

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、第三四分位点で 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 と最も低いが、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

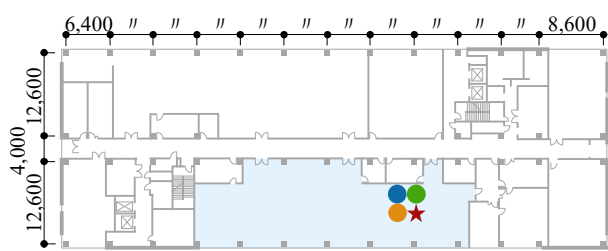


図 3-1-1 A ビル (2F) 平面概要図

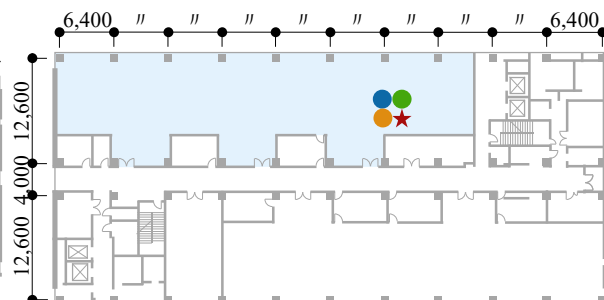


図 3-1-2 A ビル (8F) 平面概要図

■ 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

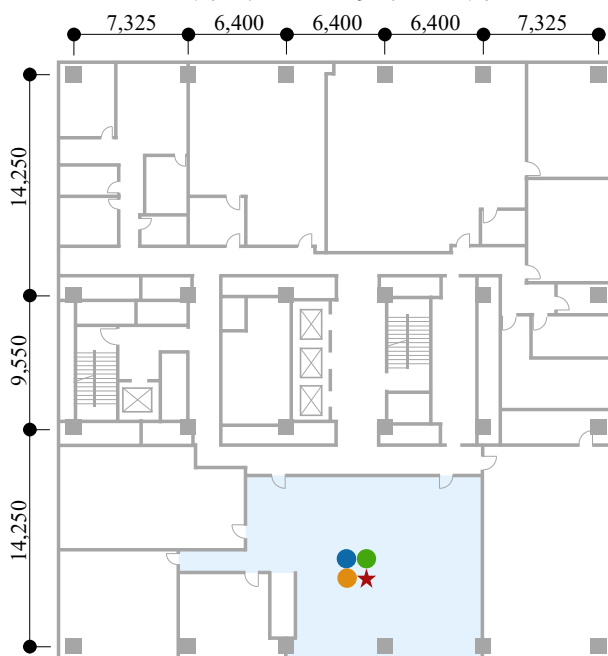


図 3-1-3 C ビル平面概要図

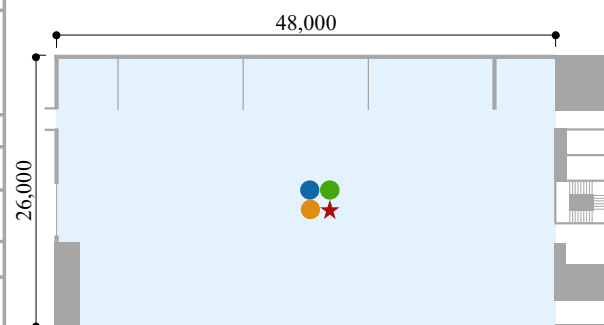


図 3-1-4 D ビル (1F) 平面概要図

■ 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

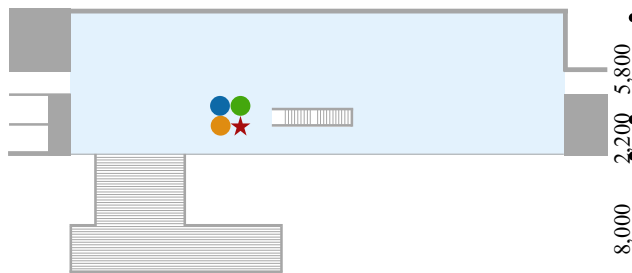


図 3-1-5 D ビル (3F) 平面概要図

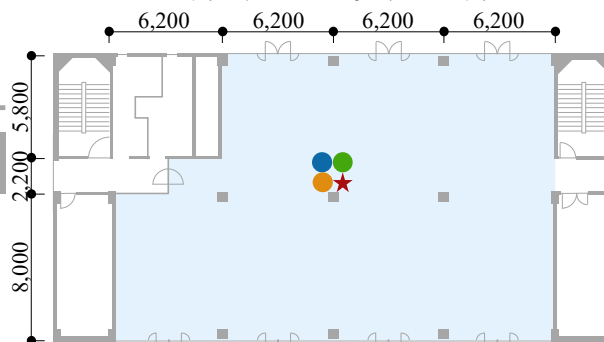


図 3-1-6 E ビル (2F・3F) 平面概要図

■ 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

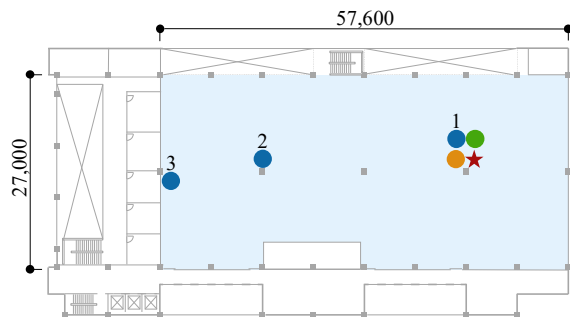


図 3-1-7 F ビル平面概要図

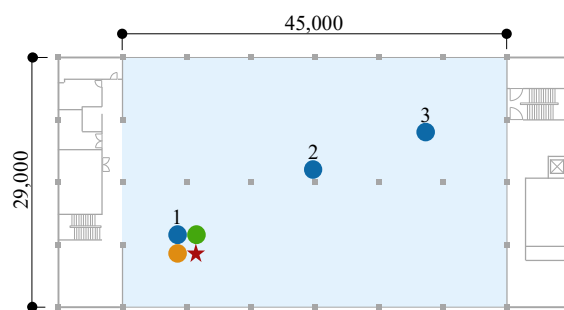
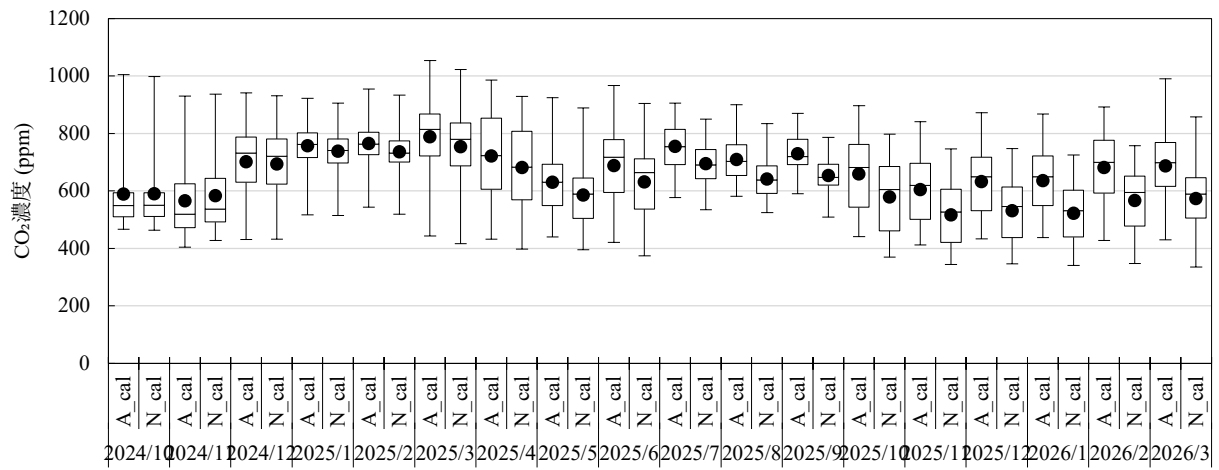
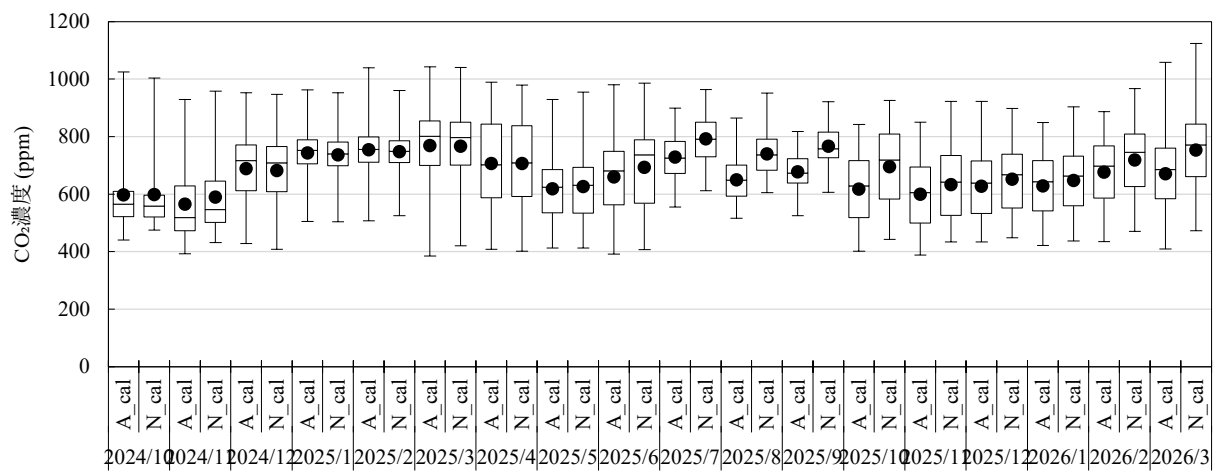


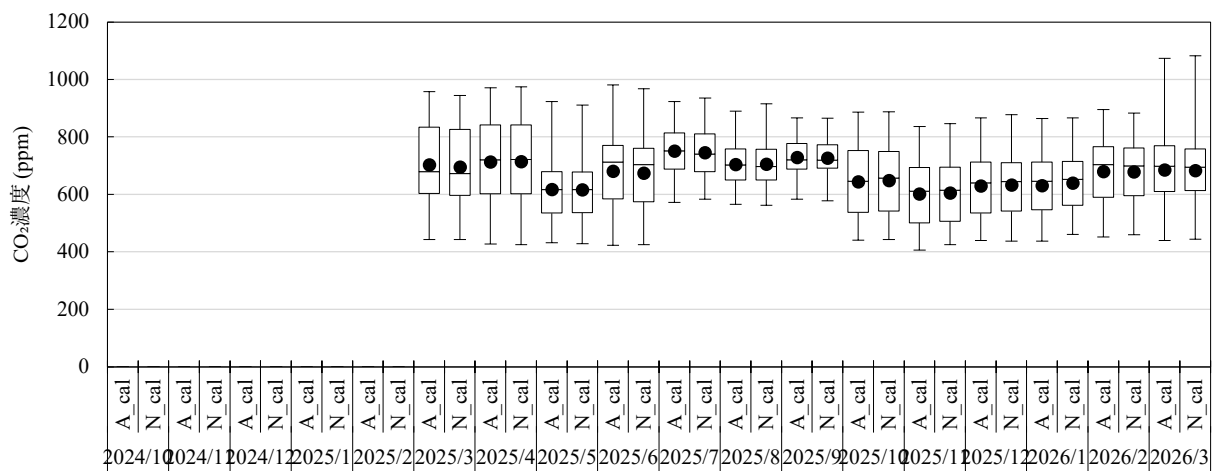
図 3-1-8 G ビル平面概要図



(1) 小型測定器 A



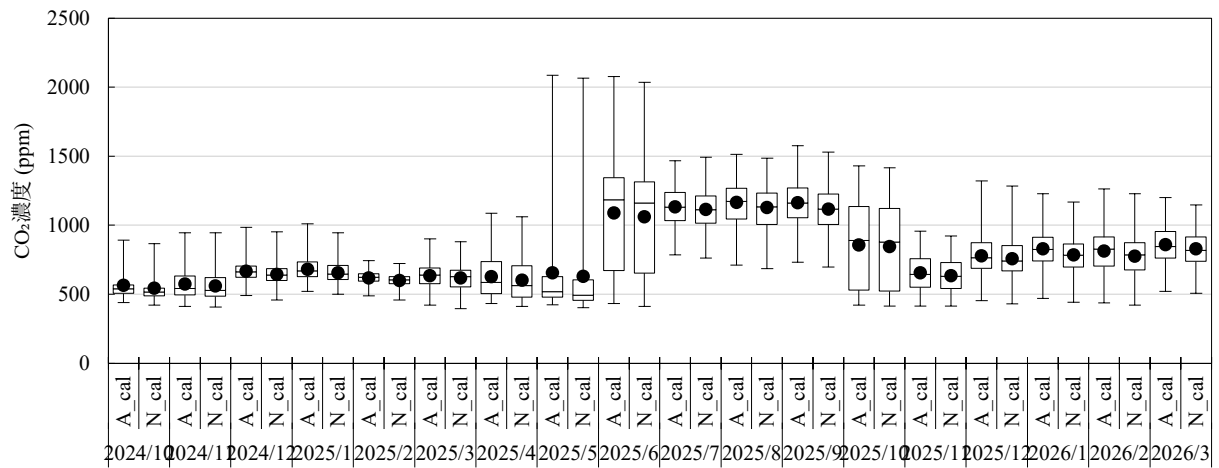
(2) 小型測定器 B



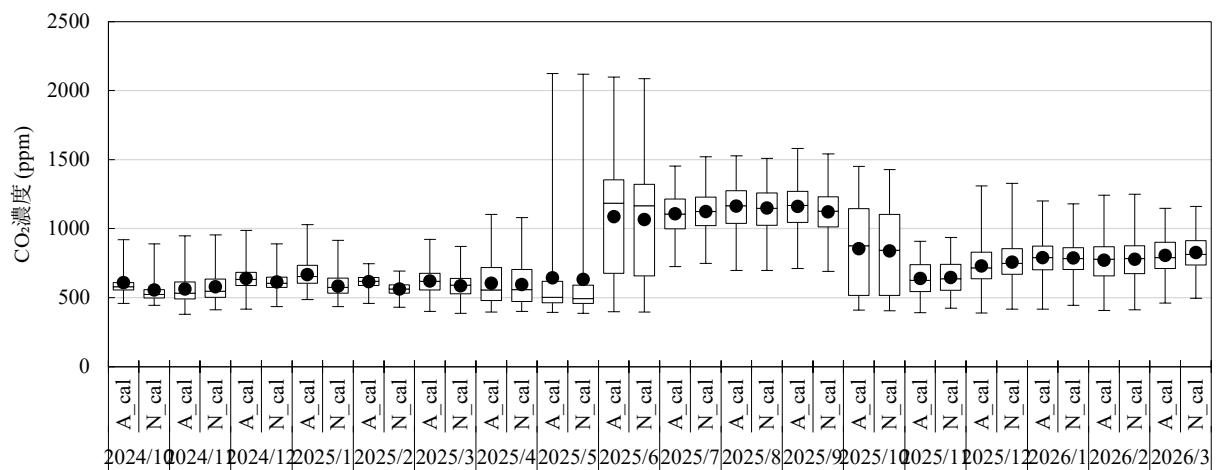
(3) 小型測定器 C

【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。

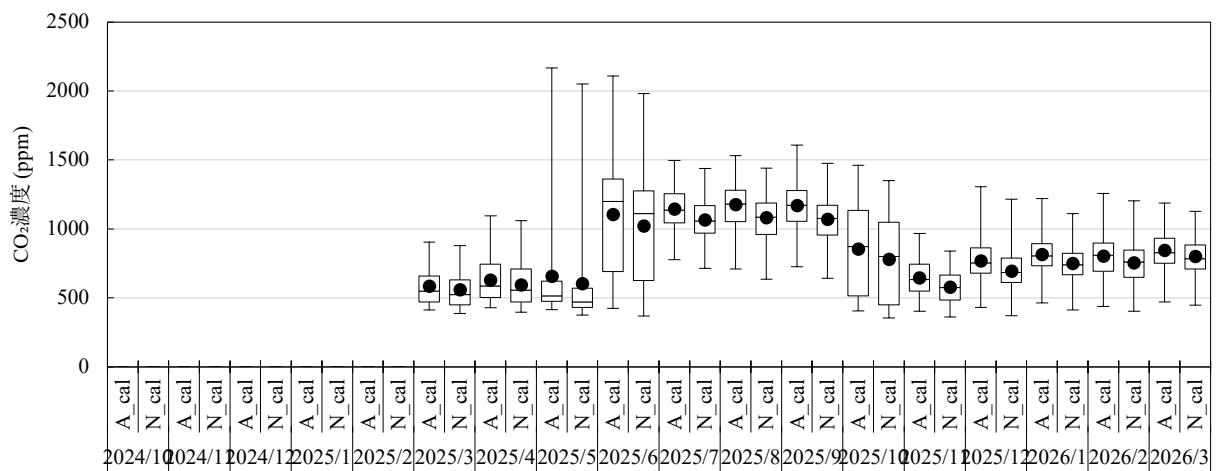
図 3-1-1 自動校正の有無による CO₂ 濃度の測定比較 (A ビル 2F)



(1) 小型測定器 A



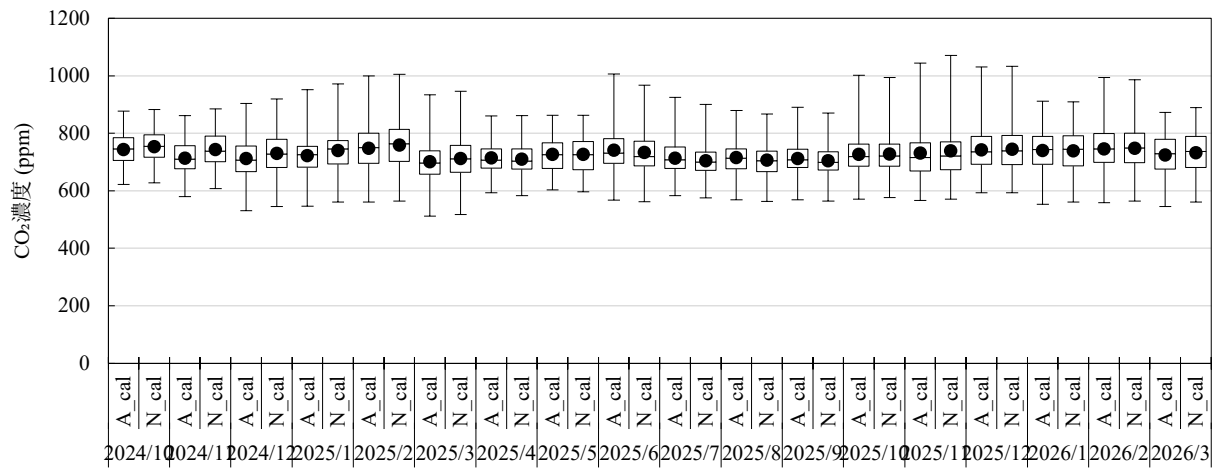
(2) 小型測定器 B



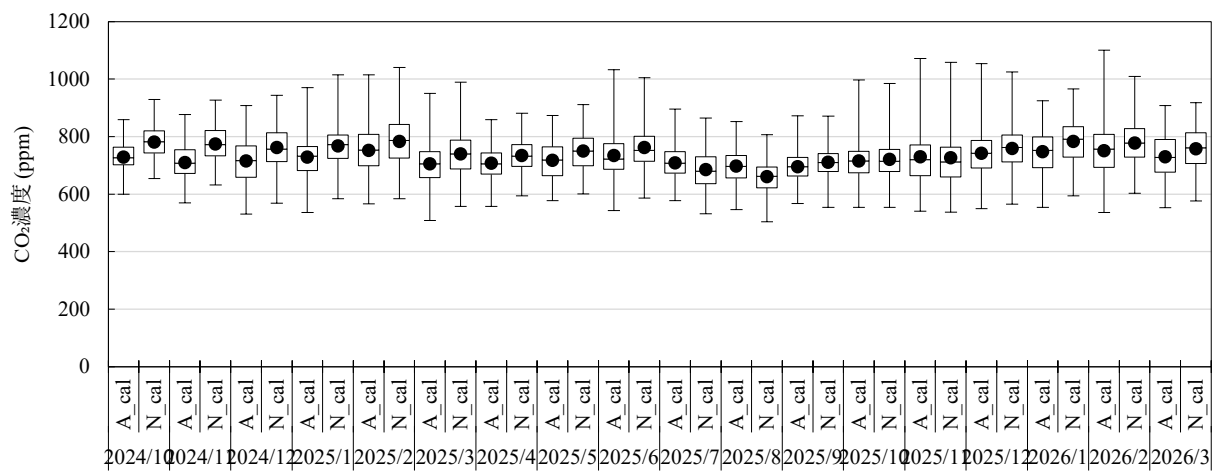
(3) 小型測定器 C

【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。

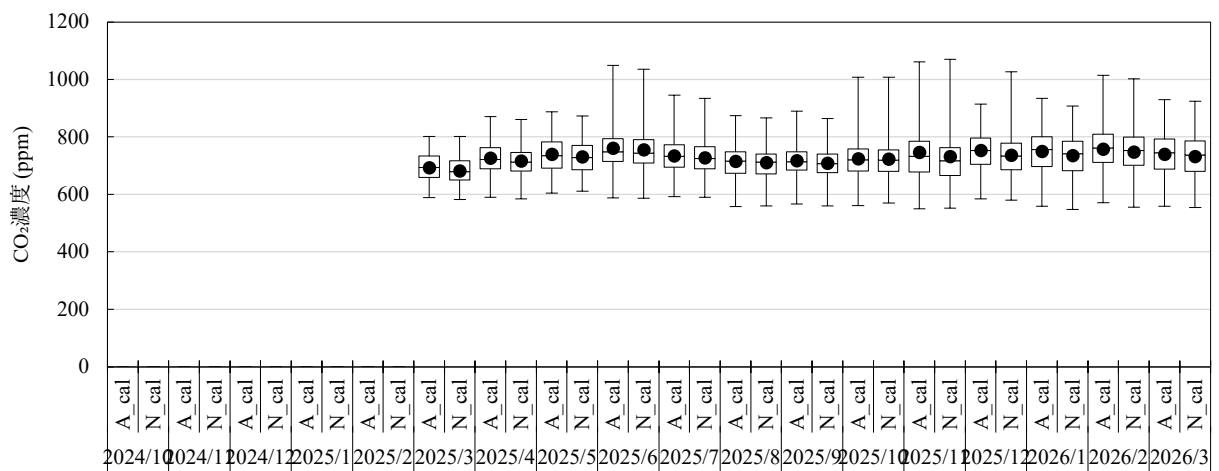
図 3-1-2 自動校正の有無による CO₂ 濃度の測定比較 (B ビル)



(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)

