

平成30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

1. 室内空気環境衛生の実態

分担研究者	柳 宇	工学院大学建築学部 教授
分担研究者	鍵 直樹	東京工業大学環境・社会理工学院 准教授
分担研究者	金 勲	国立保健医療科学院 主任研究官
分担研究者	東 賢一	近畿大学医学部 准教授

研究要旨

中規模建築物における空気衛生環境の管理に係る実態を把握する目的で現場測定を行った。調査項目は、温度・湿度・CO₂濃度、浮遊微生物（カビ、細菌濃度）、パーティクル、PM_{2.5}、化学物質（アルデヒド類、VOCs）、エンドトキシン（細菌内毒素）である。

温度については、冬期と夏期の中央値が冬期で24.1℃（中小規模）と24.8℃（特定建築物）、夏期で26.5℃（中小）と26.6℃（特定）であり、大きな差が見られなかった。相対湿度について、夏期では規模を問わず概ね良好であった一方、冬期では中小規模ビルに比べ特定建築物の中央値がやや高い値を示すが、いずれも中央値や75%タイル値が40%を下回った。CO₂濃度については、季節・規模を問わず概ね良好であった。

浮遊細菌について、季節をと問わず、中小規模ビルでは特定建築物と同様に日本建築学会の管理規準値 500cfu/m³ を満足していた。真菌については、冬期は中小規模ビルの室内濃度が日本建築学会の管理規準値 50cfu/m³ を満足しているが、夏期では中小規模ビルの空調・換気設備のろ過性能が比較的劣ったため、50cfu/m³ を超える対象室が散見された。特定建築物は季節を問わず、浮遊真菌濃度の中央値が 50cfu/m³ を下回っていた。

浮遊粒子濃度は季節・粒径を問わず、特定建築物に比べ中小規模ビルの室内濃度が全体的に高い。

室内PM_{2.5}濃度として、全ての室内において35 µg/m³以下となっており、大気環境基準値を下回る結果となった。I/O比は概ね1を下回っていた。室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内のPM_{2.5}濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響しているため、特定建築物—中央方式の空調機を有する建築物の方がフィルター性能上低い値を示す。

化学物質は13指針物質の中で主に検出されたのはホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、テトラデカンであり、概ね低い濃度水準であった。室内に喫煙室があった建物でアセトアルデヒドがやや高めに検出された。改修工事による溶剤系成分が高い物件が1件あったが、他に高濃度を示す建物はなく、化学物質に関して厚生労働省の指針値を超えることはなかった。2E1Hは多くの室内で検出され、TVOCに占める2E1Hの濃度が50%を超える建物もあり、2E1Hが室内環境の汚染に影響を与えていることが明らかとなった。絶対湿度と2E1H濃度との関係も見られ、対策を講ずるためには、換気以外にも、床仕様、環境湿度などが2E1Hの発生に影響を与えていることが示唆された。

エンドトキシンに関しては、室内では1.0EU/m³を下回る建物が殆どであった。I/O比が1.0を超える結果は30件中11件と37%であり、多くの建物で外気より低い水準が保たれていた。

研究協力者
谷川 力（公社）日本ペストコントロール協会
渡邊康子（公社）全国ビルメンテナンス協会

奥村龍一 東京都健康安全研究センター
齋藤敬子（公財）日本建築衛生管理教育センター
杉山順一（公財）日本建築衛生管理教育センター

1. 室内空気環境衛生の実態

事務所等の特定用途で延床面積 3000 m²以上の建築物、同 8000 m²以上の学校) には、建築物環境衛生管理基準の遵守、その管理実態の報告、建築物環境衛生管理技術者の選任等が義務づけられている。

同法が適用されない中小規模の建築物（以下、中小建築物）においても衛生管理に努めるように記されているが、現在は監視や報告の義務がないことから衛生管理状況の実態が不明瞭となっている。

本研究では、建築物衛生法が適用されない 2000~3000 m²の中規模建築物における空気衛生環境及び給排水の管理に係る実態を把握する目的で現場測定を行った。

調査項目は、温度・湿度・CO₂濃度、浮遊微生物（カビ、細菌濃度）、パーティクル、PM_{2.5}、化学物質（アルデヒド類、VOCs）、エンドトキシン（細菌内毒素）である。

1-1 温度・室内・CO₂濃度

A. 測定方法

(1) Phase2

室内環境の測定では Phase2 と Phase3 の 2 段階で行った。Phase2 では、温湿度 CO₂ センサーを測定対象ビルの担当者に郵送し、2 週間の連続測定を行った後に返送してもらった。以下に、Phase2 の測定方法、データの抽出方法、不適率の算出方法について述べる。

① 測定方法

2018 年夏期に、協力が得られた 44 の中小規模ビルを対象に、温湿度・CO₂ 濃度計測器を郵送し、5 分間隔の計 2 週間の連続測定を行った後に計測器を返送してもらった。なお、44 ビルのうち 1 ビル（N13-S）は全て欠測、もう一つのビル（N8-S）は一部欠測であったため、解析対象に欠測ビル（N13-S）を除いた 43 ビルとした。

② データ抽出方法

アンケート実施日から遡って 11 日間（アンケート実施日を含む）の平日執務時間帯（9:00~18:00）のデータを抽出した。

表 1-1-1 測定対象建築物の建築と設備概要

測定日	対象物件 ID	地域	空調方式	対象床面積 (m ²)	測定時在室人数 (測定者) [人]	一人当たりの面積 (m ²)	天候		
冬期									
2018/1/10	AM	E01	東京	個別方式 (PAC+換気装置)	118	12(7)	6.2	晴れ	
	PM	E02		1F	個別方式 (PAC+外調機+換気装置)	328	22(7)	11.3	晴れ
				2F		409	22(7)	14.1	晴れ
				3F		614	33(8)	15.0	晴れ
2018/3/5	AM	W01	大阪	個別方式 (PAC+換気装置)	124	6(5)	11.3	雨	
	PM	W02		個別方式 (PAC) 換気装置なし	109	12(5)	6.4	雨	
夏期									
2018/8/23	AM	E03	東京	個別方式 (PAC+換気装置?)	169	12(7)	8.9	晴れ	
	PM	E02		1F	個別方式 (PAC+外調機+換気装置)	328	21(3)	13.7	晴れ
				2F		409	21(3)	17.0	晴れ
				3F		614	27(9)	17.1	晴れ
2018/8/27	AM	F01	福岡	個別方式 (PAC+換気装置)	44	1(8)	4.9	曇り	
	PM	F02		個別方式 (PAC+換気装置)	93	7(4)	8.5	曇り時々雨	
		F03		個別方式 (PAC+換気装置)	122	4(3)	17.4	晴れ	
2018/8/28	AM	F04	大阪	個別方式 (PAC+換気装置)	383	10(5)	25.5	晴れ	
	PM	W01		個別方式 (PAC+換気装置)	124	2(6)	15.5	晴れ	
2018/8/29	AM	W03	大阪	中央方式 (外調機+PAC)	193	15(4)	10.2	晴れ	
	PM	W02		個別方式 (PAC) 換気装置なし	109	12(4)	6.8	晴れ	
2018/9/18	AM	E04	東京	中央方式 (外調機)	1178	77(6)	14.2	晴れ	
	PM	E05		個別方式 (PAC) 換気装置なし	133	10(5)	8.9	晴れ	
		E01		個別方式 (PAC+換気装置)	118	5(5)	11.8	晴れ	

③ 不適率算出方法

抽出したデータにおいて、1日のデータのうちに基準値を満たしていない結果があればそのビルを不適合とした。なお、不適率の判断に用いた代表値は下記に示す通りである。

- イ) CO₂濃度：中央値（1000ppm 以下）
- ロ) 温度：最大値（夏期：28℃以下）
- ハ) 相対湿度：最大値（夏期：70%以下）

(2) Phase3

1) 調査対象ビル概要

調査対象は東京、大阪、福岡のオフィスビル計12件であった。その測定対象ビルの建築・設備の概要および測定日を表 1-1-1 に示す。なお、E01、E04、E05、F04、W03 は結果的に特定建築物に分類されたため、以後に示す中小規模ビルの解析対象から除外した。

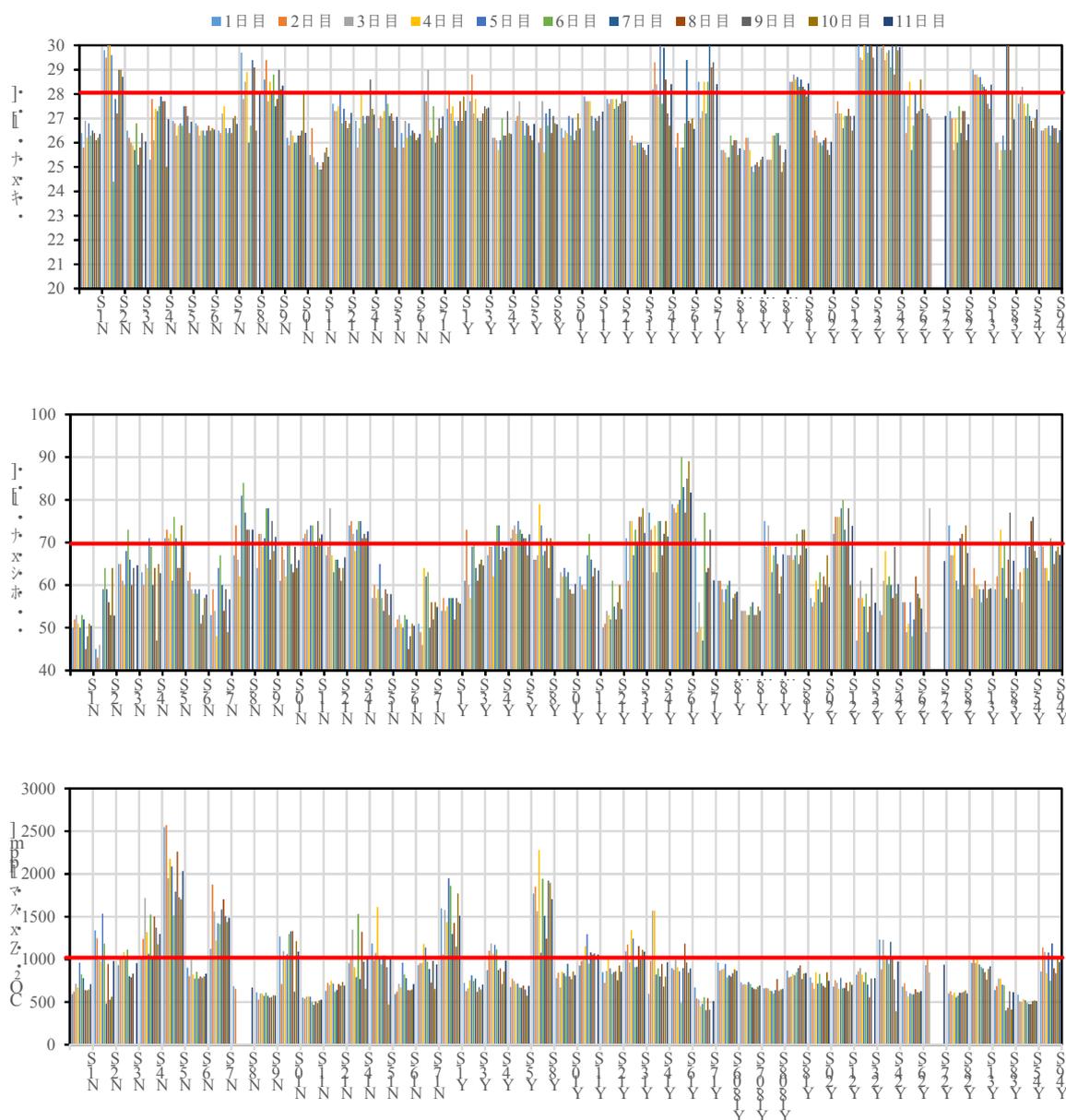


図 1-1-1 温度（上）・相対湿度（中）の日最大値と CO₂濃度（下）の日中央値

2) 測定方法

Phase3 の測定は立ち入り調査と、立ち入り調査日から2週間の温湿度・CO₂濃度の連続測定の種類であった。立ち入り調査日は表 1-1-1 に示す通りである。測定項目は室内と屋外の温湿度・CO₂濃度 (IAQ モニター)、粒径別浮遊粒子濃度 (パーティクルカウンタ)、浮遊細菌・真菌 (バイオサンプラー) であった。室内と屋外の温湿度・CO₂濃度、粒径別浮遊粒子濃度をそれぞれ1分間隔の計30分間の連続測定を行った。浮遊細菌と浮遊真菌の測定にダブルサンプリングを行った。細菌に SCD 培地、真菌に DG18 培地を用いた。培養条件はそれぞれ 32°C・2日間と 25°C・5日間であった。

上記の測定が終了した後に、温湿度 CO₂ センサーを設置し、5分間隔の計2週間連続測定を行った。

B. 結果

(1) Phase2

図 1-1-1 に各測定対象における執務時間帯 (9:00~18:00) 温湿度の最大値、CO₂濃度の中央値を示す。前述した代表値を用いた結果、温度、相対湿度、CO₂濃度のそれぞれの不適率は46.5%、37.2%、44.2%であった。

