

講演 1

特定建築物における室内空気環境の維持管理及び デジタル技術の活用について

国立保健医療科学院 建築・施設管理研究部
上席主任研究官 金 勲 様

令和7年度 埼玉県建築物衛生管理研修会

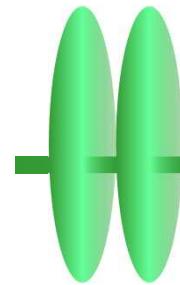
2026.01.20 (火)

特定建築物における室内空気環境の維持管理及び デジタル技術の活用について

金 勲 (Kim Hoon)



国立保健医療科学院 建築・施設管理研究部
上席主任研究官
(信州大学 繊維化学研究所 特任教授)



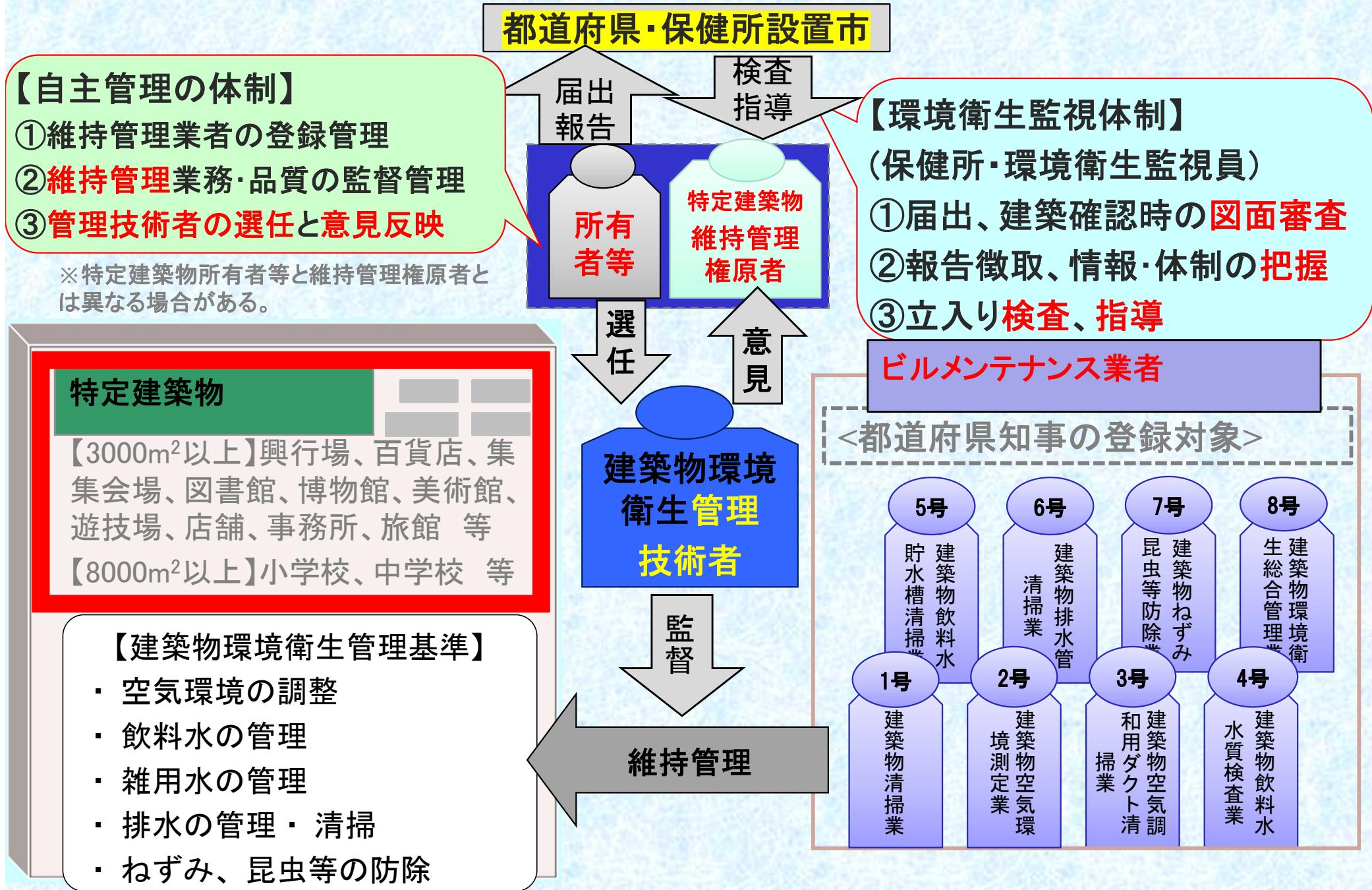
建築物衛生法

(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)



建築物衛生法と建築環境を守る体制

建築物における衛生的環境の確保に関する法律概要



維持管理・点検の効率化を検討

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
 - a. 空調機(AHU)
 - b. パッケージエアコン(PAC)
6. 飲料水の管理
 - a. 遊離残留塩素(7日以内ごとに1回)
 - b. 水質検査(6ヶ月ごとに1回:一般細菌、大腸菌、有害金属成分、pH、味、臭気、色度、濁度など)
 - c. 水質検査(1年ごとに1回:シアノ化物イオン及び塩化シアノ、塩素酸、クロロホルムなど)
 - d. 貯水槽の点検
7. 雑用水の管理
 - a. 遊離残留塩素(7日ごとに1回)
 - b. 雑用水水槽
 - c. pH、臭気、外観
 - d. 大腸菌、濁度など
8. 清掃
 - a. 清掃作業(ロボットなどの活用)
 - b. 清掃器具の維持管理
 - c. 汚れの遠隔・自動監視
 - d. 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

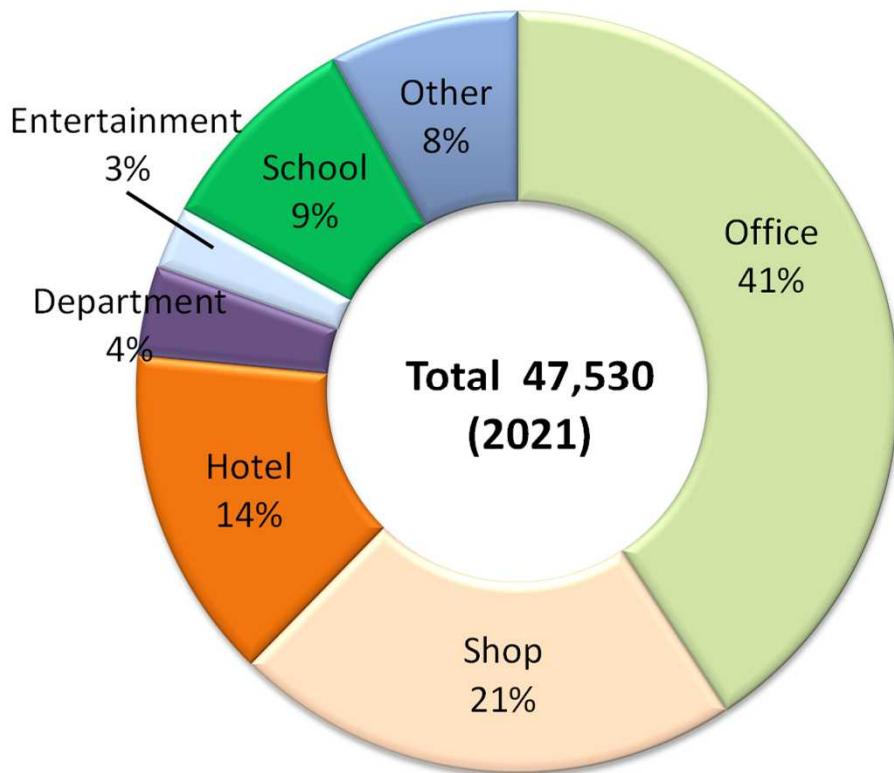
建築物衛生法－空気環境(2022.4一部改訂)

特定用途床面積 3,000 m²以上
(学校 8,000 m²)

測定・点検	項目	基準値	備考
定期測定 2ヶ月以内1回	浮遊粉じん量	0.15 mg/m ³	
	一酸化炭素	6ppm	
	二酸化炭素	1000ppm	換気基準
	温度	18°C～28°C	
	相対湿度	40%～70%	
	気流	0.5 m/sec	
最初測定	ホルムアルデヒド	0.1mg/m ³ (0.08ppm)	新築、修繕、 模様替後
点検・掃除	冷却塔、加湿装置の水	水質基準 定期点検 掃除、換水	レジオネラ・ 微生物繁殖
	空調設備の排水受け	定期点検、掃除	

事務所、店舗、百貨店、興行場、学校、旅館

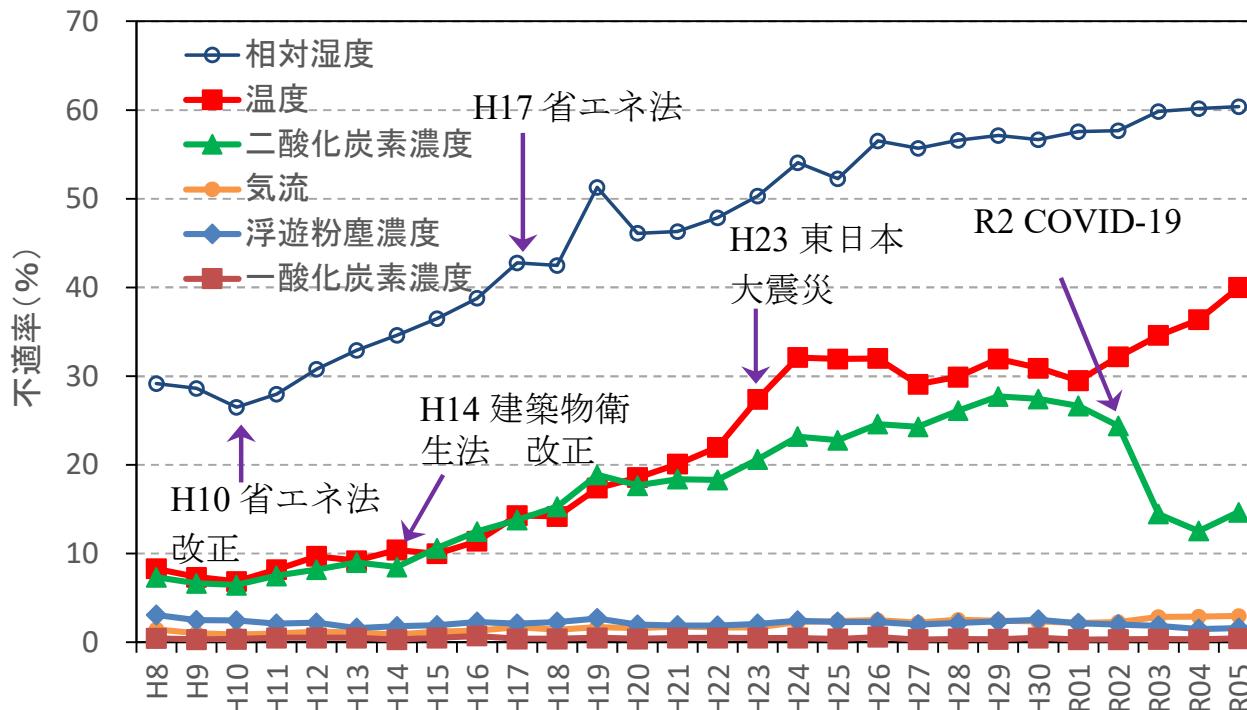
特定建築物－建築物衛生法



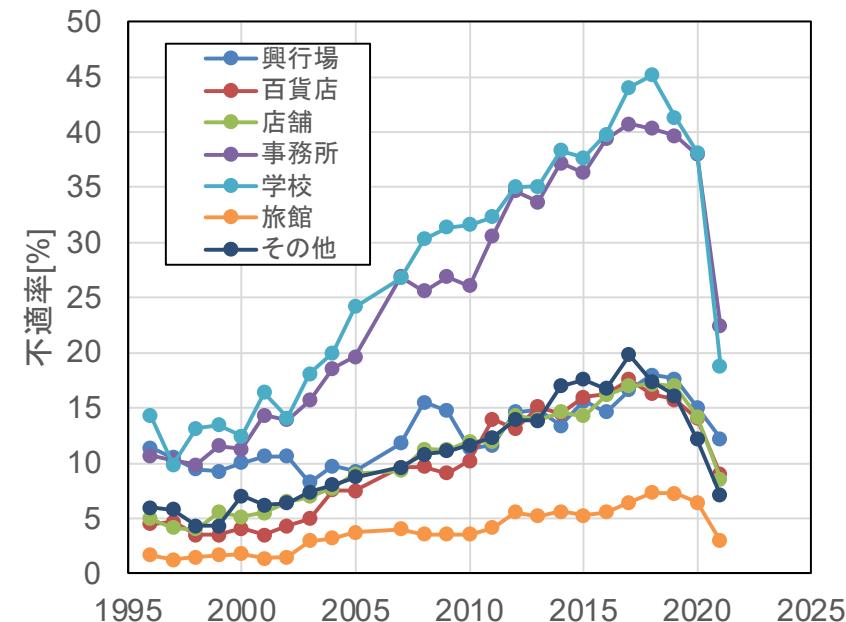
空気環境は2ヶ月以内に
1回以上測定して報告

全国特定建築物立入検査等状況調査による結果

空気環境の不適合割合上昇



建物用途別



空気環境測定項目別の不適合割合

- 相対湿度の不適合割合が上昇傾向にあり、高い
- 特に事務所・百貨店・学校において顕著
- H14年建築物衛生法の改正：10%除外規定の廃止、空調設備定義の関与か
- コロナ禍（R2～R5）ではCO₂濃度の不適合率が低下

社会背景の変遷

年数	変化	概要
平成11年	<u>省エネ法改正 住宅と非住宅</u>	<u>住宅と非住宅をより強化した。住宅の省エネ基準の全面改正</u>
平成14年	<u>建築物衛生法関連政省令改正</u>	<u>・10%除外規定の廃止 ・中央管理方式限定の削除</u>
平成15年	<u>省エネ法改正 (15年施行)</u>	2000m ² 以上の非住宅の新築・増改築に適応する
平成17年	<ul style="list-style-type: none">・省エネ法改正・都立学校における室内化学物質に対する手引きを公表	<ul style="list-style-type: none">・大規模修繕時に適応・アセトアルデヒド等を追加
平成21年 4月	学校環境衛生基準の改定	温度、相対湿度、換気量：二酸化炭素濃度<1500ppm
平成23年	<u>東日本大震災</u>	<u>節電要請</u>
令和2年3月 ～5年4月	<u>新型コロナ 特別措置法</u>	<u>換気の促進</u>

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理のあり方に関する検討会中間とりまとめ(要点)

https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/dejitarukentikubutsukankyoueisei-kentoukai_00006.html

検討を行う上での基本的考え方

- ① デジタル技術の活用により、衛生水準の低下や健康被害の発生を招くようなことはあってはならないこと
- ② 精度管理、測定値の真正性が継続して担保できること
- ③ 供給体制や費用(導入・運用)が適切であること

中間とりまとめ結果

◎ : 見直し可能(ただし課題、留意点あり)

◆ : 現時点では見直し困難

○ : 中間とりまとめ後に検討

△ : デジタル技術の導入は可能であるが、法令が求める定期点検項目ではない

空気環境の測定

温度、相対湿度、CO₂、浮遊粉じん濃度、気流の2ヶ月以内毎の定期点検

◎ 温度、相対湿度、CO₂は小型自動測定機器の活用により常時測定が可能、ただし課題あり
(課題)

- ・ 適切な精度管理(較正の頻度など)
- ・ 不適の判定基準の設定
- ・ 実値測定との比較・検証(補正含む)

◆ CO、浮遊粉じん濃度、気流は実用可能な機器がなく、困難
ただし、タバコ、石油ストーブといったCO等の発生源となるものが少なくなっている上、基準の不適率が低いため、一定の要件の下、測定頻度の緩和は検討の余地あり
(直近の不適率) CO 0.3%、浮遊粉じん 1.5%、気流 2.9%
(一定の要件)

- ・ 発生源と認められるものが無いこと
- ・ 半年～1年以内の測定時、管理基準を下回っていること
- ・ 同環境が今後も継続すると認められること

空気測定機器の管理

測定機器の定期点検等

◆ 空気測定機器自体が正確に動いていることを定期に確認することは必要

空気環境

空気調和設備等の衛生管理

冷却塔、冷却水、加湿装置、排水受けの1月以内毎の定期点検等

◎ 排水受けについては、内蔵カメラによる常時監視が可能な技術(汚れの画像検知も可能)がある
(課題)

- ・ カメラでは見えない箇所が存在する可能性があること
- ・ 一つの建築物に数多くの空気調和設備がある場合、その全てに小型カメラを取り付けて監視をすることは現実的ではないこと
- ・ 現行は、同一の設置環境下にある個別空調方式の空気調和設備の加湿装置及び排水受けの点検は、各階毎にその代表設備の確認とし、代表設備以外は、異臭がないか等の確認で差し支えないとしているしかし、代表機設備の選定方法や代表機設備以外の設備の確認のタイミングを示していないこと、中央管理方式の空気調和設備はこの取扱を認めていないことから今後要検討

○ 加湿装置については引き続き検討

△ 冷却塔、冷却水は、薬剤の自動注入によるスケール形成や藻類増殖の抑制技術が活用可能
(課題)

- ・ 汚染状況はモニタリング不可
- ・ 建築物衛生法で求めている規制は、水の定期点検、喚水、清掃であり、薬剤の自動注入によるスケール形成や藻類増殖の防止ではない

空気調和設備等の維持管理

集じん部の定期点検
送風機の風量の定期点検
全熱交換器の汚れの定期点検等

◎ ゲージ(計器類)は、撮影による数値の読み取り、データ収集・分析(異常値のアラート)は実用段階

◎ 設備の外面部分(一部)は、小型カメラによる遠隔監視が可能

(留意点) カメラでは見えない箇所があること、日光等の撮影環境が異常の判別に影響を及ぼす可能性がある

◎ 設備の内面部分(一部)は、圧力損失などによるフィルターの性能低下をセンサーで検知可能

○ その他(散水装置、充てん材、エリミネータ等の汚れ、損傷などの定期点検)については引き続き検討

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理のあり方に関する検討会中間とりまとめ(要点)

水環境

飲料水、雑用水の衛生管理

【飲料水】
残留塩素の定期点検(7日以内に1回)
色、濁り、臭い、味の点検
6月～3年以内の水質検査(物質ごと)

【雑用水】
残留塩素の定期点検(7日以内に1回)
pH、大腸菌、臭気、濁度、外観の定期点検
(7日or2月以内に一回) 等

◎**残留塩素測定、濁度、色度、pH**はデジタル機器の活用可能

- (課題)
- ・ 建築物への導入を想定して販売している機器がなく、高価（1台数百万程度）
 - ・ センサーに接触した水を飲料水用の貯水槽・配管に戻すことを避けるため、工事が必要な場合あり
 - ・ 定期的な較正、メンテナンスが必要

- ◆ 6月以内～3年以内に1回の頻度で規定される**水質検査項目**は、デジタル機器による連続測定のメリットが無い
◆ **味、臭い**といった人の感覚による項目は実用段階に至っていない

飲料水、雑用水に関する設備の維持管理

貯水槽等の内面、水漏れ、外壁の損傷等の定期点検
給水ポンプの揚水量の定期点検
配管の定期点検 等

◎**ゲージ**（計器類）は、撮影による数値の読み取り、データ収集・分析（異常値のアラート）は実用段階

◎**貯水槽の外面部分（一部）**は、小型カメラによる遠隔監視が可能
(留意点は「空気調和設備等の維持管理」と同じ)

