

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）  
総合研究報告書

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、建築物衛生環境の効果的向上を図るための基準改正に資する科学的根拠を示すことを目的として、環境衛生管理基準不適率上昇が顕著である空気環境を中心に文献調査、実態調査、統計分析などを行い以下の知見を得た。

基準案の検証（エビデンス整理）では、最新知見によって基準改正の対象候補となる項目を検討するための基礎が得られた。WHO などの動向に対応した温度、一酸化炭素、PM2.5 の基準の検討、厚生労働省が示した新たな化学物質濃度指針値に対する特定建築物における実態調査、SVOC などの新たな基準への対応の検討が必要であることを示した。

測定評価法提案（ケーススタディー）では、主に温熱環境に関する評価方法の進歩が大きい中で、温度、湿度、気流等の温熱環境に関する基準の追加、組み換えの提案に資する知見が示された。ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

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

制度提案（自治体等ヒアリング）では、実効性のある基準の見直しのための基礎として、自治体における立入検査及びその報告の基になる定期的な空気環境測定の実態を把握するとともに、行政報告における不適率上昇に関する分析を行った。適切な測定の実施が難しい状況が、不適率のデータに影響している可能性があること、行政報告例における報告聴取の増加、省エネ対応、外気条件の変化が、不適率上昇に影響していることを示した。これらを踏まえた測定評価法や制度の構築が必要であることを示した。

研究分担者

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

研究協力者

大澤 元毅 元 国立保健医療科学院  
 金 勲 国立保健医療科学院  
 島崎 大 国立保健医療科学院  
 柳 宇 工学院大学  
 長谷川兼一 秋田県立大学  
 鍵 直樹 東京工業大学  
 奥村 龍一 東京都多摩立川保健所  
 齋藤 敬子 日本建築衛生管理教育センター  
 杉山 順一 日本建築衛生管理教育センター  
 渡邊 康子 元 全国ビルメンテナンス協会  
 芳賀 健輔 全国ビルメンテナンス協会  
 関内 健治 全国ビルメンテナンス協会

## A. 研究目的

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

「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」では、空気環境衛生基準の項目等について、課題と対応案が以下のように示されている。温熱環境の項目では、温度不適率は上昇し、夏期の 28℃超が多い。冬期室温は比較的高く相対湿度低下の要因である。相対湿度不適率は非常に高く、加湿設備の設計から運用までの課題がある。気流も不適率が上昇し、冬期不快の要因である。放射なども含めた総合指標 (PMV 等) の利用が必要である。空気環境の項目では、二酸化炭素不適率が上昇し、個別式空調における換気不備、省エネルギーのための換気量削減、外気濃度上昇等の要因が指摘され、濃度評価法も含めた検討が必要である。一酸化炭素及び浮遊粉じん不適率は低い、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、ビルメンメンテナンス業の実情を踏まえ、基準案・測定評価法の実効性、制度の可能性を明らかにする。

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

## B. 研究方法

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

### B1. 基準案の検証（エビデンス整理）

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。

### B2. 測定評価法提案（ケーススタディー）

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

### B3. 測定評価法の検証（実建物試行）

#### B3.1. 測定評価法の検証と夏期および冬期の室内

#### 温湿度の課題

既往の測定法、及び、新たな測定評価法の有効性を明らかにするため、実空間の測定結果と流体計算実建物データを用いて、その実用性（精度、代表性、時間、費用、不適率への影響等）の検証を行うとともに、実建物の温度、相対湿度、二酸化炭素の含有量について2週間程度の連続測定を行い夏期および冬期の課題を抽出した。

#### B3.2. 健康影響に関する検証

自記式調査票を調査対象の会社等に配付し、郵送等にて回収した。建築物の管理者または事務所の責任者に対しては「建築物の維持管理状況の調査」（管理者用調査）、事務所の従業員に対しては「職場環境と健康の調査」（従業員用調査）を実施した。管理者用調査では、事務所及び事務所が入居する建築物の維持管理状況などを問い、従業員用調査では、職場環境と健康状態などを問うこととした。事務所1件あたり管理者用調査票1部、従業員調査票は在室時間の長い従業員に対して15部配付した。

## B4. 制度提案（自治体等ヒアリング）

### B4.1. 空気環境測定に関する分析

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

### B4.2. 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

特定建築物における建築物衛生管理基準項目の

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

## C. 研究結果

### C1. 基準案の検証（エビデンス整理）

世界保健機関（WHO）が温度の室内ガイドラインとして低温側で18℃以上を2018年に公表した。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。特定建築物の適用用途には、ホテルや旅館が含まれており、WHOの室温のガイドラインは今後検討すべき項目であると考えられた。またWHOは、微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）、一酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表しており、微小粒子状物質では循環器疾患への影響、一酸化炭素では虚血性心疾患への影響に基づくものであった。室内の粒子状物質については、浮遊粉じんよりも粒径の小さいPM<sub>2.5</sub>に対する室内空気指針値の設定が近年諸外国でなされてきており、WHOにおいても2018年に開催された「空気汚染と健康に関する世界会合」において、大気と室内におけるPM<sub>2.5</sub>による健康被害の問題が大きく取り上げられた。これらの物質については、今後検討すべき項目であると考えられた。

厚生労働省は、2-エチルヘキサノール、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TexanolTM, TMPD-MIB と略す)、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIBTM, TMPD-DIB と略す)の室内濃度誌指針値を検討中である。特定建築物におけるこれらの物質の実態はこれまで把握されておらず、今後実態調査を行い、建築物環境衛生管理基準で考慮すべきかどうか検討する必要があると考えられた。

近年、フタル酸エステル類やリン酸エステル類を中心に、室内ダスト中の準揮発性有機化合物による健康リスクが報告されている。フランスでは

室内ダスト中化学物質のガイドラインに関する国際ワークショップが開催され、その方法論を検証している。このような諸外国の動向も今後注視すべきと考えられた。

### C2. 測定評価法提案（ケーススタディー）

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

### C3. 測定評価法の検証（実建物試行）

#### C3.1. 測定評価法の検証と夏期および冬期の室内温湿度の課題

実測対象室について数値解析モデルを作成し、輻射解析、日射解析を行うとともに、すべての座席に発熱量50 W/hの発熱人体モデルを設置し、温度、PMVについて解析を行った結果、①精度と②代表性および③不適率への影響等については、既往の測定法より現状をより適切に捉えるが、④時間と⑤費用については、既往の測定法より負担が大きい。一方で、温度、相対湿度、二酸化炭素の含有量について、2週間程度の連続測定を行い、夏期と冬期の室内温湿度特性を分析したところ、気化式の加湿設備や空調の個別方式が増えている現在の状況が不適率の増加に寄与していると考えられた。今後の評価法の検証において、個別空調の運用管理手法の情報整備を加える必要があることが指摘された。

