

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、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して、環境衛生管理基準不適率上昇が顕著である空気環境を中心に文献調査、実態調査、統計分析などを行い以下の知見を得た。

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を検討するための基礎が得られた。WHO などの動向に対応した温度、一酸化炭素、PM2.5 の基準の検討、厚生労働省が示した新たな化学物質濃度指針値に対する特定建築物における実態調査、SVOC などの新たな基準への対応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）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。ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

測定評価法の検証（実建物試行）では、気化式の加湿設備や空調の個別方式が急増している今般の状況に対応するための一つの方法として、ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を用い、快適感や温冷感等の指標を用いる可能性を示し、事務所ビルを例として検証を行いその有用性を示した。

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、自治体における立入検査及びその報告の基になる定期的な空気環境測定の実態を把握した。適切な測定の実施が難しい状況が、不適率のデータに影響している可能性があることを示した。

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  
島崎 大 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 東京都多摩立川保健所  
齋藤 敬子 日本建築衛生管理教育センター  
関内 健治 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研究を実施した。

### B1. 基準案の検証（エビデンス整理）

国際機関や国内外の室内環境規制に関する報告書、関連学会の資料、関連論文をインターネットおよび文献データベースで調査した。近年、主だった活動が見受けられた世界保健機関（WHO）及びその欧州地域事務局（WHO 欧州）、ドイツ、フランス、カナダを主な調査対象国とした。また、国際シンポジウムや国際ワークショップに参加し、国際的な動向や諸外国の動向に関する情報収集や情報交換を行った。

### B2. 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った。

### B3. 測定評価法の検証（実建物試行）

#### B3.1. 測定評価法の検証と夏期および冬期の室内温湿度の課題

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、実空間の測定結果と流体計算実建物データを用いて、その実用性（精度、代表性、時間、費用、不適率への影響等）の検証を行うとともに、実建物の温度、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い夏期および冬期の課題を抽出した。

#### B3.2. 健康影響に関する検証

自記式調査票を調査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。

## B4. 制度提案（自治体等ヒアリング）

### B4.1. 空気環境測定に関する分析

全国の特定建築物の空気環境測定業者に対して、空気環境測定の実態に関するアンケート調査を1171名に対して行い、745名の回答（回答率63%）を得た。ビルメンテナンスに関するアンケート調査が2回にわたり行われた。なお、1回目（平成30年8月実施）と2回目（令和2年1月実施）の間に、中規模建築物の受託の有無（受託している／受託していない）を調査している。中規模建築物の受託のある企業1,047件に対し、1回目および2回目の調査を合わせて409件（39.1%）の有効回答を得た。

### B4.2. 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し、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った。

## C. 研究結果

### C1. 基準案の検証（エビデンス整理）

現行の管理項目に新規に追加する必要性をとり

まとめた。また、学術的に近年検討されており、今後の検討を要する項目を述べている。昨年度とりまとめた結果に対して、2019年度の調査結果を追加および更新している。

## C2. 測定評価法提案（ケーススタディー）

ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、北海道、関東、東海、近畿、九州の実際のオフィスを夏季と冬季に分けて調査した。また衛生管理基準と最新の温熱環境基準による評価結果を比較した。提案した測定方法と最新の評価基準により、季節・建物規模・空調方式の特徴を分類できることがわかった。健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

## C3. 測定評価法の検証（実建物試行）

### C3.1. 測定評価法の検証と夏期および冬期の室内温湿度の課題

実測対象室について数値解析モデルを作成し、輻射解析、日射解析を行うとともに、すべての座席に発熱量 50 W/h の発熱人体モデルを設置し、温度、PMV について解析を行った結果、①精度と②代表性および③不適率への影響等については、既往の測定法より現状をより適切に捉えるが、④時間と⑤費用については、既往の測定法より負担が大きい。一方で、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い、夏期と冬期の室内温湿度特性を分析したところ、気化式の加湿設備や空調の個別方式が増えている今般の状況が不適率の増加に寄与していると考えられた。今後の評価法の検証において、個別空調の運用管理手法の情報整備を加える必要があることが指摘された。

