$\text{CO}_2 \text{ 収支} \quad \rho_0Q_{01}p_0 - \rho_1Q_{10}p_1 + \sum k = 0 \quad (3)$$

$$\begin{array}{c} \text{TC} \\ \text{HS} \\ \text{IAQ} \end{array} \begin{bmatrix} \text{TC} & \text{HS} & \text{IAQ} \\ 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$k_i = \sqrt[3]{\prod_{j=1}^3 a_{ij}} \quad (5)$$

$$(w_1, w_2, w_3)^T = \left(\frac{k_1}{\sum_{i=1}^3 k_i}, \frac{k_2}{\sum_{i=1}^3 k_i}, \frac{k_3}{\sum_{i=1}^3 k_i} \right)^T \quad (6)$$

$$C.I. = \frac{\sum_{i=1}^n w_i / n - n}{n - 1} \quad (7)$$

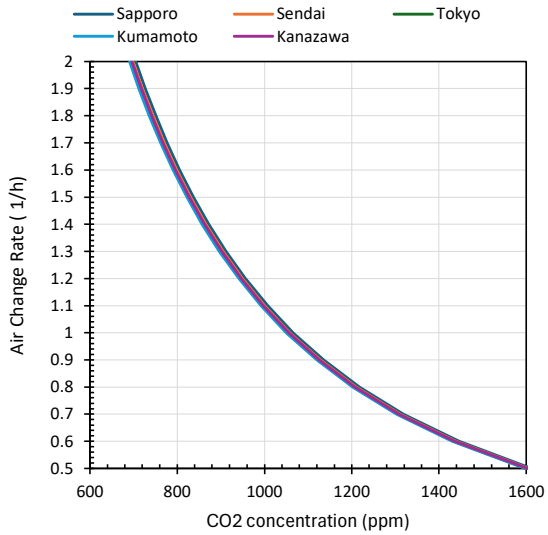


図 3 CO₂ 濃度と換気回数

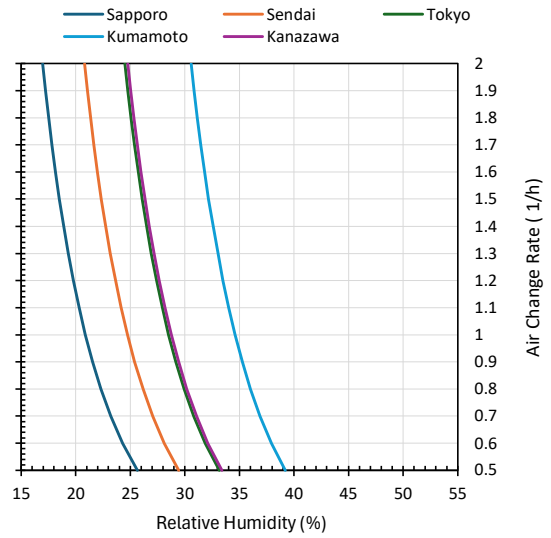


