

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～令和元年度 総合研究報告書

研究代表者 林 基哉

令和2（2020）年3月

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～令和元年度 総合研究報告書

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	開原 典子	国立保健医療科学院	主任研究官
	樺田 尚樹	産業医科大学	教授
	東 賢一	近畿大学	准教授
	中野 淳太	東海大学	准教授
	李 時桓	信州大学	助教
研究協力者	大澤 元毅	元国立保健医療科学院	主任研究官
	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
	島崎 大	国立保健医療科学院	上席主任研究官
	柳 宇	工学院大学	教授
	長谷川兼一	秋田県立大学	教授
	鍵 直樹	東京工業大学	准教授
	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	

令和2年（2020）年3月

目 次

I. 総合研究報告	-----	p. 1
建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究		
林基哉		
 (資料) 分担研究報告		
第1部会 基準案の検証	-----	p. 11
東賢一、樺田尚樹、林基哉		
第2部会 測定評価法提案	-----	p. 43
中野淳太、開原典子、李時桓		
第3部会 測定評価方法の検証	-----	p. 65
開原典子、中野淳太、東賢一、李時桓		
第4部会 制度提案	-----	p. 103
林基哉、開原典子、樺田尚樹		
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	p. 137

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が、喫煙の影響を注視する必要がある。外気の PM2.5 が懸念されるが、室内発生やエアフィルタの検討が必要である。ホルムアルデヒド不適率も低いが、VOC による健康影響は注視する必要がある。この他、浮遊微生物、VOC、臭気、定期測定や立入検査の測定値の代表性、処理評価法、省エネルギー技術の課題 (タスクアンビエント空調・パーソナル空調の空間分布、アースチューブの微生物等) がある。

本研究は 4 つの研究で構成し、それぞれの目的は以下の通りである。基準案の検証 (エビデンス整理) では、「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」を整理補足して基準案 (基準の見直し、項目の追加・組替え) を作成し、適用効果と不適率への影響を明らかにする。測定評価法提案 (ケーススタディー) では、基準案に対応した空

気環境測定方法を提案し精度を明らかにする。測定評価法の検証 (実建物試行) では、新たな測定評価法の有効性を明らかにする。制度提案 (自治体等ヒアリング) では、自治体、ビルメンメンテナンス業の実情を踏まえ、基準案・測定評価法の実効性、制度の可能性を明らかにする。

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

B. 研究方法

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

B1. 基準案の検証（エビデンス整理）

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_{2.5}）、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_{2.5}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_{2.5}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る。

D. 結論

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

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

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

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

制度提案（自治体等ヒアリング）では、実効性のある基準の見直しのための基礎として、自治体における立入検査及びその報告に関する状況把握として空気環境測定の実態を把握し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る。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 林 基哉, 金 勲, 開原 典子, 小林 健一, 鍵 直樹, 柳 宇, 東 賢一, 特定建築物における空気環境不適率に関する分析, 日本建築学会環境系論文集, Vol.84 No.765, 2019.11 ; pp.1011-1018.
- 2) 東 賢一. 健康リスクの立場からみた環境過敏症の予防について. 室内環境; 22(2), 203-208, 2019.
- 3) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
- 4) 東 賢一. 建築物環境衛生管理基準の設定根拠と近年の科学的知見. 空気清浄; 57(5), 4-13, 2020.
- 5) 東 賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2), 41-45, 2020.
- 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CO₂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 櫻田 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_{2.5}）、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_{2.5}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_{2.5}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 ³ 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 ³ (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 30m³/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.

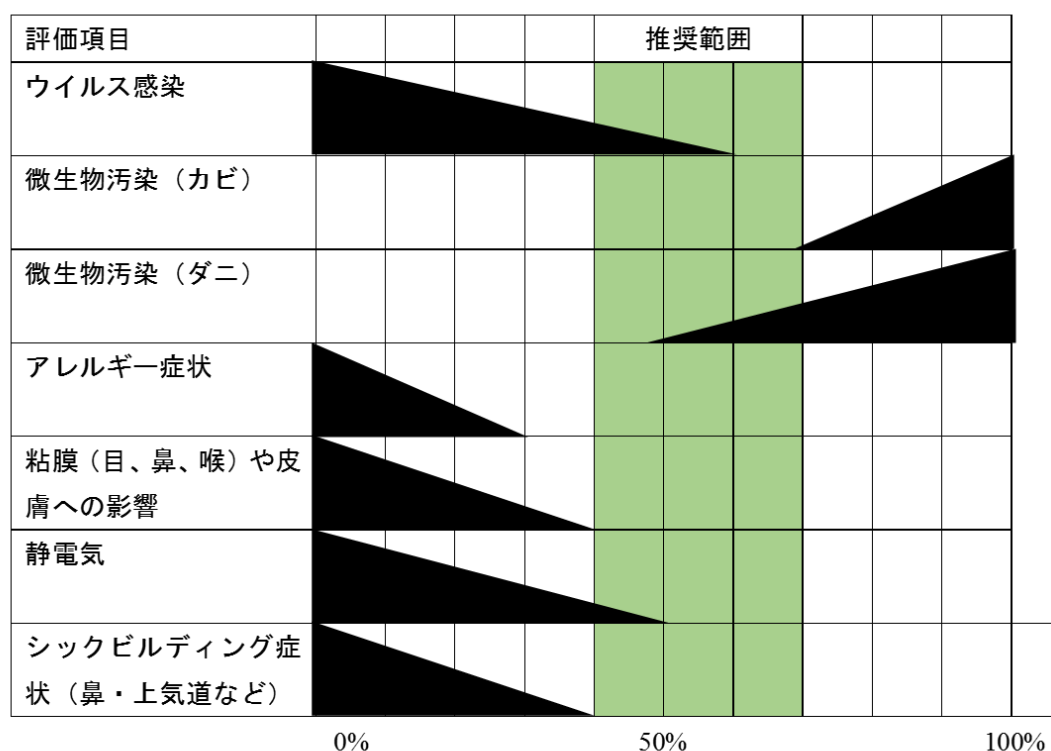
2) 相対湿度

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）。

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）。

そこで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
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 ± 5.6 °C ・絶対湿度 : 3.1 ± 1.3 g/m ³	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 ³ 1.25 (1.05-1.49) 絶対湿度低下の最大値 0.5 g/m ³ 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 ³	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 ³ 1.13 (0.96-1.34) 絶対湿度低下の最大値 0.5 g/m ³ 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"> ・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"> ・期間平均値 18.3～64.7% ・日最大平均値 20.7～69.7% ・日最小平均値 16.0～60.0% ・期間最小値 12.0～54.0% <p>絶対湿度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・期間平均値 0.00～0.01 ・日最大平均値 0.01～0.02 	<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"> ・5.2 g/m³ (23°C・25%)では 14 日間（粗面）と 28 日間（平滑面） ・9.9 g/m³ (35°C・25%)や 11.3 g/m³ (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 ・11.3 g/m³ から 36.0 g/m³ に増加するとさらに短縮
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℃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，

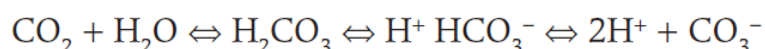
内山 巖雄：建築物環境衛生管理基準の設定根拠の検証について．建築物環境衛生管理に関する調査研究平成 22 年度研究報告書，財団法人ビル管理教育センター，2011）およびその後の知見を含めて総合的に文献レビューを行った。

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 ₂ 濃度	生理変化	精神運動機能	症状	室内基準等
500 ppm 以上	pCO ₂ , 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 CO₂ 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 CO₂ 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 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 mg/m^3 、建築物衛生法の空気環境管理基準では 0.15 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	$\text{PM}_{10} (\mu\text{g/m}^3)$		$\text{PM}_{2.5} (\mu\text{g/m}^3)$	
		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 $25 \mu\text{g/m}^3$ 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 $40 \mu\text{g/m}^3$ 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 $35 \mu\text{g/m}^3$ 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 $18 \mu\text{g/m}^3$ （範囲 $11.1\sim 29.6 \mu\text{g/m}^3$ ）、アメリカがん協会（ACS）の研究では $20 \mu\text{g/m}^3$ （範囲 $9.0\sim 33.5 \mu\text{g/m}^3$ ）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 $10 \mu\text{g/m}^3$ 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、 $10 \mu\text{g/m}^3$ 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_{2.5}、PM₁₀) 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 ₁₀ (µg/m ³)		PM _{2.5} (µg/m ³)	
		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 _{2.5} 40 µg/m ³ 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 _{2.5}	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_{2.5} と室内空気中に PM_{2.5} 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_{2.5} 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/m³、室内濃度 24.0 µg/m³ 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/m³、室内濃度 19.9 µg/m³ 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_{2.5} 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_{2.5} 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_{2.5} の室内濃度は上昇する（宮崎ら、2008）。

大気中の PM_{2.5} の削減には時間を要することから、PM_{2.5} 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_{2.5} 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_{2.5} 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_{2.5} 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/m³ (15 分値、87 ppm、例えば換気されていないストーブ)、35 mg/m³ (1 時間値、31 ppm、例えば器具の欠陥) 10 mg/m³ (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/m³ (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_{2.5} 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_{2.5})、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 ³ 以下	平均値		
微小粒子状物質 (PM _{2.5})	1 日平均値 35 µg/m ³ 以下 かつ 1 年平均値 15 µg/m ³ 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 ³ 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 ³	50 μg/m ³ (24 時間) 20 μg/m ³ (1 年)		0.1 mg/m ³	1時間値の1日平均値が0.10 mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20 mg/m ³ 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 ³	100 μg/m ³ (30 分)	100 μg/m ³	100 μg/m ³	
②WHO(欧州)が室内空気質ガイドラインを定めるもの	PM ₁₀	燃焼	0.15 mg/m ³	50 μg/m ³ (24 時間) 20 μg/m ³ (1 年)		0.1 mg/m ³	1時間値の1日平均値が0.10 mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20 mg/m ³ 以下
	PM _{2.5}	燃焼		25 μg/m ³ (24 時間) 10 μg/m ³ (1 年)			1年平均値15 μg/m ³ 以下かつ1日平均値35 μg/m ³ 以下
	ホルムアルデヒド	合板	100 μg/m ³	100 μg/m ³ (30 分)	100 μg/m ³	100 μg/m ³	
	ベンゼン	燃料の燃焼		1.7 μg/m ³ (10 ⁻⁵ 発がんリスク)			1年平均値が3 μg/m ³ 以下
	ナフタレン			10 μg/m ³			
	二酸化窒素	燃焼		200 μg/m ³ (1 時間) 40 μg/m ³ (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 ³			
	トリクロロエチレン	工業用有機溶剤		23 μg/m ³ (10 ⁻⁵ 発がんリスク)			1年平均値が0.2mg/m ³ 以下
	テトラクロロエチレン	クリーニングの洗浄剤		250 μg/m ³			1年平均値が0.2mg/m ³ 以下
	ベンゾ-a-ピレン	燃焼		0.12 ng/m ³ (10 ⁻⁵ 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 ³	50 μg/m ³ (24時間) 20 μg/m ³ (1年)		0.1 mg/m ³	
	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 ³ (1時間) 40 μg/m ³ (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 ³	100 μg/m ³ (30分)	100 μg/m ³	100 μg/m ³	
	トルエン	接着剤、塗料			260 μg/m ³	260 μg/m ³	
	キシレン	接着剤、塗料			200 μg/m ³	870 μg/m ³	
	パラジクロロベンゼン	防虫剤			240 μg/m ³	240 μg/m ³	
	エチルベンゼン	断熱材、塗料			58 μg/m ³	3800 μg/m ³	
	スチレン	断熱材、防水剤			220 μg/m ³	220 μg/m ³	
ダニ又はダニアレゲン	寝具や絨毯				100 匹/m ²		
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 ³	100 μg/m ³ (30分)	100 μg/m ³	100 μg/m ³	
	トルエン	接着剤、塗料			260 μg/m ³	260 μg/m ³	
	キシレン	接着剤、塗料			200 μg/m ³	870 μg/m ³	

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 ₁₀	燃焼					
	PM _{2.5}	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 ⁻⁵ 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 ³		
	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 ⁻⁵ 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 _{2.5} 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 (NO₂) 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_{2.5})、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_{2.5} 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_{2.5} 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。

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 —. 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

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、国際的温熱環境基準の文献調査を行った。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。

A. 研究目的

A1. 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

建築物衛生法が制定されたのは、1960年代の高度経済成長期にあわせてビルへの空調設備の普及が急速に進んだ時期であった。それから50年が経ち、社会状況は大きく変化している。2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」において、「2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の実現を目指す」とする政策目標が掲げられている。ZEBとは、建物で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物のことで、建物の全消費量の約3割に相当する空調エネルギーの削減が重要な課題となっている。一方で、室内環境に対するニーズは高度化しており、衛生的な環境の確保だけでなく、快適性、知的生産性、健康性を高める環境が求められている。

建築物衛生法の「空気環境」における温熱環境の管理基準（以下、衛生管理基準）は、室内全体を

均一な温湿度に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。新しい空調方式や建物の使われ方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、衛生管理基準）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。また、カテゴリ分けされた室内環境基準に関するISO 17772-1が2017年に制定されている。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および評価基準のあり方の提案を目的とする。

B. 研究方法

B1. 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 55-2017¹⁾および ISO7730:2005²⁾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

B1.1. 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 (予測平均温冷感申告: Predicted Mean Vote) および PPD (予測不満足者率: Predicted Percentage

of Satisfied) 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(3)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の増加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 m² 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。

B1.2. ISO 7730:2005

(1) 推奨環境のカテゴリ分けと EPBD

本基準のタイトルは、“Moderate thermal environments, Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort”である。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 EPBD (建物のエネルギー性能にかかわる欧州指令 : Energy Performance of Buildings Directive) 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ている。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、目標とする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。ニーズに合った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 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。

(3) 局所不快

体の一部で極端な冷却や加熱がある場合は、不快の要因となる。これを局所不快という。熱的快適の実現には、全身温冷感が適切な範囲に収まっていると同時に、局所不快がないことが求められる。ISO7730 では局所不快に関して詳述されており、本基準に準拠して解説する。

・ドラフト 気流は、対流による熱交換を促進させる効果がある。体の一部に継続的に気流が当たることで局所的な加熱/冷却が行われ、不快につながる。また、熱的作用だけでなく、皮膚に対する触覚刺激をもたらす。望まれない気流をドラフトという。

・上下温度分布 古くから頭寒足熱という言葉があるが、頭が涼しく足下が暖かい状態が快適だと言われている。しかし、物理的な法則から暖かい

空気は部屋の上部に、冷たい空気は部屋の下部にたまりやすい。断熱性能の低い部屋では、不適切な暖房方法により容易にこのような状況が発生する。足下と頭の位置での空気温度差 ($\Delta t_{a,v}$) により PD (不満足者率 : Percentage of Dissatisfied) が定義されているが、評価高さは立位と座位で異なる。足元の高さは 0.1m で共通であるが、立位頭部の高さは 1.1m、座位頭部の高さは 0.6m となる。より広い範囲で同じ温度差を満たさなければならぬため、立位の方がより厳しい基準となる。

・非対称放射 体の片側や頭部などの一部が放射により加熱/冷却されると不快の要因となる。冬の冷たい窓面や日射で熱せられた最上階の天井面などがその原因となりうる。不均一な放射環境は、相対する微小面温度の差 (Δt_{pr}) で評価し、温度差が大きいほど不満足者率が高くなる。

ISO 7730:2005 における局所不快による不満足者率のカテゴリ分けを表 2 に示す。

B1.3. ISO 17772-1:2017

本基準のタイトルは、”Energy performance of buildings - Indoor environmental quality - Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings”で、2017 年に制定された。本基準では、以下の 3 点について解説している : ①室内環境設計基準を設定し、環境設備システムの要件定義に使用するための方法、②建物のエネルギー計算および室内環境の長期的評価に用いられるパラメータの定義、③室内環境のモニタリングおよび表示に用いられるパラメータの定義。

本基準では、温熱環境、空気環境、光環境、音環境に関する推奨値を示している。これらは居住者に期待される室内環境の質のレベル (高、中、ひかえめ、低) に応じて、I-IV のカテゴリに分けられている。表 3 に温熱環境に関するカテゴリ別不満足者率推奨値を示す。評価項目とカテゴリ I~III の推奨値は、ISO7730 の A~C と一致している。ISO

17772-1 では 4 つめのカテゴリを設定している点
が異なる。

本基準は、温熱環境に関する国際的な推奨値と
して現時点で最新のものであり、既存の ISO7730
や ASHRAE 55 の推奨値を包含した上で、さらに
カテゴリを拡張している。そのため、ISO 17772-
1 のカテゴリ評価を用いて、衛生管理基準による
評価結果と比較を行うこととする。

B1.4. 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、ISO7730 および ISO17772-1 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。

ISO7726⁴⁾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

C1. 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

C1.1. 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った場
合も、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。逆に、これまで見えなかつ
た問題点を顕在化できる可能性がある。

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て一
般的な固定値を用いている。そのため、衛生管理
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、放射式等の異なる空調方
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。黒色塗装のプラスチック製小径
球 (ピンポン球) 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]

ε_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、非対称放射温度差 (Δt_{pr}) 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 :

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

立位 :

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

C1.2. 測定位置

(1) 平面分布

衛生管理基準では、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、以下を測定点とする。

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。

極端な環境になる場所（窓際、吹出し口付近、コーナー、入り口付近等）であっても、居住者が滞在すると相対される場合は、測定点に含める。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

衛生管理基準では、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、椅坐位の居住者は 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 は椅坐位の体中心、1.1m は椅坐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、衛生管理基準と共通する 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。しかし、二重床となっている OA フロアでは問題となりにくいいため、評価項目から除外した。

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。

C1.3. 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 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 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。

C1.4. 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、気候の異なる事務所ビルにおいて2017年～2019年の夏季と冬季に温熱環境実測調査を行った。立地は、北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物27件とした。測定対象建築物の詳細を表4に示す。規模に応じて特定建築物と3,000㎡以下の建築物、空調方式は中央方式と個別方式を交えて選定した。建物によっては、複数階の事務所を測定し、測定点は居住者の滞在する室中央部（インテリア：i）と窓近傍（ペリメータ：p）の2点とした。

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。空気温度、湿度、グローブ温度は15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5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) 建築物衛生法管理基準の適合状況

全測定点104件における高さ1.1mの測定結果から、衛生管理基準の適合状況を分析した。空気温度、相対湿度、気流速度の適合状況を図3に示す。不適合率で見ると、気流速度は0%、空気温度は2%であったのに対し、相対湿度は35%と最も高かった。

次に、季節および建築物の種別（規模・空調方式）で傾向を分析した。各分類に該当する測定点数を図4に示す。個別方式の中規模建築物が最も多く、夏季に54件、冬季に50件であった。建物種別の不適合率について、空気温度を図5、相対湿度を図6、気流速度を図7に示す。空気温度の不適合は、夏季の個別方式の中規模建築物2点のみであった。相対湿度は冬季に顕著に不適合率が高

く、中央式よりも個別式が高い傾向が見られた。気流速度の不適合はなかった。

夏季調査の全測定結果を図8に示す。図中のiはインテリアゾーン、pはペリメータゾーンまた、建物コードの下の○は、特定建築物を示している。空気温度の不適合は、個別方式の中規模建物F1のインテリアおよびペリメータで、上限の28℃を上回っていた。相対湿度は個別方式の特定建築物A3で上限の70%を上回っていた。調査時は雨が降っており、外気湿度が90%を超えていたことが影響していた。個別方式の中規模建築物において、気流速度が0.45 m/sを超える測定点が2点見られたが、0.5 m/sは超えていなかった。

冬季調査の全測定結果を図9に示す。空気温度が20℃を下回る測定点はなく、下限値に関して問題は見られなかった。個別方式の中規模建築物W1のインテリアでは、むしろ上限の28℃に近い値が見られた。相対湿度の衛生管理基準を満たしていたのは全体の32%のみであった。気流速度は、すべての測定点で0.2 m/sを下回っていた。

以上を総括すると、冬季の相対湿度を除けば、すべての測定点で概ね衛生管理基準を満たしていた。冬季に相対湿度が不適合となった測定点に、地域、建築物の規模による差は小さかったが、中央方式よりも個別方式でより高くなる傾向が見られた。また、すべての適合状況判定結果において、インテリアゾーンとペリメータゾーンによる差は見られなかった。

(3) インテリアとペリメータの環境比較

インテリア測定結果を基準としたペリメータ測定結果の差の度数分布を図10～15に示す。

図10に示す空気温度は、±2℃の範囲で広く分布しており、特にプラス側に偏る傾向が見られた。差を平均すると+0.2℃であった。

図11に示す相対湿度は±5%以内に概ね納まっており、測定誤差の範囲に収まるため、差は小さかった。

図12に示す絶対湿度は、±0.5 g/kg(DA)の範囲

内に 85%が収まっており、差は小さかった。

図 13 に示す気流速度差は、 -0.1 m/s が最も多かったが、差を平均すると 0 m/s であった。

図 14 に示す平均放射温度は、 $-2\sim+4.5\text{ }^\circ\text{C}$ の範囲に分布していた。特に正の分布が多く、ペリメータゾーンで高めの結果となることがわかった。差を平均すると $+0.6\text{ }^\circ\text{C}$ であった。

図 15 に PMV の結果を示す。インテリアゾーンと比較してペリメータゾーンの空気温度と平均放射温度が高くなるため、PMV も平均で 0.2 高くなることがわかった。

全体を平均すると差は小さくなるものの、インテリアゾーンとペリメータゾーンでは温熱環境に差が見られ、異常を検知するという観点では、両ゾーンを測定することが望ましいと考えられる。

(4) 平均放射温度の測定方法による差

図 16 にグローブ温度から求めた平均放射温度 (GMRT) と空気温度の関係を示す。GMRT は概ね対角線の周りに分布しており、空気温度とほぼ同値であった。夏季は対角線の上側に位置するプロットも見られ、空気温度よりも高いことを示す。

図 17 に 6 面の微小面放射温度を平均して求めた平均放射温度 (MRT) と空気温度の関係を示す。GMRT と比較してばらつきが大きく、夏季は空気温度よりも高かった。夏季の平均温度差は $1.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、負の最大差が $-1.8\text{ }^\circ\text{C}$ 、正の最大差が $5.4\text{ }^\circ\text{C}$ であった。冬季の MRT は空気温度よりも低く分布しており、平均 $-0.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、負の最大差が $-6.1\text{ }^\circ\text{C}$ 、正の最大差が $1.1\text{ }^\circ\text{C}$ であった。

図 18 に GMRT に対する MRT の関係を示す。MRT は GMRT よりも夏は高く、冬は低いエリアに広く分布していた。夏季の平均温度差は $1.2\text{ }^\circ\text{C}$ 、負の最大差が $-3.6\text{ }^\circ\text{C}$ 、正の最大差が $5.8\text{ }^\circ\text{C}$ であった。冬季の MRT は、平均 $-0.7\text{ }^\circ\text{C}$ 、負の最大差が $-5.1\text{ }^\circ\text{C}$ 、正の最大差が $0.9\text{ }^\circ\text{C}$ であった。6 方向の微小面放射温度測定では、特にペリメータゾーンで窓面からの日射や冷放射の影響を大きく受ける。放射環境の違いをより繊細に評価していると考えられる。

(5) ISO17772-1 によるカテゴリ評価

ISO 基準による評価に当たり、高さ 1.1 m の空気温度湿度、平均放射温度、気流速度の測定結果、代謝量 1.1 met から PMV を求めた。着衣量は夏季 0.5 clo 、冬季は 1.0 clo とした。

全測定点のカテゴリ評価結果を図 19 に示す。局所不快感については推奨値がカテゴリ III まで示されているため、上限値を超えた場合は IV 評価とした。PMV の推奨値はカテゴリ IV まで示されているため、上限値を超えた場合は「N/A (不適合)」とした。総合評価は、4 つの評価項目のうち、最も低い評価を適用した。

総合評価のカテゴリ I は 13%、カテゴリ II が最も多い 35%、カテゴリ III と IV がそれぞれ 29%、21%、評価対象外が 2%となった。衛生管理基準においては、冬季の相対湿度以外は概ね適合していたのに対し、ISO17772-1 による総合評価では、全体の約 1/4 が「期待される環境の質」において最も低いレベルまたは不適合に相当することがわかった。

項目別に見ると、全測定点の評価結果で、最もカテゴリ I の評価が低かったのが PMV であった。反対に、非対称放射はすべての測定点でカテゴリ I の評価であった。以下の分析は、季節および建築物の種別に分けて行う。

季節および建築物の種別による各項目のカテゴリ評価を図 20 に示す。総合評価では、冬季における特定建築物・個別方式のカテゴリ I 評価が 50% と最も高かったものの、その他の種別ではカテゴリ I の割合は 25%以下であった。総合評価と PMV 評価の傾向は類似しており、PMV 評価の影響が大きいといえる。PMV の評価について、夏季は空調方式に関係なく、中規模建築物で I~IV までの評価の分布が大きいことがわかった。また、冬季は中央式で評価の分布が小さく、個別方式での分布の大きさが顕著であった。評価の分布の大きさは、測定点による環境の差が大きいことを示している。

PMV の評価結果を図 21 に示す。冬季における

個別方式の中規模建築物と個別方式の特定建築物でカテゴリ I の評価が約 50%であった。また、いずれの季節、建築物の規模であっても、個別方式ではカテゴリ評価が広く分布する傾向が見られた。

上下温度分布の評価結果を図 22 に示す。冬季の中規模建物における個別空調方式で III～IV 評価が 6 割を超えており、高さ方向の温度分布が大きかった。

ドラフトの評価結果を図 23 に示す。概ねカテゴリ I の評価が 60%を超えていたが、いずれの季節も中規模建築物の個別方式で評価が低くなる傾向が見られた。

夏季における全測定点の PMV 評価結果を図 24 に示す。カテゴリ I の評価には PMV が ± 0.2 以内、カテゴリ II には ± 0.5 以内である必要がある。夏季には $+0.5$ を超えていたのは、主にペリメータゾーンであった。 -0.5 を下回る測定点も見られたが、これらに特定の傾向は見られなかった。冬季における全測定点の PMV 評価結果を図 25 に示す。 -0.5 を下回る測定点はなく、 ± 0.5 を逸脱していたのはすべて上限を超えたためであった。PMV の算出条件として、ASHRAE 55 における Graphic Comfort Zone Method の着衣量である夏季 0.5clo、冬季 1.0clo を一律で適用した。しかし、利用者が環境に合わせて着衣を調節している可能性もある。実態に合わせて着衣量を推定することで、より現実に即した評価が可能になると考えられる。カテゴリ評価の閾値が比較的狭い範囲内にあるため、適切な着衣量の評価が重要であることがわかった。

夏季における全測定点の全項目評価結果を図 26 に示す。PMV とドラフトで低評価が目立ち、PMV はインテリアよりもペリメータゾーンで低くなる傾向にあった。ドラフト評価は、ゾーンによる差は見られなかった。冬季における全測定点の全項目評価結果を図 27 に示す。PMV と上下温度分布で低評価が目立っていたが、ゾーンによる差は見られなかった。

(6) 管理基準適合環境のカテゴリ評価

建築物衛生法の管理基準に適合する環境（以下、適合環境）を ISO17772-1 で評価することとした。空気温度 17～28℃（1℃刻み）、放射温度 15～30℃（1℃刻み）、相対湿度 40～70%（10%刻み）、気流速度 0.1～0.5m/s（0.1m/s 刻み）、着衣量 0.5clo（夏季）と 1.0clo（冬季）、代謝量 1.1met の環境条件の組み合わせ 7680 通りについて PMV、PPD、ドラフトによる不満足者率を求め、カテゴリ評価の分布について分析を行った。

適合環境のカテゴリ評価を図 28 に示す。衛生管理基準では上下温度分布と放射環境に関する規定がないため、総合評価は PMV とドラフトのうち、最も低い評価結果が適用された。総合評価では、IV 評価と不適合が 77%であり、最も高い I 評価となったのは 3%のみであった。PMV は、45%がカテゴリ評価において不適合、14%が IV 評価となり、ドラフトも半数を上回る 55%が最も低い IV 評価となった。I～III はそれぞれ 15%程度であった。

図 29 に季節ごとの総合評価の結果を示す。冬季よりも夏季の評価結果が低く、IV 評価と不適合が 80%となっていた。図 30 に季節ごとの PMV 評価の結果を示す。こちらも冬季よりも夏季の評価結果が圧倒的に低く、不適合が約 40%増えていた。図 31 に示す季節ごとのドラフト評価結果には、季節差は見られなかった。以上を総合すると、夏季の PMV 評価の低さが、適合環境の総合評価の低さに大きく影響していたと考えられる。

適合環境の PMV 分布を図 32 に示す。PMV の冬季平均値は -0.2 で $PMV=0$ が最頻値となっている。しかし、夏季平均値は -1.5 であり、 -1 より低い負の値を中心に分布していることがわかった。相対湿度 50%、気流速度 0.1m/s、代謝量 1.1met とし、空気温度と平均放射温度が等しいと見なすとき、 $PMV=0$ となる温度は夏季 25.4℃、冬季 22.4℃である。この条件を基準に考えると、衛生管理基準における空気温度およびその ± 2 ℃の範囲に設定した放射温度は、低い方に広く分布している。一方で気流速度は高い方に広く分布しており、

結果的に、着衣量の低い夏季は PMV も低い方に広く分布することがわかった。PMV = -3 の度数が高くなっているのは、-3 以下となる結果が合算されているためである。また、PPD 分布を図 33 に示す。冬季は約 6 割が 10%であったが、夏季は 10～100%に至るまで広く分布していた。

適合環境のドラフト不満足者率分布を図 34 に示す。ドラフトの不満足者率は、入力パラメータのひとつである「気流の乱れの強さ」が等しい場合、空気温度と気流速度の組み合わせで決まる。そのため、夏季と冬季では差は見られなかった。最も割合が高いのは 10%であったが、100%まで広く分布していることがわかった。PD が 30%を上回ると IV 評価となるため、全体の 50%以上が IV 評価となることがわかった。

以上により、衛生管理基準に適合する環境の範囲は、夏季に寒い側に広く、暑い側に狭いという特徴が示された。また、ドラフトによる不快の度合いが高いという評価になった。建築物衛生法に着衣量や代謝量に関する言及はないものの、環境に合わせた個人の調節を前提とした環境範囲になっていると考えられる。環境を基準内に維持するだけでなく、環境に合わせた着衣調節の重要性を強調する必要がある。

D. 考察

北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物 27 件、測定点 104 点の温熱環境の調査を夏季および冬季に行った。

冬季の相対湿度を除けば、すべての測定点で概ね衛生管理基準を満たしていた。冬季に相対湿度が不適合となった測定点に、地域および建築物の規模による差は小さかった。しかし、中央方式よりも個別方式で不適合率がより高くなる傾向が見られた。また、すべての適合状況判定結果において、インテリアゾーンとペリメータゾーンによる差は見られなかった。

インテリアゾーンとペリメータゾーンの環境を

比較すると、相対湿度と気流速度においては差が小さかった。しかし、空気温度と放射温度はペリメータゾーンで高くなる傾向が見られ、PMV も高くなっていた。環境の異常を検知するには、両ゾーンを測定することが望ましいといえる。

グローブ温度と微小面放射温度を用いた平均放射温度により、放射環境を比較した。グローブ温度と比較して、微小面放射温度により評価した方が極端な放射環境の分布を評価することが可能であった。

ISO17772-1 による温熱環境の総合評価を行ったところ、全体の約 1/4 が「期待される環境の質」において最も低いレベルまたは不適合に相当することがわかった。項目別の評価では、PMV においてカテゴリ I 評価の割合が最も低く、個別方式ではカテゴリ評価が広く分布していることがわかった。夏季も冬季も閾値の上限を超えたためにカテゴリ評価が低下する傾向が見られた。また、利用実態に応じた着衣量の見積もりが重要であることがわかった。

上下温度分布は、冬季における個別方式の中規模建築物で問題となっており、カテゴリ III と IV の評価が 6 割以上を占めていた。ドラフトも中規模建築物の個別方式で評価が低くなっていた。非対称放射についてはすべてカテゴリ I 評価となり、問題は見られなかった。

建築物衛生法の管理基準に適合する環境を ISO17772-1 で評価したところ、IV 評価および不適合が 77%であり、最も高い I 評価となったのは 3%のみであった。衛生管理基準に適合する環境の範囲は、夏季に寒い側に広く、暑い側に狭いという特徴が示された。また、ドラフトによる不快の度合いが高いという評価になった。建築物衛生法に着衣量や代謝量に関する言及はないものの、環境に合わせた個人の調節を前提とした環境範囲になっていると考えられる。環境を基準内に維持するだけでなく、環境に合わせた着衣調節の重要性を強調する必要がある。

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、関東近辺、名古屋、大阪、福岡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である ISO17772-1 による評価結果を比較した。

衛生管理基準で不適合となったのは主に冬季の相対湿度で、特に個別空調方式の不適合率が高くなる傾向が見られた。しかし、他の項目については建物規模や空調方式による差は見られず、衛生管理基準に適合していた。

同じ環境を ISO 17772-1 で評価すると、全項目の総合評価において約 1/4 が最も低いカテゴリ IV 評価または評価対象外となり、最も高いカテゴリ I は 13%のみであった。その要因は PMV による評価の低さにあり、夏季は中規模建築物、冬季は個別空調方式で IV 評価が多く見られた。また、これらのオフィスでは評価結果が I~IV まで広く分布しており、環境が多様であったことを示している。冬季の中規模建物・個別空調方式では、上下温度分布が大きくなる傾向にあることがわかった。インテリアゾーンとペリメータゾーンの環境比較では、空気温度と平均放射温度がペリメータゾーンにおいて高くなる傾向が見られ、PMV も高くなっていた。

衛生管理基準に適合する 7680 通りの環境条件の組み合わせについて ISO 17772-1 で評価した結果、夏季の 83%、冬季の 71%が総合評価において最も低い IV 評価または評価対象外となった。衛生管理基準の適合環境は、快適な温熱環境条件から見て寒い側に広く分布しており、居住者の着衣調節が前提となっていることが確認された。

建築物衛生法の目的は衛生的な環境の確保であり、快適性の維持ではない。また、理論上の適合環境の組み合わせと実際の環境の分布は異なる。しかし、衛生管理基準に適合する環境は、現在の快適性の水準からすると著しく低い範囲を広く含んでいる。現在の空調に対するニーズを踏まえた温熱環境評価を行うには、より高い水準の環境も評価できるような測定方法や評価基準を選択肢として示していくことが望ましいと考えられる。

今回提案した測定方法により、季節、建物規模、空調方式、室内におけるゾーニングによる温熱環境特性の違いを明らかにすることが可能であった。長期的な曝露が健康影響を及ぼす環境因子とリンクさせることで、必要な時間的・空間的な温熱環境分布の評価解像度を高めることができる。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 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.
- 2) 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.