○ **その他**（マンホールの密閉状態、汚水等の逆流の有無、防錆剤注入装置の稼働などの定期点検）は引き続き検討

◆ **貯水槽の内面の損傷、劣化等**の小型カメラが設置できない箇所は困難

排水

排水に関する設備の維持管理

排水管、通気管の損傷等の定期点検
排水槽等の浮遊物質の状況の定期点検等

◎排水管及び通気管などの損傷、さび等の**外観部分**は、小型カメラによる遠隔監視が可能
(留意点は「空気調和設備等の維持管理」と同じ)

○管の内部の腐食や詰まりなど**外観で判別がつかないもの**などは、引き続き検討が必要

その他の機械器具等の管理

その他の機械器具等の管理

空気調和用ダクト、貯水槽、排水管の清掃作業に用いる機械器具、水質検査に使用する機械器具の定期点検等

◆ **空気調和用ダクト、貯水槽、排水管の清掃作業に用いる機械器具等**については、正確に動いていることを定期に確認することは必要

清掃等

清掃

日常的に清掃を行わない箇所の定期点検
真空掃除機等の定期点検
廃棄物処理の適正な処理能力の定期点検等

◎**清掃用機械等の保管庫、廃棄物の収集・運搬設備、貯留設備等**の定期的な点検の一部は小型カメラによる遠隔監視が可能
(留意点は「空気調和設備等の維持管理」と同じ)

○ **その他**（廃棄物処理の適正な処理能力の定期点検など）については、引き続き検討が必要

◆定期点検の取扱を維持すべき事項

- ・ **日常的に清掃を行わない箇所、日常の清掃の及びにくい箇所**などの汚れの状況に関する定期的な点検
⇒ 汚れが蓄積している可能性も高く、汚れを自動検知できる機器も実用化されていない
- ・ **真空掃除機、床みがき機**その他の清掃用機械、ほうき、モップ等の清掃用器具の定期的な点検
⇒ 正確に動いていることを確認する必要あり

◎**ネズミなどを監視するセンサー感知式暗視カメラや、飛来昆虫等をAIで同定するシステム**は活用可能
(課題) 種ごとに大きさ、餌、潜伏場所などが異なる為、調査、対策も種ごとに異なる上、事務所、飲食店などの現場状況でも異なることから、完全な自動化には至らない。

建築物衛生に関する研究

令和4～5年度 : 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)

令和6～7年度 : 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(24LA1007)

(担当課)

厚生労働省医薬・生活衛生局生活衛生課

(科学研究費補助金事務局)

武村 真治 国立保健医療科学院

(研究代表者)

金 黙 国立保健医療科学院

(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	国立保健医療科学院
三好 太郎	国立保健医療科学院
下ノ蘭 慧	国立保健医療科学院

(研究協力者)

白根 和明	アズビル株式会社
原山 和也	アズビル株式会社
三浦眞由美	アズビル株式会社
笹井 雄太	ダイキン工業株式会社
黒田 洋平	ダイキン工業株式会社
堂前 浩	ダイキン工業株式会社
平敷 勇	三菱電機株式会社
小島謙太郎	柴田科学株式会社
檜山 功	柴田科学株式会社
内山 功	日本カノマックス株式会社
東山 泰造	日本カノマックス株式会社
吉村 太志	日本カノマックス株式会社
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
関内 健治	全国ビルメンテナンス協会
谷川 力	日本ペストコントロール協会

IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究

■自動測定(センサー)によるデータの精度を検証

→ 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？

■既存測定(手動測定)と同程度以上の精度である条件

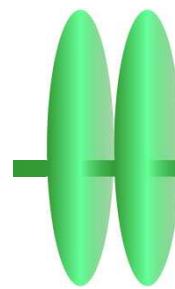
→ センサー精度、測定箇所、測定機器の校正の頻度等を明確化

① IoTを活用した建築物衛生管理基準関連の計測技術に関する調査
(鍵、中野、海塩、三好)

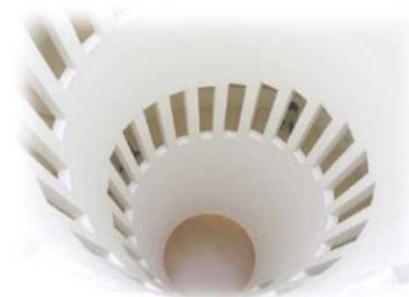
② 自動測定と既存測定(手動測定)によるデータ精度、測定位置、代表性に関する比較検証 (金、鍵、中野)

③ BEMSデータの活用手法 (海塩、下ノ園、増田、三好)

④ 建築物衛生管理基準に対する適切な測定方法及び維持管理手法に関する提案 (金、増田)



建築物維持管理におけるIoT技術例

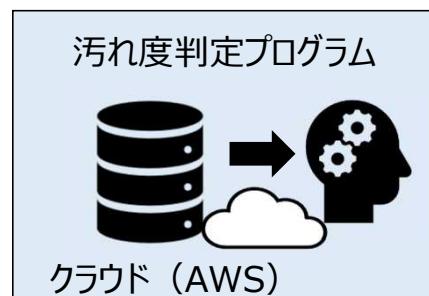


ドレンパンや空調機の遠隔監視技術

D社の遠隔監視技術

- ドレンパンの状態を週に1回撮影・記録、汚れ度判定システム、点検業務をサポート
- 対象：天埋めダクト、ビルトイン、カセット型、外気処理タイプ室内ユニット、ファンコイル天埋め
- 23年4月時点で、約2,000台接続
- 同フロア / 系統で代表1台に設置されるケースが主流

※ 汚れ度判定システム

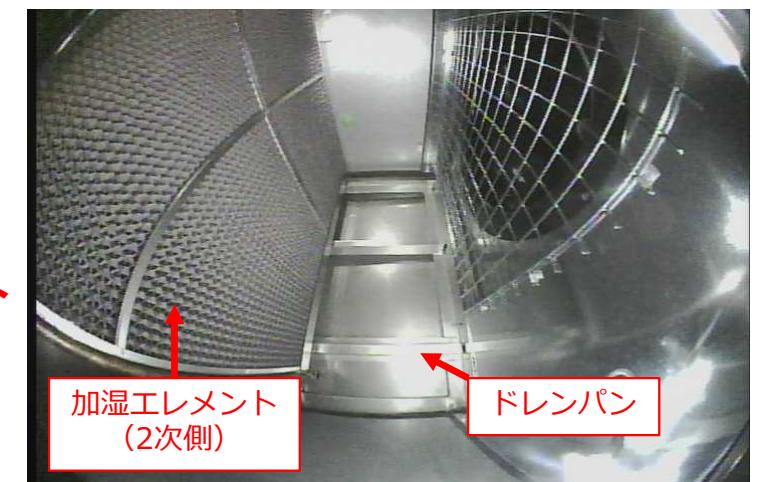


センサー+カメラ+通信ユニット

- ・フィルタの汚れ
- ・加湿エレメント点検
- ・ドレンパン点検



コンパクトエアハン



搭載カメラ撮影画像

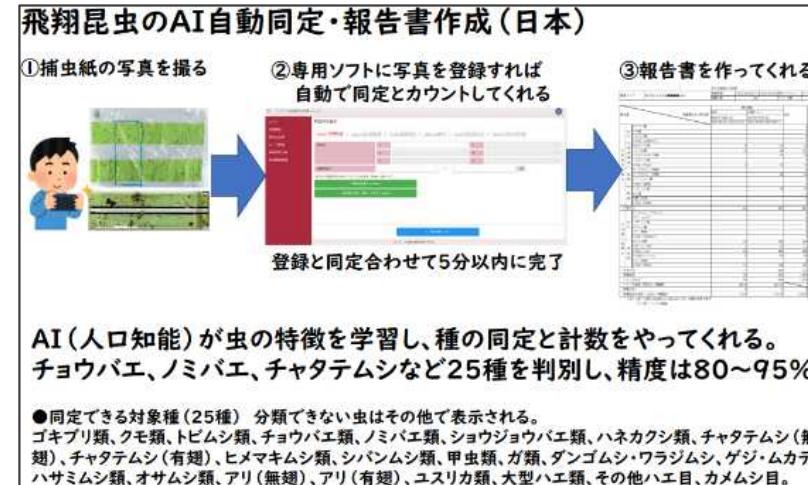
飛翔昆虫の捕虫紙画像 + AI自動同定

■国内普及事例

- ・**ネズミ遠隔監視用暗視カメラ**：約10年前から国内普及率は高い（左下図）。
→動物、ネズミ監視のための感知機能があり、感知されると自動的に撮影される。
→粘着板の効果、回避行動などを把握できる。
→乾電池で半年作動する。

- ・**飛翔昆虫のAI自動同定・報告書作成**（日本農薬株式会社、下中図）
→AIを活用して25種類の昆虫の自動同定+個体数判断が可能（80～95%の精度）。
→捕虫紙に取れた昆虫の写真を転送するだけで、2～3分で種の同定・検数、報告書まで作成可能。

- ・**Wearable camera**：作業員の指導、教育用で活用
- ・**Smart glass**：現場でマニュアルの呼び出し機能、本部へのcalling機能（右下図）



▲<https://premium.ipros.jp/hohto/catalog/detail/557410/?hub=164+2783651>

資料提供：鵬図商事株式会社 芝生氏、ペストコントロール協会 谷川氏

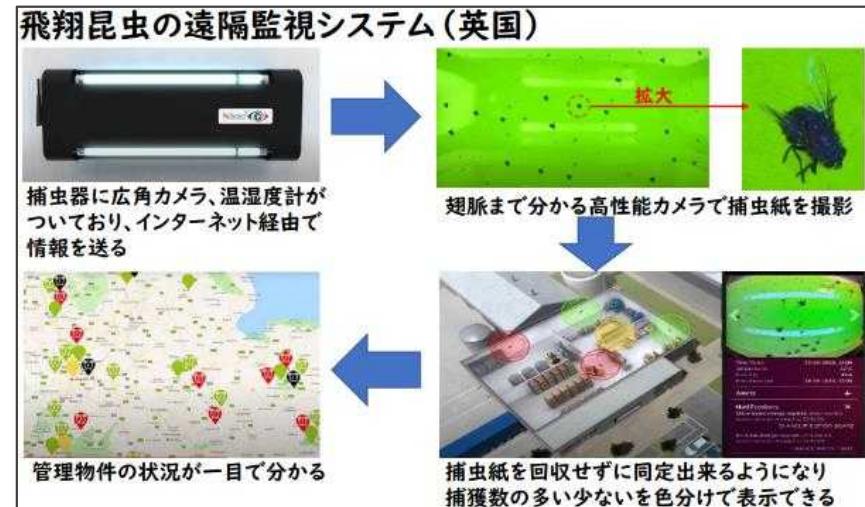
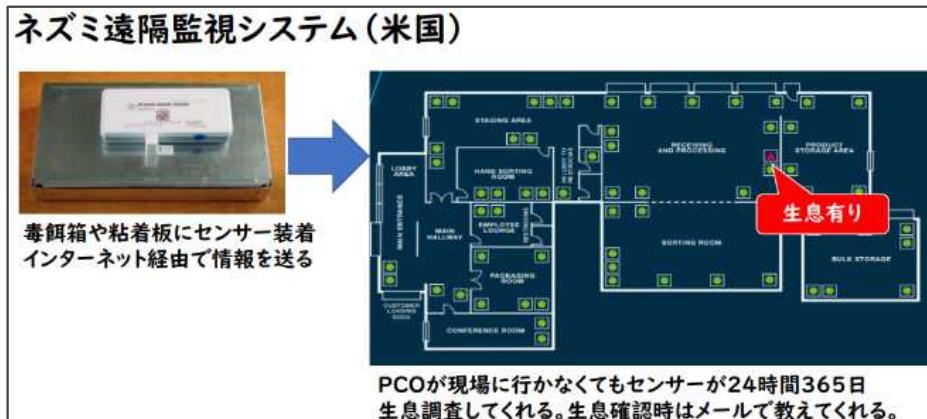
ネズミ／飛翔昆虫の遠隔監視

■国外事例

- ・ネズミ遠隔システム（米国バイエル社）
→**振動板センサー**を設置する。
→24時間365日生息調査をし、生息確認時はメールで通知が送付される。

・**飛翔昆虫**遠隔システム（英国）

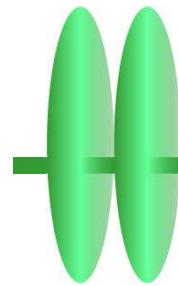
- 捕虫器に広角カメラ＋温湿度計が付属
- 昆虫撮影による個体数把握で管理物件の状況が判別可能。



■その他

- ・専門家の人件費、出張費が最も大きな経費となっている。
→映像で判断できると大きな経費削減が可能。
- ・動物・昆虫に関する技術は農業用研究から発展して活用されている。

資料提供：鵬図商事株式会社 芝生氏、ペストコントロール協会 谷川氏



小型センサーによる空気環境の計測

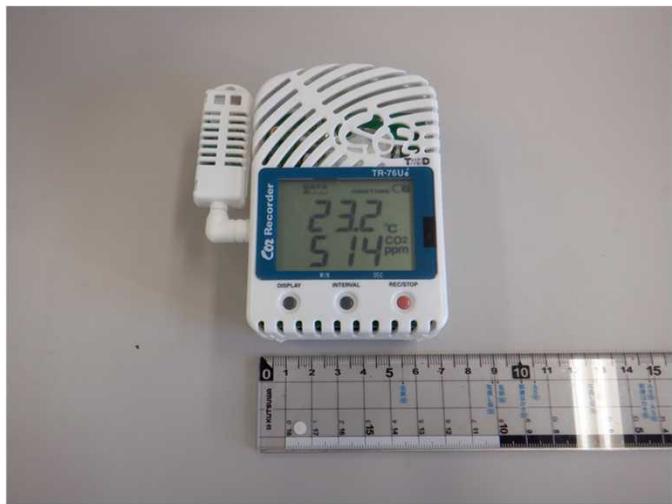


CO₂センサー比較

メーカー	T&D	柴田科学株式会社	ユニ電子	ラトックシステム株式会社	M5STACK	Onset
商品名・型番	TR-76Ui	PCX-1	Logta CO2 (UNI-02-A001)	RS-BTEVS1	Air Quality Kit w/ M5StampS3	HOBO MX1102
外観						
測定項目	CO ₂ 、温湿度	粉じん (PM _{2.5} を含む空気中一般浮遊粒子)、二酸化炭素、温度、相対湿度	CO ₂	CO ₂ 、PM1,2,5,4,10、温度、湿度	PM1, 2.5, 4, 10、温度、湿度、VOC、CO ₂	温度、相対湿度、CO ₂
使用センサー			CO ₂ : ELT SENSOR S-300-3V	CO ₂ : センシリオン SCD40 PM: センシリオン SPS30	VOC: センシリオン SEN55 CO ₂ : センシリオン SCD40	
測定範囲	CO ₂ : 0~9999ppm 温度: 0~55°C 湿度: 10~95%RH	粉じん: 10~600µg/m ³ CO ₂ : 360~4000ppm 温度: -10~60°C 湿度: 10~95%RH	CO ₂ : 0~10000ppm	CO ₂ : 0~40000ppm PM: 0~1000µg/m ³ 温度: 5~60°C 湿度: 0~100%	CO ₂ : 0~40000ppm	温度: 0~50°C 相対湿度: 1~70%RH※CO ₂ センサ有効時 CO ₂ : 0~5000ppm
精度	CO ₂ : ±50ppm±読値の 5% 温度: ±0.5°C 湿度: ±5%RH	粉じん: ±20% of F.S.±1 digit CO ₂ : ±120ppm±1 digit 温度: ±0.5°C±1 igit 湿度: ±4%RH±1 igit	CO ₂ : ±120ppm±測定値の 3%	CO ₂ : ±50ppm+5%@400~2000ppm PM: ±10µg/m ³ @0~100µg/m ³ , ±10%@100~1000µg/m ³ 温度: ±0.2°C 湿度: ±3.5%RH	CO ₂ : ±50ppm+5%@400~2000ppm	温度: ±0.21°C 相対湿度: ±2%(20~80%RH), ±6%(その他) CO ₂ : ±50ppm±読値の 5%
測定方法	CO ₂ : NDIR 方式 温度: サーミスタ 湿度: 高分子膜抵抗式	粉じん: 光散乱方式 CO ₂ : NDIR 方式 温度: 測温抵抗式 湿度: 静電容量式	CO ₂ : NDIR 方式	CO ₂ : 光音響 NDIR 方式 (PASens®技術)	CO ₂ : NDIR 方式	CO ₂ : NDIR 方式
CO ₂ 自動校正機能	有(180時間ごとに最低値を400ppmに校正する)	有	有(最初の2日後、その後5日後、以降7日間隔で最低値を400ppmに校正する)	有(最初の2日後、以降7日間ごとに校正する) ※校正值不明	有(少なくとも週に1回は400ppmの大気中に暴露されることを前提に校正する)	有(最初の24時間、以降8日間隔で最低値につづく3回の測定値の平均値を400ppmに校正する)
CO ₂ 手動校正機能	有(現在濃度を0若しくは400ppmに校正する)	有(現在濃度を任意値に校正する)	有(現在濃度を任意値に校正する)		有	有(5分間[300回]の測定値の平均値を400ppmに校正する)
データストレージ	8000 個×3ch	最大 96 件 520192 点	16320 レコード			84650 の測定値
電源	AC アダプタ	USB micro B	電池(測定間隔により43時間~1年)		USB	電池(6か月)
寸法	H 96mm×W 66mm×D 46mm (突起部、温湿度センサ含まず)	83(W)×45(D)×105(H)mm 本体突起部除く		約 76 (H) × 76 (W) × 36 (D) mm (突起含まず)	72*56*24.1mm	7.62 cm x 12.95 cm x 4.78 cm
質量	約 120g	約 250g		約 120g (本体のみ)	91.1g	267.4 g
URL	https://www.tandd.co.jp/product/spec/outline-spec-tr76ui-jpn.pdf	https://www.sibata.co.jp/resources/manual/pdf/M080990-006.pdf	http://180.222.89.253/0523_1000_co2_spec_rev_1_3.pdf	https://www.ratocsystems.com/products/air-quality-kit-wifi/smiliaop/rsbtevs1/	https://shop.m5stack.com/sites/default/files/resources/documents/19454-1%20MX1102%20Manual%20Japanese.pdf	

小型センサー類(空気関連)

■測定機器



温湿度・CO₂濃度測定



温湿度・CO₂濃度測定



温湿度・CO₂濃度測定



多項目測定



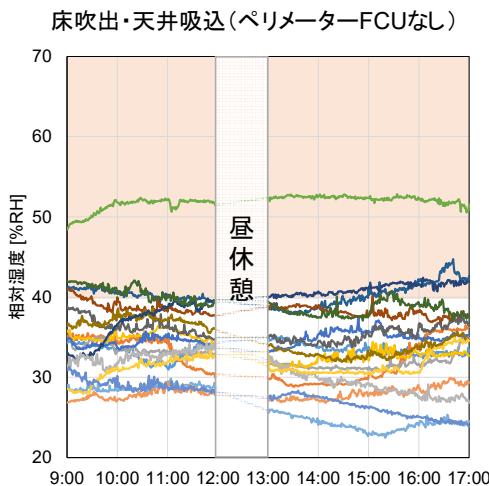
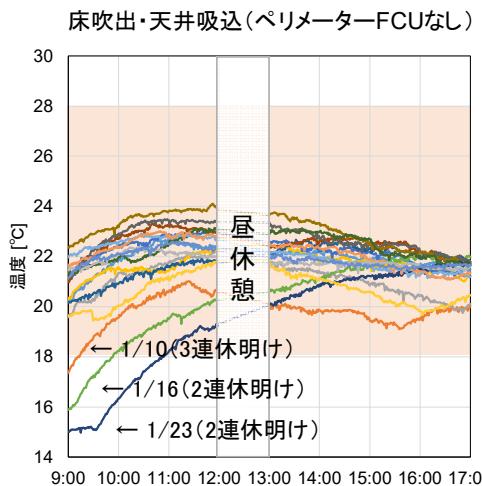
PM2.5



