

令和6年度～令和7年度厚生労働科学研究費補助金
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
分担総合研究報告書

2. 室内環境に関する現場調査

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

研究要旨

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

1節では、建物の断熱性能や空調設備が異なる7件の建物概要を示した。

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

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

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

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

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

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

2-1. 建物概要

A. 研究目的

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

B. 研究方法

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

C. 研究結果

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

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

D. まとめ

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

なお、表 2-1-1 の建物記号は以降の章・節で共通の記号とする。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

表 2-1-1 建物概要

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

2-2. 温度、相対湿度、気流

A. 研究目的

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

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

B. 研究方法

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

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

表 2-2-1 測定機器概要

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

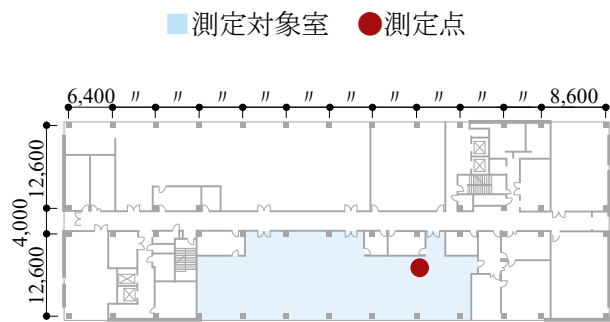


図 2-2-1 A ビル (2F) 平面概要図

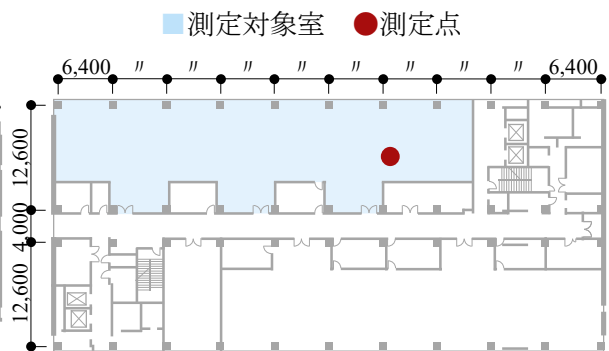


図 2-2-2 A ビル (8F) 平面概要図

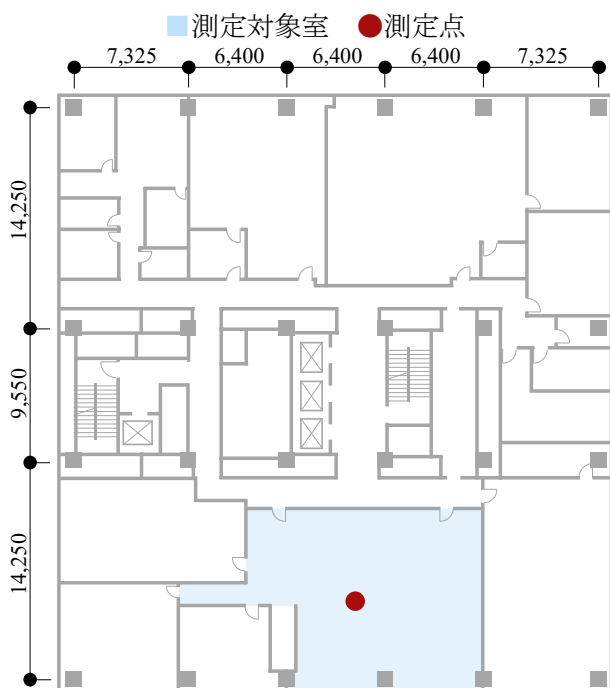


図 2-2-3 C ビル平面概要図

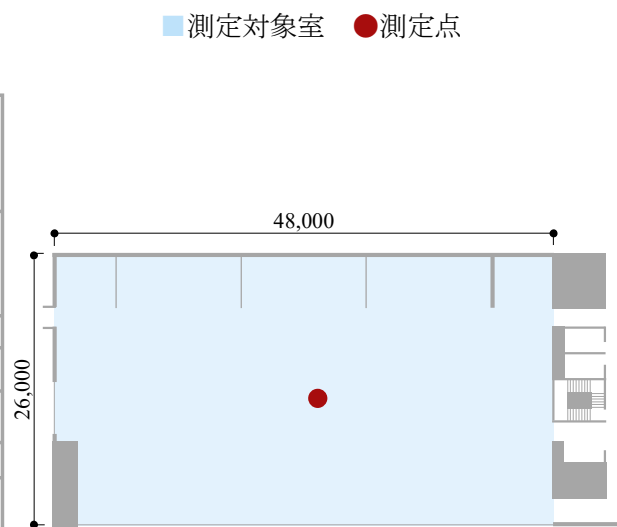


図 2-2-4 D ビル (1F) 平面概要図

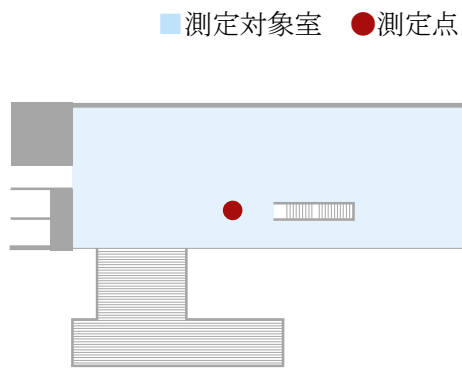


図 2-2-5 D ビル (3F) 平面概要図

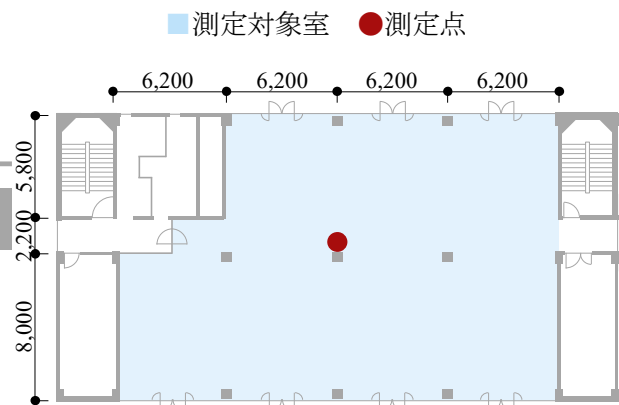


図 2-2-6 E ビル (2F・3F) 平面概要図

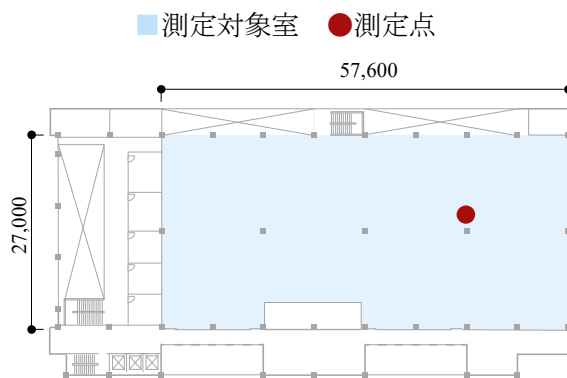


図 2-2-7 F ビル平面概要図

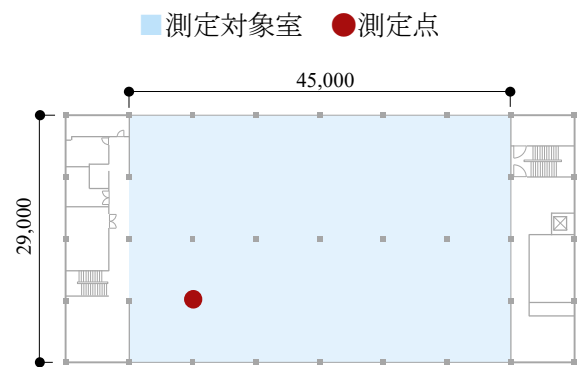


図 2-2-8 G ビル平面概要図

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

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

表 2-2-3 測定日時と分析対象時刻 (2025 年度夏期)

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

表 2-2-4 測定日時と測定時刻 (2026 年度冬期)

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

C. 研究結果

C.1. 温度

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

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

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

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

C.2. 相対湿度

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

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

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

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

C.3. 気流

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

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

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

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

D. まとめ

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

E. 参考文献

- 1) 厚生労働省．建築物衛生のページ．
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000132645.html> (アクセス日 2026-5-7)

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

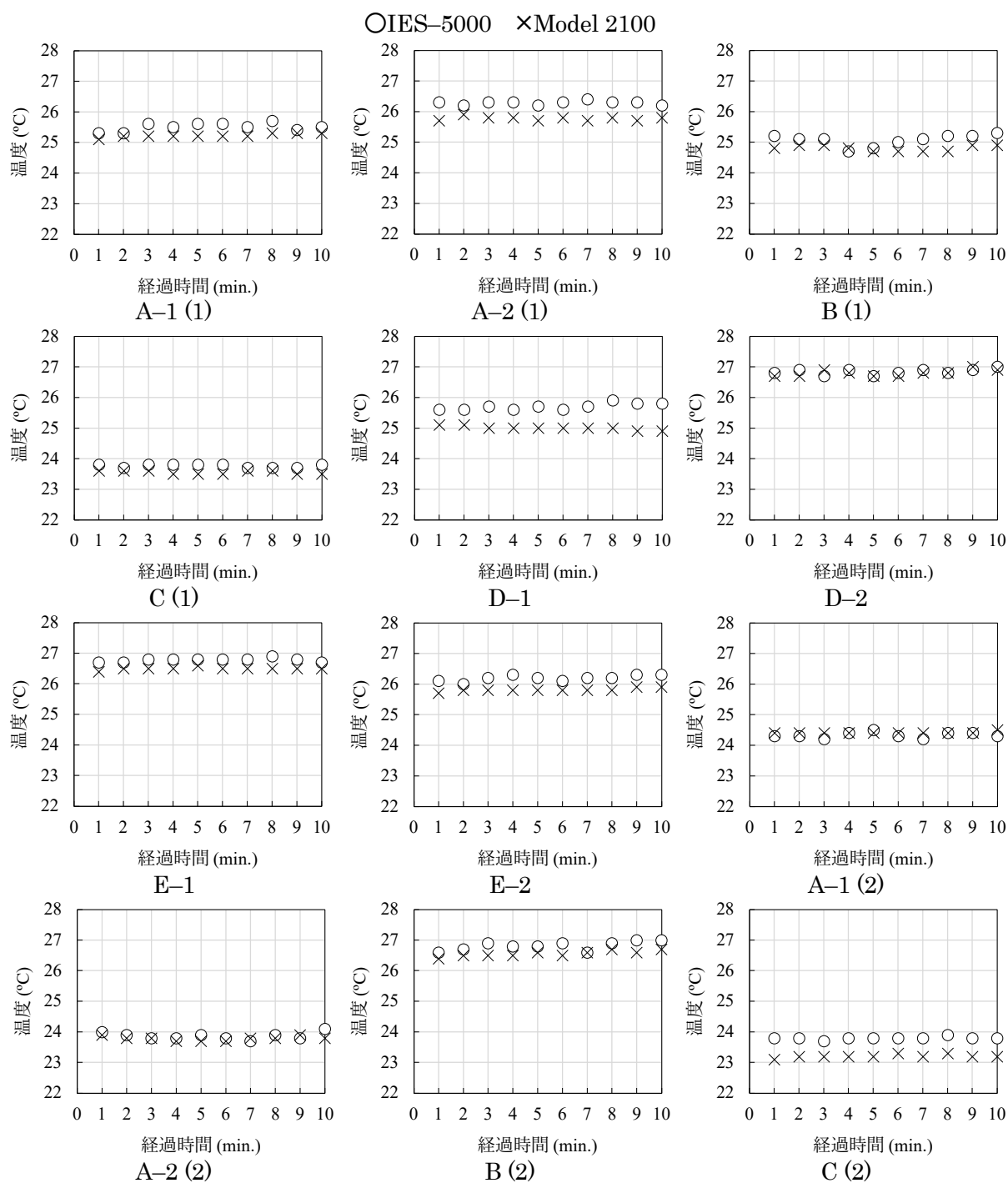


図 2-2-9 温度 (2024 秋期・2025 年冬期)

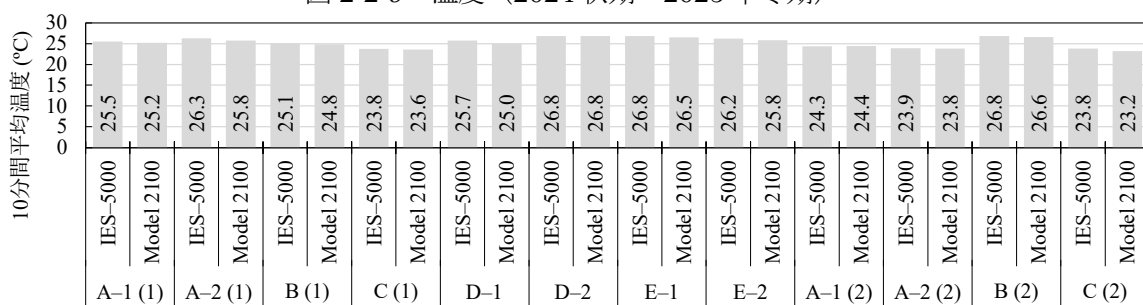


図 2-2-10 10 分間平均温度 (2024 秋期・2025 年冬期)

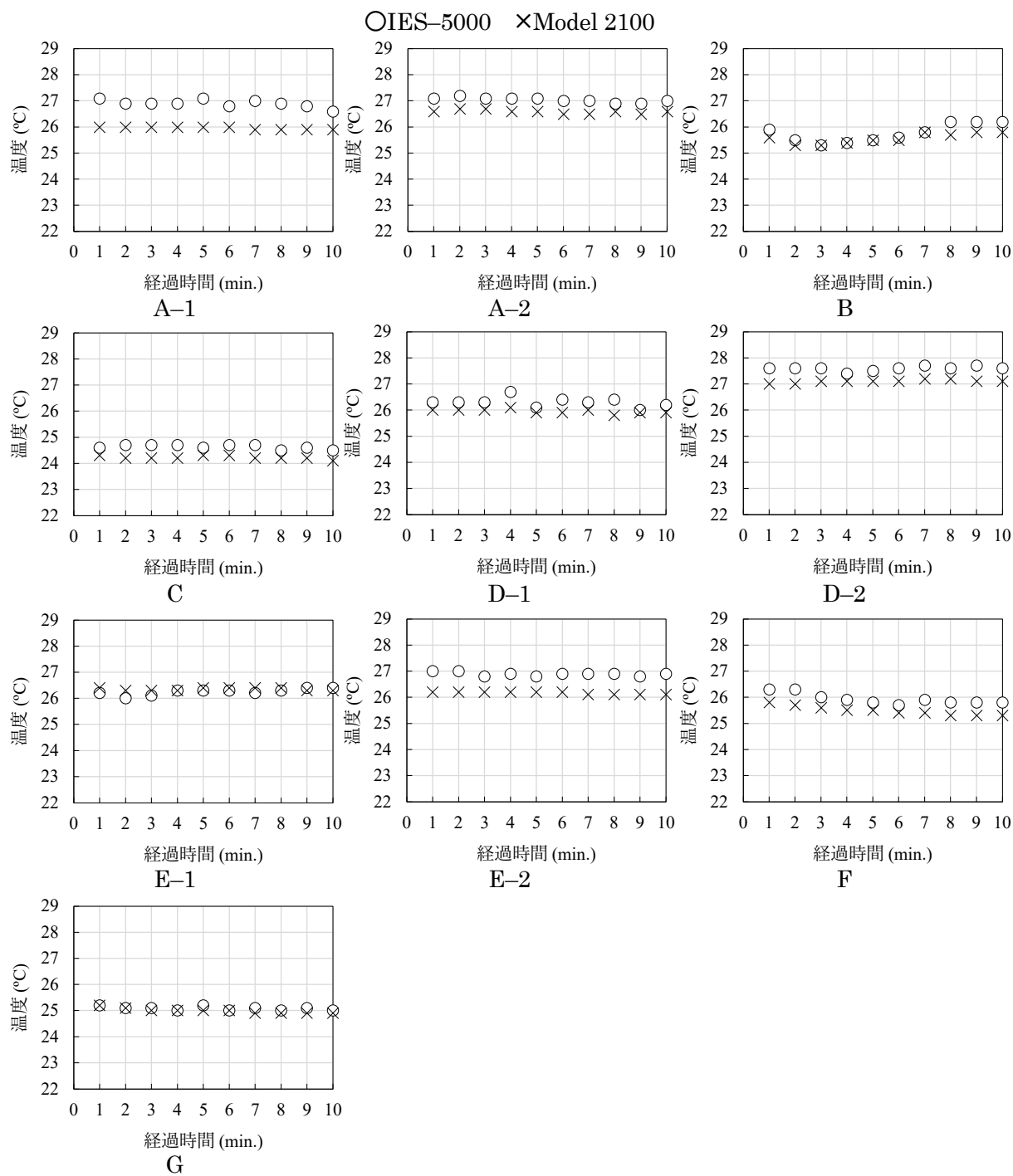


図 2-2-11 温度 (2025 年夏期)

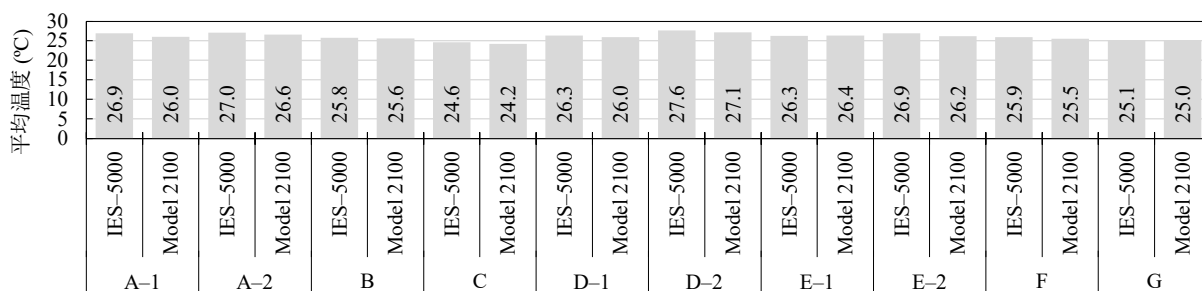


図 2-2-12 10 分間平均温度 (2025 年夏期)

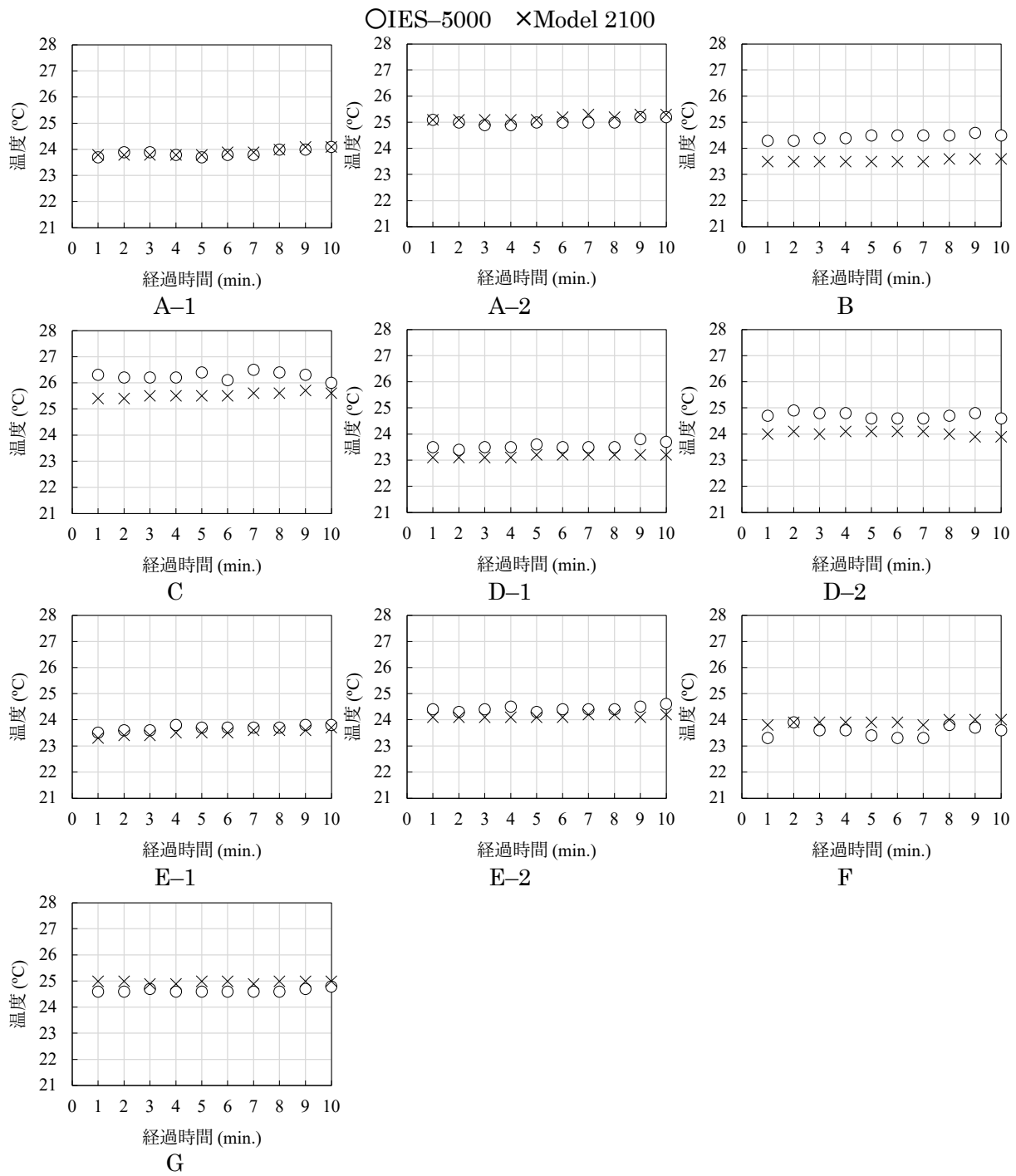


図 2-2-13 温度 (2026 年冬期)

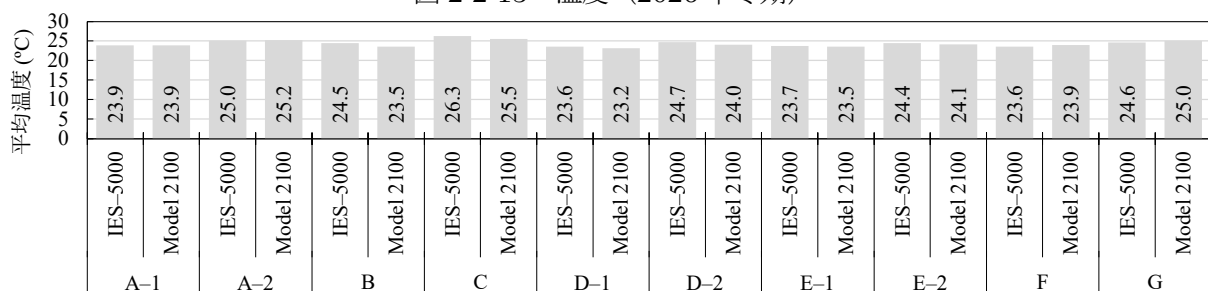


図 2-2-14 10 分間平均温度 (2026 年冬期)

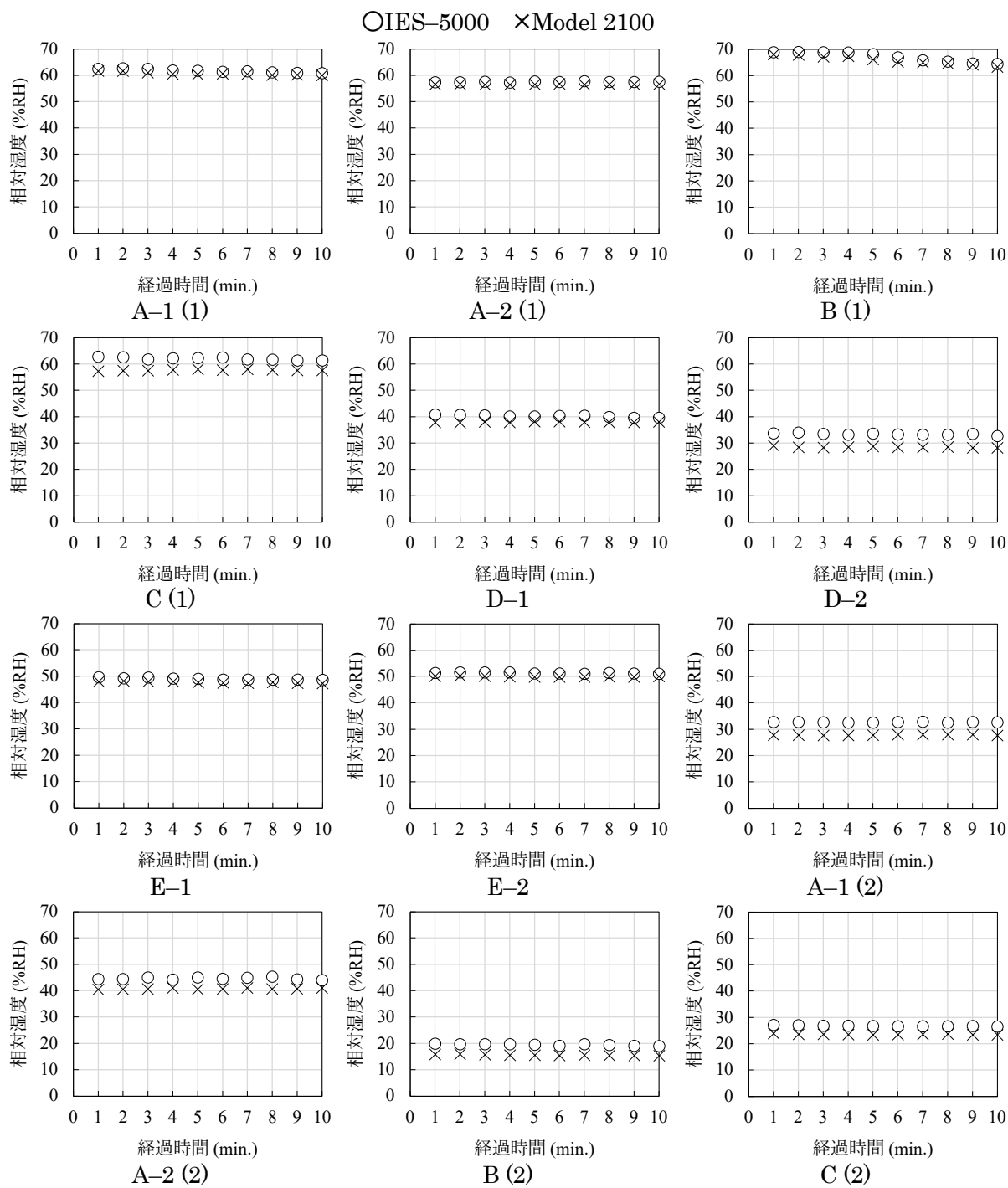


図 2-2-15 相対湿度 (2024 秋期・2025 年冬期)

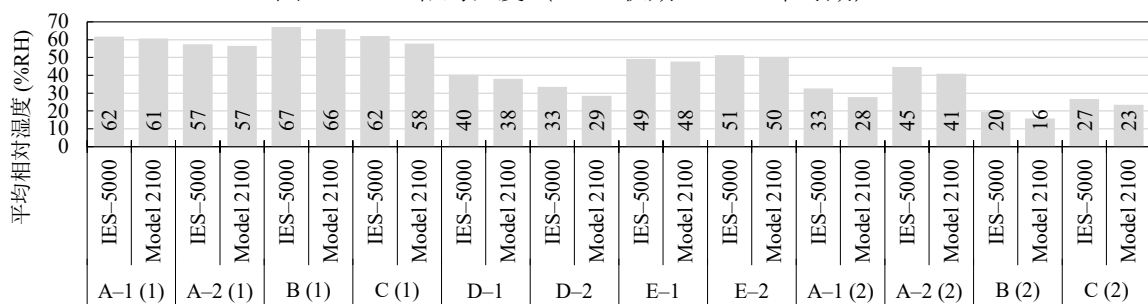


図 2-2-16 10 分間平均相対湿度 (2024 秋期・2025 年冬期)