G. 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

<参考文献>

- 1) ASHRAE : ANSI/ASHRAE Standard 55-2017, Thermal environmental conditions for human occupancy, 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: ISO17772-1, Energy performance of buildings — Indoor environmental quality — Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings, 2017
- 4) ISO: ISO7726 Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities, 1998

表 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

表 2 ISO 7730:2005 の局所不快推奨値

区分	ドラフト	上下 温度差	床表面 温度	非対称放射温度差				
				天井		壁		
				熱	冷	熱	冷	
A	PD	< 10%	< 3%	< 10%	< 5%		< 5%	
	環境		< 2°C	19 - 29°C	< 5°C	< 14°C	< 23°C	< 10°C
B	PD	< 20%	< 5%	< 10%	< 5%		< 5%	
	環境		< 3°C	19 - 29°C	< 5°C	< 14°C	< 23°C	< 10°C
C	PD	< 30%	< 10%	< 15%	< 10%		< 5%	
	環境		< 4°C	17 - 31°C	< 7°C	< 18°C	< 35°C	< 13°C

表 3 ISO17721-1 の不満足者率(%)推奨値

区分	PPD	ドラフト	上下温度分布	非対称放射
I	< 6	< 10	< 3	< 5
II	< 10	< 20	< 5	< 5
III	< 15	< 30	< 10	< 10
IV	< 25			



図1 温湿度・グローブ温度・気流速度



図2 微小面放射温度

表4 調査対象建物

都道府県	建築物区分	ID	季節	調査日	測定階	測定場所面積 [m ²]	天井高 [m]	空調設備
北海道	特定建築物	H01	夏	2017/8/25	3F	200	2.5	中央式 (AHU)
	3,000㎡未満	H02	夏	2017/8/25	6F	25	2.5	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	H03	夏	2017/8/25	2F	75	2.6	個別式 (PAC)
東京	特定建築物	E01	夏 冬	2018/9/18 2018/1/10	6F	118	2.4	個別式 (PAC+換気)
埼玉	3,000㎡未満	E02-1	夏	2018/8/23 2018/1/10	1F	328	2.8	個別式 (PAC+換気)
		E02-2	冬		2F	409	2.8	個別式 (PAC+換気)
		E02-3			3F	614	2.8	個別式 (PAC+換気)
東京	3,000㎡未満	E03	夏	2018/8/23	3F	169	2.54	個別式 (PAC+換気)
東京	特定建築物	E04	夏 冬	2018/9/18 2018/12/19	27F	1178	3	中央式 (外調機+放射)
東京	特定建築物	E05	秋	2018/9/18	1F	133	2.56	個別式 (PAC)
神奈川	3,000㎡未満	E06-2	夏	2019/8/2	2F	123	2.9	中央式 (外調機)
		E06-1	冬	2018/12/18	1F	204	2.9	中央式 (外調機)
東京	3,000㎡未満	E07	夏 冬	2019/8/1 2020/1/15	3F	55	2.41	個別式 (PAC+換気)
東京	特定建築物	E08	夏	2019/8/1 2020/2/17	9F	1050	2.71	中央式 (外調機)
東京	3,000㎡未満	E09	夏 冬	2019/8/1 2020/2/14	3F	92	2.4	個別式 (PAC+換気)
東京	3,000㎡未満	E10	夏 冬	2019/8/27 2020/2/21	5F	93	2.5	個別式 (PAC+換気)
東京	3,000㎡未満	E11	夏 冬	2019/8/27 2020/2/17	5F	196	2.4	中央式 (外調機)
東京	3,000㎡未満	E12	夏 冬	2019/8/27 2020/1/15	2F	110	2.5	個別式 (PAC+換気)
群馬	3,000㎡未満	E13	冬	2020/2/21	2F			個別式 (PAC+換気装置)
東京	特定建築物	E14	冬	2020/2/21	8F			中央式 (外調機)
名古屋	特定建築物	A01	夏 冬	2019/8/29 2020/2/13	6F	96	2.5	中央式 (外調機)
	3,000㎡未満	A02	夏 冬	2019/8/30 2020/2/13	4F	176	2.7	個別式 (PAC+換気)
	特定建築物	A03	夏 冬	2019/8/30 2020/2/13	4F	266	2.5	個別式 (PAC+換気)
大阪	3,000㎡未満	W01	夏 冬	2018/8/28 2018/3/5	2F	124	2.3	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	W02	夏 冬	2018/8/29 2018/3/5	2F	109	2.7	個別式 (PAC)
	特定建築物	W03	夏 冬	2018/8/29 2019/1/10	2F	193	2.4	中央式 (外調機+PAC)
福岡	3,000㎡未満	F01	夏 冬	2018/8/27 2019/1/11	6F	44	2.5	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	F02	夏 冬	2018/8/27 2019/1/10	2F	93	2.4	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	F03	夏 冬	2018/8/27 2019/1/11	2F	122	2.6	個別式 (PAC+換気)
	特定建築物	F04	夏 冬	2018/8/28 2019/1/11	4F	383	2.45	個別式 (PAC+換気)

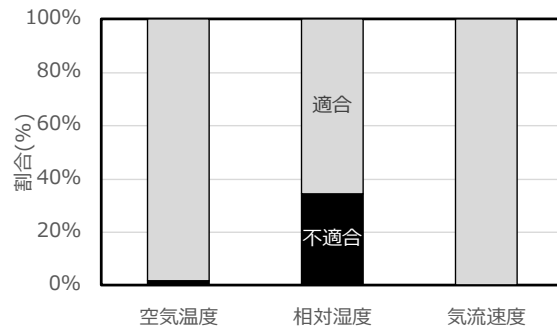


図3 建築物種別調査件数

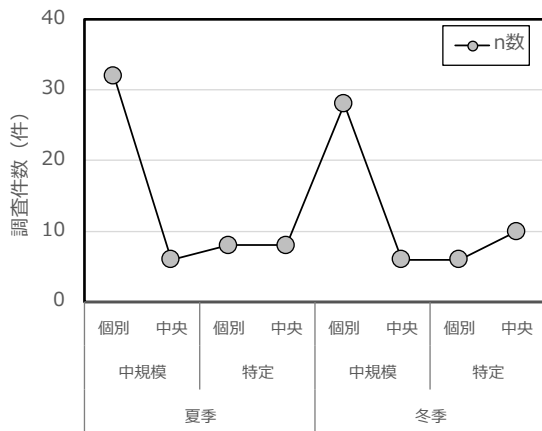


図4 建築物種別調査件数

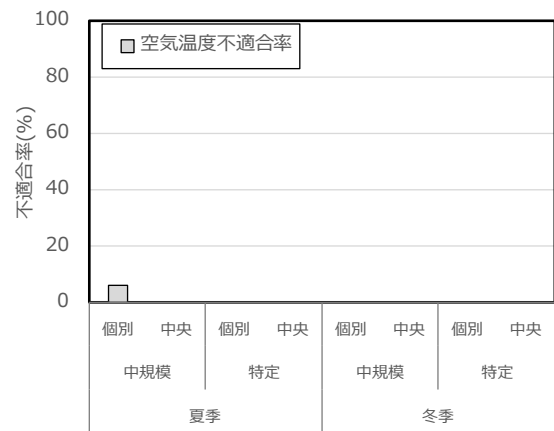


図5 建築物種別空気温度不適合率

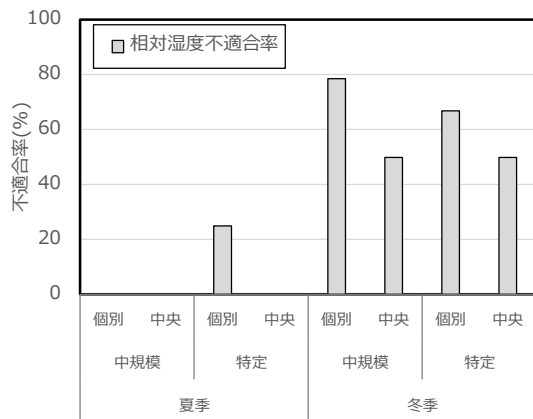


図6 建築物種別相対湿度不適合率

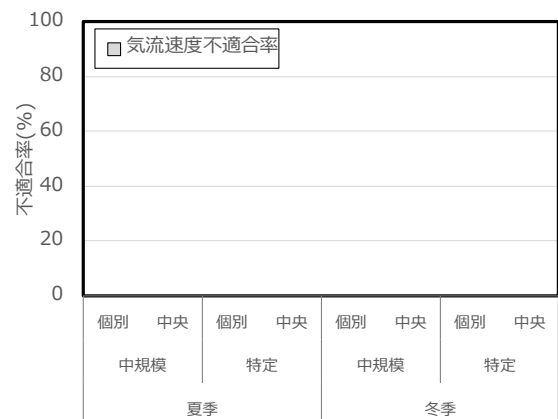


図7 建築物種別気流速度不適合率

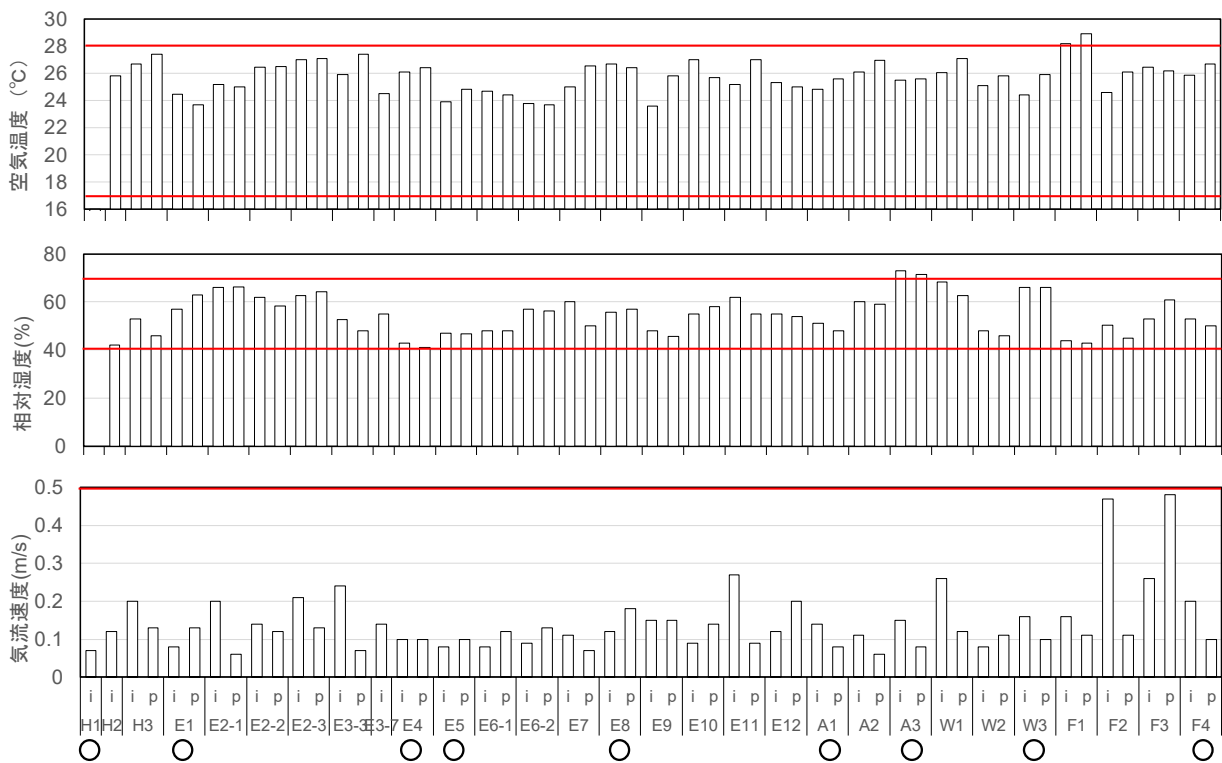


图 8 夏季調查全測定結果

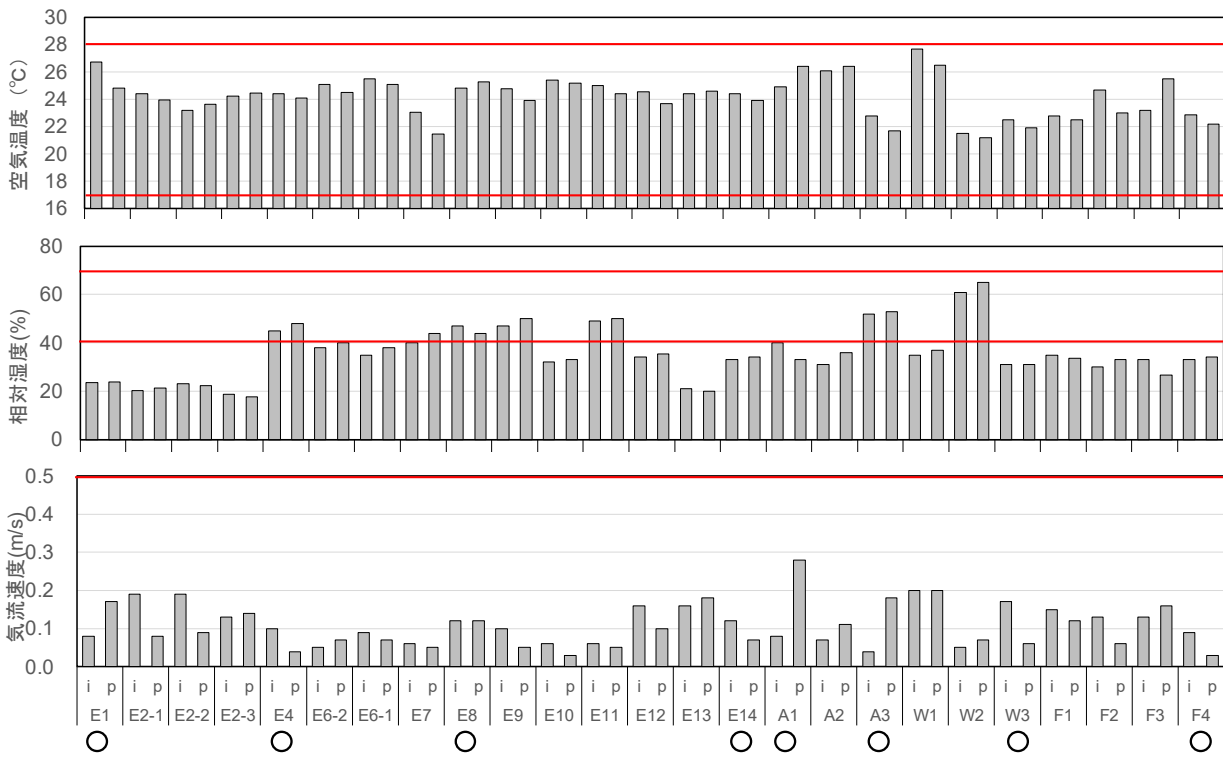


图 9 冬季調查全測定結果

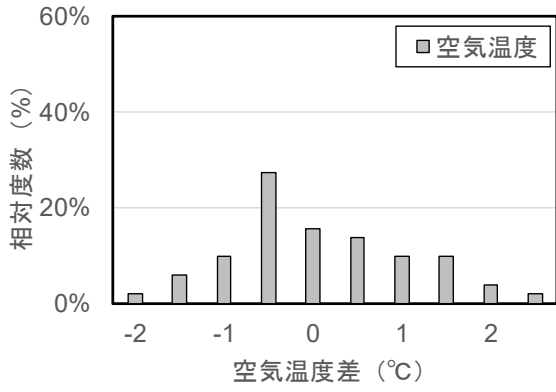


図10 インテリアとペリメータの空気温度差 (インテリアを基準)

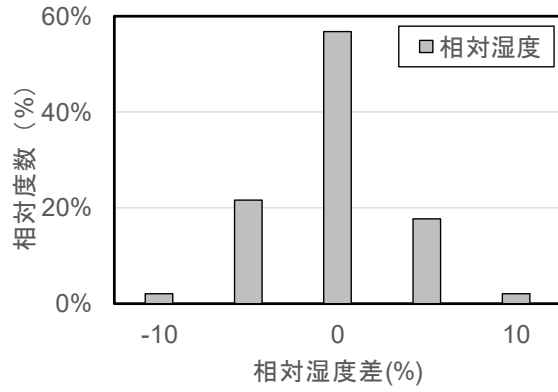


図11 インテリアとペリメータの相対湿度差 (インテリアを基準)

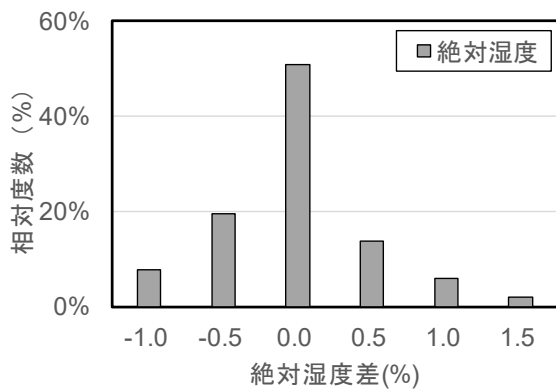


図12 インテリアとペリメータの絶対湿度差 (インテリアを基準)

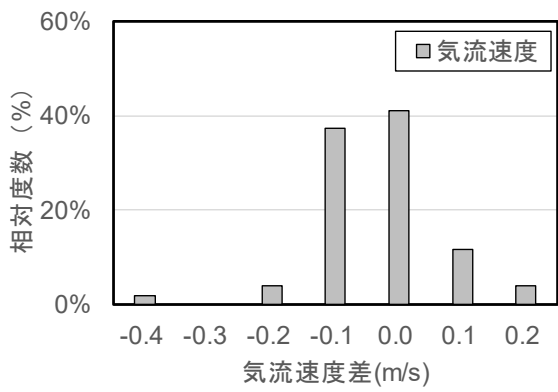


図13 インテリアとペリメータの気流速度差 (インテリアを基準)

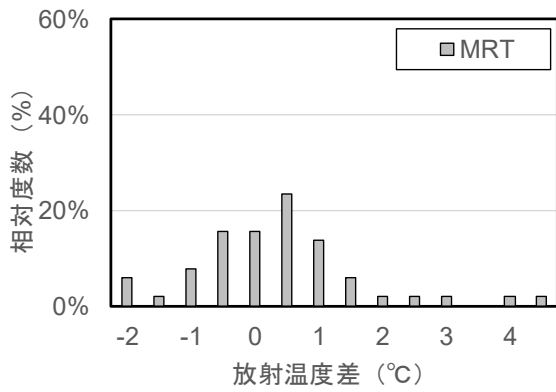


図14 インテリアとペリメータの放射温度差 (インテリアを基準)

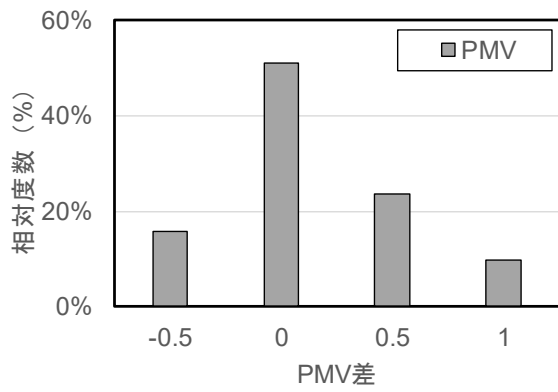


図15 インテリアとペリメータのPMV差 (インテリアを基準)

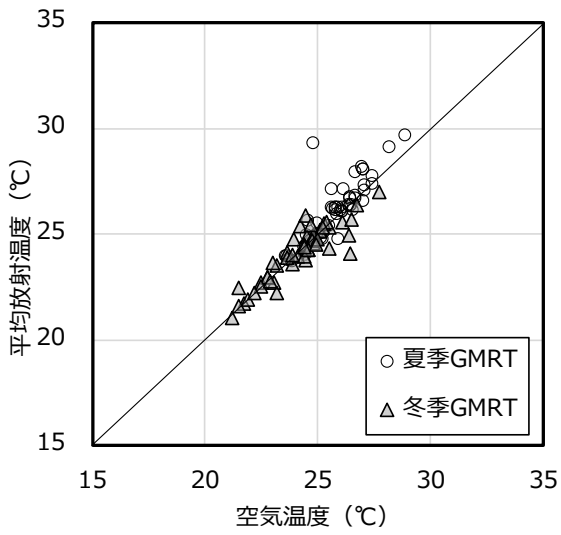


図 16 空気温度とグローブ温度から求めた GMRT

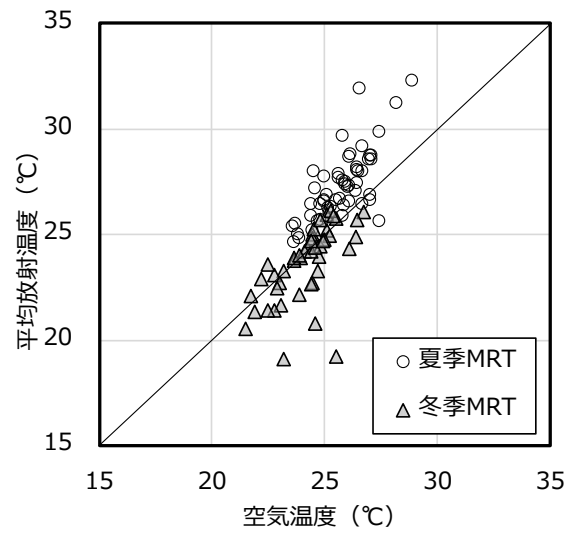


図 17 空気温度と微小面放射温度から求めた MRT

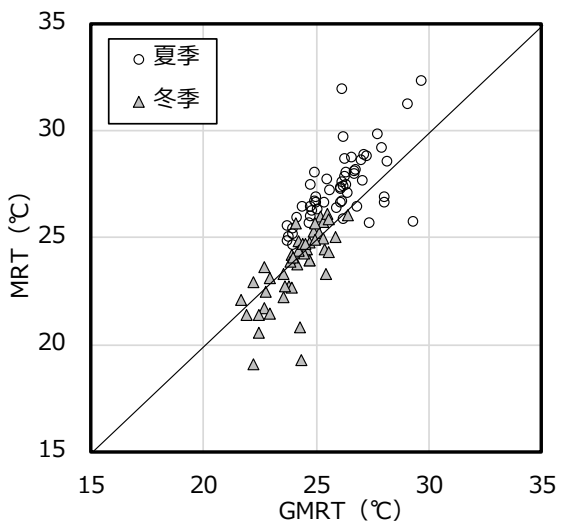


図 18 グローブ温度から求めた GMRT に対する微小面放射温度から求めた MRT

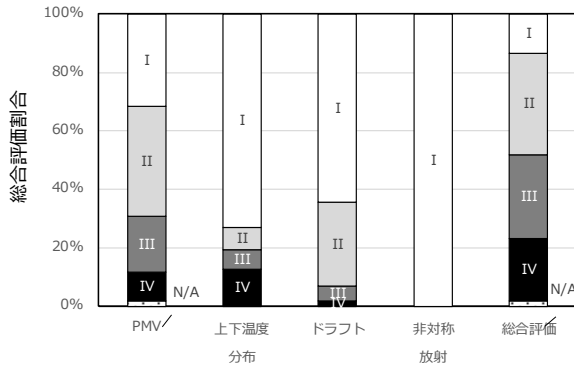


図 19 ISO17772-1 による全測定点評価結果

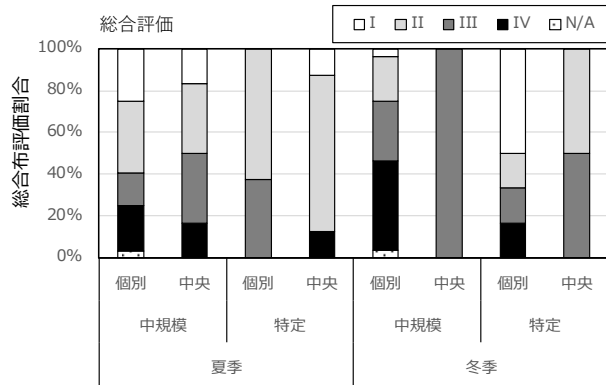


図 20 建築物種別総合カテゴリ評価結果

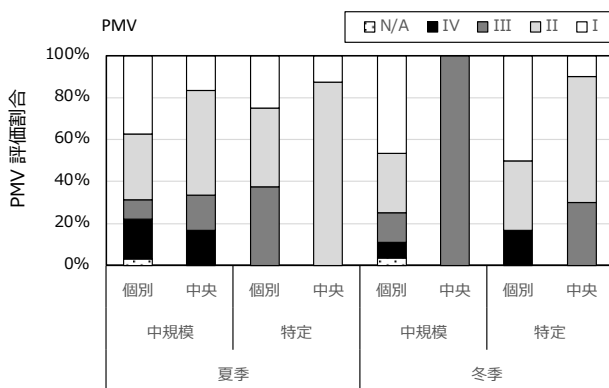


図 21 建築物種別 PMV カテゴリ評価結果

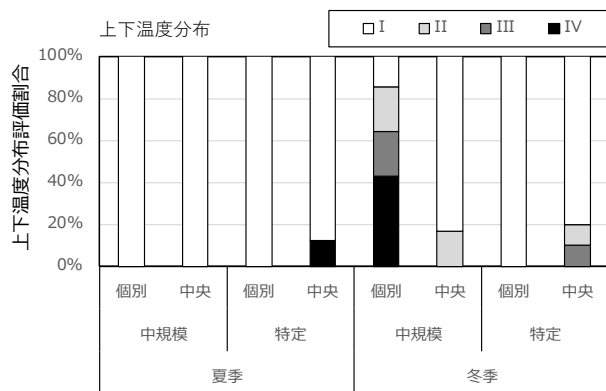


図 22 建築物種別上下温度分布カテゴリ評価結果

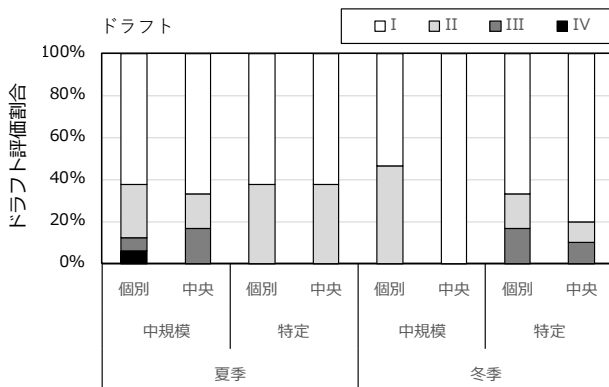


図 23 建築物種別ドラフトカテゴリ評価結果

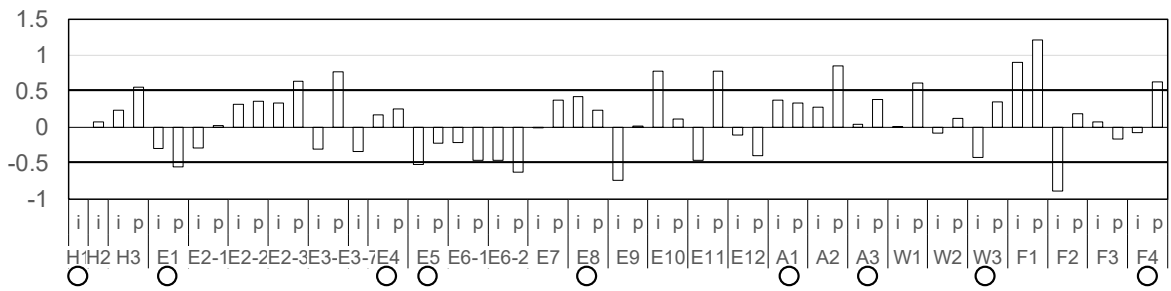


図 24 夏季全測定点 PMV

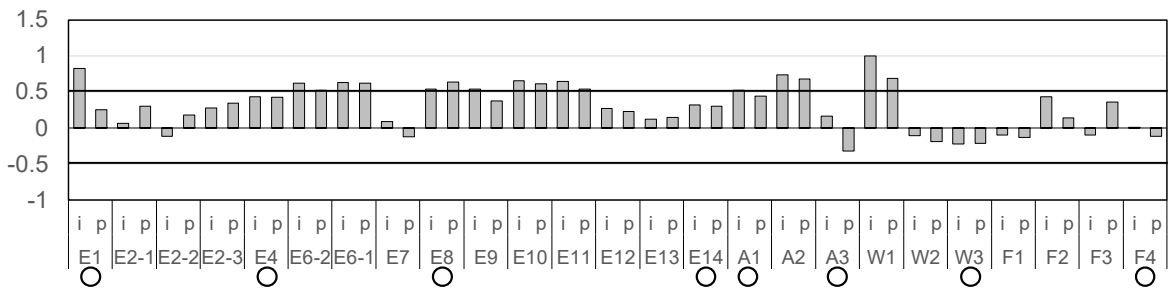


図 25 冬季全測定点 PMV

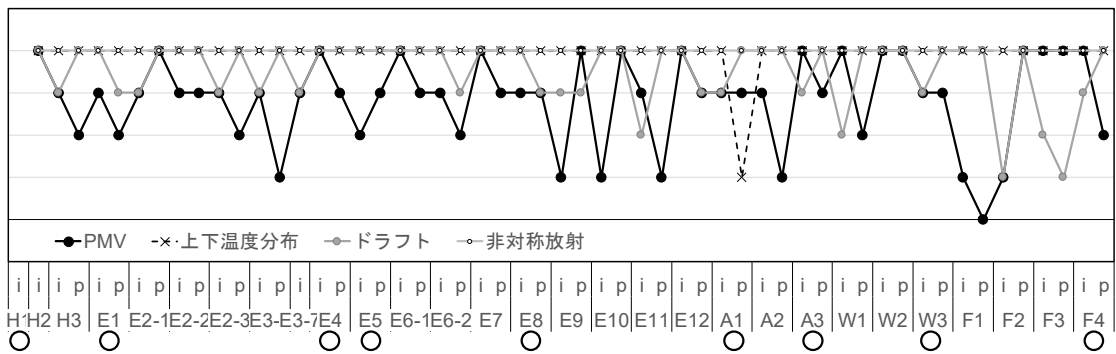


図 26 夏季全測定点カテゴリ評価結果

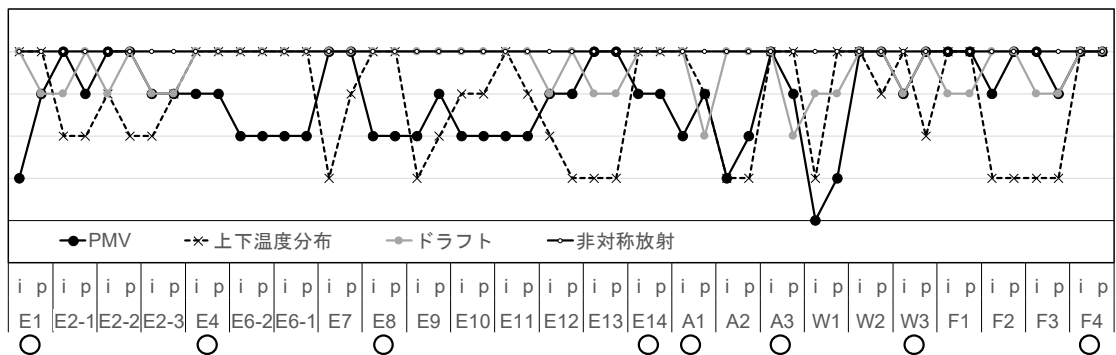


図 27 冬季全測定点カテゴリ評価結果

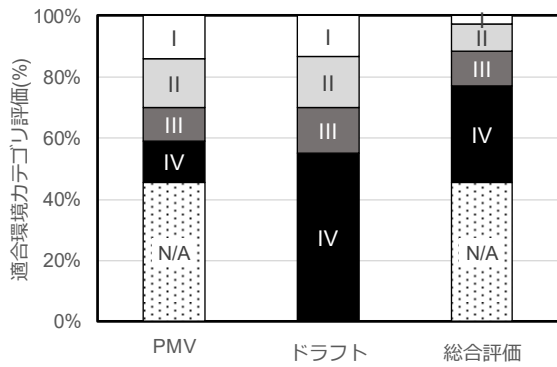


図 28 衛生管理基準適合環境のカテゴリ評価

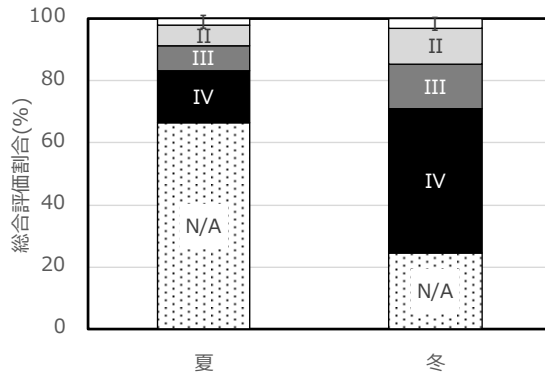


図 29 衛生管理基準適合環境の総合評価

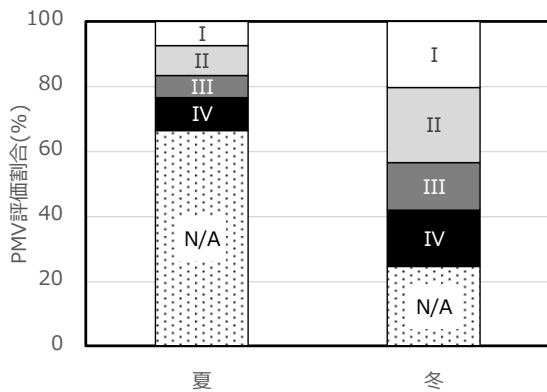


図 30 衛生管理基準適合環境の PMV 評価

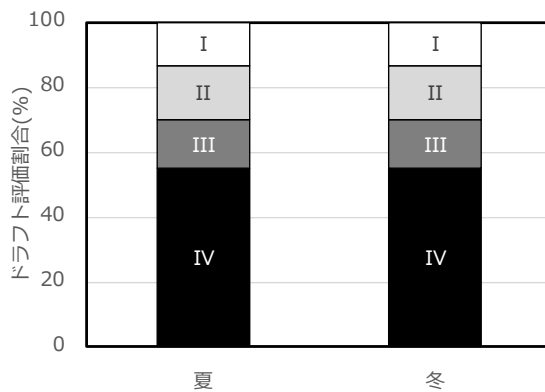


図 31 衛生管理基準適合環境のドラフト評価

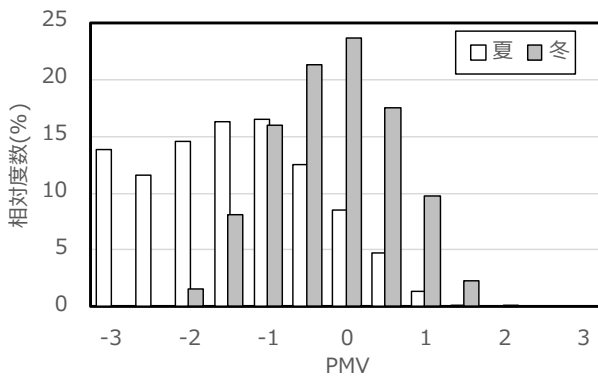


図 32 衛生管理基準適合環境の PMV 分布

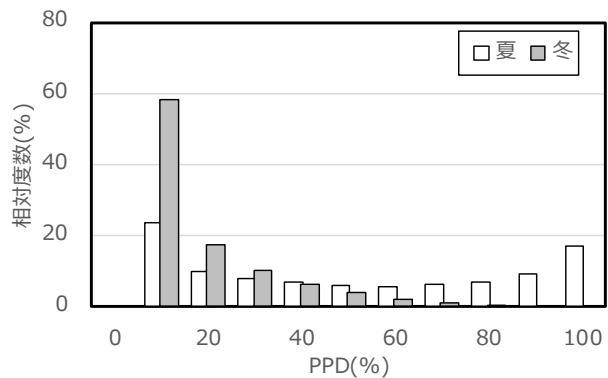


図 33 衛生管理基準適合環境の PPD 分布

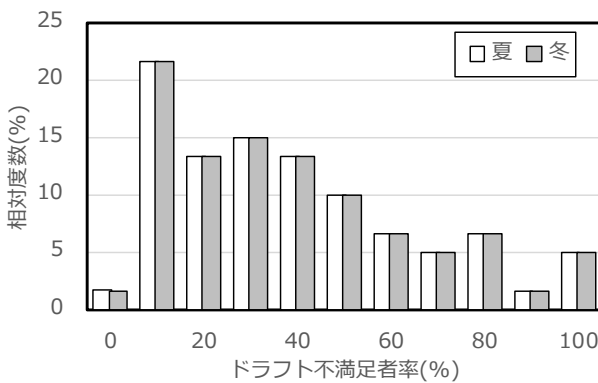


図 34 衛生管理基準適合環境のドラフト不満足者率分布

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
研究分担者	李 時桓	信州大学工学部建築学科	助教

研究要旨

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。

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、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加えて、揮発性有機化合物、微生物等の室内空気環境に関連する因子について、特定建築物における空気環境を中心に環境衛生管理基準規定項目等に係る実態と、建築物利用者の健康状況を調査し、特定建築物における適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的知見を集積することを目的として、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。調査の結果、特定建築物においては、冬期は合計 19 件の 183 名、夏期は合計 17 件の 185 名からアンケート調査と測定結果を得た。室内環境項目とビル関連症状との関係について解析を行った結果、夏期では、温度が高いほど一般症状と上気道症状が有意に増加した。冬期および夏期ともに、総じて粉じんや化学物質の濃度は管理基準や室内濃度指針値を下回っており、特定建築物の一部の物質でみられたビル関連症状との統計学的に有意な関係は、毒性学的にはほぼ意義はないと考えられた。但し、目や上気道の症状に対して関係がみられた粉じんとアルデヒド類に関しては、本研究者らによる既往の研究と類似した結果となっており、今後さらに研究が必要であると考えられた。また、冬期では細菌濃度やエンドトキシン濃度が高いほどビル関連症状の増加がみられ、平均濃度で日本建築学会の細菌の維持管理規準を下回っていたが、細菌の種類と毒性に基づいた規準ではないことから、その種類を含めた詳細な検討が今後必要であると考えられた。

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長（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。一連の調査

を通じて、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、揮発性有機化合物、微生物等の室内空気環境に関連する因子の特定建築物の適切な衛生管理方策の検討に必要な科学的知見を集積することを目的としている。

B. 研究方法

B1. 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

B1.1. 測定評価法の検証

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）の検証を行った。

B1.2. 夏期および冬期の室内温湿度の課題

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。具体的には、建物の室内の温度、相対湿度、CO₂（T&D社、CO₂ Recorder Tr-76Uiを使用）について、5分間隔で2週間の測定を夏期と冬期に行った（本報告では温度及び湿度について報告する）。測定機器は、設置に関する注意事項をあらかじめ教示した上で、机や棚の上に任意で設置し、建物につき1台とした。結果の分析には、得られた測定データを空調設備が稼働していると思われる日の9時～17時までを5日分用いた。建物の概要については、建築物の管理者または事務所の責任者に対して、主たる用途、延べ床面積、階数、竣工年、所在地、使用形態、周辺環境、設備等を質問紙調査により回答を得た。

B2.1. 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うた。従業員用調査では、職場環境と健康状態などを問うた。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。また、あわせて建築物環境衛生管理の空気環境項目（温湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん）、揮発性有機化合物や粒子状物質の気中濃度、真菌や細菌の気中濃度、気中やダスト中のエンドトキシンを測定した。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。

B2.2. 調査対象と調査手順

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。

本研究においては、調査依頼数500社のアンケート調査をフェーズ1とし、その後測定機器を送付して2週間程度連続測定（温度、湿度、二酸化炭素）を実施する室内測定調査1をフェーズ2とし、フェーズ1の回答者の中から30～50件程度（フェーズ2へ協力可能と回答があった事務所）選定して調査を実施する。また、事務所内への立ち入りを行って詳細な室内環境測定（化学物質、微生物、粉じん等）を実施する室内測定調査2をフェーズ3とし、フェーズ1の回答者の中から10～15件程度（フェーズ3へ協力可能と回答があった事務所）選定して調査を実施する。フェーズ2とフェーズ3の事務所を選定する際には、従業員の健康状態や衛生状態が良好から不良まで幅のある建築物を選定し、フェーズ1の調査で建築物室内環境に強く関連する症状と職業性ストレスの関係が高かった建築物を除外した。

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。

調査においては、冬期の調査として、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6つの事務所にも管理者用調査票と従業員調査票（トータル183部）を配布した。また、夏期の調査として、平成30年7月20日に同じ500社と6つの事務所に対して管理者用調査票と従業員調査票を配布した。

なお、フェーズ3の調査として、個別に依頼を行った6つの事務所で平成30年1月から3月にフェーズ3冬期調査を実施した。そして、平成30年冬期の調査結果から、フェーズ2及びフェーズ3の夏期調査として、フェーズ2（44件）およびフェーズ3（12件）を平成30年8月から9月に実施した。また、フェーズ2及びフェーズ3の冬期調査として、フェーズ2（42件）およびフェーズ3（9件）を平成30年12月から平成31年3月に実施した。

続いて、平成30年夏期の調査結果から、フェーズ2及びフェーズ3の夏期調査として、フェーズ2（25件）およびフェーズ3（10件）を令和元年8月から9月に実施した。また、フェーズ2及びフェーズ3の冬期調査として、フェーズ2（24件）およびフェーズ3（11件）を令和元年12月から令和2年3月に実施した。以降、これらのフェーズ2及びフェーズ3の調査結果を冬期と夏期にそれぞれ統合して解析を行った。

B2.3. 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^{1),2)}をもとに作成した。従業員調査票は、米国環境保護庁³⁾、米国国立労働安全衛生研究所⁴⁾、欧州共同研究⁵⁾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⁶⁾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。

B2.4. 測定項目

空気質としては、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉じん、PM_{2.5}、PM₁₀、粒径別粉じん濃度（0.3μm以上、0.5μm以上、0.7μm以上、1.0μm以上、2.0μm以上、5.0μm以上）、揮発性有機化合物（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、p-ジクロロベンゼン、テトラデカン、フタル酸ジブチル（DBP）、フタル酸ジ-2-エチルヘキシル（DEHP）、総揮発性有機化合物（TVOC）、真菌濃度、細菌濃度、エンドトキシン濃度を計測した。計測用の試料は、各事務所の1フロアの一点及び外気について、30分間の採取を行った。

（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NIPH-IBRA#12180）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. 研究結果及び考察

C1. 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

C1.1. 測定評価法の検証

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50W/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ことが示された。

C1.2. 夏期および冬期の室内温湿度の課題

(1) 室内温湿度の概況

図-1 に、空調稼働していると思われる日の9時から17時までの5日間の温湿度の平均値を建物ごとに、既報¹⁾の測定結果と合わせて示す。図中の凡例は、四角印が夏期、丸印が冬期を示し、それぞれ塗りつぶしのないものが既報¹⁾のデータを示している。絶対湿度は、測定値をもとに Goff-Gratch の式より算出している。図より、本報告の対象物件の9時から17時までの5日間の平均値は、温度について夏期および冬期ともに概ね基準に近い状況で良好に管理されているものの、相対湿度について冬期に基準を下回るという傾向を示している。

(2) 夏期の室内温湿度

図-2～4 (図中 a)) に、夏期における9時から17時の室内の温度・湿度(相対湿度と絶対湿度)の結果を建物ごとに示す。図中のボックス部は下から1/4分位点、3/4分位点を示し、最上及び最下の線は最大最小値、○印は平均値を示している。各建物の室内温度の平均値は、約24℃～約29℃であった。建物13は特定建築物ではないものの、ほとんどの測定値が28℃以上となっており、省エネルギーの観点から、高めの温度で運用している可能性がある。また、これらの建物について、建築物衛生法の空気環境基準²⁾を用い、9時から17時までの5日間の総測定数に対する適合しない測定値の割合(以降、この報において不適合率という)を算出したところ、建物13以外の建物は、ほぼすべての時間において、建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されている(表-2)。一方、各建物の相対湿度の平均値は、約50%～約60%であった。温度と同様に相対湿度の基準を用いて、9時から17時までの5日間の総測定数に対する不適合率を算出したところ、特定建築物以外の建物も含まれているにもかかわらず、建物4と14以外は、ほぼすべての時間において建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されている(表-2)。このように、夏期については、温湿度ともに建築物衛生法の基準の範囲に近い状況で管理されていること