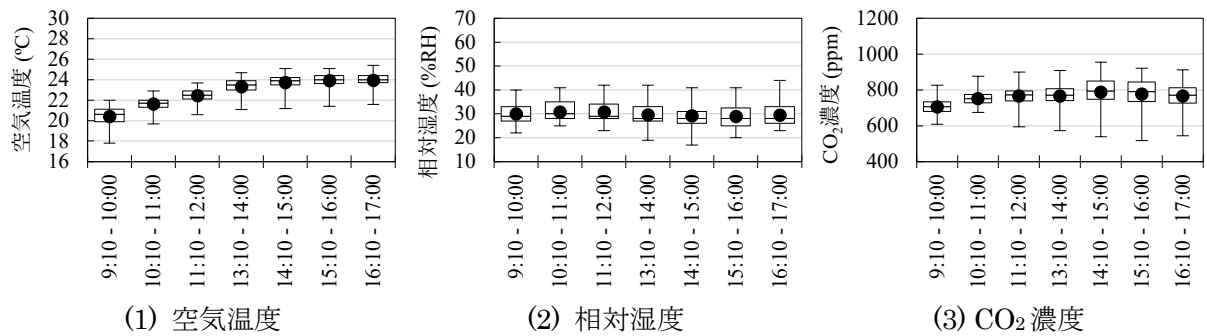


図 3-1-4 室内環境の特別結果 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

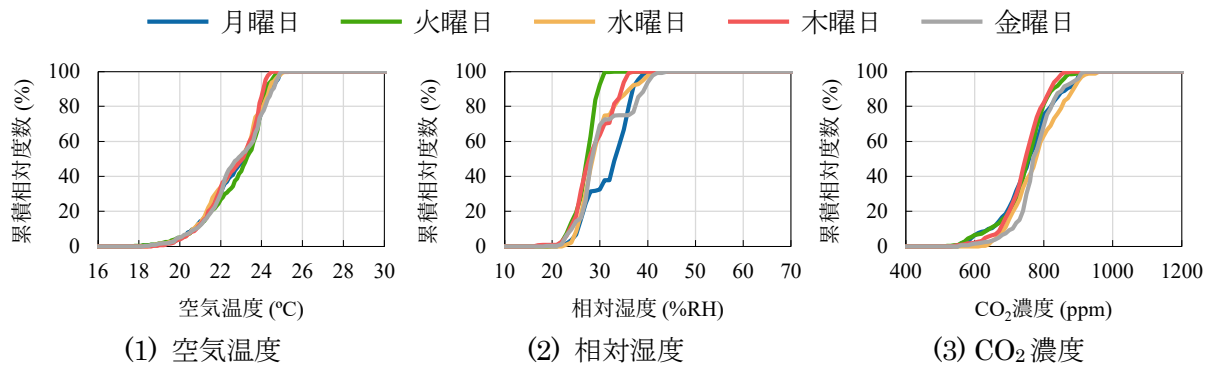


図 3-1-5 室内環境の曜日別結果 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

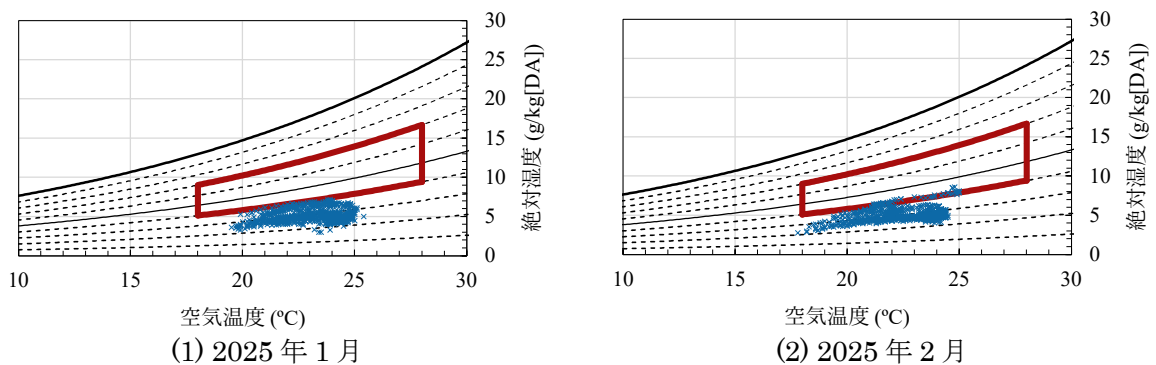


図 3-1-6 室内空気温湿度 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

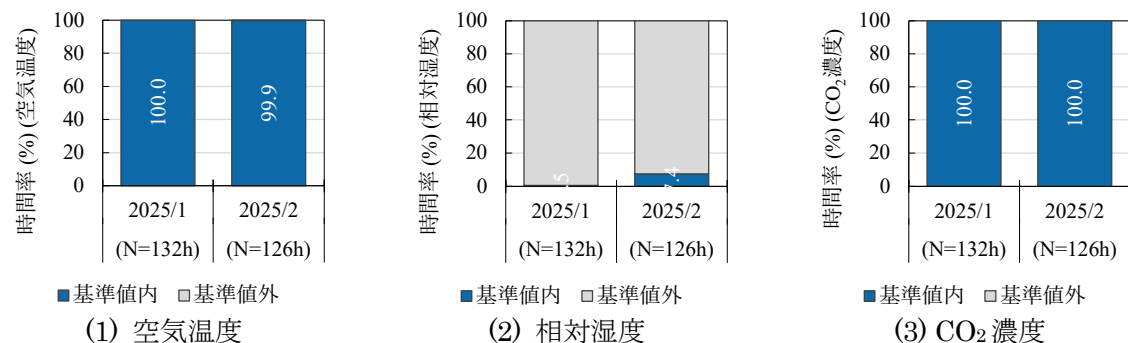


図 3-1-7 基準値内時間率 (A ビル 2F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

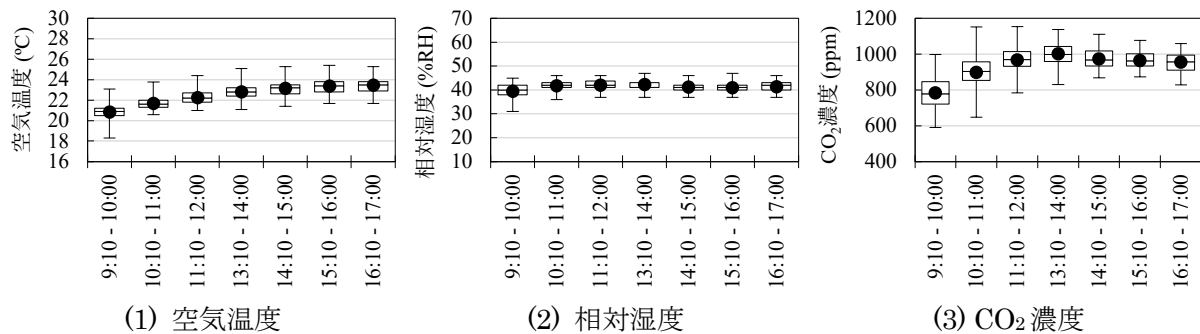


図 3-1-8 室内環境の特別結果 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

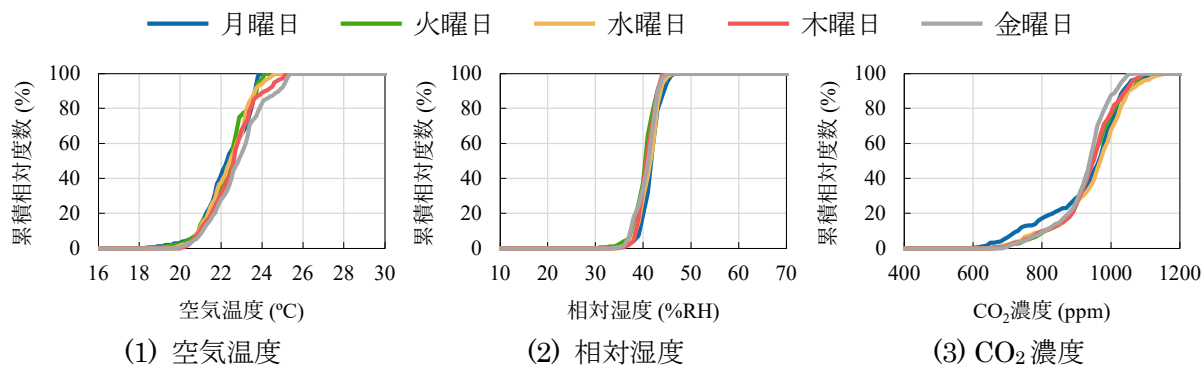


図 3-1-9 室内環境の曜日別結果 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

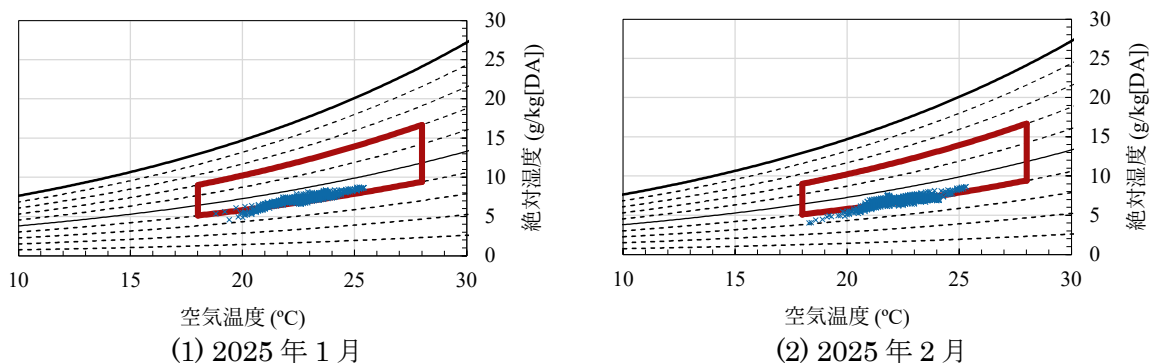


図 3-1-10 室内空気温湿度 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

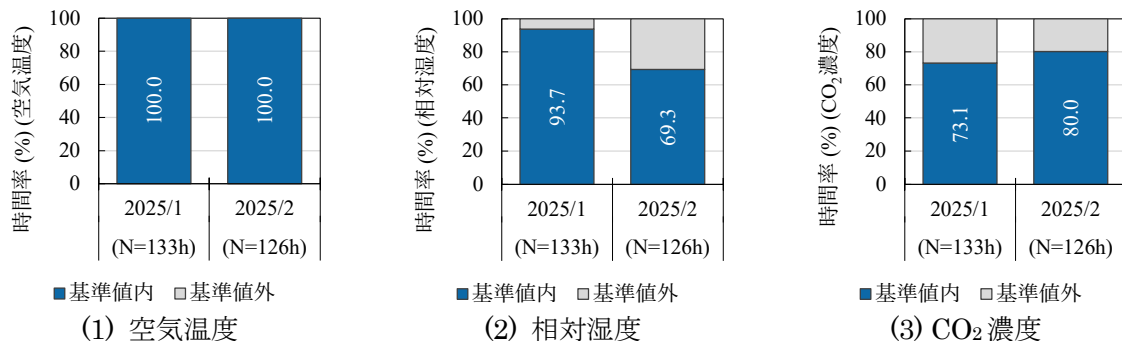


図 3-1-11 基準値内時間率 (A ビル 8F, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

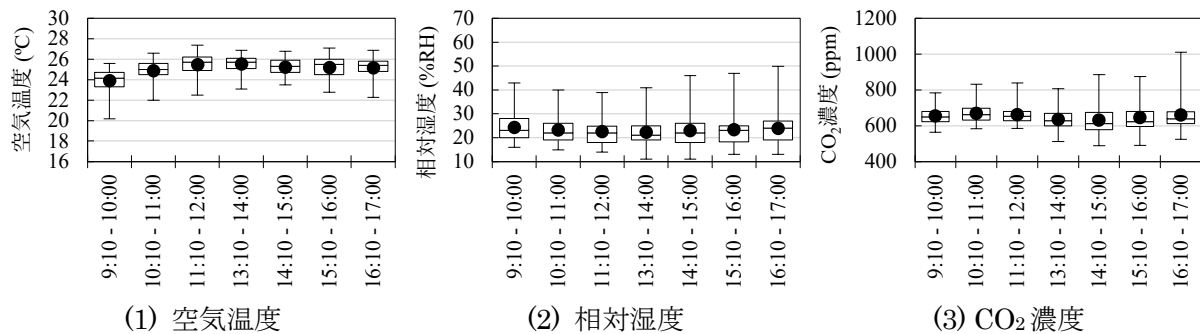


図 3-1-12 室内環境の特別結果 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

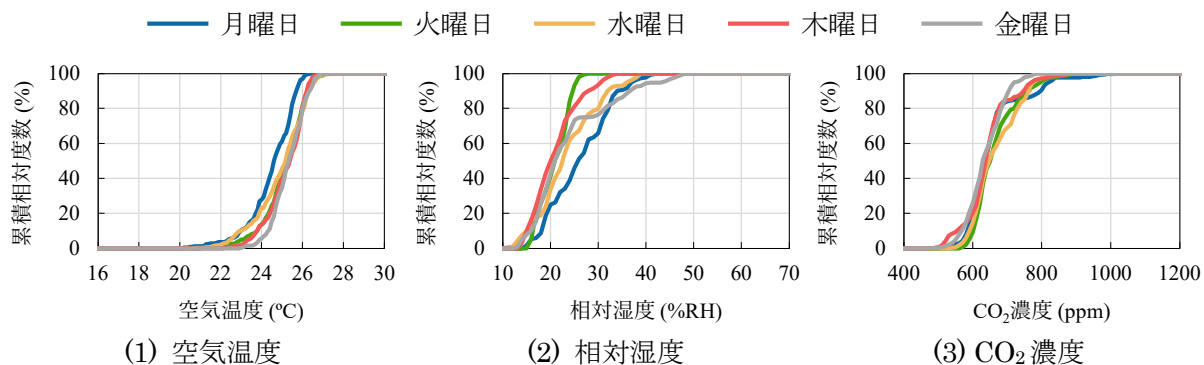


図 3-1-13 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

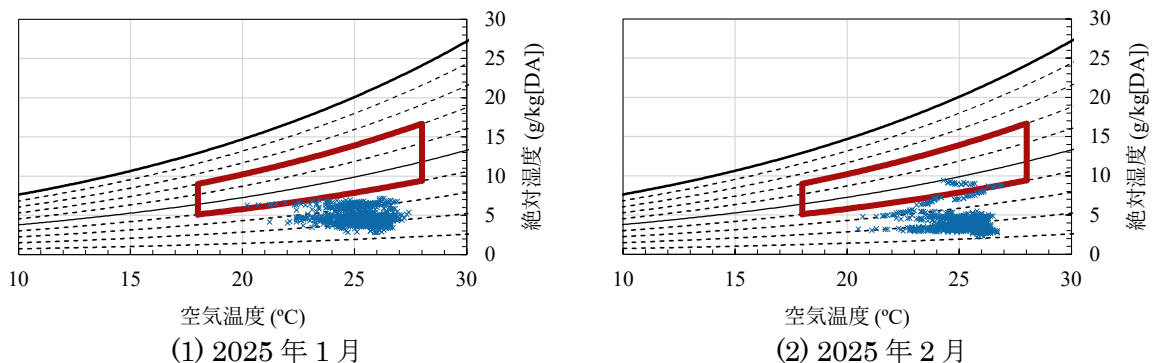


図 3-1-14 室内空気温湿度 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

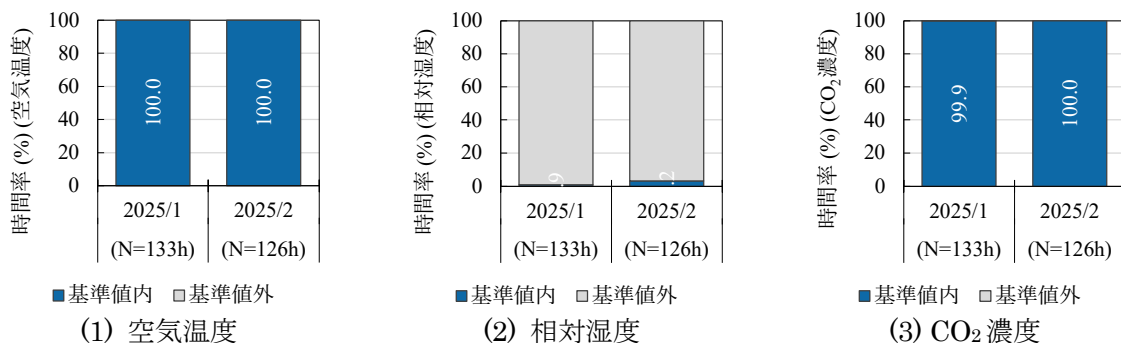


図 3-1-15 基準値内時間率 (B ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

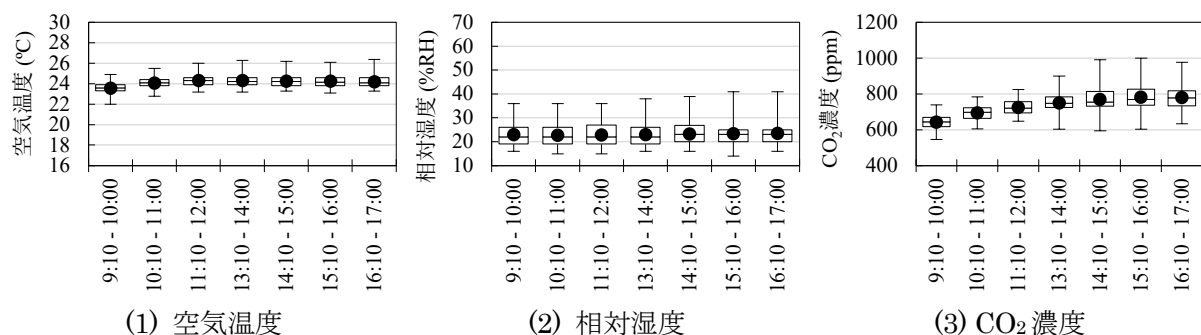


図 3-1-16 室内環境の特別結果 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

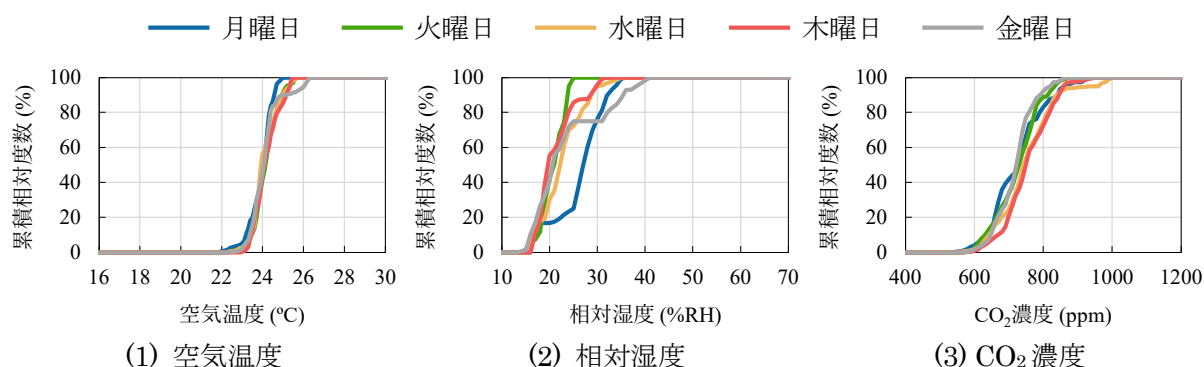


図 3-1-17 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

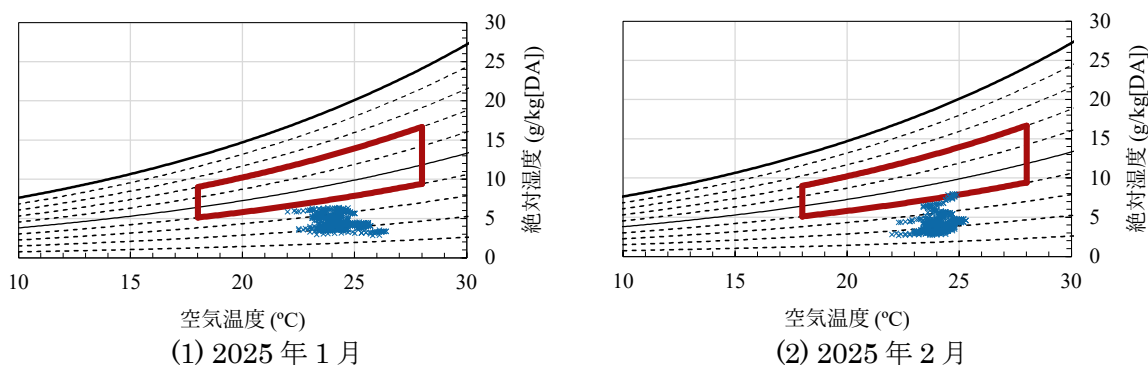


図 3-1-18 室内空気温湿度 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

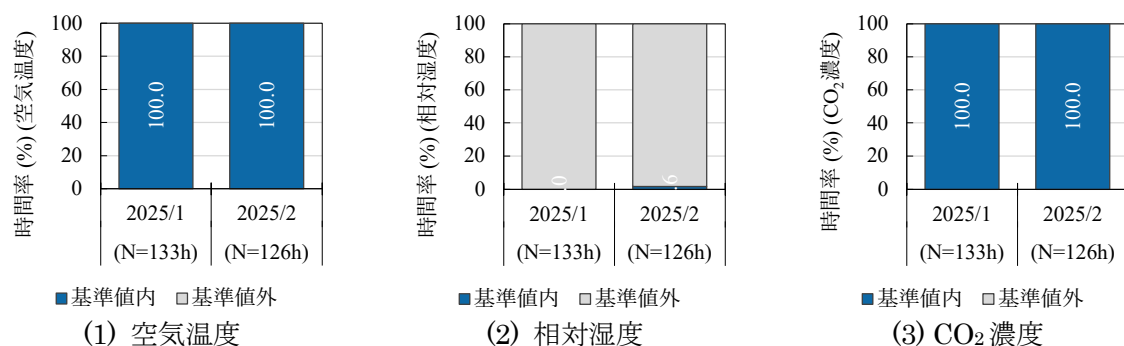


図 3-1-19 基準値内時間率 (C ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

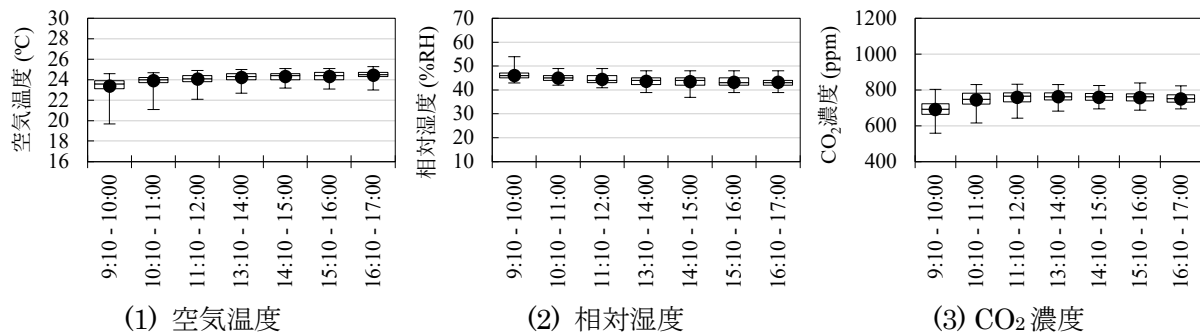


図 3-1-20 室内環境の特別結果 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

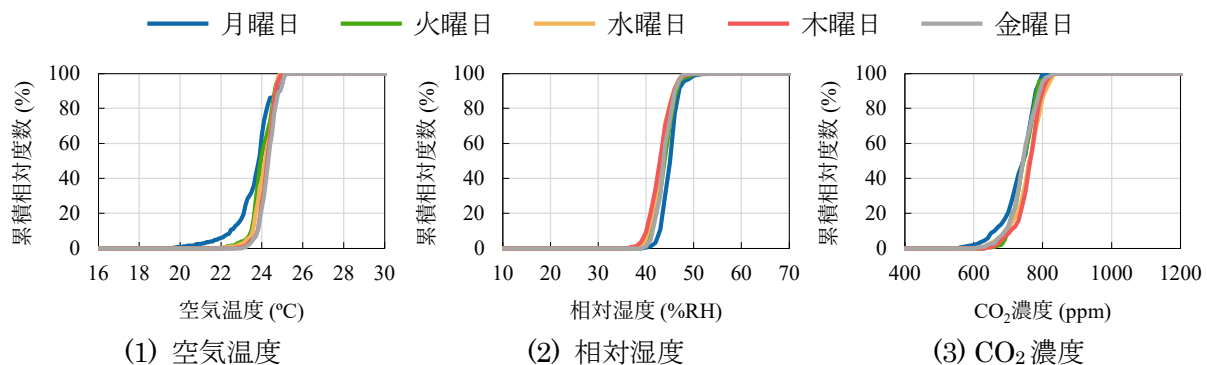


図 3-1-21 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

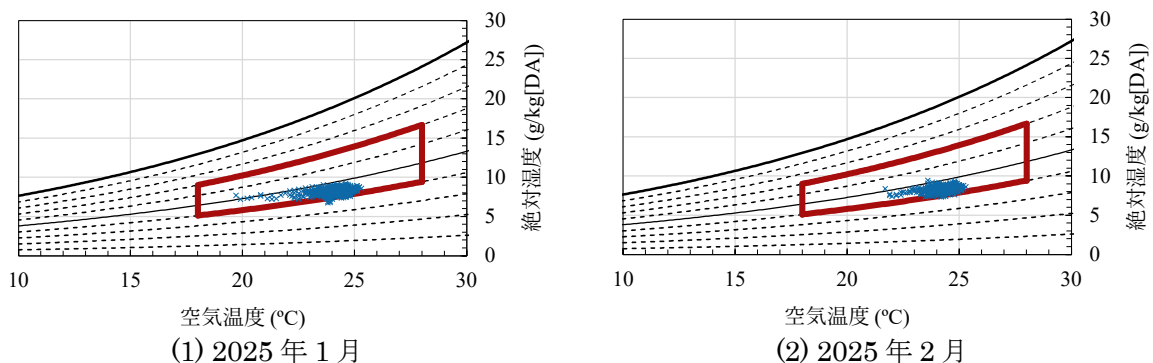


図 3-1-22 室内空気温湿度 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

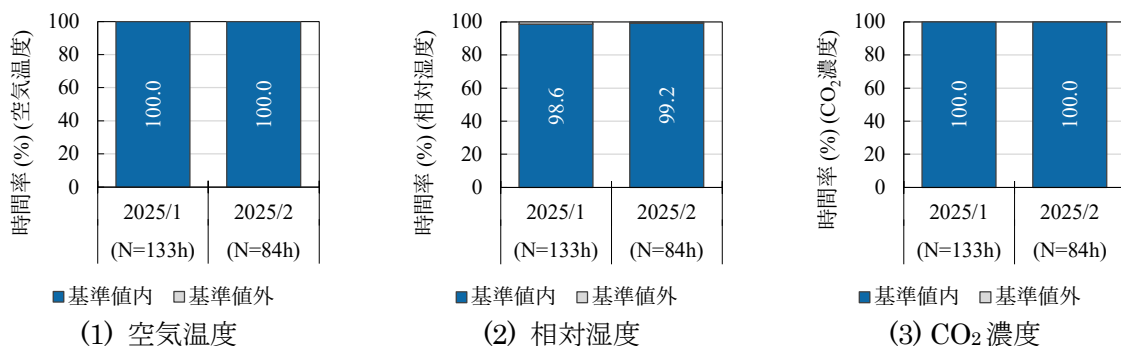


図 3-1-23 基準値内時間率 (F ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

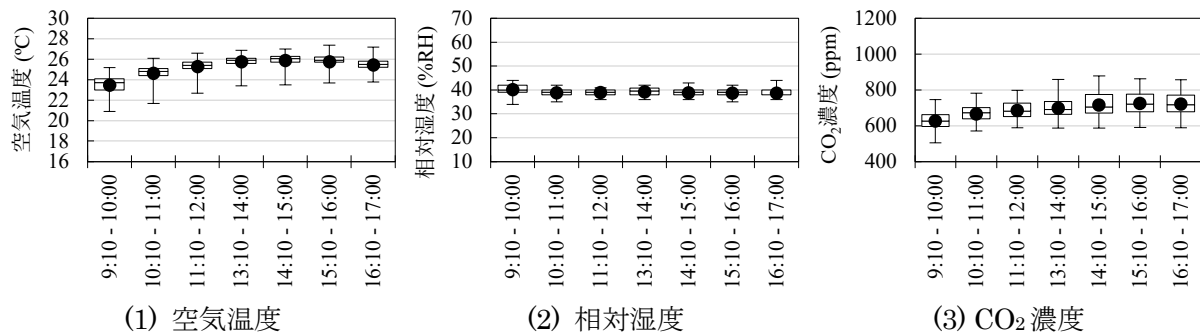


図 3-1-24 室内環境の特別結果 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

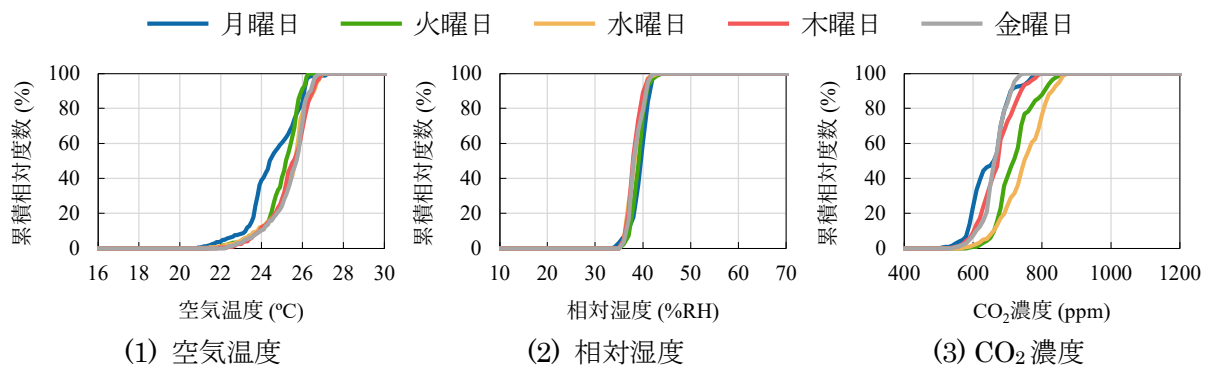


図 3-1-25 室内環境の曜日別結果 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

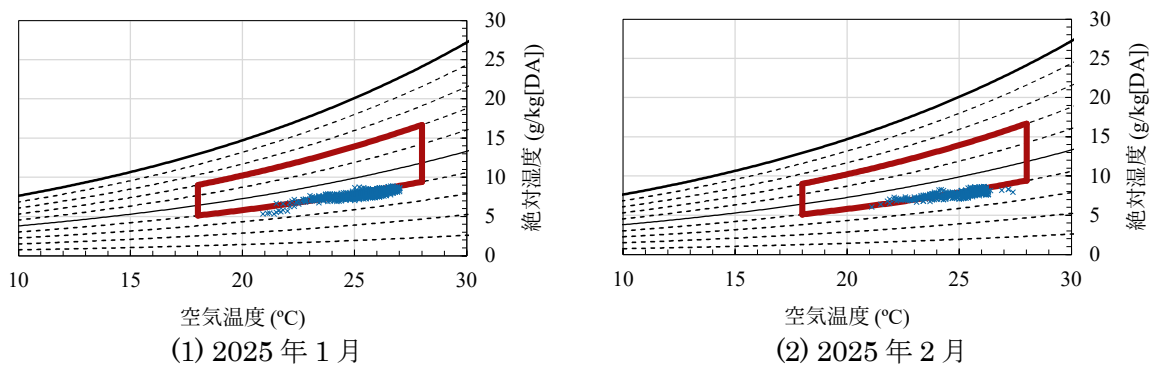


図 3-1-26 室内空気温湿度 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

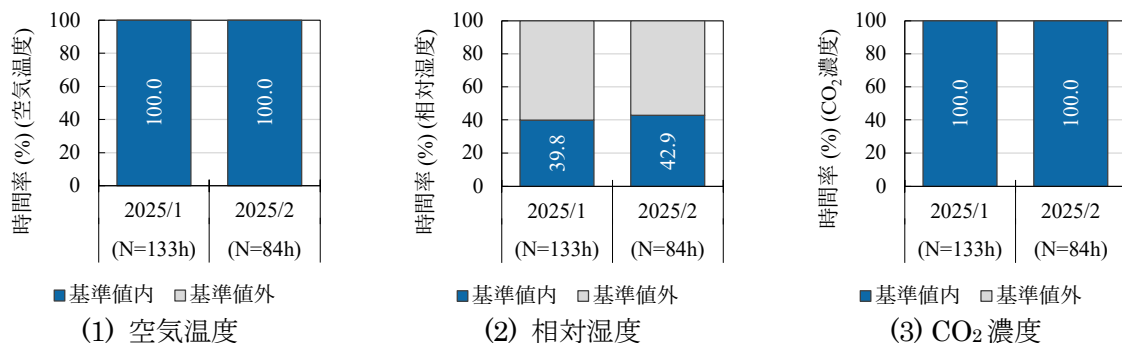


図 3-1-27 基準値内時間率 (G ビル, 2025/1/1-2025/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

