

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

IoT、AI 等の最新技術を活用した建築物衛生管理手法の
検証のための研究

令和 6 年度～令和 7 年度 総括・分担総合研究報告書

研究代表者 金 勲
令和 8（2026）年 3 月

目 次

I. 総括総合研究報告書	・ ・ ・ 1
IoT、AI 等の最新技術を活用した建築物衛生管理手法の 検証のための研究	・ ・ ・ 2
金 勲	
II. 分担総合研究報告書	・ ・ ・ 13
1. 特定建築物の報告統計	・ ・ ・ 14
鍵 直樹、金 勲、下ノ菌 慧、中野 淳太、海塩 渉	
2. 室内環境に関する現場調査	・ ・ ・ 20
2-1 建物概要	・ ・ ・ 21
下ノ菌 慧	
2-2 温度、相対湿度、気流	・ ・ ・ 23
下ノ菌 慧	
2-3 化学物質濃度（VOCs 及びカルボニル化合物）	・ ・ ・ 37
鍵 直樹	
2-4 浮遊粉じん及び浮遊粒子状物質	・ ・ ・ 42
金 勲	
2-5 一酸化炭素及び二酸化炭素濃度	・ ・ ・ 52
金 勲	
2-6 ASHRAE 55-2023 に準拠した手法による温熱環境評価	・ ・ ・ 57
中野 淳太	
3. 空気環境衛生管理に向けた小型測定器の活用手法の検討	・ ・ ・ 68
3-1 CO ₂ 濃度の自動校正機能の検証と 小型測定器による室内環境評価	・ ・ ・ 69
下ノ菌 慧、鍵 直樹、金 勲	
3-2 現場立入測定・法定測定と小型測定器の比較検討	・ ・ ・ 105
下ノ菌 慧、鍵 直樹、金 勲	
3-3 小型測定器の比較実験	・ ・ ・ 118
下ノ菌 慧、鍵 直樹、金 勲	
4. 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討	・ ・ ・ 125
海塩 渉、金 勲、下ノ菌 慧	

5. 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関する アンケート調査（水質管理関連） 三好 太郎、増田 貴則	・・・ 138
6. 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関する アンケート調査（空調及び空気環境の維持管理） 金 勲、鍵 直樹、海塩 渉、中野 淳太、下ノ菌 慧	・・・ 146
7. AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム 金 勲、鍵 直樹、海塩 渉、中野 淳太、下ノ菌 慧	・・・ 154
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	・・・ 159

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

IoT、AI 等の最新技術を活用した建築物衛生管理手法の
検証のための研究

令和 6 年度～令和 7 年度 総括総合研究報告書

研究代表者 金 勲

令和6年度～令和7年度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)
総括総合研究報告書

IoT、AI等の最新技術を活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究

研究代表者 金 勲 国立保健医療科学院 上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生行政における空気環境、水質検査等の定期検査・点検規制については、令和4年12月21日公表の「デジタル原則を踏まえたアナログ規制の見直しに係る工程表」において「新たな規制の在り方の検討」という方針が示されている。建築物衛生法における測定・検査・点検は測定技術者による現場立入調査が基本となるが、近年はIoTやセンシング技術の発展により、建築物環境衛生管理の人手不足や中小規模建築物の自主管理の可能性なども視野にこのような技術を活用すべきという声も上がっている。

本研究では、自動測定によるデータの精度を検証するとともに、自動測定で得られるデータを活用することによって、現行の測定方法よりも適切な維持管理ができるかを検証する。加えて、自動測定が既存測定と同程度以上の精度であると判断できる条件を明確化する。更に、自動測定が既存測定（手動測定）と同程度以上の精度であると判断できる条件（センサー精度、測定箇所、測定機器の校正の頻度等）を明確化することで、特定建築物のより適切な維持管理手法を確立することを目標とする。

本研究は全2年計画として、建物7施設10フロアに自動計測センサー（小型測定器）を設置し長期計測を行うと共に、冷暖房期には法定測定法による管理基準項目6項目の立入調査を行った。また、一部建物においてはBEMSデータ、測定技術者による報告調書を収集して、連続計測小型センサー及び法定立入調査結果と精度の比較検討を行った。建築物環境衛生管理に携わっている技術者を対象に、業務上負担の実情、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を設問するアンケート調査を行い、約500件の有効回答が得られた。アンケート結果から水質管理、空調及び空気環境の維持管理に関して解析を行った。また、最終年度にはAI画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システムの紹介とシステムによる汚れ度判定性能とスライム発生、レジオネラ属菌の発生有無に関して報告した。本研究では、下記項目に関する研究を実施した。

- ① 特定建築物の報告統計
- ② 室内環境に関する現場調査
- ③ 空気環境衛生管理に向けたIoTセンサー活用手法の検討
- ④ 空気環境管理に向けたBEMSデータ活用手法の検討
- ⑤ 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）
- ⑥ 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の維持管理）
- ⑦ AI画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

研究組織

研究分担者

鍵 直樹（東京科学大学）
海塩 渉（東京科学大学）
中野 淳太（法政大学）
増田 貴則（国土技術政策総合研究所）
三好 太郎（国土技術政策総合研究所）
下ノ菌 慧（国立保健医療科学院）

研究協力者

白根 和明（アズビル（株））
原山 和也（アズビル（株））
三浦 眞由美（アズビル（株））
吉村 太志（日本カノマックス（株））
内山 功（日本カノマックス（株））
東山 泰造（日本カノマックス（株））
小島 謙太郎（柴田科学（株））
檜山 功（柴田科学（株））
黒田 洋平（ダイキン工業（株））
笹井 雄太（ダイキン工業（株））
堂前 浩（ダイキン工業（株））
渡邊 大智（ダイキン工業（株））
平敷 勇（三菱電機（株））
関内 健治（全国ビルメンテナンス協会）
鎌倉 良太（日本建築衛生管理教育センター）
杉山 順一（日本建築衛生管理教育センター）
谷川 力（日本ペストコントロール協会）

A. 研究目的

昨今の人手不足に加えデジタル技術の発展により、建築物衛生法においても管理・点検・検査業務に対してデジタル技術を活用した効率化の検討が行われている。

建築物衛生行政における空気環境、水質検査等の定期検査・点検規制については、令和4年12月21日公表の「デジタル原則を踏まえたアナログ規制の見直しに係る工程表」において

「新たな規制の在り方の検討」という方針が示された。

本研究は IoT/AI 技術を含む自動測定によるデータの精度を検証し、「現行の測定方法よりも適切な維持管理を行うことができるかどうか」、また「自動測定と既存測定（手動測定）が同程度以上の精度であると判断できる条件を明確化」することで、特定建築物のより適切かつ効率のよい維持管理手法を提案することを目的とする。

本研究では、空気環境、空気調和設備、給水等の衛生管理に関して、以下の事項を行う。

- ① これまで研究してきた自動測定手法、異常の判別基準及びその方法並びに精度管理方法のさらなる検証
- ② 現場調査
- ③ デジタル技術（IoT/AI 等）に関する国内外の文献調査及びメーカーとの情報交換、管理技術者向けアンケート調査等
- ④ 法令・通達等の改正に必要な科学的エビデンスの蓄積

B. 研究方法

本研究では2年計画として、先行研究「IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究(22LA1010、R4～R5年度、代表：金勲)」から選別した温湿度・CO₂濃度センサー2種類、PM_{2.5}センサー2種類、また更に改良された Air Quality Sensor を用いた中長期間比較評価を行った。

また、特定建築物7件（宮崎県3件、関東圏4件）10フロアを対象に小型測定器の設置、空気環境6項目測定、化学物質濃度・浮遊微粒子個数濃度、上下温度分布に夏期及び冬期測定を実施した。

一部建物においては BEMS データ、測定技術者による報告調書を収集して、小型測定器及

び法定立入調査結果と精度の比較検討を行った。

また、建築物環境衛生管理技術者や建築物の環境衛生全般に関する維持管理に携わっている関係者を対象に、業務上負担の実情、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を設問するアンケート調査を行った。

最後に、AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システムの紹介とシステムによる汚れ度判定性能とスライム発生、レジオネラ属菌の発生有無に関して報告した。

B.1 特定建築物の報告統計

これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた空気環境項目の不適率の最新動向について整理した。

B.2 室内環境に関する現場調査

特定建築物 7 施設 10 フロアに小型測定器を設置し、夏期及び冬期に建築物衛生法で定める従来の法定手法で空気衛生環境 6 項目（浮遊粉じん、CO、CO₂、温度、相対湿度、気流）を測定すると共に、化学物質濃度、浮遊粒子状物質濃度などの空気環境の測定を行った。

空気環境 6 項目の測定器 2 種類を用いて 2024 年秋期（10 月）、2025 年冬期（1～3 月）、2025 年夏期（8 月）と 2026 年冬期（2 月）の代表 1 日を選定して、各測定点にて 20 分間測定した。

更に、浮遊粒子状物質濃度は法的管理項目ではないが、PM_{2.5} を念頭に浮遊粒子状物質（Particulate Matter）の 6 粒径 0.3、0.5、1.0、3.0、5.0、>10 μ m に対して計測した。

長期計測用の小型測定器は二酸化炭素（以降、CO₂）濃度、温湿度、粒径 2.5 μ m 以下の微小粒子状物質（以降、PM_{2.5}）を対象にしている。

更に、温熱環境に関する最新の基準 ASHRAE55-2023 に準拠して室内温熱環境の特性を調査した。

B.3 空気環境衛生管理に向けた自動計測センサーの活用手法の検討

特定建築物 7 施設 10 フロアに小型測定器を設置し、CO₂、濃度、温湿度、PM_{2.5} の中長期間の連続自動測定を行った。

CO₂ 濃度の自動校正機能の検証については、2 種の小型測定器に対して自動校正機能を On とした機器と Off とした機器を隣接させて設置した。

計測データは測定期間中の平日 9～17 時（12～13 時除く）の空気温湿度と CO₂ 濃度の特別集計値、基準値内時間率等で評価した。

現行測定と小型測定器の比較については、冷暖房期共に代表 1 日に現場立入による現行測定法に準じた空気環境 6 項目測定（現場立入測定）を実施するとともに、建築物衛生法の環境衛生管理基準に従い 2 か月以内ごとに 1 回測定技術者によって実施されている法定測定による報告結果を入手し、当該時刻の小型測定器の値と比較した。この比較には、現場立入測定若しくは法定測定の測定値に対して小型測定器の温度が ± 0.5 K、相対湿度が $\pm 5\%$ RH、CO₂ 濃度が ± 50 ppm 以内の値である場合に両者は同値であると見なし、全測定回数に対する同値である測定回数の比率（一致率）で評価した。

B.4 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

BEMS の環境衛生管理への活用を見据え、居住域・壁面（インテリア・ペリメータ）・還気ダクトの各所に設置されたセンサーの値の差異について検討してきた。また、居住域内における温湿度の空間分布について詳細な検討を行った。

関東地方で BEMS を導入したオフィス 3 棟を対象に、温度、相対湿度、CO₂濃度を測定した。BEMS センサーの設置箇所(居住域、壁面、還気ダクト)による違いや季節の影響を評価するため、居住域に設置したデータロガーの値を基準に、暖房期・冷房期・中間期を含む実データを分析した。

B.5 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）

公益財団法人日本建築衛生管理教育センターの協力を得て、建築物環境衛生管理の有資格者である統括管理者及び空調給排水管理監督者を対象に自身の管理業務に従事する建築物等についてアンケート調査を行った。

設問内容は以下通りである。

- ・ 建築物の所在地
- ・ 建築物を管理していた時期
- ・ 業務内容（現場管理者や管理会社職員など）
- ・ 建物属性（用途、所有区分、使用状況、延床面積、階数、竣工年）
- ・ 設備概要（空調方式、水源、給湯方式）
- ・ 帳簿の作成、管理及び報告方法（電子・紙媒体）
- ・ 理想的な帳簿の作成、管理及び報告方法
- ・ 身体的、精神的、時間的な負担が大きな作業
- ・ 水の管理（検査実施頻度及び実施方法、検査に要する時間など）
- ・ 中央監視システムや BEMS（Building Energy Management System）の導入状況
- ・ 中央監視システムや BEMS の活用状況

本項では、水質管理業務に関する IoT 技術活用方針を検討することを目指し、水質検査体制ごとの検査頻度及び検査項目ごとの検査業務外部委託比率をとりまとめた。水質管理に関し

ては、1 年目 120 件、2 年目には 318 件の、計 438 件の有効回答が得られた。

B.6 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の衛生管理）

アンケートでは「B.5 水質管理」と共に、空調及び空気環境の衛生管理に関する調査を行っている。1 年目の 181 件に加え、本年度は 318 件の有効回答が得られ、計 499 件に対する統計解析を行った。

B.7 AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

建築物衛生法では、空調機のドレンパン（排水受け）について使用開始時及び使用期間中 1 ヶ月以内ごとに 1 回、汚れ及び閉塞の状況の点検を行い、必要に応じて清掃及び換水等を行うこととしている。個別式空調やコンパクトエアハンなど小型空調機の普及により点検箇所の増大は現場に大きな負担となっている。

本項では、空調機排水受けの AI 画像解析システムによる汚れ度判定技術を紹介すると共に、システム設置建物におけるスライム発生及びレジオネラ属菌に関する調査結果を報告した。

C. 研究結果

C.1 特定建築物の報告統計

CO₂濃度、温度、相対湿度の不適率の経年変化は、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。一方、浮遊粉じん、CO、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。

なお、新型コロナウイルス感染症による建築物衛生への影響として、2024 年度は CO₂濃度の不適率が減少していたが、徐々に増加に転じ

ている。一方、温度、相対湿度の不適合率が2024年度には40%、60%と高い水準を維持しており、新型コロナウイルス感染症対策として換気量を増加させたことも一因と推察される。

C.2 室内環境に関する現場調査

特定建築物7件（宮崎県3件、関東圏4件）で10フロアを対象に小型測定器の設置、空気環境6項目測定、化学物質濃度・浮遊微粒子個数濃度の夏期及び冬期測定を実施し、以下の結果を得た。

(1) 空気環境管理項目6項目について環境測定器2種類を用いて2024年秋期(10月)、2025年冬期(1～3月)、2025年夏期(8月)と2026年冬期(2月)の代表1日を選定して、各測定点にて20分間測定した。

温度と気流はいずれの建物においても基準値内であったが、相対湿度は2025年冬期に5室、2026年冬期に2室において40%RHを下回っていた。また、窓面積率(窓面積/外壁面積)が大きい建築物において空気温度の平均値が最も高く27°Cを超えていた。

(2) ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値物質を中心に調査した。アルデヒド類、厚生労働省で指針値が定められている13物質、TVOCの暫定目標値(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過する建築物は無かったが、2E1Hについては1件の建築物以外で検出され、特に高濃度で検出された建築物もあった。

(3) 浮遊粉じん濃度は、いずれも管理基準濃度0.15 mg/m^3 に比べると低濃度であった。測定機器間の測定値平均の差は $0.0046 \pm 0.0049 \text{ mg}/\text{m}^3$ であった。IES-5000がModel-2100より若干高い値を示しているが、いずれも管理基準濃度0.15 mg/m^3 より1/12～1/250程度低い濃度での測定となっているため、基準に対する測定精度の影響は小さいと考えられる。

6粒径を対象にした浮遊粒子状物質(パーティクル)測定では、1.0 μm 以下の小さな粒子では全測定結果から室内濃度(IA)が外気(OA)より低い傾向を示した。10 μm 以上の粒子においては室内(IA)が外気(OA)より高くなる室が複数存在していた。粒径別のIO比平均も0.3、0.5、1.0、3.0 μm では $\text{IO}<1$ であったが、10 μm では $\text{IO}>1$ と高くなる傾向を示した。

(4) COの外気濃度は約0.1ppm、室内CO濃度も殆どが0.1ppm程度と外気濃度と大差なくいずれも管理基準値に比べると低い水準であった。

CO₂に関しては外気濃度の平均は約400～500ppmに対して、室内濃度の全体平均は管理基準1000ppmを上回る建物が1年目、2年目共に1件ずつ存在した。換気量に比べ在室人数が多いことが原因と考えられた。他の建物は1000ppmより低いレベルで管理されていたが、1000ppmに近い濃度で管理されている物件も複数存在していた。

機器による測定平均値の差は、COは $0.06 \pm 0.11 \text{ ppm}$ 、濃度差の範囲は0～0.6ppm、CO₂は $19 \pm 15 \text{ ppm}$ 、濃度差範囲は0～57ppmであり、校正による誤差等が考えられる。

(5) BEMSデータを建築物衛生管理に援用する可能性を踏まえ、空間の様々な位置での室内環境の代表性を検証した。高さ5点に温湿度計を固定したポールを6本用意し、0.1m、0.6m、1.1m、1.7m、2.4～2.7mの位置で空気温湿度を測定した。いずれの建物でも、高さ1.1mにおける衛生管理基準の空気温度の範囲を満たしていた。しかし、条件によって特徴的な空間温度分布が観察され、0.1mと2.6mの温度差は5Kとなる建築物もあった。空間内の温度分布は季節、空調の吹き出し位置、空間構成、日射の状況、人員密度、部屋の広さ等の影響を受けることが明らかとなり、これら要因を十分に把握し

たうえで、室内の代表測定点を決定することが望ましい。

C.3 空気環境衛生管理に向けた自動計測センサーの活用手法の検討

建築物衛生管理における自動計測センサー（小型測定器）の活用に向けて小型測定器による室内環境評価ならびに現行測定と小型測定器の結果を比較した。

CO₂ 濃度の自動校正機能の検証については、経時的に両者の差が大きくなる傾向が見受けられた。また、自動校正機能を利用しない場合には 298ppm となる時間帯もあることから、測定の精度が低下している可能性がある。小型測定器による冬期の室内環境評価については、基準値内時間率という指標により、現行測定よりも詳細な評価が可能となると考えられる。現場立入測定と小型測定器の比較では、冬期の相対湿度の一致率は 80%以上と高い結果であったが、空気温度と CO₂ 濃度の一致率はいずれも 50%以下であった。特に、冬期の CO₂ 濃度の一致率が低くなっているが、小型測定器による測定値が全体的に低い傾向が見られ、小型測定器の自動校正の値が 400ppm であることが一要因と考えられる。測定技術者による法定測定と小型測定器の比較では、一致率は空気温度が 29%、相対湿度が 64%、CO₂ 濃度が 24%であった。法定測定では、CO₂ 濃度の校正が成されていない可能性があり、一致率の低下の要因につながったと考えられる。

小型測定器を活用することで室内環境を詳細に評価可能となるほか、現行測定の課題（前室の測定の影響や CO₂ 濃度の校正）への対応が可能となる等の利点がある。なお、現場立入測定と小型測定器による比較では CO₂ 濃度は小型測定器の方が低い値となったが、自動校正値が 400ppm であることが要因と考えられ、近

年の大気中の CO₂ 濃度に合わせて校正することが望ましい。

C.4 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

関東地方で BEMS を導入したオフィス 3 棟を対象に、温度、相対湿度、CO₂ 濃度を測定した。BEMS センサーの設置箇所（居住域、壁面、還気ダクト）による違いや季節の影響を評価するため、居住域に設置したデータロガーの値を基準に、暖房期・冷房期・中間期を含む実データを分析した。

BEMS の高時間解像度データによって、環境基準を逸脱する場合の原因特定や、逸脱時間割合を指標とした詳細な環境評価が可能となった。空間・季節変動の分析では、冷房期や中間期の温湿度、および CO₂ 濃度は、センサーの設置箇所にかかわらず居住域の値を良好に捕捉もしくは推定できた。暖房期の温度には設置箇所による差異が、湿度にはセンサー個体差による一定のズレが見られたが、これらは特性を把握することで補正可能と示唆された。経年変化の検討では、温湿度の劣化は軽微であったものの、CO₂ センサーは 1 年間で約 100ppm の誤差が生じ、定期校正の重要性が示された。

BEMS を活用した管理手法は、人手不足が叫ばれる建築物衛生管理業界において、業務効率化に大きく寄与する。一方、実用化に向けては、①浮遊粉じん等、BEMS で通常取得しない管理項目への対応（測定頻度の緩和など）、②センサー未設置部屋が存在することに伴う管理単位の再考、③連続データに基づく評価指標の確立、④CO₂ センサー等の定期的な校正頻度の規定、という 4 つの課題を整備する必要がある。本研究の成果は、デジタル技術を活用した次世代の空気環境管理に向けた重要な第一歩となることが期待される。

C.5 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）

水質管理に関しては、1年目 120 件、2年目 318 件、計 438 件の有効回答が得られた。

水質検査体制ごとの検査頻度及び検査項目ごとの検査業務外部委託比率をとりまとめた。アンケート調査は、両年度に渡って実施したが、いずれの年度の調査においても、調査対象とした水質項目(残留塩素濃度、濁度、色度(雑用水については外観)、pH)に関しては、いずれの項目においても、飲料水、雑用水を問わず、検査を外部委託することにより、検査頻度が低下する傾向が認められた。特に雑用水に関して、雑用水の用途に関わらず、比較的高頻度での検査が必要となる外観及び pH については、検査を外部委託している建築物においては 70~80%程度が不適合となっており、改善の余地が大きいことが明らかとなった。

自己測定にて検査を実施できる体制が構築されていない項目において、検査頻度の不適合率が上昇しやすくなっていることが明らかであるため、どのような測定項目において、外部委託率が高くなっているのかを調査した。検査項目ごとの検査業務の外部委託比率に着目すると、残留塩素濃度については、検査を自己測定により実施している事例が主流であったものの、濁度、色度(外観)、pH に関しては、30%を超える建築物において、検査が外部委託されていた。

IoT 技術を活用して、これらの項目に関する自動水質管理を実施できる体制を構築することができれば、飲用水のみならず、雑用水の衛生管理水準の改善に資する可能性が高いことが明らかとなった。

C.6 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の衛生管理）

空調及び空気環境の衛生管理に関する設問からは、1年目 181 件、2年目 318 件の計 499 件の有効回答が得られた。

管理している（または管理していた）建物の管理業務の期間は平均 10.1±10.2 年で、度数としては 2 年以下が最も多く、次いで 4~6 年、2~4 年の順となった。

業務内容としては、管理会社や部署の職員が 57%と最も多く、次に建物の現場管理者 33%、自社ビル管理会社(組合)職員が 4%であった。建物の主な用途は、事務所が 55%、店舗(百貨店) 13%、旅館・ホテル 5%、学校(研修所) 8%、興行場 5%、その他が 13%であった。

負担が大きな業務内容として、帳簿の管理と報告が 55%と最も多く、清掃作業 38%、加湿装置の点検 28%、冷却塔・冷却水の点検 26%、排水受け_パッケージエアコン (PAC) 26%、排水受け_空調機 (AHU) 26%であった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。また、飲料水_残留塩素濃度 21%、飲料水_貯水槽の点検 19%、ネズミ・衛生害虫等が 22%であった。

中央監視システム+BEMS の導入は 13%と少なく、中央監視システムのみ導入が 43%、両方導入無しも 27%あった。中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用としては、温度 44%、相対湿度 36%と高い活用度を示し、CO₂ は 19%、気流、CO、浮遊粉じんは 8~10%程度であった。

データの水管理への活用は貯水槽水量が 17%と最も高く、流量 13%、水質 10%、減水量申請 8%、水温 9%と全体的には空気環境より低い活用度となった。

業務効率化において急務となっているのは帳簿管理の電子化であり、後は清掃作業、加湿装置や空調排水受けの点検、冷却塔・冷却水点検、そして空気環境 6 項目の測定などが挙げられる。

C.7 AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

結果として、AI 画像解析システムがスライムを検知している代表機がある階では、他の系統でもスライムが発生していることが確認された。PAC（パッケージエアコン）4 系統共にスライムが発生していたが、レジオネラ属菌が検出されたのは2 台であり、スライムが発生してもレジオネラ属菌が必ず存在する訳ではないが、スライム発生がレジオネラ菌の発生リスクを高めることが確認された。スライム発生リスクの高い代表機 1 台で汚れ程度を早めに検知し、他の空調機も含め清掃を行うことでレジオネラ属菌の発生リスクを下げる事が可能であり、AI 画像監視システム（カメラ）を設置する代表機としては在室者が多い執務室などに設置されている空調機が望ましいと考えられる。

D. まとめ

本研究では建築物衛生法においても管理・点検・検査業務に対してデジタル技術を活用した効率化の検討を目的にし、以下内容の研究を実施した。

(1) 特定建築物の報告統計

CO₂ 濃度、温度、相対湿度の不適率の経年変化は、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。一方、浮遊粉じん、CO、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。

なお、新型コロナウイルス感染症による建築物衛生への影響として、2024 年度は CO₂ 濃度の不適率が減少していたが、徐々に増加に転じている。一方、温度、相対湿度の不適率が 2024 年度には 40%、60%と高い水準を維持している。

(2) 室内環境に関する現場調査

温度と気流はいずれの建物においても基準値内であったが、相対湿度は 2025 年冬期に 5 室、2026 年冬期に 2 室において 40%RH を下回っていた。また、窓面積率（窓面積／外壁面積）が大きい建築物において空気温度の平均値が最も高く 27℃ を超えていた。

ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値物質調査からは、指針物質 13 成分及び TVOC の暫定目標値（400μg/m³）を超過する建築物は無かったが、2E1H については 1 件の建築物以外で検出され、特に高濃度で検出された建築物もあった。

浮遊粉じん濃度は、いずれも管理基準濃度 0.15mg/m³ に比べると低濃度であった。測定機器間の測定値平均の差は 0.0046±0.0049 mg/m³ であったが、管理基準濃度 0.15mg/m³ よりも著しく低い濃度での測定となっているため、基準に対する測定精度の影響は小さいと考えられる。6 粒径を対象にした浮遊粒子状物質（Particulate Matter）測定では、0.3、0.5、1.0、3.0μm では IO<1 であったが、10μm では IO>1 と高くなる傾向を示した。

CO の外気濃度は約 0.1 ppm、室内 CO 濃度も殆どが 0.1ppm 程度と外気濃度と大差なくいずれも管理基準値に比べると低い水準であった。CO₂ に関しては外気濃度の平均は約 400～500ppm に対して、室内濃度の全体平均は管理基準 1000ppm を上回る建物が 1 年目、2 年目共に 1 件ずつ存在した。換気量に比べ在室人数が多いことが原因と考えられた。他の建物は 1000ppm より低いレベルで管理されていたが、1000ppm に近い濃度で管理されている物件も複数存在していた。機器による測定平均値の差は、CO は 0.06±0.11ppm、濃度差の範囲は 0～0.6ppm、CO₂ は 19±15ppm、濃度差範囲は 0～57ppm であり、校正による誤差等が考えられる。

BEMS データを建築物衛生管理に援用する

可能性を踏まえ、空間の様々な位置での室内環境の代表性を検証した。高さ 0.1m、0.6m、1.1m、1.7m、2.4～2.7m の位置で空気温湿度を測定し、いずれの建物でも、高さ 1.1m における衛生管理基準の空気温度の範囲を満たしていた。しかし、条件によって特徴的な空間温度分布が観察され、0.1m と 2.6m の温度差は 5K となる建築物もあった。空間内の温度分布は季節、空調の吹き出し位置、空間構成、日射の状況、人員密度、部屋の広さ等の影響を受けることが明らかとなり、これら要因を十分に把握したうえで、室内の代表測定点を決定することが望ましい。小型センサーは移動が比較的容易であり、室内温熱環境特性を踏まえて設置位置を決定することが、質の高い環境運用につながると考えられる。また、空間内温度分布に影響する要因に変化がないか、定期的に確認することが望ましい。

(3) 空気環境衛生管理に向けた自動計測センサーの活用手法の検討

CO₂ 濃度の自動校正機能を利用しない場合には 298ppm となる時間帯もあることから、測定の精度が低下している可能性がある。

小型測定器による冬期の室内環境評価については、基準値内時間率という指標により、現行測定よりも詳細な評価が可能となると考えられる。

現場立入測定と小型測定器の比較では、冬期の相対湿度の一致率は 80%以上と高い結果であったが、空気温度と CO₂ 濃度の一致率はいずれも 50%以下であった。測定技術者による法定測定と小型測定器の比較では、一致率は空気温度が 29%、相対湿度が 64%、CO₂ 濃度が 24%であった。

小型測定器を活用することで室内環境を詳細に評価可能となるほか、現行の法定測定の課題（前室の測定の影響や CO₂ 濃度の校正）への対応が可能となる等の利点がある。

(4) 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

BEMS の高時間解像度データによって、環境基準を逸脱する場合の原因特定や、逸脱時間割合を指標とした詳細な環境評価が可能となった。空間・季節変動の分析では、冷房期や中間期の温湿度、および CO₂ 濃度は、センサーの設置箇所にかかわらず居住域の値を良好に捕捉もしくは推定できた。

経年変化では、温湿度の劣化は軽微であったものの、CO₂ センサーは 1 年間で約 100ppm の誤差が生じ、定期校正の重要性が示された。

BEMS を活用した管理手法は、人手不足が叫ばれる建築物衛生管理業界において、業務効率化に大きく寄与する。一方、実用化に向けては、①浮遊粉じん等、BEMS で通常取得しない管理項目への対応（測定頻度の緩和など）、②センサー未設置部屋が存在することに伴う管理単位の再考、③連続データに基づく評価指標の確立、④CO₂ センサー等の定期的な校正頻度の規定、という 4 つの課題を整備する必要がある。

(5) 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）

水質項目（残留塩素濃度、濁度、色度（雑用水については外観）、pH）に関しては、いずれの項目においても、飲料水、雑用水を問わず、検査を外部委託することにより、検査頻度が低下する傾向が認められた。特に雑用水に関して、雑用水の用途に関わらず、比較的高頻度での検査が必要となる外観及び pH については、検査を外部委託している建築物においては 70～80%程度が不適合となっており、改善の余地が大きいことが明らかとなった。

検査項目ごとの検査業務の外部委託比率に着目すると、残留塩素濃度については、検査を自己測定により実施している事例が主流であったものの、濁度、色度（外観）、pH に関しては、30%を超える建築物において、検査が外部委託

されていた。IoT 技術を活用して、これらの項目に関する自動水質管理を実施できる体制を構築することができれば、飲用水のみならず、雑用水の衛生管理水準の改善に資する可能性が高いことが明らかとなった。

(6) 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の衛生管理）

負担が大きな業務内容として、帳簿の管理と報告が 55%と最も多く、清掃作業 38%、加湿装置の点検 28%、冷却塔・冷却水の点検 26%、排水受け_パッケージエアコン (PAC) 26%、排水受け_空調機 (AHU) 26%であった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。

中央監視システム+BEMS の導入は 13%と少なく、中央監視システムのみ導入が 43%、両方導入無しも 27%あった。中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用としては、温度 44%、相対湿度 36%と高い活用度を示し、CO₂ は 19%、気流、CO、浮遊粉じんは 8~10%程度であった。

業務効率化において急務となっているのは帳簿管理の電子化であり、後は清掃作業、加湿装置や空調排水受けの点検、冷却塔・冷却水点検、そして空気環境 6 項目の測定などが挙げられる。

(7) AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

AI 画像解析システムがスライムを検知している代表機がある階では、他の系統でもスライムが発生していることが確認された。スライムが発生してもレジオネラ属菌が必ず存在する訳ではないが、スライム発生がレジオネラ菌の発生リスクを高めることが確認された。スライム発生リスクの高い代表機 1 台で汚れ程度を早めに検知し、他の空調機も含め清掃を行うことでレジオネラ属菌の発生リスクを下げることが可能であり、AI 画像監視システム（カメ

ラ）を設置する代表機としては在室者が多い執務室などに設置されている空調機が望ましいと考えられる。

E. 健康危険情報

該当なし。

F. 研究発表

1) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. 建築物環境衛生管理への小型連続測定器・BEMS の活用可能性に関する検証. 第 57 回空気調和・冷凍連合講演会; 2024.4.18-19; 東京. 同講演論文集. 20. p.147-152.

2) 海塩渉, 鍵直樹, 金勲, 下ノ菌慧, 中野淳太. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考 (第 3 報) ビルエネルギーマネジメントシステム活用による暖冷房期の空気環境管理. 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. p.117-120.

3) 金勲, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 下ノ菌慧. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考 (第 4 報) 建築物環境衛生管理技術者の業務に関する認識調査. 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. p.121-124.

4) 金勲, 下ノ菌慧, 増田貴則, 三好太郎, 鍵直樹, 海塩渉, 中野淳太. デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理の効率化に関する管理技術者の認識調査. 第 83 回日本公衆衛生学会総会; 2024.10.29-31; 札幌. 同抄録集. O21-2-2, pp.310

5) 金勲, 下ノ菌慧 他, デジタル技術を活用した建築物衛生管理手法 その 1 業務の効率化に関する認識調査、2025 年度公衆衛生学会総会講演集、静岡、2025.10、PA-21-01-3

6) 下ノ菌慧, 金勲 他, デジタル技術を活用した建築物衛生管理手法 その 2 小型測定器

による室内環境評価、2025 年度公衆衛生学会
総会講演集、静岡、2025.10、PA-21-01-4

7) 下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、金勲、
建築物衛生法における建築物環境衛生管理手
法の再考（第 5 報）建築物衛生管理への小型測
定器の活用に向けた精度検証、2025 年度空気
調和・衛生工学会大会講演論文集、高松、2025.9、
pp.49-52

8) 金勲、下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、
建築物衛生法における建築物環境衛生管理手
法の再考（第 6 報）建築物環境衛生管理技術者
のデジタル技術活用に関する認識調査、2025
年度空気調和・衛生工学会大会講演論文集、高
松、2025.9、pp.53-56

9) 下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、金勲、
建築物環境衛生管理への小型測定器の活用に
向けた CO2 濃度の自動校正の検討、第 58 回
空気調和・冷凍連合講演会、2025.04、東京、
pp.49-52.

「総説」

1) 下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、金勲.
デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理
の効率化の検討. 病院設備. 2024;66(4):34-37
(報告)

2) 海塩渉、鍵直樹、金勲、下ノ菌慧、中野淳太.
建築物の空気環境管理における BEMS 活用の
可能性. 病院設備. 2024;66(4):38-41 (報告)

3) 海塩渉. BEMS の建築物環境衛生管理への
活用可能性の検討. 空気清浄. 2026;63(5):11-17
(報告)

4) 下ノ菌慧. 建築物環境衛生管理への小型測
定器の活用可能性の検討. 空気清浄.
2026;63(5):18-22 (報告)

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

該当なし。

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

IoT、AI 等の最新技術を活用した建築物衛生管理手法の
検証のための研究

令和 6 年度～令和 7 年度 分担総合研究報告書

令和 6 年度～令和 7 年度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)
分担総合研究報告書

1. 特定建築物の報告統計

分担研究者	鍵 直樹	東京科学大学	教授
研究代表者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
分担研究者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員
分担研究者	中野 淳太	法政大学	教授
分担研究者	海塩 渉	東京科学大学	助教

研究要旨

建築物衛生法においては対象となる特定建築物の維持管理手法として、環境衛生管理基準値を定め、測定を行い基準値と比較して、適切な維持管理を行っているところである。近年の特定建築物における現状の把握については、全国の特定建築物の報告データを用いて行うことが可能である。本報告では、これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた空気環境項目の不適率の最新動向について整理を行った。

特定建築物の各環境要素について二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率の経年変化は、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。一方、浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。

なお、新型コロナウイルス感染症による建築物衛生への影響として、2024 年度は二酸化炭素濃度の不適率が減少したが、徐々に増加傾向となった。温度、相対湿度の不適率が 2024 年度には 40%、60%と高い不適率を維持している。

2023 年には新型コロナウイルス感染症が感染症法上 5 類となったため、コロナ禍とは異なる対応となっていたことが考えられる。

研究協力者

増田 貴則	国土技術政策総合研究所
三好 太郎	国土技術政策総合研究所

流、浮遊粉じんの 6 項目について 2 カ月以内ごとに 1 回測定し、基準値との比較を行うことで、適切な維持管理を行うことになっている。ホルムアルデヒドについては、新築または大規模模様替えを行った後、最初に来る 6 月から 9 月の間に 1 回測定する。近年、温度、相対湿度、二酸化炭素の濃度の不適率が上昇する傾向にあることは本研究の関連研究で既に報告されている^{1,2)}。

本報告では、これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向について整理を行った。

A. 研究目的

建築物衛生法では対象となる特定建築物の維持管理として、環境衛生管理基準値が表 1-1 のように定められている。なお、2022 年から、一酸化炭素の基準値として 10 ppm 以下であるところが、6 ppm 以下であることと、20 ppm 以下の特例が削除された。さらに温度については、17℃以上が、18℃以上となった。温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素濃度、気

表 1-1 空気環境に関する建築物環境衛生管理基準

浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
一酸化炭素の含有率	10 ppm 以下 (6 ppm 以下に改正)
二酸化炭素の含有率	1000 ppm 以下
温度	17℃以上 28℃以下 (18℃以上に改正)
相対湿度	40%以上 70%以下
気流	0.5 m/秒以下
ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (= 0.08 ppm 以下)

B. 研究方法

厚生労働省が各都道府県、保健所設置市、特別区における建築物衛生の実態を把握することを目的とし、毎年集計を行っているもので、独立行政法人統計情報センターで公表されている。そこで、公表されている全国の建築物の維持管理に関するデータを用いて、基準値に適合しなかった建物の割合、不適率の動向の整理を行うことにより、建築物における環境衛生の実態、不適率の状況について把握することができる。ここで示す建物維持管理のデータは、建築物の維持管理項目ごとの調査件数及び不適件数が集計されている。また、対象期間は平成 8 年度から令和 6 年度（1996-2024 年度）までで、不適率の推移を見ることができる。なお、建築物の維持管理項目は、帳簿（1 項目）、空気環境の調整（16 項目）、給水の管理（10 項目）、雑用水の管理（9 項目）、排水設備（1 項目）、清掃（1 項目）、防除（1 項目）に分けられている。用途は興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、旅館、その他と分かれており、それぞれの用途別ごとの不適率の比較をすることができる。これらのデータに基づき、用途別不適率及び不適率の経年変化を集計し、建物維持管理の問題点の抽出を行った。ここでは、空気環境の調整の内、空気環境の測定項目について述べる。

なお、令和 4 年（2022 年）に一酸化炭素濃度と温度の建築物環境衛生管理基準値の改正が行われたが、令和 3 年度（2021 年度）までは改正

前の調査結果であり基準値改正前の基準で、令和 4 年度（2022 年度）からは改正された基準値で評価されている。

C. 研究結果および考察

C.1 空気環境項目別の不適率の経年変化

図 1-1 に空気環境 7 項目（浮遊粉じん、二酸化炭素、一酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒド）の不適率の経年変化を示す。浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。一方、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率においては、いずれも値が高く、3 回の顕著な上昇が見られた。1 回目は平成 11 年度（1999 年度）（相対湿度）、2 回目は平成 15 年度（2003 年度）（温度、相対湿度、二酸化炭素濃度）、3 回目は平成 23 年度（2011 年度）（温度、相対湿度、二酸化炭素濃度）であった。それぞれは省エネ法の改定と建築物衛生法改定の翌年、東日本大震災の年と重なる。省エネのために、設定温度・相対湿度の設定・制御の問題、換気量を削減することなどにより、基準値を逸脱する事例が増加したものと考えられる。また、平成 15 年度（2003 年度）における建築物衛生法の改定により、個別空調方式の建物が特定建築物の適用範囲となったため、基準値の不適合の件数が増加したことが考えられる。なお、平成 25 年（2013 年度）に相対湿度の不適率が一旦減少に転じているが、その原因として加湿器を設置してない建築物において、相対湿度との比較を行わなくてよいとの通知が提出されたことも関係すると考えられる。二酸化炭素については、平成 29 年度（2017 年度）までは 27.7%と上昇傾向であったが、その後若干の減少に転じている。また、新型コロナウイルス感染症の流行が始まった令和 2 年度（2020 年度）においては、感染症対策のため換気の増強、窓開け換気の励行を行っていたところである。二酸化炭素濃度の不適率については、令和 4 年度（2022 年度）に 12.5%にまで不適率が低下した。しかし、令和 5 年（2023 年）5 月 8 日からは、新型インフルエンザ感染症が感染症法上で 2 類相当としていたところ、5 類感染症となったことから対応も緩和されたこともあり、令和 5 年度（2023 年度）には不適

率が若干上昇の傾向となり、令和 6 年(2024 年)には 18%になった。在宅勤務により在室者数が減少していたものの、対面の活動も復活していることから、また窓開け換気についても実施されなくなりつつあり、二酸化炭素濃度の不適率のより戻しがあったものと考えられる。一方、温度及び相対湿度については、平成 29 年度(2017 年度)に 31.9%、57.2%であったが、さらに不適率が上昇し、令和 6 年度(2024 年度)に 40%、60%と過去最高値を維持している。換気の増強により、二酸化炭素濃度を低下させたが、外気量が多くなったため特に夏期の空調時の温度が、湿度については夏期と冬期に基準値の範囲に収まらなかったことが考えられる。

図 1-2 から図 1-8 に浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドの用途別不適率の経年変化を示す。図 1-1 で示したように、浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率を推移しており、用途によって特に特徴はない。ただし、ホルムアルデヒドにおいて、例えば平成 27 年度(2005 年度)の百貨店で高い不適率となっているのは、対象となった建物件数が 30 棟と少ないことで値が大きく変動したのと考えられる。

図 1-4 の二酸化炭素については、旅館を除けば、全ての用途で軒並みに上昇し続けている。特に学校と事務所の上昇が著しく、平成 8 年度(1996 年度)の 10%程度に比べ、令和元年度(2019 年度)は 4 倍超となった。いずれの用途においても、新型コロナウイルス感染症の流行が始まった令和 2 年度(2020 年度)に減少、令和 3 年度(2021 年度)に大きく減少に転じており、どの用途においても、感染症対策のため換気の増強、窓開け換気の励行を行ったためと考えられる。学校については、学校保健安全法の学校環境衛生基準において、換気の基準として 1500 ppm 以下であることが望ましいとしており、特定建築物となっている学校建築においては、同じ二酸化炭素濃度であっても、基準値が異なっていることも要因として考えられる。旅館において不適率が低い要因としては、計測場所・時間など測定条件に起因することも考えられる。例えば、宴会場において、宴会の最中に計測がされ

ているかといえ、困難であることが想像される。

図 1-5 の温度については、いずれの用途も上昇傾向にあり、学校、百貨店、店舗の不適率が特に高い傾向であった。学校については二酸化炭素と同様に学校環境衛生基準に、望ましい基準として 10℃以上、30℃以下であるとしていたため、建築物衛生法とは異なっていたことが原因の一つと考えられる。しかしながら、平成 30 年(2018 年)に、17℃以上、28℃以下と改正され、建築物衛生法と一旦は同じ値になった。令和元年度(2019 年度)には一旦不適率に改善の傾向が見られたものの、新型コロナウイルス感染症の対策のため、2020 年度以降は再度増加したのとも考えられる。なお、現在(令和 4 年)には温度が建築物衛生法と同じ 18℃以上、28℃以下であることが望ましいとしている。店舗については近年の不適率上昇が顕著であることに注視する必要がある。

図 1-6 の相対湿度については、どの用途も同様に上昇傾向が見られる。

図 1-7 の気流については、不適率としては低い値であるものの、各用途で緩やかな上昇の傾向が見られる。原因については不明であるが、例えば夏期に温度設定を 28℃としていると、十分な快適性が得られないため、扇風機などを用いて室内に気流を起こしていることが要因とも考えられる。

ホルムアルデヒドについては、基準値として制定された当初から、低い不適率を推移している。住宅においては、気密性の向上による換気の減少、フローリングや壁紙に使用される接着剤などの多用から発生するホルムアルデヒドなどの化学物質の室内濃度が高くなるのが、シックハウス症候群、化学物質過敏症の主原因となっていた。その対応として、厚生労働省から化学物質の指針値を制定、建築基準法によりホルムアルデヒド発散建材の使用制限、24 時間換気設備の設置義務化とともに、発生源である内装材料からの化学物質の発生が少なくなったことで、住宅室内の化学物質濃度が低下している。一方、特定建築物においては、二酸化炭素濃度の基準値より、一定の換気量が確保されていること、住宅とは異なる内装材料を用いているこ

とからホルムアルデヒドの発生量は比較的少ないこともあり、不適率としても低いものとなっていると考えられる³⁾。

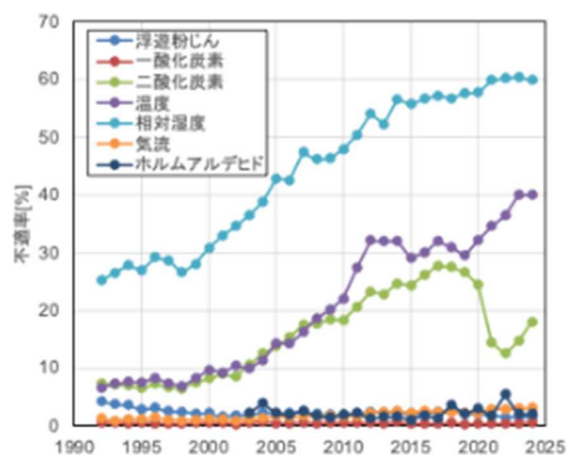


図 1-1 空気環境 7 項目の不適率の経年変化

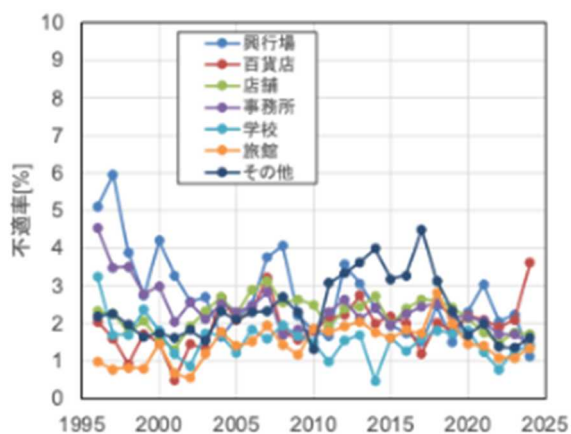


図 1-2 用途別の浮遊粉じん濃度不適率の経時変化

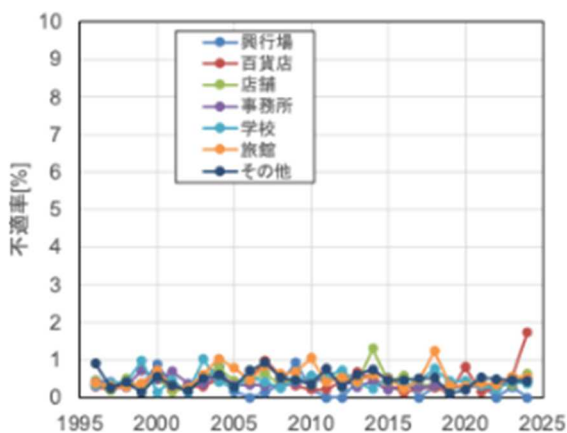


図 1-3 用途別の一酸化炭素濃度不適率の経時変化

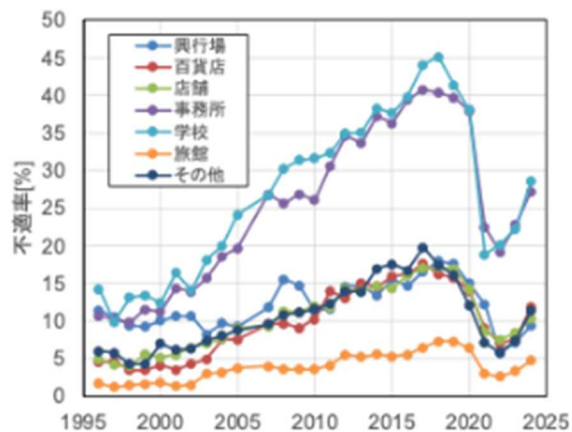


図 1-4 用途別の二酸化炭素濃度不適率の経時変化

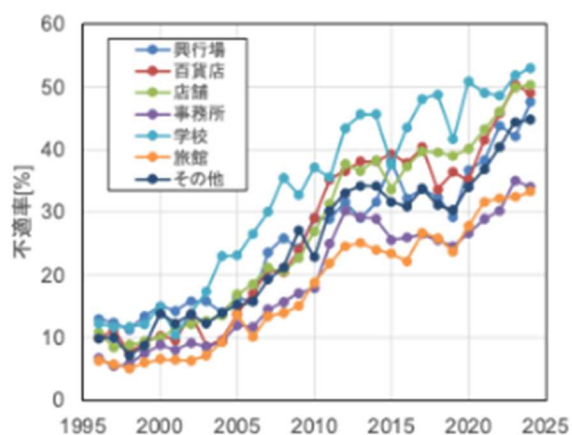


図 1-5 用途別の温度不適率の経時変化

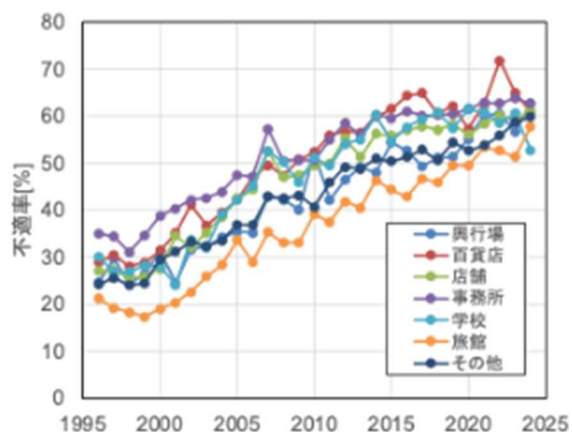


図 1-6 用途別の相対湿度不適率の経時変化

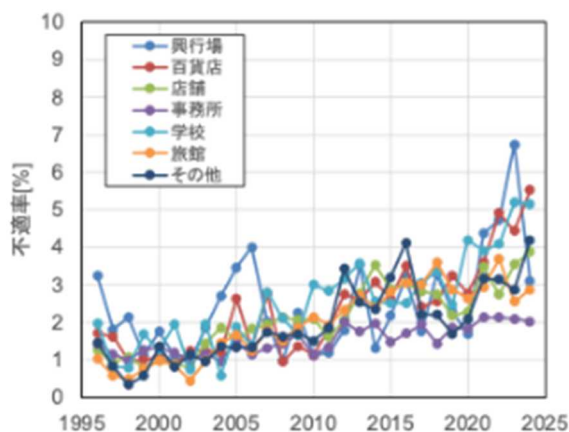


図 1-7 用途別の気流不適率の経時変化

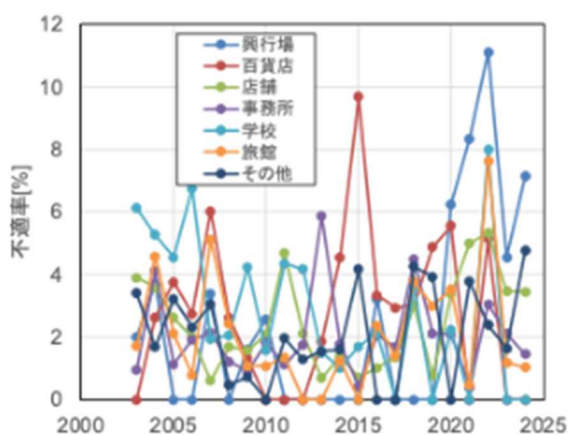


図 1-8 用途別のホルムアルデヒド濃度不適率の経時変化

C.2 考察

空気環境項目別の不適率の経年変化より、二酸化炭素濃度、温度、相対湿度については、年々上昇する傾向となり、特に二酸化炭素濃度は換気に関わる項目であることから、室内空気質への影響が懸念される。しかしながら、ホルムアルデヒド濃度については、基準に制定されて以来、低い不適率となっており、換気不足による濃度上昇の傾向は見られない。これには、住宅とは異なりホルムアルデヒドを多量に発生する建材を使っていないこと、ある程度の換気ができていることなどが挙げられる。なお、ホルムアルデヒド以外の化学物質については、二酸化炭素濃度の不適率が高い傾向であることから、換気が十分とは言えず、ホルムアルデヒドとは異なる発生源であれば、室内濃度が高くなる可能性もある。新型コロナ対策として、窓を開け

た換気を行ったことにより、二酸化炭素濃度の不適率は令和3年度(2021年度)に大きく減少し、令和5年度(2023年度)においては新型コロナウイルス感染症が感染症法上5類に緩和され、その対応も変わり若干増加傾向になっているが、温度及び相対湿度の不適率はさらに高い不適率を維持しており、温熱環境への影響が課題である。

D. まとめ

これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた不適率の最新動向について整理を行った。

特定建築物の各環境要素について二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適率においては、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。また、浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。なお、新型コロナウイルス感染症の対策の実施からコロナ禍以前に戻りつつあるため、二酸化炭素濃度だけではなく、温度及び相対湿度の不適率についても影響を及ぼしていることが示唆された。

E. 参考文献

- 1) 東賢一, 池田耕一, 大澤元毅, 鍵直樹, 柳宇, 斎藤秀樹, 鎌倉良太: 建築物における衛生環境とその維持管理に関する調査解析, 空気調和・衛生工学会論文集, Vol.37, No.179, pp. 19-26, 2012.9
- 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一: 特定建築物における空気環境不適率に関する分析, 日本建築学会環境系論文集, Vol.84 No.765, pp.1011-1018, 2019.11
- 3) 鍵直樹, 池田耕一, 柳宇, 長谷川あゆみ, 藤井修二: パッシブ法による事務所における揮発性有機化合物の実態調査と汚染原因の検討, 日本建築学会環境系論文集, 日本建築学会, Vol.74, No. 638, pp. 501-506, 2009.4

F. 研究発表

1. 論文発表
なし

2. 学会発表

なし

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

令和6年度～令和7年度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)
分担総合研究報告書

2. 室内環境に関する現場調査

代表研究者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
分担研究者	鍵 直樹	東京科学大学	教授
分担研究者	中野 淳太	法政大学	教授
分担研究者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員

研究要旨

2年間の研究において、7件（宮崎県3件、関東近郊4件）で10室を対象に小型測定器の設置、空気環境6項目測定、化学物質濃度・浮遊微粒子個数濃度、上下温度分布の夏期及び冬期測定を実施した。

1節では、建物の断熱性能や空調設備が異なる7件の建物概要を示した。

2節では、空気環境管理項目6項目のうち、温度、相対湿度、気流について現場立入測定を実施した。2種の空気環境6項目測定器を用いて2024年秋期（10月）、2025年冬期（1～3月）、2025年夏期（8月）と2026年冬期（2月）の代表1日を選定して、各室20分間測定した。温度と気流はいずれの建物においても基準値内であったが、相対湿度は2025年冬期に5室、2026年冬期に2室において40%RHを下回っていた。また、窓面積率（窓面積／外壁面積）が大きい建築物において空気温度の平均値が最も高く27℃を超えていた。

3節では、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値物質を中心に調査した。アルデヒド類、厚生労働省で指針値が定められている13物質、TVOCの暫定目標値（400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を超過する建築物は無かったが、2E1Hについては1件の建築物以外で検出され、特に高濃度で検出された建築物もあった。

4節では、浮遊粉じん濃度と浮遊微粒子状物質を測定した。浮遊粉じん濃度は、いずれも管理基準濃度0.15 mg/m^3 に比べると低濃度であった。測定機器間の測定値平均の差は $0.0046 \pm 0.0049 \text{ mg}/\text{m}^3$ であった。IES-5000がModel-2100より若干高い値を示しているが、いずれも管理基準濃度0.15 mg/m^3 より1/12～1/250程度低い濃度での測定となっているため、基準に対する測定精度の影響は小さいと考えられる。6粒径を対象にした浮遊粒子状物質測定では、1.0 μm 以下の小さな粒子では全測定結果から室内濃度（IA）が外気（OA）より低い傾向を示し、10 μm 以上の粒子においては室内（IA）が外気（OA）より高くなる室が複数存在した。

5節では、CO濃度とCO₂濃度の結果を示した。COの外気濃度は約0.1ppm、室内CO濃度も殆どが0.1ppm程度と外気濃度と大差なくいずれも管理基準値に比べると低い水準であった。CO₂に関しては外気濃度の平均は400～500ppmに対して、室内平均は1年目658～1234ppm、2年目751～867ppmであった。1年目、2年目共に管理基準1000ppmを上回る建物が1件あったが両結果とも同一建物であった。他の建物は1000ppmより低いレベルで管理されていたが1000ppmに近い濃度で管理されている物件も存在していた。

6節では、BEMSデータを建築物衛生管理に援用する可能性を踏まえ、空間の様々な位置での室内環境の代表性を検証した。高さ5点に温湿度計を固定したポールを6本用意し、0.1m、0.6m、1.1m、1.7m、2.4～2.7mの位置で空気温湿度を測定した。いずれの建物でも、高さ1.1mにおける衛生管理基準の空気温度の範囲を満たしていた。しかし、条件によって特徴的な空間温度分布

が観察され、0.1m と 2.6m の温度差は 5K となる建築物もあった。空間内の温度分布は季節、空調の吹き出し位置、空間構成、日射の状況、人員密度、部屋の広さ等の影響を受けることが明らかとなり、これら要因を十分に把握したうえで、室内の代表測定点を決定することが望ましい。

2-1. 建物概要

A. 研究目的

本研究では、7 件の建築物を対象に小型測定器による二酸化炭素（以降、CO₂）濃度、空気温湿度、粒径 2.5μm 以下の微小粒子状物質（以降、PM_{2.5}）の測定ならびに建築物衛生法で定められる立入測定を実施する。空気温度は外皮断熱仕様、相対湿度は加湿量、CO₂濃度は換気量、PM_{2.5}濃度はフィルタ性能に大きく影響されることから、本節では 7 件の建物概要を整理する。

B. 研究方法

建物の各種データは担当者へのヒアリング若しくは建築図面から収集した。収集した項目は建物概要として立地、竣工年月、延床面積、階数、軒高、構造、室概要としてフロア、室面積、天井高、室容積、床材を調査した。外皮断熱仕様は外壁、屋根、1 階床、サッシ別に種類と厚さを調査した。空気調和設備は空調方式、空調吹出位置、空調能力、空調風量、台数、フィルタ性能、加湿方式、加湿量、換気風量を調査した。

C. 研究結果

建物概要の調査結果を表 2-1-1 に示す。立地は宮崎県 3 件、関東近郊 4 件の計 7 件であり、1 件あたり最大で 2 フロアの測定を行った。竣工年月は最も古い建物が B ビルであり、最も新しい建物が A ビルであった。延床面積は E ビルが 1551.0m² であり、特定建築物には該当しない。その他の建物は延床面積 3000m² 以上であり、特定建築物に該当する。測定対象室の床面積は最小が 173.13m²（C ビル）、最大が 1555m²（E ビル）であり、D ビルの 1F、F ビル、G ビルは比較的大平面のプランとなっている。外皮断熱仕様は外壁に 15～25mm 程度の断熱材が施工されており、サッシには低放射ガラス（Low-E ガラス）や二層複層ガラスを採用している建物が多い。空調設備は一部パッケー

ジエアコンが採用されているが、いずれの建物でも中央管理室から発停・制御を行う方式であった。また、G ビルにはペリメータ部の熱処理のためにファンコイルユニット方式が併用されていた。空調吹出し位置は E ビルと G ビルが床、その他は天井であった。

D. まとめ

本節では、測定対象とした 7 件の建物の概要を示した。本研究では、7 件の建築物を対象に小型測定器による CO₂濃度・温湿度・PM_{2.5}濃度の測定ならびに 5 件の建築物を対象に建築物衛生法に準じた空気環境測定や放射熱環境測定等を行う。また、特定建築物に該当する A ビル、B ビル、C ビル、D ビル、F ビル、G ビルでは、建築物衛生法に係る定期検査結果のデータを収集し、これらの比較検証により、小型測定器や BEMS データが建築物衛生管理に利用できる条件を明らかにする予定である。

なお、表 2-1-1 の建物記号は以降の章・節で共通の記号とする。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
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

表 2-1-1 建物概要

建物記号		A-1	A-2	B	C	D-1	D-2	E-1	E-2	F	G
建物概要	立地	宮崎県宮崎市		宮崎県宮崎市	宮崎県宮崎市	千葉県印西市		埼玉県三芳町		神奈川県藤沢市	神奈川県藤沢市
	竣工年/月	2020 / 08		1968 / 03		1993 (2019 改修)		1992 / 03		2006 / 11	
	延床面積(m²)	24 406		3935.21		39 150.9		1 551.0		17 863.5	9 132.1
	階数(地上/地下)	10 / 1		5 / 0		4 / 1		3 / 0		7 / 0	5 / 0
	軒高(m)	47.40				18		12.08		32.3	21.6
室概要	構造	S 一部 RC、免震構造		RC		RC		RC		S 一部 RC	
	フロア	2	8	3	6	1	3	2	3	2	2
	室面積(m²)	約 540	約 537	224.50	173.13	1 195.4	491.9	354.0	354.0	1555.2	1305.0
	天井高(m)	2.8	2.8			2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8
	室容積(m³)	1 512	1 503.6			3 108.0	1 278.9	955.9	955.9	4 370.1	3 654.0
床材	OA(ビニル床シート・ビニル床タイル・タイルカーペット)			繊維床		タイルカーペット	タイルカーペット	OA(コンクリート下地)	OA(コンクリート下地)	OA(コンクリート下地)	OA(コンクリート下地)
外皮断熱仕様	外壁	現場発泡ノンフロン湿式断熱材 25mm				押出法ポリスチレンフォーム断熱材 25mm		15mm(種別不明)		吹付硬質ウレタンフォーム 15mm	
	屋根	硬質発泡ポリスチレン板 30mm				押出法ポリスチレンフォーム断熱材 25mm		硬質ウレタンフォーム 25mm		硬質ウレタンフォーム保温板 2 種 2 号 30mm	
	1 階床	現場発泡ノンフロン湿式不燃断熱材 25mm				フェノールフォーム断熱材 20mm		30mm(種別不明)		押出法ポリスチレンフォーム保温板 3 種 b	
	サッシ	複層ガラス (FL6+A6+FL6)				PWG ガラス(10+A8+10)		熱線吸収フロートガラス		Low-E 二層複層ガラス (6+6+6)	南: Low-E 二層複層ガラス (6+12+6.8) 北: 熱線反射ガラス
空気調和設備	空調方式	AHU(VAV)		AHU ※R7 年度より PAC	AHU	AHU (CAV)	放射冷温水パネル+チルドビーム+FCU	外気処理エアコン+水熱源パッケージエアコン (中央管理)		変風量単一ダクト方式	変風量単一ダクト方式+ファンコイルユニット方式
	空調吹出位置	天井		天井	天井	床	天井	床		天井	床
	空調能力(kW)	冷房: 98.1 暖房: 70.2	冷房: 100.1 暖房: 69.2			冷房: 191.2 暖房: 125.4	冷房: 64.3 暖房: 100.3	冷房: 11.2 暖房: 12.5		冷房: 329 暖房: 268	冷房計: 1407 暖房計: 1144
	空調風量(m³/h)	13 800		16 500		47 340	11 200	1 920			
	台数	1	1			6	冷放射パネル 184 枚+チルドビーム 28 台+FCU5 台	各 2	各 2	3	
	フィルタ(外調)	比色法 65%				比色法 65～90		比色法 65%			
	フィルタ(空調)					質量法 20		ロングライフ		比色法 90% 質量法 82	計数法 87% 質量法 38%
	加湿方式	気化式				気化式		蒸発式		水気化式	水気化式
	加湿量(kg/h)	12.9	17.0			20	15.2	2.9			
	換気量(m³/h)	9 850	8 200			4 660	2 000	500×2			

2-2. 温度、相対湿度、気流

A. 研究目的

建築物衛生法では、延床面積が 3000m² 以上の特定建築物において、空気調和設備・機械換気設備を設けている場合の空気環境の基準が定められている。空気調和設備を設けている場合の空気環境の基準は浮遊粉じんの量が 0.15mg/m³ 以下、一酸化炭素の含有率（以降、CO 濃度）が 6ppm 以下、二酸化炭素の含有率（以降、CO₂ 濃度）が 1000ppm 以下、温度が 18℃ 以上 28℃ 以下、相対湿度が 40%以上 70% 以下、気流が 0.5m/s 以下と定められており、2 か月以内ごとに 1 回の測定が義務付けられている¹⁾。

本研究では、小型測定器や BEMS 等による自動測定によるデータの精度を検証することを主目的としているが、はじめに、建築物衛生法の測定方法に準じた空気環境 6 項目を表 2-1-1 に示す建物を対象に測定した。本節では、5 件の建築物で測定した温度、相対湿度、気流速度の結果を報告する。

表 2-2-1 測定機器概要

測定機器		室内環境測定セット：IES-5000 (柴田科学株式会社)	オートビルセット III：Model 2100 (日本カノマックス株式会社)
測定原理	温度	白金抵抗体抵抗式	白金測温抵抗体方式
	相対湿度	高分子薄膜静電容量式	静電容量式
	気流	ブリッジ平衡型定温度差動作方式（熱線方式）	熱線方式
	CO	定電位電解方式	電気化学方式
	CO ₂	非分散型赤外線方式	非分散型赤外線方式
	浮遊粉じん	光散乱方式	光散乱方式
測定範囲	温度	-10～60℃	-20～60℃
	相対湿度	5～95%	2～98%
	気流	0.05～2.00m/s	0.05～5.00m/s
	CO	0～100ppm	0.1～500 ppm
	CO ₂	0～10000ppm	0～5000 ppm
	浮遊粉じん	0.000～4.000mg/m ³	0.001～10.000mg/m ³
測定精度	温度	全域±0.5℃	±0.5℃
	相対湿度	±4%RH @25℃	2～80%：±2.0% RH 80～98%：±3.0% RH
	気流	全域±0.2m/s	0.05～0.99m/s：±0.02m/s 1.00～5.00m/s：指示値の±2%又は0.015m/sのいずれか大きい方
	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm	指示値の±3%又は±3ppmのいずれか大きい方 @20℃
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm	指示値の±3%又は±50ppmのいずれか大きい方 @20℃
	浮遊粉じん	±10%	±(指示値の 10%+1)カウント

B. 研究方法

測定機器概要を表 2-2-1 に示す。測定には柴田科学株式会社製の室内環境測定セット：IES-5000 と日本カノマックス株式会社製のオートビル III：Model 2100 を用いた。測定原理はいずれも同一の方式であるが、CO₂は IES-5000 の方が測定範囲は広く、その他の項目は Model 2100 の方が測定範囲は広い。また、温度・CO₂（at 1000ppm）・浮遊粉じんの測定精度はいずれも同等であるが、CO（at 6ppm）の測定精度は IES-5000 の方が高く、相対湿度・気流の測定精度は Model 2100 の方が高い。

測定は 2024 年秋期（2024 年 10 月）、2025 年冬期（2025 年 1～3 月）、2025 年夏期（2025 年 8 月）、2026 年冬期（2026 年 2 月）に実施した。各建物の平面概要図と測定点を図 2-2-1～図 2-2-8 に示す（C ビルは平面図が入手できていないため省略）。水色陰影部が測定対象室を示しており、赤丸プロットが測定点を示している。室内・屋外ともに 20 分間測定し、内 10 分間の平均値で整理した（表 2-2-2～2-2-4）。

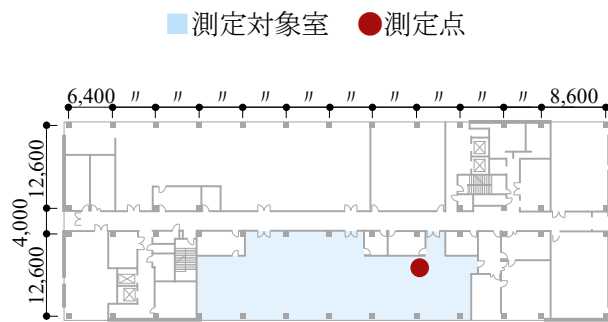


図 2-2-1 A ビル (2F) 平面概要図

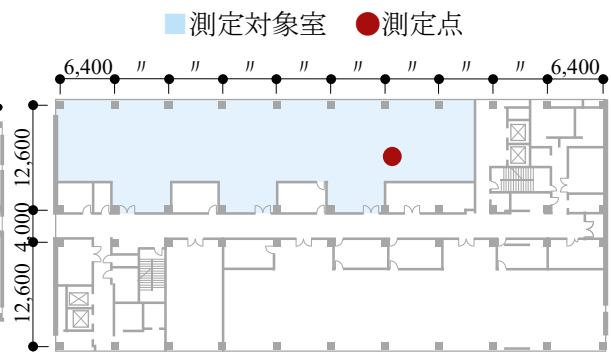


図 2-2-2 A ビル (8F) 平面概要図

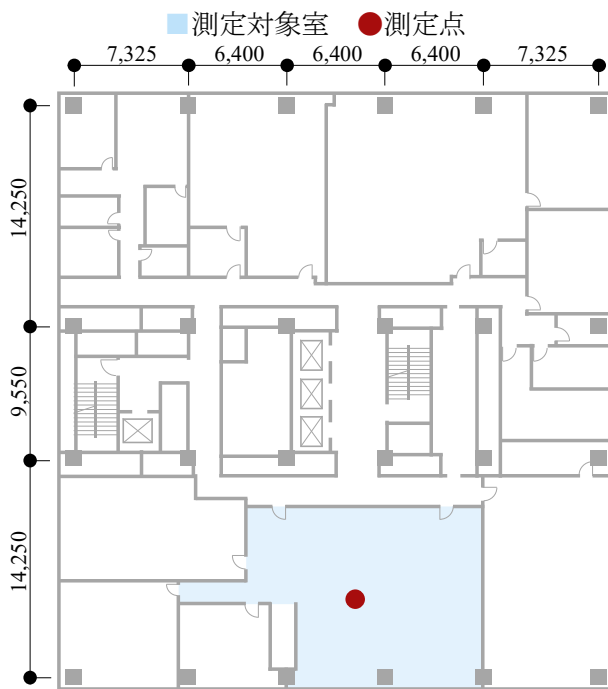


図 2-2-3 C ビル平面概要図

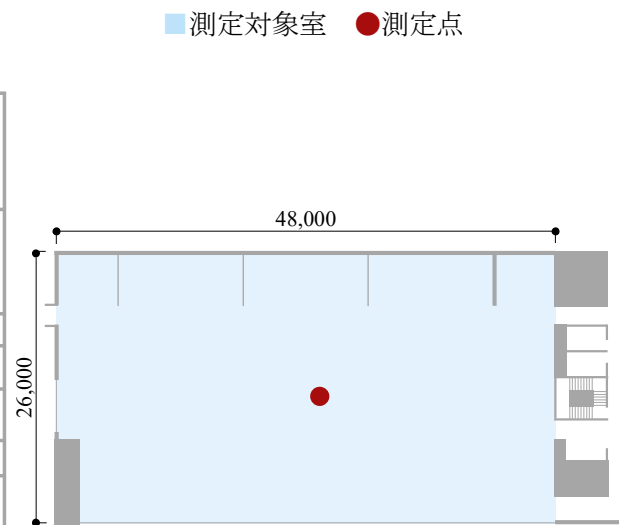


図 2-2-4 D ビル (1F) 平面概要図

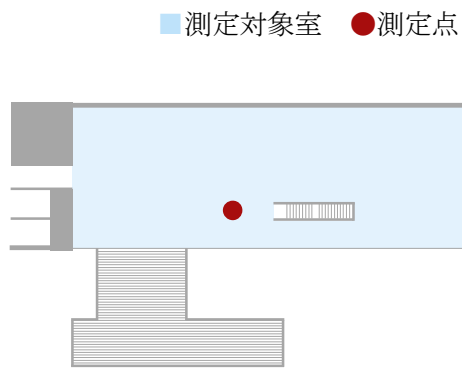


図 2-2-5 D ビル (3F) 平面概要図

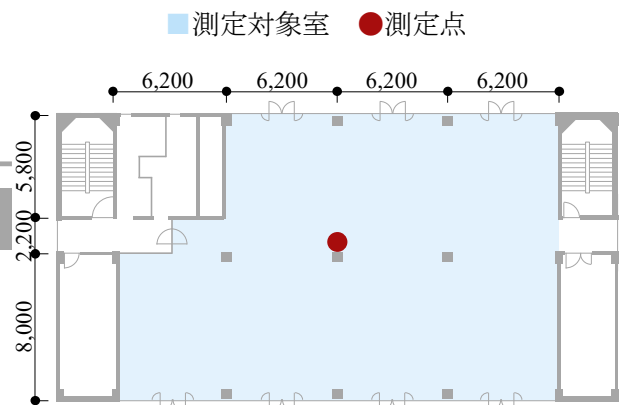


図 2-2-6 E ビル (2F・3F) 平面概要図

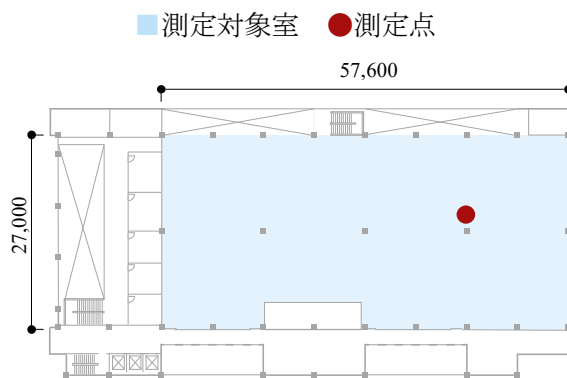


図 2-2-7 F ビル平面概要図

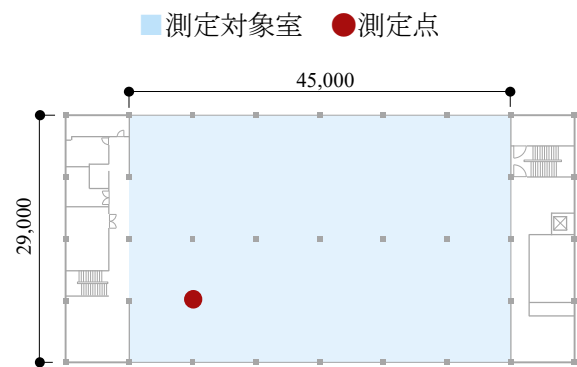


図 2-2-8 G ビル平面概要図

表 2-2-2 測定日時と分析対象時刻 (2024 年度秋期・2025 年冬期)

建物記号	A-1 (1)	A-2 (1)	B (1)	C (1)	D-1	D-2	E-1	E-2	A-1 (2)	A-2 (2)	B (2)	C (2)
測定日 (2024 年度)	10/22		10/22	10/23	2/25		3/28		1/29		1/30	1/29
室内測定開始時刻	10:45	11:20	14:35	10:50	11:15	10:55	16:00	15:30	15:50	16:20	10:20	13:40
屋内測定終了時刻	10:55	11:30	14:45	11:00	11:25	11:05	16:10	15:40	16:00	16:30	10:30	13:50
屋外測定開始時刻	未実施		未実施	未実施	12:05		16:30		16:50		10:50	14:20
屋外測定終了時刻	未実施		未実施	未実施	12:15		16:40		17:00		11:00	14:30

表 2-2-3 測定日時と分析対象時刻 (2025 年度夏期)

建物記号	A-1	A-2	B	C	D-1	D-2	E-1	E-2	F	G
測定日	8/28		8/29	8/29	8/25		8/18		8/25	8/25
室内測定分析開始時刻	15:00	14:20	10:30	13:25	10:35	11:35	16:20	15:50	15:30	16:40
屋内測定分析終了時刻	15:10	14:30	10:40	13:35	10:45	11:45	16:30	16:00	15:40	16:50
屋外測定分析開始時刻	15:45		10:55	13:55	12:00		17:05		17:15	17:15
屋外測定分析終了時刻	15:55		11:05	14:05	12:10		17:15		17:23	17:23

表 2-2-4 測定日時と測定時刻 (2026 年度冬期)

建物記号	A-1	A-2	B	C	D-1	D-2	E-1	E-2	F	G
測定日	2/26		2/26	2/25	2/16		2/24		2/20	2/20
室内測定開始時刻	13:20	14:10	10:30	15:30	14:25	15:15	10:25	11:10	10:00	10:40
屋内測定終了時刻	13:30	14:20	10:40	15:40	14:35	15:25	10:35	11:20	10:10	10:50
屋外測定開始時刻	14:40		10:55	16:00	15:50		11:45		11:30	11:30
屋外測定終了時刻	14:50		11:05	16:10	16:00		11:55		11:40	11:40

C. 研究結果

C.1. 温度

2024 年秋期と 2025 年冬期の温度の測定結果を図 2-2-9、10 分間平均温度を図 2-2-10 に示す。最も温度が高かったのは D ビルの 3F であり、26.8°C であった。これは窓面積率（窓面積／外壁面積）が大きく日射の影響により暖かい空間となったと考えられる。最も温度が低かったのは C ビルであった。当該ビルは 10 月測定時が 23.6°C、1 月測定時が 23.2°C であり、測定時期によらず一定の温度となっていた。なお、IES-5000 と Model 2100 は平均で 0.3K の差であったが、D ビルの 1F の測定では 0.7K の差が生じる場合もあった。

2025 年夏期の温度の測定結果を図 2-2-11、10 分間平均温度を図 2-2-12 に示す。B ビルでは測定値にやや変動があるが、その他の建築物では大きな変動は見られなかった。最も温度が高かったのは D ビルの 3F であり、27.6°C (IES-5000)、27.1°C (Model 2100) であった。前述のように、最上階であることに加えて、窓面積

率が高いことが要因と考えられる。なお、最も温度が低かったのは C ビルであり、24.6°C (IES-5000)、24.2°C (Model 2100) であった。なお、IES-5000 と Model 2100 は平均で 0.4K の差であったが、A ビルの 2F の測定では 0.9K の差が生じる場合もあった。

2026 年冬期の温度の測定結果を図 2-2-13、10 分間平均温度を図 2-2-14 に示す。いずれの測定においても 10 分間で大きな変動は見られなかった。最も温度が高かったのは D ビルの 3F であり、27.6°C (IES-5000)、27.1°C (Model 2100) であり、同様に窓面積率の影響と考えられる。最も温度が低かったのは同ビルの 1F であり、23.6°C (IES-5000)、23.2°C (Model 2100) であった。なお、IES-5000 と Model 2100 は平均で 0.4K の差であったが、B ビルの測定では 0.9K の差が生じる場合もあった。

C.2. 相対湿度

2024 年秋期と 2025 年冬期の相対湿度の測定結果を図 2-2-15、10 分間平均相対湿度を図 2-2-16 に示す。A ビル、B ビル、C ビルの 10 月

測定時は最高値が 67%RH (B ビル)、最低値が 57%RH (A ビル 8F) であった。1～2 月測定時は最高値が 51%RH (E ビル 3F)、最低値が 16%RH (B ビル) であり、A ビルと E ビルを除いて建築物環境衛生管理基準値を下回っていた。なお、IES-5000 と Model 2100 の結果は概ね同等であり、測定機器の差の平均値は 2.8%RH、最大値は 4.9%RH (D ビル 3F) であった。

2025 年夏期の相対湿度の測定結果を図 2-2-17、10 分間平均相対湿度を図 2-2-18 に示す。B ビルでは前述のように 10 分間の測定で変動が見られたが、相対湿度には影響していなかった。最も相対湿度が高かったのは A ビルの 8F であり、62%RH (IES-5000)、61%RH (Model 2100) であった。最も相対湿度が低かったのは E ビルの 3F であり、47%RH (IES-5000)、48%RH (Model 2100) であった。なお、IES-5000 と Model 2100 の結果は概ね同等であり、測定機器の差の平均値は 1.2%RH、最大値は 3.0%RH (D ビル 2F) であった。

2026 年冬期の相対湿度の測定結果を図 2-2-19、10 分間平均相対湿度を図 2-2-20 に示す。いずれの測定においても 10 分間で大きな変動は見られなかった。A ビル 2F、C ビル、F ビルにおいて 49%RH となり、最も相対湿度が高い結果であった。一方、E ビル 2F と G ビルでは相対湿度が 40%RH を下回っており、E ビル 2F では 37%RH (IES-5000)、33%RH (Model 2100)、G ビルでは 31%RH (IES-5000)、27%RH (Model 2100) であった。なお、IES-5000 と Model 2100 は平均で 2.5%RH の差であり、F ビルの測定では 4.5%RH の差が生じる場合もあった。

C.3. 気流

2024 年秋期と 2025 年冬期の気流の測定結果を図 2-2-21、10 分間平均気流を図 2-2-22 に示す。最も気流が大きかったのは D ビルの 3F であり、0.15m/s であった。なお、IES-5000 と Model 2100 の結果は概ね同等であった。

2025 年夏期の気流の測定結果を図 2-2-23、10 分間平均気流を図 2-2-24 に示す。A ビルの 2F では空調の影響と考えられるが、やや変動が見られた。最も気流が大きかったのは A ビルの

2F であり、0.18m/s (IES-5000)、0.33m/s (Model 2100) であった。なお、IES-5000 と Model 2100 は平均で 0.04m/s の差であったが、IES-5000 は低速気流の場合に 0.05m/s と記録されていた。

2026 年冬期の気流の測定結果を図 2-2-25、10 分間平均気流を図 2-2-26 に示す。下記と同様に、A ビルでは空調の影響と考えられるが、やや変動が見られた。最も気流が大きかったのは A ビルの 3F であり、0.14m/s であった。なお、IES-5000 と Model 2100 は平均で 0.02m/s の差であったが、IES-5000 は低速気流の場合に 0.05m/s と記録されていた。

D. まとめ

本節では、7 件の建築物で測定した温度、相対湿度、気流速度の結果を示した。温度と気流についてはいずれの建築物においても環境衛生管理基準値内であったが、相対湿度については特に冬期に環境衛生管理基準値を下回る建築物が 2 件あった。また、2 つの空気環境測定機器 (IES-5000 と Model 2100) の結果は概ね同等であることも示された。