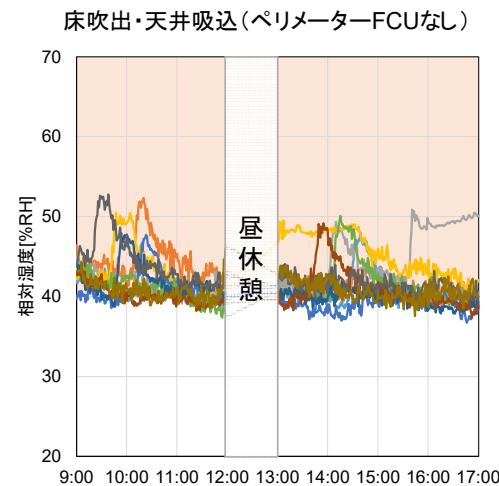
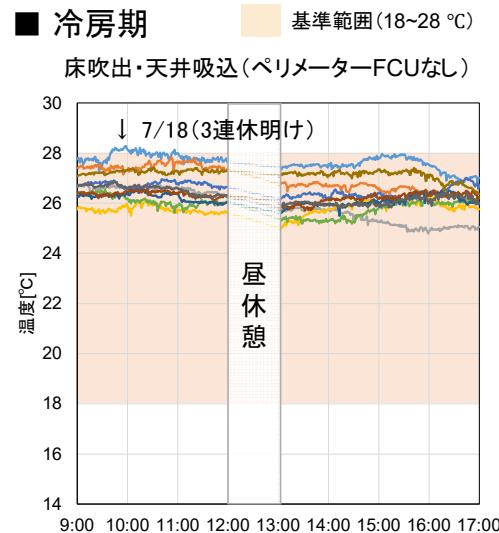
PM2.5

小型センサーによる空気環境管理の利点①

■ 暖房期

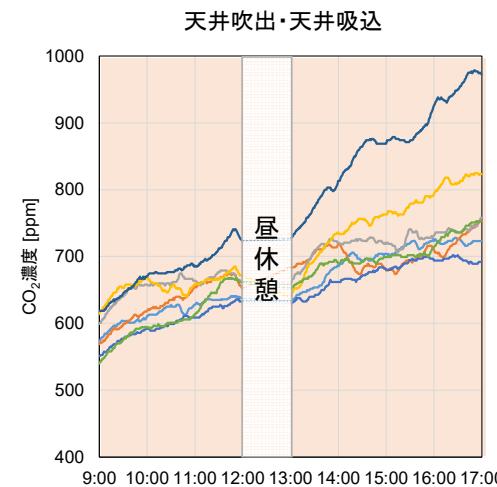


■ 冷房期

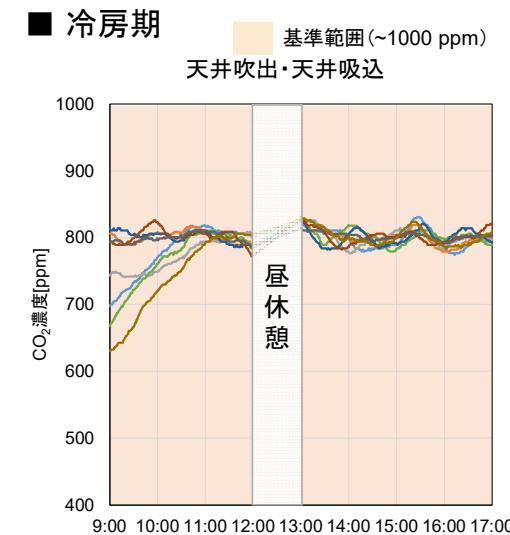


■ CO₂濃度：暖房期は夕方にかけてCO₂濃度が上昇したが、冷房期は800 ppm前後で推移
→ 暖房期は負荷が小さく、空調風量が減少し、最低外気量の換気となる？

■ 暖房期



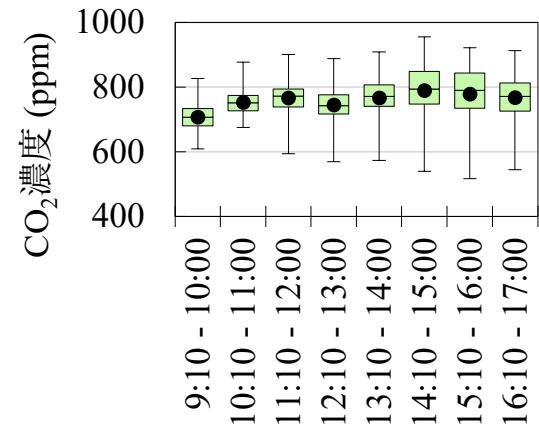
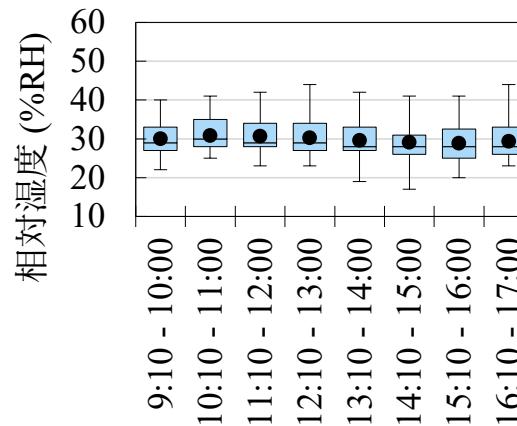
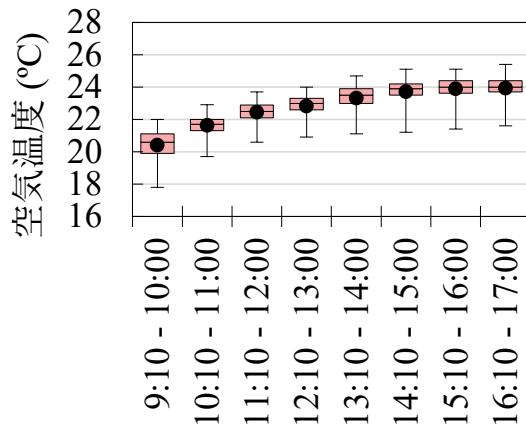
■ 冷房期



- ▶ 従来測定で分からぬ変動が分かり、基準を逸脱する際の対策が立てやすい
- ▶ 基準値内時間率という新たな指標で環境管理が可能に
- ▶ 一日のトレンドを把握することが可能に

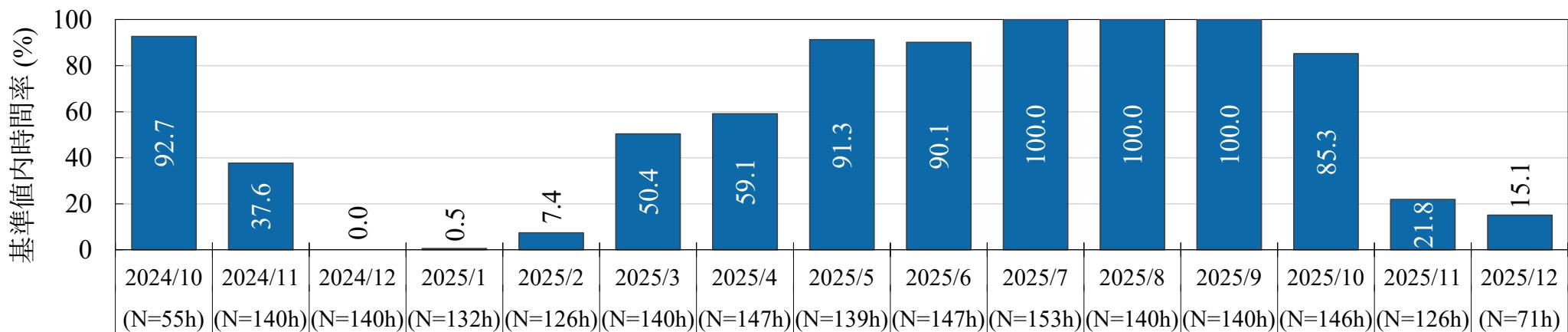
小型センサーによる空気環境管理の利点②

- 冬期(2023/12 – 2024/2)の平日9~18時を対象に**1時間毎の空気環境を分析**



- 空気温度：午前9時台は空調立ち上がり直後そのため、空気温度が低い。
- CO₂濃度：昼休憩時に減少傾向が見られるが、午前中は経時的に上昇している。

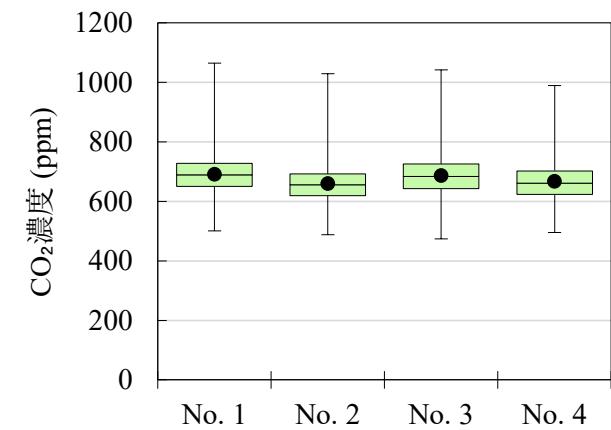
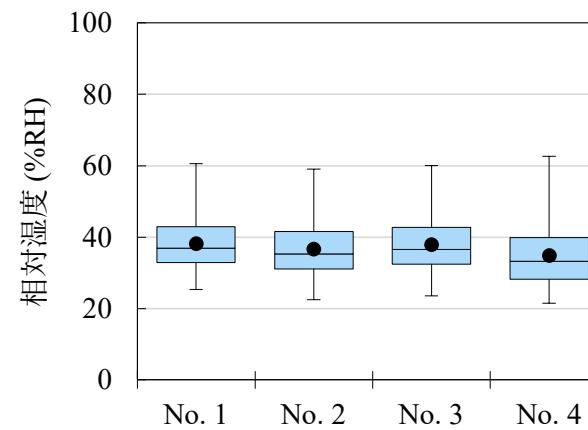
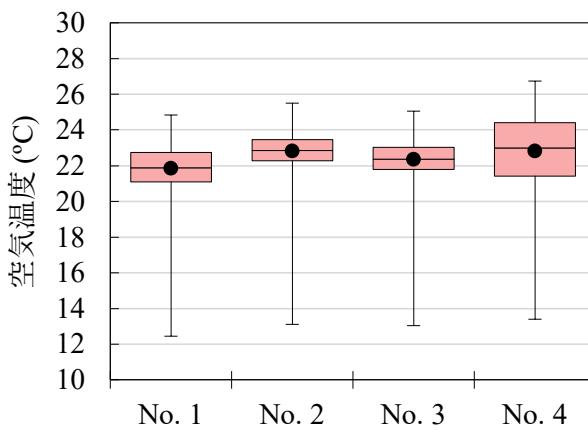
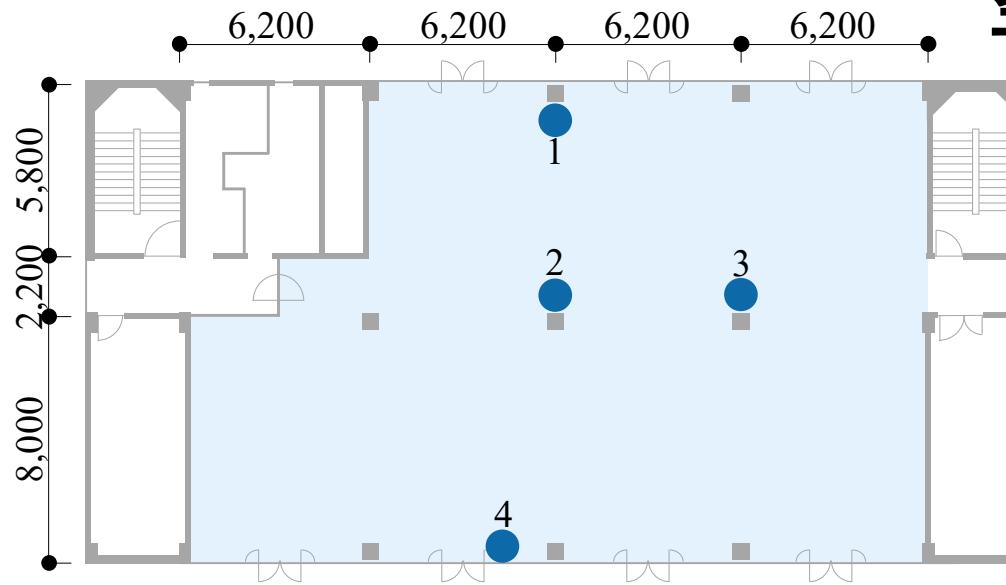
- 年間の平日9~17時（12~13時除く）の総時間数に対する建築物環境衛生管理基準値内である時間数の比（**基準値内時間率**）を月別に分析。下図は**相対湿度**の結果例。



- 5~10月の基準値内時間率は80%以上であるが、冬期は0%となる場合もある。

小型センサーによる空気環境管理の利点③

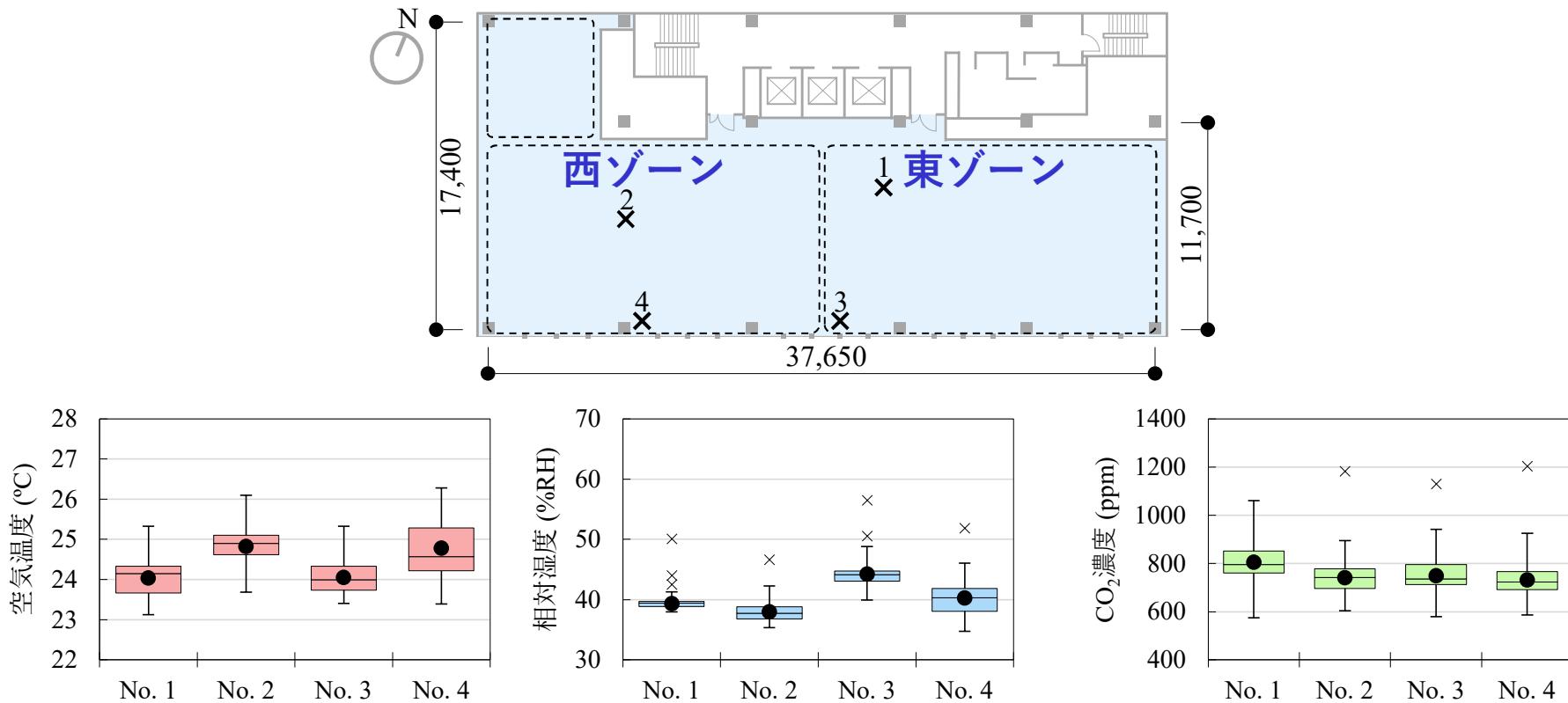
空間分布



CO₂濃度と相対湿度には空間分布は見られないが、温度は北側ペリメータ（No. 1）は比較的空気温度が低く、南側ペリメータ（No. 4）は日射の影響もあり、比較的空気温度変動が大きい結果となった。
→従来測定法では代表1点の測定であったが、IoTセンサーを利用することで詳細な衛生管理が可能となる。

小型センサーによる空気環境管理の注意点①

- 冬期(2023/12 – 2024/2)の平日9~18時の日平均値で空間分布を分析
- 当該建物（下図）は大きく東西で空調ゾーンが分かれており、No.1とNo.3が東ゾーン、No.2とNo.4が西ゾーンである。



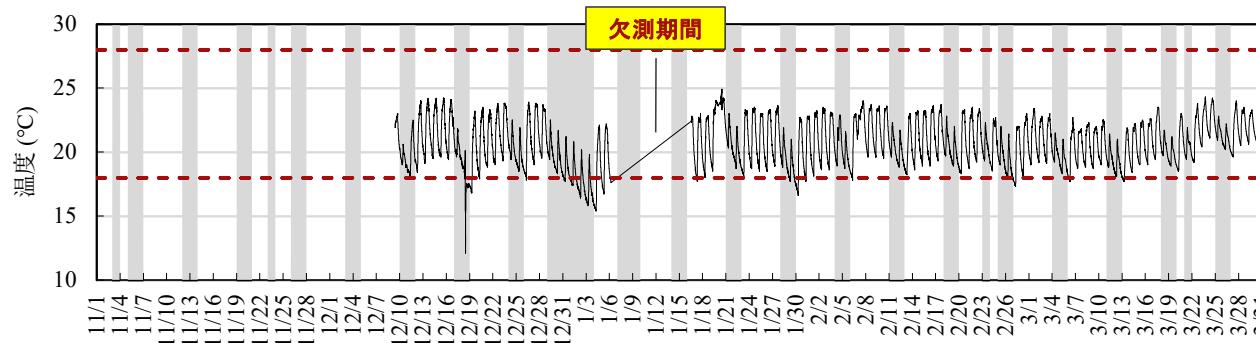
1)測定値は平日9~18時の日平均値で集計した。

2)箱ひげ図は上から最高値、第三四分位点、中央値、第一四分位点、最低値を示す。●プロットは平均値、×プロットは外れ値を示す。

- 空気温度：No.2, 4がNo.1, 3と比較して0.8K高く、**空調ゾーンの影響**と考えられる。
- 相対湿度：いずれの測定点も40%程度であるが、**測定点によって適否が分かれる**。
- CO₂濃度：No.1が他の測定点と比較して約50ppm高く、**在室者の偏りの影響**と考えられる。
→ 空調ゾーンや在室者の偏りを考慮した測定位置を検討する必要がある。