#### C3.2. 健康影響に関する検証

建築物利用者の職場環境と健康状態の実態調査については、2017年度から2019年度にかけて、

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

室内環境項目とビル関連症状との関係について解析を行った結果、夏期では、温度が高いほど一般症状と上気道症状が有意に増加した。冬期および夏期ともに、総じて粉じんや化学物質の濃度は管理基準や室内濃度指針値を下回っており、特定建築物の一部の物質でみられたビル関連症状との統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほぼ意義はないと考えられた。但し、目や上気道の症状に対して関係がみられた粉じんとアルデヒド類に関しては、本研究者らによる既往の研究と類似した結果となっており、今後さらに研究が必要であると考えられた。また、冬期では細菌濃度やエンドトキシン濃度が高いほどビル関連症状の増加がみられ、平均濃度で日本建築学会の細菌の維持管理基準を下回っていたが、細菌の種類と毒性に基づいた基準ではないことから、その種類を含めた詳細な検討が今後必要であると考えられた。

#### C4. 制度提案（自治体等ヒアリング）

##### C4.1. 空気環境測定に関する分析

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

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

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

##### C4.2. 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

特定建築物の空気環境不適率の上昇要因を明らかにするために、行政報告例の不適率の実態把握、不適率上昇要因に関する統計解析、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量減少の不適率への影響に関する分析を行い、以下の知見を得た。

特定建築物数が増加する中、給水関係に関する項目の不適率が比較的安定しているのに対して、空気環境の湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率が 1999 年以降持続的に上昇している。また、立入検査に代わって法定検査を利用した報告徴取が増加している。

湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因として、報告徴取数の増加が挙げられる。また、湿度、二酸化炭素濃度の不適率は、北の自治体ほど高い傾向がある。

特定建築物の外気二酸化炭素濃度の上昇によっ

て室内濃度が上昇し、二酸化炭素濃度の不適率を高める可能性がある。

二酸化炭素の外気濃度、室内発生量、換気量の影響を受ける室内濃度の頻度分布は大阪府と東京都で類似し、東京都の内外二酸化炭素濃度差の頻度分布は、Weibull 分布に近い。

内外濃度差分布を仮定すると、外気濃度、換気量、報告徴取率から不適率を算定する式が導かれる。

不適率算出式を用いて、行政報告例の不適率にフィッティングした結果、1998 年度に対する 2017 年度の不適率上昇は、原因別に、報告徴取率増加が 11.6%、換気量減少が 7.2%、外気濃度上昇が 3.1%となった。

以上のように、空気環境の不適率上昇の要因として、行政報告例の特性があることを踏まえた上で、二酸化炭素濃度に注目して、その不適率上昇要因の可能性を示し、行政報告例の特性と換気量減少の影響が相対的に大きい可能性が高いことを示した。今後、用途毎の特性の把握、湿度及び温度に関する分析、行政報告例の特性の機序の解明を行い、効果的な不適率低減策の検討が必要であると考えます。

#### D. 結論

基準案の検証（エビデンス整理）では、最新知見によって基準改正の対象候補となる項目決定の基礎が得られた。WHO などの動向に対応した温度、一酸化炭素、PM2.5 の基準の検討、厚生労働省が示した新たな化学物質濃度指針値に対する特定建築物における実態調査、SVOC などの新たな基準への対応の検討が必要であることを示した。

測定評価法提案（ケーススタディー）では、主に温熱環境に関する評価方法の進歩が大きい中で、温度、湿度、気流等の温熱環境に関する基準の追加、組み換えの提案に資する知見が示された。ASHRAE 55 基準に準拠した測定方法を提案し、健康影響評価に必要な環境因子の知見と本測定方法

をリンクさせることで、時間的・空間的な温熱環境分布評価の解像度を高めることが可能であることを示した。

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

制度提案（自治体等ヒアリング）では、実効性のある基準の見直しのための基礎として、自治体における立入検査及びその報告に関する状況把握として空気環境測定の実態を把握し行政報告における不適率上昇に関する分析を行った。適切な測定の運用が難しい状況が、不適率のデータに影響している。また、行政報告例における報告聴取の増加、省エネ対応、外気条件の変化が、不適率上昇に影響している。これらを踏まえた測定評価法や制度の構築が必要であることを示した。

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

## E. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 林 基哉, 金 勲, 開原 典子, 小林 健一, 鍵 直樹, 柳 宇, 東 賢一, 特定建築物における空気環境不適率に関する分析, 日本建築学会環境系論文集, Vol.84 No.765, 2019.11 ; pp.1011-1018.
  - 2) 東 賢一. 健康リスクの立場からみた環境過敏症の予防について. 室内環境; 22(2), 203-208, 2019.
  - 3) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
  - 4) 東 賢一. 建築物環境衛生管理基準の設定根拠と近年の科学的知見. 空気清浄; 57(5), 4-13, 2020.
  - 5) 東 賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2), 41-45, 2020.
  - 6) 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.
  - 7) 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.
  - 8) 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.
  - 9) 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.
  - 10) 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.
  - 11) 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.
  - 12) 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.
- ### 2. 総説
- 1) HAYASHI Motoya, KOBAYASHI Kenichi, KIM Hoon, KAIHARA Noriko. The state of the indoor air environment in buildings and related tasks in Japan (Review) . *Journal of the National Institute of Public Health*, No.69, 2020.2; pp.63-72.
  - 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 特定建築物における空気環境不適率の実態. 空気清浄 2020 ; 第 57 巻第 5 号 : 14-23.
  - 3) 開原典子. 特定建築物における温湿度環境の実態. 空気清浄 2020 ; 第 57 巻第 5 号 : 33-7.
- ### 3. 書籍
- 1) Azuma K. *Guidelines and Regulations for Indoor Environmental Quality, Indoor Environmental Quality and Health Risk toward Healthier Environment for All*. Springer, Singapore, pp.303-318, 2019.

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

#### 4. 学会発表

- 1) 金勲, 林基哉, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 建築物衛生法の特定建築物における空気環境の不適率 その1 空気衛生環境基準の不適率の現状, 第28回日本臨床環境医学会学術集会抄録集; 2019.6.22-23; 東京. PA-1.
- 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 建築物衛生法の特定建築物における空気環境の不適率 その2 室内二酸化炭素濃度の不適率の要因分析, 第28回日本臨床環境医学会学術集会抄録集; 2019.6.22-23; 東京. PA-2.
- 3) 林基哉, 小林健一, 金勲, 開原典子, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その1 特定建築物における空気環境不適率の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. pp.45-8.
- 4) 開原典子, 林基哉, 小林健一, 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その2 室内温湿度の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. p.49-52.
- 5) 金勲, 林基哉, 開原典子, 小林健一, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その3 冷暖房期における二酸化炭素濃度の実態, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. p.53-6.
- 6) 柳宇, 鍵直樹, 金勲, 林基哉, 開原典子, 東賢一, 長谷川兼一, 中野淳太, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その4 中小規模ビルと特定建築物間の室内空気環境の比較, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. pp.57-60.
- 7) 中野淳太, 小林健一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その5 建築物衛生法と国際温熱環境基準による室内温熱環境評価の比較, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2019.9.18-20; 札幌. pp.61-4.
- 8) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 島崎大, 東賢一, 長谷川兼一, 樺田尚樹. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その1 夏期室内環境の連続測定. 第78回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-6.
- 9) 開原典子, 金勲, 東賢一, 長谷川兼一, 島崎大, 樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その2 室内温湿度の実態と課題. 第78回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-7.
- 10) 金勲, 林基哉, 開原典子, 東賢一, 長谷川兼一, 島崎大, 樺田尚樹, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その3 冷暖房期のCO<sub>2</sub>濃度の実態調査. 第78回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-8.
- 11) 東賢一, 金勲, 長谷川兼一, 島崎大, 開原典子, 樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その4 ビル関連症状と建築物規模. 第78回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-9.
- 12) 長谷川兼一, 東賢一, 金勲, 島崎大, 開原典子, 樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その5 室内環境と建築物規模. 第78回日本公衆衛生学



