

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

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

平成 29～令和元年度 総合研究報告書

研究代表者 小林 健一
令和 2 (2020) 年 3 月

平成29年度～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）
総括総合研究報告書

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

研究代表者 小林 健一 国立保健医療科学院医療・福祉サービス研究部 上席主任研究官

研究要旨：特定建築物（延床面積 3,000 m²以上の建築物、学校は 8,000 m²以上）は建築物衛生法のより、室内環境の維持管理と測定報告に関する法的根拠から管理されている。一方、特定建築物に該当しない中規模建築物の数は特定建築物のおよそ半数に及ぶことが明らかにされたが、建築物衛生法適用対象外であるため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。

本研究は、建築物衛生法の特定建築物に含まれない中小規模、特に床面積 2000～3000 m²の建築物における空気温熱環境、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除など適切な衛生管理方策の検討と提言を目的とする。建築物衛生法は環境衛生全体を網羅して管理・監督する法律であり、これまで 50 年間近く室内環境の悪化防止と改善に貢献してきた我が国固有のものであるが、本研究ではこの建築物衛生法の中規模建築物への適用可能性について検討するものである。

3 年間以下項目について研究を遂行してきた。

- (1) 中小建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握
- (2) 中小建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査（Phase1・Phase2・Phase3）
- (3) 中小建築物における衛生管理項目と水準の提案

関連財団・社団等の協力を得て設定した調査対象集団 500 件に対してアンケート形式の Phase1 研究を行った。Phase2 として Phase1 の 500 件から 2 年目に 42 件、3 年目に 24 件を対象とし、温度・湿度・CO₂ 測定の冷暖房期における 2 週間の連続測定を行い、規模と用途に係る概況を把握した。なお、在室者の勤務環境と健康状態に関するアンケート調査を併せて行った。

Phase3 では Phase2 の 50 件の中から毎年 10 件程度を選定し冷暖房期を中心に詳細現場測定を実施した。建築物衛生法に規定された空気環境（6 項目：浮遊粉じん、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、気流）に加え、化学物質、微生物、PM_{2.5}、給排水、掃除、PC など現場測定を行い、規模に関する横断的な情報収集を詳細に行った。また、測定と同時に従業員及び管理者を対象に環境衛生に係る健康影響実態のアンケート調査を行つた。加えて、ビル管理業者を対象としたアンケート再調査により空気環境測定、空気調和設備維持管理、給水・排水管理、清掃、PC の管理状況実態に関する詳細把握を行った。

環境衛生に係る健康影響の実態を把握するため、物理環境測定と連携して建築物室内環境に起因する症状や疾患に関するアンケート調査を実施し、疫学・統計学的な観点から解析を行った。

国土交通省の法人土地・建物基本調査データを解析し、全国における建物の属性及び用途・規模特性などを調べた。また、ペストコントロール協会が所属会員を対象に実施している全国アンケートデータの本研究グループで詳細解析した。ペストコントロールや衛生管理における建物用途及び規模別の特性などを把握し、中小規模建築の衛生管理の提言の資料とした。

結果、温度による有症率で中小規模がやや劣る評価となったが、温度制御性能に大きな問題はなかった。相対湿度は冬期に 40%RH を満足することは難しく設備が無い或いは加湿能力が脆弱である。浮遊微生物に関しては空調のフィルタ性能が劣ることから一部で課題が見られる。浮遊粉じん・PM_{2.5} に関しては外気影響が大きく国内の大気質が良好なことから大きな問題にはならず、化学物質に関しては特定建築物よりは濃度が高い場合があるが特段悪い環境にはなっていない。厚生労働省の濃度指針値の強化や新物質の検討などを受け、今後も追跡してゆく必要がある。ペストコントロールとして、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。給水に関する管理は、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。

研究分担者	所属機関名・職名
島崎 大	国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
金 勲	国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
鍵 直樹	東京工業大学環境・社会理工学院 准教授
柳 宇	工学院大学建築学部 教授
東 賢一	近畿大学医学部 准教授
長谷川兼一	秋田県立大学システム科学技術学部 教授
研究協力者	所属機関名・職名
林 基哉	国立保健医療科学院 統括研究官
開原 典子	国立保健医療科学院生活環境研究部 主任研究官
樺田 尚樹	産業医科大学 教授
中野 淳太	東海大学工学部 准教授
李 時桓	信州大学工学部 助教
大澤 元毅	
奥村 龍一	東京都多摩立川保健所
齋藤 敬子	(公財) 日本建築衛生管理教育セン ター
関内 健治	(公社) 全国ビルメンテナンス協会
谷川 力	(公社) 日本ペストコントロール協会

A. 研究目的

特定建築物（延床面積 3,000 m²以上の建築物、学校は 8,000 m²以上）に該当しない中小規模の建築物には同法が適用されていない。

既往調査からは中規模建築物の数が特定建築物のおよそ半数に及ぶことが明らかにされたが、建築物衛生法適用対象外である中小規模の建築物においては、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、2,000～3,000 m²の中規模建築物における室内環境及び空気衛生環境を中心に、給排水の管理、清掃、ねずみ等ペスト防除といった、建築物衛生法の環境衛生管理基準項目に係る要素の実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物の適用範囲拡大も含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的根拠を明らかにすることを目的とする。

本研究は大きく以下に示す 3 項目に分けて遂行してきた。

1. 中小建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握「鍵、島崎、金、長谷川」

中小建築物における建築物環境衛生の実態が明らかになるとともに、建築物衛生法における特定

建築物の範囲見直しに際して、環境衛生要素毎、建物規模別の衛生管理実態資料は、規制や監視指導の必要性判断、規制効果の予測に不可欠な資料となる。

2. 中小建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査 (Phase1・Phase2・Phase3) 「長谷川、東、金」

温度・湿度・CO・CO₂・浮遊粉塵・気流、カビ・細菌、放射温度、化学物質及びPM_{2.5}などの空気環境に加え、水質管理、清掃、PCなどの環境衛生状況に伴う健康影響を把握することで、室内衛生管理と監視指導の必要性及び優先項目、規制効果の解析と低減を可能にする。

3. 中小建築物における衛生管理項目と水準の提案 「柳、小林、鍵」

特定建築物の規模範囲の見直しによる管理・監視指導の実施上の制約等を踏まえた衛生管理項目と水準の提案を行う。研究資料は、環境衛生の権原者、管理技術者、衛生管理サービス実務者、資格試験など制度運用機関、監視指導行政を担う自治体などに規制範囲や規制方法の提案根拠として資する。

全体成果として、物件数は多いが特定建築物ではないためこれまでに衛生管理の対象でなかった中小規模建築物における衛生環境の実態、利用者の健康状態を明らかにすることで、権原者や管理技術者及び監視指導行政に管理範囲・方法衛生管理項目と水準の提案を行い、建築室内環境衛生の維持管理と改善を促す根拠とする。

B. 研究方法

B.1 中小建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握「鍵、島崎、金、長谷川」

中小建築物の実態把握には、幅広い対象建物の確保と、管理者及び利用者の協力獲得が最重要課題となることから、対象側の負担軽減を重視して以下の階層的調査方式を構想した。なお、「建築物環境衛生の検証に関する研究」課題と連携して調査対象の共通化を図り企画・実施した。

本調査項目「B.1」は現場実測の物理量測定であり、「B.2」のアンケート調査と連携して行っている。

B.1.1 事前調査 (Phase1)

衛生管理状況及び対象選定のためのヒアリングと事前現場測定を行った。

ビルメンテナンス協会、ペストコントロール協会にヒアリング調査を行い、管理状況を把握すると共に、両協会の協力承諾を得た。アンケート及び測定対象を明確にし、調査票の作成と発送準備、測定物件 500 件を選定、事前アンケートを行った。また、現場状況把握と課題発掘のため、小規模建築 3 件において空気環境測定を行い、1 年目の冬期

から現場測定を開始した。

B.1.2 一般調査 (Phase2)

1年目に行ったPhase1の500件の中から50件程度を選定し、温度・湿度・CO₂測定の連続測定を行った。特定建築物で不適合率が高い、温度、湿度、CO₂濃度の3項目に対し、2年目に45件、3年目に25件を対象に各季節（冷暖房期を中心）における2週間の連続測定を行い、規模と用途に係る概況を把握した。なお、在室者の勤務環境と健康状態に関するアンケート調査を併せて行った。

B.1.3 詳細調査 (Phase3)

毎年冷房・暖房期を中心に現場の詳細調査を行った。併せて、ビル管理業者を対象としたアンケートにより給排水管理、清掃、PCの管理状況など調査した。Phase2の50件の中から毎年10件程度を選定し、建築物衛生法に規定された空気環境（6項目：浮遊粉じん、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、気流）に加え、化学物質、微生物、PM_{2.5}、給排水、掃除、PCなど現場測定を行い、規模に関する横断的な情報収集を詳細に行った。

また、測定と同時に従業員及び管理者を対象に環境衛生に係る健康影響実態のアンケート調査を行っている。

加えて、ビル管理業者を対象としたアンケート再調査により空気環境測定、空気調和設備維持管理、給水・排水管理、清掃、PCの管理状況実態に関する詳細把握を行った。

B.1.4 中小規模建築物及びペストコントロールに関する全国統計解析

国土交通省の法人土地・建物基本調査データを解析し、全国における建物の属性及び用途・規模特性などを調べた。また、ペストコントロール協会が所属会員を対象に実施した全国アンケートデータを詳細解析して纏めた。

B.2 中小建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査 (Phase2、Phase3)「長谷川、東、金」

環境衛生に係る健康影響の実態を把握するための調査・検討を行った。物理環境測定と連携して、建築物室内環境に起因する症状や疾患に関するアンケート調査を実施し、公衆衛生学についてはシックビル調査実績を有する分担研究者「東」が、室内環境については「長谷川」が中心となって疫学・統計学的な観点から解析を行った。

質問内容・方法等の検討を各研究部会と連携して行ってアンケートを作成した後、関連協力団体から提供された宛先情報に基づいて郵送での送付・回収している。

B.2.1 Phase2

1年目に行ったPhase1から50件程度を選定し、冷暖房期における2週間の温湿度・CO₂連続測定を行うとともに健康アンケート調査を実施してきた。測定した温熱環境及び換気状況と健康状態の

関係を解析した。

B.2.2 Phase3

Phase2から毎年10件程度を抽出し、空気・衛生環境全般の詳細現場測定と健康に関するアンケート調査を実施した。

測定結果と健康状態の関係を解析し、測定結果と調査票分析の完了と管理の在り方を提言する。

B.3 中小建築物における衛生管理項目と水準の提案「柳、小林、鍵」

上記の一般測定、詳細測定、健康アンケート、統計解析など衛生環境調査結果をもとに、中小建築物に固有な適用条件や制約要因の整理を行い、円滑な建築物衛生法の適用拡大に資する管理項目・水準等に関する提案について検討した。

(倫理面での配慮)

本調査は、国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認（承認番号NIPH-IBRA#12160）および近畿大学医学部倫理委員会の承認（承認番号29-237）を得て実施した。

研究で知り得た情報等については漏洩防止に十分注意して取り扱うとともに、研究以外の目的では使用しない。

C. 研究結果

C.1 中規模建築物に関する全国統計データ

建築物衛生法が適用されない延床面積3,000m²未満の中規模建築物における衛生環境の維持管理の実態や、建築物利用者の健康状態や職場環境等の実態は明らかになっていない。また、法律が規定する基準面積を引き下げ、環境衛生管理の適用範囲を拡大することがたびたび議論されてきたが、状況を裏付ける情報が十分に整備されている訳ではない。

そこで、本研究では国土交通省が実施している「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、中小建築物ストックの現状を把握した。

また、中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。

C.1.1 国土交通省による法人土地・建物基本調査データ

得られた知見は以下の通りである。

- 1) 事務所の場合、特定建築物の割合は11.7%(12,352件)であること、床面積2,000~3,000m²未満の建物は5.7%(6,054件)であり、特定建築物の約半数という割合になることがわかった。
- 2) 事務所の建物総数は、東京都が最も多く、大阪府、愛知県、北海道が次に続く。特定建築物は、

東京都では他の地域とは異なり全体の 25%を占めているが、地方の県では特定建築物の割合は低く 10%未満である。また、床面積が 2,000~3,000 m² 未満の建物は全体の 5%程度であり、東京都であっても 9.0%と割合は低い。

3) いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面積が、「2,000m²未満」「2,000~3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。

4) ロジスティック回帰分析による解析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。

5) 中小規模建築物と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

C.1.2 ペストコントロール協会による環境衛生の管理実態

中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。対象とする建物用途は、「飲食店」「食品販売店」「物販店」「病院」「ホテル・旅館」「サウナ」「興行場」「事務所」である。分析により以下の結果が得られた。

1) 本調査にて得られたデータの「床面積」では、いずれの用途においても特定建築物に該当する「3,000m²以上」の割合が高く 40~70%程度を占めている。一方、中規模建築物に該当する「2,000~3,000m²未満」の割合は 20~30%程度に留まっている。飲食店と食品販売店については、特定建築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いことが特徴である。

2) いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面積が「2,000m²未満」「2,000~3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。

3) ロジスティック回帰分析による解析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。

4) 中小規模と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

C.2 室内空気環境衛生の実態調査

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、2E1H)、エンドトキシン(細菌内毒素)である。

C.2.1 温度

中央値が冬期 24.5℃(中小規模ビル)と 24.3℃(特定建築物)、夏期は 26.0℃(中小規模ビル)と 25.6℃(特定建築物)であり、大きな差は見られなかった。また、一部の個別方式の対象室では、運用状態によって夏期の立ち上がり時に室内温度が 28℃を上回るケースがあった。

C.2.2 相対湿度

冬期に最大値が 40%RH を上回るビルがあったものの、規模を問わず 75%タイル値が 40%RH を下回っており、冬期の低湿度問題が再確認された。夏期は規模を問わず概ね良好であった。

C.2.3 CO₂濃度

季節と規模を問わず全てが建築物衛生法管理基準値の 1000ppm を満足した。

Phase2 で行った冷暖房機の 2 週間連続測定結果に関する詳細調査は次項で説明する。

C.2.4 微生物

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 を満足していたが、夏期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、50cfu/m³ 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 50cfu/m³ を下回っていた。

NGS(次世代シーケンサー)を用いたメタゲノムの菌叢解析において、検出された細菌属と真菌属の何れにおいて、これまで報告された生菌の結果よりはるかに多かった。これは、培地を用いた方法では殆どの種類の細菌と真菌を検出できないためである。また、菌量の多さを表すリード数において、中小規模ビルでは特定建築物に比べ、細菌は多いものの、真菌は少なかった。この結果と I/O 比の結果を併せて考えると、特定建築物では空調システム内での真菌の発生がある可能性あることが強く示唆された。今回今後更なるデータを蓄積する必要がある。

C.2.5 浮遊粉じん/PM_{2.5}

特定建築物及び中規模建築物における室内 PM_{2.5}濃度は、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。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PM2.5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PM2.5分級器を装着した計測器であっても、従来のPM2.5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PM2.5濃度、I/O比を比較すると、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と示唆された。

大気におけるPM2.5の傾向を調査した結果、近年は減少傾向にあるものの、地域ごとでは、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。更に冬季における九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。しかしながら、ここ数年でPM2.5濃度は減少する傾向となっていることを確認した。

C.2.6 化学物質

アルデヒド類、個別VOCs、TVOC共に平均濃度としては、夏期濃度が冬期より高い傾向を示した。特にp-ジクロロベンゼンや2E1Hは季節間の差が明確に現れた。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向にあり、最大値(検出濃度範囲)においても中小規模建築の方が高く環境に偏差がより大きかった。空間容積に対する各面面積の割合、在室密度、空調方式の違いによるものと考えられ、特に中小規模建築に比べて特定建築物には中央式空調の割合が高く、中央式の利点が現れていると考えている。今後、相関分析を行い明確な相関があるかを検証する必要がある。

厚生労働省により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、指針値物質に関しては引き続き実態把握を行うと共に、検討物質として議論されている3物質に関しても、オフィスにおける検出率やリスクが高い物質を選定して実態調査を行ってゆく必要がある。

そこで、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19件の事務用途の特定建築物及び中小規模建築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、換気の他にも、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。

C.2.7 エンドトキシン(グラム陰性菌の内毒素)

室内エンドトキシン濃度では1.0EU/m³を下回る物件が多く、1.0EU/m³を超えても1~2EU/m³と比較的低い水準が殆どであった。一方、冬期室内濃度が10EU/m³近く高く、I/O比も18を超える物件が存在した。この建物は夏期と冬期の室内濃度が明らかに異なることから冬期だけ室内に汚染源が存在していることが分かった。家庭用の中型加湿器を複数台使っていたことが原因と考えられた。培養法による細菌濃度の測定結果でも高い濃度が観察されていることから、当該オフィスでは加湿器による微生物汚染が起きていると判断された。I/O比が1.0を超える結果も存在するが、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、夏期の室内平均濃度は同水準であり、冬期は中小規模での濃度が高い結果となった。

C.3 事務所建築物におけるCO2濃度の全国実態調査-Phase2調査-

全国のオフィスビル66件(2018年度42件、2019年度24件)を対象に夏期及び冬期に2週間の連続測定を行った。

2018年度の測定から得られた結果は以下の通りである。

- 1) 平均濃度で1000ppmを超える建物は、夏期36%、冬期33%であり、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期67%、冬期69%であった。
- 2) 平均濃度2000ppmを超える建物も夏期・冬期1件ずつあり、冬期には平均値で5000ppm以上、最大9000ppmを超えるところがあった。また、測定期間中一瞬も1000ppmを下回らない物件が存在した。
- 3) 濃度区間別出現頻度からは、季節間の差より物件ごとの特徴が強かった。全体物件の期間中、不適合頻度の平均は夏期31.6%、冬期30.5%であり、完全適合(不適合0)を除いた平均は夏期47.4%、冬期44.2%であった。
- 4) 夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は2:1であった。回帰式から、平均濃度791ppm以下のCO2濃度を低いレベルで保っている建物では夏期より冬期濃度が高い傾向を示した。
- 5) 中央式、併用型空調の方が個別式より低いCO2濃度を示していた。最も悪い環境となっていた建物は共に個別方式であったが、その一軒は1960年代に建てられ、建物性能が環境悪化の原因と考え

られた。

2019年度の測定からは以下の結果が得られた。平均値としては1000ppmを超える建物は2割程度であったが、1回でも1000ppmを超える割合はほぼ7割あった。また、昨年度とは異なり期間中ずっと1000ppmを下回らない、3000ppmを超える高濃度を示すなど、著しく悪い環境にある物件はなかった。特定建築物における立入検査の定点測定を仮定すると7割ほどが管理基準を超えることになるが、常に悪い環境にあるのではなく、平均としては基準を守れる建物が多い。在室時間を通して1000ppm以下に維持するのは、健康衛生上望ましいが設備や建物性能を考えると、連続測定の濃度平均値を用いるなどより柔軟かつ合理的な考え方が必要である。特定建築物が中小規模建築よりCO₂濃度（換気）制御で1000ppmを超える例が少なく有利な結果が示されたが、中小規模建築は建物性能や設備性能が劣ることが多いことから室内環境の悪化が懸念されるところである。一方、規模が小さいが故に窓開け換気が可能な建物が多いことや在室者の環境調節への自由度が高くことは利用者意識による環境改善の可能性も高いと考えられる。

C.4 建築物利用者の執務環境と建物規模に関する実態調査

中小規模建築物のうち主に事務所建築物における室内環境の特徴を明らかにすることを目的として、建築物の管理者や従業員に対するアンケート調査ならびに、執務環境の各種物理環境を調査した。特定建築物との比較を通じて、中小建築物に特有の環境的課題を把握した。得られた結果は以下のとおりである。

- 1) 中小建築物と特定建築物と差が見られた項目として、「空調方式」「給水方式」が挙げられる。「空調方式」には、個別方式、「給水方式」には直結方式を採用する割合が高い。
- 2) 冬期の室内環境について、中規模建築物では「静電気」「カビの臭い」を感じており、前者は過乾燥、後者はダンプネスとの関連が深く、いずれも執務空間の湿度調整が適切でないことを示唆するものである。
- 3) 夏期の室内環境では、「じめじめする」「カビの臭い」「不快なおい」において、中規模建築の方が申告の頻度が高く、室内環境の問題点が指摘されている。中小建築物では、女性の方が室内環境上の問題点を指摘する傾向が見られ、年間を通じて女性が抱く執務環境に対する満足度は低い。
- 4) ノンパラメトリック検定を用いた統計分析結果より、冬期・夏期ともに建物規模と室内環境の物理量とは関連性があることが示されるとともに、執務者の室内環境に対する申告と整合していることが確認された。しかしながら、冬期の相対湿度

を除いて、建築物環境衛生管理基準に該当する項目の全てが基準を満たす範囲に収まっているため、中小建築物の衛生環境が著しく阻害されているとはいえない。

C.5 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査

冬期および夏期の全国規模の断面調査として、500社超の事務所に対してアンケート調査を依頼した結果、冬期では185社から管理者用調査票、1969名から従業員調査票の回答を得た。また、夏期では152社から管理者用調査票、1543名から従業員調査票の回答を得た。

建築物における苦情の発生率は、温度では、冬期夏期のいずれにおいても小規模建築物の方が特定建築物よりも低かった。また、湿度では、冬期において、小規模建築物の方が特定建築物よりも苦情の発生率は低かった。

建物との関係が強く疑われるビル関連症状は、冬期では概して小規模建築物ほど有症率が低下するが、有意な差ではなかった。夏期では概して中規模建築物が最も高く、次いで特定建築物、小規模建築物の順であったが、有意な差では無かった。ビル関連症状における室内環境要因では、冬期夏期ともに乾きすぎとほこりとの関係がいずれの規模の建築物でもみられた。乾きすぎは、特に冬期で顕著にみられ、夏期では特定建築物のほうが小規模や中規模建築物よりも関係のみられた症状が多かった。また夏期では、特定建築物でじめじめとビル関連症状との関係がみられたが、小規模や中規模建築物では全くみられなかった。

温熱では、冬期では、中規模と特定建築物では暑すぎるとビル関連症状との関係がみられたが、小規模建築物では暑すぎるとの関係はみられなかった。

夏期では、いずれの規模の建築物でも、寒すぎると一般症状との関係がみられた。また、小規模と中規模建築物では、一般症状と暑すぎるとの関係がみられたが、特定建築物ではみられなかった。

従って、冬期では暑すぎる、夏期では寒すぎるがビル関連症状のリスク要因となっている可能性があり、個別空調設備が大半であった小規模建築物では、冬期に暑すぎるとの関係はみられず、夏期にも寒すぎるよりも暑すぎるのほうが関連症状が多かったことから、個別空調設備を設定している建物のほうが、温度設定が控え目になされている可能性が考えられた。但し、空調方式別にみた場合、冬期では中規模建築物において、中央・個別併用方式で上気道症状が有意に高かったが、夏期では特定建築物において、中央・個別併用方式で上気道症状が有意に低かったことから、さらに詳細な調査が必要と思われた。

以上より、ビル関連症状の有症率では、建築物

の規模との間に有意な差はみられなかったが、小規模建築物のほうが温度の苦情発生率が低く、空調設備が省エネ等でこまめに控えめ運用されている可能性が考えられた。また、乾きすぎやほこりとの関係が冬期夏期及びいずれの規模にも全体にみられた。特定建築物における温度と相対湿度の建築物環境衛生管理基準に対する不適率は、過去15年間で上昇しており、高い水準となっているが、中規模建築物においても同様の傾向である可能性が考えられた。

室内環境測定項目とビル関連症状との関係について、冬期では合計92件で805名、夏期では合計89件で816名からアンケート調査と測定結果を得た。これらの関係について解析を行った結果、冬期では、小規模建築物と中規模建築物において温度の高さや相対湿度の低さとビル関連症状との関係がみられたが、特定建築物ではみられなかったことから、小規模建築物と中規模建築物では冬期における温熱環境の維持管理に課題があると考えられた。夏期においては、小規模建築物と中規模建築物では温熱環境に関してビル関連症状と間に有意な関係はみられなかったが、特定建築物では温度が高いほど一般症状と上気道症状が有意に増加した。冬期および夏期ともに、総じて粉じんや化学物質の濃度は管理基準や室内濃度指針値を下回っており、中規模建築物や特定建築物の一部の物質でみられたビル関連症状との統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほぼ意義はないと考えられた。

但し、目や上気道の症状に対して関係がみられた粉じんとアルデヒド類に関しては、本研究者らによる既往の研究と類似した結果となっており、今後さらに研究が必要であると考えられた。また、冬期の特定建築物では細菌濃度やエンドトキシン濃度が高いほどビル関連症状の増加がみられ、夏期中規模建築物では真菌濃度や細菌濃度が高いほどビル関連症状の増加がみられた。細菌では平均濃度で日本建築学会の維持管理規準を下回っており、真菌では平均濃度で日本建築学会の維持管理規準を超えていた。但し、いずれも細菌や真菌の種類と毒性に応じた規準ではないことから、細菌や真菌の種類を含めた詳細な検討が今後必要であると考えられた。

C.6 貯水槽衛生管理および飲料水水質管理に関する調査

既往の特定建築物を対象とした給水設備の衛生管理状況について、厚生労働省による衛生行政報告例より抽出されたデータを元に整理と考察を行った。また、水道法に基づく簡易専用水道施設や、水道法適用外の小規模貯水槽水道施設の衛生管理や水質管理に関する状況と比較することで、中規模建築物における給水水質管理および貯水槽衛生

管理の課題について考察した。さらに、(公社)全国ビルメンテナンス協会会員企業を対象に、中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査を実施し、中規模建築物における給水(飲料水、雑用水、貯水槽)の管理状況と課題を明らかにした。

平成29年度の衛生行政報告例を参照したところ、全国45,679施設の特定建築物のうち、遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、水質検査が未実施であった施設は2.7%であり、いずれも過去10年間で最も低い割合であった。特定建築物の遊離残留塩素の含有率については、平成29年度において1.5%が不適合となり、過去10年間で最も低い値であった。用途別では学校のみ2.7%と高く、要因として学校施設における夜間や休日の滞水が考えられた。貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、過去10年間で最も低い割合となった。

中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査により、413社より全国の中規模建築物886件の管理状況に関する情報を得た。飲料水の水質検査は、368件で実施されており、うち6ヶ月に1回が134件、1年に1回が222件であった。水質検査の項目数は、多くの場合11項目以上であったものの、建築物環境衛生管理基準に示された検査項目よりも少ない状況であった。遊離残留塩素の検査頻度は、週1回が165件であり、毎日の実施も3件あった。一方、2週間に1回未満は31件、未実施は191件に上り、遊離残留塩素の検査は十分でないと判断された。貯水槽の清掃は431件、点検・検査は204件(ただし第2回調査の476件中)で年1回以上実施されており、過半数の建築物は未実施または未回答であった。雑用水は、飲料水よりも各検査や点検の実施頻度が大幅に少ない状況であった。また、主たる特定用途ごとの管理状況に特段の差異は見られなかった。

中規模建築物における給水に関する管理は、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。わが国では過去に不適切な給水の衛生管理による健康被害が発生していることより、中規模建築物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清掃を義務づけるなど管理水準を向上することが、飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考えられた。

D. まとめと提言

特定建築物に関しては法律による2ヶ月以内に1回の測定と結果の報告が義務化され、統計報告もされているため、十分とは言えないもののある程度の全体図は把握されていると考えられる。

一方、3000m²未満の中小規模建築には労働環境

の維持管理のための事務所衛生基準規則が存在し、室内空気環境基準 5000ppm、空調・換気設備による供給空気の濃度を 1000ppm 以下にすることを定めている。しかしながら、中小規模建築における室内環境の現状や設備の運用・管理状況などは明らかになっていない。

下記 3 項目について 3 年間の研究を遂行してきた。

- 1) 中小規模建築物の空気・水・PC(ペストコントロール)等、環境衛生の管理実態を把握
- 2) 中小規模建築物の環境衛生に係る健康影響実態の調査 (Phase1・Phase2・Phase3)
- 3) 中小規模建築物における衛生管理項目と水準の提案

詳しくは、調査対象集団候補 500 件に対してアンケート形式の Phase1 研究を行い、Phase2 として Phase1 の 500 件から 2 年目に 42 件、3 年目に 24 件を対象とし、温度・湿度・CO₂ 測定冷暖房期における 2 週間の連続測定を行った。Phase3 では Phase2 の 50 件の中から毎年 10 件程度を選定し冷暖房期を中心に詳細現場測定を実施した。建築物衛生法に規定された空気環境 (6 項目: 浮遊粉じん、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、気流) に加え、化学物質、微生物、PM_{2.5}、給排水、掃除、PC など現場測定を行い、規模に関する横断的な情報収集を詳細に行った。

国土交通省の法人土地・建物基本調査データを解析し、全国における建物の属性及び用途・規模特性などを調べた。また、ペストコントロール協会が所属会員を対象に実施している全国アンケートデータの本研究グループで詳細解析した。ペストコントロールや衛生管理における建物用途及び規模別の特性などを把握した。

Phase2 及び Phase3 に際しては、在室者の勤務環境と健康状態に関するアンケート調査を併せて行った。加えて、ビル管理業者を対象としたアンケート再調査により空気環境測定、空気調和設備維持管理、給水・排水管理、清掃、PC の管理状況実態に関する詳細把握を行った。

物理環境測定と連携して行ったアンケート調査からは建築物室内環境に起因する症状や疾患に関して疫学・統計学的な観点から解析を行った。

これらの結果を踏まえ、中小規模建築の衛生管理の提言の資料とした。

研究結果から結論と提言を以下に纏める。

- (1) 温度の中央値が冬期で 24.5℃ (中小規模) と 24.3℃ (特定)、夏期は 26.0℃ (中小規模) と 25.6℃ (特定) であり、大きな差が見られなかった。また、一部の個別方式の対象室では、運用状態によって夏期の立ち上がり時に室内温度が 28℃を上回

るケースがあったが、執務時間帯に室温が問題になる物件はなかった。

相対湿度は規模を問わず 40%RH を下回る物件が殆どであり、特に中規模建築は個別式空調が導入されていることが多く、加湿性能が脆弱か無いことが多いため、建築物衛生法の管理基準である 40~70%RH を冬期に満足させることは非常に厳しい環境にある。そのため、小型・中型の個別加湿器を利用している事務所も多いがそれでも加湿量は不足することが殆どである。また、個別加湿器は維持管理を怠ると微生物繁殖の温床になってしまうため、その活用にも注意が必要である。

中規模における温度管理は大きな問題はなく、建築物衛生法の管理基準を満足できるが、相対湿度は特に冬期に厳しくなり、そもそも設備がないかあってもその能力が足りないことが原因であるため建築物衛生法の管理基準をそのまま適用することは難しい。

(2) 室内空気中の微生物については、細菌は特定・中規模ともに日本建築学会の管理基準を満たしている。

一方、真菌 (カビ) については、中規模では夏期に基準を超える事例が見られた。これは中規模で多く採用される個別式空調 (パッケージエアコン) は外気の浄化能力が低い或いは無いことが多く、室内機のフィルタ濾過性能も劣るため、外気由来の浮遊真菌がそのまま室内へ影響している。また、室内機の結露や管理不足による真菌の発生も考えられる。

(3) CO₂ 濃度については、特定建築物に比べると中規模では 1000ppm を超える事例が多い。2019 年度の結果では、特定における立入検査の定点測定を仮定すると 7 割ほどが管理基準を超えることになるが、常に悪い環境にあるのではなく、平均としては基準を守れる建物が多かった。

特定建築物とは異なり、中小規模の建物は中央管理方式の空調システムよりは個別式空調が導入されることが多い。また、換気システムにおいても個別に管理され、その上、管理者もいない場合が多い。今回の調査でも、立入検査の定点測定を仮定すると、悪い場合は 70%近く不適率が出てくる結果が示された。勤務時間を通して 1000ppm 以下に維持するのは、健康リスク面から望ましいが、設備水準・建物性能を考えると、現実的には連続測定の濃度平均値や複数測定点の平均など柔軟な対応が必要になると考えられる。

また、少数ではあるが、計測時間中に一度も 1000ppm を下回らない建物も存在しており、これは設備や建築の問題ではなく在室者の換気に対する認識の問題と考えられる。

特定建築物が中小規模より CO₂ 濃度 (換気) 制御で 1000ppm を超える例が少なく有利な結果が示され、中小規模は建物性能や設備性能が劣るこ

とが多いことから室内環境の悪化が懸念される
ところである。

一方、中小規模は特定建築物に比べ、設備や建
物性能の制限に起因する環境制御の制約がある場
合があるものの、より小さな空間を対象にしており
自由度の面では有利になる可能性もあるため、
換気と室内環境の維持に関するリテラシー涵養と
教育が重要である。

(4) 浮遊粉じんやPM2.5については、特定及び中
規模における室内PM2.5濃度は、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。I/O比としても概ね1を下回っており、室内
に支配的な粒子発生源が無い場合、室内のPM2.5
濃度は主に外気中の粒子の侵入が影響しているこ
とになる。中央式空調にくらべ個別式はフィルタ
性能に劣るが国内は大気質が良好であるため、室
内で燃焼や喫煙行為が無い限り、室内で粉じんや
PM2.5が高くなることは殆どなく、一般的な建築
物の室内では大きな問題にはならないと考えられ
る。

(5) 室内空気中の化学物質については、特定の方
が中規模よりも全般的に濃度が低い結果であった。
化学物質の放散は在室者や什器密度、床・壁・天
井面積と質容積との関係、築年数などに影響され
るため複合的に判断する必要がある。

また、特定は中央式空調設備の導入割合が高く、
換気量の確保と制御に優れていて、換気と循環風
量を合わせた全風量が大きいことから室内での風
量が大きくなること、AHUを一括管理できるため
衛生管理が行き届くことが一因として考えられる。

2019年1月に厚生労働省により、既存指針物質
であるキシレン、DBP、DEHPの3物質に対する
濃度指針値が強化され、更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イソブチレート(TXIB)
に関する議論が行われている。

中規模建築は著しく悪い空気汚染が行っている
例はなかったが、特定建築物より室内化学物質濃
度はやや高い結果となっている。今後も厚生労働
省の指針物質や検討物質などを中心に追跡調査を
行ってゆく必要がある。

(6) 中規模における給水に関する管理は、一部で
特定建築物と同程度の水準であったものの、特に
遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および
検査について、多くの建築物では不十分な実施状
況にあると判断された。

わが国では過去に不適切な給水の衛生管理によ
る健康被害が発生していることより、中規模建築
物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的
な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清
掃を義務づけるなど管理水準を向上することが、

飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考
えられた。

(7) ペストコントロール協会により実施されたア
ンケートの詳細解析を行った。「床面積」では、い
ずれの用途においても特定建築物に該当する
「3,000m²以上」の割合が高く40~70%程度を占
めている。一方、中規模建築物に該当する「2,000
~3,000m²未満」の割合は20~30%程度に留まっ
ていた。飲食店と食品販売店については、特定建
築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いこ
とが特徴である。

いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」
とに有意な関連性が確認できる。床面積が
「2,000m²未満」、「2,000~3,000m²未満」、
「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築
年数」が大きくなる傾向があった。

ロジスティック回帰分析による分析結果より、
ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定と比
べて中小規模の方が衛生環境上問題となっている
可能性が高いことが示された。

中小規模と比べて特定では、建築物衛生環境管
理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等
の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適
切に維持されている実態が示唆された。

(8) ビル関連症状の有症率では、建築物の規模と
の間に有意な差はみられなかったが、小規模の方
が温度の苦情発生率が低く、空調設備が省エネ等
でこまめに控えめ運用されている可能性が考えら
れた。また、乾きすぎやほこりとの関係が冬期夏
期及びいずれの規模にも全体にみられた。特定建
築物における温度と相対湿度の建築物環境衛生管
理基準に対する不適率は、過去15年間で上昇して
おり、高い水準となっているが、中規模において
も同様の傾向である可能性が考えられた。

(9) 室内環境測定項目とビル関連症状との関係に
ついて、冬期では小規模と中規模において温度の
高さや相対湿度の低さとビル関連症状との関係が
みられたが、特定建築物ではそのような傾向は見
られなかったことから、小規模と中規模では冬期
における温熱環境の維持管理に課題があると考え
られた。夏期においては、小規模と中規模では温
熱環境に関してビル関連症状と間に有意な関係は
みられなかったが、特定建築物では温度が高いほ
ど一般症状と上気道症状が有意に増加した。冬期
および夏期ともに、総じて粉じんや化学物質の濃
度は管理基準や室内濃度指針値を下回っており、
中規模や特定の一部の物質で見られたビル関連症
状との統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほ
ぼ意義はないと考えられた。

また、冬期の特定建築物では細菌濃度やエンド
トキシン濃度が高いほどビル関連症状の増加がみ
られ、夏期中規模では真菌濃度や細菌濃度が高
いほどビル関連症状の増加が見られた。細菌では

平均濃度で日本建築学会の維持管理規準を下回っており、真菌では平均濃度で日本建築学会の維持管理規準を超えていた。但し、いずれも細菌や真菌の種類と毒性に応じた規準ではないことから、細菌や真菌の種類を含めた詳細な検討が今後必要であると考えられた。

E. 研究発表

「論文」

- 1) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Evaluating prevalence and risk factors of building-related symptoms among office workers: Seasonal characteristics of symptoms and psychosocial and physical environmental factors. *Environmental Health and Preventive Medicine* 22(114), 38, 2017. doi:10.1186/s12199-017-0645-4.
- 2) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Science of the Total Environment* 616–617:1649–1655, 2018.
- 3) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International* 121:51–56, 2018.
- 4) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Science of the Total Environment* 616-617:1649-1655, 2018.
- 5) 金勲、柳宇、鍵直樹、東賢一、林基哉、大澤元毅、空气中エンドトキシン濃度と浮遊細菌濃度に関する基礎的研究、日本建築学会環境系論文集、Vol.83 No.749、2018.7 ; pp.581-588.
- 6) Azuma K. Guidelines and Regulations for Indoor Environmental Quality, Indoor Environmental Quality and Health Risk toward Healthier Environment for All. Springer, Singapore, pp.303–318, 2019
- 7) Azuma K, Jinno H, Tanaka-Kagawa T, Sakai S. Risk assessment concepts and approaches for indoor air chemicals in Japan. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 225, 113470, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113470>, 2020.
- 8) 鍵直樹、柳宇、真菌の成長による揮発性有機化合物の発生挙動と加湿器からの発生調査、日本建築学会環境系論文集、第84巻765号、pp.1003-1010、2019.11.