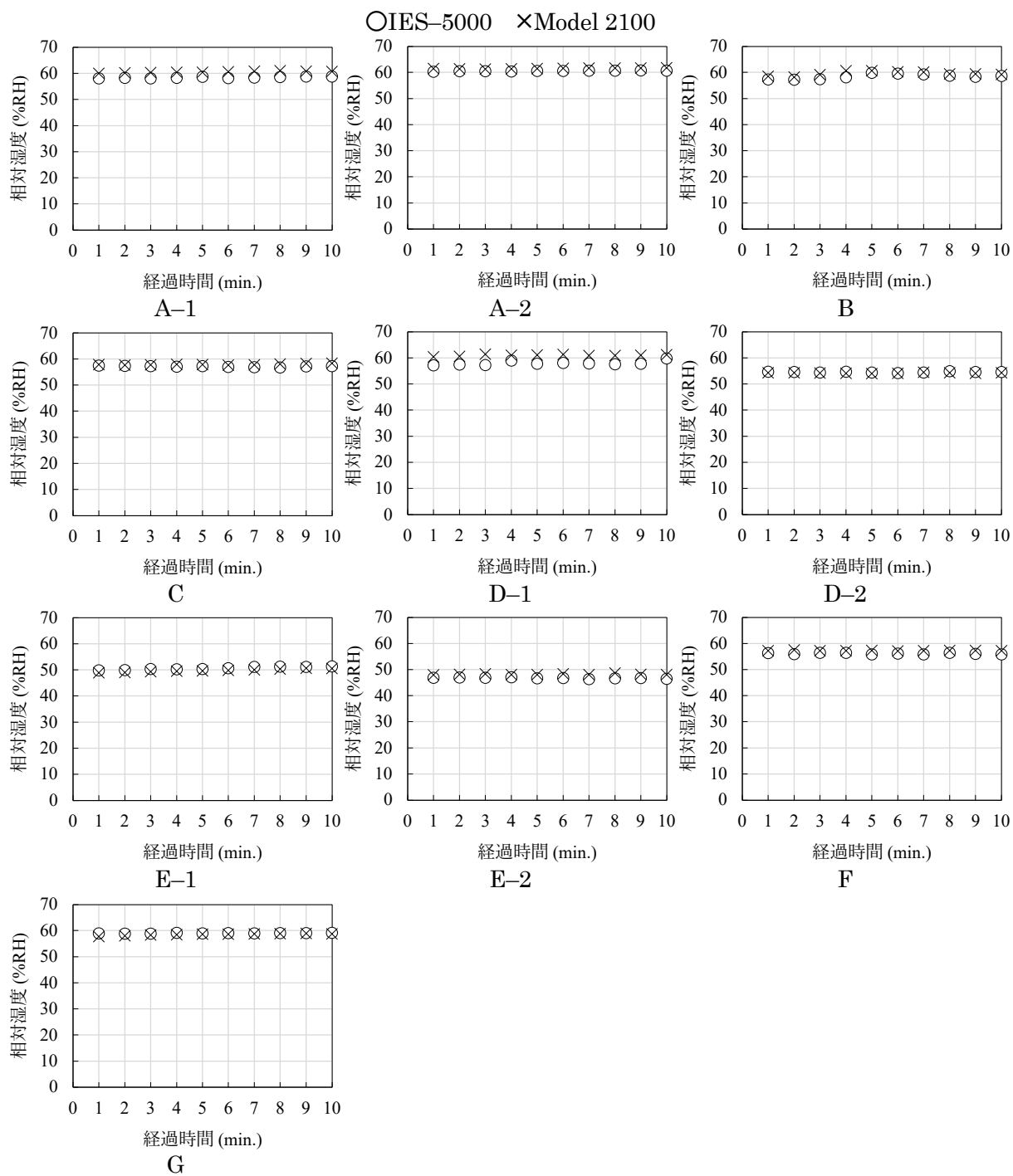


図 2-2-17 相対湿度 (2025 年夏期)

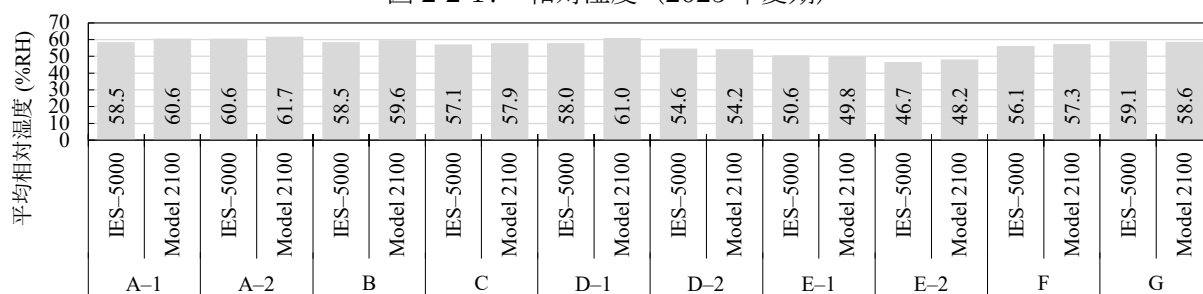


図 2-2-18 10 分間平均相対湿度 (2025 年夏期)

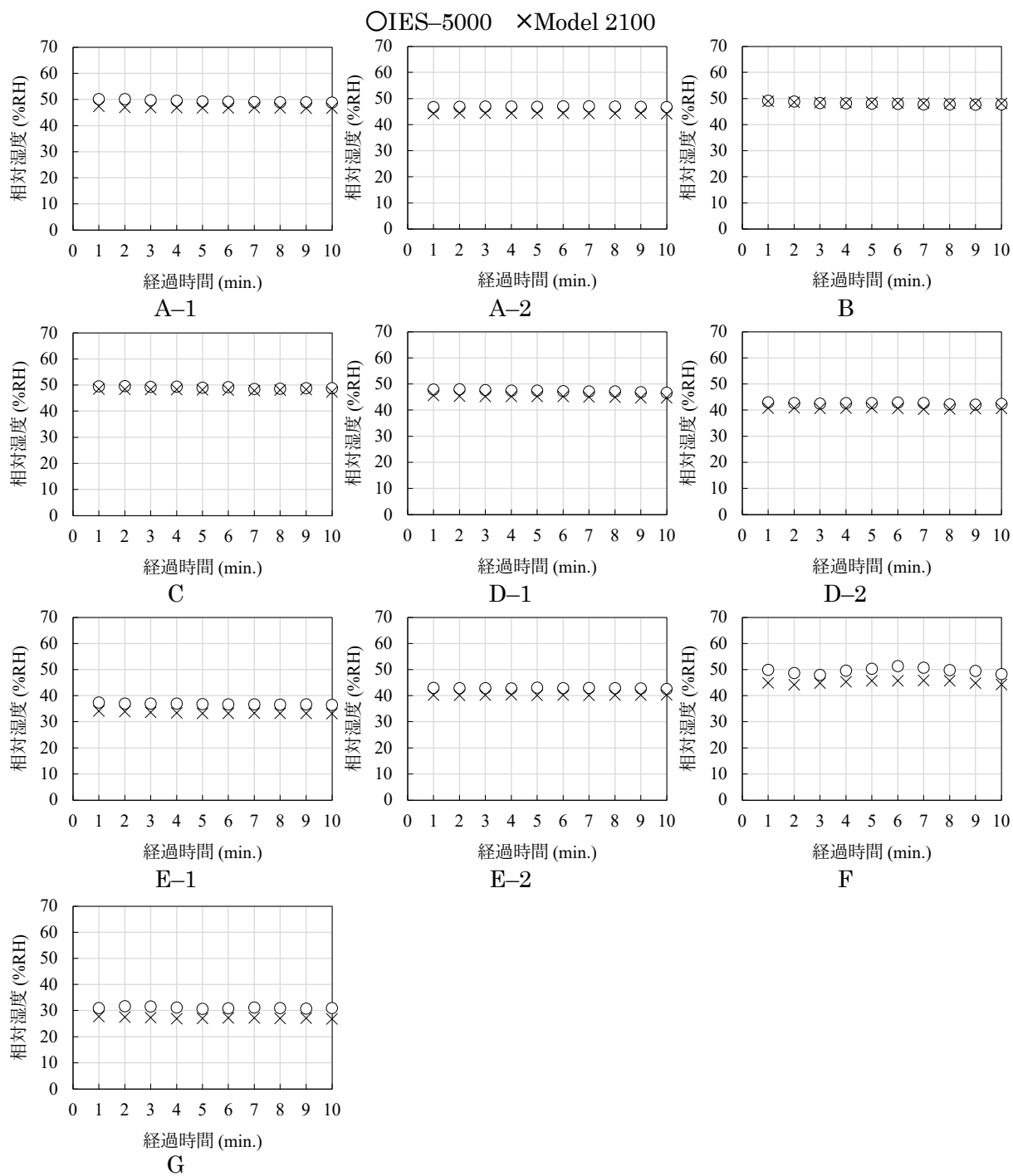


図 2-2-19 相対湿度 (2026 年冬期)

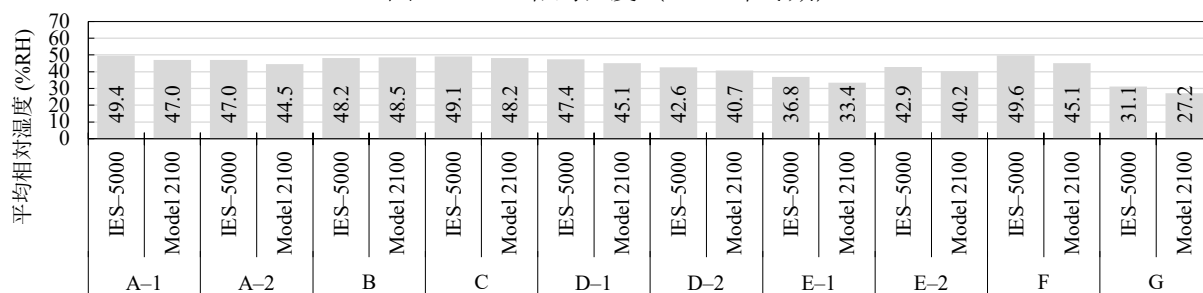
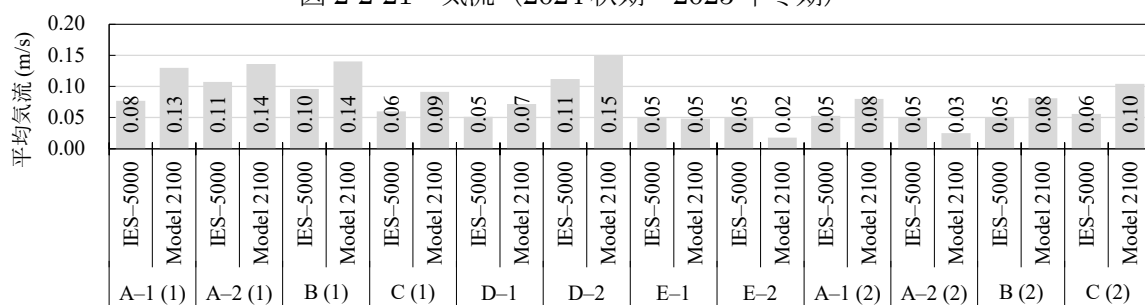
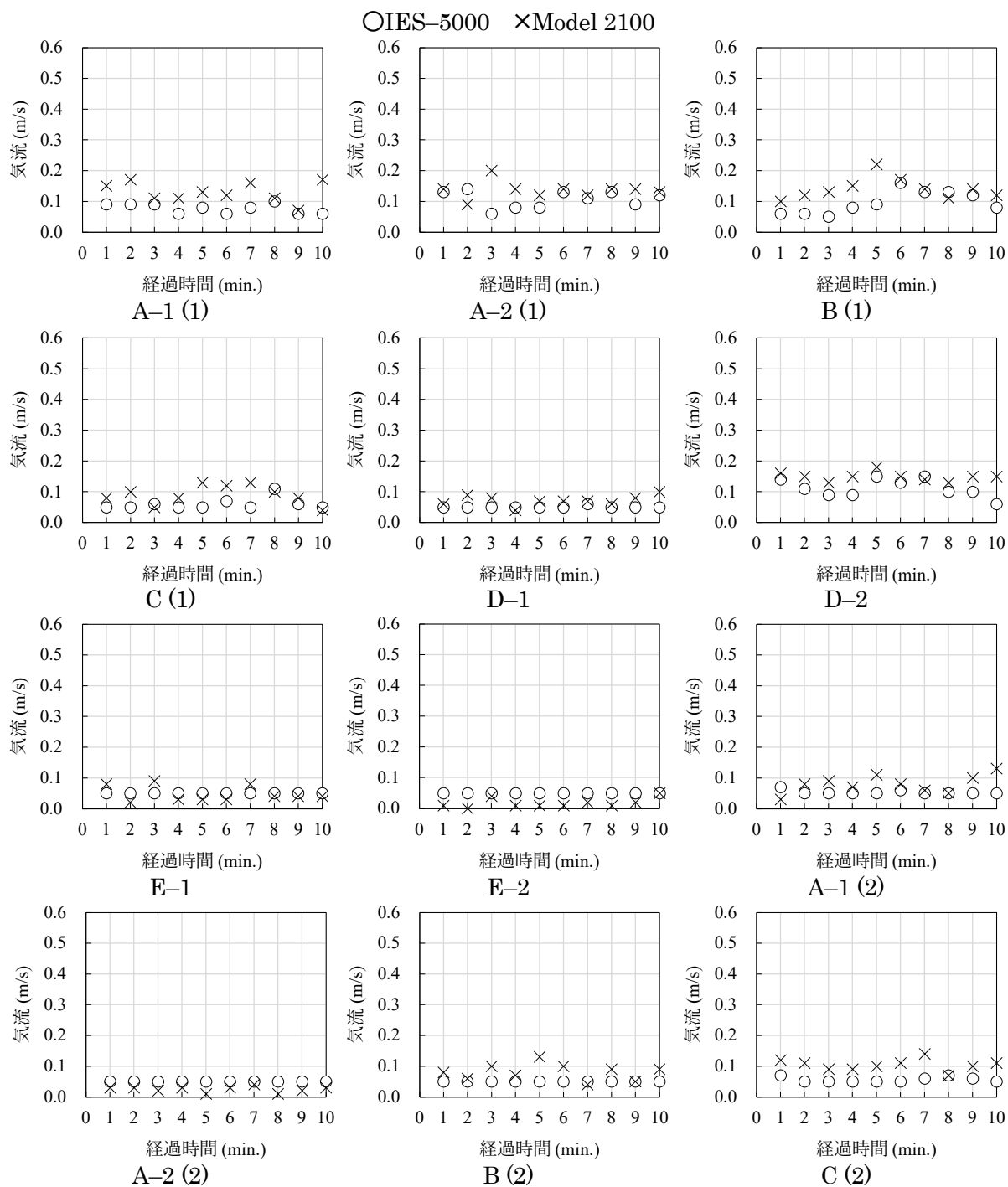


図 2-2-20 10 分間平均相対湿度 (2026 年冬期)



