

令和6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

研究の1年目として、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の秋期及び冬期測定を実施した。

本章1節：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。

本章2節：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各室20分間測定した。ガラス面積率が大きい建築物において空気温度の平均値が最も高く26.8°Cであった。秋期の相対湿度は60%RH程度であったが、冬期の相対湿度はほとんどの建築物で40%RHを下回った。2種の空気環境6項目測定器の差の平均値は空気温度が0.3K、相対湿度が2.8%RH、気流が0.03m/sであった。

本章3節：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。

本章4節：浮遊粉じん濃度及び浮遊粒子状物質6粒径の計測結果を報告した。浮遊粉じんはいずれの建物も管理基準濃度0.15 mg/m^3 に比べると低濃度であり、計測機器間では平均0.0046 \pm 0.0049 mg/m^3 の差が見られた。6粒径浮遊粒子状物質では、全体的に1.0 μm 以下の小さな粒子では室内濃度(IA)が外気(OA)より低い傾向が見られる一方、5 μm 以上の粒子においては室内(IA)が外気(OA)より高くなる室がより増える傾向を示した。殆どの場合、室内濃度は外気より低くなっており、空調システムや空調フィルタによる低減が考えられる。

本章5節：COの外気濃度は約0.1ppm、室内CO濃度も1ヶ所を除いて0.1ppm程度と大差なく、室内CO濃度は外気由来によるものと判断された。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約400ppmに対して、室内平均は658~1234ppmと1ヶ所で管理基準1000ppm以上となっていたが、他の建物は1000ppmより低いレベルで管理されていた。機器による測定平均値の差は、COは0.06 \pm 0.11ppm、濃度差の範囲は0~0.6ppm、CO₂は19 \pm 15ppm、濃度差範囲は0~57ppmであり、校正による誤差等が考えられる。

本章6節では、ASHRAE（アメリカ暖房冷凍空調学会）のASHRAE 55の最新版（2023年）に準拠して、5件の建築物においてASHRAE 55に準拠した温熱環境評価を行った。内外温度差が大きくなる夏期と冬期に0.1mと1.7mの空気温度差が3Kを超える、窓面方向の放射温度が40°Cを超えるなど、建築物衛生法で指定されている居室の中央部の床上75cm以上150cm以下の空気温湿度の測定のみでは、室内温熱環境の問題点抽出は難しいといった課題が挙げられた。

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5件の建築物を対象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、空調吹出し位置、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。立地は宮城県 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
	構造	S 一部 RC、免震構造		RC		RC		RC		S 一部 RC	
室概要	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	
外皮断熱仕様	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		フォーム 15mm	
	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)		硬質ウレタンフォーム保温板 2種 2号 30mm	
	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		押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種 b	
	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)		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
空調吹出位置	天井		天井	天井	床	天井	床		変风量単一ダクト方式	変风量単一ダクト方式+ファンコイルユニット方式	
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(m ³ /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(m ³ /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°C 以上 28°C 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、建築物衛生法に係る測定方法による測定を行った。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。測定には柴田科学社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 A・B・C ビルは 2024 年 10 月と 2025 年 1 月、D ビルは 2025 年 2 月、E ビルは 2025 年 3 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 2-2-6 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）。

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	オートビルセット III：Model 2100
	(柴田科学株式会社)	(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
	相対湿度	高分子薄膜静電容量式
	気流	ブリッジ平衡型定温度差動作方式（熱線方式）
	CO	定電位電解方式
	CO ₂	非分散型赤外線方式
測定範囲	浮遊粉じん	光散乱方式
	温度	-10～60°C
	相対湿度	5～95%
	気流	0.05～2.00m/s
	CO	0～100ppm
測定精度	CO ₂	0～10000ppm
	浮遊粉じん	0.000～4.000mg/m ³
	温度	全域±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
	気流	全域±0.2m/s
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	2～80%：±2.0% RH 80～98%：±3.0% RH
測定精度	CO	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 ₂	指示値の±3%又は±3ppmのいずれか大きい方 @20°C
	浮遊粉じん	指示値の±3%又は±50ppmのいずれか大きい方 @20°C
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm 2001～5000ppm：±100ppm 5001～10000ppm：±500ppm
	浮遊粉じん	±10%
	温度	±0.5°C
	相対湿度	±4%RH @25°C
測定精度	CO	0～10ppm：±2.5ppm 10.1～100ppm：±5ppm
	CO ₂	0～2000ppm：±50ppm

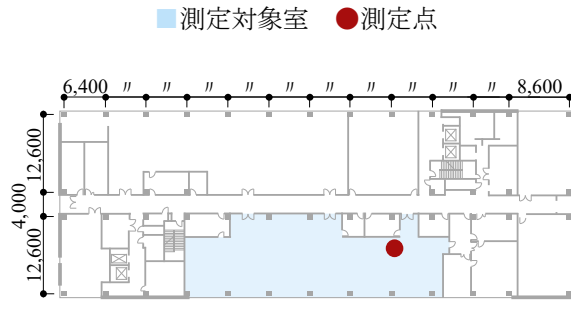


図 2-2-1 Aビル (2F) 平面概要図

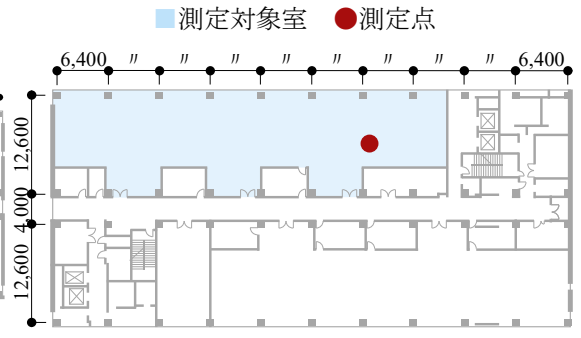


図 2-2-2 Aビル (8F) 平面概要図

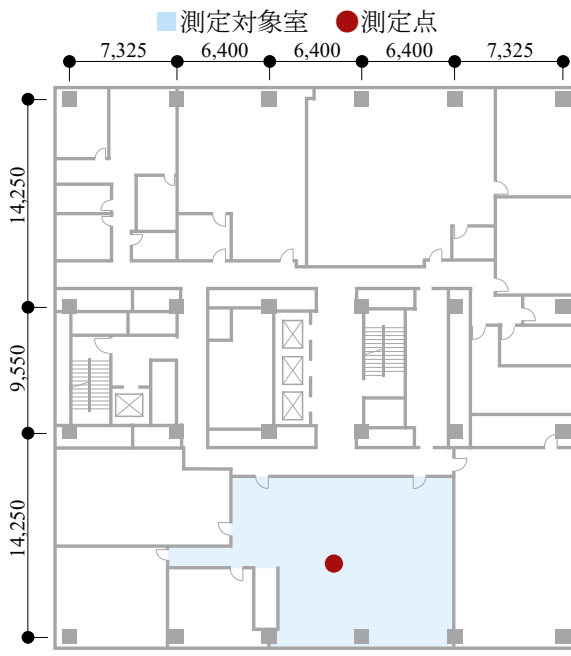


図 2-2-3 Cビル平面概要図

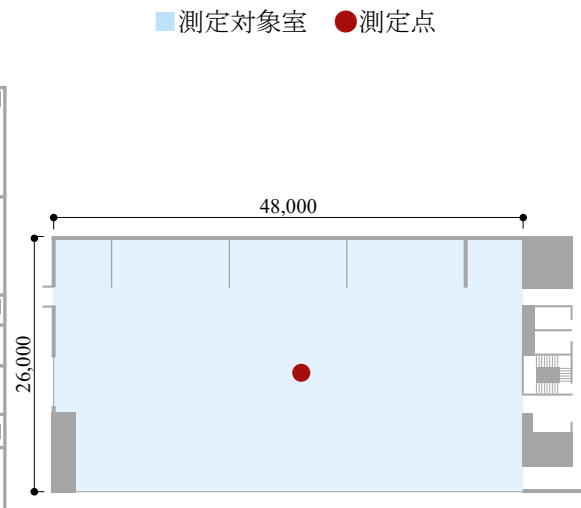


図 2-2-4 Dビル (1F) 平面概要図

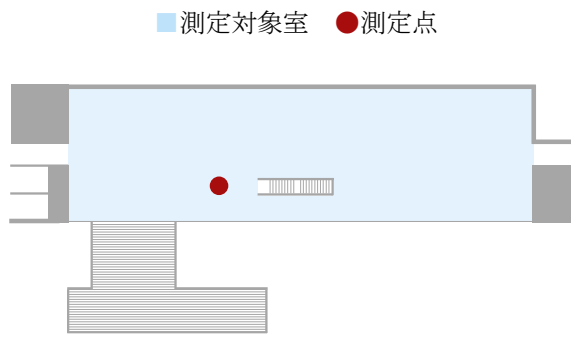


図 2-2-5 Dビル (3F) 平面概要図

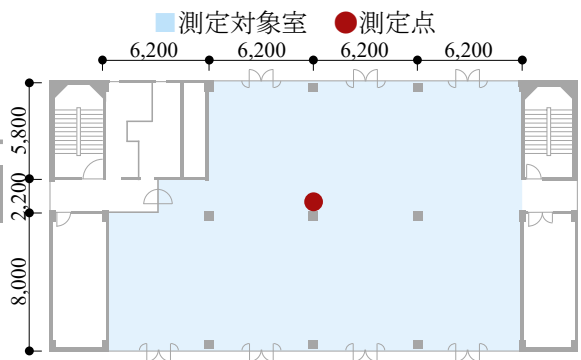


図 2-2-6 Eビル (2F・3F) 平面概要図

表 2-2-2 測定日時と測定時刻

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
室内測定終了時刻	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

C. 研究結果

C.1. 温度

温度の測定結果を図 2-2-7 に示す。C ビルの IES-5000 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。

10 分間平均温度を図 2-2-8 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。

C.2. 相対湿度

相対湿度の測定結果を図 2-2-9 に示す。B ビルでは 10 月測定時に測定開始時から測定終了時まで 4～5%RH の低下が生じていたが、その他の建築物では大きな変動は見られなかった。

10 分間平均相対湿度を図 2-2-10 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。

C.3. 気流

気流の測定結果を図 2-2-11 に示す。B ビルでは 10 月測定時に空調の影響と考えられるが最高 0.22m/s まで上昇していた。その他の建築物では 0.2m/s を超過することはなく、大きな変

動も見られなかった。

10 分間平均気流を図 2-2-12 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るが、IES-5000 は低速気流の場合に 0.05m/s と記録される。