9) 林基哉、金勲、開原典子、小林健一、鍵直樹、柳宇、東賢一：特定建築物における空気環境不適率上昇の実態と二酸化炭素濃度に関する要因分析、日本建築学会環境系論文集、第84巻、第765号、pp.1011-1018、2019.11.

10) 柳宇、岡部優志、吾孫子正和、クールチューブにおける微生物汚染の実態とその対策、空気調和・衛生工学会論文集、No.270、pp.9-15、2019.09 Vol. 25, Issue 4、pp、373-386、2019.4.

11) 林基哉、金勲、開原典子、小林健一、鍵直樹、柳宇、東賢一、特定建築物における空気環境不適率に関する分析、日本建築学会環境系論文集、Vol.84 No.765、2019.11 ; pp.1011-1018.

12) 林基哉、本間義規、巖爽、菊田弘輝、羽山広文、加用現空、鈴木信恵、開原典子、金勲、阪東美智子、小林健一、大澤元毅. 寒冷地の高齢者施設における室内生活環境の年間特性—フィンランド・エスポー及び北海道・札幌における室内温熱空気環境の実態. 日本建築学会環境系論文集 84(761)、2019.7 ; pp.699-708.

13) 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、2019.1

「著書・総説」

- 1) 金勲. 建築物衛生法制定 50 周年に当たって—特定建築物における二酸化炭素濃度環境の実態、空気清浄、第57巻第5号、日本空気清浄協会、2020.1、pp.38-43.
- 2) 林基哉、金勲 他. 建築物衛生法制定 50 周年に当たって—特定建築物における空気環境不適率の実態、空気清浄、第57巻第5号、日本空気清浄協会、2020.1、pp.14-23.
- 3) 金勲 (共著). 安全工学便覧 (第4版) —III. 社会安全 2.5.1 [6] 室内環境汚染 —、安全工学会 (編)、2019.07、pp.883-90.
- 4) 柳宇、他共著、最新の抗菌・防臭・空気制御技術、テクノシステム、ISBN : 978-4-924728-84-4、2019.07
- 5) 柳宇、他共著、空気環境測定実施者講習会テキスト、公益財団法人日本建築衛生管理教育センター、ISBN : 978-4-938849-72-6、2019.4
- 6) 東賢一. 最新の抗菌・防臭・空気質制御技術：第5章第2節その他の規格・基準、第5項 WHO、諸外国の空気質ガイドライン. テクノシステム、東京、2019.
- 7) 東賢一. 健康リスクの立場からみた環境過敏症の予防について. 室内環境; 22(2)、pp.203-208、2019

- 8) 東賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2)、pp.15-20、2019
- 9) 東賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2)、pp.41-45、2020.
「学会発表」
- 1) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017, ID0022, 6 pages, 2017.
- 2) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. Proceedings of the 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate, ID106, 6 pages, in press, 2018.
- 3) 東賢一、柳宇、鍵直樹、大澤元毅. 低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見. 第90回日本産業衛生学会、東京、2017年5月11日-5月13日.
- 4) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Healthy Buildings Europe 2017, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.
- 5) 東賢一、鍵直樹、柳宇、金勲、開原典子、林基哉、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査. 第91回日本産業衛生学会、熊本、2018年5月16日-19日. (in acceptance)
- 6) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Kaihara N, Hayashi M, Osawa H. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: a longitudinal study in air-conditioned office buildings. The 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, July 22-27 2018. (in acceptance)
- 7) 東賢一、鍵直樹、柳宇、金勲、開原典子、林基哉、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査. 第91回日本産業衛生学会、熊本、2018年5月16日-19日. (in acceptance)
- 8) Kenichi Azuma, Naoki Kagi, U Yanagi, Hoon Kim, Noriko Kaihara, Motoya Hayashi, Haruki Osawa. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: longitudinal study in air-conditioned office buildings, Indoor Air 2018; 2018.7; Philadelphia, USA. ID106, 6pages (Electronic file).
- 9) 土子あみ、鍵直樹、東賢一、金勲、柳宇. 事務所建築物における2-エチル-1-ヘキサノールの

- 実態調査. 平成30年室内環境学会学術大会; 2018.12.6-7; 東京. 同講演要旨集. YP-08. p.62-63.
- 10) 綿寛子、鍵直樹、柳宇、東賢一、金勲. 室内PM2.5濃度と建築物の特徴. 平成30年室内環境学会学術大会; 2018.12.6-7; 東京. 同講演要旨集. YP-34. p.114-115.
- 11) 林基哉、櫻田尚樹、開原典子、金勲. 特定建築物の空気環境に関する研究(その5) 空気環境基準の不適合率に関する詳細分析. 第77回日本公衆衛生学会総会; 2018.10.24-26; 郡山. 同抄録集. P-2101-10.
- 12) 金勲、柳宇、鍵直樹、東賢一、長谷川兼一、林基哉、大澤元毅、志摩輝治. 個別式加湿器による室内空気の微生物汚染に関する実験. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 同学術講演論文集. p.1-4.
- 13) 瀬戸啓太、柳宇、鍵直樹、金勲、中野淳太、東賢一、林基哉、大澤元毅. 中小規模オフィスビルにおける室内空気環境に関する研究 第1報-2017年度調査結果. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 同学術講演論文集. p.49-52.
- 14) 鍵直樹、東賢一、金勲、柳宇、長谷川兼一、林基哉、開原典子、大澤元毅. 様々な湿度条件における2-エチル-1-ヘキサノールの建材発生特性の実験的検討. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 同学術講演論文集. p.109-112.
- 15) 瀬戸啓太、柳宇、永野秀明、鍵直樹、大澤元毅、金勲、東賢一、加藤信介. オフィスビルにおけるマイクロバイオームの実態の解明に関する研究 第5報 超音波加湿器内の細菌叢. 日本建築学会大会; 2018.9. 4-6; 仙台. 同学術講演梗概集. p.887-888.
- 16) 鍵直樹、東賢一、金勲、柳宇、長谷川兼一、大澤元毅. 室内における2-エチル-1-ヘキサノール濃度の傾向. 日本建築学会大会; 2018.9. 4-6; 仙台. 同学術講演梗概集. p.951-952.
- 17) 東賢一、鍵直樹、柳宇、金勲、開原典子、林基哉、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と温熱環境および二酸化炭素濃度に関する縦断調査. 第91回日本産業衛生学会; 2018.5.16-19; 熊本. 同講演要旨集、O18-03.
- 18) 鍵直樹、柳宇、東賢一、金勲、林基哉、開原典子、大澤元毅、小松礼奈. 建築物における室内PM2.5と空調機の関係. 第52回空気調和・冷凍連合講演会; 2018.4.18-20; 東京. 同講演論文集. no.33(4page).

F. 健康危険情報

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

1. 中規模建築物に関する全国統計データ

分担研究者 長谷川 兼一 秋田県立大学システム科学技術学部 教授
研究代表者 小林 健一 国立保健医療科学院 上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生法が適用されない延床面積3,000m²未満の中規模建築物における衛生環境の維持管理の実態や、建築物利用者の健康状態や職場環境等の実態は明らかになっていない。また、法律が規定する基準面積を引き下げ、環境衛生管理の適用範囲を拡大することがたびたび議論されてきたが、状況を裏付ける情報が十分に整備されている訳ではない。

そこで、本研究では国土交通省が実施している「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、中小建築物ストックの現状を把握した。また、中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 事務所の場合、特定建築物の割合は11.7%(12,352件)であること、床面積2,000~3,000m²未満の建物は5.7%(6,054件)であり、特定建築物の約半数という割合になることがわかった。
- 2) 事務所の建物総数は、東京都が最も多く、大阪府、愛知県、北海道が次に続く。特定建築物は、東京都では他の地域とは異なり全体の25%を占めているが、地方の県では特定建築物の割合は低く10%未満である。また、床面積が2,000~3,000m²未満の建物は全体の5%程度であり、東京都であっても9.0%と割合は低い。
- 3) いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面積が、「2,000m²未満」「2,000~3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいかほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。
- 4) ロジスティック回帰分析による解析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。
- 5) 中小規模建築物と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

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

1-1 国土交通省による法人土地・建物基本調査データ

A. 研究目的

建築物衛生法が適用される特定建築物（店舗、事務所等の特定用途で延床面積3,000m²以上の建築物、同8000m²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

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。また近年、省エネに対する建築物所有者や使用者の意識向上が要求される状況下において、中小建築物は運営や管理形態の多様さなどから十分な技術的支援を得られず、適切な対応がとられていない可能性が懸念される。

予てから、法律に規定されている基準面積を引き下げることが議論されているが、状況を裏付ける情報が十分に整備されている訳ではない。そこで、特定建築物の範囲拡大を含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な基礎的データを得るために、国土交通省が実施している「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、中小建築物ストックの現状を把握する。

B. 研究方法

B.1 統計データの概要

ここで扱う統計データは、平成 25 年に実施された「法人土地・建物基本調査」を経て整備され、政府が公開しているデータである。この調査は、「法人土地基本調査」「法人建物調査」「企業の土地取得状況等に関する調査」の 3 種類の統計調査が平成 25 年調査から統合され、国土交通省が実施している。このうち、建物に関する情報の取得は平成 10 年より 5 年毎に実施されている。ここでいう法人とは、法律の規定により法人格を認められているもののうち、事業を営んでいるものであり、国及び地方公共団体は除かれる。「法人土地・建物基本調査」の目的は、土地・建物の所有や利用状況に関する全国の実態を明らかにすることであるため、本研究で意図している中小建築物のストックの把握する上で、有意義な情報が得られると判断した。しかしながら、公開されている統計データでは建物の床面積の情報が限定されており、特定建築物か否かを判断する 3,000m²を閾値とする区分がされていない。そこで、国土交通省へ調査票情報の提供を申し出、該当する統計データのオリジナルを入手した。

B.2 調査の方法・項目

調査は平成 25 年 1 月 1 日付けて実施された。

対象は、国及び地方公共団体以外の法人であり、国内に本所、本社または本店を有するものである。そのうち、資本金 1 億円以上の全ての会社と、資本金 1 億円未満の会社及び会社以外の法人のうち国土交通大臣が定める方法により選定した法人の約 49 万法人とされた。これらの法人に調査票が送付され、約 35 万 4 千法人から有効な回答(有効回答率約 72.2%)が得られている。

「法人土地・建物基本調査」は、母集団の現況を把握することを目的としているため、取得した情報から母集団の結果を推定することができるよう、資本金 1 億円以上の法人に対しては全数調査、資本金 1 億円以下の法人に対しては、層別抽出法による標本調査になる。なお、標本抽出方法の詳細については、国土交通省が公表している「調査の概要等」の資料（http://www.mlit.go.jp/report/press/totikensangyo02_hh_000083.html）を参照されたい。

調査に使用された調査票は 2 種類あり、調査票 A は全法人、調査票 B は資本金 1 億円以上の法人に対する調査に使用された。本研究では、調査票 A のうち、建物の床面積等に関する情報が得られる項目を用い、主として以下のデータの利用を国土交通省に申し出た。

- 1) 法人の名称
- 2) 法人の本所・本社・本店の所在地(都道府県)
- 3) 法人の業種
- 4) 所有する建物の有無
- 5) 法人が所有している建物(延べ床面積 200m²未満)の頭数・合計床面積
- 6) 法人が所有している建物(延べ床面積 200m²以上)の所在地(都道府県)、延べ床面積、構造、建築時期、建物の利用現況。

法人が延べ床面積を記入する際には、以下を優先順位とされている。

- ① 現況の面積
- ② 不動産登記簿上の面積
- ③ もしくは固定資産台帳の面積、建築確認申請書などで用いる面積。

図 1-1-1 に平成 25 年法人土地・建物基本調査により集計された結果のうち、主な利用現況別建物件数の割合を示す。図を見ると、法人が所有している建物の件数は標本推定の結果 93.1

万件、そのうち「事務所」が23.6%で最も割合が高く、次いで「店舗」が19.2%となっている。

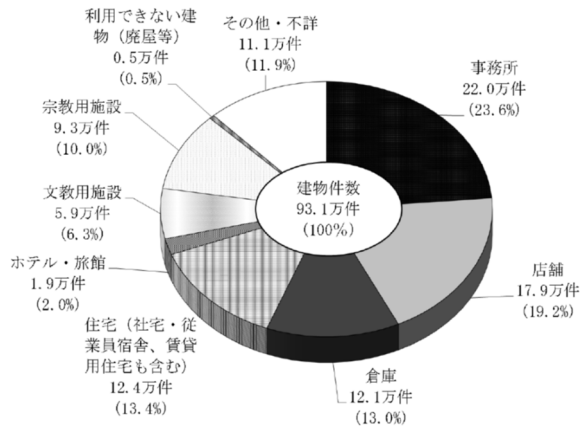


図 1-1-1 主な利用現況別建物件数の割合
(国土交通省 政策統括官：「平成 25 年法人土地・建物基本調査 確定集計・結果の概要」、平成 27 年 12 月 25 日)

C. 研究結果および考察

C.1 用途別の建物件数

図 1-1-2 に、全国における用途別の建物件数を示す。統計データにより得られた建物件数の合計は約 42.2 万件であるが、図 1-1-1 の総数(93.1 万件)と比較すると 45%程度の標本が得られていることになる。用途別割合では、図 1-1-1 の結果と類似しており、標本抽出の妥当性の一端が確認できる。なお、本研究の範囲では母集団推定は行わず、標本データを集計することとする。

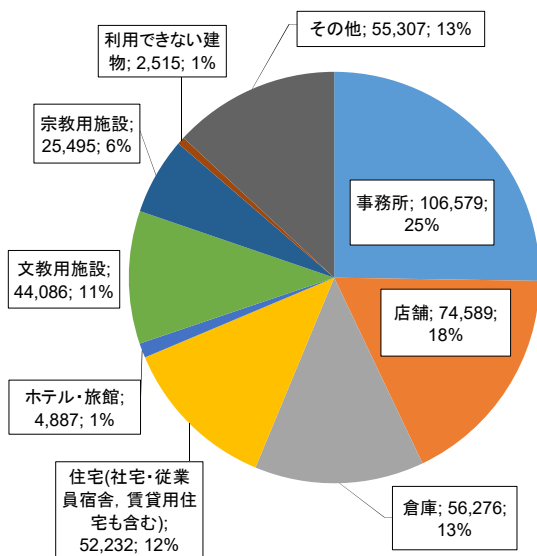


図 1-1-2 用途別の建物件数

C.2 用途建物の床面積区分の件数

図 1-1-3 に用途別の床面積区分ごとの建物件数、図 1-1-4 に用途別の床面積区分の建物割合を示す。いずれの建物においても床面積 2,000m²未満の割合が高く、全体の 50~90%を占めている。また、建物件数では、事務所、店舗が多く、次いで倉庫、文教用施設となる。「法人土地・建物基本調査」により得られた統計データのうち、特定建築物が含まれる建物用途は、事務所、店舗、ホテル・旅館、文教用施設である。

事務所の場合、床面積 3,000m²以上の特定建築物に該当する割合は 11.7%(12,352 件)、2,000~3,000m²未満は 5.7%(6,054 件)である。2,000~3,000m²未満の事務所は特定建築物の約半数ということになる。ちなみに、全国の特定建築物は 45,000 件程度といわれており、そのうち、事務所は 42%(約 18,900 件)、店舗は 21%(9,450 件)である。これと比較すると、「法人土地・建物基本調査」により得られた統計データは、実際の特定建築物の約 65%を抽出していることになる。床面積区分の割合が実態を捉えていると仮定すると、床面積 2,000~3,000 m²未満の事務所は約 9,000 件程度存在することになる。

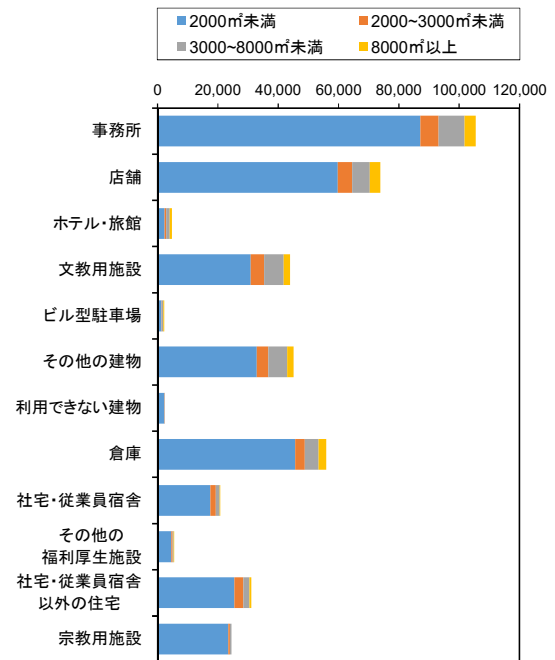


図 1-1-3 建物用途別の床面積区分毎の件数

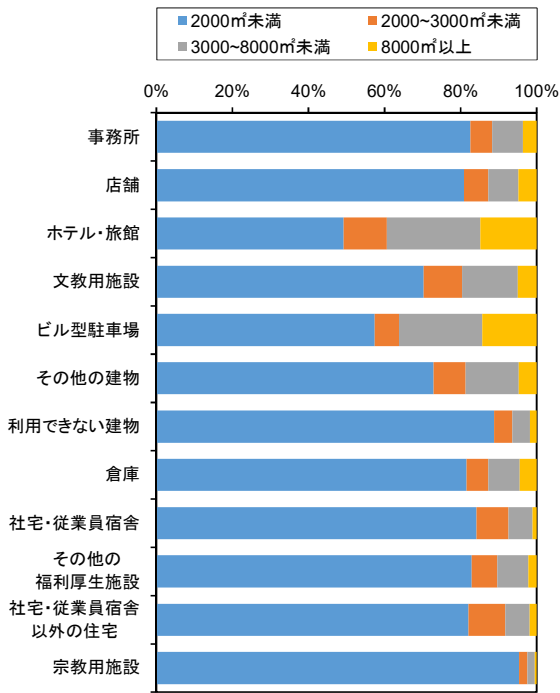


図 1-1-4 建物用途別の床面積区分毎の割合

店舗の場合、特定建築物に該当する割合は 12.5%(9,352 件)、2,000~3,000m² 未満は 6.4%(4,782 件)である。店舗については、一般に認識されている特定建築物の件数と類似しており、ほぼ全てを抽出していることになる。事務所と同様に、2,000~3,000m² 未満の店舗を推定すると、4,800 件程度が該当する。

図 1-1-5 に、特定建築物に該当する建物の用途別の割合を示す。建物件数は 25,730 件であり、事務所が占める割合は 48%、店舗は 36%となっている。「法人土地・建物基本調査」では、法人格が有する建物を対象としているため、文教施設に含まれる国公立の学校建築が対象からはずれている。そのため、全体のバランスには偏りが見られることになる。

図 1-1-6 に示す通り、国土交通省が公開している統計データでは、事務所、店舗、ホテル・旅館、文教用施設の建物用途について、2,000~5,000m² の面積区分が一括りにされているために、特定建築物に該当するか否かの判断ができない。そこで、今回得たデータが床面積区分の割合を適切に捉えていると仮定し、図 1-1-6 の面積区分を 2,000m² と 3,000m² の閾値で割り付け、図 1-1-7 のように整理し直した。その結果、床面積 2,000~3,000 m² 未満の事務所は約

9,000 件程度存在することがわかる。また、図 1-1-6 に示される建物用途での特定建築物の面積に該当する件数は 40,716 件、そのうち事務所で 18,160 件であり、一般に認識されている件数と同等であることがわかる。一方、店舗の場合、特定建築物に該当する割合は 12.5%(9,352 件)、2,000~3,000m² 未満は 6.4%(4,782 件)である。店舗については、一般に認識されている特定建築物の件数と類似しており、ほぼ全てを抽出していることになる。事務所と同様に、図 1-1-6 の公表データに基づいて 2,000~3,000 m² 未満の店舗件数を推定すると、7,961 件が該当する。なお、「法人土地・建物基本調査」では、法人格が有する建物を対象としているため、特に、文教施設に含まれる国公立の学校建築が対象からはずれているため、この結果のみでは実態を把握することが困難であり、他の統計データを用いて補完する必要がある。

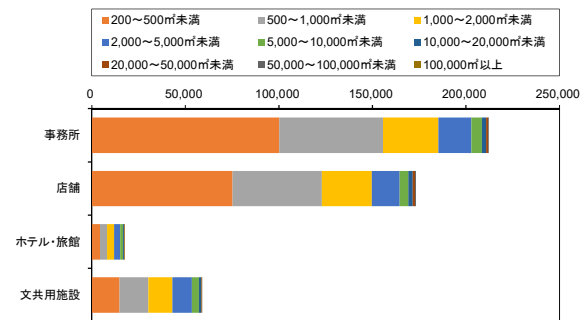


図 1-1-5 特定建築物に該当する用途における建物件数の集計結果(公表データ)

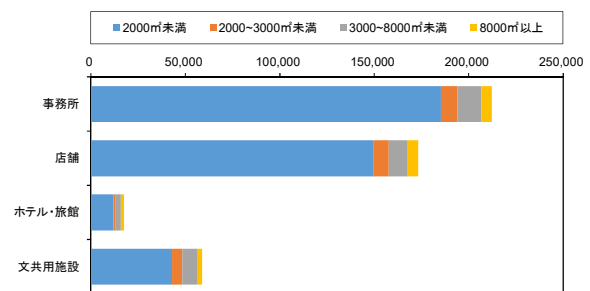


図 1-1-6 特定建築物に該当する用途における面積区分の推定結果

C.3 事務所における都道府県別の床面積区分の件数

図 1-1-7 に、事務所における都道府県別の床

面積区分の件数を示す。建物総数は、東京都を筆頭に、大阪府、愛知県、北海道と多い。同時に、特定建築物に該当する建物もこれらの地域では多いが、東京都では他の地域とは異なり全体の25%を占めている。一方、地方の県では特定建築物の割合は低く10%未満であり、人口が多い都市域ほど、特定建築物の割合が高いことになる。また、床面積が2,000~3,000 m²未満の建物は全体の5%程度であり、東京都であっても9.0%と割合は低い。

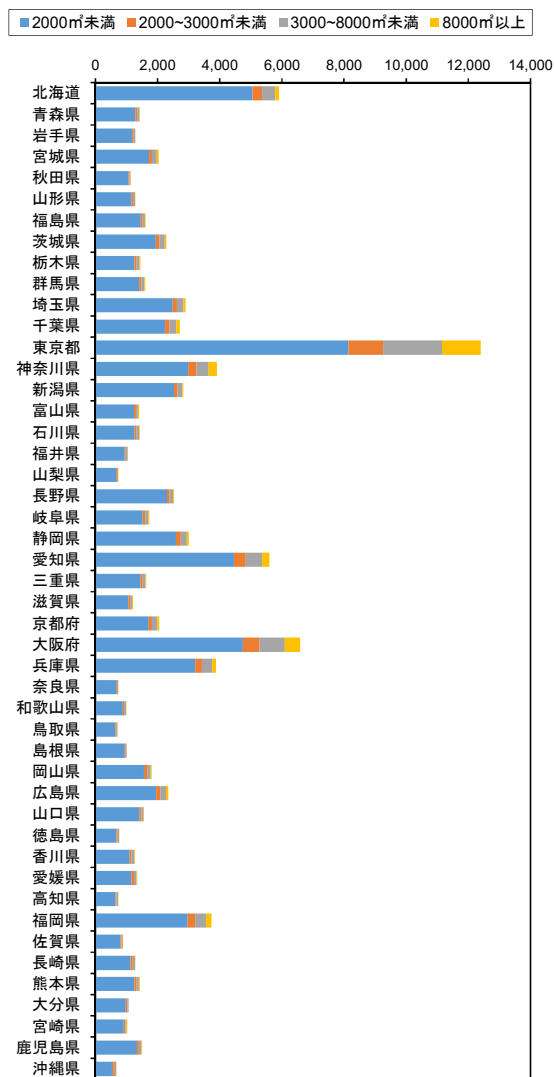


図 1-1-7 都道府県別の床面積区分毎の件数 (事務所)

C.4 特定建築物の建設時期

図 1-1-8 から図 1-1-11 に、事務所、店舗、ホテル・旅館、文教用施設の床面積区分毎の建設時期の割合を示す。文教用施設を除けば、床面

積が大きくなるほど、建設時期は新しくなる傾向が窺える。また、昭和56年以降に建設された建物が全体の半数以上を占めている。特に、店舗の建設時期は平成3年以降が半数以上を占め、比較的、新しい建物が多いことが分かる。

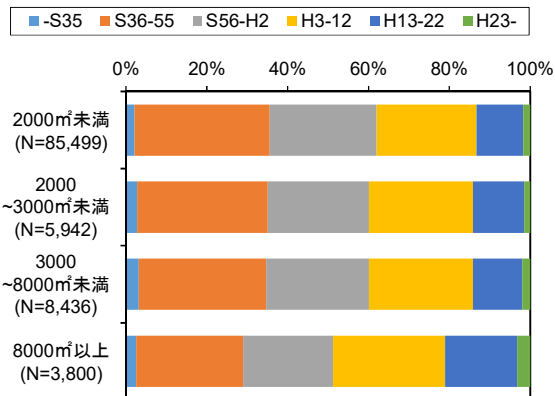


図 1-1-8 床面積区分における建設時期の割合 (事務所)

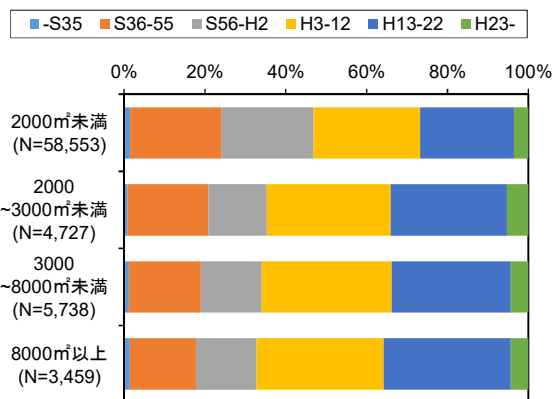


図 1-1-9 床面積区分における建設時期の割合 (店舗)

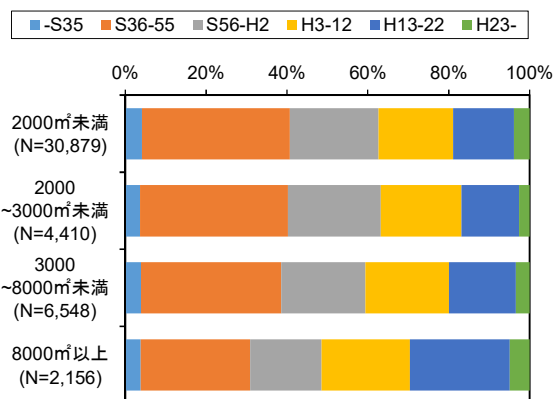


図 1-1-10 床面積区分における建設時期の割合 (ホテル・旅館)

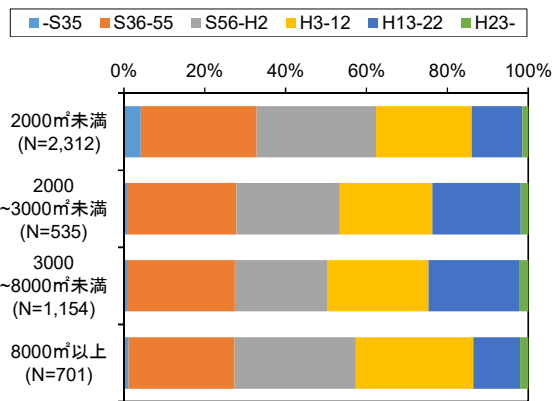


図 1-1-11 床面積区分における建設時期の割合(文教用施設)

D. まとめ

本研究では、特定建築物の範囲拡大を含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な基礎的データを得るために、国土交通省が平成 25 年度に実施した「法人土地・建物基本調査」による統計データを入手し、それを集計することにより、中小建築物ストックの現状を把握した。

「法人土地・建物基本調査」は全国の法人を対象とした全数調査ではないが、母集団推定が意図されているとともに、有効回答率が 72.2% (約 49 万法人に対して約 35 万 4 千法人から有効な回答を取得) と信頼性が高い統計データと考えられる。

本研究では、母集団推定は実施せずに、統計データそのものを集計して傾向を示した。その結果、以下のことがわかった。

①母集団推定により得られた建物件数の総数は 93.1 万件に対して、統計データにより得られた建物件数の合計は約 42.2 万件である。「法人土地・建物基本調査」では約 45%の標本が得られたことになる。

②いずれの用途別の建物においても床面積 2,000m²未満の割合が高く、全体の 50~90%を占めている。建物件数では、事務所、店舗が多い。

③事務所の場合、特定建築物の割合は 11.7%(12,352 件)であること、床面積 2,000~3,000 m²未満の建物は 5.7%(6,054 件)であり、特定建築物の約半数という割合になることがわかった

④特定建築物に該当する建物の用途別の割合で

は、事務所が 48%、店舗は 36%となった。ただし、「法人土地・建物基本調査」では、法人格が有する建物を対象としているため、特に、文教施設に含まれる国公立の学校建築が対象からはずれているため、全体のバランスには偏りが存在する。

⑤事務所の建物総数は、東京都が最も多く、大阪府、愛知県、北海道が次に続く。特定建築物は、東京都では他の地域とは異なり全体の 25%を占めているが、地方の県では特定建築物の割合は低く 10%未満である。また、床面積が 2,000~3,000 m²未満の建物は全体の 5%程度であり、東京都であっても 9.0%と割合は低い。

E. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

1-2 ペストコントロール協会による調査結果

A. 研究目的

建築物衛生法にて「特定建築物」に定められた建物については、ねずみ・昆虫等の生息状況に関して、6か月以内ごとの調査(施行規則第4条5の2の1)、発生しやすい箇所については2カ月以内ごとの調査(技術上の基準、告示119号)が義務付けられている。さらに、建築物環境衛生維持管理要領(健発第0125001局長通知)・同マニュアル(健発0125002課長通知)により、IPM(Integrated Pest Management、総合的有害生物管理)によるねずみ・昆虫等防除の促進が図られている。また、特定建築物以外の不特定多数の者が利用する建物であっても、建築物環境衛生管理基準に従って維持管理する努力義務が課せられている。しかしながら、現状では、特定建築物に該当しない中小規模建築(基本的には、特定建築物に該当する建物用途を有し、3,000m²未満の建築物)においては、どの程度、ねずみ・昆虫等に対する配慮がなされているのか、その実態は不明である。

そこで、中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査が実施された。本調査は、(公社)日本ペストコントロール協会が主体となり2014年度に実施されたものであるため、「建築物におけるねずみ・昆虫の生息状況におけるアンケート調査報告書」(害虫防除中央協議会、2015年)として、調査報告が既になされている。今回、本研究を推進するに当たって、さらなる分析の余地があるとともに、価値の高い知見が得られる可能性が高いとの判断から、同協会よりデータ利用の同意を得て、データの提供を受けた。特に、建物規模による衛生環境の実態をより明確に示すために、ロジスティック回帰分析によりデータを分析した。

B. 研究方法

B.1 調査の概要

アンケート調査は2014年2月21日～3月21日に実施された。対象は、(公社)日本ペストコントロール協会の所属会員883社であり、書

面にてアンケート調査用紙を郵送し、記入後に返送するように依頼した。

回答数は295社から得られ、回収率は33.4%であった。所属会員が回答し得られた調査用紙は3,382件である。これらを有効回答として、以後のデータ分析に用いる。

B.2 調査の項目

アンケートの質問項目は、建物の「所在地」、「築年数」、「延べ面積」、「建築用途」、「契約内容」、「受注理由」、「ゴキブリの生息状況」、「ネズミの生息状況」、「蚊の生息状況」、「ハエ・コバエの生息状況」、「その他生物の生息状況」、「管理状況」、「IPM(総合的有害生物管理)に準じた防除」、「管理者の協力度」の14項目である。

