

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）
総括研究報告書

建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究

研究代表者 大澤 元毅 国立保健医療科学院 主任研究官

研究要旨

建物の大規模化、用途の複合化、建築設備の変化などに対応するため、建築物における衛生的環境の確保に関する法律（以下、建築物衛生法）による監視技術にも多様化、高度化が不可欠である。一方近年、同法の特定建築物における建築物環境衛生管理基準を満足しない割合（以下、不適率）の改善が進まないなど懸念される状況が続き、維持管理手法、環境監視方法・体制などの環境衛生管理のあり方が問われている。

本研究は、建築物における環境衛生管理に着目して、この現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討等を体系的に実施し、公衆衛生の立場を踏まえた、今後の建築物環境衛生管理に関する行政監視のあり方について提案を行おうとするものである。

本年度は、特定建築物における衛生管理基準への適合状況（不適率）について、最新の全国のデータをもとに地域別等の要因分析を行った。また、事務用途の特定建築物を対象として、既往の環境衛生管理基準項目に新たな項目候補を加えた詳細な実態調査を実施し、管理項目改善のための情報を収集した。さらに、建築物の管理者及び利用者に対するアンケート調査を室内環境の測定調査に併せて実施し、建築物における衛生的環境の維持管理の実態、建築物利用者の健康状態及び職場環境等の実態を把握した。また、相対湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関する近年のエビデンスをレビューした。さらに、行政報告資料の吟味及び、自治体担当者へ行政監視の実情に関するアンケート調査を行い、不適率変化の機序について分析した。最後に、明らかとなったこれら成果に基づき、知見を総合してこれからの監視手法のあり方について提案を述べた。

本研究では、建築物衛生管理技術者及び建築物利用者に対して建築環境及び健康影響等に関するアンケート調査を実施した。個人の情報が得られないようにするとともに、解析は匿名化されたデータを用いて統計的処理を行った。なお、その他の調査については、建築物を対象としており、個人を対象とした調査や実験を含まない。また、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。

研究分担者

林 基哉	国立保健医療科学院
金 勲	国立保健医療科学院
開原 典子	国立保健医療科学院
東 賢一	近畿大学医学部
鍵 直樹	東京工業大学大学院
柳 宇	工学院大学建築学部

研究協力者

奥村 龍一	東京都健康安全研究センター
河野 彰宏	大阪市役所
斎藤 敬子	(公社)日本建築衛生管理教育センター
鎌倉 良太	(公社)日本建築衛生管理教育センター
杉山 順一	(公社)日本建築衛生管理教育センター
築城 健司	(公社)日本建築衛生管理教育センター
下平 智子	(公社)全国ビルメンテナンス協会

A.研究目的

近年、建物の大規模化、用途の複合化、建築設備の変化などにより、建築物衛生法による監視技術にも多様化、高度化が求められている。一方、特定建築物における建築物環境衛生管理基準を満足しない割合「不適率」の改善が進まないなど、維持管理手法、環境監視方法などの環境衛生管理のあり方が問われている。

本研究は、建築物における環境衛生管理に着目して、この現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討等について体系的に整理し、公衆衛生の立場を踏まえた、今後の建築物環境衛生管理に関する監視のあり方について提

案を行おうとするものである。

B. 研究方法

以下のサブテーマに分けて進めた。

B.1 建築物における空気環境の衛生管理の現状

B.1.1 全国特定建築物立ち入り調査

本研究では、これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた全国都道府県の不適率の最新動向について解析を行った。使用したデータは、衛生関係諸法規の施行に伴う各都道府県、保健所設置市、特別区における建築物衛生の実態を把握することを目的とし、厚生労働省が毎年集計を行っているもので、独立行政法人統計情報センターから公表されている、日本全国 47 都道府県および 62 政令市の特定建築物立ち入り検査結果である。

用途は興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、旅館、その他と分かれている。本研究では、空気環境について行った解析の結果を報告する。建築物の維持管理項目ごとに調査件数及び不適件数の集計を行っており、本研究では平成 8 年度から平成 27 年度までの間に集計されている不適率の推移をまとめた。また、不適率の高い二酸化炭素、温度、相対湿度について都道府県別にその不適率分布を求め、平成 25 年度と平成 27 年度の比較を行った。