- 会総会 ; 2019.10.23-25 ; 高知. 抄録集 P-2102-10.
- 13) 開原 典子, 林 基哉. 低湿度環境下における高齢者の生理量と心理反応の基礎的検討. 第 43 回 人間・生活環境系シンポジウム ; 2019.11-30-12.1 ; 釧路. 抄録集. P.203-6.
- 14) 金 勲, 林 基哉, 柳 宇, 菊田 弘輝, 本間 義規, 高齢者施設における室内環境の実態と課題 その 3 寒冷地域の施設における室内エンドトキシン濃度, 令和 1 年室内環境学会学術大会講演要旨集 ; 2019.12.5-7 ; 沖縄. C-12, pp.384-5.
- 15) 中野 淳太, 林 基哉, 小林 健一, 金 勲, 開原典子, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 李 時桓, 建築物衛生法と ISO 基準による国内事務所建築の室内 温熱環境評価の比較, 令和 1 年室内環境学会学術大会講演要旨集 ; 2019.12.5-7 ; 沖縄. C-17, pp.394-5.
- 16) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. The effects of the total floor area of a building on building-related symptoms in air-conditioned office buildings: a cross-sectional study. ISES-ISIAQ 2019 Joint Meeting, Kaunas, Lithuania, August 18-22, 2019.
- 17) 東 賢一, 鍵 直樹, 柳 宇, 金 勲, 長谷川兼一, 島崎 大, 開原典子, 櫻田尚樹, 林 基哉, 小林 健一, 大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と建築物の規模に関する断面調査. 第 92 回日本産業衛生学会, 名古屋, 2019 年 5 月 22 日-25 日.
- 18) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: characteristics of winter and summer. The 16th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, November 1-5, 2020. (in acceptance)
- 19) 東 賢一, 鍵 直樹, 柳 宇, 金 勲, 開原典子, 林 基哉, 大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と室内空気汚染物質との関係に関する縦断調査. 第 93 回日本産業衛生学会, 旭川, 2020 年 5 月 13 日-16 日. (in acceptance)
- 20) 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)
- 21) 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)
- 22) 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.
- 23) 東 賢一. 健康リスク学から見た現状と今後の展望 一人の健康の保護と持続可能な発展 一. 第 26 回日本臨床環境医学会学術集会, 東京, 2017 年 6 月 25 日.
- 24) 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.
- 25) 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.

26) 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.

27) 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.

## F. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

建築物衛生管理基準の検証に関する研究

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 樫田 尚樹 産業医科大学 教授  
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

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項目について、国際的な動向や諸外国の動向および関連する近年の科学的知見等を整理し、今後検討すべき建築物環境衛生管理基準を整理した。昨年度とりまとめた結果に対して、2019年度の調査結果を追加および更新した。

世界保健機関（WHO）が温度の室内ガイドラインとして低温側で18℃以上を2018年に公表した。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。特定建築物の特定用途には、ホテルや旅館が含まれており、WHOの室温のガイドラインは今後検討すべき項目であると考えられた。またWHOは、微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）、一酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表しており、微小粒子状物質では循環器疾患への影響、一酸化炭素では虚血性心疾患への影響に基づくものであった。室内の粒子状物質については、浮遊粉じんよりも粒径の小さいPM<sub>2.5</sub>に対する室内空気指針値の設定が近年諸外国でなされてきており、WHOにおいても2018年に開催された「空気汚染と健康に関する世界会合」において、大気と室内におけるPM<sub>2.5</sub>による健康被害の問題が大きく取り上げられた。これらの物質については、今後検討すべき項目であると考えられた。

厚生労働省は、2-エチルヘキサノール、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (Texanol<sup>TM</sup>, TMPD-MIB と略す)、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIB<sup>TM</sup>, TMPD-DIB と略す)の室内濃度指針値を検討中である。特定建築物におけるこれらの物質の実態はこれまで把握されておらず、今後実態調査を行い、建築物環境衛生管理基準で考慮すべきかどうか検討する必要があると考えられた。

近年、フタル酸エステル類やリン酸エステル類を中心に、室内ダスト中の準揮発性有機化合物による健康リスクが報告されている。フランスでは室内ダスト中化学物質のガイドラインに関する国際ワークショップが開催され、その方法論を検討している。このような諸外国の動向も今後注視すべきと考えられた。

## A. 研究目的

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、ホルムアルデヒド等の室内空気環境に関連する因子について、国際的な動向や諸外国の動向および関連する近年の科学的知見等を整理し、今後検討すべき建築物環境衛生管理基準を提案する。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

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

（倫理面での配慮）

本研究は、国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認（承認番号NIPH-IBRA#12

180）および近畿大学医学部倫理委員会の承認（承認番号29-238）を得て実施している。

## C. 研究結果および考察

### C1. 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の整理

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、空気調和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表1-1の通りである。

表 1-1 現行の建築物環境衛生管理基準

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	
	一酸化炭素	10 ppm 以下	外気がすでに 10 ppm 以上の場合は 20 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。

### C1.1. 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が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の指摘がある。

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。

### C1.2. 温熱環境

#### 1) 温度

温度に関しては、世界保健機関（WHO）が住宅と健康のガイドライン（Housing and Health Guidelines）を公表し、低温側の室内温度のガイドラインとして 18℃以上を勧告した（WHO, 2018）。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。その他、2016 年以降のエビデンスを以下にまとめた。

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 ① 20.9℃ (17.5-26.6℃)、② 24.0℃ (19.9-28.8℃)、 ③ 24.2℃ (21.0-29.1℃)、④ 25.4℃ (22.3-30.2℃) ・寝室の室温平均 ① 19.3℃ (15.7-25.5℃)、② 23.6℃ (19.7-27.9℃)、 ③ 23.8℃ (20.1-28.2℃)、④ 25.1℃ (20.8-29.3℃)	①に比べて②以降では睡眠障害、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℃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の建築物の24オフィス事務所の483名、1年間の縦断研究	・温度の日最小平均値18.5～28.5℃ ・温度の期間最小値16.9～29.0℃	1度低下と上気道症状の調整オッズ比 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,	奈良県の一般住宅居	低温 (室温14.1℃未満)、	室温の低下とともに血小板数が低



2017	住の 1095 名の高齢者 (平均 71.9 歳)、断面研究	中温 (14.4~17.9℃)、温暖 (17.9℃超) の 3 群	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, 2018. WHO Hosing and Health

Guidelines. World Health Organization, Geneva.