小型センサーによる空気環境管理の注意点②

測定データの欠測



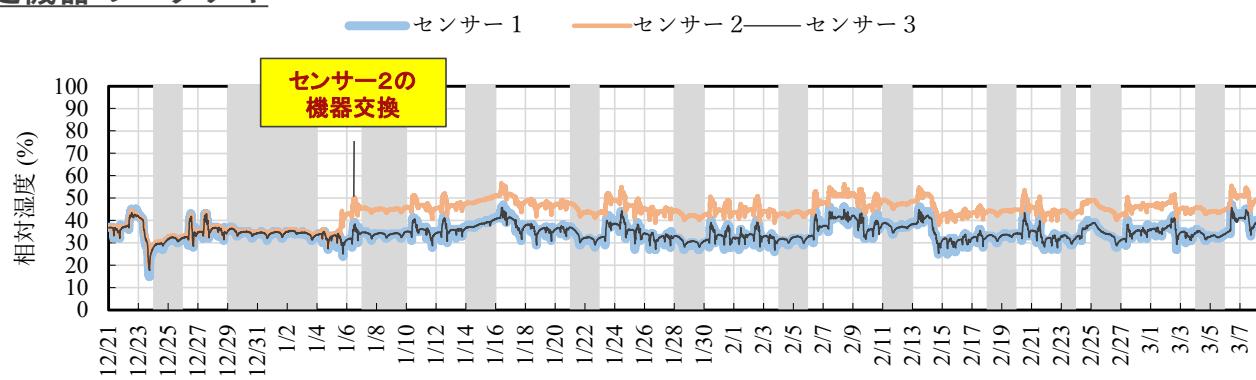
【現行測定法】

現場立入のため、欠測はない。

【小型センサー】

- ・停電による電源遮断による欠測。
 - ・記録容量オーバーによる欠測。
→測定機器の維持管理が必要となる。

測定機器のバラツキ

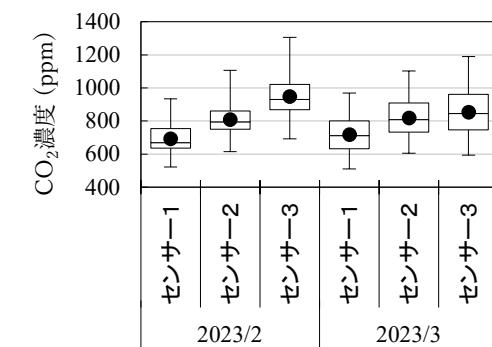


【現行測定法】

【小型センサー】

- ・センサー2は機器の交換により、
相対湿度の測定値が上昇した。
→測定機器にはバラツキがある。

初期設定・校正頻度



【現行測定法】

建築物衛生法に準じた校正・較正。

【IoTセンサー】

- ・測定開始直後の2023年2月の測定値はセンサー1とセンサー3に差が生じている。
→初期値の設定

その他

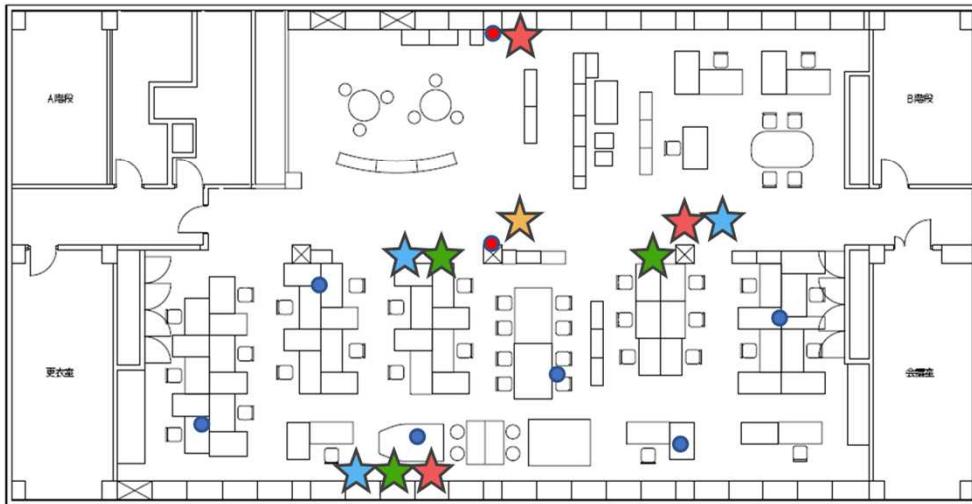
- ・測定位置の検討
 - ・浮遊粉じん濃度、CO濃度、気流速度の連続測定
 - ・データの管理方法

現場測定（冬期・夏期）



測定技術者による法定空気環境測定（左）、研究者の立入調査とセンサー（中）、自動計測センサー類（右）

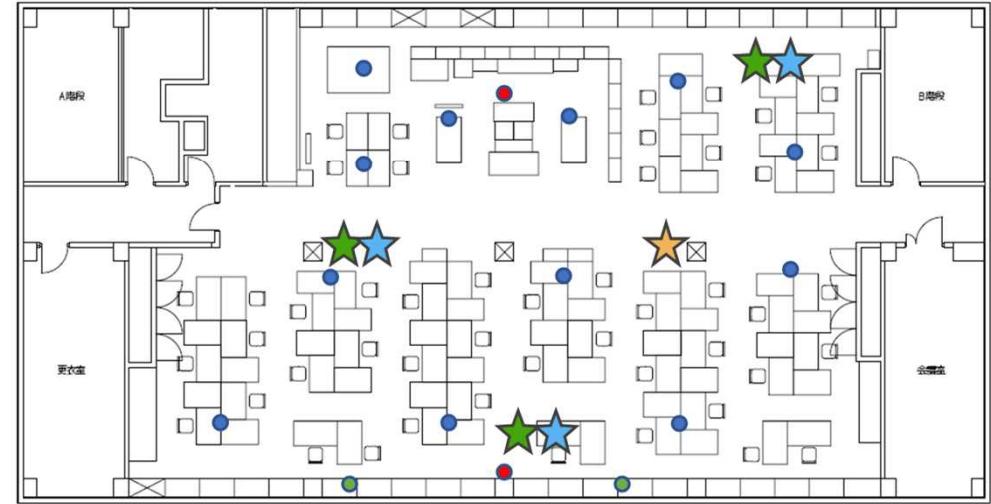
空気環境測定



2F

■既設センサー

- 常設センサ(BEMS)：温湿度 (BEMSセンサー)
- 小型センサ：温湿度・照度・騒音 (小型環境センサー)
- 小型センサ：CO₂濃度 (ワイヤレスCO₂センサー)



3F

■設置センサー

- ★ センサーA
- ★ センサーD
- ★ 小型環境センサー
- ★ 上記3機器 + センサーB+センサーC+センサーE+センサーF



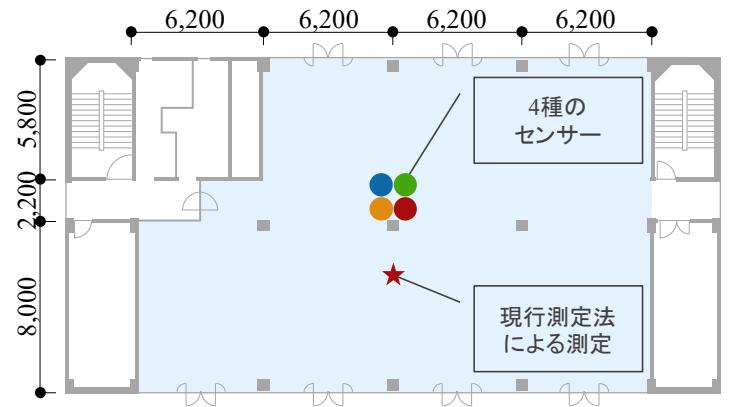
2F中央設置状況

小型センサーと現行測定法との比較検証

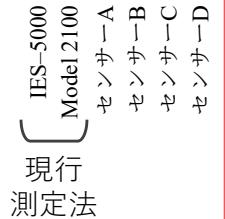
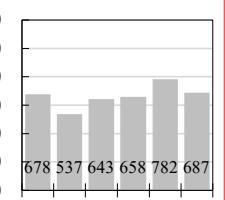
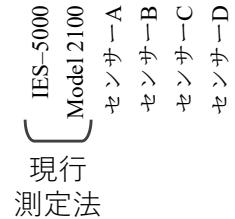
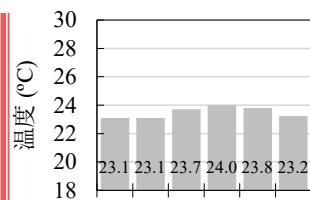
使用した測定機器



測定事例



測定結果（瞬時値による比較検証）



【空気温度】現行測定法±1K以内となっている。

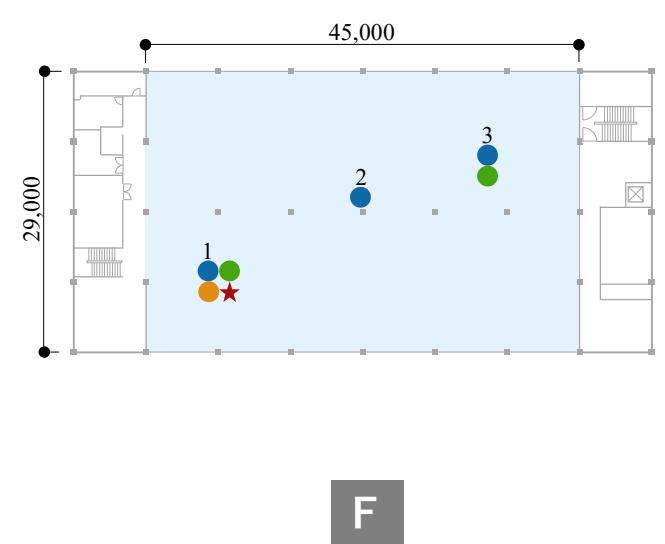
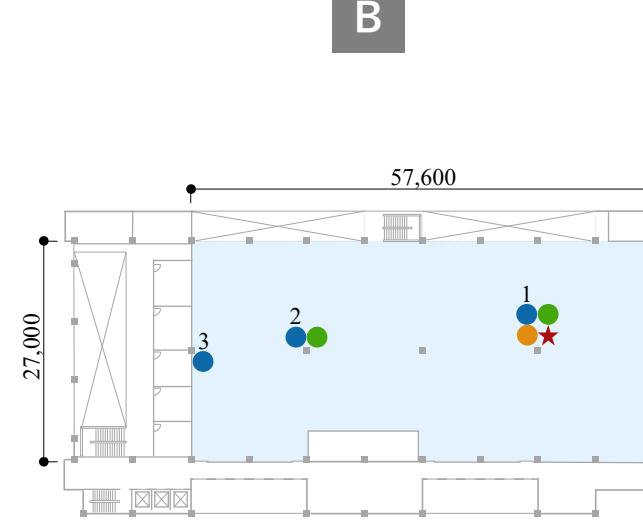
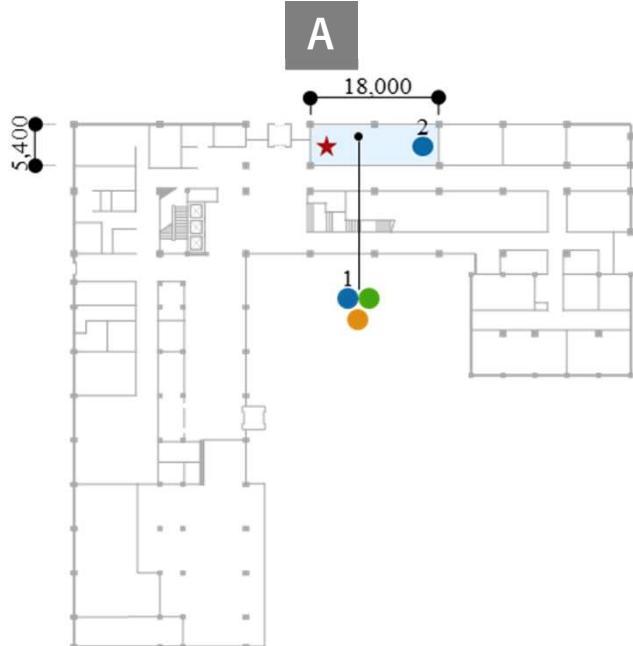
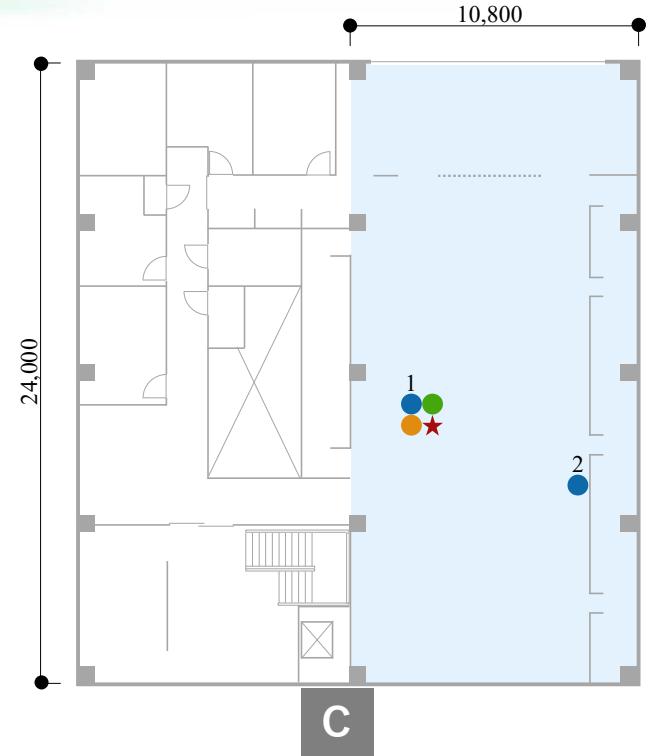
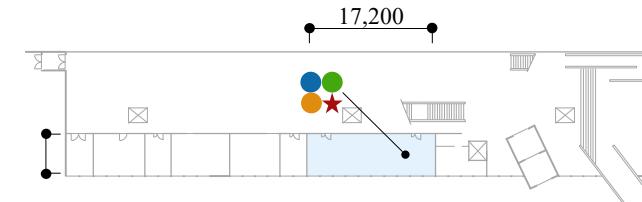
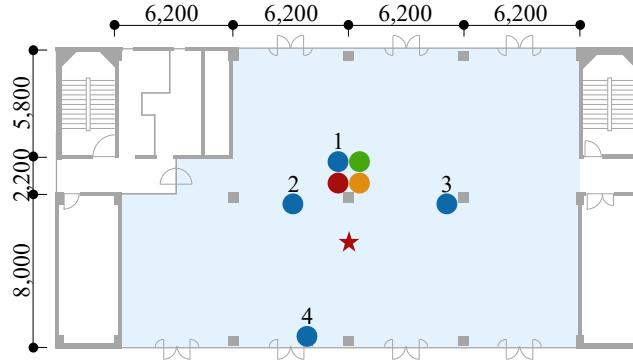
【相対湿度】現行測定法±5%RH以内となっている。

【CO₂濃度】現行測定法同士にも差が生じている。自動校正機能の有無・初期濃度の差異等の影響を考慮する必要がある。

▶今後は帳簿との突合により長期間の比較検証を行う。

設置概要例

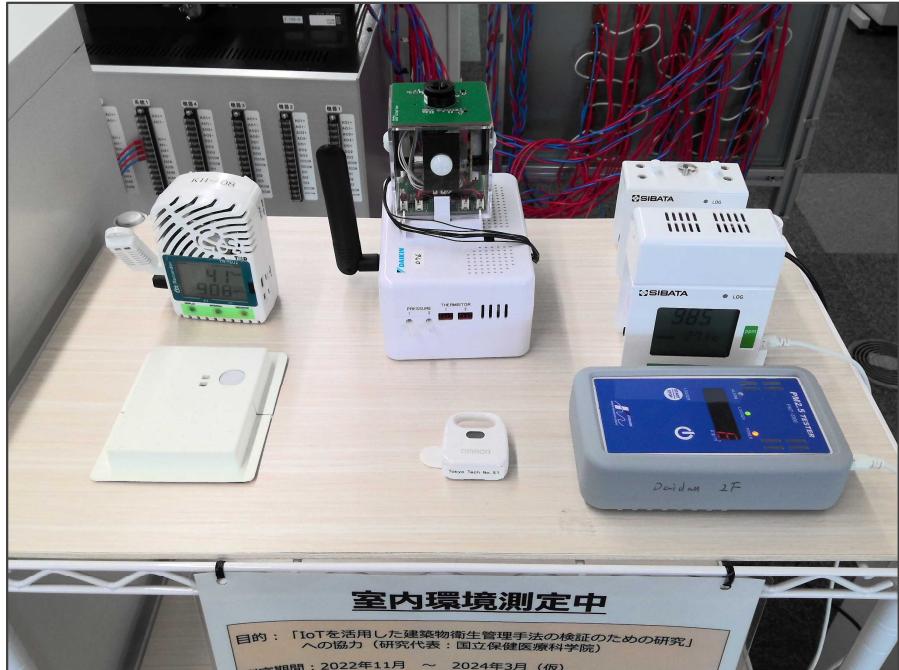
●センサーA ●センサーB ●センサーC ●センサーD
★現場立入測定（空気環境6項目測定）



長期測定(2022~2023年)結果



小型センサーの設置状況・現場測定（冬期・夏期）

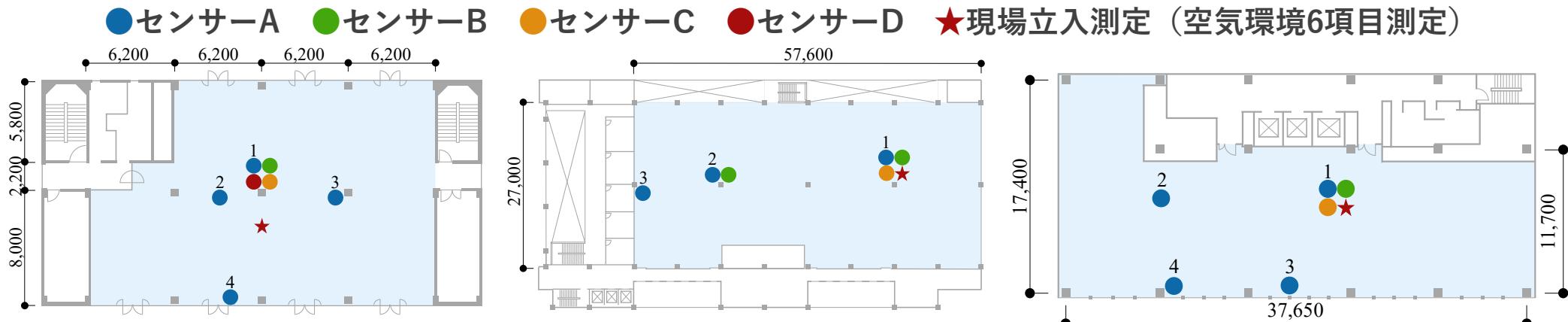


小型センサーの設置状況



空気環境6項目の測定状況

測定対象建物の一例



小型センサー同士の比較例

□ 3ヶ月ごとの期間で、平日9~18時の平均値で分析

2023/3–2023/5

(N=55)