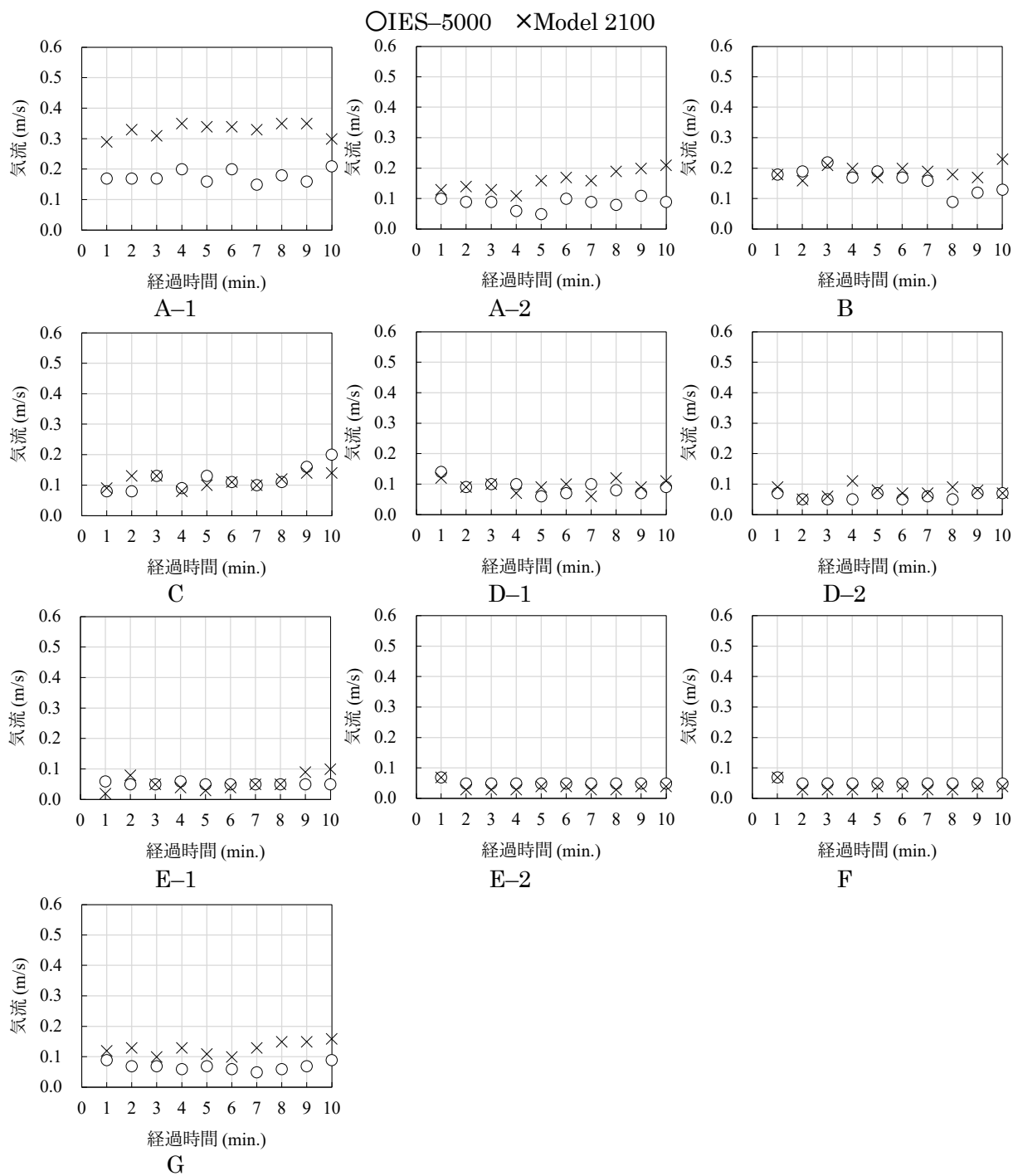


図 2-2-23 気流 (2025 年夏期)

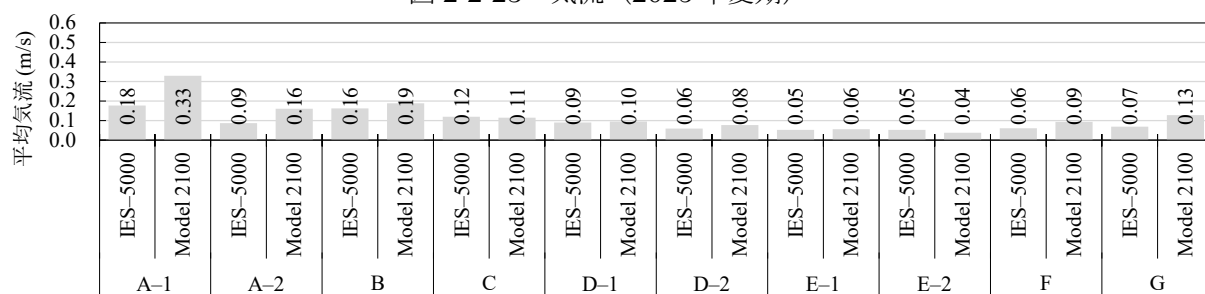


図 2-2-24 10 分間平均気流 (2025 年夏期)

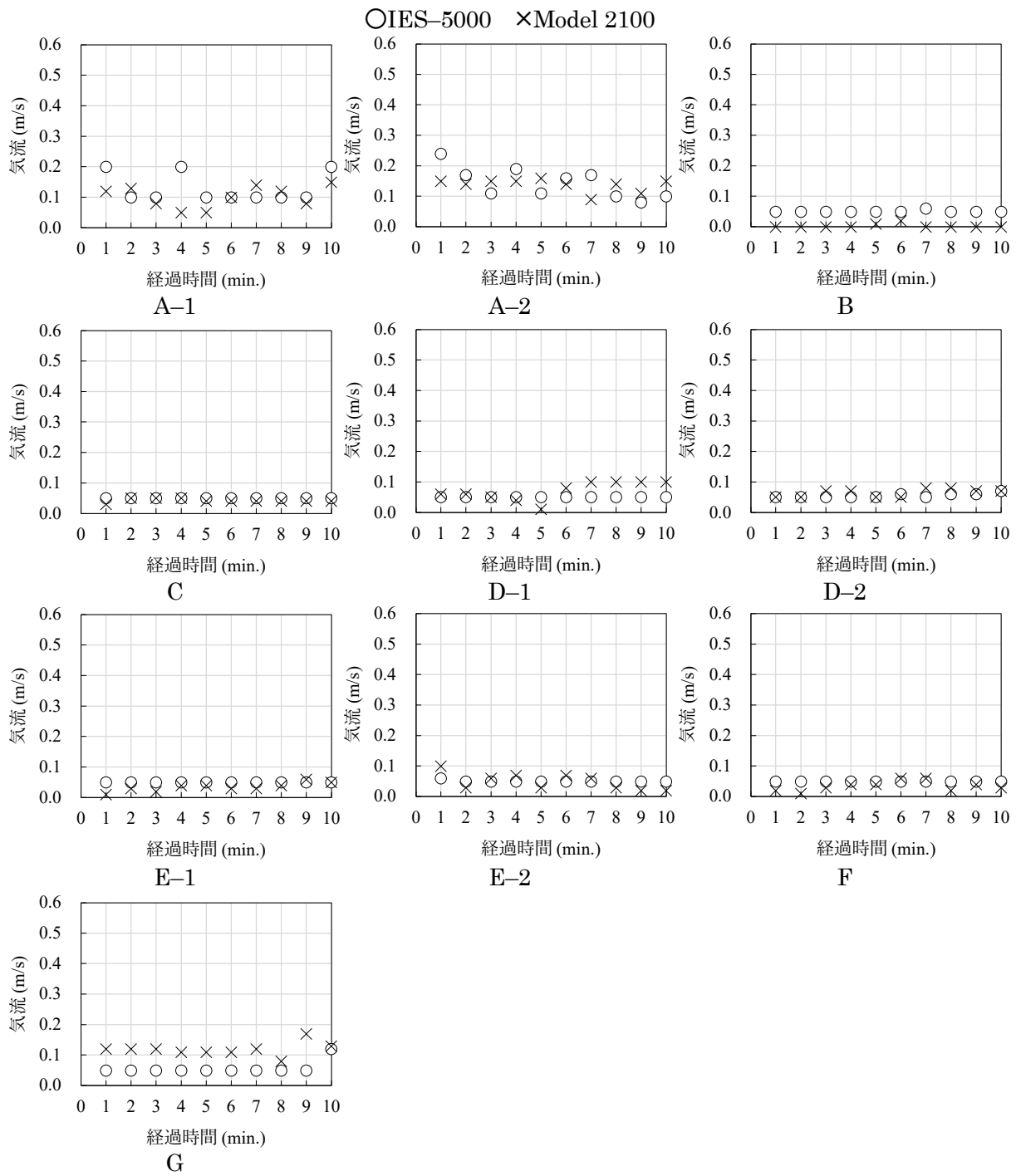


図 2-2-25 気流 (2026 年冬期)

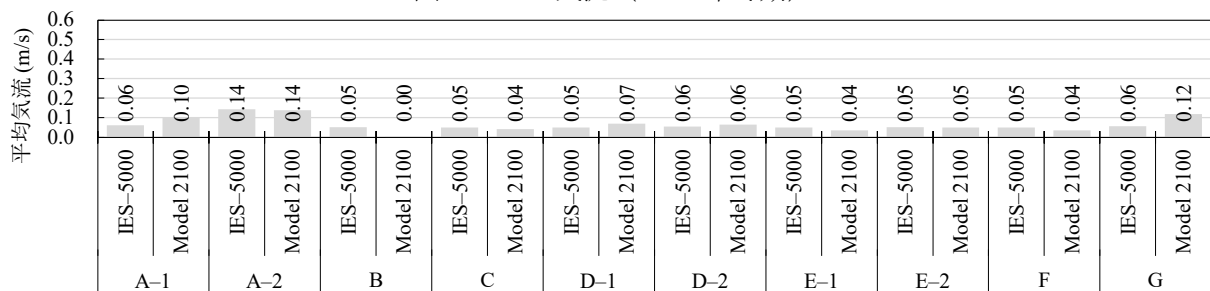


図 2-2-26 10 分間平均気流 (2026 年冬期)

2-3. 化学物質濃度 (VOCs 及びカルボニル化合物)

A. 研究目的

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

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

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

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

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

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

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

表 2-3-1 化学物質の濃度指針値

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

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

B. 研究方法

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

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

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

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

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

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

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

表 2-3-2 測定対象とした建物概要

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

表 2-3-3 空气中化学物質の測定概要

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

C. 研究結果および考察

各測定点における化学物質濃度を表 2-3-4 に示す。

アルデヒド類であるホルムアルデヒド、アセ

表 2-3-4 揮発性有機化合物の測定結果 (μg/m³)

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

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

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

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

注：空欄は検出限界以下

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

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

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

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

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

なっており、二次生成物によるものかは不明である。

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

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

D. まとめ

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

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

E. 参考文献

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

3. 著書

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

2-4. 浮遊粉じん及び浮遊粒子状物質

A. 研究目的

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

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

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

B. 研究方法

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

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

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

C. 研究結果

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

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

C.1. 浮遊粉じん濃度

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

4位までを用いた。

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

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

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

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

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

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

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

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

IES-5000 は低濃度域で敏感に数値を表すが

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

C.2. 浮遊粒子状物質濃度

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

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

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

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

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

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

C.3. 浮遊粒子状物質の IO 比

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

両方ともに室内<外気であるため、発生由来の粒径特性が原因と考えられる。

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

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

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

D. まとめ

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

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

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

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

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

E. 参考文献

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

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

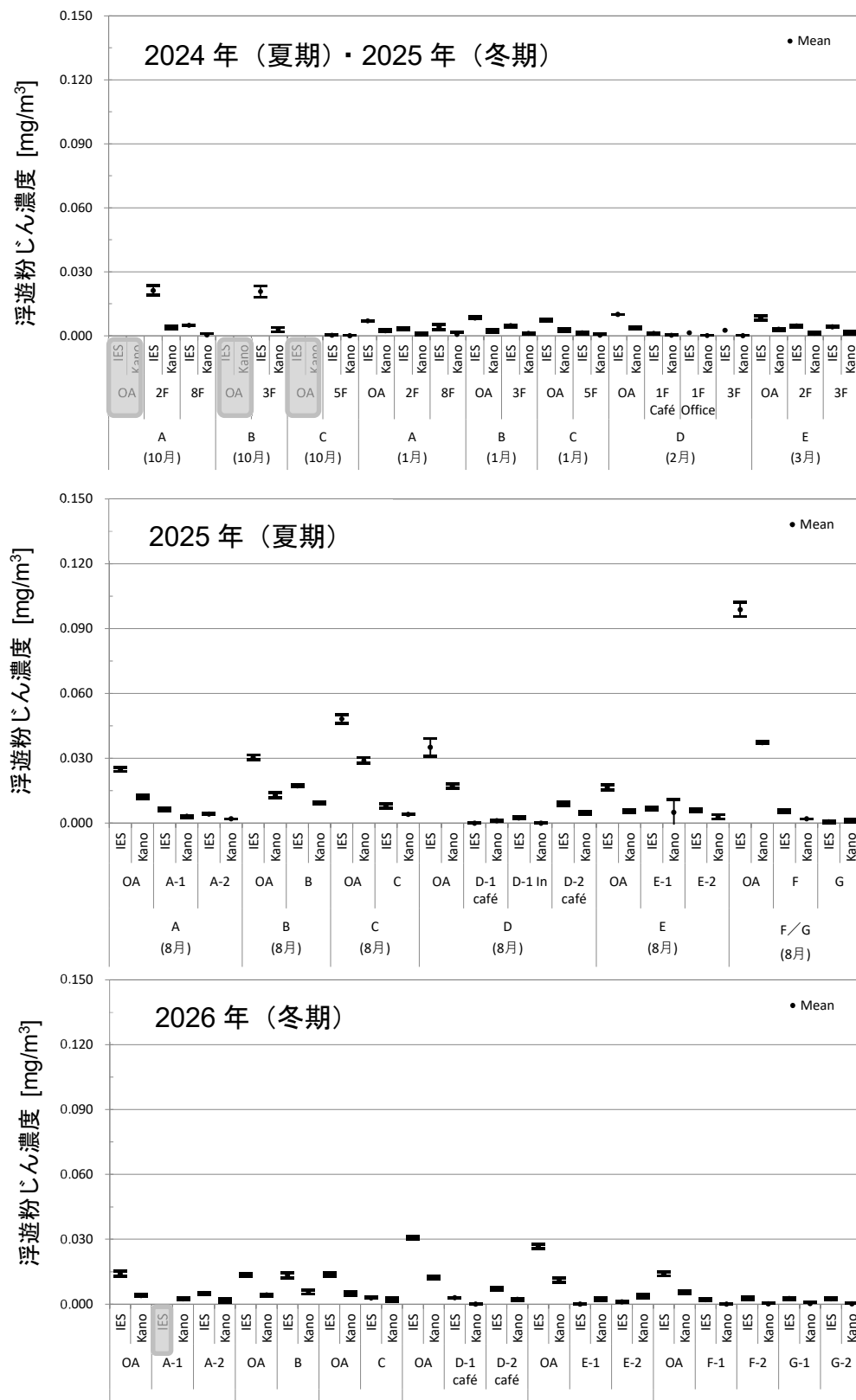


図 2-4-1 立入測定による浮遊粉じん濃度測定結果
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」
※ 陰影部分は豪雨またセンサー以上による欠測