がわかる。

(3) 冬期の室内温湿度

図-2～4 (図中 b)) に、冬期における9時から17時の室内の温度・湿度(相対湿度と絶対湿度)について、夏期と同様に結果を建物ごとに示す。各建物の室内温度の平均値は、約20℃～約26℃であった。夏期と同様に9時から17時までの5日間の総測定数に対する温度の不適合率を算出したところ、建物6と11以外の建物は、ほぼすべての時間において、建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されている(表-2)。一方、各建物の相対湿度の平均値は、約25%～約53%であった。こちらも夏期と同様に9時から17時までの5日間の総測定数に対する相対湿度の不適合率を算出したところ、8割以上の不適の時間のある建物が9件(建物1、3、4、6、11、14、15、18、20(建物1と建物2は同一、建物23は参考のため))であった(表-2)。また、同様に、5割以上の不適の時間のある建物まで含めると12件となり、調査物件の半数以上となる。これらの建物では、執務時間の半分以上を相対湿度40%以下の環境で過ごしていることになる。既報¹⁾においても冬期の相対湿度の管理に課題があることがわかっているものの、本調査対象においても同様に冬期の湿度管理に課題があることが示された。このように、冬期については、温度は比較的建築物衛生法の空気環境基準²⁾に近い状況で管理されているものの、湿度の管理にはいくつかの課題がみられる。

(3) 夏期および冬期の室内温湿度の課題

調査を行った約60件の事務所ビルの夏期と冬期の測定結果より、温度は、多くの建物が建築物衛生法の基準に近い状況にあり、個別の空調方式を用いている2,000～3,000㎡の中規模ビルや2,000㎡未満の小規模ビルであっても、調整可能であると考えられている。一方で、冬期の相対湿度の結果は、気化式の加湿設備や空調の個別方式が増えている今般の事務所ビルの低湿度環境の傾向を示しているといっていよう。今後、個別

空調の運用管理手法の情報整備を進める必要があると思われる。

〈参考文献〉

- 1) 開原 典子, 金 勲, 林 基哉, 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2 室内温湿度の実態. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会; 2019年10月; 札幌. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) 厚生労働省“建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和45年法律第20号)”, 2015.3.20

C2. 建築物利用者の職場環境と健康に関する実態調査(全国規模の冬期夏期断面調査)

本研究では、特定建築物に関する室内環境と健康状態との関係を解析することが目的のため、特定建築物における調査結果を以下に示す。小規模建築物、中規模建築物の調査結果や特定建築物との比較結果については、同時期に並行して実施している「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」の報告書を参照されたい。

C2.1. 全国規模のアンケート調査結果

冬期の調査の結果、185社から管理者用調査票、1969名から従業員調査票の回答を得た。なお、従業員調査票の回答は得られたが、管理者用調査票の回答が得られなかった会社については、個別に電話等で建物に関する情報(主な用途、延床面積、空調方式、特定建築物の該当非該当)の回答を得た。そして、3000m²以上の非特定建築物7社を除く216社(2000m²未満小規模建築物93件、2000~3000m²中規模建築物22件、特定建築物101件)1960名(建物情報不明の9名除く)を従業員調査票の解析に用いた。

夏期の調査の結果、152社から管理者用調査票、

1543名から従業員調査票の回答を得た。なお、従業員調査票の回答は得られたが、管理者用調査票の回答が得られなかった会社については、個別に電話等で建物に関する情報(主な用途、延床面積、空調方式、特定建築物の該当非該当)の回答を得た。そして、3000m²以上の非特定建築物3社を除く190社(2000m²未満小規模建築物90件、2000~3000m²中規模建築物23件、特定建築物77件)1531名を従業員調査票の解析に用いた。

ビル関連症状の有症率では、冬期夏期いずれにおいても、最も有症率が高かったのが一般症状であり、次いで目の症状、上気道症状、皮膚症状、下気道症状であった。また、夏期よりも冬期の方が有症率は高かった。建築物室内環境要因との関係について多変量解析を行った結果、冬期夏期ともに乾きすぎが多く症状との間で有意な関係がみられ、次いで不快臭とほこりで有意な関係が冬期夏期ともにみられた。温熱においては、冬期では暑すぎると一般症状及び上気道症状の間で有意な関係がみられたが、夏期では暑すぎるとの間に関係がみられた症状はなく、寒すぎると一般症状との間に有意な関係がみられた。

空調方式との関係を解析した結果、夏期において、目の症状と上気道症状のリスクは、中央・個別空調方式の方が有意に低かった。

C2.2. 空気質と健康の実態調査結果

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結果、特定建築物については、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。

ビル関連症状の有症率では、最も有症率が高かったのは、冬期では目の症状、夏期では一般症状であった。最も有症率が低かったのは、冬期と夏期ともに下気道症状であった。全体的に、夏期よりも冬期の方が有症率は高かった。

ビル関連症状における室内環境要因との関係に関する多変量解析の結果を表 1-5 及び表 1-6 にまとめた。冬期の特定建築物では、温熱環境に関してビル関連症状との間に有意な関係はみられなかった。夏期を含む通年での縦断調査ではないため、温度や相対湿度の高低の差が小さかったことから、相対湿度は平均値で建築物環境衛生管理基準の 40%を下回っていたにも関わらず、有意な関係がみられなかったと考えられる。また、アルデヒド類や総揮発性有機化合物の濃度が低いほど目や上気道等の粘膜に関わるビル関連症状の増加がみられ、細菌濃度やエンドトキシン濃度が高いほど目や上気道症状の増加がみられた。

総じて化学物質と微生物に関して、化学物質の濃度は全体的に厚生労働省の室内濃度指針値を下回っており、ビル関連症状に関する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。細菌に関しても日本建築学会の維持管理規準 AIJES-A0002-2005 (500 cfu/m³) を下回っており、化学物質と同様のことが考えられる。但し、細菌の種類と毒性に応じた規準ではないことから、細菌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。

夏期の特定建築物では、温熱環境に関してビル関連症状と間に有意な関係がみられており、温度が高いほど一般症状と上気道症状が増加した。また、粉じん濃度や PM_{2.5} の濃度が高い、小さい粒径の粉じん個数が多いほど上気道症状の増加、アルデヒド類の濃度が高いほど上気道症状の増加がみられた。

総じて化学物質の濃度は全体的に室内濃度指針値を十分下回っており、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、特定建築物では、粉じん濃度、PM_{2.5} 濃度、小さい粒径の粉じん個数、アルデヒド類濃度の増加が上気道症状のリスクに関係していたが、建築物の規模別の調査結果（「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関

する研究」2019 年度報告書）や、粉じん濃度、PM_{2.5} 濃度、小さい粒径の粉じん個数とアセトアルデヒドとの間にやや高い相関関係がみられた（ホルムアルデヒドとの間には有意な相関はない）こと、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドにはやや高い相関関係がみられたこと、温度と小さい粒径の粉じんやアルデヒド類との間には有意な相関関係がみられなかったことなどの結果が得られた。従って、これらのことを総合すると、上気道症状との関係は、アルデヒド類の複合的な影響の可能性が考えられた。このことは、当研究者らによる既往の研究でも報告している⁷⁾。但し、小規模建築物では粉じん個数の増加と目の症状の有意な関係がみられており、建築物の規模が小さいほど粉じん個数が有意に増加していたこととも一致していた（「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究」2019 年度報告書）。従って、粘膜系のビル関連症状に対して、アルデヒド類の濃度が関係しているのか、粉じん濃度が関係しているのかについては、今後さらに検証が必要であると考えられる。

D. 総括

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。

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、冬期と夏期に横断調査を実施した結果、ビル関連症状の有症率では、冬期夏期いずれにおいても、最も有症率が高かったのが一般症状であり、次いで目の症状、上気道症状、皮膚症状、下気道症状であった。また、夏期よりも冬期の方が有症率は高かった。

室内環境におけるリスク要因について解析を行った結果、乾きすぎは、季節を問わず多くのビル関連症状のリスク要因となっており、次いで不快臭とほこりでも季節を問わず複数の症状でリスク要因となっていた。また、冬期では暑すぎるがリスク要因となっており、夏期では寒すぎるがリスク要因であった。特定建築物における温度と相対湿度の建築物環境衛生管理基準に対する不適率は、過去 15 年間で上昇しており、高い水準となっているが、このことが関係している可能性が考えられた。

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

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 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.
 - 2) 東 賢一. 今後の室内化学物質汚染. 空気清浄; 57(2), 15-20, 2019.
 - 3) 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.
 - 4) 東 賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2), 41-45, 2020.
- ## 2. 総説
- 1) HAYASHI Motoya, KOBAYASHI Kenichi, KIM Hoon, KAIHARA Noriko. The state of the indoor air environment in buildings and related tasks in Japan (Review) . Journal of the National Institute of Public Health, No.69, 2020.2; pp.63-72.
 - 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 特定建築物における空気環境不適率の実態. 空気清浄 2020 ; 第 57 巻第 5 号 : 14-23.
 - 3) 開原典子. 特定建築物における温湿度環境の実態. 空気清浄 2020 ; 第 57 巻第 5 号 : 33-7.
- ## 3. 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 CO2 濃度の実態調査. 第78回日本
公衆衛生学会総会;2019.10.23-25;高知. 抄
録集 P-2102-8.
 - 11) 東賢一, 金勲, 長谷川兼一, 島崎大, 開原典子,
樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築にお
ける空気環境管理に関する研究 その4 ビ
ル関連症状と建築物規模. 第78回日本公衆衛
生学会総会;2019.10.23-25;高知. 抄録集 P-
2102-9.
 - 12) 長谷川兼一, 東賢一, 金勲, 島崎大, 開原典子,
樺田尚樹, 林基哉, 小林健一. 事務所建築にお
ける空気環境管理に関する研究 その5 室
内環境と建築物規模. 第78回日本公衆衛生学
会総会;2019.10.23-25;高知. 抄録集 P-2102-
10.
 - 13) 開原 典子, 林 基哉. 低湿度環境下における高
齢者の生理量と心理反応の基礎的検討. 第43
回 人間-生活環境系シンポジウム;2019.11-
30-12.1;釧路. 抄録集. P.203-6.
 - 14) 金 勲, 林 基哉, 柳 宇, 菊田 弘輝, 本間 義
規, 高齢者施設における室内環境の実態と課
題 その3 寒冷地域の施設における室内エン
ドトキシン濃度, 令和1年室内環境学会学術
大会講演要旨集;2019.12.5-7;沖縄. C-12,
pp.384-5.
 - 15) 中野 淳太, 林 基哉, 小林 健一, 金 勲, 開原
典子, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長 谷
川 兼一, 李 時桓, 建築物衛生法と ISO 基準
による国内事務所建築の室内 温熱環境評価
の比較, 令和1年室内環境学会学術大会講演
要旨集;2019.12.5-7;沖縄. C-17, pp.394-5.
 - 16) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H,
Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N,
Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K,
Osawa H. The effects of the total floor area of
a building on building-related symptoms
in air-conditioned office buildings: a cross-
sectional study. ISES-ISIAQ 2019 Joint

Meeting, Kaunas, Lithuania, August 18-22, 2019.

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

- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) National Institute for Occupational Safety and Health: Indoor Air Quality and Work Environment Symptoms Survey, NIOSH Indoor Environmental Quality Survey. Washington, DC: NIOSH, 1991.
- 5) Andersson K: Epidemiological approach to indoor air problems. Indoor Air 4 (suppl): 32-39, 1998.
- 6) 厚生労働省: 職業性ストレス簡易調査票, 2005.
- 7) Azuma K, Ikeda K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles and combined exposure to indoor air pollutants. Sci Total Environ 616-617:1649-1655, 2018.

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

<参考文献>

- 1) 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.

C1.1. 測定評価法の検証

〈詳細データ〉

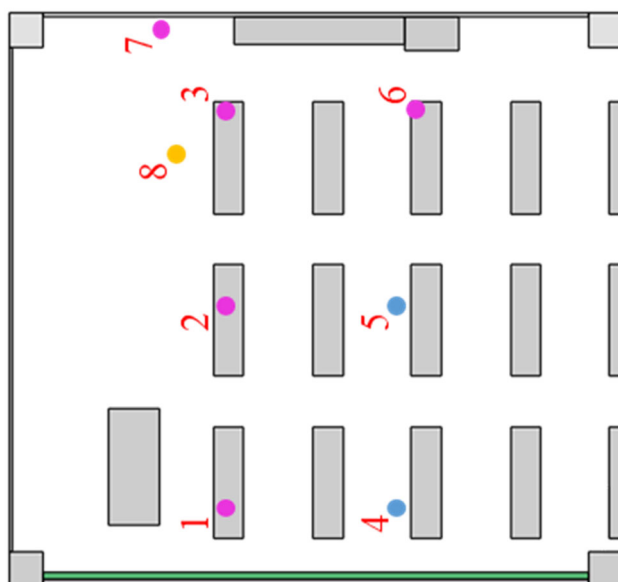
I 実測と CFD 解析の比較

1.1 実測による居室の温熱環境の実測

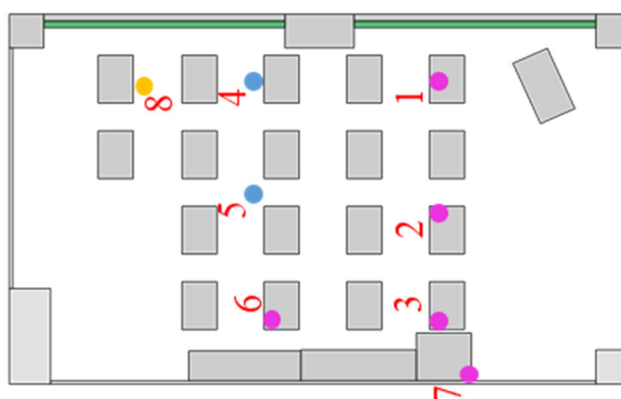
(1) 実測条件

実測対象 2 室における温熱環境について多点計測による実測を行った。図 1 に実測の計測点を示す。連続的な計測を行い、定常状態（12 月 27 日 15:40）の検討を行う。

- 吹出口
- 卓上（ $h = 710 \text{ mm}$ ）
- 高さ別（ $h = 100 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 1,100 \text{ mm} \cdot 1,700 \text{ mm}$ ）



(a) 4-1 講義室

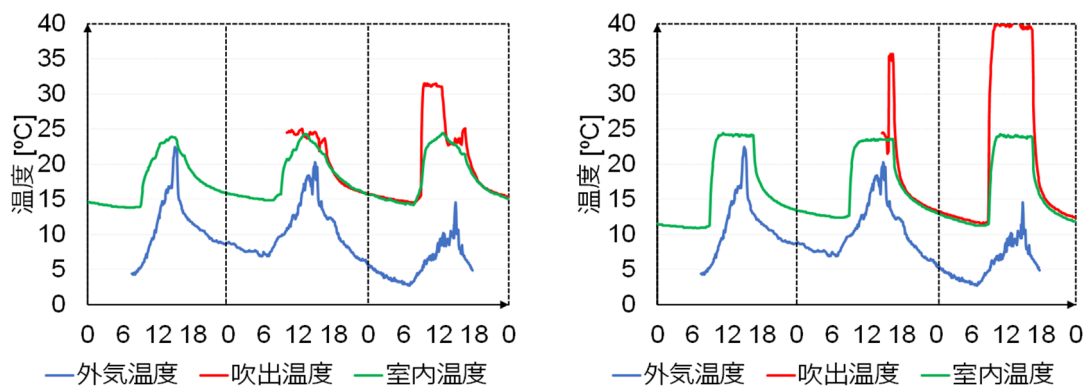


(b) 4-5 講義室

図 1 実測計測点

(2) 実測結果

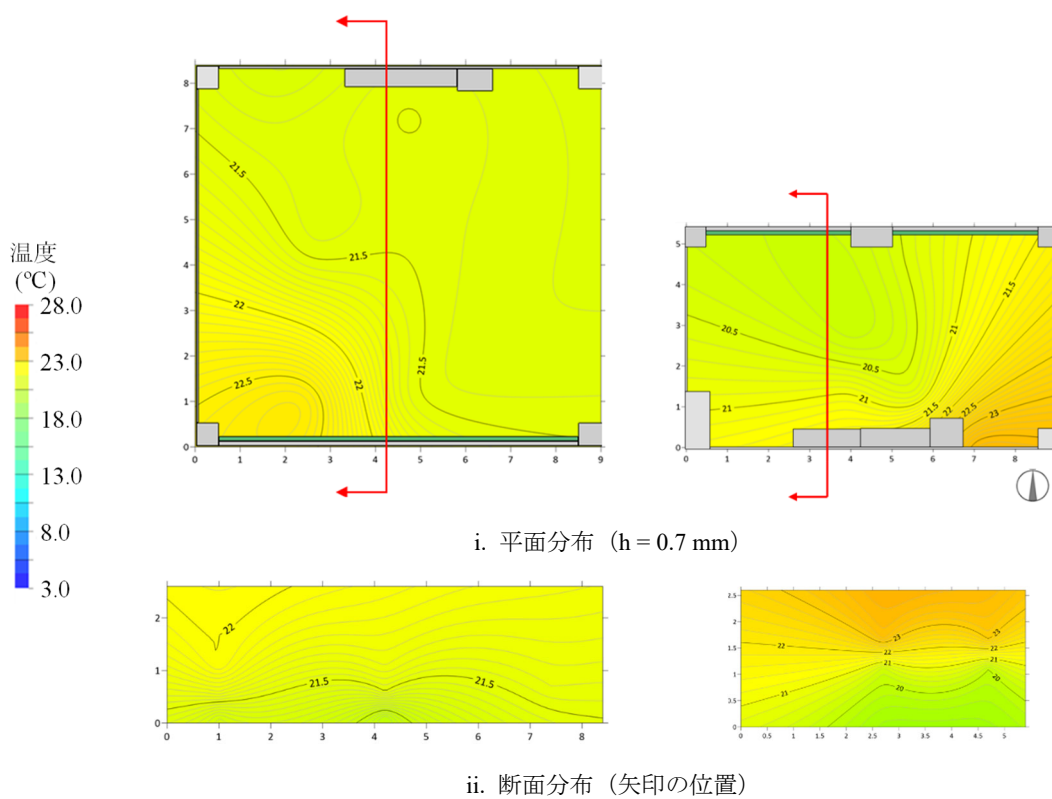
図2に各温度分布の経時変化，図3に検討日時の各室の温度分布コンターを示す。



(a) 4-1 講義室

(b) 4-5 講義室

図2 各温度分布の経時変化



i. 平面分布 (h = 0.7 mm)

ii. 断面分布 (矢印の位置)

(a) 4-1 講義室

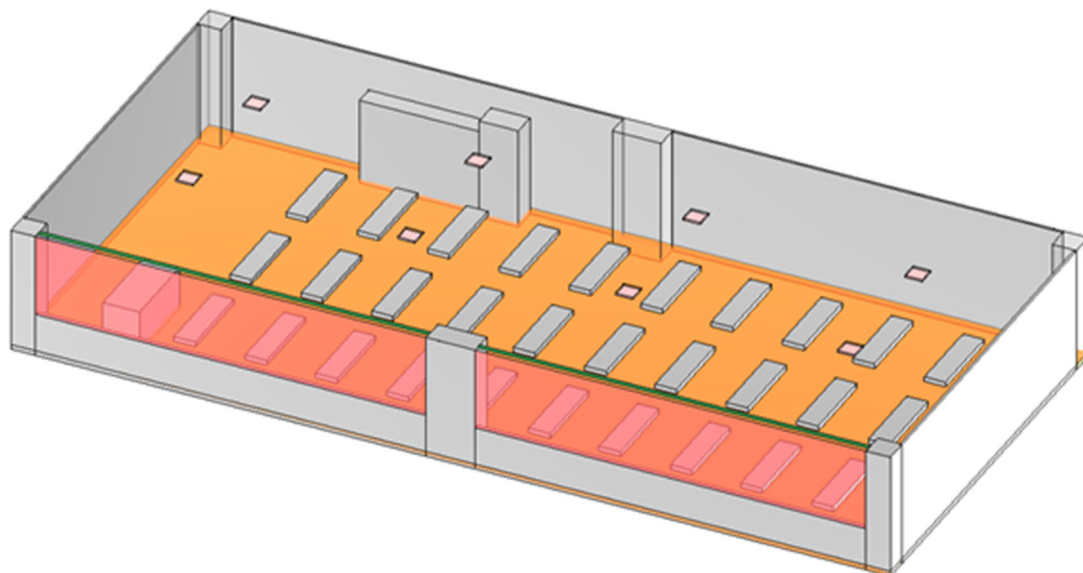
(b) 4-5 講義室

図3 検討日時の各室の温度分布コンター

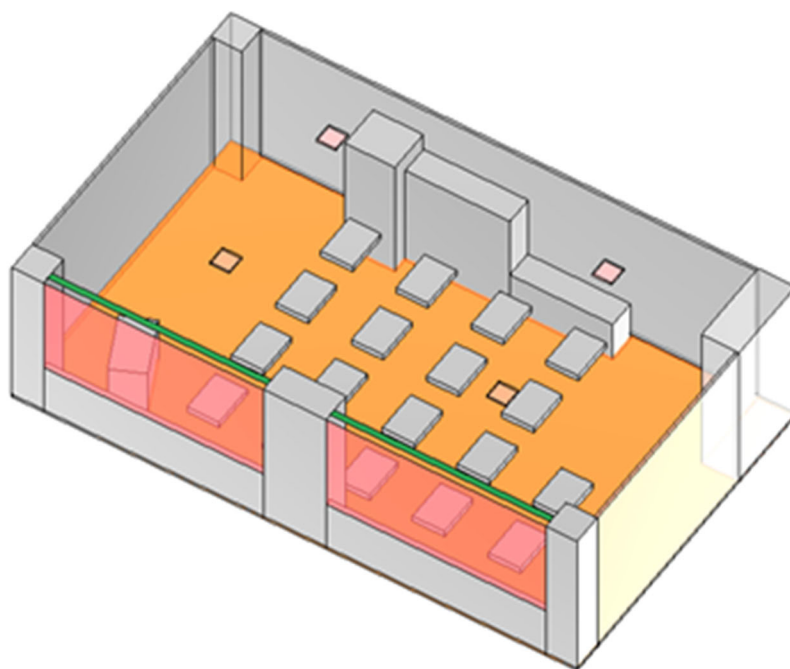
1.2 数値流体力学（CFD）による室内温度分布の解析

(1) 解析条件

実測対象 2 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。図 4 に対象室の解析モデルを示す。



(a) 4-1 講義室



(b) 4-5 講義室

図 4 解析モデル

(2) 解析結果

図5にCFD解析による検討日時の各室の温度分布コンター、図6にCFD解析による検討日時の各室の表面日射量を示す。

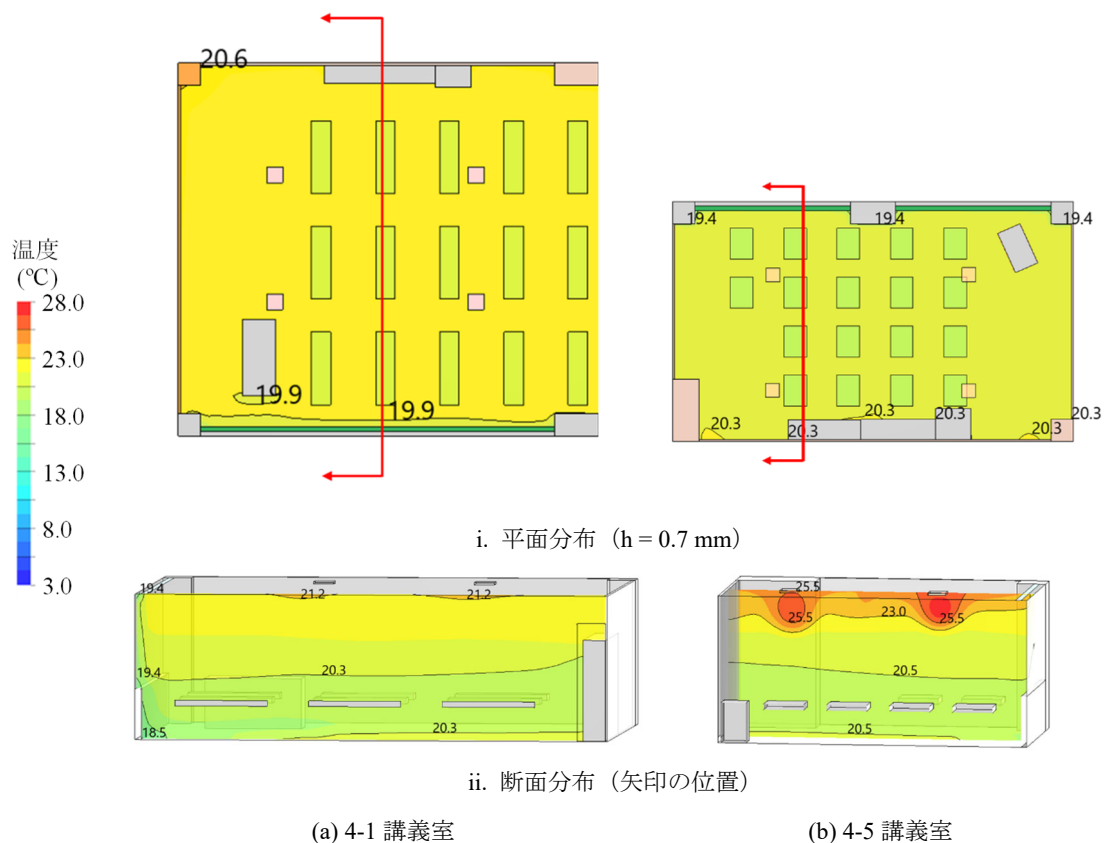


図5 CFD解析による検討日時の各室の温度分布コンター

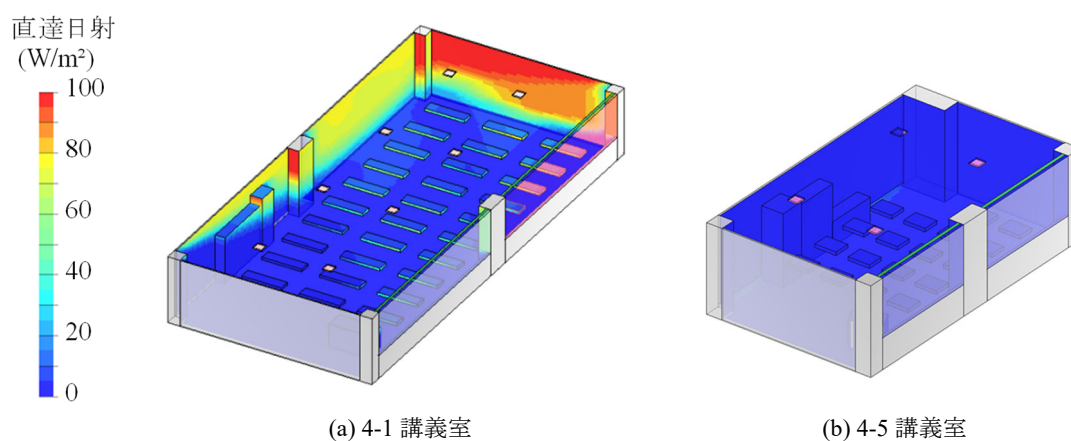


図6 CFD解析による検討日時の各室の表面日射量

1.3 人体発熱を考慮した室内温度分布の解析

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 について追加解析を行った。図 7 に CFD 解析による検討日時の各室の温度分布コンター、図 8 に CFD 解析による検討日時の各室の PMV 分布コンターを示す。

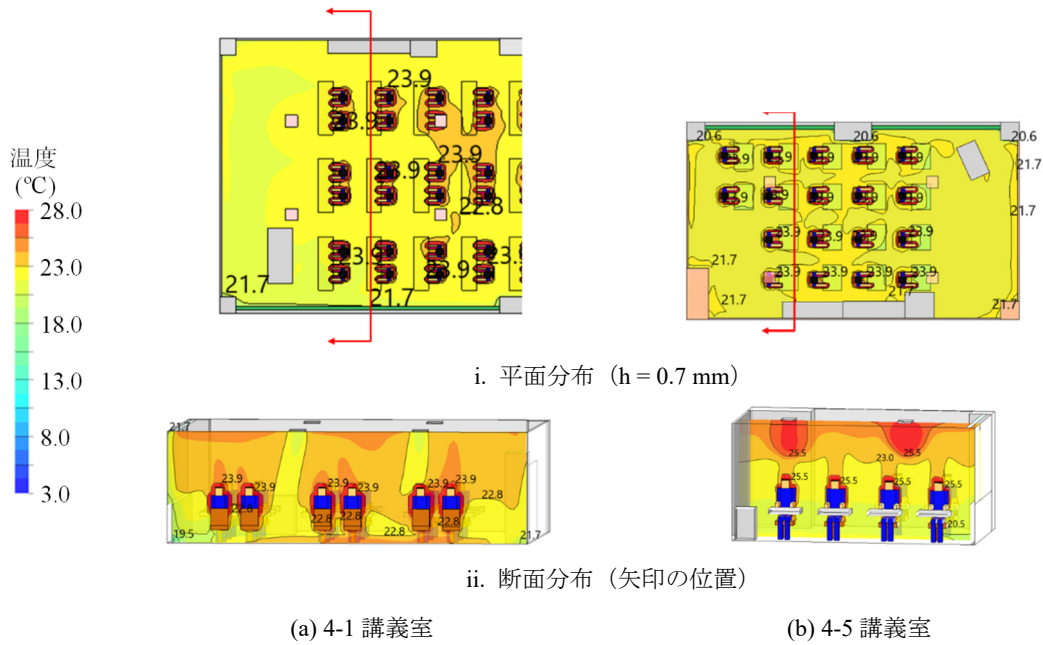


図 7 CFD 解析による検討日時の各室の温度分布コンター

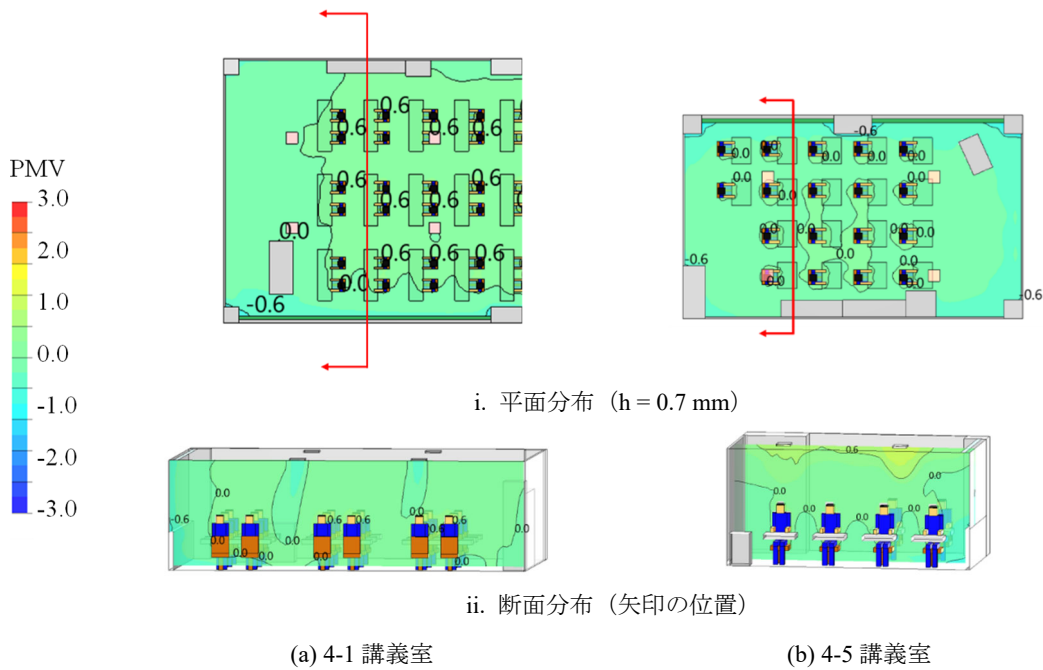


図 8 CFD 解析による検討日時の各室の PMV 分布コンター

II 吹出口・吸込口の位置関係の影響についてパターン解析

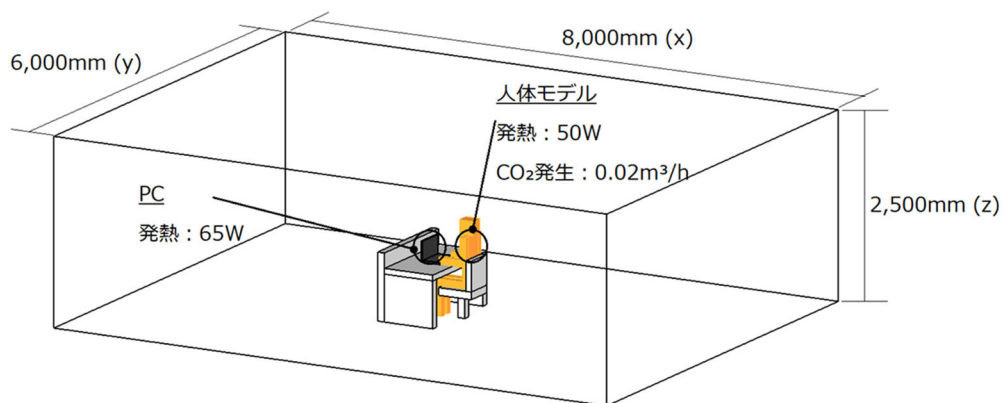
2.1 パターン解析による吸込み口の空気環境の把握

(1) 解析条件

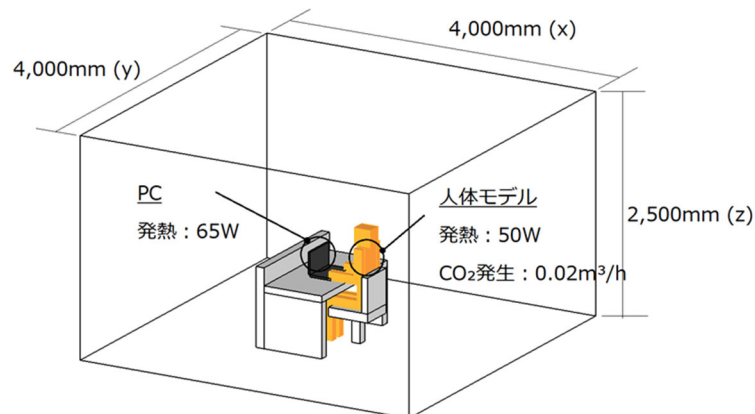
大小2種類の居室について、4通りの空調パターンでの解析を行う。吸込口の空気と同じ状態のものが、居室内にどれだけ含まれているかをCFDによって検討する。表1に解析モデル条件、図9に解析モデルの概要を示す。

表1 解析モデル条件

	居室 (小)	居室 (大)
解析領域	4.0 (x) x 4.0 (y) x 2.5 (z) m	8.0 (x) x 6.0 (y) x 2.5 (z) m
人体条件	発熱：50 W, CO ₂ 発生：0.02 m ³ /h	
PC条件	発熱：65 W	



(a) 居室 (大)



(b) 居室 (小)

図9 解析モデルの概要

(2) 解析ケース

表 2 に解析条件，図 10 に空調パターンを示す。居室（小）についての解析モデルを A, B, C, D とし，居室（大）についての解析モデルを A', B', C', D' とする。

表 2 解析条件

項目	内容
解析メッシュ数	100,000 個
時間項	定常計算 ($t = \infty$)
吹出口	0.4 (x) x 0.2 (y) m, 風量 : 2 m ³ /min 温度 : 20 °C, 相対湿度 : 60 %RH, CO ₂ 濃度 : 400 ppm
吸入口	0.4 (x) x 0.2 (y) m, 風量 : 2 m ³ /min
PMV 計算条件	代謝量 : 1.0 met, 着衣量 : 0.5 clo, 相対湿度 : 50 %RH
検討項目	温度, 相対湿度, PMV

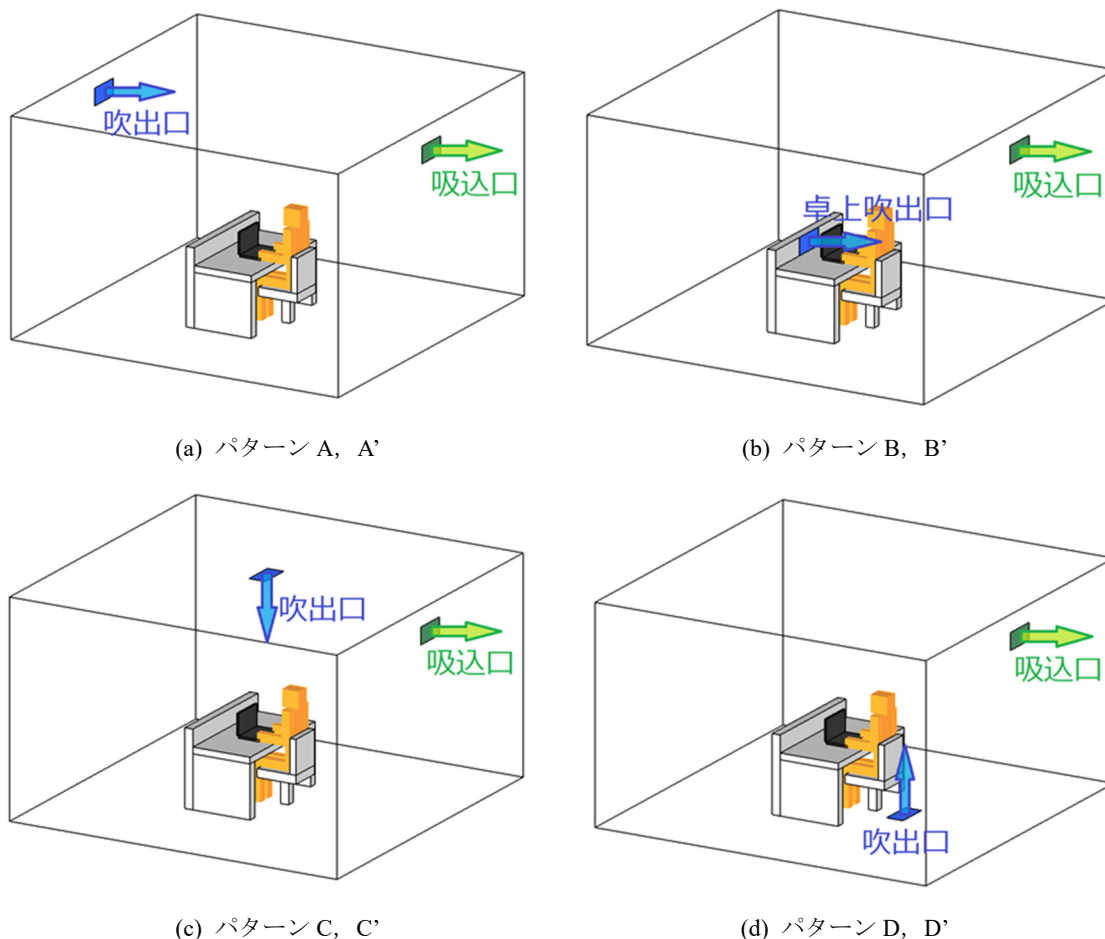


図 10 空調パターン

(3) 解析結果

表 3 に解析パターン A, B, C, D, A', B', C', D' について、それぞれの吸込口における空気の状態を示す。吸込口付近では風速が大きくなり、PMV の値に大幅なズレが生じてしまうため、今回の検討では風速が 0 m/s の場合を仮定し、温度の値から PMV の値を算出するものとする。

表 3 各解析パターンの吸込口における空気の状態

	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
温度 [°C]	22.60	22.65	22.26	22.82	22.60	22.76	22.33	22.76
相対湿度 [%RH]	53.43	52.96	54.42	52.66	55.68	54.73	54.36	54.75
PMV [-]	-0.98	-0.97	-1.10	-0.91	-0.98	-0.93	-1.08	-0.93
CO ₂ [ppm]	559.34	562.24	554.80	541.28	544.28	543.93	543.17	542.66

また、この空気環境が室内に存在する割合について温度、相対湿度、PMV、CO₂ の観点から比較を行った。各解析パターンについて、吸込口における空気の状態の近似値(温度±1°C、相対湿度±1%RH、PMV±0.3、CO₂±50 ppm) と室内の空気の状態を比較し、その割合を図 11 に示す。

解析結果により、吸込口における空気の状態とほぼ同等の状態の空気が居室内に多く存在していることが確認できる。例外として次の事項があげられる。

1. 空調パターン D 及び空調パターン D' の検討項目すべての割合が小さい。
2. CO₂ の割合が居室の大小で大きく異なる。

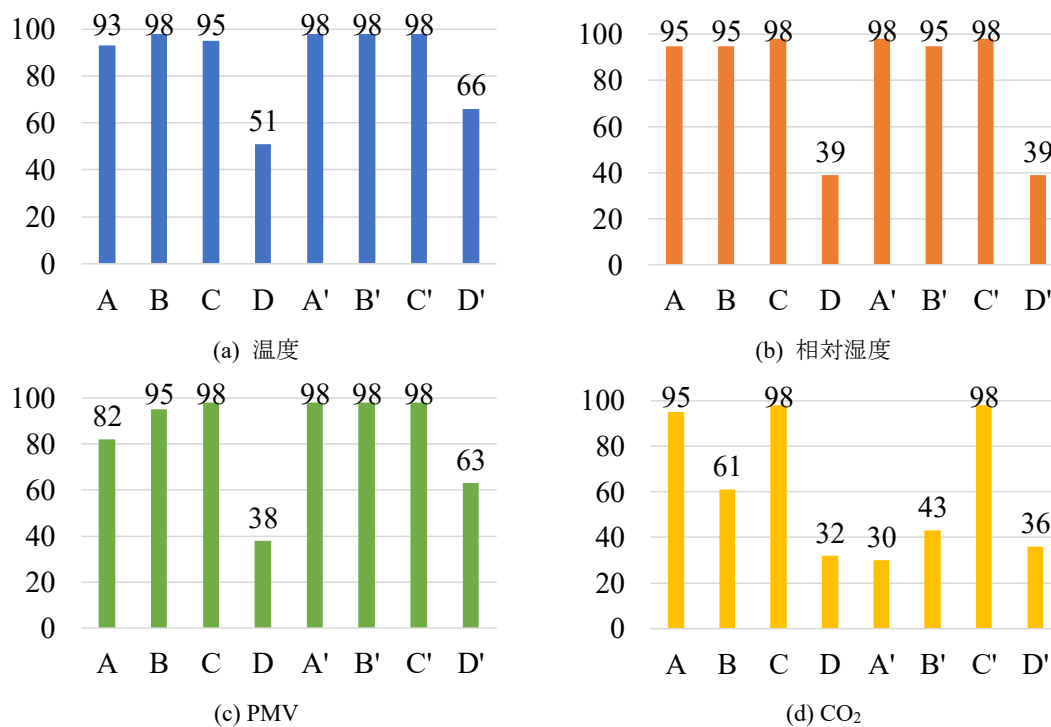


図 11 吸込口における空気の状態の近似値の割合

(4) 考察

例外の事項について要因の考察を行う。

(1) 空調パターン D および空調パターン D'の検討項目すべての割合が小さい。

空調パターン D および空調パターン D'は、発生源が吹出口と吸込口との間に存在しないため、ショートサーキットが上手く起こらず、タスク空間とアンビエント空間にあまり違いが生じないからだと考えられる。図 12 に断面温度コンターを示す。

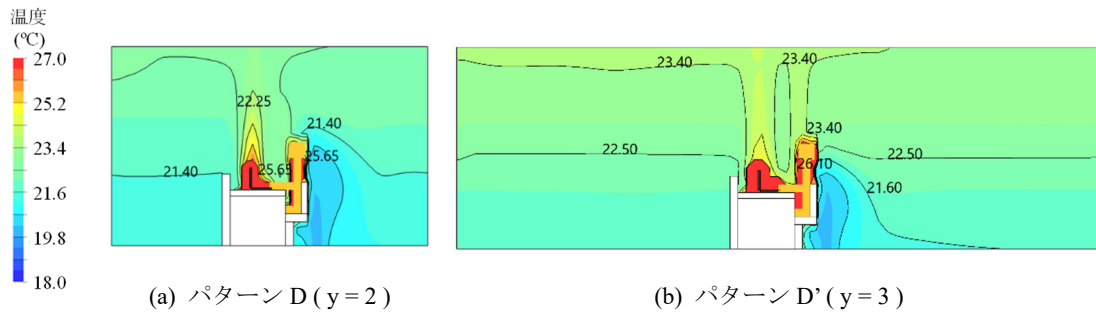


図 12 断面温度コンター

(2) CO₂の割合が居室の大小で大きく異なる。

居室（大）の解析領域に対して、CO₂の発生源である人体の領域が小さすぎるため、極端なショートサーキットが起こってしまったと考えられる。ただし、パターン C'においては、このショートサーキットが起こらず、居室の大小による変化が小さくなっていると考えられる。図 13 に断面 CO₂コンターを示す。

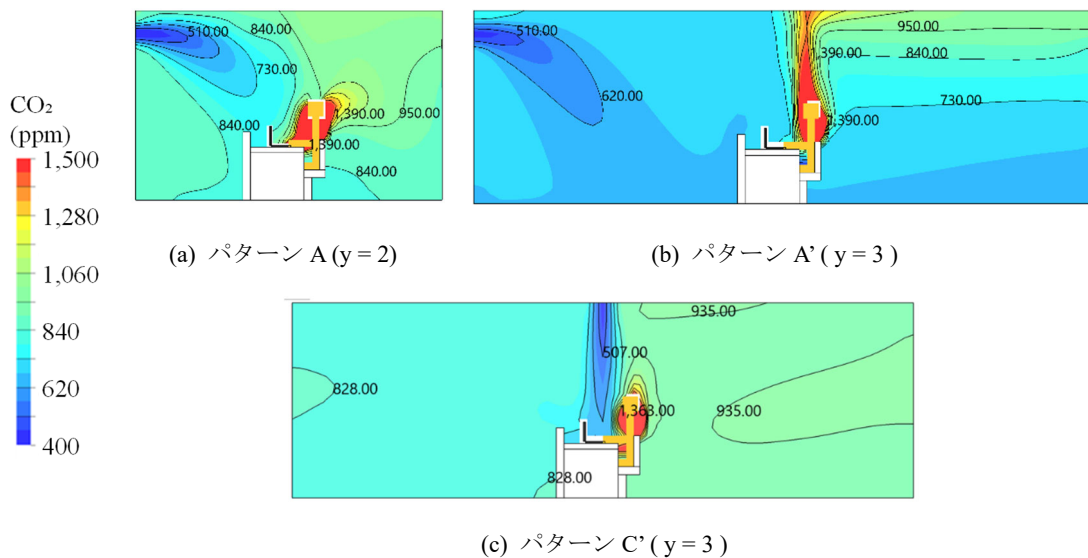


図 13 断面 CO₂コンター

2.2 追加解析

(1) 解析条件

各空調パターンにおいて、窓面からの熱伝導による影響、吹出条件の変化による影響、室内の汚染物質発生条件の変化による影響について、温度、相対湿度、CO₂の値の変化から検討する。表4に追加解析の条件、図14に追加解析1の窓概要を示す。

表4 追加解析の条件

追加解析1	寸法	4.0m×1.0m
	外気条件	30℃
	熱通過率	6 W/(m ² ・℃)
追加解析2	CO ₂ 発生量	0.07m ³ /h
追加解析3	温度	23℃
	相対湿度	70%

追加解析1・・・窓面の熱伝導による影響
 追加解析2・・・室内の汚染物質発生条件
 の変化による影響
 追加解析3・・・吹出条件の変化による影響

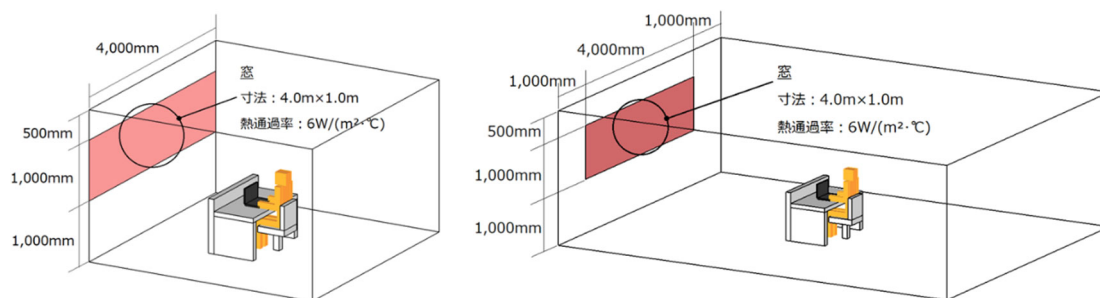


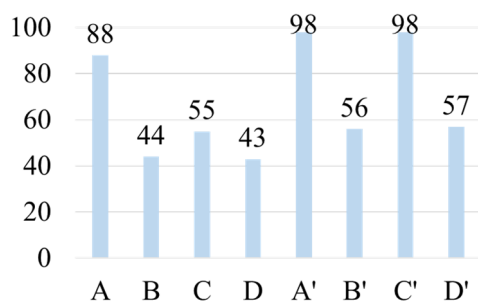
図14 窓概要（追加解析1）

(2) 解析結果

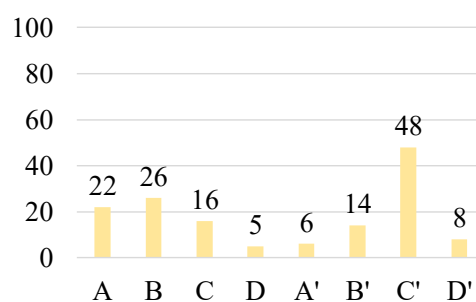
各解析パターンについて、吸込口における空気の状態の近似値（温度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ， $\text{CO}_2 \pm 50\text{ppm}$ ，湿度 $\pm 1\%$ ）と室内の空気の状態を比較し、その割合を算出する。表5に解析パターンA, B, C, D, A', B', C', D'についての吸込口における空気の状態、図15に吸込口における空気の状態の近似値の割合を示す。

表5 各解析パターンの吸込口における空気の状態

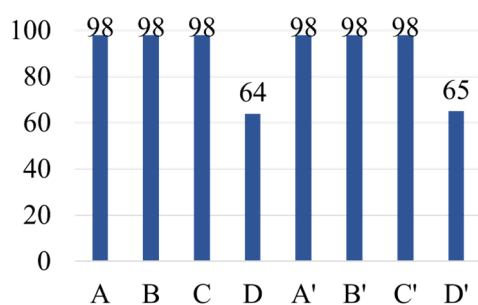
(a) 追加解析 1								
	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
温度 [$^\circ\text{C}$]	24.85	24.44	24.80	25.44	25.15	25.63	25.04	25.45
(b) 追加解析 2								
	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
CO_2 [ppm]	972.0	984.0	952.0	976.0	910.0	916.0	913.0	913.0
(c) 追加解析 3								
	A	B	C	D	A'	B'	C'	D'
温度 [$^\circ\text{C}$]	24.90	25.04	24.57	25.04	25.34	25.49	25.00	25.55
相対湿度 [%RH]	62.46	62.01	63.71	61.98	62.20	61.30	62.12	61.35



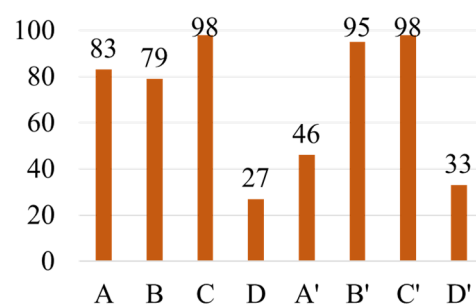
(a) 温度 (追加解析 1)



(b) CO_2 (追加解析 2)



(c) 温度 (追加解析 3)



(d) 相対湿度 (追加解析 3)

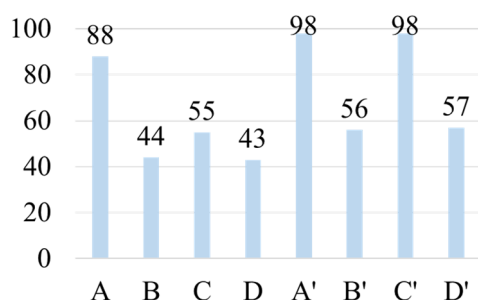
図15 吸込口における空気の状態の近似値の割合

(3) 追加解析結果との比較

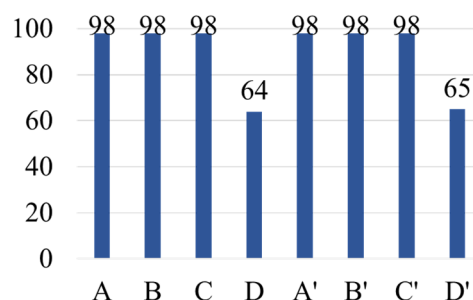
追加解析 1 と追加解析 3 の温度の割合、初期解析と追加解析 3 の CO₂ の割合を比較する。表 6 に追加解析の温度状況、図 16 に吸込口の空気の近似値についての比較、表 7 に追加解析の CO₂ 状況、図 17 に吸込口の空気の近似値についての比較を示す。

表 6 追加解析の温度状況

	平均温度	吹出温度	温度差
追加解析 1	25.09 °C	20.00 °C	5.09 °C
追加解析 3	25.12 °C	23.00 °C	2.12 °C



(a) 温度 (追加解析 1)

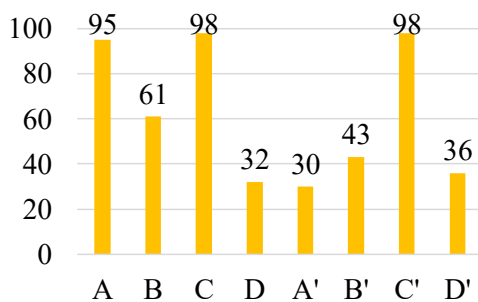


(b) 温度 (追加解析 3)

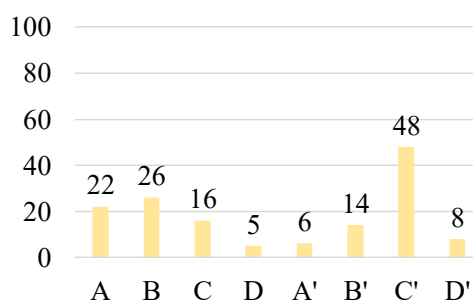
図 16 吸込口の空気の近似値についての比較

表 7 追加解析の CO₂ 状況

	平均 CO ₂ 濃度	吹出 CO ₂ 濃度	濃度差
初期解析	548.99 ppm	400.00 ppm	148.99 ppm
追加解析 2	940.88 ppm	400.00 ppm	540.88 ppm



(a) CO₂ (初期条件)



(b) CO₂ (追加解析 2)

図 17 吸込口の空気の近似値についての比較

吹出空気の温度と吸込空気の温度の差分値が大きいほど、居室内の温度分布が乱れ、吸込口の空気と同等の空気が居室内を占める割合は少なくなると考えられる。また、CO₂ 濃度に関しても温度と同様の結果が見られる。

C1.2. 夏期および冬期の室内温湿度の課題

〈詳細データ〉

表-1 建物概要 (1)

建物No.	所在地 (都道府県)	省エネ 区分	竣工年月 (西暦年)	延床面積	地上階	地階	使用形態	空調方式
1 (N1)	山形県	4	1990年代	2,000㎡未満	3	2	自社使用	中央方式
2 (N2)	秋田県	3	無回答	2,000㎡未満	2	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
3 (Y5)	埼玉県	5	1980年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
4 (Y10)	埼玉県	5	1990年代	2,000㎡未満	7	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
5 (Y8)	埼玉県	5	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
6 (N5)	東京都	6	1960年代	2,000㎡未満	2	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
7 (N16)	東京都	6	1960年代	2,000㎡未満	5	1	自社使用	中央・個別併用方式
8 (N14)	東京都	6	1960年代	2,000㎡未満	5	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
9 (N17)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	1	2	自社使用	個別方式
10 (N4)	東京都	6	1980年代	2,000㎡未満	4	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
11 (N12)	東京都	6	1980年代	2,000㎡未満	9	1	自社使用	個別方式
12 (N15)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	3	3	テナントビル (貸しビル)	個別方式
13 (N9)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
14 (N10)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	5	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
15 (N3)	東京都	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
16 (N6)	東京都	6	無回答	2,000㎡未満	8	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
17 (N7)	東京都	6	無回答	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
18 (N8)	東京都	6	無回答	2,000㎡未満	5	1	自社使用	個別方式
19 (Y1)	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
20 (Y4)	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	10	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
21 (Y3)	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
22 (N11)	東京都	6	1980年代	2,000～3,000㎡未満	8	2	テナントビル (貸しビル)	中央・個別併用方式
23 (Y18-7)	東京都	6	1980年代	50,000㎡以上	40	4	テナントビル (貸しビル)	中央方式
24 (Y18-6)	東京都	6	1990年代	10,000～50,000㎡未満	11	1	テナントビル (貸しビル)	中央方式
25 (Y18-8)	東京都	6	2000年代	5,000～10,000㎡未満	4	3	その他	中央方式
26 (Y13)	福井県	5	1990年代	2,000㎡未満	4	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
27 (Y11)	山梨県	5	1980年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
28 (Y14)	岐阜県	4	1980年代	2,000㎡未満	2	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
29 (Y12)	愛知県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	自社使用	中央方式
30 (Y16)	大阪府	無回答	1970年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
31 (Y17)	鳥取県	6	無回答	2,000㎡未満	1	1	自社使用	個別方式
32 (Y18)	徳島県	無回答	2000年代	2,000～3,000㎡未満	3	1	自社使用	中央・個別併用方式
33 (Y20)	福岡県	6	2000年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
34 (Y31)	佐賀県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	中央・個別併用方式
35 (Y38)	佐賀県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
36 (Y24)	長崎県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	3	自社使用	個別方式
37 (Y27)	熊本県	無回答	2000年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
38 (Y45)	沖縄県	8	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
39 (Y21)	福岡県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
40 (Y26)	熊本県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	テナントビル (貸しビル)	中央・個別併用方式
41 (Y28)	大分県	6	2000年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	自社使用	個別方式
42 (Y49)	沖縄県	8	1980年代	2,000～3,000㎡未満	4	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式

用途について、建物21は「店舗 (百貨店含む)」、建物20は「集合住宅」、建物25は「興行所」、建物32はその他、それ以外の建物は「事務所」である。建物23～25は特定建築物である。

表-1 建物概要 (2)

建物 No.	所在地 (都道府県)	省エネ区分	竣工年月 (西暦年)	延床面積	地上階	地階	使用形態	空調方式
1	北海道	2	2010年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	中央・個別併用方式
2	北海道	2	2010年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	中央・個別併用方式
3	北海道	2	1990年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
4	福島県	5	1970年代	5,000～10,000㎡未満	7	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
5	埼玉県	6	1960年代	2,000㎡未満	4	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
6	埼玉県	6	2000年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
7	埼玉県	6	1990年代	2,000～3,000㎡未満	7	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
8	東京都	6	1970年代	2,000～3,000㎡未満	9	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
9	東京都	6	1980年代	2,000～3,000㎡未満	6	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
10	東京都	6	無回答	2,000～3,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
11	東京都	6	無回答	3,000～5,000㎡未満	7	2	テナントビル (貸しビル)	中央・個別併用方式
12	神奈川県	6	2000年代	2,000㎡未満	11	1	自社使用	個別方式
13	神奈川県	6	1990年代	2,000㎡未満	4	1	自社使用	個別方式
14	富山県	5	2010年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
15	岐阜県	6	1970年代	5,000～10,000㎡未満	9	1	テナントビル (貸しビル)	中央方式
16	愛知県	6	1980年代	2,000㎡未満	3	1	自社使用	個別方式
17	兵庫県	6	1990年代	10,000～50,000㎡未満	10	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
18	鳥取県	6	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式
19	福岡県	6	1990年代	2,000㎡未満	1	1	自社使用	個別方式
20	福岡県	7	無回答	2,000～3,000㎡未満	3	2	テナントビル (貸しビル)	個別方式
21	福岡県	7	無回答	5,000～10,000㎡未満	8	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
22	熊本県	7	1990年代	5,000～10,000㎡未満	5	2	その他	中央・個別併用方式
23	鹿児島県	7	1990年代	5,000～10,000㎡未満	12	1	テナントビル (貸しビル)	個別方式
24	沖縄県	8	1990年代	2,000㎡未満	2	1	自社使用	個別方式

用途について、建物22はその他、建物23は「旅館・ホテル」、それ以外の建物は「事務所」である。建物4, 11, 15, 17, 21～23は特定建築物である。なお、建物5, 7, 13は既報¹⁾において報告しているため、分析対象から除く。

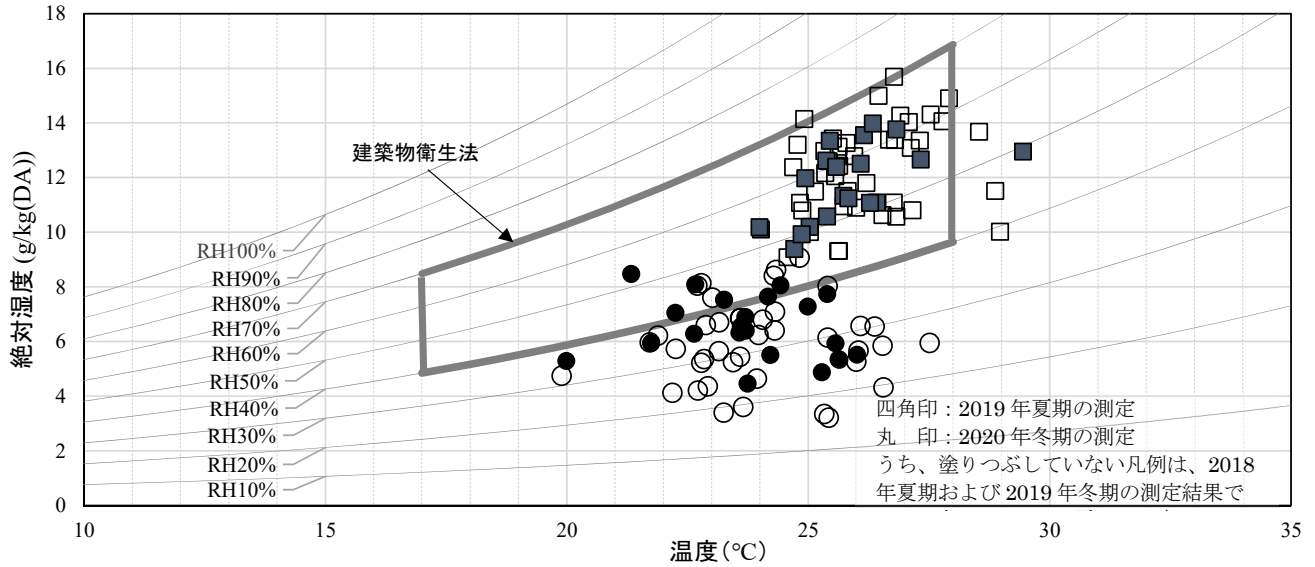
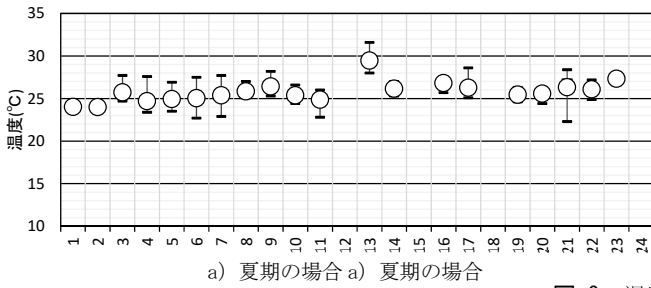
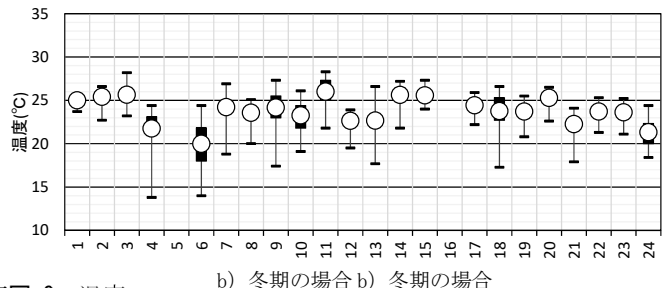


図-1 室内温湿度の概況 (9時から17時まで,5日間の平均値)

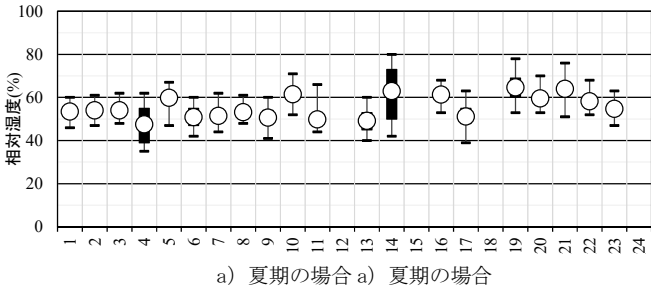


a) 夏期の場合

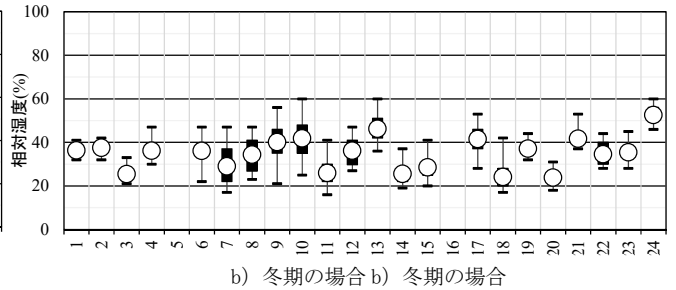


b) 冬期の場合

図-2 温度

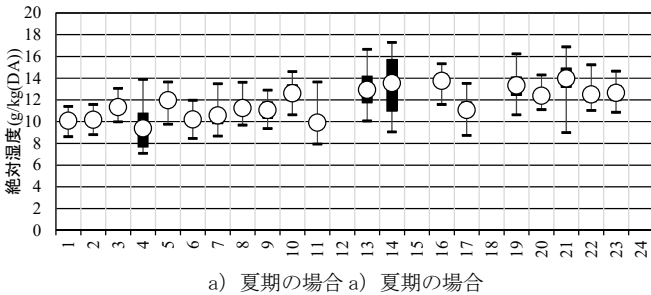


a) 夏期の場合

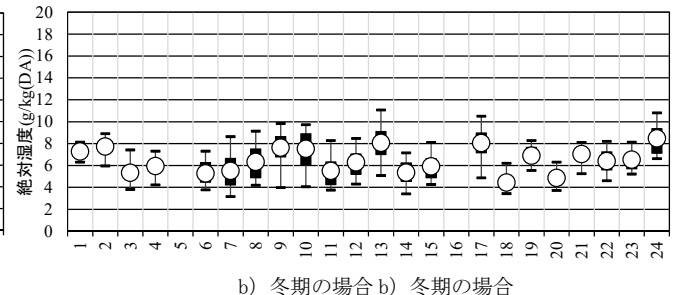


b) 冬期の場合

図-3 相対湿度



a) 夏期の場合



b) 冬期の場合

図-4 絶対湿度

表-2 総測定数に対する建築物衛生法の空気環境基準²⁾に適合しない測定値の割合（建物 2、5、7、13、22、23 は分析対象外，“-”は欠測）

建物 No.	温度				相対湿度			
	夏期		冬期		夏期		冬期	
	17℃未満	28℃を超える	17℃未満	28℃を超える	40%未満	70%を超える	40%未満	70%を超える
1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	94.8%	0.0%
2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	82.9%	0.0%
3	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
4	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	28.5%	0.0%	84.0%	0.0%
5	0.0%	0.0%	-	-	0.0%	0.0%	-	-
6	0.0%	0.0%	12.7%	0.0%	0.0%	0.0%	80.0%	0.0%
7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	78.3%	0.0%
8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	71.9%	0.0%
9	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	45.6%	0.0%
10	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	36.9%	0.0%
11	0.0%	0.0%	0.0%	4.6%	0.0%	0.0%	97.1%	0.0%
12	-	-	0.0%	0.0%	-	-	67.9%	0.0%
13	0.0%	99.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.6%	0.0%
14	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.6%	100.0%	0.0%
15	-	-	0.0%	0.0%	-	-	98.3%	0.0%
16	0.0%	0.0%	-	-	0.0%	0.0%	-	-
17	0.0%	4.6%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	46.5%	0.0%
18	-	-	0.0%	0.0%	-	-	98.5%	0.0%
19	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.6%	67.9%	0.0%
20	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
21	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	30.8%	0.0%
22	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	74.2%	0.0%
23	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	84.4%	0.0%
24	-	-	0.0%	0.0%	-	-	0.0%	0.0%

<詳細データ>

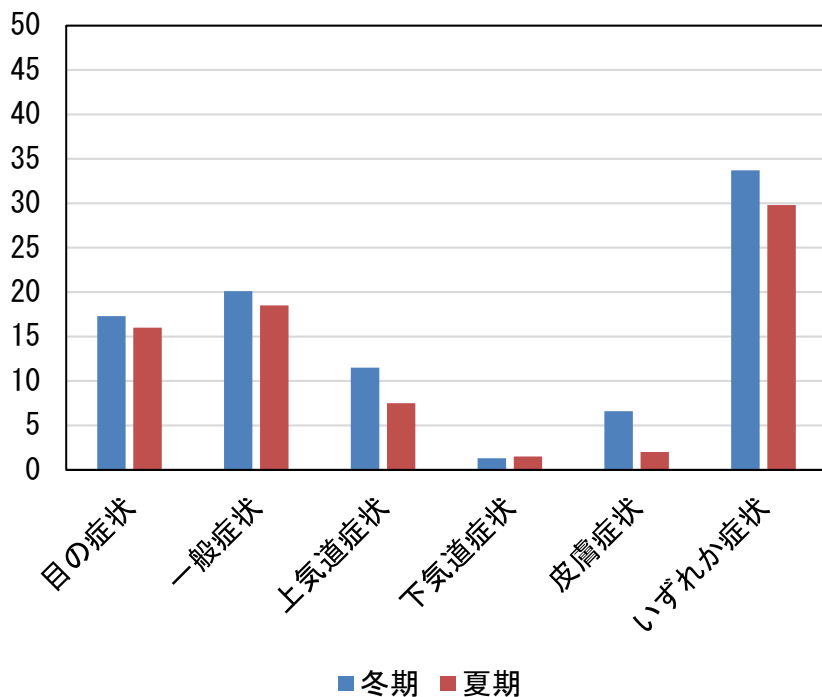
C2.1. 全国規模のアンケート調査結果

表 1-1 基本属性

	冬期	夏期
	n/N (%) or mean±SD	n/N (%) or mean±SD
性別		
男性	570 (60.6)	410 (61.4)
女性	371 (39.4)	258 (38.6)
年齢層		
20代以下	113 (12.08)	83 (12.4)
30代	189 (20.1)	136 (20.4)
40代	302 (32.1)	217 (32.5)
50代	188 (20.0)	143 (21.4)
60代以上	148 (15.7)	88 (13.2)
職業		
管理職	195 (20.9)	141 (21.1)
専門職	44 (4.7)	32 (4.8)
技術職	142 (15.2)	102 (15.3)
営業職	94 (10.1)	68 (10.2)
企画・事務職	440 (47.2)	317 (47.5)
秘書・書記	5 (0.5)	7 (1.0)
その他	13 (1.4)	1 (0.1)
喫煙		
なし	454 (48.1)	330 (49.4)
過去にあり	254 (26.9)	167 (25.0)
時々	20 (2.1)	24 (3.6)
毎日	215 (22.8)	147 (22.0)
ペット		
犬	102/940 (10.9)	62/656 (9.5)
猫	61/940 (6.5)	47/648 (7.3)
コンタクトレンズ使用	254/943 (26.9)	175/668 (26.2)
職業性ストレス		
仕事負担量	2.75±1.08	2.71±1.06
仕事負担質+	2.77±0.99	2.68±0.92
身体負担度	2.71±0.79	2.74±0.84
対人ストレス	2.83±0.97	2.96±0.91
仕事コントロール	3.49±0.96	3.47±0.96
技能活用度	2.85±0.78	2.80±0.77
仕事適性度++	3.06±1.03	2.89±1.04
働きがい	2.86±1.01	2.74±1.00

+仕事負担量との相関高い ++働きがいとの相関高い

建物との関係強い（症状1）



建物との関係弱い（症状2）

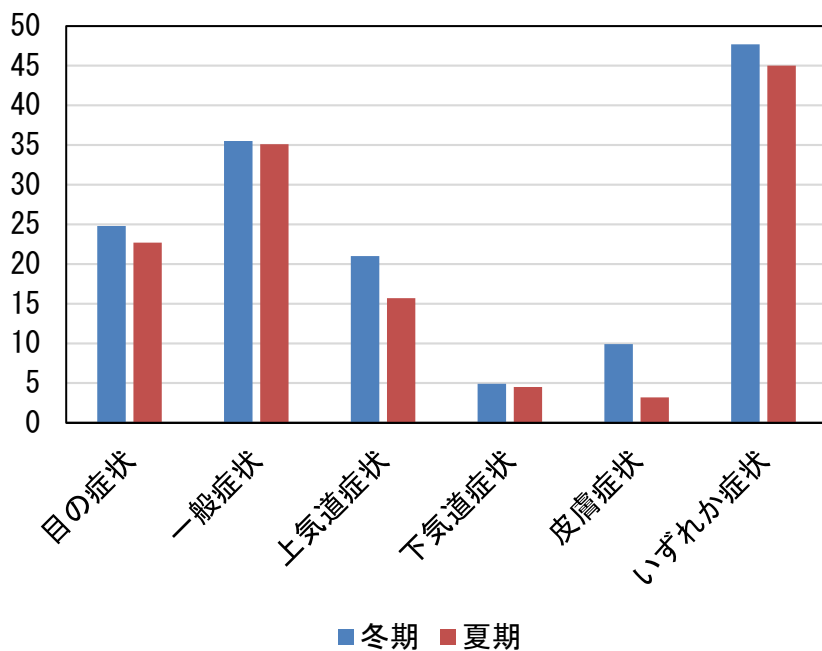


図 1-1 有症率

表 1-2 冬期のリスク要因に関する多変量解析結果
モデル 1

	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	下気道症状 1	皮膚症状 1
性別 (女性)	2.33 (1.41-3.87)**	2.34 (1.45-3.78)***	2.77 (1.54-4.98)***	2.91 (0.64-13.2)	5.34 (2.30-12.4)***
年齢層					
20 代以下	1.73 (0.72-4.13)	3.04 (1.20-7.67)*	2.10 (0.76-5.79)	0.47 (0.02-10.2)	0.85 (0.24-3.08)
30 代	2.47 (1.11-5.52)*	3.52 (1.47-8.45)**	2.82 (1.10-7.18)*	1.64 (0.15-17.6)	1.27 (0.40-4.04)
40 代	1.08 (0.49-2.36)	2.45 (1.06-5.66)*	1.31 (0.52-3.29)	0.73 (0.07-7.80)	0.83 (0.28-2.51)
50 代	1.25 (0.55-2.82)	1.15 (0.46-2.86)	1.16 (0.44-3.11)	0.34 (0.02-4.84)	0.85 (0.27-2.75)
60 代以上	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
p for trend	0.014	0.001	0.033	0.574	0.828
職業					
管理職	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
専門職	1.47 (0.52-4.12)	0.69 (0.24-1.98)	1.61 (0.50-5.22)	0.46 (0.03-6.41)	0.93 (0.18-4.89)
技術職	0.96 (0.43-2.14)	0.62 (0.29-1.33)	0.71 (0.27-1.88)	0.12 (0.01-1.57)	0.83 (0.25-2.74)
営業職	0.98 (0.45-2.15)	0.65 (0.30-1.40)	0.78 (0.28-2.14)	0.48 (0.07-3.27)	0.70 (0.20-2.53)
企画・事務職	1.00 (0.53-1.89)	0.79 (0.43-1.47)	1.24 (0.57-2.72)	0.17 (0.03-1.06)	0.51 (0.19-1.38)
秘書・書記	0.45 (0.04-5.00)	2.26 (0.31-16.6)	-	-	0.53 (0.03-8.60)
その他	1.03 (0.12-9.17)	0.54 (0.05-5.62)	1.28 (0.13-12.5)	-	-
喫煙					
なし	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
過去にあり	1.16 (0.70-1.93)	0.67 (0.40-1.12)	1.28 (0.70-2.33)	0.45 (0.07-2.82)	1.47 (0.67-3.19)
時々	1.02 (0.22-4.76)	1.36 (0.40-4.66)	0.73 (0.09-5.88)	-	-
毎日	1.11 (0.66-1.89)	0.66 (0.39-1.12)	0.97 (0.51-1.84)	0.62 (0.13-2.94)	1.77 (0.81-3.85)
p for trend	0.948	0.241	0.812	0.847	0.522
猫	1.83 (0.94-3.55)	1.48 (0.75-2.93)	1.36 (0.60-3.10)	5.83 (1.30-26.1)*	3.06 (1.34-6.99)**
コンタクトレンズ使用	1.48 (0.98-2.22)	0.72 (0.47-1.09)	0.87 (0.53-1.42)	0.68 (0.16-2.97)	1.15 (0.61-2.17)
職業性ストレス					
仕事負担量	1.29 (1.07-1.56)**	1.38 (1.14-1.66)***	1.04 (0.83-1.30)	1.28 (0.68-2.41)	0.92 (0.68-1.24)
身体負担度	0.69 (0.51-0.92)*	0.98 (0.75-1.28)	1.16 (0.85-1.59)	1.50 (0.66-3.40)	0.75 (0.48-1.17)
対人ストレス	1.22 (0.99-1.51)	1.41 (1.14-1.75)**	1.57 (1.22-2.01)***	1.87 (0.93-3.75)	1.32 (0.96-1.80)
仕事コントロール	0.95 (0.77-1.18)	0.73 (0.59-0.90)**	0.89 (0.69-1.15)	0.71 (0.33-1.51)	0.83 (0.60-1.16)
技能活用度	0.97 (0.74-1.27)	1.03 (0.79-1.35)	1.19 (0.87-1.63)	1.65 (0.67-4.06)	0.67 (0.45-1.00)*
働きがい	1.03 (0.83-1.28)	0.73 (0.58-0.92)**	1.02 (0.79-1.32)	0.93 (0.42-2.03)	1.01 (0.72-1.42)

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 調整オッズ比：基本属性（性別、年齢層、職業、喫煙、猫、コンタクトレンズ）、職業性ストレス（仕事負担量、身体負担度、対人ストレス、仕事コントロール、技能活用度、働きがい）

モデル 3

	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	下気道症状 1	皮膚症状 1
空気が流れる速い					
暑すぎる		1.40 (1.16-1.70)***	1.34 (1.07-1.67)**		
寒すぎる					
じめじめ	1.55 (1.02-2.35)*				
乾きすぎ	1.84 (1.57-2.14)***	1.34 (1.13-1.58)***	1.66 (1.35-2.04)***		2.36 (1.85-3.01)***
騒音				1.85 (1.05-3.27)*	
エアコンの風					1.41 (1.07-1.86)*
エアコンのにおい					
ほこり			1.56 (1.22-1.98)***		
たばこ煙				1.85 (1.14-3.01)*	
薬品臭					
その他不快臭	1.55 (1.21-1.98)***	1.46 (1.15-1.86)**			

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 調整オッズ比：基本属性（性別、年齢層、職業、喫煙、猫、コンタクトレンズ）、職業性ストレス（仕事負担量、身体負担度、対人ストレス、仕事コントロール、技能活用度、働きがい）、室内環境（空気が流れる速い、暑すぎる、寒すぎる、じめじめ、乾きすぎ、騒音、エアコンの風、エアコンのにおい、ほこり、たばこ煙、薬品臭、その他不快臭）

モデル 4 (各室内環境因子を曝露因子として交絡要因を調整)