上記の不適率は、独立行政法人統計情報センターで公表されている、日本全国47都道府県および62政令市の特定建築物立ち入り検査結果から求めた不適率と同程度であるが、夏期の相対湿度の不適率は東京都の立ち入り調査の結果に比べ顕著に高かった (平成26年度~平成28年度厚生労働科学研究報告書)。これは、中小規模ビルの空調による冷却減湿の不十分なビルが比較的多いためであると考えられる。

(2) Phase3

1) 温度

図 1-1-2 と図 1-1-3 に冬期と夏期における執務時間帯 (9:00~17:00) の室内温度四等分値 (最大値、75%タイル値、中間値、25%タイル値、最小値) を示す。図中の赤線はそれぞれ建築物衛生法管理基準の下限值 17°C と上限値 28°C を示している。

冬期では、全てが 17°C を上回っており、建築物衛生法の管理規準値を満足している。また、それぞれのビルの最小値が比較的低い温度を示しているのは空調の立ち上がりの時であった。

夏期では、F-01 を除けば全てが 28°C を下回って

いる。F-01 は在室者が極端に少なく (常駐者 1 名)、個人の好みで温度を設定しているのではないかと推察される。

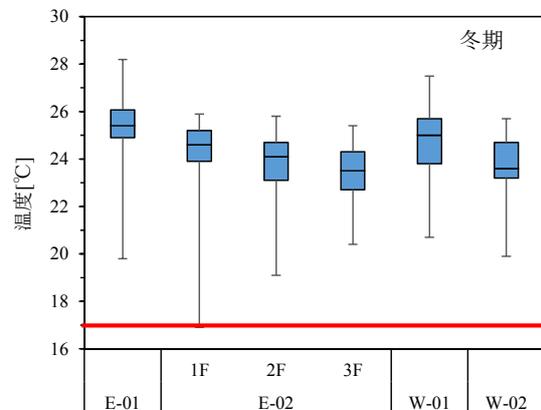


図 1-1-2 冬期の室内温度四等分値

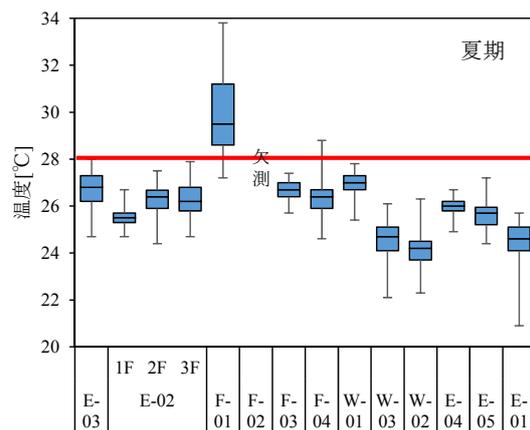


図 1-1-3 夏期の室内温度四等分値

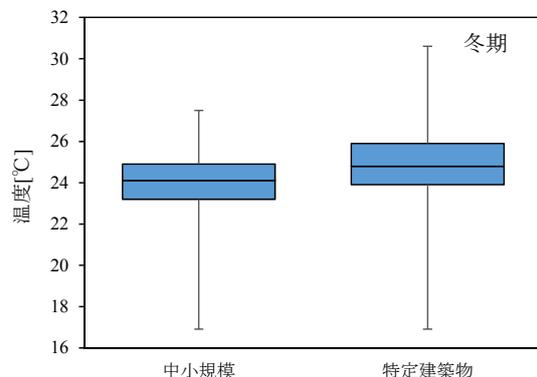


図 1-1-4 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内温度四等分値の比較

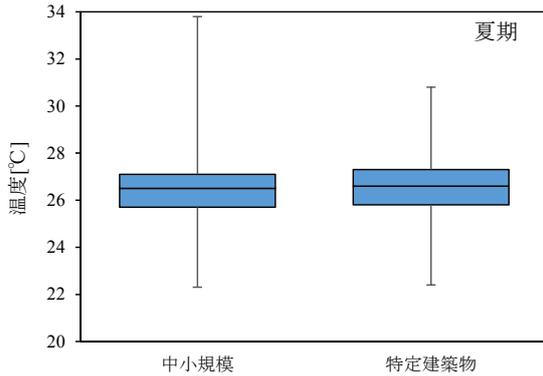


図 1-1-5 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内温度四等分値の比較

図 1-1-4 と図 1-1-5 に本調査で行った中小規模ビルと平成 26～平成 28 年度に行った特定建築物（計 36 室、以後同）の冬期と夏期の室内温度四等分値を示す。冬期の中小規模ビルの中央値が 24.1℃であるのに対し、特定建築物の中央値は 24.8℃であった。一方夏期では、中小規模ビルの中央値の 26.5℃に対し、特定建築物はほぼ同じ（26.6℃）であった。

2) 相対湿度

図 1-1-6 と図 1-1-7 に冬期と夏期の室内相対湿度の四等分値を示す。冬期では、全ての中央値が 40% を下回っており、冬期の低湿度問題が再確認された。一方夏期では、全ての中央値（75% タイル値も）が 70% を下回っており、概ね良好であった。

図 1-1-8 と図 1-1-9 に本調査で行った中小規模ビルと以前に行った特定建築物の冬期と夏期の相対湿度の四等分値を示す。中央値において、冬期では、中小規模ビルと特定建築物の相対湿度がそれぞれ

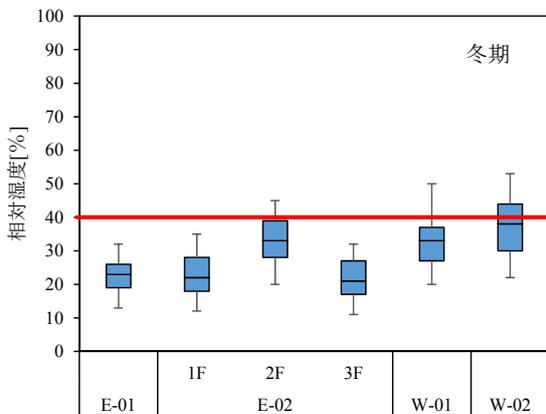


図 1-1-6 冬期の室内相対湿度四等分値

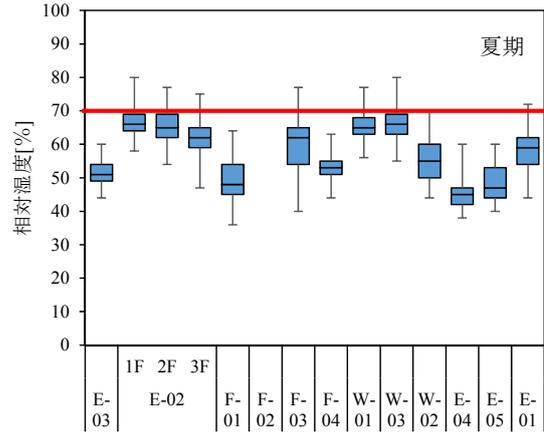


図 1-1-7 夏期の室内相対湿度四等分値

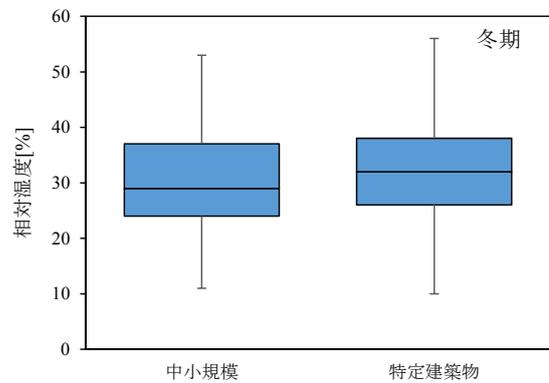


図 1-1-8 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内相対湿度四等分値の比較

29%と 32%であり、ほぼ同じであった。建築物の規模を問わず冬期の低湿度問題が存在していることが確認された。

一方夏期では、中小規模の 61%であるのに対し、特定建築物はやや低めの 57%であった。

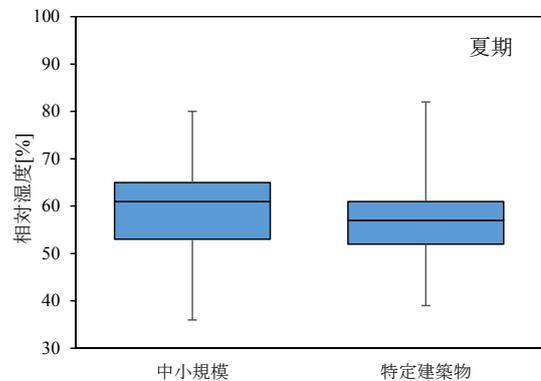


図 1-1-9 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内相対湿度四等分値の比較

3) CO₂ 濃度

図 1-1-10 と図 1-1-11 に冬期と夏期の室内 CO₂ 濃度の四等分値を示す。中央値において、冬期に W-02 を除けば全てが 1000ppm を満足した。夏期でも W-02 が基準値を上回っているのに対し、他の全てが基準値を満足した。W02 は自然換気であり、筆者らが冬期と夏期の立入調査時でも窓を閉じていた。従って、当該調査対象室は普段窓開けによる換気が積極的に行われておらず、上記の CO₂ 濃度上昇の原因になっていると推測された。

図 1-1-12 と図 1-1-13 に本調査で行った中小規模ビルと以前に行った特定建築物の冬期と夏期の室内 CO₂ 濃度の四等分値を示す。何れの季節においても、特定建築物の方が比較的低い値を示しており、より多くの外気を取り入れていると考えられる。

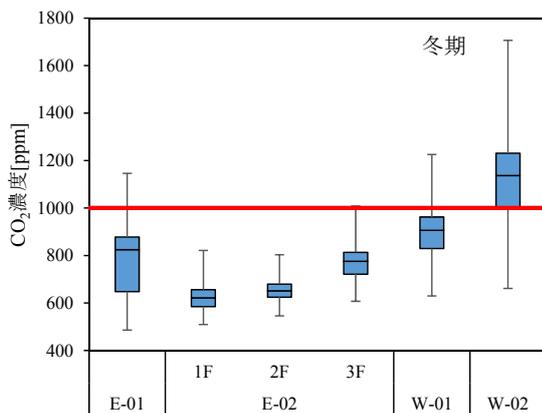


図 1-1-10 冬期の室内 CO₂ 濃度四等分値

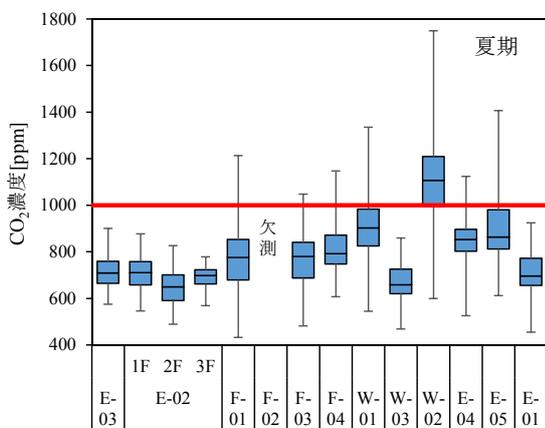


図 1-1-11 夏期の室内 CO₂ 濃度四等分値

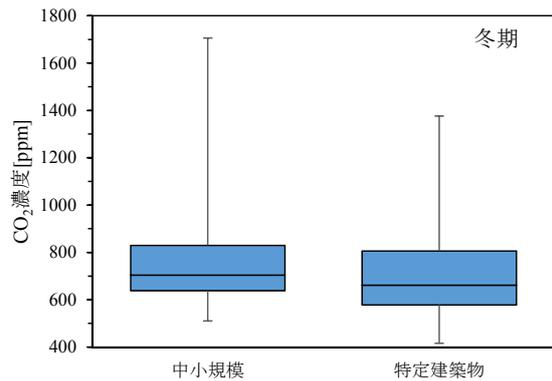


図 1-1-12 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内 CO₂ 濃度四等分値

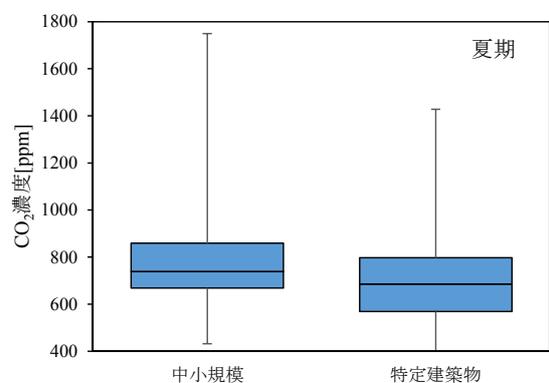


図 1-1-13 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内 CO₂ 濃度四等分値

C. まとめ

温度については、冬期と夏期の中央値が冬期で 24.1℃ (中小規模ビル) と 24.8℃ (特定建築物)、夏期で 26.5℃ (中小規模ビル) と 26.6℃ (特定建築物) であり、大きな差が見られなかった。

相対湿度について、夏期では規模を問わず概ね良好であった。一方、冬期では中小規模ビルに比べ特定建築物の中央値がやや高いを示すが、いずれも中央値や 75% タイル値が 40% を下回った。

CO₂ 濃度については、季節・規模を問わず概ね良好であった。

1-2 微生物・微粒子

A. 微生物

(1) 浮遊細菌

図 1-2-1 に冬期における室内と屋外の浮遊細菌濃度を示す。何れの室内においても日本建築学会の管理規準値 $500\text{cfu}/\text{m}^3$ を下回った。