なお、「契約内容」と「受注理由」は外部の業者に対する清掃等の業務委託の状況、「管理状況」は建物の清掃等についての管理状況を示す。

各項目の内訳は、「所在地」は各都道府県、「築年数」は「3年以内」「4～20年」「21年以上」の3水準、「床面積」は「2,000m²未満」「2,000～3,000m²未満」「3,000m²以上」の3水準、「建築用途」は「飲食店」「食品販売店」「物販店」「病院」「ホテル・旅館」「サウナ」「興行場」「事務所」「その他」の9水準、「契約内容」は「全体で年間契約」「部分で年間契約」「スポット契約」の3水準、「受注理由」は「ねずみ・昆虫が多いため」「建築物衛生法に基づいているため」「予防のため」の3水準とした。また、ゴキブリ、ねずみ、蚊、ハエ・コバエの各生物二対する「生息状況」を、「許容水準」「警戒水準」「措置水準」の3水準とした。「許容水準」は、環境衛生上、良好な状態、「警戒水準」は放置すると今後、問題になる可能性がある状態、「措置水準」は、ねずみ等の発生や目撃することが多く、直ぐに防除作業が必要な状況、をいう。「管理状況」は「良い」「普通」「悪い」「わからない」の4水準、「IPMに準じた防除」は「行っている」「行っていない」の2水準、「管理者の協力度」は「多いに協力してくれる」「あまり協力してくれない」の2水準とした。

C. 研究結果および考察

C.1 建物用途別の建物特性

表1-2-1に、建物用途別の建物特性に関する

集計結果を示す。建物用途は9種類に分類されている。なお、建物によっては複数の用途を有するが、その場合は、単純に別の建物として扱い集計している。従って、各建物用途のN数を合計すると、全体の回収数(3,382件)を上回ることになる。建物用途としては、飲食店(N=1,130)が最も多く、次いで事務所(N=840)である。サウナや興行場のN数は相対的に少ない。

「地域」では、いずれの用途においても「関東地方」の割合が最も高く、30%前後を占めている。「中部地方」「近畿地方」の割合も高く20%前後である。「築年数」は、「3年以内」の新しい建物の割合が数%であるのに対して、「4~20年」「21年以上」である建物が、同程度を占め

ている。ホテル・旅館では「21年以上」の割合が高いこと(59.0%)、病院では「4~20年」の割合が高いこと(53.6%)が特徴である。

「床面積」では、いずれの用途においても「3,000m²以上」の割合が高く40~70%程度を占め、「2,000~3,000m²未満」の割合は20~30%程度となっている。飲食店と食品販売店については、特定建築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いことが特徴である。

「契約内容」では、「全体で年間契約」が80%程度を占めており、9割以上が年間契約としている。「スポット契約」は5%前後である。「受注理由」として、大半の建物用途において「建築

表 1-2-1 建物用途別の建物特性に関する集計結果

	飲食店 (N=1,130)	食品販売店 (N=638)	物販店 (N=417)	病院 (N=388)	ホテル・旅館 (N=354)	サウナ (N=24)	興行場 (N=147)	事務所 (N=840)	その他 (N=959)	
地域	北海道地方	49 (4.3)	28 (4.4)	20 (4.8)	13 (3.4)	16 (4.5)	0 (0.0)	9 (6.1)	30 (3.6)	47 (4.9)
	東北地方	64 (5.7)	58 (9.1)	30 (7.2)	32 (8.2)	52 (14.7)	1 (4.2)	8 (5.4)	41 (4.9)	86 (9.0)
	関東地方	333 (29.5)	155 (24.3)	117 (28.1)	117 (30.2)	60 (16.9)	6 (25.0)	49 (33.3)	295 (35.1)	316 (33.0)
	中部地方	204 (18.1)	127 (19.9)	72 (17.3)	51 (13.1)	79 (22.3)	8 (33.3)	29 (19.7)	145 (17.3)	194 (20.2)
	近畿地方	271 (24.0)	145 (22.7)	107 (25.7)	82 (21.1)	65 (18.4)	6 (25.0)	31 (21.1)	184 (21.9)	138 (14.4)
	中国地方	74 (6.5)	41 (6.4)	19 (4.6)	26 (6.7)	13 (3.7)	0 (0.0)	8 (5.4)	55 (6.5)	49 (5.1)
	四国地方	39 (3.5)	15 (2.4)	11 (2.6)	26 (6.7)	16 (4.5)	0 (0.0)	1 (0.7)	14 (1.7)	23 (2.4)
築年数	九州・沖縄地方	96 (8.5)	69 (10.8)	41 (9.8)	41 (10.6)	53 (15.0)	3 (12.5)	12 (8.2)	76 (9)	106 (11.1)
	3年以内	69 (6.1)	30 (4.7)	26 (6.2)	29 (7.5)	5 (1.4)	0 (0.0)	6 (4.1)	44 (5.7)	60 (6.3)
	4~20年	573 (50.7)	338 (53.0)	176 (42.2)	208 (53.6)	135 (38.1)	12 (50.0)	71 (48.3)	400 (51)	481 (50.2)
21年以上	477 (42.3)	263 (41.2)	213 (51.1)	146 (37.6)	209 (59.0)	12 (50.0)	68 (46.3)	388 (41.8)	402 (41.9)	
床面積	2,000m ² 未満	496 (43.9)	194 (30.4)	58 (13.9)	63 (16.2)	32 (9.0)	2 (8.3)	13 (8.8)	89 (10.6)	320 (33.4)
	2,000~3,000m ² 未満	161 (14.2)	145 (22.7)	66 (15.8)	105 (27.1)	81 (22.9)	7 (29.2)	34 (23.1)	159 (18.9)	269 (28.1)
	3,000m ² 以上	461 (40.8)	291 (45.6)	286 (68.6)	215 (55.4)	234 (66.1)	15 (62.5)	97 (66)	582 (69.3)	351 (36.6)
契約内容	全体で年間契約	920 (81.4)	556 (87.1)	363 (87.1)	279 (71.9)	296 (83.6)	20 (83.3)	118 (80.3)	721 (85.8)	753 (78.5)
	部分で年間契約	161 (14.2)	69 (10.8)	43 (10.3)	89 (22.9)	52 (14.7)	4 (16.7)	19 (12.9)	91 (10.8)	142 (14.8)
	スポット契約	48 (4.2)	13 (2.0)	10 (2.4)	20 (5.2)	4 (1.1)	0 (0.0)	10 (6.8)	25 (3)	60 (6.3)
受注理由	ねずみ・昆虫が多い	552 (48.8)	264 (41.4)	138 (33.1)	84 (21.6)	127 (35.9)	12 (50.0)	33 (22.4)	154 (18.3)	335 (34.9)
	建築物衛生法を遵守	420 (37.2)	272 (42.6)	233 (55.9)	187 (48.2)	179 (50.6)	11 (45.8)	90 (61.2)	578 (68.8)	333 (34.7)
	予防	156 (13.8)	99 (15.5)	45 (10.8)	115 (29.6)	46 (13.0)	1 (4.2)	24 (16.3)	103 (12.3)	286 (29.8)
ゴキブリの 生息状況	許容水準	779 (68.9)	412 (64.6)	256 (61.4)	311 (80.2)	273 (77.1)	21 (87.5)	105 (71.4)	661 (78.7)	703 (73.3)
	警戒水準	206 (18.2)	115 (18.0)	92 (22.1)	46 (11.9)	63 (17.8)	2 (8.3)	29 (19.7)	102 (12.1)	109 (11.4)
	措置水準	98 (8.7)	68 (10.7)	53 (12.7)	20 (5.2)	8 (2.3)	1 (4.2)	11 (7.5)	47 (5.6)	32 (3.3)
ねずみの 生息状況	許容水準	782 (69.2)	453 (71.0)	295 (70.7)	308 (79.4)	290 (81.9)	22 (91.7)	121 (82.3)	679 (80)	684 (71.3)
	警戒水準	144 (12.7)	114 (17.9)	67 (16.1)	25 (6.4)	39 (11.0)	1 (4.2)	14 (9.5)	84 (10)	145 (15.1)
	措置水準	100 (8.8)	58 (9.1)	44 (10.6)	15 (3.9)	8 (2.3)	0 (0.0)	7 (4.8)	44 (5.2)	70 (7.3)
蚊の 生息状況	許容水準	783 (69.3)	440 (69.0)	330 (79.1)	278 (71.6)	264 (74.6)	15 (62.5)	118 (80.3)	693 (82.5)	643 (67.0)
	警戒水準	55 (4.9)	48 (7.5)	25 (6.0)	23 (5.9)	18 (5.1)	5 (20.8)	7 (4.8)	35 (4.2)	58 (6.0)
	措置水準	18 (1.6)	12 (1.9)	11 (2.6)	8 (2.1)	2 (0.6)	0 (0.0)	2 (1.4)	14 (1.7)	24 (2.5)
ハエ・コバエの 生息状況	許容水準	669 (59.2)	375 (58.8)	280 (67.1)	237 (61.1)	220 (62.1)	14 (58.3)	92 (62.6)	600 (71.4)	552 (57.6)
	警戒水準	169 (15.0)	90 (14.1)	70 (16.8)	55 (14.2)	54 (15.3)	4 (16.7)	25 (17)	118 (14)	140 (14.6)
	措置水準	41 (3.6)	34 (5.3)	21 (5.0)	23 (5.9)	12 (3.4)	2 (8.3)	9 (6.1)	34 (4)	46 (4.8)
清掃などの 管理状況	良い	261 (23.1)	133 (20.8)	85 (20.4)	175 (45.1)	116 (32.8)	5 (20.8)	61 (41.5)	358 (42.6)	358 (37.3)
	普通	576 (51.0)	348 (54.5)	236 (56.6)	189 (48.7)	191 (54.0)	15 (62.5)	63 (42.9)	379 (45.1)	436 (45.5)
	悪い わからない	268 (23.7)	145 (22.7)	85 (20.4)	22 (5.7)	45 (12.7)	4 (16.7)	20 (13.6)	86 (10.2)	141 (14.7)
IPMIに準じた 防除	実施している	17 (1.5)	6 (0.9)	10 (2.4)	2 (0.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.7)	9 (1.1)	11 (1.1)
	実施していない	801 (70.9)	483 (75.7)	324 (77.7)	286 (73.7)	253 (71.5)	20 (83.3)	104 (70.7)	664 (79)	698 (72.8)
	オーナーや 管理者の協力度	325 (28.8)	150 (23.5)	93 (22.3)	99 (25.5)	100 (28.2)	4 (16.7)	43 (29.3)	174 (20.7)	249 (26.0)
大きい協力 協力が得にくい	744 (65.8)	401 (62.9)	275 (65.9)	295 (76.0)	260 (73.4)	19 (79.2)	113 (76.9)	616 (73.7)	726 (75.7)	
	384 (34.0)	236 (37.0)	141 (33.8)	89 (22.9)	91 (25.7)	5 (20.8)	29 (19.7)	219 (26.1)	225 (23.5)	

物衛生法を遵守」とする割合が最も高いが、飲食店では、「ねずみ・昆虫が多い」を理由に挙げる割合が最も高くなっている。また、「予防」との意識は相対的に低く 10%台に留まっているが、病院では 29.6%が理由に挙げている。

「ゴキブリの生息状況」では、「許容水準」である割合が最も高いが、病院やサウナでは 80%以上、それ以外の用途では、70%前後となっている。「警戒水準」は 20%前後、「措置水準」は 10%前後が該当しているが、物販店が 12.7%と最も割合が高い。「ねずみの生息状況」においても、ゴキブリの場合と傾向は類似している。「蚊の生息状況」においては、未回答の場合が多くなっているが、全体のバランスはゴキブリやねずみの場合と差異はないといえる。「ハエ・コバエの生息状況」では、いずれの用途においても「警戒水準」の割合が若干高い。

「清掃などの管理状況」では、飲食店、食品販売店、物販店では「普通」の割合が高く 50%以上を占め、「悪い」が 20%程度となっている。一方で、病院や事務所では「悪い」の割合が相対的に低く、それぞれ 5.7%、10.25%である。

「IPM に準じた防除」の実施の有無では、「実施している」割合が 70%以上である。「オーナーや管理者の協力度」においても 70%以上が「大いに協力」と回答している。

C.2 建物規模別の建物特性

表 1-2-2 に、建物用途別に、「床面積」と「建築年」「契約内容」「管理状況」「IPM 防除」とのクロス集計を示す。なお、サウナと興行場については、N 数が少ないため表には含めていない。クロス集計に当たっては、「床面積」との関連について χ^2 検定を実施し、有意な要因についても合わせて記している。ここで扱う「床面積」は、

建物規模を表しており、「3,000m²以上」が特定建築物に該当し、「2,000m²未満」が小規模建物、「2,000~3,000m²未満」が中規模建物に該当するため、以後、それぞれを小規模建物、中規模建物、特定建築物と呼ぶ。

飲食店について、「床面積」と「築年数」「契約内容」「IPM 防除」には有意な関連性が見られる。特定建築物ほど「築年数」が大きく、小中規模建築物は「4~20 年」の建物の割合が高い。

「契約内容」では、「床面積」が大きくなるほど、年間契約の割合が高く、「IPM 防除」の実施の割合も高くなる。

食品販売店では、「床面積」と「築年数」「契約内容」において有意な関連性がある。特定建築物ほど、「築年数」が大きく、「契約内容」が

年間する割合が高い。この傾向は物販店においても同様である。

病院では、「床面積」と「築年数」「管理状況」とに有意な関連性が見られる。「築年数」では、いずれの規模においても「4~20 年」の割合が高いことが特徴である。また、「管理状況」が「良い」割合は、小規模建築物と特定建築物で 90%を越えている。ホテル・旅館では、「床面積」と「築年数」「契約内容」「IPM 防除」、事務所では、「床面積」と「築年数」「契約内容」に有意な関連性が見られる。

いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認でき、規模が大きくなるほど「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きくなるほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなることが確認できる。

表 2-2 建物規模の建物特性に関するクロス結果

飲食店(N=1,130)	築年数***			契約内容***			管理状況			IPM防除*	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	40(8.1)	289(58.9)	162(33.0)	379(76.6)	83(16.8)	33(6.7)	282(92.2)	16(5.2)	8(2.6)	337(68.2)	157(31.8)
2,000~3,000m ² 未満	5(3.1)	101(63.1)	54(33.8)	127(78.9)	28(17.4)	6(3.7)	106(93.0)	8(7.0)	0(0.0)	107(66.5)	54(33.5)
3,000m ² 以上	24(5.2)	174(38.0)	260(56.8)	406(88.1)	48(10.4)	7(1.5)	388(90.4)	31(7.2)	10(2.3)	348(75.8)	111(24.2)
食品販売点(N=638)	築年数***			契約内容*			管理状況			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	9(4.7)	115(60.5)	66(34.7)	162(83.5)	24(12.4)	8(4.1)	105(88.2)	12(10.1)	2(1.7)	149(72.9)	52(27.1)
2,000~3,000m ² 未満	3(2.1)	99(68.8)	42(29.2)	122(84.1)	20(13.8)	2(2.1)	98(87.5)	11(9.8)	3(2.7)	110(76.4)	34(23.6)
3,000m ² 以上	18(6.2)	333(53.4)	153(52.8)	265(91.1)	24(8.2)	2(0.7)	231(87.8)	25(9.5)	7(2.7)	226(78.2)	63(21.8)
物販店(N=417)	築年数***			契約内容***			管理状況			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	9(15.8)	21(36.8)	27(47.4)	43(74.1)	11(19.0)	4(6.9)	39(90.7)	2(4.7)	2(4.7)	40(69.0)	18(31.0)
2,000~3,000m ² 未満	2(3.0)	41(62.1)	23(34.8)	51(77.3)	12(18.2)	3(4.5)	49(89.1)	4(7.3)	2(3.6)	49(74.2)	17(25.8)
3,000m ² 以上	15(5.2)	109(38.1)	162(56.6)	264(92.3)	20(7.0)	2(0.7)	238(90.2)	19(7.2)	7(2.7)	229(80.1)	57(19.9)
病院(N=388)	築年数*			契約内容*			管理状況*			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	7(11.1)	42(66.7)	14(22.2)	37(58.7)	21(33.3)	5(7.9)	45(91.8)	2(4.1)	2(4.1)	46(73.0)	17(27.0)
2,000~3,000m ² 未満	5(4.8)	59(56.7)	40(38.5)	73(69.5)	25(23.8)	7(6.7)	62(79.5)	11(14.1)	5(6.4)	76(73.1)	28(26.9)
3,000m ² 以上	17(8.0)	106(50.0)	89(42.0)	165(76.7)	43(20.0)	7(3.3)	167(93.8)	10(5.6)	1(0.6)	160(75.1)	53(24.9)
ホテル・旅館(N=354)	築年数***			契約内容***			管理状況			IPM防除*	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	1(3.1)	16(50.0)	15(46.9)	22(68.8)	8(25.0)	2(6.3)	19(90.5)	1(4.8)	1(4.8)	17(54.8)	14(45.2)
2,000~3,000m ² 未満	0(0.0)	45(57.0)	34(43.0)	60(75.9)	17(21.5)	28(2.5)	52(91.2)	5(8.8)	0(0.0)	54(66.7)	27(33.3)
3,000m ² 以上	4(1.7)	70(30.3)	157(68.0)	208(88.9)	26(11.1)	0(0.0)	187(93.5)	12(6.0)	1(0.5)	177(75.6)	57(24.4)
事務所(N=840)	築年数*			契約内容**			管理状況			IPM防除	
	3年以内	4~20年	21年以上	全体年間	一部年間	単体	良い	普通	悪い	実施あり	実施なし
2,000m ² 未満	8(9.2)	42(48.3)	37(42.5)	71(80.7)	9(10.2)	8(9.1)	59(92.2)	4(6.3)	1(1.6)	66(74.2)	23(25.8)
2,000~3,000m ² 未満	3(1.9)	92(57.9)	64(40.3)	129(81.1)	24(15.1)	6(3.8)	122(96.1)	5(3.9)	0(0.0)	122(76.7)	37(23.3)
3,000m ² 以上	32(5.2)	261(45.2)	285(49.3)	513(88.4)	57(9.8)	10(1.7)	503(92.8)	26(4.8)	13(2.4)	466(80.3)	114(19.7)

χ²検定による有意確率: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

C.3 建物規模と環境衛生についての統計解析

従属変数を、ゴキブリ、ねずみ、蚊、ハエ・コバエの生息状況、独立変数を「床面積の区分」「契約内容」「清掃などの管理状況」「IPMに準じた防除を実施しているか」として、ロジスティック回帰分析を行った。分析では、従属変数を二値化するため、それぞれの生息状況に対して「許容水準」を0、「警戒水準」「措置水準」のいずれかの場合を1としたダミー変数を作成した。まず、先の独立変数と「地域」「建築年」「床面積」を含めた全てを投入してロジスティック回帰分析を実施し、尤度比による変数減少法で振り分けられた変数を確認した。さらに、これらの変数と、交絡要因としての「地域」「建築年」、さらに「床面積」を含めた変数を強制投入して、最終モデルとした。統計解析には IBM SPSS v23 を用いた。

表 1-2-3 に、ゴキブリの生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」の AOR は「2,000~3,000m² 未満」(AOR=1.42,

p<0.01)と「2,000m² 未満」(AOR=1.33, p<0.05)とも有意に1よりも大きく、特定建築物よりも建物規模が小さくなると、ゴキブリの生息状況が環境衛生上問題となっていることが確認できる。また、「清掃などの管理状況」においては、「良い」から「悪い」となるほど AOR が1よりも大きくなる傾向が確認できる(p for trend<0.001)。「IPMに準じた防除を実施していない」場合、ゴキブリの生息状況が有意に悪化する(AOR=2.49, p<0.001)ことも示される。

表 1-2-4 に、ねずみの生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」の AOR は「2,000m² 未満」(AOR=1.72, p<0.001)にて有意に1より大きくなっており、建物規模が「2,000m² 未満」「2,000~3,000m² 未満」となるほど、ねずみの生息状況が環境衛生上問題となる傾向が確認できる(p for trend<0.001)。また、「契約状況」が年間契約よりも「スポット契約」である方が、環境衛生が有意に悪化している(AOR=3.01, p<0.001)。「清掃などの管理状況」

においては、ゴキブリの場合と同様に、「良い」から「悪い」になるほど AOR が 1 よりも大きくなる傾向が確認でき (p for trend<0.001), 「悪い」場合の AOR は大きい (AOR=18.00, p<0.001)。

表 1-2-5 に、蚊の生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」の AOR は「2,000~3,000m²未満」 (AOR=1.42, p<0.05) にて有意に 1 より大きくなっており、特定建築物と比べて中規模建築物 (2,000~3,000m² 未満) である方が、蚊の生息状況が環境衛生上問題となっていることを示している。「IPM に準じた防除を実施していない」場合、蚊の生息状況が有意に悪化する (AOR=1.41, p<0.05) ことはゴキブリの場合と同様である。

表 1-2-6 に、ハエ・コバエの生息状況に関連する要因の調整オッズ比を示す。「床面積の区分」では有意な関連性は確認できなかったが、「清掃などの管理状況」においては、「良い」から「悪い」となるほど AOR が 1 よりも大きくなる傾向が確認できる (p for trend<0.001)。「IPM に準じた防除を実施していない」場合、ゴキブリや蚊と同様に、ハエ・コバエの生息状況が有意に悪化する (AOR=1.44 p<0.001) ことが示される。

表 1-2-3 ゴキブリの生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	ゴキブリの生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	1.42 **	(1.12-1.80)
2,000m ² 未満	698	1.33 *	(1.06-1.66)
p for trend			p<0.05
清掃などの管理状況			
良い	2,248	1.00	
普通	173	1.57 *	(1.11-2.21)
悪い	63	2.32 **	(1.36-3.95)
p for trend			p<0.001
IPMに準じた防除を実施しているか			
実施している	1,916	1.00	
実施していない	568	2.49 ***	(2.03-3.06)

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表 1-2-4 ねずみの生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	ねずみの生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	1.14	(0.85-1.52)
2,000m ² 未満	698	1.72 ***	(1.33-2.22)
p for trend			p<0.001
契約内容			
全体で年間契約	2,043	1.00	
部分で年間契約	341	1.08	(0.79-1.49)
スポット契約	100	3.01 ***	(1.97-4.77)
p for trend			p<0.001
清掃などの管理状況			
良い	2,248	1.00	
普通	173	5.20 ***	(3.74-7.21)
悪い	63	18.00 ***	(10.05-32.14)
p for trend			p<0.001

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表 1-2-5 蚊の生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	蚊の生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	1.42 *	(1.01-1.97)
2,000m ² 未満	698	1.08	(0.78-1.51)
p for trend			p=0.11
IPMに準じた防除を実施しているか			
実施している	1,916	1.00	
実施していない	568	1.41 *	(1.04-1.90)

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表 1-2-6 蚊の生息状況に関連する要因の調整オッズ比

要因	度数	ハエ・コバエの生息状況 AOR ^a (95%CI)	
床面積の区分			
3,000m ² 以上	1,222	1.00	
2,000~3,000m ² 未満	564	0.91	(0.68-1.21)
2,000m ² 未満	698	0.86	(0.66-1.12)
p for trend			p=0.51
清掃などの管理状況			
良い	2,248	1.00	
普通	173	31.03 ***	(19.87-48.47)
悪い	63	82.15 ***	(29.47-229.0)
p for trend			p<0.001
IPMに準じた防除を実施しているか			
実施している	1,916	1.00	
実施していない	568	1.44 **	(1.15-1.91)

^a 交絡要因: 地域, 築年数
CI = confidence interval; * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

D. まとめ

中小規模建築物ならびに特定建築物における、ねずみ・昆虫等の生息状況、管理状況などの実態を明らかにするために、ねずみ・昆虫等の防除を業務とする事業者を対象としたアンケート調査データを用いて分析した。対象とする建物用途は、「飲食店」「食品販売店」「物販店」「病院」「ホテル・旅館」「サウナ」「興行場」「事務所」である。分析により以下の結果が得られた。

- ① 本調査にて得られたデータの「床面積」では、いずれの用途においても特定建築物に該当する「3,000m²以上」の割合が高く40～70%程度を占めている。一方、中規模建築物に該当する「2,000～3,000m²未満」の割合は20～30%程度に留まっている。飲食店と食品販売店については、特定建築物と同程度に「2,000m²未満」の割合が高いことが特徴である。
- ② いずれの用途においても、「床面積」と「築年数」とに有意な関連性が確認できる。床面

積が、「2,000m²未満」「2,000～3,000m²未満」「3,000m²以上」と規模が大きくなるにつれて、「築年数」が大きくなる傾向がある。また、「契約内容」については、規模が大きいほど一部ではなく、全体で年間契約する割合が高くなる。

- ③ ロジスティック回帰分析による分析結果より、ゴキブリやねずみ、蚊の生息状況では、特定建築物と比べて中小規模建築物の方が衛生環境上問題となっている可能性が高いことが示された。
- ④ 中小規模建築物と比べて特定建築物では、建築物衛生環境管理基準を遵守することを背景に、ねずみ・昆虫等の駆除に対する意識が高く、害虫の生息状況が適切に維持されている実態が示唆された。

E. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

2. 健康危機に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討

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：特定建築物（延床面積 3,000 m²以上の建築物、学校は 8,000 m²以上）に該当しない中小規模の建築物には建築物衛生法が適用されていない。中規模建築物の数が特定建築物のおよそ半数に及ぶことが報告されているが、建築物衛生法の適用対象外であるため、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。

本研究は、2,000～3,000 m²の中規模建築物における室内環境及び空気衛生環境を中心に、建築物衛生法の環境衛生管理基準項目に係る要素の実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物の適用範囲拡大も含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的根拠を得ることを目的としている。

本章では中規模建築物を中心に比較対象として特定建築物を含め、室内空気衛生環境に係る実態を把握するため現場の詳細測定を行った結果を報告している。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（浮遊粉じん）と 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) **温度：**中央値が冬期で 24.5℃（中小規模ビル）と 24.3℃（特定建築物）、夏期は 26.0℃（中小規模ビル）と 25.6℃（特定建築物）であり、大きな差が見られなかった。また、一部の個別方式の対象室では、運用状態によって夏期の立ち上がり時に室内温度が 28℃を上回るケースがあった。

(2) **相対湿度：**冬期に最大値が 40%RH を上回るビルがあったが、規模を問わず 75%タイル値が 40%RH を下回っており冬期の低湿度問題が再確認された。夏期は規模を問わず概ね良好であった。

(3) **CO₂濃度：**季節と規模を問わず全てが建築物衛生法管理基準値の 1000ppm を満足した。Phase2 研究として行った冷暖房機の 2 週間連続測定結果に関する詳細調査は第 3 章で報告する。

(4) **微生物：**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 50cfu/m³ を満足していた。真菌は、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 を満足していたが、夏期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、50cfu/m³ 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 50cfu/m³ を下回っていた。

NGS（次世代シーケンサー）を用いたメタゲノムの菌叢解析において、検出された細菌属と真菌属の何れにおいて、これまで報告された生菌の結果よりはるかに多かった。これは、培地を用いた方法では殆どの種類の細菌と真菌を検出できないためである。また、菌量の多さを表すリード数において、中小規模ビルでは特定建築物に比べ、細菌は多いものの、真菌は少なかった。この結果と I/O 比の結果を併せて考えると、特定建築物では空調システム内での真菌の発生がある可能性あることが強く示唆された。今回今後更なるデータを蓄積する必要がある。

(5) **浮遊粉じん/PM_{2.5}：**特定建築物及び中規模建築物における室内 PM_{2.5}濃度は、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。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 PM2.5 分級器を装着した計測器であっても、従来の PM2.5 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 PM2.5 濃度、I/O 比を比較すると、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。

大気における PM2.5 の傾向を調査した結果、近年は減少傾向にあるものの、地域ごとでは、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。更に冬季における九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。しかしながら、ここ数年で PM2.5 濃度は減少する傾向となっていることを確認した。

(6) 化学物質：アルデヒド類、個別 VOCs、TVOC 共に平均濃度としては、夏期濃度が冬期より高い傾向を示した。特に p-ジクロロベンゼンや 2E1H は季節間の差が明確に現れた。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向にあり、最大値（検出濃度範囲）においても中小規模建築の方が高く環境に偏差がより大きかった。空間容積に対する各面面積の割合、在室密度、空調方式の違いによるものと考えられ、特に中小規模建築に比べて特定建築物には中央式空調の割合が高く、中央式の利点が現れていると考えている。今後、相関分析を行い明確な相関があるかを検証する必要がある。

厚生労働省により 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、指針物質に関しては引き続き実態把握を行うと共に、検討物質として議論されている 3 物質に関しても、オフィスにおける検出率やリスクが高い物質を選定して実態調査を行ってゆく必要がある。

そこで、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 19 件の事務所用途の特定建築物及び中小規模建築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、換気の他にも、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。

(7) エンドトキシン (グラム陰性菌の内毒素)：室内エンドトキシン濃度では 1.0EU/m³を下回る物件が多く、1.0EU/m³を超えても 1~2EU/m³と比較的低い水準が殆どであった。一方、冬期室内濃度が 10 EU/m³近く高く、IO 比も 18 を超える物件が存在した。この建物は夏期と冬期の室内濃度が明らかに異なることから冬期だけ室内に汚染源が存在していることが分かった。家庭用の中型加湿器を複数台使っていたことが原因と考えられた。培養法による細菌濃度の測定結果でも高い濃度が観察されていることから、当該オフィスでは加湿器による微生物汚染が起きていると判断された。I/O 比が 1.0 を超える結果も存在するが、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、夏期の室内平均濃度は同水準であり、冬期は中小規模での濃度が高い結果となった。

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

A. 研究目的

本研究は、建築物衛生法の特定建築物に含まれない中小規模、特に床面積 2000～3000 m²の建築物における空気温熱環境、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除など適切な衛生管理方策の検討と提言を目的とする。建築物衛生法は環境衛生全体を網羅して管理・監督する法律であり、これまで 40 年間以上室内環境の悪化防止と改善に貢献してきた我が国固有のものであるが、本研究ではこの建築物衛生法の中規模建築物への適用可能性について検討するものである。

2-1 温度・湿度・CO₂濃度

A. 調査対象ビル概要

2018 年 1 月～2020 年 2 月の間に、東京都、大阪府、福岡県、神奈川県、愛知県、群馬県にあるオフィスビル計 46 件 (52 室) を対象に実態調査を行った。測定対象ビルの建築と設備概要などを表 2-1-1 に示す。なお、表中赤字で標記されている対象は結果的に特定建築物に分類されたため、以後に示す結果は中小規模と特定建築物を分けて解析したものである。

B. 測定方法

測定は、立ち入り調査と立ち入り調査日から約 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 2-1-1 に示す通りである。立ち入り時の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) などであった。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 分間の連続測定で行った。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 2 週間連続測定を行った。

C. 結果

C.1 温度

図 2-1-1～図 2-1-2 に冬期 (2018 年, 2019 年, 2020 年, 以後同) と夏期 (2018 年, 2019 年, 以後同) における執務時間帯 (9:00～17:00) の規模別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。

冬期の中小規模ビルの中央値が 24.5°C であるのに対し、特定建築物の中央値は 24.3°C であった。一方夏期では、中小規模ビルの中央値の 26.0°C に対し、特定建築物はほぼ同じ (25.6°C) であった。なお、夏期に中小規模最大値を示したのは 2018 年の F01 の朝立ち上がり時であった。F-01 は在室者が極端に少なく (常駐者 1 名)、出勤時間によっては、冷房を入れるのは 9:00 以後になる可能性がある。

C.2 相対湿度

図 2-1-3 と図 2-1-4 に本調査で行った中小規模ビルと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 30% と 35% であり、特定建築物の方が比較的高い値を示したが、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 56% であるのに対し、特定建築物はやや低めの 55% であり、ほぼ同じであった。

C.3 CO₂濃度

図 2-1-5～図 2-1-6 に冬期と夏期の室内 CO₂濃度の四等分値を示す。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 762ppm と 737ppm、夏期ではそれぞれ 764ppm と 750ppm であり、季節と規模を問わず全てが建築物衛生法管理基準値の 1000ppm を満足した。

表 2-1-1 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)	一人当たりの面積(m ²)	天候		
冬期 (2018)									
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)換気なし	109	12(5)	6.4	雨	
夏期 (2018)									
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		個別方式(PAC+外調機)	328	21(3)	13.7	晴れ	
					409	21(3)	17.0	晴れ	
					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/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	
冬期 (2019)									
2018/12/18	PM	E06	神奈川	中央式(外調機)	204	13(8)	9.7	晴れ	
					123	9(8)	7.2	晴れ	
2018/12/19	AM	E04	東京	中央式(外調機)	1178	76(7)	14.1	晴れ	
	PM	E03		個別式(PAC+換気装置)	169	8(8)	10.6	晴れ	
		E05		個別式(PAC)換気なし	133	12(8)	5.7	晴れ	
2019/1/10	AM	W03	大阪	中央式(外調機+PAC)	193	26(3)	6.7	-	
	PM	F02	福岡	個別式(PAC+換気装置)	93	6(3)	10.3	-	
2019/1/11	AM	F03	福岡	個別式(PAC+換気装置)	122	11(3)	8.7	-	
	PM	F01		個別式(PAC+換気装置)	44	1(7)	5.5	-	
		F04		個別式(PAC+換気装置)	383	14(4)	21.3	-	
夏期 (2019)									
2019/8/1	AM	E07	東京	個別式(PAC+換気装置)	55	3(5)	6.9	晴れ	
	PM	E08		中央式(外調機)	1050	150(5)	6.8	晴れ	
		E09		個別式(PAC+換気装置)	92.4	9(5)	6.6	晴れ	
2019/8/2	PM	E06	神奈川	中央式(外調機)	204	19(4)	8.9	晴れ	
					123	9(4)	9.5	晴れ	
2019/8/27	AM	E10	東京	個別式(PAC+換気装置)	93	11(4)	6.2	曇り	
	PM	E11		中央式(外調機)	196	2(3)	39.2	晴れ	
		E12		個別式(PAC+換気装置)	110	12(3)	7.3	晴れ	
2019/8/29	PM	A01	愛知	個別式(PAC+換気装置)	96	3(6)	10.7	晴れ	
2019/8/30	AM	A02		中央式(外調機)	176	12(6)	9.8	曇り	
	PM	A03		個別式(PAC+換気装置)	266	15(4)	14	雨	
冬季 (2020)									
2020/1/15	AM	E07	東京	個別式(PAC+換気装置)	55	3(5)	6.9	雨	
	PM	E12		個別式(PAC+換気装置)	110	9(7)	6.9	曇り	
2020/2/13	AM	A02	愛知	個別式(PAC+換気装置)	176	9(6)	11.7	曇り	
	PM	A03		個別式(PAC+換気装置)	266	13(6)	14.0	晴れ	
	PM	A01		中央式(外調機)	96	7(6)	6.4	曇り	
2020/2/14	PM	E09	東京	個別式(PAC+換気装置)	92	11(6)	5.4	曇り	
2020/2/17	PM	E11	東京	中央式(外調機)	196	5(6)	17.8	晴れ	
	PM	E08	東京	中央式(外調機)	1050	98(6)	10.1	晴れ	
2020/2/21	AM	E13	群馬	個別式(PAC+換気装置)	330	21(5)	12.7	晴れ	
	PM	E14	東京	中央式(外調機)	1350	102(6)	12.5	晴れ	
	PM	E10	東京	個別式(PAC+換気装置)	93	11(6)	5.5	晴れ	