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/seisakunitsuite/bunya/0000132645.html> (アクセス日 2026-5-7)

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
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

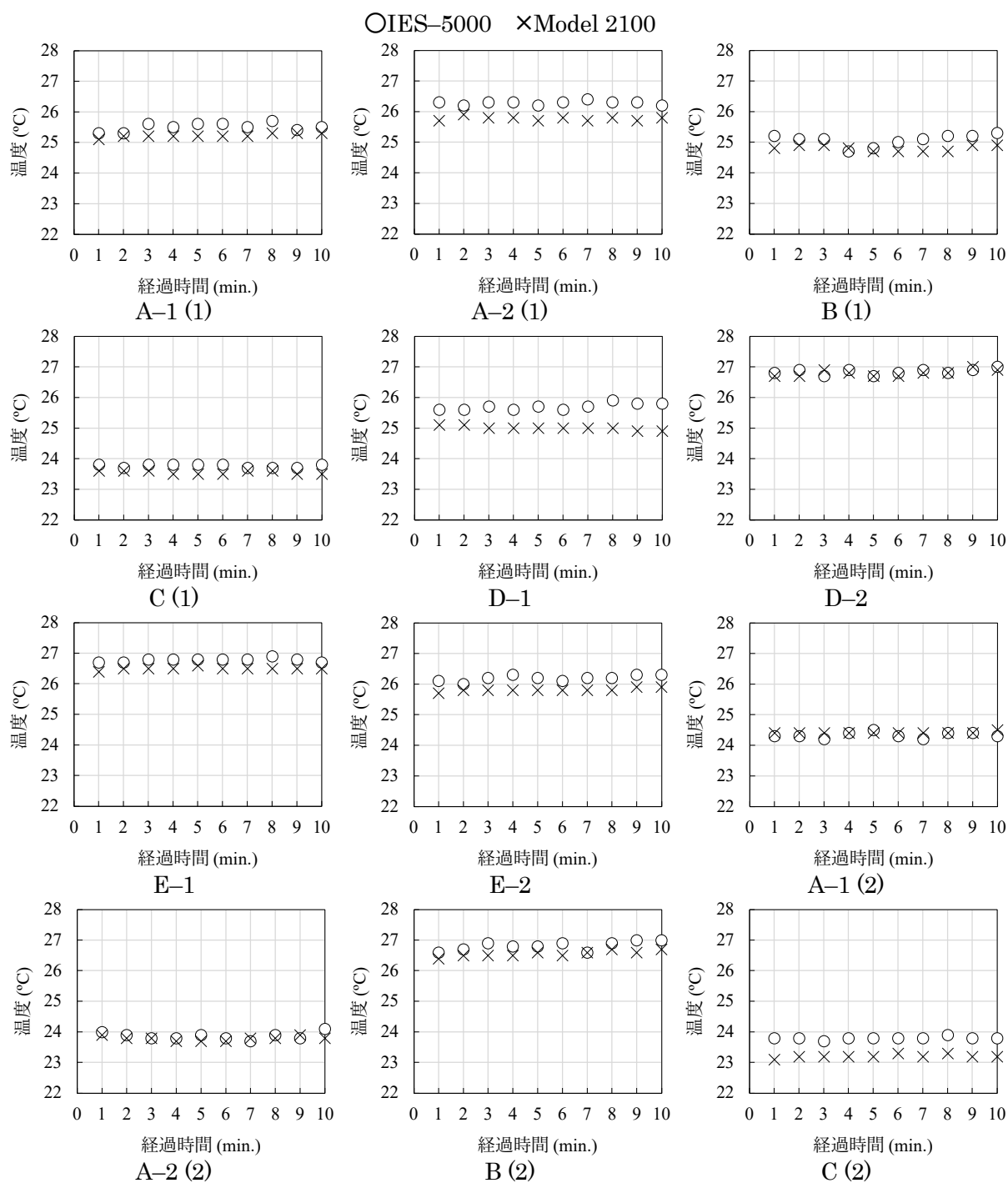


図 2-2-9 温度 (2024 秋期・2025 年冬期)

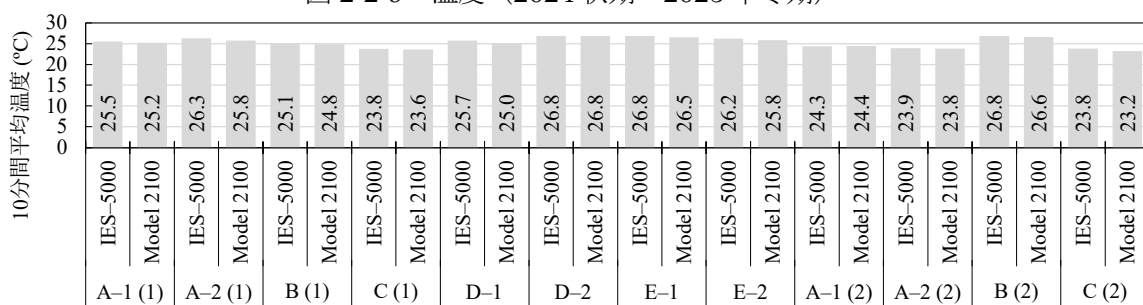


図 2-2-10 10 分間平均温度 (2024 秋期・2025 年冬期)

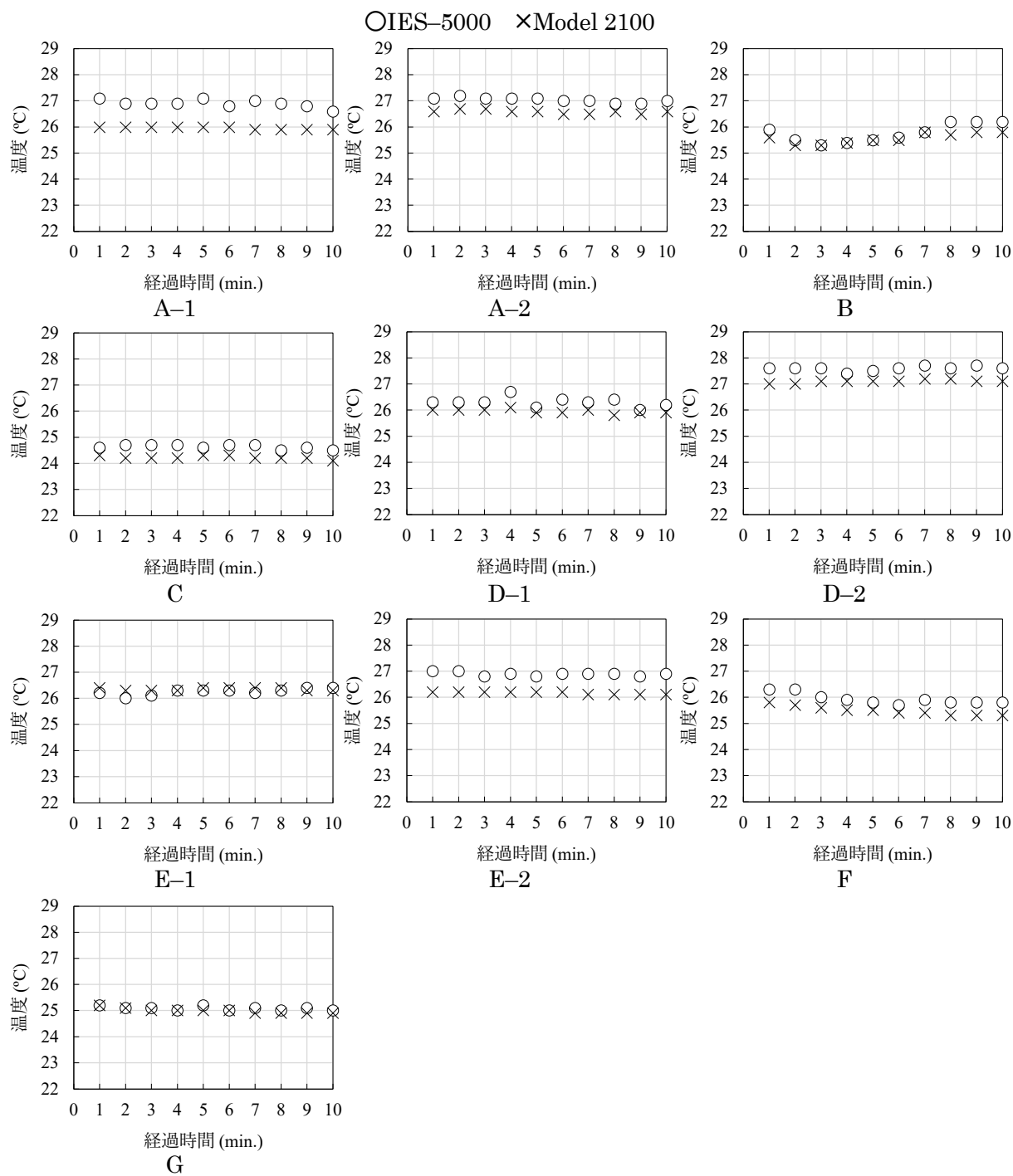


図 2-2-11 温度 (2025 年夏期)

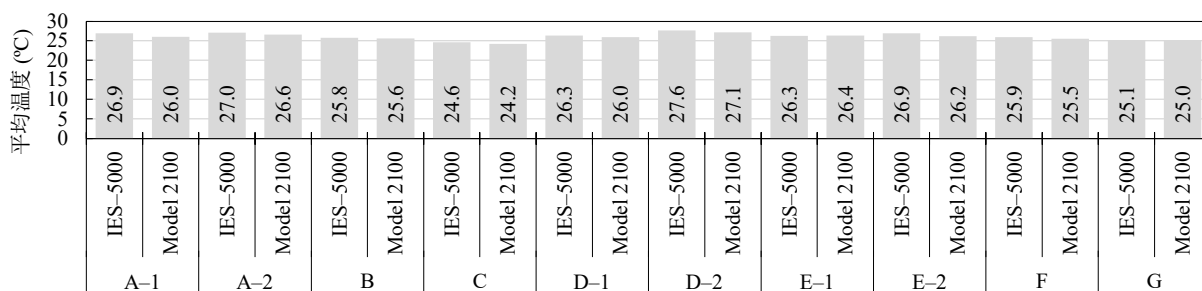


図 2-2-12 10 分間平均温度 (2025 年夏期)

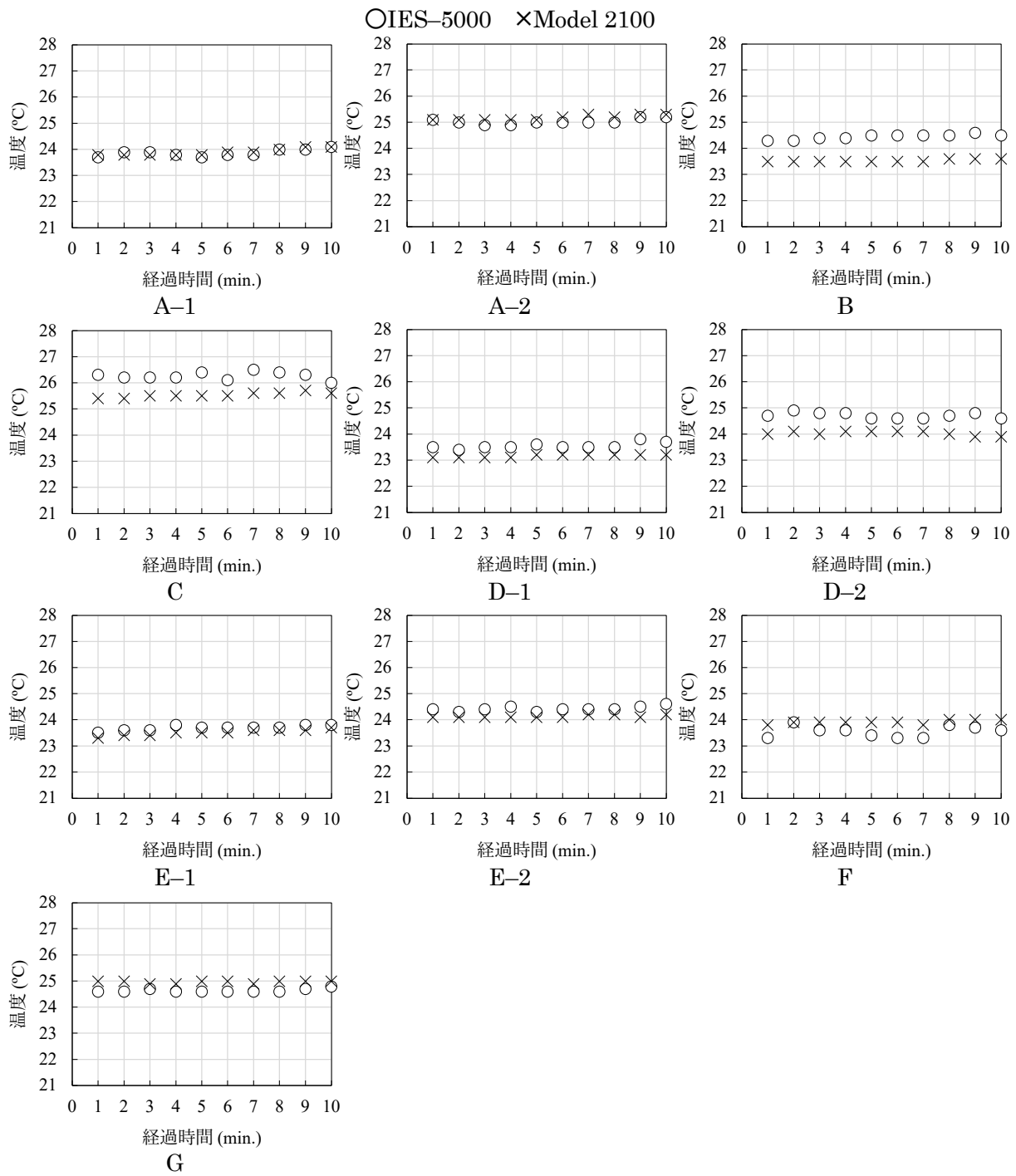


図 2-2-13 温度 (2026 年冬期)

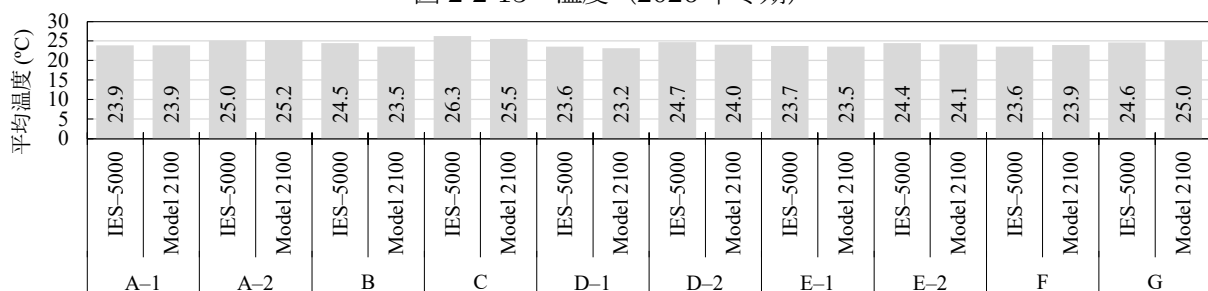


図 2-2-14 10 分間平均温度 (2026 年冬期)

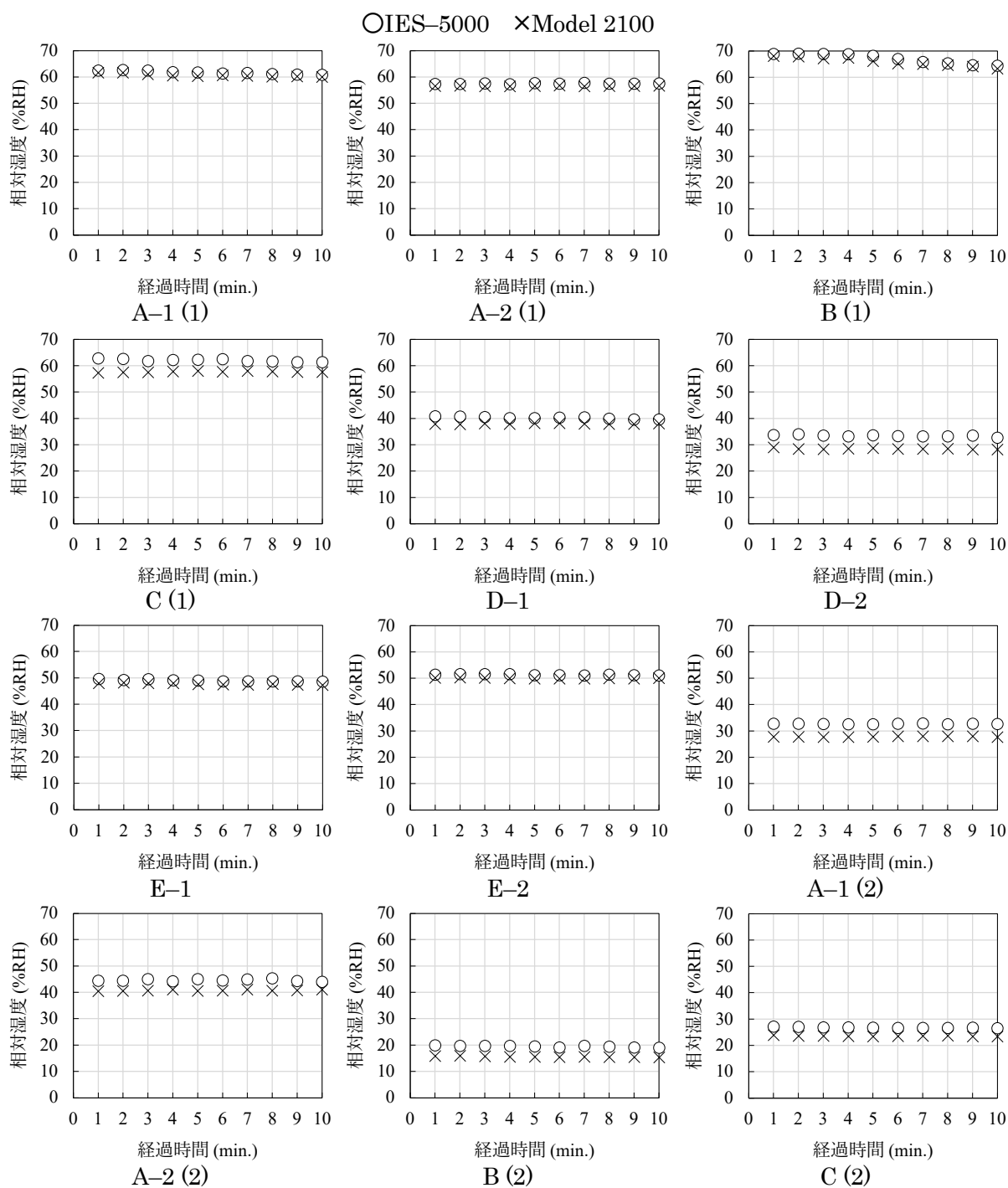


図 2-2-15 相対湿度 (2024 秋期・2025 年冬期)

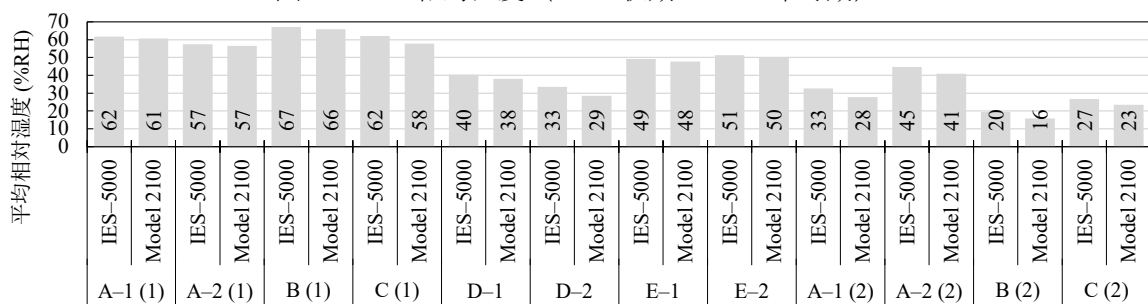


図 2-2-16 10 分間平均相対湿度 (2024 秋期・2025 年冬期)

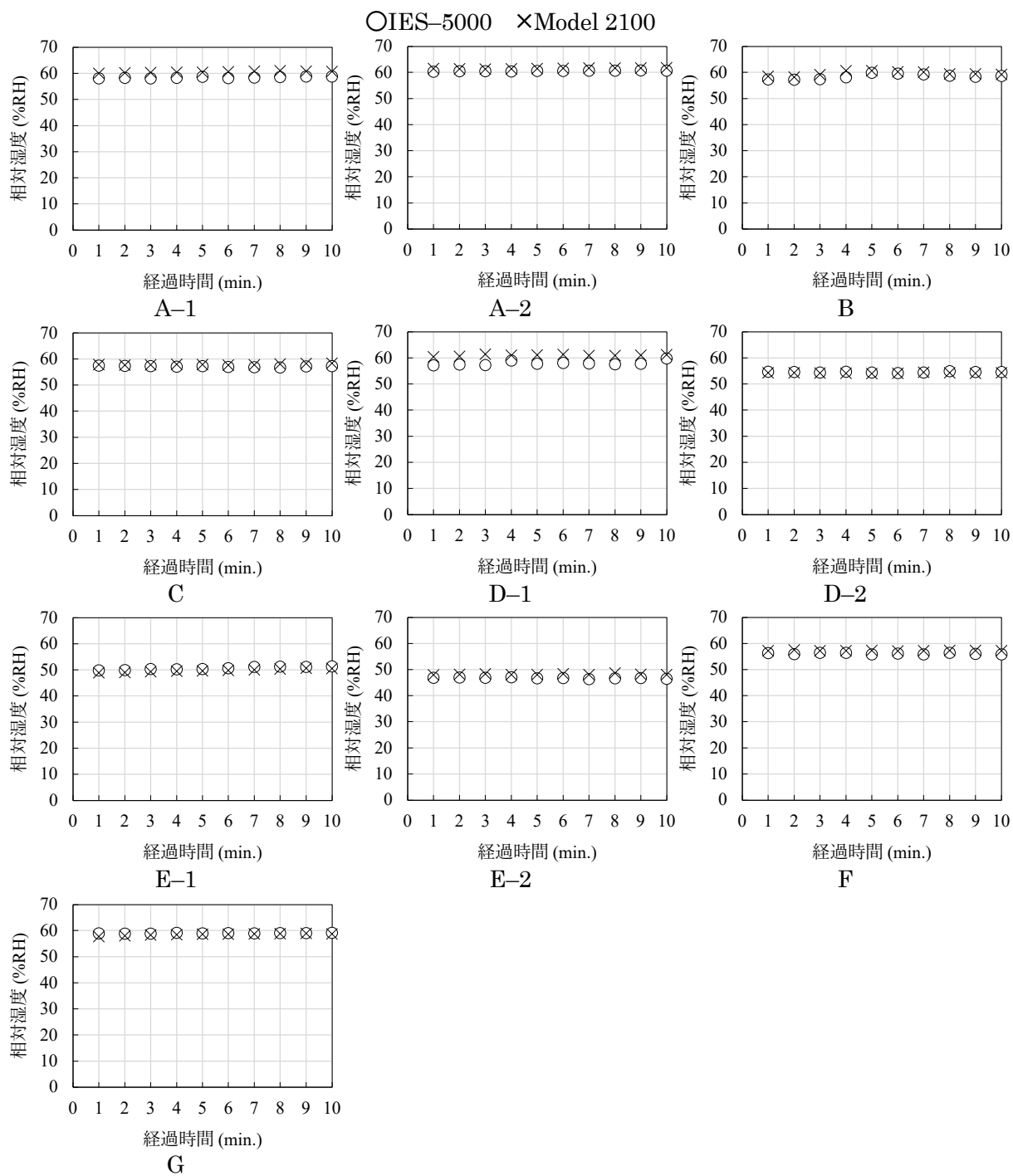


図 2-2-17 相対湿度 (2025 年夏期)

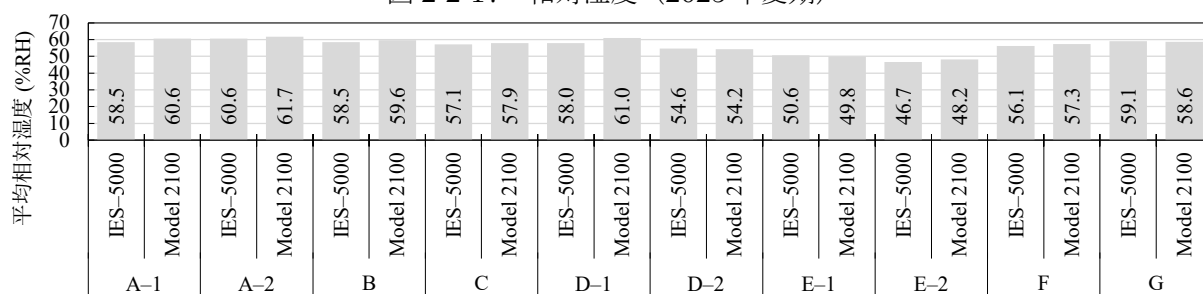


図 2-2-18 10 分間平均相対湿度 (2025 年夏期)

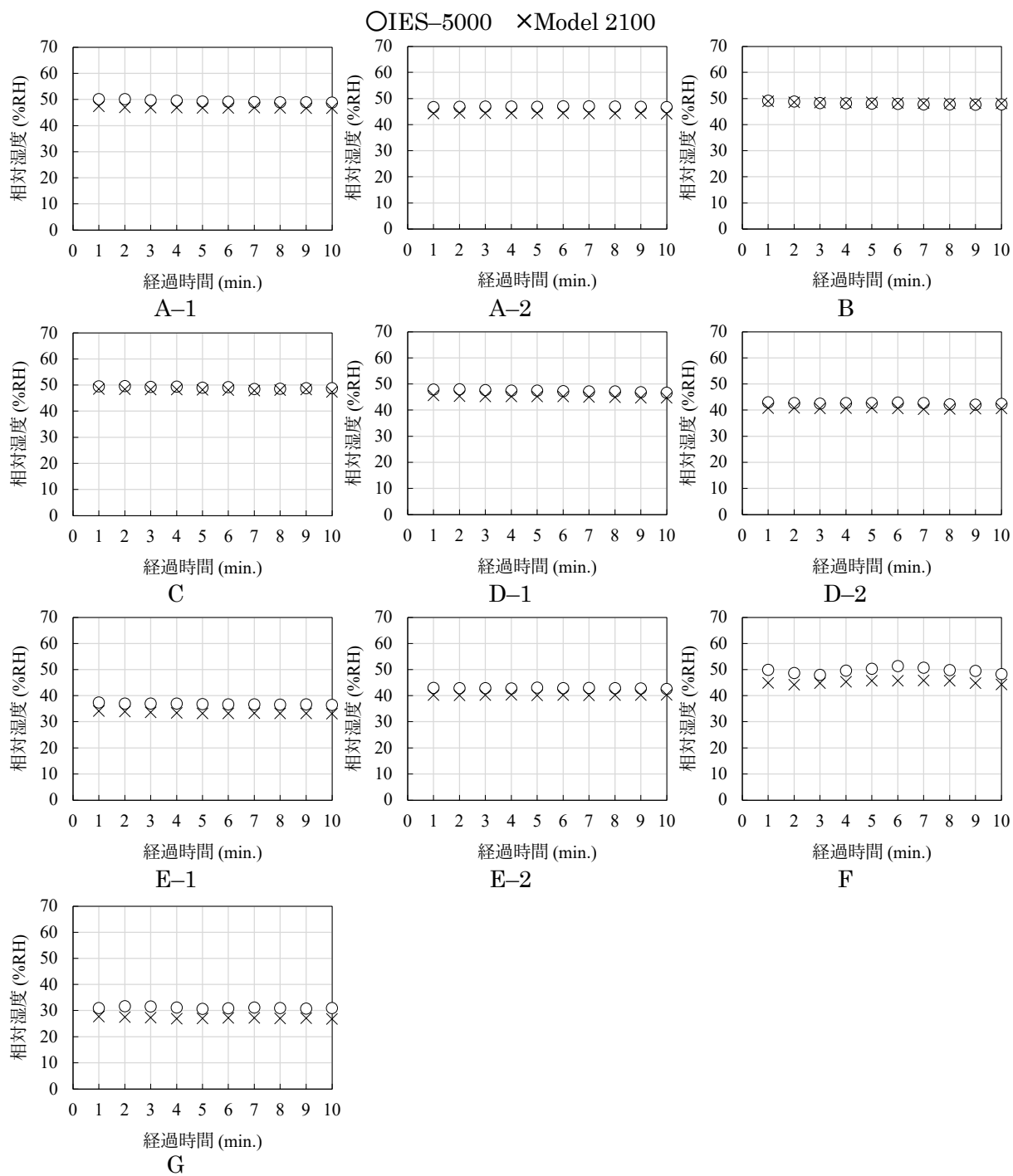


図 2-2-19 相対湿度 (2026 年冬期)

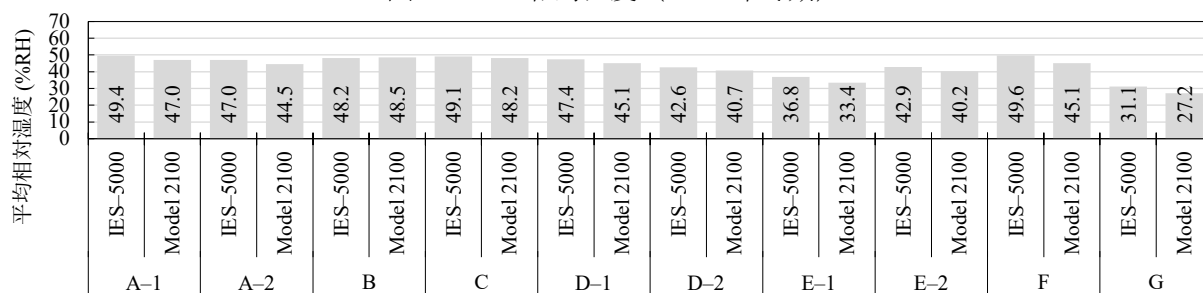


図 2-2-20 10 分間平均相対湿度 (2026 年冬期)

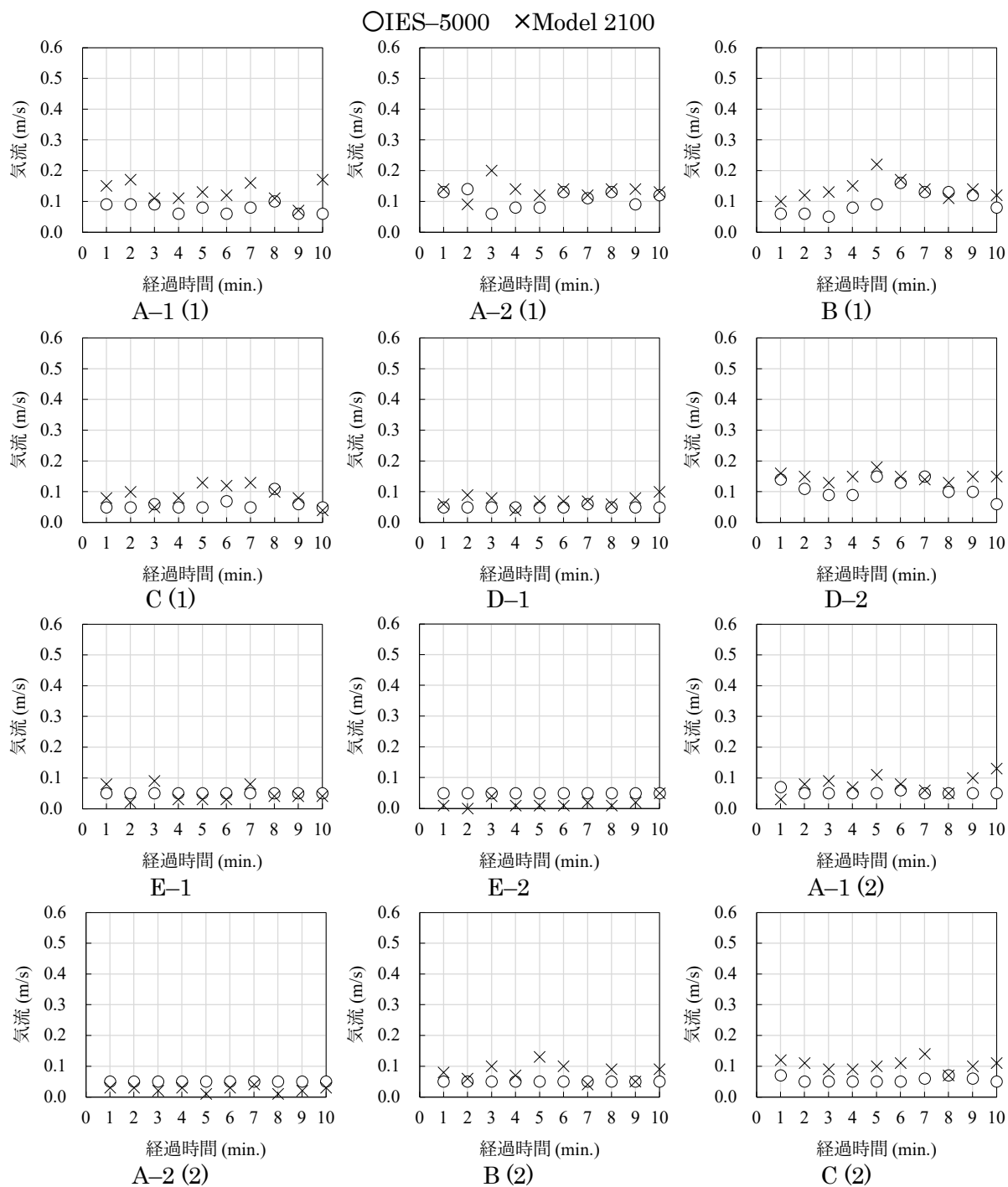


図 2-2-21 気流 (2024 秋期・2025 年冬期)

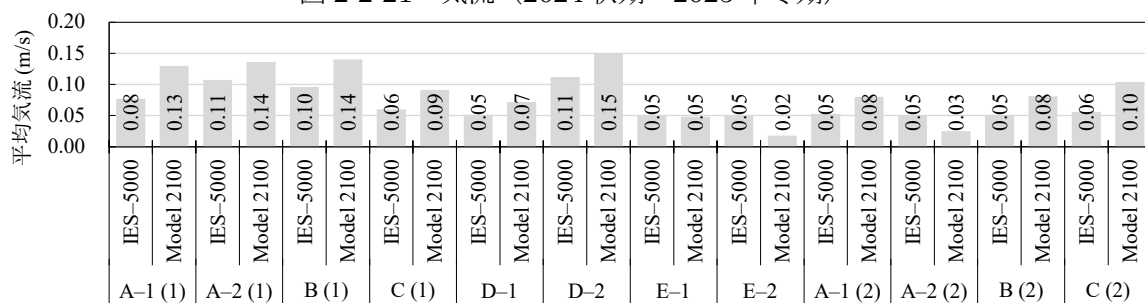


図 2-2-22 10 分間平均気流 (2024 秋期・2025 年冬期)

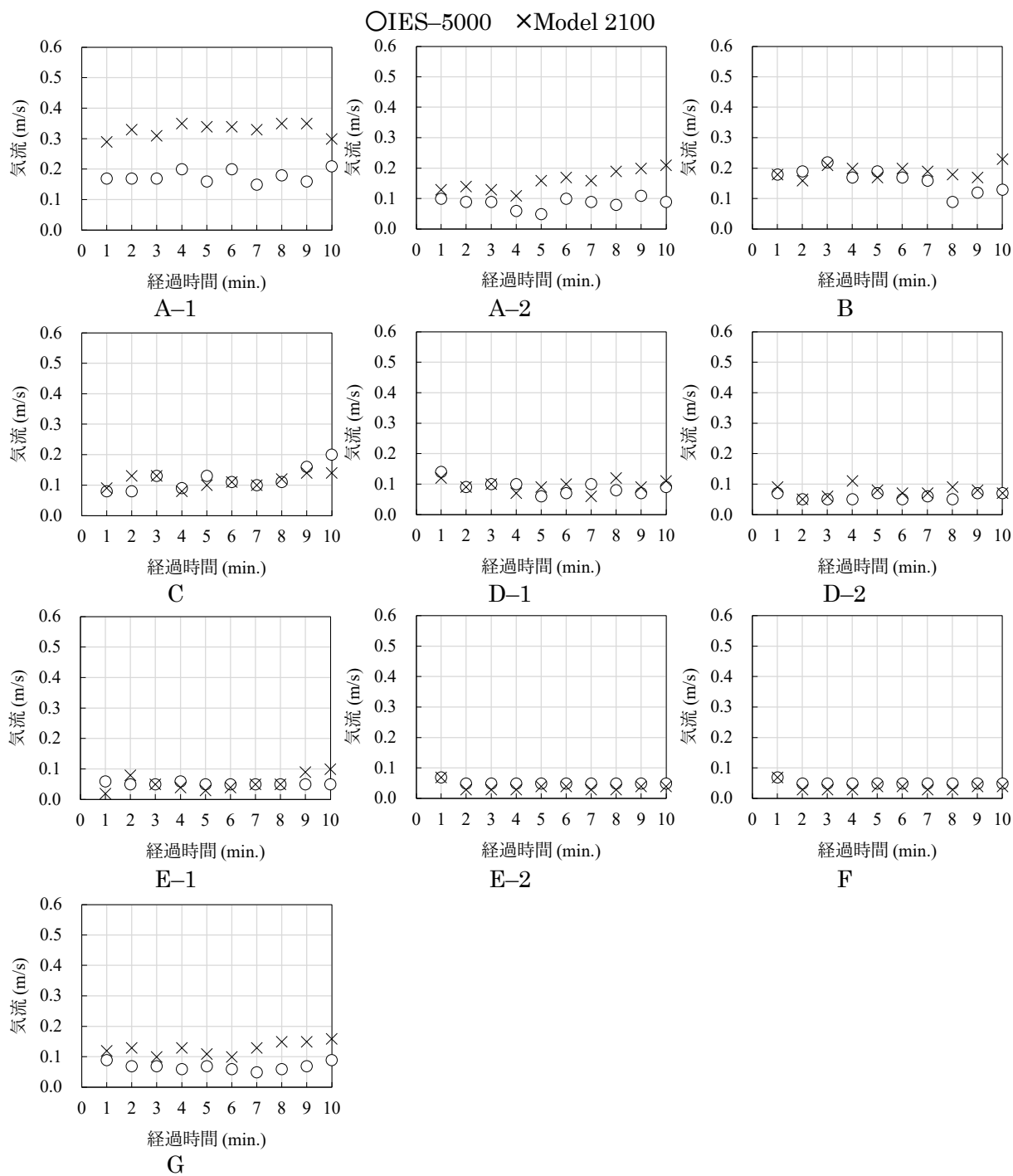


図 2-2-23 気流 (2025 年夏期)

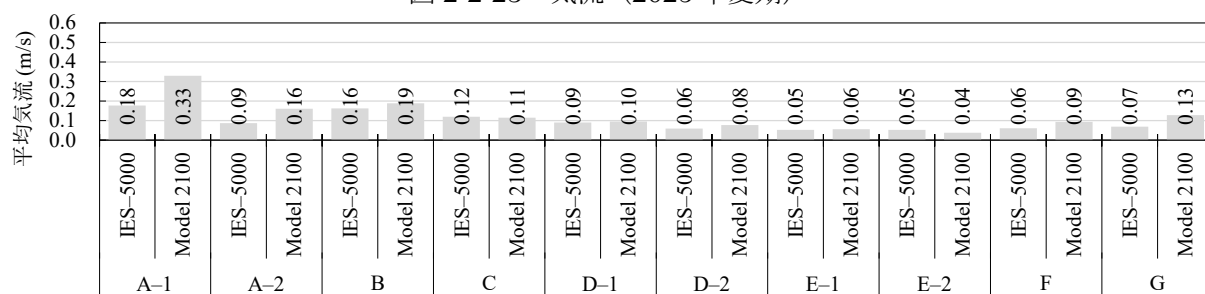


図 2-2-24 10 分間平均気流 (2025 年夏期)

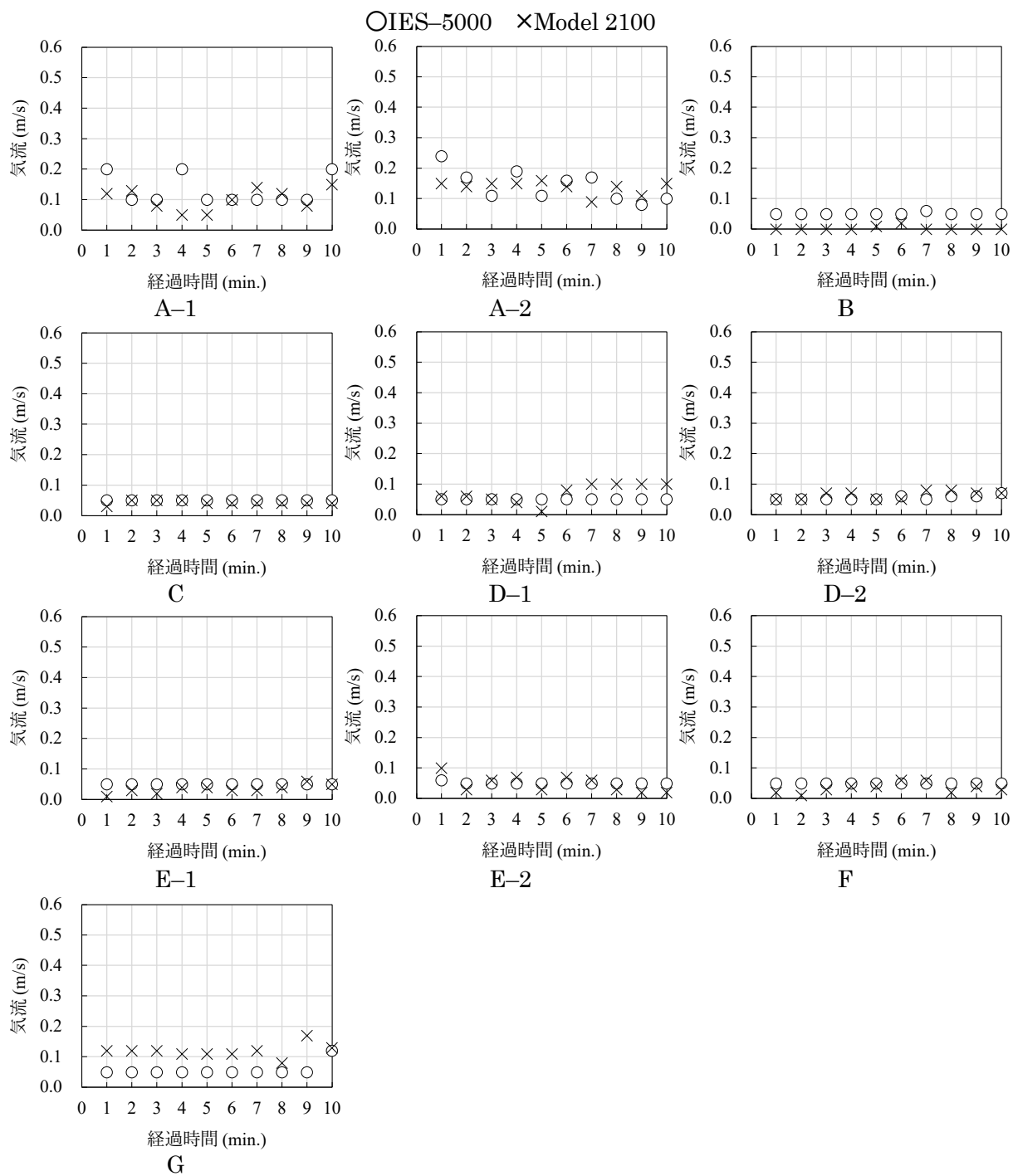


図 2-2-25 気流 (2026 年冬期)

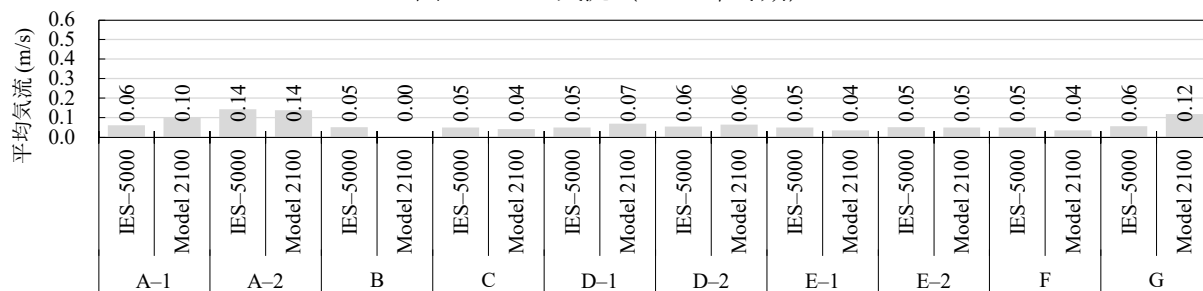


図 2-2-26 10 分間平均気流 (2026 年冬期)

2-3. 化学物質濃度 (VOCs 及びカルボニル化合物)

A. 研究目的

建築物環境衛生管理基準におけるホルムアルデヒドの基準値は、 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。シックハウスに関連して表 2-3-1 のようにホルムアルデヒドを含む 13 物質が厚生労働省により濃度指針値が、TVOC については暫定目標値が定められているが、建築物衛生法においてホルムアルデヒド以外は基準値にはなっていない。特定建築物では、建築物環境衛生管理基準により二酸化炭素濃度を基準に適切な換気が行われていることが確認できることや、室内の化学物質発生源が住宅ほど多くないこと、設計換気量が住宅より多いことから化学物質濃度は低いと考えられている。

厚生労働省の室内濃度指針値は、現状において入手可能な科学的知見に基づき、人がその化学物質の示された濃度以下の暴露を一生受けたとしても、健康への有害な影響を受けないであろうとの判断により設定された値である。これらは、今後集積される新たな知見や、それらに基づく国際的な評価作業の進捗に伴い、将来必要があれば変更され得るものである。「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会」では、令和 7 年 1 月 17 日にこの検討会の中間報告書が公表された¹⁾。

この検討会において、最新の知見に基づいてエチルベンゼンの有害性評価を実施し、エチルベンゼンの指針値を $3,800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から $370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に改定された。

その他の物質として、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H) は、塩ビ建材や接着剤、塗料などの建材から発生し、眼、皮膚への刺激、中枢神経系などに影響を与え、健康被害をもたらすことが指摘されている²⁾。また、2E1H は特異臭があるため、建物内での悪臭の原因にもなり得る。これまで 2E1H は室内では未規制であったが、多くの建物で検出されるようになり、中には高濃度で検出される室内も存在することから、厚生労働省は 2017 年 4 月に、2E1H を揮発性有機化合物の室内濃度に関する指針値に追加する改定案を示し、指針値を $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と定める予定であった³⁾。しかし、2018 年 12 月の第 23 回

シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会において、対策を講ずるにあたり科学的知見のさらなる収集が必要であり、また技術的観点から実効性に疑義のある値が提案されている可能性があるとの意見や、国際動向も踏まえて、指針値案は見直されることになった⁴⁾。さらに、令和 7 年 1 月 17 日に公表された検討会の中間報告書では、初期リスク評価を行った結果、国内における実態調査により測定された室内空気中の 2-エチル-1-ヘキサノール濃度が維持される限りは、人健康影響（一般毒性、生殖発生毒性、発がん性）に関するリスクは高くないと考えられる、としている¹⁾。しかし、この検討会で参照している実態調査は、住宅となっており、実態調査における 95%tile 値に相当する濃度が $35.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ としており、建築物については別途検討する必要があると考えられる。なおこの検討会では、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールモノイソブチレート (TMPD-MIB)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールジイソブチレート (TMPD-DIB) においても同様の初期リスク評価を行っており、現在の住宅の室内濃度が維持されれば、人健康影響に関するリスクは高くはないとしている。

その後、令和 8 年 4 月 7 日に開催された第 29 回の検討会において、住宅以外の事業所における調査結果が公表されたが、住宅の 2-エチル-1-ヘキサノール濃度の中央値、95%tile 値はそれぞれ、 4.0 、 $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に対し、事業所は 10.4 、 $125.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となっており、事務所用途の建築物は、住宅よりも濃度が高い状況であった。なお、ドイツにおいては暫定指針値として、 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を設けている。

ここでは、事務所建築物における化学物質濃度の現状を把握するため、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値に示されている物質を中心にアクティブ法を用いて実測調査を行った。

表 2-3-1 化学物質の濃度指針値

揮発性有機化合物	室内濃度指針値
ホルムアルデヒド	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08 ppm)
アセトアルデヒド	$48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03 ppm)
トルエン	$260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppm)

キシレン	200 µg/m ³ (0.05 ppm)
エチルベンゼン	370 µg/m ³ (0.085 ppm)
スチレン	220 µg/m ³ (0.05 ppm)
パラジクロロベンゼン	240 µg/m ³ (0.04 ppm)
テトラデカン	330 µg/m ³ (0.04 ppm)
クロルピリホス	1 µg/m ³ (0.07 ppb) 小児の場合 0.1 µg/m ³ (0.007 ppb)
フェノブカルブ	33 µg/m ³ (3.8 ppb)
ダイアジノン	0.29 µg/m ³ (0.02 ppb)
フタル酸ジ-n-ブチル	17 µg/m ³ (1.5 ppb)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	100 µg/m ³ (6.3 ppb)
TVOC (暫定目標値)	400 µg/m ³

B. 研究方法

対象とした建築物は表 2-3-2 に示す建築物 A から F の埼玉県、千葉県、神奈川県、宮崎県にある事務所建築物である。建築によっては同じ建築物内で異なるフロアの居室 2 箇所を測定対象とし、同じ部屋で複数箇所において測定対象としているところもある。2024 年 10 月の冷房期、2025 年 1 月から 3 月、2025 年 8 月の冷房期と、2026 年 2 月の暖房期において行った。

建築物衛生法によるホルムアルデヒドの測定については、2・4-ジニトロフェニルヒドラジン (DNPH) 捕集-高速液体クロマトグラフ法により測定する機器、4-アミノ-3-ヒドラジノ-5-メルカプト-1・2・4-トリアゾール (AHMT) 法により測定する機器又は厚生労働大臣が別に指定する測定器とされている。

厚生労働省による通知「室内空気中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法について」によれば、ホルムアルデヒド濃度の指針値制定にあたっては、一般的な人達における明らかな刺激感覚を防ぐことを指標として、30 分平均値で 0.1 mg/m³ を指針値とすることが適当である、としている。

建築物衛生法においても、ホルムアルデヒド測定のタイミングを、新築、増築、大規模の修

繕又は大規模の模様替えを完了し、その使用を開始した時点から直近の 6 月 1 日から 9 月 30 日までの間に 1 回と規定している。これは、ホルムアルデヒドの発生が新しい建材から多く発生すること、温度上昇に伴って多く発生することを意識したものである。なお、ホルムアルデヒドの量の測定結果が管理基準を超過した場合は、空気調和設備又は機械換気設備を調整し、外気導入量を増加させるなど、室内空気におけるホルムアルデヒドの量の低減策に努める必要がある。さらに、翌年の測定期間中に 1 回、再度、当該測定を実施することが必要となる。

測定時間についての規定はないものの、上述のように 30 分平均値で 0.1 mg/m³ を指針値としていることから、30 分の平均値が求められると考えられる。厚生労働大臣が別に指定する測定器においても、30 分のサンプリング時間での測定値の一致を求めている。ただし、特定建築物などの室内においては、空調条件が定常であれば、室内濃度は定常状態となっているものと考えられる時点でのサンプリングを行うことを考慮することが重要である。

表 2-3-3 に示すように、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドなどのカルボニル化合物については、DNPH カートリッジを用いて 30 L 捕集 (30min at 1.0L/min) を行い、HPLC により 12 成分の定量分析を行った。トルエンなど VOCs については、Tenax-TA 充填捕集管を用いて 9 L 捕集 (30min at 300 mL/min) し、GC/MS により 45 成分の定量を行った。なお、TVOC の算出には、C6 (ヘキサン) から C16 (ヘキサデカン) に検出したピークをトルエン換算して算出した。

表 2-3-2 測定対象とした建物概要

	A	B	C	D	E	F
立地	宮崎県宮崎市	宮崎県宮崎市	宮崎県宮崎市	千葉県印西市	埼玉県三芳町	神奈川県藤沢市
階数(地上／地下)	10/1			4/1	3/0	7/0, 5/3/0
構造	S一部RC、免震構造			RC	RC	RC
特定建築物	特定建築物	特定建築物	特定建築物	特定建築物		特定建築物
測定場所面積[m ²]	540	225	173	1195	354	1555/ 1305
空調設備	AHU (VAV)	PAC	AHU	コンパクトエアハン(CAV)	外気処理エアコン+水熱源パッケージエアコン(中央管理)	変風量単一ダクト方式変風量単一ダクト方式+ファンコイル
空調風量[m ³ /h]	13800(換気量9850)			47340	1920	
外調機のフィルタ性能	比色法65%			比色法65～90%	比色法65%	比色法90%、質量法82%／計数法87%、質量法38%
室内機のフィルタ性能				質量法20%	ロングライフ	
加湿器の種類	気化式			気化式	気化式	気化式
床材	OA(ビニル床シート・ビニル床タイル・タイルカーペット)			OA(金属下地)	OA(コンクリート下地)	OA (金属下地)／OA (木下地)

表 2-3-3 空气中化学物質の測定概要

測定項目	内容
アルデヒド類	DNPH カートリッジ 30L (at 1.0L/min) 溶媒抽出-HPLC
VOCs	Tenax-TA 9L (at 300 mL/min) 加熱脱着-GC/MS

C. 研究結果および考察

各測定点における化学物質濃度を表 2-3-4 に示す。

アルデヒド類であるホルムアルデヒド、アセ

表 2-3-4 揮発性有機化合物の測定結果 (μg/m³)

	A (2024/10/22)			B (2024/10/22)		C (2024/10/23)	
	A-1	A-2	OA	B	OA	C	OA
Formaldehyde	8.0	15.0	0.0	7.3	0.0	10.0	1.7
Acetaldehyde	4.3	10.5	4.8	26.3	4.8	8.7	4.8
Benzene	1.0		2.1	1.5	2.1		1.3
Toluene	1.0	2.0	0.9	2.3	0.9	1.4	1.6
Ethylbenzene		1.2		1.5			
Xylene		2.0		1.2			
Styrene							
p-dichlorobenzene				24.7			
2E1H	18.0	49.7					
Tetradecane							
TVOC	125.9	275.6	97.3	146.9	97.3	102.1	77.5

	A (2025/1/29)			B (2025/1/30)		C (2025/1/29)		D (2025/2/25)			E (2025/3/28)		
	A-1	A-2	OA	B	OA	C	OA	D-1	D-2	OA	E-1	E-2	OA
Formaldehyde	3.7	8.7	0.0	4.5	0.0	4.2	1.8	5.0	6.2	1.7	10.7	10.0	1.3
Acetaldehyde	6.5	13.3	3.5	5.7	4.5	7.3	9.0	6.8	8.0	4.0	11.5	10.3	5.3
Benzene										1.0			
Toluene				3.7				0.7			6.0	5.2	3.1
Ethylbenzene				2.1							0.7	1.7	0.9
Xylene				1.1							1.9	1.9	0.7
Styrene				11.8									
p-dichlorobenzene													
2E1H	5.0	16.2		26.8				1.3	2.4		131.2	107.1	
Tetradecane													
TVOC	67.1	129.5	4.6	258.6	4.6	25.5	1.5	53.3	46.2	73.9	302.3	253.0	131.2

	A (2025/6/28)			B (2025/6/29)		C (2025/6/29)		D (2025/6/25)			E (2025/6/18)			F (2025/6/25)		
	A-1	A-2	OA	B	OA	C	OA	D-1	D-2	OA	E-1	E-2	OA	F-1	F-2	OA
Formaldehyde	26.3	17.7	1.8	14.2	2.3	13.0	3.0	13.0	6.2	0.8	11.0	10.5	6.3	11.8	7.7	3.8
Acetaldehyde	20.0	12.5	14.8	26.8	3.0	11.8	4.2	9.3	8.0	0.3	12.7	12.3	11.5	10.7	18.7	10.7
Benzene													1.3			0.6
Toluene	1.6	1.4	1.0	7.6	5.7	2.0	1.1	2.5	4.8		3.7	3.7	3.8		1.9	
Ethylbenzene		0.9		4.8	3.6			1.8	3.7		0.9	1.5	1.0		1.4	
Xylene		1.5		4.6	3.6			2.4	4.3			1.8			1.1	
Styrene		0.9		3.6	3.2			1.1								
p-dichlorobenzene																
2E1H	19.9	34.4				9.3		21.5	27.3		121.3	171.1	4.1		117.7	
Tetradecane				4.8							2.6	2.2			2.6	
TVOC	83.8	160.9	23.3	388.2	173.1	49.7	23.2	117.3	162.7	18.5	181.5	242.0	62.5		257.1	51.4

	A (2026/2/26)			B (2026/2/26)		C (2026/2/25)		D (2026/2/20)			E (2026/2/24)			F (2026/2/20)		
	A-1	A-2	OA	B	OA	C	OA	D-1	D-2	OA	E-1	E-2	OA	F-1	F-2	OA
Formaldehyde	12.3	7.3	0.0	7.2	0.0	12.2	0.0	0.0	12.0	0.0	4.3	5.5	1.5	4.7	3.5	0.0
Acetaldehyde	12.3	6.5	4.3	5.5	3.8	8.0	0.0	0.0	16.3	0.0	8.2	6.7	5.8	7.8	22.0	5.5
Benzene																
Toluene	16.9	16.9	22.3	3.5	3.0	2.1	1.4	6.1	4.3		5.4	4.5	5.0	3.9	3.7	3.4
Ethylbenzene						1.3		1.4	1.5		0.8	0.5		1.0	1.0	
Xylene	1.7			3.1		3.9		3.0	1.6		1.3					
Styrene				1.7		2.8		1.2	1.2							
p-dichlorobenzene				18.6												
2E1H		12.4						15.5	12.6		52.8	54.9		9.6	37.5	
Tetradecane				1.7				0.5			1.1			1.3	1.3	
TVOC	85.3	82.9	28.6	115.4	9.6	71.4	13.6	120.6	98.2	11.3	113.3	91.2	26.7	60.7	86.0	14.4

注：空欄は検出限界以下

トアルデヒドは建築物衛生法の基準値 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び厚生労働省指針値 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対し指針値を超過する室はなかった。室内にこれらの物質の発生量の高い汚染源は存在しないと考えられる。

厚生労働省で指針値が定められている 13 物質中、室内の建材からの発生源としてトルエン、エチルベンゼン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンが検出されたが、濃度としては低い水準であり、厚生労働省指針値を超えた物質はなかった。室内の持ち込みとなる防虫剤から発生するパラジクロロベンゼンについては一部の建物にて検出されたが、その他の室内は検出限界以下であった。

TVOC については、暫定目標値 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過する物件はなかった。厚生労働省の指針となっている物質については、それぞれ指針値以下であり、TVOC 濃度に関係する物質はそれ以外の多種類の物質と、2E1H 濃度が他の物質と比較して高い値で検出された。

2E1H 濃度については、建築物 E 及び建築物 F-2 において高濃度で検出された。建材からの 2E1H 発生には、一次発生と二次発生が知られている。一次発生は建材の製造中に含有された 2E1H が発生することを示す。二次発生は、コンクリートなどの下地に施工した塩ビ建材や接着剤に含まれる可塑剤のフタル酸ジエチルヘキシル (DEHP) がコンクリートに含まれるアルカリ水溶液によって加水分解されることで 2E1H を生成し、発生することを示す。タイルカーペットや塩化ビニルがコンクリート下地に直接敷かれている部屋では、2E1H の濃度が高いと報告されており⁵⁾、室内の 2E1H 濃度が高い原因として二次発生を挙げているものが多く、コンクリート下地の含水率に着目した研究が多くなされている。通常の事務用途の建築物においては、床にタイルカーペットが敷かれており、床の下地はタイル地、コンクリートスラブ、金属製・コンクリート製・プラスチック製 OA フロアの 5 種類に分類することができる。

建築物 E においては、コンクリート製 OA フロアであることを確認しており、上述のコンクリート下地による二次生成物の可能性が考えられる。建築物 F-2 については、下地が木製と

なっており、二次生成物によるものかは不明である。

最近の 2E1H に関する研究論文は限られており、2E1H に関するレビュー論文⁶⁾によると、2E1H の吸入暴露は、実験動物において目、鼻、喉の粘膜に炎症を引き起こし、ヒトを対象とした研究では、嗅覚刺激と目の不快感が増加した。2E1H は室内空气中に長期間保持される可能性があり、これに暴露された建物居住者に望ましくない健康影響を引き起こす可能性が高くなる。また、建築物 56 棟の 67 室において、夏期と冬期に空气中の 2E1H 濃度を測定し、さらに 5 つのビルの 5 つの部屋で 2 年以上の追跡調査を行った⁷⁾。その結果、2E1H は室内空气中の主要な揮発性有機化合物のひとつであること、平均濃度は夏期 (55.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) の方が冬期 (13.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) よりも有意に高かった。追跡調査では、室内空气中の 2E1H 濃度は、経年の減少はみられないが、季節変動として夏期には濃度が明らかに上昇し、冬期には明らかに低下した。

本研究においても、建物 A において 2E1H が検出され、冬期よりも冷房期の方が高い値となっており、また建築物 E においても同様の傾向があり、室内温度による発生源からの発生量、室内濃度への影響が考えられる。

D. まとめ

事務所建築物における化学物質濃度の現状を把握するため、ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値に示されている物質を中心にアクティブ法を用いて実測調査を行った。

結果として、基準値であるホルムアルデヒドおよび化学物質の指針値、TVOC の暫定目標値の濃度を超過する建物はなかった。TVOC 濃度については、厚生労働省の指針値は低濃度であるものの、2E1H の濃度が高濃度であったことが原因である。2E1H については、コンクリート下地による二次生成物の可能性が考えられ、室内温度による季節変動の可能性もあることを示した。

E. 参考文献

1) 厚生労働省シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会：シックハウス (室内空気汚

染)問題に関する検討会中間報告書―第 24 回
～第 28 回までのまとめ, 2025/1/17,
[https://www.mhlw.go.jp/content/001378160.p
df](https://www.mhlw.go.jp/content/001378160.pdf) (2025.5.4 参照)

2) 東賢一, 池田耕一, 久留飛克明, 中川雅至,
長谷川あゆみ, 森有紀子, 山田裕巳: 建築に使
われる化学物質事典, 株式会社風土社,
2006.5.1

3) 厚生労働省 医薬・生活衛生局医薬品審査管
理課化学物質安全対策室: 第 21 回シックハウ
ス(室内空気汚染)問題に関する検討会 議事録,
2017.

[http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/000016615
1.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000166151.html) (参照: 2025.5.5)

4) 厚生労働省 医薬・生活衛生局医薬品審査管
理課化学物質安全対策室(2018): 第 23 回シック
ハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会 議
事録,

[https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/00001661
51_00002.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000166151_00002.html) (参照: 2025.5.5)

5) 上島通浩, 柴田英治, 酒井潔, 大野浩之, 石
原伸哉, 山田哲也, 竹内康浩, 那須民江: 2-エチ
ル-1-ヘキサノールによる室内空気汚染 室内
濃度, 発生源, 自覚症状について, 日本公衛誌
52(12), pp. 1021-1031, 2005

6) Takanari Wakayama, Yuki Ito, Kiyoshi
Sakai, Mio Miyake, Eiji Shibata, Hiroyuki
Ohno, Michihiro Kamijima, Comprehensive
review of 2-ethyl-1-hexanol as an indoor air
pollutant, J. Occup. Health, 21:61(1):19-35,
2019.

7) Kiyoshi Sakai, Michihiro Kamijima, Eiji
Shibata, Hiroyuki Ohno, Tamie Nakajima:
Annual transition and seasonal variation of
indoor air pollution levels of 2-ethyl-1-hexanol
in large-scale buildings in Nagoya, Japan,
Journal of Environmental Monitoring, 11,
2068-2076, 2009

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

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

2-4. 浮遊粉じん及び浮遊粒子状物質

A. 研究目的

建築物衛生法における空气中粒子濃度に関する室内基準は、浮遊粉じん濃度 0.15 mg/m^3 以下と設定されている。同法における浮遊粉じんとは粒径 $10 \mu\text{m}$ 以下の粒子となるが、厳密には粉じん計のカットオフ径に関する定義の違いから PM_{10} とは異なる。

また、環境省が定める大気環境基準は $\text{PM}_{2.5}$ の1年平均が $15 \mu\text{g/m}^3$ 以下、1日平均が $35 \mu\text{g/m}^3$ と設定されている¹⁾。室内基準は定められていない。

本研究では、特定建築物における室内浮遊粒子状物質 (Suspended Particulate Matter) 濃度データの蓄積と実態把握を行い、その特徴について検討する。

B. 研究方法

浮遊粉じん測定には建築物衛生管理基準6項目を同時測定できる環境測定モニター (ビル管セット) IES-5000 (SIBATA 社製) 及び Model 2100 (Kanomax 社製) を用いた。浮遊粉じんに関しては1年目の結果に対して、測定機器間の計測差について検討した。

浮遊粒子の粒径別濃度は Particle Counter (Kanomax Model 3889) を用いて、6粒径 (0.3、0.5、1.0、3.0、5.0、 $10 \mu\text{m}$) に対する個数濃度を計測した。

浮遊粉じん、粒径別浮遊粒子ともに1分間の計測を20分間連続で行っている。浮遊粉じんは測定開始8分後から終了2分前までの10分間の平均値を、粒径別浮遊粒子は開始4分後から終了2分前までの15分間の平均値を用いた。

C. 研究結果

図2-4-1に浮遊粉じん濃度の測定結果グラフを、表2-4-1に浮遊粉じん測定結果の集計表を、表2-4-2測定機器間の差を示す。

また、図2-4-2に室内浮遊粒子状物質の個数濃度積算値を、図2-4-3に代表粒径の個数濃度分布を、表2-4-3に粒径別IO比の集計を示す。

C.1. 浮遊粉じん濃度

浮遊粉じん濃度は小数第3位までが有効数字であるが、ここでは差を比較するために小数第

4位までを用いた。

1年目の実測では、夏期 (2024年10月) は室内濃度平均は IES-5000 (SIBATA 社) が $0.0118 \pm 0.0108 \text{ mg/m}^3$ 、Model 2100 (Kanomax 社) が $0.0018 \pm 0.0019 \text{ mg/m}^3$ であった。測定当日、豪雨のため空気環境6項目の外気計測が欠測になっている日がある。

冬期 (2025年2月) における外気濃度平均は IES-5000 (SIBATA 社) が $0.0082 \pm 0.0012 \text{ mg/m}^3$ 、Model 2100 (Kanomax 社) が $0.0028 \pm 0.0006 \text{ mg/m}^3$ であり、室内濃度平均はそれぞれ $0.0030 \pm 0.0015 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.0006 \pm 0.0005 \text{ mg/m}^3$ であった。

2年目の夏期 (2025年8月) における外気濃度平均は IES-5000 (SIBATA 社) が $0.0423 \pm 0.0296 \text{ mg/m}^3$ 、Model 2100 (Kanomax 社) が $0.0190 \pm 0.0024 \text{ mg/m}^3$ であり、室内はそれぞれ $0.0060 \pm 0.0047 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.0035 \pm 0.0024 \text{ mg/m}^3$ であった。

夏期の建物 F・G の IES-5000 による外気濃度が約 0.1 mg/m^3 近くまで上がっていたが、外気測定地点が幹線道路沿いであり車両通行による影響が大きく、Model 2100 の計測結果も他の外気より高く測定されている。一方で、建物 F・G の室内濃度はいずれも低く維持されていた。

冬期 (2026年2月) における外気濃度平均は IES-5000 が $0.0188 \pm 0.0078 \text{ mg/m}^3$ 、Model 2100 が $0.0070 \pm 0.0037 \text{ mg/m}^3$ であり、室内はそれぞれ $0.0038 \pm 0.0037 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.0017 \pm 0.0017 \text{ mg/m}^3$ であった。

室内測定結果のいずれも管理基準濃度 0.15 mg/m^3 に比べると低濃度であり、管理基準を上回る建物はなかった。

1年目の結果に対して、測定機器 (IES-5000 及び Model 2100) 間の差について検討した。

両機器間の測定値平均の差 (表2-4-2) は $0.0046 \pm 0.0049 \text{ mg/m}^3$ であった。IES-5000 が Model-2100 より若干高い値を示しているが、いずれも管理基準濃度 0.15 mg/m^3 より $1/12 \sim 1/250$ 程度低い濃度での測定となっているため、基準に対する測定精度の影響は小さいと考えられる。

IES-5000 は低濃度域で敏感に数値を表すが

Model 2100 は低濃度では測定値が 0 と表示されることが原因と考えられた。

C.2. 浮遊粒子状物質濃度

個数濃度積算値（図 2-4-2）では、夏期・冬期共に全測定地点で外気濃度が室内濃度より高い結果となった。これは主に、個数濃度が高い 0.3、0.5 μm の小さな粒子において外気（OA）が室内濃度（IA）より高いからである。

1 年目の結果では、0.3、0.5、1.0、3.0 μm の小さな粒子は全物件において外気（OA）が室内濃度（IA）より高い傾向を示した。但し、建物 A、B の夏期（10 月）測定では豪雨の影響もあり、外気濃度が全体的に高く計測されている。

また、5.0、10 μm の大きな粒子も室内が外気よりは低い物件が多いが、冬期の建物 A の 2F と 8F、建物 B の 3F は室内濃度が外気よりも高くなっている。

2 年目は、3.0、5.0 μm の粒子も夏期の建物 E を除いて室内が外気よりは低い物件が殆どであり、冬期は全物件で外気より室内濃度が低かった。一方、10 μm の大きな粒子になると、夏期は建物 A、D、E、F で室内濃度が外気濃度より高く、冬期は建物 A、D、E で室内濃度が外気より高くなっていた。

室内側には OA 機器や冬期の個別式加湿器など発生源があるが、空調フィルターによる除去、ダクト内や室内沈着による濃度低減も生じる。室内における小さな粒子は外気由来のものが多く、大きな粒子は人間活動による生成されることが多いため、在室者密度が高い、室内での活動が多い場合は大きな粒径の粒子濃度が高くなる。

個数濃度（図 2-4-3）は粒径が小さな粒子の濃度が高く、大きな粒径の粒子濃度は低い、典型的な濃度分布を示している。

C.3. 浮遊粒子状物質の IO 比

1 年目の IO 比としては、0.3、0.5、1.0、3.0 μm の小さな粒径の粒子においては全て IO 比<1 と、外気より室内で低く維持されている。一方、5 μm と 10 μm の大きな粒子では IO 比>1 が冬期の建物 A、B の 2 物件（3 カ所）存在する。他の建物に比べて外気濃度が特段低い・高いことはなく、粒子全体の個数濃度積算値としては

両方ともに室内<外気であるため、発生由来の粒径特性が原因と考えられる。

2 年目は 0.3、0.5、1.0 μm の小さな粒径の粒子においては全て IO 比<1 であり、3.0 μm の粒子では夏期の E-2 のみ IO 比>1 となったがその他の測定点では全て IO 比<1 となり、室内濃度は低く維持されている。一方、5 μm の粒子では夏期の E-2 のみ IO 比>1、その他は全て IO 比<1 であった。10 μm の大きな粒子では IO 比>1 が夏期の建物 A、D、E、F、冬期は建物 A、D、E となっていた。室内における大きな粒子は人工的に生成されることが多く、在室者密度が高く室内での活動が多いと濃度が高くなる。

粒子の除去性能は中性能フィルターが導入されている中央式がよりよいとされている^{2), 3)}。

粒径別の IO 比も 0.3、0.5、1.0、3.0 μm では外気より大きく下回り、10 μm では IO 比が高くなる傾向を示す。

D. まとめ

浮遊粉じん濃度は、いずれも管理基準濃度 0.15mg/m³ に比べると低濃度であった。

測定機器間の測定値平均の差は 0.0046 ± 0.0049 mg/m³ であった。IES-5000 が Model-2100 より若干高い値を示しているが、いずれも管理基準濃度 0.15mg/m³ より 1/12～1/250 程度低い濃度での測定となっているため、基準に対する測定精度の影響は小さいと考えられる。

6 粒径を対象にした浮遊粒子状物質測定では、1.0 μm 以下の小さな粒子では全測定結果から室内濃度（IA）が外気（OA）より低い傾向を示し、10 μm 以上の粒子においては室内（IA）が外気（OA）より高くなる室が複数存在した。

細かい粒子は外気由来であり空調経路で一部除去されるため室内濃度は外気より低くなることが一般的な傾向である一方、大きな粒子は人工的に生成されることが多く、在室者密度が高く室内での活動が多くなると濃度が高くなることもある。

殆どの場合、室内濃度は外気より低くなっており、空調系統や空調フィルターによる低減が考えられる。

E. 参考文献

- 1) 環境省：微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書：粒子状物質の特性について、2008
- 2) 鍵直樹：事務所建築物における PM2.5 濃度の実態と室内外濃度比、空気清浄、54(4)、258-262、2016
- 3) 小林健一、金勲、鍵直樹ほか：中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究、令和元年度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）、2020.3

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
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

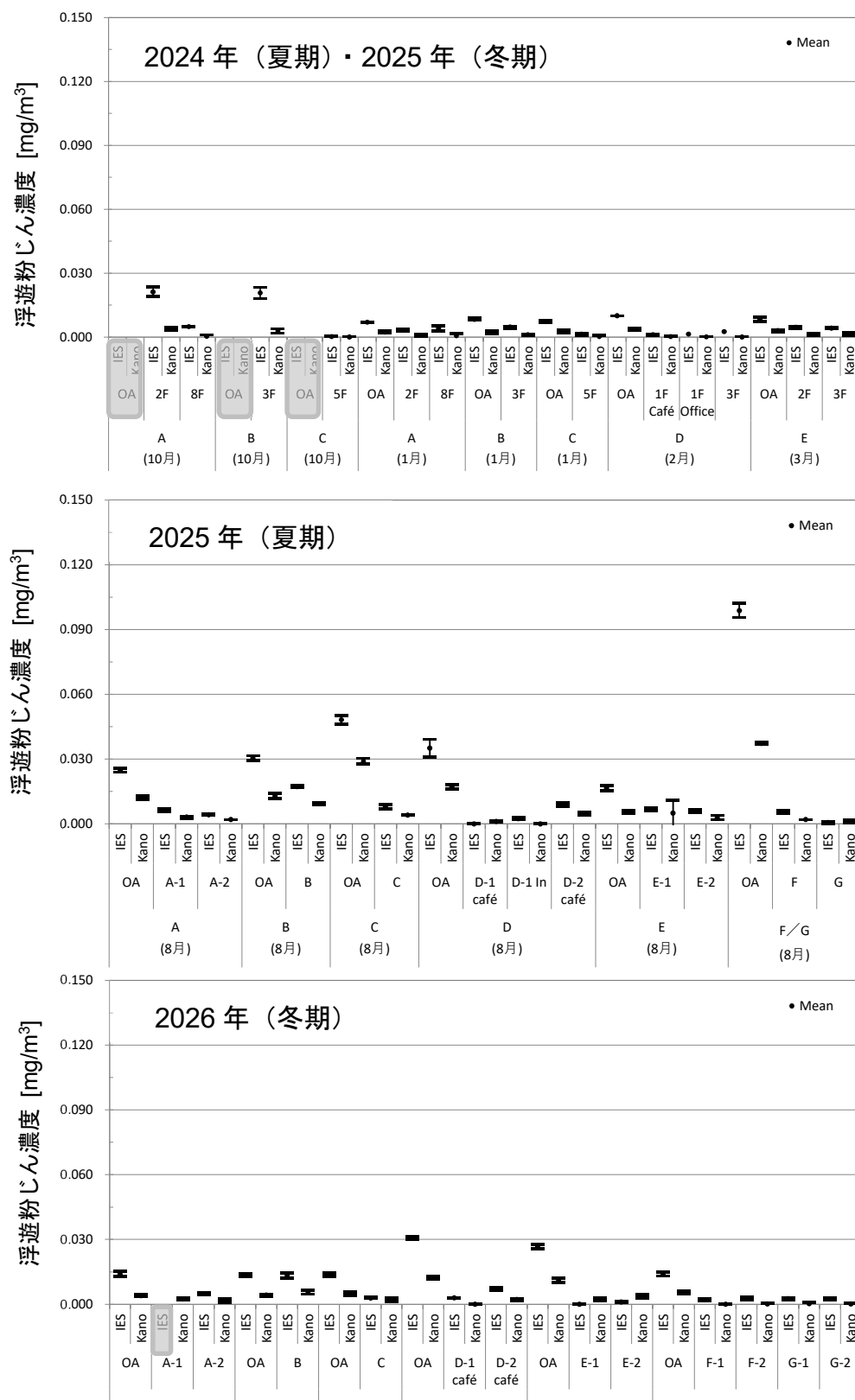


図 2-4-1 立入測定による浮遊粉じん濃度測定結果
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」
※ 陰影部分は豪雨またセンサー以上による欠測

表 2-4-1 立入測定による浮遊粉じん濃度測定結果の集計
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」

		2024年10月				2025年1～3月			
		IES		Kano		IES		Kano	
		OA	In	OA	In	OA	In	OA	In
浮遊粉じん [mg/m ³]	Mean		0.0118		0.0018	0.0082	0.0030	0.0028	0.0006
	SD		0.0108		0.0019	0.0012	0.0015	0.0006	0.0005
	Max		0.0250		0.0050	0.0100	0.0060	0.0040	0.0030
	Min		0.0000		0.0000	0.0070	0.0010	0.0020	0.0000
		2025年8月				2026年2月			
		IES		Kano		IES		Kano	
		OA	In	OA	In	OA	In	OA	In
浮遊粉じん [mg/m ³]	Mean	0.0423	0.0060	0.0190	0.0035	0.0188	0.0038	0.0070	0.0017
	SD	0.0296	0.0047	0.0118	0.0024	0.0078	0.0037	0.0037	0.0017
	Max	0.0510	0.0180	0.0310	0.0220	0.0310	0.0150	0.0130	0.0070
	Min	0.0150	0.0000	0.0050	0.0010	0.0120	0.0000	0.0030	0.0000

表 2-4-2 測定機器間の差 (2024 年 10 月～2025 年 2 月)
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」

		機器間の差	管理基準
浮遊粉じん [mg/m ³]	Mean	0.0046	0.15mg/m ³ 以下
	SD	0.0049	
	Max	0.0200	
	Min	0.0000	