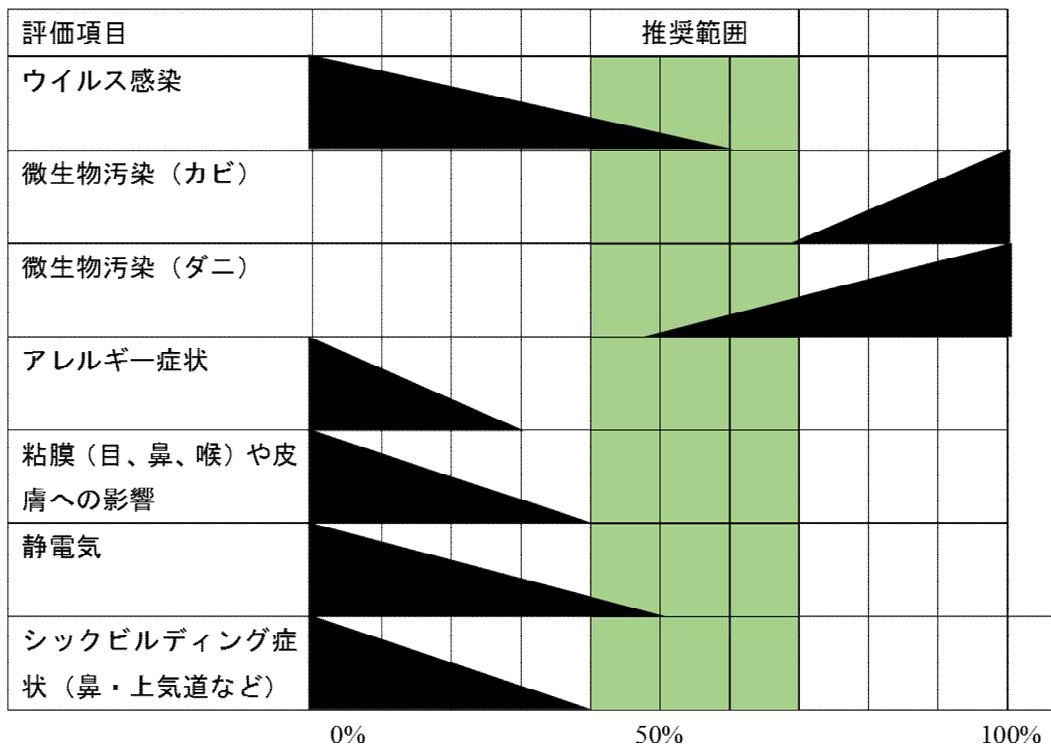
東賢一（2017）建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査. 建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成28年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）分担研究報告書.

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）。

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）。

そこで2016年以降のエビデンスを以下にまとめた。



とりわけ下限側については、目の刺激症状や角

研究	研究デザインと対象	曝露	結果
Jaakkola et al, 2014	インフルエンザウイルス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： $-6.8 \pm 5.6$ °C ・絶対湿度： $3.1 \pm 1.3$ g/m <sup>3</sup>	感染リスクのオッズ比 温度の平均値低下 1°C 1.10 (1.02-1.19) 温度変化の最大値 1°C 1.11 (1.03-1.20) 絶対湿度の平均値低下 0.5 g/m <sup>3</sup> 1.25 (1.05-1.49) 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： $-9.9 \pm 4.9$ °C ・絶対湿度： $2.2 \pm 0.9$ 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°C 1.08 (1.01-1.17) 温度変化の最大値 1°C 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冬期 25～44%（平均 35.4%）</li> <li>・夏期 50～70%（平均 59.0%）</li> </ul>	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 の建築物の 24 オフィス事務所の 483 名、1 年間の縦断研究	<p>相対湿度</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>10%低下と上気道症状の調整オッズ比</p> <p>期間平均値 1.25 (1.02-1.54) 日最大平均 1.25 (1.01-1.52) 日最小平均 1.27 (1.04-1.54) 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) 日最大平均 1.10 (1.01-1.19)</p>
Guan et al, 2017	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	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>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>
Wolkoff, 2017	室内環境における外眼部の症状に関する文献レビュー	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	既往レビューと同様に、低湿度は外眼部の症状に関与することを指摘、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
Lin et al, 2020	細菌（結核菌のモデル菌、枯草菌、大腸菌）とインフルエンザウイルス等のウイルスモデルに関する湿度	相対湿度 20%～100%で生存率を評価	細菌（結核菌のモデル菌、枯草菌、大腸菌）では高湿度ほど生存率が高く、インフルエンザウイルス等のウイルスモデルでは 40～70%程度の範囲に生存率が低い湿度領域があり、

	と生存率の関係を評価した実験研究	高湿度になると生存率は高くなる。
--	------------------	------------------

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°C程度では40%程度以上必要と推定される。最近の実験研究によると、細菌（結核菌のモデル菌、枯草菌、大腸菌）では高湿度ほど生存率が高く、インフルエンザウイルス等のウイルスモデルでは40～70%程度の範囲に生存率が低い湿度領域があり、高湿度になると生存率は高くなると報告されている。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.

Lin K and Linsey CM (2020) Humidity-dependent decay of viruses, but not bacteria, in aerosols and droplets follows disinfection kinetics. *Environ Sci Technol* 54:1024–1032.

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。

### C1.3. 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，

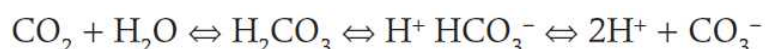
内山 巖雄：建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について。建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）およびその後の知見を含めて総合的に文献レビューを行った。

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、この結果を国際雑誌に総説論文として公表した（東，2018; Azuma et al, 2018）。

二酸化炭素濃度と健康等への影響のまとめ（東ら, 2018; Azuma et al, 2018）

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 TWA）
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 や尿中磷濃度の低下）, 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



<参考文献>

Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. (2018)

Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International* 121:51–56.

東 賢一. (2018) 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響. *室内環境* Vol. 21, No. 2, pp. 113–120.

**C1.4. 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（μ）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  $0.15 \text{ mg/m}^3$  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  $0.1\sim 0.15 \text{ mg/m}^3$  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  $0.1 \text{ mg/m}^3$ 、建築物衛生法の空気環境管理基準では  $0.15 \text{ mg/m}^3$  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、 $10 \mu\text{m}$  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、いわゆる  $\text{PM}_{2.5}$  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  $\text{PM}_{2.5}$  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	$\text{PM}_{10} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$		$\text{PM}_{2.5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$	
		24 時間	年間	24 時間	年間
WHO	2005	50	20*	25	10*
U.S.EPA	1997	150	50	65	15
	2006	150	—**	35	15
	2012	150	—	35	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  $\text{PM}_{2.5}$  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  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の室内空気質ガイドラインが設定された（表 1. 4-2）。

WHO は  $\text{PM}_{2.5}$  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  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （範囲  $11.1\sim 29.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、アメリカがん協会（ACS）の研究では  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （範囲  $9.0\sim 33.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の長期間における  $\text{PM}_{2.5}$  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  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の空気質ガイドラインを設定した。但し、 $\text{PM}_{2.5}$  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、 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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つとしている（WHO Europe, 2016）。

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1.4-2 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)	—	—	—

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 µ

g/m<sup>3</sup>、室内濃度 24.0 µ g/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 µ g/m<sup>3</sup>、室内濃度 19.9 µ g/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.

### C1.5. 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-ペンタン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、ブタジエン、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</i> (Group 1)	<i>Recent evidence justifies re-evaluation</i> (Group 2)	<i>Recent evidence justifies re-evaluation</i> (Group 3)	<i>Recent evidence does not justify need for re-evaluation</i> (Group 4)
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	

<参考文献>

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.

C1.6. その他の室内環境因子に関する国際動向

1) 騒音のガイドライン

WHO 欧州は、2009年に夜間騒音のガイドラインを公表していた。従来、住居内の典型的な騒音

影響は、睡眠妨害、アノイアンス (迷惑)、会話妨害であったが、近年、夜間騒音と不眠症、認知力の低下、高血圧、心筋梗塞、精神疾患との関係が示唆されている。そこで、睡眠妨害と不眠症等に関する最小悪影響レベルに基づき、家屋正面の屋外夜間騒音レベルの年平均値として 40 dB のガイドラインを公表した。なお、55 dB を超えると心血管系疾患のリスクが増大すると報告している。

しかしながら、その後も環境騒音による健康影響に関する科学的知見が報告されたことを踏まえて、WHO 欧州は 2018年に環境騒音のガイドラインを新たに公表した。新たな環境騒音ガイドラインは、交通騒音、鉄道騒音、航空機騒音、風力発電騒音、娯楽騒音ごとに、建物正面における昼間と夜間のガイドラインを公表している。

WHO 欧州による環境騒音のガイドライン

騒音の種類	昼間	夜間 (睡眠障害)
交通騒音	53 dB ( $L_{den}$ )	45 dB ( $L_{night}$ )
鉄道騒音	54 dB ( $L_{den}$ )	44 dB ( $L_{night}$ )
航空機騒音	45 dB ( $L_{den}$ )	40 dB ( $L_{night}$ )
風力発電騒音	45 dB ( $L_{den}$ )	現時点は設定不可
娯楽騒音 (ナイトクラブ、パブ、フィットネス、スポーツイベント、コンサート、音楽イベント、音楽鑑賞 (ヘッドホン) など)	年平均 70 dB ( $L_{aeq,24h}$ )	

$L_{den}$ : 昼夕夜時間帯補正等価騒音レベル

$L_{night}$ : 夜間の等価騒音レベル ( $L_{aeq}$ )

<参考文献>

WHO Europe. 2009. Night noise guidelines for Europe. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO Europe. 2018. Environmental noise guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

2) 室内ダストのガイドライン

フランス ANSES は、室内ダスト中化学物質のガイドラインの検討を行っている。但し、その方法論を検討するにあたり、各国の専門家からの意見を収集しており、2019年9月に非公開の国際ワークショップを開催した。私は健康リスク評価の専門家として招聘されて本ワークショップに出席した。

ANSES では、フタル酸エステル類と鉛のガイドラインの検討を行っており、本ワークショップでの議論を踏まえてさらに検討中である。

## C2. 環境衛生管理基準項目の改正案

### C2.1. 既存の管理項目の改正案

上述の近年の科学的知見に基づいて、既存の管理項目に関する改正案を以下に示した。

表 2-1. 既存の管理項目の改正案

管理項目	基準値	時間単位	適用規定	改正の根拠
温度	18℃以上 28℃以下	瞬間値	機械換気の場合は適用しない	WHO 住宅と健康ガイドライン (2018)
相対湿度	40%以上 70%以下	瞬間値	機械換気の場合は適用しない	
気流	0.5 m/秒以下	瞬間値		
浮遊粉じん*	0.15 mg/m <sup>3</sup> 以下	平均値		
微小粒子状物質 (PM <sub>2.5</sub> )	1 日平均値 35 µg/m <sup>3</sup> 以下 かつ 1 年平均値 15 µg/m <sup>3</sup> 以下	平均値	※1 年平均値は年 6 回測定 of 平均値	WHO 室内空気質ガイドライン (基準値案は環境省大気環境基準)
二酸化炭素	1000 ppm 以下	平均値		
一酸化炭素	6 ppm 以下	平均値		WHO 室内空気質ガイドライン
ホルムアルデヒド	30 分平均値 0.1 mg/m <sup>3</sup> 以下	瞬間値	新築・大規模修繕後等の 6 月 1 日～9 月 30 日の期間内	WHO 室内空気質ガイドライン

※下線部が改正案の箇所

\* 過去の蓄積されたデータがあるので残しているが、いずれかの時点で廃止を検討。

#### <参考文献>

##### 1) 温度

WHO, 2018. WHO Housing and Health Guidelines. World Health Organization, Geneva.

##### 2) 微小粒子状物質、一酸化炭素、ホルムアルデヒド

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.  
WHO Europe. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO. 2014. WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion. World Health Organization, Geneva.

環境省. 2009. 微小粒子状物質環境基準専門委員会報告. 環境省中央環境審議会大気環境部会, 東京.

### C2.2. 新規管理項目の検討について

現行の管理項目に新規に追加する必要性を検討し、表 1-3 にとりまとめた。また、学術的に近年検討されており、今後の検討を要する項目を表 1-4 にまとめた。昨年度とりまとめた結果に対して、2019 年度の調査結果を追加および更新した。検討にあたっては、以下の 4 点を新規項目の選定基準

とした。なお、これらの項目については、既存の測定データや今後の測定データ、また科学的知見などから今後詳細に検討を行うものである。

①現行の建築物環境衛生管理基準で規定されているもの

②WHO が室内空気質ガイドラインを定めるもの

③学校環境衛生基準で規定されているもの

④シックハウスに係る室内濃度指針値（厚生労働省）が定められているもの

表 2-3. 建築物環境衛生管理基準（空気環境の調整）の検討（網掛けは選定基準の優先順位が高いものと重複しているものを示す）

選定基準	項目	主な発生源	室内空気における WHO(欧州)と国内の指針値等の設定状況				
			建築物環境衛生管理基準	WHO 室内空気質ガイドライン	シックハウス室内濃度指針値(厚生労働省)	学校環境衛生基準(学校保健安全法)	環境基準(環境基本法)
①現行の建築物環境衛生管理基準で規定されているもの	温度		17～28℃			17～28℃	
	相対湿度		40～70%			30～80%	
	気流		0.5 m/秒			0.5 m/秒	
	浮遊粉じん	燃焼	0.15 mg/m <sup>3</sup>	50 μg/m <sup>3</sup> (24 時間) 20 μg/m <sup>3</sup> (1 年)		0.1 mg/m <sup>3</sup>	1時間値の1日平均値が0.10 mg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ、1時間値が0.20 mg/m <sup>3</sup> 以下
	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm			1500 ppm	
	一酸化炭素	燃焼	10 ppm	86 ppm(15 分) 30 ppm(1 時間) 8.6 ppm(8 時間) 6 ppm(24 時間)		10 ppm	1時間値の1日平均値が10 ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20 ppm以下
	ホルムアルデヒド	合板	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup> (30 分)	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup>	
②WHO(欧州)が室内空気質ガイドラインを定めるもの	PM <sub>10</sub>	燃焼	0.15 mg/m <sup>3</sup>	50 μg/m <sup>3</sup> (24 時間) 20 μg/m <sup>3</sup> (1 年)		0.1 mg/m <sup>3</sup>	1時間値の1日平均値が0.10 mg/m <sup>3</sup> 以下であり、かつ、1時間値が0.20 mg/m <sup>3</sup> 以下
	PM <sub>2.5</sub>	燃焼		25 μg/m <sup>3</sup> (24 時間) 10 μg/m <sup>3</sup> (1 年)			1年平均値15 μg/m <sup>3</sup> 以下かつ1日平均値35 μg/m <sup>3</sup> 以下
	ホルムアルデヒド	合板	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup> (30 分)	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup>	
	ベンゼン	燃料の燃焼		1.7 μg/m <sup>3</sup> (10 <sup>-5</sup> 発がんリスク)			1年平均値が3 μg/m <sup>3</sup> 以下
	ナフタレン			10 μg/m <sup>3</sup>			
	二酸化窒素	燃焼		200 μg/m <sup>3</sup> (1 時間) 40 μg/m <sup>3</sup> (1 年)		0.06 ppm	1時間値の1日平均値が0.04 ppmから0.06 ppmまでのゾーン内又はそれ以下
	一酸化炭素	燃焼	10 ppm	86 ppm(15 分) 30 ppm(1 時間) 8.6 ppm(8 時間) 6 ppm(24 時間)		10 ppm	1時間値の1日平均値が10 ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20 ppm以下