B.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

東京及び大阪に建つオフィスビル 11 建物において、年間連続測定と季節別の立入測定を行った。また、併せて建築物の管理者及び利用者に対するアンケート調査を実施し、建築物における衛生的環境の維持管理の実態、建築物利用者の健康状態及び職場環境等の実態を把握する。そして、オフィス環境に起因すると思われる健康障害の実態と職場環境との関連性、建築物利用者の健康及び職場環境に影響する可能性のある維持管理上の課題を明らかにする。

B.2.1 実測調査

調査対象は上記の 11 建物である。詳細は分担研究報告書を参照いただきたい。

B.2.1.1 温湿度・CO₂濃度・PMV

年間連続測定に併せて、室内温湿度・CO₂・グローブ温度に 20 分間の連続測定を行った。温湿度と CO₂ 濃度に温湿度・CO₂ センサ、グローブ温度に直径 75mm のグローブ温度計を用いた。

外気温度にも、温湿度データロガーを用いた。

B.2.1.2 生菌

季節別の立ち入り測定では、浮遊細菌と浮遊真菌の測定に SCD 培地と DG18 培地を用い、吸引量を 100L (100L/min × 1min) とした。また、浮遊細菌と真菌の測定に併せ、粒径別浮遊粒子濃度の測定も同時・同箇所で行った。室内と屋外の粒径別浮遊粒子濃度は、1 分間隔計 30 分間の連続測定を行った。

B.2.1.3 細菌叢(バイオーム)

本研究の測定では、S 社の Air Check:XR5000 と PTFE0.3 Filter を使用した。前者は、空気サンプルを吸引するエアポンプである。3ℓ/min で 1 時間測定しサンプリング量を 180ℓ とした。

解析では、採取・抽出したバクテリアの DNA を次世代シーケンサーで解読して細菌の検出と分類を行った。

B.2.1.4 化学物質

本研究では、事務所建築物における化学物質濃度の現状を把握するため、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。化学物質として、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、HPLC により定量分析を行った。トルエンなど VOC については、Tenax 捕集剤を用いて捕集し、GC/MS により分析を行った。捕集時間は両者とも 30 分であり、参考まで外気の捕集も行った

B.2.1.5 室内 PM_{2.5}

本研究では、事務所建築物における室内 PM_{2.5} の実態を明らかにするため、特に空調方式による室内 PM_{2.5} 及び粒径別粒子の特徴について検討した。

PM_{2.5} の測定には、可搬型で光散乱法を用いた

PM2.5 計 (TSI DustTrak) を用いた。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から、本研究においては、大気で通常用いられている係数を用いて換算し表示する。測定は、各対象室 30 分程度の計測を行った。また、PM2.5 濃度測定と並行して、浮遊粒子の粒径分布の特性を把握するため、粒径別粒子の個数濃度測定を行った。さらに、超微粒子の粒径別個数濃度 (粒径約 800 nm 以下) についても、可搬型粒径分布測定器を用いて計測した。

B.2.1.6 エンドトキシン

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、グラム陰性菌は、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。換気指標の CO₂ 濃度や化学物質汚染指標の TVOC のように、室内環境における空气中細菌濃度や汚染度など、微生物による汚染状況や環境改善の面で有意義な総合指標としての活用をめざして、ET 濃度に着目して研究を行っている。対象とした建築物は、前項と共通のオフィスビルで、2015 年夏季から、2016 年秋期までに、各建築物において、夏季、中間期、冬季及び翌年の開始季節の計 4 回の測定を行った。なお、本報では H27 年度報告書で述べたフィルタと保存液の干渉を完全に排除した、2016 年 8 月以降の夏季・秋期・冬季の測定結果について報告する。(調査方法については分担報告書を参照)

B2.2 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査

B2.2.1 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査 (縦断調査)

本研究では、建築物の管理者や利用者に対するアンケート調査と室内環境の測定調査を実施し、建築物における衛生的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を把握する。そして、オフィス環境に起因すると思われる健康障害の実態と職場環境との関連性や、建築物利用者の健康や職場環境に影響する可能性のある維持管理上の課題を明らかにする。

平成 25 年度までの厚生労働科学研究費による調査では 2 回 (夏冬) の断面調査を実施した。本調査では、調査事務所数を全国数地点の数十件程度に絞ったうえで、2 年間 (2 ヶ月ごとに中間評価を実施) の前向き縦断調査を実施する。そして、事務所に勤務する従業員の症状に関するリスク要因と建築室内環境における維持管理上の問題点について、より高い科学的エビデンスを得る。

自記式調査票を調査対象の企業に配付し、郵送にて回収を行った。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) を実施した。また、あわせて建築物環境衛生管理の空気環境項目 (温湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん)、揮発性有機化合物や粒子状物質の気中濃度、真菌や細菌の気中濃度、気中やダスト中のエンドトキシンを測定した。調査票によるアンケートは 2 ヶ月に 1 回、温湿度は連続測定、その他の項目は 4 ヶ月に 1 回の頻度で実施した。調査票は、平成 23 ~ 25 年度の研究で使用した調査票を簡略化して使用した。

B2-2-2 温湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関する近年のエビデンス

1999 年頃より、温湿度や二酸化炭素の建築物環境衛生管理基準の不適合率が増加していることから、相対湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関する近年のエビデンスの文献レビューを実施した。本調査では、相対湿度と二酸化炭素の健康等への影響に関して近年の知見に関する文献検索を行った。国立情報学研究所論文情報ナビゲータ (CiNii)、独立行政法人科学技術振興機構の J-Dream III による科学技術関連の文献検索 (1975 年以降の文献を収載)、米国国立医学図書館の Pubmed による医学関連の文献検索 (原則として 1950 年以降の文献を収載)、イン

ターネット検索によるホームページからの情報収集及び関連資料の入手、既存の書籍および上記検索で入手した文献や資料に掲載されている参考文献等の入手を行い、平成 27 年度の報告以降の調査結果をとりまとめた。

B.3 建築物衛生管理の監視手法のあり方の提案

B.3.1 空気環境の不適率上昇傾向に関する分析と調査

特定建築物における空気環境の不適率の上昇傾向の機序を明らかにするために、特定建築物に関する行政報告データを用いた分析、特定建築物の空気環境に関する自治体へのアンケート調査、を実施した。

では、1996 年度から 2014 年度の行政報告データの、特定建築物施設数、調査（報告徴取、立入検査）数、不適数を用いて、空気環境に関する不適率上昇傾向の機序に関する分析を行った。

では、平成 28 年 12 月～平成 29 年 1 月に、全国の生活衛生の担当者（都道府県、政令市、中核市、保健所設置市）に、建築物環境衛生における空気環境の測定に関する質問紙を郵送にて配布し、配布数 142 に対し、131 票（92.3%）の有効回答を得た。調査項目は、報告徴取について（報告様式の有無、物件の選定理由、報告内容に関する不備の内容、報告内容に基づく不適合の判断）立入検査について（物件選定の理由、頻度の増減、実施時期、空気環境測定を行う場合に難しいと思うこと、結果に基づく不適合の判断、空気環境測定 6 項目内で不適合の判断が難しいと思う項目）行政報告例に計上する立入検査と報告徴取に関する内容について（不適合数の割合、立入検査に計上している物件内の空気環境測定の程度、立入検査に計上している物件における空気環境測定以外の内容）等の 3 項目である。

B.3.2 建築物衛生管理の監視手法のあり方

本課題で収集整理された情報を基礎に、現地を訪れ、見聞してえられた知見を総合的に勘案して、現状課題の洗い出しと整理・分析を行い、効果的で合理的な監視手法のあり方について提言を行う。

（倫理面での配慮）

本研究のアンケート調査は、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#12077、H26.10.16 承認）を得て実施した。なお、その他の調査については、建築物を対象としており、個人を対象とした調査や実験を含まない。また、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. 結果及び考察

東京の測定対象では夏季の室温が管理基準値 28 を上回っている物件があったが、事務機器などの発熱による影響と考えられ、他の全ての対象室の温度は管理基準値の 28 以下で制御されていた。大阪では、秋季と冬季の室内温度は概ね管理基準値を満足しているが、夏季の室内温度は 16 室のうちの 10 室の中央値が 28 を超えていた。また、第 3 四分位数（75percentile）が 30 に達している対象室は少なくないことから、夏季における温度の適正な管理が必要である。

東京では、秋季における相対湿度の中央値または第 3 四分位数が管理基準値下限の 40%を下回る対象室が多く見られた（9 室中 6 室）。冬季は、殆どの建築物で第 3 四分位数が 40%を下回っており、冬季の低湿度問題が再確認された。夏季では、個別空調方式を採用している一部建築物で第 3 四分位数が管理基準値上限の 70%を上回ることがあったが、他は概ね良好であった。

大阪では、秋季に低湿度を示す物件が一部に存在し（15 室中 8 室）冬季では 16 室中の 2 室の中央値のみが 40%を上回った。さらに、16 室中の 11 室の相対湿度の中央値が 30%以下と低湿度環境となっていた。

絶対湿度としては 22 、45%RH を満足するための絶対湿度 0.0073 [kg/kg(DA)]より低く加湿不足にあることが明らかになった。

本調査で対象とした建築物では CO₂ 濃度 1000ppm 未満で管理されていた。在室者率、一人当たりの CO₂ 発生量、室有効容積率などを仮定して試算すると換気量は設計基準とされている 30～35m³/(h・人)より多い建築物が多く、十分な換気能力を有していることが明らかになった。

東京地域の建築物を対象に行った総合温冷感評価において、秋期における PMV 値は空調の立ち上がり時の-0.5~+0.5 から上昇し、執務時間帯では 0~+1 の範囲にあり、概ね良好であった（予測不快者率 PPD：20%以下）。冬期は、執務時間帯の PMV 値は-0.5~+0.5 の範囲にあり、PPD は 10%以下と良好な環境であった。夏季には、執務時間帯の PMV 値は+1~+1.5 と PPD は 30%から 40%強であり、室内温度が 27 と高めに設定されていることが原因と考えられる。室内負荷の大きなオフィスビルでは秋期や冬期の様な暖房負荷時よりは夏季の冷房負荷時により厳しい環境にあることが分かった。

浮遊細菌濃度では全てが日本建築学会 AIJES-2013-A02 の管理規準である 500cfu/m³ を満足する結果となったが、冬期の浮遊細菌濃度が高い建物が 2 件あり加湿水が汚染源であることが確認された。

中央方式より個別方式の建物での I/O 比 1 以上の割合が高かった。

浮遊真菌濃度において、冬期では学会管理規準である 50cfu/m³ を満足し、夏季の一部室で 50cfu/m³ を超えたが I/O 比の全てが 1 以下と、外気の影響によるものだった。

細菌叢（マイクロバイーム）の調査では、秋期には *Lactobacillus* spp が、冬期及び夏期には *Staphylococcus* spp. が、それぞれ最も高い割合で検出された。他に *Corynebacterium* spp.(コリネバクテリウム属)、*Staphylococcus* spp.(ブドウ球菌属)、*Lactobacillus* spp.(ラクトバシラス属)、*Sphingomonas* spp.(スフィンゴモナス属)、*Acinetobacter* spp.(アシネトバクター属)、*Pseudomonas* spp.(シェードモナス属)が検出されている。ヒトに対して病原性を有する種が検出されている。多くはヒトの口腔等の常在菌であり、特に乳幼児や高齢者等の免疫力の低いヒトに対して感染症を引き起こす日和見感染菌であった。

室内 PM2.5 濃度は 0.002~0.03 mg/m³ 程度であり、大気基準である「1 日平均値が 35 µg/m³ 以下」は下回っていた。また、I/O 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、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考えられた。

オフィス室内 ET 濃度は殆どが 0.5 EU/m³ 未満であり、外気濃度が室内濃度より高い傾向を示している。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オフィス内濃度は低いと言える。特定建築物におけるオフィス環境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が濃度低減に寄与していると考えられる。冬期に限った汚染源が存在するオフィスがあり、同時に採取した加湿水の ET 濃度測定結果から新しい水道水より高い濃度が確認された。

D. まとめ

空調分野における新技術の普及や建物の外皮性能の多様化などから、温度・湿度・気流の他に在室者の温熱感に影響する要素を含めた評価が必要になってくることも考えられる。室内温熱環境をより適切に評価するための指標として、温熱総合指標である PMV および SET*などを用いた評価も考慮すべきであろう。

また、特定建築物での浮遊粉じん濃度は低く抑えられているが、花粉、PM2.5 やナノ粒子など新たに考慮する必要がある環境要素も登場している。省エネルギーと関連した換気量の問題から CO₂ の管理基準濃度についても議論がされているところであり、社会要求には対応すべきであるが、短期間では露呈しない健康・衛生の観点からは安易に対応できる問題でもない。

日々進歩する技術と高まる社会要求に応えながら健康・衛生・快適性に加え生産性までを考慮できる室内環境作りのため今後も建築物環境衛生管理基準に関するエビデンスを蓄積すると共にそのあり方について提言していく。