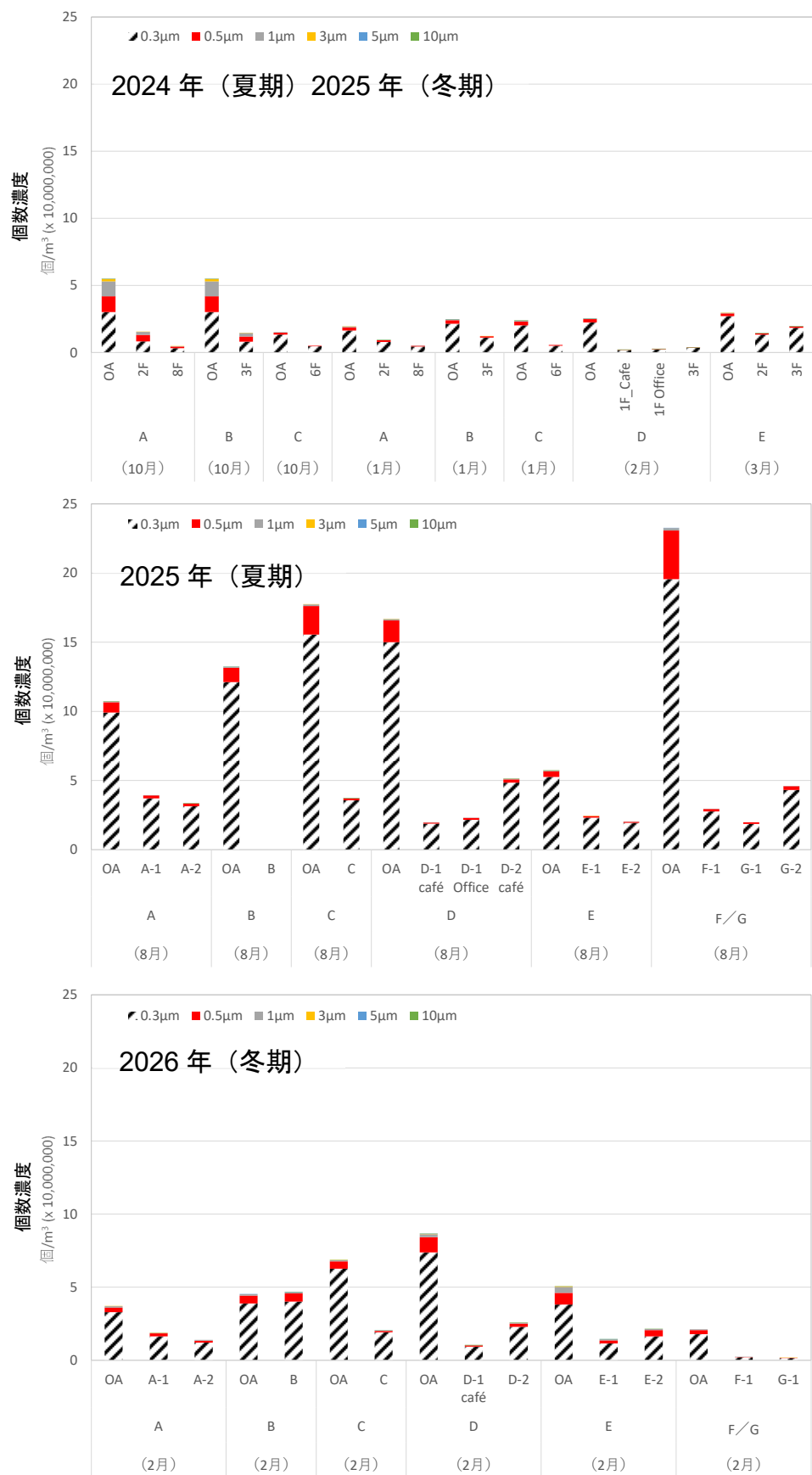


図 2-4-2 室内浮遊粒子の個数濃度積算値

※ 陰影部分は欠測

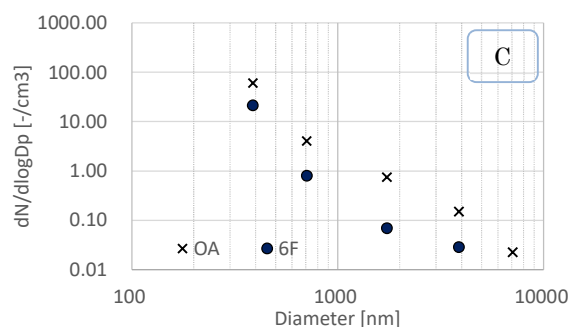
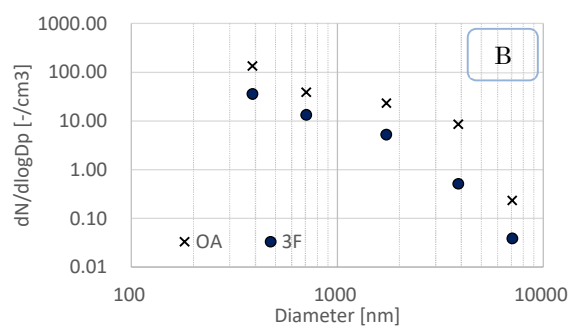
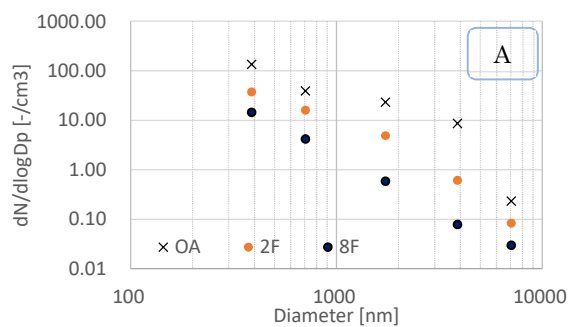


図 2-4-3 代表粒径の個数濃度分布 (10 月)

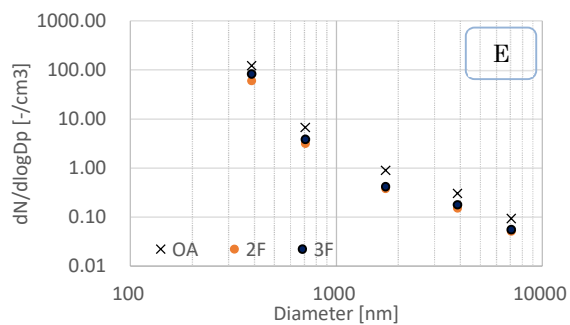
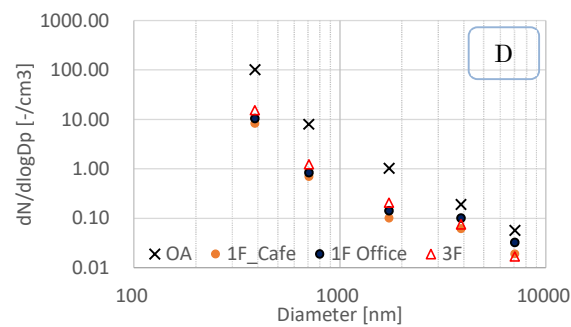
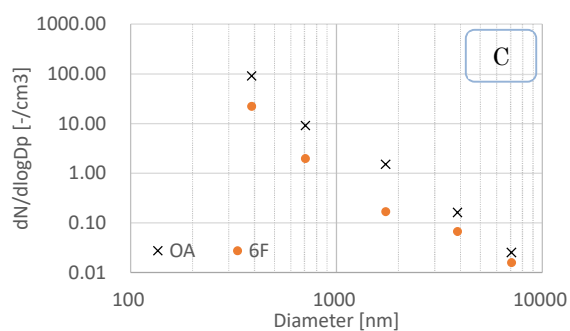
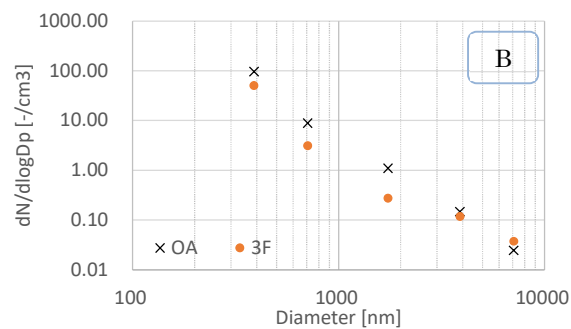
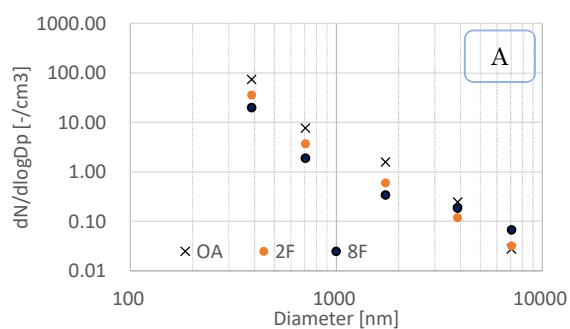


図 2-4-3 (続き) 代表粒径の個数濃度分布 (1~3 月)

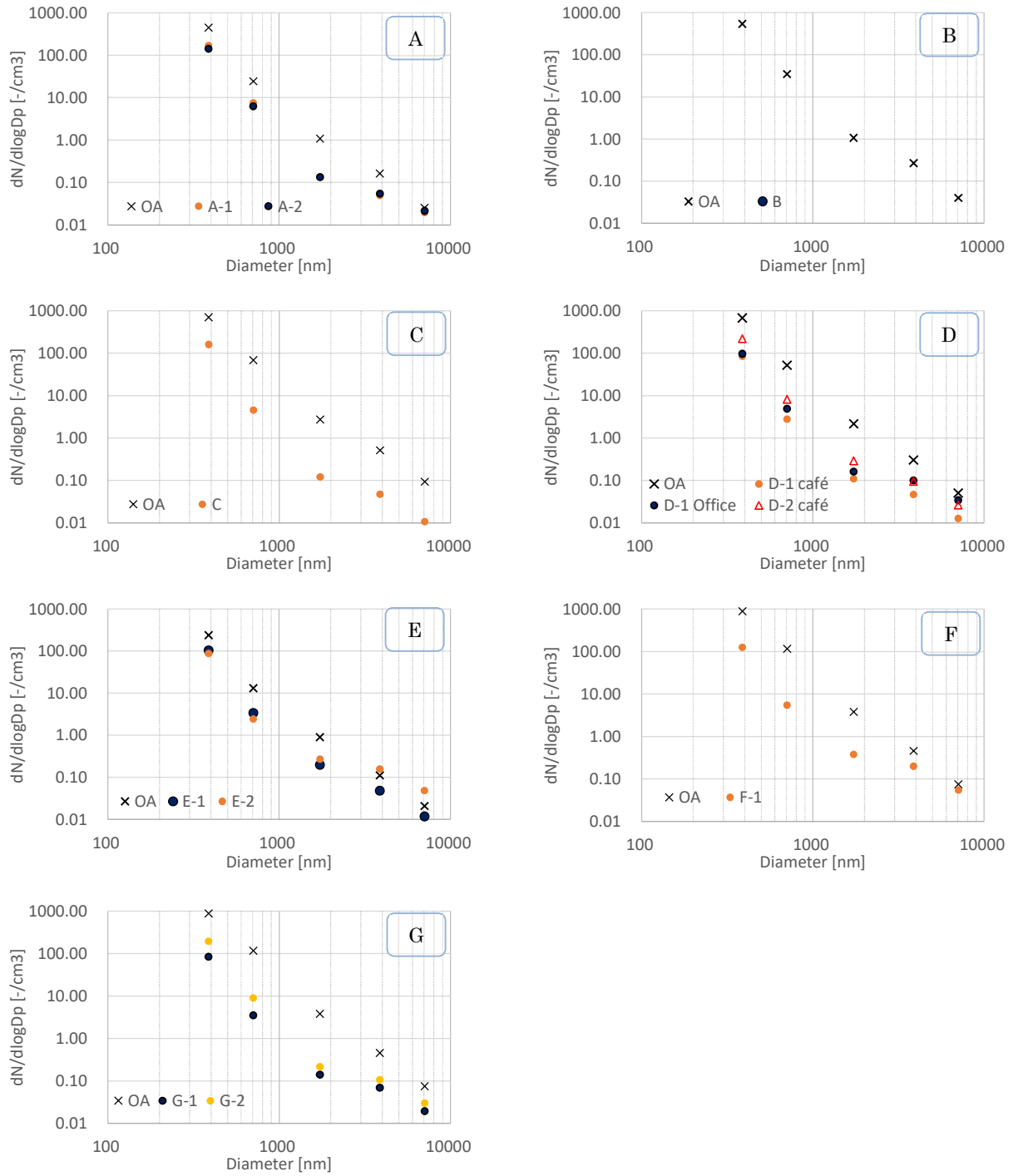


図 2-4-3 (続き) 代表粒径の個数濃度分布 (夏期: 2025 年 8 月)

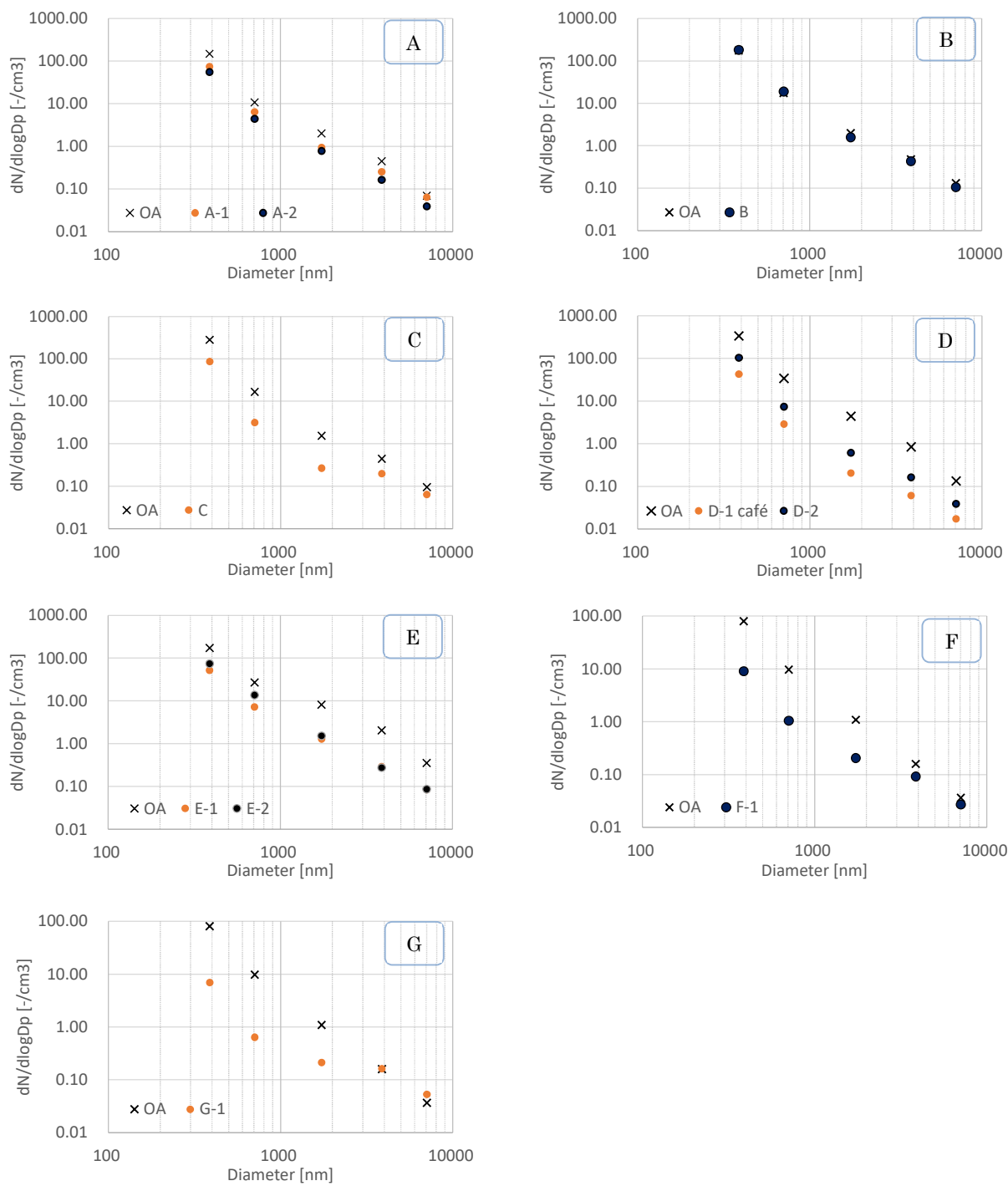


図 2-4-3 (続き) 代表粒径の個数濃度分布 (冬期：2026 年 2 月)

表 2-4-3 粒径別 IO 比（室内濃度／外気濃度）集計

	A		B		C		A		B		C		D		E		Mean	SD	Max	Median	Min
	2024年10月						2025年1月～3月														
	2F	8F	3F	6F	2F	8F	3F	6F	1F Café	1F Office	3F	2F	3F								
0.3um	0.3	0.1	0.3	0.4	0.5	0.3	0.5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.7	0.3	0.2	0.7	0.3	0.1			
0.5um	0.4	0.1	0.3	0.2	0.5	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.5	0.6	0.3	0.2	0.6	0.2	0.1			
1.0um	0.2	0.0	0.2	0.1	0.4	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.2	0.1	0.5	0.2	0.0			
3.0um	0.1	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.8	0.4	0.3	0.5	0.4	0.5	0.6	0.4	0.3	0.8	0.4	0.0			
5.0um	0.4	0.1	0.2	0.4	1.2	2.4	1.5	0.6	0.3	0.6	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	2.4	0.5	0.1			
10.0um	0.8	0.7	0.4	0.7	3.8	9.7	3.1	0.8	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5	1.7	2.7	9.7	0.7	0.3			

Summer	A		B	C	D			E		F	G		Mean	SD	Max	Median	Min
	2025年8月																
	2F	8F	3F	6F	1F Café	1F Office	3F	2F	3F	F	G-1	G-2					
0.3um	0.4	0.3	-	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	0.1
0.5um	0.3	0.3	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0
1.0um	0.1	0.1	-	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0
3.0um	0.3	0.3	-	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	1.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.4	1.4	0.3	0.1
5.0um	0.8	0.8	-	0.1	0.3	0.7	0.5	0.6	2.3	0.7	0.3	0.4	0.7	0.6	2.3	0.6	0.1
10.0um	2.4	2.1	-	0.3	1.0	1.2	1.2	1.2	3.3	1.4	0.5	0.7	1.4	0.9	3.3	1.2	0.3

Winter	A		B	C	D			E		F	G	Mean	SD	Max	Median	Min	
	2026年2月																
	2F	8F	3F	6F	1F Cafe	3F	2F	3F	F-1	G-1							
0.3um	0.5	0.4	1.0	0.3	0.1	0.3	0.3	0.4	0.1	0.1	0.4	0.3	1.0	0.3	0.1		
0.5um	0.6	0.4	1.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.1	0.1	0.4	0.3	1.1	0.2	0.1		
1.0um	0.5	0.4	0.8	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.8	0.2	0.0		
3.0um	0.6	0.4	0.9	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.6	1.0	0.4	0.3	1.0	0.4	0.1		
5.0um	0.9	0.6	0.8	0.7	0.1	0.3	0.2	0.2	0.7	1.5	0.6	0.4	1.5	0.6	0.1		
10.0um	1.9	0.8	1.3	0.8	0.3	0.6	0.4	0.4	1.6	2.5	1.1	0.8	2.5	0.8	0.3		

2-5. 一酸化炭素及び二酸化炭素濃度

A. 研究目的

建築物衛生法における一酸化炭素 (CO) 濃度の管理基準は 6ppm 以下、二酸化炭素 (CO₂) 濃度は 1000ppm 以下と設定されている。

CO は人体有害性から設定されている反面、CO₂は換気の指標として設定されている。

CO 濃度は令和 4 年 4 月に改訂され、従来の 10ppm 以下（特例として外気がすでに 10ppm 以上ある場合には 20ppm 以下）を 6ppm 以下と引き下げると共に特例規定を廃止した¹⁾。

本研究では、特定建築物における CO 及び CO₂濃度データの蓄積と実態把握を行った。

B. 研究方法

法律上の測定方法は、両方とも検知管方式若しくはそれと同程度以上の性能を有する測定器を用いて測定することを可としている。

本研究では、浮遊粉じん測定にはビル管セットと呼ばれる建築物衛生管理基準 6 項目を同時測定できる IES-5000 (SIBATA 社製) 及び Model 2100 (Kanomax 社製) を用いた。

両測定器ともに、CO 濃度に関しては定電位電解方式、CO₂濃度に関しては非分散型赤外線 (NDIR) 方式を採用している。

ガス濃度は 1 分間の計測を 20 分間連続で行い、濃度が安定する計測開始 8 分後から終了 2 分前までの 10 分間のデータを平均して用いた。

また、1 年目の計測結果に対して、測定機器間の計測差について検討した。

但し、1 年目の建物 A、B、C (10 月) の外気測定においては豪雨により CO、CO₂共に欠測、また建物 B、C (10 月) の CO の室内はセンサー異常により欠測となった。また、2 年目は建物 D (8 月) の室内測定 (D-1) においては Model 2100 のセンサー異常により CO・CO₂が欠測、建物 A (2 月) の室内測定 (A-1) においてはセンサー異常により CO₂濃度が欠測となった。

C. 研究結果

図 2-5-1 に立入測定による CO 濃度計測結果を、図 2-5-2 に CO₂濃度の結果を、CO 及び CO₂濃度の測定結果集計を表 2-5-1 に示す。また、表 2-5-1 に 1 年目の測定結果から算出した両測

定機器間の差を集計した。

C.1. 一酸化炭素濃度

1 年目の夏期 (2024 年 10 月) は豪雨により外気は欠測となった。室内は夏期 IES-5000 (SIBATA 社) が 0.46 ± 0.03 ppm、Model-2100 (Kanomax 社) が 0.10 ± 0.00 ppm であった。冬期 (2025 年 2 月) は外気がそれぞれ 0.13 ± 0.01 ppm、 0.10 ± 0.00 ppm であり、室内はそれぞれ 0.12 ± 0.01 ppm、 0.10 ± 0.00 ppm であった。

2 年目の夏期 (2025 年 8 月) の外気 CO 濃度は IES-5000 (SIBATA 社) が 0.12 ± 0.03 ppm、Model-2100 (Kanomax 社) が 0.10 ± 0.00 ppm であった。室内の CO 平均濃度はそれぞれ 0.12 ± 0.01 ppm、 0.10 ± 0.00 ppm であった。

冬期 (2026 年 2 月) は外気がそれぞれ 0.12 ± 0.02 ppm、 0.10 ± 0.00 ppm であり、室内はそれぞれ 0.12 ± 0.01 ppm、 0.10 ± 0.00 ppm であった。

室内 CO 濃度はいずれも管理基準値に比べると低い水準であり、季節による違いも殆どみられなかった。

外気濃度と室内濃度も等しく、室内 CO 濃度は外気由来によるものであり、室内に発生源はないと判断される。

機器による測定値の差は 0.06 ± 0.11 ppm であった。特に Model 2100 は測定値にばらつきが殆ど見えない特徴があったが、測定感度の違いによるものと考えられる。

C.2. 二酸化炭素濃度

1 年目の外気 CO₂濃度平均は夏期 (10 月) は豪雨による欠測、冬期は IES-5000 (SIBATA 社) が 423 ± 9 ppm、Model-2100 (Kanomax 社) が 419 ± 17 ppm であった。

室内 CO₂濃度平均は夏期 (10 月) IES-5000 (SIBATA 社) が 820 ± 106 ppm、Model 2100 (Kanomax 社) は 857 ± 96 ppm であった。冬期はそれぞれ 829 ± 163 ppm、 845 ± 161 ppm であった。

管理基準 1000ppm を上回る建物が 1 件あり、建物 A-2 の室内で平均 1194 ± 8 ppm、 1220 ± 10 ppm であった。他の建物は 1000ppm より低いレベルで管理されていた。夏期実測の結果も同

室は 964 ± 6 ppm、 986 ± 8 ppm と 1000ppm に近く、換気量に比べ在室人数が多いことが原因と推察される。また、建物 C の冬期測定では管理基準を超えていないが、1000ppm に近い濃度で管理されていた。

2 年目の夏期（8 月）における外気 CO₂ 濃度平均は IES-5000 (SIBATA 社) が 424 ± 21 ppm、Model-2100 (Kanomax 社) が 480 ± 19 ppm であった。室内濃度の全体平均は IES-5000 (SIBATA 社) が 844 ± 228 ppm、Model 2100 (Kanomax 社) は 867 ± 211 ppm であった。

冬期（2 月）は外気濃度がそれぞれ 415 ± 16 ppm、 433 ± 9 ppm であり、室内はそれぞれ 751 ± 91 ppm、 779 ± 106 ppm であった。

管理基準 1000ppm を上回る建物が夏期に 1 件（建物 B）あり、平均 1474 ± 14 ppm、 1418 ± 20 ppm であった。他の建物は 1000ppm より低いレベルで管理されていた。冬期実測の結果では同室は 896 ± 39 ppm、 936 ± 22 ppm と 1000ppm を下回っており、換気環境が改善されていた。夏期の濃度超過は在室人数が多いことが原因と推察された。

また、夏期の建物 A、冬期の建物 B、C、D は管理基準を超えていないが、1000ppm に近い濃度で管理されていた。

測定機器による測定値平均の差は 19 ± 15 ppm と、IES-5000 より Model 2100 がやや高い濃度を示しており、前年度の研究結果と同様の傾向を示した。但し、ガスセンサーはスパンガスによる校正による誤差や測定機器によるセンサー特性も考えられた。

D. まとめ

全体的に、一酸化炭素 (CO) 及び二酸化炭素 (CO₂) 濃度管理基準は、それぞれ 6ppm 以下及び 1000ppm 以下と定まっている。

CO の外気濃度は約 0.1 ppm、室内 CO 濃度も殆どが 0.1ppm 程度と外気濃度と大差なく全体的にいずれも管理基準値に比べると低い水準であった。室内 CO 濃度は外気由来によるものであり、室内に発生源はないと判断された。

CO₂ に関しては外気濃度の平均は 400～500ppm に対して、室内平均は 1 年目 658～1234ppm、2 年目 751～867ppm であった。

1 年目、2 年目共に管理基準 1000ppm を上回る建物が 1 件あったが両結果とも同一建物の計測値であり、測定時期によって 1000ppm を下回ることもあったことから、換気量に比べ在室人数が多いことが原因と考えられた。他の建物は 1000ppm より低いレベルで管理されていたが 1000ppm に近い濃度で管理されている物件も存在していた。

機器による測定平均値の差として、CO は 0.06 ± 0.11 ppm、濃度差の範囲は 0～0.6ppm、CO₂ は 19 ± 15 ppm、濃度差範囲は 0～57ppm であった。

校正による誤差や、機器によるセンサー感度の違いと見られる。

E. 参考文献

1) 厚生労働省、建築物環境衛生管理基準について、
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/> (accessed on 2026.3.20)

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
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

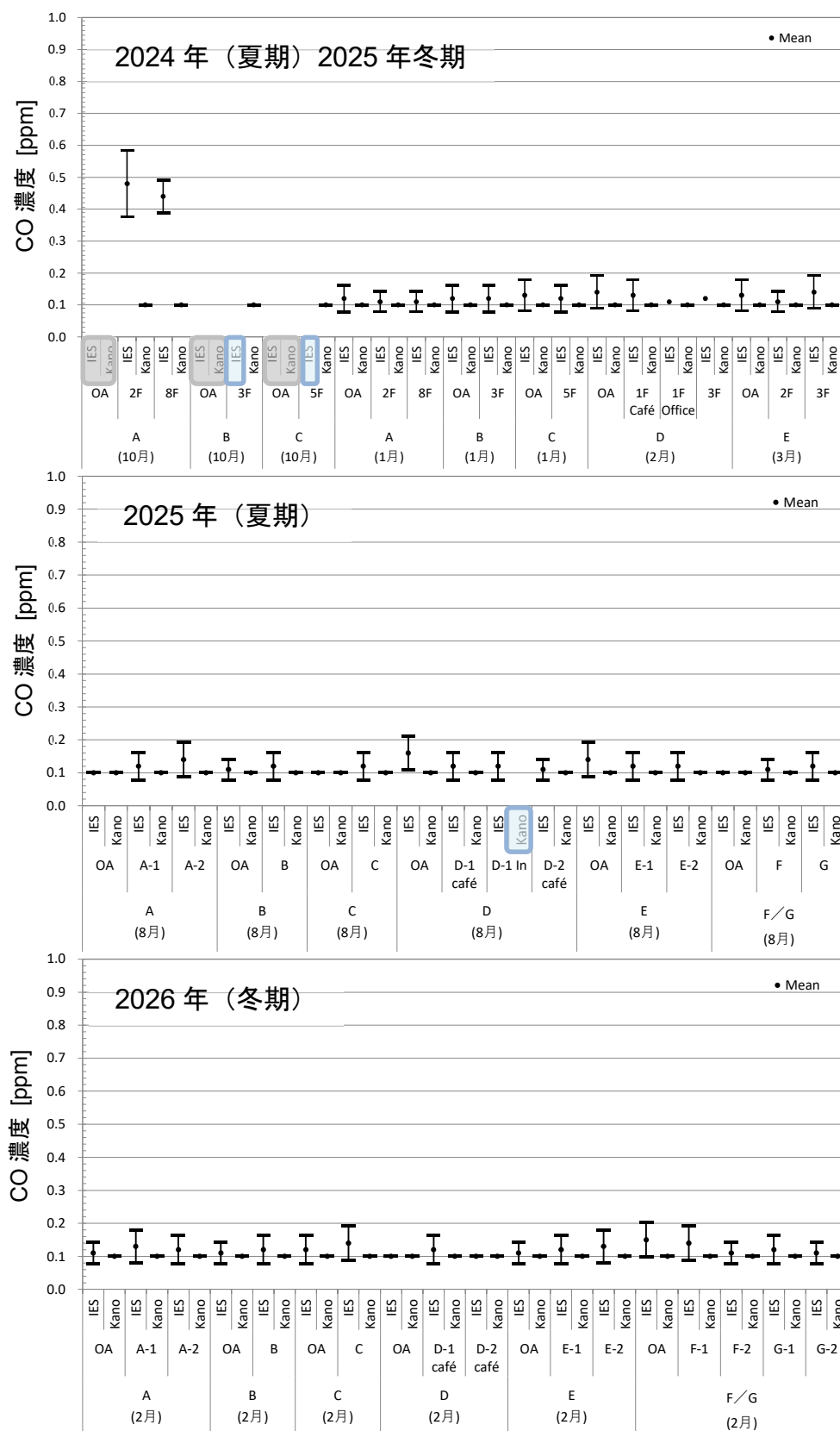


図 2-5-1 立入測定による CO 濃度測定結果
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」
注 1) 陰影部分 : 欠測

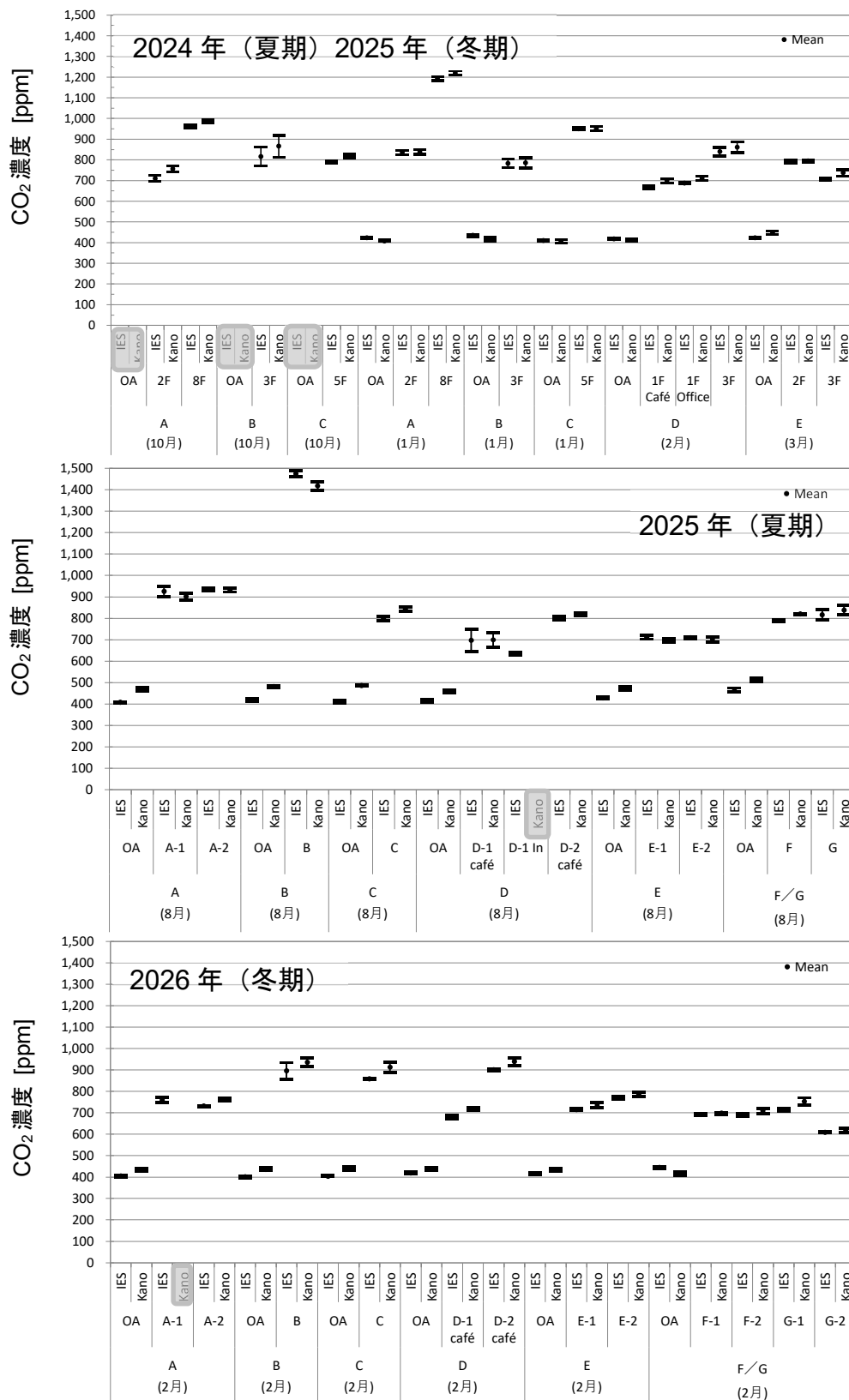


図 2-5-2 立入測定による CO₂ 濃度測定結果

「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」

注 1) 陰影部分 : 欠測

表 2-5-1 立入測定による CO 及び CO₂ 濃度測定結果の集計
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」

		2024年10月				2025年1～3月			
		IES		Kano		IES		Kano	
		OA	In	OA	In	OA	In	OA	In
CO [ppm]	Mean		0.46		0.10	0.13	0.12	0.10	0.10
	SD		0.03		0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
	Max		0.70		0.10	0.20	0.20	0.10	0.10
	Min		0.40		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
CO ₂ [ppm]	Mean		820		857	423	829	419	845
	SD		106		96	9	163	17	161
	Max		975		995	447	1204	459	1234
	Min		684		735	406	658	395	683

		2025年8月				2026年2月			
		IES		Kano		IES		Kano	
		OA	In	OA	In	OA	In	OA	In
CO [ppm]	Mean	0.12	0.12	0.10	0.10	0.12	0.12	0.10	0.10
	SD	0.03	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00
	Max	0.20	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10
	Min	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
CO ₂ [ppm]	Mean	424	844	480	867	415	751	433	779
	SD	21	228	19	211	16	91	9	106
	Max	437	1499	492	1463	427	975	452	979
	Min	400	626	450	670	395	606	420	594

表 2-5-2 測定機器間の差 (2024 年 10 月～2025 年 2 月)
「IES-5000 (SIBATA 社)、Model 2100 (Kanomax 社)」

		機器間の差	管理基準
CO [ppm]	Mean	0.06	6ppm以下
	SD	0.11	
	Max	0.60	
	Min	0.00	
CO ₂ [ppm]	Mean	19	1000ppm以下
	SD	15	
	Max	57	
	Min	0	

2-6 ASHRAE 55-2023 に準拠した手法による 温熱環境評価

A. 研究目的

建築物衛生法における特定建築物では、「各階ごとに、居室の中央部の床上 75cm 以上 150cm 以下の位置」にて空気環境を測定することとなっている。実際の室内代表点の選定は、上記を満たす範囲内で測定者に委ねられている。

本節では、①建築物衛生法に基づく空気環境測定、②米国暖房冷凍空調学会の温熱環境基準である ASHRAE55-2023 に準拠した居住域温熱環境測定、③空間全体の断面温度分布測定の 3 手法による結果を比較し、任意に選定される評価点の空間代表性の検証を行う。季節の違いや年度の異なる同一季節の差を分析し、IoT センサを使用した場合の測定位置や条件の課題を明らかにすることを目的とする。

B. 研究方法

埼玉県、神奈川県、千葉県、宮崎県における計 6 件の建物について、異なる年度の同一季節の調査結果を抽出し、3 つの手法による評価結果を比較した。測定対象建物および測定時期を表 2-6-1 に示す。

埼玉県の建物 A では夏季と冬季の比較が可能であったが、その他の 5 件については冬季のみ比較を行った。

建物 E、F、J を除き、複数フロアを対象とし

た。ASHRAE55 基準では執務者が滞在している、または滞在すると想定される居住域を評価対象に選定することとなっている。そのため、以下の基準で各フロアについて最低 2 点以上の測定点を設けた。環境特性の把握に必要と判断された場合は、同様の基準で追加の測定点を選定した。

- ・部屋または空間の中央かつ座席近傍となる点（インテリア）。同時に建築部衛生法の評価基準を満たす。
- ・最も大きな窓の中央から 1m 以内かつ座席近傍となる点（ペリメータ）

測定項目は空気温度、相対湿度、微小面放射温度、および気流速度としたが、本節では空気温度の結果のみを使用した。空気温度は、ASHRAE55 基準で規定される居住域代表高さの 4 点で 15 分間記録し、最後の 30 秒間の平均値を代表値とした。

- ・0.1m くるぶし
- ・0.6m 座位体中心
- ・1.1m 座位頭部・立位体中心
- ・1.7m 立位頭部

断面温度分布測定方法として、高さ 5 点に温湿度計を固定したポールを 6 本用意した。測定高さは、以下の高さとした。下の高さ 4 点は ASHRAE 55 基準に準拠し、建築物衛生法管理基準にも準拠する代表高さを 1.1m とした。

- ・0.1m くるぶし

表 2-6-1 測定対象建物概要

特定建築物	立地	竣工年	延床面積 [m ²]	地上階／地下階	測定階	測定場所面積 [m ²]	天井高 [m]	空調設備	空調吹出位置	測定日時	
A	埼玉県三芳町	1992/3	1551.0	3/0	2F 3F	354.0	2.7	外調機+水熱源PAC	床	居住域 断面	2023/2/17 2023/8/31 2025/8/18 2026/2/24
E	神奈川県藤沢市	2006/11	17863.5	7/0	2F	1555.2	2.6	AHU (VAV)	天井	居住域 断面	2023/2/16 2026/2/20
F			9132.1	5/0	2F	1305	2.6	AHU(VAV)+FCU	床	居住域 断面	2023/2/16 2026/2/20
G	千葉県印西市	1993 竣工 2019 改修	39150.9	4/1	1F 3F	1195.439 491.908	2.6 2.6	CAV 外調機+放射パネル+チルドビーム+FCU	床 天井	居住域 断面 居住域 断面	2024/2/29 2026/2/16 2024/2/29 2026/2/16
I	宮崎県宮崎市	2020/8	24406	10/1	2F 8F	約540	2.8	AHU (VAV)	天井	居住域 断面	2025/1/29 2026/2/26
J	宮崎市			5/0	3F	224.50	2.6	AHU (R7よりPAC)	断面	居住域 断面	2025/1/30 2026/2/26

- ・ 0.6m 座位体中心
- ・ 1.1m 座位頭部・立位体中心
- ・ 1.7m 立位頭部
- ・ 2.4～2.7m 天井付近

最上段は高さの調節が可能で、天井高に合わせて天井付近の温湿度を測定した。温湿度計は especmic RTW-30S とし、使用した 30 台は温湿度の示度に個体差がないことを確認した。

矩形の部屋全体をカバーできるように対角線上に 6 本のポールを配置し、高さ方向を含めた計 30 点にて断面的な温度分布を 10 秒間隔で 15 分間測定した (a 断面)。その後、別方向の対角線上にポールを配置し、同様に 15 分間測定した (b 断面)。測定値の安定した最後 1 分間の平均値を代表値とし、分析を行った。

各建物測定点を図 2-6-1 に示す。

C. 研究結果

いずれの測定点も衛生管理基準の 18～28℃ を満たしていた。以降は、ASHRAE55-2023 に準拠した方法と断面温度分布測定結果を比較し、考察する。

C.1 A ビル

A ビルでは 2F でも 3F でも床吹き出し空調が採用されている。上下温度差の度合いはくるぶし (0.1m) と頭 (1.7m) の温度差で評価し、ASHRAE 55-2023 基準の推奨値は 3℃未満である。

図 2-6-2(1)に 2023 年度夏季の居住域上下温度分布を示す。夏季における 2F の上下温度差は最大でも 1.3℃であった。また、インテリアとペリメータの温度差も 0.5 未満で、均一な温度分布が形成されていた。3F は上下温度差が大きく、ペリメータで最大 3.3℃となり推奨値を超えていた。インテリアでも窓に近い側は 3.0℃、遠い側で 1.4℃であった。また、高さ 1.1m で水平方向を比較した時に、インテリア同士で最大 1℃の温度差が見られた。2F に比べ、垂直方向にも水平方向にも温度分布が大きいことがわかった。

図 2-6-3 に 2025 年度夏季の 3F の断面温度分布を示す。測定時の日最高気温は、2023 年度が 35℃、2025 年度が 36.7℃であった。測定年度は異なるものの、居住域温度分布で確認された

3F の垂直方向と水平方向の温度分布の大きさは、断面温度分布に明確に示されている。図 2-6-4 に 2025 年度夏季の 2F の断面温度分布を示す。2F の断面温度分布は 3F よりも垂直方向の温度差が小さいものの、2023 年度の結果より床面付近が冷えており、特に測定点⑥の南窓付近で顕著であった。

図 2-6-2(2)に 2023 年度冬季の居住域上下温度分布を示す。冬季における 2F の上下温度差は最大でも 1℃であった。また、インテリアとペリメータの温度差は 1℃未満で、夏季ほどではないものの比較的均一な温度分布が形成されていた。3F は上下温度差が大きく、最大値は階段室から足下に冷気の流入があった 3F②i で最大 3.7℃となり、推奨値を超えていた。また、ペリメータでは 1.7℃、インテリアで 1.2℃であった。高さ 1.1m で水平方向を比較した時に、ペリメータとインテリアで最大 1.4℃の温度差が見られた。

図 2-6-5 に 2025 年度冬季の 3F の断面温度分布を示す。2025 年度調査時には、階段室の扉を利用時にのみ開閉する運用となっており、インテリアへの冷気の流入は見られなかった。そのため、最大の上下温度差は、ペリメータでの 2℃であった。高さ 1.1m で水平方向を比較した時にも温度差は 0.5℃未満であった。

図 2-6-6 に 2025 年度冬季の 2F の断面温度分布を示す。北側ペリメータの上下温度差が最大で 1℃であったが、空間的な温度分布は小さく、水平方向の分布も 1℃未満であった。

C.2 E ビルと F ビル

E ビルと F ビルは同一敷地内にある。天井吹き出し空調の E ビル 2F と床吹き出し空調の F ビルの 2022 年度冬季上下温度分布を図 2-6-7 に示す。1500m² を超える床面積の E ビルであったが、インテリア 3 点の温度差は垂直方向も水平方向も 1℃未満であった。ペリメータは開放された吹き抜けに面しており、冷気の流入により高さ 0.1m の温度が 2.5℃低かった。床吹き出し空調の F ビル 2F は、床上 0.1m と 1.1m の上下温度差が最大 1℃と小さかった。南ペリメータから北ペリメータに近づくほど全体的な温度が上昇し、高さ 1.1m において最大 2℃の温度差が見られた。

図 2-6-8 に 2025 年度夏季の E ビル 2F の断面温度分布を示す。2022 年度は測定時間帯が 15 時頃で、外気温が 7.5℃だったのに対し、2025 年度は 10 時頃の測定で 6℃であった。a 断面の測定点①～④、b 断面の①～⑤で床上 0.1m の温度が 22～22.5℃となっており、吹き抜けからの冷気の影響が見られた。高さ 1.1m は概ね 24℃で一定であった。図 2-6-9 に 2025 年度夏季の F ビル 2F の断面温度分布を示す。2022 年度と時間帯が異なり、2025 年度は南ペリメータでの午前中の日射の影響が大きかった。南西端の高さ 2.6m から北東端の 0.1m にかけて、斜めに傾いた温度成層が見られた。2022 年度は午後であったため、北東端の高さ 2.6m から南西端の 0.1m にかけての逆方向に傾いた温度成層となっていた。

C.3 G ビル

G ビルの 2023 年度冬季上下温度分布を図 2-6-10 に示す。測定時間帯は 16 時で気温は 11℃であった。1F はインテリアの床上 0.1m と 1.1m で 1℃の温度差が見られたが、アトリウムの下となるペリメータでは垂直温度分布は見られなかった。3F は南面床上 0.1m と 1.7m の温度差が 3℃に達しており、水平温度分布もインテリアとペリメータで 2℃の差があった。低い高度からの直達日射が南窓面から入射しており、ペリメータでの高さ 1.1m の温度が 27℃に達していた。

1F の 2025 年度冬季断面温度分布を図 6-2-11、3F の結果を図 6-2-12 に示す。測定時間帯は 16 時で気温は 12℃であった。1F は 2023 年度とほぼ同じ温度分布となっていた。2025 年度の 3F は直達日射がなく、2023 年度と比べると垂直方向にも水平方向にも温度差は 1℃未満と小さかった。

C.4 I ビル

I ビルの 2024 年度冬季上下温度分布を図 2-6-13 に示す。測定時間帯は 16 時で気温は 9℃であった。2F、8F 共にペリメータの床上 0.1m と 1.7m で 2.4℃の温度差が見られ、インテリアでも約 1.4～1.9℃の温度差が見られた。また、2F の室温は 8F よりも全体的に 1℃高かった、

I ビル 2F の 2025 年度冬季断面温度分布を図 6-2-14、8F の結果を図 6-2-15 に示す。測定時

間帯は 14:00 で気温は 17℃であった。同じ時期の測定でありながら、外気温の差が 8℃あり、2024 年度は全く異なる空間温度分布となっていた。2F は北側に面した執務室で、a 断面も b 断面も温度分布は小さかった。a 断面の高さ 1.1m は平均 23.5℃で、いずれの点でも概ね±0.5℃の範囲内に収まっていた。b 断面は人員密度の低かった測定点⑤で約 22.5℃であったが、他は 24℃前後の値となっていた。

天井吹き出し空調の 8F は南側に面した部屋で、ブラインドは下ろされていたものの、日射のある状態であった。測定点①付近は人が少なかったものの、全体として 2F よりも人員密度が高かった。a 断面と b 断面で同様の傾向が見られ、測定点③-⑤のエリアで温度が高く、高さ 1.1m でも 26～26.5℃、高さ 2.7m では 27℃に達していた。2 月で冷房運転を行っていないため、熱負荷を処理できず、室温上昇につながっていた。人員の少なかった①付近では、一部の窓が開放されており、室温の緩和に寄与していた。

C.4 J ビル

J ビルの 2024 年度冬季上下温度分布を図 2-6-16 に示す。測定時間帯は 10:30 で気温は 8℃であった。床上 0.1m の温度がインテリアもペリメータも 23.5℃であったのに対し、高さ 1.1m のインテリアでは 26.3℃、ペリメータで 27.2℃と約 3℃の上下温度差が見られた。断熱性の悪い空間において、高めの吹き出し温度で暖房をした時の典型的な特徴であった。

J ビルの 2025 年度冬季断面温度分布を図 2-6-17 に示す。測定時間帯は 11 時で気温は 17℃であった。2024 年度と比較して気温が 9℃高かったため、極端な暖房は行われていなかった。床上 0.1m は約 22℃と低かったが、高さ 1.1m は平均 23.3℃と極端な上下温度分布は見られなかった。

D. まとめ

本節では、①建築物衛生法に基づく空気環境測定、②米国暖房冷凍空調学会の温熱環境基準である ASHRAE55-2023 に準拠した居住域温

熱環境測定、③空間全体の断面温度分布測定の3手法による結果を比較し、選定された空間代表性の検証を行った。ASHRAE55-2023に準拠した測定では、同一空間2～4点について、高さ0.1～1.7mの居住域温度分布を測定した。断面分布測定では、空間全域を断面方向に6点、高さ方向に5点の計30点で測定した。

いずれの測定点も衛生管理基準の18～28℃を満たしていた。そこで、年度は異なるものの、同一季節の上下温度分布と断面温度分布の結果を比較した。

数点の上下温度分布測定結果から推測される空間内温度分布と断面温度分布は、同様の傾向が見られた。ただし、以下の要素が異なる場合は、異なる空間内温度分布となっていた。

- 1) 外気温の差： 宮崎県のIビルとJビルの事例。2024年冬期に対して2025年度冬期は外気温が8～9℃高かった。この影響により、暖房期間でありながら室内で冷房が必要な状態となり年度により全く異なる空間内温度分布となった。
- 2) 日射量の差： Fビル2FとGビル3Fの事例。入射してくる直達日射量の大きい日や時間帯には、熱負荷が大きく増加する。その結果、窓に近い方から室温が上昇し、上部にインテリアまで暖気の層が形成される。
- 3) 空調方式の差： 夏季のAビル2F、3Fの事例。床吹き出し空調の場合、床から冷風が供給される。冷気が下に、暖気が上に移動しやすく、温度成層が形成される。日射のような熱負荷が増加すると、床からの送風温度が低下するため、上下温度差はより顕著になる。
- 4) 開口の運用： 冬季のAビル3Fの事例。インテリア側で階段室に接しているエリアがあった。2022年度は階段室への扉が開放されていたため、執務室に冷気が流入していた。そのため、床上0.1mと1.1mで3℃を超える温度差が見られたが、2025年度は閉鎖されていたため、インテリアでの上下温度差は解消されていた。

高さ1点で評価する建築物衛生法の空気環境測定のみでは、潜在的な問題点を捉えることは

できなかった。また、どの測定方法を用いても、1回の測定のみでは空間内温熱環境の特徴を捉えることは困難だと言える。

2～4程度の代表点で居住域の上下温度分布を測定する手法は、空間内温度分布を推測するのに効果的であったが、限られた測定点から正確に全体像を描くには、追加情報や経験が必要になる。

その点、断面温度分布測定は空間の温熱環境特性を知るのに有効な手法であることが確認された。常時測定する必要はないが、各季節の晴天日と雨天日のそれぞれ一日の測定結果があれば、様々な外乱条件下での温熱環境特性を捉えるのに有効と考えられる。これらの特徴を把握しておくことで、限定された測定点でも全体像を正確に推測することが可能になる。

IoTセンサは移動が比較的容易であり、室内温熱環境特性を踏まえて設置位置を決定することが、質の高い環境運用につながると考えられる。また、空間内温度分布に影響する要因に変化がないか、定期的に確認することが望ましい。

E. 参考文献

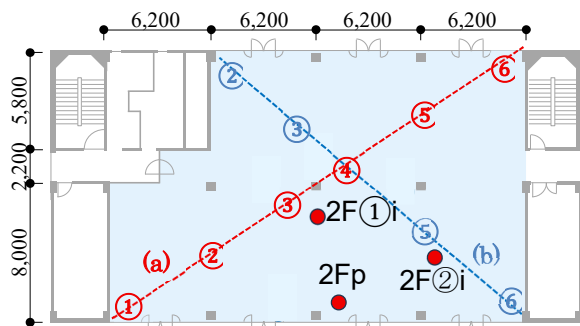
ASHRAE: ASHRAE Standard 55-2023, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, 2023

F. 研究発表

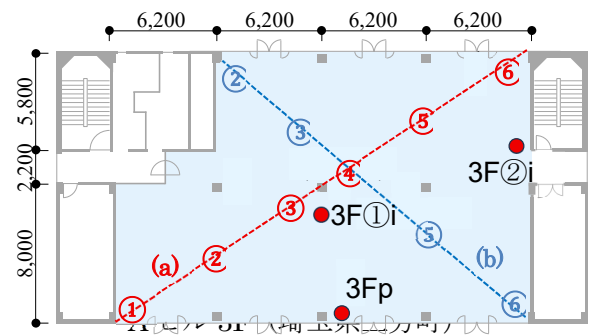
1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

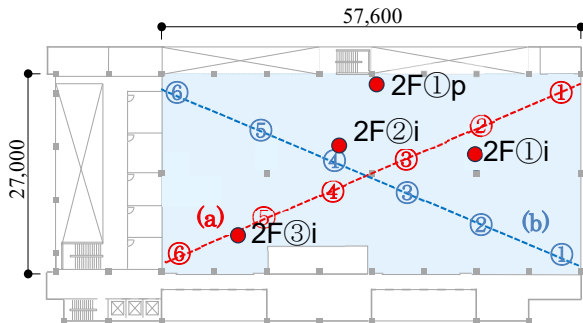
予定なし



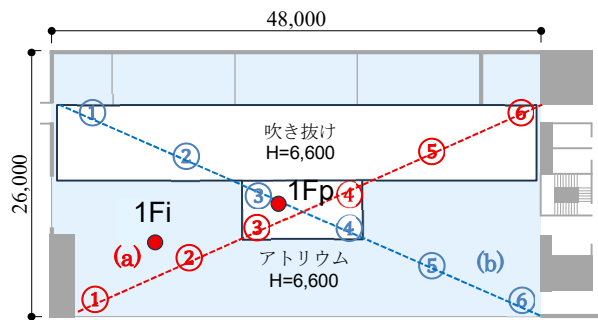
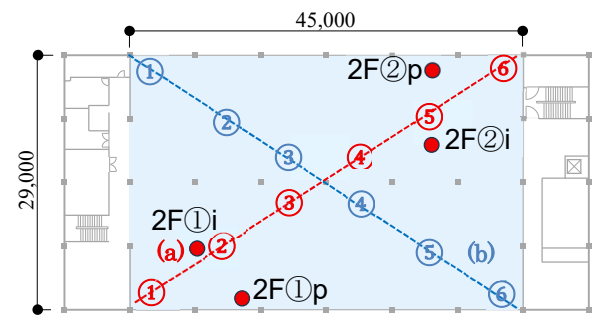
A ビル 2F (埼玉県三芳町)



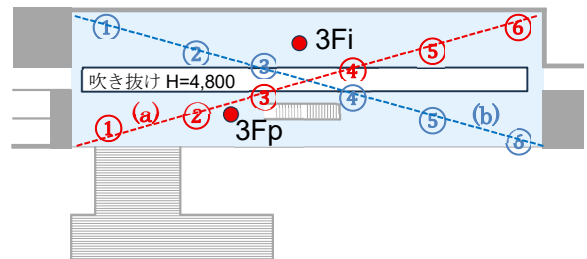
F ビル 2F (神奈川県藤沢市)



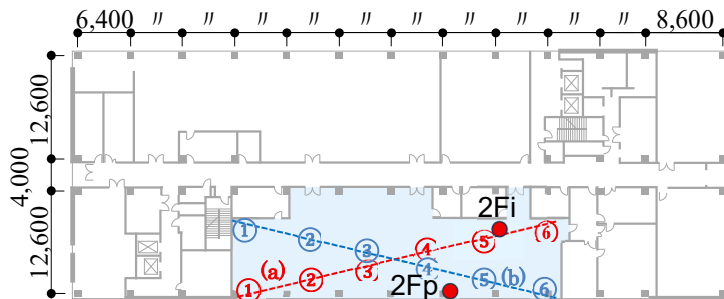
E ビル 2F (神奈川県藤沢市)



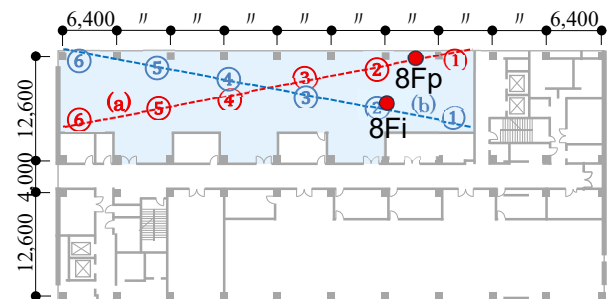
G ビル 1F (千葉県印西市)



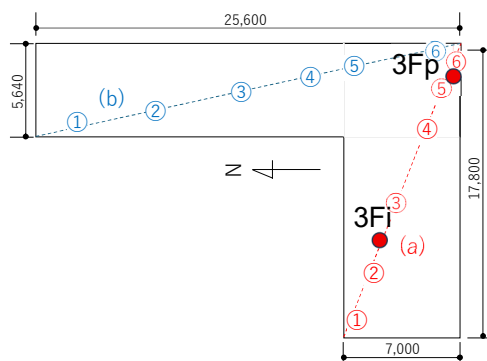
G ビル 3F (千葉県印西市)



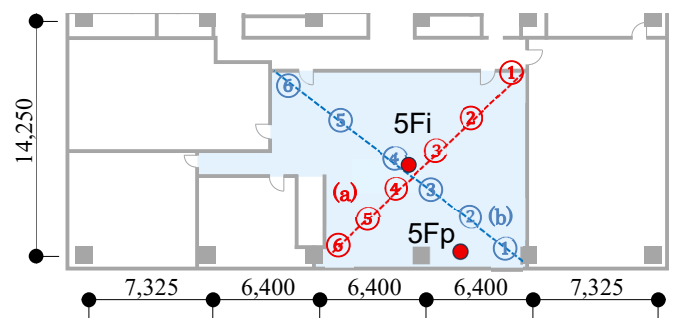
I ビル 2F (宮崎県宮崎市)



I ビル 8F (宮崎県宮崎市)

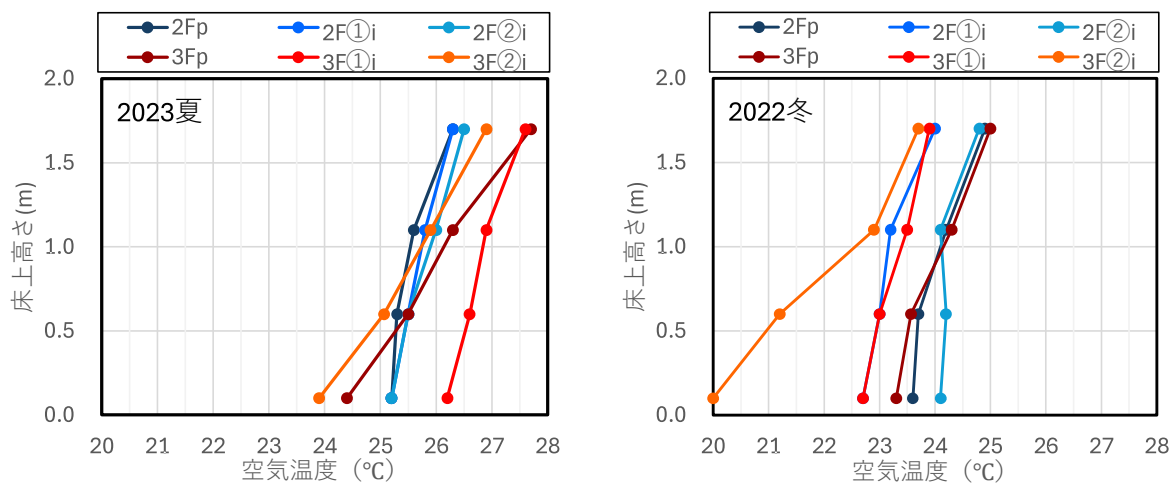


J ビル 3F (宮崎県宮崎市)



K ビル 5F (宮崎県宮崎市)

図 2-6-1 測定点一覧



(1) 2023 年度 夏季

(2) 2022 年度 冬季

図 2-6-2 A ビル 上下温度分布

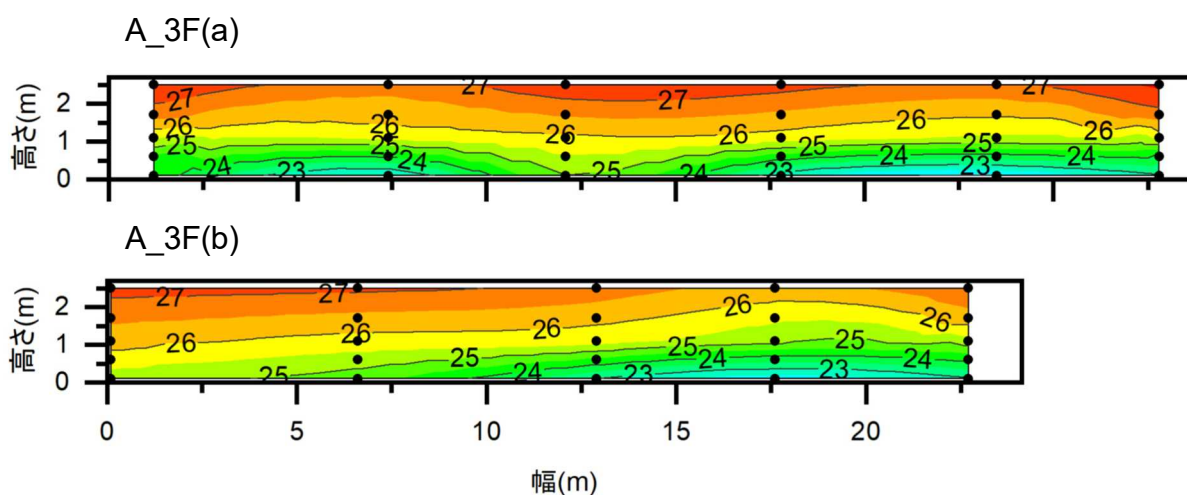


図 2-6-3 A ビル 3F 2025 年度夏季断面温度分布

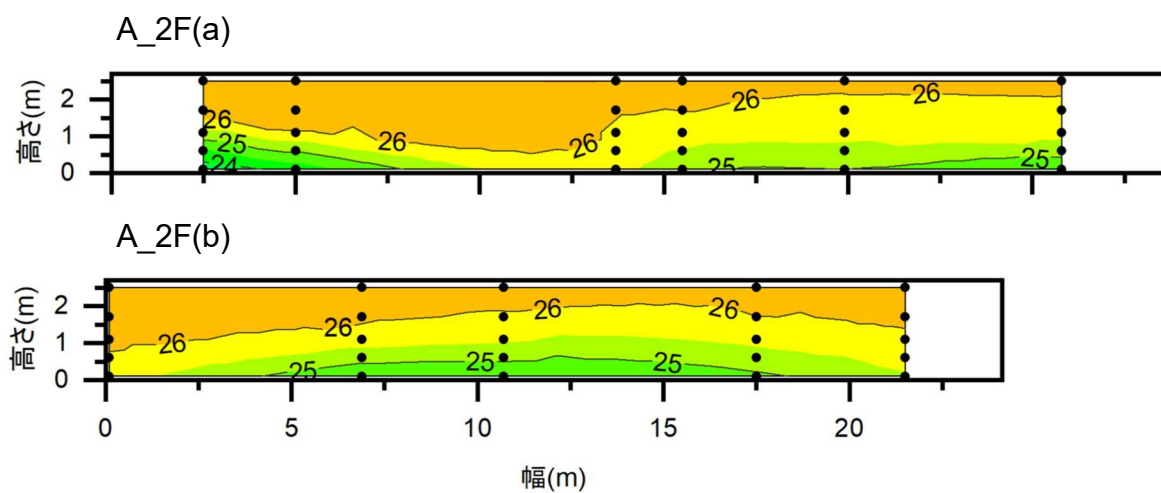
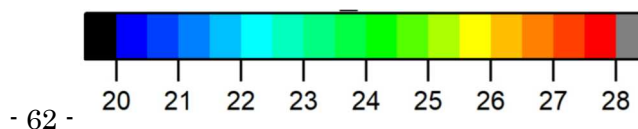


図 2-6-4 A ビル 2F 2025 年度夏季断面温度分布



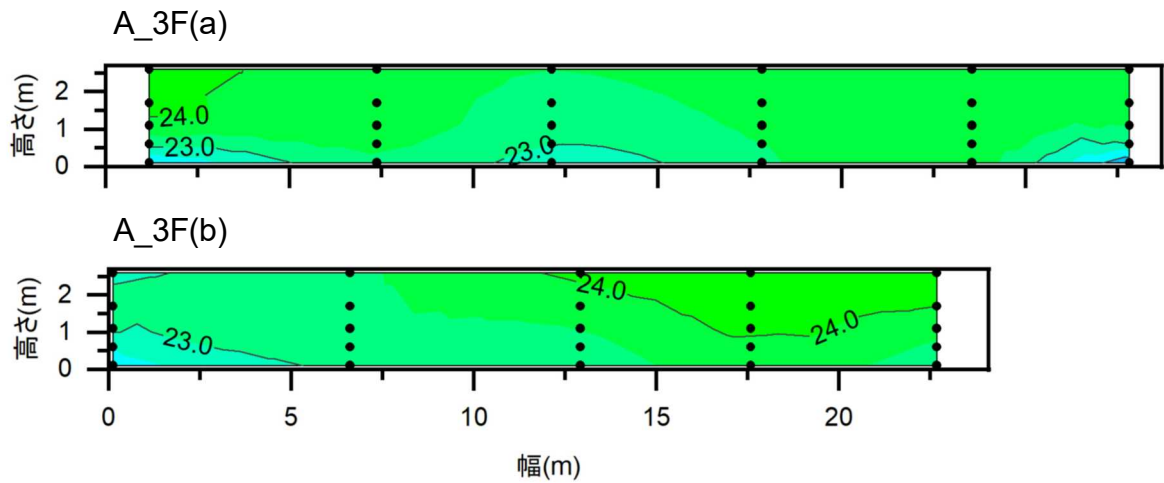


図 2-6-5 A ビル 3F 2025 年度冬季断面温度分布

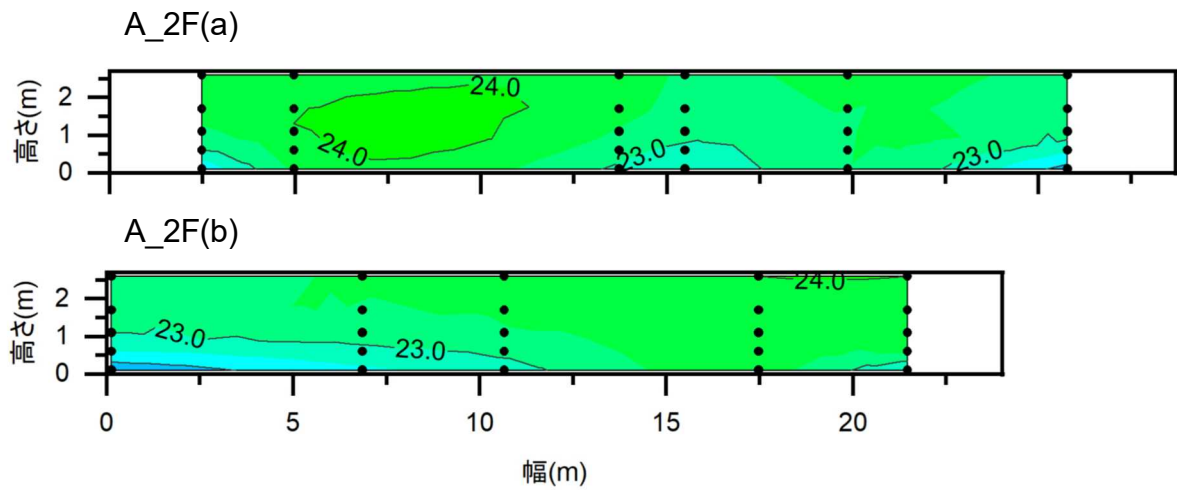
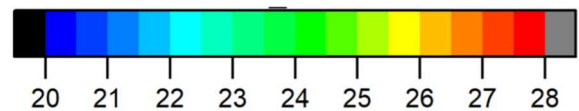
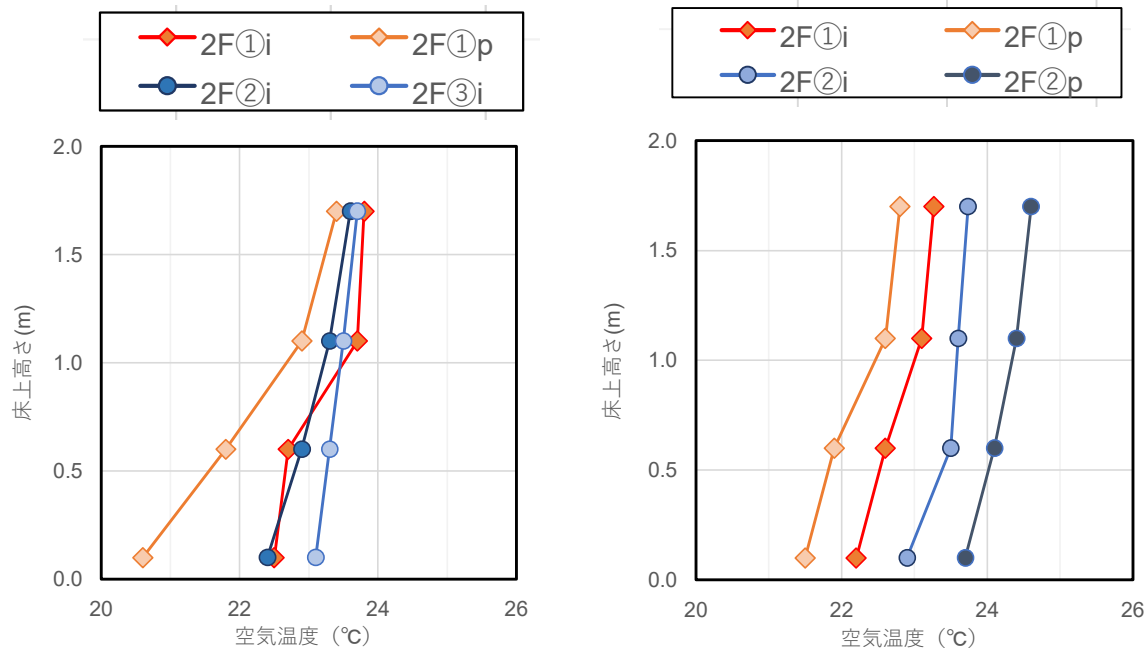


図 2-6-6 A ビル 2F 2025 年度冬季断面温度分布





E ビル

F ビル

図 2-6-7 E、F ビル 2022 年度冬季上下温度分布

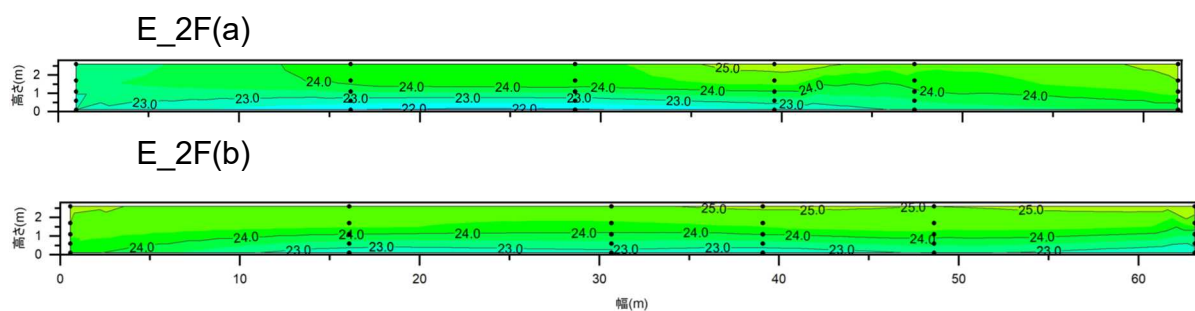


図 2-6-8 E ビル 2F 2025 年度冬季断面温度分布

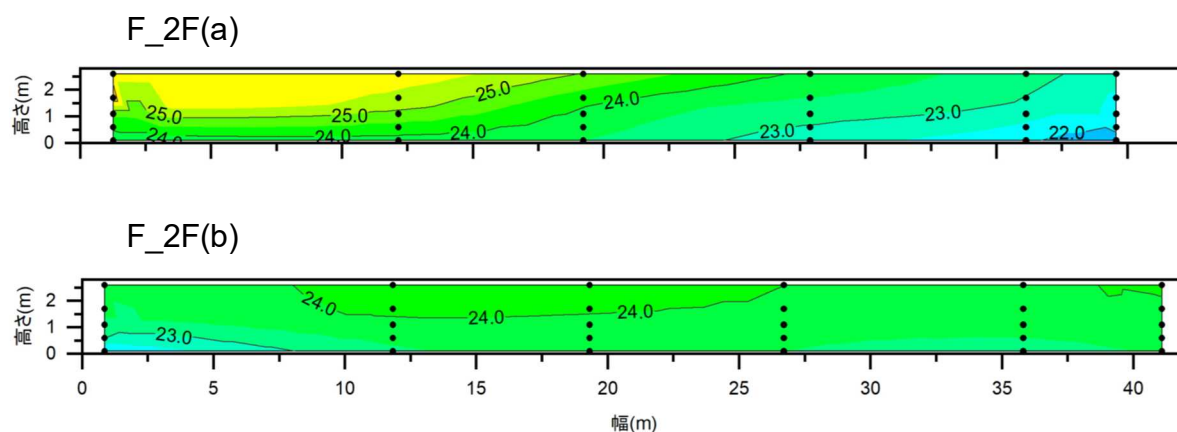
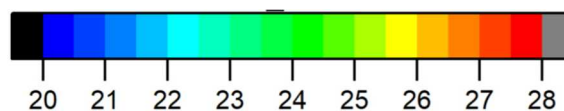


図 2-6-9 F ビル 2F 2025 年度冬季断面温度分布



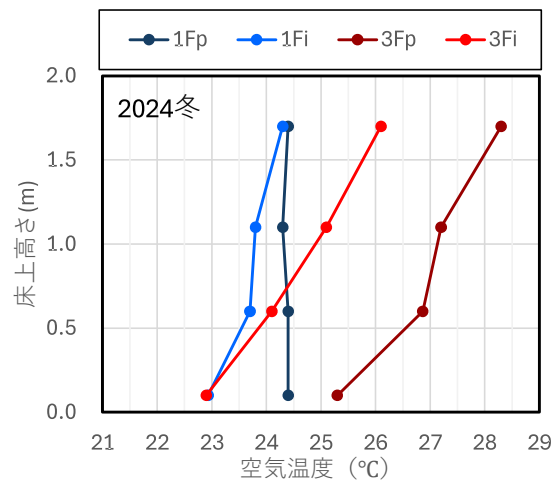


図 2-6-10 G 빌 2023 年度冬季上下温度分布

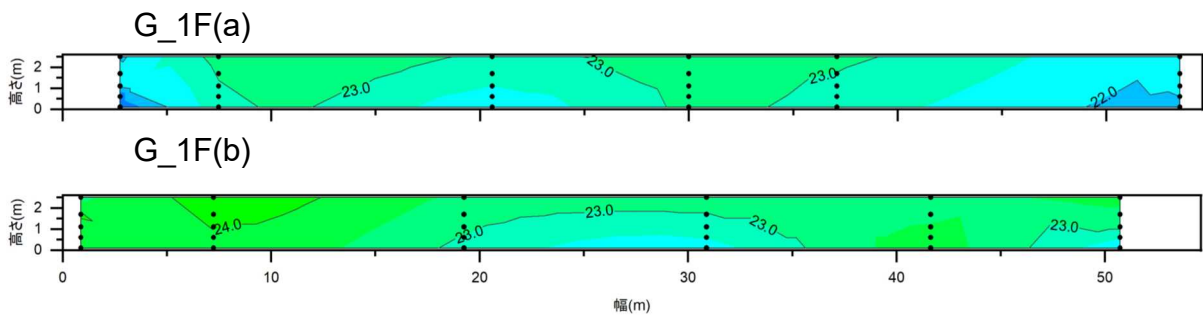


図 2-6-11 G 빌 1F 2025 年度冬季温度分布

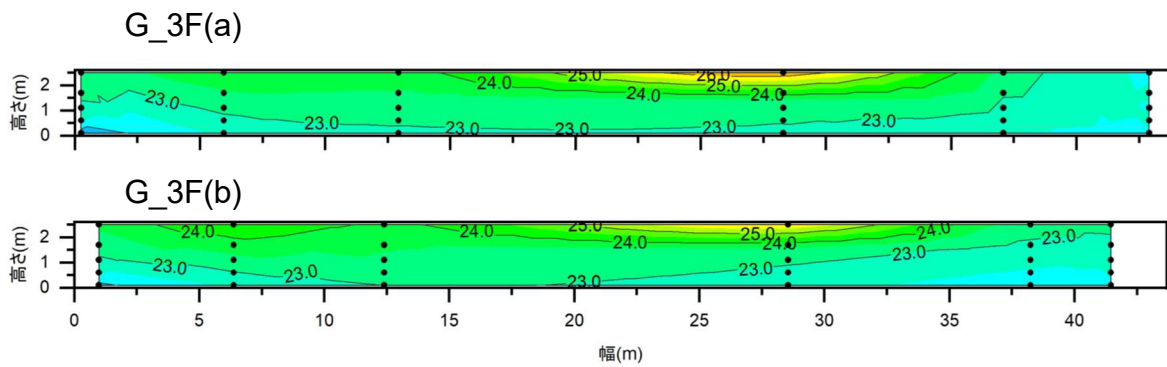
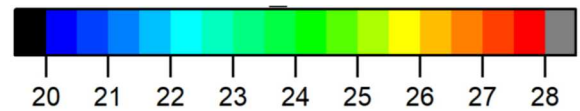


図 2-6-12 G 빌 3F 2025 年度冬季温度分布



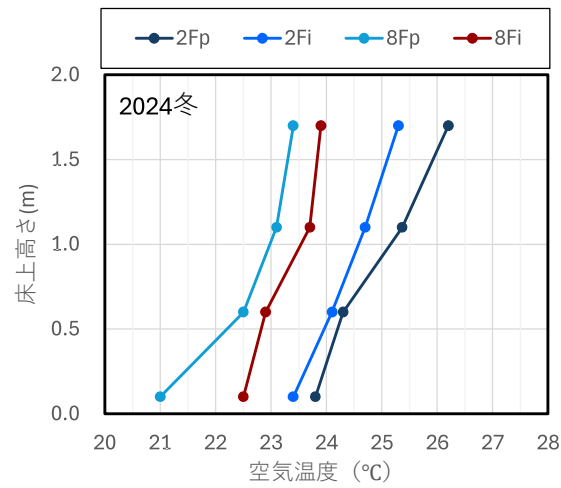


図 2-6-13 2024 年度冬季 I ビル上下温度分布

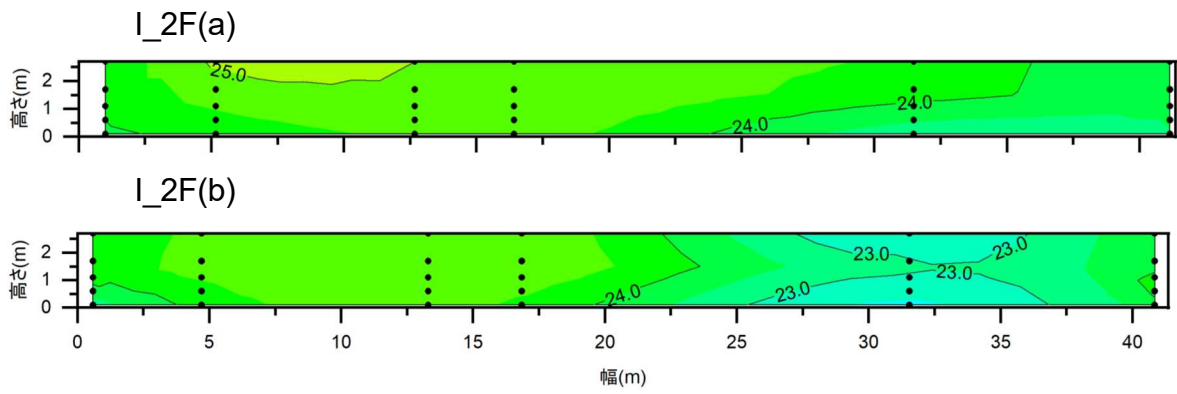


図 2-6-14 I ビル 2F 2025 年度冬季温度分布

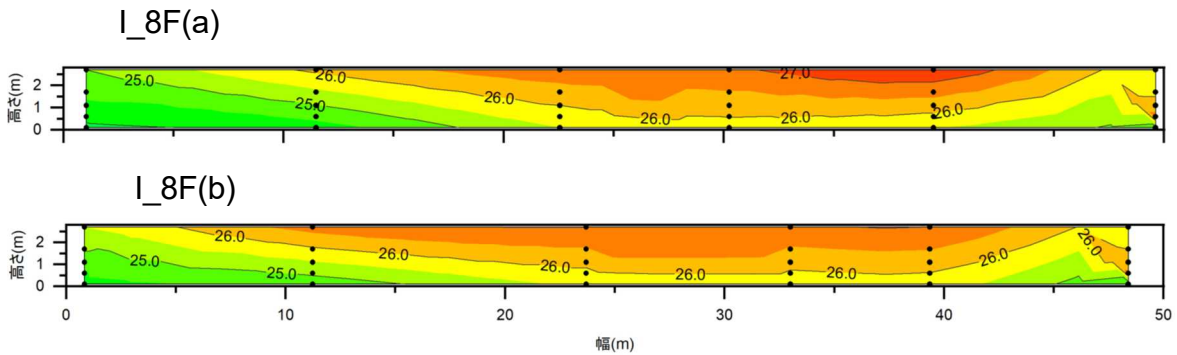
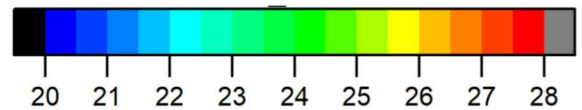


図 2-6-15 I ビル 8F 2025 年度冬季温度分布



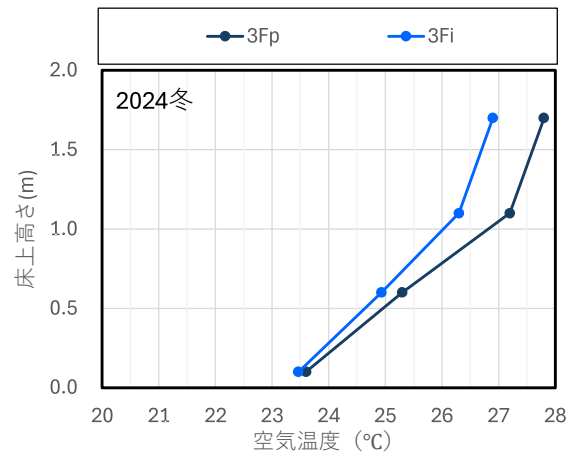


図 2-6-16 2024 年度冬季 J ビル 3F 上下温度分布

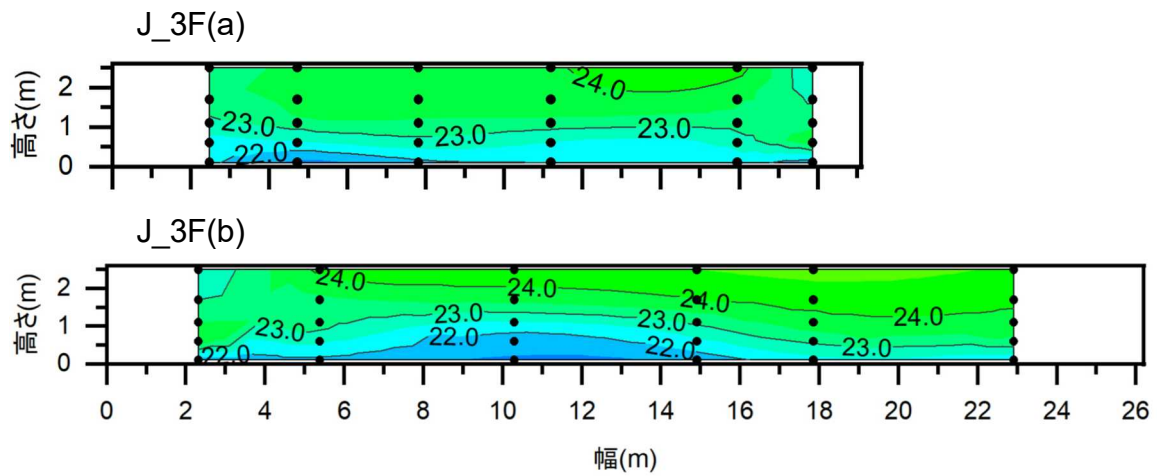
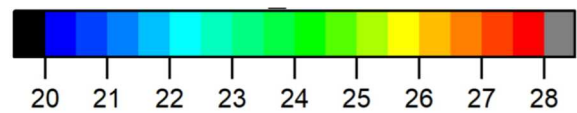