	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	下気道症状 1	皮膚症状 1
空気が流れが速い	1.77 (1.17-2.66)**	1.29 (0.84-1.98)	1.70 (1.11-2.60)*	2.24 (1.05-4.76)*	1.36 (0.83-2.23)
空気が流れが不足	1.59 (1.35-1.86)***	1.63 (1.40-1.90)***	1.91 (1.60-2.29)***	2.21 (1.36-3.58)**	1.75 (1.40-2.18)***
暑すぎる	1.41 (1.18-1.70)***	1.59 (1.33-1.90)***	1.75 (1.43-2.14)***	1.40 (0.82-2.38)	1.68 (1.31-2.14)***
室温変化	1.53 (1.28-1.83)***	1.41 (1.18-1.68)***	1.46 (1.19-1.78)***	1.41 (0.82-2.40)	1.97 (1.55-2.51)***
寒すぎる	1.48 (1.22-1.80)***	1.11 (0.91-1.35)	1.42 (1.13-1.77)**	1.83 (1.09-3.07)*	1.48 (1.13-1.94)**
じめじめ	1.71 (1.17-2.50)**	0.88 (0.56-1.37)	1.80 (1.21-2.69)**	1.63 (0.72-3.66)	0.99 (0.53-1.84)
乾きすぎ	1.87 (1.60-2.19)***	1.49 (1.28-1.73)***	1.97 (1.64-2.37)***	1.71 (1.04-2.82)*	2.34 (1.82-3.00)***
静電気	1.49 (1.24-1.78)***	1.32 (1.10-1.58)**	1.64 (1.34-2.00)***	2.34 (1.44-3.82)***	1.47 (1.15-1.88)**
騒音	1.21 (0.92-1.59)	1.51 (1.15-1.98)**	1.57 (1.18-2.09)**	2.30 (1.32-3.98)**	1.35 (0.96-1.91)
エアコンの風	1.59 (1.28-1.97)***	1.18 (0.94-1.48)	1.44 (1.13-1.83)**	1.05 (0.51-2.15)	1.78 (1.37-2.32)***
エアコンのにおい	1.40 (0.89-2.19)	1.31 (0.83-2.07)	1.65 (1.05-2.60)*	1.96 (0.88-4.38)	1.76 (1.06-2.93)*
カビのにおい	1.19 (0.72-1.96)	0.60 (0.31-1.16)	1.30 (0.78-2.15)	1.83 (0.78-4.30)	0.75 (0.31-1.82)
ほこり	1.66 (1.33-2.06)***	1.49 (1.19-1.86)***	1.97 (1.57-2.48)***	2.12 (1.29-3.48)**	1.44 (1.08-1.90)*
たばこ煙	1.43 (1.17-1.75)***	1.29 (1.06-1.57)*	1.34 (1.07-1.68)*	2.19 (1.32-3.65)**	1.46 (1.11-1.91)**
薬品臭	1.23 (0.66-2.27)	1.21 (0.66-2.24)	2.55 (1.32-4.91)**	1.88 (0.64-5.54)	0.88 (0.37-2.09)
その他不快臭	1.80 (1.43-2.27)***	1.54 (1.22-1.95)***	1.38 (1.06-1.79)*	2.15 (1.23-3.75)**	1.48 (1.09-2.00)*

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 調整オッズ比：性別、年齢層、喫煙、コンタクトレンズ、対人ストレス

表 1-3 夏期のリスク要因に関する多変量解析結果
モデル 1

	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	下気道症状 1	皮膚症状 1
性別 (女性)	1.97 (1.03-3.78)*	2.84 (1.45-5.55)**	2.75 (1.08-7.01)*	3.43 (0.41-28.4)	5.59 (0.61-51.4)
年齢層				-	
20 代以下	1.15 (0.41-3.21)	3.93 (0.99-15.7)	1.51 (0.39-5.77)		0.11 (0.01-2.25)
30 代	0.77 (0.29-2.06)	3.66 (0.98-13.7)	0.57 (0.14-2.26)		0.02 (0.001-0.56)*
40 代	0.85 (0.34-2.10)	3.37 (0.94-12.1)	1.06 (0.32-3.52)		0.08 (0.004-1.65)
50 代	0.80 (0.31-2.08)	2.26 (0.60-8.56)	0.49 (0.12-1.94)		0.03 (0.001-0.98)*
60 代以上	Ref.	Ref.	Ref.		Ref.
p for trend	0.851	0.238	0.214		0.178
職業				-	-
管理職	Ref.	Ref.	Ref.		
専門職	1.06 (0.27-4.25)	0.83 (0.19-3.68)	1.49 (0.25-8.68)		
技術職	0.66 (0.22-2.03)	0.99 (0.39-2.52)	1.46 (0.39-5.46)		
営業職	0.90 (0.32-2.54)	0.93 (0.35-2.48)	0.86 (0.20-3.63)		
企画・事務職	1.29 (0.58-2.86)	0.94 (0.41-2.17)	0.98 (0.31-3.16)		
秘書・書記	3.60 (0.58-22.2)	0.48 (0.06-3.88)	-		
その他	-	-	-		
喫煙					
なし	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
過去にあり	0.89 (0.45-1.75)	0.84 (0.43-1.64)	1.00 (0.38-2.62)	0.54 (0.04-8.20)	-
時々	0.43 (0.09-2.10)	4.14 (1.42-12.1)**	2.06 (0.49-8.60)	5.69 (0.54-60.0)	6.18 (0.34-113.7)
毎日	0.99 (0.51-1.94)	0.66 (0.34-1.32)	1.99 (0.83-4.74)	0.37 (0.03-3.97)	5.43 (0.93-31.8)
p for trend	0.757	0.021	0.347	0.341	0.235
猫	0.60 (0.20-1.81)	0.99 (0.37-2.66)	1.33 (0.42-4.19)	-	3.52 (0.25-49.2)
コンタクトレンズ使用	1.22 (0.73-2.04)	1.11 (0.66-1.86)	1.03 (0.50-2.12)	0.31 (0.04-2.23)	8.93 (1.35-59.1)*
職業性ストレス					
仕事負担量	1.40 (1.09-1.80)**	1.16 (0.91-1.48)	1.50 (1.06-2.11)*	1.07 (0.50-2.31)	1.48 (0.69-3.16)
身体負担度	0.62 (0.42-0.91)*	0.97 (0.69-1.37)	0.64 (0.38-1.07)	2.58 (0.84-7.89)	1.57 (0.52-4.74)
対人ストレス	1.17 (0.88-1.56)	1.60 (1.18-2.16)**	1.09 (0.74-1.61)	2.18 (0.89-5.36)	2.45 (0.81-7.37)
仕事コントロール	1.05 (0.80-1.38)	0.74 (0.57-0.96)*	1.29 (0.87-1.89)	1.13 (0.44-2.89)	1.21 (0.52-2.84)
技能活用度	1.04 (0.75-1.45)	0.95 (0.68-1.32)	1.08 (0.69-1.70)	0.34 (0.11-0.99)*	1.67 (0.58-4.80)
働きがい	0.75 (0.57-0.98)*	0.54 (0.40-0.71)***	0.65 (0.45-0.94)*	0.49 (0.20-1.16)	0.62 (0.27-1.43)

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 調整オッズ比：基本属性（性別、年齢層、職業、喫煙、猫、コンタクトレンズ）、職業性ストレス（仕事負担量、身体負担度、対人ストレス、仕事コントロール、技能活用度、働きがい）

モデル 3

	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	下気道症状 1	皮膚症状 1
空気が流れるが速い					
暑すぎる		1.60 (1.23-2.08)***			
寒すぎる		1.95 (1.41-2.68)***		5.56 (2.47-12.5)***	
じめじめ					
乾きすぎ	1.57 (1.18-2.09)**		2.33 (1.69-3.20)***	3.62 (1.66-7.91)**	2.31 (1.32-4.04)**
騒音					
エアコンの風					
エアコンのにおい					
ほこり	1.44 (1.05-1.96)*		1.49 (1.06-2.08)*		
たばこ煙					
薬品臭	0.27 (0.10-0.71)**	0.20 (0.09-0.47)***			2.28 (0.89-5.83)
その他不快臭	1.87 (1.36-2.56)***	1.90 (1.33-2.70)***			

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 調整オッズ比：基本属性（性別、年齢層、職業、喫煙、猫、コンタクトレンズ）、職業性ストレス（仕事負担量、身体負担度、対人ストレス、仕事コントロール、技能活用度、働きがい）、室内環境（空気が流れるが速い、暑すぎる、寒すぎる、じめじめ、乾きすぎ、騒音、エアコンの風、エアコンのにおい、ほこり、たばこ煙、薬品臭、その他不快臭）

モデル 4 (各室内環境因子を曝露因子として交絡要因を調整)

	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	下気道症状 1	皮膚症状 1
空気が流れが速い	1.46 (0.97-2.18)	1.30 (0.84-2.03)	1.75 (1.10-2.80)*	2.84 (1.31-6.19)**	1.98 (0.80-4.90)
空気が流れが不足	1.56 (1.28-1.91)***	1.60 (1.31-1.96)***	2.07 (1.59-2.70)***	2.20 (1.25-3.87)**	1.33 (0.79-2.25)
暑すぎる	1.33 (1.09-1.63)**	1.42 (1.16-1.73)***	1.60 (1.23-2.08)***	2.94 (1.51-5.71)**	1.63 (0.96-2.76)
室温変化	1.54 (1.27-1.88)***	1.79 (1.46-2.18)***	1.72 (1.32-2.24)***	3.54 (1.76-7.10)***	1.53 (0.91-2.57)
寒すぎる	1.38 (1.09-1.74)**	1.74 (1.37-2.21)***	1.44 (1.05-1.98)*	2.08 (1.09-3.97)*	1.35 (0.72-2.51)
じめじめ	1.35 (1.01-1.80)*	1.81 (1.36-2.39)***	1.70 (1.21-2.39)**	6.19 (2.58-14.8)***	1.35 (0.68-2.68)
乾きすぎ	1.96 (1.51-2.55)***	1.40 (1.07-1.83)*	2.65 (1.92-3.66)***	4.06 (1.84-8.95)***	2.25 (1.21-4.18)*
静電気	1.89 (1.18-3.03)**	1.44 (0.88-2.35)	1.79 (1.03-3.10)*	3.35 (1.32-8.52)*	2.08 (0.69-6.25)
騒音	1.62 (1.20-2.19)**	1.86 (1.35-2.55)***	1.31 (0.88-1.95)	3.03 (1.59-5.78)***	1.34 (0.72-2.48)
エアコンの風	1.63 (1.30-2.04)***	1.16 (0.91-1.48)	1.34 (0.99-1.81)	1.15 (0.57-2.31)	1.96 (1.16-3.32)*
エアコンのにおい	1.46 (0.99-2.16)	1.03 (0.67-1.58)	2.16 (1.39-3.36)***	1.89 (0.74-4.87)	1.66 (0.74-3.75)
カビのにおい	1.46 (0.95-2.25)	1.57 (1.00-2.45)*	1.95 (1.21-3.16)**	3.90 (1.74-8.73)***	1.15 (0.47-2.84)
ほこり	1.76 (1.35-2.30)***	1.61 (1.23-2.11)***	2.16 (1.58-2.95)***	2.55 (1.48-4.38)***	1.58 (0.86-2.89)
たばこ煙	1.52 (1.19-1.94)***	1.50 (1.16-1.92)**	1.75 (1.30-2.36)***	1.82 (1.01-3.26)*	1.02 (0.53-1.96)
薬品臭	0.95 (0.43-2.09)	0.83 (0.38-1.80)	1.87 (0.84-4.15)	4.19 (1.34-13.2)*	1.65 (0.46-6.19)
その他不快臭	1.97 (1.49-2.60)***	1.82 (1.37-2.42)***	1.46 (1.03-2.07)*	3.12 (1.61-6.04)***	1.43 (0.81-2.54)

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 調整オッズ比：性別、年齢層、喫煙、コンタクトレンズ、対人ストレス

表 1-4 空調方式に関する多変量解析

		空調方式	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	下気道症状 1	皮膚症状 1
冬 期	Crude OR	中央方式	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
		個別方式	0.90 (0.62-1.33)	0.94 (0.65-1.36)	0.88 (0.56-1.40)	1.56 (0.44-5.57)	1.08 (0.61-1.94)
		中央・個別併用方式	0.75 (0.48-1.19)	0.96 (0.63-1.47)	0.85 (0.50-1.45)	0.82 (0.15-4.52)	0.75 (0.36-1.56)
	Adjusted OR	中央方式	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
		個別方式	0.99 (0.66-1.48)	1.02 (0.68-1.52)	0.96 (0.59-1.56)	1.63 (0.45-5.91)	1.18 (0.64-2.17)
		中央・個別併用方式	0.80 (0.50-1.30)	1.04 (0.66-1.64)	0.96 (0.55-1.69)	0.87 (0.16-4.85)	0.89 (0.42-1.90)
夏 期	Crude OR	中央方式	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
		個別方式	0.54 (0.33-0.89)*	0.71 (0.44-1.16)	0.86 (0.45-1.63)	1.30 (0.32-5.28)	1.07 (0.32-3.54)
		中央・個別併用方式	0.43 (0.25-0.74)**	0.89 (0.55-1.43)	0.31 (0.13-0.78)*	0.73 (0.13-4.03)	0.47 (0.09-2.37)
	Adjusted OR	中央方式	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
		個別方式	0.59 (0.35-1.00)	0.97 (0.57-1.66)	0.89 (0.45-1.75)	2.73 (0.58-12.9)	1.15 (0.30-4.45)
		中央・個別併用方式	0.48 (0.27-0.84)*	1.08 (0.64-1.81)	0.34 (0.14-0.87)*	0.68 (0.11-4.31)	0.45 (0.08-2.50)

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 調整オッズ比：性別、年齢層、喫煙、コンタクトレンズ、対人ストレス

C2.2. 空気質と健康の実態調査結果

表 1-5 冬期のリスク要因に関する多変量解析結果

	L 単位	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	皮膚症状 1
<連続測定項目>					
温度（期間平均値）	1℃	0.75 (0.44-1.26)	0.81 (0.46-1.41)	0.63 (0.35-1.12)	0.69 (0.29-1.63)
温度（日最大平均値）	1℃	0.77 (0.45-1.32)	0.90 (0.51-1.59)	0.76 (0.42-1.39)	0.96 (0.40-2.29)
温度（日最小平均値）	1℃	0.90 (0.62-1.29)	0.84 (0.58-1.21)	0.70 (0.49-1.01)+	0.59 (0.29-1.19)
温度（期間最大値）	1℃	0.75 (0.46-1.21)	0.98 (0.59-1.64)	0.84 (0.49-1.42)	1.24 (0.56-2.74)
温度（期間最小値）	1℃	1.15 (0.87-1.53)	1.00 (0.73-1.36)	0.87 (0.63-1.19)	0.52 (0.25-1.06)+
相対湿度（期間平均値）	10%	0.88 (0.49-1.60)	1.12 (0.57-2.20)	0.74 (0.35-1.57)	0.43 (0.13-1.43)
相対湿度（日最大平均値）	10%	0.86 (0.49-1.50)	1.05 (0.56-1.97)	0.81 (0.41-1.61)	0.52 (0.18-1.49)
相対湿度（日最小平均値）	10%	0.91 (0.48-1.72)	1.11 (0.54-2.25)	0.73 (0.33-1.63)	0.27 (0.06-1.17)+
相対湿度（期間最大値）	10%	0.72 (0.42-1.24)	1.19 (0.63-2.25)	0.89 (0.47-1.71)	0.66 (0.24-1.81)
相対湿度（期間最小値）	10%	1.01 (0.60-1.70)	0.97 (0.54-1.74)	0.77 (0.39-1.49)	0.32 (0.09-1.13)+
CO2（期間平均値）	100ppm	0.77 (0.48-1.24)	0.87 (0.53-1.42)	1.23 (0.79-1.92)	1.07 (0.44-2.60)
CO2（日最大平均値）	100ppm	0.80 (0.55-1.16)	0.88 (0.60-1.28)	1.25 (0.92-1.69)	1.31 (0.65-2.64)
CO2（期間最大値）	100ppm	0.77 (0.56-1.06)	0.83 (0.59-1.15)	1.20 (0.97-1.48)+	1.32 (0.74-2.37)
<定点測定項目>					
一酸化炭素	0.01 ppm	0.79 (0.51-1.20)	0.95 (0.86-1.04)	0.31 (0.04-2.53)	-
粉じん	0.01 mg/m ³	0.47 (0.08-2.72)	0.13 (0.01-2.60)	4.00 (0.35-45.5)	-
粉じん粒径 0.3 μm～	10 万個	0.79 (0.33-1.89)	0.99 (0.36-2.71)	2.03 (0.64-6.39)	0.39 (0.03-5.16)
粉じん粒径 0.5 μm～	1000 個	0.95 (0.89-1.01)+	0.98 (0.92-1.04)	1.01 (0.94-1.08)	0.88 (0.70-1.11)
粉じん粒径 0.7 μm～	1000 個	0.78 (0.59-1.02)+	0.92 (0.74-1.14)	0.98 (0.75-1.27)	0.46 (0.14-1.54)
粉じん粒径 1.0 μm～	100 個	0.91 (0.83-1.00)+	0.97 (0.90-1.04)	1.00 (0.92-1.09)	0.78 (0.54-1.13)
粉じん粒径 2.0 μm～	100 個	0.71 (0.47-1.07)	0.78 (0.48-1.26)	1.48 (0.87-2.53)	0.76 (0.35-1.64)
粉じん粒径 5.0 μm～	10 個	0.88 (0.67-1.15)	0.90 (0.64-1.26)	1.00 (0.70-1.44)	1.30 (0.68-2.48)
PM _{2.5}	0.1 mg/m ³	-	-	-	-

ホルムアルデヒド	1 µg/m ³	0.70 (0.53-0.92)**	0.78 (0.56-1.08)	0.87 (0.64-1.19)	1.14 (0.62-2.10)
アセトアルデヒド	1 µg/m ³	0.61 (0.43-0.88)**	0.81 (0.52-1.25)	0.88 (0.60-1.28)	1.04 (0.54-1.99)
ベンゼン	1 µg/m ³	-	-	-	-
トルエン	10 µg/m ³	0.82 (0.31-2.19)	0.97 (0.31-3.01)	0.46 (0.08-2.68)	1.47 (0.12-18.5)
エチルベンゼン	1 µg/m ³	1.10 (0.88-1.38)	1.05 (0.81-1.36)	0.89 (0.65-1.23)	1.27 (0.70-2.31)
キシレン	1 µg/m ³	1.13 (1.00-1.28)+	1.05 (0.91-1.21)	0.97 (0.83-1.14)	1.21 (0.87-1.67)
スチレン	0.1 µg/m ³	-	-	-	-
p-ジクロロベンゼン	1 µg/m ³	0.52 (0.20-1.36)	0.75 (0.26-2.17)	0.19 (0.02-1.59)	0.37 (0.04-3.40)
テトラデカン	1 µg/m ³	-	-	-	-
TVOC	10 µg/m ³	0.76 (0.61-0.95)*	0.93 (0.72-1.19)	0.57 (0.37-0.87)**	1.15 (0.71-1.85)
真菌濃度	10 cfu/m ³	1.07 (0.70-1.63)	1.06 (0.60-1.89)	0.57 (0.30-1.08)+	-
細菌濃度	10 cfu/m ³	1.28 (1.01-1.64)*	1.07 (0.76-1.52)	2.42 (1.21-4.86)*	0.80 (0.43-1.52)
エンドトキシン	0.1	1.21 (1.05-1.39)**	1.09 (0.93-1.27)	1.01 (0.85-1.20)	1.15 (0.86-1.53)

※ + p<0.10, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001、L 単位 (Logistic 増加単位)、調整オッズ比 (95%CI)、調整因子：性別、年齢層、喫煙、コンタクトレンズ、対人ストレス

表 1-6 夏期のリスク要因に関する多変量解析結果

	L 単位	目の症状 1	一般症状 1	上気道症状 1	皮膚症状 1
<連続測定項目>					
温度 (期間平均値)	1℃	0.86 (0.48-1.56)	<u>1.75 (1.01-3.03)*</u>	<u>2.19 (1.10-4.38)*</u>	0.96 (0.18-5.25)
温度 (日最大平均値)	1℃	0.91 (0.51-1.65)	1.18 (1.00-3.17)+	<u>2.72 (1.29-5.75)**</u>	1.04 (0.19-5.74)
温度 (日最小平均値)	1℃	0.77 (0.47-1.27)	1.44 (0.93-2.22)	1.69 (0.98-2.90)+	1.24 (0.30-5.05)
温度 (期間最大値)	1℃	0.84 (0.50-1.39)	1.40 (0.88-2.24)	<u>2.62 (1.45-4.73)**</u>	1.67 (0.48-5.74)
温度 (期間最小値)	1℃	0.87 (0.62-1.22)	1.14 (0.83-1.55)	1.48 (0.97-2.24)+	1.48 (0.42-5.21)
相対湿度 (期間平均値)	10%	1.14 (0.55-2.33)	1.39 (0.70-2.76)	0.69 (0.31-1.57)	0.33 (0.04-2.63)
相対湿度 (日最大平均値)	10%	1.11 (0.58-2.13)	1.41 (0.76-2.64)	0.72 (0.35-1.50)	0.29 (0.04-2.26)
相対湿度 (日最小平均値)	10%	1.34 (0.57-3.15)	1.19 (0.54-2.66)	0.68 (0.26-1.74)	0.53 (0.07-3.81)
相対湿度 (期間最大値)	10%	1.07 (0.61-1.87)	1.27 (0.73-2.21)	0.72 (0.37-1.40)	0.19 (0.02-2.11)
相対湿度 (期間最小値)	10%	1.26 (0.58-2.77)	0.75 (0.35-1.59)	0.60 (0.24-1.50)	0.79 (0.13-4.71)
CO2 (期間平均値)	100ppm	1.08 (0.70-1.66)	0.95 (0.61-1.49)	1.35 (0.82-2.22)	1.07 (0.41-2.79)
CO2 (日最大平均値)	100ppm	0.92 (0.72-1.18)	0.98 (0.76-1.26)	1.10 (0.84-1.44)	1.04 (0.58-1.87)
CO2 (期間最大値)	100ppm	0.89 (0.72-1.11)	1.01 (0.82-1.25)	1.07 (0.85-1.35)	1.02 (0.64-1.64)
<定点測定項目>					
一酸化炭素	0.1 ppm	-	-	-	-
粉じん	1 μg/m ³	1.10 (0.98-1.23)	0.97 (0.85-1.12)	<u>1.27 (1.02-1.59)*</u>	-
粉じん粒径 0.3 μm～	1 万個	1.06 (0.99-1.14)+	0.99 (0.91-1.08)	1.13 (0.99-1.28)+	-
粉じん粒径 0.5 μm～	1000 個	1.05 (0.98-1.12)	0.98 (0.90-1.06)	<u>1.15 (1.01-1.30)*</u>	-
粉じん粒径 0.7 μm～	100 個	1.03 (0.97-1.10)	0.96 (0.89-1.05)	<u>1.13 (1.00-1.26)*</u>	-
粉じん粒径 1.0 μm～	100 個	0.95 (0.62-1.45)	0.71 (0.45-1.33)	1.57 (0.81-3.02)	-

粉じん粒径 2.0 μm～	100 個	1.09 (0.38-3.17)	0.25 (0.05-1.25)+	2.05 (0.52-8.17)	-
粉じん粒径 5.0 μm～	10 個	1.19 (0.82-1.72)	0.69 (0.39-1.24)	1.13 (0.61-2.10)	-
PM _{2.5}	1 μg/m ³	1.08 (0.99-1.18)	0.98 (0.89-1.09)	1.19 (1.01-1.41)*	-
ホルムアルデヒド	1 μg/m ³	1.00 (0.91-1.10)	0.96 (0.85-1.08)	1.12 (0.98-1.27)+	-
アセトアルデヒド	1 μg/m ³	1.02 (0.95-1.08)	0.96 (0.88-1.05)	1.10 (1.00-1.22)*	-
ベンゼン	1 μg/m ³	-	-	-	-
トルエン	1 μg/m ³	1.01 (0.81-1.25)	0.97 (0.74-1.28)	1.15 (0.81-1.63)	-
エチルベンゼン	1 μg/m ³	0.90 (0.65-1.24)	1.16 (0.79-1.70)	0.84 (0.51-1.39)	-
キシレン	1 μg/m ³	0.99 (0.82-1.21)	0.95 (0.75-1.20)	1.04 (0.81-1.33)	-
スチレン	1 μg/m ³	1.22 (0.33-4.51)	-	-	-
p-ジクロロベンゼン	1 μg/m ³	1.01 (0.63-1.62)	1.36 (0.77-2.41)	1.38 (0.64-2.97)	-
テトラデカン	1 μg/m ³	1.35 (0.62-2.93)	0.53 (0.16-1.80)	1.08 (0.20-5.78)	-
TVOC	100 μg/m ³	1.07 (0.24-4.78)	0.84 (0.13-5.43)	0.31 (0.02-3.89)	-
真菌濃度	10 cfu/m ³	0.79 (0.61-1.04)+	1.03 (0.80-1.33)	0.72 (0.43-1.23)	-
細菌濃度	10 cfu/m ³	1.08 (0.93-1.25)	0.89 (0.70-1.15)	1.24 (0.93-1.67)	-
エンドトキシン	1	0.53 (0.16-1.72)	1.51 (0.36-6.35)	1.11 (0.19-6.62)	-

※ + p<0.10, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001、L 単位 (Logistic 増加単位)、調整オッズ比 (95%CI)、調整因子：性別、年齢層、喫煙、コンタクトレンズ、対人ストレス

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 開原 典子 国立保健医療科学院 主任研究官
研究分担者 樺田 尚樹 産業医科大学 教授

研究要旨

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。

二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因分析については、以下の知見が得られた。1999年以降の上昇の要因に、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量の削減、報告徴取率の増加があり、今後も不適率の上昇が続くことが予想される。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。

A. 研究目的

制度提案では、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空気環境測定状況に関するアンケートに関する分析、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として、特に二酸化炭素濃度の不適率上昇要因に関する分析の結果を示す。なお、空気環境測定状況に関するアンケートの予備調査は、日本建築衛生管理教育センターが実施した調査結果を分析することによって行った。

B. 研究方法

B1. 空気環境測定に関する分析

(1) 空気環境測定者へのアンケート調査

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

以下にアンケートの質問項目を記す。

【特定建築物の空気環境測定に関する調査】

1) 室内で測定する時に、通常の在室状況を代表する適切な測定点で測定していますか？

該当する記号に○を付けてください。

a.すべての場合できる b.概ねできる c.できない場合がある d.できない場合がしばしばある

2) 適切な測定点で測定できなかった用途と原因はなんですか？

該当する記号すべてに○を付けてください。

- ① 興行所 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
d.その他（ ）
- ② 百貨店 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
d.その他（ ）
- ③ 集会所 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
d.その他（ ）
- ④ 図書館 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
d.その他（ ）
- ⑤ 美術館 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
d.その他（ ）
- ⑥ 遊技場 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
d.その他（ ）
- ⑦ 店舗 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請

- d.その他()
- ⑧ 事務所 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他()
- ⑨ 学校等 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請
- ⑩ 旅館等 a.在室者への配慮 b.依頼主からの要請 c.テナントからの要請 d.その他()
- 3) 測定は、一日に2回以上、測定していますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.すべての場合ができる b.概ねできる c.できない場合がある d.できない場合がしばしばある
- 4) 一日に2回以上、測定できない原因はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.在室者への配慮 b.業務への配慮 c.依頼主からの要請 d.テナントからの要請 e.その他()
- 5) 在室者のいない居室や廊下などで測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- 6) 在室者のいない居室や廊下などで測定する原因はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.在室者への配慮 b.業務への配慮 c.依頼主からの要請 d.テナントからの要請 e.その他()
- 7) 休日や祭日あるいは就業時間外など、空調が運転されていない日や時間帯に測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- 8) 運転されていない時刻に測定する原因はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.在室者への配慮 b.業務への配慮 c.依頼主からの要請 d.テナントからの要請 e.その他()
- 9) 冬期、夏期、中間期(冷暖房が行われない時期)の測定時における個別方式空調の稼働、換気、窓の開放について、
- ①-1 冬期一個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ①-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他()
- ②-1 夏期一個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ②-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他()
- ③-1 中間期一個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ③-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他()
- ④-1 冬期一個別方式空調の換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ④-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他()
- ⑤-1 夏期一個別方式空調の換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ⑤-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他()
- ⑥-1 中間期一個別方式空調の換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ⑥-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で運転されていない d.その他()
- ⑦-1 冬期一窓が開放されている室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある

- ⑦-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で開放されている d.その他()
- ⑧-1 夏期一窓が開放されている室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ⑧-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で開放されている d.その他()
- ⑨-1 中間期一窓が開放されている室で測定する場合がありますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.まったくない b.概ねない c.行う場合がある d.しばしばある
- ⑨-2 「c、d」と回答した方へ。その理由はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.依頼主からの指示 b.テナントからの指示 c.在室者の判断で開放されている d.その他()
- 10) 法令検査(2ヶ月に1度)で問題(不適合項目)があった測定場所や施設について、原因追及のための測定を実施していますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.すべての場合ができる b.概ねできる c.できない場合がある d.できない場合がしばしばある
- 11) 原因追及のための測定を実施できない原因はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.在室者への配慮 b.業務への配慮 c.依頼主からの要請 d.テナントからの要請 e.その他()
- 12) 法令検査(2ヶ月に1度)で問題(不適合項目)があった測定場所や施設について、改善策を提示していますか? 該当する記号に○を付けてください。
a.すべての場合ができる b.概ねできる c.できない場合がある d.できない場合がしばしばある
- 13) 改善策を提示しない原因はなんですか? 該当する記号すべてに○を付けてください。
a.原因追及のための測定が未実施のため b.依頼主から拒まれたため c.テナントから拒まれたため d.その他()
- 14) 空気環境測定を実施する際、困っていることはありますか?自由に記述してください。
- 15) 今後、追跡調査を実施する場合、ご協力の可否について、以下にお答え願います。アンケートの追跡調査に協力していただけますか?
a.協力する b.協力しない
- 16) 空気環境測定を実施している主な 都道府県、市
都道府県 市

(2) ビルメンテナンスに関するアンケート調査

特定建築物の衛生状態について、全国ビルメンテナンス協会を通じてアンケート調査を行った。なお、特に、特定建築物以外の2,000㎡以上3,000㎡未満の中規模建築物の衛生状況を把握する。

以下にアンケートの質問項目を記す。

問1 御社で受託している建築物数と、受託業務の内訳について、お教えください。

問2 御社が受託している建築物(2,000~3,000㎡の興行場・百貨店・集会場・図書館・博物館・美術館・遊技場・店舗・事務所・旅館、または8,000㎡未満の学校)のうち、受託業務が多い建築物を5つ選び、それぞれの建築物A~Eについて、以下のI~Vにお答えください。
I 所在都道府県を回答用紙にご記入ください。

II ①~③の床面積を回答用紙にご記入ください。
①延床面積()㎡=②特定用途延床面積()㎡+③特定用途外延床面積()㎡

III それぞれの建築物について、用途を回答用紙にご記入ください。

A 主な特定用途
a. 興行場 b. 百貨店 c. 集会場 d. 図書館 e. 博物館 f. 美術館
g. 遊技場 h. 店舗 i. 事務所 j. 学校等 k. 旅館

- イ 主な特定用途以外の用途
 主な特定用途以外で特定用途に使用している部分があれば a~h を、特定用途以外で使用している部分があれば自由記述（マンション等）でご記入ください。
 a. 興行場 b. 百貨店 c. 集会場 d. 図書館 e. 博物館 f. 美術館
 g. 遊技場 h. 店舗 i. 事務所 j. 学校等 k. 旅館

- IV それぞれの建築物の管理にあたり、建築物環境衛生管理技術者の免状を有する者の関与の有無について、回答用紙の該当する記号に○を付けてください。
 a. なし b. この建築物だけを管理 c. 他の建築物と兼務で管理

- V 空気環境測定、空調設備の維持管理、飲料水水質検査、貯水槽清掃、排水管清掃、清掃管理業務、ネズミ昆虫等の防除作業の受託状況について、回答用紙の該当する記号に○を付けてください。
 a. 自社で受託している b. 他社が受託している c. オーナーが直接管理している d. わからない

問3 問2 (V) において、「a. 自社で受託している」と回答した業務について、以下の(1)～(6)に回答ください。

- (1) 空気環境測定
 ア それぞれの建築物の空調設備及び換気設備について、回答用紙の該当する記号すべてに○を付けてください。
 a. 空調設備(中央管理方式) b. 空調設備(中央管理方式以外)
 c. 機械換気設備(中央管理方式) d. 機械換気設備(中央管理方式以外)
 e. 空調設備を設けていない f. 機械換気設備を設けていない
 g. わからない

- イ 空気環境の測定状況について、実施頻度を回答用紙にご記入ください。
 (記入例:(2)カ月に1回、実施していない場合は、×と記入)
 イ-1 浮遊粉じんの量の測定・・・()カ月に1回
 イ-2 一酸化炭素の含有率の測定・・・()カ月に1回
 イ-3 二酸化炭素の含有率の測定・・・()カ月に1回
 イ-4 温度の測定・・・()カ月に1回
 イ-5 相対湿度の測定・・・()カ月に1回
 イ-6 気流の測定・・・()カ月に1回
 イ-7 ホルムアルデヒドの量の測定(ホルムアルデヒドについては、特定建築物の建築、大規模の修繕、大規模の模様替を行った場合のみ測定の実施の有無を記載(建築、大規模の修繕、大規模の模様替を実施していない場合は、該当無に○を付けてください))
 a. 有 b. 無 c. 該当無

- (2) 空調設備の維持管理
 ア 空調設備における冷却塔の水について、回答用紙の該当する記号に○を付けてください。
 a. 水道水のみ b. 水道水以外も使用 c. 水道水以外のみ d. 冷却塔はない
 イ 空調設備における加湿装置の水について、回答用紙の該当する記号に○を付けてください。
 a. 水道水のみ b. 水道水以外も使用 c. 水道水以外のみ d. 加湿装置はない
 ウ 空調設備について、次の項目の実施頻度を回答用紙にご記入ください。

- (記入例:(2)カ月に1回、実施していない場合は、×と記入)
 ウ-1 冷却塔及び冷却水の点検の実施・・・()カ月に1回
 ウ-2 加湿装置の点検の実施・・・()カ月に1回
 ウ-3 排水受けの点検の実施・・・()カ月に1回
 ウ-4 冷却塔、冷却水の水管、加湿装置の清掃の実施・・・()カ月に1回

- (3) 給水の管理
 ア 飲料水の管理について、次の項目の実施頻度を回答用紙にご記入ください。(実施していない場合は、×と記入)
 水質検査(遊離残留塩素を除く)の実施・・・()項目
 遊離残留塩素の検査・・・()週に1回
 貯水槽の清掃の実施・・・()カ月に1回(貯水槽がない場合は、×と記入)
 貯水槽の点検・検査の実施・・・()カ月に1回(貯水槽がない場合は、×と記入)
 イ 雑用水の管理について、次の項目の実施頻度を回答用紙にご記入ください。(実施していない場合は、×と記入)
 水質検査(遊離残留塩素を除く)の実施・・・()項目

- 遊離残留塩素の検査・・・()週に1回
 貯水槽の清掃の実施・・・()カ月に1回(貯水槽がない場合は、×と記入)
 貯水槽の点検・検査の実施・・・()カ月に1回(貯水槽がない場合は、×と記入)

- (4) 排水に関する設備の掃除の実施頻度を回答用紙にご記入ください。(実施していない場合は、×と記入)
 ()カ月に1回

- (5) 清掃について、次の項目の実施状況を回答用紙にご記入ください。(実施していない場合は、×と記入)

- ア 日常清掃
 a. 有 b. 無
 イ 大掃除の実施の頻度
 ()カ月に1回

- (6) ねずみ・昆虫等の防除について、次の項目の実施状況を回答用紙にご記入ください。(実施していない場合は、×と記入)

- ア ねずみ等の発生場所、生息場所及び侵入経路並びにねずみ等の被害の状況の調査
 ()カ月に1回
 イ-1 駆除の有無
 ()カ月に1回
 イ-2 駆除を行った場合に使用した薬剤
 a. 医薬品・医薬部外品 b. 医薬品・医薬部外品以外 c. 不明

- 問4 この建築物について、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ありますか。
 a. よく有る b. たまに有る c. 稀に有る d. 無

B2. 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

特定建築物における建築物衛生管理基準項目の実態を把握し、基準検証及び行政監視指導方法を含めた制度提案の基礎とすることを目的とする。行政報告例における建築衛生管理基準の空気環境に関する項目の不適率が1999年以降、持続的に上昇している。空気環境基準の内、相対湿度の不適率が最も高く、続いて温度と二酸化炭素の不適率が高い。

東京都の立入検査のデータを見ると、相対湿度と温度は、季節によって状況が異なる。相対湿度は主に冬期の不適率が高く、温度は夏期の不適率が主に高い。相対湿度と温度は、夏期と冬期で熱源が異なるなど空調運転の状況が異なるため、季節毎の分析が必要であると考えられる。二酸化炭素濃度については、季節による不適率の差が見られない。これは、空調設備が通年に渡って運転され窓開放が行われない場合が多いために、換気量の季節変化が少ないことが原因であると考えられる。

屋内の二酸化炭素濃度は、機械換気量と在室状況によって、基本的には決定されると考えられる。

在室状況が 1999 年以降特に変化がないと考えられる。二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因として、地球全体の外気濃度上昇、都市における発生集中による濃度差、省エネルギーによる換気量削減、フィルター等のメンテナンス不備による換気量減少等が挙げられる。

行政報告例は、報告徴取及び立入検査によって自治体の環境衛生監視員が適合判断を行った結果を集計したものである。報告徴取は、ビルメンテナンス業者による年 5 回の空気環境測定データを聴取して適法判定をした結果である。立入検査は、自治体の環境衛生監視指導員が立入を行い、測定時の在室状況などを踏まえて、経験的な判断をする。行政報告例の分析及び自治体の環境衛生監視指導員に対するアンケート調査の結果では、報告徴取数が多い自治体では不適率が高い傾向があり、報告徴取では、年 5 回の複数点の結果全体を見て不適値があれば不適と判断するため、不適率が高くなることが明らかになった。

東、池田らは、行政報告例を分析し、学校と事務所の不適率が高いことを示し、個別空調の普及、省エネルギー意識の高まり、学校における換気頻度の減少等を要因として挙げた。また、中川らは外気の二酸化炭素濃度上昇を東京都における不適率上昇の要因として挙げた。本研究では、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。

C. 研究結果

C1. 空気環境測定に関する分析

(1) 空気環境測定者へのアンケート調査

首都圏（東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県）の空気環境測定の実務者 56 名の協力を得て、アンケート調査を試行した結果を以下に示す。対象者の 80%は東京都である。

各質問に対する回答は、以下の通りであった。

回答者が空気環境を実施している都道府県の内訳

都道府県	比率
愛知県	8.81%
茨城県	0.63%
沖縄県	4.40%
岩手県	0.42%
宮城県	5.24%
群馬県	0.84%
広島県	0.42%
埼玉県	2.31%
鹿児島県	0.42%
秋田県	0.84%
新潟県	1.05%
神奈川県	9.43%
青森県	1.26%
静岡県	2.52%
石川県	0.42%
千葉県	4.61%
大阪府	1.68%
大分県	0.63%
長崎県	0.63%
長野県	0.63%
東京都	24.32%
東京都・神奈川県	0.21%
東京都・神奈川県・埼玉県	0.21%
東京都・神奈川県・千葉県	0.21%
東京都・千葉県	0.21%
栃木県	0.21%
富山県	0.42%
福島県	1.68%
北海道	6.50%
(空白)	0.00%
東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県	0.21%
佐賀県	0.84%
福岡県	5.45%
宮崎県	0.42%
熊本県	0.63%
山形県	0.21%
島根県	0.42%
福井県	0.42%
滋賀県	0.84%
京都府	1.05%
鳥取県	0.42%
島根県・鳥取県	0.21%
兵庫県	0.63%
岐阜県	0.63%
三重県	0.42%
徳島県	0.21%
愛媛県	4.19%
高知県	0.84%
山口県	0.42%
香川県	0.42%
総計	100.00%

a) 測定点に関して

空気環境測定における測定点については、空調システムを中心に、吹出口や還気口の位置、室内の使用状況、家具類のレイアウト等を十分に考慮し、測定点が偏ることのないように選定しなければならないとされている。

質問 1. 室内で測定する時に、通常の在室状況を代表する適切な測定点で測定していますか？

この質問に対し、「すべての場合できる」(a)が25%、「概ねできる」(b)が52%、「できない場合がある」,又は「できない場合がしばしばある」(c、d)が23%だった(図4-1-1)。

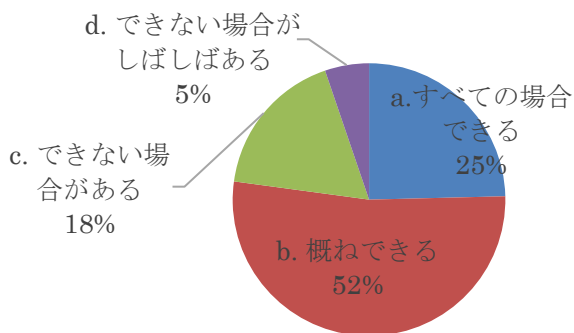


図 4-1-1 空気環境の測定点について

質問 2. 適切な測定点で測定できなかった用途と原因はなんですか？

適切な測定点で測定ができなかった場合について、建築物の用途別では、⑧事務所において適切な測定点で測定が行えないという回答が最も多かった(図4-1-2)。測定時には室内の使用状況に応じて適切な測定点を選択する必要があるが、事務所においては机や家具、機材等の配置によっては、測定機器を居室の中央部付近に持っていきができなかったり、測定を行うことによって在室者の業務等を著しく妨害してしまう等の問題が生じてしまい、適切な測定点での測定が行えない場合が多いのかもしれない。

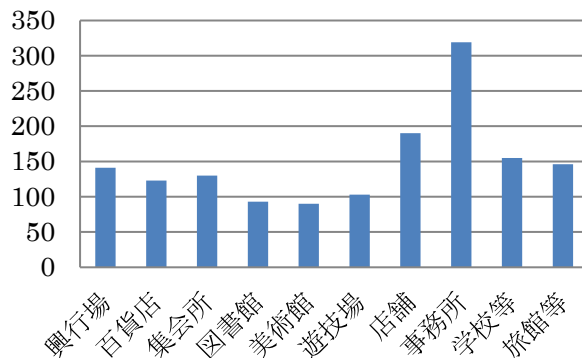


図 4-1-2 適切な測定点で測定できなかった用途

次に、適切な測定点で測定できなかった理由について、原因別に集計を行った。①～⑩全体で集計すると、「在室者への配慮」(a)が48%、「依頼主やテナントからの要請」(b、c)が47%となった(図4-1-3)。このことから、適切な測定点で測定できないのは、測定者側が在室者に気を使って測定点を変更した場合と、依頼者やテナントの要請を受け、やむを得ず測定点を変更した場合があることが明らかになった。

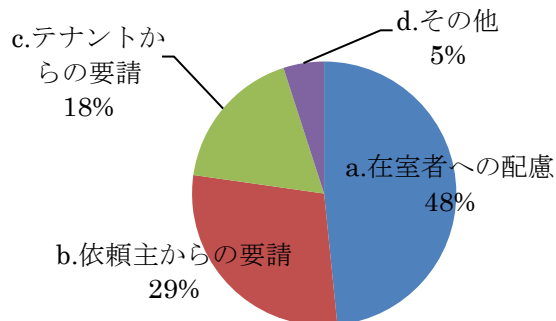


図 4-1-3 適切な測定点で測定できなかった理由 (全体)

建築物の用途別の適切な測定点で測定できなかった原因を図4-1-4～図4-1-14に示した。「在室者への配慮」(a)の回答が最も多かったのは④図書館(図4-1-8)、⑧事務所(図4-1-12)、⑨学校等(図4-1-13)、⑩旅館等(図4-1-14)で54%となった。学校の授業や業務等の邪魔にならないようにしなければならないため、在室者に対する配慮が必要となり、測定点を変える場合が多いのではないか

と考えられる。

「依頼主からの要請」(b)の回答が多かったのは③集会所(図4-1-7)、⑤美術館(図4-1-9)、⑥遊技場(図4-1-10)で37%~39%となった。また、「テナントからの要請」(c)の回答が多かったのは①興行場(図4-1-5)、②百貨店(図4-1-6)、⑦店舗(図4-1-11)で22%~26%となった。こうした施設においては依頼主やテナントの理解を得られず、測定点を変えざるを得なくなっている可能性が高い。また、金融機関などでは、部外者の立ち入り禁止箇所があるため測定点を変更する場合があると考えられる。

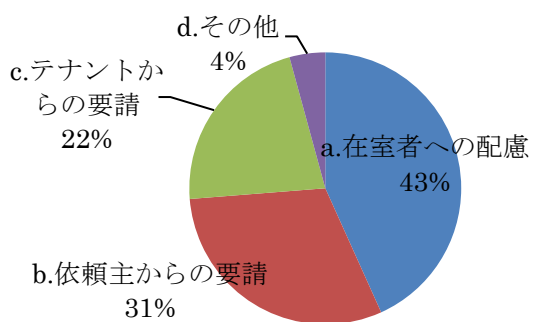


図4-1-5 適切な測定点で測定できなかった理由
(興行場)

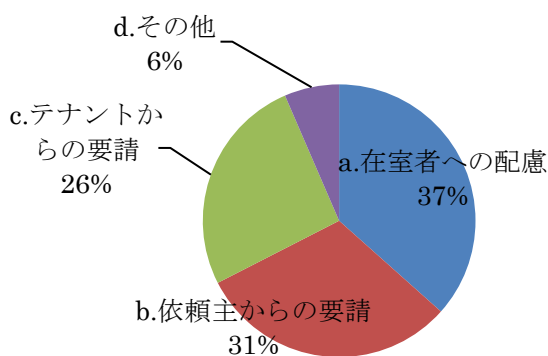


図4-1-6 適切な測定点で測定できなかった理由
(百貨店)

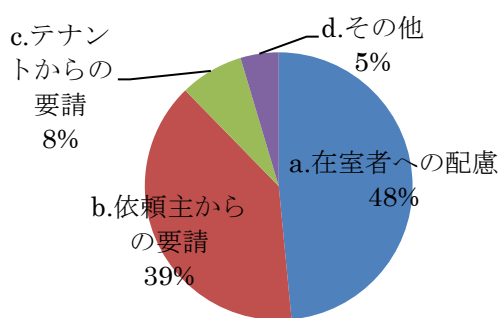


図4-1-7 適切な測定点で測定できなかった理由
(集会所)

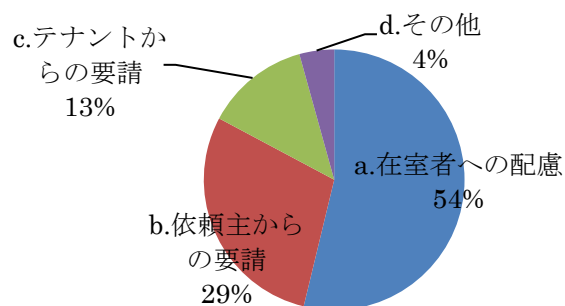


図4-1-8 適切な測定点で測定できなかった理由
(図書館)

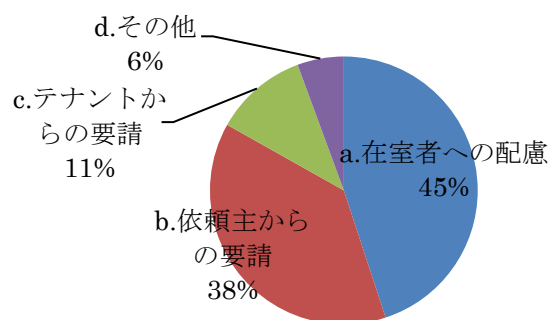


図4-1-9 適切な測定点で測定できなかった理由
(美術館)

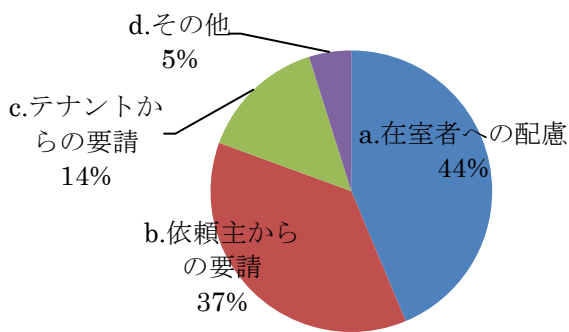


図 4-1-10 適切な測定点で測定できなかった理由
(遊技場)

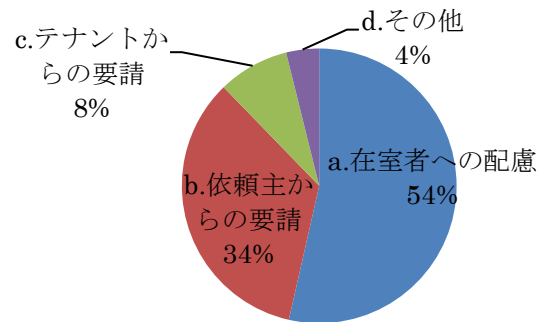


図 4-1-13 適切な測定点で測定できなかった理由
(学校等)

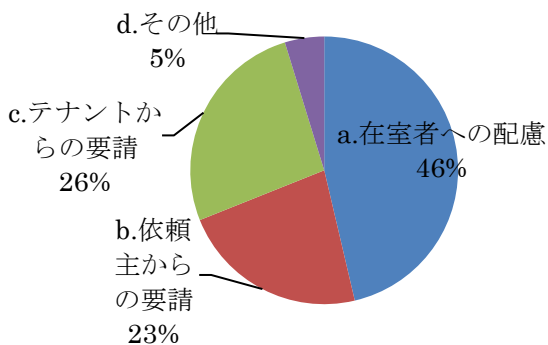


図 4-1-11 適切な測定点で測定できなかった理由
(店舗)

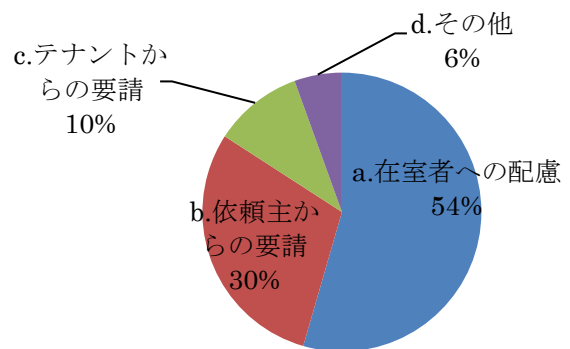


図 4-1-14 適切な測定点で測定できなかった理由
(旅館等)

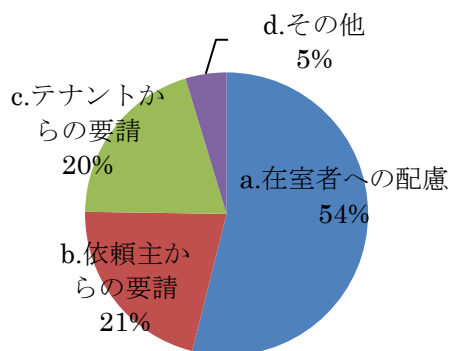


図 4-1-12 適切な測定点で測定できなかった理由
(事務所)

b) 一日の測定回数に関して

質問 3. 測定は、一日に 2 回以上、測定していますか？

浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流の 6 項目に関して、一日に 2 回以上の測定を行わなければならない。一日に 2 回以上測定を行うことが「すべての場合できる」(a)という回答が 65%と大多数を占めたが、「概ねできる」(b)という回答が 28%、「できない場合がある」又は「できない場合がしばしばある」(c、d)という回答が 7%存在した(図 4-1-15)。

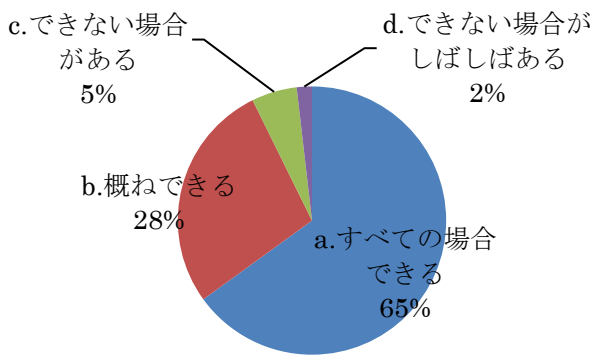


図 4-1-15 1日に2回以上の測定実施

質問 4. 一日に2回以上、測定できない原因はなんですか？

一日に2回以上、測定することができない原因としては、「在室者や業務への配慮」(a、b)が56%、「依頼主やテナントからの要請」(c、d)が38%となった(図4-1-16)。「在室者や業務への配慮」(a、b)の回答では、測定者側が在室者に気を使って測定回数を減らしてしまっている可能性が高い。一方、「依頼主やテナントからの要請」(c、d)の回答では、依頼主やテナントに空気環境測定に対する十分な理解を得ることができずに、一日の測定回数を減らしてしまっている可能性が高い。

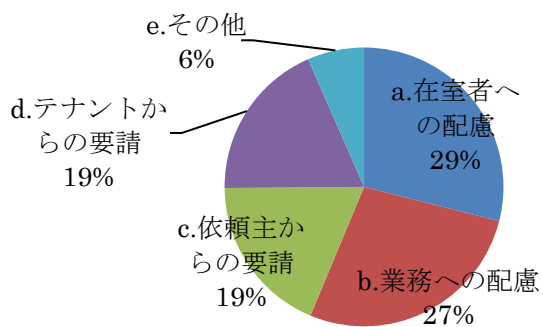


図 4-1-16 1日に2回以上測定できない原因

c) 測定時の状況に関して

空気環境測定を適切に行うためには、室の状況が代表的であると思われる時間帯で測定を行う必

要がある。具体的には、就業時間内に測定を行うことは当然として、在室者がいる中で適切に空調や換気装置を運転させた状態で測定を行うべきである。不適切な状況での測定がどの程度行われているのか実態調査を行った。

質問 5. 在室者のいない居室や廊下などで測定する場合がありますか？

この質問に対しては、「まったくない」、又は「概ねない」(a、b)の回答が46%、「行う場合がある」(c)が46%、「しばしばある」(d)が8%となった(図4-1-17)。このことから、半数以上の測定者において在室者のいない状況で測定を行ったことがあると推定される。

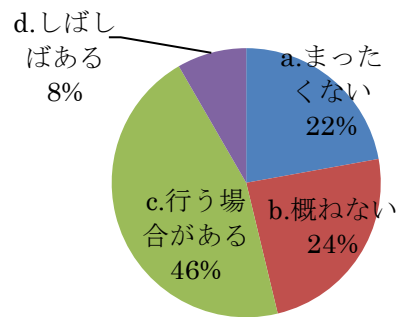


図 4-1-17 在室者のいない部屋や廊下などでの測定

質問 6. 在室者のいない居室や廊下などで測定する原因はなんですか？

この原因としては、「在室者や業務への配慮」(a、b)が43%、「依頼主やテナントからの要請」(c、d)が43%であった(図4-1-18)。このことから、半数近くの測定者が依頼主やテナントからの要請によって、在室者のいない状況下での測定を強いられていると考えられる。

「その他」(e)の回答としては、「大学等では2回測定可能な場所が空室や廊下に限られてしまうため」、「業務の都合で空室になってしまった」、「ホテル・会議室などでの測定では、在室中に測定をする訳にもいかない」等の回答があった。

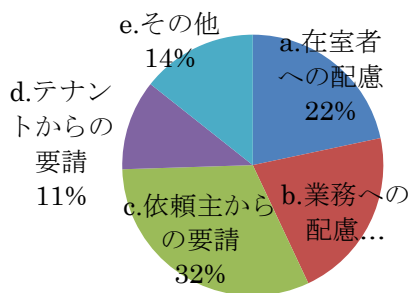


図 4-1-18 在室者のいない部屋や廊下で測定する原因

質問 7. 休日や祭日あるいは就業時間外など、空調が運転されていない日や時間帯に測定する場合がありますか？

この質問に対しては、「まったくない」(a)が64%と最も多く、次いで、「概ねない」(b)が22%であった(図 4-1-19)。対して、「行う場合がある」(c)が12%、「しばしばある」(d)が2%となり、14%が休日や祭日あるいは就業時間外など、空調が運転されていない日や時間帯に測定する場合がありますことが明らかになった。

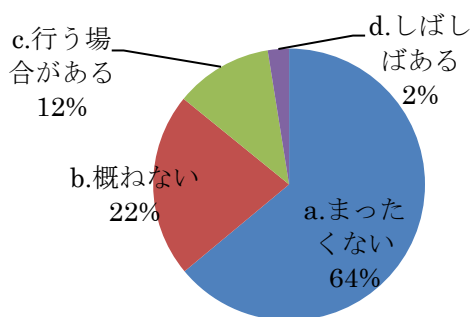


図 4-1-19 空調停止時の測定

質問 8. 空調が運転されていない時刻に測定する原因はなんですか？

この原因としては、「依頼主からの要請」(c)が33%と、3分の1を占めていた(図 4-1-20)。このことから、依頼主が、測定が業務の妨げになると考えて空調が運転されていない日や時間帯に測定

するように要請しているケースが多いのではないかと考えられる。一方で、「在室者や業務への配慮」(a、b)は43%となった。「在室者や業務への配慮」(a、b)の回答では、測定者側が在室者に気を使って測定回数を減らしてしまっている可能性が高い。

「その他」(e)の回答としては、「契約上の仕様のため」や「平日が定休日のテナントで測定を行うため」などの回答があった。

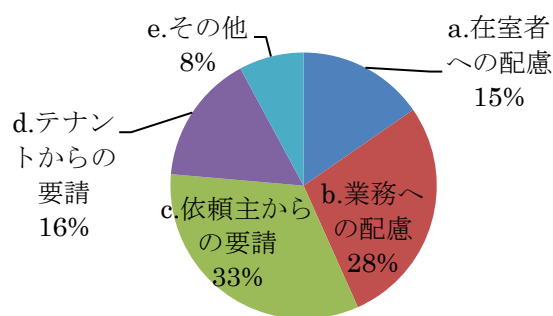


図 4-1-20 空調停止時の測定の原因

質問 9. 冬期、夏期、中間期の測定時において、個別方式空調・換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか？また、窓が開放されている室で測定する場合がありますか？

冬期、夏期、中間期の測定時における個別方式空調の稼働状況について、「個別方式空調が運転されていない室で測定する場合がありますか？」という質問を行った(①~③)。「まったくない」、又は「概ねない」(a、b)の回答が73%、「行う場合がある」、又は「しばしばある」(c、d)の回答が27%であった(図 4-1-21)。期間別に見てみると、冬期と夏期は「まったくない」、又は「概ねない」(a、b)の回答が多かったが、中間期では「行う場合がある」(c)の回答がやや多くなっていた。これは、冬期と夏期は空調を運転しているが、中間期には外気と室内の気温差が小さいため、空調を運転する必要がないと在室者が判断しているケースが多いことが考えられる。

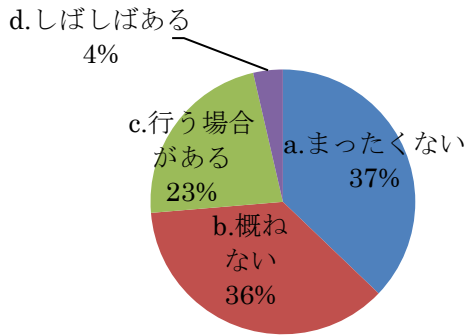


図 4-1-21 個別方式の空調停止時の測定
(冬期・夏期・中間期)

個別方式空調が運転されていない室で測定する原因については、「在室者の判断で運転されていない」(c)が61%と多かった(図 4-1-22)。「その他」(d)の回答としては、「在室者がいないため運転されていない」、「学校が休暇中のため運転されていない」、「レイアウト等で決まっている」、「省エネのために運転されていない」等の回答があった。

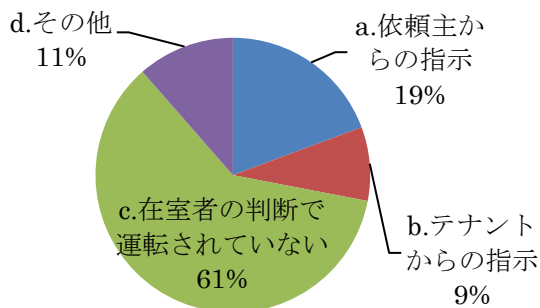


図 4-1-22 個別方式の空調停止時の測定の原因
(冬期・夏期・中間期)

冬期、夏期、中間期の測定時における個別方式空調の換気装置の稼働状況について、「個別方式空調の換気装置が運転されていない室で測定する場合がありますか?」という質問を行った(④~⑥)。「まったくない」、又は「概ねない」(a、b)の回答が78%、「行う場合がある」、又は「しばしばある」(c、d)の回答が22%であり(図 4-1-23)、①~③の個別方式空調の稼働状況と同様の結果が得られた。このことから、個別方式空調が運転さ

れていない場合では、換気装置も同時に運転されていないと考えられる。一方で、個別方式空調の換気装置の稼働状況については、期間別の差異は見られなかった。

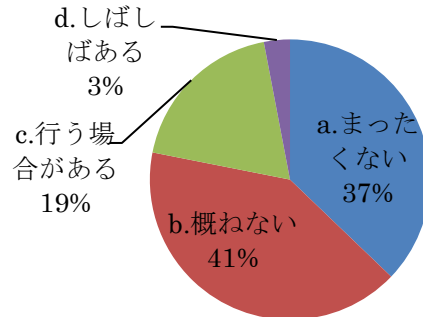


図 4-1-23 個別方式の換気停止時の測定
(冬期・夏期・中間期)

個別方式空調が運転されていない室で測定する原因については、「在室者の判断で運転されていない」(c)が66%と多かった(図 4-1-24)。「その他」(d)の回答としては、「在室者がいないため運転されていない」、「共用部などのため」、「省エネのために運転されていない」等の回答があった。

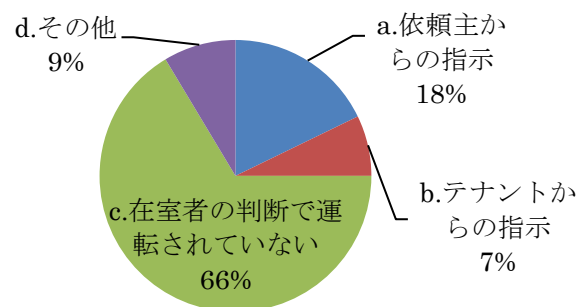


図 4-1-24 個別方式の換気停止時の測定の原因
(冬期・夏期・中間期)

冬期、夏期、中間期の測定時における窓の開放について、「窓が開放されている室で測定する場合がありますか?」という質問を行った(⑦~⑨)。「まったくない」、又は「概ねない」(a、b)の回答が77%、「行う場合がある」、又は「しばしばある」(c、d)の回答が23%であり(図 4-1-25)、

①～③の個別方式空調と、④～⑥の換気装置と同様の結果となった。このことは、在室者が自然換気のために窓を開け、空調や換気装置の運転を停止していることを示している。期間別では、①～③の個別方式空調と同様に中間期に窓が開放されていることが多かった。これは、冬期や夏期では外気と室内の温度差が大きいいため空調を稼働していることが多いが、中間期では外気との温度差が小さいので、窓を開放するためである考えられる。

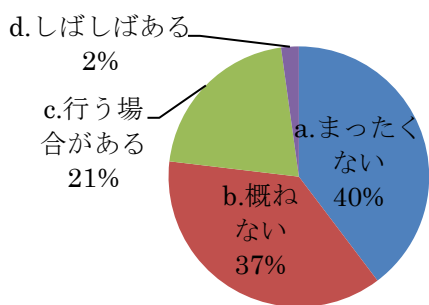


図 4-1-25 窓解放時の測定
(冬期・夏期・中間期)

また、窓が開放されている室で測定する原因についても、「在室者の判断で運転されていない」(c)が78%と多かった(図 4-1-26)。「その他」(d)の回答としては、「清掃中で窓が開放されていた」、「個別式空調の運転を停止しており、窓を開放していた」という回答があった。

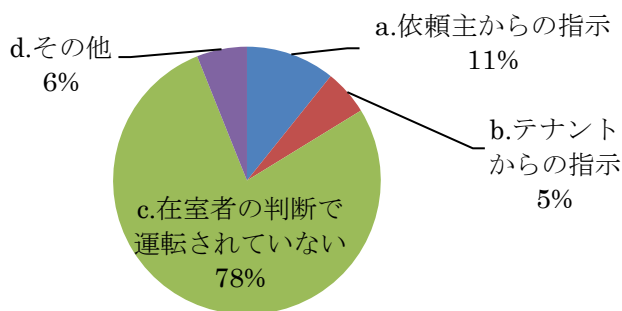


図 4-1-26 窓解放時の測定の原因
(冬期・夏期・中間期)

d) 原因追及の測定と改善策について

空気環境の測定は環境の状態を正しく把握する

ために行うものである。したがって、管理基準に適合しない項目があった場合には、得られた結果を基にして、なぜ不適合になってしまったのかの原因を追及し、改善を行うための助言を行うべきである。また、基準に適合している場合でも、測定値が余裕をもって基準に適合しているのか、上限で基準に適合しているのかなどの検討を行い、必要に応じて改善策等を提示することが望ましい。

ただし、空気環境の測定を行う、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流の6項目の測定結果だけでは、適切な改善策を立案するための資料として十分ではない場合がある。このため、追加で原因追及の各種調査(平面分布測定、経時変化測定、気積、在室人数、風量測定など)を行う必要があるとされている。

質問 10. 法令検査(2ヶ月に1度)で問題(不適合項目)があった測定場所や施設について、原因追及のための測定を実施していますか?

この質問に対して、「すべての場合できる」、又は「概ねできる」(a、b)の回答が75%、「できない場合がある」、又は「できない場合がしばしばある」(c、d)の回答が25%であった(図 4-1-27)。

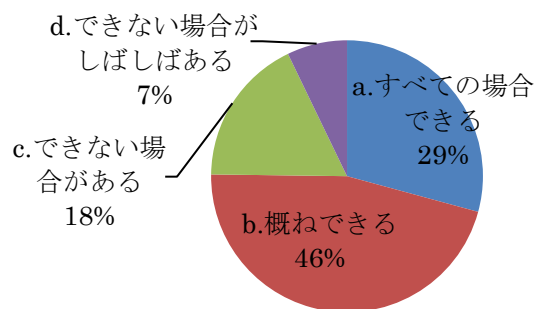


図 4-1-27 原因追及のための測定の実施

質問 11. 原因追及のための測定を実施できない原因はなんですか?

原因追及のための測定を実施できない原因とし

では、「在室者や業務への配慮」(a、b)が60%と半数以上を占めた(図4-1-28)。これは、不適合項目があった測定場所に追加で測定を行うことが迷惑になってしまうと判断してしまい、原因追及のための測定を実施しないケースが多いのではないかと考えられる。また、「依頼主やテナントからの要請」(c、d)を受けて測定を実施できないという回答は31%であった。このため、原因追及のための測定を提案しても、依頼者やテナントに断られてしまうケースも多く存在するようである。

「その他」(e)の回答としては、「別日程の再測定が契約上できない」、「管理者側が原因追及の測定を行っている」などがあつた。

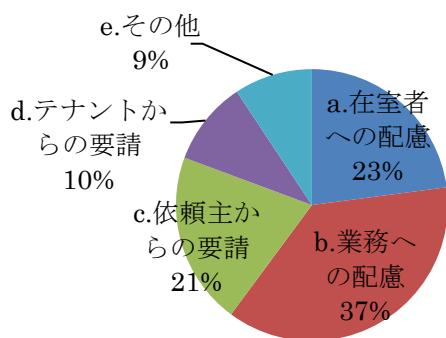


図4-1-28 原因追及のための測定を実施できない原因

質問12. 法令検査(2ヶ月に1度)で問題(不適合項目)があった測定場所や施設について、改善策を提示していますか?

この質問に対しては、「すべての場合できる」、又は「概ねできる」(a、b)の回答が85%と多かった(図4-1-29)。質問.10原因追及の測定の実施において、「すべての場合できる」、又は「概ねできる」(a、b)と比較して、回答数が多かったことから、原因追及のための測定を行わずに、6項目の測定結果のみを用いて改善策を提示しているケースがあると考えられる。

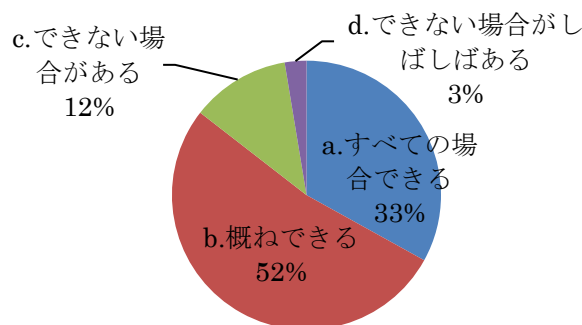


図4-1-29 改善策の提示

質問13. 改善策を提示しない原因はなんですか?

改善策を提示しない原因としては、「原因追及のための測定が未実施のため」(a)が28%、「原因追及の結果から改善策が判明しないため」(b)が28%、「依頼主やテナントから拒まれたため」(c、d)が30%だった(図4-1-30)。bと回答した28%の測定者は、せっかく原因究明の測定を行ったにも関わらず、その結果から改善策が判明しなかったと考えられる。この原因として、原因追及のためのデータ量が不完全な場合、あるいは原因追及のためのアプローチが適切でなかった場合や、原因究明の測定結果を正しく判断できていない場合などが考えられる。また、改善策の提示を拒まれる場合も多いことが明らかになり、不適合項目の改善意識が低い依頼主やテナントが一定数存在していると考えられる。

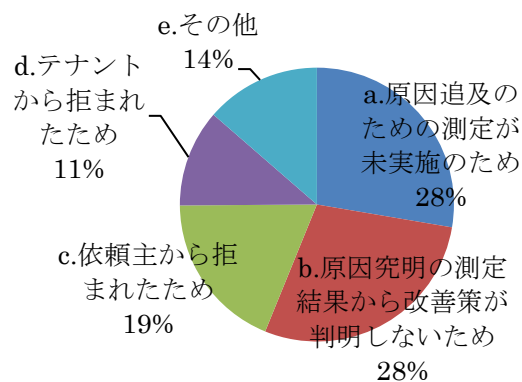


図4-1-30 改善策を提示しない原因

質問14. 空気環境測定を実施する際、困っている

ことはありますか？（自由記述）

自由記述で回答したものについて、内容ごとの回答数を表 4-1 に示す。最も多かった回答としては、「冬期に湿度を上げることが難しい」の 12 回答であった。冬期は外気温が低く、外気中の絶対湿度が低いため、暖房で室を暖めることで相対湿度が下がりやすいため、相対湿度を 40%以上に上げることが難しいようである。また、「古いビルのため加湿装置がない」という回答も 1 回答あった。

次に多かった回答としては、「依頼者や建物利用者に測定の意義を理解してもらえず、トラブルになった」の 6 回答であった。具体的には、「在室者が協力的ではない場合がある」や、「測定を早く終わらせるようにと急かされる場合がある」などの在室者とのトラブルの他、「依頼者に在室者がいない状況で測定をしなければならない」などの依頼者とのトラブルが発生したようである。この 6 回答以外の回答においても、学校や旅館などの施設では在室者がいる時に測定を実施することができ

ないという回答が得られた。

測定機材に関しては、「機材が重い」（3 回答）、「機器の更新の予算が取れない」（2 回答）といった回答が得られた。

改善策については、「問題点を指摘しても予算がない等で改善されないことが多い」（2 回答）や、「コストの高い換気装置は提案しにくい」（1 回答）、「換気のための注意に対し、省エネ等の問題を相談された」（1 回答）など、改善にかかる費用の問題から、改善がされない場合や、改善策の提案をやめる場合があるようである。また、判定については「基準を少し超えた不適合判定を依頼者に嫌がられる」（1 回答）などのトラブルが発生したようである。

表 4-1 測定を実施する際に困っていること

回答数	内容
3	機材が重い
1	10 か所程度の測定対象ビル間の機器の運搬
12	冬期に湿度を上げることが難しい
1	古いビルのため加湿機能がない
1	小規模全熱に加湿装置が付属する場合も湿度基準を適用するのか。小規模全熱の運転は在室者に任せるしかないこと。電気代節約のため全熱が停止されている場合があること。
2	室内利用人数より多い人数が使用し換気が不十分
3	部屋の状況によっては最適な測定点で測定できない場合がある
1	営業所の測定で在室人員数が増減してしまい結果が安定しない
1	占有部での測定時、在室者が不在のことが多く、正確な測定が行えない
1	人が忙しく往き来するような場所での測定では気流などがしばしば異常値を示すことがある
1	CO2 濃度が高い場所で、部屋に対して人数が著しく多い場合の改善方法を求められる事があるが、現実的な解決方法が出てこない
6	依頼者や建物利用者に測定の意義を理解してもらえず、トラブルになった
1	依頼者より供用部のみでの測定を希望される事が多々ある
2	在室者の判断で、空調を運転していない場合がある

2	食堂・興行所など人の出入が多い場所では、測定場所までの移動や測定が困難
2	測定機器の更新の予算が取れない
1	測定を委託契約している業者が不勉強・レベルが低い場合がある
1	ホテルは宿泊者やイベント等の都合もあるため、空気環境測定のスケジュール管理が容易ではない
1	在室者への配慮
1	学校などでは学生が空調設定を変更しているため、毎回設定が変わっていること
2	日時の融通が利かない
1	レイアウト変更で測定場所が確保できなくなることがある
1	請負金額が安く、一日数件測定しないと割が合わない
1	換気のための注意に対し、省エネ等の問題を相談された
1	事業員が多いので測定スペース確保で連絡が必要
1	店舗、旅館、学校などの施設では在室中の測定が困難
1	依頼主に測定点を指定されてしまう
1	コストの高い換気設備は提案しにくい
2	問題点を指摘しても予算がない等で改善されないことが多い
1	ホルムの測定数を減らす希望がある
1	店舗の入れ替えや模様替えの際テナント側に空調視点を持った工事計画をお願いする際の説明とタイミングが難しい
1	在室者から測定頻度を増やし、毎月測定してほしいという要望がある
1	良否判定の際、基準を多少超えた不適合判定を依頼者に嫌がられる
1	校正のサイクルが短すぎてコストがかかる

e) その他

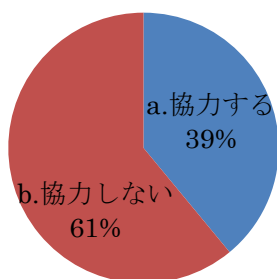


図 4-1-31 今後のアンケートへの協力

(2) ビルメンテナンスに関するアンケート調査

アンケート調査は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につ

いてのみ（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。各質問に対する回答は、以下の通りであった。

図4-2-1～図4-2-3に、業務の委託状況について、建物の規模ごとに3,000㎡以上（以降、特定建築物という）、2,000㎡～3,000㎡未満（以降、中規模建築物という）、2,000㎡未満（以降、小規模建築物という）の3区分の受託建築物数と、その受託業務の内訳を示す。回答の得られた受託建物数は、特定建築物30,770棟、中規模建築物23,539棟、小規模建築物40,010棟であった。その受託業務の内訳は、(1) 空気環境測定、(2) 空気調和用ダクト清掃、(3) 飲料水質検査、(4) 貯水槽清掃

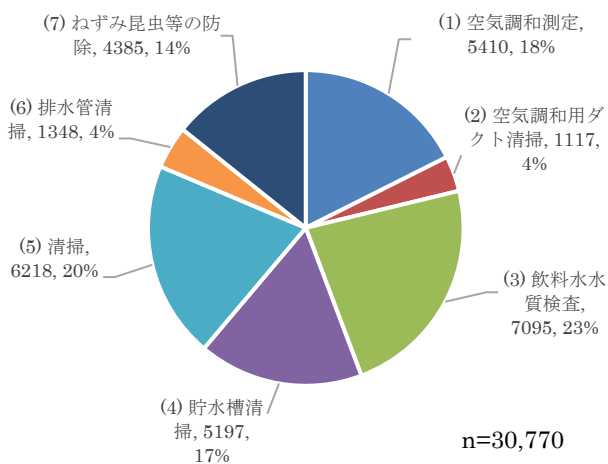


図 4-2-1 受託業務内訳 (3,000 m²以上)

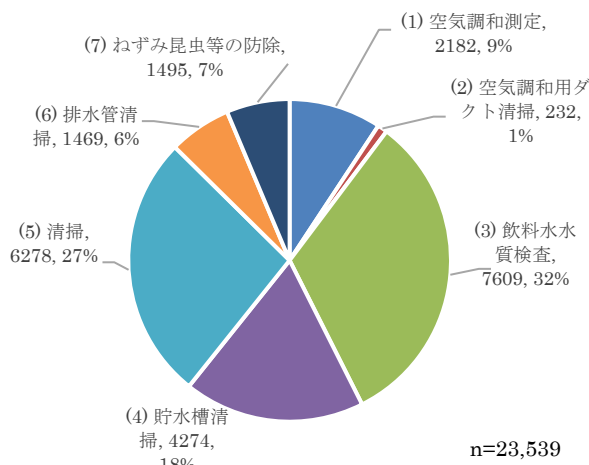


図 4-2-2 受託業務内訳 (2,000～3,000 m²未満)

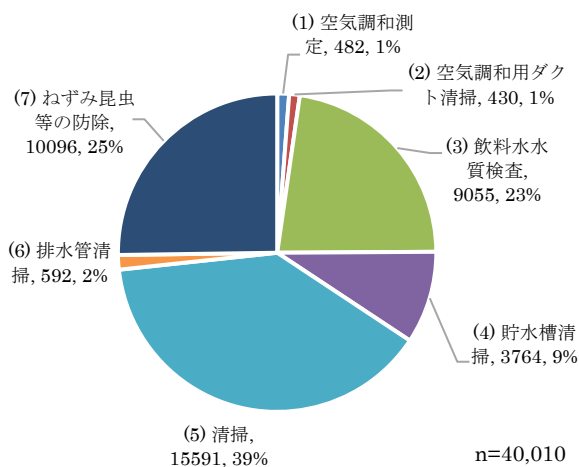


図 4-2-3 受託業務内訳 (2,000 m²未満)

、(5) 清掃、(6) 排水管清掃、(7) ねずみ昆虫等の防除の 7 項目のうち、特定建築物では (3) 飲料水水質検査が最も多く、次いで、(5) 清掃、(1) 空気調和測定であった。中規模建築物では (3) 飲料水水質検査が最も多く、次いで (5) 清掃、(4) 貯水槽清掃であった。小規模建築物では、(5) 清掃が最も多く、次いで、(7) ねずみ昆虫の防除、(飲料水水質検査) であった。一方、受託業務の内訳として割合が小さいのは、特定建築物では (2) 空気調和用ダクト清掃 4%、(6) 排水管清掃 4% であるものの、中規模建築物では (2) 空気調和用ダクト清掃 1%、(6) 排水管清掃 6% であった。また、小規模建築物では、(1) 空気調和測定 1% および (2) 空気調和用ダクト清掃が最も割合が小さく、次いで (6) 排水管清掃 6% であった。このように、建物規模が小さくなるにつれ、清掃が増え、一方で空気調和測定や空気調和用ダクト清掃が減る傾向にある。

これらの受託状況のなかで、以降、中規模建築物について、各社の事例最大 5 棟を自由に選定し、「建築物の概要」、「その管理状況」および「仕様書（発注内容）の問題によりクレームや問題などが発生した有無」などをうかがった。

図 4-2-4 に、建築物の概要として受託建物所在都道府県を示す。図より、東京都が 11% と最も多く、次いで北海道 7%、愛知 5%、大阪 4%、鹿児島 4%、福岡 4% の順に多い。

図 4-2-5 に、建物概要として主な用途を示す。事務所 (51%) が最も多く、次いで店舗 (19%)、集会場 (8%) であった。また、それぞれの建築物の管理にあたり、建築物環境衛生管理技術者の免状を有する者の関与の有無については、なし 71%、他の建築物と兼務 17%、この建物だけを管理 8% であった (図 4-2-6)。

空気環境測定、空気調和設備の維持管理、飲料水水質検査、貯水槽清掃、排水管清掃、清掃管理業務、ネズミ昆虫等の防除作業の受託状況につい

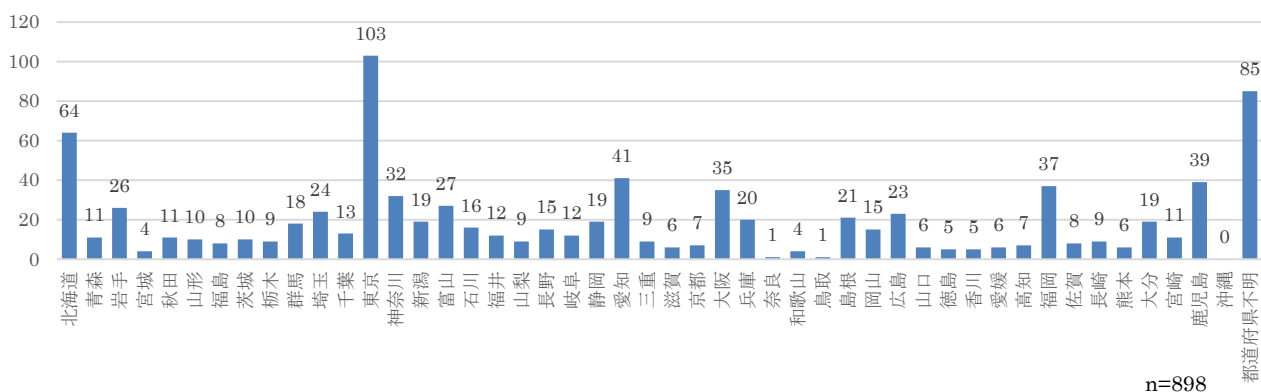


図 4-2-4 受託建物所在都道府県

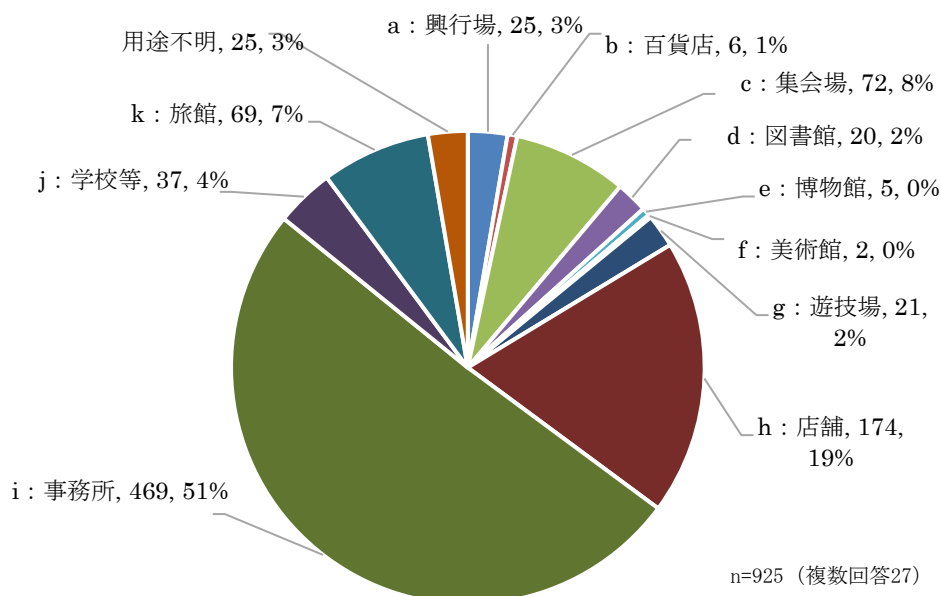


図 4-2-5 主な用途

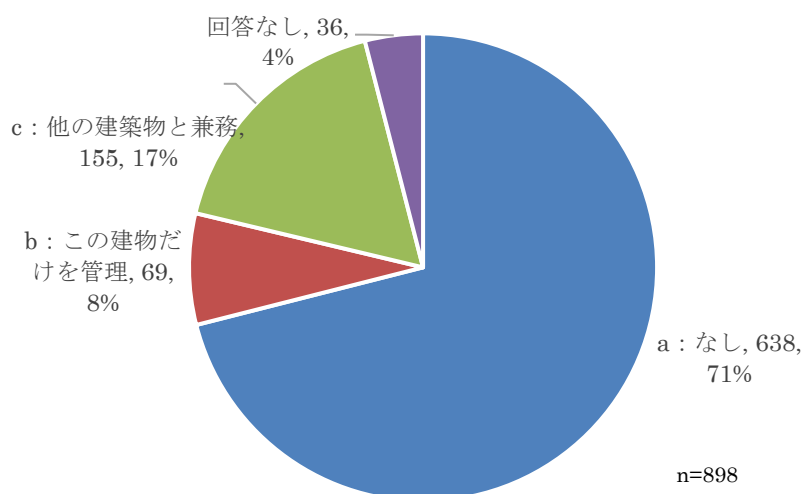


図 4-2-6 建築物環境衛生管理技術者の関与の有無

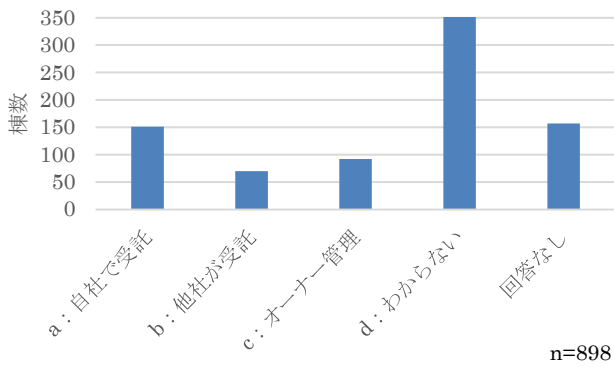


図 4-2-7 受託状況（空気環境測定）

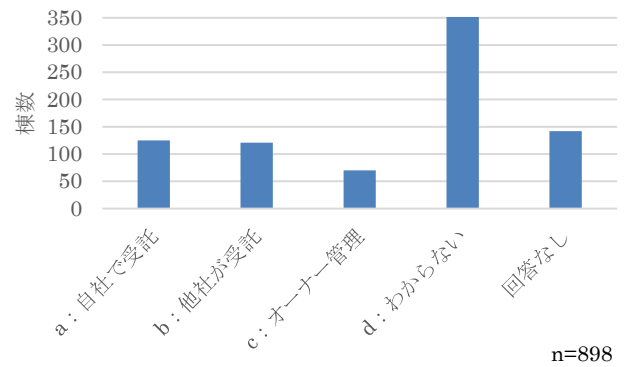


図 4-2-11 受託状況（排水管清掃）

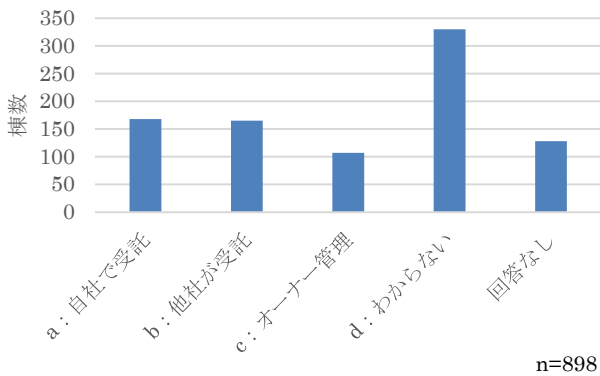


図 4-2-8 受託状況（空調設備の維持管理）

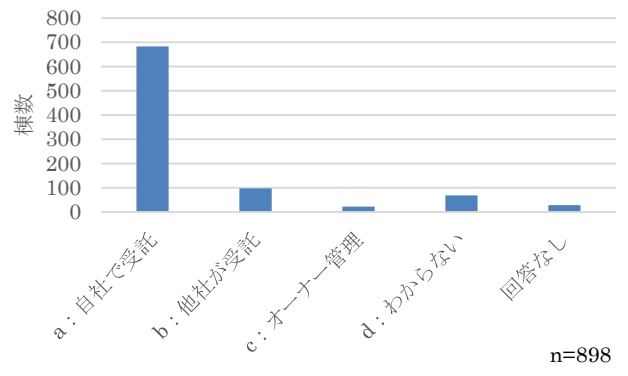


図 4-2-12 受託状況（清掃）

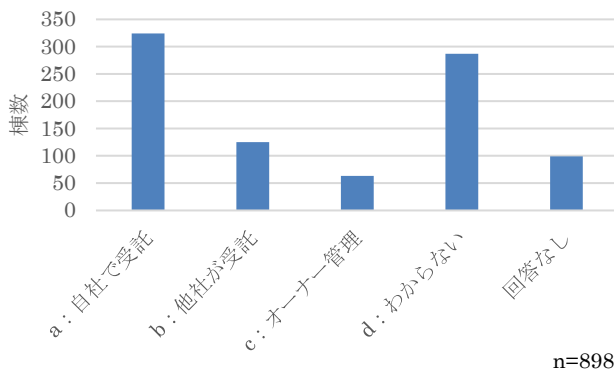


図 4-2-9 受託状況（飲料水水質検査）

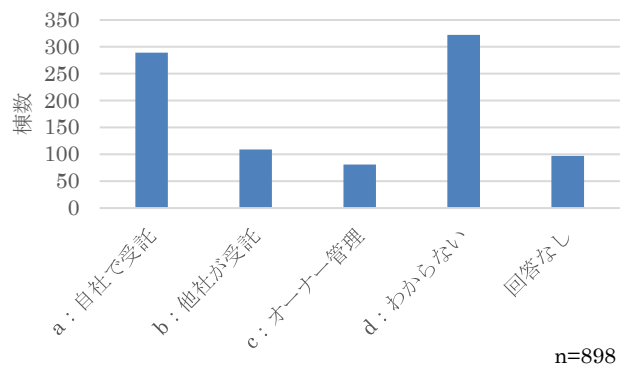


図 4-2-13 受託状況（ねずみ昆虫等の防除）

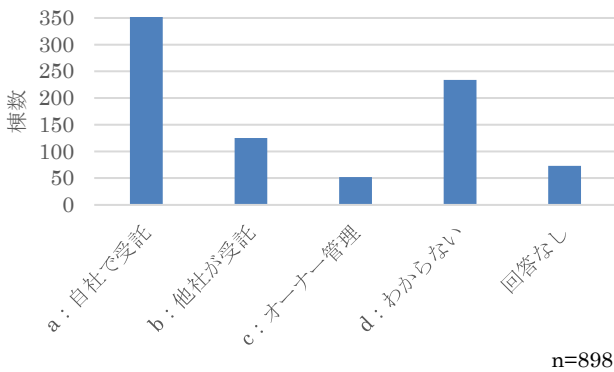


図 4-2-10 受託状況（貯水槽清掃）

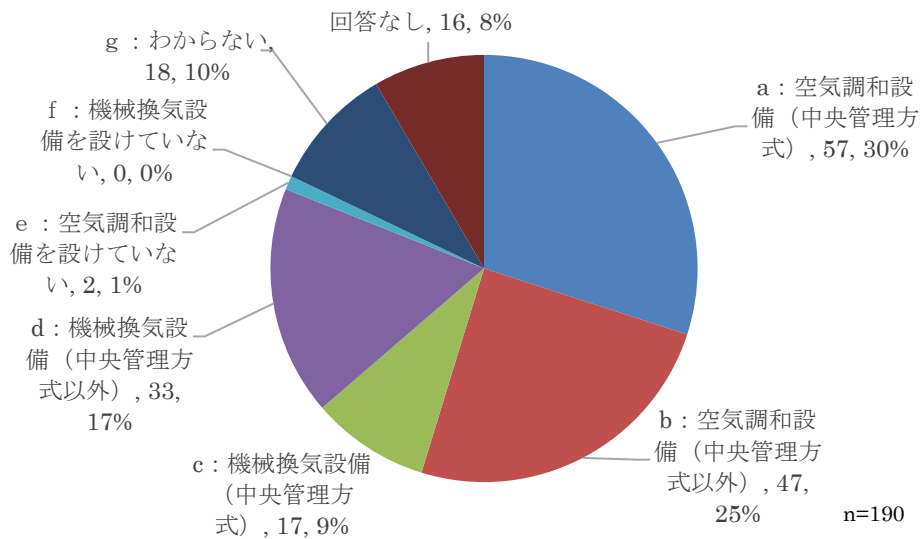


図 4-2-14 空気調和設備・換気設備 方式

ては、図 4-2-7～図 4-2-13 に示す。これらの図より、受託状況についてわからないと回答のあった業務で多いのが、空気環境測定、空気調和設備の維持管理、排水管清掃、ねずみ昆虫等の防除であった。一方、自社で委託と回答の多い業務は、飲料水水質検査、貯水槽清掃であり、ねずみ昆虫等の防除もわからないとの回答と並び多かった。

このような建物について、図 4-2-7～図 4-2-13 で示した空気環境測定、空気調和設備の維持管理、飲料水水質検査、貯水槽清掃、排水管清掃、清掃管理業務、ネズミ昆虫等の防除作業業務のうち、自社で受託しているものについて、以降伺った結果を示す。

空気環境測定について、それぞれの建築物の空気調和設備及び換気設備をうかがったところ、最も多いのは、空気調和設備（中央管理方式）30%であり、次いで、空気調和設備（中央管理方式以外）25%、機械換気設備（中央管理方式以外）17%という順に多い結果となった（図 4-2-14）。空気環境の測定状況について、実施頻度を図 4-2-15～図 4-2-21 に示す。浮遊粉じんの量、一酸化炭素の含有量、二酸化炭素の含有率、温度、相対

湿度、気流の 6 項目については、実施している場合、ほとんどの建築物で 2 か月に 1 回であることがわかる。ホルムアルデヒドについては、建築、大規模の修繕、大規模の模様替を行っていない場合、該当無の回答としている。

空気調和設備の維持管理について、図 4-2-22～図 4-2-27 に示す。空気調和設備の冷却塔の水は、水道水のみ 29%、水道水以外も使用 3%、水道水以外のみ 1%であった。冷却塔がない建物は、57%であった（図 4-2-22）。空気調和設備の加湿装置の水は、水道水のみ 48%、水道水以外も使用 2%、水道水以外のみ 1%であった。加湿装置のない建物は、32%であった（図 4-2-23）。

図 4-2-23～図 4-2-27 に、空気調和設備のうち、①冷却塔及び冷却水の点検の実施、②加湿装置の点検の実施、③排水受けの点検の実施、④冷却塔、冷却水の水管、加湿装置の清掃の実施について示す。

①冷却塔及び冷却水の点検の実施は、冷却塔がある場合、1 か月に 1 回 14%、6 か月に 1 回 9%であった。一方、冷却塔があっても点検を実施していないは 2%であった。また、冷却塔のないた

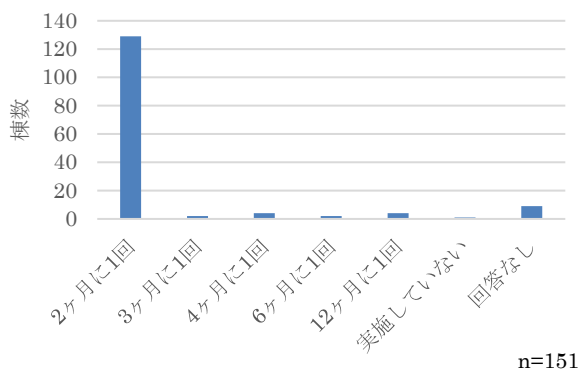


図 4-2-15 浮遊粉じん量の測定頻度

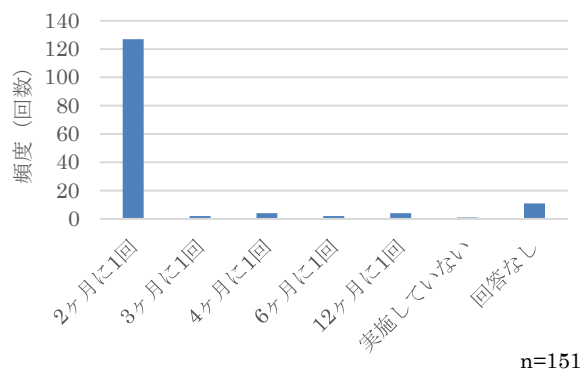


図 4-2-19 相対湿度の測定頻度

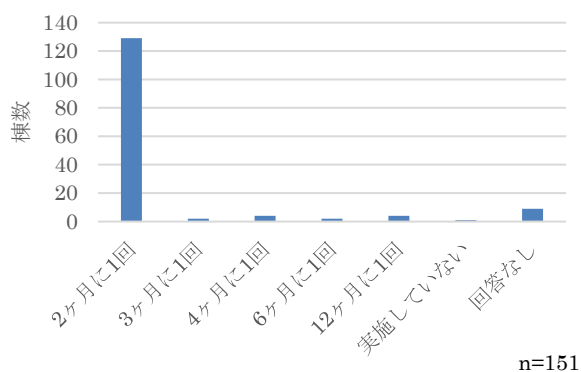


図 4-2-16 一酸化炭素の含有率の測定頻度

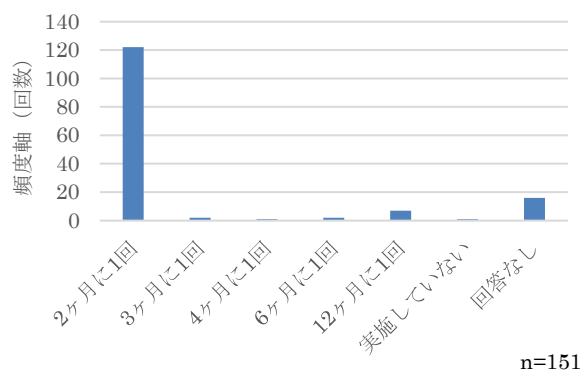


図 4-2-20 気流の測定頻度

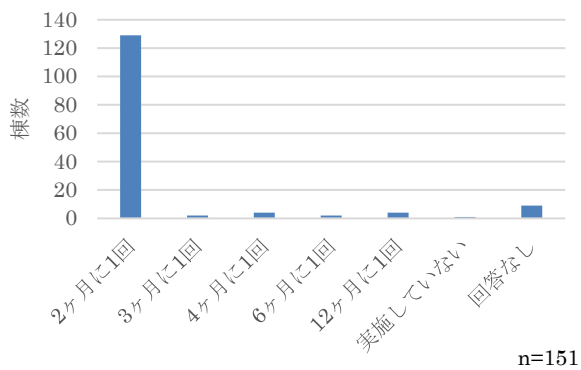


図 4-2-17 二酸化炭素の含有量の測定頻度

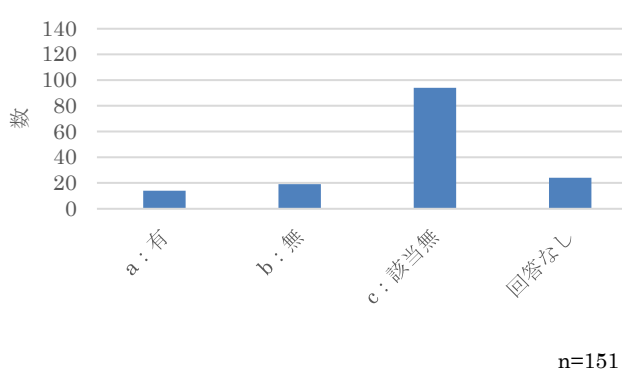


図 4-2-21 ホルムアルデヒドの量の測定の実施の有無

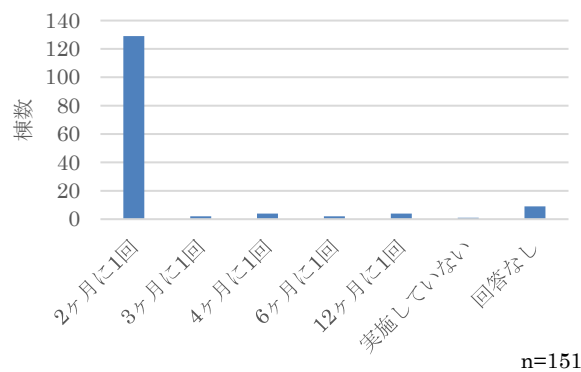


図 4-2-18 温度の測定頻度

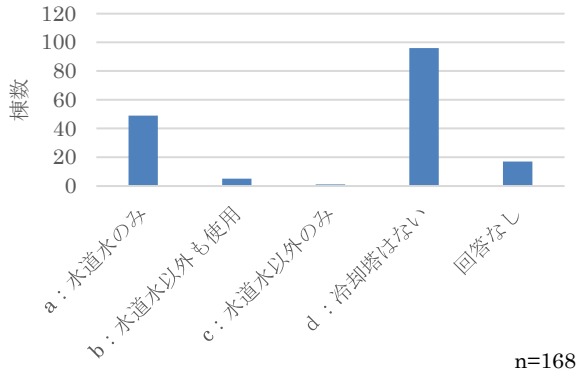


図 4-2-22 冷却塔の水

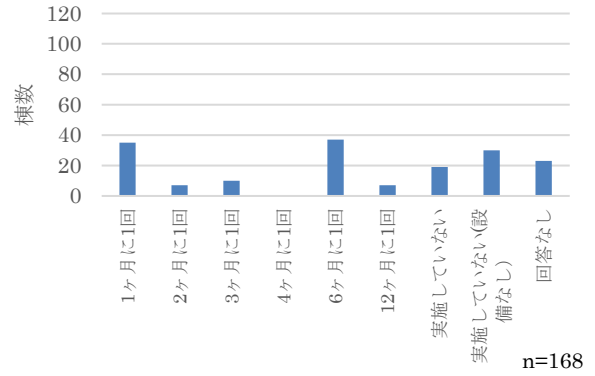


図 4-2-26 排水受けの点検の実施頻度

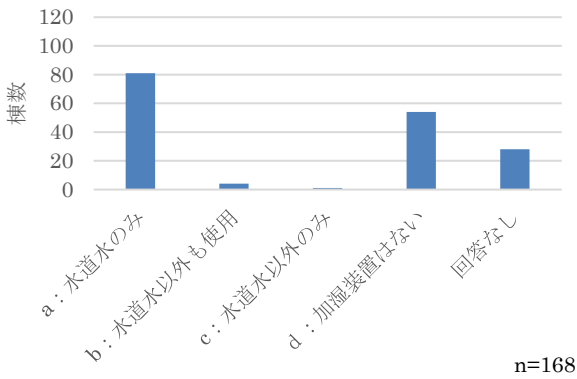


図 4-2-23 加湿装置の水

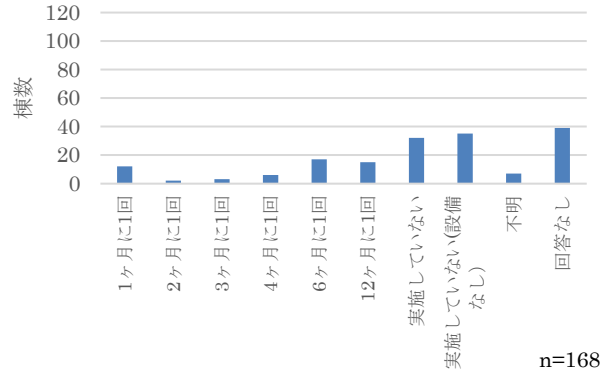


図 4-2-27 冷却塔などの清掃の実施頻度

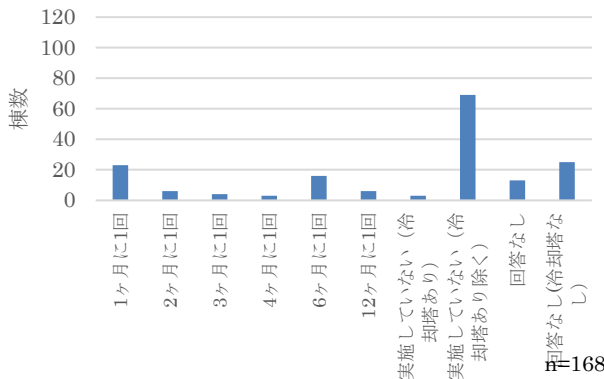


図 4-2-24 冷却塔及び冷却水の点検の実施頻度

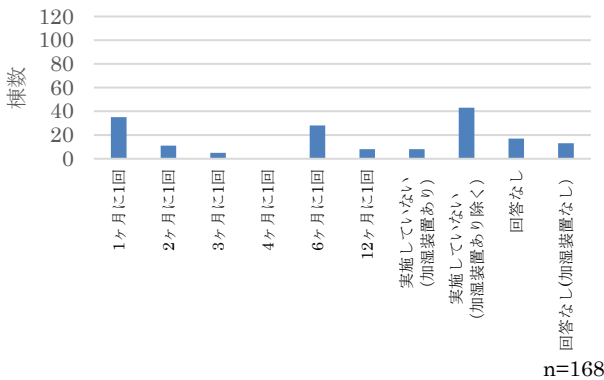


図 4-2-25 加湿装置の点検の実施頻度

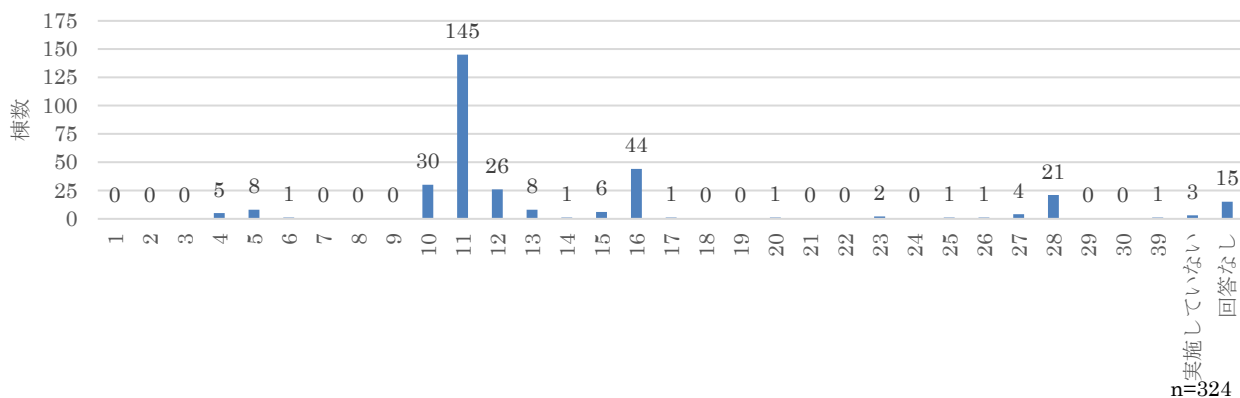


図 4-2-28 飲料水 水質検査の実施項目数

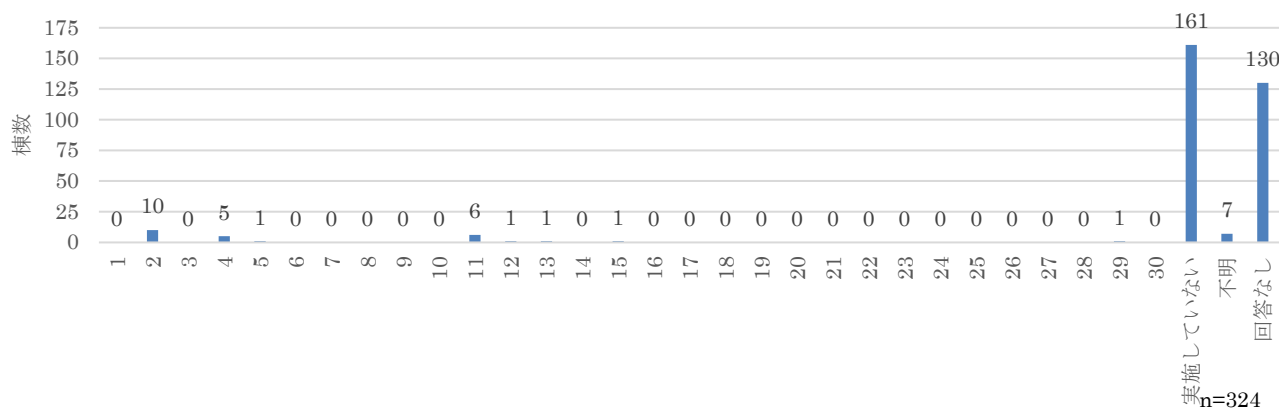


図 4-2-29 雑用水 水質検査の実施項目数

めに点検を実施していない建物は、41%であった（図 4-4-24）。

②加湿装置の点検の実施は、加湿装置がある場合、1か月に1回21%、6か月に1回17%であった。一方、加湿装置があっても点検を実施していないは5%である。また、加湿装置のないために実施していない建物は、25%であった（図 4-4-25）。

③排水受けの点検の実施は、設備がある場合、6か月に1回22%、1か月に1回21%であった。一方、設備があっても点検を実施していないは11%である。また、設備のないために実施していないは18%であった（図 4-4-26）

④冷却塔、冷却水の水管、加湿装置の清掃の実施は、設備がある場合、6か月に1回10%、12か月に1回9%、1か月に1回7%であった。一方、設備があっても点検を実施していないは19%

である。また、設備のないために実施していないは21%であった（図 4-4-27）。

図 4-2-28～図 4-2-29 に、給水管理として、①飲料水の水質検査（遊離残留塩素を除く）の実施項目数、②雑用水の水質検査（遊離残留塩素を除く）の実施項目数について示す。遊離残留量塩素の検査、貯水槽の清掃の実施頻度、貯水槽の点検・検査の実施頻度については、「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究（研究代表者 小林健一）、令和元年度総括・分担研究報告書、6. 中規模建築物における給水に係る衛生管理の実態と課題」に詳細を示している。

図 4-2-30 に、排水設備の清掃頻度を示す。6か月に1回50%、12か月に1回23%であった。一方、実施していないは9%であった。

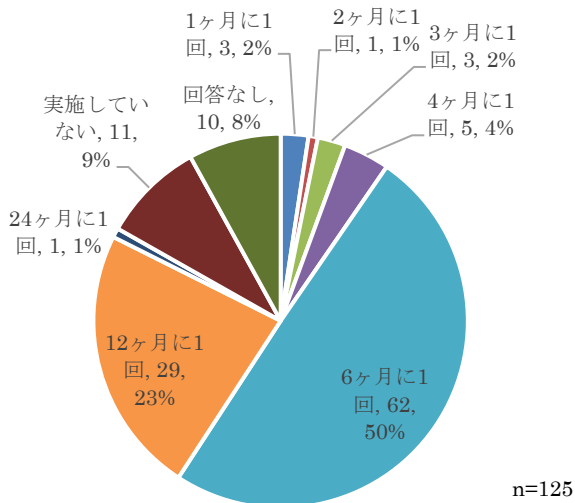


図 4-2-30 排水設備の清掃頻度

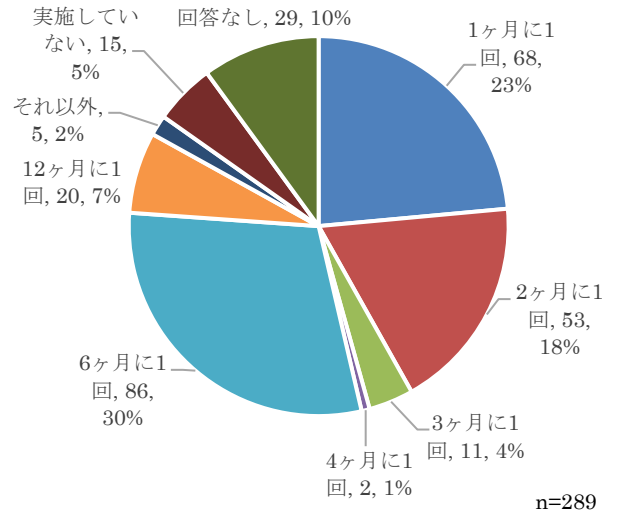


図 4-2-33 ねずみ・昆虫等の防除 被害状況の調査頻度

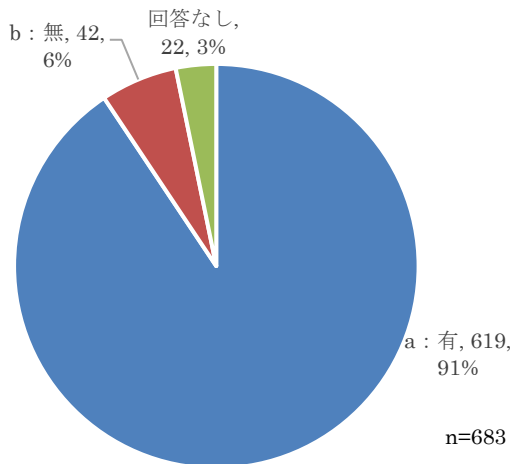


図 4-2-31 日常清掃の実施の有無

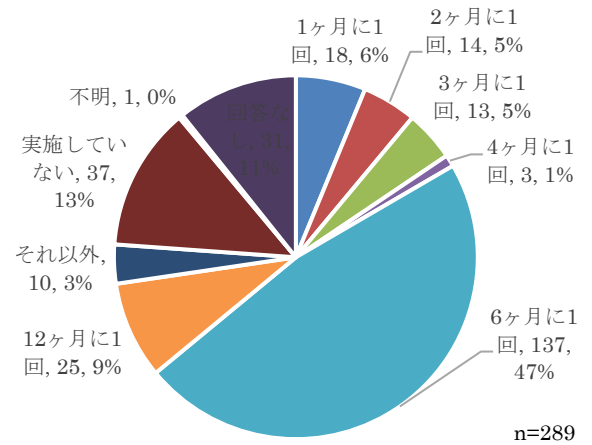


図 4-2-34 ねずみ・昆虫等の駆除の頻度

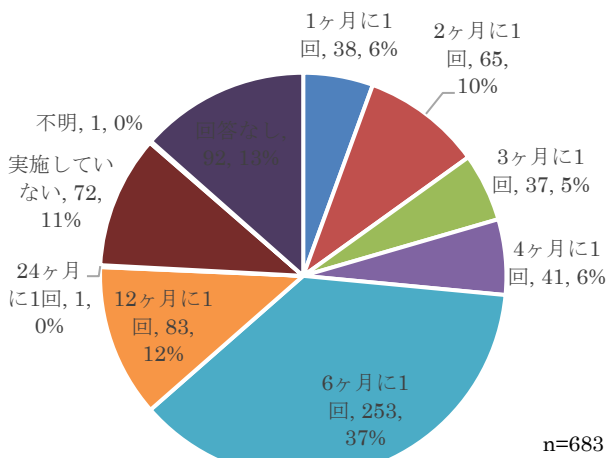


図 4-2-32 大掃除の実施頻度

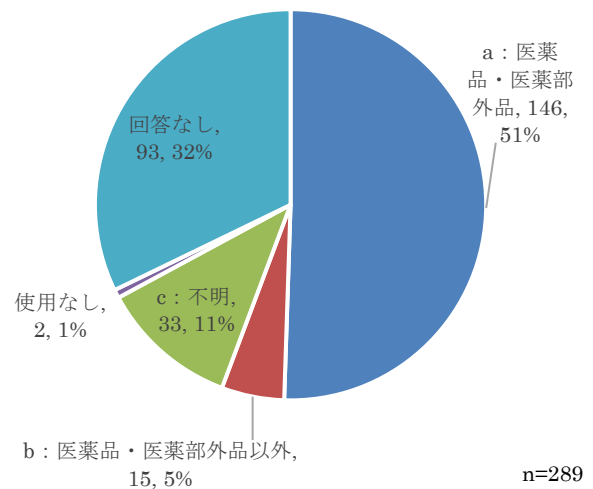


図 4-2-35 ねずみ・昆虫等の防除 駆除に使用した薬剤

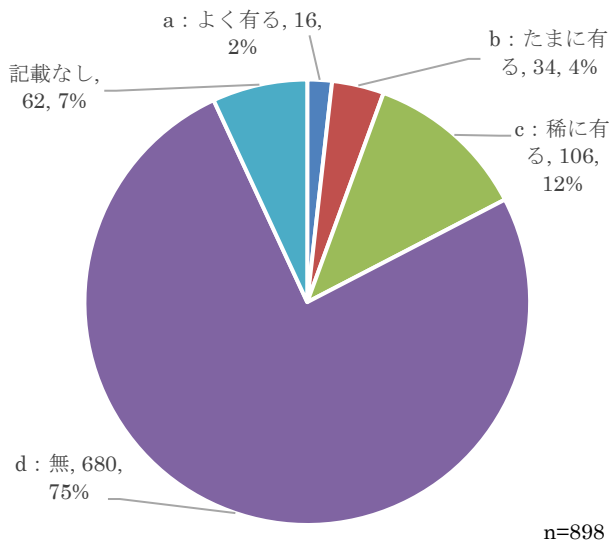


図 4-2-36 クレームや問題などが発生した有無

図 4-2-31 に、日常清掃の実施の有無について示す。清掃を実施しているが 91%であったものの、実施していないは 6%であった。

図 4-2-32 に、大掃除の実施頻度を示す。6 カ月に 1 回 37%、12 か月に 1 回 12%である。一方、大掃除を実施していないは、11%であった。

図 4-2-33～図 4-2-35 に、ねずみ・昆虫等の防除について示す。ねずみ等の発生場所、生息場所及び侵入経路並びにねずみ等の被害の状況の調査の頻度は 6 カ月に 1 回 30%、1 か月に 1 回 23%であった。一方、防除や被害状況の調査を実施していないは 5%であった (図 4-2-33)。駆除の頻度は、6 カ月に 1 回 47%、12 か月に 1 回 9%であった。駆除を実施していないは 13%であった (図 4-2-34)。また、駆除を行った場合に使用した薬剤は、医薬品・医薬部外品 51%、医薬品・医薬部外品以外 5%であった。使用した薬剤について、不明 11%であった (図 4-2-35)。

これらの建物について、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あるかをたずねたところ、無 75%、稀に有る 12%、たまに有る 4%、よくある 2%であった (図 4-2-36)。

C2. 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

C2.1. 自治体の立入検査及び報告徴取の状況

行政報告例は、記載内容の刷新が随時行われている。不適率が示されている 2007 以降を対象に分析を行った。また、2009 年以前は、立入検査数のみが記載されており、2010 年以降は立入検査数と報告徴取数が記載されている。2009 年以前は、報告徴取として扱うべき場合も立入検査数に含まれていた可能性がある。はじめに、2007～2017 の行政報告例、2015 の各自治体人口を利用して分析を行った。なお、立入検査と報告徴取を合わせて調査と称することとした。

図 4-32 に示すように、人口が多い自治体の特定建築物数が多く、特定建築物 1000 件以上の自治体は 12 である。図 4-33 に示すように、特定建築物数が多い自治体の調査（報告徴取及び立入検査）数は多い傾向がある。特定建築物数に対する調査数の比は、埼玉県が最も低く、秋田県、岡山県が高い。

図 4-34 に、特定建築物数が 1000 件以上の自治体の調査（報告徴取及び立入検査）数の推移を示す。全国では、調査数は増加する傾向がある。立入検査が若干減少し、報告徴取は増加している。東京都は、2016 年まで全国と同様に推移したが、2017 に報告徴取数が急増した。大阪府は、2008 年に立入検査数が急増し、その後は顕著な傾向はない。神奈川県は、2010 年に調査数が急増した。愛知県は、2010 年に若干増加するなどの変化はあるが、顕著な増減傾向は見られない。北海道は、2009 年に立入検査数が急増し、その後 2012 年まで増加した。埼玉県では、2010 年以降は調査数が少なくなり立入検査がほとんどなくなった。静岡県は、2010 年、2011 年のみに報告徴取があり調査数が多かった。福岡県は、2009 年に調査数が急増した。兵庫県は、2011 年に報告徴取数が急増し立入検査が急減した。千葉県は、2010 年以降報告徴取がほとんどない。宮城県は、2008 年に調査数が急減し、2010 年に急増した。秋田県は、調査数に顕著な変化がない。岡山県は、2011 年、2012 年に報告徴取数が増加した。

以上のように、2008 年～2010 年に大きな変化が見られる。報告徴取数、立入検査数の算定方法に自治体毎の差や変化があったことが推定される。従来、報告徴取と立入検査が行われているが、行政報告の算出において自治体間の不統一が一時的に発生したと考えられる。

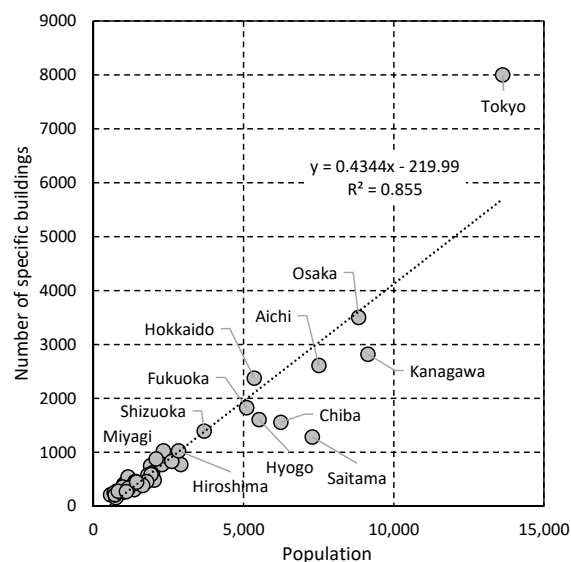


図 4-32 自治体の人口と特定建築物数

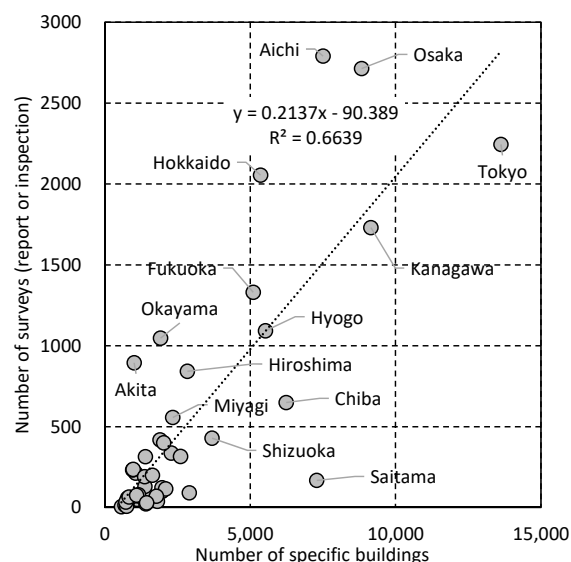


図 4-33 特定建築物数と調査（報告徴取と立入検査）数

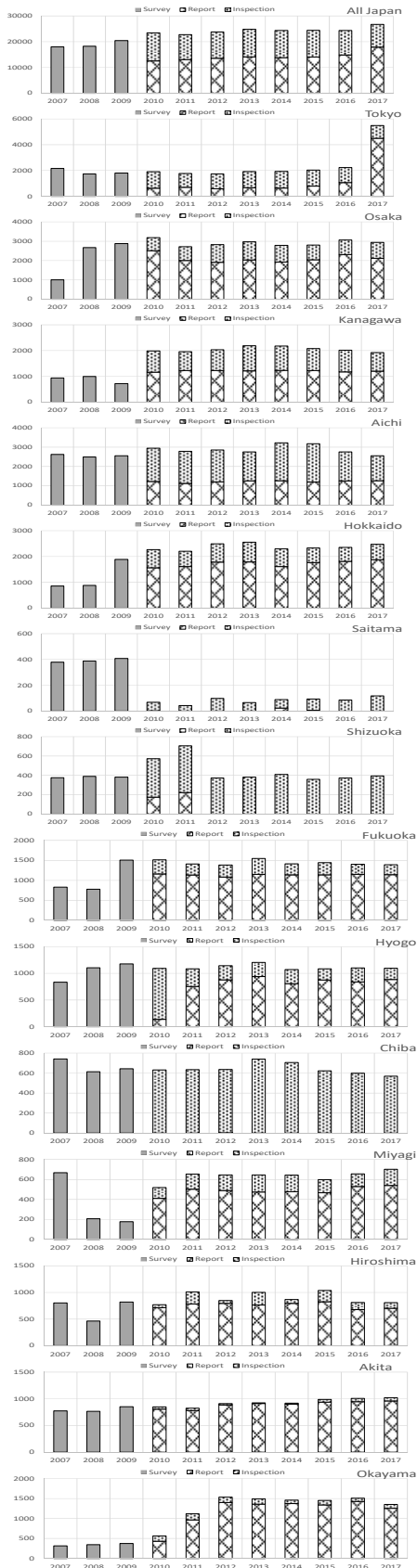


図 4-34 主な自治体（特定建築物及び調査数が多い自治体）の調査数の推移

C2.2. 二酸化炭素の基準不適率の推移

図 4-35 に、全国及び主な自治体の二酸化炭素濃度不適率の推移を示す。2007 年～2017 年の二酸化炭素濃度の不適率の全国平均は、1.1 (%/年) の速度で上昇した。

図 4-36 に、2007 年～2017 年の不適率平均値と不適率上昇速度を示す。特定建築物数が多い 11 自治体（調査数が少ない埼玉県を除く。）の上昇速度は、-0.1～2.0 (%/年) である。速度は、東京都：-0.1 (%/年) が最も低く、北海道：2.0 (%/年) と福岡：1.9 (%/年) が高い。不適率平均値が高いと上昇速度が速い傾向が伺える。

図 4-37 に、調査数に占める報告徴取数の割合：報告徴取率と不適率の関係を示す。報告徴取率が高い自治体では、不適率が高い傾向がある。

図 4-38 に、報告徴取率の勾配と不適率の勾配の関係を示す。報告徴取率の勾配と不適率の勾配に顕著な関係が見られる。すなわち、報告徴取率が増加すると不適率が顕著に増加している。

人口が多く特定建築物が多い自治体は調査数が多い傾向があり報告徴取率が高くなっている。このような自治体では不適率は速く上昇している。

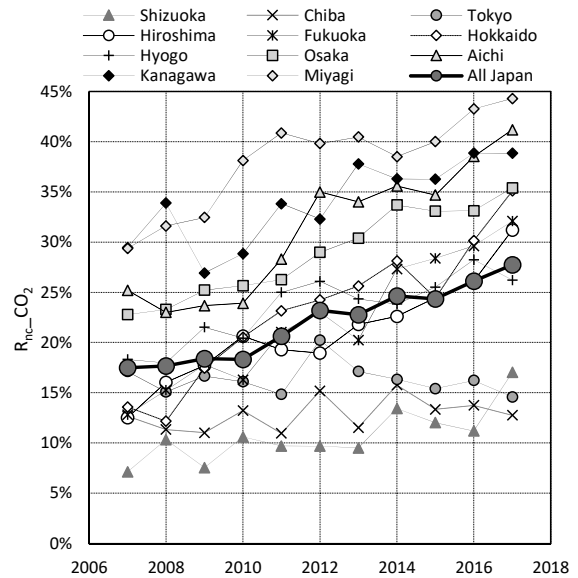


図 4-35 主な自治体の不適率:Rnc_CO2 の推移

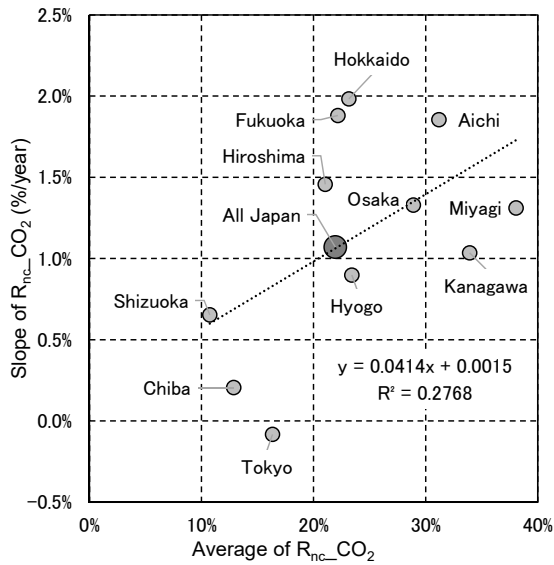


図 4-36 不適率:Rnc_CO2 の平均値と勾配

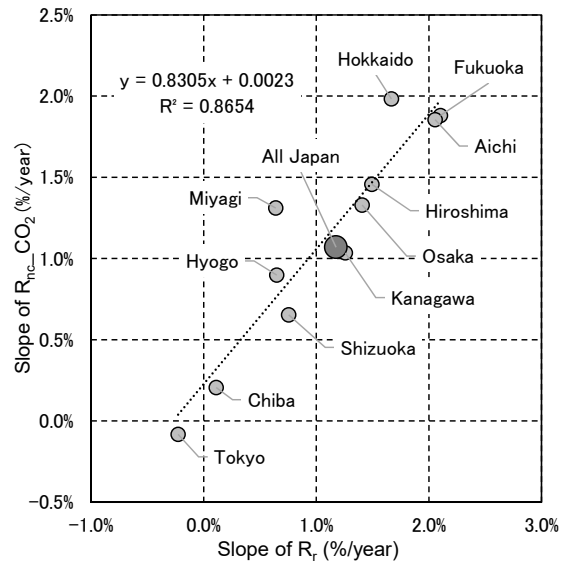


図 4-38 報告徴取率:Rr の勾配と
不適率:Rnc_CO2 の勾配

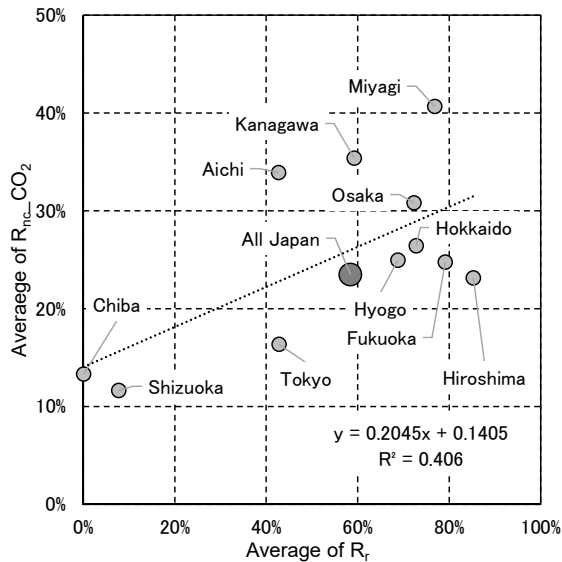


図 4-37 報告徴取率:Rr と不適率:Rnc_CO2

C2.3. 外気濃度の推移

図 4-39 に示すように、気象庁が測定している大気濃度（綾里、南鳥島、与那国島）は、直線的に上昇している。

図 4-40 に示すように、首都圏及び名古屋の外気濃度（江東、浦和、新宿、騎西、町田、名古屋中心、名古屋郊外）は、気象庁の大気濃度よりも 20～30ppm 高く推移している。また、東京の特定建築物（Specific building）における外気濃度（Tokyo_SB）は、気象庁の大気濃度よりも 40～60ppm 高く推移している。

大都市の特定建築物の取入れ外気の濃度は、400ppm よりも高くなっていると考えられ、外気濃度の上昇によって室内濃度が高くなり、不適率上昇の要因となっている可能性がある。

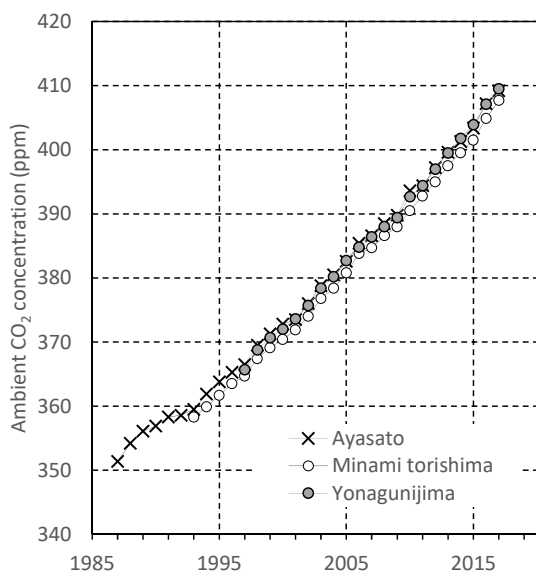


図 4-39 大気中の CO2 濃度の推移 (気象庁)

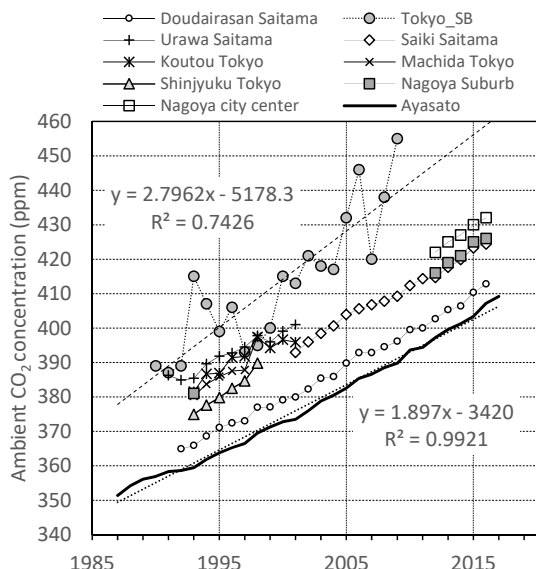


図 4-40 各地の CO2 濃度の測定結果

C2.4. 東京都の立入検査データ

2012 年の東京都の立入検査時の測定データを用いた。対象は 10000 m²以上の特定建築物で合計 211 件である。

図 4-41 に示すように、用途は事務所が多く、空調制御は、個別、全館、ゾーン毎の混合の 3 種類がある。また、熱回収は、個別、全館となしの場合がある。

図 4-42 に示すように、空調制御方式、熱回収によって、CO₂ 内外濃度差に有意差はない。濃度差

の主な要因は、在室者数及び行為に影響される発生量、換気量である。この状況によって、対象毎の違いが生じて大きなばらつきが生じていると考えられる。

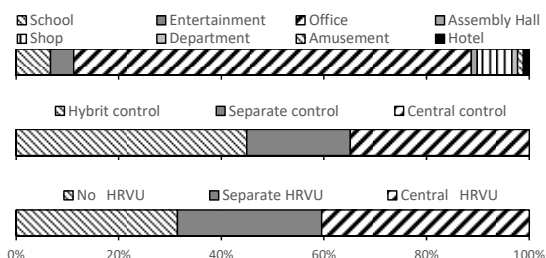


図 4-41 分析対象の用途、空調制御方式、換気方式

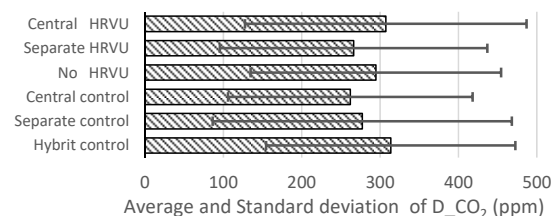


図 4-42 空調制御方式及び換気方式と CO₂ 内外濃度差

図 4-43 に示すように、外気濃度は 380～500ppm で平均が 432ppm であった。室内濃度は 480～1300ppm で平均が 769ppm であった。図 4-33 に示すように、内外濃度差は 10～900ppm で平均が 337ppm であった。基本的には通常の使用状態で測定が行われるが、立入検査時の発生状況によって濃度差に影響が出る可能性がある。

空調制御については、個別制御の場合には換気が運転されていない部屋の影響を受けることで全体的に濃度差が大きくなる可能性がある。全館制御の場合には、省エネルギーのためにダンパー等で換気量を抑制することで濃度差が大きくなる可能性がある。いずれの制御方式においても、フィルターの目詰まりによって、換気量が減少し濃度差が大きくなる可能性がある。これらの複数の要因によって、測定時の濃度差にばらつきが生じると考えられる。

濃度差について、統計解析ソフト JMP を用いて正規分布、対数正規分布など分布のあてはめを行ったところ、図 4-44 に示すように Weibull 分布の

適合性が高かった。なお、Weibull 分布の α は 324.1475、 β は 1.7581 であった。Weibull 分布は、物体の強度を統計的に記述するために W.ワイブル (Waloddi Weibull) によって提案された確立分布であり、機器の故障状況に関する分析に利用されている。

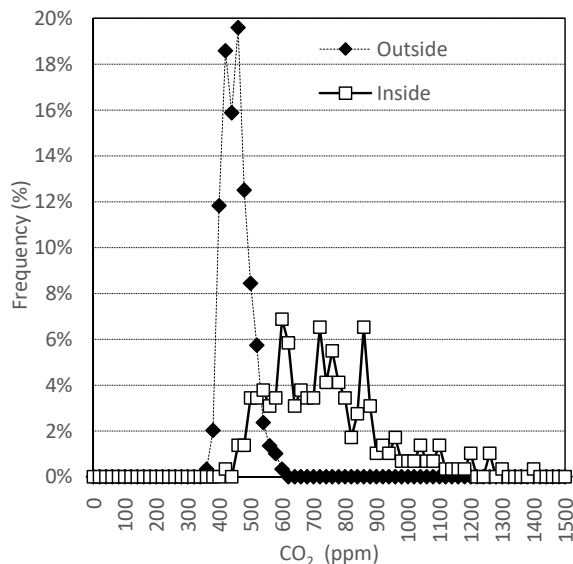


図 4-43 CO2 外気濃度及び室内濃度の頻度分布

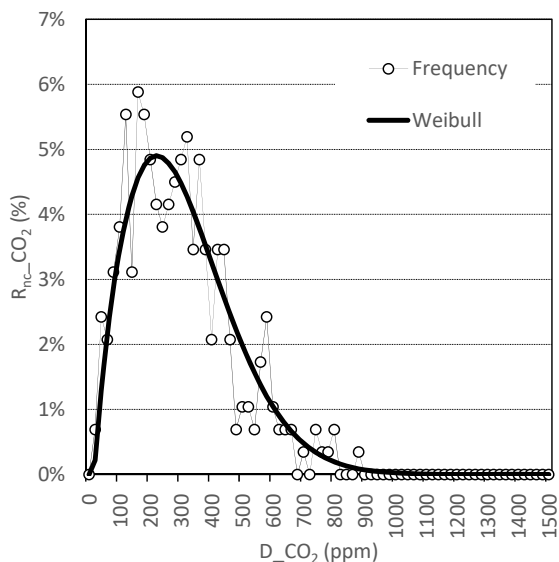


図 4-44 CO2 内外濃度差と Weibull 分布の適用

濃度差の分布を仮定すると、外気濃度から基準濃度: C_s (1000ppm) を超える率 (不適率) を算出することが出来る。外気濃度: C_{out} 、基準濃度: C_s と不適率: R_{nc} の関係は、Weibull の累積分布関数を用いると、次式となる。

$$R_{nc}(C_{out}) = \exp \left[- \left(\frac{C_s - C_{out}}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 1}$$

外気濃度: C_{out} が上昇すると、不適率: R_{nc} が増加することとなる。

C2.5. 省エネルギーに伴う換気量削減の影響

省エネルギーのために換気量を削減すると、CO₂ 内外濃度差が増加して不適率が上昇すると考えられる。物質収支の基本式は以下ようになる。

$$C - C_{out} = \frac{m}{Q} \quad \text{式 2}$$

C : 室内濃度 (ppm)、 m : 発生量、 Q : 換気量 (外気量)、 C_{out} : 外気濃度 (ppm)

基準年の換気量に対する発生量の比を $\frac{m_0}{Q_0}$ とし、ある年: y の比: $\frac{m_y}{Q_y}$ を以下のように定義する。

$$\frac{m_y}{Q_y} = \frac{1}{\gamma_y} \frac{m_0}{Q_0} \quad \text{式 3}$$

$$\gamma_y = \frac{Q_y m_0}{Q_0 m_y} \quad \text{式 4}$$

例えば、発生量 m が一定 ($m_y = m_0$) の場合、 γ_y は基準年の換気量 Q_0 に対する y 年の換気量 Q_y の比となり、換気量の削減率に相当することとなる。

y 年の外気濃度を $C_{out,y}$ とすると、 y 年の不適率: $R_{nc}(C_{out,y})$ は、以下ようになる。

$$R_{nc}(C_{out,y}) = \exp \left[- \left(\frac{\gamma_y (C_s - C_{out,y})}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 5}$$

図 4-45 に、 γ が一定であると仮定した場合の、外気濃度と不適率の関係を示す。外気濃度が高いほど、換気量削減率が高い (γ が小さい) ほど、不適率が高くなることを示している。全国の不適率は、1999 年以降に顕著な上昇が見られる。図 4-46 に、綾里の外気濃度 (ppm)、東京都 23 区の特特定建築物の外気濃度測定値による外気濃度推定値 Tokyo_23D(ppm)、式 2 で換気量一定とした場合の不適率: Ventilation_constant(%), 1998 年の換気量から年 1.8% 減少し続けた場合の不適率: Ventilation_Reduction1.8%/year(%) を示す。同図に示す実際の全国不適率 ALL_J (%) は、Ventilation_Reduction1.8%/year(%) に近づいている。外気濃度上昇に加えて、各特定建築物で

の換気量削減の強化や普及によって全体的に換気量削減が進み、不適率が上昇した可能性があることを示している。ただし、全国の濃度差分布が東京都23区の2012年の分布と同じであることを仮定していること、前述の行政報告の変化の影響を無視していることを踏まえる必要がある。

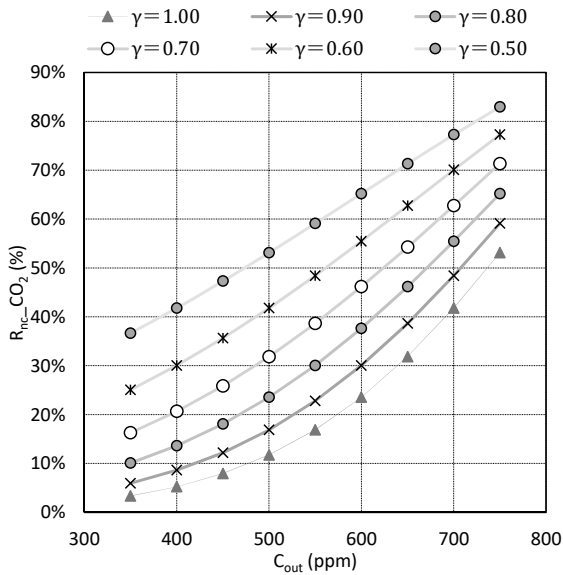


図 4-45 換気量削減率: γ と不適率: R_{nc}

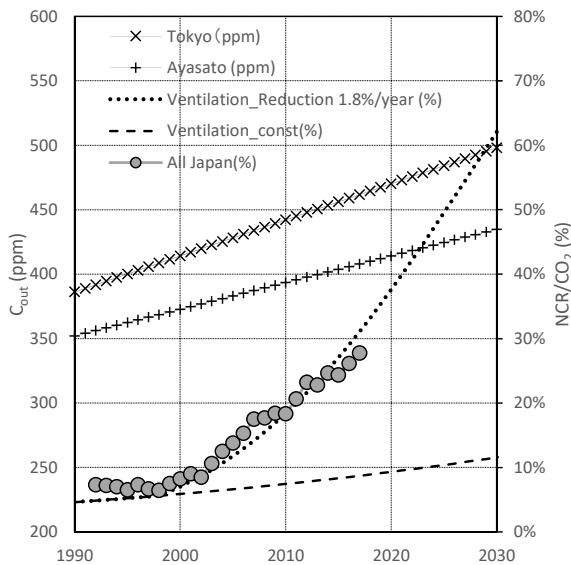


図 4-46 外気濃度と換気量削減を考慮した不適率推移

C2.6. 不適率上昇に関する総合分析

不適率上昇の主な要因として、外気濃度の上昇、報告徴取率の増加、換気量削減が挙げられる。これらの影響をモデル化して、その影響程度を明らかにする。

y 年の外気濃度を $C_{out}(y)$ とすると、式5は以下のようなになる。

$$R_{nc}(y) = \exp \left[- \left(\frac{\gamma_y(C_s - C_{out}(y))}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 6}$$

不適率は報告徴取よりも立入検査の方が低いと考えられるため、報告調査の不適率に対する立入検査時の不適率の比を立入検査不適率特性: e とする。また、調査数に対する報告徴取数の比を報告徴取率: R_r 、調査数に対する立入検査数の比を立入検査率: R_i とする。なお、 $R_i = 1 - R_r$ となる。 y 年の報告調査率を $R_i(y)$ とすると、3つの要因を考慮した不適率の式は以下のようなになる。

$$R_{nc}(y) = (e + R_i(y) \cdot (1 - e)) \cdot \exp \left[- \left(\frac{\gamma_y(C_s - C_{out}(y))}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 7}$$

また、1999年以降に省エネルギー等によって換気量削減率: γ_y が変化すると考えられるため、変化速度を $d\gamma$ とし次式を仮定する。

$$\gamma(y) = \gamma_{1998} - d\gamma \cdot (y - 1998) \quad \text{式 8}$$

式7に式8を導入すると以下のようなになる。

$$R_{nc}(y) = (e + R_i(y) \cdot (1 - e)) \cdot \exp \left[- \left(\frac{(\gamma_{1998} - d\gamma \cdot (y - 1998))(C_s - C_{out}(y))}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad \text{式 9}$$

基準年(1998年)の換気量削減率: γ_{1998} 、換気量削減率の変化速度: $d\gamma$ 、立入検査不適率特性: e を変数として、報告情報が安定している2012年から2016年の全国不適率に最も一致する解を最小二乗法によって求めた。 $\gamma_{1998} = 0.802$ 、 $d\gamma = 0.0078$ 、 $e = 0.659$ となった。

図4-47に、最小二乗法により3つの係数を求め式9で算出した不適率: A+V+S(%)、外気濃度上昇と換気量削減のみ($\gamma_{1998} = 0.802$ 、 $d\gamma = 0.0078$)を考慮した式2で算出した不適率: Ventilation_Reduction0.78%/Year(%)を示す。式9によるA

+V+S (%) は、2010 年から 2017 年の間、実際の不適率: All_Japan に大略一致した。また、換気量削減率の変化速度: dy は、0.78% であり、図 4-46 で示す 1.8% よりも小さいため、Ventilation_Reduction 0.78%/Year (%) は、A+V+S (%) よりも低く推移した。

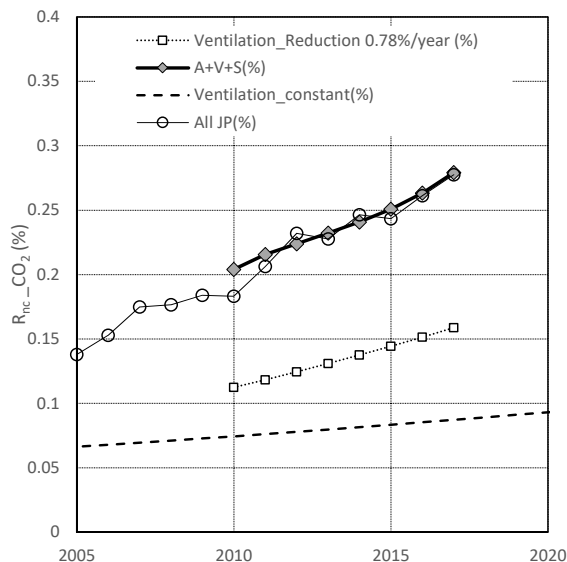


図 4-47 式 9 による不適率推定結果「A+V+S (%)」

図 4-48 に、各不適率算出結果を用いて算出した、各要因の寄与率を示す。2010 年から 2017 年位かけて、各要因による不適率上昇幅が増加している。報告調査率が不明の 2010 年以前においても同様の変化があったと考えられる。2010 年から 2017 年の各要素による不適率上昇幅の平均値は、1998 年を基準として、外気濃度上昇が 2%、換気量の削減が 5%、報告徴取率の増加が 10% となる結果であった。

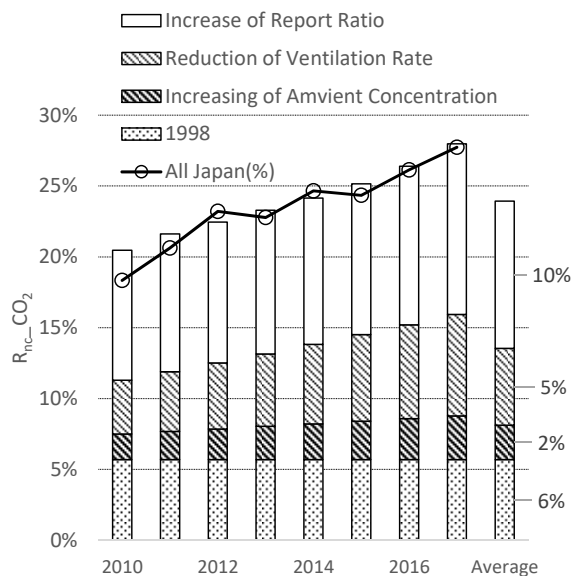


図 4-48 不適率上昇要因と影響量の推移

D. 考察及び結論

D1. 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。

特定建築物以外の中規模建築物における衛生状態の調査の結果は、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。

D2. 二酸化炭素濃度等の空気環境に関する不適率上昇要因の分析

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

以上の検討から、以下の改善が必要であると考えられる。行政報告の方法を明確にして、不適率の実態がより具体的に把握できるようにする。報告徴取及び立入検査の方法を改善し、より効率的で効果的な監視指導方法を確立し普及させる。以上によって、外気濃度上昇の中で、不適率を抑制しながら省エネルギーが実施されることとなると考えられる。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 林基哉, 大澤元毅. 空気中エンドトキシン濃度と浮遊細菌濃度に関する基礎的研究. 日本建築学会環境系論文集. 2018.7;83(749):581-588.

E.2 学会発表

- 1) 林基哉, 樺田尚樹, 開原典子, 金勲. 特定建築物の空気環境に関する研究 (第5報) 空気環境基準の不適率に関する詳細分析. 第77回日本公衆衛生学会総会; 2018.24-26; 郡山. 抄録集. p. 578.
- 2) 金勲, 柳宇, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 林基哉, 大澤元毅, 志摩輝治. 個別式加湿器による室内空気の微生物汚染に関する実験. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 学術講演論文集. p.1-4.
- 3) 瀬戸啓太, 柳宇, 鍵直樹, 金勲, 中野淳太, 東賢一, 林基哉, 大澤元毅. 中小規模オフィスビルにおける室内空気環境に関する研究 第1報-2017年度調査結果. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 学術講演論文集. p.49-52.
- 4) 鍵直樹, 東賢一, 金勲, 柳宇, 長谷川兼一, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅. 様々な湿度条件における 2-エチル-1-ヘキサノールの建材発生特性の実験的検討. 空気調和・衛生工学会大会; 2018.9.12-14; 名古屋. 学術講演論文集. p.109-
- 5) 林基哉. タスク・アンビエント空調/パーソナル空調の環境衛生管理の考え方. 第45回建築物環境衛生管理全国大会; 2018.1.19; 東京. 抄録集. p.27.
- 6) 鍵直樹, 柳宇, 東賢一, 金勲, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅, 小松礼奈. 建築物における室内PM2.5と空調機の関係. 第52回空気調和・冷凍連合講演会; 2018.4.18-20; 東京. 講演論文集. no.33 (4page)
- 7) Kenichi Azuma, Naoki Kagi, U Yanagi, Hoon Kim, Noriko Kaihara, Motoya Hayashi, Haruki Osawa. Effects of thermal conditions and carbon dioxide concentration on building-related symptoms: longitudinal study in air-conditioned office buildings. Indoor Air. 2018 July; Philadelphia, USA; 2018. (Electronic file).
- 8) 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; 2018.5.17; 熊本. 同講演要旨集. (1page).

2. 学会発表

なし

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

<参考文献>

- 1) 東賢一, 池田耕一, 大澤元毅, 鍵直樹, 柳宇, 齊藤秀樹, 鎌倉良太. 建築物における衛生環境とその維持管理の実態に関する調査解析. 空気調和・衛生工学会論文集 37 巻 (2012) 179 号, pp19-26
- 2) 中川晋也 他、特定建築物における二酸化炭素濃度不適率上昇の原因と対策、東京都健康安全研究センター研究年報 第 62 号, 247-251, 2011
- 3) 国土交通省気象庁ホームページ、二酸化炭素濃度の観測結果 (https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/obs/co2_monthhave_ryo.html)
- 4) 埼玉県ホームページ、二酸化炭素濃度の観測結果 (<http://www.kankyou.pref.saitama.lg.jp/CO2/co2data.html>)
- 5) 埼玉県ホームページ、埼玉県における二酸化炭素濃度の観測結果について、平成 28 年度二酸化炭素濃度観測結果 (<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0502/nisankatanso.html>)
- 6) 立野英嗣 他、都市大気中の二酸化炭素濃度について、札幌市衛生研究所年報 23, 84-87, 1996
- 7) 大塚定男 他、神奈川県内の大気中二酸化炭素濃度の現状、神奈川県環境科学センター業務報告 2005, 73-77, 2005
- 8) 早福正孝 他、二酸化炭素濃度の地域格差に関する検討、東京都環境科学研究所年報 2002, 231-236, 2002
- 9) 海老名桜子 他、奈良県東吉野村における CO2 濃度の動態解析Ⅲ、ワールド・ワイド・ビジネス・レビュー 第 10 巻 地球環境計測特集号, 36-53, 2009
- 10) 名古屋市ホームページ、過去の二酸化炭素濃度結果(平成 24 年度から平成 28 年度まで)、平成 28 年度二酸化炭素濃度年報 (<http://www.city.nagoya.jp/kankyo/page/000076866.html>)
- 11) 林基哉. 建築物環境衛生管理基準に関する研

- 究. 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」(研究代表者: 林基哉. H29-健危一般-006), 平成 29 年度総括・分担研究報告書. 2018. p.1-9.
- 12) 林基哉, 樺田尚樹, 開原典子. 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. 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」(研究代表者: 林基哉. H29-健危一般-006), 平成 29 年度総括・分担研究報告書. 2018. p.69-81.
- 13) 林基哉他. パーソナル空調を用いた空間の室内環境測定法に関する調査 公益財団法人日本建築衛生管理教育センター平成 28 年度建築物環境衛生管理に関する調査研究助成金「パーソナル空調を用いた空間の室内環境測定法に関する調査」(研究者代表者: 林基哉.) 平成 28 年度研究報告書; 2017.3. p.1-41.
- 14) 林基哉, 開原典子. 建築物における空気環境の衛生管理の現状, 3-1 空気環境の不適率上昇傾向に関する分析と調査. 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に係る行政監視等に関する研究」(研究代表者: 大澤元毅. H26-健危一般-007), 平成 26~28 年度総括・分担研究報告書; 2017.3. p.20-2., p.90-4.
- 15) 林基哉, 開原典子. 建築物衛生管理の監視手法のあり方の提案. 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に係る行政監視等に関する研究」(研究代表者: 大澤元毅. H26-健危一般-007), 平成 28 年度総括・分担研究報告書; 2017.3. p.53-67.
- 16) 開原典子, 林基哉, 樺田尚樹. 自治体等ヒアリングに基づく報告の現状. 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」(研究代表者: 林基哉. H29-健危一般-006), 平成 29 年度総括・分担研究報告書. 2018.
- 17) 林基哉, 樺田尚樹, 開原典子, 金勲. 特定建築物の空気環境に関する研究 (第 5 報) 空気環境基準の不適率に関する詳細分析. 第 77 回日本公衆衛生学会総会; 2018 年 10 月; 郡山. 抄録集. p. 578.
- 18) 金勲, 林基哉, 大澤元毅, 開原典子, 東賢一. 特定建築物の空気環境に関する研究 (第 1 報) 空気環境の実態調査. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017.10; 鹿児島. 抄録集 P-2103-6.
- 19) 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.
- 20) 開原典子, 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 東賢一. 特定建築物の空気環境に関する研究 (第 3 報) 自治体を対象にした空気環境 6 項目の調査. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017.10; 鹿児島. 抄録集 P-2103-8.
- 21) 大澤元毅, 林基哉, 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 4 報) 空気環境管理の課題. 第 76 回日本公衆衛生学会総会; 2017.10; 鹿児島. 抄録集 P-2103-9.
- 22) 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. 2017 年 9 月; 高知. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集. pp.81-4.
- 23) Motoya Hayashi, Haruki Osawa, Kim Hoon, Yanagi U, Naoki Kagi, Noriko Kaihara. Analysis of Humidity and Carbon Dioxide Concentration to improve the Indoor Air Quality in Japanese Buildings, Indoor Air 2016 Proceedings, 2016.07; Ghent, Belgium. Electronic file.

建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究

研究成果の刊行に関する一覧表

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.

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.

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.

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CO₂濃度の実態調査. 第78回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-8.
- 11) 東賢一、金勲、長谷川兼一、島崎大、開原典子、樺田尚樹、林基哉、小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その4 ビル関連症状と建築物規模. 第78回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-9.
- 12) 長谷川兼一、東賢一、金勲、島崎大、開原典子、樺田尚樹、林基哉、小林健一. 事務所建築における空気環境管理に関する研究 その5 室内環境と建築物規模. 第78回日本公衆衛生学会総会; 2019.10.23-25; 高知. 抄録集 P-2102-10.
- 13) 開原典子、林基哉. 低湿度環境下における高齢者の生理量と心理反応の基礎的検討. 第43回人間-生活環境系シンポジウム; 2019.11-30-12.1; 釧路. 抄録集. P.203-6.
- 14) 金勲、林基哉、柳宇、菊田弘輝、本間義規、高齢者施設における室内環境の実態と課題 その3 寒冷地域の施設における室内エンドトキシン濃度、令和1年室内環境学会学術大会講演要旨集; 2019.12.5-7; 沖縄. C-12, pp.384-5.
- 15) 中野淳太、林基哉、小林健一、金勲、開原典子、柳宇、鍵直樹、東賢一、長谷川兼一、李時桓、建築物衛生法とISO基準による国内事務所建築の室内温熱環境評価の比較、令和1年室内環境学会学術大会講演要旨集; 2019.12.5-7; 沖縄. C-17, pp.394-5.
- 16) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. The effects of the total floor area of a building on building-related symptoms in air-conditioned office buildings: a cross-sectional study. ISES-ISIAQ 2019 Joint Meeting, Kaunas, Lithuania, August 18-22, 2019.
- 17) 東賢一、鍵直樹、柳宇、金勲、長谷川兼一、島崎大、開原典子、樺田尚樹、林基哉、小林健一、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と建築物の規模に関する断面調査. 第92回日本産業衛生学会, 名古屋, 2019年5月22日-25日.
- 18) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: characteristics of winter and summer. The 16th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, November 1-5, 2020. (in acceptance)
- 19) 東賢一、鍵直樹、柳宇、金勲、開原典子、林基哉、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と室内空気汚染物質との関係に関する縦断調査. 第93回日本産業衛生学会, 旭川,

2020年5月13日-16日. (in acceptance)

- 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.