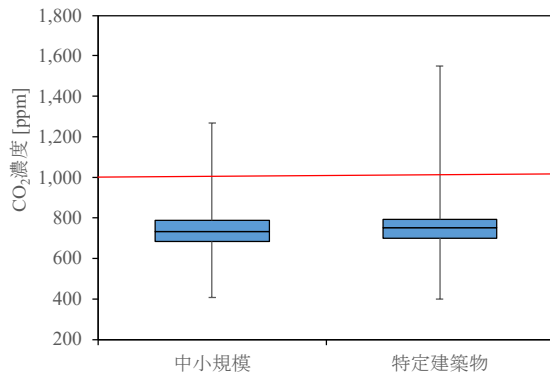


図 2-1-1 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内CO₂濃度四等分値の比較

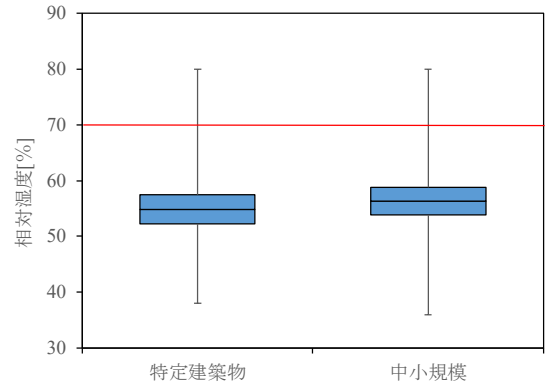


図 2-1-4 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内相対湿度四等分値の比較

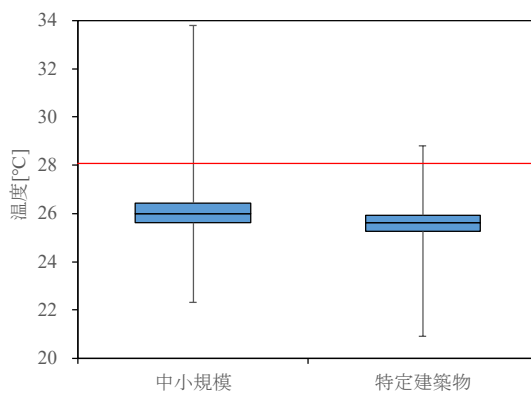


図 2-1-2 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内温度四等分値の比較

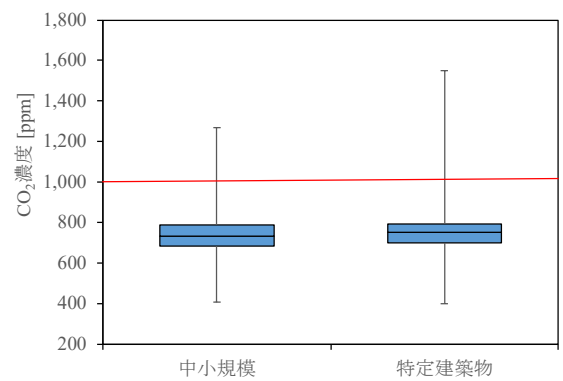


図 2-1-5 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内CO₂濃度四等分値の比較

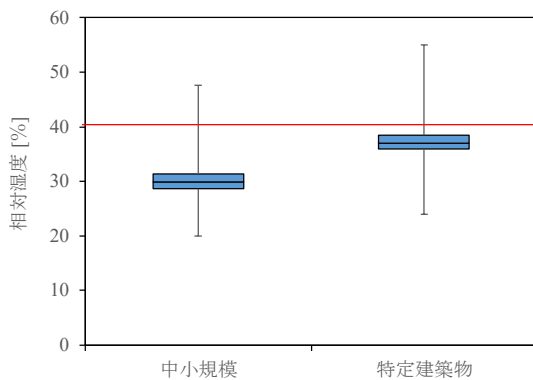


図 2-1-3 冬期における中小規模ビルと特定建築物の室内相対湿度四等分値の比較

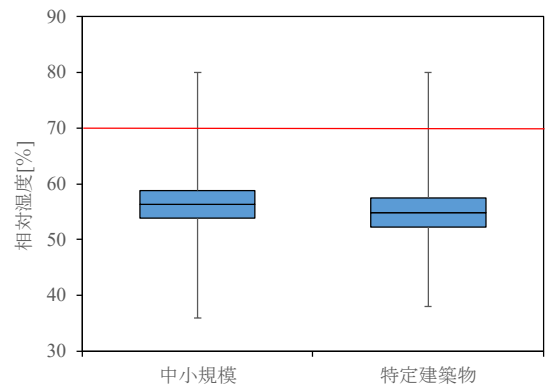


図 2-1-6 夏期における中小規模ビルと特定建築物の室内CO₂濃度四等分値の比較

2-2 微生物・微粒子

A. 研究方法

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。

B. 結果

B.1 生菌

B.1.1 細菌

図 2-2-1 と図 2-2-2 に冬期と夏期における室内と屋外の浮遊細菌濃度の四等分値を示す。冬期では, E09 の濃度は日本建築学会管理規準値 500cfu/m³ を上回ったが, 他は全て当該基準値を満足した。また最大値を除いた他の四等分値は規模別による差があまりなかった。夏期では, 全て 500cfu/m³ を上回ったものの, 中小規模より特定建築物の方が低い値を示した。

B.1.2 真菌

図 2-2-3 と図 2-2-4 に冬期と夏期における室内と屋外の浮遊真菌濃度の四等分値を示す。冬期では, 中小規模ビルの最大値が日本建築学会管理規準値 50cfu/m³ を上回ったが, 他は全て当該基準値を満足した。夏期では, 特定建築物の 75%のタイトル値が 50cfu/m³ を下回っているのに対し, 中小規模ビルの中央値が 50cfu/m³ を上回っており, 規模による差が見られた。

B.2 菌叢

B.2.1 サンプルング方法

ここでは, 2019 年夏期に測定を行った時に, 各対象ビル (表 2-1-1) の室内と屋外に DNA フリーフィルタとエアポンプを用いた測定を行った。サンプリング流量は 180ℓ (3ℓ/min×60min) であった。

本研究では, メタゲノム手法を用いた。メタゲノム解析は, 培養のプロセスを経ずに, 環境サンプルから直接に回収した DNA を解析するもので, 培養できないとされている微生物の DNA も解析できるようになっている。

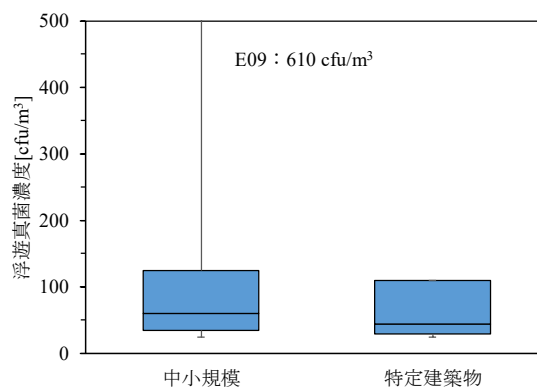


図 2-2-1 冬期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊細菌濃度四等分値

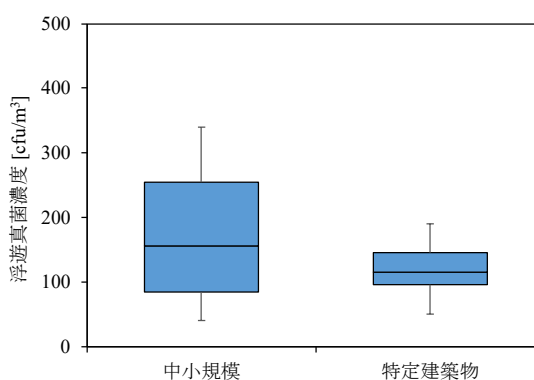


図 2-2-2 夏期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊細菌濃度四等分値

B.2.2 DNA 抽出・増幅・精製・解析方法

DNA の抽出, 増幅, 精製については筆者らの既報を参照されたい^{1~2)}。なお, NGS (次世代シーケンサー) による DNA 解読を商用ラボに依頼した。

B.2.3 解析結果

現在, 生物は3つのドメイン, 即ち, ユーキャリア (真核生物), バクテリア (真正細菌), アーキエア (古細菌) に分類されており, それぞれのドメインの下に門 (phylum), 綱 (class), 目 (order), 科 (family), 属 (genus), 種 (specie) に細分類されている。

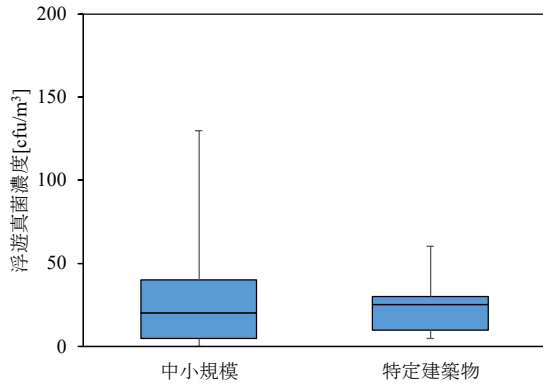


図 2-2-3 冬期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊真菌濃度四等分値

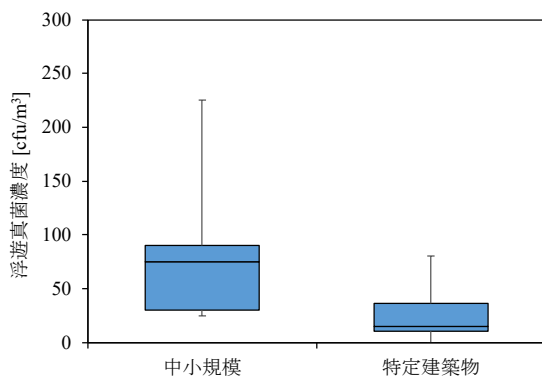


図 2-2-4 夏期における中小規模ビルと特定建築物室内の浮遊真菌濃度四等分値

ここでは、これまでの研究と比較するために主として細菌と真菌の属について検討を行った。

表 2-2-2 にリード数別の細菌と真菌の属数を示す。リード数とは、NGS で解析した塩基配列の数であり、細菌と真菌の量の多さを表す指標である。

これまで、培地を用いた生菌の測定結果から、細菌の主な発生源が室内、真菌の主な発生源は外気中にあることが知られている。表 2-2-1 より、培地法よりはるかに多い属菌が検出されていることが分かった。また、リード数を問わず、屋外より室内から

表 2-2-2 検出された細菌と真菌の属数

		リード数			
		10~	100~	1000~	10000~
細菌	室内	244	159	61	15
	屋外	242	142	52	12
真菌	室内	104	95	82	22
	屋外	146	116	65	9

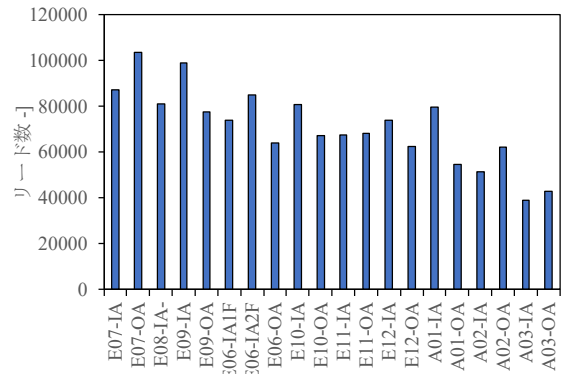


図 2-2-5 各箇所検出された細菌の総リード数

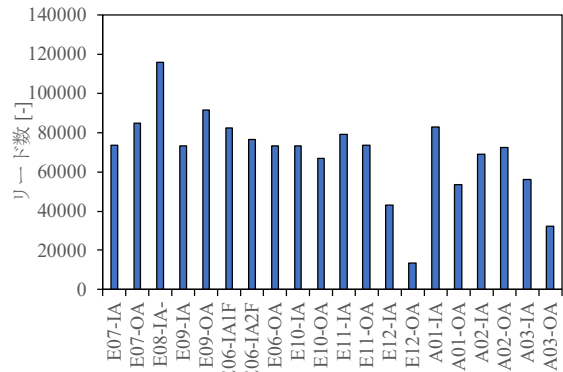


図 2-2-6 各箇所検出された真菌の総リード数

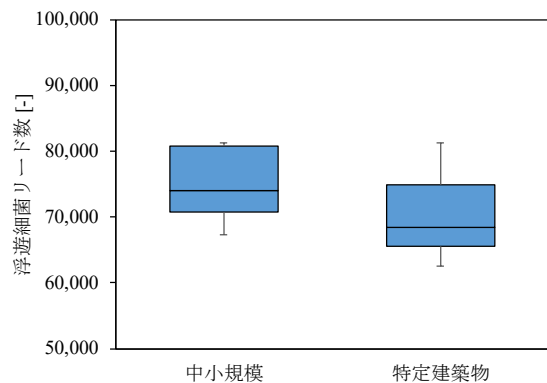


図 2-2-7 室内浮遊細菌リード数の四等分値

検出された細菌属数が多かった。一方、真菌においては、リード数が 1000 までの属数が屋外の方が多いが、1000 以上の場合室内の方が多いたことが分かった。これは室内、または外気を導入する空気搬送系での発生があったと推測される。

図 2-2-5 と図 2-2-6 に細菌と真菌の総リード数を示す。図 2-2-7 と図 2-2-8 に規模別ビル室内における細菌と真菌の総リード数の四等分値を示す。細菌では、中小規模ビルが高い値を示したが、真菌では逆の傾向を示した。この結果から、特定建この点について、今後さらなるデータの蓄積が必要であると思われる。

図 2-2-9 と図 2-2-10 に細菌と真菌の総リード数 10000 以上の細菌属と真菌属を示す。上位細菌属と真菌属はこれまで培地法でも検出されているものを含んでいる。

図 2-2-11～図 2-2-12 に各箇所検出された総リード数の I/O 比と浮遊細菌（生菌）の I/O 比を示す。全体的にリード数の I/O 比が高い値を示した。

図 2-2-13～図 2-2-14 に各箇所検出された総リード数の I/O 比と浮遊真菌（生菌）の I/O 比を示す。細菌と同様に全体的にリード数の I/O 比が高い値を示した。これらの結果は、生菌は培地の選択性により、測定できる細菌が僅かであることに起因するものであると考えられる。また、外気がフィルタを通過して室内に導入されるため、室内の発生がなければ I/O がかなり低くなる（フィルタの捕集率による）が、上記の I/O の結果から室内で細菌と真菌の発生があったものと考えられる。

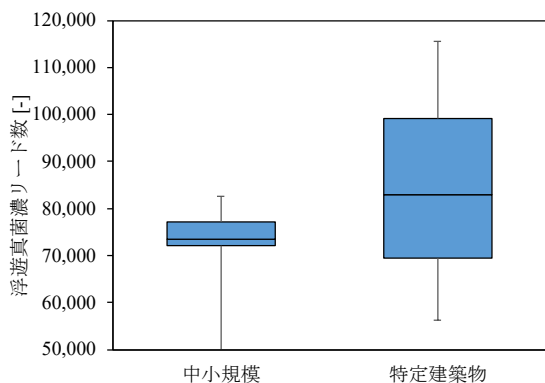


図 2-2-8 室内浮遊真菌リード数の四等分値

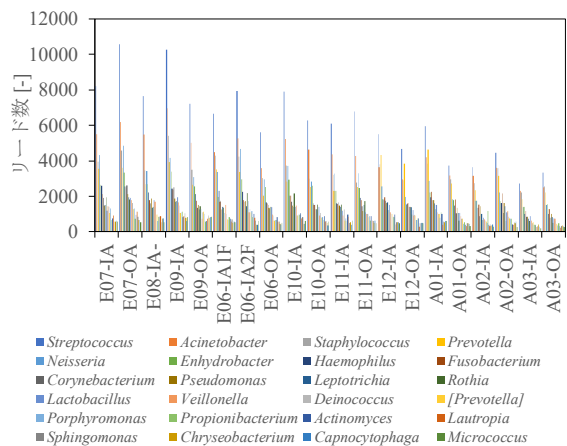


図 2-2-9 細菌属別リード数 (合計 10000 以上)

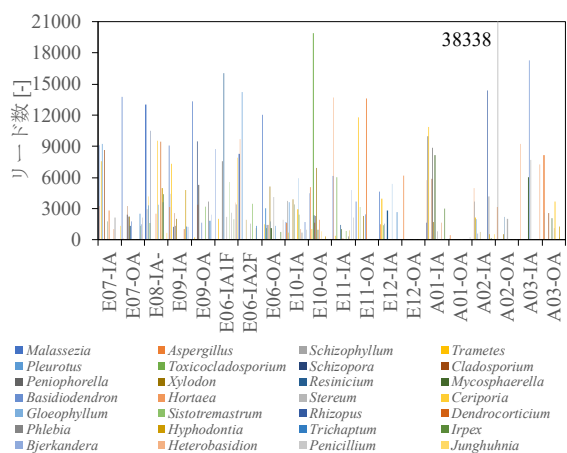


図 2-2-10 細菌属別リード数 (合計 10000 以上)

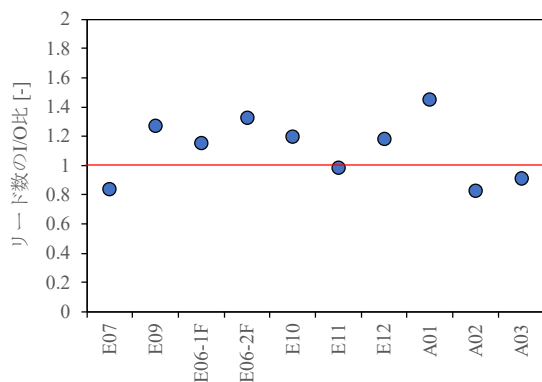


図 2-2-11 各箇所における細菌リード数の I/O 比

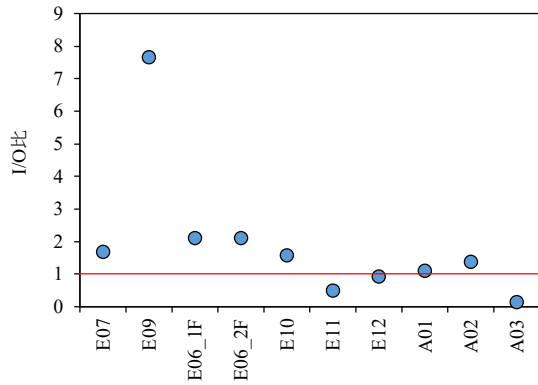


図 2-2-12 各箇所における細菌（生菌）の I/O 比

B.3 浮遊粒子

B.3.1 測定結果

図 2-2-15 と図 2-2-16 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。冬期では、規模別間に $1\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子濃度(中央値)の間に大きな差はなかったが、 $1\mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子濃度において特定建築物の方が低い値を示している。夏期では、粒径を問わず特定建築物の方が低い値を示した。この差は空調機に備えられているエアフィルタの捕集性能

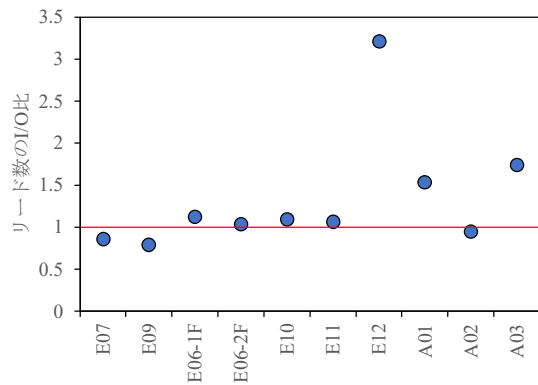


図 2-2-13 各箇所における真菌リード数の I/O 比

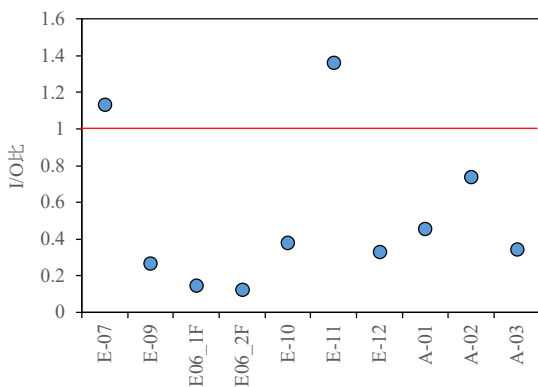


図 2-2-14 各箇所における真菌（生菌）の I/O 比

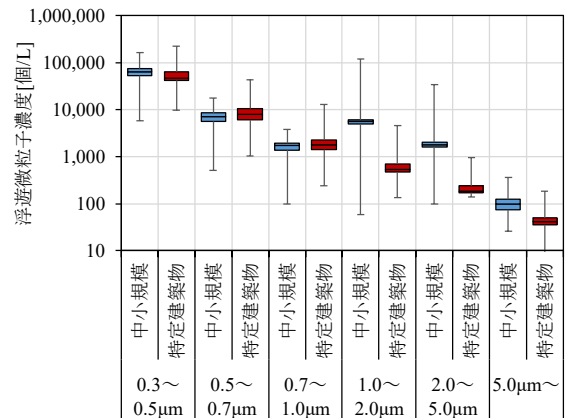


図 2-2-15 規模別浮遊粒子濃度（冬期）

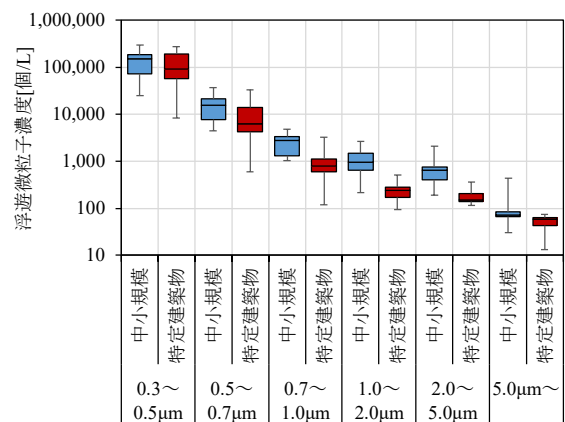


図 2-2-16 規模別浮遊粒子濃度（夏期）

の差によるものと考得られている。

引用文献

- 1) 柳宇, 加藤信介, 畑中未来: 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究-その1 研究全体の概要とサンプリング・DNA 解析方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp.859-862, 2018
- 2) 新村美月, 柳宇, 鍵直樹, 金勲, 畑中未来: クール・ヒートピットにおけるマイクロバイオームの実態解明 第1報: 室内とピット内の細菌叢の比較, 日本建築学会環境系論文集 第85巻 第770号, pp.259-266, 2020年4月, DOI <http://doi.org/10.3130/aije.85.259>

2-3 化学物質

2-3-1 VOCs 及びアルデヒド類

1990年代のシックハウス問題を受け、厚生労働省によりホルムアルデヒドを含む13物質の濃度指針値¹⁾が、TVOCについては暫定目標値が定められている。

更に、最後の指針値が制定されてからちょうど10年が過ぎた時点である2012年9月から厚生労働省は「シックハウス関連指針値の検討会」²⁾を再会し、指針値の見直しと指針物質の追加など議論を行ってきた。

その結果、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に加え、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) に関する議論が続いている。

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を行うように定めていることや設計換気量が住宅より多いこと、室内表面積の比が住宅より小さい、また内装材も住宅とは異なることから化学物質濃度は低いと考えられている。

一方、中規模建築に関しては、労働者の安全と健康を確保する目的で1日8時間勤務を想定した最低限の基準として労働安全衛生法の「事務所衛生基準規則」により室内濃度として5000ppmが、供給空気のCO₂濃度1000ppm以下が定められている。しかしながら、測定や管理など実際の運用に関しては不明な点が多い。

このような背景から、中規模建築に関してもホルムアルデヒド以外の指針物質はもちろん、代替物質など室内空气中化学物質濃度をモニタリングし、実態を把握してゆく必要がある。

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 µg/m³が適用されている。

中小規模のオフィスビルが対象となる労働安全衛生法の「事務所衛生基準規則」でも同じ内容が定められている。しかし、中小規模建築の実態が不明であること、また他の化学物質の現状は分からないことから室内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。更に、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。

B. 研究方法

B.1 調査対象

2017年度の測定対象は、北海道 (記号H、3件)、関東 (記号E、2件)、関西 (記号W、2件) の中小規模事務所ビルである。2017年8月 (夏期) 及び2018年1月及び3月 (冬期) に、各建築物において測定を行った。

2018年度は東京、大阪、福岡のオフィスビル計12件で測定を行った。但し、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)、2018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。

2019年度の調査は関東 (東京)、中部 (名古屋) のオフィスビル計11件を対象とした。なお、A01、A03、E08、E14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。2019年8月 (夏期)、2020年1月～2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30L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40成分の定量を行った。なお、TVOCはC6ヘキサンからC16ヘキサデカンに検出した全ピーク面積をトル

エン換算して算出した。

表 2-3-1 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)
VOCs	Gerstel Tube (Tenax-TA) 5L (at 166mL/min) GC-MS (40 物質)

C. 結果及び考察

C.1 2017 年度測定結果

各測定箇所における化学物質濃度を表 2-3-2 及び表 2-3-3 に示す。指針値が定められている物質の中で、今回の測定から検出された成分や住宅やオフィスなど室内でよく検出される成分は表内に青の陰影で記している。

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厚生労働省指針値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ に対し指針値を超過する室はなかった。

両物質共に全測定点で検出されたが、ホルムアルデヒドは平均濃度 $13.6\pm 8.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アセトアルデヒドは $10.9\pm 5.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低い値であった。

他の物質としてはアセトン、プロピオンアルデヒド、クロトンアルデヒド、メタクロレインが検出されているがいずれも低い濃度である。室内濃度が外気濃度よりやや高くなっているが、普段の室内濃度レベルであり、室内に高放射の汚染源は存在しないと考えられる。

アセトアルデヒドはエタノールの酸化物で二日酔いの原因物質とも知られているが、木材から放散されることがある。

アセトンは生活中で最もよく使われる溶剤の一つであり、マジックペン、マニキュア除去剤など日用品にも幅広く使われており、人体や木材からも放散される物質である。

プロピオンアルデヒドは油臭や汗臭成分として知られているが、亜麻仁油を含んだ天然ワックスから放散されるとの報告もある。

メタクロレインは室内では普段見られない物質であり、今回の実測でも検出されたのは殆

どが外気からであった。

VOCs の中からも厚生労働省指針値や TVOC 暫定目標値を上回る成分はなく低い値となっていた。

厚生労働省で指針値が定められている 13 物質中、有機溶剤系としてはトルエン、エチルベンゼン、キシレン、テトラデカンが検出されたが、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。

中でもトルエンが殆どの室内で検出されたが、平均濃度 $8.9\pm 3.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低い値であった。

全物質外気からは殆ど検出されていないか低かったため室内由来が多い。

α ピネン、D リモネンなどは木材や果実の香り成分であり、建材だけでなく洗剤、芳香剤などにも使われるため住宅ではよく検出されるが、今回測定したオフィスビルでは殆ど検出されなかった。

TVOC も暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える結果はなく、平均濃度 $94.3\pm 96.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値 $303.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ と全体的に低い水準にあった。VOCs は竣工初期に高く、時間経過と共に放散が促進され低くなるのが一般的であり、今回測定対象としたオフィスビルは建築から長年使われている物件であったことから室内濃度が低くなっていたと考えられる。

C.2 2018 年度測定結果

C.2.1 指針物質濃度

指針値 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。

有意な濃度が検出されたホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエンのグラフを図 2-3-1～図 2-3-3 に、また TVOC の結果を図 2-3-4 に示す。

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、ドデカンが少数検出された。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。

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。

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.2.2 季節及び建築規模による検討

図 2-3-5 及び図 2-3-6 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。

C.3 2019 年度測定結果

C.3.1 指針物質濃度

有意な濃度が検出されたホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエンのグラフを図 2-3-7~図 2-3-9 に、また TVOC の結果を図 2-3-10 に示す。

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、p-ジクロロベンゼン、テトラデカンであった。他にもスチレンが一部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、ベンゼン、リモネン及びノナール、2E1H が多数物件から検出された。殆どの建物で該当物質の濃度は低い、ベンゼン (図 2-3-11) が大気環境基準 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ を若干超える物件が複数あり、E09 ではリモネンが多く検出されたが、こちらは室内にアロマ噴霧やアロマ添加加湿を行っていることが原因と考えられる。また、ウンデカン、ドデカンが一部から検出された。

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。アセトアルデヒド指針値は $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり指針値を超える物件はなかったが、夏期の E07 のみが $43\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。E07 では個別 VOC や TVOC 濃度は高くなかった。

他に個別 VOC で、夏期・冬季共に溶剤系 VOCs (トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン) で高い濃度を示しているところはなかった。

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濃度が高くなるところはなかったが、夏期に検出率 100%、冬期 27%と季節による差が大きい。テトラデカンも同様に濃度が高いところは存在しないが、夏期 91%、冬期 27%の検出率を示した。

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は、夏冬期とも室内での検出は E08 の 1 物件のみであったが、夏期

184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬期 229 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とオフィスの室内濃度としては高い値を示した。ノナナールは夏期 91%、冬期 82% の検出率を示しているが濃度が高いところはなかった。

可塑剤として用いられる DEHP の加水分解成分である 2E1H はオフィスで頻繁に検出される物質であり注意する必要があるが、本研究でも夏期 91%、冬期 73% と高い検出率を示した。検出されて室内の平均濃度は夏期 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、冬期 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と他の溶剤系成分よりも高い。

C.3.2 ベンゼン濃度

ベンゼンの測定結果を図 2-3-11 に示す。

ベンゼンはシックハウス関連の指針物質として指定されていない。室内発生源は石油など燃焼器具が主となることから発生源が制限されること、また日本国内は外気濃度が低いことから室内濃度指針値は定まっていない。大気濃度基準としては 1 年平均値が 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となっている。

今回の測定では室内で検出された例は 11 ヶ所中夏期 3 件、冬期が 5 件あった。検出濃度も大気環境基準 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるところが多く、外気由来のところが多いと判断されるなか、外気濃度が低くても室内で環境基準を超える物件が見られるため、室内発生源についても注意する必要がある。ベンゼンについては今後も継続観察が必要と考えられる。

C.3.3 季節及び建築規模による検討

図 2-3-12 及び図 2-3-13 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 の平均濃度に対しては冬期の中小規模建築のトルエン及び p-ジクロロベンゼン濃度が夏期より高い他は全体的に夏期濃度が冬期より高い傾向を示している。p-ジクロロベンゼンは冬期に 3 件のみから検出され、そのうちの特定建築物 2 件は濃度が低く、中小規模である E12 の 1 件のみが濃度が高かったため平均値としての意味をなさない。

TVOC においても同様に特定・中小規模に関わらず夏期の平均濃度が冬期より高い。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建

築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向が見られた。特定建築物は平面が広く空間容積に対する各面面積の割合が低い上、中央式空調の割合が高いことから、外気導入（換気）による空気清浄と濃度低減の効果が考えられる。

アルデヒド類、個別 VOCs、TVOC 共に平均濃度としても特定建築物が中小規模建築より低いが、最大値（検出濃度範囲）においても中小規模建築の方が高く、環境に偏差がより大きいことが分かる。

D. まとめ

2019 年 1 月に厚生労働省により、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イソブチレート (TXIB) に関する議論が行われている。

2017 年度の実測では、季節に関わらずいずれの建築物においてもホルムアルデヒドをはじめ厚生労働省の室内化学物質指針値及び TVOC 暫定目標値を上回る建物はなかった。

2018 年度の測定から、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。

2019 年度の測定からも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。指針物質ではないが、ベンゼン、リモネン、ノナナール、2E1H が多くの物件から検出された。殆どの建物で該当

物質の濃度は低い、アロマ噴霧やアロマ添加加湿器を使う物件からリモネンが $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後で検出された。当該物件は TVOC も他の建物より高く、アロマ成分による影響と考えられる。ベンゼンが検出された物件では検出濃度も大気環境基準 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるところが多く、外気由来のところが多いと判断されるなか、外気濃度が低くても室内で環境基準を超えるところが見られたため、室内発生源についても注意する必要がある。アルデヒド類、個別 VOCs、TVOC 共に平均濃度としては、夏期濃度が冬期より高い傾向を示した。特に p-ジクロロベンゼンや 2E1H は季節間の差が明確に現れた。

建物規模による濃度の違いが見られ、特定建築物が中小規模建築より全体的に濃度が低い傾向が見られ、最大値（検出濃度範囲）においても中小規模建築の方が高く、環境に偏差がより大きかった。

空間容積に対する各面面積の割合、在室密度、空調方式の違いによると考えられ、特に中小規模建築に比べて特定建築物には中央式空調の割合が高く、中央式空調の利点が現れていると考えている。今後、相関分析を行い明確は相関があるかを検証する必要がある。

E. 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/hyou.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)

表 2-3-2 2017 年度調査のアルデヒド類濃度[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Carbonyls	2017年8月(北海道)						2018年1月(東京)						2018年3月(大阪)			
	H01		H02		H03		E01		E02				W01		W02	
	In	OA	In	OA	In	OA	In	OA	1F	2F	3F	OA	In	OA	In	OA
Formaldehyde	20	4	14	7	15	2	12	2	5	6	6	1	14	3	31	
Acetaldehyde	14	4	11	5	8	3	12	4	5	6	7	4	12	3	23	
Acetone	24	4	15	4	20	5	23	3	11	17	17	3	28	3	68	
Propionaldehyde	3	3	4	3		3	10	6	8	9	9	7				
Crotonaldehyde													15	18	38	
2-Butanone								4								
Methacrolein		3				3						8			5	
n-Butyraldehyde														4		
Benzaldehyde																
Valeraldehyde																
m-Tolualdehyde																
Hexaldehyde																

表 2-3-3 2017 年度調査の VOCs 濃度[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

VOCs	2017年8月(北海道)						2018年1月(東京)						2018年3月(大阪)			
	H01		H02		H03		E01		E02				W01		W02	
	In	OA	In	OA	In	OA	In	OA	1F	2F	3F	OA	In	OA	In	OA
2-Butanone																
Hexane																
Ethyl Acetate							7								14	26
Benzene																
Methyl Isobutyl Ketone																
Toluene	12		7		11		9	4		4	4	3	11	8	14	16
Ethylbenzene	8				9		3						4	2	3	4
Xylene					32		6									5
Styrene																
Nonane	12				12								5		5	
α -Pinene																
1,2,3-Trimethylbenzene					28										4	
p-Dichlorobenzene																
D-Limonene	8				5		3						3			
Undecane					18		2								5	
Nonanal					6		3			3			7		9	
Dodecane	4				3		1									
Tridecane					3											
Tetradecane					3		1								2	
Hexadecane																2
TVOC	161	-	11	-	303	15	120	9	11	41	4	6	87	26	109	66