図 2-6-17 J ビル 3F 2025 年度冬季断面温度分布



令和 6 年度～令和 7 年度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)
分担総合研究報告書

3. 空気環境衛生管理に向けた自動計測センサーの活用手法の検討

分担研究者	下ノ 菌 慧	国立保健医療科学院	研究員
分担研究者	鍵 直樹	東京科学大学	教授
代表研究者	金 勲	芝浦工業大学	教授

研究要旨

【目的】建築物衛生法では空気調和機を設けている場合の空気環境の基準が定められており、2 か月以内ごとに 1 回の測定が義務付けられている。現行の空気環境の維持管理については測定技術者による立入測定（現行測定）が行われているが、近年では小型かつ軽量で空気環境が連続的に測定可能な自動計測用小型センサー（以下、小型測定器）が普及しており、建築物衛生管理の省力化が期待されている。本章では、CO₂濃度の自動校正機能の検証を行った上で、①小型測定器による室内環境評価、②現行測定と小型測定器の比較による小型測定器の精度検証、③小型測定器の比較実験を行った。

【方法】CO₂濃度の自動校正機能の検証については、3 種の小型測定器に対して自動校正機能を On とした機器と Off とした機器を隣接させて設置した。①小型測定器による室内環境評価については、2025 年冬期（1～2 月）、2025 年夏期（7～8 月）、2026 年冬期（同）を対象に平日 9～17 時（12～13 時除く）の空気温湿度と CO₂濃度の特別集計値、基準値内時間率等で評価した。②現行測定と小型測定器の比較については、2024 年秋期（10 月）、2025 年冬期（1～3 月）、2025 年夏期（8 月）、2026 年冬期（2 月）の代表 1 日に現場立入による現行測定法に準じた空気環境 6 項目測定（現場立入測定）を実施するとともに、建築物衛生法の環境衛生管理基準に従って 2 か月以内ごとに 1 回実施されている測定（法定測定）による測定値を入手し、当該時刻の小型測定器の値と比較した。この比較には、現場立入測定若しくは法定測定の測定値に対して小型測定器の温度が±0.5K、相対湿度が±5%RH、CO₂濃度が±50ppm 以内の値である場合に両者は同値であると見なし、全測定回数に対する同値である測定回数の比率（一致率）で評価した。③小型測定器の比較実験については、前述の 3 種の小型測定器を含めた 5 種の小型測定器を対象に、2025 年 7 月～2026 年 3 月の期間で大型チャンバー内における比較実験を行った。

【結果】CO₂濃度の自動校正機能の検証については、経時的に両者の差が大きくなる傾向が見受けられた。また、自動校正機能を利用しない場合には 298ppm となる時間帯もあることから、測定の精度が低下している可能性がある。①小型測定器による室内環境評価については、基準値内時間率という指標により、現行測定よりも詳細な評価が可能となると考えられる。②現場立入測定と小型測定器の比較では、冬期の相対湿度の一致率は 80%以上と高い結果であったが、空気温度と CO₂濃度の一致率はいずれも 50%以下であった。特に、冬期の CO₂濃度の一致率が低くなっているが、小型測定器による測定値が全体的に低い傾向が見られ、小型測定器の自動校正の値が 400ppm であることが一要因と考えられる。法定測定と小型測定器の比較では、一致率は空気温度が 29%、相対湿度が 64%、CO₂濃度が 24%であった。法定測定では、CO₂濃度の校正が成されていない可能性があり、一致率の低下の要因につながったと考えられる。③小型測定器の比較実験では、①と②で利用した小型測定器には大きな異常値は見られなかった。

【結論】本章では、建築物衛生管理における小型測定器の活用に向けて①小型測定器による室内環境評価、②現行測定と小型測定器の精度検証、③小型測定器の比較実験を実施した。小型測定

器を活用することで室内環境を詳細に評価可能となるほか、現行測定 of 課題（前室の測定の影響や CO₂ 濃度の校正）への対応が可能となる等の利点がある。現場立入測定と小型測定器による比較では CO₂ 濃度は小型測定器の方が低い値となったが、自動校正値が 400ppm であることが要因と考えられ、近年の大気中の CO₂ 濃度に合わせて校正することが望ましい。

3-1. CO₂濃度の自動校正機能の検証と自動計測センサーによる室内環境評価

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）では空気調和機を設けている場合の空気環境の基準が定められており、2 か月以内ごとに 1 回の測定が義務付けられている¹⁾。浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有率、二酸化炭素の含有率（以降、CO₂濃度）、温度、相対湿度、気流の 6 項目の測定が義務付けられている。近年、CO₂濃度、温度、相対湿度については、連続的に自動計測が可能な小型センサー（以下、小型測定器）が普及しており、小型測定器による建築物衛生管理への適用も期待されている。

本節では、市販されている複数の小型測定器に対して CO₂ 濃度の自動校正機能の検証と室内環境を評価することを目的とする。

B. 研究方法

表 3-1-1 に小型測定器の概要を示す。本研究で取扱う小型測定器は 3 種類であり、いずれも CO₂ 濃度、温度、相対湿度が測定可能である。CO₂ 濃度の測定精度は小型測定器 A と C が ±50ppm であるのに対して小型測定器 B は ±120ppm であった。なお、温度と相対湿度の測定精度は 0.4～0.5℃、3～5%RH である。また、CO₂濃度の自動校正機能はいずれも搭載されており、約 7 日間ごとに最低値を 400ppm に補正する機能となっている。記録容量は小型測定器 C には容量は無く、常時測定値がアップロードされるが、小型測定器 A は 8000 データ、小型測定器 B は 98304 データであり、5 分間隔で測定する場合、それぞれ約 28 日間、約 341 日間で容量オーバーとなる。なお、すべての小型測定器は AC アダプタによる電源を要する。上記の小型測定器を表 2-1-1 に示した 7 件の建物に設置した。各建物の平面概要図と測定点を図 3-

表 3-1-1 小型測定器の概要

機器記号		小型測定器 A	小型測定器 B	小型測定器 C
測定範囲	CO ₂ 濃度	0 – 9 999ppm	360 – 4 000ppm	400 – 5 000ppm
	温度	0 – 55℃	-10 – 60℃	10 – 60℃
	相対湿度	10 – 95%RH	10 – 95%RH	10 – 90%RH
測定精度	CO ₂ 濃度	± 50ppm ± 読み値の 5%	± 120ppm ± 1digit	± 30ppm ± 読み値の 3%
	温度	± 0.5℃	± 0.5℃	± 0.2℃
	相対湿度	± 5%RH (at 25℃50%RH)	± 4%RH	± 2%RH
CO ₂ 濃度 手動校正		有 →現在 CO ₂ 濃度を 400ppm とする	有 →現在 CO ₂ 濃度を任意値に変更する。	有
CO ₂ 濃度 自動校正		有 →180 時間ごとに最低値を 400ppm とする。	有 →7 日間ごとに最低値を 400ppm とする。	有 →7 日間ごとに最低値を 400ppm とする。
記録容量		8000 データ (5 分間隔の場合約 28 日)	98304 データ (5 分間隔の場合約 341 日)	無 →サーバー上に常時アップロード
外部電源		要	要	要

1-1～図 3-1-8 に示す。水色陰影部が測定対象室を示しており、丸プロットが小型測定器の測定点、星プロットが現場立入測定の測定点を示している。いずれの建物でも測定対象室の平面中央付近に設置するよう配慮したが、一部平面中央付近ではない建物も含まれる。本節では、以下の 2 つの事項を実施する。

(1)CO₂濃度の自動校正機能の検証

A ビル、B ビル、C ビルを対象に小型測定器 A、B、C について自動校正機能を On とした機器と Off とした機器を設置した。設置時の CO₂ 濃度は両者で概ね同等となるように手動校正により調整した。なお、設置時期は小型測定器 A と B が 2024 年 10 月下旬、小型測定器 C が 2025 年 3 月下旬である。

分析は平日 9～17 時（12～13 時除く）を対象とした。経年変化の傾向も把握するために 2024 年 10 月から 2025 年 3 月の期間で月別に最高値、第三四分位点、中央値、第一四分位点、最低値、平均値を示した。

(2)小型測定器による室内環境評価

小型測定器 A の結果を利用して 2025 年冬期（1～2 月）、2025 年夏期（7～8 月）と 2026 年冬期（1～2 月）を対象に平日 9～17 時（12～13 時除く）の空気温湿度と CO₂ 濃度の特別集計値、曜日別集計値ならびに t-x 線図により室内環境を評価するとともに、平日 9～17 時（12～13 時除く）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（以降、基準値内時間率）で評価した。

C. 研究結果

C.1. CO₂濃度の自動校正機能の検証

自動校正の有無による CO₂ 濃度の測定比較を図 3-1-1～図 3-1-3 に示す。A ビルの小型測定器 A の結果によると、小型測定器 A の 2024 年 10 月時点の平均値は 589ppm（自動校正あり）と 590ppm（自動校正なし）であり、差はほとんど見られなかったが、2025 年 3 月時点の平均値は 789ppm（自動校正あり）と 754ppm（自動校正なし）であり、35ppm の差が生じていた。また、2026 年 3 月時点の平均値は 687ppm（自動校正あり）と 573ppm（自動校正なし）であり、114ppm の差となっており、経時的に差が

大きくなった。小型測定器 B の 2024 年 10 月時点の平均値は 599ppm（自動校正あり）と 600ppm（自動校正なし）であり、差はほとんど見られなかった。2025 年 5 月時点でも両者に大きな差は見られなかったが、2025 年 6 月以降に差が大きくなり、2026 年 3 月時点の平均値は 672ppm（自動校正あり）と 754ppm（自動校正なし）であり、52ppm の差となった。小型測定器 C は 2025 年 3 月に設置して以降、両者の平均値にほとんど差は見られなかった。

B ビルと C ビルにおいても差の広がり方は異なるものの、小型測定器 A は自動校正なしの仕様の方が経時的に低くなり、小型測定器 B は自動校正なしの方が高くなる傾向が見られた。小型測定器 C についてはいずれの建物でも自動校正の有無による差は大きくなかった。

なお、A ビルの自動校正なしの仕様では 298ppm（小型測定器 A）、359ppm（小型測定器 B）、377ppm（小型測定器 C）となる時間帯があった。NOAA（National Oceanic and Atmospheric Administration）が Mauna Loa で測定している外気 CO₂ 濃度によると 2025 年 2 月は 427.09ppm であった²⁾。即ち、室内 CO₂ 濃度が外気 CO₂ 濃度と比較して低いことになり、測定の精度が低下している可能性がある。

C.2. 小型測定器による室内環境評価

小型測定器による 2024 年冬期の室内環境測定結果を図 3-1-4～3-1-27、2025 年夏期の室内環境評価結果を図 3-1-28～図 3-1-67、2026 年冬期の室内環境評価結果を図 3-1-68～図 3-1-107 に示す。以下に各建物における室内環境の概要を示す。

(1)A ビル 2F

特別集計値については、2025 年夏期は空気温湿度に大きな変動は見られないが、2025 年冬期と 2026 年冬期は 9 時台の空気温度の平均値がそれぞれ 20.4℃、21.5℃と最も低く、経時的に空気温度は上昇し、2025 年冬期は 16 時台の平均値が 24.0℃、2026 年冬期は 15 時台の平均値が 24.2℃と最も高かった。また、CO₂ 濃度は 2025 年冬期と 2025 年夏期においては経時的に上昇する傾向が見られたが、2026 年冬期においては午後の方が低い結果であった。

基準値内時間率については、2025 年冬期と

2026 年冬期の相対湿度を除いていずれの月も概ね 100%であったが、相対湿度は 2025 年冬期においては 1 月が 1%、2 月が 7%、2026 年冬期においては 1 月が 2%、2 月が 22%であり、多くの時間帯で不適となった。

(2)A ビル 8F

時別集計値については、2025 年夏期の空気温度は経時的に低下し、2026 年冬期の空気温度は経時的に上昇した。空調の効果が徐々に顕れているものと考えられるが、2025 年夏期の 9 時台の空気温度の平均値は 27.1℃ と最も高く、28℃ を超過する日もあった。CO₂ 濃度は時期によらず経時的に上昇する傾向が見られた。

曜日別集計値については、2026 年冬期は月曜日の空気温度が低い傾向が見られた。これは、休日の非空調時間が影響しているものと考えられる。

基準値内時間率については、2025 年夏期はいずれの項目も 90%以上となっていたが、2025 年冬期は相対湿度と CO₂ 濃度、2026 年冬期は相対湿度の基準値内時間率がやや低下する傾向が見られた。特に、2026 年冬期の相対湿度は 1 月が 37%、2 月が 42%であり、半数以上の時間帯で不適となった。

(3)B ビル

時別集計値については、特に 2025 年夏期の CO₂ 濃度の変動が大きい傾向が見られた。経時的に CO₂ 濃度は上昇し、10 時以降は平均値も 1000ppm を超過しており、16 時台には最高で 1516ppm となった。また、2026 年冬期の空気温度も 9 時台の平均値が 22.9℃ と最も低く、18℃ 程度まで低下している日もあった。

曜日別集計値については、2026 年冬期の CO₂ 濃度で差が見られ、月曜日と火曜日が他の曜日と比較して高い傾向が見られた。この要因までは分析できていないが、出勤率などに差がある可能性がある。

基準値内時間率については、2025 年冬期の相対湿度は 1 月が 1%、2 月が 3%、2025 年夏期の CO₂ 濃度は 1 月が 19%、2 月が 15%、2026 年冬期の相対湿度は 1 月が 5%、2 月が 28%であった。

(4)C ビル

時別集計値については、CO₂ 濃度が時期によ

らず経時的に増加する傾向が見られたほか、2025 年夏期の空気温度は 9 時台の空気温度の平均値が 25.1℃ と最も高く、経時的に平均空気温度は低下する傾向が見られ、2026 年冬期の空気温度は 9 時台の空気温度の平均値 23.6℃ と最も低く、経時的に平均空気温度は上昇する傾向が見られた。

基準値内時間率については、2025 年冬期と 2026 年冬期の相対湿度を除いていずれの月も 100%であったが、2025 年冬期の相対湿度は 1 月が 0%、2 月が 2%、2026 年冬期の相対湿度は 1 月が 1%、2 月が 19%であり、特に 2026 年冬期の基準値内時間率が低かった。

(5)D ビル 1F

時別集計値については、空気温湿度に大きな変動は見られなかった。2026 年冬期の CO₂ 濃度が経時的に上昇する傾向が見られ、9 時台の CO₂ 濃度の平均値は 569ppm であったが、午後は 650～670ppm 程度を推移していた。なお、曜日による空気温湿度と CO₂ 濃度の差は小さい。

基準値内時間率についてはいずれの項目も概ね 100%であった。

(6)D ビル 3F

時別集計値については、2025 年夏期の空気温度は時刻によらず、28℃ を超過する日があった。2026 年冬期においても 11 時台の平均空気温度が 25.6℃ となっており、比較的暖かい空間であった。これは、最上階であることに加えて、窓面積率(=窓面積/外壁面積)が高いことが要因と考えられ、日射により暖かい空間となったと考えられる。また、2026 年冬期の 9 時台の CO₂ 濃度の平均値は 613ppm であったが、経時的に上昇し、午後は 800ppm 程度を推移していた。

曜日別集計値については、特に 2025 年夏期の空気温湿度に曜日による差が見られた。月曜日の空気温度が高く、金曜日の空気温度が低い結果であった。月曜日の空気温度が高いことにより、月曜日の相対湿度が最も低い結果となった。

基準値内時間率については、2026 年冬期の相対湿度を除いていずれの月も 80%以上であったが、相対湿度は 1 月が 5%、2 月が 57%であ

り、半数以上の時間帯で不適となった。

(7)E ビル 2F

時刻別集計値については、2025 年夏期の空気温湿度・CO₂濃度に大きな変動は見られなかったが、空気温度は午前中に 28°C を超過する日もあった。2026 年冬期の相対湿度は時刻によらず平均値は 30%以下であった。

曜日別集計値については、2026 年冬期の空気温度は月曜日、火曜日、水曜日、木曜日、金曜日の順に低かった。月曜日は休日の非空調時間帯による影響で低くなったと考えられる。

基準値内時間率については、2026 年冬期の相対湿度を除いていずれの月も 80%以上であったが、相対湿度は 1 月・2 月ともに 0%であった。

(8)E ビル 3F

時刻別集計値については、2025 年夏期の空気温度は 9 時台の平均値が 27.6°C であり、第三四分位点が 28°C 程度となっている。経時的に平均空気温度は低下するものの、最も平均値が低い 16 時台でも 26.9°C と比較的暖かい空間であった。

曜日別集計値については、2025 年夏期の月曜日の空気温度が他の曜日と比較して 2K 以上高い結果であった。休日の非空調時間帯による影響が大きいと考えられ、当該室が最上階であったことも一要因と考えられる。

基準値内時間率については、2026 年冬期の相対湿度は半数以上の時間帯で不適であるほか、2025 年夏期の空気温度も 78%（7 月）であり、他の建物と比較しても低い結果であった。

(9)F ビル

時刻別集計値については、2025 年夏期の空気温湿度・CO₂濃度に大きな変動は見られず、空気線図上もほとんど変動は見られなかった。2026 年冬期の空気温度大きな変動は見られないが、9 時台に 18°C を下回る日があった。

曜日別集計値については、特に 2025 年冬期と 2026 年冬期における月曜日の空気温度が低い傾向が見られた。これは休日の非空調時間帯による影響と考えられる。

基準値内時間率については、時期によらず、いずれの項目も概ね 100%であった。

(8)G ビル

時刻別集計値については、9 時台の CO₂濃度の平均値が 673ppm と最も低い、経時的に上昇し、午後は 750～790ppm を推移していた。また、2026 年冬期の空気温度は 9 時台に 20°C を下回る日もあるが、2025 年冬期、2026 年冬期のいずれも午後は概ね 25～26°C を推移していた。

曜日別集計値によると、CO₂濃度はいずれの時期においても火曜日と水曜日が他の曜日と比較して高い傾向であった。この要因までは分析できていないが、出勤率などに差がある可能性がある。

基準値内時間率については、2025 年冬期と 2026 年冬期の相対湿度を除いていずれの月も 100%であったが、2025 年冬期の相対湿度は 1 月が 40%、2 月が 43%、2026 年冬期の相対湿度は 1 月が 0%、2 月が 13%であり、特に 2026 年冬期の基準値内時間率が低かった。

D. まとめ

本節では、1)CO₂濃度の自動校正機能の検証、2)室内環境評価を実施した。1)では、3 件の建築物（A ビル・B ビル・C ビル）を対象に平日 9～17 時（12～13 時除く）を対象に CO₂濃度を集計し、経年変化も把握するために月別に比較した。小型測定器 A は自動校正機能を利用しない場合に測定値が低くなり、小型測定器 B は高くなる傾向が見られた。小型測定器 C は 1 年経過後も自動校正の有無による差は大きくなかった。なお、自動校正機能を利用しない場合には 298ppm となる時間帯もあることから、測定の精度が低下している可能性がある。2)では、時刻別集計値、曜日別集計値、空気線図・建築物環境衛生管理基準値内である時間率（基準値内時間率）を用いて夏期と冬期の室内環境を評価した。特に、基準値内時間率は適合・不適合のみではなく、適合である時間率という評価が可能であり、建築物間の評価も可能となると考えられる。

E. 参考文献

1) 厚生労働省. 建築物環境衛生管理基準について.

<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/sei>

katsureisei10/ (2026/5/19 アクセス)

- 2) NOAA. Earth's CO2 Home Page.
<https://www.co2.earth/> (2026/5/19 アクセス)

F. 研究発表

1. 論文発表
なし

2. 学会発表

- 1) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金
勲. 建築物環境衛生管理への小型測定器の
活用に向けた CO₂ 濃度の自動校正に関す
る検討. 第 58 回空気調和・冷凍連合講演
会; 2025.4.17-18; 東京. 同講演論文集. 9.

p.49-52.

- 2) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金
勲. 建築物衛生法における建築物環境衛生
管理手法の再考 (第 5 報) 建築物衛生管理
への小型測定器の活用に向けた精度検証.
令和 7 年度空気調和・衛生工学会大会;
2025.9.3-5; 高松. 同学術講演論文集. J-
10. p.49-52.

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

■ 測定対象室 ● 小型測定器 A ● 小型測定器 B ■ 測定対象室 ● 小型測定器 A ● 小型測定器 B
● 小型測定器 C ★ 現場立入測定 ● 小型測定器 C ★ 現場立入測定

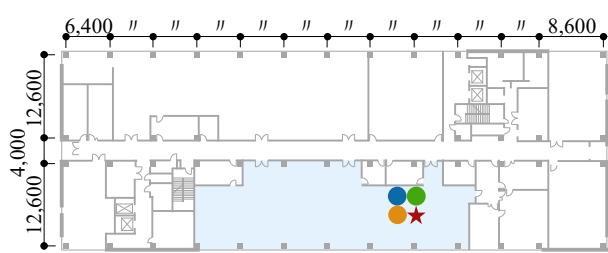


図 3-1-1 A ビル (2F) 平面概要図

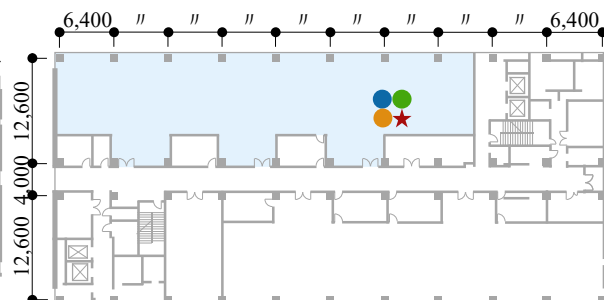


図 3-1-2 A ビル (8F) 平面概要図

■ 測定対象室 ● 小型測定器 A ● 小型測定器 B ■ 測定対象室 ● 小型測定器 A ● 小型測定器 B
● 小型測定器 C ★ 現場立入測定 ● 小型測定器 C ★ 現場立入測定

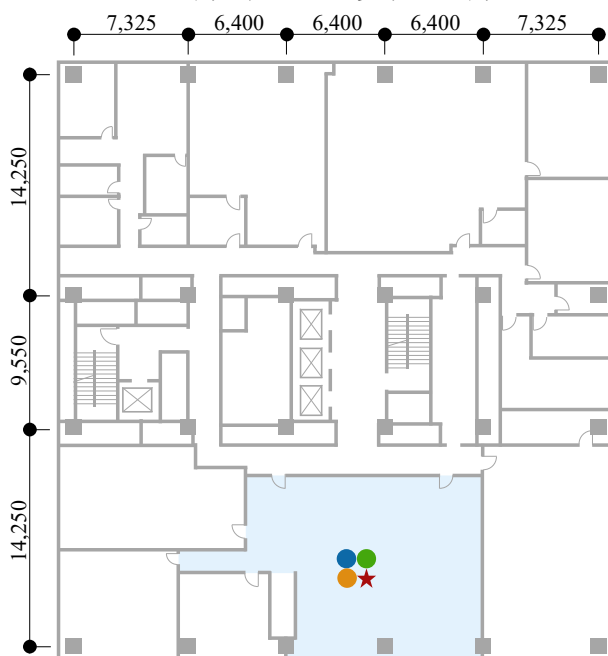


図 3-1-3 C ビル平面概要図

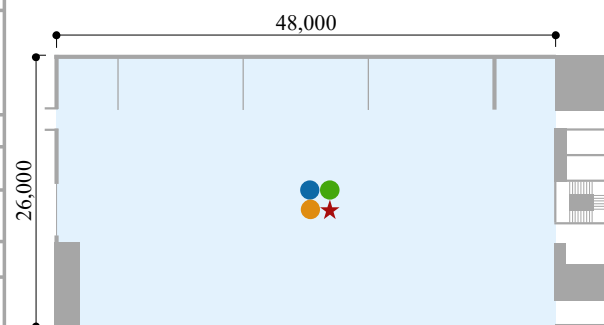


図 3-1-4 D ビル (1F) 平面概要図

■ 測定対象室 ● 小型測定器 A ● 小型測定器 B ● 小型測定器 C ★ 現場立入測定

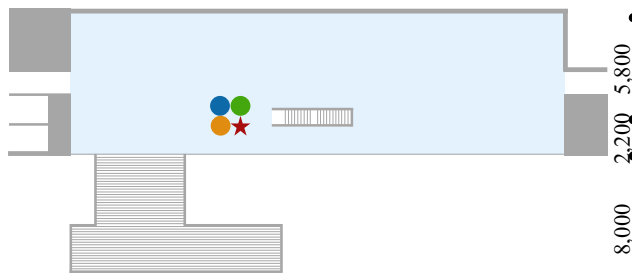


図 3-1-5 D ビル (3F) 平面概要図

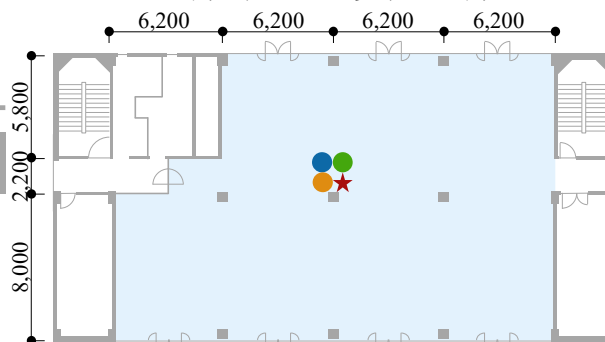


図 3-1-6 E ビル (2F・3F) 平面概要図

■ 測定対象室 ● 小型測定器 A ● 小型測定器 B ● 小型測定器 C ★ 現場立入測定

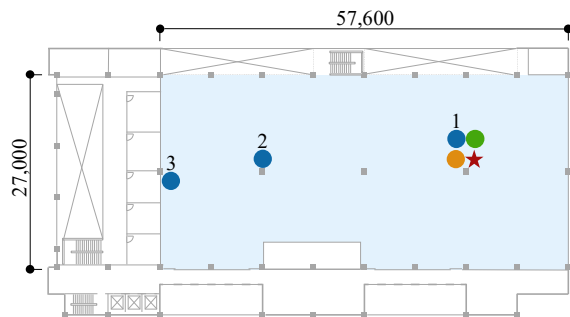


図 3-1-7 F ビル平面概要図

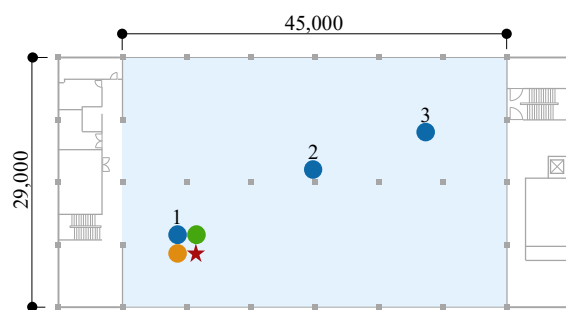
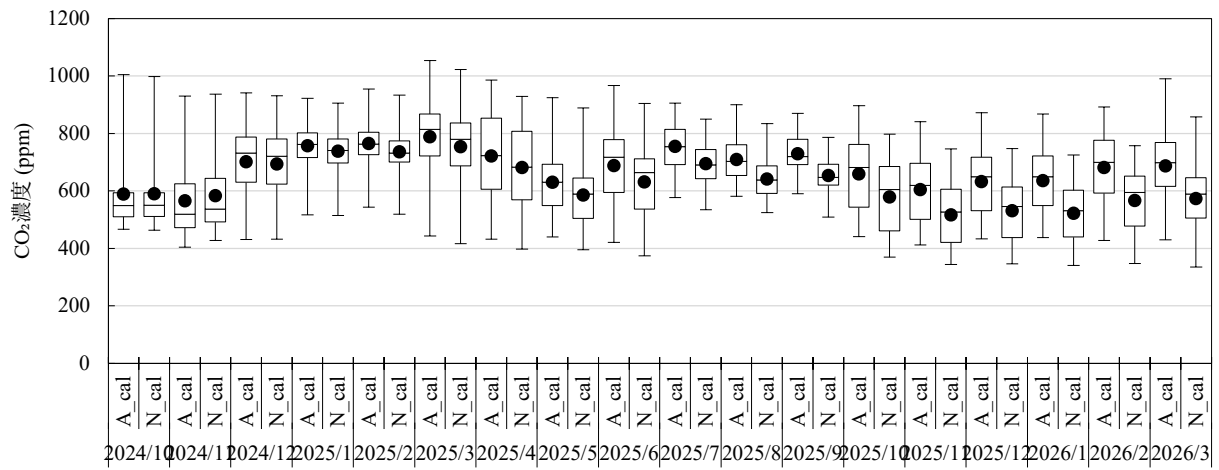
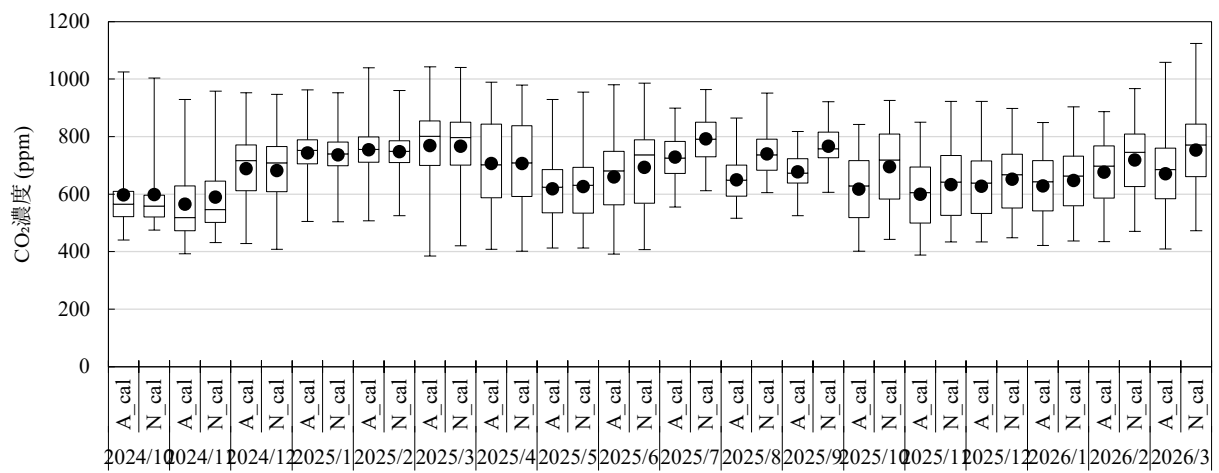


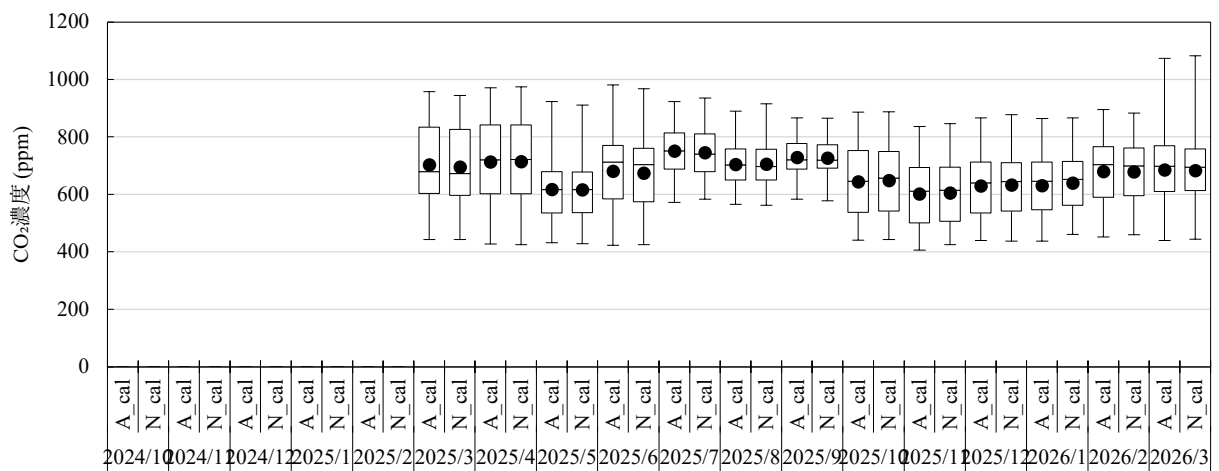
図 3-1-8 G ビル平面概要図



(1) 小型測定器 A



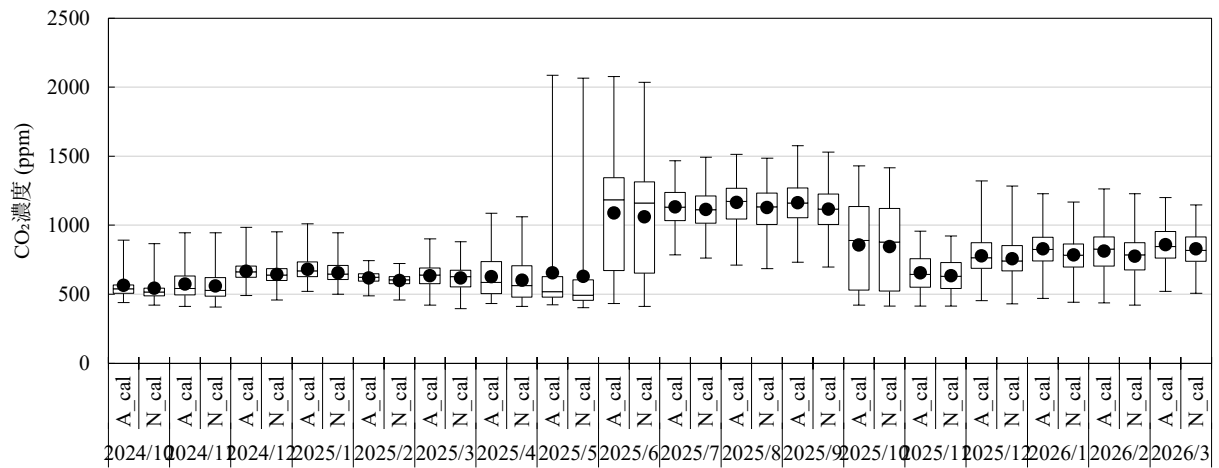
(2) 小型測定器 B



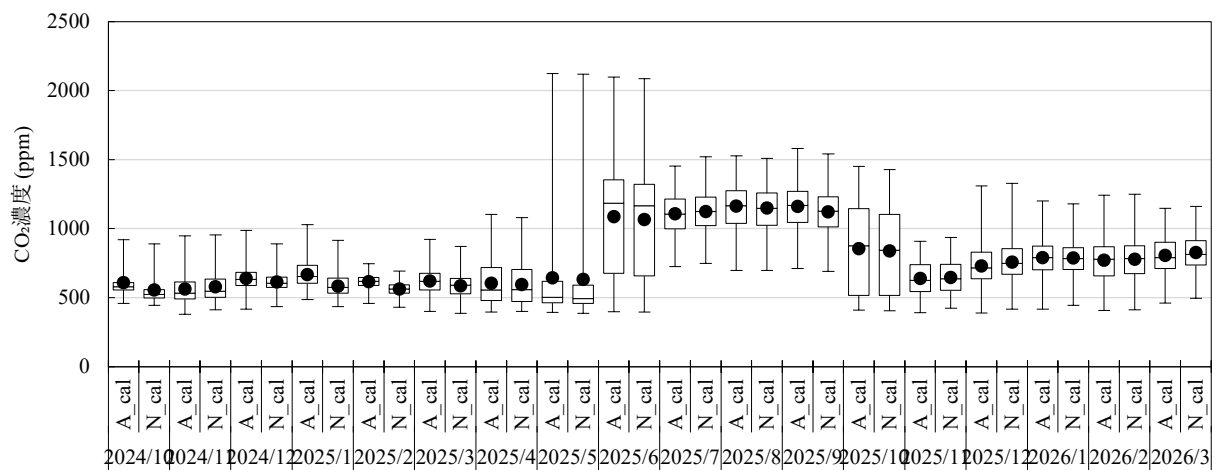
(3) 小型測定器 C

【図 3-1-1】 A_cal は自動校正あり、N_cal は自動校正なしを示す。

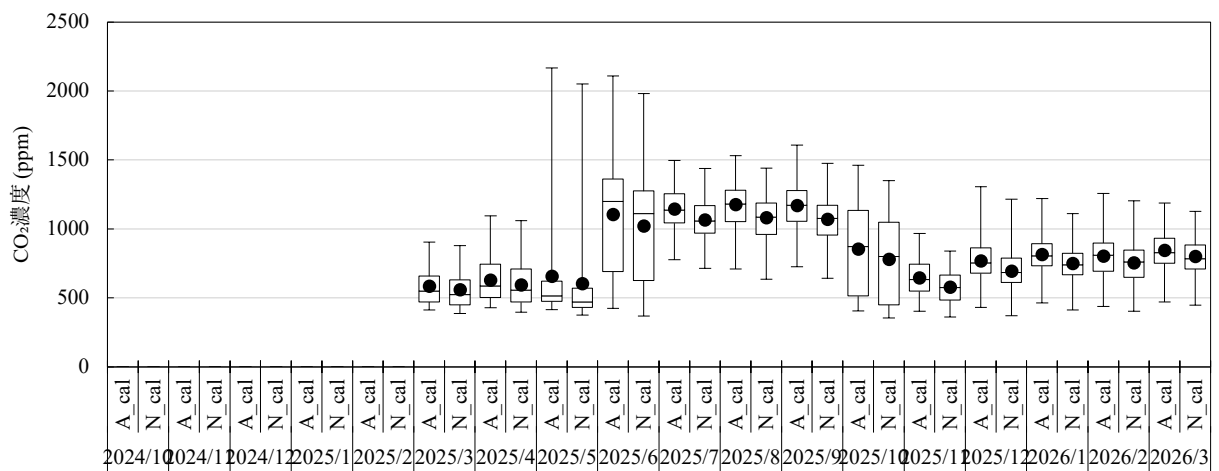
図 3-1-1 自動校正の有無による CO₂ 濃度の測定比較 (A ビル 2F)



(1) 小型測定器 A



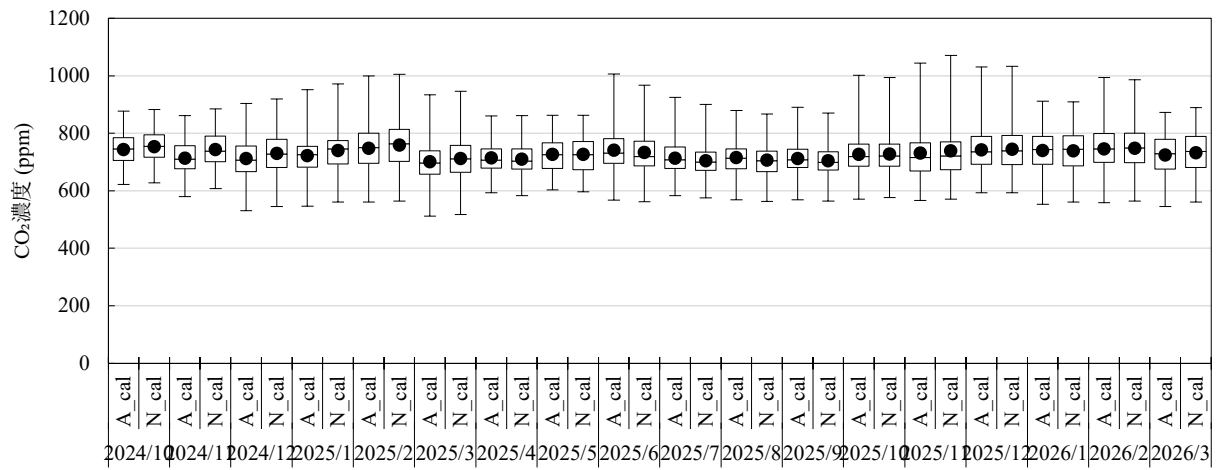
(2) 小型測定器 B



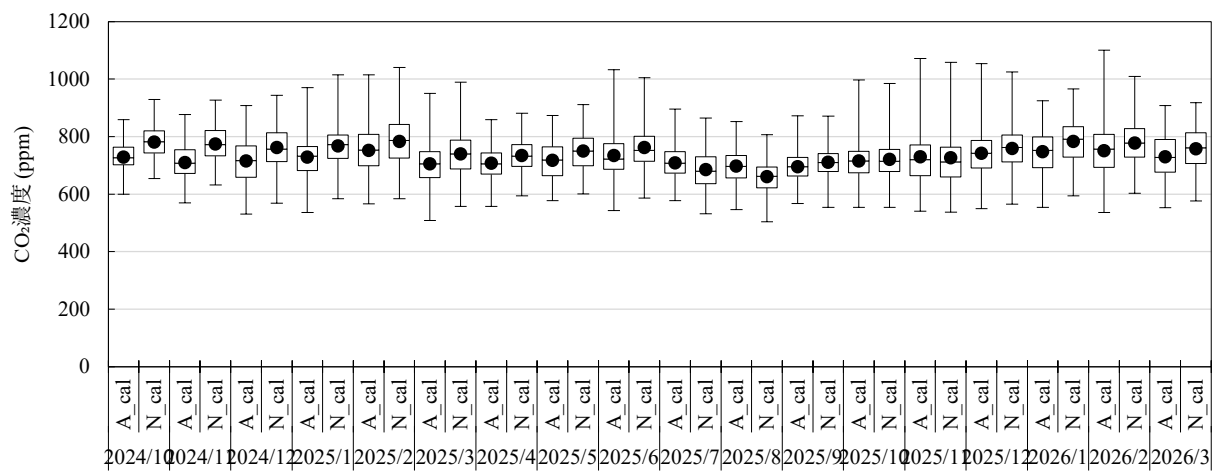
(3) 小型測定器 C

【図 3-1-2】 A_cal は自動校正あり、N_cal は自動校正なしを示す。

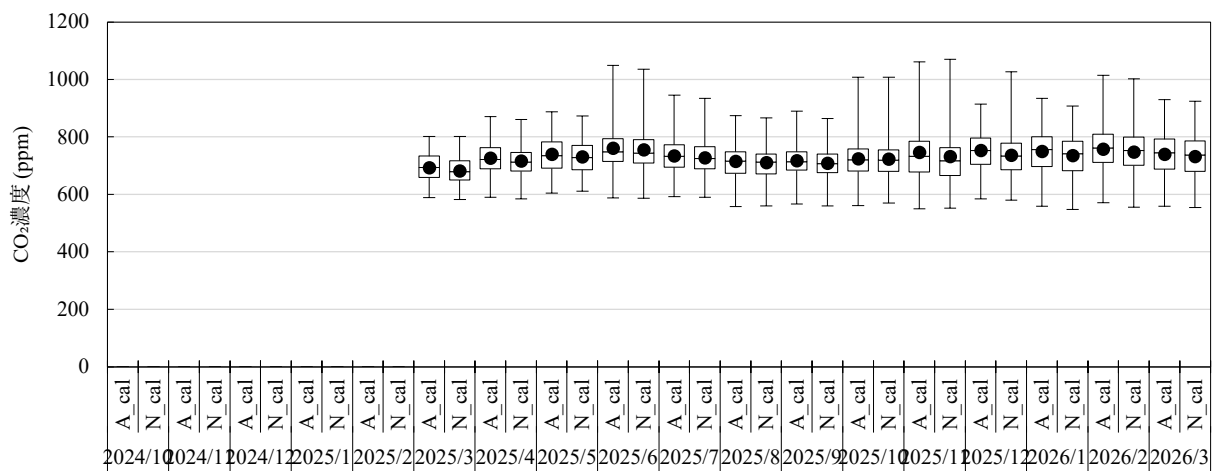
図 3-1-2 自動校正の有無による CO₂ 濃度の測定比較 (B ビル)



(1) 小型測定器 A



(2) 小型測定器 B



(3) 小型測定器 C

【図 3-1-3】 A_cal は自動校正あり、N_cal は自動校正なしを示す。

図 3-1-3 自動校正の有無による CO₂ 濃度の測定比較 (C ビル)

