

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基準の検証に関する研究

研究代表者 林 基哉 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

本研究は、平成 26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」に基づき、環境衛生管理基準不適合率上昇が顕著である空気環境を中心に 4 つの研究を行い、建築物衛生環境の効果的向上を図るための基準改正に資する科学的根拠を示す。平成 30 年度は以下を実施した。

基準案の検証（エビデンス整理）は、建築物環境衛生管理基準の空気環境項目について、国際的な動向や諸外国の動向および関連する近年の科学的知見等を整理し、温度及びPM_{2.5}について見直し等の検討が必要であることを示した。

測定評価法提案（ケーススタディー）は、空気環境の測定方法の提案を目的とし、ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、北海道、東京、大阪の実際のオフィスを 3 季節に分けて調査し、水平方向や垂直方向の温熱環境の分布を詳細に評価できることが確認された。

測定評価方法検証では、室内環境の測定及び健康影響に関するアンケートの測定対象について、特定建築物 3 件が得られた。建築物利用者の職場環境と健康状態の実態調査については、冬期と夏期に断面調査を実施した結果、ビル関連症状の有症率は、冬期夏期いずれにおいても最も有症率が高かったのが一般症状であった。

制度提案（自治体等ヒアリング）は、空気環境測定に関するアンケートの予備調査において、空気環境の測定点、測定時間、測定後の改善に関する課題が抽出できることが確認された。二酸化炭素濃度の不適合率の 1999 年以降の上昇要因の分析では、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量の削減、報告徴取率の増加が要因として挙げられ、今後も不適合率の上昇が続くことが予想されることが示された。

研究分担者

開原 典子 国立保健医療科学院
樺田 尚樹 産業医科大学
東 賢一 近畿大学
中野 淳太 東海大学
李 時桓 信州大学

研究協力者

大澤 元毅 元 国立保健医療科学院
金 勲 国立保健医療科学院
柳 宇 工学院大学
長谷川兼一 秋田県立大学
鍵 直樹 東京工業大学
奥村 龍一 東京都健康安全研究センター
齋藤 敬子 日本建築衛生管理教育センター
渡邊 康子 全国ビルメンテナンス協会
芳賀 健輔 全国ビルメンテナンス協会

A. 研究目的

本研究は、平成 26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」による、空気環境衛生基準、衛生管理体制、新しい健康リスク等に関する提案に基づいて、環境衛生管理基準不適率の上昇が顕著である空気環境を中心に4つの研究を行い、建築物衛生環境の効果的向上を図るための基準改正に資する科学的根拠を示すことを目的とする。

「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」では、空気環境衛生基準の項目等について、課題と対応案が以下のように示されている。温熱環境の項目では、温度不適率は上昇し、夏期の 28℃超が多い。冬期室温は比較的高く相対湿度低下の要因である。相対湿度不適率は非常に高く、加湿設備の設計から運用までの課題がある。気流も不適率が上昇し、冬期不快の要因である。放射なども含めた総合指標

(PMV 等)の利用が必要である。空気環境の項目では、二酸化炭素不適率が上昇し、個別式空調における換気不備、省エネルギーのための換気量削減、外気濃度上昇等の要因が指摘され、濃度評価法も含めた検討が必要である。一酸化炭素及び浮遊粉じん不適率は低いが、喫煙の影響を注視する必要がある。外気の PM2.5 が懸念されるが、室内発生やエアフィルタの検討が必要である。ホルムアルデヒド不適率も低いが、VOC による健康影響は注視する必要がある。この他、浮遊微生物、VOC、臭気、定期測定や立入検査の測定値の代表性、処理評価法、省エネルギー技術の課題(タスクアンビエント空調・パーソナル空調の空間分布、アースチューブの微生物等)がある。

本研究は4つの研究で構成し、それぞれの目的は以下の通りである。基準案の検証(エビデンス整理)では、「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」を整理補足して基準

案(基準の見直し、項目の追加・組替え)を作成し、適用効果と不適率への影響を明らかにする。測定評価法提案(ケーススタディー)では、基準案に対応した空気環境測定方法を提案し精度を明らかにする。測定評価法の検証(実建物試行)では、新たな測定評価法の有効性を明らかにする。制度提案(自治体等ヒアリング)では、自治体、ビルメンテナンス業の実情を踏まえ、基準案・測定評価法の実効性、制度の可能性を明らかにする。

以上のように、「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」の成果を活かし、実効性のある基準及び制度に向けた具体的な提案とその科学的根拠を示すことが、本研究の目的である。

B. 研究方法

本研究「建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究」を構成する4つの研究では、以下の方法によって30年度の研究を実施した。

B-1 基準案の検証(エビデンス整理)

平成 26-28「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」による環境衛生管理基準に関する提案及びエビデンスを踏まえ、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、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を入手した。また、平成 22 年度に実施した財団法人ビル管理教育センター(現、公益財団法人日本建築衛生管理教育センター)委託による「建築物環境

衛生管理基準の設定根拠の検証について」の報告書以降のエビデンスについて調査及び整理を行った。なお、2001年度にとりまとめられた建築物衛生管理検討会の報告については改めてその概要を記載した。

B-2 測定評価法提案（ケーススタディー）

空間の用途、空調方式、立地の多様性を考慮した、空気環境の測定方法の提案を目的とし、世界的に参照されている温熱環境基準の文献調査を行った。室内温熱環境基準であるASHRAE:55-2017 および ISO7730:2005 の文献調査を行い、ここに規定される温熱環境を評価するための測定方法を整理し、これらの基準を参考に空気環境測定法を提案して、実際の測定を通じてその有効性の検証を行う。

B-3 測定評価法の検証（実建物試行）

B-3-1 調査対象物件の建物特性

既往の測定法、及び、新たな測定評価法の有効性を明らかにするため、温度、相対湿度、二酸化炭素の含有量について 2 週間程度の連続測定を行う測定調査 1、及び、浮遊粉じんの量、浮遊微生物や化学物質などの空気環境項目及び空調機内部の汚れ具合などの調査を行う測定調査 2 について、協力の得られる特定建築物を選定し、その建物特性について整理を行った。

B-3-2 健康影響に関する検証

自記式調査票を研究対象の会社等に配付し、郵送等にて回収した。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）を実施した。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問い、従業員用調査では、職場環境と健康状態などを問うこととした。事務所 1 件あた

り管理者用調査票 1 部、従業員調査票は在室時間の長い従業員に対して 15 部配付した。なお、本研究は、人体から採取された試料を用いない観察研究である。

B-4 制度提案（自治体等ヒアリング）

B-4-1 空気環境測定に関する分析

特定建築物の空気環境測定の実態に関する本調査に先立って、空気環境測定者へのアンケート調査方法を検討し、試行結果に関する分析を行った。

B-4-2 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

特定建築物における建築物衛生管理基準項目の実態を把握し、基準検証及び行政監視指導方法を含めた制度提案の基礎とすることを目的とする。行政報告例の特性を踏まえた上で、外気濃度上昇と換気量削減による不適率上昇への影響について明らかにするために、JMP による分析と濃度不適率の数式モデルによる解析を行う。

C. 研究結果

C-1 基準案の検証（エビデンス整理）

空気環境の測定項目における近年の科学的知見において、温度では、日中の最大値として 28℃以下が望ましいこと、低温側では高齢者における血圧上昇、血中コレステロールの上昇、肺機能低下などの系統的レビューから 18℃以上が推奨されている。相対湿度では、低温乾燥状態ではインフルエンザウイルス、RS ウイルス、肺炎球菌、ライノウイルスへの感染リスクが増大することが複数の疫学研究で報告されており、23℃程度では 40%程度以上必要と推定された。二酸化炭素では、1000 ppm 程度の低濃度域における二酸化炭素濃度の上昇と生理学的変化（二酸化炭素分圧、心拍数等）及び

シックビルディング症候群 (SBS) 関連症状や小児喘息との関係が報告されている。また近年、1000 ppm 程度の低濃度の二酸化炭素そのものによる労働生産性(意思決定能力や問題解決能力) への影響が示唆されている。浮遊粉じんについては、1990 年代以降、 $10\mu\text{m}$ よりも小さい粒子のほうが肺の奥深くまで侵入してより強い生体影響を発現することが明らかとなり、2005 年には世界保健機関 (WHO) が循環器疾患に関する疫学調査に基づき $\text{PM}_{2.5}$ の空気質ガイドラインを公表し、諸外国では、ドイツが 2008 年、フランスが 2010 年、カナダと台湾が 2012 年に $\text{PM}_{2.5}$ の室内空気質ガイドラインを策定しているなど、 $\text{PM}_{2.5}$ 対策に移行している。一酸化炭素では、WHO が有害性の再評価を行い、一酸化炭素への長期曝露によって、感覚運動能力の変化、認識能力への影響、感情や精神への影響、循環器系への影響、低体重児出生などとの関連が報告されてきたことから、2010 年に室内空気質ガイドラインとして $7\text{mg}/\text{m}^3$ (24 時間値、6.1 ppm、長期間曝露) を新たに加えている。その他では、厚生労働省化学物質安全対策室や WHO が室内空気汚染物質の指針値の新設や見直しを検討中である。エビデンスのレビューは、次年度以降も継続し、最終年度にとりまとめる予定である。

C-2 測定評価法提案 (ケーススタディー)

温熱環境に関する快適性の基準が時代の要請に合わせて改定されているのに対し、測定方法には大きな変更が見られないことが確認されたため、ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、北海道、東京、大阪の実際のオフィスを 3 季節に分けて調査した。従来の測定法に比べ、水平方向や垂直方向の温熱環境の分布を詳細に評価できることが確認された。今後は、不均一な環境形成を目的とした空調方式の建

物を対象とし、精度検証を進めていく必要がある。

C-3 測定評価法の検証 (実建物試行)

C-3-1 調査対象物件の建物特性

温度、相対湿度、二酸化炭素の含有量について、2 週間程度の連続測定 (測定調査 1) に協力できると 22 件から回答が得られた。また、この 22 件のうち、測定調査 1 に加え、浮遊粉じんの量、浮遊微生物や化学物質などの空気環境項目及び空調機内部の汚れ具合などの調査 (測定調査 2) に協力できると 16 件から回答が得られた。今後は、これらの物件等について、既往の測定法、及び、新たな測定評価法の有効性を明らかにするために、主要空間の代表点の温湿度、放射、二酸化炭素の含有量の連続測定、以上の測定項目の空間分布、に加えて総合温熱指標 (PMV、SET*等)、一酸化炭素の含有量、浮遊粉じん、 $\text{PM}_{2.5}$ 、化学物質、細菌・真菌、エンドトキシンの季節ごとの測定を行う予定である。

C-3-2 健康影響に関する検証

建築物利用者の職場環境と健康状態の実態調査については、冬期の断面調査として、平成 30 年 1 月 5 日に 500 社に対してアンケート調査を依頼した。本調査では、非特定建築物と比較評価するために、非特定建築物も約半数含めた。また、建築物の調査数を補うために、別途、東京と大阪の 6 つの事務所にもアンケート調査を依頼した。その結果、2018 年 4 月 3 日時点で 184 社、1961 名からアンケートの回答を得た。次年度にデータ解析を実施する予定である。

C-4 制度提案 (自治体等ヒアリング)

C-4-1 空気環境測定に関する分析

首都圏 (東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県)

の空気環境測定の実務者 56 名の協力を得て、アンケート調査を試行した結果、空気環境測定に関するアンケートによって、空気環境の測定点、測定時間、測定後の改善に関する課題が抽出できることが確認された。

C-4-2 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

建築物衛生管理基準の不適率が持続的に上昇している二酸化炭素濃度に注目し、その要因分析を行った結果、1999 年以降の上昇の要因に、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量の削減、報告徴取率の増加がある。それらの影響は持続的に増大しており、今後も不適率の上昇が続くことが予想される。報告徴取率が増大していない東京都等の一部の自治体では不適率が上昇していない。これらの自治体では、立入検査等による監視指導の効果によって、外気濃度の上昇や省エネルギーに伴う換気量の削減の影響が抑制されている可能性がある。

D. 結論

本研究「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」を構成する 4 つの研究「基準案の検証(エビデンス整理)、測定評価法提案(ケーススタディー)、測定評価法の検証(実建物試行)、制度提案(自治体等ヒアリング)」について本調査及びまとめの段階となっている。

基準案の検証(エビデンス整理)では、最新知見によって基準改正の対象候補となる項目決定の基礎が得られた。

測定評価法提案(ケーススタディー)では、主に温熱環境に関する評価方法の進歩が大きい中で、温度、湿度、気流等の温熱環境に関する基準の追加、組み換えの提案に資する知見が示された。

測定評価法の検証(実建物試行)では、測定評価法の提案に基づく実物件での検証の準備

として、対象建物の選定及び属性分析を行うとともに、衛生管理、室内環境と健康影響に関する調査を行い、分析を行っている。

制度提案(自治体等ヒアリング)では、実効性のある基準の見直しのための基礎として、行政報告における不適率上昇の分析、自治体における立入検査及びその報告に関する状況把握として空気環境測定の実態に関する調査方法を確立した。

E. 研究発表

E.1 論文発表

- 1) 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.
- 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, 2018.
- 3) 東 賢一. 住環境の健康リスク要因とそのマネジメントに関する国内外の動向. *日本衛生学雑誌* 73(2):143–146, 2018.
- 4) 岸 玲子、吉野 博、荒木敦子、西條泰明、東 賢一、河合俊夫、大和 浩、大澤元毅、柴田英治、田中正敏、増地あゆみ、湊屋街子、アイツバマイゆふ. 科学的エビデンスに基づく『新シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル(改訂新版)』を作成

して. 日本衛生学雑誌 73(2):116-129, 2018.

- 5) 東 賢一. シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する国内での取り組みについて. ビルと環境 第 161 号, pp. 51-55, 2018.
- 6) 東 賢一. 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響. 室内環境 21(2):113-120, 2018.
- 7) 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.
- 8) 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.

E.2 学会発表

- 1) 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.

- 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. The 15th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, July 22-27 2018.
- 3) 東 賢一、鍵 直樹、柳 宇、金 勲、長谷川兼一、島崎 大、開原典子、櫻田尚樹、林 基哉、小林健一、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と建築物の規模に関する断面調査. 第 92 回日本産業衛生学会, 名古屋, 2019 年 5 月 22 日-25 日. (in acceptance)
- 4) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. The effects of the total floor area of a building on building-related symptoms in air-conditioned office buildings: a cross-sectional study. ISES-ISIAQ 2019 Joint Meeting, Kaunas, Lithuania, August 18-22, 2019. (in acceptance)