図 4 相対湿度と換気回数

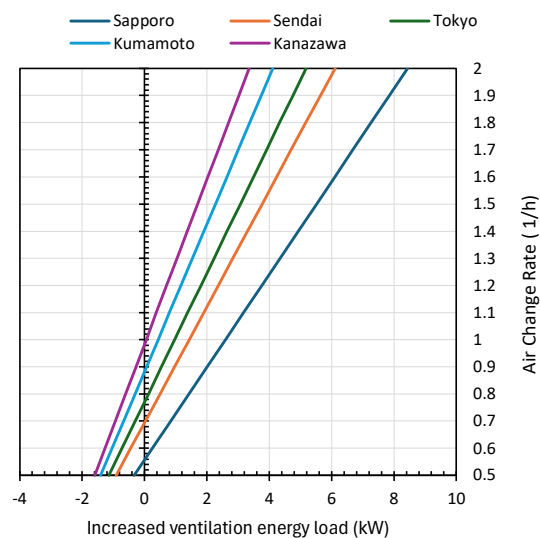


図 5 換気負荷増分と換気回数

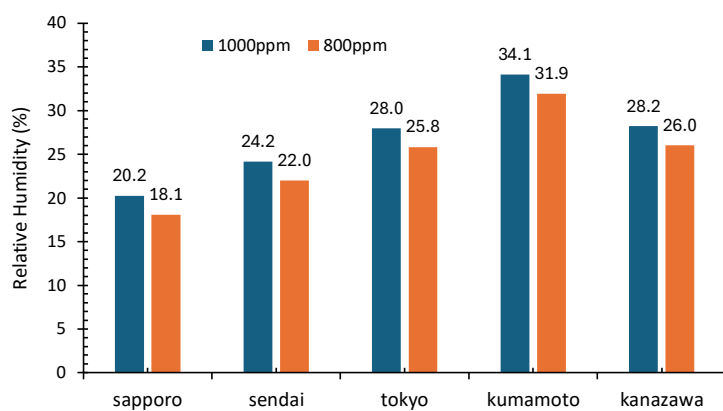


図 6 CO₂ 濃度と相対湿度の地域影響

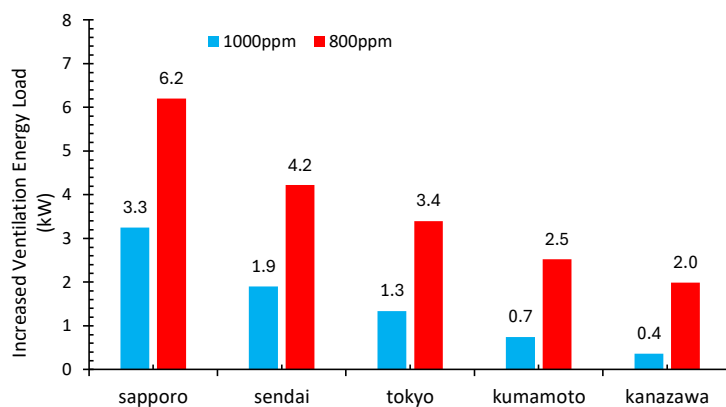


図 7 CO₂ 濃度と換気負荷増分の地域影響

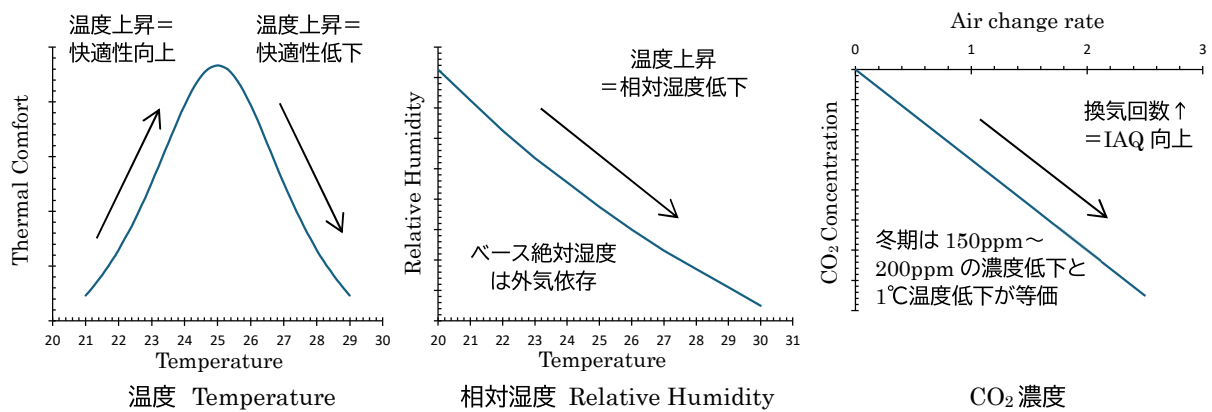


図 8 1°Cの温度変化が温熱感, 相対湿度, CO₂ 濃度に及ぼす影響

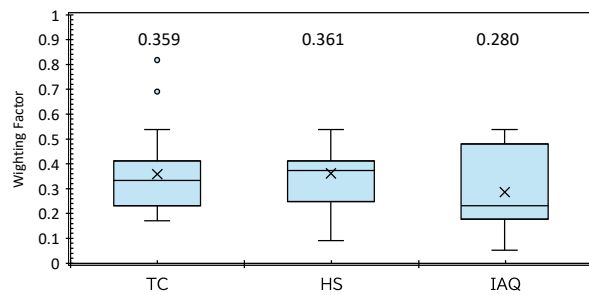


図 9 Aにおける TC、HS、IAQ の重み係数

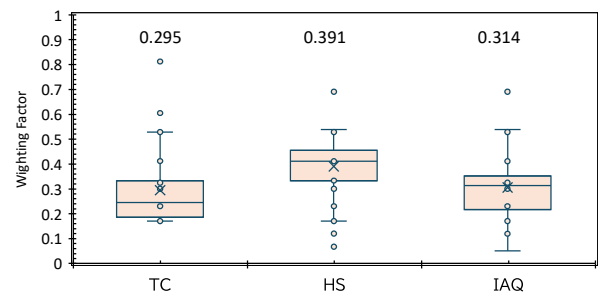


図 12 Dにおける TC、HS、IAQ の重み係数

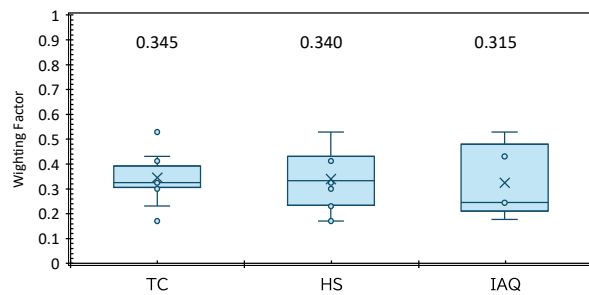


図 10 Bにおける TC、HS、IAQ の重み係数

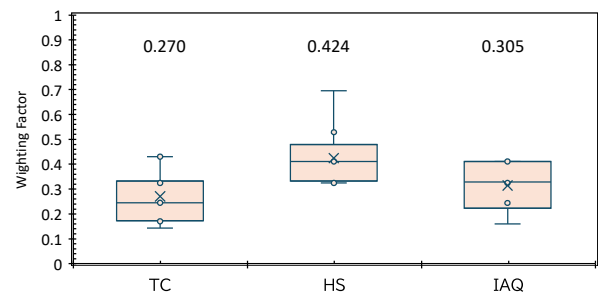


図 13 Eにおける TC、HS、IAQ の重み係数

