

平成26～28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

近年、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）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。

建築物衛生法は建築物の衛生担保を、実施業者の装備や体制の整備、衛生管理技術者による監督指導、権原者の環境測定・報告、保健所等による行政監視など、重層的な管理により図っている。

しかし、建物の大規模化、用途の複合化、建築設備技術の革新、地球温暖化対策や自然災害にかかわる省エネルギー制約、外部環境の変化など、様々な状況に対応するためには、建築物衛生法における管理体制にも継続的な対応が不可欠である。

本研究は、建築物における環境衛生管理について本課題が実施した、現状の把握及び問題点の抽出、原因の究明、対策の検討などから得られた一連の研究成果に基づき、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。

研究分担者

柳 宇	工学院大学建築学部
東 賢一	近畿大学医学部
鍵 直樹	東京工業大学大学院
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

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

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。

（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、平成26年10月16日承認）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。

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

B. 結果

本研究が参照したサブテーマ(分担研究)と主な知見を以下に示す。

(1) 全国特定建築物立ち入り調査

立ち入り調査報告に基づく都道府県の空気環境の適合率(不適合率)に関する解析より、

- ・二酸化炭素濃度、温度、相対湿度の不適合率には、3回の顕著な上昇が見られた。1回目は平成11年度(相対湿度)、2回目は平成15年度(温度、相対湿度、二酸化炭素濃度)、3回目は平成23年度(温度、相対湿度、二酸化炭素濃度)であった。

それぞれ省エネ法改定と建築物衛生法改定の翌年、東日本大震災の年と重なる。

- ・温度の不適合率は、用途を問わず上昇し続けている。

- ・相対湿度は、空気環境6項目中の不適合率が最も高い項目で、全ての用途において不適合率が上昇し続けている。建物全用途の不適合率は、平成8年度に約20～35%であったが、冬季の低湿度による不適合率はさらに高い。

- ・気流の不適合率は1～3%と低い傾向。用途別の差もほとんど見られない。

- ・ホルムアルデヒド濃度の不適合率は、調査を開始したH15年度からH26年度まで全体的に不適合率が6%以内となっていたが、H27年度に百貨店の不適合率がはじめて9.7%に上昇した。

- ・浮遊粉塵濃度の不適合率の平均は、3%程度と低く、用途別の不適合率の差もほとんど見られない。

- ・一酸化炭素の含有率の不適合率は、1%未満と低く、大きな変化が見られず、用途別の差もほとんどない。

- ・二酸化炭素濃度の不適合率は、旅館を除き、上昇し続けている。学校と事務所の上昇が著しく、平成8年度の10%程度に比べ、平成27年には37%に上昇。

(2) 東京都立ち入り調査データ解析

東京都が特定建築物に対して実施した立ち入り検査の平成25年度立ち入り測定での実測値を用いて行った解析より、

- ・制御方式はゾーン制御が最多、全体制御、個別制御がそれに続く。

- ・加湿方式は気化式が過半を占め、蒸気式、水スプレーがそれに続く

- ・全熱交換機は、有りが199件、無しが117件であった。

- ・温度の不適合率は2.2%、相対湿度の不適合率は21%であった。

- ・二酸化炭素の不適合率は13.5%であった。

- ・一酸化炭素と浮遊粉塵不適合率は、いずれも0%であった。

- ・大規模なビルにおいても冬季の低湿度問題が顕著なことを浮き彫りにした。

(3) 東京都立ち入り検査データによる冬季室内湿度に関する分析

東京都特定建築物の平成25年立入検査データについて、冬季の室内温熱環境の形成機構に関する分析と、冬季の相対湿度に着目した適合・不適合建物の室内湿度に関する調査結果について行った検討により、

- ・換気量と関係なく室内湿度の調整が行われている

- ・室内の測定時における在室人数に大きなばらつきがある。

適合建物と不適合建物の絶対湿度中央値には、約3g/kg(DA)の差がある。

- ・適合建物の中央値付近の室内外絶対湿度差は、約5g/kg(DA)であった。

- ・省エネルギーの観点から、二酸化炭素濃度制御(換気量削減)を優先すると、室内空気汚染物質濃度の上昇をもたらす恐れがある。

- ・冬季湿度の不適合率増加の要因解明には、経年変動や地域性を加味した分析が必要。

(4) 建築物における衛生環境の実態と管理項目

東京及び大阪に建つ実際の建物において、年間連続測定と季節別の立入測定とアンケート調査を行った結果と経験より、

- ・女性のほうが各SBS関連症状のオッズ比が高かった。

- ・年齢では上気道症状で若い世代になるほどオッズが高かった。

- ・職種では企画・事務職のオッズ比が目の症状と上気症状で高かった。
- ・目の症状と一般症状ではこれらの因子で有意な関係はみられなかった。
- ・上気道症状では温度の低下，相対湿度の低下，絶対湿度の低下との間に有意な関係があった。
- ・加湿量の増加と上気道症状との間に有意な関係があったが，相対湿度や絶対湿度と加湿量は反比例の関係にあることから，本質的な原因は湿度の低下と考えられた。
- ・冬季の相対湿度は建築物環境衛生管理基準値の40%を下回るオフィスが大半であったことから，冬季の湿度低下が上気道症状のリスクを高めている原因となっている可能性が考えられる。

(5) 温湿度・CO₂濃度・総合温冷感(PMV)

東京及び大阪に建つ実際の建物において，温湿度・CO₂濃度・PMV について行った，連続測定の結果より，

- ・東京では，一カ所を除く対象室内温度は管理基準値の 17~28 の範囲に制御されていた。
- ・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 室中 10 室の中央値が 28 を超えており，夏季における温度の適正な管理が必要である。
- ・東京での湿度は，秋季・冬季ともに湿度基準 40%を下回る室が多く，低湿度問題が確認された。夏季は，個別空調方式のビルの室内相対湿度の 75%タイル値が管理基準上限の 70%を上回ったが，他は概ね良好であった。
- ・大阪での湿度は，秋季の 25%タイル値が 40%を下回る室が半数を越え，冬季の中央値が 40%を上回ったのは 16 室中 2 室のみであった。さらに，中央値 30%以下も 11 室あった。夏季の最大値は 70%を上回ったが，75%タイル値は管理基準値を満足した。
- ・冬季における湿度状況を見ると，温湿度の設計条件は概ね 22 ，45%に対し，実態絶対湿度は低く，加湿不十分であった。
- ・東京と大阪の秋季・冬季・夏季の二酸化炭素濃度(CO₂)は，季節を問わず，最大値は管理基準の 1000ppm を超えるが，中央値は全

て 1000ppm を大きく下回った。

- ・「1 日の平均値が管理基準値を満足すればよい」という条件で判定する実測調査では全てで管理基準値を満足した。
- ・中央方式空調を有するあるビルにおける，CO₂濃度と温度の測定結果より推定した，中央方式ビルにおける定常換気時の換気量は概ね設計外気量と同程度であった。
- ・個別方式空調を有する執務室においては，外気導入が空調機を介していないため，室内の温度変動に寄与している。なお，実測した入室者密度は一般の設計値の約半分程度であった。
- ・PMV (平均予測申告値，国際的温熱快適性指標)は，日によって異なるが，秋季の 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。なお，執務時間帯における冬季の PMV 値-0.5~+0.5 に対し，夏季は，+1~+1.5 とやや暑い側にあった。

(6) 生菌・細菌叢(マイクロバイーム)

- ・冬季の浮遊細菌濃度は，全てが日本建築学会の管理規準を満足する結果したが，加湿器近傍で他測定点の 2 倍以上の高い値を示し，加湿水中で増殖した細菌が室内空中に飛散したことが確認された。
- ・冬季の浮遊細菌濃度の I/O 比を空調方式別にみると，中央方式は 15 箇所中 6 箇所(40%)，個別方式は 8 箇所中 6 箇所(75%)の I/O 比が 1 以上となり，個別方式では，外気導入量が比較的多いことが I/O 比の上昇に寄与したものと考えられる。
- ・夏季の浮遊細菌濃度は全て管理規準値を満足したが，一部のビルで浮遊細菌濃度がおよそ 350cfu/m³ と他の測定箇所と比較して高い結果となった。
- ・冬季の浮遊細菌濃度の I/O 比を見ると，23 箇所中 I/O 比が 1 以上になったビルが 15 箇所，最高値は個別空調方式ビルにおける 14 であった。
- ・空調方式別に見ると，I/O 比が 1 以上は中央方式で 15 箇所中 9 箇所(60%)，個別方式で 8 箇所中 6 箇所(75%)であった。

・冬季の浮遊真菌濃度は、東京と大阪の各1カ所を除いた全ての室内と給気が日本建築学会管理規準を満足した。しかし、東京のビルの室内 *Aspergillus* sp. の濃度 562cfu/m³、I/O 比 10 以上が検出されており、更なる調査が必要である。

・夏季の浮遊真菌濃度は4カ所で 50cfu/m³ を超えたが、I/O 比の全てが1以下になっており、外気の影響を受けたものと考えられる。

・検出された細菌の主な特徴は下記の通り。なお、2015年秋季では *Lactobacillus* spp. が、2016年冬季・夏季では *Staphylococcus* spp. が、それぞれ最も高い割合で検出された。

・検出された属の主な属性の分布は、
生育特性
嫌気性 15、通性嫌気性 13、好気性 48、他
発生源
土壌菌 45、水生菌 42、ヒト由来 31、他
病原性
病原菌 30、日和見感染菌 22、不明 45、他
形状
桿菌 53、短桿菌 9、球菌 18、他
解析された細菌の中には、ヒトに病原性を有する種も検出された。

・病原性を有する種として検出されたのは、全て夏季のサンプルで、多くが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。

(7) 化学物質

・各測定点における各化学物質の最小、平均、最大値を見ても、ホルムアルデヒドの基準値及びその他の厚生労働省による指針値、TVOCの暫定目標値を上回るビルはなく、低い値となっていた。

(8) 室内 PM_{2.5}

・冬季の3件を除くオフィスの PM_{2.5} 濃度は 0.002~0.03 mg/m³ 程度と、大気環境基準値の「1日平均値 35 µg/m³ 以下」を下回った。上回った原因は、卓上の超音波式の加湿器と考えられる。

・これらの建物を除いた I/O 比を見ると、大

気環境基準の「年平均値 15 µg/m³」を超過する建物があった。

・I/O 比は 0.1 から 1 を超過する値となった。

・1 以上は、居住者数が多く室内発生量が多いこと、個別空調建物の全熱交換換気扇のエアフィルタの透過率が大きいことなどが考えられる。

・I/O 比の低い4カ所は中央方式であった。

・室内 PM_{2.5} 濃度については、外気からの侵入、外調機(フィルタ)の特性によると考えられる。

・粒径別個数濃度を見ると、粒径 0.3 µm 前後が最大透過粒径となるフィルタを持つ個別方式に外気からの侵入が多い。

・室内における粉じんは、主ピークが PM_{2.5} を占めていることから、その除去が室内 PM_{2.5} の制御には重要となってくる。

・粒径 2 µm 以上の方が高い値となったオフィスでは、人員由来の発生源が多いことから、室内での発生によるものと考えられる。

・建築物内で計数値に関する検討が、従来の粉じん計と同様に進めば、室内における PM_{2.5} の測定は可能と考えられる。

(9) エンドトキシン

・オフィスにおける室内エンドトキシン(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運用が濃度低減に寄与していると考えられる。

・1.0 EU/m³ を超える測定点は3点、特に冬季実測で室内濃度が 1.0 EU/m³ を大きく超える施設が1件(測定点2点)あった。夏季結果は低濃度であったことから冬季に限った汚染源が存在すると考えられる。

・汲み置かれた加湿水に、水道水より高い ET 濃度が確認されており、水の管理に気を配る必要が指摘された。

・ET はこのような菌種の同定はできず、定量

値として表すしかない限界はあるが、真正細菌の殆どをグラム陰性菌が占めることから、ET 高い濃度は細菌汚染度合いの高さを示唆できる。

- ・現段階における本試験法には、菌種の同定ができない、菌種によるET発生量の違いが明確でない、培養法と比較したデータがないため既存のcfu値との相関が示されていない、ET濃度と人体影響の相関が明確でない、などが限界として挙げられる。
- ・課題は残されているが、環境中細菌汚染の分かりやすい試験法や指標が望まれており、ET濃度は現場測定や分析の利便性・精度などの面から室内環境における空気中細菌汚染の指標として十分活用の可能性が期待される。

(10) 高層建築物における煙突効果と空気質

・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が、上層階での汚染濃度の増加が示唆された。

(11) アンケート結果と環境要素の関係

アンケート調査と室内環境の実測調査に関する縦断調査により、

- ・上気道症状では温度の低下、相対湿度の低下、絶対湿度の低下との間に有意な関係がみられた。
- ・冬季の相対湿度は建築物環境衛生管理基準値の40%を下回るオフィスが大半であったことから、冬季の湿度低下が上気道症状のリスクを高めている原因となっている可能性が考えられた。

(12) 空気調和設備に関する法整備の在り方に関する検討

- 自由記載の中からの意見として、
- ・湿度の意識を高めること、結露や加湿のポイントなどを周知することが必要である。
 - ・用途毎の基準値の設定、構造的に加湿器の設置を義務化すること、設計段階の標準条件の見直しなどがあり、これらには、
 - ・測定時の設置及び運用に関する適切なマニュアル整備・普及などの対応が効果的である

と考えられる。

- ・建築物衛生法、建築基準法、労働安全衛生法事務所衛生基準規則を比較検討した結果、建築基準法に、個別空調方式の記載がないこと、湿度を調整するための加湿器の記載、浄化のためのエアフィルタの設置など曖昧な部分を指摘した。

事務所衛生基準規則は、空気の基準として供給空気を対象としており、建築基準法及び建築物衛生法に規定している室空気とは異なること

などを指摘した。

- ・これらを統一して整理を進め、可能ならば設備の設置にまで踏み込むことができれば、基準値の不適合率の改善に効果が期待できる。

(13) 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

以下の項目について基準値設定の根拠と海外基準の状況について調査結果を示した。

- ・温湿度の基準値設定の根拠
- ・相対湿度の基準値設定の根拠
- ・二酸化炭素の基準値設定の根拠
- ・温湿度に関する諸外国の基準
- ・相対湿度による健康等への影響に関する近年のエビデンス
- ・二酸化炭素による健康等への影響に関する近年のエビデンス

(14) 空気環境の不適率上昇傾向に関する分析と調査

・行政報告に示された報告徴取及び立入検査を含む調査数の全国合計値は、2007年以降増加傾向にあり、その主な要因として、一部の自治体で報告徴取を大幅に導入したことが挙げられる。

・調査数が増加した自治体の浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、気温、相対湿度、気流の不適率の増加傾向が顕著である。

・以上より、自治体の報告徴取及び立入検査への取り組み状況が空気環境の不適率に影響することが明らかとなった。より詳細な分析による不適率上昇傾向の機序に関する研究が

必要であることが確認された。

・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により、報告徴取に定型様式を持つ者は4割以下と、報告徴取・立入検査の手順や求める情報に差があり、次の段階で行われる適合/不適合の判断基準が必ずしも統一されておらず、恣意が入ったりバラつきを生じさせるおそれがあること等が明らかになった。

C. まとめ

現状の課題認識と対応の方向性を、環境要素別に列記する。

温度

個別空調の普及などで在室者からのフィードバックが反映されやすい一方で、空調設備の品質、運用管理の巧拙や過度な省エネ設定などに影響を受けやすいことから、全体的な不適率は現在も上昇傾向にある。さらに省エネ施策は歴史的にも影響が顕著なことが明らかで、温暖化対策の一環として平成29年4月から省エネ設計が義務化されるため、健康影響も懸念される。

近年も夏季の28超過、冬季の冷放射、空間的な温度差などが観察されており、建築及び空調技術の足並みをそろえた改善と、利用者・管理者側のリテラシー向上の両面から啓発努力が必要と考えられる。

また、タスクアンビエント空調、パーソナル空調、個別制御可能なエアコンなど、均質・定常を前提としない空調方式の普及が進んでおり、局所的な分布や一時的な変動が健康性を損なわないように、それらを的確に評価できる簡易で効果的な測定法の開発と、総合的な指標・評価方式の検討が望まれる。

また、国内の行政監視部局が報告する測定・判定、或いは技術的助言に一定の共通基盤を持たせることも、喫緊の課題と考えられる。

相対湿度

全国的な不適率は高止まり状態にあり、過度の乾燥が懸念される事態が続いている。空調の加湿機能(能力)低下、過剰換気、室内温度差が原因と見られるが、加湿水汚染、省エネ、換気制御方法等と関連することから、管理基準の整備、設計時の指導、管理者の運用改善などが望まれる。当面緊急性が高い対応としては、在室者数に応じた換気量の適正設定に関する注意喚起、加湿器の設置・運用基準の整備と啓発がある。

気流

現行基準における不適合率は低水準だが、冷風・乾燥風による不満は頻発しており、他の温熱要素の運用を阻害している場合がある、より詳細・総合的な指標の採用検討が望まれる。

二酸化炭素

換気量の減少と外気濃度の上昇に伴い、不適合率は全国的に上昇傾向にある。安直な温暖化対策として換気削減が進行しないよう配慮が必要。但し、実直な管理を行っている大型ビルでの実態調査では、比較的高度な管理がされていた点には配慮が必要。管理基準については世界的にリスク見直しが進められており、今後の情勢は流動的。

一酸化炭素濃度

不適合率は低水準である上、燃焼廃気に係るため、リスク管理の観点からも見直しは困難。

浮遊粉じん

現行基準における不適合率は低水準で当初の役割は終えている。将来的には禁煙・分煙措置のマーカ―として機能する可能性がある。

なお、個別空調機器等のフィルタ性能が不十分な場合、外部からの汚染侵入が懸念されるPM2.5や花粉対策に(測定法に工夫が必要だが)望まれる可能性はある。

ホルムアルデヒド

不適合率は低水準であるが(アレルギー対応、TVOCやCS対応などのために)規制対象物質を拡大する場合は見直しを要する。

その他

浮遊微生物、VOC、エンドトキシンなど、実効性と実現性に配慮して活用検討の継続が必要である。なかでも微生物とエンドトキシンに関しては、新しい知見が蓄積過程にあり、さらなる注視が必要であろう。

また、**行政監視体制・運用**等に関する現状の課題と対応の報告性を列記する。

監視職員の世代交代と技術継承

環境衛生部局の世代交代、職員数の減少などから技術の継承が難しくなる場合が生じている。

専門性を涵養する機会を得にくい

省エネ、高齢対応、新型空調設備など、対応すべき事項は増えるなか、小規模組織が増えており、情報の共有・獲得が難しくなっている。(研修にはマニュアル、Q&A志向が強い)

近年の不適合率変動と行政監視体制の変化の関連性も示唆されており、注意を要する。

上記の多様な課題に対処するには、建築物衛生法に係る環境衛生管理(監視・指導・啓発・審査・立入り)規定の見直しと行政監視体制の整備、並びに人材開発の推進が望まれる。