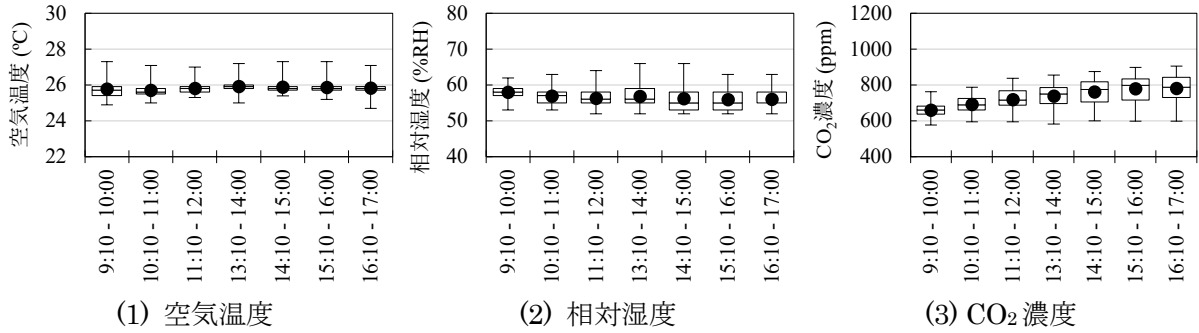


図 3-1-28 室内環境の特別結果 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

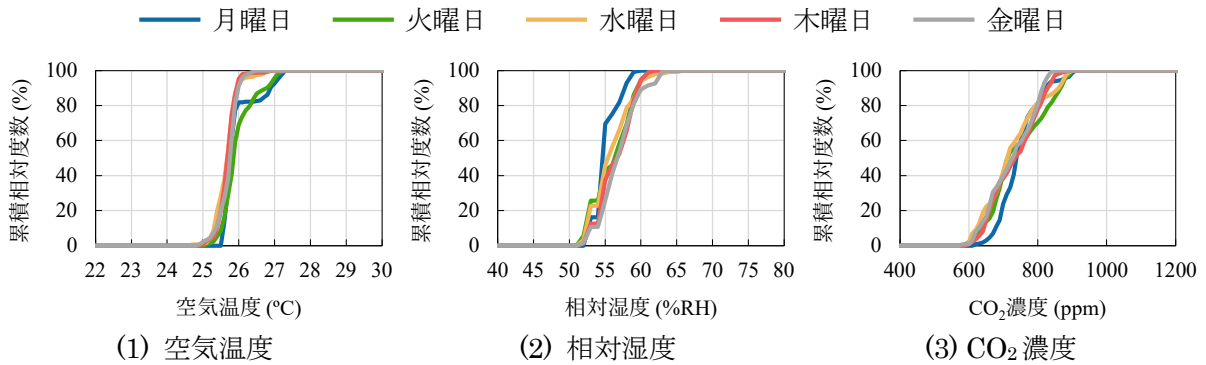


図 3-1-29 室内環境の曜日別結果 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

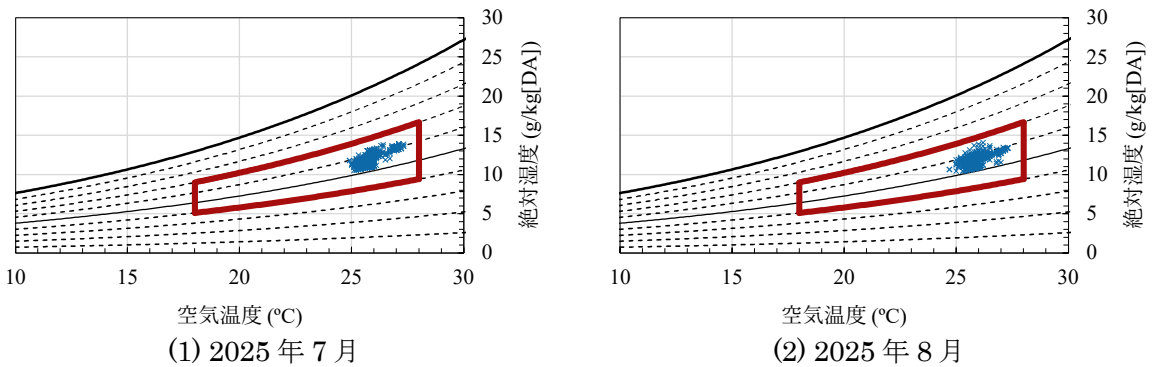


図 3-1-30 室内空気温湿度 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

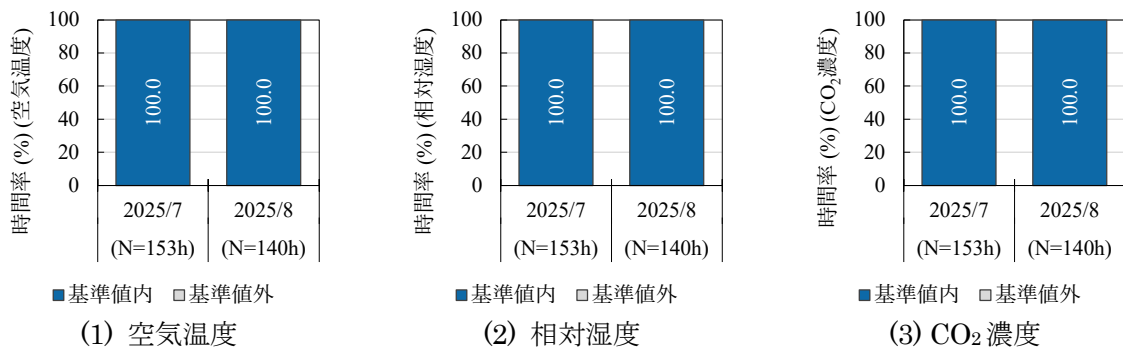


図 3-1-31 基準値内時間率 (A ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

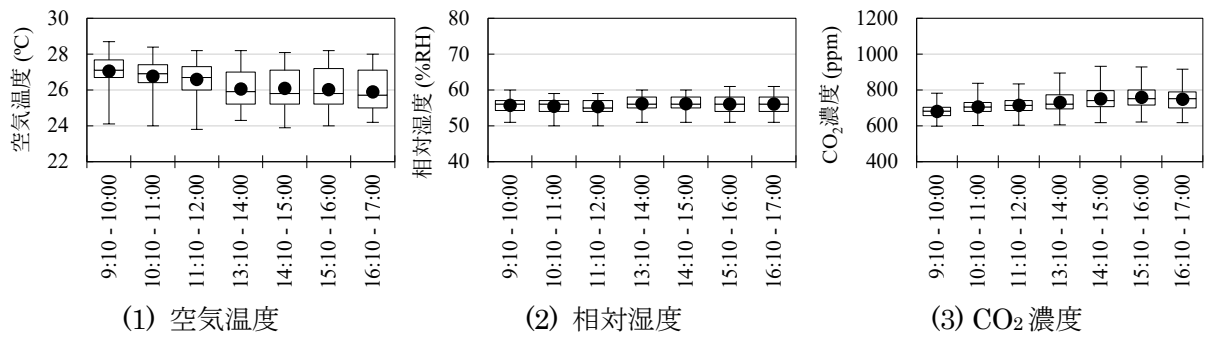


図 3-1-32 室内環境の特別結果 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

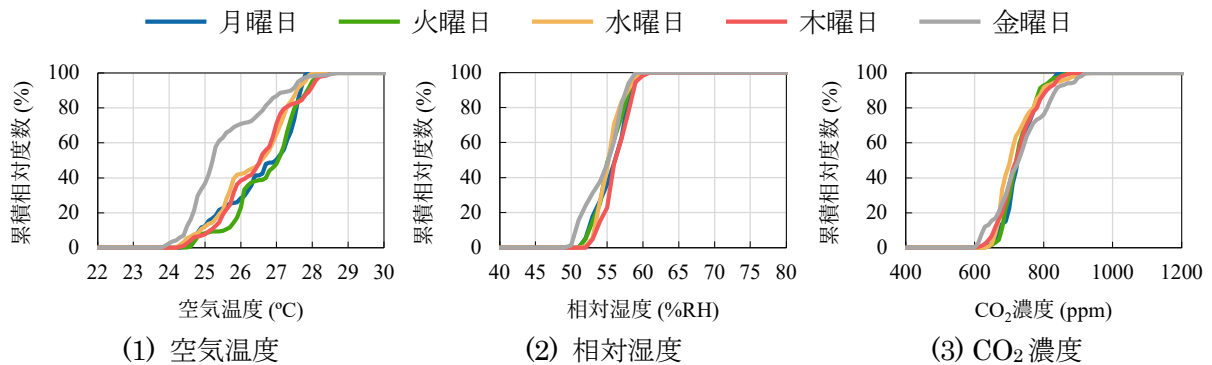


図 3-1-33 室内環境の曜日別結果 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

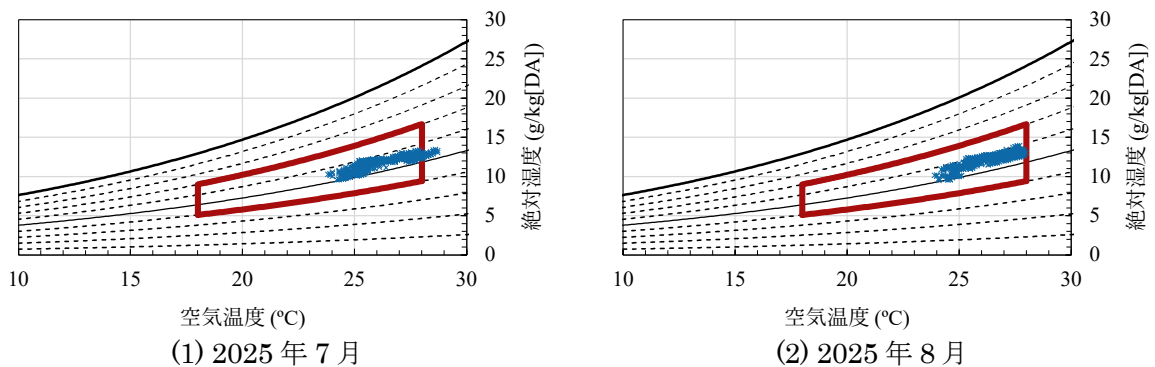


図 3-1-34 室内空気温湿度 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

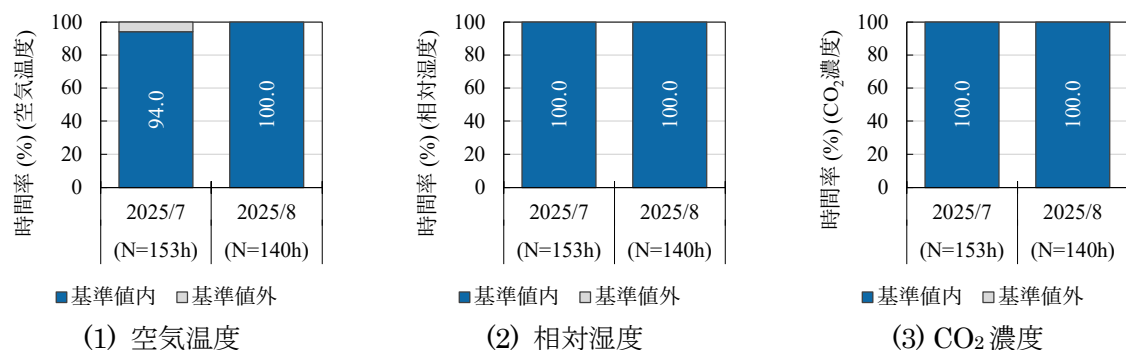


図 3-1-35 基準値内時間率 (A ビル 8F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

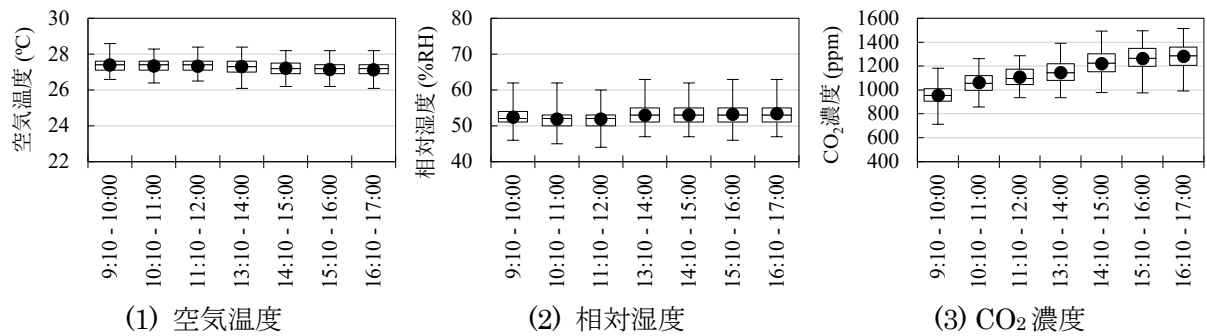


図 3-1-36 室内環境の特別結果 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

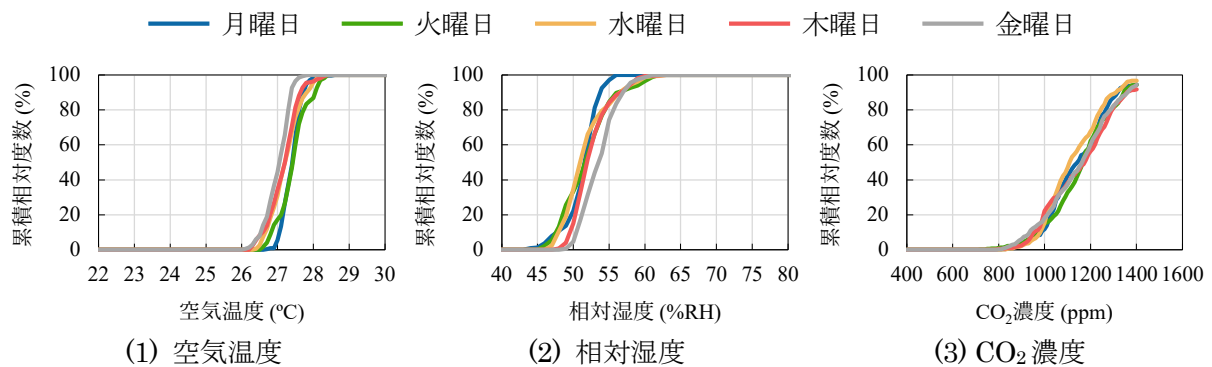


図 3-1-37 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

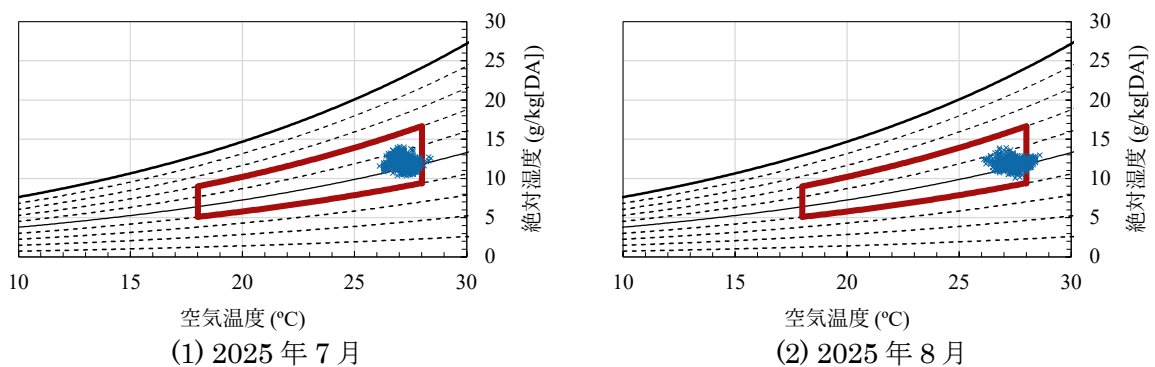


図 3-1-38 室内空気温湿度 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

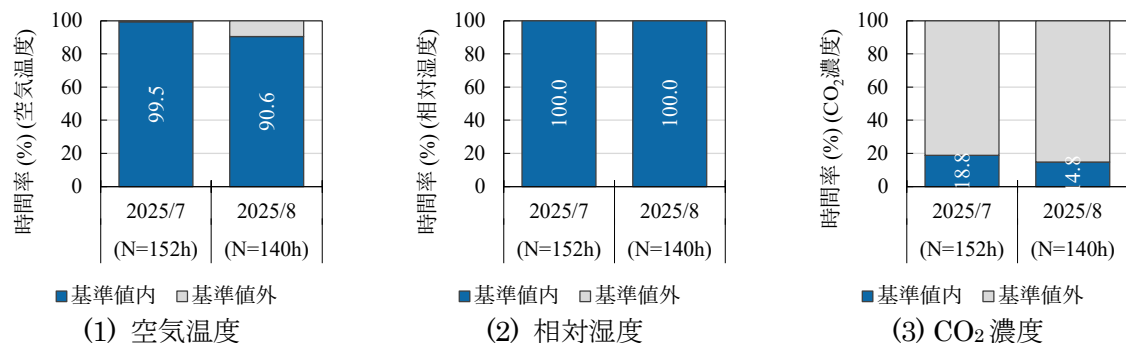


図 3-1-39 基準値内時間率 (B ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

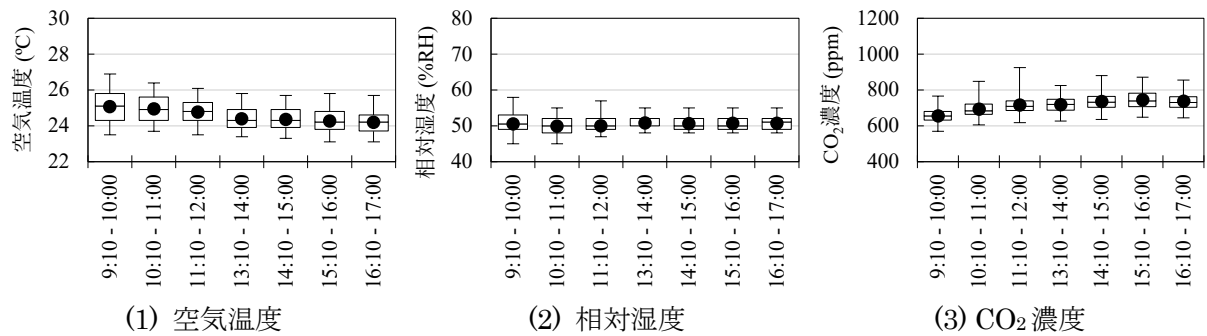


図 3-1-40 室内環境の特別結果 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

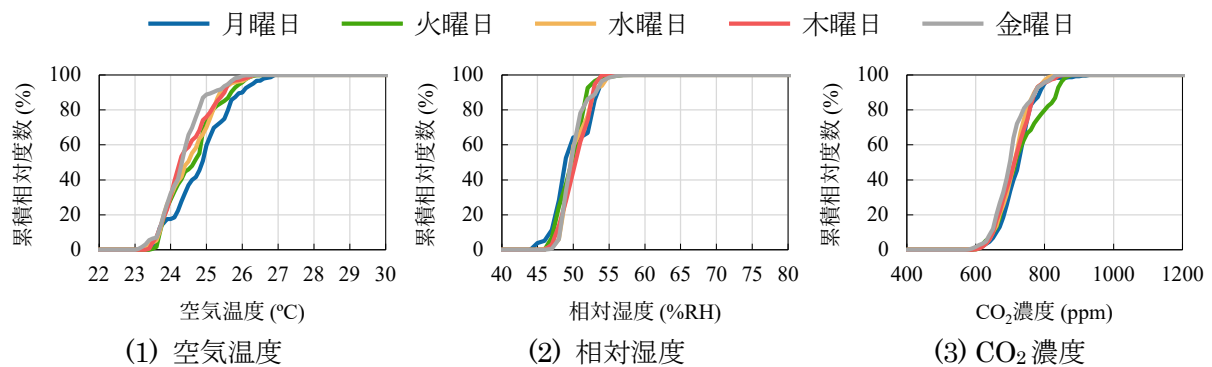


図 3-1-41 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

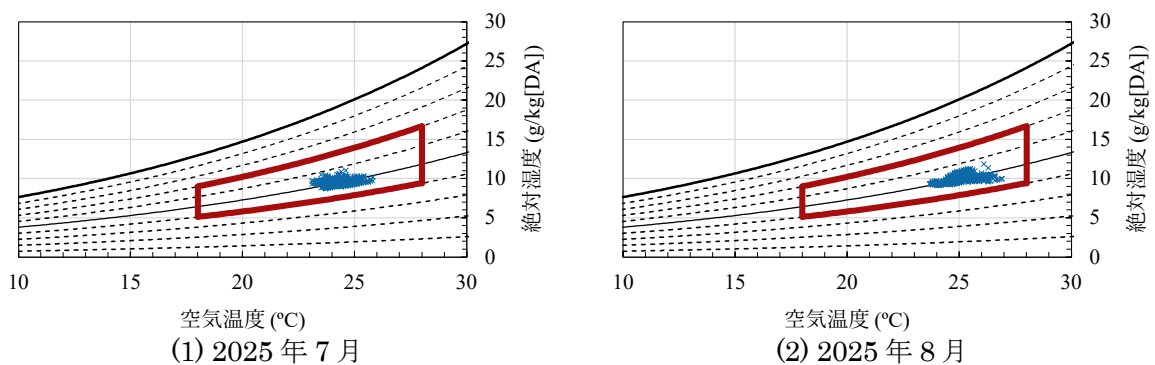


図 3-1-42 室内空気温湿度 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

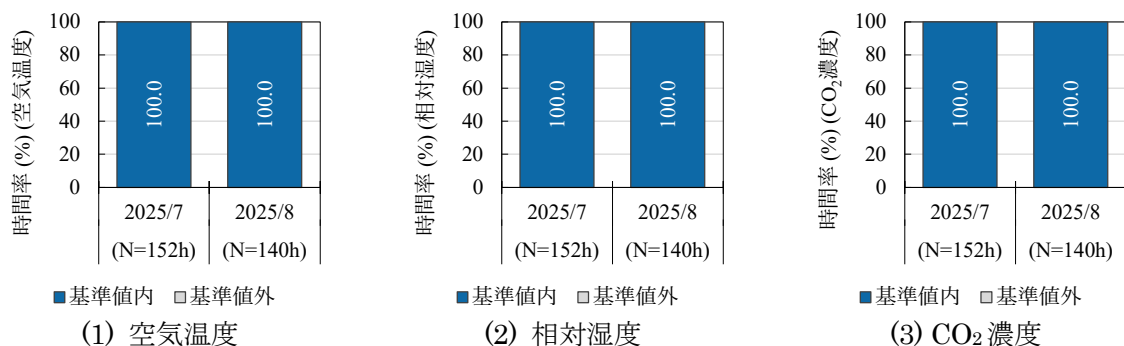


図 3-1-43 基準値内時間率 (C ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

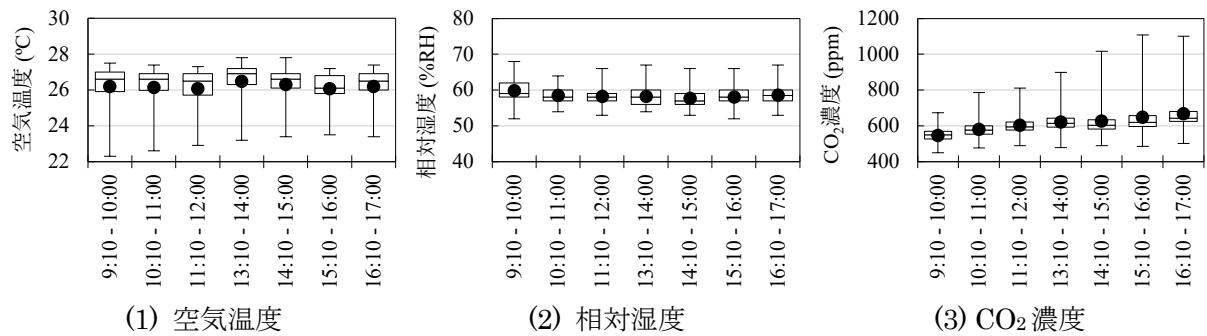


図 3-1-44 室内環境の特別結果 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

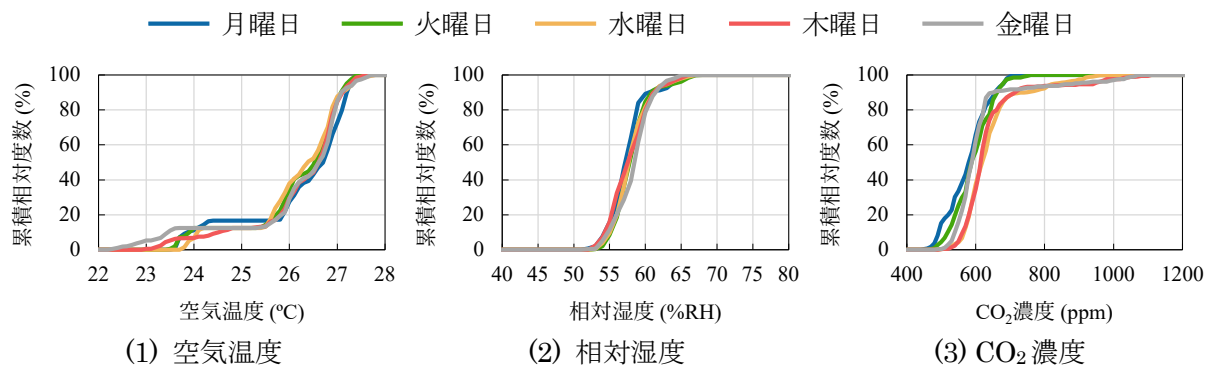


図 3-1-45 室内環境の曜日別結果 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

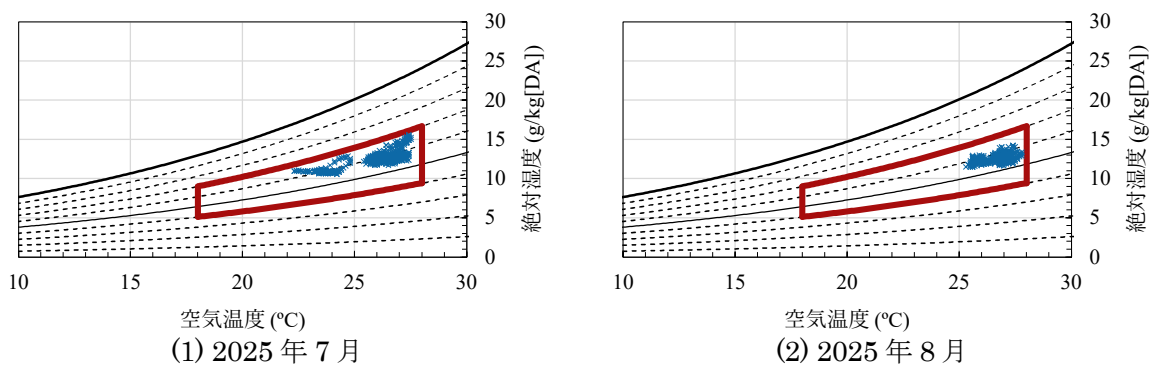


図 3-1-46 室内空気温湿度 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

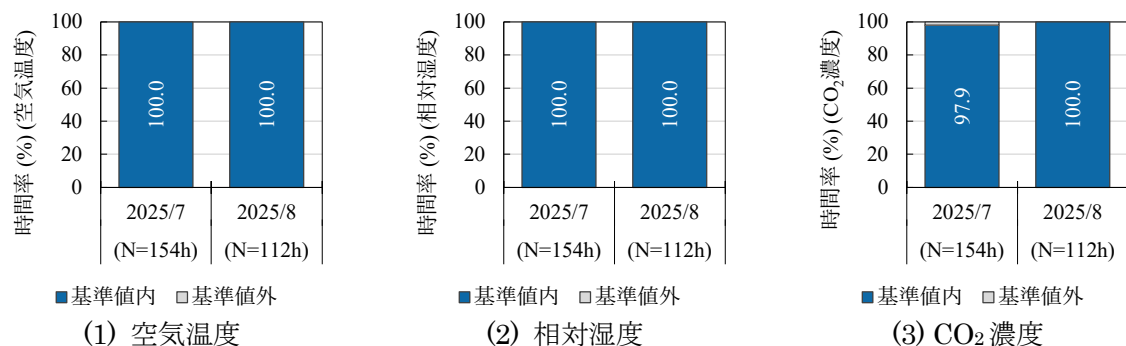


図 3-1-47 基準値内時間率 (D ビル 1F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