D. まとめ

本節では、5 件の建築物で測定した温度、相対湿度、気流速度的結果を示した。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多かった。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 2025-4-22)

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

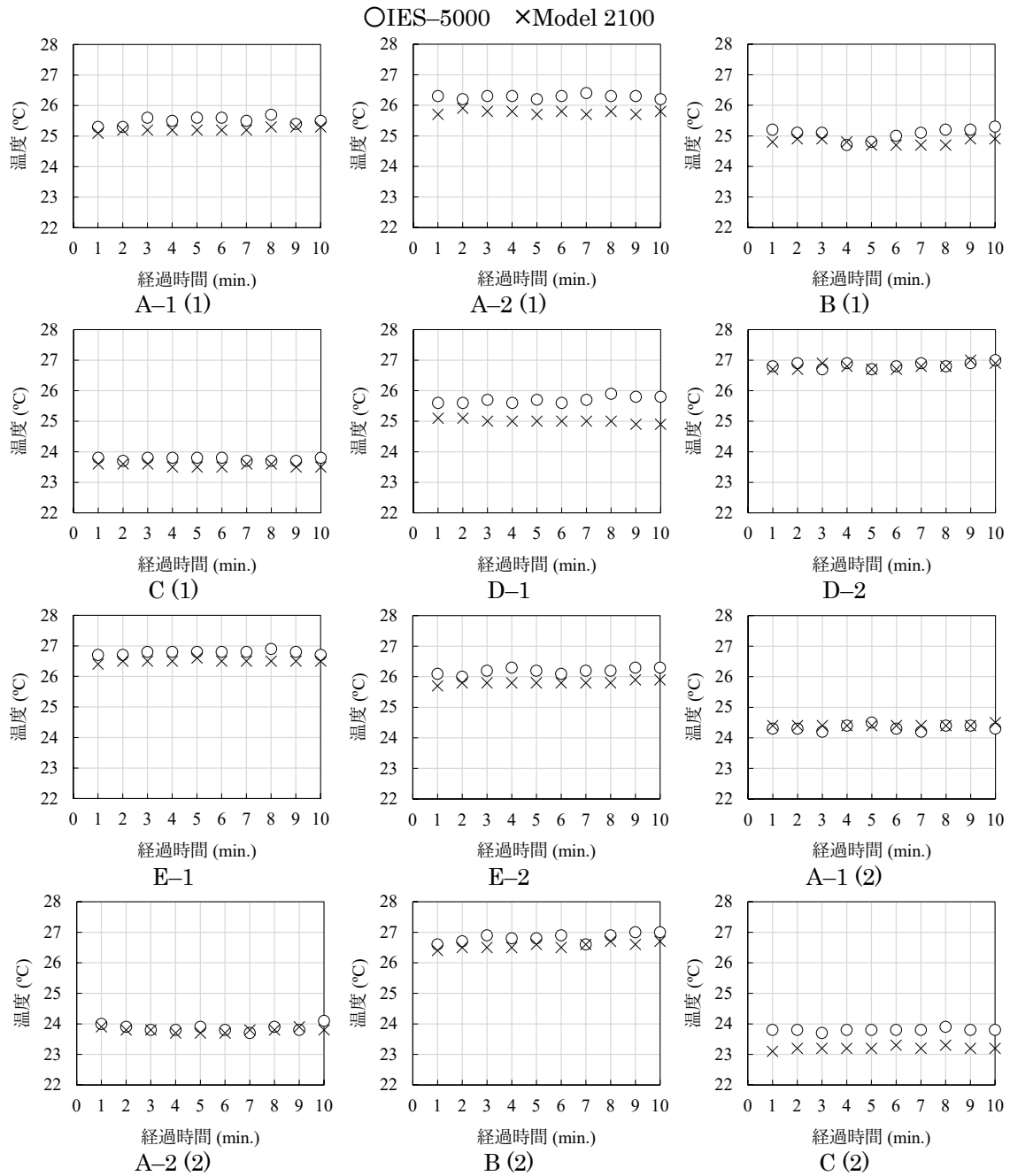


図 2-2-7 温度

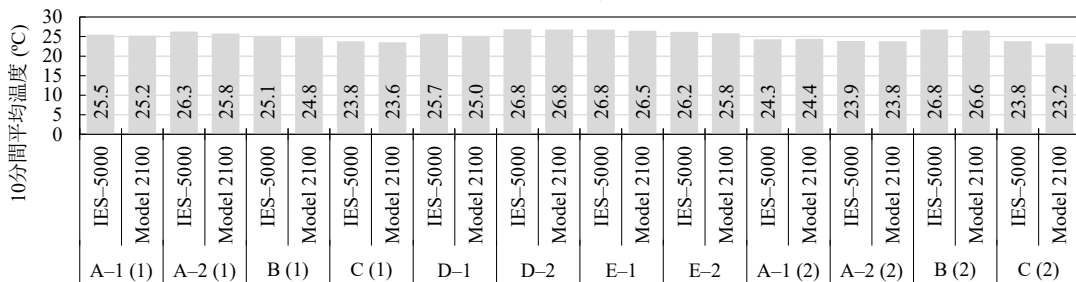


図 2-2-8 10分間平均温度

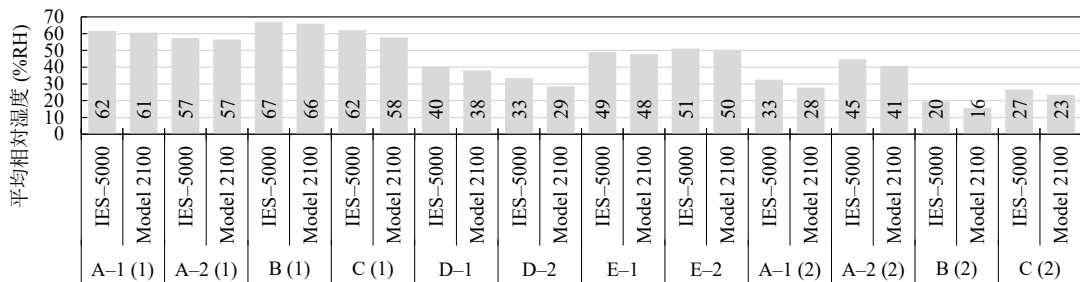
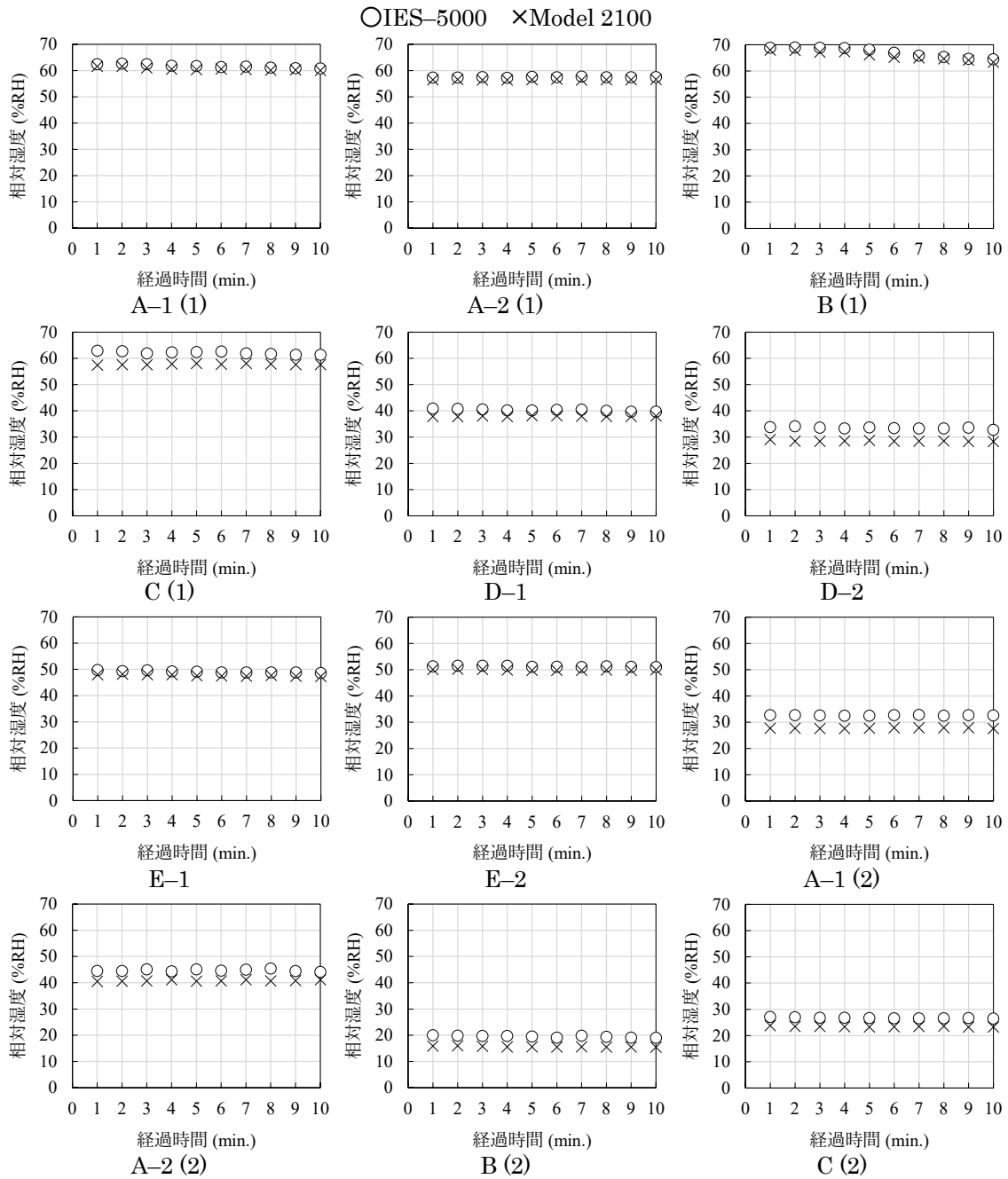


図 2-2-10 10 分間平均相对湿度

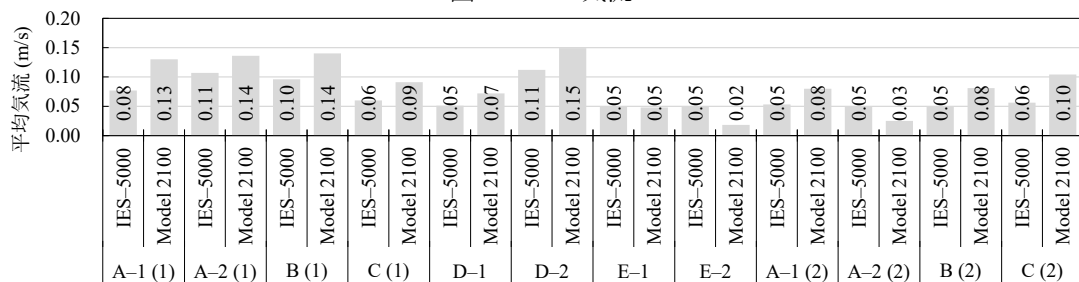
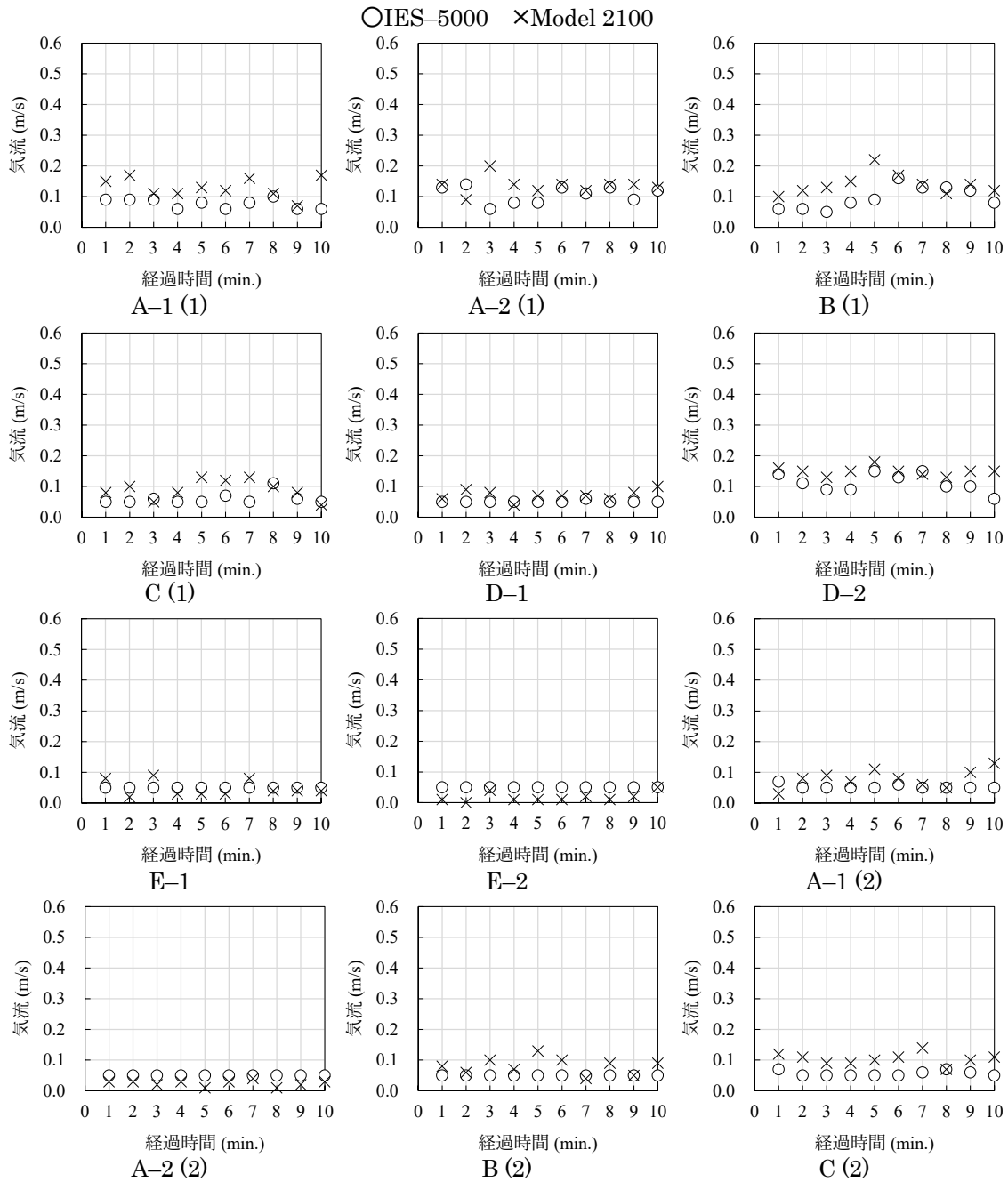


図 2-2-12 10 分間平均気流

2-3. 化学物質濃度 (VOCs 及びカルボニル化合物)

A. 研究目的

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

厚生労働省の室内濃度指針値は、現状において入手可能な科学的知見に基づき、人がその化学物質の示された濃度以下の暴露を一生涯受けたとしても、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气中の 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はないと考えられる、としている⁵⁾。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-ペンタン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-ペンタン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。

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)
エチルベンゼン	370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.085 ppm)
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppb) 小児の場合 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 E の埼玉県、千葉県、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 月の冷房期と、2025 年 1 月から 3 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 (ヘキサシラン) 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
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
階数(地上/地下)	10/1			4/1	3/0
構造	S一部RC、 免震構造			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	
測定場所面積 [m ²]	540	225	173	1195	354
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)
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%
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
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)

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 1 物件のみ検出されたが、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 C 以外で検出され、特に建築物 E 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

表 2-3-4 揮発性有機化合物の測定結果

	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

	C (2025/1/29)		A (2025/1/29)			B (2025/1/30)		D (2025/2/25)			E (2025/3/28)		
	C	OA	A-1	A-2	OA	B	OA	D-1	D-2	OA	E-1	E-2	OA
Formaldehyde	4.2	1.8	3.7	8.7	0.0	4.5	0.0	5.0	6.2	1.7	10.7	10.0	1.3
Acetaldehyde	7.3	9.0	6.5	13.3	3.5	5.7	4.5	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	25.5	1.5	67.1	129.5	4.6	258.6	4.6	53.3	46.2	73.9	302.3	253.0	131.2

注：空欄は検出限界以下

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。

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 10 月の方が高い値となっており、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しました。

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.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/shingi2/0000166151.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/shingi2/0000166151_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気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} とは少し異なる。

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。

粒径別の浮遊粒子濃度は 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グラフを、表2-4-1に浮遊粉じん測定結果の集計表、表2-4-2に測定機器間の差を示す。

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及び図2-4-4に代表粒径の個数濃度分布を示す。また、図2-4-5に粒径別 IO 比 (室内濃度/外気濃度) の結果を、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三位までが最大有効数字であるが、ここでは差を比較するために

小数第4位までを用いた。

夏期 (10月) は測定当日、豪雨のため空気環境6項目の外気測定は欠測となった。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。

冬期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。

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。

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る。

C.2. 浮遊粒子状物質濃度

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用による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。

個数濃度の積算値 (図2-4-2) として、 0.3 、 0.5 、 1.0 、 $3.0\mu\text{m}$ の小さな粒子は全物件において外気 (OA) が室内濃度 (IA) より高い傾向を示す。

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 、 $10\mu\text{m}$ 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。

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、空調や室内沈着による濃度低減も生じる。今回測定した、物件では冬期の

建物 B や E は半減かそれ以下の濃度低減であるが、A、C、D では外気に比べて大幅な濃度低減が見られる。空調システムや空調フィルタによる低減が考えられる。

個数濃度 (図 2-4-3 及び図 2-4-4) 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

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。つまり、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 比平均も 0.3、0.5、1.0、3.0 μm では 0.3、0.3、0.2、0.4 と外気より大きく下回っているが、5 μm と 10 μm では 0.7、1.7 と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 0.15 mg/m^3 に比べると低濃度であった。測定機器間では平均 0.0046 \pm 0.0049 mg/m^3 の差が見られたが、濃度基準値に比べて低いレベルである。

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室内濃度 (IA) が外気 (OA) より低い傾向を示した一方、5 μm 以上の粒子においては室内 (IA) が外気 (OA) より高くなる室が増えた。

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の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がある。

殆どの場合、室内濃度は外気より低くなって

おり、空調システムや空調フィルタ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

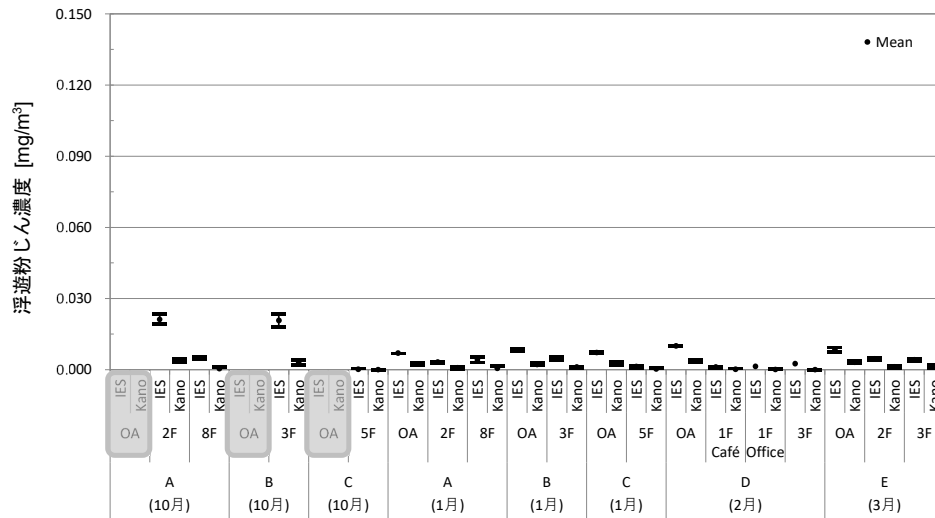


図 2-4-1 立入測定による浮遊粉じん濃度測定結果
「IES : IES-5000 (SIBATA 社)、Kano : Model 2100 (Kanomax 社)」
※ 陰影部分は豪雨による欠測