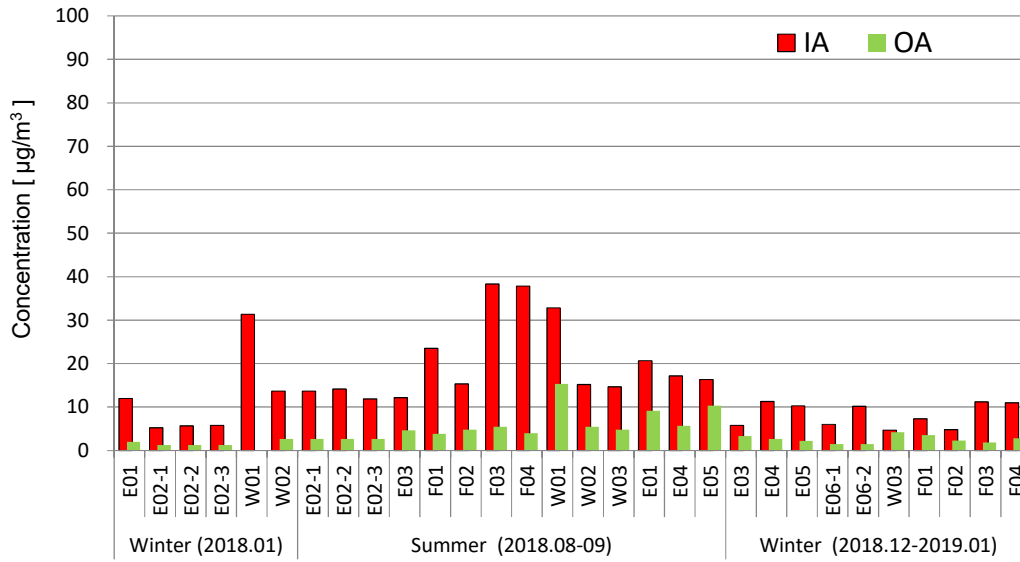


図 2-3-1 ホルムアルデヒドの空气中濃度 (2018年度)

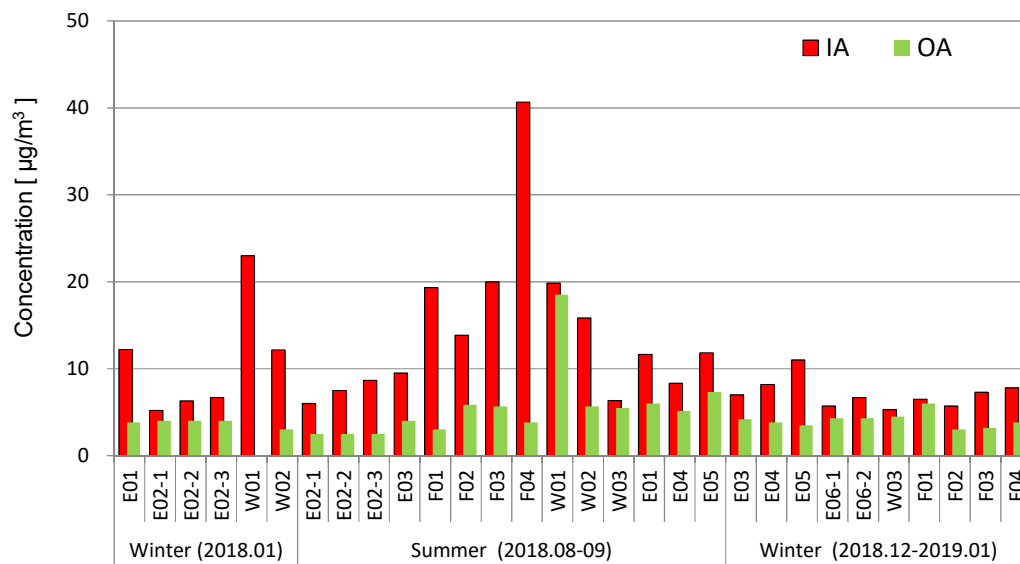


図 2-3-2 アセトアルデヒドの空气中濃度 (2018年度)

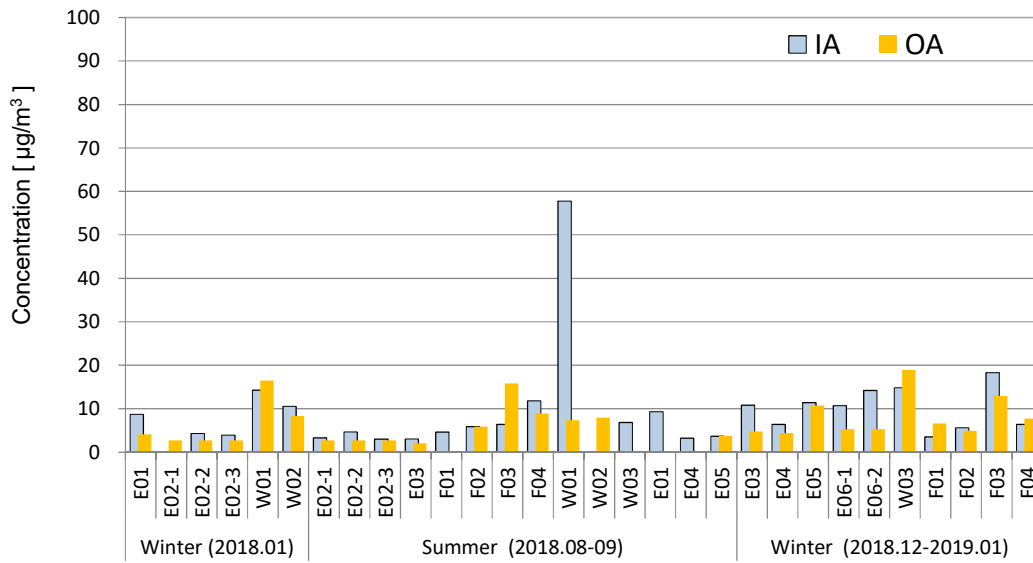


図 2-3-3 トルエンの空气中濃度 (2018 年度)

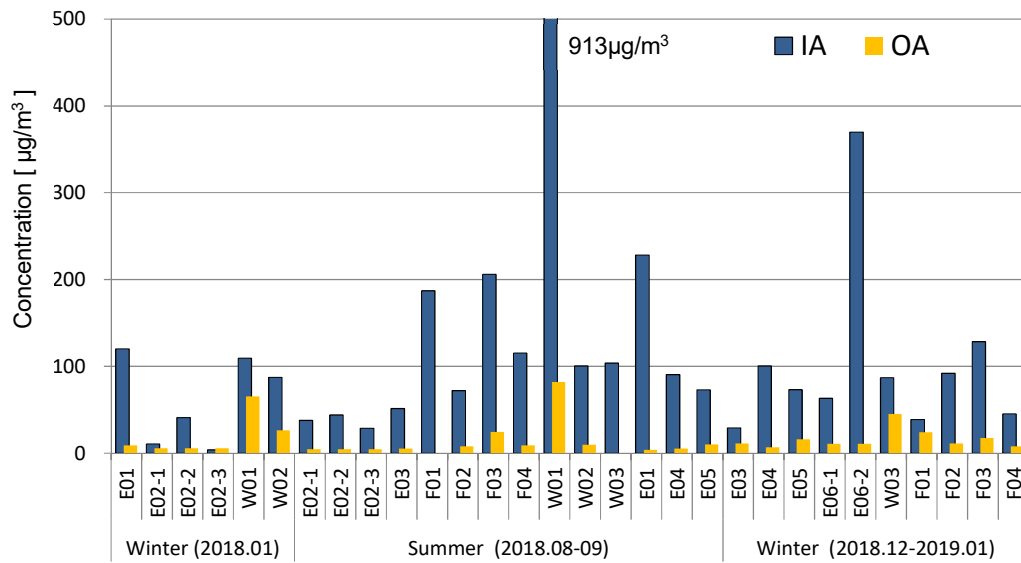


図 2-3-4 TVOC 空气中濃度 (2018 年度)

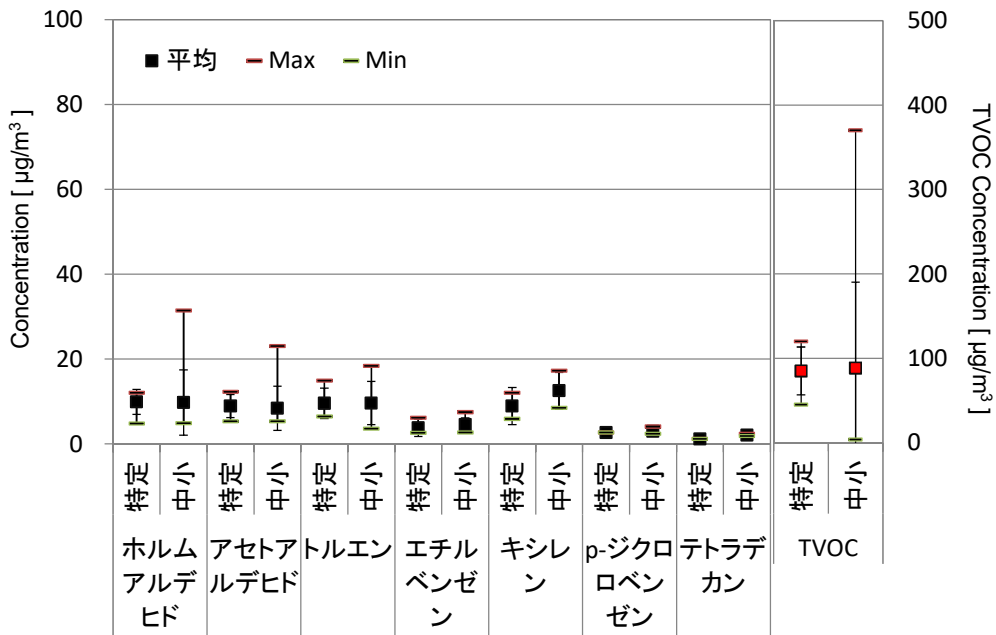


図 2-3-5 冬期の化学物質濃度 (2018 年度)

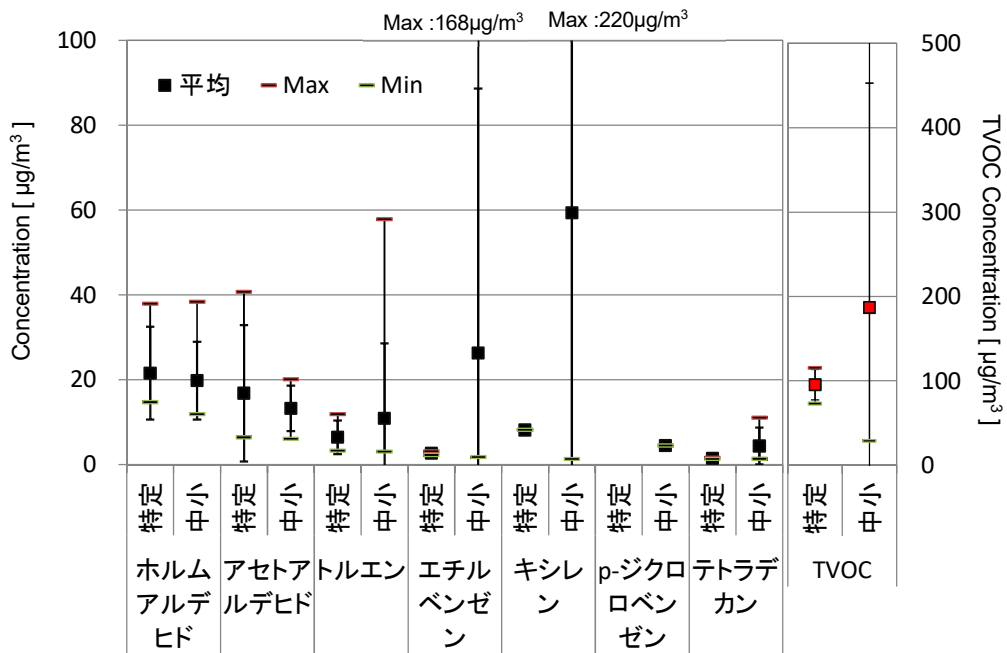


図 2-3-6 夏期の化学物質濃度 (2018 年度)

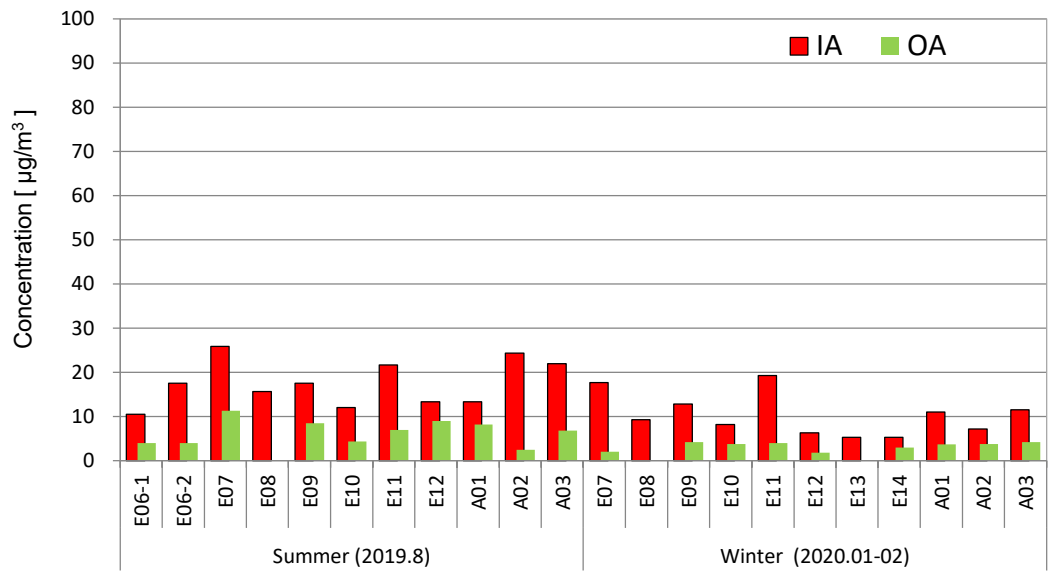


図 2-3-7 ホルムアルデヒドの空气中濃度 (2019 年度)

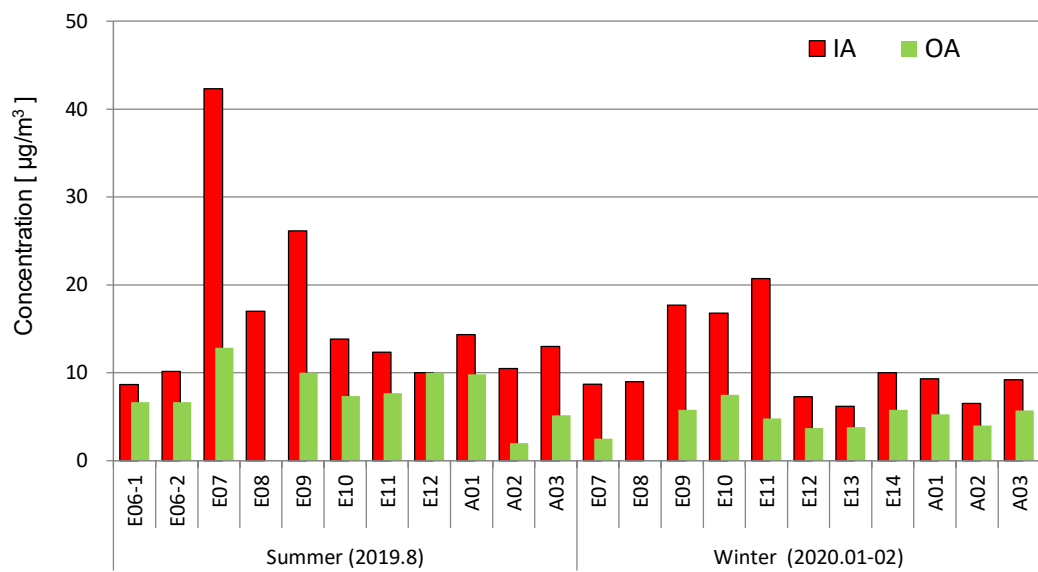


図 2-3-8 アセトアルデヒドの空气中濃度 (2019 年度)

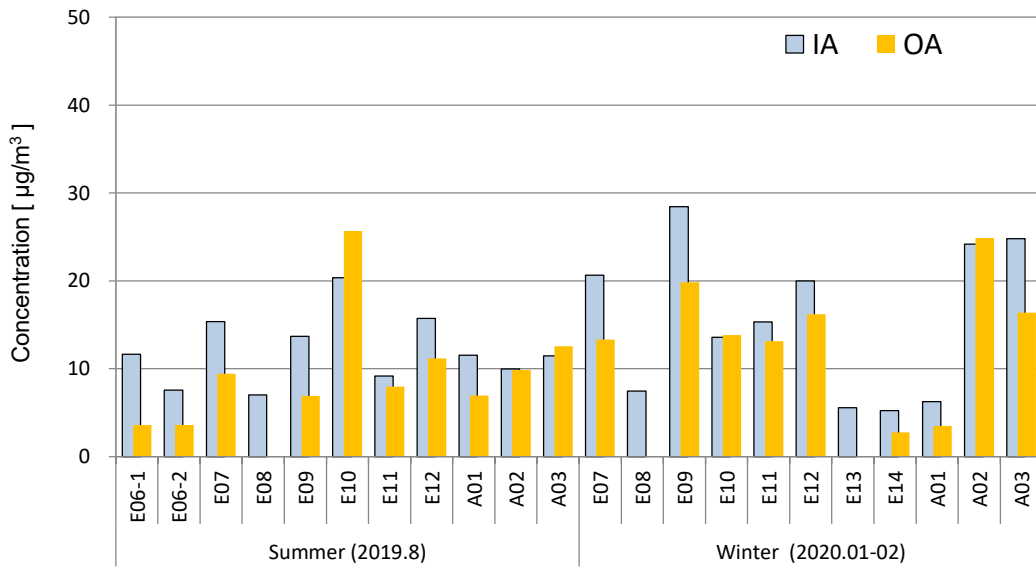


図 2-3-9 トルエンの空气中濃度 (2019 年度)

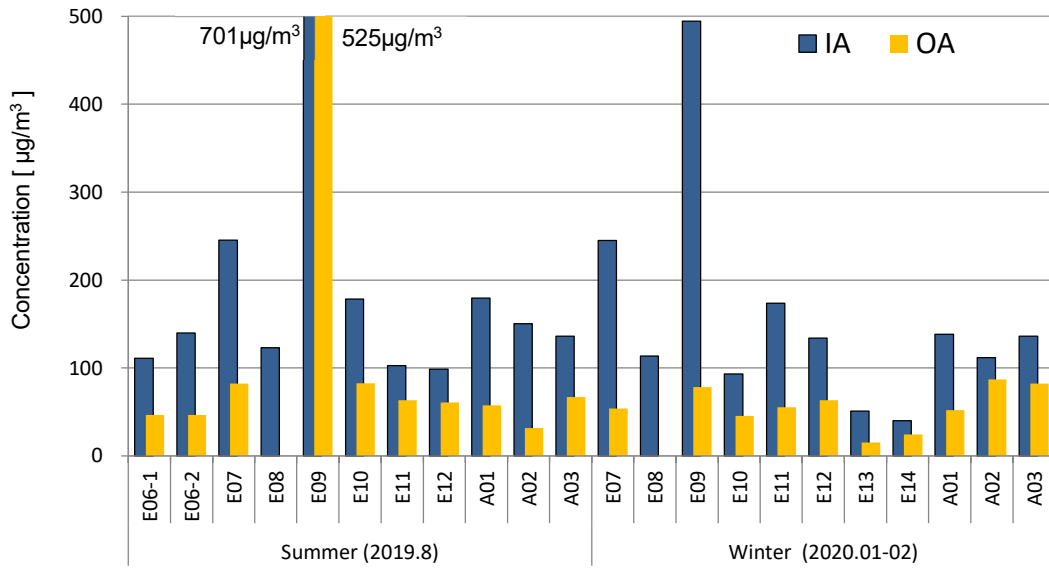


図 2-3-10 TVOC 空气中濃度 (2019 年度)

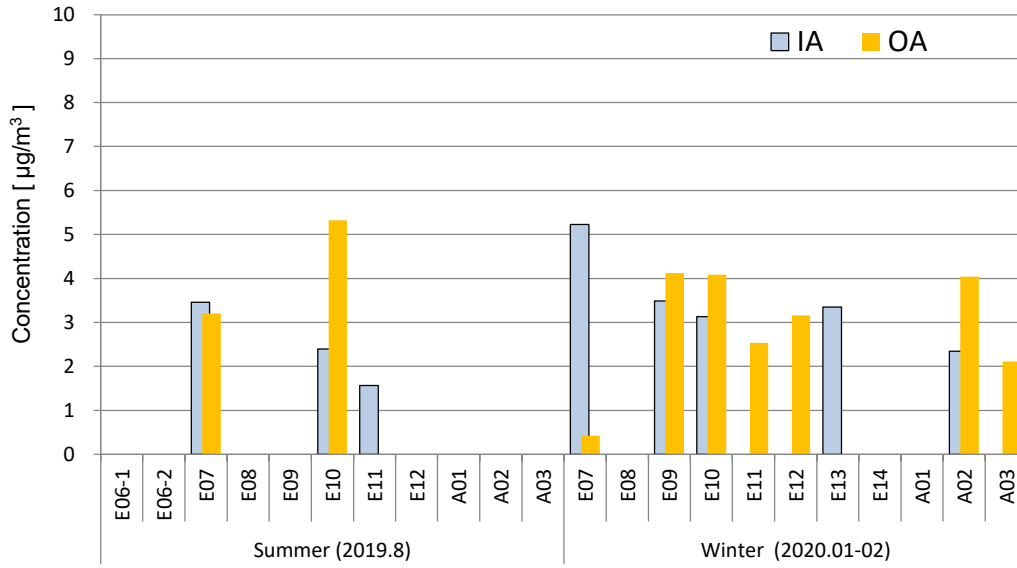


図 2-3-11 ベンゼンの空気中濃度 (2019 年度)

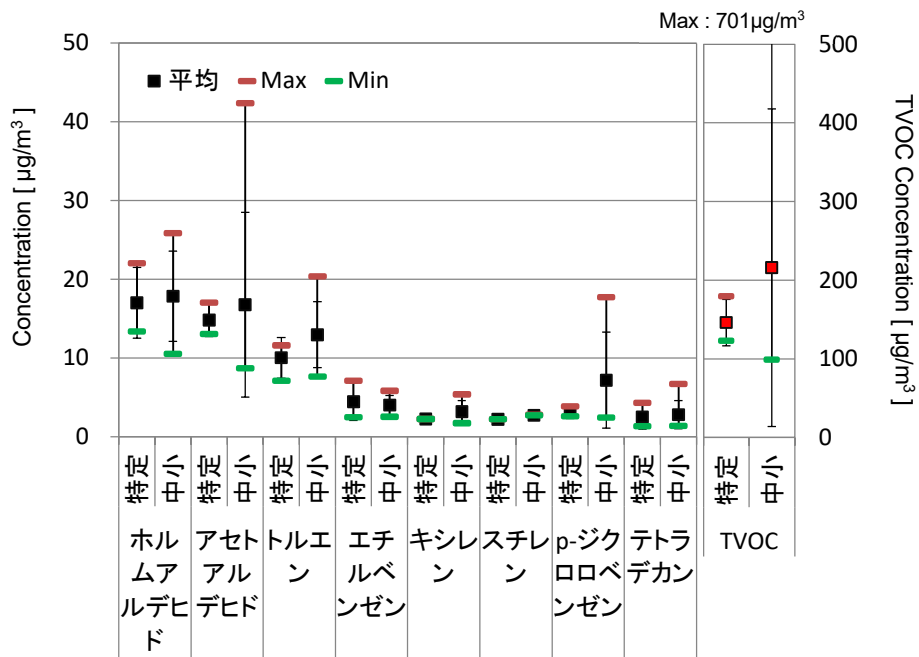


図 2-3-12 夏期の化学物質濃度 (2019 年度)

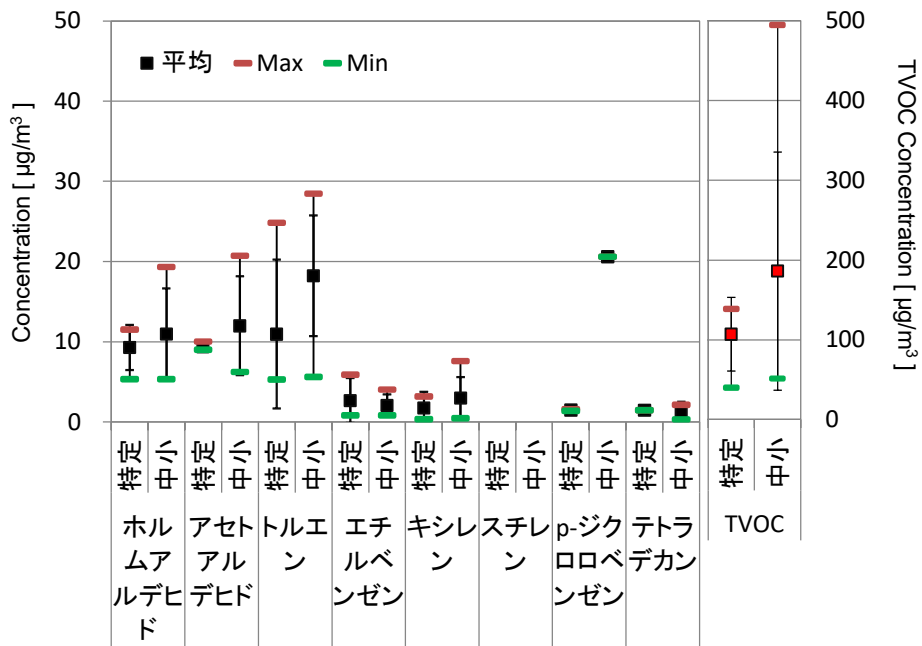


図 2-3-13 冬期の化学物質濃度 (2019 年度)

2-3-2 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、この様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 2-3-4 に示す東京・埼玉、大阪、福岡の事務所建築物 (建築物 E, W, F) に加え、他の建物 (建築物 A) を含めて表 2-3-4 に示す建築物において 2018 年度の夏期と冬期及び 2019 年度の夏期を対象とした。

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 又は GC/MS-QP2010SE) 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 2-3-14 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にして

表 2-3-4 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	Summer	Winter
E01		-	Concrete+Carpet	○	○
E02	Tokyo	1F	OA (Steel)+Carpet	○	○
		2F		○	○
		3F		○	○
E03	Saitama	-	Tile+Carpet	○	○
E04		-	Concrete+Carpet	○	○
E05		-	OA (Steel)+Carpet	○	○
W01		-	Tile+Carpet	○	○
W02	Osaka	-	Concrete+Carpet	○	○
W03		-	Tile+Carpet	○	○
F01		-	Concrete+Carpet	○	○
F02	Fukuoka	-	Concrete+Carpet	○	○
F03		-	Concrete+Carpet	○	○
F04		-	OA (Steel)+Carpet	○	○
A01		-	OA (Steel)+Carpet	○	○
A02		roomA	Tile+Carpet	-	○
		roomB		-	○
A03	Tokyo	1F	Concrete+Carpet	-	○
		5F	OA (Steel)+Carpet	-	○
A04		-	OA (Steel)+Carpet	-	○
A05		-	OA (Concrete)+Carpet	○	○
A06		-	Concrete+Carpet	○	-
A07		-	Concrete+Carpet	○	-

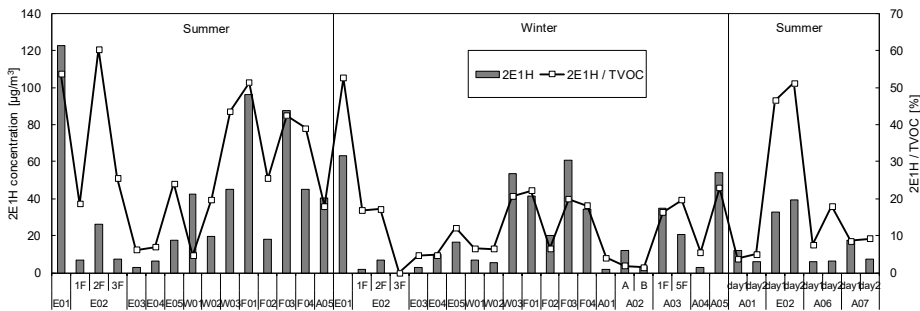


図 2-3-14 夏期と冬期における 2E1H 濃度と 2E1H / TVOC 比

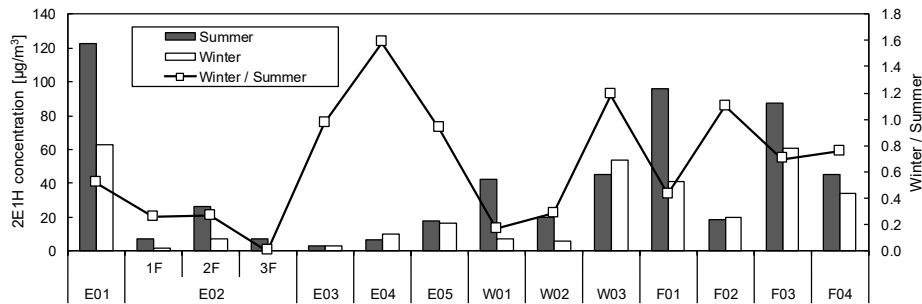


図 2-3-15 夏期と冬期の 2E1H 濃度の比較

いる建物であるため、二次発生が主な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。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。

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 2-3-15 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 2-3-16 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、換気が室内空気中の 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 2-3-16 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 2-3-17 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 2-3-18 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、空気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。

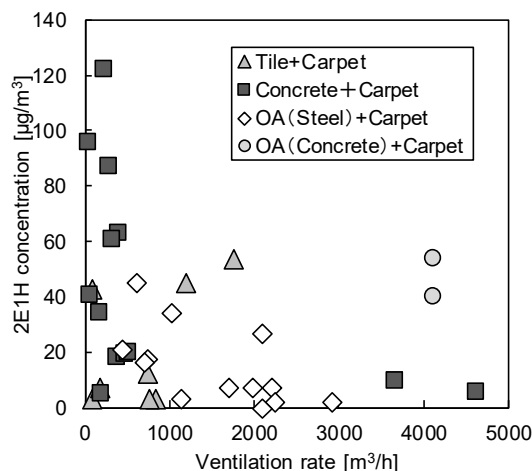


図 2-3-16 換気量と 2E1H 濃度の関係

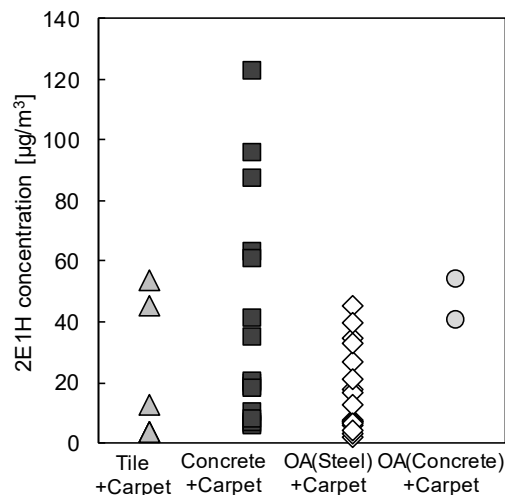


図 2-3-17 床仕様別の 2E1H 濃度のまとめ

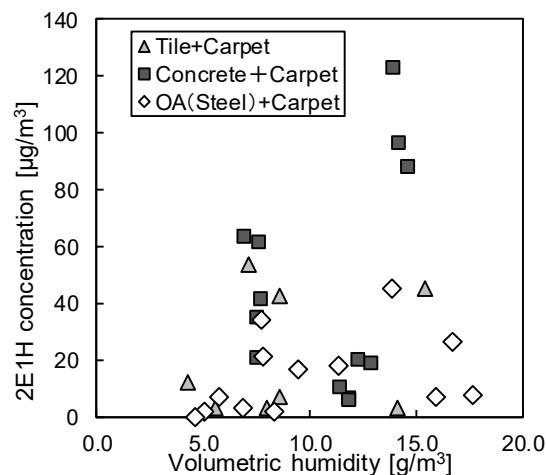


図 2-3-18 容積絶対湿度と 2E1H 濃度の関係

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 19 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、換気の他にも、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。

E. 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 - 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.

2-4 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。更に I/O 比の観点から、室内 PM_{2.5} 濃度は外気濃度に影響を強く受ける。よって、日本全国の PM_{2.5} 濃度の傾向について整理し、特徴の把握を行った。

B. 研究方法

B.1 建築物における実測調査

対象とした建築物は、表 2-1-1 に示すとおり事務用途となっている。2018 年度、2019 年度の夏期及び冬期において、東京、埼玉、神奈川、大阪、福岡、群馬における建築物にて行った。建物は、表 2-4-1 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。

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。

B.2 日本全国大気 PM_{2.5} 濃度

日本全国の大気中 PM_{2.5} 濃度については、国立環境研究所で公開されている環境数値デ

表 2-4-1 実測対象建物の概要

ID	E01	E02	E03	E04	E05	E06	T01	W01	W02	W03	F01	F02	F03	F04	E07	E09	E10	E11	E12	E13	E14	A01	A02	A03
City	Tokyo / Saitama / Kanagawa						Osaka			Fukuoka				Tokyo / Kanagawa / Gunma						Aichi				
Type ¹⁾	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	S	S	N	S
AC ²⁾	I	I	I	C	I	C	C	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	C	C	I	I
Summer	2018						2018						2019											
Winter	2018						2019						2019											

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

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

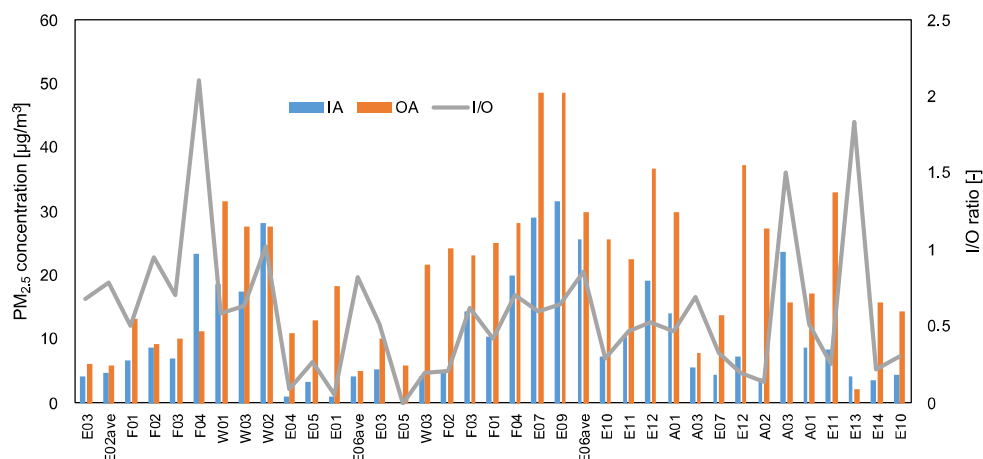


図 2-4-1 各建築物の PM_{2.5} 濃度と I/O 比 (DustTrak)

ータベースを元に、都道府県別の PM_{2.5} 濃度についてまとめた (<http://www.nies.go.jp/igreen/index.html>)。なおここでは、各都道府県における一般環境大気測定局（一般局）及び自動車排出ガス測定局（自排局）における平成 27 年度（平成 27 年 3 月～平成 28 年 4 月）のデータを使用した。