	ラドン	自然の鉱物		100 Bq/m <sup>3</sup>			
	トリクロロエチレン	工業用有機溶剤		23 μg/m <sup>3</sup> (10 <sup>-5</sup> 発がんリスク)			1年平均値が0.2mg/m <sup>3</sup> 以下
	テトラクロロエチレン	クリーニングの洗浄溶剤		250 μg/m <sup>3</sup>			1年平均値が0.2mg/m <sup>3</sup> 以下
	ベンゾ-a-ピレン	燃焼		0.12 ng/m <sup>3</sup> (10 <sup>-5</sup> 発がんリスク)			
③学校環境衛生基準で規定されているもの	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm			1500 ppm	
	温度		17~28℃			17~28℃	
	相対湿度		40~70%			30~80%	
	気流		0.5 m/秒			0.5 m/秒	
	浮遊粉じん	燃焼	0.15 mg/m <sup>3</sup>	50 μg/m <sup>3</sup> (24時間) 20 μg/m <sup>3</sup> (1年)		0.1 mg/m <sup>3</sup>	
	一酸化炭素	燃焼	10 ppm	86 ppm(15分) 30 ppm(1時間) 8.6 ppm(8時間) 6 ppm(24時間)		10 ppm	1時間値の1日平均値が10 ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20 ppm以下
	二酸化窒素	燃焼		200 μg/m <sup>3</sup> (1時間) 40 μg/m <sup>3</sup> (1年)		0.06 ppm	1時間値の1日平均値が0.04 ppmから0.06 ppmまでのゾーン内又はそれ以下
	ホルムアルデヒド	合板	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup> (30分)	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup>	
	トルエン	接着剤、塗料			260 μg/m <sup>3</sup>	260 μg/m <sup>3</sup>	
	キシレン	接着剤、塗料			200 μg/m <sup>3</sup>	870 μg/m <sup>3</sup>	
	パラジクロロベンゼン	防虫剤			240 μg/m <sup>3</sup>	240 μg/m <sup>3</sup>	
	エチルベンゼン	断熱材、塗料			58 μg/m <sup>3</sup>	3800 μg/m <sup>3</sup>	
	スチレン	断熱材、防水剤			220 μg/m <sup>3</sup>	220 μg/m <sup>3</sup>	
ダニ又はダニアレルゲン	寝具や絨毯				100 匹/m <sup>2</sup>		
④シックハウスに係る室内濃度指針値(厚生労働)	ホルムアルデヒド	合板	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup> (30分)	100 μg/m <sup>3</sup>	100 μg/m <sup>3</sup>	
	トルエン	接着剤、塗料			260 μg/m <sup>3</sup>	260 μg/m <sup>3</sup>	
	キシレン	接着剤、塗料			200 μg/m <sup>3</sup>	870 μg/m <sup>3</sup>	



省)が定められているもの(下線部は改正または新設案)	パラジクロロベンゼン	防虫剤			240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	エチルベンゼン	断熱材、塗料			3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	スチレン	断熱材、防水剤			220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	クロルピリホス	防蟻剤			1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	フタル酸ジブチル	塩ビ樹脂			17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	テトラデカン	接着剤、塗料			330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	塩ビ樹脂			100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	ダイアジノン	防蟻剤			0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	アセトアルデヒド	合板、接着剤			48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	フェノブカルブ	防蟻剤			33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
総揮発性有機化合物(TVOC)				400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			

表 2-3. 建築物環境衛生管理基準（空気環境の調整）の検討—続き—（網掛けは選定基準の優先順位が高いものと重複しているものを示す）

選定基準	項目	主な発生源	室内空気における諸外国の指針値等の設定状況			監視用測定方法	定点測定方法
			ドイツ	フランス	カナダ		
① 現行の建築物環境衛生管理基準で規定されているもの	温度					建築物衛生法	
	相対湿度					建築物衛生法	
	気流					建築物衛生法	
	浮遊粉じん	燃焼				建築物衛生法	
	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm 以下無害		1000 ppm(オフィス)	建築物衛生法	
	一酸化炭素	燃焼	5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分) 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	86 ppm(15分) 52 ppm(30分) 26 ppm(1時間) 8.6 ppm(8時間)	25 ppm(1時間) 10 ppm(24時間)	建築物衛生法	
ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	建築物衛生法	厚労省	
② WHO（欧州）が室内空気質ガイドラインを定めるもの	PM <sub>10</sub>	燃焼					
	PM <sub>2.5</sub>	燃焼	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24時間)	WHO のガイドラインの活用を推奨	可能な限り低く	環境省	
	ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	建築物衛生法	厚労省
	ベンゼン	燃料の燃焼		2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 <sup>-5</sup> 発がんリスク)	可能な限り低く	環境省	厚労省調査法
	ナフタレン		10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)		厚労省調査法
	二酸化窒素	燃焼	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分) 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1週)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)	環境省	
	一酸化炭素	燃焼	5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分) 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	86 ppm(15分) 52 ppm(30分) 26 ppm(1時間) 8.6 ppm(8時間)	25 ppm(1時間) 10 ppm(24時間)	環境省	
	ラドン	自然の鉱物			200 Bq/m <sup>3</sup>		
	トリクロロエチレン	工業用有機溶剤	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 <sup>-5</sup> 発がんリスク)		環境省	厚労省調査法
	テトラクロロエチレン	クリーニングの洗浄溶剤	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)		環境省	厚労省調査法
ベンゾ-a-ピレン	燃焼				環境省調査法		
③ 学校環境衛生基準で規定されているもの	二酸化炭素	燃焼、ヒト	1000 ppm 以下無害			文科省	
	温度					文科省	
	相対湿度					文科省	
	気流					文科省	