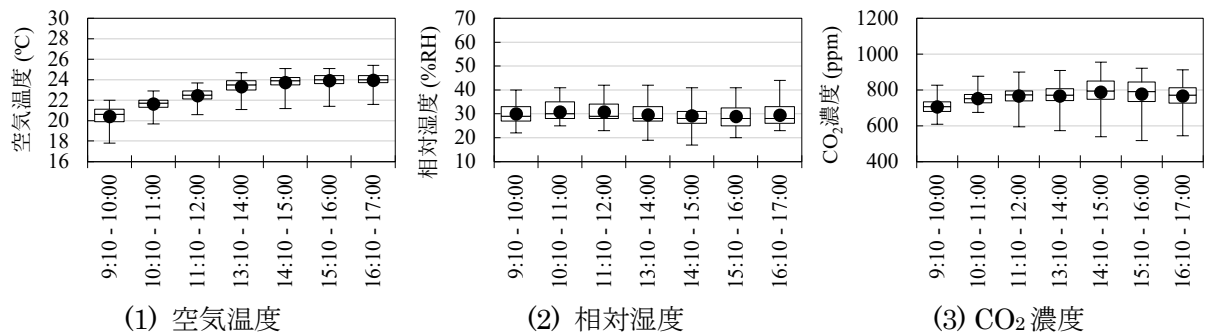


図 3-1-4 室内環境の特別結果 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

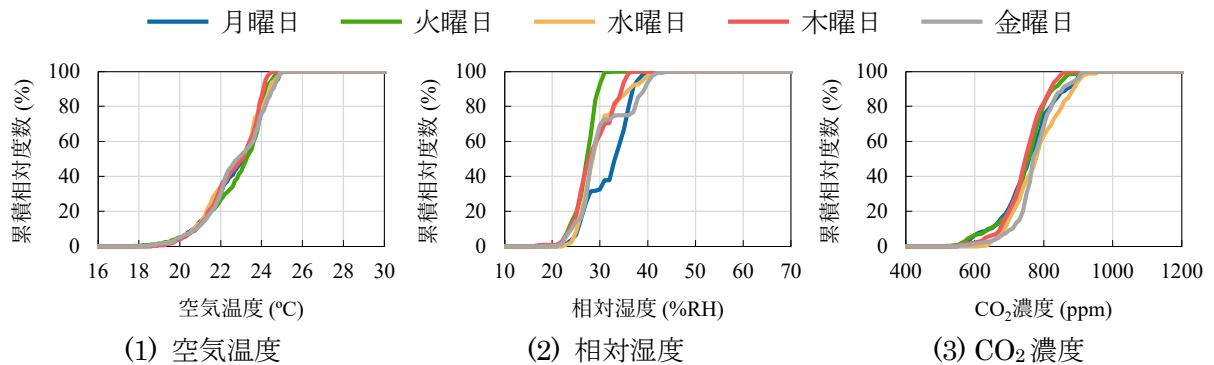


図 3-1-5 室内環境の曜日別結果 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

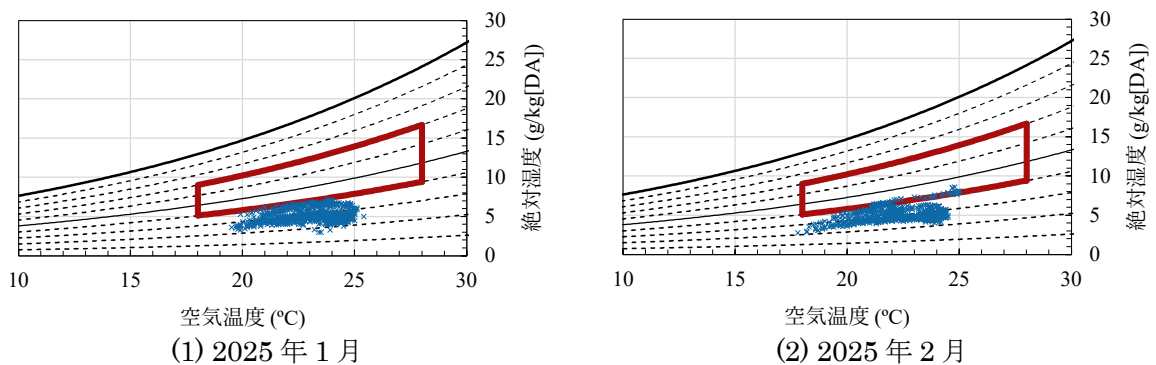


図 3-1-6 室内空気温湿度 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

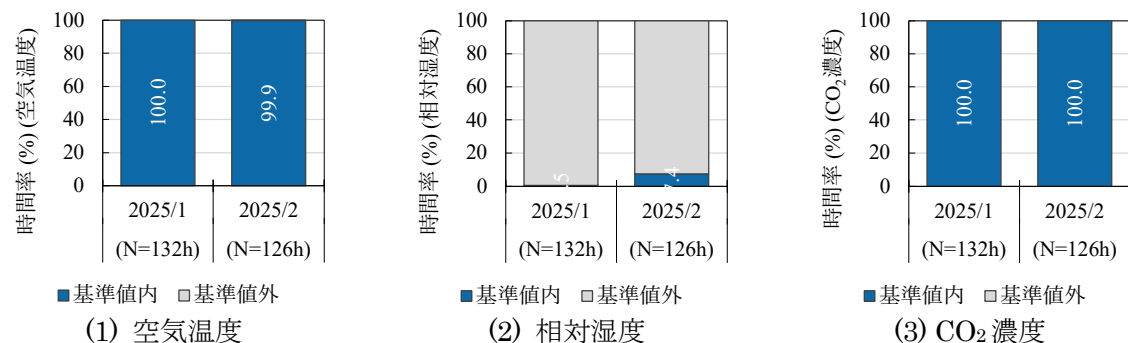


図 3-1-7 基準値内時間率 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

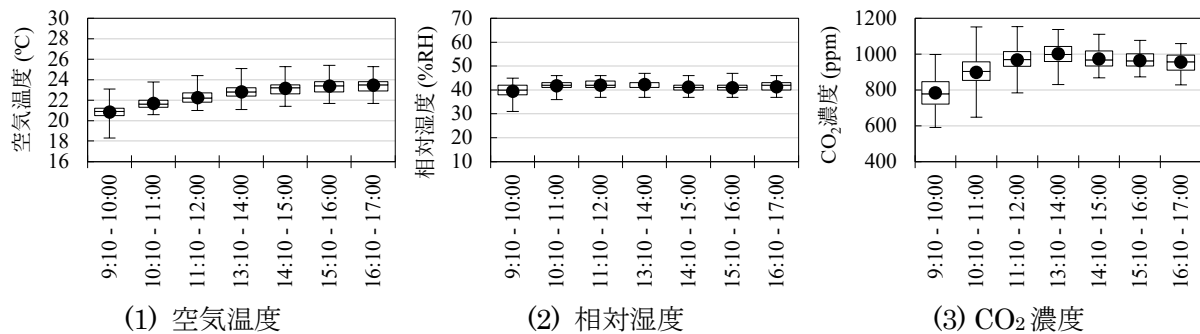


図 3-1-8 室内環境の特別結果 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

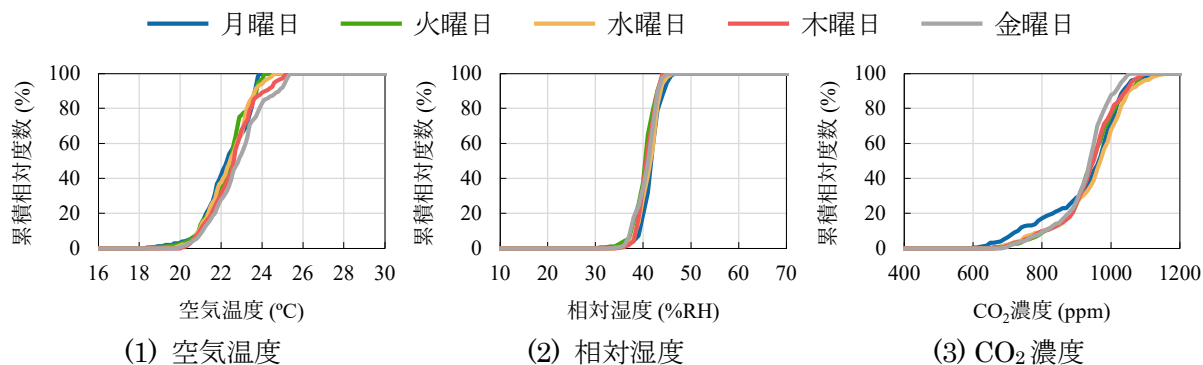


図 3-1-9 室内環境の曜日別結果 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

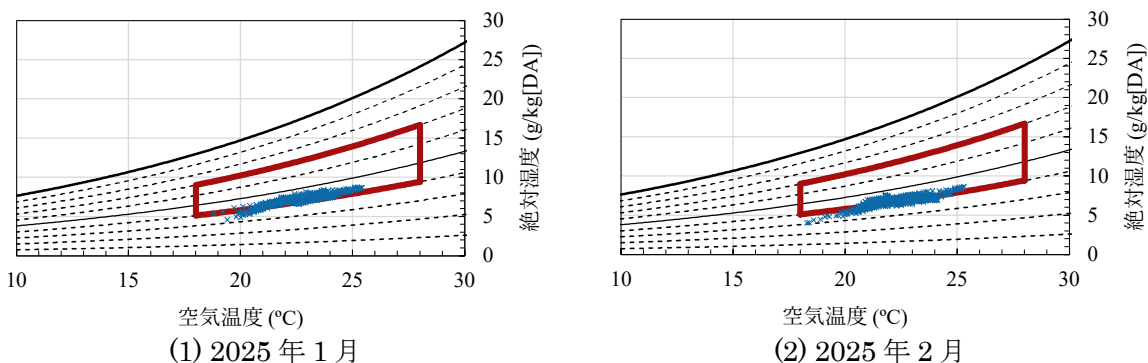


図 3-1-10 室内空気温湿度 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

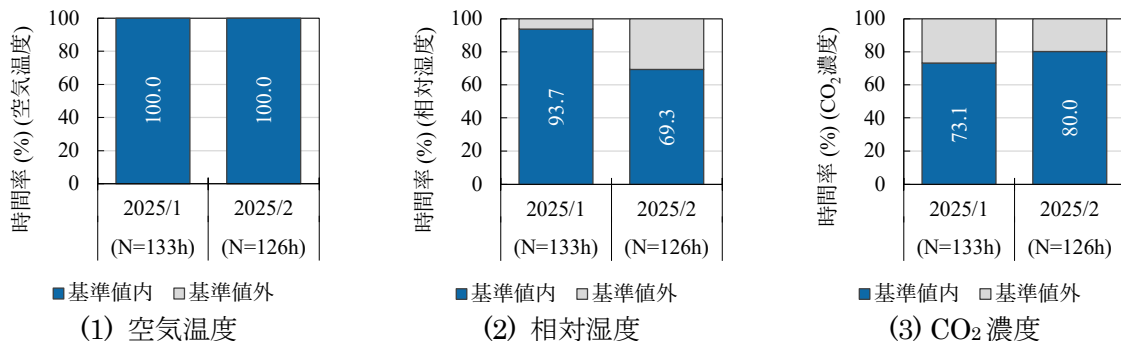


図 3-1-11 基準値内時間率 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

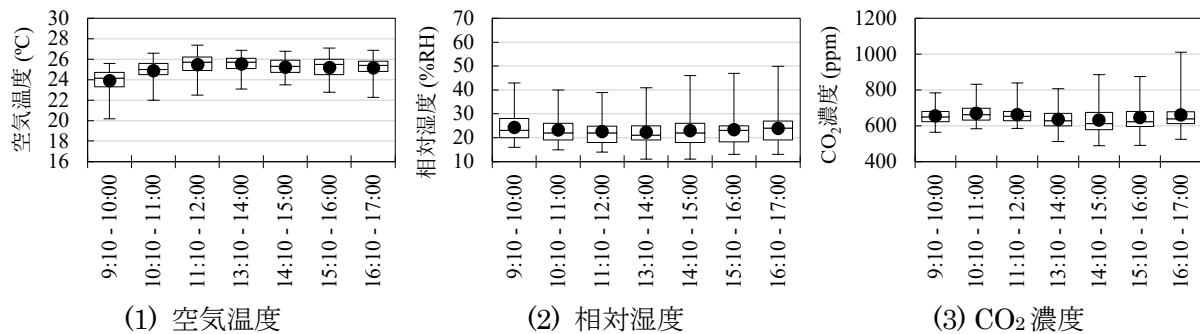


図 3-1-12 室内環境の特別結果 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

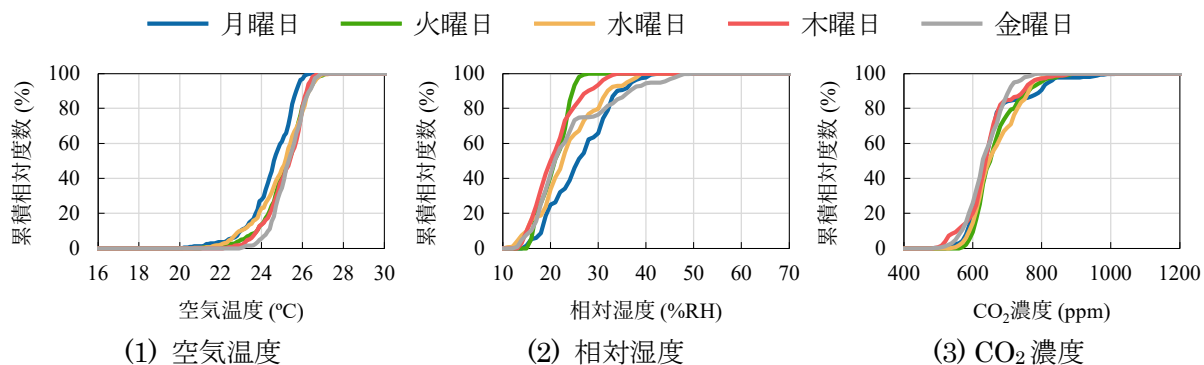


図 3-1-13 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

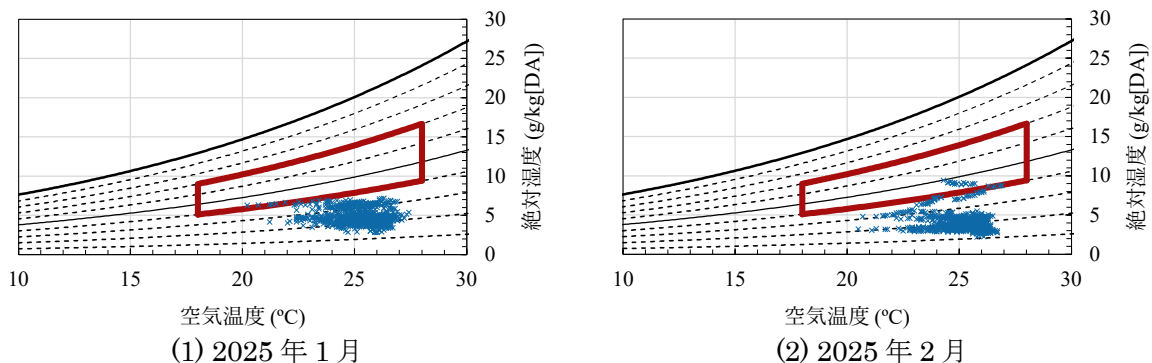


図 3-1-14 室内空気温湿度 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

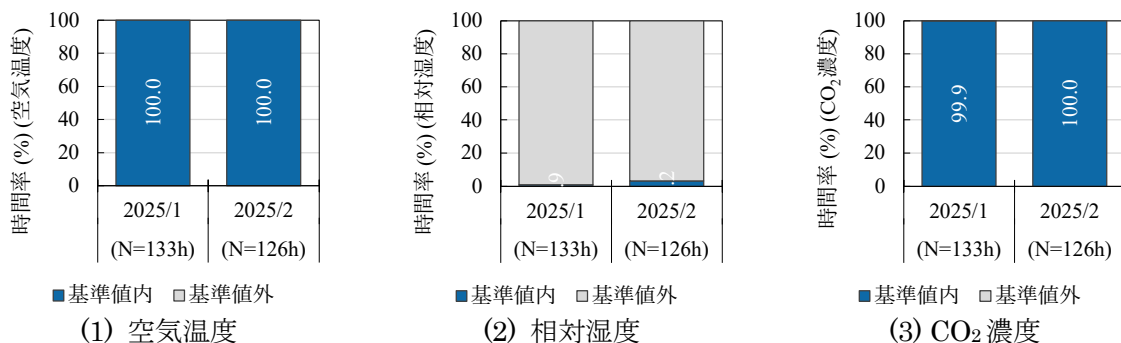


図 3-1-15 基準値内時間率 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

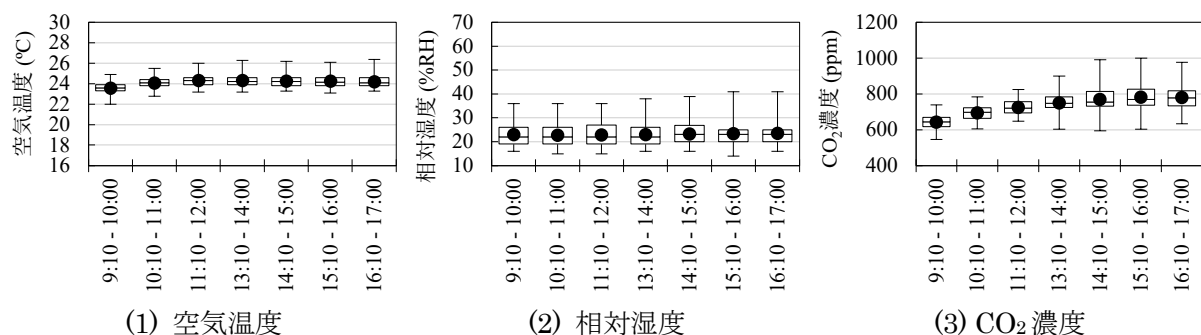


図 3-1-16 室内環境の特別結果 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

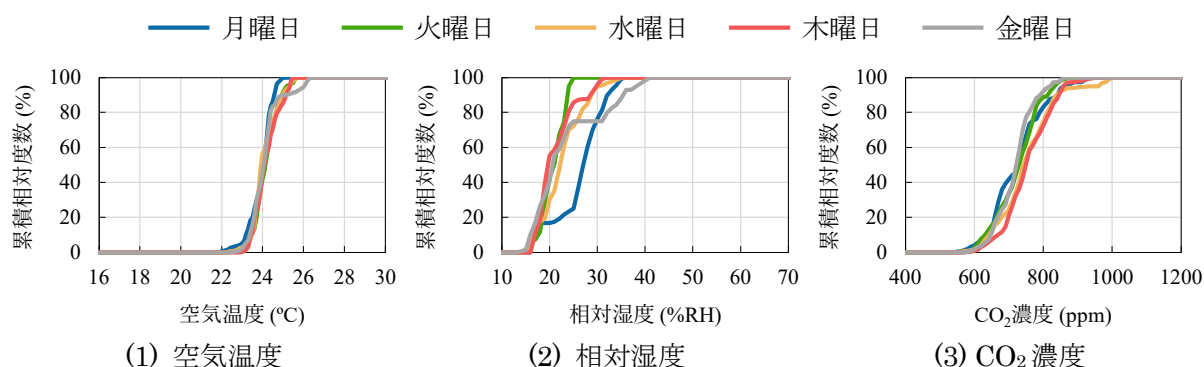


図 3-1-17 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

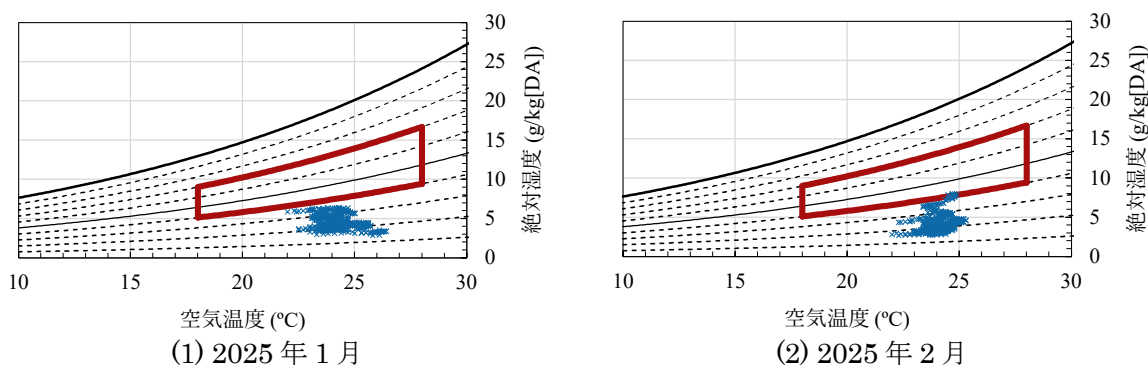


図 3-1-18 室内空気温湿度 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

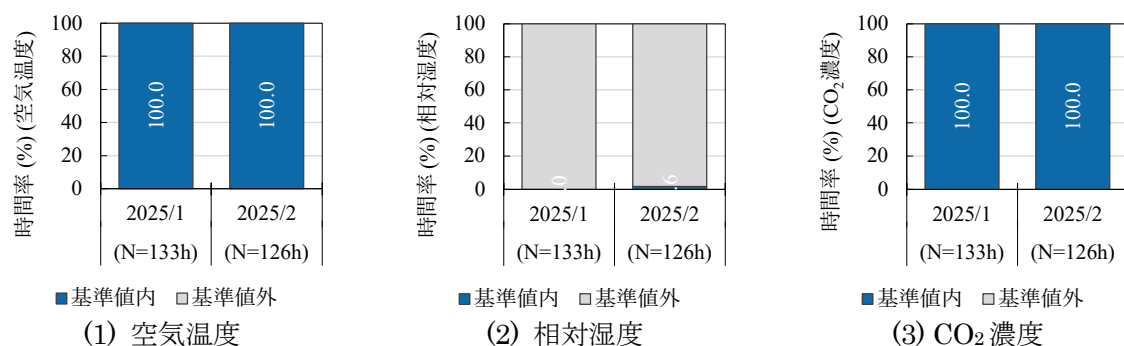


図 3-1-19 基準値内時間率 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

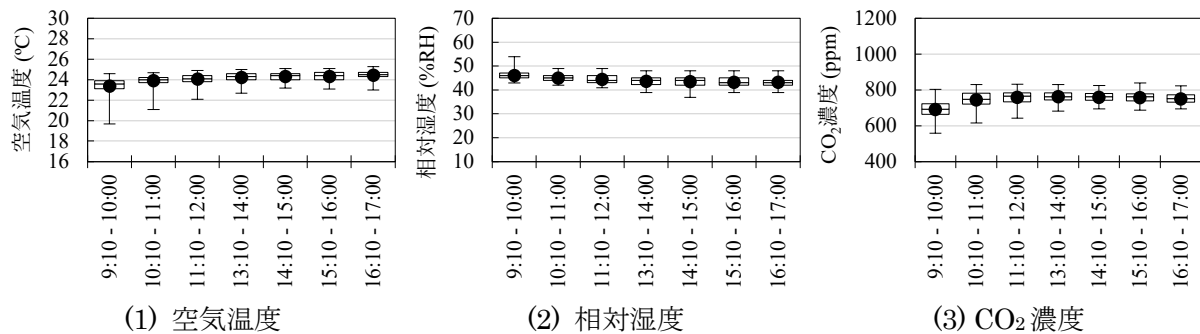


図 3-1-20 室内環境の特別結果 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

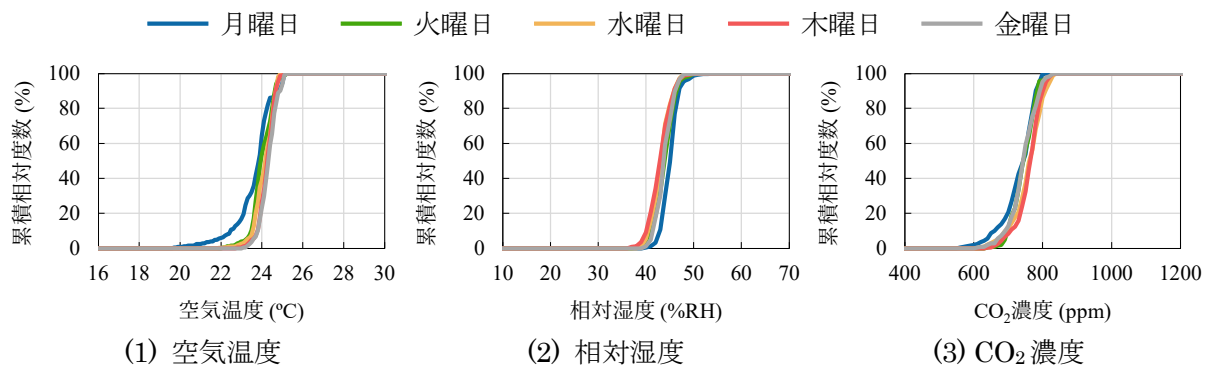


図 3-1-21 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

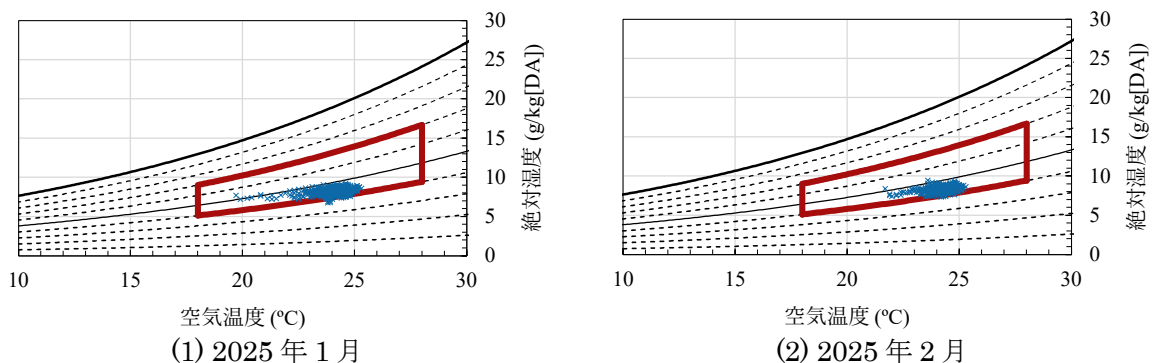


図 3-1-22 室内空気温湿度 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

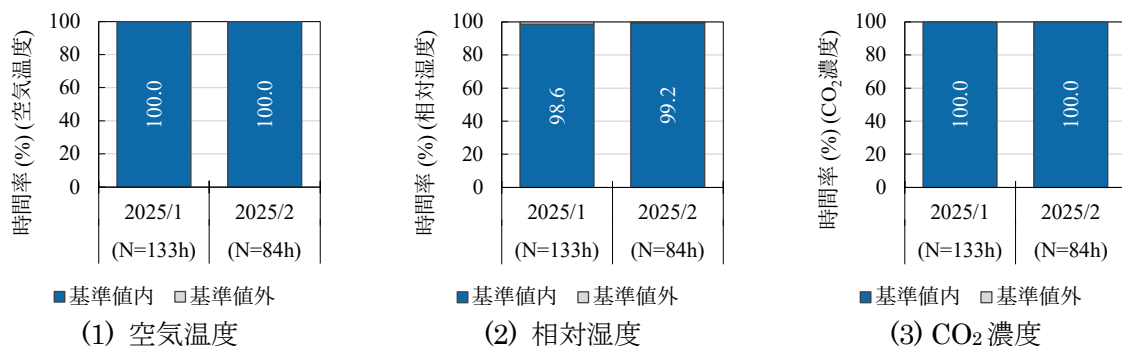


図 3-1-23 基準値内時間率 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

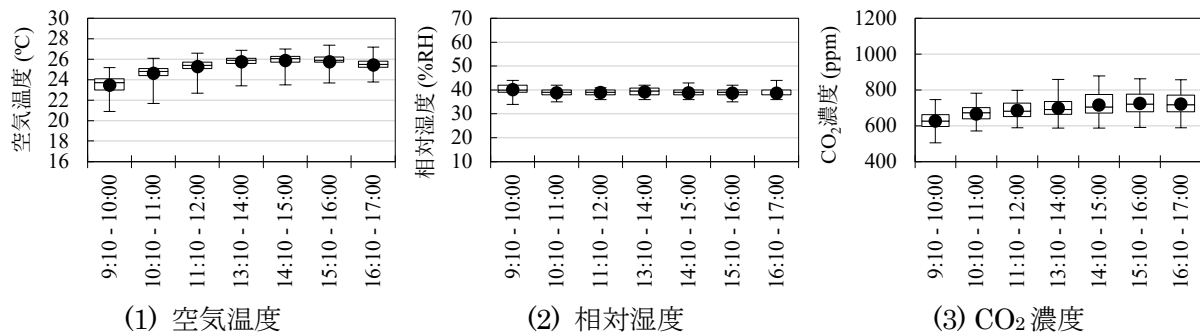


図 3-1-24 室内環境の特別結果 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

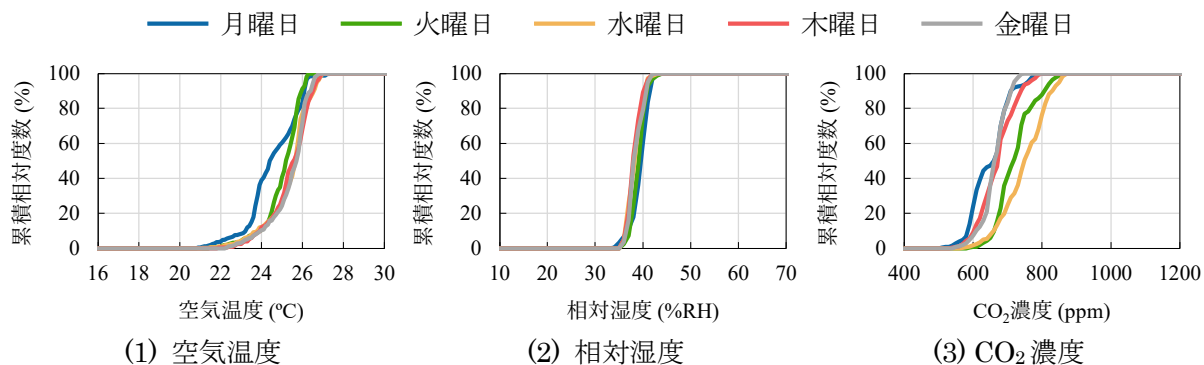


図 3-1-25 室内環境の曜日別結果 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

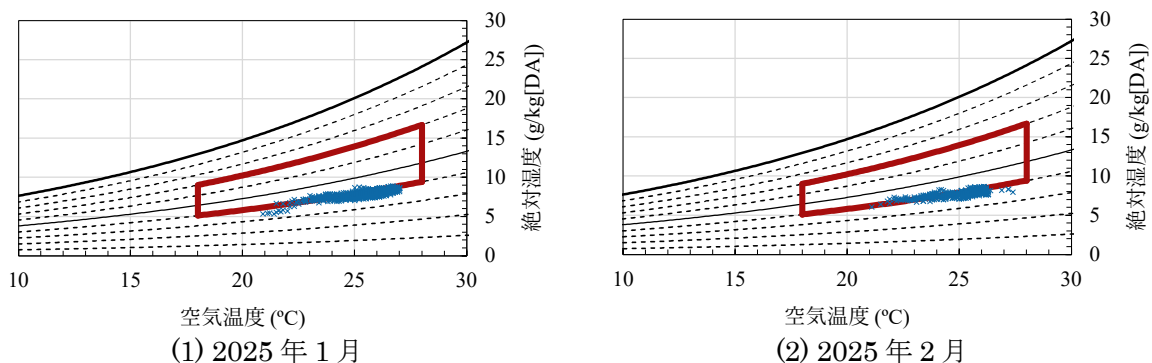


図 3-1-26 室内空気温湿度 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

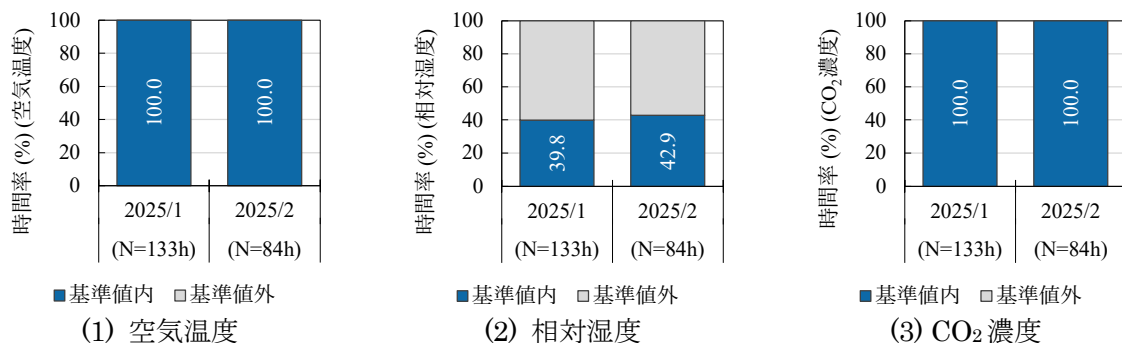


図 3-1-27 基準値内時間率 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

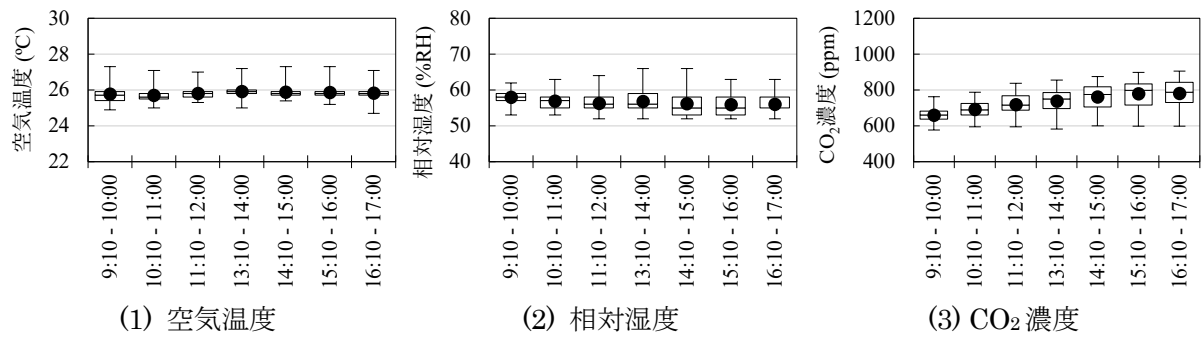


図 3-1-28 室内環境の特別結果 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

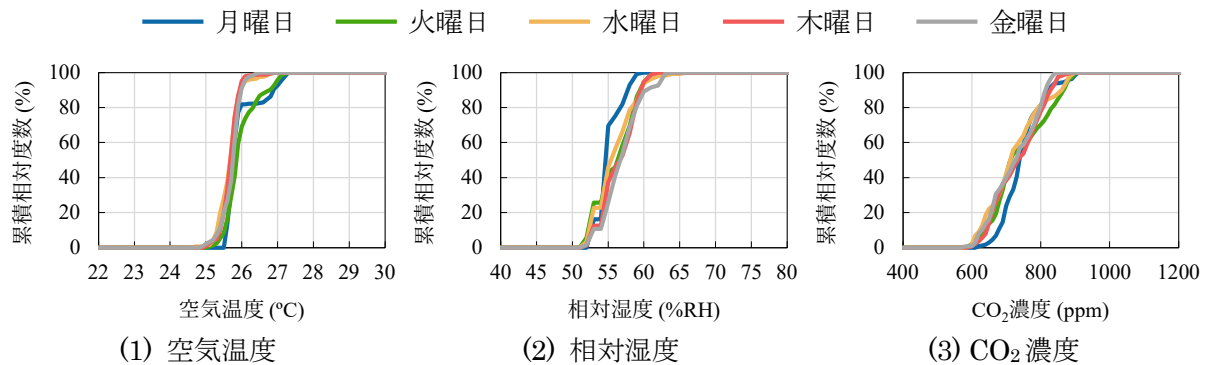


図 3-1-29 室内環境の曜日別結果 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

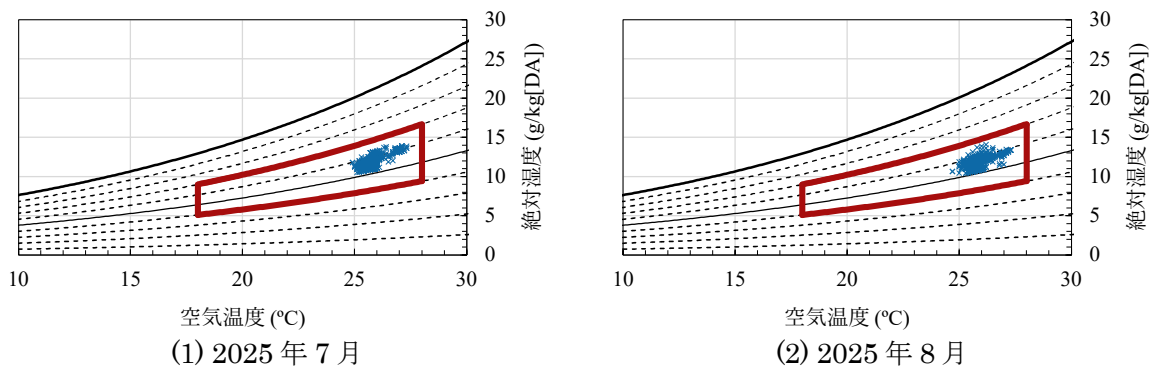


図 3-1-30 室内空気温湿度 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

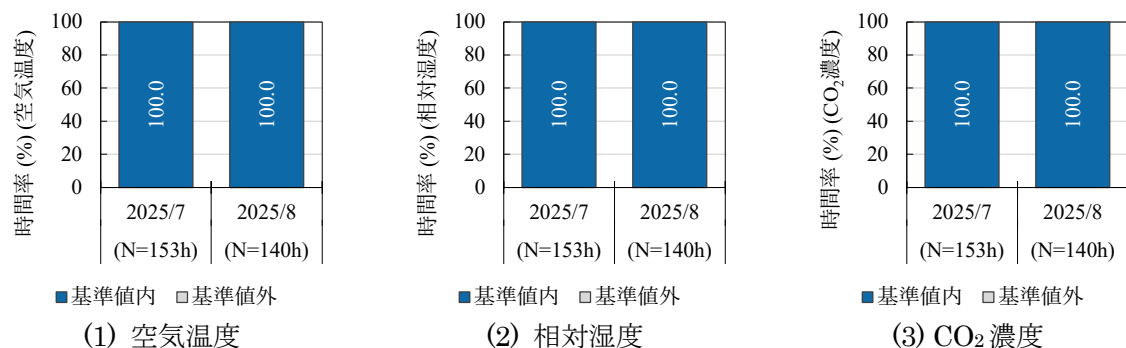


図 3-1-31 基準値内時間率 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

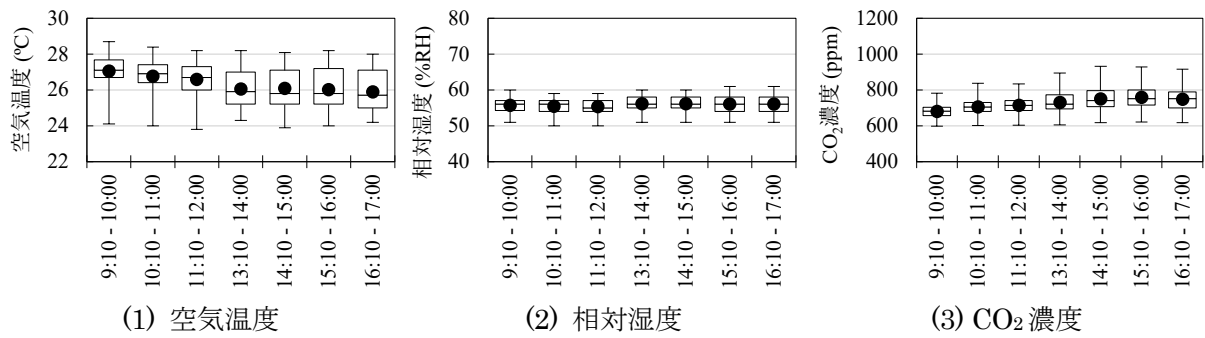


図 3-1-32 室内環境の特別結果 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

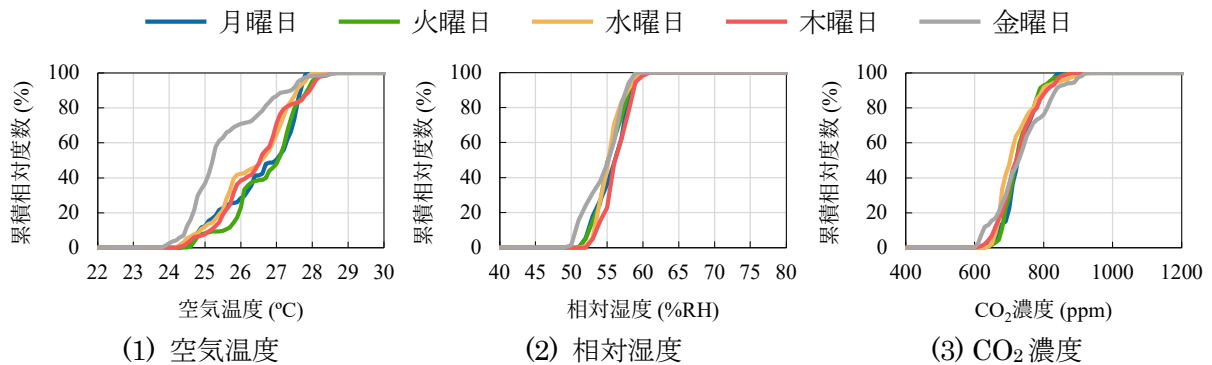


図 3-1-33 室内環境の曜日別結果 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

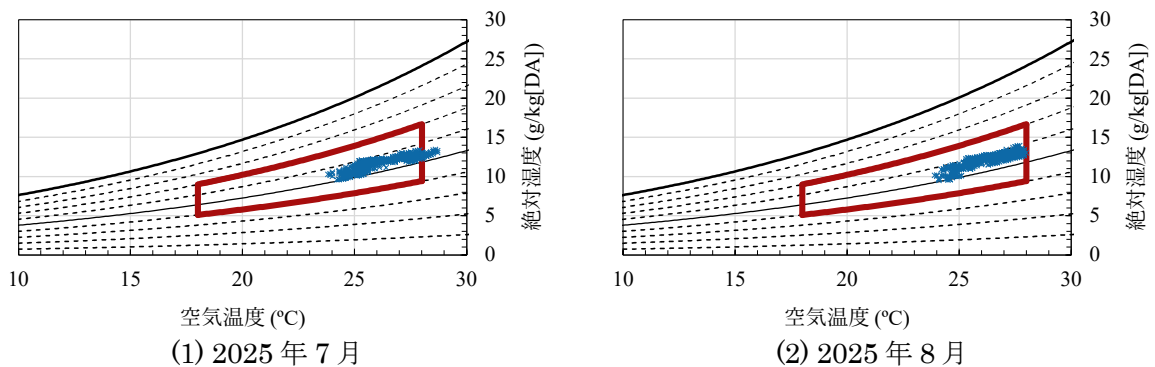


図 3-1-34 室内空気温湿度 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

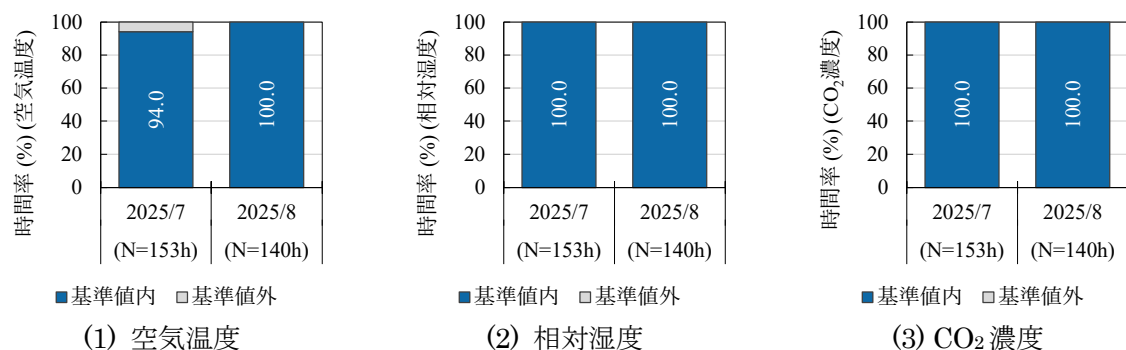


図 3-1-35 基準値内時間率 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

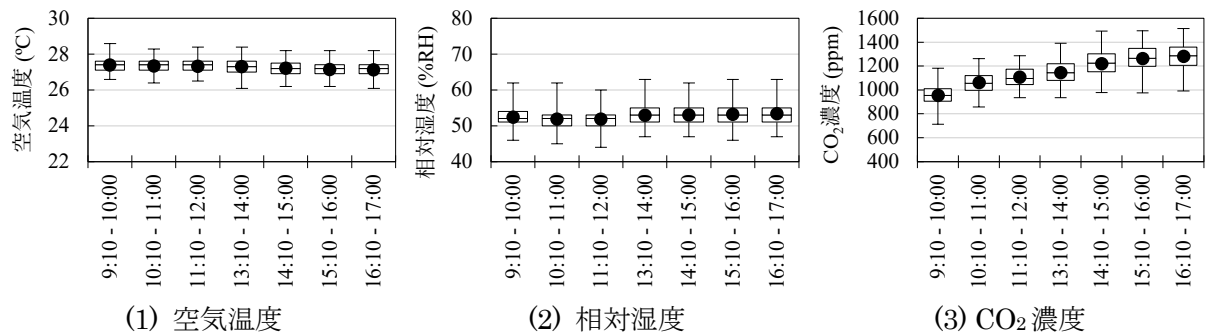


図 3-1-36 室内環境の特別結果 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

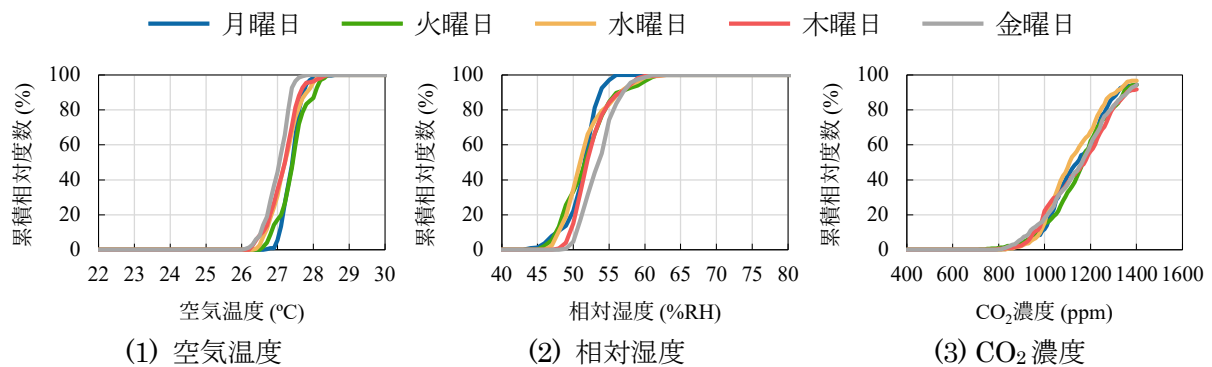


図 3-1-37 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

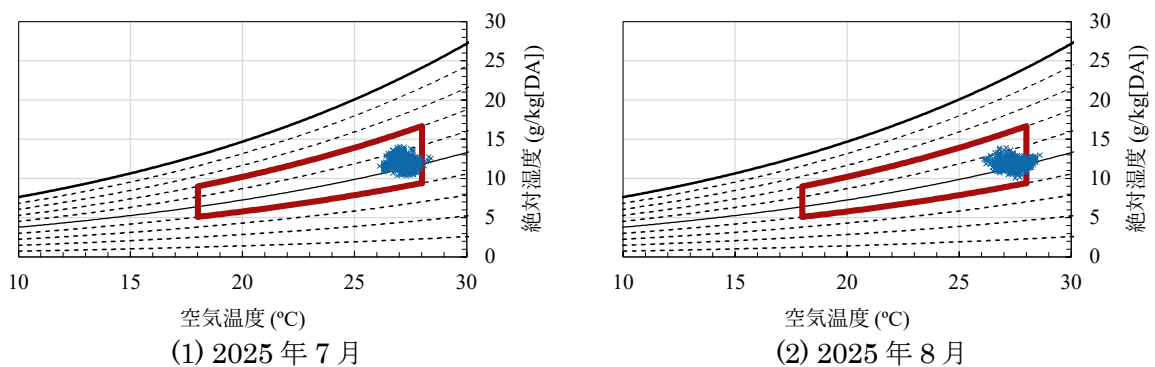


図 3-1-38 室内空気温湿度 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

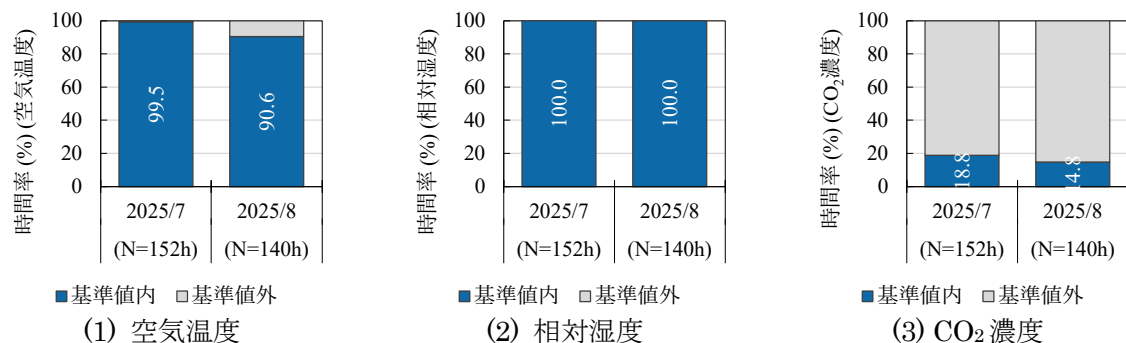


図 3-1-39 基準値内時間率 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

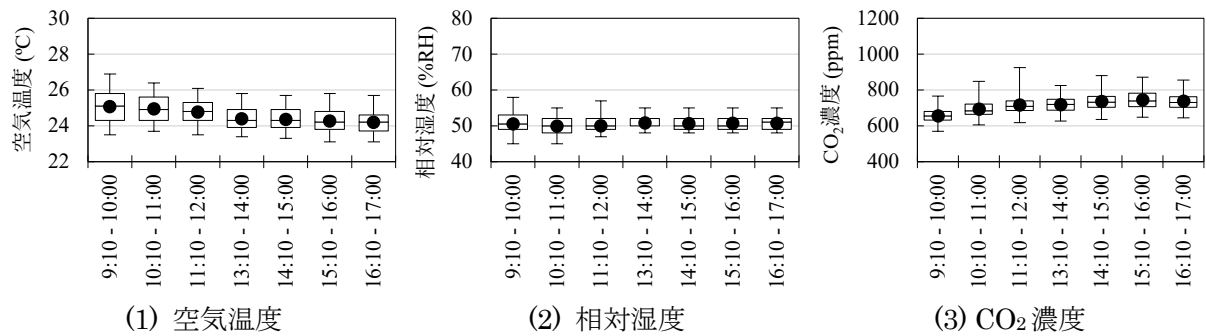


図 3-1-40 室内環境の特別結果 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

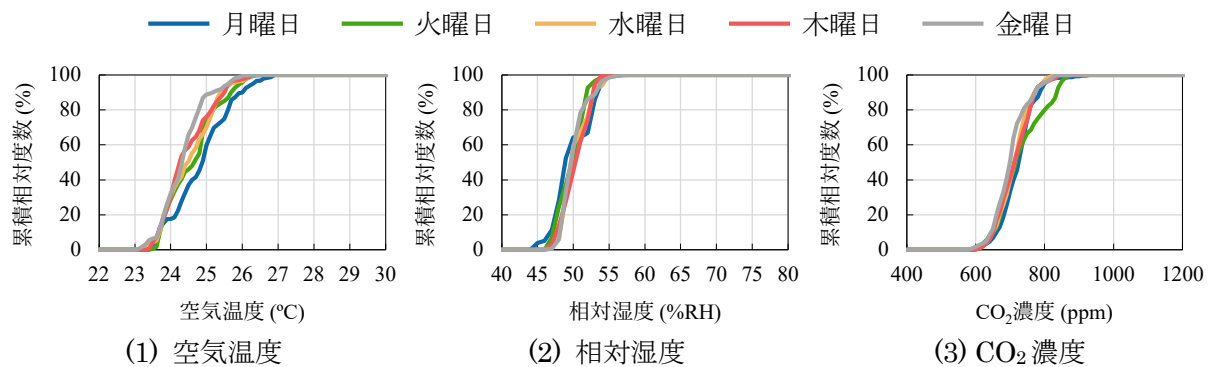


図 3-1-41 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

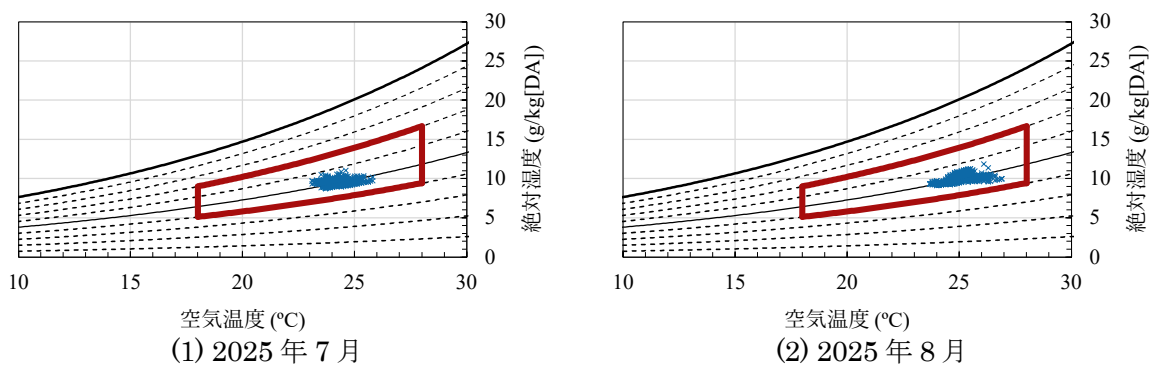


図 3-1-42 室内空気温湿度 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

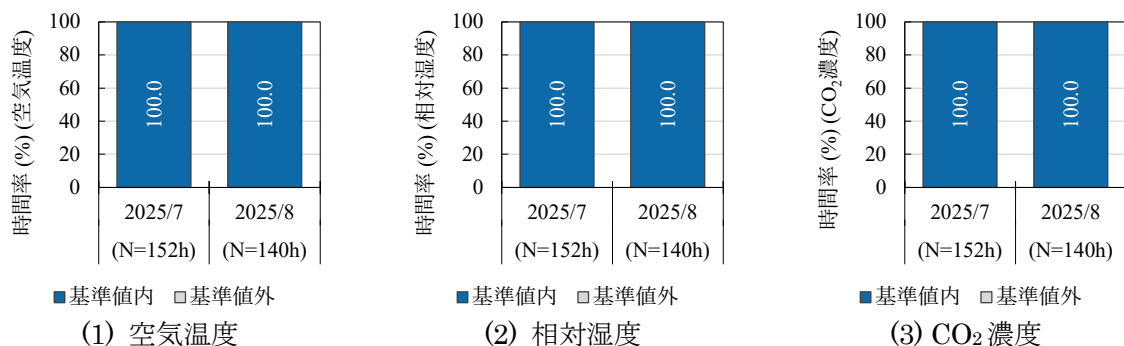


図 3-1-43 基準値内時間率 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

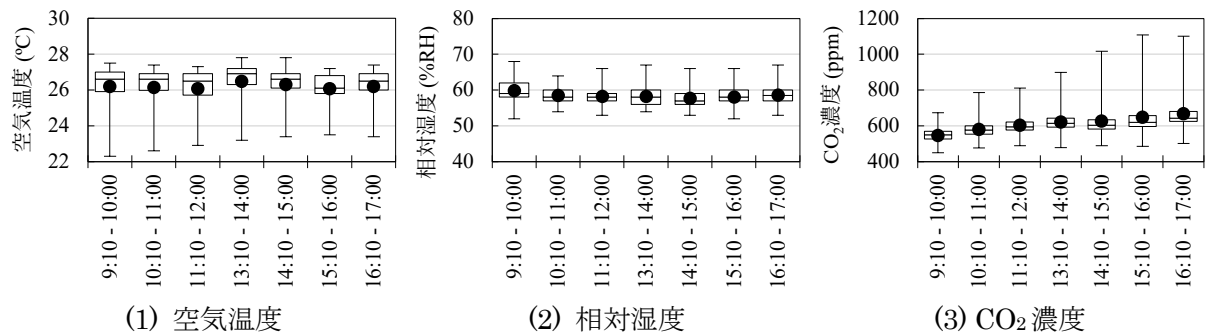


図 3-1-44 室内環境の特別結果 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

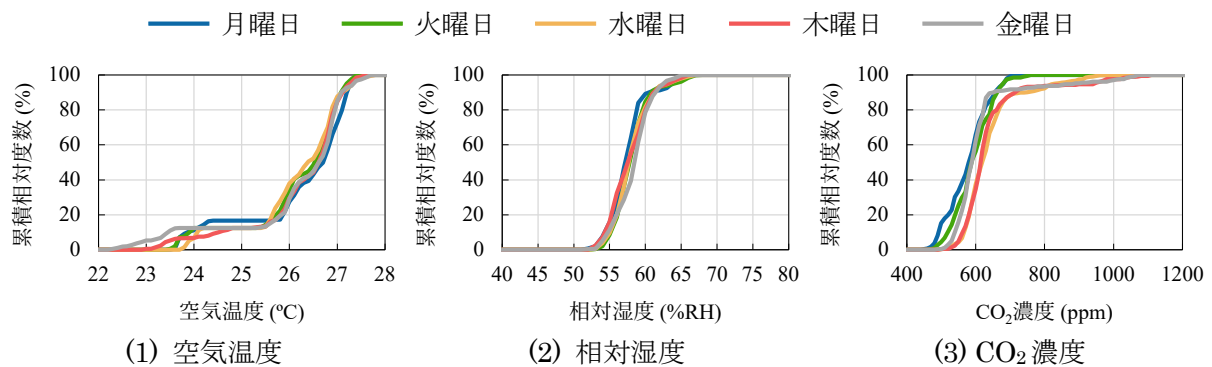


図 3-1-45 室内環境の曜日別結果 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

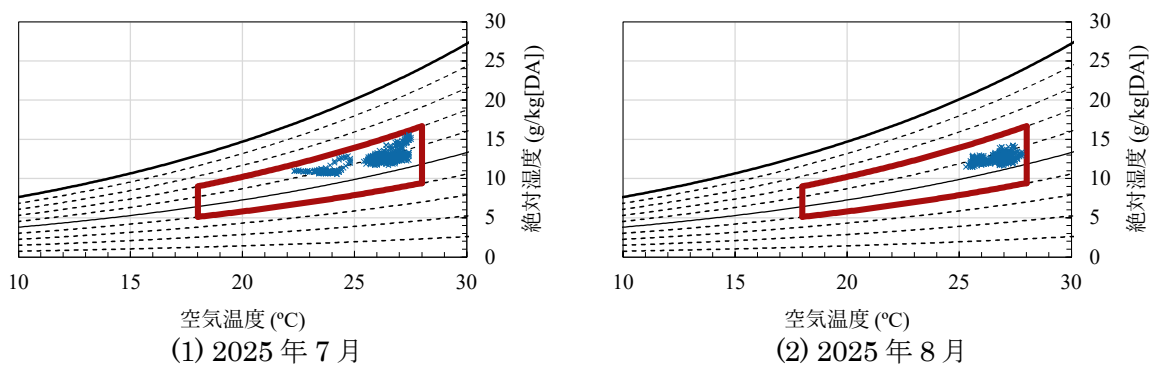


図 3-1-46 室内空気温湿度 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

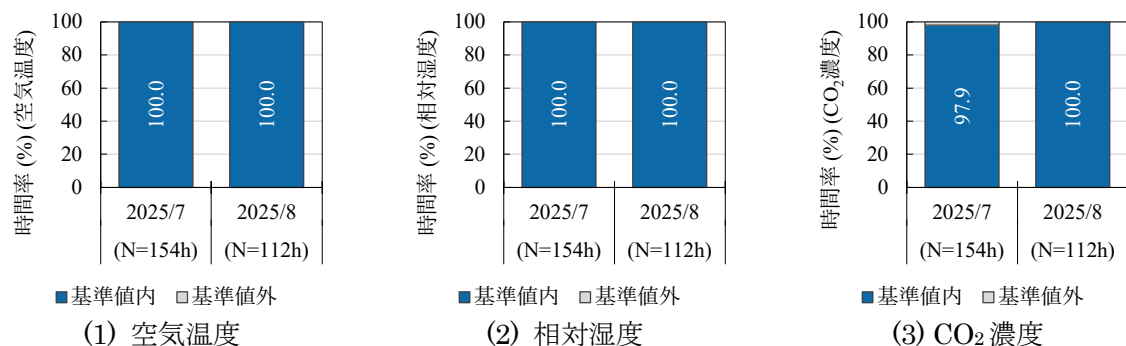


図 3-1-47 基準値内時間率 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

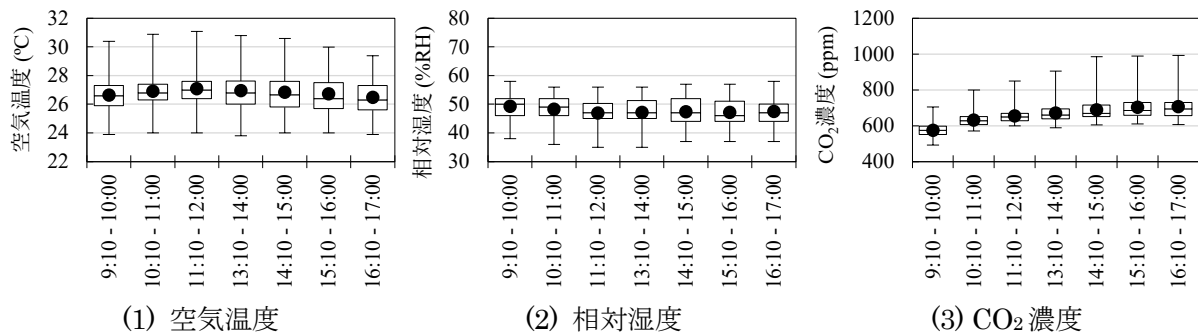


図 3-1-48 室内環境の特別結果 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

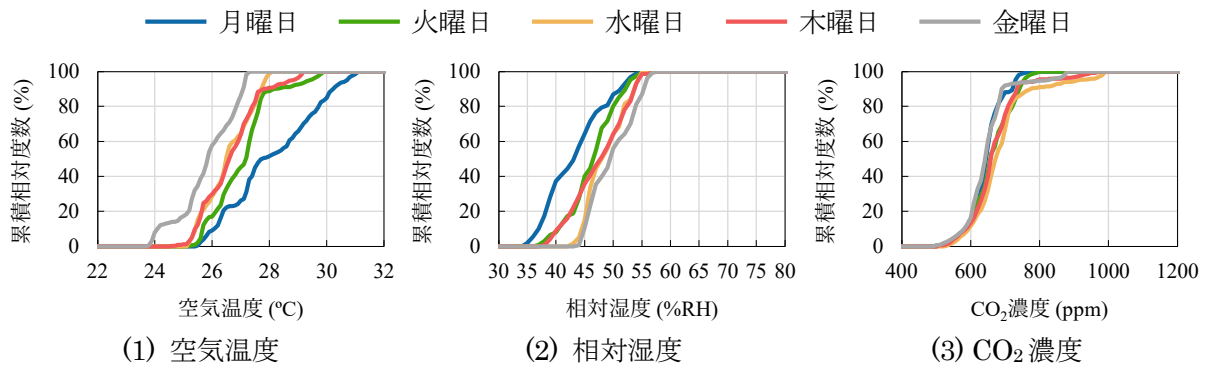


図 3-1-49 室内環境の曜日別結果 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

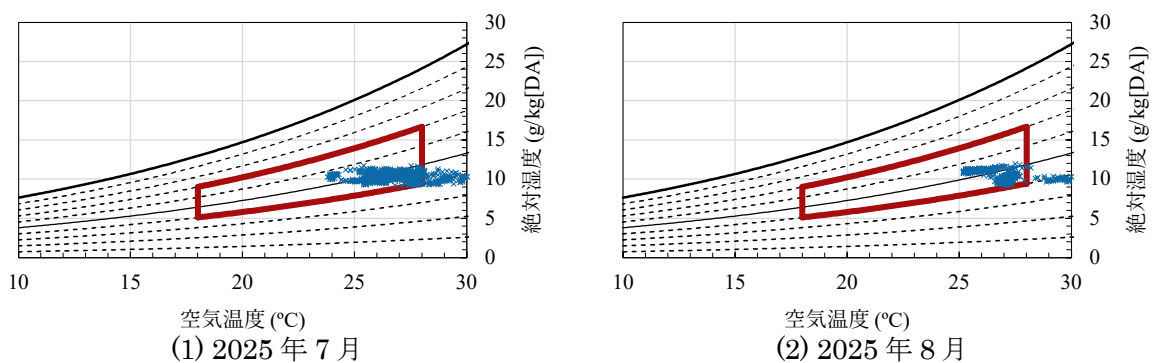


図 3-1-50 室内空気温湿度 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

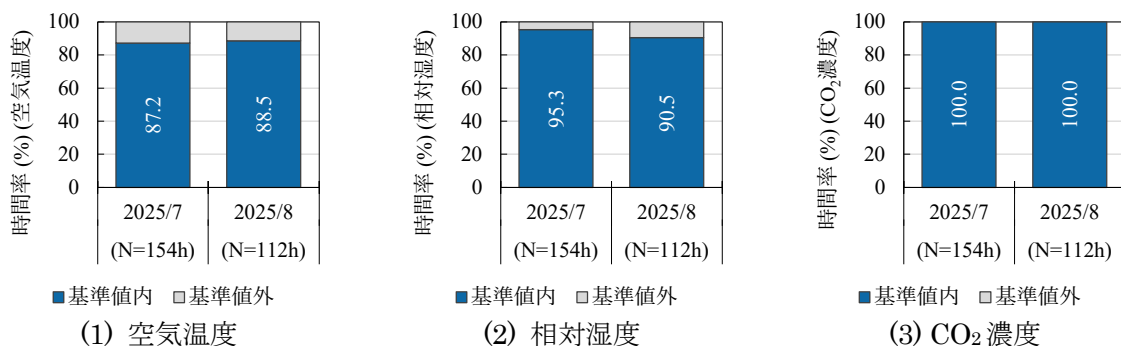


図 3-1-51 基準値内時間率 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

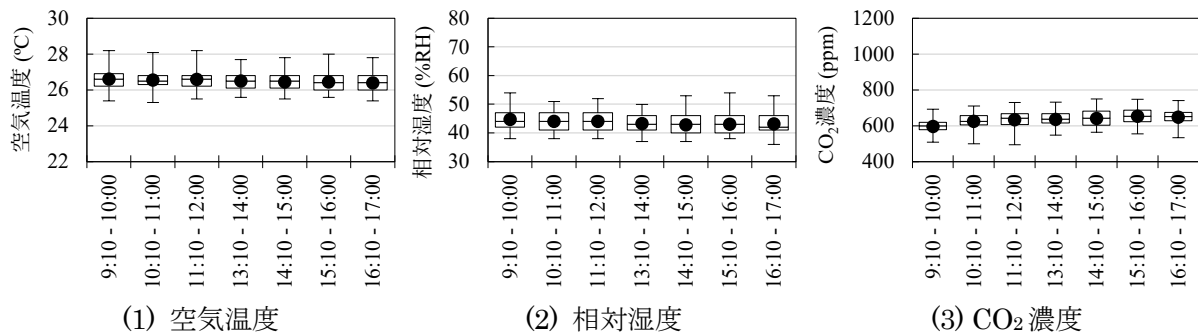


図 3-1-52 室内環境の特別結果 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

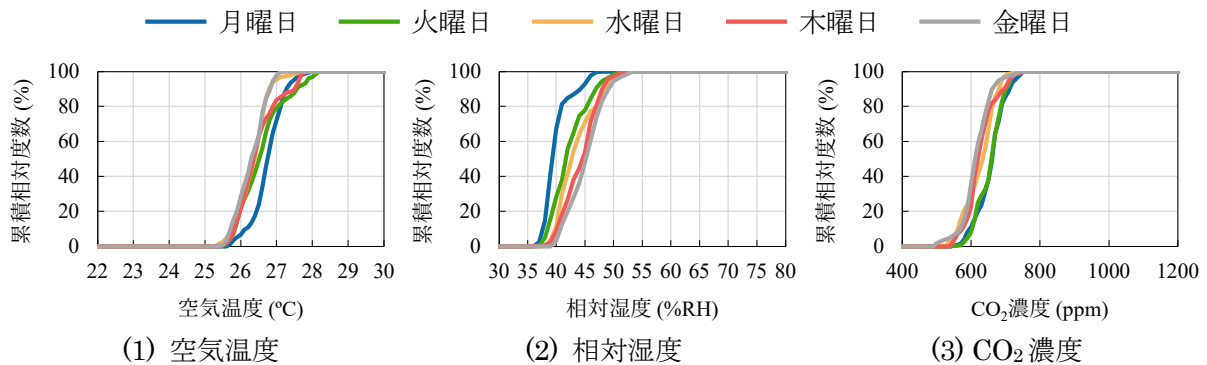


図 3-1-53 室内環境の曜日別結果 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

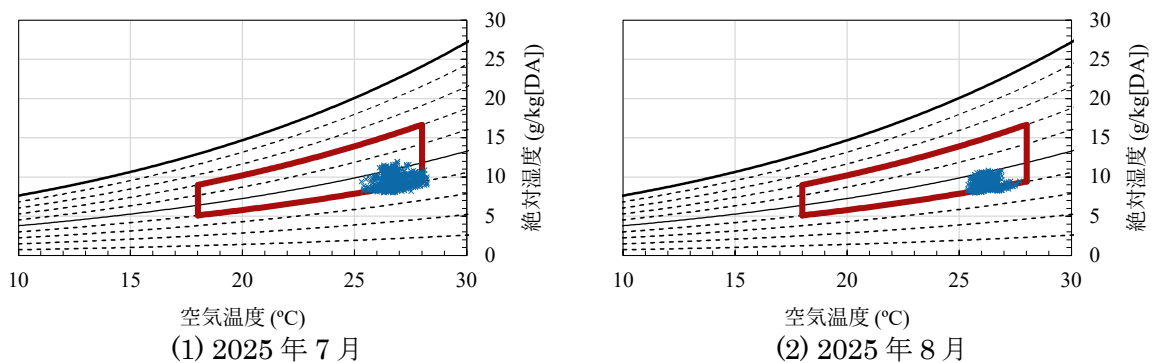


図 3-1-54 室内空気温湿度 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

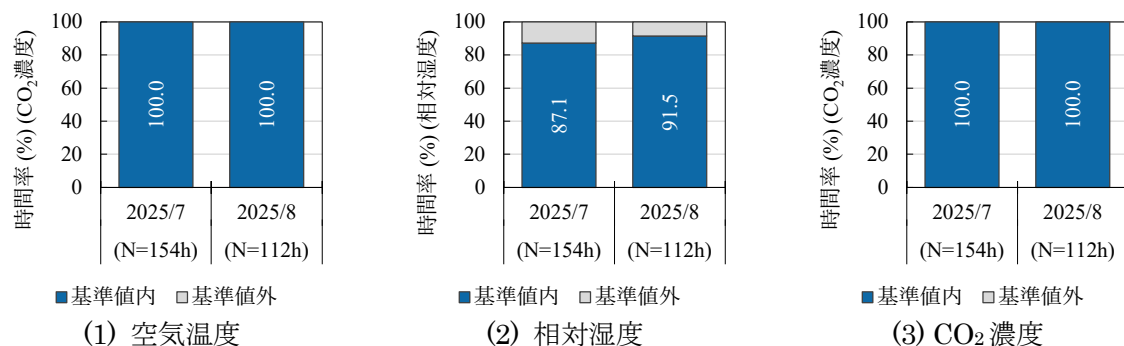


図 3-1-55 基準値内時間率 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

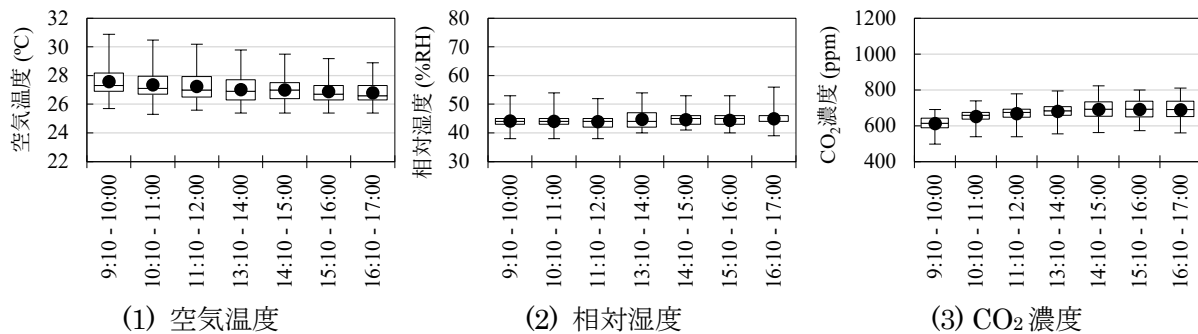


図 3-1-56 室内環境の特別結果 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

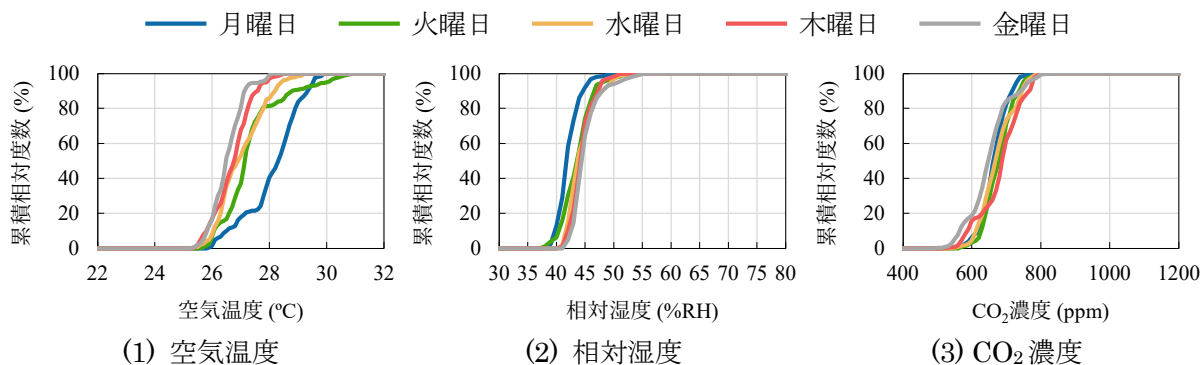


図 3-1-57 室内環境の曜日別結果 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

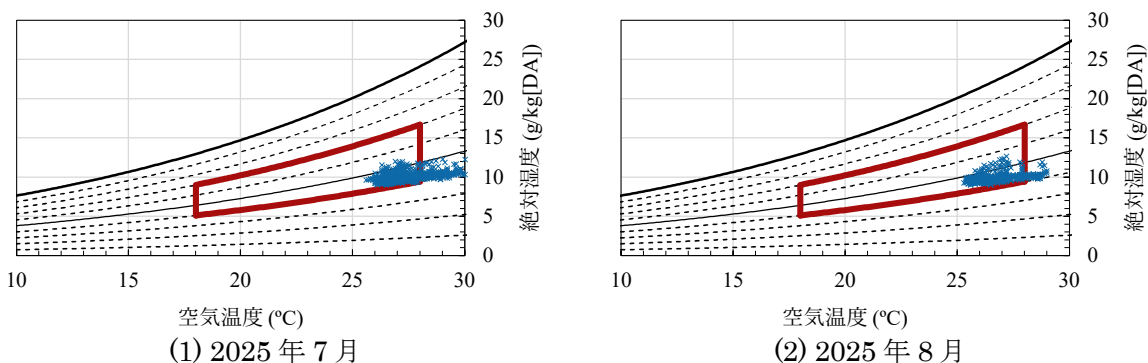


図 3-1-58 室内空気温湿度 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

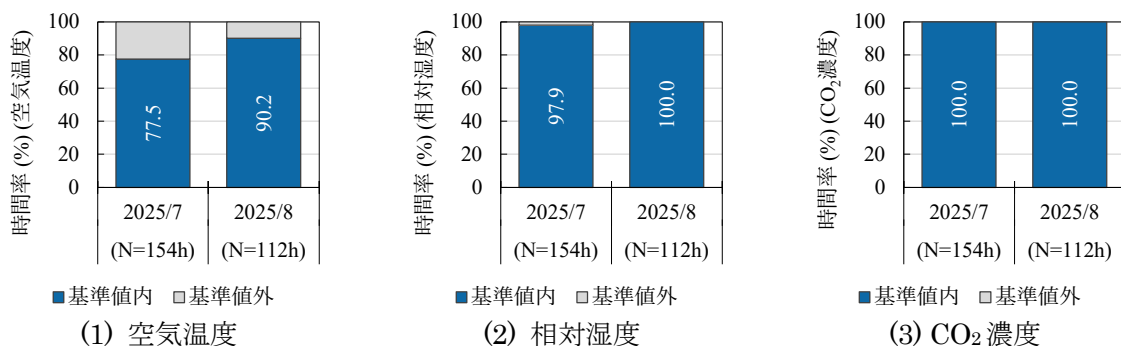


図 3-1-59 基準値内時間率 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

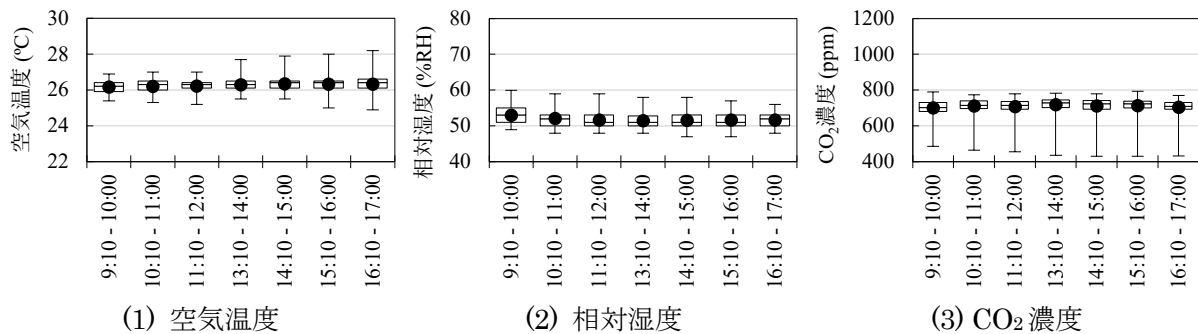


図 3-1-60 室内環境の特別結果 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

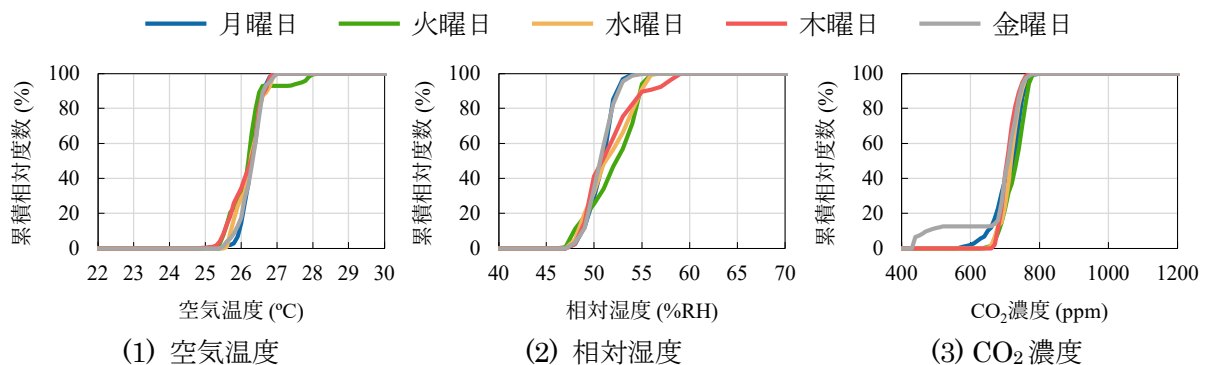


図 3-1-61 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

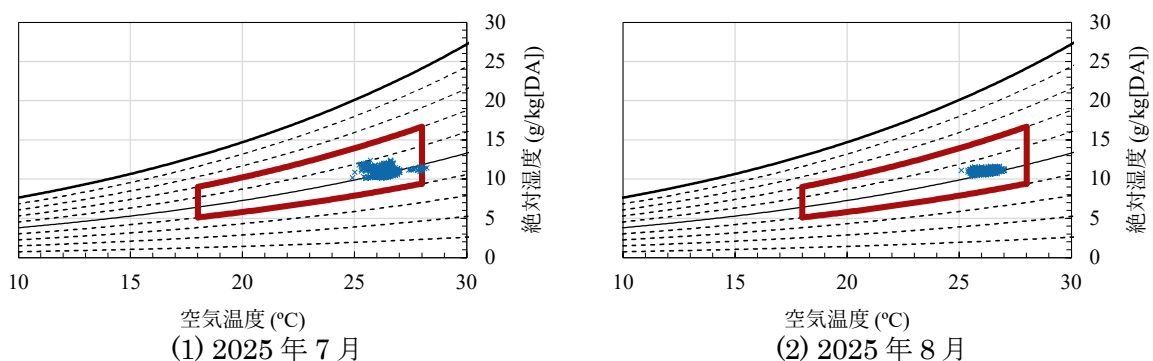


図 3-1-62 室内空気温湿度 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

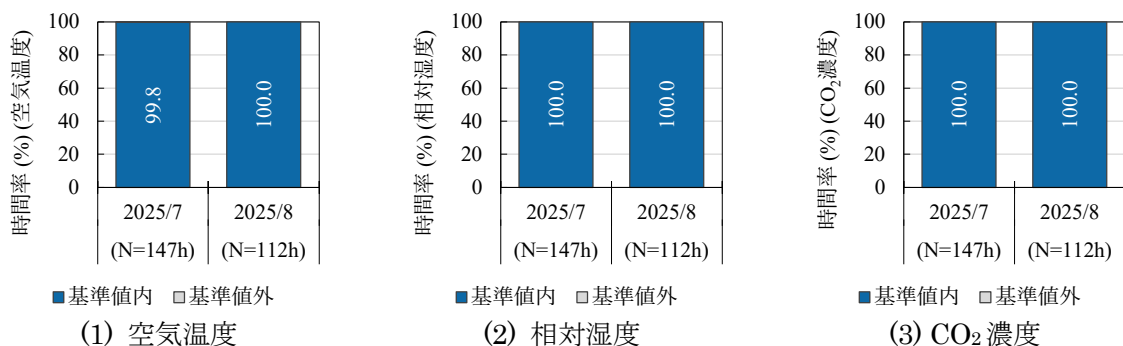


図 3-1-63 基準値内時間率 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

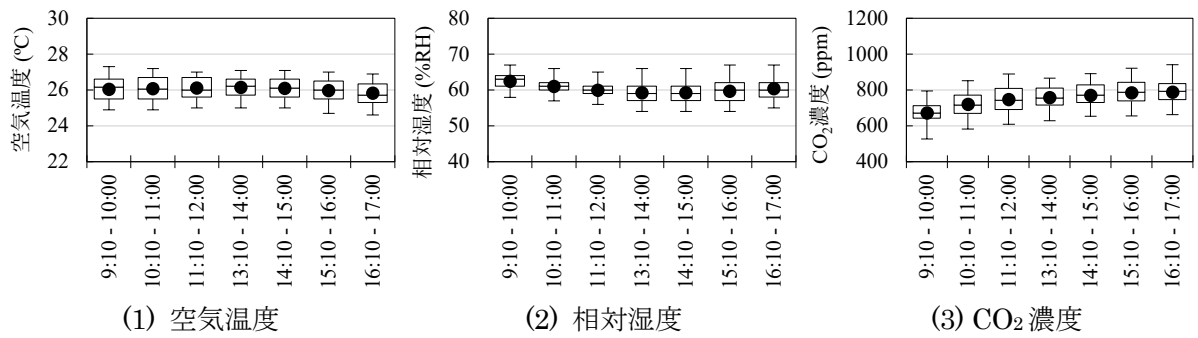


図 3-1-64 室内環境の特別結果 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

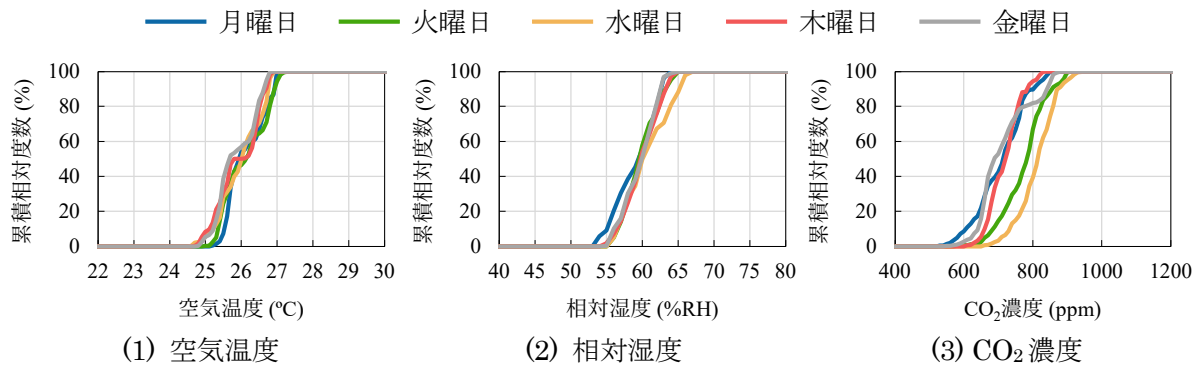


図 3-1-65 室内環境の曜日別結果 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

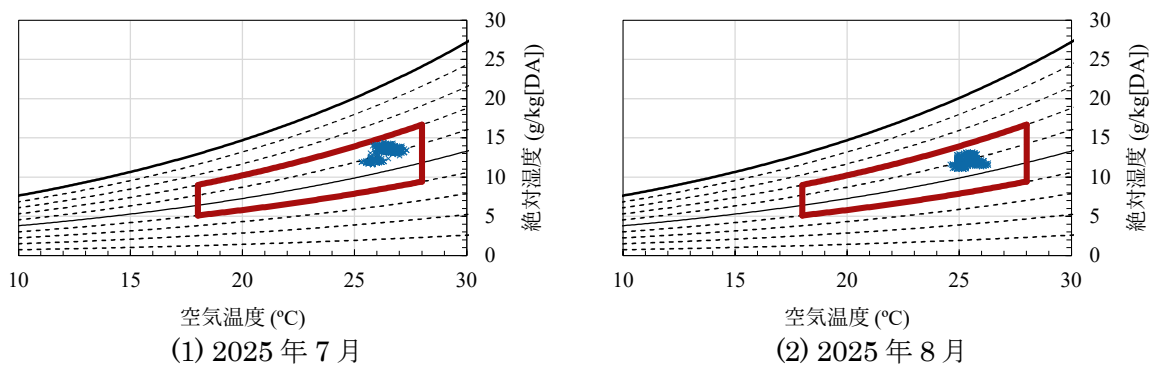


図 3-1-66 室内空気温湿度 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

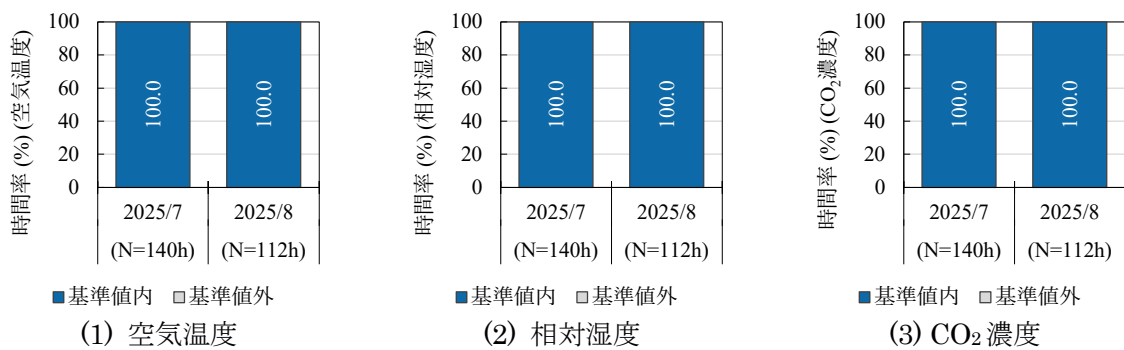


図 3-1-67 基準値内時間率 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

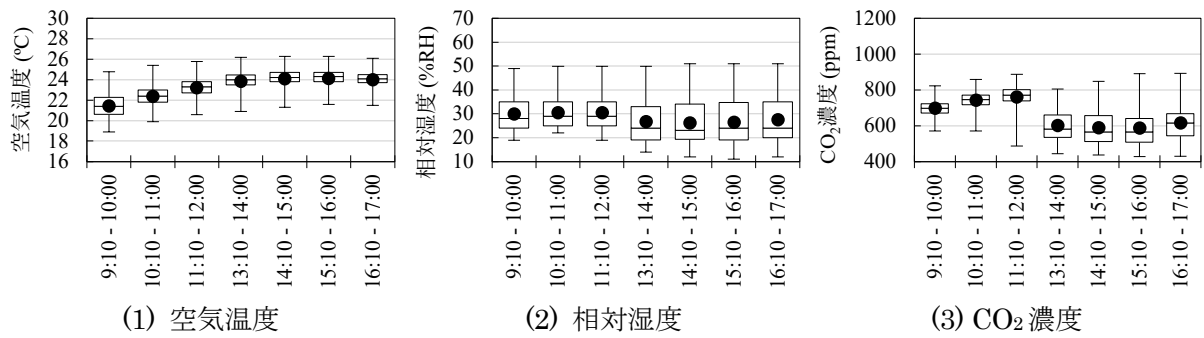


図 3-1-68 室内環境の特別結果 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

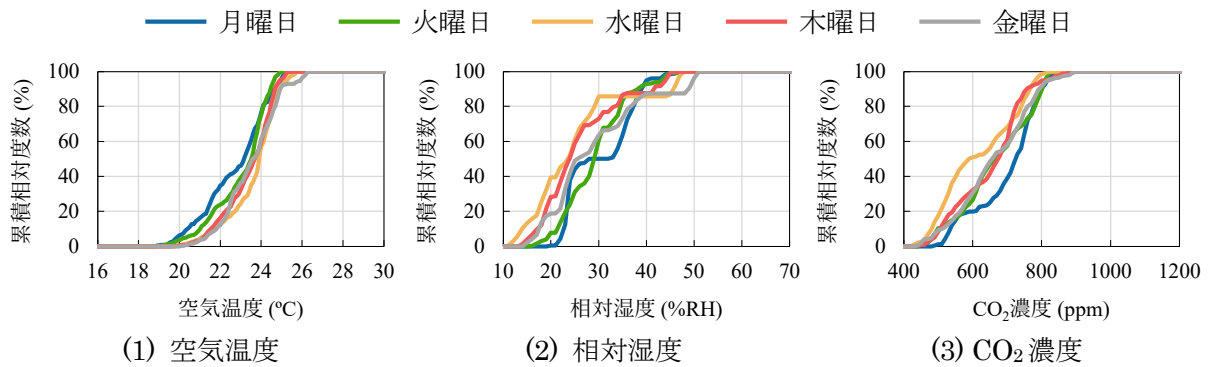


図 3-1-69 室内環境の曜日別結果 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

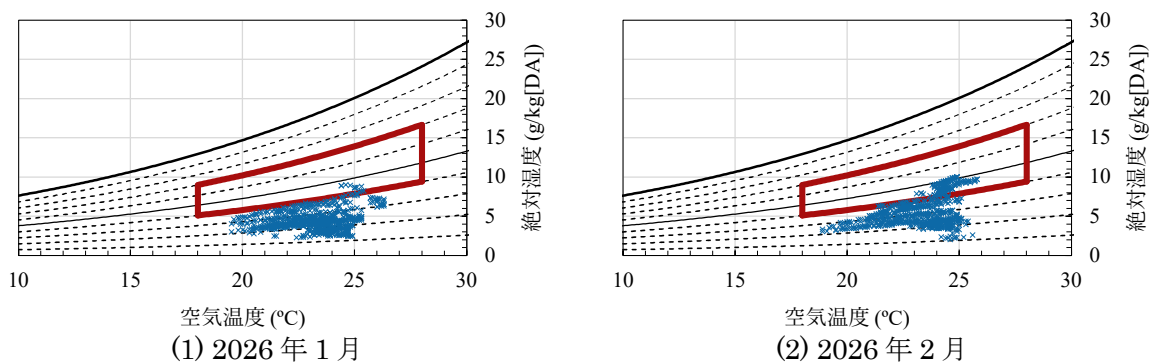


図 3-1-70 室内空気温湿度 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

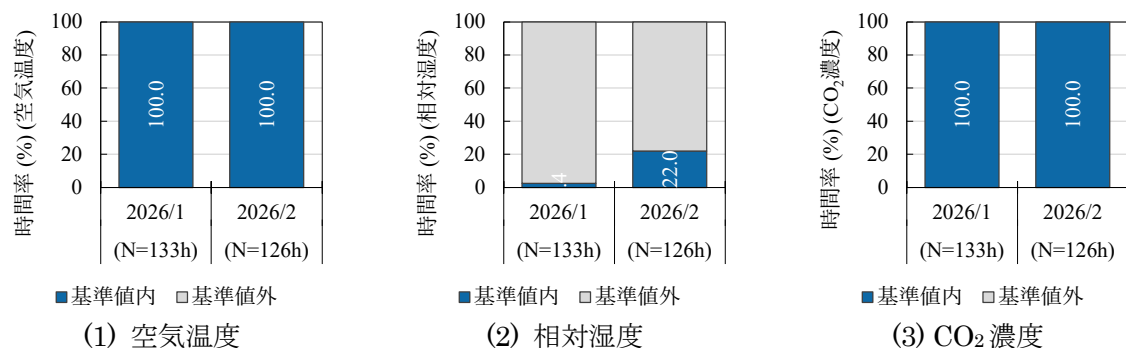


図 3-1-71 基準値内時間率 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

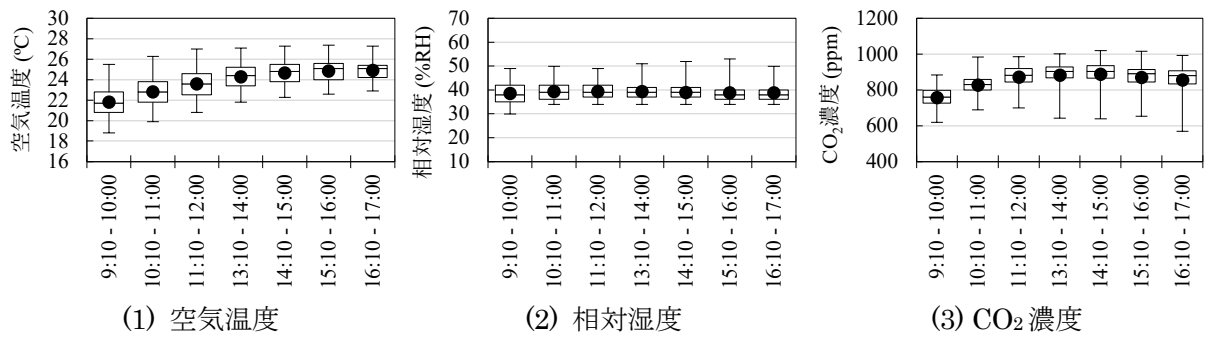


図 3-1-72 室内環境の特別結果 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

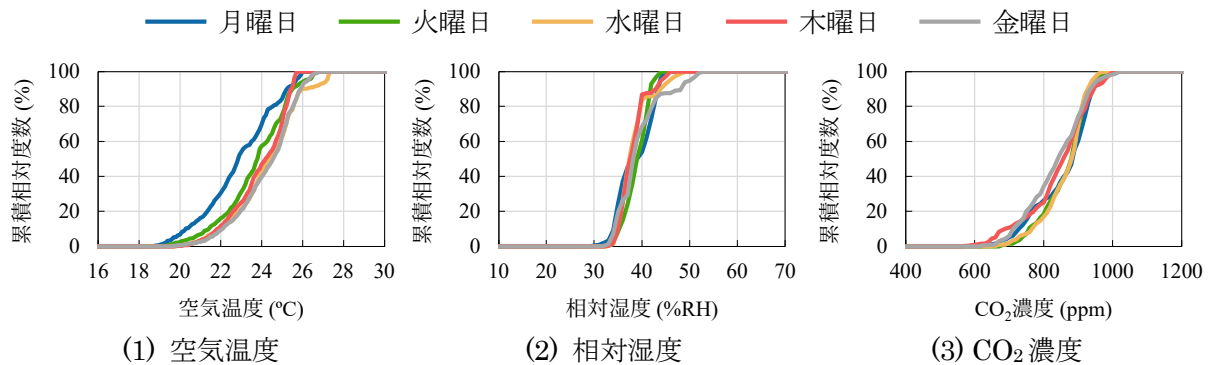


図 3-1-73 室内環境の曜日別結果 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

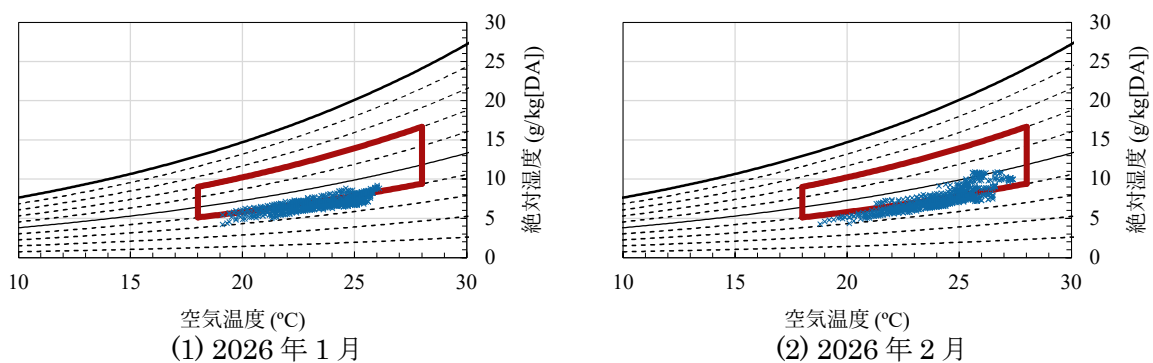


図 3-1-74 室内空気温湿度 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

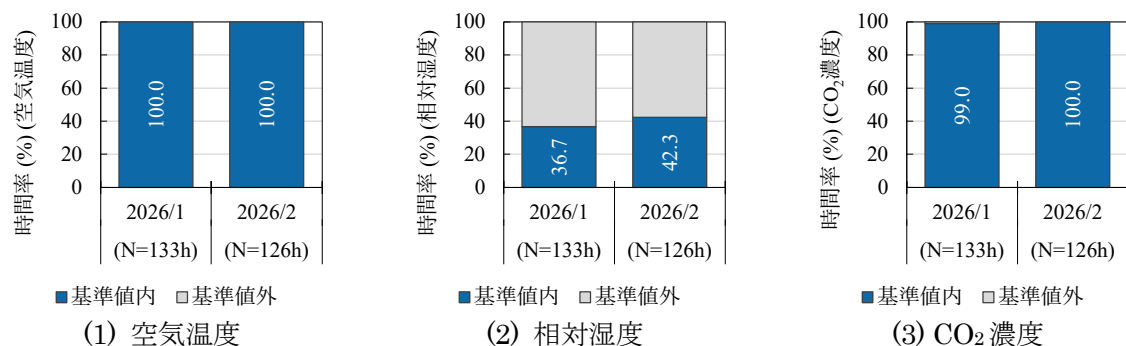


図 3-1-75 基準値内時間率 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

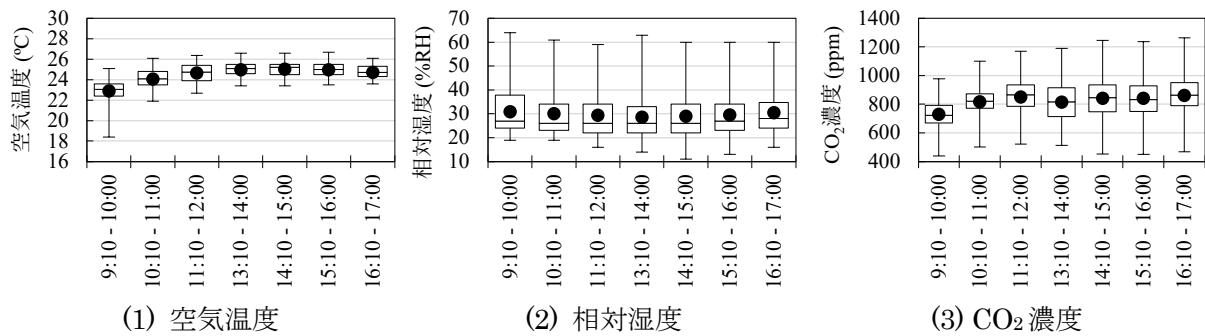


図 3-1-76 室内環境の特別結果 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

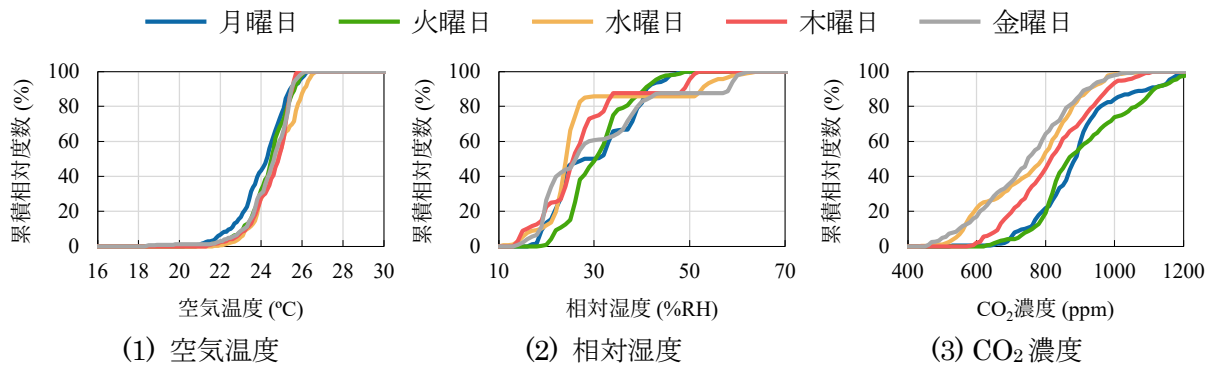


図 3-1-77 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

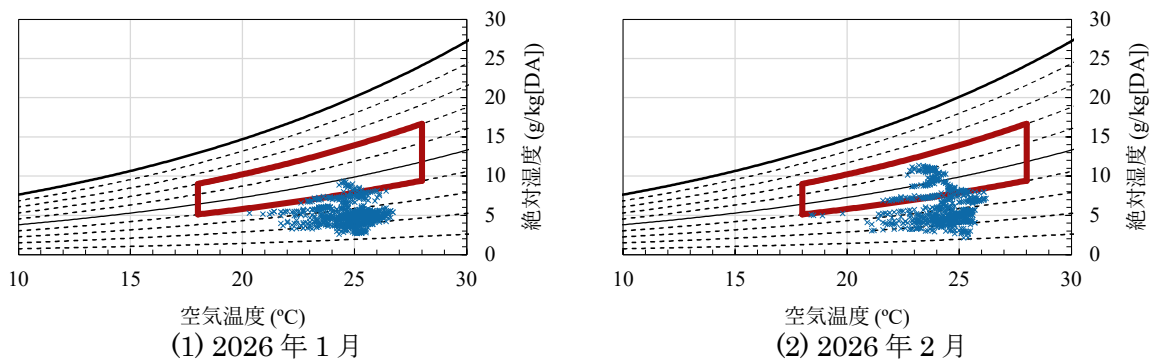


図 3-1-78 室内空気温湿度 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

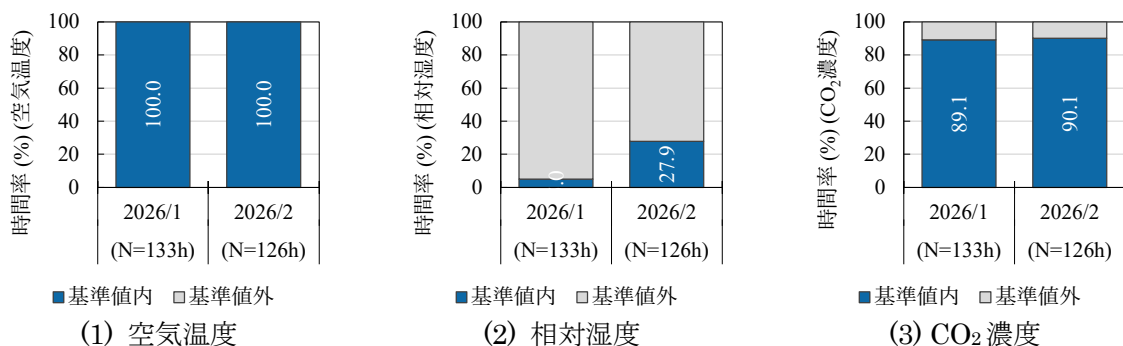


図 3-1-79 基準値内時間率 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

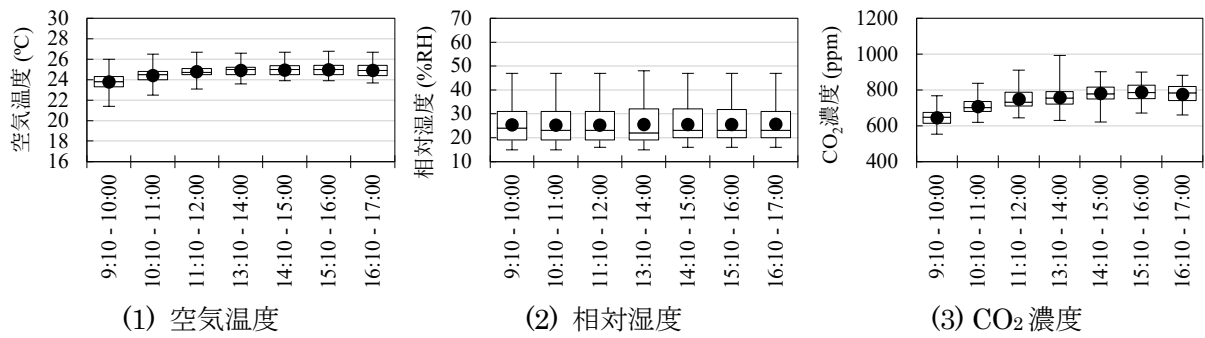


図 3-1-80 室内環境の特別結果 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

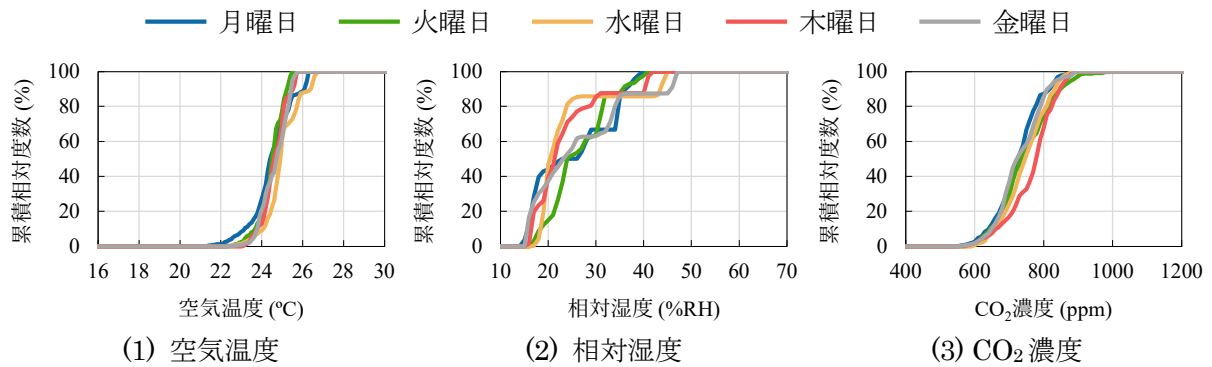


図 3-1-81 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

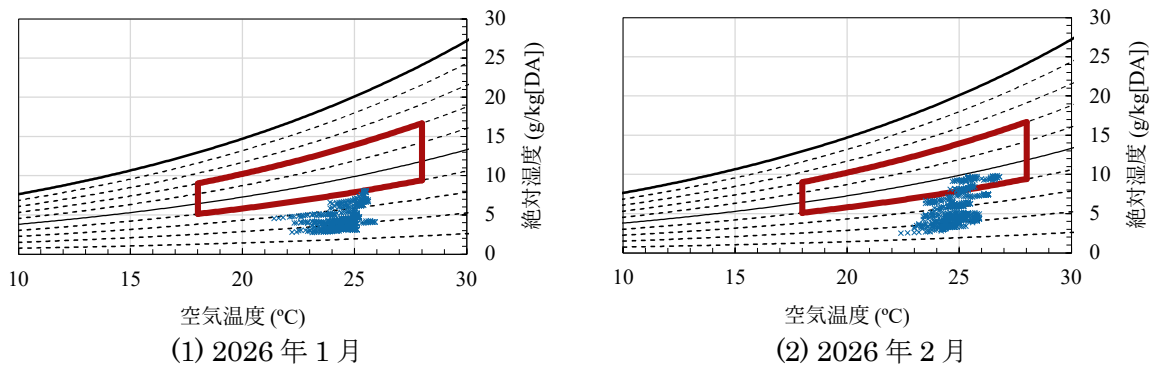


図 3-1-82 室内空気温湿度 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

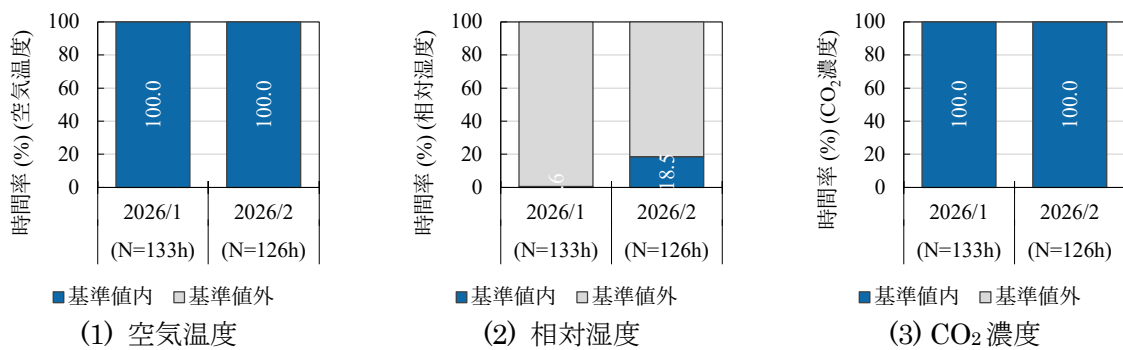


図 3-1-83 基準値内時間率 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

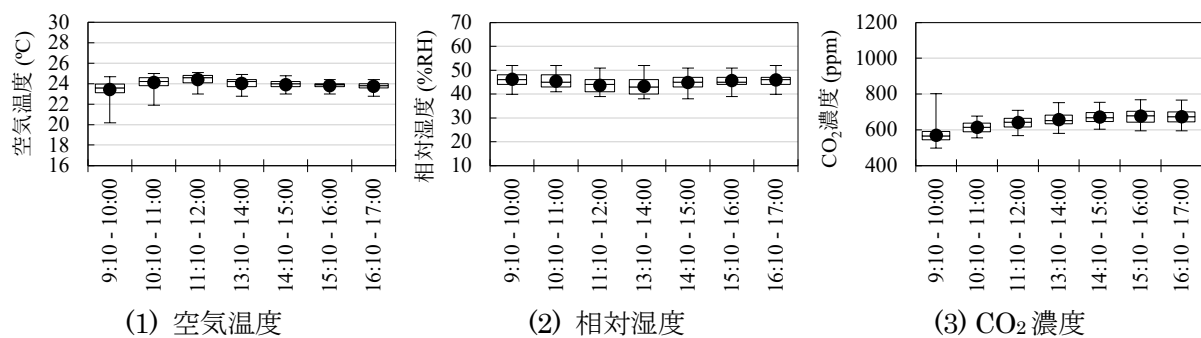


図 3-1-84 室内環境の特別結果 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

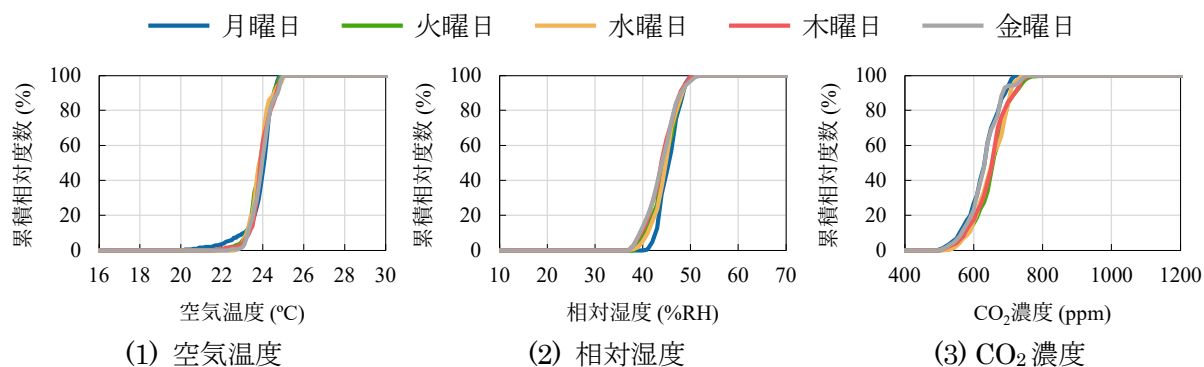


図 3-1-85 室内環境の曜日別結果 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

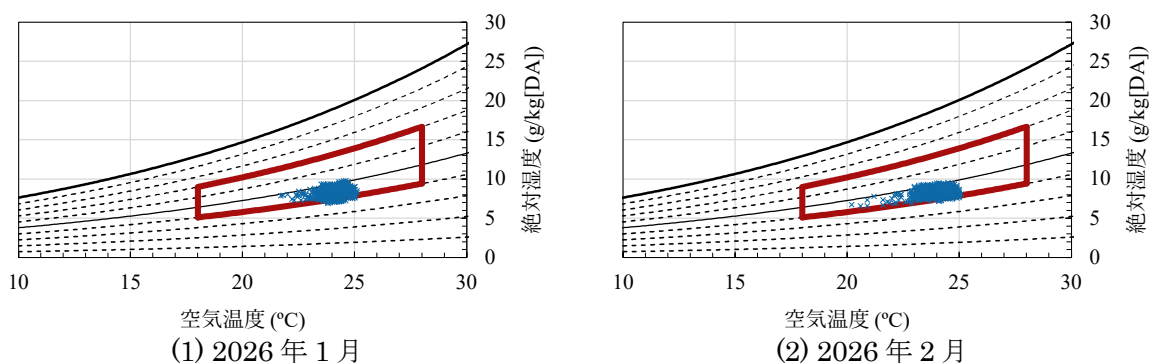


図 3-1-86 室内空気温湿度 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

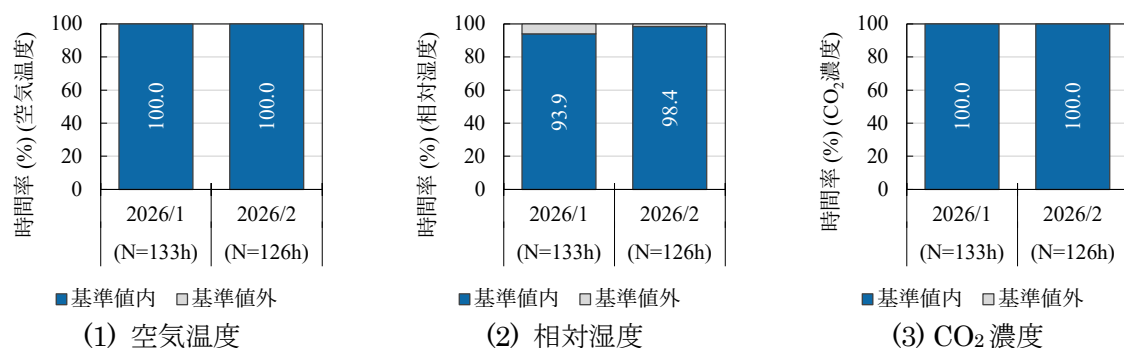


図 3-1-87 基準値内時間率 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

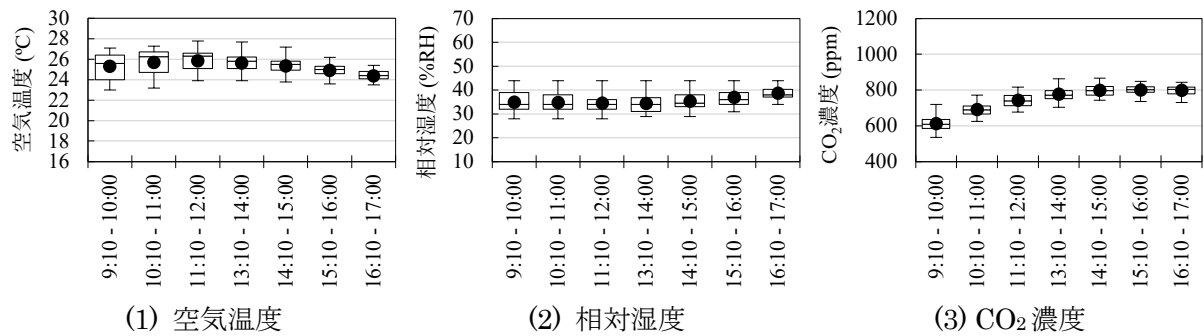


図 3-1-88 室内環境の特別結果 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

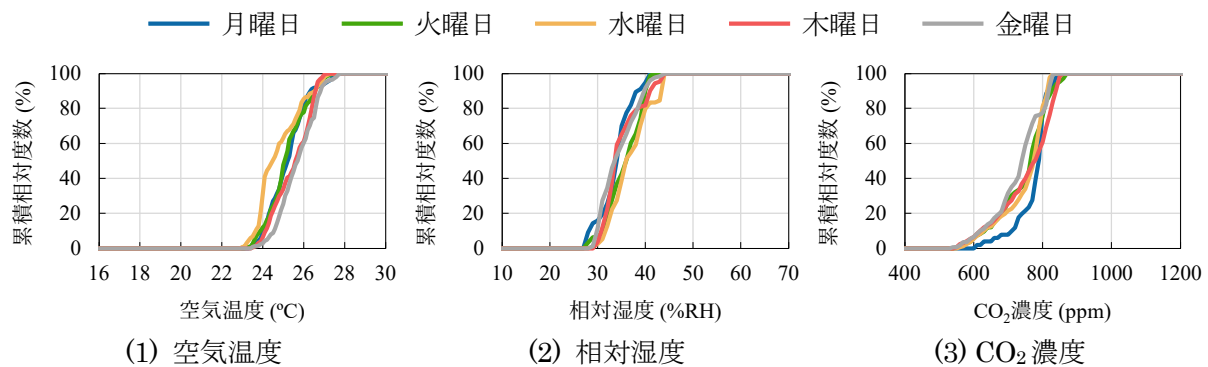


図 3-1-89 室内環境の曜日別結果 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

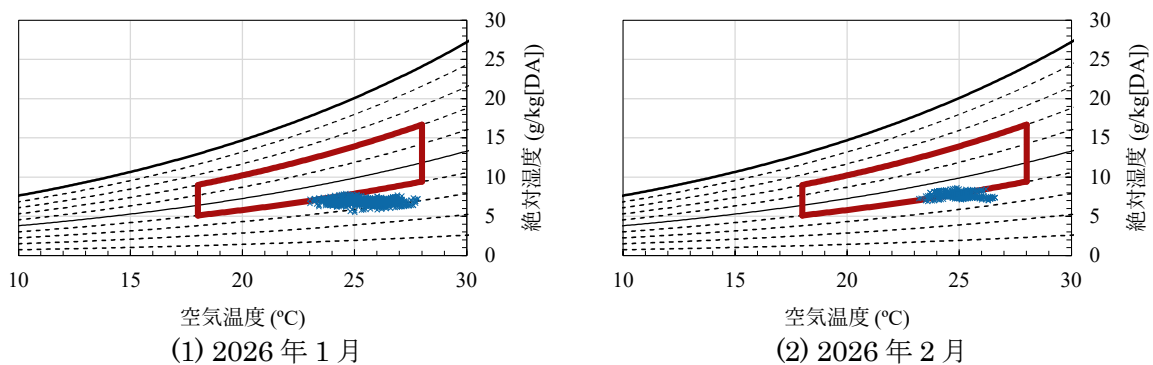


図 3-1-90 室内空気温湿度 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

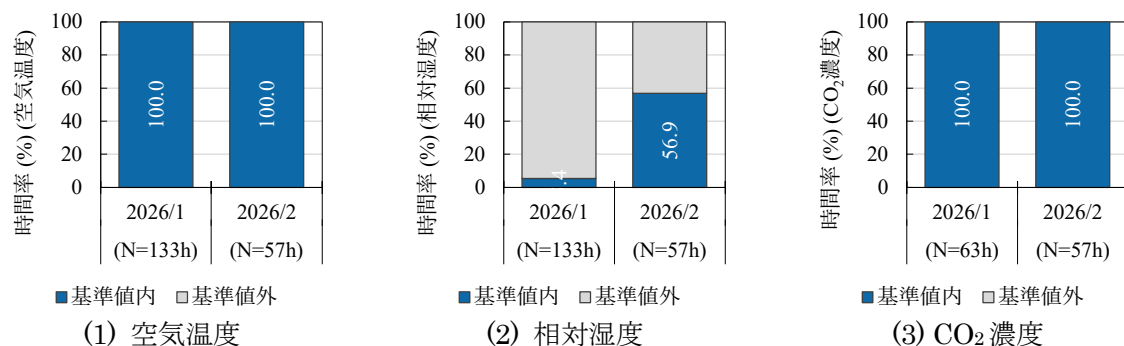


図 3-1-91 基準値内時間率 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

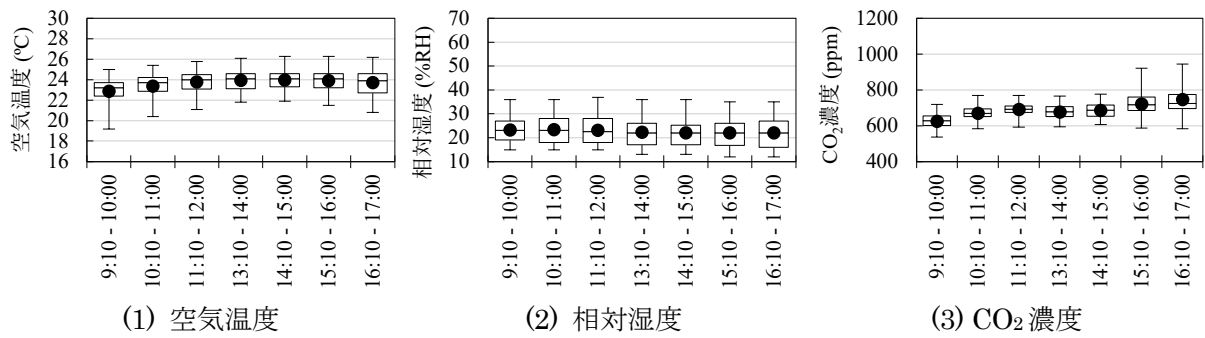


図 3-1-92 室内環境の特別結果 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

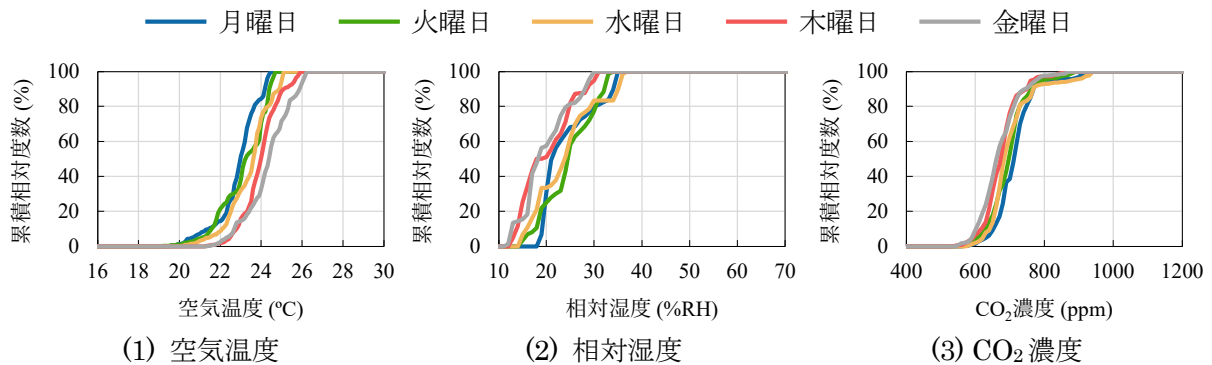


図 3-1-93 室内環境の曜日別結果 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

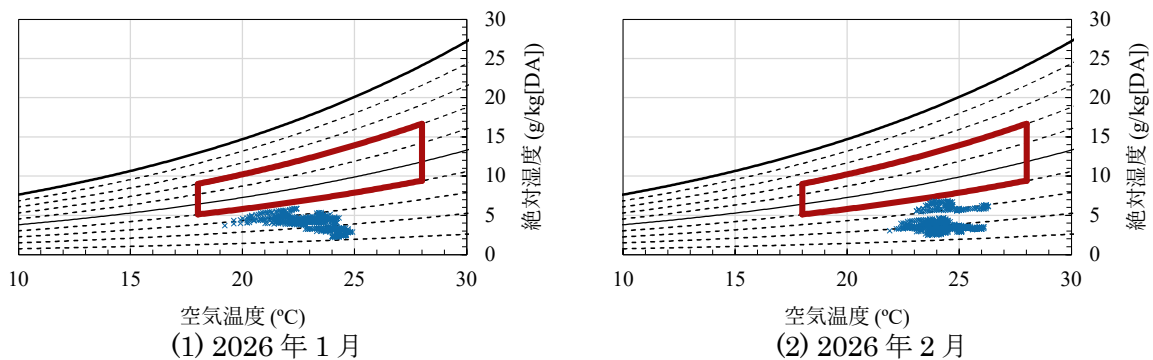


図 3-1-94 室内空気温湿度 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

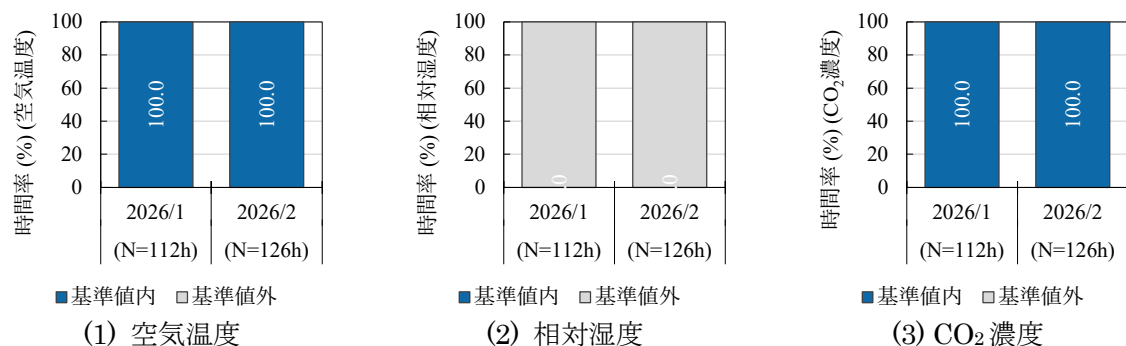


図 3-1-95 基準値内時間率 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

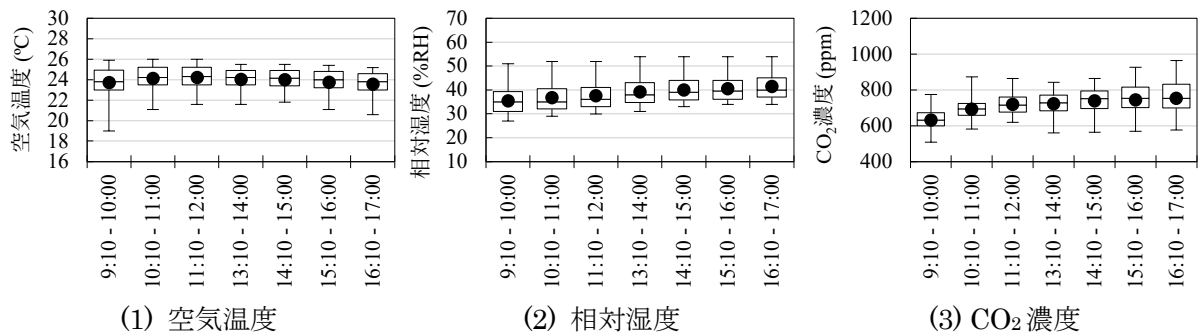


図 3-1-96 室内環境の特別結果 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

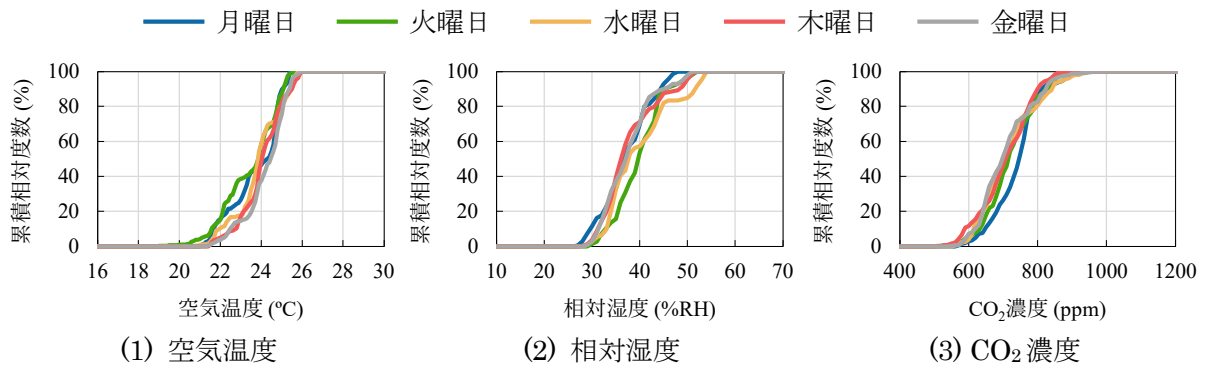


図 3-1-97 室内環境の曜日別結果 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

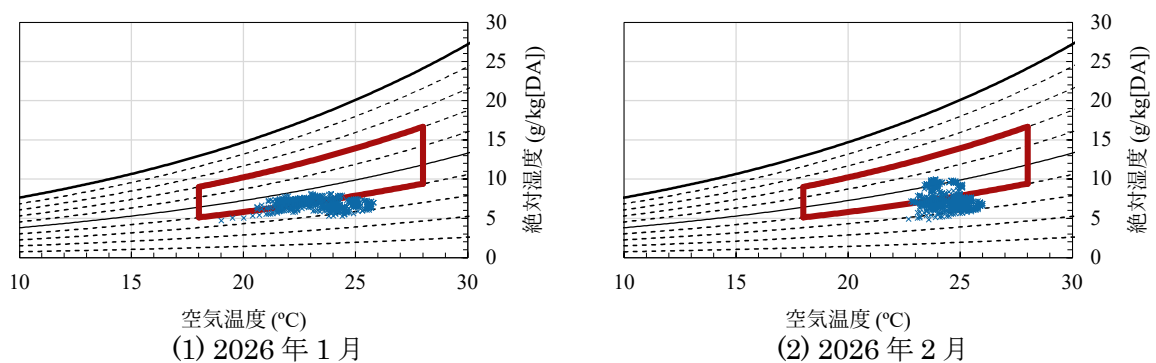


図 3-1-98 室内空気温湿度 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

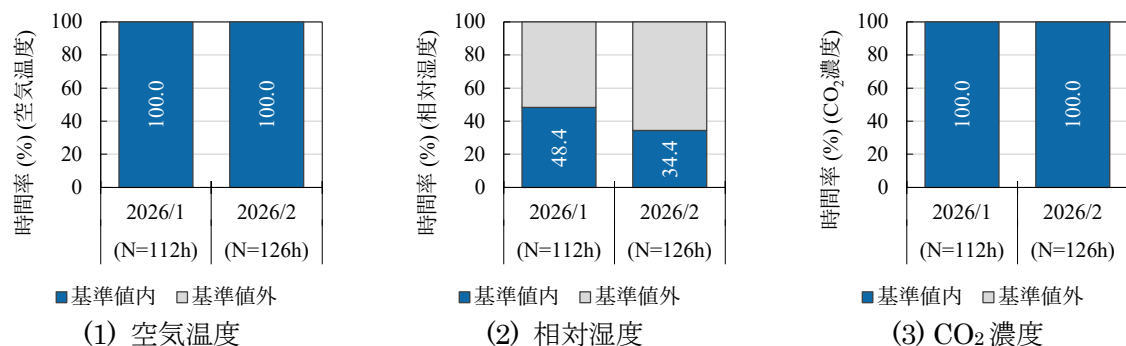


図 3-1-99 基準値内時間率 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

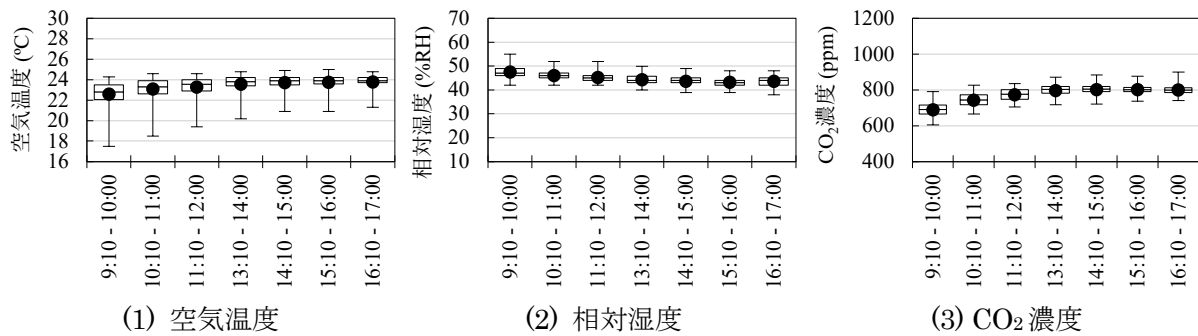


図 3-1-100 室内環境の特別結果 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

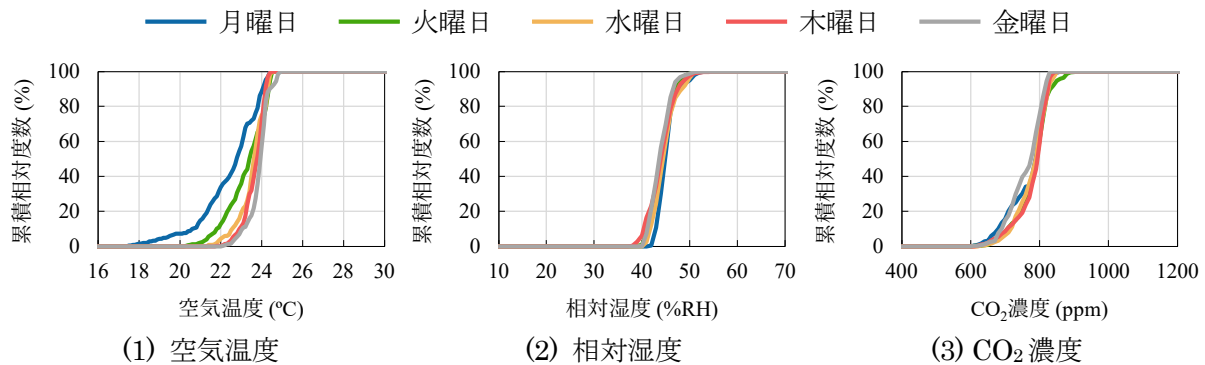


図 3-1-101 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

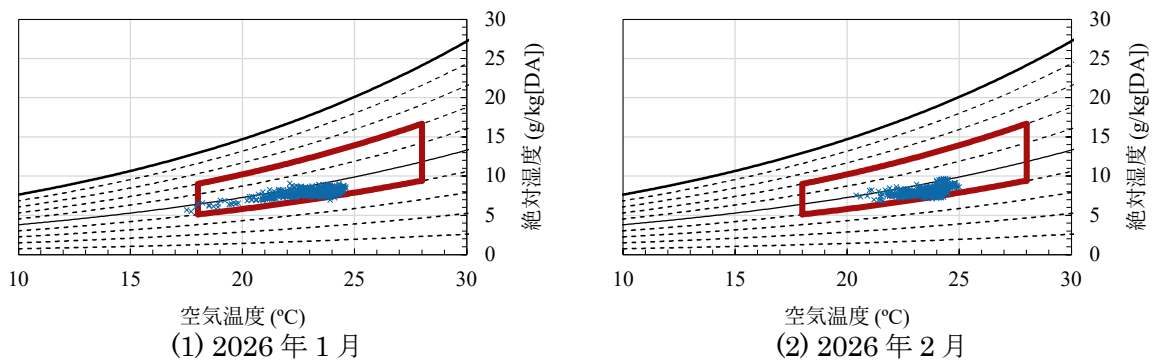


図 3-1-102 室内空気温湿度 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

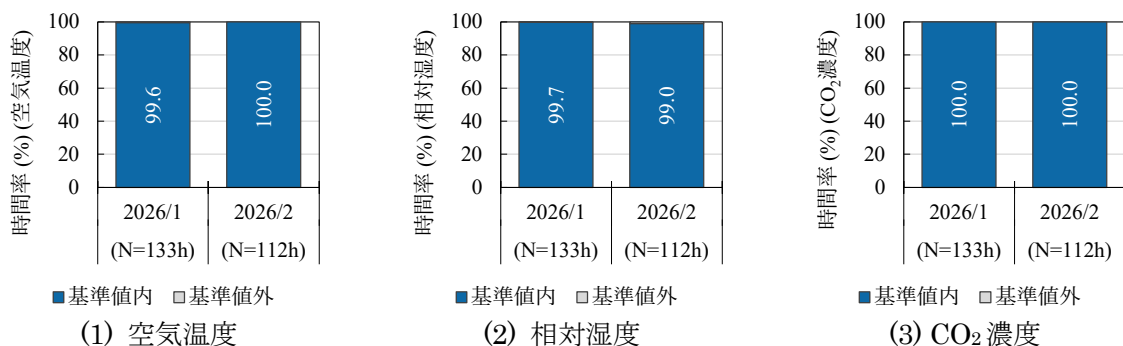


図 3-1-103 基準値内時間率 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

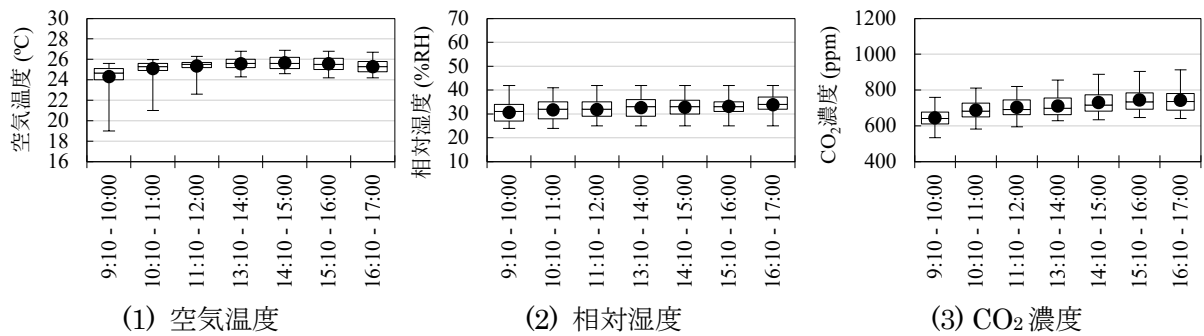


図 3-1-104 室内環境の特別結果 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

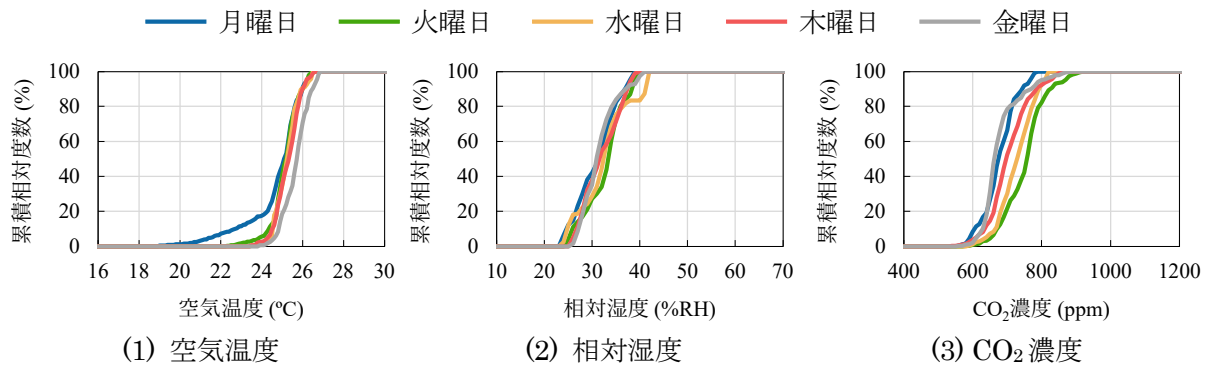


図 3-1-105 室内環境の曜日別結果 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

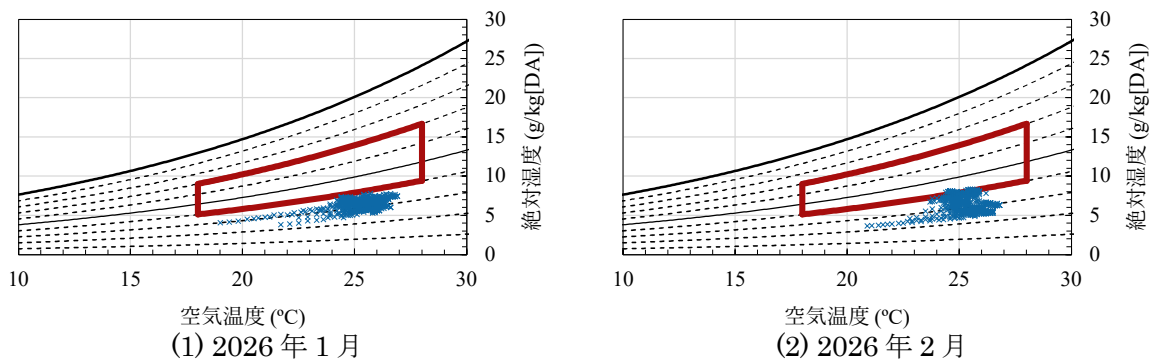


図 3-1-106 室内空気温湿度 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

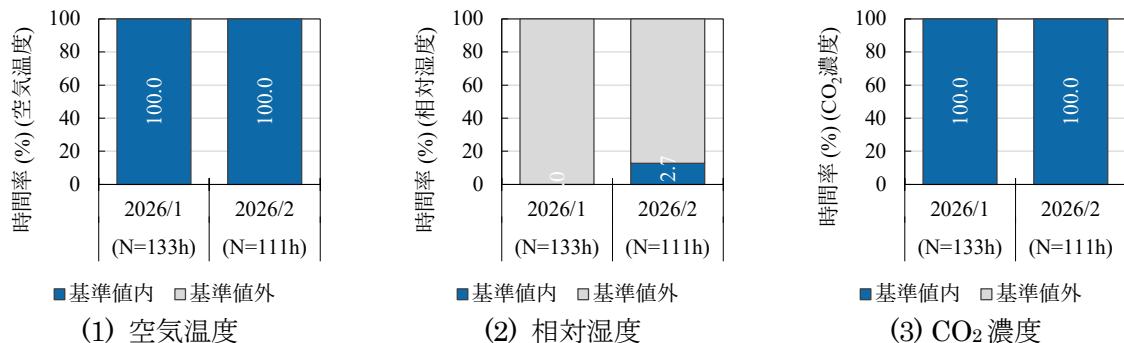


図 3-1-107 基準値内時間率 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

3-2. 現場立入測定・法定測定と小型測定器の比較検討

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、興行場、百貨店、店舗、事務所、学校等に供される部分の延床面積が 3000m²以上の建築物（以降、特定建築物）において、空気環境の調整、給水及び排水の管理、清掃、ねずみ、昆虫等の防除に関して必要な措置を定めることが規定されている¹⁾。空気環境の調整については、建築物環境衛生管理基準の 7 項目の内、6 項目を 2 か月以内ごとに 1 回測定することとなっている。現行の空気環境測定は測定技術者の立入により行われているが、小型かつ軽量で連続的に空気環境が測定可能な「小型測定器」の普及といった背景から、小型測定器の建築物環境衛生管理への活用可能性について検討が求められている。

衛生行政報告例によると、二酸化炭素の含有率（以降、CO₂濃度）、温度、湿度の不適合率（＝不適合件数／調査件数）が高く、2023 年度は CO₂濃度が 22.8%、温度が 35.0%、湿度が 63.9%であった²⁾。これらの項目は小型測定器の普及により比較的容易にデータが取得可能であり、筆者らの先行研究では現行の建築物衛生法に規定される測定法（以降、現行測定法）と小型測定器による測定法は多くの場合で空気温度が±0.5K、相対湿度が±5%RH、CO₂濃度が±50ppm以内の精度で測定できることを示した³⁾。また、海塩らは、BEMS（Building Energy Management Systems）は測定の時間的解像度が高いという利点を活用し、逸脱時間割合（＝基準を逸脱している時間／総測定時間）により空気環境を評価している⁴⁾。これは小型測定器でも評価可能であり、小型測定器や BEMS による空気環境管理の活用可能性を示してきた。

本節では、先行研究に引き続き、連続測定が可能な小型測定器と現行測定法の測定値の比較により、建築物環境衛生管理への小型測定器の活用可能性について検討する。

B. 研究方法

表 2-1-1 に示す 7 件を対象に 2024 年秋期（10 月）、2025 年冬期（1～3 月）、2025 年夏期（8 月）と 2026 年冬期（2 月）の代表 1 日に現場立

入による現行測定法に準じた空気環境 6 項目測定（以降、現場立入測定）を実施した。現場立入測定には柴田科学社製の「室内環境測定セット IES-5000」と日本カノマックス社製の「オートビルセット III Model 2100」を用い、1 分間隔で 20 分測定した。また、表 2-1-1 に示す 7 件の内、特定建築物ではない E ビルを除く建築物 6 件の建築物から建築物衛生法の環境衛生管理基準に従って 2 か月以内ごとに 1 回実施されている測定（以降、法定測定）による測定値を入手した。

分析は現場立入測定・法定測定による測定値と小型測定器による測定値を比較した。これらの比較は現場立入測定若しくは法定測定の測定値に対して小型測定器の温度が±0.5K、相対湿度が±5%RH、CO₂濃度が±50ppm 以内の値である場合に両者は同値であると見なし、全測定回数に対する同値である測定回数の比率（以降、一致率）で評価した。なお、本比較を行う小型測定器は CO₂濃度の自動校正機能を On としたものを対象とした。

C. 研究結果

C.1. 現場立入測定と小型測定器の比較

2024 年秋期の各建物の測定結果を図 3-2-1～図 3-2-4、2025 年冬期の各建物の測定結果を図 3-2-5～図 3-2-12、2025 年夏期の各建物の測定結果を図 3-2-13～図 3-2-22、2026 年冬期の各建物の測定結果を図 3-2-23～図 3-2-32 に示す。また、2024 年秋期に測定したすべての建物の結果を図 3-2-33、2025 年冬期に測定したすべての建物の結果を図 3-2-34、2025 年夏期に測定したすべての建物の結果を図 3-2-35、2026 年冬期に測定したすべての建物の結果を図 3-2-36 に示す。図 3-2-33～図 3-2-36 は 1 回の測定を 1 プロットで示しており、現場立入測定の測定値は 2 機種の平均値、小型測定器の測定値は 3 種の小型測定器の中央値をプロット、最高値・最低値をエラーバーで示している。3 種の小型測定器の中央値に着目すると、2024 年秋期・2025 年冬期・2025 年夏期・2026 年冬期の一致率は空気温度が 25%・50%・20%・30%、相対湿度が 50%・100%・80%・100%、CO₂濃度が 25%・13%・30%・20%であり、最高値と最低値

も含めた 2024 年秋期・2025 年冬期・2025 年夏期・2026 年冬期の一致率は空気温度が 38%・35%・22%・44%、相対湿度が 50%・90%・74%・96%、CO₂ 濃度が 38%・15%・33%・16%であった。

空気温度の一致率は冬期に高い傾向が見られた。2025 年夏期に着目すると、3 種の小型測定器の中央値はすべて現場立入測定と比較して高く、3 種の小型測定器の最高値・最小値を含めても全 30 データの内、28 データで現場立入測定と比較して高かった。小型測定器はその仕様により、機器自体の内部発熱の影響を受ける可能性もある。相対湿度の一致率は冬期に高い傾向が見られた。空気温度の影響を受け、高温環境ほど空気温度の差が相対湿度に与える影響が大きいことから、夏期の一致率が低くなったと考えられる。CO₂ 濃度の一致率は特に冬期の一致率が低くなっているが、小型測定器による測定値が全体的に低い傾向が見られた。これは、小型測定器の自動校正の値が 400ppm であり、近年の外気 CO₂ 濃度と比較して低い値で校正していることが一致率低下の一要因と考えられる。外気 CO₂ 濃度は夏期よりも冬期の方が高く、冬期の比較ではその影響が大きく表れた可能性がある。

C.2. 法定測定と小型測定器の比較

法定測定と小型測定器の比較結果を図 3-2-37 に示す。図 3-2-37 も 1 回の測定を 1 プロットで示しており、小型測定器の測定値は 3 種の小型測定器の中央値を示している。3 種の小型測定器の中央値の一致率は空気温度が 29%、相対湿度が 64%、CO₂ 濃度が 24%であった。建物別では、最も一致率が低かったのは空気温度が D ビルの 1F で 0%、相対湿度が F ビルと G ビルで 44%、CO₂ 濃度が G ビルで 6%であった。

相対湿度の一致率は比較的高いが、空気温度と CO₂ 濃度の一致率は低い結果であった。空気温度については、A ビルと B ビルの空気温度に着目すると、いずれも法定測定の値が低い結果となっているが、法定検査帳簿によると、特に A ビルではエントランスの測定を実施してから室内の測定を実施しており、外気の影響が測定に影響を及ぼしている可能性がある。また、CO₂ 濃度については、A ビルの CO₂ 濃度については

法定測定の値が 356ppm や 706ppm となる場合があった。A ビルの 8F と B ビルの CO₂ 濃度については大きく結果が乖離する結果であり、特に A ビルの 8F では、最大 605ppm の差が生じていた。現行の建築物衛生法では浮遊粉じんの量の測定に使用される較正機器にあっては 1 年以内ごとに 1 回、較正を受けることとされているものの、CO₂ 濃度については規定がない。CO₂ 濃度が測定可能な小型測定器には自動校正機能が搭載されているものも多く、このような課題にも対応できると考えられる。

D. まとめ

本節では現場立入測定・法定測定の結果と小型測定器の測定値を一致率という指標を用いて比較することにより、小型測定器による建築物衛生管理への適用可能性について検討した。本研究で測定した建物においては相対湿度は比較的高い一致率であったが、400ppm まで下がらない状況下で CO₂ 濃度の自動校正機能が稼働すると一致率が低くなるという課題が見られた。一方、CO₂ 濃度が測定可能な小型測定器には自動校正機能が搭載されているものも多く、現行の建築物衛生法と比較して精度が高く測定できる可能性を示すことができた。

今後もデータを蓄積し、小型測定器による建築物衛生管理への適用可能性についてエビデンスを示す予定である。

E. 参考文献

- 3) 厚生労働省. 建築物環境衛生管理基準について. <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/> (2025/1/22 アクセス)
- 4) 総務省統計局. 衛生行政報告例. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450027&tstat=000001031469> (2025/2/6 アクセス)
- 5) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. 建築物環境衛生管理への小型連続測定器・BEMS の活用可能性に関する検証. 第 57 回空気調和・冷凍連合講演会; 2024.4.18-19; 東京. 同講演論文集. 20. p.147-152.
- 6) 海塩渉, 鍵直樹, 金勲, 下ノ菌慧, 中野淳太. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考 (第 3 報) ビルエネルギーマネジメントシステム活用による暖冷房期の空気

環境管理. 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-41. p.117-120.

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. 建築物衛生法における環境衛生管理へのデジタル技術活用に向けた研究 第1報—空気環境管理への小型測定器の活用可能

性に関する検証. 空気調和・衛生工学会論文集. 2026;51(350)11-21.

2. 学会発表

なし

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

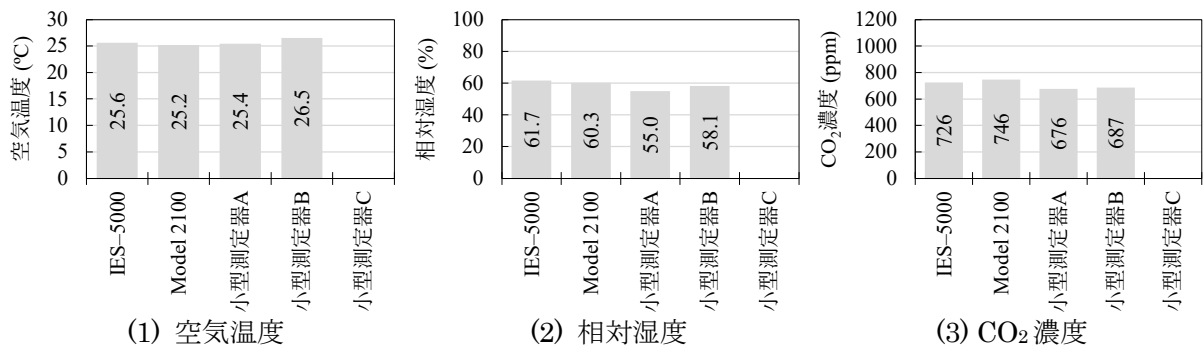


図 3-2-1 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2024/10/22 10:50)

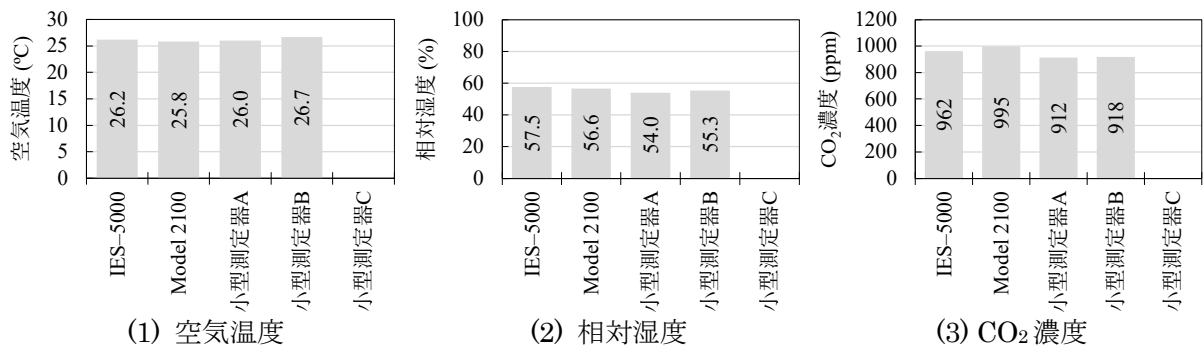


図 3-2-2 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2024/10/22 11:30)

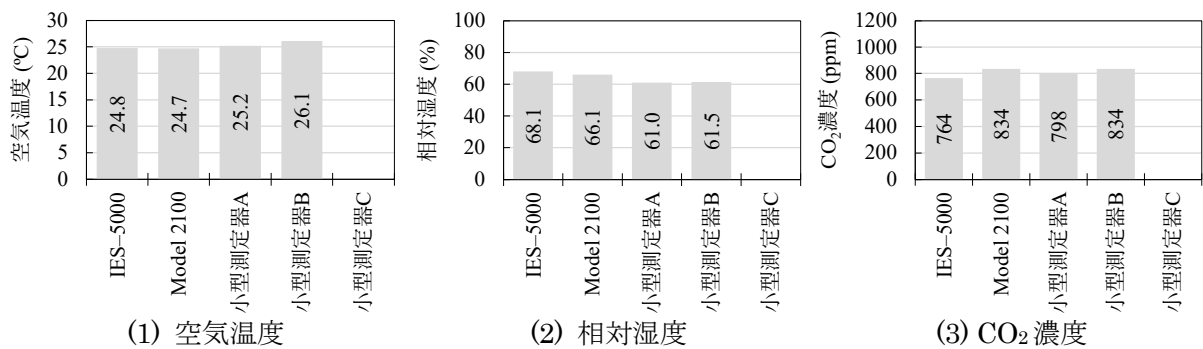


図 3-2-3 現場立入測定と小型測定器の比較 (B ビル, 2024/10/22 14:40)

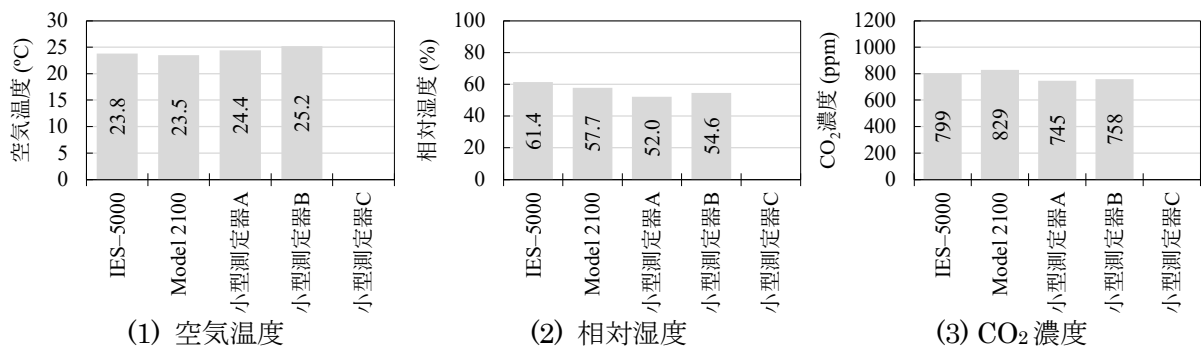


図 3-2-4 現場立入測定と小型測定器の比較 (C ビル, 2024/10/23 11:40)

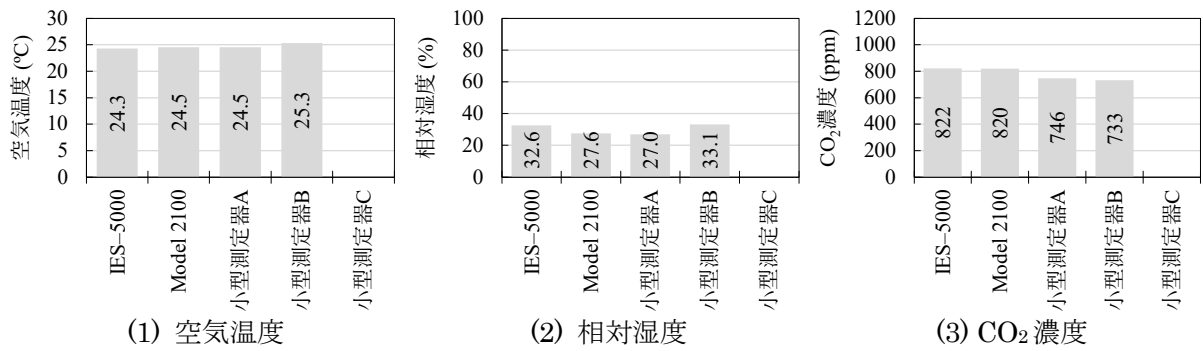


図 3-2-5 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2025/1/29 16:00)

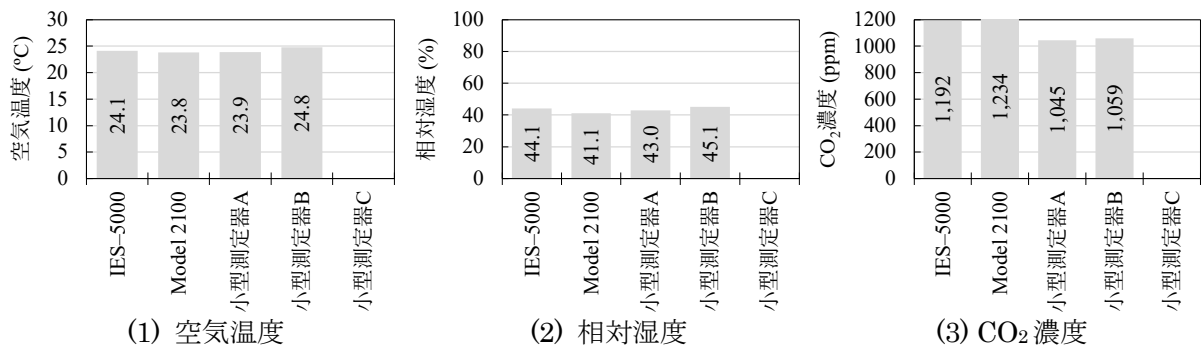


図 3-2-6 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2025/1/29 16:30)

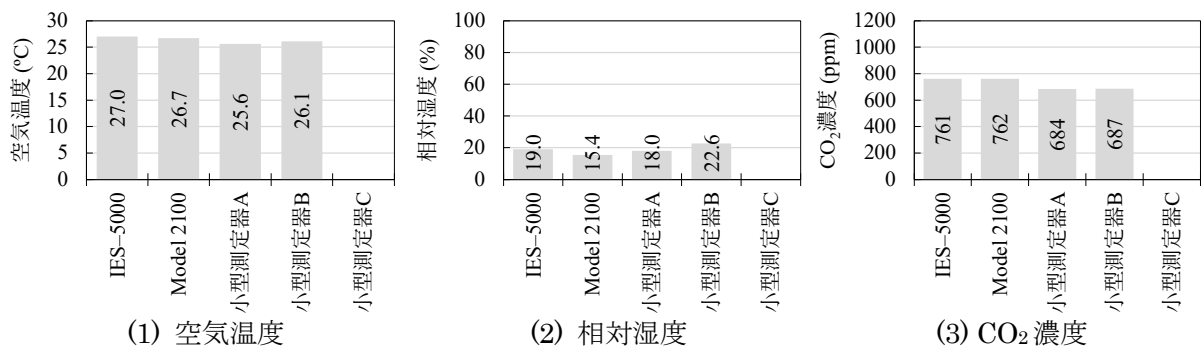


図 3-2-7 現場立入測定と小型測定器の比較 (B ビル, 2025/1/30 10:30)

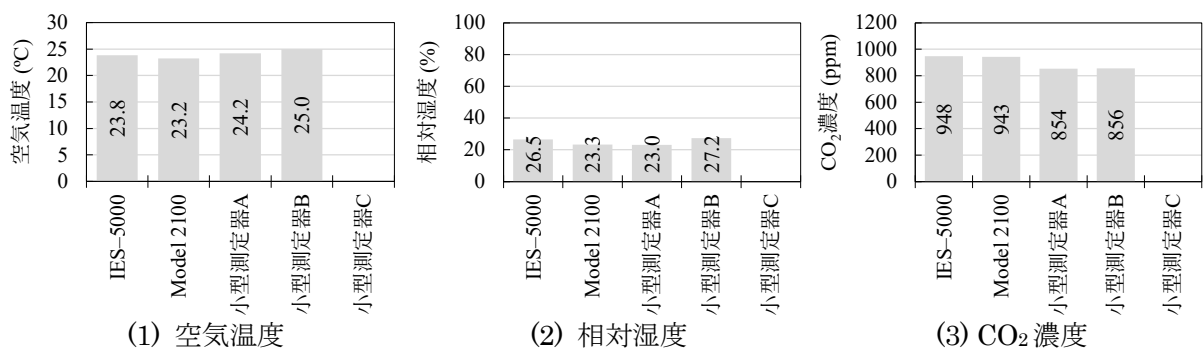


図 3-2-8 現場立入測定と小型測定器の比較 (C ビル, 2025/1/29 13:50)

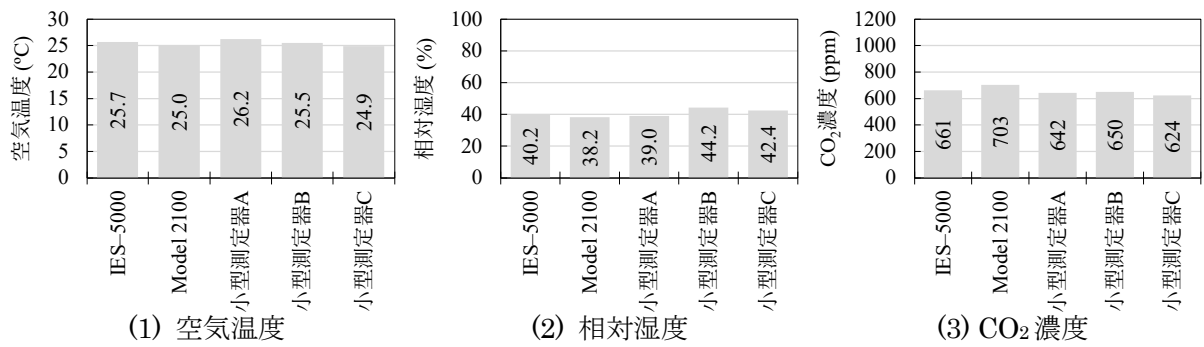


図 3-2-9 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 1F, 2025/2/25 11:20)

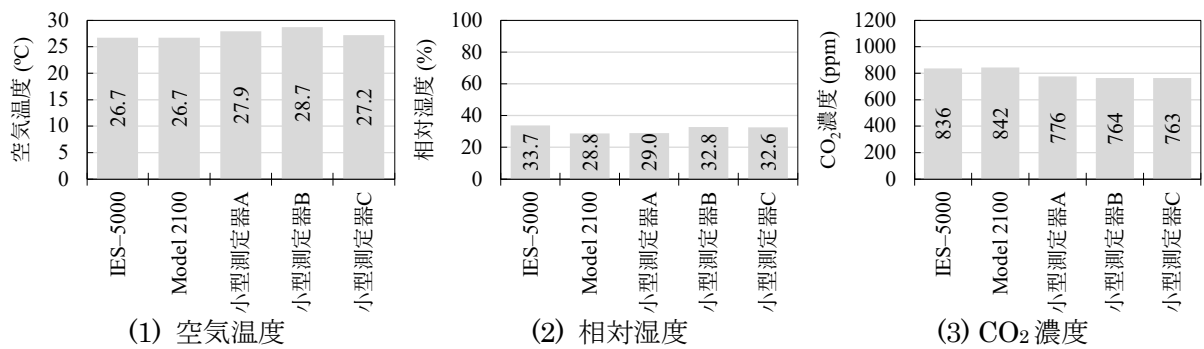


図 3-2-10 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 3F, 2025/2/25 11:00)

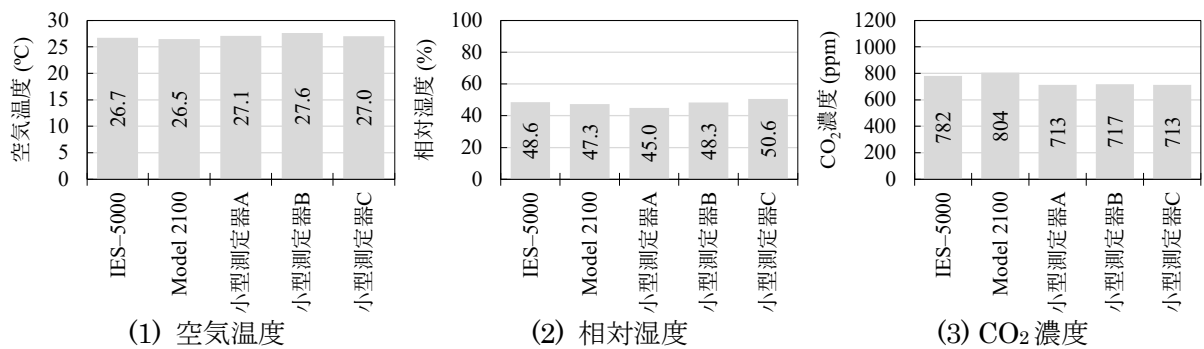


図 3-2-11 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 2F, 2025/3/28 16:10)

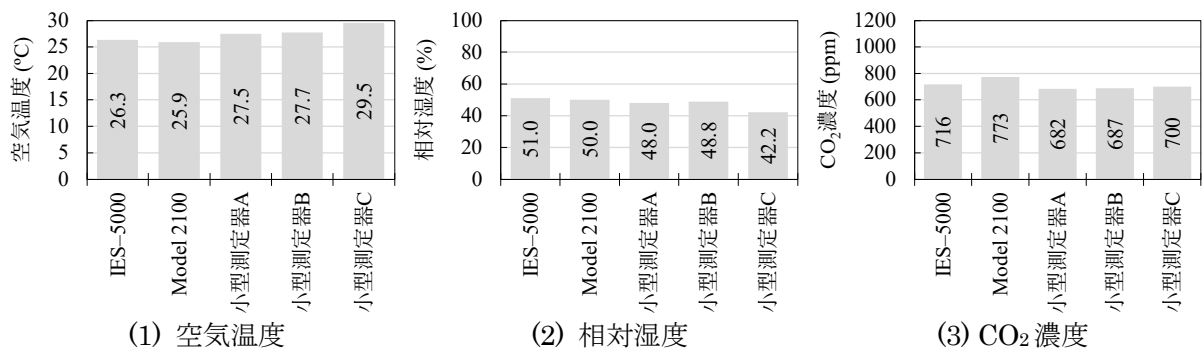


図 3-2-12 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 8F, 2025/3/28 15:40)

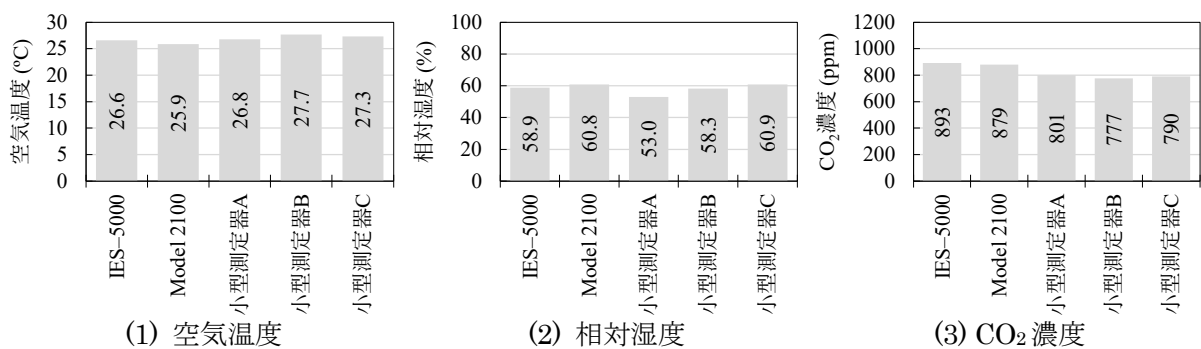


図 3-2-13 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2025/8/28 15:10)

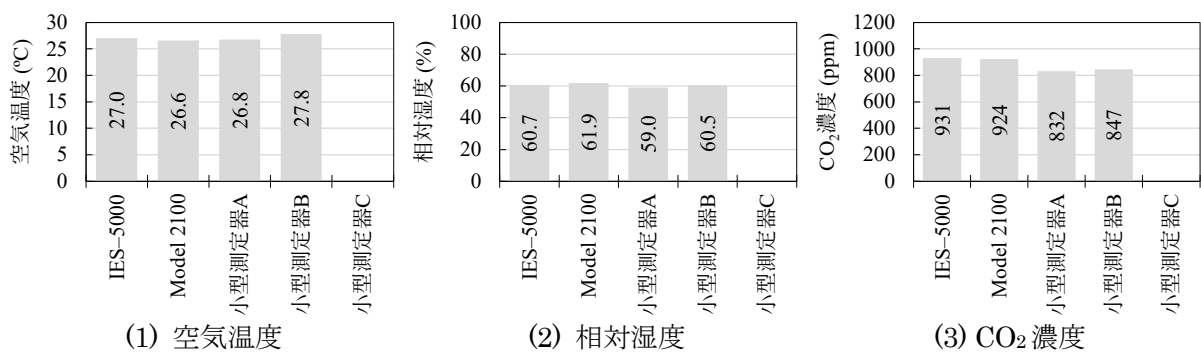


図 3-2-14 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2025/8/28 14:30)

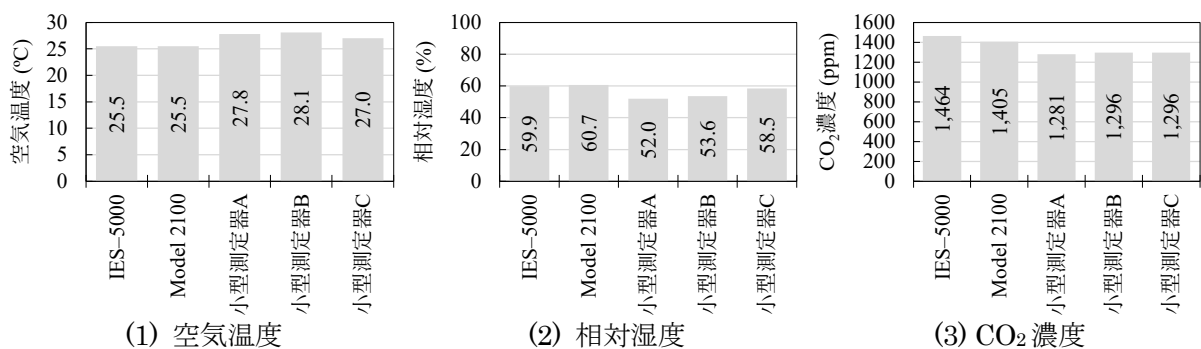


図 3-2-15 現場立入測定と小型測定器の比較 (B ビル, 2025/8/29 13:30)

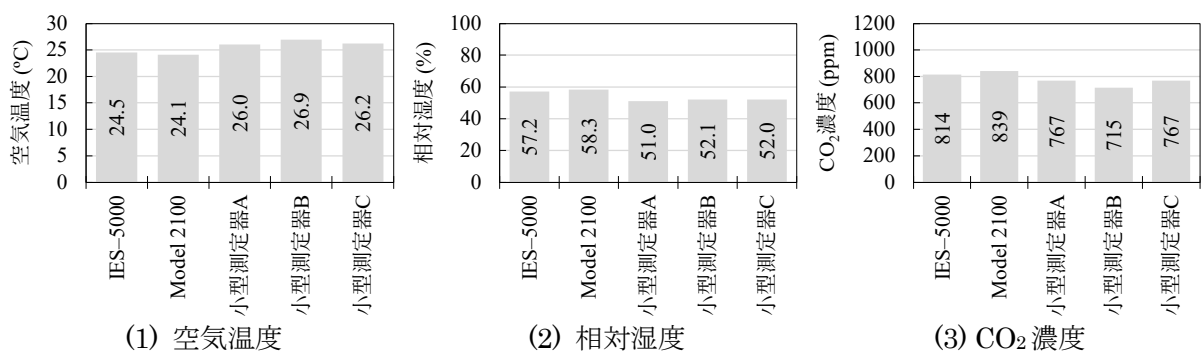


図 3-2-16 現場立入測定と小型測定器の比較 (C ビル, 2025/8/29 10:40)

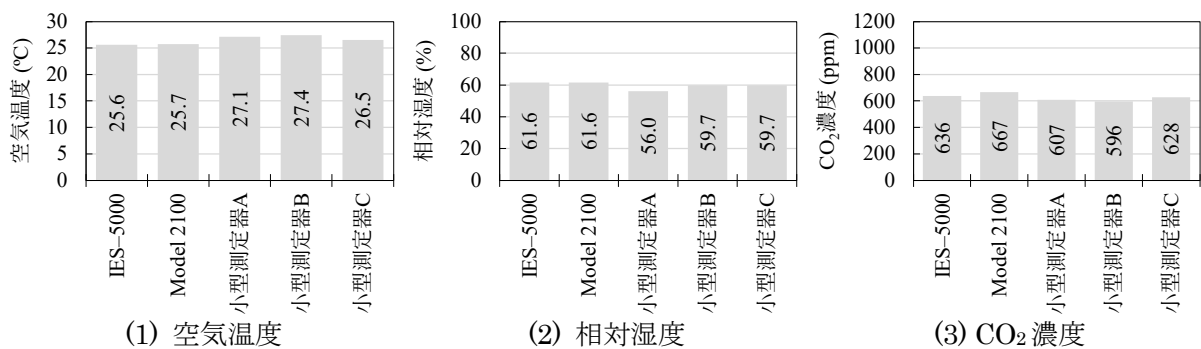


図 3-2-17 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 1F, 2025/8/25 10:50)

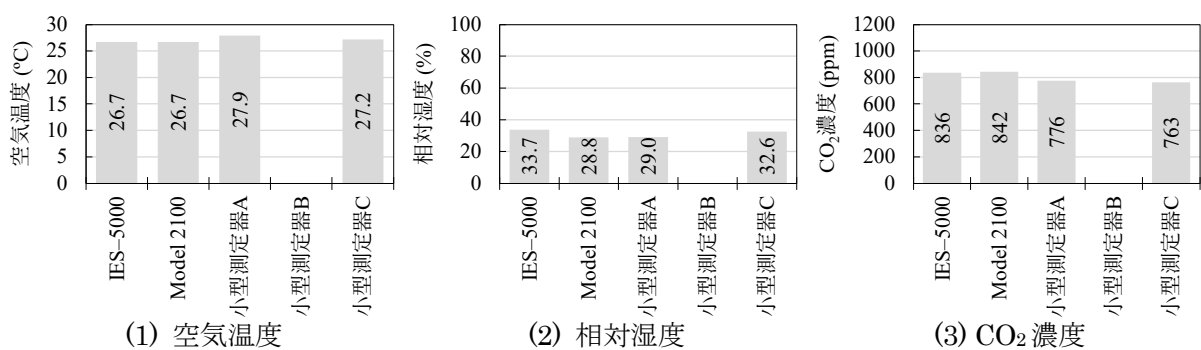


図 3-2-18 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 3F, 2025/8/25 11:40)

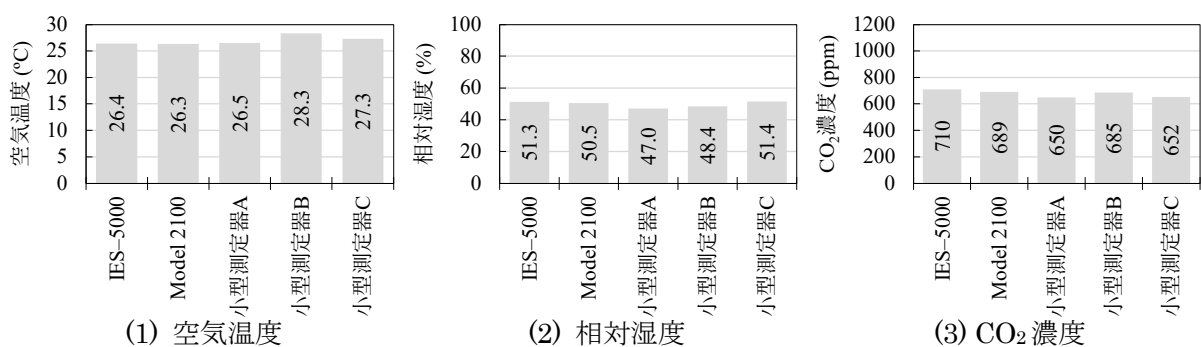


図 3-2-19 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 2F, 2025/8/18 16:30)

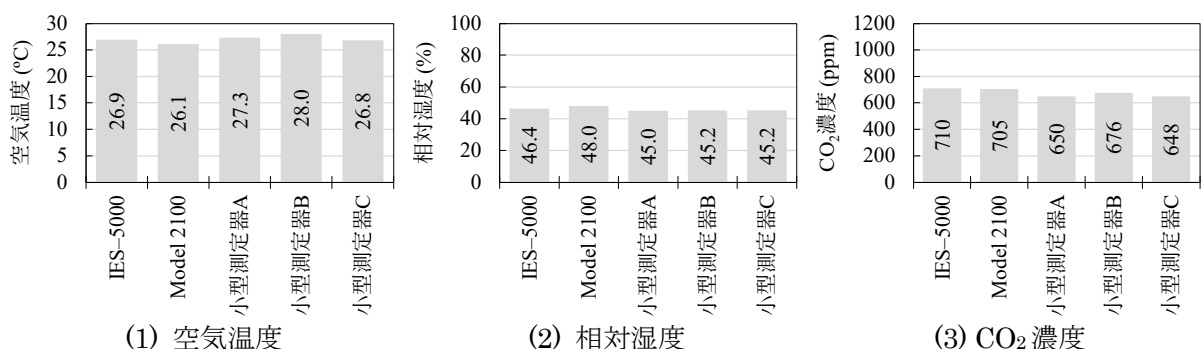


図 3-2-20 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 3F, 2025/8/18 16:00)

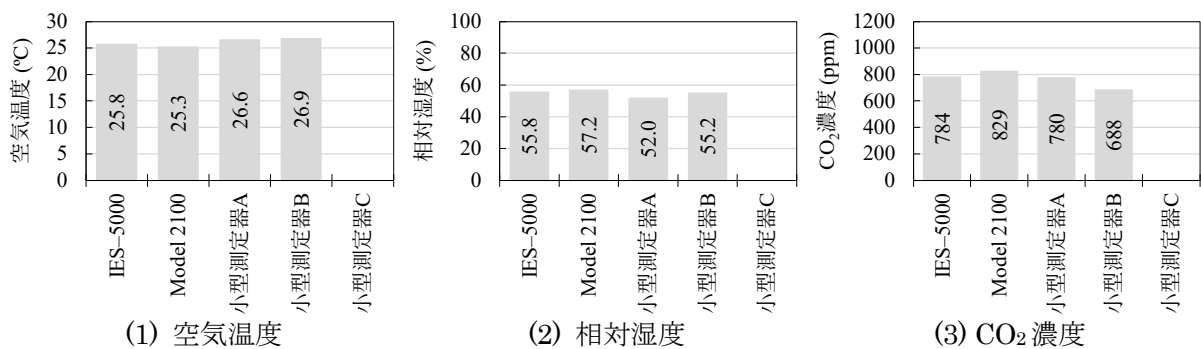


図 3-2-21 現場立入測定と小型測定器の比較 (F ビル, 2025/8/25 15:40)

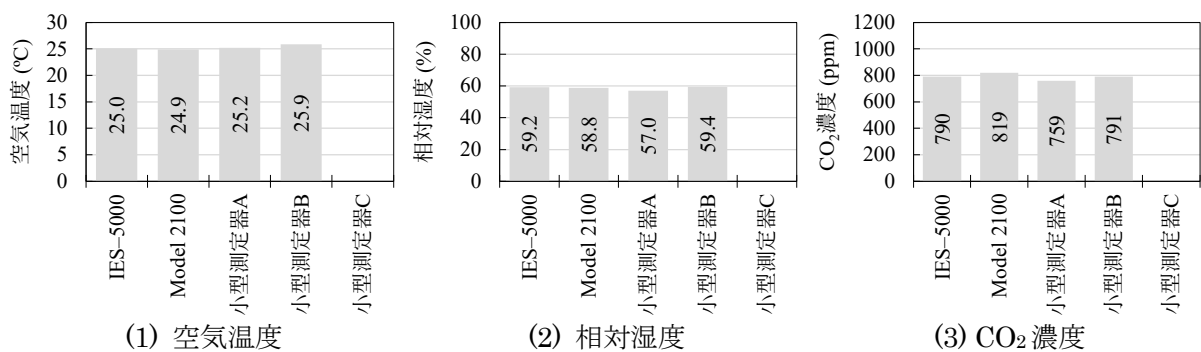


図 3-2-22 現場立入測定と小型測定器の比較 (G ビル, 2025/8/25 16:50)

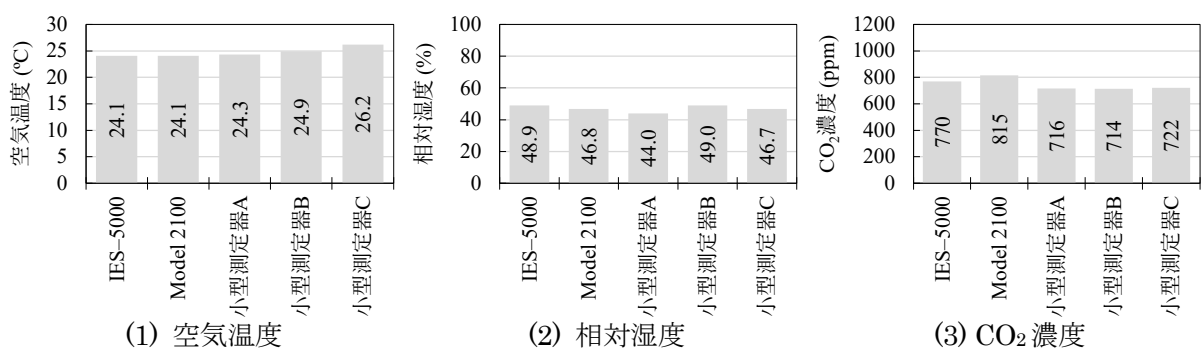


図 3-2-23 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2026/2/26 13:30)

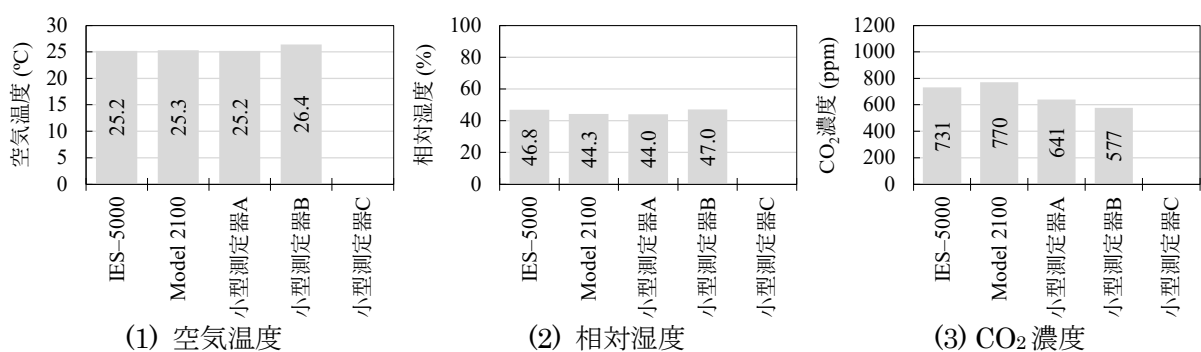


図 3-2-24 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2026/2/26 14:20)

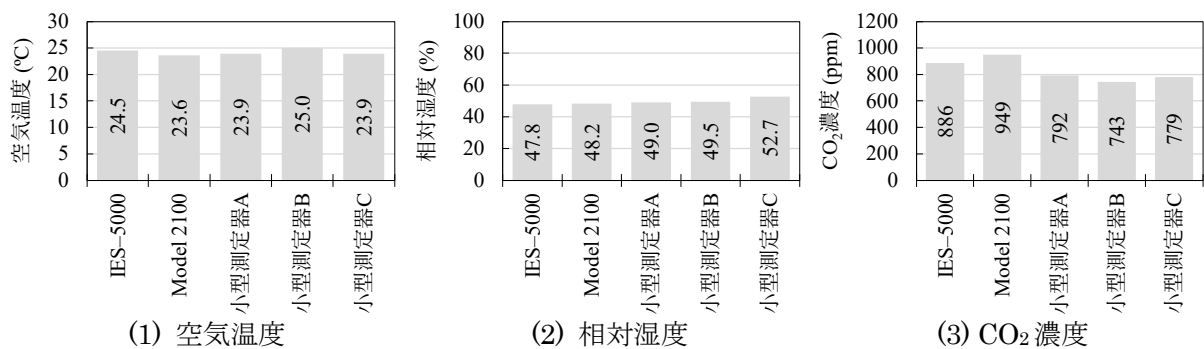


図 3-2-25 現場立入測定と小型測定器の比較 (Bビル, 2026/2/26 10:40)

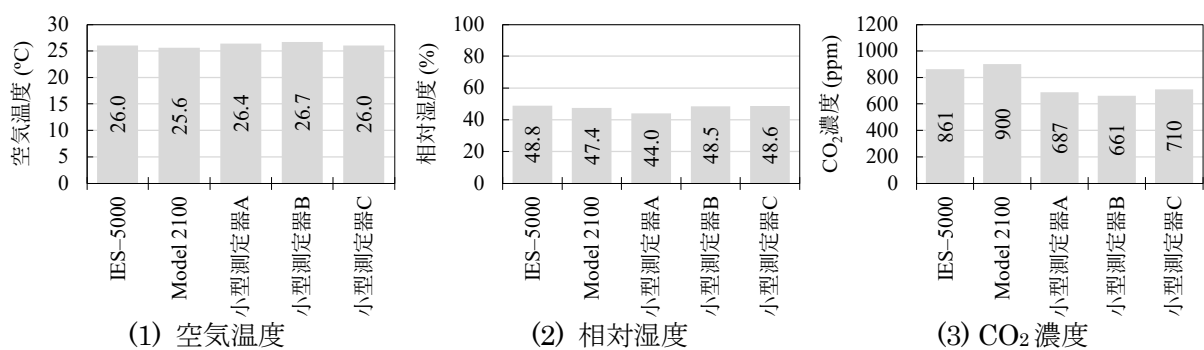


図 3-2-26 現場立入測定と小型測定器の比較 (Cビル, 2026/2/25 10:40)

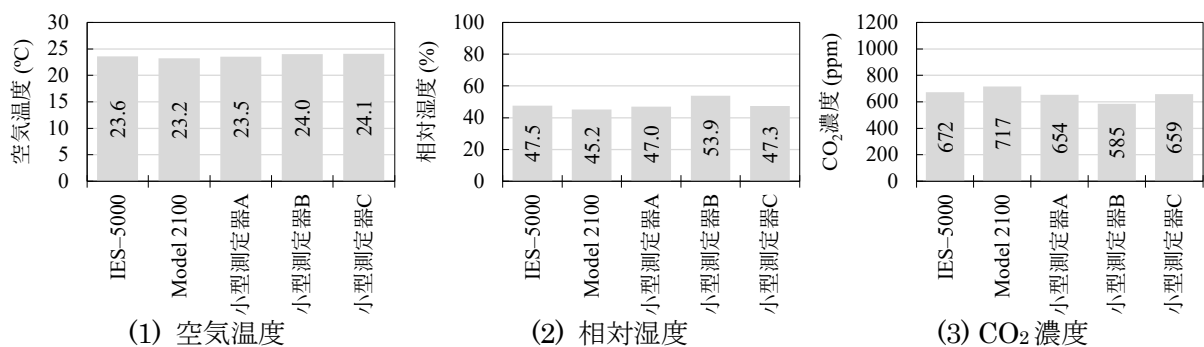


図 3-2-27 現場立入測定と小型測定器の比較 (Dビル 1F, 2026/2/16 14:30)

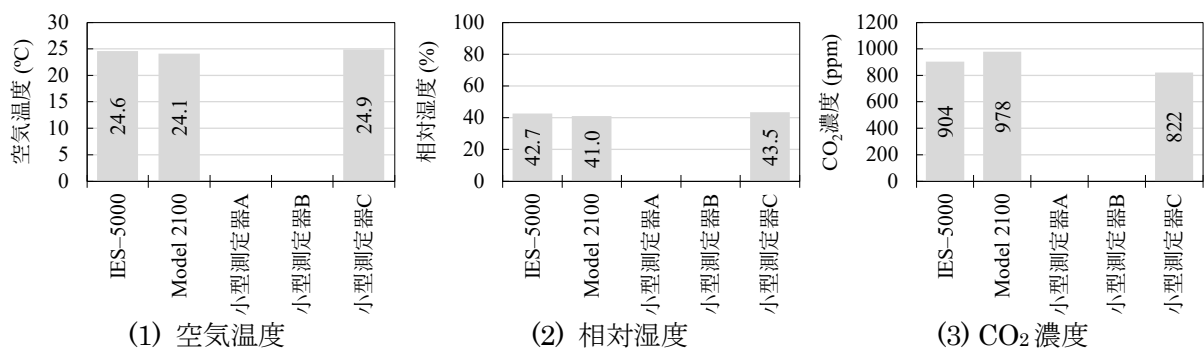


図 3-2-28 現場立入測定と小型測定器の比較 (Dビル 3F, 2026/2/16 15:20)

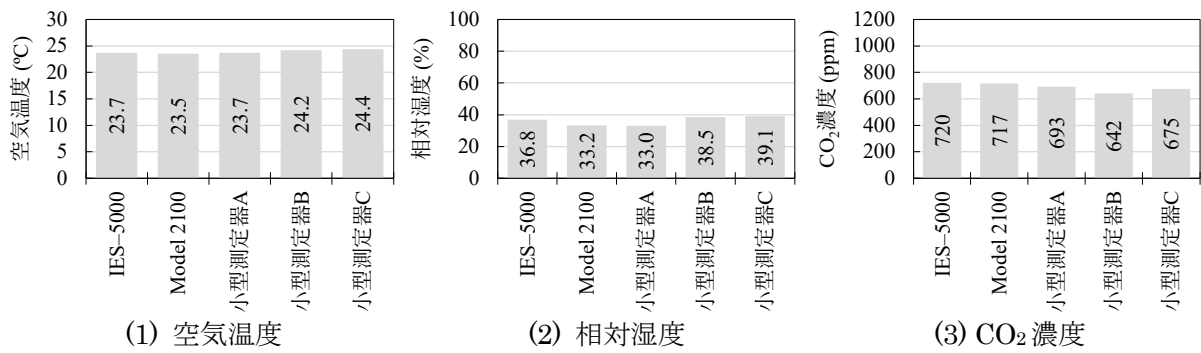


図 3-2-29 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 2F, 2026/2/24 10:30)

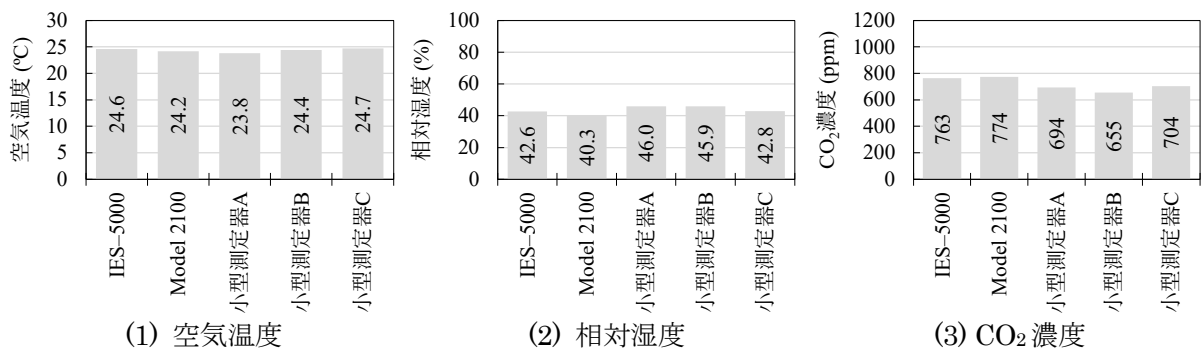


図 3-2-30 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 3F, 2026/2/24 11:20)

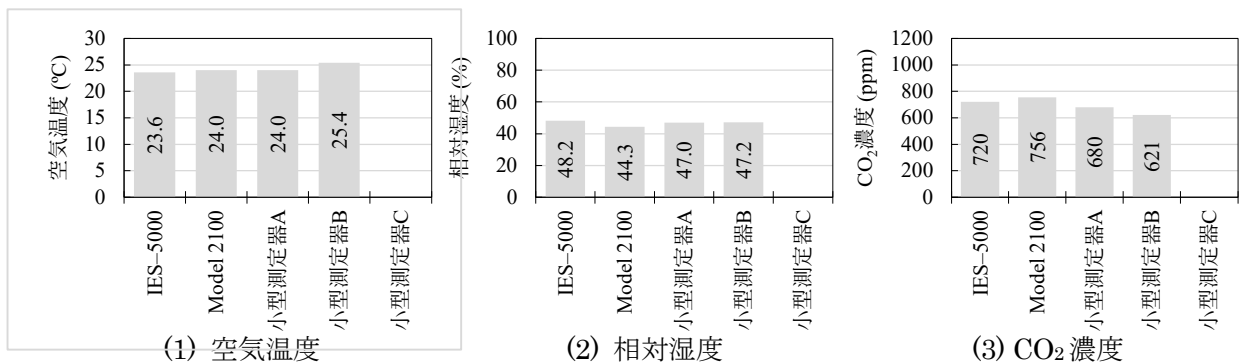


図 3-2-31 現場立入測定と小型測定器の比較 (F ビル, 2026/2/20 10:10)

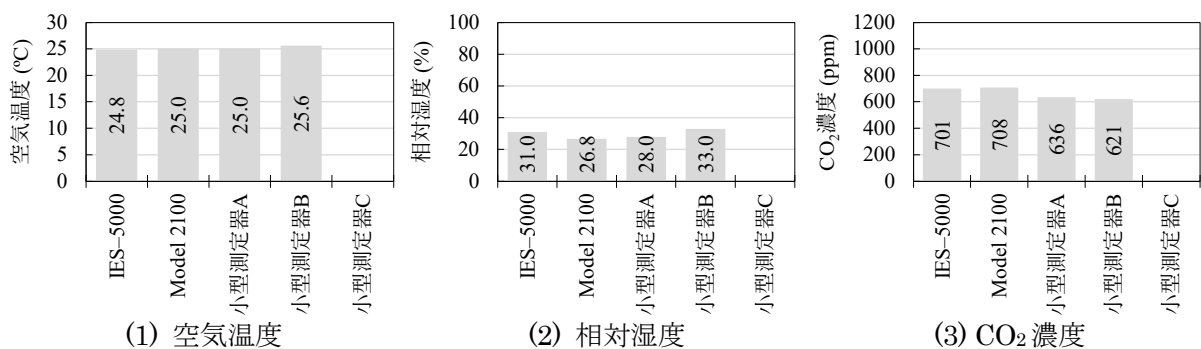
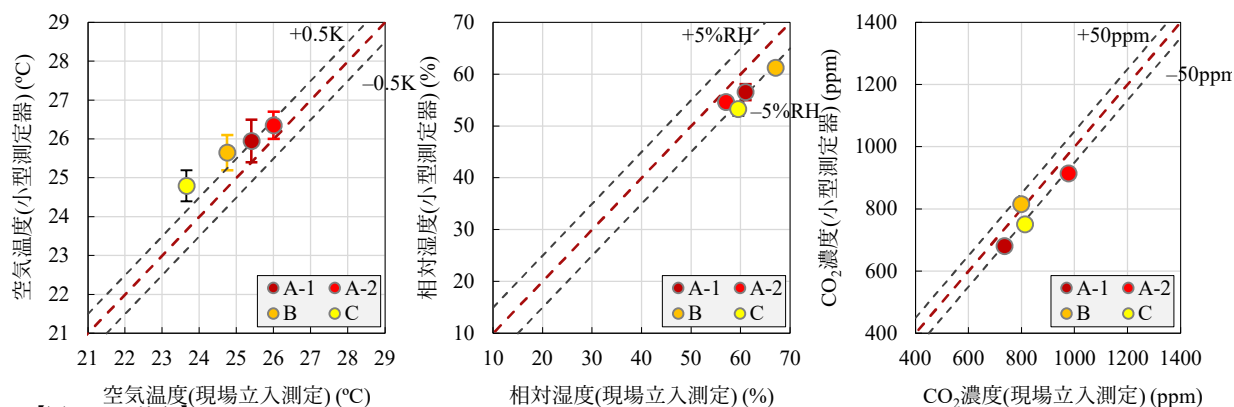


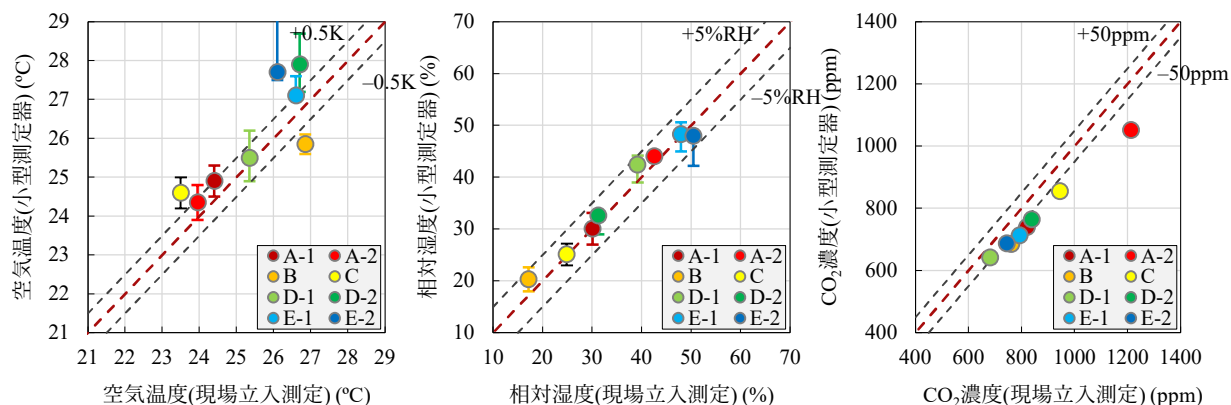
図 3-2-32 現場立入測定と小型測定器の比較 (G ビル, 2026/2/20 10:50)



【図 3-2-33 注記】

- 1) 現場立入測定の値は 20 分間の測定結果から代表瞬時値を選択し、2 種の空気環境 6 項目測定器の平均値を示している。小型測定器の値は現場立入測定で選択した瞬時値と同時刻の測定値を用い、3 種の小型測定器の中央値をプロット、最高値・最低値をエラーバーで示している。
- 2) 凡例は建物記号を示しており、枝番号が小さい方から表 2-2-1 中の測定階のうち低層階を示している。

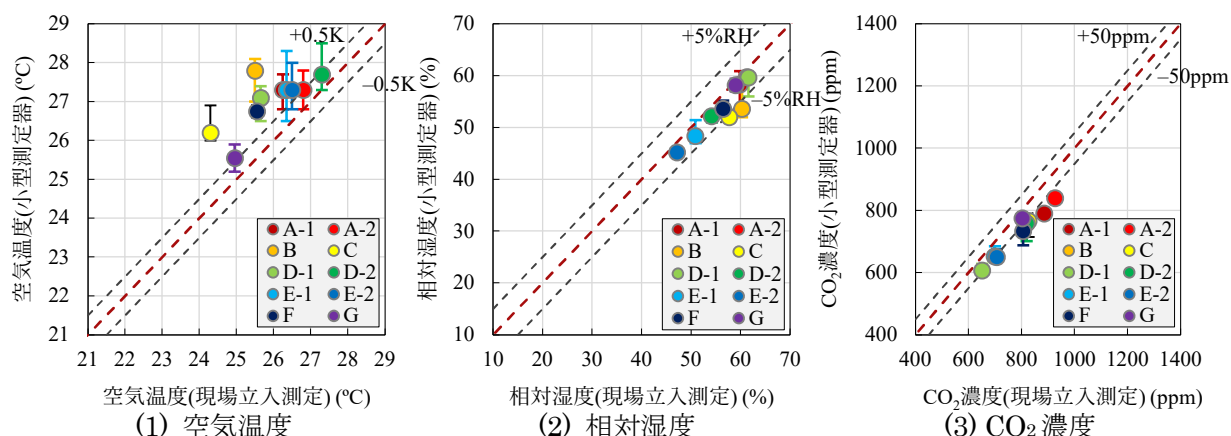
図 3-2-33 現場立入測定と小型測定器の比較 (2024 年秋期)



【図 3-2-34 注記】

- 1) 現場立入測定の値は 20 分間の測定結果から代表瞬時値を選択し、2 種の空気環境 6 項目測定器の平均値を示している。小型測定器の値は現場立入測定で選択した瞬時値と同時刻の測定値を用い、3 種の小型測定器の中央値をプロット、最高値・最低値をエラーバーで示している。
- 2) 凡例は建物記号を示しており、枝番号が小さい方から表 2-2-1 中の測定階のうち低層階を示している。

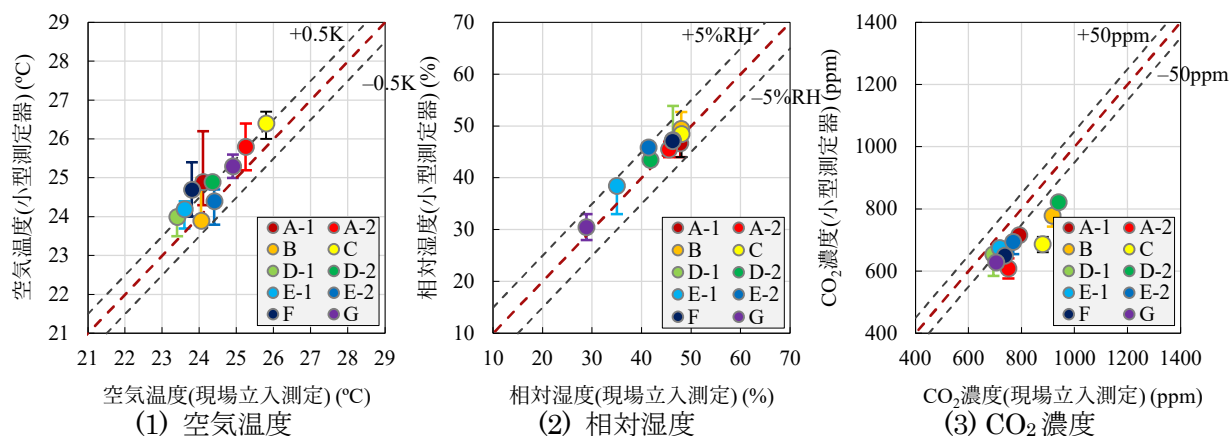
図 3-2-34 現場立入測定と小型測定器の比較 (2025 年冬期)



【図 3-2-35 注記】

- 1) 現場立入測定の値は 20 分間の測定結果から代表瞬時値を選択し、2 種の空気環境 6 項目測定器の平均値を示している。小型測定器の値は現場立入測定で選択した瞬時値と同時刻の測定値を用い、3 種の小型測定器の中央値をプロット、最高値・最低値をエラーバーで示している。
- 2) 凡例は建物記号を示しており、枝番号が小さい方から表 2-2-1 中の測定階のうち低層階を示している。

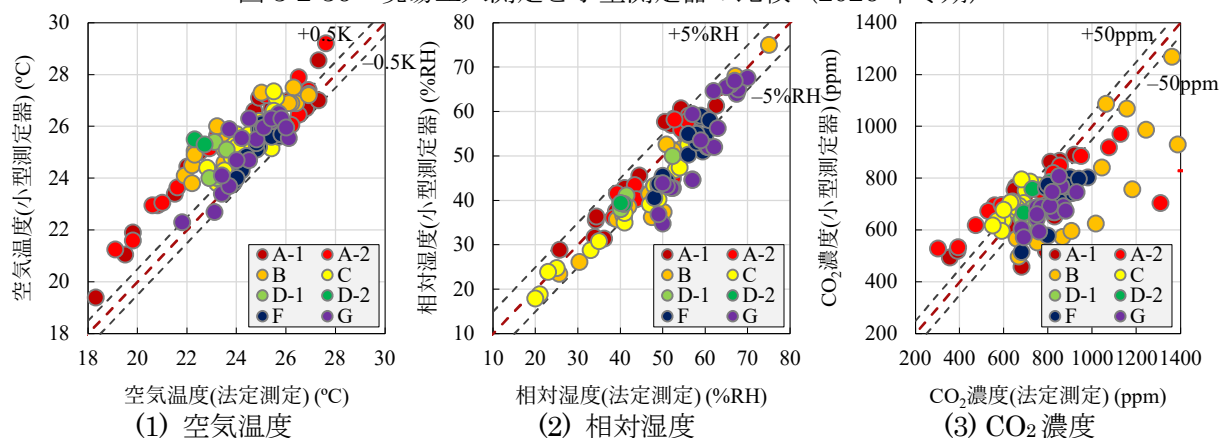
図 3-2-35 現場立入測定と小型測定器の比較 (2025 年夏期)



【図 3-2-36 注記】

- 1) 現場立入測定は 20 分間の測定結果から代表瞬時値を選択し、2 種の空気環境 6 項目測定器の平均値を示している。小型測定器の値は現場立入測定で選択した瞬時値と同時刻の測定値を用い、3 種の小型測定器の中央値をプロット、最高値・最低値をエラーバーで示している。
- 2) 凡例は建物記号を示しており、枝番号が小さい方から表 2-2-1 中の測定階のうち低層階を示している。

図 3-2-36 現場立入測定と小型測定器の比較 (2026 年冬期)



【図 3-2-37 注記】

- 1) 法定測定の値は検査帳簿に記載されている値を用いた。小型測定器の値は法定測定時刻の直近の測定値を用い、2 種の小型測定器の平均値で示している（一部欠測のため、1 種の小型測定器の値で表している建物もある）。
- 2) 小型測定器の設置位置は法定測定の測定位置と可能な限り近い位置に設置したが、必ずしも一致していない。
- 3) 凡例は建物記号を示しており、枝番号が小さい方から表 2-2-1 中の測定階のうち低層階を示している。

図 3-2-37 法定測定と小型測定器の比較

3-3. 小型測定器の比較実験

A. 研究目的

前節までは、3 種の小型測定器を利用して、小型測定器による建築物環境衛生管理の有用性を示すとともに、現行測定法と小型測定器の精度を検証した。このような小型測定器は数多く販売されており、その特徴は多様である。

小型測定器の比較実験を行っている研究例として、Mylonas ら¹⁾や Manu ら²⁾が挙げられる。Mylonas らは、各種無線式室内環境センサーの空気温湿度と CO₂濃度の測定精度に関する性能、および CO₂測定誤差に影響を与える要因について調査するために、気候実験室において実験している。空気温度については、比較的精度高く測定できるとされているものの、CO₂濃度は空気温度の影響を大きく受け、低温環境下では、高濃度域のエラーが大きくなる、手動校正時の空気温度が CO₂ 濃度の測定値に影響する等を示している。Manu らは、ローコストセンサーの空気温湿度、CO₂濃度、PM_{2.5}濃度、TVOC の測定性能を検証することを目的とし、87 台の共置実験を実施している。変動係数 (CV)、相関係数 (R²)、RMSE 等により、5 段

階 (Very Good, Good, Moderate, Poor, Very Poor) で評価しており、TVOC や PM_{2.5}濃度は Very Poor と評価される場合があるものの、空気温湿度と CO₂濃度は Very Good という評価が多かった。即ち、ローコストセンサーを実地導入する前に実験的評価を行うことの重要性を浮き彫りにしている。

本節では、前節までの評価の妥当性を示すべく、本章で利用した 3 種の小型測定器を含めた 5 種の小型測定器の実験室実験の結果を示す。

B. 研究方法

5 種の小型測定器の概要を表 3-3-1 に示す。小型測定器 A・B・C は表 3-1-1 と同じである。小型測定器 D は CO₂濃度、温度、相対湿度が測定可能であるが、小型測定器 E は CO₂濃度のみ測定可能である。CO₂濃度の測定精度は小型測定器 D が±50ppm であるのに対して小型測定器 E は±120ppm であった。なお、温度と相対湿度の測定精度は小型測定器 D が 0.2°C、3.5%RH である。また、CO₂濃度の自動校正機能はいずれも搭載されており、約 7 日間ごとに最低値を 400ppm に補正する機能となっている

表 3-3-1 小型測定器の概要

機器記号	小型測定器 A	小型測定器 B	小型測定器 C	小型測定器 D	小型測定器 E	
測定範囲	CO ₂ 濃度	0－9 999ppm	360－4 000ppm	400－5 000ppm	0－40 000 ppm	0－10 000 ppm
	温度	0－55℃	-10－60℃	10－60℃	5－60℃	なし
	相対湿度	10－95%RH	10－95%RH	10－90%RH	0－100%RH	なし
測定精度	CO ₂ 濃度	± 50ppm ± 読み値の 5%	± 120ppm ± 1digit	± 30ppm ± 読み値の 3%	±50ppm + 5% @400～2000ppm	±120ppm±測定値の 3%
	温度	± 0.5℃	± 0.5℃	± 0.2℃	±0.2℃	なし
	相対湿度	± 5%RH (at 25℃50%RH)	± 4%RH	± 2%RH	±3.5%RH	なし
CO ₂ 濃度手動校正	有 →現在 CO ₂ 濃度を 400ppm とする	有 →現在 CO ₂ 濃度を任意値に変更する。	有	無	有 →現在 CO ₂ 濃度を任意値とする	
CO ₂ 濃度自動校正	有 →180 時間ごとに最低値を 400ppm とする。	有 →7 日間ごとに最低値を 400ppm とする。	有 →7 日間ごとに最低値を 400ppm とする。	有（最初の 2 日後、以降 7 日間ごとに校正する） ※校正値不明	有 →7 日間ごとに最低値を 400ppm とする。	
記録容量	8000 データ (5 分間隔の場合約 28 日)	98304 データ (5 分間隔の場合約 341 日)	無 →サーバー上に常時アップロード	無 →専用アプリに常時アップロード		
外部電源	要	要	要	要		

(小型測定器 D は校正値が不明)。記録容量は小型測定器 D には容量は無く、常時測定値がアップロードされるが、小型測定器 E は 16000 データであり、5 分間隔で測定する場合、それぞれ約 57 日間で容量オーバーとなる。なお、すべての小型測定器は AC アダプタによる電源を要する。

実験は大型チャンバー内で実施した。2025 年 7 月下旬に 5 種の小型測定器を各 5 台設置し、5 分間隔で測定した。日平均値で集計し、経時的な変化も確認するため、2025 年 7～9 月、2025 年 10～12 月、2026 年 1～3 月の 3 か月の期間に分けて最高値・第三四分位点・中央値・第一四分位点・最低値・平均値を算出した。各個体の平均値に着目し、最高値と最低値の差ならびに標準偏差を算出した。なお、小型測定器 B と C は各 1 台に不具合が見られたため、評価対象外とした。

C. 研究結果

小型測定器 A の比較結果を図 3-3-1 に示す。空気温度の平均値については、いずれの期間においても最高値と最低値の差は 0.4K 程度であり、標準偏差も 0.2°C であった。相対湿度の平均値については、2025 年 7～9 月の期間の最高値と最低値の差は 3.0%RH であったが、2025 年 10～12 月は 2.1%RH、2026 年 1～3 月は 1.3%RH であった。相対湿度は高温ほどその空気温度の影響が大きくなることから、夏期の方が差が大きくなったと考えられる。CO₂ 濃度の平均値については、いずれの期間においても標準偏差は 5ppm 未満となっていた。

小型測定器 B の比較結果を図 3-3-2 に示す。空気温度の平均値については、2025 年 7～9 月の期間の最高値と最低値の差は 0.6K であったが、2025 年 10～12 月は 1.0K、2026 年 1～3 月は 1.6K であり、経時的に差が大きくなった。同期間の標準偏差も 0.2°C、0.4°C、0.6°C と経時的にばらつきが大きくなった。相対湿度の平均値については、最高値と最低値の差は 1.7%RH、標準偏差は 0.6～0.7%RH で期間による差はほとんど見られなかった。CO₂ 濃度の平均値については、2025 年 7～9 月の期間の最高値と最低値の差は 13ppm であったが、2025 年

10～12 月は 3ppm、2026 年 1～3 月は 1ppm であり、経時的に差が小さくなった。測定開始直後は日平均値が 367ppm となる個体もあったが、自動校正機能により、経時的に差が小さくなったと考えられる。

小型測定器 C の比較結果を図 3-3-3 に示す。空気温度の平均値については、最高値と最低値の差は 1.5～1.7K、標準偏差は 0.6～0.7°C で期間による差はほとんど見られなかったが、No. 3 の個体のみ、いずれの期間も高い傾向が見られた。相対湿度の平均値については、2025 年 7～9 月の期間の最高値と最低値の差は 5.0%RH であったが、2025 年 10～12 月は 3.9%RH、2026 年 1～3 月は 2.2%RH であった。相対湿度は高温ほどその空気温度の影響が大きくなることから、夏期の方が差が大きくなったと考えられる。CO₂ 濃度の平均値については、2025 年 7～9 月の期間の最高値と最低値の差は 13ppm であったが、2025 年 10～12 月は 8ppm、2026 年 1～3 月は 7ppm であり、経時的に差が小さくなった。測定開始直後は日平均値が 359ppm となる個体もあったが、自動校正機能により、経時的に差が小さくなったと考えられる。

小型測定器 D の比較結果を図 3-3-4 に示す。空気温度の平均値については、最高値と最低値の差は 0.7～0.8K、標準偏差は 0.3°C で期間による差はほとんど見られなかった。相対湿度の平均値については、2025 年 7～9 月の期間の最高値と最低値の差は 3.5%RH であったが、2025 年 10～12 月は 2.6%RH、2026 年 1～3 月は 2.1%RH であった。相対湿度は高温ほどその空気温度の影響が大きくなることから、夏期の方が差が大きくなったと考えられる。CO₂ 濃度の平均値については、いずれの期間においても標準偏差は 5ppm 以下となっていた。

小型測定器 E の比較結果を図 3-3-5 に示す。CO₂ 濃度の平均値については、2025 年 7～9 月の期間の最高値と最低値の差は 7ppm であったが、2025 年 10～12 月は 8ppm、2026 年 1～3 月は 14ppm であり、経時的に差が大きくなったが、その差は大きくない。

本章で利用した小型測定器 A・B・C については小型測定器 B の空気温度の個体差が経時的に大きくなる、小型測定器 C の相対湿度に差が

生じる個体があるなどの現象は見られたが、大きな異常値までは観察されなかった。CO₂濃度については、無人環境下で実施したため、低濃度を示しているが、Mylonas ら¹⁾のように、CO₂濃度は空気温度の影響を受けることが指摘されているように、スパンガスを利用した実験も今後求められるため、引続き、検討を進める予定である。

D. まとめ

本節では、前節までの評価の妥当性を示すべく、本章で利用した3種の小型測定器を含めた5種の小型測定器の実験室実験の結果を示した。本章で利用した3種の小型測定器については、一部の小型測定器に空気温度の個体差が経時的に大きくなる、小型測定器Cの相対湿度に差が生じる個体があるなどの現象は見られたが、大きな異常値までは観察されなかった。今後はCO₂濃度についてスパンガスを利用した実験も今後求められるため、引続き、検討を進める予定である。

E. 参考文献

- 1) Mylonas A., Kazanci O. B., Andersen R. K., and Olesen B. W. Capabilities and limitations of wireless CO₂, temperature and relative humidity sensors. *Building and Environment*. 2019;154:362–374. doi: 10.1016/j.buildenv.2019.03.012
- 2) Manu S., and Rysanek A. A Co-Location Study of 87 Low-Cost Environmental Monitors: Assessing Outliers, Variability, and Uncertainty. *Buildings*. 2024;14(9):1–25. doi: 10.3390/buildings14092965

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
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

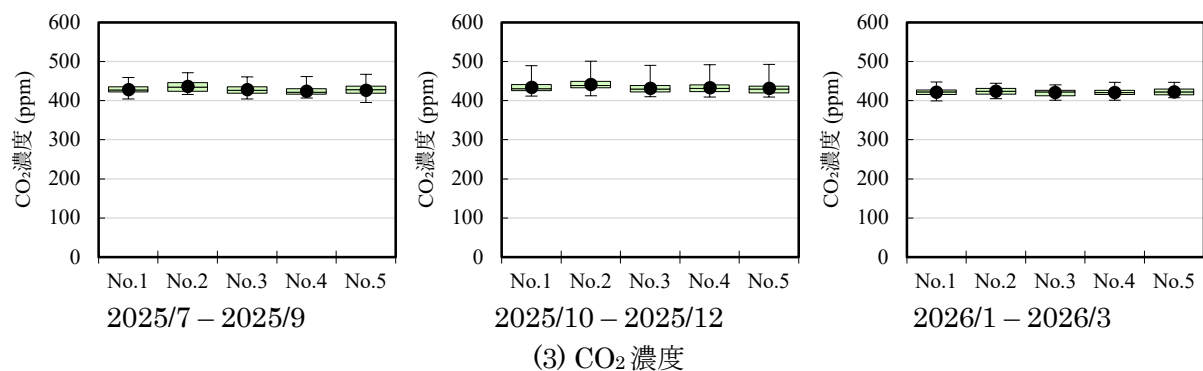
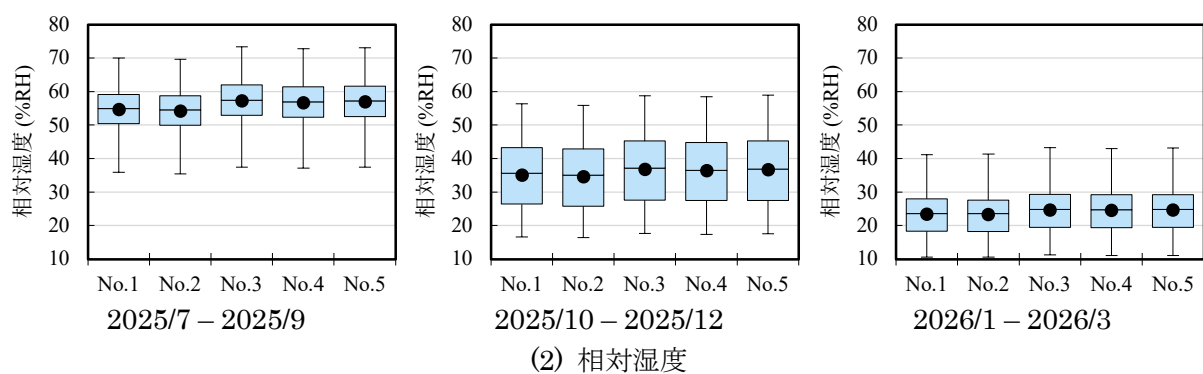
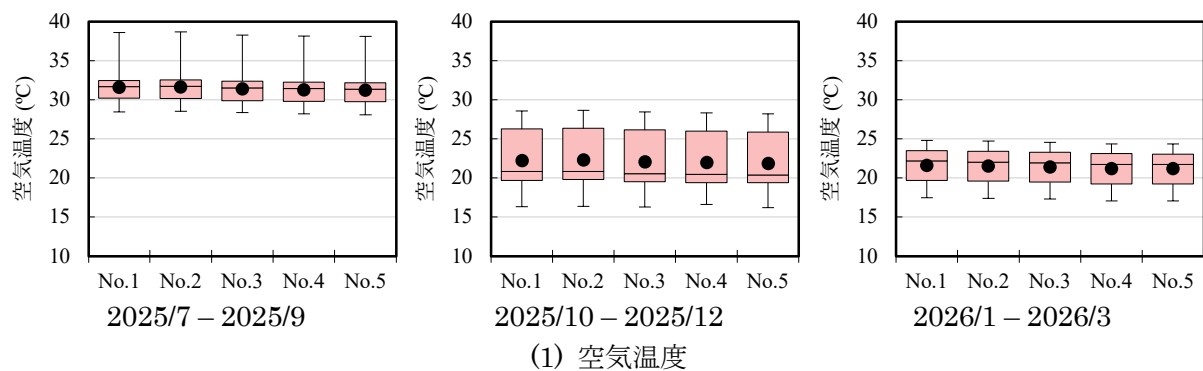


図 3-3-1 小型測定器の比較実験 (小型測定器 A)

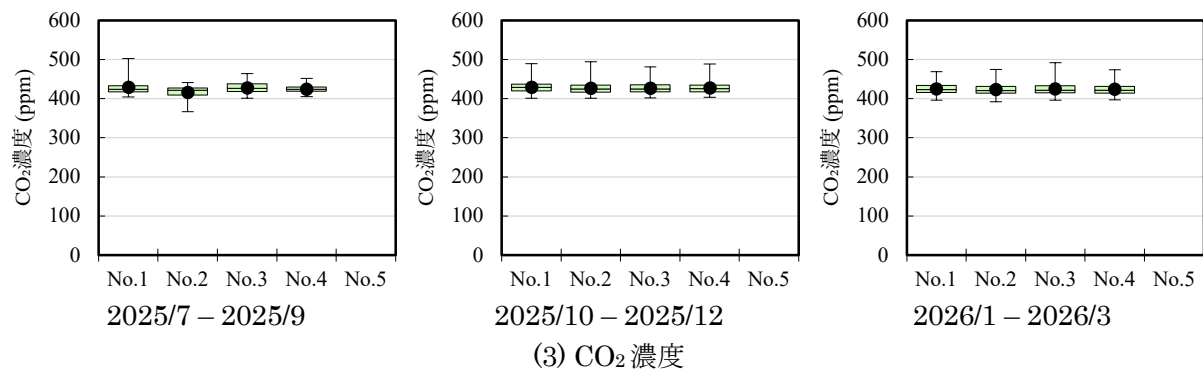
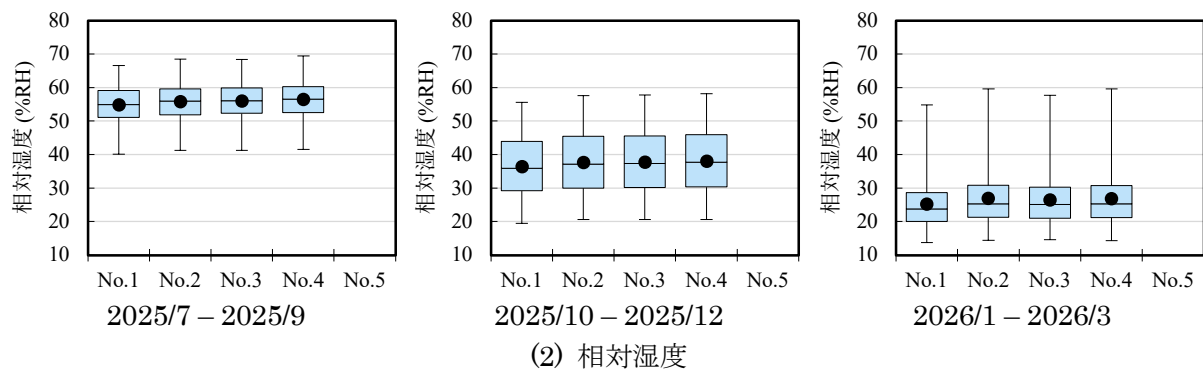
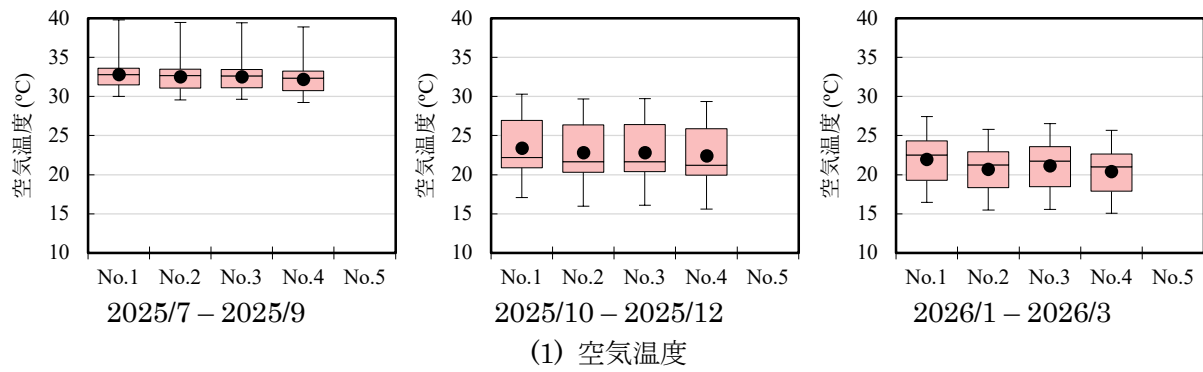


図 3-3-2 小型測定器の比較実験（小型測定器 B）

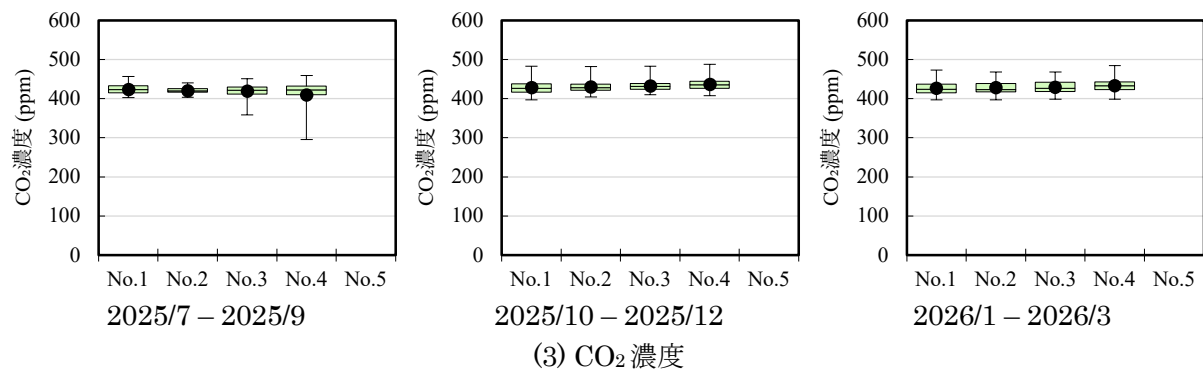
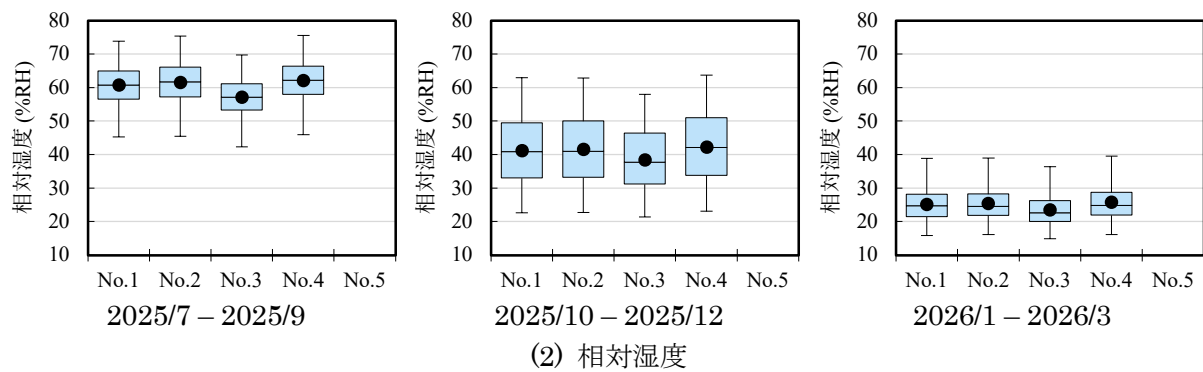
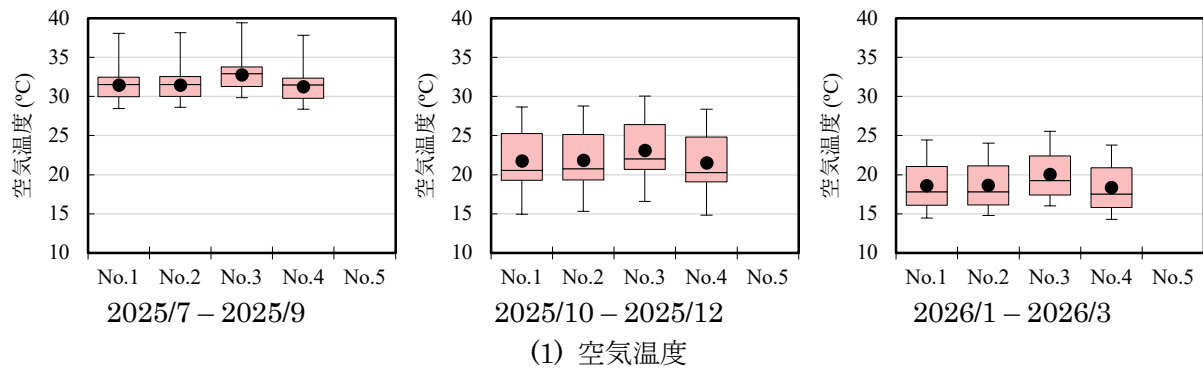


図 3-3-3 小型測定器の比較実験 (小型測定器 C)

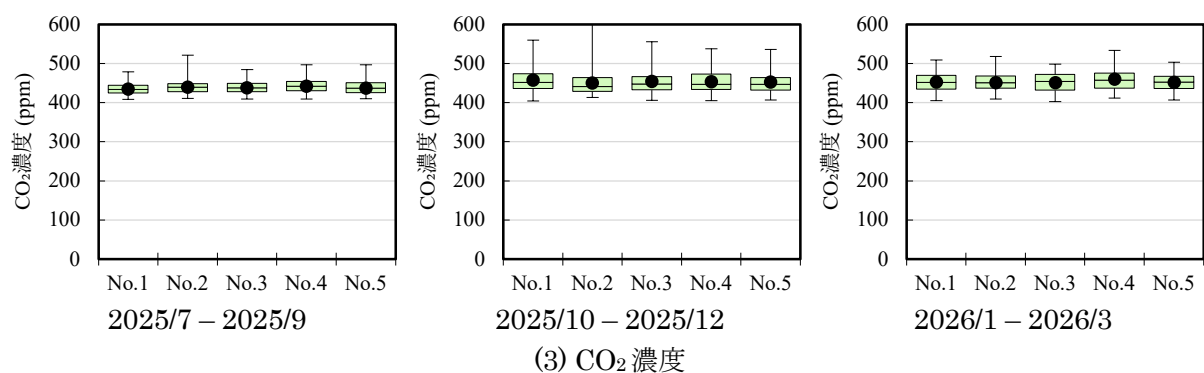
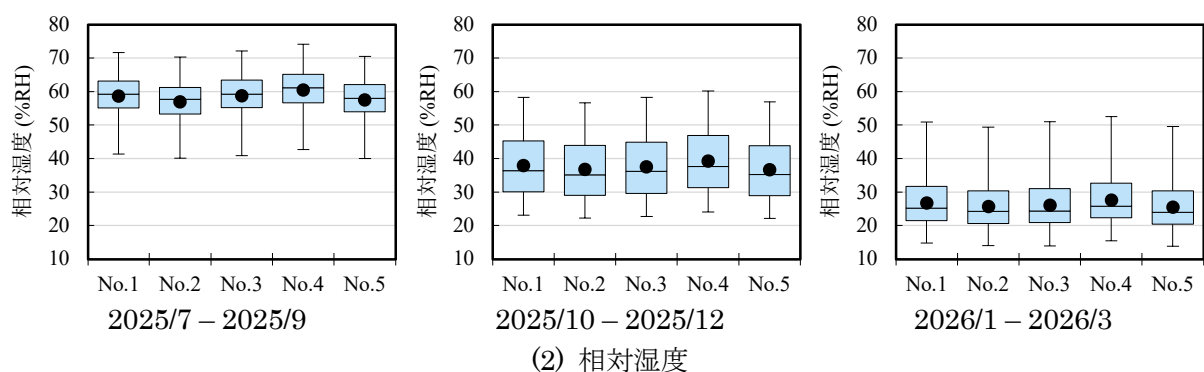
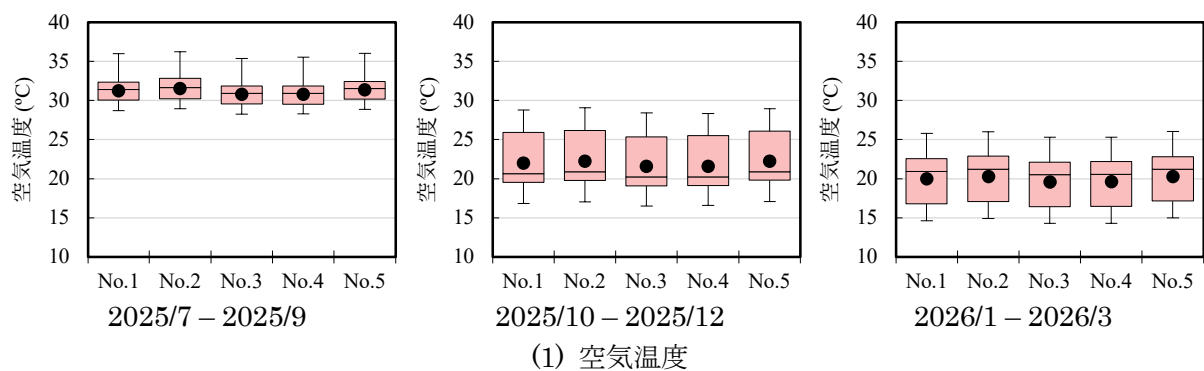


図 3-3-4 小型測定器の比較実験（小型測定器 D）

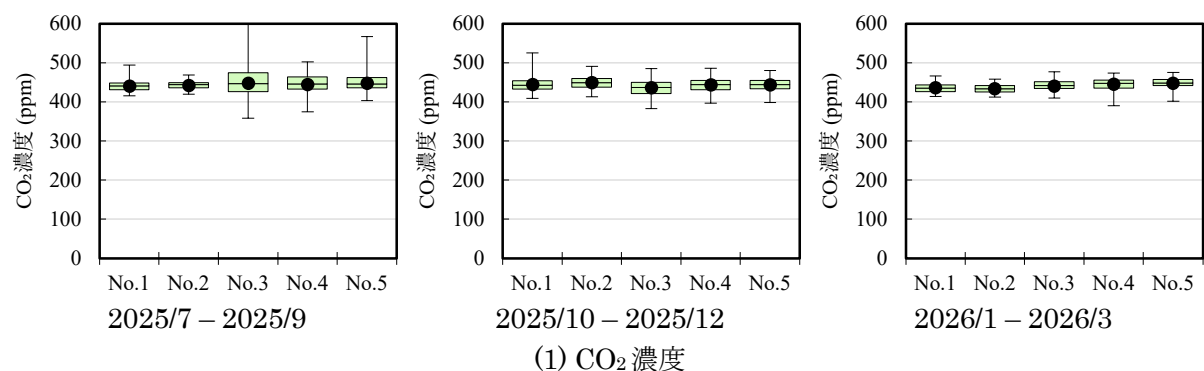


図 3-3-5 小型測定器の比較実験（小型測定器 E）

令和6年度～令和7年度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)
分担総合研究報告書

4. 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

分担研究者	海塩 渉	東京科学大学	助教
研究代表者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
分担研究者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員

研究要旨

現在の建築物環境衛生管理では、2ヶ月以内に1回の立入り測定が行われている。本研究では、建築物に常設された BEMS センサの連続測定データを空気環境の管理に活用し、従来手法と同等、あるいはそれを上回る新たな空気環境管理手法となり得るかを検証することを目的とした。

関東地方で BEMS を導入したオフィス3棟を対象に、温度、相対湿度、CO₂濃度を測定した。BEMS センサの設置箇所（居住域、壁面、還気ダクト）による違いや季節の影響を評価するため、居住域に設置したデータロガーの値を基準に、暖房期・冷房期・中間期を含む実データを分析した。

BEMS の高時間解像度データによって、環境基準を逸脱する場合の原因特定や、逸脱時間割合を指標とした詳細な環境評価が可能となった。空間・季節変動の分析では、冷房期や中間期の温湿度、および CO₂濃度は、センサの設置箇所にかかわらず居住域の値を良好に捕捉もしくは推定できた。暖房期の温度には設置箇所による差異が、湿度にはセンサ個体差による一定のズレが見られたが、これらは特性を把握することで補正可能と示唆された。経年変化の検討では、温湿度の劣化は軽微であったものの、CO₂センサは1年間で約100ppmの誤差が生じ、定期校正の重要性が示された。

BEMS を活用した管理手法は、人手不足が叫ばれる建築物環境衛生管理業界において、業務効率化に大きく寄与する。一方、実用化に向けては、①浮遊粉じん等、BEMS で通常取得しない管理項目への対応（測定頻度の緩和など）、②センサ未設置部屋が存在することに伴う管理単位の再考、③連続データに基づく評価指標の確立、④CO₂センサ等の定期的な校正頻度の規定、という4つの課題を整備する必要がある。本研究の成果は、デジタル技術を活用した次世代の空気環境管理に向けた重要な第一歩となることが期待される。

研究協力者

原山 和也 アズビル（株）
塩見 真衣 ダイダン（株）

A. 目的

本研究では、BEMS データの建築物環境衛生管理への活用方法について、令和4～5年度の「IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究（22LA1010）」を含めて4年間検討を重ねてきた。検討の趣旨は、通常空調設備の自動制御のために使用される BEMS に紐づくセンサ（以降 BEMS センサ）のデータを、空気

環境の管理にも有効に活用していくというものである。常設されている BEMS センサは連続測定をしているため、2か月以内に1回、午前と午後にスポットで測定をする従来の空気環境管理手法に比べてデータの時間解像度が高いという長所を有する。一方で、室内の壁面や還気ダクト内に設置されるケースも多々あり、その場合居住空間からセンサの設置位置が乖離するという短所もある。これらの長所や短所を踏まえた上で、BEMS センサによる空気環境管理が、従来手法と遜色ない、もしくは従来手法より優れた手段となり得るかを検討することを目的とした。

B. 方法

関東地方に所在し、BEMSを導入している3棟のオフィスビルを対象にデータ収集を行った。表4-1に3棟のビルの基本情報を示す。3棟とも、空気調和機 Air Handling Unit (AHU) を基本とした空調方式であった。窓は閉状態で運用されていた。A, FビルはOAフロアを利用した床吹出・天井吸込であり、Eビルのみ天井吹出・天井吸込であった。データを温度、相対湿度、CO₂濃度の3項目と、居住域、壁面（インテリア）、壁面（ペリメータ）、還気ダクトという4つのセンサ設置箇所を表4-2のように分類すると、ビルによって測定項目と設置箇所は異なっていたため、それぞれのビルの特徴をしながら、分析を行った。データ収集期間は、暖房期（1～2月）と冷房期（7月）を中心とし、EビルとFビルでは年間を通じた収集を行った。勤務時間を考慮し、平日の9～17時（12～13時の昼休憩除く）を分析対象とした。また、居住域に設置した連続測定小型データロガー（T&D社製おんどり TR-76Ui）のデータも比較対象として分析した。各ビルの解析対象エリアとセンサ設置箇所を図4-1に示す。

C. 結果

(1) 連続測定による時刻変動の検討

BEMS センサの長所である高時間解像度を活用した分析事例（Aビルの温度）を図4-2に示す。当該ビルでは温度がほとんどの時間帯で18～28℃の範囲に収まったものの、冬には明け方に18℃を下回り、夏には28℃を超過した。この時間帯のデータを確認すると、いずれも連休明けであることが分かり、建物の蓄熱の影響が一因と推察された。これは環境基準を逸脱した場合に、連続測定であるからこそ原因が特定できた好事例と言える。

図4-3に同じAビルの相対湿度の時刻変動を示す。暖房期と冷房期ともに、相対湿度が基準の40～70%RHの範囲に収まっている時間帯と40%RHを下回っている時間帯が確認された。基準を逸脱している時間の割合（逸脱時間割合＝基準を逸脱している時間／総測定時間）は、暖房期81.4%、冷房期25.8%であった。従来の午前・午後のスポット的な測定からでは「基準

を逸脱しているか否か」という2値「0 or 1」の判断になるが、BEMSの連続測定では「逸脱時間割合0～100%」というように、空気環境の良し悪しをグラデーションで判断できることは極めて有益である。

(2) 暖房期と冷房期の空間分布の検討

図4-4に居住域に置いた小型データロガーの温度を縦軸に、各設置箇所のBEMSセンサの温度を横軸にとった散布図を示す。左の暖房期について、居住域の小型データロガーとBEMSセンサは良好な対応を見せた一方、ペリメータ壁面、還気ダクト設置のBEMSセンサは $y=x$ から左に平行移動する対応関係を見せていた。従って、このような場所ごとの特性（補正係数）を予め把握しておけば、ペリメータ壁面や還気ダクト設置のBEMSセンサであっても、居住域の値を推定可能であると言える。右の冷房期については暖房期と比較して場所ごとの差が見られなかった。このように季節によってBEMSセンサの示す値の挙動が異なるため、年間を通してセンサが検知する環境の挙動を捉えていくことが重要である。

図4-5にFビルの相対湿度の散布図を示す。同じ居住域の近接した位置に設置した両センサであったが、BEMSセンサの方が一貫して高い値を取っていた。このようなセンサ種別や個体差も考慮が必要である。

図4-6にFビルのCO₂濃度の散布図を示す。居住域に設置したデータロガーと還気ダクトに設置したBEMSセンサが良好な対応を示していた。このように環境項目によっては、センサの設置箇所に依存せず、居住域の値を推定せざるも居住域に近い値を取得できるという好事例である。

(3) 中間期を含む空間分布の検討

上記で、年間を通じた検証が必要と示唆されたため、図4-7にFビルの3月から10月までの月ごとの温度の散布図を示す。中間・冷房期はプロットが $y=x$ に集中したが、暖房期の3月は、図4-4と同様の場所によるバラツキが見られた。従って、暖房期のBEMSセンサの温度の扱いに注意が必要であるが、反対に中間・冷房期はセンサの設置箇所に依らずに居住域に近い値を示す可能性がある。

図 4-8 に示す F ビルの相対湿度の月別散布図でも、BEMS センサが高い値を示す図 4-5 と同様の傾向が一貫して確認され、値のズレは一律で 5%RH 程度であった。従ってこのズレも補正可能と考えられる。

図 4-9 に F ビルの各月の CO₂ 濃度の散布図を示す。10 月を除き、空間的には大きな距離があったものの、データのバラツキ含めて非常に良い対応関係が見られた。10 月のデータが示した大きなバラツキについては後述する。

以上より、年間を通じた検討では、暖房期の温度（+温度に伴い変動する相対湿度）に注意が必要であるものの、冷房期や中間期の温湿度や CO₂ 濃度は居住域の値を把握ないし推定可能と示された。

(4) 空間分布の経年変化の検討

ここでセンサの劣化について検討すべく、図 4-10 から図 4-15 に、暖房期と冷房期のそれぞれについて、約 1 年経過後の温度、相対湿度、CO₂ 濃度の散布図を示す。いずれの指標についても、1 年経過後であっても居住域に設置したデータロガーと同等の対応を見せ、大きな劣化は認められなかった。しかし、このうち CO₂ 濃度については年に 1 回の手動校正を実施しており、その実施時期が図 4-9 で大きなバラツキが認められた 10 月であった。そこで、BEMS センサの手動校正当日（2024 年 10 月 10 日）とその前後の平日における、データロガー（自動校正機能 ON）と BEMS センサの CO₂ 濃度推移を図 4-16 に示す。校正前には約 100 ppm の誤差があったが、校正 5 日後の 10 月 15 日には、BEMS センサとデータロガーの差がほぼ消失し、CO₂ 濃度のレベルや挙動がほぼ一致していた。これより CO₂ 濃度計の校正タイミングは BEMS センサによる空気環境管理の上で規定しておく必要があると考えられる。

D. まとめ

本章では、令和 4~5 年度の「IoT を活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究（22LA1010）」と本課題を含む、過去 4 年間で得られた知見を代表的な図を示しつつ整理した。BEMS センサの時間解像度の高さを活かした空気環境管理は、従来の空気環境管理にない価

値を生む一方で、課題も浮かび上がってきた。以下に空気環境管理への BEMS 活用に向けた 4 つの課題点を整理する。

1) BEMS センサで取得しない項目への対応

今回の検討では、BEMS センサで取得することが一般的な温度・湿度・CO₂ 濃度を対象としたが、建築物衛生法に規定されている管理項目としては、その他にも浮遊粉じん・CO 濃度・気流（・ホルムアルデヒド）がある。今後仮に BEMS センサが空気環境管理に活用できるようになった場合でも、未測定項目を測定するために人手を要してしまつては本末転倒である。従って、この点に対して何らかの対策を打つ必要がある。幸い BEMS センサで取得していない浮遊粉じん・CO 濃度・気流（・ホルムアルデヒド）は不適率が 5%未満であるため、BEMS を導入しているビルについてはこれらの項目の測定回数を、2 ヶ月以内ごとに 1 回から緩和することも一考の余地がある。

2) BEMS センサが設置されない部屋への対応

今回データ収集をしたオフィスにおいても、BEMS センサが設置されていない部屋が散見され、複数部屋の還気ダクトにまとめて 1 つのセンサを設置する事例もあった。現状の建築物衛生法は部屋単位での測定が求められるため、BEMS センサを活用する場合にあっては、管理単位の再考が必要である。

3) 測定データの評価指標の確立

BEMS では時間解像度が高いため、平均値以外にも様々な指標を算出可能である。様々な指標の中でどの指標を代表として評価するのか、もしくは複数の指標で複合的に評価するのか等、検討が必要である。反対に指標さえ定まれば、BEMS から自動で当該指標を算出して、自動でレポート作成することも可能と考えられるため、人手不足が著しい建築物衛生管理業務の効率化に繋がる一手となり得る。

4) センサの経年劣化への対応

今回の検討では温湿度センサの劣化はあまり認められなかったものの、CO₂ 濃度センサのズレは 1 年で 100 ppm に達していた。従って、センサの校正頻度についての規定は必須であり、BEMS を活用する場合にはその点の整備が求められる。

このような課題を残しつつも、人口減少社会、人手不足が叫ばれる建築物衛生管理業界においてデジタル技術の活用は必須事項と考えられ、本研究課題での取り組みが BEMS 活用の第一歩になることが期待される。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

- 1) 海塩渉、鍵直樹、富田怜、金勲、下ノ菌慧、中野淳太、建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考（第2報）空気環境管理へのビルエネルギーマネジメントシステム活用手法の検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集；2023.9；福井. pp.189-192.
- 2) 海塩渉、鍵直樹、金勲、下ノ菌慧、中野淳太、建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考（第3報）ビルエネルギーマネジメントシステム活用による暖冷房期の空気環境管理、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集；2024.9；佐賀. pp.117-120.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

表 4-1 データ収集したオフィスビルの基本情報

ID	所在地	空調方式	吹出	吸込	窓	データ分析期間
A	埼玉県三芳町	AHU+水冷 PAC	床	天井	閉	2023/1, 2023/7
E	神奈川県藤沢市	AHU	天井	天井	閉	2023/1~2, 2023/7, 2024/3~10
F	神奈川県藤沢市	AHU+窓際 FCU	床	天井	閉	2023/1~2, 2023/7, 2024/3~10

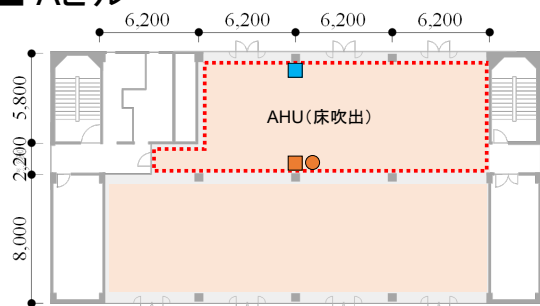
※ AHU (Air Handling Unit) : 空気調和機、FCU (Fan Coil Unit) : ファンコイルユニット
PAC (Package Air Conditioner) : パッケージエアコン

表 4-2 各ビルで収集した BEMS データ項目とセンサの設置箇所

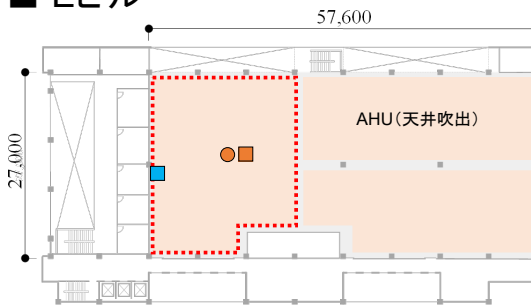
ID	温度				相対湿度				CO ₂ 濃度			
	居住域	壁面		還気ダクト	居住域	壁面		還気ダクト	居住域	壁面		還気ダクト
		I	P			I	P			I	P	
A	○	—	○	—	○	—	○	—	—	—	—	—
E	○	○	—	○	—	—	—	○	—	—	—	○
F	○	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	○

※ I : インテリア、P : ペリメータ

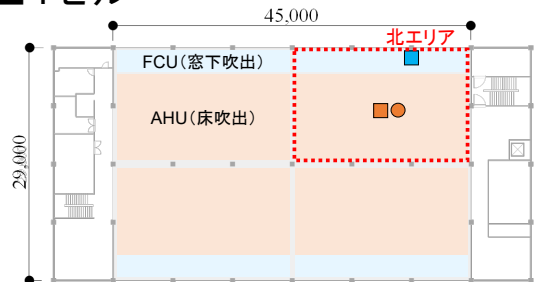
■ Aビル



■ Eビル



■ Fビル



- BEMSセンサ(居住域の柱等に設置)
- BEMSセンサ(壁面インテリア or ペリメータ)
- 温湿度・CO₂データロガー(居住域)
- ⋯ 解析対象エリア

図 4-1 各ビル解析対象エリアとのセンサ設置箇所

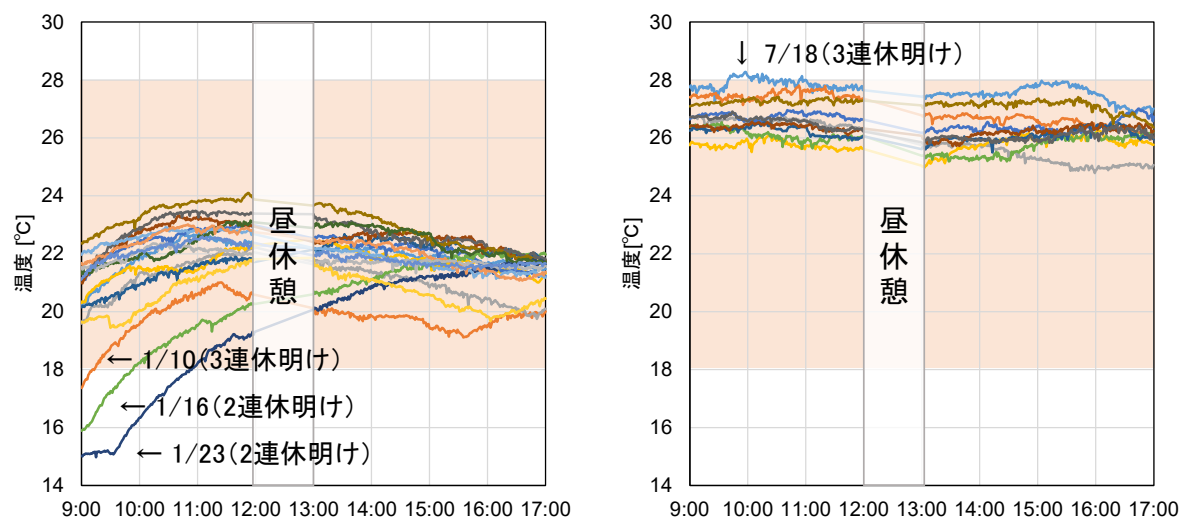


図 4-2 A ビルの BEMS センサ（居住域）の温度時刻変動
（左：暖房期 2023/1、右：冷房期 2023/7）

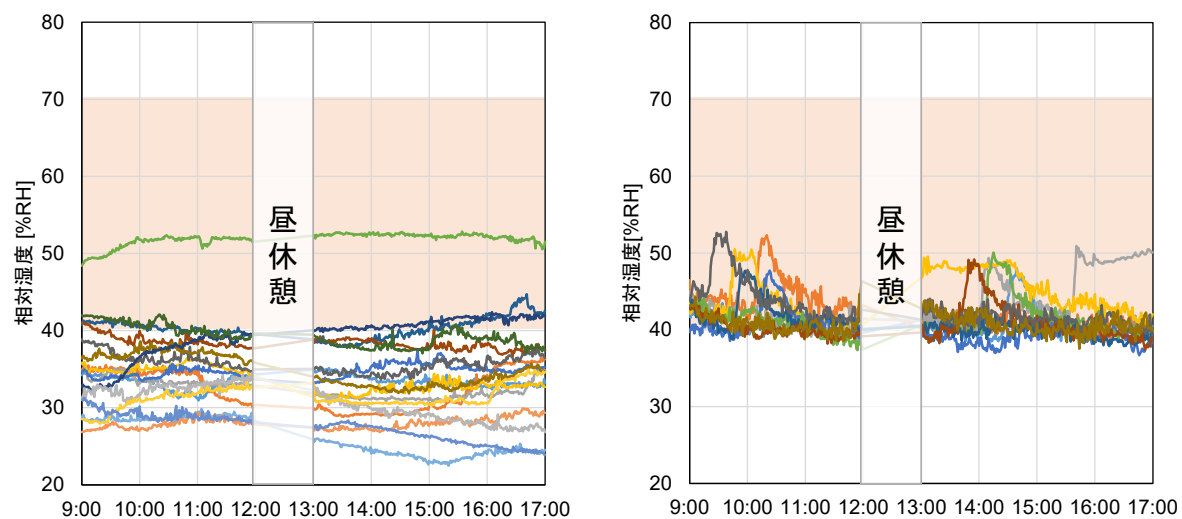


図 4-3 A ビルの BEMS センサ（居住域）の相対湿度時刻変動
（左：暖房期 2023/1、右：冷房期 2023/7）

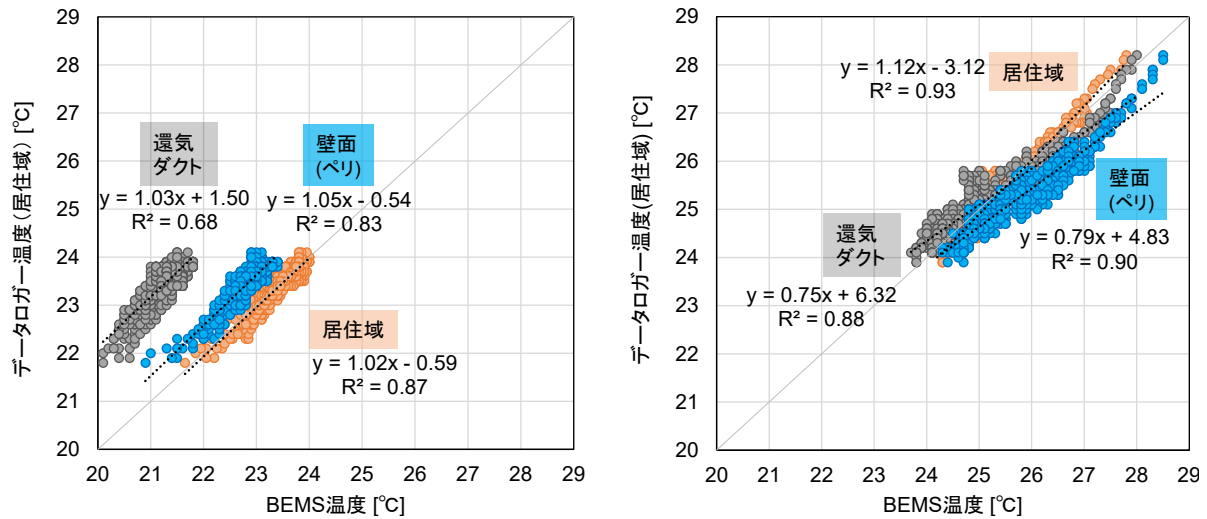


図 4-4 F ビルの BEMS センサとデータロガーの温度散布図
(左：暖房期 2023/1~2、右：冷房期 2023/7)

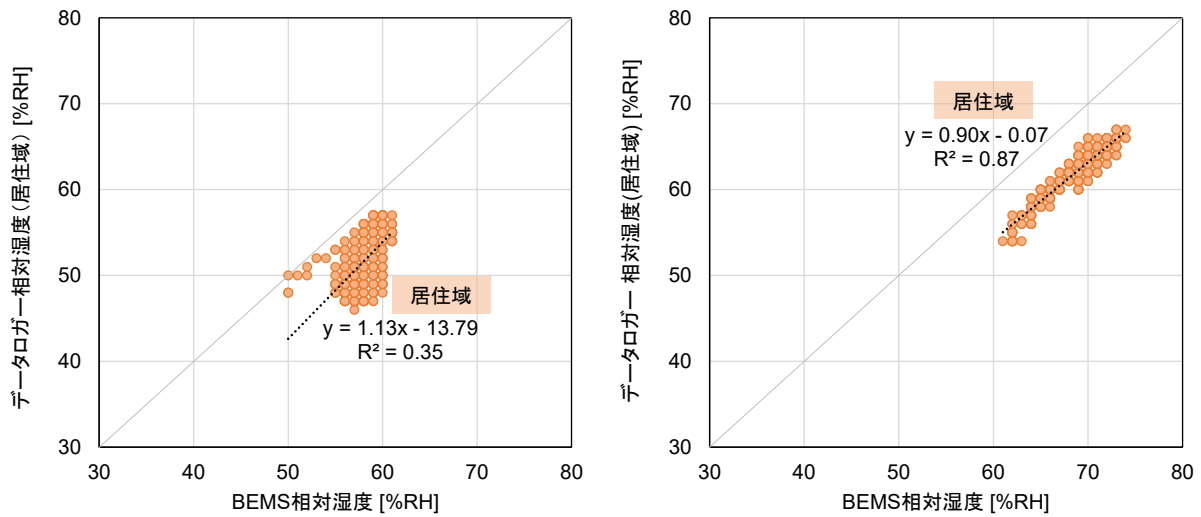


図 4-5 F ビルの BEMS センサとデータロガーの相対湿度散布図
(左：暖房期 2023/1~2、右：冷房期 2023/7)

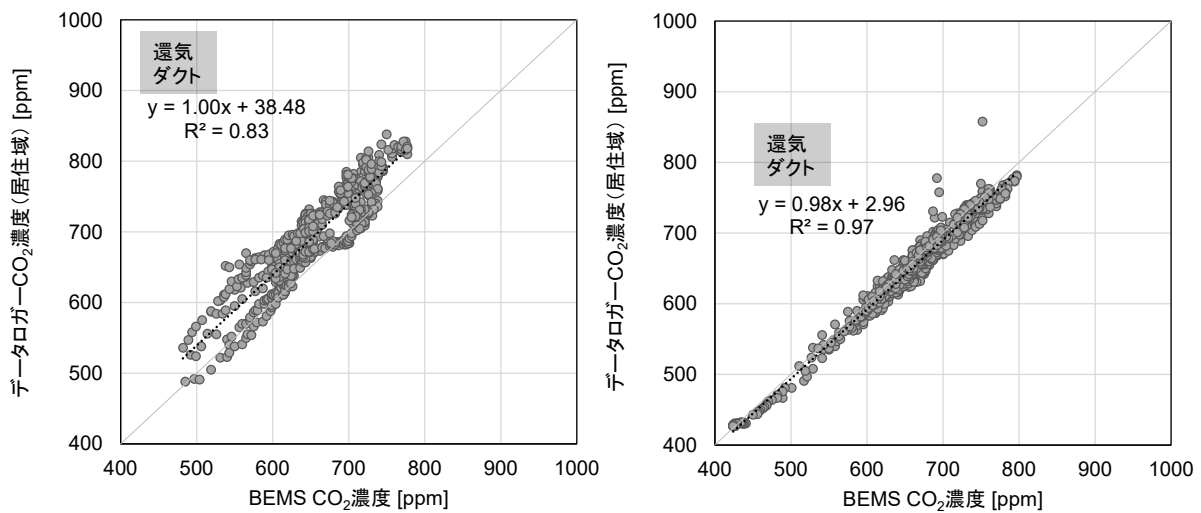


図 4-6 F ビルの BEMS センサとデータロガーの CO₂ 濃度散布図
(左：暖房期 2023/1~2、右：冷房期 2023/7)

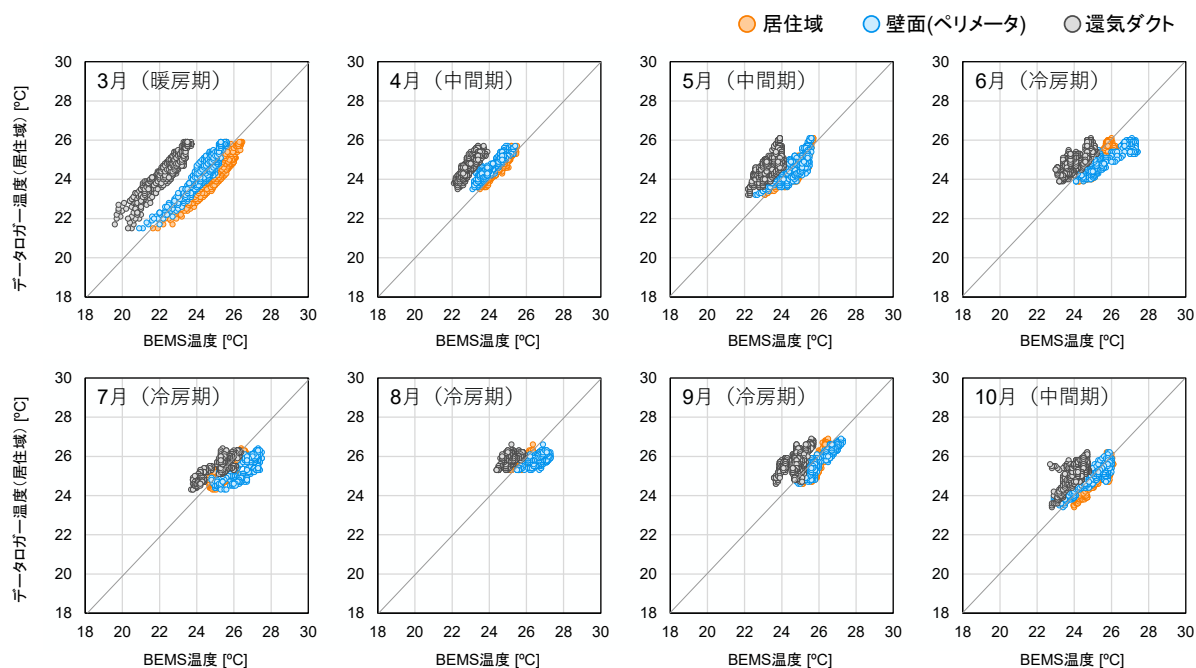


図 4-7 F ビルの BEMS センサ（横軸）とデータロガー（縦軸）の温度散布図（2024/3~10）

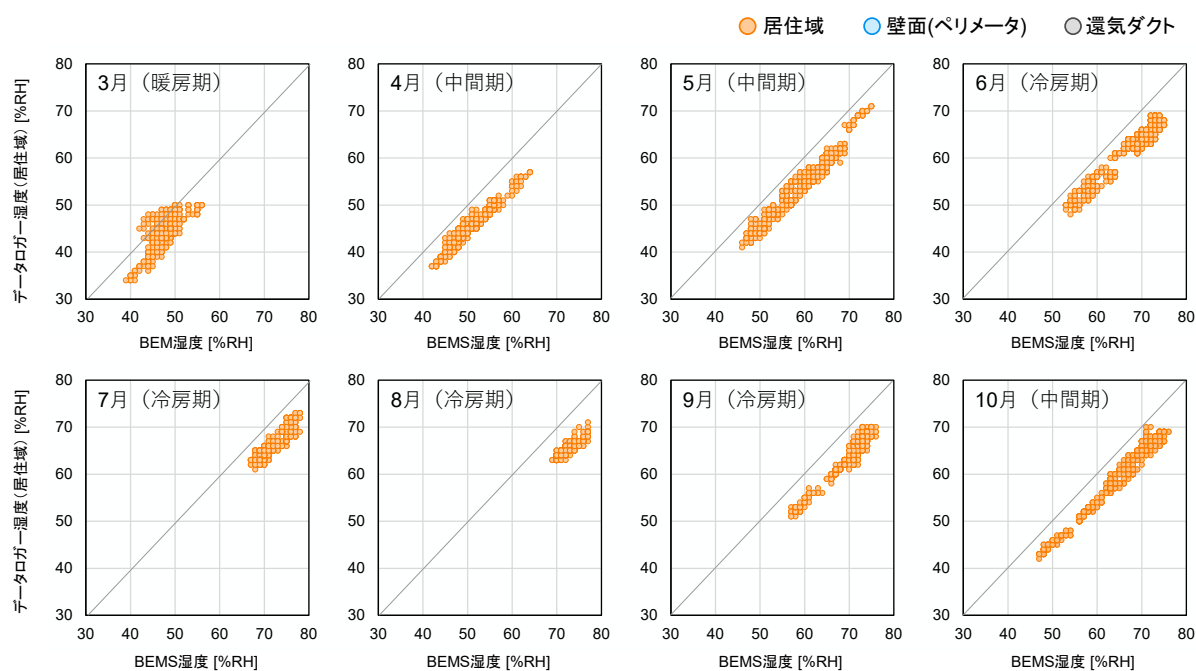


図 4-8 F ビルの BEMS センサ（横軸）とデータロガー（縦軸）の相対湿度散布図（2024/3~10）

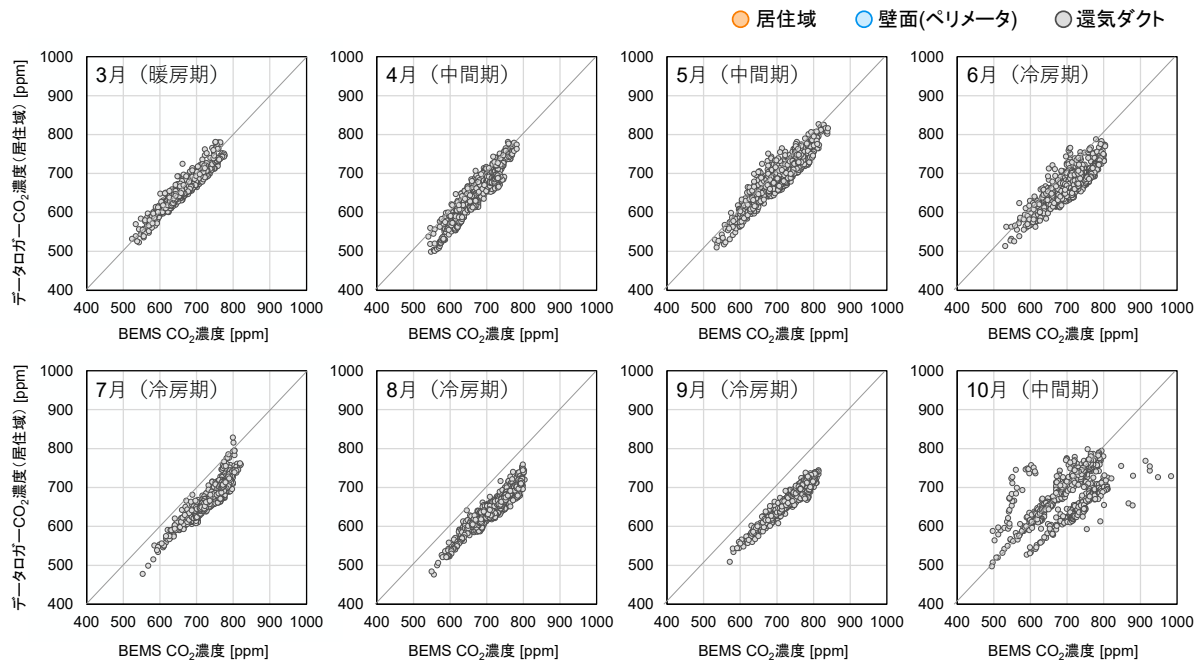


図 4-9 F ビルの BEMS センサ (横軸) とデータロガー (縦軸) の CO₂ 濃度散布図 (2024/3~10)