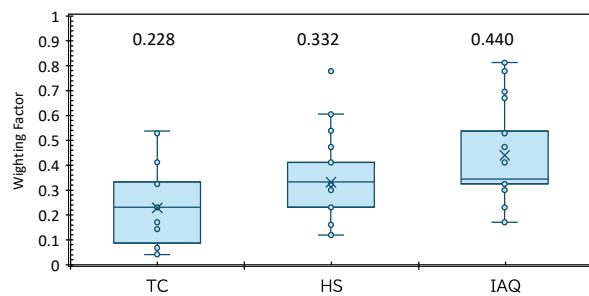


図 11 Cにおける TC、HS、IAQ の重み係数

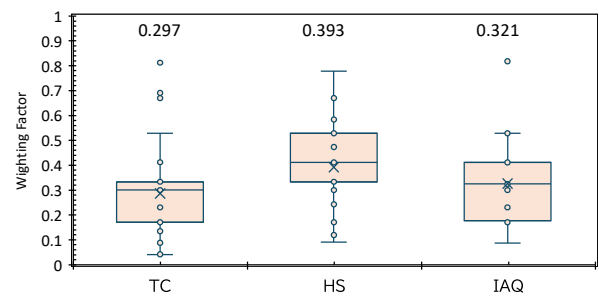


図 14 Fにおける TC、HS、IAQ の重み係数

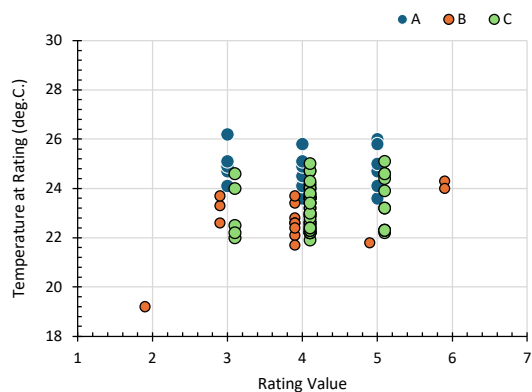


図 15 A、B、C の TC スコアと温度の関係

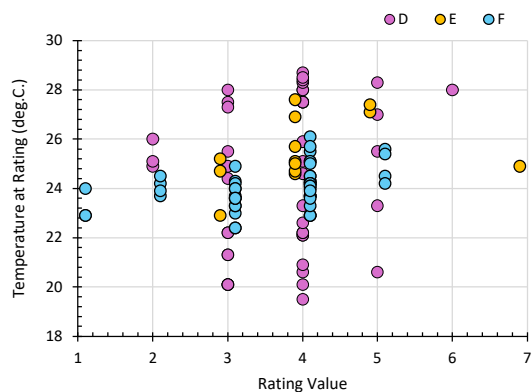


図 16 D、E、F の TC スコアと温度の関係

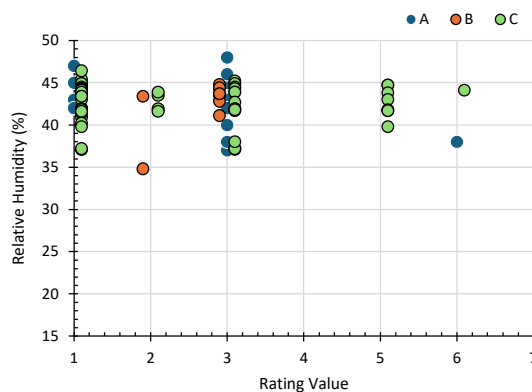


図 17 A、B、C の HS スコアと相対湿度の関係

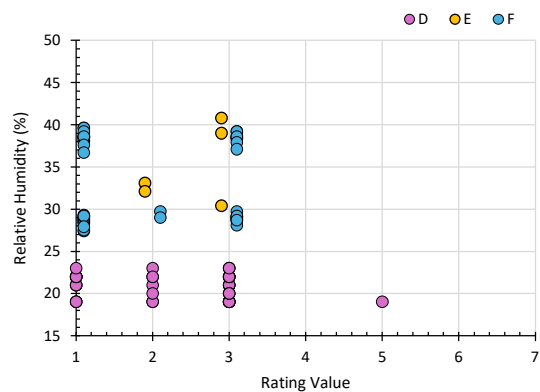


図 18 D、E、F の HS スコアと相対湿度の関係

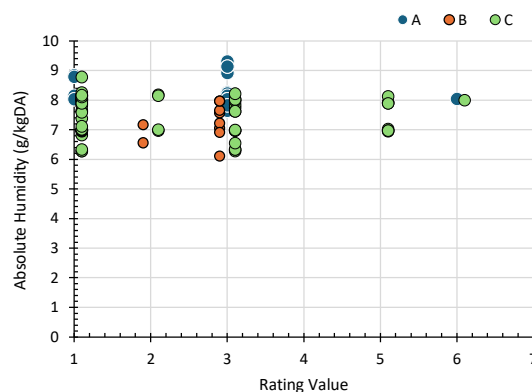


図 19 A、B、C の HS スコアと絶対湿度の関係

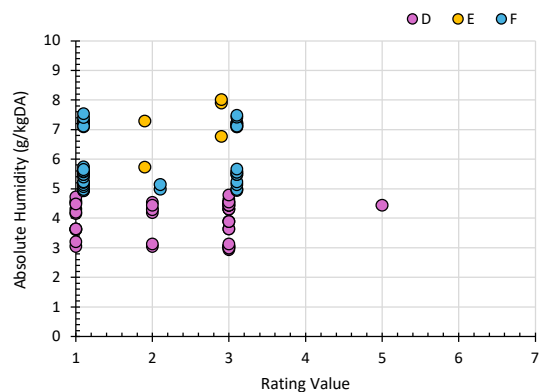


図 20 D、E、F の HS スコアと絶対湿度の関係

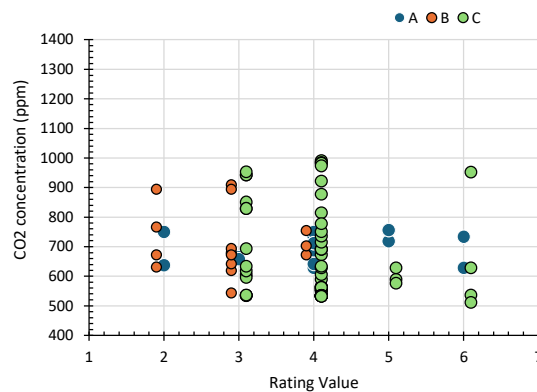


図 21 A、B、C の IAQ スコアと CO₂ 濃度の関係

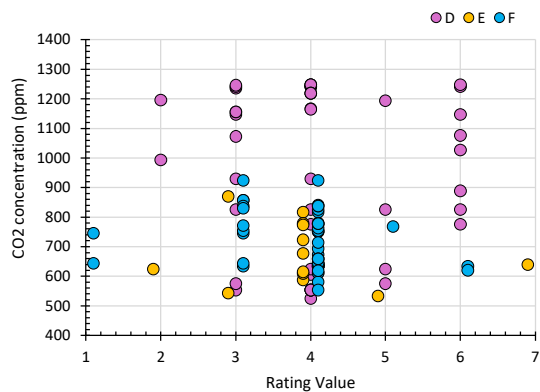


図 22 D、E、F の IAQ スコアと CO₂ 濃度の関係

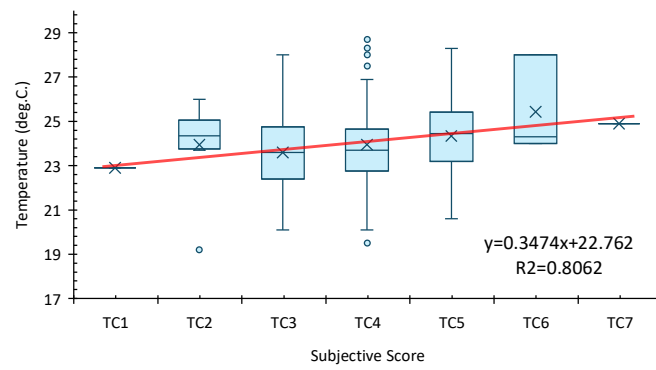


図 23 暴露環境の温度と温熱感スコアの関係

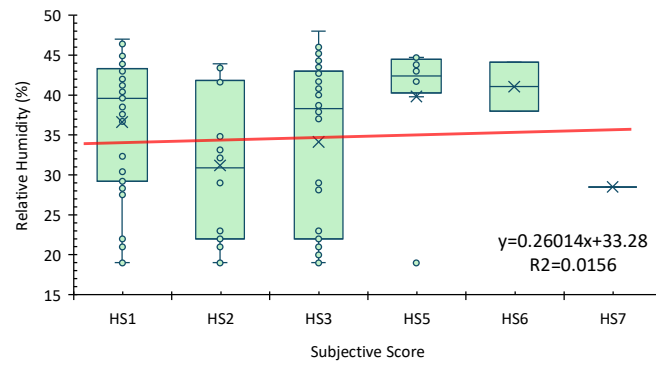


図 24 暴露環境の相対湿度と湿度感スコアの関係

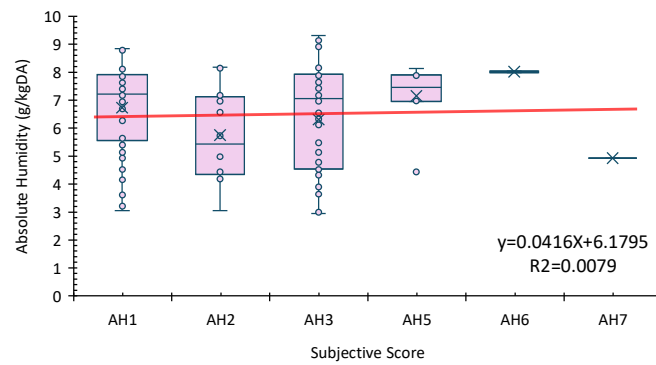


図 25 暴露環境の絶対湿度と湿度感スコアの関係

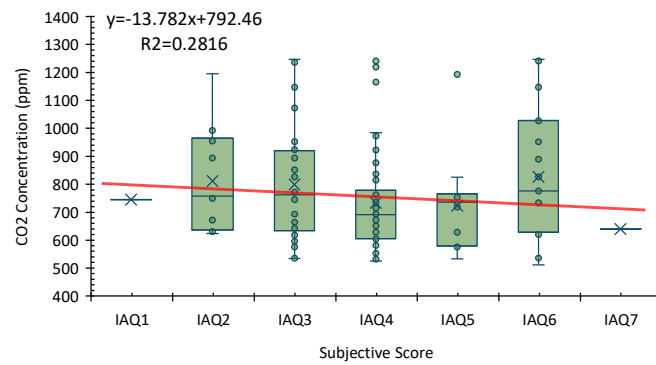


図 26 暴露環境の CO₂ 濃度と空気質スコアの関係

研究成果の刊行に関する一覧表

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Hoon K, Osawa H.	A longitudinal study on the effects of hygrothermal conditions and indoor air pollutants on building-related symptoms in office buildings.	Indoor Air doi: 10.1111/ina.13164		e13164	2022
東 賢一	シックビルディング症候群に関連するオフィスビルの室内環境要因	クリーンテクノロジー	32(11)	1-4	2022
Azuma K.	Indoor air quality and health effects in modern office buildings.	16th international conference on indoor air quality and climate, Workshop Kuopio, Finland		12-16	2022
Azuma K.	Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: associations with suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms.	The 34th International Congress on Occupational Health, Marrakesh Morocco			April 28-May 3, 2024.
東 賢一、本間義規、下ノ菌 慧、島崎 大、阪東美智子、小林健一、西原直枝	中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法（第4報）室内環境評価システムの検討	第83回日本公衆衛生学会総会（札幌）			2024年10月
東 賢一	室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響に関する近年の知見.	自動車技術会、車室内環境技術部門委員会セミナー東京			2024年10月11日.
下ノ菌 慧、本間義規、東賢一、島崎大、小林健一、阪東美智子、西原直枝	中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築（第1報）室内温湿度の維持管理手法に関する検討.	令和5年度空気調和・衛生工学会大会（福井）福井. 同学術講演論文集		p.177-180.	2023.9
下ノ菌 慧、本間義規、島崎大、阪東美智子、東賢一、小林健一	中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価その2 等価騒音レベルを用いた室内環境評価.	第82回日本公衆衛生学会総会; 2023.10.31-11.2; つくば. 日本公衆衛生雑誌.	70(9 特別付録)	671	2023
下ノ菌 慧、本間義規、東賢一、島	中小規模建築物における衛生的環境の維持管	令和6年度空気調和・衛生工学会大	E-39	p.109-112	2024.9

崎大, 小林健一, 阪東美智子, 西原直枝	理手法の構築 (第3報) 夏期の室内空気温湿度の維持管理手法に関する検討	会; 同学術講演論文集			
下ノ 藺 慧, 本間義規, 東賢一, 島崎大, 西原直枝, 阪東美智子, 小林健一	中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法 (第7報) 室内空気質の維持管理手法の検討	第83回日本公衆衛生学会総会 (札幌) 同抄録集	P21-11(31 AM006)	p.606	2024.10
本間義規, 下ノ 藺 慧, 東賢一, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子, 西原直枝	中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築 (第2報) 空気環境の実態と利用者の主観評価	空気調和衛生工学会 学術講演論文集 (福井)		177-180	2023.9
本間義規, 下ノ 藺 慧, 島崎大, 阪東美智子, 東賢一, 小林健一	中規模建築物の衛生環境と執務者の主観評価 その1 オフィスの光環境と明るさ感	日本公衆衛生学会総会第20分科会産業保健	P-2001-1		2023.10
本間義規, 下ノ 藺 慧, 東賢一, 島崎大, 西原直枝, 阪東美智子, 小林健一	中小規模建築物の衛生的環境の維持管理手法 (第6報) 建物規模・性能と浮遊微生物	第83回日本公衆衛生学会総会 (札幌) 同抄録集.	P21-10(31 AM005)	p.606	2024.10
本間義規, 下ノ 藺 慧, 東賢一, 島崎大, 小林 健一, 阪東美智子, 西原直枝	中小規模建築物における衛生的環境の維持管理手法の構築. (第4報) 連続測定に基づく規模・設備別の室内温湿度環境形成要因の考察	空気調和衛生工学会 大会学術講演論文集	E-40	p.113-116	2024
本間義規, 下ノ 藺 慧, 島崎大, 小林健一, 阪東美智子	事務所ビルの室内湿度と執務者の湿度感に関する主観評価	日本建築学会大会学術講演梗概集	D-2	967-698	2024.8
本間義規	人と湿度	日本建築学会環境工学委員会熱環境運営委員会第53回熱シンポジウム		87-92	2024.10
Yoshinori Honma, Kei Shimonosono, Kenichi Azuma, Dai Shimazaki, Kenichi Kobayashi, Michiko Bando and Naoe Nishihara.	Temperature, Relative Humidity and Indoor Air Quality in office buildings and their subjective evaluation.,	44th AIVC Conference Proceedings, Croke Park, Dublin, Ireland		541-550	2024.10
本間義規, 下ノ 藺 慧, 島崎大, 阪東美智子, 小林健一	事務所ビルの室内湿度と執務者の湿度感に関する主観評価	2024年度日本建築学会大会学術講演梗概集		967-968	2024.8

本間義規, 下ノ 藺慧, 東賢一, 島 崎大, 小林健一, 阪東美智子, 西 原直枝	中小規模建築物におけ る衛生的環境の維持管 理手法の構築 (第4報) 連続測定に基づく規 模・設備別の室内温湿 度環境形成要因の考察	令和6年度空気調 和・衛生工学会大会 学術講演論文集	E-40	113- 116	2024.9
本間義規, 下ノ 藺慧, 東賢一, 島 崎大, 西原直枝, 阪東美智子, 小 林健一	中小規模建築物の衛生 的環境の維持管理手法 (第6報) 建物規模・性 能と浮遊微生物	第83回日本公衆衛 生学会総会抄録集		606	2024.10
下ノ藺慧, 本間 義規, 東賢一, 島 崎大, 小林健一, 阪東美智子, 西 原直枝	中小規模建築物におけ る衛生的環境の維持管 理手法の構築 (第3報) 夏期の室内空気温湿度 の維持管理手法に関す る検討	令和6年度空気調 和・衛生工学会大会 学術講演論文集	E-39	109- 112	2024.9
東賢一, 本間義 規, 下ノ藺慧, 島崎大, 阪東美 智子, 小林健一, 西原直枝	中小規模建築物の衛生 的環境の維持管理 手法 (第4報) 室内環 境評価システムの検 討	第83回日本公衆衛 生学会総会抄録集		605	2024.10
島崎大, 下ノ藺 慧, 本間義規, 東 賢一, 西原直枝, 阪東美智子, 小 林健一	中小規模建築物の衛生 的環境の維持管理手法 (第5報) 給水に係る 衛生状況と水質	第83回日本公衆衛 生学会総会抄録集		606	2024.10
下ノ藺慧, 本間 義規, 東賢一, 島 崎大, 西原直枝, 阪東美智子, 小 林健一	中小規模建築物の衛生 的環境の維持管理手法 (第7報) 室内空気質 の維持管理手法の検討	第83回日本公衆衛 生学会総会抄録集		607	2024.10