の	浮遊粉じん	燃焼				文科省	
	一酸化炭素	燃焼	5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分) 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	86 ppm(15分) 52 ppm(30分) 26 ppm(1時間) 8.6 ppm(8時間)	25 ppm(1時間) 10 ppm(24時間)	文科省	
	二酸化窒素	燃焼	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分) 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1週)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)	文科省	
	ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)	文科省	
	トルエン	接着剤、塗料	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		15000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間) 2300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)	文科省	
	キシレン	接着剤、塗料	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				文科省
	パラジクロロベンゼン	防虫剤					文科省
	エチルベンゼン	断熱材、塗料	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)			文科省
	スチレン	断熱材、防水剤	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				文科省
	ダニ又はダニアルergen	寝具や絨毯				文科省	
④シックハウスに係る室内濃度指針値(厚生労働省)が定められているもの(下線部は改正または新設案)	ホルムアルデヒド	合板	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30分)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2時間) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間)		厚労省
	トルエン	接着剤、塗料	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		2300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)		厚労省
	キシレン	接着剤、塗料	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				厚労省
	パラジクロロベンゼン	防虫剤					厚労省
	エチルベンゼン	断熱材、塗料	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日) 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)			厚労省
	スチレン	断熱材、防水剤	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				厚労省
	クロルピリホス	防蟻剤					厚労省
	フタル酸ジブチル	塩ビ樹脂					厚労省
	テトラデカン	接着剤、塗料					厚労省
	フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	塩ビ樹脂					厚労省

ダイアジノン	防蟻剤					厚労省
アセトアルデヒド	合板、接着剤	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1年)	1420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1時間) 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1日)		厚労省
フェノプカルブ	防蟻剤					厚労省
総揮発性有機化合物(TVOC)		300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下支障なし				厚労省

※1 アメリカは室内空気質の規制を行っておらず、室内空気質ガイドラインを定めていない。アメリカは室内空気に対しては非規制戦略(平成16年度厚生労働科学研究費報告書「諸外国における室内空気質規制に関する研究」参照)。

は選定基準の優先順位が高いものと重複していることがわかるようにセルに色付けを行ったもの。

表 2-4. 参考指標 (学術的に近年注目されており今後の検討を要する項目)

項目	参考指標として考えられる理由
浮遊真菌	いずれも健康影響の量反応関係から基準値を定めたものはないが、浮遊真菌や浮遊細菌等の微生物汚染と健康影響との関連があることから (WHO, 2009)、TVOC と同様に、汚染レベルを低減させるための目標濃度を日本建築学会で定めており、カナダ等諸外国の中にも、そのような目的で指針を定めている国がある。
浮遊細菌	
放射温度	人体への温熱負荷としては、厳密には、温度のみならず、湿度、放射、着衣、代謝、気流を含めて総合的に評価することが重要となる。PMV は、これらの 6 要素を 1 つにまとめてあらず総合温熱指標であり、実態調査で総合温熱指標の把握は学術上必要である。現在は、温度、湿度、気流を個別に評価しているが、放射も環境因子としては重要な項目となる。そのため、今回の測定調査では、放射温度を測定するとともに、PMV まで算出し、あるいは 6 要素の項目で組み合わせ等を行って、特定建築物と今後適用を検討している中規模建築物の実態を把握し、調査数には限りはあるが、健康との関係性を評価する必要がある。
PMV	
超微小粒子状物質 (ナノ粒子)	現在は、PM <sub>2.5</sub> までの粒径に対して基準値が定められているが、さらに小さいナノ粒子に関する健康影響も大気等の疫学調査等が進められている。また、粒子の重量濃度よりも、個数濃度で評価するほうが、生体影響との関連が強いのではないかと考えられている。さらに、粒子の大きさの分布を把握することは、空調設備における除去方法を検討するうえで、重要な知見となる。従って、粒子の大きさ毎に粒子の個数濃度を評価するとともに、ナノ粒子の領域の濃度を個別に評価する必要がある。
粒子状物質の個数濃度	
エンドトキシン	ダスト中のエンドトキシン濃度と気管支ぜん息や肺気腫との関係 (量反応関係) が最近疫学研究で報告されるなど (Mendy et al., 2018; Thorne et al., 2005; Thorne et al., 2015)、エンドトキシンを指標とした室内環境における微生物由来の汚染物質の評価が注目されている。従って、本調査においても、特定建築物と中規模建築物でエンドトキシンの汚染の実態を評価するとともに、調査数には限りはあるが、健康との関係性を評価する必要がある。

<参考文献>

1) 検討要否における参考資料

Azuma K, Uchiyama I, Uchiyama S, Kunugita N. 2016. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of multiple pollutants in Japanese dwellings. *Environ Res* 145:39–49.

Mendy A, Salo PM, Cohn RD, Wilkerson J, Zeldin DC, Thorne PS. 2018. House Dust Endotoxin Association with Chronic Bronchitis and Emphysema. *Environ Health Perspect* 126:037007. doi: 10.1289/EHP2452.

Suzuki G, Yamaguchi I, Ogata H, Sugiyama H,

Yonehara H, Kasagi F, Fujiwara S, Tatsukawa Y, Mori I, Kimura S. 2010. A nation-wide survey on indoor radon from 2007 to 2010 in Japan. *J Radiat Res* 51:683–689.

Thorne PS, Kulhánková K, Yin M, Cohn R, Arbes SJ Jr, Zeldin DC. 2005. Endotoxin exposure is a risk factor for asthma: the national survey of endotoxin in United States housing. *Am J Respir Crit Care Med* 172:1371–1377.

Thorne PS, Mendy A, Metwali N, Salo P, Co C, Jaramillo R, Rose KM, Zeldin DC. 2015.

- Endotoxin Exposure: Predictors and Prevalence of Associated Asthma Outcomes in the United States. *Am J Respir Crit Care Med* 192:1287–1297.
- WHO. 2009. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 小畑美知夫. 2007. 建築物の衛生的環境の維持管理に関する研究. 平成 18 年度厚生労働科学研究費補助金研究報告書, 平成 19 年 3 月.
- 2) World Health Organization
- 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.
- WHO Europe. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- 3) 日本建築学会
- 日本建築学会. 2010. 日本建築学会環境基準 AIJES-A004-2010 アセトアルデヒドによる室内空気汚染防止に関する濃度等規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 日本建築学会. 2010. 日本建築学会環境基準 AIJES-A006-2010 総揮発性有機化合物による室内空気汚染防止に関する濃度等規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 日本建築学会. 2013. 日本建築学会環境基準 AIJES - A0002 - 2013 微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 日本建築学会. 2014. 日本建築学会環境基準 AIJES-A0001-2014 ホルムアルデヒドによる室内空気汚染に関する設計・施工等規準・同解説. 日本建築学会, 東京.
- 4) ドイツ
- Sagunski H. 1998. Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol. *Bundesgesundheitsblatt* 41:392–421.
- Englert N. 1998. Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid. *Bundesgesundheitsblatt* 41:9–12.
- IRK. 2007. Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz* 50:990–1005.
- IRK. 2012. Richtwerte für Ethylbenzol in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt* 55:1192–1200.
- IRK. 2013. Richtwerte für Acetaldehyd in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt* 56:1434–1447.
- IRK. 2013. Richtwerte für Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt* 56:1448–1459.
- IRK. 2015. Gesundheitliche Bewertung von Trichlorethen in der Innenraumluft, Mitteilung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluftthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. *Bundesgesundheitsbl* 58:762–768.
- IRK. 2015. Richtwerte für Dimethylbenzole in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt* 58:1378–1389.
- IRK. 2016. Richtwerte für Toluol und gesundheitliche Bewertung von C7-C8-Alkylbenzolen in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt* 59:1522–1539.
- IRK. 2017. Richtwerte für Tetrachlorethen in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl* 60:1305–1315.
- IRK. 2019. Richtwerte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl* 62:664–676.