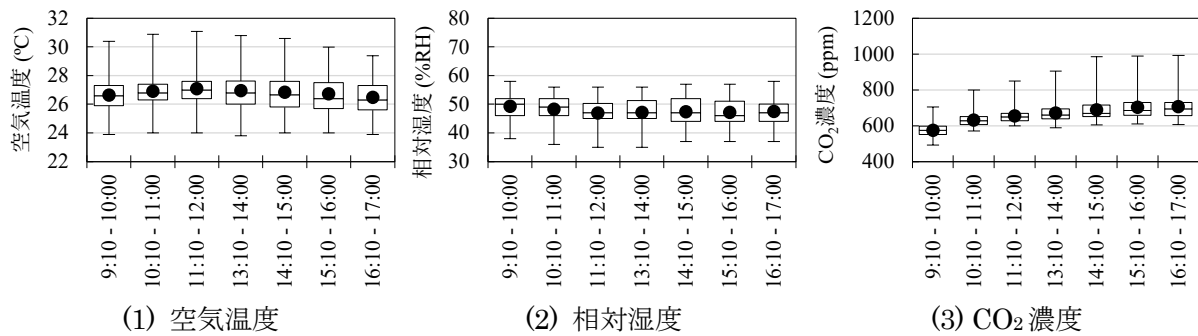


図 3-1-48 室内環境の特別結果 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

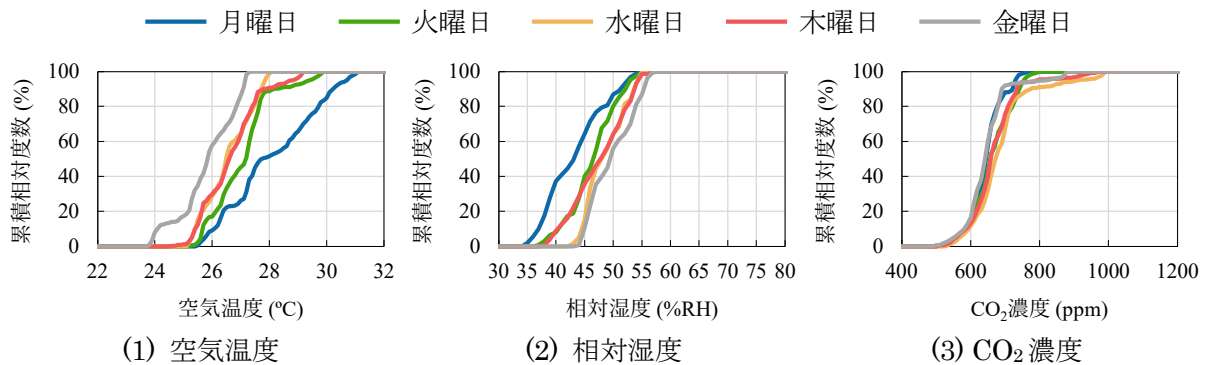


図 3-1-49 室内環境の曜日別結果 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

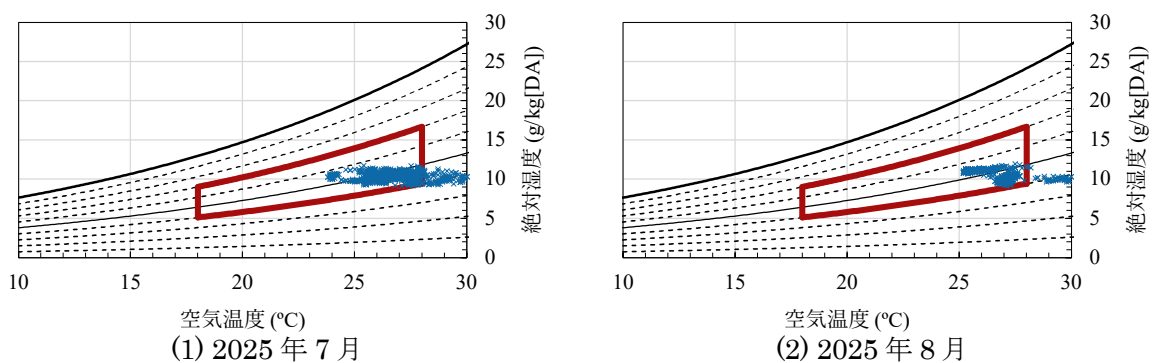


図 3-1-50 室内空気温湿度 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

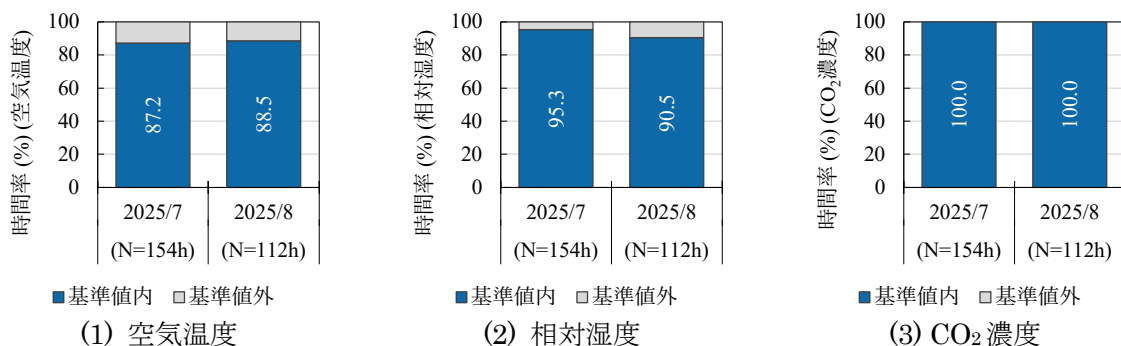


図 3-1-51 基準値内時間率 (D ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

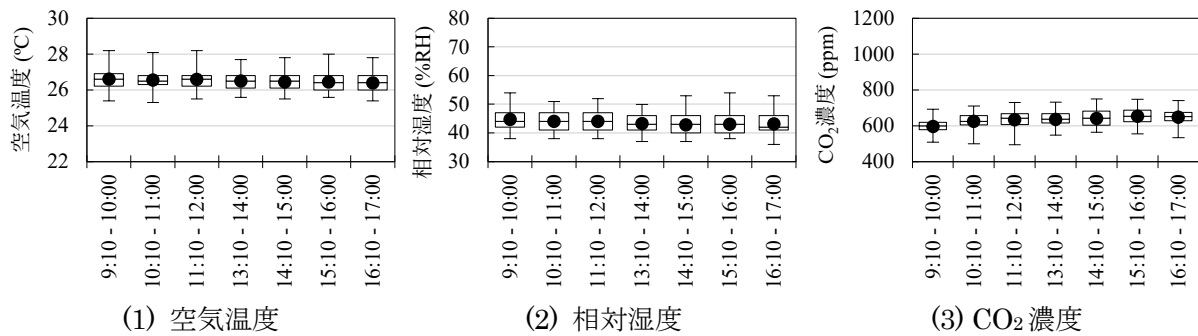


図 3-1-52 室内環境の特別結果 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

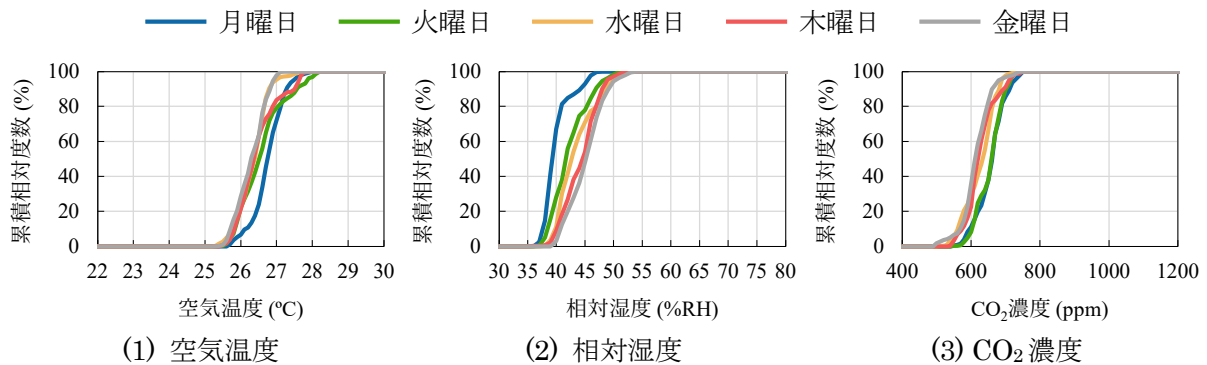


図 3-1-53 室内環境の曜日別結果 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

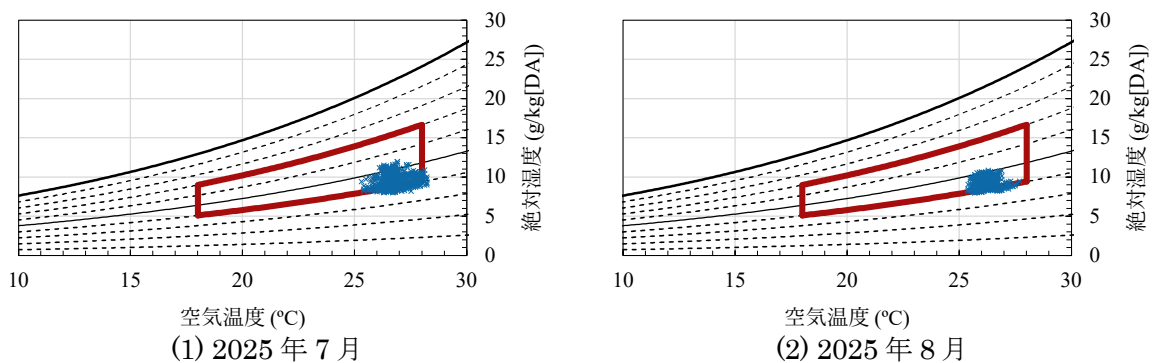


図 3-1-54 室内空気温湿度 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

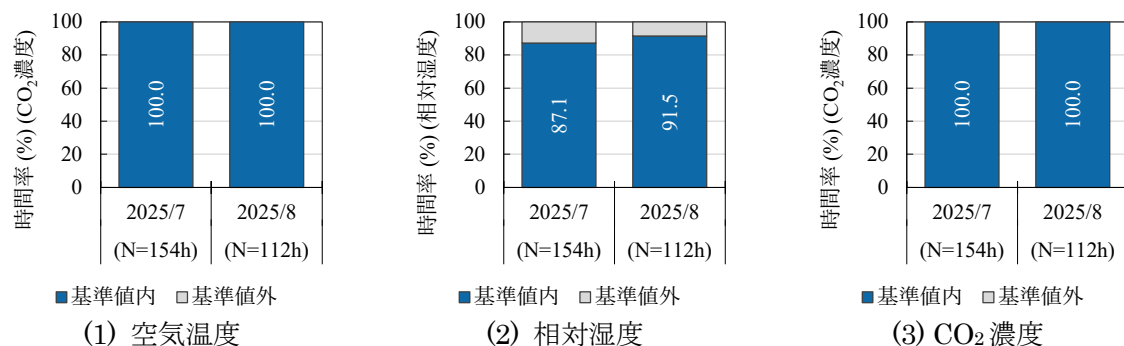


図 3-1-55 基準値内時間率 (E ビル 2F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

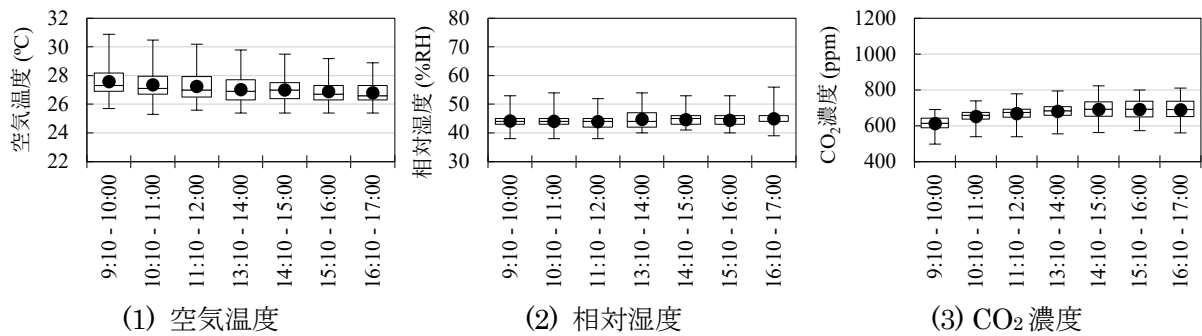


図 3-1-56 室内環境の特別結果 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

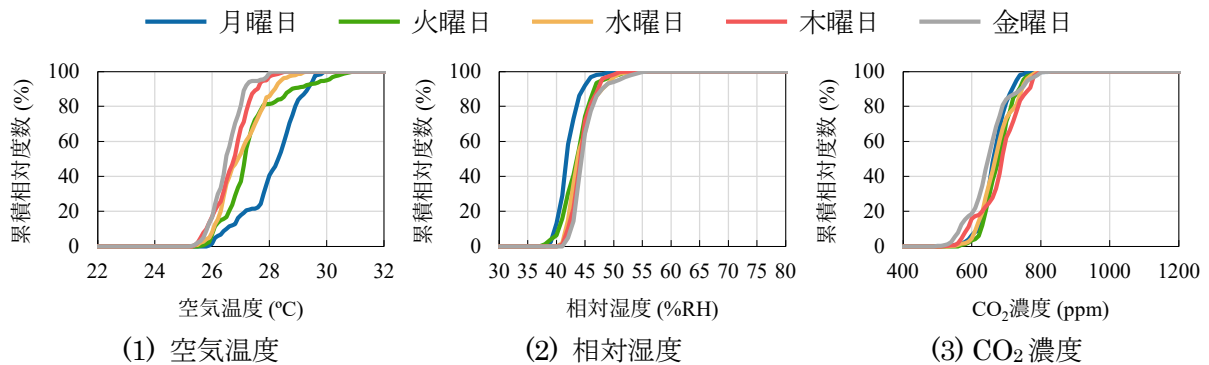


図 3-1-57 室内環境の曜日別結果 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

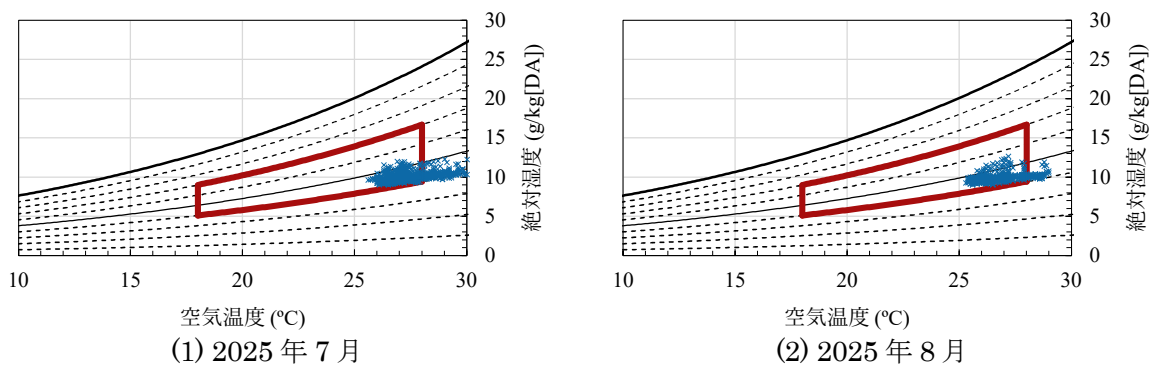


図 3-1-58 室内空気温湿度 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

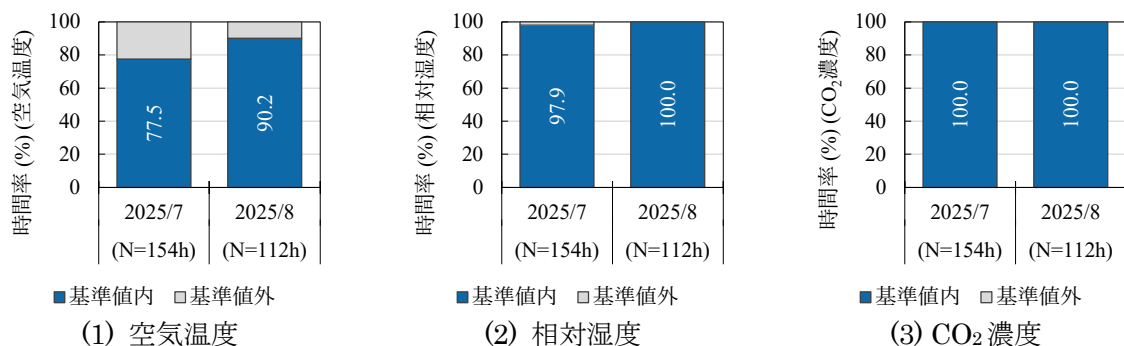


図 3-1-59 基準値内時間率 (E ビル 3F, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

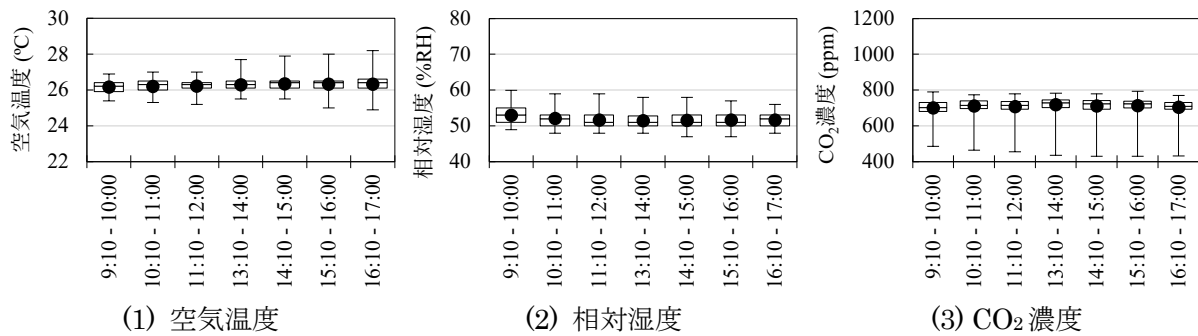


図 3-1-60 室内環境の特別結果 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

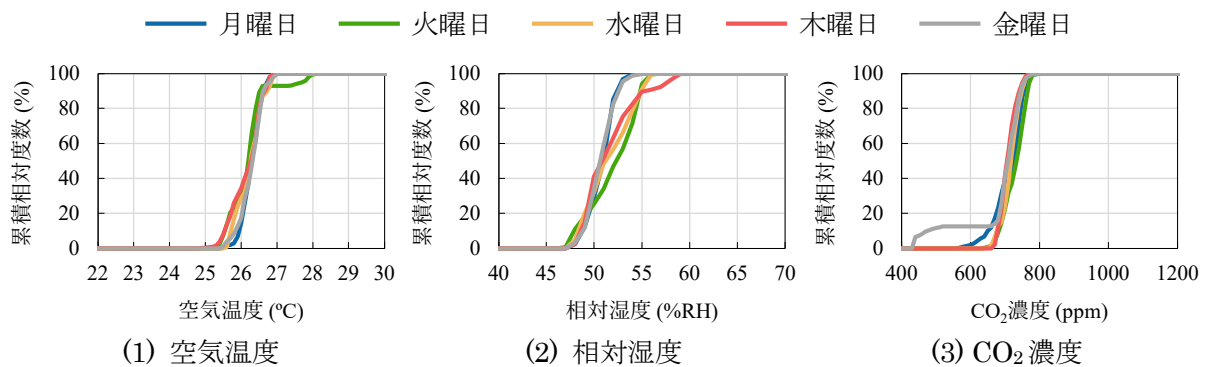


図 3-1-61 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

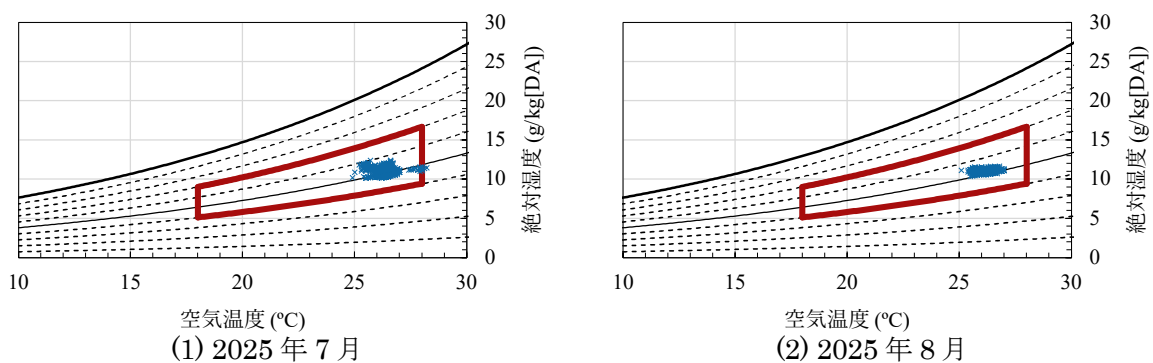


図 3-1-62 室内空気温湿度 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

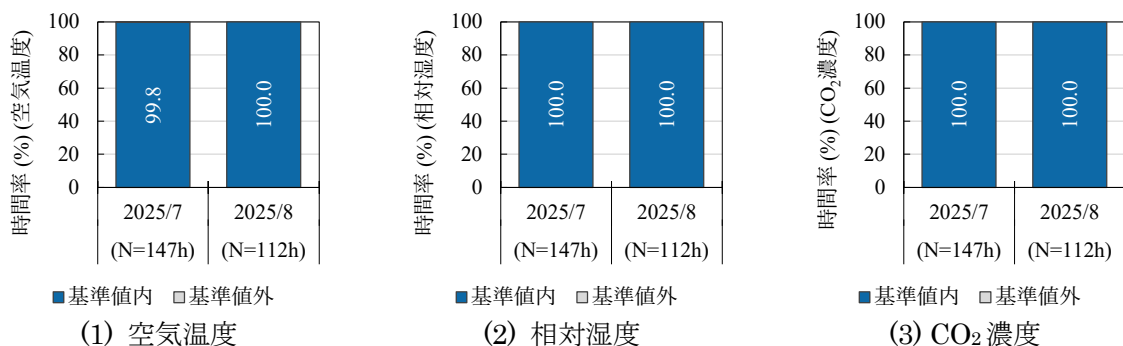


図 3-1-63 基準値内時間率 (F ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

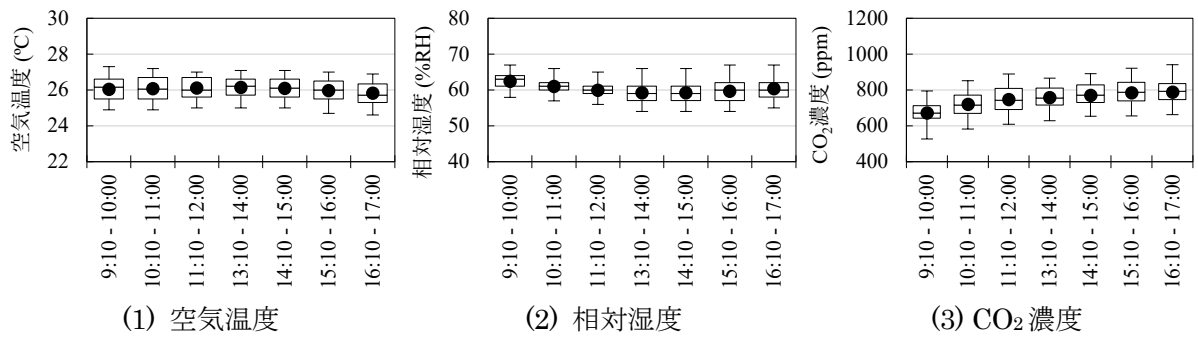


図 3-1-64 室内環境の特別結果 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

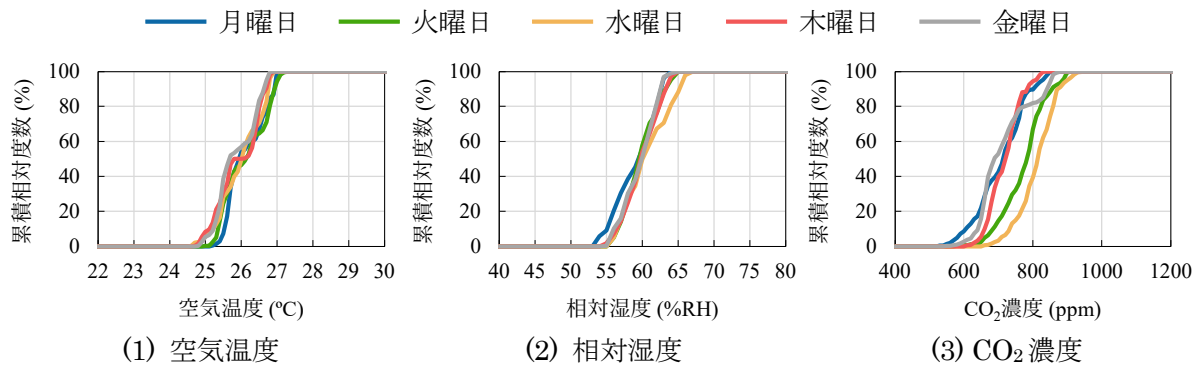


図 3-1-65 室内環境の曜日別結果 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

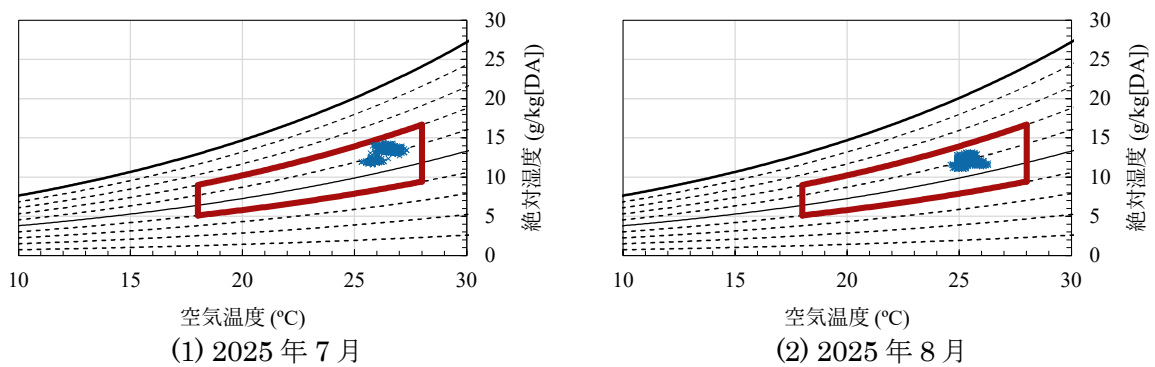


図 3-1-66 室内空気温湿度 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

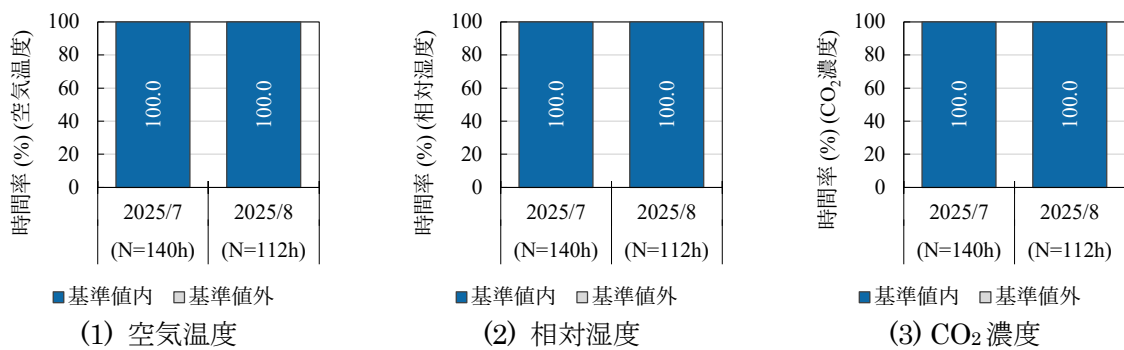


図 3-1-67 基準値内時間率 (G ビル, 2025/7/1-2025/8/31, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