### C3.2. 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、2017年度から2019年度にかけて、

室内の空気環境項目の測定と従業員に対するアンケート調査を冬期および夏期に実施した。特定建築物において、冬期では合計 19 件で 183 名、夏期では合計 17 件で 185 名からアンケート調査と測定結果を得た。

室内環境項目とビル関連症状との関係について解析を行った結果、夏期では、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、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、平均濃度で日本建築学会の細菌の維持管理規準を下回っていたが、細菌の種類と毒性に基づいた規準ではないことから、そ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。

## C4. 制度提案（自治体等ヒアリング）

### C4.1. 空気環境測定に関する分析

空気環境の測定者に対するアンケート調査の結果、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された。空気環境の測定点については、適切でない場合があるとの回答が 23%あり、その理由は在室者やテナントなどへの配慮が挙げられた。一日に 2 回測定できない場合については 7%であり、同様の理由が挙げられた。また、在室者がいない状況での測定については 56%、休日など空調が運転されない場合の測定については 40%で、その理由は在室者への配慮、依頼主から要請が多かった。不適合の場合の原因追及のための測定ができない場合があるとの回答は、25%であった。その原因は、在室者への配慮、依頼主の依

頼、契約上の制限など、が挙げられた。以上のように、空気環境の測定は、使用状況、依頼主やテナントの要望などの影響を受けることによって、適切な実施が難しい場合があることが確認された。このような実態は、例えば、在室者がいない場合の測定が多い用途では、二酸化炭素濃度の不適率が低くなるなど、行政報告例における不適率の特性にも影響していると考えられる。また、正しい測定が難しい状況は、空気環境自体の悪化の要因となる可能性が否定できないことが指摘された。

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結果では、一部で特定建築物と同程度の水準であったものの、十分な衛生状態にあるか不明の点もあると思われた。しかしながら、仕様書（発注内容）の問題により適切な衛生管理が実行できず、衛生状態に関するクレームや問題等が発生したことはないとの回答が75%となっており、その実態の把握には今後の調査や検討が必要であると思われる。

#### D. 結論

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。WHOなどの動向に対応した温度、一酸化炭素、PM2.5の基準の検討、厚生労働省が示した新たな化学物質濃度指針値に対する特定建築物における実態調査、SVOCなどの新たな基準への対応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）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。ASHRAE 55基準に準拠した測定方法を提案し、健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

測定評価法の検証（実建物試行）では、気化式の

加湿設備や空調の個別方式が急増している今般の状況に対応するための一つの方法として、ASHRAE 55基準に準拠した測定方法等、快適感や温冷感等の指標を用いる可能性を示すとともに、事務所ビルを例として、建築物の大規模化と用途の複合化により、建築物の衛生管理が複数のテナントによって行われ、中央一括管理ができないこと、個別空調方式の使用が拡大してきたことの影響を踏まえることが必要であることを示した。

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、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を把握した。適切な測定の運用が難しい状況が、不適率のデータに影響している。これらを踏まえた測定評価法や制度の構築が必要であることを示した。

以上のように、国内外の空気環境基準、測定評価方法の動向、空気環境測定及び不適率の実態を踏まえた、空気環境基準の見直しの検討が必要であると考えられる。

## E. 研究発表

### 1. 論文発表

- 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) 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), 203-208, 2019.
- 3) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
- 4) 東 賢一. 建築物環境衛生管理基準の設定根拠と近年の科学的知見. 空気清浄; 57(5), 4-13, 2020.
- 5) 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), 41-45, 2020.

### 2. 総説

- 1) HAYASHI Motoya, KOBAYASHI Kenichi, KIM Hoon, KAIHARA Noriko. The state of the indoor air environment in buildings and related tasks in Japan (Review) . Journal of the National Institute of Public Health, No.69, 2020.2; pp.63-72.
- 2) 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の実態. 空気清浄 2020 ; 第 57 巻第 5 号 : 14-23.
- 3) 開原 典子. 特定建築物における温湿度環境の実態. 空気清浄 2020 ; 第 57 巻第 5 号 : 33-7.