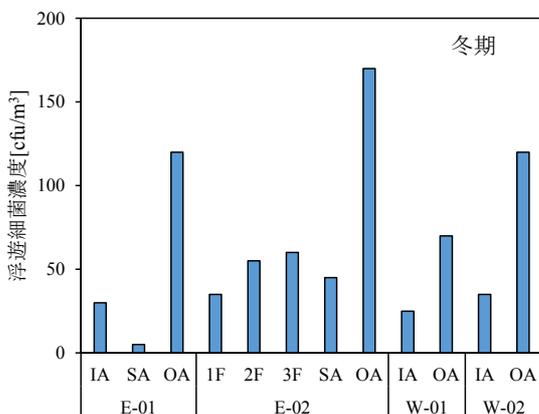


図 1-2- 冬期における室内浮遊細菌濃度

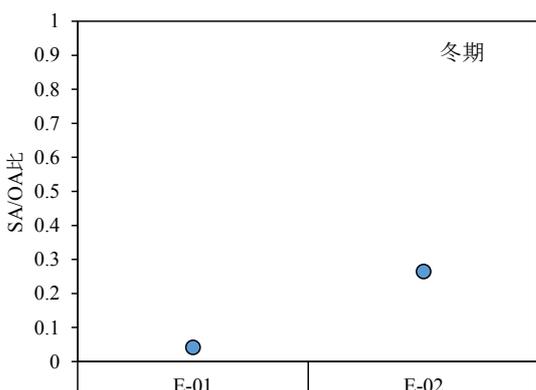


図 1-2-2 冬期における浮遊細菌濃度の SA/OA 比

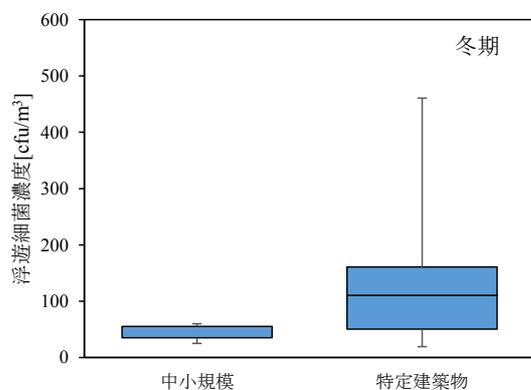


図 1-2-3 冬期における中小規模ビルと特定建築物室内浮遊細菌濃度四等分値

図 1-2-2 に浮遊細菌の測定ができた対象ビルの給気 (SA) 濃度とそのビルの外気 (OA) 濃度の比を示す。SA/OA 比は 0.3 以下となっており、空調機内での明確な発生は認められなかった。

図 1-2-3 に冬期における中小規模ビルと特定建築物の浮遊細菌濃度四等分値を示す。何れも日本建築学会の規準値を満足しているが、特定建築物の方がやや高い値を示した。室内浮遊細菌の主な発生源は在室者であり、その差は在室人員密度に起因するものであると考えられる。

図 1-2-4 に夏期における室内と屋外の浮遊細菌濃度を示す。何れの室内においても日本建築学会の規準値 $500\text{cfu}/\text{m}^3$ を下回った。

図 1-2-5 に浮遊細菌の測定ができた対象ビルの浮遊細菌濃度の SA/OA 比を示す。前述した冬期と同様に何れも 0.3 以下となっている。

図 1-2-6 に夏期における中小規模ビルと特定建築物の浮遊細菌濃度の四等分値を示す。何れも日本建築学会の規準値を満足しているが、冬期と異なり、特定建築物の中央値が低い値を示した。

(2) 浮遊真菌

図 1-2-7 に冬期における室内と屋外の菌種別浮遊真菌濃度を示す。W-02 の室内濃度が日本建築学会の規準値 $50\text{cfu}/\text{m}^3$ を上回った。これは立ち入り測定日に外気から多くのマイセリアが侵入したためであると考えられる。

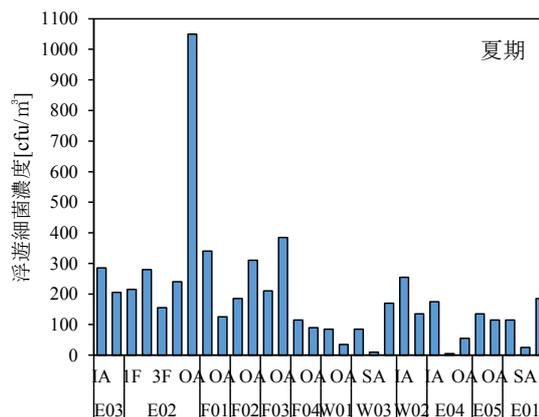


図 1-2-4 夏期における室内浮遊細菌濃度

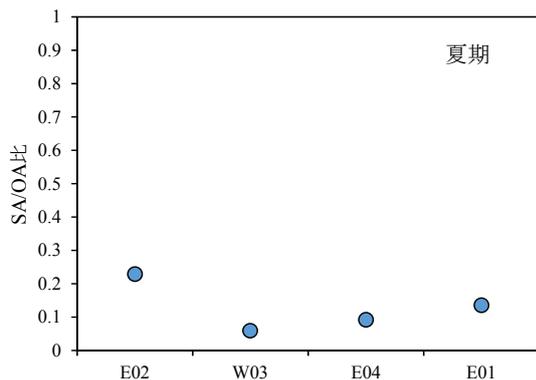


図 1-2-5 夏期における浮遊細菌濃度の SA/OA 比

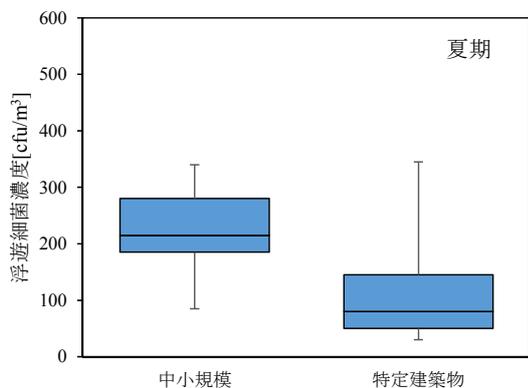


図 1-2-6 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内浮遊細菌濃度四等分値

図 1-2-8 に浮遊真菌の測定ができた対象ビルの浮遊真菌濃度の SA/OA 比を示す。SA/OA 比は 0.3 以下となっており、空調機内での明確な細菌の発生が認められなかった。

図 1-2-9 に冬期における中小規模ビルと特定建築物の浮遊真菌濃度の四等分値を示す。どれも日本建築学会の規準値を満足しているが、中小規模ビルの中央値がやや高い値を示した。室内浮遊真菌の主な発生源は外気の侵入によるものであり、その差は空調・換気設備のろ過性能の差に起因するものであると考えられる。

図 1-2-10 に夏期における室内と屋外の浮遊真菌濃度を示す。日本建築学会の管理規準値 50cfu/m^3 を上回ったビルが散見された。冬期に比べ、夏期の外気濃度が高く、それに加え空調・換気設備のろ過性能が比較的劣っているため、上記の室内高濃度の原因になっていると考えられる。

図 1-2-11 に浮遊真菌の測定ができた対象室浮遊

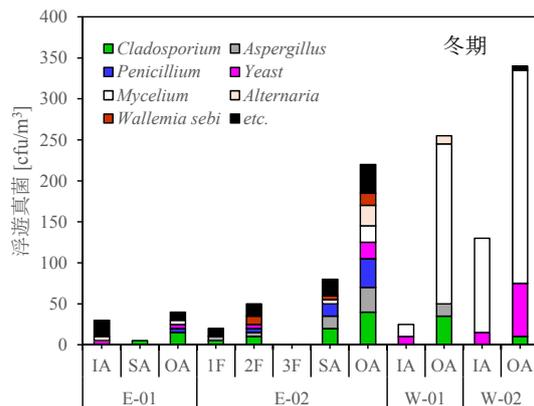


図 1-2-7 冬期における室内浮遊真菌濃度

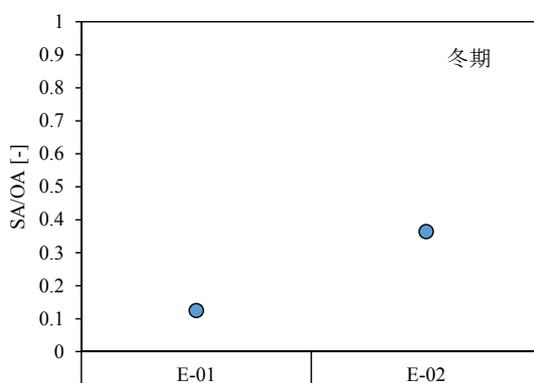


図 1-2-8 冬期における浮遊真菌濃度の SA/OA 比

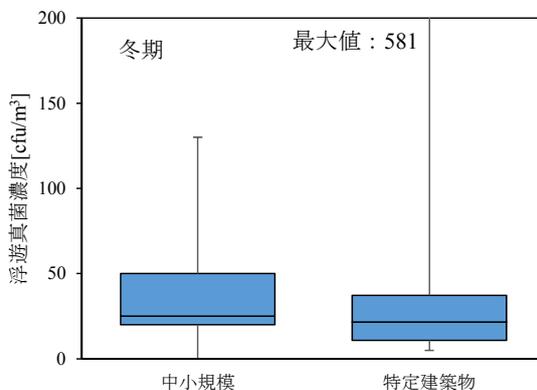


図 1-2-9 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内浮遊真菌濃度四等分値

真菌濃度の SA/OA 比を示す。冬期の 0.3 以下に比べ、0~0.5 の値を示した。

図 1-2-12 に夏期中小規模ビルと特定建築物における室内浮遊真菌濃度の四等分値を示す。中央値において、特定建築物が日本建築学会の管理基準 50cfu/m^3 を満足しているが、中小規模ビルが 50cfu/m^3 を大きく超過した。

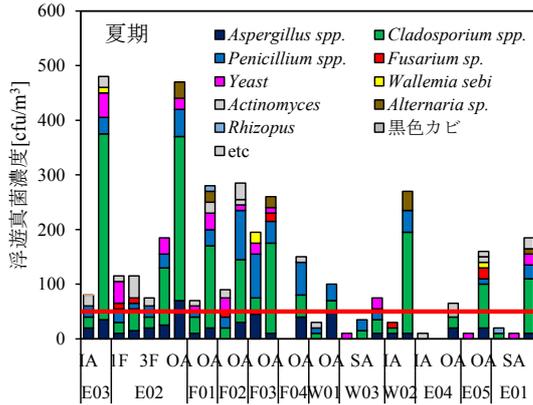


図 1-2-10 夏期における室内浮遊真菌濃度

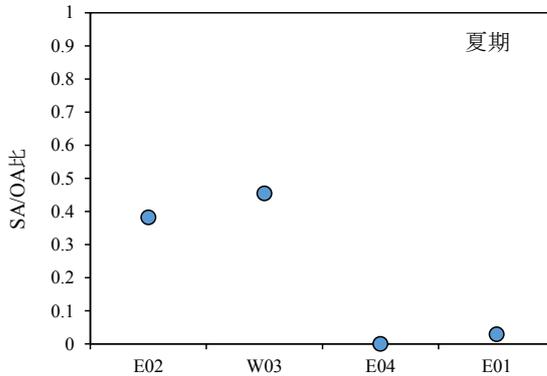


図 1-2-11 夏期における浮遊真菌濃度のSA/OA比

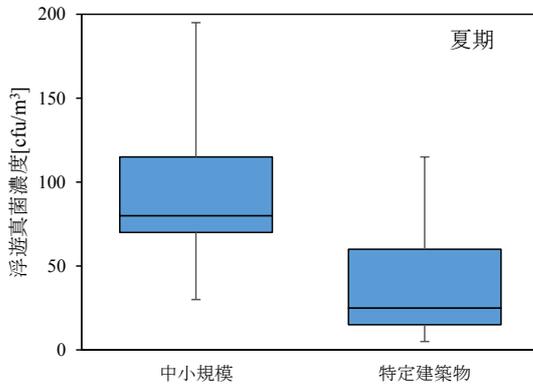


図 1-2-12 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内浮遊真菌濃度四等分値

B. 浮遊微粒子

図 1-2-13 と図 1-2-14 に冬期と夏期に中小規模と特定建築物の粒径別浮遊粒子濃度の四等分値を示す。季節を問わず、全ての粒径において中小規模ビルの方が高い値を示した。これは前述した主な発生源が外気中にある真菌の結果と一致しており、中小規模ビルの空調・換気設備に備えられているフィルタの捕集性能が劣っていることが原因になっている。

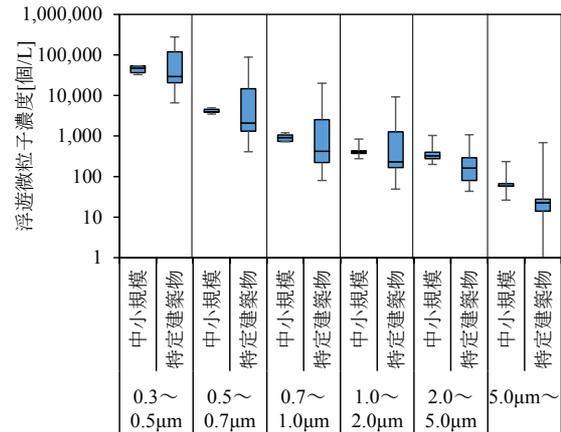


図 1-2-13 冬期における中小規模ビルと特定建築物の粒径別浮遊粒子濃度の四等分値

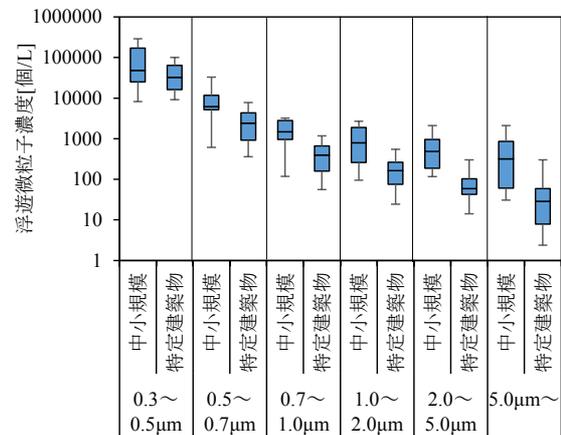


図 1-2-14 夏期における中小規模ビルと特定建築物の粒径別浮遊粒子濃度の四等分値

C. まとめ

浮遊細菌について、季節を問わず、中小規模ビルでは特定建築物と同様に日本建築学会の管理規準値 500cfu/m³ を満足している。

真菌について、冬期では中小規模ビルの室内濃度が日本建築学会の管理規準値 50cfu/m³ を満足して

いるが、夏期では中小規模ビルの空調・換気設備のろ過性能が比較的劣ったため、高濃度の外気の侵入により室内浮遊真菌濃度が上昇し、 $50\text{cfu}/\text{m}^3$ を超える対象室が散見された。一方、特定建築物は季節を問わず、浮遊真菌濃度の中央値が $50\text{cfu}/\text{m}^3$ を下回っている。

粒径別浮遊粒子濃度については、季節別、粒径別を問わず、特定建築物に比べ、中小規模ビルの室内濃度が全体的に高い値を示した。これは、空調・換気設備のろ過性能に起因するもので、前述した主な発生源が屋外にある浮遊真菌の結果と整合している。

1-3 室内 PM_{2.5}

A. 研究目的

浮遊粒子に関する建築物室内の基準は、建築物衛生法で粒径 10 μm 以下の粒子を対象として 0.15 mg/m³ 以下と設定されている。一方、大気環境では PM_{2.5} を対象として 1 年平均が 15 μg/m³ 以下、1 日平均が 35 μg/m³ と設定されている¹⁾が、建築物室内の PM_{2.5} に関する基準はない。

平成 28 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)「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」²⁾では、特定建築物において室内 PM_{2.5} の実測調査を行った。結果として、室内 PM_{2.5} 濃度は 2~30 μg/m³ 程度となり、大気の基準である「1 日平均値が 35 μg/m³ 以下」は下回った。また、I/O 比(室内濃度/外気濃度の比)については、同一建物内の濃度は概ね同様の値を示しており、室内での発生源のほか、浮遊粒子の粒径分布、空調方式の種類より検討することで、外気からの侵入する微粒子を処理する空調機(フィルタ)の特性が関係しているものと示唆された³⁾。

本研究では、中規模建築物においても、同様に室内 PM_{2.5} 濃度の実測を行うことで、建築物における室内 PM_{2.5} 濃度のデータの蓄積と共に、特定建築物・非特定建築物の比較、中央式・個別空調方式の比較を行うことで、その特徴について検討した。

B. 研究方法

B.1 実測対象建築物の概要

対象とした建築物は、表 1-1-1 に示すとおり事務用途となっている。2018 年夏期及び冬期において、東京、埼玉、神奈川、大阪、福岡における建築物にて行った。建物は、表 1-3-1 に示す延床面積 3000 m² 以上の特定建築物、延床面積 3000 m² 未満の中規模の非特定建築物となっていた。各建物の空気調和方式については、外調機を有する中央方式、ビルマル及び換気設備による個別方式に分類した。また、換気設備が当日稼働されていない建物もあった。

表 1-3-1 実測対象建物の概要

ID	E01	E02	E03	E04	E05	E06	A01	W01	W02	W03	F01	F02	F03	F04
City	Tokyo / Saitama / Kanagawa						Osaka			Fukuoka				
Type ¹⁾	N	S	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	S
AC ²⁾	I	I	I	C	I	C	C	I	I	C	I	I	I	I
Summer	2018						-	2018						
Winter	2018									2019				

1) S: Specific building, N: Non-specific building

2) C: Central air conditioning, I: Individual air conditioning

B.2 室内 PM_{2.5} の測定方法

PM_{2.5} の測定には、多くの既往の研究において用いられている可搬型の PM_{2.5} 計 (TSI DustTrak DRX 8533) を用いることとした。この装置は、光散乱法を用いており、1 分毎の濃度を記録するものである。ただし、粒子の性状によりこの機器が表示する濃度と実際の質量濃度は異なることが知られており、換算係数を乗じて濃度とするのが一般的である。本研究においては、この係数を大気で通常用いられている 0.38 として表示する。測定については、各対象部屋において 30 分程度の計測を行った。また、外気においても同様に測定を行った。

さらに、同時に浮遊粉じんの測定に使用されるデジタル粉じん計 (LD-5) を用いて、この粉じん計の標準採気口に PM_{2.5} 用サイクロン式分級装置を装着することで PM_{2.5} の測定を行った。上述の PM_{2.5} 計と値を比較することで、室内測定において粉じん計適用の可能性について検討を行った。

C. 結果及び考察

C.1 建築物における室内 PM_{2.5} 濃度

図 1-3-1 に DustTrak により測定した各室内 (IA) 及び外気 (OA) における PM_{2.5} 濃度の測定結果及び室内と外気濃度の比である I/O 比を示す。今回の室内濃度については、全ての室内において 35 μg/m³ 以下となっており、大気の基準値の「1 日平均値が 35 μg/m³ 以下」を下回る結果となった。なお、外気については、室内よりも高い値になっており、大気の基準値である「1 日平均値が 35 μg/m³ 以下」となった。同一建物である例えば E02 においては 3 部屋とも室内濃度及び I/O 比が同じ値

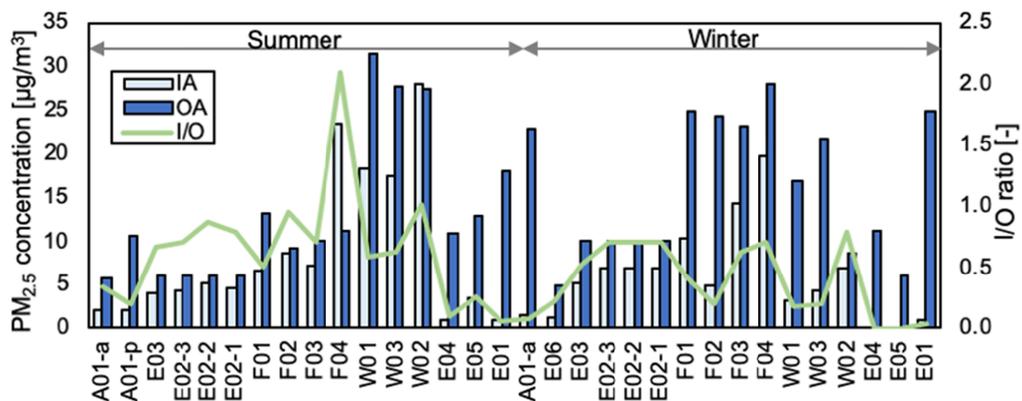
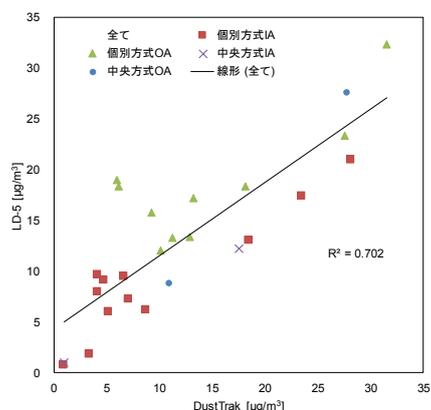


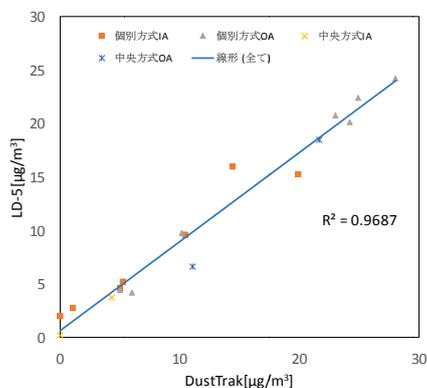
図 1-3-1 各建築物の PM_{2.5} 濃度と I/O 比 (DustTrak)

になった。I/O 比は、1 以下となること、同一建物においては同様の傾向となることについては、特定建築物における調査結果¹⁾と同じ傾向であり、建築物の外調機及び換気装置に含まれるエアフィルタなどの設備による影響が大きいものと考えられる。夏期の F04 では居室に隣接する喫煙室により、室内の濃度が高く検出され、I/O 比も 2.0 付近と非常に高くなった。しかし冬期には喫煙室の使用をやめており、室内濃度は外気よりも低い濃度となった。よって、不完全な喫煙室によるたばこ煙により、非喫煙居室であっても室内 PM_{2.5} 濃度は非常に高くなること明らかになった。その他の建物においては、概ね I/O 比が 1 を下回っていた。よって、室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内の PM_{2.5} 濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響していると考えられる。

測定機器の比較として、夏期と冬期それぞれの PM_{2.5} 濃度の結果について、PM_{2.5} 濃度計の DustTrak と粉じん計に PM_{2.5} 分級器を装着した LD-5 の相関関係を図 1-3-2 示す。両者には良い相関があり、絶対値も概ね同じ値を示した。両者とも光散乱方式を用いていることから、室内における PM_{2.5} の適切な係数値を用いることで、分級器を装着した粉じん計も十分使用できるものと考えられる。



a) 夏期



b) 冬期

図 1-3-2 DustTrak と LD-5 による PM_{2.5} 濃度の相関

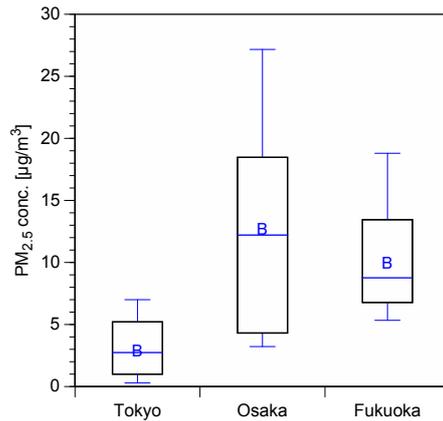
C.2 建築物規模と空調方式による特徴

図 1-3-3 に、測定季節別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。なお、先述の理由により喫煙室を有した夏期 F04 の結果は除外している。PM_{2.5} 濃度と I/O 比共に、平均値は夏期

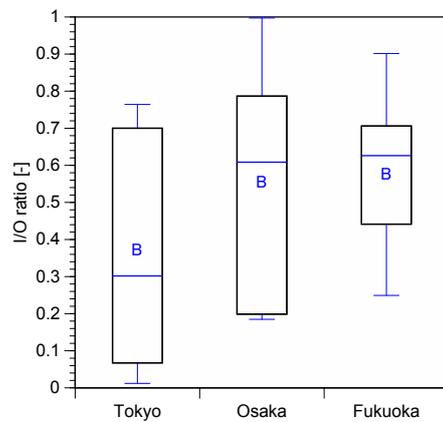
より冬期の方が低い値となった。特に PM_{2.5} 濃度については、最大値が非常に高く、大気中の PM_{2.5} 濃度は夏期の方が高いと推測される。I/O 比の方が季節の差は小さいことが確認できる。

図 1-3-4 に、測定地域別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。東京の PM_{2.5} 濃度は大阪や福岡に比べかなり低く、大気濃度の地域差が影響しているものとなった。しかし、I/O 比は地域差が少なく、各地域の平均値は 0.3~0.6 程度となり、1 以下となった。

以上のことより、PM_{2.5} 濃度は季節や地域により変動するものの、I/O 比はそれらによらず、平均して 0.5 程度であることが分かった。逆に、I/O 比の差は、季節や地域ではなく、建物固有の特性である空調方式及び空調機内部のフィルタ性能の違いに由来すると予測できる^{4,5)}。

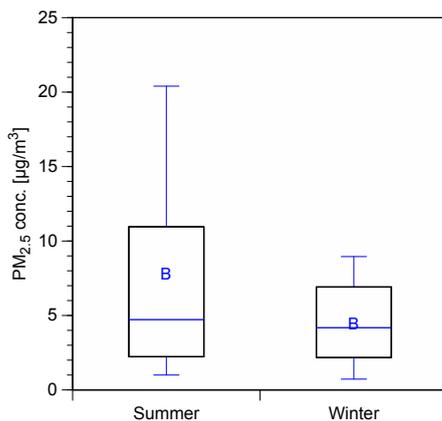


a) PM_{2.5} 濃度

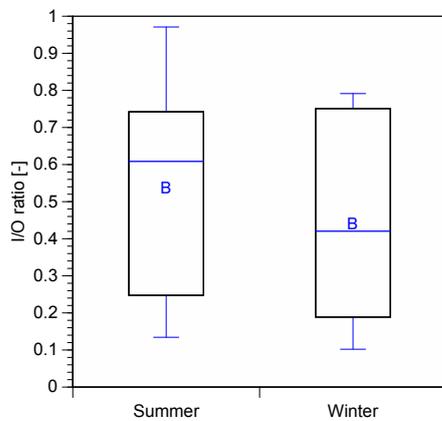


b) I/O 比

図 1-3-4 地域別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比



a) PM_{2.5} 濃度



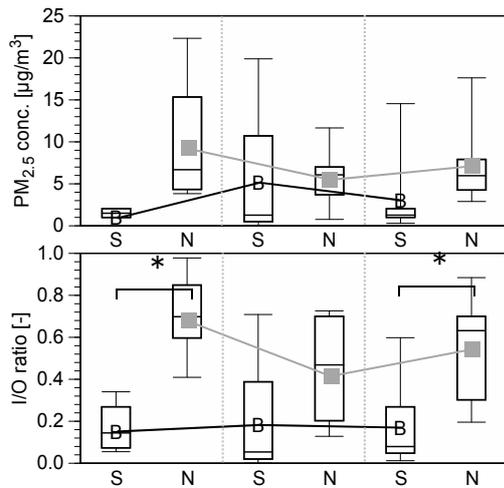
b) I/O 比

図 1-3-3 季節別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比

図 1-3-5 に、建築規模及び季節別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。なお、前述の理由により夏期 F04 の結果は除外している。また図 1-3-6 に、空調方式及び季節別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。PM_{2.5} 濃度及び I/O 比の平均値はいずれも特定建築物の方が非特定建築物より低く、中央方式の方が個別方式より低くなった。ここで、建築規模や空調方式の平均値の差が統計的に有意かを確かめるために、これらを等分散の 2 標本として有意水準 5% で両側検定の t 検定を行った。夏期の特定建築物と非特定建築物、冬期の特定建築物と非特定建築物、全季節の特定建築物と非特定建築物、また特定建築物の夏期と冬期、非特定建築物の夏期と冬期で比較したところ、PM_{2.5} 濃度の平均値の差には統計的に有意な差は無く、I/O 比の夏期、全季節の差に有意な差があることが確認出来た。同様に

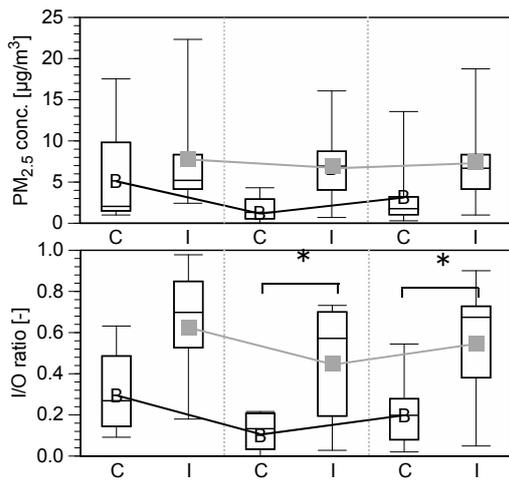
空調方式においても比較したところ、PM_{2.5}濃度の平均値の差に有意な差は無く、I/O比の冬期、全季節の差に有意な差があることが確認された。

以上より、空調方法を建物で管理している特定建築物や、粗じんフィルタに加えて高性能フィルタを設置していることが多い中央方式の建物では、全季節で見るとI/O比を0.2程度と十分低く抑えられることが分かった。



*: p<0.05

図 1-3-5 建物規模別のPM_{2.5}濃度とI/O比



*: p<0.05

図 1-3-6 空調方式別のPM_{2.5}濃度とI/O比

D. まとめ

特定建築物及び非特定建築物である中規模建築物における室内PM_{2.5}濃度の測定の結果、全ての室内において35 µg/m³以下となっており、大気の基準値の「1日平均値が35 µg/m³以下」を下回る結果となった。I/O比については、概ねI/O比が1を下回っていた。よって、室内に支配的な粒子発生源が無い場合、室内のPM_{2.5}濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響していると考えられた。

また、測定方法として、粉じん計にPM_{2.5}分級器を装着した計測器であっても、従来のPM_{2.5}計測器と良い相関が得られており、室内での適用可能性を示した。

建築規模、空調方式別に室内PM_{2.5}濃度、I/O比を比較すると、特定建築物、中央方式の空調機を有する建築物の方が低い値を示し、空調に使用されているフィルタの性能に影響されていることによるものであると示唆された。

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) 大澤元毅ほか：建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究、平成28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）、2017
- 3) 鍵直樹：事務所建築物におけるPM_{2.5}濃度の実態と室内外濃度比、空気清浄、54(4)、258-262、2016
- 4) 鍵直樹、柳宇、西村直也：事務所ビルにおける室内浮遊微粒子の特性とPM_{2.5}濃度の実態調査、日本建築学会技術報告集、第18巻、第39号、613-616、2012
- 5) 鍵直樹、並木則和：建築物の空調機及びエアフィルタの超微粒子捕集特性、日本建築学会環境系論文集、Vol. 84, No. 755, 65-71、2019

1-4 化学物質

シックハウスに関連して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¹⁾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はホルムアルデヒドの基準値が 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっている。

特定建築物では、建築物環境衛生管理基準により CO₂ 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。

一方、厚生労働省は 2012 年 9 月から「シックハウス関連指針値の検討会」²⁾が再会し、指針値の見直しと指針物質の追加など議論が行われている。最後の指針値が制定されてからちょうど 10 年が過ぎた時点で、その間の室内空気環境の変化実態と対象物質に対する産業界の対応、それに起因する使用物質の変化および可塑剤・難燃剤成分のような今まで考慮されなかった物質による室内汚染に対処する必要が生じたからである。再検討会では、次の構成意義を挙げている。

- ①最後の指針値が設定されてから 10 年が経過した。
- ②指針値が制定された物質以外の代替物質による問題が指摘されている。
- ③VOC に加え SVOC の概念が台頭された。
- ④細菌および微生物による化学物質発生が指摘されている。
- ⑤WHO（世界保健機関）空気質基準の改訂動向に歩調を合わせる必要がある。

成果として 2019 年 1 月に既存物質であるキシレン、フタル酸ジ-n-ブチル（DBP）、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル（DEHP）の指針値が強化されることになった¹⁾。

また、エチルベンゼンの指針値の見直し、新たな物質としてテキサノール、2-エチル-1-ヘキサノール（2E1H）、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（TXIB）に関する議論が行われている。

このような社会背景から、ホルムアルデヒド以外の指針物質はもちろん、代替物質に関

してもモニタリングし、実態を把握してゆく必要がある。

ここでは、建築物衛生法の適用対象ではない中小規模の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、厚生労働省の指針値に示されている物質を中心に実測調査を行った。また、シックハウス検討会で議論されており、オフィスなどビル建築でよく検出される 2-エチル-1-ヘキサノール（2E1H）の測定結果について纏めた。

1-4-1 シックハウス関連の厚生労働省指針物質

A. 研究目的

厚生労働省によりシックハウスに関連して 13 物質の濃度指針値及び TVOC の暫定目標値が定められている。特定建築物を対象とした建築物衛生法においては、新築・改築・大規模改修などを行った際にホルムアルデヒドのみを対象に濃度 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が適用されている。

建築物衛生法の適用対象ではない中小規模の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、厚生労働省の指針値に示されている物質を中心に実測調査を行った。

B. 研究方法

B.1 調査対象

調査対象は東京、大阪、福岡のオフィスビル計 12 件であった。対象ビルの建築・設備の概要および測定日は表 1-1-1 に示している。なお、E01、E04、E05、F04、W03 は特定建築物に分類されるが、中小規模建築との比較のために一緒に示している。

2018 年 1 月（冬期）、2019 年 8 月～9 月（夏期）及び 2018 年 12 月 2019 年 1 月（冬期）に測定を行った。

B.2 調査方法

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 5L 捕集 (30min at 166mL/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 1-4-1 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) HPLC (12 物質定性)
VOCs	Gerstel Tube (Tenax-TA) 5L (at 166mL/min) GC-MS (45 物質定性)

C. 結果及び考察

C.1 空气中濃度の測定結果

13 物質の中で、主に検出された物質はホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、テトラデカンであった。他にもスチレン、p-ジクロロベンゼンが少数物件から検出されたが、いずれも濃度は低かった。

指針物質ではないが、リモネン及びのノナナールが多数物件から検出され、いずれも濃度は低い。また、ウンデカン、ドデカンが小数検出された。ベンゼンは検出されなかった。

ホルムアルデヒド濃度指針値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対して、特に高い建物はなかったが、夏期に $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 近い物件が 3 件あった。

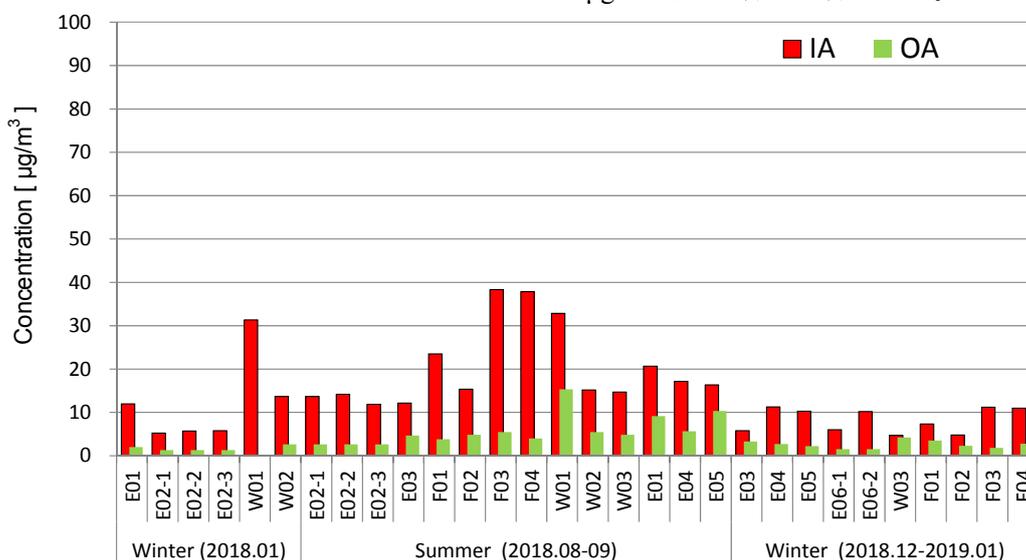


図 1-4-1 ホルムアルデヒドの空气中濃度

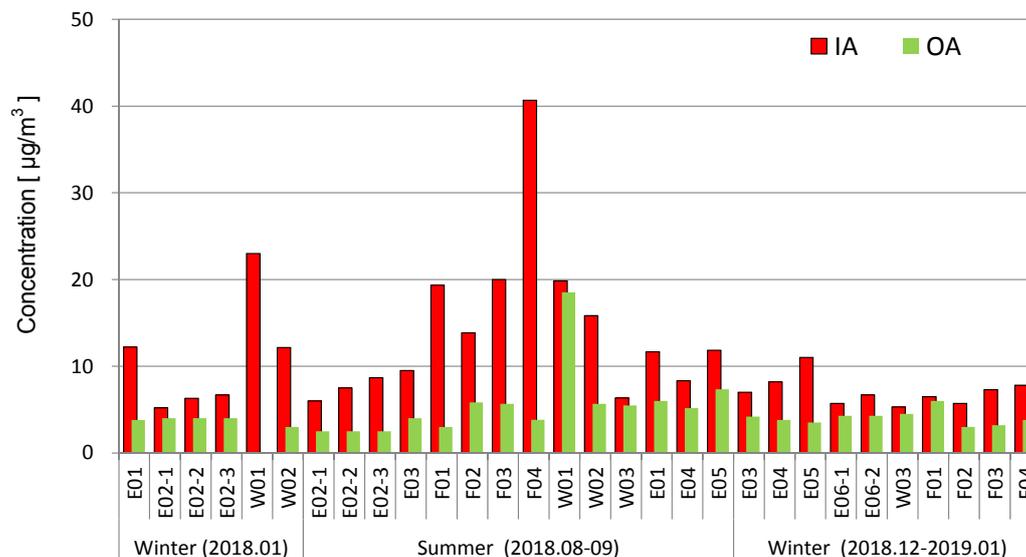


図 1-4-2 アセトアルデヒドの空气中濃度

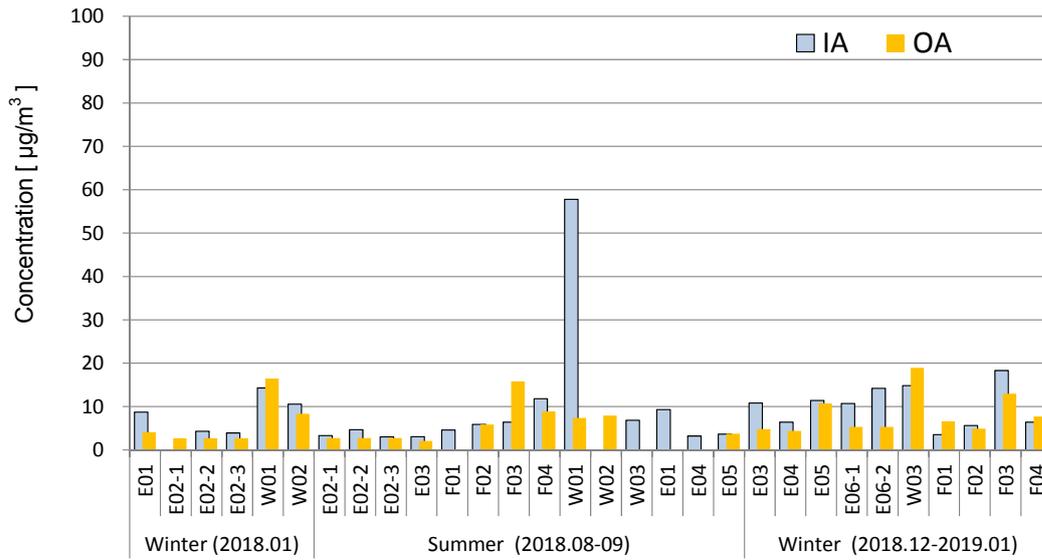


図 1-4-3 トルエンの空气中濃度

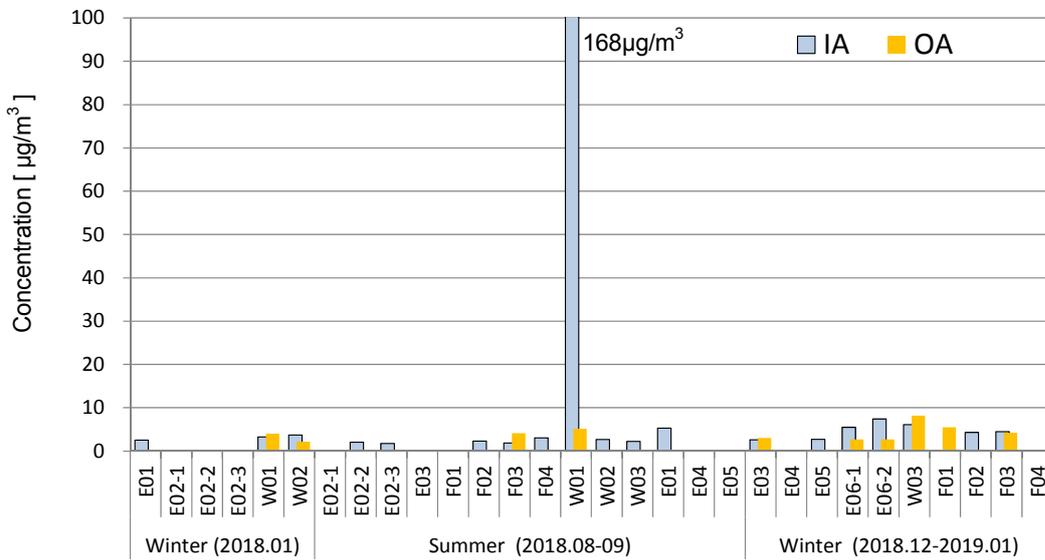


図 1-4-4 エチルベンゼンの空气中濃度

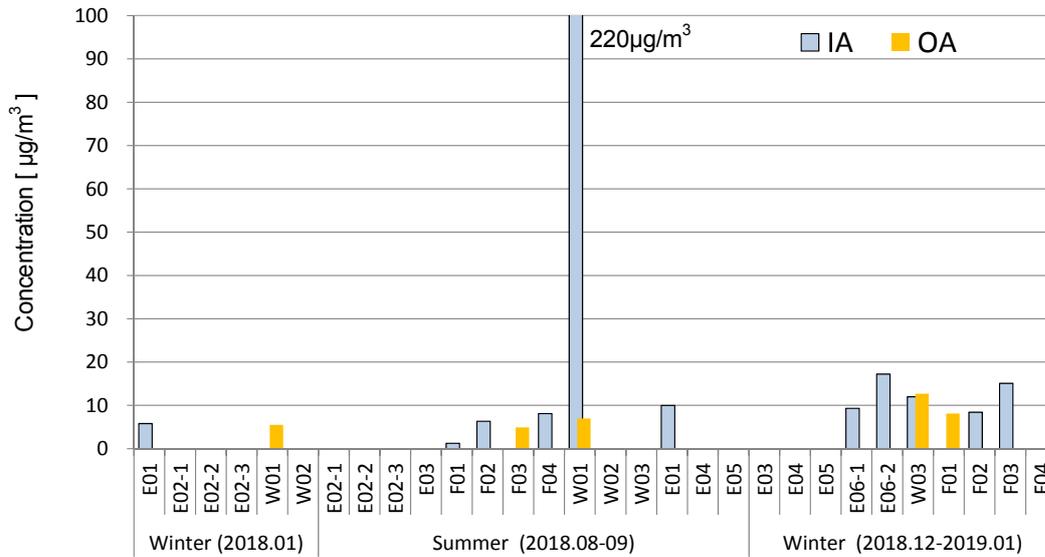


図 1-4-5 キシレンの空气中濃度

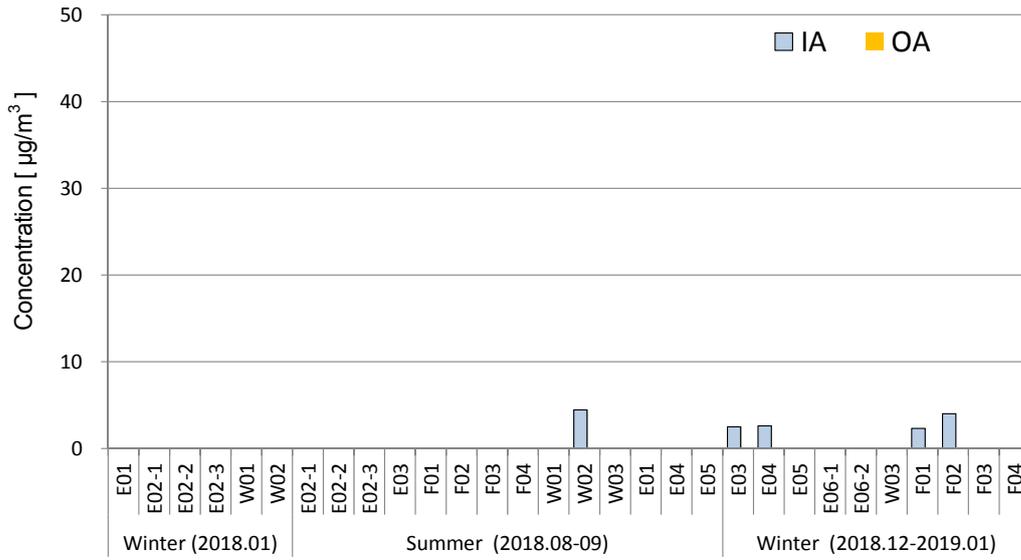


図 1-4-6 p-ジクロロベンゼンの空気中濃度

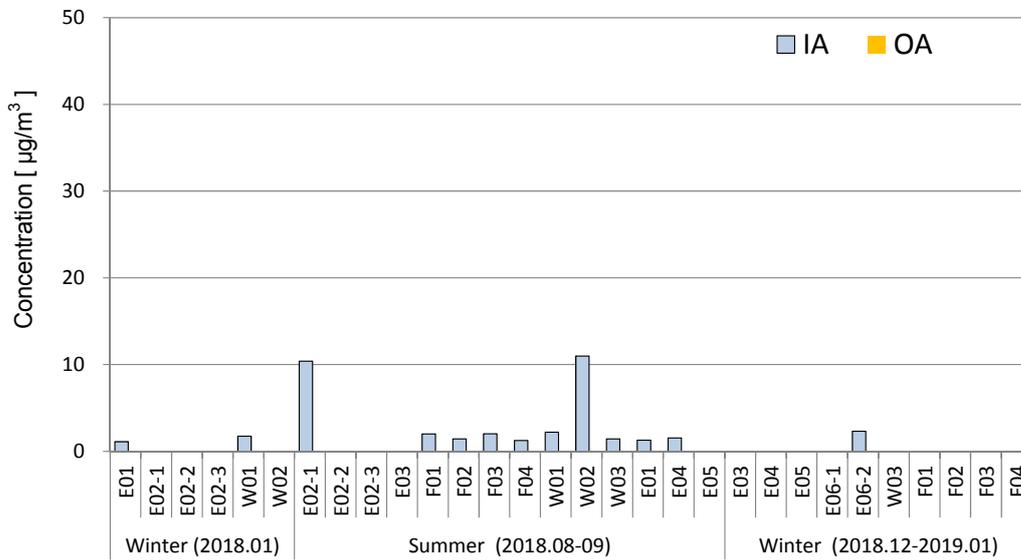


図 1-4-7 テトラデカンの空気中濃度

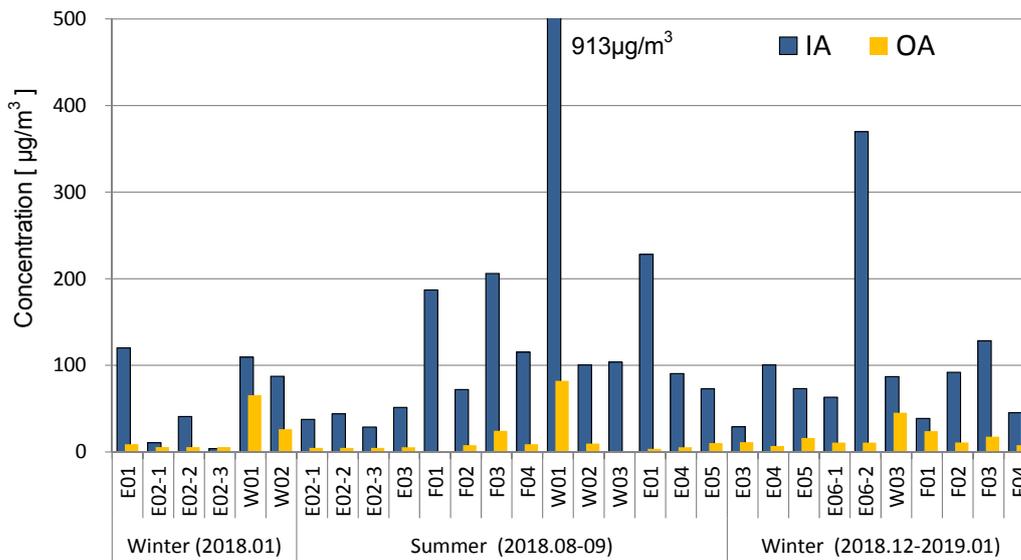


図 1-4-8 TVOC 空気中濃度

アセトアルデヒド指針値は $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、F04 を除いた全対象において高い濃度は認められなかった。F04 においては $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の濃度を示したが、当建物には室内に喫煙スペースがあったが、近年室内喫煙室を廃止している。F04 では個別 VOC や TVOC 濃度は高くなかった。

個別 VOC では、夏期の W01 のみ溶剤系

VOCs (トルエン、エチルベンゼン、キシレン) で指針値は超えないが他の建物に比べ、高い濃度を示していると共に、TVOC 値も $900\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えている。当建物の夏期測定時に建物改修工事が行われており、外気でも溶剤系物質の濃度が高く検出されたためその影響によるものであり、冬期測定時には低い濃度を示している。

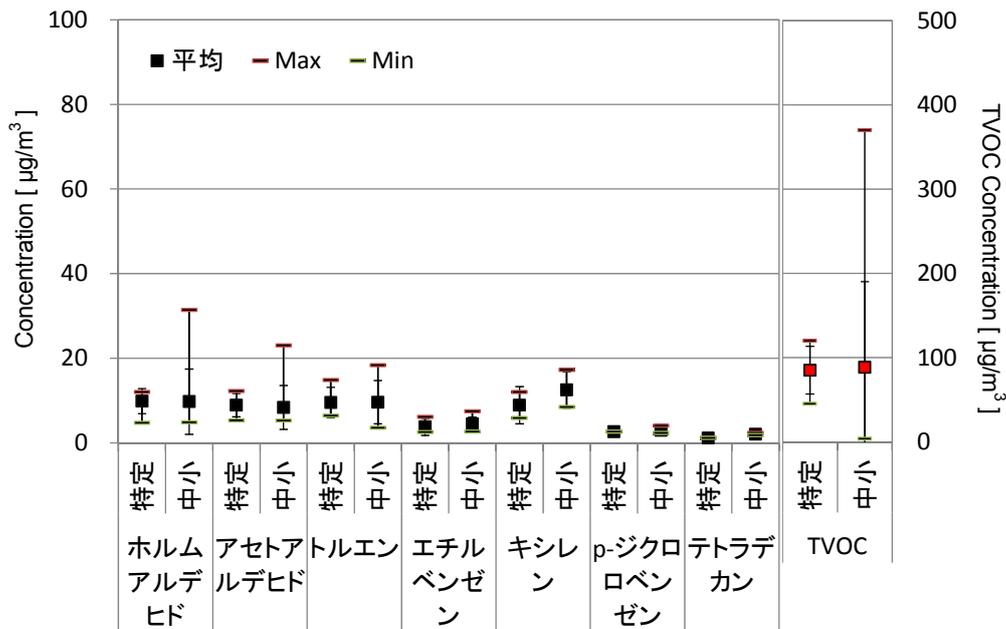


図 1-4-9 冬期の化学物質濃度

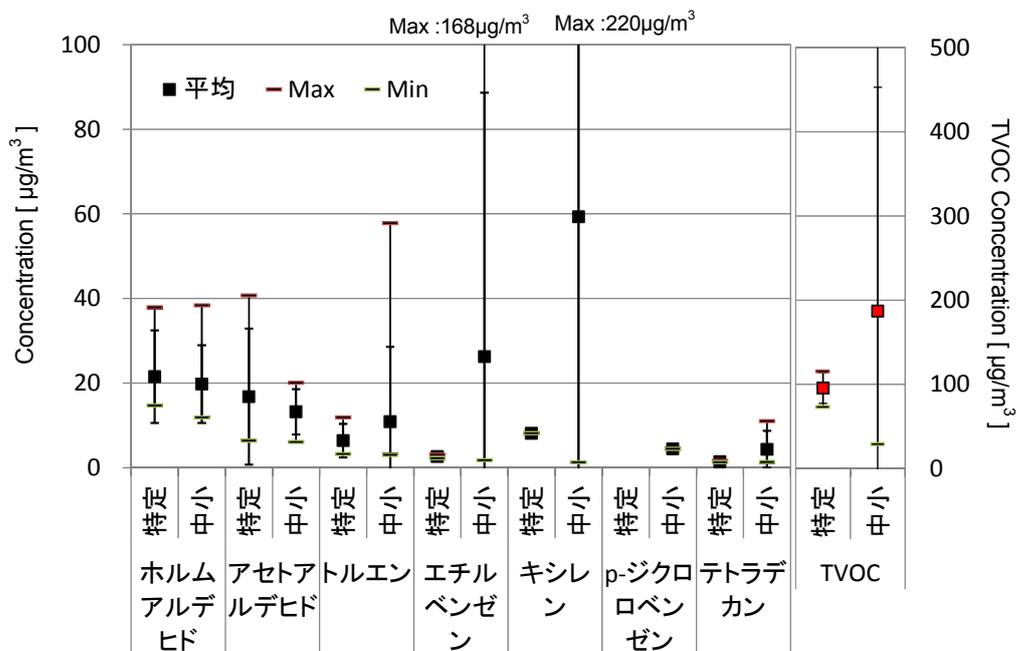


図 1-4-10 夏期の化学物質濃度

他に個別 VOC や TVOC で高い濃度を示す建物はなかった。p-ジクロロベンゼンは小数建物で検出されたが、いずれも濃度は低かった。洗剤、芳香剤など生活用品にも多用される香り成分であるリモネン、ノナナールは多数物件から検出されたがその濃度は低かった。また、ウンデカン、ドデカンが小数、低濃度で検出された。

C.2 季節及び建築規模による検討

図 1-4-9 及び図 1-4-10 に示すように、主に検出された物質に対して、季節及び建築規模による違いがあるかを検討した。

アルデヒド類は特定建築物、中小規模建築共に冬期より夏期の平均濃度が高い。VOCs 及び TVOC に対しては、特定建築物は差がなく、中小規模建築で夏期濃度が冬期より高い傾向を示している。しかし、W01 の工事の影響による夏期 VOCs 濃度の上昇要因があったため、一概には言えず、データの蓄積が必要である。

冬期測定結果において、平均濃度として特定建築物と中小規模建築に差はなかったが、最大値はアルデヒド類及び VOCs 共に中小規模建築の方が高く、TVOC の最大値も中小規模建築が高かった。平均としては似ているが、環境に偏差がより大きいことが分かる。

夏期には、中小規模建築における VOCs や TVOC で平均値と最大値が特定建築物より高くなっているが、F04 の工事による影響があり、F04 を除けば特定建築物と有意な差はなくなる。

D. まとめ

2019年1月に既存指針物質であるキシレン、フタル酸ジ-n-ブチル (DBP)、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) の3物質に対する濃度指針値が強化された。さらに、エチルベンゼンの指針値の見直し、新たな物質としてテキサノール、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H)、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジソブチレート (TXIB) に関する議論が行われている。

2018年1月～2019年1月までの測定から、

13物質の中で主に検出された物質はホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、テトラデカンであった。他にもスチレン、p-ジクロロベンゼンが少数物件から検出されたが、いずれも濃度は低かった。

室内に喫煙室があった物件でアセトアルデヒドがやや高めに検出された。溶剤系 VOCs が高く検出されれば物件が1件あったが、こちらは改修工事による影響と判断された。今回の測定から特段高濃度を示す建物はなく、化学物質に関して厚生労働省の指針値を超えることはなかった。

今後は、建築規模及び季節による化学物質濃度の違いについて検討していく。

参 考 文 献

- 1) 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:シックハウス対策 HP—シックハウス関連化学物質の室内濃度指針値、
<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/situnai/hyoku.html> (accessed on 2019.5.10)
- 2) 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、第11回～第17回議事録、<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi> (accessed on 2018.6.20)

1-4-2 2-エチル-1-ヘキサノールの実態

A. 研究目的

揮発性有機化合物 (VOC) の一つである 2-エチル-1-ヘキサノール(2E1H)は、塩ビ建材、接着剤、塗料などの建材から発生し、健康被害をもたらすことが指摘されている¹⁾。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、厚生労働省は平成 29 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、その後もパブリックコメントなどの意見を踏まえ、指針値を定めることを検討している^{2,3)}。なお、この議論においては、主に住宅における室内濃度を基に検討しており、建築物については情報が少ないことが課題である。よって、建築物における室内 2E1H 濃度の実態把握を行い、今後の建築物における低減対策を進めることが必要であると考えられる。

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-2-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^{4,5)}。タイルカーペット及び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いる⁶⁾。近年では事務所建築物において、フリーアクセスフロアが多用され、直接コンクリート下地に接触する機会は少ないものの、コンクリート製フロアパネルを利用したフリーアクセスフロアも存在しており、このような建材からの二次発生が促進される可能性が高い。よって、建築物における床仕様に着目することで、上述の様な発生機構による 2E1H の室内空気質の影響を把握することが重要であり、対策についても検討が可能となる。

そこで本報告では、事務所用途の特定建築

物及び非特定建築物における室内の実測によって、2E1H の実態を把握することとした。

B. 研究方法

室内 2E1H 濃度の実態調査については、表 1-1-1 に示す東京・埼玉・大阪・福岡の事務所建築物に加え、他の建物を含めて表 1-4-2 に示す建築物において夏期と冬期を対象とした。

2E1H の発生源として、床材からの発生が考えられることから、それぞれの居室の床仕上げについても確認した。各部屋とも床にタイルカーペットが敷かれていた。床の仕様として、タイルにカーペットを置いたもの、コンクリートスラブにカーペットを置いたもの、OA フロアで金属製フロア、コンクリート製フロアと分類を行った。

測定対象室内では、VOC 濃度の他、温湿度・CO₂濃度の測定を行った。また、温湿度、CO₂濃度については、外気においても測定を行った。測定方法として、温湿度、CO₂濃度については、CO₂ Recorder TR-76Ui (T&D 製) を、VOC については、Tenax TA 管 (0.3 L/min, 30 分捕集) により捕集、GC/MS (島津製作所, GC/MS-QP5050) により分析を行った。

なお、当日室内の換気回数 N [回/h] は在室者数と室内・外気の CO₂ 濃度から以下の式で算出した。また、換気量は、換気回数に室容積 V を乗じて求めた。

$$N(\text{回/h}) = \frac{M}{(C_{in} - C_{out}) \times 10^{-6} \times V}$$

M : CO₂ 発生量 [m³/h] = 0.02 × 在室者数

C_{in} : 室内 CO₂ 濃度 [ppm]

C_{out} : 外気 CO₂ 濃度 [ppm]

V : 室容積 [m³]

C. 結果及び考察

C.1 建築物における実測調査

図 1-4-11 に 2E1H 濃度と TVOC 濃度に対する比を示す。2E1H は冬期の E02 を除いた全ての建物で検出された。最も高かったのは夏期の E01 で 122.6 µg/m³ であった。E01 はコンクリートスラブにタイルカーペットを直貼りしている建物であるため、二次発生が主な

表 1-4-2 事務所建築物の実測調査における調査対象室の概要

Building ID	Location	Sampling places	Floor material	Room volume [m ³]	Summer	Winter
E01	Tokyo Saitama	-	Concrete+Carpet	283.2	○	○
E02		1F	OA (Steel) +Carpet	918.4	○	○
		2F		1145.2	○	○
		3F		1719.2	○	○
E03		-	Tile+Carpet	429.3	○	○
E04	-	Concrete+Carpet	3534.0	○	○	
E05	-	OA (Steel) +Carpet	340.5	○	○	
W01	Osaka	-	Tile+Carpet	285.2	○	○
W02		-	Concrete+Carpet	294.3	○	○
W03		-	Tile+Carpet	463.2	○	○
F01	Fukuoka	-	Concrete+Carpet	110.0	○	○
F02		-	Concrete+Carpet	223.2	○	○
F03		-	Concrete+Carpet	317.2	○	○
F04		-	OA (Steel) +Carpet	938.4	○	○
A01	Tokyo	-	OA (Steel) +Carpet	1008.0	-	○
A02		roomA	Tile+Carpet	415.2	-	○
		roomB		95.4	-	○
A03		1F	Concrete+Carpet	172.7	-	○
		5F	OA (Steel) +Carpet	824.7	-	○
A04	-	OA (Steel) +Carpet	698.1	-	○	
A05	-	OA (Concrete) +Carpet	-	○	-	

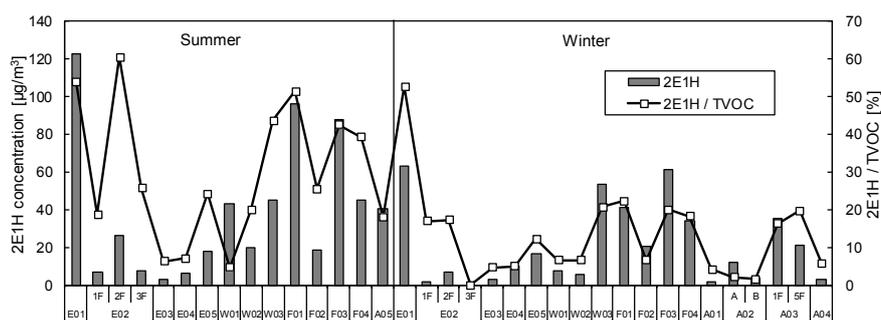


図 1-4-11 夏期と冬期における 2E1H 濃度と 2E1H / TVOC 比

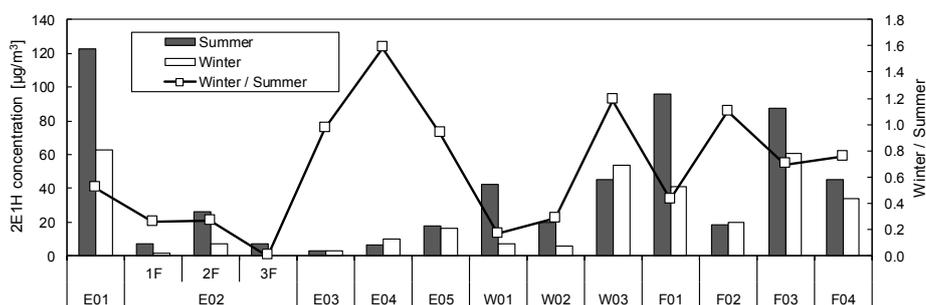


図 1-4-12 夏期と冬期の 2E1H 濃度の比較

要因として考えられ、指針値として提案されていた $130\mu\text{g}/\text{m}^3$ に近い値であった。

2E1H 濃度と TVOC 濃度に対する比 (2E1H / TVOC 比) については、建物によりばらつきはあるものの、2E1H 濃度の高い建物は TVOC

も高い値を示す傾向にあり、TVOC に対して 50% を上回る濃度の建物もあった。これより、2E1H が事務所室内の空気質汚染の主な化学物質であり、室内空気質に影響を与えていることが明らかとなった。

夏期と冬期に測定を行った E01, E02, E03, E04, E05, W01, W02, W03, F01, F02, F03, F04 における 2E1H の濃度と夏期と冬期の濃度比を図 1-4-12 に示す。多くの建物で夏期から冬期にかけて減少する傾向が見られた。これにより、2E1H の発生は季節の変化に影響を受けるものと推測される。

図 1-4-13 に CO₂ 濃度により算出した換気量と 2E1H 濃度の関係について示す。換気量が大きくなるにつれて 2E1H が低濃度となる傾向となった。これより、換気が室内空气中の 2E1H 濃度の低減に一定の効果があると考えられる。今回 1 棟のみであったコンクリート製フロアパネルを使用している建物（図 1-4-13 中の●）においては、換気量が多いにもかかわらず、比較的高い濃度で 2E1H が検出された。

床の仕様別に 2E1H 濃度をまとめたものを図 1-4-14 に示す。コンクリートスラブにカーペットを直貼りにした一部の建物では、2E1H が高濃度で検出された。一方で、金属製フロアパネルを使用している建物の多くは 2E1H 濃度が低い傾向にあった。

また、図 1-4-15 に室内の絶対湿度と 2E1H 濃度の関係を示す。2E1H の二次生成には、水分の影響が大きいこと知られているが、空气中の湿気の絶対量が多い方が、2E1H の濃度が高い傾向となった。よって、二次生成においても、環境中の湿度も 2E1H 濃度に影響を与えていることが示唆される。

以上より、床の仕様が 2E1H の発生に影響を与えている可能性があり、コンクリートスラブに直貼りをしている建物及び、コンクリートフロアパネルを使用した OA フロアにおいては二次発生の可能性が高い傾向となった。さらには、絶対湿度との関係も見られ、室内濃度低減の為に、換気以外にも発生源の対策を講じる必要があると考えられる。

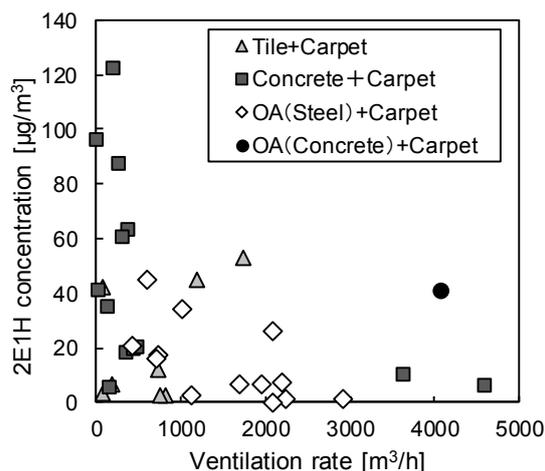


図 1-4-13 換気量と 2E1H 濃度の関係

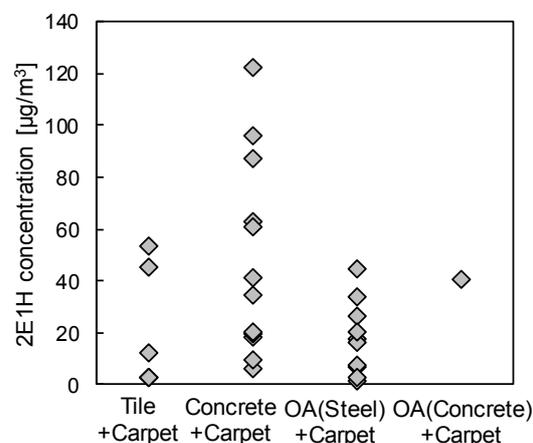


図 1-4-14 床仕様別の 2E1H 濃度のまとめ

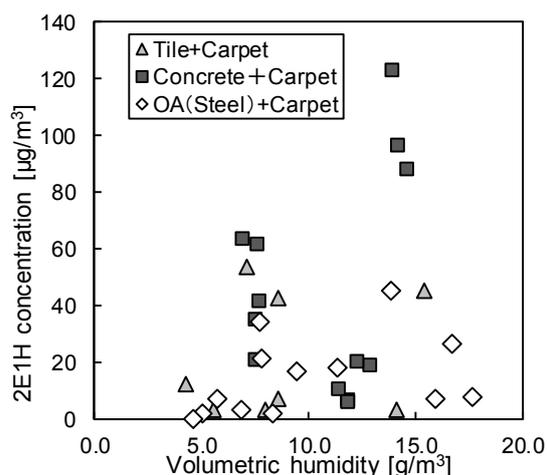


図 1-4-15 容積絶対湿度と 2E1H 濃度の関係

D. まとめ

建築物室内における 2E1H 濃度の実態を把握するために、夏期及び冬期の 17 件の事務所用途の特定建築物及び非特定建築物において実測を行った。結果として、2E1H は多くの室内で検出され、TVOC に占める 2E1H の濃度が 50% を超える建物もあり、2E1H が室内環境の汚染に影響を与えていることが明らかとなった。また、コンクリートが床下地である室内では、2E1H 濃度は高く、金属製のフリーアクセスフロアの室内では低い傾向が見られた。さらに絶対湿度と 2E1H 濃度との関係も見られ、対策を講ずるためには、換気以外にも、床仕様、環境湿度などが 2E1H の発生に影響を与えていることが示唆された。

る検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(長野), 515-518, 2006.

- 6) 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), 1021-1031, 2005.

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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 2019.2.14)
- 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: 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ー第 23 回までのまとめ, 2019.1.
<https://www.mhlw.go.jp/content/000470188.pdf> (参照 2019.2.14)
- 4) 千野聡子, 加藤信介, 徐長厚: 塩化ビニル床材からの可塑剤分解物質等の放散メカニズムの解明(その 7)床材内での VOCs の拡散と放散性状, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(仙台), 493-496, 2007.
- 5) 長尾 聡子, 加藤 信介, 徐 長厚, 安宅 勇二: 塩化ビニル床材からの可塑剤分解物質等の放散メカニズムの解明(その 4)床材接着剤からの化学物質放散性状に関する

1-5 エンドトキシン（細菌内毒素）

A. 研究目的

2018年1月、家庭用超音波加湿器の細菌汚染が原因で、レジオネラ症による高齢者3名の死亡事故があった。細菌の測定には培養法、ATP（adenosine triphosphate；アデノシン三リン酸）法、r-PCRを用いたDNA解析などが利用されているが、現場測定にはいずれも長短がある。

一方、換気指標のCO₂濃度や化学物質汚染指標のTVOCのように、微生物に関してもそのような指標の存在は室内環境における汚染状況や環境改善の面で大変有意義であり、空气中細菌濃度や汚染度の指標としてET濃度に着目して室内濃度の実態を調べている。

B. 研究方法

B.1 調査対象

調査対象は前項の測定と同様、東京、大阪、福岡のオフィスビル計12件であった。対象ビルの建築・設備の概要および測定日は表1-1-1に示している。なお、E01、E04、E05、F04、W03は特定建築物に分類されるが、中小規模建築との比較のために一緒に示している。

2018年1月（冬期）、2019年8月～9月（夏期）及び2018年12月2019年1月（冬期）に測定を行った。

B.2 調査方法

B.2.1 空気サンプリング

図1-5-1に捕集用フィルター及び現場測定風景を示す。空気試料として微生物の培地吸引では100Lを用いることが多い。本研究におけるETサンプリングでは、直径47mmのMCEフィルター（Mixed Cellulose Ester Membrane Filter）に100L（30min at 3.3L/min）を吸引・捕集した。捕集したフィルターはγ線滅菌試験管に保管、蒸留水（注射用水；ETフリー）を添加し、ポルテックスミキサーで攪拌した後、上澄み液を分注・分析した。



図 1-5-1 MCE フィルター及び測定風景

B.2.2 濃度分析

分析装置としてToxinometer ET-5000（和光純薬）を用いて、吸光比濁法による定量計測を行った。リムルステスト（Limulus test）ではライセート（Limulus amoebocyte lysate）試薬と反応させたETのゲル化に伴う濁度変化をカイネティック比濁法で測定し、検量線に基づいて定量した。ET濃度が高いとゲル化反応が速く、低いと遅くなることを原理としている。

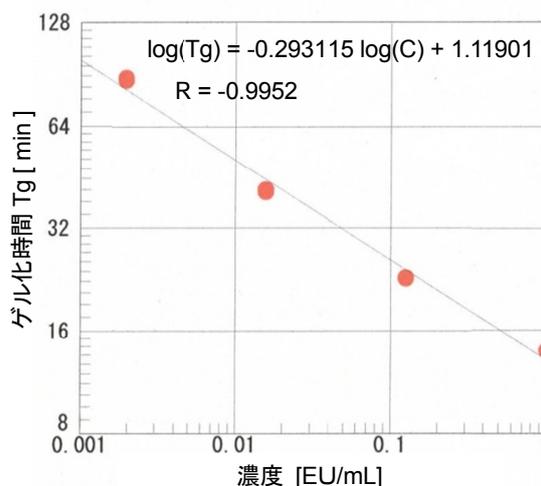


図 1-5-2 検量線例（4点、8倍稀釈）

ゲル化に伴う透過光量比変化を計測し測定開始から設定閾値（94.9% at 37.0°C）に達するまでの時間（Tg：ゲル化時間）でET濃度が決定される。定量のために、1.0、1/8、1/64、1/512(=0.00195) EU/mLの4段階の濃度標準を用いて検量線例を図1-5-2に示す。濃度単位としては、「EU/m³」：空気単位容積当たり濃度、EUはEndotoxin Unit (ET活性値)のことである。

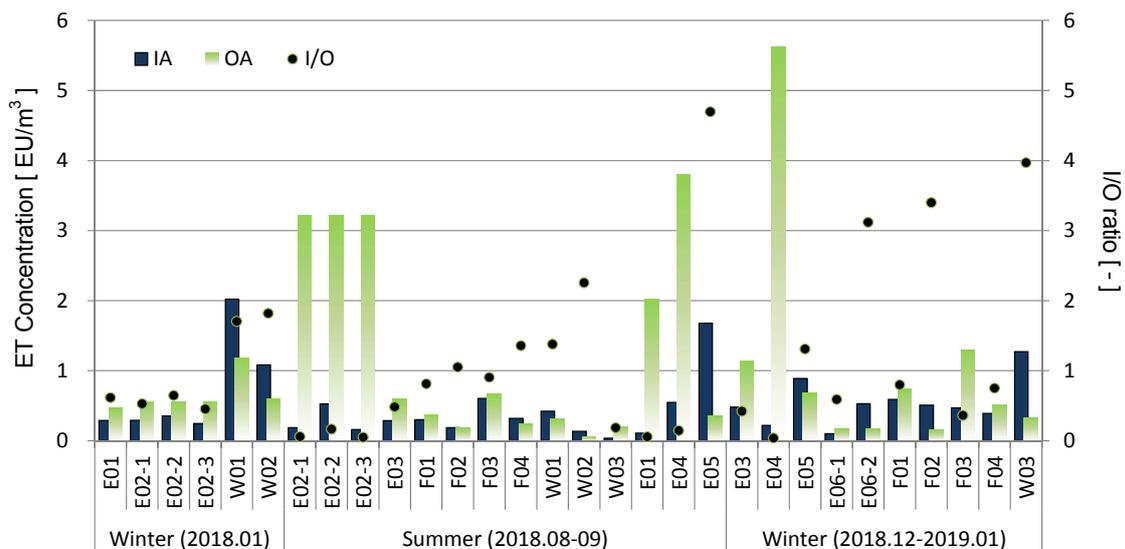


図 1-5-3 ET 濃度測定結果

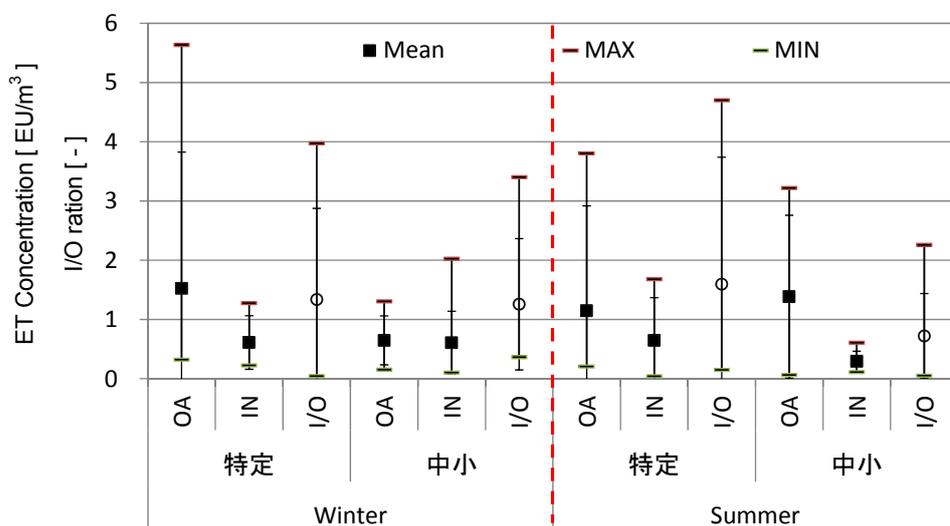


図 1-5-4 季節及び建物規模による ET 濃度

C. 結果

図 1-5-3 に空气中 ET 濃度の測定結果を、図 1-5-4 に季節及び建物規模で比較したグラフを示す。

外気濃度 (OA) は多くが $1.0\text{EU}/\text{m}^3$ 以下であったが、夏期 E02、E04、冬期 E04 で高い濃度が示された。E02 は冬期と夏期の外気濃度が明らかに異なるため、測定日の条件による違いと考えられる。一方、E04 は夏期、冬期共に外気としては高い濃度を示している。排気口や冷却塔などが集まっている屋上で外気測定をしていることからこれらの影響を受けている可能性がある。

室内濃度では $1.0\text{EU}/\text{m}^3$ を下回る建物が

殆どであり、 $1.0\text{EU}/\text{m}^3$ を超える 4 件においても $1\sim 2\text{EU}/\text{m}^3$ と比較的低い水準であった。

I/O 比が 1.0 を超える結果は 30 件中 11 件と 37% であり、多くの建物で外気より低い水準が保たれていた。

特定建築物と中小規模建築の比較では、冬期の室内平均濃度は同水準であり、夏期は中小規模での濃度がやや低い結果となった。しかし、いずれも平均値としては $1.0\text{EU}/\text{m}^3$ 未満と低い水準となっている。

一方、最高値は冬期に中小規模の方が高く、夏期は特定建築物の方がやや高くなっている。