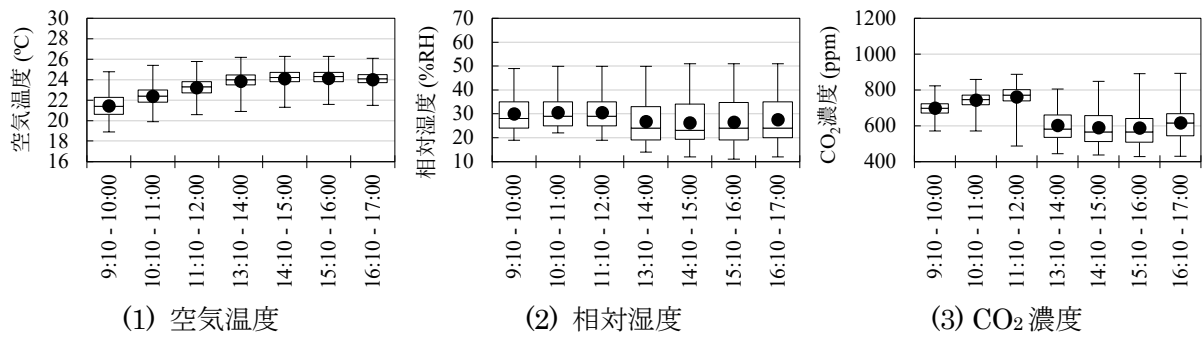


図 3-1-68 室内環境の特別結果 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

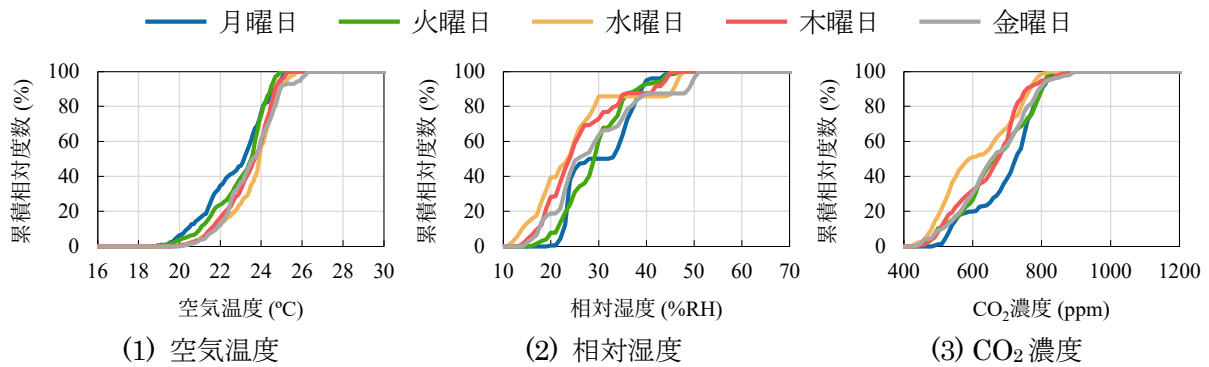


図 3-1-69 室内環境の曜日別結果 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

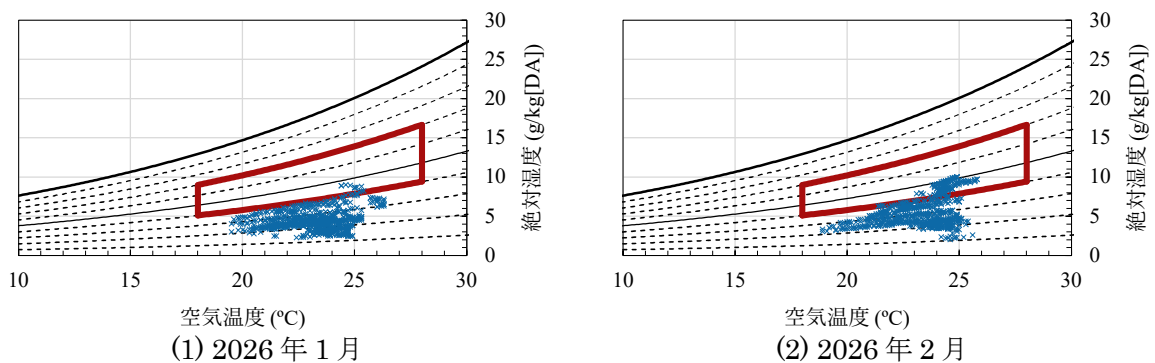


図 3-1-70 室内空気温湿度 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

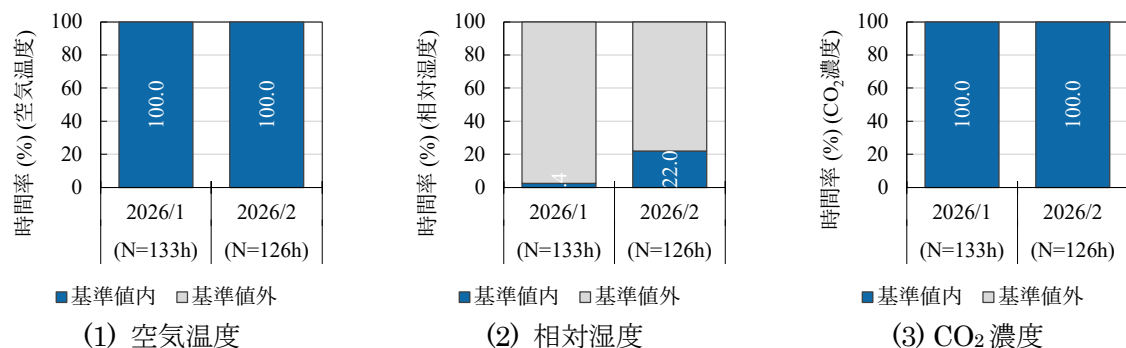


図 3-1-71 基準値内時間率 (A ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

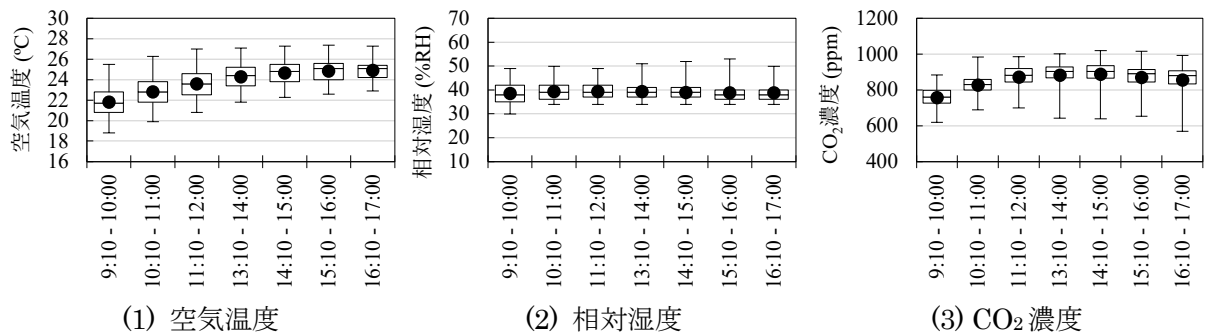


図 3-1-72 室内環境の特別結果 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

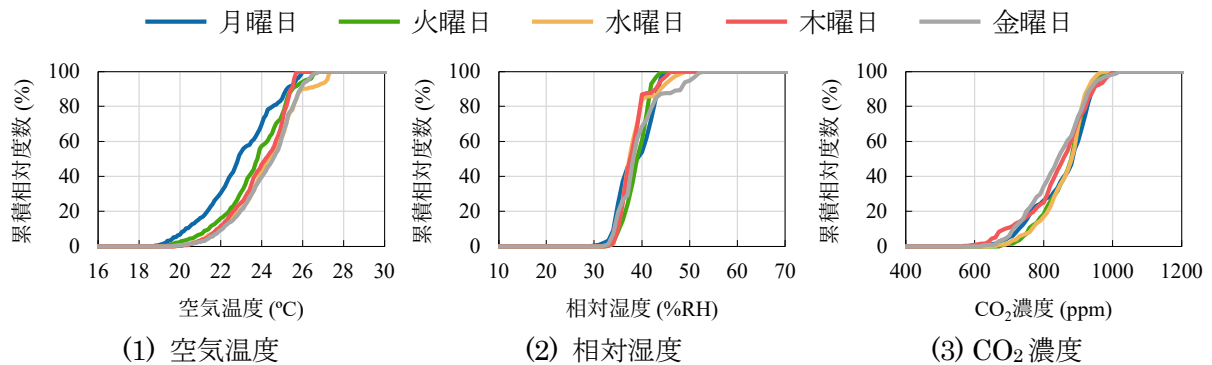


図 3-1-73 室内環境の曜日別結果 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

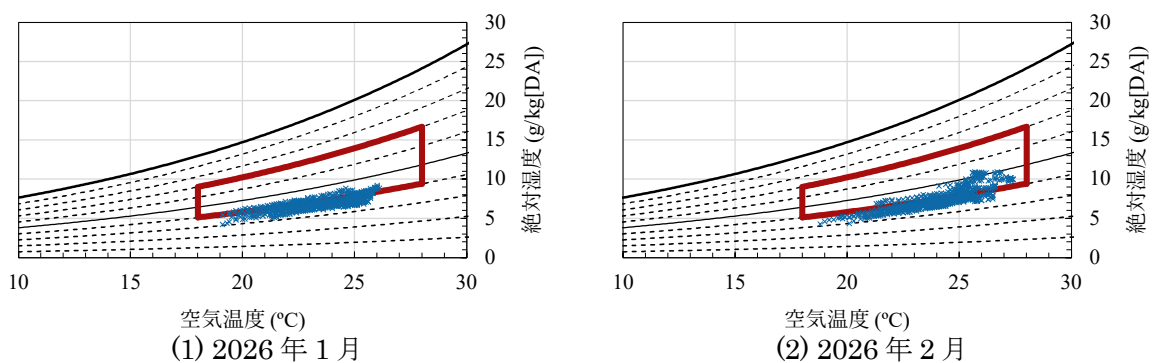


図 3-1-74 室内空気温湿度 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

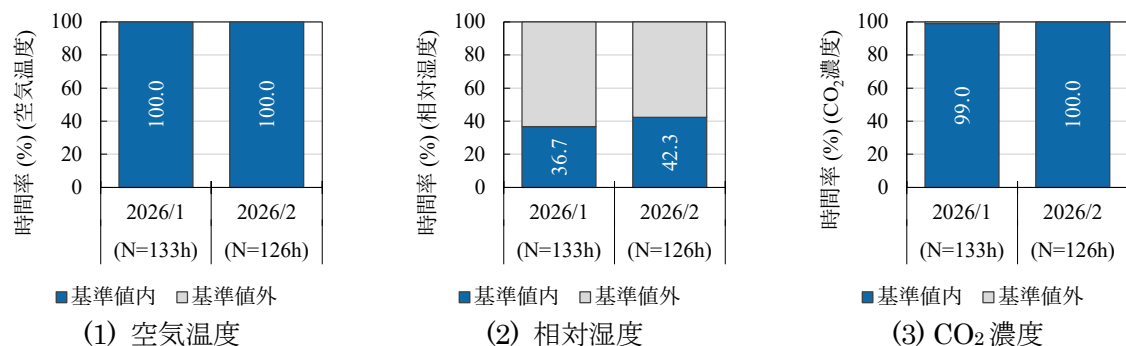


図 3-1-75 基準値内時間率 (A ビル 8F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

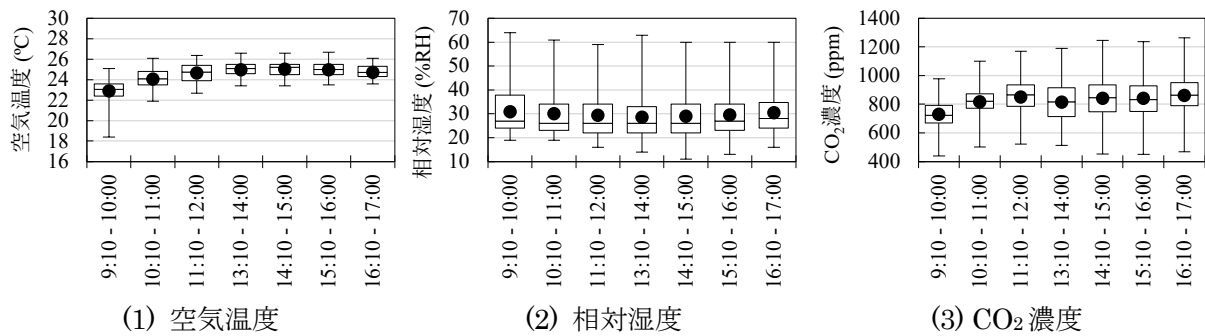


図 3-1-76 室内環境の特別結果 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

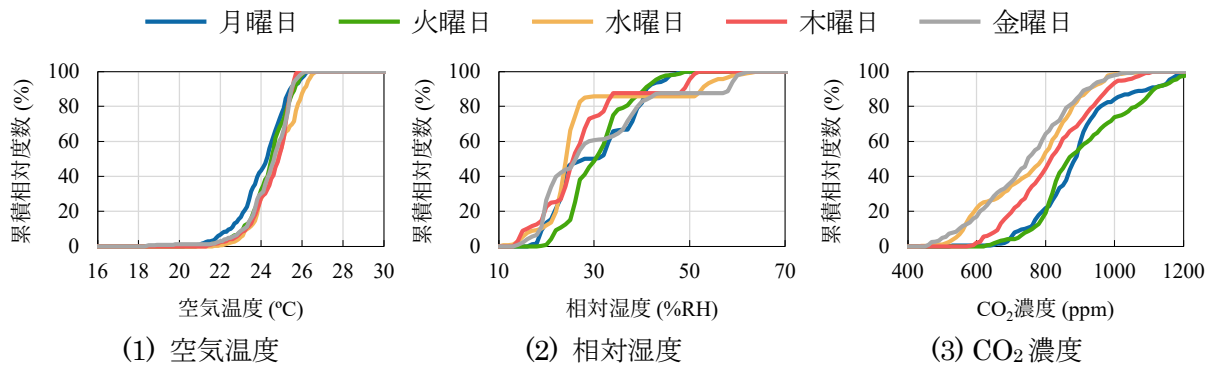


図 3-1-77 室内環境の曜日別結果 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

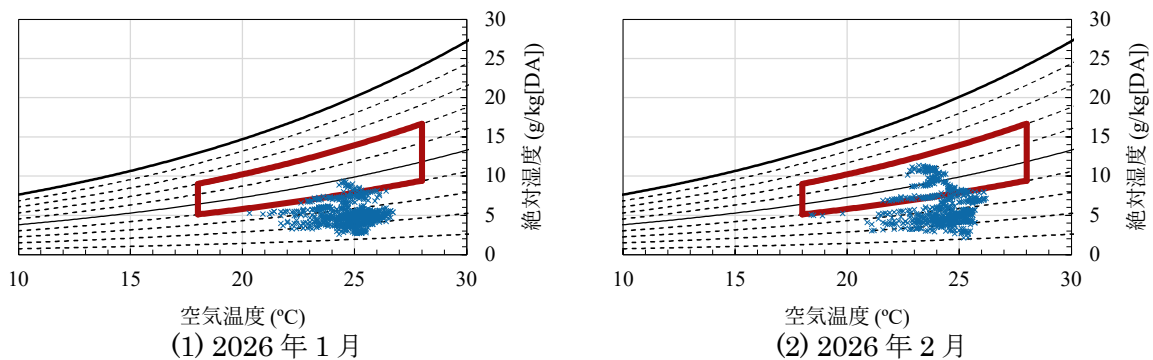


図 3-1-78 室内空気温湿度 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

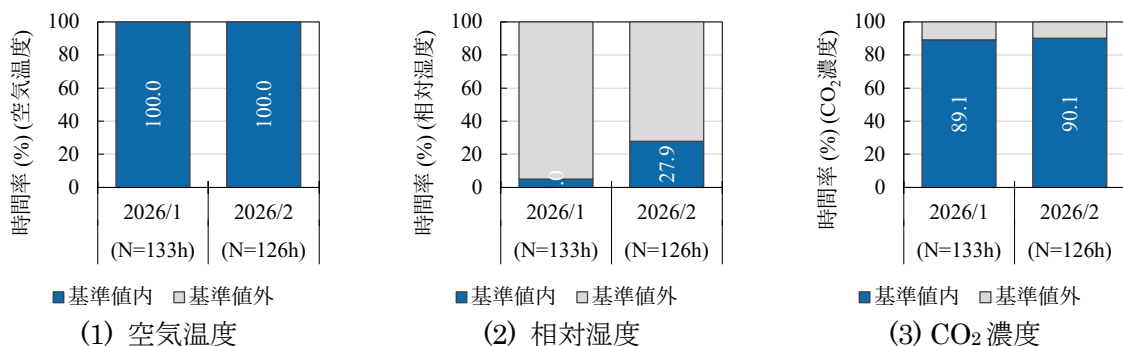


図 3-1-79 基準値内時間率 (B ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

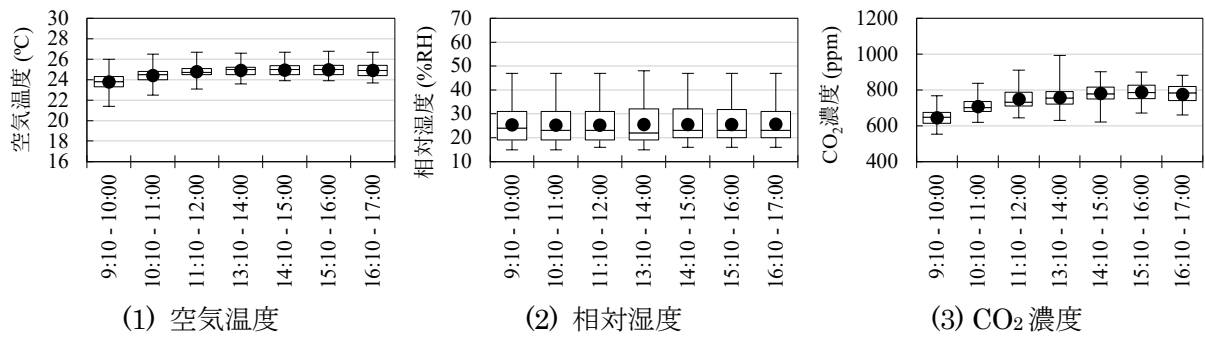


図 3-1-80 室内環境の特別結果 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

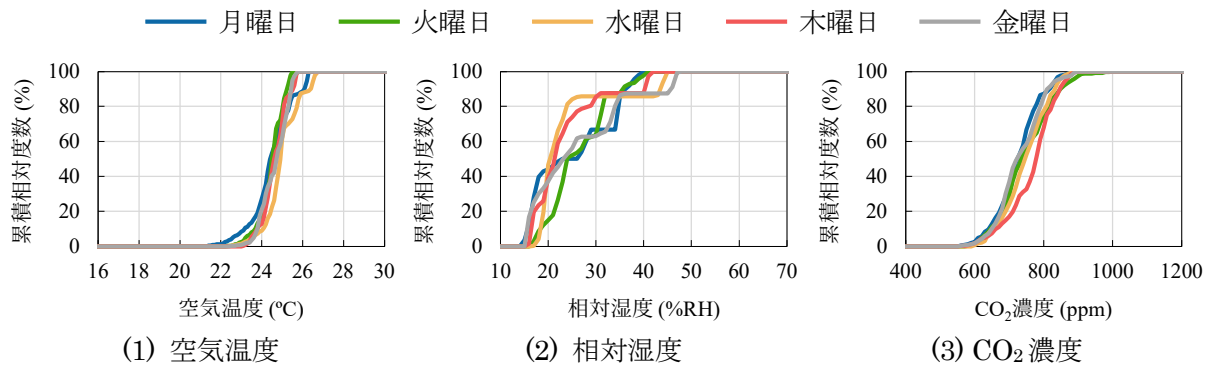


図 3-1-81 室内環境の曜日別結果 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

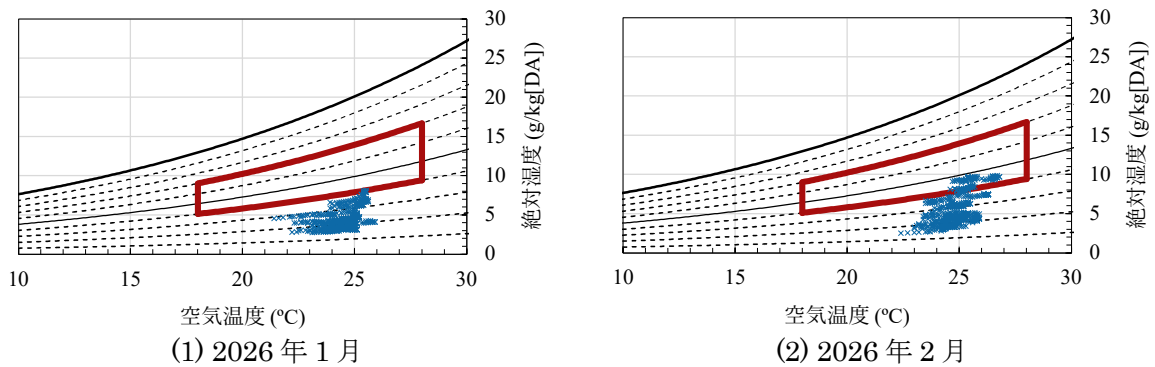


図 3-1-82 室内空気温湿度 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

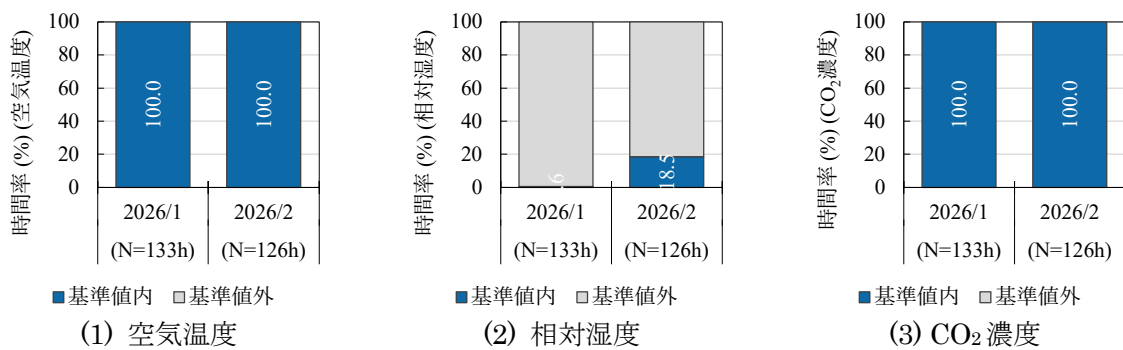


図 3-1-83 基準値内時間率 (C ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

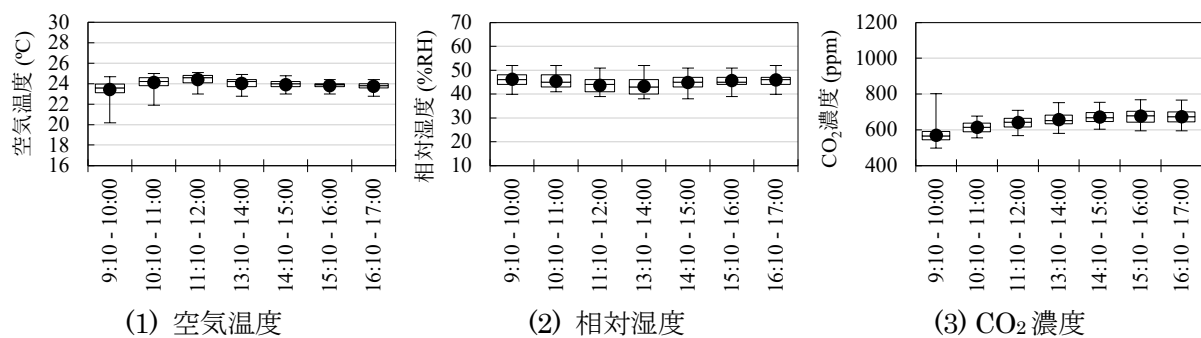


図 3-1-84 室内環境の特別結果 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

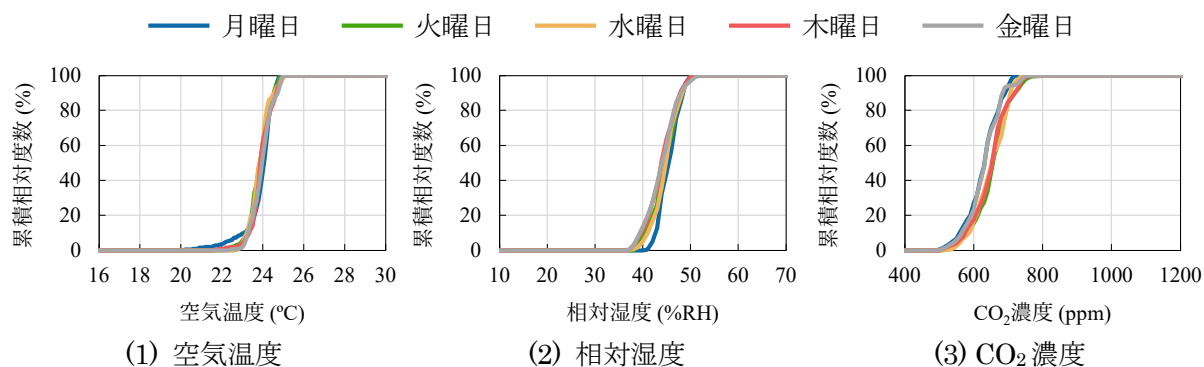


図 3-1-85 室内環境の曜日別結果 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

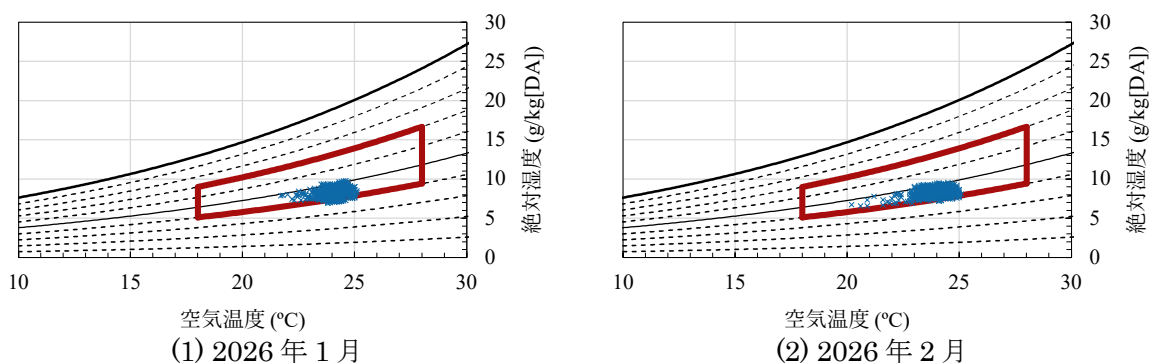


図 3-1-86 室内空気温湿度 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

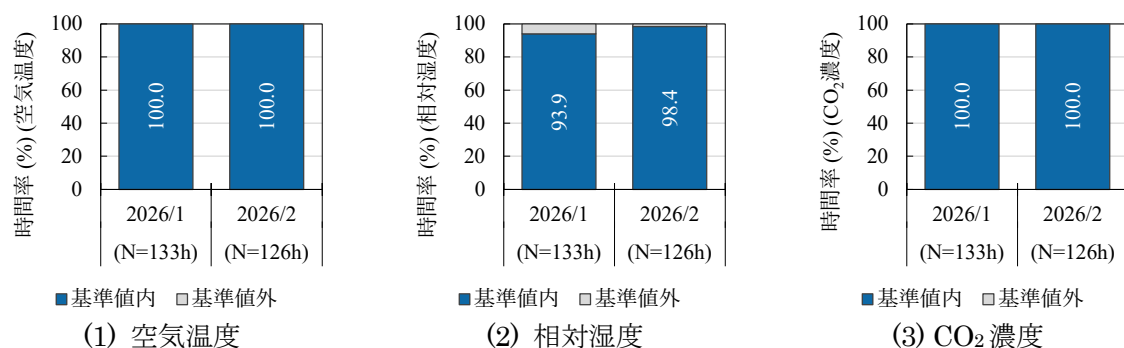


図 3-1-87 基準値内時間率 (D ビル 1F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

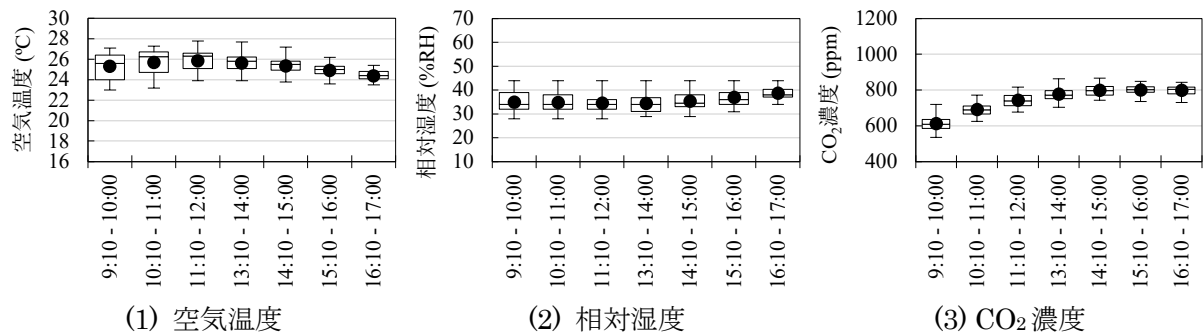


図 3-1-88 室内環境の特別結果 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

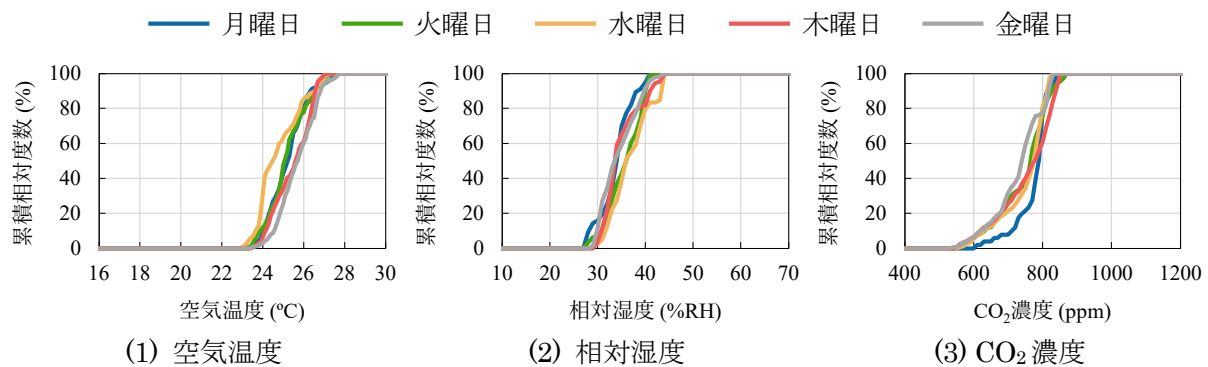


図 3-1-89 室内環境の曜日別結果 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

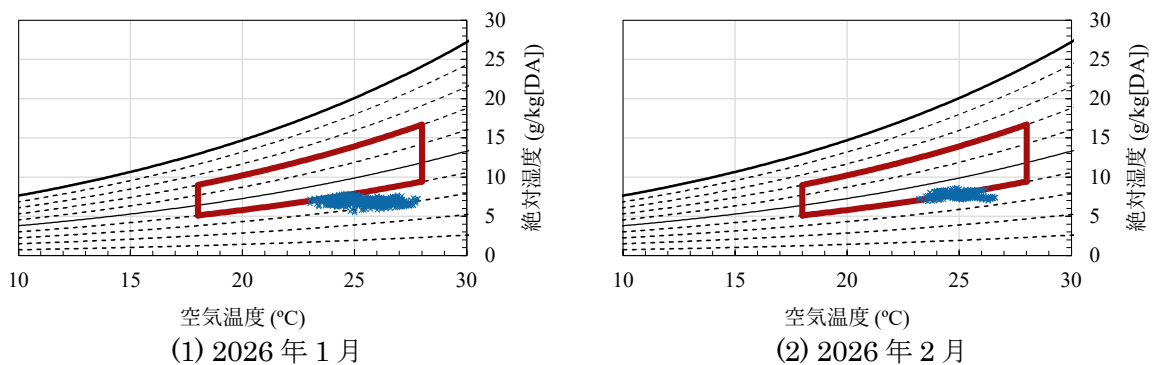


図 3-1-90 室内空気温湿度 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

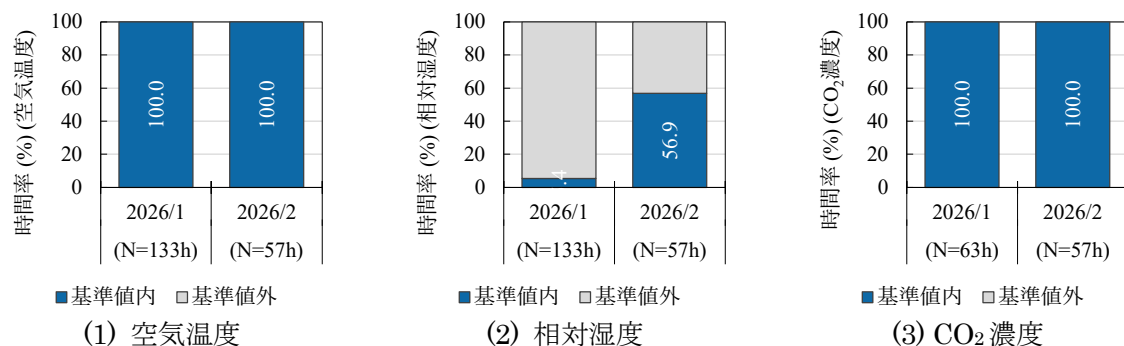


図 3-1-91 基準値内時間率 (D ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

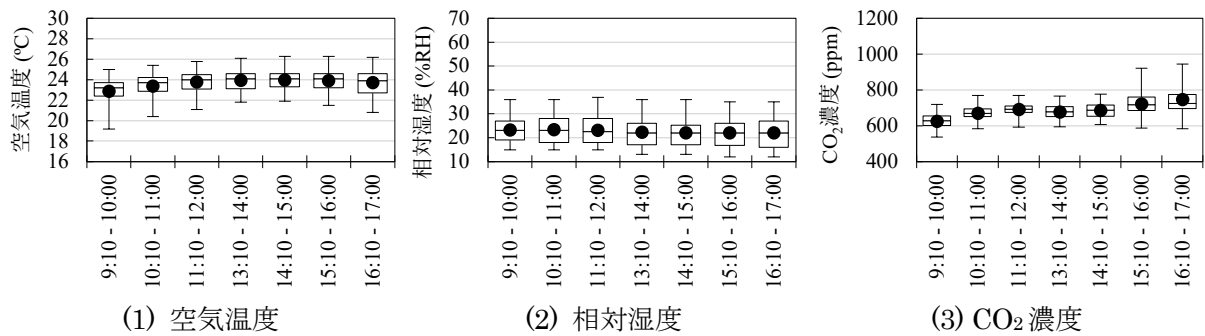