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

表 2-4-2 測定機器間の差
「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	

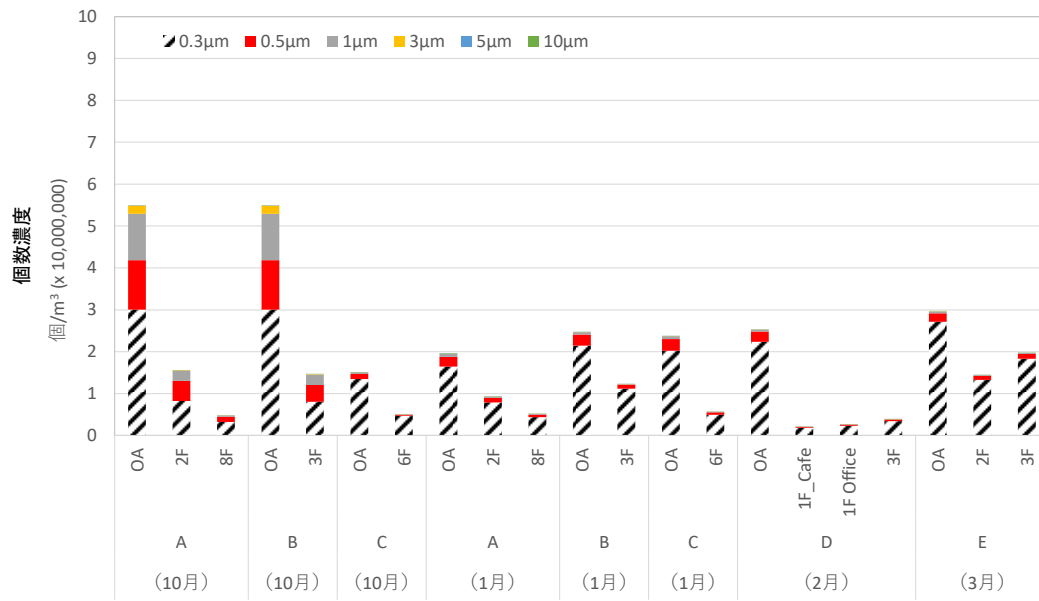


図 2-4-2 室内浮遊粒子の個数濃度積算値

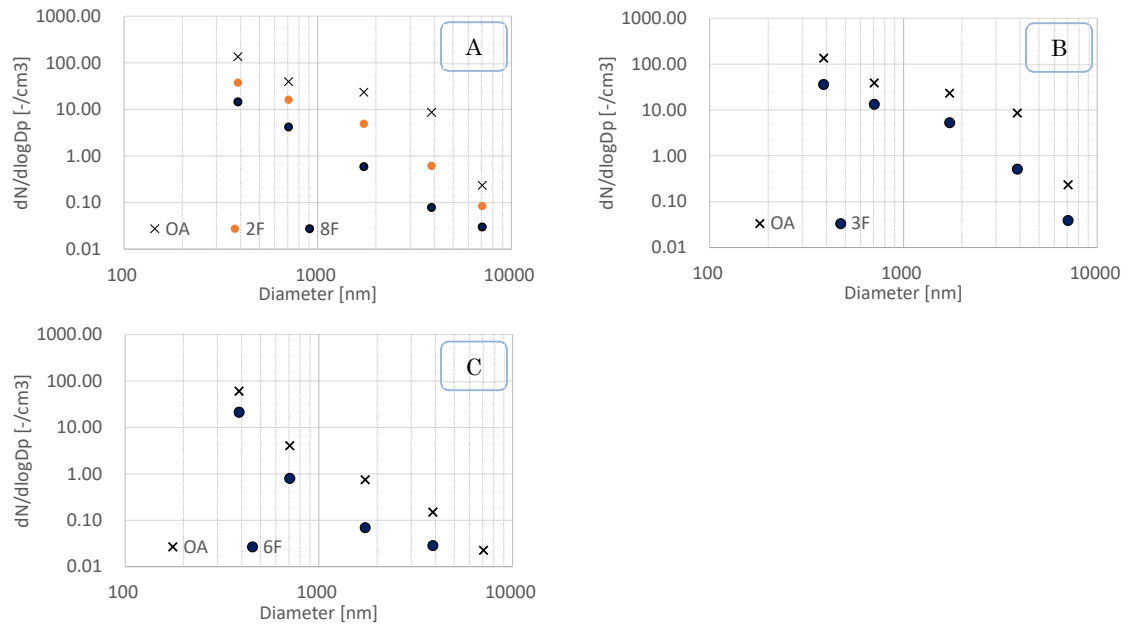


図 2-4-3 代表粒径の個数濃度分布 (10月)

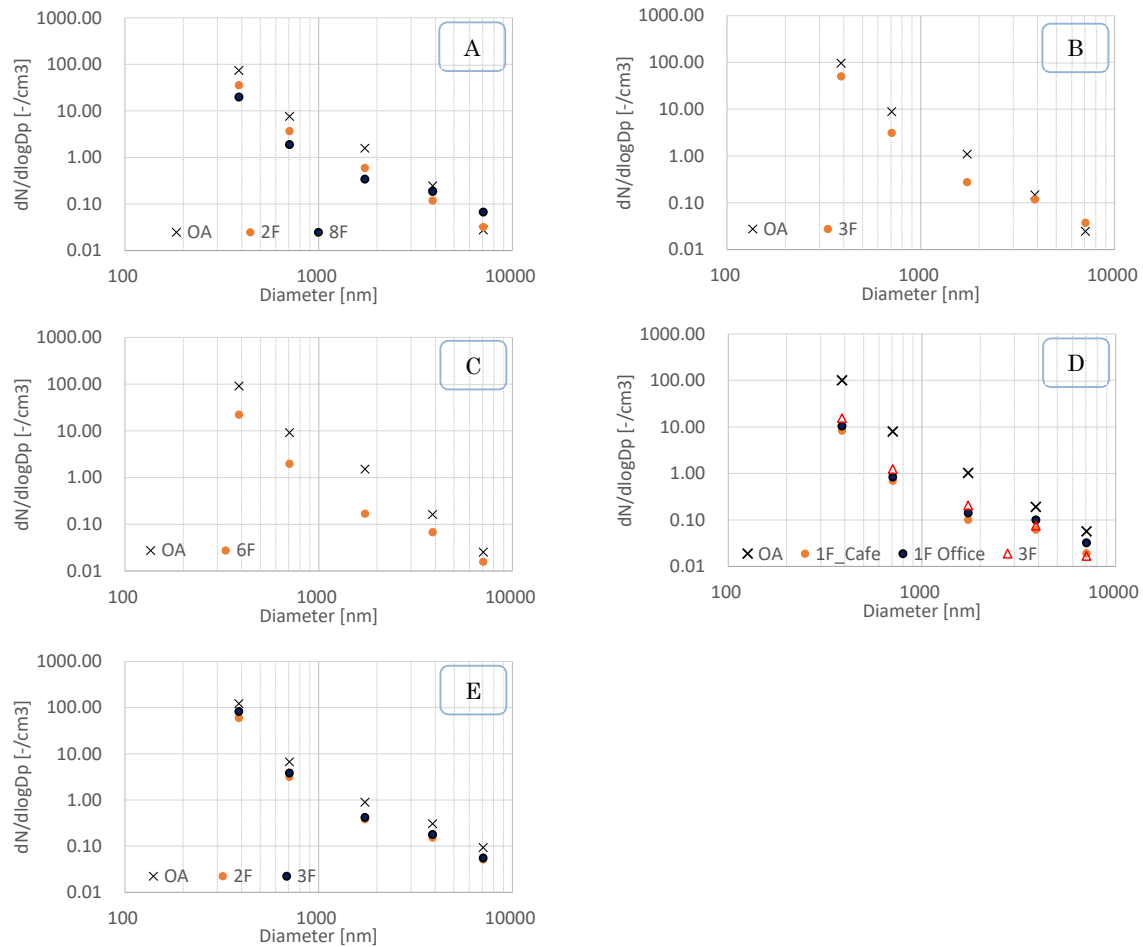


図 2-4-4 代表粒径の個数濃度分布（1～3月）

表 2-4-3 粒径別 IO 比（室内濃度／外気濃度）集計

	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	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											

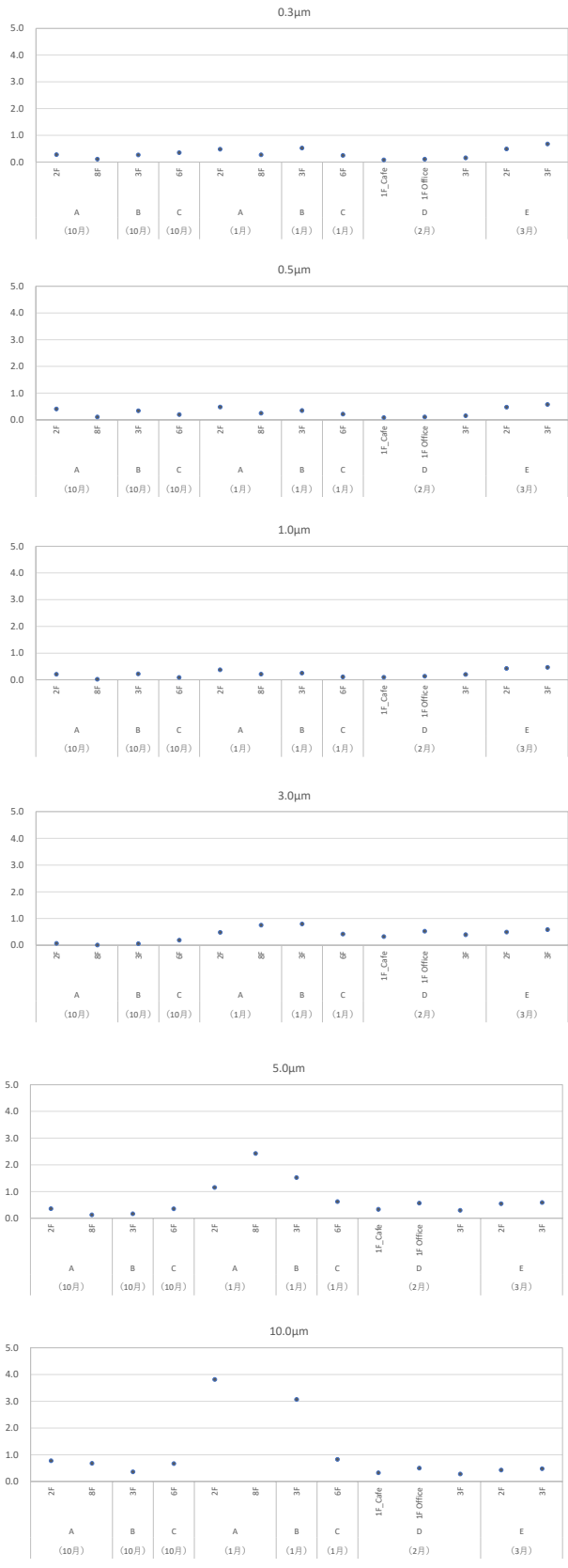


図 2-4-5 粒径別 IO 比 (室内濃度/外気濃度)

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) だったものを令和 4 年 4 月から 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うと共に、測定機器間の差について検討する。

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。

但し、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。

C. 研究結果

図 2-5-1 に CO 濃度を、図 2-5-2 に CO₂ 濃度の測定結果を示す。また、CO 及び CO₂ 濃度の測定結果集計を表 2-5-1 に、表 2-5-2 に測定機器間の差を示す。

C.1. 一酸化炭素濃度

夏期 (10 月) は豪雨により外気測定は行っていない。室内は夏期 (10 月) 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。

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と判断される。

機器による測定値の差は 0.06±0.11ppm 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

外気の 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±9ppm、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。

測定機器による測定値平均の差は 19±15ppm 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る。

D. まとめ

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 以下である。

CO の外気濃度は約 0.1 ppm、室内 CO 濃度も 1ヶ所を除いて 0.1ppm 程度と大差なく、室

内 CO 濃度は外気由来によるものと判断された。
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。

CO₂ に関しては外気濃度約 400ppm に対して、室内平均は 658～1234ppm であった。

管理基準 1000ppm を上回る建物が冬期に 1 件あり約 1200ppm であったが夏期には基準濃度以下で管理されていたことから、冬期は換気量に比べ在室人数が多いことが原因と考えられる。他の建物は 1000ppm より低いレベルで管理されていたが 1000ppm に近い物件も存在していた。

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

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 2024.3.20)

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

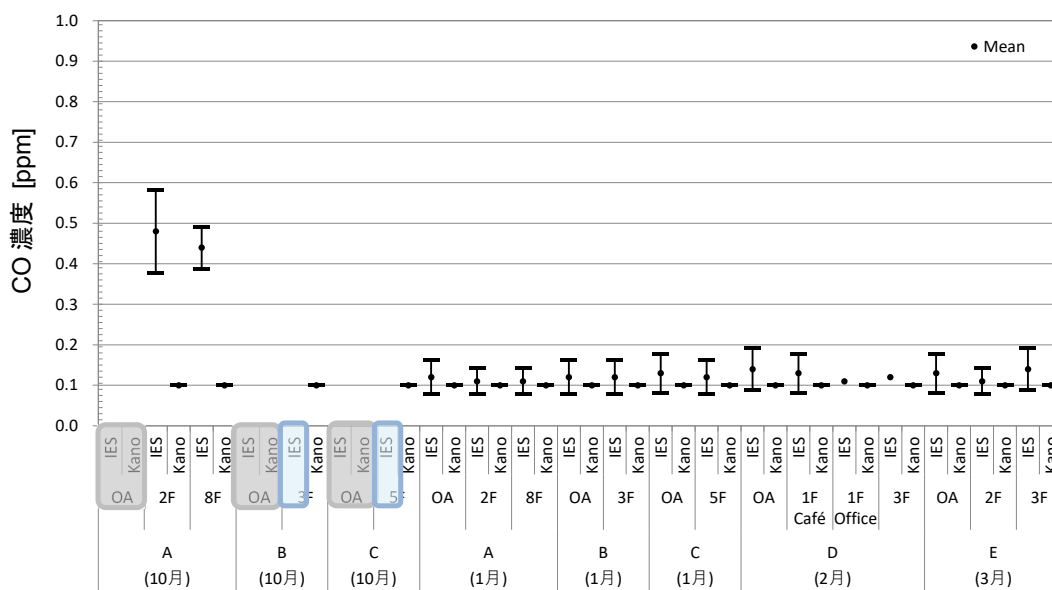


図 2-5-1 立入測定による CO 濃度測定結果

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

注 1) 陰影部分 OA 3カ所 : 豪雨により欠測

注 2) 陰影部分 B (10月) IES、C (10月) IES : 計測器の CO センサー異常により欠測

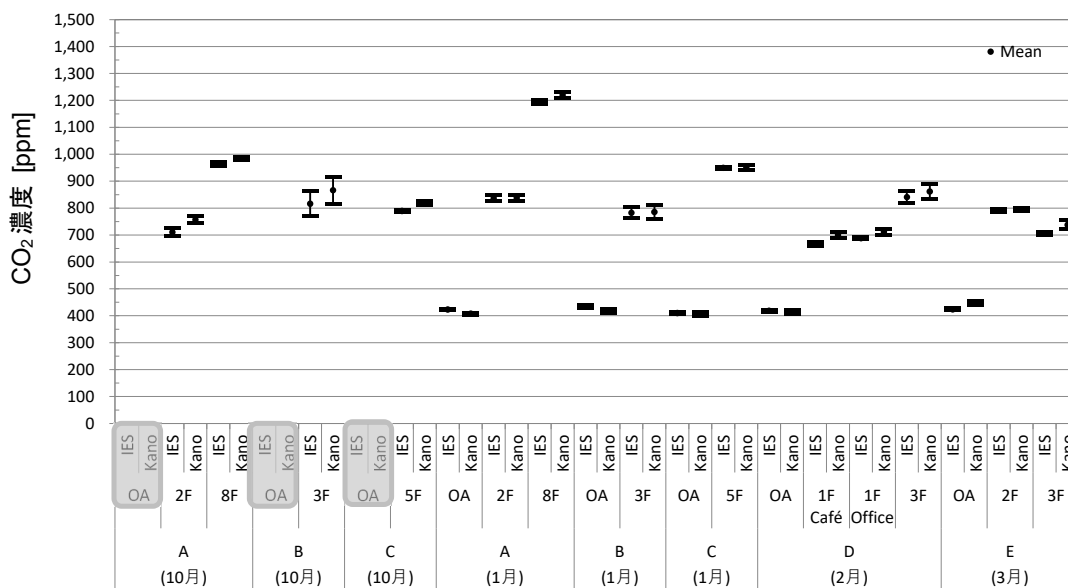


図 2-5-2 立入測定による CO₂ 濃度測定結果

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

注 1) 陰影部分 OA 3カ所 : 豪雨により欠測

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

表 2-5-2 測定機器間の差
 「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

本研究では、米国暖房冷凍空調学会の温熱環境基準である ASHRAE55-2023 に準拠して建築物の室内温熱環境評価を行った。季節の違いや同一季節の年度による差を分析し、自動計測センサー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、千葉県、宮崎県にて計 5 件の建物について、2024 年度冬季から春季にかけて調査を行った。また、2023 年度の測定結果とあわせ、分析を行った。測定対象建物および測定時期を表 2-6-1 に示す。

千葉県の建物 E では年度が異なるものの四季に調査を行い、埼玉県の建物 D では 2023 年度と 2024 年度の冬季に実施した。宮崎県の建物 A、B、C では 2024 年度冬季のみ調査を行った。

建物 B、C を除き、複数フロアを対象とした。快適性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)
- ・ 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)

各建物測定点を図 2-6-1～図 2-6-6 に示す。

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。

空気温度と相対湿度は、居住域の代表となる以下の 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

各空間の最も大きな窓のある方向を正面とし、高さ 1.1m にて上下左右前後の 6 方向について微小面放射温度を計測した。5 分間計測し、最後の 30 秒の平均を代表値とした。微小面放射温度は、微小平面に入射する放射束が実環境と同等になる均一な黒体閉空間の内表面温度である。逆となる 2 方向を測定することで、非対称放射温度による不均一環境の局所不快を評価できる。また、6 方向を測定し、重み付け平均をすることで人体の形状を考慮した平均放射温度を求めることができる。座位の執務者が主であるため、以下の式を用いて平均放射温度を求めた。

$$t_{pr} = \frac{0.18(上+下)+0.22(右+左)+0.30(前+後)}{2(0.18+0.22+0.30)}$$

また、高さ 1.1m にて気流速度を 3 分間計測し、その最大値、平均値、最小値を記録した。

表 2-6-1 測定対象建物概要

	立地	竣工年	延床面積 [m ²]	地上階 /地下階	測定日時	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
A	特定建築物 宮崎県	2020/8	24406	10/1	2025/1/29	2F	約540	2.8	AHU (VAV)	天井
						8F	約537	2.8	AHU (VAV)	天井
B	特定建築物 宮崎市			5/0	2025/1/30	3F	224.5		AHU(R7よりPAC)	天井
C	特定建築物				2025/1/29	5F	173.1		AHU	天井
D	特定建築物 千葉県 印西市	1993 2019改修	39150	4/1	2024/2/29 2025/2/25	1F	1195.4	2.6	コンパクトAHU(CAV)	床
						3F	491.9	2.6	外調機+放射パネル+ チルドビーム+FCU	天井
E	埼玉県 三芳町	1992/3	1551	3/0	2022/10/31 2023/2/17 2023/8/31 2025/3/28	2F	354.0	2.7	外調機+水熱源PAC	床
						3F	354.0	2.7	外調機+水熱源PAC	床

C. 研究結果

C.1. 四季の特性の比較 (E ビル)

四季に渡って調査を行ったEビルの上下温度分布を図2-6-1に示す。2Fと3Fで測定したインテリア2点とペリメータ1点の空気温度は、高さ1.1mだけ見ると各フロアの温度差は最大でも1°Cであり、概ね均一な環境と判断できる。しかし、高さ0.1~1.7mのプロファイルを見ると、夏季と冬季の3Fにおいて0.1mと1.7mで最大3°Cを超える測定点が見られ、ASHRAE55の推奨値を超える大きな上下温度差が確認された。また、この建物は床吹き出し空調のため、いずれの季節でも室下部で温度が低くなる傾向が見られた。

図2-6-2に相対湿度を示す。年間を通して概ね40%前後で維持されていたが、2022年度冬季の2Fでは約30%となっていた。

図2-6-3に気流速度を示す。年間を通していずれの測定点でも平均値は0.1 m/sを下回っており、静穏な気流環境となっていた。

図2-6-4および図2-6-5に季節ごとの6面放射温度を示す。春季と冬季は正六角形に近いプロファイルが見られ、方向による温度差が小さかった。夏季は3Fで方向別の差が顕著になり、上方向が高く、下方向が低くなる傾向が見られた。これは上下温度分布の傾向と一致しており、床吹き出しの冷気が床付近に、暖気が室上部に溜まっていることで放射温度にもその影響が反映されていた。冬季は2Fでも3Fでも測定点による差が大きく、南面窓のある前、上、右方向の微小面放射温度が高くなる傾向が見られた。

C.2. 異なる年度の冬季特性の比較 (D ビル)

2023年度冬季と2024年度冬季に測定を行ったDビルについて、同じ季節の年度による違いを分析した。図2-6-6に上下温度分布を示す。測定時に雨天であった2023年度に対し、2024年度は晴天であった。そのため、テラスにつながる大きな窓のある3Fで大きく環境が異なっており、2024年度はインテリアがペリメータよりも2°Cほど高く、高さ0.1mと1.7mの温度差も3°Cを超えていた。窓の影響の小さい1Fは1°C程度の違いはあったものの、上下温度分布は小さく、傾向に変化はなかった。

図2-6-7に相対湿度を示す。2024年度の3Fで約30%となっていたが、これは日射により想定以上に室温が上昇していたためと考えられる。その他の測定点では概ね40%であった。

図2-6-8に気流速度を示す。平均値は0.2m/sを下回っており、静穏な気流環境となっていた。

図2-6-9に6面放射温度を示す。パーティカルブラインドが閉じられていたにもかかわらず、2024年度3Fの前方向(窓)が40°Cを超え、インテリア側である後方向を除き、33~34°Cとなっていた。2023年度はむしろ外気温の低さのために前方向が最も低かった。1Fのインテリアは上方向が低く、両年度で類似したプロファイルとなっていた。アトリウム下の測定点である1Fペリメータは、日射影響で上下方向の放射温度が他の方向よりも高くなっていた。

C.3. 宮崎県宮崎市の異なるビルの比較 (A、B、C ビル)

2024年度冬季に宮崎県宮崎市で調査を行った3件のビルの分析を行った。測定期間は外気温が10°Cを下回る寒い日であった。

図2-6-10にビルA,B,Cの上下温度分布を示す。2020年に竣工したビルAは、2Fと8Fで温度帯は1.5°Cほど違うものの、0.1mと1.7mで約2°Cの差があり、上下温度分布の傾向はすべての測定点で一致していた。2Fは日射の影響で室温が全体的に高めとなっていた。Bビルは築年数の古い建物で、空調をPACに改修していた。断熱性が低い中で強力な暖房を運転させることで、6Fペリメータでは0.1mと1.7mの温度差が4°Cに達していた。インテリアでも3°Cの上下温度差があり、サーキュレータなどの分布を解消するための運用が望まれる。Cビルではインテリアとペリメータで1°C程度の差があったが、上下温度差は小さかった。

図2-6-11に相対湿度を示す。ビルAの8Fを除いて40%を大きく下回っており、暖房や日射による室温上昇に加湿能力が対応できていなかったと考えられる。

図2-6-12に気流速度を示す。平均値は概ね0.1m/sを下回る静穏気流であったが、最大値は0.5m/sを超える値も見られた。気流の小ささが

上下温度分布が大きくなる要因にもなっていたと考えられる。

図 2-6-13 に 6 面放射温度を示す。下方向が低く、上方向が高いことが共通する特徴として見られた。上下温度分布の大きさが放射温度にも反映されていた。また、測定点ごとの空気温度の違いも全体的な 6 角形プロファイルの大きさに影響していた。

D. まとめ

本節では、ASHRAE55-2023 基準に準拠した温熱環境の実測調査を行い、同じ空間の季節差、同季節の年度による差、同じ地域の建物による差を分析した。

高さ 1.1m の空気温度を取り出して季節を比較すると、設定されている室内環境に応じた 2 ~3°C の差が見られた。しかし、高さ 0.1m と 1.7m ではさらに大きな差が見られ、垂直温度プロファイルに着目すると、室温と外気温の差の大きくなる夏季と冬季に、上下温度差が大きくなることが確認された。この影響は 6 面放射温度にも表れており、上方向が高く、下方向が低くなることにつながっていた。

大きな窓のある空間では、ブラインドを閉めていても日射が空気温度および放射温度の上昇に寄与しており、ペリメータだけでなくインテリアにもその影響が見られた。冬季の室温上昇は、相対湿度の低下にもつながっていた。

いずれの測定点でも気流速度は管理基準値の 0.5m/s を上回ることにはなかった。しかし、建物の不十分な熱性能を補うために暖房運転を行うと上下温度差が大きくなり、静穏な気流環境は温度成層を助長していると考えられる。

以上の結果から示されるような温熱環境の特徴がわかっているならば、運用で補うことも可能である。しかし、建築物衛生法で指定されている居室の中央部の床上 75cm 以上 150cm 以下の測定点のみでは、室内温熱環境の問題点抽出は難しい。

環境用自動計測センサーの用途は、常時モニタリングだけではない。限定された期間であっても、水平・垂直方向の多点計測等により、その空間の温熱環境特性を評価できる手法の構築が課題である。

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

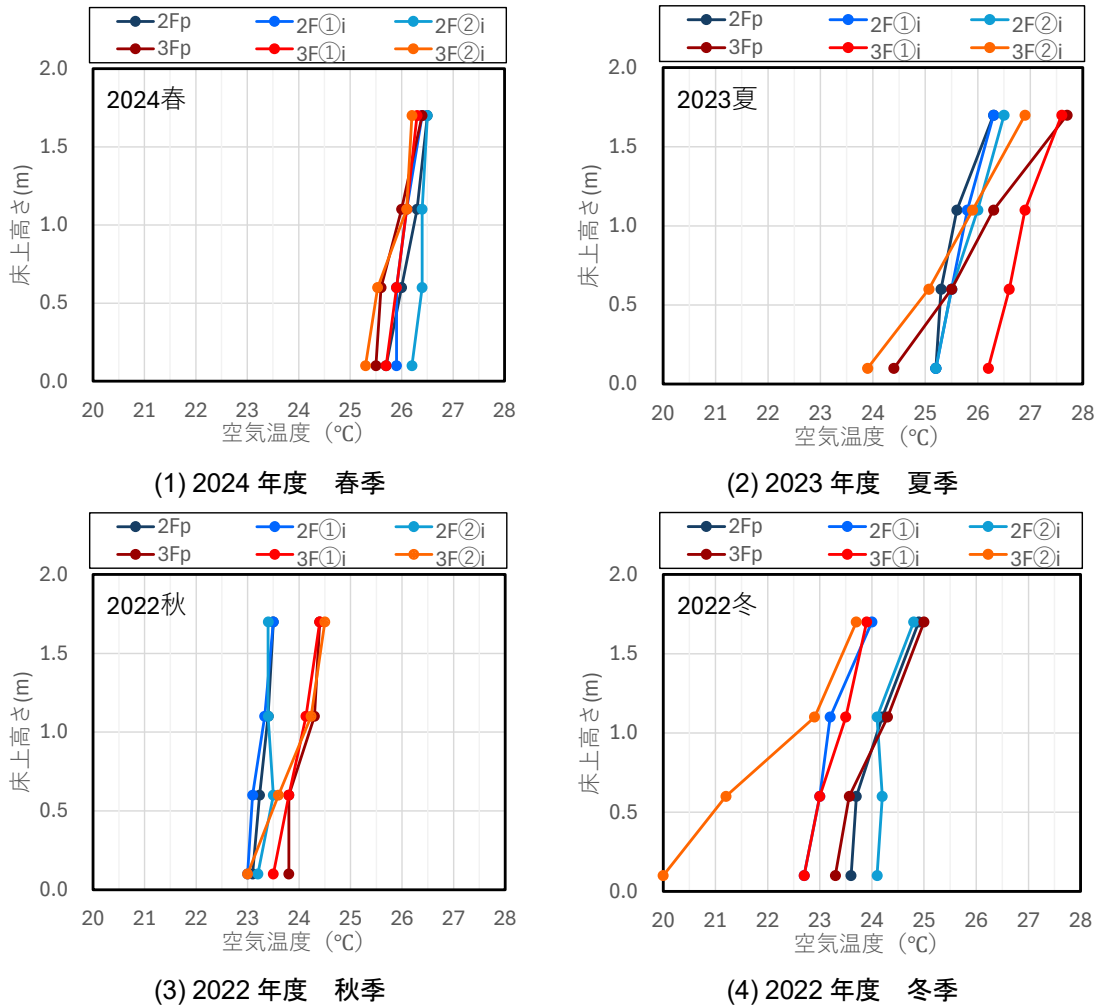


図 2-6-1 E ビル上下温度分布

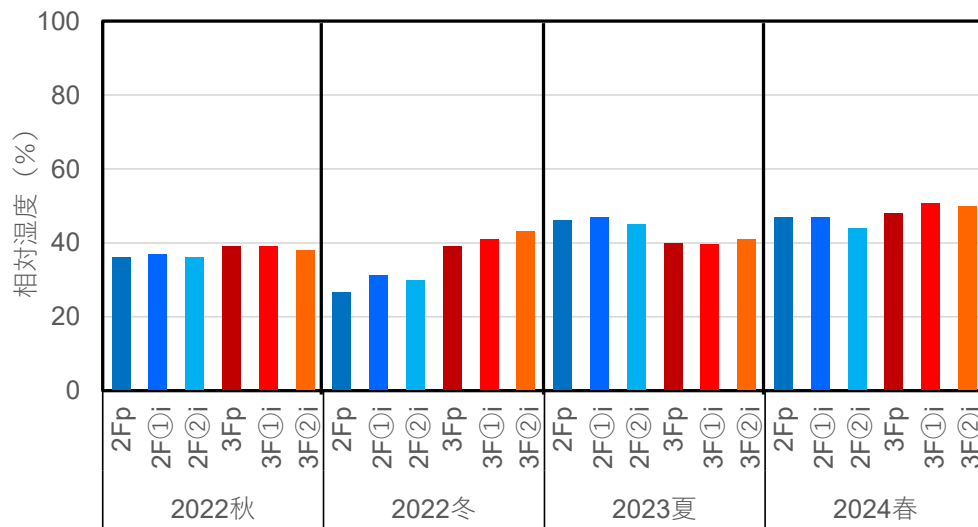


図 2-6-2 E ビル相対湿度

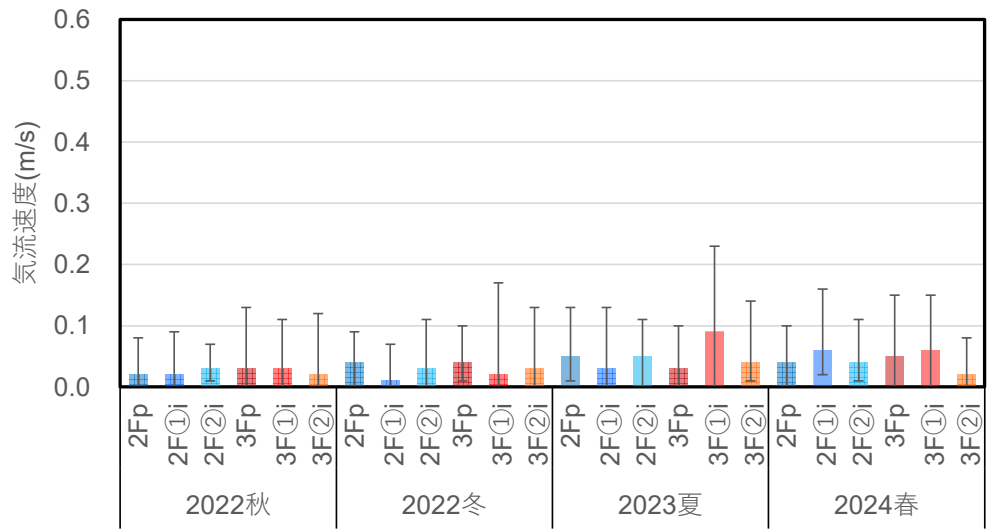


図 2-6-3 E ビル気流速度

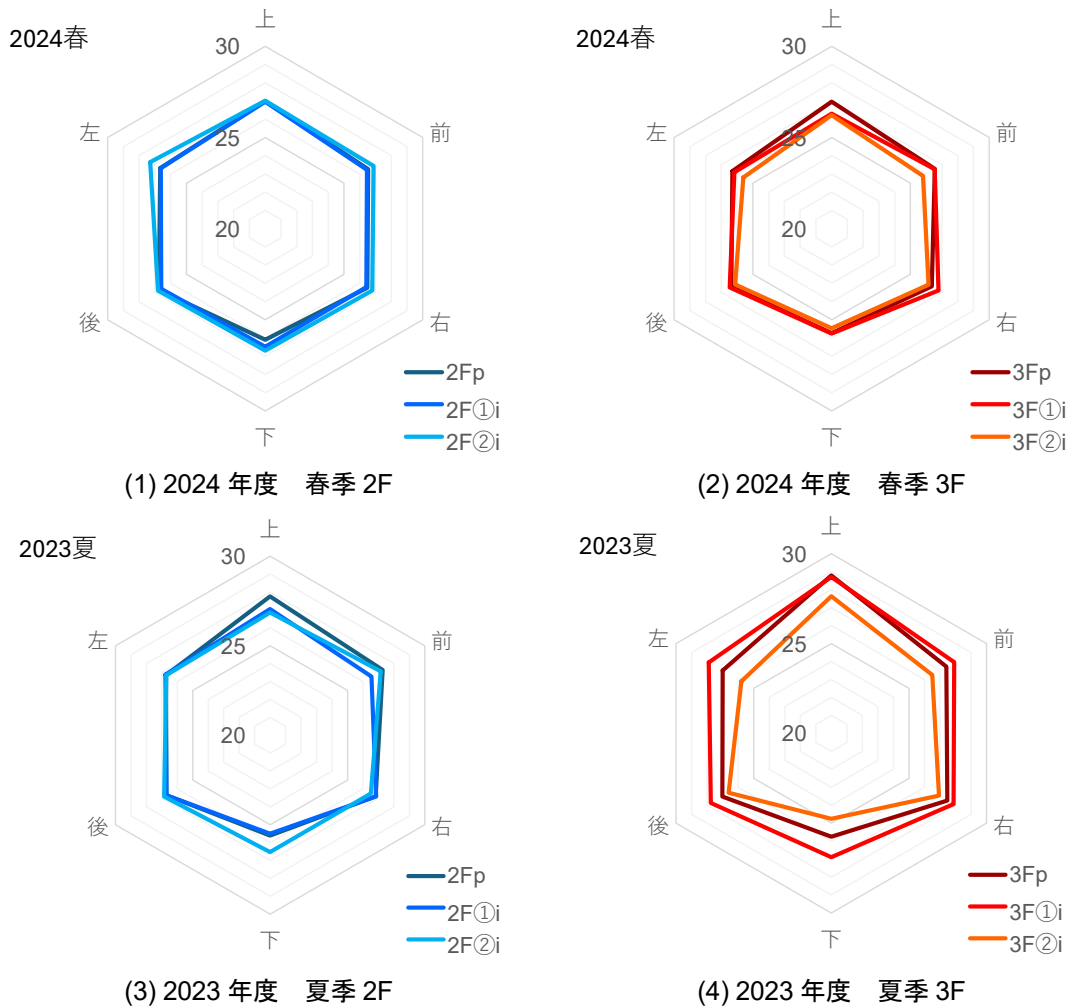
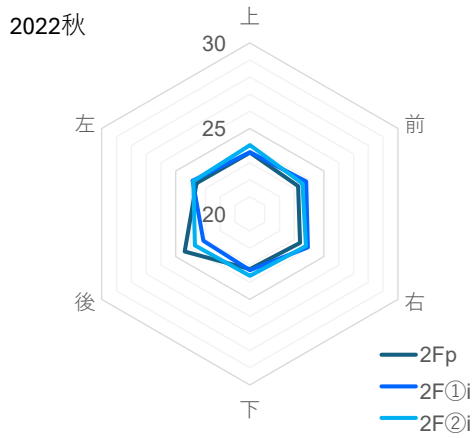
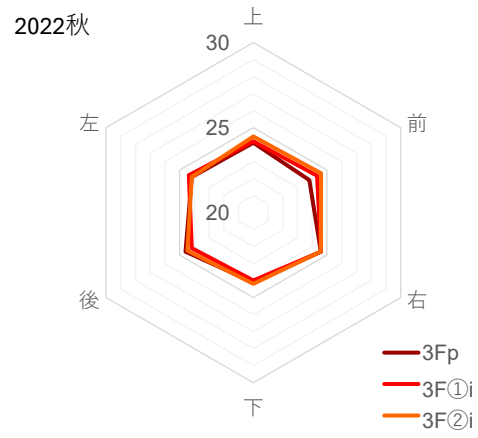


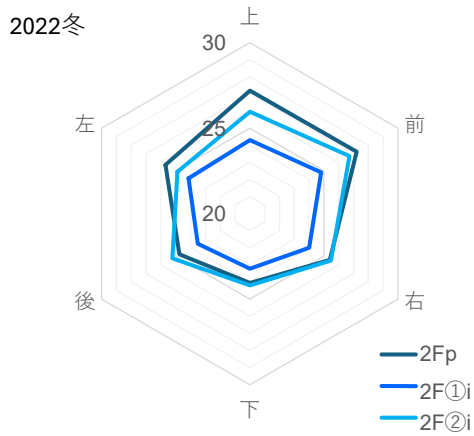
図 2-6-4 E ビル 6 面微小面放射温度 (春季・夏季)



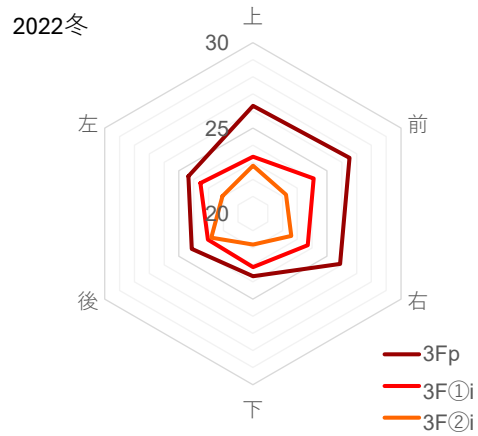
(1) 2022 年度 秋季 2F



(2) 2022 年度 秋季 3F



(3) 2022 年度 冬季 2F



(4) 2022 年度 冬季 3F

図 2-6-5 E ビル 6 面微小面放射温度 (秋季・冬季)

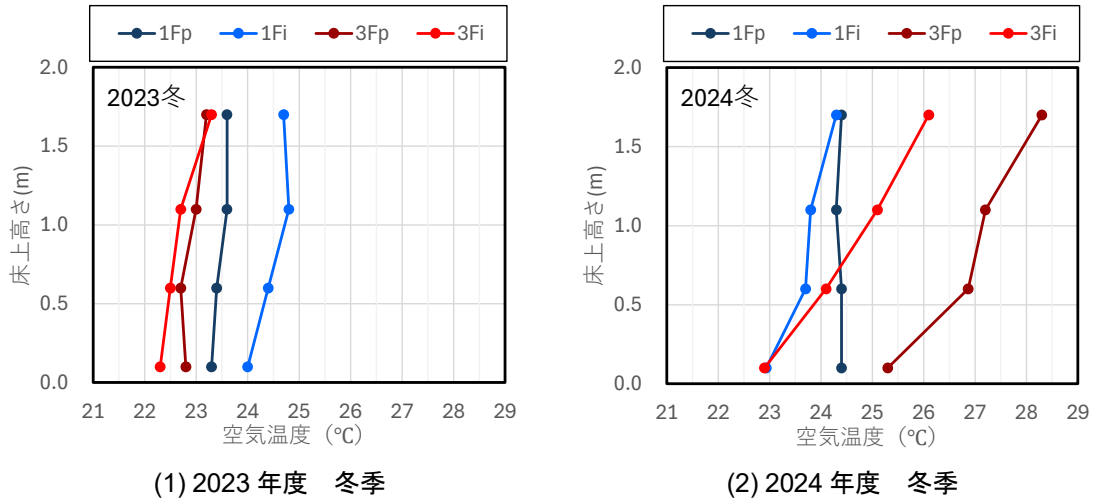


図 2-6-6 D ビル上下温度分布

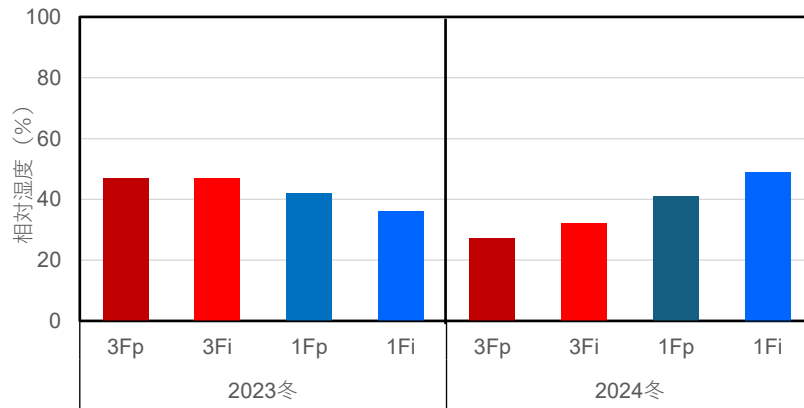


図 2-6-7 D ビル相対湿度

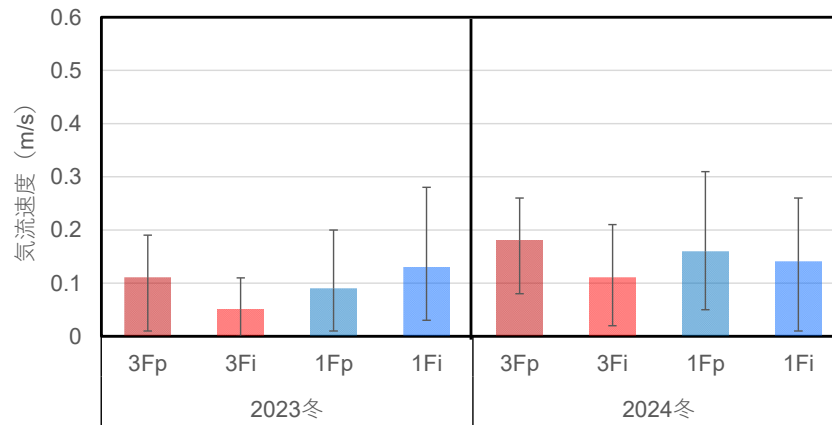
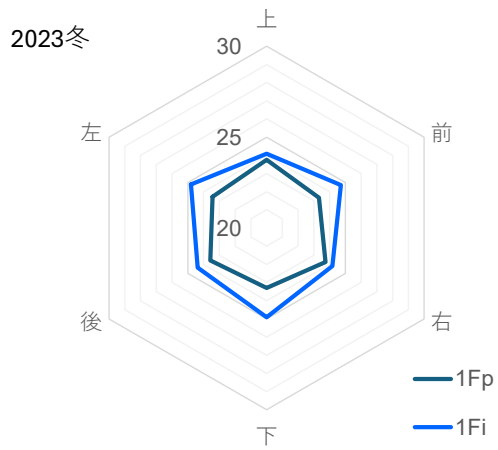
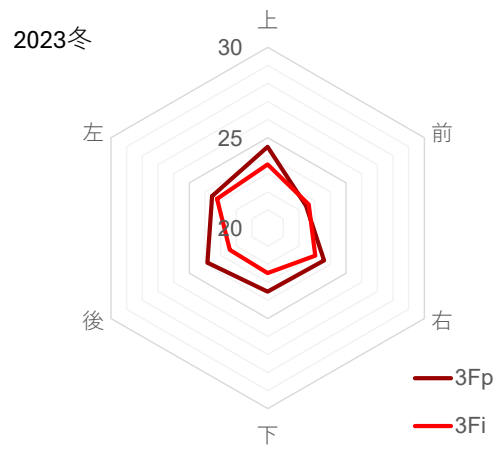


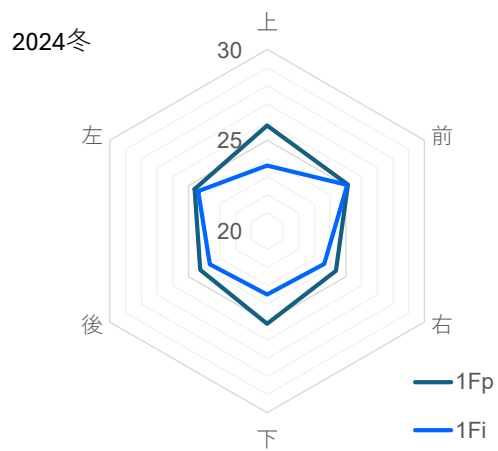
図 2-6-8 D ビル気流速度



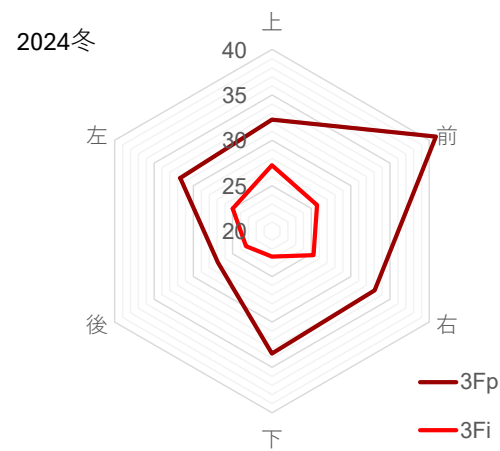
(1) 2023年度 冬季 (1F)



(2) 2023年度 冬季 (3F)

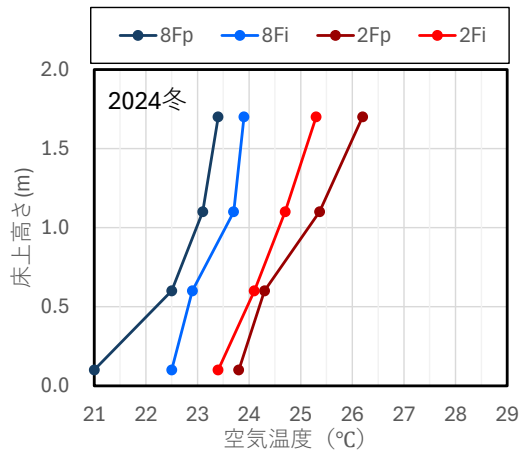


(3) 2024年度 冬季 (1F)

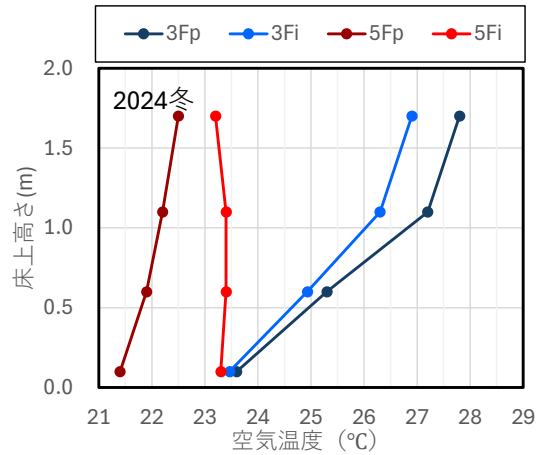


(4) 2024年度 冬季 (3F)

図 2-6-9 Aビル6面微小面放射温度分布



(1) Aビル



(2) Bビル(3F)とCビル(5F)

図 2-6-10 2024年度冬季 A、B、Cビル上下温度分布

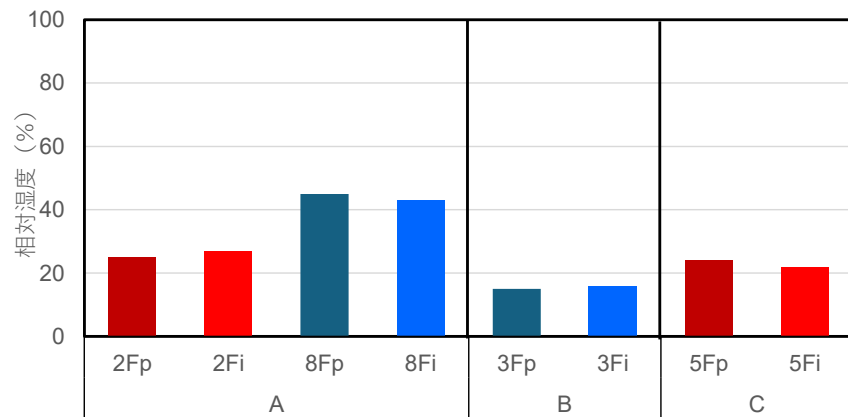


図 2-6-11 A、B、Cビル 相対湿度

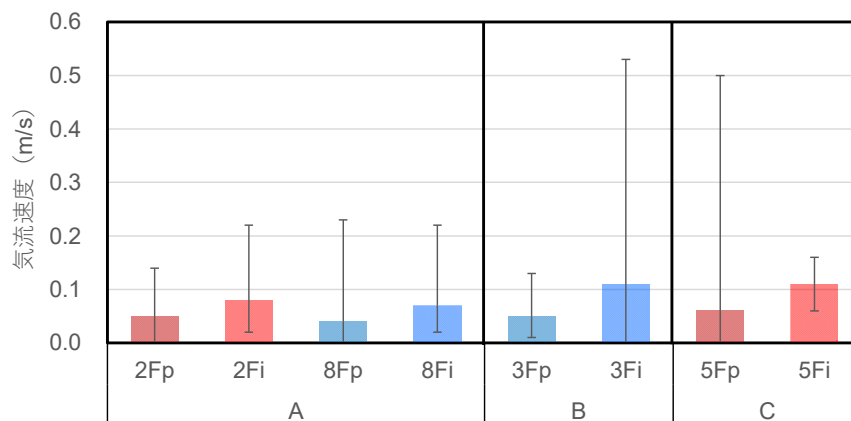
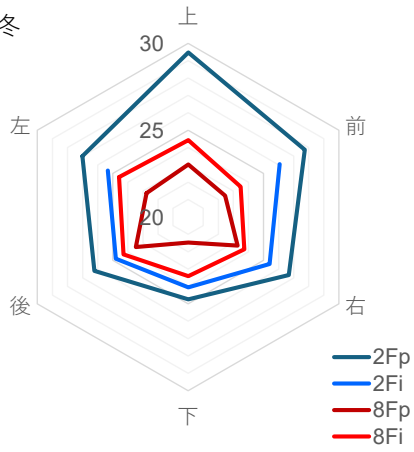


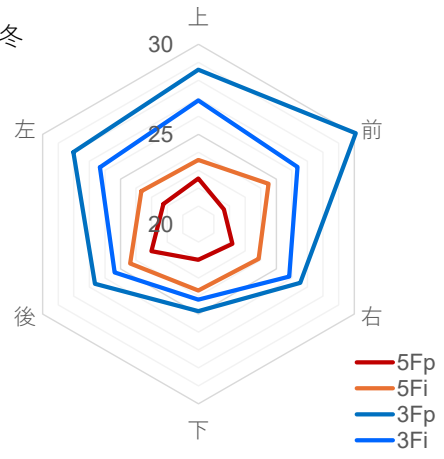
図 2-6-12 A、B、Cビル 気流速度

2024冬



(1) Aビル

2024冬



(2) Bビル(3F)とCビル(5F)

図 2-6-13 Aビル、Bビル、Cビル 6面微小面放射温度