## 5) フランス

Afsset (2008) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le benzène. Avis de l'Afsset, Rapport d'expertise collective.

Afsset (2009) Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le naphtalène. Avis de l'Afsset, Rapport d'expertise collective.

Afsset (2009) Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur pour le trichloroéthylène (TCE), AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.

Afsset (2010) Relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le tétrachloroéthylène (perchloroéthylène), AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.

ANSES (2013) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le dioxyde d'azote, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2014) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, L'acétaldéhyde, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2016) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur, L'éthylbenzène, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2018) Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le formaldéhyde, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

ANSES (2018) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur Le toluène, Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective.

## 6) カナダ

Health Canada. 1987. Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality, A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, Cat. H46-2/90-156E.

Health Canada. 2007. Residential Indoor Air Quality Guideline: Moulds.

Health Canada. 2007. Government of Canada Radon Guideline. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/radiation/radon/government-canada-radon-guideline.html>

Health Canada. 2010. Residential Indoor Air Quality Guideline: OZONE.

Health Canada. 2011. Residential Indoor Air Quality Guideline: TOLUENE.

Health Canada. 2013. Residential Indoor Air Quality Guideline: Naphthalene.

Health Canada. 2013. Guidance for Benzene in Residential Indoor Air

Health Canada. 2017. Residential indoor air quality guideline: acetaldehyde, <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/residential-indoor-air-quality-guideline-acetaldehyde.html>

## D. 総括

建築物環境衛生管理基準の空気環境項目について、国際的な動向や諸外国の動向および関連する近年の科学的知見等を整理し、今後検討すべき建築物環境衛生管理基準を整理した。

WHO が温度の室内ガイドラインとして低温側で 18℃以上を 2018 年に公表した。これは冬期の高齢者における血圧上昇に対する影響を考慮したものであった。特定建築物の適用用途には、ホテルや旅館が含まれており、WHO の室温のガイドラインは今後検討すべき項目であると考えられた。また WHO は、微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>)、一酸化炭素の室内空気質ガイドラインを公表しており、微小粒子状物質では循環器疾患への影響、一酸化炭素では虚血性心疾患への影響に基づくものであった。室内の粒子状物質については、浮遊粉じん

よりも粒径の小さい PM<sub>2.5</sub> に対する室内空気指針値の設定が近年諸外国でなされてきており、WHO においても 2018 年に開催された「空気汚染と健康に関する世界会合」において、大気と室内における PM<sub>2.5</sub> による健康被害の問題が大きく取り上げられた。これらの物質については、今後検討すべき項目であると考えられた。

厚生労働省は、2-エチルヘキサノール、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (Texanol<sup>TM</sup>, TMPD-MIB と略す)、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIB<sup>TM</sup>, TMPD-DIB と略す)の室内濃度指針値を検討中である。特定建築物におけるこれらの物質の実態はこれまで把握されておらず、今後実態調査を行い、建築物環境衛生管理基準で考慮すべきかどうか検討する必要があると考えられた。

WHO が 2018 年に生活環境中における騒音のガイドラインを公表している。従来、住居内の典型的な騒音影響は、睡眠妨害、アノイアンス(迷惑)、会話妨害であったが、近年、夜間騒音と不眠症、認知力の低下、高血圧、心筋梗塞、精神疾患との関係が示唆されている。そこで、睡眠妨害と不眠症等に関する疫学調査に基づき交通騒音、鉄道騒音、航空機騒音、風力発電騒音、娯楽騒音ごとに、建物正面における昼間と夜間のガイドラインを公表している。このような項目については、日本での実態が十分把握されておらず、今後の検討課題であると考えられた。

近年、フタル酸エステル類やリン酸エステル類を中心に、室内ダスト中の準揮発性有機化合物による健康リスクが報告されている。フランスでは室内ダスト中化学物質のガイドラインに関する国際ワークショップが開催され、その方法論を検討している。このような諸外国の動向も今後注視すべきと考えられた。

## E. 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, 2018.
- 5) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International* 121:51–56, 2018.
- 6) 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.
- 7) 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.

- 8) 東 賢一. 住環境の健康リスク要因とそのマネジメントに関する国内外の動向. 日本衛生学雑誌 73(2):143-146, 2018.
- 9) 岸 玲子、吉野 博、荒木敦子、西條泰明、東 賢一、河合俊夫、大和 浩、大澤元毅、柴田英治、田中正敏、増地あゆみ、湊屋街子、アイツバマイゆふ. 科学的エビデンスに基づく『新シックハウス症候群に関する相談と対策マニュアル (改訂新版)』を作成して. 日本衛生学雑誌 73(2):116-129, 2018.
- 10) 東 賢一. シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する国内での取り組みについて. ビルと環境 第 161 号, pp. 51-55, 2018.
- 11) 東 賢一. 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響. 室内環境 21(2):113-120, 2018.
- 12) 東 賢一. 健康リスクの立場からみた環境過敏症の予防について. 室内環境; 22(2), 203-208, 2019.
- 13) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
- 14) 東 賢一. 建築物環境衛生管理基準の設定根拠と近年の科学的知見. 空気清浄; 57(5), 4-13, 2020.
- 15) 東 賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2), 41-45, 2020.

## 2. 書籍

- 1) Azuma K. Guidelines and Regulations for Indoor Environmental Quality, Indoor Environmental Quality and Health Risk toward Healthier Environment for All. Springer, Singapore, pp.303-318, 2019.
- 2) 東 賢一. [対策] 室内汚染対策/室内環境指針値、[物質編] マンガン及びその化合物. 大気環境の事典. 朝倉書店, 東京, 2019.

## 3. 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 一人の健康の保護と持続可能な発展 一. 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.
- 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.
- 7) Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi K, Osawa H. The effects of the total floor area of a building on building-related symptoms in air-conditioned office buildings: a cross-sectional study. ISES-ISIAQ 2019 Joint Meeting, Kaunas, Lithuania, August

18-22, 2019.

- 8) 東 賢一、鍵 直樹、柳 宇、金 勲、長谷川兼一、島崎 大、開原典子、樺田尚樹、林 基哉、小林健一、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と建築物の規模に関する断面調査. 第 92 回日本産業衛生学会, 名古屋, 2019 年 5 月 22 日-25 日.
- 9) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: characteristics of winter and summer. The 16th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, November 1-5, 2020. (in acceptance)
- 10) 東 賢一、鍵 直樹、柳 宇、金 勲、開原典子、林 基哉、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と室内空気汚染物質との関係に関する縦断調査. 第 93 回日本産業衛生学会, 旭川, 2020 年 5 月 13 日-16 日. (in acceptance)

#### F. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし