

平成27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、統計情報センターから公表されている最新の全国のデータをもとに検討を行うと共に、東京都の協力により得られた空気環境に関する立ち入り検査結果の解析を行った。更に、特定建築物の冬期湿度の不適率増加の要因解明に資することを目的とし、上述の測定データを用いて、冬期の室内湿度に関する分析を行った。また、東京都及び大阪市にある事務用途の特定建築物において、建築物における環境衛生管理基準項目に加えて、新たな管理項目の測定方法についても検討を行った。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、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。そして、建築物衛生環境管理基準値の中で、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。

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物等に関するアンケート調査を実施する。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う。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、高度化が求められる。しかしながら、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 特定建築物立ち入り調査による現状把握

建築物衛生法では対象となる特定建築物においてその環境衛生管理基準値が定められ、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素、気流、浮遊粉じんの6項目について2カ月以内ごとに1回測定することとされている。近年、温度、相対湿度、二酸化炭素の濃度の不適率が上昇する傾向にあることを本研究の関連研究で既に報告されていることから、引き続き特定建築物における環境衛生管理の現状を把握することとした。

本研究では独立行政法人統計情報センターより公表されている、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を用いた。この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ある。建築物維持管理項目は、帳簿(1項目)、空気環境の調整(16項目)、給水の管理(9項目)、雑用水の管理(9項目)、排水設備(1項目)、清掃(1項目)、防除(1項目)に、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、空気環境について報告する。

集計は建築物の維持管理項目ごとに調査件数及び不適件数を行っており、本研究では平成8年度から平成26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、東京都では建築物衛生法第11条第1項及び第13条第2項に基づき、特定区内の延べ床面積10,000m²を超える特定建築物に対してはビル衛生検査班が、多摩地区内の特定建築物については各保健所環境衛生係が立ち入り検査を実施している。ここでは、東京都の平成25年度立ち入り測定を行った実測値を用いて解析を行った。

B.1.2 東京都特定建築物の平成25年立入検査データによる冬期室内湿度に関する分析

省エネルギーのための換気量削減が、室内空気汚染物質の濃度を高め、いわゆるシックビルの危険性を高めることが知られている。二酸化炭素濃度の上昇は、省エネルギーを意図した換気量削減のあらわれである可能性がある。一方、換気量が減少すると室内絶対湿度が上昇し相対湿度も上昇すると考えられるが、冬期の相対湿度の上昇は見られない。このことから、加湿量の減少が進行していると推察される。省エネルギー策の一環として加湿量削減が図られている可能性も指摘される。室内湿度の生成機構から以上のような推察が可能だが、特定建築物の立ち入り検査では、換気量及び加湿量を得られないために、上記の推察の妥当性を直接確認することはできない。そこで、特定建築物の冬期湿度の不適率増加の要因解明を目的とし、東京都の冬期の立ち入り検査による測定データを用いて、冬期の室内湿度に係る室内湿気の発生量、換気などを考慮に入れ、室内相対湿度の現状について解析を行った。

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

本研究では、建築物の管理者及び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、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。

自記式調査票を調査対象の企業に配付し、郵送にて回収を行う。建築物の管理者又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)を実施する。管理者用調査では、事務所及び事務所が入居する建築物の維持管理状況などを、従業員用調査では、職場環境と健康状態などを質問する。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),揮発性有機化合物及び粒子状物質の気中濃度,真菌及び細菌の気中濃度,気中のエンドトキシン濃度を測定する。

調査票によるアンケートは2ヶ月に1回,温湿度・二酸化炭素は20分毎の連続測定,その他の項目は4ヶ月に1回の頻度で実施する。

なお,調査対象は東京都と大阪市に所在する事務用途の特定建築物とした。東京都の特定建築物は多数なため,延床面積1万平方メートル以上を対象とした。調査対象事務所の選定は,東京都健康安全研究センタービル衛生検査係と大阪市生活衛生課を通じた情報公開請求で得た情報をもとに行い,実態調査依頼書を建築物管理者に送付した。調査依頼は,届け出されている全ての施設(大阪市1543施設,東京都1582施設)を対象として調査依頼書を郵送した。調査依頼書の発送は,平成27年1月20日に実施した。その後,調査への協力可能との回答が得られた事務所を訪問し,調査に関する詳しい説明と調査への協力依頼を個別に実施して承諾を得た。

また,高層建築物で問題となる下層階から上層階に空気が流れる煙突効果について,これが要因となる建物内部の上昇気流による汚染の拡散への影響を上述の立ち入り検査時の空気環境測定データ及び高層建築物での空気質の実測により検討した。

B.3 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

近年,建築物の多様化及び省エネルギー対応などにより,建築物衛生法の管理基準に適合しない建築物の増加が続いている。また,微生物及び超微小粒子など建築物に関わる汚染要因も変化してきており,監視方法及び管理基準を含めた環境衛生管理のあり方を検討する必要があると考えられる。

このような背景を踏まえ,1999年頃より,温湿度及び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,本研究では,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。

本研究では,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,既存の書籍及び上記検索で入手した文献及び資料に掲載されている参考文献等を入手した。

(倫理面での配慮)

本研究では,環境衛生監視員及び建築物利用者に対して建築物等に関するアンケート調査を実施する。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う。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. 研究結果

本研究に関して,研究項目ごとにまとめる。

C.1 建築物における空気環境の衛生管理の現状

C.1.1 特定建築物立ち入り調査による現状把握

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不適率の最新動向の解析,及び東京都の立ち入り測定のデータを用いた室内空気環境の詳細な解析を行うことにより,下記の事柄が明らかになった。

・平成8年度から平成26年までの期間中,浮遊粉じん,CO,ホルムアルデヒド(統計開始平成15年度から),気流速度の全国の不適合率は数%であったのに対して,温度,湿度,二酸化炭素濃度は平成11年度から上昇し続けている。その間に顕著な上昇が見られたのは,平成11年度,平成15年度,平成23年度の3回であり,平成11年度は大規模な省エネ法の改正の翌年,平成15年度は建築物衛生法改正の翌年,平成23年度は東日本大震災であるため,その法改正や震災直後の節電などによる省エネが深く関わっていることが示唆された。

・平成 26 年度の東京都のオフィスビルにおける立ち入り測定データを用いた解析の結果、不適率は全国平均より低く、二酸化炭素濃度、温度、湿度の不適率はそれぞれ 10%(全国:25%)、0.8%(全国:32%)、12.7%(全国:56%)であった。東京都の調査対象の殆どは 10,000m² 以上の大規模なビルであり、性能の比較的よい空調・換気設備が備えられており、維持管理体制も充実している集団であることが寄与していると推察される。しかしながら、それでも相対湿度の不適率は 12.7% になっており、空調設備による夏期の減湿、とくに冬期の加湿が不十分であることが測定値からも認められた。大規模なビルでも、冬期の加湿が難しいことが浮き彫りとなり、その対策が必要である。

C.1.2 東京都特定建築物の平成 25 年立入検査データによる冬期室内湿度に関する分析

特定建築物の室内環境に関する基準の中で不適合率が最も高い相対湿度について、冬期に注目して人体からの水蒸気発生量、加湿装置の加湿量に関する分析を、東京都特定建築物の平成 25 年立入検査データを用いて行い、以下の知見を得た。

- ・二酸化炭素濃度から推定した一人あたりの換気量は対象によって大きくばらついており、換気量が一定の範囲に制御されているとすると、測定時の在室人数に大きなばらつきがあることが明らかとなった。
- ・二酸化炭素濃度から人体からの水蒸気発生量を推定し、加湿装置による加湿量を算出した結果、加湿装置加湿量におおきなばらつきがあることが明らかとなった。
- ・室内二酸化炭素濃度が基準値：1000ppm となる人数を想定して人体からの水蒸気発生量を推定した上で、相対湿度基準値を満たすための加湿装置加湿量を算出した結果、対象室の加湿量の平均は、相対湿度 40% を満たす程度を超えることが明らかとなった。
- ・室内二酸化炭素濃度基準として外気 + 650ppm を用いるとした場合、平均外気濃度が 433ppm と 350ppm よりも高いことによって、換気量が 1000ppm 基準の場合の 88% に低減されること、室内相対湿度を 40% にするために必要な加湿

装置加湿量は 83% に低減され、一定の省エネルギー効果があることが明らかとなった。但し、室内の汚染濃度については別途検討を要する。

C.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

東京都と大阪市に所在する事務所用途の特定建築物を対象に、東京都と大阪市の協力のもと、管内の届け出施設に調査依頼を行い、東京都 5 件、大阪市 6 件の事務所から実態調査（調査フロア数 24、調査対象者数約 651 名）の協力を得た。平成 27 年 6 月から順次、アンケート調査と室内環境の実測調査を計画通りに実施中である。

更に、空気環境に関して実態調査を行い、下記の項目が明らかとなった。

- ・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）については、東京都と大阪市内に所在する事務所用途の特定建築物を対象に、東京都 5 件、大阪市 6 件の事務所から実態調査（調査フロア数 24、調査対象者数約 651 名）の協力を得たうえで、平成 27 年 6 月から順次、アンケート調査と室内環境の実測調査を計画通りに実施中である。
- ・温湿度・二酸化炭素濃度の連続測定の結果から、多くの建物で温度、二酸化炭素濃度は基準値を満足していたが、相対湿度に関しては、基準値である 40% を下回る建物があり、特に冬期における加湿の対策が必要である。
- ・浮遊真菌と浮遊微粒子の結果から、個別空調方式の外気を取り入れる換気系統にはエアフィルタが設置されていないために、外気から多くの汚染物質が室内に侵入してきていることが明らかになった。外気からの汚染物質を除去するために換気系統にもエアフィルタを導入することが望ましい。
- ・化学物質については、ホルムアルデヒドの基準値、厚生労働省による指針値及び TVOC の暫定目標値を超過する建物はなく、比較的低濃度で良好な環境であった。
- ・PM_{2.5} 濃度測定結果も、0.002～0.03 mg/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」を下回った。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、外気からの侵入に対処する建物空調機（フィルタ）の特性が関係しているものと考えられた。

・エンドトキシンについては、本年度から新たに試みた測定である。室内環境では換気指標としてCO₂濃度を、化学物質汚染程度の指標としてTVOC濃度を用いているが、微生物は培養法が基本となっているため結果算出までは時間を要する。機械を用いた環境中細菌汚染度測定にはまだ確立した方法がなく、汚染指標として活用できる指標が望まれている。本研究では室内空気中の微生物汚染度を示すパロメータとしてエンドトキシンを挙げ、現場測定法の確立を目標に現場測定と実験を行った。

空気中エンドトキシン濃度の定量試験に干渉を起こす因子が複数存在したため、それらの干渉因子を排除する基礎試験と現場測定を平行して行った。本年度の結果を踏まえて次年度からは干渉影響のないフィルタを用いて実態調査を行うこととした。

・煙突効果による上層階での空気質悪化の可能性を検討した結果、上層階での汚染濃度増加の傾向が確認され、下層階からの汚染空気の上層階への移流による、上層階での汚染濃度の増加が示唆された。

C.3 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

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結果、低湿度におけるインフルエンザウイルスの活性、高湿度におけるカビ及びダニなどの微生物の増殖、低湿度におけるアレルギー及び粘膜刺激症状の増悪、低湿度におけるヒトでの静電気ショック、低湿度におけるSBS症状のリスクの増大等の相対湿度の健康等への影響に関する近年の複数のエビデンスは、現在の環境衛生管理基準である40%～70%が適正な範囲であることを示していた。

二酸化炭素濃度は健康影響の指標ではないとの議論もある一方で、低濃度の二酸化炭素そのものによる労働生産性への影響が示唆される報告があった。二酸化炭素に関する近年の複数のエビデンスが、低濃度域における二酸化炭素

濃度の上昇とSBS関連症状との関係を示していた。これらの結果から、現在の「1000ppm以下」に、環境衛生管理基準として妥当性があると考えられるが、本研究での疫学調査を通じて、また諸外国での研究状況等について、引き続きレビューを行っていく予定である。

1999年頃から温湿度及び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が、これらの増加が生じている原因として、省エネルギー対応が関わっているとの報告がある。

具体的な例としては、空調機及び換気設備の誤った使用方法による外気の導入不足、加湿器、空調機及び換気設備のメンテナンス不良など、空調機及び換気設備の維持管理に関わる問題が主な原因としてあげられている。従って、これらの維持管理に関わる問題に対するさらなる対応が必要と考えられる。

D. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Prevalence and risk factors associated with nonspecific building-related symptoms in office employees in Japan: relationships between work environment, Indoor Air Quality, and occupational stress. *Indoor Air* 25(5):499-511.
- 2) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Nonspecific building-related symptoms of office employees and indoor air quality of the work environment: a surveillance study for their relevance in office buildings in Japan. *Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2015*, ID424, 6 pages, 2015.
- 3) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Physicochemical risk factors for building-related symptoms: thermal conditions and combined exposure to indoor air pollutants. *Proceedings of the 14th international conference of Indoor Air Quality and Climate*, 7 pages, in press, 2016.

2. 学会発表

- 1) 東 賢一, 池田耕一. オフィスビル労働者のビル関連症状とリスク要因に関する全国規模の調査研究. 第 88 回日本産業衛生学会, 大阪, 2015 年 5 月 13 日-5 月 16 日.
- 2) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Nonspecific building-related symptoms of office employees and indoor air quality of the work environment: a surveillance study for their relevance in office buildings in Japan. *Healthy Buildings 2015 Europe, Eindhoven – The Netherlands*, May 18-20, 2015.
- 3) Azuma K. Indoor air quality and health effects in Japanese offices. *31st International Congress on Occupational Health, Seoul – Korea*, May 31-June 5, 2015.
- 4) 鍵 直樹, 柳 宇, 東 賢一, 金 勲, 大澤元毅. 建築物における空気環境衛生管理基準項目に関する実態調査. 平成 27 年度空気調和・衛生工学会大会, 秋田, 2015 年 9 月 16-18 日.

- 5) 東 賢一. オフィスビル労働者のビル関連症状と室内空気質に関する調査研究. 第 89 回日本産業衛生学会, 福島, 2016 年 5 月 24 日-27 日. (in acceptance)
- 6) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Physicochemical risk factors for building-related symptoms: thermal conditions and combined exposure to indoor air pollutants. *The 14th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium July 3-8 2016*. (in acceptance)

E. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む) 予定なし