2023/6–2023/8

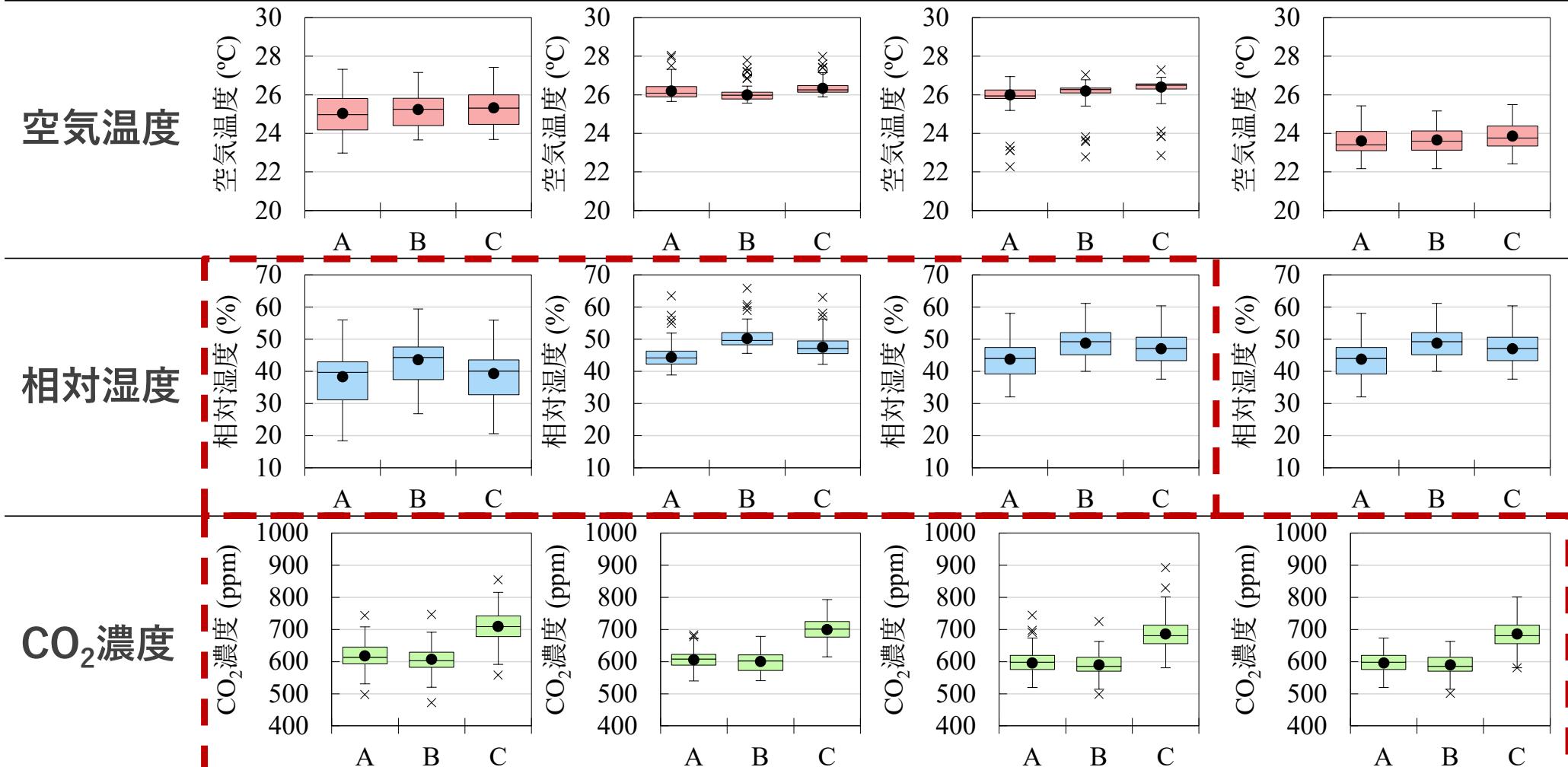
(N=59)

2023/9–2023/11

(N=44)

2023/12–2024/2

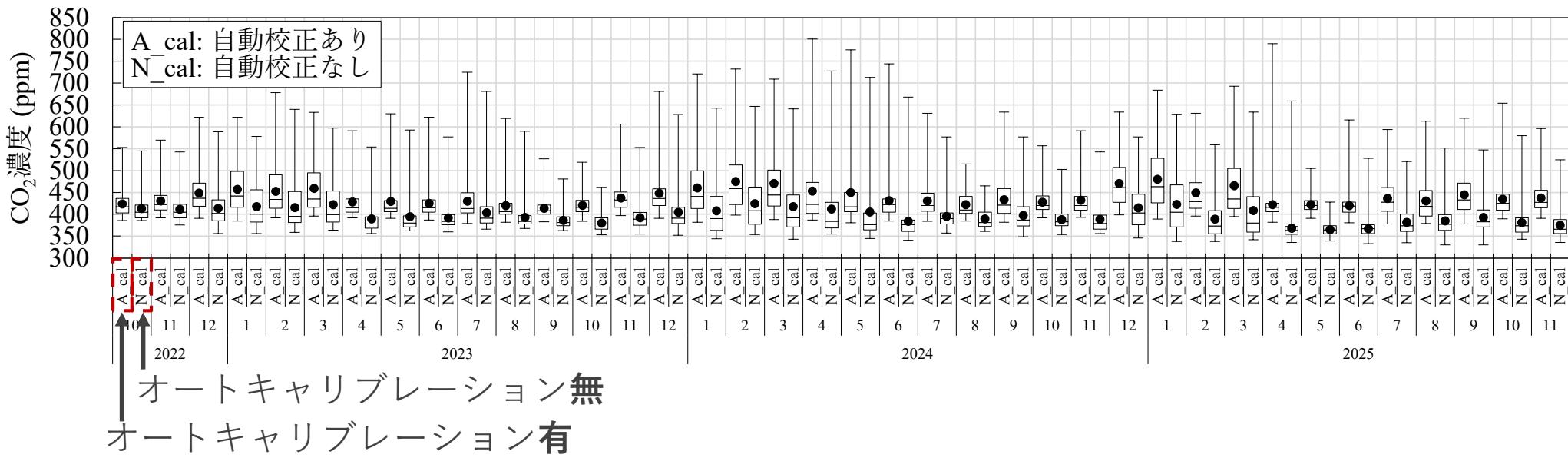
(N=58)



- 相対湿度：センサーBが他のセンサーと比較して高く、センサーCの値が経年的に上昇している。
- CO₂濃度：自動校正機能が搭載されているセンサーCが1年経過後も高い。
→ 定期的なセンサー交換や適切な校正方法の検討が必要。

CO₂センサーの自動校正機能について

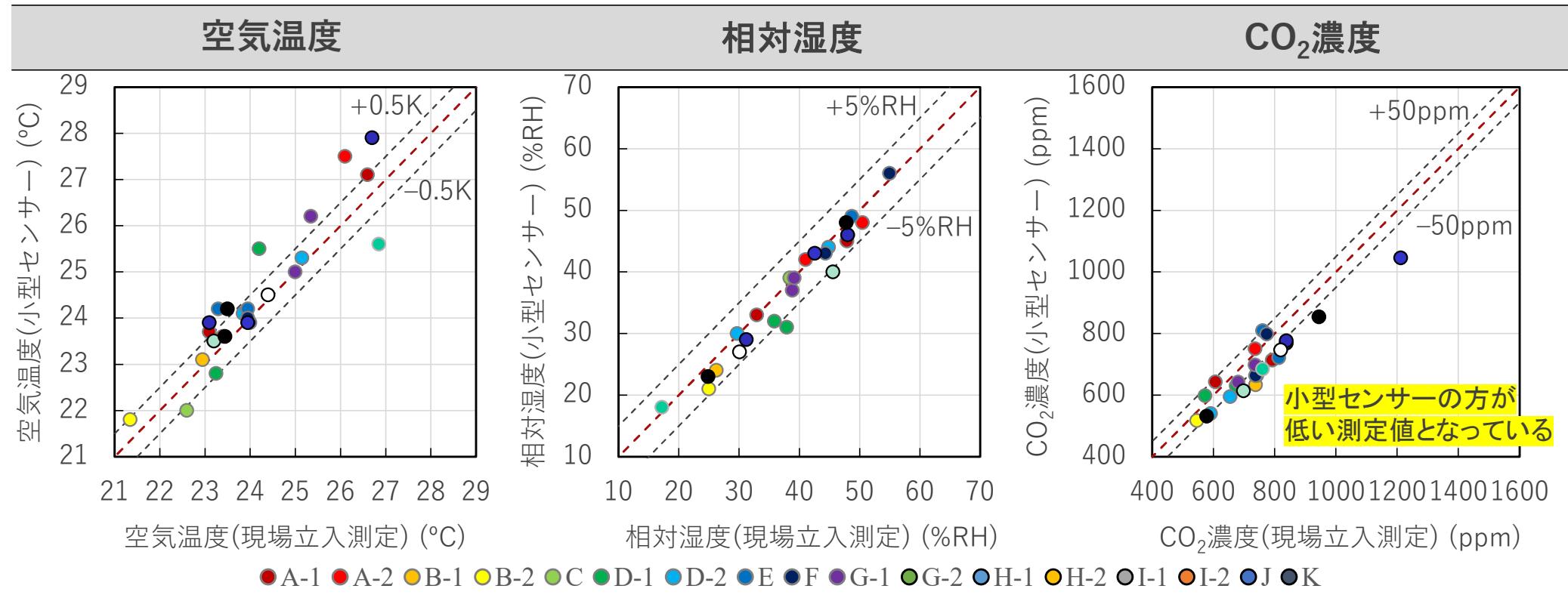
- オートキャリブレーションは**180時間ごとに最低値を390ppmに校正**する機能。
- 国立保健医療科学院の執務室にて、2022年10月27日～2024年7月31日の期間でTR-76Ui (Ver. 1.14) を用いてオートキャリブレーション有無によるCO₂濃度の測定値比較を行った（測定間隔5分）。
- 2つの測定器の初期値は手動校正にて同程度となるよう校正してから測定を開始した。※2022年10月27日0時のCO₂濃度
 - オートキャリブレーション有：**386ppm**
 - オートキャリブレーション無：**387ppm**



- 2022/10は**10ppm**程度の差であったが、2025/11には最大で**62ppm**の差が生じた。
- オートキャリブレーション有の測定値の最低値は約400ppmとなっているが、オートキャリブレーション無の測定値の最低値は多くの月で**350ppm**程度となっている。
 - 外気CO₂濃度は約430ppm(気象庁、2025年2月)であることから、オートキャリブレーション有の測定値の方が誤差が小さいと考えられる。

建築物衛生法に準じた測定結果と小型センサーの結果の比較例

- **冬期の測定例（2023年冬期、2024年冬期、2025年冬期）**
- 現場立入測定の測定値に対して小型測定器の空気温度が $\pm 0.5\text{K}$ 、相対湿度が $\pm 5\%\text{RH}$ 、 CO_2 濃度が $\pm 50\text{ppm}$ 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。



■一致率 空気温度：60% 相対湿度：92% CO_2 濃度：40%

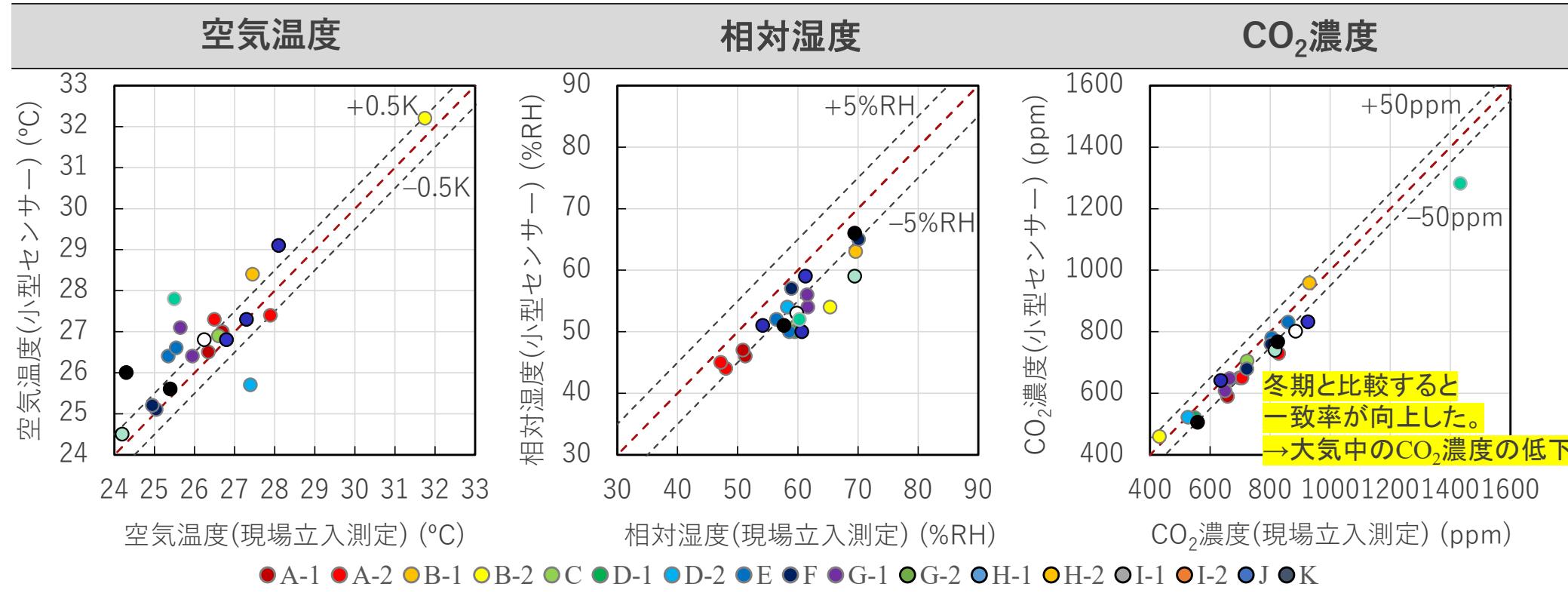
➤ CO_2 濃度

→ 小型センサーはオートキャリブレーション機能を利用しているが、校正値が 400ppm となっている。近年の大気中の CO_2 濃度（約430ppm）よりも低い値で校正することは測定値が低くなる要因となり、一致率の低下の要因となったと考えられる。

建築物衛生法に準じた測定結果と小型センサーの結果の比較例

□ 夏期の測定例（2023年夏期、2025年夏期）

□ 現場立入測定の測定値に対して小型測定器の空気温度が $\pm 0.5\text{K}$ 、相対湿度が $\pm 5\%\text{RH}$ 、CO₂濃度が $\pm 50\text{ppm}$ 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。



■一致率 空気温度：57% 相対湿度：39% CO₂濃度：57%

➤ 空気温度

→ 小型センサーの方が高くなっている。小型センサーの内部発熱が影響している可能性がある。

➤ 相対湿度

→ 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
夏期の一致率が低下したと考えられる。

1. 3種の小型センサーの比較

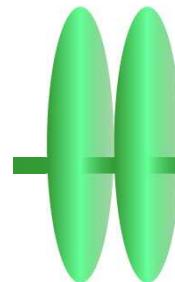
- ・ 小型センサーBは相対湿度、小型センサーCはCO₂濃度が高い傾向が見られた。また、CO₂濃度については自動校正機能が搭載されている小型センサー同士でも測定値に100ppm程度の差が生じている場合もあることから、使用する小型測定器の特性を十分に把握する必要がある。

2. 小型センサーによる空気環境管理の利点と注意点

- ・ 利点：時刻別分析や月別の基準値内時間率が評価可能である。
- ・ 注意点：測定点による測定値の影響を考慮する必要がある。

3. 現場立入測定の測定値と小型センサーの測定値の比較

- ・ 現場立入測定と小型センサーの比較により、空気温度の一致率は夏期・冬期ともに約60%であったが、相対湿度の一致率は夏期に39%、CO₂濃度の一致率は冬期に40%であった。
→ 一致率低下の要因は空気温度については小型センサーの内部発熱が影響している可能性があり、その影響が相対湿度の一致率にも影響していること、CO₂濃度については小型測定器の自動校正の値が近年の大気中のCO₂濃度を反映できていないことなどが挙げられる。

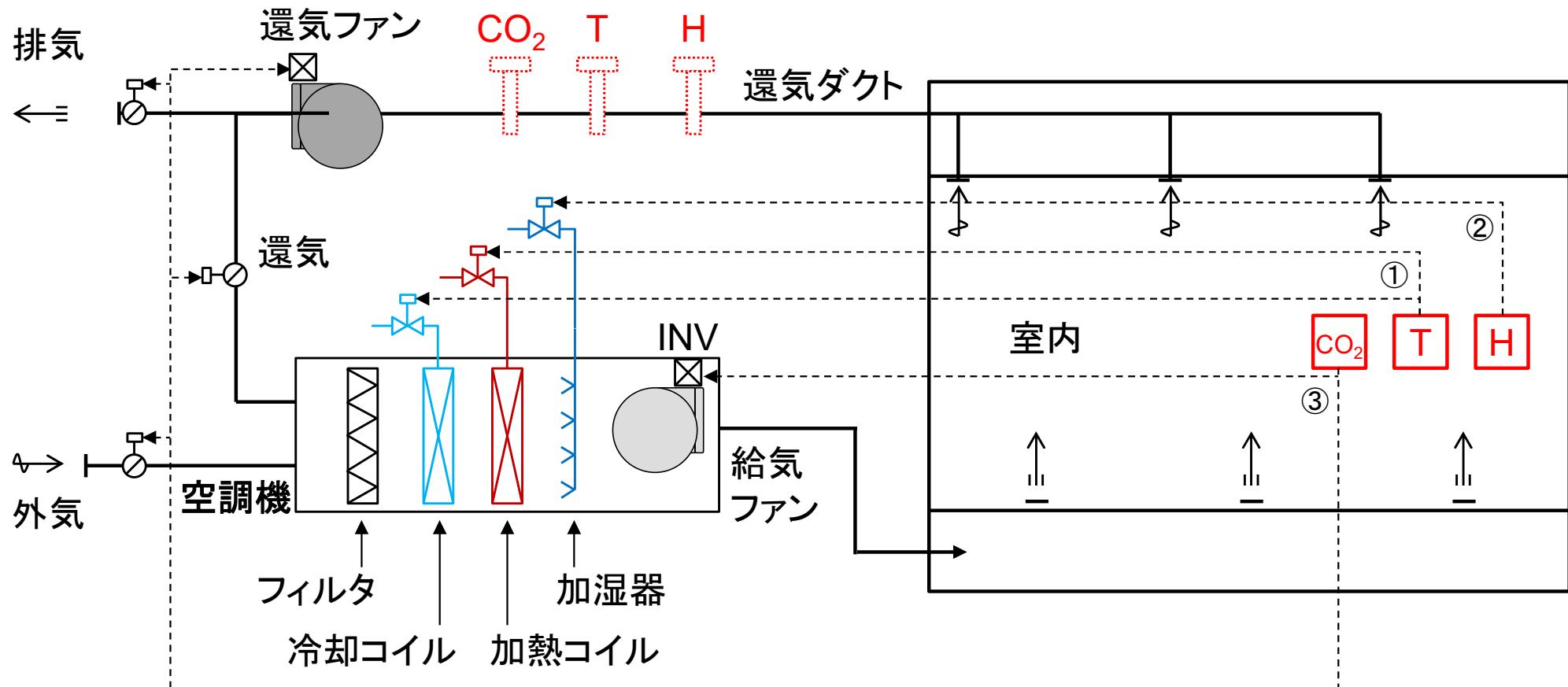


BEMSの環境計測項目と 環境衛生管理への適用可能性



BEMS環境計測データの環境衛生管理への活用可能性の検討

室内環境センサは、室内の壁もしくは還気ダクトに常設されている



長所: 自動制御のために連続測定をしているため、時間的なデータ解像度が高い

短所: 居住空間からセンサの設置位置が乖離しているため、空間的な偏りがある

調査の概要

3棟のオフィスビルを対象に暖房期と冷房期のデータを収集・解析

■ 空調方式等

ID	所在地	空調方式	加湿	窓	吹出	吸込
A	埼玉県入間郡	AHU	気化式	閉	床	天井
E	神奈川県藤沢市	AHU	気化式	閉	天井	天井
F	神奈川県藤沢市	AHU+窓際FCU	気化式	閉	床	天井

AHU:空気調和機、FCU:ファンコイルユニット

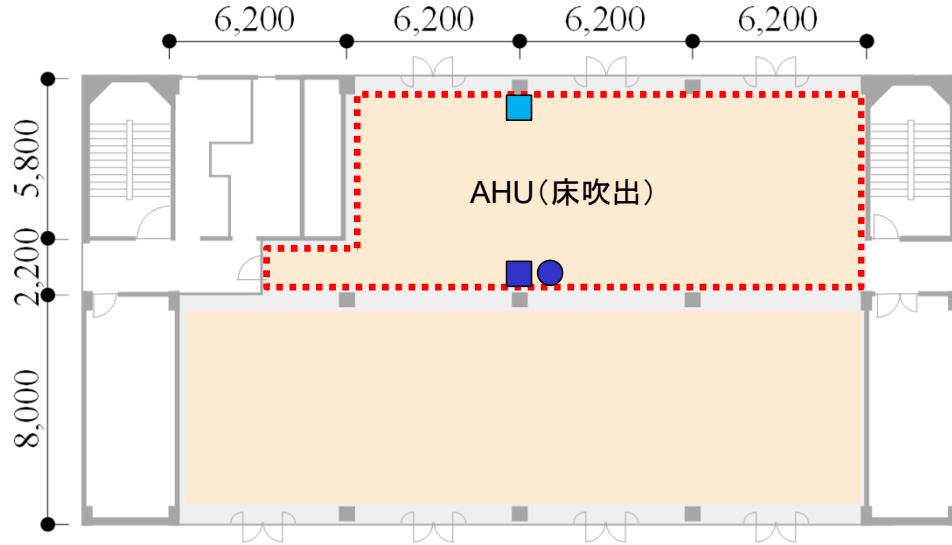
■ BEMSセンサの設置箇所 (リファレンスとして居住域にデータロガーを設置)

ID	温度			相対湿度			CO ₂ 濃度		
	壁面		還気	壁面		還気	壁面		還気
	居住域		P	居住域		P	居住域		P
A	○	-	○	-	○	-	○	-	-
E	○	○	-	○	-	-	○	-	-
F	○	-	○	○	○	-	-	-	○

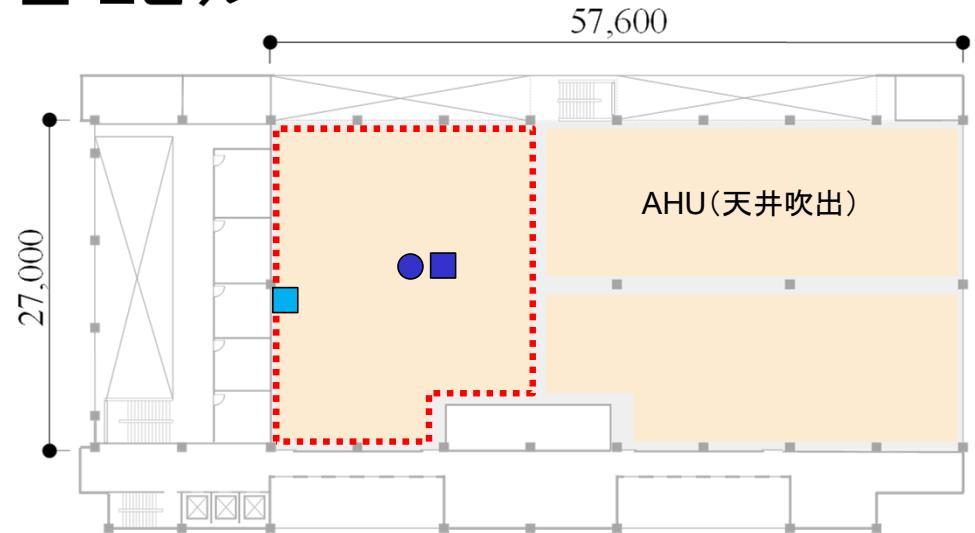
I:インテリア、P:ペリメータ

調査対象ビルの概要

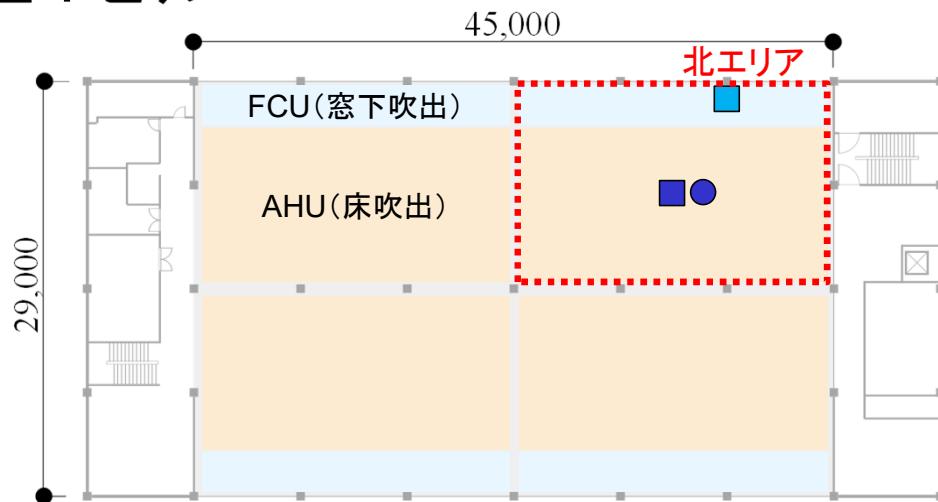
■ Aビル



■ 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

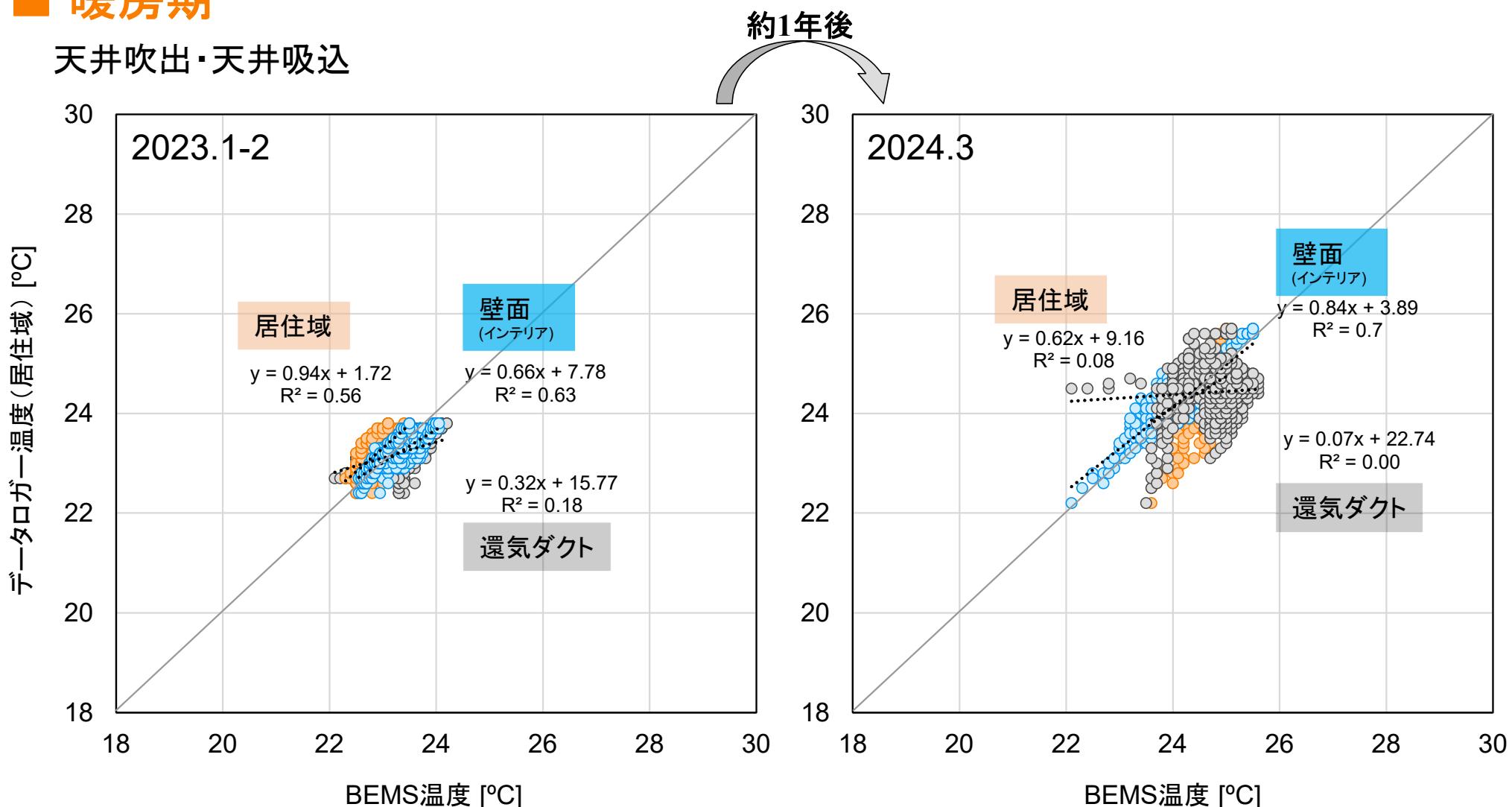
2023年と2024年 同時期の結果比較

- ・ 温度・湿度・CO₂濃度のいずれも経年による差は小さく、一度トレンドを掴めば、居住域の濃度予測が可能になる
- ・ 校正の関係で、CO₂濃度のみ場になじむまでの時間が必要

経年の比較(EBビル・温度)

■ 暖房期

天井吹出・天井吸込



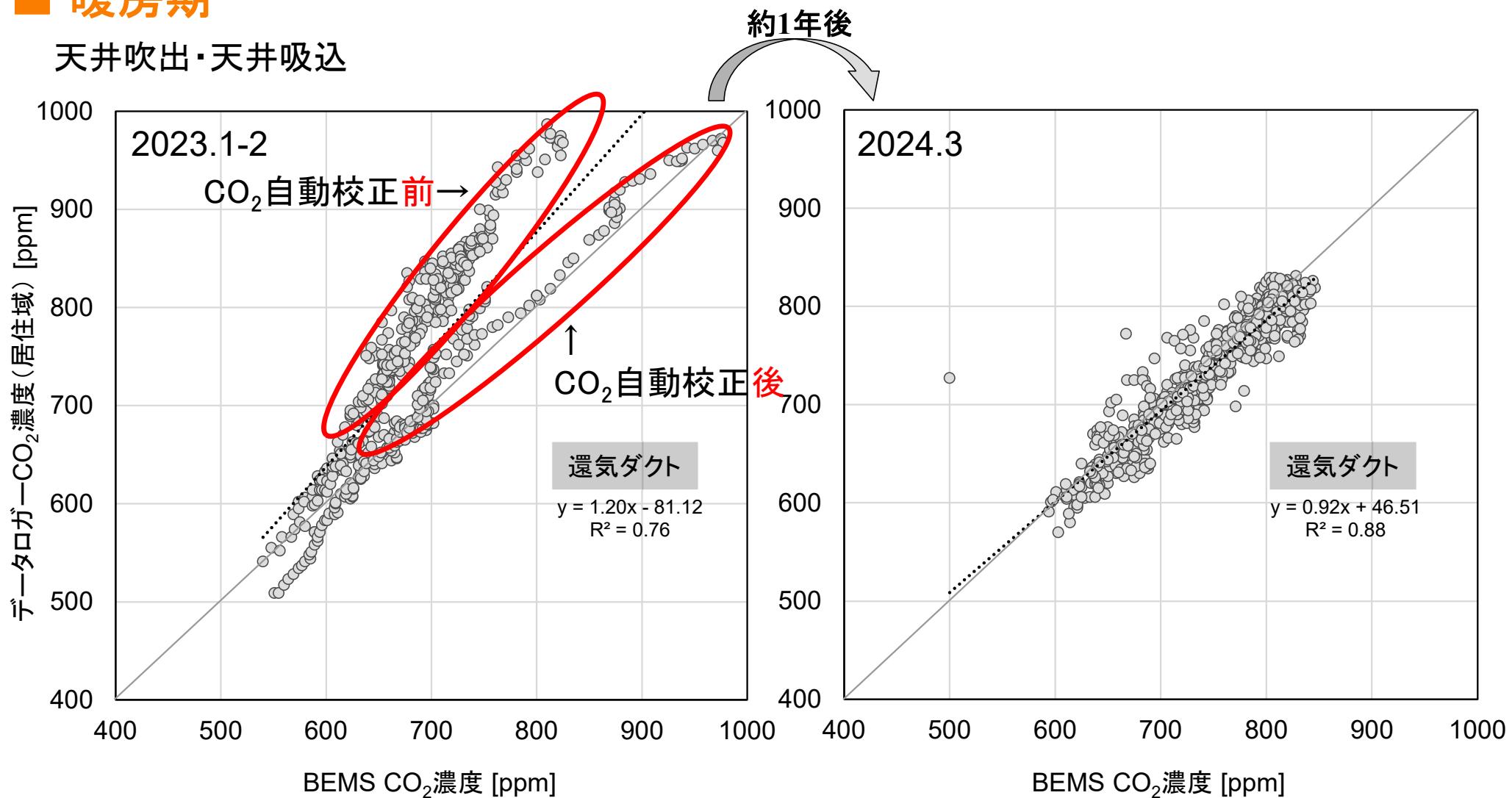
▶ 2023・2024年の暖房期でほぼ同じ傾向、年ごとの差が小さいことを示唆

(プロットが団子状にかたまり、場所による差がない)

経年の比較(Eビル・CO₂濃度)

■ 暖房期

天井吹出・天井吸込

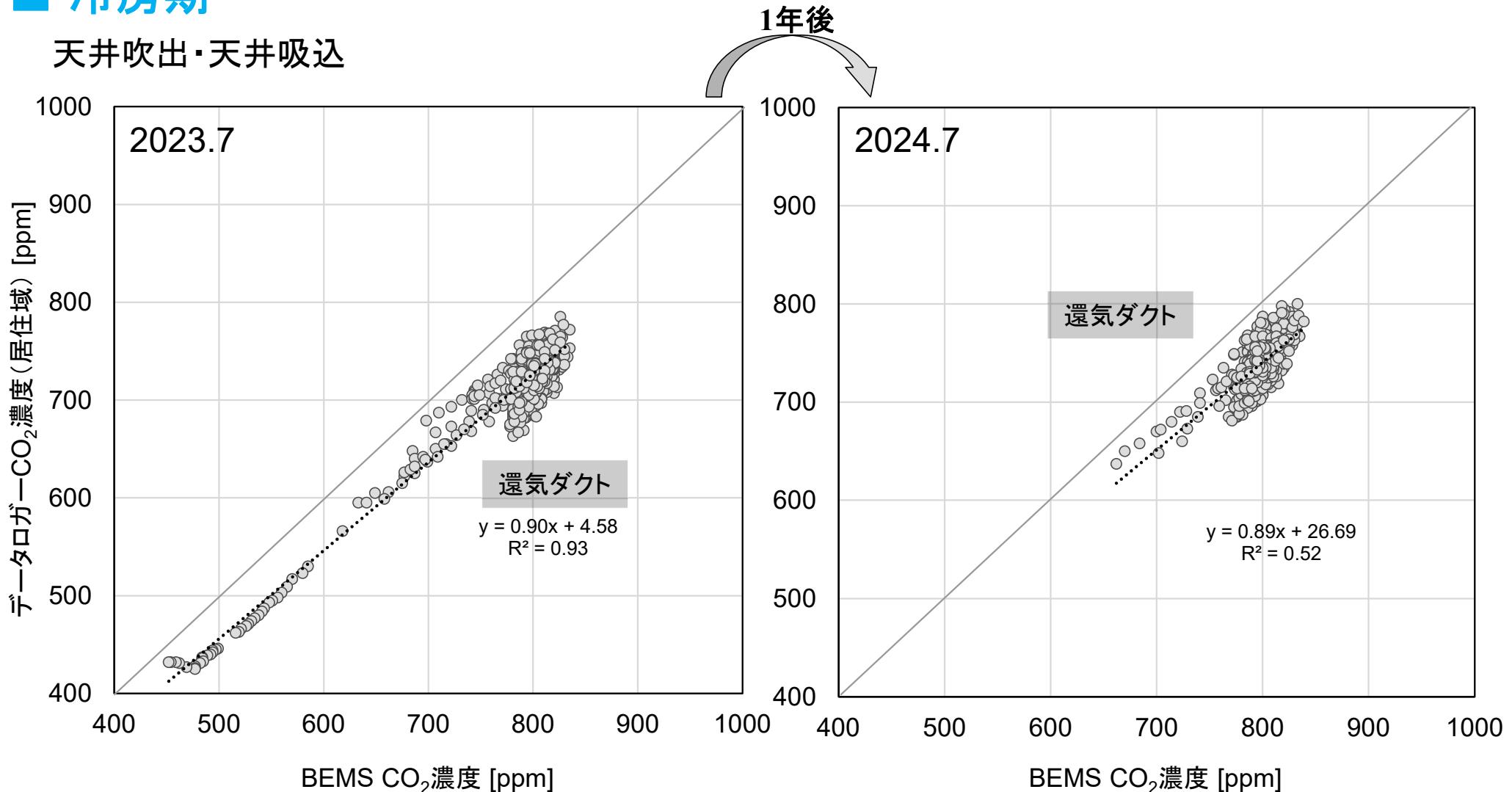


- ▶ 設置直後の2023年は不安定だが、その後は居住域のロガーと良い対応

経年の比較(EBビル・CO₂濃度)

