

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が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。

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、室内空気的环境基準 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 of 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