C. 結果及び考察

C.1 建築物における室内 PM_{2.5} 濃度と特徴

図 2-4-1 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が明らかになった。E13 については、外気濃度が非常に低く、室内も低濃度であるものの、室内での発生が小さくても、I/O 比としては大きくなった。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。

なお、暖房期に使用されている卓上超音波加湿器の使用により、光散乱方式の粉じん計及び PM_{2.5} 計はこのミストを検出することがあり、特異に高濃度に表示される場合があるため、注意が必要である。

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 2-4-2 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。

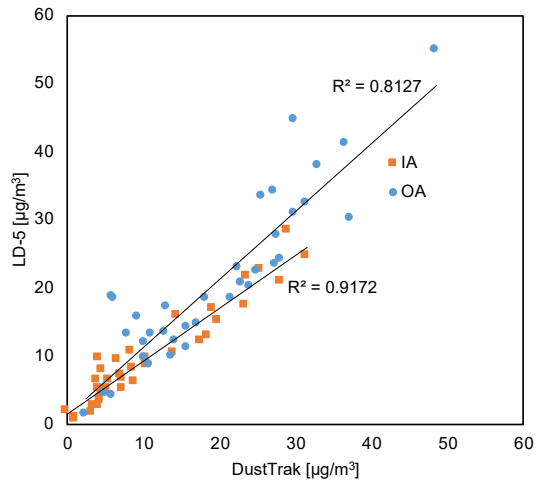


図 2-4-2 DustTrak と LD-5 による PM_{2.5} 濃度の相関

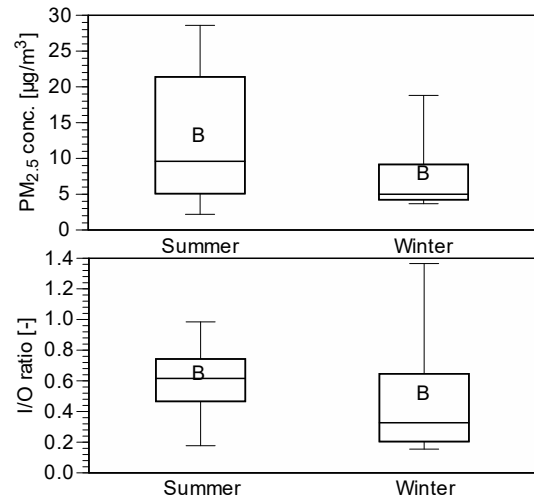


図 2-4-3 季節別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比

図 2-4-3 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 PM_{2.5} 濃度に比べれば小さいことが確認できる。

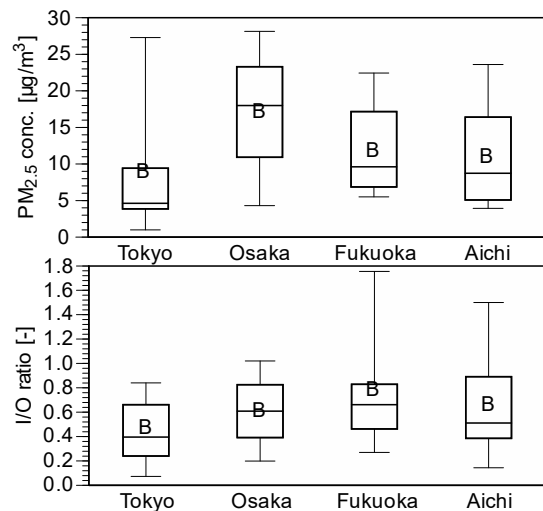


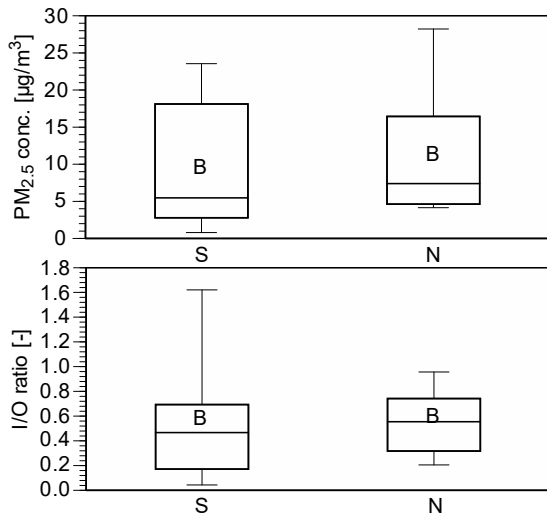
図 2-4-4 地域別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比

図 2-4-4 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（神奈川、埼玉、群馬を含む）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。

図 2-4-5 に、建築規模別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。なお、先述の喫煙室の影響により夏期 F04 の結果は除外している。また図 2-4-6 に、空調方式別の PM_{2.5} 濃度と I/O 比の箱ひげ図を示す。特定建築物、非特定建築物の PM_{2.5} 濃度及び I/O 比の平均値は、共に同様の値を取り、違いがないことがわかる。一方、空調方式別では、中央方式の方が個別方式より低くなった。

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)}。

以上より、粗じんフィルタに加えて中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、低く抑えられることが分かった。



S:特定建築物, N:非特定建築物

図 2-4-5 建物規模別の PM_{2.5}濃度と I/O 比

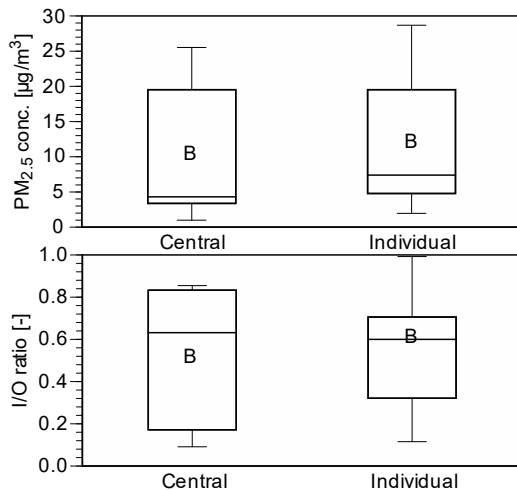


図 2-4-6 空調方式別の PM_{2.5}濃度と I/O 比

C.2 日本全国大気 PM_{2.5}濃度

図 2-4-7 に大気における PM_{2.5} の年平均値 (µg/m³) を都道府県別に表したものを示す。北海道、宮城県、秋田県、長崎県は濃度が低く、10 µg/m³であった。一方、岡山県、香川県、佐賀県、長崎県は比較的濃度が高く、16 µg/m³であった。概ね、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。瀬戸内地域においては、瀬戸内工業地域や瀬戸内海に面するため、濃度が高くなったものと考えられる。また、九州地方は大陸からの偏西風などによる越境大気汚染により、広域で高濃度現象が発生したものである。

図 2-4-8 に各都道府県において日平均値が 35 µg/m³ を超えた日数及びその割合を示す。比較すると香川県で最大 18 日、広島、愛媛、福岡でも 10 日以上であった。日平均値が 35 µg/m³ を超えた日数に関しても、南西部の方が多かった。しかし、その割合は最大日数の香川県でも 5%で、基本的には日平均値以下の濃度であることがわかった。超過した日数に関しても、南の地域の方が多いことがわかる。

図 2-4-9 及び図 2-4-10 には、各地域の月別の大気中の PM_{2.5} 濃度を示す。季節にかかわらず、南西側の地域の PM_{2.5} 濃度が高い傾向が確認できた。特に、10月から3月にかけては九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。中国からの PM_{2.5} の越境汚染は黄砂と同じ時期で2月~4月に多いことから、同様の傾向が確認できた。また5月から7月は中国地方の濃度が高い。日本全体の PM_{2.5} 濃度では、4月及び5月が高く、9月、11月、12月の濃度は低いことがわかった。

10月の濃度が前後の月よりも特異に高いため、図 2-4-11 及び図 2-4-12 に、10月及び直近の9月における各地域の月平均及び日平均 PM_{2.5} 濃度を示す。両者を比較しても、地域によらず、全国的に10月の濃度が高い傾向であることがわかった。10月においては、中国においても石炭による暖房需要のため、大気汚染が悪化することが多く、その影響が現れたものと考えられている。

図 2-4-13 には、関東地方の月平均値の月別 PM_{2.5} 濃度変化であるが、概ね 15 µg/m³ 以下であった。

なお、PM_{2.5} の経年変化は、図 2-4-14 に示す大気汚染のモニタリングを行う一般環境大気測定局（一般局）及び自動車排出ガス測定局（自排局）の年平均値から、平成 25 年度以降緩やかな改善傾向にある⁶⁾。平成 28 年度においては、夏季に梅雨前線や多発した台風影響により、各地で降水量が多く、光化学反応により生成された二次粒子が蓄積し、高濃度現象が発生しなかった。冬季には全国的に暖冬となり気象条件による高濃度現象が発生しにくい気象状況であった。そのため、この年度は気象条件の影響により、低い濃度傾向であ

ったことと考えられる。

また、近年の低減傾向は、観測値と化学輸送モデルによる解析により、中国国内のPM_{2.5}濃度レベルの低減傾向より、PM_{2.5}高濃度越境汚染が急速に改善に向かうことによるものが原因であるとしている⁷⁾。しかしながら、中国の大気汚染物質の年平均濃度は低下傾向にあるが、PM_{2.5}濃度に影響を与える様々な要因は気象条件など時期や地域によって異なること、今後は日本国内における大気汚染発生の寄与が相対的に増大することから、引き続き注視していく必要があると考えられる。

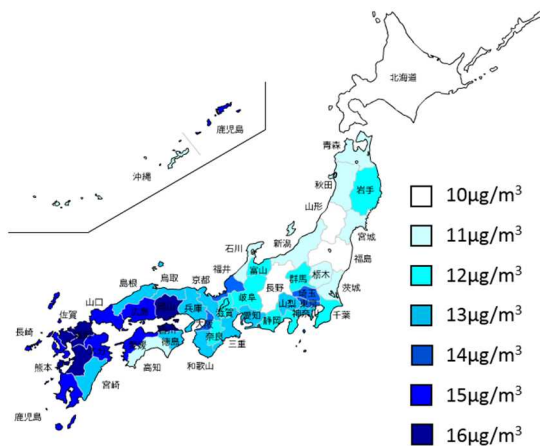


図 2-4-7 PM_{2.5}濃度地図

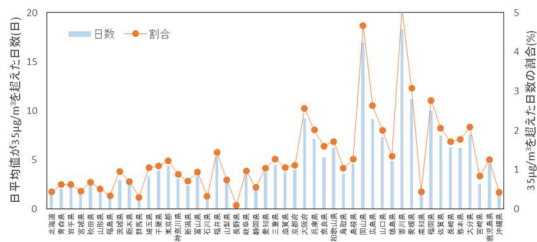


図 2-4-8 日平均値が 35 µg/m³ を超えた日数とその割合

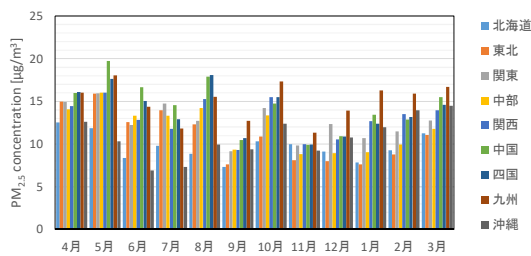


図 2-4-9 地域別月別の PM_{2.5}濃度

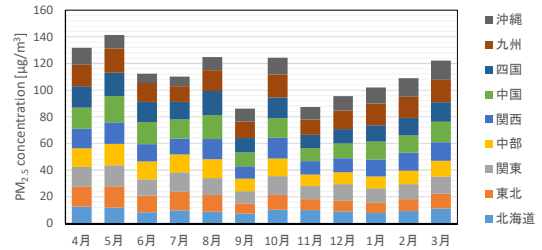


図 2-4-10 各月の各地域 PM_{2.5}濃度の積み上げ

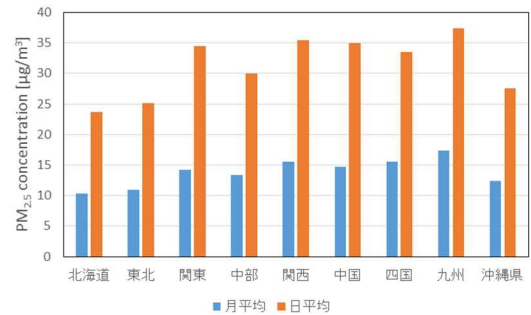


図 2-4-11 10月の各地域月・日平均 PM_{2.5}濃度

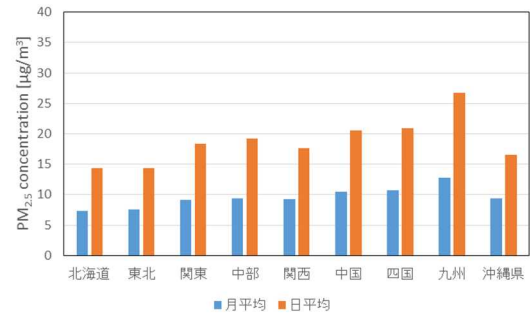


図 2-4-12 9月の各地域月・日平均 PM_{2.5}濃度

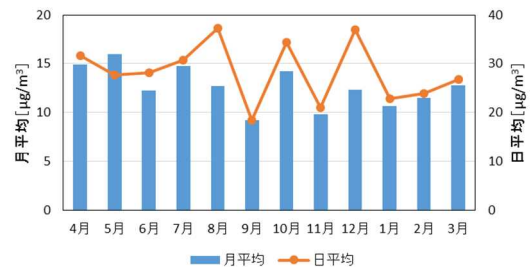


図 2-4-13 関東地方の各月の月平均・日平均

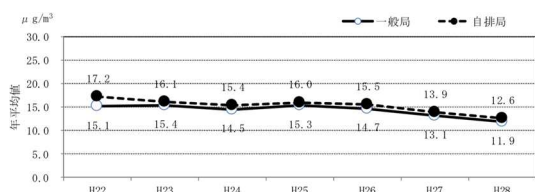


図 2-4-14 PM_{2.5}の年平均値の推移

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、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。

大気におけるPM_{2.5}の傾向を調査した結果、近年は減少傾向にあるものの、地域ごとでは、北東部では濃度が低く、南西部では濃度が高い傾向が確認できた。更に冬季における九州地方の濃度が他の地域と比較して高い。しかしながら、ここ数年でPM_{2.5}濃度は減少する傾向となっていることを確認した。

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
- 6) 環境省水・大気環境局：平成28年度大気汚染の状況, 2018.3
- 7) 鶴野伊津志ほか：PM_{2.5}越境問題は終焉にむかっているのか?, 大気環境学会誌, 52(6), 177-184, 2017

2-5 エンドトキシン（細菌内毒素）

A. 研究目的

エンドトキシン（Endotoxin、以下 ET）は微生物（グラム陰性菌）の細胞壁成分であり、細胞壁の破壊により放出される。ET は内毒素、リポ多糖（LPS）、外因性発熱物質（Exogenous pyrogen）とも知られる。微生物の中でも真菌及び陽性グラム群生物を除く陰性グラム群生物に限定され、グラム陰性菌には大腸菌、サルモネラ、腸内細菌科、ヘリコバクター、レジオネラなど真正細菌の大部分が属するため、実質的に ET は水、空気、土壌などあらゆる生活環境に存在する。

微生物汚染度の同定のために ATP（adenosine triphosphate；アデノシン三リン酸）法や個数濃度測定機なども紹介されているがまだ確立した方法とは言えず、最近 PCR 法を用いた DNA 解析など先端技術も導入されつつある。分野、目標とする結果、費用や現場適用など目的によって何を選ぶかが決まるが、例えば換気指標の 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 濃度に注目している。

B. 研究方法

B.1 調査対象

2017 年度は北海道（記号 H、3 件）、関東（記号 E、2 件）、関西（記号 W、2 件）の中小規模事務所ビルを対象に、2017 年 8 月（夏期）及び 2018 年 1 月及び 3 月（冬期）に測定を行った。

2018 年度の調査対象は東京、大阪、福岡のオフィスビル計 12 件であった。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。

2019 年度は、関東、中部地域のオフィスビル計 11 件であった。なお、E08、E14、A01、A03 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。測定期間は 2019 年 8 月、2020 年 1 月～2 月である。

B.2 調査方法

B.2.1 空気サンプリング

図 2-5-1 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 サンプルングでは、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、ボ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 2-5-1 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。

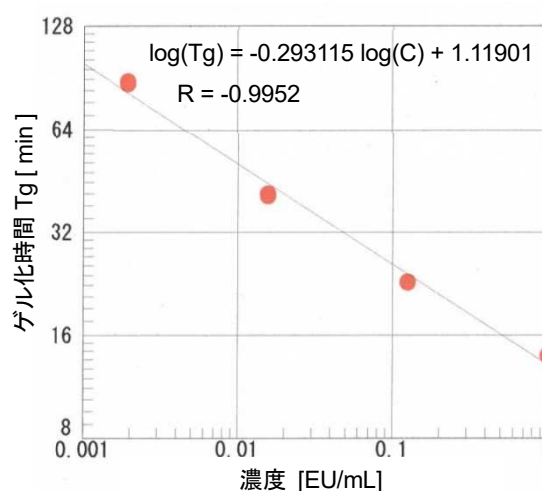


図 2-5-2 検量線例（4 点、8 倍稀釈）

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（T_g：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 2-5-2 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。

C. 結果

C.1 2017 年度測定結果

2017 年度の ET 濃度測定結果について図 2-5-3 に示す。棒グラフは ET 濃度であり、図中の●印は I/O 比（Indoor air concentration/Outdoor air concentration：外気濃度に対する室内空気濃度の比）である。

空气中エンドトキシンに関する指針値は存在しないが既往研究^{1)、2)}から、オフィスにおける濃度は 1 EU/m³ 以下が多く、高齢者施設など発生源（人体）が多く存在する場合や冬期加湿器による水の汚染がある場合は数 EU/m³ から 70 EU/m³ を超えることも観察される。

今回の実測では在室者が少ない中小建築物だったこと、外気の直接導入による換気が想定される時期だったことから濃度は低い水準となっていた。

また、本研究グループによる既往研究³⁾から、外気 ET 濃度は夏・冬より中間期の方が高く、室内は冬期の加湿器の使用によって濃度が高くなる場合があることが示されている。

今回の測定では 3 月の大阪実測物件は ET 濃度がやや高い傾向を示しており、偶然性、地域的特性、測定当日の気候（晴天、雨天）の影響などが考えられるが、既報告では大阪と東京との地域による濃度の差はさほど大きくなかった。今回の 3 月測定日は雨天となっていたが、雨滴が土壌菌を飛散させ遠くまで運ぶことを示している論文⁴⁾もあり、雨の影響の可能性も考えられる。

C.2 2018 年度測定結果

図 2-5-4 に空气中 ET 濃度の測定結果を、図 2-5-5 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 EU/m³ 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 EU/m³ を下回る建物が殆どであり、1.0 EU/m³ を超える 4 件においても 1～2 EU/m³ 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 EU/m³ 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。

C.3 2019 年度測定結果

図 2-5-6 に空气中 ET 濃度の測定結果を、図 2-5-7 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 EU/m³ 以下であり、夏期 E07、E10、A03、冬期 A02 で 1.0 EU/m³ を超えていたが、さほど高い濃度ではなかった。外気として夏期、冬期共に有意に高い濃度を示しているところはなかった。

室内濃度では 1.0 EU/m³ を下回る物件が多く、1.0 EU/m³ を超えても 1～2 EU/m³ と比較的低い水準が殆どであった。1 件のみ、E09 の冬期室内濃度が 8.5 EU/m³ と高く、IO 比も 18 を超えている。また夏期と冬期の室内濃度が明らかに異なることから冬期だけ室内に汚染源が存在していることが分かる。この建物では、家庭用の中型加湿器を複数台使っている。

培養法による細菌濃度の測定結果でも高い濃度が観察されていることから、当該オフィスでは加湿器による微生物汚染が起きていると判断される。

I/O比が1.0を超える結果は22件中8件(36%)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、夏期の室内平均濃度は同水準であり、冬期は中小規模での濃度が高い結果となった。

D. まとめ

中小規模オフィスにおける室内 ET 濃度は室内濃度では 1.0EU/m³ を下回る物件が多く、1.0EU/m³ を超えても 1~2EU/m³ と比較的低い水準が殆どであった

一方、冬期に 8.5 EU/m³ と高く IO 非も 18 を超える物件が存在していた。室内で家庭用加湿器を複数台使っていたことから加湿器と加湿水による影響と考えられる。

外気濃度(OA)は多くが 1.0EU/m³ 以下であったが、夏期・冬期共に高い濃度が示すところが存在した。同一測定点で季節による濃度差があるところは雨など気候による影響と考えられる。一方、夏・冬期共に外気としては高い濃度を示しているところもあり、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考えられた。

高齢者施設や一般住宅では数~数十EU/m³ を超える濃度も観察されることから中小規模のオフィス濃度は低いと言える。

特定建築物の場合は在室密度が低いことに加え、空調による換気とフィルターリングでET濃度が低いことが示されているが、中小規模建築に対しても測定を継続し、冬季の加湿器使用による微生物汚染も視野に入れ、中小規模建築物で起こりうる環境を想定しながら、引き続き室内ET濃度の実態を把握していく必要がある。

E. 参考文献

- 1) 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 大澤元毅, 林基哉: 室内環境中エンドトキシンに関する研究 その 1 空気中エンドトキシン濃度と培養法による浮遊細菌濃度との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集. pp.613-4、2017.9.
- 2) 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, Lim Eunsu, 大澤元毅, 林基哉: エンドトキシンの室内環境濃度、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.719-22、2016.8.
- 3) 金勲: 2. 健康危機に対応した環境衛生の実態と管理項目の検討—2-5 エンドトキシン、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わる行政監視等に関する研究」(研究代表者: 大澤元毅. 課題番号: H26-健危-一般-007) 平成 26~28 年度総括・分担総合研究報告書、p.40-44、2017.3.
- 4) Young Soo Joung, Zhifei Ge and Cullen R. Buie: Bioaerosol generation by raindrops on soil, Nature Communications, DOI: 10.1038/ncomms14668, pp.1-10, 2017.3.

室内濃度		OA		I/O	
Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
0.6	0.7	0.5	0.4	0.9	0.5

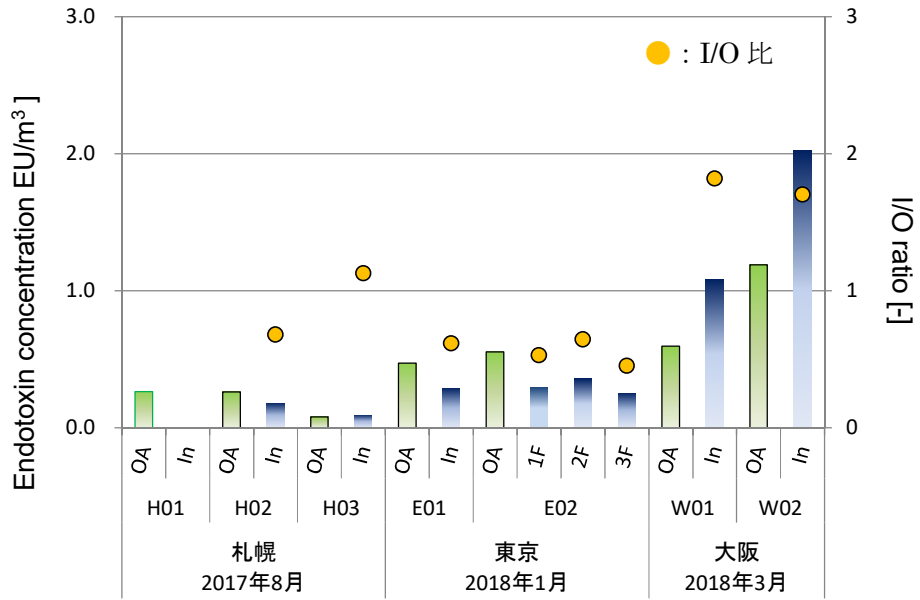


図 2-5-3 中小規模オフィスの ET 測定結果 (2017 年度)

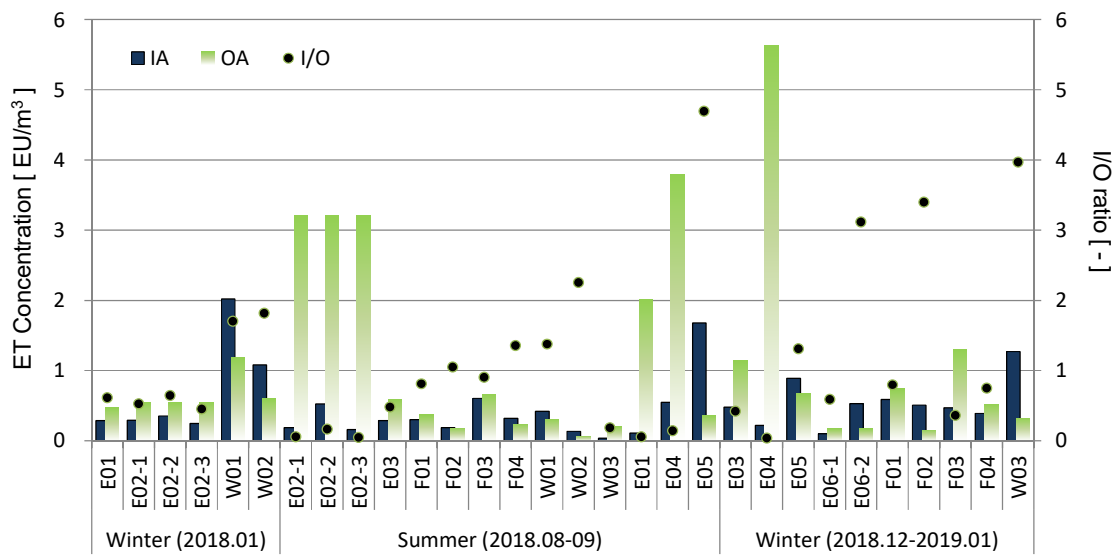


図 2-5-4 ET 濃度測定結果 (2018 年度)

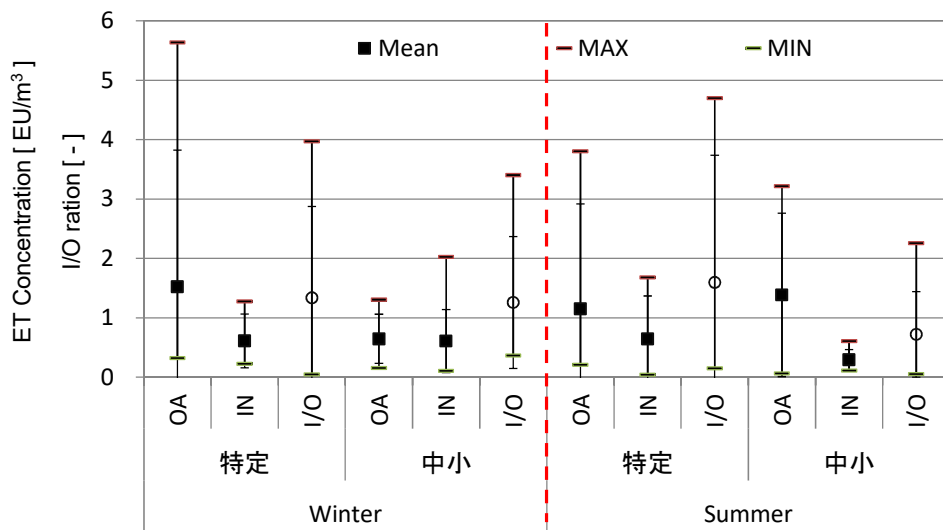


図 2-5-5 季節及び建物規模による ET 濃度 (2018 年度)

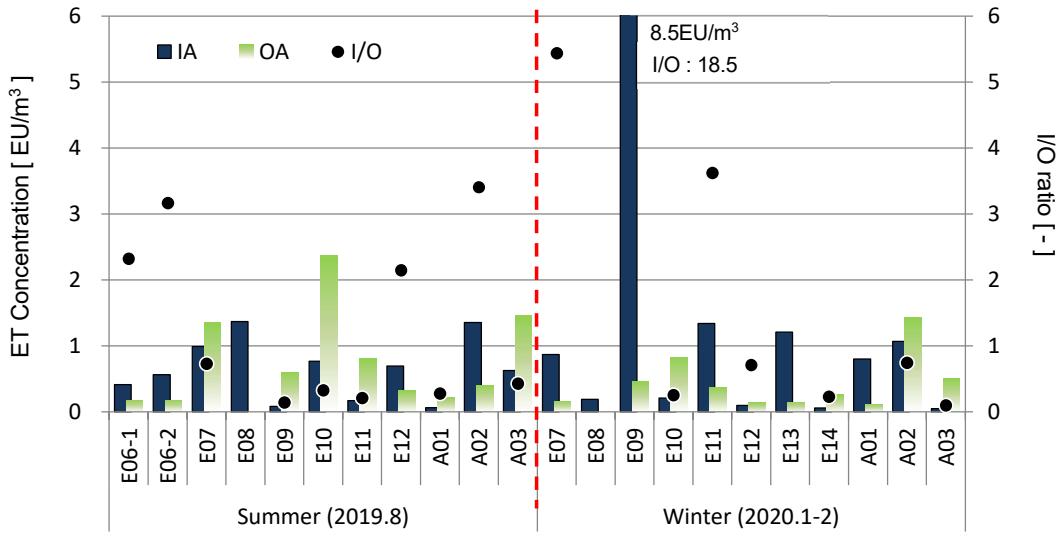


図 2-5-6 ET 濃度測定結果 (2019 年度)

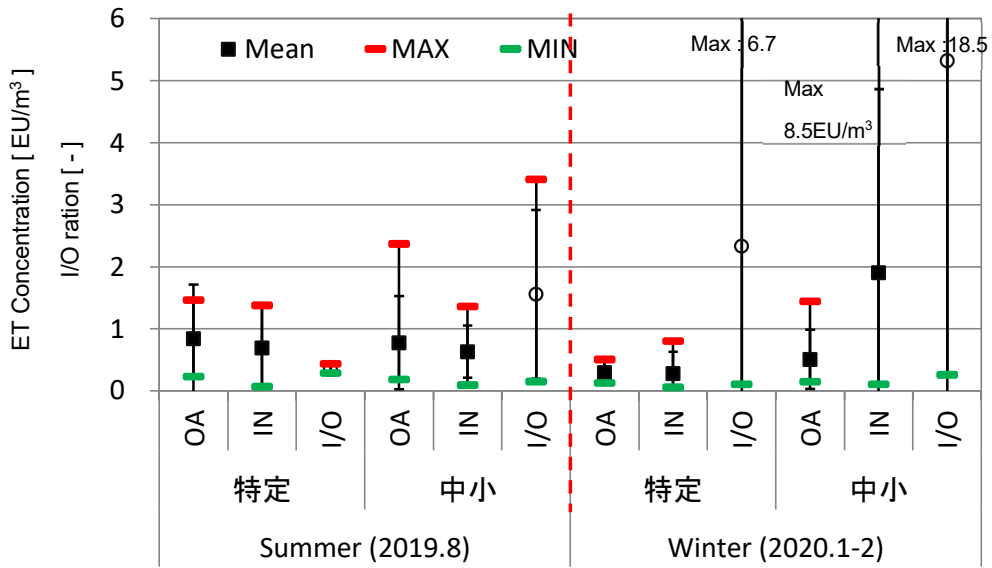


図 2-5-7 季節及び建物規模による ET 濃度 (2019 年度)

3. 事務所建築物におけるCO₂濃度の全国実態調査－Phase2調査－

分担研究者	金 勲	国立保健医療科学院 上席主任研究官
分担研究者	東 賢一	近畿大学医学部 准教授
分担研究者	鍵 直樹	東京工業大学情報理工学研究所 准教授
分担研究者	柳 宇	工学院大学建築学部 教授

研究要旨

特定建築物に関しては法律による2ヶ月以内に1回の測定と結果の報告が義務化され、統計報告もされているが、3000m²未満の中小規模建築に関しては室内環境や衛生管理に関する情報が乏しい状態である。そこで、2018～2019年度に掛け、全国の特定建築物及び中小規模建築を対象に冷房・暖房期に2週間の温度、湿度、CO₂濃度の連続測定（研究計画のPhase2）を行った。5分間隔で約2週間測定を行った後、郵送で回送してもらった。

2018年度の夏期・冬期にオフィス用との中小規模ビル45件、2019年度は25件を対象に測定を依頼し、有効測定数としてそれぞれ42件、22件から回収できた。

2018年度は1000ppmを超える建物は、夏期36%、冬期33%、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期67%、冬期69%あった。2019年度22件の測定では、1000ppm超は夏期23%、冬期26%、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期68%、冬期70%であった。

1回でも基準値を超える割合はほぼ同じ7割程度であるが、平均濃度としては1000ppmが守られている建物が増える結果となった。対象が異なるため一律な比較はできないが、2018年度よりも全体で特定建築物が占める割合が増えたことも一因と考えられた。

濃度区間別出現頻度からは、2018・2019年度共に季節間の差より物件ごとの特徴が強かった。2018年度の不適合頻度の平均は夏期32%、冬期31%であり、完全適合（不適合0）を除いた平均は夏期47%、冬期44%であった。一方、2019年度の不適合頻度の平均は夏期25%、冬期22%であり、完全適合（不適合0）を除いた平均は夏期37%、冬期31%と2019年度の結果が低く、更に2000ppm超はわずか3例でその割合も低かった。

2018年度、2019年度ともに夏期及び冬期濃度に強い相関が示されたが、2018年度は夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は2:1、2019年度は1:1と顕著な違いが見られた。

2019年度は特定建築物の割合が高いことが一因と考えられるが、その他に空調方式、建物性能、築年数、地域なども影響する可能性があり、今後詳細解析を続ける必要がある。

研究協力者

小林健一 国立保健医療科学院
林 基哉 国立保健医療科学院
島崎 大 国立保健医療科学院
開原典子 国立保健医療科学院
渡邊康子（公社）全国ビルメンテナンス協会

A. 研究目的

特定建築物を対象にしている建築物衛生法ではCO₂濃度1000ppmを管理基準としている。これは、CO₂の直接的な人体影響からではなく換気基準として定まったものであり、人間活動が行われる空間は必ずCO₂が発生するため、適切な換気が行われCO₂濃度が適切に管理されていれば、他の空気汚染物質もある程度コントロールできるという考え方を基にしてい

る。

1000ppm に関してはその設定根拠をはじめ、大気濃度上昇と換気量制御、省エネルギー、純CO₂ の健康影響など設計基準や管理基準の緩和や強化への議論は未だに続いている。

2017年現在、相対湿度の不適合率は55%以上、温度30%以上、CO₂は30%に近接し、上昇傾向が続いている(図3-1)。原因としては建築物衛生法の改正(H14)、幾度に渡る省エネ法の改定(H15、H17、H25、H29)、東日本大震災(H23)による節電要求などに加え、社会的な要因以外にも設備の管理・運用上の問題、省コスト、立入検査や報告徴収の方法、定点測定の代表性など明らかになっていない問題があることを指摘した¹⁾²⁾。

特定用途3000m²以上を対象とする建築物衛生法では換気基準としてCO₂濃度1000ppmを管理基準にしている。近年、地球環境保全や省エネ傾向により相対湿度、温度、CO₂濃度にて不適合が顕著に表れ、全国平均としてCO₂濃度の不適合率は30%近いと報告されている²⁾。特定建築物は環境衛生の維持・管理・測定における根拠法が存在するため、十分とは言えないもののある程度の全体図は把握されていると考えられる。

一方、3000m²未満の中小規模建築には労働環境の維持管理のための事務所衛生基準規則があり、室内空気環境基準5000ppm、空調・換気設備による供給空気の濃度を1000ppm以下にすることを定めている(表3-1)。しかしながら、中小規模建築における室内環境の現状や設備の運用・管理状況などは明らかになっていない。

特定建築物に関しては法律による2ヶ月以内に1回の測定と結果の報告が義務化され、統計報告もされているが、3000m²未満の中小規模建築に関しては室内環境や衛生管理に関する情報が乏しい状態である。

そこで、2018～2019年度に掛け、全国の特定建築物及び中小規模建築を対象に冷房・暖房期に2週間の温度、湿度、CO₂濃度の連続測定(研究計画のPhase2)を行った。

B. 研究方法

B.1 研究デザイン

本研究においては、調査に関する依頼意向を含めた500社に対するアンケート調査をPhase1とし、その中から建物を選別して連続測定用のセンサーを送付して2週間程度の測定(温度、湿度、二酸化炭素)を実施する室内環境測定Phase2としている。本章で報告する温度・湿度・CO₂濃度の2週間の連続測定はPhase2となる。

依頼対象は、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会に協力を要請し、建築物衛生法が適用されない中規模建築物と比較のために特定建築物も対象に含め事務所500社の紹介を得た。

アンケートは自記式調査票を研究対象の会社等に配付し、郵送にて回収した。建築物の管理者または事務所の責任者に対しては「建築物の維持管理状況の調査」(管理者用調査)、事務所の従業員に対しては「職場環境と健康の調査」(従業員用調査)を実施している。アンケートに関する詳細は本報告書の「5. 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査」で説明している。

Phase1の回答者の中からPhase2へ協力可能と回答があった事務所30～50件程度選定して調査を実施した。また、事務所内への立ち入りを行って詳細な室内環境(化学物質、微生物、粉じん等)を測定する室内環境調査をPhase3とし、Phase1の回答者の中から10～15件程度(Phase3へ協力承諾が得られた事務所)選定して実施している。

B.2 測定対象及び実施期間

2018年8月～9月にPhase2及びPhase3の夏期調査として、Phase2(44件)およびPhase3(12件)を実施した。また、冬期調査としてPhase2(42件)およびPhase3(9件)を2018年12月から2019年3月の間に実施した。

続いて、2019年8月～9月にPhase2及びPhase3の夏期調査としてPhase2(25件)およびPhase3(10件)を実施した。また、冬期調査としてPhase2(24件)およびPhase3(11件)を2019年12月から2020年3月の間に実施した。

B.3 温度・湿度・CO₂濃度の連続測定

温度・湿度・CO₂用の連続測定小型センサー(T&D TR-76Ui)を郵送により配布、設置依頼をした。5分間隔で約2週間測定を行った後、郵送で回送してもらった。

有効データとして2018年度42件、2019年度に22件の回収数が得られた。

今回の報告内容は、連続した5勤務日(月～金)以上、勤務時間帯(09:00～17:00)のデータを抜粋し、整理した結果である。

また、2018年度と2019年度調査の対象物件は基本的に異なるため、図表中の記号はセンサー番号で現しており、年別の記号にデータ整合性はない。

B.3.1 2018年度測定

2018年8月～9月に夏期調査として44件を対象に、冬期調査として42件を対象に2018年12月から2019年3月に郵送による実測依頼を行った。

ただし、設置期間のずれや電源の未接続による欠測などで、必ずしも計測期間が一致しているわけではない。

B.3.2 2019年度測定

また、2019年8月下旬～9月中旬に25件を対象に、2020年1月下旬～2月中旬の間に24件を対象に2週間の測定を依頼した。夏期22件、冬期23件の有効な測定が行われた。

ただし、設置期間のずれや電源の未接続による欠測などで、必ずしも計測期間が一致しているわけではない。

C. 研究結果および考察

C.1 2018年度の測定結果

C.1.1 CO₂平均及び集計値

図3-2に夏期のCO₂濃度を、図3-3に冬期のCO₂濃度結果を示す。月曜日～金曜日までの連続した5勤務日における勤務時間帯09時～17時までのデータを纏めたものである。紫色の陰影が中央式空調、橙色が中央・個別式併用、陰影無しが個別方式である。

平均濃度が1000ppmを超える建物は、夏期15件(36%)、冬期14件(33%)であり、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期28件(67%)、冬期29件(69%)となった。平均濃度が

2000ppmを超える建物は夏期1件(N5)、冬期1件(Y24)あった。

特にN5は夏期に一瞬も1000ppmを下回ることがなく、劣悪な環境であり、冬期もほぼ同じ状況にあった。

また、Y24は夏期平均1040ppm、最大1455ppm、最小537ppm、冬期は平均5826ppm、最大9392ppm、最小492ppmと冬期の環境が極端に悪く、期間中1000ppm超過の不適頻度は98.5%に上り、勤務時間帯の84%が3000ppmを超えていた。室内で換気を行わずに燃焼系器具などを使用していると推察される。

当建物は夏期においても1000ppm超過の不適頻度が60.8%と換気に対する意識が低いと考えられる。そのため、図3-5の回帰式ではY24の濃度データは除いている。

季節による違いは殆どなく、物件(建物)によって環境の善し悪しが決まる傾向にあった。平均値として不適合を判断すると特定建築物の現状とほぼ同等もしくは若干高い数値となるが、定点測定として判断すると70%に近い不適率となる。

C.1.2 CO₂濃度1000ppm超過頻度

図3-4にCO₂濃度1000ppm以下、1000～2000ppm、2000～3000ppm、3000ppm超過の区間別出現頻度の割合を示す。

結果、評価期間全体における不適合の出現割合は区々であり、季節間の違いが見られる建物も一部ある。

しかし、季節間の差よりは物件ごとの特徴が強いことが読み取れる。42件全体の期間中、不適合頻度の平均は夏期31.6%、冬期30.5%であった。

これは、全測定対象の平均であり、完全適合(不適合0)を除いた平均は夏期47.4%、冬期44.2%と計測期間中一度でも不適合濃度を経験したところでは勤務時間帯の半分近くの時間が不適合状態になっている。

C.1.3 季節による濃度差

図3-5に夏期と冬期におけるCO₂の平均濃度の相関図を示す。統計的には $a=0.69$ 、 $|R|=0.81$ 、 $p=0.035<0.05$ と有意な強い相関が示された。

同一物件における季節間濃度関係では夏期濃度>冬期濃度の物件が28:14と夏期に平均濃

度が高い建物が2倍と多い。Y24の結果を入れると、平均値で夏期942ppm、冬期1011ppmと冬期濃度がやや高くなるが、Y24を除くと940ppm、893ppmと夏期濃度が若干高くなる。

一方、回帰式から、平均濃度が791ppm以下の建物では夏期濃度<冬期濃度と、年間通じてCO₂濃度を低いレベルで保っている建物では冬期濃度が高い結果となる。

空調設備及び建物性能が関わってくるのが推察されるが、調査対象の地域の特徴と偏重が影響しているかも含め、詳細解析が必要である。

C.1.4 空調方式による違い

中央式空調はN1、Y12、Y18-6、Y18-7、Y18-8、中央・個別併用型はN11、N16、Y18、Y26、Y31、他は個別方式を導入している。

N1、N16、Y12、Y31のように必ずしも1000ppmを満足しているわけではないが、傾向として中央式、併用型の方が低いCO₂濃度を示している。

一方、最も悪い環境となっているN5、Y24は共に個別方式であり、Y24は建築年が1990年代であるが、N5は1960年代と最も古く建物性能が環境悪化の原因と考えられる。

C.2 2019年度の測定結果

C.2.1 CO₂濃度の集計結果

図3-6に夏期のCO₂濃度測定結果を図3-7に冬期の結果を示す。

特定建築物7件(N9、N10、N16、N20、N24、N25、N26)、中規模5件(N11、N22、N30、N31、N32)、小規模10件(N12、N13、N14、N17、N18、N21、N23、N27、N33、N34)、未詳2(N1、N2)である。一部物件は温湿度あるいはCO₂データが欠測しているため、夏期22件、冬期23件の結果となっている。

平均濃度が1000ppmを超える建物は、夏期5件(23%)、冬期6件(26%)であり、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期15件(68%)、冬期16件(70%)あった。両季節ともに平均濃度が1500ppmを超える建物はなかった。

赤線で囲っている対象が特定建築物であるが、N9を除けば中小規模建築より平均CO₂濃度が低い傾向にあり、特定建築物の平均は夏期807ppm、冬期804ppm、中小規模では925ppm、

912ppmと特定建築物が平均100ppmほど低い。

対象全体の季節平均は夏875ppm、冬868ppmとほとんど差がないが、最大値が2000ppmを超える物件は夏1件、冬5件と冬期に換気条件が悪化する事例がやや多かった。

季節による違いは殆どなく建物によって環境の善し悪しが決まると推察される。

平均値として不適合を判断すると特定建築物の現状とほぼ同等となるが、定点測定として判断すると70%に近い不適合率となる。

C.2.2 濃度1000ppmの超過頻度

図3-8にCO₂濃度1000ppm以下、1000~2000ppm、2000~3000ppm、3000ppm超過、の区間別濃度の出現頻度の割合を示す。

N16、N17、N27は一つの季節だけ欠測となっている。不適合の出現割合は区々であり、一部建物では季節間の違いが見られたが、その差は大きくない。N9は特定建築物であるが夏・冬期ともに不適合の頻度が高い。最も不適合頻度が高かったのはN18の冬期で84%、夏期はN34で80%であった。1000ppm超の頻度が高い物件では季節関係なくその頻度が高い傾向が見られる。

常に1000ppm以下で維持している建物では季節を問わずおおそ基準が守られている。今回の測定では2000ppm超はわずか3例であり、その出現頻度の割合も低かった。

季節間の差よりは物件ごとの特徴が強いことが読み取れる。24件全体の期間中、不適合頻度の平均は夏期25%、冬期22%であった。これは、全測定対象の平均であり、完全適合(不適合0)を除いた平均は夏期37%、冬期31%と計測期間中一度でも不適合濃度を経験したところでは勤務時間帯の3割以上の時間が不適合状態になっている。

C.2.3 季節による濃度差

図3-9に夏期と冬期におけるCO₂の平均濃度の相関図を示す。統計的には $a=1.07$ 、 $|R|=0.82$ 、 $p<0.0001$ と有意な強い相関が示された。

同一物件における季節間濃度関係では冬期濃度>夏期濃度の物件が11:10とほぼ同数となっている。平均値としても夏・冬期ともに870ppm前後とほぼ同じであった。

C.3 考察

2018年度の42件の測定結果と比較すると、2018年度は1000ppmを超える建物は、夏期36%、冬期33%、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期67%、冬期69%あった。2019年度24件の測定では、1000ppm超は夏期23%、冬期26%、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期68%、冬期70%であった。

1回でも基準値を超える割合はほぼ同じ7割程度であるが、平均濃度としては1000ppmが守られている建物が増える結果となった。対象が異なるため一律な比較はできないが、2018年度よりも全体で特定建築物が占める割合が増えたことも一因と考えられる。

また、2018年度は平均濃度2000ppmを超える建物も夏期・冬期1件ずつあり、冬期には平均値で5000ppm以上、最大9000ppmを超えるところがあったが、今年は両季節ともに平均濃度が1500ppmを超える建物はなかった。

濃度区間別出現頻度からは、2018年度は季節間の差より物件ごとの特徴が強かったが、今回も同様の結果が示された。2018年度の不適合頻度の平均は夏期32%、冬期31%であり、完全適合（不適合0）を除いた平均は夏期47%、冬期44%であった。一方、2019年度の不適合頻度の平均は夏期25%、冬期22%であり、完全適合（不適合0）を除いた平均は夏期37%、冬期31%と2019年度の結果が低く、更に2000ppm超はわずか3例でその割合も低かった。

2018年度、2019年度ともに夏期及び冬期濃度に強い相関が示されたが、2018年度は夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は2:1、今回は1:1と顕著な違いが見られた。

2019年度の対象建物は季節を問わず均一な濃度（換気）条件を維持していた。今回は特定建築物の割合が高いことが一因と考えられるが、その他に空調方式、建物性能、築年数、地域なども影響する可能性があり、今後詳細解析が必要である。

D. まとめ

2018年度は全国42件のオフィス用建物を対象に行った冷暖房期におけるCO₂濃度の連続測定から以下の知見が得られた。

平均濃度で1000ppmを超える建物は、夏期36%、冬期33%であり、1回でも1000ppmを超えた建物は夏期67%、冬期69%あった。

平均濃度2000ppmを超える建物も夏期・冬期1件ずつあり、冬期には平均値で5000ppm以上、最大9000ppmを超えるところがあった。また、測定期間中一瞬も1000ppmを下回らない物件が存在した。

濃度区間別出現頻度からは、季節間の差より物件ごとの特徴が強かった。全体物件の期間中、不適合頻度の平均は夏期31.6%、冬期30.5%であり、完全適合（不適合0）を除いた平均は夏期47.4%、冬期44.2%であった。

夏期濃度が冬期濃度より高い建物の割合は2:1であった。回帰式から、平均濃度791ppm以下のCO₂濃度を低いレベルで保っている建物では夏期より冬期濃度が高い傾向を示した。

中央式、併用型空調の方が個別式より低いCO₂濃度を示していた。最も悪い環境となっていた建物は共に個別方式であったが、その一軒は1960年代に建てられ、建物性能が環境悪化の原因と考えられた。

2019年度は全国24件のオフィス用建物を対象にCO₂濃度の連続測定を行った。

平均値としては1000ppmを超える建物は2割程度であったが、1回でも1000ppmを超える割合はほぼ7割あった。

また、昨年度とは異なり期間中ずっと1000ppmを下回らない、3000ppmを超える高濃度を示すなど、著しく悪い環境にある物件はなかった。

特定建築物における立入検査の定点測定を仮定すると7割ほどが管理基準を超えることになるが、常に悪い環境にあるのではなく、平均としては基準を守れる建物が多い。在室時間を通して1000ppm以下に維持するのは、健康衛生上望ましいが設備や建物性能を考えると、連続測定の濃度平均値を用いるなどより柔軟かつ合理的な考え方が必要である。

特定建築物における CO2 濃度の不適率増加は、換気不足と空気衛生環境の悪化に繋がるリスクを内在している。外気濃度が上昇している昨今、CO2 の管理基準や設計基準に関する議論は避けられないが、その基準レベルの問題であるだけで屋内を望ましい環境に維持することに異論はないはずである。

特定建築物とは異なり、中小規模の建物は中央管理方式の空調システムよりは個別式空調が導入されることが多い。また、換気システムにおいても個別に管理され、その上、管理者もいない場合が多い。今回の調査でも、立入検査の定点測定を仮定すると、悪い場合は 70% 近く不適率が出てくる結果が示された。勤務時間を通して 1000ppm 以下に維持するのは、健康リスク面から望ましいが、設備水準・建物性能を考えると、現実的には連続測定の濃度平均値や複数測定点の平均など柔軟な対応が必要になると考えられる。

また、少数ではあるが、計測時間中に一度も 1000ppm を下回らない建物も存在しており、これは設備や建築の問題ではなく在室者の換気に対する認識の問題と考えられる。

特定建築物が中小規模建築より CO2 濃度(換気)制御で 1000ppm を超える例が少なく有利な結果が示されたが、中小規模建築は建物性能や設備性能が劣ることが多いことから室内環境の悪化が懸念されるところである。

中小規模建築は特定建築物に比べ、設備や建物性能の制限に起因する環境制御の制約がある場合があるが、より小さな空間を対象にしており自由度の面では有利になる可能性もあるため、換気と室内環境の維持に関するリテラシー涵養と教育が重要である。

E. 参考文献

1) 林 基哉、金 勲、開原 典子、小林 健一、鍵直樹、柳 宇、東 賢一、特定建築物における空気環境不適率に関する分析、日本建築学会環境系論文集、Vol.84 No.765、2019.11、pp.1011-1018.

2) 金勲、林基哉、開原典子、小林健一、柳宇、鍵直樹、東賢一、長谷川兼一、中野淳太、李時桓、事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その3 冷暖房期における二酸化炭素濃度の実態、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2019.9、pp.53-56.

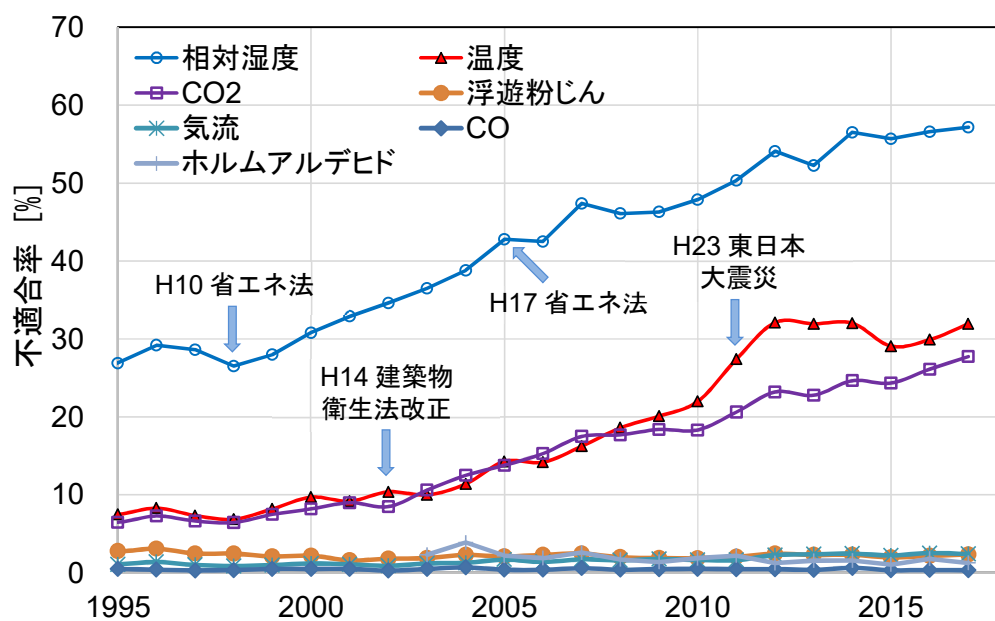


図 3-1 空気環境衛生管理基準に対する不適率の推移

表 3-1 国内外の代表的な CO2 濃度基準

	法律・規準 等	基準値(ppm)	備考
一般環境	建築基準法、ビル衛生管理法	1000	空調設備有り
	学校環境衛生基準	1500	
	WHO Indoor Air Quality	920	
	ASHRAE	700ppm (内外濃度差)	
労働環境	事務所衛生基準規則	1000	空調・換気設備による供給濃度 室内空気的环境基準
		5000	
	日本産業衛生学会許容濃度	5000	

紫色：中央方式、橙色：中央・個別併用、色無し：個別方式

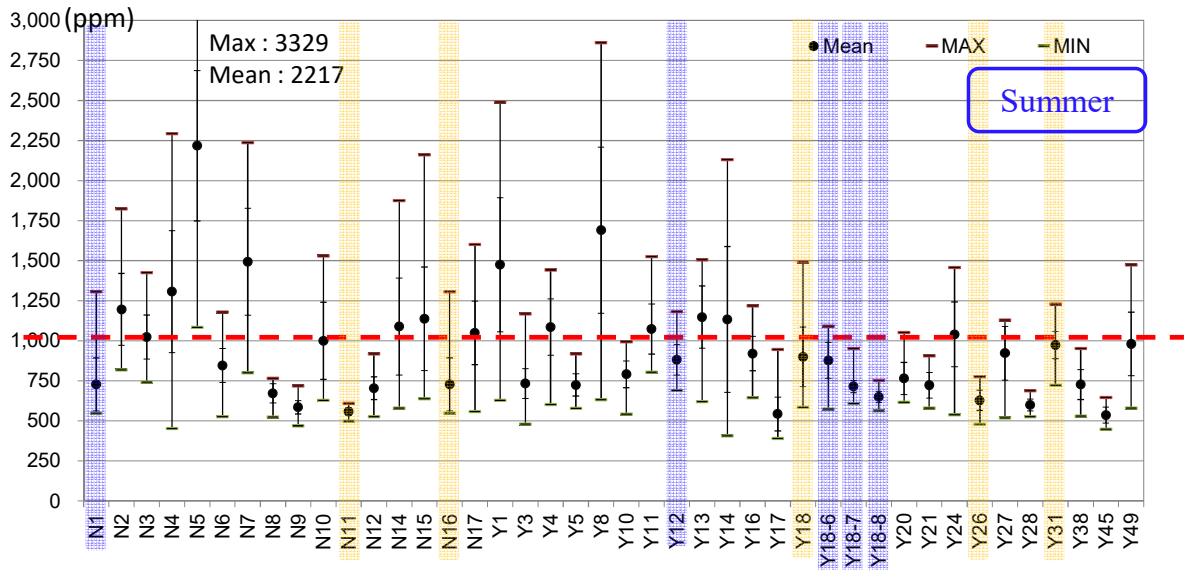


図 3-2 2018 年度夏期の CO2 濃度 (勤務日 5 日間、勤務時間帯 09~17 時の統計値)

紫色：中央方式、橙色：中央・個別併用、色無し：個別方式

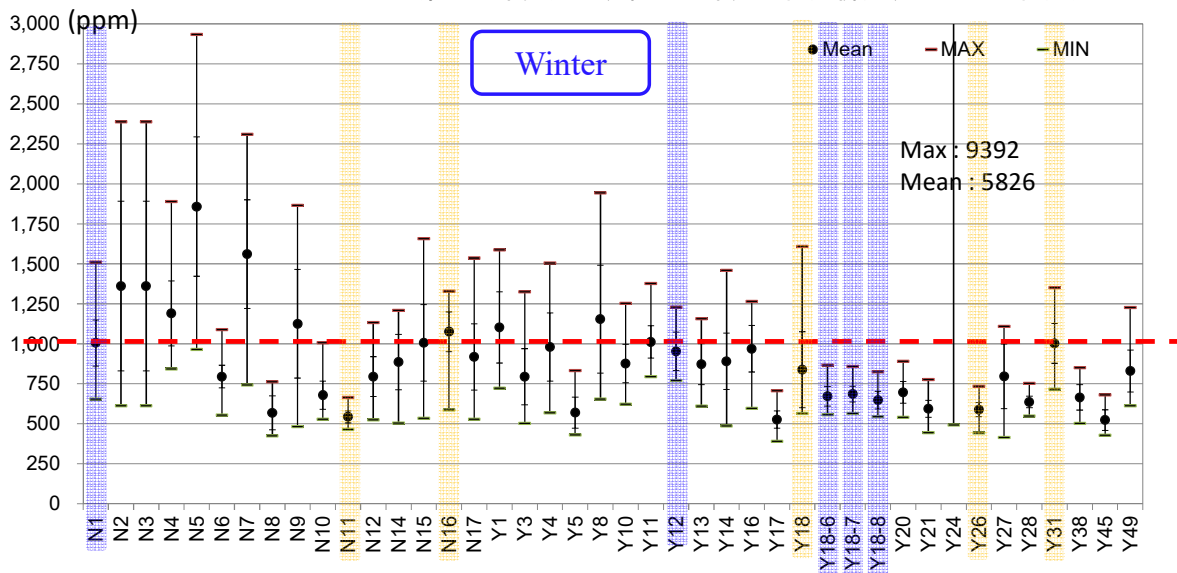


図 3-3 2018 年度冬期の CO2 濃度 (勤務日 5 日間、勤務時間帯 09~17 時の統計値)

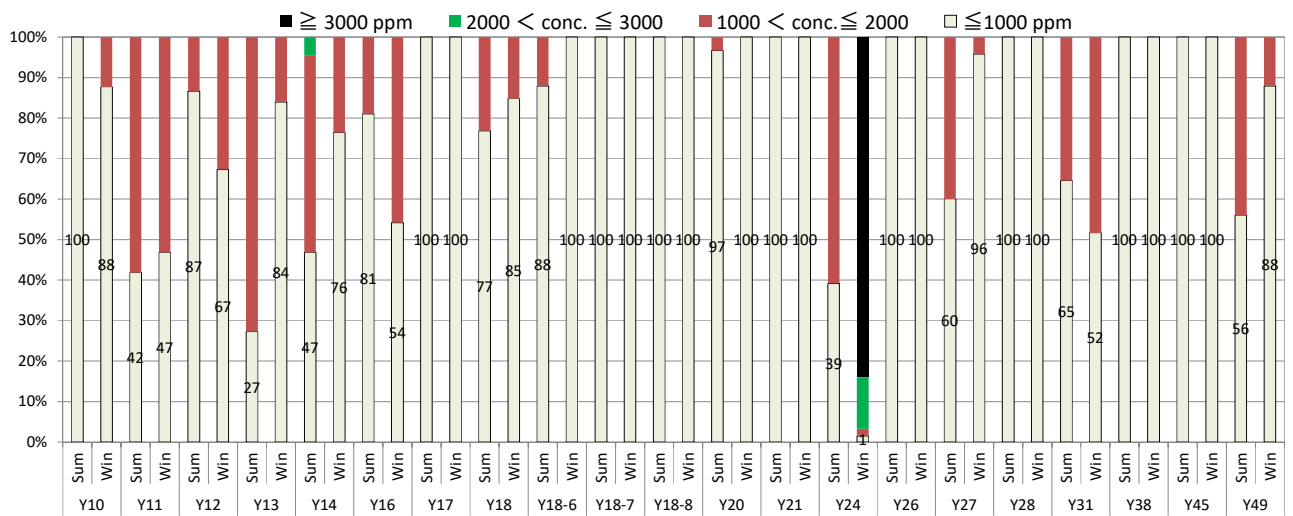
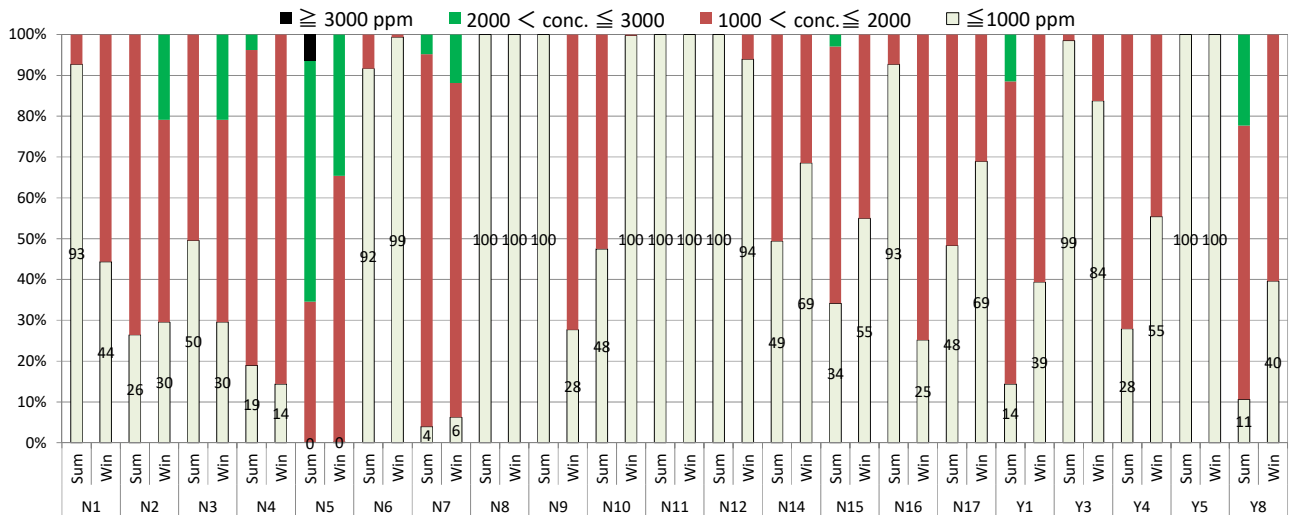
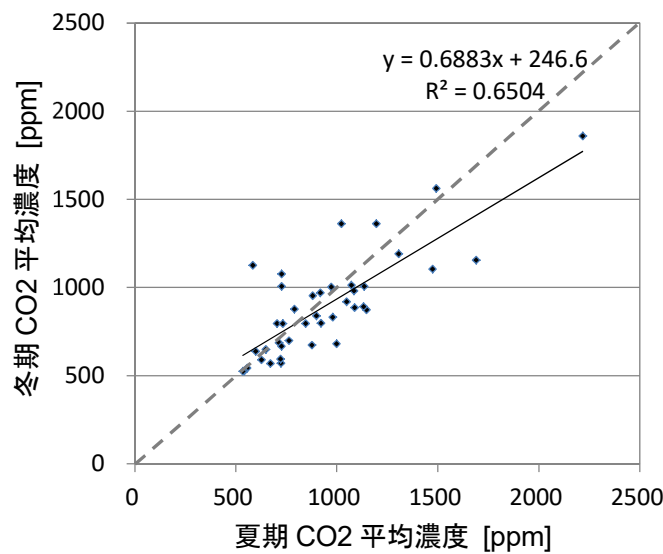


図 3-4 2018 年度の濃度区間別の出現頻度 [%] (グラフ中の数字は 1000ppm 以下の適合頻度の割合)



* Y24 の冬期濃度は極端に高いためグラフ及び回帰式からは除いて

図 3-5 2018 年度の夏期と冬期の平均 CO2 濃度の関係

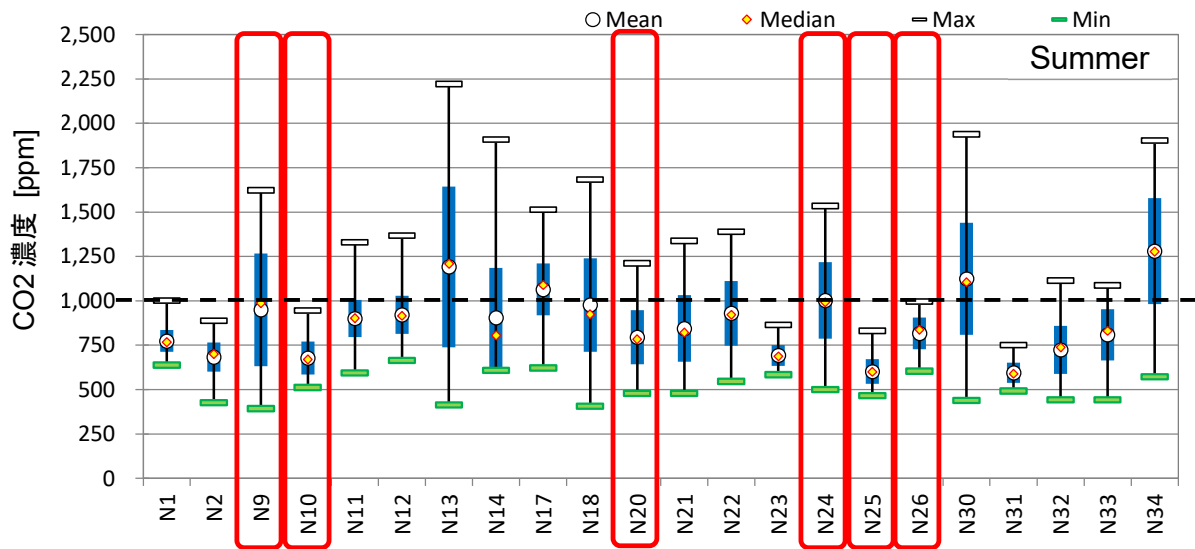


図 3-6 2019 年度夏期測定 of CO₂ 濃度 (勤務日 5~10 日間、勤務時間帯 09~17 時の統計値)

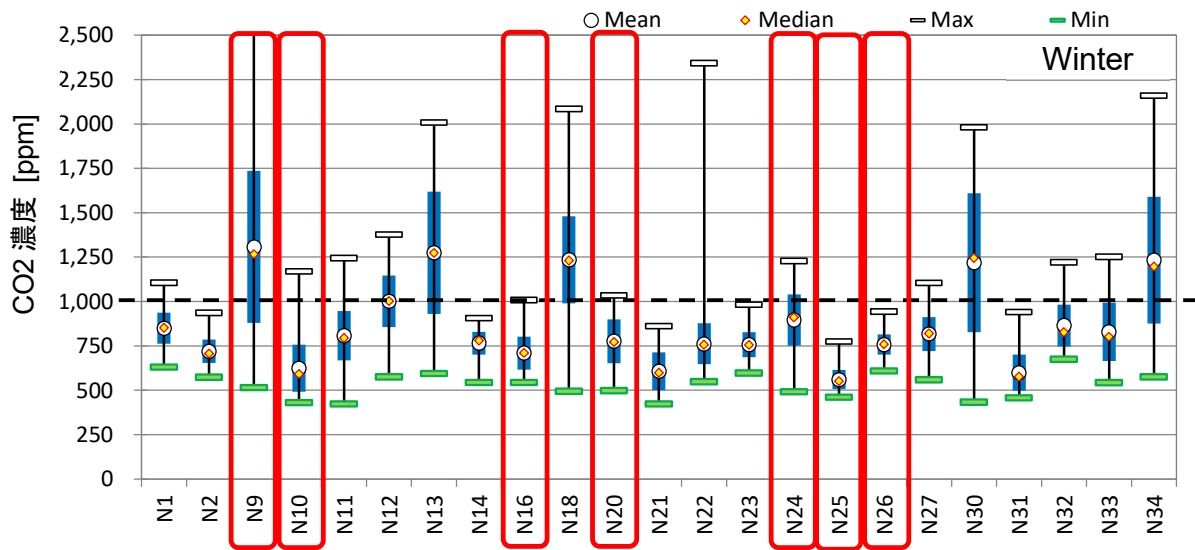


図 3-7 2019 年冬期測定 of CO₂ 濃度 (勤務日 5~10 日間、勤務時間帯 09~17 時の統計値)

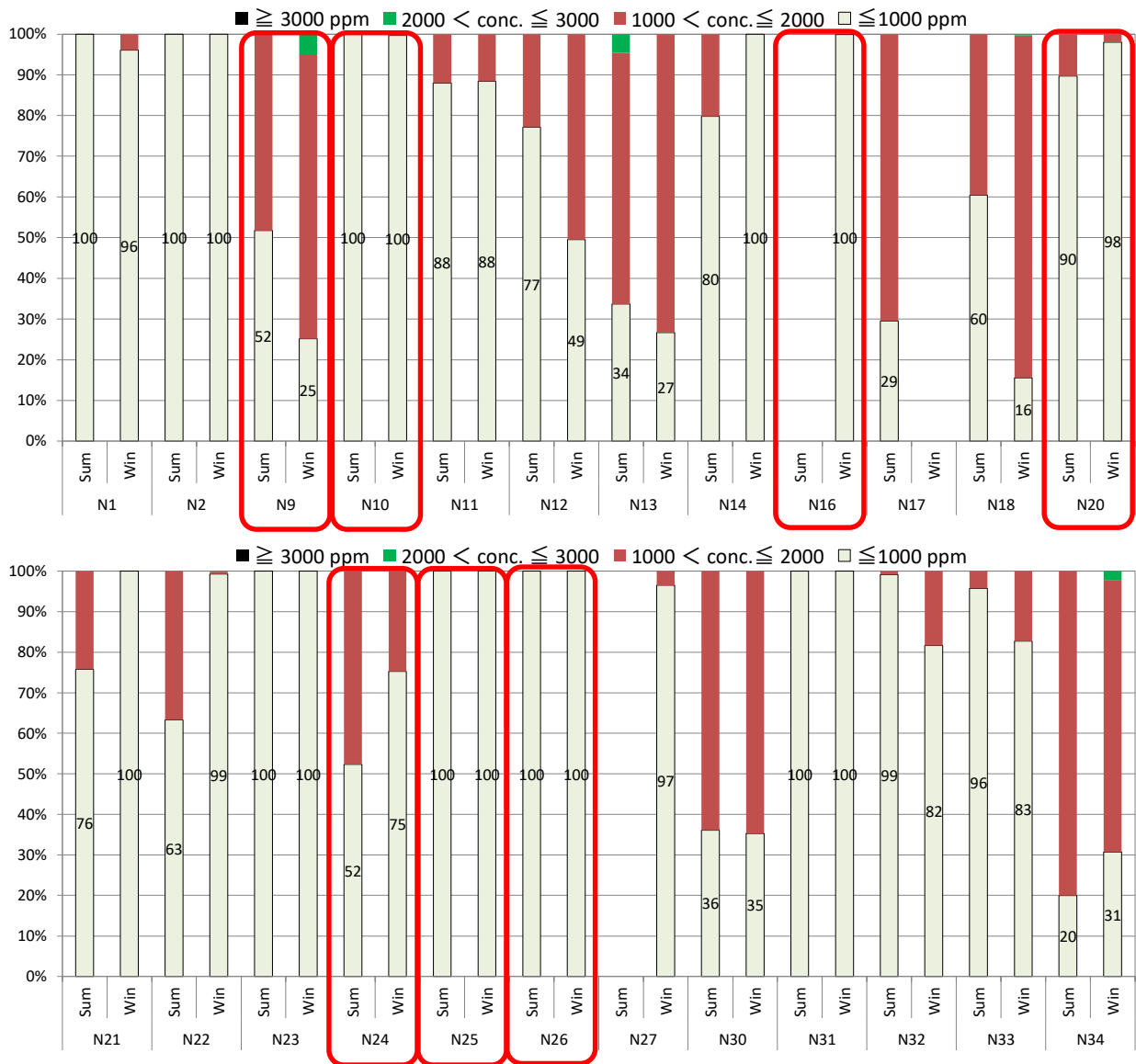


図 3-8 2019 年度の濃度区間別の出現頻度 [%] (グラフ中の数字は 1000ppm 以下の適合頻度の割合)

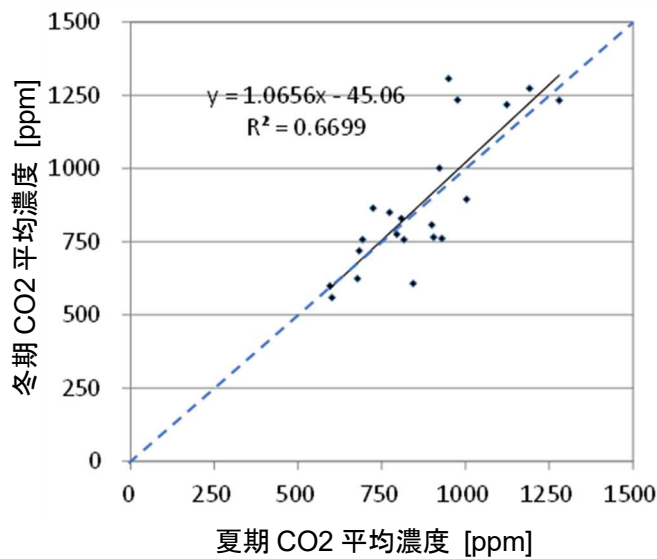


図 3-9 2019 年度夏期と冬期の平均 CO2 濃度の関係

6. 貯水槽衛生管理および飲料水水質管理の課題

分担研究者 島崎 大 国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官

研究要旨

既往の特定建築物を対象とした給水設備の衛生管理状況について、厚生労働省による衛生行政報告例より抽出されたデータを元に整理と考察を行った。また、水道法に基づく簡易専用水道施設や、水道法適用外の小規模貯水槽水道施設の衛生管理や水質管理に関する状況と比較することで、中規模建築物における給水水質管理および貯水槽衛生管理の課題について考察した。さらに、(公社)全国ビルメンテナンス協会会員企業を対象に、中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査を実施し、中規模建築物における給水（飲料水、雑用水、貯水槽）の管理状況と課題を明らかにした。

平成29年度の衛生行政報告例を参照したところ、全国45,679施設の特定建築物のうち、遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、水質検査が未実施であった施設は2.7%であり、いずれも過去10年間で最も低い割合であった。特定建築物の遊離残留塩素の含有率については、平成29年度において1.5%が不適合となり、過去10年間で最も低い値であった。用途別では学校のみ2.7%と高く、要因として学校施設における夜間や休日の滞水が考えられた。貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、過去10年間で最も低い割合となった。

中規模建築物の衛生状態に関するアンケート調査により、413社より全国の中規模建築物886件の管理状況に関する情報を得た。飲料水の水質検査は、368件で実施されており、うち6ヶ月に1回が134件、1年に1回が222件であった。

水質検査の項目数は、多くの場合11項目以上であったものの、建築物環境衛生管理基準に示された検査項目よりも少ない状況であった。遊離残留塩素の検査頻度は、週1回が165件であり、毎日の実施も3件あった。一方、2週間に1回未満は31件、未実施は191件に上り、遊離残留塩素の検査は十分でないと判断された。貯水槽の清掃は431件、点検・検査は204件（ただし第2回調査の476件中）で年1回以上実施されており、過半数の建築物は未実施または未回答であった。

雑用水は、飲料水よりも各検査や点検の実施頻度が大幅に少ない状況であった。また、主たる特定用途ごとの管理状況に特段の差異は見られなかった。

中規模建築物における給水に関する管理は、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。わが国では過去に不適切な給水の衛生管理による健康被害が発生していることより、中規模建築物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清掃を義務づけるなど管理水準を向上することが、飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考えられた。

6. 貯水槽衛生管理および飲料水水質管理の課題

6-1 特定建築物における給水管理に係る不適合状況等の確認

A. 研究目的

中規模建築物においては、建築物衛生法に規定される「建築物環境衛生管理基準」に従って貯水槽の衛生管理および飲料水の水質管理を行う義務は課せられていないものの、多数の者が使用、利用するものについては努力義務が課せられており、当該基準に従って維持管理をするように努めなければならないとされている（建築物衛生法第4条第3項）。しかしながら、中規模建築物における貯水槽の衛生管理や水質管理についての管理状況は明確でない。

ここでは、既往の特定建築物を対象とした給水設備の管理状況について、厚生労働省による衛生行政報告例より抽出されたデータを基に、整理と考察を行った。

B. 研究方法

厚生労働省が公開する衛生行政報告例^{1,2)}より、給水管理に係る以下5項目を対象として、平成20年度～29年度の10年間における不適合率を抽出した。また、建築物の用途別における不適合率を比較した。

- (21)遊離残留塩素の含有率の検査実施
- (22)遊離残留塩素の含有率
- (25)水質検査実施
- (26)水質基準
- (29)貯水槽の清掃

C. 結果

C.1 遊離残留塩素の検査実施ならびに含有率

平成20年度～29年度における特定建築物の給水末端を対象とした遊離残留塩素の検査実施ならびに遊離残留塩素含有率の不適合率を表6-1に示す。平成29年度における特定建築物届出件数は全国で45,679施設あり、そのうち遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、遊離残留塩素の含有率が不適合（百万分の0.1未満）であった施設は1.5%であり、いずれも過去10年間で最も低い値となった。平成28年度以前においては、前者は2.4～4.2%、後者は1.9～3.1%の範囲

となっており、平成29年度は例年より大幅に改善された。

なお、平成29年度における用途別の不適合率を比較すると、遊離残留塩素の検査が未実施であった施設の割合は興行場0.5%、百貨店1.2%、店舗2.5%、事務所0.7%、学校1.4%、旅館2.9%、その他2.6%であった。また、遊離残留塩素の含有率が不適合であった施設の割合は興行場1.0%、百貨店1.3%、店舗1.1%、事務所1.5%、学校2.7%、旅館1.5%、その他1.3%であった。

表 6-1 特定建築物における遊離残留塩素の検査実施ならびに含有率の適合状況

年度	遊離残塩検査の 未実施率[%]	遊離残塩含有率 の不適合率 [%]
H20	3.7	2.6
H21	4.2	3.1
H22	3.3	2.3
H23	2.6	2.2
H24	2.7	2.7
H25	2.6	2.0
H26	2.6	1.9
H27	2.4	1.9
H28	2.7	2.0
H29	1.5	1.5

C.2 水質検査の実施ならびに水質基準の保持

平成20年度～29年度における特定建築物の給水末端を対象とした水質検査実施ならびに水質基準の不適合率を表6-2に示す。平成29年度に水質検査が未実施であった施設は2.7%、水質基準が不適合であった施設は0.5%であり、いずれも過去10年間で最も低い値となった。平成28年度以前においては、前者は5.3～7.1%、後者は0.6～0.9%の範囲となっており、特に水質検査の実施状況は例年より大幅に改善された。

なお、平成29年度における用途別の不適合率を比較すると、水質検査が未実施であった施設の割合は興行場2.6%、百貨店2.1%、店舗3.5%、事務所1.8%、学校1.7%、旅館5.6%、その他3.5%であった。また、水質基準が不適合であった施設の割合は興行場0.3%、百貨店0.7%、店舗0.6%、

事務所 0.4%、学校 0.2%、旅館 0.8%、その他 0.5%であった。

表 6-2 特定建築物における水質検査の実施ならびに水質基準の適合状況

年度	水質検査の 未実施率 [%]	水質基準の 不適合率 [%]
H20	6.8	0.6
H21	7.1	0.8
H22	5.8	0.9
H23	5.4	0.6
H24	5.3	0.6
H25	5.6	0.6
H26	6.2	0.7
H27	6.0	0.7
H28	5.3	0.6
H29	2.7	0.5

C.3 貯水槽の清掃

平成 20 年度～29 年度における特定建築物の貯水槽を対象とした清掃の不適合率を表 6-3 に示す。平成 29 年度に貯水槽清掃が未実施であった施設は 1.0%であり、過去 10 年間で最も低い値となった。平成 28 年度以前においては 1.6～2.7%の範囲となっており、例年より大幅に改善された。

なお、平成 29 年度における用途別の不適合率を比較すると、貯水槽清掃が未実施であった施設の割合は興行場 0.3%、百貨店 0.5%、店舗 1.2%、事務所 0.8%、学校 0.4%、旅館 2.5%、その他 0.7%であった。

表 6-3 特定建築物における貯水槽清掃の実施状況

年度	貯水槽清掃の 未実施率 [%]
H20	1.9
H21	2.0
H22	2.4
H23	2.7
H24	2.4
H25	1.9
H26	2.0

H27	2.0
H28	1.6
H29	1.0

D. 考察

平成 29 年度において、全国 45,679 施設の特定建築物のうち遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は 1.5%、水質検査が未実施であった施設は 2.7%であり、いずれも過去 10 年間で最も低い割合であった。単純な比較はできないものの、前項の簡易専用水道における未受検率は、定期的な法定検査の受検が義務づけられているにも関わらず 20%超となっており、特定建築物の給水管理に係る各検査の実施は、簡易専用水道よりも望ましい状況にあると言える。特定建築物の用途別に比較すると、遊離残留塩素検査および水質検査の未実施率が平均より高かった施設は共通しており、店舗が 2.5%および 3.5%、旅館が 2.9%および 5.6%、その他が 2.6%および 3.5%であった。各用途の施設に対する、遊離残留塩素検査および水質検査実施のさらなる向上にむけた取組みが必要と思われる。

一方、遊離残留塩素の含有率については、平成 29 年度において、検査を実施した特定建築物施設のうち 1.5%が不適合であった。これは過去 10 年間で最も低い値であったものの、簡易専用水道検査における不適合内容のうち、残留塩素に係る不適合率は 0.5%～0.9%の範囲(平成 25～29 年度)³⁾であることから、特定建築物の給水末端における残留塩素の保持に関して課題があると考えられる。なお、小規模貯水槽水道における残留塩素に係る不適合率は 1.5%～3.0%の範囲(平成 25～29 年度)³⁾であった。用途別の不適合率を比較すると、学校のみ 2.7%と高く、他の用途は 1.5%以下であった。学校施設においては夜間や休日に給水設備が未使用となり、長時間の水の滞留によって、遊離残留塩素が低減ないし消失しやすい状況にあると推定される。

また、水質検査結果の不適合率については、平成 29 年度において 0.5%であった。これも過去 10 年間で最も低い値であったものの、簡易専用水道検査における不適合内容のうち、残留塩素以外の水質項目に係る不適合率は、臭気が 0.00～0.07%、

味が0.00～0.06%、色が0.01～0.08%、色度が0.07%～0.24%、濁度（濁りを含む）が0.03～0.23%の範囲（いずれも平成25～29年度）³⁾となっている。今回参照した衛生行政報告例では、どの水質基準項目が不適合であったか明記されていないため、特定建築物の給水管理において課題となる水質項目について精査する必要があると考えられる。

貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、過去10年間で最も低い値となった。平成28年度以前は1.6～2.7%の範囲となっており、例年より大幅に改善された。用途別の不適合率を比較すると、平均より高かった施設は店舗が1.2%、旅館が2.5%であった。旅館業においては先述のように遊離残留塩素および水質検査の未実施率も高い状況にあるため、さらなる改善が必要であると考えられる。

E. 結論

本邦の45,679施設の特定建築物のうち、平成29年度において遊離残留塩素の検査が未実施であった施設は1.5%、水質検査が未実施であった施設は2.7%であり、いずれも過去10年間で最も低い割合であった。店舗・旅館・その他の用途における未実施率が比較的高いため、各施設に対して遊離残留塩素検査および水質検査実施のさらなる推進が必要である。特定建築物の遊離残留塩素の含有率については、平成29年度において1.5%が不適合となり、過去10年間で最も低い割合であった。用途別では学校のみ2.7%と高く、他の用途は1.5%以下であり、要因として学校施設における夜間や休日の滞水が考えられた。貯水槽の清掃については、平成29年度に未実施であった施設は1.0%であり、これも過去10年間で最も低い割合となった。このように、既往の特定建築物においては、遊離残留塩素検査および水質検査といった給水水質の管理状況、ならびに、貯水槽の清掃状況はいずれも良好であった。

F. 参考文献

- 1) 厚生労働省：衛生行政報告例
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/36-19.html>
- 2) 総務省統計局：衛生行政報告例
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450027&tstat=000001031469>

- 3) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課：貯水槽水道及び飲用井戸等に係る衛生管理状況調査（平成29年度）

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000494569.pdf>

謝辞

衛生行政報告例の参照にあたっては、東京工業大学 鍵直樹 准教授が取りまとめられたエクセルデータを活用させていただきました。この場にて御礼申し上げます。

6-2 貯水槽水道における受検状況の確認

A. 研究目的

中規模建築物においては、建築物衛生法に規定される「建築物環境衛生管理基準」に従って貯水槽の衛生管理および飲料水の水質管理を行う義務は課せられていないものの、有効容量10m³を超える貯水槽を有する建築物においては、水道法に規定される簡易専用水道管理基準に従って貯水槽の衛生管理、水質管理を行うこと（水道法第34条の2第1項）、年1回登録検査機関の検査を受けること（水道法第34条の2第2項）が義務づけられている。さらに、有効容量10m³以下の貯水槽についても、自治体によっては条例等により簡易専用水道に準じた維持管理を管理者に求めている場合がある。しかしながら、中規模建築物における貯水槽の衛生管理や水質管理についての管理状況は明確でない。

ここでは、水道法に基づく簡易専用水道施設や、水道法適用外の小規模貯水槽水道施設の衛生管理や水質管理に関する状況と比較することで、中規模建築物における給水水質管理および貯水槽衛生管理の課題について考察を行った。

B. 研究方法

厚生労働省医薬・生活衛生局水道課より近年の簡易専用水道（有効容量10m³超）ならびに小規模貯水槽水道（有効容量10m³以下）を対象とした登録検査機関による検査の受検率等の情報¹⁾を入手し、受検状況の推移について把握、課題点を取りまとめた。

C. 結果

平成 20 年度～29 年度の 10 年間における簡易専用水道の法定検査受検率および検査指摘率を表 6-4 に、小規模貯水槽水道の検査受検率および検査指摘率を表 6-5 にそれぞれ示す。平成 29 年度における簡易専用水道の施設数は全国で 207,808 施設、うち検査を実施した施設数は 162,565 施設であり受検率は 78.2%となった。これは直近の平成 27,28 年度と同程度ではあるものの、平成 17 年度以降、継続して 8 割以下の受検率にとどまった。検査における指摘率（管理基準逸脱等の指摘があった施設の割合）は 22.4%となり、過去 10 年間を通じて漸減する傾向が継続していた。

一方、平成 27 年度における小規模貯水槽水道の施設数は全国で 829,524 施設、うち検査を実施した施設数は 27,677 施設であり受検率は 3.3%となり、過去 10 年間でほぼ横ばいであった。検査指摘率は 24.3%であり、過去 10 年間で最も低い割合となった。

表 6-4 簡易専用水道における法定検査受検ならびに検査指摘の状況

年度	検査受検率[%]	検査指摘率[%]
H20	80.0	34.7
H21	79.0	27.7
H22	79.8	27.3
H23	79.4	25.3
H24	78.7	26.2
H25	76.5	25.5
H26	76.4	24.2
H27	78.3	23.8
H28	78.4	23.3
H29	78.2	22.4

表 6-5 小規模貯水槽水道における検査受検ならびに検査指摘の状況

年度	検査受検率[%]	検査指摘率[%]
H20	2.6	31.1
H21	3.0	34.6

H22	3.2	32.1
H23	3.0	32.4
H24	3.2	29.3
H25	3.0	28.4
H26	3.1	28.3
H27	3.2	26.9
H28	3.1	25.4
H29	3.3	24.3

D. 考察

有効容量 10m³ を超える貯水槽水道は水道法により簡易専用水道と位置付けられ、定期的な法定検査の受検が義務づけられているものの、受検率は 8 割を下回っている状況にあり、法定検査を受けていない施設が全国で 45,243 施設存在することが確認された。また、受検施設における指摘率は漸減傾向にあるものの、直近では 22.4%の施設が衛生管理状況に関する指摘を受けており、各施設における日常的ならびに定期的な管理水準の向上が課題である。とりわけ、衛生行政担当部局と水道事業者の間で簡易専用水道施設の所在地情報の共有が行われていない自治体が散見されるため、各関係組織における情報共有を促進し、衛生行政担当部局による法定検査の受検指導等を効果的に行うことで、受検率ならびに管理水準の向上をはかることが望まれる。

一方、法定検査の受検義務が水道法上は定められていない小規模貯水槽水道（有効容量 10m³ 以下）については、3%程度の受検率で推移していること、指摘率は簡易専用水道と同様に漸減傾向にあるものの、簡易専用水道よりも高い値であること、施設数が簡易専用水道の 4 倍以上存在することから、衛生管理上の課題が大きいものと考えられた。多くの自治体において条例や要綱を制定し小規模貯水槽水道に対する指導を行っており、その割合は都道府県では 89%、保健所設置市では 98%、特別区では 100%に上った。一方、保健所未設置市での制定は 56%にとどまった。各条例や要綱においては、努力義務となっている場合が少なくないものの、各自治体において貯水槽の衛生管理水準の向上に向けた取組みをさらに推進することが望まれる。

E. 結論

中規模建築物に対しても、特定建築物に準じる形で、定期的な遊離残留塩素検査ならびに水質検査、貯水槽清掃を義務づけることが、飲料水に係る安全性の確保の面から望ましいと考えられる。一方、水質検査の項目数については、上流側である公共水道あるいは専用水道において水道法に基づいた定期的な水質検査が行われていることを考慮すれば、建物内の給水装置に由来して増加する可能性がある項目（鉛・鉄・銅）、ヒトの急性的な健康影響に関連する項目（一般細菌、大腸菌、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素）、水道水の基本的な性状に関連する項目（有機物（TOC）、pH 値、味、臭気、色度、濁度）等に限定することも一案であろう。なお、東京都福祉保健局による簡易専用水道を対象とした水質検査の指導では、毎日検査（色、濁り、におい、味）、毎週1回以上（残留塩素濃度）、毎年1回以上（一般細菌、大腸菌、塩化物イオン、有機物（TOC）、pH 値、味、臭気、色度、濁度）を上乗せで設定している²⁾。これらは、中規模建築物における水質検査項目としても参考になるとと思われる。

F. 参考文献

- 1) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課：貯水槽水道及び飲用井戸等に係る衛生管理状況調査（平成29年度）
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000494569.pdf>
- 2) 東京都福祉保健局：簡易専用水道の情報
<https://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kankyo/suido/jouhou.html>

6-3 中規模建築物における給水に係る衛生管理のアンケート調査

A. 研究目的

中規模建築物においては、建築物衛生法に規定される「建築物環境衛生管理基準」に従って貯水槽の衛生管理および飲料水の水質管理を行う義務は課せられていないものの、多数の者が使用、利用するものについては努力義務が課せられており、当該基準に従って維持管理をするように努めなければならないとされている（建築物衛生法

第4条第3項）。しかしながら、中規模建築物における貯水槽の衛生管理や水質管理についての管理状況は明確でない。

そこで令和元年度においては、中規模建築物における給水（飲料水、雑用水、貯水槽）の管理状況と課題を、実際に給水の衛生管理に関わる業者へのアンケート調査により明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

厚生労働科学研究厚生労働科学研究費補助金「建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究」（研究代表者 国立保健医療科学院 林基哉）との合同により、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会会員企業を対象として、平成30年9月および令和2年1月において、中規模建築物の衛生状態の実態把握に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査を配付した企業は、事前の予備調査により中規模建築物の衛生管理に関する業務受託の実績があると回答した全国の1047社とした。

当該のアンケートでは、①各会員企業が受託している建築物数と受託業務、②受託業務が多い中規模建築物の諸元（所在地、延床面積、主たる特定用途、建築物環境衛生管理技術者の関与、業務の受託状況）③各受託業務における衛生管理状況（実施の有無、頻度等）、④衛生状態に関するクレーム有無を回答項目とした。なお、③のうち給水の管理については、飲料水および雑用水ごとに水質検査の項目数と頻度、遊離残留塩素の検査頻度、貯水槽の清掃頻度、貯水槽の点検・検査の実施頻度（令和元年調査のみ）に関する回答を求めた。有効回答を集計し、中規模建築物における給水の管理状況を把握、課題点を抽出した。

C. 結果および考察

C.1 アンケートの回収状況および中規模建築物の件数と用途

公益社団法人全国ビルメンテナンス協会会員企業を中心に、1回目および2回目の調査を合わせて、全国の413社より回答を得た。アンケートの回収率は39.4%であった。各社が業務を受諾する中規模建築物は、全国合計で886件に上った。

C.2 飲料水・水質検査の実施項目数

図6-1に飲料水を対象とした水質検査の実施項目数を用途別に示す。多くの建築物において10-14項目の水質検査が実施されており（253件）、特に11項目の実施が多かった（173件）。特定建築物を対象とした建築物環境衛生管理基準¹⁾では、6ヶ月以内に1回、16項目の水質検査一般細菌、大腸菌、鉛及びその化合物※、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、亜鉛及びその化合物※、鉄及びその化合物※、銅及びその化合物※、塩化物イオン、蒸発残留物※、有機物（全有機炭素（TOC）の量）、pH値、味、臭気、色度、濁度）が義務づけられている。なお、※を付した5項目については、水質基準に適合していた場合は、その次の回の水質検査時に省略可能とされている。このため、特定建築物に準じて、11項目の水質検査が多く行われていたと考えられる（ただし、建築物環境衛生管理基準に沿えば、検査を省略した回の次の検査時には当該項目の検査を実施する必要がある）。

次に多かったのが15-19項目の実施（60件）であり、その大半は16項目であった（48件）。20項目以上が実施されている建築物は33件であり、大部分は28項目を実施していた（23件）。上記の16項目に加えて、1年以内に1回、6月1日から9月30日の期間に実施が求められている消毒副生成物等12項目（シアン化物イオン及び塩化シアン、塩素酸、クロロ酢酸、クロロホルム、ジクロロ酢酸、ジブロモクロロメタン、臭素酸、総

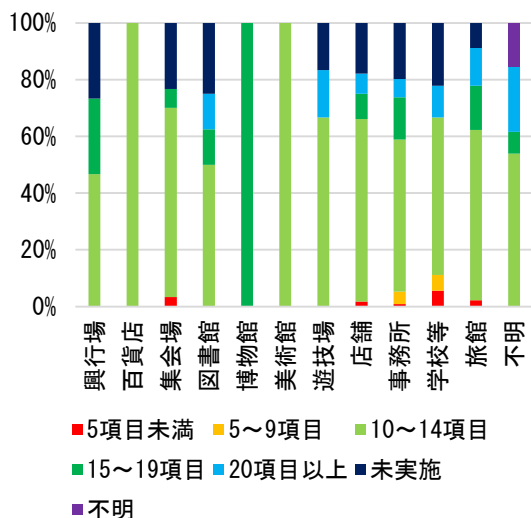


図6-1 飲料水の水質検査項目数

トリハロメタン、トリクロロ酢酸、ブロモジクロロメタン、ブロモホルム、ホルムアルデヒド)の水質検査が、特定建築物と同様に実施されていたと推察される。

一方、検査項目が10項目未満、あるいは未実施となる建築物も多く見受けられた。特に一部の学校等や事務所、店舗において検査項目が十分でない件数が多い点に留意が必要である。

C.3 飲料水・水質検査の実施頻度

図6-2に飲料水を対象とした水質検査の実施頻度を用途別に示す。ほとんどの場合、12ヶ月に1回（222件）あるいは6ヶ月に1回（134件）の実施であった。前項にて記したように、特定建築物の場合は16項目を6ヶ月以内に1回実施することが求められており、中規模建築物においては、同程度またはそれ以下となる頻度で検査が行われていた。ただし、水道法に定める簡易専用水道（貯水槽の有効容量の合計が10m³超）の法定検査として水質検査を実施する場合には、実施頻度は年1回以上となる²⁾。また、前項とも関わるが、5項目（臭気、味、色、色度、残留塩素）の水質検査を行うこととされている。当該の中規模建築物の給水に関する衛生管理が、特定建築物に準じているのか、あるいは、水道法の簡易専用水道に沿っているのか、さらに確認する必要があると考えられる。

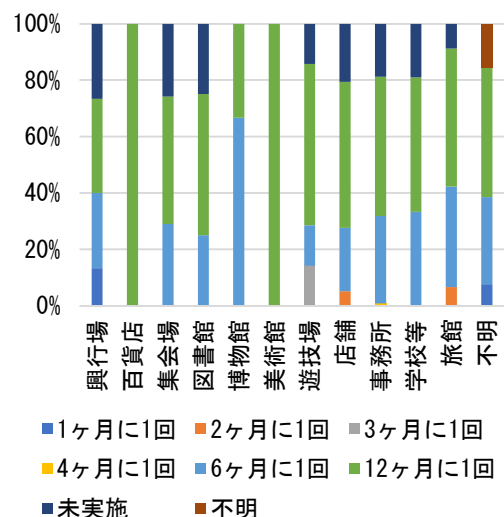


図6-2 飲料水の水質検査頻度

C.4 飲料水・遊離残留塩素の検査頻度

図6-3に飲料水を対象とした遊離残留塩素の検査頻度を用途別に示す。多くの場合、特定建築物を対象とした建築物環境衛生管理基準に示され

る7日以内ごとに1回の検査頻度にて実施されていた(168件)。うち3件は、毎日検査が行われており、自治体による上乘せの指導、あるいは、水道法に定める専用水道に該当する可能性が考えられた。一方、検査頻度が週1回未満である建築物も見受けられた。また、貯水槽がないため遊離残留塩素の検査を実施していない建築物も多く報告された(188件)。

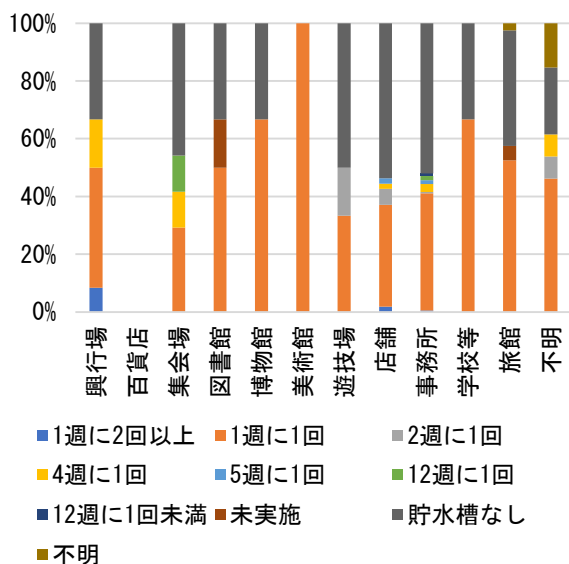


図 6-3 飲料水の遊離残留塩素の検査頻度

C.5 貯水槽の清掃頻度

図 6-4 に飲料水用貯水槽の清掃頻度を用途別に示す。ほとんどが 12 ヶ月に 1 回の実施であり

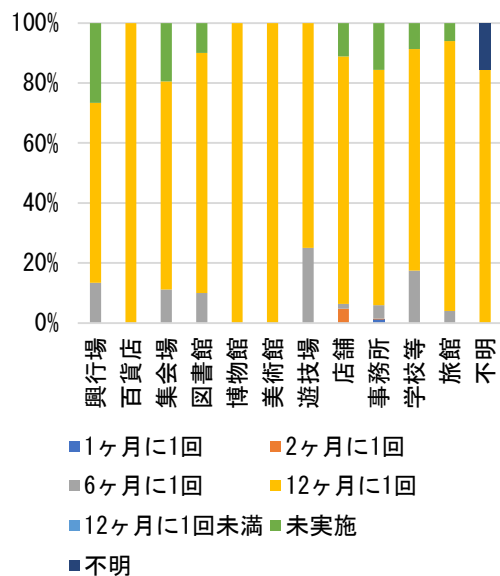


図 6-4 飲料水用貯水槽の清掃頻度

(396 件)、一部は 6 ヶ月に 1 回以上の頻度であった(35 件)。環境衛生管理基準では貯水槽の清掃を 1 年以内ごとに 1 回実施することが示されており、それに準じた管理が行われていた。ただし、一部の建築物において未実施であり(67 件)、貯水槽の衛生管理を周知徹底する必要が認められた。

C.6 貯水槽の点検・検査頻度

図 6-5 に飲料水用貯水槽の点検・検査頻度を用途別に示す。貯水槽の点検・検査は、建築物環境衛生管理基準には実施が位置づけられていないものの、空気調和設備等の維持管理及び清掃等に係る技術上の基準³⁾において、定期的に点検し必要に応じて補修を行うことが求められている。

貯水槽の点検・検査は中規模建築物のうち 204 件(ただし令和 2 年調査の 476 件中)で年 1 回以上実施されており、その大半は 12 ヶ月に 1 回(120 件)であったが、1 ヶ月に 1 回実施も 60 件に上った。自治体によっては 1 ヶ月に 1 回程度、貯水槽およびその周囲の点検実施を指導している場合があり、その取組みが反映された可能性がある。一方、過半数の建築物は未実施または未回答であり、貯水槽の損傷や経年劣化など、水の汚染防止に必要な措置が定期的に講じられていない状況にあることが推察された。

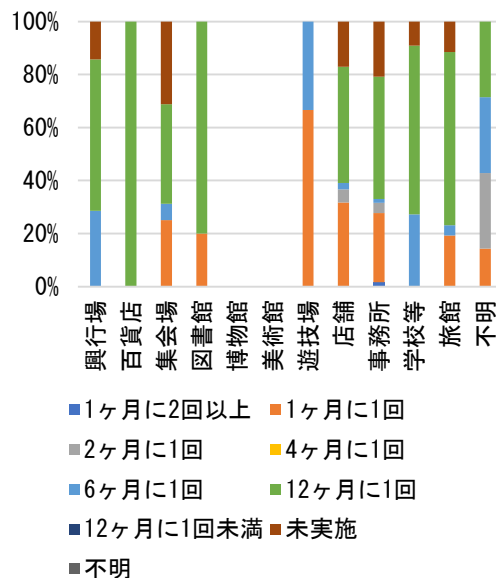


図 6-5 飲料水用貯水槽の点検検査頻度

C.7 雑用水における給水の衛生管理状況

飲料水と比較して、雑用水を対象とした給水の衛生管理の実施件数は大幅に少なかった。アンケート調査とした中規模建築物のうち、雑用水の給水システムを所有する件数が限られていたと推察された。

水質検査の実施は計 41 件であり、検査頻度は 2 ヶ月に 1 回 (19 件) あるいは 12 ヶ月に 1 回 (16 件) が大部分であった。前者は、建築物環境衛生管理基準にて 2 ヶ月以内に 1 回の実施が求められている、大腸菌および濁度が該当すると考えられた。

遊離残留塩素の検査は、多くの場合建築物環境衛生管理基準に沿って 1 週間に 1 回 (22 件、31 件中) 実施されていたものの、検査頻度が少ない、あるいは未実施の場合も見受けられた。

雑用水槽の清掃の実施は、建築物環境衛生管理基準には明示されておらず、また、点検など水が汚染されるのを防止するため必要な措置の実施は、随時とされている。前者は 53 件にて実施され、12 ヶ月に 1 回 (38 件)、後者は 15 件にて実施され、1 ヶ月に 1 回から 12 ヶ月に 1 回まで、実施頻度は様々であった。

雑用水は人の飲用に供するものではないものの、散水やトイレ用水、修景用水などとして用いられ、利用者がその飛沫に曝露される可能性も想定されることから、遊離残留塩素の検査や貯水槽の点検など、適切な衛生管理の実施が求められる。

D. 結論

中規模建築物における給水に関する管理は、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、特に遊離残留塩素の検査や貯水槽の清掃、点検および検査について、多くの建築物では不十分な実施状況にあると判断された。

わが国では過去に不適切な給水の衛生管理による健康被害が発生していることより、中規模建築物においても管理水準を向上することが必要であると考えられた。

謝辞

アンケートのデータ入力、データ精査ならびに整理を実施いただいた開原典子先生(国立保健医療科学院生活環境研究部)に御礼申し上げます。

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/seikatsueisei10/>
- 2) 東京都福祉健康局：簡易専用水道の情報
<https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/smph/kankyo/suido/jouhou.html>
- 3) 厚生労働省医薬・生活衛生局水道課：貯水槽水道及び飲用井戸等に係る衛生管理状況調査(平成 29 年度)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000494569.pdf>

F. 研究発表

1. 論文発表
(該当なし)
2. 学会発表
 - 1) 島崎大, 開原典子, 金勲, 小林健一, 林基哉, 齋藤敬子, 中野淳太, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 柳宇, 樺田尚樹. 建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 9 給水の管理状況と課題. 第 79 回日本公衆衛生学会総会; 2020.10.20-22; 京都(Web 開催). 同抄録集. (発表予定)