■ 冷房期

天井吹出・天井吸込



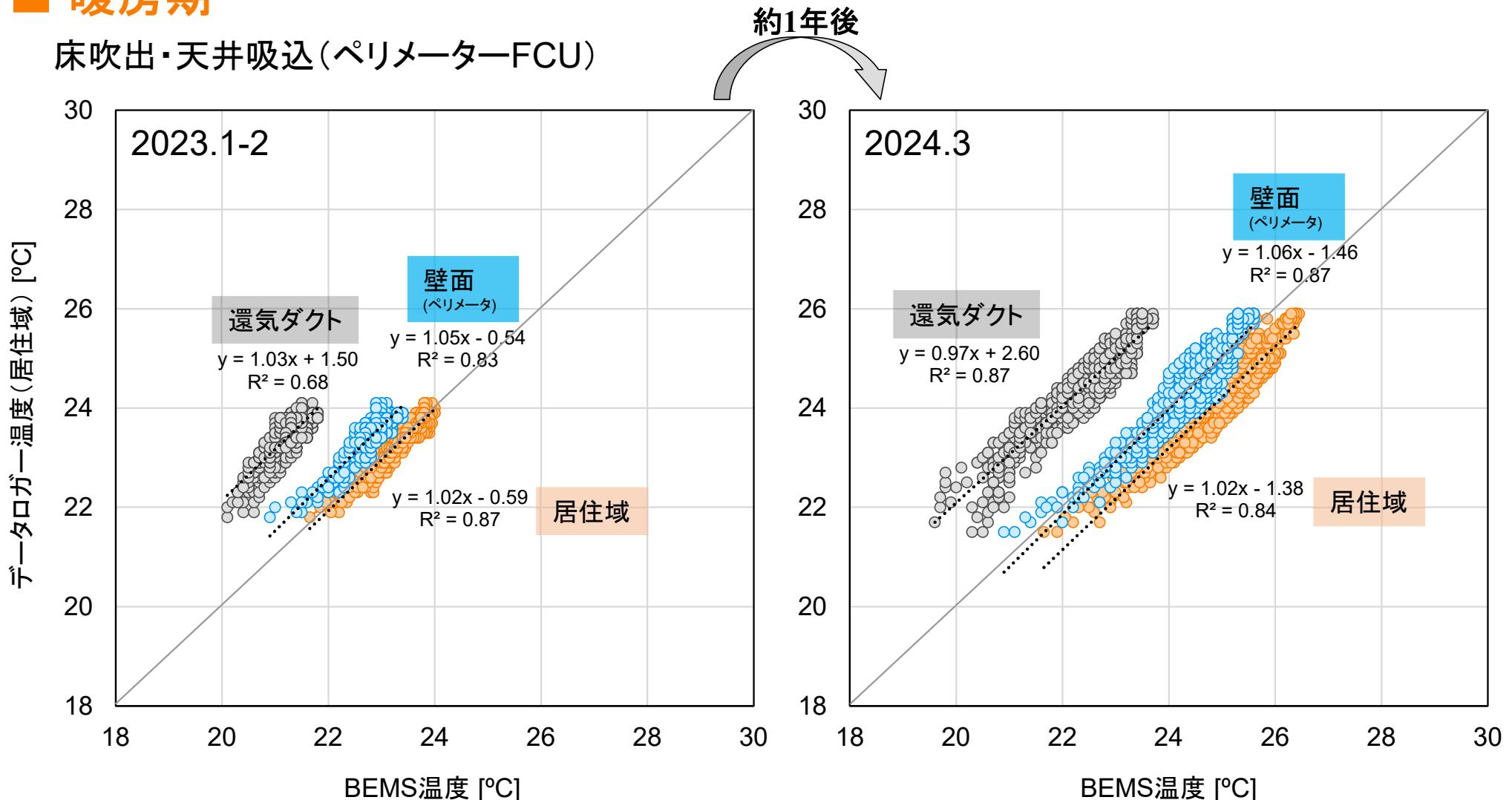
- ▶ 2023・2024年の冷房期もほぼ同じ傾向、年ごとの差が小さいことを示唆

(BEMSの方が高い値を示す)

経年の比較(Fビル・温度)

■ 暖房期

床吹出・天井吸込(ペリメーターFCU)



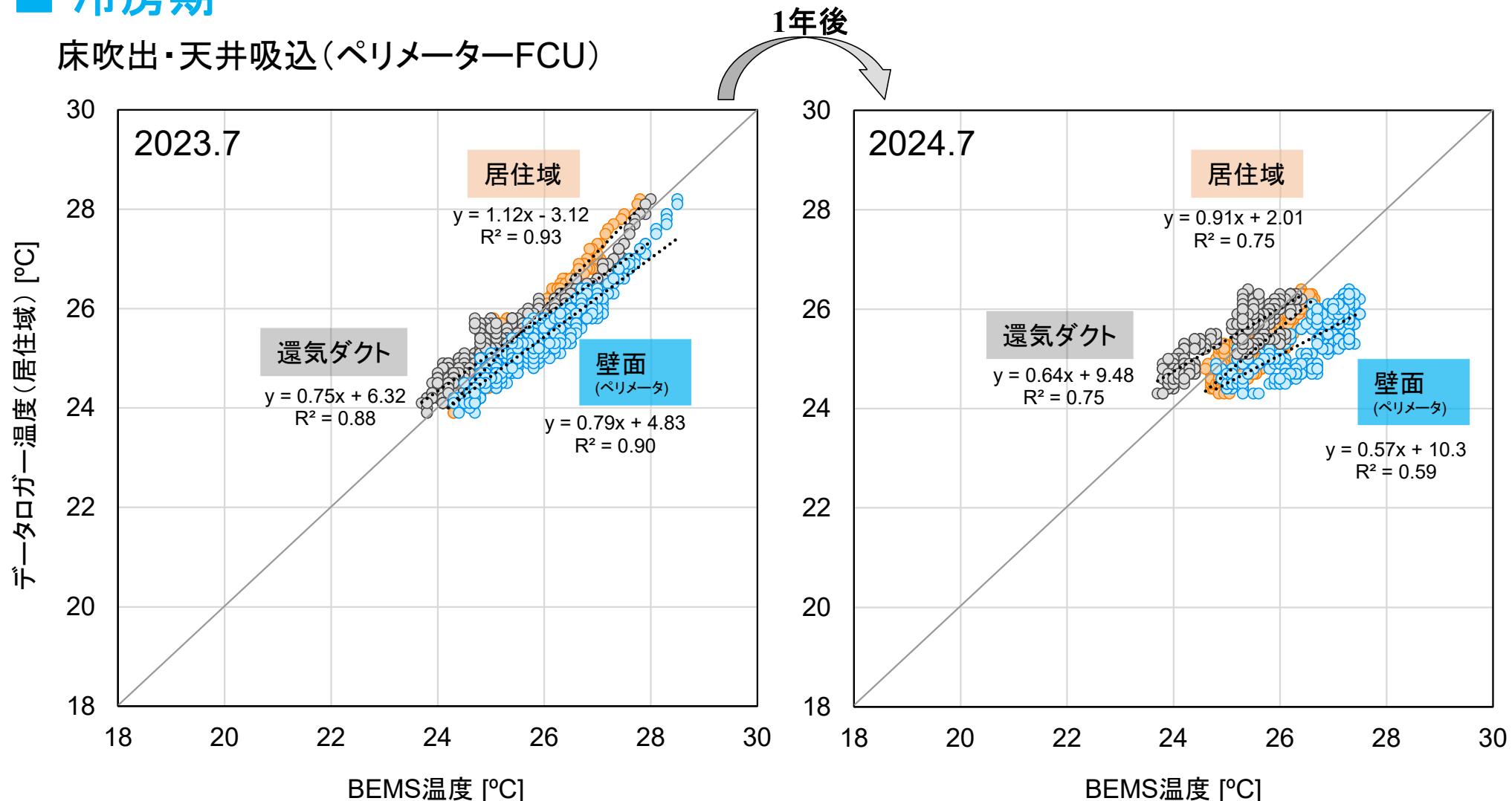
- ▶ 2023・2024年の暖房期でほぼ同じ傾向、年ごとの差が小さいことを示唆

(居住域>ペリメーターゾーン>還気ダクト)

経年の比較(Fビル・温度)

■ 冷房期

床吹出・天井吸込(ペリメーターFCU)



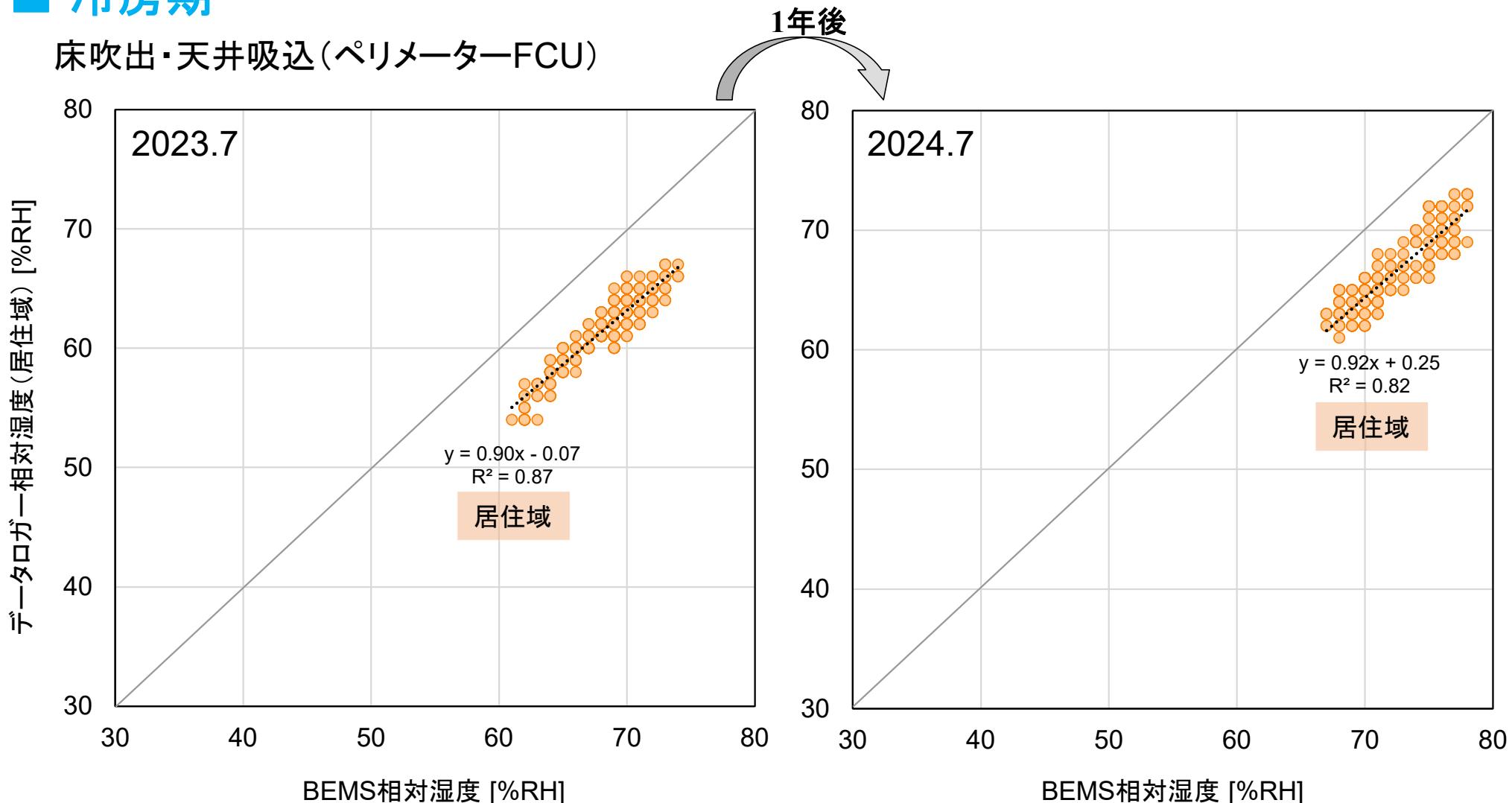
▶ 2023・2024年の冷房期もほぼ同じ傾向、年ごとの差が小さいことを示唆

(暖房期ほど場所による差がない・ペリメーターゾーン>居住域>還気ダクト)

経年の比較(Fビル・相対湿度)

■ 冷房期

床吹出・天井吸込(ペリメーターFCU)



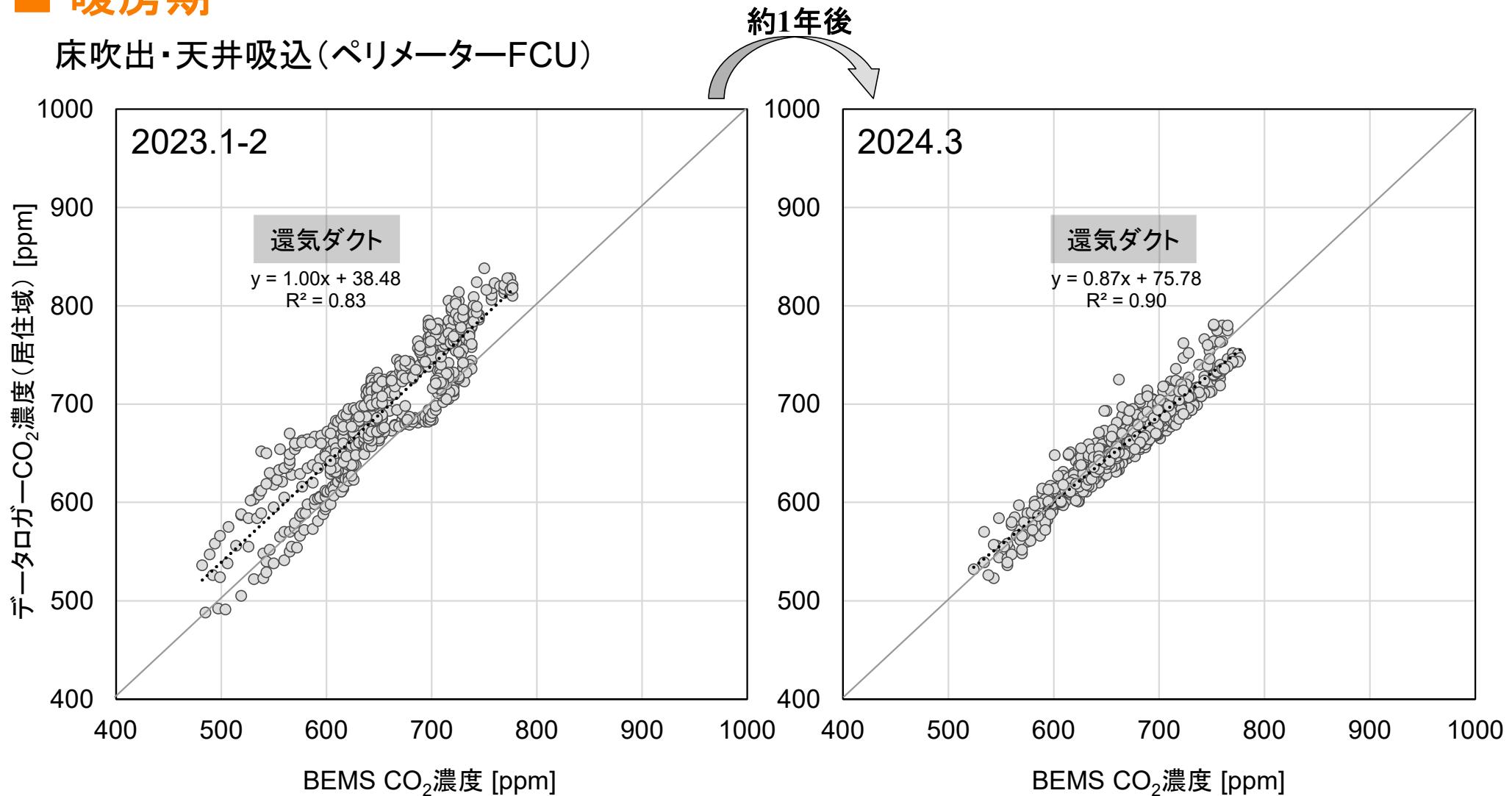
- ▶ 2023・2024年の冷房期もほぼ同じ傾向、年ごとの差が小さいことを示唆

(暖房期と同様にBEMSの方が高い値を示す)

経年の比較(Fビル・CO₂濃度)

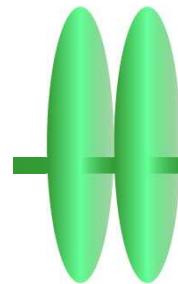
■ 暖房期

床吹出・天井吸込(ペリメーターFCU)



- ▶ 2023・2024年の暖房期でほぼ同じ傾向、年ごとの差が小さいことを示唆

(おおむねy=xの線上)



デジタル技術活用に関する

管理技術者の認識調査



管理技術者(有免状)への「認識及び需要」

デジタル・IoT技術を活用した業務の効率化

→ 業務負担の実情

→ デジタル技術の活用に関する認識と需要

- ・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)
- ・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**、等

建築物環境衛生管理職 530名 (有効回答 181件)

→ 統括管理者118(回収率40%)、空調給排水63(回収率27%)

現在も、教育センター(ビル管センター)との協働で本調査を実施中

結果①

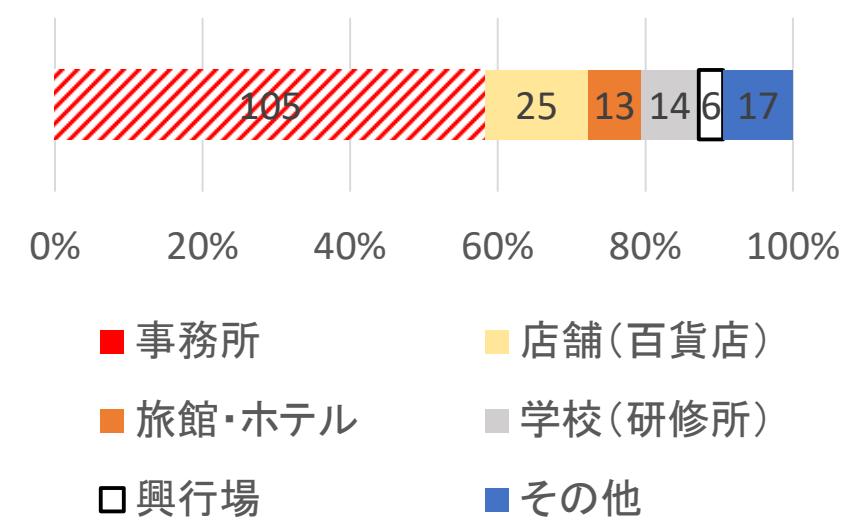
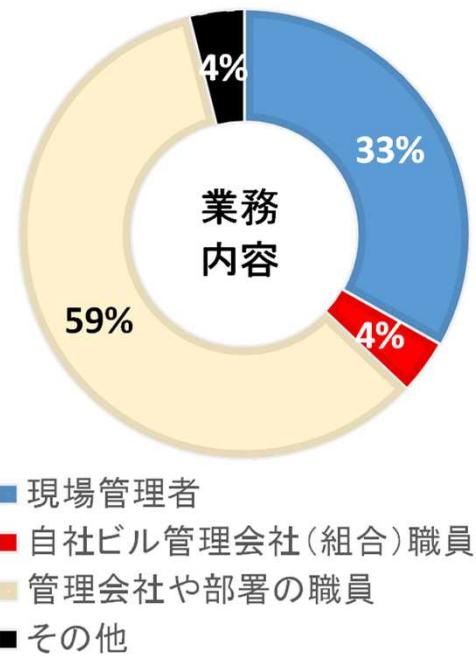
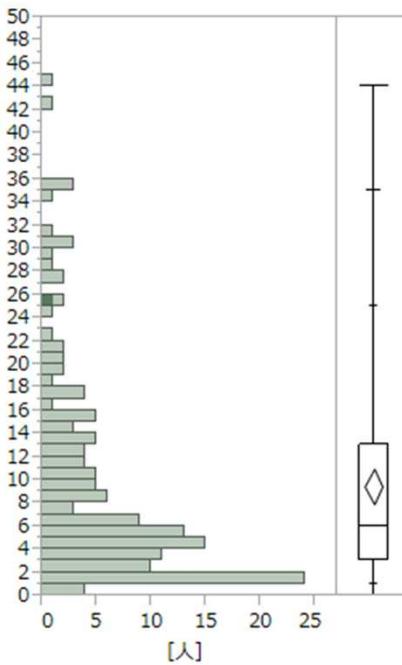


図2 建物の主な用途

図1 管理(業務)期間及び業務内容

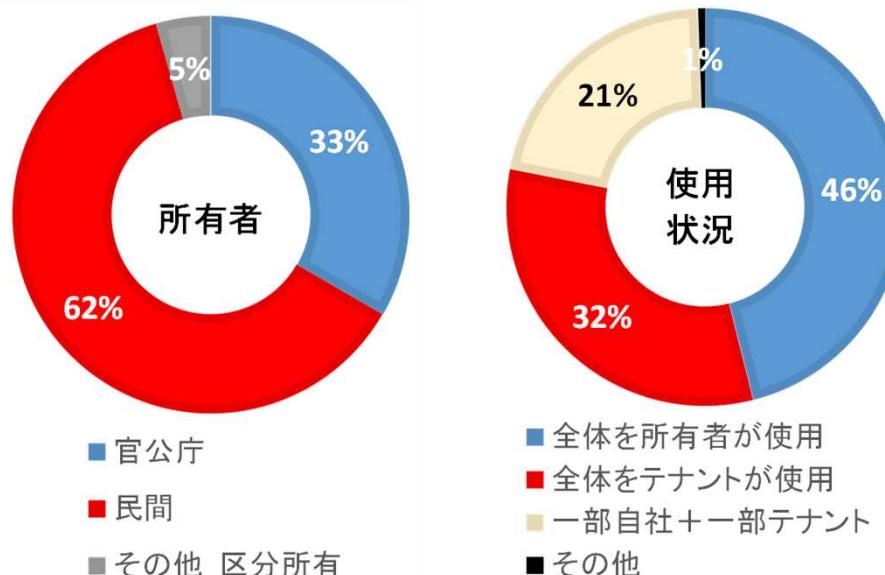
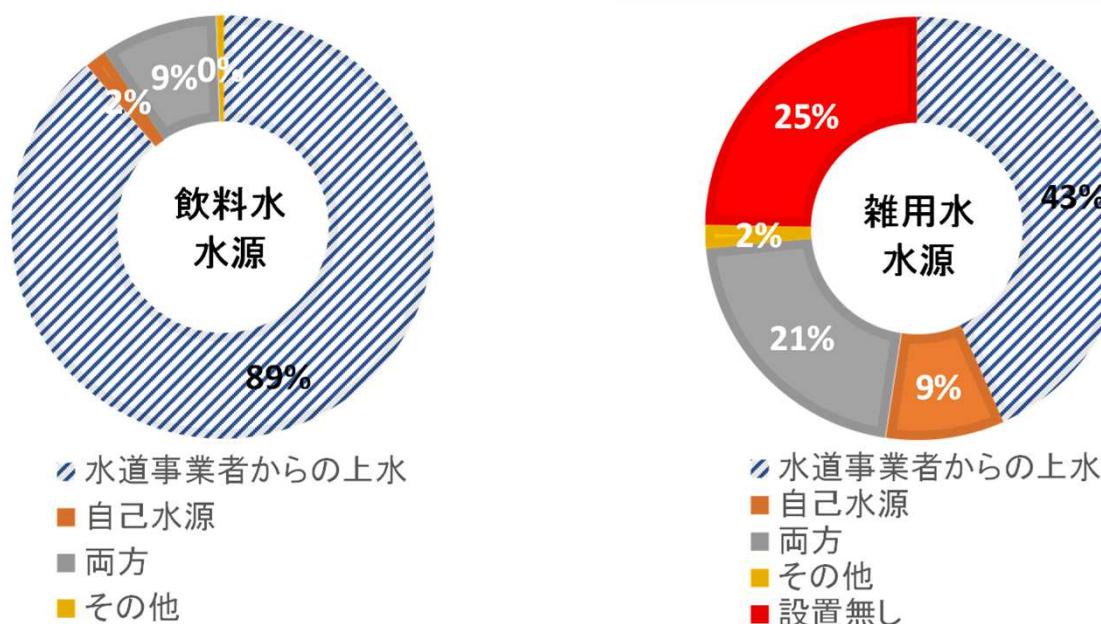
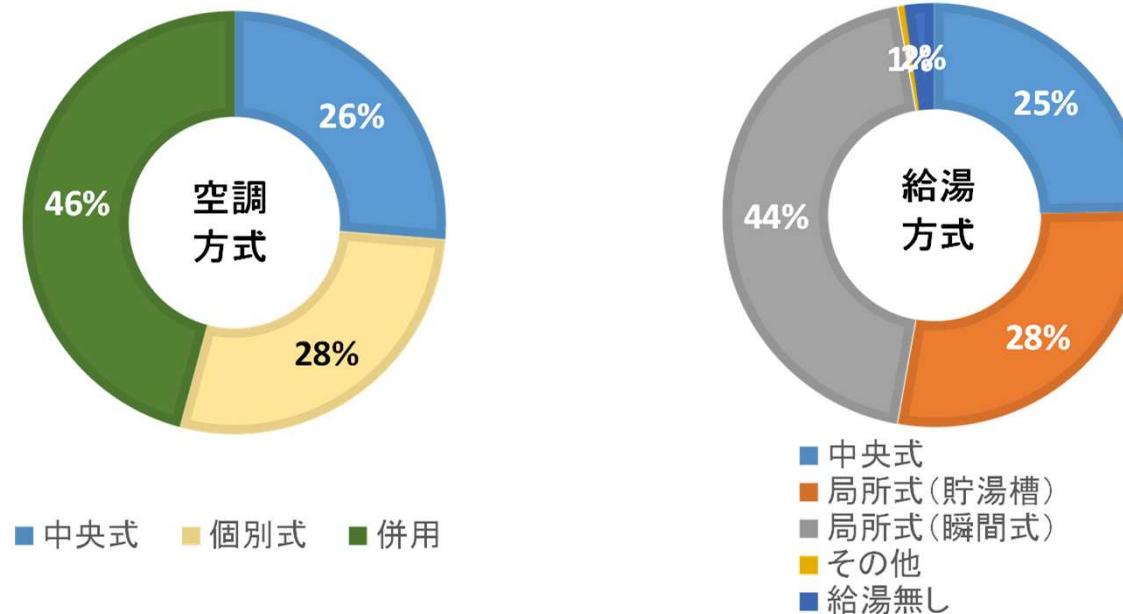


図3 建物の所有形態と使用状況

結果②



結果③

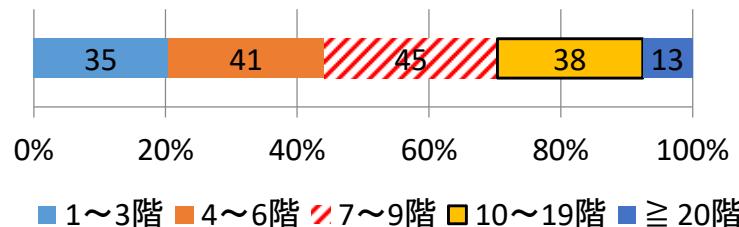
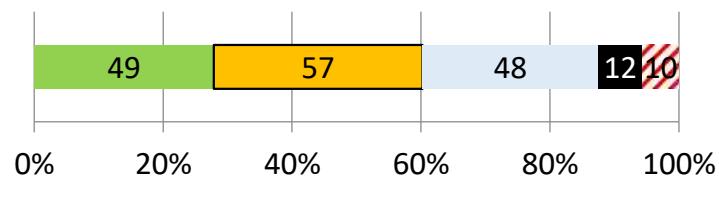


図4 建物規模

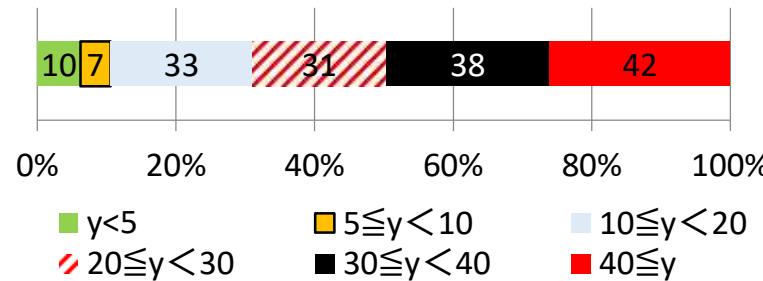


図5 築年数

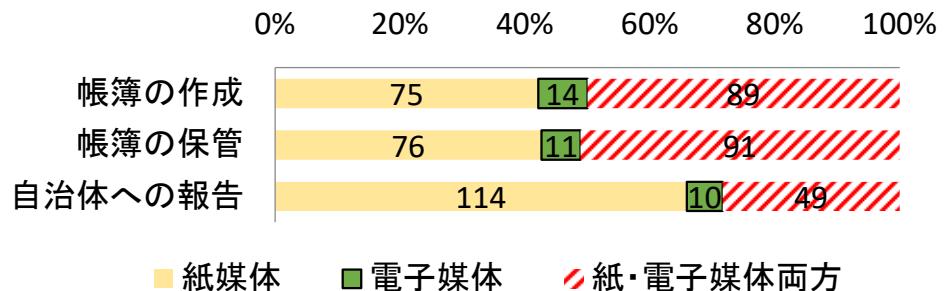


図6 帳簿の作成・管理・報告方法

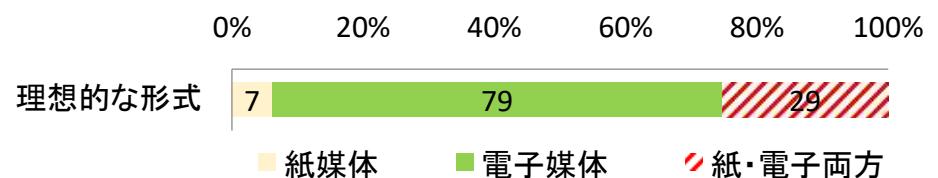


図7 理想的な帳簿の作成・管理・報告方法

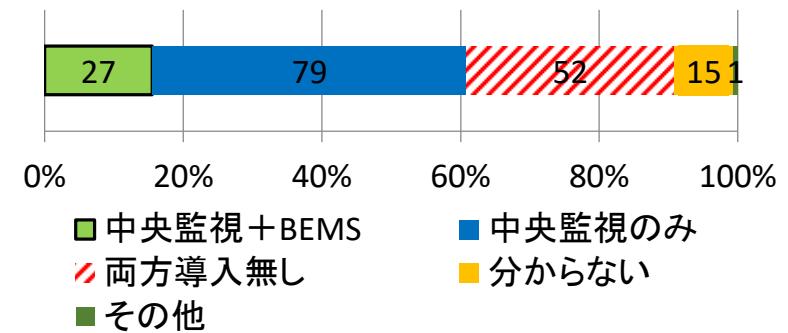


図8 中央監視システム及びBEMSの導入状況

結果④

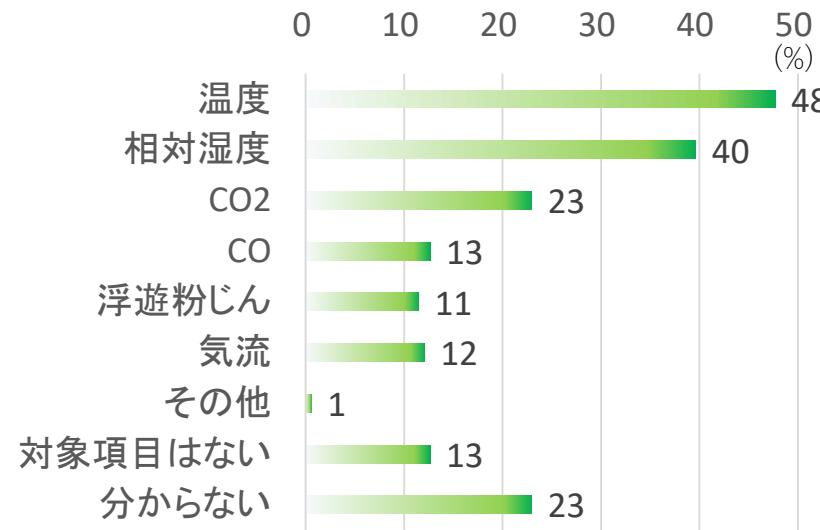


図11 中央監視やBEMSデータの空気環境管理への活用

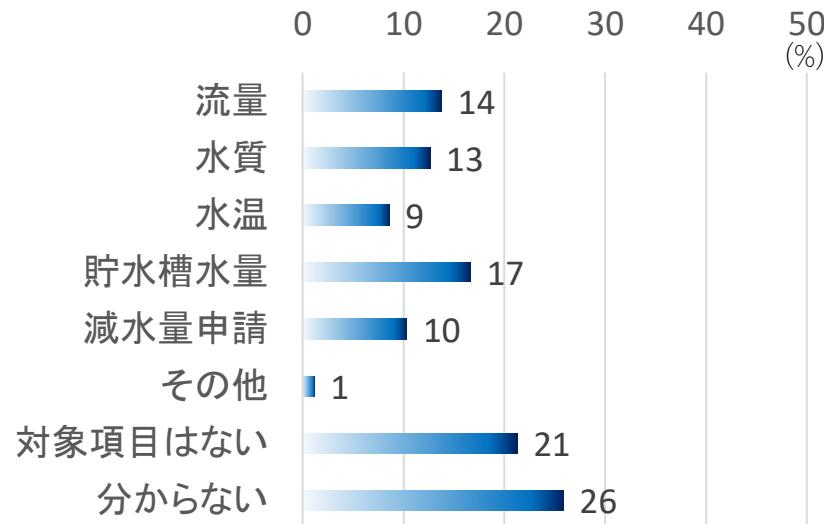


図12 中央監視やBEMSデータの水管理への活用

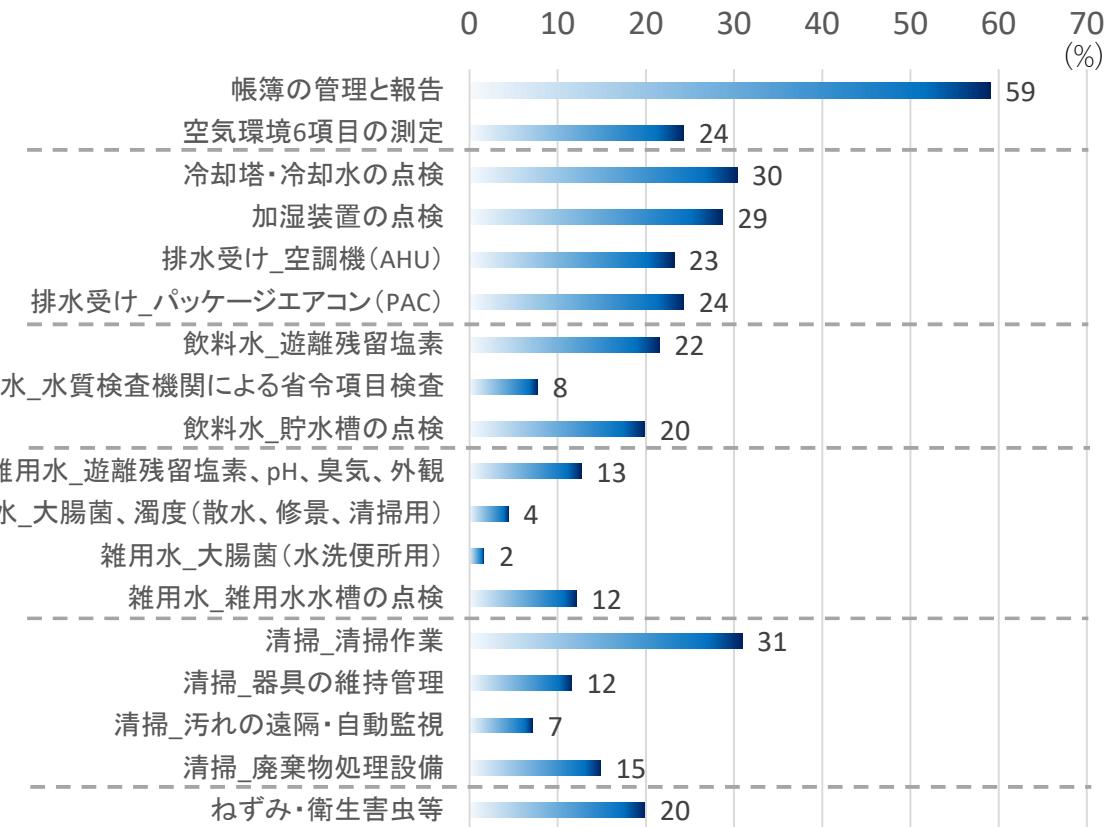


図13 負担が大きな作業(複数選択可)

アンケート調査まとめ

- 業務上負担の実情、業務効率化→デジタル技術の活用に関する認識と需要を設問
 - － 管理業務: 平均9.4±0.8年、1~2年が最も多く、中央値は6年

BAS/BEMS

- － 中央監視システム+BEMSの導入: **16%**
- － 中央監視システムのみ: **45%**
- － 両方導入無し: 30%
- ・ 中央監視やBEMSデータの空気環境管理への活用: **温度48%、相対湿度40%**

負担が大きな業務

- ・ **帳簿の管理と報告: 59%**
 - ・ 冷却塔・冷却水の点検／**加湿装置**の点検／清掃作業: 約3割
 - ・ 排水受け_空調機(AHU/PAC) 23~24%
 - ・ 飲料水_貯水槽の点検／**ネズミ・衛生害虫**: 20%
 - ・ 空気環境6項目の測定: 24%
- ← 帳簿関連: 管理技術者が自分で行う業務、
← 空気環境の測定や水質検査などは業務委託が多い

帳簿管理と行政報告

- ・ 行政報告 : **紙66%、紙・電子媒体両方 28%、電子媒体のみ 6%** → 要業務改善

→ (2024~25年度) 管理技術者、測定技術者など職種と対象者数を拡大して調査中

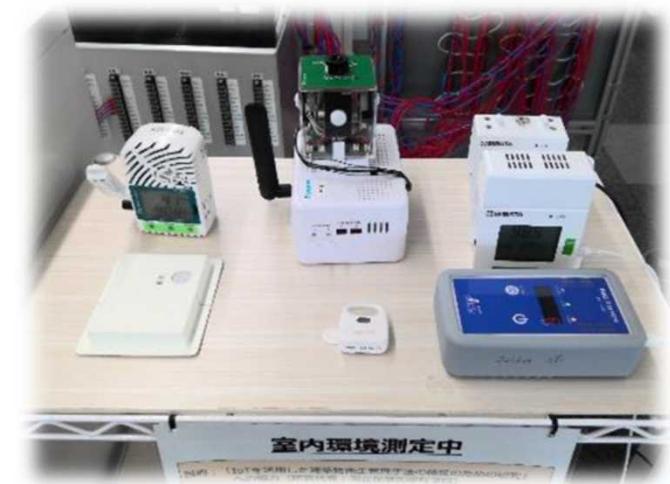
「課題」 デジタル技術を活用した監視管理・点検の効率化

■自動計測が利用可能な測定項目

空気6項目、ドレンパン、冷却塔、水管理…

■中央監視またはBEMSデータを活用できるか

■画像解析やAI活用による監視



■空気6項目

→空気6項目を信頼性を確保しながら同時測定できる小型センサーはまだ無い

→精度、長期信頼性、校正、センサー個体差



■異常動作をどう検出するか

■データ処理はどうするか

■連続計測 → 適合判定をどうするか

■帳簿管理と報告の効率化