図 3-1-92 室内環境の特別結果 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

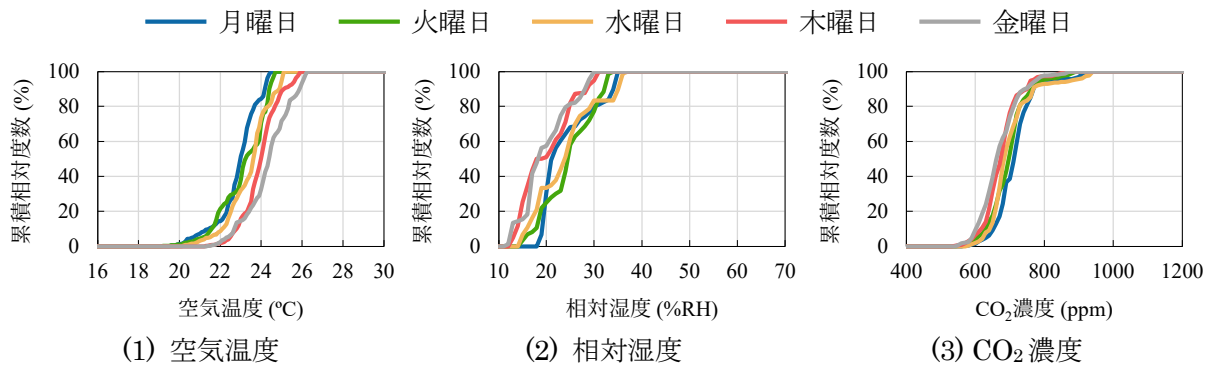


図 3-1-93 室内環境の曜日別結果 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

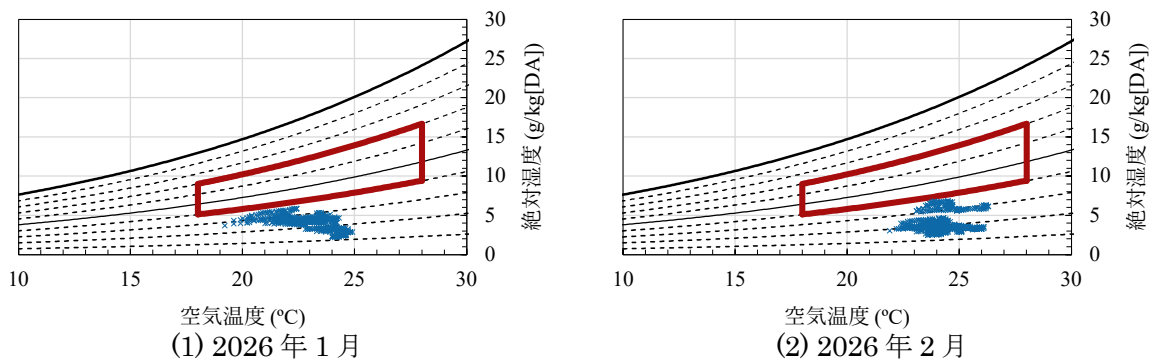


図 3-1-94 室内空気温湿度 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

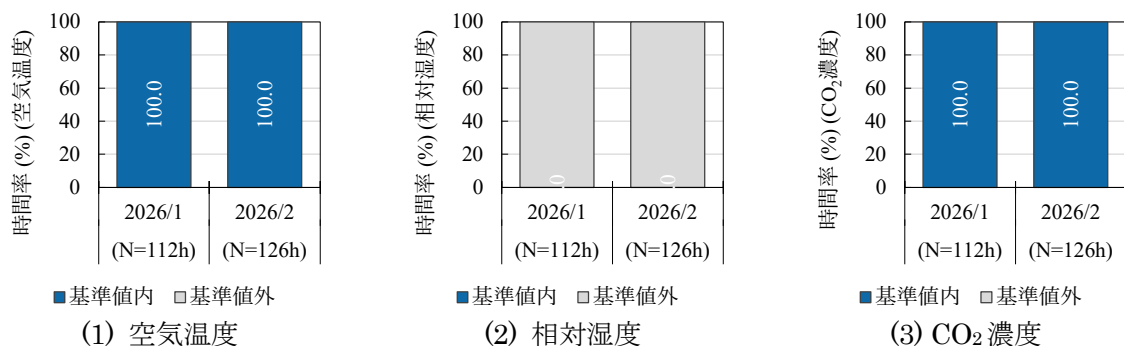


図 3-1-95 基準値内時間率 (E ビル 2F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

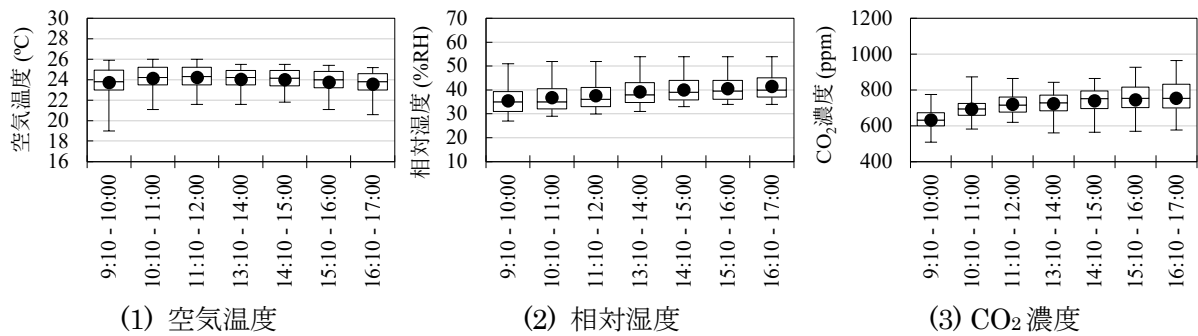


図 3-1-96 室内環境の特別結果 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

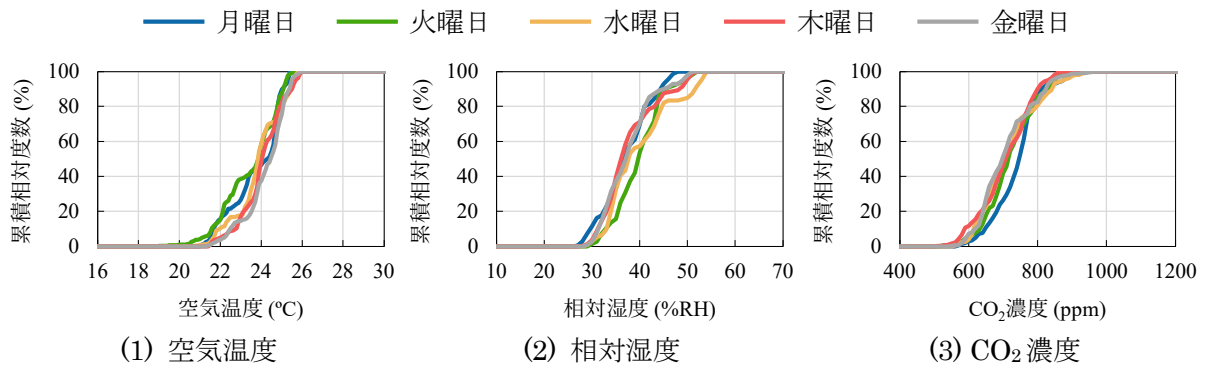


図 3-1-97 室内環境の曜日別結果 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

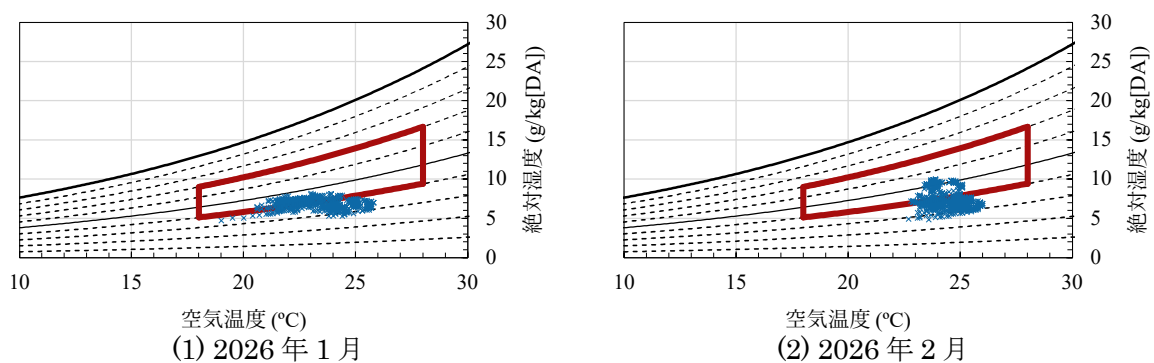


図 3-1-98 室内空気温湿度 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

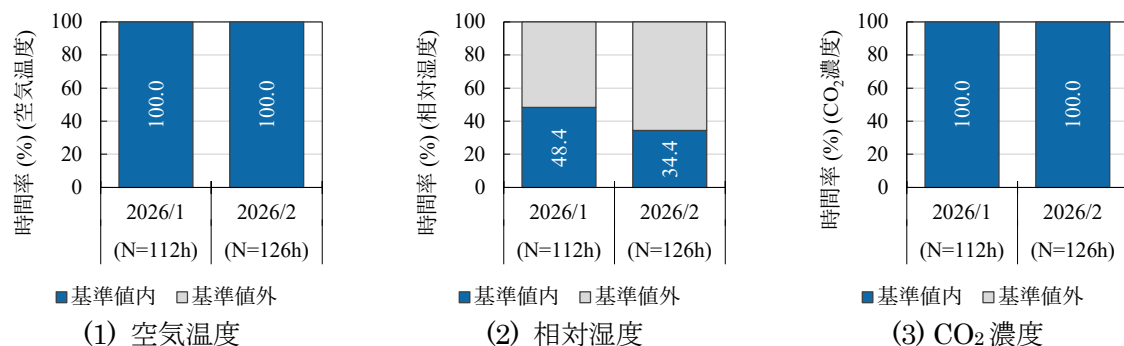


図 3-1-99 基準値内時間率 (E ビル 3F, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

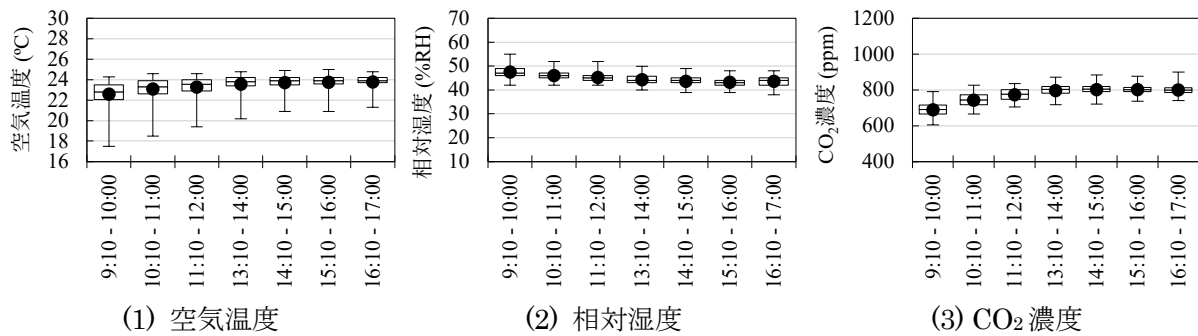


図 3-1-100 室内環境の特別結果 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

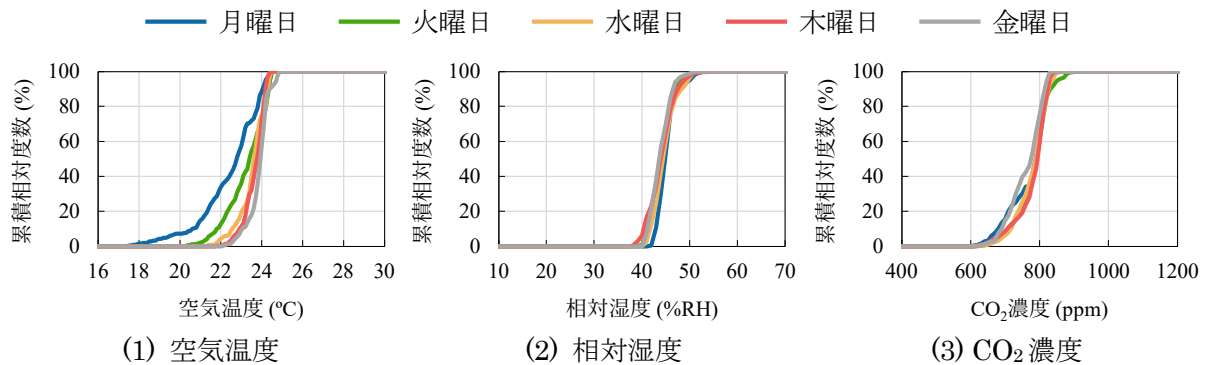


図 3-1-101 室内環境の曜日別結果 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

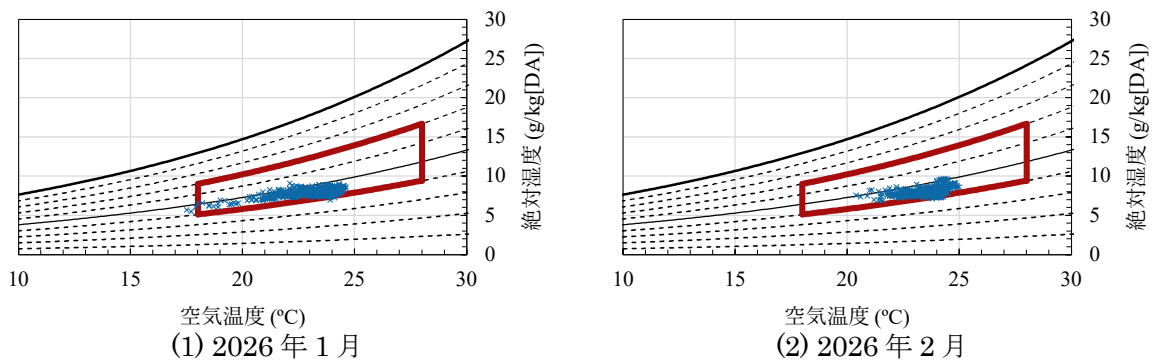


図 3-1-102 室内空気温湿度 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

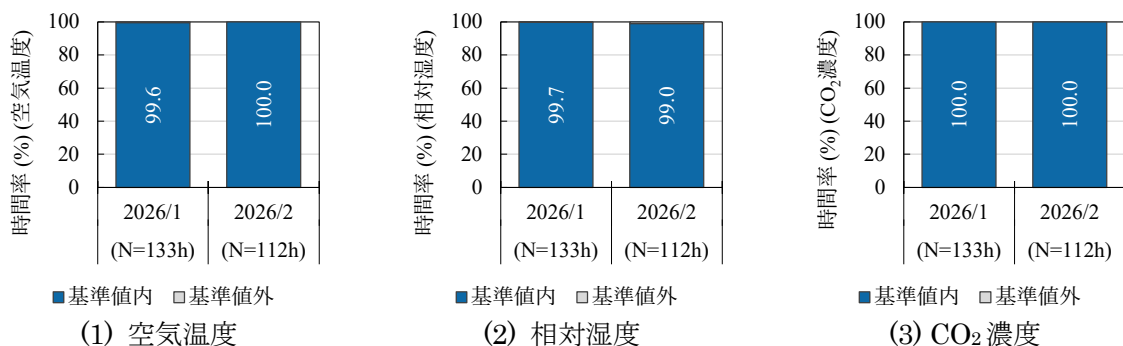


図 3-1-103 基準値内時間率 (F ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

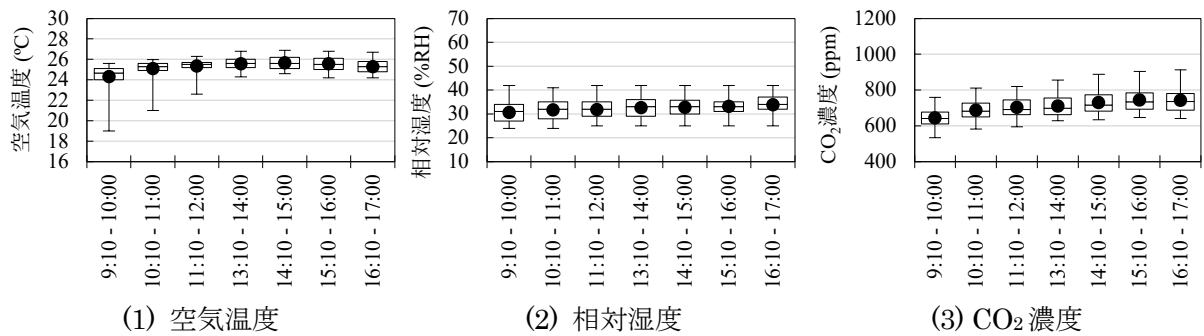


図 3-1-104 室内環境の特別結果 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

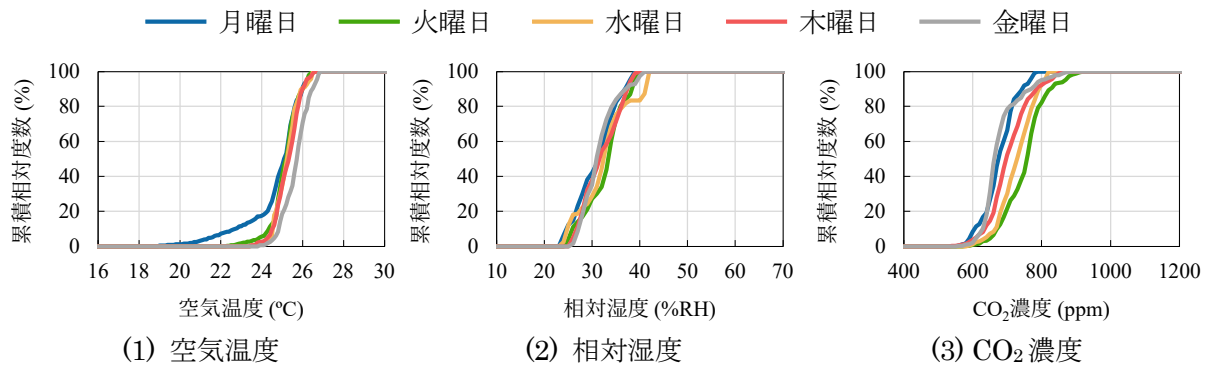


図 3-1-105 室内環境の曜日別結果 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

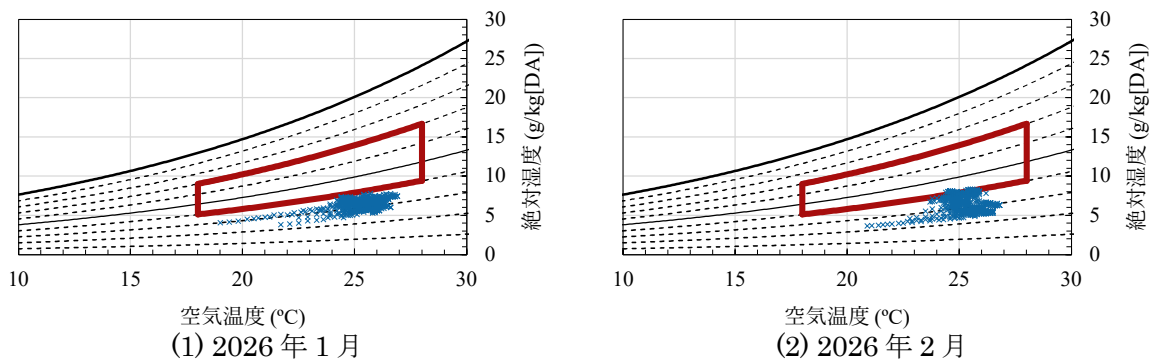


図 3-1-106 室内空気温湿度 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

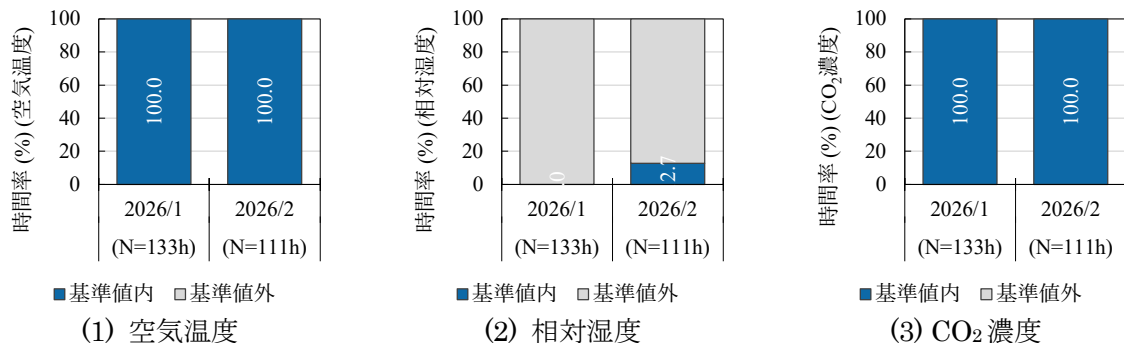


図 3-1-107 基準値内時間率 (G ビル, 2026/1/1-2026/2/28, 平日 9-17 時[12-13 時除く])

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

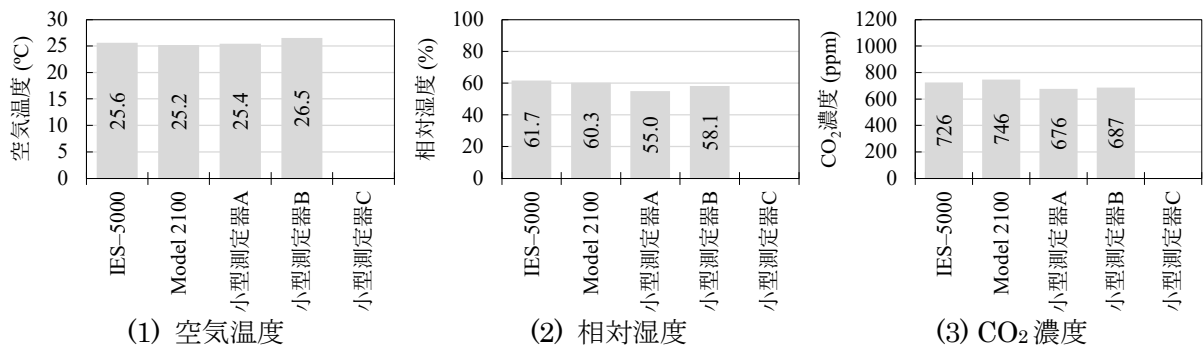


図 3-2-1 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2024/10/22 10:50)

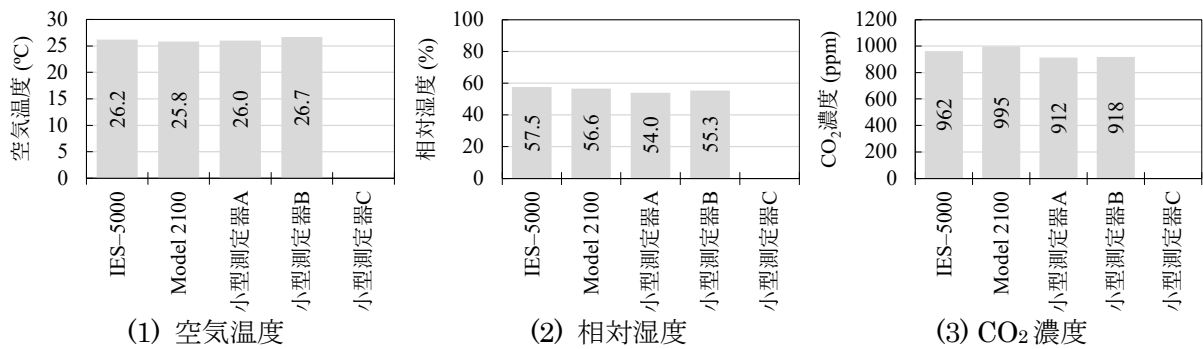


図 3-2-2 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2024/10/22 11:30)

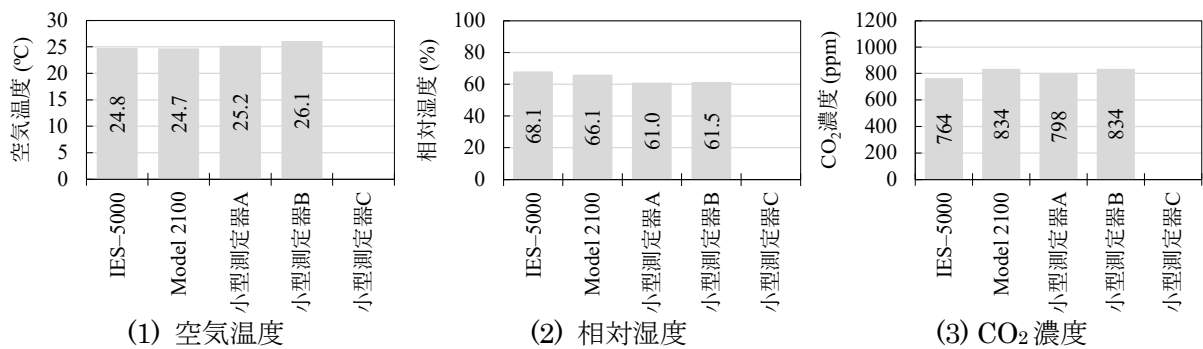


図 3-2-3 現場立入測定と小型測定器の比較 (B ビル, 2024/10/22 14:40)

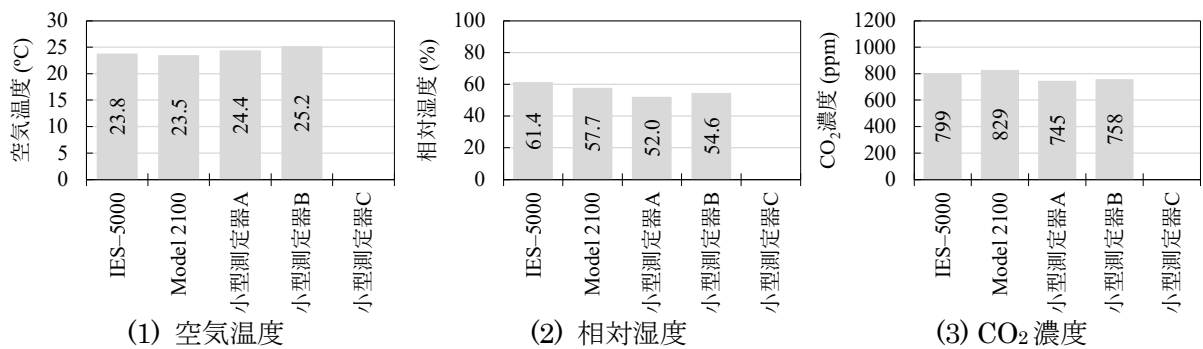


図 3-2-4 現場立入測定と小型測定器の比較 (C ビル, 2024/10/23 11:40)

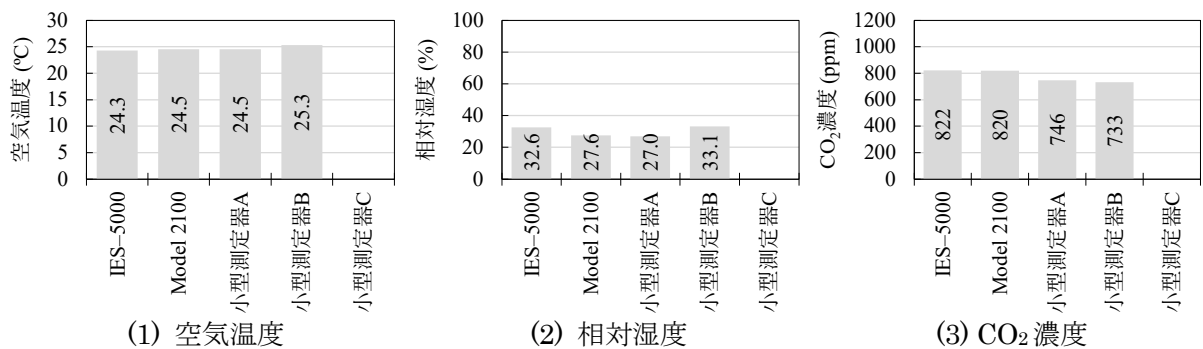


図 3-2-5 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2025/1/29 16:00)

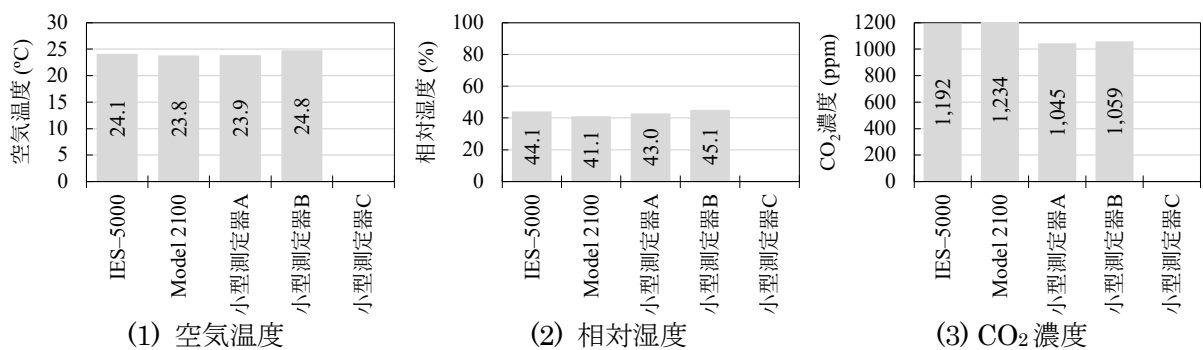


図 3-2-6 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2025/1/29 16:30)

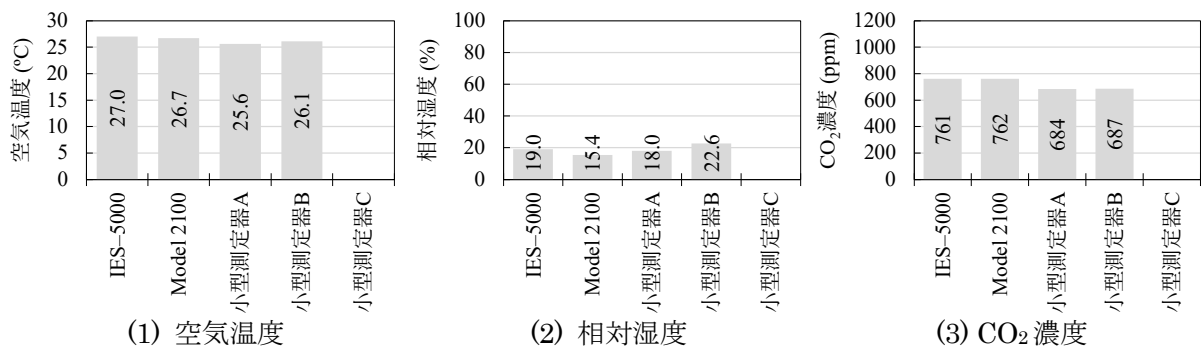


図 3-2-7 現場立入測定と小型測定器の比較 (B ビル, 2025/1/30 10:30)

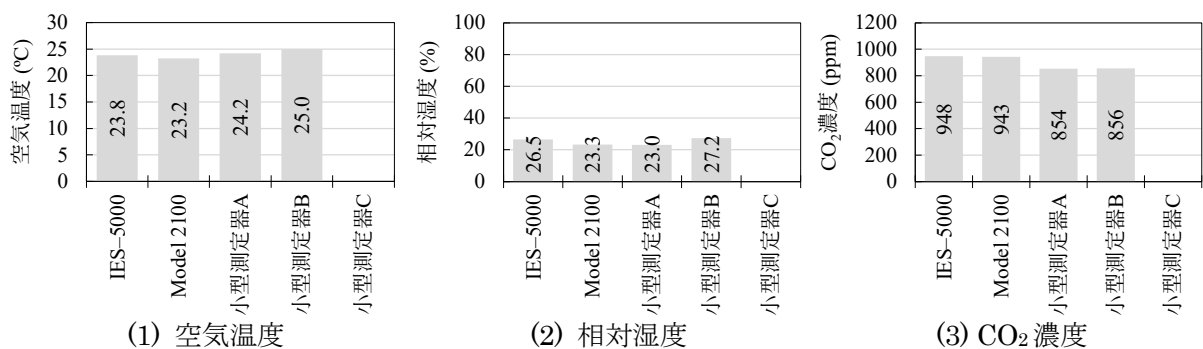


図 3-2-8 現場立入測定と小型測定器の比較 (C ビル, 2025/1/29 13:50)

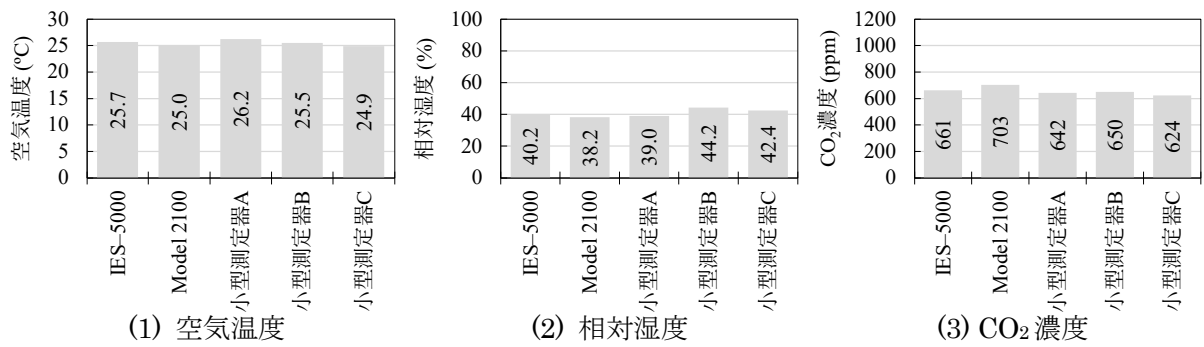


図 3-2-9 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 1F, 2025/2/25 11:20)

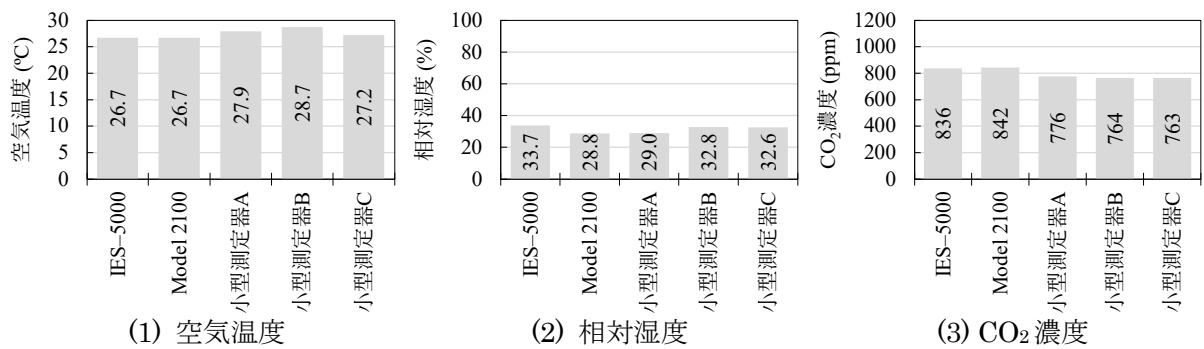


図 3-2-10 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 3F, 2025/2/25 11:00)

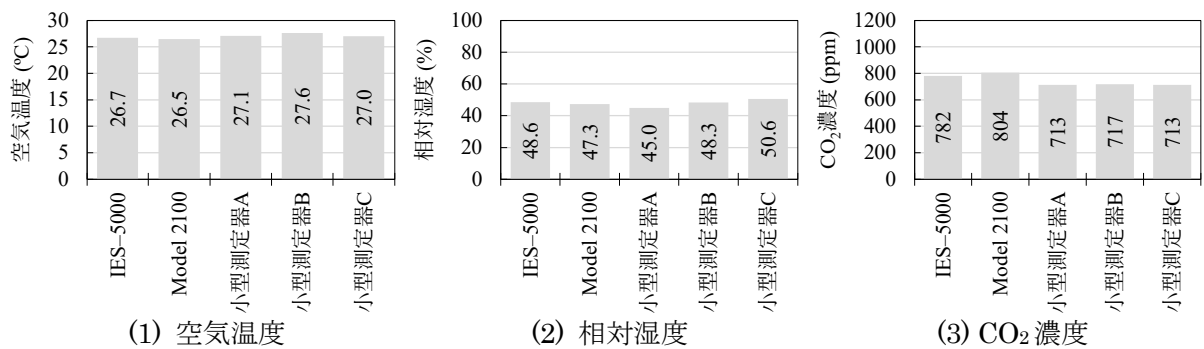


図 3-2-11 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 2F, 2025/3/28 16:10)

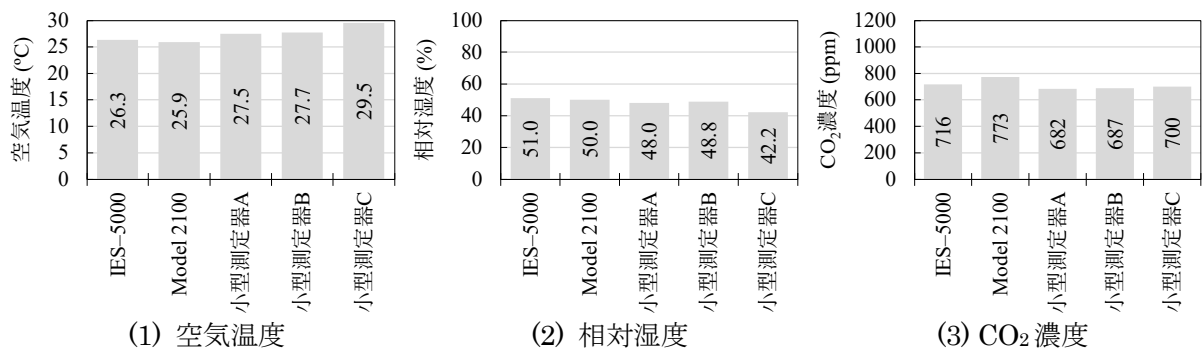


図 3-2-12 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 8F, 2025/3/28 15:40)

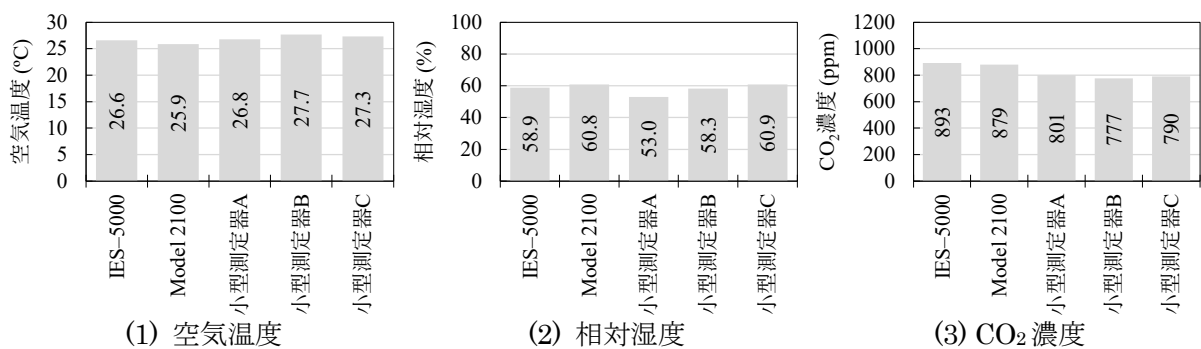


図 3-2-13 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2025/8/28 15:10)

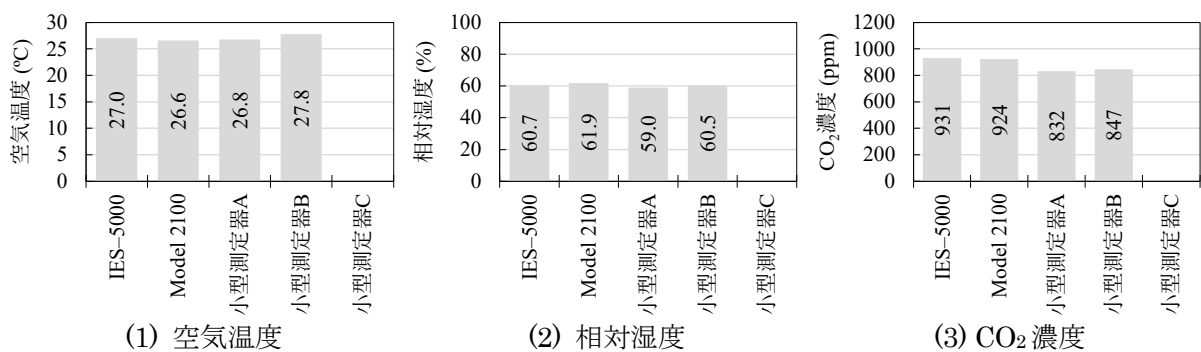


図 3-2-14 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2025/8/28 14:30)

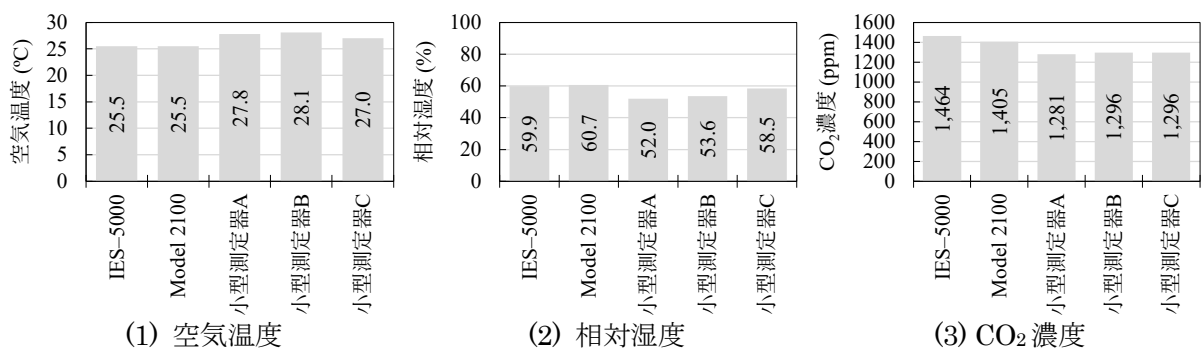


図 3-2-15 現場立入測定と小型測定器の比較 (B ビル, 2025/8/29 13:30)

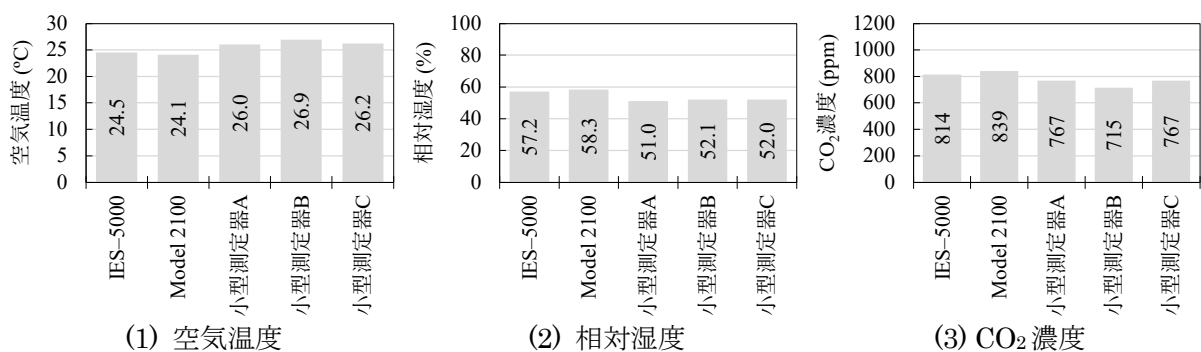


図 3-2-16 現場立入測定と小型測定器の比較 (C ビル, 2025/8/29 10:40)

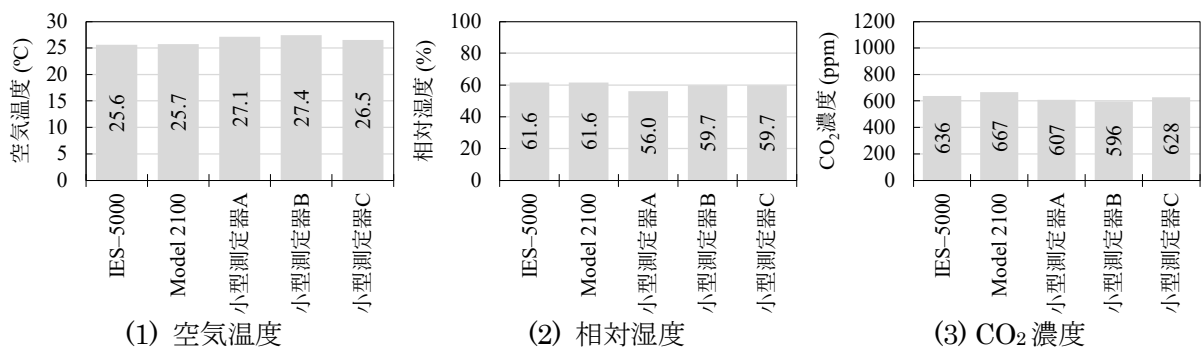


図 3-2-17 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 1F, 2025/8/25 10:50)

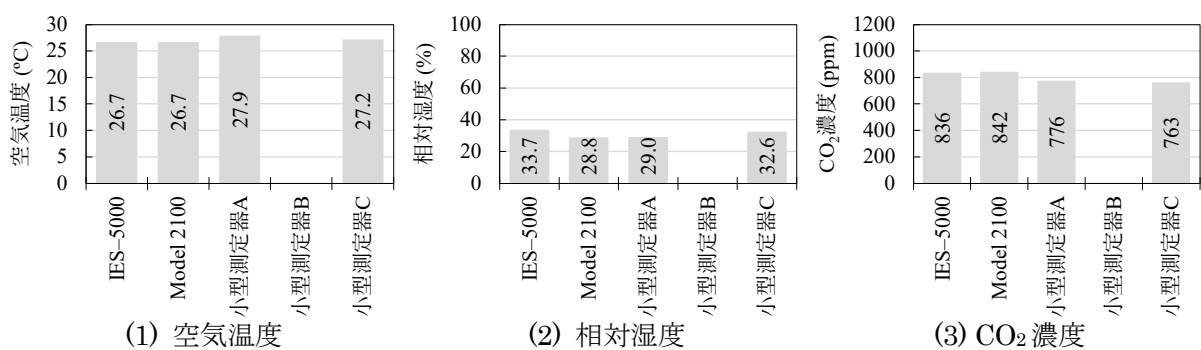


図 3-2-18 現場立入測定と小型測定器の比較 (D ビル 3F, 2025/8/25 11:40)

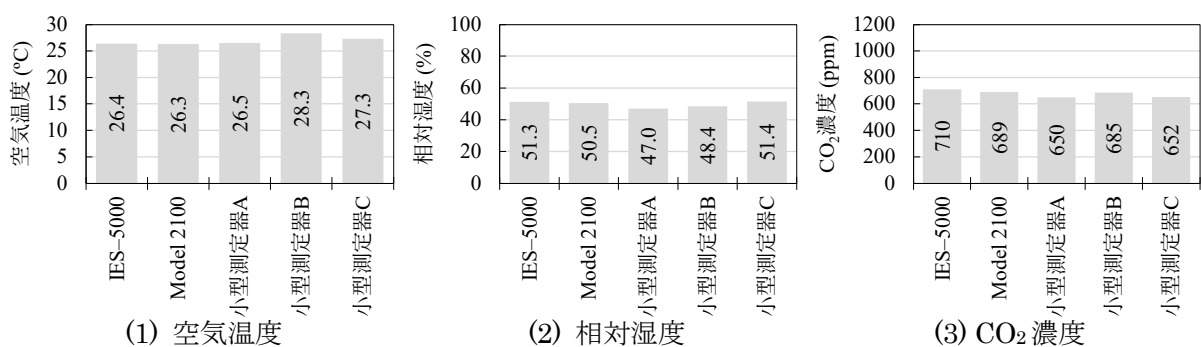


図 3-2-19 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 2F, 2025/8/18 16:30)

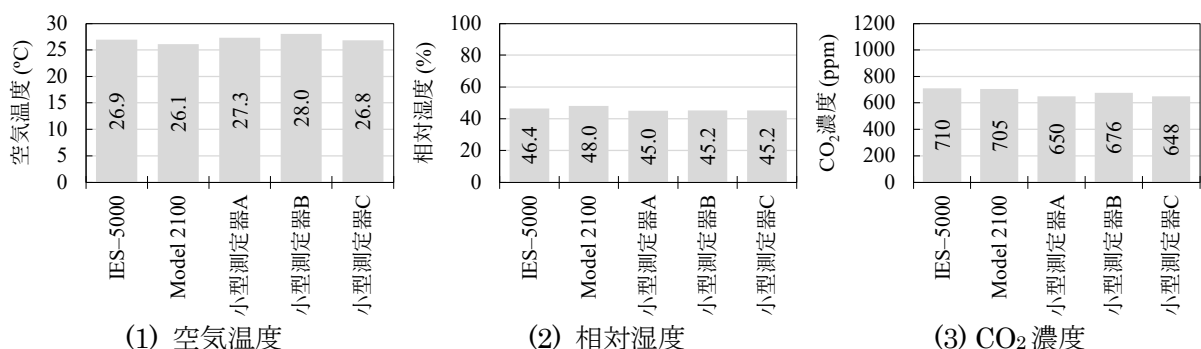


図 3-2-20 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 3F, 2025/8/18 16:00)

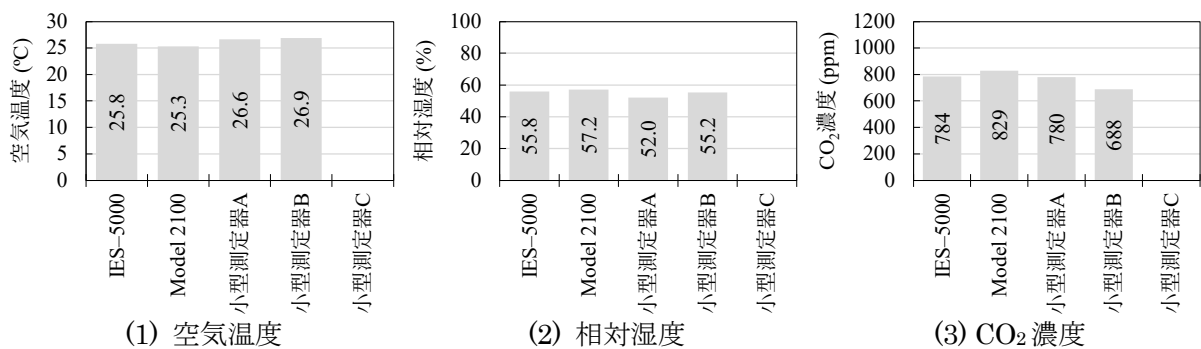


図 3-2-21 現場立入測定と小型測定器の比較 (F ビル, 2025/8/25 15:40)

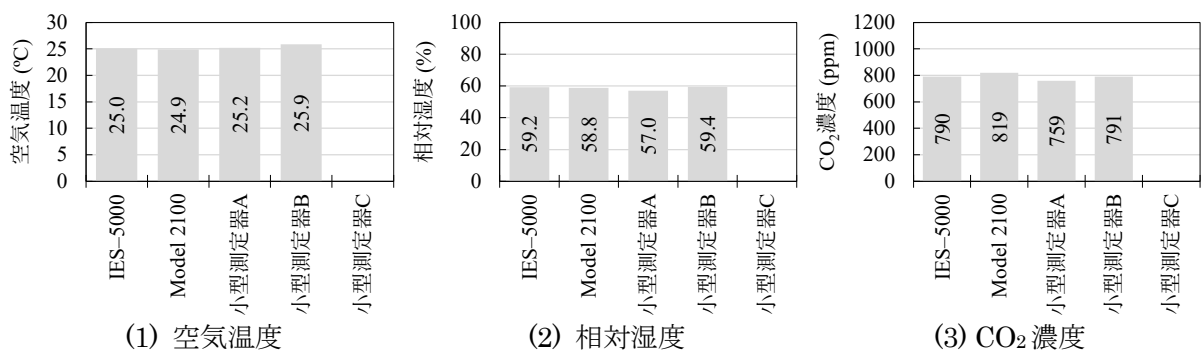


図 3-2-22 現場立入測定と小型測定器の比較 (G ビル, 2025/8/25 16:50)

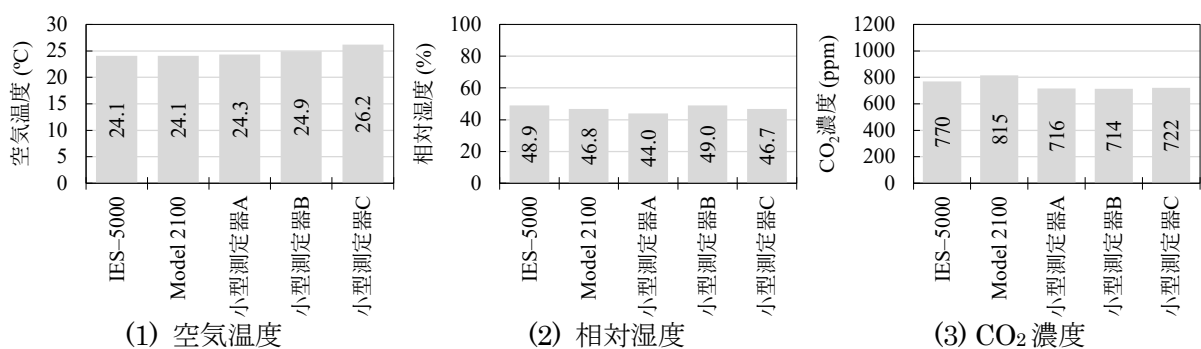


図 3-2-23 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 2F, 2026/2/26 13:30)

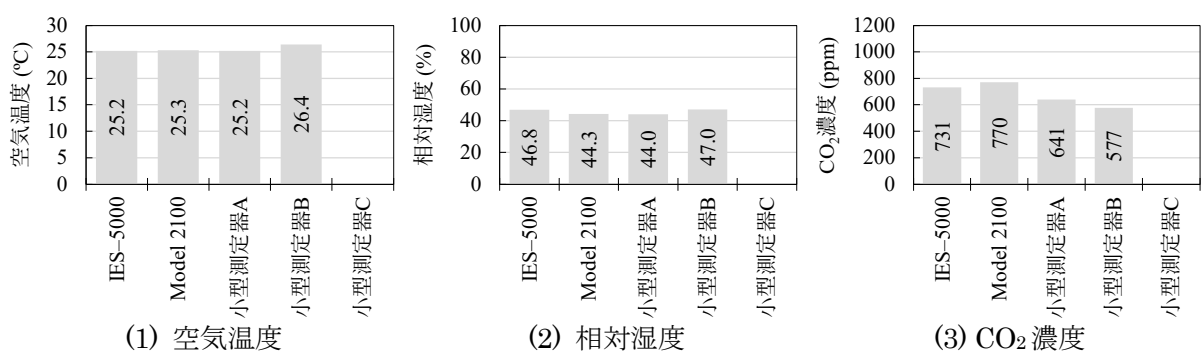


図 3-2-24 現場立入測定と小型測定器の比較 (A ビル 8F, 2026/2/26 14:20)

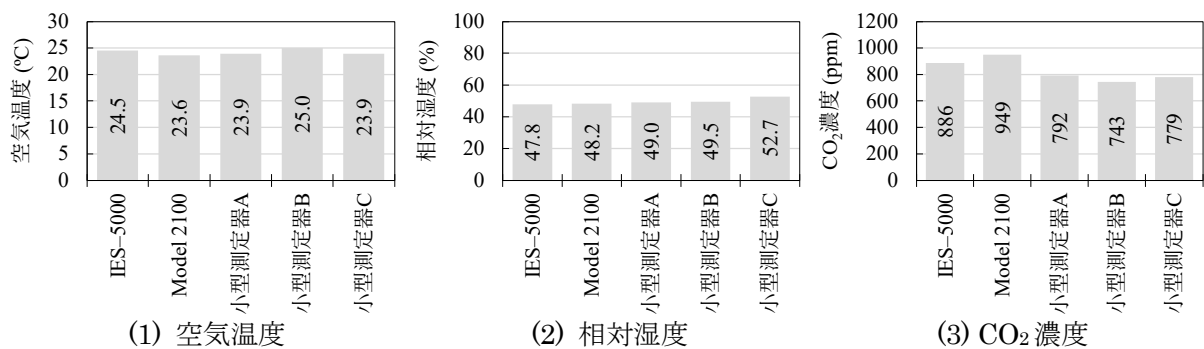


図 3-2-25 現場立入測定と小型測定器の比較 (Bビル, 2026/2/26 10:40)

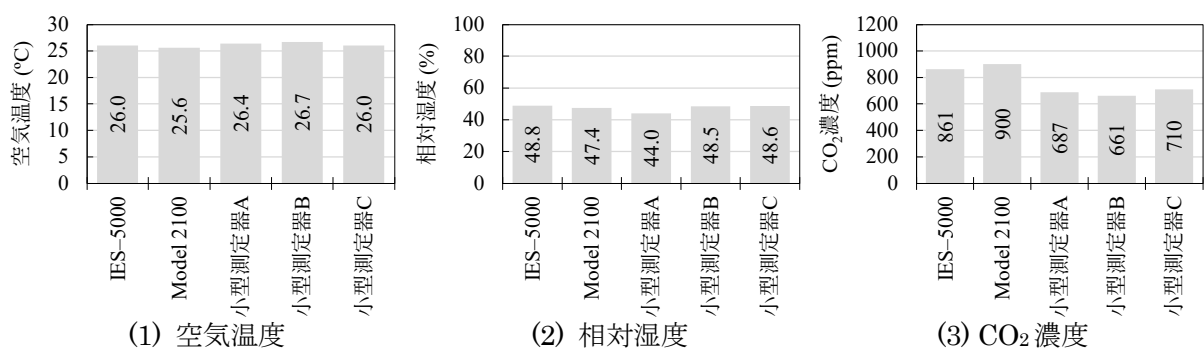


図 3-2-26 現場立入測定と小型測定器の比較 (Cビル, 2026/2/25 10:40)

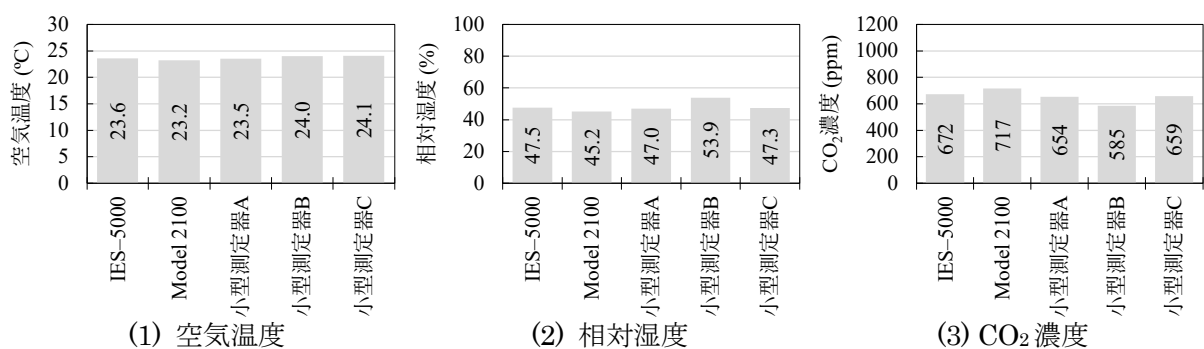


図 3-2-27 現場立入測定と小型測定器の比較 (Dビル 1F, 2026/2/16 14:30)

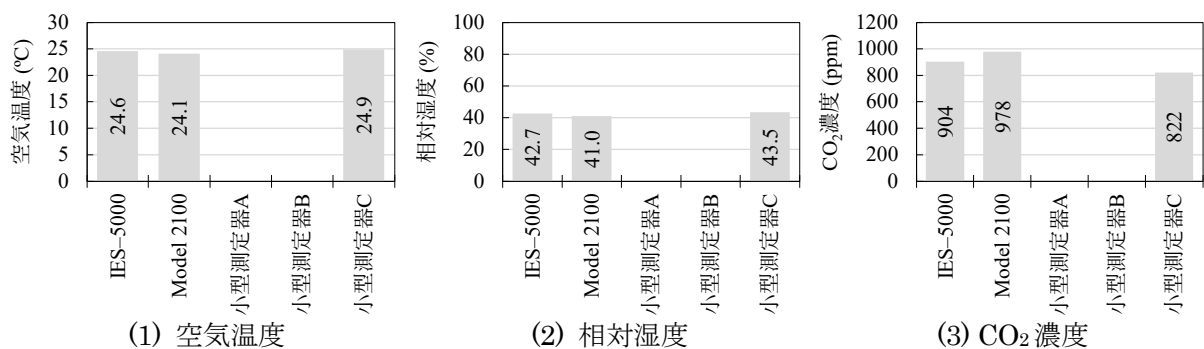


図 3-2-28 現場立入測定と小型測定器の比較 (Dビル 3F, 2026/2/16 15:20)

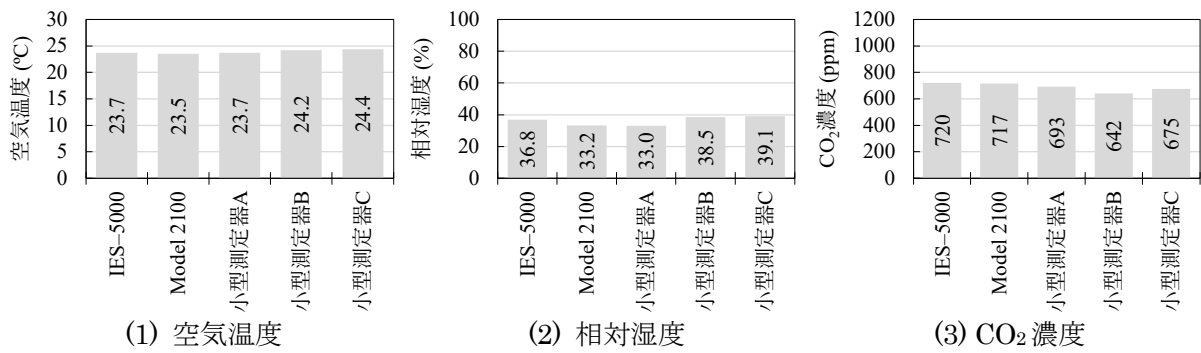


図 3-2-29 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 2F, 2026/2/24 10:30)

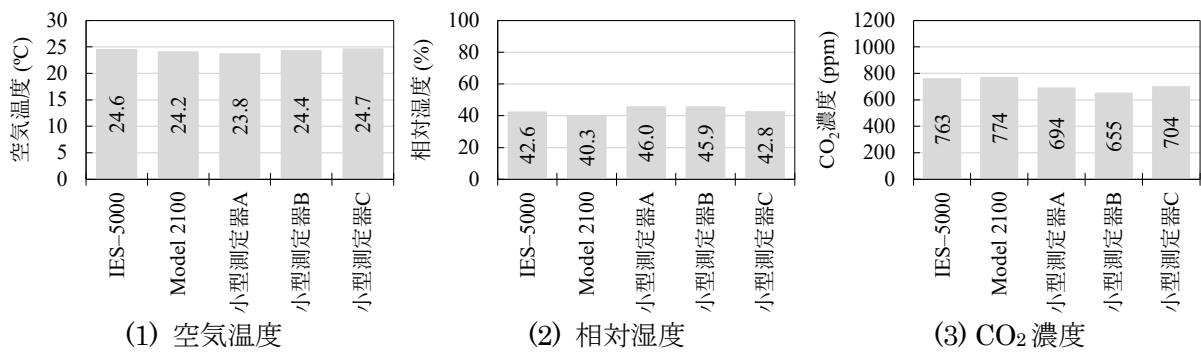


図 3-2-30 現場立入測定と小型測定器の比較 (E ビル 3F, 2026/2/24 11:20)