### 3. 書籍

- 1) 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.

- 2) 東 賢一. [対策] 室内汚染対策/室内環境指針値、[物質編] マンガン及びその化合物. 大気環境の事典. 朝倉書店, 東京, 2019.

### 4. 学会発表

- 1) 金勲, 林基哉, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 建築物衛生法の特定建築物における空気環境の不適率 その1 空気衛生環境基準の不適率の現状, 第28回日本臨床環境医学会学術集会抄録集; 2019.6.22-23; 東京. PA-1.
- 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 建築物衛生法の特定建築物における空気環境の不適率 その2 室内二酸化炭素濃度の不適率の要因分析, 第28回日本臨床環境医学会学術集会抄録集; 2019.6.22-23; 東京. PA-2.
- 3) 林基哉, 小林健一, 金勲, 開原典子, 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1 特定建築物における空気環境不適率の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. pp.45-8.
- 4) 開原典子, 林基哉, 小林健一, 金勲, 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2 室内温湿度の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. p.49-52.
- 5) 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; 2019.9.18-20; 札幌. p.53-6.
- 6) 柳宇, 鍵直樹, 金勲, 林基哉, 開原典子, 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 4 中小規模ビルと特定建築物間の室内空気環境の比較, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. pp.57-60.
- 7) 中野淳太、小林健一、金勲、林基哉、開原典子、柳宇、鍵直樹、東賢一、長谷川兼一、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 5 建築物衛生法と国際温熱環境基準による室内温熱環境評価の比較, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. pp.61-4.
- 8) 林基哉、金勲、開原典子、小林健一、島崎大、東賢一、長谷川兼一、樺田尚樹. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 1 夏期室内環境の連続測定. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-6.
- 9) 開原典子、金勲、東賢一、長谷川兼一、島崎大、樺田尚樹、林基哉、小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 2 室内温湿度の実態と課題. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-7.
- 10) 金勲、林基哉、開原典子、東賢一、長谷川兼一、島崎大、樺田尚樹、小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 3 冷暖房期の CO<sub>2</sub> 濃度の実態調査. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-8.
- 11) 東賢一、金勲、長谷川兼一、島崎大、開原典子、樺田尚樹、林基哉、小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 4 ビル関連症状と建築物規模. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-9.
- 12) 長谷川兼一、東賢一、金勲、島崎大、開原典子、樺田尚樹、林基哉、小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その 5 室内環境と建築物規模. 第 78 回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-10.
- 13) 開原 典子, 林 基哉. 低湿度環境下における高齢者の生理量と心理反応の基礎的検討. 第 43 回 人間-生活環境系シンポジウム; 2019.11-30-12.1; 釧路. 抄録集. P.203-6.
- 14) 金 勲、林 基哉、柳 宇、菊田 弘輝、本間 義規、高齢者施設における室内環境の実態と課題 その 3 寒冷地域の施設における室内エンドトキシン濃度、令和 1 年室内環境学会学術大会講演要旨集; 2019.12.5-7; 沖縄. C-12, pp.384-5.
- 15) 中野 淳太、林 基哉、小林 健一、金 勲、開原典子、柳 宇、鍵 直樹、東 賢一、長谷川 兼一、李 時桓、建築物衛生法と ISO 基準による国内事務所建築の室内 温熱環境評価の比較、令和 1 年室内環境学会学術大会講演要旨集; 2019.12.5-7; 沖縄. C-17, pp.394-5.
- 16) 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.
- 17) 東 賢一、鍵 直樹、柳 宇、金 勲、長谷川兼一、島崎 大、開原典子、樺田尚樹、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.
- 18) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. Effects of the total floor area of an

air-conditioned office building on building-related symptoms: characteristics of winter and summer. The 16th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, November 1-5, 2020. (in acceptance)

- 19) 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室内空気汚染物質との関係に関する縦断調査. 第 93 回日本産業衛生学会, 旭川, 2020 年 5 月 13 日-16 日. (in acceptance)

## F. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし