

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

## 建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究

平成29年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 林 基哉

平成30(2018)年3月

# 目 次

I . 総括研究報告	-----	1
建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究		
林基哉		
II . 分担研究報告		
第 1 部 基準案の検証	-----	7
1 . エビデンス整理に基づく基準案の検証		
東賢一、櫻田尚樹、林基哉		
第 2 部 測定評価法提案	-----	33
1 . 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		
中野淳太、開原典子、李時桓		
第 3 部 測定評価方法の検証	-----	41
1 . 調査対象物件の建物特性		
開原典子、中野淳太、東賢一		
2 . 健康影響に関する検証		
東賢一、開原典子、中野淳太		
資料 建築物利用者の室内環境と健康に関するアンケート調査、		
管理者用調査票・従業員用調査票（フェーズ 1）		
第 4 部 制度提案	-----	69
1 . 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出		
林基哉、櫻田尚樹、開原典子		

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 29 年度は以下を実施した。

基準案の検証(エビデンス整理)は、既往研究を整理して基準案(基準の見直し、項目の追加・組替え)を作成し、適用効果を明らかにすることを目的とし、温度、相対湿度、二酸化炭素、浮遊粉じん、一酸化炭素、化学物質など、について国内外の最新の知見に基づいて、建築物衛生管理基準の見直しを行う必要性に関する情報整備を行った。測定評価法提案(ケーススタディー)は、基準案に対応した空気環境測定方法を提案し、その精度を示すことを目的とし、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、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を示した。測定評価法の検証(実建物試行)は、新たな測定評価法の有効性を明らかにすることを目的とし、調査対象物件の建物特性と健康影響に関する検証に関する研究デザインを行った。制度提案(自治体等ヒアリング)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、制度の可能性を示すことを目的に、不適率増加について分析して定期的測定データを利用した報告徴取の増加が不適率増加の一因であることを確認するとともに、自治体ヒアリングにより立入検査及び報告徴取の方法の改善について検討した。

研究分担者

櫻田 尚樹 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  
中野 淳太 東海大学  
李 時桓 信州大学

研究協力者

大澤 元毅 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  
杉山 順一 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

## 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。

「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、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 29 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った。

#### B-3 測定評価法の検証（実建物試行）

測定評価法の提案に基づく測定評価法の検証を目的とし、29年度には調査対象物件の建物特性と健康影響に関する検証などの、研究デザインを行い、調査を開始した。

##### 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の準備として、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 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出

自治体及びビルメンテナンス実務者に対するヒアリング及びアンケート調査のための準備として、維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出、自治体等ヒアリングに基づく報告の現状について、検討を行った。

はじめに、基礎資料となる建築物衛生法建築物衛生管理基準の行政報告データにおける不適率の状況把握のための分析を行った。1996年度から2016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、不適数等を用いて、不適率の傾向を確認した。また、空気環境に関する不適率上昇傾向の機序の解明に向けた基礎的な分析を、統計解析ソフトJMPを使用して行った。

#### 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

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 $\mu$ 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 PM<sub>2.5</sub> 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 PM<sub>2.5</sub> の室内空気質ガイドラインを策定しているなど、PM<sub>2.5</sub> 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 mg/m<sup>3</sup> (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、PM<sub>2.5</sub>、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 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出

ほとんどの衛生管理項目の不適率には顕著な傾向がないが、空気環境の湿度、気温、二酸化炭素の不適率は、持続的に増加して高いレベルに達している。ビルメンテナンス業による定期的測定データを利用して判断される報告徴取の増加がこの一因であることが確認された。これまで、定期的測定結果に不適値が含まれていても、立入検査による総合判断で適合判断が行われていたが、報告徴取ではこのような判断にならないことが、原因として挙げられる。従って、適・不適の判断がより明確に行える測定評価法が必要であると考えられる。しかし、不適率上昇の原因は、報告徴取の増加のみと断定することは出来ない。省エネルギーによる設定温度の変更や暖冷房期間の短縮は、気温の不適率上昇をもたらすと共に、冬期の設定温度抑制は気化式加湿器における加湿量減少をもたらし、湿度の不適率を上昇させると考えられる。また、個別空調による個別の暖冷房換気の制御が、空気環境の不適率上昇の要因になることが考えられる。

#### D . 結論

平成 29 年度は本研究の初年度にあたり、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）の 4 つの研究について本調査及び分析の準備及び開始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つつある。

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開始した。

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、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を行い、制度的な対応の必要性に関する知見を得た。

#### E . 研究発表

##### E.1 論文発表

- 1) 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.
- 2) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017*, ID0022, 6 pages, 2017.
- 3) 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.

- 4) 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, in press, 2018.
- 5) 東 賢一. 室内空気質規制に関する諸外国の動向. *環境技術* Vol.46, No.7, pp. 4-9, 2017.
- 6) 東 賢一. 室内環境汚染による健康リスクと今後の課題. *臨床環境医学* 26(2):82–86, 2017.
- 7) 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): in press, 2018.

## E.2 学会発表

- 1) 東 賢一、柳 宇、鍵 直樹、大澤元毅. 低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見. 第 90 回日本産業衛生学会, 東京, 2017 年 5 月 11 日-5 月 13 日.
- 2) 東 賢一. 健康リスク学から見た現状と今後の展望 人の健康の保護と持続可能な発展 . 第 26 回日本臨床環境医学会学術集会, 東京, 2017 年 6 月 25 日.
- 3) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Healthy Buildings Europe 2017*, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.
- 4) 東 賢一. 世界保健機関の住宅と健康のガイドライン. 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月 13 日.
- 5) 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. (in acceptance)
- 6) 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. (in acceptance)
- 7) 開原典子, 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 柳宇, 東賢一, 鍵直樹. 特定建築物の室内空気環境データの分析. 空気調和・衛生工学会大会; 2017.9; 鹿児島. 同学術講演論文集. p.81-84 .
- 8) 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 開原典子, 東賢一. 特定建築物の空気環境に関する研究 (第 2 報) 空気環境基準の不適合率に関する分析. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017.10; 鹿児島. 抄録集. P-2103-7 .



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）  
分担研究報告書

1. 基準案の検証

研究分担者 東 賢一 近畿大学医学部 准教授  
研究分担者 林 基哉 国立保健医療科学院 統括研究官  
研究分担者 櫻田 尚樹 国立保健医療科学院生活環境研究部 部長

研究要旨

近年、建築物の多様化や省エネルギー対応などより、建築物衛生法の管理基準に適合しない建築物の割合が増加している。また、微生物や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、監視方法や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。そこで本研究では、建築物環境衛生管理基準の空気環境の測定項目である、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドに関して近年の科学的知見を整理する。また、特定建築物における空気環境を中心に、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除といった、環境衛生管理基準規定項目に係る実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物の範囲拡大も含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的根拠を明らかにすることを目的としている。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 PM2.5 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 PM2.5 の室内空気質ガイドラインを策定しているなど、PM2.5 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 mg/m<sup>3</sup> (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。

## A . 研究目的

### A.1 エビデンス整理に基づく基準案の検証

近年、建築物の多様化や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割合が増加している。また、微生物や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、監視方法や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。

そこで本研究では、建築物環境衛生管理基準の空気環境の測定項目である、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドに関して近年の科学的知見を整理する。また、特定建築物における空気環境を中心に、給排水の管理、清掃、ねずみ等の防除といった、環境衛生管理基準規定項目に係る実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物の範囲拡大も含めた適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的根拠を明らかにすることを目的としている。

本研究で得られた成果は、建築物衛生法の適用範囲の検討に資するものであり、今後の建築物衛生行政における施策の立案に寄与するものである。

## B . 研究方法

### B.1 エビデンス整理に基づく基準案の検証

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を入手した。なお、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」の報告書で同様のエビデンスの整理を行っている<sup>1),2)</sup>。そこで、こ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。

## C . 研究結果および考察

### C.1 エビデンス整理に基づく基準案の検証

建築物における衛生的環境の確保に関する法律(建築物衛生法)(昭和45年4月14日法律第二十号)「第四条第一項」では、「建築物環境衛生管理基準」を規定している。ここでは、特定建築物の所有者、占有者その他の者で当該特定建築物の維持管理について権原を有するものは、政令で定める基準に従って当該特定建築物の維持管理をしなければならないと規定されている。建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令(以下、建築物衛生法施行令)は、1970年(昭和45年)10月12日に公布されている。その後、幾多の改正を経て、

2004年(平成16年)3月19日に改正された施行令(政令第四六号)が現在施行されているものである。建築物衛生法施行令に規定されて

いる建築物環境衛生管理基準において、空調設備を設けている場合の空気環境の調整に関する基準は以下の通りである。

	項目	管理基準値	備考
瞬間値	温度	17 以上 28 以下 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしない	機械換気の場合は適用しない
	相対湿度	40 %以上 70 %以下	機械換気の場合は適用しない
	気流	0.5 m/秒以下	
平均値	浮遊粉じん量	0.15 mg/m <sup>3</sup> 以下	光散乱法などの測定器を使用
	二酸化炭素	1000 ppm 以下	外気がすでに 10 ppm 以上の場合は 20 ppm 以下
	一酸化炭素	10 ppm 以下	
	ホルムアルデヒド	0.1 mg/m <sup>3</sup> (0.08 ppm) 以下	新築・大規模修繕後等の 6 月 1 日～9 月 30 日の期間内

建築物環境衛生管理基準は、空気環境の調整、給水および排水の管理、清掃、ねずみ・昆虫等の防除に関し、環境衛生上良好な状態を維持するために必要な措置について定めている。本基準は建築物内部の人工的な総合環境を網羅した管理基準であり、この管理基準を遵守するため、建築物の所有者は権原者として、管理技術者を選任し、管理項目に沿った維持管理を実施する義務が課せられている。本基準は制定後 50 年近く経過した現在、維持管理関係者に広く浸透し、衛生規制として重要な役割を担っている。また、対象外施設の維持管理基準やガイドラインとしても広く参考とされ、活用されている。以下、空気環境の測定項目である、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドに関して近年の科学的知見を整理した。

#### C.1.1 建築物衛生管理検討会の報告

2001年(平成13年)10月に発足した建築物衛生管理検討会では、建築物衛生上の新たな

課題に対応した建築物環境衛生管理基準の在り方等について検討を重ねていた。この検討会の報告書から、当時の建築物環境衛生管理基準の見直しに関する見解を以下に示す(建築物衛生管理検討会: 建築物衛生管理検討会報告書、厚生労働省健康局生活衛生課、平成14年7月)。(1) 温度

温度は、健康で快適な室内環境条件を維持する上で、代表的な指標の1つである。温熱環境の快適性は温度だけでなく湿度、気流及び放射熱(輻射熱)によっても影響を受けること、着衣量や活動強度等によって各個人の温冷感は大きく違うことから、建築物の利用者全員に生理的・心理的に満足が得られる温度管理を行うことは困難である。

しかし、室内温度と外気温度の差を無視した過度の冷房により、感冒などの呼吸器の障害、下痢や腹痛などの消化器の障害、神経痛や腰痛などの筋・骨格系の障害、月経不順などの内分泌系の障害など、いわゆる「冷房病」などが生じることがある。また、冬の寒冷は、脳卒中や

循環器疾患、呼吸器感染症などの罹患率の上昇を招く。一方、室内温度の上昇は、居住者の体力の消耗や、建材などからの化学物質の放散量の増大をもたらすことになる。したがって、室内環境における適切な温度管理は重要である。

現行の基準値「17度以上28度以下」については、現在の温熱環境の実態からは下限値の「17度」はかなり低い値であるといった問題点や、夏季、冬季、中間期とで基準を区別すべきとの意見もある。これについては、今後、基準値とは別に、望ましい値（指針値）を定め普及啓発を図るなど、よりきめ細かな維持管理が行えるような対応も必要である。

## （2）相対湿度

夏季の高湿度状態は、暑さに対する不快感を高めるだけでなく、アレルギー疾患等との関連が指摘される好湿性真菌やダニの増殖を招きやすくなる。一方、冬季の低湿度状態は、気道粘膜を乾燥させ気道の細菌感染予防作用を弱めるとともに、インフルエンザウイルスの生存時間が延長し、インフルエンザに罹患しやすい状況になる。また、アトピー性皮膚炎や気管支喘息などのアレルギー疾患の患者では、低湿度が増悪因子となる。このため、適切な湿度管理が必要であり、現行の基準においては、「40%以上70%以下」と定められているところである。

特定建築物における相対湿度の不適合率（全国平均）は、過去25年にわたって30%前後（平成12年度は30.8%）で推移しており、建築物環境衛生管理基準の中で最も不適合率の高い項目である。湿度管理の実態については、特に、冬季においてこの基準に定める湿度の確保が困難であることが、空気調和設備の設計者や維持管理の従事者等から指摘されている。

また、省エネルギーの観点から実用化しつつある、低温送風（大温度差送風）等の新しい空

気調和の方式では、夏季冷房時に低湿な空気環境となることがある。運転条件によっては相対湿度が40%以下になることがあるが、夏季には相対湿度が低い場合においても、生理的・心理的に満足を得る水蒸気量を確保できるのではないかと指摘がある。

このようなことから、相対湿度の下限値については、夏季は相対湿度が40%以下になっても加湿の必要はない旨を規定する、冬季には衛生的環境の確保の観点からは40%を維持すべきであるが、現状では、換気装置の性能等に問題があり30%を下回る極端な低湿度状態の建築物が少なからず存在している現状があることから、最低限確保すべき湿度として35%を基準値とし、これを下回る低湿度状態の建築物に対する指導を重点的に行うことが望ましい、といった意見もある。

このことについては、現時点においては、主としてインフルエンザウイルスの生存時間の観点から基準値の引下げを合理化する科学的知見は得られていないので、基準値を改訂するには至らないが、現在、温湿度条件とインフルエンザウイルスの生存時間の関係についての再現試験が行われており、この結果が得られ次第、相対湿度の基準値を再検討することが適当であると考えられる。

## （3）気流

適度な気流は、温熱環境の快適性を維持するため、また、室内空気の混合・攪拌による均質化の点から有効である。気流が1メートル/秒増すと体感温度が3度程度下がるので、比較的高い温度設定の冷房運転でも涼しさを維持できることから、適度な気流を維持することは省エネルギーの観点からも有効である。ただし、気流が速くなると、体温調整機能に変調を来すおそれもあることから、現行では、「0.5メートル毎秒以下」と定められている。

この基準値は、冷房の吹き出し気流が直接当たらないような室内の全般的な気流の人体に対する影響にかんがみれば、適当な水準であると考えられる。

#### (4) 二酸化炭素の含有率

二酸化炭素は、少量であれば人体に影響は見られないが、濃度が高くなると、倦怠感、頭痛、耳鳴り等の症状を訴える者が多くなることから、また、室内の二酸化炭素濃度は全般的な室内空気汚染を評価する1つの指標としても用いられていることから、二酸化炭素の含有率は「百万分の千以下」と定められている。良好な室内空気環境を維持するためには、1人当たり概ね30m<sup>3</sup>/h以上の換気量を確保することが必要であるが、室内の二酸化炭素濃度が1,000ppm以下であれば、この必要換気量を確保できていると見なすことが可能である。

エネルギー消費を節約する観点から、過度に換気する必要はないものの、衛生的な空気環境を維持するためには、二酸化炭素濃度が現行の基準値以下になるよう、今後とも適正に管理することが必要である。

#### (5) 浮遊粉じんの量

室内の浮遊粉じんの発生源としては、室内に堆積又は付着している粉じんが人の活動によって飛散したもの、室内での喫煙など物質の燃焼に起因するもの、外気中の浮遊粉じんが室内へ流入したものなどが考えられる。

特定建築物における浮遊粉じん量の不適合率は、例えば東京都平均では、昭和46年から昭和52年にかけて、毎年50%を超過していたが、その後経時的に漸次低下している。全国平均では、昭和52年には21.9%であったのが、平成12年度には2.2%となっている。このように、室内環境における浮遊粉じん量が低下し

ている理由としては、空気浄化技術が高度化していること、室内の禁煙や分煙化が進んでいること等が考えられる。

現行では「空気1立方メートルにつき、0.15ミリグラム以下」と定められているが、浮遊粉じん量は、空気環境の快適性の指標となるものであり、合理的に達成でき得る限り低減することが望まれる。今後、室内の浮遊粉じんの形状、粒径、化学組成等の性状や挙動の把握を行い、また、有害性等についての科学的知見を踏まえ、基準値や測定方法について再検討することが適当であると考えられる。

#### (6) 一酸化炭素の含有率

一酸化炭素は室内では、石油、ガス等の燃料の不完全燃焼等により発生する。現行では、一酸化炭素中毒を防止する観点から、含有率は「百万分の十以下」と定められているが、この基準値は、一酸化炭素の人体に対する影響にかんがみれば適当であると考えられる。

### C.1.2 温熱環境

#### (1) 温度

温度に関しては、世界保健機関(WHO)が開発中である住宅と健康のガイドライン(Housing and Health Guidelines)で検討が行われている(WHO, 2013)。これは、住宅が関連する健康リスクとして、極度な温熱(cold and heat)による疾患や死亡が報告されてきたからである。温度に関するエビデンスについては、WHOのガイドラインの公表後にとりまとめるが、2016年以降のエビデンスについて以下の検索を行い、その結果をまとめた。

pubmed 検索 : ("indoor temperature" health) AND ("2016/01/01"[Date - Publication] : "3000"[Date - Publication])

検索結果 : 32 件

検索日 : 2017 年 11 月 16 日

研究	研究デザインと対象	曝露	結果
Jevons et al, 2016	イギリスの冬期の住宅を対象とした室温の低温閾値の系統的レビュー	・イギリス及び同様の気候の国で実施された研究の系統的レビュー	室温の低下が 18 程度から一般住民での健康影響が生じ始めることから、デスクワークあるいは生活活動強度が低く適切な着衣を有する人での低温閾値として 18 を推奨
van Loenhout et al, 2016	オランダの一般住宅居住の 113 名の高齢者、5 月~8 月の約 4 ヶ月間の縦断研究	・居間の室温平均 20.9 ( 17.5-26.6 ) 24.0 ( 19.9-28.8 ) 24.2 ( 21.0-29.1 ) 25.4 ( 22.3-30.2 ) ・寝室の室温平均 19.3 ( 15.7-25.5 ) 23.6 ( 19.7-27.9 ) 23.8 ( 20.1-28.2 ) 25.1 ( 20.8-29.3 )	に比べて 1 度以上では睡眠障害、疲労、頭痛、息苦しさ、のどの渇きを呈する割合が大きく上昇
Shiue 2016	イギリスの一般住宅居住の 7997 名の高齢者、2 年間の縦断研究	・室温 18 未満の居住者と 18 以上の居住者を比較	18 未満の居住者では、血圧の上昇、握力低下、ビタミン D の低下、血中コレステロールの上昇、白血球数の低下、肺機能の低下がみられた
Uejio et al, 2016	ニューヨーク市で夏期に救急受診した 764 名	・室温 26 度超の居住患者	室温 26 度超の居住患者の呼吸器疾患のオッズ比 1.63 ( 95%CI, 0.95-2.68 )
Azuma et al, 2017	東京、大阪、福岡の冬期 11 オフィス事務所の 107 名、夏期 13 オフィス事務所の 207 名、断面研究	・冬期 22 ~ 27 ( 平均 24.1 ) ・夏期 24 ~ 28 ( 平均 26.7 )	冬期の温度 1 度増加と上気道症状のオッズ比 1.55 ( 95%CI, 1.11-2.18 )
東ら, 2017	東京と大阪の 11 の建	・温度の日最小平均値	1 度低下と上気道症状の調

	建築物の 24 オフィス事務所の 483 名、1 年間の縦断研究	18.5 ~ 28.5 ・温度の期間最小値 16.9 ~ 29.0	整オッズ比 日 最 小 平 均 1.27 (1.04-1.54) 期 間 最 小 値 1.14 (1.02-1.27)
Saeki et al, 2017	奈良県の一般住宅居住の 1095 名の高齢者 (平均 71.9 歳) 断面研究	低温 (室温 14.1 未満)、中温 (14.4 ~ 17.9)、温暖 (17.9 超) の 3 群	室温の低下とともに血小板数が低下、温暖群に比べ低温群では有意に血小板数が増加 (血小板数の増加は血液の凝集 冠動脈性心疾患に関係)
Wang et al, 2017	温度と居住者の血圧に関する系統的レビューとメタ分析	2016 年 1 月までの論文を検索、1 低下による収縮期 (SBP) および拡張期血圧 (DBP) を分析	外気温の日平均 1 低下で SBP と DBP が有意に上昇、室温 1 低下で SBP が有意に上昇 (DBP はデータ不足) 循環器疾患関連の状態にある居住者でより大きく上昇、 <u>外気温より室温のほうが血圧上昇への影響大</u>

van Loenhout らの研究からは、日中の瞬時最大値としては 28 以下が望ましいと考えられる。低温側については、Jevons の系統的レビューから、18 以上が推奨されている。Shiue の研究からも、18 未満になると高齢者で血圧上昇、血中コレステロールの上昇、白血球数の低下、肺機能の低下がみられており、Saeki らの研究からは、低温の高齢者グループで血小板数の増加が観察されている。Wang らの低温と血圧に関する系統的レビューでは、室温 1 低下に関するメタ分析で SBP の上昇がみられており、外気温よりも室温のほうが血圧上昇への影響が大きいと報告されている。

< 参考文献 >

Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H (2017) Physicochemical risk

factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Sci Total Environ.* doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.147. [Epub ahead of print]

Jevons R, Carmichael C, Crossley A, Bone A (2016) Minimum indoor temperature threshold recommendations for English homes in winter - A systematic review. *Public Health* 136:4-12.

van Loenhout JA, le Grand A, Duijm F, et al (2016) The effect of high indoor temperatures on self-perceived health of elderly persons. *Environ Res* 146:27-34.

Saeki K, Obayashi K, Kurumatani N (2017) Platelet count and indoor cold exposure

- among elderly people: A cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. *J Epidemiol* 27:562–7.
- Shiue I (2016) Cold homes are associated with poor biomarkers and less blood pressure check-up: English Longitudinal Study of Ageing, 2012-2013. *Environ Sci Pollut Res Int* 23:7055–9.
- Uejio CK, Tamerius JD, Vredenburg J, et al (2016) Summer indoor heat exposure and respiratory and cardiovascular distress calls in New York City, NY, U.S. *Indoor Air* 26:594–604.
- Wang Q, Li C, Guo Y, et al (2017) Environmental ambient temperature and blood pressure in adults: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ* 575:276–86.
- WHO (2013) WHO Housing and health guidelines. Public Health and Environment e-News, WHO Geneva, July 2013.
- 東賢一 (2017) 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 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) 分担研究報告書.
- (2) 相対湿度
- 相対湿度に関しては、「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(東賢一, 内山巖雄: 建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について. 建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書, 財団法人ビル管理教育センター, 2011) およびその後の知見を含めて、ウイルス感染、ダニやカビによる微生物汚染、アレルギー症状、静電気、粘膜(目、鼻、喉)や皮膚への影響を総合的に文献レビューし、相対湿度の最適推奨範囲としては、40～70%が推奨範囲であるとまとめていた(東ら, 2016)。
- とりわけ下限側については、目の刺激症状や角膜前涙液層(PTF: 角膜表面を被覆している涙液層)の変質等に関する近年の疫学研究や実験データから、相対湿度の下限値については 40%以上が推奨されている(Wolkoff, 2008)。また、日本の研究からも、低湿度の 30%や 35%ではシックビルディング症候群の症状(鼻症状、息切れ、めまい等)が有意に増加することから、相対湿度の目標値については 40%以上が推奨されている(齊藤ら, 2015)。著者らの研究でも、相対湿度の冬期における環境基準不適合と目の刺激や上気道症状との有意な関係がみられていた(東, 2013)。





			絶対湿度低下の最大値 0.5 g/m <sup>3</sup> 1.58 ( 1.28-1.96 )
Paynter, 2015	インフルエンザウイルスとRSウイルスの感染性と湿度に関するレビュー	インフルエンザ、RSウイルス、耐性、生存、生存率、湿度で文献検索	低温、乾燥状態では両ウイルスの感染力は増強、熱帯多雨の季節ではインフルエンザウイルスのエアロゾル感染は減少するが、両ウイルスとも接触感染は増加するかもしれない（表面の液滴中での生存が増加）RSウイルス感染は雨季の増加が観察されている
Ikäheimo et al, 2016	ヒトのライノウイルス(HRV)の感染リスクに関する呼吸器症状を呈する 892 名の徴集兵のケースクロスオーバー研究	感染前 3 日間の平均値 ・温度：-9.9 ± 4.9 °C ・絶対湿度：2.2 ± 0.9 g/m <sup>3</sup>	HRV 感染リスクのオッズ比 温度低下の平均値 1 1.08 ( 1.01-1.17 ) 温度変化の最大値 1 1.08 ( 1.01-1.17 ) 絶対湿度低下の平均値 0.5 g/m <sup>3</sup> 1.13 ( 0.96-1.34 ) 絶対湿度低下の最大値 0.5 g/m <sup>3</sup> 1.20 ( 1.03-1.40 )
Liu et al, 2016	2009年～2012年における中国の16歳以下の下気道感染症の入院患者と気象データの解析	外気の温度と相対湿度	下気道感染症（B型インフルエンザ菌、肺炎球菌、RSウイルス等）の入院患者は温度低下と相対湿度低下で上昇
Davis et al, 2016	1980年～2009年にニュージーランドで発生したインフルエンザと肺炎死亡率と気象データ解析	外気の温度と露点温度	発症前の低温度と低露点温度（低湿度）が死亡率の増加と関係
Azuma et al, 2017	東京、大阪、福岡の冬期 11 オフィス事務所の 107 名、夏期 13 オフィス事務所の 207 名、断面研究	・冬期 25 ~ 44% ( 平均 35.4% ) ・夏期 50 ~ 70% ( 平均 59.0% )	冬期の相対湿度 1%低下と皮膚症状のオッズ比 1.27 ( 1.01-1.59 )
東ら, 2017	東京と大阪の 11 の建	相対湿度	10%低下と上気道症状の調

	<p>築物の 24 オフィス事務所の 483 名、1 年間の縦断研究</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・期間平均値 18.3 ~ 64.7%</li> <li>・日最大平均値 20.7 ~ 69.7%</li> <li>・日最小平均値 16.0 ~ 60.0%</li> <li>・期間最小値 12.0 ~ 54.0%</li> </ul> <p>絶対湿度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・期間平均値 0.00 ~ 0.01</li> <li>・日最大平均値 0.01 ~ 0.02</li> </ul>	<p>整オッズ比</p> <p>期間平均値 1.25 (1.02-1.54)</p> <p>日最大平均 1.25 (1.01-1.52)</p> <p>日最小平均 1.27 (1.04-1.54)</p> <p>期間最小値 1.25 (1.04-1.49)</p> <p>0.001 低下と上気道症状の調整オッズ比</p> <p>期間平均値 1.11 (1.02-1.20)</p> <p>日最大平均 1.10 (1.01-1.19)</p>
<p>Guan et al, 2017</p>	<p>鳥インフルエンザウイルス (AIV) の温湿度による不活性化に関する実験研究</p>	<p>H9N2 と H6N2 を粗面 (パイン材) と平滑面 (ステンレスやガラス) のキャリアに沈着して 28 日間培養、ウイルスの感染性 (活性化日数) を評価</p>	<p>ウイルスの活性化日数</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・5.2 g/m<sup>3</sup> (23°C・25%) では 14 日間 (粗面) と 28 日間 (平滑面)</li> <li>・9.9 g/m<sup>3</sup> (35°C・25%) や 11.3 g/m<sup>3</sup> (23°C・55%) では粗面で 0.76 日以下、平滑面で 1.71 日以下に短縮</li> <li>・11.3 g/m<sup>3</sup> から 36.0 g/m<sup>3</sup> に増加するとさらに短縮</li> </ul>
<p>Wolkoff, 2017</p>	<p>室内環境における外眼部の症状に関する文献レビュー</p>	<p>個人要因、環境要因、職業要因について包括的にレビュー、2012 に公表した著者の既往レビューのアップデート</p>	<p>既往レビューと同様に、低湿度は外眼部の症状に關与することを指摘、但し、ポータブル加湿器の使用は目の症状を増悪したとの報告があることから、加湿器の適切な維持管理と過度な消毒剤の使用を避けることを指摘</p>

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いる。また、インフルエンザウイルスとライノウイルスへの感染リスクは感染

前の絶対湿度の低下率と強く関係していることが示唆されている。鳥インフルエンザの不活性化実験では、絶対湿度の増加が大きく関係していることが報告されている。相対湿度であらわすと、23 程度では 40%程度以上必要と推

定される。日本の2つの研究において、湿度の減少とシックビルディング症候群との関係が示唆されている。

<参考文献>

- Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H (2017) Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. *Sci Total Environ*. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.147. [Epub ahead of print]
- Davis RE, Dougherty E, McArthur C (2016) Cold, dry air is associated with influenza and pneumonia mortality in Auckland, New Zealand. *Influenza Other Respir Viruses* 10:310–3.
- Guan J, Chan M, VanderZaag A (2017) Inactivation of Avian Influenza Viruses on Porous and Non-porous Surfaces is Enhanced by Elevating Absolute Humidity. *Transbound Emerg Dis* 64:1254–61.
- Ikäheimo TM, Jaakkola K, Jokelainen J, et al (2016) A Decrease in Temperature and Humidity Precedes Human Rhinovirus Infections in a Cold Climate. *Viruses* 8. pii: E244, doi: 10.3390/v8090244.
- Jaakkola K, Saukkoriipi A, Jokelainen J, et al (2014) Decline in temperature and humidity increases the occurrence of influenza in cold climate. *Environ Health* 13:22, doi: 10.1186/1476-069X-13-22.
- Liu Y, Liu J, Chen F, et al (2016) Impact of meteorological factors on lower respiratory tract infections in children. *J Int Med Res* 44:30–41.
- Paynter S (2015) Humidity and respiratory virus transmission in tropical and temperate settings. *Epidemiol Infect* 143:1110–8.
- Wolkoff P (2008) “Healthy” eye in office-like environments. *Environmental International* 34: 1204–14.
- Wolkoff P (2017) External eye symptoms in indoor environments. *Indoor Air* 27:246–60.
- 東賢一 (2013) 建築物利用者の職場環境と健康に関するアンケート調査. 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究, 平成 24 年度総括・分担研究報告書, 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, 厚生労働省, 東京.
- 東賢一 (2016) 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 27 年度総括・分担研究報告書, 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, 厚生労働省, 東京.
- 東賢一 (2017) 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 28 年度総括・分担研究報告書, 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, 厚生労働省, 東京.
- 齊藤宏之ら (2015) 冬季オフィス環境における低湿度と自覚症状との関連性. 平成 27 年室内環境学会学術大会抄録集, pp. 222–223.
- (3) その他の指標  
気流については、「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(東賢

一、内山巖雄: 建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について. 建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書, 財団法人ビル管理教育センター, 2011) でレビューを実施していないことから、建築物衛生法が施行された 1970 以降のエビデンスについて以下の検索を行ったが、有用なエビデンスは得られなかった。気流は温熱快適性の指標として評価

されているため、健康との関係についてはほとんど研究がなされていないと考えられる。なお、気流を含めた温熱環境 6 要素の指標として PMV (predicted mean vote: 予測平均温冷感申告) があることから、PMV についても同様に検索を行ったが、有用なエビデンスは得られなかった。

pubmed 検索 : (indoor airflow health) AND ("1970/01/01"[Date - Publication] : "3000"[Date - Publication])

検索結果 : 120 件

検索日 : 2017 年 11 月 17 日

pubmed 検索 : (indoor "wind velocity" health) AND ("1970/01/01"[Date - Publication] : "3000"[Date - Publication])

検索結果 : 11 件

検索日 : 2017 年 11 月 17 日

pubmed 検索 : (indoor PMV health) AND ("1970/01/01"[Date - Publication] : "3000"[Date - Publication])

検索結果 : 9 件

検索日 : 2017 年 11 月 17 日

### C.1.3 二酸化炭素

二酸化炭素に関しては、「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(東 賢一, 内山巖雄: 建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について. 建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書, 財団法人ビル管理教育センター, 2011) およびその後の知見を含めて総合的に昨年度まで文献レビューを行ってきた。

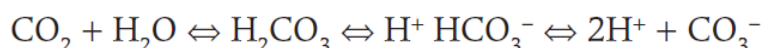
その結果、1000 ppm 程度の低濃度域における二酸化炭素濃度の上昇と生理学的変化(二酸化炭素分圧、心拍数等)及びシックビルディング症候群(SBS)関連症状との関係が見受けら

れ、生理学的変化は二酸化炭素によるものと考えられるが、SBS 症状については二酸化炭素によるものか、他の汚染物質との混合曝露によるものかはさらなる検証が必要(特に長期間曝露の影響)ではあるが、建物内の二酸化炭素の室内濃度を 1000 ppm 以下の低濃度に抑えることで、これらの健康影響を防止できると考えられたこと、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おり、今後のさらなる検証が求められることをとりまとめた(東ら, 2016;2017; Azuma et al, 2017)。

二酸化炭素濃度と健康等への影響のまとめ（東ら, 2017; Azuma et al, 2017）

CO <sub>2</sub> 濃度	生理変化	精神運動機能	症状	室内基準等
500 ppm 以上	pCO <sub>2</sub> , 心拍数, 心拍変動, 血圧, 末梢血液循環		700 ppm 以上でシックビルディング症候の症状	
1,000 以上		認識能力（意思決定, 問題解決）	学童の喘息症状の増悪	居住空間における室内空気質指針値
5,000 以上				労働環境基準（8時間加重平均値 TAW）
10,000 以上	呼吸数増加, 呼吸性アシドーシス, 代謝性侵襲（血中 Ca や尿中燐濃度の低下）, 脳血流増加, 分時換気量増加			
50,000 以上	めまい, 頭痛, 混乱, 呼吸困難			
100,000 以上	激しい呼吸困難に続き, 嘔吐, 失見当, 高血圧, 意識消失			労働環境基準（短時間限界値 STEL）

- ・血液の pH 低下や CO<sub>2</sub> 増加は、ヘモグロビンから酸素を離れやすくする
- ・血液中の CO<sub>2</sub> 増加では炭酸脱水酵素の働きで水素イオンと重炭酸イオンを生成



そこで今年度は、2017 年以降のエビデンス た。

について以下の検索を行い、その結果をまとめ

pubmed 検索：(indoor “carbon dioxide” health) AND (“2017/01/01”[Date - Publication] : “3000”[Date - Publication])

検索結果：28 件

検索日：2017 年 11 月 17 日

研究	研究デザインと対象	曝露	結果
Carreiro-Martins et al, 2014	ポルトガルの保育所の 3186 名の平均年齢 3.1 歳の小児、断面研究	・ 酸化炭素濃度の中央値 1440 ppm ( 25 パーセントイル 1085-75 パーセントイル 1970 ppm	二酸化炭素濃度 200 ppm 増加による 12 ヶ月以内の喘鳴症状の調整オッズ比 1.04 (95%IC, 1.01-1.07)
Carreiro-Martins et al, 2016	ポルトガルの保育所の 1191 名の平均 43 ヶ月齢の小児、断面研究	・	二酸化炭素濃度 200 ppm 増加と喘息診断の調整オッズ比 1.10 (95%IC, 1.00-1.20)
Maula et al, 2017	36 名のボランティアによる実験室での実験研究	それぞれ 4 時間曝露 ・ 実験室 A : 外気導入量 28.2 l/s ・ 人 (CO <sub>2</sub> level 540 ppm) ・ 実験室 B : 外気導入量 2.31 l/s ・ 人 (CO <sub>2</sub> level 2260 ppm)	実験室 A と比較して実験室 B では情報検索能力の低下 ( 労働生産性の 1 つとして評価 ) 作業負荷と疲労感の増加がみられた
Stephen et al, 2017	マウスへの吸入曝露による実験研究	・ 般空気、1000, 2000, 4000, 10000 ppm の二酸化炭素を 2 時間マウスに吸入曝露	・ 000 ppm と 4000 ppm 曝露では血中微粒子がそれぞれ 3.4 倍、4.1 倍と有意に増加した。好中球、血小板活性化、脳・筋肉・大腸での血管漏出がみられた ・ 中微粒子の IL-1 量が 2000 ppm と 4000 ppm でそれぞれ 3.8 倍と 9.3 倍に増加した ・ 実験では、低濃度二酸化炭素の吸入曝露による広範性血管傷害 ( 好中球が高濃度の IL-1 を含む微粒子産生を促進したため ) がみられた

<参考文献>

Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H (2017) A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017, ID0022, 6 pages.

Carreiro-Martins P , Viegas J , Papolia AL (2014) CO<sub>2</sub> concentration in day care centres is related to wheezing in attending children. Eur J Pediatr 173:1041–9.

Carreiro-Martins P , Papoila AL , Caires I (2016) Effect of indoor air quality of day care centers in children with different predisposition for asthma. Pediatr Allergy Immunol 27:299–306.

Maula, H, Hongisto V, Naatula V (2017) The effect of low ventilation rate with elevated bioeffluent concentration on work performance, perceived indoor air quality, and health symptoms. Indoor Air 27:1141–53.

Stephen RT, Veena MB, JingPing Hu (2017) Inflammatory responses to acute elevations of carbon dioxide in mice. J Appl Physiol 123:297–302.

東賢一 (2016) 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 27 年度総括・分担研究報告書, 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, 厚生労働省, 東京.

東賢一 (2017) 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 28 年度総括・分担研究報告書, 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, 厚生労働省, 東京.



C.1.4 燃焼生成物（浮遊粉じん、一酸化炭素）  
 (1) 浮遊粉じん

建築物衛生法が1970年に制定された翌年の1971年から開始された、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）の建築物環境衛生管理技術者講習会テキストによると、「建築物衛生法における浮遊粉じんとは、その化学性を考慮することなく、また生成過程を問わず粒径が10ミクロン（ $\mu$ ）m以下の粒子状物質としているのは大気汚染防止法と同じである。また、浮遊粉じんの人体への影響は著しいものがあり特に呼吸器系に対しては直接的であり、かつ、人に与える不快感、非特異的非伝染性呼吸器症状の有症率あるいは死亡率、または病理所見などを検討し、基準値を0.15 mg/m<sup>3</sup>以下としたものである。」と記載されている。

当時、大気汚染対策として、粒子状物質の大気環境基準の検討を進めており、日本における呼吸器疾患の疫学調査に基づき、浮遊粉じんの基準として0.1~0.15 mg/m<sup>3</sup>が検討されていた。最終的に、大気環境基準では粒子状物質で

は24時間値で0.1 mg/m<sup>3</sup>、建築物衛生法の空気環境管理基準では0.15 mg/m<sup>3</sup>に決定された。このあたりの経緯については、「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（東 賢一，内山巖雄：建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について。建築物環境衛生管理に関する調査研究平成22年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）に詳述している。

空気中の粒子状物質については、1990年代以降、10 $\mu$ 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、いわゆるPM<sub>2.5</sub>が注目されるようになった。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PM<sub>2.5</sub>の空気質ガイドラインを公表（WHO, 2005）し、米国環境保護庁、日本、欧州などでも環境基準が設定、あるいはより厳格な基準へと変更された（表1.4-1）。

表1.4-1 粒子状物質の空気質指針値や大気環境基準

国や機関	制定	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	
		24時間	年間	24時間	年間
WHO	2005	50	20*	25	10*
U.S.EPA	2006	150	- **	35	15
	2012				12
Japan	2009	100***	-	35	15

\* Air quality guideline, \*\* No longer available in 2006  
 \*\*\* 浮遊粒子状物質(SPM)

WHOの空気質ガイドラインは、大気と室内のいずれにも適用される。そのため室内空気においても、2005年以降にPM<sub>2.5</sub>の室内空気質ガイドラインを検討する諸外国が増え始めた。ドイツでは2008年に24時間値で25 μg/m<sup>3</sup>が設定され、フランスは2010年にWHOのガ

イドラインの活用を推奨すると発表している。カナダは1989年に40 μg/m<sup>3</sup>の室内空気質ガイドラインを設定していたが、WHOの空気質ガイドラインを受けて、2012年には可能な限り低く保つよう勧告している。また、台湾では、2012年に35 μg/m<sup>3</sup>の室内空気質ガイドライ

ンが設定された（表 1 . 4 - 2 ）。

WHO は PM<sub>2.5</sub> に関する疫学研究において、米国のハーバード 6 都市研究では 18 μg/m<sup>3</sup>（範囲 11.1 ~ 29.6 μg/m<sup>3</sup>）、アメリカがん協会（ACS）の研究では 20 μg/m<sup>3</sup>（範囲 9.0 ~ 33.5 μg/m<sup>3</sup>）の長期間における PM<sub>2.5</sub> 曝露濃度と死亡との間に有意な関連性がみられたことから、これらの範囲の下限から年平均で 10 μg/m<sup>3</sup> の空気質ガイドラインを設定した。但し、PM<sub>2.5</sub> による健康影響は、このレベル以下でも完全に

は排除できないと判断されており（WHO, 2005）、その後、カナダにおける大規模なコホート研究において、10 μg/m<sup>3</sup> 以下の大気中濃度でも用量依存的な影響が観察された（Crouse et al., 2012）こと、2013 年に国際がん研究機関は粒子状物質を発がん性分類でグループ 1（人に対する発がん性がある）に分類したこと（Loomis, 2013）などから、WHO では喫緊に再評価が必要な物質の 1 つとして

表 1 . 4 - 2 諸外国における粒子状物質の室内空気質ガイドライン

	設定	PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	
		24 時間	年間	24 時間	年間
WHO	2005	50	20	25	10
日本	1970	150 (SPM)	-	-	-
ドイツ	2008	-	-	25	-
フランス	2010	WHO のガイドラインの活用を推奨			
カナダ	2012	1989 年に長期指針値として PM <sub>2.5</sub> 40 μg/m <sup>3</sup> を公表したが、2012 年に可能な限り低く保つよう勧告			
ノルウェー	1999	-	-	20	-
台湾	2012	75	-	35	-
韓国（公共施設）	2003	150	-	-	-
中国	2002	150	-	-	-
シンガポール （オフィス）	1996	150 (SPM)	-	-	-

なお、WHO では、粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>）や一酸化炭素は、室内空気を汚染する燃料の燃焼生成物として重要であり、とりわけ発展途上国では燃焼生成物による呼吸器疾患が公衆衛生上の大きな問題となっていることから、家庭

用燃料の燃焼に関する室内空気質ガイドラインを 2014 年に公表し、表 1 . 4 - 3 に示す燃焼生成物の目標排出基準を勧告している（WHO, 2014）。

表 1 . 4 - 3 室内における燃焼生成物の目標排出基準

物質	器具	目標排出基準
PM <sub>2.5</sub>	煙突や排気フードを有する器具	0.80 mg / 分以下
	排気口のないストーブ、ヒーター、燃料ランプ	0.23 mg / 分以下
一酸化炭素	煙突や排気フードを有する器具	0.59 mg / 分以下
	排気口のないストーブ、ヒーター、燃料ランプ	0.16 mg / 分以下

大気中のPM<sub>2.5</sub>と室内空気中にPM<sub>2.5</sub>の動態については、国内でいくつか研究報告がある。大阪市内の幹線道路沿道にある住宅の屋内外でPM<sub>2.5</sub>の濃度を9年間にわたり調査したところ（宮崎ら，2008）道路に面した住宅では外気濃度 33.3 μg/m<sup>3</sup>、室内濃度 24.0 μg/m<sup>3</sup>と報告されている。また、沿道から 50 m から 100 m の距離にある住宅では、外気濃度 24.7 μg/m<sup>3</sup>、室内濃度 19.9 μg/m<sup>3</sup>と報告されている。この調査において、非喫煙の住宅における外気濃度と室内濃度の相関関係は 0.804 と高く、室内濃度は外気濃度の影響を強く受けていたことが報告されている。従って、日本の住宅の室内におけるPM<sub>2.5</sub>では、換気による外気からの侵入が室内濃度を上昇させている。タバコの煙はPM<sub>2.5</sub>の濃度を上昇させるが、室内にこのような発生源があると、さらにPM<sub>2.5</sub>の室内濃度は上昇する（宮崎ら，2008）。

大気中のPM<sub>2.5</sub>の削減には時間を要することから、PM<sub>2.5</sub>の外気濃度が高い地域では、適切な空調機フィルタの導入が必要と考えられる。ただし、事務所ビルの空調機にも利用されている中性能フィルタは、PM<sub>2.5</sub>より粗大な粒子の捕集を目的としている。従って、空調機が設置されていても、建築物室内ではPM<sub>2.5</sub>の濃度上昇に寄与する粒径 0.1 μm 前後の微小粒子が十分除去されず、大気と同様に室内でPM<sub>2.5</sub>の影響が大きくなる要因になっている可能性が指摘されている（鍵ら，2012）。

## （2）一酸化炭素

一酸化炭素については、粒子状物質と同様に、大気環境基準が1960年代後半に検討され、一酸化炭素環境基準専門委員会は、(1)連続する8時間における1時間値の平均20 ppm以下、(2)連続する24時間における1時間値の平均10 ppmのいずれも満たすこととの答申を1969年に行い、翌1970年に環境基準に決定された。但し、一酸化炭素環境基準専門委員会は、一酸化炭素の健康影響を考慮すると、5ppm以下が望ましいとも報告している。建築物衛生法では10 ppmを採用しているが、宿泊施設など、24時間の利用が想定される用途が建築物衛生法の適用範囲に含まれているからだと考えられる。このあたりの経緯については、「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（東賢一，内山巖雄：建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について，建築物環境衛生管理に関する調査研究平成22年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）に詳述している。

WHOでは、一酸化炭素の空気質ガイドラインとして、2000年に100 mg/m<sup>3</sup>（15分値、87 ppm、例えば換気されていないストーブ）、35 mg/m<sup>3</sup>（1時間値、31 ppm、例えば器具の欠陥）10 mg/m<sup>3</sup>（8時間値、8.7 ppm、職業性曝露等）と公表していた。その後、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 mg/m<sup>3</sup> (24時間値、6.1 ppm、長期間曝露)を新たに加えた(WHO Europe, 2010)。なおWHOでは、一酸化炭素についても、空気質ガイドラインとして喫緊に再評価が必要な物質の1つと判断している(WHO Europe, 2016)。

#### <参考文献>

- 鍵 直樹ら (2012) 事務所ビルにおける室内浮遊粒子の特性とPM<sub>2.5</sub>濃度の実態調査. 日本建築学会技術報告集 18 (39):613-616
- 財団法人ビル管理教育センター (1971) ビルの環境衛生管理. 厚生大臣指定建築物環境衛生管理技術者講習会・テキスト.
- 宮崎竹二ら (2008) 沿道周辺住宅における浮遊粉塵濃度の測定. 生活衛生 52(1):13-25.
- Crouse et al (2012) Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. Environ Health Perspect 120(5):708-14.
- Loomis D et al (2013) The carcinogenicity of outdoor air pollution. The Lancet Oncology 14(13):1262-1263.
- WHO (2005) WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 33)WHO Europe: WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2010.
- WHO (2014) WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion.

World Health Organization, Geneva.

WHO Europe (2016) WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report. Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

#### C.1.5 その他の空気汚染化学物質

厚生労働省化学物質安全対策室では、シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会において、一般住宅における全国規模の実態調査を実施し、健康リスクの初期評価を行ったうえで、2017年4月19日に開催された第21回検討会において、2-エチル-1-ヘキサノール、テキサノール、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールジイソブチレート(TXIB)の室内濃度指針値を提案中である(厚生労働省, 2017)。2-エチル-1-ヘキサノールは、コンクリートスラブの上に軟質塩化ビニル樹脂のビニルシートを直接敷設すると、コンクリート中のアルカリ成分が、軟質塩化ビニル樹脂に可塑剤として含まれているフタル酸ジ-2-エチルヘキシルをアルカリ加水分解して生成されることが知られている。テキサノールとTXIBは、水性塗料の安定剤として使用されている。

世界保健機関(WHO)が空気質ガイドラインを今後アップデートするにあたり、近年のエビデンスのレビューを2015年に実施し、10月にボンで開催された専門家会合での評価結果を下表のように公表した(WHO, 2016)。喫緊に再評価が必要なグループ1の物質は、粒子状物質(特にPM<sub>2.5</sub>)、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素であった。再評価が強く推奨されるグループ2の物質は、カドミウム、クロム、鉛、ベンゼン、ダイオキシン類、多環

芳香族炭化水素類（ベンゾ-a-ピレン）であった。その次に再評価が必要（再評価のエビデンスが存在）なグループ3の物質は、ヒ素、マンガン、白金、バナジウム、プタジエン、トリクロロエチレン、アクリロニトリル、硫化水素、塩化ビニル、トルエン、ニッケルであった。再

評価が不要と判断されたグループ4の物質は、水銀、石綿、ホルムアルデヒド、スチレン、テトラクロロエチレン、二酸化硫黄、フッ化物、ポリ塩化ビフェニル、1,2-ジクロロエタン、ジクロロメタンであった。

空気質ガイドラインを今後アップデートするにあたってのエビデンスの評価結果

<i>Recent evidence justifies re-evaluation (Group 1)</i>	<i>Recent evidence justifies re-evaluation (Group 2)</i>	<i>Recent evidence justifies re-evaluation (Group 3)</i>	<i>Recent evidence does not justify need for re-evaluation (Group 4)</i>
Particulate Matter	Cadmium	Arsenic	Mercury
Ozone	Chromium	Manganese	Asbestos
Nitrogen dioxide	Lead	Platinum	Formaldehyde
Sulfur dioxide	Benzene	Vanadium	Styrene
Carbon monoxide	PCDDs & PCDFs	Butadiene	Tetrachloroethylene
	PAHs*	Trichloroethylene	Carbon disulfide
		Acrylonitrile**	Fluoride
		Hydrogen sulfide	PCBs
		Vinyl chloride	1,2-dichloroethane
		Toluene	Dichloromethane
		Nickel	

厚生労働省（2017）室内濃度指針値の見直し等について。第21回シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会配付資料，平成29年4月19日。

WHO Europe (2016) WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report. Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

### C.1.6 その他の室内環境要因

住宅が関連する健康リスクとしては、室内空気汚染による呼吸器系や循環器系疾患、極度な温熱による疾患や死亡、不衛生な環境による感染症、社会病理、精神疾患、家の中での傷害(転倒や落下)などがある。そこで WHO は、良質な設計、建築、維持管理、立地環境等を通じて、これらのリスクを低減する健康な住宅のためのガイドライン (Housing and health guidelines) の開発に取り組んでいる(WHO, 2013)。

WHO (2013) WHO Housing and health guidelines. Public Health and Environment e-News, WHO Geneva, July 2013.

### D. 総括

建築物環境衛生管理基準空気環境項目の健康影響に関する近年のエビデンスを整理した結果、今年度、各項目において以下のようにまとめた。各項目のレビューは次年度以降も引き続き継続し、最終年度に総合的にとりまとめを行う予定である。

#### (1) 温度

van Loenhout らの研究からは、日中の瞬時最大値としては 28 以下が望ましいと考えられた。低温側については、Jevons の系統的レビューから 18 以上が推奨されている。Shiue の研究からも、18 未満になると高齢者で血圧上昇、血中コレステロールの上昇、白血球数の低下、肺機能の低下がみられており、Saeki らの研究からは、低温の高齢者グループで血小板数の増加が観察されている。Wang らの低温と血圧に関する系統的レビューでは、室温 1 低下に関するメタ分析で収縮期血圧(SBP)の上昇がみられており、外気温よりも室温のほう

が血圧上昇への影響が大きいと報告されている。

#### (2) 相対湿度

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いる。また、インフルエンザウイルスとライノウイルスへの感染リスクは感染前の絶対湿度の低下率と強く関係していることが示唆されている。鳥インフルエンザの不活性化実験では、絶対湿度の増加が大きく関係していることが報告されている。相対湿度であらわすと、23 程度では 40%程度以上必要と推定される。日本の 2 つの研究において、湿度の低下とシックビルディング症候群との関係が示唆されている

#### (3) 二酸化炭素

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。生理学的変化は二酸化炭素によるものと考えられるが、SBS 症状については二酸化炭素によるものか、他の汚染物質との混合曝露によるものかはさらなる検証が必要ではあるが、建物内の二酸化炭素の室内濃度を 1000 ppm 以下の低濃度に抑えることで、これらの健康影響を防止できると考えられたこと、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。

#### (4) 浮遊粉じん

空気中の粒子状物質については、1990 年代以降、10 μm 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、いわゆる PM<sub>2.5</sub> が注目されるようになった。2005 年には、WHO

が循環器疾患に関する疫学調査に基づき PM<sub>2.5</sub>の空気質ガイドラインを公表し、米国環境保護庁、日本、欧州などでも環境基準が設定、あるいはより厳格な基準へと変更されている。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 PM<sub>2.5</sub>の室内空気質ガイドラインを策定している。WHO は、2014 年に公表した家庭用燃料の燃焼に関する室内空気質ガイドラインにおいて、PM<sub>2.5</sub>の排出基準を設定するなど、大気と室内空気の両方において PM<sub>2.5</sub>対策に取り組んでいる。以上より、室内空気中の浮遊粉じんについては、微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) による健康影響をより重要と考え、WHO をはじめ、諸外国でも室内空気質ガイドラインが近年設定されている。

#### (5) 一酸化炭素

WHO が有害性の再評価を行い、これまでは短期曝露の影響に基づいた空気質ガイドラインを設定していたが、近年、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 mg/m<sup>3</sup>(24 時間値、6.1 ppm、長期間曝露)を新たに加えている。なお WHO では、一酸化炭素について、空気質ガイドラインとして喫緊に再評価が必要な物質の 1 つと判断している。

#### (6) その他の室内空気汚染物質

厚生労働省化学物質安全対策室では、シックハウス対策として、2-エチル-1-ヘキサノール、テキサノール、2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタジオールジソブチレート (TXIB) の室内濃度指針値を提案中である。WHO が空気質ガイドラインを今後アップデートするにあたり、近年のエビデンスのレビューを 2015 年に実施し、

喫緊に再評価が必要な物質として、粒子状物質 (特に PM<sub>2.5</sub>)、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素をあげている。これらの物質については、特定建築物における排出源の確認や実態調査を行ったうえで、建築物衛生管理基準としての必要性の有無を検討すべきと考える。

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。現在、データの入力と整理の作業を進めており、次年度にデータ解析を行う予定である。また次年度以降、室内環境の測定調査に協力可能な事務所に対して、室内環境の測定調査をあわせて実施し、健康状態や室内の維持管理状況との関係について調査する予定である。

#### E . 参考文献

- 1) 東 賢一, 内山巖雄: 建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について. 建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書, 財団法人ビル管理教育センター, 2011.
- 2) 東 賢一, 内山巖雄. 建築物環境衛生管理基準の解説と近年の知見. ビルと環境, No. 134, pp. 4-17, 2011.
- 3) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究, 平成 25 年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事

業, 2014年3月.

- 4) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 28 年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2017年3月.
- 5) US Environmental Protection Agency: A standardized EPA protocol for characterizing indoor air quality in large office buildings. Washington, D.C., US Environmental Protection Agency, 2003.
- 6) National Institute for Occupational Safety and Health: Indoor Air Quality and Work Environment Symptoms Survey, NIOSH Indoor Environmental Quality Survey. Washington, DC: NIOSH, 1991.
- 7) Andersson K: Epidemiological approach to indoor air problems. *Indoor Air* 4 (suppl): 32–39, 1998.
- 8) 厚生労働省: 職業性ストレス簡易調査票, 2005.

## F . 研究発表

### F.1 論文発表

- 1) 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.
- 2) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017*, ID0022, 6 pages, 2017.
- 3) 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.
- 4) 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, in press, 2018.
- 5) 東 賢一. 室内空気質規制に関する諸外国の動向. *環境技術* Vol.46, No.7, pp. 4-9, 2017.
- 6) 東 賢一. 室内環境汚染による健康リスクと今後の課題. *臨床環境医学* 26(2):82–86, 2017.
- 7) 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): in press, 2018.

### F.2 学会発表

- 1) 東 賢一、柳 宇、鍵 直樹、大澤元毅. 低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見. 第 90 回日本産業衛生学会, 東京, 2017年5月11



日-5月13日.

- 2) 東 賢一. 健康リスク学から見た現状と今後の展望 人の健康の保護と持続可能な発展 . 第 26 回日本臨床環境医学会学術集会, 東京, 2017 年 6 月 25 日.
- 3) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Healthy Buildings Europe 2017, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.
- 4) 東 賢一. 世界保健機関の住宅と健康のガイドライン. 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月 13 日.
- 5) 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. (in acceptance)
- 6) 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. (in acceptance)



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）  
分担研究報告書

2. 測定評価方法提案

研究分担者 中野 淳太 東海大学工学部建築学科 准教授  
研究分担者 開原 典子 国立保健医療科学院 主任研究官  
研究分担者 李 時桓 信州大学工学部建築学科 助教

研究要旨

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。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かった。そこで 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。

A. 研究目的

A.1 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

ZEB に代表されるように、快適性と省エネルギー性を高度に両立させた建築物を増やしていくことがこれからの国策となっている。建築物の全消費量の約 3 割に相当する空調エネルギーの削減は重要な課題である。制定から 40 年以上が経つ建築物衛生法は、室内全体を均一な温湿度で維持するという従来の空調設計思想が前提となっている。社会的な省エネの要請から、あえて不均一な環境を意図した空調設計や、放射に着目した空調方式の採用も今後増えていくと予想される。建物の使われ方や新しい空調方式に対応した空気環境測定法が望まれる。

これまで建築物衛生法の管理基準（以下、管理基準）では、温熱環境に関連する項目として

空気温度、湿度、気流速度を対象としてきた。しかし、国際的な温熱環境基準である ASHRAE 55（初版 1966 年）と ISO 7730（初版 1984 年）では、より詳細な熱的快適性評価を目的とした測定項目と評価基準が定義されている。特に、ASHRAE 55 基準では、既存建物を評価するための測定方法が詳述されており、2017 年に最新版が発行されている。これらの基準を調査し、建物の用途、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する。

B. 研究方法

B.1 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

国際的に参照されている室内温熱環境基準である ASHRAE 55-2017<sup>1)</sup>および ISO7730:2005<sup>2)</sup>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明らかにする。こ

これらの基準を参考に空気環境測定法を提案し、実際の測定を通じてその有効性の検証を行う

#### B.1.1 ASHRAE 55-2017

ASHRAE 55 基準では、伝統的に湿り空気線図上に温湿度条件の範囲として熱的快適域を示す手法がとられてきた。2017 年に改定された最新版では、複数の手法から熱的快適域の選択が可能となっている。また、ドラフトによる不快条件を緩和し、気流速度の上昇による熱的不快の改善が可能になっている。

##### (1) Graphic Comfort Zone Method

伝統的な ASHRAE 基準に沿った熱的快適域の表現方法で、空調設計の観点から、湿り空気線図上の範囲として示している。代謝量 1.0~1.3 met、着衣量 0.5~1.0 clo の条件で、不満足者率が 20%未満となる範囲を示している。この中には、全身温冷感による不満足者 10%と局所の熱的不快による不満足者 10 %が見込まれている。この手法を選択した場合のみ絶対湿度の上限、12 g/kg(DA) が適用される。熱的快適性の観点からの下限値はないが、低湿度になると目や鼻の乾燥、静電気等の非温熱的影響はあることが記されている。気流速度は基本的に 0.2 m/s 未満にすることとなっているが、所定の要件を満たすことで気流速度の上限値をなくすことが可能である

##### (2) Analytical Comfort Zone Method

代謝量 1.0~2.0 met、着衣量 1.5 clo 以下であれば、任意の温熱環境 6 要素の組み合わせから PMV の計算により熱的快適域を求めて良いとしている。全身温冷感の基準として、 $-0.5 < PMV < +0.5$  (PPD < 10) が示されている。ただし、気流速度の上限は 0.2 m/s となっており、これを超える場合は、別の気流速度上限に関する項を参照することとなっている。

##### (3) Elevated Air Speed Comfort Zone Method

気流は熱的作用だけでなく、皮膚に対する触

覚刺激をもたらす。また、局所的に加熱または冷却されることが不快をもたらすこともあり、気流は小さい方が良いという考えからドラフトに関する基準が設けられている。しかし、2010 年度版以降、省エネの観点から気流による夏季室温設定の緩和が認められるようになった。特に、執務者により気流速度が調節できる状態であれば、 $-0.5 < PMV < +0.5$  (PPD < 10) の快適範囲で気流速度の上限がなくなった。ただし、「執務者により気流が調節可能な状態」とは、以下のいずれかの要件を満たす必要がある。

- ・ 6 人以下のゾーン単位で調節が可能なこと
- ・ 84 m<sup>2</sup> 以下のゾーン単位で調節が可能なこと
- ・ 教室のようなグループで作業する空間の場合、例外として最低 1 カ所にて調節できること。可動間仕切りで区切られている場合は、それぞれのゾーンにて調節できること

これらの要件はパーソナル空調等への応用が想定されており、空間全体で均一な温熱環境を目指す従来の空調設計思想とは一線を画す。

#### B.1.2 ISO 7730:2005

##### (1) 推奨環境のカテゴリ分けと EPBD

ISO 7730: 2005 が 1994 年以前の版と大きく異なるのは、1 組しかなかった全身温冷感と局所不快の温熱環境推奨値が、A~C の 3 カテゴリに分かれた点である。これには、EU 加盟国の建物省エネルギー性能の向上を目的として 2003 年に施行された「建物のエネルギー性能にかかわる欧州指令(EPBD)」が大きく影響している。

指令では、EU 加盟国に建物エネルギー性能の算定方法の枠組みを策定することが求められた。省エネルギー性能算定には、冷暖房・換気・照明に関わる一次エネルギー使用量の予測が必要となる。しかし、建物のエネルギー使用

量は、室内環境の質によって大きく異なる。建物の種類によっては、高い質が求められる場合や、成り行きでも問題とならない場合もある。目標とする室内環境の質の選択を可能とするため、既存の ISO 室内環境推奨値にカテゴリ分けが導入されることとなった。

## (2) 熱的快適域

ISO 7730:2005 における全身温冷感に基づく熱的快適域の推奨値を表 2-1 に示す。PMV と PPD のセットとして示されており、A~C の順に快適性が高く設定されている。ASHRAE 55-2017 は、本基準のカテゴリ B に相当する。

表 2-1 ISO 7730:2005 の熱的快適域推奨値

カテゴリ	全身温冷感	
	PPD(%)	PMV
A	< 6	-0.2 < PMV < +0.2
B	< 10	-0.5 < PMV < +0.5
C	< 15	-0.7 < PMV < +0.7

### B.1.3 最新の温熱環境基準の特徴

最新の温熱環境基準の特徴を一言で表すならば、「多様化」である。1組のみであった基準値・推奨値から、カテゴリ分けや条件付き基準緩和等により選択肢が増える傾向にある。多様化の背景には、温熱環境に対する省エネニーズ、そして環境適応の概念がある。安定した快適温熱環境の確保を目指した従来路線を継続させる一方で、必要な快適性を確保した上でのエネルギー削減という新たな視点で基準値・推奨値を追加している。基準の多様化により、設備設計や運用の自由度は高まったといえる。

ASHRAE55 及び ISO7730 は、建物用途を限定した基準とはなっていない。利用者の代謝量と着衣量の組み合わせを変化させることで、幅広い用途の空間に対応している。また、時代のニーズに合わせて快適性の基準値は変化させているものの、環境の測定項目や測定方法につい

ては、大きな改定はされていない。これらの基準の測定方法は国際的な実績があり、これまでの空調方式にも、新しい空調方式にも対応できると考えられる。

ISO7726<sup>3)</sup>では、温熱環境に関わる測定項目の定義や測定原理、使用機器の測定精度等が規定されている。ISO7726 と ASHRAE 55 は密接な関係にあり、互いに整合性がある。しかし、ASHRAE 55 ではより細かい測定手順に関する規定があり、この中から日本の状況に合わせたアレンジをしていくことが有効と考えられる。

## C . 研究結果

### C.1 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

#### C.1.1 測定項目に関する提案

熱的快適性評価には、以下に示す環境側の 4 要素と人体側の 2 要素が関連している。現衛生管理基準に含まれない 3 項目をカッコで示してある。

- ・環境側要素： 空気温度、湿度、気流速度、（放射温度）

- ・人体側要素： （着衣量）（代謝量）

評価項目を 3 つから 6 つに増やすことで、衛生確保を目的とした管理基準では不適合となるが、より厳しい熱的快適性の基準には適合となる場合が考えられる。

人体側要素については、必ずしも測定は必要なく、快適性基準でも建物の用途や季節に応じた一般的な固定値を用いている。そのため、管理基準には含まれていない放射温度を環境測定項目に追加することを検討する。

評価には個別の基準値のみではなく、6 つの要素を考慮した総合的な温熱環境指標である PMV と PPD を用いる。また、不均一環境（ドラフト、非対称放射、上下温度分布）についても評価することで、中央式、個別式、タスクアン

ピエント等の異なる空調方式の温熱環境特性を明らかにする。

#### (1) 平均放射温度

平均放射温度 (mean radiant temperature : MRT) の測定法には、2種類ある。両手法を採用し、評価の精度と作業負担のバランスを検討する。

・グローブ温度：正式には直径 15cm の銅製の黒球を用いるが、測定値が定常に達するまでに 20~30 分を要する。径の小さい球を用いることで定常に至る時間を短縮できるが、対流の影響を受けやすくなるため、MRT への換算時に異なる式を用いる。ただし、気流速度の高い環境では放射温度の精度が低くなるため、注意が必要である。

$$\bar{t}_r = \left[ (t_g + 273)^4 + \frac{1.1 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0.6}}{\varepsilon_g \cdot D^{0.4}} (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273$$

$\bar{t}_r$  : 平均放射温度 [°C]

D : グローブ球の直径 [m]

$t_g$  : グローブ温度 [°C]

$t_a$  : 空気温度 [°C]

$v_a$  : 気流速度 [m/s]

$\varepsilon_g$  : グローブ球の放射率

#### (2) 微小面放射温度

微小平面に入射する放射束が実環境と同等になる均一な黒体閉空間の内表面温度と定義される。逆に向いた 2 方向を測定することで、非対称放射温度による不均一環境の局所不快を評価できる。また、6 方向を測定し、重み付け平均をすることで人体の形状を考慮した平均放射温度を求めることができる。

座位：

$$\bar{t}_{pr} = \frac{0.18(\text{上}+\text{下})+0.22(\text{右}+\text{左})+0.30(\text{前}+\text{後})}{2(0.18+0.22+0.30)}$$

立位：

$$\bar{t}_{pr} = \frac{0.08(\text{上}+\text{下})+0.23(\text{右}+\text{左})+0.35(\text{前}+\text{後})}{2(0.08+0.23+0.35)}$$

### C.1.2 測定位置

#### (1) 平面分布

管理基準では、居室中央部の、直接空調吹出し口の影響を受けない位置を選定することとなっている。しかし、快適性基準では居住者が滞在している、または滞在すると想定される場所を選定することとなっている。滞在場所がわからない場合は、以下を測定点に含める。

1. 部屋または空間の中央

2. 壁中央から 1m 内側。窓のある外壁では、最も大きな窓の中央から 1m 内側。

また、測定点は、極端な環境になると想定される場所 (窓際、吹出し口付近、コーナー、入り口付近等) を含める。特に、室内環境と屋外環境の差が大きくなる気候・季節や時間帯に不均一環境が顕著になるため、測定点の選定に注意する。

#### (2) 測定高さ

管理基準では、床上 75~150cm の高さにて測ることとなっている。空気温度の測定高さについて、椅座位の居住者は 0.1m・0.6m・1.1m、立位の居住者は 0.1m・1.1m・1.7m とする。0.1m はくるぶし、0.6m は椅座位の体中心、1.1m は椅座位の頭部と立位の体中心、1.7m は立位の頭部の高さに相当する。作用温度、と PMV の評価高さについて、椅座位では 0.6m、立位では 1.1m とする。床表面温度が局所不快の要因となる場合は、床表面を接触温度計または赤外放射温度計で測定する。

局所不快の要因となる非対称放射は、影響を受ける居住者の位置にて温度差が最大となる方向にて評価する。

#### (3) 測定時間

評価対象期間 (季節、代表日) の代表となる時間帯、または滞在時間中の重要と思われる時間帯を選択する。

空気温湿度および平均放射温度の測定間隔

は5分未満とし、気流速度は3分未満とする。

### C.1.3 測定装置

上記の測定条件を満たす測定装置を作成した。図2-1に高さ4点の温湿度、高さ1.1mのグローブ温度と気流速度を同時に測定できる装置を示す。高さは下から順に、0.1m、0.6m、1.1m、1.7mとした。グローブ温度には、直径40mmの黒色塗装プラスチック球を用いた。

図2-2に微小面放射温度計を示す。CAPTEC製の輻射センサー(RFシリーズ)を用い、銅板の両面に熱伝導性の高い接着剤で固定してある。銅板はセンサー温度を安定させるヒートシンクの役割を果たす。



図2-1 温湿度・グローブ温度・気流速度



図2-2 微小面放射温度

### C.1.4 事務所ビルにおける実測調査

#### (1) 調査概要

新たな測定方法の有効性の検証を目的とし、環境の異なる3季節に事務所ビルにおける温熱環境実測調査を行った。立地は、北海道、東京、大阪とした。測定期間は、2017/8/25、2018/1/10、2018/3/5の3日間とした。測定対象建物を表2-2に示す。事務所空間を対象とし、室中央部(インテリア:i)と窓近傍(ペリメータ:p)の2点にて測定した。

測定高さは、温湿度が床上0.1m、0.6m、1.1m、1.7mの4点、その他の項目は床上1.1mとした。温度、湿度、グローブ温度は5分間測定の終了前30秒間の平均値、気流速度は3分間の平均値を記録した。微小面放射温度は、2方向を2分間ずつ測定し、それぞれの終了前30秒間の平均値を記録した。

#### (2) 測定結果

高さ1.1mにおける室内環境測定結果を図2-3~2-7に示す。空気温度および気流速度はいずれの建物も衛生管理基準を満たしていた。湿度基準は、冬季の結果すべてが満たしておらず、春季もW01が40%の基準値に達していなかった。ASHRAEのドラフトに関する基準は満たされていた。

平均放射温度は空気温度とほぼ同様の傾向を示しており、いずれの建物でも両者の温度差が1を超えることはなかった。PMVはASHRAEの基準値 $\pm 0.5$ を超える結果も見られたが、逸脱の度合いは小さかった。

上下温度分布の測定結果を図2-8に示す。ASHRAEやISOの基準では、足元と頭の位置での温度差を3未満にすることとしている。E02とW01では、立位時の基準(頭高さ1.7m)で3を超えていたが、その他の測定点は基準値以内であった。

6方向の微小面放射温度を図2-9に示す。W01

および W02 は欠測であった。すべて ASHRAE の非対称放射の基準値内であったが、冬季に測定した E02 の 3 フロアのペリメータで不均一な放射環境が形成されていることが確認された。

#### D . 考察

ASHRAE 55 に準拠した測定方法でオフィスの調査を行った。いずれの建物も湿度を除けば、衛生管理基準を満たしていた。しかし、本研究で提案した測定方法を使用することで、上下方向の温度分布や放射の不均一性、またインテリアとペリメータの環境の違いなどを評価できることがわかった。

今回、測定対象とした建物は、室内空気を攪拌して均一な室内温湿度を目標とした通常の空調が導入されていた。調査で確認された環境の不均一性は、意図されたものではない。今後は、あえて不均一な環境形成を目的としたタスク・アンビエント空調や積極的なゾーニングの行われた建物に測定対象を増やし、測定手法の有効性の検証を行う。

#### E . 結論

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。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かった。そこで 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 of 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。

#### 参考文献

- 1) ASHRAE : Thermal environmental conditions for human occupancy, ANSI/ASHRAE Standard 55-2017, 2017
- 2) ISO: ISO7730 Moderate thermal environments, Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 2005
- 3) ISO: ISO7730 Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities, 1998



表 2-2 調査対象建物

建物ID	測定日時	地域	測定場所	測定場所面積 [m <sup>2</sup> ]	天井高[m <sup>2</sup> ]	空調設備
H01	2017/8/25	北海道札幌市	事務所3F	200	2.5	中央式
H02			事務所6F	25	2.5	PAC + 換気装置
H03			事務所2F	75	2.6	PAC
E01	2018/1/10	東京都港区	事務所6F	118	2.4	PAC+換気装置
E02-1		埼玉県草加市	事務所1F	328	2.8	PAC+外調機 +換気装置
E02-2			事務所2F	409	2.8	
E02-3			事務所3F	614	2.8	
W01	2018/3/5	大阪府吹田市	事務所2F	124	2.3	PAC+換気装置
W02		大阪府大阪市	事務所2F	109	2.7	PAC

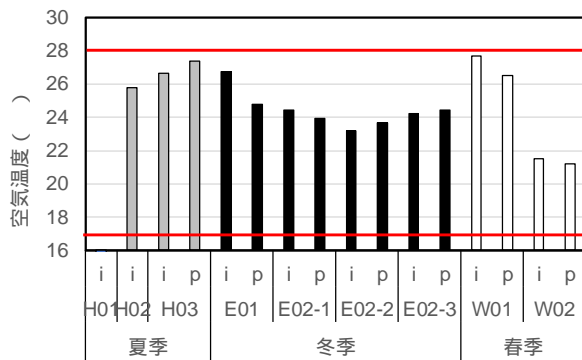


図 2-3 空気温度測定結果

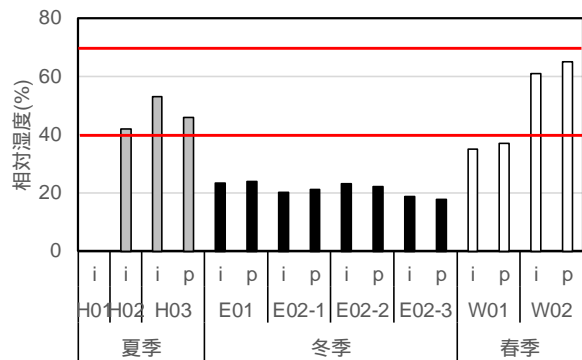


図 2-4 相対湿度測定結果

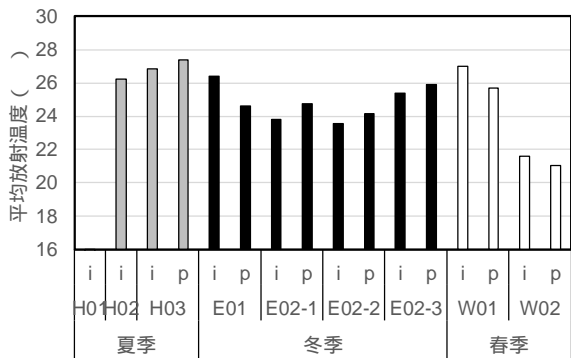


図 2-5 平均放射温度測定結果

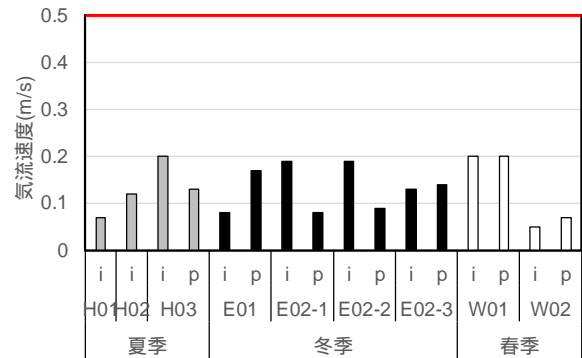


図 2-6 気流速度測定結果

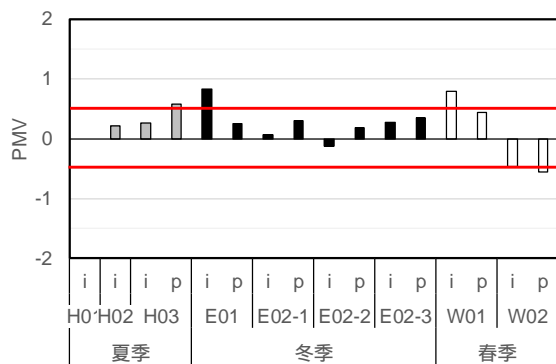


図 2-7 PMV 測定結果

注) 図中の「i」はインテリアゾーン代表点、「p」はペリメータゾーン代表点を意味する。

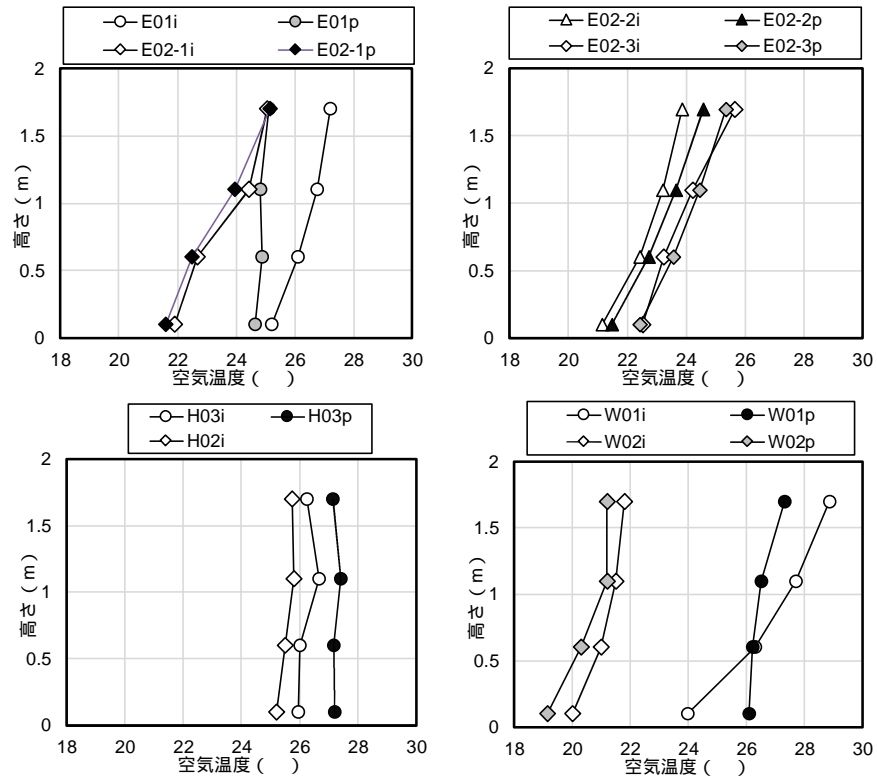


图 2-8 上下温度分布测定结果

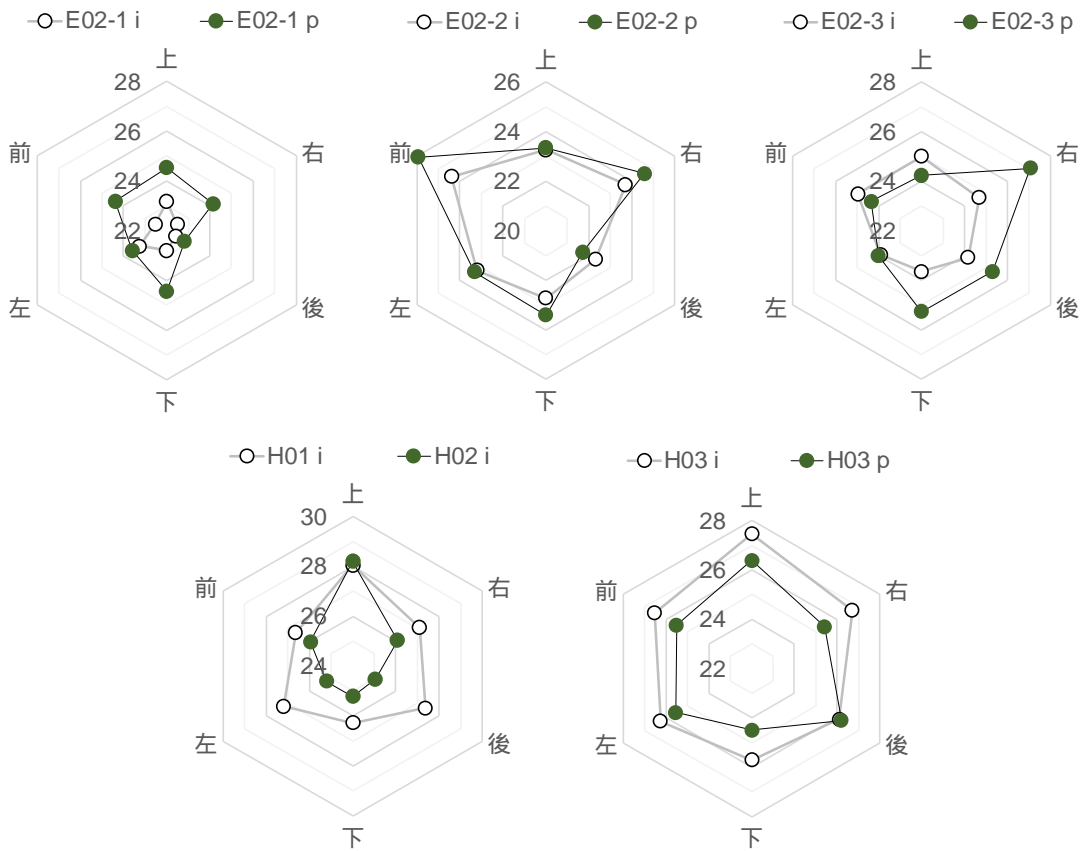


图 2-9 6面微小面放射温度

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）  
分担研究報告書

3. 測定評価方法の検証

研究分担者 開原 典子 国立保健医療科学院 主任研究官  
研究分担者 中野 淳太 東海大学工学部建築学科 准教授  
研究分担者 東 賢一 近畿大学医学部 准教授

研究要旨

測定評価法の検証（実建物試行）では、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。具体的には、新たな測定法による測定評価を行い、新たな測定評価法の特徴（精度、代表性、時間、費用、不適率への影響等）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、粉塵、PM2.5、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い、利用者の健康影響に関するアンケート調査を行う。今年度は、主な用途の特定建築物の環境衛生管理の状況について、全国の測定対象物件を選定し、自治体の環境衛生監視指導員、ビルメンテナンス協会担当者等にヒアリング調査を行い、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を設定した。具体的には、温度、相対湿度、二酸化炭素の含有量の2週間程度の連続測定（測定調査1）の対象物件として、新たに22件が得られるとともに、うち、16件から、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）への協力を得ることができた。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。

A. 研究目的

測定評価法の検証（実建物試行）では、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。具体的には、新たな測定法による測定評価を行い、新たな測定評価法の特徴

（精度、代表性、時間、費用、不適率への影響等）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、粉塵、PM2.5、

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い、利用者の健康影響に関するアンケート調査を行う。今年度は、主な用途の特定建築物の環境衛生管理の状況について、全国の測定対象物件を選定し、自治体の環境衛生監視指導員、ビルメンテナンス協会担当者等にヒアリング調査を行い、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を設定した。

## B . 研究方法

測定評価法の提案に基づく測定評価法の検証を目的とし、29 年度には調査対象物件の建物特性と健康影響に関する検証などの、研究デザインを行い、調査を開始した。

### (1) 研究デザイン

自記式調査票を研究対象の会社等に配付し、郵送等にて回収する。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問う。従業員用調査では、職場環境と健康状態などを問う。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 部配付する。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。

### (2) 調査対象

対象は、特定建築物に勤務する建築物の管理者と従業員である。比較のため、建築物衛生法が適用されない中規模建築物も対象に含めた。公益社団法人全国ビルメンテナンス協会に協力を要請し、研究対象となる建築物事務所 500 社の紹介を得た。

従業員用調査は、事務所に在室する時間が比較

的長い日勤の管理職や事務職等の従業員に対して実施し、ビルの清掃や環境測定に従事する従業員は原則として調査対象に含まない。

### B.3 自記式調査票

管理者用及び従業員調査票は、平成 23～28 年度の研究で使用した調査票<sup>3),4)</sup>をもとに作成した。従業員調査票は、米国環境保護庁<sup>5)</sup>、米国国立労働安全衛生研究所<sup>6)</sup>、欧州共同研究<sup>7)</sup>によるシックビルディング症候群の質問票を参照し、低湿度での VDU(visual display unit)作業、超微小粒子、微生物汚染などの近年懸念される諸問題や職業性ストレス<sup>8)</sup>を考慮した調査票となっている。従業員調査票は、個人属性、職場環境、健康状態(23 症状、15 既往疾患歴)、職場の空気環境の状態、職業性ストレスの状態などの質問で構成されている。

#### (倫理面での配慮)

本調査は、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 N I P H - I B R A # 1 2 1 8 0 )および近畿大学医学部倫理委員会の承認(承認番号 2 9 - 2 3 8 )を得て実施している。

## C . 研究結果

### C.1 測定調査対象物件の建物特性

管理者用調査において、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)に協力できると回答が、管理者用調査票の返信のあった特定建築物 101 件のうち、22 件から得られた。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。本章では、測定調査 1 の協力が得られた、特定建築物 22 件について、建物の特性を示す。

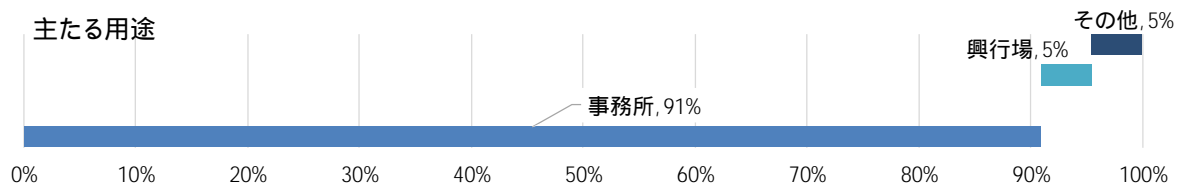


図 3-1 主たる用途

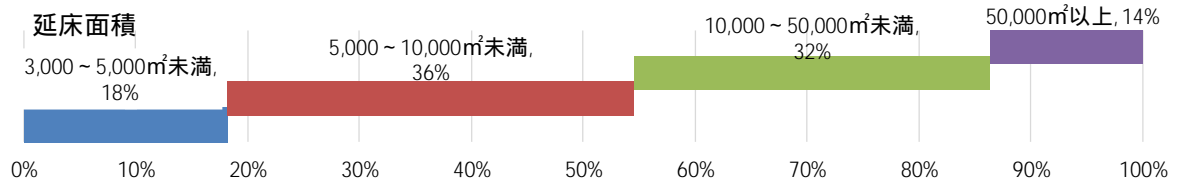


図 3-2 延床面積

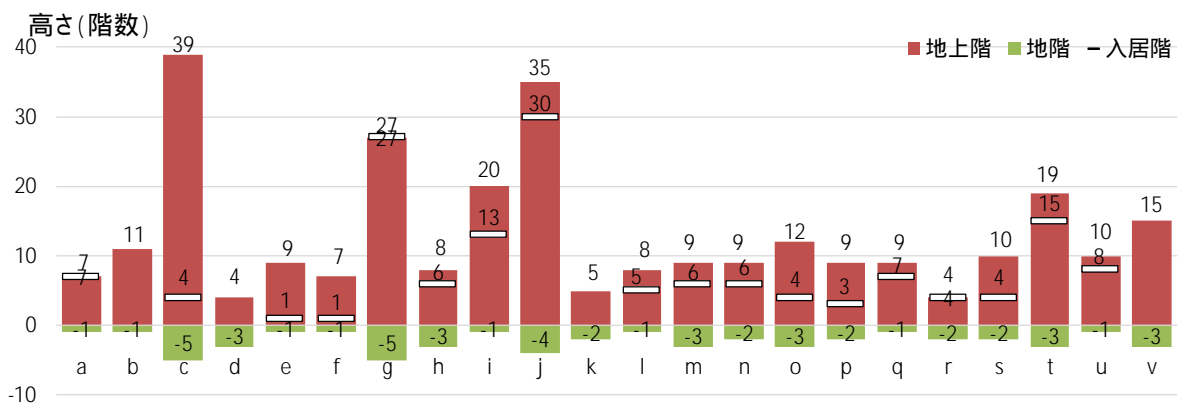


図 3-3 高さ (階数) と入居階

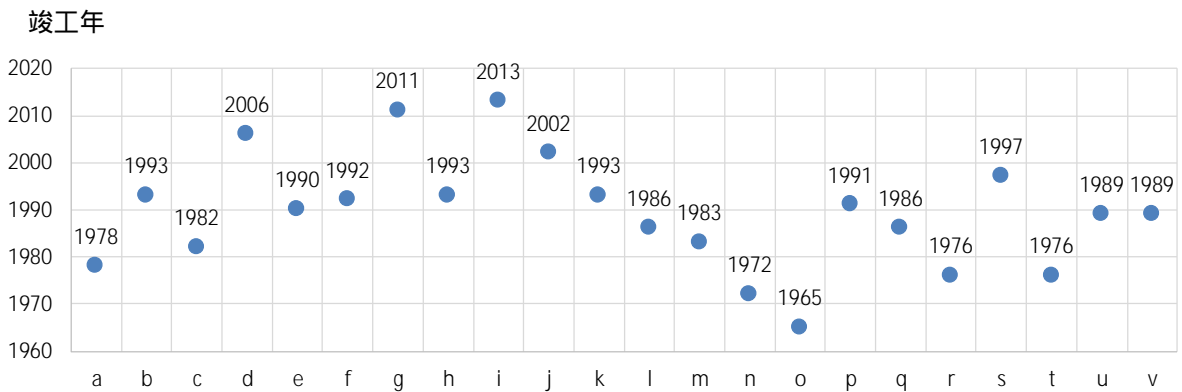


図 3-4 竣工年

(1) 建物の概要

図 3-1 ~ 図 3-4 に建物の概要を示す。本章で整理する特定建築物は 22 件である。これらの所在地は、福島 1 件、東京 7 件、埼玉 2 件、新潟 1 件、静岡 1 件、愛知 2 件、石川 2 件、岐阜

1 件、大阪 1 件、兵庫 1 件、岡山 1 件、福岡 1 件、鹿児島 1 件である。主な用途は、事務所が 91% (20 件)、興行場 5% (1 件) である (図 3-1)。所有者は、官公庁 2 件、民間 19 件、無回答 1 件である。延床面積は、5,000 ~ 10,000

m<sup>2</sup>未満が 36%とやや多いものの、次いで、10,000～50,000 m<sup>2</sup>未満(32%)、3,000～5,000 m<sup>2</sup>未満(18%)、50,000 m<sup>2</sup>以上(14%)である

(図 3-2)。建物高さ(階数)は、地上 10 階未満が 12 件、10～20 階未満が 6 件、20～30 階未

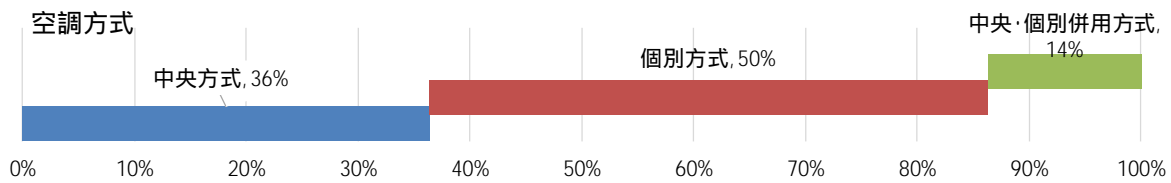


図 3-5 空調方式

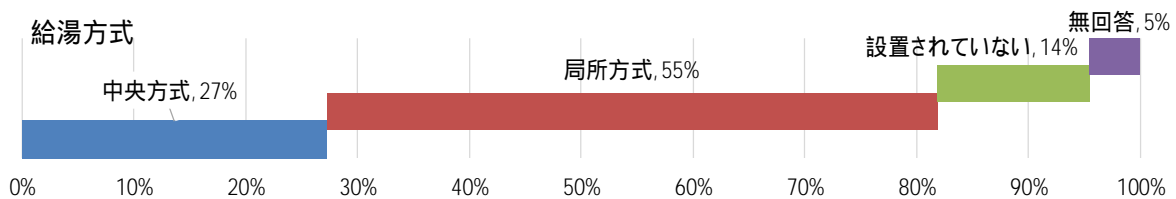


図 3-6 給湯方式

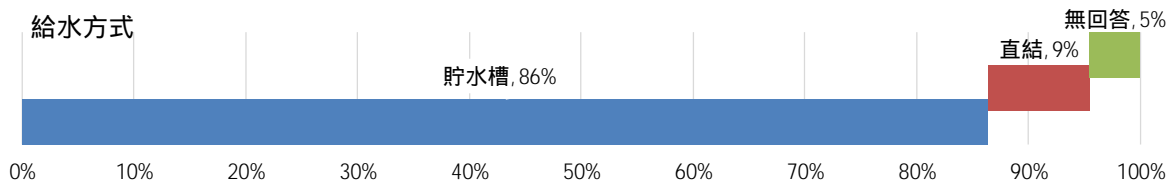


図 3-7 給水方式

満が 2 件、30～40 階未満が 2 件である(図 3-3)。どの建物も地階を有しており、地下 1～3 階を有しているものが多いものの、うち 3 件は地下 4～5 階を有している。竣工年は、1960 年代から 2010 年代まであり、1990 年前後の物件が多い(図 3-4)。図には示さないものの、建物周囲には、幹線道路(18 件)、鉄道(11 件)が多い。禁煙対応は、半数以上(59%、13 件)が禁煙、次いで完全分煙(23%)となり、喫煙可能は 1 件であった。

## (2) 設備の概要

図 3-5～図 3-7 に設備の概要を示す。空調方式は、個別方式(50%、11 件)、中央方式(36%、8 件)、中央・個別併用方式(14%、3 件)の順で多い(図 3-5)。給湯方式は、約半数が局所方式(55%、12 件)、次いで中央式が多く(27%、

6 件)、設置されていない物件もある(14%、3 件)(図 3-6)。給水方式は、貯水槽が多い(86%、19 件)(図 3-7)。うち、高置水槽方式 4 件、ポンプ直送方式 1 件、圧力タンク方式 1 件などである。直結方式は 2 件で、うち、増圧方式 1 件などである。

## (3) 空気環境測定

図 3-8～図 19 に空気環境測定に関する結果を示す。温度の苦情は、過半以上でみられないものの、6 件(27%)である(図 3-8)。具体的な内容として、寒暖差がある、温度が上がらないなどの回答がある。相対湿度の苦情は、過半以上でみられないものの、6 件(27%)である(図 3-9)。具体的な内容として、乾燥している、乾燥による喉の不調などの回答がある。気流に関する苦情は、見られなかった(図 3-10)。

臭気の苦情は、たばこによるものが3件(14%)  
 である(図3-11)。喫煙室からの漏れや、外気  
 から臭うなどの回答も見られた。騒音の苦情は、

3件(14%)である(図3-12)。具体的な内容  
 として、ビルの駐車場の機械音、工事中の足場  
 に関するもの、外部騒音の回答があった。この

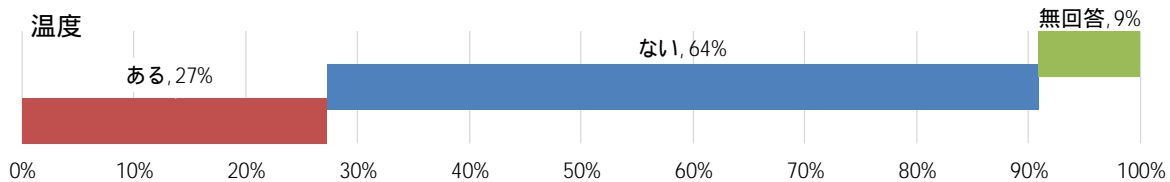


図3-8 温度に関する苦情

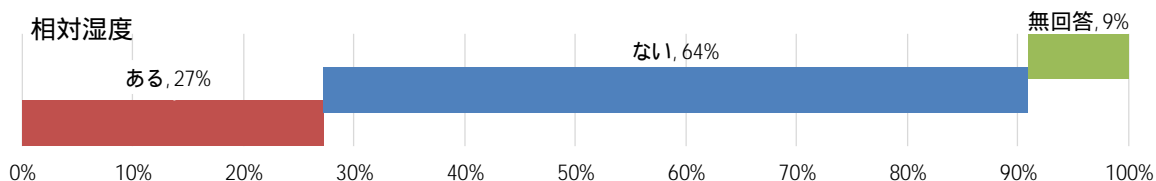


図3-9 相対湿度に関する苦情

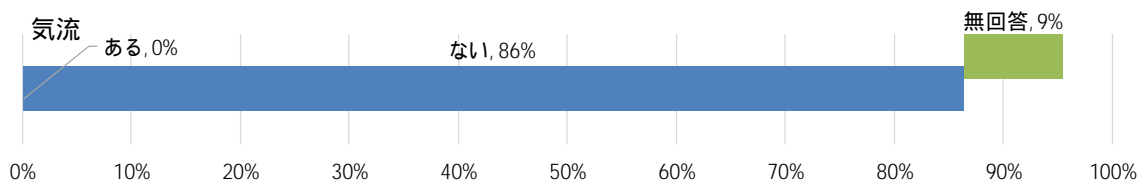


図3-10 気流に関する苦情

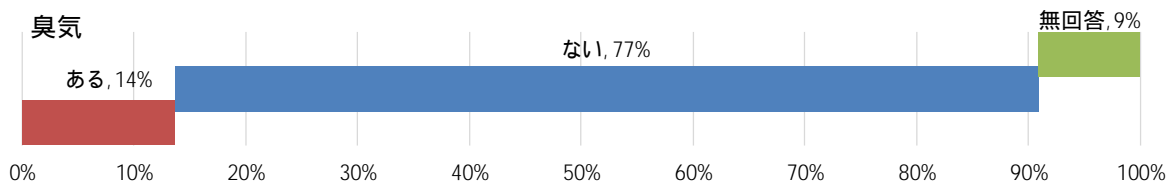


図3-11 臭気に関する苦情

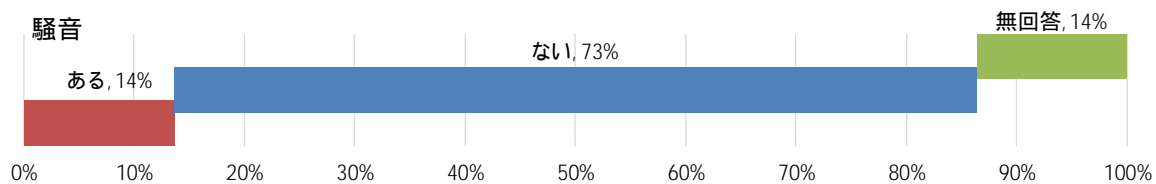


図3-12 騒音に関する苦情

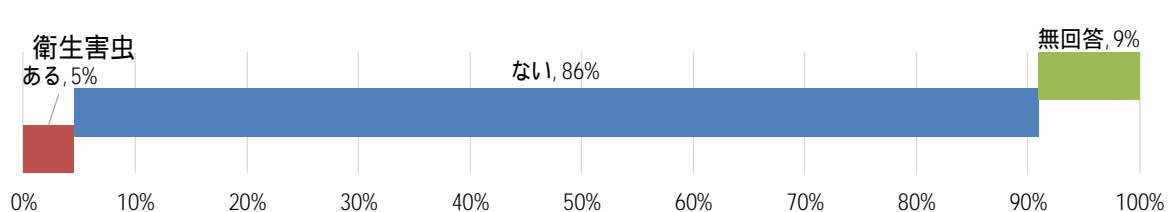


図3-13 衛生害虫に関する苦情

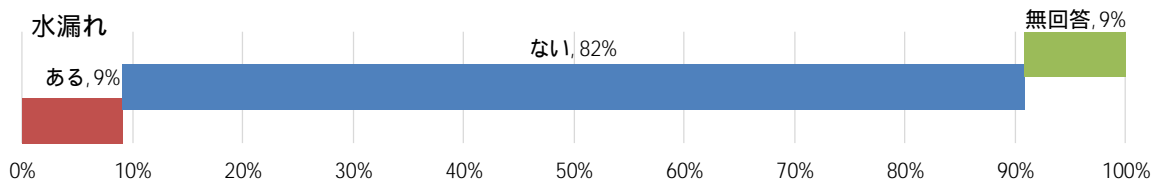


図 3-14 水漏れに関する苦情

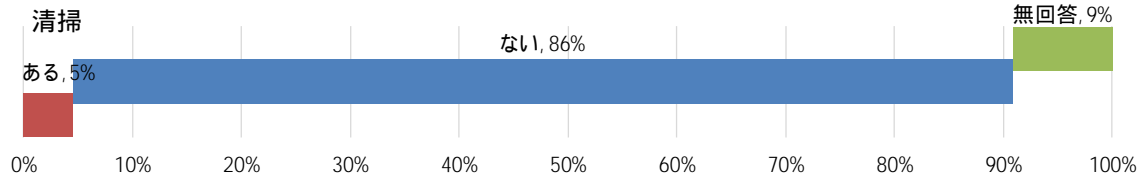


図 3-15 清掃に関する苦情

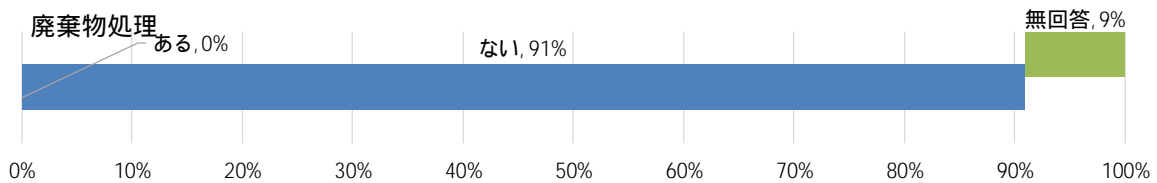


図 3-16 廃棄物処理に関する苦情

建物	温度	湿度	気流	臭気	騒音	衛生害虫	水漏れ	清掃	廃棄物処理	件数
a										0
b										0
c										0
d										4
e										1
f										3
g										1
h										0
i										1
j										0
k										0
l										0
m										0
n										0
o										0
p										1
q										1
r										1
s										4
t										1
u										4
v										0
件数	6	6	0	3	3	1	2	1	0	

図 3-17 建物別・要素別の苦情件数

他、衛生害虫 1 件、水漏れ 2 件、清掃 1 件の苦情が確認された(図 3-13～図 3-16)。これらの苦情を建物別にみると、半数(11 件)の物件で、何らかの苦情が見られる。項目別にみると、温度、湿度が多く(それぞれ 6 件)、次いで、

臭気、騒音(それぞれ 3 件)が多い(図 3-17)。

22 件における、浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有量、二酸化炭素の含有量、温度、相対湿度、気流(以降、空気環境の測定 6 項目という)の直近の測定日は、2017 年 8 月 1 件、同



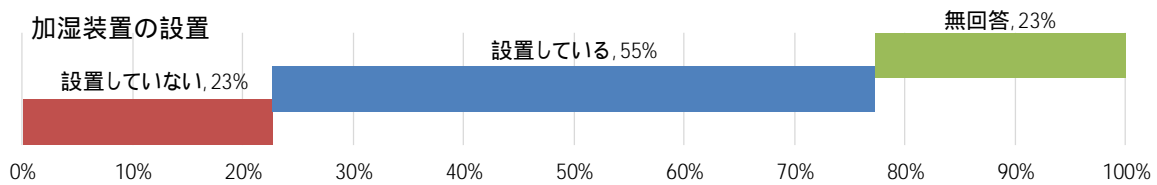


図 3-18 加湿装置の設置

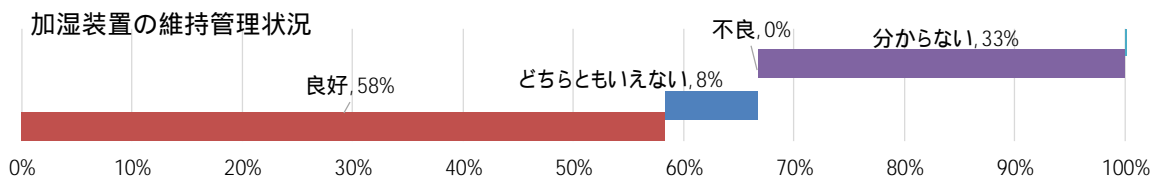


図 3-19 加湿装置の維持管理状況

10月2件、同11月7件、同12月7件、2018年1月2件、無回答3件であった。図には示さないものの、空気環境の測定6項目に関する直近の測定結果の適合・不適合は、無回答の物件を除けば、浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有量、相対湿度、気流の4項目について、無回答を除くすべてが適合であった。不適合は、二酸化炭素の含有量2件、温度1件であった。

加湿装置は、半数以上が設置しているものの（55%、12件）、設置していない建物が5件（23%）、無回答の建物が5件（23%）であった（図3-18）。加湿装置を設置している場合の維持管理状況は、良好58%、わからない33%、どちらともいえない8%であった（図3-19）。レジオネラ属菌の検出状況は、冷却水、給湯水、浴室・シャワー設備について、設備のある場合、不検出であった。

### C.2 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査（全国規模の冬期断面調査）

平成30年1月5日に管理者用調査票を500社（従業員調査票各社15部含む）に配布した。また、中規模建築物の調査数を補うために、別途、東京と大阪の5つの事務所にも管理者用調査票と従業員調査票を配布した。その結果、2018年4月3日時点で184社、1961名から

回答を得た。現在、データの入力と解析作業を進めている。管理者用調査票では、室内測定調査1（温度、相対湿度、二酸化炭素の連続測定）、室内測定調査2（温度、相対湿度、二酸化炭素の連続測定＋粉じん濃度、浮遊微生物や化学物質などの空気環境項目の立入測定）に対する調査協力依頼を行った。室内測定1への協力可能事務所は、3000m<sup>2</sup>未満の非特定建築物で50件、特定建築物で23件であった。室内測定2への協力可能事務所は、3000m<sup>2</sup>未満の非特定建築物で34件、特定建築物で15件であった。

### D. 総括

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）に協力できると回答が、管理者用調査票の返信のあった特定建築物101件のうち、22件から得られた。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、PM2.5、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。

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。現在、データの入力と整理の作業を進めており、次年度にデータ解析を行う予定である。また次年度以降、室内環境の測定調査に協力可能な事務所に対して、室内環境の測定調査をあわせて実施し、健康状態や室内の維持管理状況との関係について調査する予定である。

## F. 研究発表

### F.1 論文発表

- 1) 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.
- 2) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017*, ID0022, 6 pages, 2017.
- 3) 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.

- 4) 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, in press, 2018.
- 5) 東 賢一. 室内空気質規制に関する諸外国の動向. *環境技術* Vol.46, No.7, pp. 4-9, 2017.
- 6) 東 賢一. 室内環境汚染による健康リスクと今後の課題. *臨床環境医学* 26(2):82–86, 2017.
- 7) 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): in press, 2018.

### F.2 学会発表

- 1) 東 賢一、柳 宇、鍵 直樹、大澤元毅. 低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見. 第90回日本産業衛生学会, 東京, 2017年5月11日-5月13日.
- 2) 東 賢一. 健康リスク学から見た現状と今後の展望 人の健康の保護と持続可能な発展 . 第26回日本臨床環境医学会学術集会, 東京, 2017年6月25日.
- 3) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A

review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. Healthy Buildings Europe 2017, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.

- 4) 東 賢一.世界保健機関の住宅と健康のガイドライン. 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月 13 日.
- 5) 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. (in acceptance)
- 6) 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. (in acceptance)

#### 参考文献

- 1) 東 賢一, 内山巖雄: 建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について. 建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書, 財団法人ビル管理教育センター, 2011.
- 2) 東 賢一, 内山巖雄. 建築物環境衛生管理基準の解説と近年の知見. ビルと環境, No. 134, pp. 4-17, 2011.
- 3) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理及び管理基準の今後のあり方に関する研究, 平成 25 年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事

業, 2014 年 3 月.

- 4) 大澤元毅ら. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 28 年度総合研究報告書, 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合事業, 2017 年 3 月.
- 5) US Environmental Protection Agency: A standardized EPA protocol for characterizing indoor air quality in large office buildings. Washington, D.C., US Environmental Protection Agency, 2003.
- 6) National Institute for Occupational Safety and Health: Indoor Air Quality and Work Environment Symptoms Survey, NIOSH Indoor Environmental Quality Survey. Washington, DC: NIOSH, 1991.
- 7) Andersson K: Epidemiological approach to indoor air problems. Indoor Air 4 (suppl): 32-39, 1998.
- 8) 厚生労働省: 職業性ストレス簡易調査票, 2005.



# **建築物利用者の室内環境と健康に関するアンケート調査**

## **管理者用調査票（フェーズ1）**

このたび私どもでは、厚生労働省による平成 29 年度厚生労働科学研究費補助金（主任研究者 林 基哉）により、建築物利用者の健康状態や職場環境等の基本情報を得ることを目的としたアンケート調査を実施することになりました。本調査は、平成 21 年度～28 年度の厚生労働科学研究費補助金で得られた課題や近年の国内や諸外国の状況等を踏まえ、新たに補助金を受けて引き続き研究を行うものでございます。

ご多忙のところ誠に恐縮ではございますが、調査の主旨をご理解いただき、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。なお本調査では、**建築物の管理者または事務所の責任者（建築物の維持管理状況の調査）**及び**利用者（貴社の従業員）（室内環境と健康の調査）**に対してアンケート調査を実施いたします。**本調査票は管理者用**でございます。従業員用は別途添付いたしておりますので、**従業員用は、事務所の在室時間が比較的長い日勤の従業員の方（管理職、企画・事務職、通信エンジニア、デザイナー職など）にお配りいただき、あわせてご協力をお願いいたします。**なお、本調査への協力は、管理者、従業員ともに任意であり、協力者の自由意志に基づいて実施されます。従業員の選定および調査票の配布にあたりましては、そのことにご留意をお願いいたします。

**ご回答いただいた内容は、統計的に処理いたしますとともに、回答者の情報等は漏洩、公表されることがないよう取り扱われ、上記目的以外に使用されることはございません。**調査結果は、**個人が特定されないかたちで、学会や雑誌などで報告されることがあります。**また、ご回答を頂いた方には、研究終了後に研究結果の概要をお伝えいたします。

平成 xx 年 xx 月

国立保健医療科学院 統括研究官 林 基哉（主任研究者）  
近畿大学医学部 准教授 東 賢一（分担研究者）

### **アンケートにあたってのお願い**

#### **ご回答者（会社）**

貴社の事務所の管理者さま

#### **調査対象**

貴社が入居されている**建築物 1 件と貴社の事務所**に関して**直近の過去 2 ヶ月**についてご回答下さい。

#### **その他の調査のご協力**

本調査後、詳しい状況について、個別にお伺いすることがあるかもしれません。その際にはご協力いただければ幸いです。

**調査票は、ご記入後、添付の返信用封筒に厳封し、平成 xx 年 xx 月 xx 日 (x) までに下記の分担研究者宛にご投函下さい。**

< 本調査内容に関する問い合わせ先 >

分担研究者：近畿大学医学部環境医学・行動科学教室 准教授 東 賢一

電話番号: 072-366-0221 (代表) 内線 3274

e-mail: kenazuma@med.kindai.ac.jp



本アンケートの記入日をお書き下さい。

\_\_\_\_\_年 \_\_\_\_月 \_\_\_\_日

下欄に回答者ご自身についてお書き下さい。

会社名			
回答者氏名		所属部署	
		役 職	
会社	〒 -		
	電話		FAX
メールアドレス			

1. 当該建築物についてお答え下さい。(主にどの様な建築物かお答え下さい)

Q1-1. 主たる用途について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 事務所      b. 店舗(百貨店含む)      c. 旅館・ホテル      d. 学校(研修所含む)  
e. 興行場      f. 集合住宅      g. その他( )

Q1-2. 延べ床面積について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 2,000 m<sup>2</sup> 未満      b. 2,000~3,000m<sup>2</sup> 未満      c. 3,000~5,000 m<sup>2</sup> 未満  
d. 5,000~10,000m<sup>2</sup> 未満      e. 10,000~50,000 m<sup>2</sup> 未満      f. 50,000 m<sup>2</sup> 以上

Q1-3. 地上階(主要部分)についてお答え下さい。 \_\_\_\_\_階(2棟以上ある場合は一番高いもの)

Q1-4. 地階について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 0階(なし)      b. 1階      c. 2階      d. 3階      e. 4階以上

Q1-5. 竣工年月についてお答え下さい。 \_\_\_\_\_昭和・平成 \_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月

Q1-6. 所在地についてお答え下さい。 \_\_\_\_\_都・道・府・県 \_\_\_\_\_区・市・町・村

Q1-7. 所有者について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 官公庁      b. 民間      c. その他( )

Q1-8. 所有と使用の形態について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 自社使用      b. テナントビル(貸しビル)      c. その他( )

Q1-9. 周辺にあるもの(半径約200m以内)全てに を付けて下さい \_\_\_\_\_ 複数回答可能

- a. 幹線道路・高速道路      b. 工場      c. 鉄道      d. 廃棄物焼却施設  
e. 廃棄物埋立地      f. 森林・スギ林      g. その他( )

2. 当該建築物における貴社の事務所についてお答え下さい。

Q2-1. 貴社の事務所の入居階をお答え下さい。 \_\_\_\_\_ ~ \_\_\_\_\_階

Q2-2. 貴社の事務所における喫煙対応について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 禁煙      b. 完全分煙(別室)      c. 分煙(常時空気の流入あり)      d. 喫煙可能  
e. その他( )

3. 当該建築物(貴社の事務所)における設備についてお答え下さい。

Q3-1. 空調方式について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 中央方式      b. 個別方式      c. 中央・個別併用方式      d. その他( )

Q3-2. 給湯方式について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 中央方式      b. 局所方式      c. 設置されていない      d. その他( )

Q3-3. 給水方式について、該当する記号に を1つ付けて下さい。

- a. 貯水槽(ポンプ直送・高置水槽・圧力タンク)方式      b. 直結(増圧・直圧)方式  
c. その他( )



4. 過去2ヶ月における当該建築物(貴社の事務所)における貴社の従業員からの苦情の有無について、該当する記号に を1つ付けて下さい。(具体的な内容には場所や状況を記載して下さい。例：執務室の窓の結露・厨房の衛生害虫の発生等)

- 温度について a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 湿度について a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 気流について a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 臭気について a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 騒音について a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 衛生害虫などについて a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 水漏れ、結露、雨漏り a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 清掃について a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- 廃棄物処理について a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
b.ない c.わからない
- その他 a.ある(具体的な内容: \_\_\_\_\_)  
(衛生全般) b.ない c.わからない

5. 当該建築物は、建築物衛生法の特定建築物であるかどうか、該当する記号に を1つ付けて下さい。  
特定建築物とは、特定用途(興行場、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校(研修所を含む)、旅館)に使用される延べ面積が3000m<sup>2</sup>以上(学校教育法第1条に規定する学校の場合は8000m<sup>2</sup>以上)の建築物。

- a. はい 次頁の「設問6」にお進み下さい。
- b. いいえ 4頁の「設問7」、「設問8」にお進み下さい。



Q6-4. 当該特定建築物(貴社の入居している建物)における排水系の維持管理状況について、該当する記号を1つ付けて下さい。

厨房グリストラップの清掃について

- a.管理者が行う b.テナントもしくは厨房管理責任者等が行う c.わからない

排水槽に悪臭・浮遊物などがある

- a.よくある b.時々ある c.ない d.わからない

排水管やトラップなどの排水不良がある

- a.よくある b.時々ある c.ない d.わからない

排水管やトラップから悪臭がある

- a.よくある b.時々ある c.ない d.わからない

排水槽系の設備周辺に衛生害虫などの発生が見られる

- a.よくある b.時々ある c.ない d.わからない

Q6-5. 過去2ヶ月における、当該特定建築物(貴社の事務所)の全ての空気環境の測定データ(直近1回)についてお答え下さい。(5ページの表にご記入いただくか、貴社のデータ票のコピーのいずれかをお願いいたします。なお、コピーを添付いただく時は、建築物名を塗りつぶして下さい。)

7. 測定調査に対するご協力について

当研究班では、本アンケート調査をもとに、空気環境の測定調査を計画しています。測定調査は2つございます。事務所における測定調査にご協力いただけるかどうか、以下の2項目について、それぞれお答え下さい。

1) 測定調査1: 温度、相対湿度、二酸化炭素濃度を2週間程度連続測定 立ち入り測定はありません  
名刺サイズの計測器(おんどとり)1個を貴社に送付し、事務所内に設置していただき、後日郵送で回収  
いたします。この結果から、温湿度と二酸化炭素濃度の2週間にわたる詳細な状況についてお伝えできます。調  
査結果は後日報告いたします。 いずれかに をつけてお答え下さい。

- a.協力できる b.協力できない

2) 測定調査2: 上記項目に加え、粉じん濃度、浮遊微生物や化学物質などの空気環境項目の立ち入り測定  
温湿度、二酸化炭素に加え、粉じん濃度、浮遊微生物や化学物質などの空気環境に加え、空調機内部の汚れ  
具合などの調査を半日程度で実施する作業となります。この結果により、空気環境の詳細な状況について、お  
伝えすることができます。調査結果は後日報告いたします。 いずれかに をつけてお答え下さい。

- a.協力できる b.協力できない

「a.協力できる」とご回答頂いた場合、実測調査をお願いするかどうかの結果を後日連絡いたします。また、  
実測調査をお願いする場合、今後の進め方等について事前にお打ち合わせさせていただくことがございます。

8. ご経験などから、建築物の維持管理方法や基準に見直しが必要であると思われる点がございましたら、以下  
にご自由にお書きください。

最後に

ご多忙のところアンケート調査にご協力いただき、誠に有難うございました。

Q.6-5 空気環境測定データ記入

検査年月日 年 月 日

外気、建屋 内の区分	場所	回目	温度	相対湿度	気流	二酸化炭素	一酸化炭素	浮遊粉じ
				RH%	m/秒	ppm	ppm	mg/m <sup>3</sup>
記入例) 外	屋上	1	17.2	40	-	790	0.6	0.018
		2	20.1	38	-	800	1.2	0.032
		(3)	20.8	35	-	780	0.8	0.021
記入例) 内	6階総務	1	24.6	45	0.12	660	0.4	0.003
		2	24.5	48	0.16	670	0.8	0.005
		(3)	24.6	41	0.15	700	0.7	0.005
		1						
		2						
		(3)						
		1						
		2						
		(3)						
		1						
		2						
		(3)						
		1						
		2						
		(3)						
		1						
		2						
		(3)						
		1						
		2						
		(3)						
		1						
		2						
		(3)						
		1						
		2						
		(3)						

## 建築物利用者の室内環境と健康に関するアンケート (フェーズ1、2、3共通)

このアンケートは、建築物の室内環境と健康に関する情報を集める目的で行います。ご回答いただいた内容は、統計的に処理いたしますとともに、回答者の情報等は漏洩、公表されることがないよう取り扱われ、上記目的以外に使用されることはございません。調査結果は、個人が特定されないかたちで、学会や雑誌などで報告されることがあります。お手数をお掛けし、誠に恐縮ではございますが、ご協力の程、何卒よろしくお願いいたします。

質問と全ての選択肢をよく読んでから、あなたに一番当てはまる答えを選んでください。

全ての質問に回答していただくことがとても重要です。

ただし、回答したくないと思ったら、「回答をやめる」ボタン、あるいはブラウザを閉じて、途中でやめていただいても構いません。

また、設問の中で、精神的、身体的な状態をお伺いする項目がありますが、皆様のありのままのお気持ちをお答えいただけますと幸いです。

ご回答いただいた内容は、統計的に処理いたしますとともに、調査目的以外には使用いたしません。

また、無記名でお答えいただきますので、ご迷惑をおかけすることはありません。

調査にご協力いただけますよう心よりお願い申し上げます。

国立保健医療科学院 統括研究官 林 基哉（主任研究者）  
近畿大学医学部 准教授 東 賢一（分担研究者）

ご同意いただけない方は、「回答をやめる」ボタンを押して、アンケートの回答をおやめください。



## 建築物利用者の室内環境と健康に関するアンケート調査 従業員用調査票（フェーズ1、2、3共通）

このたび私どもでは、厚生労働省による平成29年度厚生労働科学研究費補助金（主任研究者 林基哉）により、建築物利用者の健康状態や職場環境等の基本情報を得ることを目的としたアンケート調査を実施することにいたしました。本調査は、平成21年度～28年度の厚生労働科学研究費補助金で得られた課題や近年の国内や諸外国の状況等を踏まえ、新たに補助金を受けて引き続き研究を行うものでございます。

ご多忙のところ誠に恐縮ではございますが、調査の主旨をご理解いただき、ご協力を賜れば幸いです。なお、ご回答いただいた内容は、統計的に処理いたしますとともに、回答者の情報等は漏洩、公表されることがないよう取り扱われ、上記目的以外に使用されることはございません。調査結果は、個人が特定されないかたちで、学会や雑誌などで報告されることがあります。お手数をお掛けし、誠に恐縮ではございますが、ご協力の程、何卒よろしくお願いいたします。

### [アンケートにあたってのお願い]

- 研究への参加に同意いただける場合は、アンケートにご記入下さい。研究の途中で参加を辞退することも可能です。この回答をもって研究参加への同意とさせていただきます。
- 次頁からの設問について、最もあてはまる選択肢の番号に を付けていただくか（複数回答が可能な場合に限り質問中に「複数回答可」の記述があります）括弧内に具体的に記入していただくかの2つの回答方法があります。ご自身のことについてお答えください。
- 設問の中で、精神的、身体的な状態をお伺いする項目がありますが、皆様のありのままのお気持ちを答えいただけますと幸いです。
- 調査票は、ご記入後、添付の返信用封筒に厳封し、平成xx年xx月xx日(x)までに下記の分担研究者宛にご投函下さい。直接ご返送いただくことで、ご回答いただいた内容が事業主・上司・同僚に知られるなどによって、ご回答いただいた方に指導が入るといった不利益はございませんので、現状を率直にお書きください。回答用封筒には、お名前やご所属を記入していただく必要はございません。

平成xx年xx月

国立保健医療科学院 統括研究官 林 基哉（主任研究者）  
近畿大学医学部 准教授 東 賢一（分担研究者）

本調査に関する問合せ先（分担研究者）  
近畿大学医学部環境医学・行動科学教室  
〒589-8511 大阪狭山市大野東 377-2

東 賢一（あずま けんいち）  
TEL: 072-366-0221（代表）内線 3274  
e-mail: kenazuma@med.kindai.ac.jp





はじめに本アンケートの記入日をお書き下さい。

\_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月 \_\_\_\_\_日

この建物の所在地についてお答え下さい。

\_\_\_\_\_都・道・府・県 \_\_\_\_\_区・市・町・村

**〔Q1〕 職場について**

Q1-1 この建物での勤続年数をお答え下さい。 ( )年  
 1年未満の場合は勤続月数をお答え下さい。 ( )ヶ月

Q1-2 この建物での 1週間あたりの平均勤務時間をお答え下さい。 ( )時間/週

Q1-3 この建物内外を含む 1週間あたりの全勤務時間数をお答え下さい。( )時間/週

Q1-4 この建物での今週の勤務日数(本日含む)をお答え下さい。 ( )日

Q1-5 あなたの仕事場のある部屋の勤務者数をお答え下さい。(あなたを含めて)( は1つ)  
 1. 1人 2. 2~3人 3. 4~7人 4. 8人~20人 5. 21~50人 6. 51人以上

Q1-6 あなたの仕事場の床にカーペット(じゅうたん)があるかどうかお答え下さい。  
 1. ある 2. ない

Q1-7 あなたは仕事でコンピュータやワープロを使いますか?( は1つ)  
 1. はい 2. いいえ

Q1-8 職場であなたが仕事で使用するものと使用頻度をお選び下さい。( は各行に一つずつ)

項目	1日に 数回	1日に 約1回	1週間に 3~4回	1週間に 2回以下	全く 使わない
レーザープリンター					
インクジェットプリンター					
コピー機(感圧複写機以外)					
感圧複写機(ノーカーボン紙(感圧紙))					
洗剤・接着剤・修正液・他の臭いのする薬品					

Q1-9 あなたは現在、ご自宅でペットを飼っていますか?( は各行に一つずつ)  
 a) 犬----- 1. はい 2. いいえ  
 b) 猫----- 1. はい 2. いいえ

〔Q2〕健康状態および症状について

Q2-1 これまでに医師から診断された、あるいは現在治療中の症状をお答え下さい。

( は各行に一つずつ)

- |                     |       |        |
|---------------------|-------|--------|
| a) 副鼻腔炎-----        | 1. はい | 2. いいえ |
| b) ぜんそく-----        | 1. はい | 2. いいえ |
| c) 片頭痛-----         | 1. はい | 2. いいえ |
| d) アトピー性皮膚炎-----    | 1. はい | 2. いいえ |
| e) 乾癬-----          | 1. はい | 2. いいえ |
| f) アレルギー性鼻炎-----    | 1. はい | 2. いいえ |
| g) 花粉症-----         | 1. はい | 2. いいえ |
| h) アレルギー性結膜炎-----   | 1. はい | 2. いいえ |
| i) 食物アレルギー-----     | 1. はい | 2. いいえ |
| j) シックハウス症候群-----   | 1. はい | 2. いいえ |
| k) 化学物質過敏症-----     | 1. はい | 2. いいえ |
| l) うつ病-----         | 1. はい | 2. いいえ |
| m) ハウスダストアレルギー----- | 1. はい | 2. いいえ |
| n) カビアレルギー-----     | 1. はい | 2. いいえ |
| o) 猫アレルギー-----      | 1. はい | 2. いいえ |
| p) その他の持病(具体的に： )-- | 1. はい | 2. いいえ |

Q2-2 あなたはたばこを吸いますか？

( は1つ)

1. いいえ、吸ったことはない
2. いいえ、ただし以前に吸っていた(やめたのは 年前)
3. はい、ときどき吸う
4. はい、毎日吸う

Q2-3 あなたのご家族はたばこを吸いますか？

( は1つ)

1. いいえ、吸ったことはない
2. いいえ、ただし以前に吸っていた(やめたのは 年前)
3. はい、ときどき吸う
4. はい、毎日吸う

Q2-4 あなたが普段仕事中使用している矯正レンズについてお答え下さい。( 複数回答可)

1. 使用しない
2. 眼鏡
3. 遠近両用の眼鏡
4. コンタクトレンズ

Q2-5 あなたの年齢をお答えください。

満( )歳

Q2-6 あなたの性別をお答え下さい。

( は1つ)

1. 男性
2. 女性

Q2-7 あなたが勤務していた過去4週間において、この建物で働いている間に次の症状を自覚したことがありますか？自覚したことが一度もない場合(1)は、Q3-1へお移り下さい。  
 自覚したことがある場合(2)~(4)は、この間に仕事から離れると症状はどうなりましたか？(休日や週末など)それぞれの症状について例を参考にお答え下さい。

項目	過去4週間に				仕事から離れると		
	1度も ない (1)	合計 1~3日 ある(2)	毎週 1~3日 ある(3)	勤務日 の毎日 かほと んど(4)	悪化 した	変化 なし	よく なっ た
(例)症状X							
(例)症状Y							
目の渴き・かゆみ・チクチクする							
ヒューヒュー・ゼーゼーいう							
頭が重い							
頭が痛い							
のどが渴きやすい・痛い							
全身の疲れ・けん怠感・眠気							
胸部の圧迫感							
鼻水・鼻づまり							
せきがでる							
目の疲れ・はり							
緊張・イライラ・神経質							
背中・肩・首の痛み・こり							
くしゃみ							
忘れっぽい、物事に集中できない							
めまい・立ちくらみ							
気が重い							
息切れ							
吐き気・胃のむかつき							
顔が乾燥したり赤くなる							
頭や耳がかさつく・かゆい							
手が乾燥する・かゆい・赤くなる							
手や手首のしびれ							
手足の冷え							

〔Q3〕職場環境について

Q3-1 あなたが勤務していた過去4週間に、この建物で働いている間に次の状態を感じたことがありますか？また、この1週間ではどうですか？それぞれの状態について例を参考にお答え下さい。

項目	過去4週間に				この1週間で感じた日数
	1度もない	合計 1~3日 ある	毎週 1~3日 ある	勤務日の 毎日か ほとんど	
(例)状態X					5
(例)状態Y					
空気が流れが速すぎる					
空気が流れが不足、空気がよどむ					
暑すぎる					
室温の変化					
寒すぎる					
じめじめする					
乾きすぎる					
静電気の刺激をよく感じる					
騒音					
エアコンの吹き出し口からの風が直接あたる					
エアコンの吹き出し口から不快なおいがる					
カビのにおい					
ほこりや汚れ					
たばこの煙のにおい					
不快な薬品臭					
その他の不快臭 (体臭・食品・香水など)					

〔Q4〕仕事の特徴

Q4-1 あなたの職種についてお答え下さい。 ( は1つ)

1. 管理職                      2. 専門職                      3. 技術職                      4. 営業職  
5. 企画・事務職              6. 秘書・書記                      7. その他(具体的に: )

Q4-2 あなたの仕事について、最もあてはまるものに を付けて下さい。

	そうだ	まあ そうだ	やや ちがう	ちがう
1. 非常にたくさんの仕事をしなければならない-----	1	2	3	4
2. 時間内に仕事が処理しきれない-----	1	2	3	4
3. 一生懸命働かなければならない-----	1	2	3	4
4. かなり注意を集中する必要がある-----	1	2	3	4
5. 高度の知職や技術が必要なむずかしい仕事だ-----	1	2	3	4
6. 勤務時間中はいつも仕事の事を考えていなければならない---	1	2	3	4
7. からだを大変よく使う仕事だ-----	1	2	3	4
8. 自分のペースで仕事ができる-----	1	2	3	4
9. 自分で仕事の順番・やり方を決めることができる-----	1	2	3	4
10. 職場の仕事の方針に自分の意見を反映できる-----	1	2	3	4
11. 自分の技能や知識を仕事で使うことが少ない-----	1	2	3	4
12. 私の部署内で意見のくい違いがある-----	1	2	3	4
13. 私の部署と他の部署とはうまが合わない-----	1	2	3	4
14. 私の職場の雰囲気は友好的である-----	1	2	3	4
15. 私の職場の作業環境（騒音,照明,温度,換気など）はよくない---	1	2	3	4
16. 仕事の内容は自分にあっている-----	1	2	3	4
17. 働きがいのある仕事だ-----	1	2	3	4

Q4-3 最近 1 か月間のあなたの状態について、最もあてはまるものに を付けてください。

	ほとんどな かった	ときどき あった	しばしば あった	ほとんどい つもあった
1. 活気がわいてくる-----	1	2	3	4
2. 元気がいっぱいだ-----	1	2	3	4
3. 生き生きする-----	1	2	3	4
4. 怒りを感じる-----	1	2	3	4
5. 内心腹立たしい-----	1	2	3	4
6. イライラしている-----	1	2	3	4
7. ひどく疲れた-----	1	2	3	4
8. へとへとだ-----	1	2	3	4
9. だるい-----	1	2	3	4
10. 気がはりつめている-----	1	2	3	4
11. 不安だ-----	1	2	3	4
12. 落ち着かない-----	1	2	3	4
13. ゆうつだ-----	1	2	3	4
14. 何をするのも面倒だ-----	1	2	3	4
15. 物事に集中できない-----	1	2	3	4
16. 気分が晴れない-----	1	2	3	4
17. 仕事が手につかない-----	1	2	3	4
18. 悲しいと感じる-----	1	2	3	4
19. めまいがする-----	1	2	3	4

	ほとんどな かった	ときどき あった	しばしば あった	ほとんどい つもあった
20. 体のふしぶしが痛む-----	1	2	3	4
21. 頭が重かったり頭痛がする-----	1	2	3	4
22. 首筋や肩がこる-----	1	2	3	4
23. 腰が痛い-----	1	2	3	4
24. 目が疲れる-----	1	2	3	4
25. 動悸や息切れがする-----	1	2	3	4
26. 胃腸の具合が悪い-----	1	2	3	4
27. 食欲がない-----	1	2	3	4
28. 便秘や下痢をする-----	1	2	3	4
29. よく眠れない-----	1	2	3	4

Q4-4 あなたの周りの方々について、最もあてはまるものに を付けてください。

	非常に	かなり	多少	全くない
次の人たちとはどのくらい気軽に話ができますか？				
1. 上司-----	1	2	3	4
2. 職場の同僚-----	1	2	3	4
3. 配偶者、家族、友人等-----	1	2	3	4

あなたが困った時、次の人たちはどのくらい頼りになりますか？

4. 上司-----	1	2	3	4
5. 職場の同僚-----	1	2	3	4
6. 配偶者、家族、友人等-----	1	2	3	4

あなたの個人的な問題を相談したら、次の人たちはどのくらい聞いてくれますか？

7. 上司-----	1	2	3	4
8. 職場の同僚-----	1	2	3	4
9. 配偶者、家族、友人等-----	1	2	3	4

Q4-5 満足度について、最もあてはまるものに を付けてください。

	満 足	まあ満足	やや不満足	不満足
1. 仕事に満足だ-----	1	2	3	4
2. 家庭生活に満足だ-----	1	2	3	4

〔Q5〕 建物の環境や従業員の健康について、必要と思うことを自由にご記入下さい。

以上でアンケートは終了です。ご回答に漏れがないか改めてご確認ください。  
ご多忙の中、アンケートにご協力いただき、誠にありがとうございました。

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）  
分担研究報告書

4. 制度提案

研究代表者 林 基哉 国立保健医療科学院 統括研究官  
研究分担者 櫻田 尚樹 国立保健医療科学院 部長  
研究分担者 開原 典子 国立保健医療科学院 主任研究官

研究要旨

自治体及びビルメンテナンス実務者に対するヒアリング及びアンケート調査の基礎資料となる建築物衛生法建築衛生管理基準の行政報告データにおける不適率の状況把握のための分析を行った。1996年度から2016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、不適数等を用いて、不適率の傾向に関する傾向を確認した。また、空気環境に関する不適率上昇傾向の機序の解明に向けた基礎的な分析を、統計解析ソフト JMP を使用して行った。

ほとんどの衛生管理項目の不適率には顕著な傾向がないが、空気環境の湿度、気温、二酸化炭素の不適率は、持続的に増加して高いレベルに達している。ビルメンテナンス業による定期的測定データを利用して判断される報告徴取の増加がこの一因であることが確認された。これまで、定期的測定結果に不適値が含まれていても、立入検査による総合判断で適合判断が行われていたが、報告徴取ではこのような判断にならないことが、原因として挙げられる。従って、適・不適の判断がより明確に行える測定評価法が必要であると考えられる。しかし、不適率上昇の原因は、報告徴取の増加のみと断定することは出来ない。省エネルギーによる設定温度の変更や暖冷房期間の短縮は、気温の不適率上昇をもたらすと共に、冬期の設定温度抑制は気化式加湿器における加湿量減少をもたらし、湿度の不適率を上昇させると考えられる。また、個別空調による個別の暖冷房換気の制御が、空気環境の不適率上昇の要因になることが考えられる。

行政報告データにおける空気環境の不適率増加の機序を明らかにして効率的な対策を講じるためには、実際の室内環境及び健康影響の実態に加えて、測定評価や監視指導の実態など、引き続き多面的な分析が必要である。

A. 研究目的

制度提案では、自治体、ビルメンメンテナ  
ス業の実情を踏まえ、基準案・測定評価法の実

効性、制度化の可能性を明らかにする。他の分  
担研究及び建築物衛生に関する既往研究の成  
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。

本報告では、自治体及びビルメンテナンス実務者に対するヒアリング及びアンケート調査の基礎資料となる建築物衛生法建築衛生管理基準の行政報告データにおける不適率の状況把握のための分析を行った結果を示す。

## B．研究方法

### B.1 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出

1996年度から2016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、不適数等を用いて、不適率の傾向を確認した。また、空気環境に関する不適率上昇傾向の機序の解明に向けた基礎的な分析を、統計解析ソフト JMP を使用して行った。

## C．研究結果

### C.1 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出

C.1.1 では、特定建築物数、及び自治体の報告徴取数及び立入検査数に関する推移を示し、自治体の監視指導に関する実態の概要を示す。C.1.2 では全国の不適率の推移を示して建築物衛生法の建築物衛生環境基準に対する衛生環境の実態に関する基礎的な状況把握を行う。C.3 では、空気環境に関する不適率に注目して不適率上昇傾向の機序解明に向けた統計分析の結果を示す。

#### C.1.1 特定建築物と調査の状況

図 4-1 に示すように、全国の特定建築物の数は 1996 年以降増加傾向にあるが、2010 年以降その伸びは若干小さくなっている。図 4-2 は、1996 年から 2016 年までの各自治体の特定建築物数の増加の傾きをこの間の平均値で除した

値(増加率)を示している。各自治体における年平均増加率は 1.0~3.5%程度で、県による差が確認される。

図 4-3 に示すように、特定建築物(施設)数に対する調査数(報告徴取数と立入検査数の和)の比(調査率)は、1996 年から 2006 年まで減少し、その後 2010 年まで増加している。その後は 60%程度で安定している。図中の「全国」は全国の施設数に対する全国の調査数の割合である。また、図中の「全国平均」は、自治体毎の調査率の平均値で、同図に標準偏差も示している。図 4-4 は、各自治体の調査率を示すが、10%~120%と大きな開きがある。なお、施設数が最も大きい東京都は、約 30%である。

図 4-5 は、全国の調査数の推移を示す。2009 年までは報告調査数の項目がなかったため、2010 年から報告徴取と立入検査を分けて重ねて示している。両者の合計値が 2009 年から 2010 年に連続的に増加しており、2009 年以前についても、報告徴取として分類されるものが、まとめて立入検査に含まれていた可能性があると考えられる。

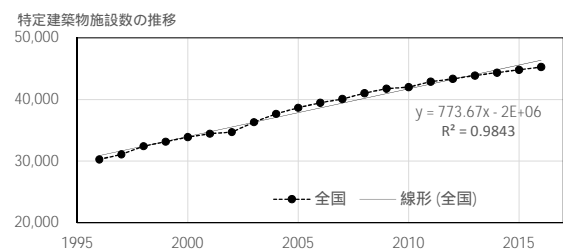


図 4-1 特定建築物施設数の推移 (1996-2016)

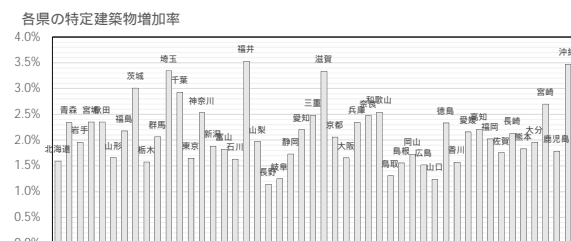


図 4-2 各自治体の特定建築物の増加率 (1996-2016 平均に対する年増加数平均の比)



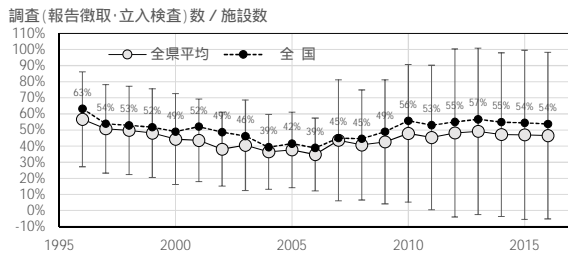


図 4-3 特定建築物数に対する調査数の比の推移

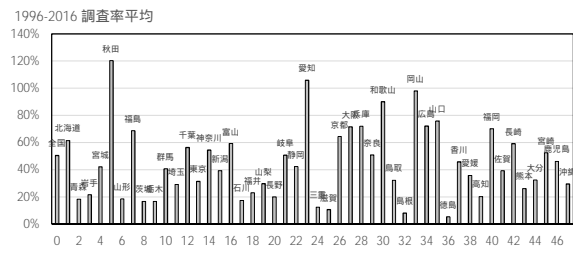


図 4-4 各自治体の調査率 1996-2016 平均

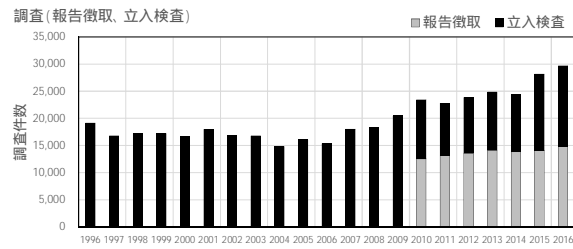


図 4-5 全国の調査(報告徴取、立入検査)数の推移

図 4-6 に各自治体の調査数の 1996 年～2016 年の傾きを示す。各自治体の調査数の変化には差があり、大半の自治体では変化がない又は若干減少している傾向であるが、一部の自治体で大きく増加している。図 4-7 に示す 2010 年～2016 年の傾きは図 4-6 の場合とほとんど同じ自治体で増加傾向が見られる。図 4-8 に、調査数に占める報告調査数の割合を示す。約半数の自治体では、報告徴取がない又は 20%以下であるが、15 の自治体では報告徴取が半分以上がとなっている。図 4-9 に、2010 年から 2016 年の増減傾向(近似直線の傾き)に対する、報告調査数及び立入検査数の増減傾向の関係を

示す。調査数の増加傾向が強い自治体は、立入検査の減少傾向が強く報告調査数の増加傾向が強いことが確認される。

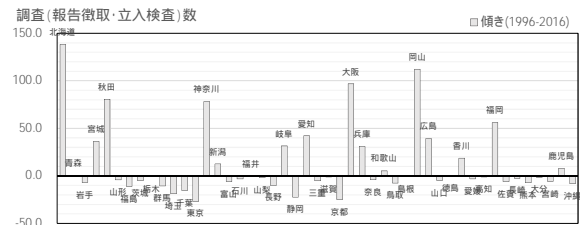


図 4-6 各自治体の調査数 1996-2016 増減傾向

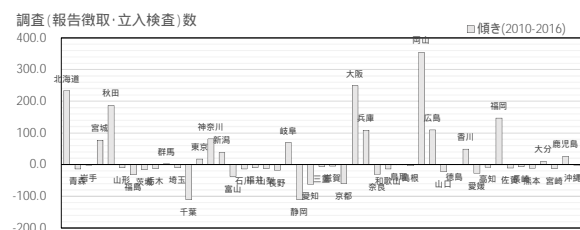


図 4-7 各自治体の調査数 2010-2016 増減傾向

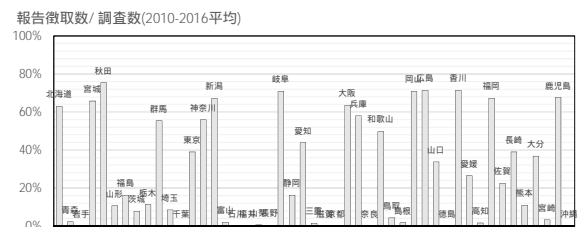


図 4-8 各自治体の報告徴取の割合(2010-2016)

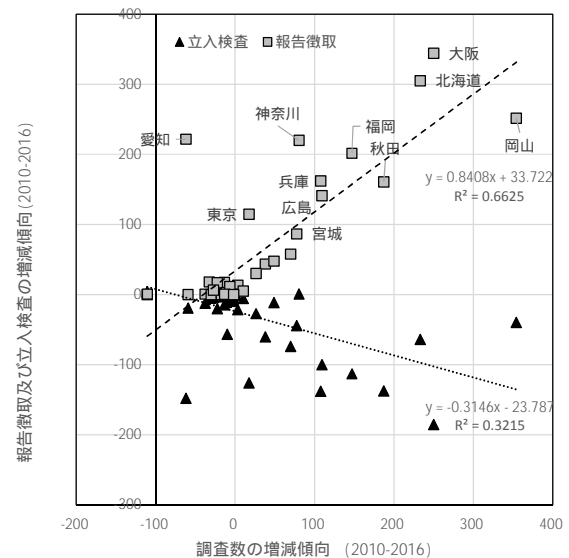


図 4-9 各自治体の調査数増減傾向と報告徴取数及び立入検査数の増減傾向の関係

図 4-10 に、調査数の増減傾向が顕著な自治体の調査数の推移を示す。増加傾向が強い自治体では、2006 年から 2010 年の間に、それぞれ異なる年度に急激な増加を示している。例えば、福岡では 2007 年度に不連続に増加し、神奈川では 2010 年度に不連続に増加している。また、2014 年にも急激な増加を示している自治体がある。一方、埼玉では 2010 年に急激な減少を示している。これらの一部の自治体の変化が、全国の調査数の増加の大きな要因になっていると考えられる。図 4-11 には、調査数が顕著に変化した自治体の報告調査数及び立入検査数の推移を示す。

2010 年から報告調査数が挙げられているが、2010 年ばかりではなく、2008 年、2009 年に調査数が大きく増加したことがある。また、立入検査数が連続的に変化している場合（神奈川）がある一方、調査数が連続的に変化している場合（愛知）がある。これらの差の推定要因としては、報告数の算出方法の差が挙げられる。

以上のように、不適率の分析にあたっては、行政報告データには特定建築物の実態の他に、報告徴取と立入検査の報告数値の算定状況の影響が存在することを踏まえる必要があることが確認される。

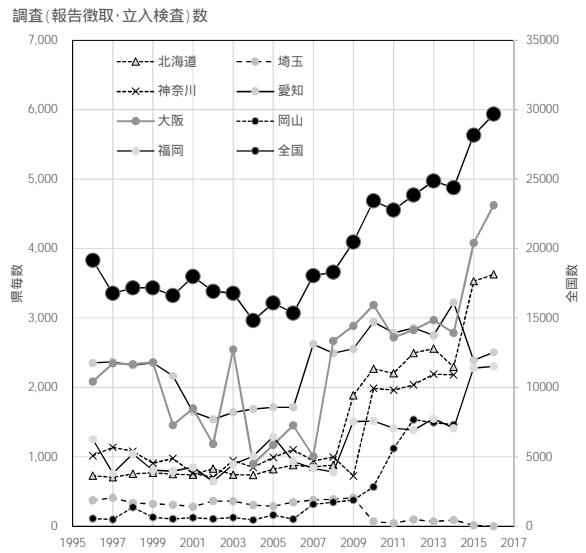


図 4-10 調査数増減傾向が特徴的な自治体の調査数推移

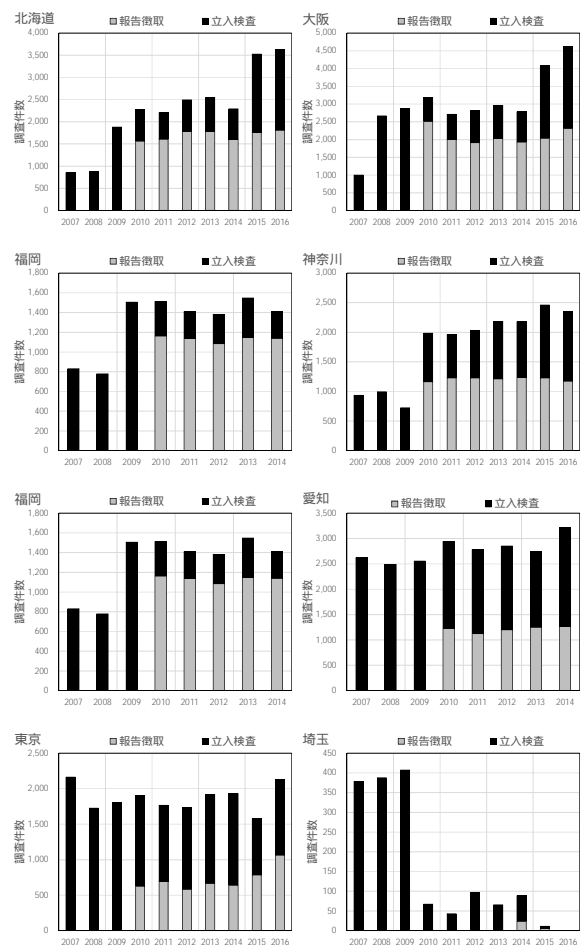


図 4-11 増減傾向が特徴的な自治体の報告徴取数及び立入検査数の推移

### C.1.2 全国の不適率の推移

建築物環境衛生管理基準に対する不適数及び不適率の状況について、以下に示す。図 4-12 ~ 図 4-16 に、全国の調査件数に対する不適件数の比(不適率)の 2008 年から 2016 年の推移を示す。図 4-12 に示す空気環境関係では、相対湿度の不適率が最も高く、上昇傾向にあることが確認される。次に高い温度(気温)については、2012 年まで上昇し、その後上昇が止まっている。その次に高い二酸化炭素は、2011 年以降上昇傾向が続いている。また、浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドは数%未満で推移している。図 4-13 は、冷却塔、加湿装置及び排水受けに関する不適率の推移を示している。加湿装置の点検、清掃、排水受け点検の不適率は 10%以上であり比較的高い。また、冷却塔の水点検、水清掃は、5%以上となっている。冷却塔及び加湿装置に関する不適率には顕著な増減傾向がなく推移している。

図 4-14 は、給水関係の不適率の推移を示す。中央式給湯水質検査、中央式給湯塩素検査、貯湯槽清掃の不適率は、10%程度を超えて推移している。中央式給湯水質検査、中央式給湯塩素検査については 2008 に若干高かったが、2009 年には低下してその後大きく変化していない。

図 4-15 は、雑用水等に関する不適率の推移を示す。貯湯槽清掃の不適率がほとんどの年に 10%を超えている。また、雑用水水質検査、雑用水水槽点検、雑用水塩素検査は、2009 年に 10%程度であったが、その後は低下傾向にある。PH 値及び臭気については、数%以下を推移している。

図 4-16 は、雑用水等の外観等、ねずみ等防除、帳簿書類などの不適率の推移を示す。帳簿書類の不適率は 15%程度を推移し、排水設備清掃の不適率は 10%を超えて推移し若干低下傾向がある。大掃除とねずみ等の防除は、5%

を超えた状態で推移している。大腸菌群、濁度、外観は、5%以下で推移し、2009 年以降低下傾向にある。

以上のように、不適率の全国平均値は、空気環境の相対湿度、気温、二酸化炭素濃度では、明らかな上昇傾向があるが、その他の項目では、横ばい又は若干の低下傾向を示している。不適率が上昇傾向を持たない項目については、報告徴取及び立入検査の継続によって、不適率が改善される可能性があると考えられるが、不適率上昇項目については、その原因を明らかにして上昇を止め、さらに低下させるための対応の検討が必要であると考えられる。

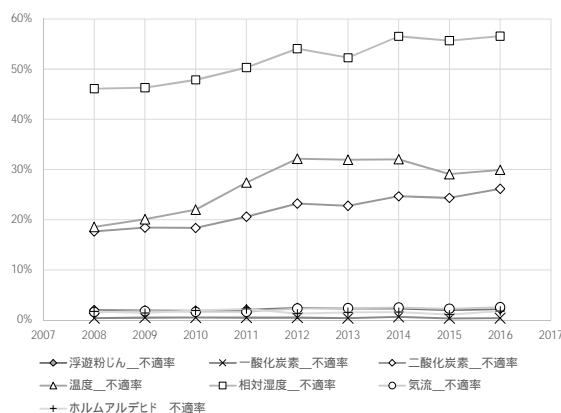


図 4-12 不適率の推移 1 (空気環境等)

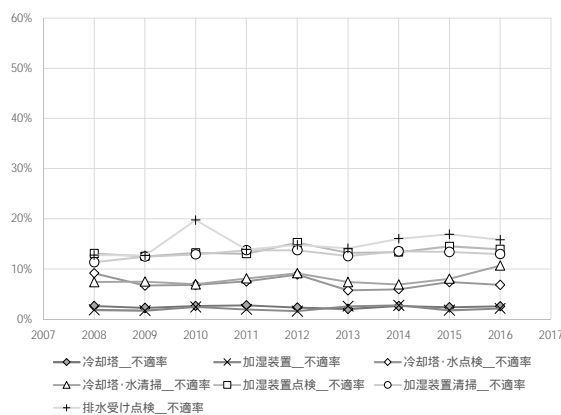


図 4-13 不適率の推移 2 (冷却塔、加湿装置、排水受け)

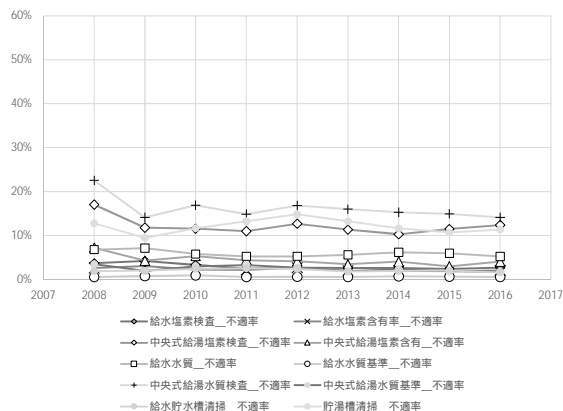


図 4-14 不適率の推移 3 (給水)

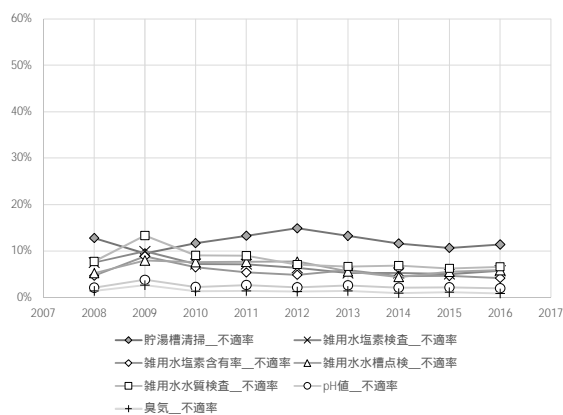


図 4-15 不適率の推移 (雑用水)

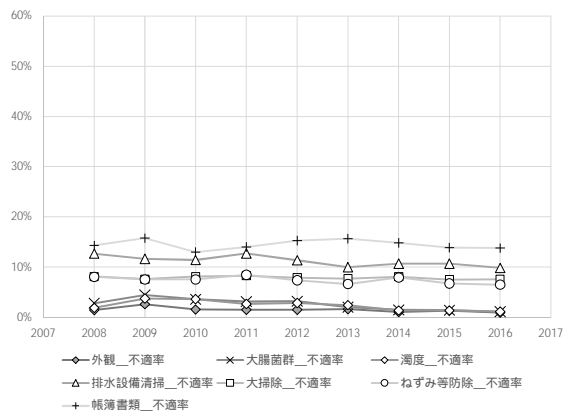


図 4-16 不適率の推移 (その他)

図 4-17 ~ 図 4-34 に、各自治体の空気環境及び関連項目の不適率の 2008 ~ 2016 の平均値、その間の増減傾向 (近似直線の傾き) を示す。空気環境の関連項目として、冷却塔と加湿装置も示す。

2008 ~ 2016 の浮遊粉塵の不適率全国平均は

2%程度であるが、図 4-17 示すように、宮城は 5%程度で比較的高い。また、図 4-18 に示すように、三重及び島根等減少傾向を示す自治体がある一方、沖縄や高知では増加傾向が見られる。

一酸化炭素の不適率全国平均は 0.5%程度で低いが、図 4-19 に示すように沖縄は 3.0%程度と比較的高い。三重、滋賀、香川は、2.0%程度になっている。また、島根は 1.5%と若干高い。また、図 4-18 に示すように、沖縄は増加傾向がある一方、島根、香川では低下傾向がある。

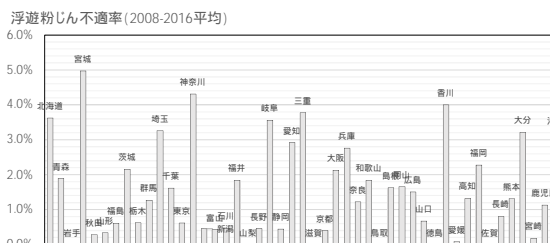


図 4-17 各自治体の不適率平均 (浮遊粉じん)

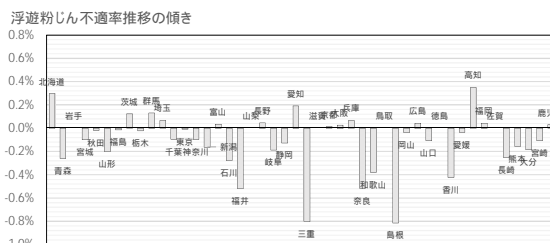


図 4-18 各自治体の不適率増減 (浮遊粉じん)

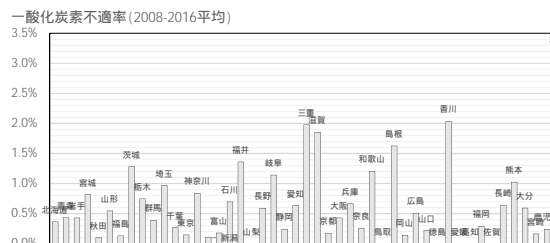


図 4-19 各自治体の不適率平均 (一酸化炭素)

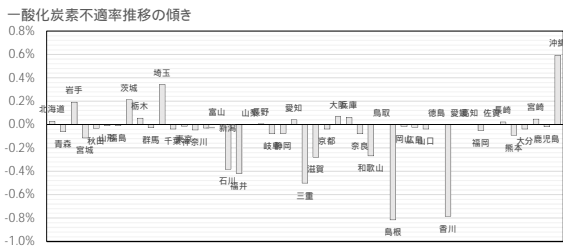


図 4-20 各自治体の不適率増減（一酸化炭素）

二酸化炭素の不適率全国平均は、約 22%と高い状況にある。図 4-21 に示すように自治体による差があり、宮城、神奈川、愛知、大阪、北海道、埼玉、兵庫、広島、香川、福岡は、20%を超えており、特に、宮城は 38%、神奈川は 34%と非常に高い。大略的には、北に位置する自治体の不適率が高い傾向が伺える。図 4-22 に示すように、宮城県、神奈川は増加傾向にある。また、北海道、愛知、香川も増加傾向である。一方、埼玉、新潟は低下傾向である。

気温の不適率全国平均は、約 27%と高い状況にある。図 4-23 に示すように、自治体による差が大きく、岡山、高知、岐阜は 50%を超えており、香川、神奈川、広島、宮城、埼玉、群馬、三重、兵庫は、30%を超えている。自治体の気象条件との関係が特に顕著にはなっていないように見える。図 4-24 に示すように、岩手、岐阜、香川をはじめ多くの自治体で増加傾向が見られる一方、埼玉、岡山で減少傾向が見られる。

相対湿度の不適率全国平均は、約 51%であり非常に高い状況にある。図 4-25 に示すように、ほとんどの自治体で不適率が 20%を超えているとともに、宮城、神奈川、愛知、岐阜、大阪、岡山、高知では、60%を超えている。大略的には、寒冷な自治体で不適率が高くなっていく傾向が伺える。図 4-26 に示すように、ほとんどの自治体で不適率が増加傾向を持っているが、埼玉、新潟などの一部では、減少傾向

を示している。

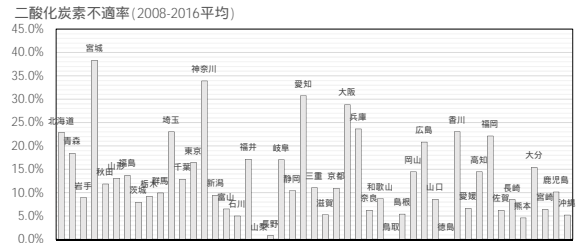


図 4-21 各自治体の不適率平均（二酸化炭素）

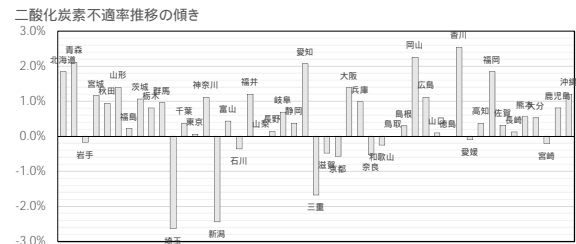


図 4-22 各自治体の不適率増減（二酸化炭素）

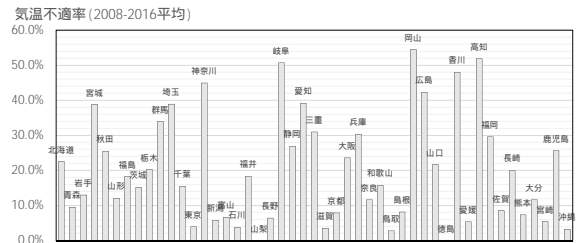


図 4-23 各自治体の不適率平均（気温）

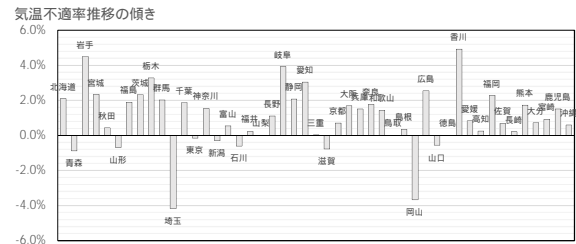


図 4-24 各自治体の不適率増減（気温）

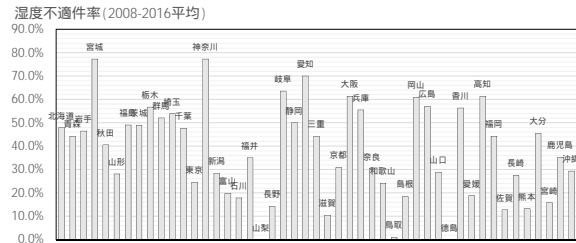


図 4-25 各自治体の不適率平均（相対湿度）

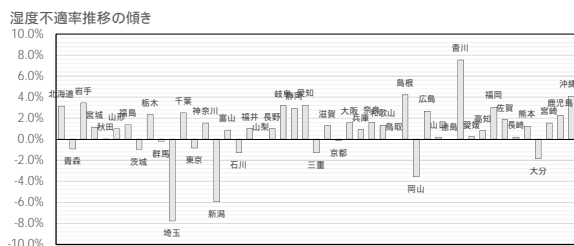


図 4-26 各自治体の不適率増減（相対湿度）

気流の全国不適率平均は、約 2%と低いが、図 4-27 に示すように、高知、岐阜、岡山では 5%を超えている。地域による傾向はみられない。また、図 4-28 に示すように、高知では増加傾向にある。

ホルムアルデヒドの全国不適率平均は、約 2%と低いが、福井、島根、奈良、岡山では 10%を超えている。地域による傾向は特に見られない。図 4-30 に示すように、茨木では増加傾向があり、福井、奈良では減少傾向が見られる。

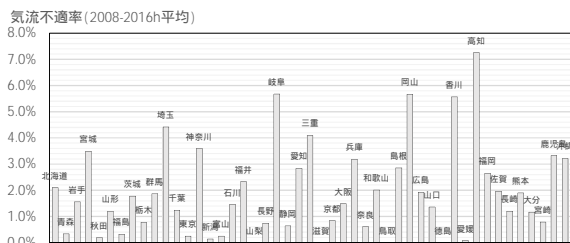


図 4-27 各自治体の不適率平均（気流）

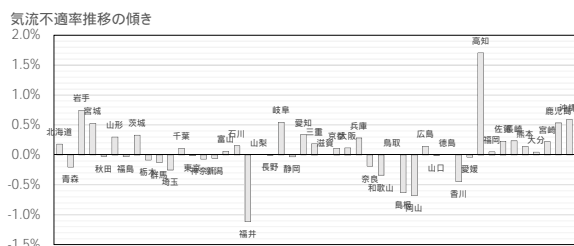


図 4-28 各自治体の不適率増減（気流）

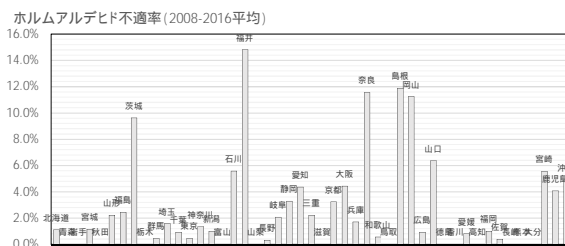


図 4-29 各自治体の不適率平均（ホルムアルデヒド）



図 4-30 各自治体の不適率増減（ホルムアルデヒド）

冷却塔の全国不適率平均は、約 2%と低いが、図 4-31 に示すように、茨城、秋田、大分では 10%を超えており、自治体による差が見られる。図 4-32 に示すように、大分では増加傾向があり、秋田、島根では減少傾向が見られる。

加湿装置の全国不適率平均は、約 2%と低いが、図 4-33 に示すように、大分、岡山は 10%を超えている。また、図 4-34 に示すように、大分では増加傾向が見られる。

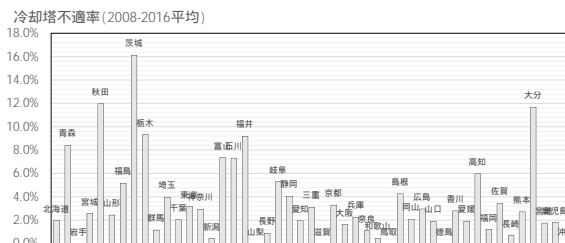


図 4-31 各自治体の不適率平均（冷却塔）

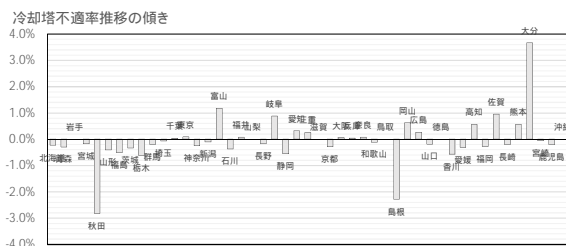


図 4-32 各自治体の不適率増減（冷却塔）

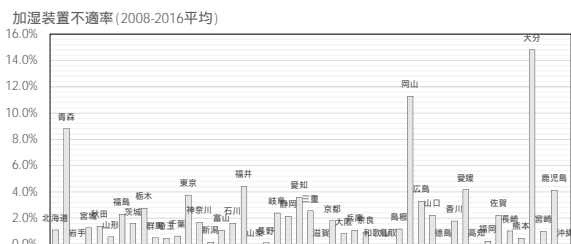


図 4-33 各自治体の不適率平均（加湿装置）

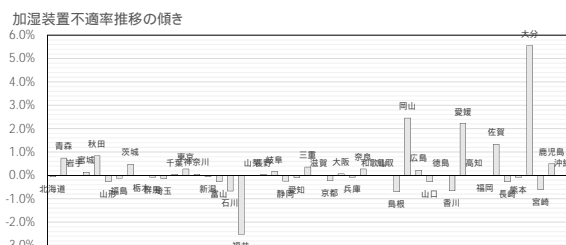


図 4-34 各自治体の不適率増減（加湿装置）

以上のように、不適率及びその増減傾向は、自治体による差がある。一部の項目については、地域（北海道から沖縄までの順番）による傾向が伺える。

### C.1.3 不適率に関する分析

不適率が高い空気環境に注目して、不適率の要因を検討するために、多変量解析、要因による不適率のモデル化を行った結果を示す。

空気環境に関係すると考えられる項目として、地域、年度、報告徴取数、立入検査数、調査数、湿度不適率、温度（気温）不適率、二酸化炭素不適率、気流不適率、冷却塔不適率、加湿装置不適率を用いて、多変量解析を行った結果を以下に示す。図 4-1 に項目間の関係を示

し、表 4-1 に各項目間のノンパラメトリック：Spearman の順位相関係数を示す。また、下線がついている部分は、p 値 ( Prob. ) < .0001 の場合である。なお、地域は、北海道から沖縄までの北から南に向かって、番号を付けた連続尺度としている。従って、気象条件にある程度対応した項目になっている。また、報告徴取数、立入検査数、及びそれらの和である調査数は、自治体の特定建築物数にある程度対応しており、自治体の規模とみることもできると考えられる。

表 4-1 に示すように、地域は、湿度不適率、二酸化炭素不適率、冷却塔不適率と負の相関関係が見られるが、年度はいずれとも相関関係が見られない。また、報告徴取数、立入検査数、調査数、湿度不適率、温度（気温）不適率、二酸化炭素不適率、気流不適率、冷却塔不適率、加湿装置不適率は、ほとんどの相互関係に、正の相関がみられる。なお、調査数は、報告徴取数と立入検査数の和であるため、それらの間に相関が見られたと考えられる。

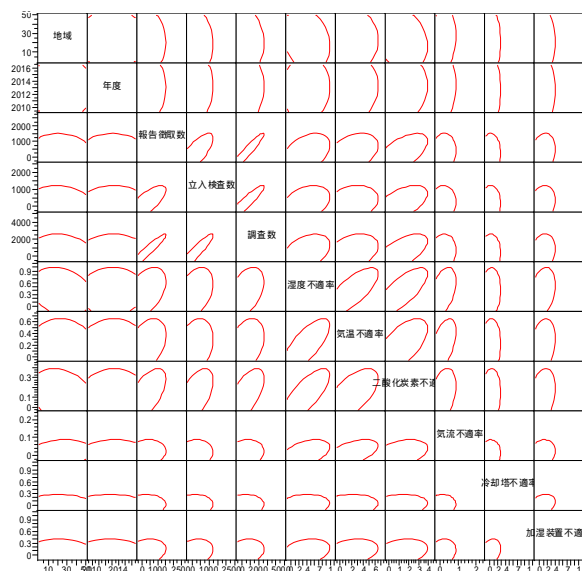


図 4-35 空気環境関係の不適率の相関関係



表 4-1 空気環境関係の不適率の相関関係

	地域	年度	報告徴取数	立入検査数	調査数	湿度不適率	気温不適率	二酸化炭素不適率	気流不適率	冷却塔不適率	加湿装置不適率
地域	1	0	-0.085	-0.156	-0.138	-0.238	-0.067	-0.234	0.1066	-0.245	-0.126
年度		1	-0.038	-0.186	-0.188	0.0394	0.0817	0.0623	0.0926	-0.025	-0.032
報告徴取数			1	0.6488	0.847	0.4448	0.5288	0.5886	0.4167	0.1409	0.3554
立入検査数				1	0.9064	0.3372	0.3266	0.4613	0.2946	0.2877	0.3821
調査数					1	0.4342	0.338	0.5526	0.3946	0.2459	0.3997
湿度不適率						1	0.7765	0.7682	0.5344	0.2592	0.4091
気温不適率							1	0.6688	0.6473	0.2451	0.373
二酸化炭素不適率								1	0.6473	0.3038	0.4619
気流不適率									1	0.1481	0.2622
冷却塔不適率										1	0.4374
加湿装置不適率											1

多変量解析に続いて、主な項目について、その要因を想定したモデル化を行い、要因に関する可能性について確認した。はじめに、地域や年度を要因として、報告徴取数や立入検査数に関するモデル化を行った。次に、地域、年度、報告徴取数、立入検査数を要因として、各不適率のモデル化を行った。最後に、各不適率の相互関係を確認するために、項目毎に他の項目を要因としてモデル化を行った。

表 4-2 及び図 4-36 に、報告徴取数及び立入検査数のモデル化を行った結果を示す。尺度化した推定値は、平均を中心に範囲 / 2 で尺度化したものである。P 値が 0.0001 より小さく有意性の高い因子は、報告徴取では年度であり、立入検査数ではなかった。従って、報告徴取数は年度の影響下にあることを示しており、前述の報告徴取数の増加傾向に対応している。なお、報告徴取数と立入検査数のいずれも、地域の尺度値が負となっているが、これは首都圏～近畿圏等の比較的北にある自治体の規模場大きいことによると考えられる。

表 4-2 地域、年度による立入検査数、報告徴取数のモデル化の結果

	項	尺度化した推定値	標準誤差	t値	p値 (Prob> t )
報告徴取数	切片	227.38061	22.16595	10.26	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	-73.15366	37.58419	-1.95	0.0523
	年度(2010 2016)	149.11489	34.33934	4.34	<.0001
立入検査数	切片	282.93853	22.52999	12.56	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	-115.9631	38.20145	-3.04	0.0026
	年度(2010 2016)	-46.18723	34.9033	-1.32	0.1865



図 4-36 地域、年度による立入検査数、報告徴取数のモデル化の結果

表 4-3 及び図 4-37 に、地域、年度、立入検査数、報告徴取数による空気環境関係不適率のモデル化の結果を示す。不適率が高く上昇傾向を持つ、湿度、気温、二酸化炭素の因子尺度について見ると、いずれの場合も報告徴取数の尺度値が大きい。報告徴取数が多いとこれらの不適率が高くなっていることを示している。また、気温については、立入検査では負で絶対値が比較的大きい。立入検査数が多いと不適率が低くなることを示している。湿度については、地域が負で、絶対値が比較的大きい。寒冷であるほど、湿度の不適率が高いことを示している。湿度は、冬期に低くなることで不適となる場合が多いことが、東京都の調査結果などでも確認されており、このよう状況が特に寒冷な地域でより顕著であることを反映した結果であると考えられる。気流、冷却塔及び加湿装置については、尺度値の絶対値は比較的小さく、これらの要因の影響は小さいと考えられる。

表 4-3 地域、年度、立入検査数、報告徴取数による空気環境関係不適率のモデル化の結果



	項	尺度化した推定値	標準誤差	t値	p値 (Prob> t )
湿度不適率	切片	0.3897	0.0124	31.49	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	-0.0798	0.0213	-3.75	0.0002
	年度(2010 2016)	0.0108	0.0186	0.58	0.5629
	報告徴取数	0.2221	0.0456	4.87	<.0001
	立入検査数	0.0196	0.0531	0.37	0.7131
気温不適率	切片	0.2125	0.0093	22.87	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	0.0014	0.0160	0.08	0.9326
	年度(2010 2016)	0.0189	0.0140	1.35	0.1781
	報告徴取数	0.2209	0.0343	6.45	<.0001
	立入検査数	-0.0741	0.0399	-1.86	0.0641
二酸化炭素不適率	切片	0.1334	0.0046	28.96	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	-0.0277	0.0079	-3.5	0.0005
	年度(2010 2016)	0.0095	0.0069	1.37	0.1729
	報告徴取数	0.1211	0.0170	7.13	<.0001
	立入検査数	0.0484	0.0198	2.45	0.015
気流不適率	切片	0.0192	0.0016	12.13	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	0.0070	0.0027	2.59	0.01
	年度(2010 2016)	0.0050	0.0024	2.11	0.0355
	報告徴取数	0.0153	0.0058	2.63	0.009
	立入検査数	-0.0081	0.0068	-1.2	0.2319
冷却塔不適率	切片	0.0365	0.0056	6.52	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	-0.0197	0.0096	-2.05	0.041
	年度(2010 2016)	-0.0066	0.0084	-0.78	0.4334
	報告徴取数	0.0007	0.0207	0.04	0.9718
	立入検査数	-0.0203	0.0240	-0.84	0.399
加湿装置不適率	切片	0.0984	0.0071	13.78	<.0001
	地域(北海道 沖縄)	-0.0134	0.0123	-1.09	0.2752
	年度(2010 2016)	-0.0136	0.0108	-1.27	0.2065
	報告徴取数	0.0542	0.0264	2.06	0.0405
	立入検査数	0.0072	0.0307	0.24	0.8137

尺度化した推定値: 連続量の因子を平均で中心化し、範囲/2で尺度化したもの

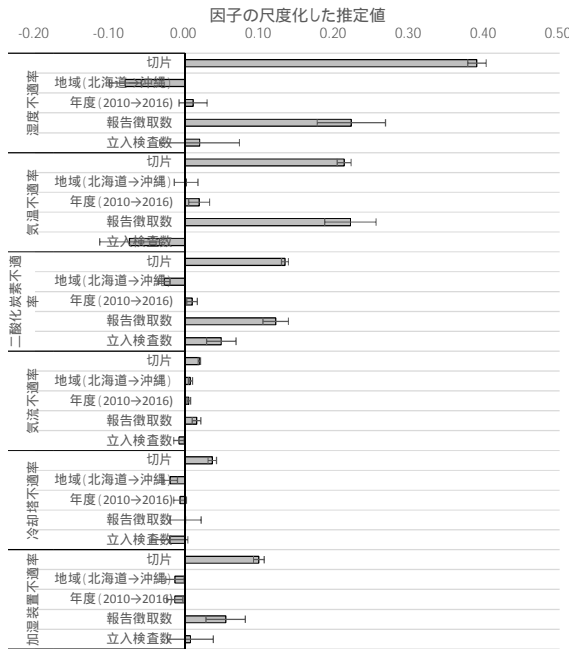


図 4-37 地域、年度、立入検査数、報告徴取数による空気環境関係不適率のモデル化の結果

表 4-4 及び図 4-38 に、空気環境関係不適率による各不適率のモデル化の結果を示す。湿度のモデル化では、気温、二酸化炭素の尺度値が大きい。これは、いずれも報告徴取数の影響下にあることで生じた結果である可能性がある。

気温のモデル化では、湿度及び気流の尺度値が大きい。また、二酸化炭素の尺度値も比較的大きい。気温が不適状態にある場合には、湿度、二酸化炭素、気流を含めて、全般的に室内環境のレベルが低いことを示している可能性がある。仮に、夏期及び中間期の気温に注目すると、冷房停止や設定温度を高めることで、扇風機やファンの運転、窓開放によって気流が生じて、気温と気流が共に不適になっていることが考えられる。しかし、気温は夏期と冬期の両方で不適が発生している可能性があり、気温と気流の関連の原因を特定することは難しい。

二酸化炭素のモデル化では、湿度の尺度値が大きい。二酸化炭素濃度の不適は、換気量が少ないことが主な要因となると考えられる。夏期冷房時は、換気量が少なくと外気からの水蒸気侵入が少なく湿度が低くなり不適になりづらい。冬期暖房時には、換気量が少なくと湿度は高くなりやすい。従って、両者の不適率の関係を原理的に説明することは難しい。一方、両者は報告徴取数の影響下にあるため、これによって生じた結果であると考えられることもできる。

気流のモデル化では、各尺度値は小さく要因は顕著ではない。また、冷却塔及び加湿装置のモデル化では、それぞれが他方の尺度値が大きい状況であり、多変量解析の結果に続いて、相関性が改めて確認される。

表 4-4 空気環境関係不適率による各不適率のモデル化の結果

	項	尺度化した推定値	標準誤差	t値	p値 (Prob> t )
湿度不適率	切片	0.3897	0.0078	50.14	<.0001
	気温不適率	0.2070	0.0219	9.46	<.0001
	二酸化炭素不適率	0.2322	0.0202	11.48	<.0001
	気流不適率	0.0410	0.0347	1.18	0.2378
	冷却塔不適率	0.0014	0.0397	0.03	0.9722
気温不適率	加湿装置不適率	0.0397	0.0317	1.25	0.2117
	切片	0.2125	0.0063	33.65	<.0001
	湿度不適率	0.1891	0.0200	9.46	<.0001
	二酸化炭素不適率	0.0523	0.0193	2.71	0.007
	気流不適率	0.1741	0.0265	6.56	<.0001
二酸化炭素不適率	冷却塔不適率	0.0017	0.0322	0.05	0.9569
	加湿装置不適率	0.0347	0.0258	1.35	0.1784
	切片	0.1334	0.0039	34.23	<.0001
	湿度不適率	0.1350	0.0118	11.48	<.0001
	気温不適率	0.0333	0.0123	2.71	0.007
気流不適率	二酸化炭素不適率	-0.0068	0.0174	-0.39	0.6953
	冷却塔不適率	0.0049	0.0199	0.24	0.8071
	加湿装置不適率	0.0141	0.0159	0.88	0.378
	切片	0.0192	0.0014	13.89	<.0001
	湿度不適率	0.0058	0.0049	1.18	0.2378
冷却塔不適率	気温不適率	0.0271	0.0041	6.56	<.0001
	二酸化炭素不適率	-0.0017	0.0043	-0.39	0.6953
	加湿装置不適率	-0.0107	0.0070	-1.52	0.1293
	切片	0.0365	0.0054	6.7	<.0001
	湿度不適率	0.0007	0.0195	0.03	0.9722
加湿装置不適率	気温不適率	0.0009	0.0173	0.05	0.9569
	二酸化炭素不適率	0.0041	0.0168	0.24	0.8071
	気流不適率	-0.0369	0.0243	-1.52	0.1293
	加湿装置不適率	0.1007	0.0216	4.67	<.0001
	切片	0.0984	0.0068	14.48	<.0001
気流不適率	湿度不適率	0.0304	0.0243	1.25	0.2117
	気温不適率	0.0291	0.0216	1.35	0.1784
	二酸化炭素不適率	0.0185	0.0210	0.88	0.378
	加湿装置不適率	0.0008	0.0304	0.03	0.9792
	冷却塔不適率	0.1568	0.0336	4.67	<.0001

尺度化した推定値：連続量の因子を平均で中心化し、範囲/2で尺度化したもの

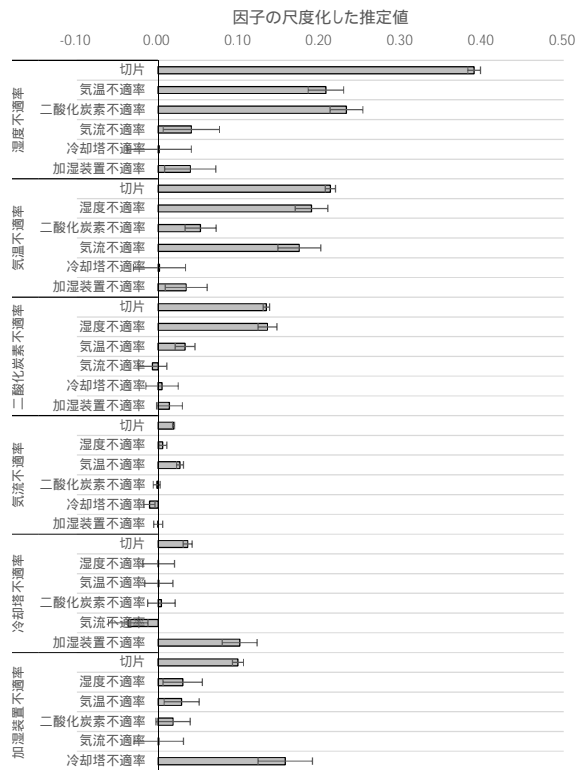


図 4-38 空気環境関係不適率による各不適率のモデル化の結果

図 4-39 に、分析結果の全体像を示す。基礎的要因である地域と年度については、年度が進むと報告徴取数が増加していることに注目する必要がある。一方、地域（気象条件）は、立入検査数に若干の関係があると共に、二酸化炭素濃度、湿度にも若干の影響がある。要因が不適率に与える影響については、報告徴取数が二酸化炭素、湿度、気温に影響をしていることに注目する必要がある。不適率相互の関係では、二酸化炭素と湿度、湿度と気温、気温と気流の相互影響が見られる。二酸化炭素、湿度、気温は報告徴取数の影響下にあることがこの原因である可能性があるが、気温と気流は独自の原因による関係が存在する可能性がある。また、冷却塔と加湿装置には相互関係が見られる。

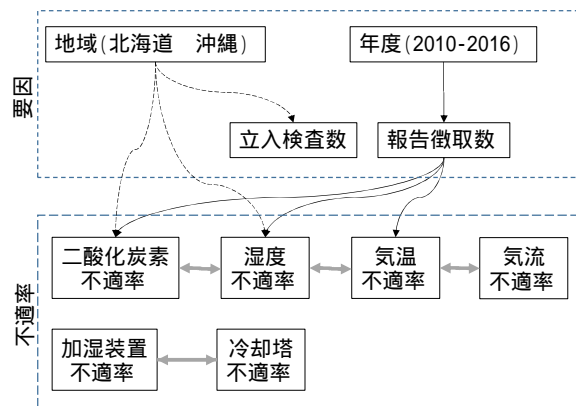


図 4-39 行政報告データに基づく全国自治体の空気環境不適率の構造モデル

## D. 考察

### D.1 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出

建築物衛生管理基準に関する行政報告テ

タを用いて、不適率に関する分析を行った結果、以下のような知見が得られた。立入検査数が比較的安定しているのに対して報告徴取数が増加したことで、それらの合計の調査数が増加している中で、水関係の不適率が安定しているのに対して、空気環境の中で湿度、二酸化炭素、気温の不適率の増加傾向が見られ、すでに不適率が高い状況になっている。報告徴取数の増加に伴って不適率が上昇する項目は、立入検査よりも報告徴取によって不適となる原因が存在することが考えられる。立入検査では、ビルメンテナンス業者等による定期的測定や立入検査での測定ばかりではなく、測定時の状況や建物の利用状況を踏まえた判断によって、適・不適が決定されているのに対して、報告徴取は定期的測定の結果をもとに、一時的に不適な値があれば不適となるなど、より厳しい判断が行われる可能性がある。他方、水関係についても同様の状況は存在すると考えられるが、空気環境のような増加傾向が見られない。このような状況から、以下のような可能性が考えられる。従来、定期的測定では一時的な不適値が含まれていたが、立入検査による判断によって適合となっていた。しかし、報告徴取が増加した結果、不適率が上昇してきた。他方、水関係は、敵・不適の判断がしやすく、立入検査によって変わることが少ないため、報告徴取が増加しても不適率に変化が生じなかった。以上を踏まえると、空気環境については、適不適の判断がより明確に行える測定評価法が必要であると考えられる。

このような、不適率上昇の原因は、報告調査の増加のみと断定することは出来ない。省エネルギーによる設定温度の変更や暖冷房期間の短縮は、気温の不適率上昇をもたらすと共に、冬期の設定温度抑制は気化式加湿器における

加湿量減少をもたらし、湿度の不適率を上昇させると考えられる。また、個別空調による個別の暖冷房換気の制御が、空気環境全般の不適率上昇の要因になることが考えられる。このように、省エネルギーや個別空調の普及は、原理的に不適率上昇の要因と考えられる。

不適率上昇要因として、省エネルギー、個別空調普及、調査状況があり、それぞれの影響度に関する調査分析が望まれることが、改めて確認される。

## E . 結論

### E.1 維持管理体制・測定値の代表性・立入検査時における課題抽出

行政報告データにおける空気環境の不適率増加の機序を明らかにして適切な対策を講じるためには、実際の室内環境の実態に加えて、測定評価や監視指導の実態など、引き続き多面的な分析が必要である。

## F . 研究発表

### F.1 論文発表

### F.2 学会発表

開原典子,林基哉,大澤元毅,金勲,柳宇,東賢一,鍵直樹.特定建築物の室内空気環境データの分析.空気調和・衛生工学会大会;2017.9;鹿児島.同学術講演論文集.p.81-84.

林基哉,大澤元毅,金勲,開原典子,東賢一.特定建築物の空気環境に関する研究(第2報)空気環境基準の不適率に関する分析.第76回日本公衆衛生学会総会;2017.10;鹿児島.抄録集.P-2103-7.

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

研究発表

1 論文発表

- 1) 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.
- 2) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Proceedings of the Healthy Buildings Europe 2017*, ID0022, 6 pages, 2017.
- 3) 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.
- 4) 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, in press, 2018.
- 5) 東 賢一. 室内空気質規制に関する諸外国の動向. *環境技術* Vol.46, No.7, pp. 4-9, 2017.
- 6) 東 賢一. 室内環境汚染による健康リスクと今後の課題. *臨床環境医学* 26(2):82–86, 2017.
- 7) 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): in press, 2018.

2 学会発表

- 1) 東 賢一、柳 宇、鍵 直樹、大澤元毅. 低濃度二酸化炭素による建築物居住者の健康等への影響に関する近年の知見. 第 90 回日本産業衛生学会, 東京, 2017 年 5 月 11 日-5 月 13 日.
- 2) 東 賢一. 健康リスク学から見た現状と今後の展望 人の健康の保護と持続可能な発展 . 第 26 回日本臨床環境医学会学術集会, 東京, 2017 年 6 月 25 日.
- 3) Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Osawa H. A review of the effects of exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment. *Healthy Buildings Europe 2017*, Lublin, Poland, July 2-5, 2017.
- 4) 東 賢一. 世界保健機関の住宅と健康のガイドライン. 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月 13 日.

- 5) 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. (in acceptance)
- 6) 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. (in acceptance)
- 7) 開原典子, 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 柳宇, 東賢一, 鍵直樹. 特定建築物の室内空気環境データの分析. 空気調和・衛生工学会大会; 2017.9; 鹿児島. 同学術講演論文集. p.81-84.
- 8) 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 開原典子, 東賢一. 特定建築物の空気環境に関する研究(第2報) 空気環境基準の不適合率に関する分析. 第76回日本公衆衛生学会総会; 2017.10; 鹿児島. 抄録集. P-2103-7.