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

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

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

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

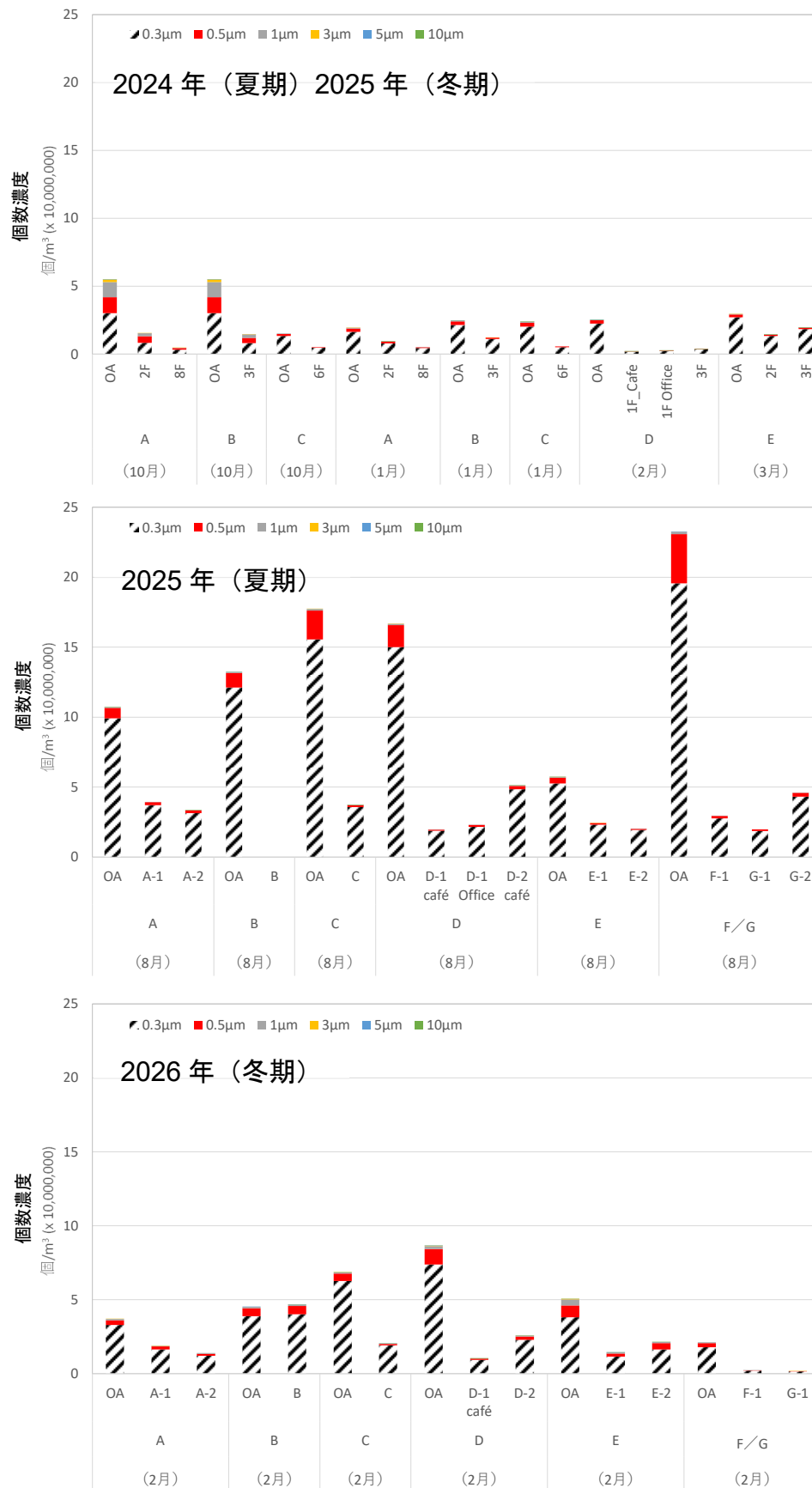


図 2-4-2 室内浮遊粒子の個数濃度積算値

※ 陰影部分は欠測

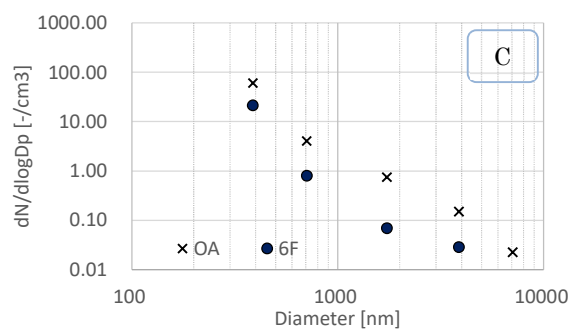
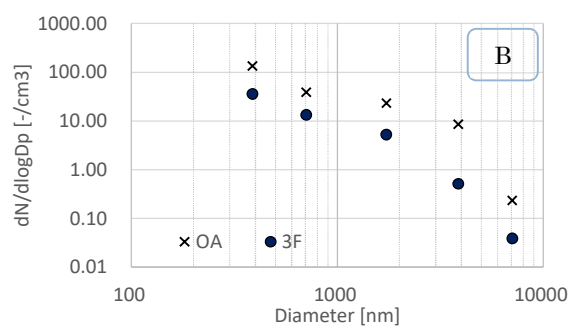
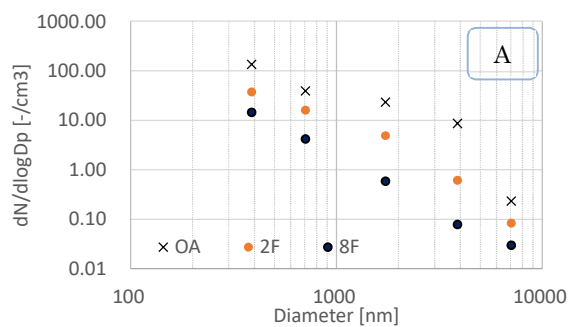


図 2-4-3 代表粒径の個数濃度分布 (10 月)

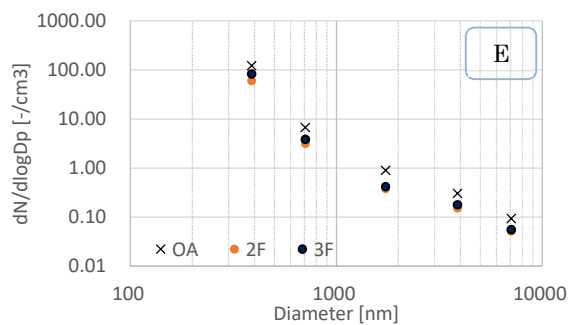
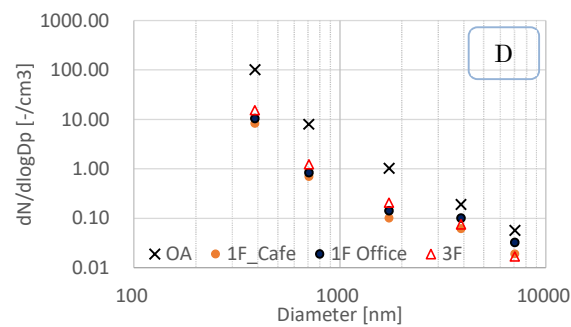
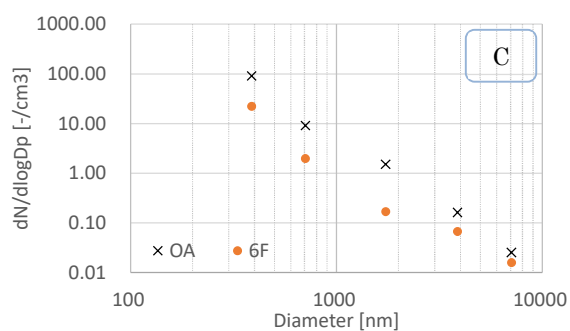
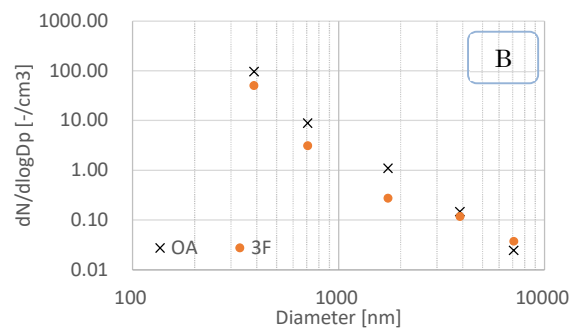
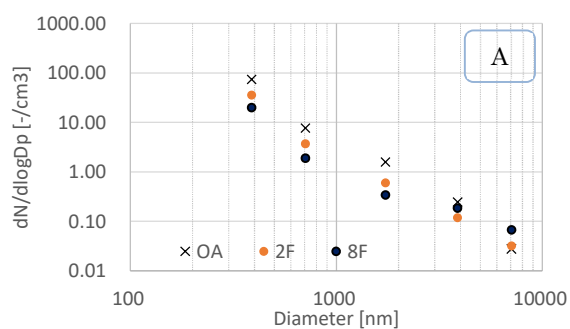


図 2-4-3 (続き) 代表粒径の個数濃度分布 (1~3 月)

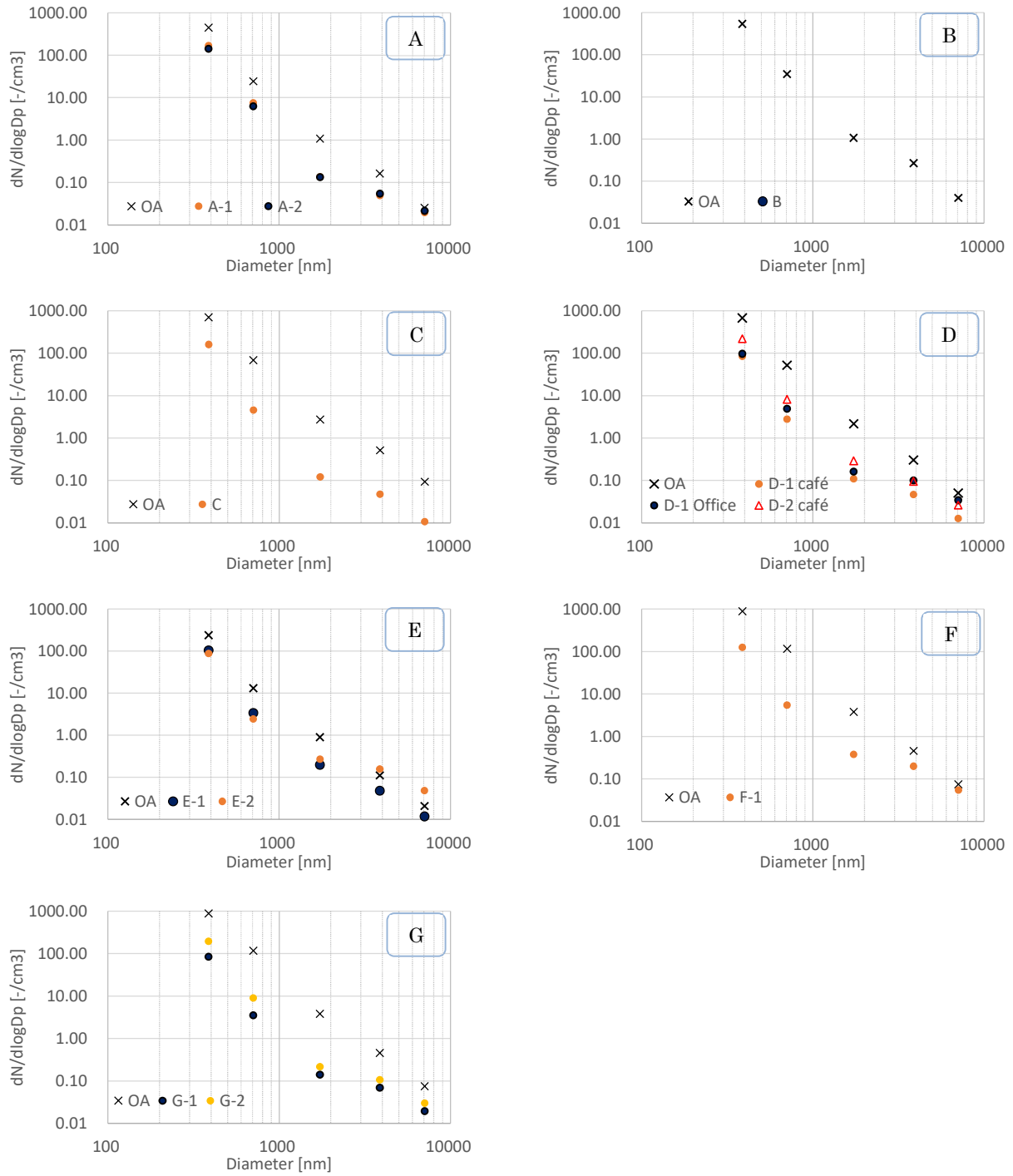


図 2-4-3 (続き) 代表粒径の個数濃度分布 (夏期: 2025 年 8 月)

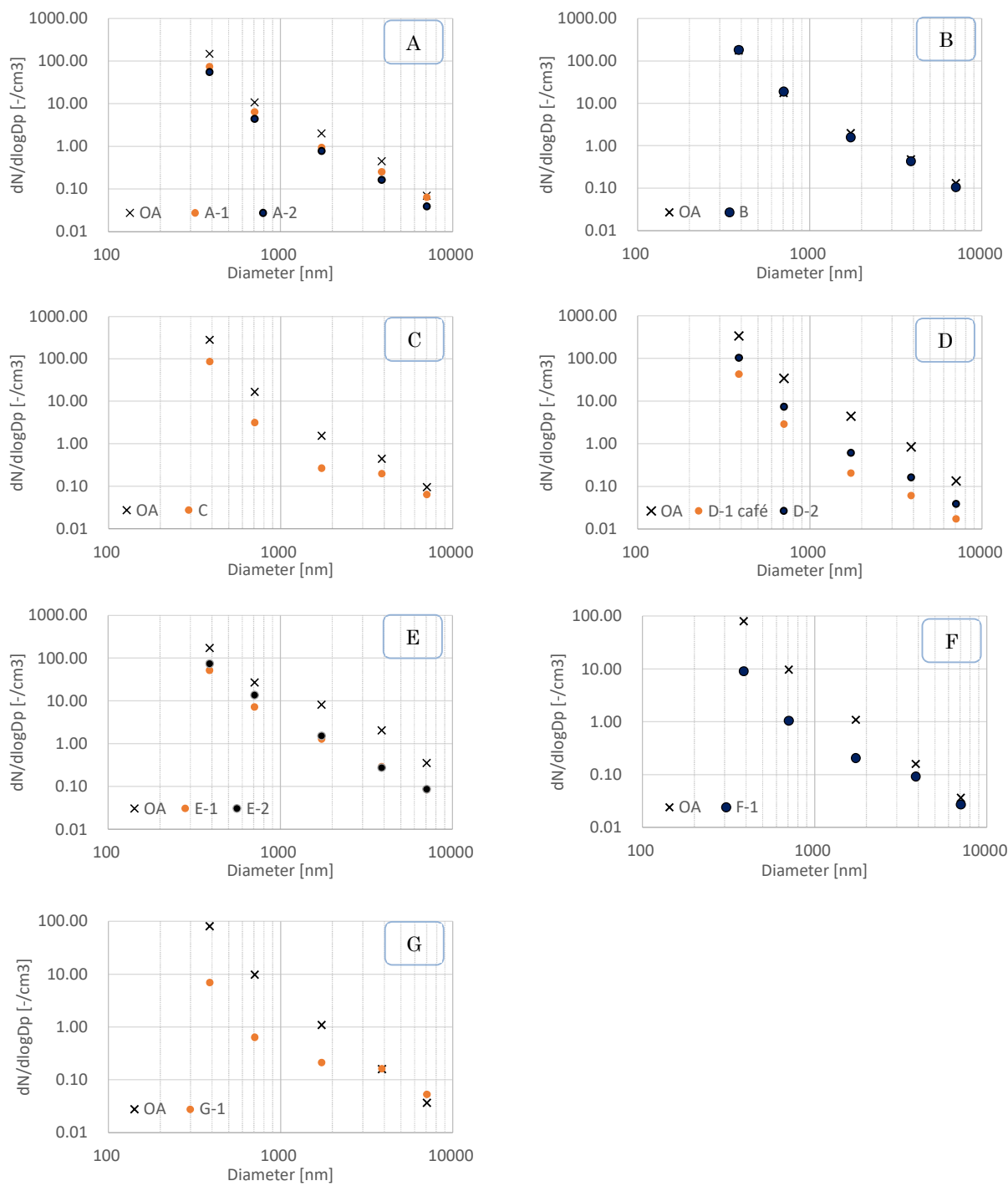


図 2-4-3 (続き) 代表粒径の個数濃度分布 (冬期：2026 年 2 月)

表 2-4-3 粒径別 IO 比（室内濃度／外気濃度）集計

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

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

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

2-5. 一酸化炭素及び二酸化炭素濃度

A. 研究目的

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

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

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

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

B. 研究方法

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

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

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

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

また、1 年目の計測結果に対して、測定機器間の計測差について検討した。

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

C. 研究結果

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

定機器間の差を集計した。

C.1. 一酸化炭素濃度

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

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

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

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

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

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

C.2. 二酸化炭素濃度

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

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

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

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

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

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

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

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

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

D. まとめ

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

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

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

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

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

校正による誤差や、機器によるセンサー感度の違いと見られる。

E. 参考文献

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

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）
予定なし

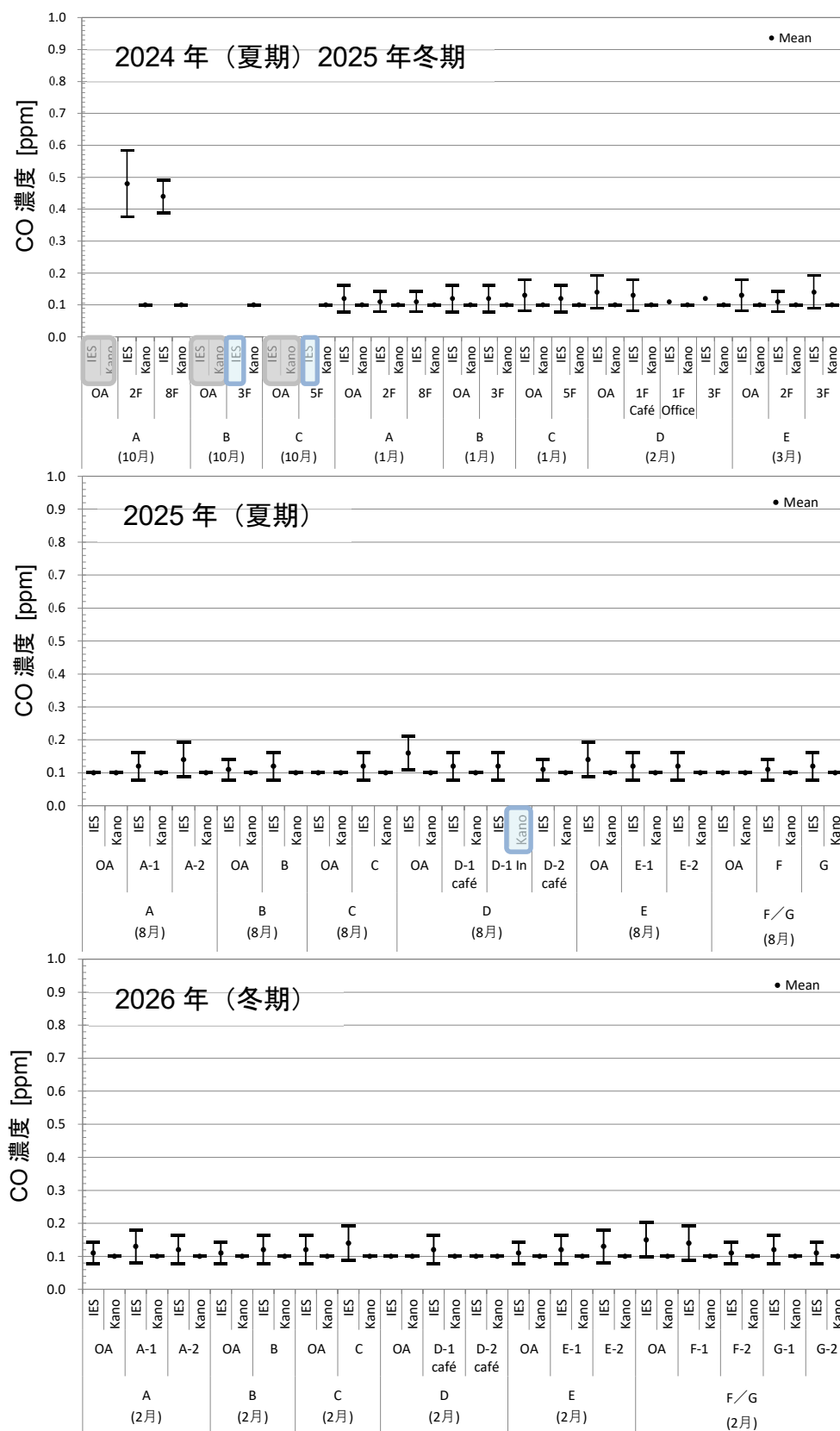


図 2-5-1 立入測定による CO 濃度測定結果
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」
注 1) 陰影部分 : 欠測

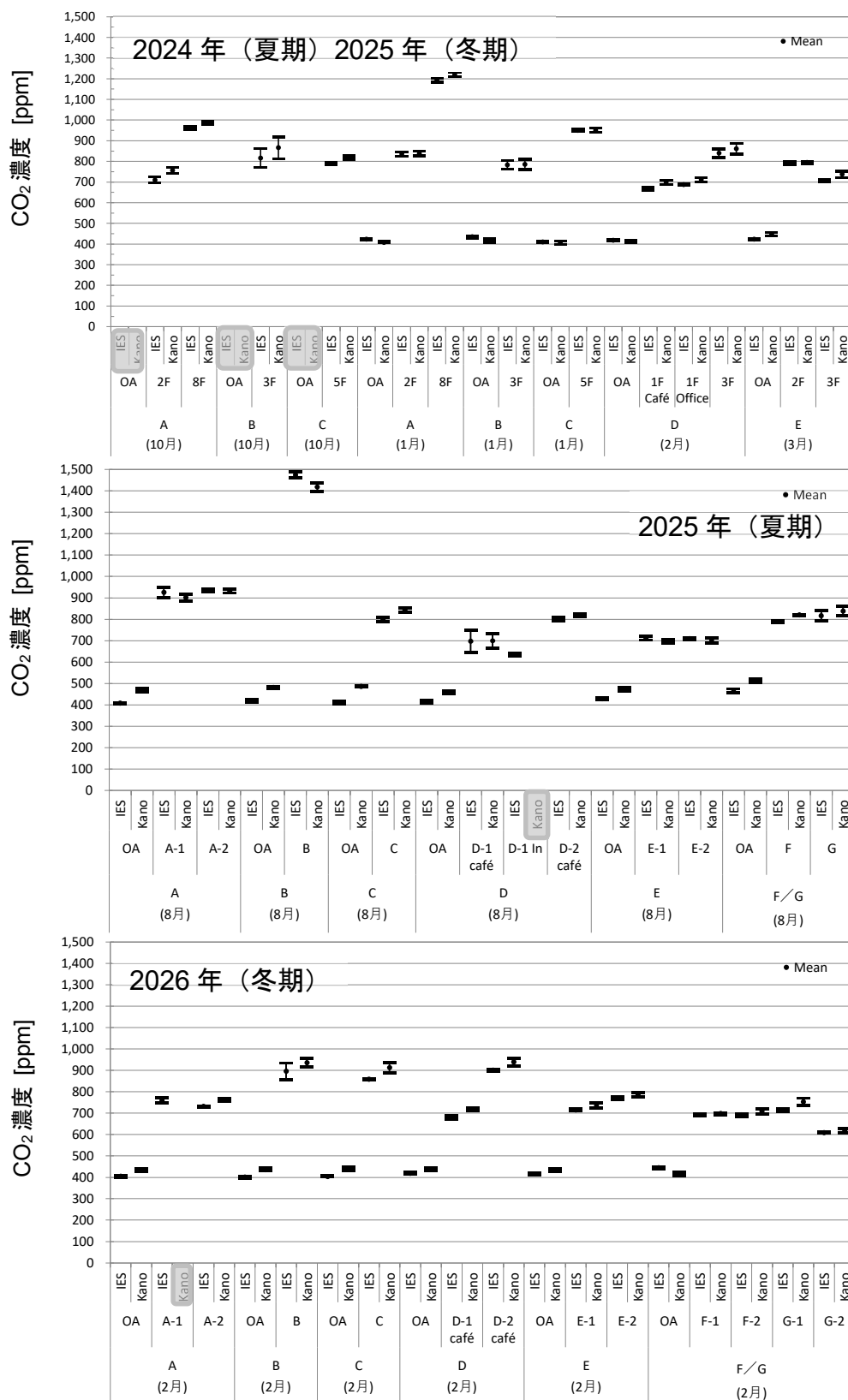


図 2-5-2 立入測定による CO₂ 濃度測定結果

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

注 1) 陰影部分 : 欠測

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

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

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

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

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

2-6 ASHRAE 55-2023 に準拠した手法による 温熱環境評価

A. 研究目的

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

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

B. 研究方法

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

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

建物 E、F、J を除き、複数フロアを対象とし

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

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

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

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

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

- ・ 0.1m くるぶし

表 2-6-1 測定対象建物概要

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

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

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

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

各建物測定点を図 2-6-1 に示す。

C. 研究結果

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

C.1 A ビル

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

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

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

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

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

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

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

C.2 E ビルと F ビル

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

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

C.3 G ビル

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

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

C.4 I ビル

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

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

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

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

C.4 J ビル

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

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

D. まとめ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

E. 参考文献

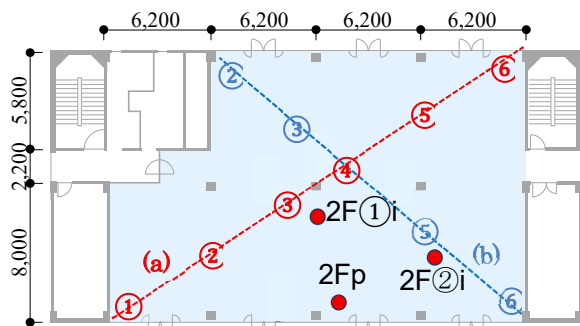
ASHRAE: ASHRAE Standard 55-2023, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, 2023

F. 研究発表

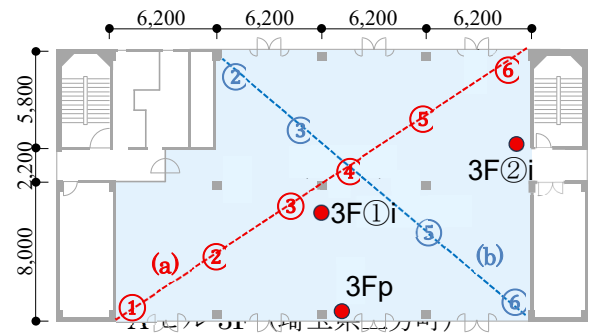
1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

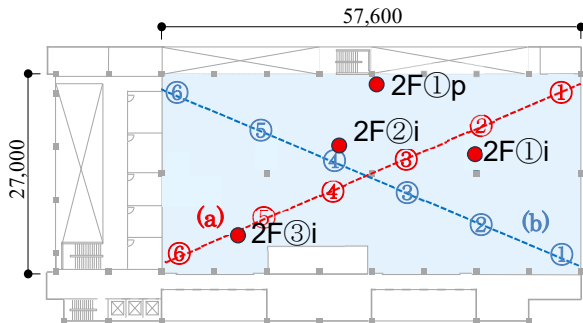
予定なし



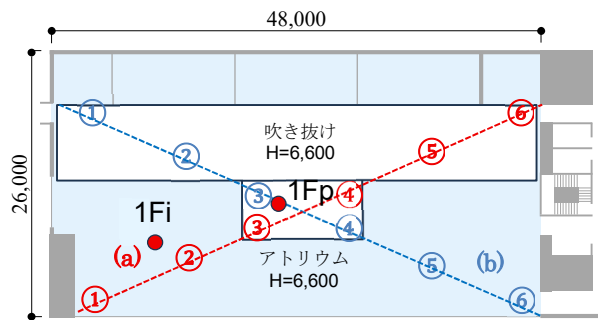
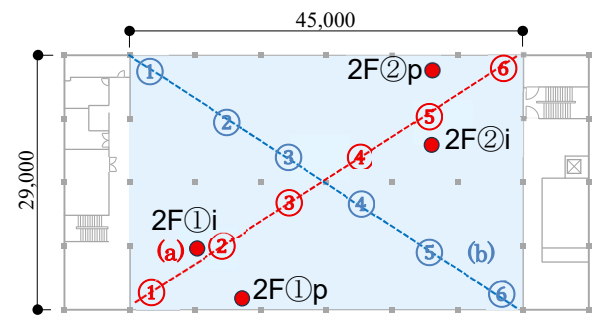
A ビル 2F (埼玉県三芳町)



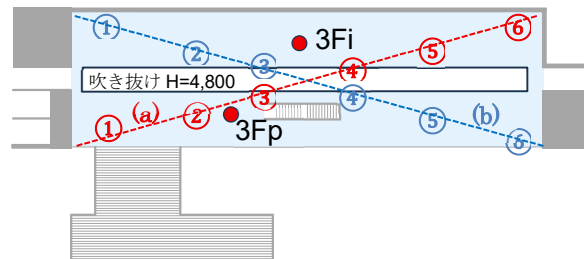
F ビル 2F (神奈川県藤沢市)



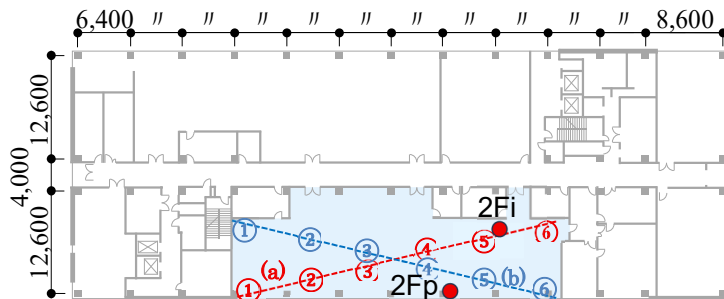
E ビル 2F (神奈川県藤沢市)



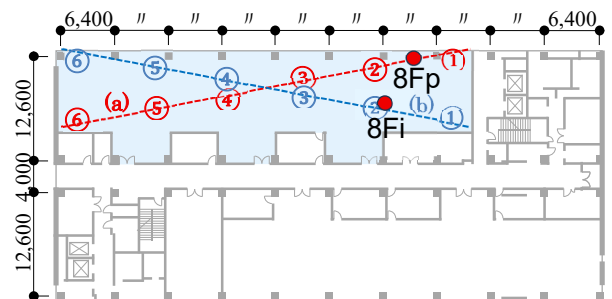
G ビル 1F (千葉県印西市)



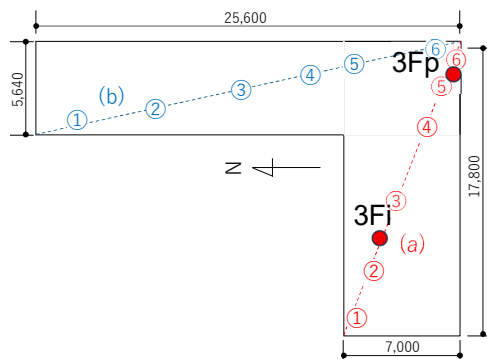
G ビル 3F (千葉県印西市)



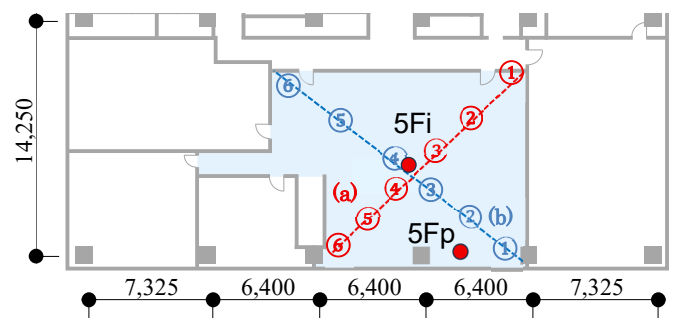
I ビル 2F (宮崎県宮崎市)



I ビル 8F (宮崎県宮崎市)

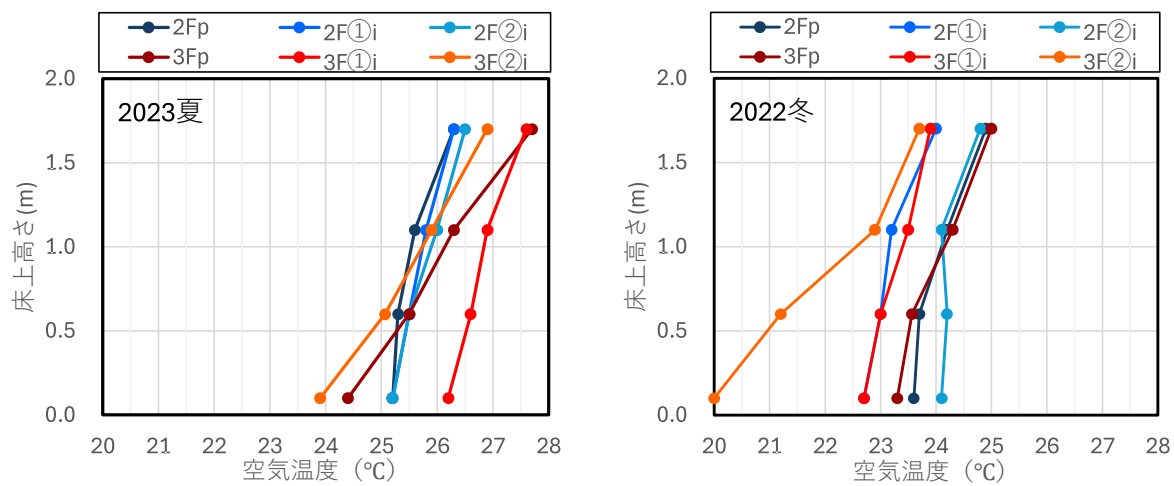


J ビル 3F (宮崎県宮崎市)



K ビル 5F (宮崎県宮崎市)

図 2-6-1 測定点一覧



(1) 2023 年度 夏季

(2) 2022 年度 冬季

図 2-6-2 A ビル 上下温度分布

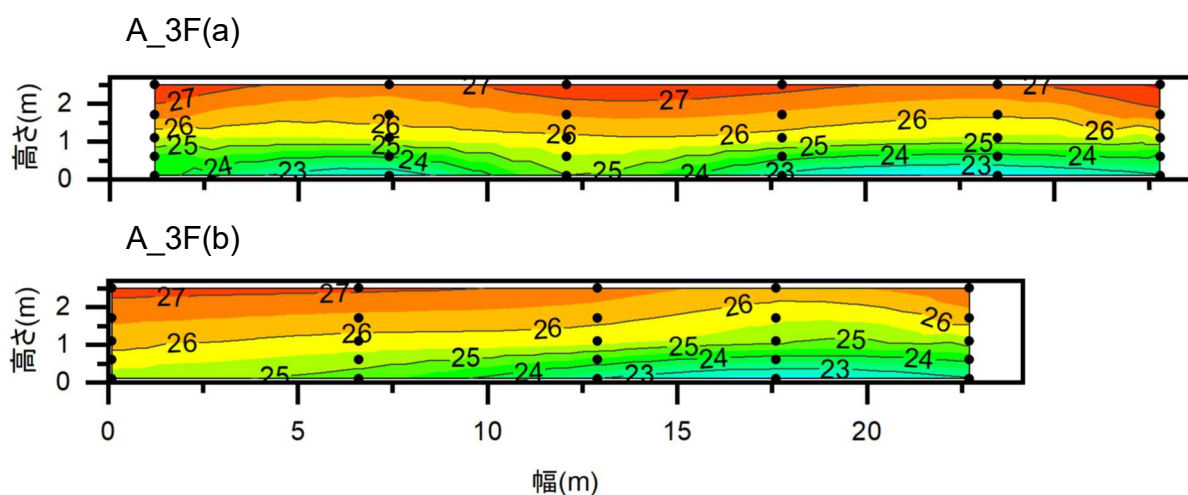


図 2-6-3 A ビル 3F 2025 年度夏季断面温度分布

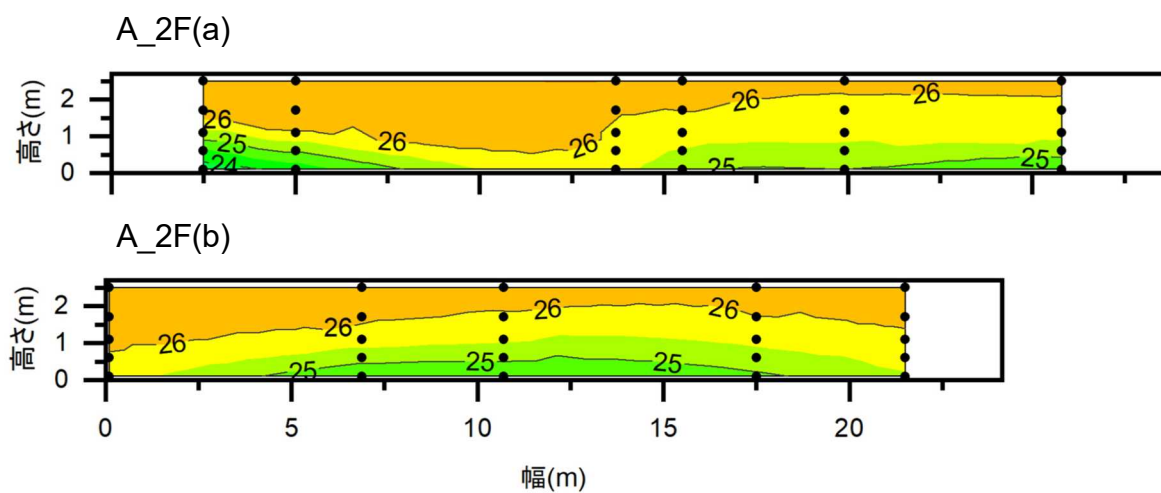
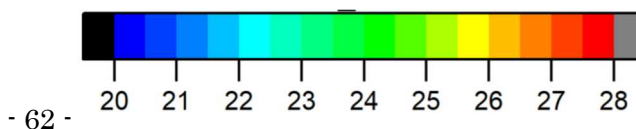


図 2-6-4 A ビル 2F 2025 年度夏季断面温度分布



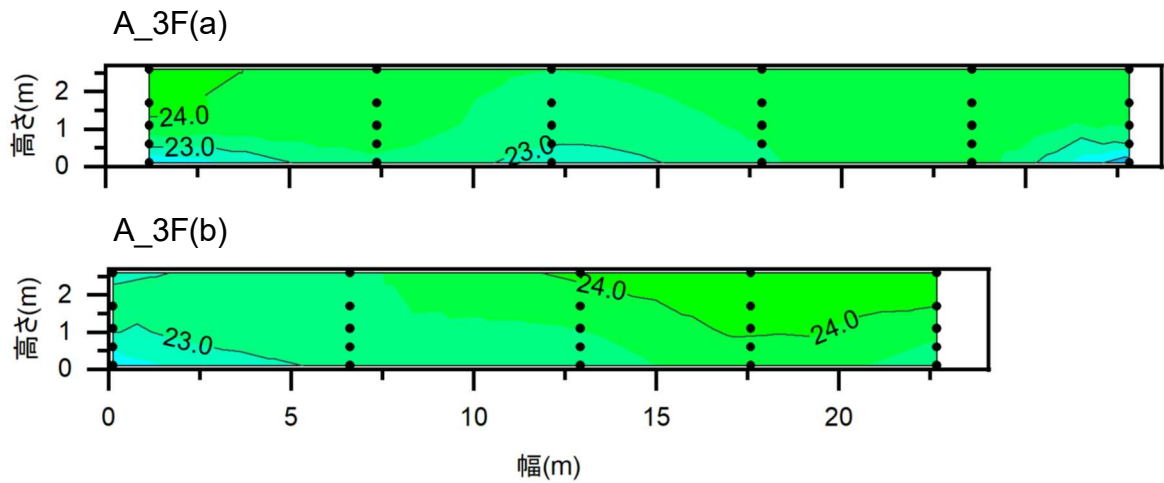


図 2-6-5 A ビル 3F 2025 年度冬季断面温度分布

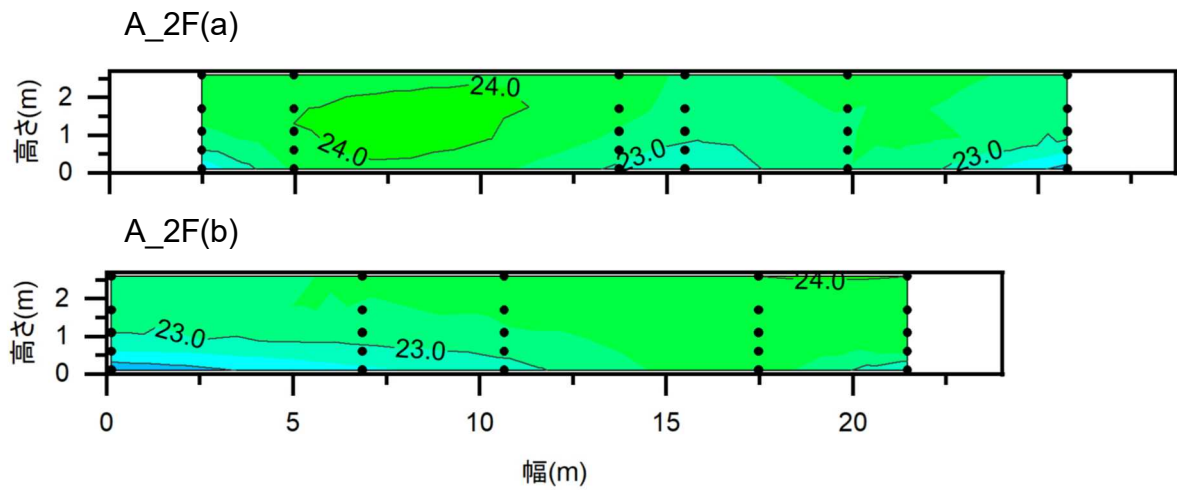
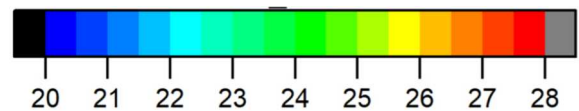
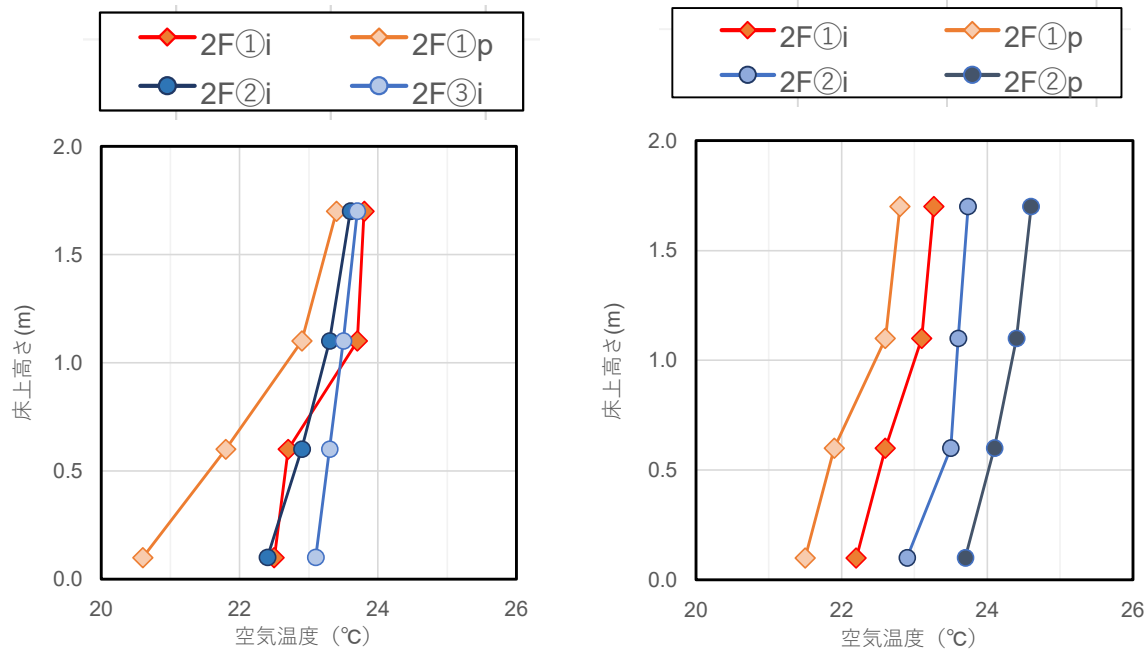


図 2-6-6 A ビル 2F 2025 年度冬季断面温度分布





E ビル

F ビル

図 2-6-7 E、F ビル 2022 年度冬季上下温度分布

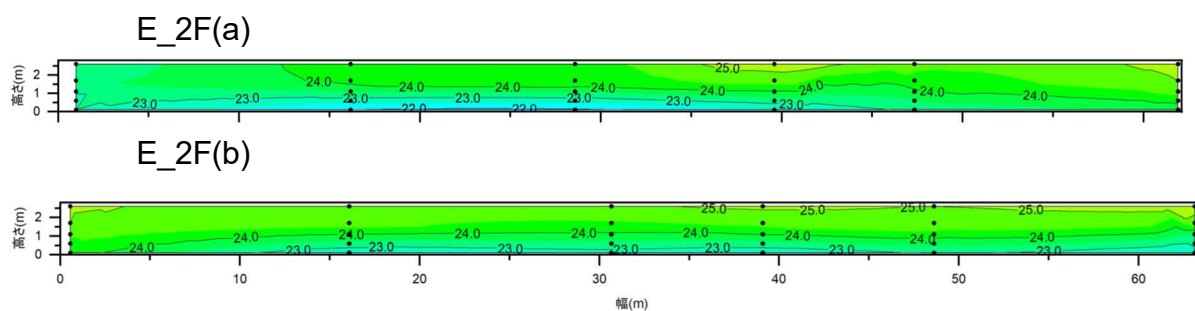


図 2-6-8 E ビル 2F 2025 年度冬季断面温度分布

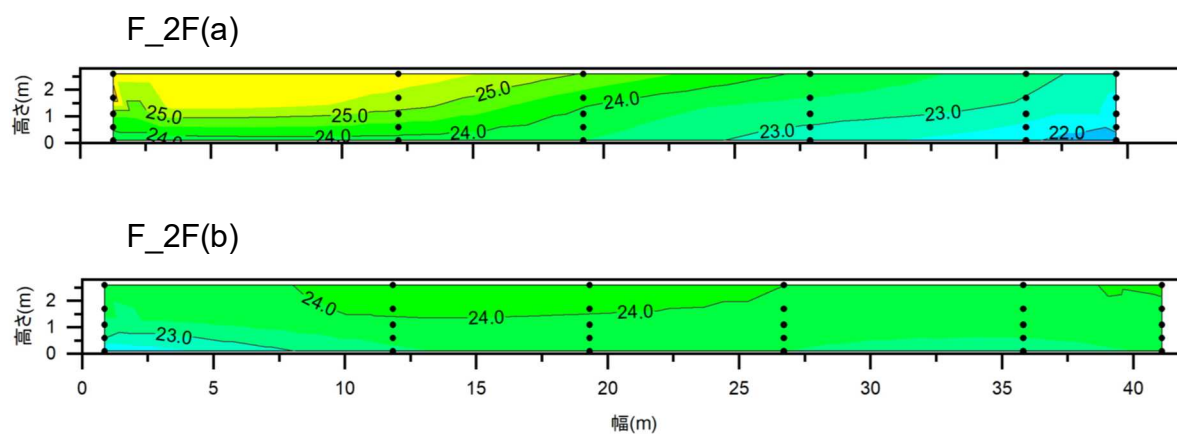
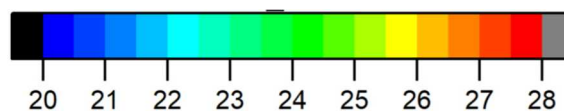


図 2-6-9 F ビル 2F 2025 年度冬季断面温度分布



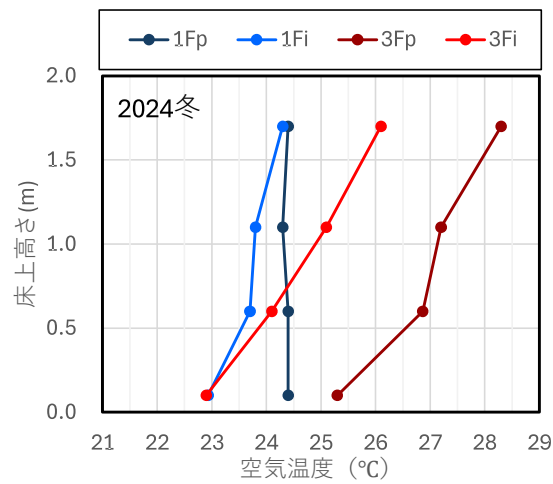


図 2-6-10 G ビル 2023 年度冬季上下温度分布

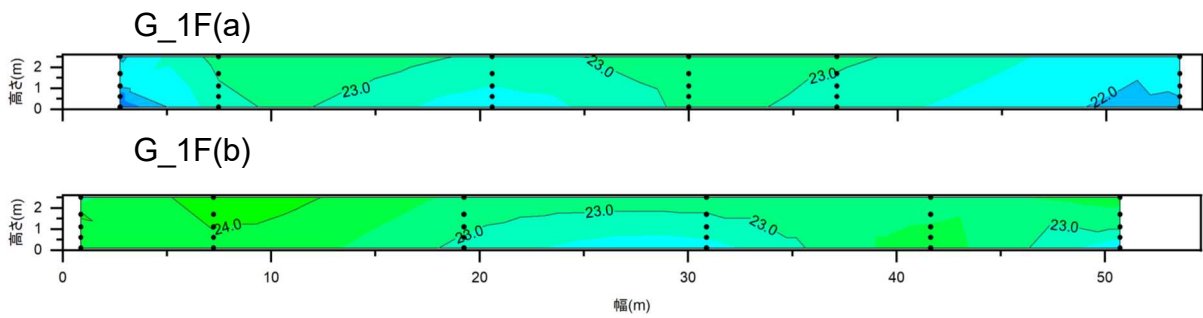


図 2-6-11 G ビル 1F 2025 年度冬季温度分布

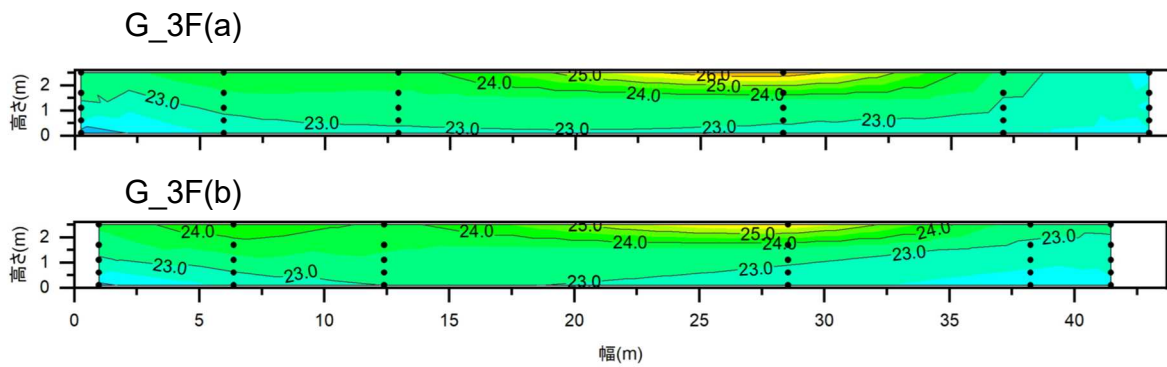
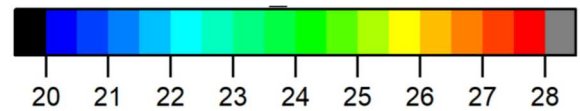


図 2-6-12 G ビル 3F 2025 年度冬季温度分布



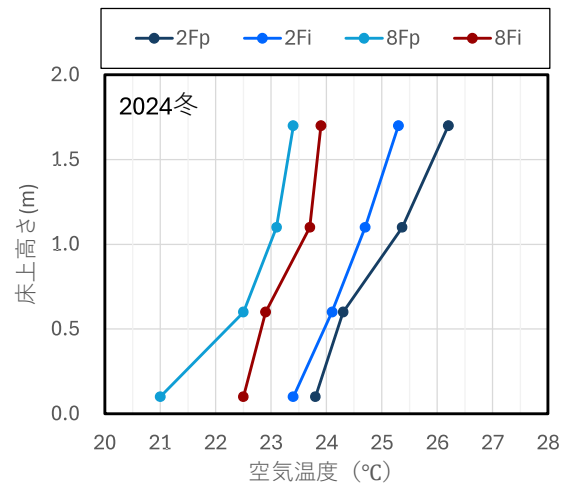


図 2-6-13 2024 年度冬季 I ビル上下温度分布

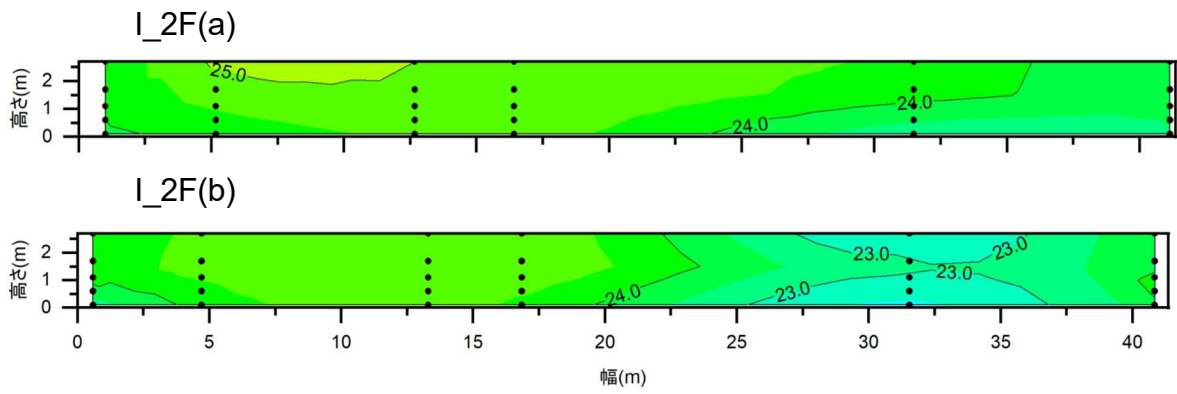


図 2-6-14 I ビル 2F 2025 年度冬季温度分布

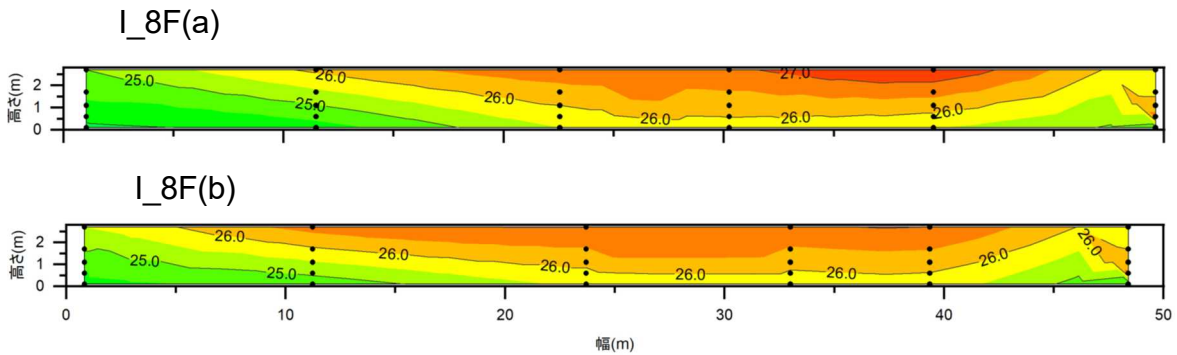
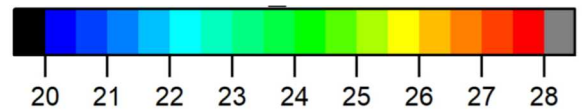


図 2-6-15 I ビル 8F 2025 年度冬季温度分布



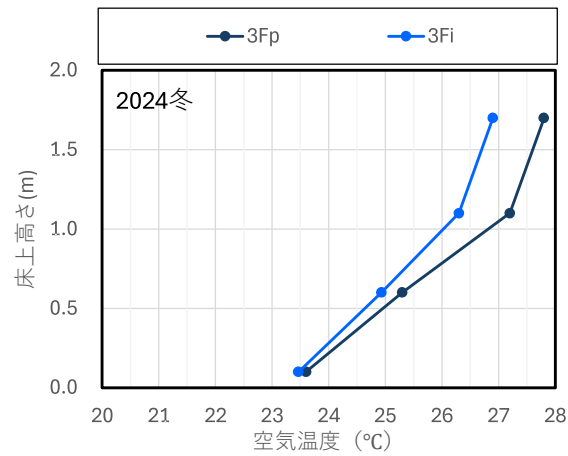


図 2-6-16 2024 年度冬季 J ビル 3F 上下温度分布

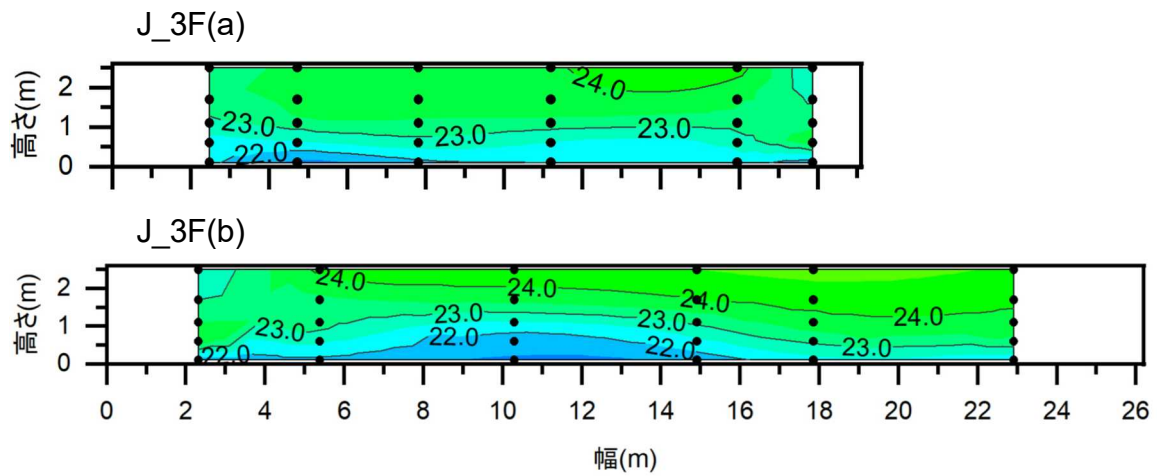


図 2-6-17 J ビル 3F 2025 年度冬季断面温度分布