■ 暖房期

床吹出・天井吸込（ペリメーターFCU）

約1年後

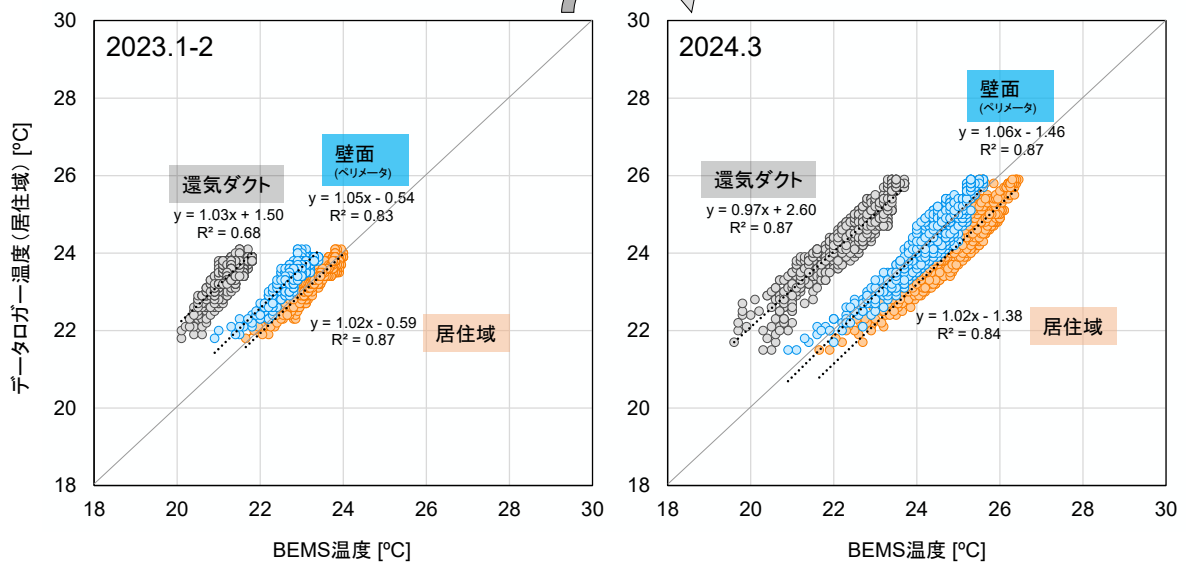


図 4-10 F ビルの BEMS センサとデータロガーの温度散布図の経年変化（暖房期）

■ 冷房期

床吹出・天井吸込（ペリメーターFCU）

1年後

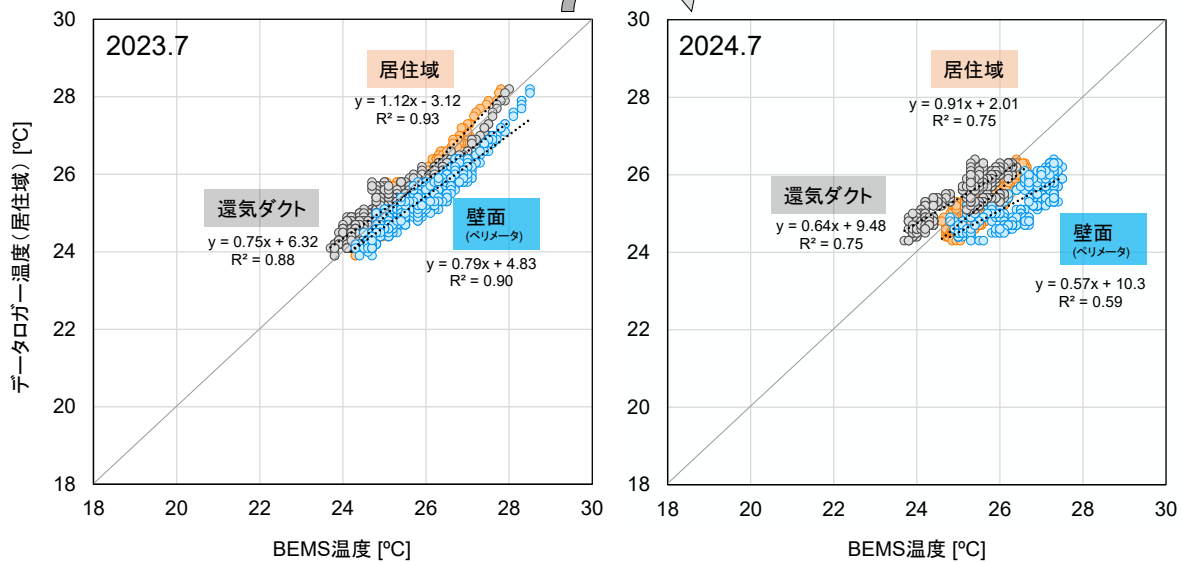


図 4-11 F ビルの BEMS センサとデータロガーの温度散布図の経年変化（冷房期）

■ 暖房期

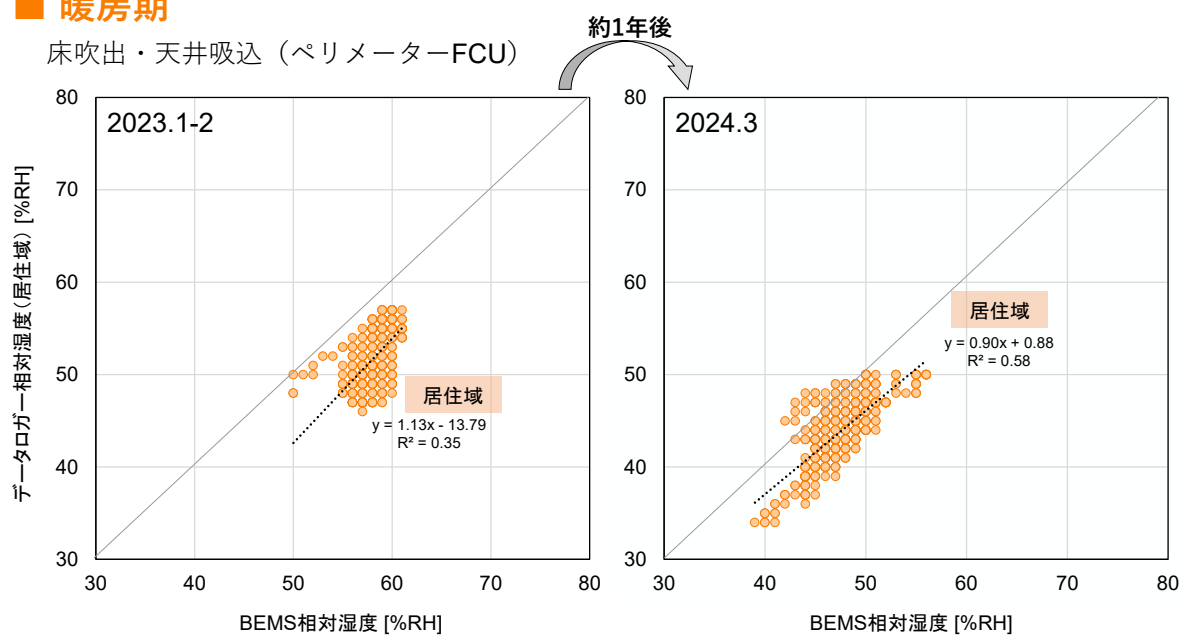


図 4-12 F ビルの BEMS センサとデータロガーの相対湿度散布図の経年変化（暖房期）

■ 冷房期

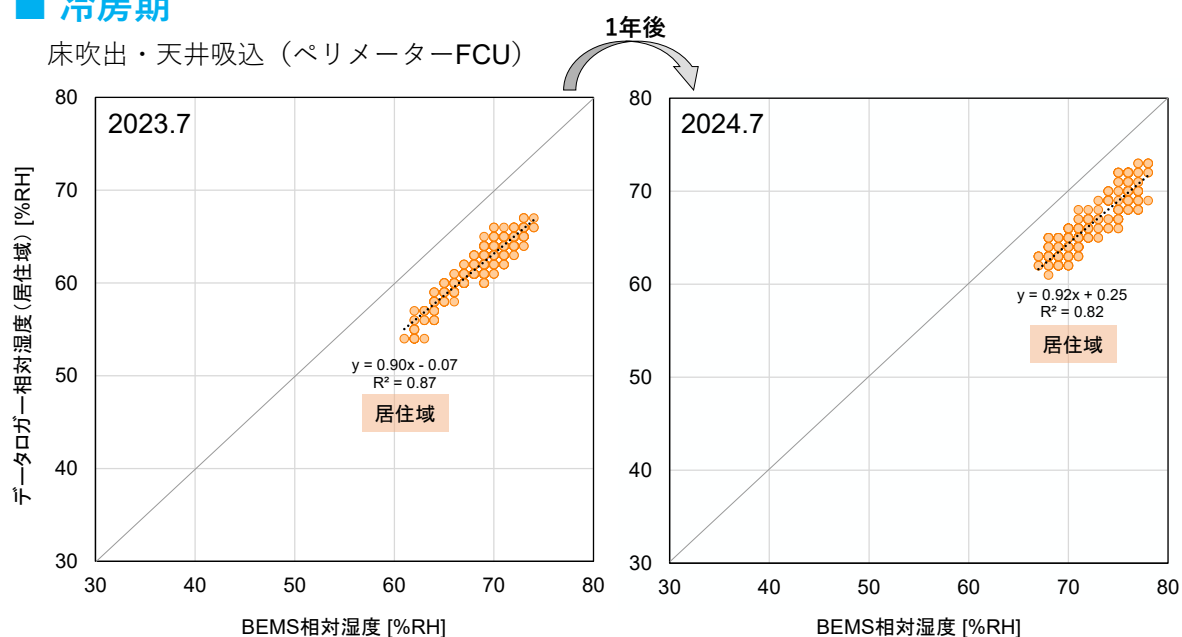


図 4-13 F ビルの BEMS センサとデータロガーの相対湿度散布図の経年変化（冷房期）

■ 暖房期

床吹出・天井吸込（ペリメーターFCU）

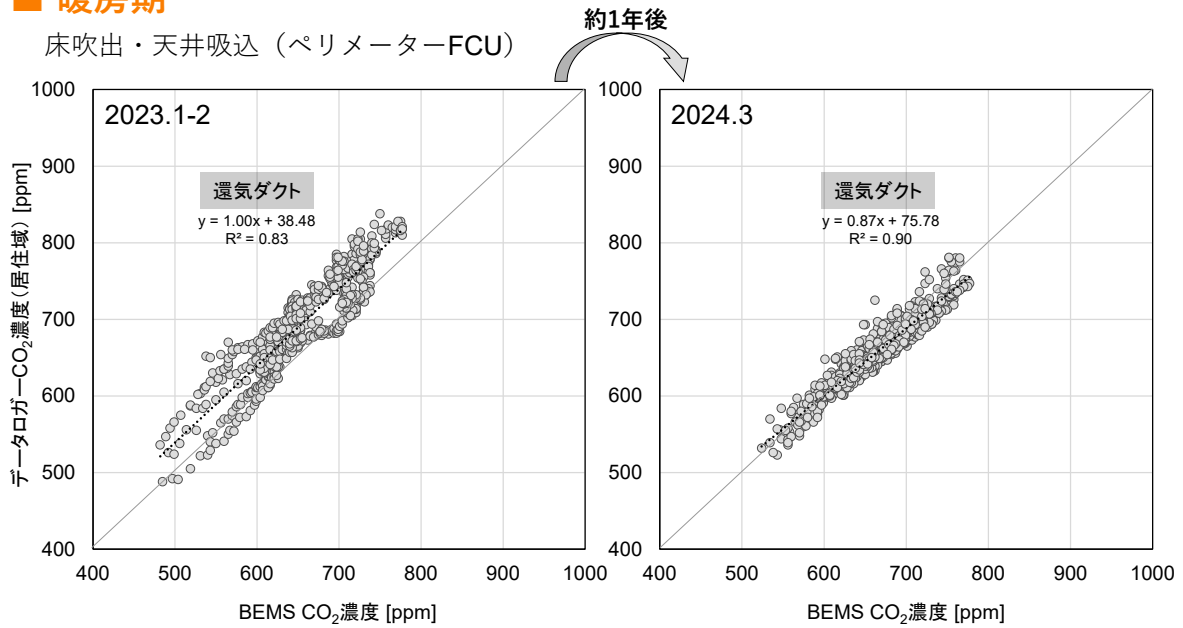


図 4-14 F ビルの BEMS センサとデータロガーの CO₂ 濃度散布図の経年変化（暖房期）

■ 冷房期

床吹出・天井吸込（ペリメーターFCU）

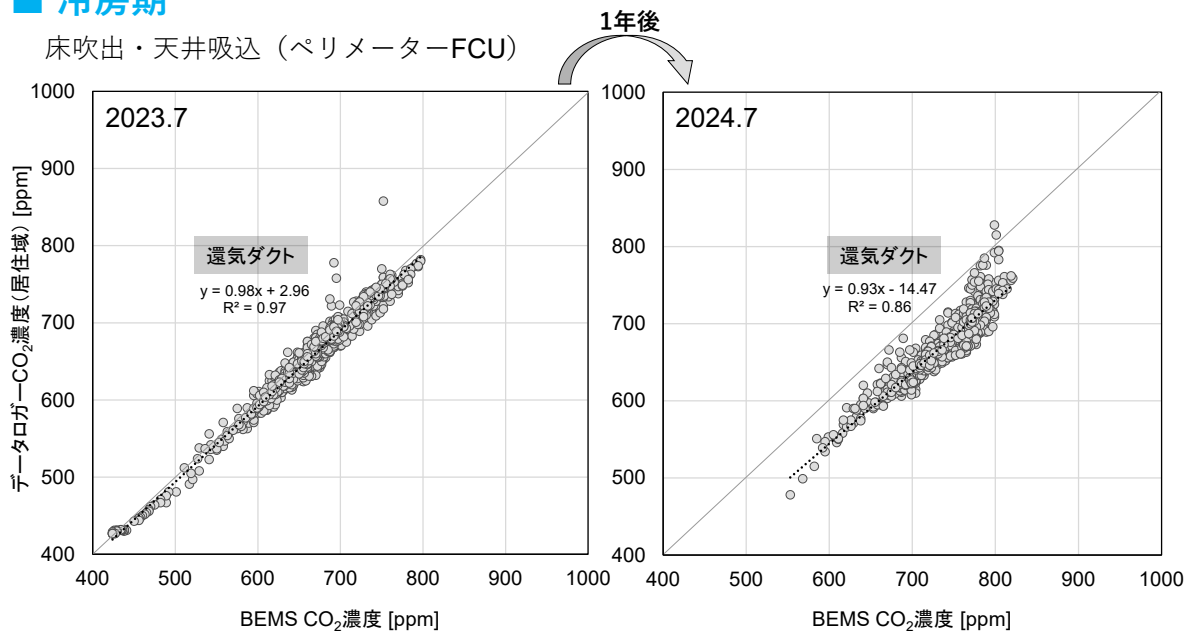


図 4-15 F ビルの BEMS センサとデータロガーの CO₂ 濃度散布図の経年変化（冷房期）

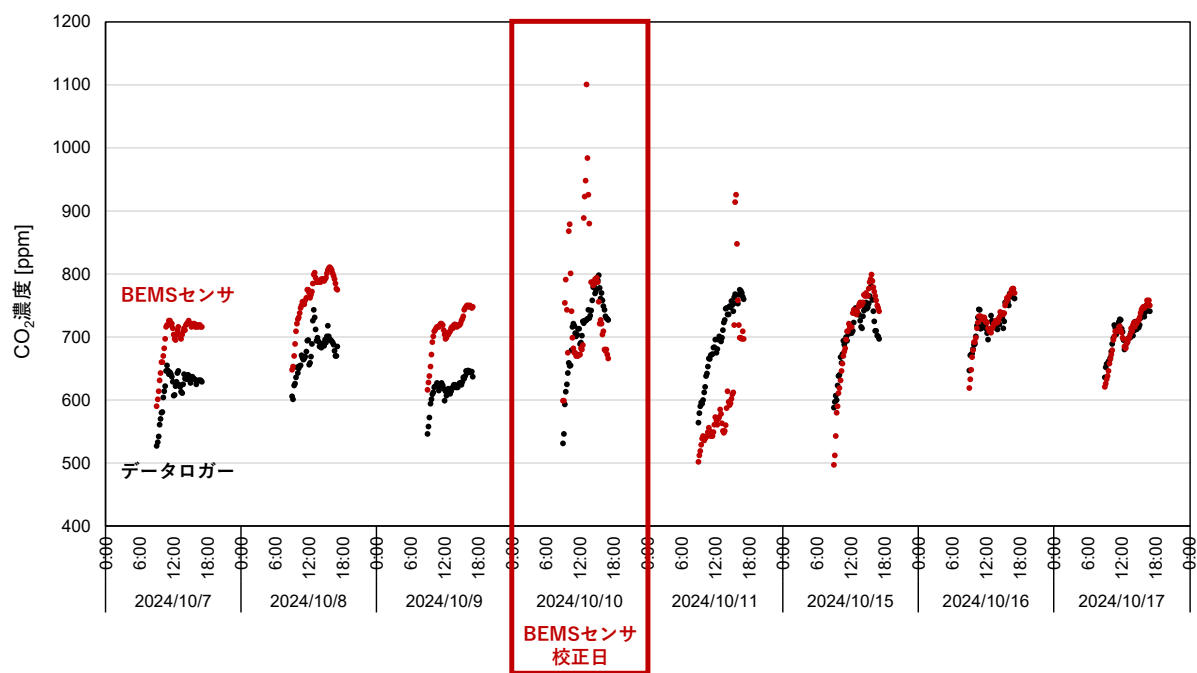


図 4-16 F ビルの BEMS センサ手動校正日前後のデータロガーと BEMS センサの CO₂ 濃度推移

令和 6 年度～令和 7 年度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)
分担総合研究報告書

5. 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査(水質管理関連)

分担研究者 三好 太郎 国土技術政策総合研究所 主任研究官
分担研究者 増田 貴則 国土技術政策総合研究所 浄水処理・水道防災システム研究官

研究要旨

建築物環境衛生管理技術者や建築物の環境衛生全般に関する維持管理に携わっている関係者の、業務上負担の実情と、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を把握する目的で統括管理者及び空調給排水管理監督者を対象にアンケート調査を行った。アンケート結果を基に、水質管理業務に関する IoT 技術活用方針を検討することを目指し、水質検査体制ごとの検査頻度及び検査項目ごとの検査業務外部委託比率をとりまとめた。アンケート調査は、両年度に渡って実施したが、いずれの年度の調査においても、調査対象とした水質項目(残留塩素濃度、濁度、色度(雑用水については外観)、pH)に関しては、いずれの項目においても、飲料水、雑用水を問わず、検査を外部委託することにより、検査頻度が低下する傾向が認められた。そのうち、特に雑用水に関して、雑用水の用途に関わらず、比較的高頻度での検査が必要となる外観及び pH については、検査を外部委託している建築物においては 70~80%程度が不適合となっており、改善の余地が大きいことが明らかとなった。自己測定にて検査を実施できる体制が構築されていない項目において、検査頻度の不適合率が上昇しやすくなっていることが明らかであるため、どのような測定項目において、外部委託率が高くなっているのかを調査した。検査項目ごとの検査業務の外部委託比率に着目すると、残留塩素濃度については、検査を自己測定により実施している事例が主流であったものの、濁度、色度(外観)、pH に関しては、30%を超える建築物において、検査が外部委託されていた。IoT 技術を活用して、これらの項目に関する自動水質管理を実施できる体制を構築することができれば、飲用水のみならず、雑用水の衛生管理水準の改善に資する可能性が高いことが明らかとなった。

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
徳安 真理奈 国土技術政策総合研究所

A. 研究目的

特定建築物の運用・点検・維持管理において建築物環境衛生管理技術者や建築物の環境衛生全般に関する維持管理に携わっている関係者の、IoT 技術の現状と活用に関する認識調査を行う必要がある。

特定建築物の管理技術者の業務上負担の実情と、業務効率化のためのデジタル技術の活用

に関する認識と需要を把握するためアンケート調査を行った。本省では、アンケート調査のうち、特に水質管理に関連する内容に焦点を絞り、結果を報告する。

B. 研究方法

建築物環境衛生管理の有資格者である統括管理者及び空調給排水管理監督者を対象にアンケート調査を実施した。アンケートは令和 6 年度及び令和 7 年度それぞれで実施し、令和 6 年度には合計 120 名、令和 7 年度には合計 318 名から回答を得た。想定する管理建物としては「現在管理されている特定建築物がある場合はその建築物について、無い場合は最近管理した特定建築物」とした。

水質管理関連業務に関する設問内容は以下通りである。

- ・ 検査実施頻度
- ・ 検査実施体制(自己測定 or 外部委託)
- ・ 検査に要する時間
- ・ 中央監視システムやBEMS(Building Energy Management System)の導入状況
- ・ 中央監視システムやBEMSの活用状況

回答は上述した通り、合計120件(令和6年度)及び318件(令和7年度)であった。但し、項目によっては有効回答が得られない、未記入などがあったため、有効回答数の合計が上記の値にならない場合がある。

C. 研究結果および考察

C.1. 検査体制ごとの水質検査頻度

図5-1に令和6年度に実施した調査における飲料水及び雑用水の残留塩素濃度検査頻度を示す。本項目は、建築物衛生法においては飲料水、雑用水とも7日以内に1回の頻度で検査を実施することが必要であると定められている。飲料水に関しては、法定検査頻度を満足する「週1回」、「週5回」、「週7回」とする回答が全回答数のうち、96%を占めていた。一方、雑用水に関しては、法定検査頻度を下回る「月1回」未滿とする回答が合計で48%に及んでおり、飲料水と比較すると、十分な衛生管理が実施されていない事例の比率が大幅に高かった。飲料水においては、残留塩素濃度の検査を外部委託している事例は全体の10%にとどまっていたのに対し、雑用水の残留塩素濃度管理においては、その割合が27%に到達しており、建築物管理者自身が検査を実施する体制が整えられていない事例が多いことが、検査頻度の低下に影響していた可能性が考えられる。このことを検証するため、検査体制(自己測定、もしくは外部委託)ごとの残留塩素濃度検査頻度を調査した(図5-2)。飲料水の残留塩素濃度の管理を自己測定で実施している事例においては、すべての回答が法定検査頻度を満足するもの(「週1回」、「週5回」、及び「週7回」のいずれか)であった。それに対し、検査を外部委託している事例では、「週1回」

という検査頻度が満足されていた件数は全体の71%にとどまっていた。「週1回」以外の回答は、すべて「年2回」となっていた。飲料水において、残留塩素濃度以外の水質項目に関する法定検査頻度が年2回となっていることを考慮すると、残留塩素濃度の検査頻度を「年2回」と回答した事例においては、残留塩素濃度以外の項目に対する水質と同じタイミングで残留塩素濃度の検査を実施しているのみにとどまっているものと考えられる。令和6年度の調査においては、雑用水pHの検査頻度をはじめ、アンケートの対象とした水質項目においては、概ね上述した飲料水の残留塩素濃度の検査頻度と同様、検査業務を外部委託している建築物において、検査頻度が低くなる傾向が認められた。検査実施体制と検査頻度の関連について、さらなる検討を実施するため、令和7年度調査において、他の検査対象項目の検査体制ごとの検査頻度、並びに検査対象項目ごとの検査業務外部委託比率を調査することとした。

図5-3に令和7年度調査における検査体制ごとの飲料水及び雑用水の残留塩素濃度の検査頻度を示す。飲料水の残留検査を自己測定にて実施していると回答のあった建築物においては、検査頻度が月1回(2%)、もしくは年2回(1%)とする不適合事例がわずかに認められたものの、全体の97%の建築物において、建築物衛生法で定められた頻度、もしくはそれを上回る頻度で検査が実施されていた。雑用水に関しては、飲料水を下回るものの、自己測定にて検査を実施している建築物においては、88%が建築物衛生法に適合する頻度で、検査を実施していた。一方、検査を外部委託している建築物に関しては、飲料水に関しては34%、雑用水に関しては、73%が不適合であるとする結果が得られた。これらの結果は、令和6年度の調査結果と同様に検査を外部委託している建築物においては、自己測定により実施している建築物と比較して、検査頻度不適合率が増加することを示すものである。

令和7年度調査における検査体制ごとの濁度、色度(雑用水については外観)、pHの検査頻度を、図5-4、図5-5、及び図5-6にそれぞれ示す。いずれの項目も、飲料水に関しては、建築物衛生

法に定められた検査頻度は「6ヶ月ごとに1回」となっている。一方で、雑用水に関しては、pH及び外観は、用途に関わらず、「7日以内ごとに1回」の頻度での検査が必要となっており、飲料水よりも求められる検査頻度が多くなっていることに留意が必要な項目であるといえる。雑用水における濁度については、雑用水を散水、修景、清掃用水として使用する場合には「2月以内ごとに1回」の検査頻度が必要と定められているのに対し、雑用水を水洗便所用水として使用する場合には検査が必要な項目には含まれていない。

いずれの項目も、検査を外部委託している建築物においては、検査を自己測定で実施している建築物と比較して検査頻度が低くなっており、検査項目に関わらず、自己測定にて検査を実施できる体制が構築されていない項目に関しては、検査頻度が低下することが明らかとなった。特に、用途に関わらず、「7日以内ごとに1回」と比較的高頻度での検査実施が求められる雑用水の外観及びpHについては、自己測定における検査頻度不適合率がそれぞれ11%及び16%であったのに対し、検査を外部委託している建築物では、検査頻度不適合率がそれぞれ81%及び70%まで上昇していた。これらの結果より、外部委託比率が高い検査項目においては、検査実施頻度が低下し、検査頻度不適合となる可能性が高くなることが明らかである。検査の外部委託比率が高い項目に関しては、IoT技術等を活用し、検査負荷を低減することで、自己測定を実施することができる体制を構築することが有効となると考えられる。次項においては、どのような項目において、外部委託比率が高くなっているのか、検討を行う。

C.2. 検査項目ごとの外部委託比率

図5-7及び図5-8に飲料水及び雑用水における残留塩素濃度、濁度、色度、pH検査の外部委託状況をそれぞれ示す。飲料水に関しては、残留塩素濃度を除くすべての項目で、半数近くの建築物において、検査が外部委託されていた。検査頻度が「6ヶ月ごとに1回」とされていることから、頻繁に検査を行うことを想定した体制は構築されていない可能性が考えられる。雑用水に関しては、残留塩素濃度については、外

部委託比率が飲料水より高く、28%となっていた。その他の項目に関しては、飲料水における同一項目と比較すると、外部委託比率が低くなっているものの、30%を超える建築物において、検査が外部委託されていることが明らかとなった。外観やpHに関しては、雑用水の用途に関わらず、「7日以内ごとに1回」という比較的高頻度での検査が求められる項目であり、上述したように、検査を外部委託している建築物において不適合率が上昇する傾向となっていることも考慮すると、これらの測定項目に関する自動水質監視装置を導入することは、雑用水の水質管理においても有効な手段となる可能性が考えられる。

特定建築物において定期的な検査が必要となる水質項目のうち、残留塩素濃度、濁度、色度に関しては、複数の会社からこれらの項目の連続測定が可能な水質自動監視装置が販売されている。また、そのような水質自動監視装置の多くにおいて、オプションの機能としてpHの連続測定機能を追加することも可能となっている。このような装置の多くは、浄水場をはじめとする水処理施設における水質管理を目的とした装置であるものと考えられるが、同様の原理を活用して、建築物内に設置することが可能な装置が開発されれば、特定建築物における水質管理水準の向上に資することが期待される。雑用水の水質管理に関しては、色度は検査対象項目ではなく、外観として「ほとんど無色透明であること」と定められている。当該項目に関しては、水質自動監視装置においては、色度を活用した評価を行うこととなる可能性が高いものと考えられるが、この場合、「ほとんど無色透明であること」という状態を確保することのできる色度の基準等を事前に検討することが必要となる。

D. まとめ

本調査では、統括管理者及び空調給排水管理監督に対して実施したアンケートより、水質検査に関して、検査体制ごとの検査頻度及び検査項目ごとの検査の外部委託比率をとりまとめ、IoT機器を活用した水質管理体制の構築が特に求められる項目について、検討を行った。調査

対象として、残留塩素濃度、濁度、色度(雑用水については外観)、並びに pH を選定したが、いずれの項目においても、検査を外部委託することにより、検査頻度が低下する傾向が認められた。雑用水の用途に関わらず、比較的高い検査頻度が求められる外観や pH に関しては、検査を外部委託している建築物においては、70~80%程度の建築物において、建築物衛生法で定められている検査頻度を下回る頻度で検査が行われており、改善の余地があるものと考えられた。検査項目ごとの検査業務の外部委託比率に着目すると、残留塩素濃度については、検査を自己測定により実施している事例が主流であったものの、濁度、色度(外観)、pH に関しては、30%を超える建築物において、検査が外部委託されていた。IoT 技術を活用して、これらの項目に関する自動水質管理を実施できる体制を構築することができれば、飲用水のみならず、雑用水の衛生管理水準の改善に資する可能性が

高いことが明らかとなった。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

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

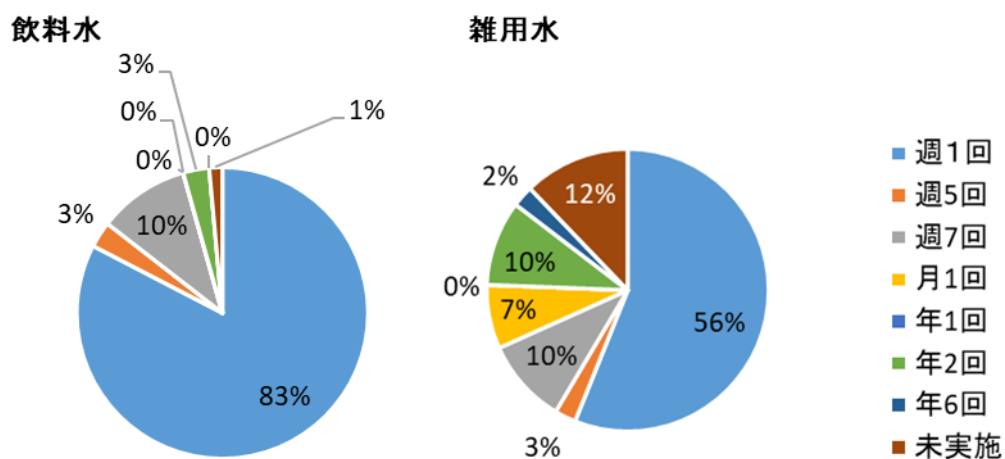


図 5-1 飲料水及び雑用水の残留塩素濃度検査頻度（令和 6 年度）

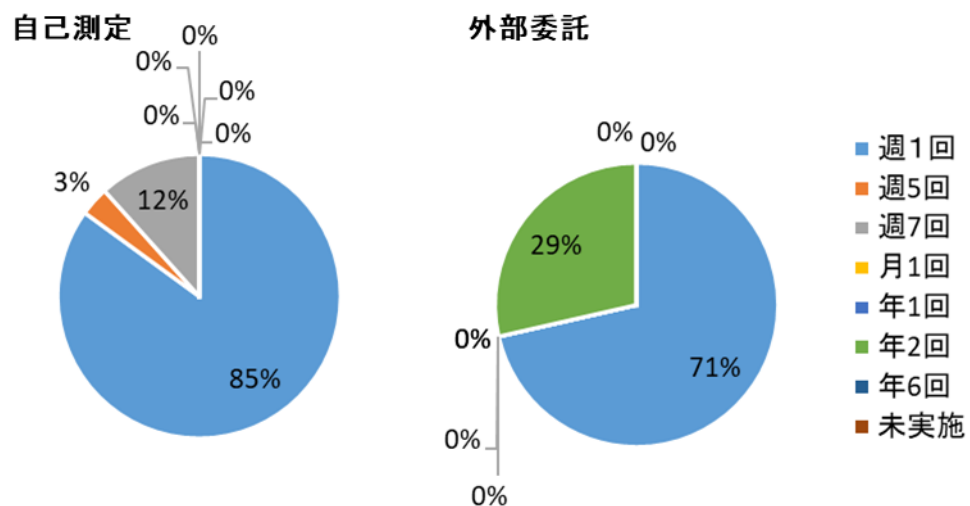


図 5-2 検査体制ごとの残留塩素濃度検査頻度（令和 6 年度）

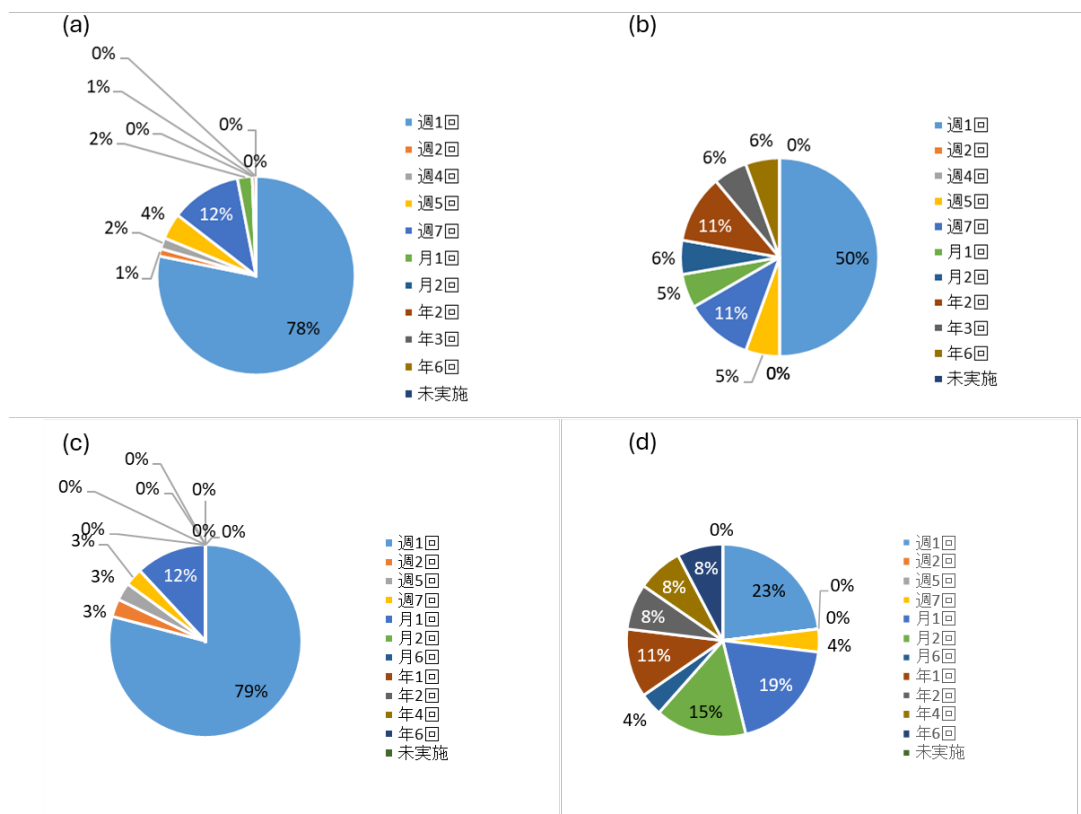


図 5-3 検査体制ごとの飲料水及び雑用水の残留塩素濃度検査頻度（令和 7 年度）
 ((a): 飲料水・自己測定、(b): 飲料水・外部委託、(c): 雑用水・自己測定、(d): 雑用水・外部委託)

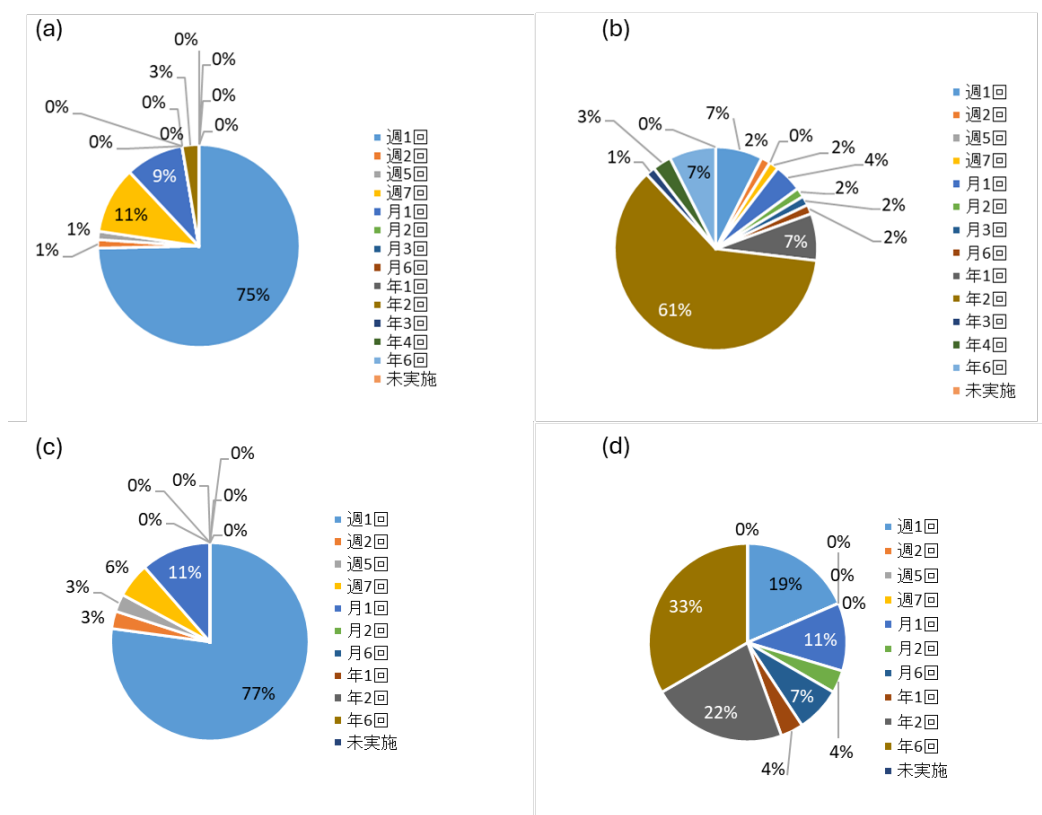


図 5-4 検査体制ごとの飲料水及び雑用水の濁度検査頻度（令和 7 年度）
 ((a): 飲料水・自己測定、(b): 飲料水・外部委託、(c): 雑用水・自己測定、(d): 雑用水・外部委託)

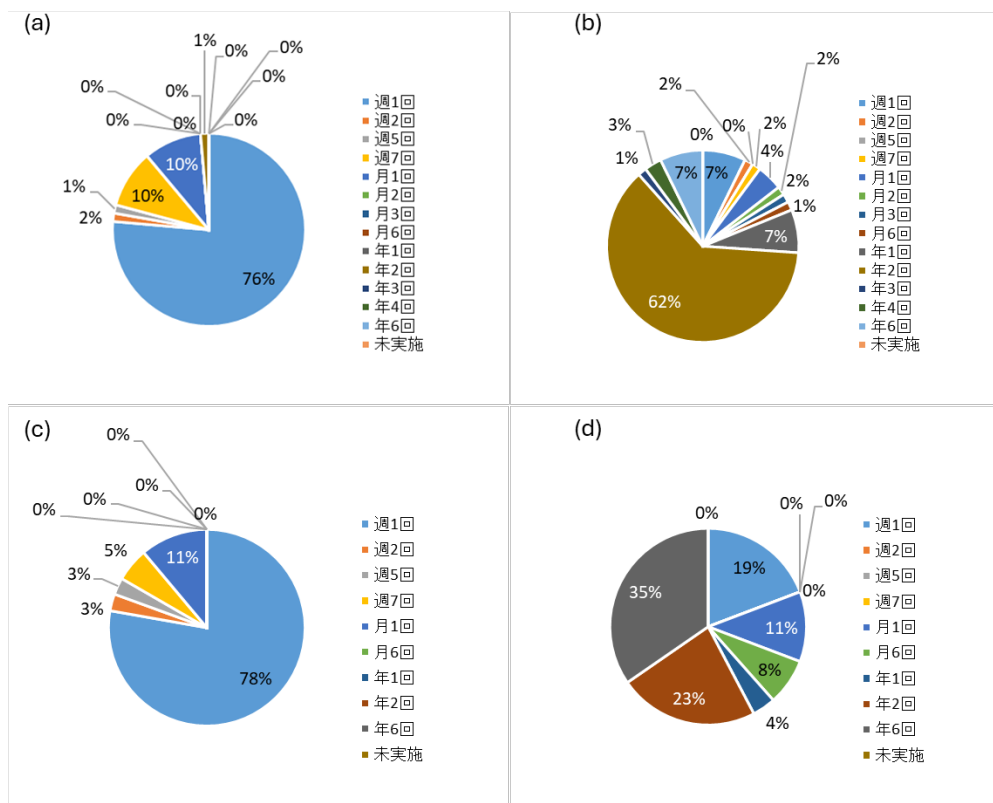


図 5-5 検査体制ごとの飲料水及び雑用水の色度(雑用水は外観)検査頻度 (令和 7 年度)
 ((a): 飲料水・自己測定、(b): 飲料水・外部委託、(c): 雑用水・自己測定、(d): 雑用水・外部委託)

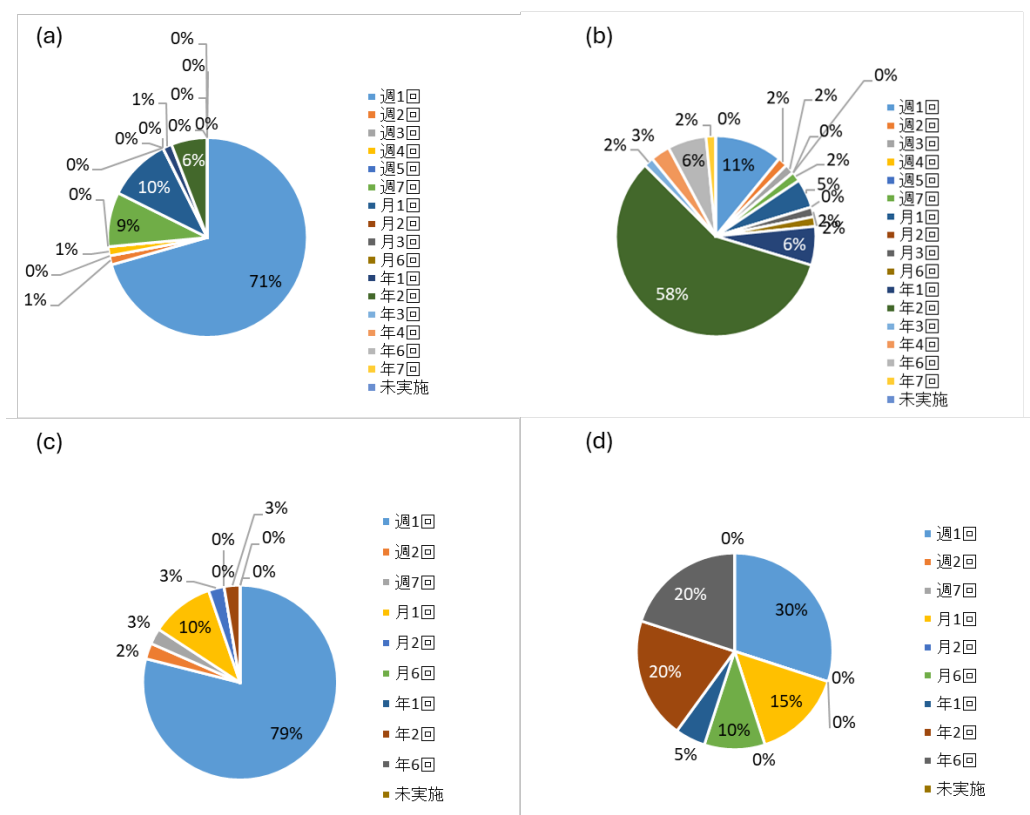


図 5-6 検査体制ごとの飲料水及び雑用水の pH 検査頻度 (令和 7 年度)
 ((a): 飲料水・自己測定、(b): 飲料水・外部委託、(c): 雑用水・自己測定、(d): 雑用水・外部委託)

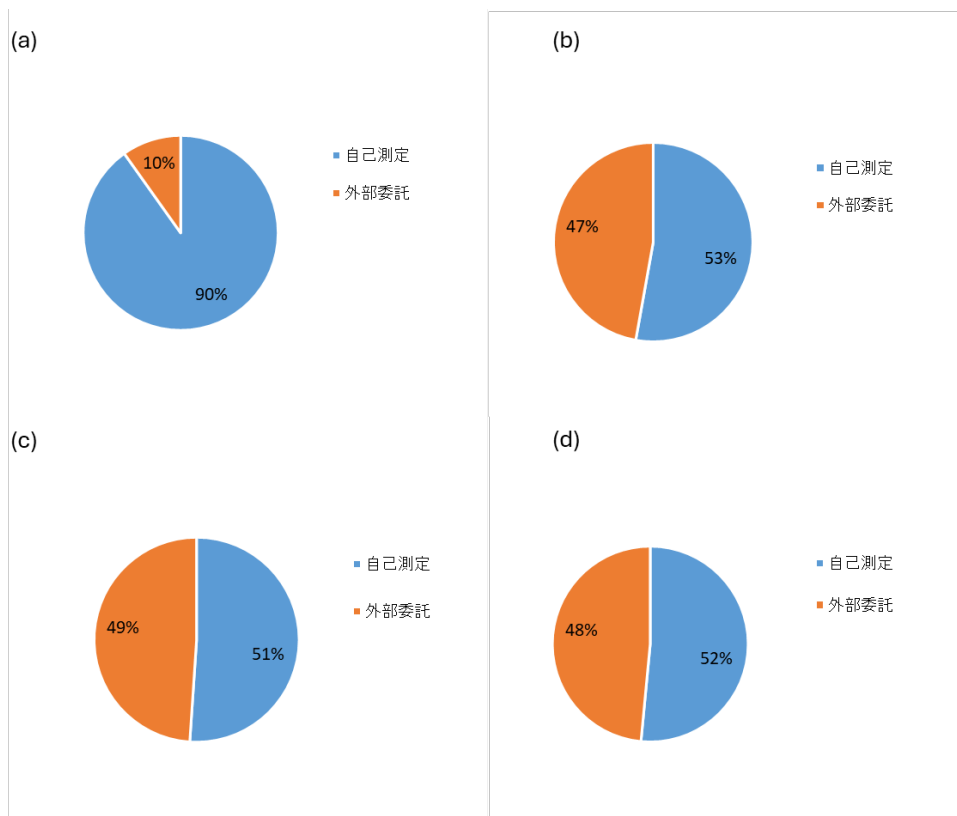


図 5-7 飲料水における残留塩素濃度、濁度、色度、pH 検査の外部委託状況 (令和 7 年度)
((a) 残留塩素、(b) 濁度、(c) 色度、(d) pH)

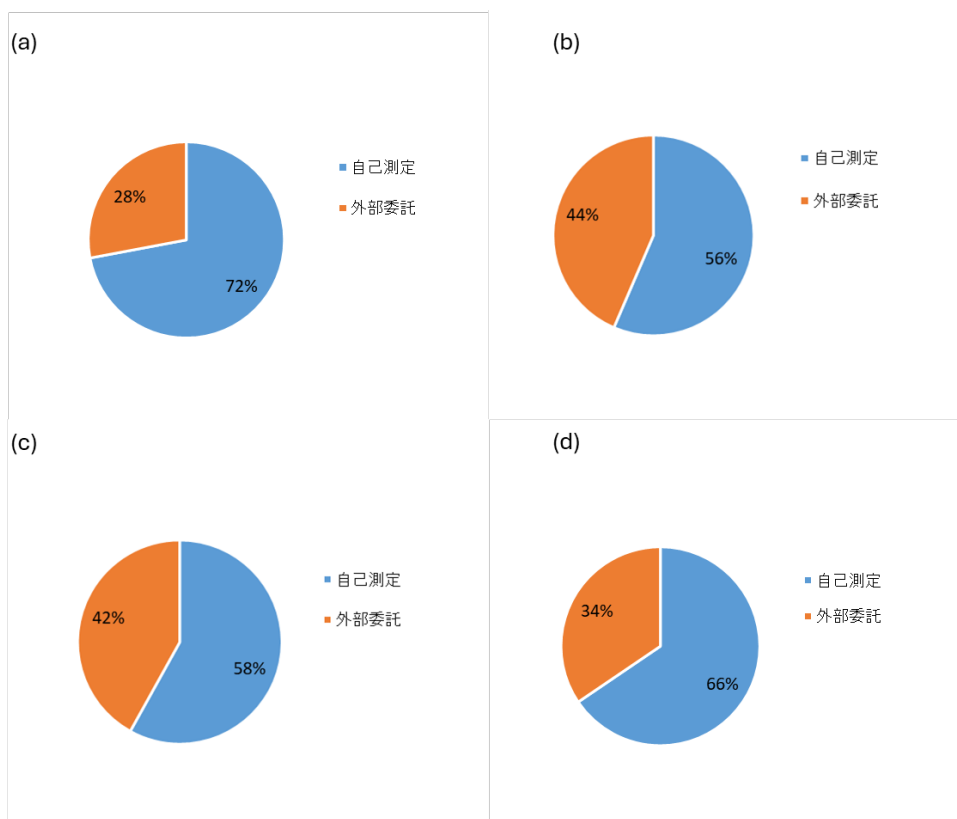


図 5-8 雑用水における残留塩素濃度、濁度、外観、pH 検査の外部委託状況 (令和 7 年度)
((a) 残留塩素、(b) 濁度、(c) 外観、(d) pH)

令和6年度～令和7年度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)
分担総合研究報告書

6. 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査
(空調及び空気環境の維持管理)

研究代表者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
分担研究者	鍵 直樹	東京科学大学	教授
分担研究者	海塩 渉	東京科学大学	助教
分担研究者	中野 淳太	法政大学	教授
分担研究者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員

研究要旨

建築物環境衛生管理技術者や建築物の環境衛生全般に関する維持管理に携わっている関係者の、業務上負担の実情と、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を把握する目的で統括管理者及び空調給排水管理監督者を対象にアンケート調査を行った。事前調査で61件、1年度目に120件、2年度目に318件と有効回答数は計499件であり、職種としては統括管理者296件(59%)、空調給排水203件(41%)であった。

管理している(または管理していた)建物の管理業務の期間は平均10.1±10.2年で、度数としては2年以下が最も多く、次いで4～6年、2～4年の順となった。業務内容としては、管理会社や部署の職員が57%と最も多く、次に建物の現場管理者33%、自社ビル管理会社(組合)職員が4%であった。建物の主な用途は、事務所が55%、店舗(百貨店)13%、旅館・ホテル5%、学校(研修所)8%、興行場5%、その他が13%であった。

負担が大きな業務内容として、帳簿の管理と報告が55%と最も多く、清掃作業38%、加湿装置の点検28%、冷却塔・冷却水の点検26%、排水受け_パッケージエアコン(PAC)26%、排水受け_空調機(AHU)26%であった。空気環境6項目の測定は23%であった。また、飲料水_残留塩素濃度21%、飲料水_貯水槽の点検19%、ネズミ・衛生害虫等が22%であった。

中央監視システム+BEMSの導入は13%と少なく、中央監視システムのみ導入が43%、両方導入無しも27%あった。中央監視やBEMSデータの空気環境管理への活用としては、温度44%、相対湿度36%と高い活用度を示し、CO₂は19%、気流、CO、浮遊粉じんは8～10%程度であった。

データの水管理への活用は貯水槽水量が17%と最も高く、流量13%、水質10%、減水量申請8%、水温9%と全体的には空気環境より低い活用度となった。

業務効率化において急務となっているのは帳簿管理の電子化であり、後は清掃作業、加湿装置や空調排水受けの点検、冷却塔・冷却水点検、そして空気環境6項目の測定などが挙げられる。

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

A. 研究目的

特定建築物の運用・点検・維持管理において建築物環境衛生管理技術者や建築物の環境衛生

全般に関する維持管理に携わっている関係者のIoT技術に関する知識、活用に関する認識と現

場の現状などを調査する必要がある。

本研究では、特定建築物の管理技術者の業務上負担の実情と、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を把握するためアンケート調査を行った。

B. 研究方法

建築物環境衛生管理の有資格者である統括管理者及び空調給排水管理監督者を対象にアンケート調査を行った。想定する管理建物としては「現在管理されている特定建築物がある場合はその建築物について、無い場合は最近管理した特定建築物」とした。

設問内容は以下通りである。

- ・ 建築物の所在地
- ・ 建築物を管理していた時期
- ・ 業務内容（現場管理者や管理会社職員など）
- ・ 建物属性（用途、所有区分、使用状況、延床面積、階数、竣工年）
- ・ 設備概要（空調方式、水源、給湯方式）
- ・ 帳簿の作成、管理及び報告方法（電子・紙媒体）
- ・ 理想的な帳簿の作成、管理及び報告方法
- ・ 身体的、精神的、時間的な負担が大きな作業
- ・ 水の管理（検査実施頻度及び実施方法、検査に要する時間など）
- ・ 中央監視システムやBEMS (Building Energy Management System) の導入状況
- ・ 中央監視システムやBEMSの活用状況

回答は事前調査で統括管理者 38（回収率 52%）、空調給排水管理監督者 23（回収率 33%）の合計 61 件、1 年目の本調査では統括管理者 80（回収率 36%）、空調給排水 40（回収率 24%）の合計 120 件、2 年目の調査では統括管理者 178（回収率 40%）、空調給排水 140（回収率 29%）の合計 318 件の有効回答が得られた。

全体としては統括管理者 296 件、空調給排水 203 件、合計 499 件であった。但し、場合によっては有効回答が得られない、未記入などがあるため、合計が 499 にならない場合がある。また、設問項目によっては複数回答が可能な項目がある。

C. 研究結果および考察

C.1. 概要

C.1.1. 管理（業務）期間及び業務内容

該当建物の管理業務の期間（図 6-1）は平均

10.1±10.2 年で、度数として 0～2 年が最も多く、次に 5～6 年、3～4 年となっている。四分位が 15 年、中央値は 6 年であった。また、20 年以上という回答も複数あり、25 年以上が 90 パーセントイルであった。

業務内容（図 6-2）としては、管理会社や部署の職員が 57%と最も多く、次に建物の現場管理者 33%、自社ビル管理会社（組合）職員が 4%であった。

C.1.2. 建物概要

主な用途（図 6-3）としては、事務所が 55%、店舗（百貨店）13%、旅館・ホテル 5%、学校（研修所）8%、興行場 5%、複合 1%、その他が 13%であった。

所有区分（図 6-4）としては官公庁 33%、民間 65%、官公庁と民間の区分所有が 3%であった。

建物全体を所有者が使用している建物が 48%、全体をテナントが使用している建物が 26%、自社とテナントが一緒に使用している物件が 24%であった（図 6-5）。

建物規模（図 6-6）としては、3000～5000m²が 34%、5000～10000 m²が 29%と最も多く、10000～50000 m²が 26%あった。また、50000～100000 m²が 6%、100000 m²以上が 5%あった。

階数としては 4～6 階が 28%と最も多く、次いで 7～9 階が 23%、10～19 階が 19%、1～3 階が 20%、20 階以上が 9%あった。

築年数（図 6-7）は 10 年未満が 14%、10～20 年が 16%、20～30 年が 15%、30～40 年が 25%、40 年以上が 30%となっており、20 年以上の建物が全体の 70%を占めていた。

C.2. 建築物環境衛生の管理業務

C.2.1. 負担が大きな作業

IoT、映像解析、自動測定センサーなどデジタル技術を活用した維持管理・点検の効率化が検討されていることを説明した上で、身体的、精神的、時間的負担が大きい作業は何かについてを設問（複数選択可）した。

負担が大きな作業に関しては下記の設問を行った。

1. 帳簿の管理と報告
2. 空気環境 6 項目の測定（浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流）
3. 冷却塔、冷却水の点検
4. 加湿装置の点検
5. 排水受け（ドレンパン）の点検
 - 5-1. 空調機（AHU）
 - 5-2. パッケージエアコン（PAC）
6. 飲料水（給湯を含む）の管理
 - 6-1. 遊離残留塩素（7 日以内ごとに 1 回）
 - 6-2. 水質検査機関による省令項目検査
 - 6-3. 貯水槽の点検
7. 雑用水の管理
 - 7-1. 遊離残留塩素、pH、臭気、外観（7 日ごとに 1 回）
 - 7-2. 大腸菌、濁度（2 ヶ月以内ごとに 1 回：散水、修景、清掃用水の維持管理）
 - 7-3. 大腸菌（2 ヶ月以内ごとに 1 回：水洗便所用水の維持管理）
 - 7-4. 雑用水水槽の点検
8. 清掃
 - 8-1. 清掃作業（ロボットなどを利用した室内側の清掃のみ）
 - 8-2. 清掃器具の維持管理
 - 8-3. 汚れの遠隔・自動監視
 - 8-4. 収集・運搬設備、貯留設備その他の廃棄物処理設備の点検
9. ねずみ・衛生害虫等の生育調査と監視
10. その他（自由記述）

負担が大きな業務内容（図 6-8）として、帳簿の管理と報告が 55%と最も多く、清掃作業 38%、加湿装置の点検 28%、冷却塔・冷却水の点検 26%、排水受け_パッケージエアコン（PAC）26%、排水受け_空調機（AHU）26%であった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。また、飲料水_残留塩素濃度 21%、飲料水_貯水槽の点検 19%、ネズミ・衛生害虫等が 22%であった。

こちらの結果は、管理技術者が自分で行う業務に対する回答であるため帳簿作成と管理、加湿装置や冷却塔・冷却水、空調の排水受けの点検などの負担が大きく、空気環境の測定や水質検査など委託が多い業務に対する需要は低くなっていると考えられる。また、清掃作業が 38%

と高くなっているが、委託業務が多いなかで普段のクレームの多さや管理が難しいことが原因と推察される。

C.2.2. 帳簿の作成、管理及び報告方法

帳簿の作成、管理及び報告業務（図 6-9）は管理技術者の重要な業務として負担も大きい業務となっている。従来は紙媒体としての作成・保管・報告であったが、今は電子ファイルも認められている。

回答からは、電子媒体のみの作成が 5%、保管 5%と僅かであり、作成と保管を紙媒体で行っているところが 45%、紙・電子媒体両方を用いているところが 50%となっている。自治体への報告は紙媒体が 67%、紙・電子媒体両方が 27%であり、電子媒体のみの回答は 6%であった。

一方で、理想的な帳簿の作成、管理及び報告方法について設問した結果（図 6-10）からは、電子媒体 54%、紙・電子媒体両方が 40%、紙媒体は 6%であった。

C.2.3. 空調方式

空調方式（図 6-11）としては、中央式空調が 24%、個別式 30%、中央・個別併用方式は 45%であった。併用式を中央式と見なすと 69%が中央式空調となる。

C.2.4. 給湯方式

給湯方式（図 6-12）としては、中央式 25%、局所式（貯湯槽）27%、局所式（瞬間式）42%、給湯無し 4%、その他 2%であった。局所式の割合が 69%と多く、中でも貯湯槽を持たない瞬間式が 4 割以上を占めていた。

C.2.5. 中央監視システム及び BEMS の導入と活用状況

最近は中央監視システムが導入されている建物が多く、更に一部建物には電気やガス、熱量、水量、エネルギー使用量などのデータ収集・記録と分析及びその管理に主眼をおいた BEMS（Building Energy Management System）が普及しつつある。そのため、中央監視室では建物や設備に組み込まれている各種センサーからの情報が集まっており、リアルタイ

ムで監視、管理ができるようになっている。

図 6-13 に中央監視システム及び BEMS の導入状況を、図 6-14 に中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用状況を、図 6-15 に中央監視や BEMS データの水管理への活用状況を示す。

中央監視＋BEMS の導入は 13%とまだ少なく、中央監視のみが 43%で、全体的には中央監視システムが導入されているのは 56%となっている。両方とも導入無しが 27%であったが、管理技術者を対象にした設問にもかかわらず「分からない」が 16%あった。

中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用としては、温度 44%、相対湿度 36%と高い活用度を示し、CO₂は 19%、気流、CO、浮遊粉じんは 8～10%程度であった。温度と相対湿度がやや高い活用度を示したが、CO₂は 2 割弱、気流、CO、浮遊粉じんは 1 割程度と少なかった。

中央監視や BEMS データとして常時取得される項目は温度、相対湿度、CO₂の 3 項目が多い。一方、CO・気流・浮遊粉じんに関してはシステムの的にデータが取得されるのは考えにくいことから、法定の定期検査結果を反映しているのではないかと推察される。

データの水管理への活用は貯水槽水量が 17%と最も高く、流量 13%、水質 10%、減水量申請 8%、水温 9%と全体的には空気環境より低い活用度となった。

D. まとめ

特定建築物の運用・点検・維持管理において建築物環境衛生管理技術者や建築物の環境衛生全般に関する維持管理に携わっている関係者の業務上負担の実情と、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を把握するため、統括管理者及び空調給排水管理監督者を対象にアンケート調査を実施し、計 499 件の有効回答が得られた。

該当建物の管理業務の期間は平均 10.1 ± 10.2 年で、度数としては 2 年以下が最も多く、次いで 4～6 年、2～4 年の順となった。業務内容としては、管理会社や部署の職員が 57%と最も多く、次に建物の現場管理者 33%、自社ビル

管理会社（組合）職員が 4%であった。建物の主な用途は、事務所が 55%、店舗（百貨店）13%、旅館・ホテル 5%、学校（研修所）8%、興行場 5%、その他が 13%であった。

負担が大きな業務内容として、帳簿の管理と報告が 55%と最も多く、清掃作業 38%、加湿装置の点検 28%、冷却塔・冷却水の点検 26%、排水受け_パッケージエアコン（PAC）26%、排水受け_空調機（AHU）26%であった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。また、飲料水_残留塩素濃度 21%、飲料水_貯水槽の点検 19%、ネズミ・衛生害虫等が 22%であった。

中央監視システム＋BEMS の導入は 13%と少なく、中央監視システムのみ導入が 43%、両方導入無しも 27%あった。中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用としては、温度 44%、相対湿度 36%と高い活用度を示し、CO₂は 19%、気流、CO、浮遊粉じんは 8～10%程度であった。

データの水管理への活用は貯水槽水量が 17%と最も高く、流量 13%、水質 10%、減水量申請 8%、水温 9%と全体的には空気環境より低い活用度となった。

業務効率化において急務となっているのは帳簿管理の電子化であり、後は清掃作業、加湿装置や空調排水受けの点検、冷却塔・冷却水点検、そして空気環境 6 項目の測定などが挙げられる。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

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

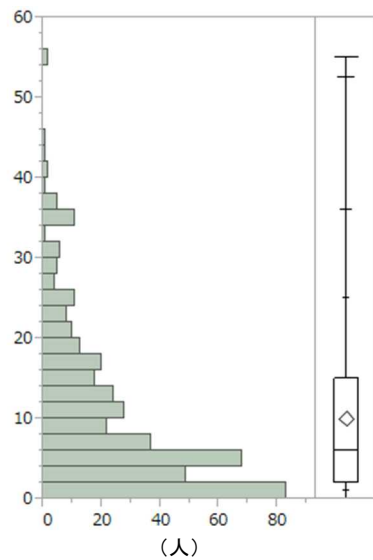


図 6-1 該当建物の管理（業務）年数

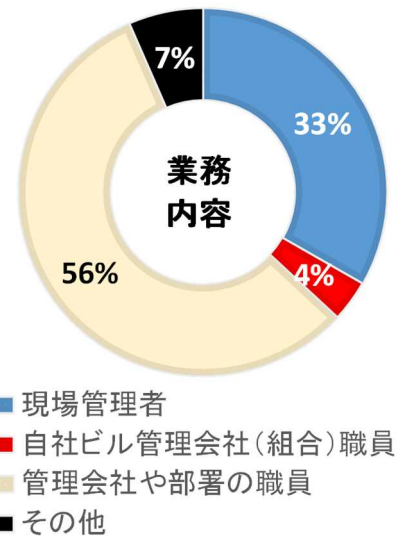


図 6-2 業務内容

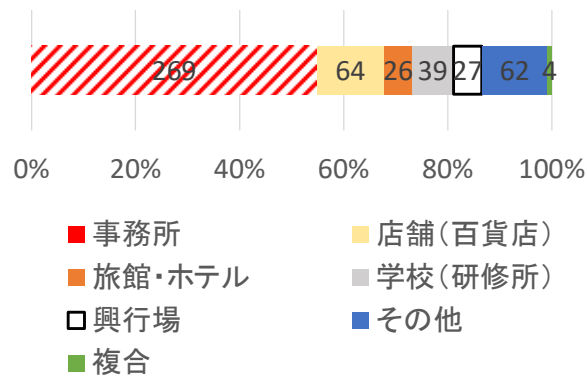


図 6-3 建物用途

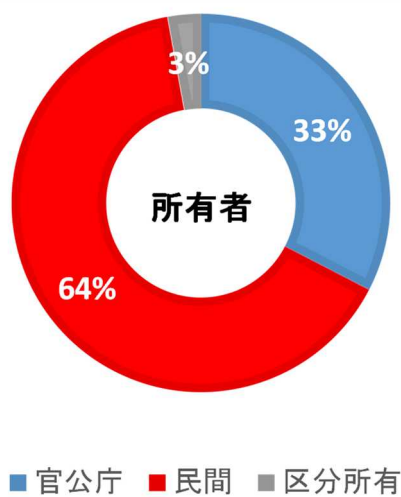


図 6-4 所有形態

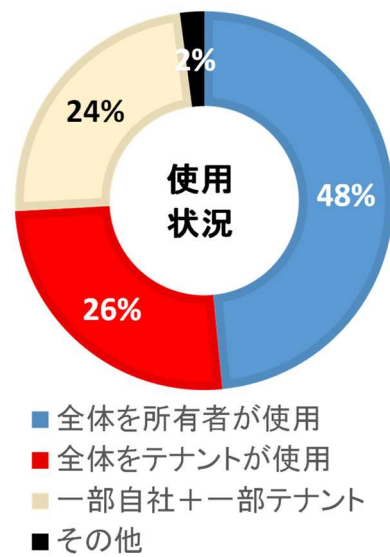


図 6-5 使用状況

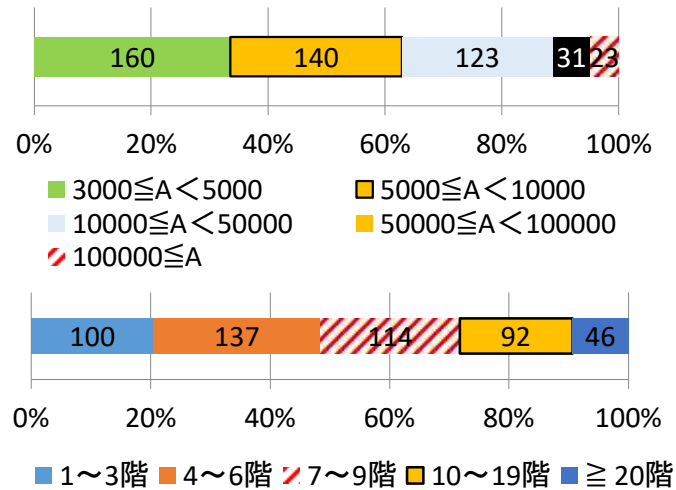


図 6-6 建物規模

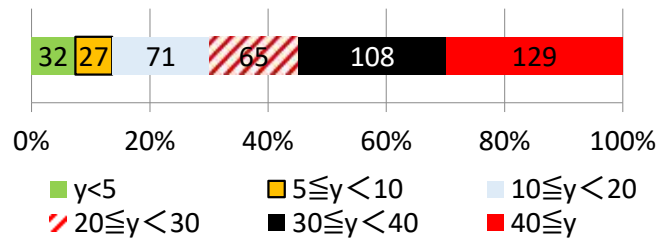


図 6-7 築年数

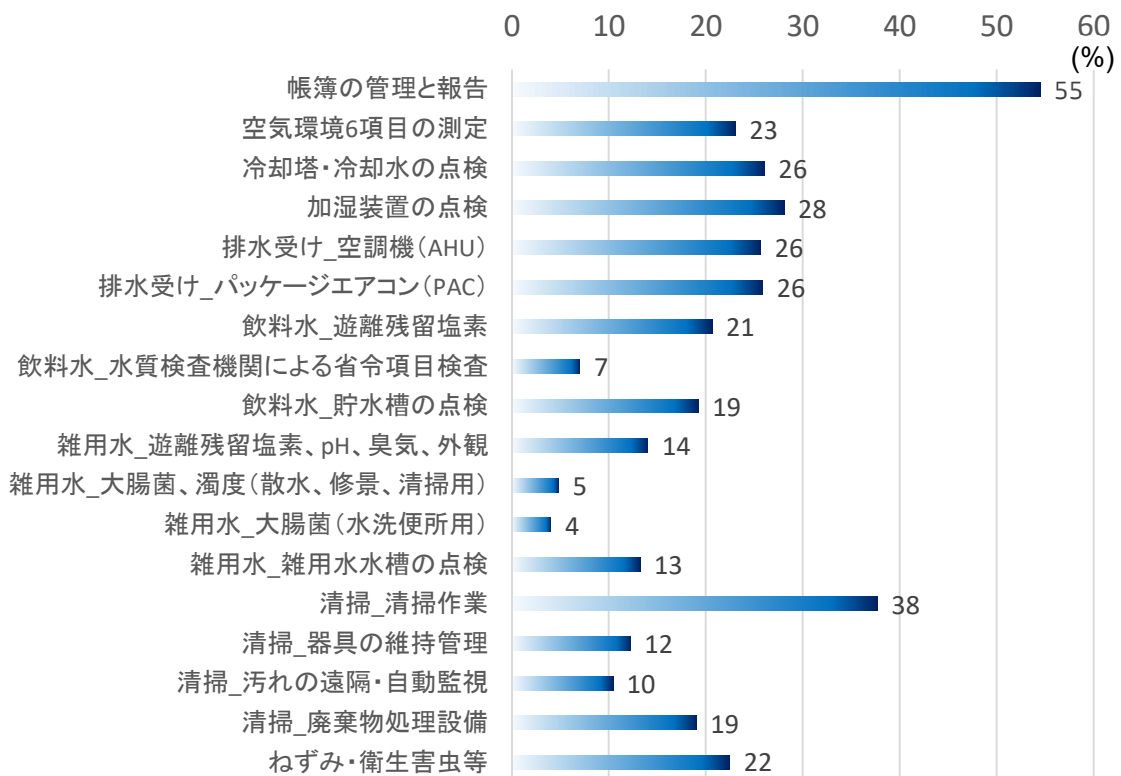


図 6-8 身体的、精神的、時間的な負担が大きな作業（複数選択可）

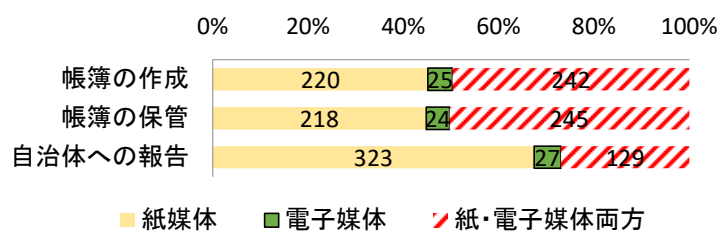


図 6-9 帳簿の作成、管理及び報告方法

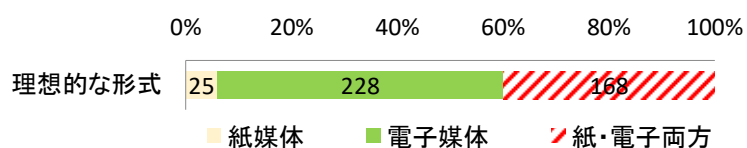
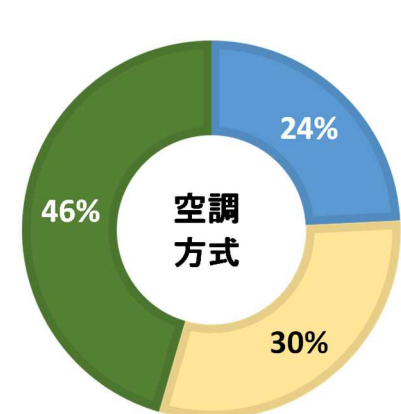
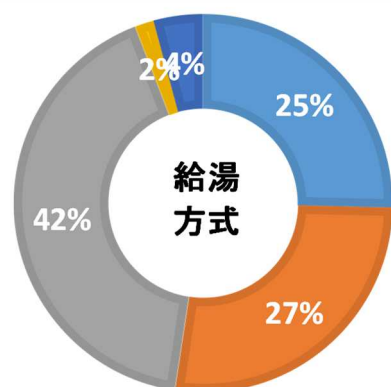


図 6-10 理想的な帳簿の作成、管理及び報告方法



■ 中央式 ■ 個別式 ■ 併用

図 6-11 空調方式



■ 中央式 ■ 局所式(貯湯槽)
■ 局所式(瞬間式) ■ その他
■ 給湯無し

図 6-12 給湯方式

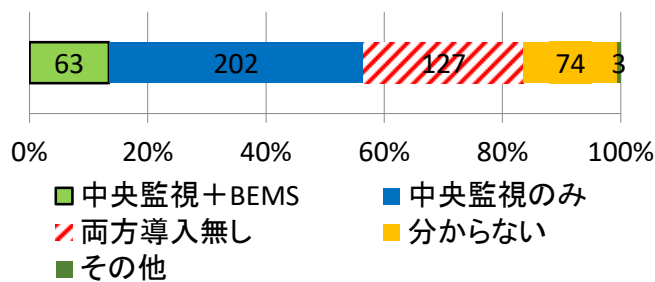


図 6-13 中央監視システム及び BEMS の導入状況

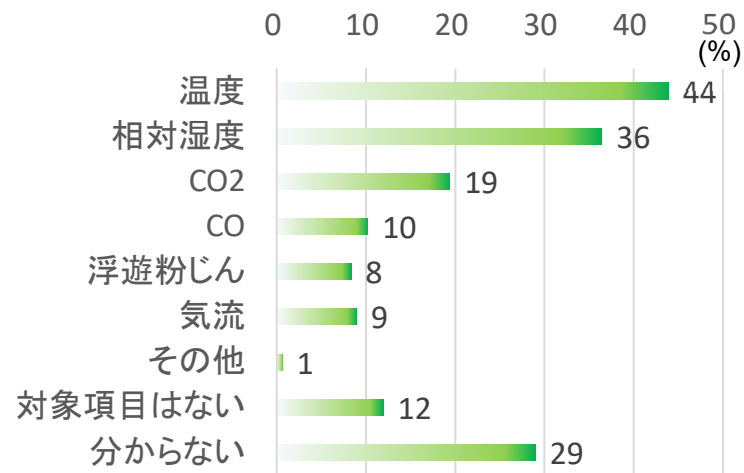


図 6-14 中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用

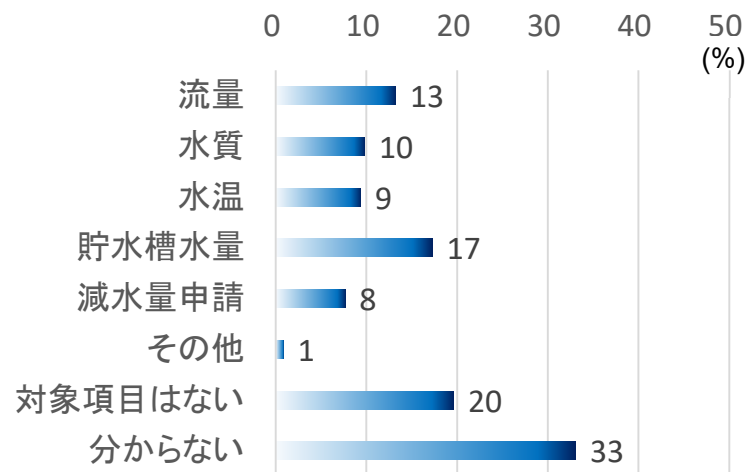


図 6-15 中央監視や BEMS データの水管理への活用

令和 6 年度～令和 7 年度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)
分担総合研究報告書

7. AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

代表研究者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
分担研究者	鍵 直樹	東京科学大学	教授
分担研究者	海塩 渉	東京科学大学	助教
分担研究者	中野 淳太	法政大学	教授
分担研究者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員

研究要旨

建築物衛生法では、空調機のドレンパン（排水受け）について使用開始時及び使用期間中 1 ヶ月以内ごとに 1 回、汚れ及び閉塞の状況の点検を行い、必要に応じて清掃及び換水等を行うこととしている。個別式空調やコンパクトエアハンなど小型空調機の普及により点検箇所の増大は現場に大きな負担となっている。

本章では、空調機排水受けの AI 画像解析システムによる汚れ度判定技術を紹介すると共に、システム設置建物におけるスライム発生及びレジオネラ属菌に関する調査結果を報告する。

結果として、AI 画像解析システムがスライムを検知している代表機がある階では、他の系統でもスライムが発生していることが確認された。PAC 4 系統共にスライムが発生していたが、レジオネラ属菌が検出されたのは 2 系統であり、スライムが発生してもレジオネラ属菌が必ず存在する訳ではないが、スライム発生がレジオネラ菌の発生リスクを高めることが確認された。スライム発生リスクの高い代表機で汚れ程度を早めに検知し、他の空調機も含め清掃を行うことでレジオネラ属菌の発生リスクを下げる事が可能であり、AI 画像監視システム（カメラ）を設置する代表機としては在室者が多い執務室などに設置されている空調機が望ましいと考えられる。

研究協力者

黒田 洋平 ダイキン工業（株）
渡邊 大智 ダイキン工業（株）

備の加湿装置及び排水受けの点検等について（H27）¹⁾では、「特定建築物に係る個別管理方式の空調設備の排水受けの点検頻度について、事業者の負担軽減を図るため、運転条件や汚れを検知するセンサーの有無など、設備の状況に応じた取扱いを認める」とされた。

A. 研究背景及び目的

建築物衛生法では、空調機のドレンパン（排水受け）について使用開始時及び使用期間中 1 ヶ月以内ごとに 1 回、汚れ及び閉塞の状況の点検を行い、必要に応じて清掃及び換水等を行うこととしている。近年は、個別式空調やコンパクトエアハンなどの普及が増えており、ビル 1 棟にこのような小型の空調機が数百～数千機設置されることも多い。

そこで、厚生労働省健康局生活衛生課長通知「特定建築物に係る個別管理方式の空調設備設

これにより、下記 2 つの内容が認められた。

①加湿装置、排水受けについてレジオネラ属菌等を含むスライム、カビ等の汚れを検知するセンサーがついている場合には、常時センサーが汚れを確認していることから、このことをもって、月 1 回の点検を実施しているとみなすとする。

②単一の建築物内で同一の設置環境下にある空

気調和設備については、運転条件や型式別にグループ化した上で、各階毎にその代表設備を目視により点検等(内視鏡による点検を含む)することとし、代表設備以外の設備については、給気にかび臭等の異臭がないか等の確認をもって、加湿装置、排水受けの状況を判断することで差し支えない。

しかしながら、レジオネラ属菌等を含むスライム、カビ等の汚れを検知するセンサーは未だに実用化されておらず、各階の代表機の点検も天井裏の点検口から覗いて目視確認するか、内視鏡による点検を行う必要があり作業が大変であるため1ヶ月以内ごとに1回の点検はかなり困難な作業である。

関連して、検知センサーではないが、空調機のドレンパンに固定カメラを設置し、その画像をAIが判別して施設管理者に汚れ具合(汚れ度)を知らせるシステムが既に実用化され、2025年7月時点で既に3,000ヶ所程度の設置実績がある。

前述の課長通知には検知センサーに画像解析技術が含まれるかは解釈の議論の余地があるものの、デジタル技術を活用した有効な監視点検技術であり、現段階では実用化されているほぼ唯一の排水受け監視システムと言える。

本章では、排水受けのAI画像解析システムによる汚れ度判定に関する調査結果について報告する。

B. 研究方法

対象建物は東京のオフィスビルであり、PAC(パッケージエアコン)は会議室に2系統、執務室に2系統設置されている。AI画像監視システムは執務室の系統1を代表機として2021年に設置された。3年後の2024年7月に汚れ度80%でスライム汚れが検知され、2025年8月に清掃作業が行われたことからスライム発生状況の現地調査および採取を実施した。

清掃作業前後に同じ階に設置されているPAC4系統のスライム発生状況を確認すると共にドレン水およびスライムの採取を実施した。スライム及びドレン水は各空調機から50~100mlずつ採取し、専門の分析会社にレジ

オネラ属菌検査を依頼した。

図7-1にドレンパン清掃前後の様子を示す。

C. 研究結果

図7-2に清掃前の排水受けの状況を、図7-3に時間経過による汚れ度の変化画像を示す。程度の差はあるものの、4系統ともスライムの発生が確認された。スライムが最も多く発生していたのは、本監視システムが設置されている執務室の系統であった。

C-1. 汚れ度

本システム設置時(2021年)には汚れ度0%であったが、2024年7月には汚れ度80%に上昇した。

- ・2025年の清掃前の点検では、程度の差はあるが、4系統ともスライムの発生が確認された。
- ・人が多い執務室の系統が、汚れが多かった。
- ・匂いは、ほとんど感じられない。

作業において、天井裏に設置されている空調機の場合は、確認のために脚立が必要であるため、執務室利用中の作業は難しく、作業制限が大きい上、天井開口などが必要で、ドレンパンを降ろしての作業が難しい場合も多い。また、横ののぞき窓から見ても汚れの有無が分かりづらかった。

C-2. レジオネラ属菌検査結果

PACの系統1が本システムが設置されている代表機である。

4系統ともにスライムが発生していたが、そのうちレジオネラ属菌が検出されたのは会議室の1系統(スライム1g当たり310,000CFU)、執務室の1系統(スライム1g当たり420,000CFU)であった。他の2系統からは10CFU未満と定量限界以下(不検出)となった。スライム中にレジオネラ菌が必ず存在する訳ではないが、スライムが発生するとレジオネラ菌の存在リスクがあることが確認された。

D. まとめ

空調機のドレンパンに固定カメラを設置し、その画像をAIが判別して施設管理者に汚れ具合(汚れ度)を知らせるシステムが実用化されており、対象システムの汚れ度監視性能及びドレンパン清掃前後の調査、またレジオネラ属菌

の検査結果を報告した。

1) AI 画像解析システムがスライムを検知している代表機がある階では、他の系統でもスライムが発生していることが確認された。

2) PAC 4 系統共にスライムが発生していたが、レジオネラ属菌が検出されたのは 2 系統であり、スライムが発生してもレジオネラ属菌が必ず存在する訳ではないが、スライム発生がレジオネラ菌の発生リスクを高めることが確認された。

3) 在室者が多い環境は、飲食物や人体などスライムの栄養になるものが多いことから、AI 画像監視システム（カメラ）を設置する代表機としては、在室者が多い執務室などに設置されている空調機が望ましいと考えられる。スライム発生リスクの高い代表機である系統 1 で汚れ程度を早めに検知し、他の空調機も含め清掃を行うことでレジオネラ属菌の発生リスクを下げる事が可能である。

4) 汚れ度に関してはどの段階を通知・報告レベルと定めるかは更に検討が必要である。今回は汚れ度 80%で既にスライムが発生していたことから、リスク低減のためにはスライム発生前のより低い汚れ度で通知を行うことが望ましいと考えられる。

E. 参考文献

1) 厚生労働省、健康局生活衛生課長通知、特定建築物に係る個別管理方式の空気調和設備の加湿装置及び排水受けの点検等について（H27.3）、https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=00tc1057&dataType=1&pageNo=1（accessed on 2026.4.20）

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
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

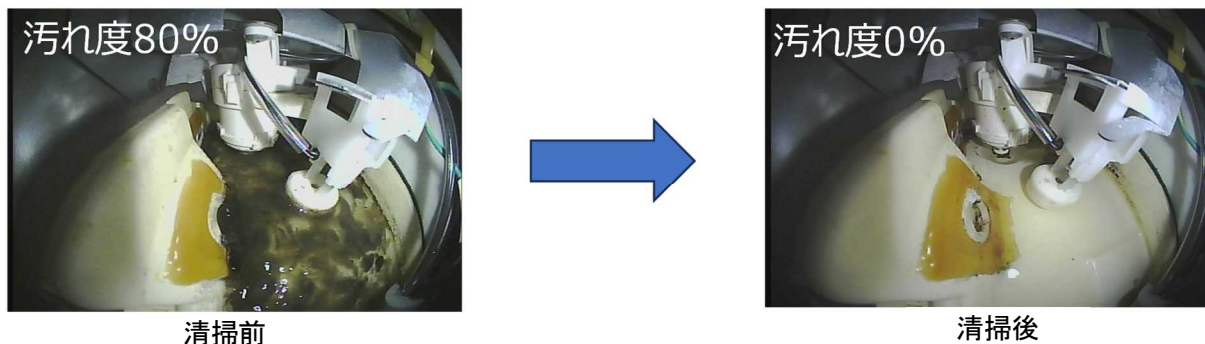


図 7-1 清掃前後の汚れ度（監視システムのカメラ映像）

会議室

系統3



310,000CFU/g

*単位：スライム 1g 当たりの CFU

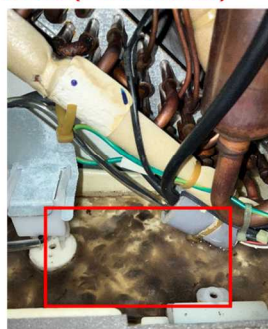
系統4



不検出(10未満)

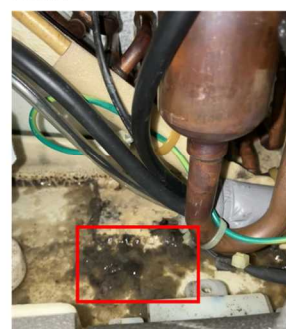
執務室

系統1(システム設置)



不検出(10未満)

系統2



420,000CFU/g

図 7-2 清掃前の汚れ具合とレジオネラ属菌検査結果

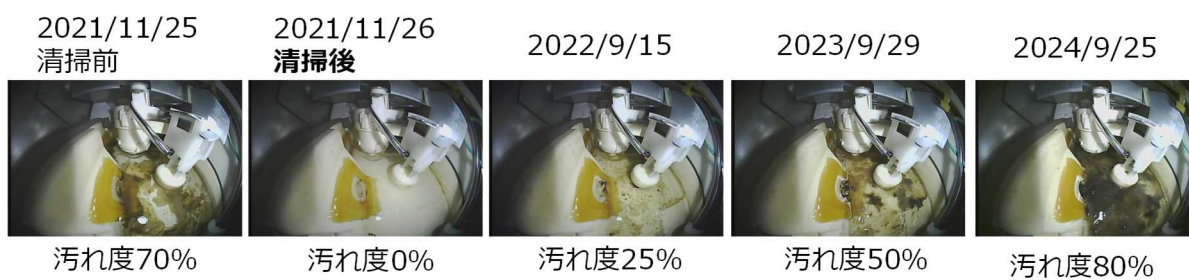


図 7-3 経時による汚れ度の変化

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

IoT、AI 等の最新技術を活用した建築物衛生管理手法の
検証のための研究

令和 6 年度～令和 7 年度
研究成果の刊行に関する一覧表

「学会発表」

<2025 年度>

- 1) 金勲, 下ノ菌慧, 鍵直樹, 海塩渉, 中野淳太, 増田貴則, 三好太郎. デジタル技術を活用した建築物衛生管理手法 その 1 業務の効率化に関する認識調査. 第 84 回日本公衆衛生学会総会; 2025.10.29-31; 静岡. 同抄録集. PA21-01-3. p.661.
- 2) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 三好太郎, 増田貴則, 金勲. デジタル技術を活用した建築物衛生管理手法 その 2 小型測定器による室内環境評価. 第 84 回日本公衆衛生学会総会; 2025.10.29-31; 静岡. 同抄録集. PA21-01-4. p.661.
- 3) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考(第 5 報) 建築物衛生管理への小型測定器の活用に向けた精度検証. 令和 7 年度空気調和・衛生工学会大会; 2025.9.3-5; 高松. 同学術講演論文集. J-10. p.49-52.
- 4) 金勲, 鍵直樹, 海塩渉, 中野淳太, 下ノ菌慧. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考(第 6 報) 建築物環境衛生管理技術者のデジタル技術活用に関する認識調査. 令和 7 年度空気調和・衛生工学会大会; 2025.9.3-5; 高松. 同学術講演論文集. J-11. p.53-56.
- 5) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. 建築物環境衛生管理への小型測定器の活用に向けた CO₂濃度の自動校正の検討. 第 58 回空気調和・冷凍連合講演会; 2025.4.17-18; 東京. 講演番号 9.

<2024 年度>

- 1) 海塩渉, 鍵直樹, 金勲, 下ノ菌慧, 中野淳太. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考(第 3 報) ビルエネルギーマネジメントシステム活用による暖冷房期の空気環境管理. 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-41. p.117-120.
- 2) 金勲, 鍵直樹, 海塩渉, 中野淳太, 下ノ菌慧. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考(第 4 報) 建築物環境衛生管理技術者の業務に関する認識調査. 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-42. p.121-124.
- 3) 金勲, 下ノ菌慧, 増田貴則, 三好太郎, 鍵直樹, 海塩渉, 中野淳太. デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理の効率化に関する管理技術者の認識調査. 第 83 回日本公衆衛生学会総会; 2024.10.29-31; 札幌. 同抄録集. O21-2-2. p.310.
- 4) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. 建築物環境衛生管理への小型連続測定器・BEMS の活用可能性に関する検証. 第 57 回空気調和・冷凍連合講演会; 2024.4.18-19; 東京. 同講演論文集. 20. p.147-152.

「総説」

<2025 年度>

- 1) 海塩渉. BEMS の建築物環境衛生管理への活用可能性の検討. 空気清浄. 2026;63(5):11-17 (報告)
- 2) 下ノ菌慧. 建築物環境衛生管理への小型測定器の活用可能性の検討. 空気清浄. 2026;63(5):18-22 (報告)

<2024 年度>

- 1) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理の効率化の検討. 病院設備. 2024;66(4):34-37 (報告)
- 2) 海塩渉, 鍵直樹, 金勲, 下ノ菌慧, 中野淳太. 建築物の空気環境管理における BEMS 活用の可能性. 病院設備. 2024;66(4):38-41 (報告)

－以上－