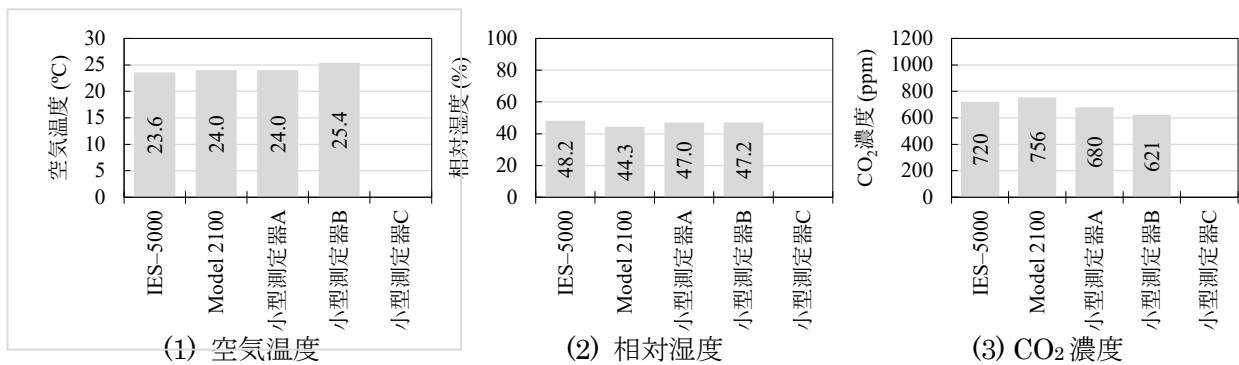


図 3-2-31 現場立入測定と小型測定器の比較 (F ビル, 2026/2/20 10:10)

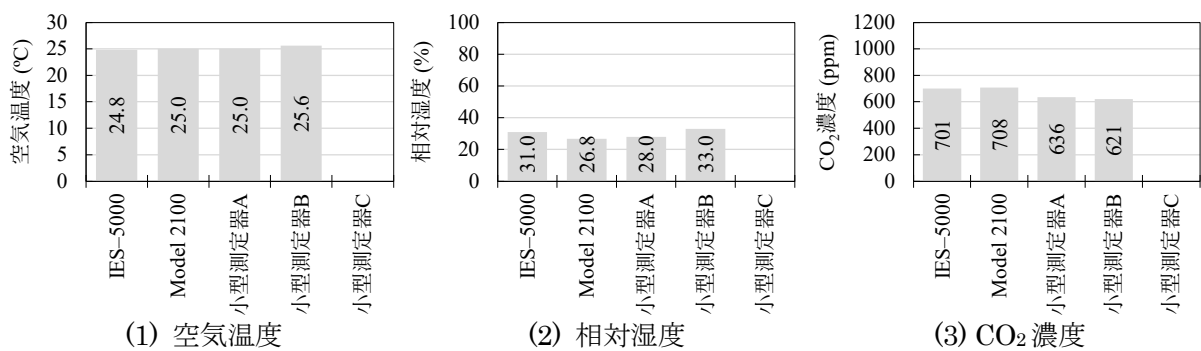
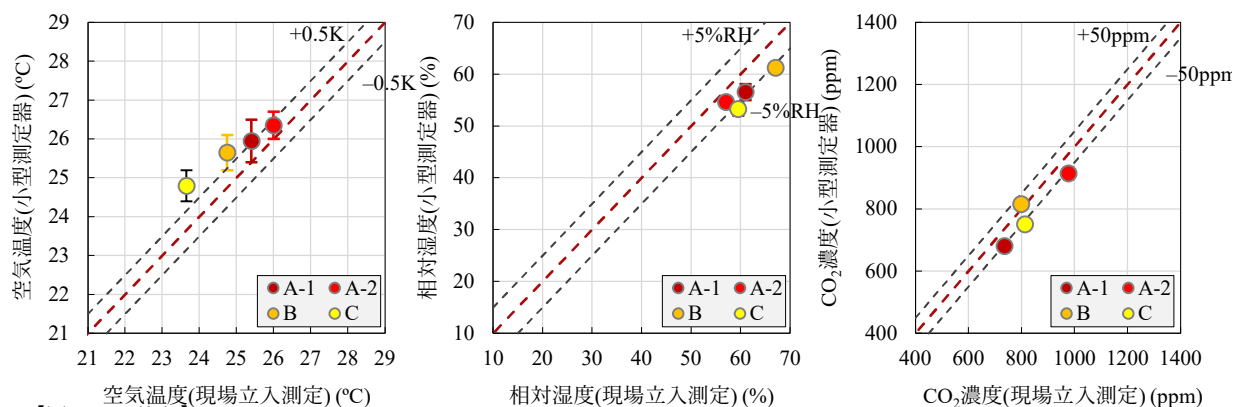


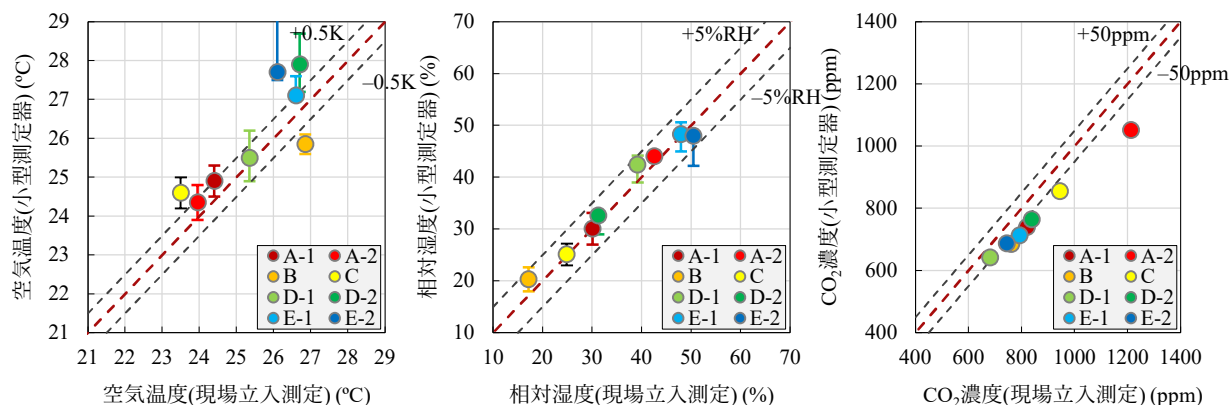
図 3-2-32 現場立入測定と小型測定器の比較 (G ビル, 2026/2/20 10:50)



【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。

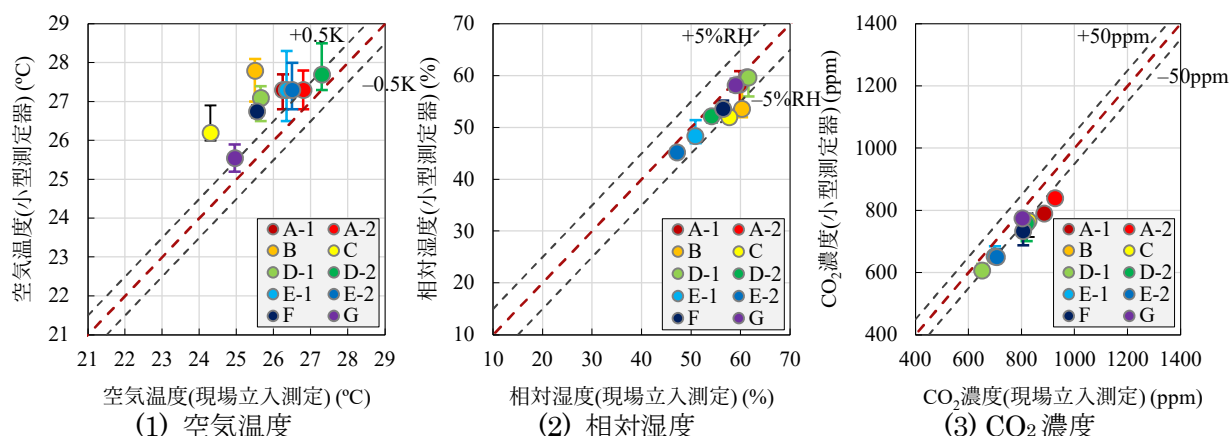
図 3-2-33 現場立入測定と小型測定器の比較 (2024 年秋期)



【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。

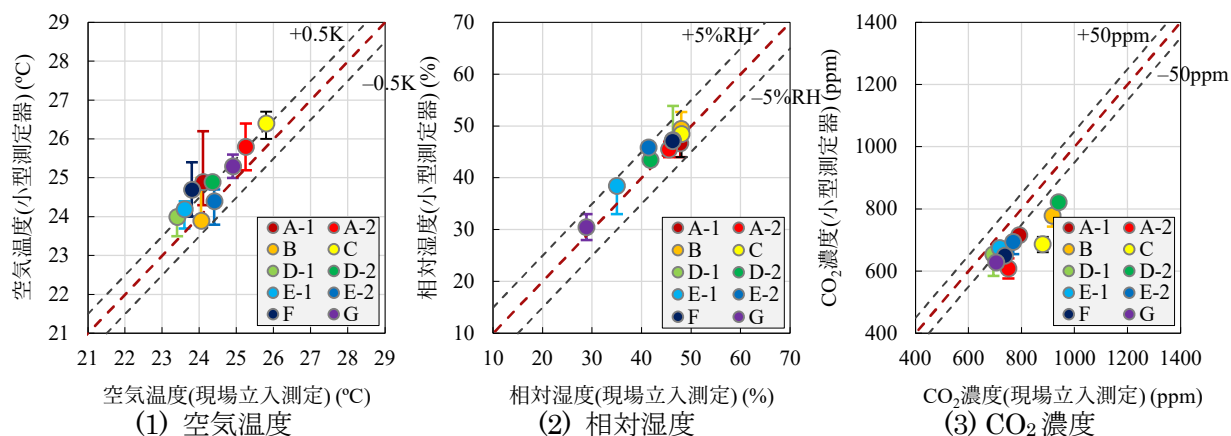
図 3-2-34 現場立入測定と小型測定器の比較 (2025 年冬期)



【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。

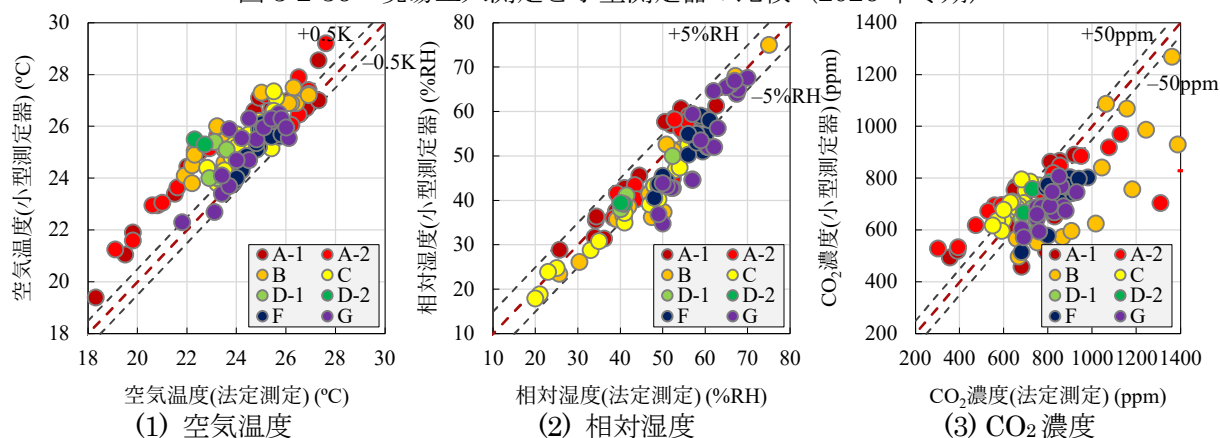
図 3-2-35 現場立入測定と小型測定器の比較 (2025 年夏期)



【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 3-2-36 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

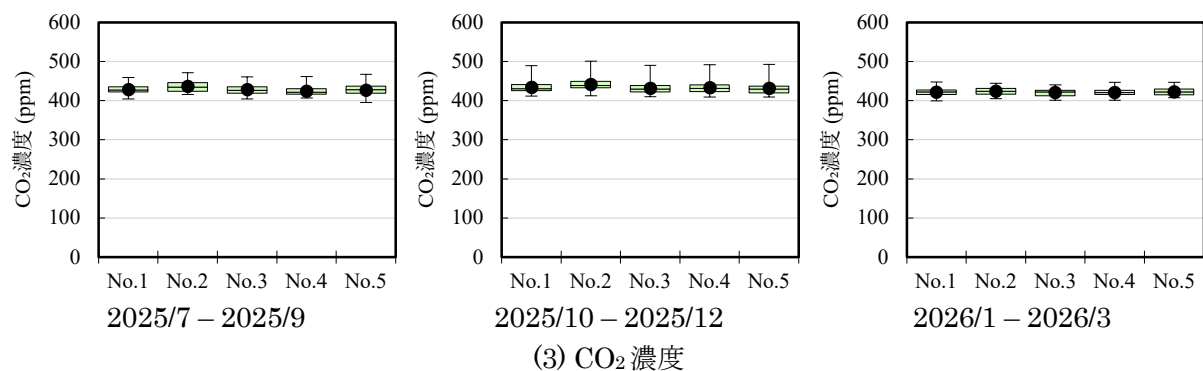
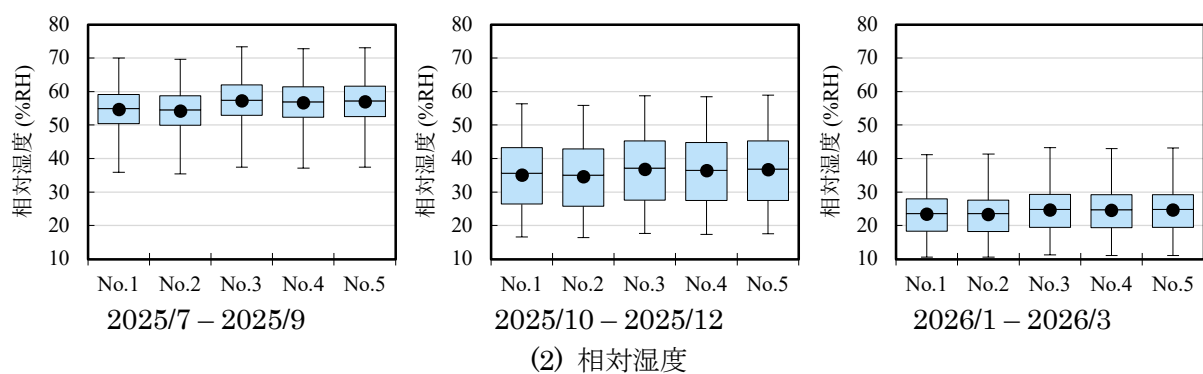
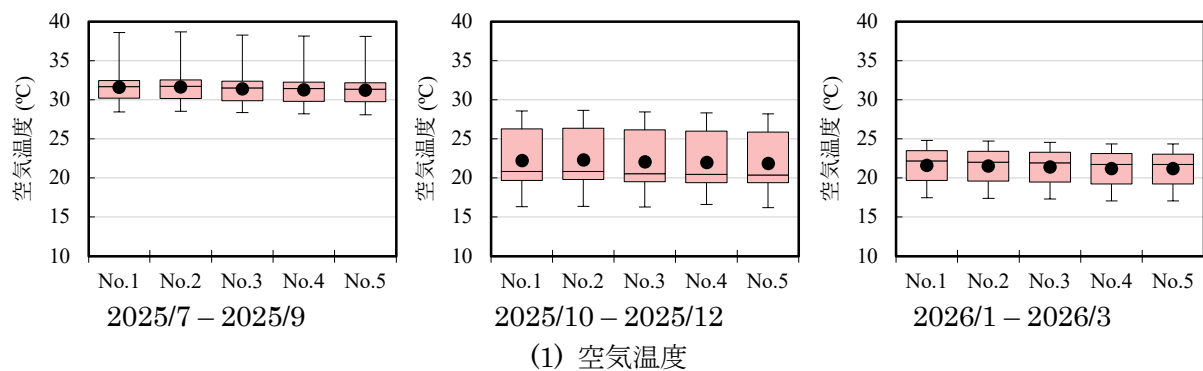


図 3-3-1 小型測定器の比較実験 (小型測定器 A)

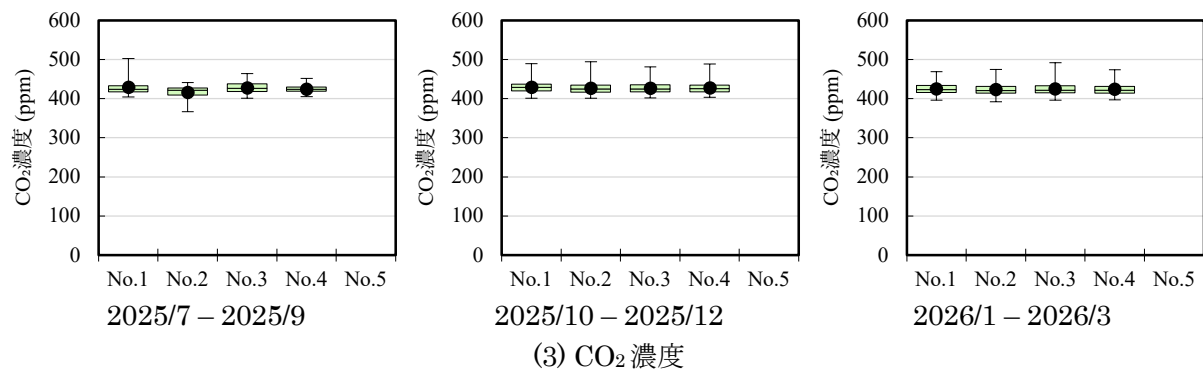
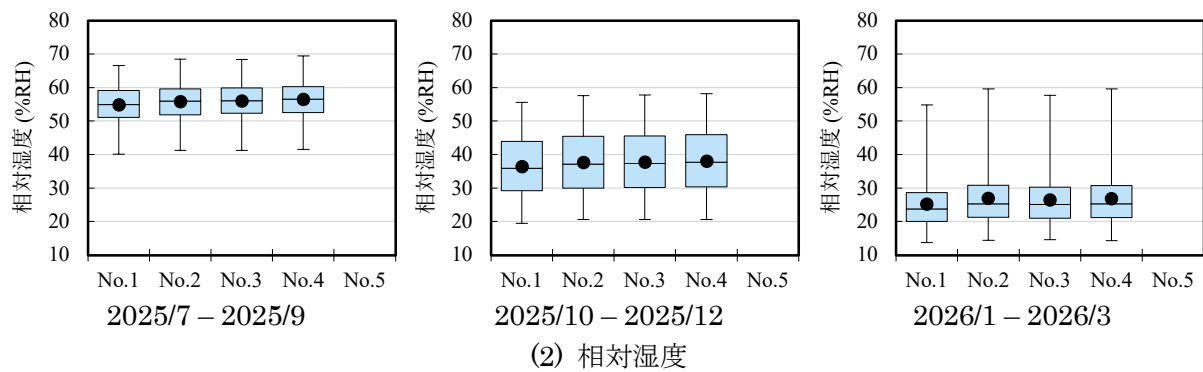
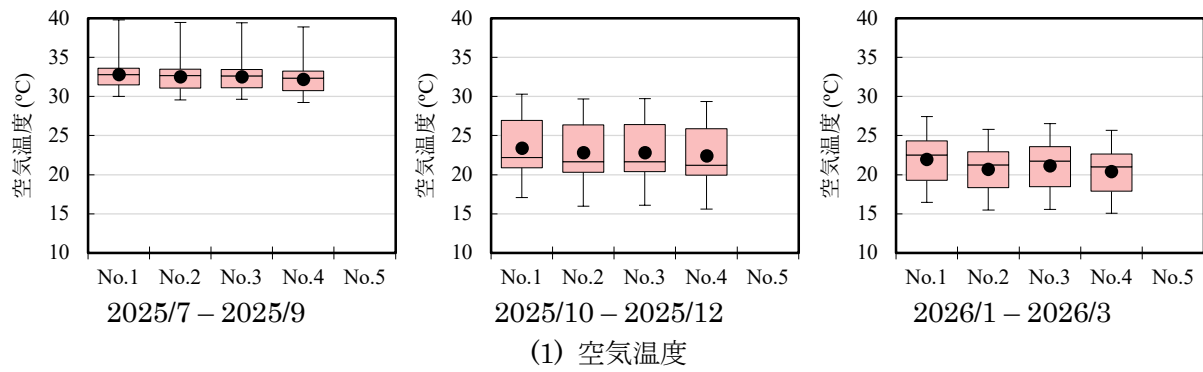


図 3-3-2 小型測定器の比較実験（小型測定器 B）

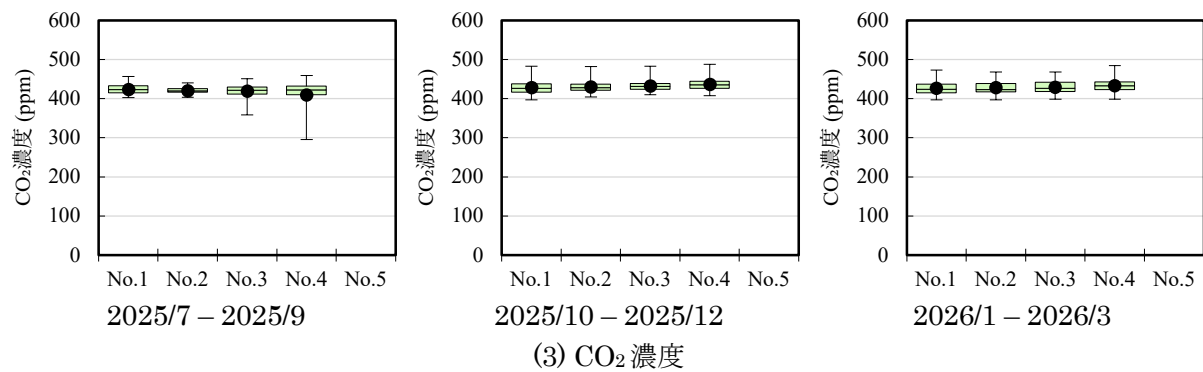
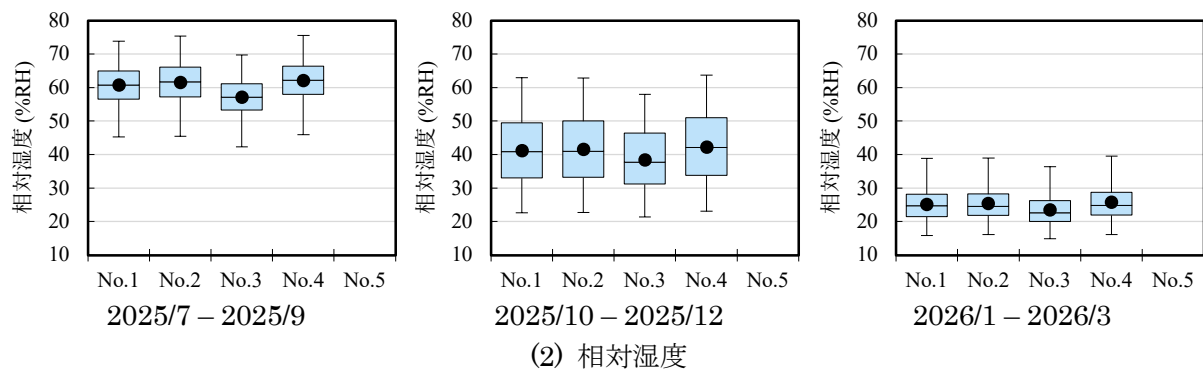
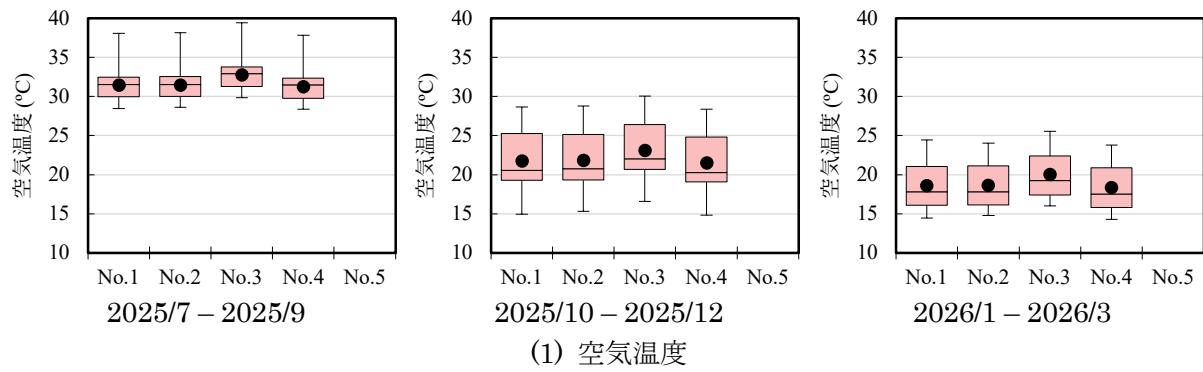


図 3-3-3 小型測定器の比較実験 (小型測定器 C)

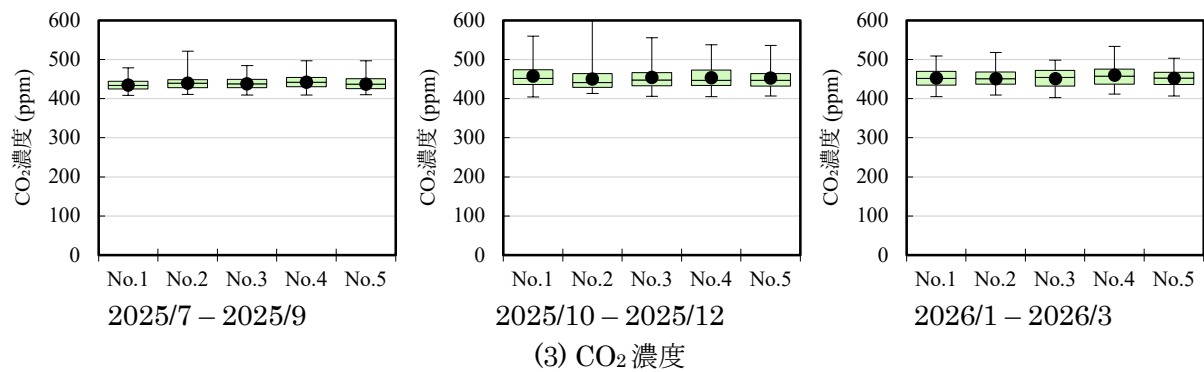
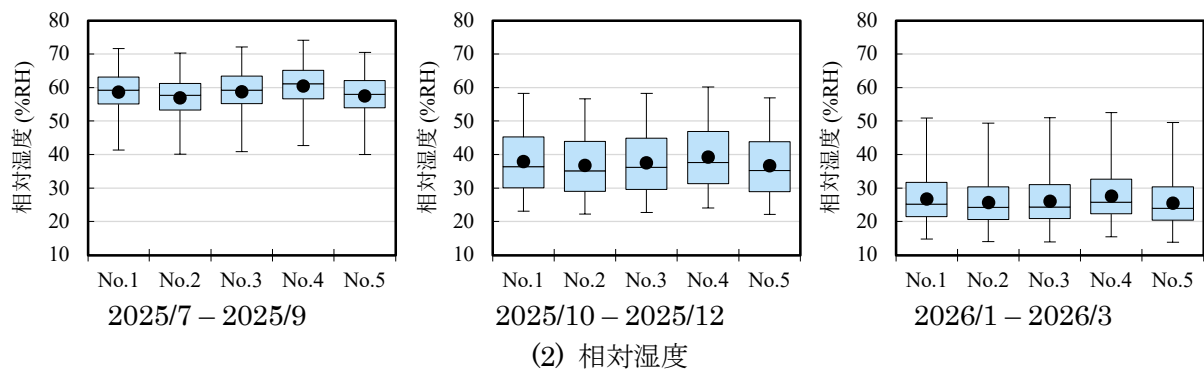
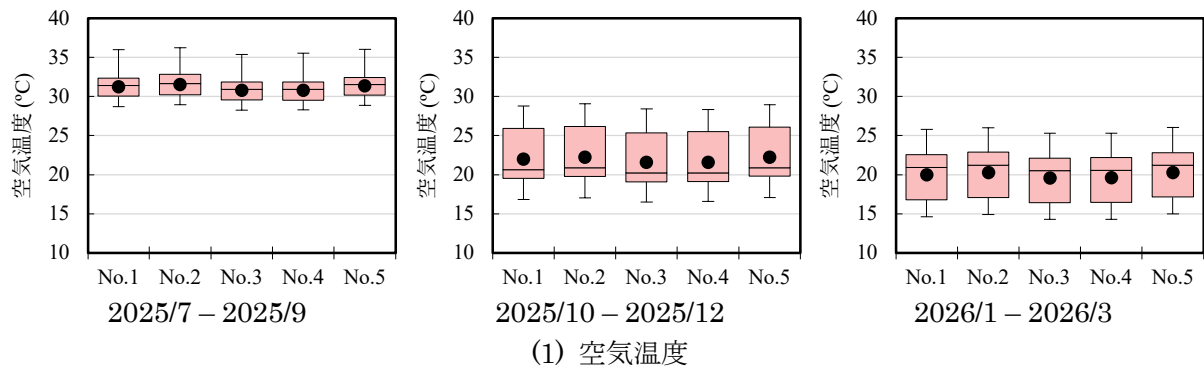


図 3-3-4 小型測定器の比較実験（小型測定器 D）

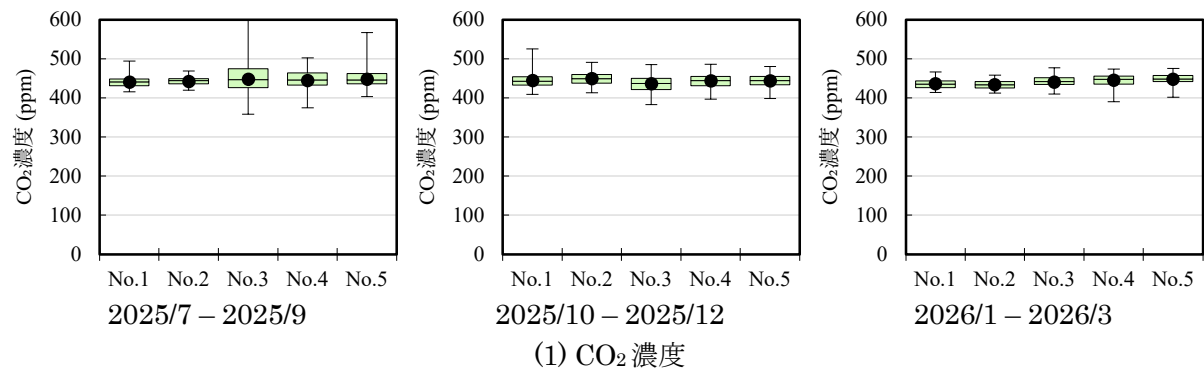


図 3-3-5 小型測定器の比較実験（小型測定器 E）